

6. 地球化学図による全国的な有害元素のバックグラウンドと環境汚染評価手法の高度化に関する研究

担当機関 経済産業省 独立行政法人 産業技術総合研究所 今井 登

重点強化事項 土壌

研究期間 平成11年度～平成15年度

研究予算総額 124,865千円

研究の背景と目的

近年、産業廃棄物等による土壌汚染や地下水汚染において有害物質の拡散が問題になっており、これらの汚染を迅速かつ正確に評価することが重要かつ緊急の課題となっている。しかしながら、自然界には鉱床等で代表されるように、自然的要因でもともと特定元素が濃集した地域があり、人為的な汚染の影響を評価するためにはこれらの自然起源の元素によるバックグラウンド値を正しく把握する必要がある。本研究では、日本全土における有害元素(As, Be, Cd, Hg, Mo, Sb等)をはじめとする約50元素の地球化学図(元素の分布図)を作成し、有害元素の広域分布特性と地質的、地理的、地球化学的諸要因の関係及び有害元素の存在形態等の測定結果を総合的に解析して、自然バックグラウンドと人為汚染の評価手法の検討を行う。

研究の成果

本研究では日本全国の地球化学図を作成するため全国から約3,000個の河川堆積物を採取した。河川堆積物とは河川の河床に堆積している細粒の川砂のことであり、その試料を採取した地点より上流域に分布する岩石や堆積物、土壌等を河川が流下するに際して削剥・混合してできたものと考えら、河川堆積物の組成はその河川の上流域を代表すると考えることができる。従って、河川堆積物を用いれば比較的少ない試料数で広い地域の情報をカバーすることができ地球化学図ではもっともよく使用される試料である。採取した試料を自然乾燥(風乾)し、磁石を用いて磁鉄鉱などの明らかな磁性鉱物を除いた後、80メッシュ(180 μ)以下の粒度の試料を分離し分析した。試料の主成分および微量成分元素の分析についてはICP発光分析法、ICP質量分析法で、水銀とヒ素については原子吸光法を用いて分析した。

試料を採取した地点の元素濃度をもとに地球化学図を作成した。ここで各試料採取点ごとに流域解析を行った。流域は各試料採取点周辺の標高データを元に地形の傾斜を求め、これに沿って水の流れる方向を計算して集水域を求めて算出した。標高データとしては国土地理院の50mメッシュ標高データを用い、解析ソフトはESRI社のArc GISを用いた。本研究では簡単のため試料採取点に適当なメッシュをかけ、地形を考慮しながらメッシュごとに流域の帰属を定める方法を採用し、このようなメッシュデータを元に地理情報システムを用いて地球化学図を作成した。

得られた全国の地球化学図の特徴を解析した結果、クロムの分布は四国・近畿を東西に横断する中央構造線や北海道の中央部を南北に縦断する構造線に沿って顕著な高濃度域が見られ、このほか北陸の姫川流域などいくつかの地域で特徴的な高濃度域が見られることが分かった。これは、この地域に分布する変成岩、主にクロムやニッケルを多量に含有する超塩基性岩の蛇紋岩に起因すると考えられる。カリウムは背

景の地質と密接な関係があり酸性岩が広く分布する西日本で濃度が高くなっており、酸性岩の分布が少ない東日本では濃度が低くなっている。反対に鉄、スカンジウム、バナジウム等は玄武岩などの塩基性岩で濃度が高く、塩基性岩の分布が卓越する東日本で濃度が高く西日本で濃度が低くなっている。

ヒ素、カドミウム、銅、鉛、アンチモン、亜鉛は、鉱床が存在する地域で顕著に濃度が高く、足尾、日立、尾去沢、小坂、生野、別子などの鉱山の存在する地域で高濃度となっている。水銀はイトムカや大和鉱山などの大規模な水銀鉱床の存在する地域で顕著な高濃度を示すほか、しばしば分布は不規則で高濃度域の再現性も一定しない。ランタンをはじめとする希土類元素の分布については、花崗岩地域で濃度が高いが東海地域などできわめて濃度の高い異常濃集帯が認められる。また、ウラン、トリウム、カリウムの濃度から計算によって地表の自然放射線の分布を求めたが、西日本で自然放射線が高く東日本で低いことが分かった。

