

愛知県内河川並びに伊勢湾及び三河湾の底質に含まれる放射性核種の濃度

熊谷 禎晃 丸山 貴之*1 渡辺 研*2 竹内 優一郎 森 一耕*3
新谷 建 石川 裕一郎 河合 孝枝

河川及び海の底質における人工及び自然放射性核種の放射能濃度について調査を実施した。

底質におけるCs-137濃度は、環境省が中部・近畿で実施したモニタリング結果と同程度だった。調査地点間でその濃度を比較すると、過去に実施した土壌調査の結果と同様に、底質でも県の東部で相対的に高い濃度となる傾向があった。

強熱減量は、Cs-137濃度を説明する変数の一つと考えられ、底質中の有機物がCsを保持する可能性が考えられた。試料採取地点の地質が放射能濃度に与える影響は基本的に観察されなかった。河川底質試料における粒度別試験の結果から、粒度が細くなるほどCs-137濃度は高く、K-40濃度は低く、Pb-212濃度は高くなる傾向が観察された。流域ごとの比較では、Cs-137濃度について県東部を流れる豊川水系流域で相対的に高い値となっていた。

キーワード 底質, 人工放射性核種, 自然放射性核種, 放射性核種分析,
福島第一原子力発電所事故

1 はじめに

2013年度から2016年度にかけて、当センターの渡辺らは愛知県における陸上の土壌試料を対象として人工放射性核種の調査を実施した¹⁾。その結果、県東部における複数の調査地点土壌について、自然放射性核種と比較して十分低い放射能濃度であるものの、福島第一原発事故由来と考えられるCs-134がCs-137とともに確認された。また、その他の地域における土壌からも、過去の大気圏内核実験等に由来すると考えられるCs-137が検出された。

土壌表面に沈着した放射性セシウムは河川へと移行し、河川水、河底土及び浮遊砂中に含まれる放射性セシウムの放射能濃度は、採取地点の上流域の放射性セシウムの沈着量と一定の比例関係があるとされている²⁾。従って、先の調査で判明した陸上の土壌における事故由来核種の検出からは、河川あるいは更にその下流側にある海の底質における事故由来核種の堆積が予想される。

底質に含まれる放射性核種について、国レベルでは、原子力規制庁及び環境省等が調査を実施している。原子力規制庁からの受託により本県が実施している環境放射能水準調査では県内1地点(海底質)が、また、環境省が水質汚濁防止法第15条3項に基づき実施している全国モニタリング³⁾では県内3地点(河川底質)が測定対象とされている。原子力規制庁が原子力発電所の立地県で実

施している原子力施設周辺環境放射線モニタリング調査では計400地点以上が対象とされ⁴⁾、また環境省が福島県及び周辺地域で実施している震災対応モニタリングでは計600地点余が対象とされている⁵⁾ことと比較すると、本県における状況把握は地理的分解能の観点からは必ずしも十分とは言えない。

そこで、河川及び海の底質中における放射性核種濃度について調査し、実態把握することとした。生活環境保全上の観点からは、人工放射性核種だけでなく自然放射性核種の存在状況についても把握が必要と考えられるため、その両方について調査した。

本報では、まず、3.1において各放射性核種の検出状況について概要を述べ、次に、3.2において放射性核種の地理的分布について述べ、更に、3.3において放射能濃度に差異を与える要因について考察した。

2 方 法

2.1 調査地点

図1のとおり、河川底質を採取する38地点、海底質を採取する9地点、合計47地点を選定した。前述の土壌調査の結果¹⁾を踏まえ、県東部を中心に調査を実施した。また、有機物の量や粒度の差異と放射能濃度との関係が明らかになるよう、比較的有機物が少なく粒度が粗いと考えられる山間部の河川底質と、有機物が多く粒度が細かいと考えられる一級・二級河川の河口付近底質や海底質を中心に試料採取した。

*1 東三河総局新城設楽振興事務所環境保全課

*2 環境局資源循環推進課 *3 尾張県民事務所廃棄物対策課



図1 試料採取地点*4

2.2 調査項目

γ線を放出する人工放射性核種及び自然放射性核種について、その種類と放射能濃度を測定した。ただしラジウムについては測定の対象外とした。ゲルマニウム半導体核種分析装置を用いてラジウムを測定する場合には、文部科学省「ラジウム分析法」⁶⁾に基づき、予め試料を密閉した後2週間以上放置して放射平衡にしてから測定する必要があるが、本調査では、トリウム系列核種のうちいずれか及びウラン系列核種のうちいずれかについて放射能濃度の定量が確保されていることを前提に、試験の簡便さから、試料をU-8容器に詰めて直ちに測定を実施する方法を採用した。

また、放射能濃度に影響を与える要因として、図2のとおり仮説を立て、これに基づき、有機物、粒度、地質及び流域区分を調査項目とした。有機物は、既往の研究において海域の堆積物中では有機物が放射性セシウムの主要な保持単体である可能性がある⁷⁾とされていることから選定した。本調査では、有機物の量的指標として強熱減量を用いた。粒度については、径が小さい粒子ほど比表面積が大きくなりセシウムを多く吸着する可能性が考えられること等を踏まえ選定した。地質は、自然放射性核種の存在比と密接に関係していると考えられることから、地質図を用いて調査地点の地質を特定した。流域は、有機物、粒度及び地質のいずれにも関係し、すなわち放射能濃度に与える間接的影響の可能性があると考え、流域図を用いて調査地点がどの流域に属するかを特定した。

*4 地点番号の下線は、地点別試料の他に分級して粒度別試料(2.4参照)とする分の底質を採取した地点であることを示している。

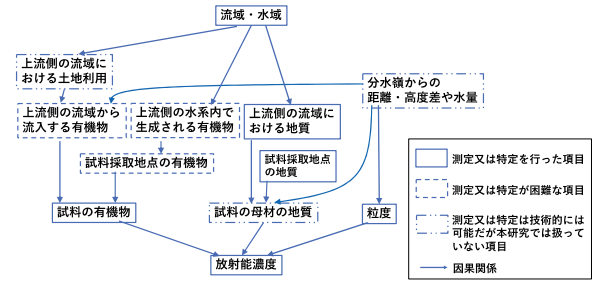


図2 放射能濃度に影響を与えると考えられる要因

2.3 試料採取

文部科学省「環境試料採取法」⁸⁾の「第7章 河底土、湖底土」及び「第18章 海底土」に従った。

試料採取方法は採取地点に応じて使い分けた。入水して試料採取が可能な河川においては、スコップ又はショベルにてすくい取った。深い又は流れの早い河川においてはエクマンバージ型採泥器を、海においては港研式採泥器を用いて試料採取した。

2.4 前処理及び測定

環境放射能水準調査委託実施計画書⁹⁾に定める方法を基本に前処理及び測定を行った。

採取した底質は、文部科学省「ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料前処理法」¹⁰⁾の「第6章 土壌・海底土」に従い105℃で乾燥し、乾燥試料にした。

更に、乾土の一部を2000 μmのふるいに通し、乾燥試料A(0-2000 μm)とした。

強熱減量の測定については、環境省「底質調査方法」¹¹⁾の「4.2 強熱減量」に従い、乾燥試料Aを600℃で1時間強熱することにより行った。

粒度に関しては、乾土の一部を取り分け、4750 μm、2000 μm、850 μm、425 μm、250 μm及び75 μmの6種類のふるいに通して7区分に分級し、乾燥試料B1(0-75 μm)、B2(75-250 μm)、B3(250-425 μm)、B4(425-850 μm)、B5(850-2000 μm)、B6(2000-4750 μm)、B7(4750- μm)とした。それぞれの質量を計り、分級前の乾土質量に依存しないよう相対粒子量(質量比)に換算した。

放射能濃度の測定にあたっては、測定試料として、地点別試料及び粒度別試料の2種類を用意した。地点別試料としては、地点1～47から得られた乾燥試料Aを用いた。また、粒度別試料としては、地点2, 7, 9, 46及び47から得られた乾燥試料B1, B2, B3, B4及びB5を用いた。これらを用いた理由は、地点別試料を測定した結果、地点2はCs-137濃度が高く地点7はK-40及びPb-212の濃度が高いので粒度別の差異が観察しやすいと考えたためであり、地

点9は地点7と同じ理由ながら地質や流域が地点7とは異なるためであり、地点46及び47は河口近く(地点47)と河口から少し離れた場所(地点46)を対比しながら考察できると考えたためである。

放射能濃度の測定については、文部科学省「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」¹²⁾の「第6章 土壌・海底土」に従った。測定機器にはCANBERRA製ゲルマニウム半導体核種分析装置(GC4018-7915-30)を用い、測定時間は70000秒とした。

試料採取地点の位置情報については、地理院地図(電子国土Web)¹³⁾を用いて決定した。

2.5 データ解析等

データ解析にはR(version 3.5.3)を用いた。また、Rの統合開発環境としてRStudio(version 1.2.1335)を用いた。数値化I類の計算には青木が公開しているソースコード¹⁴⁾を利用した。非階層クラスター分析(k-means法)において、クラスター数は5、計算の繰り返しは10回とした。

環境放射能水準調査では、核種分析において、計数誤差の3倍を検出下限値とし、計数値がその計数誤差の3倍未満である場合に不検出とすることとされており、本報においてもこれに従った⁹⁾。不検出の略語としてND(Not Detected)を用い、データ解析やグラフ表示の際には数値データ「0(ゼロ)」として扱った。

調査地点の衛星画像上へのプロットは、Tellus¹⁵⁾上でALOS Naturalにオルソ画像(地理院地図)を重ね、更に試料採取地点を取り込みマップとして重ねることにより作成した。

測定結果等の地図上への図示には、QGIS(version 3.4.6)を用いた。レイヤを作成するためのデータセットは、行政区域、河川及び流域メッシュについては国土数値情報ダウンロードサービス¹⁶⁾から、地質情報については産総研地質調査総合センターの20万分の1日本シームレス地質図ページ¹⁷⁾から、水涯線については基盤地図情報ダウンロードサービス¹⁸⁾から、それぞれダウンロードして活用した。ただし、地質レイヤにおいて、Hr1を示すオリジナルの色は白色(#ffffff)であるが、作図の都合上、灰色(#cccccc)に変更した。

3 結果と考察

3.1 放射性核種の検出状況に関する概要

全地点における放射性核種の検出状況について表1に要約統計量を示す。Cs-137についてはNDから5.05Bq/kg

-Dryの範囲にあり、環境省が実施している平成30年度モニタリング(中部ブロック, 近畿ブロック)の結果速報値¹⁹⁾においてNDから5.9Bq/kg-Dryの範囲とされているのと同程度であった。

各放射性核種の相関を調べたところ、図3のとおりであった。Cs-137とその他の核種との相関はほとんど見られなかった。K-40は他の原始放射性核種と弱い正の相関が見られた。トリウム系列核種及びウラン系列核種について、同系列の核種間において極めて高い正の相関が確認され、異系列の核種との間でも高い正の相関を示した。Be-7は他の核種と相関関係が認められない。

以下の項では、トリウム系列又はウラン系列に属する6核種について高い相関関係が確認されたことを踏まえ、代表してPb-212のみを取り上げることにより、解析を簡便化することとした。また、Be-7について、多くの検体で不検出だったことを踏まえ、解析から除外した。

