

# 河川底質物からみた流域の地球化学的環境影響評価 —近畿地方淀川と大和川の例—

松本一郎\*・小松真理子\*\*・亀井淳志\*\*\*

Ichiro MATSUMOTO\*, Mariko KOMATSU\*\* and Atsushi KAMEI\*\*\*  
Geochemical environmental assessment of drainage on the river sediment  
from the Yodogawa and Yamatogawa rivers, Kinki district, Japan

## ABSTRACT

Yodogawa and Yamatogawa are two largest rivers which flow in Osaka plain, Kansai district, southwest Japan. Osaka which is a mega city is located near these rivers. The content analysis and elution (liquate out) test on the heavy metals of Cd, CN, Pb, Cr, As, Hg, Ni, Zn and Cu were carried out for environment assessment. The samples were extracted from the river sediment at intervals of several km. We can not detect serious human impact by heavy metals from the all sampling points of both rivers. But slightly higher points on Hg, Pb and Cr are detected at the mouth of both rivers.

【Key words : River sediment, environmental standards value, Yodogawa river, Yamatogawa river】

## I. はじめに

近年、有害物質の土壤汚染事例の著しい増加により、人類への健康被害の恐れという観点から、土壤汚染対策法（環境省、2002）が成立・公布され、2003年に施行された。それらは、人類の産業活動の発展による、多種多様な化学物質の使用が主要因となっている。つまり、それまでは典型7公害と呼ばれる大気、水質、土壤、騒音、振動、地盤沈下及び悪臭のうち、土壤汚染のみが統一的な法的規制がなく、わずかに農作物の生産保護の目的に限定されていた経緯がある。そのような中、特に1980年代以降は、日本経済の変動が著しく、工場の移転や売買などの再開発事業の増加に伴う重金属類や揮発性有機化合物等の土壤汚染や地下水汚染が日本各地から報告、明らかにされてきた。

土壤汚染対策法（環境省、2002）では汚染された土壤の直接的な口径摂取もしくは汚染土壤と接して汚染された地下水の間接的な飲用などの「環境リスク」が認められる時に調査・対策を講じることとしている。これらに対して、直接摂取による環境リスクに対応するものとして「土壤含有量基準」、地下水への影響（間接的）に対応するものとして「土壤溶出量基準」が、本法で定める特定有害物質（法第2条第1項）に対して適応される。本法律の施行に伴い、土壤環境への関心は急速に高まると同時に、調査・対策が増加し「土壤浄化産業」として確立してきた昨今である。ただし、現法律による問題点も数多く指摘されている。つまり、決められた調査方法では汚染を見逃す危険性、調査方法の違いや解析の方法により汚染評価（リスク評価）が異なる可能性が生じることが懸念される（例えば、松本、2003）。また、その

ような調査時の問題点に加えて、汚染リスクが低レベルで広範囲に及んだ場合などは、処理に関わる経費面が極めて大きな社会問題となっている。特に、対象物質が重金属類で低レベルの場合、それが自然由来（バックグラウンド値）なのか、人的付加作用によるかの判別が大変重要になる。そのような社会的な要請も手伝って、近年では地球化学図の作成も盛んに行われている（例えば、今井、2001；今井ほか、2001；太田ほか、2002；2003）

これまで本研究室では、土壤や堆積物の特に重金属における人的作用と自然負荷量との定量的な判別・評価を目的として、これまで関東や中部地方の代表的な河川（多摩川、鶴見川、荒川、江戸川、木曾川、庄内川、等）や米国での河川（テキサス州トリニティ川、コロラド川、等）について、上流から下流にいたるまでの含有量と溶出量を記載してきた（例えば、松本ほか、2002；渡部、2005；Watanabe et al, 2005, 2008；伊藤・松本、2007；Ito and Matsumoto, 2008；Matsumoto, 2007；Matsumoto et al, 2008a, 2008b）。これらの研究により、土壤や堆積物における、より良い環境リスクのマネジメントの提案や、様々な汚染土壤や堆積物のケースでの対策のための判断材料の一つとして活用されることを期待する。また、将来的には地質のバックグラウンドに合わせた可変的な環境基準値（あくまでも人的負荷量の見積もりという点に重きをおき、基準値超過の場合のリスクの分担を、汚染付加者と行政機関等との間での分担割合の基準策定への学術科学的資料の提示）の提案を目指している。

本論では、関東圏に次ぐ大都市である関西・大阪を流れる二大河川である淀川及び大和川に着目し、その底質堆積物の地球化学的特徴を記載、報告する。なお、本研

\* 島根大学教育学部自然環境教育講座

\*\* 元島根大学教育学部学校教育教員養成課程

\*\*\* 島根大学総合理工学部地球資源環境学科

究は底質物の特に重金属類の化学的特徴から、流域の人的・自然の負荷量を定量的に議論した関西地方では初めての報告である。

## II. 研究対象地域について

### (1) 大阪平野とその周辺

大阪平野は北、東、南をそれぞれ山地で囲まれ、また丘陵や段丘群が随所に発達し、西の大阪湾に向かって開いたコの字形をした盆地状の平野である。東側の生駒山地西麓では丘陵の発達が悪いが、その北縁には枚方丘陵（標高40～80m）、北の北摂山地との間には千里山丘陵（標高40～130m）などがあり、また、南の和泉山脈との間には泉北丘陵（標高40～200m）、泉南丘陵（標高30～100m）などの丘陵が発達する。これら丘陵部分では主として砂礫・泥の互層からなる大阪層群が分布する。播磨盆地、京都盆地、奈良盆地、近江盆地など大阪平野近隣の盆地の丘陵や段丘においても、鮮新—更新統の大阪層群と同時代の地層の発達が認められる。なお、大阪平野周辺の基盤岩類は丹波帯及び領家帯の岩石から構成される。

