

図 17. 常磐高速道工事現場及び福島第一原発近傍で採取された土壌を用いた再発じん実験における比表面積と <sup>137</sup>Cs 濃度の比較検討 (比表面積の小さい場合)

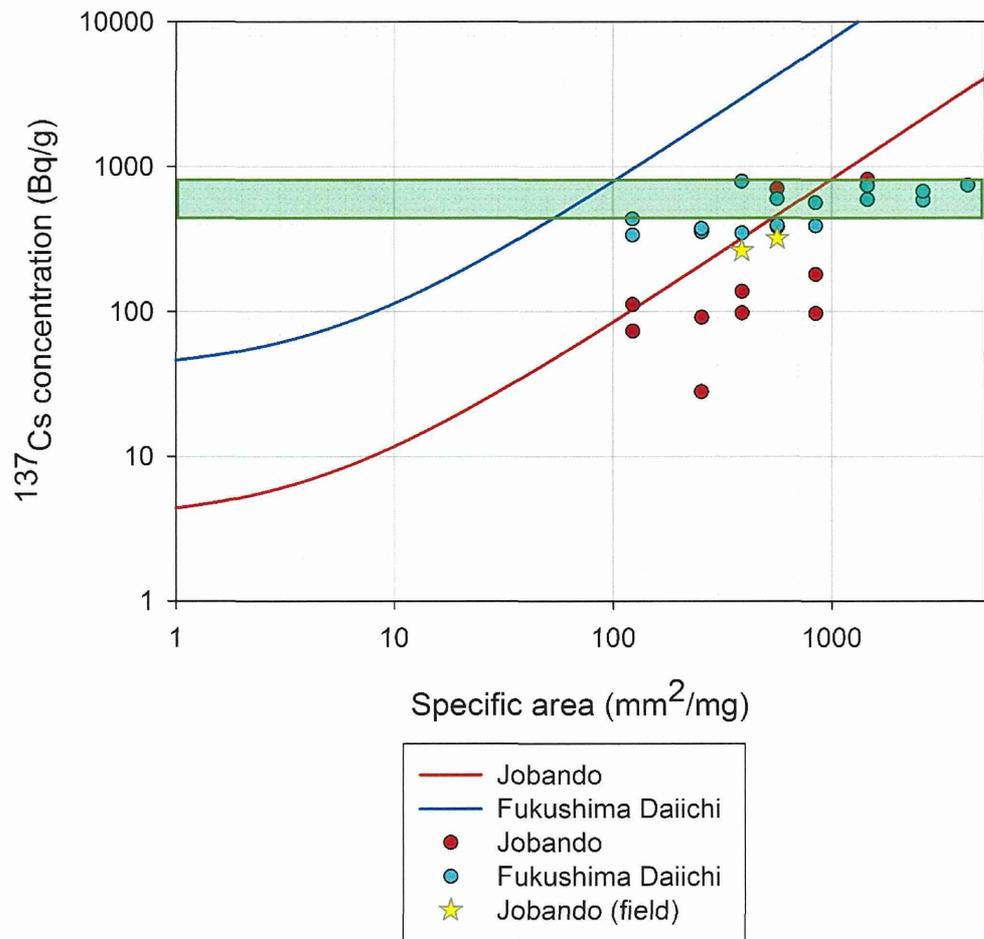


図 18. 常磐高速道工事現場及び福島第一原発近傍で採取された土壌を用いた再発じん実験における比表面積と  $^{137}\text{Cs}$  濃度の比較検討（比表面積の大きい場合）

