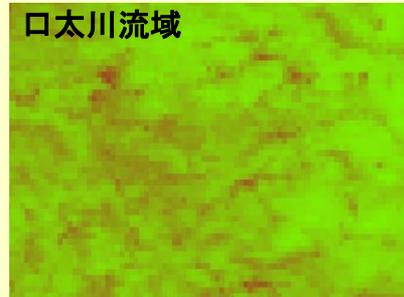
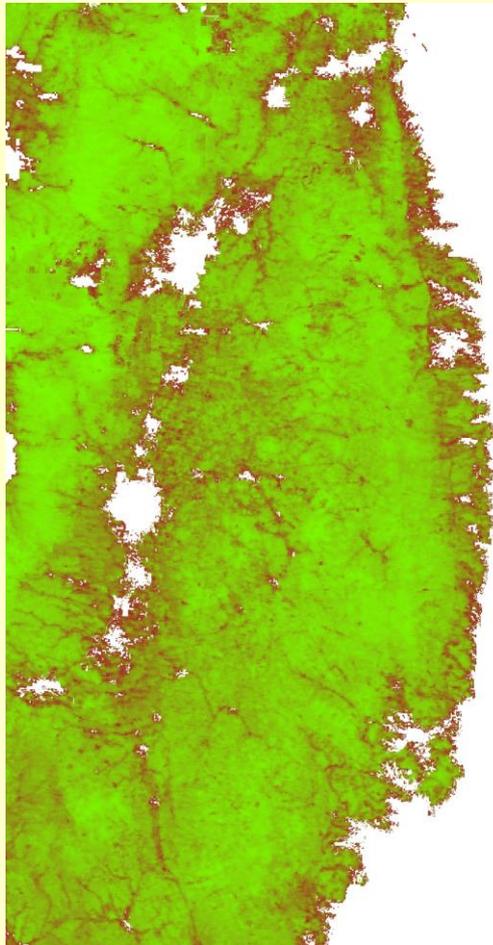


USLE式による土壌侵食量およびセシウム流出量の計算

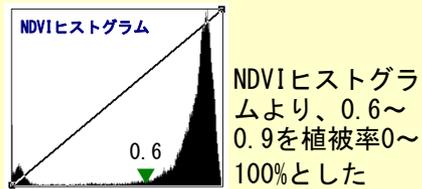
入力地理情報の精緻化

- 調査内容 ○入力地理情報の精緻化
- 1) NDVI情報
 - 2) 土地利用・植生情報

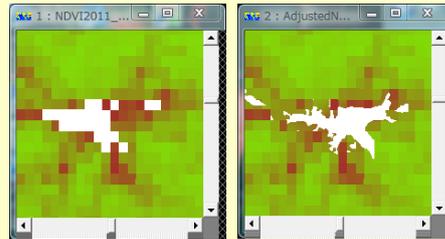
MODIS/NDVIデータセットによる植被率推定



0 100%

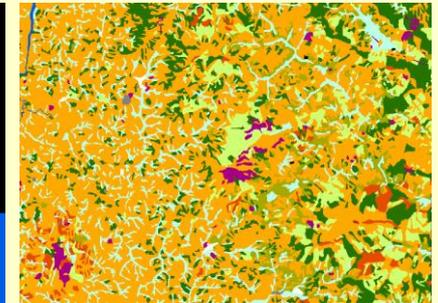


NDVIヒストグラムより、0.6~0.9を植被率0~100%とした



植生・土地利用図を用いて250m分解能NDVI画像を改善した

土地利用図(25m分解能)の再構成

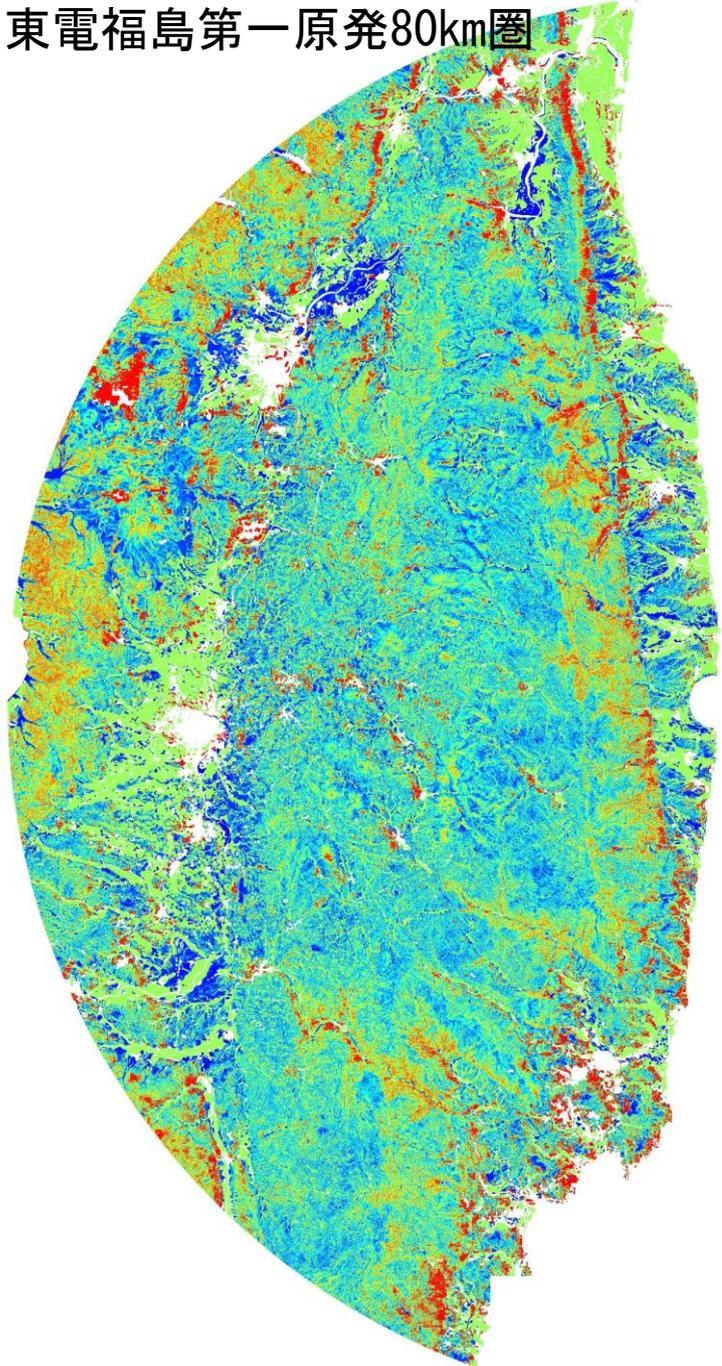


- 水田雑草群落
- 畑地雑草群落
- 草地
- 裸地
- 常緑針葉樹(スギ・ヒノキ)
- 常緑針葉樹(アカマツ)
- 常緑広葉樹
- 落葉広葉樹
- 落葉針葉樹
- 都市域
- 住宅地
- 開放水域
- 湿地
- その他

