

機関番号：56203

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20360211

研究課題名 (和文) 自然由来汚染土の環境影響ポテンシャルの迅速評価法の確立と対策工に関する研究

研究課題名 (英文) Rapid evaluation and effective control of potential environmental impact of soils and rocks containing natural derived heavy metals

研究代表者

嘉門 雅史 (KAMON MASASHI)

香川高等専門学校・校長

研究者番号：40026331

研究成果の概要 (和文)：建設工事の際に発生する掘削物 (岩石・土壌) に自然由来の重金属が含有される場合の環境影響を適切に評価, 管理するための簡便・迅速な環境影響試験法の確立, および封じ込め工法等を用いた盛土・埋土としての有効利用技術や地下水の浄化技術の確立を目的とした研究を実施した。主な成果として, ①環境条件下での酸化に伴う化学特性の変化と重金属の溶出特性をある程度推測しうる評価試験方法の提案, ②封じ込め盛土に適用する遮水工材料の酸性水に対する耐久性と重金属の移動抑制機能の確認, ③自然由来のヒ素を対象とした地下水の浄化技術の提案, が達成された。

研究成果の概要 (英文)：When excavation or mining works are executed at geological stratum that contain heavy metals with natural origin, rapid evaluation and cost-effective control of environmental impact caused by excavated materials are big geotechnical issues in Japan. This research proposed simplified laboratory testing methods to estimate long term leaching amounts of arsenic and lead naturally contained in excavated rocks, by comparing the results of several laboratory leaching tests and long term outdoor exposure tests which were conducted in more than 1 year. In addition, long term performance of two remediation technologies; 1) on-site containment with mineral barriers and 2) ex situ arsenic removal from contaminated groundwater using zero valent iron, were experimentally verified.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	8,700,000	2,610,000	11,310,000
2009年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2010年度	2,700,000	810,000	3,510,000
年度			
年度			
総計	14,400,000	4,320,000	15,720,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・地盤工学

キーワード：環境質定量化・予測, 環境調和型都市基盤整備・建築, 地盤工学, 自然由来重金属, 建設発生土, 溶出

## 1. 研究開始当初の背景

わが国の地盤環境は鉱床や花崗岩を母材とする岩石・土壌や海成堆積層といった自然的な要因によって重金属 (砒素, 鉛, 六価クロム), およびフッ素・ホウ素の含有量のバ

ックグラウンドの高い地域が多く, 掘削工事において自然由来による重金属の溶出濃度が土壌汚染対策法の指定基準を超過する事例にしばしば遭遇する。自然由来の化学物質であっても, 管理されない状態で土壌や地下

水に混入し、人の健康などにリスクをもたらす場合には環境影響とみなされるため、その対策が近年の極めて重要な課題になっている。自然由来の重金属による地盤汚染の主要な機構としては、堆積物や岩石中の黄鉄鉱などに含まれる硫化物の酸化・分解が掘削行為によって促進され、酸性水の発生とともに、重金属の溶出することが挙げられる。したがって、掘削物が環境影響ポテンシャルを有するかの事前判断について、このような、長期的な環境への曝露の影響を体現しうる促進試験に基づく評価方法の確立が求められる。

一方、国土交通省では建設発生土の工事間リサイクルを推進するために、建設リサイクル法の見直しを環境省と協力して平成 19 年度中に取り組むこととされているが、その際には自然由来重金属を含有する岩石・土壌の一般へのリサイクルへの混入を極力避けるように、適切に管理、保管を行う必要がある。重金属による土壌汚染対策としては掘削除去や不溶化処理が一般的であるが、建設工事で発生する土量が莫大であることを考えると、これらの措置は多くの費用を要する。さらには、掘削・運搬・混合による空気や水分との接触が環境影響ポテンシャルを増大させるリスクもある。したがって、図-1 に示すように表面被覆や簡便な底部遮水工による封じ込め措置が、雨水の侵入を制御し、かつ地下水位が高い場合にも地下水汚染が抑制できるという観点で最適な方法の一つである。ただし、遮水シートやジオシンセティック材料、土質遮水工を遮水工に適用する場合、掘削土が酸性に変化したときの、遮水工材料の物理化学特性の変化や重金属の移動抑制効果について未解明な部分が多いことから、これらの遮水工材料の適用性、耐久性についても知見を蓄積する必要がある。

