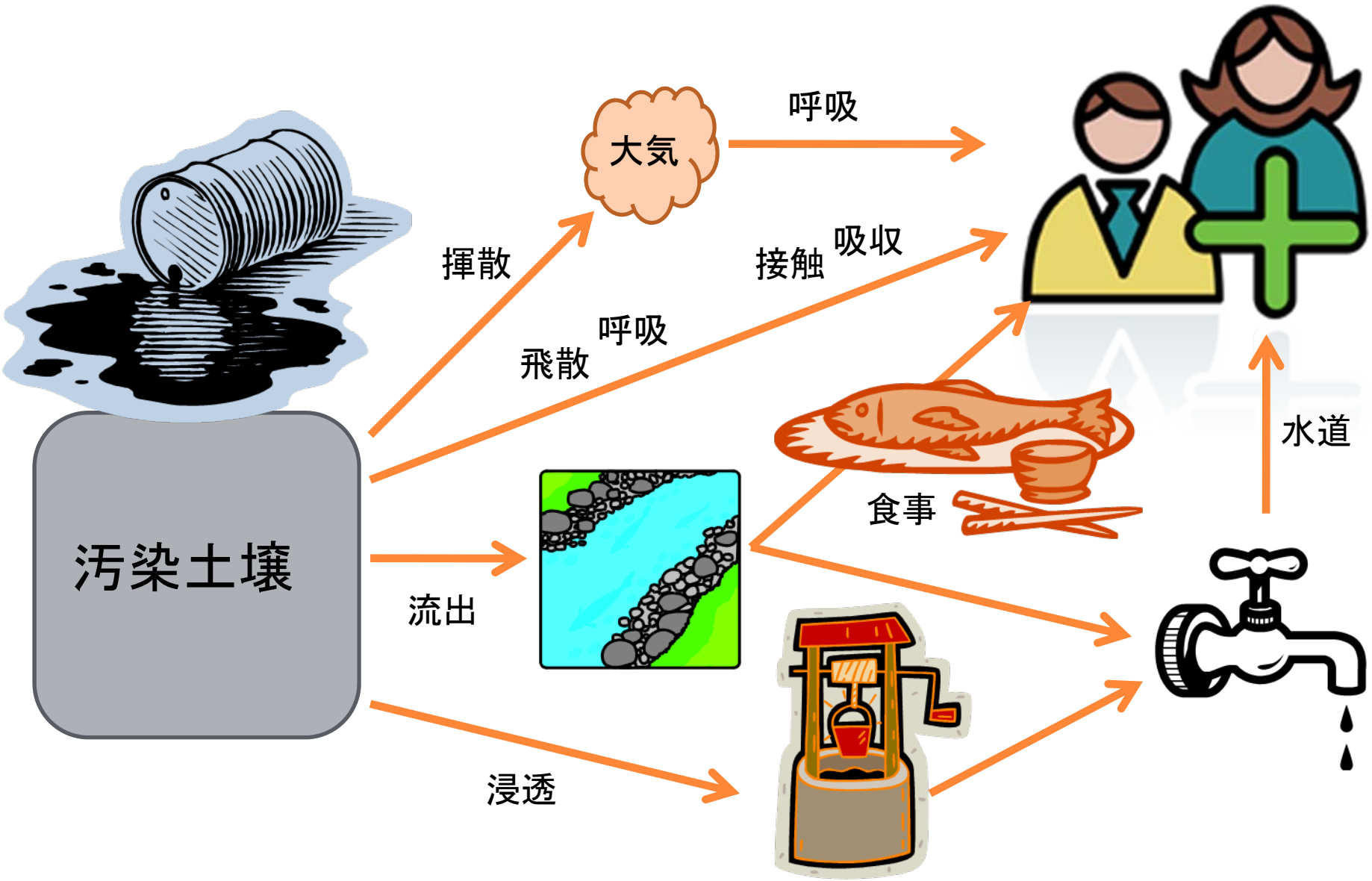
土壌汚染への取組
―現場型簡易・迅速測定法の検討―

東京都環境科学研究所　高橋　明宏、吉川光英

本日の説明内容

- 土壌汚染の基本的な事項
- 全国と東京都の現状
- 現場型簡易・迅速測定法
- 自然由来の土壌汚染

土壌汚染のメカニズム



汚染物質（土壌汚染対策法）

- 第１種特定有害物質（揮発性有機化合物）

  四塩化炭素、ベンゼン、ジクロロメタン、
  テトラクロロエチレン、トリクロロエチレンなど

- 第２種特定有害物質（重金属等）

  カドミウム、六価クロム、水銀、鉛、ヒ素、フッ素など

- 第３種特定有害物質（農薬等）

