

秋季, 日本海南西沿岸水域に流入する低塩分水の 1990年代以降の出現特性

森脇晋平¹

Characteristics of low salinity water flowing into the Southwestern
Japan Sea in autumn since 1990s

Shimpei MORIWAKI

キーワード: 日本海南西部沿岸水域, 低塩分水

はじめに

対馬海峡を通過して日本海に流入する対馬海流水の塩分は7月以降急激に低下することが報告されている^{1~4)}。この低塩分水は対馬海流表層水と呼ばれているもので⁵⁾、主として大陸河川系の淡水の影響を強く受けた海水である。

近年この海水については、中国・長江からの流入水が東シナ海や日本海に及ぼす影響についてとりわけ長江大洪水に関連して報告がなされている^{6~10)}。さらに、これに由来する流入水は特に低塩分であるため漁況や海洋生態系に与える影響は無視できないことが指摘されている^{11,12)}。

しかしながらこれまでこの海水の塩分変動に関する報告は絶対数値で評価したものに限られており、低塩分水の総量で検討した事例はない。今回、日本海南西沿岸海域に流入する低塩分水塊の量的変動に焦点をあてて検討し若干の知見を得たので報告する。この手法で得られる指標を用いれば例えば大陸河川由来と予想される栄養塩補給の変動を定量的に把握できる可能性もある。

資料と方法

ここで用いた塩分値は山口県～兵庫県の日本海側の各水産試験研究機関が「漁海況予報」事業の一環として1990年～2009年の9月, 10月, 11月に実施した海洋観測で得られたものである。対象とする範囲と塩分分布の一例を図1に示した。こ

の海域(図1)に出現する海水の塩分変動を高塩分水塊の基準である34psu¹³⁾(以下, psuは省略する)をひとつの区切りとし, 高塩分水(34.0以上)及び低塩分水を3つ(①34~33.0 ②33~32.0 ③32未満)に区分して解析を行った。塩分34未満の海水は11月に最も深く約75m深に到達する^{1~3)}ので調査深度は表層から100mまでとした。したがって, 調査対象とした容積は図1に示した範囲の表面から100m深までとなり, その空間における各海水の占有する割合を求めた。

最初に海洋観測データ処理ソフト(応用技術)を用いて100m深までの基準水深別に図1に示した塩分区分毎の等塩分分布図を作成し, 次に面積計測処理ソフト(Area Measure)を使用して各塩

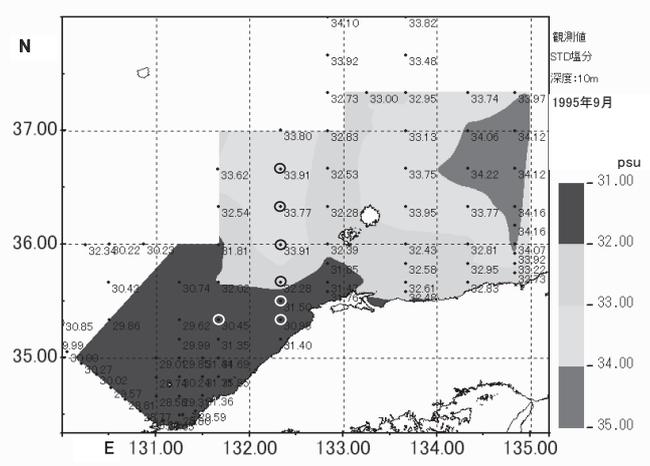


図1. 調査対象範囲と塩分分布の一例. 丸(7点)は卵・稚仔採集点を示す

¹ 漁業生産部 Fisheries Productivity Division

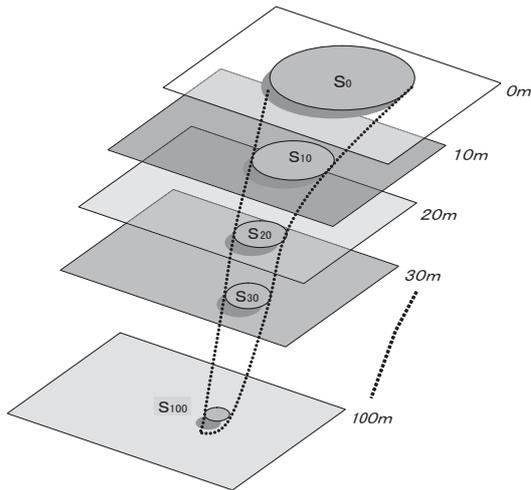


図 2. 水塊体積の計算方法: $V = \{ (S_0 + S_{10}) / 2 \times 10 + (S_{10} + S_{20}) / 2 \times 10 + \dots + (S_{75} + S_{100}) / 2 \times 25 \}$
 ここで、 V (体積), S_0 (0m深の面積), S_{10} (10m深の面積) \dots , S_{100} (100m深の面積) を表す

区分に対応した色ドット数を計測した. この数値を各塩区分帯の相対的な面積として区分求積法により各塩区分帯毎の相対的な体積を推定した (図 2).