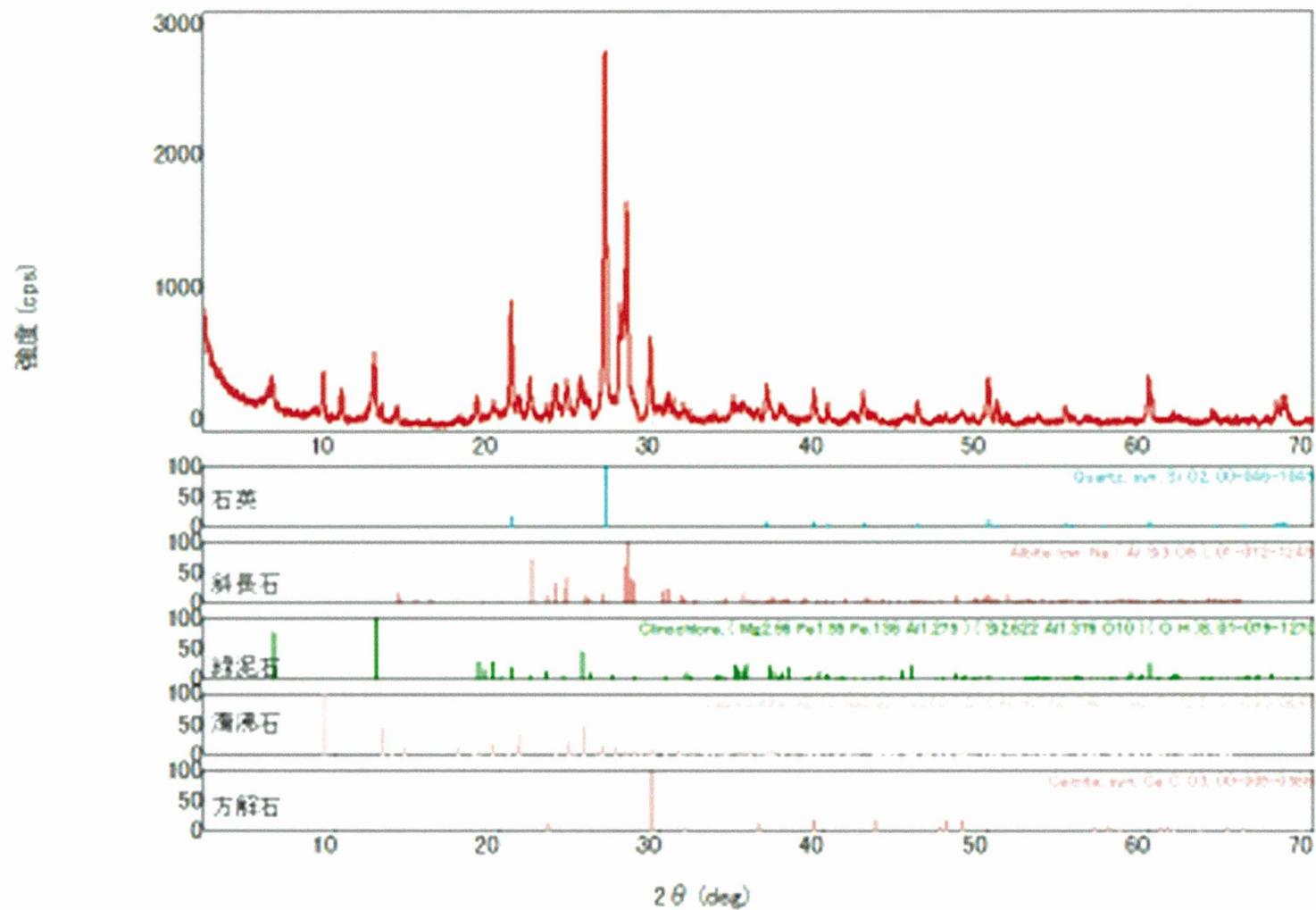


図19. 粉末X線回折分析結果(常磐高速道の工事現場の土壌)  
 0.105mmフルイ下試料の粉末X線回折パターン(上)とICDDデータ(下)による同定結果

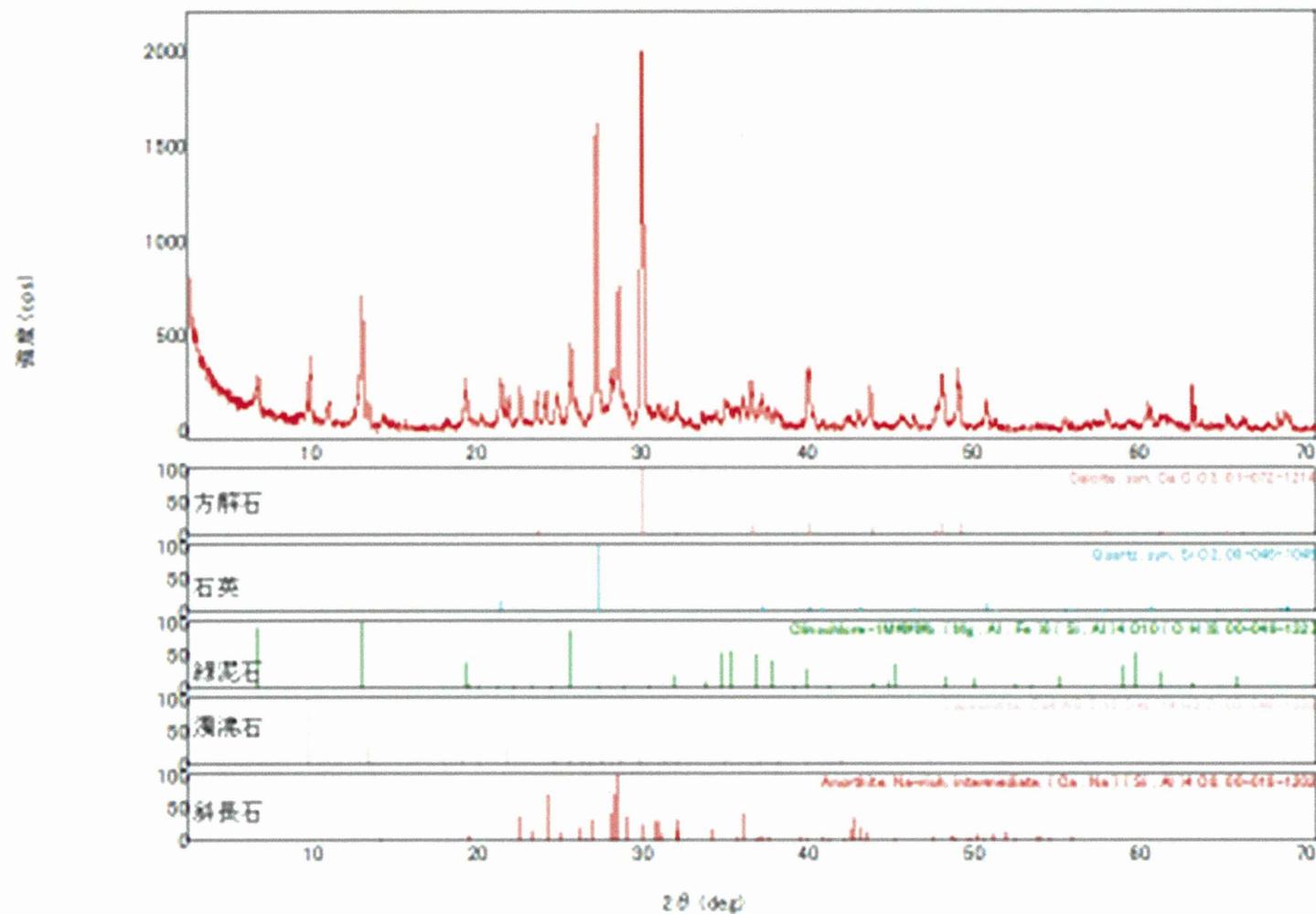


図20. 粉末X線回折分析結果(福島第一原発近傍の土壌)  
0.106mmフレイ下試料の粉末X線回折パターン(上)とICDDデータ(下)による同定結果

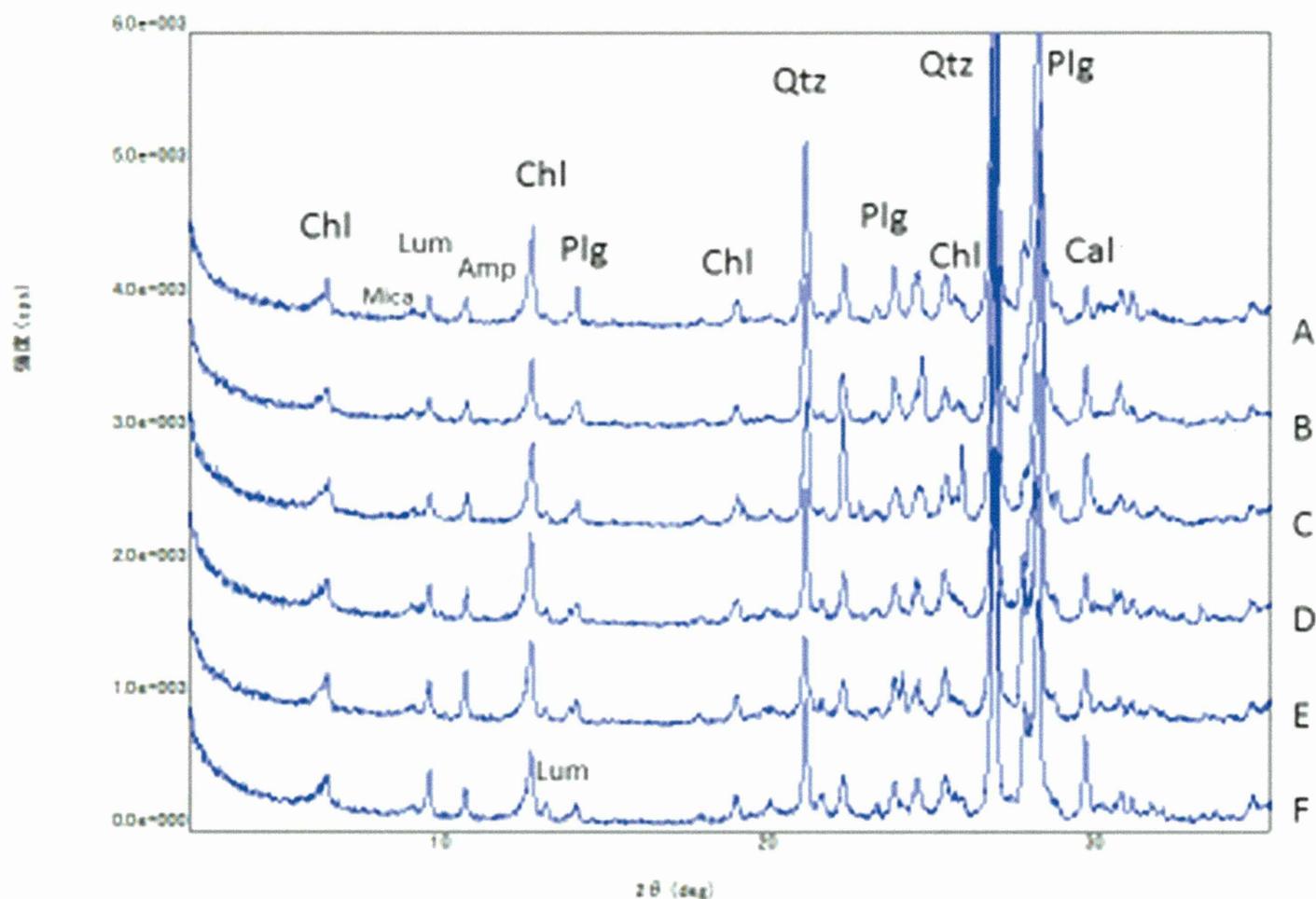


