

追加被ばく線量評価（案）について

平成30年3月29日
環境省

追加被ばく線量評価の概要

目的

- 再生資材化した除去土壌の利用においては、周辺住民、施設利用者、作業者における追加被ばく線量を制限するため、用途先の限定、再生資材の放射能濃度の制限、適切な覆土厚の確保等の措置を講じる。
- 本追加被ばく線量評価を通じて、
 - ・ 一般公衆及び作業者に対する追加被ばく線量が 1mSv/y を超えないことを条件として、再生資材中の放射性セシウム ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) の放射能濃度レベルを算出する。
 - ・ 算出した濃度レベルに基づき、供用時の一般公衆に対する追加的な被ばく線量の更なる低減のための遮へい厚等の施設の設計に関する条件の検討を行う。
- ここでは、飯舘村における実証事業を安全に進めるため、園芸作物・資源作物の栽培のための農地造成を想定した追加被ばく線量評価を実施

追加被ばく線量評価の流れ

① 用途先の設定

- ・ 管理主体や責任体制が明確
- ・ 人為的な形質変更が想定されない

② 被ばく経路の想定

- ・ 用途に応じた施工時、供用時の被ばく経路の想定
- ・ 作業工程及び施設利用の情報に基づき、現実的なシナリオ・パラメータの設定

③ 1mSv/y 相当濃度の算出

- ・ 評価モデルにより、施工時、供用時の各被ばく経路で 1mSv/y を超えない放射能濃度レベルを算出
- ・ 最も影響が大きい被ばく経路を確認

④ 追加被ばく線量の更なる低減

- ・ 供用時における一般公衆に対する被ばく線量が 0.01mSv/y に低減する覆土等の厚さを評価

⑤ 災害・復旧時の評価

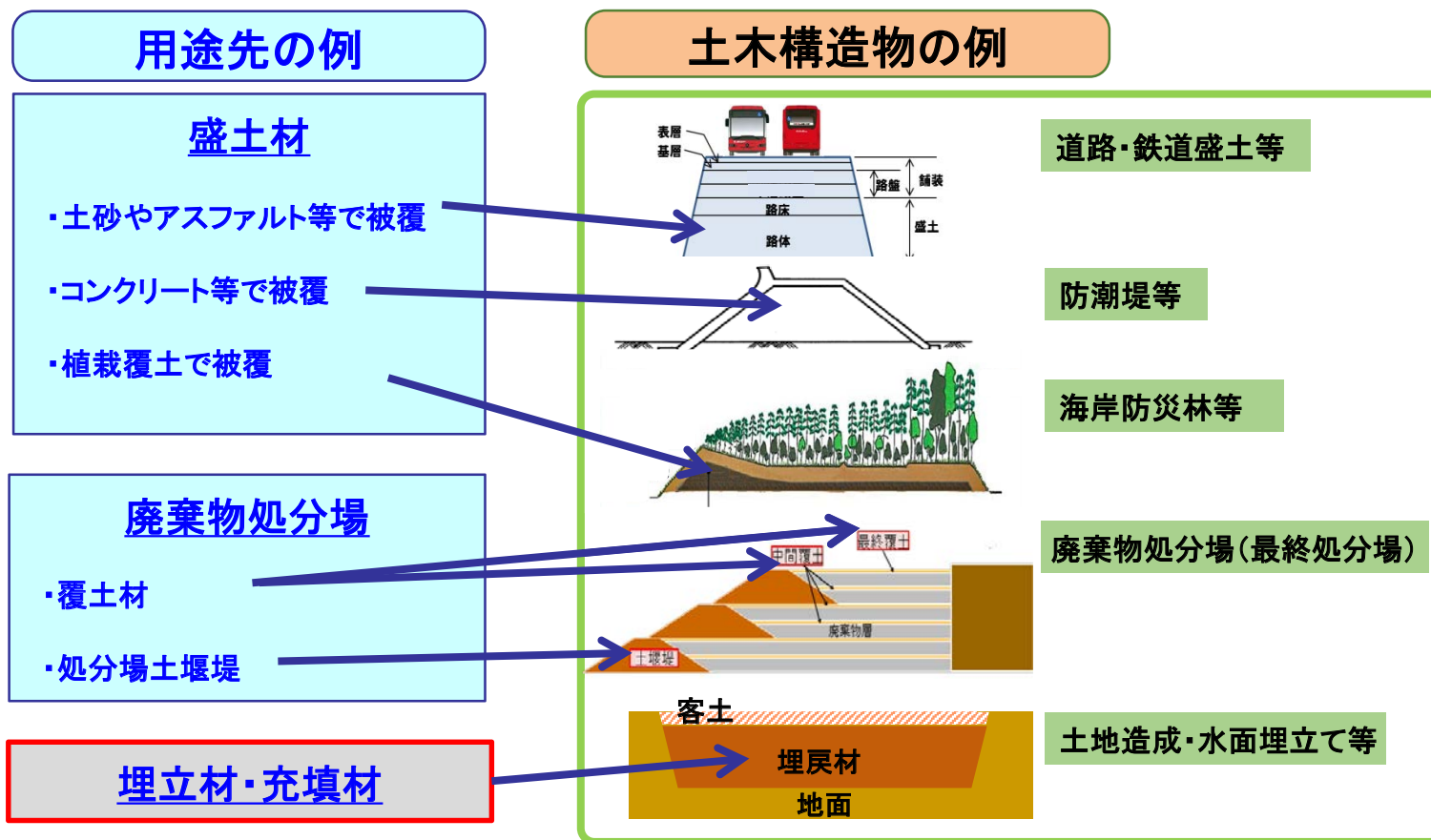
- ・ 用途に応じて想定される災害・被ばく経路を想定
- ・ 災害、復旧時における被ばく線量が 1mSv/y を超えないことを確認

