

アイダホ国立技術エンジニアリングセンターで使用する除染技術の評価

ISTC パートナシップ・プロジェクト # 2042

Sergey V.Mikheykin svm958@yandex.ru

2012年2月3日～4日(東京)



www.istc.ru

- 実証では放射性廃棄物発生量が少ない以下の2種類の除染法を選択した
- 外部電極を用いた電気化学方法
- 添加物を含有する水溶性PVAを使用した乾式剥離性コーティング法

電気化学除染法 (電気研磨)



- 単純な水和イオンや錯イオンへの金属の陽極分解は、多くの点で陰極分解と対照的である。陽極分解:



錯イオンの場合:



従来この技術は様々な容量の電解槽で行われてきた。



INEELのSIMCON試料の電気化学除染




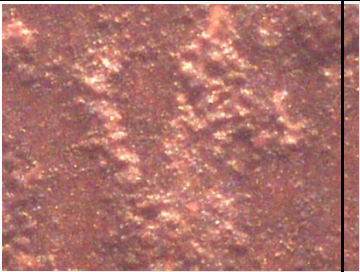


電気化学除染法の有効性を**INEELのSIMCONクーポン**を使って確認した。SIMCONとは、安定したアイソトープで人工的に汚染した試料。クーポンは**直径25.7ミリ**、厚さ6.5ミリの円形金属製**ペレット**

SIMCONクーポンの汚染物質に関する定性的、定量的データがないため、除染の有効性評価には**陽極分解後の減量**および倍率10倍、60倍、200倍の光学顕微鏡を使用した

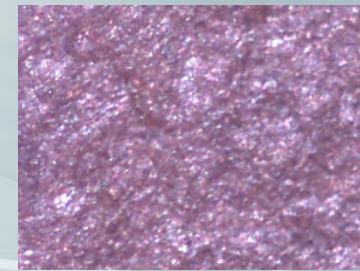
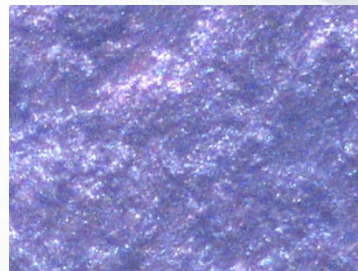
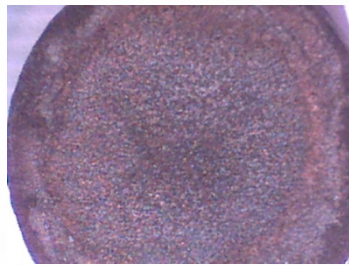


SIMCONの除染



サンプ ル	除染前		除染後	
	<i>x10</i>	<i>x200</i>	<i>x10</i>	<i>x200</i>
<i>H-A 004</i>				

*H-D
035*



www.istc.ru

SIMCON試料の電気化学除染法の効果

I S T C

##	初期 濃度 Cs, μg	最終 濃度 Cs, μg	浄化率 (%)	初期 濃度 Zr, μg	最終 濃度 Zr, μg	浄化率 (%)	時間(分)
003	74	3	96	129	3	98	30
006	79	3	96	142	3	98	30
007	65	3	95	100	3	97	30
009	55	24	56	116	64	45	15
020	72	3	96	73	3	96	30
030	48	3	94	123	3	98	10
035	45	3	93	121	5	96	10
012	51	3	94	68	3	96	10
036	48	3	94	55	3	95	10
038	50	3	94	59	3	95	10