図21. 粒度分け試料ごとの鉱物組成(常磐高速道の工事現場の土壌)

Amp:角閃石, Cal:方解石, Chl:緑泥石, Lum:濁沸石, Mica:雲母, Plg:斜長石, Qtz:石英  
 A: 1mmフルイ上, B: 1-0.5mm, C: 0.5-0.25mm, D: 0.25-0.15mm, E: 0.15-0.106mm, F: 0.106mmフルイ下

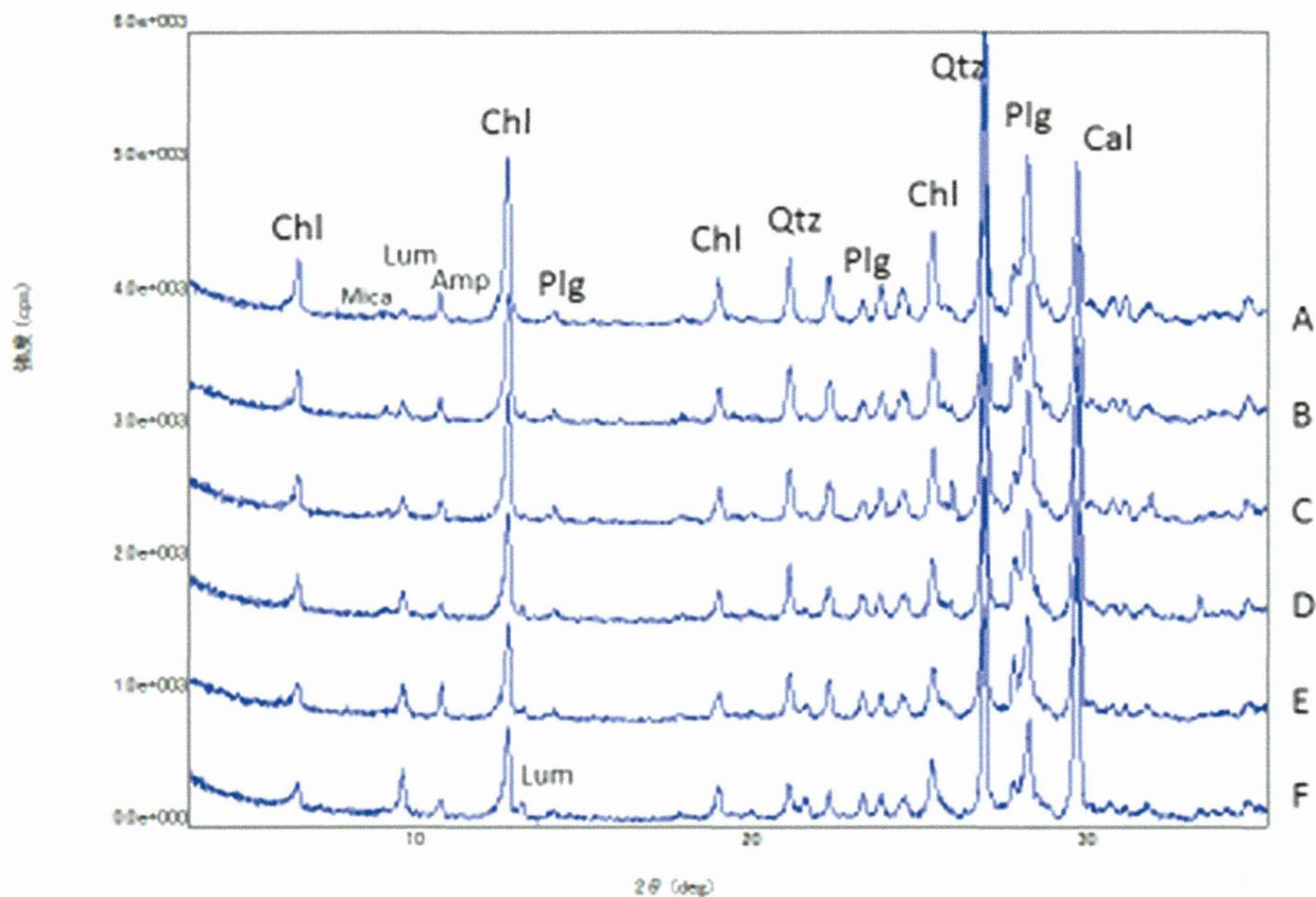


図21. 粒度分け試料ごとの鉱物組成(福島第一原発近傍の土壌)

