

地球温暖化観測における連携の促進を目指して
—温室効果ガス・炭素循環および温暖化影響評価に係わる観測—

(地球温暖化観測推進ワーキンググループ報告書 第1号)

平成20年3月

地球温暖化観測推進事務局／環境省・気象庁
地球温暖化観測推進ワーキンググループ

※本報告書は再生紙を使用しています

刊行にあたって

地球観測連携拠点（温暖化分野）ならびに地球温暖化観測推進事務局が発足して2年近くが経過した。この間、地球温暖化関連のニーズの取りまとめや、文部科学省科学技術学術審議会研究計画・評価分科会地球観測推進部会に関係する資料のとりまとめ、国内ワークショップの開催、国際シンポジウムへの参画などの活動を行ってきた。

このような活動の中で最も重要なものの一つが、事務局の下に設置された地球温暖化観測推進ワーキンググループにおける、地球温暖化に関連した観測に関する議論と、報告書の作成である。

報告書第1章にも述べられているように、地球温暖化問題は喫緊の課題であり、その解決にはモデルによる将来予測と並んで観測データによる実態把握とモデル結果の検証が非常に重要である。観測データの重要性については、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第4次報告書でも、その重要性が指摘されているところである。

地球温暖化観測推進ワーキンググループでは発足以来、約1年半にわたって検討を行い、さらに地球観測推進委員会（温暖化分野）との合同会合も実施しながら、地球温暖化観測に関する事項、特に「地球観測の推進戦略」において、重要な課題としてあげられている「アジア・オセアニア域を中心とする大気・陸域・海洋の温室効果ガス観測、陸域・海洋の炭素循環と生態系の観測、雪氷圏・沿岸域などの気候変動に脆弱な地域での温暖化影響の観測」について、「データ標準化の促進」、「データ流通の促進」、「観測施設等の相互利用の促進」、ならびに「時空間的観測空白の改善および観測項目の充実」の観点から検討を行い、本報告書を取りまとめた。

本報告書が、関係する各府省・機関などにおいて今後の施策などの検討に際して参考とされ、今後の各種観測計画に反映されることを希望する次第である。

最後に、本報告書を取りまとめるにあたり、お忙しい中原稿を執筆されたワーキンググループの委員の方々ならびに執筆協力者の方に感謝するとともに、サブワーキンググループでの議論をリードしていただいた、向井委員ならびに原沢委員に感謝する次第である。

平成20年3月

地球温暖化観測推進ワーキンググループ
主査 野尻 幸宏

地球温暖化観測における連携の促進を目指して
—温室効果ガス・炭素循環および温暖化影響評価に係わる観測—

目次

第1章	はじめに	1
1.1	報告書作成の経緯	1
1.2	報告書の目的	1
1.3	検討事項の選定	2
1.4	報告書の構成	2
第2章	データ標準化の促進	5
2.1	海洋分野におけるデータ標準化の促進	5
2.1.1	国際標準体制（共通標準試料（全炭酸・アルカリ度・栄養塩等）および測定法の相互比較）	5
2.1.2	データフォーマットの標準化	7
2.2	大気分野におけるデータ標準化の促進	10
2.2.1	関係府省・機関・大学における標準ガス体系	10
2.2.2	測定法の相互比較	13
2.2.3	アジア・南西太平洋地区全球校正センターの活動	17
2.3	陸域分野におけるデータ標準化の促進	20
2.3.1	陸域炭素収支観測における計測技術の標準化	20
2.3.2	微気象学的観測手法と生態学的観測手法の相互比較検証	22
2.4	影響評価分野におけるデータ標準化の促進	24
2.4.1	海面水位データの標準化	24
2.4.2	雪氷データの標準化（衛星観測を含む）	26
2.4.3	JaLTER およびモニタリング 1000 の活動とデータ標準化	27
2.4.4	世界森林資源調査（FRA2005）	30
2.4.5	森林情報の統一的基準の設定	31
第3章	データ流通の促進	34
3.1	海洋分野におけるデータ流通の促進	34
3.1.1	海洋二酸化炭素データベース	34
3.1.2	海洋観測データベース	35
3.2	大気分野におけるデータ流通の促進	39
3.2.1	国際的なデータ流通の枠組み	39
3.2.2	国内（大学を含む）におけるデータベース	41
3.3	陸域分野におけるデータ流通の促進	43
3.3.1	陸域炭素収支観測サイトのネットワーク化	43
3.3.2	微気象学分野ならびに生態学分野のデータベースの統合化	45
3.4	影響評価分野におけるデータ流通の促進	47
3.4.1	雪氷観測データの流通（衛星観測を含む）	47
3.4.2	海面水位観測データの流通	48
3.4.3	植物季節観測のデータベース	49
3.4.4	森林資源モニタリング事業	52
3.4.5	海洋生物データベース	53
3.5	社会経済データの流通の促進	56
3.5.1	社会経済データの情報源情報の収集促進	56
3.5.2	多様なデータの統合化と過去のデータのデジタル化（ビジュアル化を含む）	61
3.5.3	途上国におけるデータ利用の能力開発	64
3.6	データポリシー	67

3.6.1	データポリシーの概要と現状.....	67
3.6.2	データポリシーの具体例と問題点.....	68
第4章	観測施設等の相互利用の促進.....	76
4.1	観測施設（地上・航空機・船舶等）および観測試料の相互利用.....	76
4.1.1	海洋観測施設・試料.....	76
4.1.2	大気観測施設・試料.....	77
4.2	温室効果ガスを含む海洋観測の連携体制の構築.....	80
4.3	雪氷観測における施設および観測試料の相互利用.....	85
4.4	陸域における炭素循環・水循環・生態系観測の連携体制の構築.....	86
4.5	陸域における生態系・生物多様性に関する統合的観測.....	87
4.6	海面水位観測における機関間連携.....	89
第5章	時空間的観測空白の改善および観測項目の充実.....	92
5.1	現場観測の推進.....	92
5.1.1	海洋における定常観測と研究観測の機関間連携の促進.....	92
5.1.2	自動計測ブイの開発.....	92
5.1.3	南大洋観測の推進.....	93
5.1.4	海面水位観測の長期継続と連携.....	94
5.1.5	航空機観測・気球観測の長期継続体制の確立.....	96
5.1.6	観測空白域における地上観測施設の設置促進.....	96
5.1.7	アジア諸国における陸域炭素収支観測体制構築のための能力開発の実施.....	99
5.1.8	生物季節観測の推進.....	100
5.1.9	雪氷関係の現地長期観測の推進.....	101
5.1.10	雪氷観測における分析研究の推進.....	103
5.2	衛星観測の推進.....	104
5.2.1	温室効果ガス観測技術衛星（GOSAT）の有効な運用と検証体制の確立.....	104
5.2.2	海洋植物プランクトンのモニタリング.....	107
5.2.3	衛星（AVHRR・MODIS等）による植物季節・陸域炭素循環に関する観測.....	110
5.2.4	雪氷関係の衛星長期観測（ALOSによる氷河表面マッピングを含む）.....	112
5.3	プロセス観測の推進.....	116
5.3.1	キャンペーン観測.....	116
5.3.2	モデル検証のための観測.....	117
第6章	緊急に取り組むべき課題.....	122
6.1	データ標準化.....	122
6.2	データ流通の促進.....	123
6.3	観測施設等の相互利用の促進.....	125
6.4	時空間的空白の改善および観測項目の充実.....	125
6.5	今後の展望.....	127
略語一覧	.....	128
用語集	.....	135
参考資料	.....	145
委員一覧	.....	179
審議経過	.....	180

第1章 はじめに

1.1 報告書作成の経緯

深刻化する地球環境問題、とりわけ地球温暖化問題は、21世紀の重大な環境問題となっており、国として喫緊の対応と早急な対策の実施が求められている。地球温暖化をはじめ、地球環境問題を解決するためには、包括的で統合された地球観測を長期的に推進することが必要不可欠である。

2004年（平成16年）に策定された「地球観測の推進戦略」（以下、「推進戦略」）において、地球温暖化分野は、国として特にその観測に重点的に取り組むべき分野、成果が全球地球観測システム（GEOSS）の構築へとつながる分野であることから、関係府省・機関の緊密な連携を図ることが求められている。

このため、2006年度（平成18年度）に地球温暖化観測推進のための「地球観測連携拠点（温暖化分野）」（以下、連携拠点）が設置され、この事務局として「地球温暖化観測推進事務局／環境省・気象庁」（以下、事務局）が環境省と気象庁との共同で、（独）国立環境研究所地球環境研究センター内に設置された。

事務局は、地球温暖化分野の地球観測に関する各方面のニーズの集約や観測実施計画の作成、観測データの標準化促進（品質管理等）、観測データの流通促進（インベントリー等の作成）、観測施設の相互利用の促進（観測計画等の調整を含む）、世界気候研究計画（WCRP）・地球圏－生物圏国際共同研究計画（IGBP）・地球環境変化の人間社会側面に関する国際研究計画（IHDP）・GEOSSなどの国際研究プログラムなどとの連携、地球温暖化問題の啓発など、様々な役割を担う連携拠点の統合的・効率的活動を支えることをその任務としている。

「推進戦略」において、統合された地球観測システムの構築には、我が国の地球観測の現状や課題などを把握することの必要性が示されている。事務局の下に設置された「地球温暖化観測推進ワーキンググループ」（以下、WG）においては、連携拠点に課せられた役割を果たし、さらには、今後の「地球観測推進委員会（温暖化分野）」（以下、推進委員会）および地球観測推進部会における検討に資するため、1.3に述べる様に、地球温暖化観測に関連する課題について、現状や問題点、今後の展望などについて取りまとめることとした。

1.2 報告書の目的

本報告書は、我が国の地球温暖化観測の現状、今後のあるべき方向性を踏まえ、我が国において統合された地球温暖化観測システムを構築するために必要不可欠な項目について、現状、課題および今後の展望を明らかにするとともに、目指すべき地球温暖化観測システムを提案することを目的としている。具体的には、1.1で述べた様に、地球観測推進部会ならびに関係府省・機関における今後の施策などの検討に資するため、地球温暖化において重点的な取り組みが求められている課題のうち、特に炭素循環（陸域・海洋・大気）および影響評価の2つの項目について、「データ標準化の促進」、「データ流通の促進」、「観測施設等の相互利用の促進」、ならびに「時空間的観測空白の改善および観測項目の充実」の観点から検討を行った結果について報告を行うことにある。

1.3 検討事項の選定

「推進戦略」においては、ニーズに応える戦略的な重点化が必要な課題の1つとして、「地球温暖化にかかわる現象解明・影響予測・抑制適応」を挙げている。この課題の具体的な内容については、「我が国においては、アジア・オセアニア域を中心とする大気・陸域・海洋の温室効果ガス観測、陸域・海洋の炭素循環と生態系の観測、雪氷圏・沿岸域などの気候変動に脆弱な地域での温暖化影響の観測等が必要である。」と述べている。そのため、本報告書では温室効果ガス、炭素循環および温暖化影響評価に係る観測について検討を行い、取りまとめることとした（表1-1参照）。

本報告書に記述する事項は、「平成20年度の我が国における地球観測の在り方」作成に際し、推進委員会ならびにWGの委員および関係府省・機関から提示された事項などから、推進委員会およびWGでの検討を経て選定されたものである。

なお、本報告書は今後の連携施策などの検討に資することを目的として作成することから、必ずしも各事項について網羅的なレビューは行わないこととした。

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第4次報告書においても指摘されているように、地球温暖化を解明するためには、雲・エアロゾル、ならびに大気放射に関する観測が非常に重要であるが、検討項目が多岐にわたることから、今回の報告書においてはこれらの項目を割愛した。これらについては、次年度以降のWG会合において集中的に検討を行い、次号において報告することを予定している。次号において検討すべきその他の項目については、今後、推進委員会において検討・選定されることとなっている。

1.4 報告書の構成

本報告書は6章から構成される。まず、第2章と第3章では、海洋・大気・陸域と影響評価分野における、「データ標準化の促進」や「データ流通の促進」に係わる現状、課題および今後の展望を明らかにした。第4章と第5章では、「観測施設等の相互利用の促進」や「時空間的観測空白の改善および観測項目の充実」における現状、課題および今後の展望について検討した。そして、第6章では、第5章までに明らかにされた課題に基づいて、今後緊急に取り組むべき課題などについて、機関間ならびに分野間連携の視点から、特に重要と思われるものを選び、今後の連携施策および展望などについてまとめた。

なお、本報告書については、その内容が多岐にわたり、かつ大部の資料となっていることから、今後の施策などを検討する場合の利便性を考慮して、連携拠点の活動に対して科学的助言を行う役割を有している推進委員会において、本報告書の内容を取りまとめた概要版を作成し、関係府省・機関などに配布する予定である。

（事務局）

表1-1 報告書第1号における検討課題

分野間連携・・・分野
 機関間連携・・・機関
 長期継続観測・・・長期

①データ標準化の促進	海洋分野	大気分野	陸域分野	影響評価分野
	機関	機関	分野	分野・機関
	国際標準体制(共通標準試料(全炭酸・アルカリ度・栄養塩等)および測定法の相互比較) (野尻・石井・小笠)	関係府省・機関・大学における標準ガス体系 (松枝・向井)	陸域炭素収支観測における計測技術の標準化 (三枝・宮田・日浦)	海面水位データの標準化 (櫻井・清水・宮崎)
	データフォーマットの標準化 (野尻・小笠・石井)	測定法の相互比較 (向井・松枝)	微気象学的観測手法と生態学的観測手法の相互比較検証(三枝)	雪氷データの標準化(衛星観測を含む) (東・藤田)
		アジア・南西太平洋地区全球校正センターの活動(堀)		世界森林資源調査(FRA2005) (千葉)
				森林情報の統一基準の設定 (千葉)
②データ流通の促進	海洋分野	大気分野	陸域分野	影響評価分野
	機関	機関	分野	機関
	海洋二酸化炭素データベース (野尻・石井・小笠)	国際的なデータ流通の枠組み (松枝・向井・菅原・堀)	陸域炭素収支観測サイトのネットワーク化(藤沼)	雪氷観測データの流通(衛星観測を含む) (東・藤田)
	海洋観測データベース (清水・村田)	国内(大学を含む)におけるデータベース (菅原・向井)	微気象学分野並びに生態学分野のデータベースの統合化(藤沼)	海面水位観測データの流通 (櫻井・清・宮崎)
				海洋生物データベース (小笠・清水)
				植物季節観測のデータベース(千葉)
				社会経済データの流通の促進
				社会経済データの情報源情報の収集促進(原沢)
				多様なデータの統合化と過去のデータのデジタル化(ビジュアル化を含む) (原沢・日浦)
				途上国におけるデータ利用の能力開発(原沢)
	データポリシーの概要と現状(松浦)、データポリシーの具体例と問題点(原沢・堀)			
③観測施設等の相互利用の促進	機関	機関	機関・分野	機関・分野
	海洋観測施設・試料 (野尻・石井・小笠・橋田・村田)	大気観測施設・試料 (向井・菅原・橋田)	陸域における炭素循環・水循環・生態系観測の連携体制の構築(藤沼)	雪氷観測における施設及び観測試料の相互利用(東・藤田)
	温室効果ガスを含む海洋観測の連携体制の構築(野尻・小笠・村田)			陸域における生態系・生物多様性に関する統合的観測(日浦)
				海面水位観測における機関間連携 (櫻井・清水・宮崎)
④時空間的観測空白の改善および観測項目の充実	現場観測の推進			
	長期・機関	長期・機関	長期	長期・機関
	海洋における定常観測と研究観測の機関間連携の促進 (石井・村田)	航空機観測・気球観測の長期継続体制の確立 (向井・菅原・橋田)	アジア諸国における陸域炭素収支観測体制構築のための能力開発の実施 (三枝)	海面水位観測の長期継続と連携 (櫻井・清水・宮崎)
	自動計測デバイの開発 (石井・村田)	観測空白域における地上観測施設の設置促進(向井・橋田)	生物季節観測の推進 (日浦)	雪氷関係の現地長期観測の推進 (東・藤田)
	南大洋観測の推進 (石井・村田)			雪氷観測における分析研究の推進 (東・藤田)
	衛星観測の推進			
	機関	機関	機関・長期	長期
	海洋植物プランクトンのモニタリング (松浦)	温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT)の有効な運用と検証体制の確立 (松浦・今須)	衛星(AVHRR・MODIS等)による植物季節・陸域炭素循環に関する観測 (松浦・西田・佐々井)	雪氷関係の衛星長期観測(ALOSによる氷河表面マッピングを含む) (松浦・藤田)
	プロセス観測の推進			
	機関・分野	分野		
	キャンペーン観測(松浦)	モデル検証のための観測(三枝)		

第2章 データ標準化の促進

2.1 海洋分野におけるデータ標準化の促進

2.1.1 国際標準体制（共通標準試料（全炭酸・アルカリ度・栄養塩等）および測定法の相互比較）

大気中の二酸化炭素濃度増加に伴う海洋表面の炭酸系の変化速度は、全炭酸で $0.5\text{--}1.5\ \mu\text{mol/kg/y}$ 、 pCO_2 で $1\text{--}2\ \text{ppm/y}$ 、 pH で $0.002\text{--}0.004\ \text{pH/y}$ 程度であるから、時系列観測によってこれらの変動を迅速に検出するためには、全炭酸で $\pm 1\ \mu\text{mol/kg}$ 程度、 pCO_2 で $\pm 1\ \text{ppm}$ 、 pH で $\pm 0.003\ \text{pH}$ 程度までに、世界全体の測定値の精度（測定値の精密さ、すなわち、繰り返し再現性の程度をいう）および確度（測定値の絶対的な正確さをいう）を揃える必要がある。ただし、海水中 pCO_2 と pH に関しては、（精度はともかく）直接に測定値を長期間同じ確度で保つ事が技術的に極めて難しいため、アルカリ度と全炭酸から平衡計算によって算出する方法がよく取られる。この場合、アルカリ度も対応する精度・確度（ $\pm 1\ \mu\text{mol/kg/y}$ ）で測定が必要である。

また、検出された炭酸系の変動が海洋循環や生物過程の変動によるものか、それとも人為起源炭素の直接的な吸収によるものかを判断するには、溶存酸素・栄養塩などの補助的なパラメーターも必要となるが、これらの補助パラメーターも炭酸系の精度と対応する精度・確度が必要となる。具体的には、酸素で $\pm 1\ \mu\text{mol/kg}$ 、リン酸で $\pm 0.01\ \mu\text{mol/kg}$ 、硝酸で $\pm 0.07\ \mu\text{mol/kg}$ 程度が必要である。

現在の分析技術は、単一研究室が短期間に同じサンプルを繰り返し測定する際の分析精度については、上記の各パラメーターすべてでそれぞれに必要な精度を確保することがそれほど困難ではない。しかし、地球温暖化の観測には世界中の観測者が、何十年間にもわたって測定し続けたデータが、全て上記の精度・確度内に収まることが求められる。上述のように pCO_2 と pH に関しては確度の確保が非常に難しいため、少なくとも全炭酸・アルカリ度・溶存酸素・リン酸・硝酸の5項目に対して、世界中の研究機関が同一の標準物質と標準分析法に準拠して観測を行う体制を作り上げるのが現実的に有効である。

海水中の全炭酸濃度と全アルカリ度の分析の精度管理に使用できる認証標準物質 (CRM) は、アメリカカリフォルニア大学スクリップス海洋学研究所 (SIO) の A. G. Dickson らによって 1990 年から開発が進められてきた (Dickson, 1991)。全炭酸濃度の認証値は、開発当初から SIO の故 C. D. Keeling の研究室において真空抽出・圧力法によって決定されている。また 1990 年代中頃からは、電量滴定で標定された塩酸溶液と開放型セルを用いた電位差滴定によって、全アルカリ度にも認証値がつけられるようになった。この CRM は、1990 年代に実施された世界海洋循環実験 (WOCE) や 全球海洋フラックス合同研究計画 (JGOFS) といった国際プロジェクトなどの海洋観測においても利用され、およそ 72,000 個の高精度データを全海洋的に取得する上で重要な役割を果たした。現在でも年に 5~6 バッチの CRM が調製されており、全炭酸濃度・全アルカリ度ともに $\pm 0.3\ \mu\text{mol/kg}$ 以下の高い精度で認

証値がつけられている。CRM¹は希望に応じて世界の調査機関に有償で供給されており、今後ともこれを活用して観測データの精度を管理することが不可欠である。

この A. G. Dickson 研究室の CRM は、アメリカエネルギー省 (DOE) を予算源としたプログラムであり、実質的にこれが世界標準となった。実際にごく沿岸域で局地的な観測を行っている場合を除き、世界中の全ての全炭酸観測機関はこの CRM と標準分析法に準拠した観測を行っており、温暖化観測の態勢は一応整っているといえる。しかし、DOE の予算が切れた後は SIO の A. G. Dickson 博士が単一研究室の事業として試料の作成と値付け・精度管理を行っている状態にある。単一研究室の事業であるので、設備もしくは担当研究者に不足の事態があった場合には直ちに CRM の供給が停止されかねない不安定な状態にある。このため、各国単位で A. G. Dickson 研究室の提供するものと同等の精度・安定性を持つ CRM を作成し、A. G. Dickson 研究室と相互検定を行いつつ配布運用する事が推奨されている。

日本においては、(株) 環境総合テクノスが全炭酸の参照物質 (RM) を作成し、国内各機関に有償で供給しているが、その濃度は A. G. Dickson 研究室の CRM を一次標準物質として値付けされているため、機関単独で確度をも保証出来る体制には到っていない。国内にも A. G. Dickson 研究室と同等の確度で全炭酸標準試料の値付けを行える体制を確立し、単独で CRM そのものの生産・配布が行える体制を早急に整備する必要がある。

また、これらの CRM には共通した問題点がある。大量の均一な海水が必要であるために二酸化炭素分圧の高い深層水濃度では調製が困難であり、いずれも海洋表層濃度のものである。分析機器を使って表層の低濃度から深層の高濃度までの測定を行うので、測定範囲全域にわたる確度の保証は別の方法で行う必要がある。また、一連の分析ごとに CRM を使用するとコストが高くなる欠点があり、状況によっては二次標準物質を準備する必要がある。さらには、全炭酸濃度や全アルカリ度を安定させるための殺菌剤として毒物の塩化水銀 (II) (HgCl₂) が少量添加されており、将来、輸送などにおける規制が強化される可能性があることから、毒物を含まない CRM の開発も必要である。

アルカリ度についても全炭酸と同時に、1990 年代後半に暫定的な標準分析法の策定が行われ、その標準分析法に基づいて値付けを行った CRM が、やはり A. G. Dickson 研究室から配布されて使用されている。ただしアルカリ度の場合、策定された標準分析法が十分な確度を保証し得るものかについて未だ議論の余地が残されていて、検討が続いていた。近年になって、産業技術総合研究所を中心とした国際グループがアルカリ度測定法についての最終的な検討を終了し、1990 年代後半に策定された標準分析法を十分な確度を持つものとして正式に承認し、さらに国際標準化機構 (ISO) 国際規格化への手続きを開始した。ISO の承認作業は 2007 年度中には終了する見込みである。アルカリ度の CRM は、全炭酸と同様に A. G. Dickson 研究室でのみ生産・配布されている。国内では (株) 環境総合テクノスが全炭酸と同時にアルカリ度の RM を作成しているが、これも国内で確度の高い値付けを行えるような耐性を構築し、CRM 化する必要がある。栄養塩の標準試料についても、全炭酸同様に世界共通の CRM は未だ存在していない。RM 自体はヨーロッパ (QUASIMEME test material : Quality Assurance of Information for Marine

¹ <http://andrew.ucsd.edu/co2qc/index.html> (参照日 : 2008/02/04)

Environmental Monitoring in Europe)、北アメリカ(MOOS-1: Monterey Ocean Observing System)、日本(環境総合テクノス栄養塩参照物質)など、既に複数
が配布され広域ブロック単位で流通しているため、これら既存のRM同士でさらに
相互検定を繰り返し、互いの確度を均一化させていくことによって、すなわち相
互に互いのRMを一次標準として自らのRMを値付けし、相互に必要な確度の保障
ができるような状態にまで品質を高めることによって、これらのRMをCRMに格上
げする事が可能になると思われる。

栄養塩類(特に重要なリン酸塩・硝酸塩の他、ケイ酸・亜硝酸塩が海洋観測で
はルーチン分析される。アンモニアの測定は困難度が高いのでルーチン分析され
ることは稀である)の分析では、1990年代のWOCEやJGOFSの観測においてさえ
も、異なる航海で観測した同一点の深層データに分析誤差に起因すると考えられ
る濃度差が見られるなど、精度管理に問題があった反省から、気象研究所の青山
と(株)環境総合テクノスの太田らが、オートクレーブを用いた栄養塩測定用標
準物質の調製に着手した。すでに濃度の安定した海水ベースの標準物質の量産に
成功しており、大規模な国際比較実験が行われた(Aoyama, 2006)ほか、海洋研
究開発機構(JAMSTEC)の研究船「みらい」の航海にも活用されるなど、RMとし
ての実用化段階に入っている。また、産業技術総合研究所計量標準総合センターは
濃度を標定して認証値をつけることを検討しており、CRMとして国内外で活用さ
れる体制が整うことが期待される。

また、上述のように国際的にはWOCEで作成された標準分析法が実質的な世界標
準分析法として通用している。国内では気象庁が作成した「海洋観測指針」中に
記されている分析法が標準分析法として広く利用されている。1999年度版の海洋
観測指針ではWOCE標準法に準拠した栄養塩分析法が記載されるようになり、問題
がなくなったが、国内では未だ1999年度以前の版を使用している観測機関が多く、
これらはWOCE標準分析法とは若干異なっているため、1999年度版海洋観測指針
に準拠した方法を取るよう、国内の各機関への周知徹底が必要である。

栄養塩の標準試料は全炭酸・アルカリ度と異なり、現在、気象研究所が中心と
なってそのような国際相互検定を実施しており、相応の成果を挙げつつある。日
本としてこの活動をサポートし、栄養塩観測の標準化を早急に完成させるべきで
ある。

(野尻・石井・小埜)

2.1.2 データフォーマットの標準化

公開されて活用されるべきデータには、実際に観測された数値データと、観測
手法など、観測に関わる情報を記したメタデータがある。異なる機関で観測され
たデータを統合して解析処理するために、予め各機関から観測結果が報告される
際の、データのフォーマットを統一されることが望ましい。メタデータは、観測
データの系統誤差を補正するための情報としても有益であるので、観測データと
共にメタデータの記載内容およびデータフォーマットも世界中で統一する必要が
ある。

海洋表面水や洋上大気中の二酸化炭素分圧の観測データの報告様式については、
2004年1月につくば市で開催された“Workshop on Ocean Surface pCO₂, Data

Integration and Database Development”において議論され、報告されるべきメタデータと、データ解析に必要な諸パラメーターを含む観測データの内容がユネスコ政府間海洋学委員会 (IOC) ²の国際海洋炭素調整プロジェクト (IOCCP) から勧告されている。

全炭酸濃度・全アルカリ度などの海洋二酸化炭素系パラメーターを含む海洋各層観測のメタデータについては、アメリカの二酸化炭素情報分析センター (CDIAC) ³ のウェブサイト³に習い、観測者・データセット・航海および観測パラメーター・観測方法などの情報を報告することが望ましい。全炭酸・アルカリ度に関しては、大西洋に関しては国際海洋探査委員会 (ICES) のCARINA (Carbon Dioxide in the North Atlantic Ocean)、太平洋に関しては北太平洋海洋科学機構 (PICES) のPICNIC (PICES Carbon Dioxide Related Data Integration for the North Pacific) の枠組みでデータ・メタデータの標準フォーマットが作成され、データをオンラインで報告する際の規準となっている。また、海洋酸性化の影響が明らかになるにつれ、海洋pHの直接測定も今後は増加すると見込まれるので、pHに関するデータフォーマットおよびメタデータフォーマットをあらかじめ世界レベルで協議しておく必要がある。このような議論を行う枠組みとして、太平洋を主たる研究対象とする我が国は、今後もPICESの利用を推進すべきである。

海洋各層観測のデータフォーマットは、観測データと観測点情報などを別ファイルにしたテキスト型のWOCE フォーマット、同じくテキスト型だが観測データと観測点情報などを同一ファイルにまとめたWOCE Exchange フォーマット、海洋の各層観測データの可視化に広く使われているソフトウェア“Ocean Data View”のデータフォーマット、netCDF (network Common Data Form) の4種類が国際的に広く利用されており、これらのフォーマットで記録しておくデータ利用の観点から利便性が高い。SIOにあるCCHDO⁴ (CLIVAR & Carbon Hydrographic Data Office) では、これら3種類のフォーマットでデータを公開している。世界気象機関 (WMO) の温室効果ガス世界資料センター (WDCGG) では、WOCE Exchange フォーマットを採用している。

栄養塩に関しては、国際的なデータ・メタデータのフォーマットはいまだ策定されていない。国内的には、海洋観測データは最終的に日本海洋データセンター (JODC) に報告され一括管理されるシステムが機能しているが、各機関から JODC へデータを報告する際のデータフォーマットは制限が設けられておらず、メタデータの同時提出も義務づけられていない。このため JODC のアーカイブデータの品質については何もわからないのが現状であり、地球環境変化の解析の際に大きな問題となっている (JODC については 3.1.2 を参照)。

栄養塩をはじめ、非炭酸系の観測データの報告フォーマットを世界レベルで統一し、メタデータの同時報告を義務づける作業が緊急に必要である。ただし、報告フォーマットの統一とメタデータの作成と報告 (特に英文) はデータ報告者にとって非常な負担となるため、これらの作業がデータそのものの報告の妨げとな

² <http://ioc.unesco.org/ioccp/Docs/TsukubaWSdocs/IOCCPRecFormats.pdf> (参照日 : 2008/02/04)

³ <http://cdiac3.ornl.gov/forms/discreteform.htm> (参照日 : 2008/02/04)

⁴ <http://cchdo.ucsd.edu/index.html> (参照日 : 2008/02/04)

らないよう、データ報告者によるフォーマットおよびメタデータ作成を支援するための何らかの手当（フォーマット作成代行要員の確保等）が重要である。
（野尻・小埜・石井）

2.2 大気分野におけるデータ標準化の促進

2.2.1 関係府省・機関・大学における標準ガス体系

(1) はじめに

地球温暖化の解明を目指して、地上の観測網や航空機、船舶およびバルーンなどを利用した大気温暖化気体の観測が全世界で実施されており、この分野においては日本も重要な役割を果たしている。しかしながら、地球規模の炭素循環に基づいて、より精度の高い温暖化予測を実現するためには、大気観測によるデータが未だ十分とは言えないのが現状である。長期の大気観測の継続的な支援とその拡充を推進すると同時に、全球的な解析を進展させるためには、収集されている様々な観測データの統合が不可欠である。データ統合には、関係府省・機関・大学などのすべての観測機関で得られる観測結果が相互に比較可能となるデータの標準化が必要であり、それによって貴重な観測データが有効に活用されることが求められている。観測データの標準化は、国内外を含めた全世界の観測実施機関が連携・協力して取り組むことによって、初めてその目的が達成される。この目的のためには、大気観測の基準となる標準ガスの比較による体系化が、緊急に取り組むべき重要な課題の一つとなっている。

(2) 標準ガス体系の現状

温室効果ガスの長期観測を実施している日本の主要な研究機関（気象研究所・国立環境研究所・東北大学・国立極地研究所・産業技術総合研究所等）は、それぞれ独自の標準ガス・スケールを保有し（図 2-1）、個々のグループで標準の維持・管理を行っている。その多くは 1980 年代に東北大学が開発した標準ガスの製作方法に準拠し、当時の日本酸素（株）などガスメーカーによる重量充填法を用いた精度の高い標準ガスをそれぞれが製作し、その機関の標準ガスシリーズとしてスケールの維持を行っている。東北大学・極地研究所・産業技術総合研究所・気象研究所・国立環境研究所などがそれにあたる。

一方、定常業務の一環として大気観測を実施している気象庁は、世界気象機関（WMO）の全球大気監視計画（GAW）の傘下に属し、WMO の中央校正施設（CCL：現在はアメリカ海洋大気庁（NOAA））で維持・管理している WMO スケールに基づいて、データの標準化を図っている。WMO/GAW では、2 年に 1 回の標準ガスの校正を勧告し、世界基準の定期的かつ長期的な統一を目指した活動を強化している。NOAA のスケールは、例えば二酸化炭素（CO₂）は C. D. Keeling が行っていた圧力比測定による濃度計算をもとに、シリンダーの濃度を決定している。C. D. Keeling らの行っていた測定器とは別に NOAA 独自の測定システムを 1991 年に作り、NOAA の持つ二酸化炭素の一次標準を定期的に検定しながら、標準の維持を行っている。その他、歴史的に NOAA が維持してきたメタン・一酸化炭素などのスケールも、WMO 傘下の機関へのスケールの伝達が行われている。しかしメタン濃度スケールは 2005 年に 25ppb 程度改定されたことは記憶に新しく、それに関しては気象庁の品質保証／品質管理（QA/QC）の項にも記述がある。NOAA のスケールはその精度の維持や WMO 傘下の機関間のスケールの統一という観点からは、十分機能を果たして

いるが、絶対的な濃度標準という観点ではまだ検討の余地が残されていると考えられる。

これら観測実施機関とは別に、日本の産業技術総合研究所計量標準総合センターや化学物質評価研究機構などの計量標準を管理する研究機関では、温暖化気体の標準ガスの絶対精度向上とその品質管理に関連した研究を行っている。2003年には、パリにある国際度量衡局（BIPM）による大気レベルの二酸化炭素・メタンなどのガス濃度比較実験の予備実験（CCQM-P23）が行われて、重量充填法の精度の検討などが行なわれている。計量機関でのこれらの精度や確度の高い標準の作成は、現在始まったばかりであり、今後、観測機関にこれらのガスが供給されるようになるまでは、すこし時間が必要と考えられる。

同位体比は物質循環を測定する良い指標として炭素・酸素・窒素などの利用がなされているが、炭素に関する同位体比標準は国際的に炭酸塩であるNBS-19(National Bureau of Standards-19)（アメリカ国立標準技術研究所(NIST)または国際原子力機関（IAEA）から入手可能）を用いて、その値を1.9パーミル（VPDB(Viena PeeDee Belemnite)からの偏差）とすることが合意されている。酸素は、VSMOW(Viena Standard Mean Ocean Water)と呼ばれる標準海水の酸素同位体比からのずれ、窒素は大気中の窒素からのずれとして表される。測定する場合は、炭素の場合NBS-19の炭酸塩から二酸化炭素をりん酸で追い出し、二酸化炭素にしてから質量分析装置へ導入する。多くの場合、各研究室で、研究室ごとの標準となる二酸化炭素を持っており、それからの偏差を計り、基準値への換算を行なうが、研究室ごとの標準がどの程度の精度管理がされているかは、研究室によって異なる。

(3)問題点

多くの研究機関が独自の標準シリーズを作成しているために、それらの標準シリーズの不確実性は理論的には計算できるものの、それがどの程度現実的なものかは証明されていない。時間的に標準のシリンダーが濃度変化をしないことが望まれるが、場合によって変化することもあり、普段のチェック体制が必要である。これらは、計量標準総合センターからの標準ガス供給ができるようになると、かなり解消される可能性があるが、温室効果ガスは多岐にわたっているために、すぐ供給体制が確立されるということは非常に難しいことと思われる。現実的には、ガスメーカーに依頼し作成することになるが、その場合の作成技術のメーカー内の技術移転の面や、測定用天秤が以前のものと同様であったり、絶対精度をメーカー側で常に維持できるように保障している訳ではないために、あらたに標準を作成しようとする、以前のものと同様に整合的なものを作成できるかということ、かなり困難が伴うことが多い。

NOAAの標準にあわせるには、定期的な比較が必要になるので、国外へのボンベの輸送が伴ったりして、費用や作業が必要になる。NOAA基準にする場合は、すべての精度管理をNOAAに委託する形となるので、NOAAの測定値が何らかの理由でずれてしまったりする場合は、だれもそれを検出できないことがある。

オゾンの濃度標準はNOAAではなくNISTがその基準を持っている。日本においてはNIST基準のオゾンの標準は国立環境研究所にあるオゾン標準参照フォトメータ(SRP35: Standard Reference Photometer)がそれにあたる。しかし、日本

の国内のオゾンスケールに関しては、歴史的に KI 法が用いられていたために、基準の実質の統一がなされてこなかった経緯があり、国内の基準統一が現在の課題となっている。

二酸化炭素の同位体比を測定する場合は、炭素も酸素も NBS-19 を基準にすることが通例である。実際の測定の際には二酸化炭素ガスにして測定するが、現在、基準となる二酸化炭素ガスの同位体比基準はない。NIST が商品化している同位体比測定用二酸化炭素ガスは参照物質 (RM) であり、認証標準物質 (CRM) ではない。炭酸塩から二酸化炭素ガスにする際の誤差要因は特に酸素で大きいとされているので、炭酸塩そのものを通常の精度の良い CRM にすることはあまり効率的でない。特に問題なのは、大気に近い同位体比をもつ二酸化炭素標準ガスが無いことであり、世界レベルでの、研究室間の同位体比の測定の精度を上げるために、良い二酸化炭素の同位体比 CRM が必要である。

これらのように、基準の異なる標準体型を使えば、当然測定値もそれに左右されるので、精度の高い議論が必要な場合、それぞれの観測値の直接の比較が困難になる場合がある。

(4) 今後の展望

日本全体の標準ガスの体系化は、計量機関などを通じて行われるべき性格のものであり、今後その体制ができてくることが望まれる。しかし、現実問題としてここに持たれている標準ガス体系をそれまでは維持しつつ、同時にそれらの間の相互比較が、計量機関も含めて非常に重要になってくると考えられる。これは、国内のみならず、国外機関との相互比較により、いわば地球規模でのデータの互換性を保障する必要があるだろう。そのために、連携・協力して取り組む体制の確立が必要であり、ワークショップなどの組織化のための活動を支援することが必要である。また、組織化された比較実験を長期的に実施するための継続的な研究資金の支援が不可欠である。すでに、ヨーロッパでは多くの異なる研究機関が参加して、頻繁かつ長期にわたって比較実験を実施しており、それに対して人的・資金的な支援を積極的に推進している。早急に、同様な活動を日本としても取り組む必要がある。これによって、日本の多くの観測データが標準化されて、世界の温暖化研究にさらに大きな貢献を果たすことが期待できる。

(松枝・向井)



図 2-1 標準ガスの例 (CO₂) と分析計。

2.2.2 測定法の相互比較

(1) なぜ相互比較が必要か？

標準の体系の問題と表裏一体となるのが測定法の相互比較である。各機関での同じサンプルを分析してその測定値を比較することにより、2.2.1にある各機関の標準体系の違いや、測定方法による観測値の違いなどを確認することができる。同時に各機関での標準スケールが時間的に変化していないかなどの情報が得られる。これまでの相互比較によって、NOAAなどのメタンの基準が改定されたり、同位体比の標準に関する議論が世界レベルで進んだり、その効用は大きい。

(2) 近年の相互比較実験

観測を実施している日本の研究機関は、研究プロジェクトごとの目的に沿って、個別に標準ガス・スケールの相互比較実験を国内外の観測研究グループと多数実施している。WMO/GAWでは、世界の観測機関を対象にした温室効果ガスの巡回比較実験を約4年に1回程度の頻度で実施してきた。これは地域的に濃度の異なるガスを3本ずつ巡回させその濃度や、同位体比などを報告させて、測定の比較を行うものである(図2-2)。日本では、気象庁をはじめとして、気象研究所・東北大学・国立環境研究所・産業技術総合研究所などがそれに参加している。この比較実験は、頻度が少ないので、早いスケールの変動のチェックをすることはできない。ヨーロッパを中心に2002年から行われてきたソーセージという相互比較実験は(図2-3)、ガラスフラスコに大気をいれて、それぞれの機関に送り、その中のガス濃度や同位体比を報告させるもので、2ヶ月に1回程度の速い速度で実験が継続されている。これには、日本から国立環境研究所が参加している。

気象庁は、アジア・オセアニア地域を中心としてメタン標準ガスの巡回比較実験をWMO/GAWの活動の一環として実施してきた(2.2.3参照)。これらWMO/GAWの比較実験には、気象庁に加えて日本の主要な研究機関も積極的に参加してきた(図2-4)。

その他、小さいコミュニティでの比較活動もある。たとえば、かつてIAEAが行っていた、オーストラリア連邦科学産業研究機構(CSIRO)・NOAA・カリフォルニア大学スクリップス海洋研究所(SIO)・東北大学で行われていた、二酸化炭素の同位体比の相互比較活動があった。これは、現在あまり活発ではないが、一方国立環境研究所は純粋な二酸化炭素を使った参照物質(NARCIS-I, II: NIES Atmospheric Reference CO₂ for Isotopic Study-I, II)を2種類作成し、これを配付して相互比較活動を行ったりしている。また、国立環境研究所・CSIRO・東北大学間での相互比較などもおこなわれている。ハロカーボン系の相互比較はAGAGE(Advanced Global Atmospheric Gases Experiment)のグループを主体として行われている。

オゾンに関しては、NISTを中心とした相互比較の上に、WMOが相乗りしていて、各観測所への査察という形での比較が行われたりしている。日本では、これまで国内のオゾンの基準の相互比較による実態調査は行われてこなかったが、最近、各自治体での基準と国立環境研究所所有のSRP35との比較実験などが行われたりしている。

一方では、計量機関間の相互比較は、BIPMを中心として行われており、物質量子論委員会(CCQM)の下での比較実験が行われている。二酸化炭素やメタンの計量機関間の相互比較の予備実験(CCQM-P41)が2003年に行われ、引き続き、本実験が行われたりしている。オゾンもCCQM-P21が2004年に行われ、国立環境研究所も参加した。

これまで実施されてきた観測研究機関間の個別の相互比較実験の結果も合わせると、日本における標準ガス・スケールの違いが次第に明らかになってきており、データの標準化が進んでいるが、まだ、日本全体として体系化できる段階には到っていないのが現状である。

(3) 問題点

これまでの標準ガス比較実験は、その重要性が常に強調されるにもかかわらず、実験のほとんどが各観測機関のボランティアベースで実施されてきた。このために、これまで実施された比較実験の情報とその結果が、日本全体として十分に共有されているとは言い難い状況を生んでいる。

もう一つの問題点は、標準比較実験が日本全体として組織化されていないために、それらの実施が単発的で長期的な継続的活動に繋がっていないことが挙げられる。日本国内の観測機関の多くは、個別に長期の観測データ収集に努力しているが、データの質を相互にチェックしてその信頼性をさらに向上させるための標準ガス比較実験に取り組む国内の体制が日本には整っていないことがある。

(4) 今後

観測を行っている各研究機関がネットワークを作り、定期的な相互比較ができる体制を今後作る必要があるが、今後その基盤となる予算や組織化が行われる必

要がある。その場合、計量機関などとの連携を作っていくことが重要と考えられる。国際的な比較実験が定期的に行われれば良いが、現状はそれほど甘くないので、普段の各機関でのチェックに加え、国内での組織的相互比較プログラムなどをたちあげ、それを世界的な比較実験とうまく組み合わせることによって、効率よく機関間のデータの相互比較や検証、標準のチェックなどができるものと考えられる。

(向井・松枝)

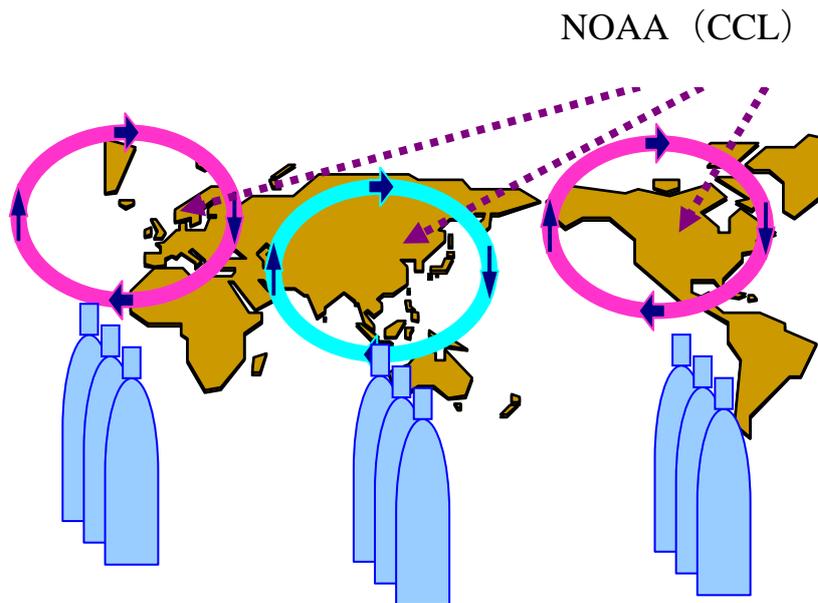


図 2-2 NOAA ラウンドロビンテスト。

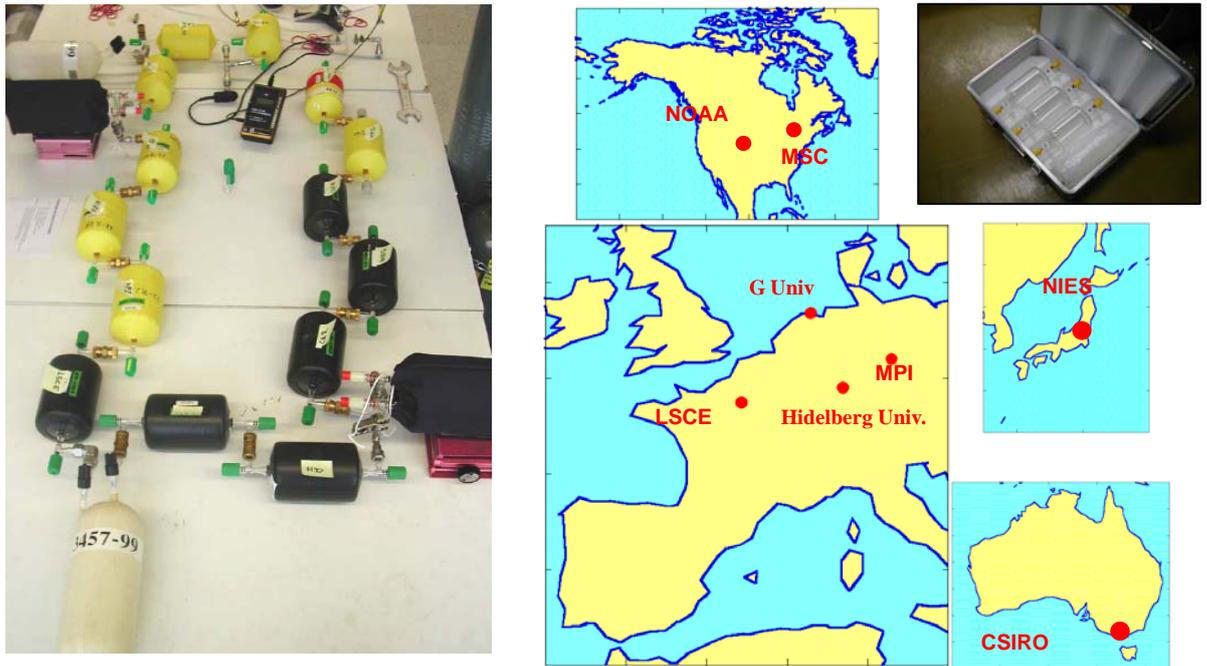


図 2-3 相互比較（ソーセージ）のサンプル導入の様子と参加機関
 (NOAA:アメリカ海洋大気庁、MSC:カナダ環境省気象局、
 G-Univ.:オランダ グロニンゲン(Groninge)大学、MPI:ドイツ
 マックスプランク研究所、LSCE:フランス気候・環境
 科学研究所、Hidelerberg Univ.:ドイツハイデルブルグ大学、
 NIES:国立環境研究所、CSIRO:オーストラリア連邦科学産
 業研究機構)。

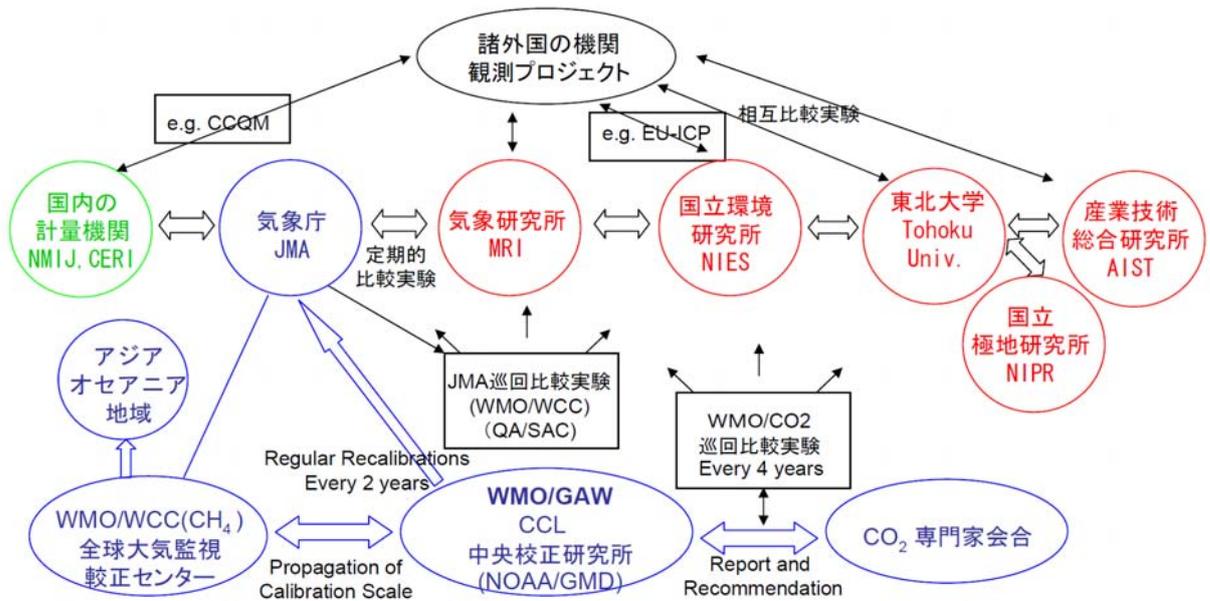


図2-4 相互比較における連携体制。

2.2.3 アジア・南西太平洋地区全球較正センターの活動

WMO では、大気環境に関する地球規模変動の監視のため、GAW プログラムを実施しており、全球的に統一的な組織的観測を行っている。GAW は、全球気候観測システム (GCOS) の大気化学成分の観測を担当することによって、気候変動に関する国際連合枠組条約 (UNFCCC) の研究・組織的観測を公的に支援している。また、実施方針として統合地球観測戦略 (IGOS) の大気化学テーマ「総合地球大気化学観測 (IGACO)」に沿うことによって、全球地球観測システム (GEOS) に貢献するものとなっている。

WMO/GAW は、この地球規模の観測を実施する上で、主分野ごとに設置された科学諮問部会 (SAG) が科学的・技術的な基盤について指導・監修を行うとともに、観測基準による尺度の管理を行う CCL、観測技術の確認や支援を行う品質保証・科学活動センター (QA/SAC)、観測データの品質向上やトレーサビリティの確保を支援する世界較正センター (WCC)、観測データの収集・配信を一元的に管理する世界データセンター (WDC) を設立し、各観測所による観測を支援している。それらの活動は GAW 戦略計画によって調和・推進されており、

- ・ 比較的統一された観測手法・手順
- ・ 同一の観測基準
- ・ データ品質・精度についての判別可能
- ・ あらゆる観測データへの容易なアクセス

による観測データの標準化を通して、全球の統一的な組織的観測が可能となっている。気象庁は、GAW 活動を積極的に推進しており、その一つとしてメタンに関する WCC としてのアジア・南西太平洋地区全球較正センターの運営がある。

地球環境の変動を目的とした観測は、産業用よりはるかに高い精度が求められるため、通常は市販の測定装置は使えず、オーダーメイドや研究者手作りの装置で観測が行われることが多い。これは、観測所毎に測器の仕様や観測方法・データ処理手順が異なることを意味し、また、それ以外にも観測機器の故障・更新や担当者の交代など、データ品質に影響を与えうる要因は数多い。

データ標準化、すなわち観測データの品質を一定水準に保つためには、観測データの精度や GAW 観測基準との差などの定期的な確認が不可欠である。その確認手段の一つとして、標準ガスの巡回比較は、観測データ品質の最終的なばらつきや観測に関する明らかな不具合を確認するための有効な手段となっている。気象庁の運営する WCC は、その活動の一環として、日本国内・アジア地区・南西太平洋地区を対象として、標準ガスの巡回比較を行っている。その活動について報告する。

(1) 現状

アジア・南西太平洋地区全球較正センターでは、2 本のメタン標準ガスを各観測所に巡回させ、各観測所がその濃度を正確に測定し報告することにより、各観測所のデータ品質・精度の確認 (巡回比較) を行っている (図 2-5)。2001 年から、日本を除くアジア地区 (中国・韓国)、2003 年に南西太平洋地区 (オーストラリア・ニュージーランド)、2004 年に日本国内のメタン観測機関対象として第 1 回目の巡回比較を行った (Tsutsumi, 2005)。その結果を図 2-5 に示す。さらに 2005

年から第2回目を実施しており、2005年から2006年にかけてアジア地区（中国・韓国）に対して、2007年には南西太平洋地区を対象として、現在巡回比較を実施中である。

これらの結果は、大気・海洋環境観測報告⁵やWCC in Japan⁶のホームページで見ることが出来る。例えば、韓国気象局のデータは、第1回の巡回比較では他の観測所に比べて大きく外れていたが、現在実施中の第2回目ではその差が極めて小さくなっており、巡回比較が観測所の技術向上に貢献している。また、2005年まではWMOとして統一されたメタンのスケール（参照標準スケール）が存在しなかったため、NOAAスケールを使っている観測所と、東北大学が開発した手法を使って製造された標準ガスを用いている観測所（例えば気象庁）の間で、明瞭なスケール差があった。アジア・南西太平洋地区全球較正センターの巡回比較の結果は、どのスケールを用いているか、またそれらがどの程度の差があるかを明瞭に示していた。NOAAは2005年にNOAAスケールを改訂し、東北大スケールにほぼ準じるスケールとなった。そしてそのスケールをもってWMOの参照標準スケールとした。そのため、気象庁はNOAAのWMO参照標準スケールを採用することとし、現在は全てWMO参照標準スケールを用いて巡回比較を行っている。

(2) 問題点

2007年9月に行われた第14回WMO/IAEA二酸化炭素および関連するトレーサー測定技術に関する専門家会合でも、巡回比較の重要性が確認された。しかし、現在の巡回比較のやり方は、バトンタッチ方式であり、一か所で測定に時間がかかると、順次全体のスケジュールが遅れる。また、標準ガスが一巡して戻ってこない、次の巡回比較が行えない。そのため、現在は一巡するのに3～4年かかっているが、巡回比較は、観測データの品質確認という趣旨からは、なるべく短い間隔で定期的に行うことが望ましい。

(3) 今後の展望

定期的な巡回比較は観測データの品質の確認のためには非常に有効である。今後、その頻度を上げるために、例えば直列的な巡回ではなく、同じ品質のガスを同時並行して配布するとか、それらを組み合わせた方式などの手法の検討を行っていく必要がある。また、現在は、WMO/WCCの枠組みで行っているため、メタンのみが対象となっているが、他の温室効果ガスにも拡大して、体系的に実施することが望ましい。

(堤)

⁵ http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/cdrom/report2005/html/8_2_4.htm (参照日：2008/02/04)

⁶ <http://gaw.kishou.go.jp/wcc/ch4/comparison.html> (参照日：2008/02/04)

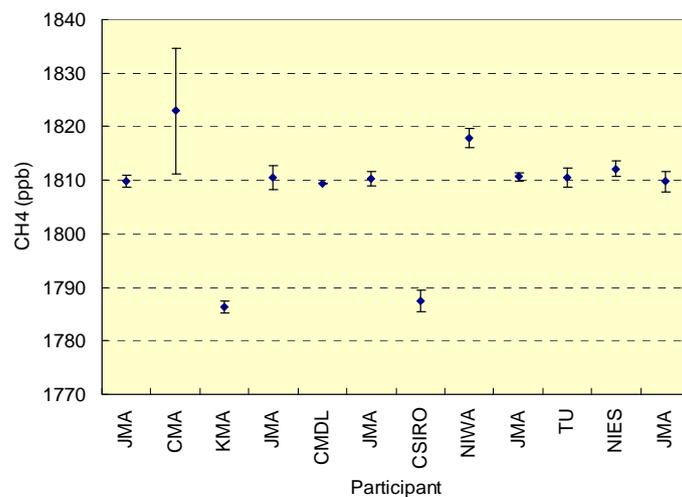


図 2-5 第 1 回目の巡回比較に用いたメタン標準ガスボンベ CPB13002 の各参加者の測定結果とその標準偏差。巡回比較の開始・終了と途中で気象庁にて確認のため測定を行っている (JMA: 気象庁、CMA: 中国気象局、KMA: 韓国気象局、CMDL: NOAA 気候監視診断研究所、CSIRO: オーストラリア連邦科学産業研究機構、NIWA: ニュージーランド国立水大気研究所、TU: 東北大学、NIES: 国立環境研究所)。

2.3 陸域分野におけるデータ標準化の促進

2.3.1 陸域炭素収支観測における計測技術の標準化

(1) 渦相関法による二酸化炭素フラックス計測の標準化

現在、陸域生態系による大気二酸化炭素の正味の固定量、すなわち生態系純生産量 (NEP) を直接測定するため、渦相関法による二酸化炭素フラックスの観測網が世界中に展開されている。渦相関法による二酸化炭素フラックスの計測手法は、空気を分析計内に吸引して分析するクローズドパス型渦相関法 (CPEC) と、空気をその場で分析するオープンパス型渦相関法 (OPEC) とに大別される。CPEC と OPEC にはそれぞれ長所・短所があり、また異なる計測システムへの変更には費用がかかるので、二つの計測システムが混在する状況は当分の間は変わらないであろう。

渦相関法による二酸化炭素フラックスの計測に用いられる主要な測器は超音波風速温度計と赤外線二酸化炭素分析計である。このうち、超音波風速温度計は一般に器差が小さい。一方、赤外線二酸化炭素分析計は、CPEC と OPEC のそれぞれについて、特定メーカーの同一機種 (およびその後継機種) の独占状態にあるが、CPEC では空気吸引用の付帯設備、OPEC では分析計の校正頻度や設置方法などがサイト間差の原因となりうる。計測システムに起因するフラックス測定値のサイト間差を評価するには、一つの観測点に各サイトの計測システムを集合させて集中観測を行う方法と、準器を巡回させてそれぞれのサイトで比較観測を行う方法がある。国内では、これまで集中観測方式での比較が散発的に実施されてきた (中井他, 2002)。最近、森林総合研究所により可搬型の CPEC システムが開発されたことにより、今後はアジア地域を対象とした巡回方式の比較観測が組織的に行われることが期待される。

最近の研究で、CPEC と OPEC とで測定された NEP には系統的な差異が認められ、その系統差はおもに OPEC の空気密度変動補正に関わる顕熱フラックスの計測に起因することが明らかになった (小野他, 2007 ; Grelle and Burba, 2007)。しかし、CPEC と OPEC のデータの欠損率の違い (OPEC の方が高い) が NEP の年間値の推定に及ぼす影響はよくわかっていない。CPEC と OPEC の混在は、NEP のサイト間比較を行う上での大きな障害となる可能性が高いので、両システムの計測を並行して実施している国内観測点のデータの解析を進め、CPEC と OPEC による NEP の年間値の差異を明らかにするとともに、両システムの系統差を縮小する方法を開発することが急務である。

