

益田駅前再開発工事における自然由来 砒素汚染土対策の施工

内藤 敏* 門倉伸行** 徳永昭則*** 友広 健*** 大山喜一郎*** 石賀裕明****

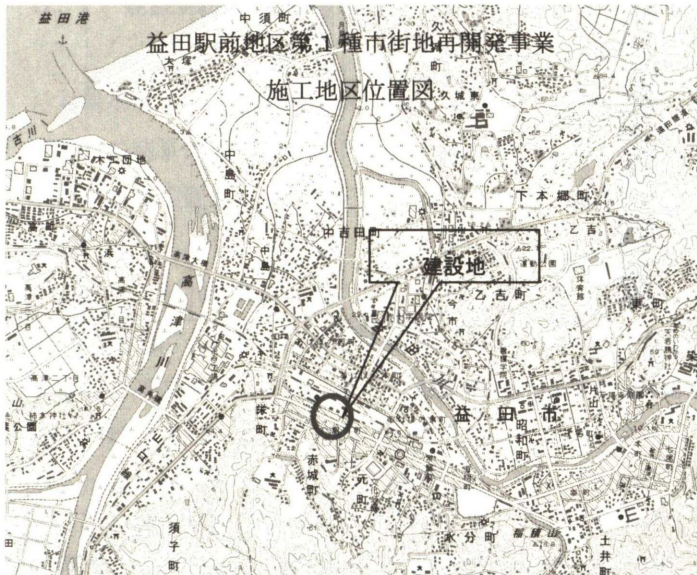
島根県益田駅前再開発地区で確認された自然由来の砒素による土壌汚染について著者らが行った地質調査結果を元に、その後の再開発工事で行った対策工法の選定について解説するとともに、対策工事において特に留意した汚染拡散を防止する環境対策や周辺住民へのリスクコミュニケーションについて報告する。

キーワード：自然由来砒素，陸成粘土，海成粘土，不溶化，リスクコミュニケーション

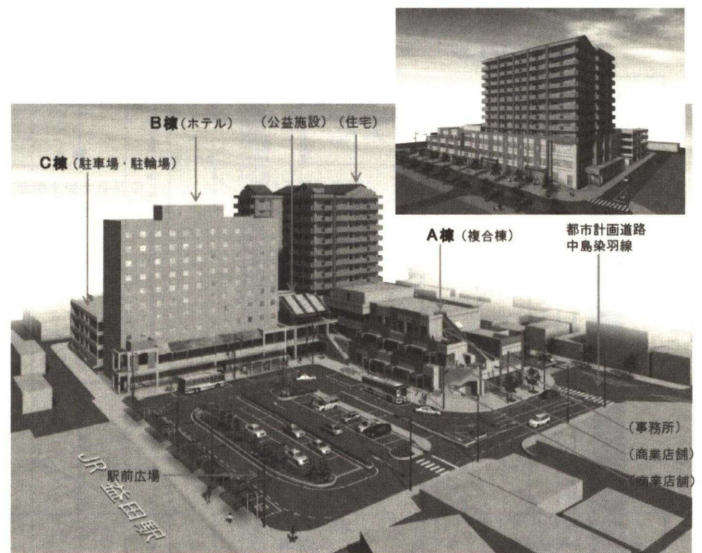
1. はじめに

益田駅前地区第1種市街地再開発事業施設建築物(A・C棟)建設工事では、事前調査で砒素による広範囲の土壌汚染が確認されていたが、著者らが行った地層抜き取り調査法(以下ジオスライサー調査法と呼ぶ)により、自然由来の砒素汚染であると推定された。

このため、当地は土壌汚染対策法の対象地にはならないが、工事施工にあたって①砒素汚染の拡散防止、②掘削残土処理費のコストダウン、③地域住民へのリスクコミュニケーション等がもとめられた。



事業概要	
事業名	益田駅前地区第1種市街地再開発事業
施行者	益田市
地区面積	約1.2ha
建築概要	地域地区:商業地域 敷地面積:5,338m ²
	建築面積:4,665m ² 延床面積:22,809m ²



2. 調査結果の概要

対象地の広い範囲で確認された土壌溶出量基準を超える砒素の汚染は、ジオスライサー地質調査の結果、海成粘土由来の砒素が主体ではなく、陸成粘土由来の、特に超微細粒子に吸着した砒素の溶出が原因と推定された。