Amp:角閃石, Cal:方解石, Chl:緑泥石, Lum:濁沸石, Mica:雲母, Plg:斜長石, Qtz:石英  
 A: 1mmフルイ上, B: 1-0.5mm, C: 0.5-0.25mm, D: 0.25-0.15mm, E: 0.15-0.106mm, F: 0.106mmフルイ下

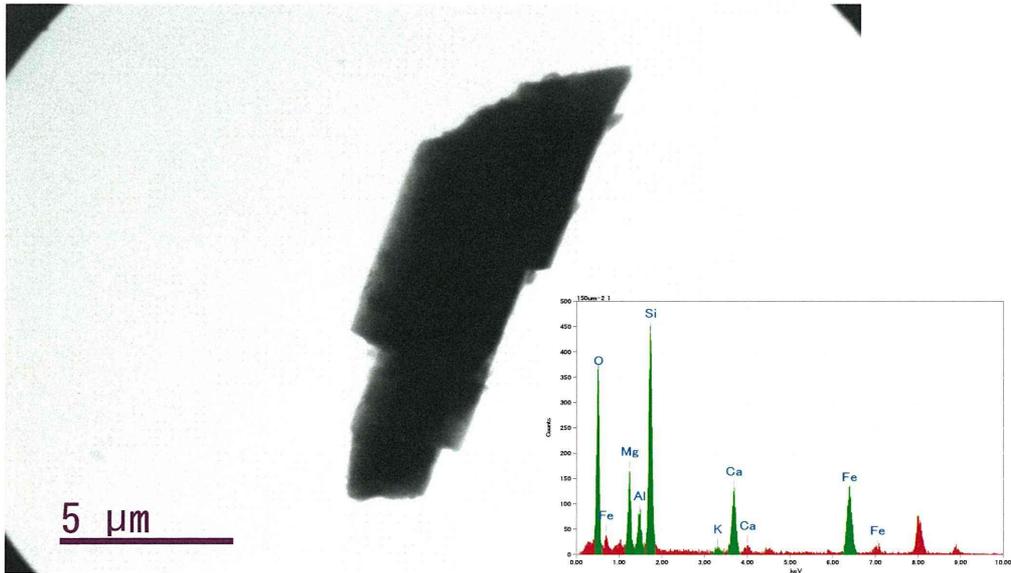


写真 9. 角閃石の TEM 写真と EDS スペクトル

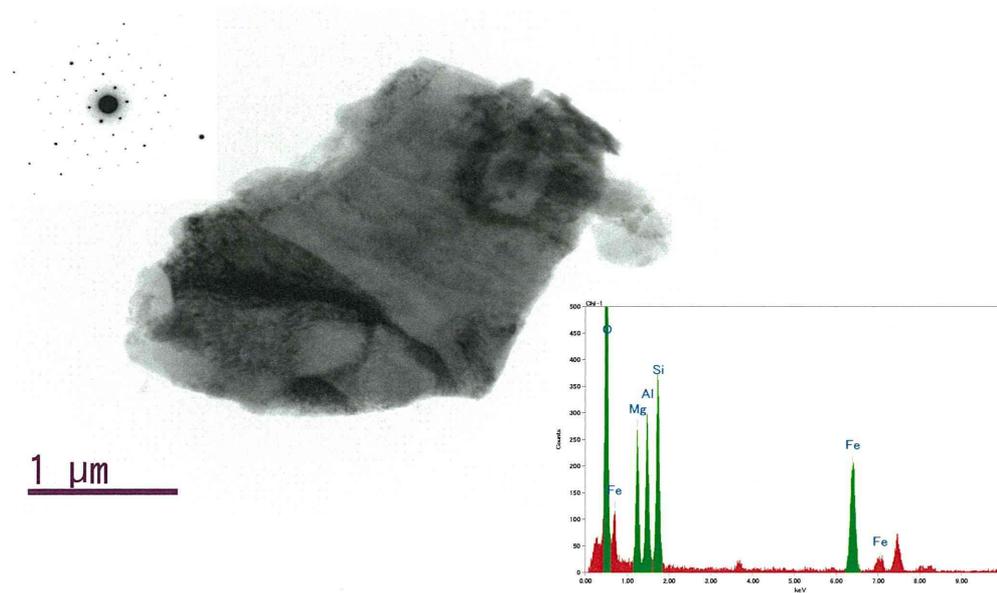


写真 10. 緑泥石の TEM 写真  
(左上：電子回折パターン、右下：EDS スペクトル)

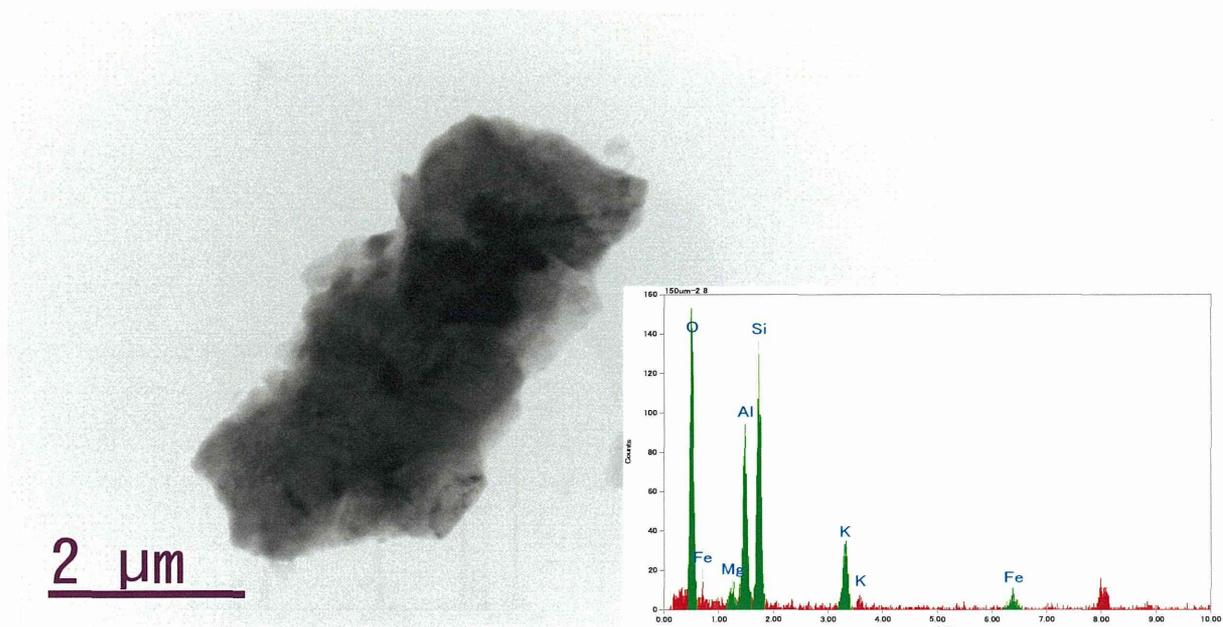


写真 11. 雲母鉱物の TEM 写真と EDS スペクトル

表 10. 土質の違いによる K 値の比較 (模擬実験より)

