

H15 採択課題

森林荒廃が洪水・河川環境に及ぼす影響の解明とモデル化

代表: 筑波大学大学院生命環境科学研究科
恩田 裕一

わが国の森林の40%は人工林

日本の水資源は、人工林の水循環に多くを依存

材価の下落等により、多くの人工林は放置・荒廃

森林の荒廃による水のflow pathの変化

プロットから河川まで各スケールでの水文過程の解明とそれらのスケールアップが必要

写真1 マスグレープ型浸透計による浸透能測定 (写真提供: 村井 宏氏)。

浸透能測定, プロットスケールの測定による議論

荒廃したヒノキ林の問題

降雨時に表面流の発生

- 洪水
- 湧水流量の低下
- 侵食土砂による濁水
- 河川水温, 水質, 栄養塩の流出
- 河川生態系への影響

森林荒廃による流出の変化, 河川環境への影響についての研究はほとんどない

所管する各省庁の利害に関わる問題

本研究プロジェクトのねらい

人工林の荒廃という人為的改変が将来の水循環, 洪水発生, 下流河川環境に与える影響等の予測のための観測, シミュレーションを行う

- * 異なったスケールでの現地観測
- * モデリングと現地観測のフィードバック

スケールを異にする入れ子型の観測流域

プロットから河川まで各スケールでの水文過程の解明とそれらのスケールアップを行う

流域スケール (荒廃度, 樹種の異なるところで1-2箇所)

- 流量測定
- 出水時深水, ^{18}O 分析
- 観測土砂同位体分析
- 水温, DOC, 水質測定

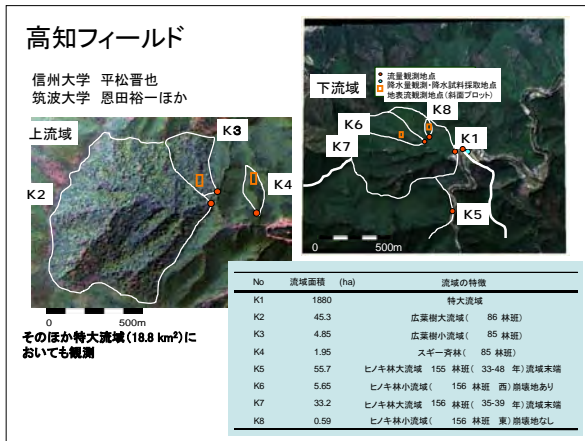
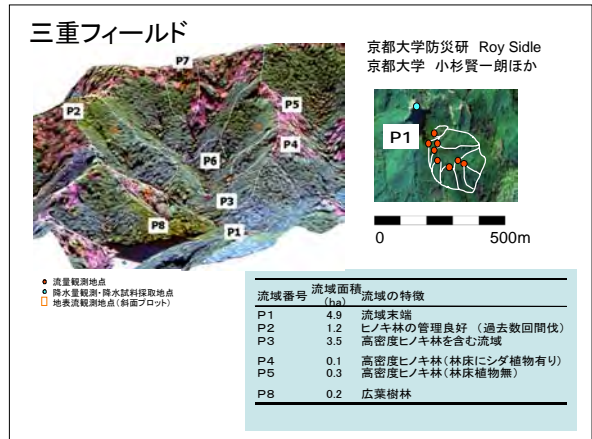
源流域スケール (荒廃度, 樹種の異なるところで3-4箇所)

- 流量測定
- 地下水位測定
- 出水時深水, ^{18}O 分析
- 水温, DOC, 水質測定

プロットスケール (3-4箇所)

- 流量測定
- 土壌水分測定
- 浸透能測定

パースナルフリューム



洪水イベントでの水サンプル採取

- 基底流の水サンプルは月1回または洪水イベント直前に採取
- 洪水時の水サンプルは自動採水器で採取。
- ただし、多くの場合、降雨イベント時には現地に赴き、採水器のセットなどを行う必要があった。ただ、1つの流域でも欠測となるとそのデータはつかえないものとなった。
- 観測初年度の2004年には観測機材が流出するなどの事態も起こった。

