

日本周辺外洋域の動物プランクトン 群集の長期変動データから見た海洋 生態系の気候変動応答過程

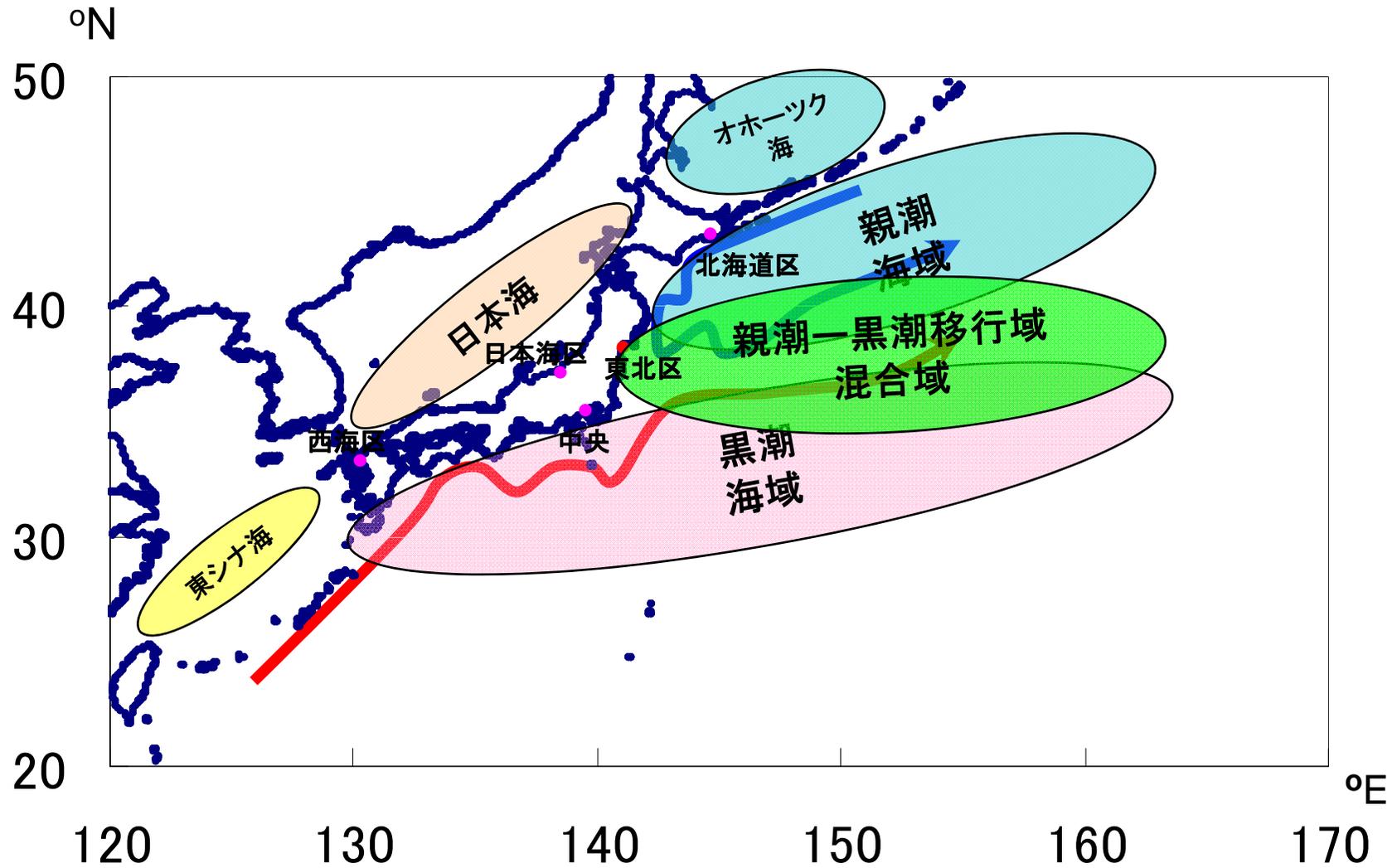
独)水産総合研究センター 中央水産研究所

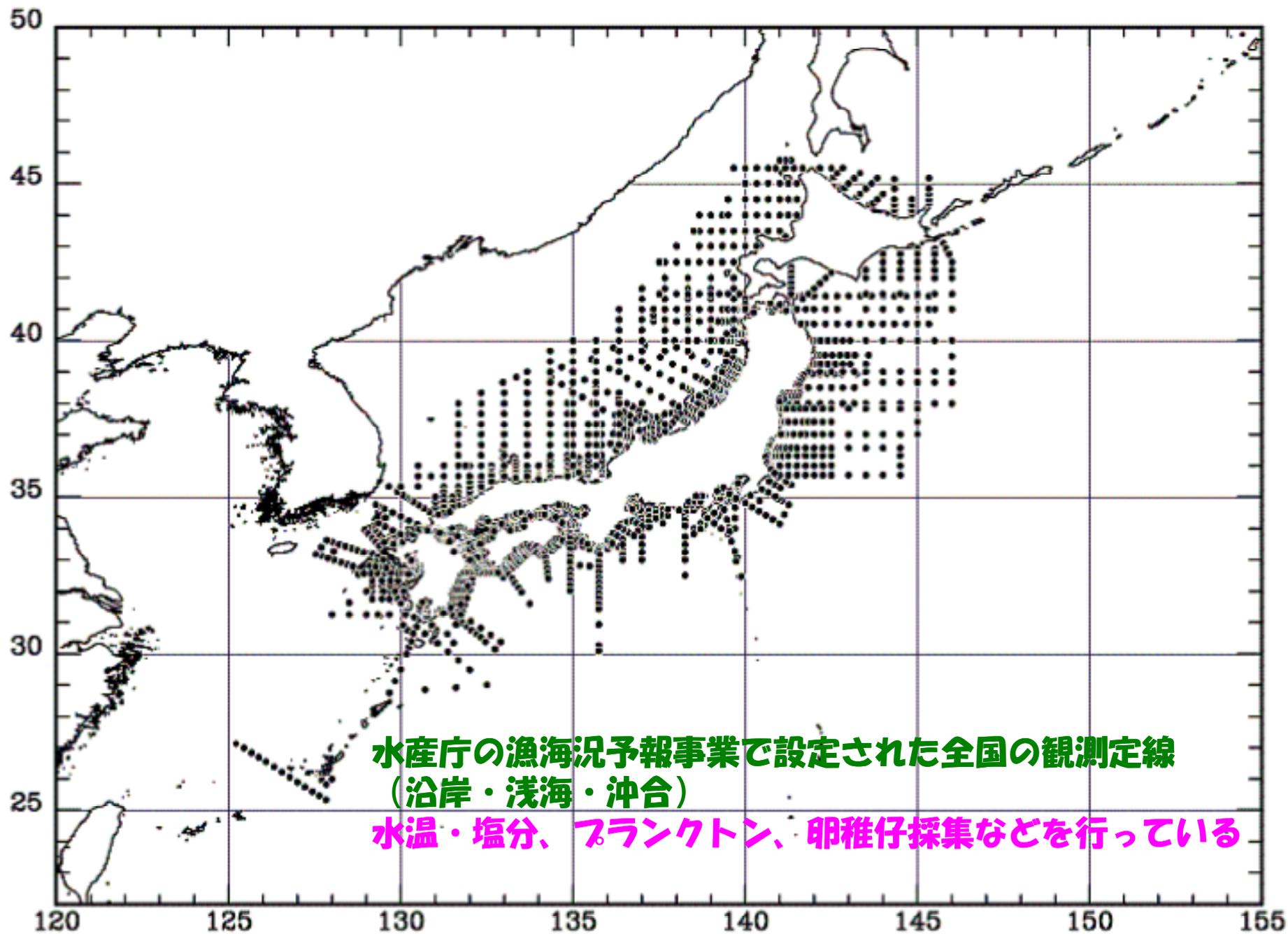
杉崎宏哉

動物プランクトンを研究主題にする理由

- 長期間、同じ海域で定期的に観測が行われデータが蓄積されている生物データである
- 気候変動に直接影響を受ける海洋基礎生産に直結している
- 種が多様であり気候変動に伴い、種ごとに反応が異なることから気候変動による生態系変動メカニズムのモニタリングに適している
- 鉛直的に長距離を移動し、表層で固定された炭素を深層に運ぶ働きがあり、炭素吸収源としての海洋の機能に貢献している

水産研究所による水産資源及び海洋調査海域





水産庁の漁海況予報事業で設定された全国の観測定線
(沿岸・浅海・沖合)

水温・塩分、フランクton、卵稚仔採集などを行っている

オダテコレクションとは

- 水産庁及び自治体の有用漁業資源の漁場調査及び海洋環境調査の一環として1951年より行われ、東北水研で管理してきた動物プランクトン採集調査試料(ホルマリン液浸標本群)
- 丸特ネットおよび北太平洋標準ネット(口径45cm、円錐形、目合い0.33mm)等による150m-0m深の鉛直曳網
- 小達和子博士が長年にわたり分析を続け、湿重量変動解析結果がまとめられた(小達;1994)。
- この成果により水産研究機関が長期的に取得してきたプランクトン標本の価値が再認識され、様々な海域の再解析が進められている。



現在も検鏡できる状態で保管されている

世界の動物プランクトン長期観測試料群

CalCOFI (カリフォルニアのマイワシ資源管理を目的とした
長期プロジェクト)

1939—現在 多機関による共同プロジェクト(漁業者主体)
東部北太平洋 試料数:65,000

標本やデータが必ずしも統一的に管理されていないため、
長期変動データセットとして利用しにくい

C P R (定期航路船に設置したプランクトン連続採集器による調査)

1946—現在 英国プリマス海洋研究所
北大西洋 試料数:170,000

表層の生物のみ

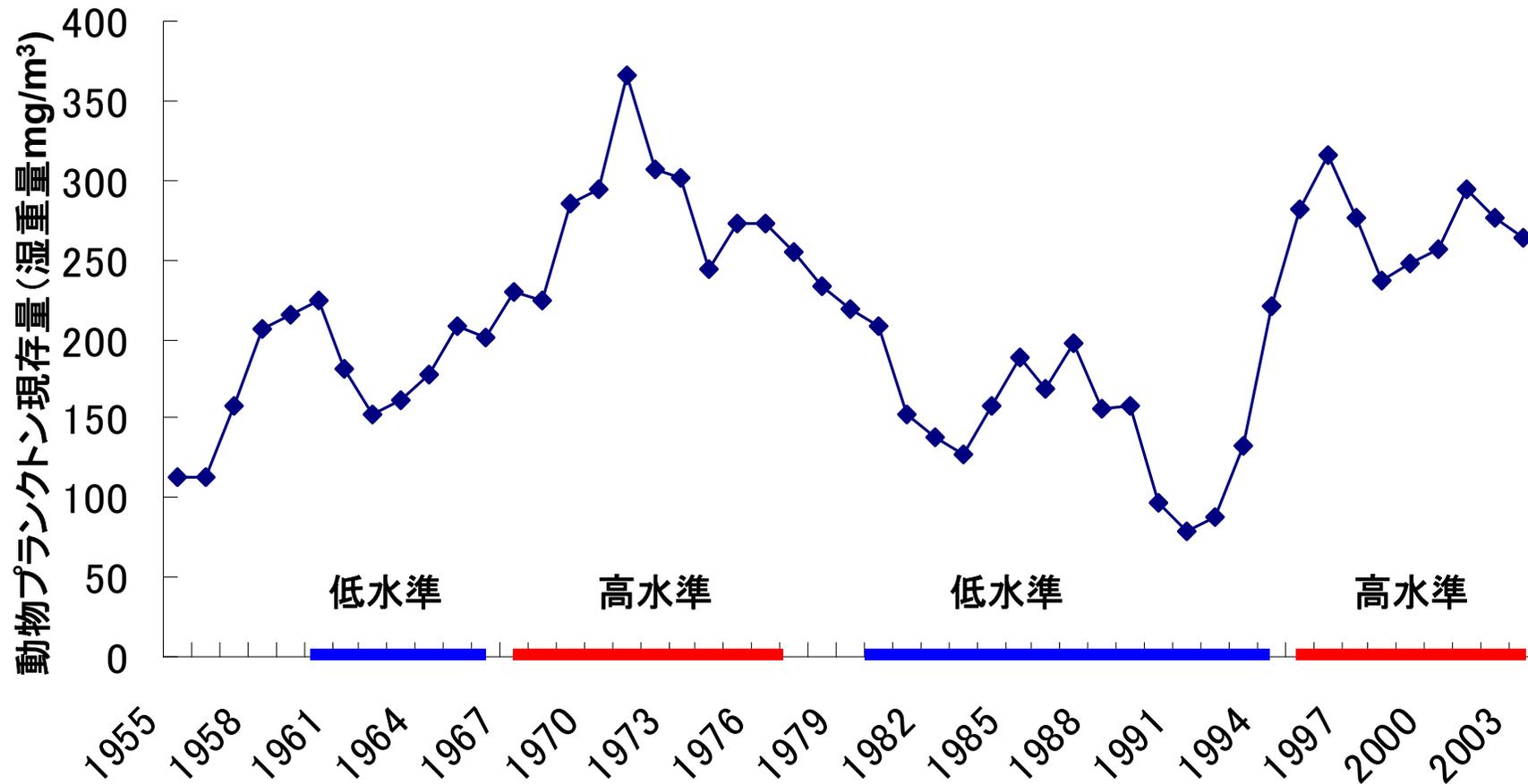
水産研究所標本 (オダテコレクションを含む)