土質の違い等	粉じん計	質量濃度	平均相対値	K値
山砂 測定日:2014/2/3 天候は曇り	LD-5	0.3765 mg/m <sup>3</sup>	86 cpm	0.0044 mg/m <sup>3</sup> /cpm
	LD-6N	0.3189 mg/m <sup>3</sup>	76 cpm	0.0042 mg/m <sup>3</sup> /cpm
	LD-6N	0.3165 mg/m <sup>3</sup>	55 cpm	0.0058 mg/m <sup>3</sup> /cpm
	LD-6N	0.3575 mg/m <sup>3</sup>	91 cpm	0.0039 mg/m <sup>3</sup> /cpm
	LD-6N	0.4143 mg/m <sup>3</sup>	94 cpm	0.0044 mg/m <sup>3</sup> /cpm
	LD-6N	0.3853 mg/m <sup>3</sup>	81 cpm	0.0048 mg/m <sup>3</sup> /cpm
耕作地(畑) 測定日:2014/2/4-5 天候は2/4は雪、2/5 は吹雪	LD-5(2/4)	0.0422 mg/m <sup>3</sup>	49 cpm	0.0009 mg/m <sup>3</sup> /cpm
	LD-6N(2/4)	0.0839 mg/m <sup>3</sup>	87 cpm	0.0010 mg/m <sup>3</sup> /cpm
	LD-5	0.5992 mg/m <sup>3</sup>	11 cpm	0.0526 mg/m <sup>3</sup> /cpm
	LD-6N	1.0554 mg/m <sup>3</sup>	57 cpm	0.0185 mg/m <sup>3</sup> /cpm
	LD-6N	0.6580 mg/m <sup>3</sup>	11 cpm	0.0616 mg/m <sup>3</sup> /cpm
水田 測定日:2014/2/5 天候は吹雪	LD-5	0.3864 mg/m <sup>3</sup>	6 cpm	0.0683 mg/m <sup>3</sup> /cpm
	LD-6N	0.5946 mg/m <sup>3</sup>	18 cpm	0.0325 mg/m <sup>3</sup> /cpm
	LD-6N	0.3608 mg/m <sup>3</sup>	24 cpm	0.0152 mg/m <sup>3</sup> /cpm
	LD-6N	0.2560 mg/m <sup>3</sup>	4 cpm	0.0600 mg/m <sup>3</sup> /cpm

表 11. 再発じん実験における K 値

	粉じんの質量濃度	平均相対値	K値
常磐高速道工事現場の土壌①	4.5505 mg/m <sup>3</sup>	419 cpm	0.0109 mg/m <sup>3</sup> /cpm
常磐高速道工事現場の土壌②	1.8932 mg/m <sup>3</sup>	170 cpm	0.0111 mg/m <sup>3</sup> /cpm
模擬実験－耕作地(畑)	0.5650 mg/m <sup>3</sup>	89 cpm	0.0063 mg/m <sup>3</sup> /cpm
模擬実験－山砂	1.1779 mg/m <sup>3</sup>	285 cpm	0.0041 mg/m <sup>3</sup> /cpm
福島第一原発近傍の土壌①	3.5751 mg/m <sup>3</sup>	821 cpm	0.0044 mg/m <sup>3</sup> /cpm
福島第一原発近傍の土壌②	9.1796 mg/m <sup>3</sup>	1719 cpm	0.0053 mg/m <sup>3</sup> /cpm

重機を用いたセシウム汚染土壌除染作業時における粉じんおよび放射能濃度  
(Dust and the radioactivity concentrations emitted from Cs-contaminated soil during decontamination work by heavy vehicles)

山田 丸\*、鷹屋光俊\*、辻村憲雄\*\*、吉田忠義\*\*、菅野誠一郎\*、篠原也寸志\*、中村憲司\*、甲田茂樹\* (\*:労働安全衛生総合研究所 \*\*:日本原子力研究開発機構)

【背景】福島第一原子力発電所事故後の除染作業では、作業者の内部被ばく防止の観点から、放射性セシウムを含む粉じんの適切なモニタリング方法の確立およびばく露防止対策が必要である。しかし、現時点において除染時に舞い上がる粉じんの粒径分布やそれら粒径に対応する比放射能に関する知見はない。これらの情報は、粉じんが発生する作業現場で用いられる粉じん計による環境管理や呼吸用保護具によるばく露防止策が、除染作業においても適切であるか、また改善する必要があるか検討する上でも有用な情報である。【目的】本研究は、除染作業時に舞い上がる粉じんの粒径分布及びそれらに対応する放射能濃度の関係を明らかにすることを目的とする。【測定】重機による表土はぎ取り作業が実施されている福島県内の帰還困難区域に位置する常磐自動車道において、2014年5月30日に調査を行った。作業に由来する粉じんの重量濃度および放射能濃度を測定するために、定点および作業者等の呼吸域（個人ばく露）で粉じんをフィルター（フッ素樹脂処理ガラス繊維フィルター、T60A20）捕集した。個人ばく露では、重機運転者、重機周辺作業員および、調査員（粉じん捕集オペレータ）にIOMサンプラーを装着し、インハラブル粒子を捕集した。定点では、オープンフェース、NW-354、およびアンダーセンの各種サンプラーを用いて、粒径別の粉じん捕集を行った。粉じん捕集後、ウルトラマイクロ天秤により各フィルターを秤量し、捕集前の秤量値との差から粉じん濃度を求めた。また、秤量後の同一フィルターをゲルマニウム半導体検出器（日本原子力研究開発機構に設置）にかけて、 $^{137}\text{Cs}$ を定量した。 $^{134}\text{Cs}$ はその半減期と放出時の濃度比から計算される換算係数を用いて求めた。放射能濃度は、 $^{137}\text{Cs}$ と $^{134}\text{Cs}$ 合計値と粉じん捕集量から求めた。粉じんの放射能濃度との比較のため、2mmメッシュでふるった作業現場土壌の放射能濃度も測定した。【結果・考察】表1に粉じん濃度と土壌および粉じんの放射能濃度を示す。土壌（粒径2mm以下）の放射能濃度は12Bq/gであった。一方で粉じんの放射能濃度は約100-500Bq/gであり、土壌試料に比べ、比表面積がより大きな粉じん試料で比放射能が高くなったと考えられる。今後、さらに詳細な比放射能の粒径依存性を明らかにすることにより、除染作業時の放射線防護に資する知見が得られると考えている。

