

平成 30 年 6 月 20 日現在

機関番号：34406

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2014～2017

課題番号：26303004

研究課題名(和文)洪水堆積物の放射性核種同定にもとづく沿岸域堆積過程の復原に関する比較流域研究

研究課題名(英文)Comparative research on sedimentation process in coastal area based on radionuclide identification of flood deposits

研究代表者

東 良慶 (Azuma, Ryoukei)

大阪工業大学・工学部・准教授

研究者番号：50464201

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は沿岸域の堆積物配分過程、堆積物収支の特性を明らかにすることを目的としている。本研究ではチェルノブイリ原発事故由来の放射性核種の流出が既往研究において指摘されているローヌ川河口域を調査対象として選定した。

本研究では、ローヌ川河口の海底デルタ地形の3次元高精度地形計測、および、ピストンコアラーによる海底堆積層の柱状採取を実施した。その結果、堆積物の方位情報を付加したコア採取に成功した。さらに、堆積層の粒度分布プロフィールは明らかになったが、粒子配列による流況の復元については考察中である。一方、放射性核種については、採取コア中では検出されなかった。この原因については今後明らかにしていく。

研究成果の概要(英文)：This study is intended to understand the characteristics of the sediment budget and distribution process of the coastal area. The Rhone estuary in France is selected as investigation area in this study where the outflow of the radionuclide derived from Chernobyl disaster was pointed out by other scientific articles.

The columnar sampling of sea-bottom sediment layer by piston corer and the three-dimensional highly-precise topographical survey of the sea delta topography were carried out. As a result, sediment layer samplings with the azimuth information were succeeded. The particle size distribution profiles of the sediment layer was able to identify in according with these sediment cores. The identification of the flow condition at the time of sediment deposition based on the imbrication structure of sediment particles are considered now. On the other hand, radionuclide was not able to be detected in sampling cores. A future study of this cause is necessary.

研究分野：環境水理学、防災水工学

キーワード：洪水堆積物 沿岸域 堆積過程 放射性核種 比較流域研究 土砂収支

1. 研究開始当初の背景

近年、世界中で海岸侵食の問題が顕在化している。これは、人間活動の影響により陸域と海域間の堆積物収支のバランスが崩れていることが原因と考えられる。すなわち、河砂利の過剰採取、ダム の 建造、流域の都市化の進展等により陸域からの堆積物供給が減少しているためである。

海岸工学分野では沿岸漂砂に関する研究が精力的になされており、地形変化の数値計算など、高度化が目覚ましい。しかし、これらの研究では沿岸漂砂（粗砂、図-1 の Q_{out2} , Q_{out3} ）のみに注目したものが多く、最長で数年程度の地形変化予測は可能であるが、100 年スケールの予測は非常に困難である。なぜなら、陸域起源の堆積物供給（主に河川の洪水時）についての分配過程（堆積物収支）が定量的には明らかでないためである（図-1）。

地質学分野では沖合への堆積物供給に着目し（沖への土砂流出、図-1 の Q_{out1} ）、過去数千年間の平均的な堆積速度が報告されている。これらの多くは放射性核種である炭素 14 (^{14}C , 同定可能時間域; 400 ~ 40,000 年) の分析化学的定量により速度を算定している。しかし、この堆積速度は人間活動の影響が著しい最近 100 年間の速度とは一致しないケースが多い。

このように、堆積物の分配過程について空間的および時間的ギャップが存在し、近年の地形変化の定量的な評価ができず、海岸保全を困難にしている。そこで、このギャップを克服する鍵となるのが、人為起源（核実験、原発事故）の放射性核種（セシウム ^{137}Cs ）等）である。東ら（2012）は新潟県寺泊野積海岸において、洪水堆積層中から福島第一原発事故由来の ^{137}Cs を同定した（関口ら 2013）。しかし、これら放射性核種を含む細粒土砂および間隙水の動態については未解明な点が多く、定量的な評価には至っていない。

2. 研究の目的

そこで、本研究ではチェルノブイリ原発事故（1986 年）由来の放射性核種の分配・堆積が報告されている欧州のローヌ川（フランス）に着目し、過去 30 年間の堆積物配分過

