東日本大震災との関連が疑われる鉍滓埋立地近傍の 強アルカリ滲出水における高濃度クロム

尾崎宏和^{1,*}, 一瀬 寛²⁾, 鉄田陽介²⁾, 松島祐樹²⁾, 河野冬樹²⁾, 渡邊泉²⁾

Extreme chromium concentration in strong alkaline exudates that might have related with The Great East Japan Earthquake

OZAKI, Hirokazu^{1,*}, ICHISE, Hiroshi²⁾, TETSUDA, Yosuke²⁾, MATSUSHIMA, Yuki²⁾, KAWANO,
Fuyuki²⁾ and WATANABE, Izumi²⁾

キーワード：六価クロム，全クロム，大島小松川地区，鉍滓埋立地，東日本大震災，液状化

【はじめに】

2011年3月11日に発生した東日本大震災は、激甚な揺れと津波による被害に伴って、旧鉍山からの重金属流出（朝日新聞，2011a, 2011b）、原子力発電所事故による放射能汚染など、環境問題においても現代社会の深刻な課題を露呈した。江東区、江戸川区、浦安市など京葉地区の元埋立地では、大規模な地盤の液状化が発生し、都心から最も近い被災地として報道された。

江戸川区小松川では、日本化学工業株式会社小松川工場が、1973年までクロム塩類の製造を行い、発生した多量の六価クロム鉍滓を敷地内や周辺部に埋め立てたとされている（川名，1983；田尻，1980；東京都公害局，1975）。1973年以降、これら六価クロム鉍滓による土壤汚染が次々に発覚し、現在も工場跡地には、約30万立方メートルの汚染土が残される、重大なレベルの都市土壤汚染問題が発生した（佐藤，2006）。

これらの場所は、現在では東京都立大島小松川

公園として整備されている。しかし、その地下には大量の六価クロム鉍滓が埋め立てられているのが実態である。本地域で大規模な液状化が発生したことは、この場所でも地盤の変化が発生し、Cr（クロム）汚染が地上へと漏出した可能性が懸念される。そこで我々は、地震後緊急に調査を開始して、3月下旬の現地調査で高濃度のCr漏出を発見した。本報は、不適切なCr鉍滓の埋め立てが半世紀を経た現在も未解決であること、不十分な処理によって現地住民に対するリスクが続いていることを報告する。

【試料の採取と処理】

2011年3月24日午前、東京都江戸川区小松川1丁目、都立大島小松川公園に隣接した東京電力船堀橋変電所南側の、新大橋通り高架下道路（Fig.1）で、茶褐色をおびた路面上に粘性をおびた液体が路面脇側溝に十数メートルにわたり滲出しているのを発見した。この液体は、歩道と車道の境をなすガードレール下の段差にある、舗装材の継ぎ目

1) 東京農工大学 環境リーダー育成センター（〒183-8509 東京都府中市幸町 3-5-8）

2) 東京農工大学 大学院農学府 物質循環環境科学専攻（〒183-8509 東京都府中市幸町 3-5-8）

*）連絡責任者 Tel: 042-367-5581, E-Mail: h_ozaki@cc.tuat.ac.jp

1) Center of Education for Leaders in Environmental Sectors, Tokyo University of Agriculture and Technology, 3-5-8, Saiwai-cho, Fuchu, 183-8509, Tokyo

2) Department of Environmental and Biosphere, Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, 3-5-8, Saiwai-cho, Fuchu, 183-8509, Tokyo

*）Corresponding Author, Tel: 042-367-5581, E-Mail: h_ozaki@cc.tuat.ac.jp

図1 大島小松川地区周辺の六価クロム汚染地（●），六価クロム汚染土壌・鉍滓処分地，および試料（滲出液および黄色析出物）採取地（田尻，1980 を改変）

より漏れ出ていることが伺われた。この滲出溶液の pH 値を、試験紙により現地で確認すると、値は 11 ときわめて強いアルカリ性を示した。さらに、付近の舗装面で所々に黄色い粉末が結晶状に析出しているのが認められた。そこで、浸出溶液はポリ瓶に、析出物は清潔な紙袋に採取した。前者については持ち帰り後すぐに No.5C のろ紙で懸濁物を除去したところ、明らかに黄色を呈しており、高濃度の Cr を含む可能性が高いと疑われた。