表1 放射能濃度の地点間平均値等

放射性核種	放射能濃度(Bq/kg-Dry)			
	平均値	中央値	最大値	最小値
Cs-137	1.48	1.11	5.05	0(ND)
K-40	608	590	1270	233
Ac-228	25.1	20.9	56.2	3.83
Pb-212	27.5	22.6	58.8	5.12
Bi-212	25.9	23.0	58.4	0(ND)
Tl-208	7.85	6.45	17.0	1.43
Pb-214	13.7	12.3	41.8	3.98
Bi-214	11.9	10.9	37.6	3.86
Be-7	3.40	0(ND)	41.7	0(ND)

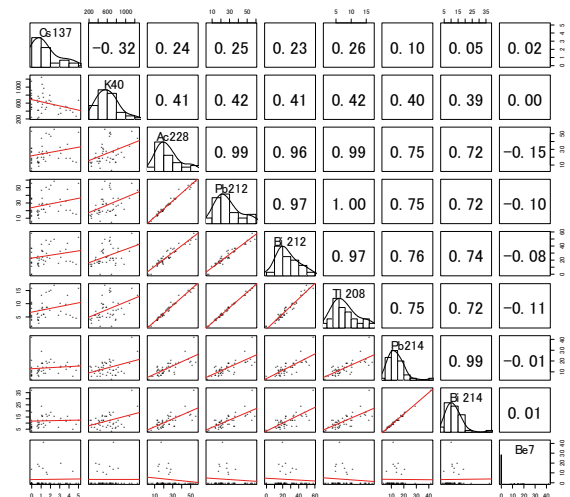


図3 放射性核種間の相関

3.2 放射性核種の地理的分布

放射性核種の地理的分布を図4～6に示す。

Cs-137濃度に関しては、概ね県の東部で放射能濃度が高くなる傾向が見られた。福島第一原子力発電所事故後に、県東部において、事故由来核種の指標となるCs-134が少量ながら県東部の土壌で検出されていた¹⁾ことを踏まえると、今般県南東部の河川底質で見られた高濃度は、事故由来Csが河川中で土壌粒子に吸着して運ばれ河底に堆積したものと考えられる²⁰⁾。ただし、県東部のうち北側に位置する地点23, 24, 25等においては地点1, 2, 26等と比較して低い放射能濃度であった。このような差異が生じた理由は不明であり、流域からの流出率や流出形態等の検討が必要と考えられる。海域の高濃度については、下流まで運ばれた懸濁態Csが河口域で凝集して海底へ沈降する²⁰⁾経路と、大気から海面に直接沈着する経路とが考えられる。地点41の高濃度については、県西部における河川底質の濃度が必ずしも高くないことを踏まえると、過去の大気圏核実験由来の可能性についても考慮する必要がある。

K-40濃度については瀬戸市や豊田市北部にある地点7, 8及び9でとりわけ高く、Pb-212濃度については地点8及び9の他、海域で高かった。これらの要因については、改めて、以後の項において考察する。

3.3 放射能濃度に差異を与える要因

2.2において述べたとおり、有機物(強熱減量)、地質、粒度又は流域区分が放射能濃度に影響を与える可能性を考え、以下において項目ごとに考察した。

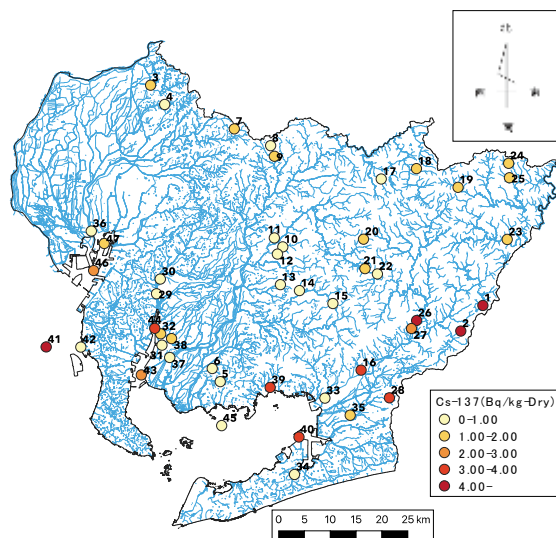


図4 Cs-137濃度の地理的分布

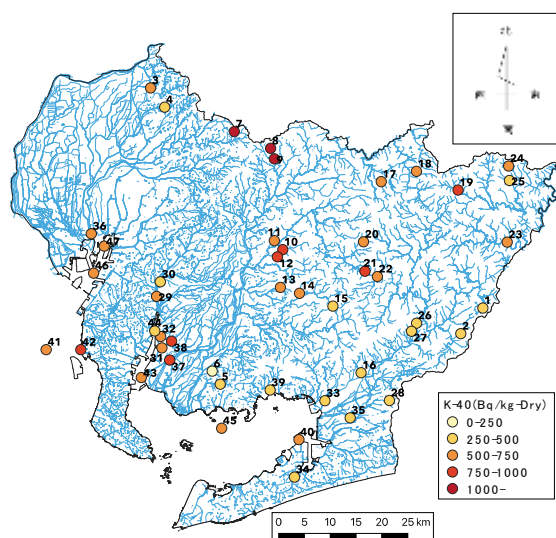


図5 K-40濃度の地理的分布

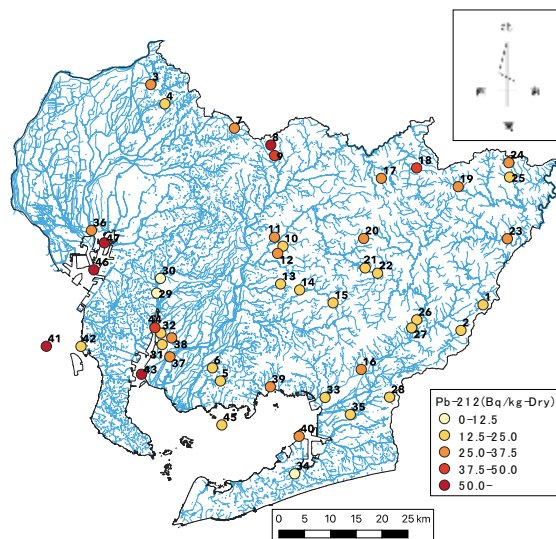


図6 Pb-212濃度の地理的分布

3.3.1 有機物（強熱減量）

採取した試料の強熱減量を地図上にプロットしたものを図7に示す。

強熱減量を説明変数、Cs-137、K-40又はPb-212の放射能濃度を目的変数と考えたときの関係を図8～10にプロットした。その際、河川底質を緑色で海底質を青色で示した。散布図を概観したところ、河川底質と海底質とで異なる特徴を有していたため、それぞれについて回帰式及び決定係数を求め、図中に示した。

Cs-137については、河川底質及び海底質の両方において、強熱減量とCs-137との間に相関関係があり、強熱減量が大きいほどCs-137の放射能濃度が高くなる関係性が考えられた。有機物がCs-137を保持する役割を果たしている可能性について、東京湾での研究において指摘されているところであり⁷⁾、当地の河川底質や海底質においても有機物がCsの一部を保持するものと考えられた。

K-40及びPb-212については、主に無機質の岩を母材とする堆積粒子中に含まれ、強熱減量(有機物)によって説明されないと想定している。結果として、K-40又はPb-212の濃度に対し海底質を説明変数としたときの決定係数はそれぞれ $r^2=0.56$ 、 $r^2=0.39$ であり、小さいとは言えない値になっているものの、見せかけの回帰が考えられる。K-40濃度については、強熱減量が無関係と仮定すると、散布図から平均への回帰($y \approx 600$)が考えられる。Pb-212濃度については、地点42や地点45を特異な点と見なして除外すると回帰式が大きく変化してしまうことから、更に調査地点を増やす等により考察を深める必要がある。

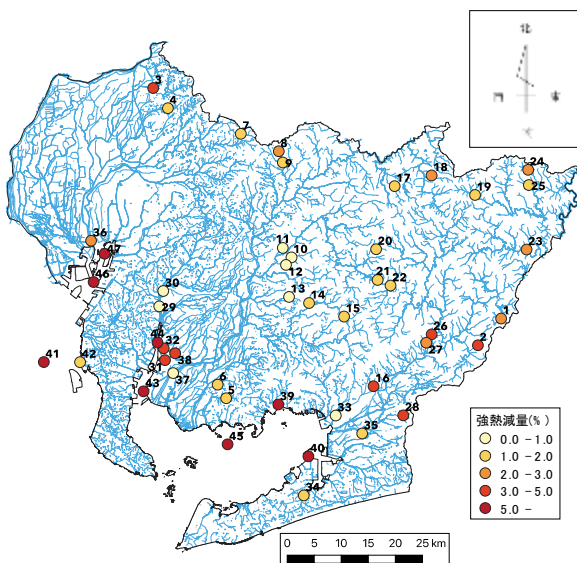


図7 強熱減量の地理的分布

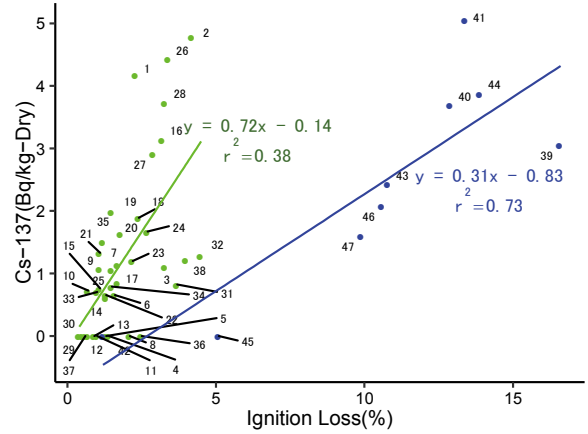


図8 強熱減量とCs-137濃度の関係

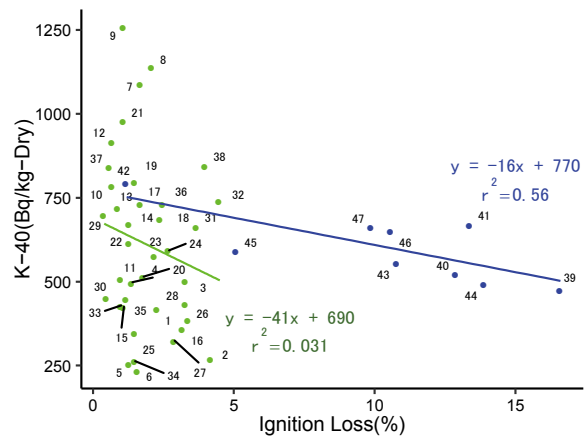


図9 強熱減量とK-40濃度の関係

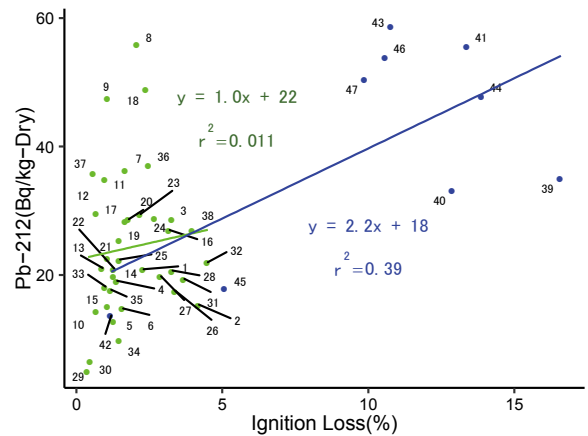


図10 強熱減量とPb-212濃度の関係

3.3.2 地質

Cs-137, K-40又はPb-212の放射能濃度と地質図とを重ねたものを図11～13に示す。

また、地質を説明変数、3核種の放射能濃度を目的変数と考えたときの関係を図14～16に示す。

更に、数量化I類を用いて放射能濃度を地質で説明する場合のカテゴリースコアを求め、図17～19に示す。

Cs-137は人工放射性核種であり、基本的に地質との関係性が想定されない。前述のとおり原発由来核種は県東部の土壤に沈着しており、Jav上に位置している地点1及び2のCs-137放射能濃度はその流入により高くなっていると考えられる。すなわち、地点1及び2の高濃度が見かけ上Javのカテゴリースコアを引き上げている。

