

米国の原子力施設解体と環境除染経験

大西康夫^{1, 2}

シャス マティゴッド¹

ジェフェリ サーニ¹

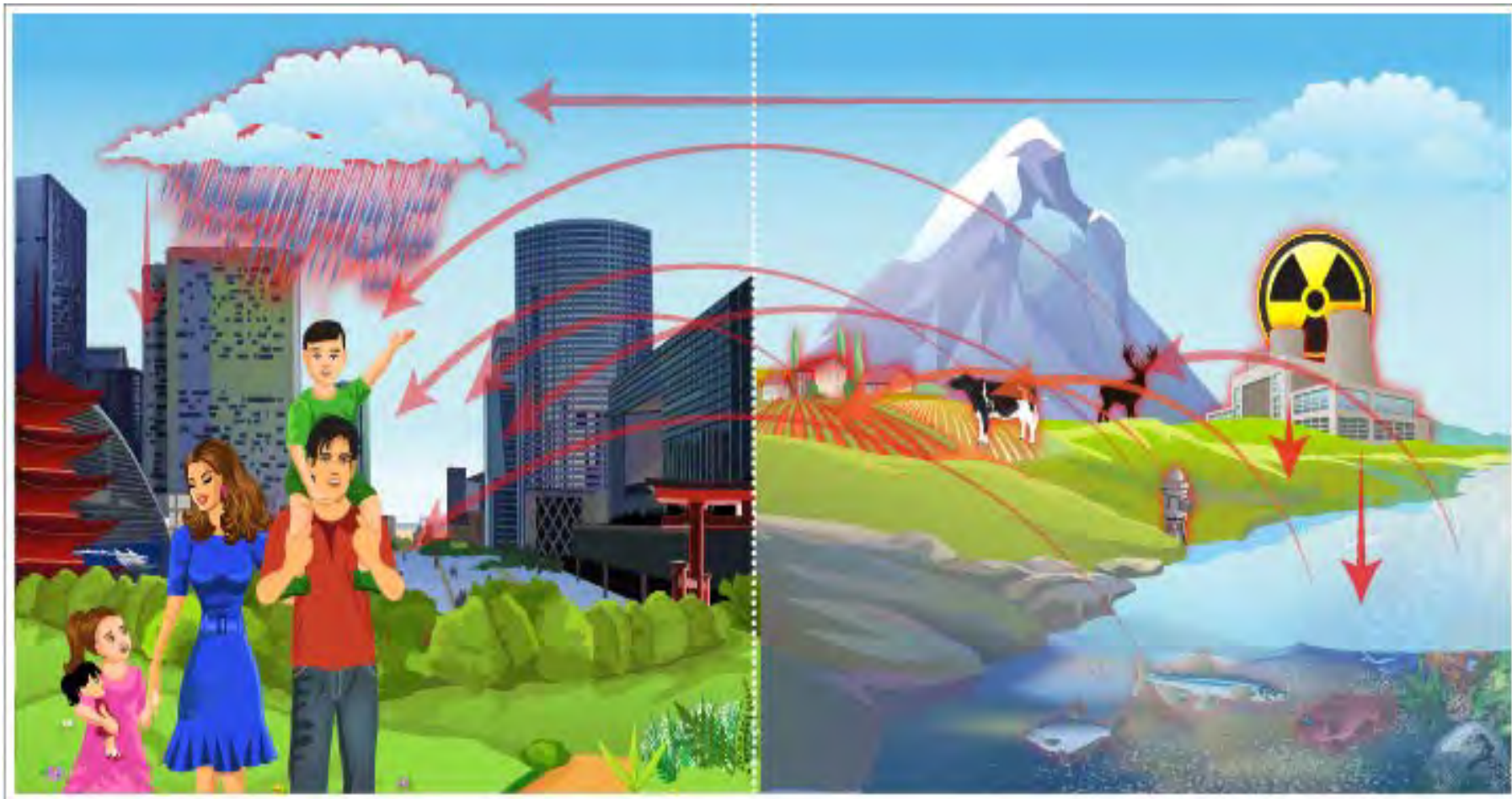
(yasuo.onishi@pnnl.gov)

2012年5月19日

1 : パシフィックノースウエスト国立研究所

2 : ワシントン州立大学 土木・環境工学科

放射性物質の人体への汚染経路



セシウム被爆経路の重要性の比較

30年間の原子力施設運転により、空中に放出されたセシウムの汚染経路による濃度(Bq/m³)から被爆量(Sv)の換算
(Report NCRP-123)

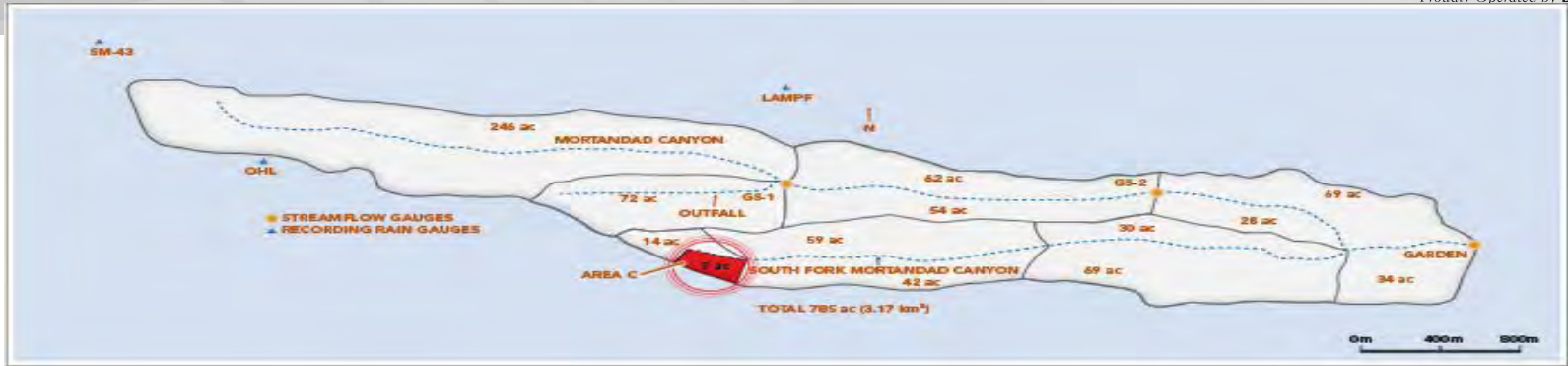
放射能物	半減期	呼吸吸入	プールム	地面	野菜	ミルク	肉	土壌	合計
Cs-134	2.062y	9.9E-5	2.0E-6	4.2E-2	1.3E-2	3.4E-2	4.3E-2	6.8E-4	1.3E-1
Cs-137	30.0y	6.8E-5	-	-	2.3E-2	4.1E-2	5.1E-2	3.1E-3	1.2E-1
Ba-137	2.552m	-	6.5E-7	9.9E-2	-	-	-	-	9.9E-2
Cs-137		6.8E-5	6.5E-7	9.9E-2	2.3E-2	4.1E-2	5.1E-2	3.1E-3	2.2E-1