また, 栄養塩補給源としての低塩分水塊が低次生物生産に与える影響を検討するため, 図 1 に示した 7 測点の卵・稚仔採集における湿重量の平均値を用いた.

結果と考察

低塩分水塊の出現状況 図 3 に出現するそれぞれの低塩分水の体積割合の経年変動を月別に示した. 調査対象とした 9 月, 10 月, 11 月のうちで塩分 32 未満の低塩な海水の出現は 9 月が多く, 10 月では 1995 年に約 10% の出現がみられたのみである. 11 月には 32 未満の海水の出現はみられず, 33 未満の海水が出現したのも 1990, 1995, 1998 年の 3 ヶ年だけであった. 経年的にみると 32 未満の海水の出現は 1990 年代での頻度が高く, 2001 年以降である程度まとまった出現は 2006 年にみられたのみである. 同様の傾向は 10 月, 11 月にも指摘でき, 10 月では 2000 年以前の 33 未満の海水の出現量はそれ以後に比較して多かった. 11 月においても 33 未満の海水が出現したのは 1990 年代に限られ 2000 年代での出現はなかった. このように, 9 月は 2001 年以降, 32 未満の低塩分水塊の出現割合は低くなっている. 10 月, 11

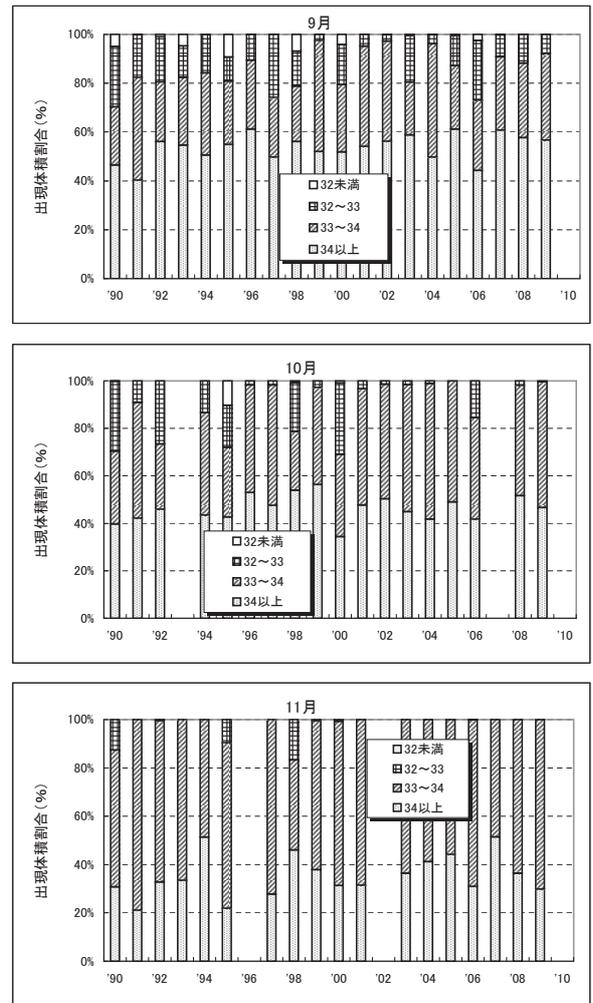


図 3. 各低塩分水塊の体積割合の経年変動

月においても 2000 年代に入り 33 未満の海水の出現は量・頻度とも減少した.

次に塩分 34 未満の海水の月別出現状況を示した (図 4). 33 ~ 34 の海水は 9 月には約 30% であったが, 月を経るにつれて上昇し 11 月には 60% 以上を占めるようになった. 逆に 33 未満の海水は減少していき, 32 未満の海水は 11 月には出現しなかった. このため 11 月には 34 未満の海水体積が調査対象空間で最も大きくなる. このことは季節が進むにつれて表層の低塩分水相互及びそれらと低層にある高塩分水との鉛直混合が促進され 33 ~ 34 の海水に均質化されることを示唆している.

