江戸川区小松川の工場跡地付近における 6 価クロムの長期高レベル漏出

尾崎宏和*・大野由美子・一瀬 寛・渡邊 泉

Long-term and high level leaching of hexavalent chromium in the vicinity of the remaining site of a factory in Komatsugawa, Edogawa-ku, Tokyo

OZAKI, Hirokazu *, OHNO, Yuko, ICHISE, Hiroshi, and WATANABE, Izumi

摘 要

江戸川区小松川1丁目では、2011年3月に、高濃度の Cr^{6+} を含む液体が路面に漏出した。本研究では、その後の実態を長期的に調査するため、2013年1月より、現地に設置されている雨水ます内の滞留水を毎月採取し分析した。その結果、数十mg/L以上の高濃度の Cr^{6+} を含み、鉍さいで報告される強アルカリと合致するpH10以上の滞留水がほぼ毎回認められ、継続的な Cr^{6+} 漏出が示された。ただし、 Cr^{6+} の濃度レベルと月変動の傾向は雨水ますごとに異なっており、漏出分布は埋め立てられた Cr^{6+} 鉍さいの数mの範囲内で存在すると推測された。2011年3月の漏出水では Cr^{6+} の他Cu、Zn、Cd、Pbなどの各種重金属元素にも高濃度が認められ、2013年以降の試料では電気伝導度と Cr^{6+} 濃度は比例的に増加した。したがって、鉍さいからは Cr^{6+} だけでなく多種の有害物質が放出されている可能性が高いと考えられた。汚染源となる鉍さいの特定と漏出の化学的メカニズムの検討、合流式下水道を通じた河川や海洋への放出実態の定量化など、検討課題は多く残されており、現地調査を継続しつつ、関係諸機関と協力して問題を解決することが求められる。

Abstract

Very high concentration of Cr^{6+} was detected from leachate on a street pavement in March 2011, in Komatsugawa, Edogawa-ku, Tokyo. This study has aimed to monitor Cr^{6+} leaching on a long-term basis, and therefore retaining water in drainages has been collected every month since January 2013. More than several dozen mg/L of Cr^{6+} was regularly observed in the water samples and their pH exceeded 10. The high pH value was corresponding with that reported for the Cr^{6+} sludge, suggesting a strong influence from dumped sludge. The trend of contamination could be associated with a few-meter-scale-distribution of sludge because concentration of Cr^{6+} and its monthly change differed intricately by the drainages. High level of Cu, Zn, Cd, Pb and other heavy metals as well as Cr^{6+} were detected from the leachate collected in March 2011, and electric conductivity and Cr^{6+} concentration were proportionally increased each other in the retaining water samples collected in and after January 2013. These facts indicate sludge has been an emission source of various hazardous elements. There remain many tasks including pinpointing the source of the leachate, elucidating chemical mechanism of leakage, investigating actual situation of release of Cr^{6+} through the combined sewage collection system and so on. We need to keep monitoring the latest status of pollution and

* 東京農工大学大学院物質循環環境科学専攻環境汚染解析学

〒183-8509 東京都府中市幸町 3-5-8, * 連絡責任者: 尾崎宏和 (h_ozaki@cc.tuat.ac.jp)

resolve the issue by collaborating with public and local organizations concerned.

キーワード：6価クロム，鉍さい，江戸川区小松川，強アルカリ性，雨水ます滞留水

Key words：Hexavalent chromium, sludge, Komatsugawa Edgawa-ku, Strong alkaline, Retaining water in drainage sludge

【はじめに】

東京都江東区大島および江戸川区小松川の旧中川と荒川右岸の周辺では，日本化学工業株式会社（日化工）小松川工場が大正期より1973年までクロム酸塩の製造を行ってきた。それにより発生した多量の6価クロム（以下 Cr^{6+} ）鉍さいは，江戸川区および江東区の工場敷地内外や，近隣する江東区南砂，江戸川区堀江および小名木川，市川市，浦安市，さらに羽村市や横浜市などの多数の場所に埋め立てられた。この問題は，本地域の再開発事業と都営地下鉄新宿線の建設に伴って1973年に発覚し，以後，重大なレベルの都市土壤汚染問題として深刻な社会問題に発展した。 Cr^{6+} 鉍さいおよび Cr^{6+} 汚染土壌への対処としては，小松川工場跡地を掘削し還元剤と混合して地下へ封じ込める集中処理が行われ，30万 m^3 が埋設された（東京都公害局，1977；佐藤，2006；浅見，2010）。現在は，盛り土状となった地上部が，レクリエーションや災害時の避難の場となる都立大島小松川公園として開放されている。しかし本地域を流れる旧中川の底泥には，現在もクロムメッキ工場に起因する重金属汚染が残留する（大友ら，2009；大友・鹿園，2009）。1990年代には，クロム鉍さいの埋立処分地周辺で， Cr^{6+} 汚染水の漏出や Cr^{6+} の結晶状物質の析出がたびたび認められた（中村，2004）。1994年の調査では，大島小松川公園周辺の土壌やブロック塀付着物から68～349 mg/kg ，鉍さいから1720 mg/kg の Cr^{6+} が検出されている（乾物あたり。久保田ら，1995）。