1950—現在 全国の水産研究所・各県水産業試験研究機関
西部北太平洋 試料数:50,000以上

西部北太平洋で随一の規模の試料群

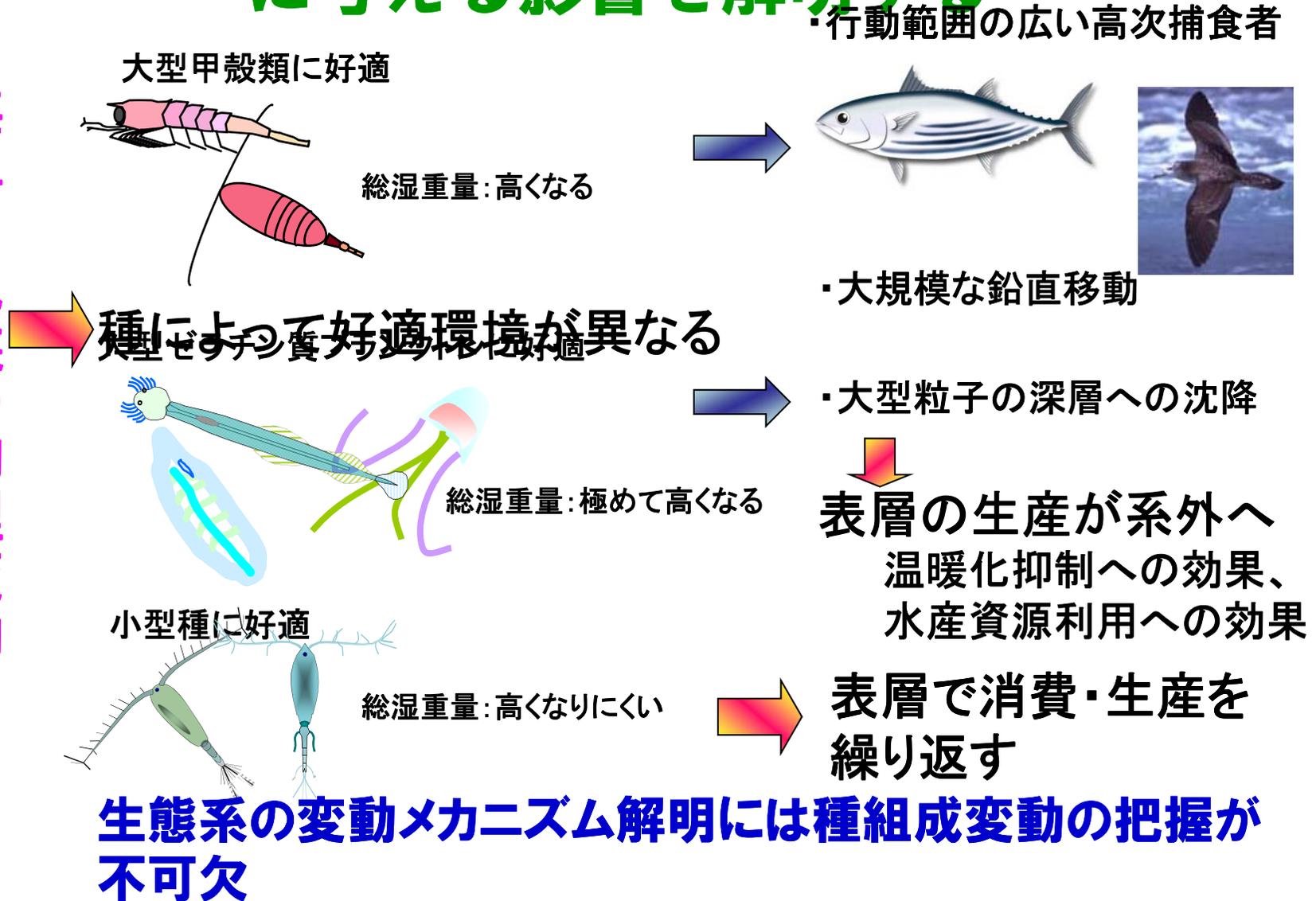
親潮域の動物プランクトン現存量の長期変動

(小達,1994より改)



種組成解析により長期物理変動が生態系に与える影響を解明する

海洋と気候の物理変動



本研究において親潮域で確認されたカイアシ類種 (アルファベット順)



- | | | | | | | | |
|----|------------------------------------|-----|----------------------------------|-----|----------------------------------|-----|------------------------------------------|
| 1 | <i>Acartia danae</i> | 51 | <i>Corycaeus erythraeus</i> | 101 | <i>Microsetella rosea</i> | 151 | <i>Sapphirina gemma</i> |
| 2 | <i>Acartia erythraea</i> | 52 | <i>Corycaeus flaccus</i> | 102 | <i>Mormonilla minor</i> | 152 | <i>Sapphirina nigromaculata</i> |
| 3 | <i>Acartia longiremis</i> | 53 | <i>Corycaeus furcifer</i> | 103 | <i>Mormonilla phasma</i> | 153 | <i>Sapphirina ovatolanceolata</i> |
| 4 | <i>Acartia negligens</i> | 54 | <i>Corycaeus giesbrechti</i> | 104 | <i>Nanocalanus minor</i> | 154 | <i>Scaphocalanus brevicornis</i> |
| 5 | <i>Acartia omorii</i> | 55 | <i>Corycaeus limbatus</i> | 105 | <i>Neocalanus (gracilis)</i> | 155 | <i>Scaphocalanus curtus sensu Tanaka</i> |
| 6 | <i>Acartia tumida</i> | 56 | <i>Corycaeus pacificus</i> | 106 | <i>Neocalanus cristatus</i> | 156 | <i>Scaphocalanus echinatus</i> |
| 7 | <i>Acrocalanus gibber</i> | 57 | <i>Corycaeus pumilus</i> | 107 | <i>Neocalanus flemingeri</i> | 157 | <i>Scolecithricella dentata</i> |
| 8 | <i>Acrocalanus gracilis</i> | 58 | <i>Corycaeus speciosus</i> | 108 | <i>Neocalanus plumchrus</i> | 158 | <i>Scolecithricella minor</i> |
| 9 | <i>Acrocalanus longicornis</i> | 59 | <i>Corycaeus typicus</i> | 109 | <i>Oithona atlantica</i> | 159 | <i>Scolecithricella ovata</i> |
| 10 | <i>Aetideus acutus</i> | 60 | <i>Cosmocalanus darwini</i> | 110 | <i>Oithona attenuata</i> | 160 | <i>Scolecithricella sp.</i> |
| 11 | <i>Aetideus armatus</i> | 61 | <i>Epilabidocera longipedata</i> | 111 | <i>Oithona longispina</i> | 161 | <i>Scolecithricella vittata</i> |
| 12 | <i>Aetideus pacificus</i> | 62 | <i>Eucalanus attenuatus</i> | 112 | <i>Oithona nana</i> | 162 | <i>Scolecithrix bradyi</i> |
| 13 | <i>Bradyidius pacificus</i> | 63 | <i>Eucalanus bungii</i> | 113 | <i>Oithona plumifera</i> | 163 | <i>Scolecithrix danae</i> |
| 14 | <i>Calanopia minor</i> | 64 | <i>Eucalanus californicus</i> | 114 | <i>Oithona rigida</i> | 164 | <i>Scolecithrix nicobarica</i> |
| 15 | <i>Calanus gracialis</i> | 65 | <i>Eucalanus hyalinus</i> | 115 | <i>Oithona robusta</i> | 165 | <i>Scottocalanus helenae</i> |
| 16 | <i>Calanus jashnovi</i> | 66 | <i>Eucalanus mucronatus</i> | 116 | <i>Oithona setigera</i> | 166 | <i>Scottocalanus secrifrons</i> |
| 17 | <i>Calanus pacificus s.l.</i> | 67 | <i>Eucalanus subcrassus</i> | 117 | <i>Oithona similis</i> | 167 | <i>Temora dicaudata</i> |
| 18 | <i>Calanus sinicus</i> | 68 | <i>Eucalanus subtenuis</i> | 118 | <i>Oithona vivida</i> | 168 | <i>Temora turbinata</i> |
| 19 | <i>Calocalanus pavo</i> | 69 | <i>Euchaeta indica</i> | 119 | <i>Oncaea borealis</i> | 169 | <i>Temoropia mayumbaensis</i> |
| 20 | <i>Calocalanus pavoninus</i> | 70 | <i>Euchaeta rimana</i> | 120 | <i>Oncaea canadensis</i> | 170 | <i>Tortanus discaudatus</i> |
| 21 | <i>Calocalanus plumulosus</i> | 71 | <i>Euchirella bella</i> | 121 | <i>Oncaea clevei</i> | 171 | <i>Tortanus sp.</i> |
| 22 | <i>Calocalanus styliremis</i> | 72 | <i>Euchirella bitumida</i> | 122 | <i>Oncaea conifera</i> | 172 | <i>Undeuchaeta incisa</i> |
| 23 | <i>Candacia bipinnata</i> | 73 | <i>Euchirella curticauda</i> | 123 | <i>Oncaea dentipes</i> | 173 | <i>Undeuchaeta major</i> |
| 24 | <i>Candacia catula</i> | 74 | <i>Euchirella messinensis</i> | 124 | <i>Oncaea gracilis</i> | 174 | <i>Undeuchaeta plumosa</i> |
| 25 | <i>Candacia columbiae</i> | 75 | <i>Euchirella rostrata</i> | 125 | <i>Oncaea media</i> | | |
| 26 | <i>Candacia tuberculata</i> | 76 | <i>Eurytemora herdmani</i> | 126 | <i>Oncaea mediterranea</i> | | |
| 27 | <i>Canthocalanus pauper</i> | 77 | <i>Eurytemora herdomani</i> | 127 | <i>Oncaea scottodicarloi</i> | | |
| 28 | <i>Centropages abdominalis</i> | 78 | <i>Eurytemora pacifica</i> | 128 | <i>Oncaea venusta</i> | | |
| 29 | <i>Centropages bradyi</i> | 79 | <i>Euterpina acutifrons</i> | 129 | <i>Oncaea venusta f. typica</i> | | |
| 30 | <i>Centropages furcatus</i> | 80 | <i>Farranula concinna</i> | 130 | <i>Oncaea venusta f. venella</i> | | |
| 31 | <i>Centropages orsini</i> | 81 | <i>Farranula gibbula</i> | 131 | <i>Paracalanus aculeatus</i> | | |
| 32 | <i>Centropages tenuiremis</i> | 82 | <i>Gaetanus armiger</i> | 132 | <i>Paracalanus denudatus</i> | | |
| 33 | <i>Chiridius poppei</i> | 83 | <i>Gaidius variabilis</i> | 133 | <i>Paracalanus parvus</i> | | |
| 34 | <i>Clausocalanus arcuicornis</i> | 84 | <i>Haloptilus longicornis</i> | 134 | <i>Paraeuchaeta elongata</i> | | |
| 35 | <i>Clausocalanus farrani</i> | 85 | <i>Haloptilus sp.</i> | 135 | <i>Paraeuchaeta longicornis</i> | | |
| 36 | <i>Clausocalanus furcatus</i> | 86 | <i>Heterorhabdus papilliger</i> | 136 | <i>Paraeuchaeta media</i> | | |
| 37 | <i>Clausocalanus lividus</i> | 87 | <i>Heterorhabdus spinifrons</i> | 137 | <i>Paraeuchaeta plana</i> | | |
| 38 | <i>Clausocalanus mastigophorus</i> | 88 | <i>Heterorhabdus tanneri</i> | 138 | <i>Paroithona sp.</i> | | |
| 39 | <i>Clausocalanus minor</i> | 89 | <i>Labidocera japonica</i> | 139 | <i>Pleuromamma abdominalis</i> | | |
| 40 | <i>Clausocalanus parapergens</i> | 90 | <i>Lucicutia flavicornis</i> | 140 | <i>Pleuromamma gracilis</i> | | |
| 41 | <i>Clausocalanus pergens</i> | 91 | <i>Lucicutia gaussae</i> | 141 | <i>Pleuromamma scutullata</i> | | |
| 42 | <i>Clytemnestra rostrata</i> | 92 | <i>Macrosetella gracilis</i> | 142 | <i>Pleuromamma xiphias</i> | | |
| 43 | <i>Copilia mirabilis</i> | 93 | <i>Mecynocera clausi</i> | 143 | <i>Pontellopsis sp.</i> | | |
| 44 | <i>Corycaeus affinis</i> | 94 | <i>Mesocalanus tenuicornis</i> | 144 | <i>Pontellopsis yamadae</i> | | |
| 45 | <i>Corycaeus agilis</i> | 95 | <i>Metridia lucens</i> | 145 | <i>Pseudocalanus minutus</i> | | |
| 46 | <i>Corycaeus andrewsi</i> | 96 | <i>Metridia okhotensis</i> | 146 | <i>Pseudocalanus newmani</i> | | |
| 47 | <i>Corycaeus asiaticus</i> | 97 | <i>Metridia pacifica</i> | 147 | <i>Racovitzanus antarcticus</i> | | |
| 48 | <i>Corycaeus catus</i> | 98 | <i>Metridia sp. sens Hattori</i> | 148 | <i>Rhincalanus cornatus</i> | | |
| 49 | <i>Corycaeus crassiusculus</i> | 99 | <i>Microcalanus pygmaeus</i> | 149 | <i>Rhincalanus nasutus</i> | | |
| 50 | <i>Corycaeus dahli</i> | 100 | <i>Microsetella norvegica</i> | 150 | <i>Sapphirina angusta</i> | | |

