

## 20 世紀後半における北太平洋十年変動に対する日本海低次生態系の応答

千葉早苗

海洋研究開発機構・地球環境フロンティア研究センター

## Responses of the lower trophic level ecosystem of the Japan Sea to the North Pacific decadal variation in the latter half of the 20th century

Sanae Chiba

Frontier Research Center for Global Change, JAMSTEC

**Abstract.** We have conducted retrospective studies in the Japan Sea based on the historically collected oceanographic and biological observational data sets after the 1960s, aiming at elucidating mechanisms linking climate to marine ecosystem. This paper is to review the characteristics of the lower trophic level environments in the present Japan Sea, and responses of its lower trophic level ecosystem toward the decadal scale climatic forcing in the North Pacific, which are closely related to the Aleutian Low dynamics. One of our major findings was plankton phenology, the shift of its productive season, as an important mechanism of the decadal variation of the lower trophic level productivity. Plankton phenology was induced by combined effects of wintertime cooling (warming) and springtime warming (cooling) after the 1976 (1988) associated with intensification (weakening) of the Aleutian Low. The Japan Sea is called a “miniature ocean” holding characteristics of the great ocean in spite of its small area and semi-closed feature. We expect that knowledge on ecosystem change mechanisms in the Japan Sea obtained in these studies will be a clue for better understanding of climate-ecosystem interaction in the whole North Pacific.

**Keywords:** Decadal change, plankton, Japan Sea, regime shift, phenology

## 現代日本海の低次生態系の特徴

日本海は縁海でありながら平均深度が 1000 m を越えるのみならず、小さなセミクローズドシステムの中に熱塩・風成循環により駆動する亜寒帯・亜熱帯海流を有する等の大洋としての特徴を備えていることから、ミニ大洋と呼ばれている（竹松, 1994）。一方で低次生態系を担う表層の植物・動物プランクトンの組成や食物網構造に関しては、北部亜寒帯循環域に関しては親潮、亜熱帯循環域にあたる南部対馬暖流域に関しては黒潮のアナログであるといえる。特に対馬暖流の変動は黒潮のダイナミクスと密接に関係している（Gordon and Giulvi, 2004）。北部海域では親潮同様大型の珪藻と一年以上の生活史を持ち季節鉛直移動を行う *Neocalanus* 種に代表される大型のカイアシ類がそれぞれ基礎生産と二次生産の主役となるのに対し、対馬暖流域では黒潮同様小型の植物プランクトンと小型で生活史の短いカイアシ類が優先する複雑な食物網構造が存在する（Chiba and Saino, 2003）。その結果、生物量のピークは黒潮や対馬暖流域と比較して親潮や北部日本海で顕著に高い。春季プランクトンブルームのタイミングや植物プランクトン生産の制限要因における南北海域差も親潮・黒潮における違いと同様である。すなわち春季ブルームは

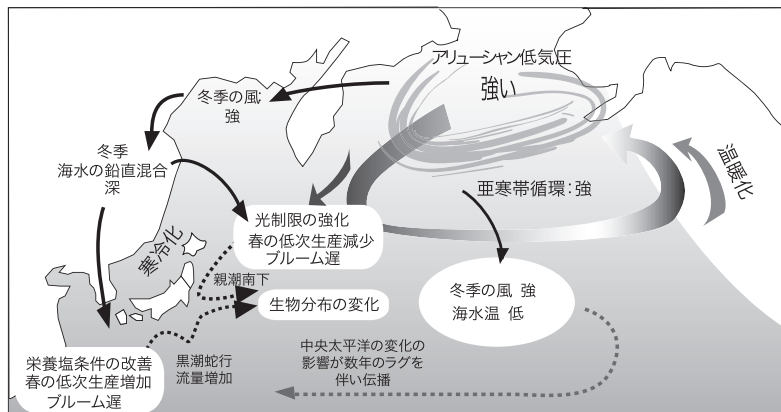
冬から春にかけて水温の上昇に伴い対馬暖流域から北部へ、沿岸域から沖合へと伝搬し、そのタイミングは南北海域で一ヶ月以上異なる（Yamada *et al.*, 2004）。また冬季の鉛直混合により亜表層から多量の栄養塩が表層に供給される北部海域においては光量不足が、亜表層における栄養塩濃度がもともと低い対馬暖流域においては栄養塩の不足が、それぞれ春季基礎生産の制限要因となる（Chiba *et al.*, 2005）。

