

除去土壌の現状と 限定再生利用・県外最終処分に向けた課題

**福島環境回復活動における
環境学・リスク学の役割：
何をすべきだったか、今後何をすべきか-**

産業技術総合研究所
地質調査総合センター
地圏資源環境研究部門
保高徹生

地盤環境分野における最近の課題

災害廃棄物

津波堆積物(1100万t)

自然由来重金属

基準値の数倍のヒ素、
フッ素、カドミウム等が溶出



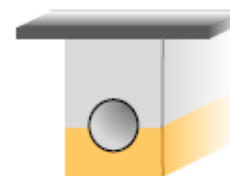
放射性Cs含有土壌
2000 万t
(2兆円~5兆円*1)



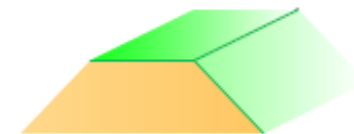
費用・持続可能性の観点から
基準をわずかに超えた土壌の
長期保管・利活用について

有効利用

長期保管



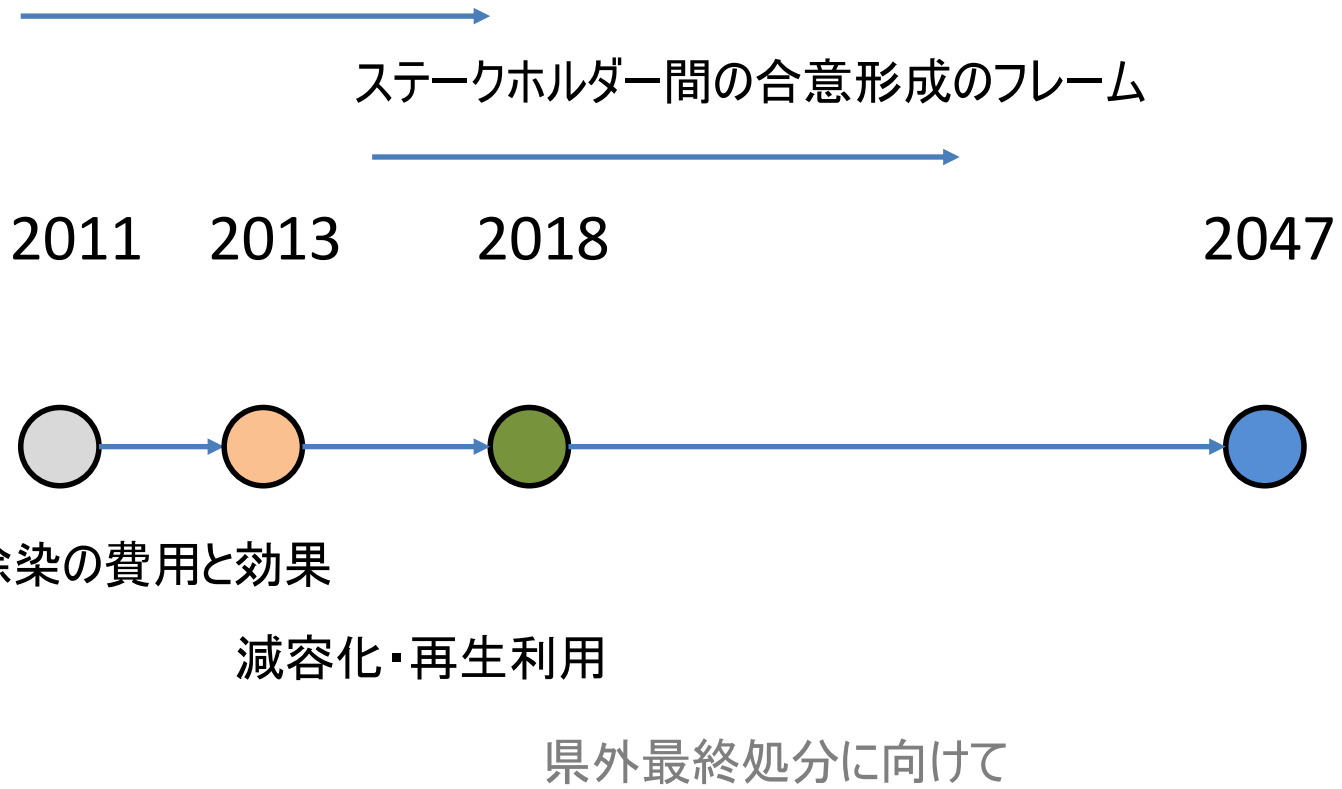
埋戻し材



盛土材

*1 Yasutaka, T., & Naito, W. (2016). Journal of environmental radioactivity, 151, 512-520