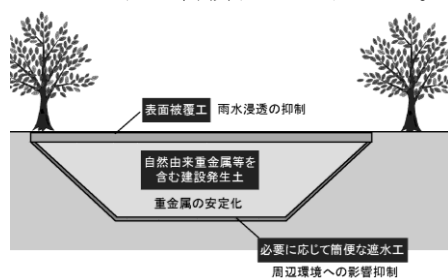


図-1 封じ込め盛土・埋土の概念図

## 2. 研究の目的

本研究は、(1) 自然由来の重金属を含有する岩石・土壌を対象とした簡便・迅速な環境影響評価手法の開発、および (2) 地盤環境中の自然由来重金属を対象とした比較的 low コストで長期的効果が見込める対策工法の提案とその長期的性能の評価、の 2 点を主な目的とした。

目的 (1) については、複数の自然由来の重

金属を含有する岩石を対象とした屋外曝露試験を 1 年以上の長期に渡って実施し、現場における長期的な溶出挙動を評価した。その結果を蛍光 X 線分析による化学組成、重金属の全含有量調査、および室内溶出試験といった簡便な室内評価試験による結果と比較することにより、現場での長期溶出挙動を評価しうる試験方法、判定基準の確立を試みた。

目的(2) については、①粘土系遮水工を用いた酸性水と浸出水に含まれる重金属の封じ込め、②地下水に含まれるヒ素のゼロ価鉄粉を用いた簡易プラントによる除去技術、の 2 つの工法の適用性をメカニズムの解明と長期信頼性の実験的検討を通して明らかにすることを目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 自然由来重金属を含有する岩石の溶出挙動の評価試験法の確立

自然由来の重金属等を含有する 5 種類の岩石・土壌を対象として蛍光 X 線分析による化学組成評価と重金属の全含有量試験、短期的に重金属溶出があるか判定する短期溶出試験 (2mm 以下に粉砕した試料のバッチ試験)、試料が長期的に空気や水分に曝露された時の酸性化の程度を把握する酸性化可能性試験 (過酸化水素水を用いる pH 試験)、高濃度酸素・湿潤条件下での強制酸化試験といった一連の溶出試験、特性化試験を実施した。並行して、これらの 5 種類の岩石を対象に現場に近い環境下での長期的な溶出挙動を把握するための雨水曝露試験を実施し、1 年半程度の実環境下における重金属の溶出、酸性水の発生状況をモニタリングした。引き続いて、これらの相互の試験結果の関連の解析、調査を行い、簡便迅速な室内試験による実溶出挙動の推定可能性の検証を行った。

### (2) 粘土系遮水工を用いた酸性水と浸出水に含まれる重金属の封じ込め

封じ込め工に要求される性能として、重金属の吸着等による緩衝作用、および長期に渡る遮水性能の確保の 2 点が挙げられる。前者については、ベントナイト、ゼオライト、フェリハイドライトといった鉱物による重金属の吸着特性を室内試験により評価した。特に、酸性浸出水で想定される他の種類の電解質が共存している条件において、重金属の選択吸着性がどの程度期待できるかについて評価を行った。後者については、ベントナイトに硫酸酸性の浸出水が流下した場合の長期的な透水係数の変化を評価し、長期的な封じ込め性能の検証を行った。

### (3) 地下水に含まれるヒ素のゼロ価鉄粉を用いた簡易プラントによる除去技術

地下水環境中に存在するヒ素の除去対策のひとつとしてゼロ価鉄粉 (Zero Valent Iron, 以下 ZVI) を接触させることによってヒ素を

除去する技術が開発されており、吸着や還元反応によるヒ素の非水溶性態への変化が除去のメカニズムとして挙げられている。本研究では図-2に示す簡便なZVIを用いた自然由来のヒ素汚染地下水の小規模のオンサイト浄化システムを開発し、最終的にはバングラデシュ等の自然由来の地下水汚染がみられる地域での普及を図ることを目的とする。具体的には、鉄粉+砂混合層に地下水を通水させることでヒ素の除去を行い、さらに下部の砂層を通水させる過程においてその他の不純物や鉄分の濾過を行うもので、メンテナンスは一定期間毎に鉄粉+砂混合層、砂層を交換するのみのシステムである。しかし、自然的原因による汚染地下水の対策にZVIを適用した事例は報告されておらず、浄化システムの設計に際して必要となる、鉄粉+砂混合層の浄化特性の把握や浄化性能の耐久性の評価、ヒ素除去特性とその機構の解明を目的とした各種室内試験を実施した。