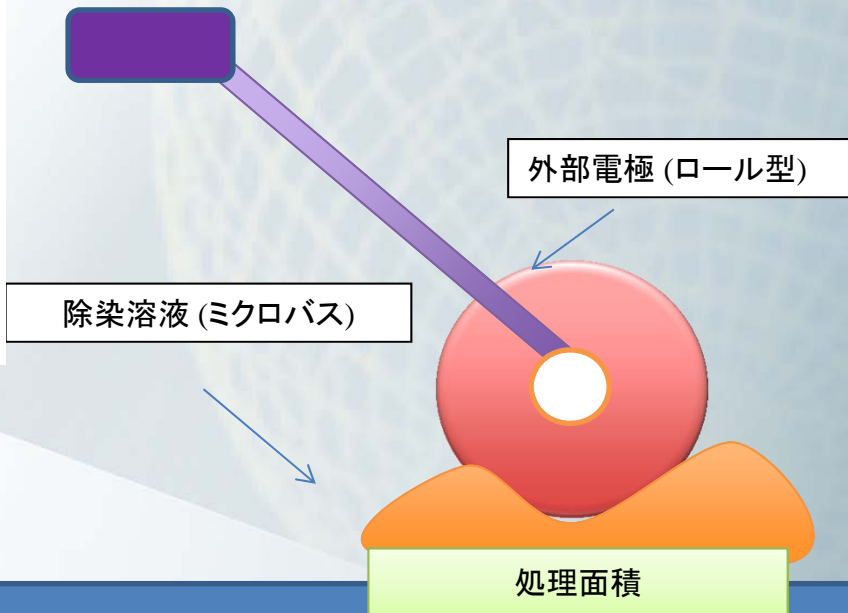
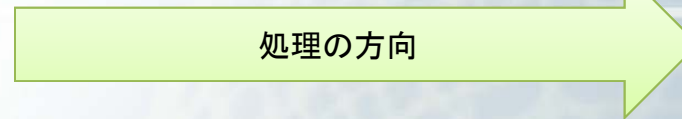
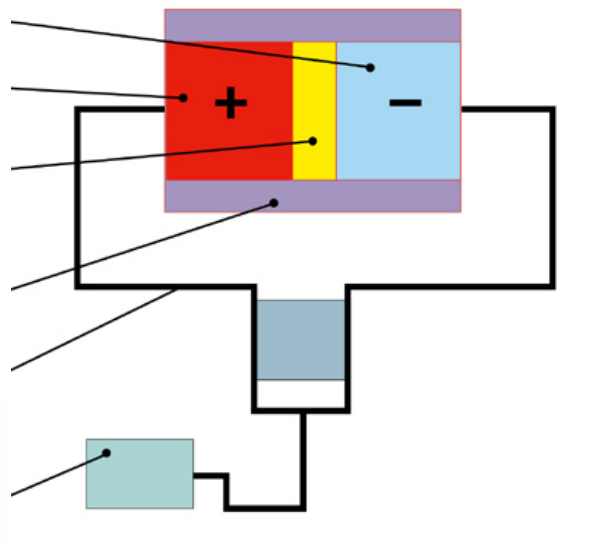
電気化学除染法: 3種類の方法



研究班では新しいツールとして外部/遠隔電極を開発、試験を行った:

- 様々な電極を用いた不伝導性表面の二極除染
- 中性の塩溶液内で反転電流を用いた、炭素鋼の効果的な電気化学除染
- 汚染された金属および非金属表面の電気化学溶解と、イオン交換材料を用いた核種吸着の組み合わせ





汚染表面

主な違い



- 従来の電気化学方法やツールとの主な違いは、外部電極（ロール型など）との間に「マイクロバス」を使用するため大量の二次放射性液体廃棄物が発生せず、さらに機材を分解せずに「現場で」処理することが可能になる



外部電極を用いた電気化学除染



外部電極を用いた電気化学除染では、処理表面に「マイクロバス」を作り、その中で電解を進行させる。除染は、金属表面上で「マイクロバス」を連続的に動かすことで行う。

電解質には、現時点では濃度 $10\sim 20\text{ A/dm}^2$ の鉍酸（硝酸、硫酸、リン酸）を使用している。



用途:

金属またはプラスチック表面、グローブボックス、ホットセル、床、階段



www.istc.ru

剥離性コーティング



剥離性ポリマー・コーティングは、**保護用**と**除染用**に大別される

- **保護** コーティングの主な含有物の合成物形成剤と吸着剤が固い不揮発性被膜を形成し、核種を閉じ込める
- **除染** コーティングの効果を高めるには鉱酸や有機酸、酸化剤、アルカリ性金属水酸化物など強い含有物が必要

