



TOHOKU
UNIVERSITY

2026/5/29 日本学術会議主催 学術フォーラム
「気候変動と社会変化を迎える今、国土の未来をどう考えるか
(豪雨災害からの安全と豊かな暮らしを実現するために)」

気候変動の流域土砂動態への影響

東北大学大学院工学研究科 有働 恵子

Image © 2015 DigitalGlobe

Image NASA

Google earth



TOHOKU
UNIVERSITY

はじめに

—流域土砂動態理解の重要性—

土砂災害



河床変動



海岸侵食



流域土砂動態問題の背景

- **日本は、急峻地形・多雨**
 - 土砂生産量が大きい
 - 土砂災害・ダム堆砂・海岸侵食など多くの土砂問題
- **流域一貫土砂動態予測技術が未確立**
 - 流域の土砂諸問題に一貫対応は困難
 - 諸問題に個別対応となり抜本的・調和的解決に至らず

流域生態系・流域の利用
(観光など) にも影響

研究の目的

- 山地の侵食土砂が海岸に至るまでの土砂動態は？
- 日本の将来の流域土砂動態は長期的にどう変わる？

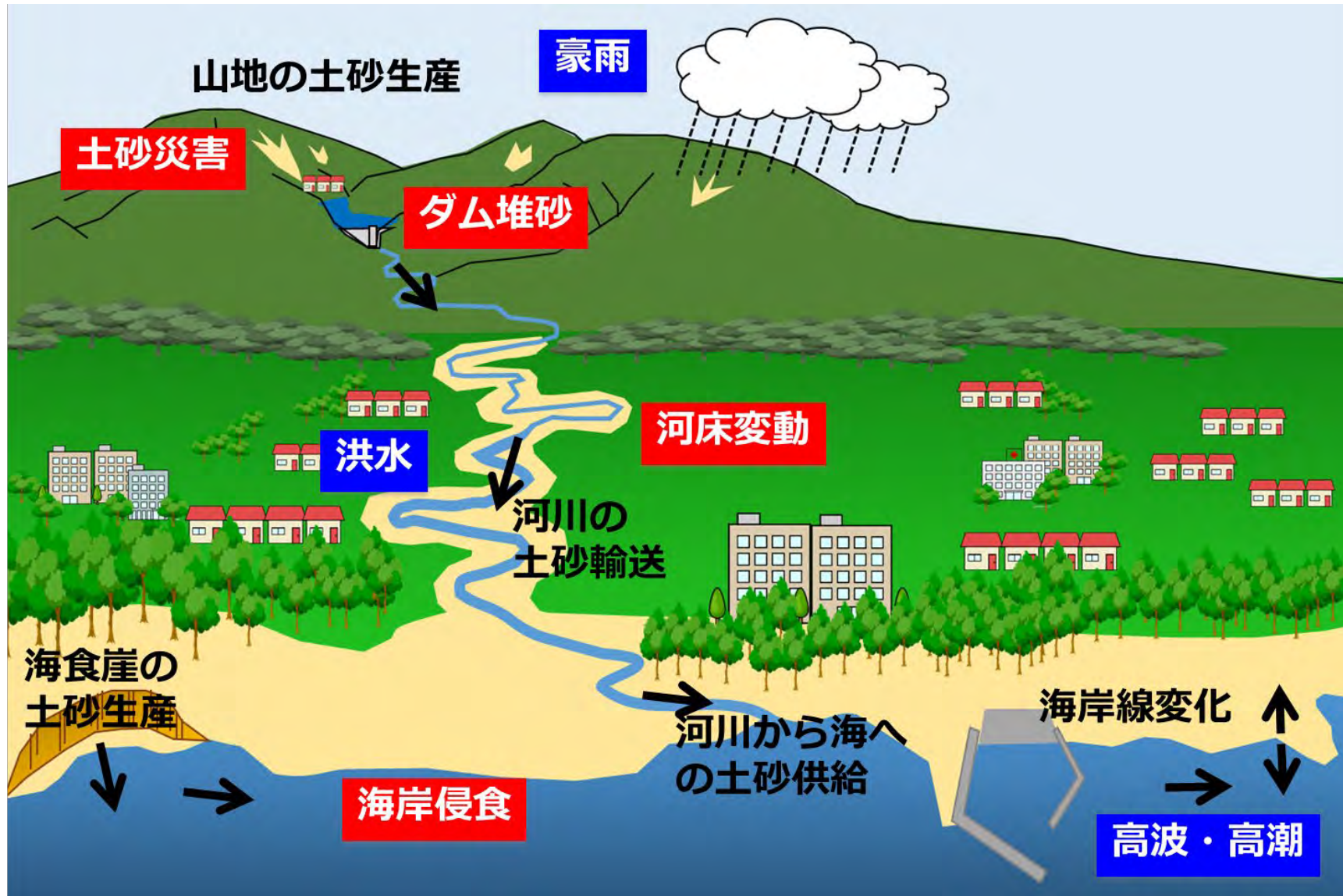
解決すべき課題

- 流域一貫土砂動態モデル開発による将来の土砂動態予測
- 適応策効果・影響の評価と効率的土砂管理手法の提案



TOHOKU
UNIVERSITY

山地～海岸の流域土砂動態 と流域における土砂問題





TOHOKU UNIVERSITY

1950年～1990年頃の 全国の流域土砂収支と人為的影響

全国・40年間で

治山・治水対策
→土砂動態に影響

戦後の高度成長期の建設材料等の需要で莫大な量の砂利採取
→流域土砂動態に多大な影響
(治水対策としての河道掘削も土砂動態に影響を及ぼしうる)

(有働ら, 2016)





TOHOKU
UNIVERSITY

全国沿岸区分別の砂浜幅変化

1900年頃

全国平均 70 m
572 km²

1950年頃

全国平均 66 m
474 km²

1990年頃

全国平均 43 m
278 km²



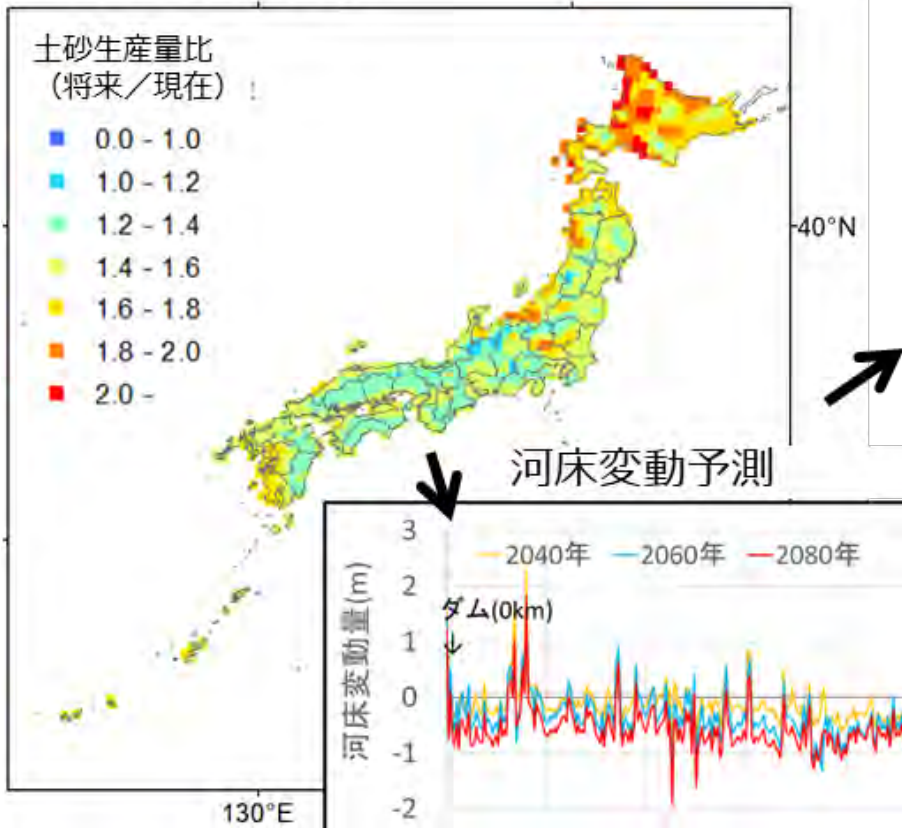
(有働ら, 2016)



