

災害用井戸掘削地盤の環境化学的特性に関する研究

防衛大学校建設環境工学科

学生会員

○上田 奈々

防衛大学校建設環境工学科

正会員

山口 晴幸

1. はじめに

東日本大震災の後、地域住民の避難地域に指定されている当校舎内に、上水道が不給時となった際に活用するための災害用井戸を構築することとなった。深さ 100m まで掘削して構築する比較的大規模な深井戸である。だが三浦半島では、As や Pb などの重金属類等が水質基準値を超える濃度で、地下水や湧水等の自然水から検出される場合があり、自然起原由来の重金属類等を含有した地層の堆積していることが指摘されている¹⁾。本報告では、重金属類等の有害化学物質の評価も含め、災害用井戸からの地下水の水質と掘削地盤の化学的成分特性を把握すると共に、周辺域で採水した自然水との水質的な比較検証を試みる。

1. 地形・地盤概要

井戸を構築する走水は東京湾に面した神奈川県横須賀市に所在し、市水道発祥の地である。湧水・地下水等の自然水に恵まれた地域で、このことが、一説によれば、「走水」という地名の来歴とも言われている。掘削地盤は(図 1)、

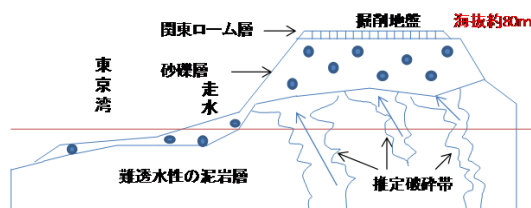


図 1 災害用井戸の地盤概要

概ね海拔約 80m の高台に位置し、表層部に関東ローム層、その下層に難透水性の泥岩層に挟在してかなり厚い砂礫層が堆積した土層構成となっている。この砂礫層や泥岩層の破碎帯亀裂に地下水脈が形成されていると言われており、湾沿岸部海底や走水地区等に今尚湧水地点が多い。掘削地盤の深さ 100m に亘る土質柱状図(図 3 中の No. 1 地点)を作成してみると(図 2)、黒ぼく・ローム層が深さ約 11m まで堆積し、深さ約 85m の泥岩層に至るまで、概ねその下層に砂礫層類、細砂層類、粗砂層類等の砂質・礫質土に分類される各地層が形成されており、地下水面は深さ約 9.5m に位置している。

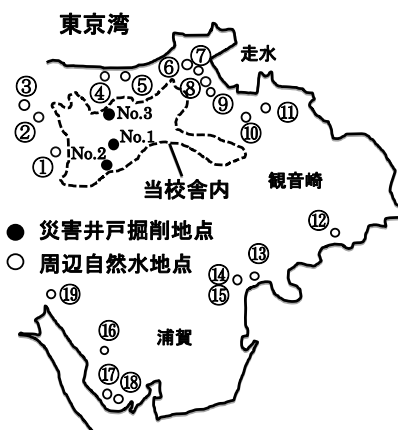


図 3 試料採取地点

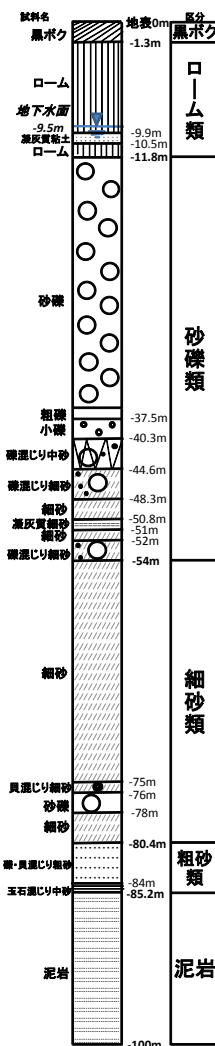


図 2 掘削地盤の柱状図

表 1 評価と試験・分析

評価項目	試験・分析項目
基本的土質・化学物性評価 (*印: 土試料のみ)	水素イオン濃度試験(pH)
	電気伝導率試験(EC)
	*強熱減量試験(Li)
化学成分評価	*粒度試験
	イオンクロマトグラフィー (陰イオン 6 成分) 陽イオン 5 成分
	原子吸光分光分析 As, Pb, Cr 等 9 元素

