

## 関東平野の自然地層中に含まれる重金属類とその特徴について

### Characteristics of heavy metals and metalloids included in natural sediments in the Kanto Plain, Japan

八戸 昭一<sup>1\*</sup>, 石山 高<sup>1</sup>, 濱元 栄起<sup>1</sup>, 北口 竜太<sup>2</sup>, 小口 千明<sup>2</sup>, Kumari K.G.I.D.<sup>3</sup>

HACHINOHE, Shoichi<sup>1\*</sup>, ISHIYAMA, Takashi<sup>1</sup>, HAMAMOTO, Hideki<sup>1</sup>, KITAGUCHI, Ryuta<sup>2</sup>, OGUCHI, Chiaki T.<sup>2</sup>, KUMARI, K.G.I.D.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 埼玉県環境科学国際センター研究所, <sup>2</sup> 埼玉大学地圏環境研究センター, <sup>3</sup> デンマーク オーフス大学

<sup>1</sup>Research Institute, Center for Environmental Science in Saitama, <sup>2</sup>Geosphere Research Institute, Saitama University, <sup>3</sup>Aarhus University, Denmark

近年、自然地層に含まれている重金属類に関する環境問題が顕在化してきているが、我が国ではカドミウム・鉛・ヒ素・セレン・銅そして亜鉛などの有害重金属類を対象として人の健康保護や生活環境の保全、さらには水生生物保全の観点から、維持することが望ましい基準として環境基準が設定されている。特に、平成15年に施行された土壤汚染対策法では汚染土自体の直接摂取によるリスクとして土壤含有量基準、そして地下水や河川水等を経由した間接摂取によるリスクとして土壤溶出量基準の二種類の環境基準を設定している。このうち自然地層に含まれる重金属類が土壤含有量基準を超える例は鉱床地域や重金属類を多量に含有する温泉を湧出する地域など一部の特殊な例を除きほとんどないが、土壤溶出量基準を超える例は頻繁に見受けられる。筆者らは我が国において最も人口が集中する地域の一つである関東平野の中・下流域を調査地域とし、人為的に汚染されていない自然地層を対象として、重金属類の賦存状態や溶出特性などの基本的な性質について考察したのでここで報告する。

本研究では調査地域内の25地点(約200試料)で採取された堆積物試料について、前述の有害重金属類の他に環境基準項目に含まれていない鉄・アルミニウム・マンガン・ニッケルそしてチタンなども含めた各種重金属類の全含有量値及び溶出量値を求めた。全含有量値の測定には波長分散型蛍光X線分析を採用し、溶出量値の測定には環境庁告示第46号の土壤溶出試験に準じた方法を採用した。調査地域とした関東平野では他の臨海低地と同様に汎世界的な海水準変動の影響により温暖期(縄文海進最盛期(MIS1))や最終間氷期最盛期(MIS5e)などには内陸の奥深くにまで海域が侵入したことから、平野の地下を掘削したボーリングコアからは陸成層と海成層が交互に出現する。そこで、本研究では硫黄の全量値や溶出液の電気伝導度などを参考として陸成層と海成層を判別した。

溶出試験の結果、重金属類が溶出量値を著しく増加させるのは溶出液のpHに着目した場合に基本的に以下に示す幾つかのパターンに分類することができた。まず、溶出液のpHが6.5~7程度の中性を示し、濁度が50NTUを上回る場合に溶出量値を著しく増加させる例が陸成層に数多く確認された。このような例では限外濾過膜(分子量分画10000)を通すことによりほとんど検出されなくなることから、検出された重金属類は溶出試験を実施する際に生成された土壤コロイドに吸着したもの(0.45µmのメンブレンフィルターを通過)と推定された。次に、チタンを除くほとんどの重金属類が溶出液のpHが4~5を下回るとその溶出量を著しく増加させた。このように溶出液が酸性を示す堆積物は硫黄の全量値が大きく(0.3wt%以上)、電気伝導度が高い(40mS/m以上)ことから、その多くが海成層と判別された。このように溶出液が酸性を示す試料は採取後比較的時間が経過したものに多く見られたことから、酸性化の原因は海成層中に含まれるフランボイダルパイライトの酸化によるものと推測された。一方、ヒ素についてのみ溶出量値を増加させる三つ目のパターンが確認された。これは、溶出液のpHが8を越える弱アルカリを示し、比較的採取後時間が経過していない海成層であった。なお、このような地層は関東平野中央部に位置する中川低地下流域の海成層(地表より概ね5~40mの深度に分布するDelta systemやEstuary systemなど)で多く確認された。

キーワード: 重金属, ヒ素, 鉛, 水 - 岩石相互作用, 溶出, 堆積物

Keywords: Heavy metal, Arsenic, Lead, Water-rock interaction, leaching, sediments