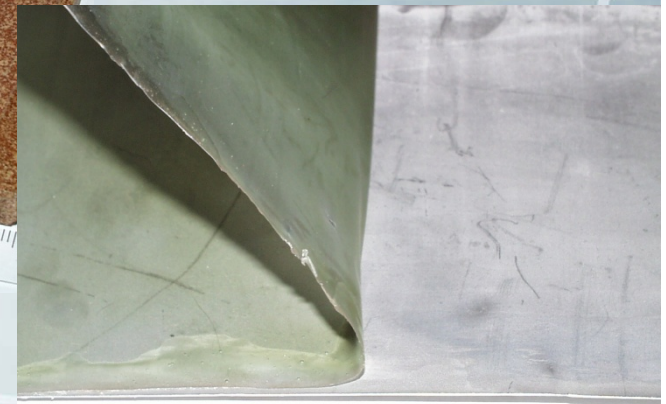
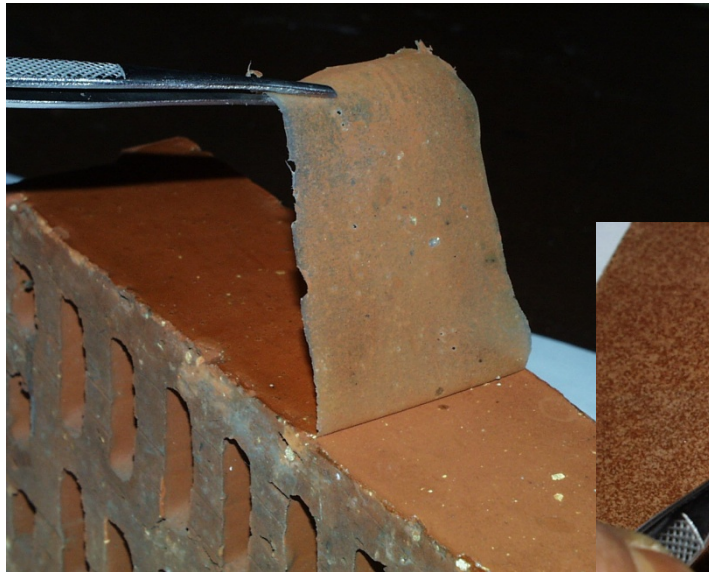


- 最大厚さ～100 μm の高分子コート形成には気温20度、湿度70%の環境で4～8時間かかり、0.25～0.5 l/m^2 の溶液を消費する。コーティングの保護効果は100日以上持続する。柔軟性PVC、炭素鋼、ステンレス鋼、塗装品などの表面へのコーティングの付着力は 1～2 g/cm^2 である。

除染係数 (DF):