2011年3月11日に発生した東日本大震災では，本地域に隣接する千葉県浦安市の埋立地で液状化が発生した。大島小松川公園は液状化発生地域の北西約8kmに位置する低地帯にあり，この場所でも地盤へのストレスが埋め立てられた Cr^{6+} に対し影響を及ぼしたことも懸念された。我々は地震後に緊急調査を行い，小松川1丁目で路面上に液

体が漏出している箇所を発見し，この液体が Cr^{6+} など複数の有害元素を高濃度に含有することを確認した（尾崎ら，2011）。その後東京都は，本地点176 m^2 の舗装を撤去し，113 m^2 の範囲で舗装材下の50cmまでの土壌を掘削除去した¹⁾。

しかし，2013年1月以降継続する我々の再調査の結果，同地点に設置される雨水ますへ高濃度の Cr^{6+} が流出しているのが確認され，新聞^{2,3)}やテレビニュースにより報道された。にもかかわらず，江東区，江戸川区地域で高濃度の Cr^{6+} 漏出が一般市街地道路の雨水ますで継続している事実に対する社会的認知はじゅうぶでない。さらに，江東区，江戸川区地域の Cr^{6+} 汚染問題は発覚以来40年以上が経過するが，今日まで Cr^{6+} 漏出が継続してきた可能性についての知見は無い。そこで本研究では，現地における Cr^{6+} 漏出の現状を明らかとし濃度レベルを長期的に把握すること，漏出の地点分布の検討と漏出に及ぼす化学的メカニズムを推定することを目的として，現地に設置されている複数の雨水ますで滞留水を採取し，試料の Cr^{6+} および重金属の濃度，化学的状態を測定した。

【試料と方法】

2011年3月24日，東京都江戸川区小松川1丁目の新大橋通り高架下道路（図1）で，車道舗装面脇に十数メートルにわたり漏出した粘性液体と，その周囲に淡黄色の結晶状物質が発見され，これらを採取した。その後，2013年1月21日に同地点の雨水ます内部の堆積物を観察した結果，部位によって強い黄色または黄褐色を帯びているのが認められ，この表層（約5cm）を採取した。2013年2月22日には，この雨水ますおよび隣接する複数の雨水ますより堆積物と滞留水を採取した。本地点の調査は，2014年10月現在も毎月下旬に続けているが，本報告では2013年11月までに採取した雨水ます（図1）のデータを用いて検討する。

図1 日化工工場跡地付近における試料採取地と調査対象した雨水ますの位置（ただし新大橋通りは橋脚上にあり、雨水ますは高架下の地面にある）

2011年3月29日には、JR京葉線新浦安駅の南側12地点で、液状化により発生した噴出物の表層を採取した。これらの試料は、東京の下町および千葉県との境界付近に深さ数十mまで分布する沖積層（有楽町層）を反映すると考えられ、小松川の試料との比較に使用した。

江戸川区小松川1丁目の路面上および雨水ますから採取した試料は、3000rpm・10分間の遠心分離の後、No.5Cのろ紙で固液を分離した。液体部分には、1mol/L硫酸を0.5ml添加後、ジフェニルカルバジドのアセトン溶液（1%）により赤色に呈色させ、吸光波長540nmにより Cr^{6+} 濃度を測定した。全Crは、硫酸により Cr^{3+} も Cr^{6+} に酸化させ、上記と同操作により測定した。また、液体試料に硝酸（60%、有害金属測定用）を加えてマイクロウェーブ高温高压分解（200W、15分）し、他の25元素（Li, Mg, Ca, V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Rb, Sr, Mo, Cd, In, Sn, Sb, Cs, Ba, Tl, Pb, Bi）とともにICP-MS