従来、渦相関法による二酸化炭素フラックスの計測では、得られた生データから NEP の年間値を求めるまでのデータの処理が煩雑で、しかも処理法が必ずしも統一されていなかった。2000 年代に入り、フラックスネットワーク (FLUXNET) やその傘下の観測ネットワークの活動が活発化するにつれて、データ処理の根幹部分については、コスペクトルの低周波数成分の取り扱いなどの一部の処理を除いて、標準化が進んだ (AsiaFlux 運営委員会, 2003 ; Lee *et al.*, 2004)。データの品質管理についても、標準化に向けた手法が提示されつつある (Gu *et al.*, 2005 ; 間野他, 2007)。NEP の年間値の算定に必須となる欠損データの補間 (補完) については、観測サイト毎に異なる手法が採用されており、手法間差は無視できない。しかし、補間処理はほぼ機械的な作業なので、NEP の年間値のサイト間比

較を行う場合には、補間前のデータを収集して統一的な方法で補間処理を行う方法がとられている。

データロガーの性能の向上により、現在ではほとんどすべての観測サイトで、渦相関法の生データが保存されている。したがって、今後の研究の進展に伴って標準的な処理手法が新たに開発されたり、旧来の処理手法が変更された場合には、生データから統一的な処理を行うことにより、品質の揃った二酸化炭素フラックスのデータセットを再作成することが可能である。しかし、それぞれの観測サイトがこの作業を担当するのは負担が大きいため、このような役割を担うデータセンターの設置が望まれる。

(2) 気象要素の計測の標準化

二酸化炭素フラックスの観測点では、フラックスの計測に重点が置かれているため、気象要素のデータの標準化に対する取り組みは遅れている。放射量・気温・飽差・降水量・土壌水分などはフラックスデータを解析するうえでも、モデルの入力パラメーターとしても不可欠なので、今後はその標準化を推進する必要がある。放射量については、1台の測器で短波放射量と長波放射量のそれぞれ下向き成分と上向き成分を個別に測定できるという簡便さから、4成分型の放射収支計を使用している観測サイトが多い。しかし、市販の4成分型放射収支計のなかには、個別成分の測定精度が十分でない機種があり（長井・長沼，2004）、結露対策も不十分である。すべての観測サイトが高価な測器に交換することは困難なので、センサーの定期的なメンテナンスや準器との比較観測の実施とともに、データの品質管理の向上が重要である。光合成有効放射量の測定には複数のメーカーのセンサーが使用されており、その器差を明らかにするための比較観測が、森林総合研究所の富士吉田サイトで実施されている。

(3) 土壌呼吸量の計測の標準化

土壌呼吸量の計測は、チャンバー法（円筒や箱状のチャンバーを植物や土壌表面にかぶせ、内部の二酸化炭素濃度の上昇速度を測定することにより呼吸量を算出する方法）で直接測定する方法が一般的であり、土壌中の二酸化炭素濃度勾配を計測する方法を併用している観測サイトもある。土壌呼吸測定用のチャンバーは方式・形状とも多様であるが、最近では測定環境の改変の程度が小さい自動開閉型の通気式チャンバーが主流となっている。チャンバーの方式や形状、設置台数は観測サイト固有の条件に制限され、また赤外線二酸化炭素分析計以外のシステムは自作されることが多いので、ハードウェアの統一は困難である。そこで、データの互換性を高めるため、各観測サイトで使用しているチャンバーを一堂に会した相互比較実験が国内外で実施されている（Liang *et al.*, 2004; Pumpanen *et al.*, 2004）。

(4) バイオマス・炭素量の計測の標準化

バイオマス（生物量）は草地の場合コドラート（区画）を刈り取り法で直接計測、森林の場合コドラート内をすべて伐採計測、あるいはサンプル木を十数本伐採しそこで得られたアロメトリー（相対生長）から他個体のバイオマスも推定する方法が一般的である。しかし森林でのこの方法は多大な労力が必要なため、国

際生物学事業計画（IBP）時代以降行われることがほとんどなくなり、既存のアロメトリーを無理に適用してしまう事も少なくない。植物中の炭素量はバイオマスの50%とすることが多いが、植物種によって含まれる炭素含有率が46-59%と異なる（Lamblom and Savidge, 2003）ので厳密には種毎に計測することが望ましい。

（三枝・宮田・日浦）

2.3.2 微気象学的観測手法と生態学的観測手法の相互比較検証

1990年代後半以降、世界各地の陸域生態系において微気象学的方法に基づく二酸化炭素・水蒸気・熱フラックスの長期連続観測が始まった。いくつかの観測点では、現在までに十年以上の観測データを蓄積している。2000年以降には、ヨーロッパ・アメリカ・アジアにおける観測ネットワーク（CarboEurope, AmeriFlux, AsiaFlux）などの活動を通して、微気象学的方法である渦相関法に基づく観測手法と、補正や欠測値補完を施して年間の炭素収支量を算出する手法の標準化が一定のレベルまで進展した。このような背景のもと、近年では、世界のさまざまな陸域生態系において、微気象学的方法に基づく炭素収支量の算出結果を、従来行われてきた生態学的方法と比較検証することにより、両者の不確実性や観測誤差を評価することが可能になってきた。比較検証は、現在のところ主に以下のような方法で行われている。

(1) 光合成総生産量の検証

日中の光合成総生産の日変化や季節変化を微気象学的方法により求め、個葉の光合成速度を群落全体で積算した結果（群落光合成）と比較する。個葉の光合成は植物の種ごとに測定され、光合成有効放射・葉温・大気湿度・二酸化炭素濃度・葉の窒素含量などの関数として、群落内の高度別にパラメーター化（モデル化）される。群落光合成は、葉面積や葉の傾き・放射条件・大気条件などの鉛直分布を考慮して個葉光合成を積算することにより求められる。これまでの研究により、種ごとに異なる光合成のパラメーターとその季節変化を考慮することにより、個葉から積み上げられた群落光合成量は、微気象学的方法による光合成総生産を良好に検証できるという結果が報告されている（Ito *et al.*, 2006 など）。

(2) 生態系呼吸量の検証

一方、生態系呼吸量の比較検証にはまだ数多くの問題が残されている。生態学的方法では、土壌中微生物による有機物分解や、植物の葉・枝・幹・根の呼吸により放出される二酸化炭素量をチャンバー法などにより測定し、その結果を生態系全体で積算することにより生態系呼吸量を算出する。生態系呼吸量を微気象学的方法による夜間の二酸化炭素放出量と比較した研究がこれまでにいくつか行われており、両者が一致するという報告もあるが、微気象観測による生態系呼吸量の方が系統的に小さいという報告もある（Law *et al.*, 1999; Ohkubo *et al.*, 2007）。

不一致の原因としては、夜間弱風時に微気象学的観測の誤差が大きくなる問題が重要視されている。夜間弱風時に問題が起こる原因は、群落内部または群落直上に発生する水平移流が関与すると考えられており、特に地形の影響で水平移流の発生しやすい複雑地形地にある観測点において重大な問題を起こすことがある。

現在は、誤差の原因を明確に特定する研究や、測定方法や計算方法を改良するための研究が積極的に進められているところである。

また、日中の生態系呼吸量を光合成と分離して測定することは、微気象学的方法でも生態学的方法でも非常に困難である。現在のところ、夜間に測定された呼吸量を温度などの関数として表し、日中の呼吸量をその経験式から推定することがしばしば行われている。しかし、日中と夜間で呼吸量が異なる環境要因依存性を示すことは十分にあり得る。このため、日中の生態系呼吸量を精度よく推定する手法を開発することも重要な課題である。

(3) 生態系純生産量の年間値の検証

微気象学的方法と生態学的方法による生態系純生産量の年間値を相互比較する試みは、世界各地で数年以上の観測データが蓄積され始めた近年ようやく可能になってきた。さらに、土壌中に蓄積される炭素量の経年変化を検出し、微気象学的方法や生態学的方法による生態系純生産量と比較する研究も行われている。これら三者による相互比較の結果は、一致する場合と一致しない場合があること、不一致の原因はまだ十分に解明されていないことなどが報告されている (Curtis *et al.*, 2002)。微気象学的方法の誤差は、夜間の問題が重要な要因と考えられている。生態学的方法の誤差は、植物の根から土壌に供給される炭素量など、土壌内部での炭素の動態がまだ正確に測定できないことなどが重要な問題と考えられている。土壌中炭素量の経年変化の検出については、特に森林では土壌中炭素の空間的不均一性が極めて高いことから、観測値に含まれる不確実性はまだまだかなり大きいと考えられる。

こうした相互比較検証は、微気象学的観測タワーにおける長期連続観測の継続、生態学的方法による個葉・個体・群落レベルの階層的な観測、土壌炭素動態のより高精度の観測といった非常に多くの時間と労力を伴う作業を必要とする。しかし、陸域炭素収支量の観測値がもつ大きな不確実性を低減していくためには、こうした総合的な長期観測と相互比較検証を継続して進める以外に方法はない。いくつかの観測点で総合的な観測を集中的に行い、不確実性の大きい項目を抽出して原因を解明し、改良方法を開発していく研究を継続していくことが必要不可欠である。

(三枝)

2.4 影響評価分野におけるデータ標準化の促進

2.4.1 海面水位データの標準化

国内の海面水位観測は国土交通省河川局・港湾局・国土地理院・気象庁・海上保安庁・地方自治体・大学などの様々な機関によって実施されている。海面水位の変動は周期が数秒程度の波浪、数分から数十分の津波や副振動、半日程度の潮汐など、様々な周期の波動が混在しているが、各機関ではそれぞれの目的に応じて、それらを取捨選択していることから、使用する測器やデータ処理の方法には相違がある。例えば、気象庁では潮汐を算出する場合と副振動や津波を抽出する場合とでローパスフィルタのカットオフ周期を変更している。一方、測量の高さの基準の決定や地盤変動の検出を海面水位観測の目的としている国土地理院では、井戸と海を結ぶ導水管の内径を調節して短周期成分を物理的に取り除いている。

地球温暖化に伴う海面水位上昇を論じる場合には、海面水位の観測値の統計処理方法と観測地点における地盤変動の影響を考慮する必要がある。

海面水位の統計値としては月や年単位で平均された海面水位データを用いることが多く、これらは毎時潮位をもとに算出される。観測データがデジタル化される以前は、自記記録紙に平滑曲線を描いて副振動などの短周期成分を除去し、毎時潮位と満干潮位を読み取っていた。これらの歴史的なデータと現在のデジタル化されたデータを等質に保つためには、サンプリング値をそのまま毎時値として採用するのではなく、数十分程度より短い周期の波を適切なデジタルフィルタを用いて除去する必要がある。気象庁では Hamming (1980) による二重 Lanczos フィルタを、海上保安庁では Thompson (1983) の手法に基づくローパスフィルタを用いて短周期成分を除去し、毎時値や満干潮位を算出している。なお、国土地理院では前記の通り物理的に短周期成分を取り除いた潮位を観測するとともに、潮位曲線のスムージング処理を行って算出している。

観測地点における地盤変動については、海面水位は地盤に固定された基準（観測基準面）から海面の高さを計測するために、観測の精度とともに観測基準面の上下動の測定が非常に重要である。大きな地震があった場合、地震によっては数 10cm から 1 m 以上も地盤が上下することがある。大きな地震がなかった場合でも、太平洋側沿岸の多くの海面水位観測施設では、太平洋プレートの沈み込みの影響で徐々に地盤が沈み込み、その結果として見かけ上海面水位が高くなることが知られている。このため、長期的に海面水位を観測するためには、観測水準面の上下動を把握し、これを海面水位の観測値から分離することが不可欠となる。

観測地点における地盤変動を測定する方法としては、水準測量による方法と全球測位システム (GPS) による方法がある。GPS 受信装置が普及する以前、あるいは GPS 受信装置を備えていない海面水位観測施設では、地盤の上下動の計測に水準測量を用いている。これは図 2-6 に示すように、原則としてそれぞれの海面水位観測施設に最も近い一等水準点を取付水準点として定め、取付水準点と海面水位観測施設に設置された固定点との高さの差(比高)を測量することによって、観測基準面の標高を定めるものである。しかし、離島などにある海面水位観測施設では標高が定まっていない所もある。この水準測量は海面水位観測施設を管理する機関によって数年に一度くらいの頻度で行われている。また、大きな地震が

あった直後にも各機関では臨時に水準測量を実施し、観測基準面が地震によってどの程度上下したか把握するよう努めている。

一方、近年ではGPS受信装置を併設し、地盤の上下動を連続して計測できる海面水位観測施設が増加している。この方法は測量作業を行う必要がないため、高い時間分解能で地盤変動のデータを得ることができるという利点がある。なお、GPSにより求められるのはGPSアンテナの高さであるため、GPSアンテナと固定点の間の比高を別途計測する必要がある。

また、水準測量による上下変動の測定では、取付水準点自体の標高の経年変化も、長期的な海面水位の経年変化を把握する上で重要な要素である。しかし、一等水準点の全国改測には数年間の時間を要するため、地殻変動の大きな地域では改測からの時間がたつほど誤差も大きくなることに注意が必要である。

したがって、地盤変動の影響を除去した地球温暖化による海面水位の上昇を検知するためには、GPSを併設している海面水位観測施設については、海面水位・GPS連続観測によるGPSアンテナの標高・GPSアンテナと海面水位観測施設固定点の間の比高の、水準測量により地盤の上下変動を観測している海面水位観測施設については、海面水位・取付水準点の標高・取付水準点と海面水位観測施設固定点の間の比高の3種類のデータセットが必要であり、それぞれ年の代表値が与えられることが望ましい。

(櫻井・清水・宮崎)

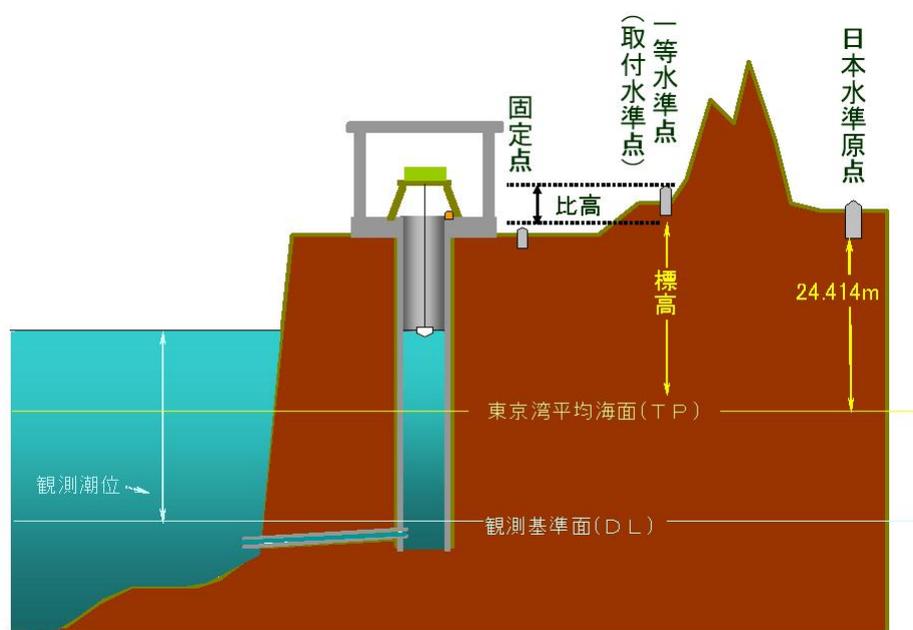


図 2-6 観測基準面の標高を決定するための水準点と固定点との関係。

2.4.2 雪氷データの標準化（衛星観測を含む）

雪氷に関する衛星観測データの標準化はアメリカが中心となって進めており、日本が独自に実施する必要はない。積雪分布については、1978年以降、主にマイクロ波を利用した衛星観測によってモニタリングが継続されており、アメリカ雪氷データセンター（NSIDC）⁷のウェブサイトから月別、週別の値が利用可能となっている。最も標準化が進んでいるデータといえる。

氷河の分布については、世界氷河モニタリングサービス（WGMS）⁸によって全球の台帳（インベントリ）が整備され、NSIDCやWGMSのウェブサイトを通じて公開されている。上記のインベントリを更新する目的で、GLIMS（Global Land Ice Monitoring from Space）⁹がテラ衛星（Terra）の高性能光学センサー（ASTER）やランドサット衛星（Landsat）を利用したインベントリの整備を進めている。氷河変動のデータについては、WGMSが5年ごとにFoG（Fluctuations of Glaciers）を、2年ごとにMBB（Glacier Mass Balance Bulletin）を出版するためにデータを集積しており、データの一部はウェブサイトを通じて利用可能となっている。各インベントリやデータ集内では、データ様式の統一化はなされていないとよいだろう。しかし、データを集めても迅速に出版されないことがあり、改善が必要である。出版にかかる経費の援助など、出版迅速化のために日本が貢献できる可能性がある。氷床・氷河の質量収支変動については、標準化を必要とするようなデータは特にない。

凍土に関するデータ（地温や土壌水分）は衛星による観測が困難なため、各研究機関による観測が個別におこなわれている状況である。上記NSIDCを通じて多くのデータが公開されているが、地点毎のデータとして公開されているものが多く、データの均質化・標準化がなされていないとは言い難い状況である。

海氷データは積雪分布と並び最も標準化されており、様々な時間インターバルのデータがNSIDCを通じて利用可能となっている。しかし、温暖化観測にとっては重要なパラメーターである海氷の厚さは、未だ研究的テーマであり、モニタリングの段階には至っていない。

氷床コア・雪氷コアのデータについては、分析項目がプロジェクトの目的によって少しずつ異なることと、同じ分析を実施してもコアを掘削した地域によって、意味する気候・環境情報が異なり、その解釈自体が研究対象であるため、データの標準化は現状では困難である。しかし、IPICS（International Partnerships in Ice Core Sciences）¹⁰という国際共同研究プロジェクトが最近立ち上がり、その中で将来のデータ標準化に関する議論も行われつつある。日本が独自にコア・データの標準化を検討するのではなく、IPICSという国際的な枠組みの中で標準化を実施するべきである。

（東・藤田）

⁷ <http://nsidc.org/>（参照日：2008/02/04）

⁸ <http://www.geo.unizh.ch/wgms/>（参照日：2008/02/04）

⁹ <http://www.glims.org/>（参照日：2008/02/04）

¹⁰ <http://www.pages.unibe.ch/science/initiatives/ipics/>（参照日：2008/02/04）

2.4.3 JaLTERおよびモニタリング 1000 の活動とデータ標準化

(1) 日本長期生態学研究ネットワーク (JaLTER)

生態学や水文学・陸水学などは、生態現象の変動スケールが時空間的に非常に大きいものを対象とする。それは単独の研究者や小規模のチームでは対応が難しい。また、個々のグループが仮に数十年単位のデータを得たとしても、調査手法が他のサイトと異なっていれば互いの比較は難しい。これら大規模野外研究の持つ問題点に組織的に対処し、研究の効率を最大限に高めるのが長期生態学研究ネットワーク (LTER) である。北アメリカではすでにこのような体制は 1980 年代から開始され、資金面でアメリカ国立科学財団 (NSF) が全面的にバックアップしてきた。これに比べ日本での取り組みは遅れていたが、研究者からのボトムアップで 2006 年 11 月に正式発足し、2007 年 8 月には世界 32 カ国が加盟する国際長期生態学研究ネットワーク (ILTER) に正式参加が認められた。JaLTER は変動環境下における大規模長期の観測や野外実験、環境教育を実施するための省庁の枠を超えた学際的なネットワークで、森林・草地・湖沼・沿岸といった様々な生態系を含む。発足時点で 14 のコアサイトと 27 の準サイトが登録されている (図 2-7)。また、次節のモニタリングサイト 1000 や JapanFLUX のサイトとも数多く重複しており、生物多様性と生態系機能を同じ場所で観測できるという大きな利点を持つ。

JaLTER では「気候変動下における生物多様性・生態系機能の応答とフィードバック」といった温暖化の影響評価をはじめ、「陸域から海洋生態系にまたがる水文・生物地球化学過程と生態系相互作用」、「多次元スケールでの生態系観測網構築と観測技術開発」などの研究テーマを掲げ積極的な研究活動を展開しつつある。生態学に関するデータは数値データ以外に種名・群集タイプなど実に様々な属性データが含まれるため、データベース構築やデータ標準化も単純ではない。現在 JaLTER では ILTER 標準となりつつある Ecological Meta Language を用いたデータベースの構築が進められている。しかし、長期的な資金面でのバックアップがないため、観測体制も含めすべて参加研究者の自助努力に負っているのが現状であり、早急な改善が求められる。

(2) 生物多様性観測の現状とモニタリング 1000 の取り組み

生物多様性については特にデータ標準化が遅れていると言わざるを得ない。生物はバクテリアからメタセコイアや鯨まで個体サイズや移動能力が大きく異なる。まずどの生物群まで含めるのか、どの階層まで (種・属・科等) 多様性を計るのが大きな問題である。微生物は生態系機能に大きな寄与があると考えられている膨大な量の生物群であるが、目視不可能であることと、現時点ではほとんどの場合種まで同定不可能であることが、他の生物群と対応可能な形でのデータ標準化を困難にしている。Barcode of Life のように遺伝子情報をまず優先させ、形態学的情報とのリンクを次の段階にするなどの手段が必要かもしれない。また、目視可能ではあるが膨大な未知種を含む昆虫群集などは、分類学者の不足もあって、サンプリング後の同定作業に大きな律速がかかっている。2001 年に行われた国際生物多様性観測年 (IBOY) は、サンプリング方法や調査面積など生物多様性の高低に大きな影響を与えるプロトコル (協定) の統一を図り、西太平洋の極域から熱帯までの広い範囲で昆虫群集を含む動植物多様性の同時観測を行った画期

的プロジェクトであるが、やはり上記のような同定作業の律速がかかっている。今後生物多様性観測も何らかの形で自動化していく努力が必要であろう。

一方、大型の固着生物についてはある程度の統一基準が設けられ始めている。国内では環境省が行っているモニタリングサイト 1000 が日本の南端から北端まで数多くのサイトを選定し（図 2-8）、100 年という超長期にわたって生物多様性の 4 次元的な変化を明らかにしようとしている。森林樹木では調査面積や個体サイズの下限・再測間隔などを統一し、リタートラップの設置も標準化することで、温暖化に対する生物多様性だけでなく生産性の変化などもとらえられるデザインとなっている。また沿岸生態系ではなぎさプロジェクト（NaGISA）のプロトコル（協定）を用いたデータ標準化が検討されている。

（日浦）

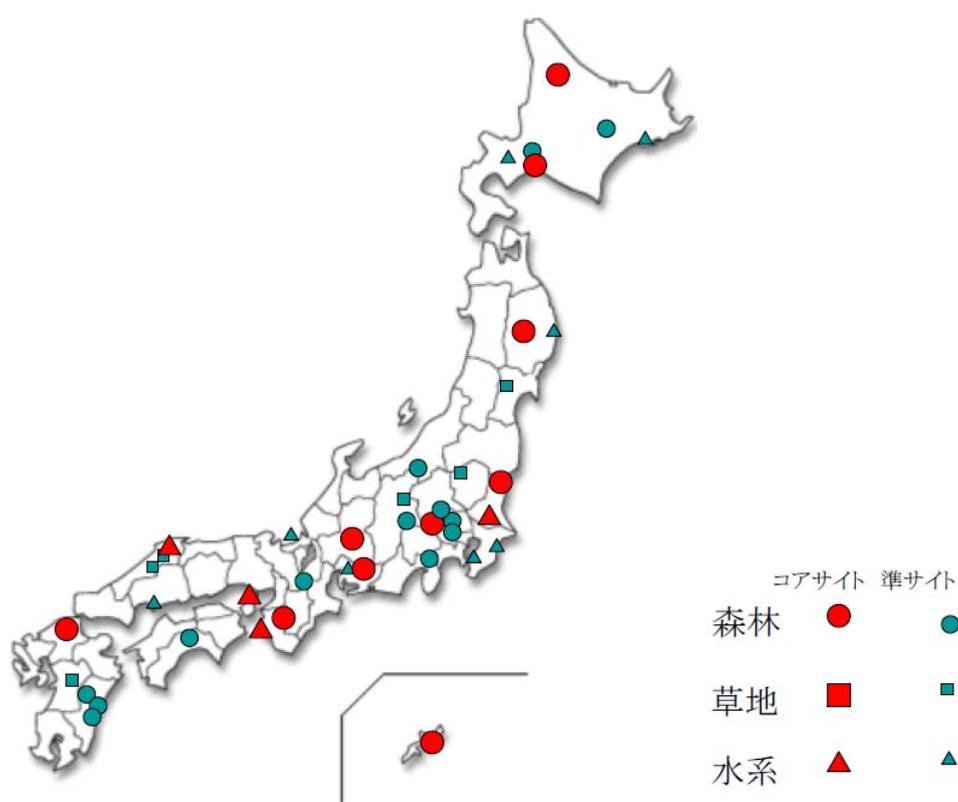


図 2-7 JaLTER サイト(2006 年 11 月現在)。

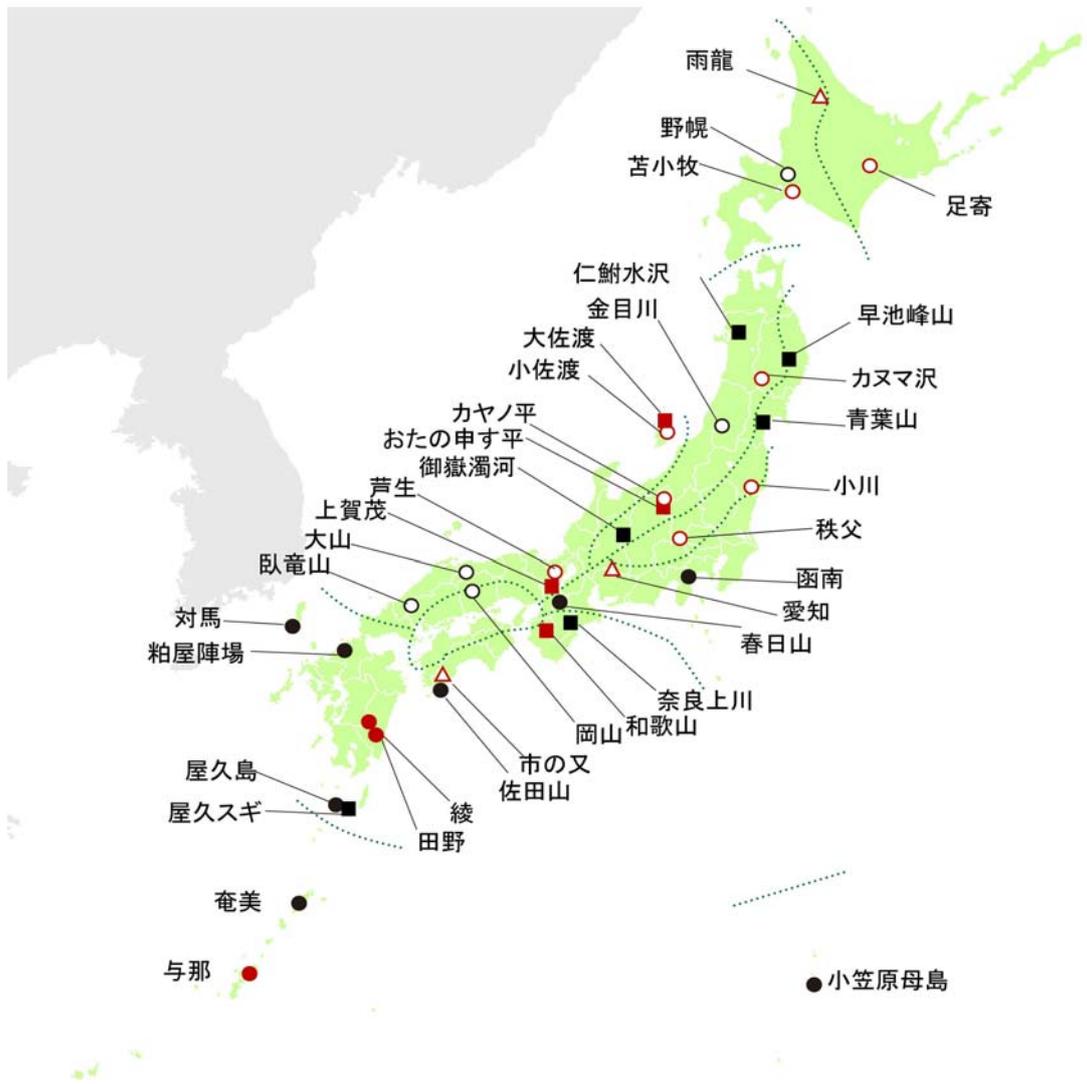


図 2-8 モニタリング 1000 森林調査のサイト (2007 年 10 月時点)。
 △：針広混交林、■：常緑針葉樹林、○：落葉広葉樹林、●：常緑広葉樹林。赤色はコアサイト、黒色は準コアサイト、破線は日本の陸地における自然環境を気象や地形の違いにより 10 区分に区分した境界を示す。

2.4.4 世界森林資源調査 (FRA2005)

森林資源に関する国際的な統一情報としては、国連食糧農業機関 (FAO) が 5～10 年ごとに公表している森林資源評価 (FRA) がある。FAO が設立された 1946 年以降、全世界の森林資源状況を調査・公表している。最新の報告書は Global Forest Resources Assessment 2005 (通称“ FRA 2005”)である。この取りまとめにあたっては、229 の国と地域からの関連情報を集約し、専門家による分析などを経て得られたものである。10 年間隔の調査方式は各国の調査報告をベースとしながら、ノア衛星 (NOAA) や Landsat などのデータを用いて、サンプリングで FAO 基準に基づく森林状況を把握するとともに、モデルによって衛星の観測年と各国のレポートとの整合性を持たせて修正するものである。

(1)FRA の精度

サンプリングによる衛星データ (NOAA・Landsat) を用いた FAO 基準による森林状況の把握に努めているが、問題点としては、判読技術に関しては、FAO による判読手法のトレーニングを行って、実際の判読作業を各国担当者が行うことになっているが、必ずしも同一の判読精度が確保されていない。また社会経済モデルによるデータの補正が行われているが、そのために各国間の整合性がとられていない。また個別林分の現況が反映されているわけではない。このようにデータ解析の基準や意思統一が図られないケースもあることから、それらに起因する信頼性の低下を軽減するため、通常の情報交換だけではなく、専門家らによる協議、各国担当者のトレーニングなど、改善すべき課題は多い。

(2)各国の社会情勢や体制の違いによる問題点

FRA でベースとなる各国の森林調査はそれぞれの森林法・森林計画法などによる規定に基づくもので、「森林」の定義も各国で異なるため、地域的な傾向把握や対策の策定には共通基準に基づく調整が必要であり、そこで広域観測が可能なりモートセンシングの活用が求められている。

FRA2000 と FRA1990 では森林資源量に違いが生じる結果となったが、その原因は、森林の定義の変更 (樹冠率 20-10%) によるものである。FRA1990 までの基準では、先進国では樹冠率 20%、開発途上国では 10%と定義されていたが、FRA2000 では全世界共通の樹冠率 10%に統一された。そのため先進国ではそれまでの樹冠率 10-20%の疎林が森林に繰り入れられることになった。ただし、こうした森林基準の変更に伴う不整合については、ある程度の調整を図った後に公表されている。

(3)今後の課題

森林資源評価におけるサンプル数は、アジア東部地域においては結果的に 50 シーンあたり 1 シーン以下となっているため、空間的な空白域が大きい。そのため、各国の森林調査における資源調査から、アジア地域の森林調査項目としての共通項を見出し、FAO の FRA との整合性を確保しながら、アジアで共通の森林定義などに基づいて再評価するシステムを造る必要がある。また、そのための定期的な調査体系を提示する必要がある。(千葉)

2.4.5 森林情報の統一的基準の設定

陸域生態系の中での資源として、あるいは環境影響に対する大きさにおいて、森林の機能評価は非常に重要な意味を持つ。森林情報には多岐にわたる内容が含まれる。生物集団としての情報のほか、資源としての情報、あるいは生態系としての意義を視野に入れた情報などがあり、しかもそれらのスケールも群落から流域・地域・国レベルまでの情報があり得るので、それらを統一的に取り扱うのはなかなか難しい。

森林資源情報としては、国内森林モニタリングで述べたように、すべての林分ごとに種組成だけではなく森林施業などの取扱が異なるので、それらを反映させた情報が必要になる。そのため、面的分布が異なる林班（森林の戸籍のようなもの）を単位とした位置情報に基づいた分類にならざるを得ない。一方、炭素循環などのシミュレーションなどに用いる際には、むしろメッシュデータとして与えられている方が好都合である。実際、林野庁による森林資源情報は、林班をベースにした国家森林資源データベースと 4km メッシュで調査されている森林資源モニタリングデータベースとに分けてまとめられている。衛星リモートセンシングによる情報の活用を考えると、メッシュ単位の森林情報が有効である。しかし、FAO による FRA2010 の項でも述べたように、社会経済条件や森林管理条件を反映させた森林情報とするためには、林班単位の情報が不可欠である。広域森林情報としての必要性を考えると、両者の整合性を取って図る必要はないであろう。

このような地理的な分布情報による整合性のほか、目的に応じて必要な森林情報をどのように分類するのか、考え方・内容の整理が必要である。これは上述したように広域の森林を対象とするのではなく、群落スケールの詳細情報ということになる。森林情報の利用目的としては、物質循環などの変動に関するもの、生物集団としての動態に関するものに分けられる。前者で統一的に必要な情報は、2.3.1 で述べられているとおりである。一方、後者で統一的に必要な情報は 2.4.3 で整理されている。すべての森林について両者の条件を満たす情報を整備することは、現実的に不可能であろう。

森林情報の統一性を確保するという方向で基準設定の考え方を、概略、次のように整理することができる。炭素収支観測地と生態系動態観測地がともに点データであるのに対して、前述の森林資源情報は全国を網羅する面データである。点データのうちいくつかは、炭素収支観測と生態系動態調査を重複して実施できる可能性があり、そうした地点の森林情報が最も詳細かつ網羅的な内容となる。しかしほとんどの地点は、面データとしての情報基準を満たせば十分であり、「国家森林資源データベース」あるいは「森林資源モニタリングデータベース」の森林情報が基礎にならざるを得ない。そして、それら基礎情報が点データである観測地の情報と共有できるようにしておくことが、最低限の統一的基準となるであろう。

いずれにしても、各種観測地点と資源データベースのそれぞれの担当者による情報交換ならびに統一基準策定のための調整を図ることが必要である。すべての森林情報の内容を精査して、対象森林のスケールに応じた客観的基準によるデータの階層化を図ることが望まれる。

(千葉)

参考文献 (2章)

- AsiaFlux 運営委員会編, 2003: 陸域生態系における二酸化炭素等のフラックス観測の実際, CGER-REPORT CGER-M015-2003, 国立環境研究所地球環境研究センター, 116pp.
- 小野圭介, 平田竜一, 間野正美, 宮田明, 三枝信子, 井上吉雄, 2007: オープンパス型とクローズドパス型の渦相関法による二酸化炭素フラックスの系統的差異と密度変動補正の影響, 農業気象, **63**, 139-155.
- 国際生物多様性観測年:
<http://www.nrel.colostate.edu/projects/iboy/index2.html>
(参考日:2008/02/14)
- 国際長期生態学研究ネットワーク:
<http://www.iltinternet.edu/> (参考日:2008/02/14)
- 間野正美, 宮田明, 安田幸生, 永井秀幸, 山田智康, 小野圭介, 齊藤誠, 小林義和, 2007: オープンパス型渦相関法データの品質管理, 農業気象, **63**(3), 125-138.
- 中井裕一郎, 三枝信子, 平野高司, ロバート エバンス, 大谷義一, 平田竜一, 鳥山敦, 北村兼三, 鈴木寛, 山本晋, 2002: 2001年8月, 苫小牧と札幌で行われた日米フラックス比較観測, 水文・水資源学会誌, **15**, 665-672.
- 長井勝栄, 長沼弘, 2004: 放射収支計 CNR1 の特性について (第二報), 高層気象台彙報, **64**, 69-74.
- 日本長期生態学研究ネットワーク:
<http://www.jern.info/jalter/> (参考日:2008/02/14)
- モニタリング 1000:
<http://www.biodic.go.jp/monil000/index.html> (参考日:2008/02/14)
- Aoyama, M., 2006: 2003 Intercomparison exercise for reference material for nutrients in seawater in a seawater matrix, Technical Reports of the Meteorological Research Institute, No.50.
- Barcode of Life:
<http://www.barcodinglife.org/> (参考日:2008/02/14)
- Curtis, P. S., P. J. Hanson, P. Bolstad, C. Barford, J. C. Randolph, H. P. Schmid and K. B. Wilson, 2002: Biometric and eddy-covariance based estimates of annual carbon storage in five eastern North American deciduous forests, Agric. For. Meteorol., **113**, 3-19.
- Dickson, A. G., 1991: Work in progress at the Scripps Institute of Oceanography, U. S. A. In Unesco technical papers in marine science **60**, Reference materials for oceanic carbon dioxide measurements. Report of the subpanel on standards for CO₂ measurements of the Joint Panel on Oceanographic Tables and Standards, Unesco, 34-38.
- FAO, 2005: Global forest resources assessment 2005: Progress towards sustainable forest management, 350pp.
- Grelle, A. and G. Burba, 2007: Fine-wire thermometer to correct CO₂ fluxes by open-path analyzers for artificial density fluctuations, Agric. Forest Meteorol., **147**, 48-57.
- Gu, L., E. M. Falge, T. Boden, D. D. Baldocchi, T. A. Black, S. R. Saleska, T.

- Suni, S.B. Verma, T. Vesala, S.C. Wofsy and L. Xu, 2005 : Objective threshold determination for nighttime eddy flux filtering, *Agric. Forest Meteorol.*, **128**, 179-197.
- Hamming, R.W. / 宮川洋, 今井秀樹訳, 1980 : デジタル・フィルタ, 科学技術出版社, 230pp.
- Ito, A., H. Muraoka, H. Koizumi, N. Saigusa, S. Murayama and S. Yamamoto, 2006 : Seasonal variation in leaf properties and ecosystem carbon budget in a cool-temperate deciduous broad-leaved forest: simulation analysis at Takayama site, Japan, *Ecol. Res.*, **21**, 137-149.
- Lamblom, S.H. and R.A. Savidge, 2003 : A reassessment of carbon content in wood: variation within and between 41 North American species, *Biomass Bioenerg.*, **25**, 381-388.
- Law, B.E., D.D. Baldocchi and P.M. Anthoni, 1999 : Below-canopy and soil CO₂ fluxes in a ponderosa pine forest, *Agric. For. Meteorol.*, **94**, 171-188.
- Lee, X., W. Massman and B. Law, 2004 : Handbook of Micrometeorology: A Guide for Surface Flux Measurement and Analysis, Kluwer Academic Publishers, 250pp.
- Liang, N., T. Nakadai, T. Hirano, L. Qu, T. Koike, Y. Fujinami and G. Inoue, 2004 : In-situ comparison of four approaches to estimating soil CO₂ efflux in a northern larch (*Larix kaempferi* Sarg.) forest, *Agric. Forest Meteorol.*, **123**, 97-117.
- NaGISA :
<http://www.nagisa.coml.org/> (参考日:2008/02/14)
- Ohkubo, S., Y. Kosugi, S. Takanashi, T. Mitani and M. Tani, 2007 : Comparison of the eddy covariance and automated closed chamber methods for evaluating nocturnal CO₂ exchange in a Japanese cypress forest, *Agric. For. Meteorol.*, **142**, 50-65.
- Pumpanen, J., P. Kolari, H. Ilvesniemi, K. Minkkinen, T. Vesala, S. Niinistö, A. Lohila, T. Larmola, M. Morero, M. Pihlatie, I. Janssens, J.C. Yuste, J.M. Grünzweig, S. Reth, J.-A. Subke, K. Savage, W. Kutsch, G. Østreg, W. Ziegler, P. Anthoni, A. Lindroth and P. Hari, 2004 : Comparison of different chamber techniques for measuring soil CO₂ flux, *Agric. Forest Meteorol.*, **123**, 159-176.
- Thompson, Rory O.R.Y., 1983 : Low-Pass Filters to Suppress Inertial and Tidal Frequencies, *J. Phy. Oce.*, **13**, 1077-1083.
- Tsutsumi, Y., 2005 : WMO World Calibration Centre (WCC) for Asia and the South-West Pacific and Regional Dobson Calibration Centre (RDCC) for Asia, Report of the CAS Working Group on Environmental Pollution and Atmospheric Chemistry and the GAW 2005 Workshop (Geneva, Switzerland, 14-18 March 2005), Global Atmosphere Watch Report No. 165, (WMO /TD No. 1302), 78-79.

第3章 データ流通の促進

3.1 海洋分野におけるデータ流通の促進

3.1.1 海洋二酸化炭素データベース

船舶などで観測された海洋表面水や洋上大気のコ₂分圧の観測データと海洋各層の二酸化炭素系パラメーターのデータは、観測を実施した機関やプロジェクトが、独自のウェブサイトやCD-ROMなどの配布を通じて公開していることが多い。海洋二酸化炭素データを公開している国内の主なウェブサイトを下にまとめた（参照日：2008/02/04）。

- ・世界気象機関(WMO) 全球大気監視計画 (GAW) 温室効果ガス世界資料センター (WDCGG) : http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/jp/wdcgg_j.html
- ・(株) 環境総合テクノス データ (KANSO Data Library) : <http://www.kanso.co.jp/ocean/html-doc/english/top2.html>
- ・海洋研究開発機構 みらい データ (JAMSTEC Mirai Data Web) : <http://www.jamstec.go.jp/mirai/>
- ・国立環境研究所 地球環境研究センター オンラインデータベース (NIES, CGER Online Database Service) : <http://www-cger2.nies.go.jp/warm/canada/jc.html>
- ・海洋情報研究センター 海洋化学系データのデータインベントリ (MIRC, Inventory for Japanese Chemical Oceanographic Data) : <http://ijcd.jp/index.html>

海外では、二酸化炭素情報分析センター (CDIAC)¹¹がデータを収集しウェブ上で公開しているほか、気候変動性・予測可能性研究計画 (CLIVAR) の枠組みの中で実施された海洋各層観測のデータについては、CCHDO¹² (CLIVAR & Carbon Hydrographic Data Office) から公開されている。

WDCGG は、気象庁が運営する WMO のデータセンターであり、特定機関のデータを扱うデータセンターではない上に、恒久的な運営が期待できる。また CDIAC ともリンクしており、大気のコ₂だけでなく、海洋二酸化炭素のデータアーカイブや公開にも最適なデータセンターである。

さまざまな機関が観測した海洋二酸化炭素のデータを収集し、フォーマットを揃えて品質評価をやり直し、統合されたデータベースを作成して、海域ごとや全球規模で分布や変動を評価する活動も近年活発に行われている。例えばアメリカコロンビア大学 Lamont-Doherty Earth Observatory の T. Takahashi らは、世界的な二酸化炭素分圧と大気・海洋間フラックスを評価するため、世界の観測機関から独自に海洋表面水のコ₂分圧のデータを収集し、独自の品質評価によってデータベースを作成している (Takahashi *et al.*, submitted)。日本からも気象庁・気象研究所・国立環境研究所が観測データを提供している。このデータベ

¹¹ <http://cdiac.ornl.gov/oceans/home.html> (参照日：2008/02/04)

¹² <http://cchdo.ucsd.edu/index.html> (参照日：2008/02/04)

スは近い将来、論文発表された後に公開される予定である。

世界海洋循環実験 (WOCE) や全球海洋フラックス合同研究計画 (JGOFS) で観測された海洋各層の二酸化炭素系データについては、アメリカの R. Key らが推進した GLODAP (Global Ocean Data Analysis Project) によってデータベースが作成され、CDIAC から公開されており、産業革命以後の海洋における二酸化炭素蓄積量の評価などに活用されている (Key *et al.*, 2004)。近年では、WOCE・JGOFS 以後の 10 年スケールの海洋内二酸化炭素変動を実測データに基づいて把握し、二酸化炭素排出の増加や気候変化に伴う海洋の二酸化炭素蓄積量の変化を評価するため、欧州連合のプロジェクト CARBOOCEAN が、北極海・大西洋・南大洋を対象に統合データベースの作成を進めているほか、太平洋についても、環太平洋諸国の政府間機関である北太平洋海洋科学機構 (PICES) の CC-S (Carbon and Climate Section) が母体となって、統合データベース作成に向けた活動を始めている。PICES CC-S の活動には、日本の研究者も積極的に関わっており、今後ともこうした活動を推進してゆく必要がある。

アメリカワシントン大学の P. Quay はかつて Science 誌に寄せた解説記事の中で、“Models come and go, but a good data set last forever.” と記し、良いデータセットがいかに大きく科学の進歩に貢献するかを説いた (Quay, 2002)。衛星から直接に観測できず、専ら船舶に依存する海洋の二酸化炭素の観測は、単一の機関でカバーできる時間・空間範囲に限りがあり、データの公開と統合によって作成される大洋規模や全球規模のデータセットは、重要な国際共有財産となる。しかし実際には、観測後のデータ解析や補正などに多くの時間や労力がかかることや、観測を担った研究者に対する credit の確保などの問題から、データ公開が遅れがちになることが多い。早期にデータを公開することで、観測に携わる者や調査機関が享受できるデータ統合や成果共有などのメリットを損なわないよう十分に配慮しながら、データ公開と統合データの作成を促進してゆかなければならない。

国内機関についていえば、世界で共同体制で進みつつある海洋二酸化炭素関連データの統合データベースの「受け皿」に個々の機関の観測データが迅速に送られるようなシステムを、個々の観測機関側で確立する事が重要である。個々の観測機関によって異なるデータポリシーを強制的に統一する事は適切ではないが、個々の機関がより開かれたデータポリシーに誘導されていくような、国としての施策 (例えばデータ公開速度の速さを機関評価の基準の一つに組み入れるなど) が必要であると思われる。

また、データを送信される側の機関においても、データベース作成・管理に携わる担当者の数は極めて限られており、管理に手が回りきらない現状となっている。これらデータ管理部門の担当者数を増やすための何らかの方策を講じる必要がある。

(野尻・石井・小埜)

3.1.2 海洋観測データベース

海洋の科学的調査の促進は、地球温暖化の検出・予測・影響評価の観点から重要であり、そのためには世界中で生産される海洋観測データが自由に交換・利用

できる体制の整備が必要となる。海洋観測データを含む海洋データ・情報の収集と管理のための国際的な枠組みである国際海洋データ情報交換システム（IODE）が、ユネスコ政府間海洋学委員会（IOC）により推進されている。

IODEの枠組みで収集された海洋観測データは、世界データセンター（WDC）においても収集・管理・公開されている。WDCでは種々の地球観測データを扱っており、そのうち海洋学に関するWDCはアメリカ・ロシア・中国の3カ所に設置されている。各国における海洋データの収集と管理については、加盟各国が国立海洋データセンター（NODC）を設置して実施しており、WDCとの情報交換の窓口となっている。データ交換の促進・データ交換フォーマットの標準化などについては、IOCに設置された「国際海洋データ・情報交換委員会」が支援している。NODC未設置国については指定機関（DNA）が国際間のデータ交換窓口となっている。日本のNODCは日本海洋データセンター（JODC）であり、海上保安庁海洋情報部においてその業務を行っている。

JODCは、国内の海洋調査機関が得た海洋データ・情報を一元的に収集・管理して提供している（図3-1）。そのため、国内における海洋観測データの多くはJODCにおいてデータベース化され、国内の海洋調査機関および一般のユーザーへ流通し、利用されている。JODCにおける海洋データ・情報の流れは、図のとおりであり、国内の海洋調査機関から提出された海洋データ・情報について、印刷物などのアナログ形式で提出された場合は電子化の作業を実施し、オンラインや磁気媒体によって提出された場合でもJODCフォーマットへの変換などの処理を行う。さらに、データの品質管理として、観測位置やデータ値の妥当性などのチェックを経てデータベース化される。データベース化された海洋観測データは、他の海洋データ・海洋情報などとともに、JODCのウェブページからオンラインで、データ検索・抽出・ダウンロードできる。データベース化されていない資料については、海上保安庁海洋情報部庁舎に「海の相談室」を設置し、資料の閲覧や、一部資料については提供サービスも行っている。

また、JODCでは観測データだけでなく、データの所在に関する情報も収集している。ひとつは国内各海洋調査機関の調査計画の情報などをまとめた「国内海洋調査計画(NOP)」であり、もうひとつは海洋調査の航海終了後に提出される「航海概要報告(CSR)」である。これらの情報もJODCのウェブページから閲覧可能であり、観測データの一般への公表やデータベースへの登録の前であっても、各利用者がどのようなデータが存在するのか、または生産される予定であるかを知る手がかりとなっている。

以上のように、JODCでは海洋観測データの収集・管理・公開を行っているが、すべての海洋観測データを収集できているわけではない。また、収集したデータについてもその提出資料の形態によってはデータベースへの反映まで1～2年を要する場合がある。これらの問題がJODCの海洋観測データベースの充実を妨げている。その原因のひとつとして、JODCへのデータなどの提供には法律などによる強制的なものではなく、各海洋調査機関によるボランティアベースの提供であることがあげられる。現業官庁の定常業務として生産された観測データについては、JODCへの登録までを業務として認識されていて、比較的スムーズに提出される場合が多いが、大学などの研究ベースの観測データについては、論文などの形で研究成果がまとまっても、JODCに提出するためのデータ整理まで各研究者の手が回

らない場合が多いのではないかと考えられる。また、国立研究所の独立行政法人化が進み、データ公表に関する考え方が変化したことにより、JODCなどの所外組織への提供実態が変わってきている。観測からJODCへのデータ送付までに数年を要するものも少なくない。複数の機関による観測データを迅速に統合し、地球観測データとして解析が可能にするためには、各機関から観測データを迅速に送信するための動機付け（3.4.5参照）、データセンターそのものの処理・解析能力の増大などの施策が必要である。

JODC以外の機関による国内の海洋観測データベースとしては、たとえば水産総合研究センター・海洋研究開発機構（JAMSTEC）が、それぞれの研究所で生産した海洋観測データをデータベース化し公開している。

また、世界レベルでは、世界気象機関（WMO）が運用する全球気象通信システム（GTS）を使用して、水温・塩分の観測データが準リアルタイムで流通している。国内では気象庁がこの準リアルタイムデータを北東アジア地域海洋観測システム（NEAR GOOS）データベースから公開している。

水産総合研究センターと各都道府県水産試験場との間では、水温・塩分などのデータを準リアルタイムで共有するシステム（FRESCO：Fishery Resource Conservation）が整備・運用開始されており、さらに、水産総合研究センターの観測データはGTSを経由して直ちに利用可能な状態にある。これらのシステムへ他の機関も参加するための施策が必要である。

栄養塩や炭酸系についてはサンプルの取得から分析データの確定までに数ヶ月を要するので、従来の北太平洋海洋科学機構（PICES）のPICNIC（PICES Carbon Dioxide Related Data Integration for the North Pacific）フレームワークおよびJODCの枠組み上で、迅速にデータ収集を行うための施策を講じれば良いと思われる。

JAMSTECの温暖化関連のデータは海洋地球情報部で取りまとめ、公開されている¹³。海洋に関しては、1998年に海洋地球研究船「みらい」の公募航海が開始されてから、CTD（水温・塩分・溶存酸素）、各層採水（塩分・溶存酸素・炭酸系（全炭酸濃度・全アルカリ度・pH））、クロロフィル濃度・¹⁴C・フロンなどのデータが集められている。これらのデータは品質管理（位置情報のエラー・値のレンジのチェック・鉛直プロファイルのチェック等）を実施した後、クルーズレポートとともに公開されている。現時点は、JAMSTECの研究者によるデータが大部分であるが、外部研究乗船者のデータも順次公開される予定となっている。「みらい」以外のJAMSTEC所属の観測船で得られたデータも、一部の観測船のデータを除き、海洋地球情報部で取り扱われており、投下式水温水深計（XBT）や投下式電気伝導度水温水深計（XCTD）のデータは公開されている。また、トライトンブイ（Triton buoy）・アルゴフロート（Argo float）のデータも公開されている。公開されたデータは、各項目の利用規定に基づいて使用が可能である。現在、公開データの検索ができるように作業中である。

その他、データを生産した研究者自身がデータセットをインターネットやDVDなどの媒体で頒布する例も近年みられる。このように、海洋観測データの流通は、以前のJODC集約型から、分散型に変化していく傾向もある。各研究機関または各

¹³ <http://www.jamstec.go.jp/j/database/>（参照日：2008/02/04）

研究者自身によるデータベース化と公表は、JODCでのデータベース化を待たずとも迅速に特定のユーザーの間でデータを流通させる方法として有効である。一方でデータ保管・公開主体の分散化は、ユーザーが入手したいデータの所在確認の際に手続きを煩雑にするおそれがある。JODC を通じたIODE活動への参加によるデータの集約は、世界的なデータの流通の手段であり、また、海洋観測データの紛失・滅失を防ぐファイナルアーカイブの役割も持っていることから、分散して管理・公開されているデータについても、最終的にはJODCに集約されることが理想である。

今後の方向性としては、各研究機関や研究者の活動によるデータベースの作成および公開と並行し、データの入手を希望するユーザーが確実にデータを探し当て、入手できる体制を整えるため、JODC において海洋観測データに関する所在情報の一元管理を行い、総合的な検索および利用機能を充実する方法が、データ流通の促進に有効な方法であると考えられる。

(清水・村田・小埜)

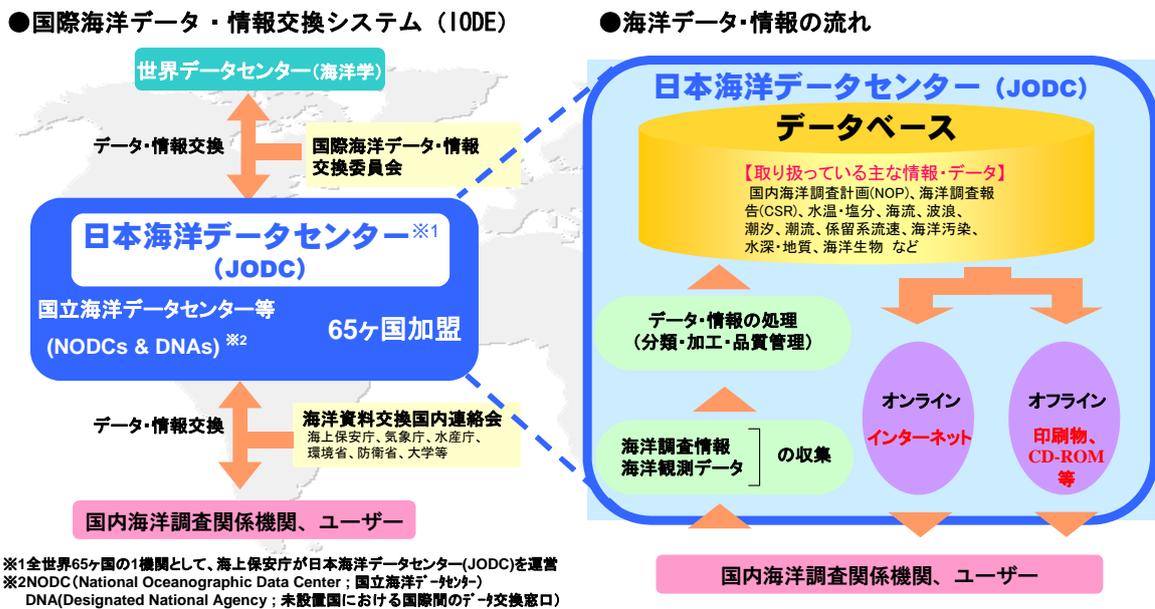


図 3-1 JODC における海洋データ・情報の流れ。

3.2 大気分野におけるデータ流通の促進

3.2.1 国際的なデータ流通の枠組み

(1)はじめに

地球規模で起こっている地球温暖化については、世界に散らばっているデータを一か所に集めて初めてその実態把握を行うことができる。また温暖化予測などの科学研究の進展において、大気観測で得られたデータの公開と流通が不可欠であることは言うまでもない。それに加えて、大気の観測データは、地球温暖化に対する社会的・経済的な影響評価とその対策のためにも必要とされている。さらに、市民のための地球温暖化に対する意識の向上においても、観測データが活用されるようになってきた。このように、観測データの多方面に対する利用価値を踏まえて、そのデータ流通の促進のための枠組みの構築と運用を行うことが求められている。

データ流通のためには、様々な観測で得られるデータを収集して公開するためにデータセンターが重要な役割を果たす。最近では、従来のデータセンターが主な目的としてきたデータの収集量を増やすための活動に加えて、利用者のニーズに適したデータの活用促進も重要な役割として期待されるようになってきている。

(2)現状

現在、大気観測データの流通の枠組みを備えて機能しているデータセンターは、主に世界に3つある。その一つは、世界気象機関(WMO)の全球大気監視計画(GAW)において日本の気象庁が運営している温室効果ガス世界資料センター(WDCGG)である。このデータセンターでは、WMO/GAWの活動で得られているデータと同時に、全世界の様々な研究機関で得られるデータも積極的に収集している。大気の温室効果ガス以外にも海洋の二酸化炭素データも収集すると同時に、温室効果ガスだけでなく、それに関連する様々なガス成分のデータも受け入れている。WDCGGでは、データの収集と同時に、解析したデータプロダクトとして、WMO温室効果ガス年報のコンテンツの一部を作成するなど、データ活用の促進を図っており、幅広い活動を展開している(図3-2)。

さらに、アメリカエネルギー省(DOE)のオークリッジ国立研究所が運営している二酸化炭素情報分析センター(CDIAC)も、大気観測データの収集とともに化石燃料消費統計などのデータも合わせて公開している。

一方、アメリカ海洋大気庁(NOAA)では、グローバルビューデータ統合プロジェクトの活動として、品質保証された大気観測データを取捨選択して収集し、それらの長期的かつ気候値的な解析を進めている。このプロジェクトで収集・解析されたデータは、モデル研究に活用できることを念頭において提供されている。これら3つのデータセンターでは、それぞれの特徴を生かした活動が独自に行われているが、いずれも収集したデータの共有を促進することが合意されている。

世界の3つのデータセンターで収集するデータ数は年々増加しており、日本の主要な観測機関からも多くのデータが報告され利用されている。日本から報告されたデータはいずれのデータセンターにおいてもトップクラスの品質と数量を誇っており、全世界のデータ流通に対して重要な役割を果たしている。また、以

前に比べて、データの迅速な公開が進んでおり、日本の研究機関もこれに積極的に協力する努力をしている。

(3) 問題点

WMO の WDCGG は、全世界の合意に基づく活動であり、これが継続的な活動を維持しているため国際的なデータ流通は確保されているものの、利用上の問題点として、観測所がデータを取得して提出するまでのタイムラグが長い、提出されたデータの品質にばらつきがあることなどが挙げられている。各研究機関の採用する濃度スケールの相違や、公表されているデータがどのような加工を施したもののかが既知でなければ、本格的な研究の材料にはなりにくい。大気観測データの流通促進と、それに伴う研究の活性化のためには、データの質に関する詳細な情報が不可欠である。これらに対処するために、WMO では GAW 新戦略計画（2008～2015）を策定し、GAW 観測所に対して観測後 1 年以内のデータ提出や、常に最新のメタデータ（観測に関する付随情報）の公開をその条件とするとともに、データセンターに対しても、品質評価・管理の強化を通して、保存しているデータの品質を明らかにしていくように求めている。WMO 傘下の機関の標準の統一活動なども行なわれているが（2.2.1 参照）、観測機関はその他の研究所・大学などを含め多岐にわたるため全体の品質管理は今後の問題として残されている。