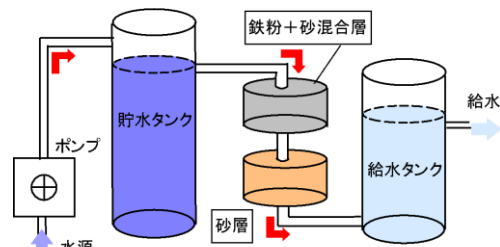


図-2 提案している浄化システム

#### 4. 研究成果

##### (1) 自然由来重金属を含有する岩石の溶出挙動の評価試験法の確立

雨水曝露試験の結果として、自然由来のヒ素と鉛を含有する泥岩試料の降雨量、浸透量、重金属溶出濃度、pH、電気伝導度 (E.C.) の経時変化を関係を図-3に示す。

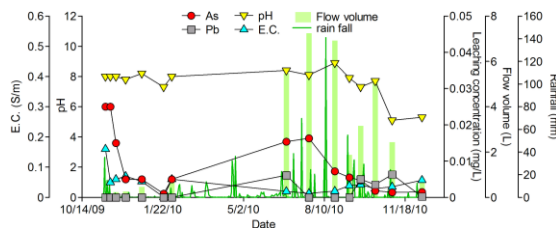


図-3 屋外曝露試験結果の一例

この試料は、3%過酸化水素水ではpH低下がみられないが30%過酸化水素水のような強い酸性化作用を受けるとpHが低下する。実際の酸性水の発生挙動をみると、試験開始後1年経過時点でpHが徐々に下がってきておりそれに伴ってECが上昇する傾向も見られ、化学物質の溶脱が促進されていると考えられる。今後、酸性化が進むとヒ素が溶出する可能性があるため、長期的な推移を観察する

必要がある。この試験結果は、3%過酸化水素水による酸性化作用はおおよそ1年程度の自然条件下での酸性化作用よりも小さいことを示している。

長期雨水曝露試験と各種溶出試験の結果として、自然由来のヒ素を含有する頁岩 (含有量 28 mg/kg)、および3種類の泥岩 1~3 (含有量はそれぞれ 23, 15, 23 mg/kg) における単位質量岩石からのAs溶出量 (mg/kg-sample) と溶出試験において岩石に接触させた水の量 (液固比に換算) の関係を図-4に示す。

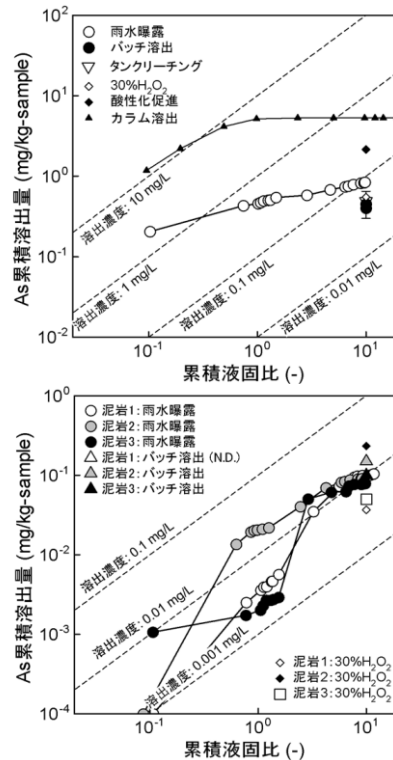


図-4 各種溶出試験における累積液固比とヒ素溶出量の関係 (上: 頁岩, 下: 泥岩 1~3)