でも測定した。黄色析出物はシリカゲル充てんデシケータ内で14日間乾燥させ、3%硝酸への溶解後、希釈してICP-MSで測定した。液状化噴出物は60℃で24時間の乾燥後、硝酸湿式分解と超純水（pH 5.8～6.3）での常温振とう抽出（1:10）の双方を行ない、全Crおよびその他25元素の含有量と溶出量をICP-MSによりそれぞれ測定した。

【結果と考察】

（1）2011年3月の漏出液体における Cr^{6+} および各種元素濃度

小松川1丁目の路面上で採取された漏出液体をろ過した結果、濃い黄色が認められ、分析前より高濃度のCrの含有が疑われた。この液体の Cr^{6+} 濃度は5.9mg/Lが測定され、地下水における環境基準値0.05mg/L（50 $\mu\text{g/L}$ ）に対して100倍以上の汚染であった（図2）。また、全Crも109mg/Lと高濃度を示した。本漏出液は水素イオン濃度指数（pH）も11と強いアルカリ性を有し、 Cr^{6+} 鉍

図2 小松川1丁目における2011年3月の漏出液体および浦安市における液状化噴出物（対照区）の溶出試験によるCr⁶⁺など各元素の濃度

さいのpH報告値12.2（東京都公害局，1977）と合致した。CaとFeもそれぞれ87.4, 158mg/Lと高く，これはアルカリ土類金属もCr⁶⁺ 鉱さいに多量に含まれること，2価Fe（Fe²⁺）であるFeSとFeSO₄がCr⁶⁺の還元剤として多量に施用されたことによると考えられた。また，工場跡の整地には酸化カルシウムや水酸化カルシウムが使用された可能性がある点にも符合する（大友ら，2010）。したがって，本漏出液体における高濃度汚染はCr⁶⁺ 鉱さいに起因することが強く示唆された。

この漏出液体は，Cr以外にもCuが2.1mg/L，Znが1.3mg/L，Asが0.36mg/L，Seが1.5mg/L，Agが1.3mg/L，Cdが0.03mg/Lと，多数の有害元素が非汚染の地下水よりも1000倍オーダー高く含まれており，地下水における環境基準値（As・Se・Pb 0.01，Cd 0.003mg/L）に対しては，Asは約36倍，Seは約150倍，Pbは約3倍，Cdは約10倍に達した。また，漏出液体と黄色結晶状物質は元素組成が一致しており，毛細管現象による地下から地表への汚染の移動も懸念された。

この場所は，1973年まで操業を続けた日本化学工業小松川第二工場から数十mの地点である。高濃度のCrの漏出は，現地埋め戻しの方法が適切に機能していない可能性，投棄されたCrの掘削・除去が不十分であった可能性の双方を示唆している。

(2) 漏出液体と液状化噴出物の比較

浦安市で発生した液状化噴出物における溶出試験の元素組成は，本地域の深層に分布する土壌（有

楽町層）より溶出しうる元素の組成を代表すると考えられる。これに対し，2011年3月に小松川1丁目の路上で採取された液体に含まれた元素濃度は，全Crが約9400倍，Seが約950倍，Cuが75倍，Snが約40倍，NiとZnが約25倍，AsとSb，Cr⁶⁺の還元剤として施用されたFeの3元素は10～20倍と，小松川の漏出液体はとくにCrが大幅に高濃度を示した。このように，両者の元素組成は大きく異なっており（図2），小松川1丁目で採取された試料はCr⁶⁺ 鉱さいの影響を強く受けた汚染であることが示唆された。

(3) 2013年1月以降に採取した雨水ます内滞留水試料のCr⁶⁺・全Cr濃度

2011年3月における漏出地点では，その北側歩道に6ヶ所の雨水ますが設置されている。そのうち1ヶ所で，2013年1月21日に採取した懸濁物試料の液層から，Cr⁶⁺ 153mg/L（最大値）および全Cr 194mg/Lが検出された。その後，Cr⁶⁺と全Crの最大値は，2月22日は同程度の119と189mg/Lがみられ，3月26日は双方とも<0.05mg/Lに低下したが，4月1日は再び77と95mg/Lに上昇した（図3）。他の2つの雨水ますの水も黄色を呈しており，うち1ヶ所では2～4月に採取した試料で，Cr⁶⁺は14～27mg/L，全Crは22～40mg/Lが認められた。また，全Cr濃度に対し，Cr⁶⁺は前者の雨水ますでは約70%，後者では約60%を占めた。雨水ます側壁では，継ぎ目からも地下水が明らかにしみ出しているため，滞留水のCr⁶⁺濃度を地下水環境基準と比べれば，2013年1月は3000倍超，他の場合も1000倍以上の高濃度汚染であることが示された。