炭素鋼	– 10～20
ステンレス鋼	– 20～50
コンクリート、煉瓦	– 5～7

赤煉瓦、セラミック、金属表面上の剥離性コーティングの様子



0 1 2 3 4

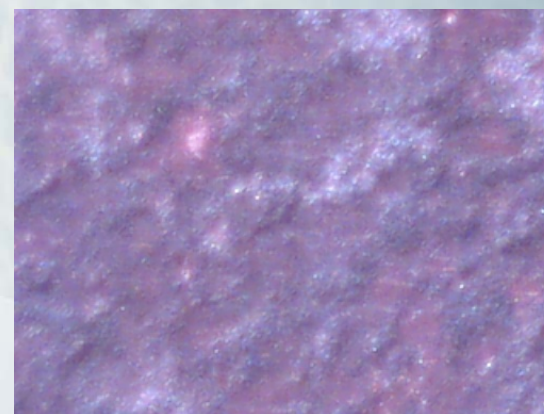
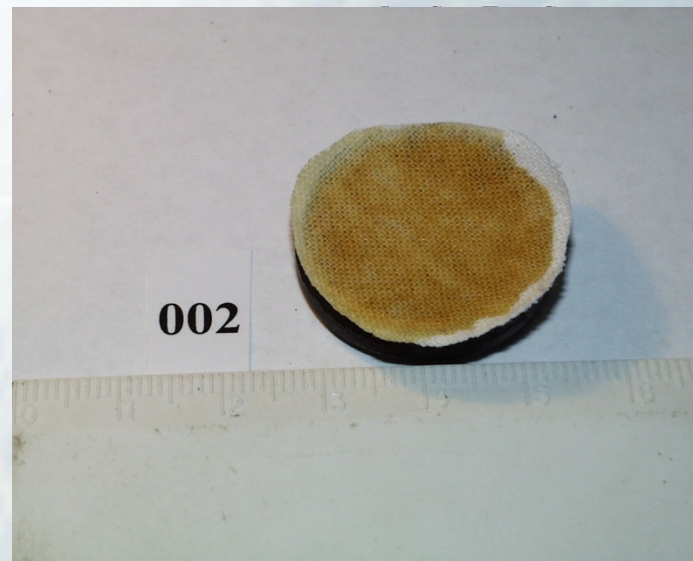
剥離性コーティング除染法 (剥離性除染コーティングと金属酸化物 の様子)



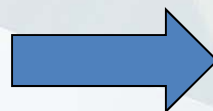
SIMCON の除染 (TDP-1)



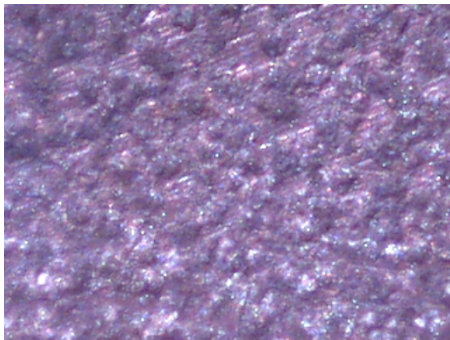
コーティングされていないH-A
002 (x60)



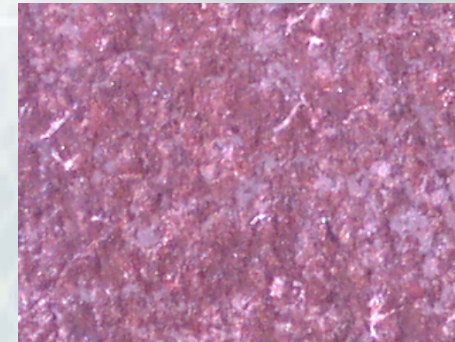
1サイクル後のH-A 002 表面
(x200)



SIMCON の除染 (TDP-2)



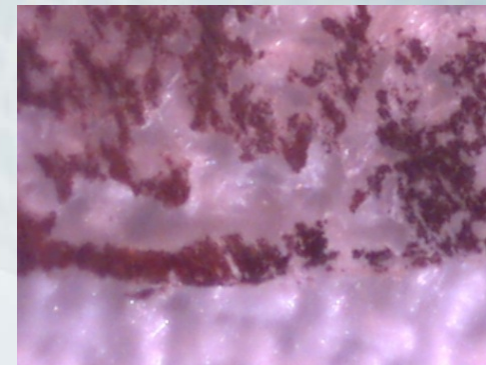
初期の H-D 019 (x 60)



除染後 (x 60)



クーポンとガーゼ補強したコーティング



ガーゼ補強したコーティング (x 60)

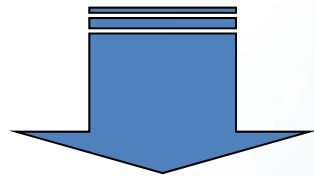


SIMCONによる剥離性コーティングの除染効果

##	初期濃度 Cs, μg	最終濃度 Cs, μg	浄化率(%)	初期濃度 Zr, μg	最終濃度 Zr, μg	浄化率(%)
002	61	15	75	73	32	56
005	72	3	96	123	3	98
010	51	4	92	130	15	88
014	98	3	97	121	7	94
016	48	3	94	101	3	97
019	60	10	83	152	51	66
024	52	3	94	94	3	97
033	47	3	94	107	4	96
034	44	3	93	151	3	98
039	101	3	94	68	3	96



