

都市の再開発と土壤汚染問題

～富山、仙台、東京の事例～

富山大学理工学研究部

丸茂克美

土壤汚染対策法

土壤中に含まれる有害物質により、人の健康が害されるのを防ぐことを目的とする。

項目	溶出量基準	含有量基準
カドミウム	0.01mg/l以下	150mg/kg以下
全シアン	検出されないこと	遊離シアン50mg/kg以下
鉛	0.01mg/l以下	150mg/kg以下
六価クロム	0.05mg/l以下	250mg/kg以下
砒素	0.01mg/l以下	150mg/kg以下
総水銀	0.0005mg/l以下	15mg/kg以下
アルキル水銀	検出されないこと	なし
セレン	0.01mg/l以下	150mg/kg以下
ふっ素	0.8mg/l以下	4,000mg/kg以下
ほう素	1mg/l以下	4,000mg/kg以下

第二種特定有害物質(重金属等)の土壤溶出量基準・含有量基準

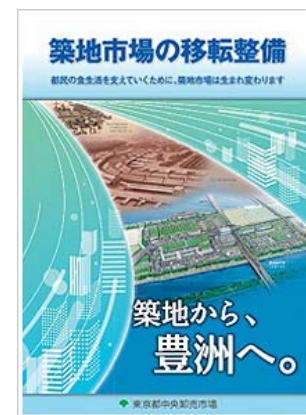
溶出量基準は土壤中の有害物質が地下水に移行し、地下水飲用で健康を害することを阻止ために規定した、水に対する有害物質の溶出量の基準。

含有量基準は土壤中の有害物質を経口摂取して健康を害することを阻止するために規定した、1M塩酸などに対する有害物質溶出量の基準(全量値ではない)。

東京都の再開発と土壌汚染問題

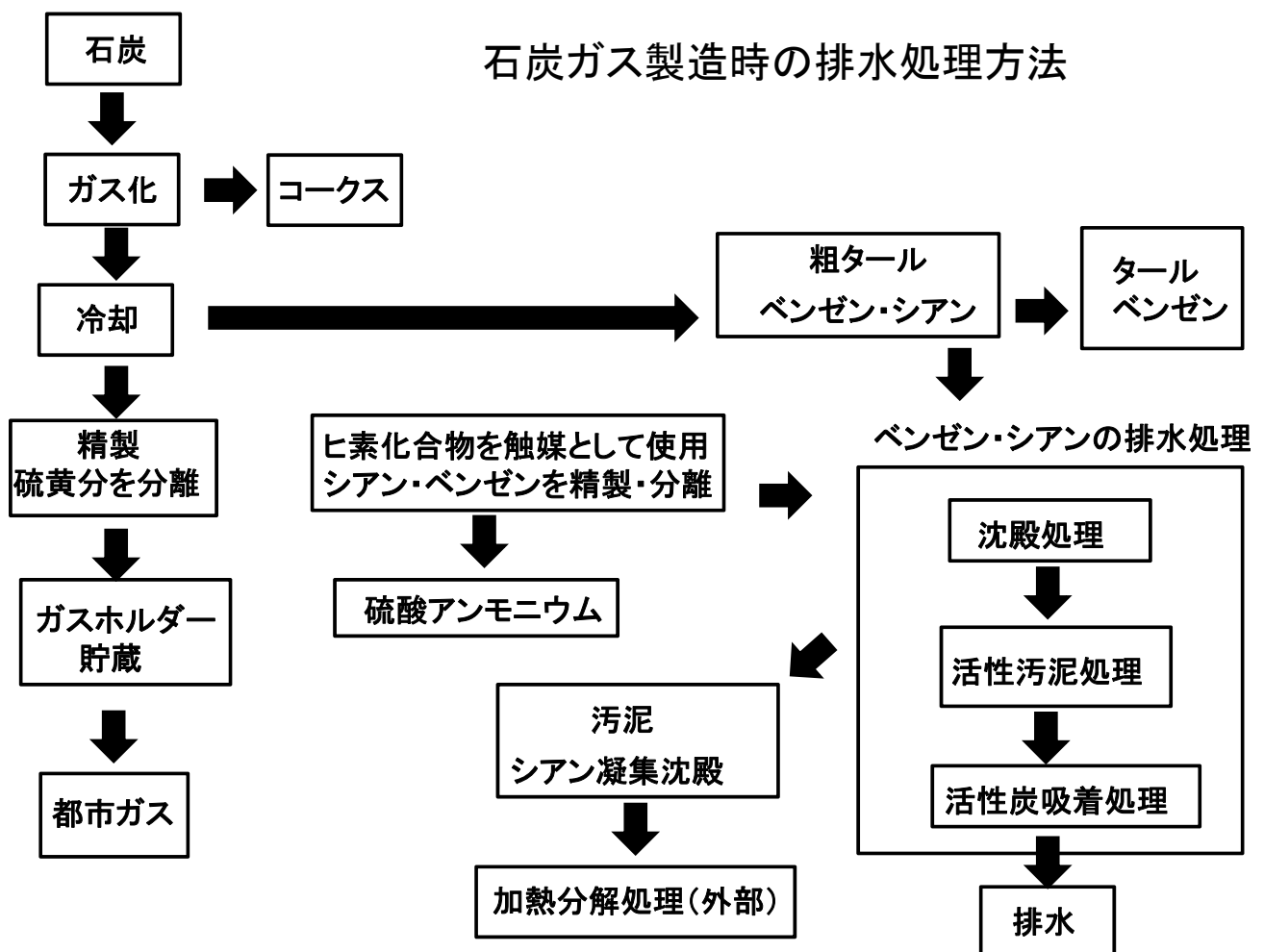


築地の魚市場





東京ガスの豊洲工場

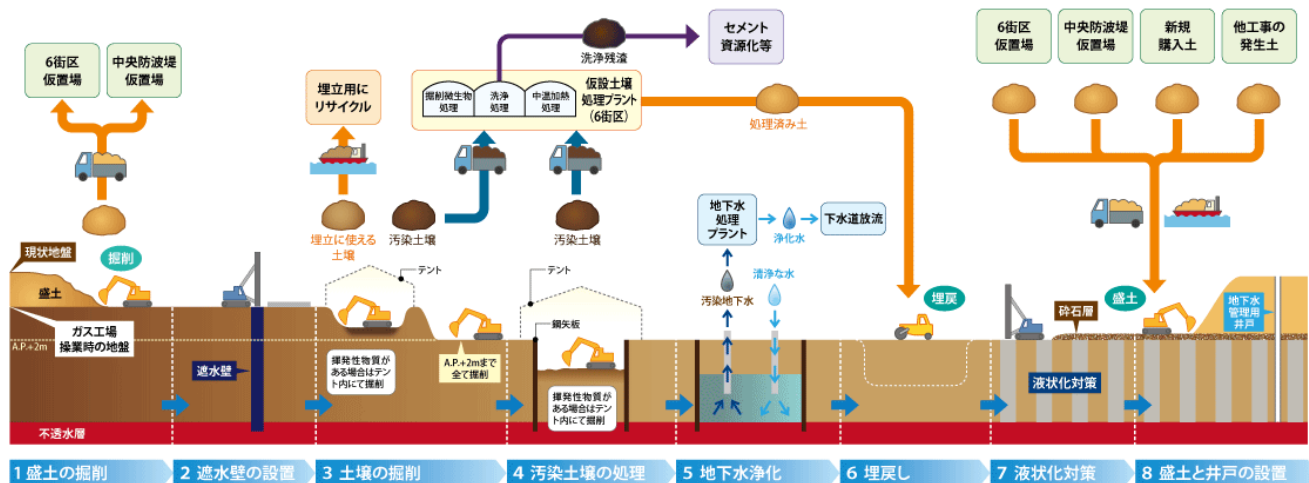




東京ガスの豊洲工場跡地の土壌汚染の状況は「土壌汚染状況調査報告書」(東京ガス、2002)に示されており、約2000地点(ベンゼンは約400地点)の土壌溶出試験分析試料のうち、最大値として例えば、ベンゼンは15mg/L(環境基準の1500倍)、シアンが49mg/L(490倍)、ヒ素が0.49mg/L(49倍)、水銀が0.012mg/L(24倍)、鉛が0.093mg/L(9.3倍)等、非常に高い濃度が検出されている。他にも含有量試験、地下水においても基準超等の高い濃度の検出が示されていることが判明した。