また、形態別分析法の研究として希酸(0.1M塩酸)可溶性元素の分析を行った。地球化学図で用いられる元素濃度は基本的には全量分析の値であるが、希酸(0.1M塩酸)に可溶性元素濃度を求めると異なった分布が得られる。希酸に可溶性元素は粒子の表面に吸着しているか、または酸に簡単に溶け出す形で存在している元素で、このような希酸に可溶性元素は移動しやすく、環境汚染により関係していると考えられる。本研究では0.1N塩酸浸出法による可溶性元素の抽出法を用いた。この方法はカドミウム、銅について「農用地の土壤の汚染防止に関する法律」に基づく検定方法に採用されている方法である。形態別分析で得られた地球化学図を見ると、銅、鉛、亜鉛、カドミウムなどの重金属は基本的に含有量の分布とよく一致し鉱床のある地域で高濃度を示したが、リン、クロム、バリウムなどの元素は含有量とは全く異なった特徴的な分布を示すことが分かった。

採取した全国の河川堆積物の元素濃度データの平均値、中央値、最大値、最小値、標準偏差を計算した。平均値の算出に当たっては統計的に異常値(はずれ値)は除外して計算した。平均値・中央値と日本の元素存在度(日本の上部地殻の元素組成平均値)と比較すると河川堆積物の濃度の値が高い元素はTi, As, Cu, Pb, Zn、同程度なのがFe, Mg, P, Ba, Co, Cs, Sb, V、低い元素はAl, Ca, K, Na, Li, Cr, Ni, Rb, Sc, Sr, Th, U、希土類元素である。鉱床に関係している元素は日本の元素存在度よりやや高い値となった。それ以外の元素と希土類元素、U, Th等の河川堆積物の値は日本の元素存在度よりやや低い値となった。

元素の分布を支配している要因を統計的に明らかにするため因子分析を行った。第1因子はイットリウムと希土類元素(重希土類元素)に因子が高く、花崗岩をはじめとする酸性岩の影響が考えられる。第2因子はカリウム、リチウム、ベリリウム、ルビジウムで正の因子が高く、カルシウム、鉄、マグネシウム、チタン、バナジウム、スカンジウムで負の因子が高い。これは西日本では酸性岩の分布が卓越し、東日本では塩基性岩が広く分布するということを表していると考えられる。第3因子は希土類元素(軽希土類元素)の因子が高く第1因子と同様な酸性岩の分布を示す。第4因子は銅、亜鉛、カドミウム、スズ、アンチモン、鉛、ビスマス、ヒ素の因子が高く鉱床を示している。第5因子はウラン、トリウム、自然放射線の因子が高く放射性元素の因子である。第6因子はマグネシウム、クロム、コバルト、ニッケルの因子が高く、超塩基性岩を示している因子である。以上のような因子が全体の元素の分布を支配していると考えられる。また、元素の分布に関して互いに相関の高い元素はニッケル - クロム、亜鉛 - カドミウム、銅 - カドミウム、アンチモン - 鉛、ウラン - トリウム、鉄 - スカンジウム、鉄 - バナジウム、カリウム - ルビジウム等であった。

地球化学図による元素の分布がどのような要因によって決まっているのかを調べるため、地質、土壤、地形、金属鉱床、温泉、断層、土地利用、気候(降水量、気温等)、人口、水質、大気等のデータをデジタ

ル化し地理情報システムの上に取り込んだ。その結果、全体の元素の分布についてはその地域を構成する岩石・堆積物の組成である地質の影響が最も大きく、また、各地域の局所的な元素の異常値については鉱床の影響が最も大きいことが分かった。これ以外の要因では温泉が多く元素の局所的な分布に影響を与えており、また、地域によっては都市や農業活動などの人為的な影響が認められた。

また、これまでに蓄積された地球化学図の全データを、容易に参照・理解できる形で公表すると共に、一般に配布できるような形で地球化学図を作成した。これらの全データはホームページ上で公開し、ネットワーク上からも全国の地球化学図、地方の地球化学図、試料の詳細情報(緯度経度、地名、河川名、河床幅、流水幅、流速、河床状況、試料粒度、試料色調、護岸、コメント等)を簡単に参照できる形で作成した。

今後は、これまでに作成した陸域での地球化学図を海に拡張し、陸から沿岸海域への元素の移動と循環を解明する。そのために日本の全沿岸海域底質中の微量有害元素等のバックグラウンド値を明らかにし、有害元素等の起源や海洋環境中における動態を解明するための沿岸海域地球化学図を作成する予定である。これにより、既存の陸域地球化学図とのシームレスな総合的解析により、河川流域から沿岸域への有害元素等の移動・拡散と循環メカニズムを解明し、陸域および海域での環境保全に資することが期待される。