南モータンドット峡谷でのプルトニウムの移行シミュレーション (TODAM モデル使用)



Pacific Northwest
NATIONAL LABORATORY

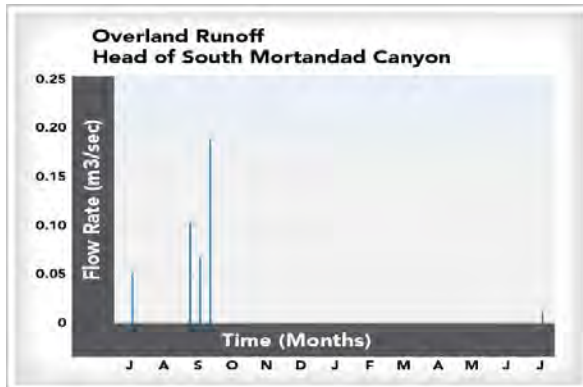
Proudly Operated by **Battelle** Since 1965



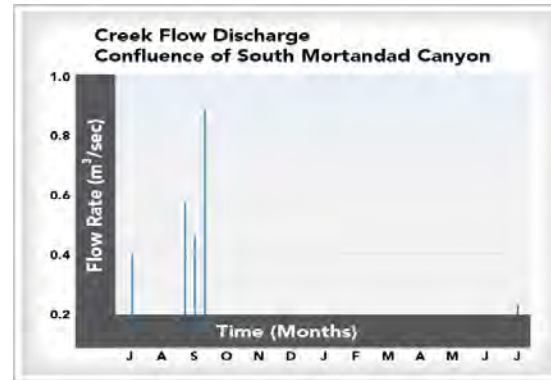
地上を流れる雨量

小川の流量

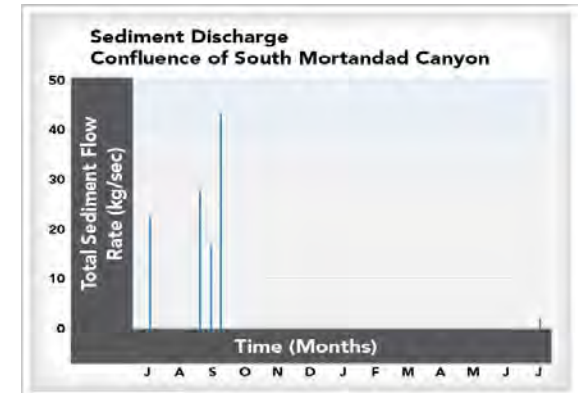
小川の土砂の流量



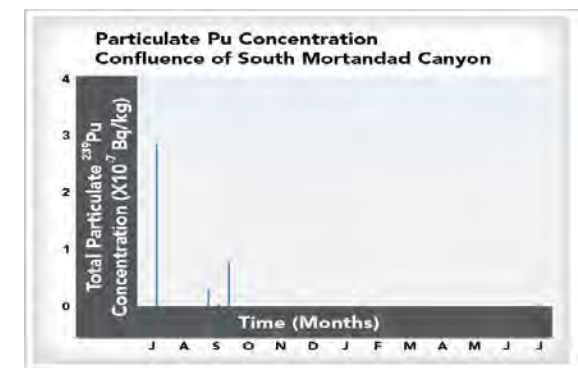
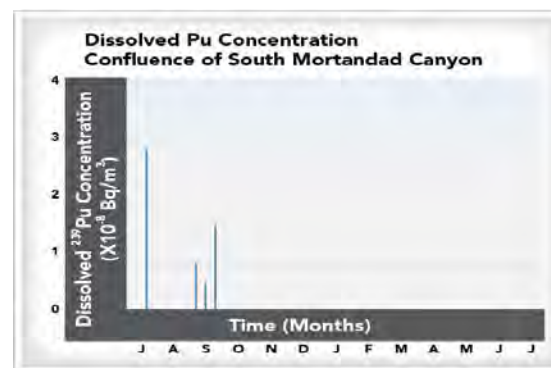
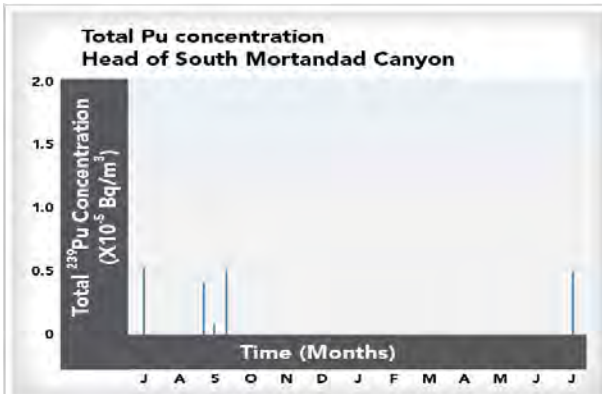
溶解と固体のプルトニウム