### (2) 淀川

淀川水系は、大阪、三重、滋賀、京都、兵庫、奈良の2府4県にまたがる流域面積8,240km<sup>2</sup>、流路延長75.1km、流域人口約1190万人（全国人口の約9%）に及ぶ日本を代表する一級河川である。淀川水系は近畿地方における社会・経済・文化の基盤をなしており、古来より我が国の政治経済の中心として栄え、日本史の舞台となってきた。現在でも流域内に多くの都市が発展し、特に大都市の大阪、京都を抱える中・下流域は、我が国でも有数の人口・資産を有しているといえる。

淀川は亀岡盆地（保津川）と京都盆地の水系を合わせた鴨川や桂川、近江盆地（琵琶湖—瀬田川）の水系を合わせた宇治川、伊賀・上野盆地の水系を集めた木津川などの諸河川が京都盆地の南西隅の淀地域から大山崎長あたりで合体し、淀川となって河内平野へ流下する。

淀川水系各河川の水質は、昭和30年代に始まる高度経済成長期から急激に悪化した。水質汚濁防止法の制定や下水道整備の進捗等により改善されてきている。近年、国が管理する区間では大腸菌群数を除いて概ね環境基準を達成している状況にある。

### (3) 大和川

大和川は奈良県～大阪府を流れる一級河川である。奈良県の都祁村付近を源流とし、奈良盆地の水系を集めて、河内平野の南東隅の柏原から大阪平野に連続する。流路延長68km、流域面積1,070km<sup>2</sup>、流域人口約215万人（全国人口の約2%）である。現在の大和川は江戸時代中期の宝永元年（1704年）に、柏原から西に流れて堺市の北から大阪湾に出る新大和川として開削された人工河川である。それまでの大和川は、柏原で生駒山地の溪谷を抜け、西北方向に張り出した扇状地をつくり北進して淀川に合流していた。

大和川流域は昭和30年以降京阪神都市圏の住宅地とし

て大規模団地等の開発が進み、人口は著しく増加している。こうした人口、産業の流域内への集中が進むにつれて、生活排水、工場排水、及び畜産排水により水質が悪化していた。近年、以前に比べれば改善されてきているが、依然として全国の一級河川（109水系）の中では最低水準にある。

## III. 試料採取及び分析方法

底質物試料の採取は、5万分の1の地勢図を用い、淀川・大和川ともに上流から下流にかけて試料採取地点ができるだけ等間隔になるように行った。各々の試料採取地点では、できるだけ泥質～砂質の底質を3カ所で移植ごとを用いて採取し、四分法を用いて十分に攪拌したものを、その地点での代表試料とした。また、底質物試料採取の際に基礎データとして、河川のpH及び電気伝導度を測定した（表1）。

淀川では13地点（試料番号：YO01～YO13）、大和川では14地点（試料番号：YA01～YA14）で試料採取を行った（図1）。

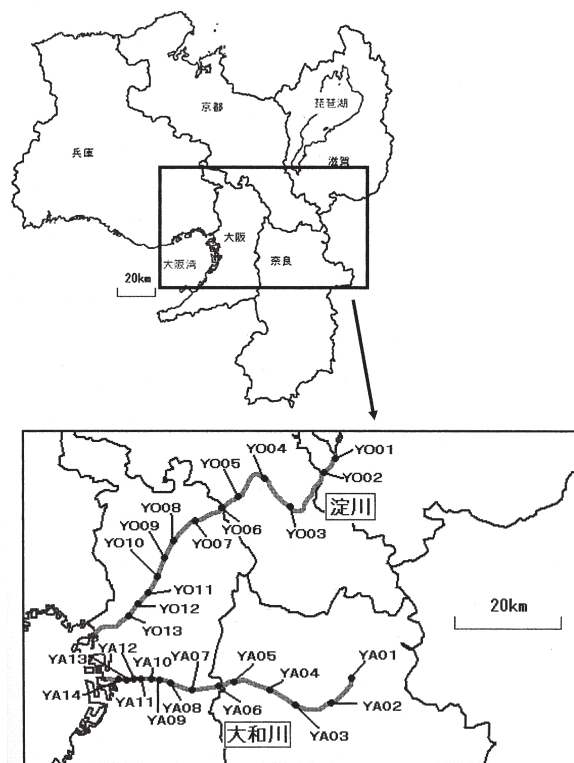


図1 淀川及び大和川の試料採取位置図

：試料採取は、淀川では2005年3月13～14日、大和川では2005年6月11～12日で行った。

両河川の底質物を用いて、研磨薄片を作製し、偏光顕微鏡で観察した。また、含有量分析、溶出量試験を行った。加えて、薄片上で鉍物を鑑定し、鉍物モードの測定を行うと同時に、X線顕微鏡を用いた面分析を行った。