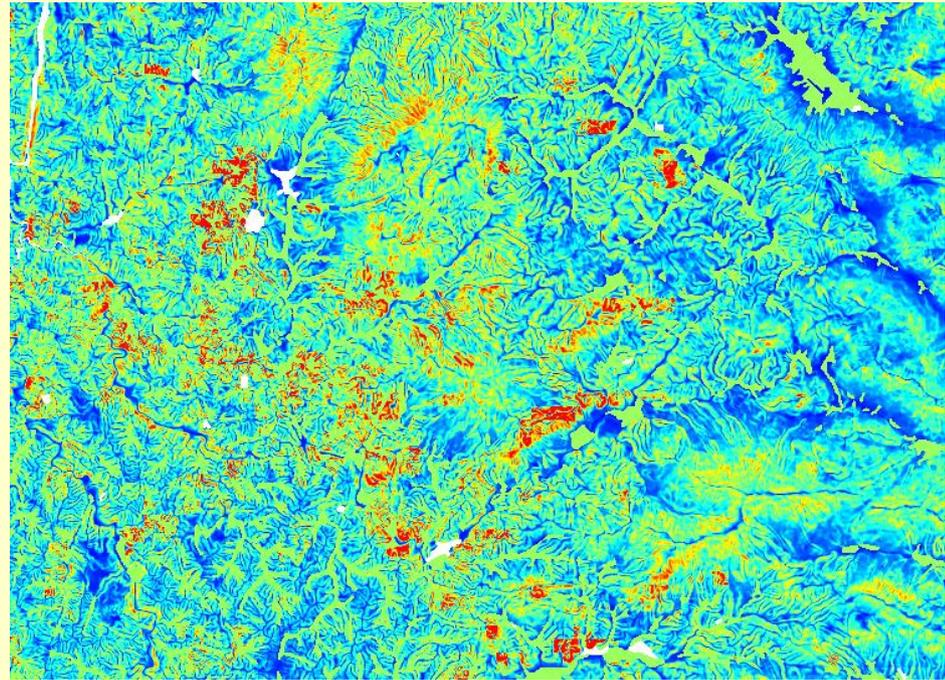
今後のUSLE式の追加・改善に対応できるように土地利用図のサブカテゴリを設定した

分布型モデルによるUSLE侵食量仮計算結果

東電福島第一原発80km圏



口太川流域



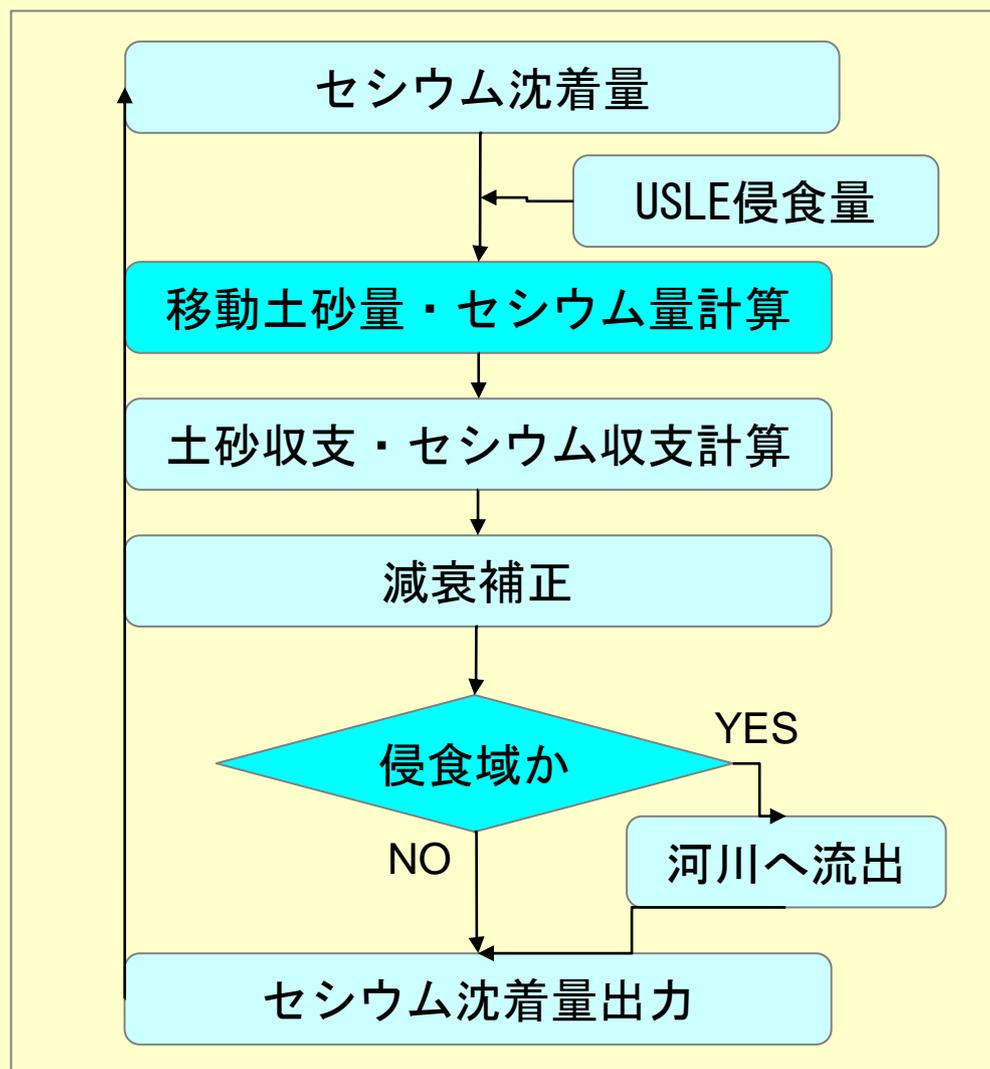
0  0.2ton/ha/year

- 避難区域と避難区域外を区別
- 避難区域の水田は草地
- 避難区域外の耕作畑の侵食量は未耕作畑の侵食量の5倍
- 都市域では侵食ゼロと設定
- 新たなUSLE式の提示を受け次第、再計算に対応