溶解プルトニウム



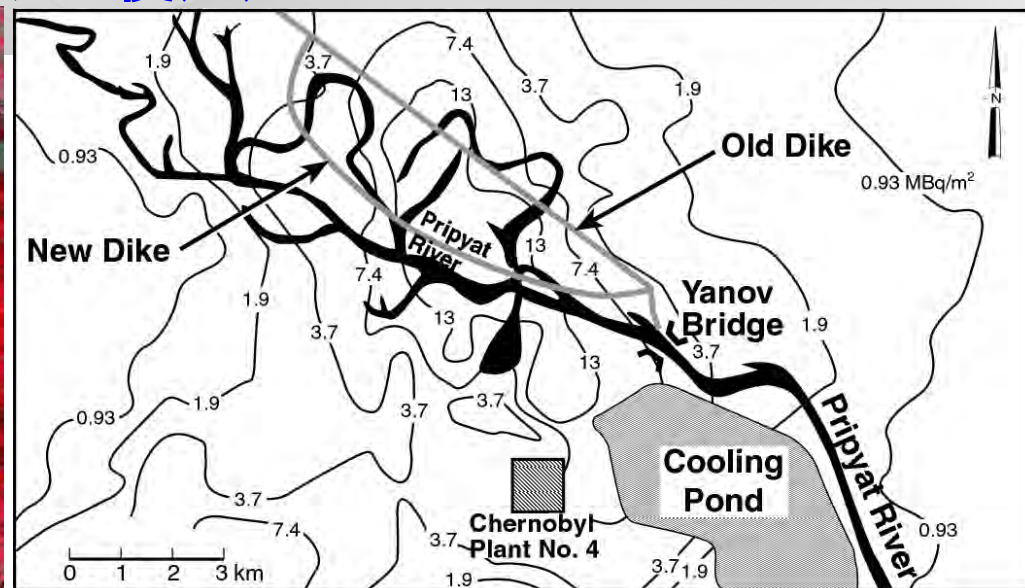
固体プルトニウム



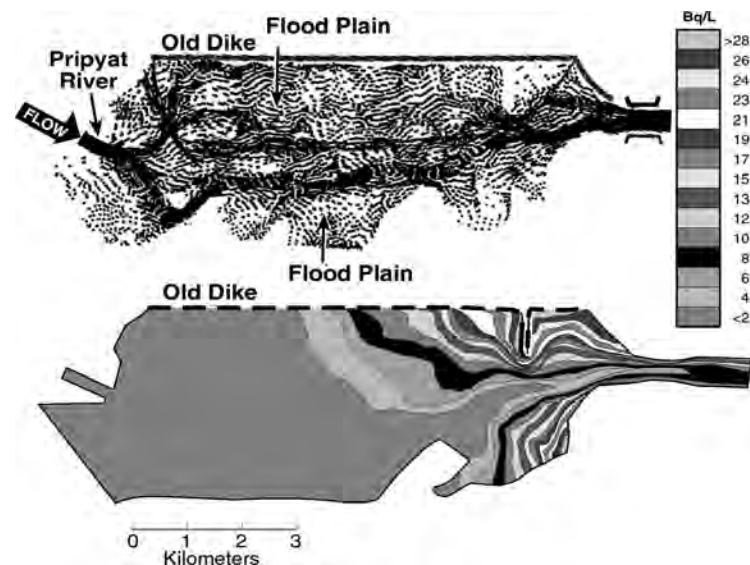
プリペット河の洪水(1991年の河の氷結)と除染効果評価 (FETRAモデル使用)