共通の気候フォーシングに対する生態系の応答過程は海域毎に異なることがモデル研究で示唆されており、それぞれの海洋環境や食物網構造の違いが要因とされている（Polovina *et al.*, 1995）。よって西部北太平洋の亜寒帯・亜熱帯循環域のアナログであるミニ大洋＝日本海において気候－海洋環境－生態系のリンクを明らかにすることは、将来北太平洋全体といったより大きなシステムにおける生態系変動メカニズムを理解する上での第一歩となると期待されている。

## 北太平洋の十年規模変動とレジームシフト

イワシなどの有用魚種の資源量が数十年の周期をもって変動することは各国の漁獲量データなどからこれまで

冬季アリューシャン低気圧が強い年のレジーム(例: 1976 年以降)



冬季極渦が強く、アリューシャン低気圧が弱いレジーム(例 1988 年以降)

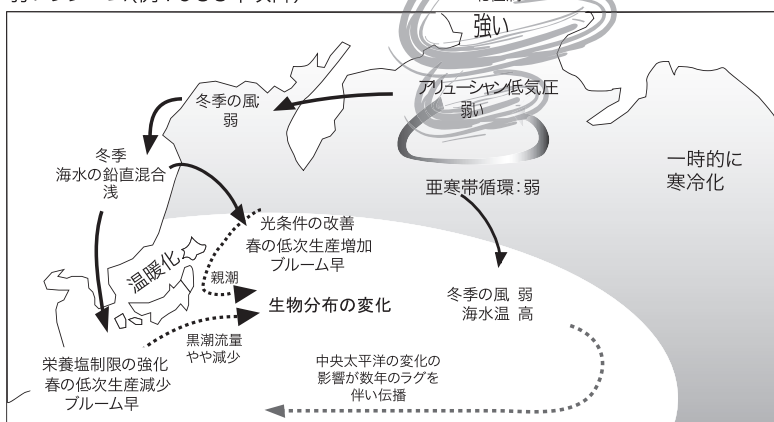


図 1. 北太平洋における 1976 年 (上図) と 1988 年 (下図) の気候のレジームシフトのメカニズムとそれに伴う海洋環境及び低次生態系変化のレビュー。

Fig. 1. Summary of the reported changes in hydrographic environments and lower trophic level ecosystem in the North Pacific after the climate regime shift in 1976 (upper) and 1988 (lower).

良く知られていた。しかし世界的に注目が集まったのは、1980 年代初めイワシ資源の長期変動が日本、カリフォルニア、ペルー沖で同期している事が明らかにされ (Kawasaki, 1991), その要因について様々な議論を呼んでからのことである。その後他の魚種の変動に同じような地球規模の同期が見られることが明らかにされるにつれ、地球規模環境変動と海洋生態系との関連を示す証拠として重要視されるようになった。

一方気候に関しては、アリューシャン低気圧や北極渦の変化が東西北太平洋の海洋環境に十年～数十年規模の寒冷化・温暖化のサイクルをもたらし、生物生産に影響を与えたことが指摘されてきた。ここ数十年でもっとも顕著な変化は、1976 年のアリューシャン低気圧の強化に伴う冬季の気候変化であり、その状態が 10 年以上継続したことから気候の「レジームシフト＝ある定常状態から別の定常状態への移行」が起ったとされている (Miller *et al.*, 1994)。この年を境に 80 年代終盤まで海洋では北太平洋の東西で逆の水温偏差が観測された。西部では低気圧の強化により冬季季節風が強まるとともに、反時計回