(4) 今後の展望

今後、温室効果ガス観測においては、収集されるデータの蓄積、衛星利用に伴う取得データ量の増加などが見込まれ、管理の対象とされるデータ量が増える。さらには、利用ニーズの多様化に伴い、データ形式の多様化も進むことが予想される。このため、データの体系的な収集・合理的な管理・データの統合によって、観測データを科学的・社会的に有用な情報へと変換し、それを国際的に共有するための仕組みとして、データセンターは不可欠である。そのため、WMO の GAW 新戦略計画（2008～2015）では、WDCGG に対して、上記の品質管理の強化だけでなく、衛星や航空機からの観測データの収集やその統合データセット提供の役割を付与している。しかし、あくまでデータ提供は WMO/GAW を除いては、観測機関や観測プロジェクトの方針に委ねられているため、観測データの共同解析研究の推進についても今後検討することが、データの流通促進のためにも必要であろう。また、規模の大きな研究機関では独自にデータセンターを運営している場合があり、それらと国際的なデータセンターとの関係や役割を明確に位置付けた上で、両者が連携・協力することが求められるであろう。

（松枝・向井・菅原・堤）



図 3-2 WMO 温室効果ガス世界資料センター。

3.2.2 国内（大学を含む）におけるデータベース

(1) 現状

日本国内の大気観測に関するデータを独自に有しているところは、国立環境研究所・気象研究所・気象庁・国立極地研究所の他、東北大学大学院理学研究科大気海洋変動観測研究センターが挙げられる。各機関が実施している観測は、航空機・船舶・大気球などプラットフォームは多岐にわたり、それらの観測データのほとんどが、個々の機関で管理されデータベースとして定期的に蓄積されている。

国立環境研究所地球環境研究センターでは、沖縄県波照間島および北海道根室市落石岬の観測ステーションでの温室効果ガスのデータを公開している¹⁴。最近では、準リアルタイムでの両ステーションの二酸化炭素データの配信などが計画されている。また、海洋観測に関するデータや、航空機による観測データなども順次公開されていく予定である。同時に多くの場合、データが確定したのものに関しては国際的なデータベースへのデータ提供が行なわれている。

気象研究所と気象庁は一体となって WDCGG へデータを登録しているので独自のデータベースは持っていない。

大学でのデータの取り扱いの例として、東北大学の場合は各プロセスの段階でのデータをまとめてアーカイブしている。例えば、赤外分析計やガスクロマトグラフの出力値である 1 次データ、濃度計算された 2 次データ、サンプリングの位置情報に基づいて高度帯や緯度帯などに分類し時系列としてまとめた 3 次データ、

¹⁴ http://db.cger.nies.go.jp/gem/top/data/data_info01.html (参照日：2008/02/04)

さらにそれらに対してカーブフィッティングを適用すると共に、抽出された様々な統計情報を付加した4次データに分類される。これらの一連のデータの加工は専用のソフトウェアによって行われており、例えば標準ガスの濃度スケールの変更に伴う再計算や再解析などを容易に行うことができる。しかし、これらのデータベースは研究室内でのみ共有されており、外部へは公開されていない。

(2) 問題点

国内の観測機関で独自に観測されたデータに関しては、その機関ごとに独自のデータ取り扱いの指針が存在しているが、データ公開に関してはまだまだ積極的に行なえる部分があると思われる。しかしながら、通常、データを採取した研究者自身に、まず最初にデータを使用する権利が必然的に生じていることから、オープンな形でのデータベースの構築やデータ提供には、ある程度の時間が必要である。同時にその時には、標準スケールの問題などをクリアしなければならず、かなりの労力が必要である場合がある。多くの場合、研究レベルでのデータは、研究解析されてくる現象としてのアウトプットの情報の方が、データそのものより多くの価値が有る場合がほとんどであり、単なるデータのみを公開を急ぐより、そのデータを使った研究がまず一義的に進められるべきであると考えられる。

したがって、個々の研究活動において、外部へのデータ提供が必要な場合には、研究者間でコンタクトをとり、どのレベルのデータが提供に相応しいかを個別に判断した上で提供している場合がほとんどである。

(3) 今後の課題

これまでも、国内・海外の研究者との間でデータのやりとりが行われているが、今後一層大学の保有するデータの流通を促進するためには、体系的なデータベースの構築が不可欠である。国内の機関間での連携やデータ共有化は、ある種の研究活動を促進する可能性もあるので、連携拠点を通じてこのような活動が推進されることが望まれる。同時に、データの流通に際して、成果の公表についてのプライオリティの確保を十分検討する必要がある。また、大学側も、科学論文などにより一定の成果が公表された後には、積極的にデータを公開するような取り組みが求められる。

(菅原・向井)

3.3 陸域分野におけるデータ流通の促進

3.3.1 陸域炭素収支観測サイトのネットワーク化

炭素循環観測研究分野、特に陸域生態系にかかわる観測研究は、大気や海洋分野と比べ、その研究体制のあらゆる分野において大きく立ち後れていると言えよう。これは、地球環境モニタリングにおいても、大気や海洋分野の国際観測ネットワーク（全球気候観測システム（GCOS）・全球海洋観測システム（GOOS））に比べ、陸域生態系を対象とする全球陸上観測システム（GTOS）に実在感がないことにも通じている。炭素収支観測においても、まさに同じ状況にある。

陸域生態系の炭素収支観測は、1990年代に画期的に発展した情報処理技術によって、渦相関法などの観測手法が開発され、さらに、1997年に京都で開催された国連気候変動枠組条約第3回締約国会議（COP3）を契機として、多くの観測サイトが整備されたが、観測手法や取得データの解析処理方法などが統一されぬままに、それぞれの観測サイトでのデータ集積が進んできた。

陸域生態系の観測は、ある特定の地域における“点”の観測であり、広域的、全球的な評価のためには、その点データをいかに繋げるか、あるいは、面的に拡大するののかという作業が生じ、観測データの集積と統合が不可欠である。そこには、それぞれの観測サイトで得られたデータが同次元で比較・評価できる観測データを取りまとめるネットワークの整備が求められる。

炭素収支観測においては、2000年前後から全球レベルの観測ネットワーク（FLUXNET）、ヨーロッパやアメリカ・アジアにおける地域観測ネットワーク（Carbo Europe・AmeriFlux・AsiaFlux等）が発足し（図3-3）、情報交換・交流の促進、観測手法の統一、観測データの集積が、それぞれのネットワークの事情を反映して始まった。しかし、これらのネットワークは、大気や海洋観測分野では政府組織レベルのネットワークであるのに対して、非政府組織（NGO）である。そのために、ネットワークとしての主導力は発揮できず、なんら責務も負わない観測研究の任意団体にすぎない。

AsiaFluxは、我が国と韓国の研究者が中核となって1999年に発足したアジア陸域における熱・水・二酸化炭素フラックス観測ネットワークであり、国立環境研究所の地球環境モニタリングプロジェクトの支援や競争的研究資金（科学技術振興調整費）を得て、活動を強化してきた。現在、季刊のニュースレターの発行、年次会合の開催、観測技術の研修、ホームページやメーリングリストを介した情報交換、加えてAsiaFluxデータベースとして観測データの集積を進めている。

2006年には、AsiaFluxの参加国をフラットな関係に再構築するため、AsiaFluxの傘下に我が国のサブネットワーク（JapanFlux）が組織され、ネットワークへの参加を広く呼びかけている。しかし、アジア地域の当該分野への取り組みの遅れやアジア諸国の国情を反映して、観測サイトの登録や観測データのネットワークへの提供がままならないのが現状である。

前述したように、それぞれの観測サイトで得られたデータを統合することによって、広域的、全球的な評価・解析が可能になるが、陸域炭素収支観測におい

ては、現状ではその端緒についての段階である。しかも、そのネットワークが、当該分野の研究者のボランティアで運営され、金銭的にも安定的な体制の維持が困難である現状では、地球温暖化防止の施策に貢献するというインセンティブが接着剤となってネットワークが維持されているに過ぎない。その上、陸域生態系の観測データは大気や海洋とは異なり、それぞれ生態系を所有する国々の国益が複雑に絡むことから、観測データがネットワークのデータベースにスムーズに登録されることも阻害する力となっており、現時点では研究者レベルでのデータ流通に留まっている。

たとえば、FLUXNETではデータ統合解析グループを組織し、積極的に全球的レベルの炭素収支データを集積し、統合解析を試みている。また、2006年度で終了した地球環境研究総合推進費課題「21世紀の炭素管理に向けたアジア陸域生態系の統合的炭素収支研究」では、研究に参加した観測サイトのデータからアジア地域の多くの陸上生態系の炭素収支を統合的に解析し、興味ある成果が得られている。また、それらのデータを活用したモデルによる広域評価が行われている。

これらも、観測を担当する研究者の意志、あるいは研究資金が強制力となって進められたものであり、データの集積・流通にとって、それを運用する体制の確立とともに、それぞれの観測サイトを担う研究者の自覚が不可欠である。そのためには、ネットワークの安定的運用を目指した研究資金の永続的な確保を得た上で、事務局機能の強化とともに、各観測サイトを担う研究者がデータ登録することに何らかのメリットが有るような、研究的側面からの魅力が必要であろう。

(藤沼)

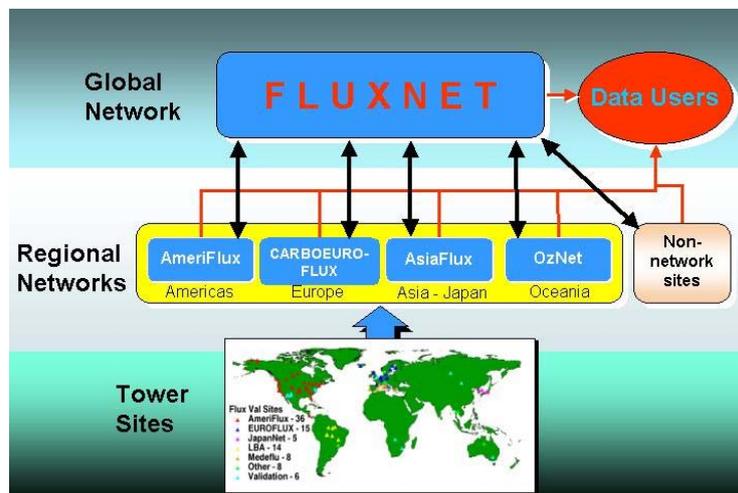


図3-3 世界の陸域生態系の炭素収支観測研究ネットワーク。

3.3.2 微気象学分野ならびに生態学分野のデータベースの統合化

3.3.1でも述べているように、陸域生態系に係わる観測研究は決して組織化されているとは言えず、データベースの整備もその端緒についた段階である。

炭素収支分野では、AsiaFlux・JapanFluxなどの観測ネットワークが、それぞれ2000年・2006年に発足し、データベースの整備を進め、最近になってデータの蓄積が進むようになった。生態学分野では、環境省生物多様性センターが推進するモニタリングサイト1000が、我が国の代表的な生態系の自然環境データを継続的に収集・蓄積することを2003年から開始した。また、長期生態学観測研究ネットワーク(LTER)として、大学や研究機関のフィールドを中心とした観測研究ネットワークである日本長期生態学研究ネットワーク(JaLTER)が2006年に発足し、競争的研究資金を得てデータベースの整備を進めている。

しかし、渦相関法による炭素収支などの微気象学的観測と生態学的調査・観測との連携は十分に行われていない。我が国の炭素収支観測サイトにおいて、スーパーサイトの機能を有する岐阜大学・産業技術総合研究所による岐阜県高山サイトや北海道大学・国立環境研究所による北海道天塩の「カラマツ林の炭素循環機能に関する観測研究(CC-LaG)」サイトなどでは、同一サイトで微気象学と生態学の両分野の観測データが複層的に集積しているが、これは例外的なものである。また、個々の観測ネットワークが分野横断的に連携していることは、その連携の強弱にかかわらず見当たらない。

微気象学および生態学の両分野にとって、それぞれのデータは相互に、データ解析・評価の基盤となり、かつ、取得データの質を高めるものであり、両者間の連携が強く求められるものである。しかし、両分野間で取りまとめるデータには大きな乖離がある。たとえば、微気象学分野のフラックスデータは10Hzで収録したデータが30分値として取りまとめられることが多く、観測センサー類の開発や情報処理技術の発展に伴って自動化が進んでいる。それに対し、生態学分野は生態系を構成する個々の生物の種数や分布・構造・量、さらには景観的記載など、調査・観測の自動化が困難であり、人力に依存しなければならないものが大半である。したがって、両分野では、それぞれの分野で得られたデータを相互に流通活用することで大きな研究的発展が望めることは自明であるが、実際には「願望」の段階に留まっている。

2007年11月に国立環境研究所で、JaLTERとJapanFluxの共催を得たシンポジウム「長期生態系モニタリングの現状と課題－温暖化影響と生態系応答」が開催され、両ネットワークが連携を図ることに合意し、生態系に係わる共同研究を進めるべくワーキンググループが発足し、両分野間でのデータ解析などが進むことが期待される。

JaLTERとJapanFluxとの連携によって、両共同研究の展開のみならず、今後、データベースの統合化が検討されよう。しかし、現段階では、それらの作業が研究者の研究的興味から進められており、研究的色彩の強い統合化システムの開発は、何らかの研究資金を得ることによって可能であろうが、システムへの継続的

なデータ登録やシステムの運用は、業務的色彩の強いものであり、温室効果ガスや海洋分野の観測におけるデータセンターと同様の組織の整備が望まれる。なお、統合化システムの運用においては、データ提供者とデータ利用者それぞれが、データの提供と利用それぞれのポリシーの整備とその運用にあたっての遵守が不可欠である。

(藤沼)

3.4 影響評価分野におけるデータ流通の促進

3.4.1 雪氷観測データの流通（衛星観測を含む）

衛星観測データはアメリカ主導のデータベースが公開されており、データの流通が進んでいる。実際、衛星を用いたマイクロ波による積雪および海水分布のモニタリングは、データ公開までの自動化が整備されており（2.4.2参照）、衛星の継続性が維持されている限り問題はないと思われる。

一方、日本人研究者による氷床・氷河の質量収支変動、海氷・積雪・雪渓の現地観測、氷床コアおよび雪氷コアに関するデータは公開が遅れており、流通が進んでいない。南極に関しては国立極地研究所が発行している Data Reports で観測データの一部が出版されているが、大学などの研究グループが得たデータについては、データ公開体制が整っていないので、埋没する場合が多い。今後、全国規模でデータセンター的機能の整備が必要である。

氷河変動に関する世界氷河モニタリングサービス（WGMS）へのデータ提供は（2.4.2参照）、各国の責任者がおこなっているために、日本の研究者が取得したデータといえども、相手国の機関の了承を得る必要がある。手続き的な問題も含め、データ公開についての後押しをする必要がある。

凍土の地温・土壌水分などの個別の地上観測データについては、データの標準化が十分になされていないこともあり、アメリカ雪氷データセンター（NSIDC）においても各観測サイトの個別データといった状態のままである。日本の研究グループもこのNSIDCにデータ提供している例が見受けられるが、研究者個別の判断に委ねられている面が強い。

氷床・山岳氷河におけるアイスコアのデータは、他の古気候指標などと比較する上でも横断的研究に役立つ可能性を秘めているが、年輪のデータが世界的なデータベース上で利用可能な状況にあるのに比べ、アイスコアのデータは各プロジェクトの公開に対する考え方によって公開の状況が異なっているようである。欧米主導で掘削したアイスコアのデータは、最近、積極的に公開されるようになってきたが、日本のデータ公開は欧米に比べて遅れている。これは5.1.10で述べる分析体制の不備もその原因の一部ではあるが、データ公開体制が整っていないのが大きな原因である。データ公開に要する労力や経費をサポートする仕組みと、データを公開することが研究グループにとってメリットとなるような仕組み（評価の体制）が必要である。

南極および北極での雪氷観測データは、国立極地研究所がメタデータのデータベースを作成しており、現在データ数を増加しつつある。国立極地研究所では今後、論文やデータレポートとして出版されたデータの生データ（画像データおよび数値データ）を公開していくことを検討している。しかし、予算・人員ともに不足しているために、研究者に多大な負担がかかり、データの流通は遅れている。南極と北極以外の雪氷観測データについては研究者の個人的努力に頼っているのが現状であるため、データの流通が遅れている。データ流通促進のためには、戦略的な体制整備が求められる。国立の研究機関などにデータセンターを設置し、データの収集と公開を委託するなどの措置が必要である。

（東・藤田）

3.4.2 海面水位観測データの流通

現在、国内の海面水位観測データは日本海洋データセンター（JODC）と海岸昇降検知センターに概ね集約されている。JODCでは毎時値と30秒値を、海岸昇降検知センターでは月平均値と年平均値を収集・公開している。これらのセンターは運用実績も長く、国内の認知度も高いため、地球温暖化に伴う海面水位上昇の監視においても、これら既存の枠組みを有効活用することで、すぐにデータ利用が可能になる。海面上昇の監視という観点からは、それぞれの登録地点数や期間の充実、特に1950年代以前の観測データの充実と電子化、および2.4.1で記した海面水位観測施設の地盤変動のデータセットの公開が望まれる。

国際的なデータセンターとしては、全球海面水位観測システム（GLOSS）がその役割を担っている。GLOSSは世界気象機関（WMO）/ユネスコ政府間海洋学委員会（IOC）合同海洋海上気象専門委員会（JCOMM）の観測部会の一つであり、全球的な、あるいは地域的な高品質の海面水位ネットワークの構築を目的としている。その中核は全球約300地点に配置された海面水位観測施設であり、日本は南極昭和基地を含めた15地点を登録している（図3-4）。

GLOSSの実際のデータセンターは即時モードをハワイ大学が、遅延モードを英国のプラウドマン海洋研究所が運営している。地球温暖化に伴う海面水位上昇に関しては後者がデータベースとして充実しており、GLOSS登録地点のみならず、世界中の海面水位観測地点の月平均データ・年平均データを収集・公開している。国土地理院・気象庁・海上保安庁が所管するほぼ全ての海面水位観測施設の月平均・年平均データはこちらからも入手可能である。

海面水位観測施設における地盤変動の解析に関しては、GLOSSのワーキンググループの一つとして、海面水位観測施設に隣接して設置された全地球測位システム（GPS）データを利用して海面水位観測基準面の監視を行う事業 TIGA（Tide Gauge Benchmark Monitoring - Pilot Project）が進行中であり、全球で107地点（国土地理院と気象庁の37地点の海面水位観測施設を含む）のGPSデータが公開されており、日本の37地点については登録ユーザーに対して国土地理院から提供されている。

なお、それぞれのデータセンターのURLは以下の通りである（参照日：2008/02/04）。

日本海洋データセンター

http://www.jodc.go.jp/index_j.html

海岸昇降検知センター

<http://cais.gsi.go.jp/cmdc/centerindex.html>

全球海面水位観測システム

<http://www.gloss-sealevel.org/>

プラウドマン海洋研究所データベース

http://www.pol.ac.uk/psmsl/psmsl_individual_stations.html

ハワイ大学データベース

<http://ilikai.soest.hawaii.edu/uhslc/datai.html>

TIGA

http://adsc.gfz-potsdam.de/tiga/index_TIGA.html

（櫻井・清水・宮崎）

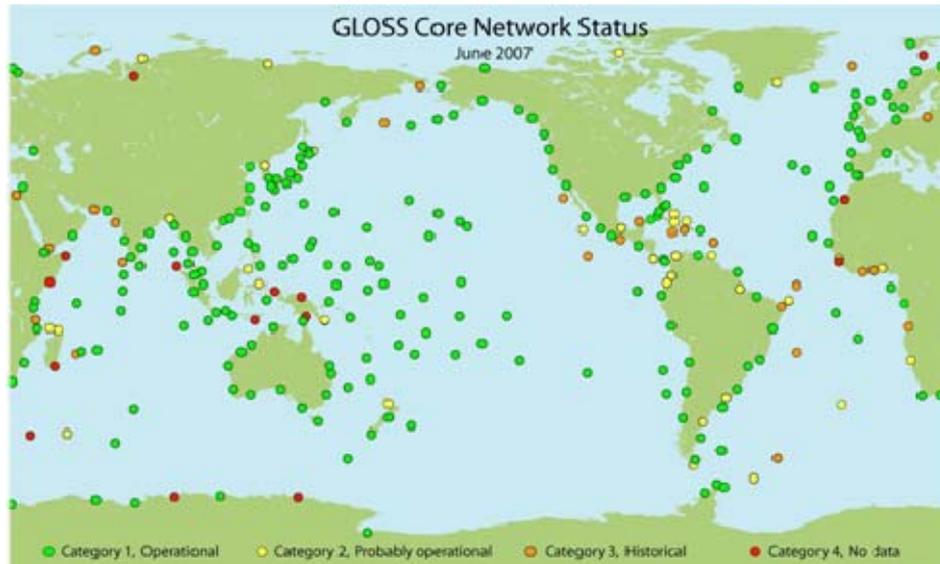


図 3-4 GLOSS に登録されている海面水位観測施設の分布。データセンターへのデータ集約状況により 4 種類のカテゴリーに分類されている。GLOSS ホームページより転載。

3.4.3 植物季節観測のデータベース

環境変化に応じた陸上生態系の変化として端的に現れるのは、植物の季節的な成長リズムの変化であり、サクラの開花時期や紅葉の季節として一般にも観察しやすい馴染み深い現象である。温暖化観測においては、植物群落の動態や炭素収支に関するシミュレーションモデルを実行させる際に必要なパラメーターとして植物季節データは重要な意味を持つ。特に、植物種による植物季節の変化は、それまで維持していた植物群落の動態（種間関係・成長速度・成長資源の獲得などを通じて）を決定的に変化させる可能性もある。

地球温暖化に伴う植物季節の変化がどのようなメカニズムで起こり、それが植物群落や陸域生態系に及ぼす影響を明らかにする必要がある。このような植物季節の継続的観察の意義は関連学会や専門家の間では十分に認識されつつあるが、気象官署で実施している植物季節観測を除けば、植物季節のモニタリングを実施しているグループは限定的である。

以下、代表的な事例についてその目的と観測の現状を概観する。

(1) 気象庁による植物季節観測

実際には植物だけではなく動物についても、季節の遅れ・進みや気候の違いなどの気象状況の推移の総合的な判断材料を知ることが目的として、昭和 28 年から全国 90 あまりの気象官署で生物季節観測を実施している。植物季節の観察としては、植物の発芽・開花・満開・紅（黄）葉・落葉を観測している（表 3-1）。

生物季節観測は指定されたすべての官署で実施する「規定種目」と、各官署が選択して観測する「選択種目」に大別される。規定種目としては日本全国に広く分布している生物を選び、季節の進行の地域比較などに利用される。一方、選択

種目は全国的には分布していないが、その地方の季節の進行を知るのに適している生物や、その地域の気候や産業との関係が密接で、一般にも関心の高い生物が選ばれている（理科年表オフィシャルサイト）。

(2) 全国大学演習林協議会によるフェノロジー観察ネットワーク

全国 23 の国立大学演習林を中心に組織されている全国大学演習林協議会（全演協）は、大学演習林を環境計測のネットワークとして活用するもので、「樹木フェノロジー観察ネットワーク」では、樹木の環境変化に対する反応を観察していこうというものである。樹木の開芽や開葉、紅葉や落葉などのフェノロジーを長期的に観測することによって、間接的に環境の変動を捉えることが可能である。

観測実施の基本方針としては、多くの大学演習林の参加が可能となるよう（図 3-5）、各大学が共通で行う調査項目は極力簡便なものとして、葉のフェノロジーについてのみ実施している。それ以外の調査項目については各大学演習林に委ね、観察データの管理も各大学演習林とする。全体としての集約データは共通レベル調査に限定し、ホームページで公表している。

全演協の共通調査の内容は次の通りである。対象樹木の種数および個体数は、各大学演習林で決定する。観測項目は、葉フェノロジー（開葉・紅葉（黄葉）・落葉時期）の観測とし、観察頻度は各時期ごとに週 2 回を原則とする。これら以外の時期については、台風や虫害などによる落葉などのように、何らかの著しい変化が認められた場合に適宜実施することとしている。開葉・紅葉（黄葉）・落葉の進行程度は目視で観測し%で記録する。必要に応じて定点写真による記録も実施している。

得られたデータは指定の書式に従って、演習林名（観察地点名）・樹種・樹木サイズ（胸高直径・樹高）・緯度・経度・標高・自生あるいは植栽の別、を集約して、事務局に報告しており、その結果については全国大学演習林協議会のホームページで公表されている。

(3) 衛星画像・web カメラによる陸域生態系の季節変動モニタリング

植物季節を丹念に観察するためには、地上において目視で行うのが一般的であるが、ある地域の落葉樹林を対象に開花・紅葉・落葉の時期などを面的に捉えるのであれば、人工衛星の画像による観察が有効とされる。衛星画像でのこうした用途に対する問題としては、雲によって地表の様子が遮られることであるが、「雲取りフィルタ」の開発によってこの問題はほぼ解消された（森林総合研究所ホームページ）。これは、衛星写真の雲に隠れた部分を合成する「雲取りフィルタ」技術であり、撮影地点の季節変化をコンピュータ処理することによって、雲のない画像として 10 日間隔で得られ、植生指数データ・近赤外データ・熱バンドデータなどへも適用できる。したがって地表面の温度や植生などの情報も連続観察できるので、地球温暖化やエルニーニョの影響の解析など様々な場面での活用が考えられる。

すでにノア衛星（NOAA）のデータ、スポット衛星（SPOT）の VEGETATION データから 10 日間隔の雲除去データセットを作成し、地球環境の変化が顕著に表れる森林植生の季節変化や積雪状況の変化を継続的に捉えることで、地球温暖化の監視に着手している。任意地点の衛星データについて入手は容易であり、こうした手

法を用いて、広域の陸域生態系の植物を含めた季節変化を連続的に観察することがすでに可能となっている。

また、ごく最近ではフィールドサーバなど web カメラの設置によって、より局所的・連続的な植物季節の観測も行われるようになってきている (Richardson *et al.*, 2007)。また、「陸上植生の季節変動・長期変動に関する長期観測網」(PEN) のようなフラックス観測と並行した自動観測も、国内で数点ながら継続されている。今後このような地上部の自動観測と衛星画像とのリンクを推進することで、時空間的に高分解能をもつ観測体制が確立されることが望まれる。

(千葉)

表 3-1 植物季節観察の対象項目と樹種。

植物季節観測	規定種目	選択種目
開花	ウメ、ツバキ、タンポポ、ヤマツツジ、ノダフジ、ヤマハギ、アジサイ、サルスベリ、ススキ	スイセン、スマレ、シロツメクサ、ヤマブキ、リンゴ、カキ、ナシ、モモ、キキョウ、ヒガンバナ、サザンカ、デイゴ、テッポウユリ、ライラック、チューリップ、クリ
開花、満開	サクラ(ソメイヨシノ)	ヒガンザクラ、オオシマザクラ、アンズ
発芽、黄葉、落葉	イチョウ	
紅葉、落葉	カエデ(イロハカエデ)	
発芽、落葉		クワ
発芽		シバ、カラマツ、チャ、シダレヤナギ



図 3-5 樹木フェノロジー観察ネットワークに参加している大学演習林。

3.4.4 森林資源モニタリング事業

熱帯林の減少やヨーロッパで問題となった酸性雨による森林衰退などが契機となって、1992年に開催された国連環境開発会議（UNCED）において、将来的な環境問題および森林の保全を念頭に「持続可能な森林経営」を推進することが合意された。それ以降、世界各国は、森林の有する多面的な機能の発揮を図るため、森林の状態を客観的にチェックするための「基準・指標」を作成・運用することを目指して、全国規模で森林のモニタリングを推進するようになった。ヨーロッパ以外の温帯林などの保全と持続可能な森林経営に関する作業グループとして、日本はアメリカ・カナダ・中国・アルゼンチンなど12ヶ国が加盟するモンテリオール・プロセスに参画している。このグループ国間で「基準・指標」の策定を始めとする作業を行っており、その一環として森林モニタリングがあり、日本では1999年から「森林資源モニタリング調査」が開始された。

森林の持続可能性を測るための「基準」として次の7項目が定められている。(1)生物多様性、(2)森林生態系の生産力の維持、(3)森林生態系の健全性と活力の維持、(4)土壌および水資源の保全と維持、(5)地球的炭素循環への森林の寄与の維持、(6)社会の要望を満たす長期的・多面的な社会・経済的便益の維持、(7)森林の保全と持続可能な経営のための法的、制度的および経済的枠組。したがって、モンテリオール・プロセスで求められるこれら7つの基準を念頭に、持続可能な森林経営が行われているかどうかを客観的に判断するための森林モニタリングを実施することが求められている。しかし、実際にはすべての要望を満足させるようなモニタリングを実行するのは困難であり、その手法や調査項目について議論されているところである。また、実行可能性についても参加国の事情に依存せざるを得ない。

我が国で実施されている森林モニタリング事業では、低木を含むバイオマス・枯損木・倒木・根株の調査に重点が置かれ、さらに植生調査による種多様性の調査、土壌浸食や森林の健全性に関する調査が行われている(表3-2)。調査地点は、日本全体について4kmメッシュの格子点において森林が存在している地点すべてを対象とし、15,700点あまりになる。恣意的な対象地になることを避けるため、格子点に該当した地点からの移動は認められておらず、当該地点への到達が不可能でない限り、その格子点を調査地としている。対象地点には国有林・民有林が機械的に選定されるため、民有林の調査は各都道府県が、国有林については林野庁・各森林管理局が実施する。調査は5年間で全地点を一巡することとなり、5年ごとに全国の森林動態調査が継続される。

本事業での調査項目からわかるように、上述した「基準」の(1)生物多様性、(2)生産力、(3)健全性、(4)土壌と水資源、(5)炭素循環について、直接あるいは間接的なデータが収集されている。これだけの項目について網羅的に十分と言えるだけのデータを全国15,700地点に及ぶ広域を対象にモニターし続けるのは困難であり、今後追加を要する項目もあるであろうし、何らかの修正も必要であろう。しかし、統一的な手法で全国の森林モニタリングが開始された意義は大きい。

(千葉)

表 3-2 森林資源モニタリング調査の主な調査項目。

地況調査	：標高、傾斜、土壌型、土壌浸食度、車道からの距離
特記事項	：病虫獣害、気象害の有無
法的規制	：保安林、自然公園指定の有無
立木	：個体数、種名、胸高直径、樹高、枯損、動物等による剥皮、幹の空洞
伐根	：数、直径
倒木	：数、中央径、全長、腐朽度
植生調査	：低木および草本層の種名、被度

3.4.5 海洋生物データベース

炭素循環に最も直接的に関係する、海洋一次生産量のデータベースは存在しない。このパラメーターを洋上で実地に観測するためには、現状では培養実験を行う必要があり、多数のデータを取得する事は期待出来ない。近年になり、クロロフィル蛍光強度の光飽和速度などを利用してセンサーにより海洋一次生産を測定する方法（FRRF 法等）が開発されているので、こうしたセンサーによる測定法の開発と普及を国レベルで支援し、一次生産量の地球規模データベースを作成可能とする必要がある。

現状では、海洋中のクロロフィル現存量の増減から海洋一次生産量の増減を推定し、炭素循環への影響を推定する方法が最も現実的である。このために必要となるクロロフィル現存量のデータは、栄養塩などと共に国レベルの海洋データベース（日本では JODC、国際的には各国の国立海洋データセンター（NODC）など）に報告するシステムになっているが、実際の報告率は栄養塩などに比べればまだ低く、完全に機能しているとは言い難い。機関単位のクロロフィル現存量データベースは比較的豊富に存在している（気象庁・水産総合研究センター等）ので、まずはこれらのデータを JODC に再集積させる事と、未だ公開されていない大学・機関などのクロロフィルデータを発掘し、JODC に集積させるための活動を行う必要がある。

またクロロフィルも栄養塩などと同様、既存のデータベースにメタデータはほぼ一切報告されていない。特にクロロフィルのサンプル保存法・測定法には栄養塩以上のバリエービリティがあり、それによりデータの確度は大きく異なるため、測定法に関するメタデータの情報抜きにいきなり測定値を統合する事は本来極めて危険である。クロロフィルに関する報告データフォーマットの統一、報告単位の統一、メタデータの同時提出の義務化などを推進し、なおかつそれらにデータ報告者が適応するための支援策を講じる必要がある。

海域的には、クロロフィル現存量のデータは外洋域では栄養塩と同程度の密度で分布しているが、クロロフィルは栄養塩よりも局地的・短期的変動が激しいので、栄養塩より高密度のデータを取得する必要がある。こうした意味では専門の観測船による観測よりも、篤志船によるクロロフィルの自動観測などの方が有効な手段である。日本では環境省による外洋域の篤志船観測プログラムの中にクロロフィル a の観測も含まれているが、今後もこうした活動を強力に推進する必要

がある。

炭素循環に拘らず、地球温暖化が海洋生態系に及ぼす影響を調べるために有効な海洋生物データベースとしては、以下の物が存在する。

○動物プランクトンデータベース

海洋研究科学委員会（SCOR）のWG125が中心となり、世界中に存在する動物プランクトンデータベースを取りまとめている。西部北太平洋については、水産総合研究センターが保有する動物プランクトンデータベース（小達データ）が非常に大きな寄与をなしており、1950年代から現在までを通じての動物プランクトン現存量の変動と、種組成変動を追跡する事ができる。このデータベースの維持管理、およびサンプル追加のための定常的な予算は存在せず、担当者の自発的な努力により維持されているのみである。このためデータベースの更新や管理は、担当者ないしは所属機関の個人的な事情などによっても突然終了する可能性があり、国として支援体制を整える必要がある。

また、各地の海洋気象台も、それぞれの汚染観測定線において動物プランクトンの採取を行い、非常に有効な時系列データを供給してきた。先述の小達データは親潮域・混合水域のみを対象としているので、黒潮域における動物プランクトンの変動を把握するためには特に重要な観測データであった。しかしながら本観測は2006年度をもって終了してしまっただけで、もはや、西部北太平洋亜熱帯域における動物プランクトンの変動は国内のどの機関も把握していない。動物プランクトン観測について、何らかの方法で再開するなどの対策を検討する必要がある。

海域としては、上記小達データなどの存在により北太平洋域のデータベースは比較的充実している。南太平洋に関してはペルー沖に動物プランクトンの時系列データセットが存在しているものの、西部南太平洋域には全く観測データベースが存在せず、大きな空白域となっている。日本が南極観測船の往復時に動物プランクトン現存量の観測を実施するだけでも、この海域の動物プランクトンの変化を知るために非常に大きな貢献をする事が出来ると思われる。また日本-オーストラリア間を運行する民間船に全自動式の連続プランクトン採取器(CPR)を設置し、サンプリングを依頼することによっても同様の貢献が可能である。

同様にインド洋についても動物プランクトンの時系列観測点が存在していないが、水産総合研究センターはインド洋域に水産資源開発のための調査船を頻りに派遣しているので、これらに動物プランクトン採取を依頼することにより、動物プランクトンの時系列変動を把握する事ができる可能性がある。アラビア湾行きの石油タンカーにCPRを設置する事でも同様の貢献をする事ができる。

○魚類データベース

水産庁が中心となり、水産対象魚類の漁獲量を継続的にモニタリングしている。水産非対象種に関するモニタリングはほとんど全く行われていないが、表層の魚資源のほとんどは人間の漁獲対象種となっているので、このデータ取得を継続することにより高次捕食者の現存量の変遷はほぼ追跡出来ると考えられる。

○底泥有機物および底生生物のデータベース

地球規模の炭素循環に影響を与え得るものとして、沿岸域および潮間帯に存在

する底泥中の有機物量が、水温の変化や海洋循環の変動に伴う酸素濃度の変化、pHの変化などにより変化する可能性が挙げられる。

この種の問題に対応し得るような、底泥有機物含量および底生生物に関するデータベースは、世界のどこにも未だ誕生していない。日本には地球規模の炭素循環に影響を及ぼし得る程の広大な干潟域・浅海域などは存在しないが、東シナ海や南シナ海、そしてオホーツク海域の陸棚域および沿岸域には、長大河川由来の有機質底泥が大量に堆積しているため、そうした海域での底泥有機物含量および底生生物に関するデータベースの作成を、国際協力により開始する事は（さらにはそのリーダーシップを日本が取る事が）将来的に地球環境変動観測に対する大きな貢献となり得る可能性がある。

○JODC のプランクトンデータベース

JODC は、1985 年から海洋生物データ（主としてプランクトンデータ）の収集・管理・提供を行い、現在は JODC の web で公開している。

JODC が管理する海洋生物（プランクトン）データベースは、海洋生物種を分類学上の体系に基づきコード化した「JODC 海洋生物分類データベース」と、環境省・水産庁・気象庁および地方自治体などが主に日本近海で 1951 年以降に観測したデータを掲載する「海洋生物観測データベース」の 2 種類のデータベースで構成されている。

JODC は、海洋生物（プランクトン）データをコンピュータで効率的に管理するため、海洋生物学者の指導を仰ぎながら、分類学上の体系に基づいた生物種のコード化に着手し、1988 年に「JODC 海洋生物コード」第 1 版を作成した。さらに、その後の生物種の発見や新たな知見により分類学上の体系・階級の変更が生じたため、全面的なコード見直しを行い、2002 年には「JODC 海洋生物コード（プランクトン）2001 年版」を作成した。現在、web で公開されているコードはこの 2001 年版であるが、今後、このプランクトンコードにベントスコードを加えた統合分類コードを新たに公開する予定になっている。

（小埜・清水）

3.5 社会経済データの流通の促進

地球温暖化の問題解決のためには、現象解明と予測、影響・適応・脆弱性の評価と予測、対策に関する検討が必要となるが、その際に社会経済データが必要となる。ここでは、社会経済データを取り上げ、3.5.1 情報源情報の収集促進、3.5.2 多様なデータの統合化と過去のデータのデジタル化、3.5.3 途上国におけるデータ利用の能力開発について整理した。図 3-6 は、各分野から得られた観測データと社会経済データを有効活用して、種々の政策に役立てるための全体像を描いたものである。両者を有機的に活用することにより、炭素循環などの現象解明、気候変動（現象や影響）のモデル化、影響の検出や監視、種々の適応策、緩和策の効果評価などに活用しうる。

(原沢)

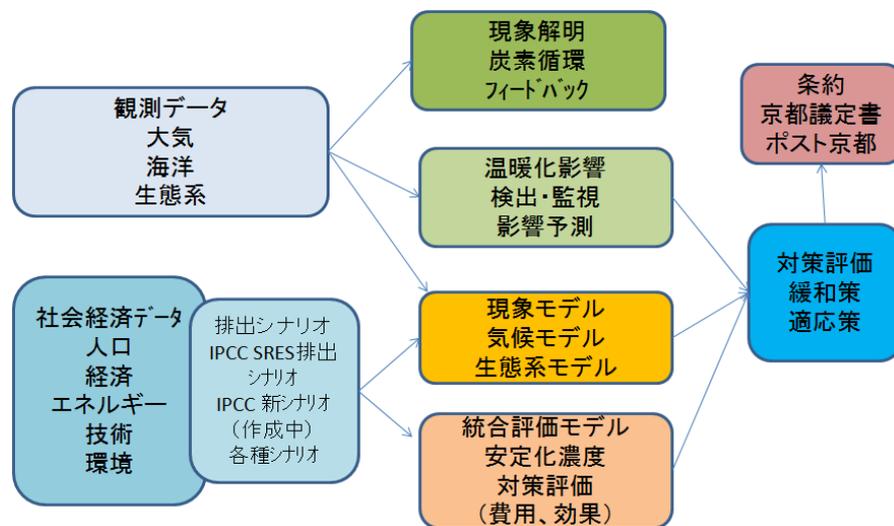


図 3-6 観測データと社会経済データの統合利用のフレームワーク。

3.5.1 社会経済データの情報源情報の収集促進

(1) 社会経済データの種類

社会経済データの種類は、以下のように分類できる。

○各国の国情を表すデータ

人口・経済力などのデータについては、国際連合（UN）・世界銀行（WB）・国際エネルギー機関（IEA）・経済協力開発機構（OECD）などが各国からデータを定期的に収集し、統計値として出版したり、あるいはデータベースとして CDROM やホームページから提供している。また、分野ごとのデータについては、たとえば農林水産業に関わるデータについては国連食糧農業機関（FAO）などがデータベースを構築して提供している（CDROM やホームページ）。世界資源研究所（WRI）は種々の機関の情報を国別データにまとめて報告書を作成するとともに、データの提供を行っている。国別データ以外に、人口メッシュデータなども作成されている（GPW: Gridded Population of the World）。

○エネルギー使用量や排出量データ

温暖化の原因となる化石燃料に関わるエネルギーデータについては、WB・IEAなどが整備している。エネルギー使用量や予測に関しては、毎年 IEA が Energy Outlook を出版しており、エネルギーデータも利用可能である。温室効果ガスの排出量については、IEA・二酸化炭素情報分析センター（CDIAC）などが各国別、排出起源別のデータを作成して提供している。我が国の排出量関連データは国立環境研究所の温室効果ガスインベントリオフィス（GIO）がデータ収集・集計を行い、結果を公表している。

○土地利用や被覆データ

各国の土地利用や土地被覆データについては、先進国では整備されているが、経済移行国や途上国では整備が十分されていない。一方、衛星画像をもとに土地利用判別分析を用いた土地利用や植生データなどが作成され、提供されている（たとえばノア衛星（NOAA）の土地被覆分類データ（GLCC：Global Land Cover Characterization））。

○排出シナリオ

地球温暖化の将来気候予測、影響・適応評価、対策評価には、将来の世界の動向を示す排出シナリオが利用される。とくに温暖化に関しては、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の排出量シナリオに関する特別報告書（SRES）排出シナリオが多用されるが、他にも研究ごとに独自の排出シナリオを設定して分析を行う事例も多い。IPCC データ配信センター（IPCC DDC）から、IPCC SRES 排出シナリオに関わる情報、社会経済に関わるベースラインデータをホームページから提供している。研究ごとの排出シナリオについては、国立環境研究所で収集・解析し、結果をホームページから提供しており、IPCC 第4次報告書の作成やシナリオに基づく研究の基礎的情報となっている（Hanaoka *et al.*, 2006）。

○被害や対策のコスト情報

温暖化のもたらす影響・被害額や対策/技術に要するコスト情報なども温暖化対策評価には重要である。エネルギーや技術に関するコスト情報は整備されつつあるが、温暖化の影響や被害に関する情報については、貴重な自然の価値付けなどの環境評価の手法上の問題もあり、情報が乏しいのが現状である。

(2) 社会経済データの収集と配布

社会経済データおよびその情報源情報を収集し、提供している国際的な活動は以下のとおりである（主要なもの）。世界気候研究計画（WCRP）・地球圏－生物圏国際共同研究計画（IGBP）などの自然系・観測系の国際研究プロジェクトに比較すると、社会経済情報を扱っているシステムやセンターは限られている。

○国際地球科学情報ネットワークセンター（CIRESIN）

1989年に設置されて以来、1990年に活動を開始した地球環境変化の人間社会側面に関する国際研究計画（IHDP）のデータセンターとして活動をしていたが、現在は、世界資料センター（WDC）の一環として社会経済データを取り扱うデータセンターである。地球環境変動の学際的研究の推進、地球・社会・健康などに関する情報源情報を整備している。人口などの社会経済データ、情報源情報を蓄積・保管・提供しており、IHDP・国連環境計画/地球資源情報データベース（UNEP/GRID）・アメリカ航空宇宙局-EDS（NASA-Expedited Data Set）など多くの

機関と協力していることも特徴である。

○地球変動マスターディレクトリ (GCMD)

衛星観測、現地観測による気圏・水圏・岩石圏・生命圏に関するデータや関連する社会経済データおよび情報源情報を総合的に収集し、提供している。情報源情報が充実している。

○UNEP/GRID データベース

1985年に設置され、地球環境監視システム (GEMS) などで収集、加工したデータの統合と、研究者・行政担当者への提供を目的として設置された。1991年5月にUNEP直轄のプロジェクトとなったが、その後の世界の情報流通の変化をうけて、単に地球環境に関わるデータを収集・蓄積することから、データを政策に活用できるように加工すること、さらに国連環境計画地球環境概況 (UNEP/GEO) に資する情報を収集するなど、その性格が変遷してきた。現在、世界に15カ所設置されている。国立環境研究所地球環境研究センターはUNEP/GRIDつくばとして協力しており、GRIDの保有するデータの提供、温暖化研究の成果やデータ (たとえば、二酸化炭素排出量データ) などを提供している。

○WDC

国際科学会議 (ICSU) が1957年国際地球物理年から得られた観測データや情報を蓄積するために設立されたものである。現在4系列のWDCが地球環境に関する種々のデータを収集・保管・提供している。WDCのうちで、社会経済データを取り扱っているのは、環境と人間活動に関する情報についてはWDC-AのCIESIN、リモセン・土地利用データについてはWDC-Aのアメリカ地質調査所 (USGS) の地球資源観測システム (EROS) データセンター、再生可能資源と環境については、WDC-Dの中国科学アカデミーが担当している。

○CDIAC

CDIACは、主として温室効果ガスデータをアーカイブしているが、加えて、各国の二酸化炭素排出量データをアーカイブしている。

○IPCC DDC

温暖化影響の予測、評価を行うための気候モデルの将来予測結果やIPCC排出シナリオに関わる情報、さらに気候予測情報の活用方法や地域へのダウンスケールなどについての技術解説書を提供している。

以上が代表的な社会経済データを取り扱っているシステムやデータセンターであるが、その他にもテーマを限定したデータを収集し、提供しているデータセンターがある (表3-3)。

(3) 情報源情報の収集促進の方法と課題

地球観測に関わるデータの整備に比べると、社会経済データの整備は遅れている。今後の課題は以下のとおりである。

○社会経済データの作成

・新排出シナリオの作成

IPCCのSRES排出シナリオは起点を1990年としており、世界の人口や経済情勢が変化したことから、2011年頃をめどに新たな排出シナリオの作成がIPCCの指導のもとに関連分野の研究者グループが中心となって進行しつつある。新排出シ

ナリオは作成後には、気候モデルの前提条件、影響・適応や対策評価の前提となることから、重要な役割を果たす。このため、積極的にこうした国際的な活動に参画していくことが必要である。

- ・人口等の動向データの作成

国別人口については、国連が定期的に見直し、発表している。温暖化研究では、たとえば影響人口などの推定では、メッシュ人口や沿岸域人口などが必要となる。このため CIESIN では夜間光衛星データを活用して、1km メッシュの人口データを作成して配布している (GPW : Gridded Population of the World)。

- ・土地利用、被覆データの作成

土地利用データや植生被覆データは、人間活動や影響を評価するうえで、重要な情報であるが、常に変化していること、また空間的に広大な領域を扱うことから、土地利用データの整備が遅れている。また、常に変化していることから、定期的な更新が必要なことが挙げられる。

- 地理情報の作成

特に、地形・標高・国境界などの地図情報の作成と、地図情報も位置の特定のみならず、影響の集計など重要なデータである。また標高のデータも海面上昇の影響評価では必要となるが、十分な精度の標高データは限られている。国土地理院が進めている地球地図作成のプロジェクトを拡大・強化するなど、温暖化研究に資する地理情報の作成が急務である。

- 情報源情報の充実

国際機関・各国機関が多種多様な情報・データを作成し、蓄積してデータベースを構築している。アメリカの GCMD などがそれらの情報源情報を管理・検索する上で重要な役割を果たしている。日本の情報についても、温暖化に限定した独自の情報源情報システム (利用促進の点から日本語のシステム) が必要であるが、あわせて情報源情報および情報・データをこうした国際的なディレクトリに登録して、活用を促進することも必要である。

(原沢)

表 3-3 地球規模のデータ・情報システム（社会経済データ）。

データ・情報システム	実施機関 (支援機関)	概要	データ種類	備考
ASFIS(養殖, 漁業情報システム)1971～ Aquatic Science and Fisheries Information System	FAO, IOC, UN/D OA - LOS/OLA	養殖, 水産, 沿岸域, 海洋環境, 海洋学, 水質汚濁などの情報, 基準を提供	関連分野の文献情報 など	国, 地域レベルでは特定の 情報ニーズを把握して対処
AGRIS(農業科学技術情報システム)1974～ Agricultural Information System for Agricultural Science and Technology	FAO	国, 国際機関等240機関より 農業関連データ収集	農学, 農業関連文献 情報	CD-ROMで利用可
CC:INFO(気候変動に関する情報交換システム) Information Exchange System on Country Activity on Climate Change	UNFCCC/UNEP	気象変動枠組条約に関する情 報交換を促進する各国の気候 変動に関する活動, プロジェ クトの策定支援	財政, 人間, 科学・技 術資源情報	
CDIAC(二酸化炭素情報分析センター)1982～ Carbon Dioxide Information Analysis Center	ORNL, アメリ カ	USDOEによる二酸化炭素研究 計画(CDRP)を支援するた めに, 気候変動を含む大気中の CO ₂ 濃度上昇に関する国際研 究, 意思決定, 環境問題の評価 を支援するための情報提供	モデルパッケージ (CO ₂ モデル)と数値 のパッケージ	毎年CO ₂ 研究, 観測結果を集 約したTREND' 93等の出版
CIESIN(国際地球科学情報ネットワークコン ソーシアム)1989～ Consortium for International Earth Science Information Network	CIESIN事務局	地球環境変動の学際的研究の 推進, 地球, 社会, 健康に関す る情報源情報の整備	人口など社会経済 データと情報源情報	IHDP, GRIDなどとの協 力, NASA-EDSとの協力
EOSDIS(地球観測システム・データ情報シス テム) Earth Observing System - Data and Information Systems	NASA	NASAの地球科学研究, 衛星か ら得たデータの管理と学際的 研究の推進, 支援	各種衛星データ, 情 報源情報	USGCRPとNASA/GCDISの中核 的要素
EROS(EROSデータセンター) Earth Resources Observation and Science	USGS	USGSのデータ管理, 情報シ ステム開発, 研究支援	AVHRRのデータアー カイブ, EOS-DISの分 散DBの一つ	GLIS(1991-), NASA, USAIDが 協力, UNEP/GRIDを支援
GCMD(地球変動マスターディレクトリ) Global Change Master Directory	NASA/GSFC	衛生観測および現地観測によ る気圏, 水圏, 岩石圏及び生命 圏に関するデータ及び情報の 収集と提供	情報源情報(メタ データ)の提供	CEOS-IDNの米国ノードの一 部, GCDISの一部を担う. 米 国環境変動研究(GCRP)に も参画
GED(地球生態系データベース)1990～ Global Ecosystem Database	NGDC	地球変動研究のための生態系 に係るデータを収集し, 提供	全球・地域の環境・ 生態系に係るデータ	USGCRPを支援するために NGDC, EPAなどが協力して 作成
GRID(地球資源情報データベース)1985～ Global Resource Information Database	UNEP	GEMS等の収集, 加工したデー タの統合と, 研究者, 行政担当 者への提供など	全球メッシュデー タ, 地理情報データ	1991年5月にUNEP直轄のプ ロジェクトとなる
GRID-つくば1991～	国立環境研 究所地球環境研 究センター, つくば	GRIDデータ提供, 社会・経済 データの作成, データ処理技 術の開発と途上国への移転	GRID地球環境デー タ, 環境モニタリ ングデータ	CGER-地球環境データベー ス
GLIS(地球陸域情報システム) Global Land Information System	USGS/アメリ カ	USGSにより開発された地球表 面に関する数々の情報を提供 する対話型コンピューターシ ステム	土地利用, 土地被覆 と土壌データ, 植 生・地理データ, 衛 生データと航空デー タ	ディレクトリ, 利用ガイド, イベントリをもつ, 広域 ネットワーク
ISRIC(国際土壌照会情報センター)1966～ International Soil Reference Information Center	オランダ	世界, とくに開発途上国にお ける土壌資源に関する情報セ ンター, ICSUの土壌, 分類の WDC(ICSUの土壌に関する WDC-C)	土壌劣化国などの土 壌関連地区, 土壌関 連文献, 書籍等	ISRIC土壌情報システム
INFOTERRA(国際環境情報照会システム) International Referral System for Sources of Environmental Information	UNEP	環境情報源と専門機関情報の 交換を支援	環境情報源, 専門機 関情報	各国にフォーカルポイン と, 国際的な情報源ディレ クトリ, 世界環境専門ディ レクトリ
IPCC DDC(IPCCデータ配布センター) IPCC Data Distribution Center	IPCC	気候将来予測, 影響評価, 排 出シナリオに関する情報や知 見を提供	気候現状・予測, 排 出シナリオ関連情報 など	IPCCの評価報告書の作成や 温暖化の予測, 影響, 対策 研究を促進するための情報 提供
IUC(条約情報ユニット)1991(IUCC), IUC(1996 ～) Information Unit on Conventions	UNEP	環境関係の条約および協定な どの一般情報やメディアなど の提供	条約関連, COP関連の ドキュメント	UNFCCC, IPCCなどとも協力 関係
MARC(モニタリング評価研究センター)1975～ Monitoring and Assessment Research Center	UNEP	環境情報の収集, 蓄積, UNEPの 環境報告(EDR)を隔年に出 版	UNED/GEMSのモニタ リングデータの評価	WRI, UK, DoEと協力
MENRIS(山岳環境・自然資源情報サービ ス) Mountain Environment and Natural Resource Information Service	ICIMOD	ヒンドクシ・ヒマラヤ地域 の情報センター	山岳地GIS, リモセン データ, 定期報告 書, GISデータベース	ADB, UNEP/GRIDの支援によ る
WDC(世界資料センター)1957～ World Data Center	ICSU	地球関連の分野ごとのデータ を収集・提供		

3.5.2 多様なデータの統合化と過去のデータのデジタル化（ビジュアル化を含む）

観測データや社会経済データの利用では、多様なデータの統合化やビジュアル化などのデータ利用手法の開発と適用が重要である。

(1) データの掘り起こしとデジタル化

温暖化の現象解明や影響のモニタリングでは、過去の現象データなどが有用となる。従来、報告書などの紙の形で記録されているデータが眠っているケースもあり、こうしたデータをデジタル化して活用していくことも重要になっている。以下は事例である。

○神戸コレクション

神戸海洋気象台では、1890年（明治23年）以降の日本近海や外洋を航行する商船・漁船・観測船による気温・気圧・海面水温・風・波浪などの観測データを書き入れた海上気象観測表を収集・保管してきた。世界的にデータの少ない時代および海域をカバーしているこれらの貴重なデータは、海洋学関係者の間で「神戸コレクション（the Kobe Collection）」と呼ばれており、海洋環境変化の重要なデータとなっている（神戸海洋気象台）。

船舶によって観測された海象・気象のデータなど、紙の形で記録されているものをデジタル化することにより、過去の変化を明らかにすることができる良い例であり、こうしたデータを掘り起こし、デジタル化することにより海洋環境の解析が進むと期待される。

○植生のルルベデータ

植物社会学的手法により調査された植生情報（ルルベデータ）の活用も検討されている。森林総合研究所では、植物種に関する観察データをデジタル化することにより、長期の植生変化のデータとし、その解析から温暖化の影響を把握するなどの研究を進めている。たとえば、ブナ林の温暖化影響についてはこうしたルルベデータを活用して、気温やその他の変数とブナ林との関係を統計的に解析し、モデル化し、将来の気候変化による影響を定量的に検討している（田中，2005）。

○貴重な植生のデータ

日本各地の博物館では、地域の植生の変化を把握すべく、植生調査を実施しているが、その結果は報告書などには掲載されるが、必ずしもデータベース化されていないので、利活用ができない状況である。たとえば、尾瀬の水芭蕉のデータは長年取られているが、データは紙のために、利用できない状況であったが、国立環境研究所では、それをデータ化するとともに、気象変化との対応を検討して、温暖化の影響についての検討を行っている。

(2) データの統合化

地球環境の状態や温暖化影響の現状について、監視やモニタリングを改善することによって、地球環境や温暖化などのプロセスの理解を進め、さらに予測を向上させることができる。このためには、以下のようなデータの統合化などが必要となる。

- ・社会経済データを含む種々の観測データの収集と管理
- ・空間的・時間的な補間を行うことにより、環境変化の全体像を把握したり、モデル入力データとして有用なデータセットとすることができる。データ統合化の方法の標準化、蓄積されたデータの品質管理と品質向上、さらにデータの可視化などの加工方法の標準化などが必要である。
- ・観測データの体系的収集、データの管理・統合、社会経済データと融合した情報化を行うことにより、観測データを科学的・社会的に有用な情報へと変換する。
- ・データや加工した情報を国際・国内のデータセンターなどを通じて共有する。

とくにデータの統合化とデータ相互流通・利用の課題は以下のものである。

○統合化のための検討事項

- ・効率的なデータ収集・作成と品質管理
- ・データの利用状況の把握（利用頻度や利用履歴等）
- ・データ利用を促進・支援する視覚的なデータ検索
- ・データ統合による科学的・社会的情報の可視化や探索
- ・現象のメカニズムなどの傾向把握や解析支援ツールとの融合
- ・大容量のデータの部分や得られた情報の取得を簡素化

○データの相互流通・利用のための検討事項

- ・専門用語・概念や地理空間に関する共通地域情報の作成・収集支援機能と蓄積・管理機能
- ・データのカatalog情報（メタデータ）やデータ間の構造モデル（データスキーマ）の作成・支援と蓄積管理機能
- ・蓄積された共通情報などを利用した情報の検索・変換の支援機能
- ・同好の士からなる作業グループの設置とデータ管理・提供作業の評価
- ・国際・各国のデータセンターとの定期的なデータや意見交換
- ・上記活動を人的・費用的に支援する仕組みの構築

(3) 過去のデータのデジタル化（ビジュアル化）

観測データをデジタル化・視覚化（見える化）することにより、温暖化に関わる現象や影響のトレンドの把握、地域的な特徴などが明らかとなる。地理情報システム（GIS）・リモセン・土地利用・境界線図とのオーバーレイなどの視覚化が行われている。

○GIS の活用

主として、点・線のデータである観測値・データを GIS ツールにより地図データに変換することにより、より変化や傾向など特徴の認識が可能となる。また、補間機能やダウンスケール機能により、点・線のデータから面データへの加工も容易となる。従来に比較して GIS データ化された情報（たとえば環境 GIS）も増えており、地図上への表示だけでなく、並行して統計解析やその結果の表示などもできるようになってきた。また、GIS ソフトが安価となり、一方パソコンの能力も向上したことから、こうした GIS を活用した視覚化による表現は容易となってきた。

たとえば、環境 GIS は、全国の大気環境・水環境・化学物質の環境汚染の状況

を、地理情報システムを用いて提供するものである。従来の環境数値データベースと併用する形で利用が進んでいる。大気については、大気汚染状況の常時監視結果（1970～）が、大気汚染防止法に基づいて全国の「一般環境大気測定局」および「自動車排出ガス測定局」における測定物質の汚染濃度や環境基準達成状況を地図上に表示できる。また、測定結果のデータ表示や経年変化をグラフで見ることがもできる。測定物質は二酸化硫黄・一酸化窒素・二酸化窒素・窒素酸化物・一酸化炭素・光化学オキシダント・非メタン炭化水素・メタン・全炭化水素・浮遊粒子状物質・浮遊粉じんである。他に、有害大気汚染物質マップ（2001～）、生活環境情報、全国自動車交通騒音マップ（2002～）、規制・指定の状況などを扱っている。

○リモセンデータによる視覚化

広域環境を把握したり、変化を検出するためには、衛星による観測データが欠かせない。たとえば、近年話題となっている北極海の海水の融解もこうした衛星画像の比較から一目瞭然である。また、航空写真をデジタル化して解析することで衛星データより遙かに長い過去 50 年間の変化が追跡可能である。

○動画による視覚化

環境の変化を動画表示することにより、経過が明らかとなる。たとえば、地球シミュレータを用いた気候モデルにより計算した将来気候（気温や降水パターン）の変化は、温暖化の影響を一般の人々に伝える場合には、効果的な方法である。

○環境指標による表示

多種多様なデータを情報として加工する一つの方法に環境指標がある。大別して、1) 個別項目を構造化して指標体系とする場合と、2) 複数のデータ項目を数式により総合化する総合指標がある。前者では、各国や国際機関が作成している持続可能性の指標、後者では、隠れた環境負荷をあつかうフットプリントやバーチャルウォーター、また最近では温暖化の影響予測値を、そのほかの環境影響も含めてあつかう健康影響の総合指標とも呼ぶべき障害調整生存年数（DALYs：疾病によって生じた障害の重み付けを示し、集団での健康状態を表す指標で、死亡と障害を含む総合的な指標）や、脆弱性指標なども検討されている。