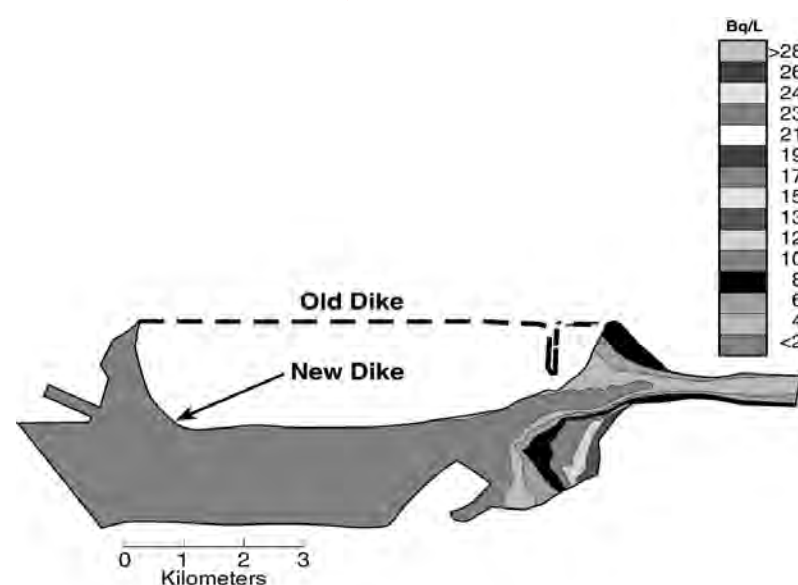
Pacific Northwest
NATIONAL LABORATORY



河の東岸の新しい堤防なし



河の東岸の新しい堤防あり



エネルギー省ハンフォード地



Pacific Northwest
NATIONAL LABORATORY

Proudly Operated by **Battelle** Since 1965



ハンフォード 用地の除染とデコミ



Pacific Northwest
NATIONAL LABORATORY

Proudly Operated by **Battelle** Since 1965

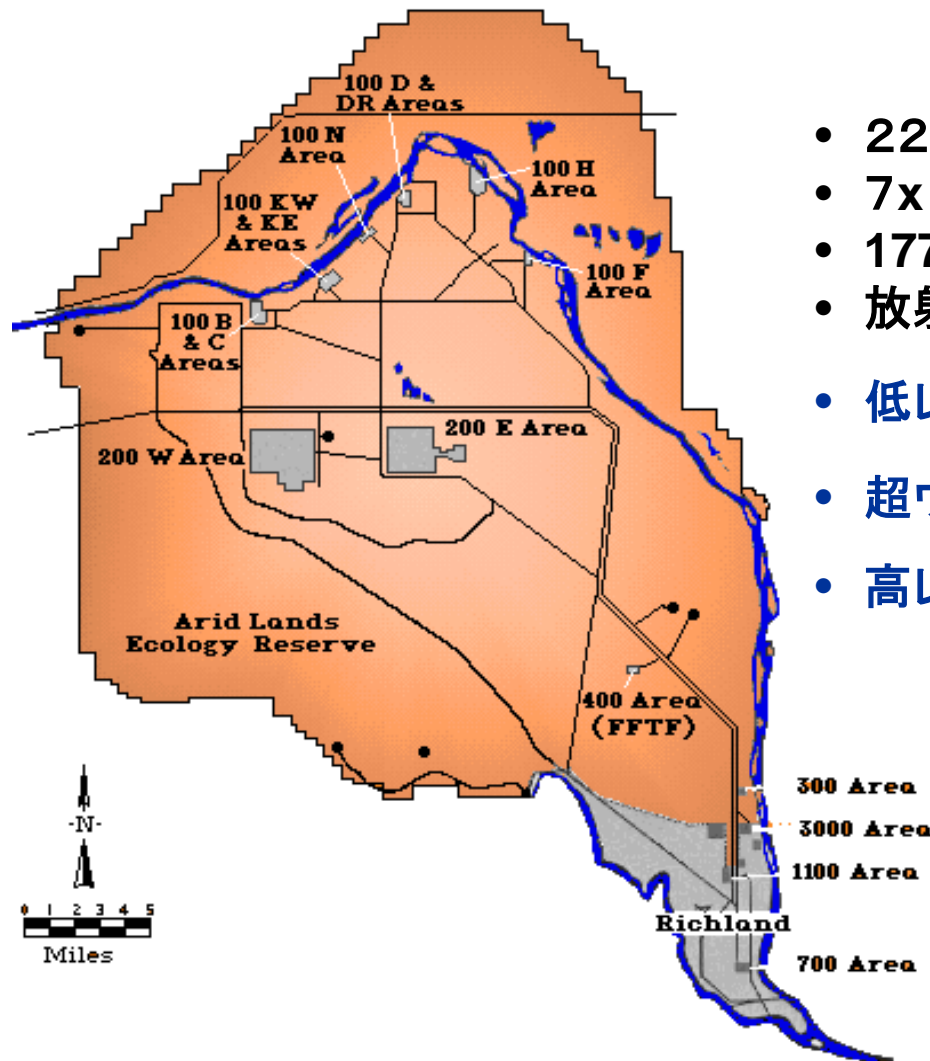
解体 → 汚染物除去 → 処理 → 貯蔵 → 処分

- : 敷地内の低レベル廃棄物処分地
- : WIPPサイトに超ウランを輸送
- : 高レベル廃棄物を一時貯蔵後輸送

- 22万m³の固体と液体放射性物質
- 7x10²⁰Bq
- 177 地下貯蔵タンク
- 放射性物質の除去と固化処理
- 低レベル廃棄物とその化学毒性物混合
- 超ウラン(プルトニウム、ウラン等)と化学毒性物混合
- 高レベル廃棄物

コロンビア河沿い、

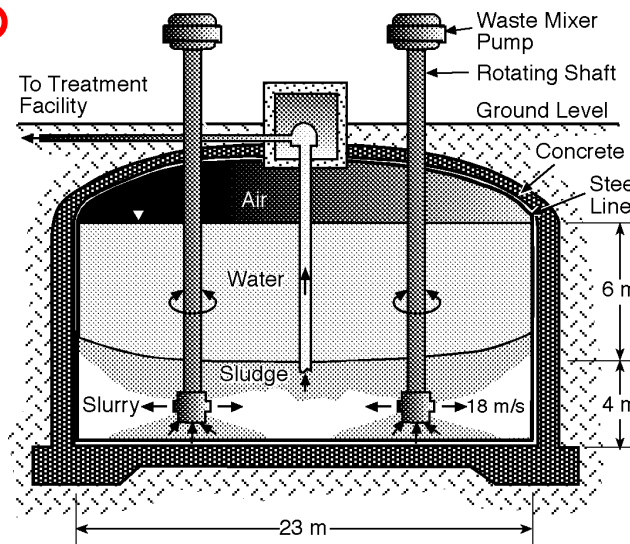
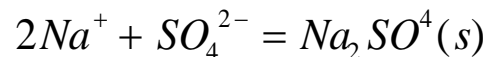
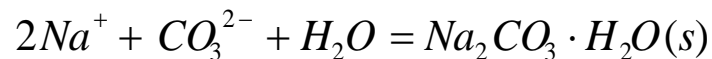
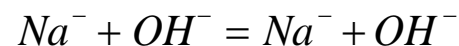
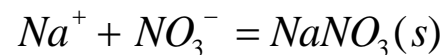
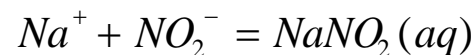
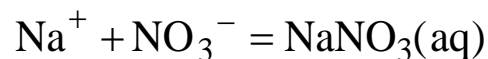
- 50 の埋蔵地
- 579 廃棄物サイト
- 357 余剰施設のデコミ
- 8 原子炉のデコミ