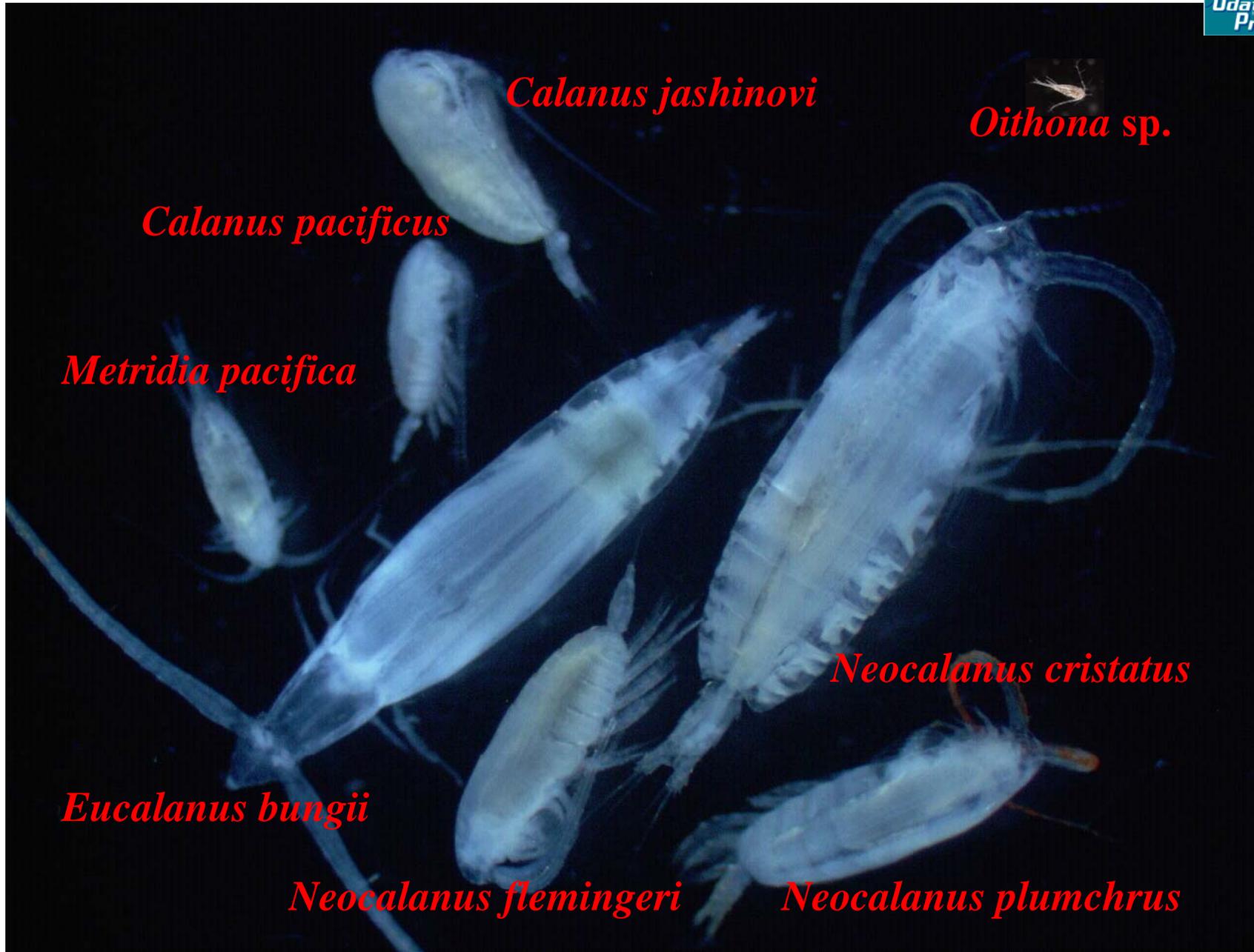
親潮域
174種

本研究において混合域で確認されたカイアシ類種



1 <i>Acartia danae</i>	51 <i>Clausocalanus pergens</i>	101 <i>Farranula rostrata</i>	151 <i>Oncaea borealis</i>	201 <i>Sapphirina gemma</i>
2 <i>Acartia longiremis</i>	52 <i>Clytemnestra rostrata</i>	102 <i>Gaetanus armiger</i>	152 <i>Oncaea canadensis</i>	202 <i>Sapphirina intestinata</i>
3 <i>Acartia negligens</i>	53 <i>Clytemnestra scutellata</i>	103 <i>Gaetanus minor</i>	153 <i>Oncaea clevei</i>	203 <i>Sapphirina metarina</i>
4 <i>Acartia omorii</i>	54 <i>Copilia lata</i>	104 <i>Gaidius variabilis</i>	154 <i>Oncaea conifera</i>	204 <i>Sapphirina nigromaculata</i>
5 <i>Acrocalanus gibber</i>	55 <i>Copilia mirabilis</i>	105 <i>Haloptilus longicornis</i>	155 <i>Oncaea derivata</i>	205 <i>Sapphirina opalina</i>
6 <i>Acrocalanus gracilis</i>	56 <i>Corycaeus affinis</i>	106 <i>Haloptilus ornatus</i>	156 <i>Oncaea furcula</i>	206 <i>Sapphirina ovatolanceolata</i>
7 <i>Acrocalanus longicornis</i>	57 <i>Corycaeus agilis</i>	107 <i>Haloptilus oxycephalus</i>	157 <i>Oncaea media</i>	207 <i>Sapphirina scarlata</i>
8 <i>Acrocalanus monachus</i>	58 <i>Corycaeus andrewsi</i>	108 <i>Haloptilus sp.</i>	158 <i>Oncaea mediterranea</i>	208 <i>Sapphirina sinuicauda</i>
9 <i>Aetideus acutus</i>	59 <i>Corycaeus asiaticus</i>	109 <i>Heterorhabdus papilliger</i>	159 <i>Oncaea redacta</i>	209 <i>Scaphocalanus brevicornis</i>
10 <i>Aetideus giesbrechti</i>	60 <i>Corycaeus catus</i>	110 <i>Heterorhabdus spinifrons</i>	160 <i>Oncaea scottodiarloii</i>	210 <i>Scaphocalanus curtus sensu Tanaka</i>
11 <i>Aetideus pacificus</i>	61 <i>Corycaeus clausi</i>	111 <i>Heterorhabdus subspinifrons</i>	161 <i>Oncaea venusta</i>	211 <i>Scaphocalanus echinatus</i>
12 <i>Calanopia minor</i>	62 <i>Corycaeus crassiusculus</i>	112 <i>Heterorhabdus tanneri</i>	162 <i>Oncaea venusta f. typica</i>	212 <i>Scaphocalanus sp.</i>
13 <i>Calanus jashnovi</i>	63 <i>Corycaeus dahlii</i>	113 <i>Heterostylites longicornis</i>	163 <i>Oncaea venusta f. venella</i>	213 <i>Scolecithricella beata</i>
14 <i>Calanus pacificus</i>	64 <i>Corycaeus erythraeus</i>	114 <i>Labidocera acuta</i>	164 <i>Oncaea waldemari</i>	214 <i>Scolecithricella ctenopus</i>
15 <i>Calanus sinicus</i>	65 <i>Corycaeus flaccus</i>	115 <i>Labidocera acutifrons</i>	165 <i>Paracalanus aculeatus</i>	215 <i>Scolecithricella dentata</i>
16 <i>Calocalanus pavo</i>	66 <i>Corycaeus furcifer</i>	116 <i>Labidocera japonica</i>	166 <i>Paracalanus denudatus</i>	216 <i>Scolecithricella longispinosa</i>
17 <i>Calocalanus pavoninus</i>	67 <i>Corycaeus giesbrechti</i>	117 <i>Lophothrix frontalis</i>	167 <i>Paracalanus parvus</i>	217 <i>Scolecithricella minor</i>
18 <i>Calocalanus plumulosus</i>	68 <i>Corycaeus lautus</i>	118 <i>Lubbockia squillimana</i>	168 <i>Paracandacia bispinosa</i>	218 <i>Scolecithricella ovata</i>
19 <i>Calocalanus sp.</i>	69 <i>Corycaeus limbatus</i>	119 <i>Lucicutia clausi</i>	169 <i>Paracandacia simplex</i>	219 <i>Scolecithricella profunda</i>
20 <i>Calocalanus styliremis</i>	70 <i>Corycaeus longistylis</i>	120 <i>Lucicutia flavicornis</i>	170 <i>Paracandacia truncata</i>	220 <i>Scolecithricella sp.</i>
21 <i>Calocalanus tenuis</i>	71 <i>Corycaeus pacificus</i>	121 <i>Lucicutia gaussae</i>	171 <i>Paraeuchaeta concinna</i>	221 <i>Scolecithricella valida</i>
22 <i>Candacia bipinnata</i>	72 <i>Corycaeus pumilus</i>	122 <i>Macrosetella gracilis</i>	172 <i>Paraeuchaeta elongata</i>	222 <i>Scolecithricella vittata</i>
23 <i>Candacia catula</i>	73 <i>Corycaeus robustus</i>	123 <i>Mecynocera clausi</i>	173 <i>Paraeuchaeta longicornis</i>	223 <i>Scolecithrix bradyi</i>
24 <i>Candacia columbiae</i>	74 <i>Corycaeus speciosus</i>	124 <i>Mesocalanus tenuicornis</i>	174 <i>Paraeuchaeta media</i>	224 <i>Scolecithrix danae</i>
25 <i>Candacia ethiopica</i>	75 <i>Corycaeus typicus</i>	125 <i>Metridia lucens</i>	175 <i>Paraeuchaeta plana</i>	225 <i>Scolecithrix nicobarica</i>
26 <i>Candacia longimana</i>	76 <i>Corycaeus vitreus</i>	126 <i>Metridia okhotensis</i>	176 <i>Paraeuchaeta russelli</i>	226 <i>Scottocalanus helenae</i>
27 <i>Candacia pachydactyla</i>	77 <i>Cosmocalanus darwini</i>	127 <i>Metridia pacifica</i>	177 <i>Paraeuchaeta spinosa</i>	227 <i>Scottocalanus securifrons</i>
28 <i>Candacia sp.</i>	78 <i>Ctenocalanus vanus</i>	128 <i>Microcalanus pygmaeus</i>	178 <i>Phaenna spinifera</i>	228 <i>Temora dicaudata</i>
29 <i>Candacia varicans</i>	79 <i>Eucalanus attenuatus</i>	129 <i>Microsetella norvegica</i>	179 <i>Phyllopus helgae</i>	229 <i>Temora turbinata</i>
30 <i>Canthocalanus pauper</i>	80 <i>Eucalanus bungii</i>	130 <i>Microsetella rosea</i>	180 <i>Pleuromamma abdominalis</i>	230 <i>Temoropia mayumbaensis</i>
31 <i>Centropages abdominalis</i>	81 <i>Eucalanus californicus</i>	131 <i>Mormonilla minor</i>	181 <i>Pleuromamma gracilis</i>	231 <i>Tortanus discaudatus</i>
32 <i>Centropages bradyi</i>	82 <i>Eucalanus crassus</i>	132 <i>Nanocalanus minor</i>	182 <i>Pleuromamma indica</i>	232 <i>Tortanus sp.</i>
33 <i>Centropages calaninus</i>	83 <i>Eucalanus hyalinus</i>	133 <i>Neocalanus cristatus</i>	183 <i>Pleuromamma piseki</i>	233 <i>Undeuchaeta incisa</i>
34 <i>Centropages elongatus</i>	84 <i>Eucalanus pileatus</i>	134 <i>Neocalanus flemingeri</i>	184 <i>Pleuromamma quadrangulata</i>	234 <i>Undeuchaeta major</i>
35 <i>Centropages furcatus</i>	85 <i>Eucalanus subcrassus</i>	135 <i>Neocalanus gracilis</i>	185 <i>Pleuromamma robusta</i>	235 <i>Undeuchaeta plumosa</i>
36 <i>Centropages gracilis</i>	86 <i>Eucalanus subtenius</i>	136 <i>Neocalanus plumchrus</i>	186 <i>Pleuromamma scutullata</i>	236 <i>Undinula vulgaris</i>
37 <i>Centropages orsini</i>	87 <i>Euchaeta indica</i>	137 <i>Neocalanus robustior</i>	187 <i>Pleuromamma xiphias</i>	
38 <i>Centropages tenuiremis</i>	88 <i>Euchaeta rimana</i>	138 <i>Oithona atlantica</i>	188 <i>Pontellina morii</i>	
39 <i>Centropages violaceus</i>	89 <i>Euchirella bitumida</i>	139 <i>Oithona attenuata</i>	189 <i>Pontellina plumata</i>	
40 <i>Chiridius gracilis</i>	90 <i>Euchirella curtauda</i>	140 <i>Oithona decipiens</i>	190 <i>Pontellopsis yamadae</i>	
41 <i>Chiridius poppei</i>	91 <i>Euchirella formosa</i>	141 <i>Oithona fallax</i>	191 <i>Pontoeciella abyssicola</i>	
42 <i>Chirundina streetsii</i>	92 <i>Euchirella messinensis</i>	142 <i>Oithona longispina</i>	192 <i>Pseudocalanus minutus</i>	
43 <i>Clausocalanus arcuicornis</i>	93 <i>Euchirella pulchella</i>	143 <i>Oithona nana</i>	193 <i>Pseudocalanus newmani</i>	
44 <i>Clausocalanus farrani</i>	94 <i>Euchirella rostrata</i>	144 <i>Oithona plumifera</i>	194 <i>Racovitzanus antarcticus</i>	
45 <i>Clausocalanus furcatus</i>	95 <i>Euchirella truncata</i>	145 <i>Oithona rigida</i>	195 <i>Ratania flava</i>	
46 <i>Clausocalanus lividus</i>	96 <i>Eurytemora pacifica</i>	146 <i>Oithona robusta</i>	196 <i>Rhincalanus cornutus</i>	
47 <i>Clausocalanus mastigophorus</i>	97 <i>Euterpina acutifrons</i>	147 <i>Oithona setigera</i>	197 <i>Rhincalanus nasutus</i>	
48 <i>Clausocalanus minor</i>	98 <i>Farranula carinata</i>	148 <i>Oithona similis</i>	198 <i>Sapphirina angusta</i>	
49 <i>Clausocalanus parapergens</i>	99 <i>Farranula concinna</i>	149 <i>Oithona tenuis</i>	199 <i>Sapphirina auronitens</i>	
50 <i>Clausocalanus paululus</i>	100 <i>Farranula gibbula</i>	150 <i>Oithona vivida</i>	200 <i>Sapphirina darwini</i>	

混合域
236種



Calanus jashinovi

Oithona sp.

