

六価クロムによる地下水汚染

高宮 真美・中村 秋香・麻岡 文代^{※1)}・古田 和美^{※2)}
荒尾 真砂^{※3)}・山崎 葉季^{※4)}・川田 常人^{※4)}
山中 律^{※5)}・大森 真貴子^{※5)}・宅間 範雄・西森 一誠

Underground water pollution with hexavalent chromium

Masami TAKAMIYA, Akika NAKAMURA, Fumiyo ASAOKA, Kazumi FURUTA
Masa ARAO, Hagi YAMASAKI, Tsuneto KAWADA
Ritsu YAMANAKA, Makiko OYAMA, Norio TAKUMA and Kazuo NISHIMORI

【要旨】 平成19年7月に高知県内の飲用井戸から水道水質基準を超過する六価クロムが検出された。汚染井戸周辺地区調査の結果、メッキ工場から漏出した無水クロム酸と硫酸によるサージェント溶液が原因と見られ、地下水の流向方向に延長1,200m幅120m程度の範囲に汚染が見られた。平成19年8月から平成21年2月まで、定点井戸11カ所での週1回のモニタリング調査と希望者の水質検査を環境研究センターと共同で行った。調査した119井戸のうち、51井戸に汚染が認められ、うち、29井戸が基準を超過、最高濃度は1.1mg/Lであった。なお、モニタリング調査は現在も継続されている。

Key words : 六価クロム 地下水汚染

はじめに

水質に関連する事故においては、早急に関係者へ情報を周知するとともに、特に地下水に関しては、緊急的な対応と長期的な対応をあわせて考えていく必要がある。

水質汚濁防止に基づき、環境担当課において地下水水質の常時監視が行われている。各地域での水質把握を目的とした概況調査では、対象地域を市町村単位で変更しながら、毎年20井戸程度を新たに選定し調査を行っている。

平成19年7月に行われた調査で、N市S地区の飲用井戸から、地下水の水質汚濁に係る環境基準(0.05mg/L：水道水質基準と同じ。)を超える六価クロム0.12mg/Lが検出されたとの一報があった。

環境担当課、水道担当課及びN市の関係課で調整が行われ、保健所と環境研究センターによる調査の結果、複数の飲用井戸の六価クロムによる汚染が確認された。

多くの住民が地下水を利用している地域であり、南国市の広報や報道機関を通じて、市民への周知が行われ、また、汚染井戸周辺地区調査として汚染範囲の特定及び汚染原因の究明が進められた。

平成19年8月にはこれらがほぼ明らかになり、長期的なモニタリング等の対応が必要になったことから、環境研究センターと当所で水質調査を分担して実施することとなった。

なお取りまとめに際しては環境研究センターと衛生研究所が共同で水質調査を行っているため、両者による執筆とした。

I 地下水汚染の概要

1. 地域の状況

N市は高知県の中東部、北の四国山地から南の太平洋に直線的に流れ込むM河川の右岸扇状地に位置する。S地区は、市の中心地の南西部にあたる住宅地域

で、その南側は水田地帯となっている。

この地区では、3m 程度の掘削で地下水が得られ、多くの住宅や事業場では井戸水を飲用及び生活用水等として利用しており、N 市上水道の水源としても利用されている。水道工事業者等からの聞き取りでは、帯水層は地下 20m 程度まで及び、西南方向に 50m/日程度で移動しているといわれている。

2. 汚染判明の経過

地下水の水質概況調査は、1 市町村あたり 5 カ所程度の新たな井戸を選定し、5 年で県内を一巡する計画で、高水位期と低水位期の年 2 回、民間検査機関に委託して実施している。

平成 19 年 7 月 10 日、委託先の検査機関から環境担当課に、7 月 3 日採水した N 市 S 地区の井戸（以下、「井戸 C」とする。）から 0.12mg/L の六価クロムが検出されたとの一報があった。翌日、中央東福祉保健所と環境研究センターが井戸 C の調査を行い、0.20mg/L の六価クロムが確認され、環境担当課から関係課室及び N 市に通知された。