【参考】再生利用の用途先の例

基本的な方針

- 利用先を管理主体や責任体制が明確となっている公共事業等における人為的な形質変更が想定されない盛土材等の構造基盤の部材に限定した上で、追加被ばく線量を制限するための放射能濃度の設定、覆土等の遮へい、飛散・流出の防止、記録の作成・保管等の適切な管理の下で再生資材を限定的に利用する。

(再生資材化した除去土壌の安全な利用に係る基本的考え方について(抜粋))



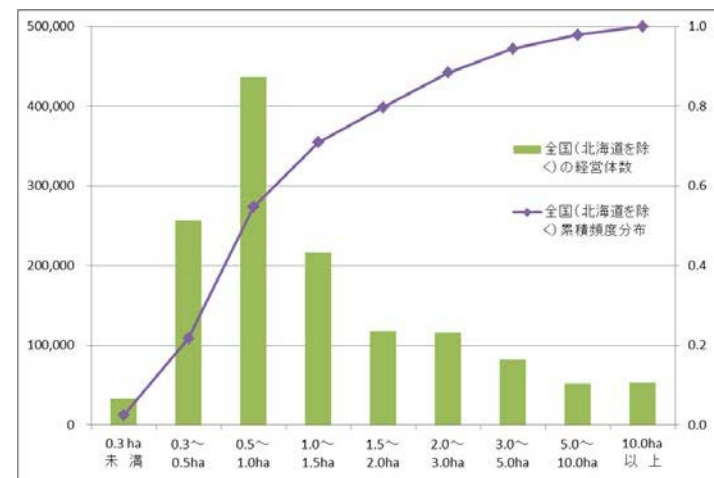
農地造成における評価における前提条件の検討

- 既往の安全性評価（土地造成に係る被ばく経路）を利用
- 農地特有の評価パラメータについて検討・整理

(1) 評価対象とする農地の造成面積

一経営体当たりの経営耕地面積の分布に基づき検討。
(北海道除く)