Calanus pacificus

Metridia pacifica

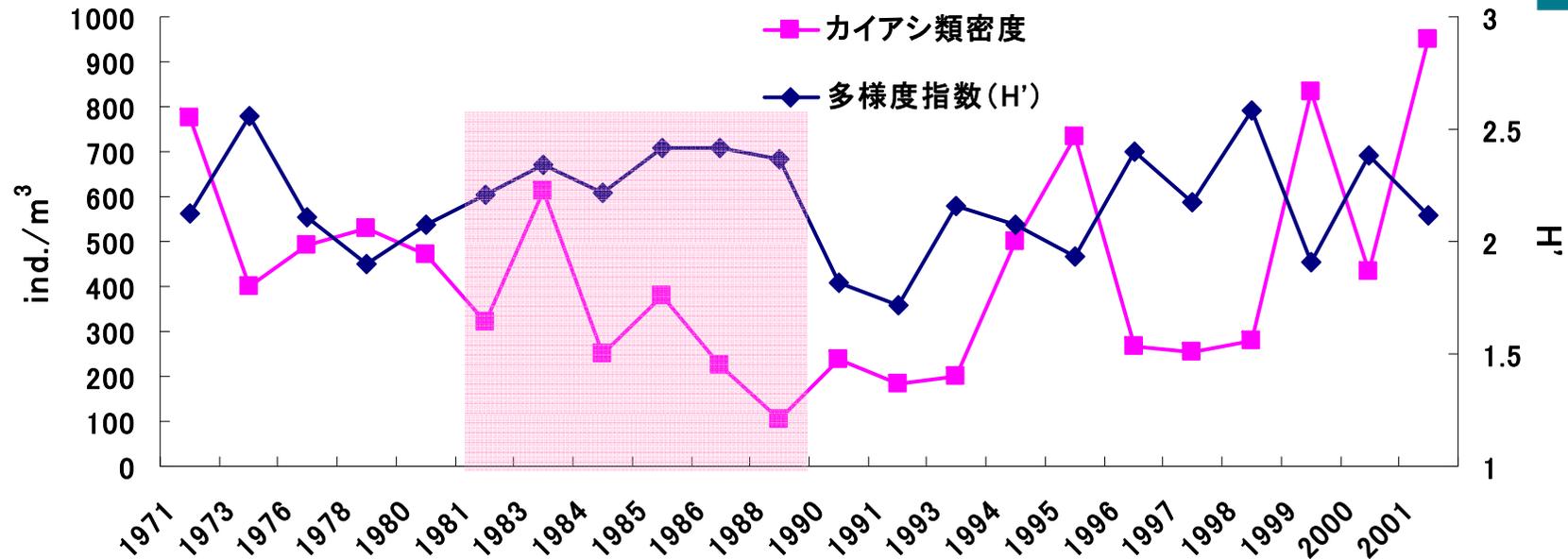
Neocalanus cristatus

Eucalanus bungii

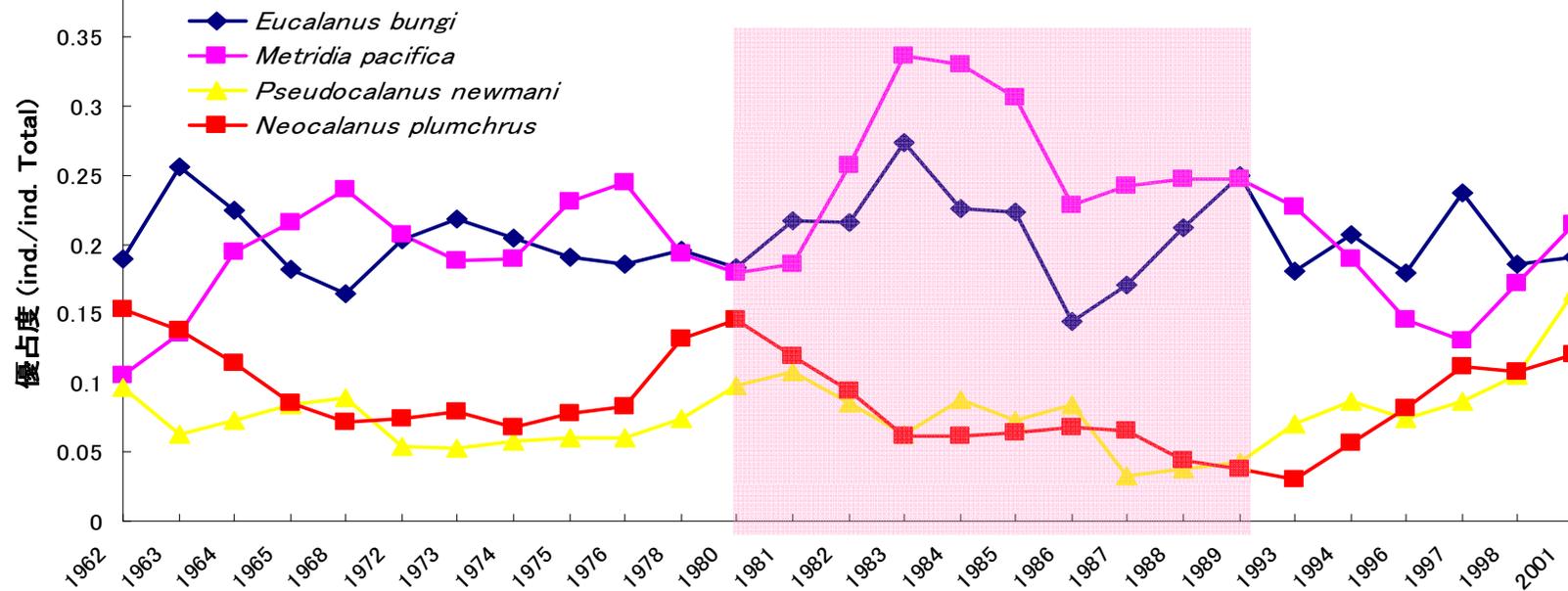
Neocalanus flemingeri

Neocalanus plumchrus

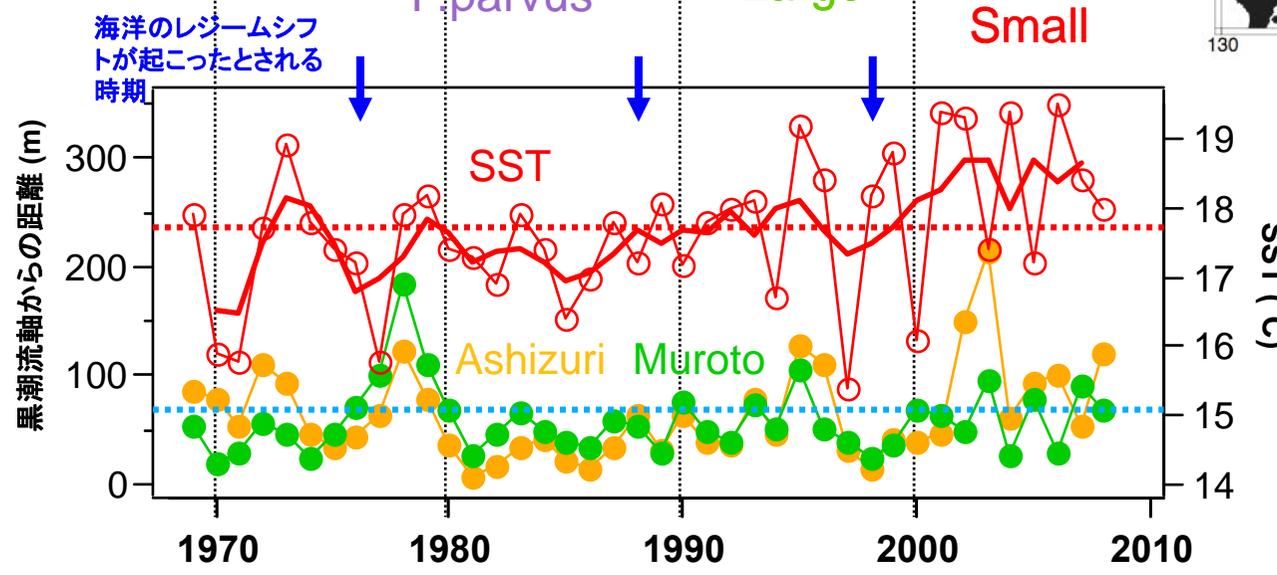
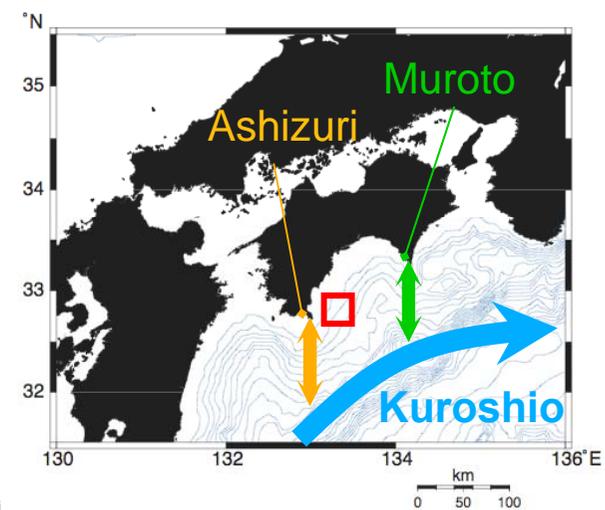
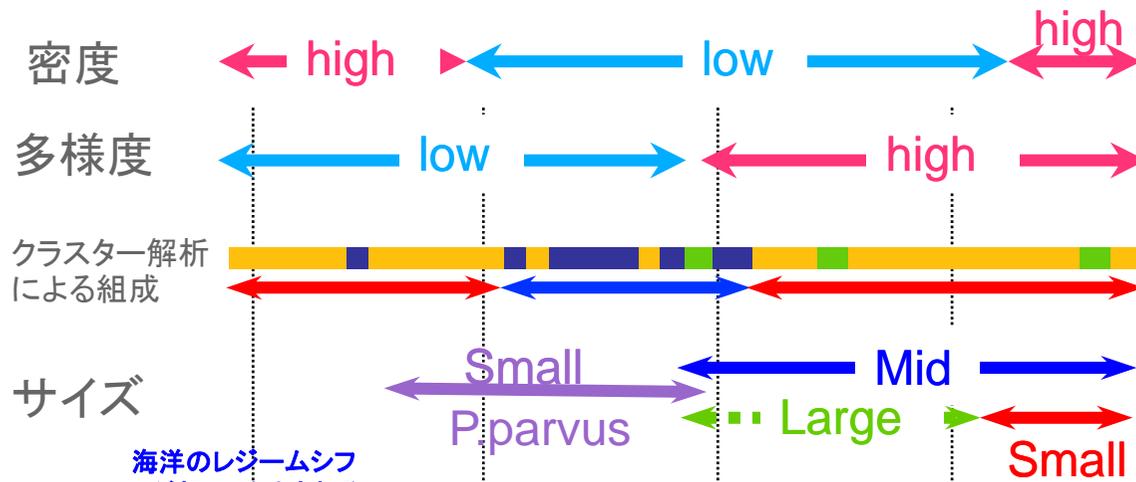
1970年以降の親潮域のカイアシ類密度と種多様度指数の変動 → 80年代の低密度高多様度



親潮域主要種の優占度の変動 → 80年代にNeocalanus属が低水準、Metridia属が高水準

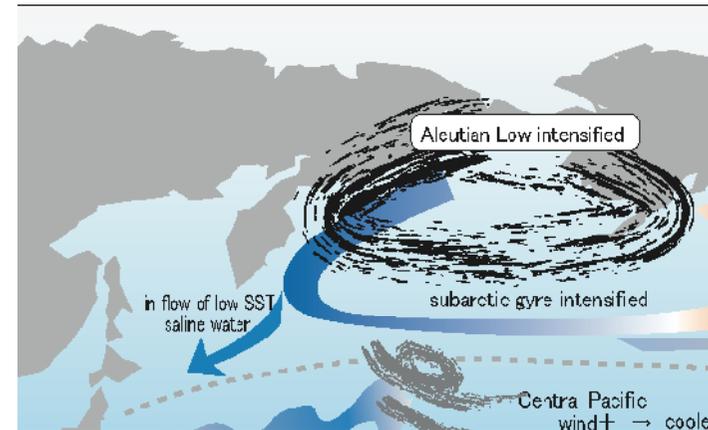
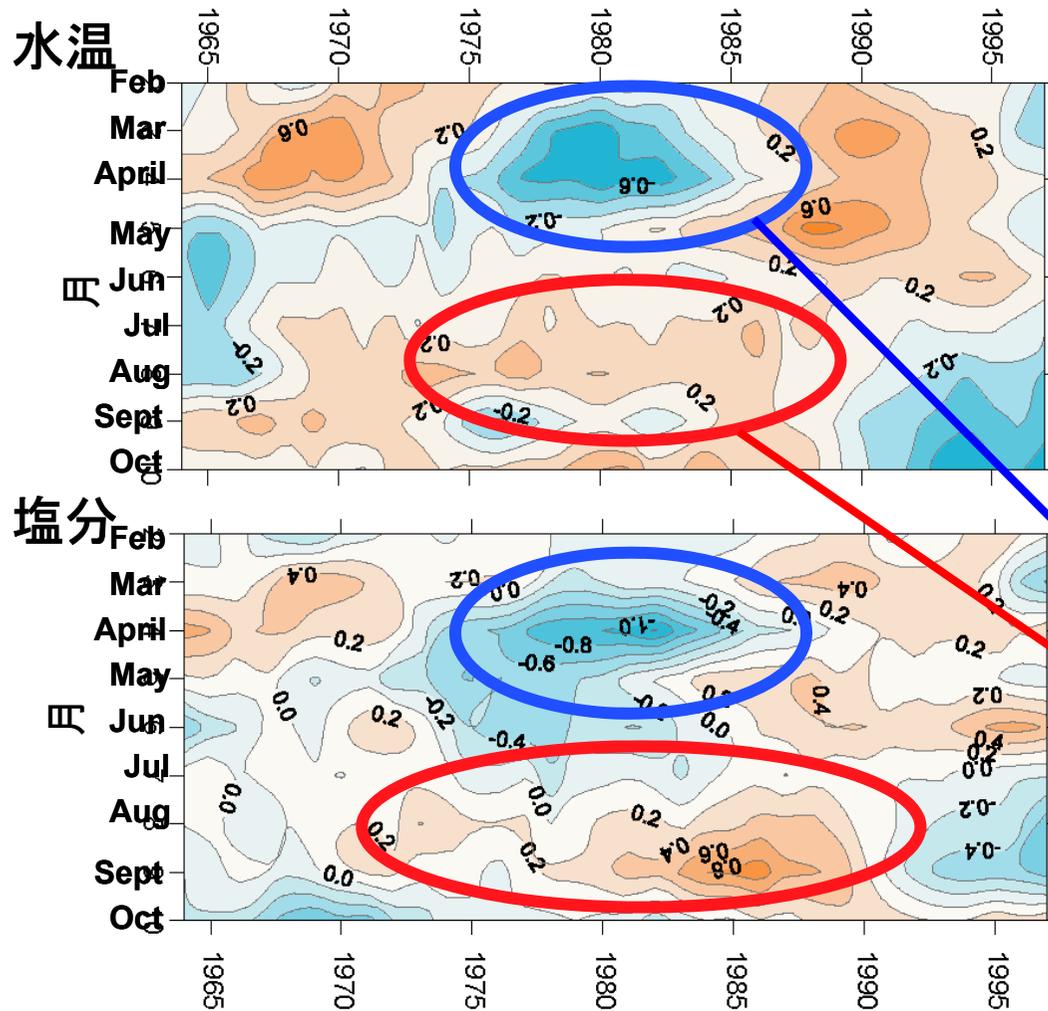