7 月 13 日まで、汚染判明井戸の直近及び周辺 12 井戸の調査を行ったが、新たな汚染井戸は認められず、台風接近のため調査を一時中断した。7 月 17 日に調査を再開したところ、井戸 C の西南方向に 2 カ所、新たな汚染井戸（井戸 E 0.07mg/L 及び痕跡）が判明し、調査対象範囲の拡大と汚染原因の特定及び住民への周知のため、相談窓口や検査体制の準備を始めた。

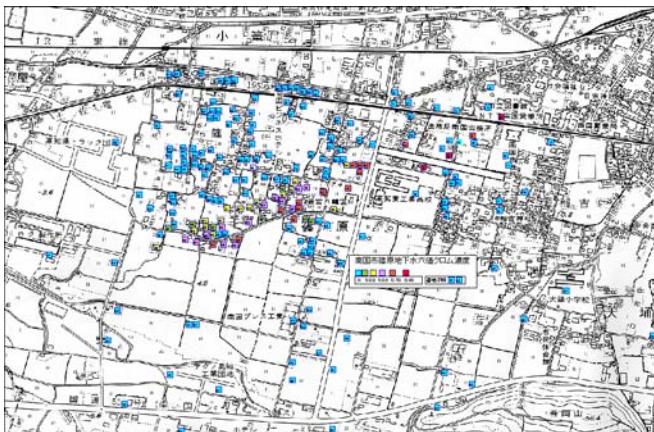


図 1 調査 211 井戸の位置

3. 汚染の公表と対応

平成 19 年 7 月 20 日、調査対象範囲の住民への資料配付と報道機関への公表を行い、保健所の現地採水調査とあわせて、対象地域の検査希望を毎日受け付けることとした。

7 月 27 日までに 127 井戸及び 1 水路の延べ 252 件

の水質調査の結果、六価クロムの基準超過 14 井戸、基準以下の検出 18 井戸（痕跡を含む）が判明し、汚染範囲がほぼ確認された。

汚染源も判明したため、8 月からは、地下水の流路方向と見られる代表の井戸 B~I、汚染範囲外の井戸 K 及び汚染源から約 100m の位置に新たに県が掘削した深さ 10m の井戸 A を含めた 11 井戸（図 1）をモニタリング対象として、毎月曜日に調査を行うこととし、住民の検査希望への対応も週 1 回とした。

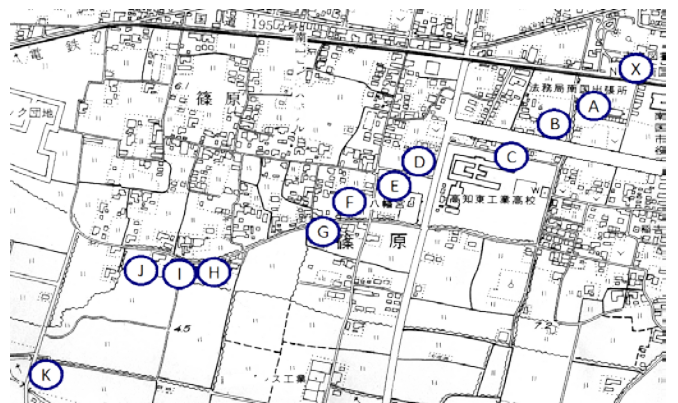


図 2 モニタリング井戸

4. 汚染源の特定と対策

汚染源となった工場（図 2：X）は、昭和 30 年代から現地で営業しており、硬質クロムメッキの工程で、大量の無水クロム酸を使用している。平成 2 年に新工場を建てた際、薬液の漏出防止策として厚さ 50cm 程のコンクリート壁でプール状のピットを設け、この中に薬液槽を設置して六面監視ができる構造としており、排水は処理装置を経て水路に放流していたが、平成 4 年 9 月からは下水道に接続した。これまでに、放流水で水質に異常が見られたことはなかった。