災害用井戸の構築に際し、図 3 に示すように、当校舎内 3 箇所(No. 1~3)の地点で深さ 100m に至る試掘を実施し、地下水・水脈・ボーリング調査等の結果から適地一箇所(No. 1)を選定した。ここでは、掘削地盤の化学的特性を化学成分レベルから評価するために、深さ 100m に亘るボーリング試料を用い、深さ約 1m 間隔で試料土を抽出して、約 100 サンプルの試料土について、表 1 に示す基本的土質・化学物性評価試験に加え、各種化学成分の定量評価試験を実施した。同様に掘削地盤から採水した 2 箇所(No. 1 と No. 2)の地下水に加え、比較検証のために周辺域で採水した

キーワード 災害用井戸, 地下水, 自然水, 重金属類, 掘削地盤, ヘキサダイアグラム, トリリニアダイアグラム

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 T E L 046-841-3810 E-mail :

s58086@ed.nda.ac.jp

19 サンプルの自然水(湧水・地下水)について(図 3), 一連の水質分析を実施している. 各試料土から溶出する, あるいは地下水等の自然水に溶存している主要イオン成分はイオンクロマト分析, 重金属類等は原子吸光分光分析によった. 全ての試料土では粒径 2mm 以下の土粒子成分を対象とし, 前処理である溶出試験では, 土質試験法²⁾に準拠し固液比を 1:10 の条件下で吸引濾過(孔径 0.45 μ m)して溶出液を抽出した.

3. 結果と考察

(1) 災害用井戸地下水と周辺自然水の水質特性

井戸構築後, 採水が可能になった段階で No. 1 と No. 2 地点の地下水について水質分析を試みた. 両地点で 4 ~7 間に亘ってそれぞれ断続的に採水した 20 サンプル程の地下水では, 水素イオン濃度(pH)と電気伝導率(EC)の平均値は No. 1 では 8.03 と 333 μ S/cm, No. 2 では 8.10 と 305 μ S/cm で, 両地点においてサンプル間の差異は小さく, 経時的にかなり安定した値を呈していた. 代表例として, 地点 No. 1 の地下水の主要溶存イオン成分を図 4 にまとめている.

分析成分の中で PO_4 と NO_2 は大半のサンプルで非検出, NO_3 は 20mg/l 未満で NO_2 を考慮した硝酸性窒素濃度は水質基準値の 10mg/l 未満とな

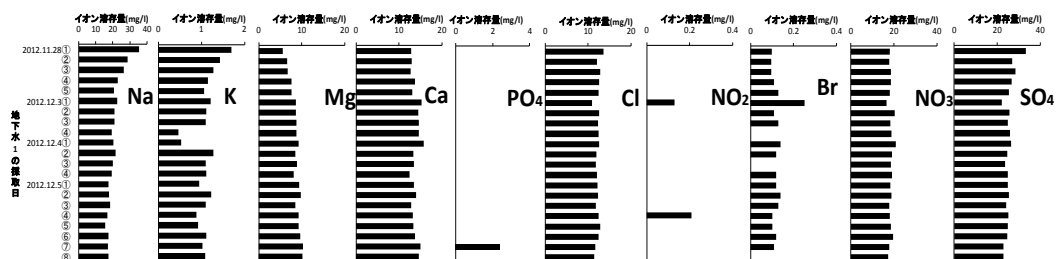


図 4 災害用井戸地下水 No.1 の主要溶存イオン成分

っている. しかし Br は基準値の 0.01mg/l 未満を超え 0.1~0.15mg/l 範囲のものが多く検出された.

さらに両地点の地下水の水質的特徴を評価し, 周辺域の自然水と比較検証するために, ヘキサダイアグラムとトリリニアダイアグラムをそれぞれ, 図 5 と図 6 に示している. 前者は主要な陰・陽イオン成分の溶存組成を, また後者は主要イオン成分から水質を大別し, 直感的に水質的特徴を把握するのに役立つ. ヘキサダイアグラムでは, 陰・陽イオン成分によって描かれる六角図形の形状が水質を表しており, 互いに形状が相似・類似したものは水質的に類似していることを意味している.

