# 日本海東部沿岸海域の底質地球化学図

# 1. はじめに

沿岸海域の底質地球化学図は, 元素の起源や海 水中での挙動, 生物濃縮, 続成作用の影響, 人為 的な汚染等を研究する上で貴重な情報を提供す る. 筆者らは, 「本邦沿岸海域底質地球化学図」の 作成に関する研究を継続しており、能登半島~秋 田沖から採取された海底堆積物(最大665試料)に 含有される重金属等の広域分布特性や地球化学的 挙動については既に報告した(Terashima et al. 1991, 1993;寺島・片山, 1993;寺島ほか, 1993, 1995a, 1995b, 1998; 今井ほか, 1997)。本小文

- 寺島 滋1)・今井 登<sup>1)</sup> · 片山 肇2)
- 中嶋 健<sup>2)</sup>・池原 研<sup>2)</sup>・横田 **節哉3)**

は、地質ニュースの地球化学図特集号のために、 これまでの成果の概要をとりまとめたものであり、 詳細については上記の報告を参照されたい.

## 2. 試料及び分析方法

#### (1) 試料

分析試料は、当所における工業技術院特別研究 「西南日本周辺大陸棚の海底地質に関する研究| および「日本海中部東縁大陸棚周辺海域の海洋地 質学的研究」の一環として、1988~1991年に採取 された. 能登半島周辺から秋田沖にかけての海底



1) 地質調査所 地殼化学部

2) 地質調査所 海洋地質部

3) 地質調查所 北海道支所

堆積物中の含泥率分布を第1図に示した。能登半 島西方の大陸斜面の一部には基盤岩(泥岩と火山 岩類)が分布し、その東方の大陸棚上には石灰 藻・貝殻片等からなる粗粒-細粒砂が分布する. 富山湾中央部から富山トラフにかけては粘土質の 細粒堆積物が発達する.富山湾〜新潟沿岸の水深 の浅い海域には砂質-シルト質堆積物が分布し、 水深が500mを越える水域では細粒堆積物が卓越 する.秋田沖では、水深が200mを越える海域のほ とんどは泥質堆積物で覆われるが、大陸棚や飛鳥 周辺および佐渡海嶺上の浅い海域には砂質堆積物 が分布し、一部では露岩及び古期堆積物が認めら れる. そして露岩や古期堆積物が分布する堆の周 辺には多くの場合海緑石に富む堆積物が分布す る. なお, 富山トラフの水深1,000m以深と最上トラ フの水深650m以深では、堆積物の最表層部にマ ンガンに富む茶褐色層が認められる。

#### (2)分析方法

グラブ採泥試料の表層部2-3cmをプラスチック ケースに入れて持ち帰り,約30gを分取して約80℃ で乾燥し,めのう粉砕器で約100メッシュ(149 µ m)以下に粉砕して分析試料とした.一般元素の分 析では、0.1-0.2gの試料を硝酸、過塩素酸、フッ化 水素酸で分解し、蒸発乾固した後、希塩酸又は希 硝酸で溶解して試料溶液とした.そして原子吸光 法,ICP質量分析法等(寺島・片山、1993;寺島ほ か、1995a;今井ほか、1997)で定量した.金、白 金、パラジウムは溶媒抽出分離一黒鉛炉原子吸光 法(Terashima et al.,1991,1993),水銀は金線 トラップを使用する加熱気化冷原子吸光法(寺島 ほか、1995b),ヒ素は水素化物分離原子吸光法 (寺島ほか、1993)を適用して定量した.

# 3. 元素の広域濃度分布とその成因

# (1) 鉄・マンガン

鉄については, 能登半島北西の大陸斜面, 上越市付近の沿岸からその北方海域, 男鹿半島から飛島へかけての海域で5%以上の高濃度が得られた(第2図, 但し原図は口絵3ページに示したカラー). 鉄に富む堆積物の鉱物組成の特徴を検討した結果, スメクタイト, 緑泥石, 海緑石等の存在が



明らかになり、また鉄に富む堆積物のほとんどは比較的堆積速度の遅い海域に分布する特徴があり、 主として続成作用における濃集と考えられた(今井 ほか、1997).一方、鉄に乏しい堆積物は能登半島 北方の大陸棚に広く分布する.これら堆積物は例 外なく多量のCaCO<sub>3</sub>を含有しており、石灰藻・貝殻 等に起因する.

海底堆積物中のマンガンは、堆積層が還元的に なると溶出し、酸化的環境下にある堆積物表層や 海水中で酸化されて再沈殿する.再沈殿したマン ガンは、周辺よりも水深が深い海域に集積する.



-36-

第3図 表層堆積物中の銅, 鉛濃度の広域分布 (今井ほ か, 1997).

北海道西方の日本海深部には、Mn11.55%の堆積 物がある(寺島ほか,1998).第2図のマンガン濃度 の広域分布によれば,佐渡島北西部の富山トラフ 及び男鹿半島西方の最上トラフ北部では3,000ppm の高濃度を示しているが,これらがマンガンに富む 茶褐色層である.逆に,水深が200m未満のほとん どの海域では1,000ppm以下の低濃度である.それ では,マンガン濃度はすべて水深と正の相関を示 すかというと必ずしもそうならない場合がある.そ れは堆積物中の有機炭素量が多い等の理由で堆 積層が還元的な場合である(今井ほか,1997).な お,マンガン濃度は堆積物の表層部付近のみで高



第4図 表層堆積物中のニッケル, クロム濃度の広域分布 (今井ほか, 1997).