りの亜寒帯循環が促進したため北からの低温水の流入が増加し、海洋環境は寒冷化した (図 1 上図)。一方で東部においては、亜寒帯循環の強化は南からの暖水の移流を促し海洋環境は温暖化した。その後 1988 年に北極渦が強化したとほぼ同時にアリューシャン低気圧の勢力が弱まると、上記と逆の状況が生じ西部北太平洋の冬は温暖化した (注: ただし北極渦とアリューシャン低気圧の勢力変化の相互作用に関しては現時点では十分に解明されていない) (図 1 下図)。1988 年の変化は東部と比較して西部で顕著に認められ「(気候の) 小レジームシフト」として報告されている (Hare and Mantua, 2000)。

このような北太平洋の十年規模気候変動とイワシやアンチョビの変動との間に明確な相関があることが、近年 Chavez *et al.* (2003) の研究により明らかになった。しかし、気候と高次生態系に位置する魚との間には複雑な物理・化学・生物過程が存在する。よって例えば海面気圧の偏差のような気候要素と特定魚種の資源量の時系列を比較して見いだされた相関関係から変動のメカニズムを推測することは難しい。そこで地球環境フロンティアの私たちのグ

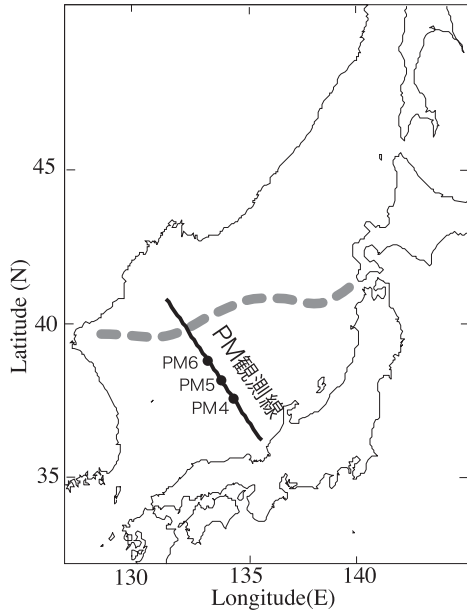


図2. 気象庁舞鶴海洋気象台が定期観測を実施しているPM線の位置. 破線は極前線のおおよその位置であり, 亜寒帯循環域と対馬暖流域の境を示す.

Fig. 2. The location of the routine observation line PM of the Maizuru Marine Observatory, Japan Meteorological Agency. Broken line indicates approximate location of the polar front, which divides the subarctic region and the Tsushima Current region.

ループでは, 日本海を含む我が国周辺海域で過去数十年に収集された物理・化学・生物観測データ及び試料を再解析・分析することにより, 気候から海洋環境, 生態系へと繋がる変動のメカニズムを明らかにしようと試みてきた. 特に, 海洋環境と高次生態系を繋ぐリンクである植物・動物プランクトンの変化に着目してきた. 日本海においては, 気象庁舞鶴海洋気象台の定線観測 (南ほか, 1999) や日本海区水産研究所の集中観測 (Hirota and Hasegawa, 1999) により, 過去数十年の海洋・生物データや試料が蓄積されている. これらに基づき研究を実施した結果, 海洋生態系の気候への応答過程が浮き彫りになってきた. 特に重要な変動のメカニズムとして, 春季ブルームのタイミングのずれといった生物季節学的変化 (フェノロジー) が明らかとなった. 以下に詳細を述べる.

### 対馬暖流域における十年規模変動

気象庁舞鶴海洋気象台では, 1960年代半ばより現在に至るまで舞鶴沖PM観測線において季節毎に観測を実施している (図2). この海域は対馬暖流と北部亜寒帯循環流の境界域にあたり, 太平洋側で例えるならば親潮と黒潮の両海流の影響を受けて環境が複雑に時空間変化する混合域にあたる. PM線データに基づく過去の研究では,