豊洲の土壌汚染対策工事



地下水中のベンゼンは
環境基準値の10,000倍

土壌中のベンゼンは環境
基準値の43,000倍

土壌中のシアン化合物は
環境基準値の860倍

豊洲新市場整備費の推移（数字の単位は億円）

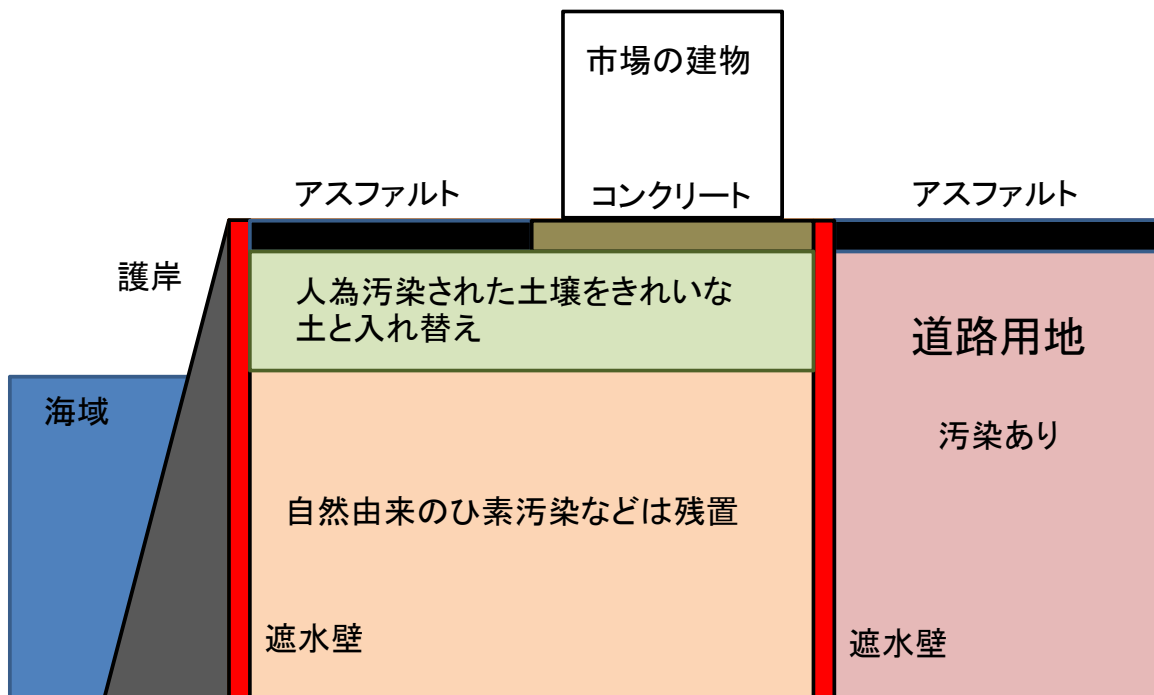
項目	2011年2月	2013年1月	2015年3月
建設費	990	1,532	2,752
土壌汚染対策費	586	672	849
その他関連工事費	370	436	424
用地取得費	1,980	1,860	1,859
合計	3,926	4,500	5,884