プロジェクト #2042 後の進捗



モスクワ国立大学 (MSU)



*The Moscow State Unitarian
Enterprise
Incorporated
Ecological-Technological
and Scientific Research
Centre on RW utilization and
security*

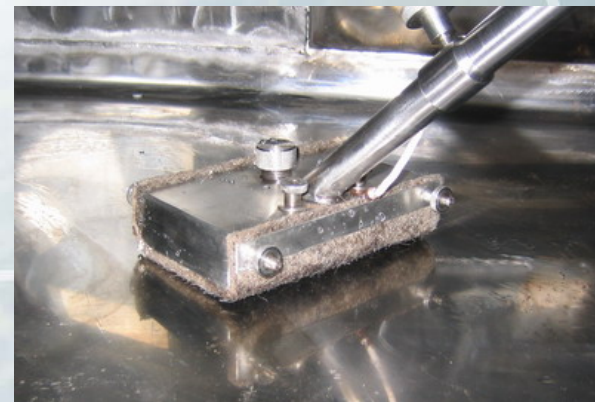
モスクワ国立統一会社
放射性廃棄物利用・安全保障に関す
る環境技術科学研究センター

(Mos SIA "Radon")

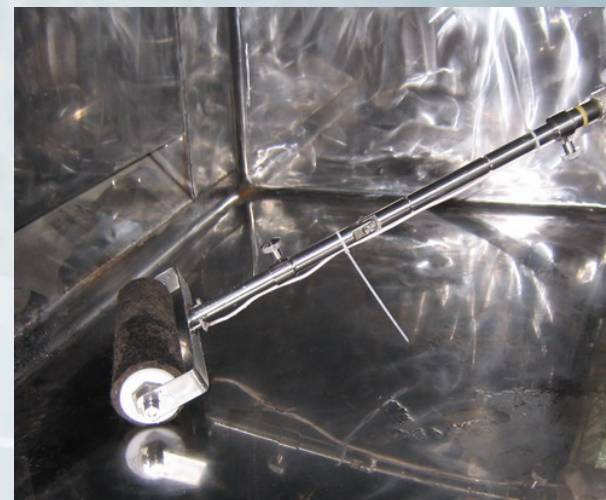


www.istc.ru

www.radon.ru



携帯型ツールはイオン交換材料と電極で構成されたシンプルな外部電極で、ローラー部分は2本の並行電極で構成され専用のフェルトカバーで覆われている。フェルトのカバーからは電解質溶液が補給される。試験では $2 \sim 3 \text{ mg-eq/g}$ の溶液を使用した。



www.istc.ru

電極を使用したグローブボックスの除染



www.istc.ru

ステンレス鋼の電気化学除染(ロール型)