これは、海成粘土由来の砒素に比べ溶出しにくい土壌と言える。しかし、薄い層厚ではあるが、海成粘土が存在するため再開発工事に当たっては、適正な汚染拡散防止対策が求められた。(図1~3参照)

- * プロジェクトエンジニアリング室 環境グループ
- ** 技術研究所 環境技術研究グループ
- *** 広島支店 建築事業部 (当時 益田駅前再開発作業所)
- **** 島根大学 総合理工学部

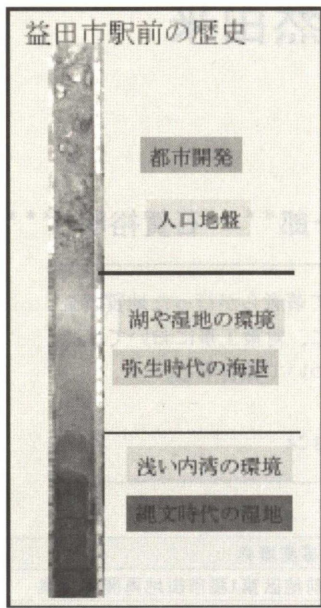


Fig. 1 地質学的歴史

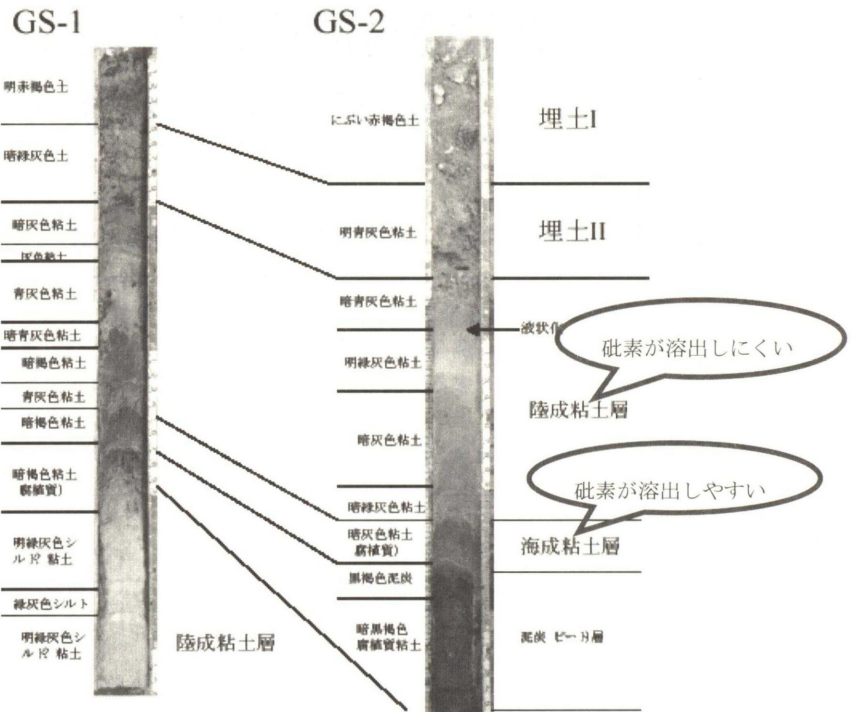


Fig. 2 地質柱状図

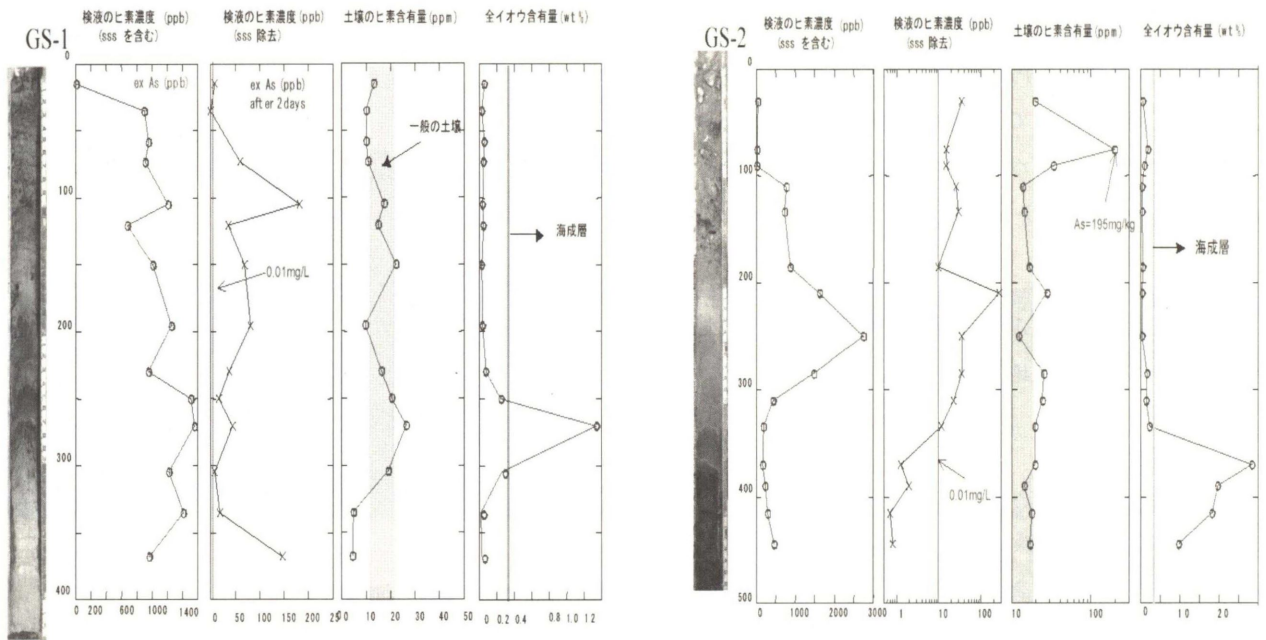


Fig. 3 深度別の砒素(溶出・含有)及びイオウ含有量分析結果

3. 対策工法の検討

対象地は、土壤汚染対策法に該当する地域とならないが、建設工事に伴って発生する汚染土壌を適正に処理する観点から、土壤汚染対策法に準拠して対策工法を検討した。工事対象範囲内の汚染状況は、砒素の溶出量が第二溶出量基準内にあるため、表1に示すとおり土壤汚染

対策法で定める五つの措置方法が考えられるが、対象地の汚染状況から周辺環境への影響、建設工事への影響等を考慮して「汚染土壌の掘削除去及び不溶化埋め戻し」工法を採用した。汚染区画から発生する掘削残土のうち、現地埋め戻しに使用するものについては、現地にて不溶化した後、場外の仮置き場へ一次搬出し基礎部の埋め戻し材として使用した。残りの汚染土壌については、直接、

セメント工場へ運搬しセメント原料としてリサイクル処理した。また、非汚染区画の掘削残土は、CBRが6～8になるように土壌改良し指定された仮置き場に運搬後、リサイクル土として使用した。

