

日本海深層循環の解明

－ 溶存酸素・希土類元素を用いた水塊のキャラクタリゼーション－

Deep Water Circulation in the Sea of Japan
- Characterization of Water Mass using Dissolved Oxygen and Rare
Earth Elements -

生命環境科学専攻 地球環境科学大講座

氏名 八田真理子

研究目的と対象海域

日本海は最大水深 3700m に及び、深さ 150m 以浅の 4 つの海峡のみで外洋と繋がる閉鎖的な縁辺海である。これまでの研究では、日本海は世界の海洋大循環とは無関係に独自の深層循環を形成し、約数百年の短い循環時間を持つと報告されている。近年、日本海の底層水の厚みとその溶存酸素濃度が減少していることから、日本海の底層水を形成する表層水の沈み込みの停滞が懸念されている。一方、ロシア・ウラジオストックにおける冬期の平均気温が近年高くなっていることを考慮すると、表層海水沈み込みの停滞は地球規模での温暖化に密接に関連していると考えられる。

本研究は、気候変動に応じて敏感に変化する日本海を、世界海洋大循環のミニチュア版として捉え、その水塊構造を明らかにし、日本海深層循環の鉛直的な現状を把握することを目的とした。また日本海の深層循環は熱塩循環であり、主に浅層水の温度と塩分の変動に支配される。一方、日本海へ流入する海水の 99% も占める対馬暖流水は黒潮の分流であり、東シナ海陸棚上において長江からの淡水の影響を強く受けている。そこで、東シナ海における水塊のキャラクタリゼーション及び淡水起源の考察を行った。しかし、淡水流入

量を見積もる際に，東シナ海は面積が広大で水塊の流入/流出面が多く，水平的・鉛直的にも水塊が複雑に混合しているため，応用できる海洋ボックスモデルはない。本研究では，淡水の流入量が多く且つ対馬暖流水が流入する半閉鎖性の富山湾を東シナ海のモデル海域として，淡水流入量（河川水及び海底湧水）の見積もりを試みた。

観測及び分析

海洋観測は，日本海において 2001 年と 2003 年（「淡青丸」）及び 2004 年（「鶴洋丸」），東シナ海において 2004 年（「長崎丸」），富山湾では 2003 年（「鶴洋丸」）に，CTD 観測及びニスキン採水を行った。採取した海水試料は測定項目ごと（溶存酸素，塩分，栄養塩，海水の酸素同位体比，希土類元素）に分取し，船上及び研究室にて分析した。議論には，1998 年（「白鳳丸」）日本海および 1996 年（「かいよう」）東シナ海に行った観測結果も用いた。

結果と考察

I. 日本海の深層循環と滞留時間

日本海における海水は，溶存酸素と希土類元素濃度によって特徴づけられ，次のようにまとめることができた。

1. 2001 年にロシア・ウラジオストック沖で観測された新生底層水 (NBW) が日本海盆の南東端付近 (大和堆北東部) に移流したことが示唆され，この移流速度は，溶存酸素とポテンシャル水温から $2.3\text{--}3.9\text{ cm s}^{-1}$ と見積もられた。

2. 日本海固有水 (水深 200m 以深) の重希土類元素の Tb-Yb パターンは，日本海盆では 2500m 以深は水平型，1500m 以浅は右下がり型であった。また大和海盆では水平型であった。水平型は，移流してきた海水と日本海固有水とが十分に混合された比較的古い海水であり，右下がり型は頻繁に沈み込んだ表層水の影響を受けた比較的新しい海水であると解釈できる。

3. 日本海盆の中層・深層に移流してきた海水の起源は，日本海北

部で対馬暖流水がUターンした海水(図の"U-turn" TWC)であった。

4. 日本海の概略図を鉛直的に6つの層と描くことができた。(1)表層海水(ほとんどが対馬暖流水), (2)頻繁に移流した海水と混合した中層水(図の水塊Ⅲ)と(3)深層水(図の水塊Ⅱ), (4)古い深層水, (5)底層水(図の水塊Ⅰ), (6)突発的な気温低下により形成された海水(NBW)が移流した海水(図のSAWM), で構成される。