頁岩については、屋外雨水曝露試験における溶出量は、同じ量の水が接触したときの短期溶出試験と酸性化可能性試験の結果よりやや高く、室内カラム試験と酸性化促進試験の結果よりも低くなった。本研究で使用した頁岩は風化が全く進行していなかったことから、溶出水の電気伝導度が高く比較的高濃度で化学物質が溶脱していた。このことから、閉鎖系のバッチ試験においては化学平衡によってヒ素の溶出量は制限されたと考えられ、適切な評価には連続的に水を流下させるカラム試験が望ましいと考えられる。ただし、破碎粒度が小さい室内カラム試験によって溶出量を過大に評価してしまう傾向があり、試料の破碎方法や粒度調整に関しては検討が必要である。泥岩1に関しては、雨水曝露試験における溶出量が室内溶出試験の溶出量を大きく上回った。泥岩1は頁岩と同様に風化度が低く化学活性が高かったため、バツ

チ溶出試験では化学平衡によりヒ素の溶出が制限されたと考えられる。泥岩 2 と泥岩 3 に関しては、液固比 10 の時点における雨水曝露試験と短期溶出試験での溶出量がほぼ一致しており、室内試験よって実現場での溶出リスクを概ね評価できるといえる。

鉛に関しては、いずれの岩石も環境影響発生のスクリーニング基準値と提案している含有量基準値より低い、もしくは同等の含有量であった。雨水曝露試験において有意な溶出は確認されず、本検討の範囲ではあるが、蛍光 X 線解析を用いた含有量分析による判定は適当であると判断できる。しかしながら、現時点では溶出量の観点のみでの評価に留まっているのが現状であり、今後は溶出メカニズムの観点から室内溶出試験と屋外曝露試験結果を比較検討し、原位置での溶出挙動を推測しうる適切な試験体系の提案を行いたいと考えている。

(2) 粘土系遮水工を用いた酸性水と浸出水に含まれる重金属の封じ込め

3 種類の鉱物を対象とした重金属吸着試験の結果、すべてのケースにおいて重金属の吸着反応は 6 時間以内で平衡状態に達した。無機材料の種類による影響をみると、ベントナイトは他の 2 種と比較して Fe, Cu, Zn, Al に対する高い吸着性を示す一方、フェリハイドライトは As に対する良好な吸着性能を示した。さらに、各材料の重金属吸着のメカニズム、および複数の重金属が酸性水中に共存する場合の吸着の選択性についても明らかにし、例えばベントナイトは、 $Al > Pb > Fe > Cu > Zn > As$  の順に高い吸着性を示した。

ベントナイトを対象として、酸性水に対する膨潤特性と透水係数の変化を実験的に評価した (図-5)。酸性水が pH 3 以下の場合や高濃度の重金属を含有する場合には膨潤性に影響が見られた。したがって、模擬酸性水で透水を行ったベントナイトは、純水で透水行ったケースと比較して透水係数が 5 倍高くなるものの、十分に低い透水係数を維持した。さらに、ベントナイト層を通過した酸性水の化学分析結果に基づいて重金属の吸着性能についても議論を行った。

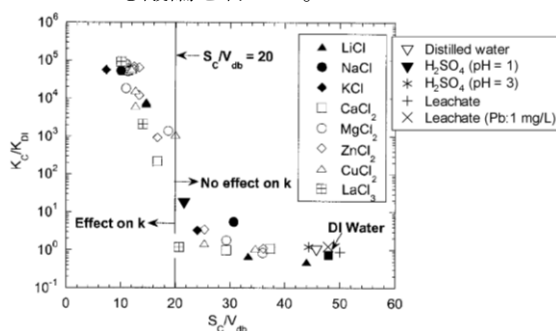


図-5 ベントナイトの膨潤量と GCL の透水係数の関係 (Jo et al. (2001) に本研究の結果を追加)

以上の結果より、これらの鉱物を岩石の掘削に伴い発生する重金属を含んだ酸性水対策へ適用しうることを示された。今後は現場への適用に際して重要になる、重金属の挙動評価や再脱着の可能性等の検討を進める。