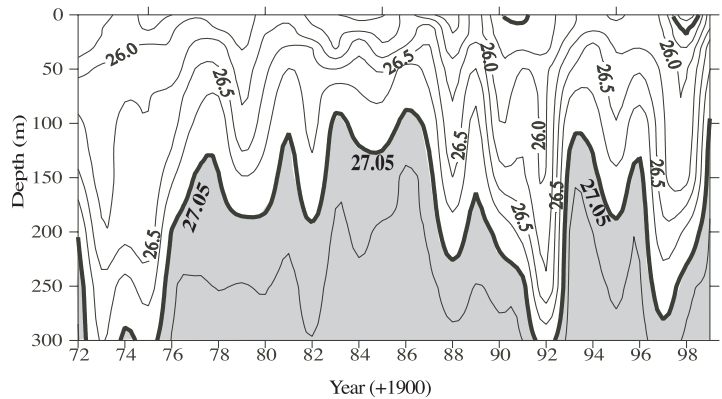


図3. 沖対馬暖流域に位置するPM観測点における0-300 m深の春季の鉛直密度構造の時系列 ( $\sigma\text{-t}$ ) (観測点PM4~6の平均値). グレーで示したエリアは  $\sigma\text{-t} \geq 27.05$  で定義される下層冷水の分布を示す.

Fig. 3. Time-series of springtime density profile of 0-300 m at a PM line stations located in the offshore Tsushima Current region ( $\sigma\text{-t}$ ) (average value of the stations PM4-6). Shaded area indicates the lower cold water defined by  $\sigma\text{-t} \geq 27.05$ .

70年代半ばのレジームシフト以降1990年前後までの寒冷期に春季の植物・動物プランクトン生物量が顕著に減少したことが報告されていた (南ら, 1999). 調査海域の水深500 m以浅の鉛直構造は, 表層を流れる対馬暖流と, 日本海北部で冬季に形成された下層冷水とから成っている. 鉛直密度分布の時系列を見ると, レジームシフト以降の冬季の寒冷化に伴い80年代には下層冷水の厚みが増し表層の対馬暖流が薄くなっていた (図3). また下層冷水の湧昇傾向は冬~夏を通じて認められた. 下層冷水は栄養塩濃度が高いことから, その湧昇は表層に十分な栄養塩を供給することになり, 通常は春季植物プランクトン生産を促進すると考えられる. しかし前述のとおり実際は80年代のプランクトン生産は70, 90年代と比較して低かったことから, アリュージョン低気圧の強化による低温化, 及び風の強まりによる過度の鉛直混合が光条件を低下させ, 生物生産を抑制した主要因となつたと示唆されていた.

しかし我々の研究で珪藻組成を含む詳細な解析を実施した結果, 以下に述べるように定説とは異なるメカニズムがあることが判明した (Chiba and Saino, 2002). まず植物プランクトン現存量が低い80年代の春季に, クロロフィル量が低下しているにもかかわらず, 珪藻の細胞数が増加していることから珪藻サイズが小型化していることが示唆された (図4a). さらに舞鶴海洋気象台において同定された珪藻種組成のデータを用いてその季節消長を調べると, 80年代の春季に優占したのは, 小型種である *Pseudonitzschia* spp. を中心とした, 例年同海域では栄養塩の供給量が減少する夏に多く出現する珪藻であった. すなわち, この時季春季ブルームが早期に終焉し夏型の生態系構造が早く現れたことを示していたのである. 夏型種の優先は, 80年代に低水温や光不足が植物プランクトンの生産を抑制したというこれまでの推測を覆す結果であり,