汚染井戸を結ぶ延長線上に位置することから、行政及び自社による目視調査を行ったが、異常は見られなかった。平成 20 年 7 月 20 日の地下水汚染公表を受け、工場では、操業を中断して再調査を開始、7 月 23 日に漏出防止ピットをボーリング調査した結果、コンクリート裏面が黄色く変色し、薬液の漏出が認められた。直下の土壌溶出試験で 560mg/L、含有試験で 5,500mg/kg の六価クロムが検出されたことから汚染原因と断定された。

工場では 7 月 31 日に地元や報道機関に状況を報告、コンサルタントによる調査ボーリング等で、汚染範囲の特定、高濃度汚染土壌の除去、汚染井戸利用者への上水道敷設等の応急措置を順次行った。

その後、土壌掘削除去範囲の拡大、揚水井戸の設置

による土壌洗浄等の対策を継続している。

なお、工場敷地の一部は、平成 19 年 12 月、土壌汚染対策法による指定区域とされた。

5. 連絡体制

地下水汚染が判明した直後、高知県と N 市の関係機関で連絡体制を構築し、地元町内会を經由して市民への情報提供を随時行うこととし、また、汚染源の工場とも情報を共有することとした。

また、調査結果や対策方法については、環境審議会水質部会委員など学識経験者 3 名によるアドバイザー会議を設けて、検討を願うこととした。

モニタリング調査の採水及び分析は長期間にわたることが予想され、井戸水の飲用利用もあることから、環境研究センターと衛生研究所が隔週交代で行うこととした。

II 地下水モニタリング

1. 試験方法

汚染判明当初に行われた工場及び環境研究センターの水質分析結果から、他の項目に異常はなく、また、多数の検体を扱うため、モニタリング物質は六価クロムに限定し、水温、気温、pH、電気伝導度¹⁾を現地測定することとした。

工場からは、場内井戸の水位、水質のデータを求め、モニタリング用井戸では水位と層別の採水を行った。

町内会及び住民個人の検査希望については、N 市が受付窓口となり、検査機関が持ち帰り、結果は市を通じて通知した。

継続測定のため、六価クロムの試験方法は地下水水質方法に準じて下記のとおりとし、定量下限値は 0.02mg/l、有効数値 2 桁以下は切り捨てとした。

(試薬)

- ・アセトン ・硫酸(1+9)
- ・ジフェニルカルバジド溶液
(ジフェニルカルバジド 0.5g をアセトン 25ml に溶解、水を加えて 50ml とする)

(測定)

試料 10ml
 | 硫酸(1+9) 0.5ml
 | ジフェニルカルバジド溶液 0.2ml
 混和 15分静置
 |
 吸光度 540nm 10mm セル

2. 調査結果

平成 19 年 7 月 11 日に 0.20mg/L の六価クロム汚染が判明した井戸 C の直近及び半径 500m 程度の範囲内の 12 井戸について、7 月 13 日までの検査では、新たな汚染は見られず、局所的な汚染かと考えられた。

7 月 17 日に井戸 C 周辺の調査を再開したところ、井戸 C から西南方向約 200m の井戸 E(0.07mg/L)及びその西約 100m の井戸(痕跡)の汚染が判明し、18 日には東北方向約 150m に井戸 B(0.87mg/L) が判明した。

7 月 18 日から 27 日まで、行政機関による採水の他、住民の持ち込み試料についても全て検査を行った。128 井戸延べ 251 検体のうち、基準を超過する井戸 14、痕跡を含めて 18 の井戸の六価クロムによる汚染が判明し、地下水の汚染範囲がほぼ特定された。

7 月 19 日、井戸 C の六価クロム濃度が 1.1mg/L に急上昇し、翌日以降、西南方向の汚染判明井戸の六価クロム濃度が上昇し、この傾向は平成 19 年 9 月中ごろまで認められた。