  シマジン、チウラム、ＰＣＢ、有機リン化合物など

土壌汚染対策法の内容

- 土壌汚染の把握（調査）、汚染対策を規定

  調査　–有害物質使用特定施設の廃止時

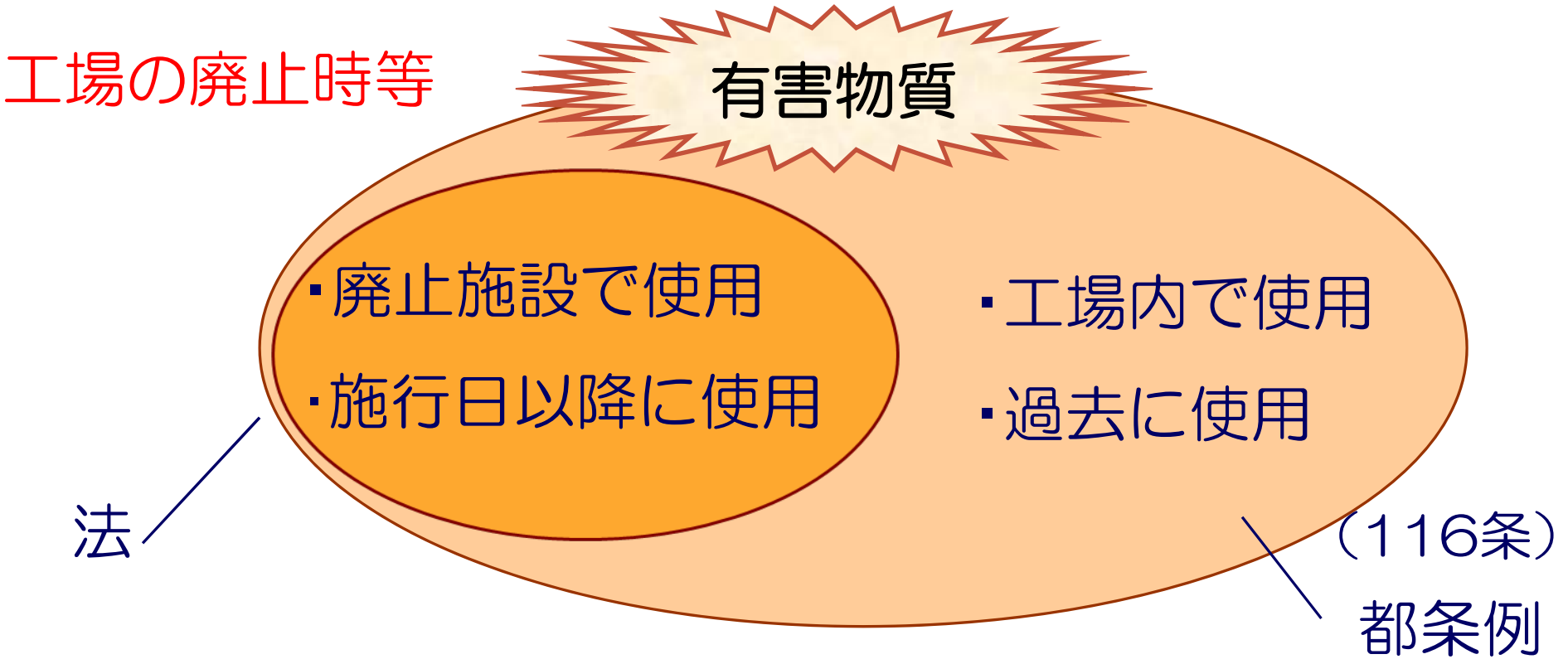
  –3000m^{2}以上の土地改変

  –土壌汚染により健康被害が生ずるおそれがあると都道府県が認めるとき

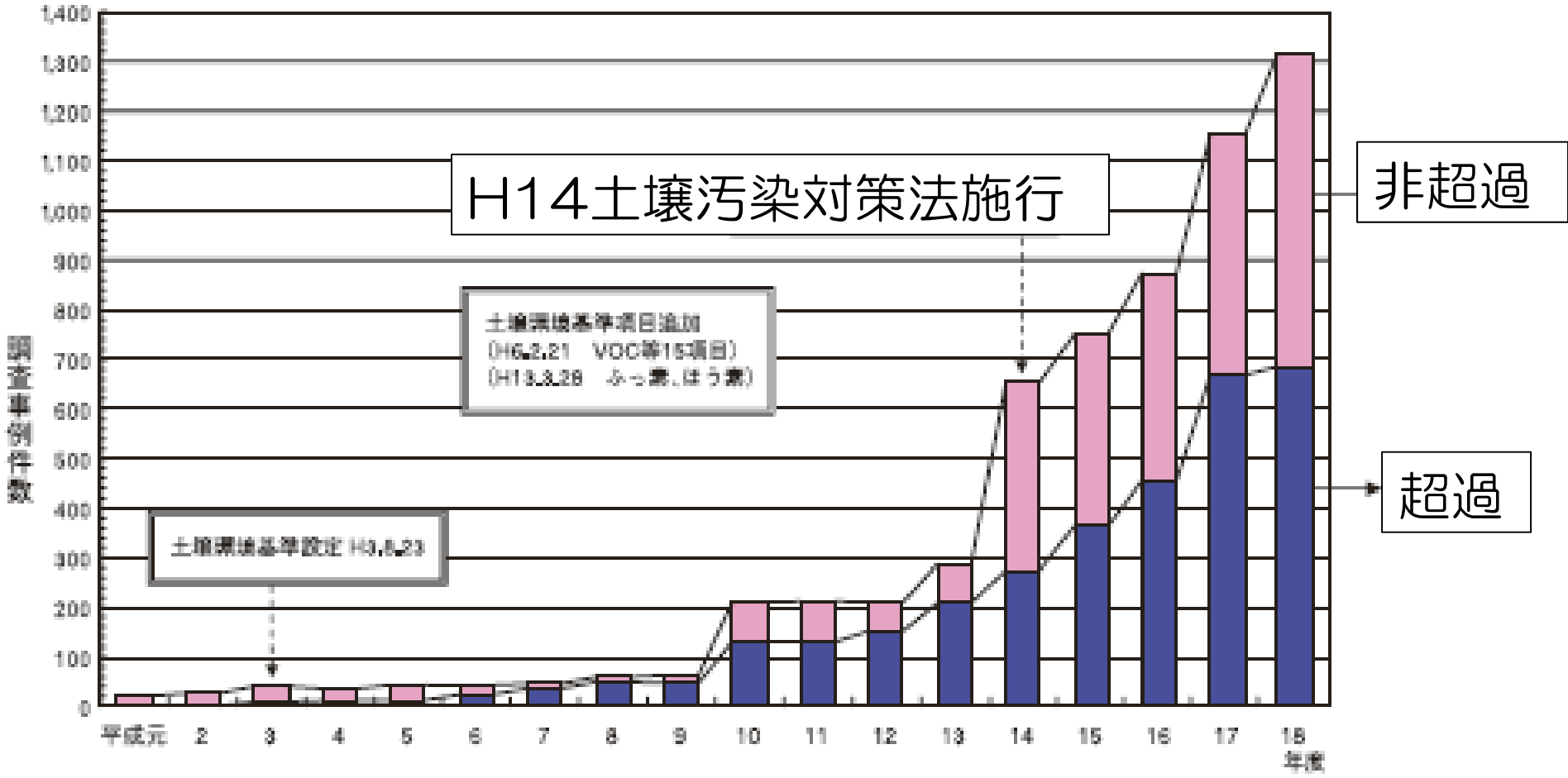
- 基準超過　都道府県が指定区域を指定
- 指定区域　土地の形質の変更の制限

  汚染の除去等の措置
- 指定解除　汚染を除去→指定区域の解除

環境確保条例の上乗せ事項