2004年の出水時に大破したバーシャル



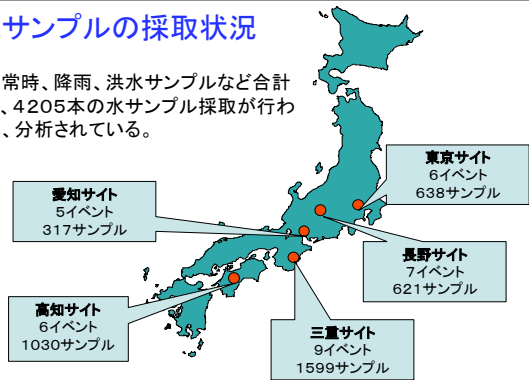
高知サイトヒノキ小流域 2004/08/30



高知サイト

水サンプルの採取状況

通常時、降雨、洪水サンプルなど合計で、4205本の水サンプル採取が行われ、分析されている。



各サイトで、2~3イベントで広葉樹とヒノキ林の水流出・水質を比較できるサンプルを採取している。

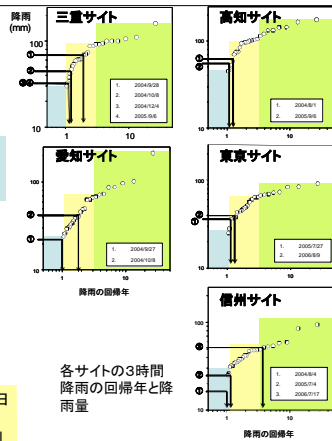
洪水時の 水サンプル採取と 対象降雨イベント

高知サイトでは、2005年9月5日の台風14号災害時の洪水イベントを観測した。



四万十市の浸水状況

長野サイトでは、2006年7月19日の長野県中部に災害をもたらした降雨イベントの洪水イベントを観測



各サイトの3時間降雨の回帰年と降雨量

水分析の項目

筑波大学、国立環境研究所、アリゾナ州立大学にて分析

Suspended sediment, pH, EC, stream temperature

Anion (PO_4^{3-} , F, Cl, NO_2^- , Br, NO_3^- , SO_4^{2-})

Cation (Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+})

Total Phosphorus, Total Nitrogen, DOC, UV-DOC

Fe, Mg, Al, Ca, Mn, Na, Si

$\delta^{18}O$, δD

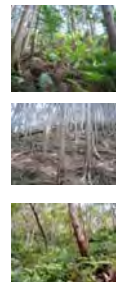
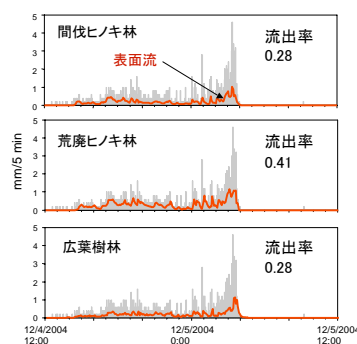
4205サンプルを分析

(水質3000サンプル分析済: 同位体2000サンプル分析済)

プロット流出観測結果

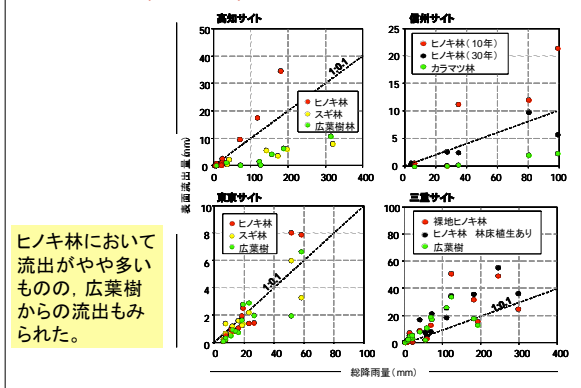
斜面プロット(0.5x2m)における表面流発生の一例

最大1時間雨量: 28mm
総降雨量: 120mm



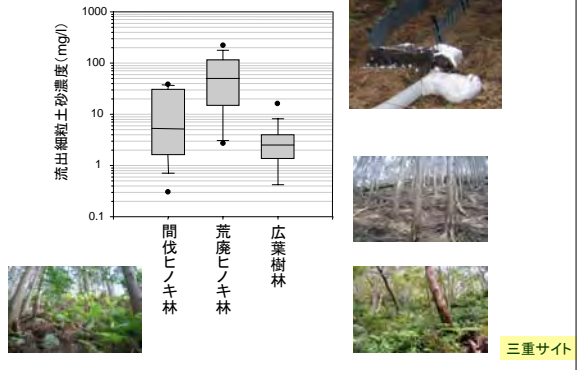
三重サイト

斜面プロット(0.5x2m)の表面流出量と降雨量の関係

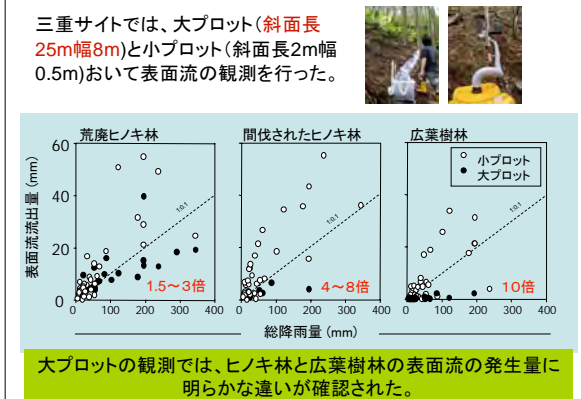


斜面プロットからの細粒土砂流出量

(三重サイトにおける例)