検鏡によるカイアシ類の長期変動と気候変動、黒潮流路との関係



親潮域と同様、黒潮域でも80年代と前後の年代間にギャップが見られる

気候変動から生物生産へのアプローチ



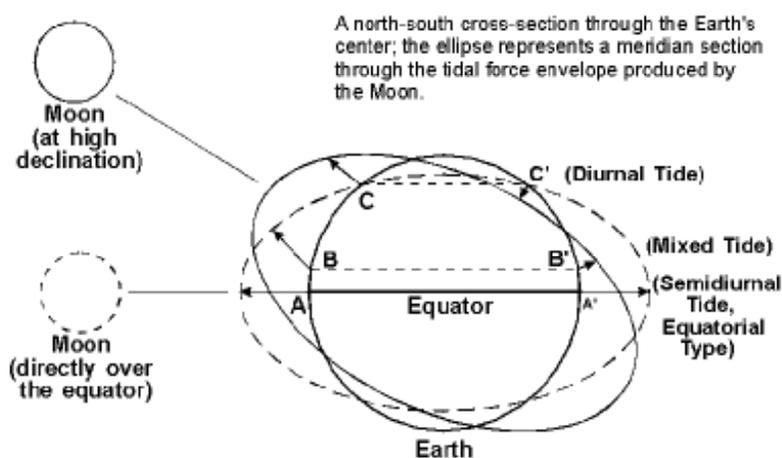
‘80年代初頭を中心に
寒い冬
&
暑い夏
の年が続いていた

冬の天气が悪い = 光制限 = 基礎生産の制限
冬から夏への変化が急 = 春から初夏の時期が短い

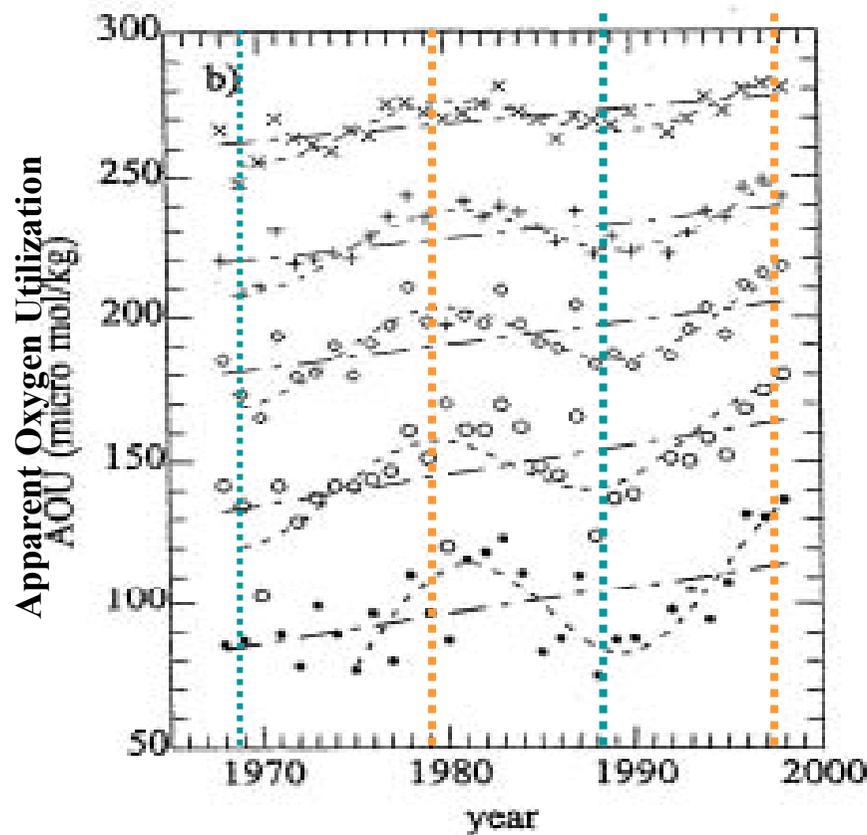
→ 基礎生産および基礎生産に依存する動物プランクトンの生産に不都合

新視点からのアプローチ

潮汐周期変動による、親潮域・北太平洋中層水塊変動 潮汐強 = 高酸素 (= 低AOU)



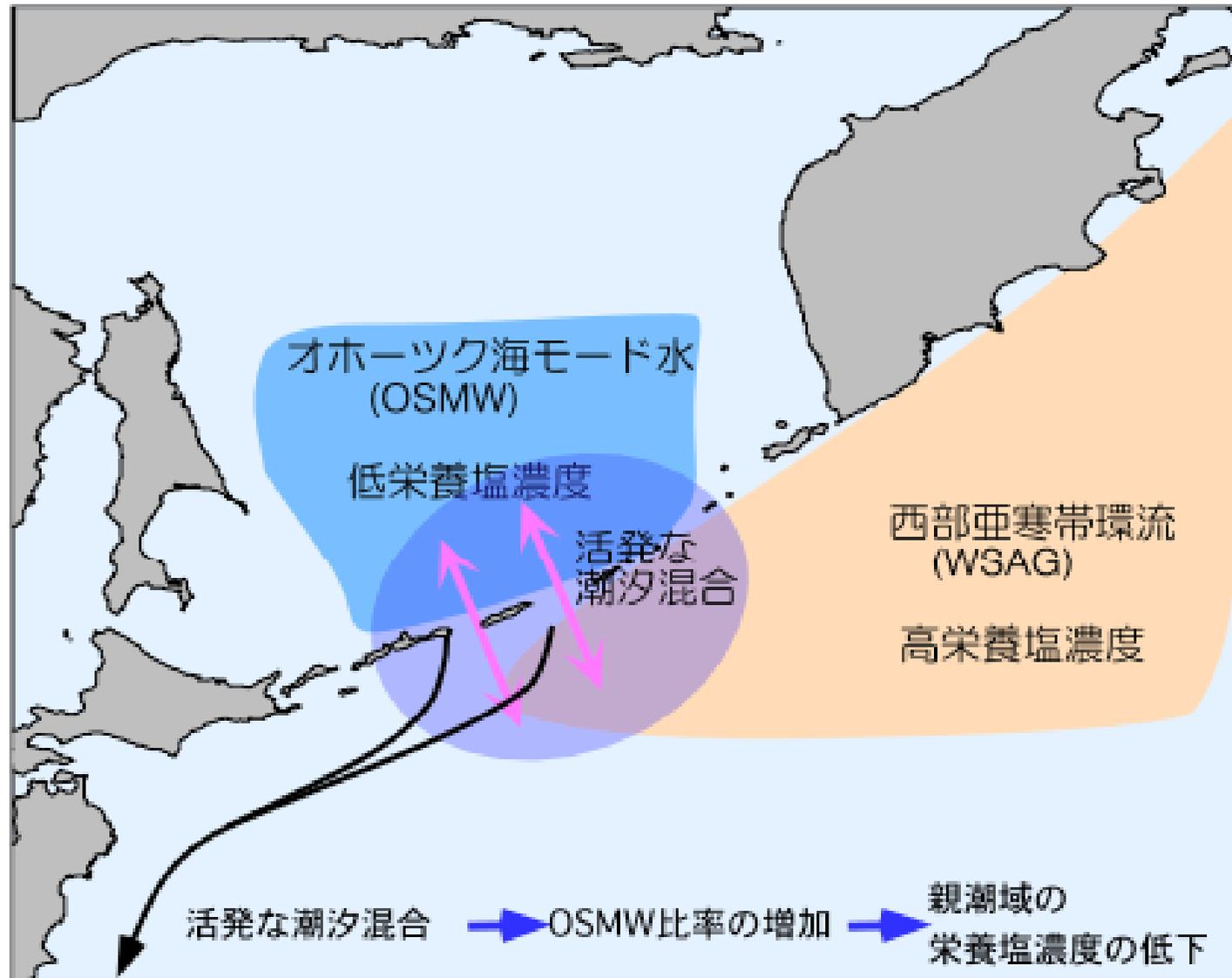
18. 6年潮汐変動



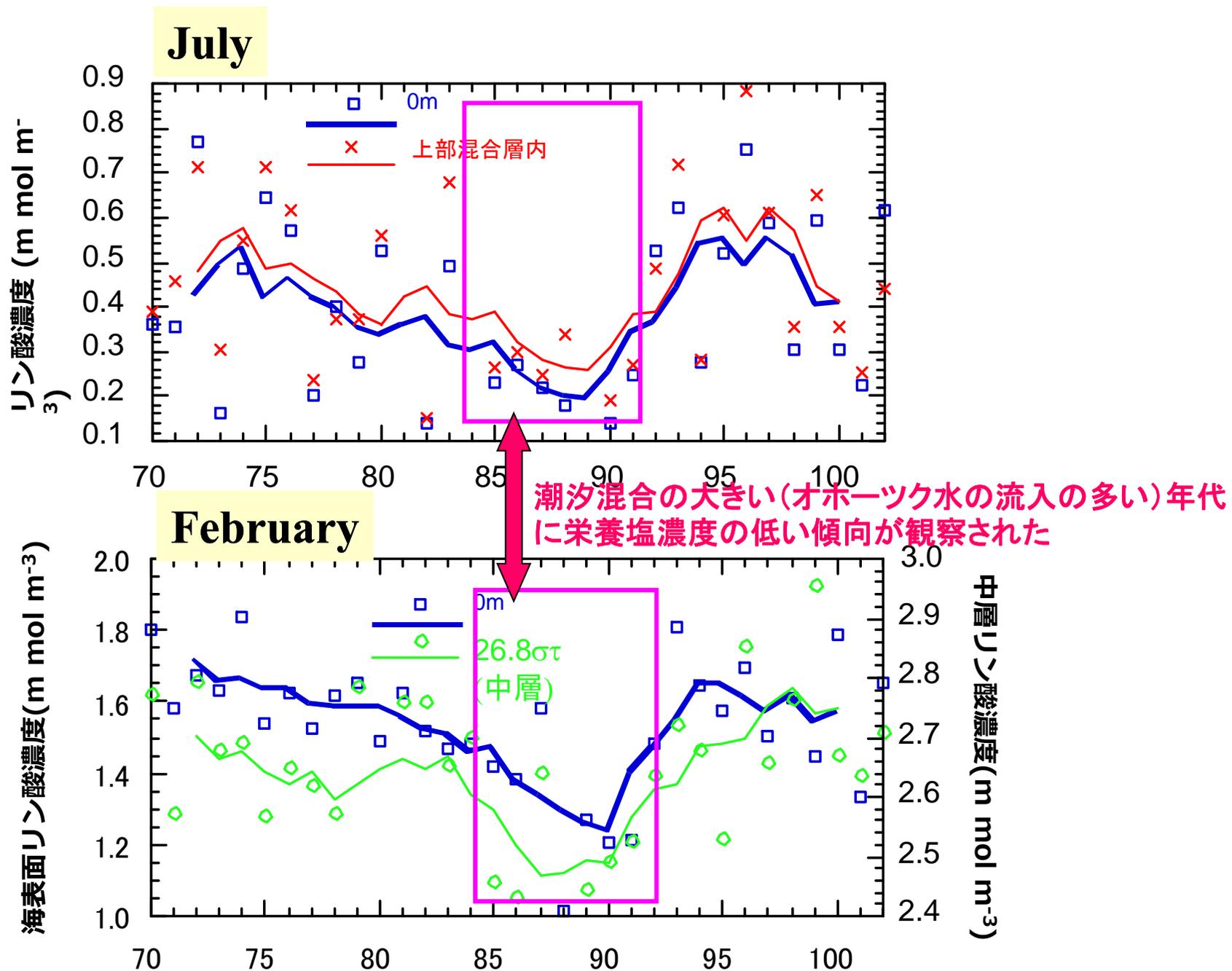
- 潮汐混合弱
- 潮汐混合強

(Ono et al.2001に加筆)