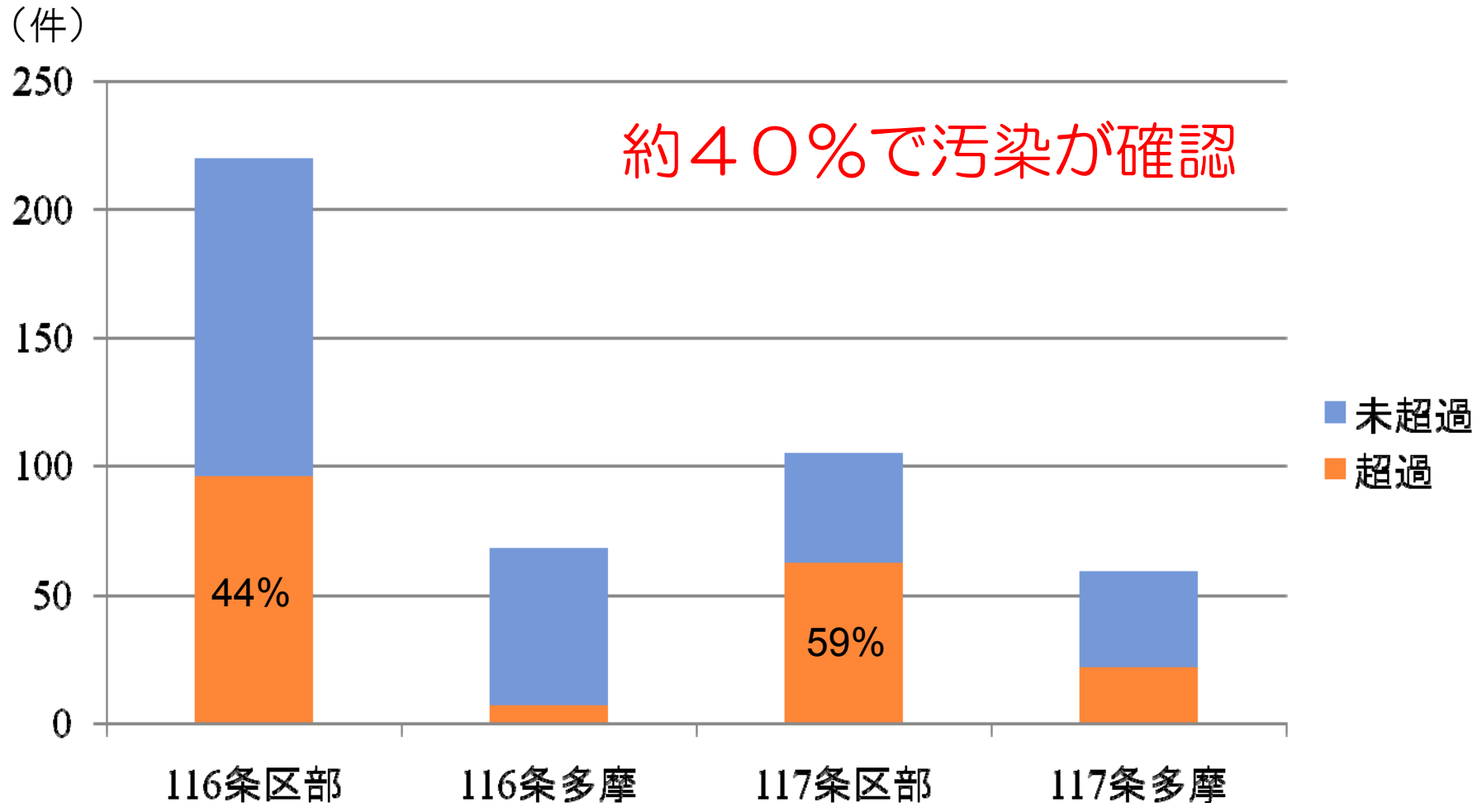


全国の土壌汚染判明件数



(出典)「平成18年度土壌汚染対策法の施行状況及び土壌汚染調査・対策事例等に関する調査結果」
環境省 水・大気環境局

汚染状況調査の状況（都内、平成18年度）



土壌汚染の措置（対策）

◎汚染の管理（封じ込め等）：実施例少ない

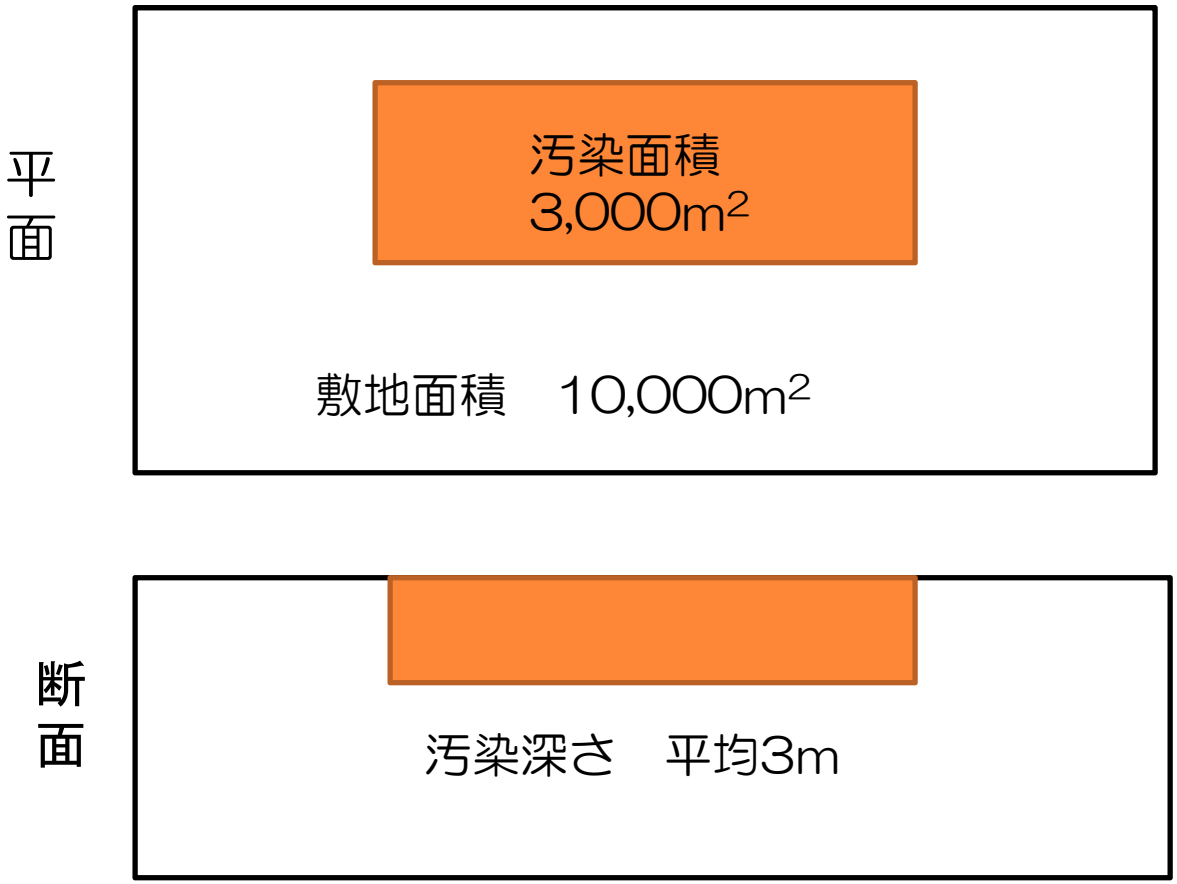
- 評価額（売却価格）が減少
- 土地利用上の制約が生じる
- 汚染土壌の存在に対する不安感
- 周辺住民の要望
- 指定区域の指定が解除されない
- 維持管理（モニタリング、補修等）が必要