○モデルや統計手法とのリンク

観測データや社会経済データを統合化する方法として、モデルや統計手法とのリンクが挙げられる。たとえば、CIESIN では、温暖化の現象・予測・影響・対策を統合化したモデル（統合評価モデル）をホームページ上に設置して、利用者がホームページにアクセスして、種々の条件下での計算が可能となっている。また、大量のデータから任意の地域や期間をホームページ上で選択して、対象データを抽出して、経年変化を即時に確認できるような工夫もなされている（図 3-7）。

(4) 今後の課題

データ統合化やデータの可視化の課題は以下のとおりである。

・データの統合化の標準化

分野によって、データは多種多様であり、それらを比較可能とするための統合化には、データの標準化・品質管理など、作成・蓄積・管理・運営上の手順や方法を極力共通化することが必要である。

・データ視覚化の標準化

GIS 形式も種々あり、その変換ツールは提供されているが、変換や加工の煩雑さは否めない。また分野によって利用するソフト・ツールが異なることから、データ形式の差異とともに、視覚化の標準化が進んでいない。

• GIS データや動画データの流通

データの著作権などは重要な検討事項であるが、それにこだわっているだけでは流通が滞るだけでなく、データの即時性が必要な影響の検出などの事例では、対応が遅れるなどの実害がある。観測データはすぐに品質管理を行い、GIS 化・動画化を行うことが肝心であり、著作権についてはこうしたことの障害とならないような規定（データ提供ポリシー）が必要である。

(原沢・日浦)

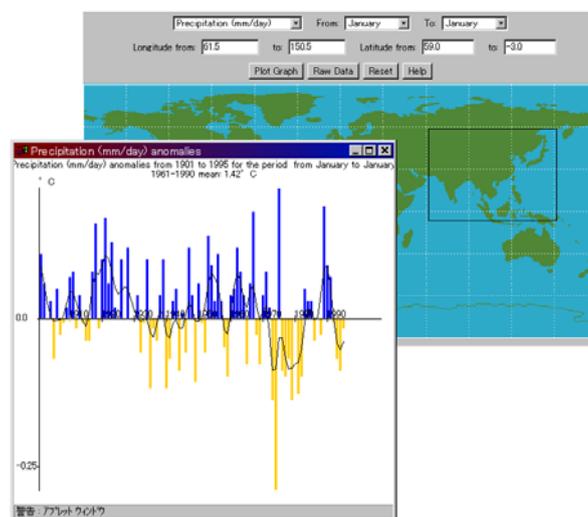


図 3-7 地域・期間を選択して気候変数の経年変化をグラフ表示 (IPCC データ配布センターのホームページの例)。

3.5.3 途上国におけるデータ利用の能力開発

途上国、とくにアジア地域における気候変動研究やデータ利用の現状と課題について問題点などを整理した。

(1) アジア途上国における地球温暖化関連のデータや研究ニーズ

○アジア太平洋地球変動研究ネットワーク (APN) ワークショップの知見

APN では、アジア太平洋地域における気候変動に係わる観測、影響・適応研究の施設、人材面での不足を認識したうえで今後の取組みを提言している。主要な問題分野ごとにデータや研究ニーズを表 3-4 に整理した。問題分野としては、非常に多くの分野が挙げられているがその中で特に重要な分野を取り上げている。

○気候変動の影響・適応評価プログラム (AIACC) の活動

IPCC 第 3 次報告書作成時に、途上国における温暖化研究が乏しいことが明らかとなり、途上国における温暖化の影響・適応研究を積極的に進めることが検討され、IPCC が地球環境ファシリティ (GEF) に気候変動に対する影響・適応アセスメントプロジェクトを提案して、採択された。2001 年から本プロジェクトが開始

され、アフリカ・アジア・中南米について 26 プロジェクトが採択された。AIACC は、途上国の温暖化影響・適応研究の実施、人材育成を目的としており、温暖化影響の研究者の育成と、具体的な影響評価の実施、国別報告書へ貢献した。さらに、IPCC 第 4 次報告書においても AIACC の成果は大きい。

AIACC のプロジェクトの遂行にあたっては、地域レベルの精度の良い気候モデルの予測値がないことから、先進国の気候モデル研究グループが気候モデルの将来予測値を地域にダウンスケールしたデータを提供したり、影響・適応の評価のためのツールを提供し、定期的に指導助言する仕組みが作られた。今後のアジア途上国における温暖化の影響研究などを考慮すると、地域レベルの将来気候予測値を適宜提供することにより、途上国における温暖化研究、加えて人材育成が進むと期待される。

(2) アジア地域の人材育成

アジア地域の途上国における気候変動の影響・適応・脆弱性に関わる研究を進めるために必要な人材を育成するための検討事項は以下のようである。

○人材育成のニーズの把握と、潜在的な目標の確認

- ・人材育成すべき目標となるグループとしては、政策担当者・科学者および対象地域の集団まで幅広い。どのグループを対象とするかによって、人材育成の方法が異なる。また、研究者を対象とする場合では、学問分野の違いもあることから、各国や地域におけるニーズの把握も重要である。
- ・人材育成のプロセスとしては、研修とワークショップ・セミナー、共同研究、留学（短期・長期）がある。また、日本人研究者が途上国研究者と積極的に共同研究を進めるとともに、現地における研修なども効果は大きい。

○人材育成上の問題点・ギャップ

温暖化研究、とくに影響・適応・対策に関する研究面の人材育成を行ううえで、気候予測や将来シナリオの不確実性や情報に関する理解が不足している。

- －気候予測の技術が不足しており、エンドユーザーに将来予測の重要性などが効果的に伝わらない。
- －気候変動問題への人々の意識を高める情報提供活動が限定されている。
- －気候モデル化と社会経済影響評価における専門性や研究蓄積が不足している。
- －気候データの交換など機関のサポートが低レベルである。

こうした問題を解決するためには、国際機関やアジア地域、とくに日本における研究機関が上記活動をサポートすることが必要である。

(3) アジア地域の影響・適応・脆弱性からみた今後の課題

アジアにおける気候変動による悪影響の理解向上のための戦略には、人間および自然システムの多重ストレスへの応答について様々なレベルおよび規模での革新的な研究を行うために学術および研究機関の強化が必要となる。アジア地域で重要な研究ニーズは以下の通りである（IPCC, 2007）。

- ・種々の大気条件における変動の効果についての基本的な生理学的および生態学的研究
- ・観測施設の確立および維持管理能力および気候情報、社会的・生物物理学的データの収集および編集能力向上

- ・その地域の気候変動についての情報の共有およびデータネットワークの改善
- ・洪水・高潮・海水位上昇・熱波・植物病害・害虫による災害などの異常気象の影響
- ・気候変動および環境変動に起因する多重ストレス因子に対する社会的脆弱性の特定
- ・農業技術・水資源管理・統合沿岸域管理・病理学と疾患監視制御に関する適応研究
- ・灌漑と水資源、農地利用と自然生態系、水資源と作付け、水資源と畜産業、水資源と水産養殖、水資源と水力発電、海水位上昇と土地利用、海水浸入と土地の劣化などのセクター間の相互作用
- ・気候変動の影響、方針設定における適応と脆弱性についての主流科学
- ・様々な地域およびセクターについての危機的な気候閾値の特定

(原沢)

表 3-4 APN で抽出されたアジア太平洋地域における問題領域。

問題分野	データや研究ニーズ	影響を受ける地域	研究優先度
食料と 繊維作物	地表面気温、降水量、農業生産統計と時系列、地域や局地の気候変化シナリオ、穀物モデルのインターフェース情報	南アジアと東アジア、 北アジア	高い
生物多様性	陸・海洋表面温度、降水量、海面水位、循環の変動性と傾向、生物多様性や種数、気候変動性と生態系（陸域、海洋）	アジア全域	高い
水資源	降水量、モンスーン変動性、河川流量、積雪量、地下水、気候変動性（ENSO）と気候変化、モンスーンの挙動のモデル、気候と水文モデルの相互作用	中央、南、東アジア	高い
沿岸生態系	陸・海洋表面温度、降水量、海面水位、海洋波挙動、循環変動性と傾向、生態系統計データと傾向、気候変動性と生態系の相互作用	南、東アジア、 太平洋島嶼国	高い
人間の健康	健康と疾病統計、表面気候データと将来シナリオ、気候変動性と疾病発生や脆弱性との相互作用モデル	中央、南、東南アジア	中程度
人間居住	海面上昇、海洋循環の変動性、表面気候データ、海洋表面水温、海洋波の挙動、海面上昇や地域循環のシナリオ	太平洋島嶼国、 南アジア	中程度
土地劣化	土地利用と農業データ、大気循環、水文データ、海面上昇、気候、水文土壌情報を統合するモデルやツール	中央、南、東アジア	中程度～ 高い

3.6 データポリシー

3.6.1 データポリシーの概要と現状

平成 20 年度の我が国における地球観測の在り方において、新たな府省・機関間の連携の可能性として、「地球温暖化、地球規模水循環、生態系、森林資源、大規模火災などの分野においては、基礎的なデータや観測の手法などが共通している場合が多い。このため、関係府省・機関の連携を一層促進することによって、分野横断的にデータの流通を促進するとともに、効果的・効率的な地球観測の実施を図ることができる。」ことが指摘されている。しかしながら、データの取り扱いに関するポリシー（データポリシーあるいはデータ提供ポリシー）はデータ保有機関が個別に決定すること、論文などへの必要性からデータ公開には積極的ではない場合があることなどから、データ共有が進まない状況にある。

国際的なデータポリシーの策定として、世界気象機関(WMO)においては、1995年に気象および関連するデータ・プロダクトの国際交換に関するポリシーを、「WMOの基本的な原則として、そしてWMOの有する科学的・技術的な専門知識に対する要望の高まりに呼応して、WMOは気象および関連するデータ・プロダクトの無料・無制限（非差別的かつ複製および配信のコストのみで）の国際交換の拡大および強化に取り組むものとする。」（第12回世界気象会議決議40, May/June 1995：参考資料(1)原文・仮訳参照）として採択した。具体的には、人命および財産の保護ならびにすべての国々の福祉のためのデータサービスの提供に不可欠な基本的データ・プロダクトを無料・無制約で提供すること、気象サービスを支援するのに必要な追加的なデータ・プロダクトの商業的再輸出については条件を付することが正当であること、研究・教育団体の非商業活動のためには、データ・プロダクトを無料・無制限に提供すべきこと、を決定し、現場・航空観測データ、気象衛星データなどを無料かつ使用条件を付さないで国際交換を進めている。

一方、リモートセンシングデータについては、1986年、「宇宙空間からの地球の遠隔探査に関する原則」（UN Doc. A/RES 41/65, 1986：参考資料(2)原文・仮訳参照）が国連総会決議として採択された。被探査国の権利と利益を侵害しないことや、環境保護および自然災害からの人類の保護の促進などの原則は、実行として受け入れられているが、国連総会決議は一般には法的拘束力はないとされることから、被探査国に自国領域のデータへのアクセス権を無差別の原則に基づき合理的な費用条件により与えるという規定などは必ずしも実行されていない。その後、データポリシーの議論の場であった地球観測衛星委員会(CEOS)や極軌道プラットフォーム調整会議(EO-ICWG)においても続けられ、データへの公開アクセスの必要性や、研究者には可能な限り低価格（実費以下）でデータを提供すべきといった考え方が整理されたものの、基本的には各国の方針に基づいてデータポリシーが決められている。

このような状況の中、2005年2月の第3回地球観測サミットにおいて、全球地球観測システム(GEOSS)10年実施計画(GEO 1000R, February 2005)が採択された。この中で、ユーザーサービスにおけるデータ共有の主要原則として、以下の通り定められている（文部科学省仮訳）。

- ・ GEOSS内では共有された観測データ、メタデータおよびプロダクトへの

完全でオープンなデータ交換が存在する。その一方で、関連する国際文書および、国家のデータポリシーや法律を認識する。

- 全ての共有された観測データ、メタデータ、およびプロダクトは、最小限の時間遅延かつ最小限の費用で、利用可能であるだろう。
- 教育および研究目的のための全ての共有された観測データ、メタデータおよびプロダクトは、無料または複製にかかる費用を超えない範囲で入手可能となることが奨励されるだろう。

このような原則に基づき、GEOSS 構築の全体的構造や各システム間の相互運用の確保などについて検討するため、地球観測に関する政府間会合（GEO）の4つの常設委員会のひとつとして設置された構造データ委員会において、GEOSS データ共有原則が検討されている（参考資料(3)原文・仮訳参照）。具体的には、

- 完全でオープンなデータ交換の実現
- GEOSS データの再利用・再配布の奨励
- 国内法・ポリシーや国際的な合意との整合性確保
- GEOSS データ共有原則に適合した価格ポリシー（最小限の費用）の実現
- データ提供時間の短縮
- GEOSS データの研究・教育利用の推進

などの検討が進められている。

GEOSS データには、現場観測データ・航空観測データ・衛星観測データ・社会経済データなど様々なデータ・メタデータ・プロダクトが含まれ、上記データ共有原則が実現すれば、完全でオープンなデータ交換が最小限の費用で可能となり、ユーザーにとって多大な利益がもたらされる。一方、データ提供側の利益が確保されなければ、データ共有化が進まないことから、費用の負担・権利の確保・提供に対する評価など提供側のインセンティブを確保するための方策も必要となる。また、データの再利用や再配布におけるデータの品質・信頼性の確保も課題となる。

（松浦）

3.6.2 データポリシーの具体例と問題点

観測研究や業務を遂行する組織や機関では、国際機関との連携している場合には国際機関のデータポリシーに準拠したり、あるいは独自のデータポリシーを設定している。観測データおよび社会経済データに関するデータポリシーについて、事例を示し、問題点を整理した。

(1) データポリシー（観測データ）の例

① 日本海洋データセンター（JODC）（道田，2001・2004；佐藤，2003）

JODC は国内の海洋データを一元的に収集・管理して提供している。JODC に提出されるデータは公開を前提としたデータであり、JODC では世界に先駆けてインターネットでのデータ提供を実施するなど、データ交換の迅速化に貢献している（3.1.2 参照）。

JODC におけるデータの取り扱いにはユネスコ政府間海洋学委員会 (IOC) のデータポリシーに従っている (参考資料(4)原文・仮訳参照)。IOC では、国際海洋データ情報交換システム (IODE) が発足した際、「各国の領海の外で観測され、交換に供すると宣言されたデータについては、無制限で交換する」と定められた。以降、海洋データが地球温暖化監視のため重要視されるようになる中で、「制限のない (full and open)」交換の原則がより強調されるようになってきた。

一方で、WMO との共同プロジェクトに関連して、IOC・WMO 両機関のデータポリシーの整合をとる必要性や、国連海洋法条約の発効による国際環境の変化などから、IOC ではデータポリシーの見直しの必要性が生じ、2001 年から見直しの議論をはじめた。

2003 年に採択された IOC 海洋データ交換原則において、基本原則は「適時性のある無償かつ無制限 (timely, free and unrestricted)」とされている一方で、データ生産者の権利の保護についても記述されている。これは、研究者 (データ生産者) がデータ公開に消極的となることを防ぐ目的がある。特に近年海洋調査機関のエージェンシー化が世界的に進み、データ生産のコストについても意識される傾向が出てきている中で、データ生産者によるデータに関する権利の放棄を求めることは、データ生産者の IOC 離れを引き起こす懸念がもたれる。そのため新しい海洋データ交換原則の第 4 条では、データの生産者が交換に関する条件を決定する権利を認めたいうで、その権利を認める目的はデータ交換の促進にあることが明記されている

②世界気象機関 (WMO) / 全球大気監視計画 (GAW) / 温室効果ガス世界資料センター (WDCGG)

気象庁の WMO/GAW/WDCGG の利用ガイドに示されたデータ配布方針と利用に関するクレジットは以下のとおりである (温室効果ガス世界資料センター, 2007)。

・データ配布ポリシーと使用に関するクレジット

すべてのデータ利用者は、WMO 大気科学委員会 (CAS) 作業部会によって定められ、CAS の第 13 会合により支持されている次の条件を受諾するように求められています。「科学的な目的のためには、これらのデータは無料で無制限に利用できる。ただし、データの利用にあたっては、実質的なデータ利用であれば、いかなる場合でもデータ提供者もしくはデータ所有者と連絡を取り、共著などの申し出を受けなければならない。データが出版物に使われる場合は、すべての場合において、データ提供者かデータ所有者とデータセンターの承諾を得なければならない。」

解析結果の内容や WDCGG から得た情報の出版に際しては、その出典について正確に言及しなければなりません。利用者の協力が GAW 観測ネットワークと GAW 施設の運営の維持発展に必要不可欠です。

WDCGG データ配布ポリシーに沿わない利用者に対しては、WDCGG は WMO/GAW の事務局と協議の上、データの使用を制限することがあります。

(2) データポリシー (社会経済データ) の例

①国連環境計画/地球資源情報データベース (UNEP/GRID) のデータ提供方針

UNEP/GRID のデータセットの大半は、インターネット経由で利用者がダウンロードし自由に利用できる (参考資料(5)原文参照)。UNEP/GRID はデータ利用に制限をつけないが、利用者に UNEP/GRID (および提供データの付属文書に記載さ

れた他の情報源)を提供者として引用するよう要請する。

オンラインで利用できないデータセットについては、非商業的・非個人的(所属のない個人)なデータ請求には無償で提供されるが、データの利用可能性、UNEP/GRIDの業務状況と要求されたデータの性格に依存する。

データ請求はUNEPのプログラム領域と他の国連機関との共同活動に関連するデータの優先度に応じて順次対応する。アクセス制限されたデータセットは提供されないが、しかし提供者・機関の名称を含むデータセットに関する情報は請求されれば、有資格の機関に送付される。

UNEP/GRIDを通じて提供されたデータの利用者は、アウトプットプロダクトや報告書にオリジナルデータの作成者とUNEP/GRIDを通じて提供された事実を記載し、謝意を表するよう要請する。適切な表現は、“UNESCO(1987) through UNEP/GRID-Sioux Falls”である。

②気候変動に関する政府間パネルデータ配布センター(IPCC DDC)

気候変動研究に関する最新の知見を評価し、定期的に評価報告書を公表しているIPCCは、とくに気候予測研究グループと影響・適応評価研究グループの活動を促進するために、IPCCデータ配布センターを設置している。第四次評価報告書作成にあたって、世界各国の気候モデル研究機関が作成した将来気候予測データ(AR4GCMデータ)を収集して、解析などに提供している。AR4GCM(Assessment Report 4 General Circulation Model)データの利用についてのライセンスステートメントは以下のとおりである。(参考資料(6)原文参照)

ライセンスステートメント

これらのデータは研究プロジェクトのみの利用に対して許可される。研究プロジェクトは大学・科学機関・あるいは同様な組織(民間あるいは公共)によって組織された任意のプロジェクトである。非商業的目的を確認するための必要条件是、得られたすべての成果は送料のみで一般に利用できること(商業目的とリンクした遅延なしに)、研究自身は出版物として公表されることである。

The UK Met. Office/Hadley Centreによって提供されるデータは、次のように謝辞を記載する。©Crown copyright 2005, Data provided by the Met Office Hadley Centre

③国際地球科学情報ネットワークセンター(CIESIN)

CIESINはデータ方針・データと情報の管理方針・デジタル資源方針の維持の3つの方針を作成している(参考資料(7)原文参照)。

○データ方針・データと情報の管理方針・デジタル資源方針の維持

- * データ方針：データ利用・提供とアクセス・免責条項・データ収集・著作権・許可に関する手続きを作成するためにCIESINの立場と手引きの概要。
- * データと情報管理方針：CIESINの業務の中心となるデータと情報管理。この方針はCIESINにおけるデータと情報の管理に関する手続きを作成するときの背景情報を提供する。
- * デジタル資源方針の維持：CIESINは、1989年の開始からデジタルデータ管理の最先端で作業してきた。CIESINでアーカイブされるデジタル資産の長期保存に関連したデジタルデータ管理へのCIESINのアプローチは、この方針で規

定される。

CIESIN は CIESIN の任務を支援するデータ・製品とサービスの作成・入手・アーカイブ・文書化・保守管理・強化・提供を付託されている。ここでの用語としてのデータは、CIESIN またはそのスタッフから得られたすべての形式の内容物を表す。

特定のデータのために文書に指定されない限り、CIESIN は無料で無制限のアクセスとデータの使用を提供する。データは、特定のデータに付属文書において、特に明記しない限り CIESIN から自由に配布や再配布が可能である。

データ利用者はデータ利用から得られた、いかなる報告書・出版物・新たなデータセット・二次的な製品やサービスの作成に利用された情報ソースとして CIESIN および適切な場合はデータ提供した特定プログラムに謝辞を表すべきである。CIESIN はまた、CIESIN を情報源として謝辞を表している出版物リプリントを要請し、再配布についての記載を要請する。

CIESIN のデータ、製品とサービスのユーザーは、CIESIN から明示的に書面による許諾なしに、いかなる商業的なまたは有料の再販または再配布も禁止される。

ニューヨーク市のコロンビア大学の評議委員会は、CIESIN でつくられるデータの著作権を持つ。CIESIN は、他者によって作成されたデータを普及する許可を得る。各々のデータセットに関わる知的所有権と許可は、データの文書に特記される。

CIESIN は、データおよびその使用による品質・適用性または正確さに関する明示または暗黙の保証もしない。

(3) データポリシーの問題点と改善の方向

観測データ・社会経済データを問わず、データ提供を行っている多くの組織や機関においては、データポリシーを設定して、それに則って提供を行っているが、問題点も指摘されている。

① データポリシーのない組織・機関がある

世界資料センター (WDC) ・宇宙航空研究開発機構 (JAXA) ・JODC など観測データを国際的に収集・保存・提供している、いわゆるデータセンター機能をもつ組織・機関においては、データポリシーのもとで、データの収集・蓄積や保守・提供を実施しているが、大学や研究機関など研究観測を中心としている場合にはデータ提供などのデータポリシーが未だ設定されていない場合もある。

また、国際機関・各国機関とのデータ交換を行う場合にあっては、データポリシーに加えて、データ交換などの基本原則や手順を定めることも必要である。

② データポリシーの不遵守

WMO/GAW では、WMO のデータ提供ポリシー (第 12 回世界気象会議決議 40:3.6.1 参照) とは別に、CAS の第 13 回会合で支持されたデータ提供ポリシー「科学的な目的のためには、これらのデータは無料で無制限に利用できる。ただし、データの利用にあたっては、実質的なデータ利用であれば、いかなる場合でもデータ提供者もしくはデータ所有者と連絡を取り、共著などの申し出を受けなければならない。データが出版物に使われる場合は、すべての場合において、データ提供者かデータ所有者とデータセンターの承諾を得なければならない。」を定めているが、

これが完全には守られておらず、データ提供者がデータ利用者に不審を抱き、結果としてデータ提供が行われなかったというケースがある。これは、基本的にデータ利用者側の問題であるが、WMO 側でも主要論文誌に対して、データ利用提供ポリシーを守っていない投稿を認めないよう働きかけるなどの対策を取ろうとしているが、まだ十分効果を上げていない。

③観測データ・社会経済データを扱う組織・機関に関する情報源情報の不足

観測を実施し、かつデータ提供を行っている組織や機関、また社会経済データを収集・提供しているデータセンターなどに関する情報を整備することが、今後のデータ流通や利用を促進するためには、データ自身の情報源情報（メタデータ）を整備すると同様に重要である。データ整備にあたっては、各組織・機関やデータセンターのデータポリシー、提供しているデータの種類と内容についても情報を収集・整理して、公開することにより、相互のデータ利用が促進すると考えられる。

(原沢・堤)

参考文献 (3章)

アジア太平洋地域における温暖化対策統合評価モデル (AIM) シナリオデータベース :

<http://www-cger.nies.go.jp/scenario/index.html> (参考日:2008/02/14)

家原敏郎, 1999 : 日本の新しい森林資源モニタリング調査, 山林, **1384**, 54-61.

岡野博文, 谷 幸男, 向仲英司, 丸山章子, 今木 滋, 2006 : 日本海洋データセンターにおける国際的な海洋データの収集と提供, 情報管理, **49**(5), 245-257.

気象庁編, 1985 : 生物季節観測指針 第3版, 気象庁, 1-10.

気象庁, 1995 : 第12回世界気象会議決議40和訳, May/June.

気象庁ホームページ 異常気象レポート2005 :

http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/climate_change/2005/index2.html (参考日:2008/02/14)

佐藤 敏, 2003 : IOC 海洋データ交換原則, JODC ニュース, **67**, 5-6.

森林総合研究所 衛星画像雲取りフィルタ技術の開発, 2004 :

<http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/kouho/Press-release/2002/20020918.html> (参考日:2008/02/14)

世界気象機関/全球大気監視/温室効果ガス世界資料センター, 2007:利用ガイド, 51pp.

http://gaw.kishou.go.jp/wdceg/products/manual/WDCGG_GUIDEV10J.pdf (参考日:2008/02/14)

全国大学演習林協議会ホームページ (樹木フェノロジー観察ネットワーク) :

<http://www.forest.kyushu-u.ac.jp/phenology/> (参考日:2008/02/14)

田中信行, 八木橋勉, 島田和則, 大澤雅彦, 2005 : 亜熱帯・暖温帯・例温帯の脆弱性評価と適応策に関する研究、環境省地球環境研究総合推進費終了研究成果報告書：推進費地球温暖化の高山・森林・農地生態系への影響、適応、脆弱性評価に関する研究, 73-88.

道田 豊, 2001 : 海洋データ管理をとりまく最近の動き, 月刊海洋, **33**, 293-298.

道田 豊, 2004 : IOC 関連活動ー海洋データ管理に関する最近の諸問題ー, 月刊海洋, 号外 **36**, 149-154.

日本国, 2003: モントリオール・プロセス第1回森林レポート(2003年レポート), 107pp.

理科年表オフィシャルサイト生物季節観測平年値, 2007 :

http://www.rikanenpyo.jp/kaisetsu/kisyo/kisyo_004.html (参考日:2008/02/14)

GEO, 2005: 複数システムからなる全球地球観測システム (GEOSS) 10年実施計画, GEO 1000R および文部科学省訳.

Hanaoka, T., K. Kainuma, R. Kawase and Y. Matsuoka, 2006 : Emissions scenarios database and regional mitigation analysis : a review of post TAR mitigation scenarios, Env. Eco. Policy Stud., **7**(3), 367-389.

IPCC, 2007: Climate Change 2007 Impacts, Adaptation and Vulnerability.

Key, R. M., A. Kozyr, C. L. Sabine, K. Lee, R. Wanninkhof, J. L. Bullister, R. A. Feely, F. J. Millero, C. Mordy and T.-H. Peng, 2004 : A global ocean carbon climatology: Results from Global Data Analysis Project (GLODAP),

Global Biogeochem. Cy., **18**, GB4031. (doi:10.1029/2004GB002247
Quay, P., 2002 : Ups and downs of CO₂ uptake, *Science*, **298**, 2344-2345.
Richardson, A. D., J.P. Jenkins, B.H. Braswell, D.Y. Hollinger, S.V. Ollinger
and M. -L. Smith, 2007 : Use of digital webcam images to track spring green-up
in a deciduous broadleaf forest, *OECOLOGIA*, **152**(2), 323-334.
Takahashi, T., S.C. Sutherland, R. Wanninkhof., C. Sweeney., R.A. Feely.,
D.W. Chipman, B. Hales, G. Friederich, F. Chavez, A. Watson, D.C.E. Bakker,
U. Schuster, N. Metzl, H.Y. Inoue, M. Ishii, T. Midorikawa, C. Sabine, M.
Hoppema, J. Olafsson, T.S. Arnarson, B. Tilbrook, T. Johannessen, A. Olsen,
R. Bellerby, H.J.W. de Baar, Y. Nojiri, C.S. Wong and B. Delille,
Climatological Mean and Decadal Change in Surface Ocean pCO₂, and Net
Sea-air CO₂ Flux over the Global Oceans, *Deep-Sea Research II*, submitted.
UN, 1986 : 宇宙空間からの地球の遠隔探査に関する原則, UN Doc. A/RES 41/65.

第4章 観測施設等の相互利用の促進

4.1 観測施設（地上・航空機・船舶等）および観測試料の相互利用

4.1.1 海洋観測施設・試料

人間活動によって放出された二酸化炭素(人為起源二酸化炭素)の約 30%は海洋に吸収されているとされている (IPCC, 2007)。この吸収の実態が、地球温暖化をはじめとする気候変化によってどのように変化するかを把握することは、大気中に残る人為起源二酸化炭素を正確に見積もり、地球環境変動の予測とそれに基づいた対策を行うために欠かせない。ここでは、実態を把握する手段として重要なプラットフォームの一つである観測船について、その相互利用の現状と問題点、今後の展望について述べる。

海洋における温室効果ガスの観測は、人工衛星からリモートセンシングで直接的に行うことができず、また、係留ブイやフロートの利用も発展途上であり、高い精度で測定できる船舶を利用した観測が主体である。このため、一機関あるいは一国が地球表面のおよそ 70%を占める海洋をすべて網羅して時空間的にデータを取得することは実践上不可能であり、観測を実施する機関間の連携による効率的で実効性ある海洋観測計画の立案とデータの共有化は、国際的にも重要な課題となっている。

ユネスコ政府間海洋学委員会 (IOC) の下で進められている国際的海洋炭素調整プロジェクト (IOCCP) は、こうした観測計画や観測手法ならびに観測成果に関する情報交換を推進する上で重要な役わりを担っている。最近では、2007年4月に開催された” Surface Ocean CO₂ Variability and Vulnerability Workshop¹⁵” において、各国機関の観測計画やコンタクトパーソンなどの最新情報が更新され、IOCCPのウェブ上で公開されている。日本の各機関もこうしたIOCCPなどの情報を活用し、国内外の海洋二酸化炭素に関する観測計画について情報を交換しながら計画を立案してゆくとともに、IOCCPなどの国際活動の推進のため積極的に関与してゆく必要がある。

(1) 研究観測船

海洋研究開発機構 (JAMSTEC) では、地球温暖化に係わる海洋観測を効率的に実施できる観測船として海洋地球研究船「みらい」と学術研究船「白鳳丸」および「淡青丸」を保有している。国内で比較的広い研究目的で共同利用が可能な観測船はこれらに限られる。3船とも公募を実施しており、共同利用が進んでいる。なお、この3船の共同利用のプロセスと実績については、以下のホームページ¹⁶を参照願いたい。「みらい」に関しては、現在次期中・長期計画を作成する時期に来ており、過去10年間の研究成果のレビューを行ったうえで、新たな計画が作成されつつある。

3船共通の問題として、ここ数年の燃料費の高騰が挙げられる。将来的には、

¹⁵ http://ioc.unesco.org/ioccp/pc02_workshop/SOCOVhome.html#NatRpts (参照日：2008/02/04)

¹⁶ <http://www.jamstec.go.jp/j/about/equipment/ships/index.html> (参照日：2008/02/04)

観測日数の削減ということになりかねない懸念がある。その対策の一つとして、効率的な観測船の運用のため、相互利用をさらに進める必要があると思われる。

(2) 業務を定めた観測船

気象庁の観測船、海上保安庁の測量船、水産庁(水産研究センターを含む)・地方水産試験所の調査船、大学水産学部・水産高校などの水産実習船など、それぞれの所属機関の業務目的に従って運航されている観測船がある。これらの観測船も、業務目的の運行計画の中で、地球観測に貢献するような観測もある程度可能であるが、受け入れ体制は、各機関に任されているのが現状である。

例えば気象庁は、文部省(当時)科学技術振興調整費により実施した世界海洋循環実験(WOCE)や北太平洋亜寒帯循環と気候変動に関する国際共同研究(SAGE)などにも参加し、海洋二酸化炭素の観測を積極的に行った実績がある。また、他機関から直接または気象研究所との共同研究を通じて依頼された研究観測などにも可能な限り協力している。しかし、気象庁の観測船は、気象業務として定常観測を遂行するために設計・建造され、それに必要な人員配置によって計画された定線で業務目的のために運航されているために、採水器や観測室スペース・ベッド数などの設備・人的支援・観測海域やシップタイムなど、実践上のさまざまな点から、定常観測に加えて研究観測を行う上での制約は大きく、他機関からの利用は限定的にならざるを得ないと考えられる。

他の機関の観測船についても、本来業務による航海範囲と全く異なった海域への運行を行うことは現実性が乏しいものの、共同利用機関から研究費・運行費の負担があった場合に、ある程度の自由度が得られる船も存在しないわけではない。また、後述するアルゴフロート(Argo float)の投入、大気観測・海洋表層 pCO₂測定装置のような通常運航中に観測実施できる観測項目など、協力を求めやすい観測もあり、一部実施されている。したがって、これら業務を定めた観測船についても、その運行状況の把握、地球観測への協力の可能性などがわかるような、機関間の連絡体制、情報流通が必要と考えられる。

(3) 南極周辺域

南極観測船「しらせ」は毎年、東京海洋大学練習船「海鷹丸」が3年のうち2年、夏期に南大洋オーストラリアセクター・インド洋セクターでの観測を実施している。いずれの船舶でも、国立極地研究所・東北大学などにより海水中の二酸化炭素濃度観測が行われている(Hashida *et al.*, 1997)。近年、JAMSTEC「白鳳丸」や他国船の運航と組み合わせた観測計画が実施され(Odate and Fukuchi, 2002)、多くの研究機関が参加しており、プラットフォーム相互利用の観点から、将来的にも拡充すべき体制と考えられる。

(野尻・石井・小埜・橋田・村田)

4.1.2 大気観測施設・試料

(1) 観測施設の現状

大気の観測施設としては地上ステーションや、船舶によるもの、航空機によるものなどが存在する。ステーションとして温室効果ガスのバックグラウンド変化

を観測しているものは、気象庁では、綾里・与那国・南鳥島などの気象観測所に併設した観測施設や、国立環境研究所における波照間・落石などのモニタリングステーション、国立極地研究所の南極の昭和基地などが代表的である。この他地域的な自治体での観測活動や大学での観測活動が存在するが、主に地球規模の温室効果ガスの観測施設として定常的にデータを提供している施設はあまり無い。

しかし潜在的な観測施設としては、全国にある気象観測所や自治体の大気環境のモニタリング施設、酸性雨や越境輸送などの観測ネットワーク施設、ライダーなどによるエアロゾルの観測ネットワークなどがここでの使用可能な観測所であったり、さらに現在大気の観測を行っていない施設であっても観測のプラットフォームとして使用可能な施設は数多く存在すると考えられる。

船舶観測も、気象庁・JAMSTEC・国立極地研究所など船舶を自前で所有している機関や、国立環境研究所のように民間の船舶を利用しながら観測を行なうケースなど、幾つかの機関で太平洋をはじめ多くの航海が行なわれている。南極観測船「しらせ」は毎年、東京海洋大学練習船「海鷹丸」が3年のうち2年、夏期に南大洋オーストラリアセクター、インド洋セクターでの観測を実施している。いずれの船舶でも、国立極地研究所、東北大学などにより大気中の二酸化炭素濃度観測が行われている (Hashida *et al.*, 1997)。近年、JAMSTEC「白鳳丸」や他国船の運航と組み合わせた観測計画が実施され (Odate and Fukuchi, 2002)、多くの研究機関が参加しており、プラットフォーム相互利用の観点から、将来的にも拡充すべき体制と考えられる。

航空機の利用は、国立環境研究所でのシベリアでの定期観測や、気象研究所・国立環境研究所などが共同で行なっている JAL 機などの二酸化炭素の測定がある。航空機観測については、5.1.5 において述べるように、南極大陸における航空機観測はほとんど例がなく、特に冬季においては我が国が唯一であったが、現在はいずれの国でも行われていない。南極大陸における航空機の整備は人員や物資輸送などを主目的としており、温室効果ガス観測のプラットフォームとして系統的な利用は行える状況にはなく、今後、航空機輸送の実績が進む中で、観測利用を検討すべきである。

一方、極域における観測施設の維持や航空機や船舶観測の展開は、ロジスティクス上、さらには国際条約などの制限により、他地域にくらべると容易ではない。南極域では、昭和基地、そして、昭和基地へ物資輸送を行う南極観測船「しらせ」が、主な観測プラットフォームと位置づけられる。昭和基地においては、我が国の最長レコードとして、1984 年から二酸化炭素濃度の連続測定が開始され (Morimoto *et al.*, 2003)、以来、メタン濃度の連続観測や (Aoki *et al.*, 1992)、炭素同位体比の測定 (Morimoto *et al.*, 2000)、東京大学によるハロカーボン類測定、アメリカのノア衛星 (NOAA) による温室効果ガス濃度など、国内外の研究機関との十分な連携体制のもとで、同大陸における温室効果ガス観測の最大拠点となっている。

(2) 大気観測施設や試料の相互利用の現状

今後、国内における大気中の温室効果ガスの観測を発展させる上で、機関間における観測施設や観測試料の相互利用に基づく連携は不可欠である。大気観測の分野では、これまでも一部において観測施設や観測試料の相互利用は行われて

いる。地上ステーションの相互利用として、国立環境研究所では部分的に名古屋大学・東北大学・北海道大学・北海道庁・そのほか外国機関などとの共同観測が行なわれている。また、国立極地研究所の南極や北極の観測施設や人的協力のもとに大学の研究用の大気サンプルを採取している。温室効果ガスの測定は行なわれていないものの大気観測を行なっている施設として、国立環境研究所の沖縄の辺戸の観測施設がある。ここでは、むしろ積極的に共同利用を謳って運営を行なっている。気象庁では、たくさんある測候所を含め相互利用の観点ではあまりその体制はできていない。

全体として、ステーション間や、研究者間でのステーションの相互利用はそれほど活発ではない。これは、そこでの定常的な観測体制を維持するためやステーション自身の維持に大変な努力がなされていることが根底にあるためである。

海洋や航空機での観測も施設の相互利用は共同研究という形で行われてきている。国立環境研究所のオセアニア航路の船では、ニュージーランドの研究所との共同研究などが行われているが、広く一般に相互利用が行なわれているわけではない。

施設の相互利用によって、その機関で測定できない項目が測定されてきたり、それによってより高度な観測の解釈ができたりすることは、相互利用活動の非常に良い面である。しかしそのような利点があるにせよ、機関ごとに観測施設の使命が異なっている場合が多く、自由な相互利用に関しては、障壁が存在することになる。

一方、採取試料の相互利用という形での、相互乗り入れというものも存在する。JALなどの航空機で採取された大気は非常に貴重なものなので、気象研究所・国立環境研究所・東北大学などいろいろの機関での分析が予定されている。

(3) 今後の課題

このような相互利用をより一層促進するためには、それぞれの研究機関が進めている観測プロジェクトについて、場所・設備・期間・頻度・分析項目・精度などの詳細情報をデータベース化して、常に最新の情報を共有することが必要である。特に、温室効果ガスとその関連気体に関して、各研究機関がある特定の分析項目について、特化した技術や設備を有する場合が多い（例えば温室効果ガスや関連気体の同位体成分などが挙げられる）。したがって、観測試料を相互に融通することで、これまで特定の成分の空白域だった領域をカバーし、観測の空間分解能を高くできる余地がある。相互利用は施設や試料に対して行なわれてきていることが明らかであるが、その一方で、日本全体としての戦略的な相互利用の計画は存在しない。今後、観測の空白の問題や観測項目の不足、観測精度の違いなども含めて、日本全体としてどのような観測を行なっていくかが議論されるべきであろう。

(向井・菅原・橋田)

4.2 温室効果ガスを含む海洋観測の連携体制の構築

2.1.1 で述べたように、温暖化に伴う海洋環境および海洋炭素循環の変動を迅速に把握するためには、全炭酸・アルカリ度で $\pm 1 \mu\text{mol/kg}$ 、 $p\text{CO}_2$ で $\pm 1\text{ppm}$ 、栄養塩で $\pm 0.01 \mu\text{mol/kg}$ (P)および $\pm 0.07 \mu\text{mol/kg}$ (N) の測定精度が必要である。しかしこれらのパラメーターは小さい時空間スケールでも非常に大きく変動しているため、実際にこれらのパラメーターの経年変動を検出しようとする場合には、分析精度そのものよりも「いつ、どこで観測を行ったか」に起因するデータのばらつき（サンプリング誤差）の方が遙かに大きくなる。

これまでの研究により、これらのパラメーターのサンプリング誤差を分析誤差と同様のレベルに押さえ込むためには、少なくとも海洋表層に関して、空間方向で1.5度毎 (Murphy *et al.*, 2001) のデータを、数日毎 (小埜, 2007) に取得する必要がある事が判っている。表面水温・クロロフィル a 濃度などに関しては概ね衛星観測によりこのサンプリング頻度を満たしているが、他の現時点では高い信頼度で衛星観測が出来ないデータ (栄養塩・炭酸系・一次生産等) や、全ての水面下のデータに関しては、船舶観測および無人測器により上記のサンプリング頻度を達成する必要がある。

(1) 船舶による観測体制

船舶観測に関しては、北太平洋海域において気象庁・海上保安庁などが国際共同観測で分担する定線において継続的に海洋観測を行っているほか、各地の海洋气象台・管区海上保安本部・水産総合研究センター、および各都道府県の水産試験場が、主として日本の排他的経済水域 (EEZ) 内に定期海洋観測線を設定している。これらの全ての観測線を合計すれば、日本周辺の大陸棚域および大陸斜面域では上記のサンプリング密度をほぼ達成出来る規模であるが、全ての観測線で観測が実施されているのは水温だけであり、塩分など他の観測要素に関しては現在ほとんどの観測線で観測が行われていない。例えば、多くの水産試験場および水産総合研究センターでは定期観測線を「資源観測定線」と「海洋観測定線」に分けており、資源観測定線では水産資源の曳網調査が中心であるため、水温のみ観測が実施されている。気象庁の観測線では水温・塩分・酸素・栄養塩までは確実に観測が実施されているが、炭酸系に関しては一部の観測線でのみ実施されている。

関係各機関が保有する定期海洋観測網においては、各機関の業務目的に従って観測が実施されている。例えば、気象庁は気候変動に関わる海洋変動の実態把握ならびにバックグラウンド汚染観測など、海上保安庁は船舶交通の安全など、さらに、水産総合研究センターは水産資源の変動予測など、各都道府県水産試験場は管轄する海域の漁海況予報など、のために観測を実施している。しかし、各機関では、予算的な制約などからそれぞれの定期海洋観測網の維持に多大の努力を強いられているのが現状である。しかしながら、気象庁の観測の目的にもあるように、気候変動、とりわけ地球温暖化の実態把握のためには船舶による海洋観測が重要であることから、機会をとらえてはこの観測の重要性を、関係機関に訴えてゆく必要がある。

また、現状では観測網の一部でしか観測が実施されていない水温以外のパラ

メーターを多くの観測線上で実施可能にする必要がある。現状では、専門的な技術を保有した観測員を確保することが困難であることから、関係機関の観測において、塩分センサー・電気伝導度水温水深計（CTD）・表層環境自動モニタリング装置などの自動測器による海洋観測が実施できるような観測基盤整備を推進する必要がある。

最後に、各機関の観測をより効率的に実施していくためには、調査計画などに関する情報交換を行い、効果的に観測線や観測時期を設定し、より効率的な観測データの取得を目指す必要がある。国内における海洋観測業務について連絡調整するため、気象庁・海上保安庁・水産庁による三官庁海洋業務連絡会や、各地方の海洋气象台・水産試験場などによる海洋調査技術連絡会（日本海・東北海区・南海-瀬戸内・西日本）が開催され、調査計画に関する情報共有を行っているが、今後は地球温暖化観測の観点を入れ、より効率的な観測体制の構築に向け調整を行う必要がある。取得データに関しても、これら観測線のデータを迅速に統合し、地球観測データとして解析が可能とする必要がある（3.1.2参照）。

(2) 海洋定点観測・定線観測

海洋中の炭素循環の長期的な変化を観測するための定点を設定し、そこでの時系列観測を実施する試みが、各大洋に1~2点ほどの頻度で実施されている。北太平洋亜熱帯域においてはアメリカが Station ALOHA、亜寒帯域においてはカナダが Station P をそれぞれ維持しているが、北太平洋亜寒帯域の海洋環境は西部と東部で大きく異なるため、西部北太平洋域でも同様の時系列観測定点を設置し、そこでの炭素循環の変動をモニターしていく必要がある。

このような理由に基づき、現在では海洋研究開発機構（JAMSTEC）が西部北太平洋亜寒帯域に係留系観測施設（Station K2）を設置し、海洋表面直下から中深層におよぶ炭素循環の時系列観測を行っている。本観測点は上記 ALOHA, P と共に北太平洋の炭素循環を監視するための重要な定点として重要な位置を占めており、今後も国家として維持していく必要がある。ただし、本観測点は日本から非常に遠い位置にあるため、JAMSTEC 単一機関で維持していくのではなく、複数機関が資金・船舶などを共同で出資して維持していくなどの方策も将来的には考える余地がある。また Station K2 上で他機関が実施した観測のデータも JAMSTEC の K2 観測データと統合して解析出来るような、情報交換および統合のためのシステムを設置する事が望まれる。

一方定線観測としては、気象庁・海上保安庁・水産庁・水産試験場などの複数機関が定期観測線を設定して海洋観測を行っており、(1)で述べたように、調査計画に関する情報共有を行っているが、今後は、地球温暖化観測の観点を入れ、より効率的な観測体制の構築に向け調整を行い、定期観測線を維持するための関係機関の負担を軽減する方法も検討する必要がある。

また、このような定期海洋観測線において研究観測を実施することにより、研究観測のデータをも定常観測の時系列観測データに加えることができる。このような定常観測網と研究観測との間の相互調整を行える場を設置・運営していくことも今後の活動として望まれる。

(3) 大洋横断断面観測

JAMSTEC では、海洋地球研究船「みらい」を利用して二酸化炭素に係わる海洋観測を実施している。特に、断面観測は IRH/C02 (International Repeat Hydrography and C02) の国際的な枠組みの下、1990 年代に実施された世界海洋循環実験 (WOCE) の高精度観測ラインの再観測 (WOCE 再観測) を、現在精力的に行っている。図 4-1 に、これまで JAMSTEC で再観測を実施した観測ラインを示す。この観測で得られたデータは Data Book として刊行するとともに、二酸化炭素情報分析センター (CDIAC) や CCHDO (CLIVAR & Carbon Hydrographic Data Office) など、主要なデータセンターからも公開されている。現在、国際的な連携の基に活動を行っており、国内での連携については、これまで WOCE 再観測を定期的に行っている機関が他になかったため成り立っていない。平成 22 年以降、気象庁が北太平洋で WOCE 再観測を計画しており、何らかの連携が可能である。

WOCE 再観測以外に、二酸化炭素に係わる海洋観測を東経 155 度線に沿った定線と、東経 155 度・北緯 44 度に設定された KNOT 定点、東経 160 度・北緯 47 度の K2 定点で実施してきた。現状では年数回の観測しか実施されておらず、二酸化炭素の時系列観測点としては十分とはいえない。これら観測定点のモニタリングの有効性の検証を踏まえた上で、定常観測を行っている機関との連携が望まれる。

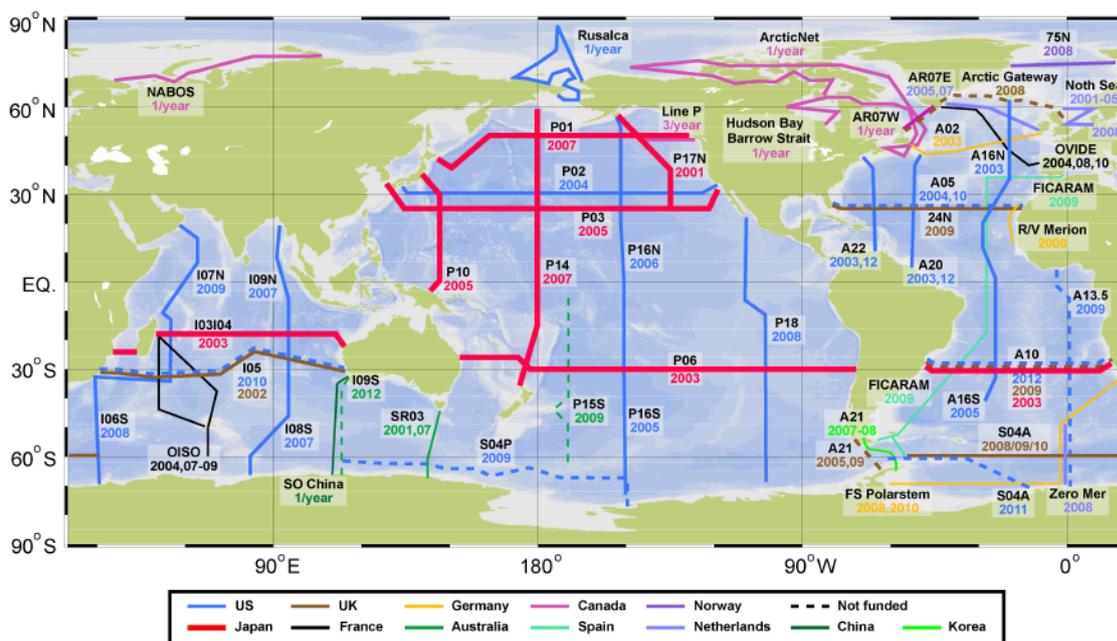


図 4-1 JAMSTEC が実施した WOCE 再観測ライン (赤)。

(4) 観測船以外の手法

温暖化に伴う海洋環境および炭素循環の変動を迅速に把握するためには、海洋表層から亜表層については、水温・塩分等の物理パラメーター、栄養塩・炭酸系等の化学パラメーター、植物プランクトン量と種・光合成活性などの生物パラメーターを、できるだけ高頻度に格子点的に観測し、その日々変動・季節変動・経年変動を把握することが究極的である。また、気候変動に伴う海洋の長期変動解明

には、表層から深層にいたる水柱の物理・化学パラメーターの観測を、数度から10度間隔の海洋断面に沿って数年毎に継続実施することが必要である。断面観測についていえば、日本の近海では、船舶海洋観測網で必要な観測密度を達成することも不可能ではないと考えられるが、外洋域の観測船による断面定期観測線は、世界の海盆毎に数本～10本程度であり、要求される観測頻度には遠く及ばない現状である。このため、船舶以外の観測プラットフォームにより取得可能な、精度は低くとも高頻度を実現できる観測データと、頻度は低くとも精度を高くできる船舶観測データを合わせて解析する必要がある。

衛星観測によっては現在、表面水温・表面クロロフィル濃度の2つだけが比較的高精度で観測可能である。他にガス交換に係わるパラメーターとして、海面力学高度と海面粗度のデータが取得出来る。塩分・栄養塩・pCO₂・一次生産については低精度ながら観測可能とされているが、経年変動が識別可能なレベルにまで達するには未だ10年程度かかるのではないかと思われる。

いずれにせよ、衛星から見積もられる化学・生物パラメーターの値は、衛星によって観測される光学的情報からこれら諸量を導き出すための計算式そのものが、海洋環境が変化することによって変化してしまうという本質的な欠点を持っている。例えば、現在のクロロフィル濃度の導出式は1970～80年代の植物プランクトンに関する観測値を使用して形成されているので、温暖化に伴う海域毎の植物種組成(=色素組成)や、植物の生理状態の変化によって、実は現時点で既に計算式そのものが変化してしまっている可能性がある。他のパラメーターについても同様であって、物理パラメーター以外の全ての衛星観測データは、例え高精度の観測が可能になった後でも、船舶観測データによる検証として、計算式自体の不断の更新を必要とする点に注意を要する。

海洋上における観測船以外のプラットフォームとして、アルゴフロート(Argo float)・グライダー(自走式海洋探査ロボット)などの流動性無人測器、係留ブイなどの定点型無人測器、篤志商用船の3つが考えられる。Argo・グライダーによっては現在、水温・塩分・溶存酸素およびクロロフィル濃度の4項目が観測可能となっており、これらによる観測システムの構築を強力に推進することによって、外洋域におけるこれら4項目の高頻度観測を達成出来る可能性がある。ただし、これらのデータの確度の確保は現在でも極めて難しいため、粗い頻度(=現行程度の観測頻度)での船舶観測網は今後も維持し、これらのセンサーデータのキャリブレーション(校正)を行う必要がある。

係留ブイによる観測では、センサーによる海洋観測だけでなく、自動採水システムによって栄養塩や全炭酸・アルカリ度などのサンプルを採取し、それを定期的に船舶によって回収・分析する方法を通じて、栄養塩や炭酸系の観測も実施出来る可能性を持っている。JAMSTECではこのようなシステムによる栄養塩の時系列観測を既に成功させており、同様な測器を海洋上に広く展開し、巡回観測船によってサンプルを回収・分析する(同時にこの観測船が、衛星観測や漂流式測器用のキャリブレーション(校正)データを取得する)システムを構築することが、将来的には最も現実的な海洋観測法だと思われる。しかし現時点ではこのような係留系システムは非常に高価なため、技術開発を通じて安価に量産出来る体制を構築すべきである。沿岸域では、漁業活動や船舶の運航によって係留系や漂流式無人測器が破壊される危険性もあるので、これらの無人観測のみでデータを取得

することは困難である。こうした海域では、現行の船舶観測網も活用しながら、環境データを取得するのが現実的であると思われる。

これらの無人観測システムの構築には早くても今後 10～20 年程度が必要であると思われるので、その間は現行の外洋域船舶観測網により地球観測を実施する必要がある。専用の観測船による外洋域の観測は、日本においては外洋域の船舶観測は気象庁と JAMSTEC の 2 機関に限られており、これらの観測は気候変動性・予測可能性研究計画 (CLIVAR) などの国際的枠組みを通じて、他国による外洋観測網と有機的に繋がるように配置されている。システム上は既に何の問題も無いので、今後もこのシステムが少なくとも 20 年の間継続出来るよう、国として資金・人員面でのバックアップを確実にを行う事が必要である。外洋域ではこの他に、篤志船による海洋表層の反復観測が主に国立環境研究所の努力により実施されている。篤志船観測は海洋表層の観測に限られるものの、観測専用船による観測に比べ遙かに高い頻度で海洋の反復観測が可能である。ただし、洋上での観測は自動測器に頼らざるを得ないため、寄港時の測器点検・維持作業とデータの回収・精度管理などに多大な労力を要する。これらの陸上作業を確実にを行うための要員・資金を確保した上で、篤志船観測網を今後もより拡充していくべきである。篤志船観測は、ブイ等の無人観測システムの検証にも有効である。世界の商船航路は、商業的に意義があるルートに偏在していることを踏まえると、ブイ等による観測との間で海域的な仕分けも考慮されるべきものである。例えば、商船航路のない南極周辺海域や商船航路の少ない南太平洋ではブイ観測により重点をおくべきである。商船航路の多い北太平洋・北大西洋では、商船とブイの組み合わせでブイ観測の精度管理を行いながら、相補的に面的・時系列的な海洋表層の観測密度を高めることが可能である。また、自動ブイでは計測困難な成分であっても篤志船では計測が可能になることが多く、それを実現する機器開発は有効である。

(野尻・小埜・村田・清水)

4.3 雪氷観測における施設および観測試料の相互利用

極域における施設としては、国立極地研究所の管理下にある南極昭和基地・南極ドームふじ観測拠点・北極スバルバルのニーオルスン (Ny-Ålesund) 観測基地が挙げられる。昭和基地は南極観測が開始されて以来、国立極地研究所だけでなく様々な省庁・大学の研究者などに利用されてきたが、平成 22 年度から開始される第Ⅷ期観測計画からは、南極における観測研究計画の一部が公募される予定であり、昭和基地の相互利用の推進が期待される。ドームふじ観測拠点は、ドームふじ観測拠点への旅行と設営に多大の労力と経費を要するため、昭和基地ほど容易に利用できないのが現状である。ドームふじ基地の相互利用を促進するためには、設営のための予算と人員が新たに必要である。ニーオルスン観測基地は、大学関係者などが利用しているが、国立極地研究所にはニーオルスン観測基地の運営・管理を行う専任スタッフがいないため、国立極地研究所の研究者にかかる負担が大きいのが現状である。現在以上に相互利用を促進するためには、ニーオルスン観測基地の運営・管理を行う専任スタッフが必要となる。

北極域・アジア・南アメリカなどにおいて採取される雪氷試料は多くの場合、大学の研究者が科学研究費などを用いて採取したものであり、雪氷試料の相互利用の状況は、研究プロジェクトによって異なっている。相互利用がそれほど進んでいないケースが多いが、相互利用を促進するためには、相互利用を促進するために必要な組織を運営する人員が必要になる。

南極で掘削された氷床深層コア(現在はドームふじコアおよびみずほコア)は、組織的にコア配分を実施している。国立極地研究所が南極・北極などで掘削した氷床コア・雪氷コアについては、掘削終了後一定期間を経た後、一般に提供することを現在検討中である。

5.1.9 において述べるように、観測における施設の相互利用は長期観測をどう維持するかという問題と直結している。観測試料(主にアイスコア)の相互利用についても、5.1.10 で述べる分析体制の充実が、注目すべき成果の発信につながり、そのことが新たなアイデア・手法を持つ研究者を引き寄せるといふ、好循環につながっていくと考える。

(東・藤田)

4.4 陸域における炭素循環・水循環・生態系観測の連携体制の構築

陸域生態系のフィールド観測研究は、大学や研究機関が所有する野外実験施設、あるいは、観測に適したフィールドを借り受けて観測サイトを整備して行われることが多い。しかし、それぞれの観測サイトを概観すると、観測設備や運用体制、取得データの取り扱い方などが、それぞれの歴史的経緯や所属する組織内での置かれている状況によって多様であり、一元的に対応することは極めて困難である。特に、観測サイトは所属する組織のスリム化のターゲットになりやすく、現状を維持することでさえ困難な状況にあるものが多く、観測サイトの安定的運用が確保されている例は少ない。その中で、国立環境研究所が推進する地球環境モニタリングプロジェクトは、運用経費が継続的に確保されている数少ない例であろう。その一つである苫小牧カラマツ林で実施されてきたフラックスモニタリングプロジェクトは、2004年に来襲した台風により全壊したため、4年間と短い観測期間であったが、モニタリングとして実施する観測プラットフォームの運用と基礎的な観測データの集積を基盤として、多分野観測研究が組織を越えて実施され、多くの成果が得られた。これはスーパーサイト的な機能を有する観測サイトに多様な分野からの研究が集結することにより、効果的に成果が得られた好事例であろう。

一方、2007年度から開始された地球環境保全試験研究費（地球一括計上）「アジア陸域炭素循環観測のための長期生態系モニタリングとデータのネットワーク化促進に関する研究」では、陸域生態系の炭素収支を渦相関法で観測する森林総合研究所・農業環境技術研究所・産業技術総合研究所・国立環境研究所の4研究機関が運用する観測サイトの連携を図り、炭素収支の観測手法の標準化とデータの集積を進め、そこで確立したシステムをアジア諸国へと展開することとしている。

上記の二つの事例は、同じ観測サイトに多分野の研究が集合するものと同じ目的の観測サイト間で連携を図るものと連携方法が異なるが、いずれも、観測サイトの共同/相互利用の促進に繋がる仕組みであろう。しかし、異分野からの研究参画をスムーズに受け入れ、効果的に研究展開を図ることは、観測サイトの運用を担う研究者の努力に負うものが多く、その負荷が偏利共生的にサイト運用者に偏りがちになる。そのために、観測サイトの設備の保守管理、調査・観測の実施、取得データのアーカイブなど、観測サイトの運用にかかわる業務（経費）を、どのように位置付けるか、相互利用の中にどのように組み入れるのか、さらに、それらを研究業績などにどのように反映させるのかなど、データベースシステムにおけるデータポリシー同様に、サイトの相互利用に係わるポリシーの整備とその遵守が望まれる。