掘削除去される汚染土壌



搬出される汚染土壌



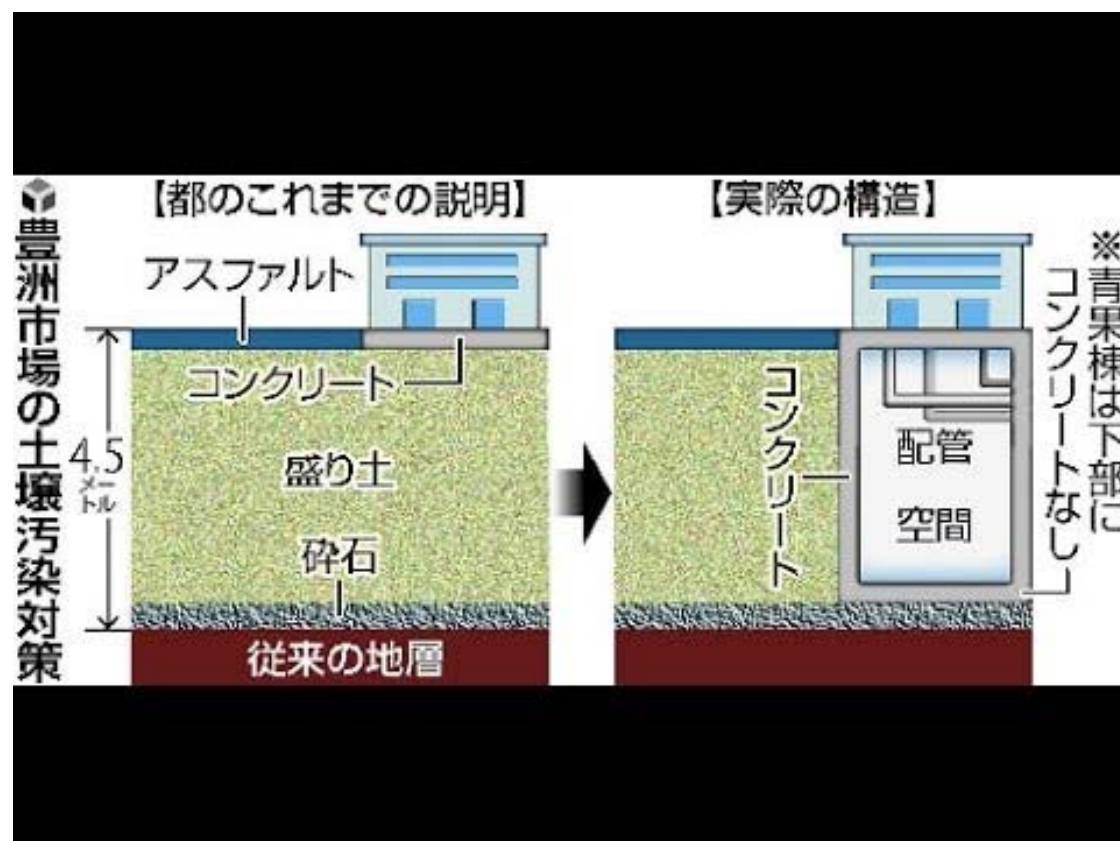
豊洲新市場の土壌汚染対策

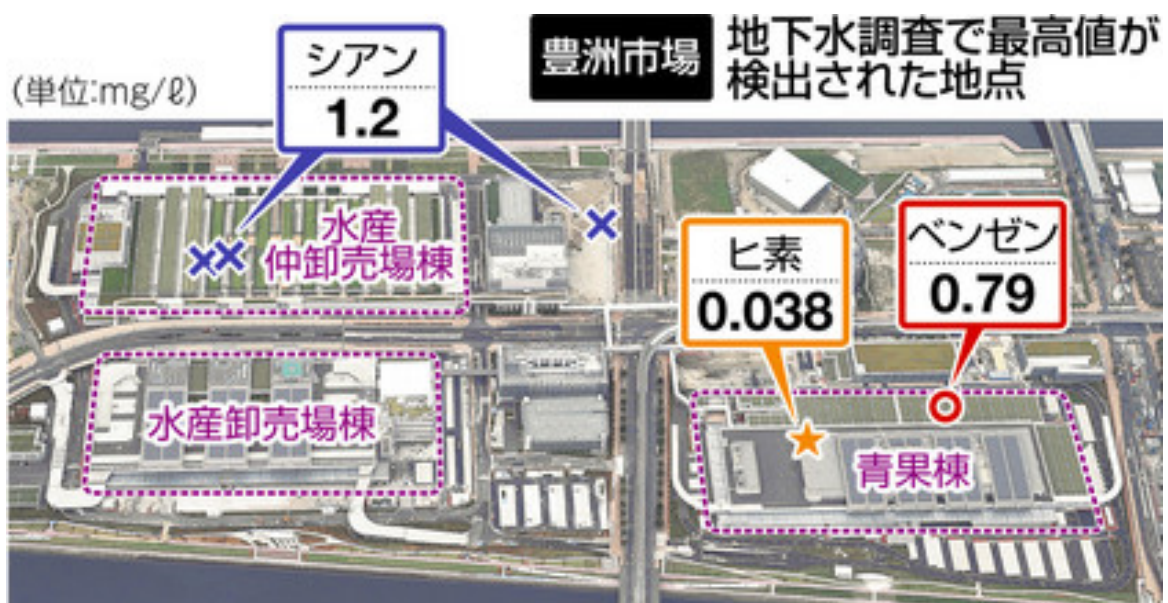
11:59

豊洲新市場「盛り土」問題
安全性は？空洞の水どこから？

豊洲新市場“盛り土”問題

地下空間は **いつ** **誰が** **何のために** **決めた？**





東京新聞HPより

豊洲市場の地下水モニタリング 調査の結果

※単位:mg/L

物質名 (基準値)	最大値	基準値超え 地点数
ベンゼン (0.01)	0.79 (前回0.014)	35カ所 (前回2カ所)
ヒ素 (0.01)	0.038 (前回0.019)	20カ所 (前回1カ所)
シアン (不検出)	1.2 (前回 不検出)	39カ所 (前回0カ所)

➡ 魚を運ぶターレー、市場で働く人 安全性は 豊洲連絡通路に…高濃度ベンゼン

環境基準値の700倍

連絡通路地下から汚染物質

ベンゼン 7.1ml/L **710倍** **シアン化合物** 70ml/L
 環境基準0.01ml/L 環境基準 検出されないこと

ベンゼン この濃度だと 70年間毎日2L飲むと140人に1人“発がん”の可能性
シアン化合物 この濃度だと 3L一気飲むと死亡



東工大
小林 雄一教授

コンクリートで塞いだとしても「地震」「経年劣化」で
 ひび割れ・隙間ができる可能性がある
 環境基準の700倍は許されない数値で**安全ではない**



2017年4月1日と2日に朝日新聞が都民を対象にして電話による世論調査を実施

朝日新聞HPより

築地市場での土壌汚染調査



TOKYO MX NEWS のHPより



フジテレビのHPより

2月28日 築地の安全性についての発言

築地市場の敷地はコンクリートやアスファルトに覆われていて、土壌汚染対策法等の法令上の問題はなく、人の健康に影響を与えることはない。

調査義務を怠っていた築地市場内の8カ所については、今後土壌調査をする。



小池都知事

フジテレビのHPより

豊洲移転案と築地改修案の コスト比較

初期費用

	豊洲市場の 建設費など	今後の 工事費など	土地の 売却益	
豊洲	5884億	+	60億	-
			2300億~ 4386億	=
				1350億~ 3436億円
				※
築地	5884億	+	884億	-
			1900億~ 4370億	=
				2398億~ 4868億円

※豊洲移転時に支払われる国の交付金(208億円)
分を引いて計算

注:いずれも今後の土壤汚染対策費は含まない

維持管理費(年間)

豊洲	76億5800万円(推計)
築地	15億7200万円(2015年の実績) → 改修後は不明

東京新聞のHPより

仙台市の再開発と土壤汚染問題



仙台市交通局のHPより



鉄道・運輸機構のHP



仙台市の地下鉄東西線工事現場



仙台市の地下鉄東西線工事現場

記者発表資料【平成19年8月23日】

(担当)都市整備局技術管理室
(直通)022-214-8280
環境局環境対策課
(直通)022-214-8220
交通局東西線建設本部建設課
(直通)022-712-8362

自然的原因により重金属が環境基準を超える建設発生土の対応について

市内には、自然的原因による砒素等の重金属を含む地層が一部存在しておりますが、当該地層における環境基準を超える土砂の搬出を行う工事については、これまでも関係法令や本市要綱に基づき、適切に対応してきたところです。

今般、東西線建設工事予定地において、自然的原因により重金属が環境基準を超える土壌の存在が調査により判明いたしました。こうした土壌への対応は他の工事でも想定されますことから、全庁的な対応方針を定めるとともに、この周知徹底を図ることといたしました。

1. 市内の土壌の状況

(1) 市内の地層は、地表から順に広瀬川などによる堆積層とその下に各種の軟岩層が分布しているが、軟岩層の一部には、自然的原因による砒素やカドミウム等の重金属を含む場合がある。

(2) このことについては、2006年に(独)産業技術総合研究所地質調査総合センターが発行した『土壌・地質汚染評価基本図～1/50,000仙台地域～』の中で、軟岩層の一部に自然的原因により重金属の濃度が高く、その溶出量が環境基準を超える場合があることが記述されている。

2. 東西線建設工事予定地(竜の口層)における土壌の状況

地下鉄東西線建設事業において、今年3月に青葉山地区でボーリング調査を行った際に、ボーリング試料を利用して、重金属の含有等を調査したところ、地下20mから30mほどの深さの一部の軟岩層(竜の口層)で環境基準を超える重金属の溶出を検出した。これは、自然的原因によるものと考えられる。

・検出した重金属 カドミウム
・検出量 最大0.10mg/L (基準値0.01 mg/L)

3. 法令の規定

「土壌汚染対策法」(H15.2.15施行)では、自然的原因により重金属が含まれる土壌を対象としてはいないが、「土壌汚染対策法の施行について」(H15.2.4環境省通達)では、自然的原因であっても、環境基準を超える土壌を当該土地の外に搬出する場合は『法に基づく措置とは別に、当該土壌に係る適切な対応が図られることが望ましい』とされている。

4. 今後の対応方針等

本市においては、「仙台市発注工事における建設副産物適正処理推進要綱」(H15.5.20制定)により、建設発生土の取り扱いについては、自然的原因により重金属が含まれる土壌を含め、これまでも適切な処理を行ってきたところであるが、今回のような大量の土砂搬出は初めてであり、適切な対応とするため、以下の方針を定めた。

(1) 東西線建設ルートが軟岩層である竜の口層を通過し、大量の土砂の搬出を行う予定であることから、その建設発生土については、環境省通達にある「当該土壌に係る適切な対応」に準拠し、国等の対応事例などを参考に、外部の専門家によって構成する委員会を交通局に設置し、適切な調査手法や処理方法等について検討していく。

(2) こうした自然的原因により重金属が含まれる土壌への対応は、他の工事等においても想定されることから、有害物質が一定基準を超える土砂の搬出を行うにあたっては、法令や専門機関が監修する対応マニュアル等を参考に適切に対応していくとともに、当該土砂の搬出が大量となる場合には必要に応じ検討委員会を設置することとし、全庁的にこの方針の周知徹底を図り対応していく。

仙台市地下鉄 東西線工事

基準超のカドミウム 土壌から検出 処理に数億円超



仙台市は22日、地下鉄東西線の建設現場で、土壌からカドミウム(鉛)の検出値が国の基準値を超える箇所があることを明らかにした。市は、土壌中のカドミウム濃度を測定し、基準値を超える箇所を特定し、処理を行う。処理費用は数億円を超えると見込まれている。

市が今年「八木山駅」で、東西線の建設現場で、土壌からカドミウム(鉛)の検出値が国の基準値を超える箇所があることを明らかにした。市は、土壌中のカドミウム濃度を測定し、基準値を超える箇所を特定し、処理を行う。処理費用は数億円を超えると見込まれている。

市が今年「八木山駅」で、東西線の建設現場で、土壌からカドミウム(鉛)の検出値が国の基準値を超える箇所があることを明らかにした。市は、土壌中のカドミウム濃度を測定し、基準値を超える箇所を特定し、処理を行う。処理費用は数億円を超えると見込まれている。