◎ 掘削除去　：実施例多い

→汚染が無くなる、別の問題

掘削除去の問題点　　対策費用と排出土

汚染の種類：重金属



対策工事費：
概算４．５億円

工事実施の目安
工事費／土地価格
＝３０％以下

坪５０万円程度
が下限

排出土も問題
9000m3、
約２万トン

土壌汚染のまとめ

- 土壌汚染の発生件数は増加傾向
- 都内でも　190件／年程度
- 主な対策は掘削除去
- 調査費用、掘削土の処理の問題

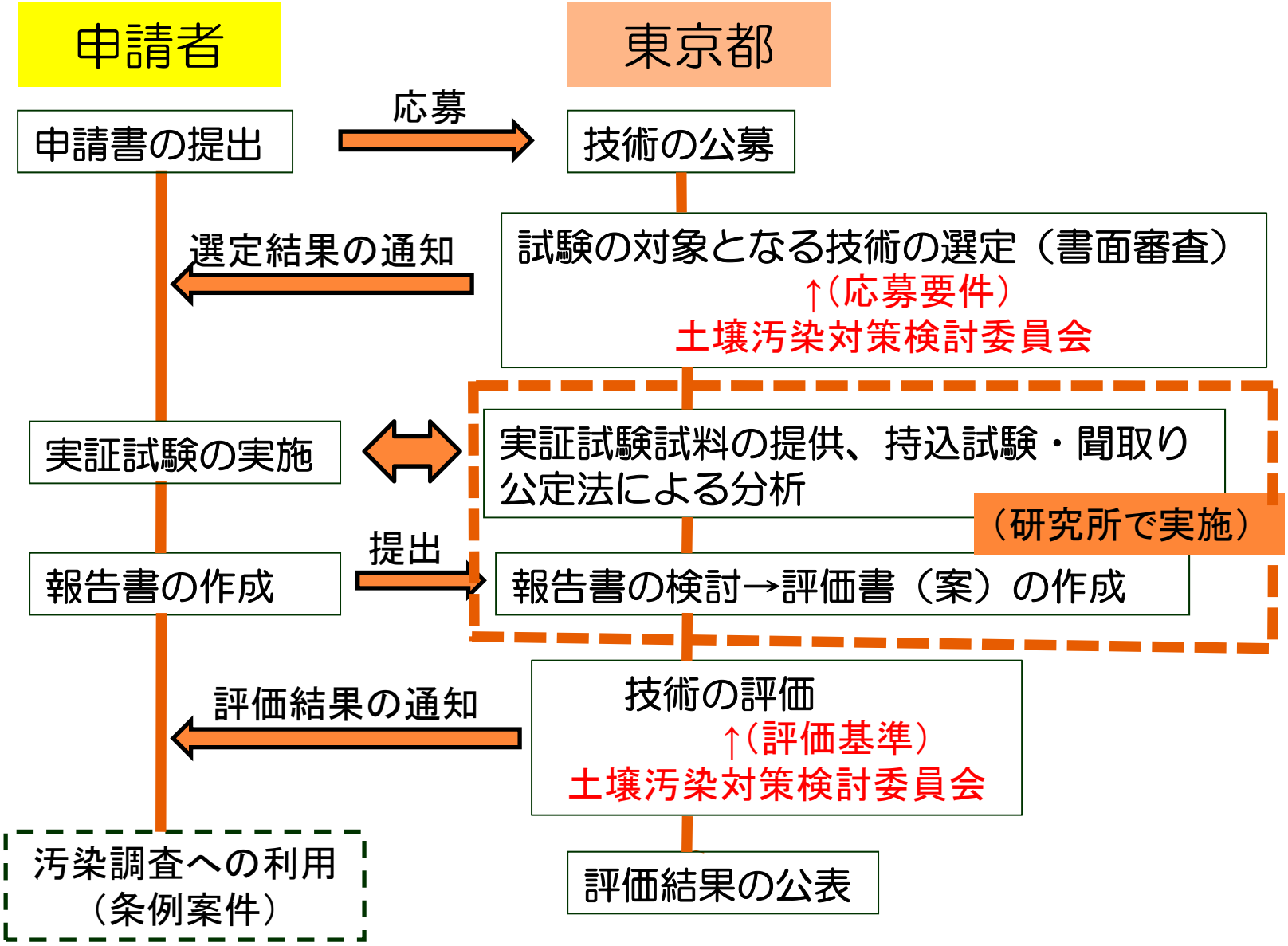
→ 現場型簡易・迅速測定法を検討

掘削土 → 原位置浄化、不溶化処理を検討予定

現場型簡易・迅速測定法

- 必要性　①公定法による調査は高額
  ②掘削除去による排出土の問題
  （処分先と費用）
- 期待される効果
  ①安価な手法による調査の促進
  ②汚染範囲の絞り込みによる削減
- 求められる要件
  安価、正確、現場実施など

簡易迅速分析法の選定までの流れ



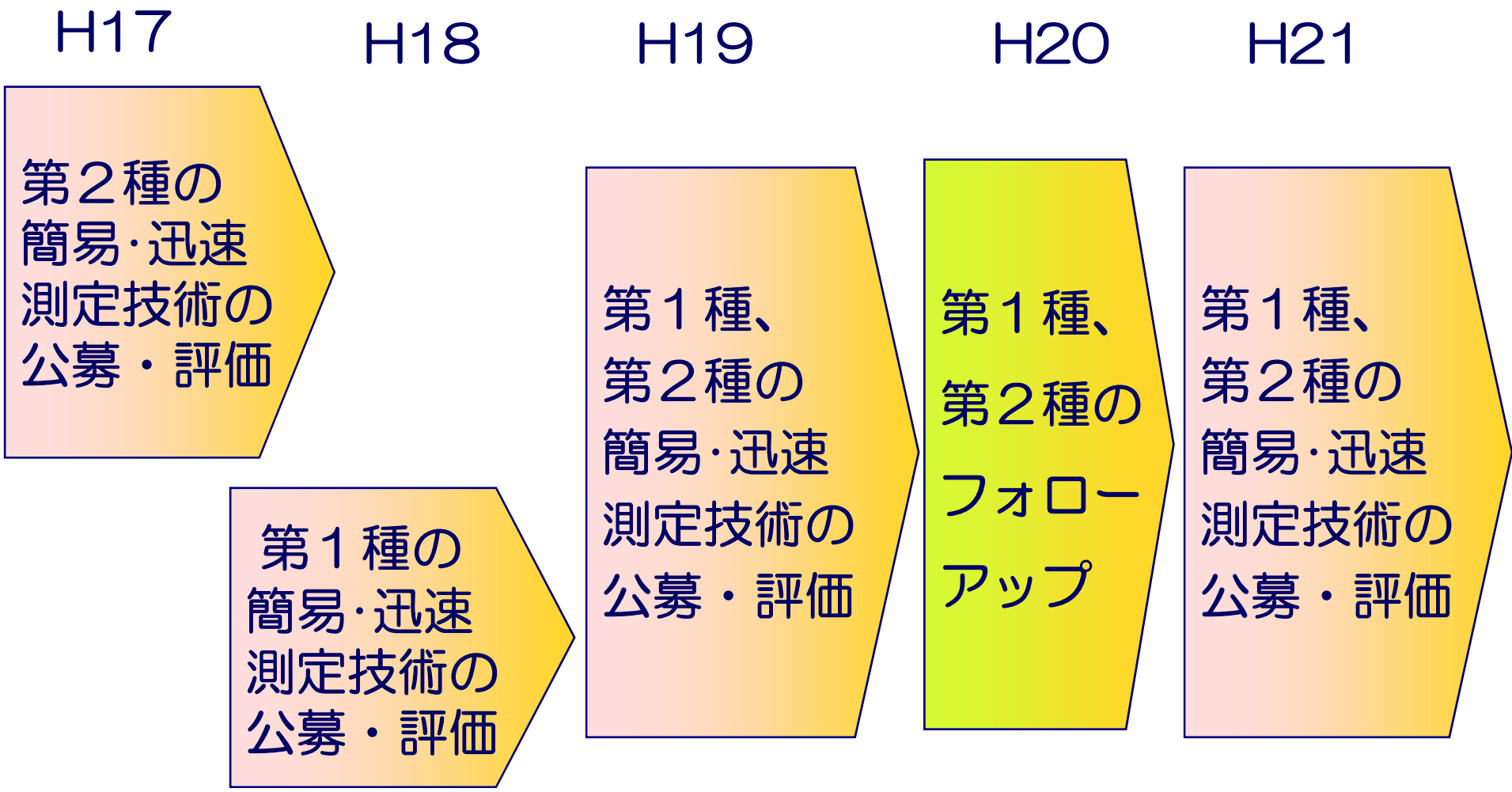
評価基準

（１）精度・感度の確保（使用機器を考慮）
- 実証試験結果が公定法に比べ
  第１種　＋30%～－20%の範囲
  第２種　±20%以内の範囲
- 基準値の1／2以下まで測定可能
- 繰り返し精度　±20%以内