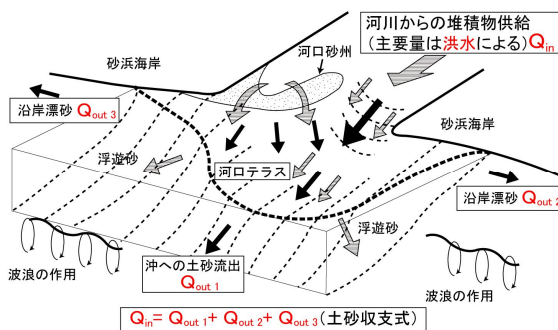


図-1 沿岸河口域における土砂動態；シンプルなボックスモデルを仮定した堆積物収支

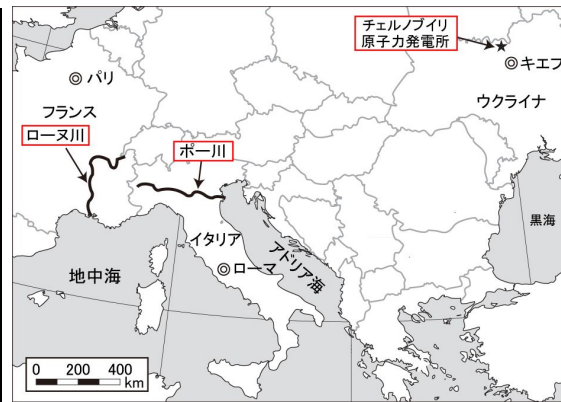


図-2 本研究の調査流域（ローヌ川（フランス）；チェルノブイリ原発事故由来の放射性核種が飛来，流出，堆積が確認されている）

程を高解像度、高精度に読み解くことを目的とした。具体的な目的は以下の通りである。

(1) 放射性核種の定量的評価法の確立とその物理的動態特性の解明：まず、放射性元素年代測定および微量元素分析により表層堆積層中の放射性核種の分布状況を明らかにする。しかし、放射性核種の堆積層への定着過程は未解明な点が多い。本研究では拡散から 30 年経過した堆積層の分析を実施し、その動態を明らかにする。

(2) 粒子配列にもとづく堆積時の流況の復原：堆積した土粒子の帯磁率を測定することにより、粒子配列の情報が得られる。粒子が堆積した際の流況と粒子配列には密接な関係がある。これにより、堆積過程の復原を試みる。

(3) 沿岸域における堆積物分配過程の解明：上述の成果，知見にもとづき，過去 100 年間の堆積過程およびその速度を定量的に評価し，堆積物の配分過程を解明する。

3. 研究の方法

海域堆積環境調査で実施した主な調査項目を以下に述べる。主要調査地点を図-3 に示す。本研究の現地調査については、現地（フランス・ラシオタ）に所在する調査会社 iXsurvey 社の協力により調査、計測を実施した。

(1) 高分解能海底地形計測

測深：米国 R2 Sonic 社製高分解能フォーキャストマルチビーム測深器（Sonic2024 型）を使用した。

調査船の動揺および方位補正：調査船の動揺を検出し、測深器の収録記録を補正するデータを得るため、動揺・方位センサーである仏国 IXSEA 社製の PHINS を使用した。

調査船の船位決定および誘導：調査船の船位の決定と誘導はデファレンシャル Global Navigation Satellite System（D-GNSS）方式を採用し、実施した。

測深の音速補正：測深記録の音速補正を行う

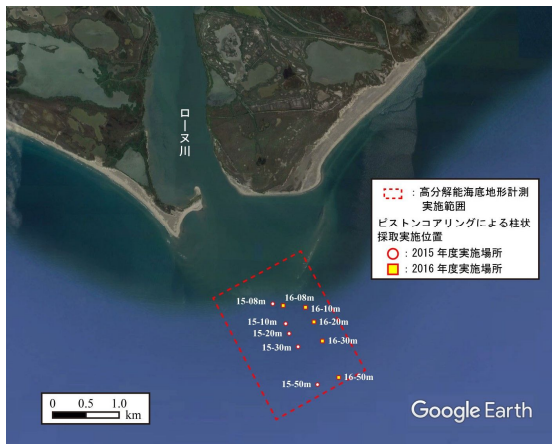


図-3 主要調査の実施位置説明図(ローヌ川(フランス)河口域); 背景図; Google Earth

ため、水中音速度計(AML-SVPS)を用いて水中音速測定を行い、データ解析時の音速補正に用いた。

測深データの解析には COG 社製水路測量解析ソフトウェア「Hypack-Max」、OIC 社製後処理ソフトウェア「CleanSweep」を使用し、エラーデータ(ノイズ等)を除去した。これにより海底地形の3次元メッシュデータおよび鳥瞰図の作成を行った。