### 【底質物薄片の作製】

採取した試料は泥質～砂質であることから、室内ホットプレート上で乾燥させた後、エポキシ系樹脂で固定した。

表1 淀川及び大和川の源流からの距離及び現地での水質測定結果

淀川	距離 (km)	電気伝導度 ( $\mu$ S/cm)	pH	大和川	距離 (km)	電気伝導度 ( $\mu$ S/cm)	pH
YO01	1.40	160	9.1	YA01	0.05	190	7.1
YO02	7.90	150	7.9	YA02	7.80	150	7.4
YO03	21.50	140	11.3	YA03	14.10	200	7.0
YO04	27.50	140	11.6	YA04	19.80	290	7.6
YO05	34.15	160	11.9	YA05	29.90	360	6.5
YO06	42.45	160	11.8	YA06	36.50	310	6.6
YO07	48.50	180	11.2	YA07	45.60	370	7.4
YO08	56.95	170	11.4	YA08	49.90	410	7.4
YO09	59.00	160	9.9	YA09	53.35	360	7.0
YO10	62.05	170	9.8	YA10	55.10	330	6.6
YO11	65.30	11080	8.9	YA11	56.10	360	7.4
YO12	68.25	11640	8.6	YA12	58.25	410	7.5
YO13	70.70	12530	8.6	YA13	58.75	380	7.4
				YA14	61.70	3680	7.3

また、作製する底質物薄片に用いる材料は、特に粒度ごとの分別を行わず、採取地点での底質物の粒度分布がある程度保てるようにした。これは、環境評価という観点から採取地点の平均的な河川底質物の地質及び化学的性質の全容を把握するためである。堆積物の調査では、粒度分析を行い、各粒度の特徴も調べるが、「堆積物汚染の解明」という視点に立った本研究では今回、あえてそれを行っていない。これは堆積物全体としての化学的な特徴を把握することを主眼に置いたからである。なお、粒度別の重金属の濃度分布については、多田(1974)に報告があり、粒度が細かいほど重金属濃度がわずかに高い傾向が認められている。

#### 【偏光顕微鏡での底質物の記載】

構成鉱物の同定と定量化を行うために島根大学教育学部松本研究室の偏光顕微鏡装置一式を用いて底質物薄片試料の鑑定と記載を行った。

#### 【底質物の分析】

採取した試料の一部は、同和テクノリサーチにて底質物中の重金属含有量分析及び溶出量試験を行った。また、主要成分及び微量成分の分析を島根大学総合理工学部の理学電機社(現(株)リガク)製の蛍光X線分析装置(RIX2000XRF)を用いて行った。

測定した元素を以下に記す。

重金属の含有量分析：Cd, CN, Pb, Cr, As, Hg

重金属の溶出量試験：Cd, CN, Pb, Cr, As, Hg

主要元素分析：SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO,  
MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

微量元素分析：Rb, Sr, Cr, Ni, V, Y, Zr,  
Nb, Zn, Cu

#### 【X線顕微鏡分析】

構成粒子及び汚染粒子の状態を化学的に把握するために、底質物薄片を用いて、X線顕微鏡(XGT)で分析した。分析は、島根大学教育学部のHORIBA-XGT5000を用いた。下記にX線顕微鏡分析をした際の条件を、巻末

に得られた組成像の一部を示す。

- ・XGT径：100 $\mu$ m ・走査幅：23.040mm
- ・積算回数：1回 ・画素数：256 ・測定時間：599秒
- ・縦/横比：1：1 ・X線管電圧：30kV
- ・電流：1.00mA ・パルス処理時間：P 3
- ・透過X線強度：7
- ・設定元素：Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca,  
Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Hg, Pb

## IV. 結果と考察

### (1) 底質物の顕微鏡記載

代表的な偏光顕微鏡写真を巻末図に示した。

淀川の底質物は、上流から下流にかけて、主として、石英、斜長石、岩片で構成されており、若干の黒雲母、磁鉄鉱などの不透明鉱物を伴う。また、特に中下流域においての試料からは、希に貝殻片及び植物片の存在が確認できた。ただし、下流域のYO08地点及びYO09地点では、一般的な特徴とは異なり、粒径が比較的粗い傾向が認められた。これは、支流合流の効果を捕らえたものであり、支流から流入した上流砕屑物(比較的粗粒な粒子)の影響であると考えられる。

また、大和川の底質物では、鉱物組み合わせや量比においては、上流から下流にかけて、全ての試料採取地点でほぼ同じような含有量や構成比率の特徴が確認できた。主な構成鉱物は淀川と同じく、石英、斜長石及び岩片であり、若干の黒雲母及び植物片が確認できた。また、希ではあるが角閃石類の存在も認められた。

淀川・大和川ともに上流ほど多種類の鉱物が観察され、また粒径が比較的大きいという共通の特徴がある。これらは、下流に向かうにつれ、砕屑粒子が運搬に伴う機械的な破壊や化学的な溶出作用を受けていることを反映したものである。つまり、下流域においては浸食・運搬作用に対して比較的強い、石英粒子、長石粒子が残存し、輝石類や角閃石類などの苦鉄質鉱物は河川水への溶解・

溶脱が進んだ結果であると考えられる。この観察事実は、一般的な鉱物の風化浸食に対する強度をそのまま表しており、今回の結果はそれと整合的である。つまり、河川底質物の重金属類の含有量が苦鉄質鉱物程一般的に高含有量であることを考慮したときには、重要な結果であると考えられる。

## (2) 底質部の重金属含有量・溶出量

法定分析による重金属類の含有量分析、溶出量及び主要・微量の組成分析結果を表2、表3及び表4に示した。また、図2及び図3には主要な元素の含有量の上流から下流までの変化を示した。以下、河川ごとに特に重金属類の含有量と溶出量を中心に重要な分析結果の状況とそれに関わる付加要因についての可能性について議論する。なお、本研究のように河川を流域として捉え、上流から下流までの含有量の変化を議論した研究は先駆的な研究(De Groot et al., 1971; 多田ほか, 1974, 1984; 柴原ほか, 1975)を除けば国内ではほとんど行われていないのが現状である。