(3) 地下水中に含まれるヒ素のゼロ価鉄粉を用いた簡易プラントによる除去技術

砂層に ZVI を 35% 程度混合することにより、砂単体による過の場合と比較して、ヒ素の除去率とその効果の継続性を大幅に改善することが可能となった。このことから、本システムはメンテナンスが容易な簡易浄化システムとして適用可能性があると判断できる。除去特性をみると、ZVI の粒径が小さいほどヒ素の除去速度が大きくなるが、最終的な除去率には大きな影響はみられない。また、汚染水の初期 pH については、現場において想定される pH5.0~7.0 の範囲においては除去率に大きな影響を及ぼさない。図-1 に示したシステムによるヒ素の除去率は、ZVI+砂混合層での保持時間が 9.6 時間の場合でヒ素の初期濃度を問わず 97%~99% 程度の値を示した。したがって、ヒ素の初期濃度が高い場合には環境基準値以下の濃度に除去するには保持時間を長くする必要がある。また、初期濃度が 0.2 mg/L の場合は 2.9 時間の保持時間で環境基準以下の濃度にヒ素濃度を低減することができた。以上の結果に基づいて、混合層による時間的、空間的な除去特性をモデル化し、除去性能の定量的評価を行った。

除去メカニズムについては、ろ過通水後の ZVI 表面には鉄酸化物・水酸化物、マグネタイト、マグヘマイト、レピドクロサイト等が生成していることが X 線回折分析、電子顕微鏡観察から確認された。既往の研究成果を併せて考えると、これらの物質の生成が水相からのヒ素の除去に寄与していると考えられる。今後の課題としては、ヒ素の除去メカニズムの更なる検討、および除去機能の耐久性の定量的評価を実施し、本提案システムの最終的な適用性の検討とシステム設計手法の確立を進めることを計画している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 18 件)

- ① Abedin, M.A., Katsumi, T., Inui, T., and Kamon, M. (2011): Arsenic removal from naturally contaminated groundwater by zero valent iron: A mechanistic and long-term performance study, *Soils and Foundations*, JGS, 採択済, 査読有。
- ② 龍原 毅・乾 徹・勝見 武 (2011): 土の化学・物理, 6. 土の化学物理と自然由来の重金属問題, *地盤工学会誌*, Vol.59,

