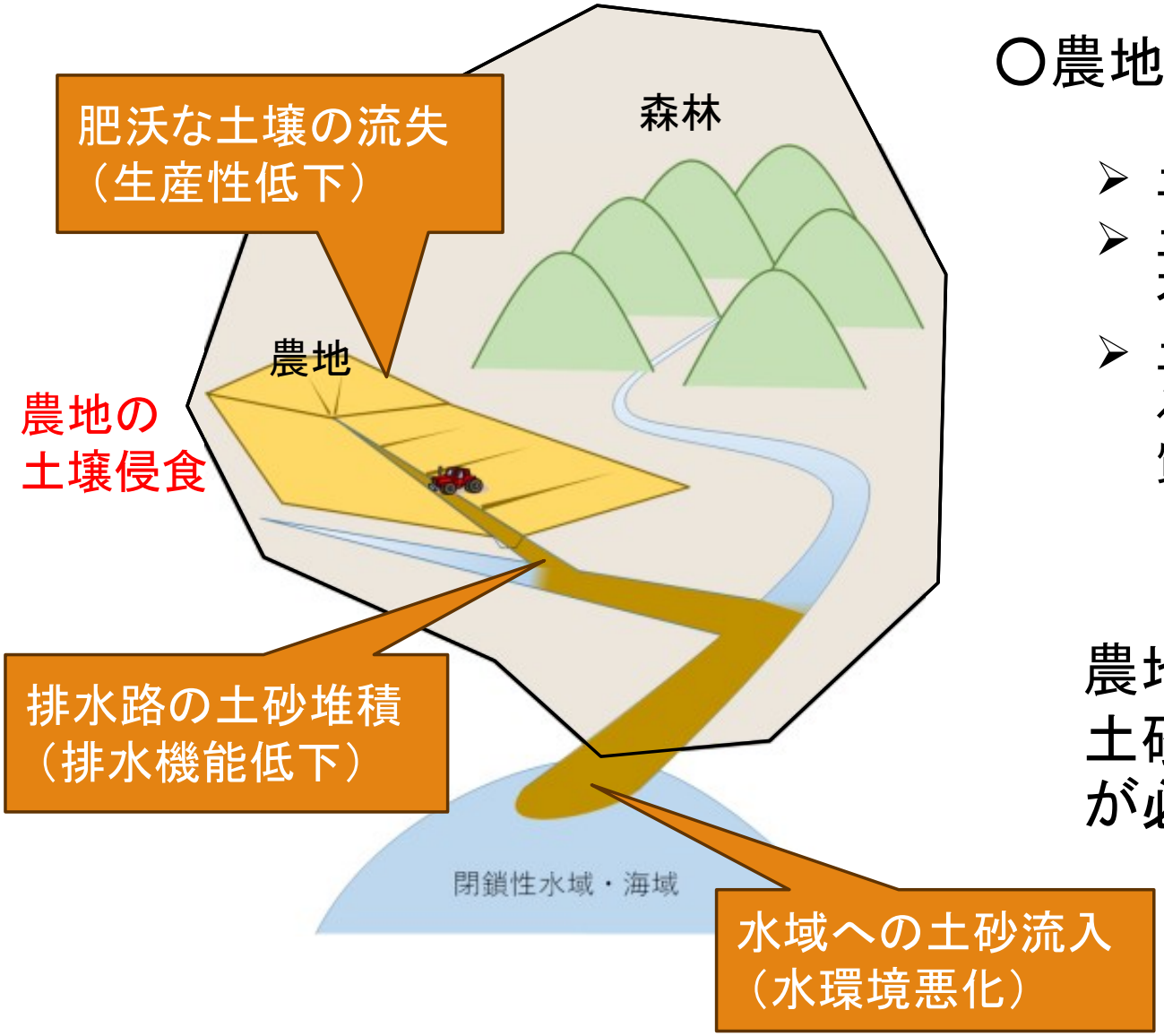
豪雨により頻発する土砂流出に対応した農地の整備・管理技術

国立研究開発法人土木研究所
寒地土木研究所　寒地農業基盤研究グループ
水利基盤チーム　鵜木　啓二

本日の内容

- ☑ 農業農村工学分野における土砂流出対策の必要性
- ☐ 豪雨の増加と土壌侵食・土砂流出
- ☐ 対策技術（緩和策）に関する研究開発
- ☐ 対策技術（適応策）に関する研究開発