2013年11月までに得られたデータで，もっとも高いCr⁶⁺濃度が観測された雨水ますAでは，2013年1月以降，3月と8～10月は他の雨水ますよりも低いレベルが検出限界未満まで低下した。しかし，4～7月と11月以降は，他のますと比べ2～6倍程度と大幅に高い値が測定された。雨水ますAでは，2013年4月から6月にかけて東京都により堆積物が除去されるなどの対応がなされたが，その後もCr⁶⁺は検出された。このことから，対応後にもCr⁶⁺漏出が継続していることが示された。雨水ますCとDは隣接して設置されており，内部で接続されCからDへ流れる構造を有し

図3 各雨水ますより採取された滞留水における Cr^{6+} 濃度の月変化（灰色の縦バーは採取前1週間の期間に20mm以上の降雨があった場合を示す。雨水ますAで同一日にプロットが複数あるのは同ます内複数箇所にて採取したためである。）

ている。雨水ますDでは年間を通じ最大値は40mg/L程度が認められ、Cよりも常に高かった（図3）。したがって、雨水ますD独自の汚染源が疑われた。一方、雨水ますB、F、Hでは Cr^{6+} は検出されなかった(<0.05mg/L)。これらを総合すると、各雨水ますの立地が数m異なるだけで、汚染のレベルや時間変動は違いをもつということができ、その違いは残存する鉍さいの位置や地下環境の物理化学条件のミクロ的な分布により生じていると推測された。

(4) 2013年1月以降の試料における Cr^{6+} ・全Cr濃度と降雨との関係

採取日1週間前から採取日までの間に20mm以上の降雨があった場合には、 Cr^{6+} 濃度は前回と比べて低下する傾向があり、雨水ます内の Cr^{6+} レベルおよび漏出濃度は降雨により希釈が生じたと考えられた（図3）。本地域における別地点では、降雪（総雨量換算68mm）後の路面上に37mg/Lの Cr^{6+} の漏出が報告され、降雨や降雪に伴う漏出の促進が推測されている（Hori et al., 2014）。このことと本研究の結果を併せると、 Cr^{6+} は降雨によって希釈されつつ総量では放出が増加している可能性が考えられる。一方で、降雨量や漏出箇所の違いにより生じる鉍さいまたは汚染土壌と地下水の接触割合の違いによって、本研究で対象とする雨

水ますでは20mm程度の降雨では希釈効果のみが生じた可能性も低くない。2013年1月から11月の範囲において、 Cr^{6+} の漏出濃度は春から初夏および冬季以降に高かったとみることもでき、夏季における降水量増加との関連も推測された。今後の調査継続により、漏出濃度の季節変化や降雨量との関係、地下の土壌・埋設物の構造と Cr^{6+} 挙動の関係を解明し、道路表面や下水道への漏出の対策を速やかに構築することが求められる。

本研究で漏出が認められた Cr^{6+} は、下水道を経由して砂町水再生センターへ到達すると考えられる。本地域の下水道は合流式であるものの、時間雨量50mm対応のポンプ式排水設備を備えるため豪雨時でも河川への越流は生じない⁴⁾。一方で、 Cr^{6+} は管きよ内の有機物により Cr^{3+} に還元されると、CuやAgなど本研究で高濃度に検出された重金属元素とともに汚泥物質へ吸着しやすくなる。したがって、これら有害元素は余剰汚泥に多量に含まれると推測され、余剰汚泥における濃度やそれへの移行量、余剰汚泥の最終処分方法の再検討が求められると考えられる。