ハンフォード環境モニタリング



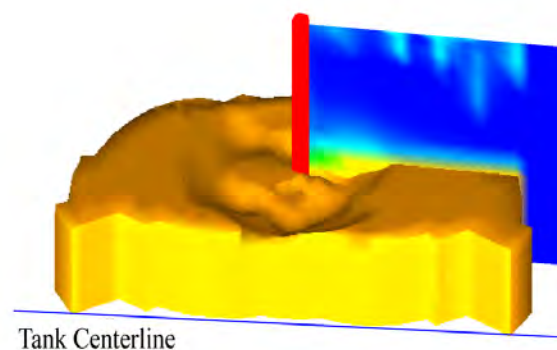
エアリアル3次元モデルで放射性物質の混合とタンクからの除去



RP98110057.4



CタンクとANタンク



Tank Centerline



Thermonatrite Volume Fraction

100 N and 100 K-East/K-West 原子炉 とトレンチ

100 N 原子炉と 長さ2キロ のトレンチ
15.7万トンの汚染土壌の除去(2010まで)



100 K原子炉と長さ2キロ のトレンチ
36.1万トンの汚染土壌の除去(2010まで)



セシウムで汚染された土壌の幾つかの除染方法

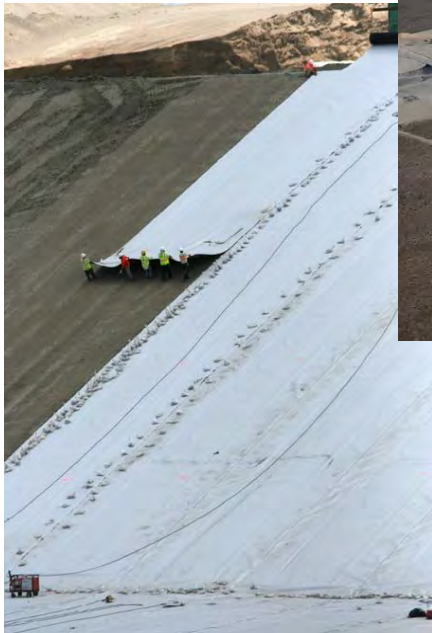
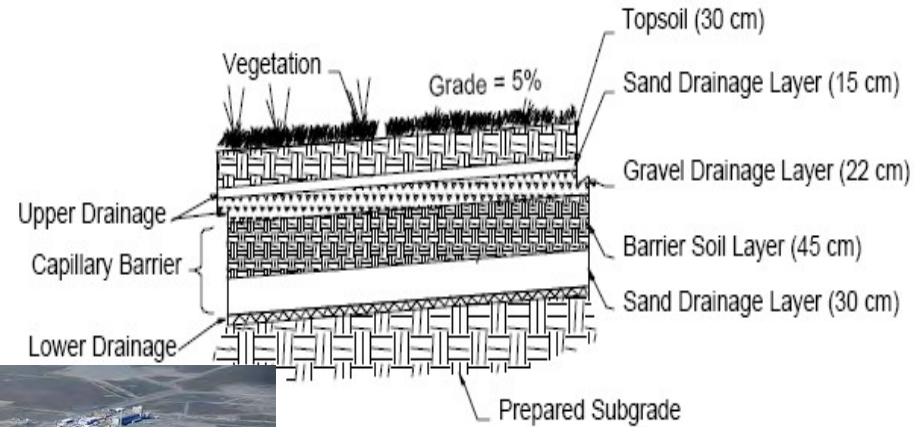
技術	記述	備考
掘削	上層部の土を掻きとり、洗浄するか、廃棄する	新しい土か、洗浄された土と入れ替かえない限り表土の損失
隔離	人工的に覆う	隔離により汚染物の露出をさける。
セメント固化	セメントの注入による固体化。	汚染物を・隔離する。 将来の土地利用を制限する。
現地での濾過	酸、イオン交換や錯化物(クエン酸塩等)による濾過	浅い土地に最も適切。過剰に使用された時は濾過水の回収が必要。制御できない汚染物移行の危険性あり。
物理的、放射能度等で土壌選別	高い濃度の土壌と低い濃度の土壌と選別	十分発展した技術。 効果は地質による
現地外での土壌洗浄	水や抽出溶液で土壌洗浄してセシウムを抽出	効果は地質による

コロンビア河沿いの汚染地の除染

- 6百万トンの汚染土砂の除去
- 埋め立てと植物発育が最終ステップ



ハンフォード低レベル放射性廃棄物処分地(ERDF)の建設



- ▶ 54 ヘクタール
- ▶ 現在の収容量 1.64 万トン
(~ 8 百万 m^3)
- ▶ 2011年3月現在で1.1万トン
の廃棄物処分
- ▶ 将来さらに拡大