2ha以下：79.8%
10ha以下：97.9% ➡ 大半が10ha以下



一経営体当たりの耕地面積

出典：平成29年度耕地面積（7月15日現在）、農林水産省より作成

(2) 埋立・充填材として使用する再生資材量

農地造成：面積100,000m²（10ha）、再生資材厚4.5m（仮設定）
再生資材量450,000m³

（参考）土地造成：面積250,000m²（25ha）、再生資材厚4.7m、
再生資材量1,175,000m³

(3) 栽培が想定される農作物

資源作物（ジャイアント・ミスカンサス（GM））及び園芸作物

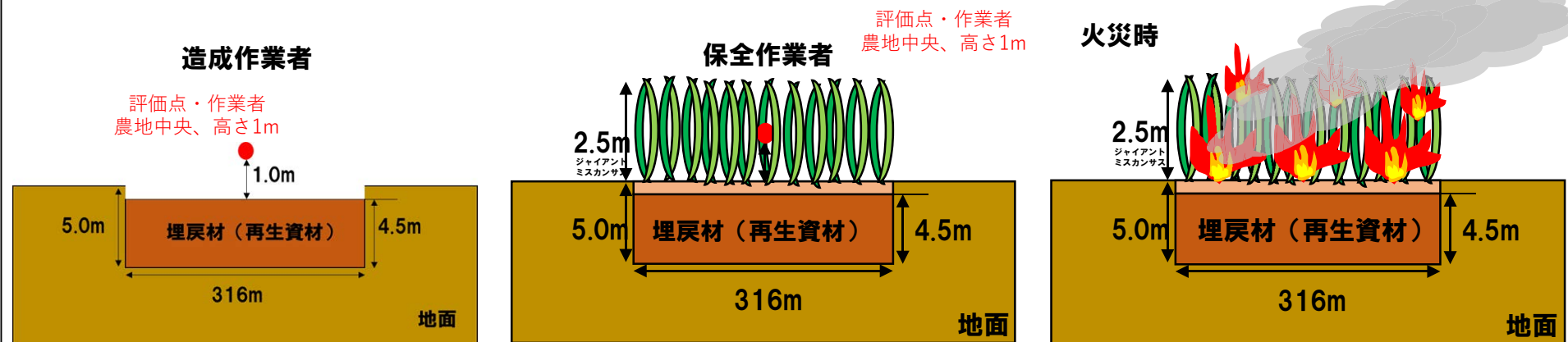
※資源作物の用途としてバイオマス燃料の原料となることを想定

※園芸作物については資源作物の安全評価に包含されると考えられるため、
ジャイアント・ミスカンサスにて評価

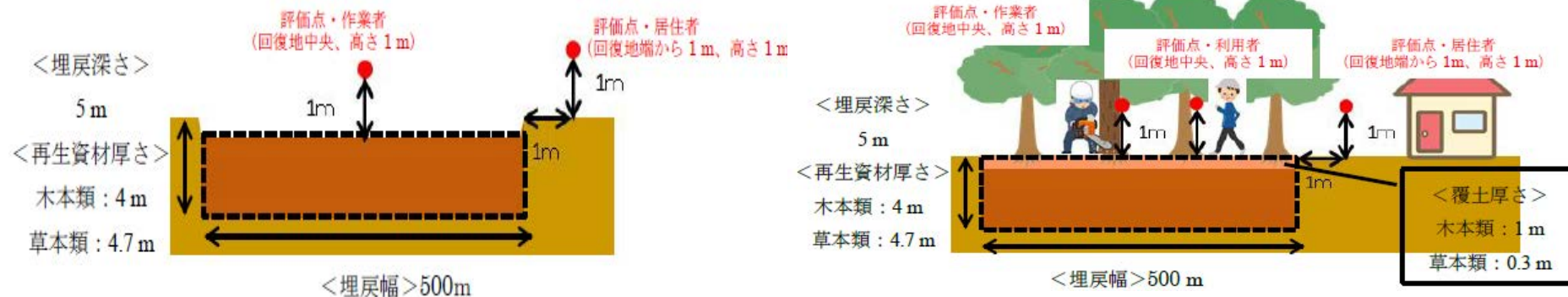
農地造成と土地造成の違い

- 農地造成における再生資材の用途は、土地造成同様、埋戻材の用途であるが、以下が異なる。
- ①造成面積、②使用する再生資材量（いずれも、土地造成＞農地造成）、
 - ③覆土表面の用途（農地は作土層として資源作物・園芸作物を栽培、土地造成は、森林浴等散策）

農地造成作業、保全作業、火災時の評価体系



(参考) 土地造成における評価体系



農地造成において想定する追加被ばく評価

- 平成28年度に行った「土地造成における再生資材の利用に係る線量評価について」をベースとして、資源作物・園芸作物の栽培用地への再生資材利用に係る線量評価を行う。
- 既往の評価結果が利用できる部分はその評価結果を用いて、新たに評価が必要な項目を抽出し、評価方法、評価パラメータ等を検討したうえで被ばく評価を行う。

再評価項目 農地造成作業者の外部被ばく線量

(理由)造成面積については、既往評価を下回るが、既往評価の再生資材の放射能濃度の決定経路であるため、再評価を行う。

追加評価項目 農地保全作業者の外部被ばく線量

(理由)資源作物(ジャイアント・ミスカンサス)の場合、覆土以深に根が到達することが考えられるため、移行係数、丈、栽培密度によっては、決定経路となる可能性を排除できないことから追加評価を行う。

追加評価項目 火災時における被ばく線量(消防士・公衆)

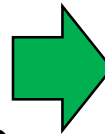
(理由)植栽する草本類の根の到達深度、移行係数、丈、栽培密度等が既往評価(樹木)と異なるため、追加評価を行う

