

地質情報展2006 こうち 高知市周辺地域の地球化学図

御子柴(氏家)真澄¹⁾・今井
岡井 貴司¹⁾・立花 好子¹⁾・金井

登¹⁾・太田 充恒¹⁾・久保田 蘭¹⁾・寺島 滋¹⁾
豊²⁾・上岡 晃²⁾・富樫 茂子¹⁾・松久 幸敬¹⁾

1. はじめに

地表において、ある元素がどの地域にどの程度の濃度で存在しているかを示す地球化学図は、化学的側面からみた地質情報として重要なものです。

産業技術総合研究所では、従来から河川堆積物を用いた地球化学図の作成に取り組んでおり(伊藤ほか, 1991; 今井ほか, 2001), 2004年には日本全国をカバーする地球化学図の出版を行いました(今井ほか, 2004)。また、海底堆積物を用いた沿岸域の地球化学図の作成にも取り組んでいます。

ここでは、高知地質情報展で展示を行った、高知市周辺地域を含む四国の地球化学図と元素分布の特徴について、概要を紹介します。

2. 地質情報展における地球化学図の展示

2006年の高知地質情報展では、四国の地球化学図の紹介を中心とした展示を行いました(写真1, 2)。今回は、例年行っている地球化学図の展示や、環境



写真1 地質情報展における地球化学図の展示の様子。

を考えるための水を調べる実験に加えて、地球化学図作成に用いた河川堆積物を実体顕微鏡で観察するコーナーも設けました。ふるいにかける前の試料を数種類準備し、あらかじめ水洗いして粘土などを取り除きました。観察に用いた試料は、高知県内の伊尾木川や穴内川から採取された泥岩・砂岩の岩片や石英粒子などを含む茶褐色の砂、愛媛県・大明神川の花崗岩類の粒子を含む明色の砂、愛媛県・関川の変成鉱物を含む砂、徳島県・山田川の銅や亜鉛を多く含む砂などです。

来場者の方々からは、地球化学図というものはじめて見た/高知市の北にある蛇紋岩の影響が地球化学図に表れているので興味深い/実体顕微鏡で見ると砂がきれいでびっくりした/など、様々な感想やコメントが寄せられました。

3. 河川堆積物による地球化学図の特徴

地球化学図は、地表物質の代表的な試料を多くの場所から採取して化学分析を行い、その結果を地図



写真2 河川堆積物を実体顕微鏡で観察するコーナー。

1) 産総研 地質情報研究部門
2) 産総研 地圏資源環境研究部門

キーワード: 高知, 四国, 地球化学図, 河川堆積物, ウラン, クロム, 鉄, 銅, 亜鉛, 水銀

上で元素ごとの濃度分布図として表現します。地表物質の代表として、川の河床にたまった砂や粘土からなる河川堆積物がよく用いられますが、その理由として、河川堆積物が採取地点より上流域に分布する岩石や堆積物が混合したものであるため比較的少ない試料数で広い地域の情報をカバーできる(今井ほか, 2001; 今井ほか, 2004)ということが挙げられます。

地表の物質は、多種多様な岩石や堆積物・土壌などから構成され、通常その元素濃度は細かいスケールで変動していますが、河川堆積物の化学組成をもとに作られた地球化学図では、細かい変動は平均化され、地表物質の平均的な元素濃度が広い地域でどのように変化しているかが示されます。

河川堆積物の化学組成は、多くの場合、採取地点の上流域に分布する岩石の種類やその化学組成など、上流域の地質を最もよく反映したものとされます。さらに、上流域の岩石の変質や過去に生じた鉱化作用、現在の地表での風化作用など、地殻や地表における元素の移動の影響を受けている可能性があります。また、上流域で人間の産業活動が盛んな場合や人口密集地がある場合などには、河川堆積物の化学組成にその影響が現れる可能性もあります。このように、河川堆積物の化学組成や、河川堆積物を用いた地球化学図は、その地域の地質に加え、様々な要因に由来する自然的・人為的影響を受けている可能性があります。