海底地形計測については2015年10月13日に実施した。計測範囲については図-3において赤色破線で囲まれた範囲である。

(2) 海底堆積層の定方位柱状採取

本調査においては海底堆積層を柱状採取する方法として、ピストンコーラーを適用した。通常ピストンコーラーによる試料採取においては、堆積層の方位情報は得られない。しかし、本研究では粒子配列から堆積時の流れの方向を読み解くことが目的であるので、柱状コアの方位を把握して採取することが鍵となる。

そこで、本研究では定方位柱状採取法を開発した。具体的には、方位取得は耐水耐圧の磁気コンパスと水中カメラをコーラーの上部に固定し、貫入時の方位を撮影した(図-4)。コアを採取したアクリルチューブには格納部の目印用反射テープと同じ方位になるように目印をつけ、回収した(図-4)。これにより、柱状コアの方位を決定することができ

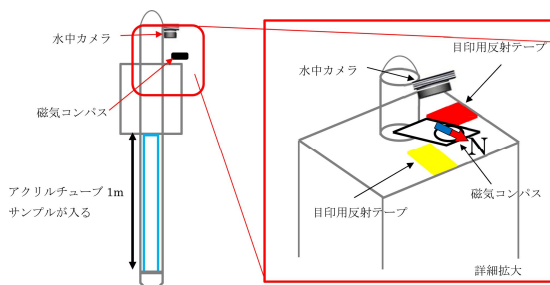


図-4 ピストンコーラーによる定方位柱状採取法の仕組み



図-5 帯磁率測定用キューブを半載コアに差込んでいる様子

る。

上記の方法を用いて、2015年度は10月13日に採取を実施した。採取地点は水深8m地点(15-08m)、10m地点(15-10m)、20m地点(15-20m)、30m地点(15-30m)、50m地点(15-50m)の5地点である(図-3)。2016年度は10月11日に採取を実施した。2015年度と同様に5つの水深地点(16-08m、16-10m、16-20m、16-30m、16-50m)において採取した(図-3)。

(3) 粒度分析および帯磁率測定用試料処理

採取した柱状コアは調査船上でできるだけ擾乱が生じないように、鉛直方向に起立させたまま輸送した。粒子配列を明らかにする目的で帯磁率を測定するための試料の回収・処理を行った。具体的には、サンプルチューブ内の上澄み部分の海水を慎重に吸引・排出し、その後、慎重に半載した。

半載したコアは堆積相観察を行った後、一方の半載コアは粒度分析用試料として、海底面から1cm毎に切り分け採取バックに個別に保存した。もう一方の半載コアに関しては、帯磁率測定試料用として、5cm毎に測定用専