K-40に関しては、カリ長石を多く含む花崗岩類(K2gpやK1-2gp)の上で採取した試料において高くなることを想定していたが、必ずしもそのようにはなっていなかった。カテゴリースコアからは、K2gpは他の地層と比較してK-40を豊富に含む傾向があると考えられるが、箱ひげ図に付したドットプロットが示すように相当に地点差があり、地点8や9で1000Bq/kg-Dryを超えていた一方で、低濃度の地点もあった。

Pb-212に関しては、カテゴリースコアからはwtにおいて豊富に含まれると考えられるが、wtはそもそも湖水・河川・海などを示しているにすぎない。海域等における放射能濃度の高さは次項で粒度との関係から考察する。地点8及び9において放射能濃度が高かったことについては、この地域がウラン等の豊富な土岐・苗木岩体と隣接している²¹⁾ことと関係している可能性が考えられる。

今般の調査では、簡便に地質と放射能濃度との関係を見るために地質図を用いているが、両者の関係を明確にするためには、試料をX線回折装置にかけて母岩を推定することが必要と考えており、この点については今後の課題とする。

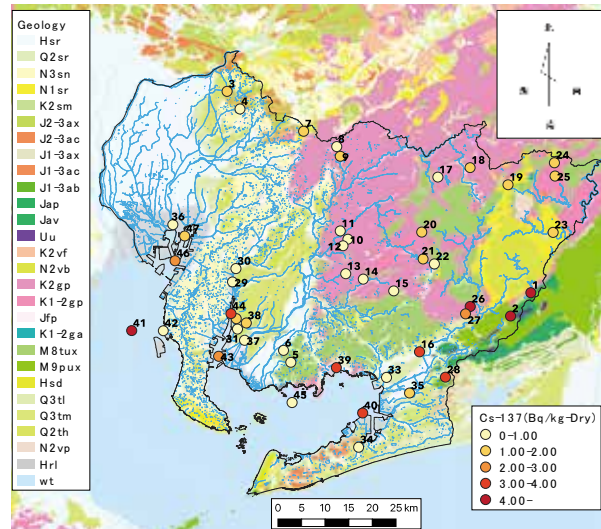


図11 地質図上にプロットしたCs-137濃度の地理的分布

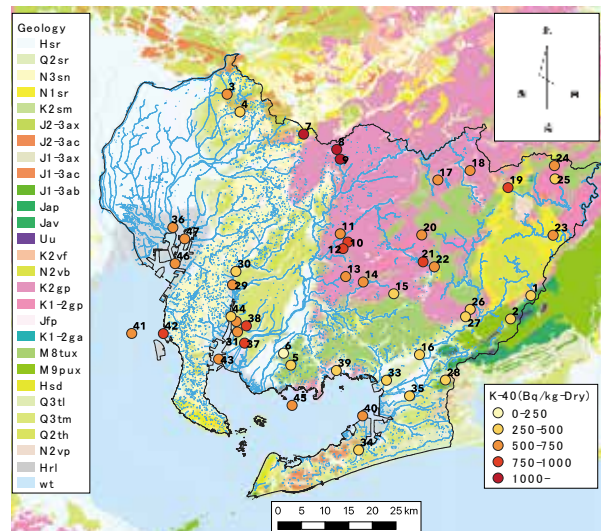


図12 地質図上にプロットしたK-40濃度の地理的分布

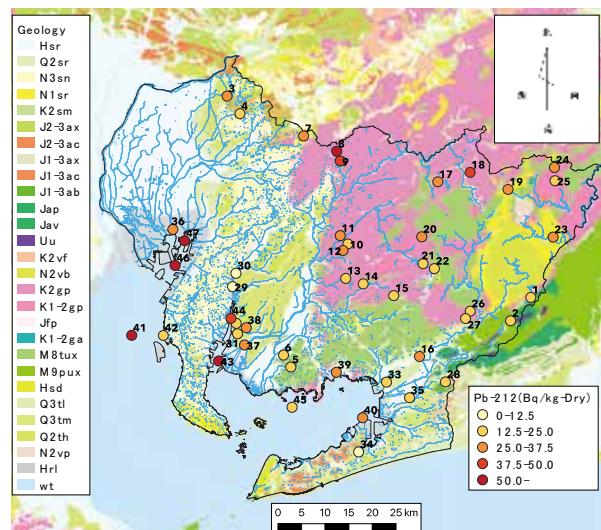


図13 地質図上にプロットしたPb-212濃度の地理的分布

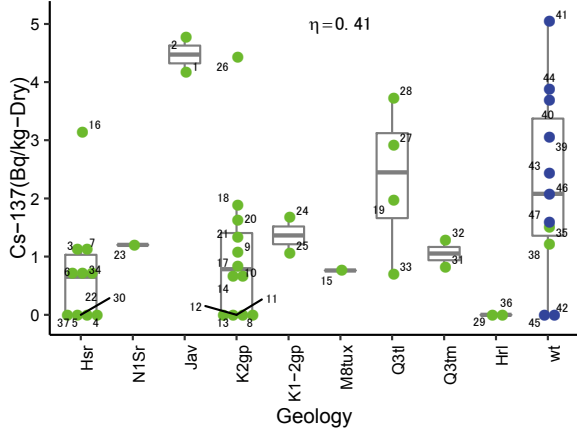


図14 地質とCs-137濃度の関係

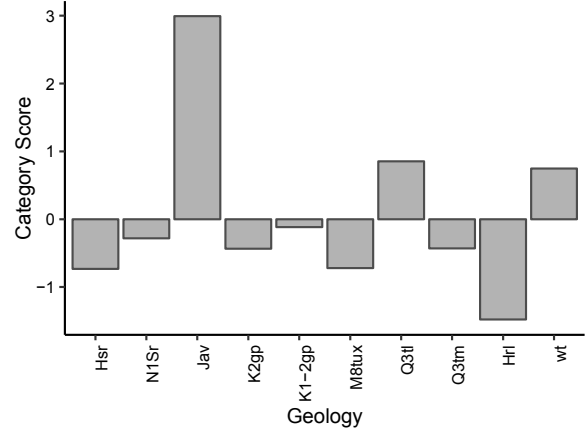


図17 Cs-137濃度を地質で説明する場合の Kategorii スコア

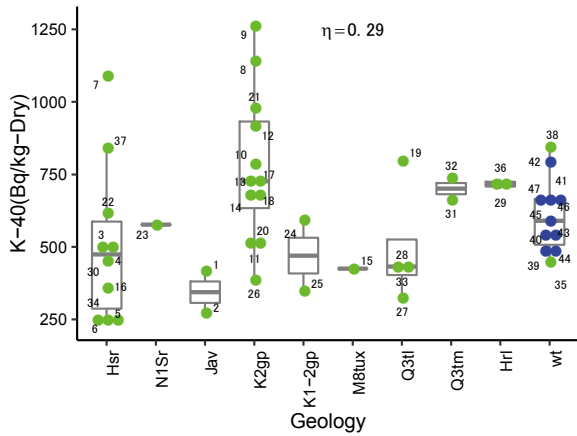


図15 地質とK-40濃度の関係

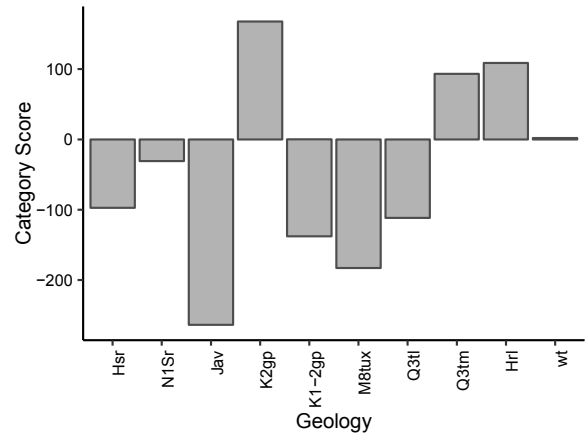


図18 K-40濃度を地質で説明する場合の Kategorii スコア

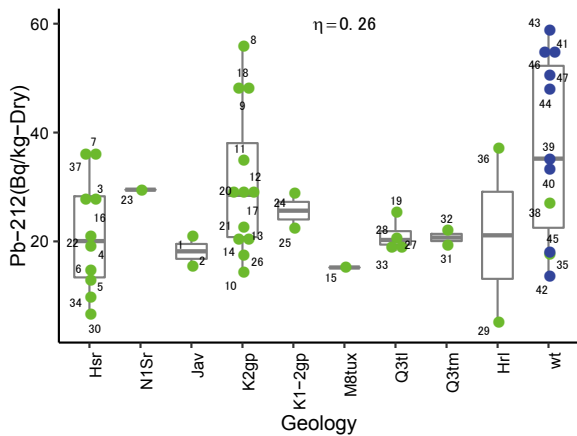


図16 地質とPb-212濃度の関係

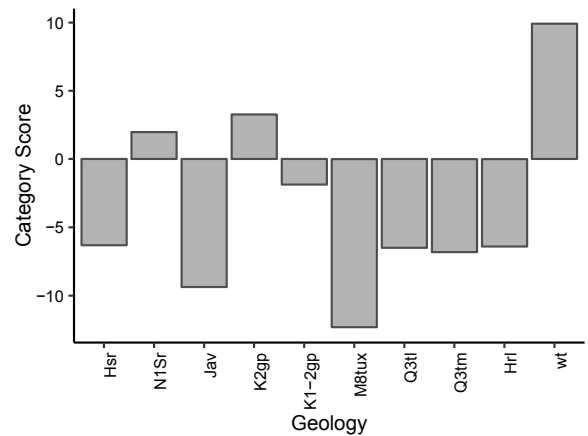


図19 Pb-212濃度を地質で説明する場合の Kategorii スコア

3.3.3 粒度

最初に、異なる地点で採取した試料の粒度から放射能濃度についてどの程度説明できるかについて考察する。

まず、試料の粒度をVerySmall, Small, Medium, Large, VeryLargeの5クラスター(カテゴリー)に分類して、順序尺度とした。2.3.3の操作により求めた分級後試料の相対粒子量の関係について図20~22にプロットし、更に、k-means法を用いて分類した結果をプロットの色及び形に反映させた。また、5クラスターに分類された粒度を地図上に落とし込んだものを図23に示す。