## 雨天時排水由来のフッ素系界面活性剤およびその前駆物質による都市水環境汚染 Urban water pollution by perfluorinated surfactants and their precursors derived from surface runoff

村上 道夫<sup>1\*</sup>, 錦織浩志<sup>2</sup>, 小熊久美子<sup>2</sup>, 酒井宏治<sup>2</sup>, 高田秀重<sup>3</sup>, 滝沢智<sup>2</sup>

MURAKAMI, Michio<sup>1\*</sup>, NISHIKOORI Hiroshi<sup>2</sup>, OGUMA Kumiko<sup>2</sup>, SAKAI Hiroshi<sup>2</sup>, TAKADA Hideshige<sup>3</sup>, TAKIZAWA Satoshi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東大・水の知 (サントリー), <sup>2</sup> 東大・工・都市工学, <sup>3</sup> 東京農工大院・共生科学技術研究院

<sup>1</sup>Wisdom of Water (Suntory), Univ. Tokyo, <sup>2</sup>Dept. of Urban Eng., Univ. Tokyo, <sup>3</sup>Institute of Symbiotic Science and Technology, Tokyo University of Agriculture and Technology

ペルフルオロオクタンスルホン酸 (perfluorooctane sulfonate: PFOS)、ペルフルオロオクタノ酸 (perfluorooctanoate: PFOA) などで知られるフッ素系界面活性剤 (perfluorinated surfactants: PFSs) が湖沼、河川、地下水、海水、水道水、水生生物などから広く検出されることが国内外で多数報告され、ストックホルム条約の対象物質や水道水質基準の要検討項目へ追加されるなど、PFSs による水環境汚染問題への関心は急速に高まっている。PFSs の起源として、汚水のようなポイントソースの他に、雨天時排水のようなノンポイントソースが挙げられる。また、水環境中の PFSs の間接起源として、前駆物質の微生物分解の伴う生成も挙げられるが、その実態には不明な点が多い。そこで、本講演では、雨天時排水由来の PFSs およびその前駆物質による都市水環境汚染の実態調査例を紹介する。

まず、雨天時道路排水中の PFSs 濃度を流入下水および二次処理水中の PFSs 濃度と比較することで、その汚染レベルを評価した。雨天時道路排水中の PFOS 濃度は流入下水および二次処理水中の濃度よりも低濃度だが、PFOA などのペルフルオロカルボン酸類 (perfluorinated carboxylates: PFCAs) の濃度は同程度かそれ以上であることを明らかにした。

次に、晴天時と雨天時において、入間川の PFSs を調査した。晴天時よりも雨天時中の PFOA、ペルフルオロノナン酸 (perfluorononanoate : PFNA) の濃度や負荷量は有意に高い一方で、PFOS については有意な差が見られなかった。このことは、雨天時道路排水中で PFCAs の濃度が高いことと調和的な結果であり、都市水環境中の PFCAs の起源として、雨天時道路排水などのノンポイントソースが無視できないことを示唆していた。

さらに、東京湾において、晴天時と合流式下水道越流 (Combined sewer overflow : CSO) が発生した雨天時に、ノンポイント由来の PFSs の負荷を調査した。未処理下水と下水処理水のマーカ物質である医薬品類を用いることで、調査した雨天時において、CSO 由来の東京湾への PFCAs の負荷は 41% であり、その半分以上がノンポイント由来と推定された。

最後に、地下水中の微生物を用いることで、雨天時道路排水、雨水、下水二次処理水中の前駆物質からの PFSs の生成量を評価した。雨水や下水処理水からは有意な PFSs の生成が見られなかった一方で、雨天時道路排水からは顕著な PFSs の生成が見られた。このことは、地下水環境中で雨天時道路排水由来の前駆物質からの PFSs の生成が汚染経路の一つとなりうることを示唆していた。

キーワード: 道路排水, ノンポイント汚染, フッ素系界面活性剤, PFOS, 前駆物質, 新規汚染物質

Keywords: Road runoff, Nonpoint pollution, Perfluorinated surfactants, PFOS, Precursors, Emerging contaminants

## ネパールカトマンズ盆地における地下水中の微生物群集解析 Analysis of microbial communities in groundwater of the Kathmandu Valley, Nepal

松澤 宏朗<sup>1\*</sup>, 田中 靖浩<sup>2</sup>, 中村 高志<sup>1</sup>, 尾坂 兼一<sup>3</sup>, 遠山 忠<sup>2</sup>, 高瀬 晶弘<sup>2</sup>, Chapagain Saroj Kumar<sup>4</sup>, 井上 大介<sup>5</sup>, 清 和成<sup>5</sup>, 森 一博<sup>2</sup>, 坂本 康<sup>1</sup>, 風間 ふたば<sup>1</sup>, 西田 継<sup>1</sup>