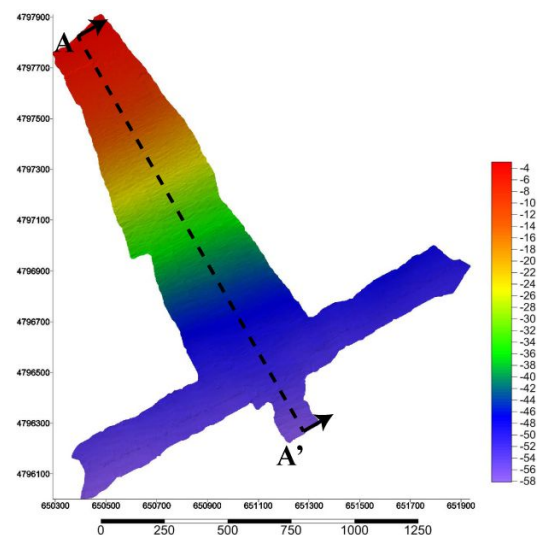


図-6 マルチビーム測深器によるローヌデルタの海底地形コンター図

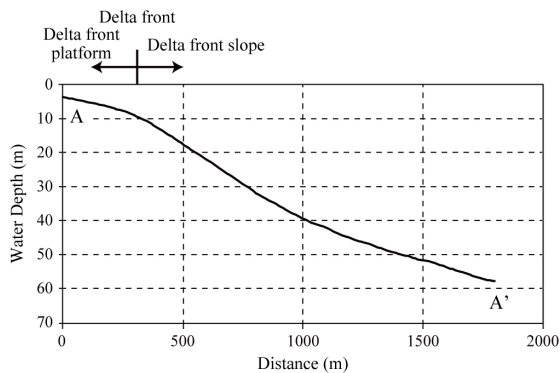


図-7 デルタ地形の断面プロフィール；図-6における測線 A-A'に沿う

用キューブを差込み、試料を回収した(図-5)。

4. 研究成果

(1) ローヌデルタの海底地形データ

マルチビーム測深器によるローヌデルタの海底地形コンター図を図-6示す。その結果、デルタ地形のデルタフロント部が詳細に計測することができた。図-6中に示した測線 A-A'に沿った縦断面を図-7に示す。水深 10m 付近で傾斜が変化しており、デルタフロントプラットフォームとデルタフロントスロープの境界部であると推察される(堀・斎藤, 2003)。

デルタフロントプラットフォームに位置すると推測される水深 4m 地点において、ピストンコアリングによる海底堆積層の柱状採取を試みた。しかし、堆積層の粒径が大きいので、サンプラーの貫入深が浅く、また、船上に引き上げるまでに落下するため柱状採取は困難であった。この堆積物の分布状況と断面プロフィールの関係性は概ね調和的であると考えられる。

(2) 定方位柱状コア

粒子配列から流れの方向を復元が可能であっても、コアの方位が同定できなければ、岸沖方向、沿岸方向の流れを考察することは不可能である。よって、コアの方位を同定することは非常に重要であるが、定方位の柱状採取法は確立されていない。

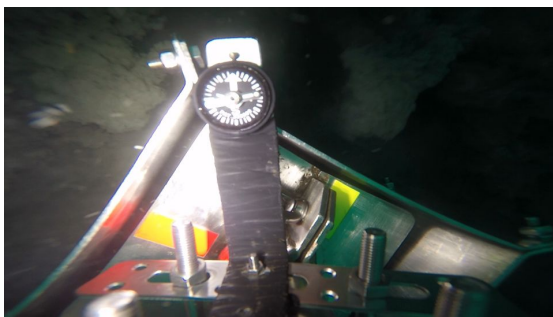


図-8 ピストンコアラーが着底した瞬間の動画画像；採取地点 16-30m (図-3)での様子

表-1 採取したコアの方位情報

採取地点	採取水深 (m)	目印(赤テープ)と磁北の角度(°)
16-08m	8	5
16-10m	10	71
16-20m	20	146
16-30m	30	33
16-50m	50	21

本研究ではピストンコアラーのサンプラーボックスの方向と方位磁石を同時に水中カメラで撮影することにより、柱状コアの方位を同定することに成功した(図-8)。本手法を適用することにより、堆積層から読み取れる情報量が格段に増加し、研究の発展が期待される。

2016 年度に実施した柱状採取におけるコアの方位について表-1にまとめて示す。これは磁北を基準として、サンプラーに目印として付けた蛍光テープ(赤色)との間の角度を求めたものである。

(3) 柱状コアの粒度分布プロフィール

2015 年度の粒度分布については測定が終了している。しかしながら、サンプルチューブからコアを取り出す際に、コアが回転し、方向を同定できていないことが判明した。よって、流れの方向を考察することは非常に困難である。一方、2016 年度実施分の粒度分析は現在鋭意実施中である。2016 年度の採取においては、上記の失敗の経験からコアの回転や他の擾乱が生じないように配慮し、実施したため、粒度分布特性と粒子配列から流況の復元を試みる予定である。

(4) 放射性核種の同定にもとづく堆積速度の評価

放射性核種の同定(測定)を試みたが、測定した試料においては、放射性核種が存在しない、あるいは、測定限界よりも濃度が低いため、不検出(Non-Detected)であった。関口ら、2013も指摘しているように、放射性核種が一度イベント層に保存されたとしても、暴浪により再度巻き上げられ移動する可能性も考えられる。同じデルタ地形であってもこれらの放射性核種が凝集しやすい場所が存在する可能性もある。本研究では検出ができず、定量的な評価は不可能であった。