- No.2, pp.52-59, 査読無.
- ③ Naka, A., Li, Z., Inui, T., Katsumi, T., and Mogami, H. (2010): Heavy metals retention in geosynthetic clay liners and its potential role in acid rock drainage treatment, *Geosynthetic Engineering Journal*, Vol.25, pp.233-240, 査読有.
- ④ 嘉門雅史 (2010): わが国の「土壌汚染対策」の動向と自然由来の重金属を含有する土への対策, 建設リサイクル 2010.冬号, Vol.50, pp.6-9, 査読無.
- ⑤ 嘉門雅史 (2010): 改正土壌汚染対策法と自然由来重金属を含有する土への対策, 環境・エネルギー, 第 24 巻, 第 5 号, pp.62-63, 査読無.
- ⑥ Abedin, M.A.・乾 徹・勝見 武・嘉門雅史 (2010): 鉄粉による地下水中のヒ素の除去効果に関する基礎的研究, 地下水地盤環境に関するシンポジウム 2010—水の都における水環境・水資源と安心快適社会—発表論文集, pp.17-22, 査読有.
- ⑦ 出島 茜・片山真理子・乾 徹・勝見 武・嘉門雅史 (2010): 自然由来の重金属を含有する岩石・土壌の溶出挙動と試験法の影響, 第 9 回地盤改良シンポジウム論文集, 日本材料学会, pp.87-90, 査読有.
- ⑧ 嘉門雅史 (2010): わが国の「土壌汚染対策」の動向と建設工事, 土木技術資料, Vol.52, No.6, p.3, 査読無.
- ⑨ 嘉門雅史 (2010): 廃棄物の適正処理処分への地盤工学技術者の役割, 廃棄物資源循環学会誌, Vol.21, No.5, pp.263-264, 査読有.
- ⑩ Katsumi, T., Inui, T., and Kamon, M. (2010): Sustainable geotechnics for reuse of by-products, *Environmental Geotechnics for Sustainable Development*, M. Datta et al. (eds.), Tata McGraw Hill, New Delhi, pp.302-317, 査読有.
- ⑪ Inui, T., Katsumi, T., Katayama, M. and Kamon, M. (2010): Effects of friability and grain size on the leaching of heavy metals in excavated rock materials, *Environmental Geotechnics for Sustainable Development*, M. Datta et al. (eds.), Tata McGraw Hill, New Delhi, pp.730-733, 査読有.
- ⑫ Abedin, M.A., Inui, T., Katsumi, T. and Kamon, M. (2010): Removal of arsenic from groundwater by sand and zero valent iron mixture: Batch and column study, , *Environmental Geotechnics for Sustainable Development*, M. Datta et al. (eds.), Tata McGraw Hill, New Delhi, pp.840-845, 査読有.
- ⑬ Katsumi, T., Inui, T., Ishimori, H., and Kamon, M. (2010): Geosynthetic applied in waste landfills and containment facilities, *Geosynthetic for a Challenging World - 9th International Conference on Geosynthetic*, E.M. Palmeira et al. (eds.), pp.323-342, 査読有.
- ⑭ Katsumi, T., Inui, T., Mogami, H., Dejima, A. and Kamon, M. (2010): GCLs against acid drainage from excavated rocks discharged through construction works, *Geosynthetic for a Challenging World - 9th International Conference on Geosynthetic*, E.M. Palmeira et al. (eds.), pp.967-970, 査読有.
- ⑮ Abedin, M.A., Katsumi, T. and Inui, T. (2009): Column experiment using zero valent iron to remove arsenic from groundwater, *Proceedings of the International Joint Symposium on Geodisaster Prevention and Geoenvironment in Asia (JS-Fukuoka 2009)*, N. Yasufuku et al. (eds.), Hanashoin, Fukuoka, pp.199-204, 査読有.
- ⑯ Abedin, M.A., Katsumi, T., Inui, T., and Kamon, M. (2009): Zero valent iron to remove the arsenic contamination from natural groundwater: Batch and column experiment, *Advances in Environmental Geotechnics - Proceedings of the International Symposium on Geoenvironmental Engineering*, Y. Chen et al. (eds.), pp.515-520, 査読有.
- ⑰ 最上裕生・出島 茜・勝見 武・乾 徹・嘉門雅史 (2009): 掘削土砂から発生する酸性水が粘土ライナーの遮水性能に及ぼす影響, 第 8 回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, pp.193-196, 査読有.
- ⑱ 乾 徹・出島 茜・勝見 武・嘉門雅史 (2008): 自然由来の重金属を含む建設発生土の溶出特性と試験条件の影響, 地下水地盤環境に関するシンポジウム 2008—地盤環境の保全—発表論文集, pp.67-70, 査読有.

[学会発表] (計 17 件)

- ① 出島 茜・乾 徹・勝見 武・片山真理子, 自然由来重金属を含有する岩石・土壌の環境影響試験法に関する考察, 第 45 回地盤工学研究発表会, 2010/8/20, 愛媛大学 (松山市) .
- ② 片山真理子・勝見 武・乾 徹・出島 茜, 自然由来の重金属を含有する岩石の溶出特性に破碎のしやすさと粒度が及ぼす影響, 第 45 回地盤工学研究発表会, 2010/8/18, 愛媛大学 (松山市) .
- ③ Abedin, M.A., Katsumi, T., Inui, T., and Kamon, M., Arsenic removal from groundwater using zero valent iron in presence of iron and phosphorus, 第 45 回地盤工学研究発表会, 2010/8/18, 愛媛大学 (松山市) .