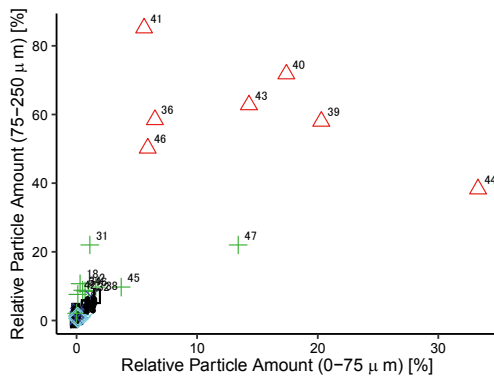


図20 0-75 μm成分と75-250 μm成分の関係

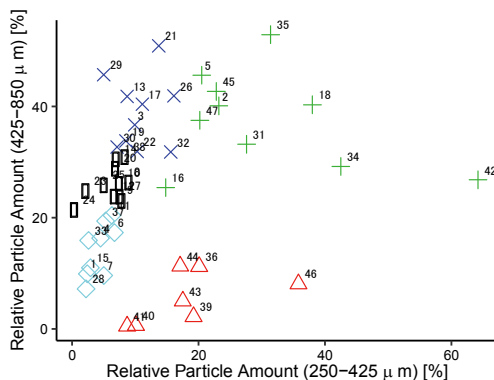


図21 250-425 μm成分と425-850 μm成分の関係

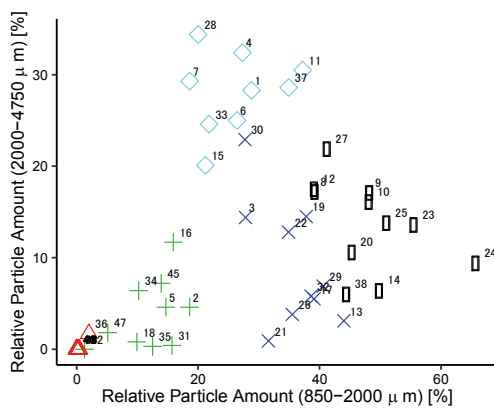


図22 850-2000 μm成分と2000-4750 μm成分の関係

ここで、粒度とCs-137, K-40又はPb-212の放射能濃度との関係を図24~26に、放射能濃度を粒度で説明する場合のカテゴリースコアを図27~29に示す。

Cs-137に関しては、VerySmall群に属する場合にカテゴリースコアが大きく、Cs-137を多く含むと考えられる。Cs-137と吸着する土壌粒子の粒径との関係について、土壌試料の比表面積が大きくなるにつれて、Cs-137の放射能濃度が比表面積の0.65乗で増加する²⁾¹⁹⁾ことが知られており、粒度が細かいVerySmall群でCs-137濃度が高い傾向にあることは、このことと見かけ上整合している。しかし、VerySmall群に属しているのは主に海底質であることから、放射能濃度を引き上げているのは粒度が細かいからなのか或いは海底質であることによるのか、更なる検討が必要である。

K-40に関しては、粒度と放射能濃度との間の関係は見られなかった。

Pb-212に関し、VerySmall群の試料において放射能濃度が高い傾向が見られた。Cs-137に関する考察と同様に、粒径との因果関係の有無については、更なる検討が必要と考えている。

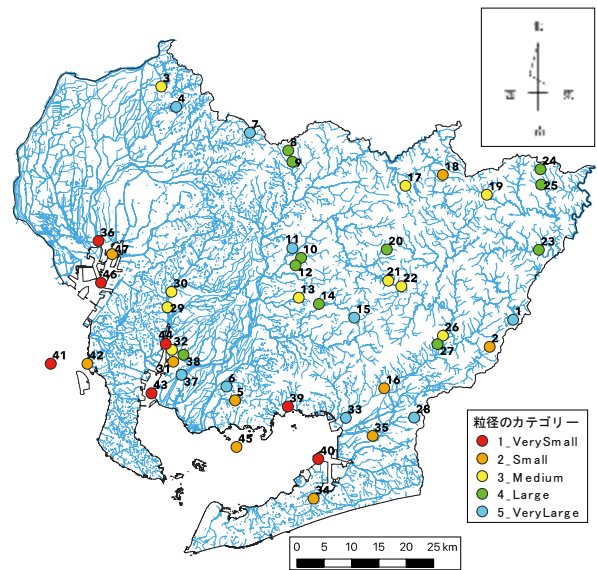


図23 試料粒度の地理的分布

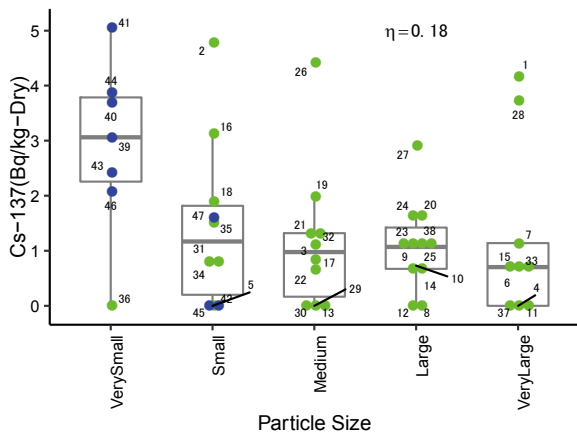


図24 クラスタ分析に基づく分類区分とCs-137濃度の関係

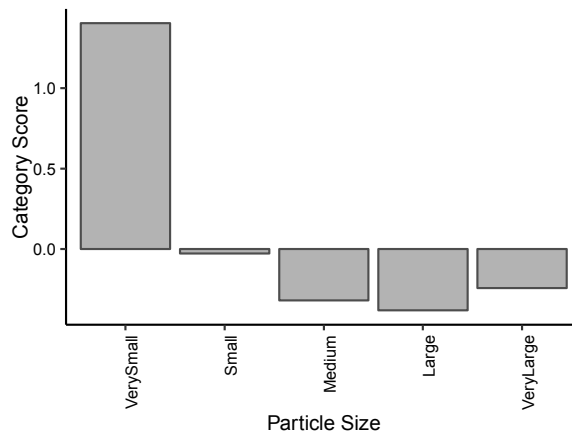


図27 Cs-137濃度を粒度で説明する場合の Kategorii スコア

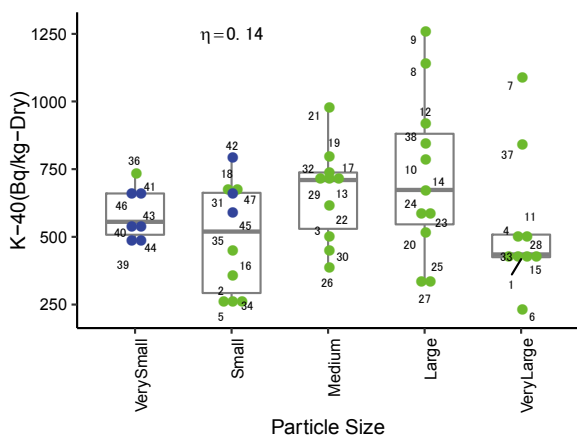


図25 クラスタ分析に基づく分類区分とK-40濃度の関係

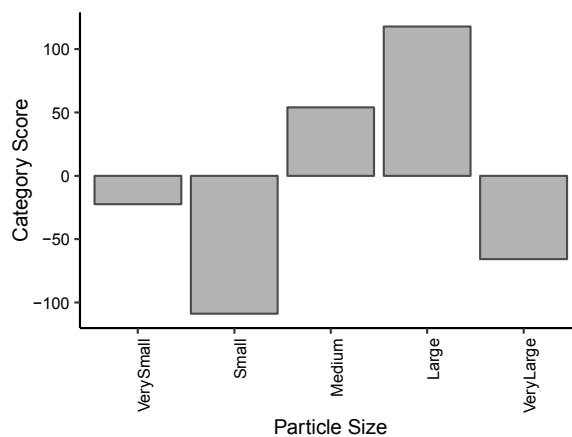


図28 K-40濃度を粒度で説明する場合の Kategorii スコア

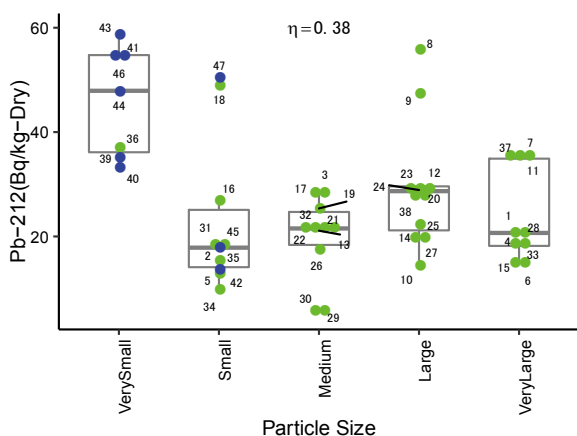


図26 クラスタ分析に基づく分類区分とPb-212濃度の関係

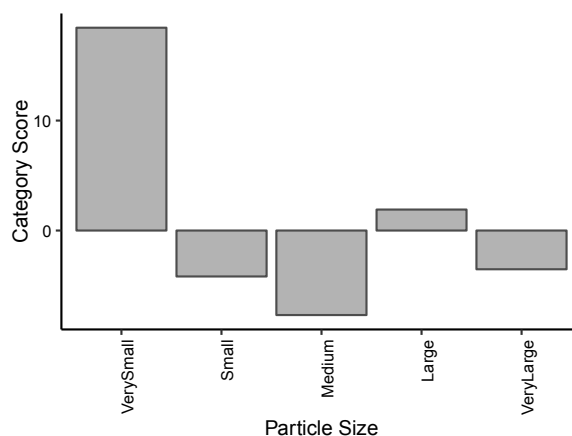


図29 Pb-212濃度を粒度で説明する場合の Kategorii スコア

次に、地点2, 7, 9, 46及び47で採取した底質を乾燥後にふるい分けて得られた粒度別試料について、その粒度と放射能濃度との関係について考察した。

まず、試料の粒度と放射能濃度との関係について、図30～32に示す。

Cs-137に関しては、地点2, 7及び9について分級後試料のうち細かいものほど放射能濃度が高くなっており、この要因としては先に述べたとおり、比表面積が大きくなるにつれて放射能濃度が増加する効果が考えられる。地点46及び47について、そのような関係は認められない。実験上の課題として、海底質は乾燥させた時に固まらなくなりやすく、本来ふるいを通るはずの粒子が固まってふるい上に残り、ふるいの上下で放射能濃度の差異が出づらかった可能性がある。

K-40に関しては、同一母岩から生成された土壌については粒径が小さい土壌になるに従って減少するとされており²⁰⁾、地点2, 7及び9に関してはそのような傾向が見られる。乾式でのふるい分けは、粒子の表面に付着している有機物やイオンを流し落とさないというメリットもあるが、海底質試料に海塩由来のカリウムが付着してしまう一面もあり、そうしたことが影響している可能性も考えられる。

Pb-212に関しては、同一母岩から生成された土壌については粒径が小さい土壌になるに従ってウラン系列核種、トリウム系列核種の濃度は高いとされており²⁰⁾、地点7, 9及び47についてはそのような傾向が見られる。

図33のとおり、地点2は地質の境界や断層の近くにあり、複数の層より異なる母岩から母材が河川に流入し、その結果として「同一母岩から生成した土壌」が成立していない可能性が考えられる。また、図34のとおり、地点47が堀川や荒子川といった流域面積の小さい河川の影響のみを受ける位置にあるのに対し、地点46ではそれに加えて流域面積の大きい庄内川や日光川からの粒子も流入し、母材が混合されていることが考えられる。