研究のまとめ

本研究では、日本全土における有害元素をはじめとする約50元素の地球化学図を作成した。試料としては河川堆積物を用い、試料の採取密度は1試料 / 10 x 10 kmとして約3,000試料を採取した。試料採取地点に関する流域解析を行い、地球化学図を作成するシステムを構築した。

地球化学図の特徴としては、クロムの分布は四国・近畿を横断する中央構造線や北海度の中央部に南北に縦断する構造線に沿って顕著な高濃度地域が見られた。カドミウム、ヒ素、鉛等は、各地の鉱床に関連して濃度が高い地域が見られた。カリウム、リチウム、ルビジウム等は背景の地質と密接な関係があり酸性岩が広く分布する西日本で濃度が高くなっており、酸性岩の分布が少ない東北地方では濃度が低くなっていることが分かった。

有害元素の広域分布と地域の諸要因の関係を解析するため、地理情報システム上に元素の分布を表示するとともに、地質、地形、土壌、断層、土地利用、人口、降水量、水質、大気などの背景データを重ね合わせ、両者の相関を解析した。その結果、全体の元素の分布については地質の影響が最も大きく、その他鉱床や温泉が多く元素の局所的な分布に影響を与えていることが認められた。また、地球化学図の全データを、容易に参照・理解できる形で公表すると共に、一般に配布できるような形で地球化学図を作成した。今後は出版やwebなど様々な形で地球化学図の公表に努めるとともに、河川流域から沿岸域への有害元素等の移動・拡散と循環メカニズムを解明するために沿岸海域の地球化学図を作成する予定である。



図1 資料採取点(梓川、長野県南安曇郡安曇村)