市は、土壌中のカドミウム濃度を測定し、基準値を超える箇所を特定し、処理を行う。処理費用は数億円を超えると見込まれている。

市は、土壌中のカドミウム濃度を測定し、基準値を超える箇所を特定し、処理を行う。処理費用は数億円を超えると見込まれている。

市は、土壌中のカドミウム濃度を測定し、基準値を超える箇所を特定し、処理を行う。処理費用は数億円を超えると見込まれている。

福島県汚職



福島県汚職。土壌汚染。土壌中のカドミウム濃度を測定し、基準値を超える箇所を特定し、処理を行う。処理費用は数億円を超えると見込まれている。

福島県汚職。土壌汚染。土壌中のカドミウム濃度を測定し、基準値を超える箇所を特定し、処理を行う。処理費用は数億円を超えると見込まれている。

福島県汚職。土壌汚染。土壌中のカドミウム濃度を測定し、基準値を超える箇所を特定し、処理を行う。処理費用は数億円を超えると見込まれている。

市は、土壌中のカドミウム濃度を測定し、基準値を超える箇所を特定し、処理を行う。処理費用は数億円を超えると見込まれている。

市は、土壌中のカドミウム濃度を測定し、基準値を超える箇所を特定し、処理を行う。処理費用は数億円を超えると見込まれている。

市は、土壌中のカドミウム濃度を測定し、基準値を超える箇所を特定し、処理を行う。処理費用は数億円を超えると見込まれている。

地下鉄東西線工区からカドミ 基準値超すヒ素も

仙台市、年度内に対策決定

外部有識者初代会

仙台市が進める地下鉄東西線の建設現場で、土壌からカドミウム(鉛)の検出値が国の基準値を超える箇所があることを明らかにした。市は、土壌中のカドミウム濃度を測定し、基準値を超える箇所を特定し、処理を行う。処理費用は数億円を超えると見込まれている。

仙台市が進める地下鉄東西線の建設現場で、土壌からカドミウム(鉛)の検出値が国の基準値を超える箇所があることを明らかにした。市は、土壌中のカドミウム濃度を測定し、基準値を超える箇所を特定し、処理を行う。処理費用は数億円を超えると見込まれている。

仙台市が進める地下鉄東西線の建設現場で、土壌からカドミウム(鉛)の検出値が国の基準値を超える箇所があることを明らかにした。市は、土壌中のカドミウム濃度を測定し、基準値を超える箇所を特定し、処理を行う。処理費用は数億円を超えると見込まれている。

市は、土壌中のカドミウム濃度を測定し、基準値を超える箇所を特定し、処理を行う。処理費用は数億円を超えると見込まれている。

市は、土壌中のカドミウム濃度を測定し、基準値を超える箇所を特定し、処理を行う。処理費用は数億円を超えると見込まれている。

市は、土壌中のカドミウム濃度を測定し、基準値を超える箇所を特定し、処理を行う。処理費用は数億円を超えると見込まれている。

市は、土壌中のカドミウム濃度を測定し、基準値を超える箇所を特定し、処理を行う。処理費用は数億円を超えると見込まれている。

市は、土壌中のカドミウム濃度を測定し、基準値を超える箇所を特定し、処理を行う。処理費用は数億円を超えると見込まれている。

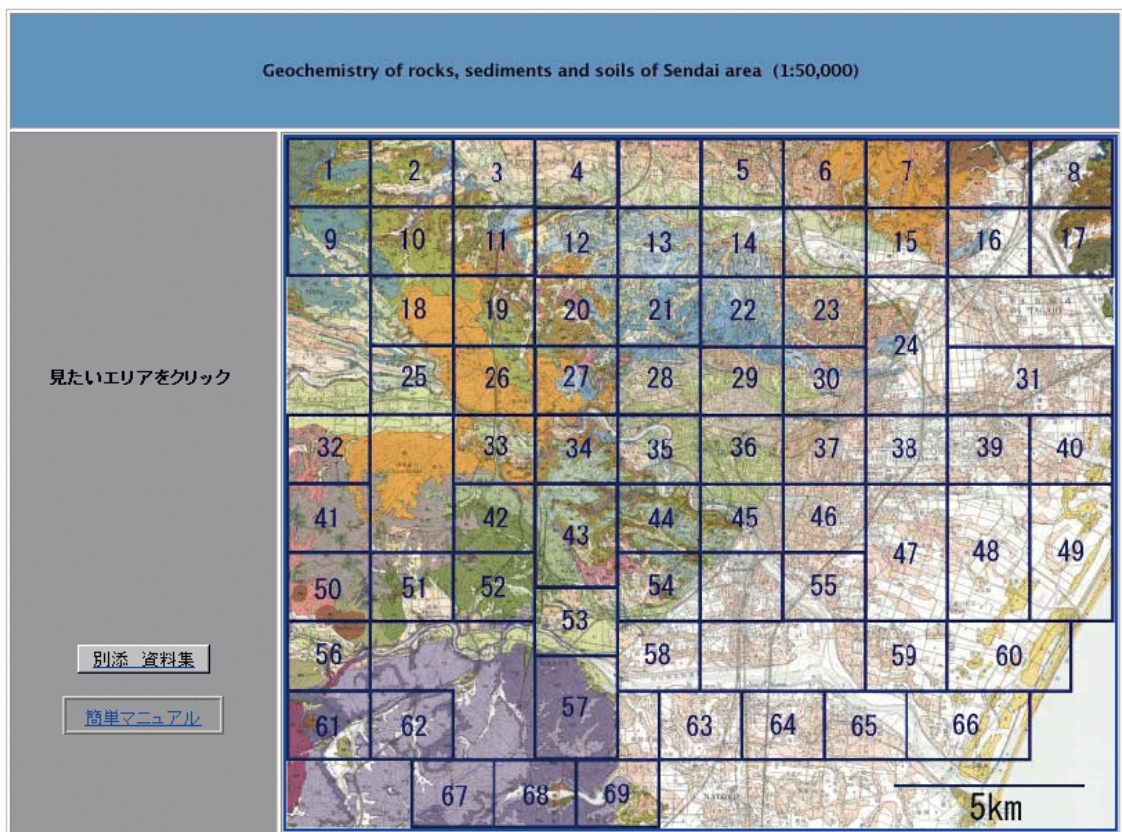
市は、土壌中のカドミウム濃度を測定し、基準値を超える箇所を特定し、処理を行う。処理費用は数億円を超えると見込まれている。

市は、土壌中のカドミウム濃度を測定し、基準値を超える箇所を特定し、処理を行う。処理費用は数億円を超えると見込まれている。

市は、土壌中のカドミウム濃度を測定し、基準値を超える箇所を特定し、処理を行う。処理費用は数億円を超えると見込まれている。

市は、土壌中のカドミウム濃度を測定し、基準値を超える箇所を特定し、処理を行う。処理費用は数億円を超えると見込まれている。

土壌・地質汚染評価基本図「5万分の1仙台地域」は、土壌や堆積物中の砒素や鉛などの有害物質の含有量や溶出量のバックグラウンド値に関する情報を、産業技術総合研究所発行の5万分の1地質図幅「仙台地域の地質」に加えて整備し、HTML形式のデータ集としたもの。