濃度となる場合が多いので,これを配慮した存在 量評価が必要である.

#### (2) 銅・鉛・亜鉛

銅は、全体的にはマンガンと同様に水深の大き い海域で高濃度を示す傾向がある(第3図). 佐渡 島北西部及び男鹿半島西方の深海域に比べて能 登半島北西部の大陸斜面で特に高いが,これは基 盤岩類に由来する銅と考えられる. 全海域を通じ て,水深が小さい海域には銅に乏しい堆積物が分 布し,特に能登半島北方が低濃度であるが,これ は他の重金属と同様に石灰質堆積物に起因する.



第5図 表層堆積物中の金濃度の広域分布 (Terashima *et al.*, 1991).

鉛は, 富山湾の湾奥部で顕著な高濃度を示し (第3図), そこから離れるに従って濃度を減じてお り, 河川からの供給を強く示唆している. 富山湾に 流入する主要河川の堆積物中の鉛濃度を比較する と神通川が最も高く, 他の河川の3-10倍程度であ る(今井ほか, 1997). 亜鉛の濃度分布図は省略し たが, 富山湾の湾奥部と男鹿半島北方の米代川河 口付近に高濃度域がある. 本調査海域に流入する 河川の堆積物中亜鉛濃度は, 神通川が最も高く, ついで米代川であり, 両河川の上流域には多くの 鉱床が存在する.

# (3) ニッケル・クロム・コバルト

ニッケル,クロムは,いずれも糸魚川市付近の沿 岸に流入する姫川の河口で最高濃度を示し,そこ から北方の水深の増加する方向,富山湾の中央部 方向及び佐渡島南部方向に高濃度域が広がってい る(第4図).本海域へのニッケル,クロムの主要供 給源は姫川の流域に分布する蛇紋岩を主体とする 超塩基性岩類である.そして,多くの重金属が細粒 堆積物と挙動をともにするのに対して,本海域のニ



第6図 表層堆積物中のパラジウム濃度の広域分布 (Terashima *et al.*, 1993).

ッケル,クロムは粗粒堆積物中に多く含有される特徴がある.本調査海域の堆積物中のニッケル,クロムの平均含有量は,富山湾,新潟沖,山形沖,秋田沖の順に減少する.姫川の河口とその周辺についでニッケル,クロムに富む堆積物は能登半島北西部の大陸棚から大陸斜面に認められる.これら試料の粒度組成はシルトー中粒砂であり,またその分布域からみて現在の河川から供給された部分は少なく,主として基盤岩砕屑物に由来すると考えられる.

コバルトは、その物理化学的な性質からニッケル と同様な広域分布を示すと予想された.しかし、 姫川の河口周辺よりも能登半島北西部、新潟市の 西方、男鹿半島の沖合に高濃度域があり、このうち 能登半島北西部の高濃度は基盤岩類に由来し、そ の他は続成作用の影響と考えられた(今井ほか、 1997).

### (4) 金・白金・パラジウム

これら元素の存在量はppbレベルの微量であり, 分析操作が煩雑なこともあって新潟沖海域のみを



-38-





第8図 表層堆積物中のPt/Al, Pd/Al比及びPt, Pd濃度 と粘土含有率の関係(Terashima *et al.*, 1993).

研究対象とした.金は,佐渡島の西から北方海域 の堆積物で高濃度が得られた(第5図).本海域に おける金の地球化学的挙動の詳細は既に報告した が(Terashima et al., 1991),その結果によれば金 の高濃度は主として佐渡島における金の鉱化作用 と鉱山活動に起因する.鉱化作用や鉱山活動の影 響を受けていない堆積物では金は粗粒堆積物より も細粒堆積物中により多く含有される.

パラジウムの濃度分布を第6図に示した.分析結 果の解析にあたり,調査海域をA-Dゾーンに区分 した. Aは水深が1,000m以上の海域で, Bは500-1,000m, Cは500m以下, Dは信濃川, 阿賀野川の 河口に近い海域である. パラジウムに富む堆積物 は, 水深の大きい海域とDゾーンに分布する特徴 があるが, 白金の場合も同様である(第7図). パラ ジウム及び白金は, 他の重金属と同様に粗粒堆積 物よりも細粒堆積物に多く含有される傾向があり (第8図), またAゾーンの試料を除いて堆積物の酸 化還元電位と負の相関を示す(第9図). Aゾーン の堆積物は, 酸化還元電位が高いにもかかわらず



第9図 表層堆積物中のPt/Al, Pd/Al比と酸化還元電 位の関係 (Terashima *et al.*, 1993).