### [淀川]

重金属含有量について、Cd及びCNは、全ての採取地点において検出限界値以下であることが確認された。Pbは、源流付近の地点YO01で特に高く(112ppm)、環境基準値の150ppmに近い値を示した。Crは全試料で100ppmを超える比較的高い値を示し、中流の地点YO07では基準値の250ppmを超える310ppmの値を示した。Crの土壤含有量はどの地点でも比較的高い値を示しているが、これについては、後背地の地質の影響を反映していると考えられる。ただし、地点YO07の310ppmという含有量については、環境基準値(250ppm)を超えており、人為的付加の影響を捉えたものだと考えられる。Asは、下流(地点YO08、及びYO09)で比較的高い値(それぞれ11ppm、及び12ppm)を示した。Hgは、上流～中流域では検出限界値以下であったが、下流域でやや高い含有量が認められ、特に地点YO09で最高値の0.27ppmを示しており、同地点より下流域では、人為的付加作用の影響が捉えられた。

・全ての重金属類の溶出量試験については、土壤汚染対策法の指定基準値を超過するものは認められなかったが、Asについては、上流の地点YO01で0.008mg/l、また、下流の地点YO08で0.007mg/lとなり、基準値の0.01mg/lに近い値を示した。

・微量元素の含有量については、上流付近でZn, Cu, V, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>の含有量値が高いことが判明したが、これは琵琶湖で一端堆積、蓄積した生活排水や工業排水などの影響を長年受けた底質物流出の効果であると考えられる。

### [大和川]

重金属含有量について、Cd及びCNは、全ての採取地点において検出限界値以下であった。Pbは下流域でやや高くなる傾向があるが、源流付近(地点YO01)で最高値の22ppmを示した。Crは、中下流域で高くなる傾向があるが、最高値でも29ppm程度であり、比較的低い値を示す。Asは検出限界値以下か、それに近い値で前後する

ことがわかった。Hgは、多くの地点で検出限界値以下か、それに近い値であるが、地点YA03及び地点YA07で0.40ppm以上の局所的に高い値を示すとともに、河口付近でも比較的高い傾向が認められた。

溶出量試験では、Pbは源流付近の地点YA01で0.011mg/lを示し、環境基準値の0.01mg/lをわずかに超える値となった。Asは、上流域に比べ中下流域がやや高くなる傾向があり、下流域の地点YA11、及び地点YA12においては、環境基準値の0.01mg/lを超える値となり、特にYA12では、基準値の3倍の値を示した(図4)。

以上のとおり、含有量・溶出量試験の結果、Hg, As及びPbの重金属類において、特に特筆される濃集傾向が認められた。特にAs及びPbの底質物溶出量では、環境基準値を超える地点が存在するなど、周辺の生態系への影響が懸念される。

## (3) 底質物の主成分・微量成分

### [淀川]

淀川では底質物における主成分・微量成分の含有量について、琵琶湖の出口付近と河口域付近で、特筆される分析結果が得られた。つまり、多くの元素において、琵琶湖の出口付近と淀川河口付近で、微量元素のうちいくつかのものが高含有量を示した。これは、琵琶湖出口付近では、琵琶湖に流入する生活排水や工場排水の影響を受け蓄積・堆積された堆積物が、徐々に流出している効果を捉えたものと考えられる。一方、河口域では、地点YO06付近での支流の合流や、都市化による流域人口の増加に伴った生活排水等による元素濃度(特に重金属)の上昇(汚染)が捉えられたといえる。

淀川は、下流域に含有量のピーク値が認められる元素が多く、中でも、地点YO08及び地点YO09の含有量が高いことがわかった。地点YO08及び地点YO09含有量でピークが確認できた元素は、主成分元素で、TiO<sub>2</sub>・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・MnO・MgO・P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、微量元素で、Ni・Y・Znであり、全て同じような変化傾向であることが認められる。また、SiO<sub>2</sub>はこれらの元素とは逆の傾向を示す。これらは、石英の量比とも整合的な結果である。

### [大和川]

大和川では底質物における主成分・微量成分の含有量において、上流から下流に向けて特筆すべき大きな変化は認められない。これは、流域全体を通して、後背地質の化学的な変化が少ないことに加えて、流域の中間地点(中流)にかけても支流からの流入の効果が継続したためと考えられる。このことは偏光顕微鏡観察結果における構成鉱物の量比の流域を通じた均質性からも裏付けられる。ただし主成分元素及び微量元素とは異なり、Hgの含有量では、突出した高い地点が2ヶ所(地点YA03及び地点YA07)で認められ、また河口付近でも比較的高い値を示す。これらは周辺の地質的な状況を加味しても明らかにYA03, YA07及び河口付近での人為的影響が示唆される。同様に、As及びPbの溶出量でも環境基準を超過する地点は人為的影響の可能性が高い地点といえる。

表2 淀川及び大和川の底質物含有量分析結果

Table with 2 main columns: 淀川 (Y001-Y013) and 大和川 (YA01-YA14). Columns include 距離 (km) and concentrations of Cd, CN, Pb, Cr, As, Hg (ppm).

表3 淀川及び大和川の底質物溶出試験結果

Table with 2 main columns: 淀川 (Y001-Y013) and 大和川 (YA01-YA14). Columns include 距離 (km) and concentrations of Cd, CN, Pb, Cr, As, Hg (mg/l).