このことから, No. 1 と No. 2 地点の地下水の水質は, 周辺自然水の水質とは多少異なっているが, ほとんど同一であり, しかも水質的に安定していることがわかる. なお図形の大きさはイオン成分の溶存量を表している. そのため大きな図形を描く

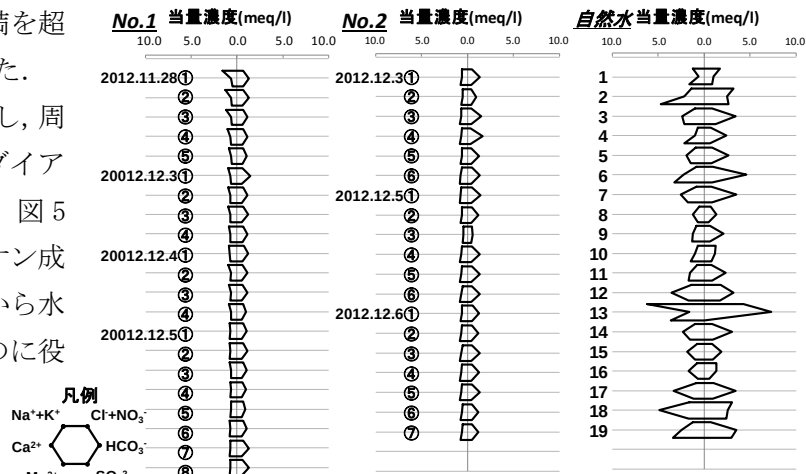


図 5 災害用井戸地下水と周辺自然水のヘキサダイアグラム

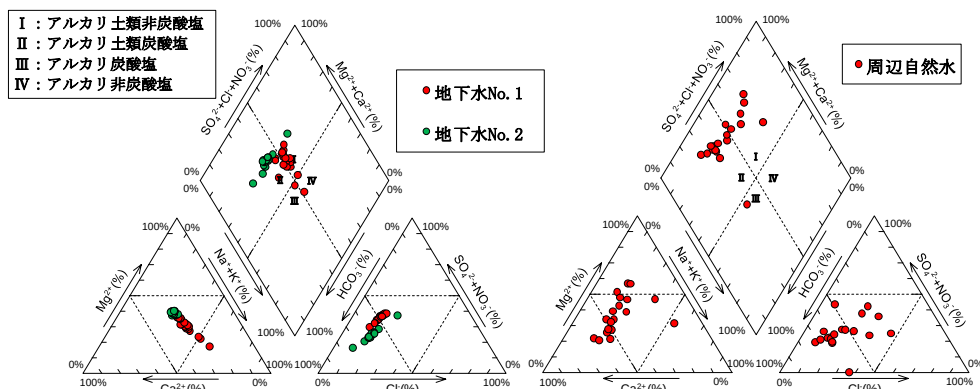


図 6 災害用井戸地下水と周辺自然水のトリリニアダイアグラム

周辺自然水は, 先述したように地下水に比較して高い電気伝導率(EC)を呈していた. 一方, 図 6 に示したトリリニアダイアグラムで水質タイプを分類すると, No. 1 と No. 2 地点の地下水では, 陰イオンでは SO_4 と HCO_3 ,

陽イオンではCaとMgの溶存量に比較的富んだI型のアルカリ土類非炭酸塩(Ca-SO_4 , Mg-SO_4)とII型のアルカリ土類炭酸塩(Ca-HCO_3 , Mg-HCO_3)の水質タイプに大別される。周辺域の自然水の水質タイプもI型とII型に分類されるが、よりCaとMgの溶存量に富んだ水質タイプを呈していることがわかる。

(2) 災害用井戸地下水と周辺自然水の溶存重金属類等

災害用井戸の地下水(No.1とNo.2)と周辺域の自然水についての9元素に関する重金属類等の溶存量を図7にまとめている。水質基準に規定されているCr, As, Cd, Pbの分析元素においては、両地下水と周辺自然水共に、いずれも基準値を超えるサンプルは検出されなかったが、自然水のAsの場合