また、観測の連携体制の構築、つまり、観測実務に重きを置いた観測ネットワークの構築は、連携体制が継続的に維持できることが一つの要点であり、それを業務として運用できる体制の整備が望まれるが、現在の我が国の研究の仕組みには相容れないものである。それ以上に、観測の連携体制に参加すること自体が大きな研究的魅力になるような研究戦略を立てることで、研究者を集結し、連携することが必要である。

（藤沼）

4.5 陸域における生態系・生物多様性に関する統合的観測

地球上には極域から温帯・熱帯という気候帯に森林・草原・砂漠・湖沼・海洋といったさまざまな生態系が組み合わさり、その場独特の生物多様性をはぐくんではいる。生態系は非常に多くの要因が作用して維持・変動しているため、様々な研究対象の場をある程度固定し、情報を集約したうえでこれを長期間にわたって維持し続けることが生態系の長期変動やそのメカニズムの解明に繋がるだろう。このためにはサイトを多分野の研究者が共有することが最も効率的である。生物多様性研究にとっても、生物自身だけでなく生物以外のパラメーター群を並行して観測することや生態系レベルの大規模操作実験を行うことで、生物と環境の相互作用系としての生態系を包括的に理解することが可能となるだろう。これら各生態系すべての研究を元にネットワークを構築して初めて、地球レベルでの生物多様性と生態系機能を語る事が可能となる。そのためにフィールドステーションを積極的に整備することで、温暖化の影響評価をはじめとした野外研究のレベルは飛躍的に高まると期待される。

野外調査においては調査場所に関する基礎情報の整備が不可欠である。気象データ・動植物相などの情報を前もって入手可能なことで研究者は詳細な研究計画を立てることができ、失敗を最小限に押さえることができるようになる。また、研究者が互いにプロットなどを共有することで、異なった分野の情報が加速的に集積し、一つの生態現象に対しても多面的な視野を持つことが可能となる。このことが研究レベルを向上させるとともに研究効率も高める。この意味でも現場のステーションで標本処理や保管・分析が可能なシステムを構築する必要がある(日浦, 2001・2006)。

これまでの日本のあるいは日本が主導して立ち上げたフィールドステーションは、システム化された欧米のステーションと比較して大幅に立ち後れてきたといわざるを得ない。日本の場合、野外研究サイトは小面積で個人の努力によって細々と続けられるか、演習林など従来は林学の教育施設として位置づけられていた施設で断片的に維持されていることがほとんどであった。これと比較してアメリカ長期生態学研究ネットワーク (US-LTER) サイトの場合、陸上のサイトのほとんどが 1000ha から 150km² の面積をもっており、サイトの中では環境モニタリングを始め、地質学・気象学・地理情報システム (GIS)・草地生態学・生態系生態学・民俗生態学などの多彩で膨大な数のプロジェクト研究が並行して行われている。これによって温暖化など気候変動に対する生態系や生物多様性の影響評価を、多角的に解析することが可能となっている(本間・日浦, 2006)。

また、気候変動に対する生態系や生物多様性の応答などを明らかにするためには、大面積・長期の観測だけではなく、要因を分離してメカニズムを解析するための実験を野外で大規模に行う必要がある。アメリカで行われている森林や草地生態系における二酸化炭素付加実験や温暖化実験はすべて長期生態学観測研究ネットワーク (LTER) サイトを用いて行われており、この面でもフィールドステーションはシステム化されている。

日本では近年日本長期生態学研究ネットワーク (JaLTER) が組織されたため、これを基盤に JapanFLUX やモニタリングサイト 1000 とのサイト重複など他のネットワークやプロジェクトとの連携を推し進めることで、スーパーサイトと呼ばれ

る様々な観測や野外実験を同時並行して行うフィールドステーションを各生態系毎に複数整備し、生態系・生物多様性の統合的観測体制を確立させる必要がある。

生態系の特質として、土地利用や汚染などの温暖化以外の人間活動の影響との複合的作用や、生態系の構造や種組成の変化による間接的影響があり得ることから、これらの影響を把握する必要がある。また、高山・湿原・沿岸域・移行帯などの脆弱な生態系への温暖化の影響も把握する必要がある。これらのためにも、スーパーサイトの設置は有効であり、特に脆弱な生態系の観測網の拡充が急務である。

一方で生態系・生物多様性の統合的観測には、時空間分解能の向上や気象やフラックス観測など、他の観測との同期化や自動化の努力も必要となってくるだろう。例えば、森林生態系の炭素フラックス観測の場合、微気象学的タワー観測では時間分解能は30分単位程度であるが、樹木成長の観測は1～5年単位であるのが普通であり、このようなギャップを埋めるような観測・分析例はまだほとんどない (Nabeshima *et al.*, submitted)。またUS-LTERでは個々のサイトの独自性を尊重してきたため、各生態系の特長を生かした数多くの研究成果を生み出してきたが、その一方でサイト間比較を行うプロジェクトはほとんど行われてこなかった。このような反省の元に、アメリカ生態観測ネットワーク (NEON) が2007年から新たに立ち上がり、莫大な資金を投資して生態系・生物多様性の統合観測が開始された。これは様々な観測のクロススケーリング・IT化を前面に打ち出したもので、このような点は今後日本でも見習うべきであろう。

(日浦)

4.6 海面水位観測における機関間連携

2004年の台風の上陸数は10個を数え、過去55年間で最多であった。このうち8個の台風で1m以上の高潮を観測し、西日本を中心として大きな被害が発生した。このため国土交通省は2004年12月に「豪雨災害対策緊急アクションプラン」を策定し、河川局・港湾局・国土地理院・気象庁・海上保安庁などの潮位データを共有化し、高潮に伴う潮位変化の迅速な把握・提供による高潮対策を推進している。図4-2に示す各機関で観測されたリアルタイム潮位データはまず気象庁に集約され、集約されたデータは気象庁から各機関に配信されている。また集約されたリアルタイム潮位データは国土交通省防災情報提供センターのホームページ上で公開され、広く一般に提供される予定である。

本施策の目的は高潮に対する沿岸防災であるが、各機関がそれぞれ独自に実施してきた海面水位観測やデータ処理方法について情報交換や技術の共有化が進み、これまで公表されていなかった観測データが共有されるなど、地球温暖化に伴う海面水位上昇の観測体制の強化にも大いに資するところがある。現在この枠組みには上記の国土交通省5機関と、河川局を通して山口県と広島県が参画している。今後さらに多くの自治体や海面水位観測を実施している大学などにも参画を促すことが望ましい。

国際的な機関間連携では3.4.2に記した全球海面水位観測システム(GLOSS)が調整役を務めている。特に2004年12月にスマトラ島西方沖で発生した地震に伴う津波によってインド洋の沿岸域で大きな被害が発生したが、この津波被害を契機としてGLOSSは各国に資金提供を要請し、調達された資金をもとに図4-3に示すようにインド洋沿岸のアジア・アフリカ地域においてリアルタイム通報装置を備えた海面水位観測施設の新設・更新、すなわちインド洋津波警報システム(IOTWS)の構築を進めている。これらの海面水位観測施設も本来の目的は沿岸防災であるが、蓄積された海面水位データは観測の空白域を埋め、地球温暖化に伴う海面上昇を監視する目的にも資することが期待されている。

(櫻井・清水・宮崎)

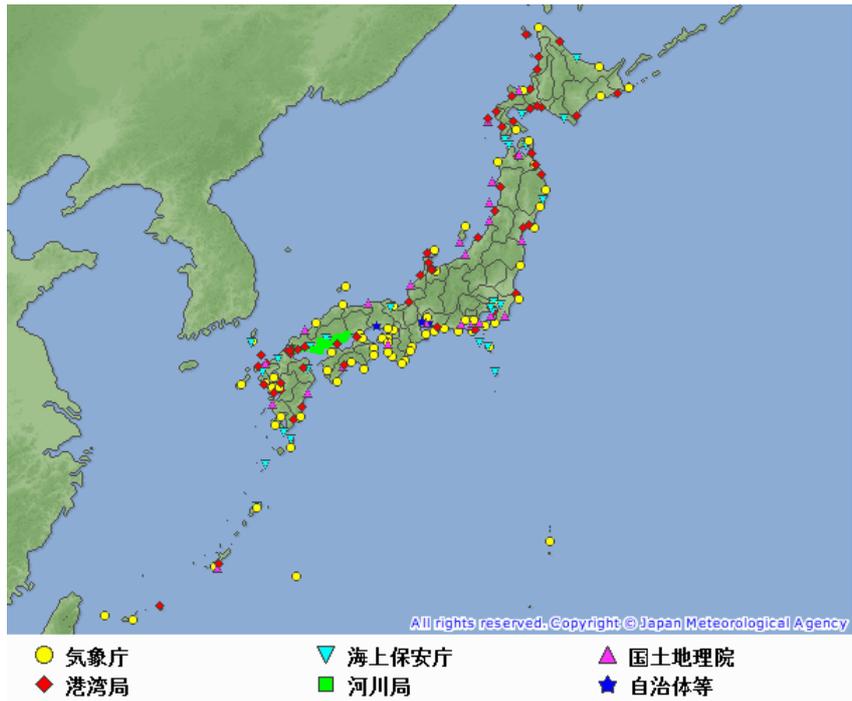


図 4-2 気象庁に集約されている機関別の海面水位観測施設。

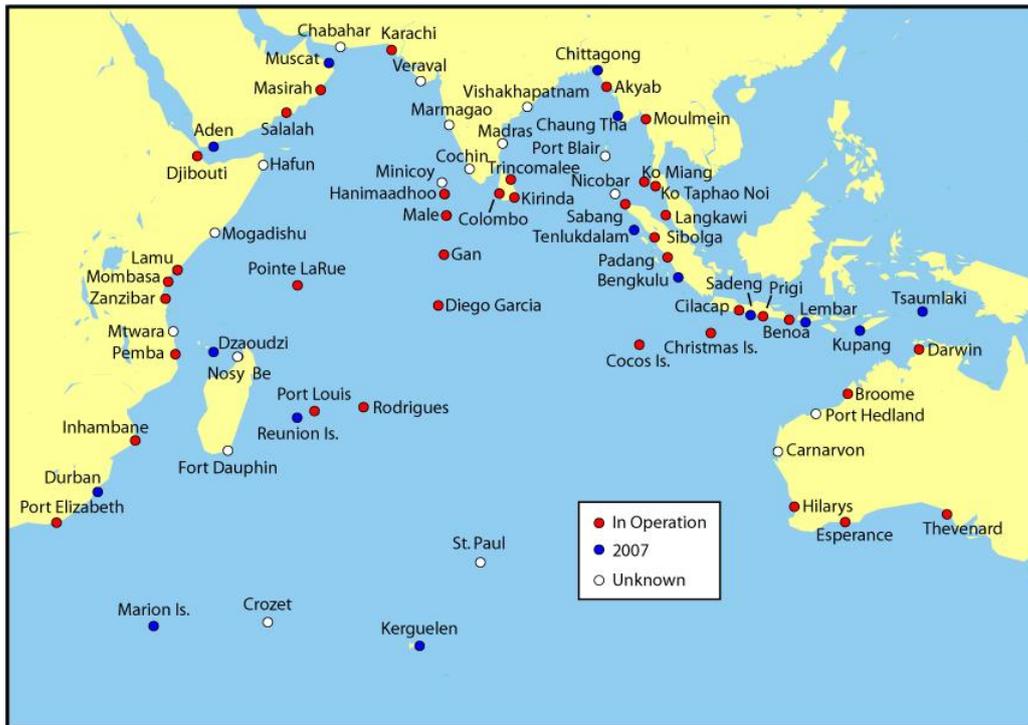


図 4-3 国際協力にもとづくインド洋における海面水位観測施設の整備。IOTWS:インド洋津波警報システム)の第10回 GLOSS 専門家会合における説明資料から転載。

参考文献 (4 章)

- 小笠恒夫, 2007: 長期時系列観測の必要条件, 月刊海洋, **30**, 110-117.
- 日浦勉, 2001: 森と川、それぞれの役割と相互作用-フィールドステーションで生物多様性と生態系機能を調べる-, 科学, **71**, 67-76.
- 日浦勉, 2006: 生物多様性研究へのアプローチ, フィールド科学への招待, 鈴木範夫編, 三共出版, 156-163.
- 本間航介, 日浦勉, 2006: 日本型の LTER を目指して, 森林の生態学-長期大規模研究から見えるもの-, 正木隆, 田中浩, 柴田銃江編, 文一総合出版, 279-289.
- Aoki, S., T. Nakazawa, S. Murayama and S. Kawaguchi, 1992: Measurements of atmospheric methane at the Japanese Antarctic Station, Syowa, Tellus, **44B**, 273-281.
- Hashida, G., T. Nakazawa, S. Aoki, S. Murayama, T. Yamanouchi, M. Tanaka, A. Shimizu, M. Hayashi and K. Iwai, 1997: Measurements of the partial pressure of CO₂ in the air and surface sea water on board the icebreaker Shirase, Antarct. Rec., **41**(1), 203-220.
- Morimoto, S., S. Aoki, T. Nakazawa and T. Yamanouchi, 2006: Temporal variations of the carbon isotopic ratio of atmospheric methane observed at Ny Alesund, Svalbard from 1996 to 2004, Geophys. Res. Lett., **33**(1), L01807. (doi:10.1029/2005GL024648)
- Morimoto, S., T. Nakazawa, S. Aoki, G. Hashida and T. Yamanouchi, 2003: Concentration variations of atmospheric CO₂ observed at Syowa Station, Antarctica from 1984 to 2000, Tellus, **55B**, 170-177.
- Morimoto, S., T. Nakazawa, K. Higuchi and S. Aoki, 2000: Latitudinal distribution of atmospheric CO₂ sources and sinks inferred by $\delta^{13}\text{C}$ measurements from 1985 to 1991, J. Geophys. Res. D: Atmospheres, **105**(D19), 24315-24326.
- Murphy, P.P., Y. Nojiri, D.E. Harrison and N.K. Larkin, 2001: Scales of spatial variability for surface ocean pCO₂ in the Gulf of Alaska and Bering Sea: toward a sampling strategy, Geophys. Res. Lett., **28**, 1047-1050.
- Nabeshima, E., T. Kubo and T. Hiura (submitted) Variation in tree diameter growth responses to weather conditions in deciduous broad-leaved trees. NEON : <http://www.neoninc.org/> (参考日:2008/02/14)
- Odate, T. and M. Fukuchi, 2002: Report on workshop "Marine Science Program using a Charter Research Vessel" - Report of activities in JARE-43 and science plan for JARE-44-, Antarct. Rec., **46**(3), 601-620.
- Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.), IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1-18.

第5章 時空間的観測空白の改善および観測項目の充実

5.1 現場観測の推進

5.1.1 海洋における定常観測と研究観測の機関間連携の促進

顕著に時間変化する海洋二酸化炭素に関わる諸現象の実態を評価し、今後の動向を推定するためには、長期に亘る観測が不可欠である。すなわち、観測目的には未知の現象を解明する研究要素があるが、実践的には定常的なモニタリングが必要となる。このことは、海洋二酸化炭素に限らず、地球温暖化に関わる諸観測の多くに共通する。したがって、定常観測機関と研究観測機関間の連携を促進する前提として、定常観測機関に対して研究的要素のある観測へのインセンティブを高める必要がある。

研究機関は、多様な観測項目を多様な海域で機動的に観測でき、空間変動や変動メカニズムの解明に資する情報を取得しやすい長所がある。また、競争的資金などの獲得によって、新たな観測手法の開発などにも挑戦しやすい。一方、定常観測機関は、特定の観測項目を特定の海域で時系列的に観測し、長期に時間変動を評価できる長所がある。空間変化・時間変化を含む4次元場では、双方の観測は相補的であることから、定常観測機関と研究観測機関は、新たな観測手法の開発、データや解析結果などについて情報を共有しながら、それぞれの機関がその特徴を踏まえつつ、次の観測計画の立案に活かして行く必要がある。

4.2 で述べたように、海洋研究開発機構（JAMSTEC）では研究活動、かつ公募の航海として、断面観測と定点観測を行っている。断面観測については、北太平洋西部の海域において、IRH/CO₂（International Repeat Hydrography and CO₂）の枠組みの中で、国内で定常観測を行っている機関（例えば気象庁）と連携をとることで、観測の空白域をなくすことが可能であろう。また、JAMSTEC で実施している定点観測（KNOT 定点と K2 定点）は、時系列的に粗い頻度でしか観測が実施されていない。これは、研究活動かつ公募の航海であることから、定点観測に割り当てられる航海日数に制限があるためである。関係機関が、KNOT 定点または K2 定点での観測を行うことができるようになれば、より定点観測として充実したものになることが期待できる。

（石井・村田）

5.1.2 自動計測ブイの開発

船舶による海洋二酸化炭素観測では、時間・空間的に高い密度の観測が困難なため、係留ブイや漂流ブイに取り付けて海洋表層の二酸化炭素分圧を測定する自動計測装置の開発が進められてきた。係留ブイ型の代表的なものは、東シナ海の気象庁ブイに設置された船舶型をベースとしたシステム、アトラスブイに設置された MBARI（Monterey Bay Aquarium Research Institute）システムとその改良型の MAPCO₂ システム、そして平衡器に半透膜を使用した SAMI-CO₂（Submersible Autonomous Moored Instrument for CO₂）である。また、漂流ブイで測定するシステムとして CARIOCA（Carbon Interface Ocean Atmosphere Buoys）がある。

係留ブイ搭載型のシステムは実用化が進み、これによって連続的データの取得に一定の成果が得られているが、係留ブイの設置と維持に困難が伴うため、多くの数を展開することは難しい。一方、漂流ブイ型のシステムなら、投資次第で多くを展開することができるが、既存の CARIOCA は大型で取り扱いが困難な問題があった。こうした状況下で JAMSTEC の中野と渡辺らは、小型の係留ブイ型の自動測定装置を開発しており、現在、試作機の試験を行っている。開発に成功し、多くのシステムを展開できるようになれば、アルゴフロート (Argo float) がさまざまな機関の船舶から投入されているように、多様な機関の船舶から多様な海域に展開できるよう、国内外の機関が連携して投入に協力してゆく必要がある。

文部科学省が実施している「地球観測システム構築推進プラン」の中で、海洋二酸化炭素分圧センサーを開発し、全球規模での展開を目指した海洋表層二酸化炭素分圧観測装置(表層ブイ)の製作が行われている。JAMSTEC のむつ研究所が中心となり、国立環境研究所と産業技術総合研究所と連携して開発を行っている。この表層ブイは漂流型であり、完成後は様々な機関に投入を依頼する予定であり、この点で連携の促進が必要である。なお、高い水圧のかかる海洋内部の二酸化炭素を観測する自動計測ブイは、その技術的な困難さから実現の目処が立っておらず、今のところ観測船による各層観測の他に手段がない。

(石井・村田)

5.1.3 南大洋観測の推進

南大洋は、排出された二酸化炭素の主要な吸収域であり、全球的に広がる南極中層水や深層水の形成域でもあることから、大気中の二酸化炭素を海洋の中・深層に輸送する主要な入口のひとつと考えられる。また、夏季に植物プランクトンによる活発な炭酸固定がおきる広大な季節海氷域を有すること、温暖化の影響を受けやすく、すでに海水温の上昇傾向も報告されていることなどから、海洋二酸化炭素の調査においても、他の地球温暖化の監視や予測に関わる分野と同様に、極めて重要性の高い海域となっている。しかし、日本や欧米など北半球の国々からのアクセスが容易でなく、主要な航路もないことから、表面水の二酸化炭素分圧についても、各層の二酸化炭素系についても、観測データの乏しい空白域が多い。さらに年々変動が大きいことも明らかになってきており、実態把握の最も遅れている海域と言わざるを得ない。

日本では、近年、日本南極地域観測隊の「しらせ」・国立極地研究所がチャーターしたニュージーランドの観測船タンガロア・東京大学海洋研究所(運航は JAMSTEC に委ねられている)白鳳丸・水産庁開洋丸・東京海洋大学海鷹丸・JAMSTEC みらいにより、主にインド洋区や西太平洋区で海洋観測が行われてきた。これらの航海は、それぞれの機関が個別に企画立案して実施したものだが、多くの場合、国立極地研究所が軸となり、研究者レベルで情報の交換と計画の連携が図られている。

日本の南大洋観測は、生物調査を主な観測目的としていることが多く、観測船を運航する機関に二酸化炭素を観測できる研究者や技術者がいなかったり、いてもマンパワーが不足していることが多い。このため、研究者のネットワークの中で、運航する機関や異なる機関の研究者らが、分担して現場観測や採水と陸上で

の分析などを行っているのが実情である。

こうした現状を踏まえ、これをより良く機能させて南大洋の観測機会を十分に活用するためには、航海を計画立案する各機関と、海洋二酸化炭素の観測のノウハウを有する研究者コミュニティ間の連携をいっそう促進するだけでなく、他機関や民間企業などから機動的に研究者・技術者や観測機器を航海に派遣できる人的・財政的支援を強化して、貴重な観測機会に十分な二酸化炭素観測が実施できる体制を作る必要がある。

また、船舶による観測が困難な冬季については、二酸化炭素分圧の観測データが特に不足しており、南大洋における二酸化炭素フラックス評価の大きな障害となっている。5.1.2 の自動計測ブイはその克服に大きく貢献できるはずであり、開発の成功と展開が強く期待される。

(石井・村田)

5.1.4 海面水位観測の長期継続と連携

国内の海面水位観測施設は1960年代以降に観測を開始したものが多いが、地球温暖化に伴う海面上昇を把握するという観点からは1950年代以前の観測記録は特に貴重である。海岸昇降検知センター(2003)によると、100年以上の観測記録がある海面水位観測施設は鮎川(宮城県)・輪島(石川県)・浜田(島根県)・細島(宮崎県)・油壺(神奈川県)・花咲(北海道)・串本(和歌山県)・深浦(青森県)・大阪(大阪府)・忍路(北海道)の10地点である。また、現在と同程度まで海面水位が上昇していた1950年代以前に観測を開始した海面水位観測施設は上記10地点の他に56地点あり、特にこれらの地点では将来に向けた観測の継続性が望まれる。ただし、観測期間の長い地点は地盤変化の影響が無視できないものが多いという課題もある。一例として、図5-1に示されるように油壺では関東大震災によって1m以上の地盤の隆起が認められる。また、大阪では地下水のくみ上げによって地盤が沈下したために1950年から1970年にかけてみかけ上約1.3m海面水位が上昇している。図5-2に示すように気象庁(2007)では地盤変動の比較的小さい4地点(輪島・浜田・細島・忍路)の観測データを用いて日本沿岸の海面水位の長期変化傾向を示しているが、解析精度の向上のためには地点ごとの地盤上下変化量のデータセットの整備を必要としている。

海面水位の観測は同一の地点で継続されることが望ましい。しかし現実には港湾の再整備や地震や台風による施設の倒壊などによって移設・再設を余儀なくされることが少なくない。その場合、新旧の観測基準面の標高を揃えて観測値の連続性を維持することが原則であるが、移設する場所の条件によって連続性が維持されない場合もある。また戦前などの古い時代に移設が行われた場合では連続性が維持されているかどうかの記録が残されていない地点も見受けられる。移設に関する観測基準面の連続性や位置などの地点情報の整備・公開も、長期的な海面水位の変動を考察する上で重要な要素である。

(櫻井・清水・宮崎)

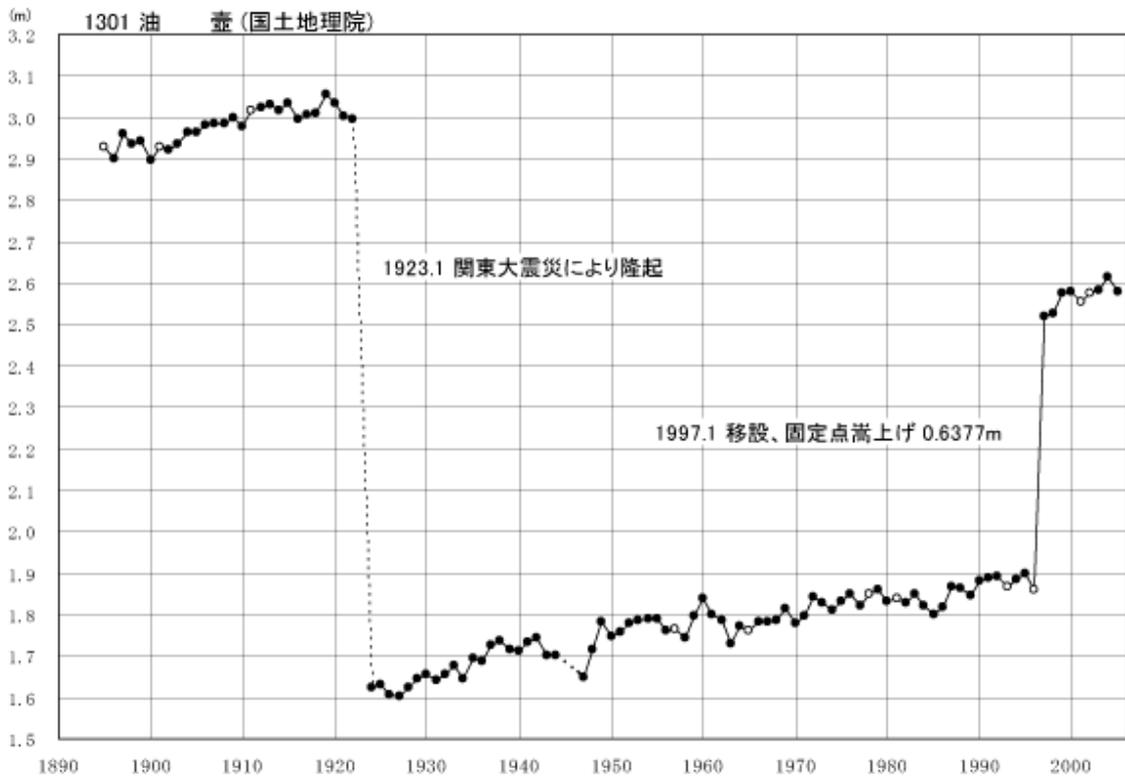


図 5-1 油壺における観測基準面から計測した年平均海面水位の変動。
海岸昇降検知センター（2003）より転載。

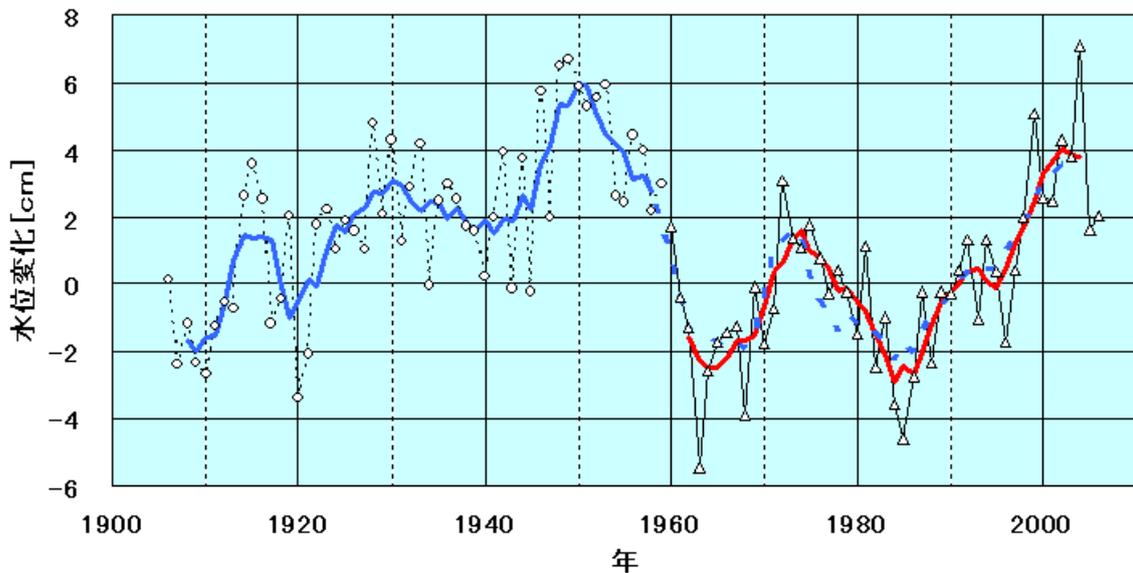


図 5-2 日本沿岸の年平均海面水位の変動。
気象庁（2007）より転載。

5.1.5 航空機観測・気球観測の長期継続体制の確立

温室効果ガスの長期的な観測のほとんどが地表において実施されている中で、航空機を用いた上空の観測は限られている。しかし、近年の研究において、航空機による上空のデータが炭素循環の解明において極めて重要な役割を果たすことが明らかにされつつある (Stephens *et al.*, 2007)。この航空機を用いた温室効果ガス観測では、我が国は世界をリードする立場にあり、1970年代から現在に至るまで継続されている東北大による航空機観測をはじめとして、気象研究所が日本航空・日航財団と共に1993年より実施している日本-オーストラリア間の航空機自動サンプリング観測 (Matsueda and Inoue, 1996)、国立環境研究所が1993年ごろから開始したシベリア3箇所での高度方向の観測、さらに2005年に開始した気象研究所・国立環境研究所の航空機 (JAL) による二酸化炭素濃度連続観測などが行われている。また、昭和基地は、冬季に航空機 (固定翼) を運用している南極大陸唯一の基地であり、Murayama *et al.* (1995) が対流圏の二酸化炭素濃度変化を輸送過程で解釈する先駆的研究を行った。なお、日本南極地域観測隊は現在、冬季の航空機運用を行っていない。北極域においては、国立環境研究所による観測が大きな成果を上げているほか、多機関によるキャンペーン観測 (Sugawara *et al.*, 2002) も行われた。

一般に、航空機を用いた観測では、予算的な制約や安全上の制限が大きく、長期にわたって継続することは極めて困難である。上記のいずれもが民間航空会社の理解と協力のもと、定期旅客機を利用して実施されている。したがって、これまでに築き上げてきたこの仕組みを安定して継続する努力が必要である。このためには、予算的な裏付けが不可欠であると同時に、観測によって得られたデータの流通を活発にして、内外の研究成果の増大に努め、観測の価値を世界的に高めてゆくことが不可欠である。

気球を用いた上空の温室効果ガスの観測は世界的にみても限られている。国内では東北大と宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部 (JAXA/ISAS) を中心とした様々な研究機関が一つの研究グループを構成し、過去20年間にわたって観測を継続しており、これまでに数多くの研究成果を挙げている (Nakazawa *et al.*, 2002; Aoki *et al.*, 2003)。事実上、これは世界で唯一の観測例となっており、将来にわたって継続されることが望まれる。この観測では、大型の観測装置を大気球によって飛揚させるため、ISASによる高度な気球工学技術が不可欠であると同時に、気球実験に要する費用も高額になる。したがって、このような観測の継続には気球観測予算の確保が前提となる。また、観測装置の長期的な維持管理や準備作業においても、技術の継承や人的資源の確保が難しくなっている。これらの観点から、今後は観測装置の小型軽量化や作業の簡素化が必要であるとともに、単なる観測継続に留まらずに、常に新たな科学的価値を付加していく必要がある。

(向井・菅原・橋田)

5.1.6 観測空白域における地上観測施設の設置促進

(1) 観測の空白域の現状

図5-3は温室効果ガス世界資料センター (WDCGG) のデータベースにおける二酸

化炭素の月別データがあるステーション（過去にあったが今はないという場所を含めている）の場所を示した図である。図 5-4 は、アメリカ海洋大気庁（NOAA）の観測場所である。これらの図から、特にシベリア・アフリカ・南アメリカ・オーストラリア・インドなどの大陸の中心部でのデータが少ないことがわかる。大陸でもアメリカ・西ヨーロッパのような場所のデータは比較的多いことがわかる。海洋での島での観測はそれなりに行なわれているが、島の無いところはデータが採られていない。たとえば、南極海周辺では少なく、太平洋のペルー沖・大西洋の熱帯域・インド洋の熱帯地域などの地域でも少ない。

(2) 今後の観測にむけて

大陸の中心部では、たとえばシベリアのような大きな森林シンクがある場所での観測は非常に重要である。北極など、これから影響が大きく出るような地域での観測例が少ないことが問題である。同様に、熱帯のアフリカ・南アメリカ・東南アジアのような熱帯での植生の変動や人為起源の森林破壊の問題が顕在化している地域での観測が今後重要になると考えられる。熱帯の森林の吸収量は未確定部分も多く、かつエルニーニョなどの気候変動などによっても、森林のシンクの量が大きく変動すると考えられている地域の近くに観測点が少ないことは、インバースモデル計算をする上でも非常に問題となっている。アジアに住むわれわれは、東南アジアがおおきなターゲットになると思われる。

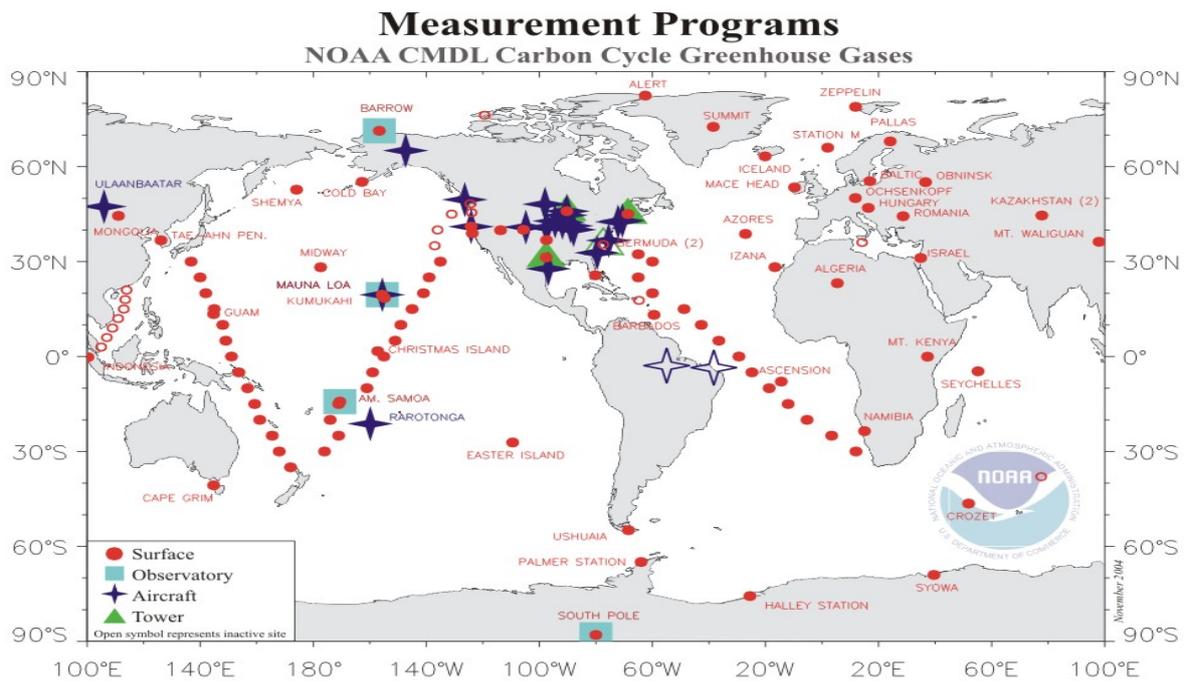
海洋上の観測点としても、熱帯地域は海洋からの二酸化炭素の出入りが大きい場所でもあり観測が必要であると考えられる。例えば、太平洋の東側であるとか、インド洋とかがそれにあたる。また、南極海のように、ソースとシンクが共存しているような地域での観測も非常に重要であるが、観測点があまり無い。南極域においては、従来、南大洋での放出源・吸収源強度の推定において、大気濃度変化にもとづくインバージョン的手法と、直接観測に基づく大気海洋間の交換量推定との間に大きな隔たりがあったが、近年の双方の研究の進捗は、その差を解消する方向に向けている。たとえば、Le Quéré *et al.* (2007) が前者の手法を利用した二酸化炭素連続観測ステーションは図 5-5 であるが、観測点としては、フラスコサンプリングステーションを含めると、マクマード基地など南極大陸上や南大洋域に下記に記載されていない観測点も少なくない。

二酸化炭素などの観測は、0.1-0.3ppm 程度の精度で行なわないといけない。これは、年間の増加速度が 1ppm 程度であることが基になっているが、高精度の観測を現在の空白地点で行なうためには、電源の問題や標準ガスやメンテナンスなどの問題を技術的にクリアする必要があるために、そのような観測装置の開発なども含めて、空白域への観測施設の展開が必要である。しかしこのような現状、ならびに、ロジスティクスや維持体制の難しさを考慮すれば、南極域においては新たな地上観測点の新設よりは、現状体制を維持し、データクオリティの充実や流通の促進を進めることが求められる場合も考えられる。

(向井・橋田)



図 5-3 WDCGG のデータベースにおける二酸化炭素の月別データがあるステーション（過去にあったが今はないという場所を含めている）の場所。



The NOAA CMDL Carbon Cycle Greenhouse Gases group operates 4 measurement programs. In situ measurements are made at the CMDL baseline observatories: Barrow, Alaska; Mauna Loa, Hawaii; Tutuila, American Samoa; and South Pole, Antarctica. The cooperative air sampling network includes samples from fixed sites and commercial ships. Measurements from tall towers and aircraft began in 1992. Presently, atmospheric carbon dioxide, methane, carbon monoxide, hydrogen, nitrous oxide, sulfur hexafluoride, and the stable isotopes of carbon dioxide and methane are measured. Group Chief: Dr. Pieter Tans, Carbon Cycle Greenhouse Gases, Boulder, Colorado, (303) 497-6678 (pieter.tans@noaa.gov, <http://www.cmdl.noaa.gov/ccgg>).

図 5-4 NOAA の温室効果ガス観測点。

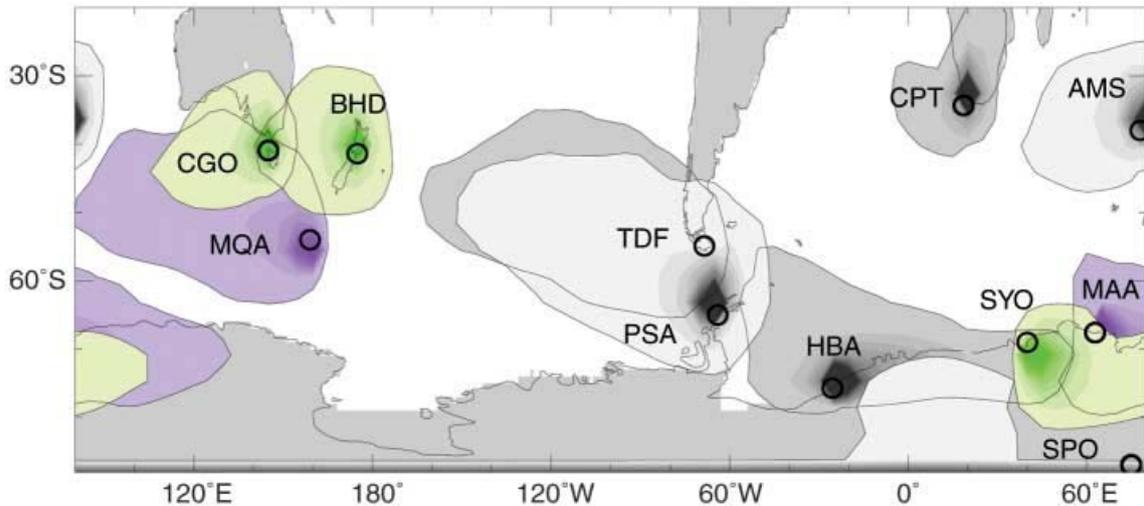


図 5-5 Le Quéré *et al.* (2007)による南大洋周辺および南極大陸の二酸化炭素濃度地上観測点。

5.1.7 アジア諸国における陸域炭素収支観測体制構築のための能力開発の実施

1999年にアジア陸域における熱・水・二酸化炭素フラックス観測ネットワーク (AsiaFlux) が組織されて以来、日本・韓国・中国をはじめアジア諸国の陸域生態系において、渦相関法に基づく長期観測サイトが建設され、現在も継続的に観測が行われている。各種フラックスの観測を長期間安定に維持し、データの品質を適正に管理していくためには、微気象学の理論に基づく渦相関法の正しい理解や、年々進歩するデータ品質管理手法の十分な知識と適切な応用が必要不可欠である。しかし、従来ごく一部の専門家グループが研究室内で蓄積し伝承してきたこれらの知識や経験を観測初心者が習得するには、長い時間と訓練を必要とする。このため、アジア各地に展開された観測サイトでは、十分な経験をもたない担当者が個人レベルで知識と経験を獲得しようと苦慮しているのが現状である。

(1) アジア陸域における熱・水・二酸化炭素フラックス観測ネットワーク (AsiaFlux) による、アジア諸国に向けた技術移転の現状

こうした現状を打開するため、AsiaFluxでは、渦相関法による熱・水・二酸化炭素フラックスの長期観測に必要な基礎理論と観測技術をアジア諸国の観測担当者に普及することを目的として、約10日間のトレーニングコースを企画し、2006年と2007年にそれぞれ日本と韓国において実行した。トレーニングコースでは、アジアのおよそ10の国や地域から約20名の観測担当者を招聘し、短期集中的に研修を行った。コースのプログラムは、基礎的な観測理論と技術の講義、機器を使った実習、コンピュータを用いた計算実習によって構成された。講義では、アジアや欧米で第一線の研究を行っている研究者らにより、気候変動・群落微気象・乱流拡散・乱流のスペクトル解析といった基礎理論、およびデータの品質管理や欠測補完の手法について詳しい解説が行われた。実習では、実際に使用する測定機器やデータ収録装置を使い、機器の設置方法・センサーのキャリブレーション (校正) 方法・データ収録と回収方法などを学んだ。また、日本や韓国で

現在観測を行っているサイトを訪問し、フラックスの長期観測のみならず、各種の学際的な研究が同時進行しているスーパーサイトの研究活動とその運営について多くの知見を得た。計算実習では、パーソナルコンピュータを用いて生の観測値から各種フラックスを計算するデータ処理の流れを体験した。

2006年と2007年に開催されたAsiaFluxトレーニングコースにより、アジアにおける二酸化炭素吸収量の観測ネットワークにこれから参加しようとするアジア諸国の担当者に対して最新の技術を普及すると同時に、地球環境問題の解決に向けて国境を超えた連携強化が不可欠であるという考え方を共有することができた。今後は、トレーニングコース開催にあわせて作成された英文テキストや観測マニュアル、講義や実習の内容などの情報をアジアの観測担当者に向けて公開すると同時に、各国で独自に勉強会やセミナーなどの活動を行って技術向上をはかることを奨励する。また、今後アジア地域で開催される各種研究集会にあわせて、観測技術向上とネットワーク強化を目的とした勉強会やセミナーを開催することも検討する。こうした地道な活動を長期にわたり継続することにより、アジアにおける観測技術と研究のレベルアップをめざす。

(2) アジアにおける能力開発についての今後の課題

アジアの観測ネットワークにおいて高品質の観測データを継続的に取得し研究レベルを向上していくためには、まず各観測点で長期観測とデータ品質管理を維持継続することが必要不可欠である。しかしながら、AsiaFluxに参加するほとんどの観測サイトは、担当する研究者が競争的資金を切れ目なく獲得することによって長期観測をなんとか維持しているのが現状であり、人的にも資金の面でも、一つのプロジェクトが終了するたびに重要な観測点が消滅する危機に見舞われている。

また、ほとんどの観測点では、取得されたデータを整理し、品質管理し、一般公開するための人的資源が全く足りていない。近年AsiaFluxがデータベースを開設し、アジア陸域の観測データを受け入れる基盤が出来たが、各観測点ではデータの品質管理と公開作業を担う人材が足りないために、まだごくわずかの観測点のデータが公開されているに過ぎない。

アジアの観測ネットワークにおいて、将来にわたり高品質の観測を維持していくためには、各観測点のデータを効率よく収集して一定の品質管理のものにそれを公開し、アジアの研究者がそのデータを利用してさまざまな新規的研究を発展させていくことのできる新しいしくみをつくり上げることが現在特に必要とされる課題である。観測データが最新の研究に利用され、それによって新たな問題の発見や手法の改良が行われ、その結果がデータの品質向上に生かされるというフィードバックを働かせることによって始めて、将来にわたり観測技術とデータ品質を高度に保つことが可能になる。(三枝)

5.1.8 生物季節観測の推進

旧来の植物季節観測は地上での種レベルの記載的な観測が主で、数十年という長期の観測データが蓄積されている場合もある。このような事例や、過去に撮影された場所と時間が特定できる写真 (Miller-Rushing *et al.*, 2006) から植物季

節が温暖化に伴って変化してきていることが認識されるようになった。このような記載的な観測はそのデータ量や精度が労力と比例することから、広域で長期間・多種で継続することは困難であるが有用なものである。種毎に異なる温暖化に対する応答は、炭素収支や植物群落の動態に大きな影響を与えるだけでなく、間接効果を通して他の生物群にも影響すると考えられることから、陸域生態系全体の変化につながる重要なものである。したがって、高分解かつ広域での観測だけでなく、大規模な野外実験や精巧なモデル構築によっても植物季節の応答予測を行うことが求められている(Cleland *et al.*, 2007)。

近年、中分解能分光放射計 (MODIS) などの衛星観測によって広域の植物季節観測が行われるようになってきた (Zhan *et al.*, 2004)。しかしこれまでの衛星観測では、ひとつの衛星の寿命が 10 年未満であることがほとんどであったことから、長期変化を同一プロトコル (協定) で追跡できていない。今後長期観測を継続していく上では、このような点を十分に考慮する必要があるだろう。最近では植物季節の現場観測の新たな例として、フィールドサーバなど web カメラの設置によってより局所的かつ連続的な観測も行われるようになってきている (Richardson *et al.*, 2007)。このような自動観測は、ある程度の初期費用と比較的少ない労力で観測が継続できるので、今後有望な手段の一つと思われる。また、国内では陸上植生の季節変動・長期変動に関する長期観測網 (PEN) のようなフラックス観測と並行した自動観測も、数点ながら継続されている。

また、温暖化に対する植物季節応答と生態系への波及効果をそのメカニズムまで含めて検証し、予測するためには大規模な野外実験が不可欠である。海外では森林や草地生態系で二酸化炭素付加実験やヒーターを用いた温暖化実験など大規模な野外実験が積極的に行われているものの、国内ではまだごくわずかである (中村他, 印刷中)。

動物の季節性観測は、例えば渡り鳥の初見日の変化などがアマチュアが中心となって行っている。欧米ではこのようなアマチュアの動物観察記録を広域的に把握し、定量化可能なデータベースが整備され研究に利用されているが、国内では立ち後れている。

今後これら現場の自動観測を多点で行い、衛星画像とのリンクを推進することで、時空間的に高分解能を持ち、かつ広域での観測体制を確立するとともに、森林や草地での大規模な野外実験の促進によって生態系への影響を直接的に評価することが望まれる。

(日浦)

5.1.9 雪氷関係の現地長期観測の推進

氷河の質量収支は気候変化をモニタリングする上で重要なパラメーターといえるが、その長期観測は南極に関しては若干の予算がついているものの、予算規模は非常に小さく、専任の人員もいない。南極以外の地域の氷河・積雪変動にかかる長期観測については、大学関係者らが、観測の空白域であるアジア・南アメリカ・ロシア・旧ソ連領の諸国などの地域において早くから観測を実施しているが、比較的少額の科学研究費などを用いて、小規模の研究グループで観測を実施してきたのが現状である。科学研究費の場合は、長期観測の予算が非常に獲得しづら

いという問題がある。アジア・南アメリカ・ロシアなどの地域は、これまでの経験と実績を有する日本が国際的にも主導して組織的、系統的な長期観測を行う必要があり、何らかの予算の手当てが必要である。

40年以上継続して観測されている氷河は全球でわずか40程度しかない。中でもアジア高山域は、存在する氷河面積に比べ、観測の希薄さが指摘されていた。チベット高原を含む中国については、中国科学院の青海チベット高原研究所（北京）や寒区旱区環境与工程研究所（蘭州）によって、各地にモニタリング氷河が設定されつつあり、今後のデータ公開が期待される。一方、中国を取り巻くヒマラヤ山脈・カラコルム山脈・パミール高原については、継続的な氷河観測は皆無とあって良い。特に、観測の歴史の長かった中央アジア各国では、ソ連の崩壊とともに財政的および政情不安の理由から観測中断が相次いでいる。UNESCO Almaty Cluster Office¹⁷では、これらの中央アジアの各国における水資源モニタリングの一環として、氷河観測ネットワークの再構築を目指しており、日本としても、財政的、人的支援を進めていくべきである（UNESCO自体には財政的裏付けはない）。また、ヒマラヤからカラコルムにかけての大山脈は、その長大さ故に東西で大きく気候が異なり、多点でのモニタリングの必要性が指摘されているが、人的にも財政的にも氷河の質量収支観測の体制はまったく整備されていない。この地域については、地元の国々に長期観測が可能な人的・機関的ポテンシャルがあるかどうかを検討するところから調査を始める必要があるだろう。

南極における氷床質量収支の観測としては、昭和基地ードームふじ観測拠点間のルート上で雪尺による表面質量収支観測が過去十数年にわたって実施されているが、ドームふじ観測拠点での雪氷観測計画が終了する数年後以降についても、このルート上での定期的かつ長期にわたる雪尺観測を継続する必要がある。広域にわたる雪尺観測は労力と時間を要するため、昭和基地ードームふじ観測拠点間のルート以外では長期間の表面質量収支観測は実施されていない。

南極における海氷観測についても、十分な予算と人員がないため、現在は小規模な研究グループが研究ベースで昭和基地周辺の観測を実施しているに過ぎず、組織的・系統的な長期観測は実施されていない。南極は気候・環境変動の影響を検知するうえで非常に重要な地域であり、今後は昭和基地ードームふじ観測拠点間のルートだけでなく、より広域にわたる質量収支観測を行う必要がある。特にしらせ流域は、地球温暖化によって大きな氷床変動が予測される地域であると同時に、日本がこれまで観測を行ってきデータの蓄積がある地域でもあるため、今後、日本が中心となって重点的に観測を行う必要がある。また、海氷観測も、より広域に展開し、組織的・系統的に実施する必要がある。そのため、予算・人員ともに拡充する必要がある。

凍土関連のパラメーターは、衛星によるリモートセンシングが適していないため、現地観測が重要となるが、個々の観測サイトは各研究機関による研究費によって維持されているのが現状であり、常に継続性の面で不安を抱えている。これらのサイトの多くはシベリア・アラスカに設定されているので、二酸化炭素フラックスや植生変化の観測とのサイトの共有化によって効率化を図る必要があるだろう。

（東・藤田）

¹⁷ <http://www.unesco.kz/>（参照日：2008/02/04）

5.1.10 雪氷観測における分析研究の推進

氷床や氷河で掘削されるアイスコアは、過去の気候変動を読み解く上で貴重な試料といえる。日本は高度な掘削技術を有しており、グリーンランドでの国際プロジェクトへの貢献や、南極ドームふじでの深層コア掘削、アラスカ・カムチャツカ・アジアといった高所での氷河コア掘削など、多くの掘削実績を挙げている。しかしその一方で、欧米に比べ、掘削した実績に見合う十分な成果を発信できていない。この原因として、掘削したアイスコアを分析する体制が十分整備されていないことが大きな理由の一つとしてあげられる。南極観測事業においては、現地観測の予算のみが配分され、現地観測で採取した氷床コアや積雪などの雪氷試料の分析にかかる予算がつかない。一方、科学研究費などにおいては、直ちに研究成果が出ない氷床コア・雪氷コア掘削や長期にわたる積雪試料採取の予算が獲得しづらい。このため、通常はコア掘削や積雪試料採取と、コアや積雪試料の分析を同一のプロジェクトとして予算申請せざるを得ない。その場合、予算額と研究期間が限られているため、予算と研究期間の大部分がコア掘削や積雪試料採取に使用されてしまい、十分な分析を行うため予算が確保できないのが現状である。

国内におけるアイスコアの分析体制は、人的資源・機器などの面でヨーロッパ連合やアメリカの研究機関に比べて十分とは言えない。大学共同利用機関としての役割を有する国立極地研究所が、大学などの他研究機関が掘削したアイスコアの分析の一端を担ってきたが、掘削されるアイスコアの数近年大きく増加しており、分析すべき試料の数に分析体制が追いついていないのが実情である。このため、迅速な分析を実施できない場合が多々ある。ドームふじ深層コアをはじめとする、重要な成果を生みうる素材としてのアイスコアが得られつつある現状をふまえ、これらの貴重なアイスコアを分析するための機器・人材の整った分析拠点の整備が期待されている。

南極観測事業によってコアや積雪試料を採取した場合も、高額な最新の分析装置を導入する経費、解析を行う研究者や技術者を雇用する経費の捻出が困難である。また、試作工場や技術者を持たない研究機関がほとんどであるため、分析技術の革新を行うのが困難であり、世界最先端の分析を迅速に実施することができる研究機関は非常に限られている。このような事情により、労力と予算を投入して採取したコアや積雪試料の分析も、簡単にできる分析に止まることが多い。欧米諸国のように、コア掘削や長期にわたる積雪試料採取などと、その後の試料分析を分離して予算として計上できるシステムを構築するか、あるいは、研究期間を現在よりも長期化し、予算総額を増額する必要がある。また、研究機関が試作工場や専任の技術者を長期的に確保できるシステムの構築が急務である。

(東・藤田)

5.2 衛星観測の推進

5.2.1 温室効果ガス観測技術衛星（GOSAT）の有効な運用と検証体制の確立

(1) 温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT)概要

GOSAT は、二酸化炭素とメタンの全球濃度分布を観測し、二酸化炭素の吸収排出量に関するこれまでの推定誤差を半減することを目的としており、2008年度の打上げを目指して開発が進められている。これは環境省（MOE）、国立環境研究所（NIES）、宇宙航空研究開発機構（JAXA）の3者の共同プロジェクトである。

機器開発、および、分光スペクトルデータであるレベル1データまでの処理をJAXAが、また、二酸化炭素とメタンの大気中濃度分布であるレベル2以降のデータ処理をNIESが分担している。データ解析アルゴリズムの一部は、東京大学などの協力のもとに進められている。各レベルのデータ配布は、NIESおよびJAXAから行われる。

(2) プロダクト説明

レベル1プロダクトは、インターフェログラムおよび輝度スペクトルである（その校正は、JAXAが主体となって行う。輝度スペクトルの校正として、絶対輝度・リニアリティ・オフセット・波長・装置関数・信号対雑音比（SNR）などの項目が実施される）。

主なレベル2プロダクトは、短波長赤外（SWIR）バンドから導出される二酸化炭素カラム量・メタンカラム量、熱赤外バンド（TIR）から導出される二酸化炭素プロファイル・メタンプロファイルである。レベル3プロダクトは、二酸化炭素カラム量全球分布、メタンカラム量全球分布である。レベル4プロダクトは、二酸化炭素フラックス全球分布と二酸化炭素濃度全球分布である。

(3) 検証について—基本方針および観測実験—

GOSAT 打上げ前は、二酸化炭素・メタンのカラム量などの導出アルゴリズムの検証が必要であるが、これについてはすでに高精度フーリエ変換分光器（FTS）および航空機搭載FTSで観測実験が行われている。アルゴリズムの改良のためには今後も観測実験を実施することが必要と考える。また、二酸化炭素・メタンのカラム量導出に必要な分光パラメーターや太陽のフラウンフォーファー線は、カラム量を高精度に導出する観点から、アルゴリズム開発や改良の段階に評価を行い、適宜最新の知見を取り入れていく必要がある。

打上げ後については、得られたプロダクトのデータ質の検証を行っていくことが必要である。GOSAT は、当面クリアスカイのデータ処理予定なので、陸域・海域でのクリアスカイ時の検証データ、陸域・海域での薄い巻雲やエアロゾルがある場合の検証データが特に有用となる。

GOSAT の観測領域は全球であり、種々の地表面条件・気象条件・大気条件の下での観測を行うことになる。このことから、独自に検証データを世界各地から集めるよりは、既に世界各地に展開され定常的に取得されている多様な観測データの利用を進めることが効率的である（図5-6）。複数の特定観測地点のスーパーサイト化（検証に必要な観測機器を設置し重点的・定常的に観測を行うサイト）を

図り、プロダクト検証・アルゴリズム検証に必要なデータを収集することも必要である。また、種々の気象条件下で、地上観測や航空機観測によるキャンペーン観測を実施することも有用であると考えられる。

気体濃度であるレベル2の検証については、衛星観測で得られるデータが気柱濃度や鉛直プロファイルであることから、アメリカ海洋大気庁（NOAA）や気象庁が整備している地上観測データのみでは不十分である。そのため、地上設置型フーリエ変換赤外分光光度計（FT-IR）やエタロン分光器による観測データを用いた検証が必要となる。これらは、国立環境研究所が中心となり国内サイトでの観測データが利用される他、国際的な観測コミュニティである全炭素カラム量観測ネットワーク（TCCON）からのデータ提供を受けることも検討されている。アメリカの同種プロジェクトである軌道上炭素観測衛星（OCO）も TCCON データの利用を行うことから、OCO のプロジェクトと検証用データを共有することも検討中である。また、国立環境研究所・気象研究所・JAL の共同プロジェクトである JAL 機による上空気体濃度観測によるデータを用いた検証も重要な位置を占める。

以上のことから、主に下記のような観測ネットワークなどの利用が有用であると考えられる。

- ・国内の地上高分解能 FTS による観測 (NIES 等)
- ・地上高分解能 FTS ネットワーク (TCCON・大気組成変化検出のためのネットワーク (NDACC) 等) からのデータ利用
- ・JAL 航空機観測プロジェクトデータの利用
- ・大気球観測データの取得および利用 (東大・東北大・NIES・JAXA/宇宙科学研究本部 (ISAS) 等)
- ・温室効果ガス世界資料センター (WDCGG) のデータ利用
- ・地上二酸化炭素観測データ・相模湾上空二酸化炭素濃度データ・シベリアにおける航空機モニタリングデータ (NIES)
- ・日本上空航空機観測データの利用 (東北大学)
- ・他衛星との比較 (OCO : SCIAMACHY (Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Chartography)・大気赤外サウンダ (AIRS) 等)

また、誤差要因に関連するパラメーター（エアロゾルの光学的特性や薄い巻雲など）の検証が重要であることから、SKYNET (Sky Radiometer Network)、AERONET (Aerosol Robotic Network)、世界気象機関(WMO)/全球大気監視計画(GAW)、Lidar Network (NIES) などのエアロゾル・雲に関する地上観測ネットワークや、CALIPSO (Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observation) などの衛星搭載ライダーのデータの利用が考えられる。また、レベル4プロダクトの比較は、海域（緯度 5° × 経度 5° ）はほぼフラックスが同様であると考えられるので、船舶による観測データの利用が有効である。また、大気-海洋間の二酸化炭素フラックスデータの利用、フラックスサイト観測データの利用が考えられる。

実際の検証解析作業のうち、アルゴリズム改訂への反映や検証に関する業務は GOSAT プロジェクトの一環として NIES が中心となり実施する予定である。また、サイエンスチームメンバー・リサーチアシスタントによる研究者・一般利用者な

どによる検証解析に係る研究が実施されることが期待される。

(4) GOSAT のデータ利用について

データ利用のうち、最も重要な目的である濃度データから二酸化炭素の吸収排出量の推定を行う解析(インバージョン解析)について、NIES が処理を行う一方、地球環境研究フロンティア・産業技術総合研究所・国内大学などの研究者とも連携して研究が進められる予定となっている。また、国際的な研究コミュニティである大気微量成分輸送モデルの相互比較プロジェクト (TransCom) にもデータ提供し、複数のモデル(現状 17 モデル)による同種解析が行われ、成果が出されることが期待されている。一方、熱赤外データからは気象予報に役立つ気温や水蒸気データが得られるが、気象業務への利用には受信後 6 時間以内のデータ提供が必要であるが、現状では関係機関と調整を行っている段階である。