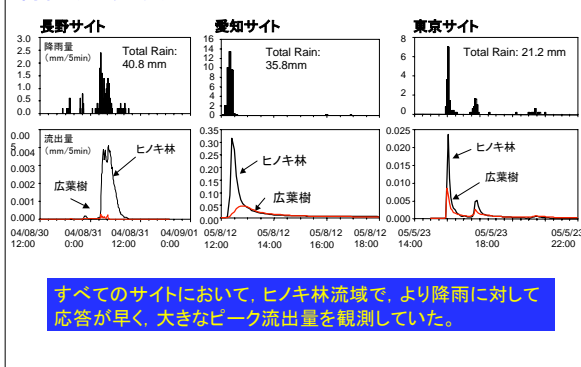


斜面長が異なるプロットでの表面流の発生



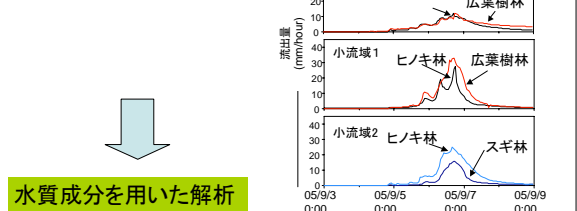
小流域観測結果

小規模な降雨イベントに対する各サイトの流出特性(小流域)

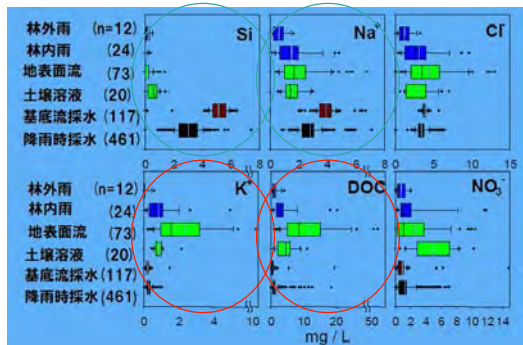


高知サイトにおける流域の流出応答

- ✓傾向としては、ヒノキ林の流出量が大きい。
- ✓ただし、より大きな降雨では、ヒノキ林と広葉樹の流出の違いを評価することは難しい。

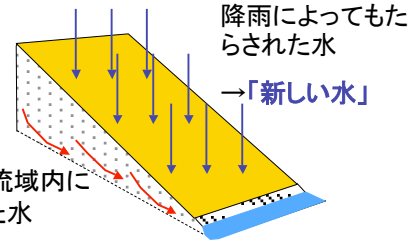


溶存成分濃度のBox Plot(三重サイト)