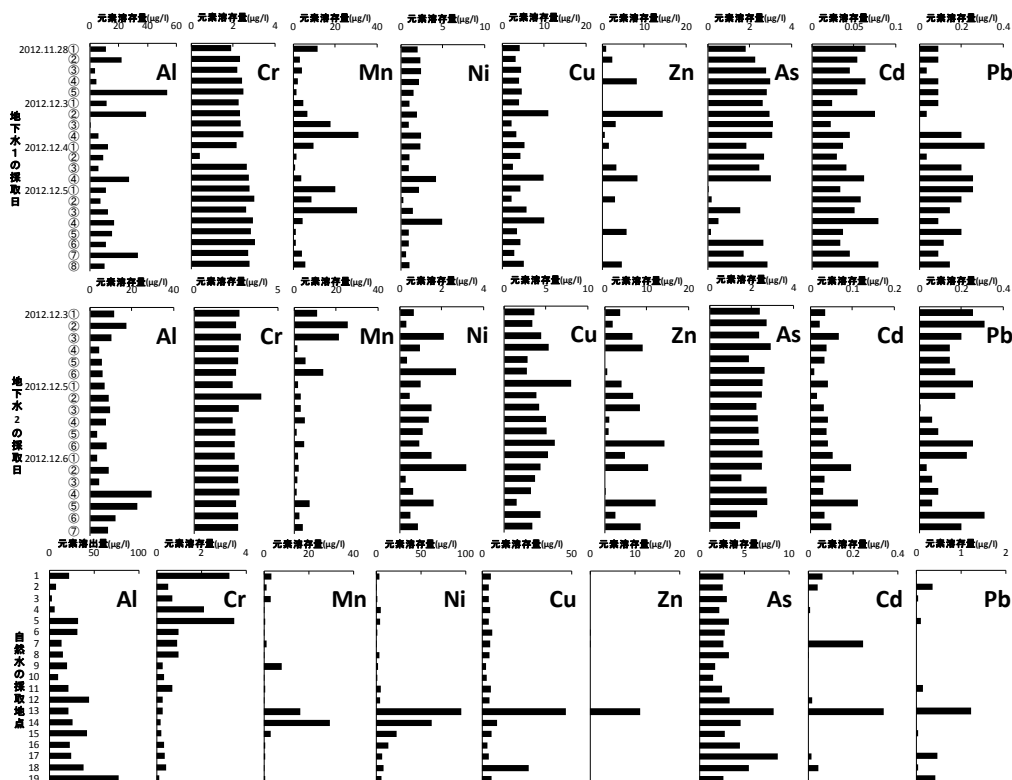


図7 災害用井戸地下水と周辺自然水の重金属類等の溶存量

には、基準値の $10 \mu\text{g/l}$ (0.01mg/l)に近い値を示すサンプルが若干確認された。しかし各元素に関するこのような溶存量状況から判断すると、特に、災害用井戸の地下水の分析元素に関しては、水質的には問題がないものと推察される。

(3) 掘削地盤からの化学成分の溶出性

地質学的には三浦半島は海底で堆積した地層が隆起して形成されたと言われており、土質柱状図(図1参照)でも深さ約75mに貝殻混じり細砂の地層が確認できる。図8に示す深さ100mに至る基本的な化学物性をみると、深さ約20m以深ではpHが8~9範囲のアルカリ性土で、しかも約85m以深の泥岩層は非常に高いEC値を示し、化学成分の溶出性に極めて富んだ地層であることがわかる。強熱減量(Li)は深さ約10mまでの上層部と深層部の泥岩層では、有機物や無機炭酸塩類等の含有によるものと思われ、高い値を示しているが、中層部の砂礫・細砂等の粗粒土層では1~3%となっている。