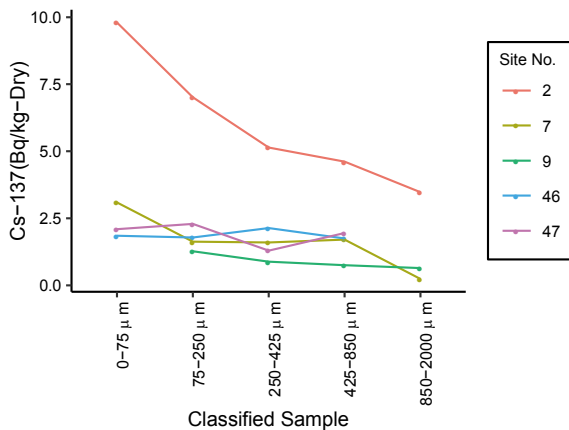


図30 試料の粒度とCs-137濃度との関係

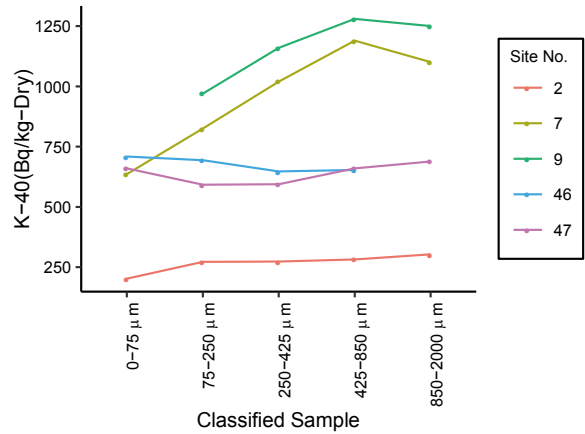


図31 試料の粒度とK-40濃度との関係

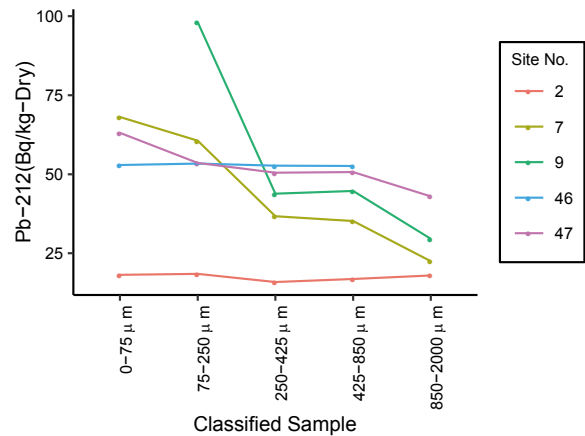
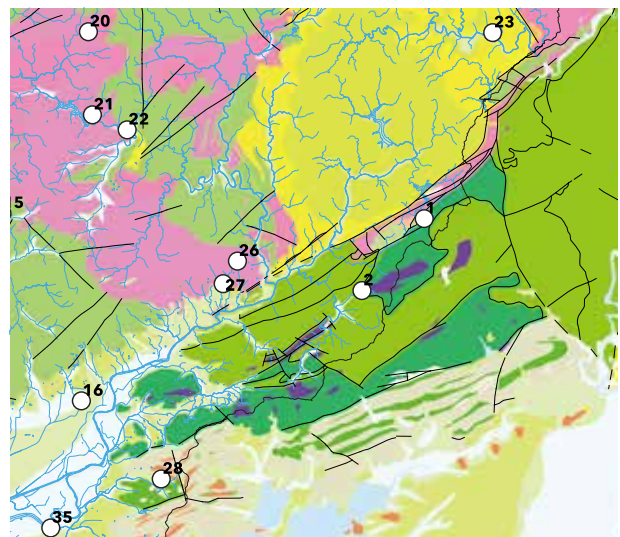


図32 試料の粒度とPb-212濃度との関係



図注) 黒実線は実在断層を示す

図33 地点2付近の実在断層

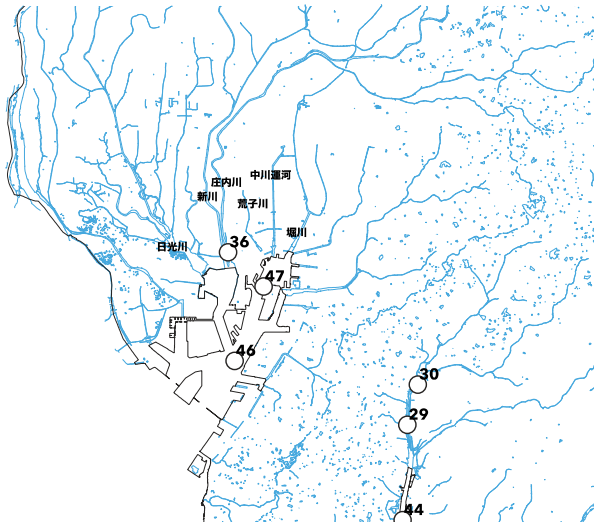


図34 地点46及び47の周辺地図

3.3.4 流域

Cs-137, K-40又はPb-212の放射能濃度と流域図とを重ねたものを図35～37に示す。

更に、流域が3核種に影響を与えているかを調べるため、流域と放射能濃度との関係を図38～40に、放射能濃度を地質で説明する場合のカテゴリースコアを図41～43に示す。

Cs-137に関しては、カテゴリースコアから、豊川水系流域及び海域(渥美湾, 衣浦湾, 伊勢湾)において多く含まれる傾向が見られた。豊川水系の高濃度については、河川底質に含まれる放射性セシウム濃度は試料採取地点の上流域の放射性セシウム沈着量と一定の比例関係があるとされている報告²⁾と、県内では相対的に東部において事故由来セシウムの沈着が見られたとされる既往調査結果¹⁾を併せて考えることで説明されうる。海域の高濃度に関しては、地点41のように西側でも高濃度となっていることから、流域の観点からは説明できない。

3.2で述べたとおり、過去の大気圏核実験によって放出されたCs-137の堆積も考えられる。

K-40に関し、矢作川水系流域のカテゴリースコアが高いことについては、この流域が地質K2gpの区域を多く含んでいるとの関係が考えられるが、他方、高浜川水系や庄内川水系の流域においてカテゴリースコアが高くなることについては合理的な説明ができない。

Pb-212に関しては、カテゴリースコアからは海域において豊富に含まれると考えられるが、流域の観点からはこの理由を説明できない。3.3.2で述べたとおり、今後の課題として、底質試料の地質を直接的に同定できれば、母岩の構成が分かるだけでなく、海域の特定の地域においてどの河川流域からの土壌の移行が支配的なのかが推察可能になると考えられる。

