JAEA-Technology 2017-006

DOI:10.11484/jaea-technology-2017-006

# 帰還困難区域の家屋における様々な部材の 汚染低減試験

Examination of Decontamination of Various Materials at Houses in Difficult-to-return Zone

森 愛理 田辺 務 和田 孝雄 加藤 貢

Airi MORI, Tsutomu TANABE, Takao WADA and Mitsugu KATO

安全研究・防災支援部門 安全研究センター リスク評価研究ディビジョン

Risk Analysis and Applications Research Division Nuclear Safety Research Center Sector of Nuclear Safety Research and Emergency Preparedness

March 2017

**Japan Atomic Energy Agency** 

日本原子力研究開発機構



本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。 本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。 なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ(<a href="http://www.jaea.go.jp">http://www.jaea.go.jp</a>) より発信されています。

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency. Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to Institutional Repository Section,

Intellectual Resources Management and R&D Collaboration Department, Japan Atomic Energy Agency.

2-4 Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2017

帰還困難区域の家屋における様々な部材の汚染低減試験

日本原子力研究開発機構 安全研究・防災支援部門 安全研究センター リスク評価研究ディビジョン

森 愛理, 田辺 務<sup>+1</sup>, 和田 孝雄<sup>+2</sup>, 加藤 貢<sup>+1</sup>

(2017年2月1日 受理)

東京電力福島第一原子力発電所事故により大量の放射性物質が環境に放出され、近隣の市街地 や森林等が汚染された。家屋や学校等の周辺の除染は国および地方自治体により進められている が、住環境にある壁や床、窓等については公的な除染が行われていない。本試験では、容易に実 施できる作業により効果的に汚染を低減する手法を整備するため、住環境にある様々な部材に対 し拭き取り等の試験を行った。試験を実施した部材は繊維類(布状/板状),木材類(平滑/凹凸),ガ ラス類(ガラス/陶器),コンクリート類(平滑/凹凸),プラスチック類(平滑/凹凸),塩化ビニル類, 金属類(金属/ホーロー), その他(合皮)である。各部材は旧警戒区域(現在の帰還困難区域)内の実家 屋から採取しており、事故により放出された放射性物質で汚染されたものである。これらの部材 に対して乾式の手法(吸引, 拭き取り, 吸着, 剥離), 湿式の手法(拭き取り, ブラッシング, 表面 研磨,洗濯),および物理的な手法(剥離)を適用することで,簡易で効果的な汚染低減手法を検討 した。試験の結果、一般的に水の浸透性が低い部材(ガラス、コンクリート、プラスチック、塩化 ビニル、および金属)については湿式の手法(拭き取り、表面研磨、またはブラッシング)を用いる ことで高い汚染低減率が得られることがわかった(90%程度)。一方で水の浸透性がある木材の場合 は剥離用塗料が比較的効果的(汚染低減率60%-70%程度)であった。しかし畳については物理的な 剥離を除くいずれの手法も効果的ではなく、畳表を張り替えることが最も合理的であることがわ かった。このほか補足的データとして、洗剤の性質による汚染低減率の違いおよび剥離用塗料の 擦り込みの効果についても検討を行った。最後に、これらの結果を踏まえ最適であると考えられ る手法をまとめた。

原子力科学研究所: 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方 2-4

<sup>+1</sup> 福島研究開発部門 福島環境安全センター

<sup>+2</sup> バックエンド研究開発部門 核燃料サイクル工学研究所 保安管理部

Examination of Decontamination of Various Materials at Houses in Difficult-to-return Zone

Airi MORI, Tsutomu TANABE<sup>+1</sup>, Takao WADA<sup>+2</sup> and Mitsugu KATO<sup>+1</sup>

Risk Analysis and Applications Research Division, Nuclear Safety Research Center,
Sector of Nuclear Safety Research and Emergency Preparedness,
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received February 1, 2017)

Large quantities of radioactive materials were released into the environment as a result of the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident. Residential areas and forest areas near the power station were contaminated with the radioactive materials. Outside of the houses, schools and the other buildings are being decontaminated by national authority and local government. On the other hand, the materials (such as walls, floors, or windows) which constitute the houses are not decontaminated officially. In order to prepare decontamination methods that can be applied easily, we conducted examinations of decontamination for various materials in houses. Fibrous materials, woods, glasses, concretes, plastics, vinyl chloride materials, metals and synthetic leathers were used in our examinations. These materials were collected from houses in difficult-to-return zone, and were contaminated by radioactive materials released by the accident. Dry methods (suction, wiping, adsorption and peelable coating), wet methods (wiping, brushing, polishing and washing) and physical method (peeling of materials) were used for decontamination. As a result of our examinations, materials with low water permeability, such as glasses, concretes, vinyl chloride materials and metals, were able to be decontaminated efficiently (about 90% reduction) by using wet methods. Materials with high water permeability like woods were relatively well decontaminated by peelable coating (about 60%-70% reduction). However, any methods except for physical method were not effective for tatami. It seems the most reasonable way to replace old surface of tatami with new one. In addition to the examination described above, the difference of contamination reduction effect between chemical properties of detergents and the effect of rubbing of peelable coating were also examined. Finally, the most effective method was summarized based on these examinations.

Keywords: Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident, Decontamination Method, House, Difficult-to-return Zone

<sup>+1</sup> Fukushima Environmental Safety Center, Sector of Fukushima Research and Development

<sup>+2</sup> Safety Administration Department, Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories, Sector of Decommissioning and Radioactive Waste Management

## JAEA-Technology 2017-006

# 目次

1.	は	じめに	1
2.	方	法	2
2	2.1	実施場所	2
2	2.2	実施期間	3
2	2.3	試験片の採取	5
2	2.4	手法	7
2	2.5	汚染の測定	10
3.	結	果と考察	10
3	3.1	汚染低減率の結果	10
	3.	1.1 部材ごとの結果	12
	3.	1.2 各手法の特徴と適用性	21
3	3.2	洗剤の化学的性質による汚染低減率の違い	22
3	3.3	剥離用塗料の擦り込みの効果	23
3	3.4	1回の行為による汚染低減率と最適な汚染低減手法	24
4.	ま	とめ	28
謝話	滓		28
参	考文	献	29
付針	录		30

## JAEA-Technology 2017-006

## Contents

1. Introduction	1
2. Method	2
2.1 Location of examinations	2
2.2 Period of examinations	3
2.3 Sampling	5
2.4 Decontamination methods	7
2.5 Measurement	10
3. Results and Discussions	10
3.1 Effect of decontamination	10
3.1.1 Effect of decontamination for each material	12
3.1.2 Characteristic and application of each method	21
3.2 Difference in decontamination effect caused by difference in chemical properties of detergents	22
3.3 Effect of rubbing of peelable coating	23
3.4 Decontamination effect by first action and the most suitable method of decontamination	24
4. Conclusion	28
Acknowledgement	28
References	29
Appendix	30

## JAEA-Technology 2017-006

# 図リスト

Fig. 1	試験片採取場所および汚染低減試験実施場所	2
Fig. 2	コンテナハウス外観	3
Fig. 3	コンテナハウス内部	3
Fig. 4	試験片の切り出しおよび補修の様子	6
Fig. 5	各手法の写真	8
Fig. 6	繊維類の試験結果	12
Fig. 7	木材類(複合材)の試験結果	14
Fig. 8	木材類(無垢材)の試験結果	14
Fig. 9	複合材(平滑)の部材(左:フローリング,右:棚)	15
Fig. 10	ガラス類の試験結果	15
Fig. 11	コンクリート類の試験結果	17
Fig. 12	タイルの目地の有無と試験回数による汚染低減率の違い	17
Fig. 13	プラスチック類の試験結果	18
Fig. 14	塩化ビニル類の試験結果	19
Fig. 15	金属類の試験結果	20
Fig. 16	その他の部材の試験結果	21
Fig. 17	乾式拭き取りおよび湿式拭き取りによる汚染低減率の違い	22
Fig. 18	水または洗剤を用いたブラッシングおよび表面研磨の汚染低減率	23
Fig. 19	剥離用塗料の擦り込みの有無による汚染低減率の違い	24
Fig. 20	剥離用塗料の擦り込みの有無と試験回数による汚染低減率の違い	24
	表リスト	
Table 1	作業工程表	4
Table 2		
Table 3	拭き取り等の手法と使用機材	7
Table 4	各部材および各手法の汚染低減率	11
Table 5	1回の行為による各部材の汚染低減率	25
Table 6	最適な汚染低減手法	27

This is a blank page.

#### 1. はじめに

2011年3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所(以下,1Fという)事故により、大量の放射性物質が大気中に放出された。放出された放射性物質は主に1F周辺および1Fから北西方向の市街地や森林を汚染した。3月12日には1Fから20 km圏内に避難指示が発令され、事態の進展に応じて避難区域を拡大していった<sup>1)</sup>。その後文部科学省を中心として日本原子力研究開発機構(以下,JAEAという)や福島県等が詳細な放射線モニタリングを継続して行っており<sup>2-4)</sup>、これらの結果をもとに避難指示区域の変更が行われてきた<sup>5)</sup>。2016年7月12日時点の避難指示区域は大熊町、双葉町、浪江町、富岡町、飯舘村の全域および南相馬市、川俣町、葛尾村の一部の地域となった<sup>6)</sup>が、事故から5年以上経過した現在も4万人以上の人々が福島県外の避難先で、5万人近くの人々が福島県内の避難先で生活を続けている<sup>7)</sup>。

1F事故で放出された放射性物質による居住地等の汚染を受け、2011年7月19日、原子力安全委員会は「今後の避難解除、復興に向けた放射線防護に関する基本的な考え方について」<sup>8)</sup>を発表し、国際放射線防護委員会(ICRP)の2007年勧告<sup>9)</sup>の指標を参考に今後の防護措置についての基本方針を定めた。これを踏まえ、同年8月26日には原子力災害対策本部において「除染に関する緊急実施基本方針」<sup>10)</sup>が決定された。さらに同30日には「平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法」<sup>11)</sup>が成立し、除染に関する基本的な方針や具体的な目標が定められた。

こうした方針に基づく除染等の措置を確実に実施していくための取り組みとして、JAEAは内閣府からの受託事業として「平成23年度福島第一原子力発電所事故に係る福島県除染ガイドライン作成調査業務」<sup>12)</sup>および「福島第一原子力発電所事故に係る避難区域等における除染実証業務」<sup>13)</sup>を行うこととなった。これらの事業は、低線量地域における市町村単位での除染に必要な技術や知見を含むガイドラインを整備すること、および高線量地域における森林、農地、宅地等の効果的な除染に必要な技術情報を得ることを主な目的として行われた。これにより、比較的広範囲の面的除染による空間線量率の低減効果や、農地、道路、宅地といった土地利用ごとの除染手法およびその効果が示された。さらに、人が長い時間滞在する家屋等の構造物については、屋根、雨樋、庭木といった局所的な除染手法およびその効果も示された<sup>12-14)</sup>。

しかしながら上記の事業で試験をしてきた除染手法はいずれも家屋外において専用の重機や多くの人手が必要となる手法であり、家屋内の壁、床、天井、窓といった場所については、適切に汚染を低減する手法が検討されていない。したがって本試験では、家屋を構成する壁や床といったひとつひとつの部材について、清掃程度の容易に実施できる作業により効果的に汚染を低減する手法を整備するために、様々な手法を用いて汚染低減試験を行った。本報告書ではその試験結果および試験結果から推定される効果的な拭き取り手法等について報告する。

## 2. 方法

### 2.1 実施場所

試験片の採取は試験協力の申し出のあった帰還困難区域(旧警戒区域)内の2軒の家屋において行った。採取した試験片の汚染低減試験には大熊町公民館敷地内のコンテナハウスを利用した。コンテナハウス内には新たに仮設のグリーンハウスを設置し、その内部で作業を行った。試験片採取場所および汚染低減試験実施場所をFig. 1に、コンテナハウスの外観および内部の写真をFig. 2 およびFig. 3に示す。試験片採取場所である家屋は1Fの西南西約3 kmに位置し、調査期間中(2013年1月)の屋外の空間線量率は15–20 μSv/h程度、試験片の汚染レベルは500–5000 cpm程度であった。汚染低減試験実施場所である公民館は1Fの西南西約4.8 kmに位置している。