表4 淀川及び大和川の主成分及び微量成分分析結果

Table with 2 main columns: 淀川 (Y001-Y013) and 大和川 (YA01-YA14). Columns include 距離 (km) and concentrations of SiO2, TiO2, Al2O3, Fe2O3, MnO, MgO, CaO, Na2O, K2O, P2O5 (wt%) and Rb, Sr, Cr, Ni, V, Y, Zr, Nb, Zn, Cu (ppm).

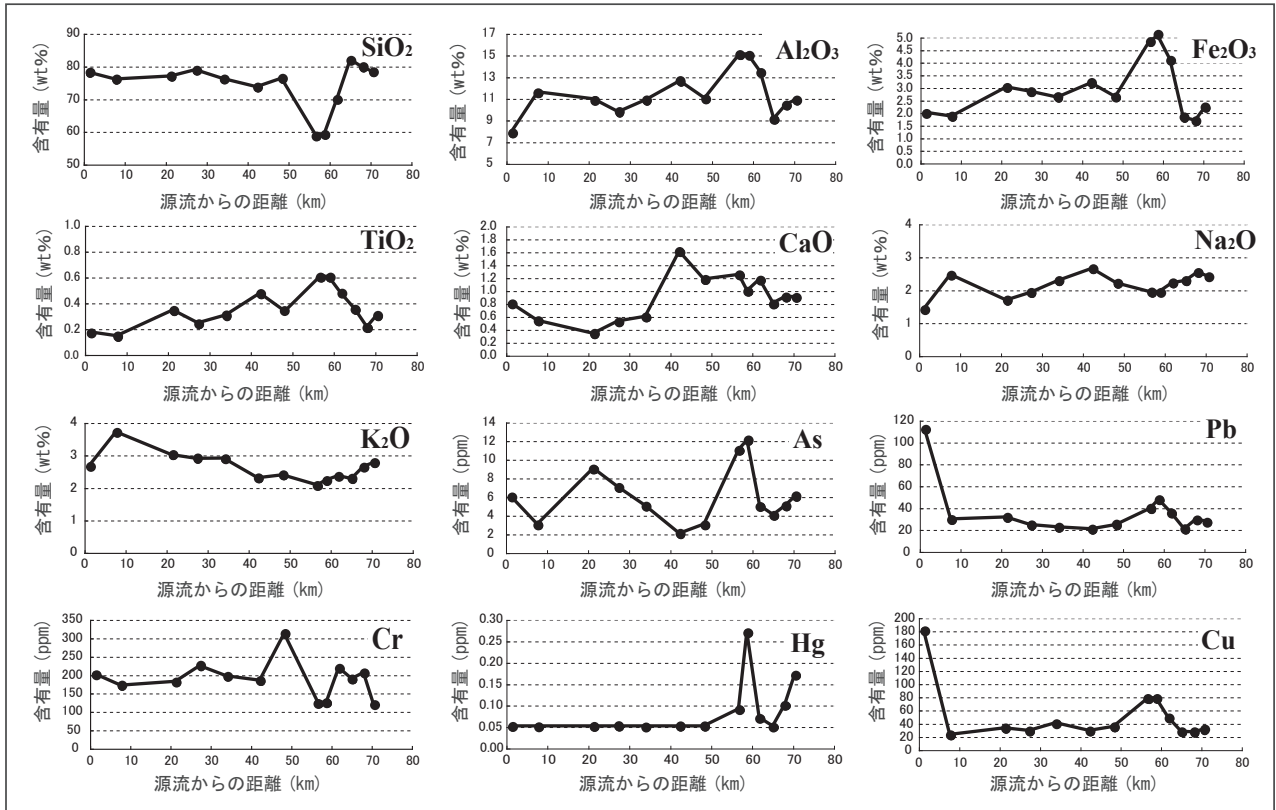


図2 淀川底質物の主な主成分，微量元素，及び重金属含有量の変化

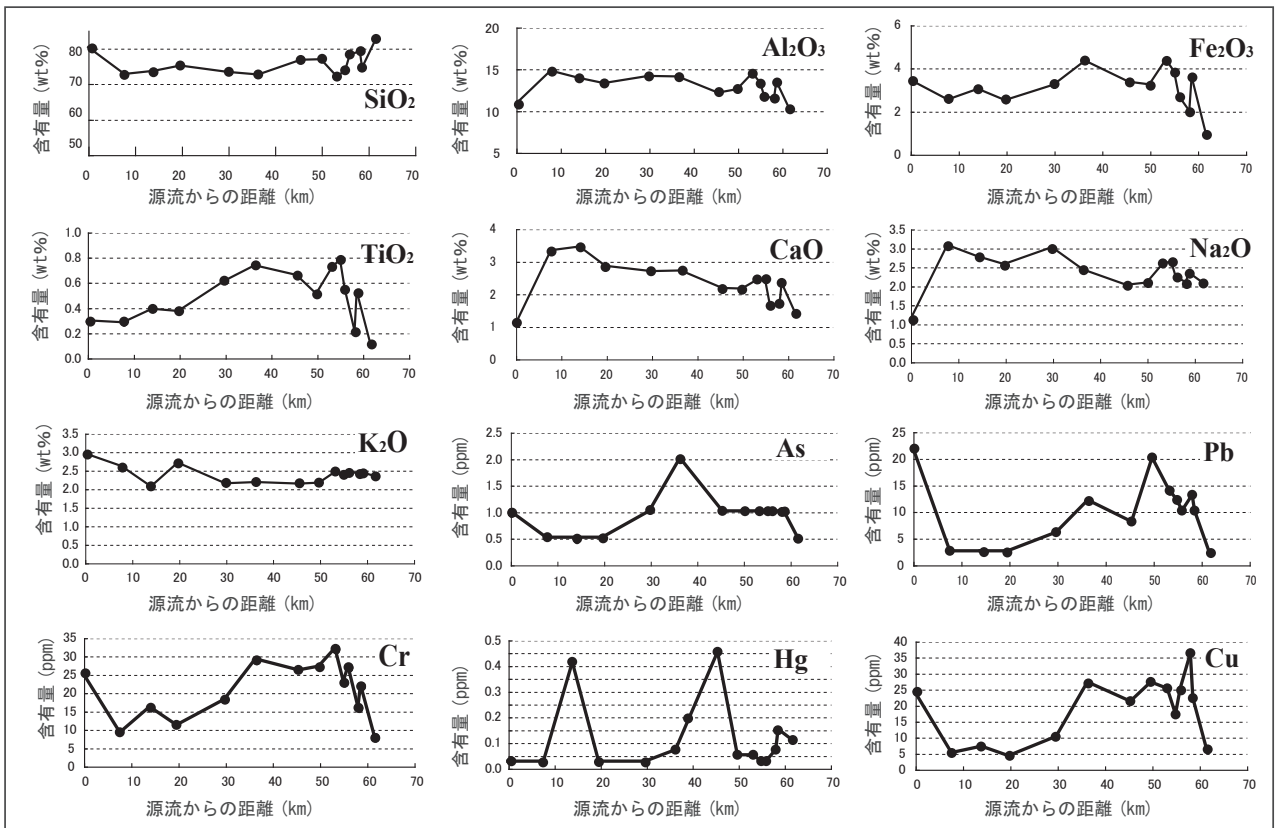


図3 大和川底質物の主な主成分，微量元素，及び重金属含有量の変化図

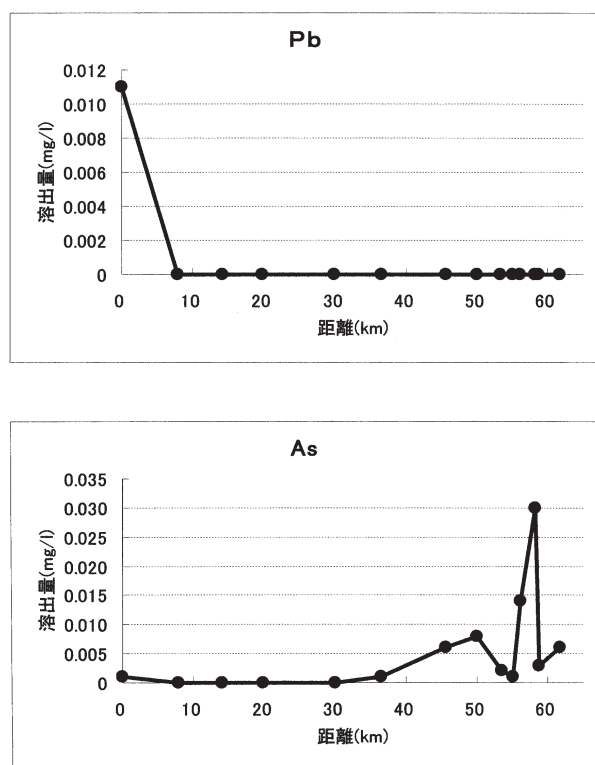


図4 大和川におけるPb及びAs溶出量の変化

#### (4) 底質部のX線顕微鏡の特徴

両河川における各地点での試料から作製した薄片について、X線顕微鏡による面分析結果を、特徴的な元素のマッピング画像とともに下記に記す。また、両河川における下流の元素のマッピング画像を巻末図に示す。

淀川、大和川ともに、Si, Fe, Ca, などのいくつかの組成像から、鉱物の量比や存在の形態が確認できた。また、下流になるほど、その粒度は小さくなる傾向を示した。なお、重金属類については著しい濃集等の状況は確認できなかった(巻末図)。つまり重金属元素は、堆積物全体に均質に分布存在していると考えられる。