MATSUZAWA, Hiroaki<sup>1\*</sup>, Yasuhiro Tanaka<sup>2</sup>, Takashi Nakamura<sup>1</sup>, OSAKA, Ken'ichi<sup>3</sup>, Tadashi Toyama<sup>2</sup>, Akihiro Takase<sup>2</sup>, Saroj Kumar Chapagain<sup>4</sup>, Daisuke Inoue<sup>5</sup>, Kazunari Sei<sup>5</sup>, Kazuhiro Mori<sup>2</sup>, Yasushi Sakamoto<sup>1</sup>, Futaba Kazama<sup>1</sup>, Kei Nishida<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 山梨大院・国際流域環境研究センター, <sup>2</sup> 山梨大院・医工総合, <sup>3</sup> 滋賀県立大学, <sup>4</sup> CREEW, Nepal, <sup>5</sup> 北里大・医療衛生  
<sup>1</sup> ICRE, University of Yamanashi, <sup>2</sup> University of Yamanashi, <sup>3</sup> University of Shiga prefecture, <sup>4</sup> CREEW, Nepal, <sup>5</sup> Kitasato University

In the Kathmandu Valley of Nepal, groundwater is an important water resource for drinking and other domestic uses. Approximately 50% of water supply is derived from the groundwater. However, microbial contamination exceeding the standard for drinking water set by the WHO has been reported. Conventional microbial surveys have mainly focused on *Escherichia coli* and coliform bacteria. There is concern about possibility of underestimating the contamination of disease-causing bacteria except *E. coli* and coliform bacteria. Therefore, we analyzed the microbial communities in the groundwater to detect the other pathogens.

Six water samples were collected from shallow wells and river (five samples for shallow wells and one sample for river). The samples were filtrated with Durapore membranes and DNA extraction was performed from the filters. PCR amplification of the 16S rRNA genes from each DNA sample was carried out with the primer set, EUB8F and EUB907R. The 16S rRNA gene clone library was established and the clonal DNA was sequenced by the dideoxy chain-termination method. The sequence data were compared to those in the GenBank database by using BLAST search program. Moreover, the presence of pathogenic bacteria was detected by nested PCR assay.

Results of phylogenetic analysis of 16S rRNA gene sequences showed that some clones were similar to *Lactobacillus* and *Staphylococcus* that associated with human life. In addition, a total of 57 clones were closely related to nine kinds of pathogenic bacteria such as *Acinetobacter* and *Legionella*. Furthermore, results of nested PCR assay revealed that multidrug-resistant *Acinetobacter* were presented in the shallow well groundwater.

キーワード: カトマンズ盆地, 地下水, 微生物解析, 病原性微生物, 多剤耐性アシネトバクター

Keywords: Kathmandu Valley, groundwater, microbial analysis, pathogenic microbes, multidrug-resistant *Acinetobacter*

## 地下水利用型地中熱ヒートポンプシステムの開発 Development of geo-thermal heat pump systems using groundwater

米山 一幸<sup>1\*</sup>, 森野仁夫<sup>1</sup>, 鈴木道哉<sup>1</sup>, 岡村和夫<sup>1</sup>, 浅田素之<sup>1</sup>  
YONEYAMA, Kazuyuki<sup>1\*</sup>, MORINO Kimio<sup>1</sup>, SUZUKI Michiya<sup>1</sup>, OKAMURA Kazuo<sup>1</sup>, ASADA Motoyuki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 清水建設

<sup>1</sup>SHIMIZU Corporation

### 1. はじめに

地中熱を利用したヒートポンプシステムは、高効率で環境負荷の少ない空調システムとして、普及に向けた取り組みが進められている。地中熱の利用方法には、地中に設置した熱交換器を介して地盤から間接的に採熱する密閉型と、地下水を揚水してヒートポンプの熱源に直接利用する開放型があり、現在では立地上の制約が少ない密閉型が主流となっている。一方、地下水が豊富で十分な揚水量が確保できる地域では、井戸設備等を簡素化できる開放型がコスト面で有利と考えられており、経済的なシステムとして今後の普及が期待される。筆者らは、地下水を循環利用してヒートポンプ・2次側空調システムと有機的に結合した開放型ヒートポンプ空調システム(図-1)の開発を進めており、本報告では同システムの成立性について検討を行った結果を報告する。

### 2. ヒートポンプおよび2次側空調システム

2次側空調システムには潜熱・顕熱分離型方式を採用した。同方式では、顕熱処理に比較的温度の高い冷水を利用することにより、熱源機の成績係数(COP)が向上し省エネ効果が期待できる。さらに地下水を利用する場合、夏期の取水温度によっては熱源機を用いずに地下水を直接空調に利用するフリークーリングも可能となり、潜熱・顕熱分離型方式は地下水利用に特に適合した空調システムといえる。検討においては、ヒートポンプとフリークーリングのハイブリッド運転が可能な水冷式ヒートポンプを新たに提案して概念設計を行い、地下水を利用することにより効率の良い運転が可能となることを示した。