【試料の分析および測定結果】

・ 滲出溶液の全クロム等各元素濃度

滲出溶液を 100 倍希釈し、硝酸酸性として ICP-MS（誘導結合プラズマイオン源質量分析計）により測定した。その結果、全 Cr 濃度は 109mg/L と、きわめて高い値を示した。この濃度は、後述する小松川工場跡地「風の広場」での六価クロム汚染土壌・鉍滓の処分工事の完了後、1990 年代初めに処理地排水で検出された濃度（150mgCr⁶⁺/L）に近い（佐藤，2006）。さらに、液体に溶解している状態であるにもかかわらず、土壌汚染対策法における土壌中六価クロムの含有基準（250mg/kg）の値にオーダーレベルで匹敵する。また、この滲出溶液には Fe（鉄）が 158mg/L、Cu（銅）が 2.12mg/L、Zn（亜鉛）が 1.26mg/L、Cd（カドミウム）が 0.03mg/L と、Cr 以外にも多数の元素が高濃度に含まれることが認められた（Table1）。これらの濃度は、地下水における微量元素濃度の非汚染レベルが Cr<1 μg/L、Zn<10 μg/L、Pb（鉛）<10 μg/L 程度（Förstner and Witmann, 1981）であるのと比較して、明らかに 1000 倍オーダーで高

濃度である。

・ 滲出溶液の六価クロム濃度

六価クロム濃度は、50 倍希釈した滲出溶液に 1mol/L 硫酸を加えて酸性とし、ジフェニルカルバジドのアセトン溶液（1%）で赤色に呈色させ、吸光波長 540nm により測定した（多賀・田中，1994）。その結果、滲出溶液の六価クロム濃度は 5.88mg/L が認められた（Table1）。この値は、全 Cr 濃度 109mg/L に対してほぼ 20 分の 1 であった。他地域における地下水等の六価クロム汚染事例（高宮ら，2009 など）と比べても、5～100 倍ほどの値であり、現在も深刻な汚染が存在することが危惧された。

・ 黄色析出物の全クロム等各元素濃度

路面より採取した黄色析出物は、実験室に持ち帰った後、シリカゲルを充てんしたデシケータ内で 14 日間乾燥させた。これを 5% 硝酸に溶解し、No.5C のろ紙に通した物を ICP-MS で分析したところ、全 Cr 濃度は 48.8 ± 0.41mg/g ときわめて高い値を示した。他の元素も、Fe が 9340 μg/g、Zn が 423 μg/g、As が 39.8 μg/g、Sb が 6.20 μg/g、Cd が 0.319 μg/g と高値であった（Table2）。高濃度を示した元素は滲出溶液と黄色析出物で共通し、Cr 等を多量に含む液体が舗装の割れ目を伝わり染み出して、含有物が析出したと考えられた。

【試料採取地、処分方法および測定結果の関係】

全クロムおよび六価クロムを多量に含む高アルカリ溶液の滲出が認められた地点は、都立大島小松川公園自由の広場の南側にあたる。この地点は、1973 年までクロム塩類の製造を行ってきた日

表 1 滲出液中六価クロム、全クロムおよびその他 24 元素の濃度（mg/L）

Cr ⁶⁺	Total Cr	Li	Mg	Ca	V	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga
5.88	109	0.237	2.02	87.4	0.065	0.707	158	0.016	0.260	2.12	1.26	0.026
As	Se	Rb	Sr	Cd	In	Sn	Sb	Cs	Ba	Tl	Pb	Bi
0.36	1.52	0.953	0.856	0.032	0.004	0.209	0.048	0.819	0.215	0.012	0.030	0.005

表 2 黄色析出物における全クロムおよび他 24 元素の濃度（単位は無印が μg/g、* が mg/g）

全Cr*	Li	Mg*	Ca*	V	Mn	Fe*	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As
48.8	8.77	1.76	8.96	8.77	118	9.34	2.39	24.4	48.6	424	5.25	39.8
Se	Rb	Sr	Cd	In	Sn	Sb	Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	
1.39	10.2	89.6	0.319	0.226	27.5	6.20	0.922	105	0.046	25.6	0.327	

本化学工業小松川第二工場の敷地から 20 ～ 30m ほどの距離である。滲出液の元素濃度は、土壤汚染対策法に基づけば、Cd と Pb を除き Cr, As (ヒ素), Se (セレン), Hg (水銀) はいずれも第二溶出基準値 (六価クロムは 1.5mg/L) を超過しており、原位置封じ込めさえ適用できないレベルのものである。また、地下水や河川等における六価クロム濃度の環境基準は 0.05mg/L 以下と定められ、今回認められた六価クロム濃度 5.88mg/L は、その 100 倍以上に達している。