平成 19 年 8 月からは、地下水の流向方向を推定し、10 井戸を代表として、毎月曜日のモニタリングを環境研究センターと衛生研究所が交代で行うこととした。8 月 27 日には、汚染源と直近の汚染井戸の中間位置に、モニタリング用井戸を掘削し、上層(地下 3~5m)、中層(5~8m)、下層(8~10m)の層別採水を追加した。

また、汚染想定区域以外の検査希望者には、N 市が簡易試験等で対応することとした。

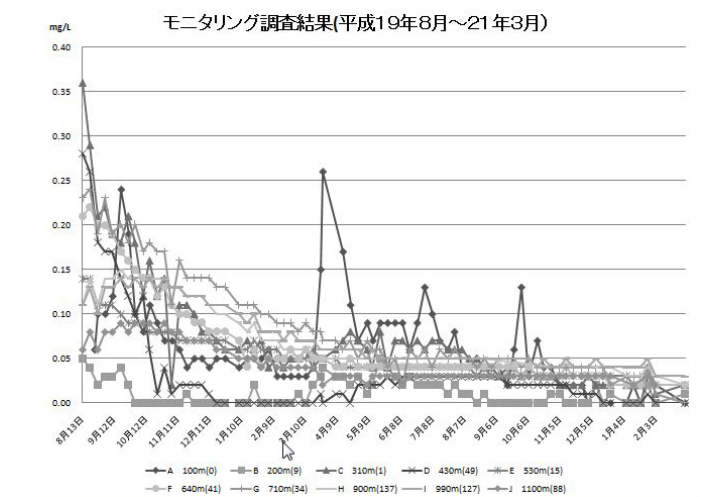


図 3 モニタリング井戸濃度の推移²⁾

平成 19 年 8 月から汚染源対策が講じられ、地下水の六価クロム濃度も漸次減少傾向が伺え、平成 20 年 8 月 11 日以降は基準を超過する井戸(井戸 A 及び X を除く)はなくなった。アドバイザー会議の意見も参考に、月 1 回のモニタリング頻度への変更を検討したが、地

元要望により平成 20 年 2 月まで検査体制を維持し、3 月からは、月 1 回のモニタリング調査を環境研究センターが継続することとなった。

平成 20 年 3 月までの調査は、延べ 99 日、検体数は 212 井戸り、1 水路で延べ 1,836 検体であった。

II. 結果及び考察

1. 汚染原因と対策

工場では、有害物質の流出防止の目的で、平成 2 年の工場新設時、1 階地表にコンクリート製プール状のピットを設け、その中に配置した薬液槽の側面、底面からの漏出が確認できる構造としていた。平成 7 年には、隣接して同様な設備を設け、ピットの周りには、洗浄水等の排水路を設けて、塗装を施して排水処理装置に導いていた。

汚染源と判明し、ピットの掘削除去を行っていく中で、平成 7 年に設けたピットと隣接する排水路の隙間から、洗浄液等が地下に漏出した痕跡が認められた。

平成 19 年 7 月の地下水汚染判明時の目視検査では、塗装のクラック等は認められなかったが、ピットを追加設置した平成 7 年の工事の際の埋め戻しが十分でなかったことが原因と考えられ、数年程度かけて汚染が進行したと推測された。

土壌汚染対策として、矢板工による封じ込め等、いくつかの方法が検討されたが、地下が礫層で 20m 程度の岩盤まで不透水層が存在しないことから断念された。

対策は原因者負担が原則であり、工場操業を縮小し、可能な限りの汚染土壌掘削を行い、残る汚染土壌を水

洗し、揚水井戸でくみ上げ、イオン交換処理する方法で対策を継続している。

2. 六価クロム濃度の推移

工場及びモニタリング井戸の水位記録をみると、地下水位は降雨等により、年間 3m ほどの変動があると考えられた。また、地域の東を流れる物部川の水位変動と連動していると見られた。