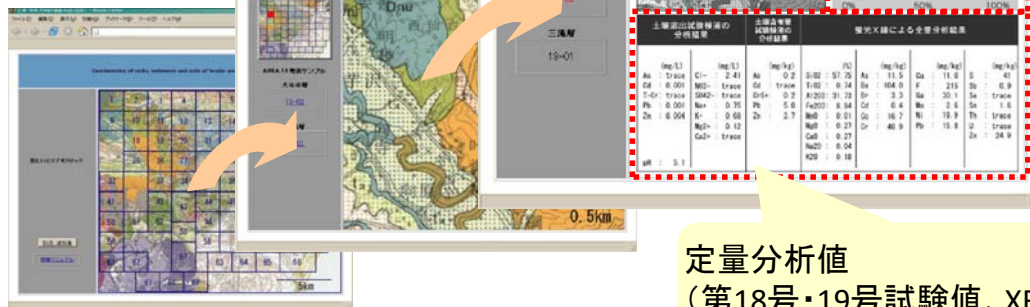
土壌・地質汚染評価基本図「5万分の1仙台地域」

③詳細な分析データ

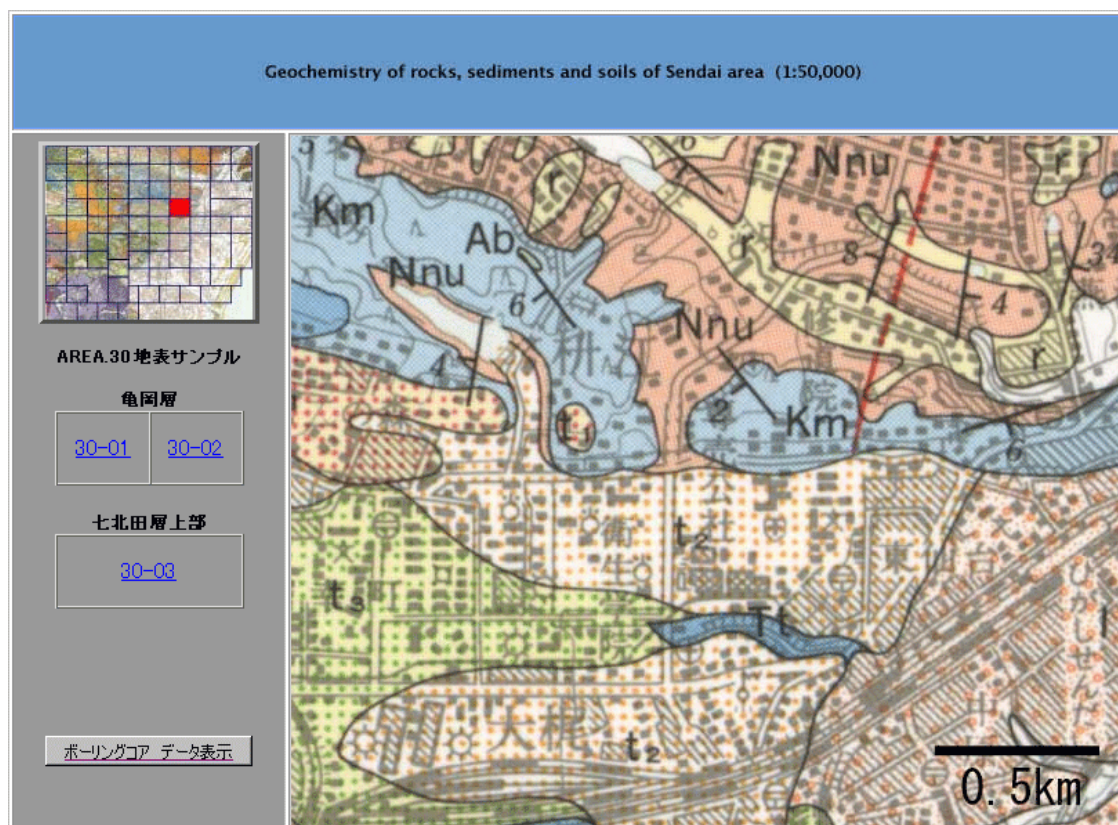
試料中での存在形態

②地層の選択

①エリアの選択

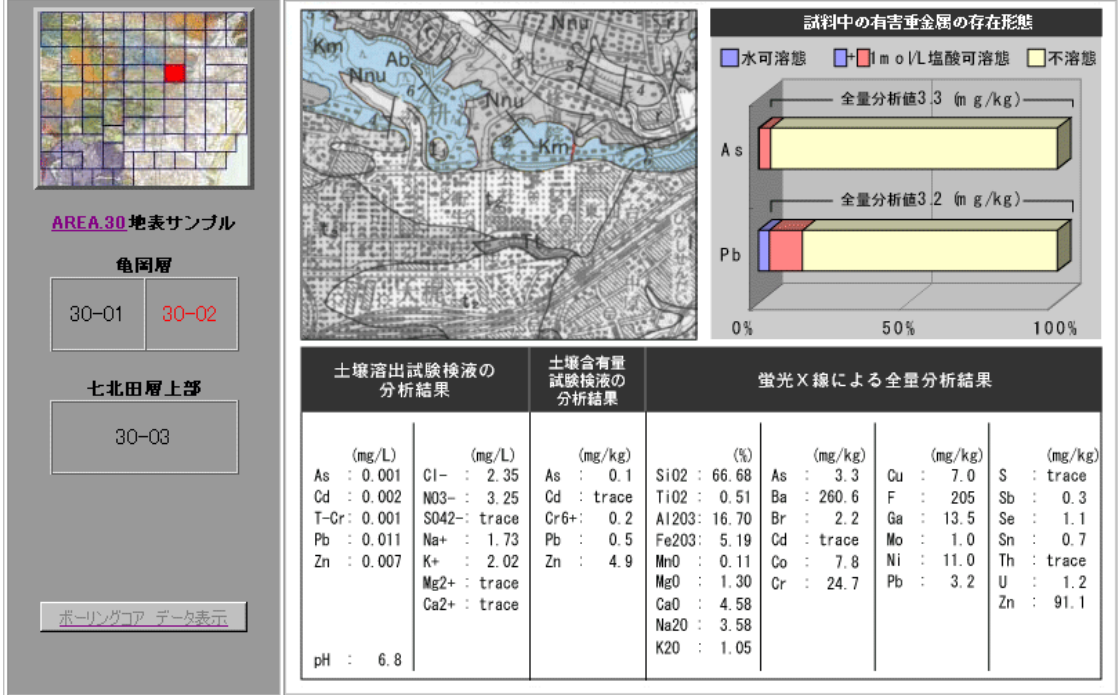


138個の土壌・堆積物試料の有害重金属含有量や溶出量をHTML形式でデータベース化

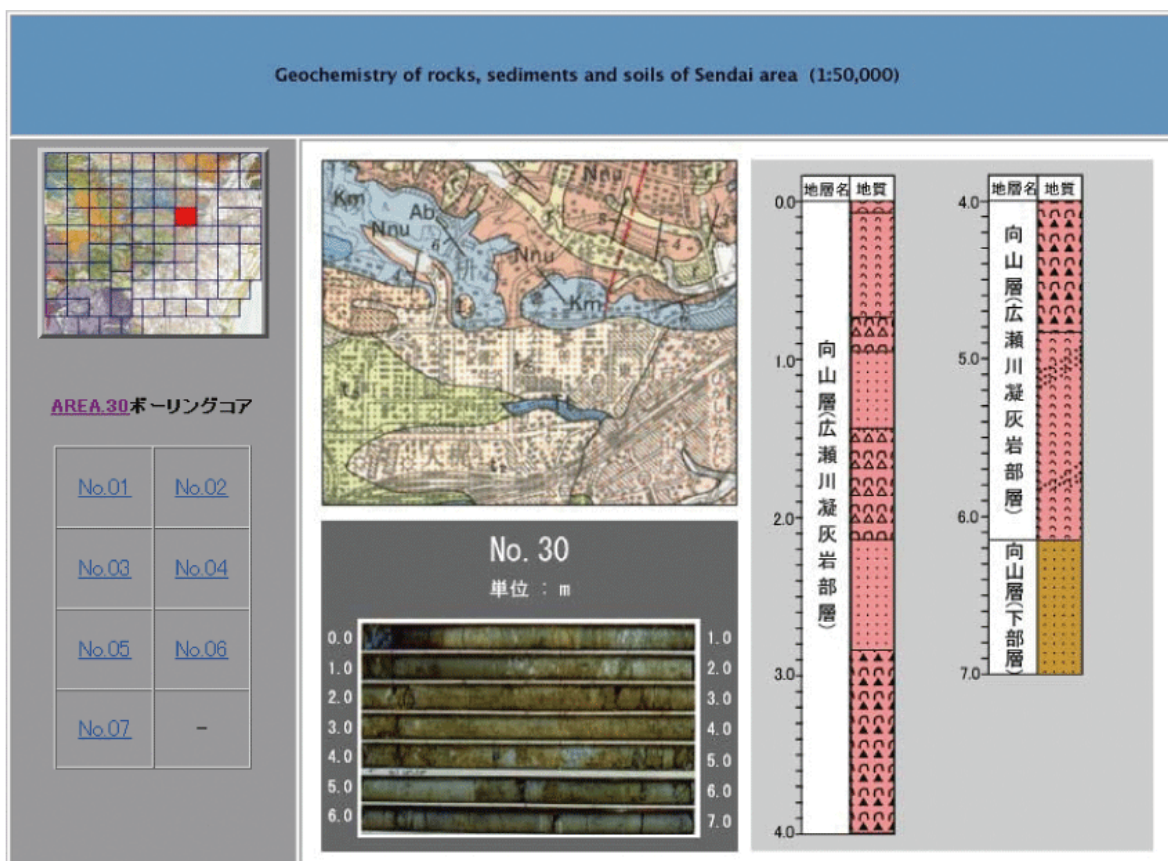