汚染,
 Bq/sm^2

除染係数

初期

除染後

85,0

0,1

850

69,0

0,1

690

77,0

0,1

770

56,8

0,1

568

63,6

0,1

636

ラボ試験に基づき携帯型電極の試験を実施した。試験では UO_2 で汚染されたステンレス鋼 12Ch18N10Tの試験片を使用した。



www.istc.ru

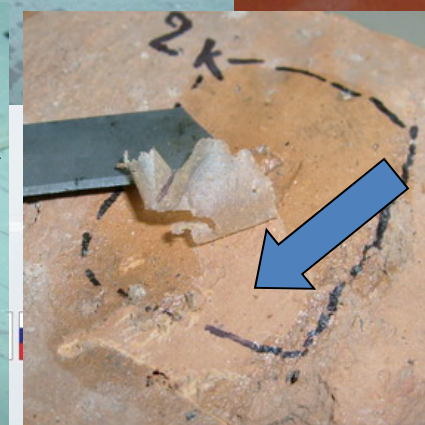
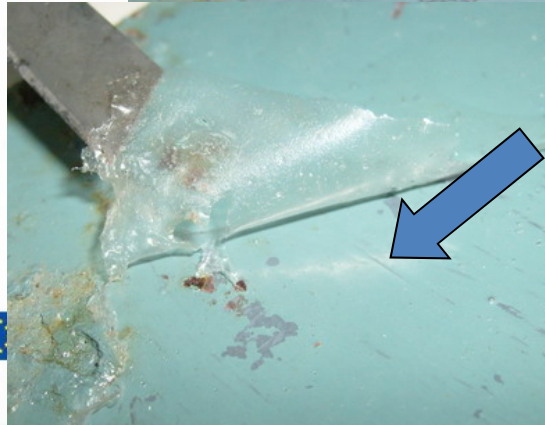
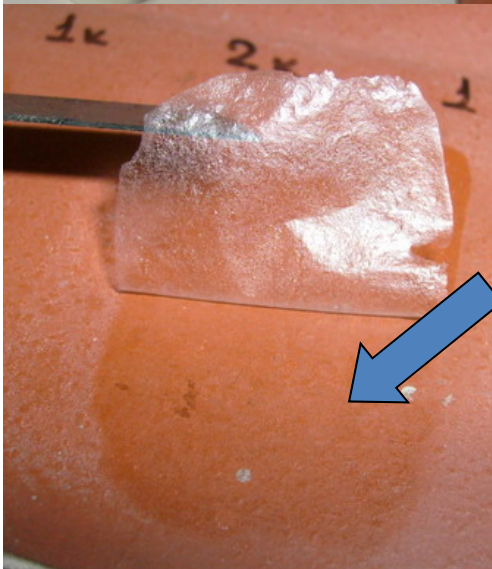
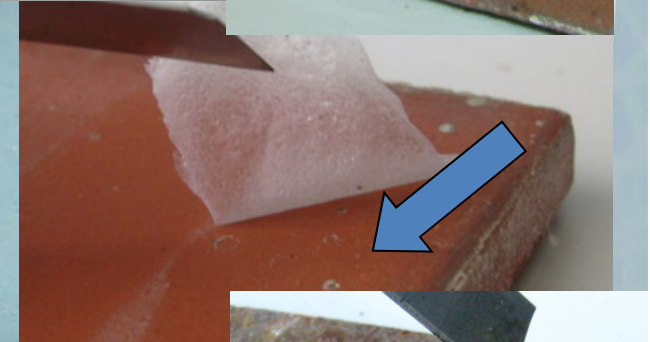
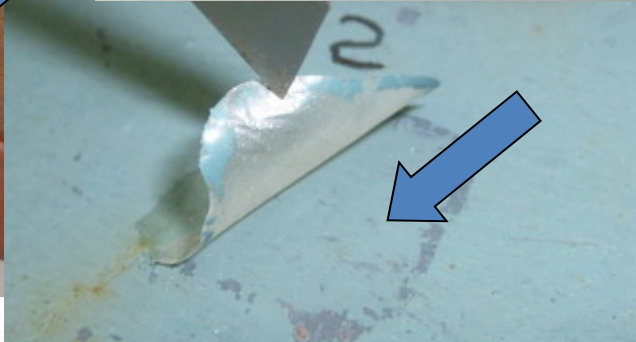
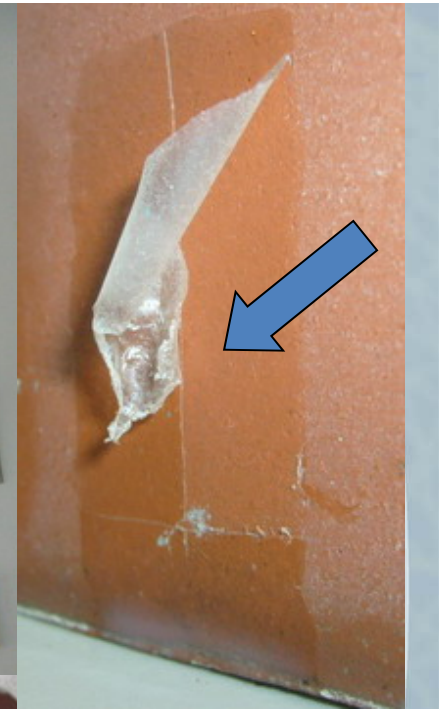
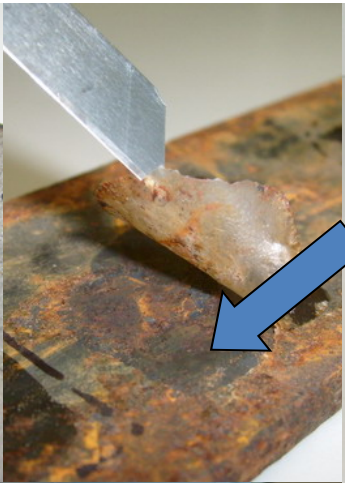
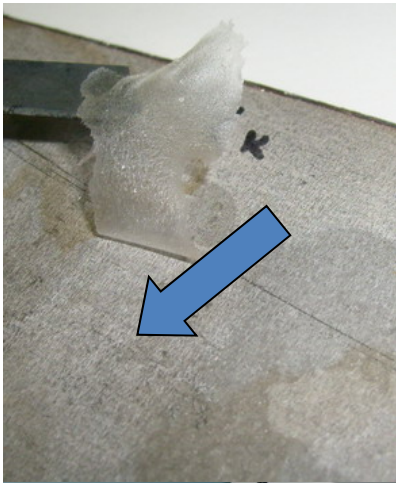
ステンレス鋼の電気化学除染(平型)