侵食土砂の移動に伴うセシウムの下流方向への追跡

侵食土砂の下流方向への追跡

1年間の計算（30年繰り返す）



●USLE侵食量 (ton/ha/year) は定数

●セシウム沈着量の初期値は第3次航空機モニタリング (2011年7月2日) を仕様

●下流側グリッドを特定し、土砂・セシウムを移動させる

●侵食土砂量 (kg) からセシウム運搬量 (Bq) への変換

[Case 1] セシウムが表層5cmに均一に存在するとした簡便式

$$(Bq/m^2) = (Bq/kg) / 60$$

[Case 2] 土地利用ごとに沈着量 (Bq/m²) と流出セシウム濃度 (Bq/kg) との比を設定 (山木屋における観測から)

●飽和帯発生領域 (流出寄与域) に到達したらセシウムは河川へ流出
TPI>12 (経験的に設定)

侵食量 (kg) と流出セシウム濃度 (Bq/kg) の関係

【Case 1】セシウム濃度 (Bq/kg) = 沈着量 (Bq/m²) / 60

【Case 2】
流出セシウム濃度 (Bq/kg)
と沈着量 (Bq/m²) の経験的
関係を利用する方法

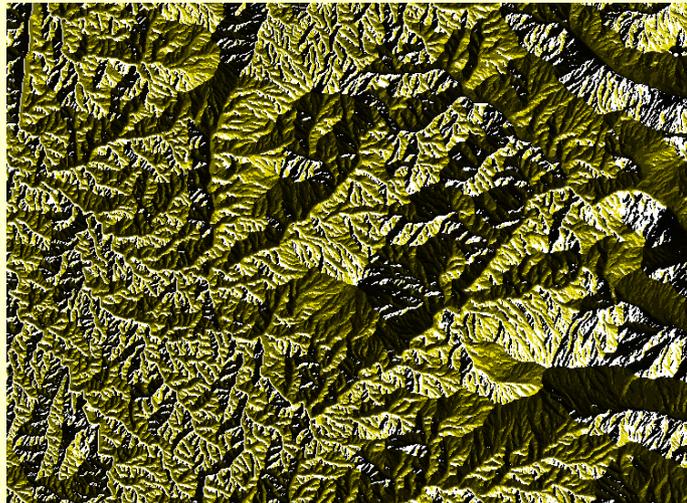
観測プロット	沈着量 (KBq/m ²)		セシウム濃度 (KBq/kg)		換算係数	
	Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137
緩勾配の畑	353	372	10	20	0.029	0.054
緩勾配の畑(耕作実施)	353	372	2	3	0.004	0.009
急勾配の畑	393	413	14	29	0.036	0.069
急勾配の畑(耕作実施)	393	413	2	5	0.006	0.013
採草地	529	557	6	12	0.011	0.022
放牧地	957	1006	4	8	0.004	0.008
杉若齢林	421	442	280	559	0.667	1.265
水田	255	269	14	15	0.056	0.057

沈着量 (Bq/m ²)		1k	5k	10k	50k	100k	500k	1000k	
Cs-134濃度 (Bq/kg)	Case1	17	83	167	833	1667	8333	16667	
	Case2	耕作畑	0	0	1	33	134	3348	13393
		非耕作畑	0	2	9	221	884	22099	88395
		草地	0	2	9	221	884	22099	88395
		森林	2	40	159	3965	15859	396484	1585935
		水田	0	5	22	548	2193	54824	219297
	平均	0	10	40	998	3991	99771	399083	
Cs-137濃度 (Bq/kg)	Case1	17	83	167	833	1667	8333	16667	
	Case2	耕作畑	0	1	5	123	491	12263	49052
		非耕作畑	0	7	28	691	2765	69118	276473
		草地	0	7	28	691	2765	69118	276473
		森林	5	125	501	12518	50073	1251814	5007256
		水田	0	9	37	929	3716	92899	371596
	平均	1	30	120	2990	11962	299042	1196170	