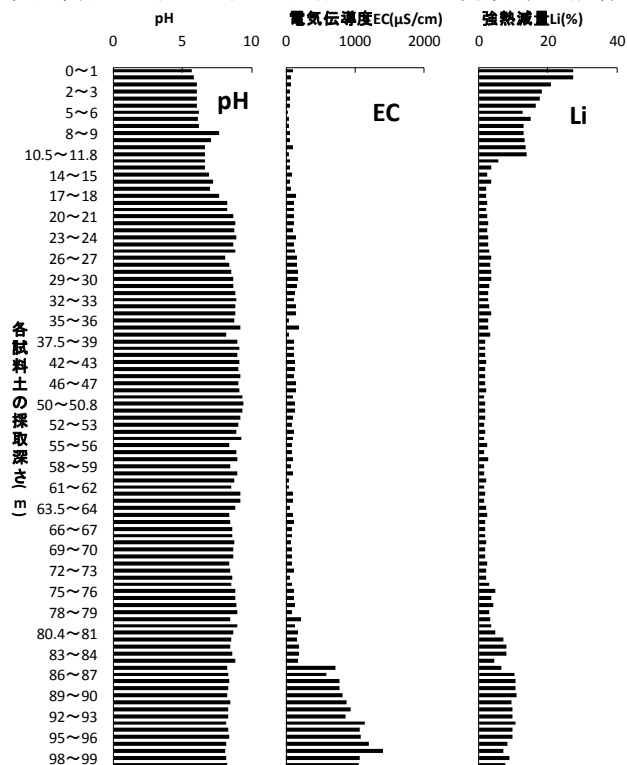


図8 災害用井戸掘削地盤の基本的な化学物性

図9と図10は、ほぼ深さ1mごとに試料土から抽出した溶出試験による溶出液の主要イオン成分をそれぞれヘキサダイアグラムとトリリニアダイアグラム上に表示し、成分的特徴をみたものである。図9のヘキサダイアグラムの形状と大きさに着目すると、地層間によってかなり異なっており、溶出化学成分の組成は、地層に大きく依存することがわかる。これをトリリニアダイアグラムでみると、概ね黒ぼく、ローム、泥岩層の試料土では、I型のアルカリ土類炭酸塩とIV型のアルカリ非炭酸塩のタイプに分類され、陽イオンではCaとMg,

陰イオンでは SO_4 と Cl の溶出性が高い傾向にある。しかし砂礫、細砂、粗砂層等の試料土では、Ⅱ型のアルカリ土類炭酸塩とⅢ型のアルカリ炭酸塩に分類され、陽イオンでは Na と K , Ca と Mg , 陰イオンでは HCO_3 の溶出性が高い。この結果は、図5と図6で示した地

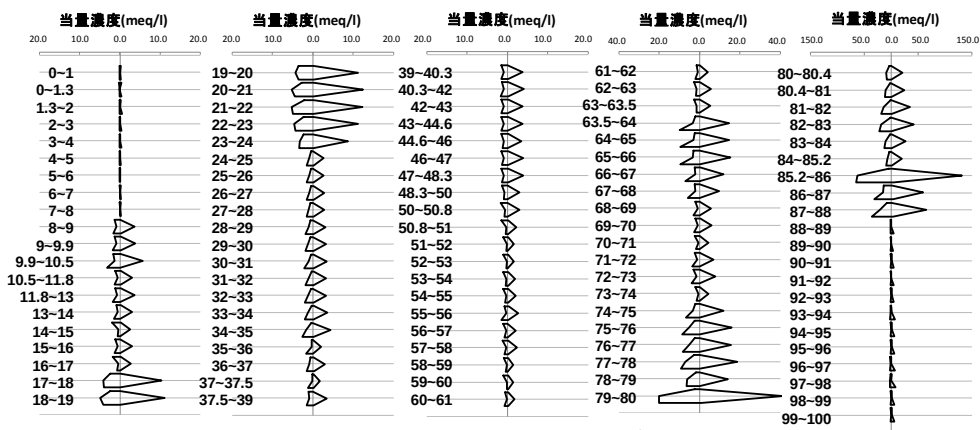


図9 災害用井戸掘削地盤のヘキサダイアグラム

下水のイオン成分組成や水質分類と必ずしも類似しているとは言えないことがわかる。さらに図11は深さ方向の各試料土からの重金属類等の溶出性をみたものである。各元素の溶出量は乾燥試料土 1kg 当からの質量 (μg) として表示している。この結果によると、特に深さ約 40~70m 範囲の砂礫、細砂、粗砂等の地層に Cr , As , Cd , Pb などの高い重金属類等の溶出性を示す地層が存在していることがわかる。しかし今回の分析時点では、図7に示したように災害用井戸の地下水への影響は確認されていない。このよう分析結果を鑑みると、災害用井戸の地下水の定期的な水質モニタリングの検討を考えていく必要があると思われる。