ハンフォード低レベル放射性廃棄物処分地 (ERDF) の運営と拡大



地下水の水処理による除染 – Pump and Treat

Pacific Northwest
NATIONAL LABORATORY

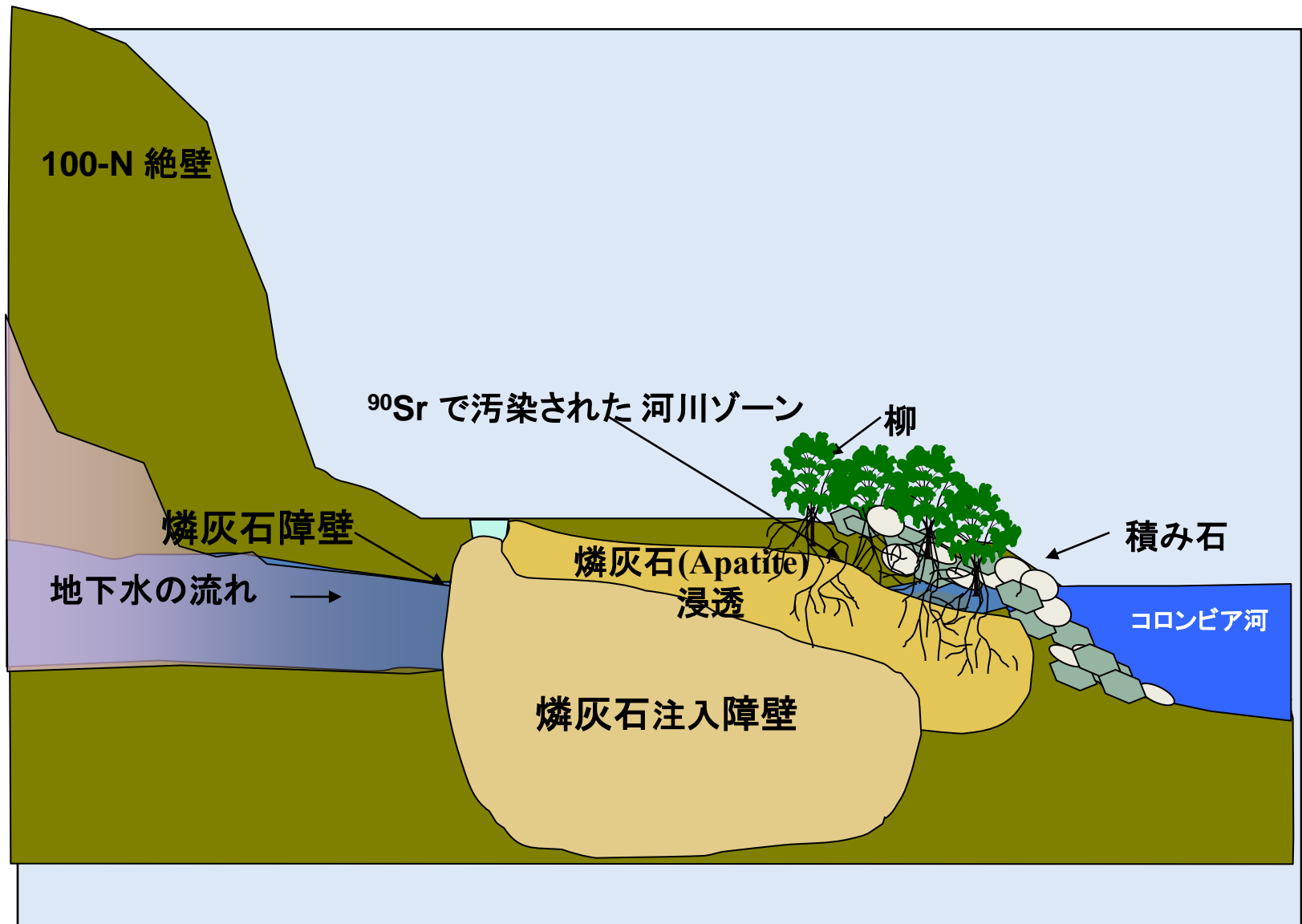
Proudly Operated by Battelle Since 1965

- 170平方キロメートルの汚染された地下水がハンフォード内にある
- 汚染された地下水をくみ上げ、除染した後、別の場所の地下水中に注入
- 水溶性の放射能物質には汚染減少の効果あり
- 吸着性の高いセシウム等にはあまり除染効果はないが、汚染地下水の流れの方向と速度を安全な方に変えて、被ばく量を減らす為には効果的

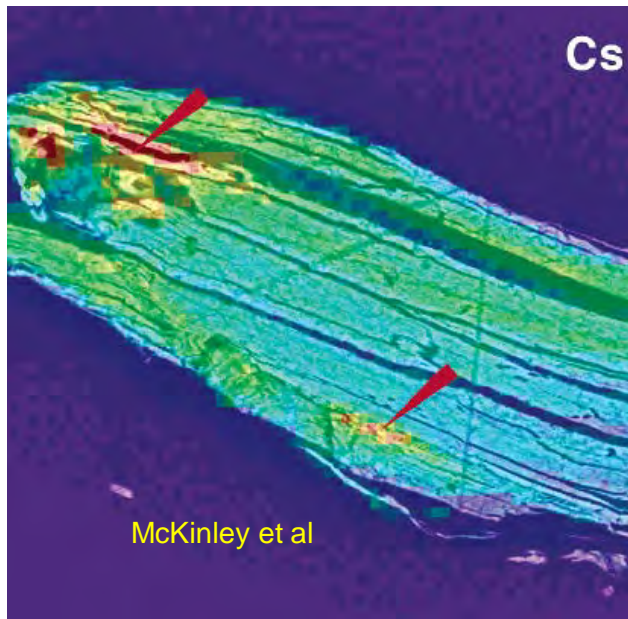
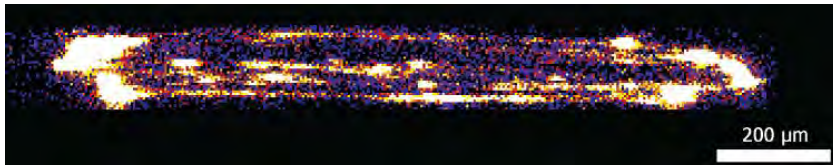
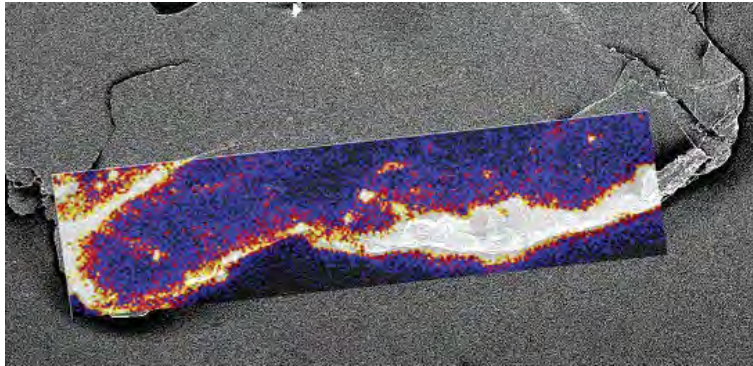