Fig. 1 試験片採取場所および汚染低減試験実施場所



Fig. 2 コンテナハウス外観



Fig. 3 コンテナハウス内部

# 2.2 実施期間

調査の実施期間は2013年1月7日-2月7日であった。本調査の作業工程表をTable 1に示す。

Table 1 作業工程表

																																	ſ
	争															. 1	2013年	争															
// // // // //	月													1月															2	月			
下来こ今	ш	7	∞		10	11	9 10 11 12 13	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26 2	27 2	28 2	29 3	30 3	31	1	2	3 2	4	5	9	7
	曜日	H	$\prec$	¥	大 木 木 金	金	+1	Ш	円	×	<b>长</b>	K	倒	+1	Ш	H	X	<del>长</del>	K	倒	+	Ш	) 月	X	大 大	*	<b>创</b>	<u>+</u>	П	月	×	六 长	+
準備																h																	
試料切り出し																																	
カーテン																																	
直																																	
ガラス																																	
プラスチック類																																	
床タイル																																	
<b>京</b>																																	
無垢材																																	
複合材																																	
シンク																																	
アルミサッツ																																	
床材																																	
陶器																																	
片付け																																	

## 2.3 試験片の採取

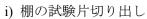
網羅的な汚染低減試験を実施するために、可能な限り多くの種類の部材を採取した。採取した部材は、1. 繊維類、2. 木材類、3. ガラス類、4. コンクリート類、5. プラスチック類、6. 塩化ビニル類、7. 金属類、8. その他 の8種類である。ここで、1. 繊維類は布状と板状に、3. ガラス類はガラスと陶器に、7. 金属類は金属とホーローに分別した。2. 木材類、4. コンクリート類、5. プラスチック類は表面の状態が平滑なものと凹凸のあるものに分別した。但し木材類の平滑とは表面に塗装等が施されており耐水性のあるもの、凹凸とは塗装等がなく水が浸透しやすい状態のものを指す。木材類はさらに複合材と無垢材に細分した。Table 2に、採取した試験片の分類、対象物の例、および試験片の数を示す。

Table 2 試験片の分類,対象物の例,および試験片の数

分類		対象物の例	試験片の数
1 分数化粉	布状	カーテン	3
1. 繊維類	板状	畳	8
	複合材(平滑)	フローリング,棚	14
2 十十十米百	複合材(凹凸)	押入れのベニヤ板	9
2. 木材類	無垢材(平滑)	手すり、和室の出窓	11
	無垢材(凹凸)	神棚	2
2 ガニッ粧	ガラス	ガラス棚	5
3. ガラス類	陶器	トイレのタンク	3
4. コンクリート類	平滑	床タイル	10
4. コンクリート類	凹凸	床タイル,石膏ボード等	11
こ プニッチ・カギ	平滑	トイレの蓋,電灯の笠	6
5. プラスチック類	凹凸	風呂場の床	17
6. 塩化ビニル類		洗濯場の床,トイレの床	24
7 人尼籽	金属	シンク,アルミサッシ	9
7. 金属類	ホーロー	ガスレンジの天板、洗面台	7
8. その他	合皮	ソファー	3

本試験では対象物表面の拭き取り等を行いその前後の汚染状況をスミア法,直接法により測定するため、拭き取り対象物には雨漏り等で汚染面が荒らされていないものやバックグラウンドと比較して汚染レベルが高いものを選択した。試験片を採取する前に予め表面の汚染を測定し、バックグラウンドと比較して有意な汚染が存在することを確認した。採取時は対象物の周囲に汚染が飛散しないよう周囲を養生し、破損部位が極力小さくなるよう留意しながら、電動丸鋸、バンドソー、レシプロソー、グラインダー、およびバールを用いて切断作業を行った。切り出した試験片はビニルシートで包むか、もしくは袋に入れるなどの措置をして、周囲への汚染の飛散と試験片への二次汚染を防止した。試験片採取後の床等の危険箇所はベニヤ板で補修し転落事故を防止した。試験片の切り出しおよび切り出し後の補修の写真をFig. 4に示す。







ii) フローリングの試験片切り出し



iii) 風呂場の床の試験片切り出し



iv) ソファーの試験片切り出し



v) 風呂場の床補修前



vi) 風呂場の床補修後

Fig. 4 試験片の切り出しおよび補修の様子

### 2.4 手法

本試験における拭き取り等の手法と使用した機材をTable 3およびFig. 5に示す。拭き取り等の手法は特別な機材等を必要とせず容易に実施できることを想定して選択した。はじめに試験片の表面状態を観察し、単一の手法により汚染低減率が飽和するか、飽和する傾向が確認できるまで試験を行った。一部の部材については、はじめの手法による汚染低減率が飽和したのち、手法を変えてさらに試験を行った。

手法 機材 i 乾式(吸引) 家庭用掃除機 ii 乾式(拭き取り) 紙ウエスまたは化学雑巾 iii 乾式(吸着) 粘着ローラー iv 乾式(剥離) 剥離用塗料 v 湿式(拭き取り) 紙ウエス+水または洗剤 たわしまたはブラシ+洗剤, 紙ウエス+水 vi 湿式(ブラッシング) vii 湿式(表面研磨) 不織布研磨剤+洗剤,紙ウエス+水 洗濯用洗剤 viii 湿式(洗濯) ix 物理(剥離) かんな, やすり, カッターナイフ

Table 3 拭き取り等の手法と使用機材

## i) 乾式(吸引)

家庭用掃除機(吸込仕事率500 W)の吸引ヘッドを一方向にゆっくりと移動して吸引した。

## ii) 乾式(拭き取り)

紙ウエスまたは化学雑巾(油性吸着剤を含浸させた不織布)を対象物に軽く押しつけ,一方向にゆっくりと移動して拭き取った。

### iii) 乾式(吸着)

粘着ローラーの粘着面を一方向にゆっくりと回転させて吸着した。

#### iv) 乾式(剥離)

剥離用塗料として,原子力用塗膜剥離型除染材を用いた。1 kgあたり5000-10000円と高価であるが,市販品であり入手可能である。この塗料を刷毛で約1 mm厚に塗布し,完全に乾燥させてから剥離した。または,塗料を塗布し不織布研磨剤等で約30秒間擦り込みを行ったのち,再度刷毛で約1 mm厚に塗布し直し,完全に乾燥させてから剥離した。

### v) 湿式(拭き取り)

水を浸透させた紙ウエスを対象物に軽く押しつけ、一方向にゆっくりと移動して拭き取った。 または、洗剤(酸性、中性、またはアルカリ性)を対象物に直接塗布したのち、水を浸透させた紙 ウエスで拭き取った。

#### vi) 湿式(ブラッシング)

洗剤を対象物に塗布し、たわしまたはブラシで約1分間ブラッシングを行ったのちに、水を浸透

させた紙ウエスを一方向にゆっくりと移動して拭き取った。

## vii) 湿式(表面研磨)

洗剤を対象物に塗布し、不織布表面処理剤で約30-60秒間の表面研磨を行ったのちに、水を浸透させた紙ウエスを一方向にゆっくりと移動して拭き取った。

## viii) 湿式(洗濯)

乾式の手法で効果が得られなかった布類に対し、洗濯用洗剤を用いて約5分間の手洗いを行ったのち、完全に乾燥させた。

## ix) 物理(剥離)

乾式または湿式の手法で効果が得られなかった対象物、または乾式および湿式の手法が適さない対象物の表面を、かんな、やすり、カッターナイフ等を用いて研削または剥離した。



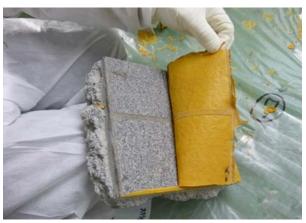


i) 乾式(吸引)

iii) 乾式(吸着)



iv) 乾式(剥離) 1



iv) 乾式(剥離) 2

Fig. 5 各手法の写真

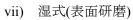




v) 湿式(拭き取り)

vi) 湿式(ブラッシング)







viii) 湿式(洗濯)



ix) 物理(剥離)

Fig. 5 各手法の写真(続き)

### 2.5 汚染の測定

汚染の測定にはGMサーベイメータ(TGS-146B,日立アロカメディカル株式会社)を用い,鉛製のコリメータ(内径10 cm,厚さ3 cm,高さ10 cm)2個,および鉛製のブロック(10 cm×20 cm×5 cm)3個で測定器の周囲を遮蔽した。はじめに試験片をGMサーベイメータで直接測定した。時定数は30秒とし,測定開始から90秒後に測定値を1回読み取った。次にGMサーベイメータの検出窓に1-2 mm厚のプラスチック製のキャップをし,同じ試験片を同様の条件で測定した。キャップがない場合の測定値からキャップがある場合の測定値の差を取ることで放射性セシウムに由来するベータ線の計数率を計算した。以後,拭き取り等の作業と汚染の測定を繰り返した。汚染低減率はベータ線の計数率の変化から計算した。

## 3. 結果と考察

## 3.1 汚染低減率の結果

各部材および各手法の汚染低減率の結果をTable 4にまとめた。各分類の上段は汚染低減率を,下段は試験回数を示している。汚染低減率は,拭き取り等の作業前のベータ線計数率に対する各回の作業後のベータ線計数率の割合と定義した。一部の部材で汚染低減率がマイナスとなっている場合があるが,これは作業前の計数率よりも作業後の計数率の方が高かったことを示している。この原因として,汚染低減効果が測定器の揺らぎの範囲に収まるほど小さかったことや,汚染低減のための各行為により部材表面の汚染が移動し,GMサーベイメータの測定範囲に新たな汚染が追加されたことが考えられる。

本試験において採取した全ての試験片の測定データを補足資料1に,本試験において採取した各部材の写真を補足資料2に示した。

Table 4 各部材および各手法の汚染低減率

	i 	ii	iii - 乾式	iv	V	vi 湿式	vii	viii	ix 物理
	吸引	拭き取り	吸着	剥離	拭き取り	ブラッシング	表面研磨	洗濯	剥離
1. 繊維類				· ·					
<del></del> ,115	-0.93%	-	-	-	-	-	-	89%	-
布状	2 回	-	-	-	-	-	-	1 回	-
+C 117	15%	6.7%	-3.5%	-	-	-	-	-	98% ± 1.1%
板状	1回	1 回	1 回	-	-	-	-	-	1回
2. 木材類	-	-							
₩ <b>^</b> ++√□€₩,	-5.5%	20%	19%	$60\% \pm 22\%$	$42\% \pm 27\%$	$45\% \pm 8.8\%$	82%	-	-
複合材(平滑)	4 回	4 回	4 回	2-3 回	3-4 回	3-4 回	3 回	-	-
按△++/□□□、	16%	6.0%-49%	11%	52% ± 29%	22%	-	-	-	-
複合材(凹凸)	4 回	4 回	4 回	2-3 回	4 回	-	-	-	-
<b>神 にわりない</b>	-	38%	$20\% \pm 14\%$	$78\% \pm 6.9\%$	49%	-	67%	-	74%
無垢材(平滑)	-	3 回	1-3 🗉	2-3 回	2-3 回	-	1回	-	4 回
/mr 12,777/111 11 /	-	-	11%	-	-	-	-	-	79%
無垢材(凹凸)	-	-	2 回	-	-	-	-	-	4 回
3. ガラス類		***************************************	••••••	••••••					
12 -	67%	79%	-	-	97%	-	98%	-	-
ガラス	3 回	3 回	-	-	3-4 回	-	1回	-	-
r/- nn	-	53%	-	-	77%	-	-	-	-
陶器	-	1回	-	-	2-3 回	-	-	-	_
4. コンクリート	·類								
	-	-	-	85% ± 11%	-	85% ± 14%	92%	_	_
平滑	-	-	-	3 回	-	3 回	3 回	-	-
	19%	-	0%	71%	-	$64\% \pm 27\%$	-	-	50%
凹凸	1回	-	1回	2 回	-	3 回	-	-	1回
5. プラスチック	7類			•••••					
	-	90%	-	-	$90\% \pm 6.3\%$	-	-	-	-
平滑	-	2-3 回	-	-	1-3 💷	-	-	-	-
ппп	18%	16%	35%	93%	44% ± 16%	90% ± 3.1%	93% ± 1.6%	-	-
ШЪ	4 回	4 回	4 回	2 回	1-4 回	2 回	2 回	-	-
6. 塩化ビニル類									
	-	44%	18%	92%	56% ± 13%	89% ± 70%	92% ± 4.4%	-	-
	-	4 回	3 回	2 回	1-3 💷	1-3 🗉	1-4 回	-	-
 7. 金属類									
	-	71% ± 8.0%	-	-	79% ± 8.6%	-	93%	-	-
金属	-	2-3 回	-	-	1-3 回	-	1回	-	-
,	_	81%	_	-	62% ± 31%	_	88%	_	_
ホーロー	_	3 回	_	-	2-3 回	_	2-4 回	_	_
8. その他									
	_	_	_	_	40%	_	77%	_	_
合皮	_	_	_	_	2 回	_	3 回	_	_