酸素同位体による流出成分分離

目的: 成分分離手法を用いることによって、流域の洪水流出における表面流成分の寄与を評価する。

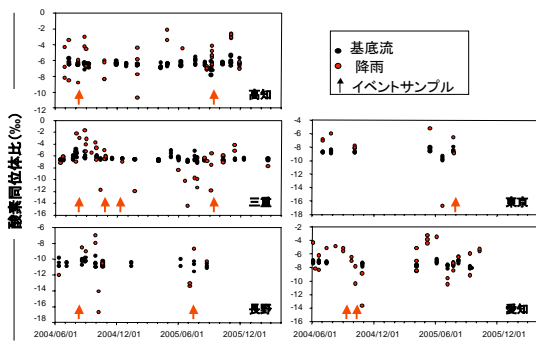


降雨前から流域内に存在していた水

→「古い水」

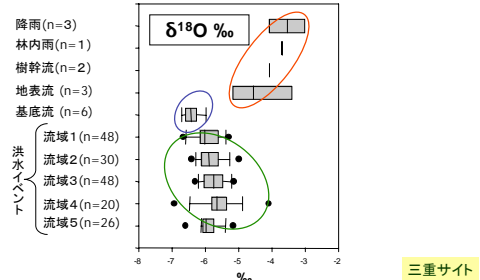
流域の流出水では、「新しい水」と「古い水」が混合した状態である。

通常時とイベント時の酸素同位体比の時系列変化



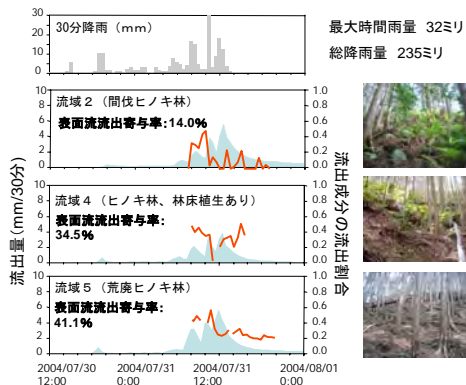
洪水流出・降雨・表面流の酸素同位体比

三重 2004年7月30日の降雨イベント



降雨によってもたらされた「新しい水」と降雨前から流域内に存在していた「古い水」の分離する。

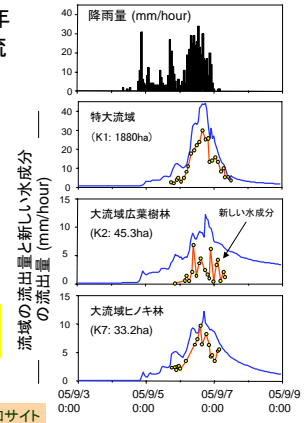
三重サイトにおける「新しい水」成分の寄与



高知サイトにおける2005年9月5日台風14号時の水流出と「新しい水」成分の寄与

広葉樹林では、降雨に対応した新しい水成分が低い。
ヒノキ林流域では、降雨が強くなると新しい水成分の寄与が増大していた。

表面流の割合がヒノキ林の方が広葉樹林より大きい！

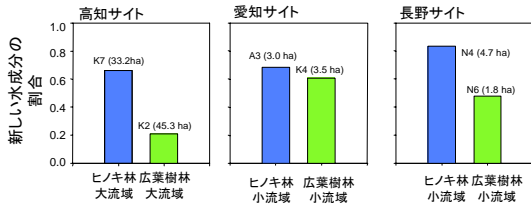


ピーク流出時における「新しい水」の寄与

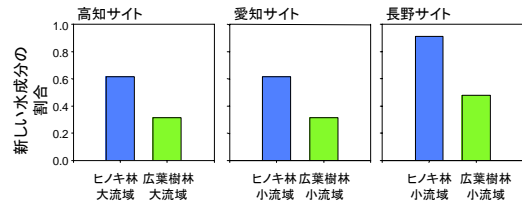
高知サイト
(2005年9月5-7日)
総降雨量: 646mm
最大時間雨量: 31mm

愛知サイト
(2004年10月10日)
総降雨量: 181mm
最大時間雨量: 38mm

長野サイト
(2005年7月4日)
総降雨量: 97mm
最大時間雨量: 8mm



総流出に占める「新しい水」の寄与



各サイトのピーク流出・総流出共にヒノキ林流域における「新しい水」の寄与が大きくなっており、回帰年1年以上の降雨でもヒノキ林での表面流の流出寄与が大きいことが予想された。

まとめ

林床が裸地化したヒノキ林においては、**新しい水成分の寄与率が高く**、表面流が発生している可能性が高い。

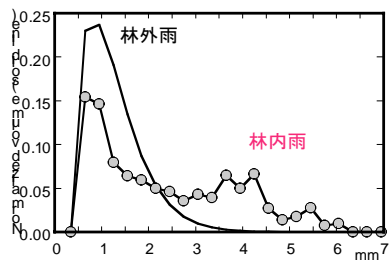
- ・今後解析事例を増やすとともに、表面流とそのほかの早い流出メカニズムについて調査。
- ・同位体分離がうまく行えないイベントにおいて、化学成分を用いた表面流成分分離を行う。

ヒノキ人工林における表面流出発生メカニズム



雨滴の粒径分布

□ 高知フィールド20050819-20の降雨イベント
林外よりも林内で大きな雨滴が発生している



大規模室内実験

防災科学技術研究所

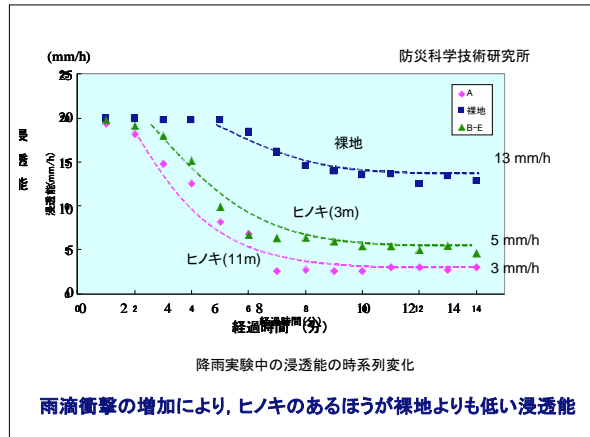
ヒノキ林内の雨滴径と雨滴衝撃力の空間分布が、浸透能低下に及ぼす影響を実験的に明らかにする



表面流の様子 20mm/h



ヒノキ斜面では表面流発生 裸地では水は出ていない 防災科学技術研究所



撥水性の影響



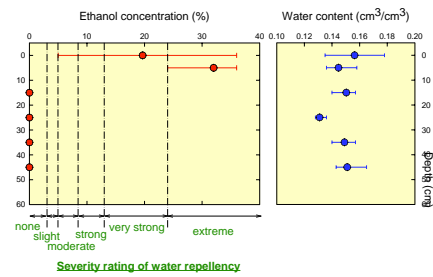
(Dekker & Ritsme, 2000)