Table1 地下水等の摂取によるリスクに係る措置方法の考え方

特定有害物質の種類	第二種特定有害物質(重金属等)	
	第二溶出量基準 ²⁾	
適用する措置	適合	不適合
原位置不溶化・不溶化埋め戻し	●	×
原位置封じ込め	◎	◎ ³⁾
遮水工封じ込め	○	○ ³⁾
遮断工封じ込め	○	○
汚染土壌の除去	○	○

注1) 表中記号の凡例

◎：原則として命ずる措置/○：土地所有者と汚染原因者の双方が希望する場合に命ずることが出来る措置

●：土地所有者が希望した場合に命ずることができる措置

×：技術的に適用不可能な措置

2) 「第二溶出基準」とは、土壌溶出量基準の10～30倍に相当するものである(施行規則第24条および同別表第4)

3) 汚染土壌を不溶化することで第二溶出量基準に適合させたうえで実施することが必要となる。

出典) (社)土壌環境センター編：「土壌汚染対策法に基づく調査及び措置の技術的手法の解説」2003年より抜粋

3.1 建設発生土の適正処理フロー

対象地を10m×10mの単位区画に分割して行った詳細調査の結果、図5のとおり深度50cm毎の層別に汚染区画と非汚染区画に区分し、図4に示すフローに従い処理した。

①非汚染区画(良質土)

詳細調査による公定法分析の結果、砒素の溶出量、含有量ともに基準値内である非汚染区画については、室内配合試験に基づいて、現場内で土壌改良し仮置き場へ搬出したのちリサイクル土として使用した。なお、土壌改良の配合計画は表2のとおりとした。

Table2 配合計画(良質土)

良質土	安定剤B
1m ³	50kg

※ 室内配合試験は3-2参照

②汚染区画(現地不溶化処理土)