3 つのレベルに区分した低塩分水体積の変動係数を表 1 に示した. それぞれの変動係数を比較してみると 33 ~ 34 の海水の変動係数は他の 2 つの海水のそれに比べ小さく, 月を経るにつれて小さくなっているが, 32 ~ 33 の海水及び 32 未満の海水の変動係数は相対的に大きい. このことは低塩な海水ほど年による出現の変動が大きいことを示

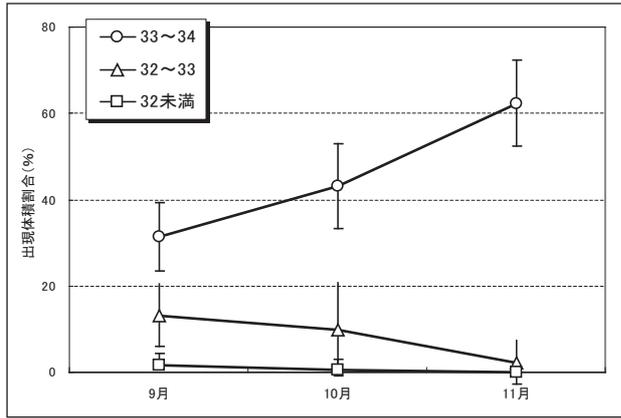


図4. 塩分34未満の海水の月別出現状況. 縦線は標準偏差を示す.

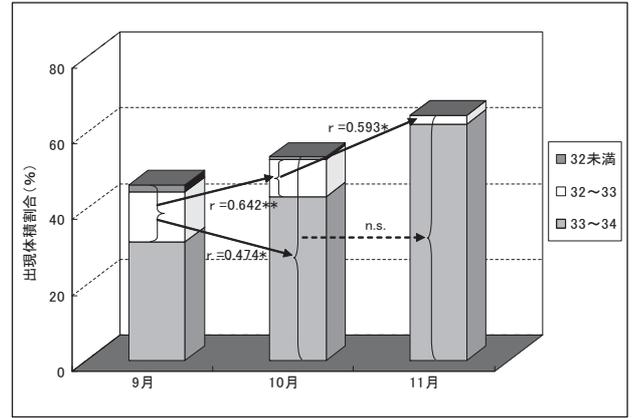


図5. 各低塩分水塊の量的変化と相関. n. s. は相関なし

している. また33～34の海水は月を経るにつれて体積を増大していくが(図4), 変動係数は安定していく. 対馬海峡からの低塩水の流入は夏季に限られているので, 晩秋に鉛直混合のため生じる均一な海水(33～34)の体積の年々の変動は小さいとみなされる.

表1. 各低塩分水出現体積の変動係数

psu / 月	9月	10月	11月
32未満	1.55	3.58	-
32～33	0.54	1.09	2.23
33～34	0.25	0.23	0.16

低塩分水塊の混合過程 前節で33未満の海水出現量の年変動の大きいことが分かった. これは9月に出現する33未満の水塊の出現量がその後の水塊の出現状況に影響を与えている可能性を示唆する. そこで, 9月の33未満の海水体積と10月の33未満, 34未満のそれぞれの海水体積の量的変動の相関をみると, 有意な正相関関係が認められる. 次に10月の33未満, 34未満と11月のそれらどうしとの関係をみると, 33未満の海水間では有意な関係がみられたが, 34未満の海水相互では相関関係はみられなかった. これらの関係を各海水の各月の平均的な量的変化(図4)もあわせて図5に示した.

このこと(図5)は9月に流入してくる33未満の低塩分水はその後の10月の海水体積に量的に影響を与えているといえる. 換言すれば, 33未満の海水が鉛直混合の過程を通じて体積を減少させながら34未満の海水に置換していることを示している. 一方10月から11月への移行では33

未満の海水間には量的関係がみられたが, 10月の34未満の海水と11月の34未満の海水との間には密接な関係はなかった. これらのことから, 9月に表層に出現した顕著な低塩な海水は10月ではそれ以前に流入していた34未満の海水に影響を及ぼすが, 11月になると海水に与える量的な変動の影響は少なくなっていくと思われる.

低塩分水塊が生物生産に与える影響 夏～秋季, 対馬海峡を通じて日本海に流入する低塩分水は大陸の河川水に由来するため豊富な栄養塩を多量に含んでいることが予想され, 実際に生態系モデルを日本海に適用した結果によると日本海南部海域では対馬海峡からの栄養塩の供給に依存する割合が高いことが報告されている¹²⁾. そこで, 低塩分水塊に含まれるとされる豊富な栄養塩類が基礎生産から一次生産にあたる影響を評価するために低塩分水体積の変動と生物生産との関係を検討した. 生物生産の指標として図1に示した定点における卵・稚仔分布調査時におけるプランクトン湿重量を用いた. ここで, 湿重量は大型プランクトンの現存量を指標しているとみなしてもいいであろう.