図2 採取した試料

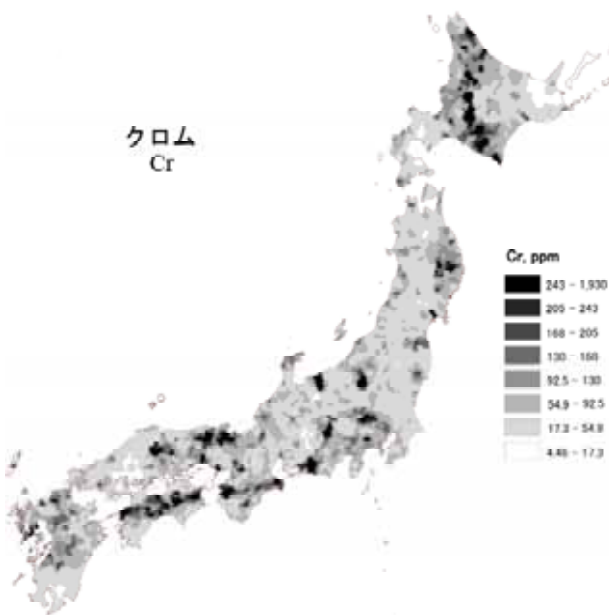


図3 クロムの全国地球化学図

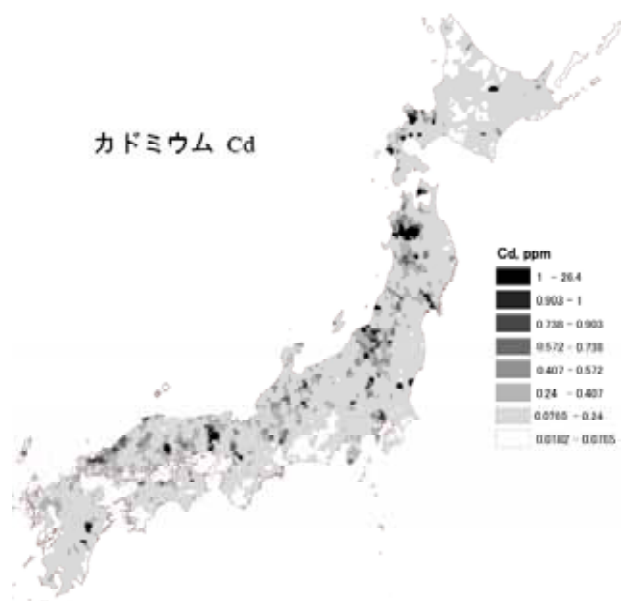


図4 カドミウムの全国地球化学図

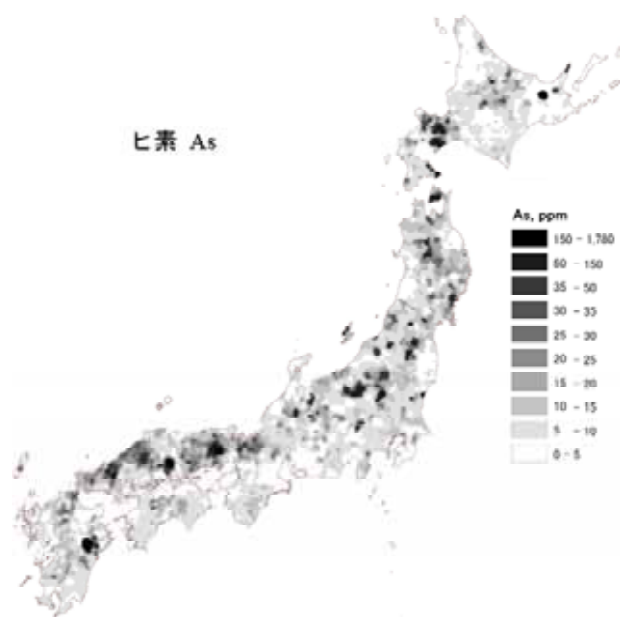


図5 ヒ素の全国地球化学図

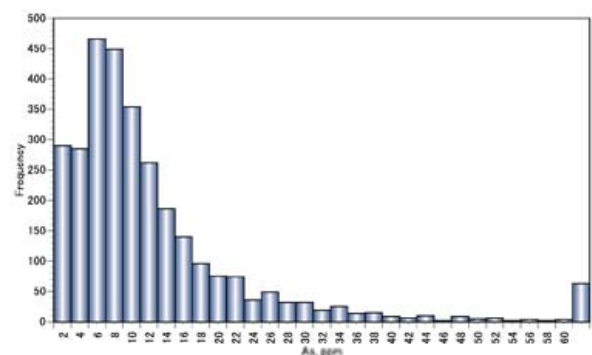


図6 ヒ素のヒストグラム

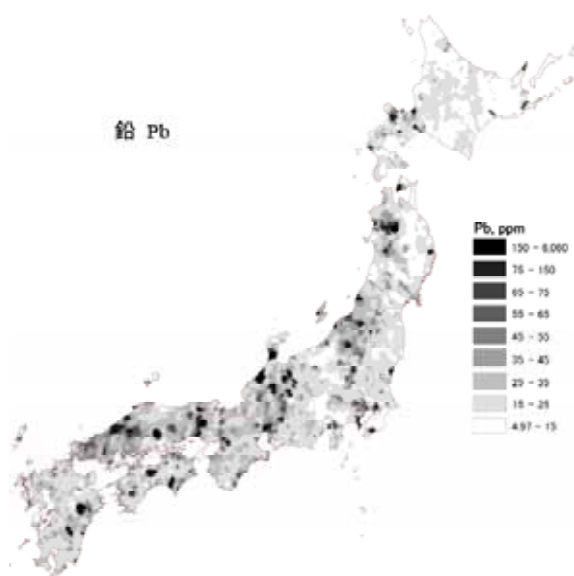


図7 鉛の全国地球化学図

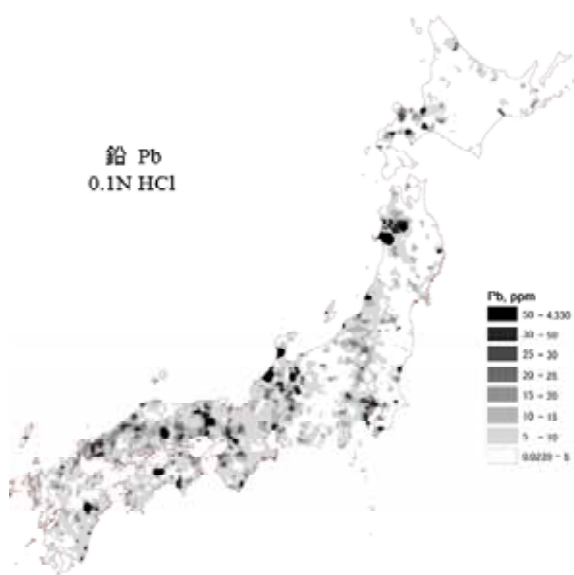


図8 鉛の0.1N 塩酸抽出地球化学図

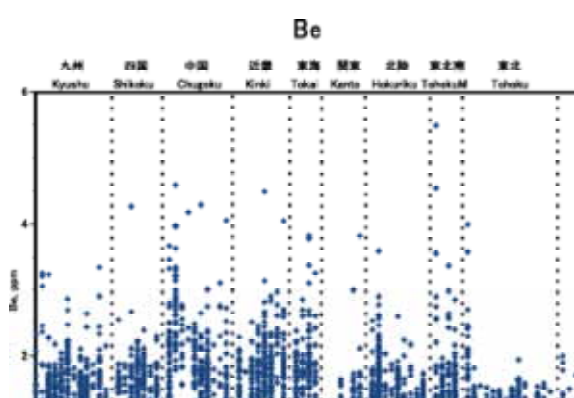


図9 ベリリウムの地域別の元素濃度

表1 全国の河川堆積物 3024 個の元素濃度データの中央値

元素	中央値	元素	中央値	元素	中央値
Al ₂ O ₃ , %	10.87	Cu	27.4	Rb	65.6
CaO	2.33	Dy	2.86	Sb	0.601
Fe ₂ O ₃	5.74	Er	1.66	Sc	13.4
K ₂ O	1.74	Eu	0.816	Sm	3.29
MgO	2.56	Ga	16.2	Sn	2.14
MnO	0.12	Gd	3.14	Sr	146
Na ₂ O	2.16	Hf	1.55	Ta	0.574
P ₂ O ₅	0.121	Hg	0.040	Tb	0.552
TiO ₂	0.716	Ho	0.56	Th	5.43
As, ppm	8	La	16.5	Tl	0.469
Ba	413	Li	28.3	Tm	0.265
Be	1.32	Lu	0.245	U	1.29
Bi	0.226	Mo	1.15	V	119
Cd	0.13	Nb	7.16	Y	17.3
Ce	30.2	Nd	15.6	Yb	1.66
Co	14.2	Ni	20.7	Zn	107
Cr	53.1	Pb	20.7	Zr	54.3
Cs	3.59	Pr	3.91		



図10 ホームページ表紙

研究発表

発 表 題 名	掲載法 / 学会等	発表年月	発 表 者
(紙上発表)			
・ Younger upper crustal chemical composition of the oreogenic Japan Arc	Geochem. Geophys. Geosyst.	12.12	富樫、今井、奥山、田中、岡井、駒