汚染区画からの掘削残土は、現地で不溶化処理したものを決められた仮置き場まで運搬、保管し、建物基礎構築後、仮置き場から場内に運搬し埋め戻した。

不溶化剤は、山口県西部を産地とする高品質石灰石を原料として開発された「安定剤B」と天然素材を主原料にした「安定剤C」を使用した。尚、配合設計は、島根大学総合理工学部地球資源環境学科による室内配合試験を基に行った。(表3参照)

③汚染区画(杭残土、浄化槽部等)

海成粘土の可能性が高くなる杭残土、浄化槽部掘削残土、簡易分析により不溶化できなかった残土についてはセメント工場へ運搬しセメント原料としてリサイクル処理した。

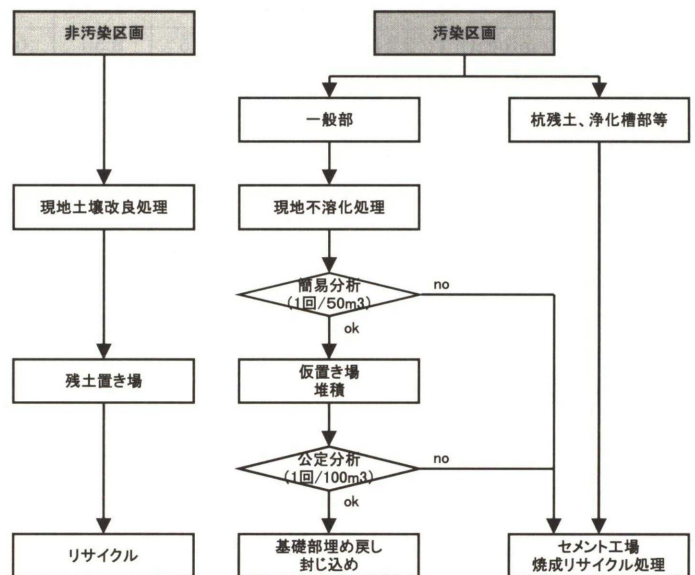


Fig.4 建設発生土の適正処理フロー

3.2 不溶化剤の選定

掘削残土からの砒素の溶出を抑止するために不溶化剤選定の試験を行った。試料はジオスライサー地質ボーリングによって得られた試料の内、GS1-7,GS1-10,GS2-2を用いた。(GS1-7,GS1-10は粘性土、GS2-2は砂質土)これらの試料の砒素の溶出量と含有量は表4のとおりとなった。

不溶化剤については、安定剤 A、安定剤 B、安定剤 C、安定剤 D、安定剤 E、安定剤 F の六種類を用いた。これらの薬剤を重量比で 5 wt%, 10wt% 混合して 3 日間の養生期間をおいた後に溶出試験を行い砒素濃度, pH, 電気伝導度 (EC) を測定した。(表 5 参照)

Table3 配合計画 (現地不溶化処理土)

汚染土	安定剤B (埋土部)	安定剤C (シルト質部)
1m ³	85kg	85kg

※溶出試験は試料：溶出液 (H₂O) =1:5 で行った。(環境基準では 1:10 で振とうすることになっているが、pH, EC (電気伝導度) を測定するために土壌溶液の基準に準拠した。)

Table4 砒素溶出量、含有量測定結果

Sample	採取深度 (cm)	砒素溶出量 (mg/L)	砒素含有量 (mg/kg)
GS1-7	145~155	0.07	22
GS1-10	245~255	0.018	21
GS2-2	70~80	0.015	195

Table5 不溶化処理後の砒素濃度測定結果

※ND：定量下限値未満

Sample	安定剤A		安定剤B		安定剤C		安定剤D		安定剤E		安定剤F	
	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	10%	
GS1-7	溶出量(mg/L)	0.0011	0.0014	0.0020	0.0040	1.44	1.44	1.5	2	ND	ND	0.013
	pH	9.1	9.1	12.1	12.1	7.6	7.7	7.8	8.8	9.5	9.9	9.8
	EC(mS/cm)	2.24	2.24	7.15	8.50	0.11	0.13	0.13	0.11	0.98	0.10	0.23
GS1-10	溶出量(mg/L)	0.0015	0.0032	0.0079	0.0069	1.9	0.254	0.232	0.295	0.01	ND	
	pH	7.8	8.4	12.0	12.1	7.1	7.4	7.6	7.7	9.6	8.5	
	EC(mS/cm)	1.99	2.18	6.24	7.71	93.20	0.11	0.19	0.18	0.10	84.60	
GS2-2	溶出量(mg/L)	ND	ND	ND	ND	0.0029	0.0025	0.0047	ND	ND	ND	0.0040
	pH	10.6	8.0	12.2	12.1	10.7	10.5	11.0	11.0	10.9	11.0	11.3
	EC(mS/cm)	2.26	2.19	8.50	8.52	0.37	0.22	0.54	0.52	0.64	0.57	1.42