- ▶ 土壌有機物、腐植、菌類、微生物に起因
- ▶ 山火事跡地で顕著に見られる
- ▶ ユーカリ林、マツ林でも強度の土壌撥水性

土壌が水をはじく性質 = 土壌の撥水性

土壌撥水性の鉛直分布(下層植生無し)

三重サイト

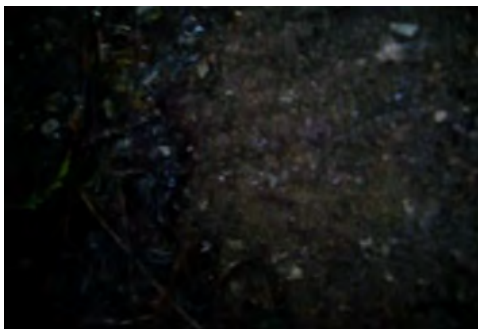


Critical Surface Tension 試験 (Willis and Home, 1992)

様々な濃度のエタノール水溶液の水滴を土壌表面に滴下し、水滴が5秒以内で浸透する最小濃度の水溶液の表面張力を撥水性の指標とする試験

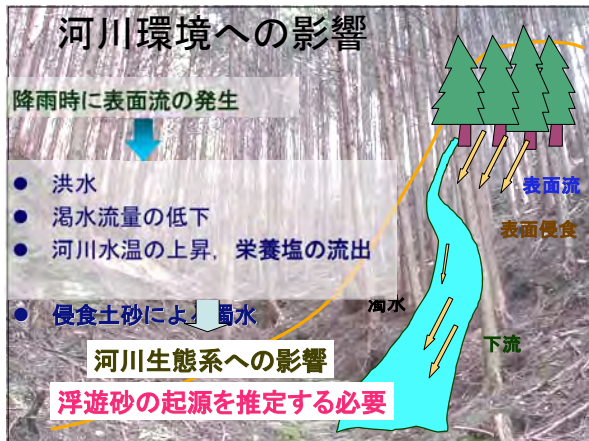
降雨時の撥水性による水流出

三重サイト



まとめ

- 荒廃したヒノキ林内においては、雨滴衝撃の増大と林床の裸地化により、浸透能の低下がより起こりやすく、表面流が発生。
- ヒノキ林は撥水性が高く、より表面流が発生しやすい条件にある。



浮遊砂サンプラーの概要

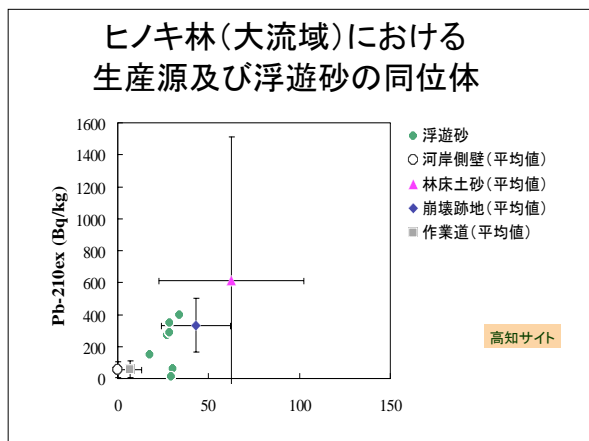
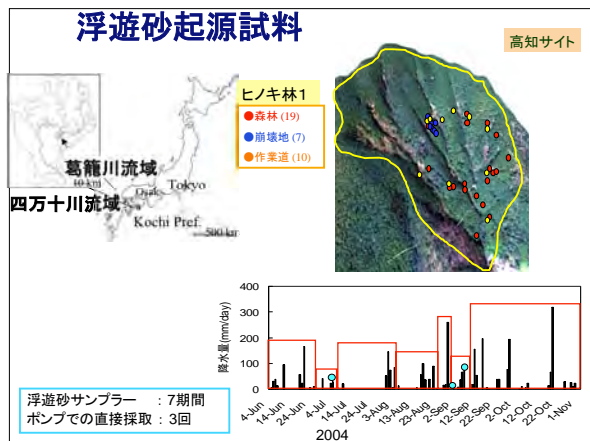
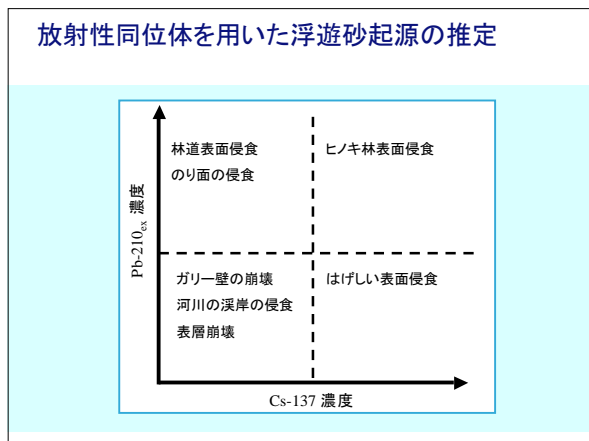
高知サイト