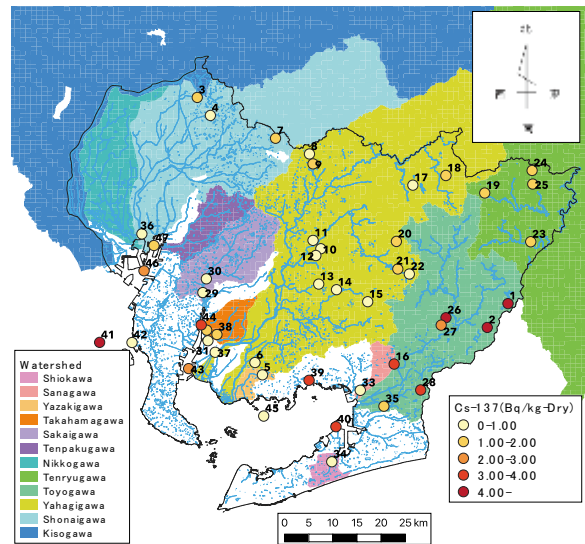


図35 流域図上にプロットしたCs-137濃度の地理的分布

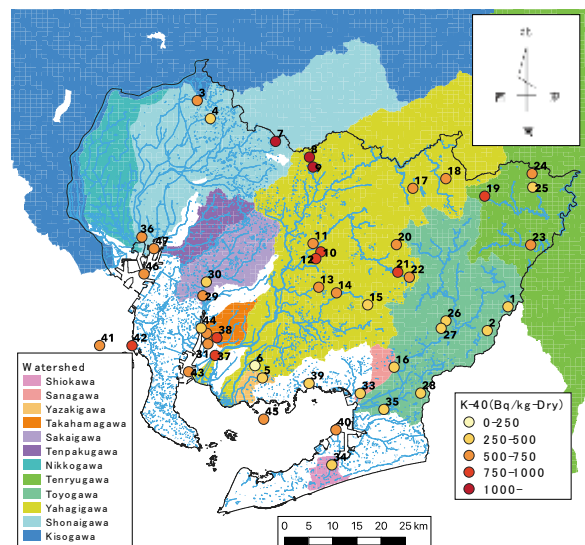


図36 流域図上にプロットしたK-40濃度の地理的分布

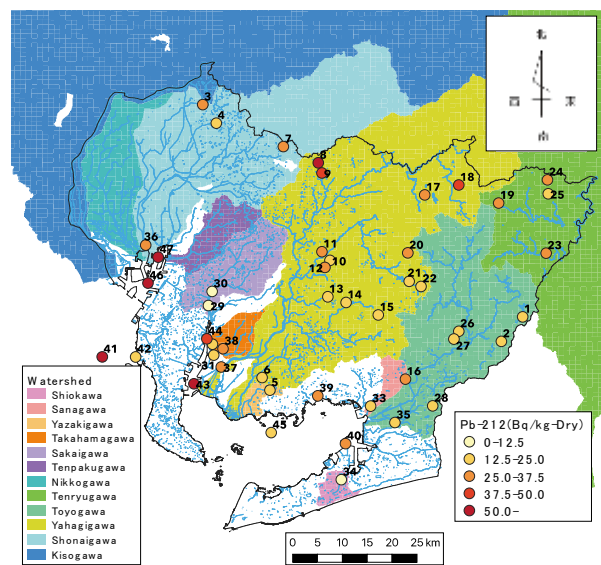


図37 流域図上にプロットしたPb-212濃度の地理的分布

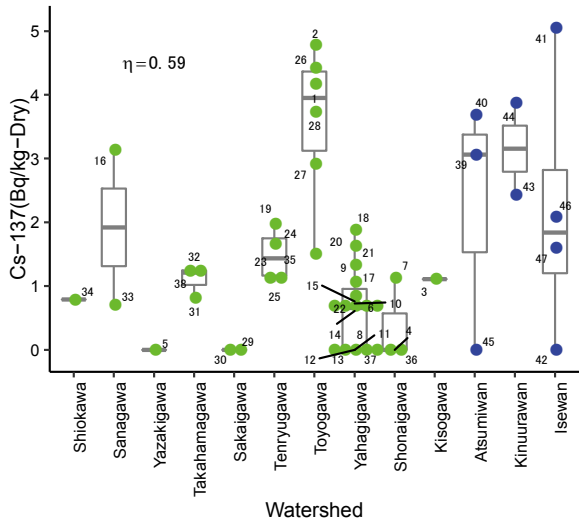


図38 流域とCs-137濃度の関係

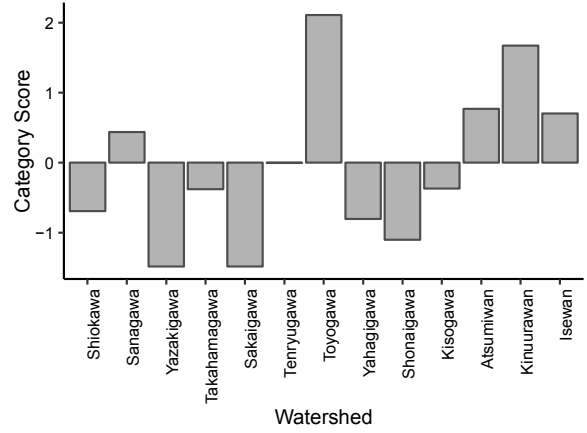


図41 Cs-137濃度を流域で説明する場合の Kategorii スコア

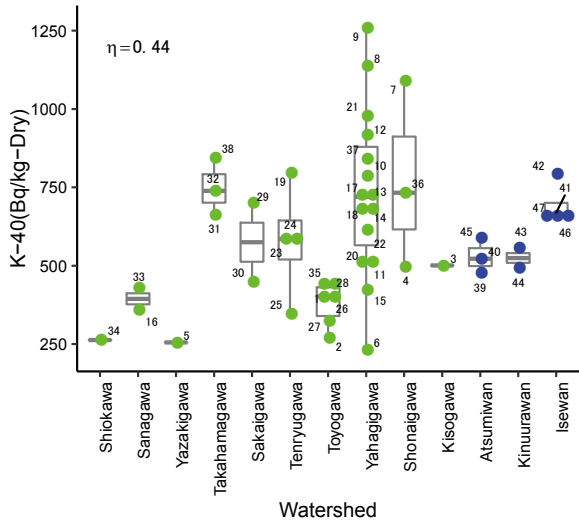


図39 流域とK-40濃度の関係

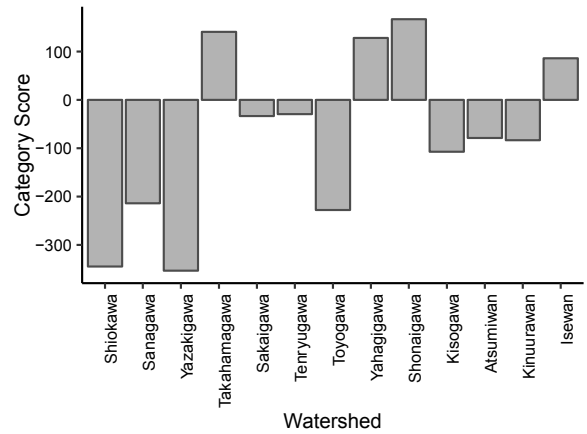


図42 K-40濃度を流域で説明する場合の Kategorii スコア

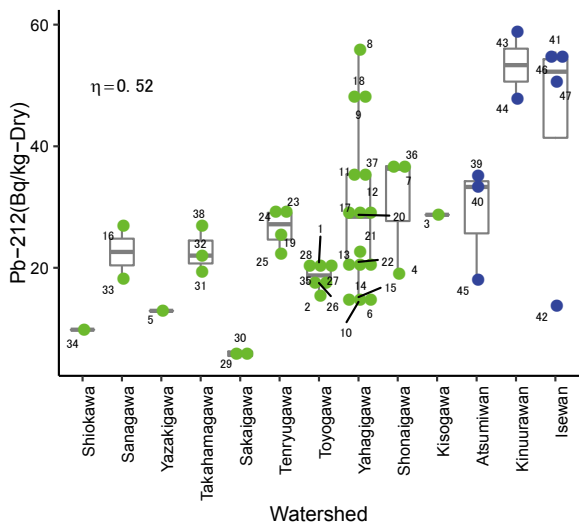


図40 流域とPb-212濃度の関係

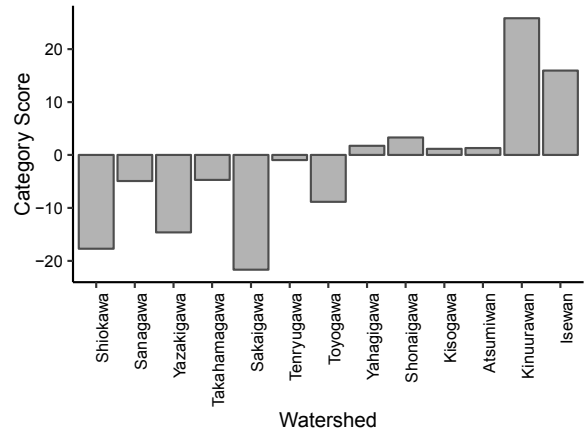


図43 Pb-212濃度を流域で説明する場合の Kategorii スコア

底質におけるCs-137の放射能濃度は、0 (ND) -5.05 Bq/kg-Dryであり、環境省が中部・近畿において実施しているモニタリング結果と同程度だった。地理的には概ね県の東部で高濃度となっており、この傾向は陸上の土壌調査における人工放射性核種の検出状況と類似していた。

強熱減量は、Cs-137の放射能濃度を説明する変数の一つと考えられ、底質中の有機物がCsを保持する役割を有している可能性が考えられた。

試料採取地点の地質が放射能濃度に与える影響は基本的に観察されなかった。ただし、地点によっては地質との関係が強く現れている可能性もあり、その因果関係を明らかにする観点からは、母材の分析が必要と考えられた。

一部の地点において粒度別試験を実施した結果、粒度が細くなるほどCs-137は高く、K-40は低く、Pb-212は高くなる傾向が河川底質において確認された。

流域は、Cs-137について土壌沈着量が多いと考えられる県東部を流れる豊川水系流域で相対的に高い値となっていた。

謝 辞

当センター企画情報部の本田富義様(2018年度まで応用化学部)には、試料採取、前処理から放射能測定に至るまで、あらゆる実験作業に従事していただきました。

愛知県建設局砂防課の和田大地様始め皆様からは、砂防堰堤に関する情報を賜りました。底質の採取が可能な場所を探すのは意外と難しく、堆積物がありそうな場所として砂防堰堤の周辺に着目し情報提供をお願いしたところ、御親切に御教示くださいました。御協力に深く感謝申し上げます。

あいち産業科学技術総合センター産業技術センターの梅田隼史博士には、粉体X線回折装置の概要や操作方法について御丁寧に御説明くださいましたことを深謝申し上げます。今次成果には繋がりませんでしたが、今後、県内の自然放射性核種に関する知見を深めていく中での活用を考えております。

- 1) 渡辺 研, 日比野啓一, 本田富義, 熊谷禎晃, 森 一耕:愛知県内の土壌中における環境放射能調査, 愛知県環境調査センター所報, **45**, 19-24 (2017)
- 2) 文部科学省原子力災害対策支援本部:放射線量等分布マップ関連研究に関する報告書(第2編)(平成24年6月15日修正), <https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/6000/5522/view.html> (2020.2.10)
- 3) 環境省:放射性物質の常時監視(全国):公共用水域及び地下水質, https://www.env.go.jp/air/rmcm/result/moe_water.html (2020.2.10)
- 4) 原子力規制庁:環境放射線データベース, <https://search.kankyo-hoshano.go.jp/servlet/search.top> (2020.2.10)
- 5) 環境省:令和元年度水環境における放射性物質のモニタリング実施方針, https://www.env.go.jp/air/rmcm/attach/measuring-point_pw_gw_2.pdf (2020.2.10)
- 6) 文部科学省:ラジウム分析法 平成2年
- 7) 亭島博彦, 江里口知己, 柳田圭悟, 石川百合子, 堀口文男:東京湾に生息するシロギスの放射性セシウム, 海洋理工学会誌, **23**(1), 1-9 (2017)
- 8) 文部科学省:環境試料採取法 昭和58年
- 9) 原子力規制庁監視情報課放射線環境対策室:環境放射能水準調査委託実施計画書 平成29年度
- 10) 文部科学省:ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料前処理法 昭和57年
- 11) 環境省水・大気環境局:底質調査方法 平成24年8月
- 12) 文部科学省:ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー 平成4年3訂
- 13) 国土地理院:地理院地図(電子国土Web), <https://maps.gsi.go.jp/> (2020.2.10)
- 14) 青木繁伸:Rによる統計解析, <http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/R/> (2020.2.10)
- 15) 経済産業省:Tellus Open & Free Platform, <https://www.tellusxdp.com/ja/> (2020.2.10)
- 16) 国土交通省国土政策局国土情報課:国土数値情報ダウンロードサービス, <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/> (2020.2.10)

- 17) 産業技術総合研究所地質調査総合センター:20万分の1日本シームレス地質図, <https://gbank.gsj.jp/seamless/> (2020. 2. 10)
- 18) 国土交通省国土地理院:基盤地図情報ダウンロードサービス,
<https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>
(2020. 2. 10)
- 19) 環境省:平成30年度水環境における放射性物質のモニタリング結果(速報値)について(中部ブロック、近畿ブロック), https://www.env.go.jp/air/air/rmcm/result/attach/h30_s_tyubu-kinki.pdf
(2020. 2. 10)
- 20) 青野辰雄: 河川, 湖沼や海洋へ堆積する放射性セシウムについて, *Isotope News*, **699**, 12-13 (2012)
- 21) 石原舜三: 花崗岩類からの放射線量, 日本地質学会ウェブページ, <http://www.geosociety.jp/faq/content0313.html> (2020. 2. 10)
- 22) He Q, Walling DE: Interpreting particle size effects in the adsorption of Cs-137 and unsupported Pb-210 by mineral soils and sediments, *Journal of Environmental Radioactivity*, **30**, 117-137 (1996)
- 23) 恵 和子: 土壤中天然放射性核種の分布, *保健物理*, **22**, 93-100 (1987)