4. 試料・分析法・作図法

4.1 試料および分析法

四国地方の河川において、広い流域を代表するような地点を多数選び、細粒の河川堆積物を約1kgずつ採取しました。河川堆積物は、自然乾燥したのち、ふるいにかけて0.18mm以下の粒度にそろえ、磁石で磁性の強い鉱物を取り除いて分析試料としました。一般の元素の場合は、試料0.2gを硝酸-過塩素酸-フッ化水素酸で分解し、薄い硝酸溶液としてICP発光分析法・ICP質量分析法により定量しました。ヒ素と水銀については原子吸光法を用いて分析しました。

4.2 作図法

河川堆積物の化学組成を用いて濃度分布図を作成する場合、濃度データをその試料の採取地点の上

流域(堆積物を供給した可能性がある上流の地域の範囲)に対応させる必要があります。ここでは比較的簡便な方法を用いました。具体的には、まず対象地域にメッシュをかけて長さ数kmの四角い領域に細分し、それぞれの領域の中心点に、その領域を上流域(後背地)とする下流側の地点の河川堆積物の元素濃度を対応させます。ある領域の範囲が複数の試料採取点の上流域である場合は、それらの試料の平均値をとります(今井ほか, 2004)。次に、対象地域をさらに細かく分け、それぞれの領域に対して上のメッシュデータを用いた補間と平均化の計算を行い、濃度分布図を作成します。作図にはESRI社の地理情報システムソフトウェアArc View GISを用いました。なお、今回示した地球化学図における濃度のクラス分けは、累積度数分布を参考にしましたが、元素ごとに地域の特徴がより明らかになるように設定しました。

5. 四国地方の地球化学図

5.1 地形と地質の概要

四国には山地が多く、その伸長方向に沿って四国山地などの山々が連なっており、また海岸沿いに讃岐平野など小規模な平野がいくつか分布しています。

四国地域には、古生代から古第三紀にかけての地層や岩石が広く分布しています。四国の地質は、大局的には東北東-西南西方向に延びる帯状の構造を示し、北から、領家帯、三波川帯、秩父帯、四万十帯に区分されます(第1図参照)。領家帯と三波川帯の境には、西南日本内帯と外帯を分ける大きな断層である中央構造線が走り、秩父帯と四万十帯の境には仏像構造線が走っています。瀬戸内海に面した領家帯には広く白亜紀花崗岩類が分布し、南側では上部白亜系の砂岩・泥岩に覆われています。三波川帯は、低温高压型の変成帯であり、主に泥質片岩・塩基性片岩・砂質片岩・珪質片岩などの結晶片岩からなり、局部的に変斑れい岩・かんらん岩・蛇紋岩を伴います。秩父帯には、ジュラ紀付加体とみなされる堆積岩が広く分布し、南半部にはペルム紀の付加体のほか中生層・蛇紋岩・石灰岩などが伴われます。太平洋側の四万十帯は、白亜紀-古第三紀の付加体とみなされ、大部分は泥岩・砂岩からなりますが、一部に緑色岩類・層状チャートなどを伴います。三波川帯の西部や領家帯には中新世の火山岩類が点在し、

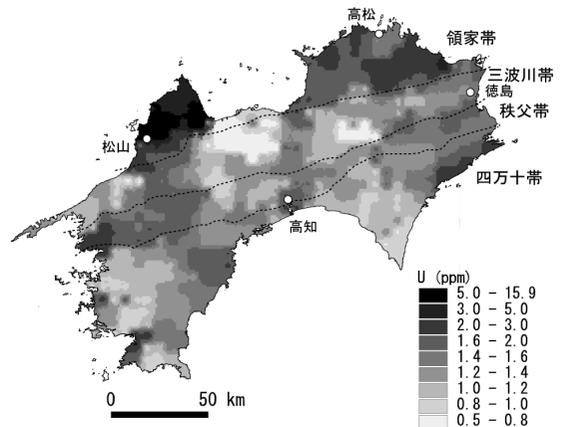
第1表 四国地域における河川堆積物中の元素濃度の平均値。CaOからTiO₂までは%, AsからZnまではppm。