平成 19 年 7 月 14 日の台風に伴う降雨後に各井戸の六価クロム濃度が大きく上昇したことから、地下水位上昇に伴い、工場地下の高濃度汚染土壌からの洗い出しが考えられた。

また、濃度ピークが次第に下流側の井戸に現れたことから、汚染源から井戸までの距離と濃度のピークを比較すると、地下水全体が、西南方向に 50m/日程度の速度で移動するとされたこれまでの調査結果とはほぼ一致した。

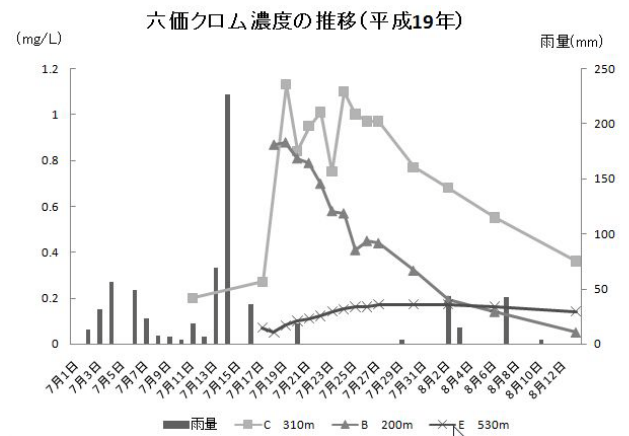


図 4 降雨と汚染井戸濃度

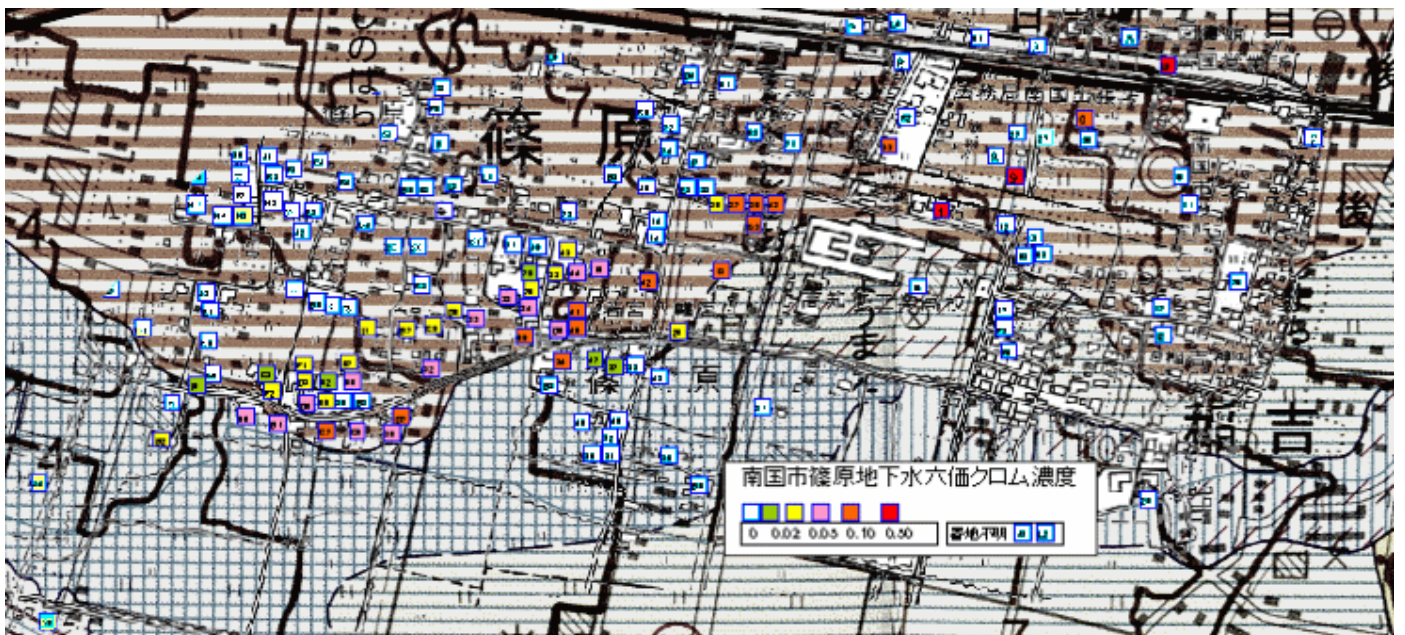


図 5 調査井戸と土地条件図

汚染源対策により、平成 20 年 8 月 11 日の検査以降、基準を超過する私有井戸はなくなり、平成 21 年 3 月時点で、井戸 B～J については、いずれも 0.02mg/L 程度で推移している。

井戸 B は、汚染源から最も近い既存井戸であるが、低水位期には検出されなくなるなどから、汚染された地下水の流れの上端にあたると考えられる。

汚染が判明した最下流の井戸 I の濃度変化、その下流の井戸 K 他で検出されないことから、地下水汚染の下端は汚染源から約 1,200m 程度と推定した。また、汚染井戸を結ぶラインの南側は水田地帯となっており地下水の利用はないが、幅は 120m 程度ではないかと考えられた。

土地条件図³⁾と調査を行った井戸を重ね合わせると、汚染源から西南方向への地下水の流れがあり、河岸段丘下位面と後背低地の境目に沿って西方向に汚染井戸が連なっている様子が見られた。

3. 分析等の課題

行政のスリム化として、モニタリング調査等が外部委託され、試験研究機関や保健所では職員の削減、分析機器の老朽化等が進んでいる。

これら外部委託に際し、精度管理や異常時の対応等は契約仕様書で担保できるが、緊急時の対応は経費等を含め規定しがたい状況がある。