●Case 2によるセシウムの流出量が多い

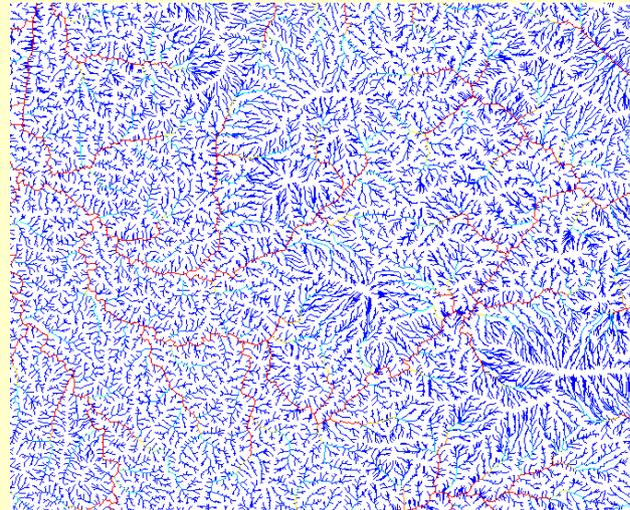
口太川流域の地形パラメータ

FD (Flow Direction)
落水線図



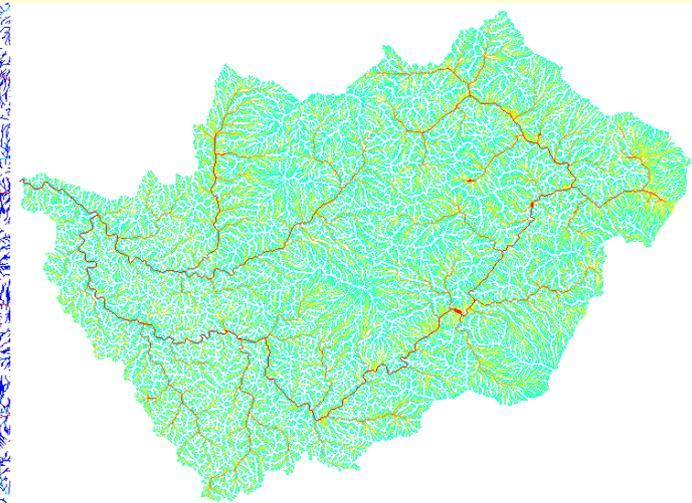
東 時計回りに8方位

FA (Flow Accumulation)
上流側にあるグリッド数

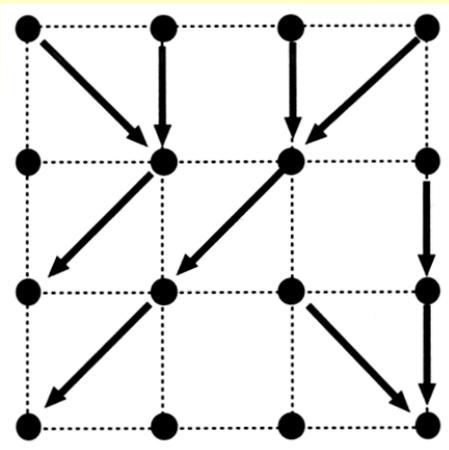


0 3000

TPI (Topographic Index)
地形指数



0 20



[落水線の模式図]
FDより下流側グリッドを特定できる

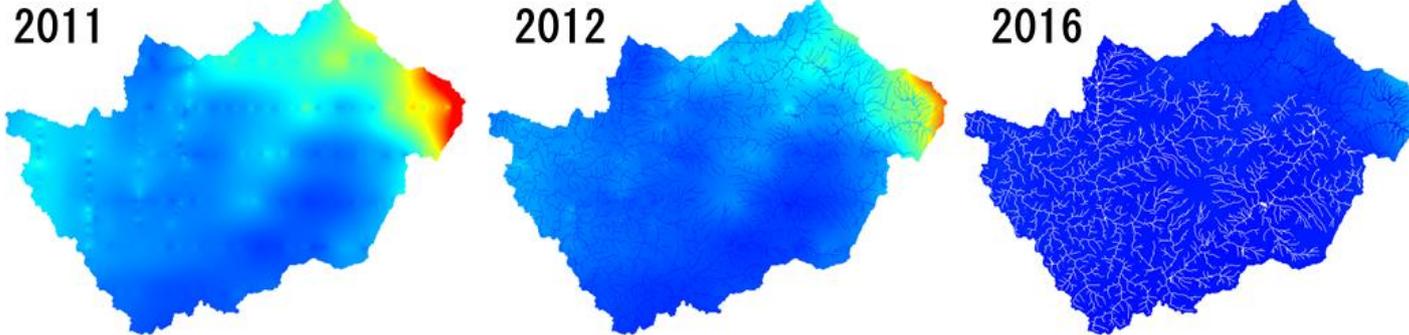
$$\text{地形指数 (TPI)} = A / \tan(\theta) = \text{FA} * 25 * 25 / \tan(\theta)$$

ここで、A: 上流側流域面積、 θ : 傾斜

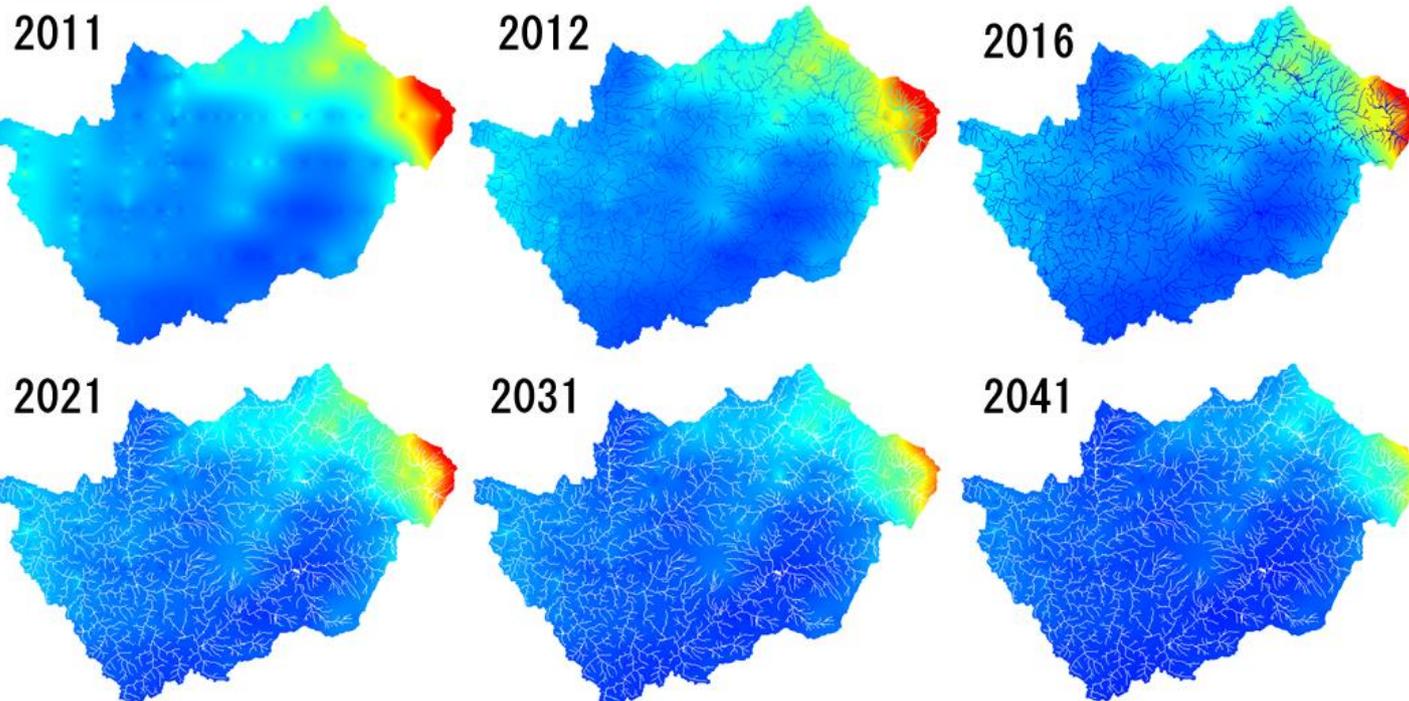
- TPIは上流側面積が大きく、傾斜が緩いグリッドで大
- 飽和帯の発生しやすい場所（流出寄与域）、すなわち侵食が起こりやすい場所のインデックスとして使用
- 口太川流域ではTPI>12で主な河道を再現できそうである