# 重機を用いたセシウム汚染土壌除染作業時における 粉じんおよび放射能濃度

山田 丸<sup>1</sup>, 奥野大輝<sup>2</sup>, 辻村高輝<sup>3</sup>, 志田忠義<sup>4</sup>, 菅野浩一郎<sup>5</sup>, 渡野重才志<sup>6</sup>, 中村吉司<sup>7</sup>, 中田俊樹<sup>8</sup>  
 (1)労働安全衛生総合研究所, (2)日本原子力研究開発機構)

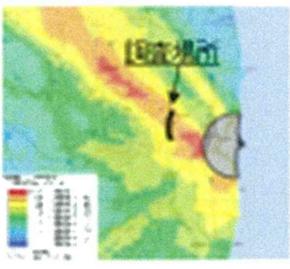
## 背景

除染時の粉じんの粒径分布と放射能濃度との関係に関する研究は、**除染作業現場の環境改善**のうえで、粉じん計測設備からの放射能濃度の測定や**呼吸防護具によるばく露防止**（作業性も考慮した適切な防護具の推奨）等を検討する上で有用な情報となる。

## 目的

重機を用いた除染作業時の粉じんの**粒径分布**および、**粒径と放射能濃度**の関係を明らかにする。

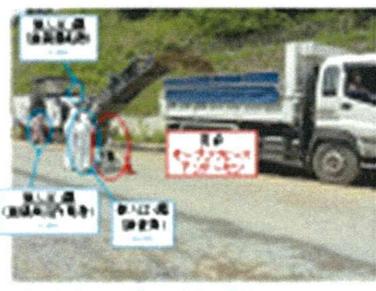
## 現場調査



【調査日】  
2014年5月30日  
 【場所】(他)  
常盤高速道工事現場  
[千葉県大津市]→[大津市]→  
[千葉県松戸市]

※1:調査現場(大津市)および放射能濃度分布。分布は0.217μm径を境として2段階による。(注:放射能濃度は0.217μm径の平均値)

【除染方法】(他)  
重機(型番:W200H<Winger社)による表土はき取り。  
 【粉じん捕集】(他)※1  
定点および作業者等3名の呼吸用(個人用)において、コンクリート処理ハウス装備フィルタ(760A20)に捕集。



※1: 除染および粉じん捕集の状況。表土はき取り、重機の排気口に設置して、一時的な集塵を行う。

※2: 各種サンプラの捕集効率

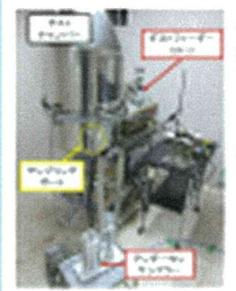
サンプラ	捕集効率
ICM	Inhale (0.30μm)
オープンフェイス	Inhale (0.30μm)
アンダーセン	0.43, 0.43μmカット径: 0.15, 0.43, 0.32, 0.11, 0.05, 0.43, 0.43μm

## 結論

重機を用いた除染の一環として、常盤高速道路の除染作業に着手し、粉じんの粒径分布と放射能濃度の関係を明らかにした。  
 ※1: 粉じんの粒径と放射能濃度の関係。放射能濃度の測定は0.217μm径を境として2段階による。0.217μm径以上の放射能濃度は0.217μm径以下の放射能濃度の約1.5倍であった。0.217μm径以下の放射能濃度は0.217μm径以上の放射能濃度の約0.5倍であった。  
 ※2: 重機を用いた除染作業時の放射能濃度の測定。放射能濃度の測定は0.217μm径を境として2段階による。0.217μm径以上の放射能濃度は0.217μm径以下の放射能濃度の約1.5倍であった。0.217μm径以下の放射能濃度は0.217μm径以上の放射能濃度の約0.5倍であった。

## 室内実験

現場調査時の、**排出限界以下の試料**および**排出ガス等の放射能濃度を測定**の目的、調査現場の汚染土を用い、室内実験を実施。



【実験項目】  
 ① 放射性粉じんによる粉じんの粒径分布 (他)  
 → 両径じん捕集をアンダーセンサンプラにより捕集  
 ② 各粒径における比放射能の測定。  
 → <math>0.106\mu\text{m}</math>から<math>2\text{mm}</math>(区分、ふるいで分級)  
 → <math>0.43\mu\text{m}</math>から<math>11.0\mu\text{m}</math>(区分、アンダーセンサンプラで分級)

※3: 本機再発じん捕集。ダストフューワーで放射能濃度を測定した放射性粉じんを、コンクリート処理ハウスを備えたアンダーセンサンプラで放射能濃度を測定。

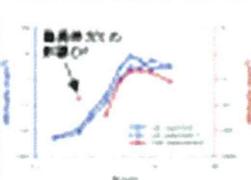
## 試料測定

放射性濃度 (mg/m<sup>3</sup>): 捕集前後のフィルタ重量をウイトマイクロ天秤により秤量。  
<sup>137</sup>Cs濃度 (Bq/g): 秤量後のフィルタおよびふるいにかけた土壌をゲルマニウム半導体検出器により<sup>137</sup>Csを測定。  
 空気中<sup>137</sup>Cs濃度 (Bq/m<sup>3</sup>) = 放射性濃度 (Bq/g) × <sup>137</sup>Cs濃度 (g/g)

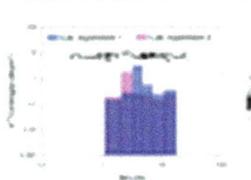
## 結果・考察

※4: 調査現場の放射性濃度および粉じん中放射能濃度の測定結果

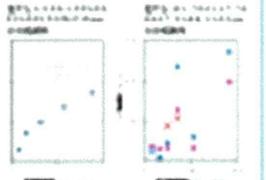
試料	粒径	放射性濃度 (mg/m <sup>3</sup> )	<sup>137</sup> Cs濃度 (Bq/g)	空気中 <sup>137</sup> Cs濃度 (Bq/m <sup>3</sup> )
現場土壌	<math>0.217\mu\text{m}</math>	—	12	—
個人用(高) 重機用除染車	Inhale	1.47	124	0.162
個人用(高) 調査員	Inhale	0.67	130	0.127
個人用(高) 重機運転者	Inhale	1.82	223	0.439
定点(オープンフェイス)	Inhale	0.80	179	0.194
定点(アンダーセン)	4.7-7.0 μm	0.04	282	0.312
定点(アンダーセン)	0.2-0.7 μm	0.08	818	0.252