(5) 2013年1月以降の試料における Cr^{6+} 濃度とpH、EC、Ehとの関係

Cr^{6+} 濃度は、pHおよび電気伝導度（EC）とは有意な正の相関、酸化還元電位（Eh）とは有意な

負の相関を示した (Spearman の順位相関検定, $p < 0.01$, 図 4)。Cr⁶⁺ 濃度がほぼ 100mg/L 以上に達した試料では, pH は 12.6 ~ 13.1 と強アルカリ性であり, 鉍さいにおける値と合致することから, その影響が強く疑われた。また, 工場跡地の整地において用いられた酸化カルシウムや水酸化カルシウムに伴う高 pH 条件が, Cr の土壌からの溶出を促進している可能性も考えられた (大友ら, 2010)。Eh は, Cr⁶⁺ 濃度が検出限界未満 (< 0.05mg/L) であった試料は 27 ~ 495mV と大きくばらついた。しかし 0.05mg/L 以上の試料では, Cr⁶⁺ 濃度が高いほど還元的な条件が認められ, とくに, Cr⁶⁺ 濃度 100mg/L 以上を検出した試料では Eh は 131 ~ 223mV まで低下した。EC が 5000 μ S/cm を越えた試料は, Cr⁶⁺ 濃度はすべて 50mg/L を超過した。EC と Cr⁶⁺ 濃度はともに上昇する傾向がみられたが, Cr⁶⁺ を検出しない場合 (< 0.05mg/L) でも, EC は 1000 μ S/cm 超の高値であった。また, 2011 年 3 月に路面上より採取された漏出水では, Cr 以外にも多種の元素で高濃度が認められている (結果と考察 (1))。したがって, Cr⁶⁺ 検出の有無にかかわらず, 本地点の雨水ます滞留水は多量かつ多種の無機イオンや有害元素を溶存していると推測された。そして, 鉍さいからの溶出量やその後の希釈率の違いによって, Cr⁶⁺ や他の元素の濃度と EC, pH, Eh は関連しながら変化していると考えられた。

一般に, Cr⁶⁺ は中性からアルカリ性の酸化的条件下に存在し, Cr⁶⁺ から Cr³⁺ への還元は酸化的かつ低 pH 条件下で促進されることが知られている

図 4 雨水ます滞留水の Cr⁶⁺ 濃度と pH および Eh の関係

(Cary, 1982; Victory et al., 1990; Saleh et al., 1989)。また, クロム酸イオンや重クロム酸イオンは土壌内で加水分解されるとアルカリ性を呈する性質をもつ (蜷木, 1979)。しかし前述したように, 本研究では強アルカリかつ還元的な条件ほど高濃度の Cr⁶⁺ が検出された。測定された強アルカリ性は鉍さいに由来すると推測され, 雨水ます内滞留水の還元的条件に関わらず, Cr⁶⁺ の還元が阻止されている可能性が考えられた。Cr⁶⁺ の化学的挙動の解明は, 本地域における汚染対策構築のため, 今後もいっそうの検討を要する課題である。

【まとめ】

江戸川区小松川 1 丁目で発生している雨水ますへの Cr⁶⁺ の漏出は, 濃度レベルとトレンドが雨水ますごとに異なっており, 現状では, 明確な傾向やメカニズムを見出すには至っていない。しかし, 本研究が明らかとすることは, Cr⁶⁺ 濃度は地下水環境基準の 1000 倍以上にしばしば達し, 上下変動を伴いながら継続的に公共下水道へ流出していることである。そして, 高濃度の漏出は, 2011 年に降少なくとも 2 回行われた東京都の対応後も続いている。したがって, 汚染の起源は工事対象とは別にも存在するか, この地点一帯が汚染されている可能性が高く, 対応はいまだ不完全であると結論できる。またこのことから, 年間スパンでの漏出継続が認められ, 1990 年代までに行われた汚染処理の後も, 長期にわたって周囲へ汚染が拡散してきたと推測される。

我々は, ICP-MS により全 Cr のほか 25 元素, イオンクロマトグラフにより Na⁺, K⁺, NH₄⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ の各陽イオンも測定している。今後, これら各種元素のデータも含めて解析し, 日化工操業当時より半世紀以上にわたる Cr⁶⁺ 汚染の拡散や地中での三次元的な広がり, 下水道を通じた環境中への放出を定量的に検討する予定である。また, 継続的な現地調査を行って最新の実態を把握すること, 化学的な検討や関係諸機関との協力により問題の解決を図ることが求められる。

本研究を行った 2013 年は, 江戸川区および江東区で Cr⁶⁺ 汚染問題が発覚した 1973 年から, ちょうど 40 年にあたる。現在も Cr⁶⁺ 漏出が続くという事実は, 汚染物質の封じ込めはきわめて難しい