#### (5) 淀川及び大和川の底質物環境評価

##### [人為的影響による重金属の高濃度分布]

今回、含有量分析、溶出量試験を実施し、淀川及び大和川について、人為的影響による重金属の高濃度分布域を抽出し、人為的負荷量を以下のとおり推測した。これは、中部圏や関東圏に次ぐ河川底質物を用いた地球化学的環境影響評価となり今後の調査や対策に向けて大変重要な指標(自然/人為的負荷量の見積もり)となる(例えば、Matsumoto, 2007; Matsumoto et al., 2008)。なお、石賀・道前(2002)及び石賀ほか(2003)においては、Zn及びFeの関係係数が、環境評価図として利用できるとの提案を行い、また伊藤・松本(2007)においては木曾川や庄内川において、それが有効であることを確認した。しかし、淀川及び大和川においては顕著な傾向が認められないことから、今回は流域を通じた含有量及び溶出量の変化量を用いて、底質物の環境影響評価を試みる。

淀川においては、中流地点(YO07地点)でCrの含有

量が環境基準値を超過したが、前後の地点の含有量と比較から人為的負荷量150ppmが想定される。これは自然負荷量150ppmと同程度の値であることがわかる。なお、それ以外の重金属類については環境基準値は超過していないものの、Hgについては河口域での人為的負荷作用が認められる。これは河口域の広くに認められ、0.05~0.20ppm程度の人為的負荷量が見積もれる。