※4: 調査現場の放射性濃度および粉じん中放射能濃度の測定結果。放射性濃度の測定は0.217μm径を境として2段階による。0.217μm径以上の放射能濃度は0.217μm径以下の放射能濃度の約1.5倍であった。0.217μm径以下の放射能濃度は0.217μm径以上の放射能濃度の約0.5倍であった。



※5: 再発じん捕集と現場の放射性濃度の測定結果。放射性濃度の測定は0.217μm径を境として2段階による。0.217μm径以上の放射能濃度は0.217μm径以下の放射能濃度の約1.5倍であった。0.217μm径以下の放射能濃度は0.217μm径以上の放射能濃度の約0.5倍であった。



※6: 比較再発じん捕集と現場の放射性濃度の測定結果。放射性濃度の測定は0.217μm径を境として2段階による。0.217μm径以上の放射能濃度は0.217μm径以下の放射能濃度の約1.5倍であった。0.217μm径以下の放射能濃度は0.217μm径以上の放射能濃度の約0.5倍であった。

除染作業の浮遊粉じん濃度測定のための  
模擬除染業務

報告書

独立行政法人

労働安全衛生総合研究所

平成26年 2月



## 目次

1. 業務概要 .....	1
1.1 模擬除染作業の実施位置 .....	2
1.1.1 模擬除染作業を実施する山砂の借地 .....	2
1.1.2 模擬除染作業を実施する耕作地と水田 .....	3
2. 現場の組織 .....	4
2.1 現場の組織 .....	4
2.2 緊急時の連絡体制 .....	5
3. 使用機器材 .....	6
3.1 使用機器材一覧 .....	6
3.1.1 ドラグショベル .....	7
3.1.2 フレコンバック .....	8
4. 模擬除染作業の作業手順・工程 .....	9
4.2 作業手順 .....	9
4.1 工程 .....	9
5. 模擬除染作業 .....	10
5.1 山砂の模擬除染作業 .....	10
5.1.1 試験場所 .....	10
5.1.2 作業状況 .....	11
5.1.3 排気ガスの処置 .....	12
5.2 耕作地の模擬除染作業 .....	13
5.2.1 試験場所 .....	13
5.2.2 作業状況 .....	14
5.2.3 排気ガスの処置 .....	16
5.3 水田の模擬除染作業 .....	17
5.3.1 試験場所 .....	17
5.3.2 作業状況 .....	18
5.3.3 排気ガスの処置 .....	18
6. 山砂、耕作地、水田の土質試験 .....	19
6.1 土の採取 .....	19
6.2 土質試験 .....	20
6.2.1 土粒子の密度試験 .....	22
6.2.2 土の含水比試験 .....	22

6.2.3 土の粒度試験 .....	23
6.2.4 土の液性限界・塑性限界 .....	24
6.3 土質試験結果 .....	25
7 考察 .....	27
7.1 粒度分布比較 .....	27
7.1.1 粒径加積曲線 .....	29
7.2 粘性土のコシテンシー比較 .....	33
7.3 まとめ .....	34

< 巻 末 資 料 >

- ・ 土質試験実施状況写真
- ・ 土質試験データシート
- ・ 模擬除染作業写真

## 1. 業務概要

- (1) 業務名称： 除染作業の浮遊粉じん濃度測定のための模擬除染業務  
(2) 業務場所： 群馬県前橋市柏倉町  
(3) 履行期間； 平成 26 年 2 月 3 日～平成 26 年 2 月 7 日  
(4) 実施時期 平成 26 年 2 月 3 日～平成 26 年 2 月 6 日  
(5) 業務目的 非汚染土壌で想定される除染の性質や種類を変えた上で模擬作業を実施し、ばく露する粉じん濃度や粉じんの粒度分布等の基礎的なデータを押さえるための、模擬除染作業。  
(6) 業務内容 模擬除染作業は、物理特性の異なる 2 種類の土に対して行う。また、土の含水比を調整し、異なる含水比での模擬除染作業を実施する。

計画準備	・ 模擬除染作業実施現場の選定	
模擬除染作業補助	・ 模擬除染作業実施現場とは異なる土の調達 ・ 100V 電源の調達 ・ フレコンバックおよびスタンドの調達 ・ 模擬除染作業	
土の物理特性試験	・ 土粒子の密度試験	JIS A 1202:1999
	・ 土の粒度試験 (沈降分析)	JIS A 1204:2000
	・ 土の含水比試験	JIS A 1203:1999

- (7) 受託者： 株式会社ジオデザイン  
東京都港区芝浦3-20-6  
代表取締役 丸山 健吉  
TEL 03-5730-1396 FAX 03-5730-1398