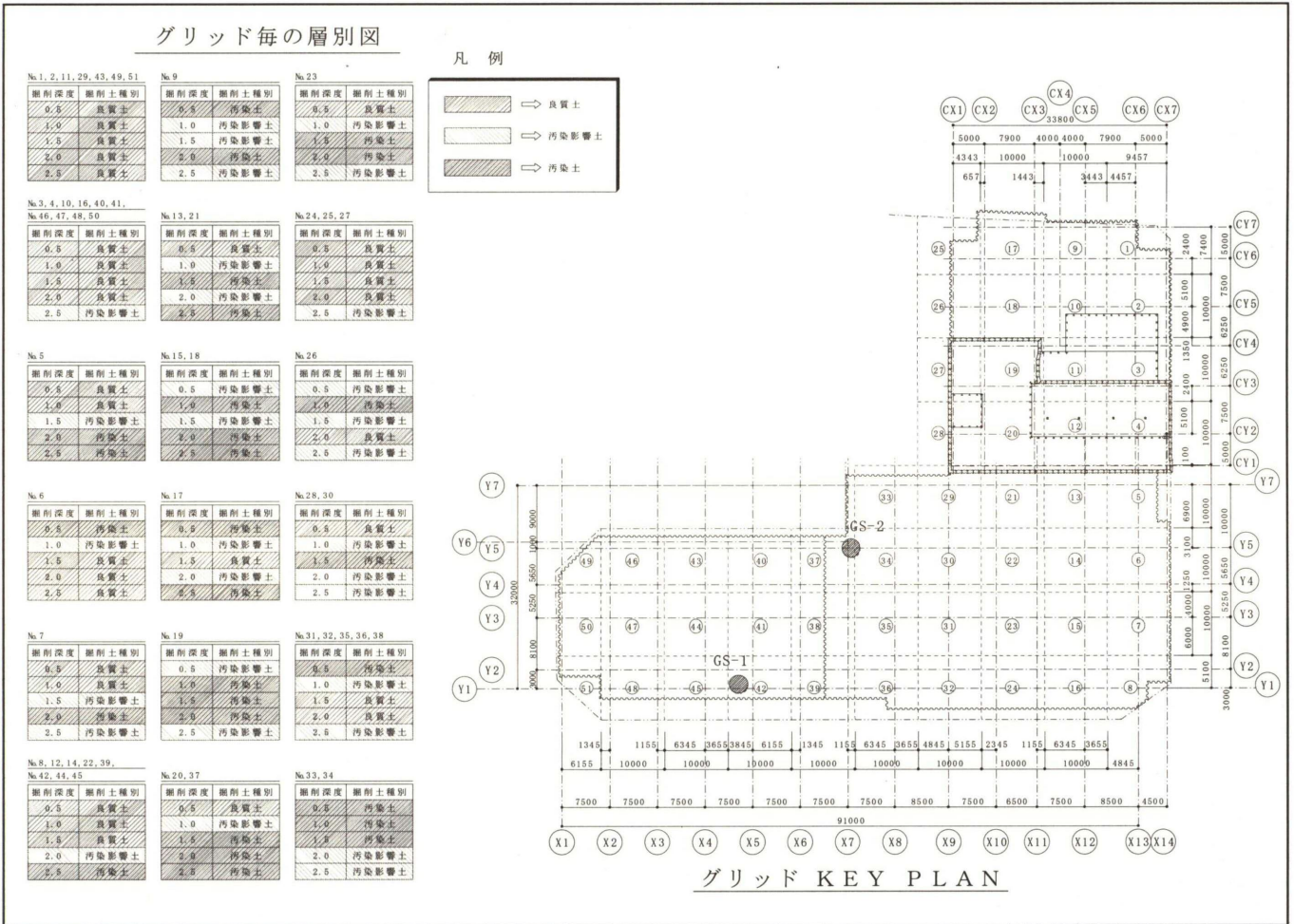
4. 対策工事

対策工事は、図5のとおり対象地を 10m×10m の単位区画に分割して深度 50cm 毎の層別に汚染区画と非汚染区画に区分し、50m³ 程度を掘削単位として平バケットで掘削を行った。掘削深さについてはオートレベルで確認を行いながら隣接する区画と混合しないように十分注意し、慎重に行った。砒素の汚染が確認された区画は、上下に 0.5 m 余分に掘削して不溶化処理を行った後、簡易溶出試験を行い、基準に適合したものを仮置き場に搬出した。簡易溶出試験の結果、不溶化出来なかった区画については、再度、不溶化を実施した。

仮置き場に保管した不溶化処理土は、埋め戻しに使用する前に再度、溶出試験 (公定法分析) を行い砒素の溶出が土壌溶出量基準以下であることを確認して搬出した。

非汚染区画については、土壤改良を行い、仮置き場に搬出した。なお、この良質土は道路工事の下層路盤材等にリサイクルされた。

杭残土、貯留槽部掘削残土及び不溶化出来なかった残土については、山口県内のセメント工場へ搬出した。



グリッド KEY PLAN

Fig.5 グリッド配置と層別図

5. 環境対策

5.1 対象敷地内の環境対策

- ① 現場からセメント工場に搬出する車両全てに搬出汚染土壌管理票を発行した。
- ② 強風時処理対策範囲の土壌の飛散等による汚染の拡散防止のため、適宜散水やシート覆いを行った。