農業農村工学分野における土砂流出対策の必要性

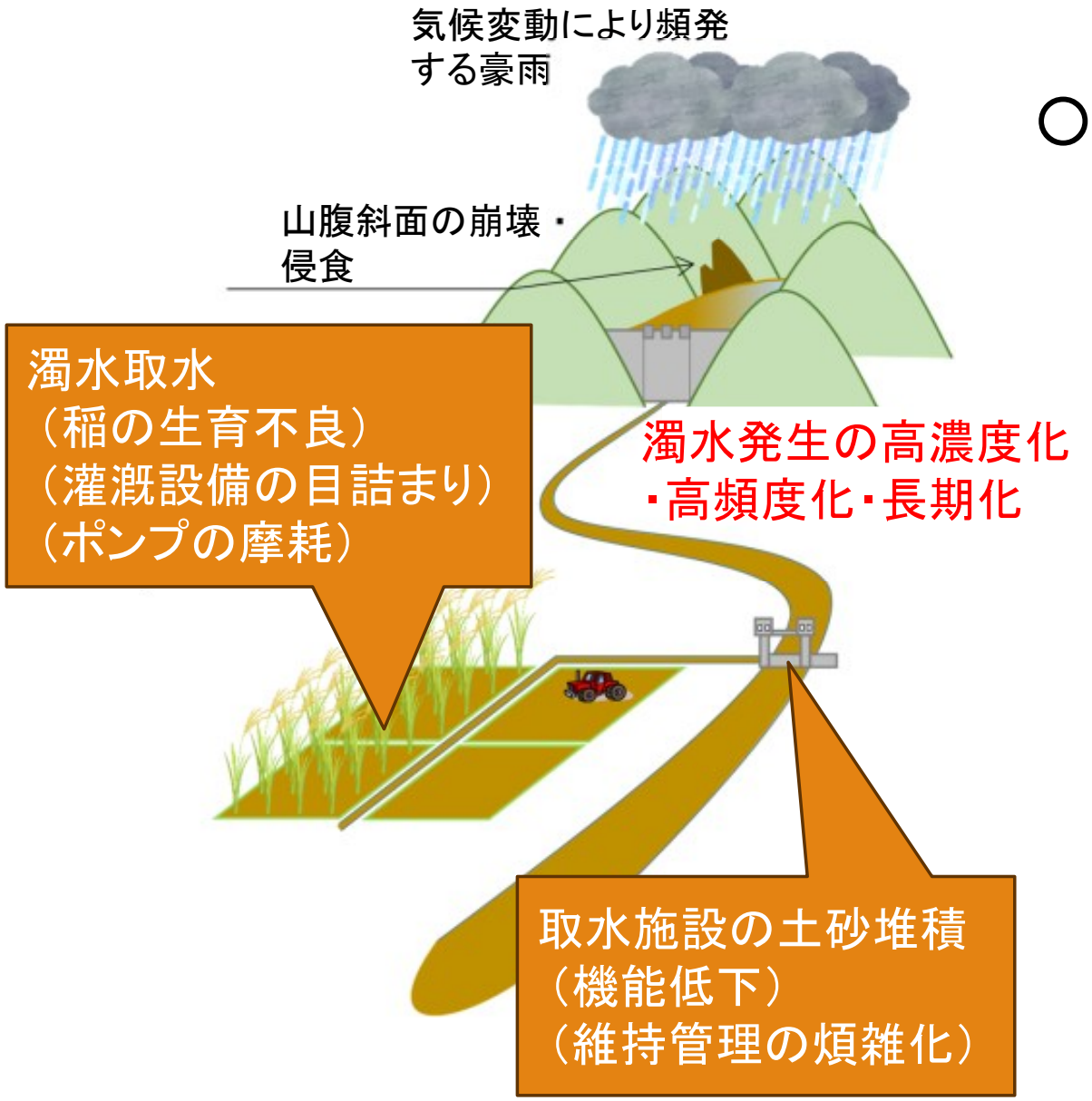


○農地の土壌侵食の影響

- 土壌流亡による生産性低下
- 土砂堆積による排水路の断面不足による機能低下
- 土砂および栄養塩の流入による水環境（生物の生息環境、水質）の悪化

農地の土壌侵食、水系への土砂流出を抑制する緩和策が必要

農業農村工学分野における土砂流出対策の必要性



○土砂流出の農業への影響

- 取水施設の土砂堆積
  - ・機能低下
  - ・維持管理が煩雑化
- 濁水取水
  - ・畑地灌漑設備の目詰まり
  - ・ポンプの摩耗
  - ・土砂堆積による稲の生育不良

土砂流出の農業への影響を
軽減させる適応策が必要

農業農村工学分野における土砂流出対策の必要性



農地の土壌侵食



排水路の土砂堆積



取水施設の土砂堆積



水田への濁水取水

土壌と土砂の違い（本講演での使い分け）

「土壌」の厳密な定義は難しいとした上で、土壌肥料分野では、
以下のような案を検討している模様。

「土壌とは、地球の陸地表層または浅い水の下にあり、岩石の風化や水、風に よる堆積作用と生物の活動によりできた有機物と無機物からなる粒状物質であ り、植物をはじめとする生物を養い、物質の保持や循環などの機能を持つ。土は土壌とほぼ同義であるが、上記の成分や機能に関する条件を欠いても土に含め、惑星や衛星の表層に存在する粒状物質などをさす。」

日本土壌肥料学会のWEBサイト内資料
「https://jsspn.jp/info/file/tuchinoteigiv2.pdf」

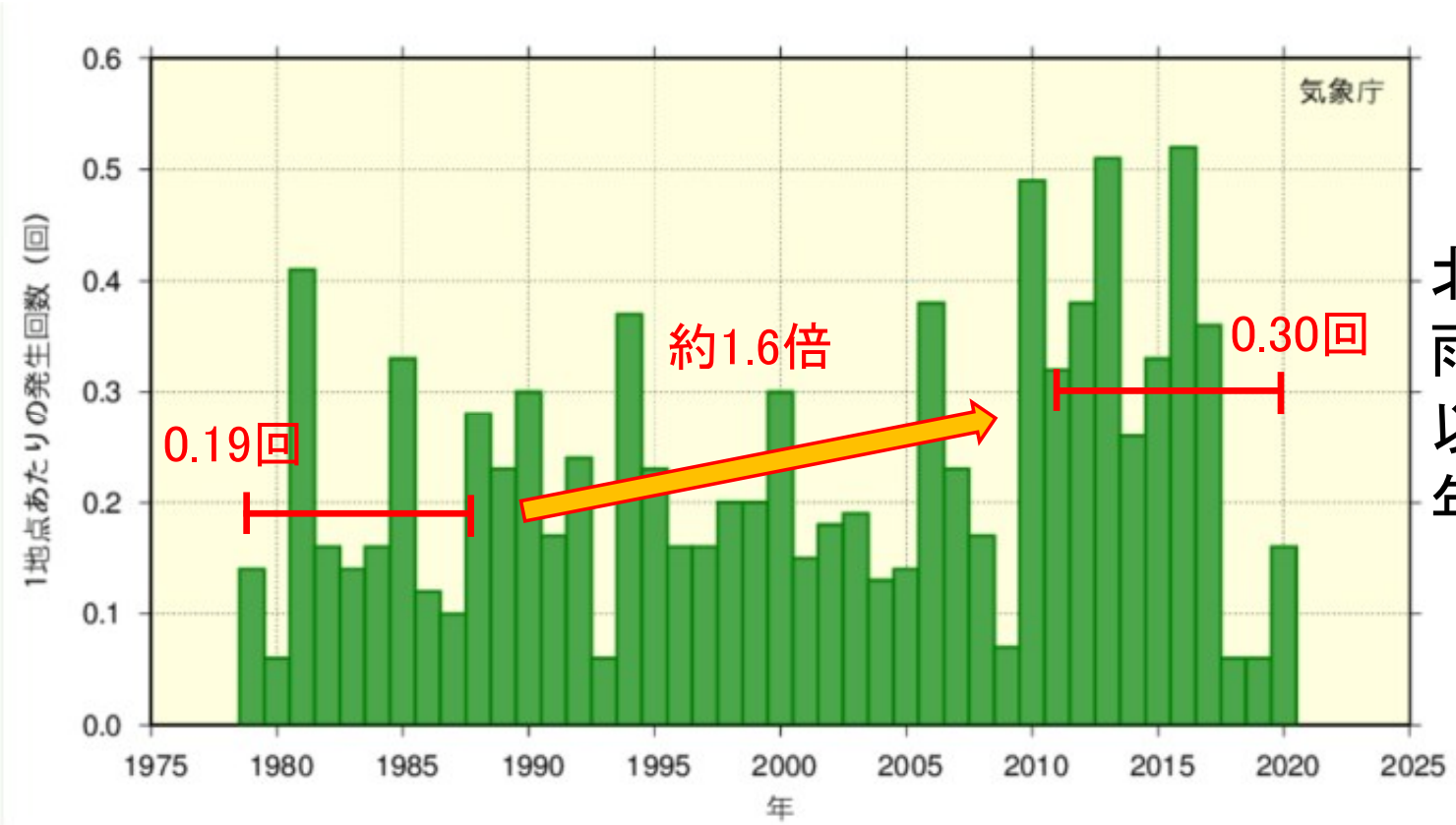
本講演では、農地や林地の表面にある土を「土壌」、
それ以外の土を「土砂」と表現する。

本日の内容

- ☐ 農業農村工学分野における土砂流出対策の必要性
- ☑ 豪雨の増加と土壌侵食・土砂流出
- ☐ 対策技術（緩和策）に関する研究開発
- ☐ 対策技術（適応策）に関する研究開発