潮汐混合の活性化に伴う親潮域の栄養塩低下プロセス



親潮域における栄養塩（リン酸）濃度の長期変動

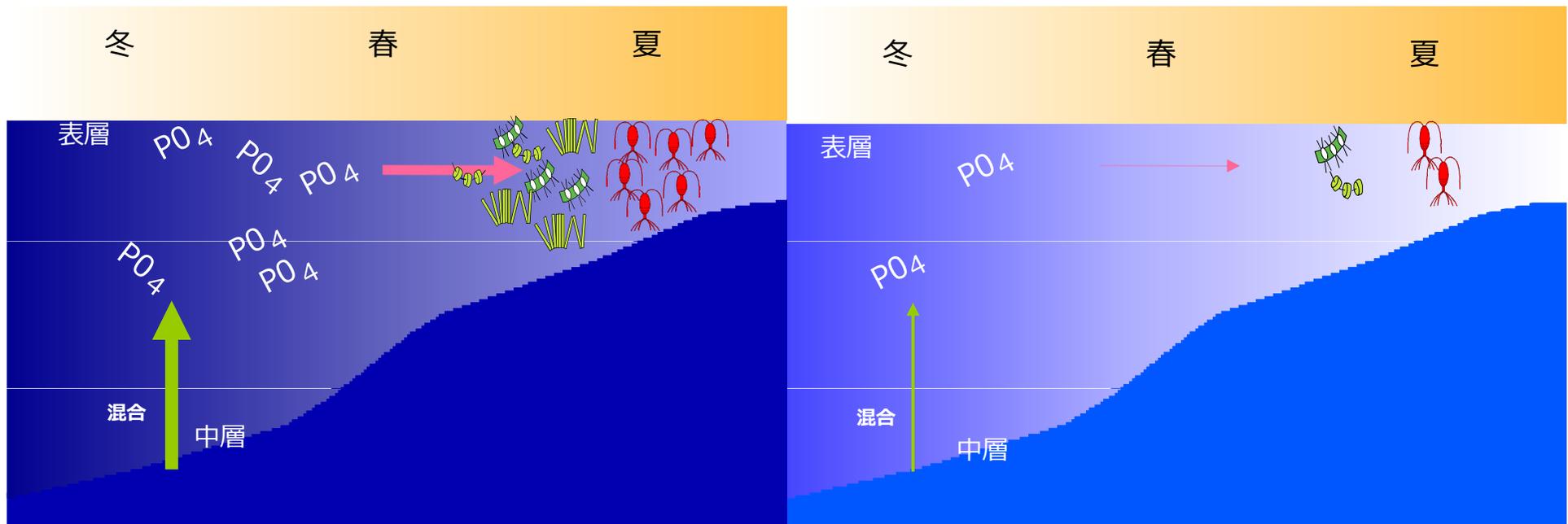


親潮域の生物生産プロセスの長期変動メカニズム



1970, 1990年代後半

1980年代半ば-90年代初頭



大型カイアシ類
*Neocalanus*属が高水準

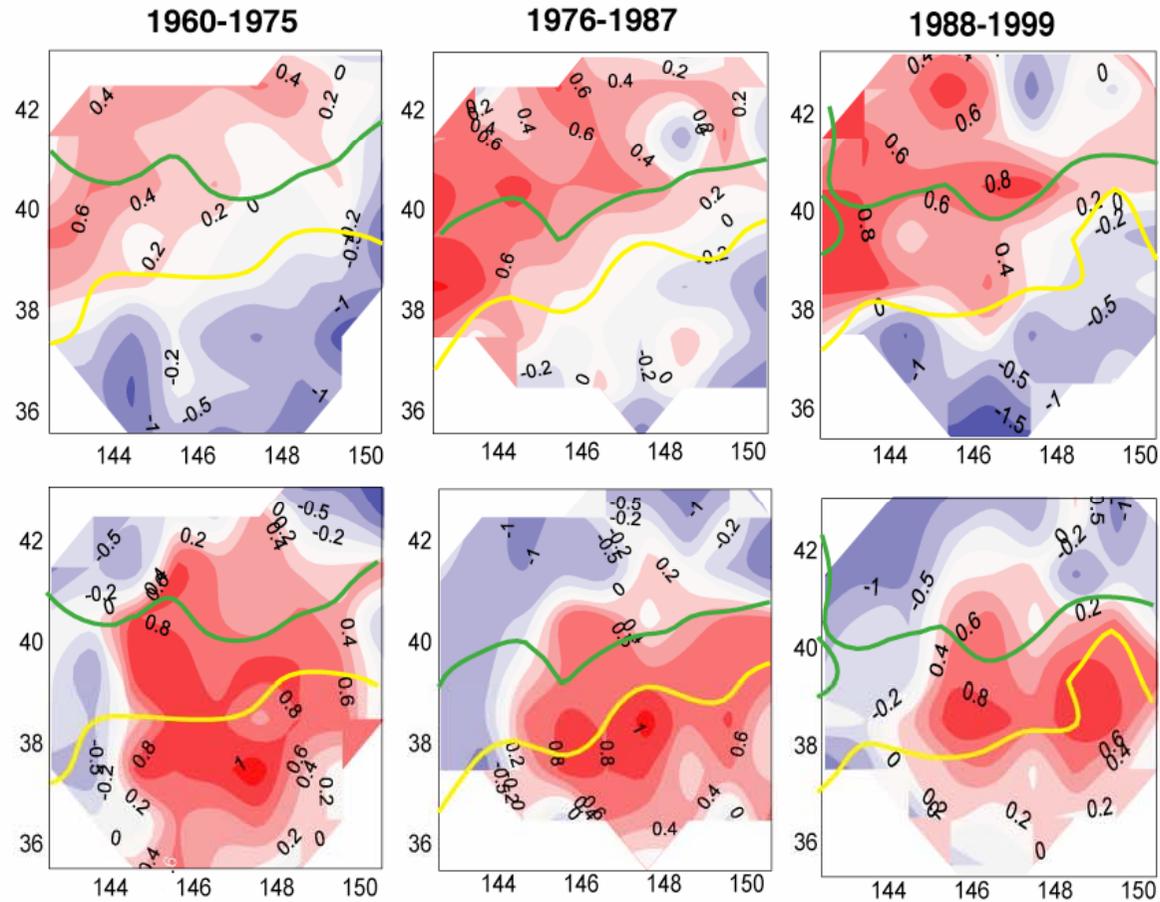
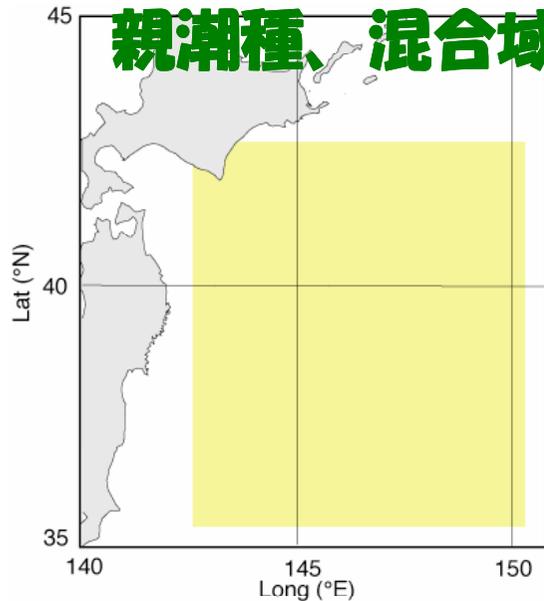
リン酸濃度

小型カイアシ類
*Metridia*属が高水準

潮汐振動は変動駆動力の要因の一つと考えられる。
潮汐は天体周期なので将来予測可能な要素である。

気候変動に伴うトレンド？

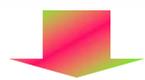
親潮種、混合域種の分布の変遷



親潮系冷水種

混合域暖水種

100m WT — 5°C — 10°C



1980年以降、冷水種の分布域の南下拡大・生物量増大傾向
混合域種の分布域縮小傾向

気候変動に伴うトレンド?

生産時期ピークの季節的なずれ

→次第に遅くなる傾向

4月5月に個体群密度のピーク

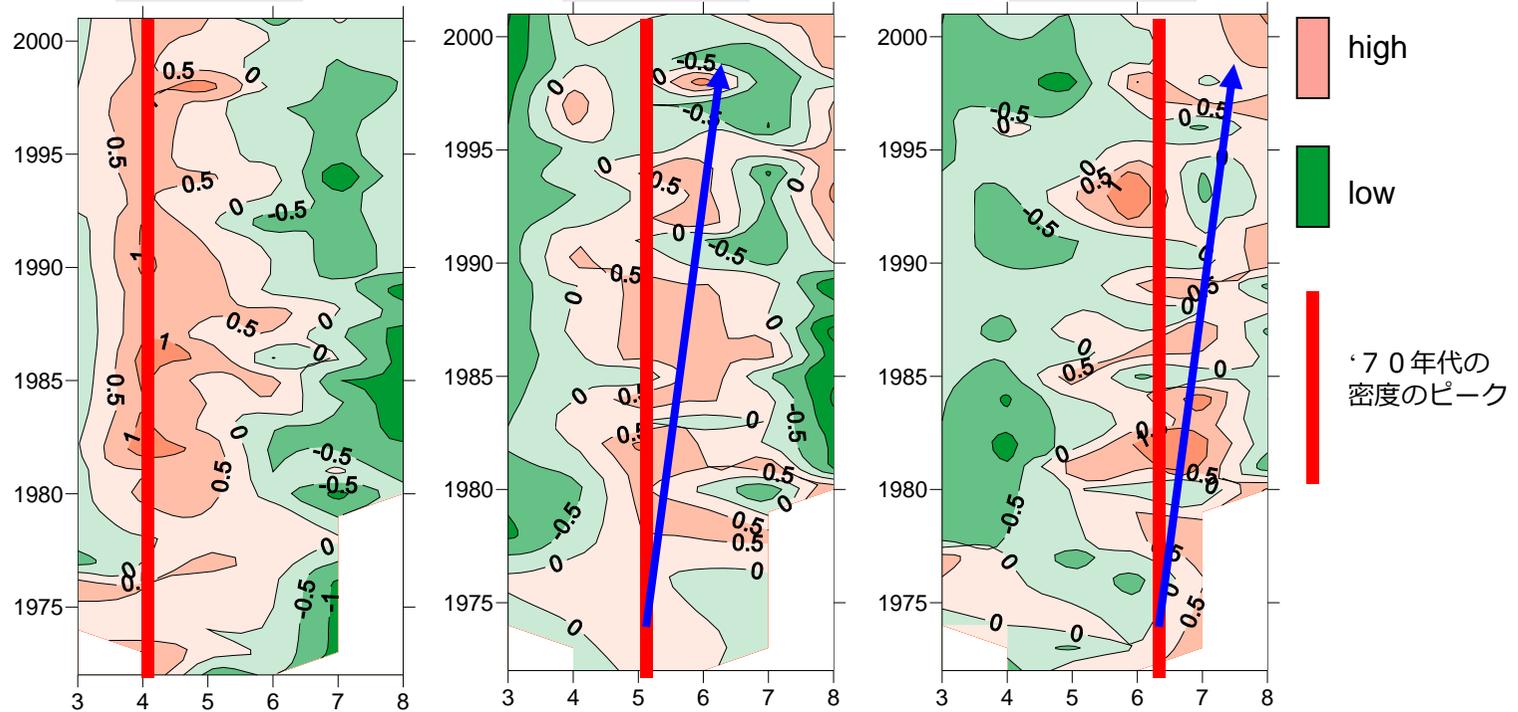
5月6月に個体群密度のピーク

6~8月に個体群密度のピーク

春群集

初夏群集

夏群集

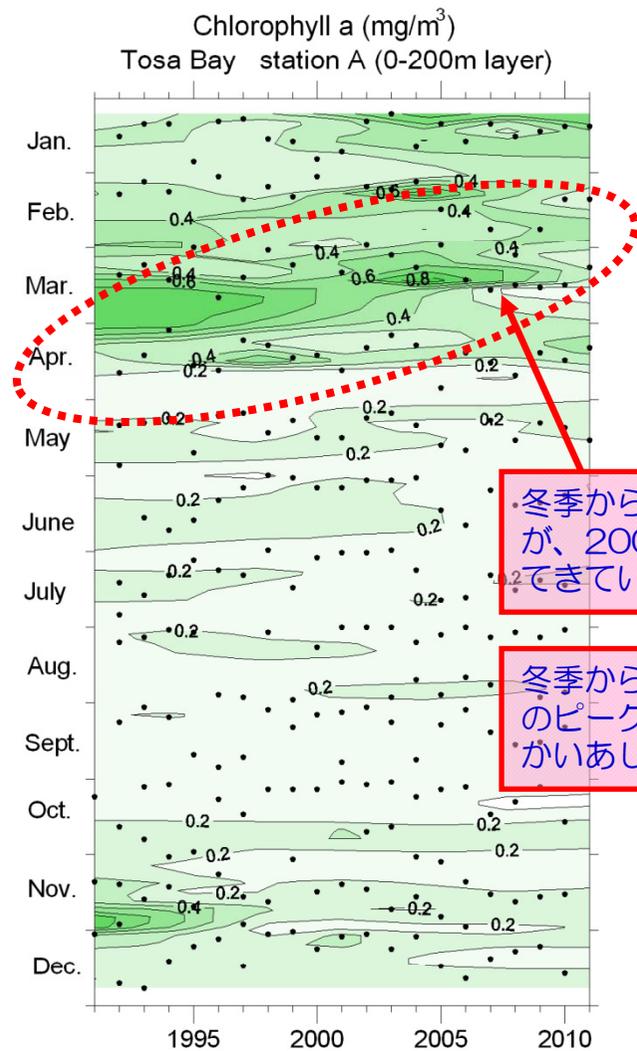


気候変動に伴うトレンド?