- ③ 重機オペレーター及び作業員は、防塵マスク等保護具の着用を義務付けた。
- ④ 運搬車両（ダンプトラック）においては、運搬中の土砂飛散を防止するため、荷台のシート覆いを義務付け、管理担当者の許可の基にゲートを出た。
- ⑤ 掘削状況、搬出状況についても適宜、監督員の立会いの上、写真撮影を行い管理した。
- ⑥ 処理土量についてはセメント工場内に設置した台貫場（トラックスケール）にて計測し計量伝票にて管理した。
- ⑦ 不溶化土と、良土（土壌改良土）が混入しない様

に、明確に区分した。

- ⑧ 降雨日は作業中止とした。

5.2 仮置き場

- ① 現地より搬出した不溶化処理土、土壌改良土を仮置き場に保管する際、運搬車両のタイヤに処理土が付着しないよう背取り台を設置した。
- ② 仮置き場の不溶化土と、土壌改良土が混入しない様に、明確に区分けした。（図13参照）
- ③ 仮置き土はブルーシートで全面覆いを行った。
- ④ 仮置き場の周囲の排水側溝には、特殊吸着剤（ゼオライト系 図12参照）を用いた排水処理設備を設置した。この特殊吸着剤は、石灰灰に特殊薬剤を添加し、砒素等の重金属の吸着性能を向上させたもので重金属汚染が懸念されるクレー射撃場などにおいて、応急的な水処理対策として採用されている。なお、吸着能力試験結果については、表6, 7のとおりである。



Fig. 6 全景 (平成 17 年 7 月 22 日現在)