### 3.1.1 部材ごとの結果

次に, 部材ごとの詳細な結果について記載する。

## 1) 繊維類

布状の部材としてはカーテン、板状の部材としては畳を使用した。繊維類の試験結果をFig. 6 に示す。矢印は複数の手法を同じ部材に適用した場合の汚染低減率の変化を示している。また、3枚以上の試験片に対して同じ手法を適用した場合はその平均値および標準偏差を示しており、試験片が2枚以下の場合は平均値のみを示している。

乾式の手法では、布状、板状とも部材繊維に放射性物質が入り込み、汚染低減効果は全く得られなかった。1F事故からの時間経過により遊離性汚染が固着性汚染に変化し、一般的な清掃程度の行為(吸引、拭き取り、吸着等)では汚染の低減が困難になっているものと推察される。カーテンは、家庭用洗剤を使用した約5分間の手洗い1回により汚染低減率が82%-96%となり、洗濯が非常に効果的な手法であることがわかった。畳は畳表を剥離することで汚染低減率が97%-99%となり、物理的な剥離が最も効果的であることがわかった。よって実際に汚染低減効果を得るためには畳表そのものの張り替えを行わなければならない。また本調査の範囲で畳表面を傷つけない手法による汚染低減率は最大でも15%程度であるため、他の手法を検討する必要がある。

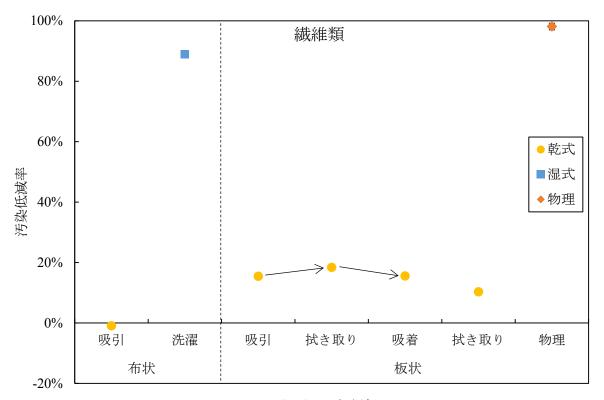


Fig. 6 繊維類の試験結果

## 2) 木材類

複合材(平滑)としてはフローリングおよび木製の棚,複合材(凹凸)としては押入れのベニヤ板,無垢材(平滑)としては階段の手すりおよび和室の出窓,無垢材(凹凸)としては神棚を使用した。木材類の試験結果をFig. 7およびFig. 8に示す。

木材類は全体として使用年数やメンテナンス状況、継ぎ目の有無等による表面状態の違いが 汚染低減率に大きく影響しており、一般的な傾向を示すことが難しい。しかしながら剥離用塗 料を除く乾式の手法はいずれも汚染低減率が50%未満となり、汚染低減効果は期待できないこ とがわかった。また剥離用塗料の汚染低減率は28%-86% (n = 10)とばらつきは大きいものの,表 面が平滑であるか凹凸であるかに関わらず乾式の手法の中では比較的高い汚染低減率を示した。 このばらつきは剥離用塗料の塗布後の擦り込みの有無によるものと考えられる(詳細は3.3に記 述)。浸透性のあるベニヤ板に対する湿式の手法では洗剤等が木材に浸透してしまうため、十分 な汚染低減効果が得られなかった。耐水性のある平滑な木材には拭き取り、ブラッシング、お よび表面研磨の手法で試験を行った。複合材(平滑)に対する拭き取りの汚染低減率は部材により 大きく異なり、フローリングでは15%-27%、棚では53%-75%となった。これは、同じ平滑な複 合材でもFig. 9のように木目や継ぎ目の有無により汚染の浸透の度合いが異なるためであると 考えられる。フローリングに対するブラッシングの汚染低減率は45±8.8%、表面研磨の汚染低 減率は82%であり、表面研磨が最も効果的であることがわかった。また表面研磨は無垢材に対 しても有効であり、粘着ローラーによる吸着後においても75%の汚染低減率を示した。木材類 に対する湿式の手法については洗剤の性質および機材の違いによる汚染低減率の違いも検討し た(詳細は3.2に記述)。 物理的な剥離は無垢材について行った。 本試験においてかんなによる0.5-1 mm程度の切削を行った結果, 平滑なものおよび凹凸のあるものいずれも70%以上の汚染低減 率を示した。このとき汚染低減率は未飽和であったため、状況に応じてさらに切削を行えば更 なる効果が期待できる。木材類に対して、剥離用塗料の擦り込み、表面研磨、および物理的な 剥離はそれぞれ高い汚染低減率を示したが、いずれも木材の表面を傷つける恐れのある手法で あるため, 適用には注意が必要である。

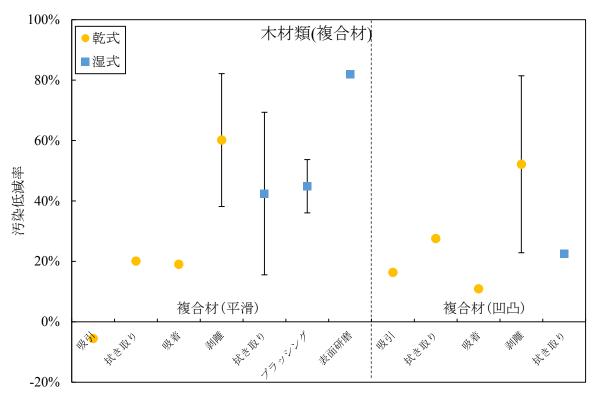


Fig. 7 木材類(複合材)の試験結果

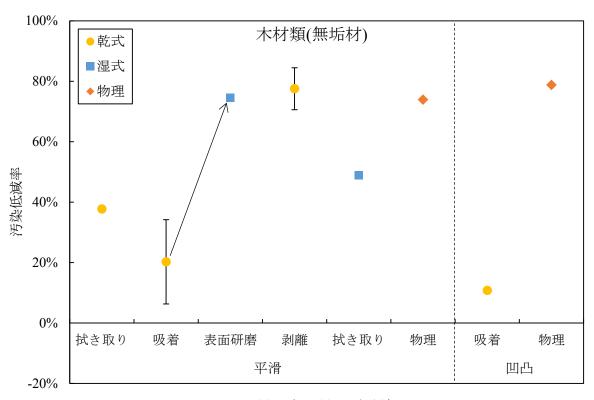


Fig. 8 木材類(無垢材)の試験結果



Fig. 9 複合材(平滑)の部材(左:フローリング, 右:棚)

## 3) ガラス類

ガラスの部材としてはガラス棚, 陶器としてはトイレのタンクの蓋を使用した。ガラス類の試験結果をFig. 10に示す。

ガラスについては、掃除機による吸引または化学雑巾による乾式拭き取りであっても70%程度の汚染低減率が得られた。さらに湿式の拭き取りや表面研磨では97%以上の汚染低減率となり、湿式の手法が極めて効果的であることがわかった。また湿式の手法は1回の行為により汚染のほとんどを除去できると考えられる。陶器についても同様に乾式の拭き取りより湿式の拭き取りの方が効果的であった。ガラスを用いた試験結果から、陶器に対して表面研磨を行うことで汚染低減率はさらに高くなると推定される。

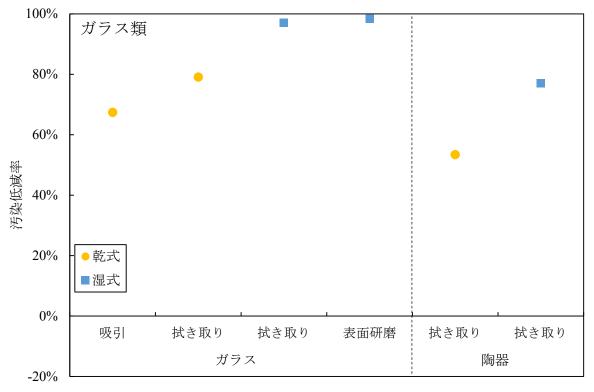


Fig. 10 ガラス類の試験結果

#### 4) コンクリート類

平滑な部材としては床タイル,凹凸のある部材としては床タイル,京壁,および石膏ボードを使用した。コンクリート類の試験結果をFig. 11に示す。

床タイルについては乾式(剥離),または湿式(ブラッシングまたは表面研磨)の手法で試験を行った。平滑なタイルではいずれの手法においても汚染低減率が比較的高かった。但し剥離用塗料は一度の行為により汚染が取り除かれない場合があった。木材類と同様にコンクリート類についても、剥離用塗料の擦り込みの有無による汚染低減率の違いを検討した(詳細は3.3に記述)。凹凸のあるタイルは全体として平滑なタイルよりも汚染低減率が低かった。またモルタル製の目地の有無により汚染低減率が大きく異なり、目地がある場合は26%-69%、目地がない場合は73%-93%となった。京壁(表面凹凸)および石膏ボードは吸湿性があるため湿式の手法は不適切である。京壁に対しては乾式の手法(吸引または吸着)で試験を行ったが、いずれもほとんど効果がなかった。これは放射性物質が京壁の表面から浸透しているためであると考えられる。よって京壁について物理的な剥離を行うことで、汚染低減率は高くなることが期待される。一方、石膏ボードに対して行った物理的な剥離では汚染低減率が50%となった。試験前の計数率が低かった(100 cpm程度)ため汚染低減率が低いように思われるが、対象物の汚染レベルが高い場合はさらに高い効果が期待できる。いずれの部材も物理的な剥離による汚染低減率が最も高いと考えられるが、行為により本来の機能を損なう可能性があるため適用には注意が必要である。考えられるが、行為により本来の機能を損なう可能性があるため適用には注意が必要である。

目地のあるタイルと目地のないタイルについて湿式の手法(ブラッシングまたは表面研磨)で複数回試験を行い汚染低減率の違いを検討した結果をFig. 12に示す。目地の有無に関わらず汚染低減率は1回目の試験によりほぼ飽和していた。目地のある試験片についての汚染低減率は目地のない試験片のおよそ6割程度と低く、1回目から3回目までの全ての試験において統計的に有意な差が認められた。

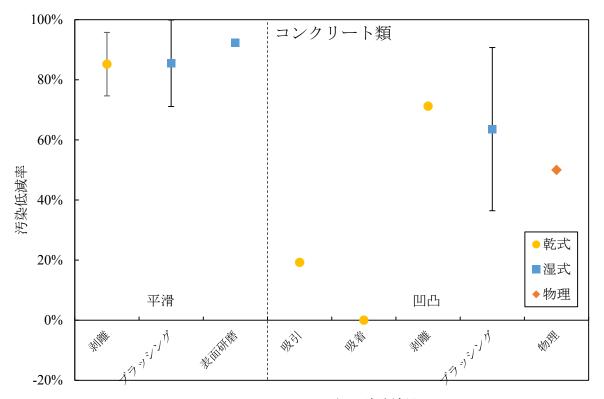


Fig. 11 コンクリート類の試験結果

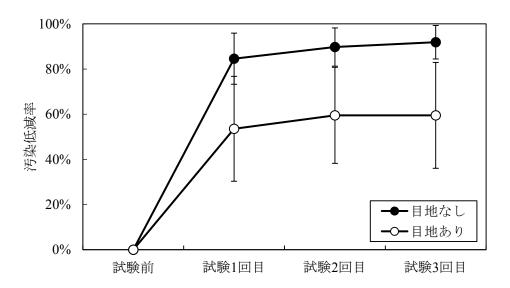


Fig. 12 タイルの目地の有無と試験回数による汚染低減率の違い

## 5) プラスチック類

平滑な部材としては風呂場の床,トイレの蓋,および電灯の笠,凹凸のある部材としては風呂場の床(表面にわずかな凹凸があるもの,およびFRP (繊維強化プラスチック)製の格子状の溝があるもの)を使用した。プラスチック類の試験結果をFig. 13に示す。

平滑なプラスチックの拭き取りにおいては、乾式または湿式に関わらず汚染低減率が非常に高かった(84%-98%)。ブラッシングおよび表面研磨を行うことで、拭き取りと同等またはそれ以上の汚染低減効果が期待される。凹凸のあるプラスチックにおいては、乾式および湿式の拭き取りによる汚染低減率は低く(それぞれ16%および44±16%)、わずかな凹凸であっても汚染低減効果に影響することがわかった。また、家庭用掃除機による吸引および粘着ローラーによる汚染低減率も低かった(それぞれ18%および35%)。一方、剥離用塗料、ブラッシング、および表面研磨の汚染低減率はいずれも90%以上と高く、作業の容易さから判断するとブラッシングまたは表面研磨が最も効率的であることがわかった。