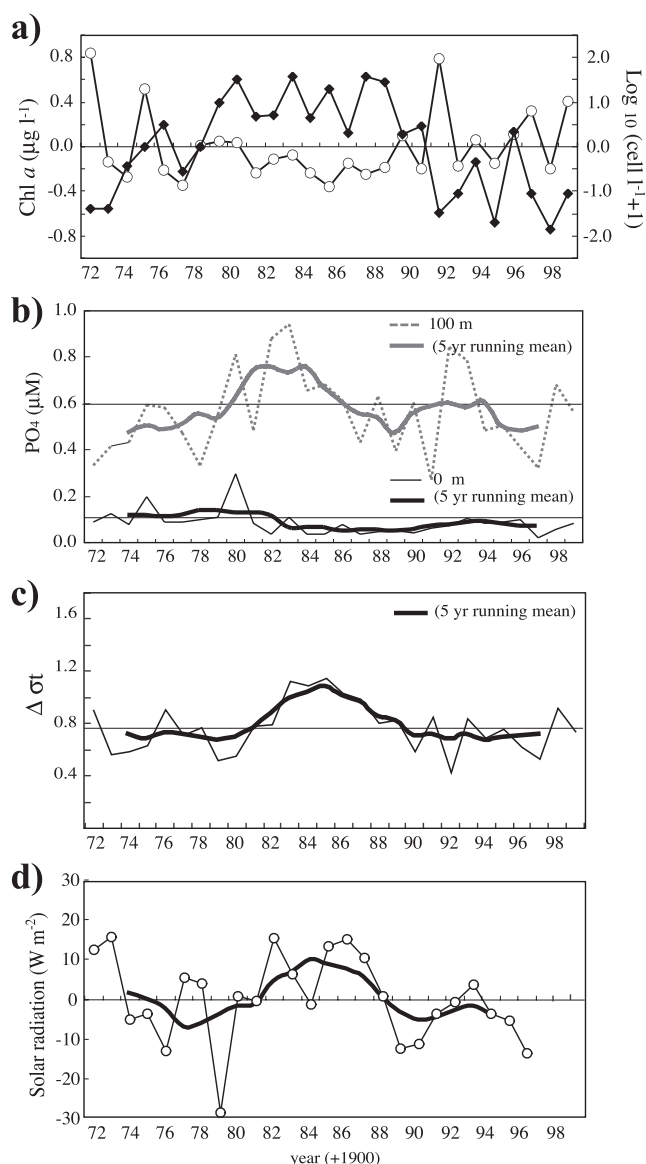


図4. 沖合対馬暖流域に位置するPM観測点における春季の様々な海洋環境データの時系列(観測点PM4~6の平均値)。a) 混合層内クロロフィル濃度(○)と珪藻の全細胞数(◆)の偏差, b) 表面(黒実線)と100m深度(グレー破線)の栄養塩(リン酸)濃度とそれぞれの27年間の平均値(細実線), c) 表面と100m深度の密度差(delta sigma-t 0-100 m:  $\Delta \sigma t$ ), d) 日照量。b)~d) 図の太線は5年移動平均を示す。

Fig. 4. Time-series of various hydrographic environments at a PM line stations (average value of the stations PM4~6). a) Anomalies of Chl *a* concentration within a mixed layer (○) and cell number of diatoms (◆), b) Phosphate concentration at surface (black line) and at 100 m depth (gray, broken line) with respective average for 27 years (fine straight lines), c) density difference for 0-100 m deep (delta sigma-t 0-100 m:  $\Delta \sigma t$ ), d) solar radiation. Thick lines for b)~d) indicate 5 year running means.

同時に栄養塩が生産の制限要因であったことを示唆している。つまり下層冷水湧昇による豊富な栄養塩が春季の植物プランクトン生産に利用されていなかったことになる。実際に春の栄養塩の鉛直分布を見てみると、80年代には

100 m 以深でたしかに下層冷水の湧昇の影響とみられる高い値が観察されたが、表面ではむしろその前後の年と比較して栄養塩濃度は低下しておりほとんど枯渇状態であったことが分かる(図4b)。次に表層0-100 mの密度差をみると(図4c)80年代春季に顕著に増加していたことから成層化が進んで下層冷水中の栄養塩が表層へ供給されるのを妨げていたことが明らかである。成層が強化した一因としては、春の日照の増加が要因であると考えられる(図4d)。このようにして1980年代には寒冷な冬の後、春に急激に温暖化が進んだ結果鉛直方向の温度差が増大して、例年より早い時季に成層が強化し、栄養塩が枯渇、基礎生産、二次生産ともに減少した、というボトムアップな変動過程が見えてきたのである。

Yamada and Ishizaka (2006) は近年の衛星海色データと風力、成層度のデータを用いて過去数十年の日本海における春季ブルームのタイミングと期間を見積もった。その結果は、PM線観測データに基づく研究で明らかになった80年代春の温暖化と成層化に伴うブルームの早期終焉を裏付けるものであった。それではレジームシフト以降の冬季の寒冷化はプランクトン生産に何の影響も与えなかったのだろうか。PM線のデータは時間解像度が粗いため冬から春にかけてのブルームの開始時期の変動を検知することは出来なかったが、Yamada and Ishizaka (2006) では80年代の冬季の寒冷化によるブルームのタイミングの遅れも示唆している。まとめると80年代には、寒冷な冬と暑い春といった冬と春とで異なる気候フォーシングの影響により、植物プランクトンの生産に適した時季がその前後の年と比較して短くなったといえる(遅くはじまり早く終焉した)。動物プランクトンの生残は餌である植物プランクトンの供給量に左右されるので、同様に動物プランクトンの生産に適した時季も80年代は短くそれが結果として年間生物量の減少をまねいたのであろう。