（２）公定法と比べ簡便で短時間の分析

（３）人体及び環境に有害な物質等を
使用しない

年 次 計 画


H17
H18
H19
H20
H21
第２種の簡易･迅速測定技術の公募・評価
第１種の簡易･迅速測定技術の公募・評価
第１種、第２種の簡易･迅速測定技術の公募・評価
第１種、第２種のフォローアップ
第１種、第２種の簡易･迅速測定技術の公募・評価

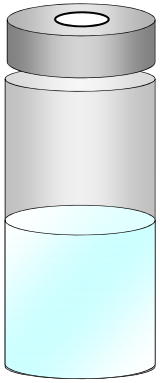
平成18、19年度

第一種特定有害物質（VOC)の技術評価と選定

VOC公定法のフロー

《測定》

バイアルにNaCl 3g



検液を10ml

メタノール10μl

② 水相－気相

密栓して混合

③ ヘッドスペース-GC/MS測定

ろ過操作

《検液の作成》

試料60g

水600ml
密栓

4時間撹拌

30分間静置

① 固相（土壌）－水相

代表的なVOCの簡易迅速法フロー

水を200ml

40℃　恒温槽

土壌試料20g

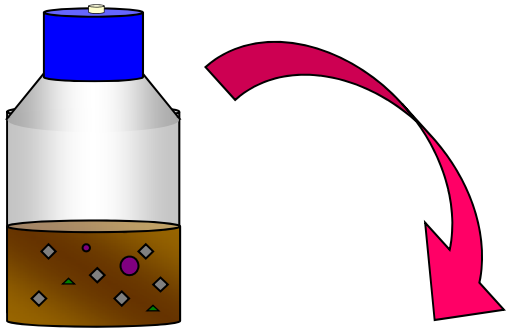
1～2分間撹拌

2～3分間静置

①

固相（土壌）-水相-気相
気相2ml　GC/MS測定

恒温槽



②

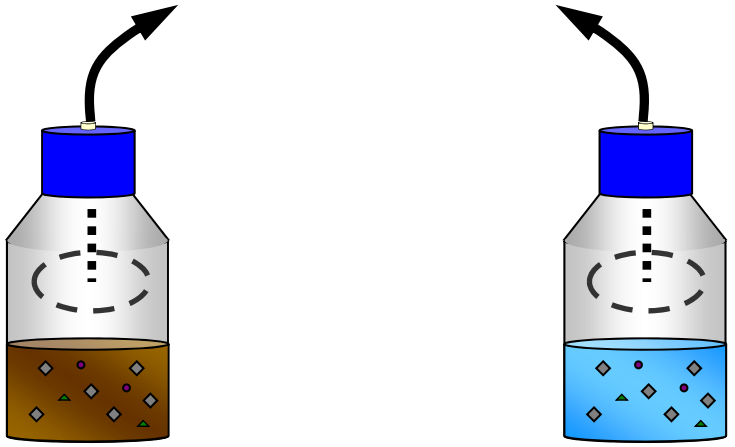
GC /
GC-MS

1段階省略

簡易迅速法の土壌共存の影響

ろ過の有無によるVOCの回収実験

GC/MSにより
それぞれ測定



水＋標準試料
＋土壌

水＋標準試料

土壌添加試料－土壌のみブランク試料
―――――――――――――――――
標準試料

（%）

土壌共存時のVOCの回収率

1,1-ジクロロエチレン	98%
ジクロロメタン	97%
cis-1,2-ジクロロエチレン	95%
1,1,1-トリクロロエタン	99%
四塩化炭素	98%
1,2-ジクロロエタン	94%
ベンゼン	94%
トリクロロエチレン	91%
cis-1,3-ジクロロプロパン	92%
trans-1,3-ジクロロ プロパン	90%
1,1,2-トリクロロエタン	94%
テトラクロロエチレン	89%

選定された項目別の簡易迅速法

H18：４技術のべ24項目、H19：４技術のべ18項目

項　目	H18年度	H19年度
四塩化炭素	1	0
1,2-ｼﾞｸﾛﾛｴﾀﾝ	1	1
1,1-ｼﾞｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	4	2
ｼｽ-1,2-ｼﾞｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	4	3
ｼｽ-1,3-ｼﾞｸﾛﾛﾌﾟﾛﾍﾟﾝ	0	1
ｼﾞｸﾛﾛﾒﾀﾝ	2	3
ﾃﾄﾗｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	3	2
1,1,1-ﾄﾘｸﾛﾛｴﾀﾝ	3	1
1,1,2-ﾄﾘｸﾛﾛｴﾀﾝ	2	1
ﾄﾘｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	3	2
ﾍﾞﾝｾﾞﾝ	1	2