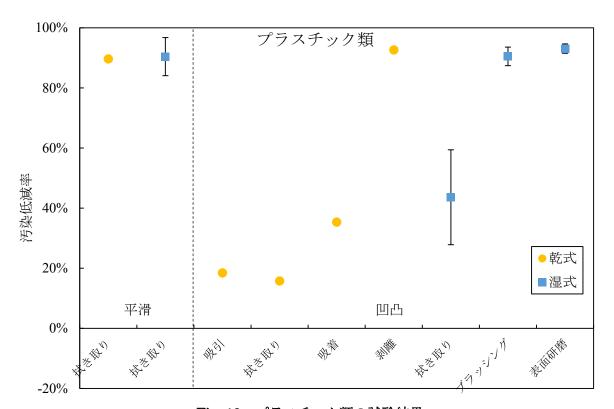


Fig. 13 プラスチック類の試験結果

## 6) 塩化ビニル類

塩化ビニル類としては、洗濯場の床シートおよびトイレの床シートを使用した。塩化ビニル類の試験結果をFig. 14に示す。

乾式の拭き取り、吸着、および湿式の拭き取りでは十分な汚染低減効果が得られなかった。これは床シート表面の細かな凹凸に付着した汚染が拭き取りでは十分に除去できないことを示している。一方、剥離用塗料、ブラッシング、および表面研磨による汚染低減率はそれぞれ88%-96%、91%-98%、86%-99%となり、計数率も200 cpm程度まで低減した。これにより、剥離用塗料を凹凸部に密着させるかブラシや不織布等により凹凸部の汚染を浮き立たせてから拭き取ることで、わずかな凹凸部に付着した汚染を効果的に除去することができることがわかった。塩化ビニル類に対する湿式の手法については洗剤の性質および機材の違いによる汚染低減率の違いも検討した(詳細は3.2に記述)。

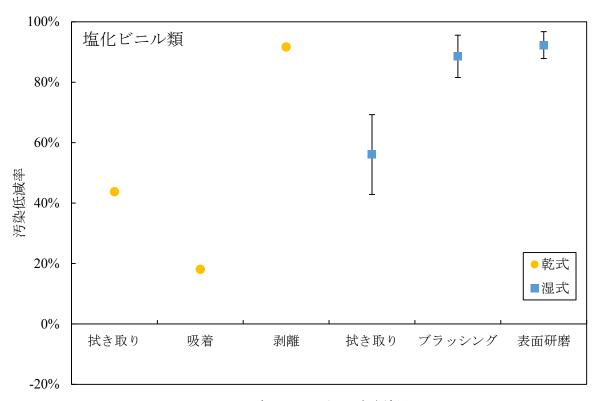


Fig. 14 塩化ビニル類の試験結果

## 7) 金属類

金属としてはステンレス製のシンクおよびアルミサッシ、ホーローとしてはガスレンジの天板および洗面台を使用した。金属類の試験結果をFig. 15に示す。

金属については、乾式および湿式の拭き取りによる汚染低減率に顕著な差はなく、それぞれ66%-80%および66%-89%と比較的高い効果を示した。表面研磨による汚染低減率は93%となり、拭き取りよりも効果的であった。ホーローについては、湿式の拭き取りによる汚染低減率が62±31%となりばらつきが大きかった。これは本試験で使用した洗面台に垢等の付着物があり、拭き取りにより付着物が取り除けなかったことで、洗面台の汚染低減率が低くなったためである(ガスレンジで86%-89%、洗面台で30%-40%)。表面研磨による汚染低減率はガスレンジで88%、洗面台で87%となったため、表面研磨により付着物ごと取り除くことで汚染低減効果が高くなることがわかった。

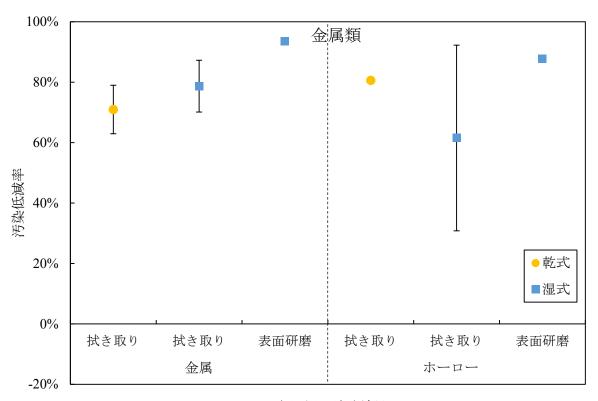


Fig. 15 金属類の試験結果

#### 8) その他

その他の部材として合皮製のソファーの試験を行った。試験結果をFig. 16に示す。

湿式の拭き取りにより合皮表面に固着した汚染を取り除くことは困難であった。不織布による表面研磨では汚染低減率が77%となり効果的であったが、合皮表面を傷めないよう注意が必要である。繊維類の結果から、カーテンのように洗濯できるものであれば汚染低減率がさらに高くなると推定される。

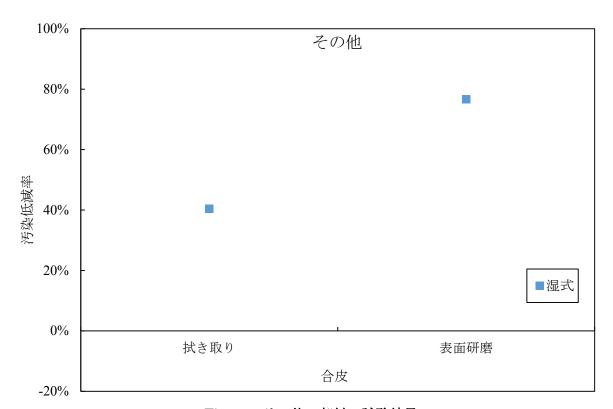


Fig. 16 その他の部材の試験結果

## 3.1.2 各手法の特徴と適用性

これまでの試験結果から、各手法の特徴と適用すべき部材についての概観を述べる。家庭用掃除機による吸引は、ガラスのように汚染が部材内に浸透せず表面に乗っているだけの状態の場合にはある程度の効果があるが、そうでない場合にはほとんど効果がなかった。乾式の拭き取りは、ガラスや平滑なプラスチック等に対しては80%程度またはそれ以上の汚染低減効果があった。但しFig. 17に示す通り、同一の部材では乾式の拭き取りよりも湿式の拭き取りの方が効果的であることが多かった。粘着ローラーは全体としてあまり効果的ではなく、放射性物質による汚染の低減には不向きであることがわかった。剥離用塗料は、拭き取り等で取り除くことが難しい凹凸面の汚染の低減効果が高いことがわかった。しかしながら剥離用塗料自体が高価であるため、湿式のブラッシングや表面研磨を行えない部材や、行為による汚染の飛散(二次汚染)が懸念される場所(e.g. 天井裏等)にのみ使用することが現実的であると考えられる。湿式のブラッシングや表面研磨は、凹凸のある部材に対し、拭き取りよりも効果的であった。但し凹凸のある部材は拭き斑が生じやすいため、汚染低減率のばらつきが大きくなる傾向があった。また、対象物に垢やさび等の

一般的な汚染が付着している場合,ブラッシングまたは表面研磨により付着物そのものを取り除くことが放射性物質の除去として有効であることがわかった。物理的な剥離は部材表面とともに汚染そのものを取り除くため効果的であるが、部材の機能を損なう可能性があるため実施には注意が必要である。耐水性のある部材であればブラッシングもしくは表面研磨が有効であった。

全体の傾向として、ガラスやタイル、プラスチック、および金属等、表面が平滑で吸水性のない部材は、乾式および湿式を問わず拭き取りによって大部分の汚染を除去できることがわかった。 一方表面が平滑であっても木材類のように吸水性のある部材は、拭き取りによる汚染低減率が小さく、またその効果のばらつきも大きいことがわかった。

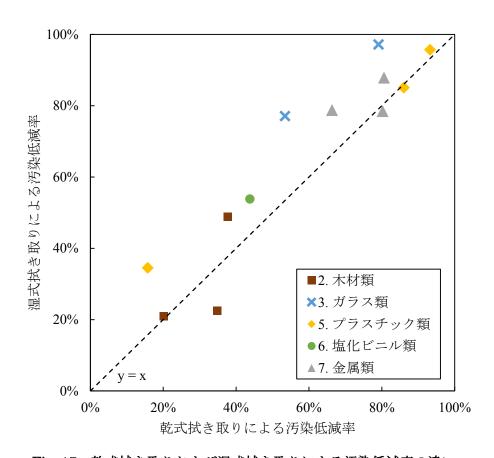


Fig. 17 乾式拭き取りおよび湿式拭き取りによる汚染低減率の違い

## 3.2 洗剤の化学的性質による汚染低減率の違い

ここでは、湿式のブラッシングにおける洗剤の有無および洗剤の化学的性質(中性、酸性、またはアルカリ性)による汚染低減率の違いに着目した。また表面研磨による試験結果も同時に比較した。木材類、コンクリート類(平滑および凹凸)、プラスチック類、および塩化ビニル類に対して行った試験の結果をFig. 18に示す。水、中性洗剤、酸性洗剤、およびアルカリ性洗剤の結果はブラッシングの試験結果であり、斜線で示した結果は不織布研磨剤等を用いて行った表面研磨の試験結果である。木材類ではブラッシングよりも表面研磨の方がはるかに汚染低減率が高かった。一方、プラスチック類および塩化ビニル類では洗剤の有無や性質、および試験の手法によらず汚染低減率が高かった。コンクリート類については水を用いたブラッシングよりも洗剤を用いたブラ

ッシング,洗剤を用いたブラッシングよりも表面研磨の方が汚染低減率が高かった。全体として, 洗剤の化学的性質による汚染低減率の違いは見られなかった。また,表面研磨はいずれの洗剤を 用いたブラッシングよりも汚染低減率が高く,洗剤の化学的性質の違いよりも手法の違いが結果 に大きく影響する可能性を示した。

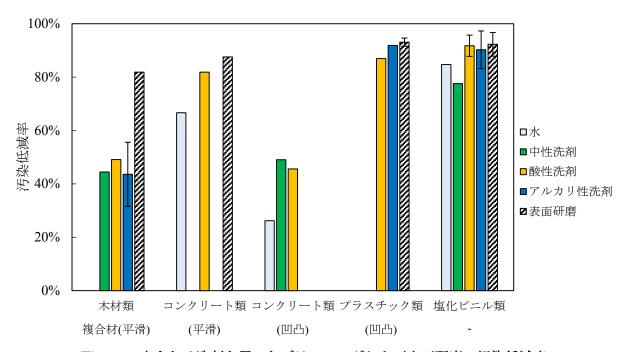


Fig. 18 水または洗剤を用いたブラッシングおよび表面研磨の汚染低減率

## 3.3 剥離用塗料の擦り込みの効果

木材類およびコンクリート類については剥離用塗料の擦り込みの有無による汚染低減率の違いを検証した。擦り込みなしの試験片では、剥離用塗料を厚さ1 mm程度塗布し、乾燥させてから剥離した。擦り込みありの試験片では、剥離用塗料を厚さ1 mm程度塗布後、不織布研磨剤等で塗料を部材に擦り込み、さらに塗料を塗り直したのち、乾燥させて剥離した。同一部材に対して試験を行い、擦り込みの有無による汚染低減率の違いを比較した結果をFig. 19に示す。全ての試験において、擦り込みを行った場合の汚染低減率は擦り込みを行わなかった場合の汚染低減率より高くなった。また試験1回目から3回目までのいずれも、擦り込みの有無による汚染低減率の違いには統計的な有意差が認められた。試験回数による汚染低減率の変化をFig. 20に示す。図中の誤差範囲は部材による汚染低減率の違いに起因するものである。Fig. 20より、擦り込みを行わなかった場合は試験を繰り返すごとに汚染低減率が高くなっていく一方、擦り込みを行った場合は1回目の試験により汚染低減率がほぼ飽和していた。以上の結果から、剥離用塗料を用いる際は、擦り込みを行わずに複数回行為を繰り返すよりも擦り込みを行って1回で除染する方が効率的であることがわかった。但し表面が柔らかい木材類等の場合は、擦り込みにより部材表面を傷つけ、汚染の低減をさらに困難にする可能性があるため注意が必要である。