パラジウム,白金に富む堆積物が多いが,これは試 料採取地点の水深が海水中の溶存酸素極小層より も深いため, 溶存酸素極小層で還元された両元素 が沈殿しているためと考えられる。いずれの海域 においても、堆積物中のパラジウム、白金は、主と して溶存状態で河川等から供給され,還元的な環 境下で還元されて微細な金属態となり、他の堆積 粒子と共に沈積すると解釈された(Terashima et al., 1993).

#### (5) 水銀・ヒ素

新潟沿岸海域における堆積物中の水銀濃度の分 布を第10図に示した。水銀濃度は,金と同様に佐 渡島の北西沿岸域で最も高く(300-1,200ppb), つ いで阿賀野川河口付近で高かった(200-300ppb). 佐渡島北西海域の水銀は主として鉱山活動に由来 し,水銀の主要部分は金-銀アマルガムとして存在 すると考えられた、阿賀野川の上流域にある水銀 の排出源とされる工場付近の河川堆積物からは、 かつてppmレベルの水銀が検出されているので、 阿賀野川を含む周辺河川の下流域の堆積物を分 析したが、いずれも200ppb以下であった(第10 図). 第11図は, 阿賀野川の河口に近い海域で採 取した5本の柱状試料について水銀や重金属等の 鉛直濃度変化を測定した結果である。いずれの試 料でも最下層部の水銀濃度はバックグラウンドレベ ルの60-80ppbであるが、表層部に向かって高濃度 となり、深度10-20cmより上位では小さな増減を 繰り返す傾向がある.これは、人為的な水銀の排 出量の増加と, 排出が終了した後に河川上流域や 河口付近に沈積していた水銀が最移動して堆積し ていることを示すであろう.

堆積物中のヒ素濃度の広域分布図は省略する が,富山湾の湾奥部から新潟沿岸の比較的水深の 浅い水域及び佐渡島の南方から西方にかけての水 深の深い地点で高い濃度が得られた. ヒ素は,他 の重金属と同様に細粒堆積物で高濃度を示すが, 一部にヒ素と鉄に富む粗粒堆積物が認められ,こ れは続成作用に伴う濃集と解釈された. 富山湾南 西部の海底堆積物中の平均ヒ素含有量は22.7ppm (n=66)であり、この値は水田土壌の環境基準 (15ppm)よりも高い. ヒ素は、人為的影響のほか、 鉱化地帯や温泉等からの供給が無視できないた



能登半島から秋田県沿岸にかけての日本海から 系統的に採取された表層堆積物について重金属等 の含有量を求め, その広域分布特性とそれを支配 する要因の概要を述べた.海洋環境中における元 素の挙動や人為的影響を正しく評価するために は,広域的な濃度分布を解明するのみでは不充分 であり, 周辺陸域の地質特性や堆積物の粒度組 成・鉱物組成・酸化-還元電位との関係等を研究 すると共に, 堆積層の深度方向別の元素濃度変化 を知ることも重要である。

本研究グループでは,日本の沿岸海域全体の底 質地球化学図の完成を目指しており, その後北海 道周辺の堆積物について分析を進めているが, 研 究予算とマンパワーの関係で, 完成予定は明示で きない状況にある。

30

38°

37'

140°

酒由

Hg

Гв1

2001年2月号



の鉛直分布(寺島ほか, 1995a).

文 献

- 今井 登,寺島 滋,片山 肇,中嶋 健,池原 研(1997):日本 海東部沿岸海域海底表層堆積物中の重金属等の地球化学的挙 動.地調月報,48, p.511-529.
- Terashima, S., Katayama, H. and Itoh, S. (1991) : Geochemical behavior of gold in coastal marine sediments from the southeastern margin of Japan Sea. Marine Mining, 10, p.247-257.
- Terashima, S., Katayama, H. and Itoh, S. (1993) : Geochemical behavior of Pt and Pd in coastal marine sediments, southeastern margin of the Japan Sea. Applied Geochemistry, 8, p.265-271.
- 寺島 滋,片山 肇(1993):新潟沖海底表層堆積物中の重金属等 12元素の地球化学的挙動.地調月報,44, p.55-74.
- 寺島 滋,今井 登,片山 肇,中嶋 健,池原 研(1993):富山 湾〜新潟沖海底堆積物におけるヒ素の地球化学的挙動.地調 月報,44, p.669-683.

- 寺島 滋,中嶋 健,片山 肇,池原 研,今井 登,谷口政碩 (1995a):秋田-山形沖海底堆積物における重金属等の地球化 学的研究,地調月報,46, p.153-176.
- 寺島 滋, 片山 肇, 中嶋 健, 池原 研(1995b):新潟沿岸日本 海堆積物における水銀の地球化学的挙動.地球化学, 29, p.25-36.
- 寺島 滋, 池原 研, 中嶋 健, 片山 肇, 井内美郎, 横田節哉, 今井 登 (1998): 日本海東部の海底堆積物中元素濃度の鉛直変 化と堆積環境. 地調月報, 49, p.201-235.

TERASHIMA Shigeru, IMAI Noboru, KATAYAMA Hajime, NAKAJIMA Takeshi, IKEHARA Ken and YOKOTA Setsuya (2001) : Geochemical map of sediments from the eastern margin of Japan Sea.

<受付:2000年12月28日>