被ばく線量評価パラメータ及び評価結果について

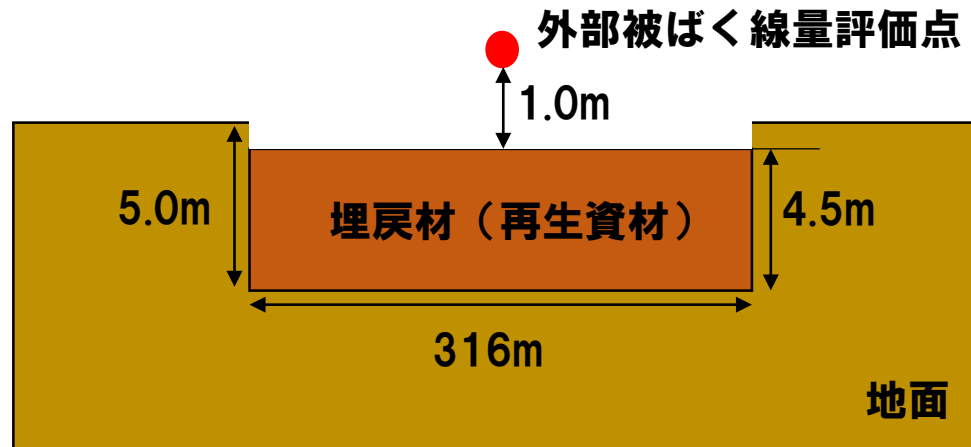
- 農地造成作業者の年間被ばく線量（決定経路）を評価し、農地において利用可能な再生資材濃度を評価
- 園芸作物と資源作物を栽培する農地において、農地造成作業者の外部被ばく線量評価は同様の評価体系となる

（1-1）農地造成作業者の外部被ばく線量

- ・ 敷均し、締固め作業
- ・ 被ばく時間1,000h/y
- ・ 遮蔽係数1.0
- ・ かさ密度2.0g/cm³
- ・ Cs存在比：¹³⁴Cs：¹³⁷Cs=0.209:1（H28.3月時点）
- 既往の安全評価同（以下、同じ）



- ・ 外部被ばく線量換算係数（¹³⁴Cs+¹³⁷Cs）
1.9E-01 [mSv/y] / [Bq/g]
- ・ 1年施工時の1mSv/y相当濃度
→5,225Bq/kg



農地造成作業者の外部被ばく線量評価体系

土地の嵩上げによる農地造成に係る被ばく線量評価について

- 農地造成の方法として、土地の嵩上げも想定されるため、再生資材濃度決定経路となる施工中の農地造成作業者と周辺居住者の年間被ばく線量も追加的に評価した。

(1-2) 農地造成作業者の外部被ばく線量

農地造成作業者

- ・ 敷均し、締固め作業
- ・ 被ばく時間1,000h/y
- ・ 遮蔽係数1.0
- ・ かさ密度2.0g/cm³
- ・ Cs存在比：¹³⁴Cs：¹³⁷Cs=0.209:1
(H28.3月時点、既往の安全評価同)
- ・ 外部被ばく線量換算係数 (¹³⁴Cs+¹³⁷Cs)
1.9E-01 [mSv/y] / [Bq/g]
- ・ 1年施工時の1mSv/y相当濃度
→5,100Bq/kg