大和川においては、全ての重金属含有量において環境基準値を超過するものは認められなかったが、Hgなどは、中流地点の2地点で、0.3~0.4ppm程度の人為的負荷量が見積もれる。Pbの溶出量試験においては源流付近の地点YA01で基準値を0.001mg/l超過する値が得られたが、これについては地質由来の可能性が高い。Asについては下流域で広く環境基準値の超過が認められ、特に地点YA12では基準値の3倍の値を示した。

#### V. まとめ

大阪平野を流れる淀川及び大和川の底質物の環境化学的研究を行った結果、両河川ともに重金属類に関して人為的負荷作用を認めることができた。詳細は下記のとおりである。

- (1) 淀川では、中流地点でCrの含有量が環境基準値の超過が認められた。人為的負荷量として150ppmが想定される。なお、Hgについては基準値超過は認められないものの、河口域で0.05~0.20ppm程度の人為的負荷量が見積もれる。
- (2) 大和川では、全ての重金属含有量において環境基準値を超過するものは認められなかった。ただし、Hgは、中流地点の2地点で、0.3~0.4ppm程度の人為的負荷量が見積もれる。また、溶出量試験では源流付近で基準値を僅かに超過する値が得られたが、これについては地質由来の可能性が高い。Asは下流域で広く環境基準値の超過が認められ、基準値の3倍の値を示した地点も認められた。
- (3) 以上、淀川及び大和川ともに大都市である大阪を流下し、人為的な付加影響が認められる事から、典型的な「都市型河川」であるといえる。

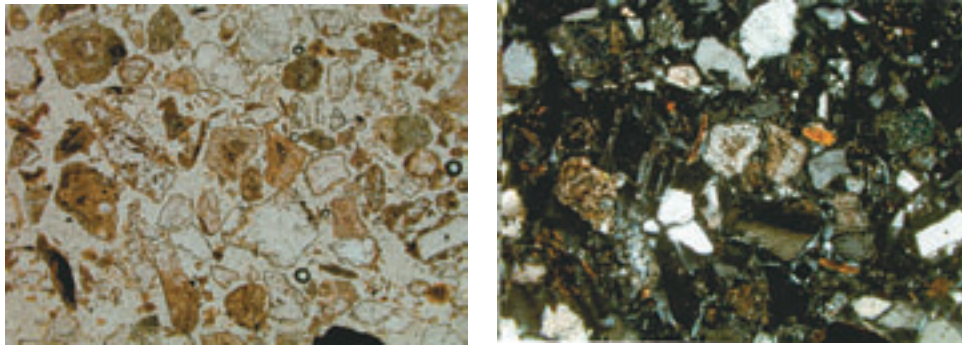
#### 文献

- De Groot A. J., De Goeij J. J. M. and Zegers C. (1971): Contents and behaviour of mercury as compared with other heavy metals in sediments from the Rhine and Ems. *Geol. Mijnbouw*, 50: 393-398.
- 今井 登(2001):世界各国および中国地方の地球化学図, 地質ニュース. 558, 1-1.
- 今井 登, 寺島 滋, 岡井貴司, 金井 豊, 御子柴真澄, 太田充恒, 上岡 晃, 富樫茂子, 松久幸敬, 谷口政碩, 横田節哉(2001):中国地方の地球化学図. 地質ニュース. 560, 46-47
- 石賀裕明, 道前香織里(2002):九州球磨川, 川辺川の堆積物の組成から見た環境評価. 地球惑星科学関連学会2002年合同大会, 地質ハザード・地質環境

- Y028-008.  
 石賀裕明, 道前香織里, アーメッドファルキ, ハワビビ, 海田学 (2003): Zn - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>判別図から堆積環境を評価する. 島根大学地球資源環境学研究報告. 22, 15-20.
- 伊藤麻由佳, 松本一郎 (2007): 河川底質物の地質学的・地球化学的研究 -中部地方木曾川と庄内川の比較-島根大学教育学部紀要 (自然科学). 41, 179-189.
- Ito M. and Matsumoto I. (2008): Heavy metal concentration of river sediment in the light of the environmental quality standard value at the Kiso and Syounai Rivers in Nagoya, Japan. Goldschmidt 2008 (Vancouver, CANADA)
- 環境省 (2002): 土壤汚染対策法. 法番号53, 2002.
- 太田充恒・今井登・岡井貴司・遠藤秀典・石井武政・田口雄作・上岡晃・御子柴 (氏家) 真澄・寺島滋 (2003): 地球化学図を用いた仙台市周辺地域の元素挙動の解明と環境評価. 地球科学, 57, 61-72
- 太田充恒・今井登・岡井貴司・遠藤秀典・川辺禎久・石井武政・田口雄作・上岡晃 (2002): 山形市周辺地域における元素分布の特徴について -山形盆地南部地域の地球化学図-. 地球化学, 36, 109-125.
- 柴原真理子, 山崎理恵子, 西田和夫, 鈴木潤三, 鈴木静夫, 西田英郎, 多田 史 (1975): 河川底質土の重金属分布 (第3報) -全国主要河川の河口付近の底質土の重金属分布-. 衛生化学. 21, 173-182.
- 多田 史, 富重久美子, 谷原崇生, 横山功一, 鈴木静夫 (1974): 河川底質土の重金属分布(第II報)-宮城県細倉鉾山排水が鉛川, 迫川の底質土に及ぼす影響-. 陸水学雑誌. 35, 99-109.
- 多田 史, 鈴木潤三, 鈴木静夫 (1984): 都市河川底質中の重金属分布の特性. 陸水学雑誌. 45, 4 : 296-303.
- 道前香織里, 石賀裕明 (2002): 堆積物の元素組成から見た球磨川, 川辺川流域の環境評価. 島根大学地球資源環境学研究報告. 21, 17-29.
- 日本地質学会 (2006): 日本地方地質誌4. 浅倉書店. pp588.
- 松本一郎, 越智章光, 今野宏秀 (2002): 関東・鶴見川底質物の地質学的特徴-予察的研究-. 資源地質学会第52回年間講演会 (東京).
- 松本一郎 (2003): 土壤汚染の效果的調査法. 2003年度資源・素材関連学協会年会 (宇部).
- Matsumoto I. (2007): Heavy metal concentrations of Hii River basin system Shimane Prefecture, Japan. Abstract of International Symposium Restoration and Sustainability of Estuaries and Coastal Lagoons : 104-107.
- Matsumoto I., Hoffman D., MacAlister J. and Ishiga H.(2008a) : Impact of human population on heavy metal concentration of stream sediments in the Trinity River, Texas, USA. Goldschmidt 2008 (Vancouver, CANADA).
- Matsumoto I., Hoffman D., MacAlister J. and Ishiga H.(2008b) : Geochemical characteristics of Heavy metals of river sediment from the main rivers at Texas, USA. AGU Fall Meeting 2008 (San Francisco, USA)
- 渡部久美子 (2005): 河川底質物への自然および人為的影響の評価法. 島根大学大学院教育学研究科修士論文. pp237.
- Watanabe K., Ochi A. and Matsumoto I. (2005) : Characteristics of river sediment in the light of the environmental quality standard value of Japan -A case study at the Tama, the Tsurumi, the Hino and the Kamo rivers in Japan-. 15th Annual meeting, Goldschmidt 2005 (Idaho, USA)