政策としての最適化研究 Risk-Cost analysis



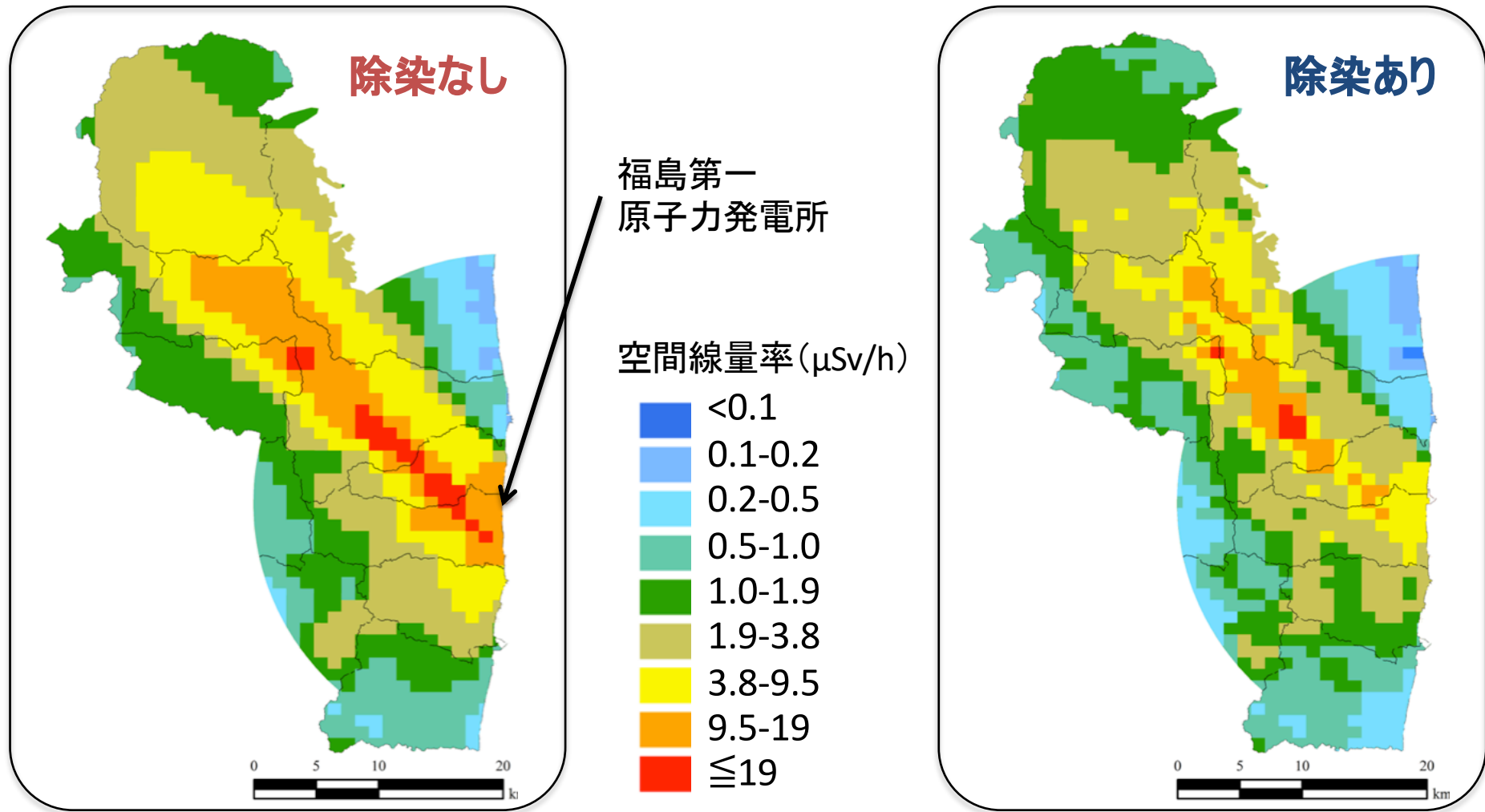
2011-2013 除染の費用と効果

共同研究者：除染のあり方を考えるWG

内藤航、中西準子、吉田喜久雄、岸本充生、小野恭子、八十田英一、上坂元紀(産業技術総合研究所)、川口勇生(放射線医学総合研究所)、橋本禪、岩崎有美(京都大学)、村上道夫(東京大学)