	元素	濃度
%	CaO	1.37
	T-Fe ₂ O ₃	5.45
	K ₂ O	2.16
	MnO	0.12
	Na ₂ O	1.98
	P ₂ O ₅	0.131
	TiO ₂	0.668
ppm	As	7.7
	Ba	437
	Cd	0.13
	Ce	40.8
	Co	16.4
	Cr	93.3
	Cs	5.04
	Cu	44.2
	Hg	0.111
	La	20.6
	Li	41.6
	Mo	0.97
	Nd	19.0
	Ni	41.4
	Pb	24.5
	Rb	97.1
	Sb	0.77
	Sc	12.9
	Sn	3.4
	Sr	124
Th	7.0	
U	1.5	
V	111	
Zn	107	

平野部には第四系が分布しています。

5.2 河川堆積物の元素濃度

第1表には、四国の地球化学図の作成に用いた試料のいくつかの元素濃度について平均値を示しました。河川堆積物中の特定の元素の濃度は、鉱床などの影響により極端に高くなる場合がありますが、ここでは今井ほか(2004)と同様にそのような異常値を除いて計算しています。この四国地方の河川堆積物の平均的な組成は、日本全体の河川堆積物の平均組成



第1図 四国地方におけるウラン(U)の分布。

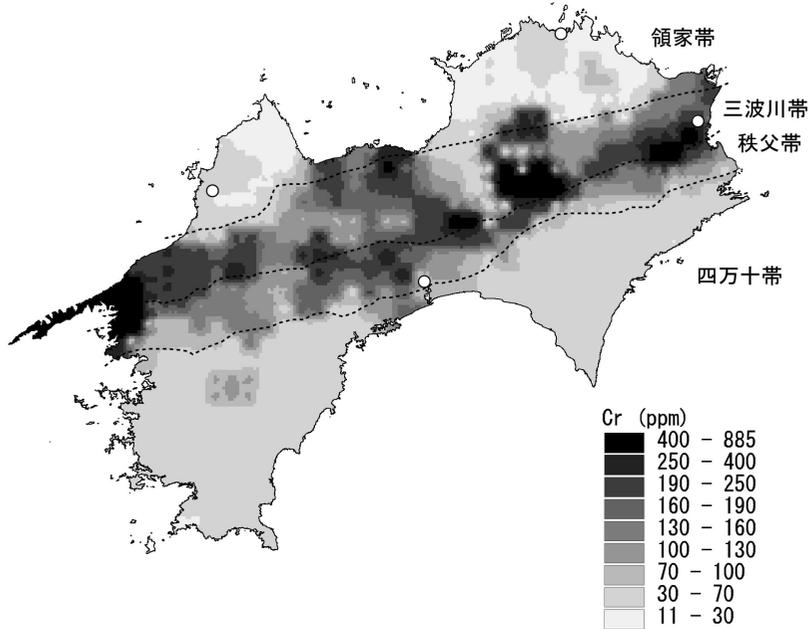
(今井ほか, 2004)に比較して、ニッケル、クロム、銅、水銀、リチウム、ルビジウムなどに富む一方、カルシウムに乏しくなっています。四国地域の河川堆積物のニッケルやクロムの平均濃度が高いのは、それらに富む超苦鉄質岩-苦鉄質岩(緑色岩)の影響が考えられます。またカルシウムの平均濃度が低いことは、堆積岩が広く分布することと関連しています。

5.3 元素の濃度分布図

四国において採取した河川堆積物173試料を用いて、地球化学図を作成しました(第1図-第6図)。ここでは、地球化学図に、領家帯、三波川帯、秩父帯、四万十帯の範囲を重ねて示します。また、県庁所在地の都市を白丸で示しました。