豪雨の増加と土壌侵食・土砂流出

近年の強雨の増加



北海道地方の短時間強雨（1時間降水量30mm以上）の年間発生回数の経年変化（1979～2020年、アメダス1地点あたりの発生回数）

北海道では、短時間強雨（1時間降水量30mm以上）の発生頻度が30年前の1.6になった。

札幌管区気象台(2022):「日本の気候変動2020」に基づく北海道の気候変動

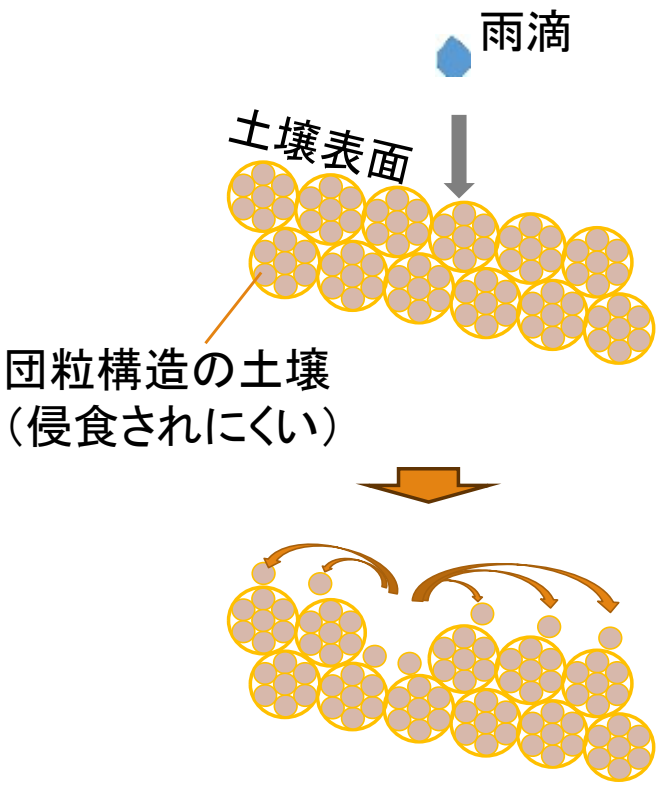
豪雨（強雨）の増加で土壌侵食・土砂流出は増加するか？

豪雨の増加と土壌侵食･土砂流出

豪雨（強雨）の増加で土壌流亡･土砂流出は増加するか？

○土壌侵食発生メカニズム

＜雨滴侵食＞



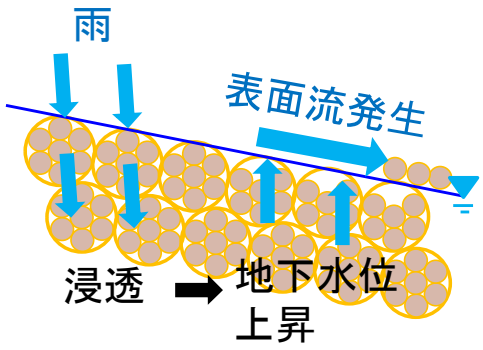
土壌の団粒構造が破壊され流出しやすい土粒子となって飛散する。

＜地表水侵食＞

土壌表面で発生した地表水が流下するときのせん断力により土壌が洗掘される。

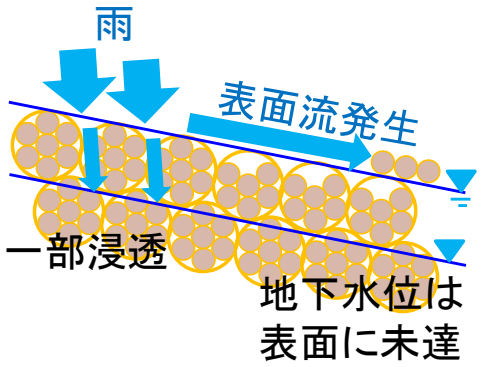
－地表水の発生要因－

①地下水位の上昇



地下水位が土壌表面まで上昇して表面流発生

②浸入能を上回る強雨



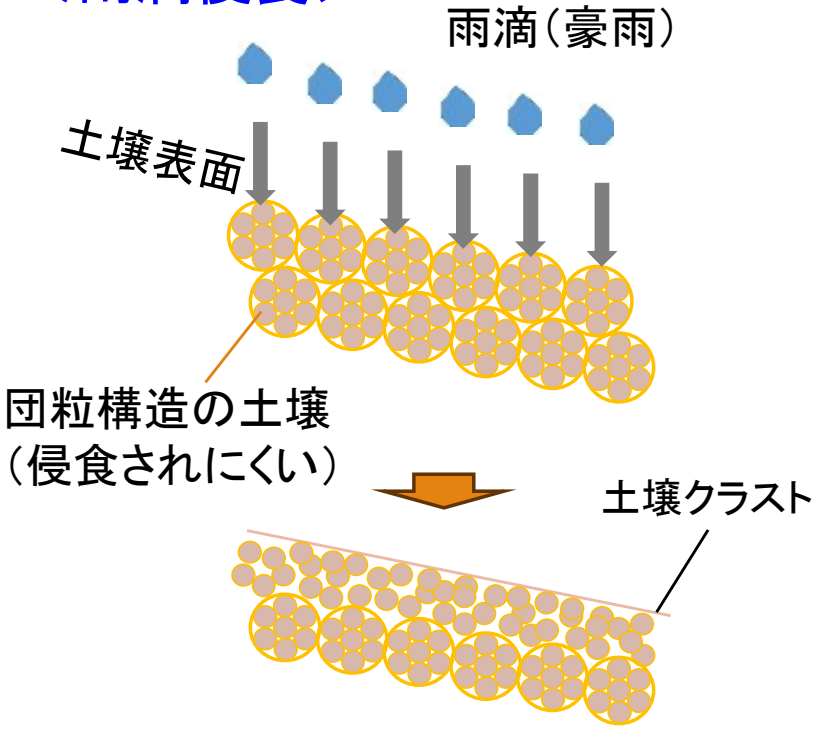
浸入能を超過する短時間強雨により表面流発生

豪雨の増加と土壌侵食・土砂流出

豪雨（強雨）の増加で土壌流亡・土砂流出は増加するか？

○土壌侵食発生メカニズム（豪雨時）

＜雨滴侵食＞



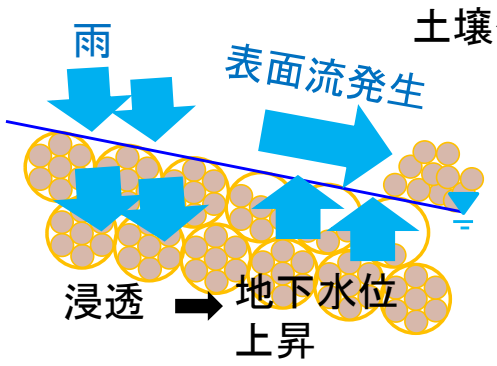
土壌の団粒構造が大量に破壊される（雨滴侵食の増加、水の浸透を阻害するクラストの発生）。