### (8) 業務担当

#### 1) 管理技術者

技術部 橋爪 秀夫 (技術士 (建設部門))  
(一級土木施工管理技士)  
TEL 03-5730-1396 FAX 03-5730-1398

#### 2) 担当技術者

技術部 菊池 信夫 (技術士補 (建設部門))  
(一級土木施工管理技士)  
TEL 03-5730-1396 FAX 03-5730-1398

## 1.1 模擬除染作業の実施位置

### 1.1.1 模擬除染作業を実施する山砂の借地

借地の位置図（群馬県前橋市柏倉町 475-1）（岡三リビング倉庫）を図-1.1.1 に、拡大図を図-1.1.2 に、航空写真を図-1.1.3 に示す。



図-1.1.1 借地位置図



図-1.1.2 借地位置拡大図



図-1.1.3 借地の航空写真

### 1.2.1 模擬除染作業を実施する耕作地と水田

耕作地と水田の位置図（群馬県前橋市柏倉町甲大澤）を図-1.2.1 に、拡大図を図-1.2.2 に、航空写真を図-1.2.3 に示す。



図-1.2.1 耕作地と水田の位置図



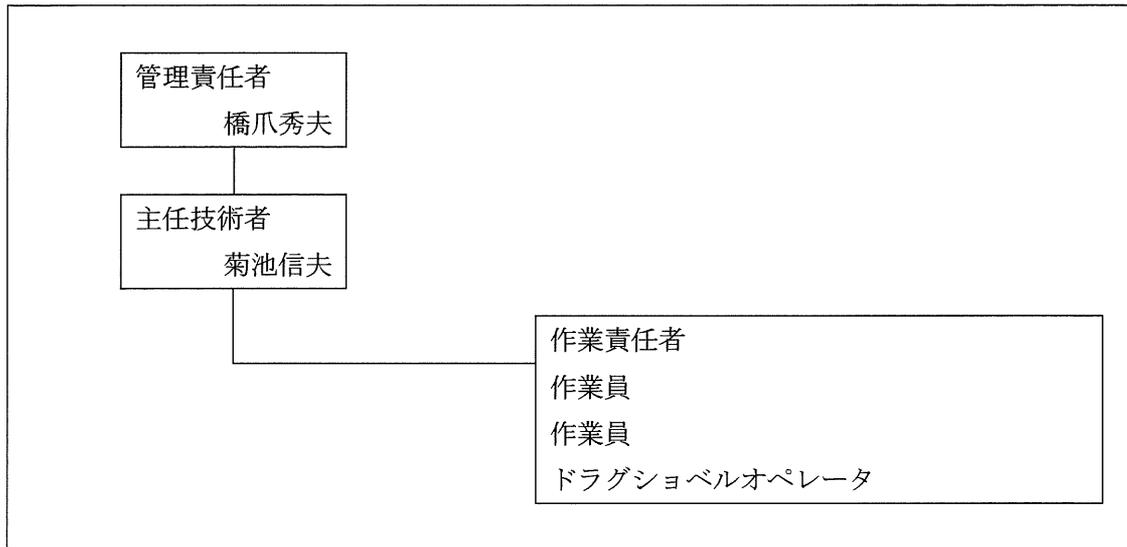
図-1.2.2 耕作地と水田の位置拡大図



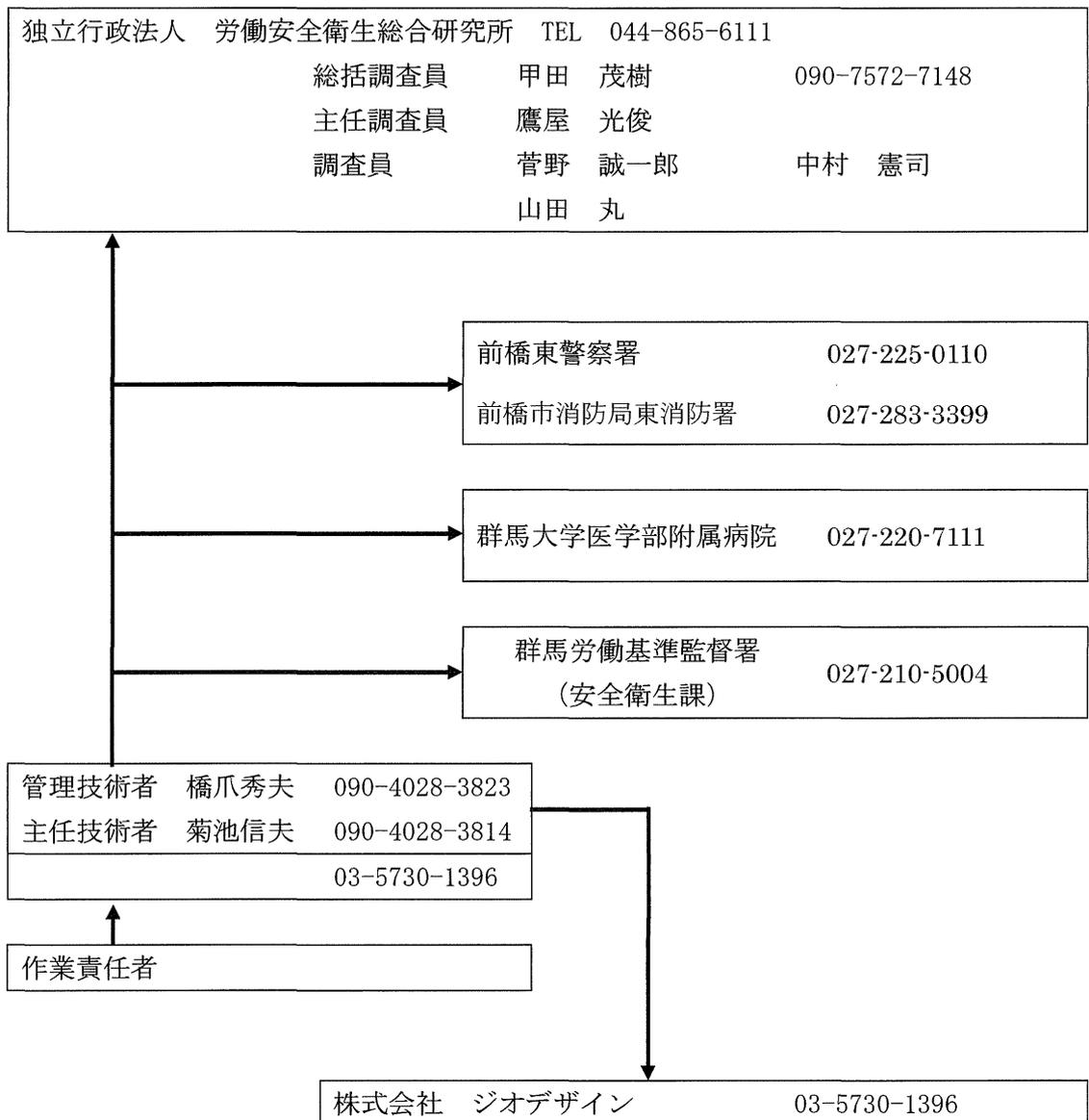
図-1.2.3 耕作地と水田の航空写真

## 2. 現場の組織

### 2.1 現場の組織



## 2.2 緊急時の連絡体制



常時の連絡体制も、同様とする。

### 3. 使用機器材

#### 3.1 使用機器材一覧

表-3.1.1 使用機器材一覧表

番号	資機材	数量	単位	仕様	備考
	ドラグショベル	1	台	0.28BH 平爪	
	コードリール	2	個	50m、20m	
	100V 電源	1	台	発電機 500W 以上	
	フレコンバック	1	式	1 m <sup>3</sup> (反転ベルト付)	
	フレコンバックスタンド	1	台		
	スリングベルト	1	本		
	袋	1	式	土の物理特性試験用サンプル梱包	
	テープメジャー	1	巻	50m	
	散水用水	1	式	散水機材含む	
	平スコップ	2	本		