ウラン・トリウム

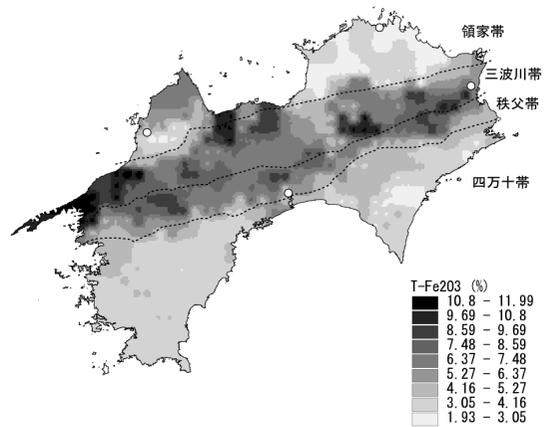
第1図に四国地方のウランの地球化学図を示します。河川堆積物中のウランは、四国北部で相対的に濃度が高く、特に、松山を含む北西側の半島部(高縄半島)で、より高濃度の値が得られました。これらの高濃度域は、花崗岩類が多く分布する領家帯の分布とほぼ一致しています。ウランと同様、トリウムや希土類元素も高縄半島に高濃度域が見られます。一般に、花崗岩類にはウランやトリウムが多く含まれており、四国北部でウラン・トリウムが比較的高濃度を示すのは、領家帯の花崗岩類によると考えられます。ウランについては、より詳しく見た場合、領家帯以外でも比較的高濃度を示す河川堆積物が海岸沿いなどに点在しています。



第2図 四国地方におけるクロム(Cr)の分布.

クロム・ニッケル・鉄

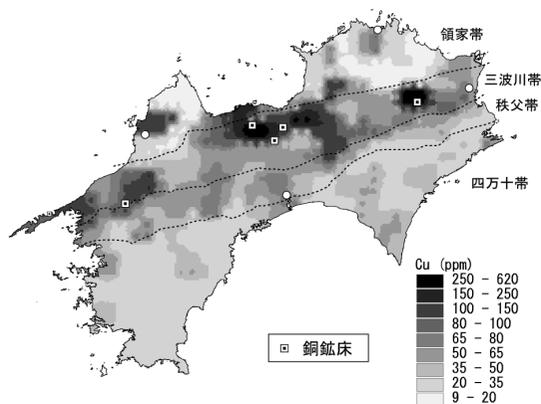
第2図にはクロムの地球化学図を示します。ニッケルも、クロムとよく似た濃度分布を示します。第2図では、高濃度の地域が四国の長軸方向に沿って帯状に配列しています。特に高濃度(おおむね200ppm以上)の地域は、三波川帯と秩父帯の境界に沿って直線的に並び、三波川帯の南端に沿って分布するみかぶ(御荷鉢)緑色岩の分布と重なっています。四国のみかぶ緑色岩は、玄武岩・斑れい岩・超苦鉄質岩などから構成されており、通常の島弧玄武岩よりもクロムやニッケルに富む海洋性の玄武岩質岩・ピクライト質岩を多く含むことが報告されています(川辺, 1974; 小澤ほか, 1997)。したがって、地球化学図における三波川帯と秩父帯の境界に沿うクロムの高濃度域は、みかぶ緑色岩の影響を強く受けていることがわかります。クロムの濃度が高い地域はみかぶ緑色岩の南北にも分布しており、三波川帯の超苦鉄質岩・苦鉄質岩や、秩父帯の超苦鉄質岩の影響が認められます。それよりもさらに南と北の地域ではクロムの濃度が低い傾向があり、領家帯と四万十帯に相当します。河川堆積物によるクロムやニッケルの地球化学図では、四国以外の地域においても超苦鉄質岩-



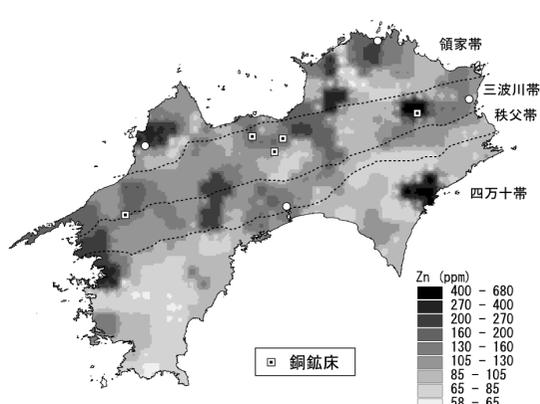
第3図 四国地方における鉄(T-Fe₂O₃)の分布.