- Yasutaka, T. et al., (2013). PloS one, 8(9),e75308. DOI: [10.1371/journal.pone.0075308](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075308)
- Yasutaka, T. et al., (2013). [Chemosphere,93\(6\),1222-1229.](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.06.031)
- Yasutaka, T., & Naito, W. (2016). Journal of environmental radioactivity, 151, 512-520

除染後の生活圏の空間線量の予測値 (1kmメッシュ:2014年4月1日の値)



除染を実施してた場合でも、3.8μSv/h以上(20mSv/y*:換算係数0.6)の範囲(黄色)のエリアが多く残ると推定

生活圏がない1kmメッシュは生活圏外の空間線量を表示

Whetheringの効果は含んでいない。第6次モニタリングの結果を使用した場合、空間線量はより低減する。

除染費用のスケール感

	全体	市町村 除染	直轄除染	
			全体	(帰還困難)
シナリオ1	2.95兆円	1.7兆円	1.3兆円	(0.33兆円)
シナリオ2	3.93兆円	2.1兆円	1.8兆円	(0.6兆円)
シナリオ3	5.13兆円	3.1兆円	2.0兆円	(0.63兆円)

単位(兆円)

除染～中間貯蔵施設までの費用

Yasutaka,T., & Naito, W. (2016). Assessing cost and effectiveness of radiation decontamination in Fukushima Prefecture, Japan. Journal of environmental radioactivity, 151, p512-520. doi:10.1016/j.jenvrad.2015.05.012[[WEB](#)]

Yasutaka,T., Naito, W*, & Nakanishi, J. (2013). Cost and effectiveness of decontamination strategies in radiation contaminated areas in Fukushima in regard to external radiation dose. PloS one, 8(9),e75308