地質図幅に記載された地質情報を有効活用し、仙台地域全域で4平方kmに最低1点の地表試料を採取する。

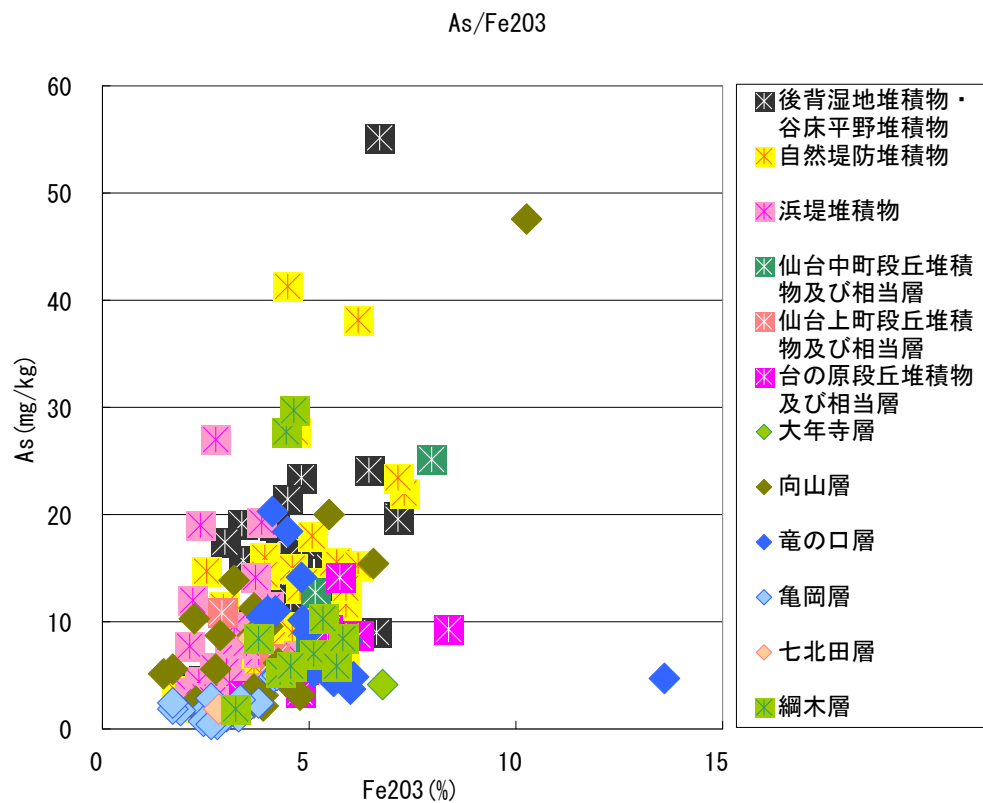
Geochemistry of rocks, sediments and soils of Sendai area (1:50,000)



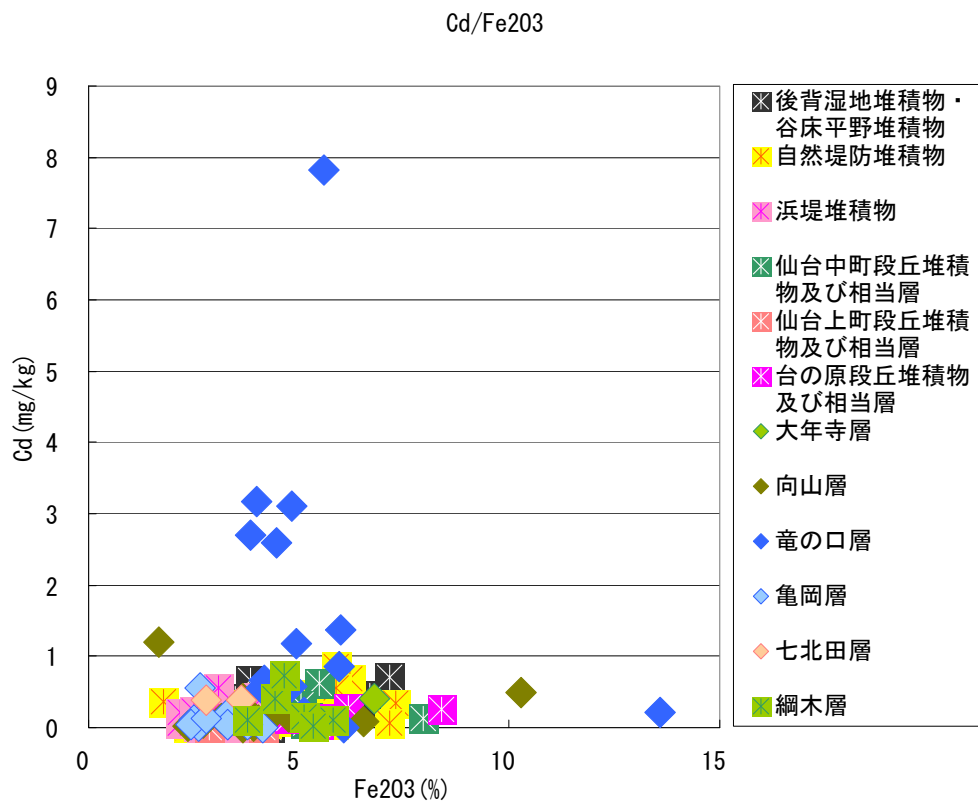
全量分析値として表現された量は蛍光X線分析法の含有量分析値，水可溶態として表現された量は溶出量試験値，1mol/L塩酸可溶態として表現された量は含有量試験値，不溶態として記載された量は全量分析値から1mol/L塩酸可溶態量を引いた量。