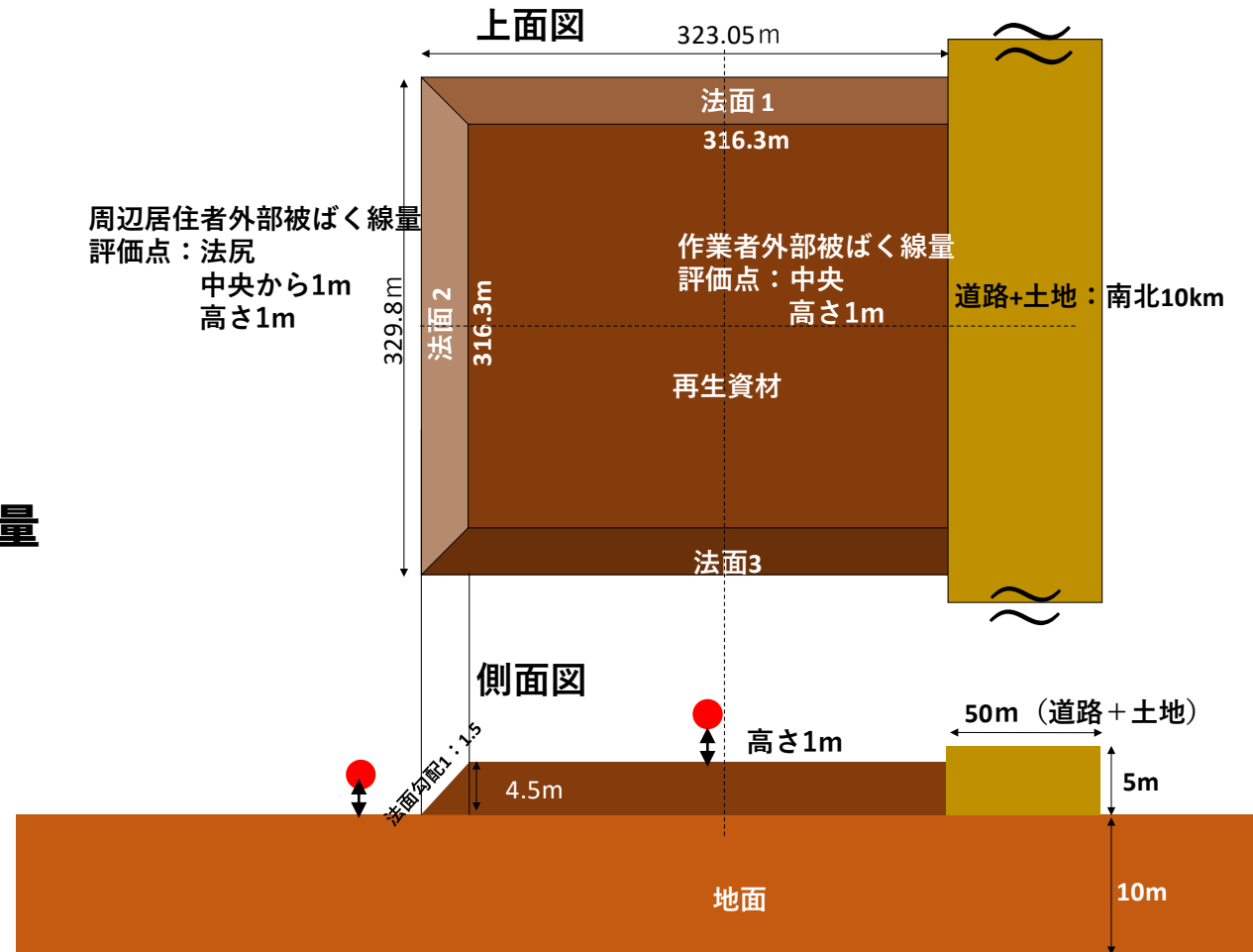
(1-3) 周辺居住者の外部被ばく線量

周辺居住者（成人）

- ・ 被ばく時間：8,760h/y
- ・ 遮蔽係数：0.2
- ・ 外部被ばく線量換算係数 (¹³⁴Cs+¹³⁷Cs)
1.3E-01 [mSv/y] / [Bq/g]
- ・ 1年施工時の1mSv/y相当濃度
→7,900Bq/kg

周辺居住者（子ども）

- ・ 外部被ばく線量換算係数 (¹³⁴Cs+¹³⁷Cs)
1.6E-01 [mSv/y] / [Bq/g]
- ・ 1年施工時の1mSv/y相当濃度
→6,100Bq/kg



農地造成作業者の外部被ばく線量評価体系

農地造成地における1mSv/y相当濃度の評価（埋戻し用途）

- 1mSv/ y（施工時、供用時）を超えない放射性セシウムの放射能濃度レベルを算出。
- 主要な被ばく経路における1mSv/y相当濃度及び決定経路（最も影響が大きい被ばく経路）は、埋戻し施工中の作業者の外部被ばくで5,200Bq/kgとなった。