両者の関係を図6に示した. 9月の低塩分体積と10月の湿重量との間には有意な関係がみられたが, 9月と11月及び10月と11月のそれらとの関係には有意な関係はみられなかった. また11月の低塩分体積と同月の湿重量との間には有意な関係が認められた.

若干の議論とまとめ 日本海南西部沿岸水域における9～11月の低塩分水の長期的な出現状況を量的に検討したところ1990年代に比べ2000年代に入り, 低塩分水の出現は量的に減少したよう

にみえる。ただ、今回の調査対象海域（図1）は日本海南西海域の沿岸部に限定されているため、得られた結果は対馬海峡を通過して日本海へ輸送される全体の海水を捕捉したものではない。対馬海峡では西水道の流量は東水道のその数倍と試算されており^{14,15)}、量的に多い西水道を通過した海水は朝鮮半島東岸を北上していくと推定される。したがって、今回の得られた結果は大部分が東水道を通過してきた海水の変動とみなすべきであろう。

中国大陸の大河川水が流入する沿岸域から外海域への物質輸送機構が重要な研究課題のひとつとなっている^{12,16)}。東シナ海の海水が対馬海峡を通じて流入している日本海においてもその影響は無視できないであろう。今後も海洋観測によるモニタリングを継続していく必要がある。

9月の33未満の低塩分は10月の低塩分水と量的に関連が認められた。10月と11月の海水の量的関係には33未満の海水間では相関がみられたが、10月の低海水と11月の大部分を占める34未満の海水との間には量的な変動関係はみられなかった。流入した低塩分水は鉛直混合しながら均質化される。鉛直混合は基本的には熱塩対流による作用であるが、この過程は水温、気温、湿度、風速、降雨等の複数の要因が複雑に組み合わせあって起きる現象であり、対馬海峡を通じての低塩分水の補給は夏季に限られるので、時間が経過するほど低塩分水がその後の海水に与える影響は明瞭には現れにくいことを反映したものである。

最後に、低塩分水の量的変動と低次生物生産との関連について検討した。生物生産量の指標とした湿重量との間に相関がみられる事例もあったが、認められない事例もあった。

有光層への栄養塩の添加に対する各生物群の現存量のピーク出現のタイム・ラグは植物プランクトンで1～2週間、植食性動物プランクトンで約1ヵ月、肉食性動物プランクトンでは1～2ヵ月である^{17,18)}ことを考慮すると、この相関（図6）は低塩水の流入量の変動に伴う栄養塩類の多寡が生物生産に関与している状態を捉えている可能性もまったく否定できない。ただ低次生産といえども栄養塩だけで決定されるわけではなくさまざまな過程・条件が組み合わせられた結果である。今後さらに事例解析や検証が必要である。

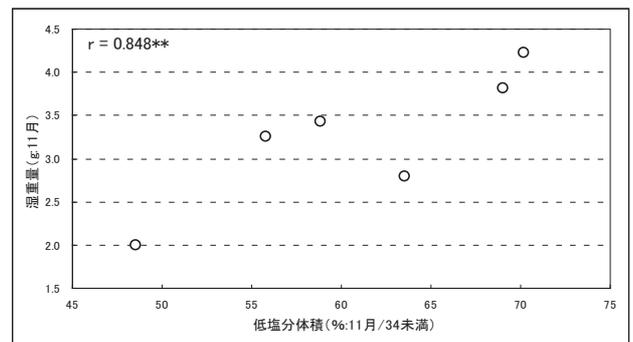
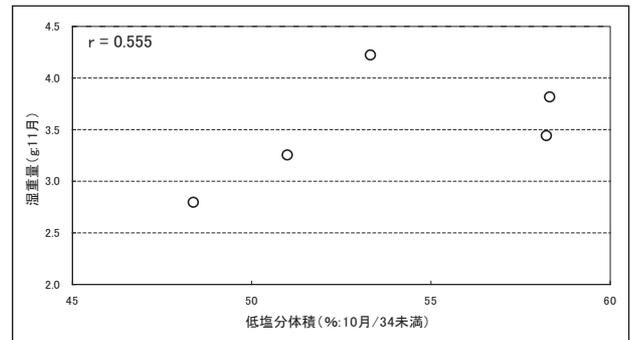
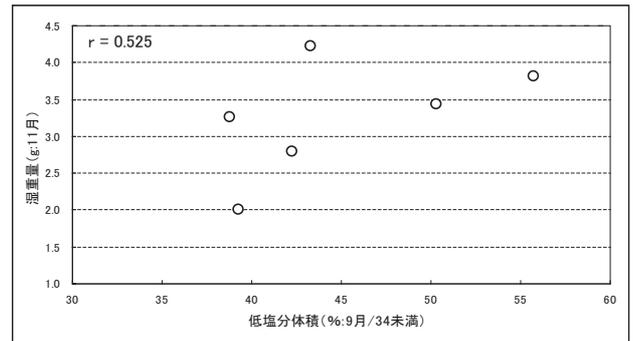
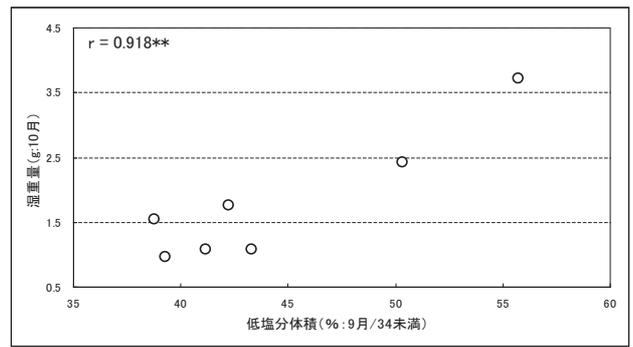