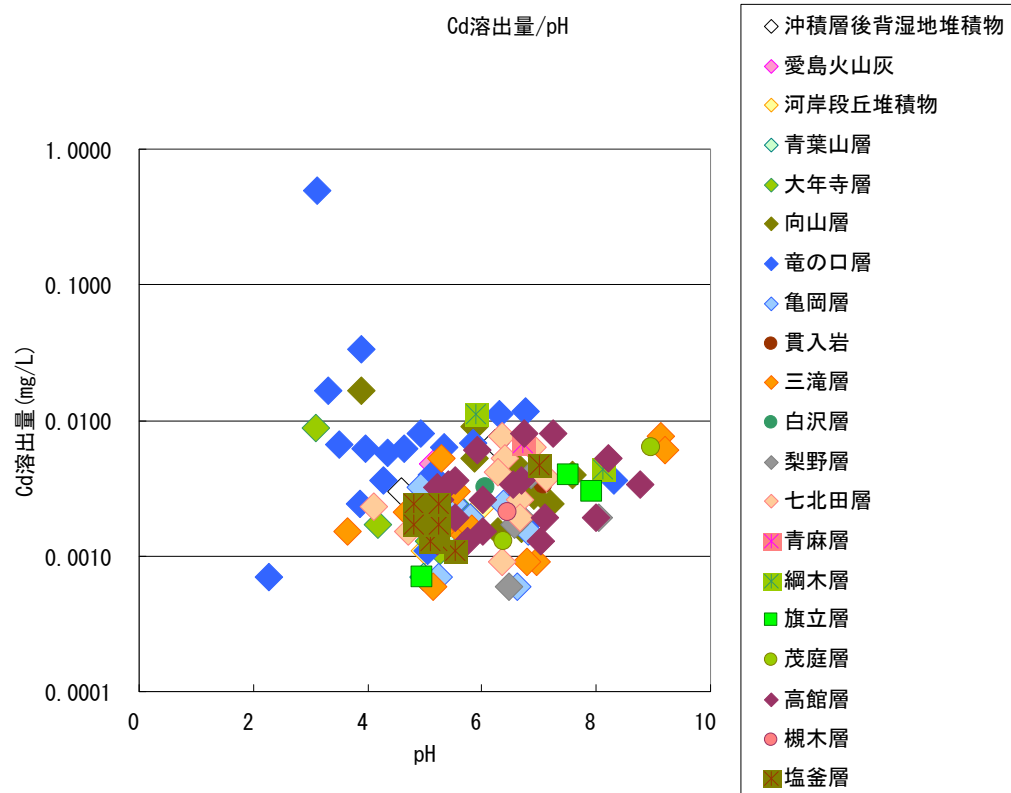
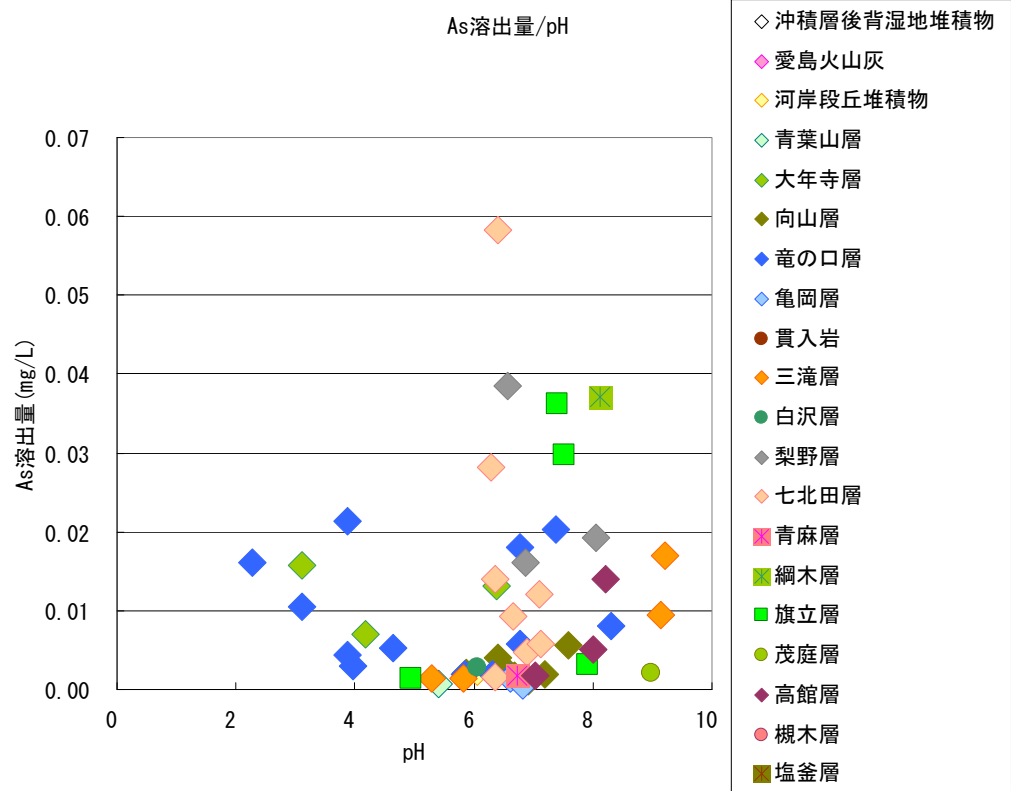
地表での試料採取が困難な市街地での試料採取を行うため、4～8平方kmに対して1点の割合でボーリング調査を実施し、深度別に複数の試料を採取する。



ボーリング試料中の砒素含有量と鉄含有量の相関から砒素の存在形態を予測？



ボーリング試料中のカドミウム含有量と鉄含有量の相関からカドミウムの存在形態を予測？



土壤中に含まれる自然由来のヒ素は、地下水汚染を引き起こすのか？

公定法溶出量試験を行うことにより、どの程度地下水汚染を予測することができるのか？

仙台市で見つかった地下水のヒ素汚染を事例を用いて検討する。



ボーリング調査を行い、深度12mまでの試料の土壌溶出量試験を行うとともに、周囲の地下水の分析を行い、溶出試験の検液と地下水の化学組成を比較する。



地下水分析値では砒素濃度が0.01mg/Lを超過したのは4か所のみ、鉛は0.01mg/L以下。

サンプルNo.	水温	pH	EC	Zn	As	Cd	Pb	H2PO4-	F-	Cl-	NO3-	SO4--	Na+	NH4+	K+	Mg++	Ca++
	(°C)		(mS/m)	(μg/l)	(μg/l)	(μg/l)	(μg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
1 snd.w.23	11.3	6.3	22	24.3	NA	0.14	NA	NA	NA	19.8	25.6	42.9	19.5	NA	5.28	7.67	15.6
2																	
3 snd.w.04	12.5	7.4	32	10.0	NA	NA	NA	NA	NA	57.2	30.9	29.4	31.0	NA	3.50	13.2	31.4
4 snd.w.21	13.2	7.3	20	7.63	NA	NA	NA	NA	NA	23.6	16.5	25.8	18.1	NA	3.33	5.83	18.5
5 snd.w.05	12.4	7.1	24	11.2	NA	NA	NA	NA	NA	22.3	39.4	23.2	23.5	NA	9.97	2.95	14.7
6 snd.w.03	8.3	6.9	16.4	5.25	NA	NA	NA	NA	NA	8.56	9.69	8.65	7.72	NA	8.68	3.78	17.3
7 snd.w.06	11.3	7.3	13.3	14.9	NA	NA	NA	NA	NA	6.25	13.1	13.1	5.10	NA	5.30	2.56	14.7
8 snd.w.22	8.9	7.3	15.5	7.59	NA	NA	NA	NA	NA	5.97	14.2	10.4	12.2	NA	0.98	1.89	20.1
9 snd.w.07	14.6	6.8	29	10.1	NA	NA	NA	NA	NA	24.3	31.4	43.5	23.6	NA	20.3	5.95	20.0
10																	
11 snd.w.08	14	6.9	29	6.20	NA	NA	NA	NA	NA	16.1	12.9	47.4	18.7	NA	1.78	9.41	30.9
12 snd.w.09	13.4	7.1	35	6.10	NA	NA	NA	NA	NA	20.5	17.5	46.3	19.3	NA	5.73	10.8	26.1
13 snd.w.10	10.6	6.6	18.5	5.60	NA	NA	NA	NA	NA	15.5	22.4	25.4	17.0	NA	1.27	4.11	15.7
14 snd.w.12	14.8	7.0	23	5.28	NA	NA	NA	NA	NA	14.3	17.8	30.3	13.9	NA	1.96	6.97	26.5
15 snd.w.11	13	6.4	16.2	22.2	NA	NA	NA	NA	NA	17.7	14.2	18.6	11.8	NA	0.46	4.51	12.8
16 snd.w.13	12.3	7.0	7.6	5.45	NA	NA	NA	NA	NA	5.86	8.79	14.1	6.97	NA	0.31	2.21	5.69
17 snd.w.14	14.6	7.1	29	4.16	NA	NA	NA	NA	NA	13.0	9.91	37.8	21.8	NA	4.53	9.82	29.6
18 snd.w.15	13.3	6.9	25	38.2	NA	NA	NA	NA	NA	28.5	5.96	42.2	28.5	NA	6.06	4.62	18.5
21 snd.w.16	15.1	7.1	24	4.76	NA	NA	NA	NA	NA	20.5	1.28	33.6	17.9	NA	1.73	8.76	29.3
22																	
23 snd.w.20	13.9	7.7	48	500	69	NA	NA	NA	NA	28.5	NA	65.0	21.0	NA	7.21	12.6	67.4
31-1 snd.w.01	13.4	7.3	32	11.0	9.7	NA	NA	NA	NA	22.9	NA	32.8	28.1	NA	3.77	4.23	39.3
31-2 snd.w.02	13.4	7.6	32	8.68	8.7	NA	NA	NA	NA	22.6	NA	32.2	28.1	NA	3.40	4.31	39.3
32 snd.w.17	13.1	7.3	17.4	2.19	8.0	NA	NA	NA	0.12	6.32	NA	34.4	9.70	NA	2.82	5.23	17.0
34 snd.w.19	14.6	6.8	21	6.61	NA	NA	NA	NA	NA	12.9	25.2	29.1	20.5	NA	2.64	5.85	17.6
35 snd.w.18	14.6	6.9	23	5.01	NA	NA	NA	NA	NA	16.1	29.4	32.8	21.0	NA	1.60	6.75	19.3
41 snd.w2-01	15.3	7.8	29	1.08	18.7	NA	NA	NA	NA	35.7	10.1	11.1	78.0	NA	0.87	NA	NA
42 snd.w2-02	25.7	7.7	51	22.0	16.4	NA	NA	NA	NA	53.2	1.50	12.5	118.0	NA	2.72	2.87	6.95
43 snd.w2-03	14.2	6.8	27	13.8	NA	NA	NA	NA	NA	3.58	NA	82.5	19.9	NA	1.30	3.27	35.1
44 snd.w2-04	17.3	7.7	23	1.27	14.9	NA	NA	NA	0.33	5.26	0.20	19.7	47.2	NA	1.69	1.44	8.78
45 snd.w2-05	11.2	7.3	13.8	34.3	9.1	NA	NA	NA	NA	8.38	0.75	26.5	27.3	NA	1.42	NA	2.73