Fig. 9 グリッド掘削状況

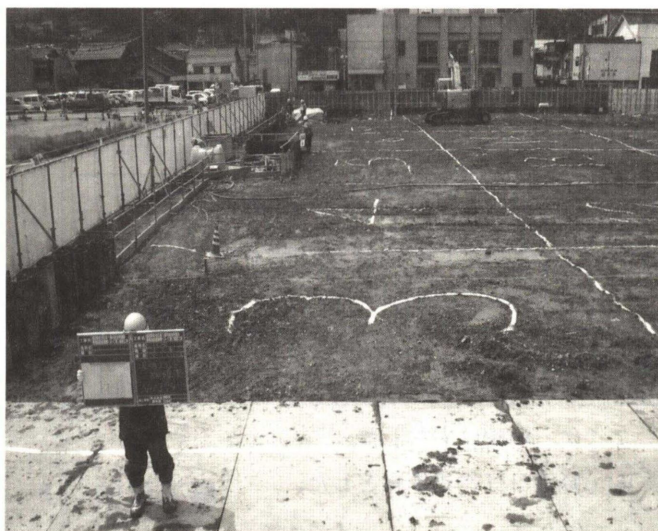


Fig. 7 グリッド配置状況



Fig. 10 仮置き場搬入状況



Fig. 8 層別管理状況

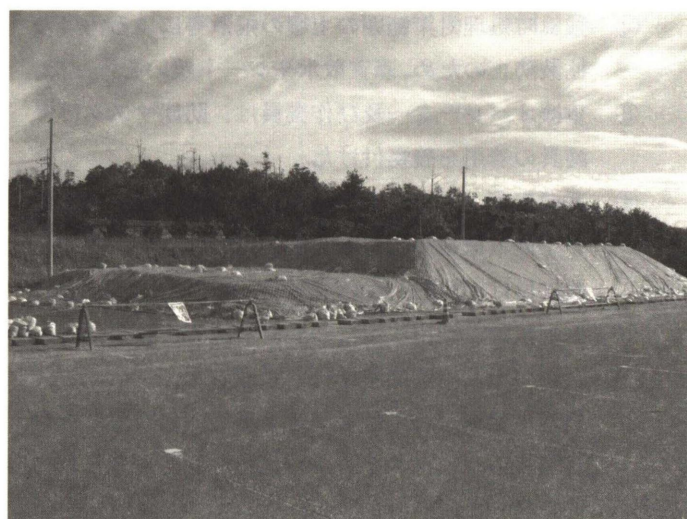


Fig. 11 不溶化処理土保管状況

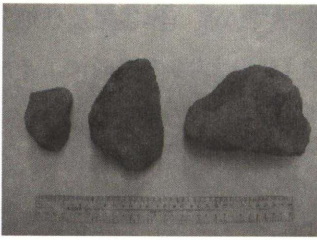


Fig. 12 特殊吸着剤

Table6 吸着能力試験結果

元素	吸着能力g-金属/m ³ 特殊吸着剤	使用水濃度 mg/L
P	322	10.1
As	1,100	5.1
T-Hg	52	0.9
Pb	15,600	89
Cd	1,200	53
Mn	2,300	25

●平衡吸着能による試験 ●使用水は模擬排水

Table7 重金属排水処理試験結果

元素	排出基準値 mg/L	特殊吸着剤使用時 mg/L
As	0.1	N.D.(検出せず)
Cd	0.1	N.D.
T-Hg	0.005	N.D.
Mn (溶解性)	10	N.D.
Pb	0.1	N.D.
Cu	3	N.D.
Fe (溶解性)	10	N.D.
T-Cr	1	N.D.