・ 地球化学図による元素解析	地学雑誌, vol.110	13.4	今井
・ 山形市周辺地域における元素分布の特徴について	地球化学, vol.36	14.2	太田、今井、岡井、遠藤、川辺、石井、田口、上岡
・ Melt contribution to partitioning of trace elements between plagioclase and basaltic magma of Fuji volcano, Japan	Applied Surface Sciences, vol. 203	15.1	富樫、木多、富谷、森下、今井
・ Geochemical Map of Japan	Geochimica et Cosmochimica Acta, vol.67	15.12	今井、寺島、岡井、御子柴、太田、立花、富樫
・ Geochemical map in Hokuriku, Japan: Influence of surface geology and metal deposit, and mass movement from land to ocean	Applied Geochemistry, vol.19	16.6	太田、今井、寺島、立花、池原、中島
・ 日本の地球化学図	地質調査総合センター出版物	印刷中 (16.9)	今井、寺島、岡井、御子柴、太田、立花、富樫
(口頭発表)			
・ Geochemical map of the Tohoku region, northern Honshu, Japan	Goldschmidt Conference	15.9	御子柴、今井
・ Geochemical Map of Japan	Goldschmidt Conference	15.9	今井、寺島、岡井、太田
(その他)			
・ 有害物分布分かる地球化学図	読売新聞	13.5	今井
・ Geochemical map to shed light on pollution	The Daily Yomiuri	13.5	今井
・ 元素分布一目で分かる	しんぶん赤旗	13.8	今井
・ 環境と汚染 - 元素の分布から何が分かるか 全国地球化学図	ホームページ http://www.aist.go.jp/RIO-DB/geochemmap/	作成中 (16.7)	今井

工業所有権

特許等の名称	願書年月日	広告番号	広告期日	登録番号
なし				