振り返り

- 緊急時に適切に動くためには、
事前のフレームワーク決定が重要性
- 大規模環境災害において、費用や効果を評価できる
フレームの構築が重要

政策としての最適化研究 Risk-Cost analysisから

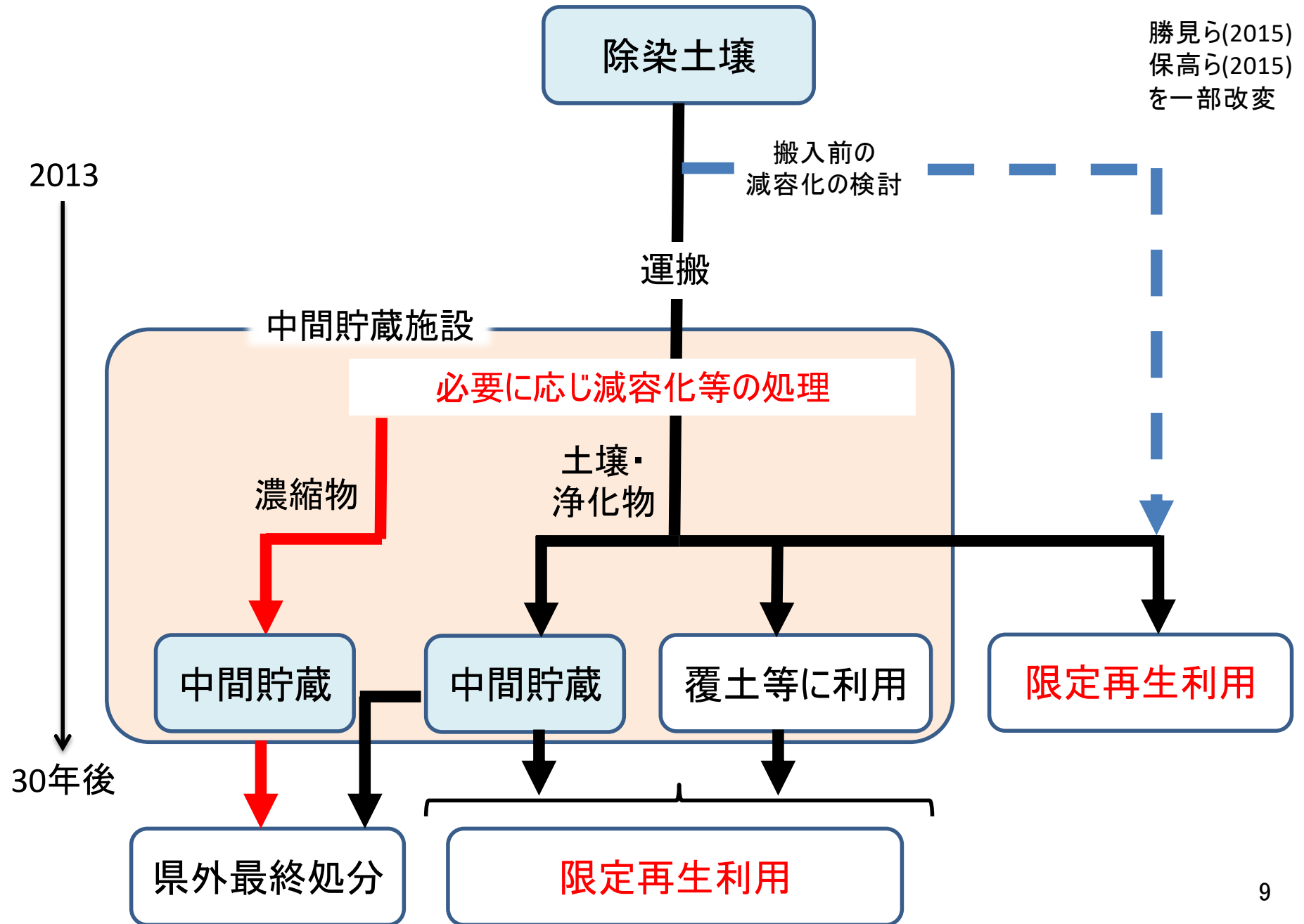
ステークホルダー間の合意形成のフレームの研究へ

2013-2018 減容化・再生利用

主な共同研究者

大迫政浩(国環研)、勝見武(京都大学)、万福裕造(農研機構)、
内藤航(産総研)他、多くの方々と連携をしております。

中間貯蔵に向けた除染土壌への対応

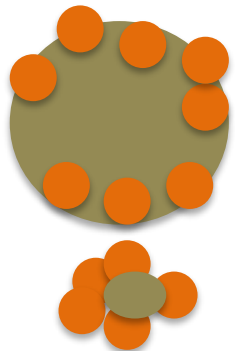


減容化技術の事例

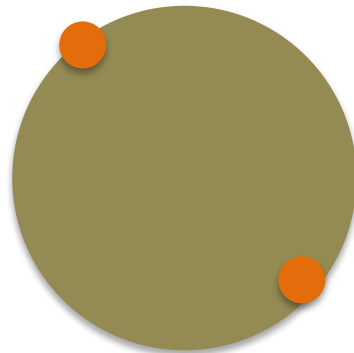
湿式/乾式分級



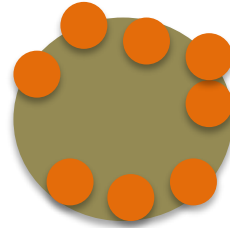
細粒分を分離する方法



細粒分：
管理・保管

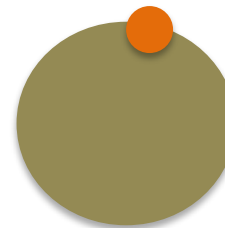


粗粒分：有効利用

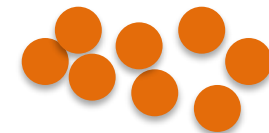


高温焼成法

土壌とセシウムを分離する方法



浄化土壌：
有効利用

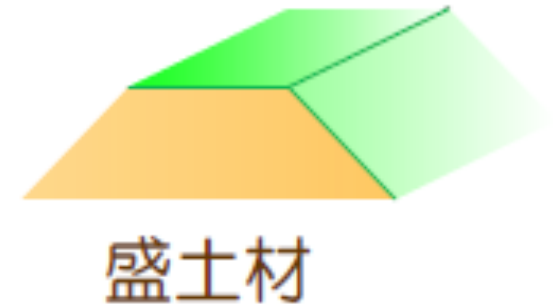


濃縮物：
管理・保管

限定再生利用



遮蔽等で被覆をして追加被ばく線量を抑えた状態、管理された状態での再生利用



(環境省資料より)

http://josen.env.go.jp/chukanchozou/facility/effort/recycling/pdf/overview_1709.pdf

オプション評価モデル(不燃物)の研究事例 (Yasutaka et al 2017)