苦鉄質岩によく対応した高濃度域が認められます(今井ほか, 2004; Ohta *et al.*, 2005; Ujiie-Mikoshiba *et al.*, 2006)。

第3図には全鉄(T-Fe₂O₃として表示)の地球化学図を示します。鉄の濃度分布のパターンは、クロムのパターンと類似しますが、濃度はよりなだらかに変化しています。相対的に鉄に富む地域は、四国の中軸部



第4図 四国地方における銅(Cu)の分布.



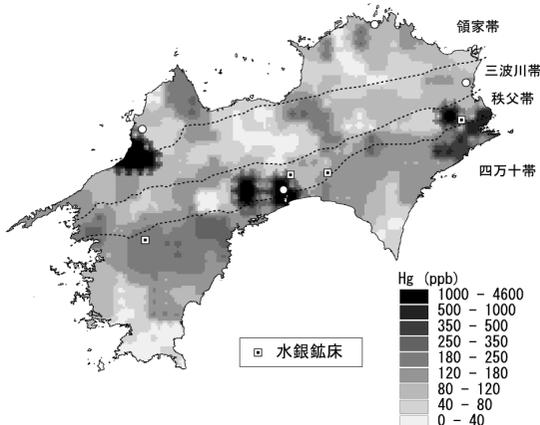
第5図 四国地方における亜鉛(Zn)の分布.

に沿って東北東から西南西方向に伸び、三波川帯と秩父帯の分布にほぼ一致しています。一方、相対的に鉄に乏しい地域は、その南北に広がり、領家帯と四万十帯の分布に重なっています。鉄と同様、バナジウムやスカンジウムなど、一般に苦鉄質岩に多く含まれる元素についても、三波川帯・秩父帯で高濃度、領家帯・四万十帯で低濃度の傾向が認められました。このような濃度分布のパターンは、三波川帯や秩父帯において主に海洋起源の苦鉄質岩やそれに由来する碎屑岩がしばしば含まれ全体として苦鉄質元素に富むのに対し、南側の四万十帯では苦鉄質岩に由来する成分の影響が小さいことを示していると考えられます。領家帯の低濃度域は花崗岩類が広く分布することと調和的です。

銅・亜鉛・水銀

第4図には銅の地球化学図を示します。銅が特に高濃度(おおむね100ppm以上)を示す地域は主に三波川帯に沿って東西に配列しています。三波川帯には、海底火山活動に伴う銅・硫化鉄鉱床が多数分布しており、そのうちかつて大規模な鉱山であったものについては第4図に重ねて示しました。銅の高濃度域は、図に示した西部の大久喜鉱床、中央部の別子、佐々連鉱床や、東部の高越鉱床などの近くに見られる場合が多く、銅鉱床の影響を受けていると考えられます。広域的にも三波川帯で高濃度である傾向が見られます。

第5図には亜鉛の地球化学図を示します。四国では、亜鉛を主体とした鉱床はほとんどありませんが、



第6図 四国地方における水銀(Hg)の分布.

銅・硫化鉄鉱床の一部ではかつて亜鉛も採掘されたので、第5図には第4図と同じく主な銅・硫化鉄鉱床を重ねて表示しました。亜鉛の高濃度域は、一部で銅・硫化鉄鉱床の分布と重なる場合も見られますが、銅の高濃度域よりは鉱床との関係が明確でなく、それ以外にも周囲より濃度の高い地域が点在します。このうち他の親銅元素にも富むいくつかの河川堆積物は、何らかの人為的影響を受けている可能性があります。広域的には、四万十帯の大半の地域で低濃度の傾向があります。