GCMS

PID,DELCD-GC

平成17、19年度

重金属類等の
第二種特定有害物質の
技術評価と選定

重金属公定法のフロー（水銀含有量）

《測定》

検液

ろ過操作

試薬

② 酸化反応
還元反応

水銀蒸気の発生

③ 原子吸光光度計で測定

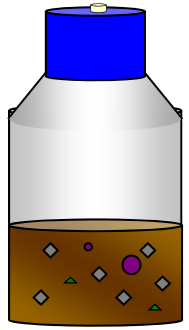
① 《検液の作成》

試料6g

1mol塩酸
水200ml

2時間振とう

30分間静置



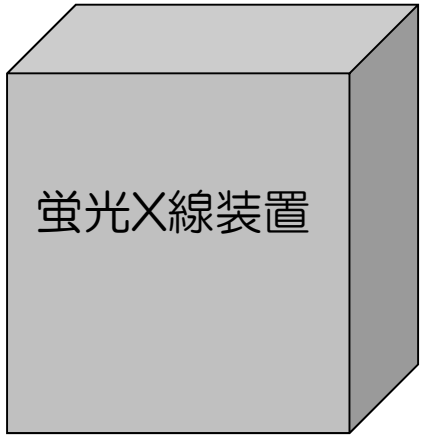
代表的な重金属の簡易迅速法（蛍光X線）

土壌試料100g

風乾

試料調製

①



２段階省略

蛍光X線法

ボルタンメトリー法

吸光光度法ほか

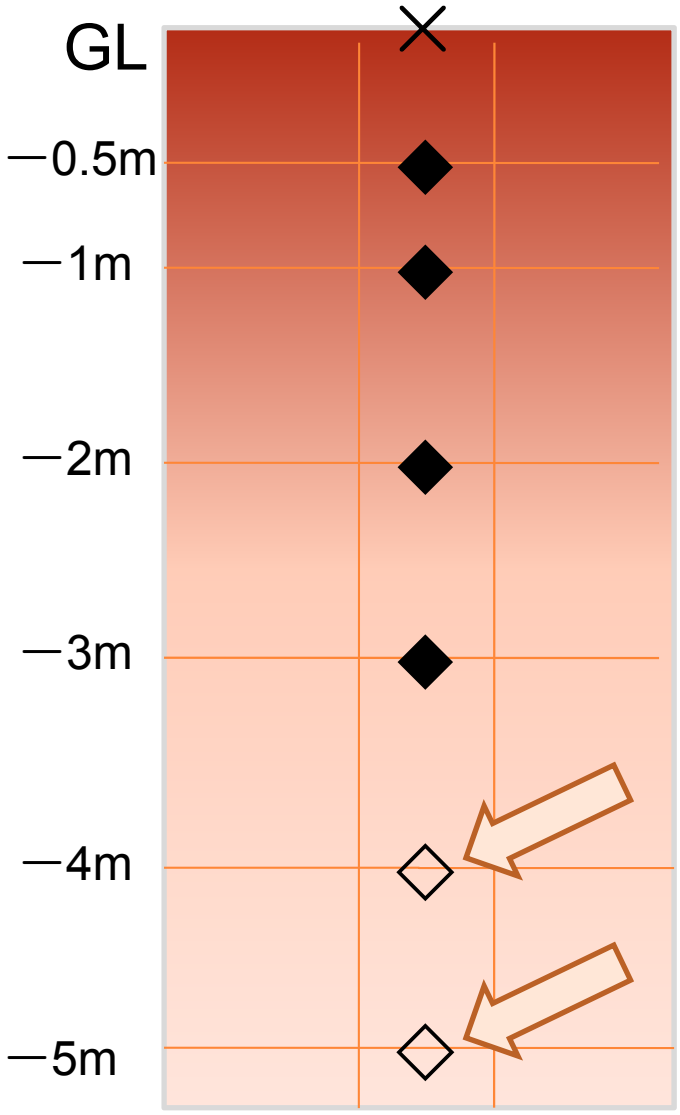
選定された項目別の簡易迅速法

H17：13技術のべ30項目、H19：21技術のべ54項目

溶出量試験	Cd	Cr^{6+}	Hg	Se	Pb	As	F	B	CN
ﾎﾞﾙﾀﾝﾒﾄﾘｰ法	4	1	3	4	5	1	0	0	0
吸光光度法	0	4	0	0	1	0	7	3	2
その他	2	0	1	0	0	1	1	0	0
合計	**6**	**5**	**4**	**4**	**6**	**2**	**8**	**3**	**2**

含有量試験	Cd	Cr^{6+}	Hg	Se	Pb	As	F	B	CN
蛍光X線法	6	0	1	0	5	0	0	0	0
ﾎﾞﾙﾀﾝﾒﾄﾘｰ法	6	1	3	4	5	3	0	0	0
吸光光度法	2	2	0	1	2	0	1	2	1
合計	**14**	**3**	**4**	**5**	**12**	**3**	**1**	**2**	**1**