ことを示唆しており、このことは、原発事故に伴う除染廃棄物や核のゴミの処理においても共通する問題であると考えられる。汚染を生じさせない政策と、また万一汚染が発生したらその要因となくった政策を根本から見直す覚悟が必要である。

【謝辞】

江東区議・中村雅子氏、アジア経済研究所・岡奈津子氏、朝日新聞社・森治文氏、小松川まちづくり協議会の中氏および勝俣氏、その他ご協力者の方々にお礼申し上げます。

注

- 1) 東京都第五建設事務所 (2011)「工事報告書」, 2011年7月28日付.
- 2) 朝日新聞社 (2013)「六価クロム基準 3000 倍江戸川区排水溝の水から」, 朝日新聞第 45579 号夕刊 4 版, 2013 年 3 月 27 日付.
- 3) 毎日新聞社 (2013)「基準 3000 倍六価クロム東京・江戸川公園排水溝の水から」, 毎日新聞第 49316 号朝刊 13 版, 2013 年 3 月 28 日付.
- 4) 東京都下水道局 (2014)「下水道台帳ホームページ」, <http://www.gesuijoho.metro.tokyo.jp/semiswebssystem/index.html>, 2014 年 10 月 5 日閲覧.

参考文献

- 浅見輝男 (2010)『改訂増補データで示す－日本土壌の有害金属汚染』アグネ技術センター.
- Cary, E.E. (1982) "Chromium in air, soil and natural waters". in Langård, S. (ed.) *Topics in Environmental Health 5 Biological and environmental aspects of chromium*, New York: Elsevier Biomedical Press, 46-64.
- Hori, M., K.Shozugawa and M.Matsuo (2014) "Hexavalent chromium pollution caused by dumped chromium slag at the urban park in Tokyo", *Journal of Material Cycles and Waste Management*, (On-line First: March 16th 2014, DOI 10.1007/s10163-014-0243-0).
- 久保田正亜・浅見輝男・南澤究・土橋幸司 (1995)「日本化学工業株式会社小松川工場跡地周辺の土壌等のクロム汚染」『人間と環境』第 21 巻第 1 号, 15-18 頁.

中村雅子 (2004)『公園のクロムを考える会報告書』公園のクロムを考える会.

蜷木 翠 (1979)「クロムによる土壌汚染」渋谷政夫編著『土壌汚染の機構と解析』産業図書, 100-128 頁.

大友一夫・鹿園直建 (2009)「地下処分されたクロム鉱滓と底質土中の重金属類の現状と環境保全に関する法的問題点」『人間と環境』第 35 巻第 2 号, 70-82.

大友一夫・J.Srivastava・H.M.Zakir・鹿園直建 (2010)「六価クロムを含む土壌からのクロム溶出の支配要因に関する土壌－水溶液反応実験」『資源地質』第 60 巻第 1 号, 1-13 頁.

大友一夫・鎌水恵利子・鹿園直建 (2009)「クロムの地質汚染に関する考察－東京都江東区及び江戸川区旧中川流域の研究例－」『地質汚染－医療地質－社会地質学会誌』第 5 巻第 3/4 号, 59-70 頁.

尾崎宏和・一瀬寛・鉄田陽介・松島祐樹・河野冬樹・渡邊泉 (2011)「東日本大震災との関連が疑われる鉱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」『人間と環境』第 37 巻第 3 号, 18-22 頁.

Saleh, F.Y., T.F.Parkerton, R.V.Lewis, J.H.Huang and K.L.Dickson (1989) "Kinetics of Chromium Transformations in the Environment", *The Science of the Total Environment*, Vol.86, Issue1-2, October, pp.25-41.

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壌汚染処理のファースト・ケース－」『人間と環境』第 32 巻第 2 号, 95-104 頁.

東京都公害局 (1977)『6 価クロム鉱さいによる土壌汚染対策報告書附属参考資料』, 196pp.

Victory, W. S.D.Lee, P.Mushak and M.Piscator (1990) "Noncarcinogenic Effects of Chromium: Update to Health Assessment Document", Environmental Criteria and Assessment Office, Office of Health and Environmental Assessment, USEPA, Report Number: EPA/600/8-87/048F; ECAO-R-0117.

(2014 年 3 月 25 日受付, 2014 年 12 月 1 日受理)