また、二酸化炭素吸収量のインバージョン解析結果と衛星画像データから求められる植物生産量との比較や、植生モデルとの比較など、より高次のデータ利用については、まだコミュニティ間の情報交換がようやく始まったばかりであり、今後、連携拠点を利用しての研究協力が望まれるところである。

(5) GOSAT 後継機と国際動向

データの継続性に関しては、JAXA の長期計画と関連して GOSAT 後継機の構想について JAXA 内外で検討が開始されている。一方、外国の衛星搭載センサーのうち、アクア衛星 (Aqua) の AIRS ならびに極軌道気象衛星 (MetOp) の大気サウンディング赤外干渉計 (IASI) が上空の二酸化炭素濃度を定常的に解析処理し始めている。また、オーラ衛星 (Aura) の対流圏放射分光計 (TES) も解析を行う検討に入り、衛星が運用される限りデータが提供されるものと考えられる。走査型赤外サウンダ (CrIS) はアメリカ極軌道環境観測衛星システム (NPOESS) 実証プロジェクト (NPP) において、NPOESS に搭載されて今後打ち上げられるセンサーであるが、既に標準プロダクトとして二酸化炭素濃度の解析結果が提供されることが検討されている。これらのうち特に 2006 年に打ち上げられた IASI は寿命が 5 年であり、3 号機まで連続して打ち上げられることから、今後、15 年という長期にわたって上空の二酸化炭素濃度データを供給していく計画であり、インバージョン解析コミュニティからも期待が寄せられている。このような状況を考慮し、日本の衛星観測計画についても、各種研究コミュニティからデータ提供が長期継続されることが期待されている。

(松浦・今須)

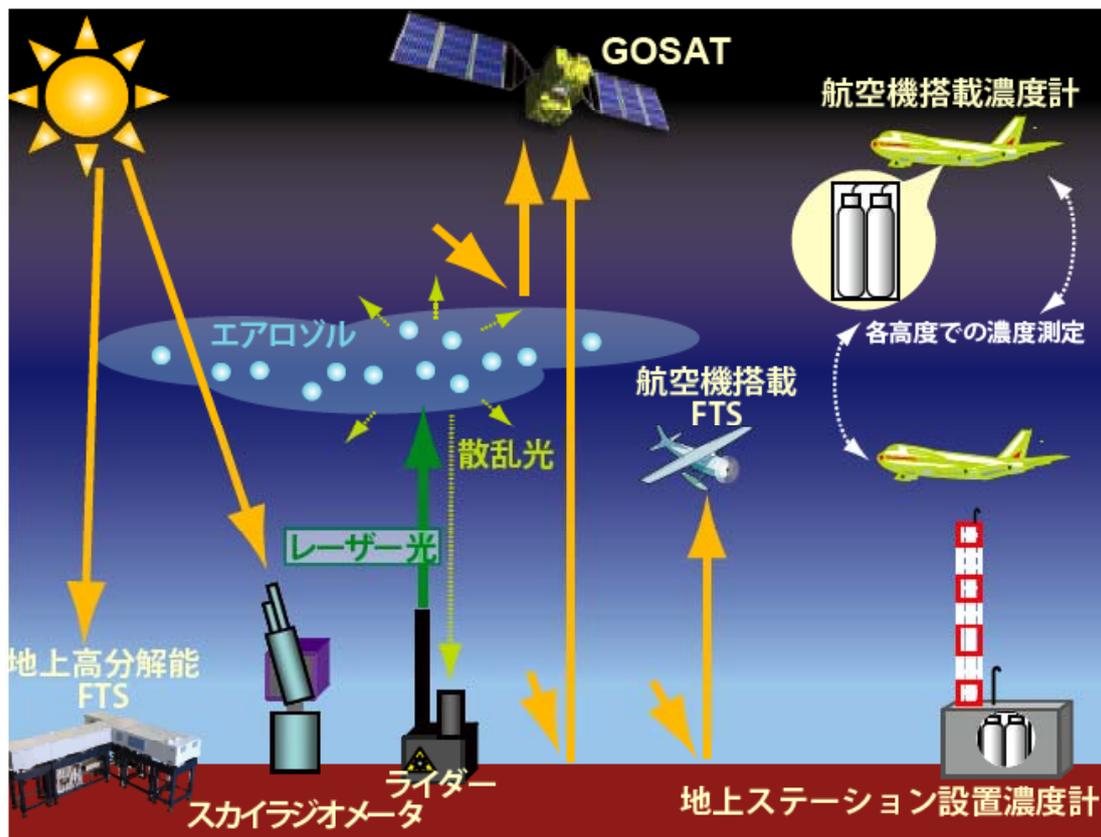


図 5-6 温室効果ガス観測技術衛星 (GOSAT) の検証模式図 (NIES GOSAT パンフレットより)。

5.2.2 海洋植物プランクトンのモニタリング

(1) 我が国の海色衛星観測の現状

海外の衛星で海色を観測できるものには、海洋広域観測センサー (SeaWiFS : Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor)。アメリカ航空宇宙局 (NASA) と ORBIMAGE (Orbital Imaging Corporation) 社との共同プロジェクト。1997 年 9 月から全球観測を実施。)、中分解能分光放射計 (MODIS : 1999 年と 2002 年から運用中のテラ衛星 (Terra) と Aqua に搭載され、地方時午前 10 時半と午後 13 時半に観測。) などがある。

日本の衛星センサーで得られたデータを用いることで、海色大気補正やクロロフィル a 濃度推定などのアルゴリズム開発は進んだが、データ利用の面では海外センサーを頼ることになり、データ提供や利用体制の構築などの面で困難がある。JAXA では、衛星海色観測の有効利用を推進するため、2002 年から MODIS データによる海色推定処理を行い、海洋研究者や水産ユーザーなどに配布すると共に、海色海温走査放射計 (OCTS) の準備段階 (平成 7 年度) から水産総合研究センターと利用実証のための共同研究を行っている。

衛星海色観測では可視～近赤外波長域で観測を行うため、雲による欠損がある。そのため、変動解析に十分な時空間的頻度を得るためには複数のセンサーデータを複合的に利用することが必要である。このための国際グループとして、地球観測衛星委員会 (CEOS) に基づき 1996 年に設立された国際海色研究グループ (IOCCG)

があり、日本は設立当初から積極的に参加している。

(2) 我が国の海色衛星観測の問題点

最も大きな問題点は地球観測プラットフォーム技術衛星 (ADEOS) の2つのミッションが短命に終わっていることである。地球温暖化と関連する海洋植物プランクトンの変動をモニタリング・研究・利用するためには、長期安定した衛星観測と共に、継続したデータ提供を行うことが必須である。例として過去10年間のクロロフィル a 濃度観測と El Niño イベントとの対応を図 5-7 に示す。

海色推定は宇宙から微量のシグナルを抽出するので高い校正精度を必要とする。特に複数のセンサーデータを合わせて利用するには観測輝度を正確に校正する必要があり、それが大きな課題となっている。実際、Terra の MODIS は輝度校正が不安定であるため、海色の利用に困難を生じている (Franz *et al.*, 2007)。

データ配布については、NASA は MODIS のデータを無償・無制限で提供することでデータの普及に繋げているのに対して、日本では無償データ配布が困難であったため、それが利用者の敷居を上げる一因となっている。

衛星海色や海洋植物プランクトンクロロフィル a 濃度推定アルゴリズムにおいて、沿岸など様々な物質が流入する海域では十分な精度を得られていない。また、日本周辺など産業の発展が著しい東アジアからの人為起源エアロゾルの流入によりエアロゾル補正が困難な場合もあり、これらに対応したアルゴリズムの開発が望まれる。

(3) 今後の展望とあるべき観測の方向性について

時空間的観測空白の改善および観測項目の充実のためには、各国の宇宙機関と連携して SeaWiFS や MODIS の後の衛星海色観測計画を構築することが必要である。現在計画されているのは NASA の NPOESS 計画の中の可視赤外イメージャー・放射計 (VIIRS) であるが、気象から防衛までの汎用センサーであるため校正精度に問題があるとの指摘もある。JAXA は現在気候変動観測衛星 (GCOM-C) に搭載する多チャンネル走査放射計 (SGLI) を 2013 年打ち上げで立案中である。

解析・利用の面では、クロロフィル a の動態解析や漁場予測から、炭素固定量 (基礎生産量) 推定や水産資源管理 (生産力の推定・生育予測)、および温暖化による海洋生態系の応答評価へ発展させることが期待される。

衛星データ物理量推定アルゴリズムに関しては、クロロフィル a 濃度の推定以外にも、陸から流出する懸濁物質や赤潮発生環境の推定、植物プランクトン種別の識別などへの発展が期待されている。

特に日本では沿岸での水産が盛んであり、このために従来の 1km 程度分解能より細かい分解能のデータによる沿岸モニタリングへの期待が高い。高空間解像度と高観測頻度、および校正精度の両立はハードウェアの実現性の上で一般に困難であるが、GCOM-C ではそれらを両立しうる空間分解能 250m を計画している。沿岸は様々な物質が流入し特にアルゴリズムが難しい領域である一方で、現場観測も定期的に行われているので、これらと効果的に融合することで沿岸生態系・生産力などのモニタリング、モデル化、予測を効果的に行い、沿岸環境保全に繋げることが期待される。

(松浦)

Chlorophyll-a concentration

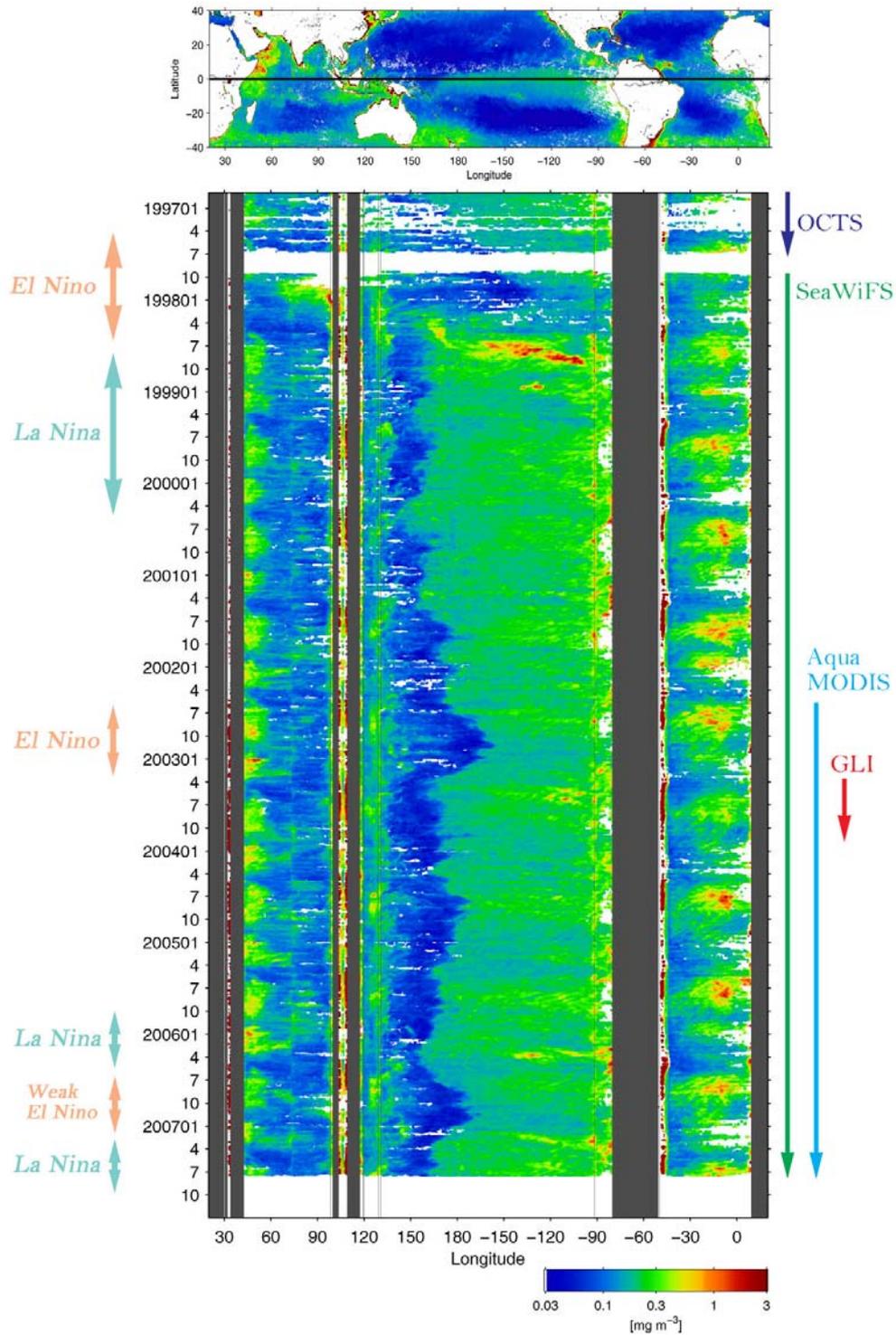


図 5-7 赤道上のクロロフィル a 濃度の時間変化。
 上の図は 2003 年 9 月の低緯度域の月平均画像のサンプル。黒線断面の時間変化を下の図に示す。図の左側にエルニーニョ (El Niño) とラニーニャ (La Niña) の期間を、図の右側に衛星センサーの運用期間を示す。太平洋西部赤道域の低クロロフィル域 (暖水域) と東部の高クロロフィル域 (赤道湧昇域) の境界が El Niño 期には東に移動し、La Niña 期には反対に西方に移動している様子が分かる。

5.2.3 衛星 (AVHRR・MODIS等) による植物季節・陸域炭素循環に関する観測

地表面の植生活動や炭素循環を解析する手法には、「地表面の観測値である衛星データを利用したアプローチ」と「大気データから地表面状態を予報したアプローチ」がある。中でも、前者の衛星データによるアプローチは、広域での観測値で現在の地表面状態を把握できる唯一の手法であり、温暖化の現状を把握する最も有効なアプローチである。このことから、衛星データによる植物季節・陸域炭素循環の解明研究は、温暖化研究において欠かすことができない。

近年、衛星データによる植物季節・陸域炭素循環の解明研究は大きく発展した。その最大の理由は、センサー開発技術の向上に伴って、「広域で、長期連続観測された、高い空間分解能」の衛星データが安定入手できるようになったことにある。衛星観測の大きな利点は、広域観測である。地上観測では1回で1地点の炭素収支観測しかできないことを考えれば、衛星観測データは非常に有用な観測データである。また、衛星観測では長期の連続的な観測も行っている。1978年にNOAA6号が打ち上げられて以降、後継機12台が打ち上げられ、その全てに同じ規格のセンサー、改良型超高分解能可視赤外放射計 (AVHRR) が搭載された。できるだけ同じ条件で観測された約30年間の広域観測データを使えることは大きな利点である。さらに、衛星観測は空間分解能の向上や観測波長帯の増強にも取り組んでいる。2000年前後から、SPOT/VEGETATION や、より高分解能センサーであるTerra/MODIS や Aqua/MODIS が登場し、250m-1km 分解能での時系列観測データが入手できるようになった。地表面状態をより高い分解能で観測することで、衛星観測データによるより詳細な空間分布解析もできるようになってきた。さらに、国産の地球観測プラットフォーム技術衛星「みどり」(ADEOS-II) /多波長光学放射計 (GLI) は2003年の約1年間で観測を停止したが、MODIS とほぼ同じ分解能で可視近赤外の波長域を増強するなど、多種多様なデータを観測する試みも行っている。このようにして、衛星データは有用な地表面の時空間データへと発展し、植生季節や炭素循環の解析に広く用いられるようになった。

「衛星データによる植物季節・炭素循環」研究について、各テーマの研究内容や今後の課題を以下に示す。

(1) 衛星データによる植物季節に関する観測

人工衛星によって、植物の季節変化のタイミングが面的に観察できることは、1970年代のリモートセンシング黎明期から知られており、衛星から可能な環境変動モニタリングの古典的手法として、多くの研究報告がなされてきた。しかしながら、その精度や客観性に関しては、まだ検討の余地がある。たとえば、1980年代から1990年代にかけて、広域植生変動観測の主役であったNOAA/AVHRRは、衛星の軌道制御が厳密ではなかったために、各地点への飛来時刻が少しずつずれてしまい、その結果、長期間の経年変動の議論のベースである観測条件の一貫性が、十分でなかったということがある。大気やエアロゾルなどによるノイズ、雲による欠測なども、長変動の観測・解析を困難にしている。そのような中で、たとえば東アジアの広域で、植物の春の展葉が早まりつつあるという報告がなされている。

一方、2000 年前後に、相次いで、NOAA/AVHRR に代わる衛星センサーが複数、打ち上げられており、データの品質という観点では大きな進展があった。長期データの蓄積という観点では、これらの高品質・複数衛星のデータセットはまだ十分ではないが、たとえば北東アジアで 2002 年の春の展葉が、他の年に比べて顕著に早かったことがわかっている。それが炭素収支にあたる影響などが、陸域生態系モデル BEAMS (Biosphere Model Integrating Eco-physiological and Mechanistic Approaches using Satellite Data) で検討されている。

今後の長期観測のためには、まず、地上で精度の良い検証データを得ることが必要である。衛星は、基本的に、数年から 10 年弱くらいで寿命を迎えるために、長期的な植物季節の変動を衛星でとらえる場合、衛星センサーの劣化を検証し、補正する必要があるし、複数の衛星データを組み合わせて使う場合には、その品質を共通の地上データで検証する必要がある。そのような目的で、2003 年から、日本で陸上植生の季節変動・長期変動に関する長期観測網 (PEN) という、衛星による植生観測の検証を目的にした、長期地上観測キャンペーンが開始され、2007 年現在も、JapanFlux や AsiaFlux の観測サイトを主たる拠点として、継続的に観測活動を続けている。

(2) AVHRR・MODIS・GLI による陸域炭素循環に関する観測

過去の研究では、衛星データによる炭素収支解明を目的としたモデル・アルゴリズムが数多く提案・開発されてきた。モデル・アルゴリズムから推定した炭素吸収量の季節・経年変動パターンは、地上観測データによってポイントスケールでの時間的な評価が行われる。さらに、その評価を複数の地点で行うことで、空間的な評価も行われる。また、炭素吸収量の時空間解析では、開発したモデルやアルゴリズムにできるだけ多くの良質な衛星データを取り込み、より高精度で詳細な炭素収支解析を試みる研究が増えている。しかし、これらの「衛星データによる炭素収支解析」の研究には、以下のような課題がある。

○モデル・アルゴリズムの検証不足

検証地点が少ないことによる検証不足がある。検証地点は欧米を中心に 700 地点以上あるが、この地点数は全球を評価するには少ない。仮に、全世界を緯度経度 1 度で区切ったとしても、陸域全体の 3.5% に過ぎない。これを炭素吸収量の検証に限れば、全世界でも約 280 地点が現状である。さらに、アジアは欧米よりも面積が広いにもかかわらず、炭素吸収量の観測地点は殊更に少ない。アジア地域は欧米と比べて水田が非常に多いなど、アジア特有の土地利用が炭素循環に与える影響も大きい。モデル・アルゴリズムを空間的に評価する上で、アジア地域を中心に観測地点が大幅に増えることを期待したい。

また、地上観測の長期連続データ不足・空白による検証不足もある。近年のモデル研究例を見ても、モデル・アルゴリズムを長期連続的に検証できる地点数はおよそ十数点しかない。その大きな理由には、観測測器の不調や観測条件の悪化で長期連続観測データに空白が生じることや、研究費削減などで観測測器が停止することもある。温暖化は長期時間スケールで解析する必要がある。そして、温暖化を解析するモデル・アルゴリズムを長期間評価することは必要不可欠である。モデル・アルゴリズムを時間的に評価する上で、地上観測が長期間、安定して維持されることや長期地上観測計画が新たに立ち上がることを期待したい。

○衛星観測データの空白と精度

衛星観測データの精度劣化やデータ空白は、雲被覆による観測条件の悪化や衛星センサーのトラブルなどにより生じる。これらの問題を回避するためには、アメリカの Terra と Aqua のように同じ規格のセンサーを同時に打ち上げて観測頻度を増やすしかない。そして、衛星センサーの更なる高度化や衛星観測の長期継続を行っていく必要がある。また、日本のようなローカルスケールで植生分布や土地利用・土地被覆の変化を把握するときには、250m 程度の解像度をもつデータが非常に有用である (Nguyen *et al.*, 2005)。これらを勘案すれば、今後も 250m 以上の分解能を持つ、より高度な衛星センサーを打ち上げ、その観測を長期的かつ継続的に遂行していく必要がある。

衛星観測データの課題を解決する革新的な計画のひとつが、JAXA の地球環境変動観測ミッション (GCOM) である。この計画の目的は、温暖化に深く関わる植生変動や炭素循環・水循環メカニズム・気候変動を解明することにある。この計画では、国産衛星 ADEOS-II の技術を継承して、マイクロ波放射計を搭載する水循環変動観測衛星 (GCOM-W) と GLI を搭載する GCOM-C の 2 種類の衛星を 3 世代継続して打ち上げる予定で、これによって全球の長期継続観測 (10~15 年程度) が可能になる。植生変動や炭素循環研究に関係が深い衛星 GCOM-C に、250m 分解能、偏光・多方向観測が可能な SGLI センサーを搭載することが大きな特徴といえよう。今後、植物季節や陸域炭素循環、気候変動と地球温暖化の関係などを解明していくためには、GCOM-C/SGLI のような最新鋭センサーで全球を観測する必要がある。また、長期観測という観点に立てば、GCOM のような温暖化研究に適した大規模計画を数十年先まで継続させていく必要がある。ただし、大規模計画で、その予算規模が非常に大きいことから、国際的な共同計画立案 (例えば、世界各国が協力して同一センサーを順次打ち上げる) などの配慮が必要である。

(松浦・西田・佐々井)

5.2.4 雪氷関係の衛星長期観測 (ALOSによる氷河表面マッピングを含む)

雪氷圏は地球温暖化の影響を最も早く受けやすい領域として、近年注目を集めている。特に、2007 年 9 月に北極海の海氷域が衛星観測史上最小面積の記録を更新 (図 5-8) したように、北極圏の環境変動は、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の第 4 次評価報告書 (IPCC, 2007) 内で議論されている数値気候モデルの予測結果をはるかに上回る速度で変化が進行している (Stroeve *et al.*, 2007)。今まさに起こりつつある環境変動の実態を監視する上で、衛星による観測はもはや欠くことのできない重要な手段として、国際的に認知されている。

海氷域 (面積) の観測は、1970 年代後半から利用可能になってきたマイクロ波センサー (SMMR (Scanning Multichannel Microwave Radiometer) や機械走査型マイクロ波放射映像センサー (SSM/I) など) による観測開始以降、既に 30 年近い実績がある。我が国でも、JAXA が開発を担当し 2002 年に Aqua に搭載されて打ち上げられた高性能マイクロ波放射計 (AMSR-E) は、打ち上げ以降 5 年以上にわたり北極および南極域の海氷分布を観測してきており (Comiso *et al.*, 2003)、2001 年頃以降急激な減少傾向を示している北極海氷面積の変動を世界最高精度で監視し続

けている。海氷観測に関しては、上で述べたように、「面積」としての情報抽出の歴史は長いものの、地球温暖化に対する海氷域の応答特性を考える場合、「体積(厚さ)」としての情報抽出の重要性も指摘されてきた。海氷厚に関しては、これまで潜水艦などによる観測などごく限られた情報しか存在していなかったが、近年人工衛星による「厚さ」情報の抽出も海外において試みられるようになってきている。人工衛星搭載のレーザー高度計 (ICESat : Ice, Cloud, and land Elevation Satellite に搭載) やレーダー高度計 (ヨーロッパリモートセンシング衛星 (ERS)、エンビサット衛星 (ENVISAT) に搭載) を組み合わせ、海面から浮き出た部分の海氷高とその上に積もる積雪深を個別に計測するなどして、海面下も含めた海氷厚を抽出する事例もみられている (e. g. Forsberg and Skourup, 2005)。観測点が限られる船舶などによる現場観測網の穴を埋め、全球規模での海氷厚分布の季節・経年変動を計測する有力な手段として、今後のデータ解析・検証作業の動向が注目される分野であるが、我が国には海氷厚を精度よく計測できる衛星センサーの開発計画は今のところ存在しない。

積雪の観測に関しては、NOAA において衛星による地球観測が開始された 1966 年以降、最も基本的な観測対象物として、積雪域の面積が 40 年近く継続して観測されている。極軌道気象衛星 NOAA に搭載された AVHRR による最近 20 年間の結果からは、北半球の積雪面積が、2%/10 年程度の速さで減少傾向にあることが指摘されている (Armstrong and Brodzik, 2001)。また、同じ衛星センサーのデータからは、北極域の積雪や海氷の表面温度が、20 年間で約 1°C 上昇していることも明らかにされている (Comiso, 2003)。1999 年 12 月に MODIS が打上げられた頃から、AVHRR よりも多く観測波長帯を備えた光学センサーのデータが利用可能となり、積雪の分光反射特性を宇宙からより詳しく観測することが可能となってきた (例えば、アメリカの MODIS、我が国の GLI、そしてヨーロッパの中分解能イメージングスペクトロメーター (MERIS) など)。それに伴い、地球温暖化の進行による積雪域の融解域の検出や人為起源煤エアロゾルによる積雪汚染などの把握のために、雪氷面の分光反射率スペクトルが雪質 (積雪粒径) や汚れに依存して変動する原理を利用して、図 5-9 に示すように全球規模の積雪域の雪質や汚染の季節変動を捉える試みが開始されている (e. g. Hori *et al.*, 2007)。この他、水文学的に重要な積雪深を宇宙から計測する手法についても、マイクロ波センサー用のアルゴリズムが開発されている (Kelly *et al.*, 2003)。

陸域の氷河は、1850 年以降 20 世紀を通して、全球規模で見れば後退するものが多数を占めていたが、1990 年以降、降水量の増加に伴い成長 (前進) する地域も見られている (IPCC, 2007)。地球温暖化に伴う降水パターンなどの変動が、地域毎に異なる形で氷河の消耗・成長に影響を及ぼしているものと考えられる。このように激しくそして多様に変動する氷河の質量収支を衛星から計測する国際間協同プロジェクトとして GLIMS (Global Land Ice Measurements from Space) が立ち上げられている (図 5-10 : Kargel *et al.*, 2005)。GLIMS は、我が国の経済産業省が開発した高性能光学センサー (ASTER) やアメリカのランドサット衛星 (Landsat) などの高分解能衛星光学センサーの画像を用いて、全世界の 160,000 もの氷河の流動域・雪線高度・流動速度などのマッピングを行い、web を介した地理情報システム (GIS) データベースとして構築するものである。現在、約 4 割の氷河がインベントリに登録されているが、中国領以外の、チベット高原を取り巻

く山域における解析が遅れており、この地域における日本の貢献が期待されている。また、2006年1月には、JAXAが開発した陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS)が打ち上げられた。ALOSには、高分解能の光学センサー(AVNIR2)、そしてフェーズドアレイ方式Lバンド合成開口レーダー(PALSAR)が搭載されており、今後の氷河域の成長・消耗の検出などに貢献することが期待されている。

以上、過去そして現在進行形の衛星ミッションについて述べてきたが、それによって明らかになりつつある近年の著しい雪氷圏の変動は、今後10~20年における地球環境の激変を予感させるに十分なものであり、切れ目のない長期継続的な衛星観測が重要であることには疑いの余地がない。我が国が誇るAMSR-Eは、海氷監視にも大きな国際貢献を果たしてきているが、既に設計寿命を超えて運用が継続されており、一刻も早い後継ミッションの立上げがデータ利用機関や研究者から要請されていた。JAXAは、AMSR-Eの後継ミッションとして、GCOM-Wに搭載されるAMSR2の開発を開始した。また、2003年に電源系の故障で失ったGLIを引き継ぐセンサーとして、GCOM-Cに搭載されるSGLIの開発準備を進めている。両衛星センサーは、2012年頃より順次打上げられ、3シリーズ13年間にわたり、積雪や海氷を始めとする全球規模の地球物理量の長期観測を行う計画となっている。地球の気候変動メカニズムの解明、そして将来の気候変動を予測する数値気候モデルの改良などに貢献するものと期待される。

(松浦・藤田)

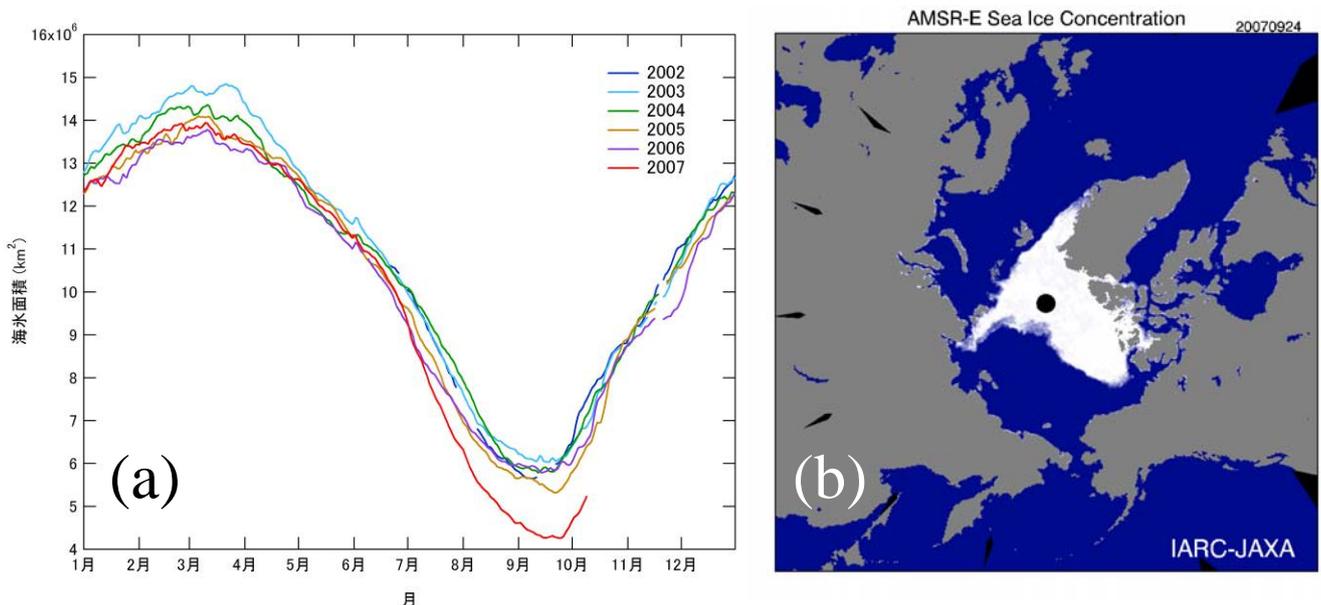


図 5-8 (a) AMSR-E により観測された 2002~2007 年における北極域海氷面積の季節変動、ならびに (b) 衛星観測史上最小となった 2007 年 9 月 24 日の北極域海氷分布。

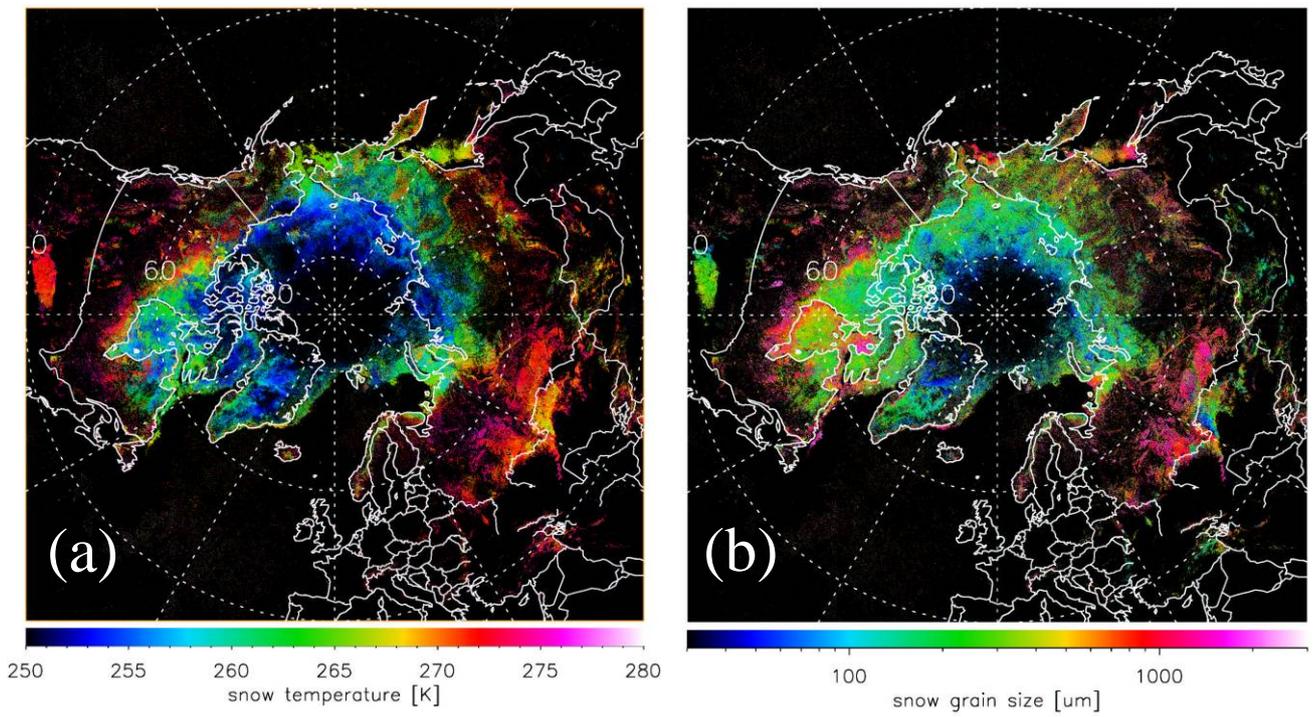


図 5-9 GLI により観測された 2003 年 4 月の北極域の (a) 雪面温度ならびに (b) 積雪粒径。

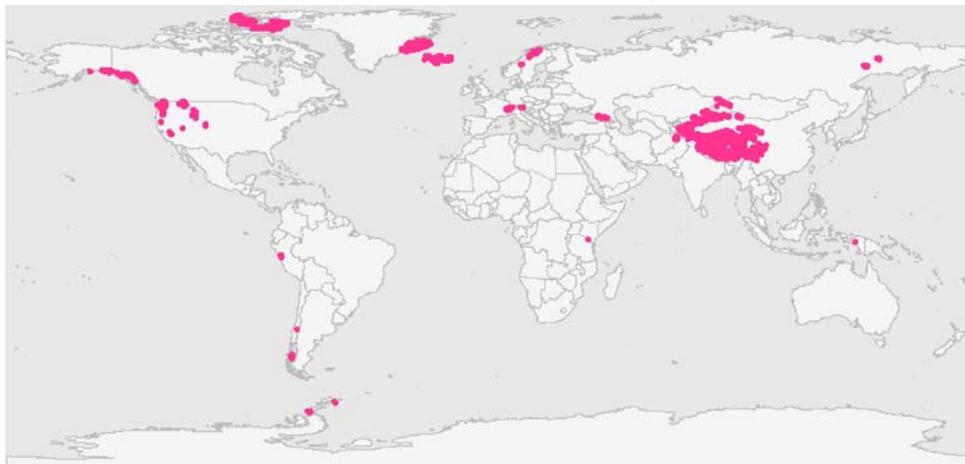


図 5-10 GLIMS に登録されている約 60000 の氷河 (2007 年 12 月現在)。

5.3 プロセス観測の推進

5.3.1 キャンペーン観測

衛星観測データの検証のための現場データ取得を目的にした観測も“キャンペーン観測”としてしばしば行われる。地球観測プラットフォーム技術衛星「みどり」(ADEOS)の海色海温走査放射計(OCTS)では、海色データ(クロロフィルa濃度や正規化海水射出放射輝度や基礎生産量など)について、ADEOS打ち上げ後初めてのブルーミングの時季(4月~6月)に三陸沖で全球海洋フラックス合同研究計画(JGOFS)と共同で旧宇宙開発事業団(NASDA)や水産研究所・気象庁・大学などの協力機関が集中的に観測を行った(Saino *et al.*, 1998)。キャンペーン観測は様々なパラメーターを集中的に測定できるので、対象としたある時期・ある場のプロセスの理解に効果的である。一方で衛星観測の検証という観点では、実施期間の天候や一時的な観測測器の不具合などの影響で衛星データとのマッチアップが取れないといったリスクがある。ADEOS-II/GLIでは、衛星データ検証計画としての現場観測の他に、共同研究や観測船への光学測器の提供といった形での通常の研究機関や大学の観測活動と連携や、アメリカ航空宇宙局(NASA)の中分解能分光放射計(MODIS)やヨーロッパ宇宙機関(ESA)の中分解能イメージングスペクトロメーター(MERIS)などの海外の衛星ミッションにおける現場観測計画との連携によって、効果的に検証用データを収集した(図5-11: Murakami *et al.*, 2006)。この手法は、広域で様々な観測条件のデータを収集できると共に、他の衛星データとの相互比較や相互利用への橋渡しとなり得るが、国内外で統一的な現場観測量の定義や測定手法がある程度確立していることが条件となる。次期の地球環境変動観測ミッション(GCOM)/多チャンネル走査放射計(SGLI)でも国内外の現場観測研究や衛星ミッションの動向を踏まえ、効果的に検証用データを取得・収集する計画である。

(松浦)

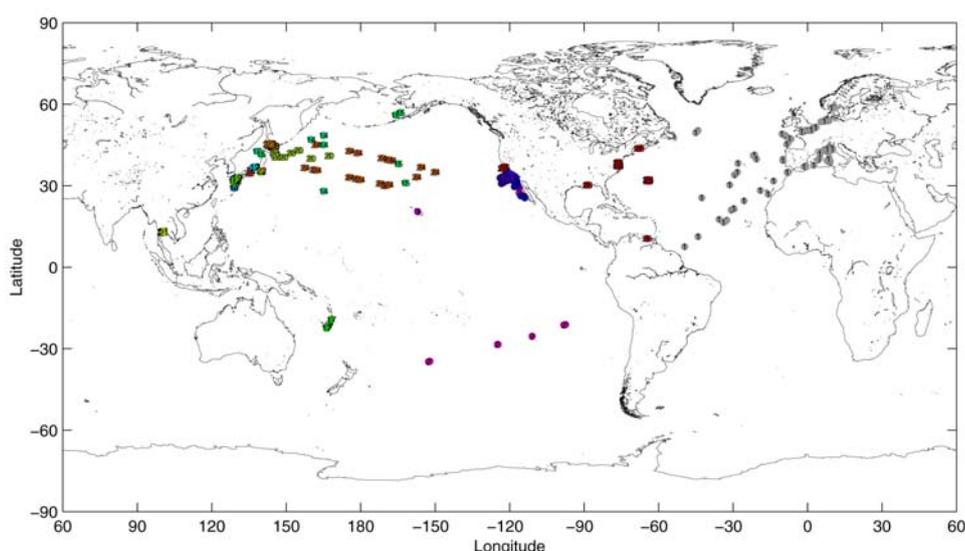


図 5-11 ADEOS-II/GLIにおける海洋データ検証地点の分布
(Murakami *et al.*, 2006)。

5.3.2 モデル検証のための観測

地球規模の熱・水・二酸化炭素循環に対する陸域生態系の役割については、近年までに、各種の大気循環モデルや陸域生態系モデル、衛星リモートセンシングに基づく研究などが数多く進められてきた。気候変化に対して陸域生態系がどのように応答するかを予測する研究も進展している。このような状況のもと、地球規模の現象に対し陸域生態系が果たす役割を明らかにし、その役割が長期的にどう変化しているかを検証することのできる地上観測データの蓄積と提供が、今までになく強く求められている。

しかし、陸域の地上観測データは、地球規模で陸域の役割を検出・検証しようとするデータ利用者にこれまで十分有効に活用されてきたとは言い難い。その第一の原因として、一般的な気象観測とは異なり、陸域で実施することのできる連続観測は、近年まで一年またはそれ以下の短時間に限られる場合が多かったことが挙げられる。短期間のデータでは、気候変化に対する生態系の応答といった長期の問題を解明することは困難である。第二の原因としては、陸域の観測データには時間スケールと空間スケールの異なるものが複雑に混在していることが挙げられる。例えば、陸域二酸化炭素収支のデータには、異なる時間スケール（30～60分毎に測定される二酸化炭素フラックス、年の単位で測定される樹木の成長量など）、および異なる空間スケール（数 cm² のオーダーで測定される個葉光合成、1 ha のオーダーで算出される植物現存量など）のデータが含まれる。これらの項目はいずれもモデル検証を行うために必要不可欠な項目である。しかし、こうした不均一なデータを利用するためには、利用者側が、陸域生態系の観測手法や対応する時間・空間スケールに関する十分な知識を持っていなければならない。

上記のような現状を改善するために、次のような三つのアプローチが必要であると考える。

(1) スーパーサイトでの総合的かつ超長期の観測

第一に、いくつかの明瞭な目的のもと、陸域の観測点と観測項目を適切に選定し、気象観測やフラックス観測方法のみならず、土壌を含む生態系内の熱・水・炭素・窒素などの循環プロセス測定などを加えた総合的な観測を、長期間（数十年から百年）の継続を見据えて開始することが望まれる。総合的かつ超長期の観測点をアジアに戦略的に設置することにより、陸域生態系モデルを用いたさまざまな環境変動に対する生態系の応答（例えば気温上昇、二酸化炭素・窒素酸化物の施肥効果、水循環の変化、病害虫の移動、森林火災などの攪乱に対する応答）、およびその応答変化に伴う大気-生態系間の熱・水・炭素交換量変化の検証が可能になる。

(2) 広域での多点観測データと空間的に連続した観測データの提供

第二に、スーパーサイトを含め空間的に適切に配置された観測点ネットワークで多点同時観測を行い、そこで取得されるデータを効率よく収集整理して、一定の品質管理を施した上でデータ利用者に提供するしくみを整備することが望まれる。しかしながら、現在のところほとんどの観測点では、担当する研究機関がデータを独自に収集管理しているのが実情である。AsiaFlux データベースの整備など

の活動を通してようやくデータの収集が始まったところではあるが、まだごく限られた観測点のデータが公開されているに過ぎない。

さらに、今後はアジア陸域の多点で観測される気象要素やフラックスの観測データを収集し、時間的にも空間的にも不均一なこれらのデータを、時・空間的に連続的なデータに変換した上で利用者に提供する方法を確立することも必要である。こうした時間的にも空間的にも連続した観測データを作成・提供することによって始めて、各種陸域生態系モデルや衛星観測による広域炭素収支量との相互検証が可能になる。

(3) 観測値の精度向上をめざす研究の推進

観測値を用いたモデル検証をさらに詳細に進める上で、観測値に含まれる誤差や不確実性の大きさが、良好な相互検証を妨げる大きな障害になってくることが予想される。陸域での炭素収支量推定の結果には依然として無視できない程度に大きい観測誤差が含まれることを十分に考慮し、微気象学的手法や生態学的手法による観測の精度向上をさらに推進することが重要である。また、観測精度向上の研究は観測的研究によってのみ進展するのではなく、総合的な観測サイトにおける陸域生態系モデルとの詳細な相互比較や、広域でのモデル・衛星観測との比較検証を通して大きく進展することが予想される。このことから、観測値の精度を向上し、それによって得られる高精度の観測データを使ってモデルを検証し、観測・モデルの両面から問題点の検出と手法改良を進め、その結果さらに観測精度を向上するということを繰り返すことにより、モデル検証と精度向上の研究を推進することが必要不可欠である。

(三枝)

参考文献 (5 章)

- 海岸昇降検知センター, 2003 : 日本列島沿岸の年平均潮位とそのグラフ, 100pp
気象庁, 2007 : 日本沿岸および近海の海面水位, 気候変動監視レポート, 2006,
48-50.
- 中村誠宏, 奥田篤志, 日浦勉 (印刷中), 地球温暖化研究における野外操作実験の
現状と課題, 保全生態学研究.
- Aoki, S., T. Nakazawa, T. Machida, S. Sugawara, S. Morimoto, G. Hashida, T.
Yamanouchi, K. Kawamura and H. Honda, 2003 : Carbon dioxide variations in
the stratosphere over Japan, Scandinavia and Antarctica, *Tellus Series B*,
55(2), 178-186.
- Armstrong, R.L. and M.J. Brodzik, 2001 : Recent Northern Hemisphere snow
extent: a comparison of data derived from visible and microwave sensors,
Geophys. Res. Lett., **28**(19), 3673-3676.
- Butler, J.J. and J. Xiong (eds.), 2007: Earth Observing Systems XII,
Proceedings of SPIE, **6677**.
- Cleland, E.E., I. Chuine, A. Menzel, H.A. Mooney and M.D. Schwartz, 2007 :
Shifting plant phenology in response to global change, *Trends Ecol. Evol.*,
22, 357-365.
- Comiso, J.C., 2003 : Warming Trends in the Arctic from Clear Sky Satellite
Observations, *J. Climate*, **16**(21), 3498-3510.
- Comiso, J.C., D.J. Cavalieri and T. Markus, 2003 : Sea ice concentration, ice
temperature, and snow depth using AMSR-E data, *IEEE T. Geosci. Remote*,
41(2), 243-252.
- Forsberg, R. and H. Skourup, 2005 : Arctic Ocean gravity, geoid and sea-ice
freeboard heights from ICES at and GRACE, *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L21502.
(doi:10.1029/2005GL023711)
- Franz, B.A., E.J. Kwiatkowska, G. Meister and C.R. McClain, Sep. 26, 2007 :
Utility of MODIS-Terra for ocean color applications, Earth Observing
Systems XII, Butler, J.J. and J. Xiong (eds.), *Proceedings of SPIE*, **6677**,
66770Q.
- Hori, M., Te. Aoki, K. Stamnes and W. Li, 2007 : ADEOS-II/GLI snow/ice Products
- Part III: Retrieval results, *Remote Sens. Environ.*, **111**(2-3), 291-336.
(doi:10.1016/j.rse.2007.01.025)
- IPCC, 2007 : Climate Change 2007 : The Physical Science Basis. Contribution
of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental
Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M.
Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge
University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- Kargel, J.S., M.J. Abrams, M.P. Bishop, A. Bush, G. Hamilton, H. Jiskoot, A.
Kääb, H.H. Kieffer, E.M. Lee, F. Paul, F. Rau, B. Raup, J.F. Shroder, D.
Soltesz, D. Stainforth, L. Stearns and R. Wessels, 2005 : Multispectral
Imaging Contributions to Global Land Ice Measurements from Space, *Remote
Sens. Environ.*, **99**, 187-219. (doi:10.1016/j.rse.2005.07.004)

- Kelly, R.E., A.T. Chang, L. Tsang and J.L. Foster, 2003 : A prototype AMSR-E global snow area and snow depth algorithm, *IEEE T. Geosci. Remote*, **41**(2), 230-242.
- Le Quéré, C., C. Rödenbeck, E.T. Buitenhuis, T.J. Conway, R. Langenfelds, A. Gomez, C. Labuschagne, M. Ramonet, T. Nakazawa, N. Metzl, N. Gillett and M. Heimann, 2007: Saturation of the Southern Ocean CO₂ Sink Due to Recent Climate Change, *Science*, **316**, 1735-1738. (doi: 10.1126/science.1136188)
- Matsueda, H. and H.Y. Inoue, 1996 : Measurements of atmospheric CO₂ and CH₄ using a commercial airliner from 1993 to 1994, *Atmos. Environ.*, **30**, 1647-1655.
- Miller-Rushing, A.J., R. Primack, D. Primack and S. Mukunda, 2006 : Photographs and herbarium specimens as tools to document phenological changes in response to global warming, *Am. J. Bot.*, **93**, 1667-1674.
- Morel, A. (ed.), 1998 : Minimum Requirements for an Operational, Ocean-Colour Sensor for the Open Ocean, IOCCG Report Number 1, 46pp.
- Murakami, H., K. Sasaoka, K. Hosoda, H. Fukushima, M. Toratani, R. Frouin, B.G. Mitchell, M. Kahru, P.-Y. Deschamps, D. Clark, S. Flora, M. Kishino, S. Saitoh, I. Asanuma, A. Tanaka, H. Sasaki, K. Yokouchi, Y. Kiyomoto, H. Saito, C. Dupouy, A. Siripong, S. Matsumura and J. Ishizaka, 2006 : Validation of ADEOS-GLI ocean color products using in-situ observations, *J. Oceanography*, **62**, 373-393.
- Murayama S., 1995 : Concentration variations of atmospheric CO₂ over Syowa Station, Antarctica and their interpretation, *Tellus Series B*, **47** B(4), 375-390.
- Nakazawa, T., S. Aoki, K. Kawamura, T. Saeki, S. Sugawara, H. Honda, G. Hashida, S. Morimoto, N. Yoshida, S. Toyoda, Y. Makide and T. Shirai, 2002 : Variations of stratospheric trace gases measured using a balloon-borne cryogenic sampler, *Adv. Space Res.*, **30**(5), 1349-1357.
- Nguyen T.H., D.D. Nguyen, R. Tateishi, 2005 : Combination of ADEOS-II-GLI and MODIS 250m Data for Land Cover Mapping of Indochina Peninsula, in Proc. ACRS 2005, Vietnam, CD-ROM, LLC1-2.pdf.
- Richardson, A.D., J.P. Jenkins, B.H. Braswell, D.Y. Hollinger, S.V. Ollinger, and M.-L. Smith., 2007 : Use of digital webcam images to track spring green-up in a deciduous broadleaf forest, *Oecologia*, **152**, 323-334.
- Saino, T., D. Inagake, J. Ishizaka, H. Kawamura and K. Furuya (eds.), 1998 : ADEOS Field Campaign off Sanriku / North Pacific, *J. Oceanography*, **54**(5), 381-382.
- Stephens, B.B., K.R. Gurney, P.P. Tans, C. Sweeney, W. Peters, L. Bruhwiler, P. Ciais, M. Ramonet, P. Bousquet, T. Nakazawa, S. Aoki, T. Machida, G. Inoue, N. Vinnichenko, J. Lloyd, A. Jordan, M. Heimann, O. Shibistova, R.L. Langenfelds, L.P. Steele, R.J. Francey and A.S. Denning, 2007 : Weak Northern and Strong Tropical Land Carbon Uptake from Vertical Profiles of Atmospheric CO₂, *Science*, **316**(5832), 1732-1735.

(doi: 10.1126/science.1137004)

Stroeve, J., M.M. Holland, W. Meier, T. Scambos and M. Serreze, 2007 : Arctic sea ice decline: Faster than forecast, *Geophys. Res. Lett.*, **34**, L09501.

(doi:10.1029/2007GL029703)

Sugawara, S., S. Morimoto, S. Aoki and T. Nakazawa, 2002 : Airborne measurements of greenhouse gases during AAMP 98, *Antarct. Rec.*, **46**(1A), 147-154.

Zhang, X., M.A. Friedl, C.B. Schaaf and A.H. Strahler, 2004 : Climate controls on vegetation phenological patterns in northern mid- and high latitudes inferred from MODIS data, *Glob. Change Biol.*, **10**, 1133-1145.