## 本研究の意義と今後の課題

西部北太平洋における十年規模変動の過去の研究例では、日本海と同様1976年のレジームシフト以降親潮域(Sugimoto and Tadokoro, 1998)や黒潮域(Nakata and Koyama, 2003)で低次生物生産の減少が報告されており、その要因は「冬季の寒冷化」と結びつけて論じられることが多かった。多くの過去の研究はトータル生物量の経年変動のみを扱っていたために、フェノロジー等詳細な変動のメカニズムを明らかにすることが不可能だったのである。しかし近年、我々のグループによる研究をはじめとしてプランクトンの種組成と、さらにその季節変動まで掘り下げた解析が進むに伴い、それらの海域でも日本海で観察されたとおり生物生産減少のメカニズムは冬~春の寒冷化と春~初夏の温暖化の両方の影響であることが分かってきた(Chiba *et al.*, 2006)。これらの結果は、気候変化に対する低次生物生産の経年変動を解析・予測するには従来の

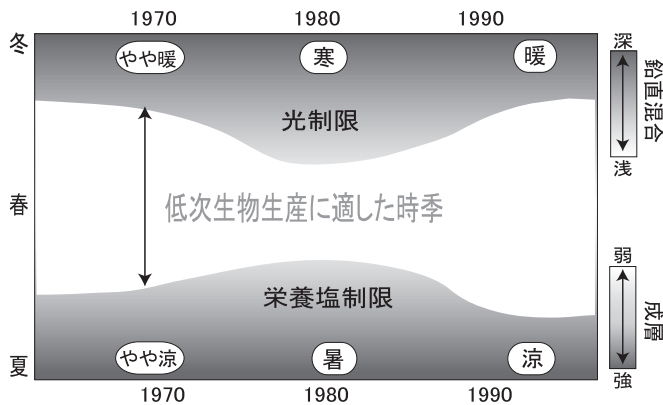


図5. 西部北太平洋において、冬から夏にかけての十年規模気候変動が海洋低次生物生産のフェノロジーに影響するメカニズムを示した模式図。

Fig. 5. Schematic diagram of the mechanism how decadal scale climatic variation affected the lower trophic level phenology in the western North Pacific.

ように冬季の環境のみを考慮するのではなく、春から夏にかけてのプロセスもおさえることが不可欠であることを示している。また、植物・動物プランクトンのフェノロジーは、有用魚種を含む高次生態系の生産タイミングとのミスマッチ (Cushing, 1972) を招く可能性もあり、水産資源の変動予測の点でも重要である。

ここで冬季の十年規模気候変動と1976年のレジームシフト以降の寒冷化はアリューシャン低気圧の勢力強化で説明がつくのであるが、同時期の春～初夏の温暖化の要因については不明な点が多い。また前述のように80年代は大まかに見て「寒冬暑夏」な環境であったが、1988年のレジームシフト以降特に90年初頭からは逆に「暖冬涼夏」な環境が顕著であることが分かってきた。親潮域の研究例では、その結果冬季には鉛直混合の弱まりにより光環境が向上、初夏には成層化が緩まって栄養塩環境が向上し、80年代とはまったく逆に低次生物生産に適した期間が長くなっていたことが分かった (Chiba *et al.*, 2006) (図5)。初夏の海表面水温の経年変動は、アリューシャン低気圧の勢力の指標とは無関係であるが、北極渦の勢力の経年変動を示す北極振動指標 (AO) と有意な関係にあることが分かった。図1で示したように、北極振動指数が冬季の西部北太平洋の気候と関連があることは度々報告されてきた (Hare and Mantua, 2000; Yasunaka and Hanawa, 2002)。一方で北極域の気候が、冷夏をもたらすオホーツク海高気圧のダイナミクスを通じて日本周辺の夏季の気候に影響を与えうるとい報告はあるものの (Ogi *et al.*, 2003) それが見いだされた海表面水温の変化とどのようなプロセスを経て繋がっているのかは明確ではない。北太平洋の夏季の十年規模気候フォーシングに関する知見は少なく、今後の研究の進展が期待される。