＜地表水侵食＞

クラストの形成も相まって土壌表面で大量の地表水が発生し流下する（地表水侵食の増加）。

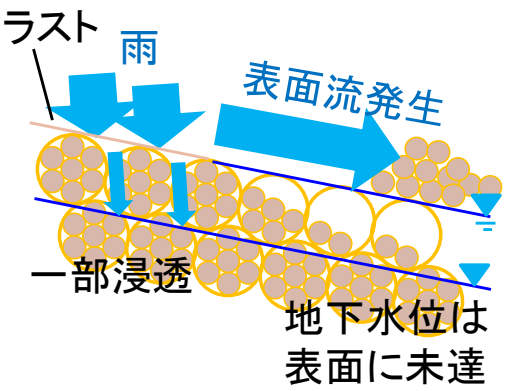
－地表水の発生要因－

①地下水位の上昇



地下水位が土壌表面まで上昇して表面流発生

②浸入能を上回る強雨



浸入能を超過する短時間強雨により表面流発生

豪雨の増加と土壌侵食・土砂流出

短時間強雨の侵食危険度

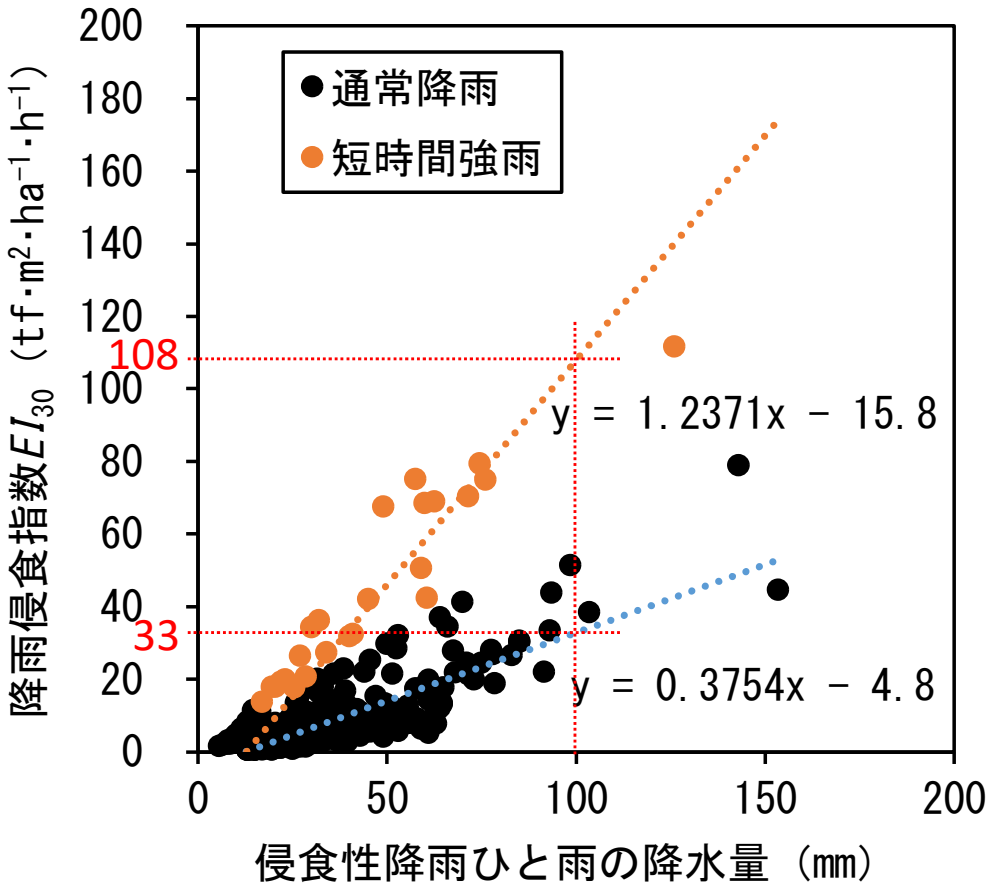


図　一連降雨の降水量と降雨侵食指数の関係
（札幌管区気象台、1994年～2021年の観測値）

※一連降雨、侵食性降雨：USLEの定義

○土壌流亡量予測式USLEの降雨侵食指数（EI_{30}）による短時間強雨の侵食危険度の評価

※短時間強雨：ここでは、一連降雨における最大30分間降雨強度30mm/h以上と定義

・同程度の降水量でも、短時間強雨は通常降雨より土壌侵食量が多い。
・侵食性降雨525回のうち、短時間強雨は24回発生し、近年の発生頻度が高い傾向。

本日の内容

- ☐ 農業農村工学分野における土砂流出対策の必要性
- ☐ 豪雨の増加と土壌侵食・土砂流出
- ☑ 対策技術（緩和策）に関する研究開発
- ☐ 対策技術（適応策）に関する研究開発