設置状況

本体(塩ビ管)

浮遊砂サンプラーを用いて採取された浮遊砂試料(6/4・6/28)

採取原理: 塩ビ管で断面積の増加にともなう流速の低下による管内部の微細粒子の沈降促進



生産源別の寄与率

浮遊土砂のCs-137, Pb-210ex濃度: いくつかのsourceが混合したものと仮定して表せると仮定

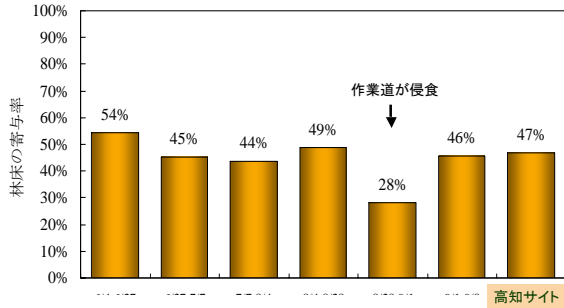
森林斜面と刻壁もしくは作業道の浮遊砂生産に対する寄与

$$aA + bB = \text{浮遊砂の同位体濃度} \quad \dots(1)$$

$$a + b = 1 \quad \dots(2)$$

A: 森林斜面の同位体濃度
B: 谷壁の同位体濃度
a: 森林斜面の寄与 (0 < a < 1)
b: 河岸侵食の寄与 (0 < b < 1)