1mSv/y相当濃度（Bq/kg）※50cm覆土の場合

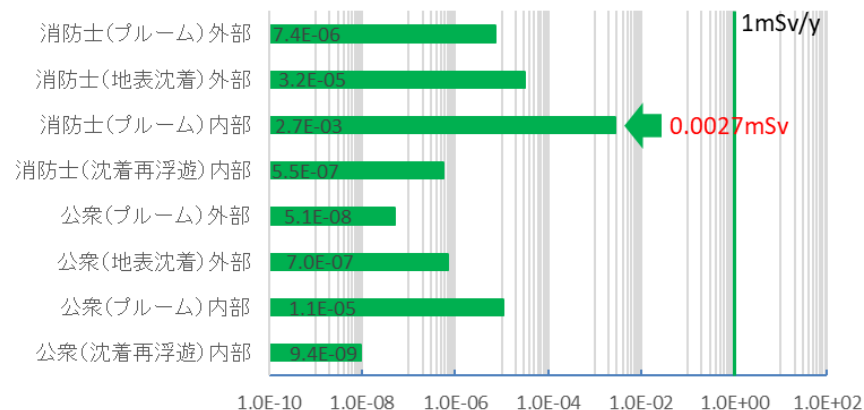


火災時における追加被ばく線量評価

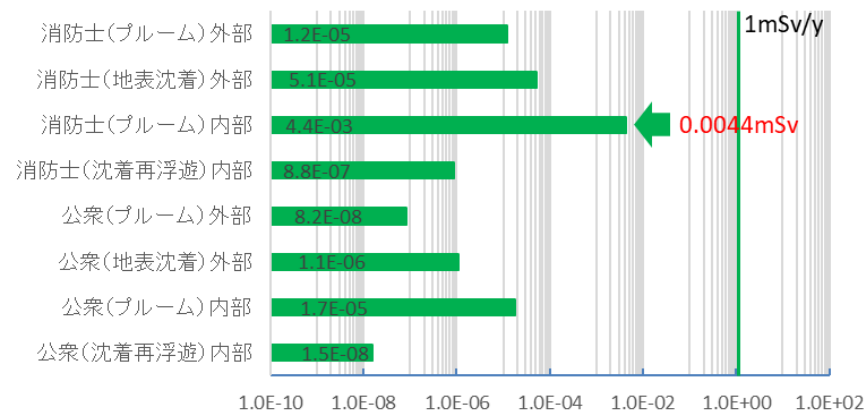
- 再生資材中Csの作物移行に伴い、火災時の消防士及び周辺公衆に及ぼす影響を評価
- 追加被ばく線量は、消防士、公衆共に1mSv/yを十分に下回る結果が得られた。

【資源作物（ジャイアントミスカンサス）栽培初年度火災時被ばく線量】

再生資材濃度5,000Bq/kg

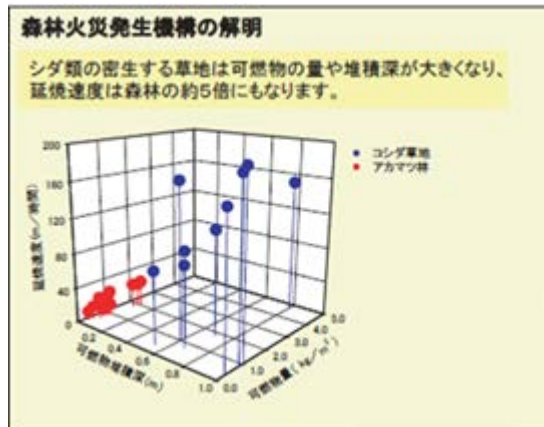


再生資材濃度8,000Bq/kg



【評価条件】

- ・ 資源作物が全焼した場合を想定
延焼面積：10ha、風速1m/s（土地造成同）
延焼速度は土地造成の木本類の評価パラメータの5倍を想定
- ・ 被ばく形態（土地造成同）
消防士：外部・吸入、周辺公衆：外部・吸入
- ・ ブルームからの被ばく：半無限線源
- ・ 地表沈着による被ばく：無限平板線源
- ・ 被ばく時間：24h（土地造成同）



出典：森林に対する生物被害、気象災害等の回避・防除技術に関する研究（森林総合研究所）

覆土等の厚さによる追加被ばく線量の更なる低減

➤ 追加被ばく評価計算から算出される1mSv/y相当濃度は下表のとおりである。

用途先	覆土等	決定経路と1mSv/y相当の放射能濃度レベル					
		一般公衆	1年間の放射能濃度レベル（Bq/kg）	作業者	作業期間限定に応じた放射能濃度レベル（Bq/kg）		
農地（資源作物・園芸作物）	埋戻し用途	埋戻し施工中周辺居住者成人－外部被ばく	10,400	埋戻し施工作業者－外部被ばく	6か月	9か月	1年
		埋戻し施工中周辺居住者子ども－外部被ばく	8,000		10,000	6,800	5,200
	嵩上げ用途	嵩上げ施工中周辺居住者成人－外部被ばく	7,900	嵩上げ施工作業者－外部被ばく	6か月	9か月	1年
		嵩上げ施工中周辺居住者子ども－外部被ばく	6,100		9,900	6,700	5,100

- 評価対象は、供用時における一般公衆の決定経路となる農地保全作業者とした。
- 1 mSv/y相当の放射能濃度レベル 5,000Bq/kg 及び 8,000Bq/kgとした結果を下表に示す。
- 供用時の一般公衆の被ばく線量低減のための覆土厚を検討し、覆土厚を50cm以上とすると、外部被ばく線量が0.01mSv/yを下回ることが確認できた。

経路	用途先	覆土等	再生資材の放射能濃度	覆土等の厚さに応じた一般公衆の追加被ばく線量（外部被ばく）[mSv/y]			
			[Bq/kg]	30cm	40cm	50cm	100cm
一般公衆の外部被ばく	農地埋立材	草本類	5,000	0.025	0.010	<0.01	<0.01
			8,000	0.040	0.016	<0.01	<0.01