### 3. 地下水水質制御システム

地下水の循環利用に際しては、直接通水に対するヒートポンプへの悪影響を防止すると共に、注水時の目詰まり発生による水圧低下や地盤沈下を防止するための水質制御技術の検討が必要となる。従来対策としては、日光・空気との遮断や目詰まり発生後の逆流洗浄などが行われているが、システムの長期の連続運転を保証する上では十分でないと考えられる。地下水中に存在する物質の中で、目詰まりに関与するのは、シルトや砂などの他に、鉄やマンガンなどが考えられる。特に、二価鉄は地下に存在する時は地下水に溶解しており、空気に触れると酸化して析出し濁質になることが知られている。また、水中のカルシウム分は熱交換器などのスケールの発生要因となる。本検討ではこれらの成分の除去方法として、Na型イオン交換樹脂を用いた軟水機による地下水質処理装置を採用した。室内実験により除去性能を測定した結果、原水の鉄分濃度が比較的低い場合(二価鉄濃度 1.0mg/L、Ca濃度 20mg/L)は、1Lのイオン交換樹脂で約 1m<sup>3</sup>の水処理が可能であり、一般的な凝集ろ過に比べて装置を大幅にコンパクト化できることが示された。

### 4. 取水井/注水井配置計画に関する解析検討

検討システムでは注水/取水用の井戸を複数配置し、取水井から揚水した地下水を熱源として利用した後、注水井から地盤に戻す。井戸の配置計画では、注水井から地中に還元された水が取水井から再度取水される「ショートサーキット」を防止するため、注水井と取水井の間に十分な離間距離を確保する必要がある。また、夏期の冷房運転と冬期の暖房運転で注水井と取水井を入れ替えることにより、地下の保温性による季節蓄熱効果が期待できる。これらの点を考慮した効果的な井戸配置の検討を、熱-地下水連成解析(TOUGH2)によるシミュレーションを行った。解析結果より、想定した地質条件のもとでは、注水井と取水井の間に最低 30m以上の距離を確保すればショートサーキットは生じないことが示された。また、地盤の蓄熱効果により、自然状態の地下水温度より 2~4 程度有利な条件での取水が可能となり、より効率的な運転が可能となることが明らかとなった。

### 5. システム性能の総合評価

開発システムの性能を従来技術と比較・検討するため、国内3都市(札幌、長野、福岡)を対象にシミュレーションモデルによる総合性能評価を行った。対象建物として空調面積 1,000m<sup>2</sup>の事務所ビルを想定し、各地域の気候特性を考慮した上で年間熱負荷を計算し、さらに、空調システムシミュレーションにより年間の電力使用量を試算して、従来型空調との比較を行った。計算の結果、開発システムの年間電力使用量は各地域とも従来型の 55~60%となり、1.7~1.8倍程度の省エネ効果が見込めることが示された。

# Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



AHW27-04

会場:202

時間:5月24日 16:23-16:38

本成果は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の平成22年度委託業務「次世代型ヒートポンプシステム研究開発／地下水制御型高効率ヒートポンプシステムの研究開発」として実施したものです。

キーワード: 地下水, ヒートポンプ, 地中熱, 水質制御, 浸透解析

Keywords: groundwater, heat pump, geo-thermal, water quality control, flow analysis

## 東日本大震災における水道施設の被害について -茨城県の事例- Damage of the water treatment facilities from 3.11 earthquake: Case study in Ibaraki Prefecture, Japan

田林 雄<sup>1\*</sup>, 安原一哉<sup>1</sup>, 田村誠<sup>1</sup>

TABAYASHI, Yu<sup>1\*</sup>, YASUHARA Kazuya<sup>1</sup>, TAMURA Makoto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 茨城大学地球変動適応科学研究機関

<sup>1</sup>Ibaraki university, ICAS

茨城県は自然災害の少ない県と考えられてきたが、2011年3月11日の地震と津波で大きな被害を受けた。県内住宅の約14%が被害を受け、津波被害は県北部の沿岸域で特に大きく、液状化は鹿行地域をはじめ各地の住居地域や鹿島港、日立港等の港湾、市街地、農地、河川堤防等に著しい被害をもたらした。水道水の断水は県南と県西の一部の地域を除いて県内全域で生じた。特に、県北の北茨城市や鹿行地域、一部の県南地域等では復旧が同年の4月以降になり、水処理施設における地震の揺れや液状化による被害が顕著にみられた。

キーワード: 東日本大震災, 水道施設の被害, 液状化, 茨城県

Keywords: 3.11 earthquake, damage of the water treatment facilities, liquefaction, Ibaraki Prefecture