NA：定量下限値未満、または試料の希釈により定量不能

一部の地下水試料中のヒ素は環境基準値である0.01mg/L(10μg/L)を超過

土壌汚染対策法

土壌中に含まれる有害物質により、人の健康が害されるのを防ぐことを目的とする。

項目	溶出量基準	含有量基準
カドミウム	0.01mg/l以下	150mg/kg以下
全シアン	検出されないこと	遊離シアン50mg/kg以下
鉛	0.01mg/l以下	150mg/kg以下
六価クロム	0.05mg/l以下	250mg/kg以下
砒素	0.01mg/l以下	150mg/kg以下
総水銀	0.0005mg/l以下	15mg/kg以下
アルキル水銀	検出されないこと	なし
セレン	0.01mg/l以下	150mg/kg以下
ふっ素	0.8mg/l以下	4,000mg/kg以下
ほう素	1mg/l以下	4,000mg/kg以下

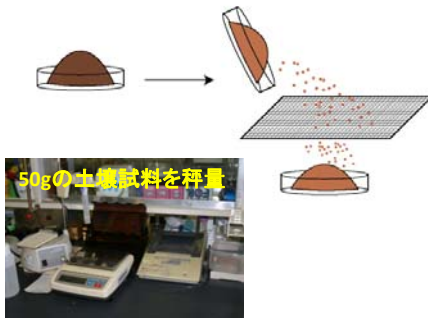
第二種特定有害物質(重金属等)の土壌溶出量基準・含有量基準

溶出量基準は土壌中の有害物質が地下水に移行し、地下水飲用で健康を害することを阻止するために規定した、水に対する有害物質の溶出量の基準。

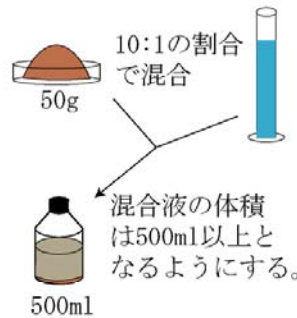
含有量基準は土壌中の有害物質を経口摂取して健康を害することを阻止するために規定した、1M塩酸などに対する有害物質溶出量の基準(全量値ではない)。

公定法による溶出量試験の概要

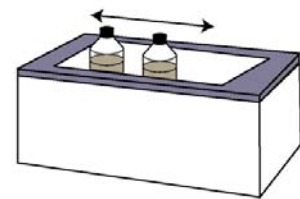
1. 採取した土壌を風乾し、非金属製の2mmのふるいを通過させる。



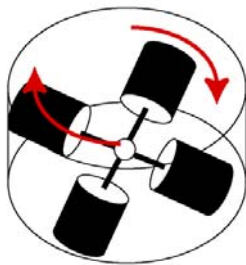
2. 試料と溶媒(純水に塩酸を加え、水素イオン濃度指数が5.8以上6.3以下となるようにしたもの)を重量体積比10%の割合で混合する。



3. 常温・常圧の条件下で毎分200回、振とう幅4~5cmで6時間連続振とうする。



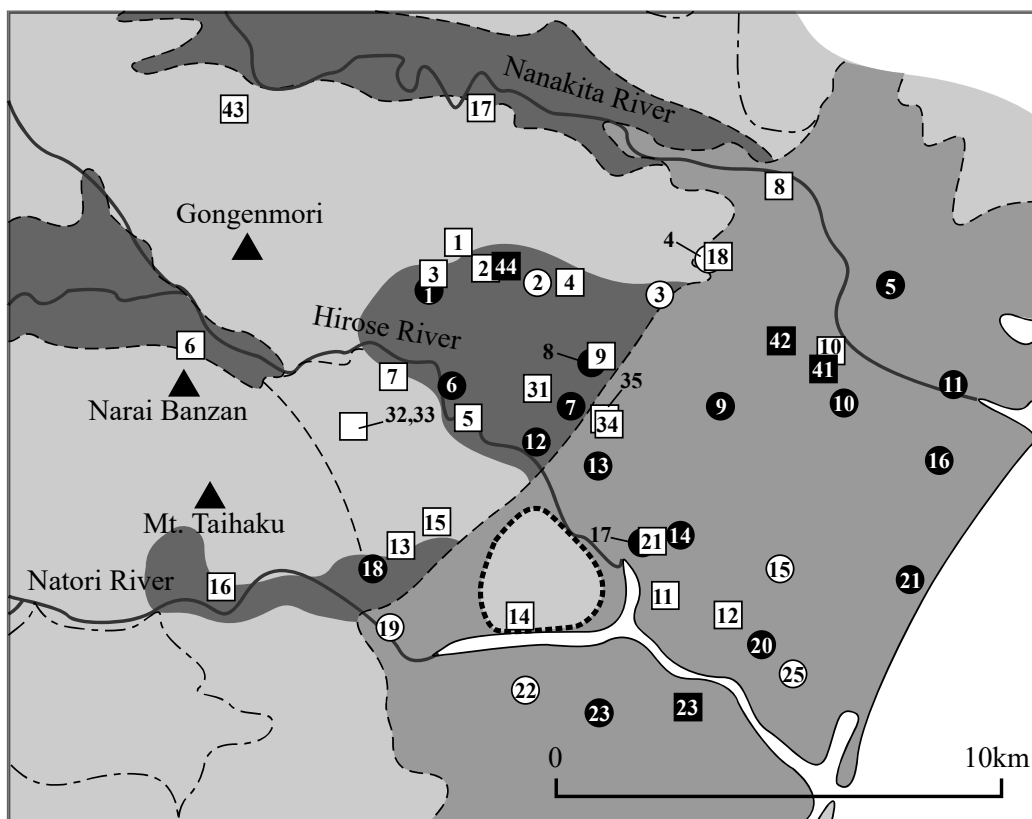
4. 毎分3000回転で20分間遠心分離する。



5. 遠心分離した上澄み液を孔径0.45μmのメンブランフィルターでろ過する。



これを検液とし、公定法に定められる試験方法によって定量を行う。



- Hilly area
- Terrace area
- Alluvial area
- Naga-machi, Sendai area

- ボーリングで得られた土壌試料の溶出量試験の検液のヒ素濃度が0.01mg/L以下
- ボーリングで得られた土壌試料の溶出量試験の検液のヒ素濃度が0.01mg/L以上
- 地下水のヒ素濃度が0.01mg/L以下の井戸
- 地下水のヒ素濃度が0.01mg/L以上の井戸