180m³/時

100-N 地域での地下水中での⁹⁰Sr の除染

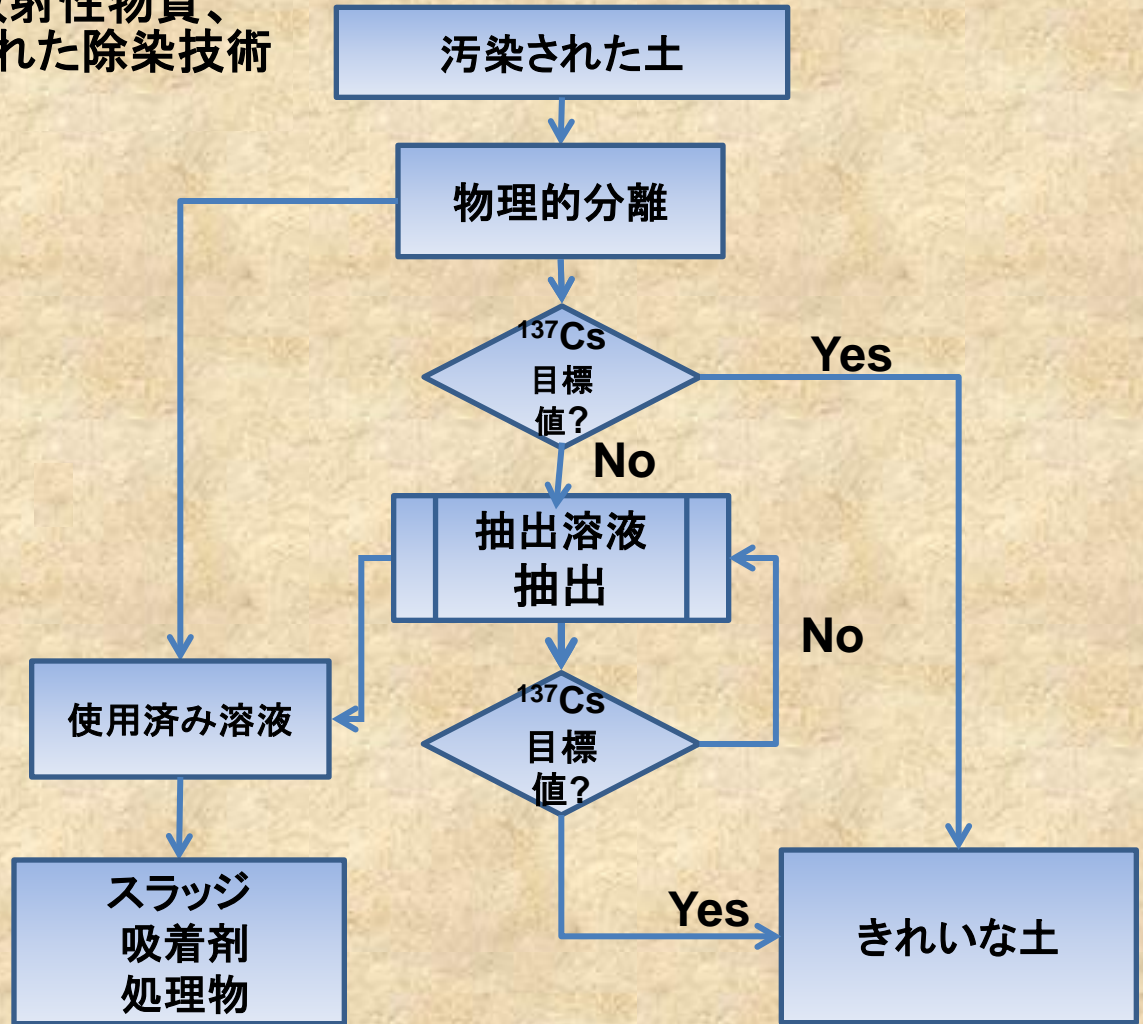


^{137}Cs で汚染された土壌



- ❖ ^{137}Cs – マイカ系の鉱物に強く、選択的に吸着
- ❖ ^{137}Cs はよく端非水和性、内部球状表面化合物の端に吸着する
- ❖ ^{137}Cs は強く吸着されるので脱着させるには特別の溶液が必要
- ❖ PNNLが開発した溶液は ^{137}Cs をハンフォードの土壌から約85%脱着させた

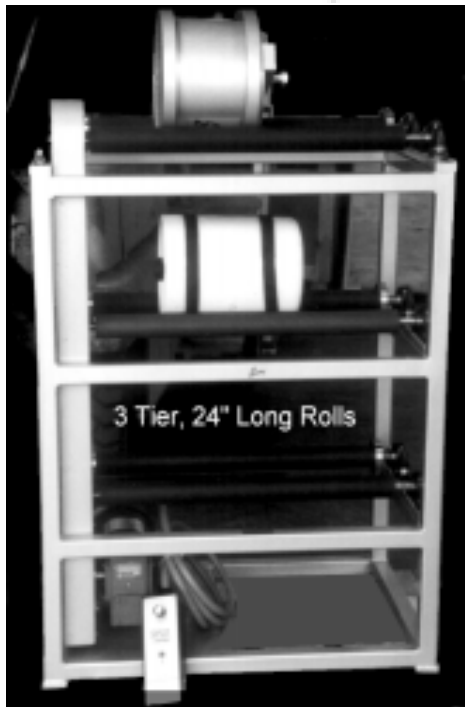
土砂洗淨 (Soil Washing) – 放射性物質、 重金属、炭化水素などに確立された除染技術