口太川流域におけるセシウム沈着量の経年変化

Cs134



Cs137



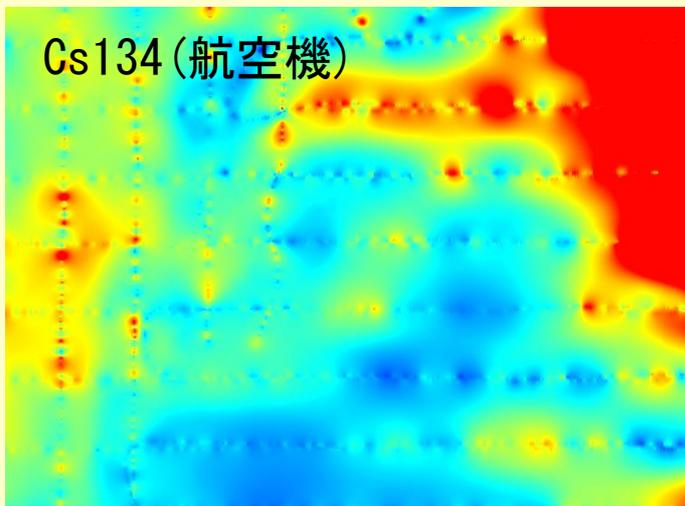
【Case 1】

- 1年をタイムステップとして年ごとのセシウム沈着量を計算した
- 河道近傍の流出寄与域に到達したセシウムは河川へ移行する
- 最終報告までにアルゴリズム、コードの改善、検討を引き続き継続する

セシウム沈着量の1年目の減衰

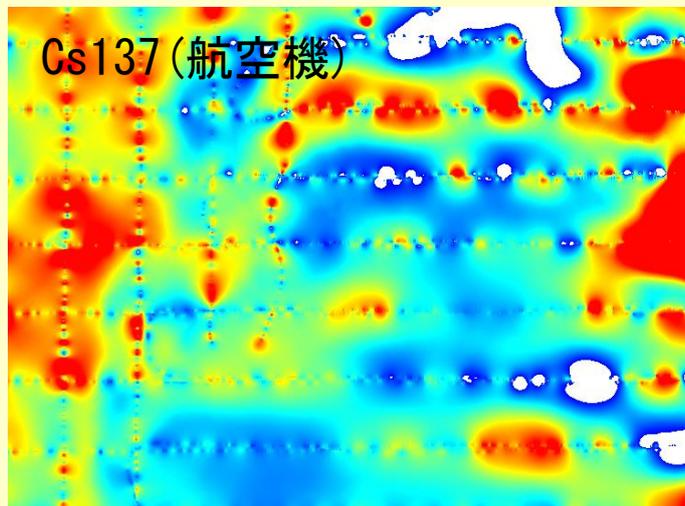
2011年と2012年の1年間のセシウム沈着量 (Bq/m²) の減衰量

Cs134 (航空機)



0 200KBq/m²

Cs137 (航空機)

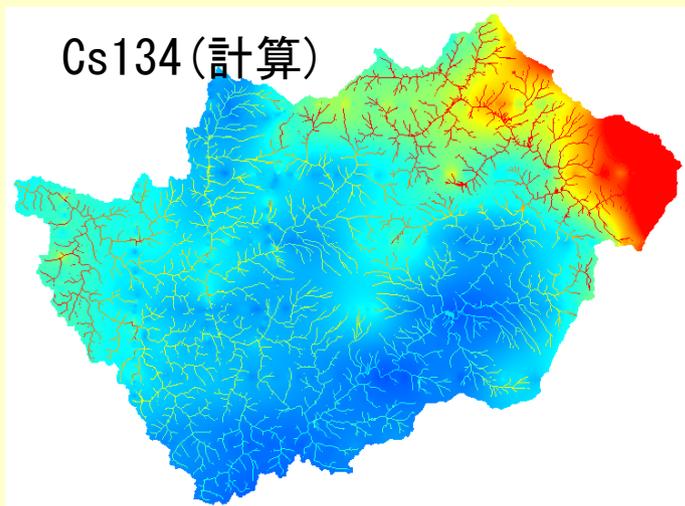


0 100KBq/m²

● 航空機モニタリングは第3次と第5次の差 (2011年7月2日と2012年6月28日)

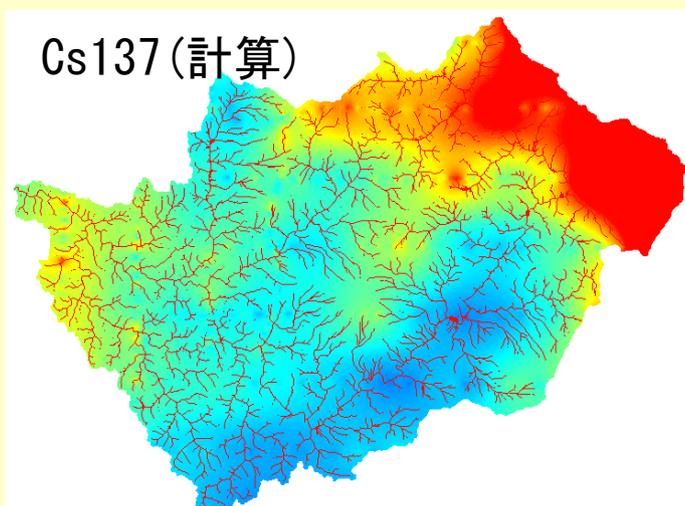
● Cs137 (航空機) において白色部分はCs137沈着量が増えた領域

Cs134 (計算)

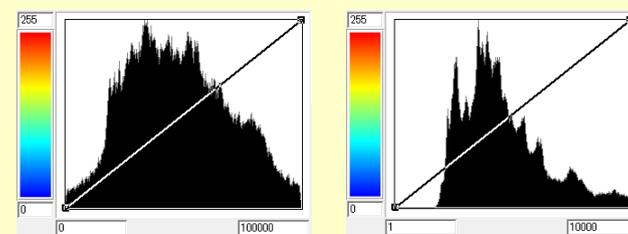


0 200KBq/m²

Cs137 (計算)