高知ヒノキ林流域における浮遊砂の林床土砂の寄与率



作業道の侵食



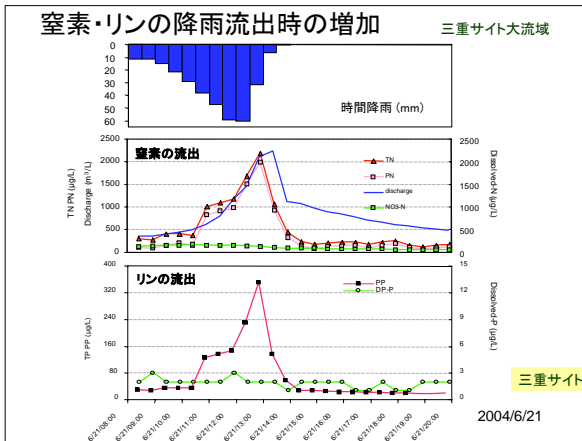
2004/8/30



出水後

高知サイト

窒素・リンの降雨流出時の増加



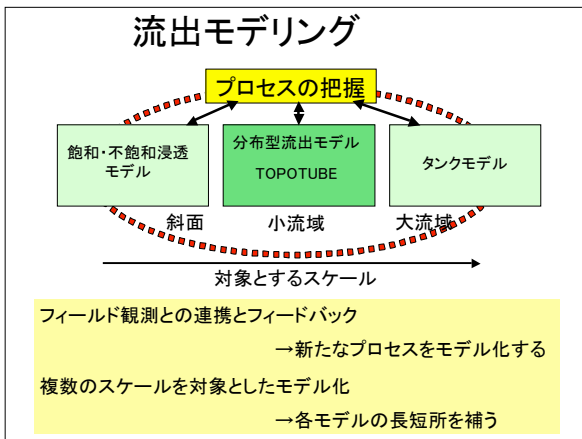
三重サイト

2004/6/21

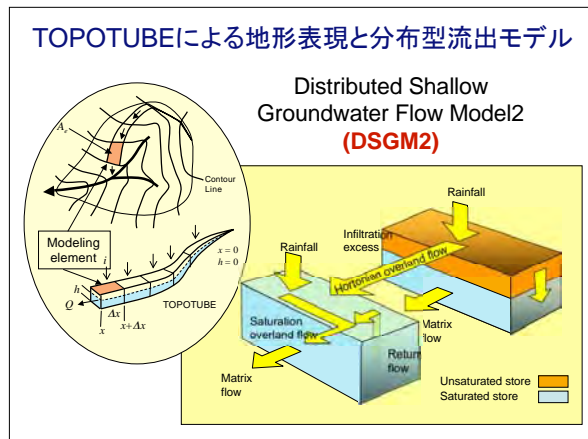
まとめ

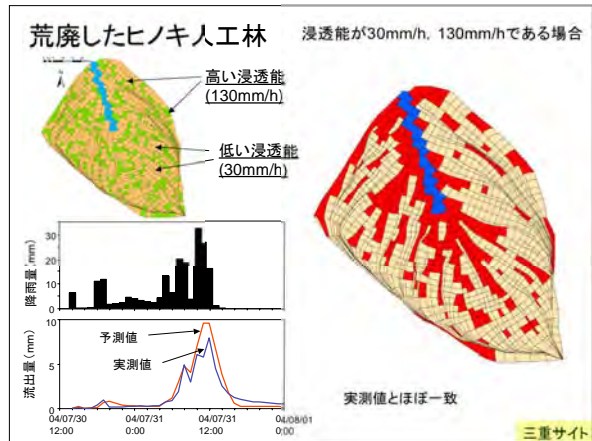
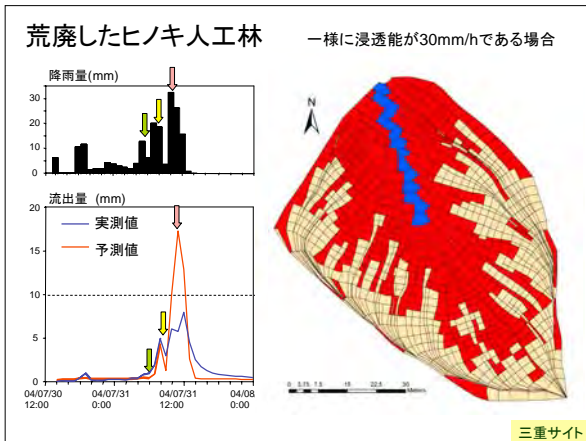
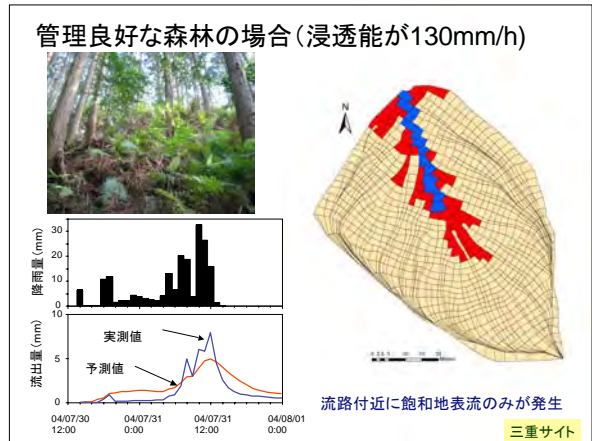
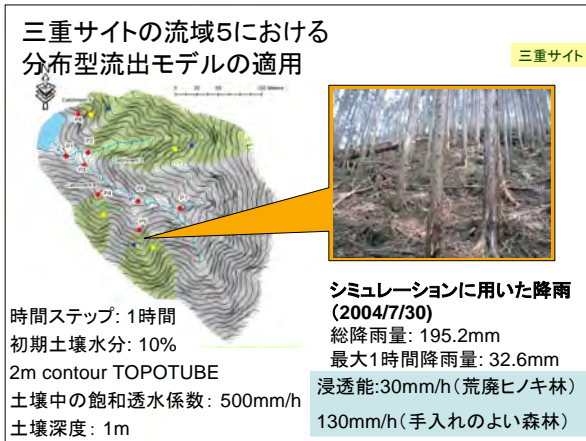
- Cs-137, Pb-210exを用いることで、浮遊砂の起源推定が可能。
- 四万十川上流域においては、林床からの寄与率は40-50%。
- 荒廃したヒノキ林では、出水時に平常時より格段に高い栄養塩の流出がある。

流出モデリング



TOPOTUBEによる地形表現と分布型流出モデル





まとめ

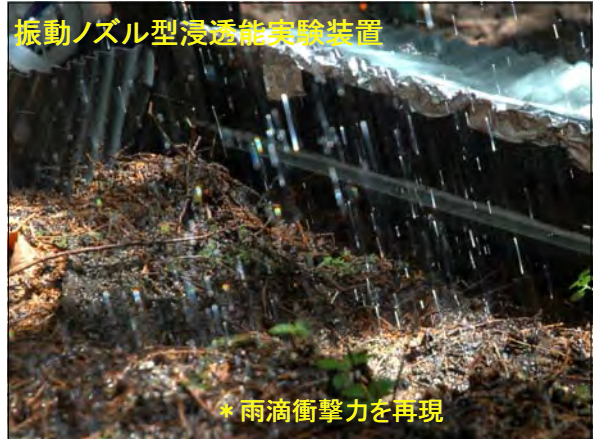
- DSGM2により、斜面長効果を含んだ表面流発生分布およびハイドログラフを再現することができた。
- 今後、散水実験や土壌被覆度調査などによって、土壌の表面条件の不均一性の評価を行う必要がある。
- 今後、DSGM2を、大流域への拡張、および他の流域への適用をおこなう。
- プロットスケールモデルとタンクモデルとの有機的な結合をめざす。