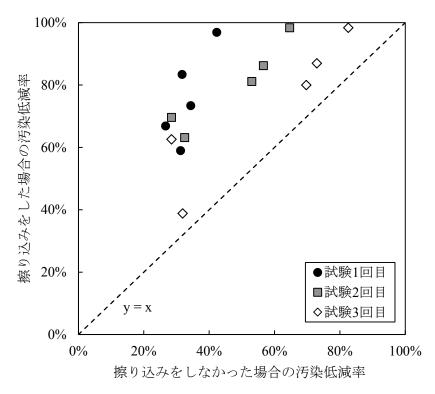


Fig. 19 剥離用塗料の擦り込みの有無による汚染低減率の違い

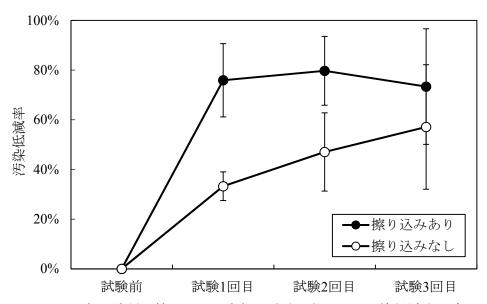


Fig. 20 剥離用塗料の擦り込みの有無と試験回数による汚染低減率の違い

## 3.4 1回の行為による汚染低減率と最適な汚染低減手法

本試験では同一部材に対して各手法を1-4回繰り返し実施したが,実際に様々な部材の清掃を行うことを想定すると,1回の行為による汚染低減率が高い手法を用いることが重要となる。1回の行為による各部材の汚染低減率をTable 5にまとめた。汚染低減率が著しく低い組み合わせの場合,行為を繰り返すことにより二次汚染が発生する場合があるため,必ずしも複数回の試験後の方が汚染低減率が高いとは限らない。

Table 5 1回の行為による各部材の汚染低減率

			乾式			湿式			物理
	1	ii	iii	iv	>	Vi	vii	viii	ix
	吸引	拭き取り	吸着	剥廃	拭き取り	ブラッシング	表面研磨	洗濯	剥離
1. 繊維類									
4 十 十	-0.93%	ı	ı	ı	1	1	1	%68	1
板状	-8.9%	10%	1	1	•	•	ı	ı	$98\% \pm 1.1\%$
2. 木材類									
複合材(平滑)	-3.4%	7.0%	10%	$54\% \pm 19\%$	$29\% \pm 21\%$	$39\% \pm 8.1\%$	45%	ı	1
複合材(凹凸)	9.1%	4	4.0%	$50\% \pm 25\%$	24%	,	ı	ı	1
無垢材(平滑)	1	34%	$17\% \pm 9.5\%$	$60\% \pm 23\%$	44%		%19	ı	44%
無垢材(凹凸)	1	ı	11%	,	1		ı	1	36%
3. ガラス類									
ガラス	28%	74%	ı	,	%06		%86	1	1
網網	1	53%	ı	1	73%	,	ı	ı	1
4. コンクリート類									
製士	1			$64\% \pm 31\%$	•	$79\% \pm 19\%$	%68	ı	ı
딘	19%	ı	%0	61%	•	$56\% \pm 24\%$	ı	ı	20%
5. プラスチック類									
製士	1	78%	ı	ı	$88\% \pm 5.2\%$	•	1	ı	1
<u> </u>	3.5%	16%	7.9%	%08	$34\% \pm 6.7\%$	$83\% \pm 7.5\%$	$89\% \pm 1.3\%$	1	1
6. 塩化ビニル類									
	,	30%	6.5%	81%	$52\% \pm 15\%$	$84\% \pm 8.8\%$	$82\% \pm 1.3\%$	,	ı
7. 金属類									
金属	,	$61\%\pm12\%$	ı	ı	$71\% \pm 9.2\%$	1	93%	,	ı
ーローや	1	%02	1	ı	$59\% \pm 30\%$	1	71%	1	ı
8. その街									
合皮	1			ı	40%	1	%89	,	ı

これらの結果から推定される最適な手法をTable 6に示した。但し最適といっても、板状の繊維類(畳)や凹凸のある木材類等、いずれの手法を用いても十分に汚染を低減できない部材もあった。繊維類(布状)、ガラス、コンクリート類(平滑)、プラスチック類、塩化ビニル類、および金属については、Table 6に示す手法を用いることで概ね十分に汚染を低減できることがわかった(90%程度)。また本試験において試さなかった手法を用いることで表中の値よりさらに高い汚染低減率が見込まれる場合もあった(e.g. 陶器に対する表面研磨、コンクリート(凹凸)に対する表面研磨等)。

最適な手法では1回の行為によって汚染低減率が飽和する場合が多いが、1回目の試験後より2回目以降の試験後の計数率がより小さくなり、行為を繰り返すことで汚染低減率が向上する場合も見受けられた(アスタリスクを付記)。但しこれは1回目の試験後と複数回の試験後の汚染低減率に統計的有意差があったものを指し、汚染低減効果として実質的な違いがあるとは限らない。複合材(平滑)に対する表面研磨の汚染低減率は、1回目の試験後で45%だったのに対し3回目の試験後で82%となった。また無垢材(凹凸)に対する物理的な剥離では、1回目の試験後で36%だったのに対し4回目の試験後で79%となり、行為の繰り返しにより汚染低減率が飛躍的に向上した。コンクリート(凹凸)に対するブラッシングでは、3回の試験による汚染低減率が1回目の1.2倍程度となった。プラスチック(凹凸)に対する表面研磨では1回の試験による汚染低減率が十分に高かったが、2回目の試験によりさらに数%向上した。塩化ビニル類についても表面研磨の繰り返しにより汚染低減率が1.2倍程度となった。この結果から、木材類のように部材の凹凸部に放射性物質が入り込んでいる場合は、行為を繰り返しても汚染低減率が飽和しないことがあることがわかった。また本試験のように試験前の部材の表面汚染密度が非常に高い場合は、拭き取りやブラッシング、表面研磨等によって汚染低減率がほぼ飽和することがわかった。

Table 6 最適な汚染低減手法

分	類	最適な汚染低減手法	1回目の 汚染低減率	備考
1.	繊維類			
	布状	viii) 湿式(洗濯)	82%–96%	
	板状	ix) 物理(剥離)	$98\% \pm 1.1\%$	畳としての機能を損なうため、効果を得るた
		, =(,		めには畳表の張り替えを行う必要がある。
2.	 木材類			
		iv) 乾式(剥離)	$64\% \pm 7.0\%$	剥離用塗料の擦り込みあり。
	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	vii) 湿式(表面研磨)	45% *	塗料の価格と部材の耐水性を考慮すべき。
	複合材(凹凸)	, , , ,	39%–79%	剥離用塗料の擦り込みあり。
		iv) 乾式(剥離)	67%	剥離用塗料の擦り込みあり。
	XW 24 ( 1 113)	vii) 湿式(表面研磨)	71%–76%	塗料の価格と部材の耐水性を考慮すべき。
	無垢材(凹凸)	ix) 物理(剥離)	36% *	剥離により本来の機能を損なわないように注
	Well-11(DD)	1V) 125-T(4/19tr)	3070	意が必要。
3	ガラス類			
٥.	ガラス	v) 湿式(拭き取り)	84%–96%	表面研磨はガラスを傷つける恐れがあるため
		vii) 湿式(表面研磨)	98%	注意が必要。
	陶器	v) 湿式(拭き取り)	64%-81%	表面研磨はさらに高い効果が見込まれる。
4	コンクリート	··· <del>-</del> ·································	01/0 01/0	ZEE 37213C 2121A. 792KV 212 S. V. V.
١.	平滑	vii) 湿式(表面研磨)	84%–95%	タイルの目地の除染を行うことが重要。
	四凸	vi) 湿式(ブラッシング)		
	шш	(1) (MEP (() / ) ( ) ( ) )	2070 - 2170	タイルの目地の除染を行うことが重要。
5	 プラスチック教	 盾		7 17 9 日祖初版本已刊 7 CC 8 里文。
٥.	平滑	〜 v) 湿式(拭き取り)	88% + 5.2%	ブラッシングや表面研磨はさらに高い効果が
	1 113	v) (=== v(1×(C ×(× ))	0070 = 3.270	見込まれる。
	凹凸	vii) 湿式(表面研磨)	89% ± 1.3% *	· · · · ·
6	<u>塩化ビニル類</u>	VII) 歷2((公田初海)	07/0 = 1.3/0	
٠.		vi) 湿式(ブラッシング)	$84\% \pm 8.8\%$	
		vii) 湿式(表面研磨)	82% ± 13% *	
7.				
. •	金属	vii) 湿式(表面研磨)	93%	
	ホーロー	vii) 湿式(表面研磨)	56%-86%	
8.	 その他	/(* - pad :// */H/)		
٠.	合皮	vii) 湿式(表面研磨)	68%	
_		17 上 10 江外(江) 十去 25 户 [		

<sup>\*</sup> 行為の繰り返しにより汚染低減率が向上したもの

### 4. まとめ

1F事故で放出された放射性物質により汚染された家屋の壁や床,窓などを構成するひとつひとつの部材について容易に汚染を低減できる手法を整備するために,様々な部材に対して拭き取り等の試験を実施し,汚染低減率の調査を行った。本試験で用いた部材は大きく分けて 1. 繊維類, 2. 木材類, 3. ガラス類, 4. コンクリート類, 5. プラスチック類, 6. 塩化ビニル類, 7. 金属類, 8. その他 の8種類であり,試験の手法は i. 乾式(吸引), ii. 乾式(拭き取り), iii. 乾式(吸着), iv. 乾式(剥離), v. 湿式(拭き取り), vi. 湿式(ブラッシング), vii. 湿式(表面研磨), viii. 湿式(洗濯), ix. 物理(剥離)の9種類である。各手法を繰り返し行い,その汚染低減率の結果から各部材に対する最も適切な汚染低減手法を推定した。また,湿式(ブラッシングおよび表面研磨)および剥離用塗料においては,その手順による汚染低減率の違いについて詳細に調査した。

カーテンなど布状の部材は洗濯することにより十分に汚染を低減することができた。畳は通常の手法で汚染を十分に低減することが困難で、畳表を張り替えることが最も合理的であると考えられる。木材類は剥離用塗料、表面研磨、および物理的な剥離が比較的効果的であったが、最適な手法は一概には言えないため、部材の表面状態および作業効率等を考慮して判断することが望ましいと考えられる。ガラス類は乾式および湿式を問わず、拭き取りが効果的であった。コンクリート類はブラッシングおよび表面研磨が効果的であった。またタイルの有無により汚染低減効果が大きく異なることがわかった。プラスチック類、塩化ビニル類、および金属類は、ブラッシングおよび表面研磨が最も効果的であると考えられる。その他の部材として使用した合皮に対しては表面研磨が最も効果的であったが、大きさや素材によっては洗濯の方が効果的であると考えられる。ブラッシングでは、水よりも洗剤を用いたほうが効果的であったが、洗剤の化学的性質による違いはみられなかった。また表面研磨はブラッシングよりも汚染低減率が高く、洗剤の化学的性質の違いではなく手法の違いが汚染低減率に影響することがわかった。剥離用塗料は塗布後の擦り込みを行うことで汚染低減率が高くなり、1回の行為により汚染低減率がほぼ飽和することがわかった。

最後に、本試験は旧警戒区域(現在の帰還困難区域)内で実施されており、時間的および物質的に非常に限られた中で行われたものである。よって、各部材について実施できなかった手法が多々あり、その部分についてはこれまでの経験から類推する他ない。また本試験は、一般的な家屋にある可能な限り多くの種類の部材に対して、簡易的な手法によって汚染を低減することを念頭においているため、部材表面の粗さや拭き取り時にかける荷重等を定量的に評価しているわけではない。よって、別の家屋において試験を行った際にはここで提示した汚染低減率の数値と必ずしも一致するとは限らない点に注意が必要である。