1. インベントリ/発生量算定

土地情報
土地利用 & 沈着量

ID	水田	森林	沈着量
1	300ha	600ha	50000Bq/m ²
2	///	///	

可燃物発生量・
濃度・マトリクス

ID	水田 雑草	森林 落葉
1	140個 300Bq/kg	600個 1200Bq/kg
2	///	///

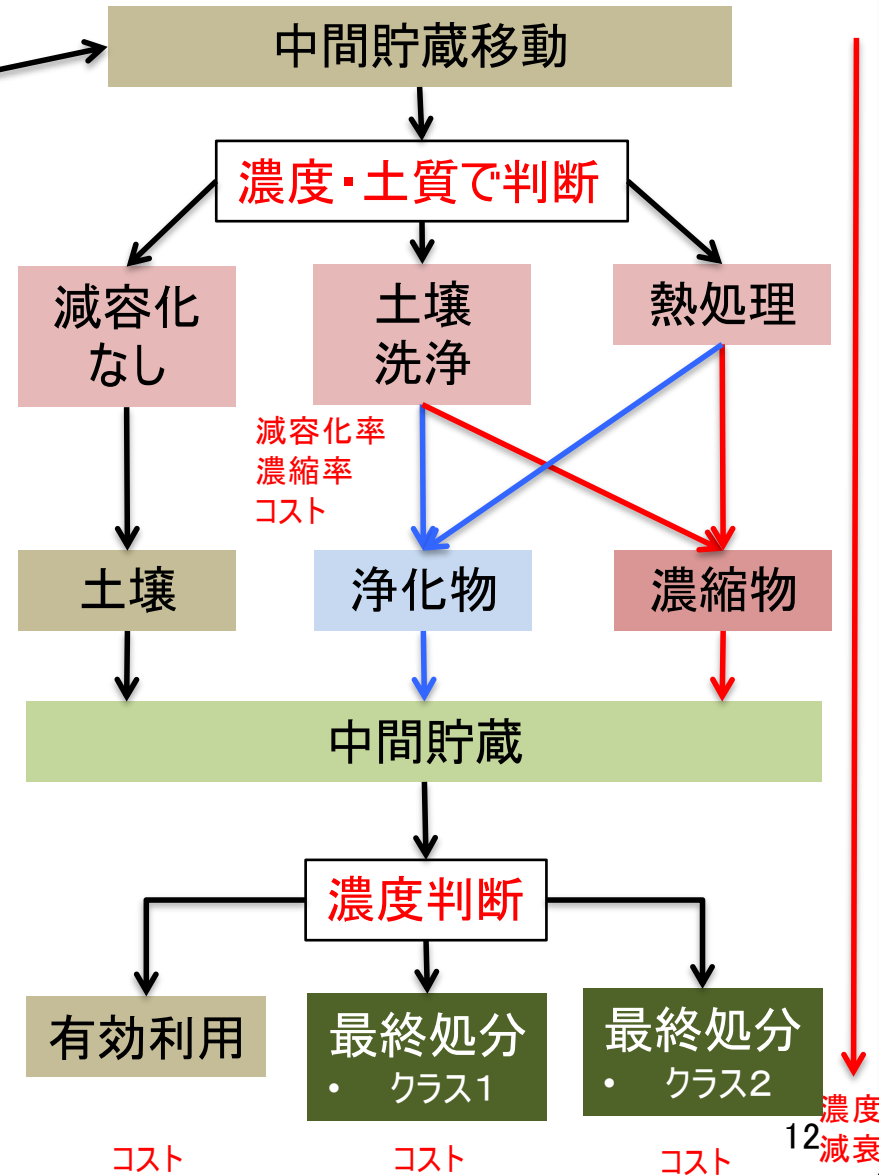
廃棄物原単位
発生量 & 濃度情報

	水田 土壌	森林
廃棄物発生量	715個/ha	270個/ha
沈着量濃度比	0.01 %	0.029 %

キーパラメータ

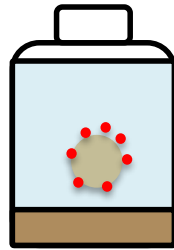
- ・減容化プロセスは高価
- ・最終処分量は削減される可能性が高い
- ・濃度に応じた有効利用/最終処分レベル分類
- ・減容化率および濃縮率