覆土厚の考え方について

- 農地造成における覆土厚については、放射線の遮蔽及び作土深さを踏まえ、覆土厚を50cm以上とし、必要な安全裕度を考慮する

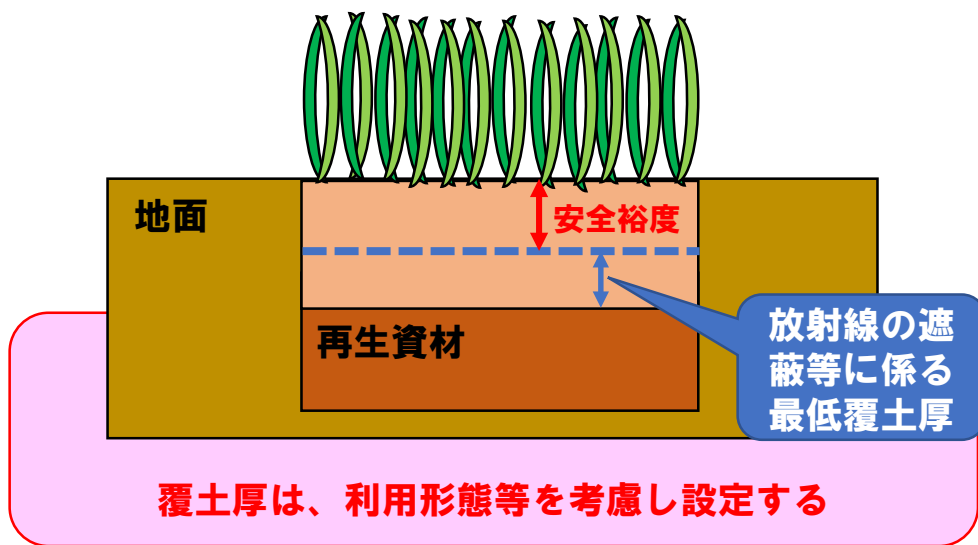
【放射線遮蔽の観点】

- ・放射線遮蔽の観点から必要となる覆土厚として50cm以上とする
(スライド「覆土等の厚さによる追加被ばく線量の更なる低減」参照)

【作土深さの観点】

- ・農地における作土深さから、必要な覆土厚は、40cm以上とする

➡ 農地造成において想定されている園芸作物等の作土深さは、放射線遮蔽のための覆土厚50cm以上に包含されるため、覆土厚は50cm以上とする。また、利用形態等に応じ、安全裕度を考慮



品種	改良深度 作土の深さ(cm)
キク	20-30
バラ	30-40
トルコ桔梗	20-40
リンドウ	30-40
カーネーション	20-30
アルストロメリア	20-40
宿根カスミソウ	20-40

出典：青森県「土壌及び作物体分析の手引」（平成4年編）

用途ごとの再生資材として利用可能な放射能濃度

用途先		遮へい条件	年間の再生資材利用作業期間に応じた再生利用可能濃度 (Bq/kg) _{※1}			追加被ばく線量の更なる低減のために必要な覆土等の厚さ (cm)
			6か月 _{※2}	9か月 _{※2}	1年 _{※2}	
盛土		土砂やアスファルト等で被覆	8,000以下	8,000以下	6,000以下	50 cm以上
		コンクリート等で被覆	8,000以下	8,000以下	6,000以下	50 cm以上 _{※3}
		植栽覆土で被覆	8,000以下	7,000以下	5,000以下	100 cm以上 _{※3}
廃棄物処分場	中間覆土材	保護工(客土等)	8,000以下	8,000以下	8,000以下	10 cm以上 _{※4}
	最終覆土材		8,000以下	7,000以下	5,000以下	30 cm以上 _{※3}
	土堰堤		8,000以下	8,000以下	8,000以下	30 cm以上
埋立材・充填材		植栽覆土で被覆 _{※5}	7,000以下	6,000以下	4,000以下	40 cm以上(草本類) 100 cm以上(木本類) _{※3}
農地 (資源作物・園芸作物)		土砂等で被覆 (埋戻し用途) _{※6}	8,000以下	6,000以下	5,000以下	50cm以上
		土砂等で被覆 (嵩上げ用途) _{※7}	6,000以下	6,000以下	5,000以下	50cm以上