## おわりに：急変する日本海環境

近年の研究によれば、十年規模の周期変動とは別に、全球スケールで20世紀後半から緩やかな海洋水温上昇のトレンドが報告されている (Levitus *et al.*, 2000)。また、同時に中深層の化学成分の変動解析からは、ここ数十年間で海洋の鉛直混合が弱まり年間の表層への栄養塩供給量が低下しつつあることが、日本海を含む東西北太平洋の様々な海域で報告されており (Freeland *et al.*, 1997; Andreev and Kusakabe, 2001; Watanabe *et al.*, 2003) 地球規模の温暖化傾向との関係が示唆されている。

これまで述べてきたように、西部北太平洋の生態系変動に関しては数十年間のトレンドというよりは、北太平洋十年規模変動やレジームシフトと同期した周期的変動が顕著である。しかし、例えば90年代以降の暖冬涼夏傾向と、それに対する低次生物生産やプランクトン組成の変化が単なる周期的変動の表れなのか、それともより長期にわたる温暖化トレンドの影響を示しているのかは現時点では定かではない。とはいえ80年代の寒冷期 (寒冬暑夏) をはさんで60～70年代と90年代ではフェノロジーも生態系構造も異なっていることは確かである。特に日本海においては、1990年以降サルパや大型クラゲといったゼラチン質のプランクトンが大発生する頻度が増加し、沿岸漁業へ大きな損害をもたらす社会問題となっている。クラゲ類の大発生は水温の上昇傾向のみならずオーバーフィッシング等複合的な要因が関わっているとされているが、いずれにしろここ十数年で日本海的环境や生態系構造は急激にかわりつつある。

昨今の研究環境を取り巻く問題として、地道な時系列観測には予算が配分されにくい現実がある。しかしこれまでの研究成果が示唆するように、日本海は気候～生態系変動のメカニズムを明らかにするためのホットスポットの一つと言える。地球規模変動研究における長期的視野を踏まえて、今後ともPM線観測に代表されるような日本海における継続的なモニタリングの実施を推奨するものである。

## 謝辞

日本海における一連の十年規模変動研究を進めるにあたり、データの使用を快く許可して下さい、気象庁舞鶴海洋気象台の皆様及び、水産総合研究センターの広田祐一博士、長谷川誠三博士に厚くお礼申し上げます。また本研究は、長年に渡りときに過酷な海況の中、生物標本や海洋データを収集して下さいった観測船の船長はじめ多くの乗組員や観測員の方々の努力なくしてはなし得なかったものであり、ここに改めて感謝の意を表します。