深度別調査における簡易迅速法の採用例



×：基準不適合（公定法）

◆：基準不適合（簡易法）

◇：基準適合（簡易法）

⇦ 基準適合を公定法で
要再確認

公定法７深度
→公定法３深度＋簡易法６深度

東京都環境局
土壌汚染調査における簡易分析法
採用マニュアル（重金属編）より

フォローアップ調査　　改善事項

・6～35㎡程度のスペース(運搬車両＋α)で分析可能
・必要作業員は1～2名

↓

1技術の作業性は非常に簡便

狭隘な敷地の事業所で、複数の技術を同時に実施するには、作業スペースの確保が困難になる可能性がある。

多様な前処理法（溶出操作の例）

超音波

振とう

振とう

撹拌

フォローアップの検討内容

- 第１種特定有害物質

  前処理条件の共有化検討

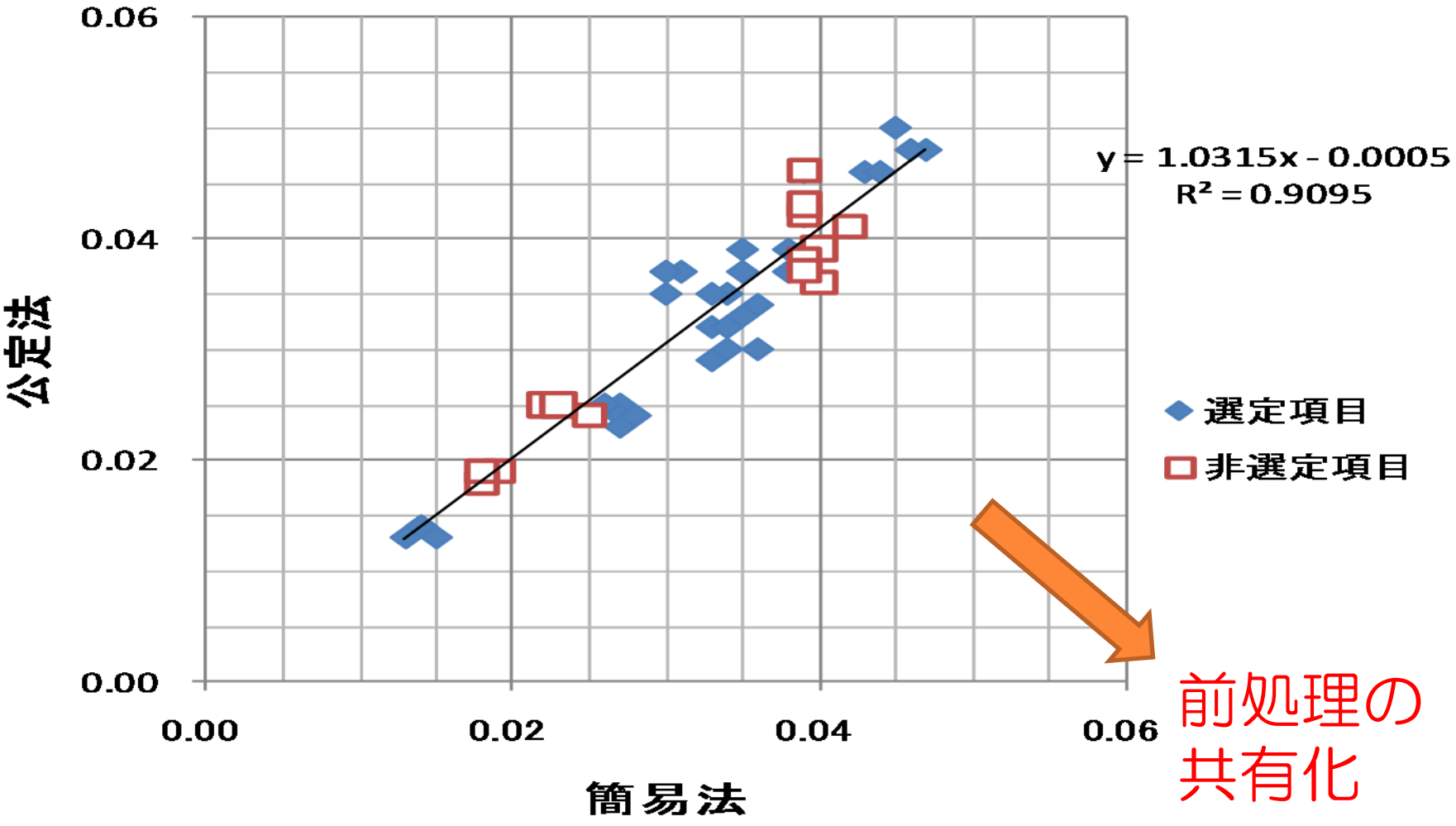
  →公定法と併行実施し検証

- 第２種特定有害物質

  選定技術の前処理の相互利用の検討

  →公定法と併行実施し検証

簡易法と公定法との相関



前処理の
共有化

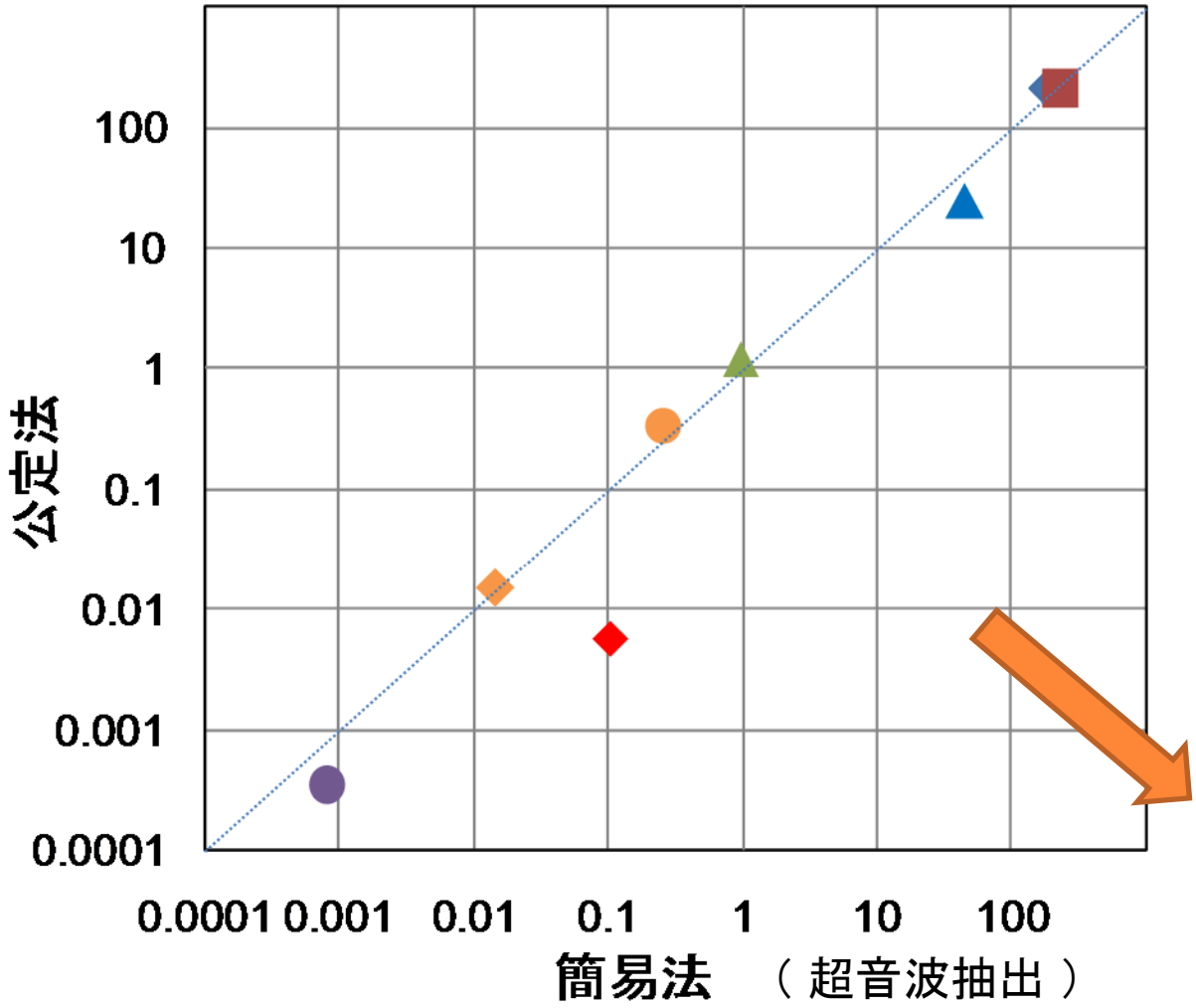
500ml
デュラン瓶

水200ml
恒温槽35℃

土壌20g
振とう1分

静置2分

簡易法と公定法との相関



前処理の
相互利用

環境科学研究所の取り組み

（自然由来の土壌汚染調査）

- 自然由来の土壌汚染として砒素の事例多い
- 東京湾臨海部、東京東部の沖積層の報告
- 自然由来→土壌汚染対策法の指定区域外
- 自然由来の判定法が適用困難な場合がある
  - 砒素の形態別分析→由来推定の試み
  - 他元素の情報を収集→特徴の整理

ヒ素の存在度

地圏

地質	存在度（ｍｇ／ｋｇ）
頁岩	13
深海底粘土	13
玄武岩	2.2
花崗岩	1.7
砂岩	1
石灰岩	0.8
地殻平均	1.8

水圏

項目	濃度　（mg／L）
雨水	0.0016
河川水	0.0017
海水	0.00145
温泉水	0.3（max130）
地熱水	0.57（max25.7）

日本の水道原水

項目	原水採水箇所	ヒ素検出数	基準超過数
全体	5235	648	22
表流水	1031	143	7
ダム・湖沼水	310	26	0
地下水	3115	392	12
その他	779	87	3