- ④ 片山真理子・勝見 武・乾 徹・出島 茜，  
破砕のしやすさを考慮してある一定の方法で破砕した岩石試料からの自然由来重金属の溶出特性，第16回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会，2010/6/18，仙台市民会館（仙台市）。
- ⑤ Abedin, M.A., Katsumi, T., Inui, T., and Kamon, M., Efficiency of sand and zero valent iron mixture bed to remove arsenic from naturally contaminated groundwater, 2nd International Symposium on Health Hazards of Arsenic Contamination of Groundwater and its Countermeasures, 2010/5/23, 宮崎観光ホテル（宮崎市）。
- ⑥ 片山真理子・出島 茜・乾 徹・勝見 武，  
自然由来の重金属を含有する岩石の溶出特性に試料の破砕粒度が及ぼす影響，平成22年度土木学会関西支部年次学術講演会，2010/5/22，京都大学（京都市）。
- ⑦ Katayama, M., Katsumi, T., Inui, T. and Dejima, A., Batch leaching characteristics of heavy metals in excavated rocks , Geo-environmental Engineering 2010, 2010/5/7, ソウル（韓国）。
- ⑧ Naka, A., Li, Z., Inui, T., and Katsumi, T., Evaluation of heavy metal attenuation capacity of geosynthetic clay liners and its applicability to acid rock drainage cases, Geo-environmental Engineering 2010, 2010/5/7, ソウル（韓国）。
- ⑨ Abedin, M.A., Katsumi, T., Inui, T., and Kamon, M., Performance of Sand and Zero Valent Iron Mixture for the Treatment of Naturally Arsenic Contaminated Groundwater: Laboratory Column Studies and Solid Phase Characterization, Geo-environmental Engineering 2010, 2010/5/7, ソウル（韓国）。
- ⑩ Abedin, M.A., Katsumi, T., Inui, T., and Kamon, M., Batch and column experiments on the removal of the arsenic contamination from natural groundwater using zero valent iron, 3rd Japan-Malaysia Symposium on Geohazards and Geoenvironmental Engineering, 2009/10/27, 京都大学（京都市）。
- ⑪ 最上裕生・勝見 武・乾 徹・嘉門雅史，  
重金属を含む酸性水対策へのベントナイト系遮水材の適用，第15回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会，2009/6/19，名古屋国際会議場（名古屋市）。
- ⑫ 最上裕生・出島 茜・勝見 武・乾 徹・嘉門雅史，  
掘削土砂から発生する酸性水が粘土ライナーの遮水性能に及ぼす影響，平成21年度土木学会関西支部年次学術講演会，2009/5/23，神戸市立工業高等専門学校（神戸市）。
- ⑬ 出島 茜・乾 徹・勝見 武・嘉門雅史，  
自然由来の重金属を含む建設発生土の溶出特性と試験条件の影響，土木学会第63回年次学術講演会，2008/9/11，東北大学（仙台市）。
- ⑭ Abedin, M.A., Katsumi, T., Inui, T., and Kamon, M., Remediation of arsenic from naturally contaminated groundwater: An overview, Geo-Environmental Engineering 2008, 2008/6/13, 京都大学（京都市）。
- ⑮ Dejima, A., Inui, T., Katsumi, T., and Kamon, M., Leaching characteristics of excavated soil containing arsenic by natural origin, Geo-Environmental Engineering 2008, 2008/6/13, 京都大学（京都市）。
- ⑯ 出島 茜・勝見 武・乾 徹・嘉門雅史，  
自然由来汚染土の重金属溶出特性と環境影響試験方法の基礎的検討，平成20年度土木学会関西支部年次学術講演会，2008/5/24，近畿大学（東大阪市）。
- ⑰ 嘉門雅史，  
地盤環境の保全とその方策，土木学会関西支部第81回通常総会，2008/5/12，建設交流館（大阪市）。

〔図書〕（計1件）

嘉門雅史・大嶺 聖・勝見 武（2010）：地盤環境工学，共立出版，219p.

〔その他〕

嘉門雅史・勝見 武・乾 徹 他（分担執筆）：  
建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル（暫定版），国土交通省，[http://www.mlit.go.jp/sogosei/saku/region/recycle/pdf/recyclehou/manual/sizenyuraimanyu\\_zantei\\_honbun.pdf](http://www.mlit.go.jp/sogosei/saku/region/recycle/pdf/recyclehou/manual/sizenyuraimanyu_zantei_honbun.pdf)

勝見 武・乾 徹 他（分担製作）：科学技術振興機構 WEB ラーニングプラザ「大地をめぐる環境問題」（成果の一部を反映）  
<http://weblearningplaza.jst.go.jp/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

嘉門 雅史 (KAMON MASASHI)  
香川高等専門学校・校長  
研究者番号：40026331

### (2) 研究分担者

勝見 武 (KATSUMI TAKESHI)  
京都大学・大学院地球環境学堂・教授  
研究者番号：60233764

乾 徹 (INUI TORU)  
京都大学・大学院地球環境学堂・准教授  
研究者番号：90324706