土壌侵食への対策技術（緩和策）

土壌侵食対策

土壌侵食の原因となる土壌粒子を飛散・移動させる水の動きを抑制すること、地表面を保護することが基本

・営農的対策

マルチング、土壌改良（団粒化）、緑肥、草生帯、

雨滴侵食抑制　雨滴侵食抑制＋透水性改善　流亡土砂の捕捉

等高線栽培、横畝栽培、適度な耕耘（排水改良）

表面水の分断・貯留による浸透促進　表面水の発生抑制

※過度な耕耘は土壌構造を破壊する

• 土木的対策

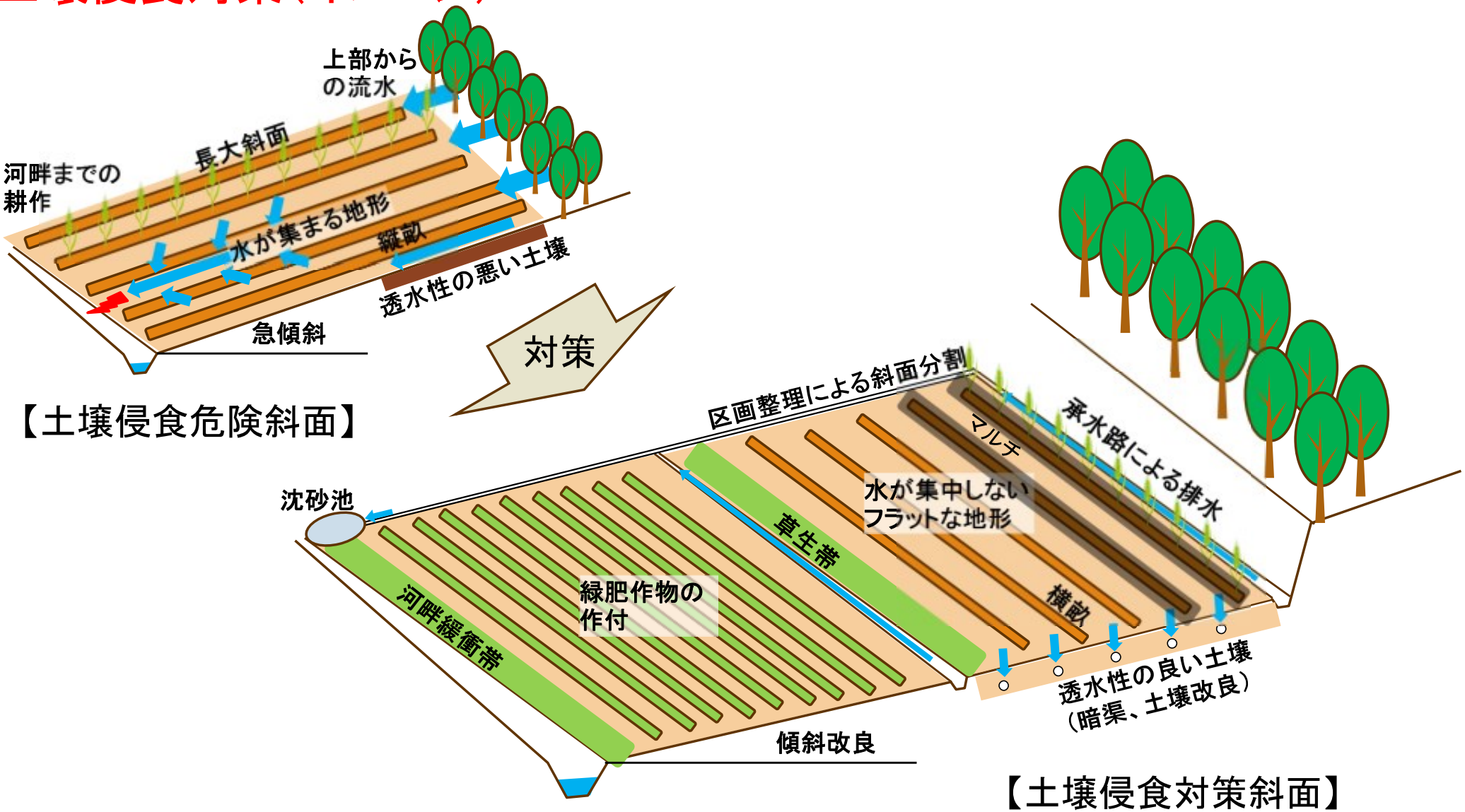
承水路、傾斜改良、区画整理、暗渠、河畔緩衝帯、沈砂池

適正な排水　表面水の発生抑制　流亡土砂の捕捉　最終対策

セットで実施が効果的

土壌侵食への対策技術（緩和策）

土壌侵食対策（イメージ）



【土壌侵食危険斜面】

【土壌侵食対策斜面】

対策技術（緩和策）に関する研究開発

土壌侵食対策の研究課題

土壌侵食対策を適切に実施するには、現状の土砂流出状況を把握したうえで、何を、どこに、どのような構造・規模で行うことが効果的か知る必要がある。

土砂流出モデルによるシミュレーションが効率的

○土砂流出モデル適用の技術的課題、研究課題

- ✓ モデル適用の一般化（一般技術者が利用できるまで普及しているか）
- ✓ 日本国内に適用可能なパラメータの整備（海外製が多いため）
- ✓ 土壌侵食対策の表現方法
- ✓ 気候変動に対する将来変化予測と対応策の検討

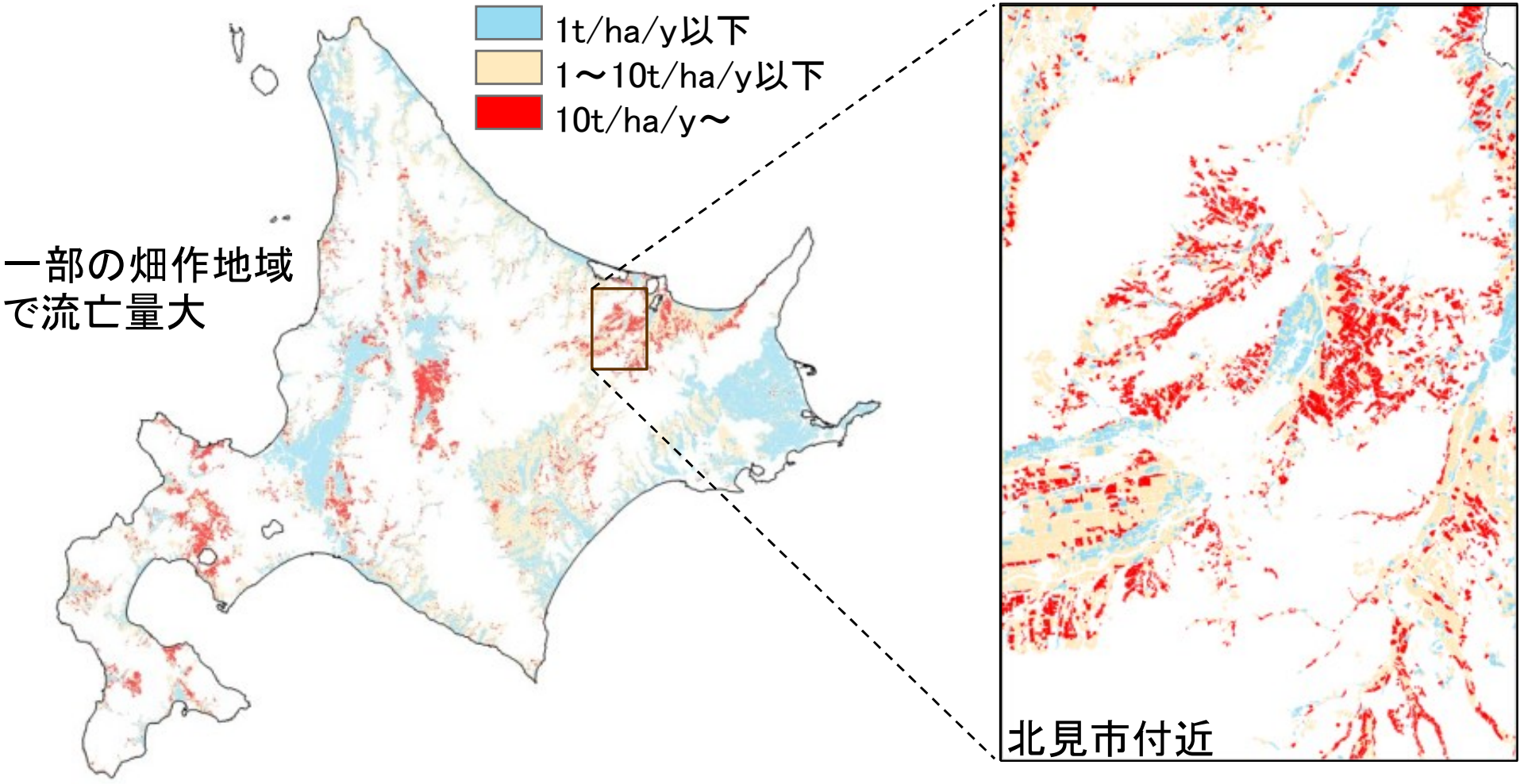
etc.

対策技術（緩和策）に関する研究開発

農業農村工学分野で使われる土壌侵食・土砂流出の予測モデル

モデル名	USLE（RUSLE含む）	WEPP		SWAT
		WEPP	GeoWEPP	
正式名称	Universal Soil Loss Equation	Water Erosion Prediction Project	Geo-spatial interface for WEPP	Soil & Water Assessment Tool
主要な適用範囲	斜面（圃場）レベル	斜面（圃場）～小流域	小流域～大流域	小流域～大流域
時間スケール	年平均（長期的な平均値）	日単位・イベント単位～年単位		日単位・イベント単位～年単位
計算モデルの分類	経験的モデル（統計式）	物理的モデル（水理・水文プロセス）		準物理的（半概念的）分散型モデル
土砂の動きの表現	侵食量の予測のみ（堆積プロセスは表現不可）	斜面内の侵食と堆積の双方を物理的に計算		流域内の侵食・輸送・河道堆積を追跡
必要データ量	極めて少ない	極めて多い	多い	極めて多い
水質・栄養塩の評価	不可（土砂量のみ）	不可（土砂量のみ）		可能（窒素、リン、農薬の挙動も同時評価）
適用事例	・農地保全計画の策定 ・広域の侵食リスクのスクリーニング	・斜面対策や林道・圃場の土砂流出防止 ・単一降雨イベントの流出予測	・小流域内の危険箇所予測 ・広域的な土砂流出量予測	・ダム堆砂予測 ・広域的な環境保全対策の評価