附 表

附表1 底質試料の採取場所及び地理的条件

No	採取日 YY/MM/DD	採取場所			地質			流域		
		河川名 ^{注1)} 又は 海域地点名 ^{注2)}	市町村	北緯	東経	標高	番号	識別子	河川 コード	水系名
1	17/11/27	大島川	新城市	34° 57' 44"	137° 40' 20"	330	74	Jav	850506	豊川
2	17/11/27	小阿寺川	新城市	34° 55' 04"	137° 37' 30"	172	74	Jav	850506	豊川
3	17/12/20	新郷瀬川	犬山市	35° 20' 52"	136° 58' 01"	55	1	Hsr	850509	木曽川
4	17/12/22	大山川	小牧市	35° 18' 51"	136° 59' 49"	58	1	Hsr	850508	庄内川
5	18/01/29	道場川	西尾市	34° 49' 49"	137° 06' 57"	22	1	Hsr	230023	矢崎川
6	18/01/29	深篠川	西尾市	34° 51' 11"	137° 05' 56"	7	1	Hsr	850507	矢作川
7	18/02/23	蛇ヶ洞川	瀬戸市	35° 16' 18"	137° 08' 43"	261	1	Hsr	850508	庄内川
8	18/02/23	三箇川	豊田市	35° 14' 33"	137° 13' 20"	271	129	K2gp	850507	矢作川
9	18/02/23	木瀬川	豊田市	35° 13' 26"	137° 13' 50"	173	129	K2gp	850507	矢作川
10	18/03/13	仁王川	豊田市	35° 03' 56"	137° 14' 53"	169	129	K2gp	850507	矢作川
11	18/03/13	白山川	豊田市	35° 04' 52"	137° 13' 50"	69	129	K2gp	850507	矢作川
12	18/03/13	滝川	豊田市	35° 03' 10"	137° 14' 13"	120	129	K2gp	850507	矢作川
13	18/03/26	小丸川	岡崎市	34° 59' 58"	137° 14' 35"	127	129	K2gp	850507	矢作川
14	18/03/26	毛呂川	岡崎市	34° 59' 21"	137° 17' 01"	189	129	K2gp	850507	矢作川
15	18/03/26	乙川	岡崎市	34° 57' 60"	137° 21' 16"	401	151	M8tux	850507	矢作川
16	18/03/26	帯川	豊川市	34° 51' 00"	137° 24' 50"	28	1	Hsr	230014	佐奈川
17	18/04/18	小田木川	豊田市	35° 11' 02"	137° 27' 27"	632	129	K2gp	850507	矢作川
18	18/04/18	井山川	豊田市	35° 12' 06"	137° 31' 57"	691	129	K2gp	850507	矢作川
19	18/04/18	津具川	設楽町	35° 10' 07"	137° 37' 14"	682	170	Q3t1	850505	天竜川
20	18/04/19	滝沢川	豊田市	35° 04' 44"	137° 25' 11"	625	129	K2gp	850507	矢作川
21	18/04/19	沢	豊田市	35° 01' 39"	137° 25' 21"	470	129	K2gp	850507	矢作川
22	18/04/19	巴川	新城市	35° 01' 05"	137° 26' 56"	501	1	Hsr	850507	矢作川
23	18/06/28	大千瀬川	東栄町	35° 04' 38"	137° 43' 29"	217	8	N1Sr	850505	天竜川
24	18/06/28	牧の鶴川	豊根村	35° 12' 37"	137° 43' 43"	810	130	K1-2gp	850505	天竜川
25	18/06/28	間黒川	豊根村	35° 11' 06"	137° 43' 48"	726	130	K1-2gp	850505	天竜川
26	18/07/20	五反田川	新城市	34° 56' 11"	137° 31' 54"	104	129	K2gp	850506	豊川
27	18/07/20	大宮川	新城市	34° 55' 21"	137° 31' 15"	75	170	Q3t1	850506	豊川
28	18/07/20	嵩山川	豊橋市	34° 48' 05"	137° 28' 25"	64	170	Q3t1	850506	豊川
29	18/09/05	逢妻川	刈谷市	34° 59' 01"	136° 58' 49"	2	190	Hr1	230029	境川
30	18/09/05	境川	大府市	35° 00' 33"	136° 59' 18"	4	1	Hsr	230029	境川
31	18/09/06	新川	碧南市	34° 53' 37"	136° 59' 32"	5	171	Q3tm	230026	高浜川
32	18/09/06	高浜川	高浜市	34° 54' 49"	136° 59' 21"	9	171	Q3tm	230026	高浜川
33	18/09/13	佐奈川	豊田市	34° 48' 04"	137° 20' 14"	3	170	Q3t1	230014	佐奈川
34	18/09/13	汐川	田原市	34° 40' 05"	137° 16' 21"	3	1	Hsr	230008	汐川
35	18/09/14	豊川	豊橋市	34° 46' 17"	137° 23' 26"	9	200	wt	850506	豊川
36	18/09/19	庄内川	名古屋	35° 05' 34"	136° 50' 30"	3	190	Hr1	850508	庄内川
37	18/09/19	矢作川	西尾市	34° 52' 20"	137° 00' 31"	3	1	Hsr	850507	矢作川
38	18/09/20	油ヶ淵	碧南市	34° 54' 19"	137° 00' 45"	4	200	wt	230026	高浜川
39	18/09/11	A2	-	34° 49' 12"	137° 13' 16"	0	200	wt	-	渥美湾
40	18/09/11	A4	-	34° 44' 00"	137° 16' 55"	0	200	wt	-	渥美湾
41	18/09/11	N7	-	34° 53' 24"	136° 44' 49"	0	200	wt	-	伊勢湾
42	18/09/11	N5	-	34° 53' 24"	136° 49' 13"	0	200	wt	-	伊勢湾
43	18/09/11	K3	-	34° 50' 30"	136° 56' 55"	0	200	wt	-	衣浦港
44	18/09/11	K1	-	34° 55' 23"	136° 58' 37"	0	200	wt	-	衣浦港
45	18/09/11	A9	-	34° 45' 12"	137° 07' 07"	0	200	wt	-	渥美湾
46	18/10/23	N2	-	35° 01' 26"	136° 50' 49"	0	200	wt	-	伊勢湾
47	18/10/23	N1	-	35° 04' 16"	136° 52' 09"	0	200	wt	-	伊勢湾

注1) 採取地点周辺の橋の銘板や住宅地図等から可能な限り把握に努めたが、誤りを含んでいる可能性がある。

注2) 愛知県環境部「2018年度公共用水域及び地下水の水質調査結果」に示されている地点名を用いた。

附表1 別表1 シームレス地質図の識別子、凡例及び凡例の説明¹⁴⁾ (愛知県関係部分の抜粋)

識別番号	識別子	凡例	凡例の説明
1	Hsr	後期更新世-完新世(H)の海成または非海成堆積岩類	約1万8000年前～現在までに形成された最も新しい時代の地層
3	Q2sr	中期更新世(Q2)の海成または非海成堆積岩類	約70万年前～15万年前に形成された地層
6	N3sn	後期中新世-鮮新世(N3)の海成または非海成堆積岩類	約700万年前～170万年前に形成された地層
8	N1sr	前期中新世-中期中新世(N1)の海成または非海成堆積岩類	約2200万年前～1500万年前に形成された地層
15	K2sm	後期白亜紀(K2)の海成堆積岩類	約1億年前～6500万年前に海で形成された地層
52	J2-3ax	中-後期ジュラ紀(J2-3)の付加コンプレックスの基質	約1億7600万年前～1億4600万年前に海溝で複雑に変形した地層(付加体)
53	J2-3ac	中-後期ジュラ紀(J2-3)の付加コンプレックスのチャートブロック(三畳紀-中期ジュラ紀)	約1億7600万年前～1億4600万年前に付加したチャートという岩石(ガラスと類似の成分)
56	J1-3ax	前-後期ジュラ紀(J1-3)の付加コンプレックスの基質	約2億年前～1億4600万年前に海溝で複雑に変形した地層(付加体)
57	J1-3ac	前-後期ジュラ紀(J1-3)の付加コンプレックスのチャートブロック(石炭紀-中期ジュラ紀)	約2億年前～1億4600万年前に付加したチャートという岩石(ガラスと類似の成分)
59	J1-3ab	前-後期ジュラ紀(J1-3)の付加コンプレックスの玄武岩ブロック(石炭紀-ペルム紀)	約2億年前～1億4600万年前に付加した玄武岩(海底火山を構成していた岩石の一部)
73	Jap	ジュラ紀(J)の苦鉄質深成岩類(付加コンプレックス中の岩体)	約2億万年前～1億4600万年前の付加体中の斑れい岩類
74	Jav	ジュラ紀(J1-3)の苦鉄質火山岩類(付加コンプレックス中の岩体)	約2億万年前～1億4600万年前の付加体中の玄武岩岩体
77	Uu	超苦鉄質岩類(超塩基性岩：蛇紋岩：オフィオライト)	時代未詳の超苦鉄質岩類(蛇紋岩など)
93	K2vf	後期白亜紀(K2)の非アルカリ珪長質火山岩類	約1億年前～6500万年前に噴火した火山の岩石(デイサイト・流紋岩類)
103	N2vb	中期中新世-後期中新世(N2)の非アルカリ苦鉄質火山岩類	約1500万年前～700万年前に噴火した火山の岩石(安山岩・玄武岩類)
129	K2gp	後期白亜紀(K2)の珪長質深成岩類	約1億年前～6500万年前にマグマが地下の深いところで冷えて固まった花崗岩質の深成岩
130	K1-2gp	前-後期白亜紀(K1-2)の珪長質深成岩類	約1億2000万～9000万年前にマグマが地下の深いところで冷えて固まった花崗岩質の深成岩
133	Jfp	前期ジュラ紀(J)の船津花崗岩類	約2億年前～1億7000万年前にマグマが地下の深いところで冷えて固まった船津花崗岩
145	K1-2ga	前-後期白亜紀(K1-2)の苦鉄質深成岩類	約1億2000万～9000万年前にマグマが地下の深いところで冷えて固まった斑れい岩質の深成岩
151	M8tux	領家変成岩(m8/低-中圧型)	約1億年前～6000万年前に地下深くの高い温度で形成された領家変成岩類
156	M9pux	三波川変成岩類(m9/高圧型)	約1億2000万年前～6000万年前に地下深くの強い圧力で形成された三波川変成岩類
162	Hsd	後期更新世-完新世(H)の砂丘堆積物	約1万8000年前～現在までに砂丘で形成された地層
170	Q3t1	後期更新世(Q3)の低位段丘堆積物	川沿いの低地に分布している約7万年前～1万8000年前に形成された段丘層
171	Q3tm	後期更新世(Q3)の中位段丘堆積物	川沿いのやや高い所に分布している約15万年前～7万年前に形成された段丘層
172	Q2th	中期更新世(Q2)の高位段丘堆積物	川沿いのかなり高い所に分布している約70万年前～15万年前に形成された段丘層
179	N2vp	中期中新世-後期中新世(N2)の火山岩類(非アルカリ火砕流)	約1500万年前～700万年前に爆発的噴火により高速で流れ下った軽石や火山灰(火砕流)
190	Hr1	完新世(H)の人工改変地	人工的に作られたり、改変された土地
200	wt	湖水・河川・海など	湖水・河川・海など