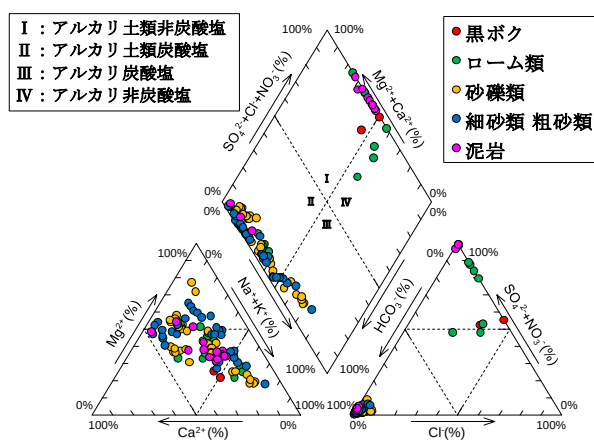


図10 災害用井戸掘削地盤のトリリニアダイアグラム

4. まとめ

災害用井戸の掘削地盤において、地下水と深度 100 に至る土質を対象に、重金属類等の評価を含めて環境化学的な考察を試みた。地下水の水質は、分析化学成分の評価から概

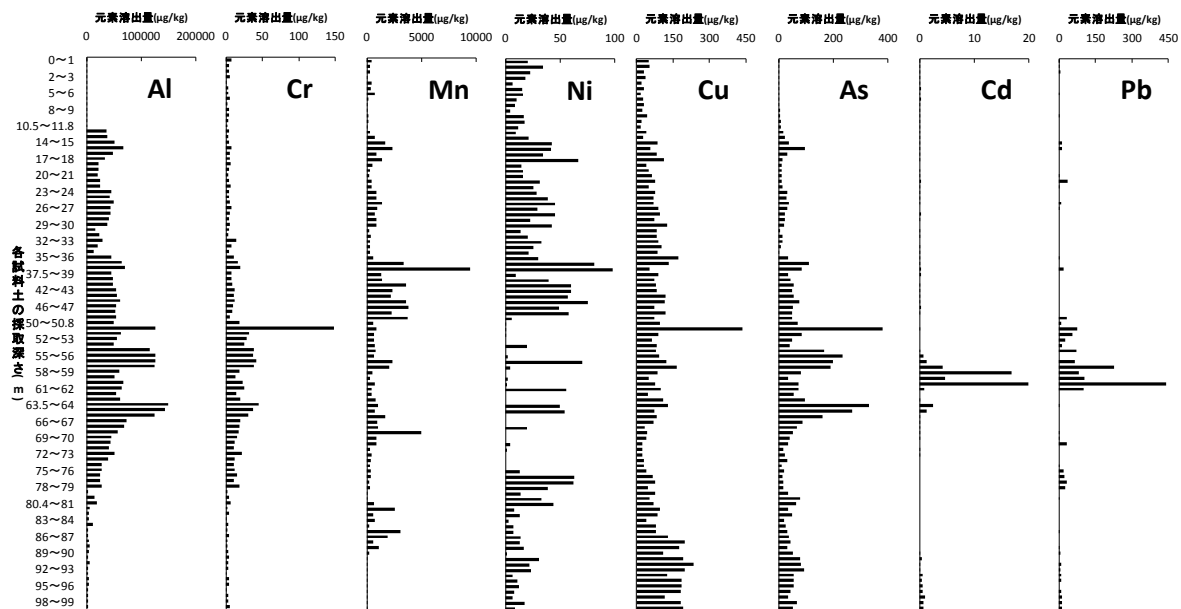


図11 災害用井戸掘削地盤の重金属類等の溶存量

ね安定した飲料に供せる水質と判断される。現在、浄化システムが設備され、水道法水質基準に規定されている 50 項目全てをクリアする安全な水質が常時確保されている。ただ構築地盤には有害な重金属類等を溶出する可能性の高い地層が挟在していることから、定期的なモニタリングを継続し、災害用井戸として重要な清浄水の給水機能の維持に努めることが肝要である。

参考文献

- 1) 熊田未咲：神奈川県三浦半島の水・土環境に関する調査研究，防衛大本科第 49 期卒業研究論文(2005. 3)。
- 2) 地盤工学会編：土質試験の方法と解説，「化学試験」(1990. 3)