1980 年から本格化した本地域の汚染処理工事は、六価クロム汚染土壌 ($1 \leq \text{Cr} < 1000\text{mg/kg}$ の汚染土壌) および六価クロム鉱滓 ($\text{Cr} > 1000\text{mg/kg}$ の汚染土壌) に過剰量の FeS (硫化鉄) および FeSO_4 (硫酸第一鉄) を混合し、二価鉄の作用によって六価クロムを三価クロムへと還元することを柱とした。この方法で有害性の緩和を図り、前者は現地に埋め戻し、上部は約 1cm の遅効性還元剤の施用後 30cm 以上の覆土がなされ、後者は本研究の試料採取地よりも南約 600m の「風の広場」および旧中川を隔て南西約 700m の「わんさか広場」に処分され、上部は約 6m の盛り土によって遮蔽された (佐藤, 2006)。

このように、六価クロム汚染の対策手法と照合すると、日本化学工業小松川第二工場跡地付近で認められた高濃度の Cr 滲出は、現地埋め戻しの方法が機能していない可能性、不法に投棄された六価クロムの掘削・除去が不十分であった可能性のいずれかまたは両者が考えられる。実際、六価クロムから三価クロムへの還元処理の目標値は設定されなかったこと、処理工事においては当初の想定量を上回る六価クロム鉱滓の発見が相次いだことなども (佐藤, 2006)、間接的に、六価クロム汚染が現在も地下に残留していることを示唆している。周囲地盤への Cr の大量漏洩の疑いは濃く、今後、付近での工事などによって土壤表層を掘削する場合、二次的な Cr 汚染をもたらす可能性も考えられる。

滲出液と黄色析出物の両方で検出された高濃度の Fe は、六価クロムの還元剤に由来すると考えられる。また、As および Sb (アンチモン) は、二価鉄の還元作用により溶出が促進された可能性が推測される。六価クロムの毒性低減を目的とした

還元剤の使用が、他の有害元素へ副作用をもたらしたのであるならば、天敵の導入が他の生物を危機に追いやった事例と同様の構図である。人為的に破壊された環境の修復に、人知は及ぶものでないということが、東京都六価クロム事件からも示されたといえるだろう。

【まとめ】

今回の滲出が、東日本大震災を直接の要因とするものと断定することは、必ずしも適切ではないかもしれない。しかし、江東区や浦安市の元埋め立て地は、地盤の液状化による被害が発生した地域であり、本報が扱う 3 月 24 日の滲出は、追跡調査 (3 月 29 日、3 月 31 日、4 月 12 日、8 月 2 日) でみられたわずかな滲み出しと比べ明らかに多く、先の大地震によって誘発または促進された可能性が強い。今後においても、震災等による地盤への負荷に伴って、六価クロムを含む有害物質の漏出が懸念される。このことは、自然災害への対処を含めた恒久対策の不備が露呈されたものであり、再調査の徹底と継続的な監視、それらに基づく対策の再構築といった行政措置の必要性が問われている。

現地調査時に話を交わした地元の住民も、六価クロム鉱滓埋め立ての事実とその漏出の危険性をすでに認識されていた。開園後 14 年を経た都立大島小松川公園は、六価クロム汚染土・鉱滓という「臭いもの」に蓋をして、レクリエーションの場にすり替えられてきたわけである。今回の Cr 漏出は、我々が現代社会という脆弱なシステムのもとに生きていることへの警鐘であるといってい

【参考文献】

- 朝日新聞社 (2011a) 津波で海底の有害物質が陸上へ? 東北大が泥を調査, <http://www.asahi.com/national/update/0601/TKY201106010578.html> (2011 年 6 月 8 日アクセス).
- 朝日新聞社 (2011b) 宮城の津波浸水地、基準の 2 倍超すヒ素 神戸大など調査, <http://www.asahi.com/national/update/0602/OSK201106020123.html> (2011 年 6 月 8 日アクセス).
- Förstner, U. and Wittmann, G.T.W. (1981) Metal

- pollution in the aquatic environment, 356, Springer-verlag, 486pp.
- 川名英之（1983）ドキュメントクロム公害事件, 252pp, 緑風出版, 東京.
- 多賀光彦・田中俊逸（1994）クロム, 197-200, In: 日本分析化学会北海道支部編, 水の分析（第4版）493pp, 化学同人, 京都.
- 佐藤克春（2006）東京都六価クロム事件—日本における市街地土壤汚染処理のファースト・ケース—, 人間と環境, 32（2）, 95-104.
- 高宮真美, 中村秋香, 麻岡文代, 古田和美, 荒尾真砂, 山崎葉季, 川田常人, 山中 律, 大森真貴子, 宅間範雄, 西森一誠（2009）六価クロムによる地下水汚染, 高知県衛生研究所報, 55, 資料 No.4.
- 田尻宗昭（1980）公害摘発最前線, 204pp, 岩波書店, 東京.
- 東京都公害局（1975）6 価クロム汚染対策資料—経緯と対策の現状—. (2011 年 7 月 4 日受付, 2011 年 9 月 4 日受理)