附表2 底質試料の強熱減量及び粒度

No	強熱減量	粒度別の相対粒子量(%)							粒度分類	
		0-75	75-250	250-425	425-850	850-2000	2000-4750	4750-	クラスター 番号	識別子
		μm	μm	μm	μm	μm	μm	μm		
1	2.3	0.4	1.1	2.4	9.9	28.8	28.3	29.1	5	VeryLarge
2	4.2	1.6	9.7	23.2	40.1	18.6	4.6	2.2	2	Small
3	3.3	0.4	2.5	9.9	36.7	27.8	14.4	8.3	3	Medium
4	1.4	0.8	2.8	4.5	16.3	27.3	32.4	15.9	5	VeryLarge
5	1.3	0.7	8.6	20.5	45.6	14.7	4.6	5.3	2	Small
6	1.6	0.4	2.9	6.7	17.3	26.4	25	21.3	5	VeryLarge
7	1.7	0.2	1.7	5.0	9.6	18.6	29.3	35.6	5	VeryLarge
8	2.1	0.9	4.3	9.3	26.5	39.6	17.3	2.1	4	Large
9	1.1	0.1	2.1	8.2	23.2	48.6	17.2	0.6	4	Large
10	0.7	0.0	0.9	7.8	26.3	48.5	16.2	0.3	4	Large
11	1.0	0.1	1.3	6.3	20.4	37.2	30.5	4.2	5	VeryLarge
12	0.7	0.1	3.2	7.0	24.0	39.5	17.6	8.6	4	Large
13	0.9	0.0	1.8	8.7	41.8	44.0	3.1	0.6	3	Medium
14	1.3	0.1	2.7	7.3	30.7	50.2	6.5	2.5	4	Large
15	1.1	0.1	1.4	2.9	11.0	21.2	20.1	43.3	5	VeryLarge
16	3.2	1.0	8.5	14.8	25.4	15.9	11.7	22.7	2	Small
17	1.7	0.1	2.3	11.1	40.4	39.1	5.5	1.5	3	Medium
18	2.4	0.3	10.7	38.0	40.3	9.9	0.8	0.00	2	Small
19	1.5	0.1	1.7	8.5	33.8	37.8	14.5	3.6	3	Medium
20	1.8	0.2	3.1	7.2	29.0	45.7	10.7	4.1	4	Large
21	1.1	0.1	2.8	13.7	50.9	31.6	0.9	0.0	3	Medium
22	1.3	0.2	3.1	10.3	31.9	34.9	12.8	6.8	3	Medium
23	2.2	0.1	0.6	2.5	25.0	55.9	13.7	2.2	4	Large
24	2.7	0.0	0.3	0.7	21.6	66.1	9.5	1.8	4	Large
25	1.5	0.1	1.5	5.4	26.0	51.4	13.9	1.7	4	Large
26	3.4	0.2	2.4	16.1	41.9	35.5	3.8	0.1	3	Medium
27	2.9	0.2	2.4	7.9	24.0	41.6	22.0	1.9	4	Large
28	3.3	0.1	0.7	2.2	7.2	20.0	34.4	35.4	5	VeryLarge
29	0.4	0.0	0.9	5.0	45.7	40.6	6.9	0.9	3	Medium
30	0.5	0.0	0.6	7.1	32.7	27.7	22.9	9.0	3	Medium
31	3.7	1.1	22.0	27.6	33.2	15.7	0.4	0.0	2	Small
32	4.5	1.2	7.0	15.6	31.8	38.6	5.8	0.0	3	Medium
33	1.0	0.1	0.5	2.6	15.9	21.8	24.6	34.5	5	VeryLarge
34	1.5	0.5	8.8	42.5	29.2	10.2	6.4	2.4	2	Small
35	1.2	0.0	2.1	31.4	52.9	12.5	0.3	0.8	2	Small
36	2.5	6.5	58.5	20.1	11.2	2.0	1.7	0.0	1	VerySmall
37	0.6	0.1	1.2	5.3	19.4	34.9	28.6	10.5	5	VeryLarge
38	4.0	1.9	7.4	8.7	31.1	44.8	6.1	0.0	4	Large
39	16.6	20.3	58.0	19.2	2.2	0.3	0.0	0.0	1	VerySmall
40	12.9	17.4	71.8	10.1	0.6	0.1	0.0	0.0	1	VerySmall
41	13.4	5.6	85.2	8.7	0.5	0.0	0.0	0.0	1	VerySmall
42	1.2	0.1	7.6	64.2	26.8	1.3	0.0	0.0	2	Small
43	10.8	14.3	62.8	17.5	5.0	0.4	0.0	0.0	1	VerySmall
44	13.9	33.3	38.3	17.1	11.3	0.0	0.0	0.0	1	VerySmall
45	5.1	3.7	9.7	22.8	42.7	13.9	7.2	0.0	2	Small
46	10.6	5.9	50.2	35.8	8.1	0.0	0.0	0.0	1	VerySmall
47	9.9	13.4	22.0	20.2	37.5	5.1	1.8	0.0	2	Small

附表3 地点別の放射性核種濃度

No	放射能濃度(Bq/kg-Dry)								
	Cs-137	K-40	Ac-228	Pb-212	Bi-212	Tl-208	Pb-214	Bi-214	Be-7
1	4.17	418	18.8	20.9	18.7	5.87	14.3	12.8	0(ND)
2	4.78	270	13.3	15.4	15.0	4.50	11.7	8.99	0(ND)
3	1.11	501	25.0	28.7	34.1	8.45	17.7	16.6	0(ND)
4	0(ND)	498	19.0	19.1	18.0	5.47	11.5	10.8	0(ND)
5	0(ND)	255	13.2	12.9	11.7	3.71	14.3	12.6	0(ND)
6	0.655	233	13.3	14.8	14.1	4.14	15.3	12.6	0(ND)
7	1.14	1090	33.9	36.3	33.4	10.2	17.9	16.1	0(ND)
8	0(ND)	1140	53.8	55.9	58.4	16.1	41.8	37.6	0(ND)
9	1.07	1260	44.1	47.5	42.8	13.2	29.3	24.5	0(ND)
10	0.726	786	13.5	14.4	12.9	3.92	6.88	6.36	0(ND)
11	0(ND)	508	32.2	34.9	31.6	9.77	7.85	7.80	0(ND)
12	0(ND)	917	26.5	29.7	23.1	8.55	10.6	9.62	0(ND)
13	0(ND)	720	17.7	21.1	22.9	5.94	7.22	5.58	0(ND)
14	0.610	673	18.6	19.9	22.3	6.16	8.91	7.85	0(ND)
15	0.760	425	12.8	15.2	15.5	3.91	10.6	9.62	0(ND)
16	3.14	359	25.5	27.0	24.0	7.24	15.7	14.6	20.0
17	0.843	733	26.5	28.4	23.1	7.78	11.9	9.67	0(ND)
18	1.89	688	49.2	48.9	43.4	14.9	19.4	16.7	0(ND)
19	1.98	797	22.6	25.4	23.0	7.56	12.3	10.7	0(ND)
20	1.63	515	27.5	28.7	30.2	8.57	14.4	12.3	11.4
21	1.33	978	20.0	22.6	14.7	6.26	8.91	7.02	0(ND)
22	0.654	616	19.8	21.0	25.4	6.45	10.2	8.42	0(ND)
23	1.20	577	28.0	29.5	24.3	8.71	18.6	16.2	0(ND)
24	1.67	593	26.0	28.9	24.3	8.80	18.4	15.7	8.54
25	1.06	347	20.9	22.4	21.9	5.88	10.8	9.47	0(ND)
26	4.43	386	14.8	17.5	17.0	4.90	6.38	4.90	11.6
27	2.92	324	19.2	19.8	16.0	5.61	8.59	7.25	0(ND)
28	3.73	435	18.8	20.7	18.2	6.02	12.9	11.5	0(ND)
29	0(ND)	700	3.83	5.12	0(ND)	1.43	3.98	3.86	0(ND)
30	0(ND)	450	6.50	6.61	0(ND)	1.72	5.93	4.57	0(ND)
31	0.823	663	14.0	19.4	20.1	4.89	13.0	11.0	17.4
32	1.28	739	17.7	22.0	20.0	6.25	11.6	10.3	41.7
33	0.702	429	15.3	18.2	15.4	5.07	11.7	10.9	18.9
34	0.790	263	8.35	9.82	11.0	2.54	6.75	6.51	0(ND)
35	1.51	449	15.5	17.7	19.0	4.94	9.37	8.20	0(ND)
36	0(ND)	733	28.2	37.1	37.2	10.5	20.7	19.1	14.6
37	0(ND)	841	32.0	35.9	37.8	10.2	9.69	8.06	0(ND)
38	1.21	845	23.8	27.0	32.5	7.90	14.4	12.4	15.5
39	3.06	476	33.6	35.2	32.3	10.3	14.7	12.7	0(ND)
40	3.69	522	30.5	33.3	35.3	10.0	16.3	12.7	0(ND)
41	5.05	669	52.1	55.6	53.3	16.0	16.0	12.2	0(ND)
42	0(ND)	794	13.8	13.7	16.1	4.11	7.34	6.46	0(ND)
43	2.43	556	56.2	58.8	49.9	17.0	19.4	15.9	0(ND)
44	3.88	493	37.0	47.9	44.4	13.2	19.2	15.6	0(ND)
45	0(ND)	590	17.1	18.0	17.5	4.86	7.61	7.24	0(ND)
46	2.08	651	47.6	53.9	47.6	15.0	21.6	19.2	0(ND)
47	1.60	662	50.3	50.6	49.0	14.5	20.1	17.8	0(ND)

附表 4 放射性核種濃度の粒度別比較

附表 4-1 放射性核種濃度の粒度別比較 (地点 2)

粒度	放射能濃度(Bq/kg-Dry)								
	Cs-137	K-40	Ac-228	Pb-212	Bi-212	Tl-208	Pb-214	Bi-214	Be-7
0-75 μ m	9.80	202	16.6	18.2	20.9	5.01	11.4	9.80	0(ND)
75-250 μ m	7.01	272	15.9	18.5	17.2	4.81	11.4	9.02	0(ND)
250-425 μ m	5.14	273	13.4	15.9	14.7	3.97	9.29	8.51	0(ND)
425-850 μ m	4.61	282	14.1	16.9	14.3	4.94	10.6	8.70	0(ND)
850-2000 μ m	3.48	303	16.1	18.0	16.3	5.16	10.9	9.93	0(ND)

附表 4-2 放射性核種濃度の粒度別比較 (地点 7)

粒度	放射能濃度(Bq/kg-Dry)								
	Cs-137	K-40	Ac-228	Pb-212	Bi-212	Tl-208	Pb-214	Bi-214	Be-7
0-75 μ m	3.09	636	66.2	68.1	74.0	17.6	77.8	59.0	0(ND)
75-250 μ m	1.63	825	57.2	60.6	54.4	17.3	40.1	34.5	0(ND)
250-425 μ m	1.60	1020	36.6	36.7	35.7	10.2	16.1	13.4	0(ND)
425-850 μ m	1.71	1190	32.7	35.2	37.6	10.3	16.7	14.4	0(ND)
850-2000 μ m	0.239	1100	22.6	22.5	22.6	6.31	14.7	11.9	0(ND)

附表 4-3 放射性核種濃度の粒度別比較 (地点 9)

粒度	放射能濃度(Bq/kg-Dry)								
	Cs-137	K-40	Ac-228	Pb-212	Bi-212	Tl-208	Pb-214	Bi-214	Be-7
0-75 μ m ^{注)}	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75-250 μ m	1.27	970	97.0	98.1	90.9	28.2	123	108	0(ND)
250-425 μ m	0.888	1160	40.8	43.9	45.5	13.2	26.3	23.6	0(ND)
425-850 μ m	0.753	1280	40.2	44.7	47.3	12.5	22.3	18.0	0(ND)
850-2000 μ m	0.648	1250	28.0	29.6	32.4	8.84	16.9	15.3	0(ND)

注) 試料量不足のため測定不可

附表 4-4 放射性核種濃度の粒度別比較 (地点 46)

粒度	放射能濃度(Bq/kg-Dry)								
	Cs-137	K-40	Ac-228	Pb-212	Bi-212	Tl-208	Pb-214	Bi-214	Be-7
0-75 μ m	1.85	709	50.1	52.9	66.1	15.4	24.3	20.0	0(ND)
75-250 μ m	1.79	694	51.4	53.4	48.4	14.4	24.7	20.0	0(ND)
250-425 μ m	2.14	647	49.8	52.7	51.9	15.7	22.3	20.0	0(ND)
425-850 μ m	1.75	653	51.1	52.6	48.1	14.0	23.1	18.9	0(ND)
850-2000 μ m ^{注)}	-	-	-	-	-	-	-	-	-

注) 試料量不足のため測定不可

附表 4-5 放射性核種濃度の粒度別比較 (地点 47)

粒度	放射能濃度(Bq/kg-Dry)								
	Cs-137	K-40	Ac-228	Pb-212	Bi-212	Tl-208	Pb-214	Bi-214	Be-7
0-75 μ m	2.10	660	59.3	63.1	70.3	16.7	25.2	22.7	0(ND)
75-250 μ m	2.29	592	52.3	53.6	51.8	16.3	20.4	17.7	0(ND)
250-425 μ m	1.30	594	45.3	50.5	49.6	14.1	18.9	14.8	0(ND)
425-850 μ m	1.95	660	46.9	50.7	45.6	14.8	20.1	17.7	0(ND)
850-2000 μ m	0(ND)	688	34.3	43.0	38.0	11.1	20.0	15.1	0(ND)