第6章 緊急に取り組むべき課題

地球温暖化問題解決のためには、現象解明と予測、影響の評価などが重要であり、そのためには包括的で統合された持続的な地球温暖化観測の推進、観測データの収集・統合、ならびに、関連する社会経済データが必要となる。特に、地球温暖化に関係する環境の変化を的確に把握するためには長期継続観測が不可欠であり、そのためには、観測システムとデータ利用システムをバランスよく構築・整備する必要がある。

本報告書においては、地球温暖化観測において重点的な取り組みが求められている、①炭素循環（海洋・大気・陸域）、②影響評価の2つの課題について、

- 「データ標準化の促進」
- 「データ流通の促進」
- 「観測施設等の相互利用の促進」
- 「時空間的観測空白の改善および観測項目の充実」

の4つの観点から、現状・問題点および今後の展望について検討された結果が示されている。

本報告書の各章で詳細に述べられているように、各課題においては、人的・予算的制約があるにもかかわらず、多くの取り組みが行われている。また、一部の限られた分野においては、国際的に合意された枠組みの下に観測が実施され、データの共有が図られている。しかし、いずれの課題についても観測を推進し、一層発展させるためには、多くの施策の実施が必要である。それらについては関連する項目で詳細に述べられているが、本章においては、炭素循環（海洋・大気・陸域）および影響評価の2つの課題について、国際的な連携への参加および国内的には機関間ならびに分野間連携を実現するための施策について、上記の4つの観点から特に重要と思われるものを列挙した。

6.1 データ標準化

地球温暖化の解明を目指して、温室効果ガスや炭素循環に関する観測や、影響評価に関する観測が全世界で実施されており、この分野においては日本も重要な役割を果たしている。しかしながら、地球規模の炭素循環を解明し、より精度の高い温暖化予測を実現するためには、大気・海洋・陸域いずれにおいてもデータが未だ十分とは言えず、観測データの統合が不可欠である。また、影響評価に関係する観測についても全球的な解析を進展させるためには、収集されている様々な観測データの統合が不可欠である。

データ統合には、関係府省・機関・大学などのすべての観測機関で得られる観測結果が相互に比較可能となるデータの標準化が必要であり、それによって貴重な観測データが有効に活用される。観測データの標準化は、国内外を含めた全世界の観測実施機関が連携・協力して取り組むことによって、初めてその目的が達成される。

データ標準化については、温室効果ガス・炭素循環分野のうち、海洋ならびに大気関係はこれまでも多くの取り組み（世界気象機関（WMO）全球大気監視計画（GAW）等）が行われているが、まだ十分ではない。一方、陸域関係ではこれまで

にほとんどこのような取組みはなされておらず、今後の進展が特に要請されている。影響評価の分野では、例えば海面水位関連のように標準化が進展している分野もあるが、雪氷や生態系など今後の取組みが要請されている分野が多い。

以下に、各分野で緊急に取り組むべき課題を列挙する。

(1) 温室効果ガス・炭素循環分野

大気・海洋いずれの分野においても、観測値の基準となる国際的な標準試料の供給体制の確立と、観測実施機関をネットワーク化し、定期的に測定法の相互比較ができる連携・協力体制を作る必要がある。これらの体制を確立することによって、データの互換性が担保される。

一方、陸域炭素収支量の観測値がもつ大きな不確実性を低減していくためには、炭素収支観測の相互比較検証、さらには各種観測法の標準化などが急務である。いくつかの観測点で総合的な観測を集中的に行い、不確実性の大きい項目を抽出して原因を解明し、改良方法を開発することが必要不可欠である。

さらに、今後はアジア地域を対象とした巡回方式の炭素収支量比較観測が組織的に行われることが期待されている。

(2) 影響評価分野

海面水位などについては一部データの標準化は行われているが、温暖化の影響が急激に現われて、温暖化影響の把握に不可欠である雪氷や生態系の分野では、ほとんど手付かずの状態であり、早急な取組みが要請されている。

雪氷コア・データの国際的な枠組（IPICS：International Partnerships in Ice Core Sciences）への積極的な参画や、日本長期生態学研究ネットワーク（JaLTER）の推進が要請されている。

また、森林分野においては、森林が二酸化炭素の吸収源として非常に重要であることから、世界森林資源調査の確実な実施と森林情報の統一的基準の設定が要請されている。

6.2 データ流通の促進

地球温暖化の実態を把握し、影響を評価し、さらには温暖化予測などを一層進展させるためには、世界各地に存在しているデータを収集・統合することが必要不可欠である。データ統合によって作成される全球規模のデータベースは、重要な国際共有財産となる。データベースの作成を実施するためにはデータの公開と流通を促進する必要がある。

しかし実際には、観測後のデータ解析や補正などに多くの時間や労力がかかることや、観測を担った研究者に対するデータ使用の優先権の確保などの問題から、データ公開が遅れがちになることが多い。早期にデータを公開することで、観測に携わる者や調査機関が享受できる観測実施者（機関）のメリットを損なわないよう十分に配慮しながら、データ公開と流通を促進してゆかなければならない。

データ流通を促進するためには、各機関などにおけるデータ管理部門の強化、さらに、個々の機関がより開かれたデータポリシーに誘導されていくような国としての施策が必要である。

また、機関間や分野間でのデータ共有化は、新たな連携分野の研究活動を促進する可能性があると考えられるので、連携拠点を通じてこのような活動が推進されることが望まれる。

以下に、各分野で緊急に取り組むべき課題を列挙する。

(1) 温室効果ガス・炭素循環分野

データ流通の促進については、大気・海洋関係では、国際海洋データ情報交換システム (IODE) ・世界気象機関全球大気監視計画温室効果ガス世界資料センター (WMO/GAW/WDCGG) ・二酸化炭素情報分析センター (CDIAC) など、国際的に多くの取り組みが行われている。

陸域の観測データは大気や海洋とは異なり、データの流通は遅れており、現時点では研究者レベルでのデータ流通に留まっている。先ず研究者のネットワークの安定的運用を目指した研究資金の確保と、事務局機能の強化が必要である。

収集されるデータ、特に、衛星利用に伴う取得データ量の増加などが見込まれ、さらには、利用ニーズの多様化に伴い、データ形式の多様化も進むことが予想される。このため、データの体系的な収集・合理的な管理・データの統合によって、観測データを科学的・社会的に有用な情報へと変換し、それを国際的に共有する仕組みとしてのデータセンターは不可欠である。

(2) 影響評価分野

国内の海面水位観測データは日本海洋データセンター (JODC) と海岸昇降検知センターに概ね集約されており、国際的には、全球的な、あるいは地域的な高品質の海面水位ネットワークとして全球海面水位観測システム (GLOSS) が構築されている。これらの枠組みを発展させる必要がある。

雪氷や生態系などの分野ではその取り組みが遅れている。特に、陸域生態系の観測データは大気や海洋とは異なり、それぞれの生態系を所有する国々の国益が複雑に絡むことから、観測データのネットワークデータベースへのスムーズな登録を阻害する要因となっている。

雪氷観測データの流通は遅れており、研究者の個人的努力に頼っているのが現状である。データ流通促進のためには、戦略的な体制整備が求められる。国立の研究機関などにデータセンターを設置し、データの収集と公開を委託するなどの措置が必要である。

社会経済データについては、情報源情報の収集の促進、多様なデータの統合化と過去のデータのデジタル化、途上国におけるデータ利用の能力開発などが必要であり、各分野から得られた観測データと社会経済データを有効活用して、炭素循環などの現象解明、気候変動 (現象や影響) のモデル化、影響の検出や監視、種々の適応策、緩和策の効果評価などに活用することが重要である。

国際機関・各国機関が多種多様な情報・データを作成し、蓄積してデータベースを構築しているが、アメリカのマスターディレクトリなどがそれらの情報源情報を管理・検索する上で重要な役割を果たしている。日本の情報についても、温暖化に限定した独自の情報源情報システム (利用促進の点から、日本語のシステム) が必要であるが、あわせて情報源情報および情報・データをこうした国際的なディレクトリに登録して、活用を促進することも重要である。

6.3 観測施設等の相互利用の促進

包括的で統合された持続的な地球温暖化観測においては、観測施設等の相互利用を推進し、観測体制が相互補完的に強化され、長期継続的な観測を支援する体制を整えることが重要である。このためには、既存および今後導入される観測について体系的な統合化を図り、関係府省・機関の観測に係る施設や設備の相互利用や共同運用を促し、それぞれの機関が進めている観測計画について、場所・設備・期間・頻度・項目・精度などの詳細情報をデータベース化して、常に最新の情報を共有することが必要である。

また、観測の連携体制に参加すること自体が大きな研究的魅力になるような研究戦略を立てることで、研究者を集結し、連携することも重要である。

さらに、観測の連携体制が継続的に維持するためには、定常観測と研究観測の相互調整の場の設置、スーパーサイトの整備などについて、観測の長期継続を図る観点、日本発の成果を積極的に発信する観点、分野間連携を一層促進する観点から、体制の整備が急務である。

以下に、各分野で緊急に取り組むべき課題を列挙する。

(1) 温室効果ガス・炭素循環分野

温室効果ガスとその関連気体に関して、各研究機関がある特定の分析項目について、特化した技術や設備を有する場合が多い。採取したガスなどの観測試料を相互利用することで、これまで特定の成分の空白域だった領域をカバーし、観測の空間分解能を高くできる余地がある。

また、観測船による海洋観測については、定常観測と研究観測との間の相互調整を行える場を設置・運営していく事が望まれる。

さらに、多くの研究分野の連携により、炭素収支を総合的に解明するための、陸域における炭素収支観測施設の相互利用の一層の促進も急務である。

(2) 影響評価分野

海面水位観測のように、情報交換や技術の共有化が機関間で取り込まれているものもあるが、陸域における多分野の統合的観測を可能とするスーパーサイトの整備、雪氷観測試料の相互利用の促進、そのための組織の設置などが急務である。

また、日本では近年日本長期生態学研究ネットワーク（JaLTER）が組織されたため、これを基盤にJapanFLUXやモニタリングサイト1000など他のネットワークやプロジェクトとの連携を推し進めることで、様々な観測や野外実験を同時並行して行うフィールドステーションを各生態系毎に複数整備し、生態系・生物多様性の統合的観測体制を確立させる必要がある。

6.4 時空間的空白の改善および観測項目の充実

地球温暖化観測においては、その対象範囲が広くかつ多様であることから、単一の機関でカバーできる時間・空間範囲に限りがあり、空白域を解消し、観測項目を充実させるためには、定常観測機関と研究観測機関は連携して観測を実施する必要がある。

研究機関は、多様な観測項目を機動的に観測でき、空間変動や変動メカニズムの解明に資する情報を取得しやすい長所がある。また、競争的資金などの獲得によって、新たな観測手法の開発などにも挑戦しやすい。一方、定常観測機関は、特定の観測項目を時系列的に観測し、長期に時間変動を評価できる長所がある。このように、空間変化・時間変化を含む4次元場の観測では、双方が相補的であることから、新たな観測手法の開発、データや解析結果などについて情報を共有しながら、それぞれの機関がその特徴を踏まえつつ、次の観測計画の立案に活かして行く必要がある。

さらに、時空間的観測空白の改善および観測項目の充実のためには、衛星による観測が不可欠であり、そのためには各国の宇宙機関と連携して衛星観測を実施し、さらに将来計画を構築することが必要である。

時空間的観測空白の改善および観測項目の充実については、関係機関の観測施設等の相互利用の促進とも密接に関係している。相互利用の促進には関係機関における人的・予算的制約が関係することから、今後、人的・予算的な面も含めた新たな連携施策を提案することが重要である。

以下に、緊急に取り組むべき施策を列挙する。

(1) 温室効果ガス・炭素循環分野

海洋観測においては、研究機関が観測を実施している定点において定常観測を実施している機関が連携して観測を行うことや、自動計測ブイの開発が期待されている。

また、南大洋の観測を推進するために航海を計画立案する各機関と、研究者コミュニティ間の連携を図る必要がある。

航空機を用いた観測では、予算的な制約や安全上の制限が大きく、長期にわたって継続することは困難な状況であり、これまで実施されてきている民間航空会社の定期旅客機を利用した観測の仕組みを、安定して継続するための予算的な裏付けが不可欠である。

陸域の観測では、大陸中央部での地上観測施設の展開が要請されている。このためには、アジアにおける観測ネットワークを維持発展させるための、能力開発が必要不可欠である。

現場の観測と衛星画像とのリンクを推進することで、時空間的に高分解能を持ち、かつ、広域での観測体制を確立することも必要である。

衛星観測については温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT)計画について、プロダクト検証・アルゴリズム検証のための観測ネットワークの推進などの着実な実施、地球環境変動観測ミッションの推進、海色観測衛星計画の立案などを行う必要がある。

(2) 影響評価分野

国内におけるアイスコアの分析体制は、人的資源、機器などの面でヨーロッパ連合やアメリカの研究機関に比べて十分とは言えない。掘削されるアイスコアの数は近年大きく増加しており、迅速な分析を実施するために、機器・人材の整った分析拠点の整備が期待されている。

陸域における生態系の観測では、温暖化の影響を受けやすい生態系における観

測網、特にスーパーサイトを整備し、生態系・生物多様性の統合的観測体制を確立させる必要がある。

また、陸域観測技術衛星（ALOS）による観測の着実な実施、高性能マイクロ波放射計（AMSER-E）および多波長光学放射計（GLI）の後継ミッションの立案などが急務である。

さらに、スーパーサイトにおける観測結果と陸域生態系モデルとの相互比較や、広域でのモデル・衛星観測との比較検証の実施、そのためのデータ提供体制の整備は急務である。

6.5 今後の展望

ここで列举した緊急に取り組むべき課題について、今後具体的に実施の方策を検討することが重要である。そのためには、地球観測連携拠点（温暖化分野）の地球観測推進委員会（温暖化分野）ならびに文部科学省科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会地球観測推進部会などにおいて、優先順位を含めた、体制整備と予算化の検討を早急に行う必要がある。

（事務局）

略語一覧

【A】

- ADEOS (Advanced Earth Observing Satellite) : 地球観測プラットフォーム技術衛星「みどり」
- AIACC (Assessments of Impacts and Adaptations to Climate Change) : 気候変動の影響・適応評価プログラム
- AIRS (Atmospheric Infrared Sounder) : 大気赤外サウンダ
- AIST (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology) : 独立行政法人産業技術総合研究所
- ALOS (Advanced Land Observing Satellite) : 陸域観測技術衛星「だいち」
- AMSRE (Advanced Microwave Scanning Radiometer for Earth Observing System) : 高性能マイクロ波放射計
- APN (Asia Pacific Network for Global Change Research) : アジア太平洋地球変動研究ネットワーク
- Aqua (Earth Observing System PM-1) : アクア衛星
- ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) : 高性能光学センサー
- Aura (EOS Chemistry-1) : オーラ衛星
- AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) : 改良型超高分解能可視赤外放射計
- AVNIR2 (Advances Visible and Near Infrared Radiometer type 2) : 高性能可視赤外放射計 2 型

【B】

- BIPM (Bureau International des Pois et Mesures) : 国際度量衡局

【C】

- CAS (Commission for Atmospheric Sciences) : 大気科学委員会
- CCL (Central Calibration Laboratory) : 中央較正施設
- CC-LaG (Carbon Cycle and Larch Growth Experiment) : カラマツ林の炭素循環機能に関する観測研究
- CCQM (Comite Consultatif pour la Quantite de Matiere) : 物質質量諮問委員会
- CDIAC (Carbon Dioxide Information Analysis Center) : 二酸化炭素情報分析センター
- CEOS (Committee on Earth Observation Satellites) : 地球観測衛星委員会
- CERI (Chemicals Evaluation and Research Institute) : 財団法人化学物質評価研究機構
- CGER (Center for Global Environmental Research) : 独立行政法人国立環境研究所地球環境研究センター
- CIESIN (Center for International Earth Science Information Network) : 国際地球科学情報ネットワークセンター
- CLIVAR (Climate Variability and Predictability Programme) : 気候変動性・予測可能性研究計画

CMDL (Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory) : アメリカ海洋大気庁
気候監視・診断研究所
COP (Conference of the Parties) : 締約国会議
CPEC (Closed-Path Eddy Covariance) : クローズドパス型渦相関法
CPR (Continuous Plankton Recorder) : 連続プランクトン採取器
CR (Certified Reference) : 認証標準
CrIS (Cross-track Infrared Sounder) : 走査型赤外サウンダ
CRM (Certified Reference Material) : 認証標準物質
CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization) : オーストラリア連邦科学産業研究機構
CSR (Cruise Summary Report) : 航海概要報告
CTD (Conductivity-Temperature-Depth Profiler) : 電気伝導度水温水深計

【D】

DALYs (Disability Adjusted Life Years) : 障害調整生存年数
DL (Datum Line) : 観測基準面
DNA (Designated National Agency) : NODC 未設置国における指定国内機関
DOE (Department of Energy) : アメリカエネルギー省

【E】

EEZ (Exclusive Economic Zone) : 排他的経済水域
ENVISAT (Environment Satellite) : エンビサット衛星
EO-ICWG (Earth Observation International Coordination Working Group) : 極軌道プラットフォーム調整会議
EROS (Earth Resources Observation and Science system) : 地球資源観測システム
ERS (European Remote Sensing Satellite) : ヨーロッパリモートセンシング衛星
ESA (European Space Agency) : ヨーロッパ宇宙機関

【F】

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) : 国連食料農業機関
FRA (Forest Resources Assessment) : 森林資源評価
FRESCO (Fishery Resource Conservation) : 資源評価情報システム
FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectrophotometer) : フーリエ変換赤外分光光度計
FTS (Fourier Transform Spectrometer) : フーリエ変換分光器

【G】

GAW (Global Atmosphere Watch) : 全球大気監視計画
GCMD (Global Change Master Directory) : 地球変動マスターディレクトリ
GCOM (Global Change Observation Mission) : 地球環境変動観測ミッション
GCOM-C (Global Change Observation Mission- Climate) : 気候変動観測衛星

GCOM-W (Global Change Observation Mission-Water) : 水循環変動観測衛星
GCOS (Global Climate Observing System) : 全球気候観測システム
GEF (Global Environmental Facility) : 地球環境ファシリティ
GEMS (Global Environment Monitoring System) : 地球環境監視システム
GEO (Group on Earth Observations) : 地球観測に関する政府間会合
GEOSS (Global Earth Observation System of Systems) : 全球地球観測システム
GIO (Greenhouse Gas Inventory Office) : 温室効果ガスインベントリオフィス
GIS (Geographic Information System) : 地理情報システム
GLI (Global Imager) : 多波長光学放射計
GLOSS (Global Level of the Sea Surface) : 全球海面水位観測システム (Global Sea Level Observing System)
GOOS (Global Ocean Observing System) : 全球海洋観測システム
GOSAT (Greenhouse Gases Observing Satellite) : 温室効果ガス観測技術衛星
GPS (Global Positioning System) : 全地球測位システム
GTOS (Global Terrestrial Observing System) : 全球陸上観測システム
GTS (Global Telecommunication System) : 全球気象通信システム

【I】

IAEA (International Atomic Energy Agency) : 国際原子力機関
IASI (Infrared Atmospheric Sounding Interferometer) : 大気サウンディング赤外干渉計
IBOY (International Biodiversity Observation Year) : 国際生物多様性観測年
IBP (International Biological Program) : 国際生物学事業計画
ICES (International Council for the Exploration of the Sea) : 国際海洋探査委員会
ICSU (International Council of Scientific Unions) : 国際科学会議
IEA (International Energy Agency) : 国際エネルギー機関
IGACO (Integrated Global Atmospheric Chemistry Observations) : 総合地球大気化学観測
IGBP (International Geosphere-Biosphere Programme) : 地球圏－生物圏国際共同研究計画
IGOS (Integrated Global Observing Strategy) : 統合地球観測戦略
IHDP (International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change) : 地球環境変化の人間社会側面に関する国際研究計画
ILTER (International Long Term Ecological Research) : 国際長期生態学研究ネットワーク
IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission) : ユネスコ政府間海洋学委員会
IOCCG (International Ocean Colour Coordination Group) : 国際海色研究グループ
IOCCP (International Ocean Carbon Coordination Project) : 国際海洋炭素調整プロジェクト

IODE (International Oceanographic Data and Information Exchange) : 国際海洋データ情報交換システム

IOTWS (Indian Ocean Tsunami Warning and Mitigation System) : インド洋津波警報システム

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) : 気候変動に関する政府間パネル

IPCC DDC (IPCC Data Distribution Centre) : IPCCデータ配信センター

ISAS (Institute of Space and Astronautical) : 独立行政法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部

ISO (International Organization for Standardization) : 国際標準化機構

【J】

JaLTER (Japan Long-Term Ecological Research Network) : 日本長期生態学研究ネットワーク

JAMSTEC (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology) : 独立行政法人海洋研究開発機構

JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency) : 独立行政法人宇宙航空研究開発機構

JCOMM (Joint WMO-IOC Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology) : WMO/IOC合同海洋海上気象専門委員会

JGOFs (Joint Global Ocean Flux Study) : 全球海洋フラックス合同研究計画

JMA (Japan Meteorological Agency) : 気象庁

JODC (Japan Oceanographic Data Center) : 日本海洋データセンター

【L】

LSCE (Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement) : フランス気候・環境科学研究所

LTER (Long Term Ecological Research Network) : 長期生態学観測研究ネットワーク

【M】

MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer) : 中分解能イメージングスペクトロメーター

MetOp (Meteorological Operational Satellite Programme) : 極軌道気象衛星

MIRC (Marine Information Research Center) : 海洋情報研究センター

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectrometer) : 中分解能分光放射計

MOE (Ministry of the Environment) : 環境省

MPI (Max Planck Institute) : ドイツマックス・プランク研究所

MRI (Meteorological Research Institute) : 気象庁気象研究所

MSC (Meteorological Service of Canada) : カナダ環境省気象局

【N】

NaGISA (Natural Geography In Shore Areas) : なぎさプロジェクト

NASA (National Aeronautics and Space Administration) : アメリカ航空宇宙局
NASDA (National Space Development Agency of Japan) : 宇宙開発事業団 (現JAXA)
NDACC (Network for the Detection of Atmospheric Composition Change) : 大気組成変化検出のためのネットワーク
NEAR-GOOS (North-East Asian Regional GOOS) : 北東アジア地域海洋観測システム
NEON (National Ecological Observatory Network) : アメリカ生態観測ネットワーク
NEP (Net Ecosystem Production) : 生態系純生産量
NGO (Non-Governmental Organizations) : 非政府組織
NIES (National Institute for Environmental Studies) : 独立行政法人国立環境研究所
NIPR (National Institute of Polar Research) : 大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立極地研究所
NIST (National Institute of Standards and Technology) : アメリカ国立標準技術研究所
NMIJ (National Metrology Institute of Japan) : 独立行政法人産業技術総合研究所計量標準総合センター
NOAA (National Oceanic & Atmospheric Administration) : アメリカ海洋大気庁
NODC (National Oceanographic Data Center) : 国立海洋データセンター
NOP (National Oceanographic Program) : 国内海洋調査計画
NPOESS (National Polar-orbiting Operational Environmental Satellite System) : アメリカ極軌道環境観測衛星システム
NPP (NPOESS Preparatory Project) : NPOESS実証プロジェクト
NSF (National Science Foundation) : アメリカ国立科学財団
NSIDC (National Snow and Ice Data Center) : アメリカ雪氷データセンター

【O】

OCO (Orbiting Carbon Observatory) : 軌道上炭素観測衛星
OCTS (Ocean Color and Temperature Scanner) : 海色海温走査放射計
OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) : 経済協力開発機構
OPEC (Open-Path Eddy Covariance) : オープンパス型渦相関法

【P】

PALSAR (Phased Array Type L-band Synthetic Aperture Radar) : フェーズドアレイ方式Lバンド合成開口レーダー
PEN (Phenological Eyes Network) : 陸上植生の季節変動・長期変動に関する長期観測網
PICES (Pacific International Council for the Exploration of the Sea : Pacific ICES) : 北太平洋海洋科学機構 (North Pacific Marine Science Organization)

【Q】

QA/QC (Quality Assurance/Quality Control) : 品質保証/品質管理
QA/SAC (Quality Assurance and Scientific Activity Centre) : 品質保証・科学活動センター

【R】

RM (Reference Material) : 参照物質

【S】

SAG (Science Advisory Group) : 科学諮問部会
SAGE (Subarctic Gyre Experiment) : 北太平洋亜寒帯循環と気候変動に関する国際共同研究
SCOR (Scientific Committee on Oceanic Research) : 海洋研究科学委員会
SGLI (Second-generation GLI) : 多チャンネル走査放射計
SIO (Scripps Institution of Oceanography) : カリフォルニア大学スクリッパス海洋研究所
SNR (Signal-to-Noise Ratio) : 信号対雑音比
SRES (Special Report on Emissions Scenarios) : 排出量シナリオに関する特別報告書
SRP (Standard Reference Photometer) : 標準参照フォトメータ
SSM/I (Special Sensor Microwave/Imager) : 機械走査型マイクロ波放射映像センサー
SWIR (Short Wavelength Infrared) : 短波長赤外

【T】

TCCON (Total Carbon Column Observing Network) : 全炭素カラム量観測ネットワーク
TES (Tropospheric Emission Spectrometer) : 対流圏放射分光計
TIR (Thermal Infrared) : 熱赤外バンド
T.P. (Tokyo Peil) : 東京湾平均海面
TransCom (Atmospheric Tracer Transport Model Intercomparison Project) : 大気微量成分輸送モデルの相互比較プロジェクト

【U】

UN (United Nations) : 国際連合
UNCED (United Nations Conference on Environment and Development) : 国連環境開発会議 (地球サミット)
UNEP (United Nations Environment Programme) : 国連環境計画
UNEP/GEO (United Nations Environment Programme/Global Environment Outlook) : 国連環境計画地球環境概況
UNEP/GRID (United Nations Environment Programme/Global and Regional Integrated Data Centres) : 国連環境計画/地球資源情報データベース
UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) : 気候変動に関する国際連合枠組条約

USGS (United States Geological Survey) : アメリカ地質調査所
US-LTER (United States-Long Term Ecological Research Network) : アメリカ
長期生態学研究ネットワーク

【V】

VIIRS (Visible/Infrared Imager/Radiometer Suite) : 可視赤外イメージャー・
放射計

【W】

WB (World Bank) : 世界銀行
WCC (World Calibration Centre) : 世界較正センター
WCRP (World Climate Research Programme) : 世界気候研究計画
WDC (World Data Center) : 世界データセンター
WDCGG (World Data Center for Greenhouse Gases) : 温室効果ガス世界資料セン
ター
WGMS (World Glacier Monitoring Service) : 世界氷河モニタリングサービス
WMO (World Meteorological Organization) : 世界気象機関
WOCE (World Ocean Circulation Experiment) : 世界海洋循環実験
WRI (World Resources Institute) : 世界資源研究所

【X】

XBT (Expendable BathYthermograph) : 投下式水温水深計
XCTD (Expendable CTD) : 投下式電気伝導度水温水深計

用語集

【ア】

アクア衛星 (Aqua)

解説：地球規模の水循環に関する情報を取得し、地球規模の水とエネルギー循環のメカニズムの解明を通して地球環境問題解決への貢献を目指すNASAの衛星。取得する水に関する情報としては、海洋からの蒸発量、大気中の水蒸気・雲・降水・土壌水分・海氷・陸氷・雪などがある。また、放射エネルギー量・エアロゾル・植生被覆・植物プランクトン・陸海面の温度のデータも取得する。

出典：http://www.aero.osakafu-u.ac.jp/as/okamoto/okamoto_new/tango/a_6.htm

アジアフラックス (AsiaFlux)

解説：アジア陸域における熱・水・二酸化炭素フラックス観測ネットワーク。

出典：<http://www.asiaflux.net/>

アスター (ASTER)

解説：NASAの地球観測衛星 Terra に搭載され、可視バンドから熱赤外バンドまでの14のスペクトラムチャンネルを有する高性能光学センサー。地表の地形・地質の詳しいマッピング、植生の分布状況やその変化を把握、火山噴火のモニタリング、雲のタイプ分けや大気中のエアロゾルの特性把握、サンゴ礁のタイプ分けやそのグローバルな分布の把握を行う。

出典：http://www.ersdac.or.jp/Projects/ASTER/ASTERPro_J.html
http://www.science.aster.ersdac.or.jp/jp/about_aster/index.html

アルゴ計画 (Argo)

解説：2000年より、地球全体の海洋変動をリアルタイムで理解するために始まった国際プロジェクト。この計画では、アルゴフロートとよばれる観測機器が、海面から水深2000mまでの間を自動的に浮き沈みし、水温・塩分・流速などを測定している。現在3115台のアルゴフロートが稼動し、深層を除く海洋の全体構造を実況として捉えることが可能となっている。

出典：http://www.jamstec.go.jp/J-ARGO/overview/overview_1.html
http://www.jamstec.go.jp/J-ARGO/index_j.html

アルゴリズム (Algorithm)

解説：有限回の演算により問題の回答を得ることができるよう、厳密に記述された計算手順。

出典：相磯秀夫監修，2001：情報技術用語大辞典，オーム社。

アロメトリー (Allometry)

解説：相対成長にもとづく非比例的成長関係をあらわす言葉（例：生物の全体の大きさと部分の大きさ等）。アロメトリーの関係は、

$$y = Ax^h$$

と表されることが多い。一般的に y は部分（器官）の大きさ、 x は他の部

分の大きさなどであり、A と h は定数である。この関係は、森林の生物体量の推定やスケール分析などに用いられる。森林の生物体量の推定の場合には、比較的容易に測定できる変数が x (例：胸高直径等)、直接測定するのが困難な変数が (例：幹・枝・葉・根等の生物体量) y となる。スケール分析は、生物の大きさが変化すると、生物の形・プロセス (代謝量・行動圏の大きさ等) がどのように変化するかを分析するのに用いられる。

出典：八杉龍一，小関治男，古谷雅樹，日高敏隆編，1996：岩波生物学辞典 第4版，岩波書店。

巖佐庸，松本忠夫，菊沢喜八郎，日本生態学会編，2003：生態学事典，共立出版株式会社。

【イ】

インターフェログラム (Interferogram)

解説：フーリエ変換分光器によって観測された信号。

出典：<http://www.nies.go.jp/kanko/news/26/26-1/26-1-04.html>

【ウ】

渦相関法 (Eddy Correlation Method)

解説：鉛直方向の風速の変動値と物理量の変動値の積の時間平均値を求めることにより鉛直方向のフラックス (単位時間・単位面積の輸送量) を測定する方法。生態系と大気の間で交換される二酸化炭素量を測定する場合には、超音波風速温度計と赤外線ガス分析計を用いる。鉛直方向の二酸化炭素フラックスは、鉛直方向の風速変動値と二酸化炭素の密度変動値の積の時間平均をとることにより得られる。

出典：http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2006/pr20060817/pr20060817.html#b

【エ】

エアロゾル (Aerosol)

解説：大気中に浮遊している個体あるいは液体の微粒子。地表や海洋から舞い上がるものや工業活動によって排出される煤煙などがある。太陽光の吸収・散乱や雲の生成などに影響する。

出典：気象庁，2007：気象業務はいま 2007 情報から始まる防災 正しい知識 確かな情報があなたを守る。

エアロネット (AERONET)

解説：全球的なエアロゾルの地上観測ネットワーク。

出典：<http://aeronet.gsfc.nasa.gov/>

栄養塩 (Nutrient)

解説：生物の生命を維持する栄養分として必要とされる無機塩類。有機物の主要構成要素 (炭素・水素・酸素) を除く、リン・窒素・カリウム・ケイ素とマンガンなどの微量元素が含まれる。

出典：日本陸水学会編，2006：陸水の事典，講談社サイエンティフィク。

【オ】

オーラ衛星 (AURA)

解説：地球のオゾン、大気質および気候について研究する NASA の衛星。4 種類の観測装置を搭載しており、互いに補完し合って地球大気の大気質および主要な気候パラメーターの観測を行う。

出典：http://www.aero.osakafu-u.ac.jp/as/okamoto/okamoto_new/tango/a_10.htm

オートクレーブ (Autoclave)

解説：常圧より高い圧力をかけ、水の沸点を 100 度以上の高温にして液体や器具の滅菌を行う釜。

出典：八杉龍一，小関治男，古谷雅樹，日高敏隆編，1996：岩波生物学辞典 第 4 版，岩波書店。

小達データ (Odate Collection)

解説：1950 年から 1990 年まで小達和子（おだてかずこ）博士が採集された動物プランクトン生物量。

出典：http://cse.fra.affrc.go.jp/yatsua/Doko/Panf_TZplank.pdf
http://tnfri.fra.affrc.go.jp/tnf/news58/kikou/odate_k.htm

【カ】

海洋研究科学委員会 作業委員会 125 (SCOR WG125 : Scientific Committee on Oceanic Research Working Group125)

解説：海洋研究科学委員会 (SCOR) に存在するひとつの作業委員会。WG125 は Global Comparisons of Zooplankton Time Series についての作業を行う。

出典：<http://www.st.nmfs.gov/plankton/scor/about-wg125/frame-about.html>

カラム量 (Column Density)

解説：気柱全量。地表の単位面積の直上にある大気全体（気柱）に含まれる気体分子数の総数または乾燥空気の分子に対する比として表される。

出典：横田達也編，2004：ILAS-II プロジェクトレファレンスブック，国立環境研究所。

http://www-ilas2.nies.go.jp/document/reference/ref_book.pdf

【キ】

気候値 (Climatic Value)

解説：気候要素（気温・風・海面水温・積雪量など気候を表現する各種の物理量）の長年の観測データの平均値。

出典：http://www.science.aster.ersdac.or.jp/jp/glossary/jp/ki/climatic_val.html

輝度 (Luminance)

解説：単位面積あたりの発光体の明るさを示す言葉。

出典：長倉三郎，井口洋夫，江沢洋，岩村秀，佐藤文隆，久保亮五編，2006：岩波理化学辞典 第 5 版，岩波書店。

【ク】

クロロフィル濃度 (Chlorophyll)

解説：葉緑素・植物の葉緑体内に存在し、光合成に関する緑色色素の濃度。

出典：環境省地球環境局監修，2004：和英・英和国際総合環境用語集，日刊工業新聞社。

【コ】

光合成総生産量 (Gross Primary Production)

解説：生態系が光合成で生産した有機物の総量。吸収した炭素量に換算して表される。

出典：桑形恒男，渡辺力，三枝信子，2007：大気と陸域生態系の相互作用－水と二酸化炭素の交換過程に着目して－，天気，54(3)，203-206。

光合成有効放射 (Photosynthetically Active Radiation)

解説：緑色植物の光合成に有効な波長範囲（およそ400nm-700nm）に含まれる放射。この波長範囲の光量子のフラックスで示される。

出典：日本陸水学会編，2006：陸水の事典，講談社サイエンティフィック。

高速フラッシュ励起蛍光 (First Repetition Rate Fluorescence)

解説：海洋一次生産を測定する方法。海水中に浮遊している植物プランクトンに、青色光を高速で点滅照射して得られる蛍光の時間的変動を捕らえることで、海洋一次生産を測定する。培養実験を行う必要がないという特徴をもつ。

出典：<http://co2.ihis.nagoya-u.ac.jp/labhp/page009.html>

コスペクトル (Cospectrum)

解説：2つの変動量の相互相関に関して、周波数別の寄与を表す関数。

出典：吉野正敏，河村武，新田尚，浅井富雄，設楽寛，前島郁雄編，1986：気候学・気象学辞典，二宮書店。

コドラート (Quadrat)

解説：定量的に生物の分布量を調査するために設定される単位区域（方形区）。50cm×50cmあるいは100cm×100cmの方形枠を用いるのが一般的。

出典：日本陸水学会編，2006：陸水の事典，講談社サイエンティフィック。

【シ】

ジャパンフラックス (JapanFLUX)

解説：日本の陸域炭素収支観測網。AsiaFlux（アジア域での二酸化炭素収支観測ネットワーク）の国内サブネットワークとして2006年12月に発足。

出典：<http://www-cger.nies.go.jp/cger-j/c-news/vol18-1/vol18-1.pdf#page=4>

重量充填法 (Gravimetric Method)

解説：標準物質（ガスおよび液体）調整のひとつの方法。質量比混合法とも呼ばれる。標準ガスを調整する各過程（真空状態・成分ガス充填後・希釈ガス充填後）で、高圧ガス容器の質量を天秤で秤量し、各成分の充填質量を求

め、これから質量比濃度を算出する。

出典：http://www.cerij.or.jp/gaiyou/yougo_gijyutsu.html
http://www.mri-jma.go.jp/Publish/Technical/DATA/VOL_43/43_023.pdf

樹冠率 (Canopy Cover)

解説：真上から見たときに樹冠（樹木の枝と葉が集まっている部分）が地表に対して占める割合。

出典：<http://www.jca.apc.org/jatan/words.html>

植生指数 (Vegetation Index)

解説：地球観測衛星のデータを利用し、グローバルな植生の状況（植生の有無・多少・活性度等）を把握するために使われる指数。代表的なものに正規化植生指数がある。この方法では、植生の持つ特性（植物の緑葉は赤・青領域の波長を吸収し、近赤外線領域の波長を強く反射する）を生かし、以下のように求める。

植生指数 = (近赤外波長 - 赤波長) / (近赤外波長 + 赤波長)

出典：http://www.agri.pref.hokkaido.jp/center/syuppan/a_rimosen/sld008.htm
<http://brooks.tksc.jaxa.jp/riyou/gyoseidb/jaxaDB041110/link/dictionary.html>

【ス】

スカイネット (SKYNET)

解説：大気におけるエアロゾル-雲-放射の相互作用の観測ネットワーク。観測点はモンゴルからタイまでの日本を含む東アジア域にある。

出典：<http://atmos.cr.chiba-u.ac.jp/>

スポットヴェジテーション (SPOT-VEGETATION)

解説：SPOT IMAGE社の人工衛星に搭載されているセンサー (VEGETATION)。青・赤・近赤外・短波長赤外の4バンドを持ち、地上空間分解能1kmの画像が撮影できる。

出典：近藤昭彦，鈴木力英，2005：ユーラシア大陸北部の積雪域マッピングと積雪域の年々変動，水文・水資源学会誌，18(6)，696-703.

【セ】

生態系呼吸量 (Ecosystem Respiration)

解説：植物・土壌の呼吸に伴う二酸化炭素放出量。植物が生命活動に必要なエネルギーを得るために、酸素を吸収して二酸化炭素を放出している量（独立栄養的呼吸）と、微生物による土壌有機物の分解に伴って二酸化炭素を放出している量（従属栄養的呼吸）を合わせた量。

出典：桑形恒夫，渡辺力，三枝信子，2007：大気と陸域生態系の相互作用 - 水と二酸化炭素の交換過程に着目して -，天気，54(3)，203-206.
<http://www.agr.hokudai.ac.jp/env/grassland/pdf/10.pdf>

生態系純生産量 (Net Ecosystem Production)

解説：光合成総生産量 (GPP) から植物体 (葉・枝・幹・根) の呼吸による

消費量を引いた量。

出典：日本陸水学会編，2006：陸水の事典，講談社サイエンティフィック。

全炭酸 (Total Carbonic Acid)

解説：水中に存在する炭酸・炭酸水素イオン・炭酸イオンの合計量をいい、総二酸化炭素の量として表示する。

出典：荒木 俊，沼田 眞，和田 攻編，1985：環境科学辞典，東京科学同人。

【タ】

多波長光学放射計 (Global Imager)

解説：ADEOS (みどり) に搭載されたOCTS (Ocean Color and Temperature Scanner：海色海温走査放射計) センサーで実証された海洋観測チャンネルに加え、陸・大気・雪氷を観測するチャンネルを多数有し、宇宙から地表面を同時かつ高精度に観測することが可能な光学センサー。

出典：http://suzaku.eorc.nasda.go.jp/GLI/index_j.html

【チ】

中分解能分光放射計 (Moderate Resolution Imaging Spectrometer)

解説：NASA の地球観測衛星 Terra/Aqua に搭載されている NASA/GSFC により開発された光学センサーの名称。

出典：http://www.eorc.jaxa.jp/hatoyama/satellite/sendata/modis_j.html

【テ】

データスキーマ (Data Schema)

解説：一つのファイルのデータ構造およびその表現法を記述したもの。また、これらの記述が格納されているファイルの呼称。

出典：情報処理用語大事典編集委員会編，1992：情報処理用語大事典，オーム社。

デジタルフィルタ (Digital Filter)

解説：観測された信号から目的とする信号成分を取り出すために使われるフィルタ。アナログフィルタと比べ安定、高精度であるが、回路が複雑で速度制限がある。

出典：情報処理用語大事典編集委員会編，1992：情報処理用語大事典，オーム社。
<http://dsl4.eee.u-ryukyu.ac.jp/DOCS/dsp.pdf>

テラ衛星 (Terra)

解説：アメリカ NASA の提供した雲・地球放射エネルギー観測装置 (CERES) 2 台、MISR (複数角度分光放射計)、中分解能撮像分光放射計 (MODIS)、日本の開発した高性能熱放射反射放射計 (ASTER) およびカナダ宇宙機関の開発した対流圏汚染観測装置 (MOPITT) を搭載している地球観測衛星。

出典：http://www.aero.osakafu-u.ac.jp/as/okamoto/okamoto_new/tango/t_1.htm

電位差滴定 (Potentiometric Titration)

解説：当量点付近における電極電位の変化から終点を判定する滴定。電気滴定の

ひとつ。

出典：長倉三郎，井口洋夫，江沢洋，岩村秀，佐藤文隆，久保亮五編，2006：岩波理化学辞典 第5版，岩波書店。

電磁誘導センサー (Electromagnetic Induction Sounding)

解説：海水の厚さを計測するために使われるセンサー。センサーの一端から電波を発生し、氷の底面に誘導磁場を生成し、発生された誘導電波をセンサーのもう一方のレシーバによって受信し、その強度からセンサーから氷の底面までの距離を測定する。センサーから氷までの距離はレーザー型距離計により計測する。氷の厚さはこの両者の差を求めることにより得られる。

出典：http://www.nmri.go.jp/fluids/topics/Antarctic_ice_thickness.htm

電量滴定 (Coulometric Titration)

解説：定電流によって電解生成物を生じさせ、その電流値と目的物質がすべて反応する時点までの時間から目的物質の定量を行う滴定方法。目的とする試料物質が電極で直接反応を起こさず、電極で生成した物質と試料物質が溶液内で反応する場合には、形式上普通の滴定に似ているので電量滴定と呼ばれる。

出典：大木道則，大沢利昭，田中元治，千原秀明編，1995：化学辞典，東京化学同人。

長倉三郎，井口洋夫，江沢洋，岩村秀，佐藤文隆，久保亮五編，2006：岩波理化学辞典 第5版，岩波書店。

【ニ】

二酸化炭素分圧 (Partial Pressure of Carbon Dioxide)

解説：大気海洋間での二酸化炭素の放出・吸収量を定量的に扱うために濃度の単位を圧力の単位に変換したもの。

出典：<http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/db/co2/knowledge/observation.html>

【ヒ】

ピーピーエム (ppm)

解説：体積の百万分率。

出典：<http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/db/co2/knowledge/observation.html>

【フ】

フラウンフォーファー線 (Fraunhofer Lines)

解説：太陽スペクトルに現れる吸収線。フラウンフォーファーによって発見された。光球から放射された連続光が彩層下部の種々の原子やイオンに吸収されるため暗線(吸収線)としてみえる。

出典：長倉三郎，井口洋夫，江沢洋，岩村秀，佐藤文隆，久保亮五編，2006：岩波理化学辞典 第5版，岩波書店。

プロット (Plot)

解説：生態学調査を行う際に設定する小区画の土地。

出典：<http://forests.world.coocan.jp/fvdb/yougo.html>

【ホ】

飽差 (Vapor Pressure Deficit)

解説：同一温度に対する飽和水蒸気圧と実際の蒸気圧との差。

出典：和達清夫監修，1993：気象の辞典，廣濟堂。

【メ】

メタデータ (Meta Data)

解説：データの意味を記述あるいは代表するデータ。

出典：長尾 真，稲垣 康善，辻井 潤一，中田 育男，石田 晴久，田中 英彦，
所 真理雄，米沢 明憲編，1990：岩波情報科学事典，岩波書店。

【モ】

モニタリングサイト 1000 (Monitoring site 1000)

解説：「新・生物多様性国家戦略」に基づいて実施される長期的な生態系モニタリング。環境省自然環境局生物多様性センターが担当している。

出典：<http://www.biodic.go.jp/moni1000.html>

【ヨ】

ヨウ化カリウム法 (KI 法)

解説：地上オゾンの濃度基準を決定する方法 (2002 年 3 月末まで使われた)。KI 法 (ヨウ化カリウム溶液の作成、基準ヨウ素溶液の希釈など計量作業が多く行われる) は、基準との比較ではなく、校正作業そのものが絶対濃度を決定するものであった。専門的な化学分析技術を必要とした。

出典：http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/cdrom/report2005/html/7_3_3.htm

葉面積指数 (Leaf Area Index)

解説：単位土地面積ごとの全葉面積の合計値。

出典：日本陸水学会編，2006：陸水の事典，講談社サイエンティフィック。

【ラ】

ランチョスフィルタ (Lanczos Filter)

解説：長期変動成分を求めるためのデジタルフィルタの一つ。

出典：http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/cdrom/report2005/html/8_0.htm

ランドサット (Landsat)

解説：アメリカの打ち上げた地球資源観測衛星。

出典：<http://landsat.gsfc.nasa.gov/>

【リ】

リモートセンシング (Remote Sensing)

解説：直接的に対象物に触れることなく、対象物の物理・化学的特性を計測すること。

出典：和達清夫監修，1993：気象の辞典，廣濟堂.

【ル】

ルルベデータ (Relevé Data)

解説：日本全国のルルベ（植物社会学的調査法による植生調査区）で集められたデータ。

出典：<http://ss.ffpri.affrc.go.jp/labs/prdb/index.html>

【ロ】

ローパスフィルタ (Low-pass Filter)

解説：任意の周波数以下の成分だけを通過させるフィルタ。

出典：情報処理用語大事典編集委員会編，1992：情報処理用語大事典，オーム社.

参考資料

参考資料(1)-①「第12回世界気象会議決議40」と「第48回執行理事会決議12 第12回世界気象会議決議40の実施」原文

40(Cg-XII)—WMO policy and practice for the exchange of meteorological and related data and products including guidelines on relationships in commercial meteorological activities

THE CONGRESS,
NOTING:

- (1) Resolution 23 (EC-XLII) — Guidelines on international aspects of provision of basic and special meteorological services,
- (2) Resolution 20 (EC-XLVI) — WMO policy on the exchange of meteorological and related data and products,
- (3) Resolution 21 (EC-XLVI) — Proposed new practice for the exchange of meteorological and related data and products,
- (4) Resolution 22 (EC-XLVI) — WMO guidelines on commercial activities,
- (5) The report to Twelfth Congress of the chairman of the Executive Council Working Group on the Commercialization of Meteorological and Hydrological Services, established at the request of Eleventh Congress by the Executive Council in Resolution 2 (EC-XLIII) — Working Group on the Commercialization of Meteorological and Hydrological Services,

RECALLING:

- (1) The general policies of the Organization, as set down in the Third WMO Long-term Plan (1992–2001) adopted by Eleventh Congress, which include, *inter alia*, that Members should reaffirm their commitment to the free and unrestricted international exchange of basic meteorological data and products, as defined in WMO Programmes (*Third WMO Long-term Plan*, Part I, Chapter 4, paragraph 127),
- (2) The concern expressed by Eleventh Congress that commercial meteorological activities had the potential to undermine the free exchange of meteorological data and products between national Meteorological Services,

CONSIDERING:

- (1) The continuing fundamental importance, for the provision of meteorological services in all countries, of the exchange of meteorological data and products between WMO Members' national Meteorological or Hydrometeorological Services (NMSs), WMCs, and RSMCs of the WWW Programme,
- (2) Other programmes of world importance such as GCOS, GOOS, WCRP, and IGOSS, which are sponsored and implemented in cooperation with other international organizations,
- (3) The basic role of WMO Members' NMSs in furthering applications of meteorology to all human

activities,

- (4) The call by the world leaders at UNCED (Brazil, 1992) for increasing global commitment to exchange scientific data and analysis and for promoting access to strengthened systematic observations,
- (5) The provision in the UN/FCCC committing all Parties to the Convention to promote and cooperate in the full, open, and prompt exchange of information related to the climate system and climate change,

RECOGNIZING:

- (1) The increasing requirement for the global exchange of all types of environmental data in addition to the established ongoing exchange of meteorological data and products under the auspices of the WWW,
- (2) The basic responsibility of Members and their NMSs to provide universal services in support of safety, security and economic benefits for the peoples of their countries,
- (3) The dependence of Members and their NMSs on the stable, cooperative international exchange of meteorological and related data and products for discharging their responsibilities,
- (4) The continuing requirement for Governments to provide for the meteorological infrastructure of their countries,
- (5) The continuing need for, and benefits from, strengthening the capabilities of NMSs, in particular in developing countries, to improve the provision of services,
- (6) The dependence of the research and education communities on access to meteorological and related data and products,
- (7) The right of Governments to choose the manner by, and the extent to, which they make data and products available domestically or for international exchange,

RECOGNIZING FURTHER:

- (1) The existence of a trend towards the commercialization of many meteorological and hydrological activities,
- (2) The requirement by some Members that their NMSs initiate or increase their commercial activities,
- (3) The risk arising from commercialization to the established system of free and unrestricted exchange of data and products, which forms the basis for the WWW, and to global cooperation in meteorology,
- (4) Both positive and negative impacts on the capacities, expertise and development of NMSs, and particularly those of developing countries, from commercial operations within their territories by the commercial sector including the commercial

activities of other NMSs,

REMINDS Members of their obligations under Article 2 of the WMO Convention to facilitate worldwide cooperation in the establishment of observing networks and to promote the exchange of meteorological and related information; and of the need to ensure stable ongoing commitment of resources to meet this obligation in the common interest of all nations;

ADOPTS the following policy on the international exchange of meteorological and related data and products:

As a fundamental principle of the World Meteorological Organization (WMO), and in consonance with the expanding requirements for its scientific and technical expertise, WMO commits itself to broadening and enhancing the free and unrestricted¹ international exchange of meteorological and related data and products;

ADOPTS the following practice on the international exchange of meteorological and related data and products² :

- (1) Members shall provide on a free and unrestricted basis essential data and products which are necessary for the provision of services in support of the protection of life and property and the well-being of all nations, particularly those basic data and products, as, at a minimum, described in Annex 1 to this resolution, required to describe and forecast accurately weather and climate, and support WMO Programmes;
- (2) Members should also provide the additional data and products which are required to sustain WMO Programmes at the global, regional, and national levels and, further, as agreed, to assist other Members in the provision of meteorological services in their countries. While increasing the volume of data and products available to all Members by providing these additional data and products, it is understood that WMO Members may be justified in placing conditions on their re-export for commercial purposes outside of the receiving country or group of countries forming a single economic group, for reasons such as national laws or costs of production;
- (3) Members should provide to the research and education communities, for their non-commercial activities, free and unrestricted access to all data and products exchanged under the auspices of WMO with the understanding that their commercial activities are subject to the same conditions identified in **ADOPTS** (2) above;

STRESSES that all meteorological and related data and products required to fulfil Members' obligations under WMO Programmes will be encompassed by the combination of essential and additional data and products exchanged by Members;

URGES Members to:

- (1) Strengthen their commitment to the free and unrestricted exchange of meteorological and related data and products;
- (2) Increase the volume of data and products exchanged to meet the needs of WMO Programmes;
- (3) Assist other Members, to the extent possible, and as

agreed, by providing additional data and products in support of time-sensitive operations regarding severe weather warnings;

- (4) Strengthen their commitments to the WMO and ICSU WDCs in their collection and supply of meteorological and related data and products on a free and unrestricted basis;
- (5) Implement the practice on the international exchange of meteorological and related data and products, as described in **ADOPTS** (1) to (3) above;
- (6) Make known to all Members, through the WMO secretariat, those meteorological and related data and products which have conditions related to their re-export for commercial purposes outside of the receiving country or group of countries forming a single economic group;
- (7) Make their best efforts to ensure that the conditions which have been applied by the originator of additional data and products are made known to initial and subsequent recipients;

FURTHER URGES Members to comply with:

- (1) The Guidelines for Relations among National Meteorological or Hydrometeorological Services Regarding Commercial Activities as given in Annex 2 to this resolution;
- (2) The Guidelines for Relations between National Meteorological or Hydrometeorological Services and the Commercial Sector as given in Annex 3 to this resolution;

INVITES Members to provide explanation of the WMO policy, practice, and guidelines to the commercial sector and other appropriate agencies and organizations;

REQUESTS the Executive Council to:

- (1) Invite the president of CBS, in collaboration with the other technical commissions as appropriate, to provide advice and assistance on the technical aspects of implementation of the practice;
- (2) Invite the president of CHY to continue his work on the issue of commercialization and the international exchange of hydrological data and products;
- (3) Keep the implementation of this resolution under review and report to Thirteenth Congress;

REQUESTS the Secretary-General to:

- (1) Keep Members informed on the impacts of commercialization on WMO Programmes and to facilitate the exchange of relevant information on commercialization among NMSs;
- (2) Report on a timely basis to all Members on those meteorological and related data and products on which Members have placed conditions related to their re-export for commercial purposes;
- (3) Maintain effective coordination with IOC and other involved international organizations in respect of joint programmes during WMO's implementation of the practice;

DECIDES to review the implementation of this resolution at Thirteenth Congress.

Annex 1 to Resolution 40 (Cg-XII)
Data and products to be exchanged without charge and with no conditions on use

Purpose

The purpose of this listing of meteorological and related data and products is to identify a minimum set of data and products which are essential to support WMO

- 1 "Free and unrestricted" means non-discriminatory and without charge [Resolution 23 (EC-XLII) — Guidelines on international aspects of provision of basic and special meteorological services]. "Without charge", in the context of this resolution means at no more than the cost of reproduction and delivery, without charge for the data and products themselves.
- 2 See Annex 4 to this resolution for definitions.

Programmes and which Members shall exchange without charge and with no conditions on use. The meteorological and related data and products which are essential to support WMO Programmes include, in general, the data from the RBSNs and as many data as possible that will assist in defining the state of the atmosphere at least on a scale of the order of 200 km in the horizontal and six to 12 hours in time.

Contents

- (1) Six-hourly surface synoptic data from RBSNs, e.g. data in SYNOP, BUFR or other general purpose WMO Code;
- (2) All available *in situ* observations from the marine environment, e.g. data in SHIP, BUOY, BATHY, TESAC codes, etc.;
- (3) All available aircraft reports, e.g. data in AMDAR, AIREP codes, etc.;
- (4) All available data from upper air sounding networks, e.g. data in TEMP, PILOT, TEMP SHIP, PILOT SHIP codes etc.;
- (5) All reports from the network of stations recommended by the regional associations as necessary to provide a good representation of climate, e.g. data in CLIMAT/CLIMAT TEMP and CLIMAT SHIP/CLIMAT TEMP SHIP codes, etc.;
- (6) Products distributed by WMCs and RSMCs to meet their WMO obligations;
- (7) Severe weather warnings and advisories for the protection of life and property targeted upon end-users;
- (8) Those data and products from operational meteorological satellites that are agreed between WMO and satellite operators. (These should include data and products necessary for operations regarding severe weather warnings and tropical cyclone warnings).

Annex 2 to Resolution 40 (Cg-XII)

Guidelines for relations among National Meteorological or Hydrometeorological Services (NMSs) regarding commercial activities

Purpose

The purpose of these guidelines is to maintain and strengthen in the public interest the cooperative and supportive relations among NMSs in the face of differing

national approaches to the growth of commercial meteorological activities.

Guidelines

In order to ensure the maintenance of the international exchange of data and products among WMO Members, and to develop the applications of meteorology, while adapting to the new challenge from the growth of commercial meteorological activities:

1. NMSs should provide the first point of receipt within a country for WWW data and products, in order to have complete and timely access to all the information necessary for the production of weather forecasts and warnings and other meteorological/climatological services necessary for the protection of life and property and other public interest responsibilities entrusted to the NMSs and without prejudice to the national laws of their territory of location;
2. NMSs should make their best efforts to ensure that the conditions which have been applied by the originator of additional data and products³ are made known to initial and subsequent recipients;
3. In the case where conditions accompanying the exchange of additional data and products are not honoured, the originating NMS may take appropriate actions including denial of access of these additional data and products to the receiving Member;
4. NMSs may export NWP regional model products employing additional data and products for commercial purposes outside the country of the Member running the model, unless objected to by an affected Member. Every effort should be made to coordinate the provision of such services prior to implementation to avoid possible harm to other Members;
5. NMSs may distribute and export products from global NWP models without regard to conditions which were attached to the original data used in the models;
6. Services or products whose construction would suffer significant degradation by removal of the additional data or products and from which the additional data and/or products can be retrieved easily, or their use can be identified unambiguously, should carry the same conditions on their re-export for commercial purposes as those additional data or products;
7. An NMS receiving a request from a local client for service that it cannot fulfil may seek assistance from another NMS with the capacity to provide it. Where appropriate to enhance the free and unrestricted exchange of data and products among WMO Members, the service should as far as possible be made available through the offices of the NMS of the country within which the client is located;
8. Similarly, unless other arrangements have been agreed to, an NMS receiving a request to provide service in another country should refer the request back to the NMS in that country, i.e. to the local NMS. In

the event that the local NMS is unable to provide the service for lack of facilities or other legitimate reasons, the external NMS may seek to establish a collaborative arrangement with the local NMS to provide the service;

9. Where the service originated by one NMS is likely to affect other Members (e.g. in the provision of regional broadcasts of meteorological information or the wide distribution of seasonal or climate forecasts), the NMS

³ “Additional data and products” means data and products additional to those with no conditions on their use.

originating the service should seek, well in advance, and take into account the response of the NMSs of the affected Members, to the extent possible;

10. NMSs should, to the extent possible, refrain from using basic WWW data and products received from other countries in ways which jeopardize the performance of the public interest responsibilities of the originating NMSs within their own countries. If an NMS finds that, in the undertaking of its public interest responsibilities it is affected adversely by a public or private organization in another country, it may warn the NMS in the country from which the organization is deriving the data and products. The latter NMS should consider measures to mitigate these adverse effects and take those actions appropriate under its national laws;
11. NMSs with experience in commercial activities should make their expertise available, on request, to other NMSs, especially NMSs of developing countries, through the WMO Secretariat and bilaterally, and provide relevant documentation, seminars and training programmes to developing countries, on request, on the same financial basis as other WMO education and training courses are provided.

In implementing these guidelines, NMSs should take into account and, as far as possible, respect the different legal, administrative, and funding frameworks which govern the practices of NMSs in other countries or group of countries forming a single economic group. NMSs should, in particular, note that other NMSs will be bound by their own national laws and regulations regarding any trade restrictive practices. Furthermore, where a group of countries form a single economic group, the internal laws and regulations appropriate to that group shall, for all internal group activities, take precedence over any conflicting guidelines.

Annex 3 to Resolution 40 (Cg-XII)

Guidelines for relations between National Meteorological or Hydrometeorological Services (NMSs) and the commercial sector

Purpose

The purpose of these guidelines is to further improve the relationship between NMSs and the commercial sector. The development of the exchange of meteorological and related information depends greatly upon

sound, fair, transparent, and stable relations between these two sectors.

Guidelines

These guidelines apply to the commercial sector engaged in meteorological activities, which includes government organizations engaged in commercial meteorological activities.

In order to enhance the relationship between the two sectors:

1. In the common interest, the commercial sector is urged to respect the international data exchange principles of the WWW and other WMO Programmes;

2.

The commercial sector is urged to recognize and acknowledge the essential contribution of NMSs and of WMO to the activities of the commercial sector. NMSs and the commercial sector are urged to recognize the interdependence and mutual benefit possible from cooperative interaction;

3. In the case where the NMS of a country, particularly of a developing country, were to consider itself affected by the commercial sector's commercial use of data originated in its own country, all parties involved shall undertake negotiations to achieve appropriate and satisfactory agreements;
4. Unless authorized to do so by the relevant Member, commercial sector providers of meteorological services should not publicly issue warnings and forecasts relevant to the safety of life and property in the country or maritime area where they operate. Warnings and forecasts relevant to the safety of life and property publicly issued by the commercial sector should be consistent with those originated by NMSs or by other official originators in the course of the performance of their public service responsibilities;
5. In providing services, the commercial sector should be encouraged to employ meteorological terminology consistent with established national and international practice;
6. Commercial sector providers of meteorological services should respect the sovereignty and rules and regulations of the countries in which they deliver services;
7. NMSs are encouraged to discuss with their countries' meteorological community and professional societies the issues associated with the international activities of the commercial sector;
8. NMSs are encouraged to collaborate with their countries' commercial sector and their professional societies to maximize the use of meteorological information within their country.

Annex 4 to Resolution 40 (Cg-XII)

Definitions of terms in the practice and guidelines

<i>Term</i>	<i>Definition</i>
Practice	Specifications for the classification of, and the conditions attached to, the use of data and products exchanged

Re-export	among WMO Members. Redistribute, physically or electronically, outside the receiving country or group of countries forming a single economic group, directly or through a third party.
For commercial purposes	For recompense beyond the incremental cost of reproduction and delivery.
Commercial sector	Governmental or non-governmental organizations or individuals operating for commercial purposes.
Meteorological and related data and products	Geophysical (meteorological, oceanographic, etc.) observational data and products developed from these data acquired and/or produced by Members to support WMO Programme requirements. NOTES: 1. Meteorological and related data and products are considered to include climatological data and products. 2. Hydrological data and products, at this stage, are not included in the application of the practice. 3. Aeronautical information generated specifically to serve the needs of aviation and controlled under the Convention on International Civil Aviation (Chicago, 1944) is not included in the application of the practice.
Free and unrestricted	Non-discriminatory and without charge (Resolution 23 (EC-XLII))—Guidelines on international aspects of provision of basic and special meteorological services. “Without charge”, in the context of this resolution means at no more than the cost of reproduction and delivery, without charge for the data and products themselves.
Research and education communities	Researchers, teachers and students in academic and research institutions in other research institutions within governmental and non-governmental organizations, and these institutions themselves, as provided for in national laws and regulations.

12 (EC-XLVIII)—Implementation of Resolution 40 (Cg-XII) — WMO policy and practice for the exchange of meteorological and related data and products including guidelines on relationships in commercial meteorological activities

THE EXECUTIVE COUNCIL,

RECALLING Resolution 40 (Cg-XII) — WMO policy and practice for the exchange of meteorological and related data and products including guidelines on relationships in commercial meteorological activities,

RECOGNIZING that this resolution, by re-affirming the unanimous commitment of Members' to the free and unrestricted international exchange of essential meteorological data and products, is of paramount importance to the future of international cooperation in meteorology and to the future effectiveness of Members' NMHSs,

NOTING with appreciation the actions taken by the Secretary-General in response to Resolution 40 (Cg-XII),

NOTING with satisfaction the actions of a number of Members which increased the volume of data and products available for circulation on the GTS,

CONSIDERING that additional steps are needed to accomplish further the implementation of Resolution 40 (Cg-XII) and to achieve the full benefit to all Members of the decisions therein,

STRESSES the importance of the implementation of Resolution 40 (Cg-XII) to the research and educational communities;

REMINDS Members of the actions to be taken in response to Resolution 40 (Cg-XII) to comply with the letter and the spirit of the resolution and its annexes;

URGES Members to promote, at the national level, a better understanding of Resolution 40 (Cg-XII), and to implement it to the best of their ability;

INVITES Members to inform the Secretary-General of their experience with the implementation of Resolution 40 (Cg-XII) so that this could be brought to the attention of the Executive Council through its Advisory Working Group on the Exchange of Meteorological and Related Data and Products;

REQUESTS the Secretary-General to invite Members, which have not yet done so, to make known to all other Members through the WMO Secretariat, those data and products which they wish to add to the GTS and which data and products they wish to be regarded as additional in the sense of Resolution 40 (Cg-XII).