0 10KBq/m²



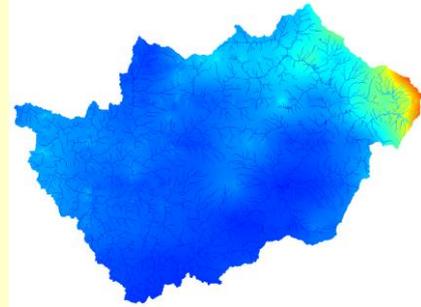
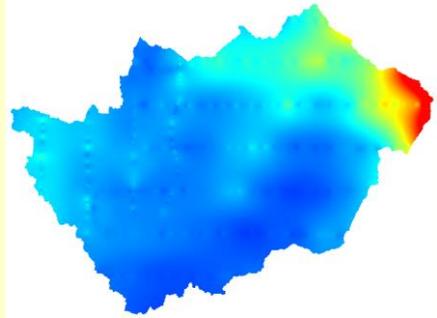
Cs137の差画像のヒストグラムのレンジは航空機(左)が100K、計算結果(右)が10K

● 航空機モニタリングの結果の減衰が大きい

<<要検討項目>>

口太川流域におけるセシウム沈着量の経年変化

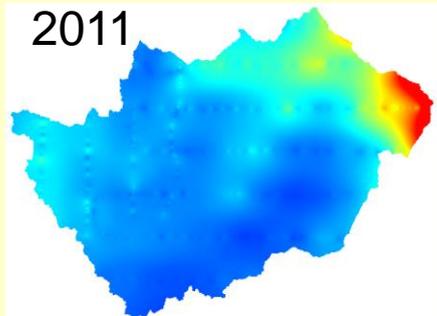
Cs134



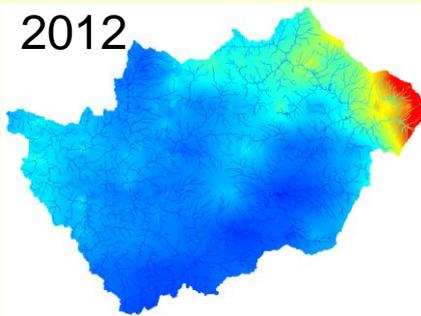
Cs137

10  1000kBq/m²

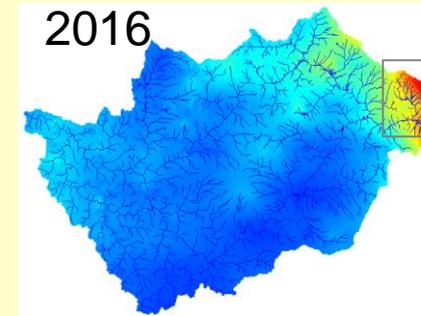
2011



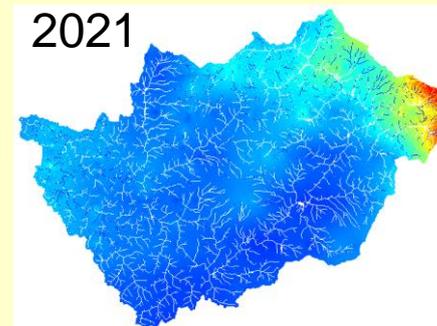
2012



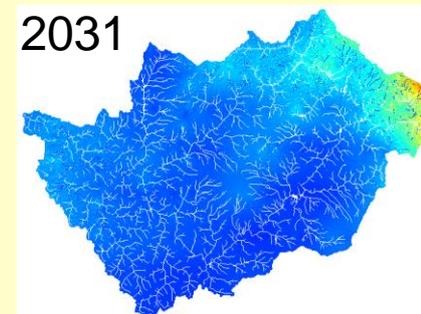
2016



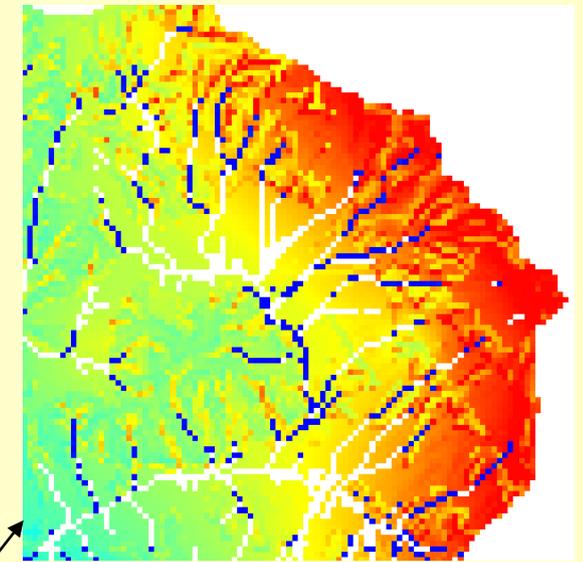
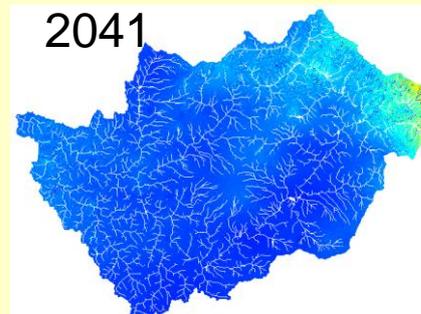
2021



2031



2041



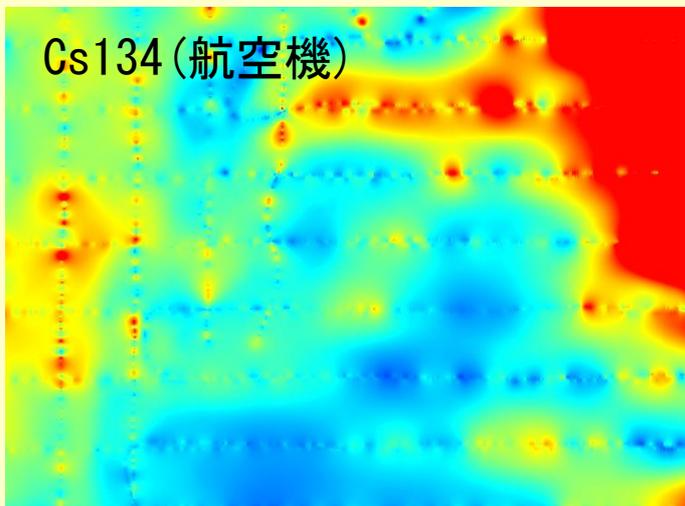
【Case 2】

- Case 1と同様なパターンが得られた。
- 山地斜面でセシウムの集積する場所が認められる。
- 最終報告までにアルゴリズム、コードの改善、検討を引き続き継続する。