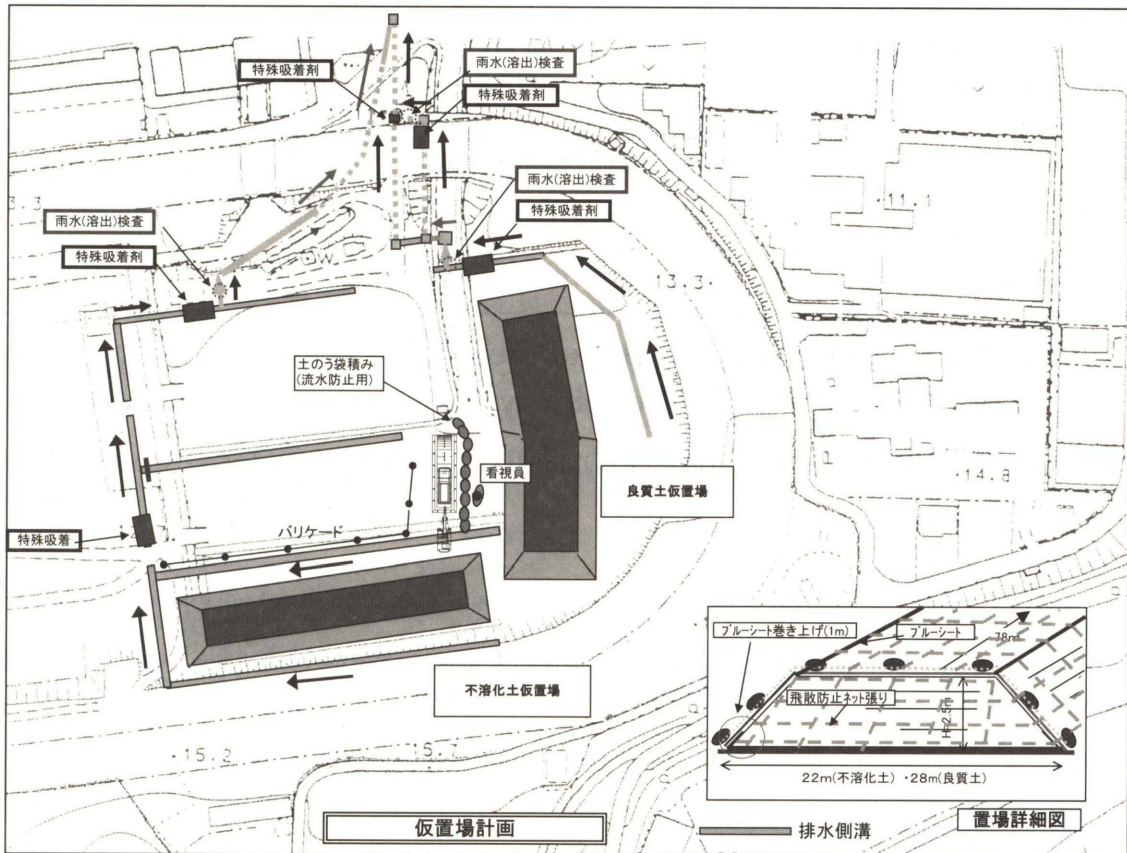


Fig. 13 仮置き場環境対策

6. リスクコミュニケーション

現地より不溶化処理土及び土壌改良土(良土)を仮置き場に搬入する際と仮置き場より搬出する際は、図 14 に示すリスクコミュニケーション票を用い地域住民に情報公開を行った。また、仮置き場周辺排水の水質検査データについても随時、情報公開を行った。

本日の残土搬出 **6月7日**

測定結果速報

株式会社 熊谷組
広島支店 建設部 環境対策課 熊谷組 熊谷

都市環境整備株式会社
〒700-0001 広島県広島市東区中野 2-5-1-2
TEL: 082-242-4421 FAX: 082-242-4423

~~良土~~

不溶化土

27, 29, 30, 31
本日の搬出土は番号 NO. 32, 33, 34

項目	測定結果	測定日時	測定場所	測定方法
27	mg/L	6/6 10時	不溶化土仮置場	排水側溝排水
29	mg/L	6/6 10時	不溶化土仮置場	排水側溝排水
31	mg/L	6/6 10時	不溶化土仮置場	排水側溝排水
32	mg/L	6/6 10時	不溶化土仮置場	排水側溝排水
33	mg/L	6/6 10時	不溶化土仮置場	排水側溝排水
34	mg/L	6/6 10時	不溶化土仮置場	排水側溝排水

Fig. 14 リスクコミュニケーション票

7. まとめ

益田駅前再開発地区において確認された自然的原因による砒素汚染について、その後の再開発工事で行った対策工事は、汚染拡散を防止する環境対策や周辺住民へのリスクコミュニケーションについて良好な対策が取れた。

謝辞

今回工事でおこなった自然由来砒素汚染土対策について発注者である益田市のご担当者の方々から、貴重なご意見、ご指導を受け無事工事を完了することができ、ここに、深く感謝の意を表します。また、本工事の施工にあたり砒素汚染の拡散防止と一緒に取り組んでいただいた各協力会社の皆様に心から感謝いたします。

これは、調査から対策実施まで、産（熊谷組及び地元協力会社）、官（益田市）、学（島根大学）の協同による成果と言える。

参考文献

- 1) 環境省 「土壌汚染対策法に基づく調査及び措置の技術的手法の解説」
- 2) 門倉伸行他：第 12 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会「再開発地区における自然由来砒素汚染（その 1）地質調査による砒素起源の推定」
- 3) 島根大学総合理工学部地球資源環境学科 教授 石賀裕明
「芸術文化センター建設残土に係るヒ素土壌汚染に関する研究報告」2004 年 1 月 30 日

Treatment of natural abundant arsenic polluted soil in re-development construction before railway station

Satoshi NAITOU, Akinori TOKUNAGA, Takeshi TOMOHIRO, Kiichirou OOOYAMA, Nobuyuki KADOKURA and Hiroaki ISHIGA

Abstract

This reports about the methods we have applied for treatment of natural abundant arsenic polluted soil based on survey results we made in Masuda JR station area re-development project in Shimane prefecture.

It also reports environmental protection measure to suppress secondary pollution used in the construction work and risk communication to neighbouring inhabitant.

Keywords: Natural abundant arsenic, Continental clay, Marine clay, Insoluble conversion, Risk communication