## 文献

- Andreev, A. G. and Kusakabe, M., 2001. Interdecadal variability in dissolved oxygen in the intermediate water layer of the Western Subarctic Gyre and Kuril Basin (Okhotsk Sea). *Geophysical Research Letters*, **28**, 2453-2456.
- Chavez, F. P., Ryan, J., Lluch-Cota, E. and Niquen C., M., 2003. From anchovies to sardines and back: multidecadal change in the Pacific Ocean. *Science*, **299**, 217-221.
- Chiba, S. and Saino, T., 2002. Interdecadal change in the upper water column environment and spring diatom community structure in the Japan Sea: an early summer hypothesis. *Marine Ecology Progress Series*, **231**, 23-35.
- Chiba, S. and Saino, T., 2003. Variation in mesozooplankton community structure in the Japan/East Sea (1991-1999) with possible influence of the ENSO scale climatic variability. *Progress in Oceanography*, **57**, 317-339.
- Chiba, S., Hirota, Y., Hasegawa, S. and Saino, T., 2005. North-south contrast in decadal scale variations in lower trophic level ecosystems in the Japan Sea. *Fisheries Oceanography*, **14**, 1-12.
- Chiba, S., Tadokoro, K., Sugisaki, H. and Saino, T., 2006. Effects of decadal climate change on zooplankton over the last 50 years in the western North Pacific. *Global Change Biology*, **12**, 907-920.
- Cushing, D. H., 1972. The production cycle and the numbers of marine fish. In Edwards, R. W. and Garrod, D. J., eds., *Conservation and Productivity of Natural Waters Vol. 29*, 213-232. Zoological Society of London, London.
- Freeland, H., Denman, K., Wong, C. S., Whitney, F. and Jacques, R., 1997. Evidence of change in the winter mixed layer in the Northeast Pacific. *Deep-Sea Research I*, **44**, 2117-2129.
- Gordon, A. L. and Giulivi, C. F., 2004. Pacific decadal oscillation and sea level in the Japan/East sea. *Deep-Sea Research I*, **51**, 653-663.
- Hare, S. R. and Mantua, N., 2000. Empirical evidence for North Pacific regime shifts in 1977 and 1989. *Progress in Oceanography*, **47**, 103-145.
- Hirota, Y. and Hasegawa, S., 1999. The zooplankton biomass in the Sea of Japan. *Fisheries Oceanography*, **8**, 274-283.
- Kawasaki, T., 1991. Long-term variability in the pelagic fish populations. In Kawasaki, T., Tanaka, S., Toba, Y. and Taniguchi, A., eds., *Long-term Variability of Pelagic Fish Populations and their environment*, 47-60. Pergamon Press, Oxford.
- Levitus, S., Stephens, C., Antonov, J. and Boyer, P. B., 2000. Yearly and year-season upper ocean temperature anomaly fields, 1948-1998. *NOAA Atlas NESDIS*, **40**, 1-26.
- Miller, A. J., Cayan, D. R., Barnett, T. P., Graham, N. E. and Oberhuber, J. M., 1994. The 1976-77 climate shift of the Pacific Ocean. *Oceanography*, **7**, 21-26.
- 南秀人・川江訓・永井直樹・地福淳一, 1999. 日本海 PM 線の長期変動. 測候時報, **66**, 63-80.
- Nakata, K. and Koyama, S., 2003. Interannual changes of the winter to early spring biomass and composition of mesozooplankton in the Kuroshio Region in relation to climatic factors. *Journal of Oceanography*, **59**, 225-234.
- Ogi, M., Tachibana, Y. and Yamazaki, K., 2003. Impact of the wintertime North Atlantic Oscillation (NAO) on the summertime atmospheric circulation. *Geophysical Research Letters*, **30**, 1-4.
- Polovina, J. J., Mitchum, G. T. and Evans, G. T., 1995. Decadal and basin-scale variation in mixed layer depth and the impact on biological production in the central and North Pacific, 1960-88. *Deep-Sea Research I*, **42**, 1701-1716.
- Sugimoto, T. and Tadokoro, K., 1998. Interdecadal variations of plankton biomass and physical environment in the North Pacific. *Fisheries Oceanography*, **7**, 289-299.
- 竹松正樹, 1994. CREAMS 計画と日本海研究. 月間海洋, **26**, 745-746.
- Watanabe, Y. W., Wakita, M., Maeda, N., Ono, T. and Gamo, T., 2003. Synchronous bidecadal periodic changes of oxygen, phosphate and temperature between the Japan Sea deep water and the North Pacific intermediate water. *Geophysical Research Letters*, **30**, 2273, doi: 10.1029/2003GLO18338
- Yamada, K., Ishizaka, J., Yoo, S., Kim, H. and Chiba, S., 2004. Seasonal and interannual variability of sea surface Chlorophyll a concentration in the Japan (East) Sea. *Progress in Oceanography*, **61**, 193-211
- Yamada, K. and Ishizaka, J., 2006. Estimation of interdecadal change of spring bloom timing, in the case of the Japan Sea. *Geophysical Research Letters*, **33**, L02608, doi:10.1029/2005GL024792
- Yasunaka, S. and Hanawa, K., 2002. Regime Shifts found in the Northern Hemisphere SST Field. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **80**, 119-135.