セシウム沈着量の1年目の減衰

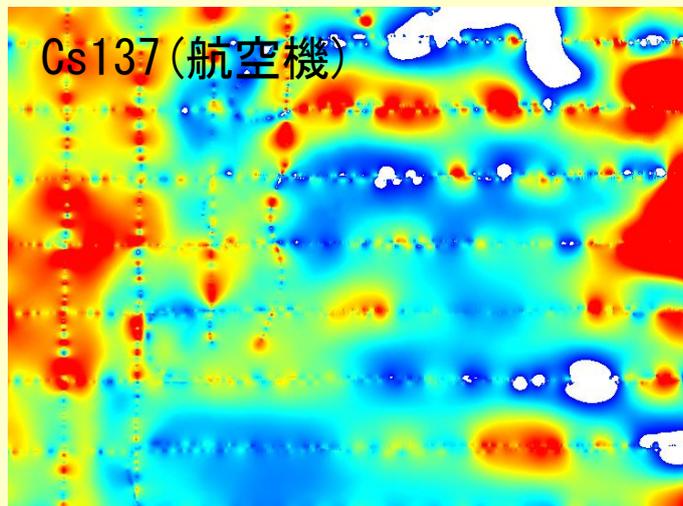
2011年と2012年の1年間のセシウム沈着量 (Bq/m^2) の減衰量

Cs134 (航空機)



0 200KBq/m²

Cs137 (航空機)

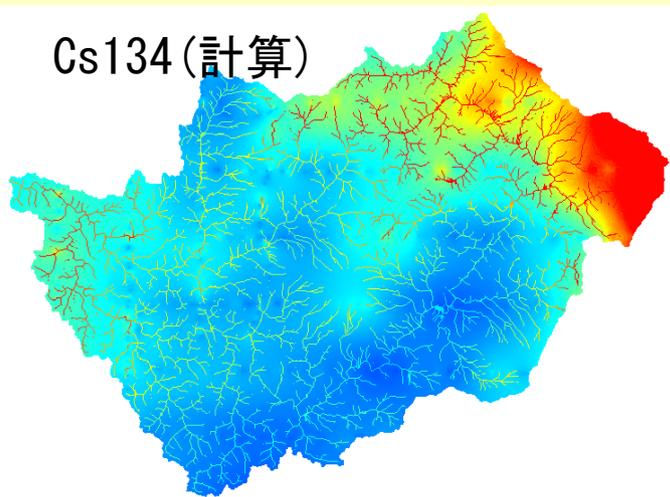


0 100KBq/m²

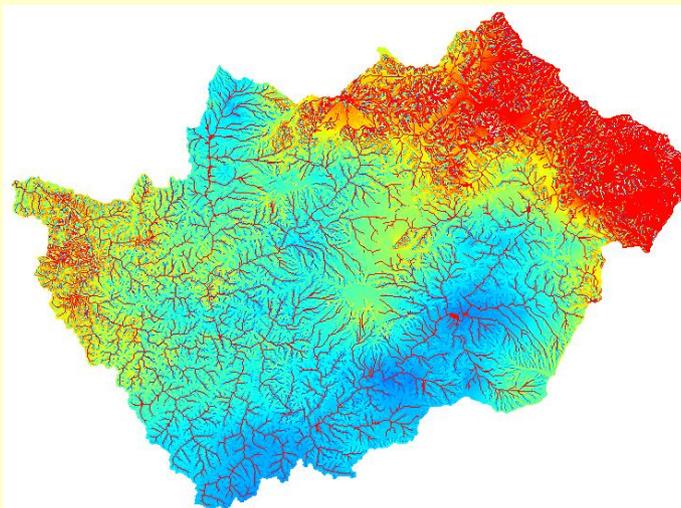
● 航空機モニタリングは第3次と第5次の差 (2011年7月2日と2012年6月28日)

● Cs137 (航空機) において白色部分はCs137沈着量が増えた領域

Cs134 (計算)