しかしながら、放射性核種は砂浜海岸の変遷を定量的に読み解く鍵となりうる指標であるので、この同定は今後の重要な研究課題である。

<引用文献>

M. Frignani, L. Langone, M. Ravaioli, D. Sorgente, F. Alvisi, S. Albertazzi; Fine-sediment mass balance in the western Adriatic continental shelf over a century time scale,

Marine Geology, 222-223, pp.113-133, 2005.
F. Sabatier, O. Samat, A. Ullmann, S. Suanez;
Connecting large-scale coastal behavior with
coastal management of the Rhone delta,
Geomorphology, Vol.107, pp.79-89, 2009.

堀和明・斎藤文紀：大河川デルタの地形と
堆積物，*地学雑誌*，Vol.112(3)，pp.337-359，
2003。

東良慶・平石哲也・関口秀雄：河口海岸域
における砂浜地形の形成過程を読み解く
試み，*土木学会論文集 B1(水工学)*，Vol.69，
No.4，pp.1477-1482，2013。

関口秀雄・山崎秀夫・中川亮太・石田真展・
東良慶・原口強・細山田得三；河口砂浜海
岸の堆積環境変遷における洪水土砂流出
の重要性，*土木学会論文集 B2(海岸工学)*，
Vol.69，No.2，pp.691-695，2013。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計4件)

Yamazaki Hideo, Ishida Masanobu, Hinokio
Ryoichi, Yamashiki Yosuke Alexandre,
Azuma Ryoukei; Spatiotemporal distribution
and fluctuation of radiocesium in Tokyo Bay
in the five years following the Fukushima
Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP)
accident, *PLOS ONE*, 査読有，Vol.13,
pp.1-25, 2018.

関口秀雄，山崎秀夫，石田真展，東良慶，
原口強，細山田得三：漂砂と堆積作用の繋
がり 野積海岸の底質環境変遷に着目し
て，*土木学会論文集 B2(海岸工学)*，査読
有，72巻2号，I_787 I_792，2016。

関口秀雄，山崎秀夫，石田真展，東良慶，
原口強，細山田得三：大河津分水 寺泊野
積海岸系における河川土砂流出と堆積層
形成の繋がり，*土木学会論文集 B1(水工
学)*，査読有，72巻4号，I_349 I_354，
2016。

Azuma, R. Yamazaki, H., Ishida, M., Hiraishi,
T. and Sekiguchi, H.; Implications of flood
event layers in coastal sedimentary
environments, *Scour and Erosion* (ed. L.
Cheng *et al.*), CRC Press, 査読有，
pp.765-772, 2014.

〔学会発表〕(計3件)

関口秀雄，山崎秀夫，石田真展，東良慶，
原口強，細山田得三：漂砂と堆積作用の繋
がり 野積海岸の底質環境変遷に着目し
て，第63回海岸工学講演会，土木学会，
2016年11月17日，大阪大学中之島セン
ター(大阪府大阪市)。

関口秀雄，山崎秀夫，石田真展，東良慶，
原口強，細山田得三：大河津分水 寺泊野
積海岸系における河川土砂流出と堆積層
形成の繋がり，第60回水工学講演会，土
木学会，2016年3月15日，東北工業大学
八木山キャンパス9号館(宮城県仙台市)。

Azuma, R. Yamazaki, H., Ishida, M., Hiraishi,
T. and Sekiguchi, H.; Implications of flood
event layers in coastal sedimentary
environments, 第7回洗堀と侵食に関する
国際会議，2014年12月4日，オーストラ
リア(パース)。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

東 良慶 (AZUMA, Ryoukei)
大阪工業大学・工学部・准教授
研究者番号：50464201

(2) 研究分担者

関口 秀雄 (SEKIGUCHI, Hideo)
大阪市立大学・大学院理学研究科・客員
教授
研究者番号：20027296

平石 哲也 (HIRAISHI, Tetsuya)
京都大学・防災研究所・教授
研究者番号：20371750

山崎 秀夫 (YAMAZAKI, Hideo)
近畿大学・理工学部・教授
研究者番号：30140312