黒潮内側域（土佐湾）における

植物プランクトンとカイアシ類現存量の季節・経年変動

植物色素量の経年変化



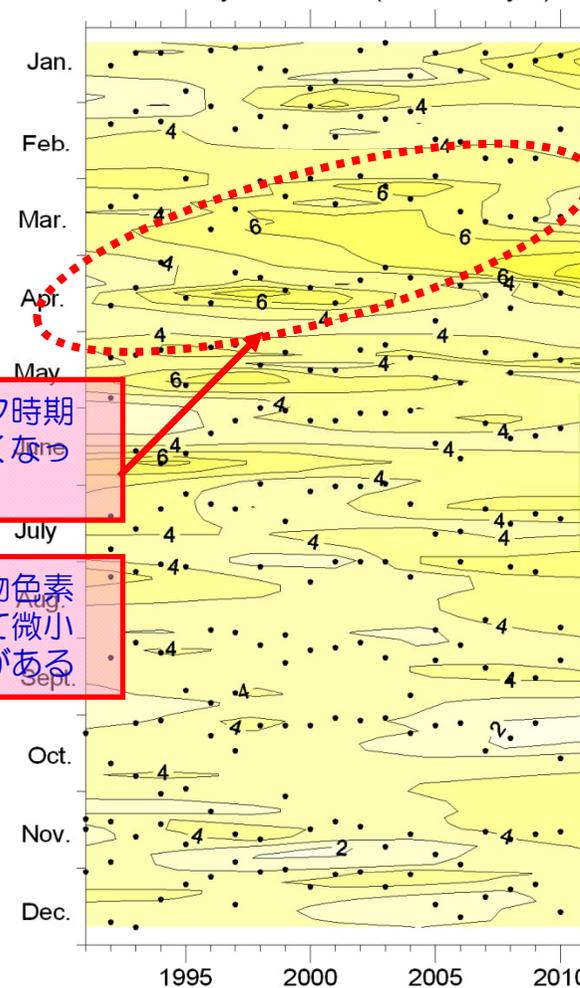
かいあし類の経年変化

体幅0.1mm以下

体幅0.1mm以下のかいあし類体積は、ノープリウス幼生が75%を占める

Copepoda (body width 0.1mm>) Volume (mm³/m³)

Tosa Bay station A (0-200m layer)



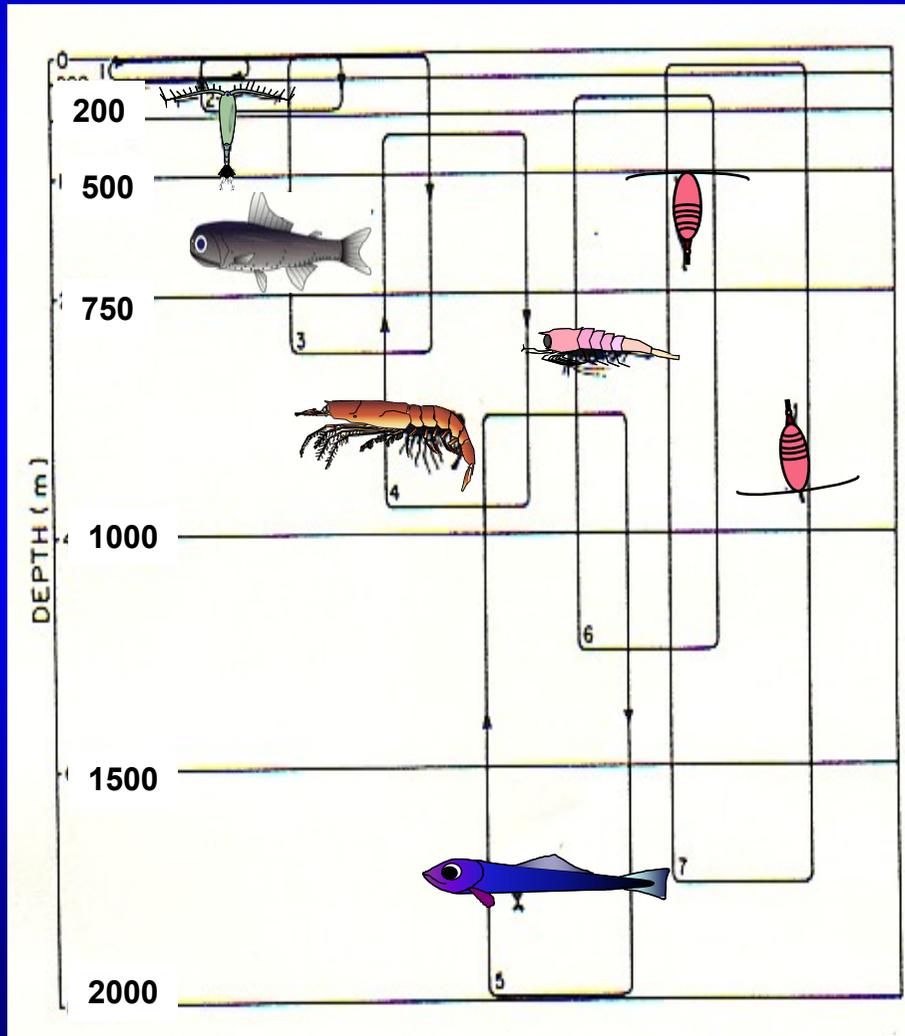
生物過程が環境に与える影響

表層で固定された炭素の生物ポンプによる深層への輸送

日周鉛直移動

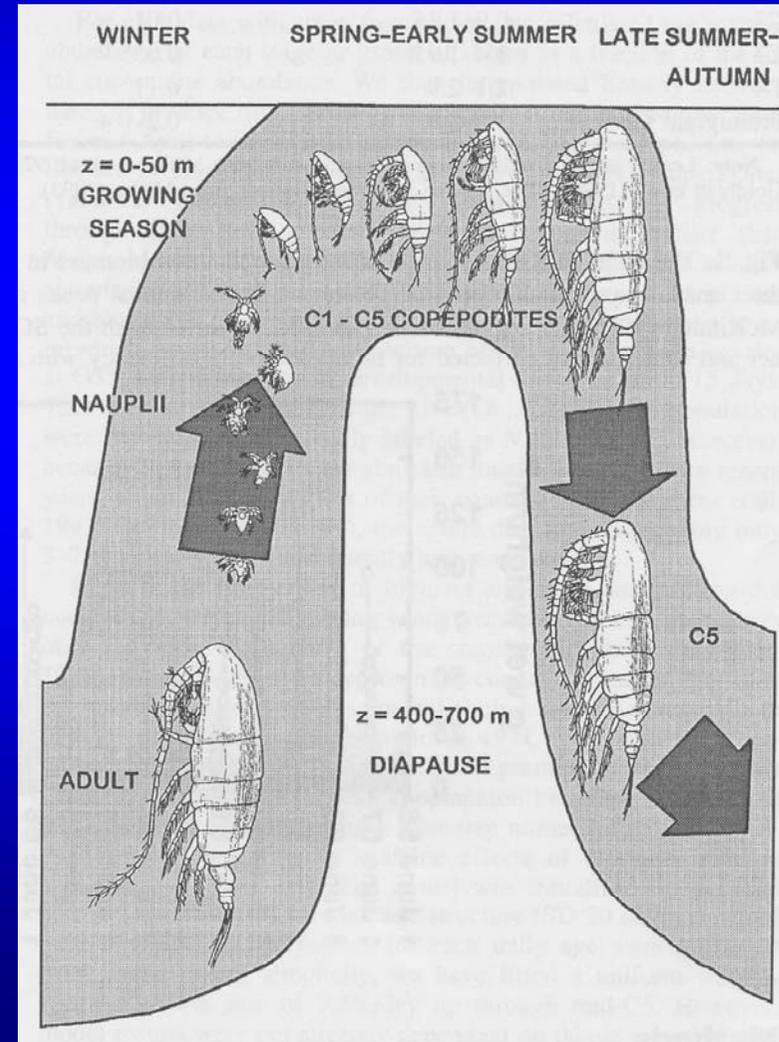
夜間表層で摂餌・

昼間深層に移動(捕食者の回避など)



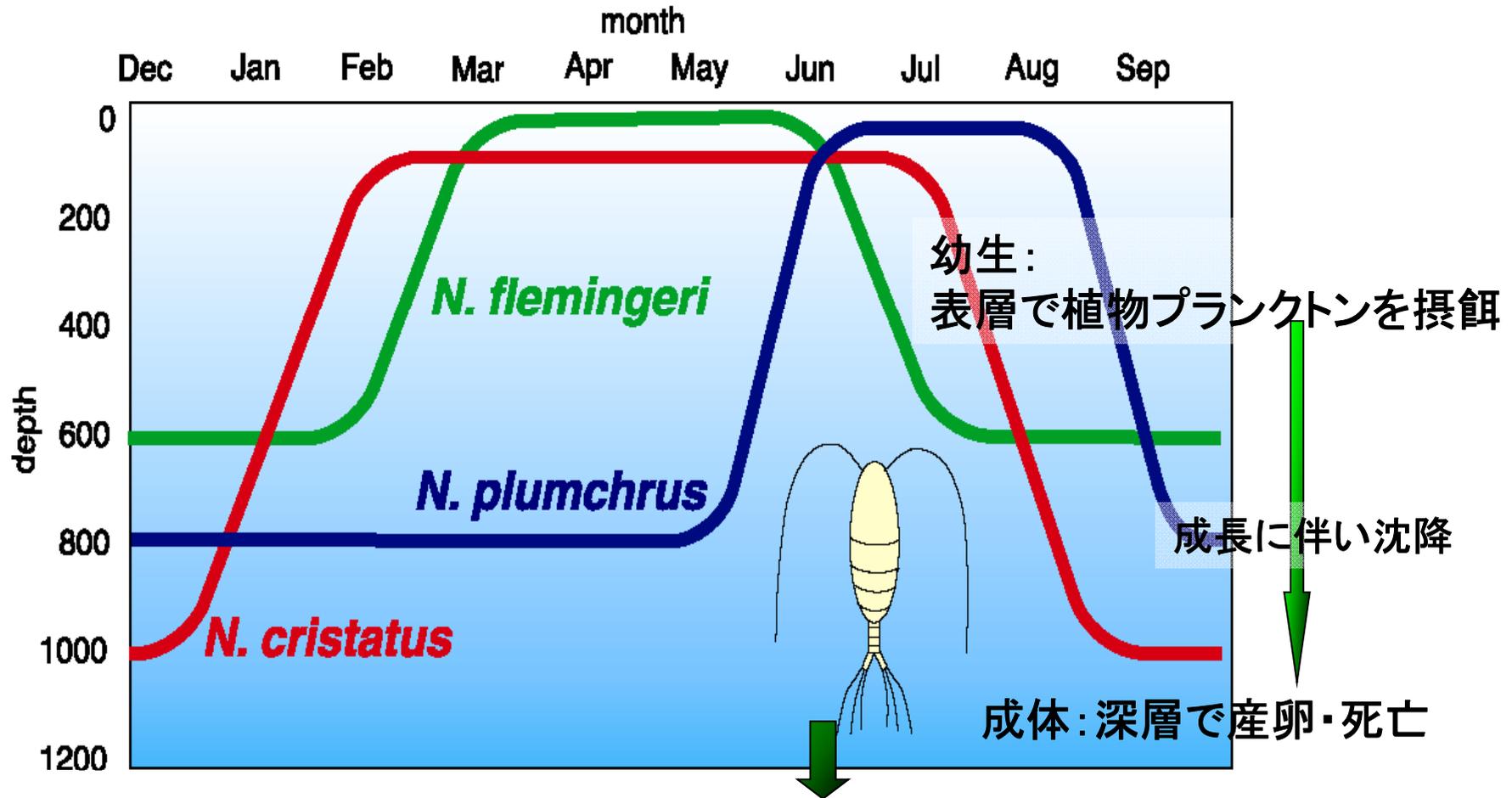
成長に伴う季節的な鉛直移動

幼生期に表層で成長、深層で休眠・性成熟



生物過程が環境に与える影響

Neocalanusの生活史と深層への有機物輸送 (= 生物ポンプ)



表層で生産された有機物を摂餌し、大気から隔離される深層に生活史を通じて炭素を輸送

生物過程が環境に与える影響

北太平洋および周辺海域における動物プランクトンの
0-150m層の平均生物量(湿重量)と
*Neocalanus*と*Eucalanus*による200m以深への炭素輸送量

	Area of the observations (km ²)	Averag ed wet-weight (g m ⁻²)	Total export by <i>Neocalanus</i> and <i>Eucalanus</i> copepods (gC y ⁻¹)
Eastern Pacific	6.90x10 ⁶	34.6	6.80x10 ¹³
Western Pacific	3.45x10 ⁶	50.6	4.95x10 ¹³
Bering Sea	1.32x10 ⁶	67.7	2.55x10 ¹³
Sea of Okhotsk	1.05x10 ⁶	66.8	2.01x10 ¹³

合計0.16 Gt C y⁻¹

= 全球の生物ポンプによる炭素輸送量11Gtの1.5%

海洋が大気から吸収するネット炭素量2.0Gtの8%

生物ポンプ機能の長期変動

Neocalanus: 500-1500mの中深層への炭素輸送
一度輸送されると、長期間大気から隔離(数十～数百年)

Metridia: 150mまでの炭素輸送
亜寒帯域では季節躍層(100-120m)以深の中深層上部に炭素輸送
比較的短期間で再び大気に接触
混合域では、季節躍層(150-250m)以浅であるため、輸送された炭素は大気から隔離されない

➡ 80年代の *Neocalanus* の減少、*Metridia* の増加は、動物プランクトンによる炭素隔離機能を、より低下させていた。

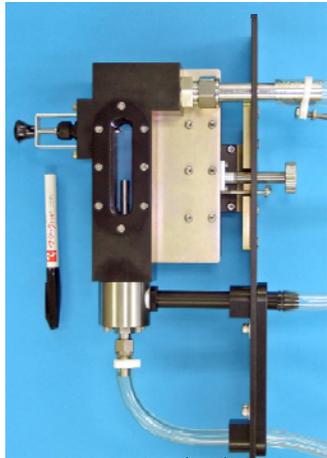


基礎生産が変化しなくても、動物プランクトン組成が変化すると、動物プランクトンによる炭素隔離機能が変わる。

新たな分析方法： 卓上式ビデオプランクトンレコーダー (B-VPR)