今回の汚染判明は、委託先の民間検査機関が平成 19 年 7 月 3 日に採水した試料が発端となった。六価クロムは採水当日検査が規定されているが、行政機関への通報には 1 週間を要した。

汚染井戸周辺地区調査は保健所と 2 試験研究機関が合同であったが、水温が安定してからの採水等、調査方法が統一されておらず、数値のバラツキなどが当初の課題となった。また、民間分析機関を含め、有効数字や丸め方がまちまちであり、技術的な基本事項がおろそかになりつつあることが感じられた。

Ⅲ. まとめ

1. 平成 19 年 7 月、N 市 S 地区で六価クロムによる広範囲な地下水汚染が判明した。汚染源から西南方向に延長 1,200m 幅 120m の範囲が汚染範囲と推定され、地区内 38 井戸で汚染が確認され、最大濃度は 1.1mg/L であった。
2. 汚染原因は、メッキ工場の有害物質漏出防止ピットと周囲の排水溝に生じた微細な亀裂を経由して、

地下にメッキ液が浸透していったことと判明した。汚染土壌の除去、揚水井戸による土壌洗浄の対策が継続して行われている。

3. 平成 19 年 7 月、汚染井戸周辺地区調査で汚染範囲を確認、8 月から平成 21 年 2 月まで、11 定点による週 1 回のモニタリング調査を行い、以降、月 1 回の調査を継続している。
4. 汚染源対策に伴い、地下水の六価クロム濃度は漸減し、平成 20 年 8 月上旬には、環境基準を超過する井戸はなくなったが、六価クロムの検出は継続している。

文献及び注釈

- 1) 水温は、夏季 21℃、冬季 18℃、pH は通年 6.7 程度で安定していた。電気伝導度、酸化還元電位は、実試料での相関は見られなかった。
- 2) 定量下限とした 0.02mg/L 未満であっても、赤紫色に着色したものは痕跡とし、グラフでは 0.01mg/L として表示した。
- 3) 1:25,000 土地条件図 高知 国土地理院