第6図には水銀の地球化学図を示します。水銀は試料の不均質などによる分析値の変動が大きく再現性が乏しい場合があります(今井ほか, 2004)。地球

化学図から広域的な傾向を読み取ることはできます。第6図において、水銀の濃度は、銅などと違い、四国の中軸部より南側の地帯で高い傾向が認められました。この帯状の高濃度域は、仏像構造線の近くやその南側の地域(秩父帯・四万十帯)にあたります。図にはかつて水銀が採掘された主な鉱床(由岐、双葉鉱床など)を重ねて示していますが、それらも仏像構造線の近くに分布しています。四国における水銀鉱床は、秩父帯や四万十帯の断層や破碎帯を充填する脈として存在することが多く、さらに三波川帯・秩父帯の層状マンガン鉱床中には、鉱石部や母岩の割れ目に辰砂(水銀の硫化鉱物, HgS)の薄膜・細脈が認められています(須鎗ほか, 1991)。第6図に見られる水銀の高濃度域も、場所によっては水銀鉱床の影響を受けるか、または鉱床よりも小規模な水銀に富む脈などの影響を受けた可能性があります。南部の帯状の高濃度域は、断層などの地質構造や広域的な地質条件に規制されているようです。

6. おわりに

四国は、西南日本外帯・内帯を構成する岩石が規則正しく配列する地域であり、その地球化学図は、地質学の観点からも興味深いものです。ここに挙げた以外にも多くの元素が特徴的な濃度分布を示しており、地質的・人為的な影響についてさらに解析を進める必要があります。また、現在作成中の沿岸域の地球化学図と照らし合わせることで、陸域と沿岸域の元素分布の関係が明らかになることが期待されます。

文 献

- 今井 登・寺島 滋・岡井貴司・金井 豊・御子柴真澄・上岡 晃・富樫茂子・松久幸敬・谷口政碩・横田節哉(2001): 国内外の地球化学図と日本全国をカバーする地球化学図プロジェクト、地質ニュース, no.558, 9-17.
- 今井 登・寺島 滋・太田充恒・御子柴(氏家)真澄・岡井貴司・立花好子・富樫茂子・松久幸敬・金井 豊・上岡 晃・谷口政碩(2004): 日本の地球化学図, 地質調査総合センター, 209p.
ホームページ: <http://riodb02.ibase.aist.go.jp/geochemmap/>
- 伊藤司郎・上岡 晃・田中 剛・富樫茂子・今井 登・金井 豊・寺島 滋・宇都浩三・岡井貴司・氏家真澄・柴田 賢・神谷雅晴・佐藤興平・坂本 亨・安藤 厚(1991): 地球化学アトラス-北関東-, 地質調査所, 30図版, 35p.
- 川辺岩夫(1974): 西南日本古生界地向斜玄武岩の遷移元素含有量とその地質学的意義, 地質学雑誌, 80, 539-554.
- Ohta, A., Imai, N., Terashima, S. and Tachibana, Y. (2005): Influence of surface geology and mineral deposits on the spatial distributions of elemental concentrations in the stream sediments of Hokkaido, Japan. *J. Geochem. Explor.* 86, 86-103.
- 小澤大成・井上宗弥・村田 守(1997): 四国東部に分布するみかぶ緑色岩類塩基性火山岩の岩石学的特徴, 基盤研究(A)付加体形成における緑色岩の意義, 研究報告, No.2, 25-29.
- 須鎗和巳・岩崎正夫・鈴木堯士(編)(1991): 日本の地質8, 四国地方, 共立出版, 267p.
- Ujii-Mikoshihara, M., Imai, N., Terashima, S., Tachibana, Y. and Okai, T. (2006): Geochemical mapping in northern Honshu, Japan. *Appl. Geochem.* 21, 492-514.

MIKOSHIBA (UJIE) Masumi, IMAI Noboru, TERASHIMA Shigeru, OKAI Takashi, OHTA Atsuyuki, TACHIBANA Yoshiko, KUBOTA Ran, KANAI Yutaka, KAMIOKA Hikari, TOGASHI Shigeko and MATSUHISA Yukihiko (2007): The geochemical map of the Shikoku region, Japan.

<受付: 2007年5月18日>