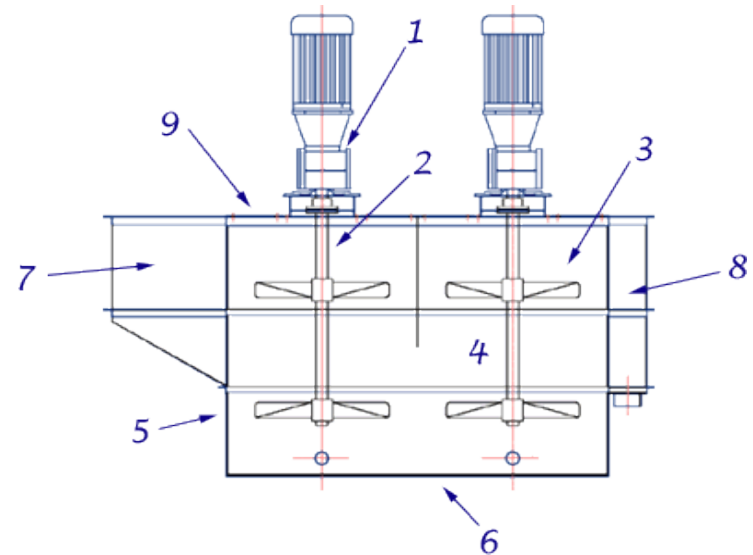
PNNLの化学性抽出溶液は無毒、バイオディグレイアブル

土壤磨耗装置

じやりの金属ローラーによる湿式粉碎



大きな砂の湿式洗浄

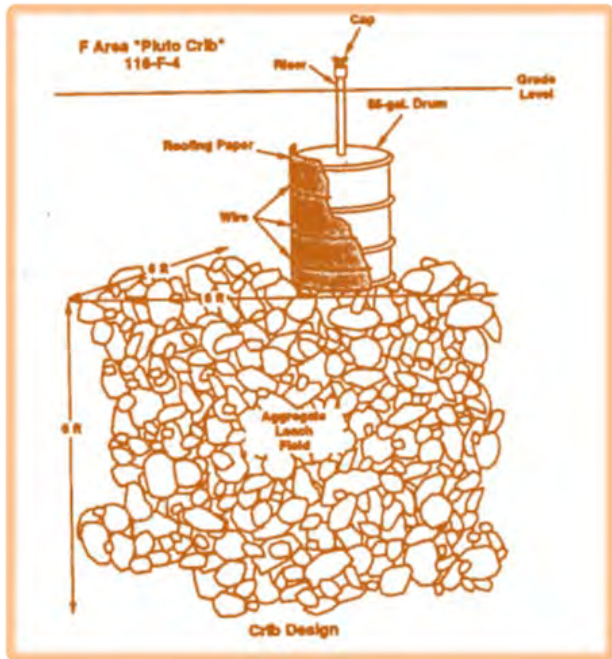


^{137}Cs で汚染されたハンフォードのクリブの土砂の除染



^{137}Cs 抽出溶液の抽出結果 (最適化以前の抽出溶液) 粒径 2.00 – 0.25 ミリの土

抽出溶液濃度	抽出前の ^{137}Cs 濃度 (Bq/kg)	抽出後の ^{137}Cs 濃度 (Bq/kg)	^{137}Cs 減少率 (%)
0.25	9.6E+03	2.7E+03	72
0.50	9.6E+03	2.1E+03	78
1.00	9.6E+03	1.6E+03	83
0.25	4.2E+03	1.5E+03	64
0.50	4.2E+03	1.0E+03	76



^{137}Cs の抽出作業は温度96度で6時間行った。
(PNNLの化学性抽出溶液は無毒、バイオディグレイアブル)

K-East/K-West 原子炉 と使用済み燃料プール



Pacific Northwest
NATIONAL LABORATORY

Proudly Operated by **Battelle** Since 1965

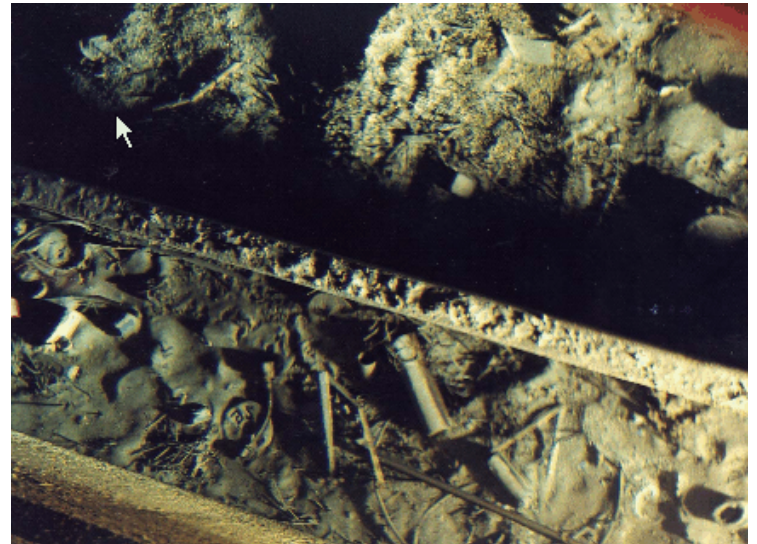


KE 原子炉のプールから使用済み燃料取り出し



Pacific Northwest
NATIONAL LABORATORY

Proudly Operated by **Battelle** Since 1965



KE 原子炉の解体と長期貯蔵



Pacific Northwest
NATIONAL LABORATORY

Proudly Operated by **Battelle** Since 1965



環境除染決定の地元参加



- 地元参加の為の地元グループの促進
- 除染度と時期の決定に参加
 - 汚染土壌と地下水の除染
 - 放射性物質の
 - 処理
 - 処分
 - 輸送
- 将来のハンフォード土地利用
- 将来の地元産業の開発



- ▶ **アメリカの豊富な経験**
 - 環境放射能汚染評価
 - 環境除染
 - 汚染建物の解体
 - 個体・液体汚染物の処理
 - 汚染物の処分
 - 地元参加
- ▶ **米国の除染方法と技術の福島への適応性は福島地域特性を考慮**
- ▶ **人体への被爆を減らすには総合的、システムティックに**
 - 環境除染と
 - 被爆経路の遮断をする