※1：用途先ごとの被ばく評価計算により算出された1 mSv/年相当濃度の100Bq/kg以下の位を切り捨てて表記した（具体的な被ばく評価計算結果については、以下リンク先の資料を参照http://josen.env.go.jp/chukanchozou/facility/effort/investigative_commission/pdf/proceedings_160607_05.pdf、http://josen2.ewmjapan.com/chukanchozou/facility/effort/investigative_commission/pdf/proceedings_170327_08.pdf）なお、この再生利用可能濃度は、平成28年3月時点の¹³⁴Csと¹³⁷Csの存在比を基に算出しており、今後、時間経過とともに空間線量率への寄与が小さい¹³⁷Csが大部分を占めるようになり1 mSv/年相当濃度が変化するとともに、再生資材中の放射性セシウムが物理減衰するため、再生利用に伴う追加被ばくは、時間経過とともに低減する方向で推移する

※2：工事そのものの規模、再生資材の利用量、作業員の労務時間管理等により、作業員が1年間のうち再生資材に直接接触する作業（重機を用いた作業を除く）に従事する期間

※3：用途先の構造上、一定の植栽基盤の厚さや覆土の厚さが必要とされる場合、追加被ばく線量の更なる低減のために必要な覆土等の厚さは、当該構造上必要とされる覆土等の厚さも含めた必要な厚さである。なお、追加被ばく線量の更なる低減のために必要な覆土等の厚さとしては、盛土におけるコンクリートで被覆した場合は30 cm、植栽覆土で被覆した場合は50 cm、埋立材・充填材における植栽覆土で被覆した場合は40 cmである

※4：中間覆土材は廃棄物処分場の構造上、土堰堤、廃棄物層、最終覆土により遮へいされているため、中間覆土のためだけの覆土等は不要

※5：土取場・窪地等を埋戻し・緑地化した造成地を想定

※6：窪地等を埋戻しした造成地を想定

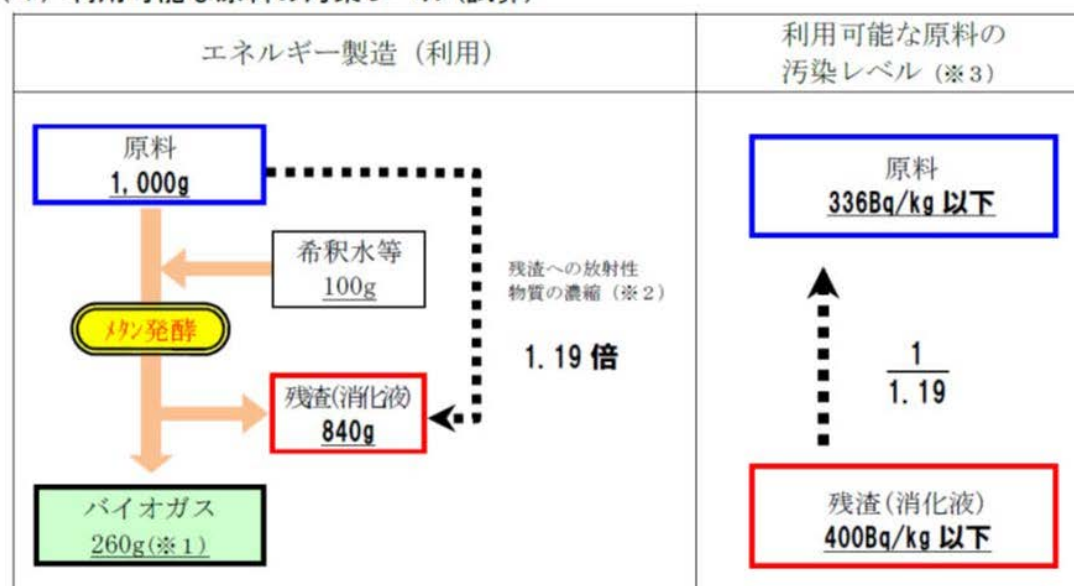
※7：土地を嵩上げた造成地を想定

資源作物のバイオマス利用について

- 資源作物（ジャイアントミスカンサス※）由来の原料の放射能濃度は270Bq/kgであり、メタン発酵による利用可能な原料の汚染レベル（336Bq/kg）を下回る結果となった。（資源作物の濃度は、再生資材5,000Bq/kg、移行係数0.054として評価）

※ジャイアントミスカンサスは燃焼原料に利用される例が多いが、ここではメタン発酵における放射能濃度を検討するため、評価を実施

（４）利用可能な原料の汚染レベル（試算）



※１：1kg から 0.2 m³のバイオガス発生を想定

バイオガス成分としてメタン 55% (0.717kg/m³)、二酸化炭素 45% (1.976kg/m³)を想定

※２：バイオガスには放射性物質は移行しないことから、すべて残渣に濃縮するとして試算

※３：残渣を肥料として使用するための原料の汚染レベル

出典：避難指示区域における資源作物の生産及びエネルギー化に関する方針
平成25年12月 福島県農林水産部