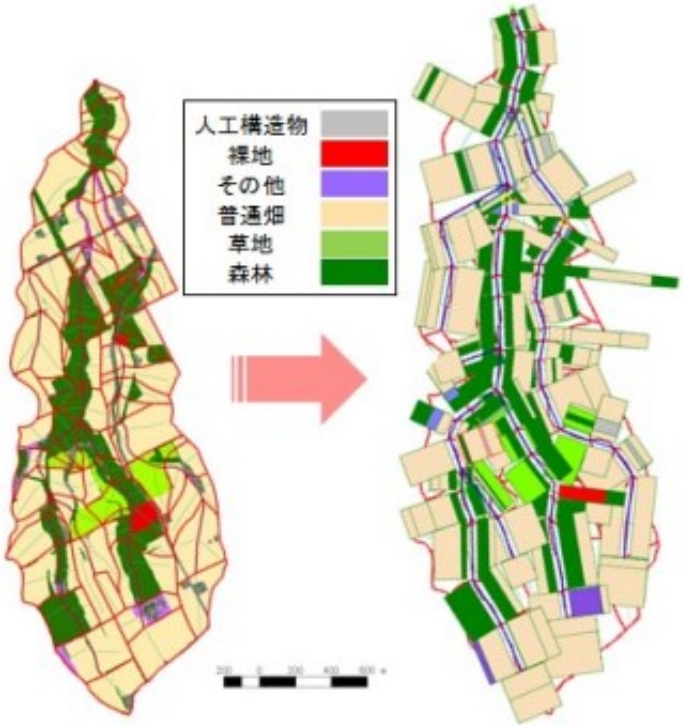
研究事例①:USLEによる北海道全域の土壌流亡量予測



北海道全域の土壌流亡量予測
（1990年代降水量による）

広域で圃場ごとの侵食量を解析可能

研究事例②:WEPPによる土壌侵食対策の効果予測



実際の流域　　WEPP上で斜面表現

図　WEPPの流域モデル

・圃場を矩形で表現
・斜面内の土壌や植生の違いを表現
・勾配変化を斜面ごとに表現
・圃場内の営農管理を表現

WEPPソフトにおける斜面の設定画面

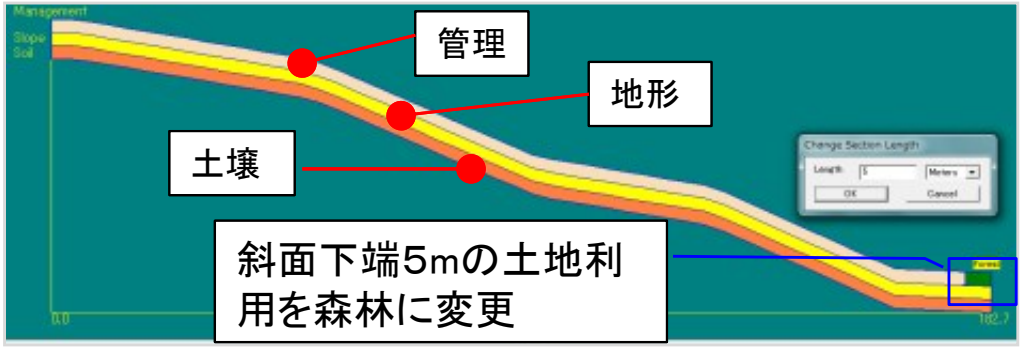


図　モデル上の緩衝林帯の設定

対策前

この区間の傾斜を9%から5%に変更

対策後

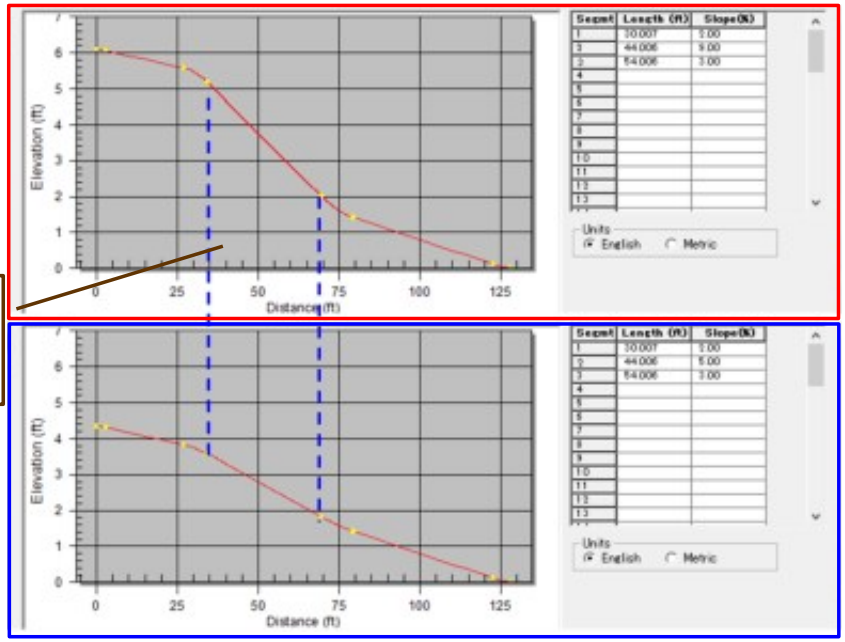
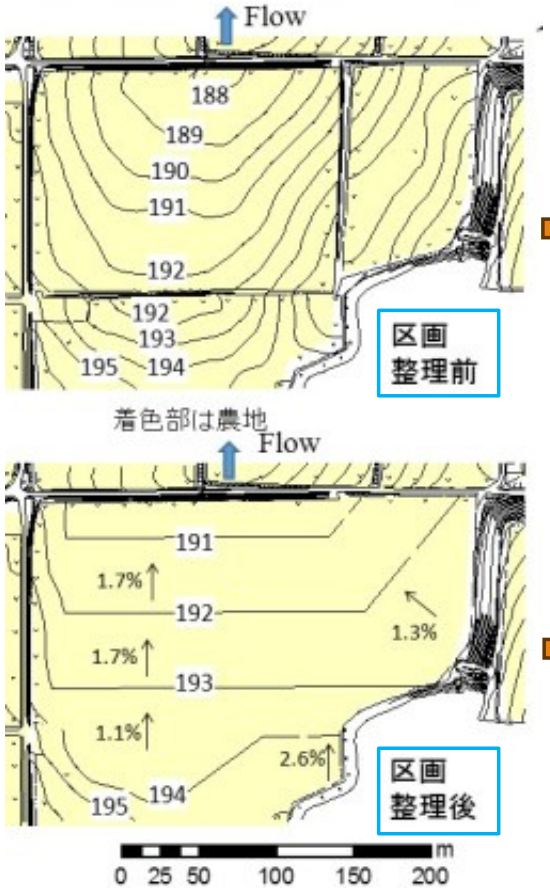