2. 減容化プロセス/コスト・廃棄物量



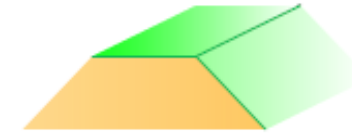
減容化、限定再生利用において必要なこと

アカデミックな科学



ポイント1
環境安全性

リスク評価



盛土材

ポイント2
材料品質

ポイント3(政策)
費用効果分析

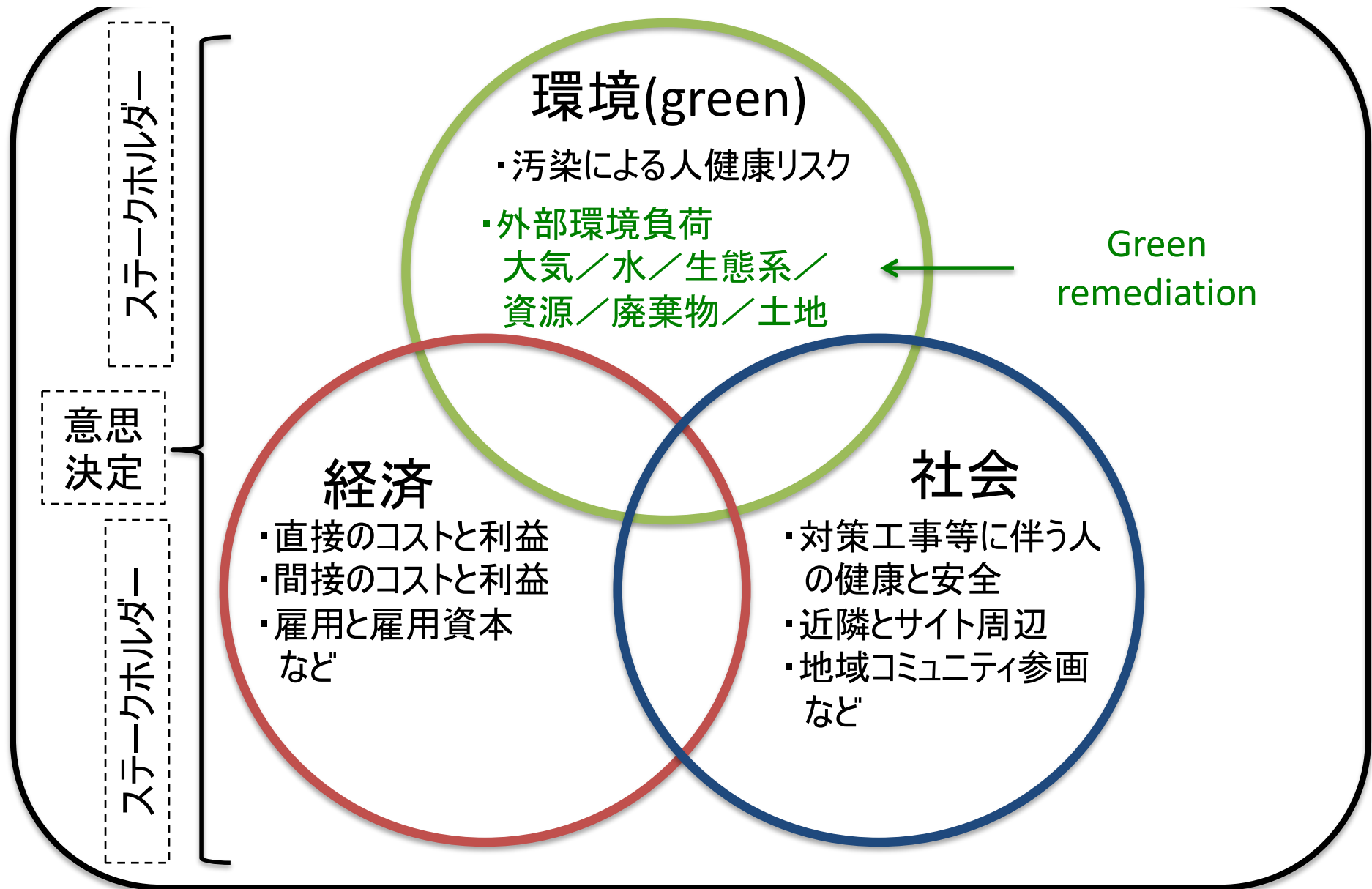
ポイント4(社会)
有効利用先の確保

ポイント5(意思決定)
社会受容性
ステークホルダー
のベネフィット/未来

社会的要素: 政策・意思決定

ステークホルダー
を包括した意思決定

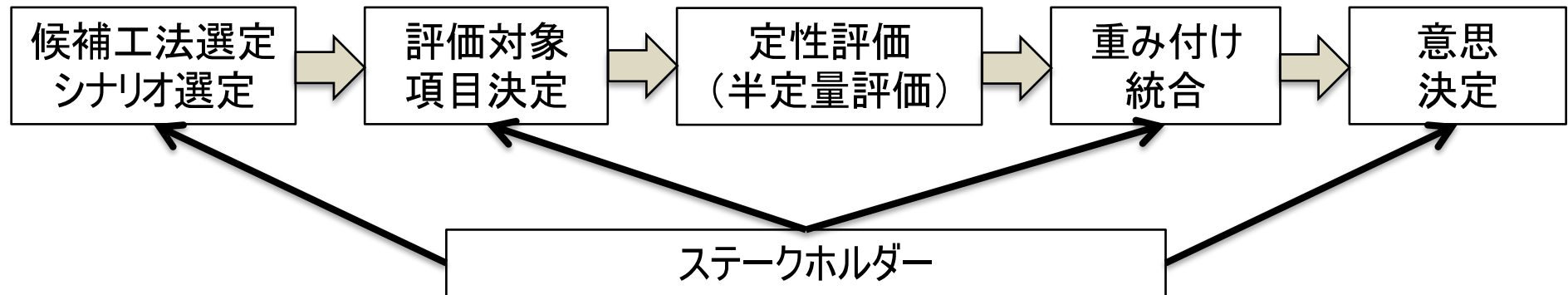
Sustainable remediation



その後の土地利用も含めた、持続可能性を考慮した土壤汚染措置の**意思決定**¹⁵

SRでの評価例 (SuRF-UKの資料を簡略化)

評価フローの例 (筆者ら簡略化)



評価指標の例

環境	社会	経済
大気環境	人健康と安全	直接コスト/便益
土壌環境	倫理と平等	間接コスト/便益
水環境	近傍と地域	誘発コスト/便益
生態系	住民参加	雇用と資本
資源消費	不確実性と証拠	プロジェクト寿命と柔軟性
廃棄物発生量	汚染物質除去	失敗リスク

2011

2013

2018

2047



除染の費用と効果

減容化・再生利用

県外最終処分に向けて

県外最終処分

最終処分地の選定においてどのようなことを検討する必要があるのか？



アセスメント・処分場としての概念

- 初期段階からの情報公開
- 住民を含めた幅広いステークホルダーの参画
- 複数のオプション(代替案)の準備
- ステークホルダーの価値観を
取り入れやすい評価手法の適用
- 柔軟な計画変更
- 公正性が担保された計画手続き

最終処分特有の課題

- 空間的広がり
 - 福島県を除く全都道府県が対象
- 時間的広がり
 - 次世代の課題(26年後)
- 柔軟性の課題
 - (取りうるオプションが少ない)