### 謝辞

本試験で使用した試験片は、福島県大熊町の帰還困難区域(旧警戒区域)内にある2軒の家屋において採取されたものです。震災および1F事故による被害で大変な思いをされている中で、本試験のために御協力をいただきました2軒の家屋の所有者の方々に心より感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) Nuclear Emergency Response Headquarters, Report of Japanese Government to the IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety The Accident at TEPCO's Fukushima Nuclear Power Stations –, 2011, http://japan.kantei.go.jp/kan/topics/201106/iaea houkokusho e.html (accessed 2017.1.31).
- 2) Sanada, Y., Sugita, T., Nishizawa, Y., Kondo, A. and Torii, T., The aerial radiation monitoring in Japan after the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident, Progress in Nuclear Science and Technology, 4, 2014, pp. 76–80.
- 3) Fukushima Prefecture, Fukushima Prefecture Radioactivity measurement map, 2016, http://fukushima-radioactivity.jp/pc/ (accessed 2017.1.31).
- 4) Sugihara, S., Momoshima, N., Maekawa, A., Ichikawa, R. and Kawamura H., Distribution of gamma-ray dose rate in Fukushima prefecture by a car-borne survey method, Proceedings of the international symposium on environmental monitoring and dose estimation of residents after accident of TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Stations, Topics 1-08, 2013.
- 5) Ministry of Economy, Trade and Industry, Evacuation Areas, 2015, http://www.meti.go.jp/englis h/earthquake/nuclear/roadmap/evacuation areas.html (accessed 2017.1.31).
- 6) 経済産業省, 避難指示区域の概念図と各区域の人口及び世帯数 (平成 28 年 7 月 12 日時点), http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/kinkyu/hinanshiji/2016/pdf/0712gainenzu02.pdf (accessed 2017.1.31).
- 7) 福島県, 平成 23 年東北地方太平洋沖地震による被害状況即報(第 1659 報), http://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/shinsai-higaijokyo.html (accessed 2017.1.31).
- 8) 原子力安全委員会,今後の避難解除、復興に向けた放射線防護に関する基本的な考え方について, http://www.kantei.go.jp/jp/singi/genshiryoku/dai18/18 11 gensai.pdf (accessed 2017.1.31).
- 9) ICRP, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103, Ann. ICRP 37, 2007, (2-4).
- 10) 原子力災害対策本部, 除染に関する緊急実施基本方針, https://www.env.go.jp/council/10dojo/y100-29/ref02-04.pdf (accessed 2017.1.31).
- 11) 平成23年8月30日法律第110号, 平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法, http://www.env.go.jp/jishin/rmp/attach/law\_h23-110a.pdf (accessed 2017.1.31).
- 12) 日本原子力研究開発機構, 平成 23 年度 福島第一原子力発電所事故に係る福島県除染ガイドライン作成調査業務 報告書, http://www.jaea.go.jp/fukushima/kankyoanzen/guideline\_report.html (accessed 2017.1.31).
- 13) 日本原子力研究開発機構,福島第一原子力発電所事故に係る避難区域等における除染実証業務 報告書, https://www.jaea.go.jp/fukushima/kankyoanzen/d-model\_report.html (accessed 2017.1.31).
- 14) Miyahara, K., Tokizawa, T. and Nakayama, S., Decontamination pilot projects; Building a knowledge base for Fukushima environmental remediation. Materials Research Society Symposium Proceedings, 1518, 2013, pp. 245–256.

補足資料1:各試験片の測定データ(1/6)

						47.7	1	,		1,	1	ĺ
( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )		<b>学</b> 鱼香	# #	- + + 507	,	ベータ祿計数率(cpm)	:計数率(	(cpm)		75%	汚染썹减率	
力操		<b>刈</b> 柔物	十江		作業前	1回目 2	2回目 3	3回目 4回	目 1回	目 2回目	3回目	4回目
	布状	カーテン	i) 乾式(吸引)	家庭用掃除機	1070	1080	1080		-0.93	-0.93% -0.93%	%	
	布状	カーテン	viii) 湿式(洗濯)	洗濯用洗剤	1670	70			%96	<b>\</b> 0		
	布状	カーテン	viii) 湿式(洗濯)	洗濯用洗剤	280	50			82%	<b>\</b> 0		
-	板状	一一	i) 乾式(吸引)	家庭用掃除機	3650	4650	2980	3100	-27%	% 18%	15%	
. ‡	板状	山	i) 乾式(吸引)	家庭用掃除機	3150	2850	2650		10%	6 16%		
簑 ‡	板状	画	ii) 乾式(拭き取り)	化学雑巾			7	2570*			18%*	
荒 芹	板状	山	iii) 乾式(吸着)	粘着ローラー				*0992	*0			16%*
¥	板状	直	ii) 乾式(拭き取り)	化学雑巾	2420	2170			10%	<b>,</b> 0		
	板状	直	ix) 物理(剥離)	カッターナイフ	2680	80			%26	<b>,</b> 0		
	板状	山	ix) 物理(剥離)	カッターナイフ	4950	40			%66	<b>\0</b>		
	板状	量	ix) 物理(剥離)	カッターナイフ	2160	40			%86	<b>\</b> 0		
	複合材(平滑)	フローリング	i) 乾式(吸引)	家庭用掃除機	1450	1500	1570	1530 15.	530 -3.4%	% -8.3%	% -5.5%	-5.5%
	複合材(平滑)	フローリング	ii) 乾式(拭き取り)	紙ウエス	2700	2290	1680	1730 17.	1730 15%	%88%	36%	36%
	複合材(平滑)	フローリング	ii) 乾式(拭き取り)	化学雑巾	1650	1670	1670	1670 15	1580 -1.2%	% -1.2%	6 -1.2%	4.2%
	複合材(平滑)	フローリング	iii) 乾式(吸着)	粘着ローラー	1470	1330	1330	1290 1190	90 10%	6 10%	12%	19%
	複合材(平滑)	フローリング	iv) 乾式(剥離)	剥離用塗料	1650	1210	1180	1180	27%	6 28%	28%	
7.	複合材(平滑)	フローリング	iv) 乾式(剥離)	剥離用塗料+不織布研磨材	2220	640	500		71%	% 17%		
+	複合材(平滑)	フローリング	iv) 乾式(剥離)	剥離用塗料+不織布研磨材	1230	460	470	460	9%	62%	63%	
*	複合材(平滑)	棚	iv) 乾式(剥離)	剥離用塗料+不織布研磨材	2900	1240	810		27%	6 72%		
操	複合材(平滑)	フローリング	v) 湿式(拭き取り)	水+濡らした紙ウエス	1760	1730	1780	1690 1490	90 1.7%	% -1.1%	%0.4.0%	15%
	複合材(平滑)	棚	v) 湿式(拭き取り)	水+濡らした紙ウエス	3570	2100	1880	1690 1690	90 41%	6 47%	53%	53%
	複合材(平滑)	フローリング	v) 湿式(拭き取り)	アルカリ性洗剤+濡らした紙ウエス	1320	970	970	970	27%	6 27%	27%	
	複合材(平滑)	棚	v) 湿式(拭き取り)	アルカリ性洗剤+濡らした紙ウエス	2830	1460	1180	1080 700	0 48%	%85 %	62%	75%
	複合材(平滑)	棚	vi) 湿式(ブラッシング)	中性洗剤+ブラシ	3620	2160	2010	2010	40%	6 44%	44%	
	複合材(平滑)	棚	vi) 湿式(ブラッシング)	酸性洗剤+ブラシ	3970	2320	2430	1920 2020	20 42%	%68 %	52%	49%
1	1100 多用书头	1 1 2	十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二		-	1 /	,					

\* 手法変更後の計数率および汚染低減率。汚染低減率は作業前(手法変更前)の計数率との比から計算。

補足資料1:各試験片の測定データ(2/6)

							1				]	1	
小茶		华金香	Н Ж	- -	`	ドータ形	ベータ線計数率(cpm)	s(cpm)			<b>/</b> / / / / / / / / / / / / / / / / / /	滅率	
乙類		NJ 张彻	T/I		作業前	1回目	2回目	3回目	4回目	1回目	2回目	3回目	4回目
	複合材(平滑)	フローリング	vi) 湿式(ブラッシング)	アルカリ性洗剤+ブラシ	1350	1000	1000	006		26%	79%	33%	
	複合材(平滑)	棚	vi) 湿式(ブラッシング)	アルカリ性洗剤+ブラシ	2880	1760	1850	1710		39%	36%	41%	
	複合材(平滑)	棚	vi) 湿式(ブラッシング)	アルカリ性洗剤+ブラシ	4280	2220	1950	1910	1850	48%	54%	25%	21%
	複合材(平滑)	フローリング	vii) 湿式(表面研磨)	アルカリ性洗剤+不織布研磨材	1930	1070	700	350		45%	64%	82%	
	複合材(凹凸)	ベニヤ板	i) 乾式(吸引)	家庭用掃除機	2750	2500	2300	2300	2300	9.1%	16%	16%	16%
	複合材(凹凸)	ベニヤ板	ii) 乾式(拭き取り)	紙ウエス	3180	3030	3030	2980	2990	4.7%	4.7%	6.3%	%0.9
	複合材(凹凸)	ベニヤ板	ii) 乾式(拭き取り)	化学雑巾	3500	2350	1980	1830	1780	33%	43%	48%	49%
	複合材(凹凸)	ベニヤ板	iii) 乾式(吸着)	粘着ローラー	2470	2370	2500	2300	2200	4.0%	-1.2%	%6.9	111%
	複合材(凹凸)	ベニヤ板	iv) 乾式(剥離)	剥離用塗料	1600	1100	1080	1090		31%	33%	32%	
	複合材(凹凸)	ベニヤ板	iv) 乾式(剥離)	剥離用塗料+不織布研磨材	2800	009	400			%62	%98		
,	複合材(凹凸)	ベニヤ板	iv) 乾式(剥離)	剥離用塗料+不織布研磨材	1700	1030	1010	1040		39%	41%	39%	
·i †	複合材(凹凸)	ベニヤ板	v) 湿式(拭き取り)	水+濡らした紙ウエス	2540	1940	1960	1670	1970	24%	23%	34%	22%
← ‡	無垢材(平滑)	を手が	ii) 乾式(拭き取り)	化学雑巾	3020	1980	1880	1880		34%	38%	38%	
乞 潜	無垢材(平滑)	手手の	iii) 乾式(吸着)	粘着ローラー	2640	2040	1740	1760		23%	34%	33%	
¥	無垢材(平滑)	田翁	iii) 乾式(吸着)	粘着ローラー	3410	3210	3220			5.9%	5.6%		
	無垢材(平滑)	手すり	iii) 乾式(吸着)	粘着ローラー	3020	2360				22%			
	無垢材(平滑)	手すり	vii) 湿式(表面研磨)	アルカリ性洗剤+不織布研磨材			*077				75%*		
	無垢材(平滑)	手すり	iv) 乾式(剥離)	剥離用塗料	1980	1300	930	009		34%	53%	%02	
	無垢材(平滑)	手すり	iv) 乾式(剥離)	剥離用塗料+不織布研磨材	1600	470	330	320		71%	%62	%08	
	無垢材(平滑)	手すり	iv) 乾式(剥離)	剥離用塗料+不織布研磨材	2810	029	480			%9/	83%		
	無垢材(平滑)	を手が	v) 湿式(拭き取り)	水+濡らした紙ウエス	3010	1980	1880	1780		34%	38%	41%	
	無垢材(平滑)	手すり	v) 湿式(拭き取り)	アルカリ性洗剤+濡らした紙ウエス	3820	1750	1650			54%	21%		
	無垢材(平滑)	王統	ix) 物理(剥離)	かんな	3220	1800	1400	1200	840	44%	57%	63%	74%
	無垢材(凹凸)	神棚	iii) 乾式(吸着)	粘着ローラー	1480	1310	1320			11%	11%		
	無垢材(凹凸)	神棚	ix) 物理(剥離)	かんな	1320	850	092	430	280	36%	42%	%29	%62
"	ガラス	ガラス棚	i) 乾式(吸引)	家庭用掃除機	3620	2610	1340	1180		28%	63%	%29	
Ċ.	ガラス	ガラス棚	ii) 乾式(拭き取り)	化学雑巾	4210	1080	880	880		74%	%62	79%	
\ <del> </del>	** 本本	* 干汗 亦 而 % 免 引 券 办 计 7 7 7 7 7 7 1 4 1 4		に対してはなって、生性の人工を引きませた。 こうかん こうかん こうかん こうかん こうかん こうかん こうかん こうかん	7 × 17 0 .	111 人	₽u						

\* 手法変更後の計数率および汚染低減率。汚染低減率は作業前(手法変更前)の計数率との比から計算。

補足資料1:各試験片の測定データ(3/6)