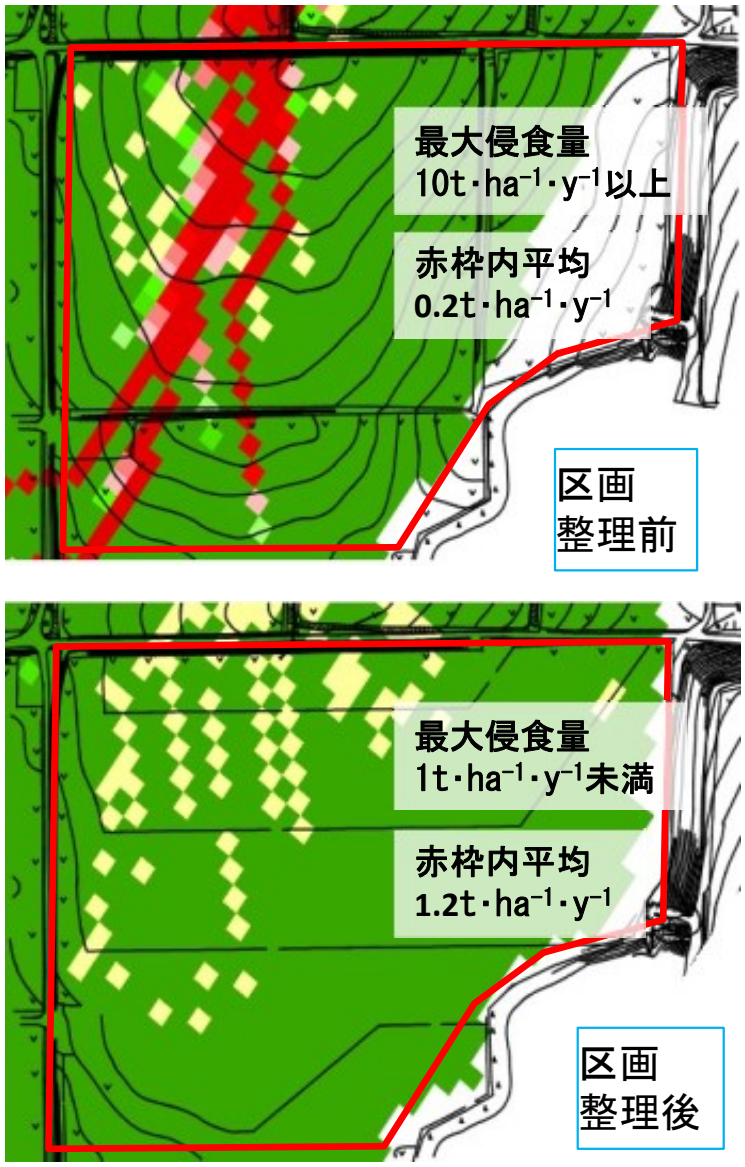
図　モデル上の斜面勾配修正の設定

研究事例③：GeoWEPPによる土壌侵食対策の効果予測

【農地再編整備事業】



段差のあった3筆の圃場
→段差を解消し、緩やかで均一な傾斜





【区画整理前】

地形の低地部に向かって大きな土壌侵食が発生

【区画整理後】

ほとんど土壌侵食は発生しない

区画整理に伴う傾斜改良によって、表面水が農地斜面を均一に流れることで土壌侵食量が減少

図　土壌侵食解析事例

研究事例④：SWATによる農地流域の土壌侵食・土砂流出予測

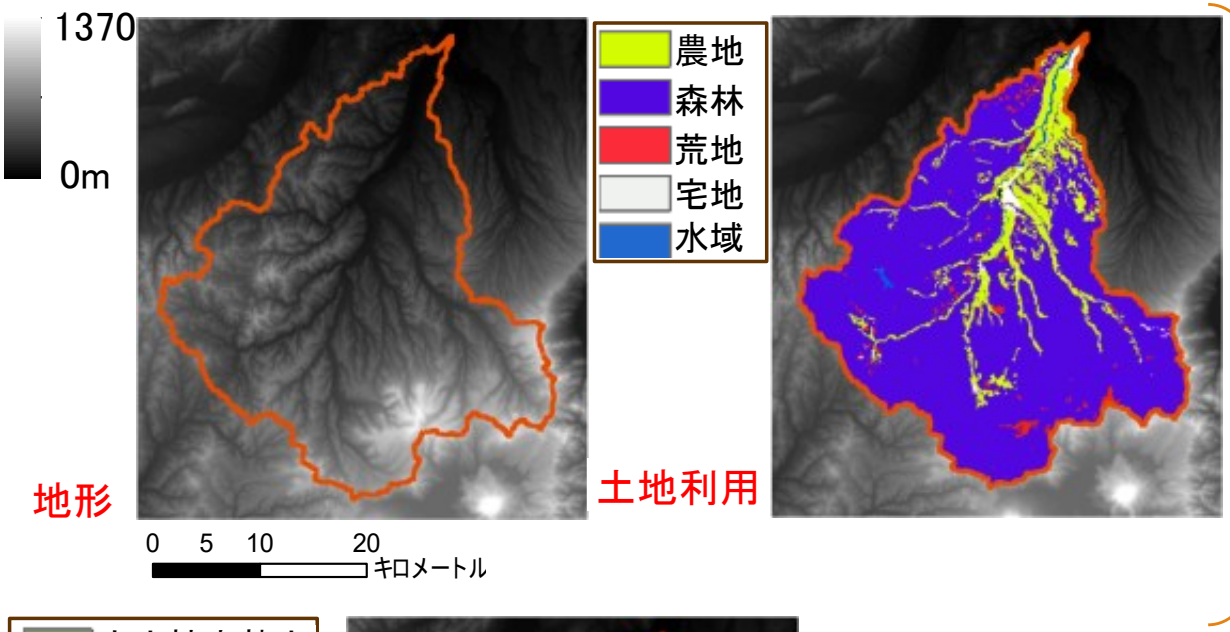


図　SWATの最小計算単位HRUの分割

（HRU ：Hydrologic Response Unit、水文応答単位）

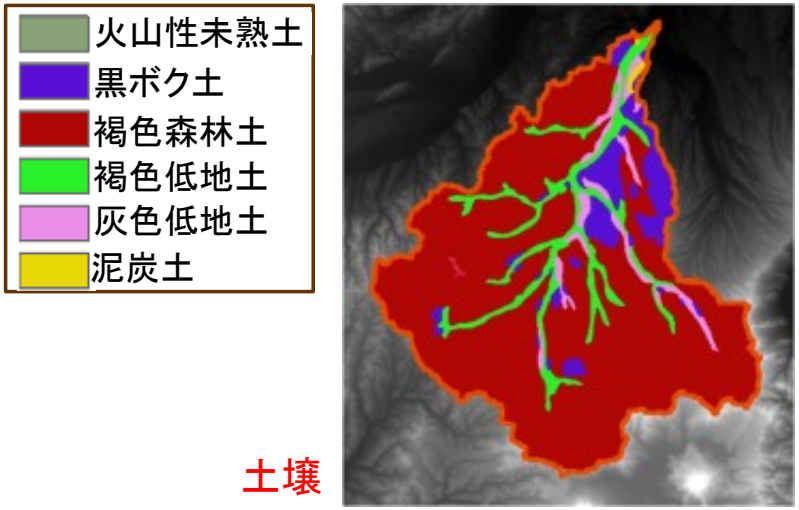


図　SWATを農業流域に適用した事例

＜只今研究中！＞

○土壌侵食・土砂流出に対して、土木的対策、営農的対策を実施した場合のSWATによる効果予測手法の開発。

○将来の気候変動に対応した土砂流出予測と対応策の検討。

本日の内容

- ☐ 農業農村工学分野における土砂流出対策の必要性
- ☐ 豪雨の増加と土壌侵食・土砂流出
- ☐ 対策技術（緩和策）に関する研究開発
- ☑ 対策技術（適応策）に関する研究開発

農業への影響を低減させる土砂流出の対策技術（適応策）

取水施設の土砂堆積対策

濁水を施設内へ流入させない（下流に速やかに流す）ことが基本

〇濁度を指標とした取水施設の管理
　水路内に土砂が流入しないよう、一定以上の濃度の濁水を取水しない。
　取水施設に土砂が堆積しないよう、一定以上の濃度の濁水は下流に流す。
〇取水位置の工夫（選択取水）
　高濃度の濁水を避けて取水する。