検鏡による分析では手間と時間のかかる大量のホルマリン液浸標本を分析を迅速に行う手法の開発が長年待望されていた

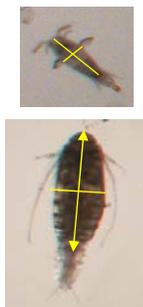
↓
B-VPR = プランクトン(カイアシ類)の密度とサイズ組成を自動的に解析



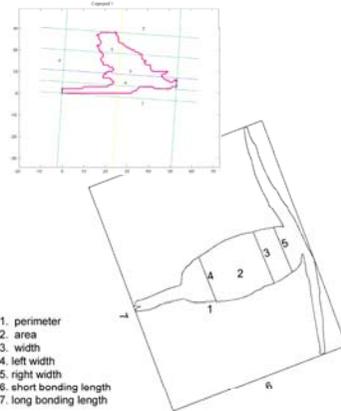
フローセルとビデオカメラ

解像度: 0.01 mm/pixel
(頭胸長 > 0.4mm)

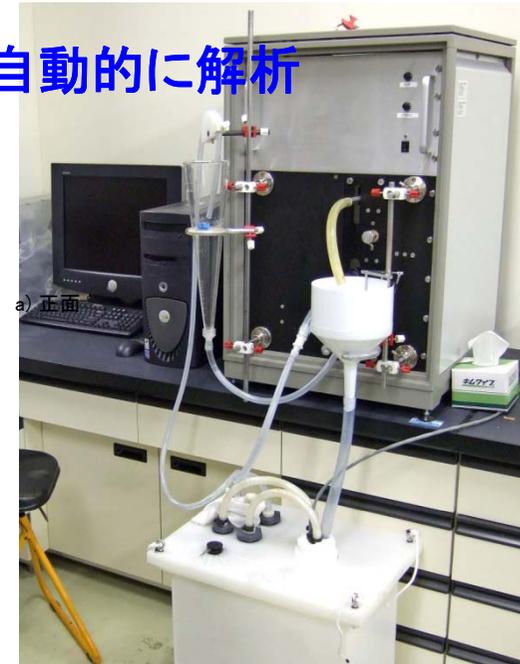
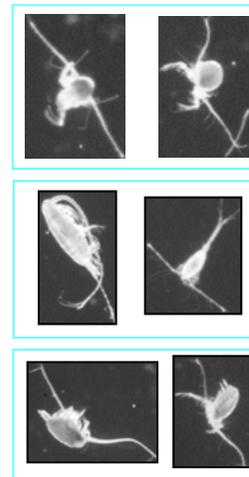
分析速度: 15-30 min / bottle



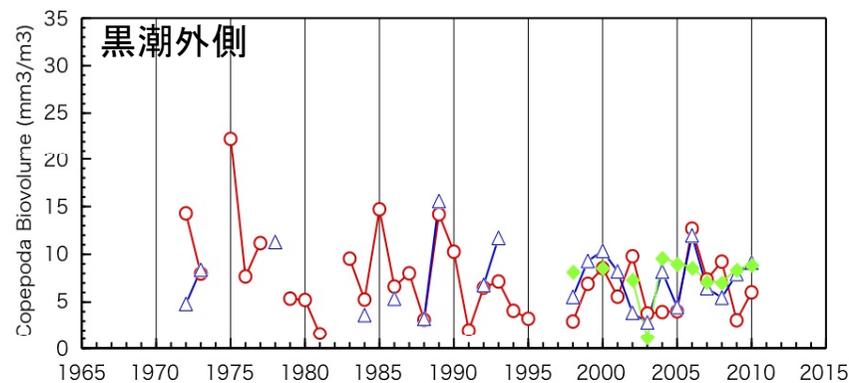
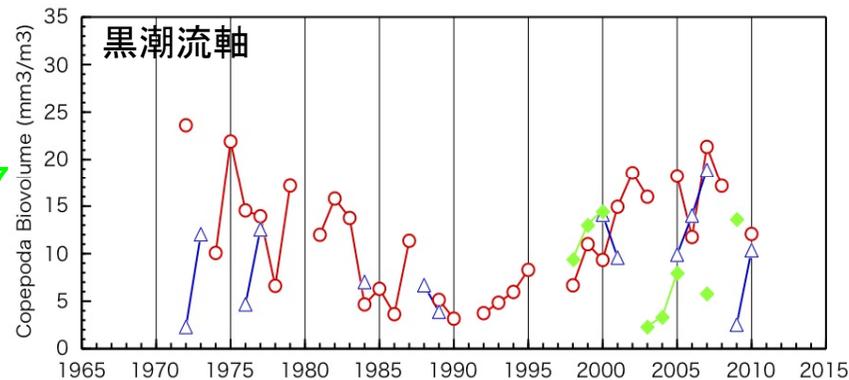
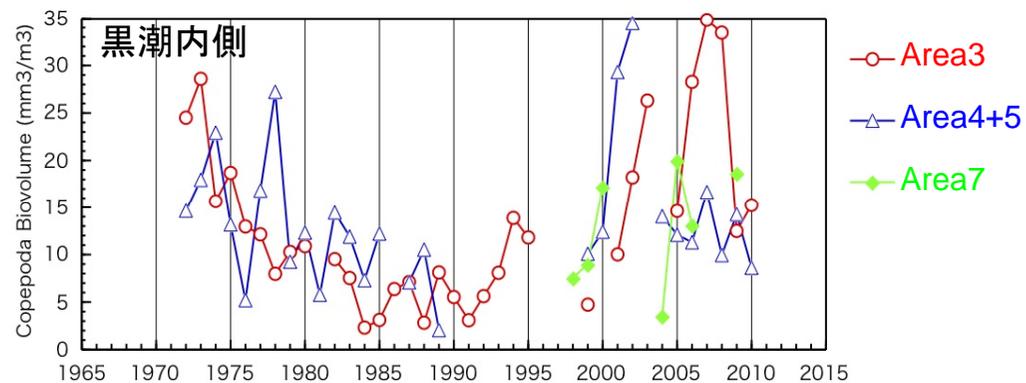
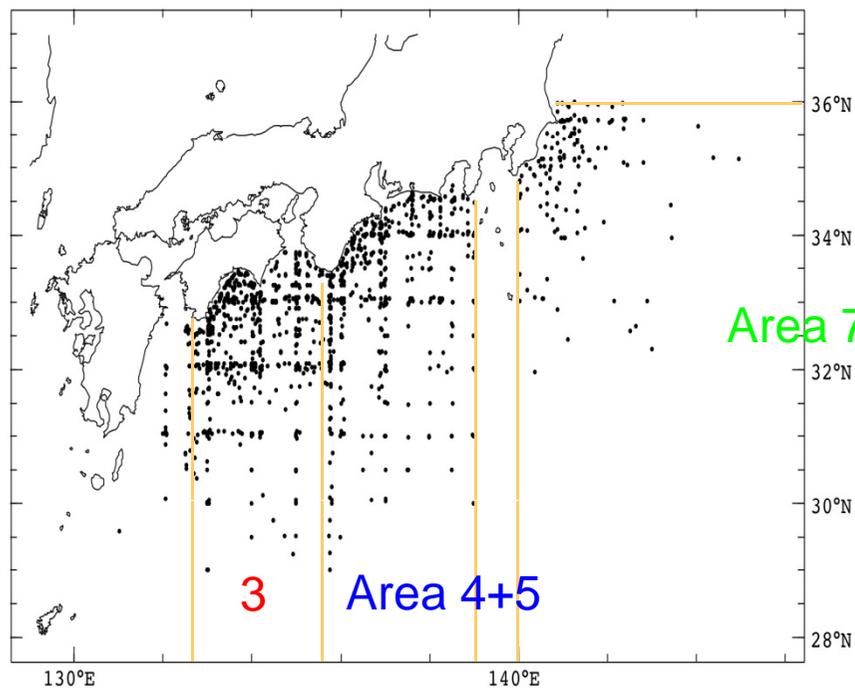
ビデオカメラに記録



自動的にサイズ計測



B-VPRを用いた冬期黒潮域のカイアシ類の長期変動



高水準期

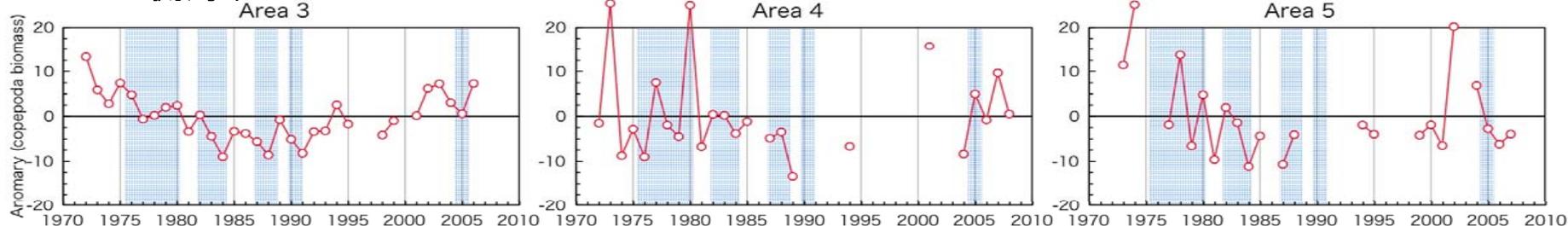
低水準期

高水準期

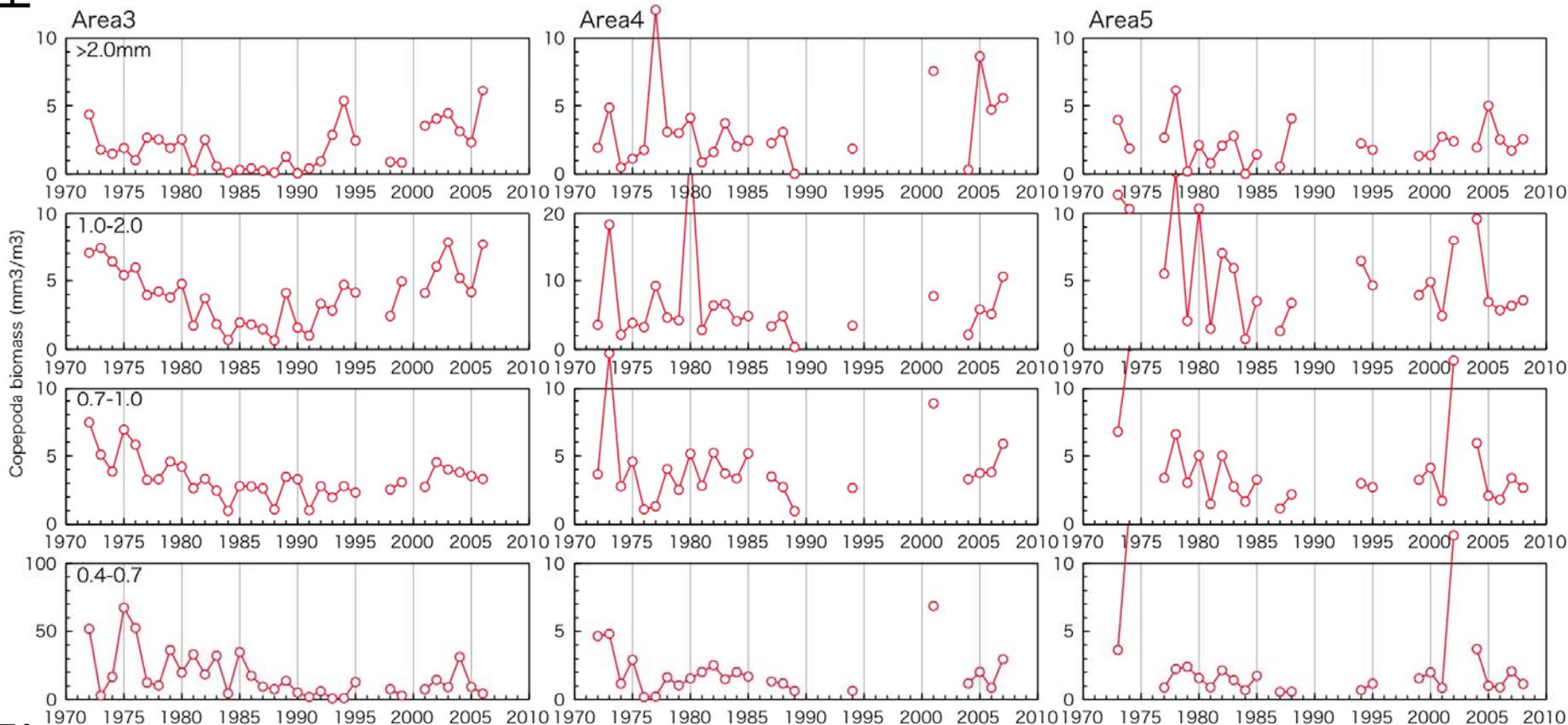
サイズ・海域別カイアシ類生物量の長期変動

Anomaly 西側海域

東側海域



大型

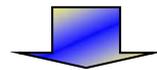


小型

小型カイアシ類は80年代以降低水準,大型カイアシ類は近年、70年代と同様に高くなっている傾向が見られる

20世紀後半以降、動物プランクトンはどのように変化してきたか

- **生物量や種組成に周期変動(約20年)**が観察された→気候変動と密接な関係にあるが、潮汐変動も生態系変動の駆動力として考えられる。
- **冷水種の分布は南方に拡大した**→西部北太平洋中緯度地方の低温化傾向＝温暖化による極域の低塩・低温水が親潮域に流入したことによる？
- ‘90年代**混合域種の分布域が拡大・種多様性が増大した**→混合域では生態系が温暖的特徴が強くなる傾向が続いている



これらの種組成の変動が生物ポンプによる表層から深層への炭素輸送量を大きく変動させていることが確かめられた

現在の変動メカニズムを把握して今後の変動を予測するためには海洋環境モニタリングの継続が必須

長期変動観測はすぐに結果が出る研究ではありません。

継続して定常的に調査を続ける予算と労力を維持し続けるのは困難ですが

温暖化の監視やレジームシフトなどによる生態系変動のメカニズム解明と予測の根拠となるものは、長期的に継続した観測により得られたデータと標本の蓄積です。

地球環境の将来を正しく診断するために、観測と解析をこれからも継続することが必須です。