試験結果には、 UO_2 で汚染されたステンレス鋼に塗布した場合の携帯型ツールの高い効果を示された。この技術の長所は広い金属表面を解体せずに除染できる点である。

当初	汚染, Bq/sm^2	除染係数
	除染後	
93.2	0,1	932
61.3	0,1	613
88.5	0,1	885
48.9	0,1	489
56.8	0,1	568





主な違い



- PVAと高分子マイクロジェルを主材料に強い添加剤を加えた高分子剥離性コーティングを開発し、試験として水分の乾燥とフィルムのポリメリゼーションによる汚染表面の除染を行った。高分子フィルムが汚染物質を取り込み、閉じ込める。



SS試験片の除染におけるポリマー・フィルム の有効性



#	汚染, Bq/sm ²		DF
	初期	結果	
1	240	2	120
2	400	5	80
3	450	3	150
4	330	3	110
5	560	2	280
6	300	5	60
7	425	5	85
8	400	4	100
9	560	4	140
10	480	3	160

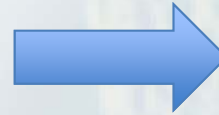


www.istc.ru

剥離性コーティングを使用したグローブボックスの除染



補強したコーティング



除染後



www.istc.ru





I S T C
М Н Т Ц



www.istc.ru

結論



1. プロジェクト#2042の結果、ラボでは電気化学除染法と剥離性コーティングは高い効果を示した。
2. プロジェクト後の活動：新たなポリマー、新たなツール、実際の除染活動での使用



結論 (続き)



3. 福島のための必要事項:

- ポリマー・フィルムの機械的強度の改善による最新化と日本の市販ポリマーを使った現地化
- 外部電極を使用した電気化学除染用に、工業規模の商用ツールの開発
- コンクリート用の電気化学除染の技術と機材の開発



福島第一原子力発電所への提案

1. 外部電極を採用した電気化学除染方式を使用し、大型機材や建物等を「現場」で除染する
2. 福島第一発電所内の機材や作業室に高分子剥離コーティングを塗布し、除染を行う