0 200KBq/m²



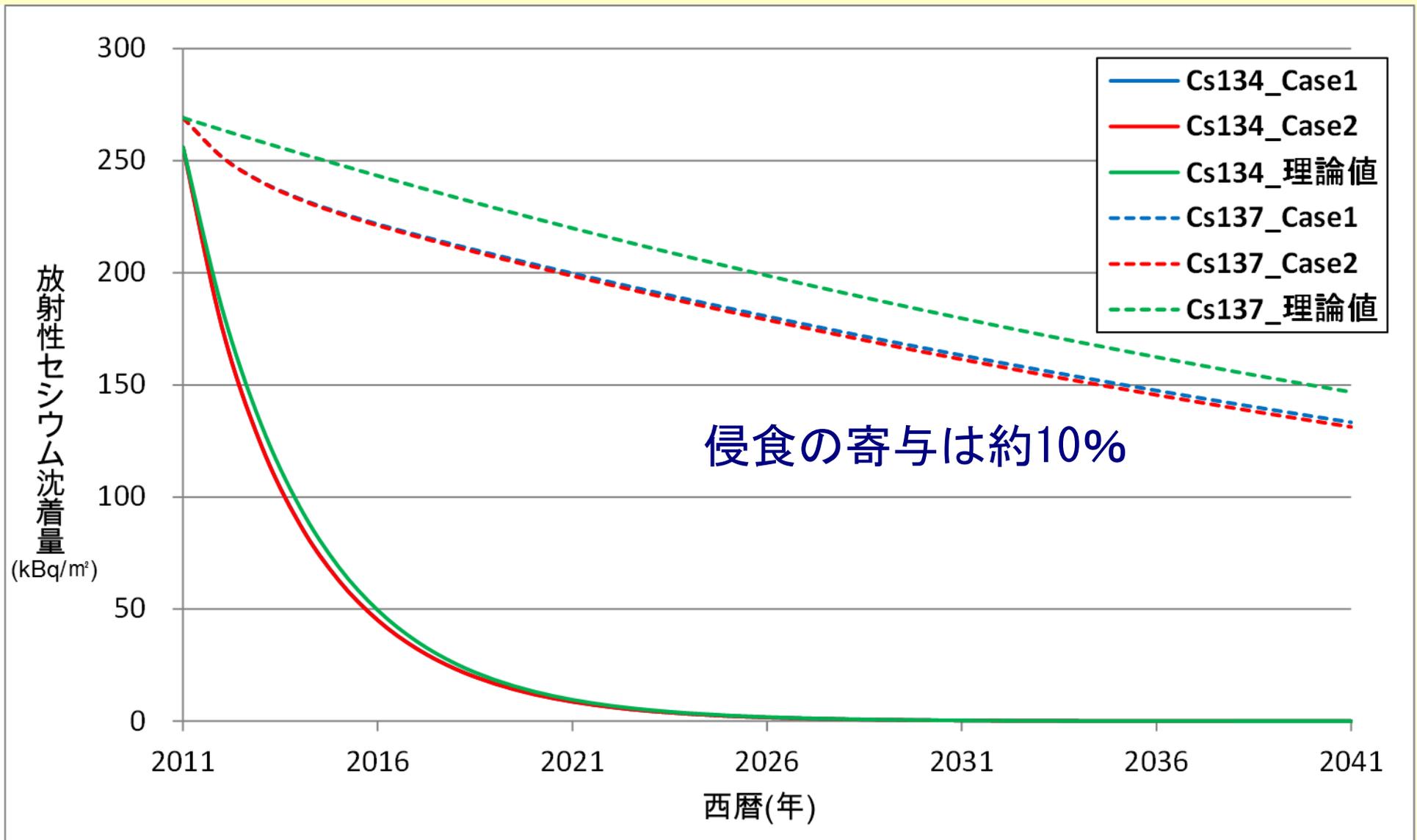
0 10KBq/m²

● 減衰量はCase 2がCase 1と比較して若干大きい。

● 航空機モニタリング結果よりは小さい。

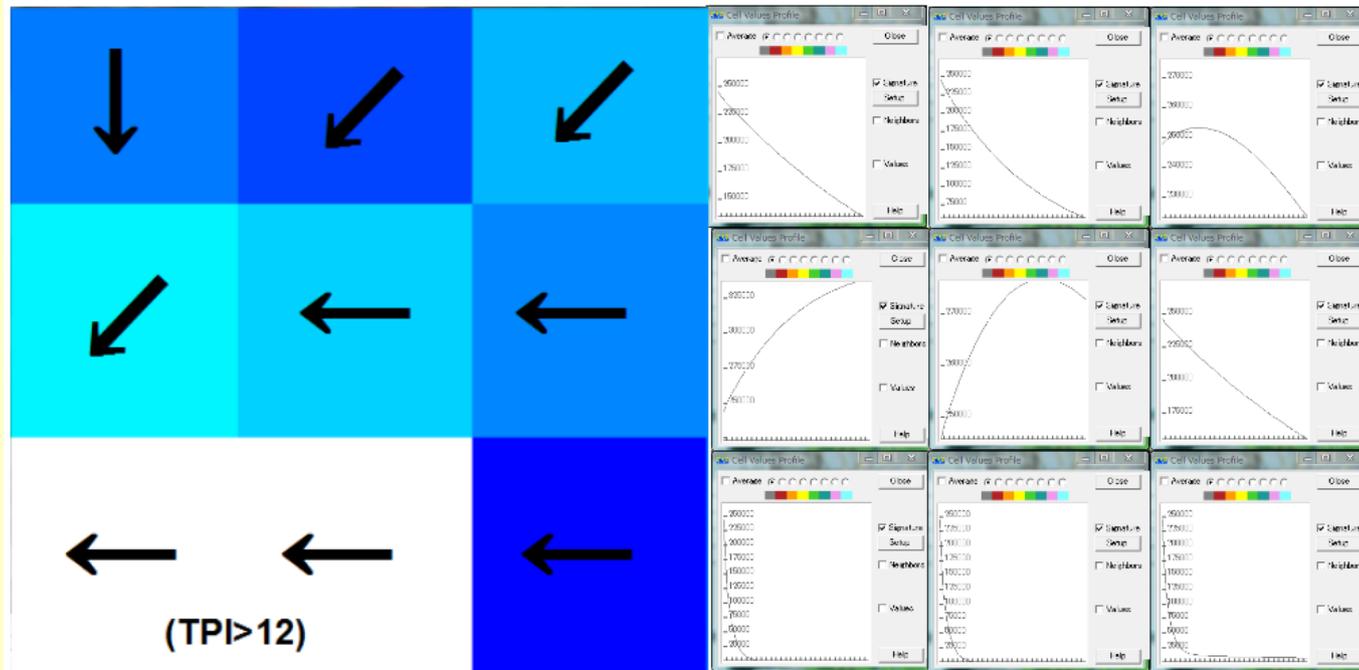
⇒ セシウムの鉛直下方への移行
⇒ 土壌や落葉落枝の遮蔽効果

流域平均沈着量の変化



地形の効果によるセシウムの集積と流出

- 中左と中央のグリッドは二方向からの合流があるため、当初沈着量が増加
- 流出寄与域 (TPI>12) では水流に移行



- このような地形効果は現実の山地流域で起こるか？



(Case2、Cs-137の例)

口太川下流端で観測されたセシウム量とモデルによる輸送量

ほぼ同じ値を再現⇒河川へのセシウム移行は水流近傍の飽和域で発生

	観測	Case 1	Case 2
Cs-134	221x10 ⁹	1,157x10 ⁹	1,157x10 ⁹
Cs-137	253x10 ⁹	1,656x10 ⁹	1,656x10 ⁹

観測は2011年6月21日から2012年8月30日までの平均

(Bq)

まとめ

【実施項目】

- USLE式による侵食量マップの作成
- 下流方向へのセシウムの運搬を再現し、30年間の沈着量変化予測

【セシウム循環の認識】

- 河道を通じたセシウムの排出
- 山地流域におけるセシウムの再配分

【課題】

- セシウム循環の認識の深化
- モデルへの反映

侵食現象の実態



裸地における土壌侵食



谷底凹地：降雨時に飽和帯が発生すると侵食が発生する可能性がある。集水地形であるため、谷底の地下水面は高い。

現場で起きている現象の認識

山木屋地区の山容：花崗岩山地に典型的ななだらかな地形。そのため、山頂付近まで畑、牧草地として開発されている。左手前側の裸地が左上の写真。