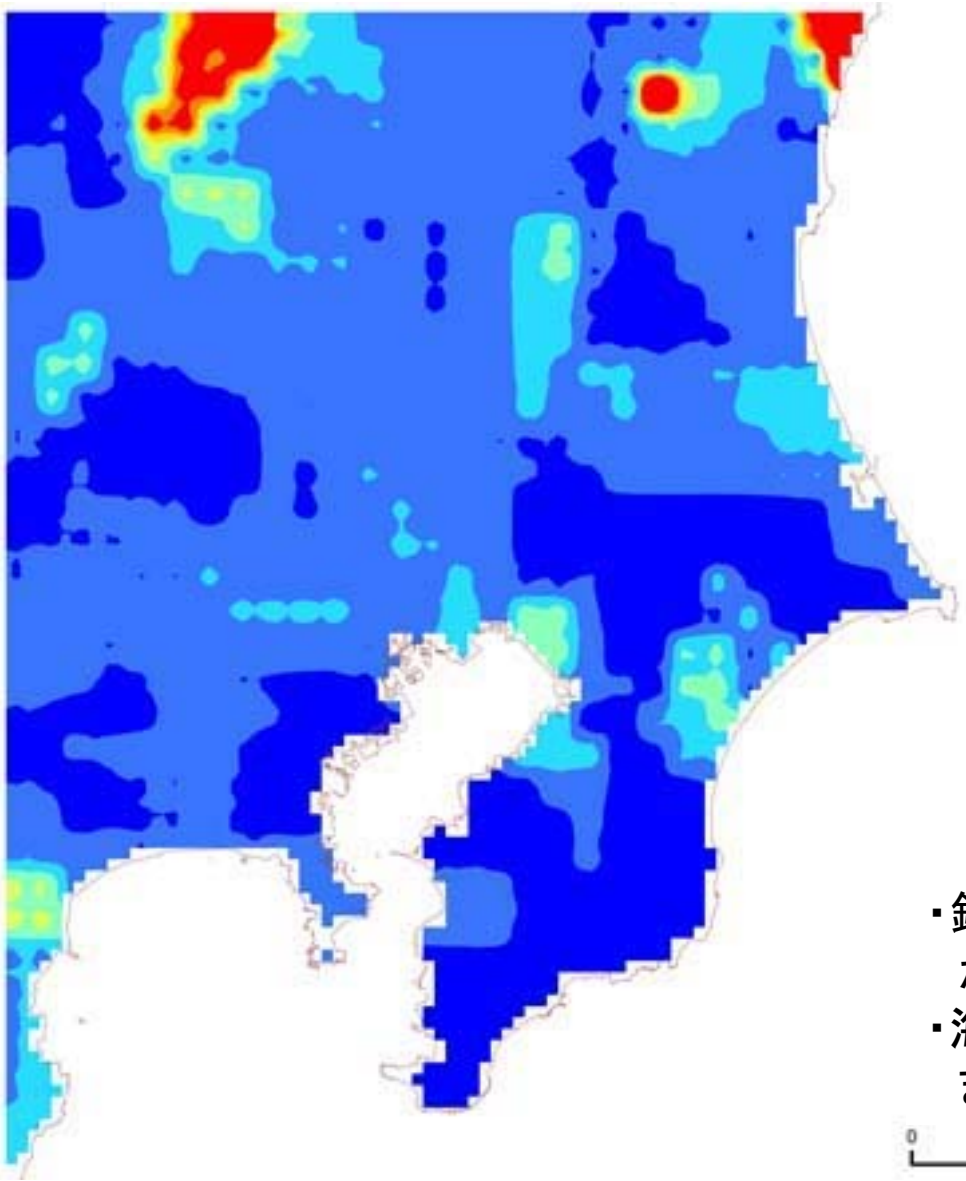
検出：0.001～0.010mg/L、超過：>0.01mg/L

ヒ素は微量な濃度で、どこにでも存在する

ヒ素の分布

（独）産業技術総合研究所作成

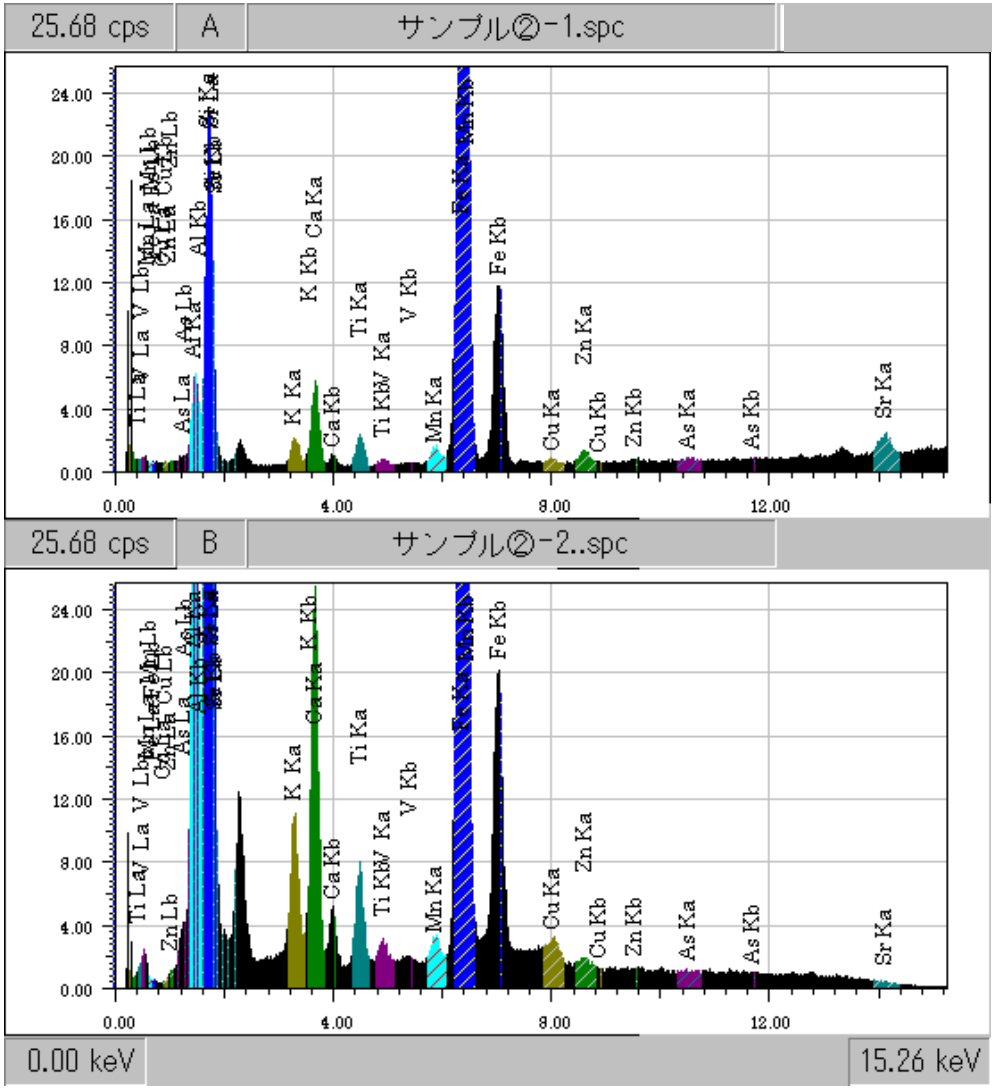
ヒ素
As

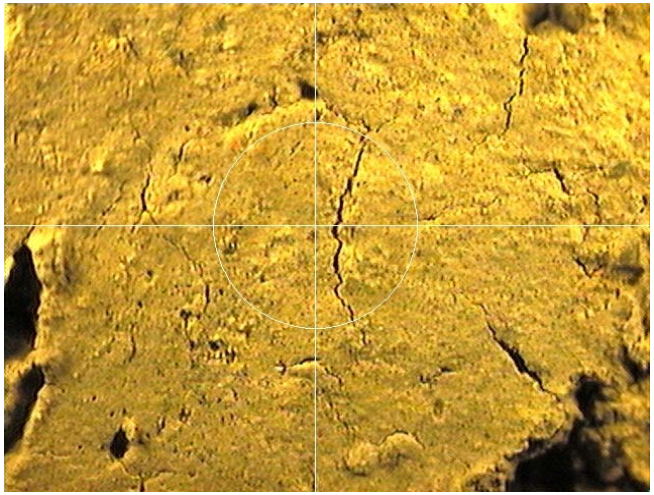


・鉱床のある地域で濃度が高い傾向がある
・海成粘土にはヒ素が含まれている場合が多い

他元素の情報収集

蛍光X線の測定例





Z	元素	元素名	A (cps)	B (cps)
13	Al	アルミニウム	54.252	363.960
14	Si	ケイ素	179.877	1315.078
19	K	カリウム	20.532	104.277
20	Ca	カルシウム	51.303	218.261
22	Ti	チタン	22.880	76.681
23	V	バナジウム	9.942	38.586
25	Mn	マンガン	18.896	43.213
26	Fe	鉄	664.054	1052.613
29	Cu	銅	12.384	49.700
30	Zn	亜鉛	18.705	32.075
38	Sr	ｽﾄﾛﾝﾁｳﾑ	40.525	8.309
33	As	ヒ素	15.335	21.256

今後の予定

- 簡易・迅速測定法の普及サポート
  実際の使用に伴う課題への対応
- 自然由来の土壌汚染の研究
  データの蓄積により指標化
- 汚染土壌の処理技術の研究
  原位置浄化、不溶化の研究