参考資料(1)-②「第12回世界気象会議決議40」と「第48回執行理事会決議12 第12回世界気象会議決議40の実施」仮訳

第12回世界気象会議決議40

気象及び関連するデータ・プロダクトの交換に関するWMOのポリシー及び実施要領並びに商業的気象事業における関係に関するガイドライン

世界気象会議は、

- (1) 第42回執行理事会決議23（基本・特別気象サービス提供の国際的側面に関するガイドライン）、
 - (2) 第46回執行理事会決議20（気象及び関連するデータ・プロダクトの交換に関するWMOのポリシー）、
 - (3) 第46回執行理事会決議21（気象及び関連するデータ・プロダクトの交換についての新しい実施要領案）、
 - (4) 第46回執行理事会決議22（商業活動に関するWMOガイドライン）、
 - (5) 第11回世界気象会議の要請に応じて第43回執行理事会決議2で設立された気象・水文サービスの商業化に関する執行理事会作業部会（WGCOM）部会長から第12回世界気象会議への報告書、
- に留意し、

- (1) 第11回世界気象会議で採択された第三次長期計画（1992年～2001年）の中の、WMO構成員がWMOの計画で定義されている基本気象データ・プロダクトの無料・無制約の国際交換に取り組むことを再確認すべきことに触れているWMOの一般政策（第三次長期計画第I部第4章第127項）、
 - (2) 第11回世界気象会議で、商業的な気象活動は各国気象機関間の気象データの無料の交換を阻害する恐れがあるという懸念が表明されたこと、
- を想起し、

- (1) すべての国における気象サービスの提供のため、国家気象水文機関並びに世界気象監視（WWW）計画の世界気象センター及び地域特別気象中枢の間での気象データ・プロダクトの交換が引き続き基本的に重要であること、
 - (2) 他の国際機関との協力により支援・実施されている全球気候観測システム（GCOS）、全球海洋観測システム（GOOS）、世界気候研究計画（WCRP）、全世界海洋情報サービスシステム（IGOSS）等の他の世界的に重要な計画、
 - (3) すべての人間活動への気象学の応用の推進におけるWMO構成員の国家気象水文機関としての基本的な役割、
 - (4) 国連環境開発会議（1992年、於ブラジル）において世界のリーダー達によって表明された、科学的データ・解析結果の交換及び強化された組織的観測へのアクセスの促進に対する世界的な取り組みの強化についての要求、
 - (5) すべての条約締約国に、気候系及び気候変動に関連する情報の十分、無制限かつ迅速な交換の促進・協力を求める気候変動に関する国際連合枠組条約の規定、
- を考慮し、

- (1) 世界気象監視の下で現在行われている気象データ・プロダクトの交換に加えて、すべての種類の環境データを全地球的に交換することに対する要望が高まりつつあること、
- (2) 構成員及びその国家気象水文機関は、それぞれの国の国民の危険防止・安全保障・経済的利益を保護するための普遍的なサービスを提供するという基本的な責任を有すること、
- (3) 構成員及びその国家気象水文機関は、それぞれの責任を果たすために気象及び関連する

データ・プロダクトの安定的かつ協力的な国際交換に依存していること、

- (4) 各国の気象業務の基盤をその国の政府が整備するよう引き続き求められていること、
- (5) サービスの提供の向上のために、特に開発途上国においては、国家気象水文機関を強化することが引き続き必要であり有益であること、
- (6) 研究・教育機関は、気象及び関連するデータ・プロダクトの利用に依存していること、
- (7) 各国政府は、データ・プロダクトを国内においてまたは国際交換のためにどのような方法で、また、どの程度提供する

かを選択する権利を有していること、
を認識し、更に、

- (1) 多くの国の気象・水文活動が商業化される傾向があること、
 - (2) 一部の構成員から、国家気象水文機関による商業活動を開始または強化させたいとの要望があること、
 - (3) 商業化によって、世界気象監視 (WWW) の基礎を成しているデータ・プロダクトの無料・無制約の交換の確立したシステム及び気象学における地球規模での協力体制に危機が生じていること、
 - (4) 他国の国家気象水文機関の商業活動を含む商業部門による国の領域内での商業的な業務によってもたらされる国家気象水文機関、特に開発途上国の国家気象水文機関の能力、専門知識及び発展に対する好影響及び悪影響、
- を認識し、

構成員が、観測網の確立について世界的協力を容易にし、気象及び関連する情報の交換を助長するという義務を WMO 条約第 2 条の下で有すること、そしてすべての国の共通の利益のためこの義務を果たすよう、必要な取り組みが引き続き安定的に行われることが必要であることを構成員に想起させ、

気象及び関連するデータ・プロダクトの国際交換に関する以下のポリシー

世界気象機関 (WMO) の基本的な原則として、そして WMO の有する科学的・技術的な専門知識に対する要望の高まりに呼応して、WMO は気象及び関連するデータ・プロダクトの無料・無制約の¹⁸ 国際交換の拡大及び強化に取り組むものとする。

を採択し、

気象及び関連するデータ・プロダクトの国際交換に関する以下の実施要領

- (1) WMO 構成員は、人命及び財産の保護並びにすべての国々の福祉のためのサービスの提供に不可欠な、とりわけ天気及び気候の状態を正確に記述、予報し、WMO の諸計画を維持するのに必要な、少なくとも別紙 1 に述べられる基本的なデータ・プロダクトを無料・無制約で提供するものとする。
- (2) WMO 構成員はまた、WMO の諸計画を世界的、地域的、国内的なレベルで継続するのに必要な、さらに合意されれば他の WMO 構成員が自国で行う気象サービスを支援するのに必要な追加的なデータ・プロダクトを提供すべきである。これらの追加的なデータ・プロダクトの提供により、すべての構成員が利用できるデータ・プロダクトの量が増加する一方、国内法の規定あるいは作成コスト等の理由から、WMO 構成員がこれらのデータ・プロダクトの、当該データ・プロダクトを受信した国または単一の経済圏を構成する国家群からの商業目的での再輸出に対して条件を付することが正当化され得ることが理解される。

¹⁸ 「無料・無制約」とは、非差別的かつ料金を徴収しないという意味である (第 42 回執行理事会決議 23)。「料金を徴収しない」とは、第 12 回世界気象会議決議 40 においては、データ・プロダクト自身の料金は徴収せず、複製および配信のコストのみでという意味である。

- (3) WMO 構成員は、研究・教育団体の非商業活動のためには、これらの団体の商業活動の部分については上記 (2) 項が適用されるとの了解のもと、WMO の協力の下に交換されるすべてのデータ・プロダクトを無料・無制約に提供すべきである。

を採択し、

基本的なデータ・プロダクトと追加的なデータ・プロダクトの組み合わせで、WMO 計画の下での構成員の責務を果たすために必要なすべての気象及び関連するデータ・プロダクトが網羅されていることを強調し、

- (1) 気象及び関連するデータ・プロダクトの無料・無制約の交換への取り組みを強化すること、
- (2) WMO 計画の必要性に見合うよう、交換されるデータ・プロダクトの量を増加させること、
- (3) シビアウェザーの警報に関連する緊急な業務の支援のため、可能な限り、また、合意に基づき、追加的なデータを提供することにより他の構成員を支援すること、
- (4) WMO 及び ICSU (国際学術連合会議) の世界資料センターが行う気象及び関連するデータ・プロダクトの無料・無制約の収集及び提供に対する支援を強化すること、
- (5) 上記「採択し」の (1) ~ (3) で述べられている気象及び関連するデータ・プロダクトの国際交換に関する実施要領を実施すること、
- (6) 受信した国または単一の経済圏を構成する国家群からの商業目的での再輸出に対して条件を付した気象及び関連するデータ・プロダクトを、WMO 事務局を通じてすべての構成員に周知すること、
- (7) 追加的なデータ・プロダクトの作成者が付した条件を最初の及びその後の受信者に確実に周知するよう最大限の努力をすること、

を構成員に要請し、更に、

- (1) 別紙 2 のとおりの商業活動に関する国家気象水文機関の間の関係についてのガイドライン、
- (2) 別紙 3 のとおりの国家気象水文機関と商業部門の間の関係についてのガイドライン、に従うよう構成員に要請し、

WMO のポリシー、実施要領及びガイドラインについての説明を、商業部門及び他の然るべき機関に対して行うことを構成員に要望し、

- (1) 基礎組織委員会委員長に対し、適宜他の専門委員会と協力の上、実施要領の実施の技術的な側面に関する助言、支援を行うよう要望すること、
- (2) 水文委員会委員長に対し、商業化及び水文データ・プロダクトの国際交換に関する問題の検討の継続を要望すること、
- (3) 本決議の実施状況を調査し、第 13 回世界気象会議に報告すること、

を執行理事会に要請し、

- (1) 商業化が WMO 計画に与える影響について構成員に周知し、商業化に関連する情報の国家気象水文機関の間での交換を促進すること、
- (2) 商業目的の再輸出に関する条件が付された気象及び関連するデータ・プロダクトについて、全ての構成員に対し、適時に報告すること、
- (3) WMO が実施要領を実施している限り、IOC 及び他の関連する国際機関との合同計画に関して有効な調整を維持すること、

を事務局長に要請し、

第 13 回世界気象会議において、本決議の実施状況を検討することを決定する。

(気象庁仮訳)

第12回世界気象会議決議40 別紙1

無料かつその使用に条件を付さないで交換されるデータ・プロダクト

目的

以下のリストは、WMOの諸計画の維持に不可欠であり、その構成員が無料かつその使用に何ら条件を付けずに交換することとする、気象及び関連するデータ・プロダクトのうち最小限のものを例示することを目的としている。WMOの諸計画の維持に不可欠である気象及び関連するデータ・プロダクトには、原則として、地区基本シノプティック観測網の観測地点からのデータ及び少なくとも水平スケール200km、時間スケール6～12時間の規模の大気の状態を記述するのに必要な全てのデータが含まれる。

内容

- (1) 地区基本シノプティック観測網からの6時間ごとの地上観測データ、例：SYNOP、BUFRその他汎用の通報式で通報されるデータ。
- (2) 海洋で得られる全ての現場観測データ、例：SHIP、BUOY、BATHY、TESAC等の通報式により通報されるデータ。
- (3) 航空機から得られる全ての通報データ、例：AMDAR、AIREP等の通報式により通報されるデータ。
- (4) 高層気象観測網で得られる全てのデータ、例：TEMP、PILOT、TEMP SHIP、PILOT SHIP等の通報式により通報されるデータ。
- (5) 代表性の高い気候値を得るのに必要であると地区協会が認めた観測地点から成る観測網から得られる全ての通報データ、例：CLIMAT/CLIMAT TEMP、CLIMAT SHIP/CLIMAT TEMP SHIP等の通報式により通報されるデータ。
- (6) WMOにより課せられた任務を果たすため、世界気象中枢及び地域特別気象中枢が配信するプロダクト。
- (7) エンドユーザーを対象とした、人命及び財産を保護するための、シビアウェザーに関する警報及び注意報。
- (8) 実用気象衛星により得られるデータ及びプロダクトのうち、WMOと衛星運用機関の間で合意されたもの(シビアウェザー及び熱帯低気圧に関連した警報に関連した業務に必要なデータ・プロダクトはこれに含まれるべきである)。

(気象庁仮訳)

商業活動に関する国家気象水文機関の間の関係についてのガイドライン

目的

本ガイドラインは、商業的な気象関連活動の増大に対する各国の方針が異なる中で、公共の利益のために国家気象水文機関の間の協力的な関係を維持・強化していくことを目的としている。

WMO の構成員の間のデータ・プロダクトの国際的な交換を維持させるため、また気象に係わる商業活動の成長によって生じる新たな課題に対応しつつ、気象学を応用することを発展させるため、以下のことが行われるべきである。

1. 人命及び財産の保護並びにその他の公共の利益のため国家気象水文機関に付託されている責任を果たすための気象予警報の作成その他の気象・気候サービスに必要な情報すべてが完全かつリアルタイムに、しかもその地域の国内法に抵触することなく利用できるようにするため、国家気象水文機関は世界気象監視 (WWW) のデータ・プロダクトの国内最初の受信機関となるべきである。
2. 国家気象水文機関は、付加的なデータ・プロダクト¹⁹の発信者が課した条件を最初及びその後の受信者に確実に周知するよう最大限の努力を払うべきである。
3. 付加的なデータ・プロダクトの交換に関する条件が守られない場合に備えて、提供側の国家気象水文機関は、これらの付加的なデータ・プロダクトへの受信側の構成員のアクセス禁止を含む適切な処置を講ずることができる。
4. 国家気象水文機関は、関係構成員の反対がなければ、付加的なデータ・プロダクトを用いた数値予報領域モデルのプロダクトを、当該モデルを実行した国から商業目的で輸出することができる。他の構成員に悪影響を及ぼすおそれがないように、これらのサービスが実施される前に十分な調整を行うべきである。
5. 国家気象水文機関は、モデルで使用される原データに課せられた条件にかかわらず、全球数値予報モデルのプロダクトを配信・輸出することができる。
6. 付加的なデータ・プロダクトを取り除くことでその構成が著しく劣化し、かつそこから付加的なデータ・プロダクトを容易に抽出することができる業務またはプロダクトあるいはその利用が明確に特定できる業務またはプロダクトについては、その商業目的での再輸出に際して、もとの付加的なデータ・プロダクトに課せられたものと同じ条件が課せられるべきである。
7. 国内の受益者から、その機関が実施できない業務を行うよう要請された国家気象水文機関は、その業務を提供する能力を有する他の国家気象水文機関に支援を求めることができる。WMO 構成員間の、データ・プロダクトの無料・無制約な交換を強化するのに適切と認められる場合には、その業務は可能な限りその受益者が所属している国の国家気象水文機関を通じて提供されるべきである。
8. 同様に、他に取り決めのない限り、他の国における業務を提供するよう要請を受けた国家気象水文機関は、その国の国家気象水文機関、すなわち現地の国家気象水文機関にその要請を照会するべきである。現地の国家気象水文機関が設備不足その他の正当な理由によりその業務を提供できない場合には、外国の国家気象水文機関は現地の国家気象水文機関とその業務の提供についての協力協定を結ぶよう求めることができる。
9. ある国家気象水文機関が提供した業務が他の構成員に影響を及ぼすおそれがある場合（例えば気象情報を地域的に放送する場合あるいは季節または気候予報を広範囲に通報する場合）には、当該業務を提供する国家気象水文機関は影響を受ける国家気象水文機関の意向

¹⁹ 付加的なデータ・プロダクトとは、その使用が無制約なデータ・プロダクト以外のデータ・プロダクトを指す。

を事前に確認するように努め、かつ可能な限りこれを考慮するべきである。

10. 国家気象水文機関は、他の国から受領した基礎的な WWW データ・プロダクトを、提供側の国家気象水文機関が自国に対して負っている使命に基づく公共的な業務を損なうような方法でを使用することを可能な限り避けるべきである。ある国家気象水文機関がその公共的な使命を遂行するに当たって他国の公共または民間機関によって悪影響を被っていると認められた場合には、この国家気象水文機関はこの機関がデータ・プロダクトを取得している国の国家気象水文機関に対して警告を発することができる。当該警告を受けた国家気象水文機関は、これらの悪影響を緩和させる措置を検討し、国内法に基づいてこれを実施するべきである。
11. 商業活動の経験を持つ国家気象水文機関は、要請に応じて、その専門知識を他の国家気象水文機関、とりわけ開発途上国の国家気象水文機関に、WMO 事務局を通じてまたは二国間で提供し、また要請に応じて関連文書の提供並びに開発途上国に対するセミナー及び研修の実施を、他の WMO 教育研修計画が実施されているのと同様の財源により行うべきである。

これらのガイドラインを実施するに当たって、国家気象水文機関は、他の国または単一経済圏を形成する国家群の国家気象水文機関の業務はそれぞれ異なる法律、行政及び資金についての枠組みに基づいていることを考慮し、できる限りこれらを尊重するべきである。とりわけ国家気象水文機関は、他の国家気象水文機関は貿易の制限に関する国内法、規則に拘束されることに留意するべきである。さらに、単一経済圏を形成する国家群の場合には、当該国家群のすべての活動に対して、その国家群に適用される法律及び規則があらゆるガイドラインに優先する。

(気象庁仮訳)

国家気象水文機関と商業部門の関係についてのガイドライン

目的

本ガイドラインは、国家気象水文機関と商業部門の関係をさらに改善することを目的としている。気象及び関連する情報の交換の発展は、健全、公正、明朗でかつ安定した両者の関係に大きく依存している。

以下のガイドラインは、気象業務に従事している商業部門（商業的気象活動を行っている政府機関を含む）に適用される。

両者間の関係を強化するために、以下のことが求められる。

1. 商業部門は、公共の利益のため、**WWW** 及びその他の **WMO** の計画に関する国際データ交換の原則を尊重するよう促される。
2. 商業部門は、国家気象水文機関及び **WMO** が民間企業の活動に大きく貢献していることを理解することを求められる。国家気象水文機関と商業部門は、両者が相互に依存していること及び互いに協力することによって利益が得られることを認識することが求められる。
3. ある国、とりわけ開発途上国の国家気象水文機関が、その国で作成したデータの商業部門による商業利用によって、その機関が影響を受けると判断した場合には、すべての当事者は適切かつ十分な合意を得るべく交渉を行わなければならない。
4. 気象業務を行っている民間企業は、その業務を行っている国または海域における人命及び財産の安全に関する予警報を、関係する **WMO** 構成員の許可なく公表すべきではない。商業部門が公表する人命及び財産の安全に関する予警報は、国家気象水文機関その他の公的機関がその任務を遂行するために作成する予警報と矛盾すべきでない。
5. 商業部門は、気象業務を行うに当たって、国内的及び国際的に確立された慣例と矛盾しない気象用語を使用するよう推奨される。
6. 気象業務を行う商業部門は、その業務を提供する国の主権並びに法律及び規則を尊重するべきである。
7. 国家気象水文機関は、商業部門の国際活動に伴って生ずる諸問題について国内の気象関係者及び関連学術団体と議論するよう推奨される。
8. 国家気象水文機関は、国内の気象情報を最大限に有効利用できるよう、国内の商業部門及び関連学術団体と協力することが推奨される。

(気象庁仮訳)

第 12 回世界気象会議決議 40 別紙 4

実施要領中の用語の定義

用語	定義
実施要領 Practice	WMO 構成員の間で交換されるデータ・プロダクトの分類の詳細及び同データ・プロダクトの利用に付与される条件。
再輸出 Re-export	受信した国または単一の経済圏を構成する国家群の外に物理的にまたは電子的に、直接または第三者を通じて再配信すること。
商業目的で For commercial purposes	複製または通信のための追加的な費用を超える報酬で。
商業部門 Commercial sector	商業目的で運用されている政府のまたは非政府の機関または個人。
気象及び関連するデータ・プロダクト Meteorological and related data and products	WMO の計画を維持するために構成員が獲得及び/または作成した地球物理学的な（気象、海洋等）観測データ及びこれらのデータを基にしたプロダクト。
注：	
1. 気象及び関連するデータ・プロダクトは気候データ・プロダクトを含むと考えられる。	
2. 水文データ・プロダクトには、現段階ではこの実施要領を適用しない。	
3. 航空のニーズのために特に作成され、国際民間航空条約（1944 年、シカゴ）の対象となっている情報には、この実施要領を適用しない。	
無料・無制約の Free and unrestricted	非差別的かつ料金を徴収しない（第 42 回執行理事会決議 23）。「料金を徴収しない」とは、第 12 回世界気象会議決議 40 においては、データ・プロダクト自身の料金は徴収せず、複製及び配信のコストのみでという意味である。
研究・教育団体 Research and education communities	各国の法律・規則によって定められる政府または非政府機関の学術的研究機関または他の研究機関の研究者、教員及び学生並びにこれらの機関そのもの。 (気象庁仮訳)

「第48回執行理事会決議12 第12回世界気象会議決議40の実施」仮訳

第 48 回執行理事会決議 12

第 12 回世界気象会議決議 40 の実施

気象及び関連するデータ・プロダクトの交換に関する WMO のポリシー及び実施要領並びに商業的気象事業における関係に関するガイドライン

執行理事会は

第 12 回世界気象会議決議 40-気象及び関連するデータ・プロダクトの交換に関する WMO のポリシー及び実施要領並びに商業的気象事業における関係に関するガイドラインを想起し、

WMO 構成員が基本気象データ・プロダクトの無料・無制約の国際交換に満場一致でとりくむことを再確認することにより、本決議は、気象学の国際協力の将来及び WMO 構成員の国家気象水文機関の将来の効果にとって何よりも重要であることを認識し、

第 12 回世界気象会議決議 40 に応じて事務局長がとった行動に感謝をもって留意し、

多くの WMO 構成員によってなされた活動は、全球気象通信システム（Global Telecommunication System : GTS）の普及に役立つデータ・プロダクトの量を増加させるものであったことに満足をもって留意し、

第 12 回世界気象会議決議 40 の実施をこれまで以上に達成し、本決議でなされた決定事項から WMO 構成員が十分な利益を得るためにさらなる手段が必要であることを考慮し、

研究・教育機関にとって第 12 回世界気象会議決議 40 の実施の重要性を強調し、

第 12 回世界気象会議決議 40 とその別紙の字句と精神を満たすために WMO の構成員は本決議に準じて行動することを想起し、

WMO 構成員が、国際レベルで、第 12 回世界気象会議決議 40 についてのよりよい理解を助長すること並びに力の及ぶ限り実施することを要請し、

気象及び関連するデータ・プロダクトの交換に関する諮問作業部会を通じて、第 12 回世界気象会議決議 40 の実施に伴う経験が、執行理事会により考慮されるため、WMO 構成員はその経験を事務局長に報告することを要請し、

GTS に加えることを望むデータ・プロダクトと、第 12 回世界気象会議決議 40 の意味するところの追加としてみなされることを望むデータ・プロダクトについて、事務局を通じて他の WMO 構成員に周知していない WMO の構成員には、事務局長がそのようにするよう依頼することを要請する。

(地球温暖化観測推進事務局／環境省・気象庁仮訳)

A/RES/41/65
95th plenary meeting
3 December 1986

41/65. Principles relating to remote sensing of the Earth from space

The General Assembly,

Recalling its resolution 3234 (XXIX) of 12 November 1974, in which it recommended that the Legal Sub-Committee of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space should consider the question of the legal implications of remote sensing of the Earth from space, as well as its resolutions 3388 (XXX) of 18 November 1975, 31/8 of 8 November 1976, 32/196 A of 20 December 1977, 33/16 of 10 November 1978, 34/66 of 5 December 1979, 35/14 of 3 November 1980, 36/35 of 18 November 1981, 37/89 of 10 December 1982, 38/80 of 15 December 1983, 39/96 of 14 December 1984 and 40/162 of 16 December 1985, in which it called for a detailed consideration of the legal implications of remote sensing of the Earth from space, with the aim of formulating draft principles relating to remote sensing,

Having considered the report of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space on the work of its twenty-ninth session and the text of the draft Principles Relating to Remote Sensing of the Earth from Space, annexed thereto,

Noting with satisfaction that the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, on the basis of the deliberations of its Legal Sub-Committee, has endorsed the text of the draft Principles Relating to Remote Sensing of the Earth from Space,

Believing that the adoption of the Principles Relating to Remote Sensing of the Earth from Space will contribute to the strengthening of international co-operation in this field,

Adopts the Principles Relating to Remote Sensing of the Earth from Space set forth in the annex to the present resolution.

ANNEX

Principles Relating to Remote Sensing of the Earth from Space

Principle I

For the purposes of these principles with respect to remote sensing activities:

(a) The term "remote sensing" means the sensing of the Earth's surface from space by making use of the properties of electromagnetic waves emitted, reflected or diffracted by the sensed objects, for the purpose of improving natural resources management, land use and the protection of the environment;

(b) The term "primary data" means the raw data that are acquired by remote sensors borne by a space object and that are transmitted or delivered to the ground from space by telemetry in the form of electromagnetic signals, by photographic film, magnetic tape or any other means;

(c) The term "processed data" means the products resulting from the processing of the primary data, needed to make such data usable;

(d) The term "analysed information" means the information resulting from the interpretation of processed data, inputs of data and knowledge from other sources;

(e) The term "remote sensing activities" means the operation of remote sensing space systems, primary data collection and storage stations, and activities in processing, interpreting and disseminating the processed data.

Principle II

Remote sensing activities shall be carried out for the benefit and in the interests of all countries, irrespective of their degree of economic, social or scientific and technological development, and taking into particular consideration the needs of the developing countries.

Principle III

Remote sensing activities shall be conducted in accordance with international law, including the Charter of the United Nations, the Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies, and the relevant instruments of the International Telecommunication Union.

Principle IV

Remote sensing activities shall be conducted in accordance with the principles contained in article I of the Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies, which, in particular provides that the exploration and use of outer space shall be carried out for the benefit and in the interests of all countries, irrespective of their degree of economic or scientific development, and stipulates the principle of freedom of exploration and use of outer space on the basis of equality. These activities shall be conducted on the basis of respect for the principle of full and permanent sovereignty of all States and peoples over their own wealth and natural resources, with due regard to the rights and interests, in accordance with international law, of other States and entities under their jurisdiction. Such activities shall not be conducted in a manner detrimental to the legitimate rights and interests of the sensed State.

Principle V

States carrying out remote sensing activities shall promote international co-operation in these activities. To this end, they shall make available to other States opportunities for participation therein. Such participation shall be based in each case on equitable and mutually acceptable terms.

Principle VI

In order to maximize the availability of benefits from remote sensing activities, States are encouraged, through agreements or other arrangements, to provide for the establishment and operation of data collecting and storage stations and processing and interpretation facilities, in particular within the framework of regional agreements or arrangements wherever feasible.

Principle VII

States participating in remote sensing activities shall make available technical assistance to other interested States on mutually agreed terms.

Principle VIII

The United Nations and the relevant agencies within the United Nations system shall promote international co-operation, including technical assistance and co-ordination in the area of remote sensing.

Principle IX

In accordance with article IV of the Convention on Registration of Objects Launched into Outer Space and article XI of the Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies, a State carrying out a programme of remote sensing shall inform the Secretary-General of the United Nations. It shall, moreover, make available any other relevant information to the greatest extent feasible and practicable to any other State, particularly any developing country that is affected by the programme, at its request.

Principle X

Remote sensing shall promote the protection of the Earth's natural environment. To this end, States participating in remote sensing activities that have identified information in their possession that can be used to avert any phenomenon harmful to the Earth's natural environment shall disclose such information to States concerned.

Principle XI

Remote sensing shall promote the protection of mankind from natural disasters. To this end, States participating in remote sensing activities that have identified processed data and analysed information in their possession that may be useful to States affected by natural disasters, or likely to be affected by impending natural disasters, shall transmit such data and information to States concerned as promptly as possible.

Principle XII

As soon as the primary data and the processed data concerning the territory under its jurisdiction are produced, the sensed State shall have access to them on a non-discriminatory basis and on reasonable cost terms. The sensed State shall also have access to the available analysed information concerning the territory under its jurisdiction in the possession of any State participating in remote sensing activities on the same basis and terms, particular regard being given to the needs and interests of the developing countries.

Principle XIII

To promote and intensify international co-operation, especially with regard to the needs of developing countries, a State carrying out remote sensing of the Earth from space shall, upon request, enter into consultations with a State whose territory is sensed in order to make available opportunities for participation and enhance the mutual benefits to be derived therefrom.

Principle XIV

In compliance with article VI of the Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies, States operating remote sensing satellites shall bear international responsibility for their activities and assure that such activities are conducted in accordance with the provisions of the Treaty and the norms of international law, irrespective of whether such activities are carried out by governmental or non-governmental entities or through international organizations to which such States are parties. This principle is without prejudice to the applicability of the norms of international law on State responsibility for remote sensing activities.

Principle XV

Any dispute resulting from the application of these principles shall be resolved through the established procedures for the peaceful settlement of disputes.

宇宙空間からの地球の遠隔探査に関する原則

リモートセンシング法原則宣言

(第 41 会期国際連合総会決議第 41/65 号、1986 年 12 月 3 日国連総会において採択)

国際連合総会は、

宇宙空間平和利用委員会の法律小委員会が宇宙空間からのリモートセンシングの法律上の影響の問題を検討することを勧告した 1974 年 11 月 12 日の決議 3234 号(第 29 会期)、並びに、リモートセンシングに関する原則草案を作成するために、宇宙空間からの地球のリモートセンシングの法律的な影響の詳細な検討を要求した、1975 年 11 月 18 日の決議第 3388 号(第 30 会期)、1977 年 12 月 20 日の決議第 32/196A 号、1978 年 11 月 10 日の決議第 33/16 号、1979 年 12 月 5 日の決議第 34/66 号、1980 年 11 月 3 日の決議第 35/14 号、1981 年 11 月 18 日の決議第 36/35 号、1982 年 12 月 10 日の決議第 37/89 号、1983 年 12 月 15 日の決議第 38/80 号、1984 年 12 月 14 日の決議第 39/96 号、及び 1985 年 12 月 16 日の決議第 40/162 号を想起し、

第 29 会期の作業に関する宇宙空間平和利用委員会の報告及びこの報告に附属する宇宙空間からの地球のリモートセンシングに関する原則案の本文を検討し、

宇宙空間平和利用委員会が、その法律小委員会の審議に基づき、宇宙空間からの地球のリモートセンシングに関する原則案の本文を承認したことを満足をもって留意し、

宇宙空間からの地球のリモートセンシングに関する原則案の採択がこの分野における国際的な協力の強化に寄与することを確信し、

この原則の附属書に定める宇宙空間からの地球のリモートセンシングに関する原則を採択する。

1986 年 12 月 3 日、第 95 会期

宇宙空間からの地球のリモートセンシングに関する原則

第 1 原則 リモートセンシング活動に関するこれらの原則の適用上、

- (a) 「リモートセンシング」とは、天然資源の管理、土地利用及び環境の保護を改善する目的での、探査される物体により放射され、反射され、回折された電磁波の特性を利用することによる宇宙空間からの地球表面の探査をいう。
- (b) 「一次データ」とは、宇宙物体に搭載されたリモート・センサーによって取得され、遠隔測定法によって電磁信号の形で、又は写真フィルム、磁気テープその他の手段によって、宇宙空間から地上に伝送され又は伝達される生データをいう。
- (c) 「処理済データ」とは、1 次データを利用できるようにするために必要な同データの処理の結果得られるものをいう。
- (d) 「解析された情報」とは処理済データの解釈、その他の出所からのデータ及び知識の入力から生ずる情報をいう。
- (e) 「リモートセンシング活動」とは、リモートセンシング宇宙システムの運用、一次データの受信処理局の活動、並びに処理済データを処理し、解釈し、及び配布する活動をいう。

- 第 2 原則 リモートセンシング活動は、経済的、社会的又は科学的及び技術的発展の程度に関わりなく、特に開発途上国の必要を考慮して、すべての国の利益のために行われる。
- 第 3 原則 リモートセンシング活動は、国際連合憲章、月その他の天体を含む宇宙空間の探査及び利用における国家活動を律する原則に関する条約及び国際電気通信連合の関連文書を含む国際法に従って行われる。
- 第 4 原則 リモートセンシング活動は、宇宙空間の探査及び利用が、経済的又は科学的発展の程度に関わりなく、すべての国の利益のために行われるということを特に規定し、かつ、平等に基づく宇宙空間の探査及び利用の自由の原則を定める、月その他の天体を含む宇宙空間の探査及び利用における国家活動を律する原則に関する条約第 1 条に含まれる原則に従って行われる。
これらの活動は、国際法に従って、他の国家及びその管轄の下にある団体の権利及び利益を正当に考慮しながら、自己の富及び天然資源に対するすべての国家及び人民の完全かつ永久的な主権の原則の尊重に基づいて行われる。この活動は、探査される国の合法的な権利及び利益を損う仕方で行われてはならない。
- 第 5 原則 リモートセンシング活動を行う国は、これらの活動における国際協力を促進する。この目的上、これらの国は、他の国に当該活動への参加の機会を与える。この参加は、各事例において、公平かつ相互に受け入れ可能な条件に基づくものとする。
- 第 6 原則 国家は、リモートセンシング活動から最大限の利益を得るために、協定、その他の取極によって、特に、可能な度に、地域的な協定又は取極の枠内で、データ受信処理局並びに処理及び解釈施設の設置と運用の措置を講ずることを奨励される。
- 第 7 原則 リモートセンシング活動に参加する国は、相互に合意された条件で、他の関係国に技術援助を与えるものとする。
- 第 8 原則 国際連合及び国際連合システムの枠内の関連機関は、リモートセンシングの分野における技術援助及び調整を含む国際協力を促進するものとする。
- 第 9 原則 リモートセンシング計画を実施する国は、宇宙空間に打ち上げられた物体の登録に関する条約の第 4 条、及び月その他の天体を含む宇宙空間の探査及び利用における国家活動を律する原則に関する条約の第 11 条の規定に従って、国際連合事務総長に通知する。
当該国は更に、要請に応じて、実行可能な最大限度で、他の国、特に計画によって影響を受ける開発途上国に対して、他の関連情報を通知する。
- 第 10 原則 リモートセンシングは、地球の自然環境の保護を促進しなければならない。リモートセンシング活動に参加する国は、この目的上、自国の所有する情報で、地球の自然環境に有害な現象を防止することができるものを確認した場合には、当該情報を関係諸国に公表するものとする。
- 第 11 原則 リモートセンシングは、自然の災害からの人類の保護を促進する。リモートセンシング活動に参加する国は、この目的上、自国の所有する処理済データ及び解析された情報で、自然災害によって影響を受ける、又は差し迫った自然災害によって影響を受ける可能性のある国に役立てることができるものを確認した場合には、

当該データ及び情報を可能な限り迅速に関係国に通知する。

第 12 原則 被探査国は、自国の管轄権の下にある領域に関する一次データ及び処理されたデータが作成される場合は直ちに、非差別的な基礎に基づきかつ合理的な価格の条件で、これらを手に入るものとする。特に開発途上国の必要及び利益が考慮された上で、被探査国はまた、リモートセンシング活動に参加する国が有する自国の管轄の下にある領域に関する利用可能な解析された情報を、同様の基礎及び条件に基づいて入手する。

第 13 原則 宇宙空間から地球のリモートセンシングを行う国は、特に開発途上国の必要に関して、国際協力を促進し及び強化するために、要請に応じて、参加の機会を与え、かつ、それから生ずる相互利益を増大するために、自国の領域が探査される国と協議するものとする。

第 14 原則 リモートセンシング衛星を運用する国は、月その他の天体を含む宇宙空間の探査及び利用における国家活動を律する原則に関する条約の第 6 条に従って、自国の活動について国際的な責任を有し、当該活動が、政府団体、非政府団体、若しくは自国が属する国際組織によって行われるかどうかを問わず、この宣言の原則及び国際法の規範に従って行われることを確保する。この原則は、リモートセンシング活動についての国家責任に関する国際法の規範の適用の可能性を損なうものではない。

第 15 原則 この宣言の原則の適用から生ずる紛争は、紛争の平和的解決のための確立された手続によって解決するものとする。

(出典：中央学院大学 地方自治研究センター編集「原典 宇宙法」)

EXECUTIVE SUMMARY

According to the Global Earth Observation System of Systems (GEOSS) *10-Year Implementation Plan*, the purpose of GEOSS is “to realize a future wherein decisions and actions for the benefit of humankind are informed via coordinated, comprehensive and sustained Earth observations and information.” GEOSS is seen by its participants as an important contribution to meeting the United Nations Millennium Development Goals and to furthering the implementation of international treaty obligations. The system will encompass all areas of the Earth, with a particular emphasis on addressing the needs of developing country users. GEOSS will incorporate *in situ*, seaborne, airborne, and space-based observations and address the integration of observations with models to support early warning and prediction and other “societal benefit areas.”

The GEOSS *10-Year Implementation Plan* explicitly acknowledges the importance of data sharing in achieving the GEOSS vision and anticipated societal benefits. The Plan, endorsed by nearly 60 governments and the European Commission at the 2005 Third Earth Observation Summit in Brussels, highlights the following GEOSS Data Sharing Principles:

- 1. There will be full and open exchange of data, metadata, and products shared within GEOSS, recognizing relevant international instruments and national policies and legislation.**
- 2. All shared data, metadata, and products will be made available with minimum time delay and at minimum cost.**
- 3. All shared data, metadata, and products being free of charge or no more than cost of reproduction will be encouraged for research and education.**

All new members of GEO are required to endorse the Plan and therefore these Principles. The Plan notes that “use of data or products does not necessarily imply agreement with, or endorsement of the purpose behind the gathering of such data.”

In 2006, the GEO Secretariat requested the Committee on Data for Science and Technology (CODATA), an interdisciplinary committee of the International Council for Science (ICSU), to recommend implementation guidelines and draft a background white paper. Based on the CODATA Task Group’s analysis of the GEOSS *10-Year Implementation Plan*, applicable international agreements and practice, and extensive consultation with experts on data policy from around the world, the following guidelines are proposed for further consideration by GEO and the GEOSS Members and Participating Organizations in implementing the GEOSS Data Sharing Principles:

Promoting implementation of the GEOSS Data Sharing Principles through the full and open exchange of data.

- 1) In order for a system to become an official component or element of GEOSS, it needs to provide “full and open” access to data, metadata, and products consistent with the GEOSS Data Sharing Principles and with other technical requirements established by GEO.**

Encouraging GEOSS users to reuse and re-disseminate shared data.

- 2) For GEOSS to realize its vision and potential, it is essential that the full and open exchange of data called for in the Data Sharing Principles apply to GEOSS data, metadata, and products even after such data are disseminated to users. Users need to be able to integrate, reuse, and re-disseminate data and information with minimal restrictions in order to achieve maximum results in the GEOSS societal benefit areas.**

- a. GEO should encourage all GEOSS components that are developed and operated by governmental, public-sector organizations to provide most, if not all, of their data and information without any reuse or re-dissemination restrictions.
- b. To meet the full range of user needs identified as priorities by GEO, private-sector or hybrid public-private systems should be encouraged to contribute at least a useful subset of their data and information without any reuse or re-dissemination restrictions.
- c. Attribution requirements should include recognition of all significant data sources or authors, as well as the GEOSS component that enabled access to and delivery of the data.

Ensuring consistency with other national laws and policies and international agreements.

- 3) All GEO Member States and Participating Organizations must abide by various specific restrictions on the dissemination and use of data and information based on national laws and policies and international agreements. Such restrictions pertain mainly to concerns regarding the protection of: national security, proprietary interests, privacy, confidentiality, indigenous rights, and conservation of sensitive ecological, archaeological, or cultural resources.
- a. GEO should establish an overall focal point for coordinating the application of these restrictions to avoid the development of a confusing array of vague and inconsistent use policies and approval procedures.
 - b. Each GEO Member State and Participating Organization also should consider establishing an authoritative point of contact to coordinate information on and interpretation of any restrictions applicable to its GEOSS elements.
 - c. GEO should consider utilizing machine-readable, common-use licensing approaches for copyrighted data products that place primary responsibility for compliance on the users rather than enforcing compliance through technical controls on data access.

Implementing pricing policies consistent with the GEOSS Data Sharing Principles.

- 4) The pricing of GEOSS data, metadata, and products should be based on the premise that the data and information within GEOSS is a public good for public-interest use in the nine societal benefit areas. GEO, together with its GEOSS data providers, should set standards for “minimum cost” based on this premise.
- a. The costs of data collection and system development and integration into GEOSS should not be considered an allowable part of cost recovery.
 - b. Although the Data Sharing Principles in theory allow for recovery of minimum costs for access to metadata, in practice, metadata generally should be made available openly at no cost, to enable users to discover sources of data and information without restriction.
 - c. GEO should encourage development of flexible, online cost recovery mechanisms that allow different types of users to understand their access costs.
 - d. GEO should encourage cost recovery models that waive or minimize costs for developing country applications and users not covered by the research and education Data Sharing Principle.
 - e. Cost recovery approaches and licensing arrangements for data and products contributed to GEOSS that require payments for reuse of data and products already acquired by users are not consistent with the GEOSS Data Sharing Principles.

Reducing the time delays for making data available through GEOSS.

- 5) GEO should promote “minimal time delay” to data within GEOSS, depending on the type of data and application and the need for appropriate quality control.
- a. For operational systems, time delays should be minimized through automated quality

control procedures.

- b. For research data, time delays may need to include a limited period of quality control and exclusive use by the data provider. These should reflect the norms of the relevant scientific communities or data processing centers.**

Promoting research and education uses of GEOSS data.

- 6) GEO should develop and adopt clear definitions of “research” and “education,” focused on the planned use of data rather than the status of the user.**
 - a. Cost reductions provided for research and educational activities and for support of developing country applications should be documented, if possible.**
 - b. Users receiving data at reduced or no cost should be strongly encouraged to provide impact metrics and information regarding their use of the data.**

Developing metrics and indicators for GEOSS data sharing activities.

- 7) GEO should develop minimum standards for data usage metrics and indicators to ensure that the overall utility and impact of GEOSS data, products, and services can be objectively documented.**
 - a. Usage metrics should capture not only the “throughput” of data, products, and services enabled by GEOSS, but also the quantitative and qualitative results of GEOSS data, products, and services across the nine societal benefit areas and in other important realms.**
 - b. GEO should devote significant effort toward making the collection, analysis, and interpretation of impact metrics and indicators an integral part of the system of systems.**

Developing effective coordination and outreach mechanisms for implementing the GEOSS Data Sharing Principles.

- 8) In order to implement the GEOSS Data Sharing Principles successfully, GEO needs to establish an internal organizational structure for promoting the established policies vis-à-vis the data providers and users.**
 - a. GEO should consider developing procedures to encourage the adherence of GEOSS elements to the GEOSS Data Sharing Principles.**

参考資料(3)-②「GEOSS データ共有原則に関するホワイトペーパーと実施ガイドライン（予稿）要旨」仮訳

GEOSS データ共有原則に関するホワイトペーパーと実施ガイドライン（予稿）要旨

ICSU/CODATA の指揮の下に、本文書は Da-06-01（GEOSS データ共有原則）の作業の一部として作成された

全球地球観測システム（GEOSS）の 10 年実施計画によると、GEOSS の目的は“人間の利益のための決断や行動が、調整され包括的で持続的な地球観測及び情報によって与えられるような将来を実現すること”としている。GEOSS の関係者は国連ミレニアム開発目標（United Nations Millennium Development Goals）の目的を達成するため、また、国際条約上の義務の履行を継続するために、GEOSS は重要な貢献をするとみなしている。地球観測システムは、発展途上国のユーザーのニーズを満たすことに特別な重きを置きながら、世界のすべての地域を網羅する。GEOSS は現場観測、海洋観測、航空機観測、宇宙基盤の観測を含み、初期警告、予測並びに他の“社会的利益分野”をサポートするためのモデルに観測を関連付けることに取り組んでいる。

GEOSS の 10 年実施計画は、GEOSS のビジョンや期待される社会利益を達成するためにデータを共有することの重要性を明らかに認めている。2005 年にブリュッセルで開かれた第三回地球観測サミットでおよそ 60 の政府とヨーロッパ共同体によって承認された 10 年実施計画は、以下のような GEOSS データ共有の原則を強調している。

1. 関連する国際文書、国家のデータポリシー及び法律の存在を認識しつつ、GEOSS 内の共有データ、メタデータ及びプロダクトが十分に制限なしで交換されるだろう。
2. すべての共有データ、メタデータ及びプロダクトは最小限の時間的遅延かつ、最低限の費用で入手することができるだろう。
3. 研究や教育での利用のために、すべての共有データ、メタデータ及びプロダクトは、無料もしくは複製にかかる費用を超えない料金で入手できるようにすることが奨励されるだろう。

GEO の新メンバーすべては 10 年実施計画、すなわち、上記の原則を承認することが要求される。10 年実施計画は“データまたはプロダクトの利用は、必ずしも、そのようなデータを収集した背景にある目的への同意や承認を意味するものではない”ことを認めている。

2006 年に GEO の事務局は、国際科学会議（International Council for Science）によって設立された学際委員会である科学技術委員会（Committee on Data for Science and Technology: CODATA）に実施のためのガイドラインを助言し、白書の背景となる草稿を書くように求めた。CODATA 作業委員会による、GEOSS の 10 年実施計画、当該する国際同意や実践に関する分析並びに世界中のデータポリシーに関する専門家との広範囲にわたる協議に基づいて、以下のようなガイドラインが提案された。GEO、GEOSS のメンバー並びに参加機関によって GEOSS のデータ共有原則の実施についてさらに考慮されるためである。

十分かつ無制限なデータ交換を通して GEOSS データ共有原則の実施の促進

- 1) GEOSS の正式なコンポーネントあるいはエレメントになるために、地球観測システムは GEOSS データ共有原則や GEO による他の技術的な要求を満たしたデータ、メタデータ及びプロダクトへの“十分かつ無制限”な利用を提供する必要がある。

GEOSS のユーザーに共有データの二次利用、再配布することを勧める

- 2) GEOSS がそのビジョンと可能性を実現するため、ユーザーに配布された後であっても、データ共有原則で求められたデータの十分かつ無制限の交換を、GEOSS のデータ、メタデータ

並びにプロダクトに適用することは非常に重要である。GEOSS の社会利益分野において最大限の結果を得るために、最小限の制約でユーザーは、データや情報を、統合、二次利用並びに再配布することができる必要がある。

- a. 政府や公営部門の組織によって作られ運営されているすべての GEOSS のコンポーネントが、すべてではないとしても、できる限り多くのデータや情報を二次利用や再配布する際に制限なしに提供することを GEO は、奨励すべきである。
- b. ユーザーのニーズにすべてこたえるため、このことは GEO によって最重要課題としてみなされてるが、民営部門あるいは民営部門と公営部門混合のシステムは少なくとも有効なデータと情報の一部を二次利用あるいは再配布する際に制限を課さずに提供することを奨励されるべきである。
- c. データの入手や配布を可能にした GEOSS のコンポーネントと同時に主要なデータ源や著者への感謝の意を記すべきである。

他の国家の法律やデータポリシーあるいは国際協定との一貫性を保証する

3) GEO のメンバーとなっている国家と参加機関はすべて、データや情報の配布や使用において、国家の法律やデータポリシー並びに国際協定に基づいた特別な制限に GEOSS は従うべきである。このような規制は、国家の安全、所有権、秘密、機密性、生来の権利、並びに繊細な生態、建築、そして文化的資源の保護に関する懸念に関連している。

- a. GEO は、あいまいで矛盾する利用ポリシーや許可手続きといった混乱を避け、これらの制約の応用を調整するために総括的な要点をまとめるべきである。
- b. また、各 GEO のメンバー国や参加機関は GEOSS のエレメントに当該するいかなる制約に関する情報や解釈を調整するために正式な連絡拠点を構築することを考慮するべきである。
- c. GEO は、著作権を有するデータプロダクトに対して、機械可読、共通使用許可 (common-use licensing) といったアプローチを利用することを考慮すべきである。この方法は、データ入手の際に技術的な管理によって遵守を強制するよりも根本的責任をユーザーに置くものである。

GEOSS データ共有原則に基づいた料金の設定

4) GEOSS 内のデータや情報は 9 つの社会利益分野における国民全体の利益のための公共財であるとの前提で、GEOSS データ、メタデータ並びにプロダクトの料金は、設定されるべきである。GEOSS のデータ提供者とともに GEO はこの前提に基づいて“最低料金”の標準を設定すべきである。

- a. データ収集、システム構築や GEOSS への統合にかかる費用は、原価回収が可能であると考えられるべきではない。
- b. 理論的に、データ共有原則は、メタデータを入手する際に最低費用の回収を認めているが、ユーザーが無制限でデータや情報源を発見することができるように、実際、一般的にメタデータは、無料で無制限に入手されるようにされているべきである。
- c. GEO は、様々なタイプのユーザーが利用にかかる費用について把握することができるように、オンラインによる原価回収のメカニズムの開発をするよう奨励すべきである。
- d. GEO は、発展途上国への応用、研究並びに教育データ共有原則に含まれていないユーザーへの費用を保留するあるいは最低限にする原価回収モデルを勧めるべきである。
- e. ユーザーがすでに取得したデータ並びにプロダクトを二次利用する際に料金を要求するような、GEOSS に貢献したデータやプロダクトのための原価回収のアプローチや使用許可協定は、GEOSS のデータ共有原則に矛盾するものである。

GEOSS を通してデータ利用のための時間的遅延を減らす

5) データや応用のタイプや妥当な品質管理の必要性に応じて、GEO は GEOSS 内のデータに対して“最小限の時間的遅延”を推進すべきである。

- a. 時間的遅延は、自動品質管理処置によって最小限にされるべきである。
- b. 研究データにとって、時間的遅延には、データ提供者による品質管理と独占利用のための一定期間を含むことが必要とされるかもしれない。これらは、関連する科学者の団体またはデータ処理センターの標準を反映すべきである。

GEOSS データの研究や教育利用の促進

6) GEO は“研究”や“教育”に関する明確な定義を示し採用すべきである。ユーザーの職業よりもむしろデータの使用計画に焦点をあてるべきである。

- a. 研究、教育活動並びに発展途上国へ応用する研究の援助のために提供された料金の割引は、可能であれば、記述されるべきである。
- b. 割引料金あるいは無料でデータを受け取ったユーザーは、データ使用によってもたらされた影響の度合いや情報を提供するように強く勧められる。

GEOSS データ共有活動の測定基準や指標の開発

7) GEO は、GEOSS のデータ・プロダクト並びにサービスの全体的な効用や影響が客観的に記録することができることを保証するために、データ使用の頻度や指標に関する最小限の標準を開発すべきである。

- a. データの使用頻度を測定することによって GEOSS を通して可能となったデータ、プロダクト並びにサービスの“処理量”だけを再現するだけでなく、9つの社会利益分野と他の重要な分野における GEOSS のデータ、プロダクト並びにサービスの量的質的影響を把握すべきである。
- b. GEO は、データ使用による影響の測定や指標の収集、分析並びに解釈が複数システムからなるシステムの不可欠な部分となるように最大限の努力をすべきである。

GEOSS のデータ共有原則を実施するための効果的な調整とその拡張のメカニズムの開発

8) GEOSS データ共有原則を首尾よく実施するために、GEO はデータの提供者とユーザーに対して政策が利用されることを保証するために内部組織構造を確立する必要がある。

- a. GEO は、GEOSS のエレメントが、GEOSS のデータ共有原則への厳守を促進するような方法を開発するよう考慮すべきである。

(地球温暖化観測推進事務局／環境省・気象庁仮訳)

IOC OCEANOGRAPHIC DATA EXCHANGE POLICY

Preamble

The timely, free and unrestricted international exchange of oceanographic data is essential for the efficient acquisition, integration and use of ocean observations gathered by the countries of the world for a wide variety of purposes including the prediction of weather and climate, the operational forecasting of the marine environment, the preservation of life, the mitigation of human-induced changes in the marine and coastal environment, as well as for the advancement of scientific understanding that makes this possible.

Recognising the vital importance of these purposes to all humankind and the role of IOC and its programmes in this regard, the Member States of the Intergovernmental Oceanographic Commission agree that the following clauses shall frame the IOC policy for the international exchange of oceanographic data and its associated metadata.

Clause 1

Member States shall provide timely, free and unrestricted access to all data, associated metadata and products generated under the auspices of IOC programmes.

Clause 2

Member States are encouraged to provide timely, free and unrestricted access to relevant data and associated metadata from non-IOC programmes that are essential for application to the preservation of life, beneficial public use and protection of the ocean environment, the forecasting of weather, the operational forecasting of the marine environment, the monitoring and modelling of climate and sustainable development in the marine environment.

Clause 3

Member States are encouraged to provide timely, free and unrestricted access to oceanographic data and associated metadata, as referred to in Clauses 1 and 2 above, for non-commercial use by the research and education communities, provided that any products or results of such use shall be published in the open literature without delay or restriction.

Clause 4

With the objective of encouraging the participation of governmental and non-governmental marine data-gathering bodies in international oceanographic data exchange and maximising the contribution of oceanographic data from all sources, this Policy acknowledges the right of Member States and data originators to determine the terms of such exchange, in a manner consistent with international conventions, where applicable.

Clause 5

Member States shall, to the best practicable degree, use data centres linked to IODE's NODC and WDC network as long-term repositories for oceanographic data and associated metadata. IOC programmes will co-operate with data contributors to ensure that data can be accepted into the appropriate systems and can meet quality requirements.

Clause 6

Member States shall enhance the capacity in developing countries to obtain and manage oceanographic data and information and assist them to benefit fully from the exchange of oceanographic data, associated metadata and products. This shall be achieved through the nondiscriminatory transfer of technology and knowledge using appropriate means, including IOC's Training Education and Mutual Assistance (TEMA) programme and through other relevant IOC programmes.

Definitions

“Free and unrestricted” means non-discriminatory and without charge. “Without charge”, in the context of this resolution means at no more than the cost of reproduction and delivery, without charge for the data and products themselves.

“Data” consists of oceanographic observation data, derived data and gridded fields.

“Metadata” is "data about data" describing the content, quality, condition, and other characteristics of data.

“Non-commercial” means not conducted for profit, cost-recovery or re-sale.

“Timely” in this context means the distribution of data and/or products sufficiently rapidly to be of value for a given application.

“Product” means a value-added enhancement of data applied to a particular application.

IOC 海洋データ交換原則（仮訳）

（前文）

各国の海洋観測データ、これは気象や気候の予測・生命の保護・海洋環境や沿岸環境への人為的影響の緩和・さらにそれらを可能にする科学的理解の増進などさまざまな目的をもって収集されるが、それらを効果的に集めて統合し利用するためには、適時性のある、無償かつ無制限の国際交換が不可欠である。

これらの目的が極めて重要であること、及び IOC とそのプログラムの重要な役割を認識し、政府間海洋学委員会の加盟国は、次の各条が海洋データとそれに関連するメタデータの国際交換のための IOC の原則を形作ることとなることに同意する。

第1条

加盟国は、IOC プログラムのもとで発生したすべてのデータ、関連するメタデータ、及び製品に対して、適時性のある、無償かつ無制限のアクセスを与えることとする。

第2条

加盟国は、非 IOC プログラムからの関係するデータ及び関連するメタデータに対しても、以下のアプリケーションに不可欠であるものについては、適時性のある、無償かつ無制限のアクセスを与えることが奨励される。そうしたアプリケーションは、生命の保護、公共に有益な利用、海洋環境の保全、気象予報、海洋環境の定常的予測、気候のモニタリングとモデル化、そして海洋環境の中で持続可能な開発などが挙げられる。

第3条

加盟国は、研究や教育関係者による非営利目的の利用に対しては、それらの利用の結果として得られる製品や結果が公開文献に遅滞や制限なく公表されるものであることを前提に、海洋データ及び関連するメタデータに対して、第1節及び2節で示されるように、適時性のある、無償かつ無制限のアクセスを与えることが奨励される。

第4条

海のデータを収集する政府及び非政府機関が海洋データ国際交換に参加することを促進し、あらゆる出所からの海洋データの貢献を最大化するため、この原則は、加盟国及びデータ生産者が交換に関する条件を決定する権利を認める。但し、適用可能な国際条約がある場合、その条約の方式に一致することが求められる。

第5条

加盟国は、海洋データ及び関連するメタデータのための長期の保管場所として、IODE の NODC 及び WDC ネットワークと連結されたデータセンターを可能な限り最大限に使うこととする。

IOC プログラムは、データを適切なシステムに受け入れ、品質要求を満たすことができるよう、データ提供者と協力する。

第6条

加盟国は、途上国が海洋データ及び情報を収集、管理する能力を高め、そして十分に海洋データと関連するメタデータ及び製品の交換で利益を得るのを支援することとする。これは、IOC の研修教育支援事業(TEMA)その他の IOC プログラムを通して、適切な方法を使った格差のない技術及び知識の移転によって達成されること。

（定義）

- ・「Free and unrestricted（無償かつ無制限）」とは、非差別的かつ無償の意。「無償」とは、データ及び製品そのものには課金せず、複製及び供給のコストを超えない範囲を意味する。
- ・「Data（データ）」は、海洋学の観測データ、観測データから導かれたデータ、グリッド化した場。

- ・「Metadata (メタデータ)」は、データの内容、品質、条件、その他データの特徴を記述する「データに関するデータ」
- ・「Non-commercial (非商業)」とは、利益、原価回収または再販のために行なわれないことを意味する。
- ・「Timely (適時性)」は、ここでは、あるアプリケーションのために意味のある十分な迅速性をもったデータや製品の配布を意味する。
- ・「Product (製品)」は、特定のアプリケーションに適用するため付加価値をつけることを意味する。

(IOC 海洋データ交換原則は、2003 年 6 月に開催された第 23 回 IOC 総会で採択されました。この仮訳は、東京大学海洋研究所道田教授の訳文を基に、JODC において一部修正したものです。)

参考資料(5)「UNEP/GRID のデータ提供方針」原文

Data Distribution Policy(UNEP/GRID Sioux Falls)

Most of the UNEP/GRID data sets are freely available for download by users via the Internet. UNEP/GRID does not place any restrictions on the use of this data, but does request that users cite UNEP/GRID (and any other sources mentioned in documentation of the data provided) as data furnisher(s).

For data sets not available 'on-line', requests made by non-commercial and non-private persons (i.e. those with no affiliation) will be filled at no cost, but will depend on data availability, UNEP/GRID workload and the nature of the data set being requested.

Requests will be queued with priority given to those related to joint activities with UNEP programme areas and other UN agencies. Data sets with a "restricted access" rating will not be distributed; however, information about such data sets, including the distributor's name, will be sent to eligible organisations upon request.

Users of data sets supplied through UNEP/GRID are requested to incorporate in output products and reports acknowledgements to the originator of the data and to the fact that they were acquired through UNEP/GRID. Appropriate wording may be "UNESCO (1987) through UNEP/GRID-Sioux Falls".

参考資料(6)「IPCC データ配布センター AR4 GCM データの利用についてのライセンスステートメント」原文

License Statement

These data are licensed for use in Research Projects only. A 'Research Project' is any project organised by a university, a scientific institute, or similar organisation (private or public), for non-commercial research purposes only. A necessary condition of the recognition of non-commercial purposes is that all the results obtained are openly available at delivery costs only, without any delay linked to commercial objectives, and that the research itself is submitted for open publication.

Data provided by the UK Met. Office/Hadley Centre are expected to be acknowledged by : © Crown copyright 2005, Data provided by the Met Office Hadley Centre

參考資料(7) 「CIESIN」原文

Data Policy : An outline of the CIESIN position on and guidance for developing procedures related to data use, dissemination and access, disclaimers, data acquisition, and copyright and permissions.

Data and Information Management Policy : Data and information management central to the work conducted at CIESIN. This policy provides the context for developing procedures related to the management of data and information resources at CIESIN.

Preservation of Digital Resources Policy : CIESIN has been working at the leading edge of digital data stewardship since its start in 1989. CIESIN's approach to digital data stewardship related to the long-term preservation of digital assets archived at CIESIN is described in this policy.

The Center for International Earth Science Information Network, referred to as CIESIN, is committed to creating, acquiring, archiving, documenting, maintaining, enhancing, and disseminating data, products, and services to support the CIESIN mission. The term data refers to all forms of content obtained from CIESIN or its staff.

CIESIN offers unrestricted access and use of data without charge, unless specified in the documentation for particular data. Data are freely distributable and redistributable from CIESIN unless otherwise specified in the documentation accompanying particular data.

Users of the data should acknowledge CIESIN and if applicable, the particular program providing the data, as the source used in the creation of any reports, publications, new data sets, derived products, or services resulting from their use. CIESIN also requests reprints of any publications acknowledging CIESIN as the source and requests notification of any redistribution efforts.

Users of CIESIN data, products and services are prohibited from any commercial or nonfree resale or redistribution without explicit written permission from CIESIN.

The Trustees of Columbia University in the City of New York hold the copyright on data created at CIESIN. CIESIN obtains permissions to disseminate data produced by others. Intellectual property rights and permissions associated with each particular data set are specified in the documentation of the data.

CIESIN offers no express or implied warranty regarding the quality, applicability or accuracy of the data, or any use thereof.

Date approved: July 5, 2001

Date revised: July 5, 2001

委員一覧

地球温暖化観測推進ワーキンググループ委員名簿

野尻 幸宏 ◎ (独) 国立環境研究所地球環境研究センター副センター長(主査)

炭素循環サブワーキンググループ

向井 人史 ○ (独) 国立環境研究所地球環境研究センター炭素循環研究室研究室長
(SWG 主査)

石井 雅男 気象研究所地球化学研究部第一研究室主任研究官

今須 良一 東京大学気候システム研究センター准教授

小笠 恒夫 (独) 水産総合研究センター北海道区水産研究所
亜寒帯海洋環境部生物環境研究室長

三枝 信子 (独) 産業技術総合研究所環境管理技術研究部門
大気環境評価研究グループ主任研究員

菅原 敏 宮城教育大学教育学部准教授

橋田 元 大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立極地研究所
気水圏研究グループ助教

藤沼 康実 (独) 国立環境研究所地球環境研究センター陸域モニタリング推進室長

松枝 秀和 気象研究所地球化学研究部第一研究室長

宮田 明 (独) 農業環境技術研究所大気環境研究領域上席研究員

村田 昌彦 (独) 海洋研究開発機構地球環境観測研究センター海洋大循環観測研究
プログラム化学トレーサグループサブリーダー

影響評価サブワーキンググループ

原沢 英夫 ○ (独) 国立環境研究所社会環境システム研究領域長(SWG 主査)

東 久美子 大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立極地研究所准教授

櫻井 敬三 気象庁地球環境・海洋部海洋気象情報室調査官

芝田 厚 海上保安庁海洋情報部技術・国際課海洋研究室主任技術・国際官
(～平成 19 年 3 月)

清水 潤子 海上保安庁海洋情報部技術・国際課海洋研究室主任研究官
(平成 19 年 4 月～)

千早 昭二 国土地理院測地観測センター地殻監視課長補佐(～平成 19 年 3 月)

千葉 幸弘 (独) 森林総合研究所植物生態研究領域・物質生産研究室長

日浦 勉 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター教授

藤田 耕史 名古屋大学環境学研究科准教授

松浦 直人 (独) 宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター計画マネージャ

宮崎 孝人 国土地理院測地観測センター地殻監視課長(平成 19 年 4 月～)

執筆協力者

佐々井 崇博 (独) 産業技術総合研究所地質情報研究部門地質リモートセンシング
研究グループ 研究員

堤 之智 気象庁地球環境海洋部環境気象管理官付全球大気監視調整官

奈佐原(西田)顕郎 筑波大学大学院生命環境科学研究科 講師

審議経過

平成 18 年度

平成 18 年 12 月 7 日
地球観測推進委員会（温暖化分野）第 1 回会合
○ワーキンググループ報告書作成の要望

平成 19 年 1 月 30 日
地球温暖化観測推進ワーキンググループ第 2 回会合
○ワーキンググループの検討項目について審議

平成 19 年 2 月 20 日-21 日
地球温暖化観測推進ワーキンググループ第 3 回会合
○ワーキンググループ報告書の執筆項目の骨子案について審議

平成 19 年度

平成 19 年 6 月 15 日
地球温暖化観測推進ワーキンググループ第 1 回会合
○ワーキンググループ報告書の執筆項目について審議

平成 19 年 6 月 21 日
地球観測推進委員会（温暖化分野）第 1 回会合
○ワーキンググループ報告書の執筆項目の詳細について審議

平成 19 年 8 月 22 日
地球観測推進委員会（温暖化分野）・地球温暖化観測推進ワーキンググループ合同会合
○報告書「地球温暖化観測における連携の促進を目指して-温室効果ガス、炭素循環及び温暖化影響評価に係る観測-」（骨子案）について審議

平成 19 年 12 月 21 日
地球温暖化観測推進ワーキンググループ第 3 回会合
○報告書「地球温暖化観測における連携の促進を目指して-温室効果ガス、炭素循環及び温暖化影響評価に係る観測-」（案）について審議

平成 20 年 2 月 21 日
地球温暖化観測推進ワーキンググループ第 4 回会合
○報告書「地球温暖化観測における連携の促進を目指して-温室効果ガス、炭素循環及び温暖化影響評価に係る観測-」（案）について審議

平成 20 年 2 月 25 日
地球観測推進委員会（温暖化分野）第 3 回会合
○ワーキンググループ報告書（案）について一部修正のうえ了承

平成 20 年 3 月 11 日
関係府省・機関連絡会議（温暖化分野）第 1 回会合
○ワーキンググループ報告書（案）について了承

編集事務担当

〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2
(独)国立環境研究所地球環境センター内
地球温暖化観測推進事務局／環境省・気象庁

藤谷 徳之助
宮崎 真
レオン 愛
樋渡 亜矢子
山田 真紀子
小林 由美子