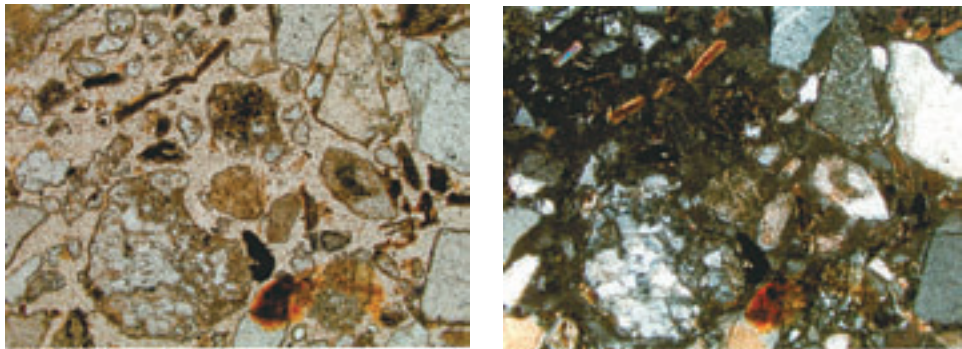


巻末図：淀川および大和川の底質物の偏光顕微鏡写真とXGT画像



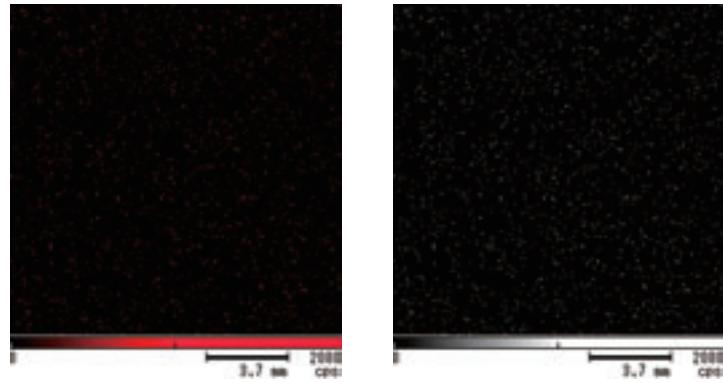
淀川下流底質部の偏光顕微鏡写真

(試料番号YO12, 写真横幅 2 mm, 左：オープンニコル, 右：クロスニコル)

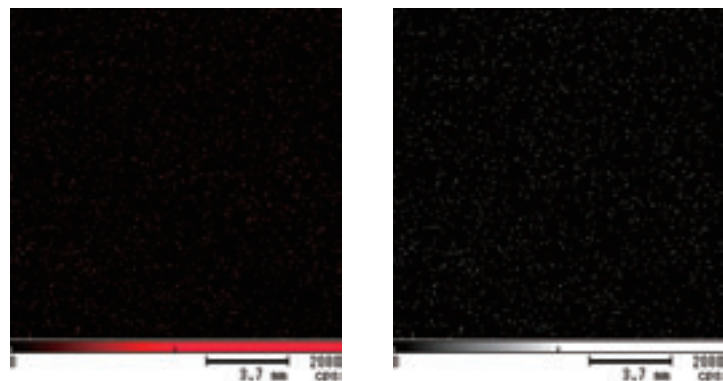


大和川下流底質部の偏光顕微鏡写真

(試料番号YA13, 写真横幅 2 mm, 左：オープンニコル, 右：クロスニコル)



淀川下流 (YO12) のXGT画像 (左：Pb, 右：As) : Pb, Asともに顕著な濃集が認められない.



大和川下流 (YA12) のXGT画像 (左：Pb, 右：As) : Pb, Asともに顕著な濃集が認められない.