濁水取水対策

濁水を取水しないこと、沈砂させることが基本

〇濁度を指標とした取水施設の管理
　圃場や機械施設に土砂が流入しないよう、一定以上の濃度の濁水を取水しない。
〇沈砂機能の強化
　圃場や機械施設等に流入しないよう、十分に沈砂させる。

対策技術（適応策）に関する研究開発

水田への濁水取水に対する適応策の研究課題

- 濁水発生時には取水止めるが、長期間濁水が発生している場合や、イネの冷害対策等のために、濁水でも取水することがある。
- 濁水であっても取水せざるを得ない状況で、成長に影響の無い範囲で取水するためには、その許容量を把握する必要がある。

土砂堆積モデルによるシミュレーションが効率的

○水田圃場の土砂堆積予測モデル開発の研究課題

- ✓ 河川で適用事例の多い平面二次元河床変動解析モデル基本とし、水田圃場特有の稲株抵抗、減水深を考慮できるよう改良。
- ✓ 農業従事者や水利施設管理者が利用できるような濁水取水の許容量に関する情報の提供。

研究事例⑤：水田圃場の土砂堆積予測モデルの開発

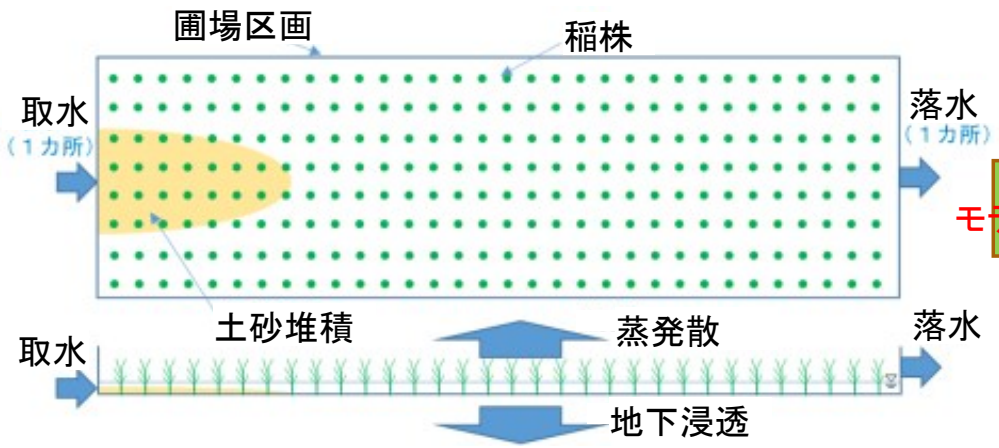


図　水田圃場の水移動と土砂堆積イメージ

モデル化

基本性能

取水口から水田圃場に流入した用水（濁水）に含まれる土砂が圃場内に堆積する平面分布を予測可能

※水田特有の稲株の抵抗と遮蔽、日減水深を考慮

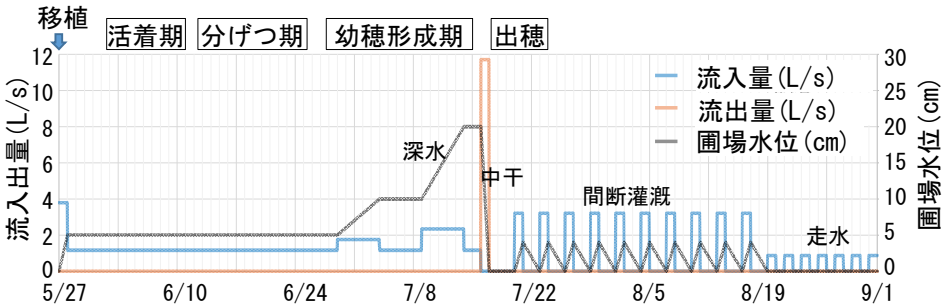


図　生育ステージと水管理設定

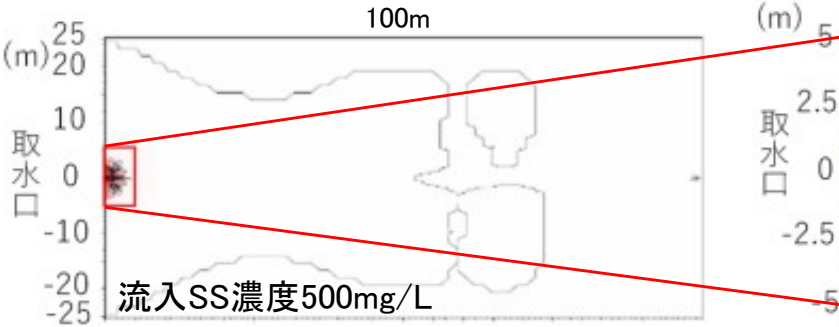


図　灌漑期間（5/27～8/31）終了時の土砂堆積状況（圃場全体）

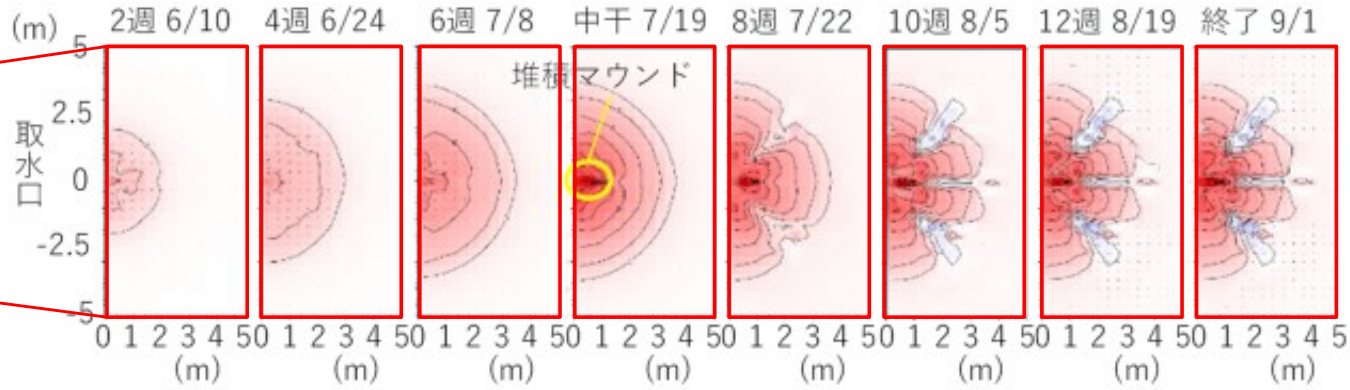


図　取水口付近（5×10mの範囲）の土砂堆積の推移（SS濃度500mg/L）

＜濁水取水の許容量に関する成果を取りまとめる予定＞

まとめ（本日の要点）

□　農業農村工学分野における土砂流出対策の必要性

→土壌侵食を抑制させる緩和策、土砂流出の影響を軽減させる適応策が必要。

□　豪雨の増加と土壌侵食・土砂流出

→豪雨の増加で土壌侵食・土砂流出は増加する。

□　対策技術（緩和策）に関する研究開発

→土壌侵食抑制には、何を、どこに、どのような規模で講じると効果的か知る必要があり、モデルによる予測が効果的。

□　対策技術（適応策）に関する研究開発

→発生した濁水の農業への影響を軽減させるには、取水を行わないことを基本としつつ、濁水取水の許容量を把握する必要がある。