図6. 低塩分水塊体積とプランクトン湿重量との関係

謝 辞

ここで使用した資料は「我が国周辺水域資源調査推進委託事業」で得られたものである。日本海区水産研究所及び各県の担当職員に感謝します。

文 献

- 1) 小川嘉彦 (1981) 日本海南西沿岸水域の海況特性とその漁業生物学的意義. 山口県外海水産試験場研究報告, 18, 1-96.
- 2) 小川嘉彦 (1983) 対馬海峡から日本海へ流入する海水の水温・塩分の季節変動. 水産海洋研究会報, 43, 1-8.
- 3) 森脇晋平・小川嘉彦 (1988) “底部冷水”の海況学的特性. 東北水研研報, 50, 25-47.
- 4) 金子 新・高橋 実・細山田得三 (1987) 夏季に東シナ海から対馬海峡に流入する低塩分水の挙動. 1987年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, 19-20.
- 5) 宮崎道夫 (1953) 日本海の水塊に就いて (海況予想の研究Ⅱ). 北海道水研研報, 7, 1-65.
- 6) 木谷浩三・清本容子・長田 宏 (2003) 東シナ海における近年の海況変動の特徴, 特に長江大洪水を起源とする水の挙動に関して. 長江大洪水と東シナ海等の海洋環境 (西海区水産研究所) 59-68.
- 7) 黒田一紀・平井光行 (2003) 1990年代の日本海における海況の特徴, 特に低塩分現象について. 長江大洪水と東シナ海等の海洋環境 (西海区水産研究所) 93-102.
- 8) 木谷浩三 (1998) 陽光丸が東シナ海で観測した異常低塩分水. 西海区水研ニュース 95号, 9-11.
- 9) 松岡雄二・中田英昭・田中勝久・清本容子・岡本和磨 (2007) 長江流入が東シナ海の表層塩分・栄養塩濃度に及ぼす影響について. 水産海洋研究, 71(4), 302-303.
- 10) 松野 健・千手智晴・広瀬直毅 (2007) 対馬海峡周辺域の塩分変動と長江起源水との関係. 水産海洋研究, 71(4) 303-305.
- 11) 渡辺俊輝・吉田幹英・秋元 聡・廣田健一郎 (2003) 対馬海峡周辺域における近年の海況変動特性と漁況について. 長江大洪水と東シナ海等の海洋環境 (西海区水産研究所), 79-84.
- 12) 鬼塚 剛・柳 哲雄・鶴野伊津志・伊 宗煥 (2010) 日本海低次生産モデリング. 沿岸海洋研究, 47(2) 147-154.
- 13) 小川嘉彦 (1974) 日本海の高塩分水と対馬暖流. 水産海洋研究会報, 24, 1-12.
- 14) 俵 悟・三井田恒博・藤原建紀 (1984) 対馬海峡の海況とその変動特性. 沿岸海洋研究ノート, 22(1) 50-58.
- 15) 河野光久 (1993) 対馬海峡における流速および流量の経月変動. 水産海洋研究, 57(3) 219-230.
- 16) 柳 哲雄 (1994) 黄海・東シナ海の物質輸送. 沿岸海洋研究ノート, 31(2), 239-256.
- 17) 高橋正征 (1988) 低次生産過程と生産力. 21世紀の漁業と水産海洋研究, 51-58.
- 18) 上 真一 (1993) 低栄養段階における生物過程の時間的変動. 沿岸海洋研究ノート, 30(2), 165-176.