		,			1	11 1267				1 1 1	1 1	
果今	<b>社</b> 鱼协	######################################	**************************************	,	ヘータ椒計数率(cbm)	水計数率	(cbm)			75米(広阪学	2000年	
J. A.	AJ 終133	7.1.	1/X/12)	作業前	1回目	2回目	3回目 4	4回目	1回目	2回目	3回目	4回目
ガラス	ガラス棚	v) 温式(拭き取り)	水+濡らした紙ウエス	3970	650	210	120	120	84%	%56	%26	%26
<ol> <li>ガラス</li> </ol>	ガラス棚	v) 湿式(拭き取り)	アルカリ性洗剤+濡らした紙ウエス	5000	220	140	140		%96	%26	%26	
ガラス	ガラス棚	vii) 湿式(表面研磨)	アルカリ性洗剤+不織布研磨材	5050	80				%86			
胸器	トイレのタンク	ii) 乾式(拭き取り)	化学雑巾	880	410				53%			
(基本) (基本) (基本) (基本) (基本) (基本) (基本) (基本)	トイレのタンク	v) 湿式(拭き取り)	水+濡らした紙ウエス	3050	590	410	310		81%	87%	%06	
類陶器	トイレのタンク	v) 湿式(拭き取り)	アルカリ性洗剤+濡らした紙ウエス	1150	410	410			64%	64%		
悬士	床タイル+目地	iv) 乾式(剥離)	剥離用塗料	4100	2800	1780	11110		32%	57%	73%	
土	床タイル	iv) 乾式(剥離)	剥離用塗料	3900	2250	1380	089		42%	%59	83%	
土湯	床タイル+目地	iv) 乾式(剥離)	剥離用塗料+不織布研磨材	5300	880	730	069		83%	%98	%28	
土湯	床タイル	iv) 乾式(剥離)	剥離用塗料+不織布研磨材	5500	170	06	06		%26	%86	%86	
上海	床タイル+目地	vi) 湿式(ブラッシング)	米+ブラシ	2490	1130	830	830		25%	%29	%29	
上海	床タイル	vi) 湿式(ブラッシング)	水+ブラシ	3060	210	120	130		93%	<b>%96</b>	<b>%96</b>	
本場	床タイル+目地	vi) 湿式(ブラッシング)	酸性洗剤+ブラシ	5620	1500	1220	1020		73%	%82	82%	
+. 十. 十. 十. 十. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1	床タイル	vi) 湿式(ブラッシング)	酸性洗剤+ブラシ	4830	290	110	110		94%	%86	%86	
まり、	床タイル+目地	vii) 湿式(表面研磨)	研磨剤+ブラシ	5300	850	850	099		84%	84%	%88	
大学	床タイル	vii) 湿式(表面研磨)	研磨剤+ブラシ	4830	250	140	140		%56	%26	%26	
	<b>立</b> 曜	i) 乾式(吸引)	家庭用掃除機	1560	1260				19%			
, <u>-</u> 石田	京壁	iii) 乾式(吸着)	粘着ローラー	1600	1600				%0			
년 되 - ~	床タイル+目地	iv) 乾式(剥離)	剥離用塗料+不織布研磨材	3240	1390	1000			27%	%69		
· 本	床タイル	iv) 乾式(剥離)	剥離用塗料+不織布研磨材	4200	1470	1120			%59	73%		
横旧凸	床タイル+目地	vi) 湿式(ブラッシング)	米+ブラシ	1260	1030	930	930		18%	26%	26%	
딘딘	床タイル	vi) 湿式(ブラッシング)	水+ブラシ	2040	590	450	450		71%	%82	%82	
딘딘	床タイル+目地	vi) 湿式(ブラッシング)	中性洗剤+ブラシ	2650	1400	1300	1350		47%	51%	46%	
딘딘	床タイル	vi) 湿式(ブラッシング)	中性洗剤+ブラシ	2750	450	350	200		84%	87%	93%	
딘딘	床タイル+目地	vi) 湿式(ブラッシング)	酸性洗剤+ブラシ	2850	1600	1400	1550		44%	51%	46%	
딘딘	床タイル	vi) 湿式(ブラッシング)	酸性洗剤+ブラシ	2600	092	460	260		71%	82%	%06	
日日	石膏ボード	ix) 物理(剥離)	カッターナイフ	100	50				%09			
5. 平滑	トイレの蓋	ii) 乾式(拭き取り)	化学雑巾	2150	450	300			%62	%98		

補足資料1:各試験片の測定データ(4/6)

1 1	4	3		,	ダイング	ベータ線計数率(cpm)	≅(cpm)			汚染低減率	減率	
分類	対象物	手法	機材	作業前	1回目	2回目	3回目	4回目	1回目	2回目	3回目	4回目
基本	電燈の笠	ii) 乾式(拭き取り)	化学雑巾	1630	380	250	110		77%	85%	93%	
上滑	トイレの蓋	v) 湿式(拭き取り)	水+濡らした紙ウエス	2050	320	320	320		84%	84%	84%	
水滑	電燈の笠	v) 湿式(拭き取り)	水+濡らした紙ウエス	1620	140	40			%16	%86		
大潘	トイレの蓋	v) 湿式(拭き取り)	アルカリ性洗剤+濡らした紙ウエス	1900	320	270			83%	%98		
上海	電燈の笠	v) 湿式(拭き取り)	アルカリ性洗剤+濡らした紙ウエス	1640	100				94%			
딘	風呂場の床	i) 乾式(吸引)	家庭用掃除機	2550	2460	2260	2180	2080	3.5%	11%	15%	18%
딘	風呂場の床	ii) 乾式(拭き取り)	化学雑巾	2350	1970	1980	1980	1980	16%	16%	16%	16%
5. 凹凸	風呂場の床	iii) 乾式(吸着)	粘着ローラー	2150	1980	1680	1490	1390	7.9%	22%	31%	35%
プロ品	風呂場の床	iv) 乾式(剥離)	剥離用塗料+不織布研磨材	2150	470	130			%82	94%		
ラ 四凸	風呂場の床(FRP)	iv) 乾式(剥離)	剥離用塗料+不織布研磨材	2300	420	200			82%	%16		
ス四凸	風呂場の床	v) 湿式(拭き取り)	水+濡らした紙ウエス	2550	1690	1590	1600	1600	34%	38%	37%	37%
チ 凹凸	風呂場の床(FRP)	v) 湿式(拭き取り)	水+濡らした紙ウエス	3000	2200	1820	1560	1560	27%	39%	48%	48%
シ 凹凸	風呂場の床(FRP)	v) 湿式(拭き取り)	水+濡らした紙ウエス	2270	1550				32%			
夕 凹凸	風呂場の床(FRP)	v) 湿式(拭き取り)	中性洗剤+濡らした紙ウエス	2830	1560	1060	870		45%	63%	%69	
類凹凸	風呂場の床	v) 湿式(拭き取り)	アルカリ性洗剤+濡らした紙ウエス	1320	880	006	006		33%	32%	32%	
딘딢	風呂場の床(FRP)	vi) 湿式(ブラッシング)	中性洗剤+たわし	2720	069	200			75%	93%		
딘딢	風呂場の床	vi) 湿式(ブラッシング)	酸性洗剤+ブラシ	1380	220	180			84%	87%		
딘딢	風呂場の床	vi) 湿式(ブラッシング)	アルカリ性洗剤+ブラシ	1720	180	140			%06	95%		
딘	風呂場の床(FRP)	vii) 湿式(表面研磨)	メラミンスポンジ	2480	280	180			%68	93%		
딘	風呂場の床(FRP)	vii) 湿式(表面研磨)	研磨剤+たわし	3740	330	200			91%	%56		
딘딢	風呂場の床	vii) 湿式(表面研磨)	酸性洗剤+不織布研磨剤	1680	200	150			%88	%16		
딘	風呂場の床	vii) 湿式(表面研磨)	アルカリ性洗剤+不織布研磨材	1630	170	100			%06	94%		
- '-	洗濯場の床	ii) 乾式(拭き取り)	化学雑巾	2810	1980	1680	1580	1580	30%	40%	44%	44%
姐:	洗濯場の床	iii) 乾式(吸着)	粘着ローラー	2600	2430	2130	2130		6.5%	18%	18%	
之 万 7	洗濯場の床	iv) 乾式(剥離)	剥離用塗料+不織布研磨材	2320	570	290			75%	%88		
ןן נ י	トイレの床	iv) 乾式(剥離)	剥離用塗料+不織布研磨材	3820	550	160			%98	%96		
- -	洗濯場の床	v) 湿式(拭き取り)	水+濡らした紙ウエス	2520	1180	1200			53%	52%		
. 類	トイレの床	v) 湿式(拭き取り)	水+濡らした紙ウエス	1370	420	420			%69	%69		

補足資料1:各試験片の測定データ(5/6)

					が一方給手券を	24十米十年	(000)			<b>汗光压</b> 油炭	が対対	
少 型	<b>学</b>	##	大路 大工	)	でして	水町数件	(cpm)			(7米/)	多多	
ン A	WI-WE [V	77. 1	1/8/1/2	作業前	1回目	2回目	3回目	4回目	1回目	2回目	3回目	4回目
ı	トイレの床	v) 湿式(拭き取り)	水+濡らした紙ウエス	2350	1540	1390	1190		34%	41%	46%	
ı	洗濯場の床	v) 湿式(拭き取り)	アルカリ性洗剤+濡らした紙ウエス	2440	1190	1090			51%	25%		
ı	トイレの床	v) 湿式(拭き取り)	アルカリ性洗剤+濡らした紙ウエス	086	260	210	210		73%	%62	%62	
ı	トイレの床	v) 湿式(拭き取り)	アルカリ性洗剤+濡らした紙ウエス	2330	1380	1290	1290		41%	45%	45%	
ı	トイレの床	v) 湿式(拭き取り)	アルカリ性洗剤+濡らした紙ウエス	1540	880				43%			
ı	洗濯場の床	vi) 湿式(ブラッシング)	米+ブラシ	4510	069				85%			
ı	洗濯場の床	vi) 湿式(ブラッシング)	中性洗剤+ブラシ	3950	850				%82			
ı	トイレの床	vi) 湿式(ブラッシング)	中性洗剤+ブラシ	1800	420				77%			
ı	洗濯場の床	vi) 湿式(ブラッシング)	酸性洗剤+ブラシ	5190	480				91%			
ı	洗濯場の床	vi) 湿式(ブラッシング)	酸性洗剤+ブラシ	3550	200	400	200		%98	%68	94%	
9	トイレの床	vi) 湿式(ブラッシング)	酸性洗剤+ブラシ	1800	250				%98			
祖-	トイレの床	vi) 湿式(ブラッシング)	酸性洗剤+ブラシ	880	09	30			93%	%16		
77	トイレの床	vi) 湿式(ブラッシング)	酸性洗剤+ブラシ	2220	780	350	200		%59	84%	91%	
ا للأ	洗濯場の床	vi) 湿式(ブラッシング)	アルカリ性洗剤+ブラシ	3300	640				81%			
1]	洗濯場の床	vi) 湿式(ブラッシング)	アルカリ性洗剤+ブラシ	1600	100	09			94%	%96		
, ,	トイレの床	vi) 湿式(ブラッシング)	アルカリ性洗剤+ブラシ	1940	330				83%			
<b>-</b> 類	トイレの床	vi) 湿式(ブラッシング)	アルカリ性洗剤+ブラシ	1040	50	20			%56	%86		
ı	トイレの床	vi) 湿式(ブラッシング)	アルカリ性洗剤+ブラシ	1740	480	180	130		72%	%06	93%	
ı	トイレの床	vi) 湿式(ブラッシング)	アルカリ性洗剤+ブラシ	1550	140				91%			
1	洗濯場の床	vii) 湿式(表面研磨)	研磨剤+ブラシ	4190	160				<b>%96</b>			
ı	トイレの床	vii) 湿式(表面研磨)	研磨剤+ブラシ	3910	540				%98			
ı	洗濯場の床	vii) 湿式(表面研磨)	酸性洗剤+不織布研磨剤	2830	650	430	240		77%	85%	95%	
ı	トイレの床	vii) 湿式(表面研磨)	酸性洗剤+不織布研磨剤	860	70	40			92%	%56		
ı	トイレの床	vii) 湿式(表面研磨)	酸性洗剤+不織布研磨剤	2220	540	500	300		%92	77%	%98	
1	洗濯場の床	vii) 湿式(表面研磨)	アルカリ性洗剤+不織布研磨材	2530	1000	999	220	170	%09	78%	91%	93%
ı	トイレの床	vii) 湿式(表面研磨)	アルカリ性洗剤+不織布研磨材	1370	20				%66			
1	トイレの床	vii) 湿式(表面研磨)	アルカリ性洗剤+不織布研磨材	2370	700	610	310	220	%02	74%	87%	91%
7. 金属	シンク	ii) 乾式(拭き取り)	化学雑巾	1770	440	400	350		75%	77%	%08	

補足資料1:各試験片の測定データ(6/6)