5. それぞれの層に移流した海水の混合割合と滞留時間は, 水塊Ⅲは50 - 75%で15年以下, また, 水塊Ⅱは35-80%で38年以下と算出された。

6. 過去の報文と本研究の結果から, 日本海固有水の平均滞留時間は86年以上と算出された。これは, これまでの単一海水を対象とした報告値とは異なり, 日本海固有水を水深200-400m, 600-1500, 1500-2500m 及び2500m以深と, 滞留時間の極めて異なる(移流してきた海水の混合比によって支配される)活性及び非活性の複雑な多層構造を成していることを考慮に入れた。

7. 日本海の中層および深層水は滞留時間が短く, 近年の地球温暖化の影響が顕著に現れるため, 現在, 気候変化を視野に入れたより緻密な観測を計画している。

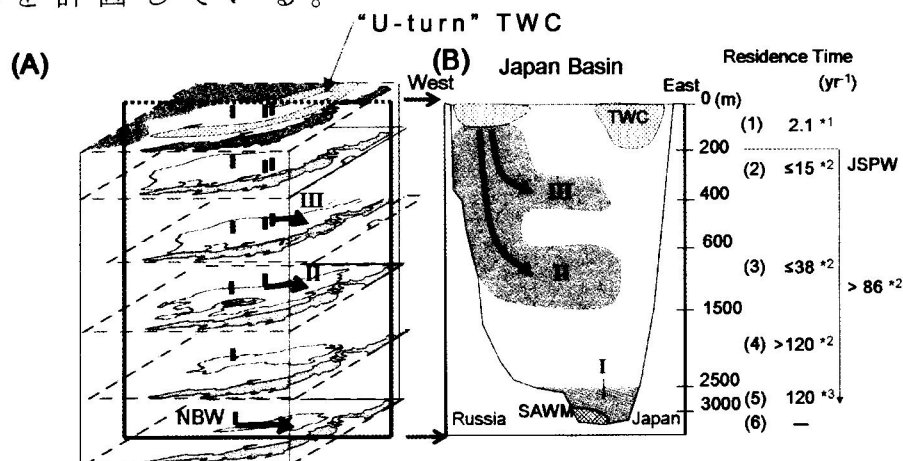


図 日本海盆における各層海水の滞留時間と海水流動の立体図

km l

II. 東シナ海における海水のキャラクタリゼーションと低塩分水の起源

1. 東シナ海の陸棚上の水塊は，長江希釈海水，黒潮，北太平洋中層水に加え，低塩分・低溶存酸素水に分けられた。

2. 低塩分・低溶存酸素水は密度躍層以深に存在し，旧長江河口付近の海底から陸棚上に分布していることがわかった。その特徴は，低塩分，低溶存酸素濃度，負の酸素同位体比($\delta^{18}\text{O}$ 値)，高い N/P(窒素/リン)比，低 pH であった。また，希土類元素パターン解析により，この低塩分・低溶存酸素水は海底からの間隙水の影響を受けていることが示唆された。

3. 低塩・低溶存酸素水塊は，沿岸海底湧水により形成された可能性が高く，東シナ海陸棚における塩分収支を求める際に長江水の他に沿岸海底湧水の湧出量も考慮に入れなければならないことが分かった。

III. 富山湾の海水構造とボックスモデルによる淡水収支の計算

1. 富山湾の海水は，沿岸表層水，対馬暖流系水，深層水に分けられ，水深 200m 以浅の海水は，高塩分な対馬暖流水と淡水(降水，河川水，海底湧水)の影響を顕著に受けている。

2. ボックスモデル解析により，富山湾に流入する淡水（河川水＋海底湧水＋降水）は $13.1 \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ month}^{-1}$ であった。

3. 海底湧水の湧出量は $2.3 \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ month}^{-1}$ であり，河川流入量に対して最大で 25% であった。これは，富山県の陸水収支により得られた結果(28%)とほぼ一致した。