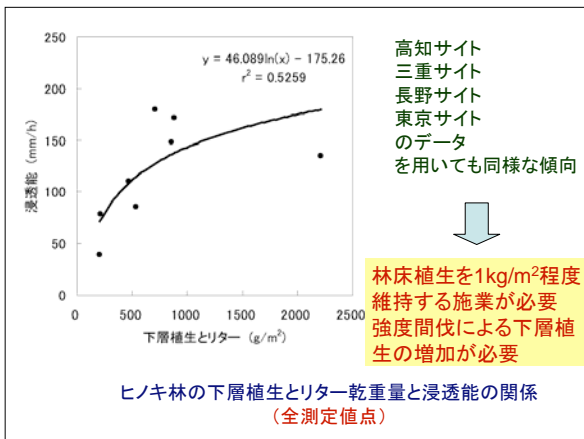
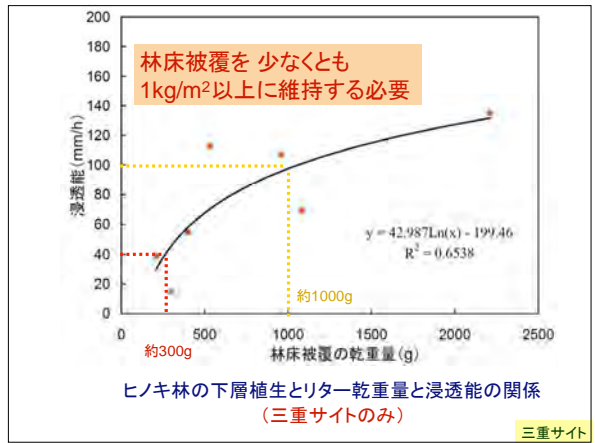
浸透能の試験方法ごとの違い



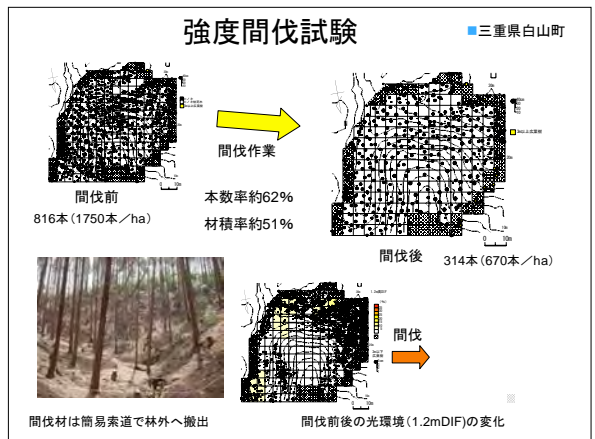
振動ノズル型浸透能実験装置

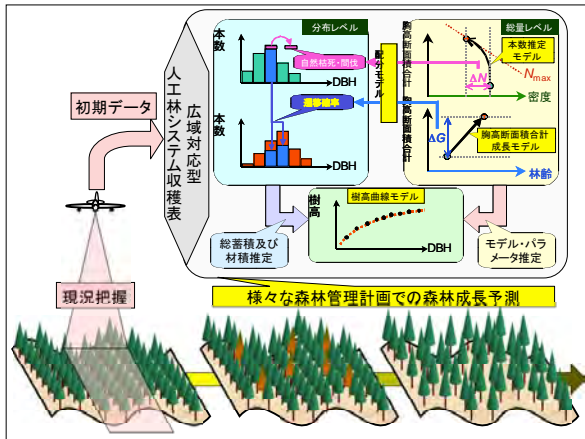


試験区画例



強度間伐試験





今後の予定

	15年度	16年度	17年度	18年度	19年度	20年度
準備研究	1) 調査実施 2) 結果報告の準備・写真 3) 詳細調査の準備	→	→			
現状解明研究	1) プロット・調査地・流域スケールにおける流出調査 2) ノードセンシングによる荒廃森林抽出 3) プロットスケールにおけるモデリング 4) 流域スケールにおける分布型モデリング 5) 水流出モデリング 6) 荒廃森林生態メカニズムの解明 7) 表層土砂流出に関する研究	→	→	→	→	→
将来予測研究	1) 森林の成長・森林施業と水流出シミュレーション					→
中間総括と整理						→
研究総括と望ましい人工林の施業についての調査						→

→ 新たに追加された研究項目

森林荒廃が洪水・河川環境に及ぼす影響の解明とモデル化

- ・林床が裸地化したヒノキ林においては、新しい水(表面流)成分の寄与率が高くなっていった。
- ・荒廃ヒノキ林においては、林床の細粒土砂が河川に流出している可能性が高い。
- ・森林内の浸透能と林床被覆との関連より、環境に配慮した施業法を提案できる。
- ・今後、データ解析を精力的に行い、森林施業と流出シミュレーションについて研究を遂行する。