塩ン	4 4	# #	++30+		ドータ彩	ベータ線計数率(cpm)	₹(cpm)			汚染低減率	5減率	
分類	刈条物	于法	機化	作業前	1回目	2回目	3回目	4回目	1回目	2回目	3回目	4回目
金属	アルミサッシ	ii) 乾式(拭き取り)	化学雑巾	540	260	180	180		52%	%29	%29	
金属	アルミサッツ	ii) 乾式(拭き取り)	化学雑巾	200	220	170			%95	%99		
金属	シンク	v) 湿式(拭き取り)	水+濡らした紙ウエス	530	200	130	120		62%	75%	77%	
金属	アルミサッツ	v) 湿式(拭き取り)	水+濡らした紙ウエス	1450	530	500	200		63%	%99	%99	
金属	アルミキッツ	v) 温式(拭き取り)	水+濡らした紙ウエス	550	110	80	09		%08	85%	%68	
金属	シンク	v) 湿式(拭き取り)	アルカリ性洗剤+濡らした紙ウエス	1180	370	270	240		%69	77%	%08	
, 金属	アルミサッツ	v) 湿式(拭き取り)	アルカリ性洗剤+濡らした紙ウエス	880	160				82%			
(A) (B) (B) (B) (B) (B) (B) (B) (B) (B) (B	シンク	vii) 湿式(表面研磨)	中性洗剤+不織布研磨材	1230	80				93%			
五十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二	ガスレンジ	ii) 乾式(拭き取り)	化学雑巾	2320	700	450	450		%02	81%	81%	
巻かり	ガスレンジ	v) 湿式(拭き取り)	水+濡らした紙ウエス	2220	400	350	300		82%	84%	%98	
サーローや	洗面台	v) 湿式(拭き取り)	水+濡らした紙ウエス	3360	2350	2350	2350		30%	30%	30%	
サーローや	ガスレンジ	v) 湿式(拭き取り)	アルカリ性洗剤+濡らした紙ウエス	3830	460	410	410		%88	%68	%68	
サーローや	洗面台	v) 湿式(拭き取り)	アルカリ性洗剤+濡らした紙ウエス	3920	2440	2340			38%	40%		
サーローや	ガスレンジ	vii) 湿式(表面研磨)	アルカリ性洗剤+不織布研磨材	3500	500	410			%98	%88		
1 1 1 1	洗面台	vii) 湿式(表面研磨)	アルカリ性洗剤+不織布研磨材	3100	1370	006	700	400	%95	71%	77%	%28
8. 合皮	ソファー	v) 湿式(拭き取り)	水+濡らした紙ウエス	800	570	570			29%	29%		
との 女白	ソファー	v) 湿式(拭き取り)	アルカリ性洗剤+濡らした紙ウエス	1250	009	009			52%	52%		
他合皮	ソファー	vii) 湿式(表面研磨)	アルカリ性洗剤+不織布研磨材	2220	710	520	520		%89	77%	77%	

## 補足資料2:各部材の写真(1/3)

# 1. 繊維類



## 2. 木材類



#### 3. ガラス類



#### 補足資料2:各部材の写真(2/3)

## 4. コンクリート類









床タイル(平滑)

床タイル(凹凸)

京壁

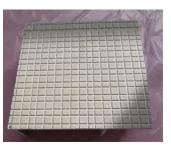
石膏ボード

#### 5. プラスチック類









トイレの蓋

電灯の笠

風呂場の床

風呂場の床(FRP)

#### 6. 塩化ビニル類







洗濯場の床

トイレの床

トイレの床

補足資料2:各部材の写真(3/3)

# 7. 金属類





シンク

アルミサッシ





ガスレンジ

洗面台

## 8. その他



ソファー

## 国際単位系(SI)

表 1. SI 基本単位

基本量	SI 基本i	単位
巫平里	名称	記号
長 さ	メートル	m
質 量	キログラム	kg
時 間	秒	s
電 流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光 度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位	
和工里	名称	記号
面	責 平方メートル	m <sup>2</sup>
体		$m^3$
速 さ , 速 月	まメートル毎秒	m/s
加 速 月		$m/s^2$
波	毎メートル	m <sup>-1</sup>
密度,質量密度	ま キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
面積密度	ま キログラム毎平方メートル	kg/m <sup>2</sup>
比 体 和	責 立方メートル毎キログラム	m³/kg
電流密度	まアンペア毎平方メートル	A/m <sup>2</sup>
磁界の強き	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 <sup>(a)</sup> ,濃厚	ま モル毎立方メートル	mol/m <sup>3</sup>
質 量 濃 月	ま キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
輝		cd/m <sup>2</sup>
出 切 半	b) (数字の) 1	1
比透磁率(	<sup>b)</sup> (数字の) 1	1

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

	回作の名称と記り	7 (1)(0		
			SI 組立単位	
組立量	名称	記号	他のSI単位による	SI基本単位による
	10 M	記り	表し方	表し方
平 面 角	ラジアン <sup>(b)</sup>	rad	1 (p)	m/m
立 体 角	ステラジアン <sup>(b)</sup>	$sr^{(c)}$	1 (b)	$m^2/m^2$
周 波 数	(d)	Hz		$s^{-1}$
力	ニュートン	N		m kg s <sup>-2</sup>
圧力,応力	パスカル	Pa	N/m <sup>2</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>
エネルギー、仕事、熱量	ジュール	J	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>
電荷,電気量	クーロン	С		s A
電位差 (電圧),起電力	ボルト	V	W/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
静 電 容 量	ファラド	F	C/V	$m^{-2} kg^{-1} s^4 A^2$
	オーム	Ω	V/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-2</sup>
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V	$m^{-2} kg^{-1} s^3 A^2$
磁束	ウエーバ	Wb	Vs	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
磁 束 密 度	テスラ	T	Wb/m <sup>2</sup>	kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
インダクタンス	ヘンリー	Н	Wb/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>
セルシウス温度	セルシウス度 <sup>(e)</sup>	$^{\circ}\!\mathbb{C}$		K
光	ルーメン	lm	cd sr <sup>(c)</sup>	cd
	ルクス	lx	$lm/m^2$	m <sup>-2</sup> cd
放射性核種の放射能 (f)	ベクレル <sup>(d)</sup>	Bq		$s^{-1}$
吸収線量, 比エネルギー分与,	グレイ	G	T/l	$m^2 s^{-2}$
カーマ	2 24	Gy	J/kg	m s
線量当量,周辺線量当量,	. (-)	_	7.0	9 -9
方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト <sup>(g)</sup>	Sv	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
	カタール	kat		s <sup>-1</sup> mol
Charlest Control of the Control of t			to the second second second	mm > f t = > >>f f t = >

- 酸素活性|カタール kat simple

  (a)SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。
  (b)ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、患についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。
  (c)測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。(d)へルソは周朝現象についてのみ、ペクレルは放射性接種の統計的過程についてのみ使用される。(d)セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度開局を表す数値はどもらの単位で表しても同じである。(f)放射性核種の放射能(activity referred to a radionuclide)は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。(g)単位シーベルト(PV,2002,70,205)についてはCIPM動告2(CI-2002)を参照。

表 4 単位の中に因有の名称と記号を含むSI組立単位の例

表 4. 単位 0.	)中に固有の名称と記号を含		立の例
	S.	I 組立単位	
組立量	名称	記号	SI 基本単位による 表し方
粘度	パスカル秒	Pa s	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-1</sup>
カのモーメント	ニュートンメートル	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>
表 面 張 力	ニュートン毎メートル	N/m	kg s <sup>-2</sup>
	ラジアン毎秒	rad/s	m m <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> =s <sup>-1</sup>
角 加 速 度	ラジアン毎秒毎秒	$rad/s^2$	m m <sup>-1</sup> s <sup>-2</sup> =s <sup>-2</sup>
熱流密度,放射照度	ワット毎平方メートル	W/m <sup>2</sup>	kg s <sup>-3</sup>
熱容量,エントロピー		J/K	$m^2 \text{ kg s}^{-2} \text{ K}^{-1}$
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	$m^2 s^{-2} K^{-1}$
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
熱 伝 導 率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s <sup>-3</sup> K <sup>-1</sup>
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	m kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
	クーロン毎立方メートル	C/m <sup>3</sup>	m <sup>-3</sup> s A
	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> s A
電 束 密 度 , 電 気 変 位	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> s A
誘 電 率	ファラド毎メートル	F/m	$m^{-3} kg^{-1} s^4 A^2$
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> mol <sup>-1</sup>
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup>
照射線量 (X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg⁻¹ s A
吸 収 線 量 率	グレイ毎秒	Gy/s	m <sup>2</sup> s <sup>-3</sup>
放射 強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m4 m-2 kg s-3=m2 kg s-3
放 射 輝 度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	$W/(m^2 sr)$	m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> kg s <sup>-3</sup> =kg s <sup>-3</sup>
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m³	m <sup>-3</sup> s <sup>-1</sup> mol

		表 5. S	I 接頭語		
乗数	名称	記号	乗数	名称	記号
$10^{24}$	ヨ タ	Y	10 <sup>-1</sup>	デ シ	d
$10^{21}$	ゼタ	Z	10 <sup>-2</sup>	センチ	c
$10^{18}$	エクサ	E	10 <sup>-3</sup>	₹ <i>リ</i>	m
$10^{15}$	ペタ	Р	10 <sup>-6</sup>	マイクロ	μ
$10^{12}$	テラ	Т	10 <sup>-9</sup>	ナーノ	n
$10^{9}$	ギガ	G	10 <sup>-12</sup>	ピコ	p
$10^{6}$	メガ	M	$10^{-15}$	フェムト	f
$10^{3}$	丰 口	k	10 <sup>-18</sup>	アト	a
0			-01	18	

10-24 ヨクト

表 6. SIに	属さない	いが、SIと併用される単位
名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60 s
時	h	1 h =60 min=3600 s
目	d	1 d=24 h=86 400 s
度	0	1°=(π/180) rad
* * *		1'=(1/60)°=(π/10 800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648 000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm <sup>2</sup> =10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
リットル	L, l	1 L=1 l=1 dm <sup>3</sup> =10 <sup>3</sup> cm <sup>3</sup> =10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
トン	t	1 t=10 <sup>3</sup> kg

da

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で 表される数値が実験的に得られるもの

衣される数胆が夫厥的に待られるもの					
名称	記号	SI 単位で表される数値			
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10 <sup>-19</sup> J			
ダ ル ト ン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 <sup>-27</sup> kg			
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da			
天 文 単 位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10 <sup>11</sup> m			

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位で表される数値		
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100 kPa=10 <sup>5</sup> Pa		
		1 mmHg≈133.322Pa		
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 <sup>-10</sup> m		
海里	M	1 M=1852m		
バーン	b	1 b=100fm <sup>2</sup> =(10 <sup>-12</sup> cm) <sup>2</sup> =10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>		
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s		
ネ ー パ	Np ¬	CI単位しの粉は的な関係は		
ベル	В	SI単位との数値的な関係は、 対数量の定義に依存。		
デシベル	dB ~	, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,		

表 9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 <sup>-7</sup> J
ダ イ ン	dyn	1 dyn=10 <sup>-5</sup> N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm <sup>-2</sup> =0.1Pa s
ストークス	St	1 St =1cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> =10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>
スチルブ	sb	1 sb =1cd cm <sup>-2</sup> =10 <sup>4</sup> cd m <sup>-2</sup>
フ ォ ト	ph	1 ph=1cd sr cm <sup>-2</sup> =10 <sup>4</sup> lx
ガル	Gal	1 Gal =1cm s <sup>-2</sup> =10 <sup>-2</sup> ms <sup>-2</sup>
マクスウエル	Mx	$1 \text{ Mx} = 1 \text{G cm}^2 = 10^{-8} \text{Wb}$
ガ ウ ス	G	1 G =1Mx cm <sup>-2</sup> =10 <sup>-4</sup> T
エルステッド <sup>(a)</sup>	Oe	1 Oe ≙ (10 <sup>3</sup> /4 π)A m <sup>-1</sup>

(a) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「 △ 」 は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称				記号	SI 単位で表される数値			
+	ユ		リ	ſ	Ci	1 Ci=3.7×10 <sup>10</sup> Bq		
$\nu$	ン	卜	ゲ	ン	R	$1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{C/kg}$		
ラ				k	rad	1 rad=1cGy=10 <sup>-2</sup> Gy		
$\nu$				ム	rem	1 rem=1 cSv=10 <sup>-2</sup> Sv		
ガ		ン		7	γ	$1 \gamma = 1 \text{ nT} = 10^{-9} \text{T}$		
フ	æ.		ル	131		1フェルミ=1 fm=10 <sup>-15</sup> m		
メートル系カラット			ット		1 メートル系カラット= 0.2 g = 2×10 <sup>-4</sup> kg			
卜				ル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa		
標	準	大	気	圧	atm	1 atm = 101 325 Pa		
力	П		IJ	ſ	cal	1 cal=4.1858J(「15℃」カロリー),4.1868J (「IT」カロリー),4.184J(「熱化学」カロリー)		
3	ク		口	ン	μ	1 μ =1μm=10 <sup>-6</sup> m		