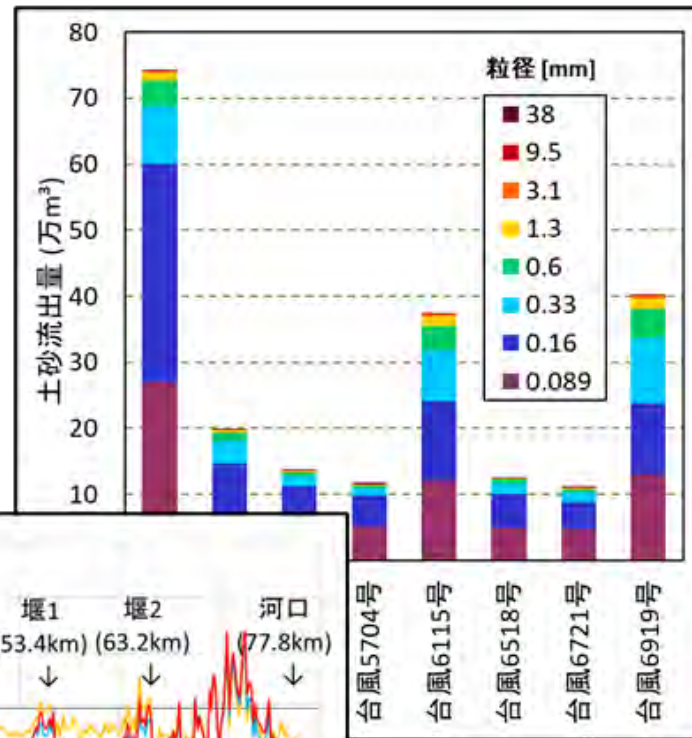
TOHOKU UNIVERSITY

流砂系の総合土砂管理に向けた 土砂動態予測モデルの開発

土砂生産量予測

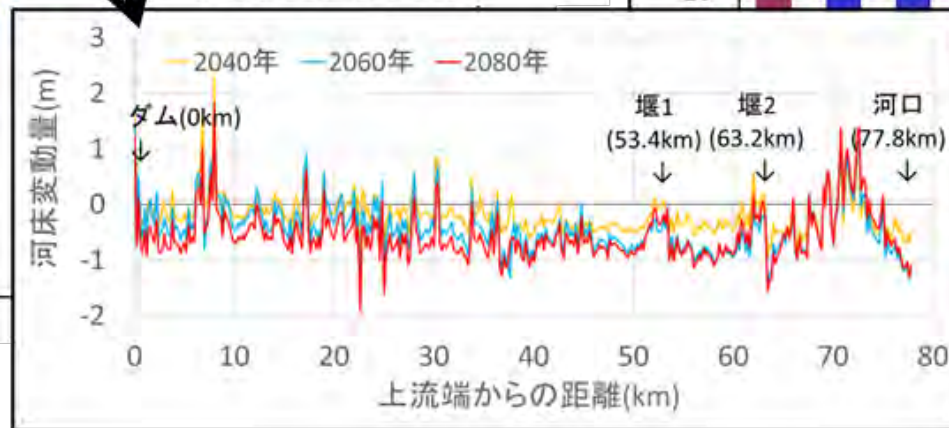


河川から海岸への土砂流出予測

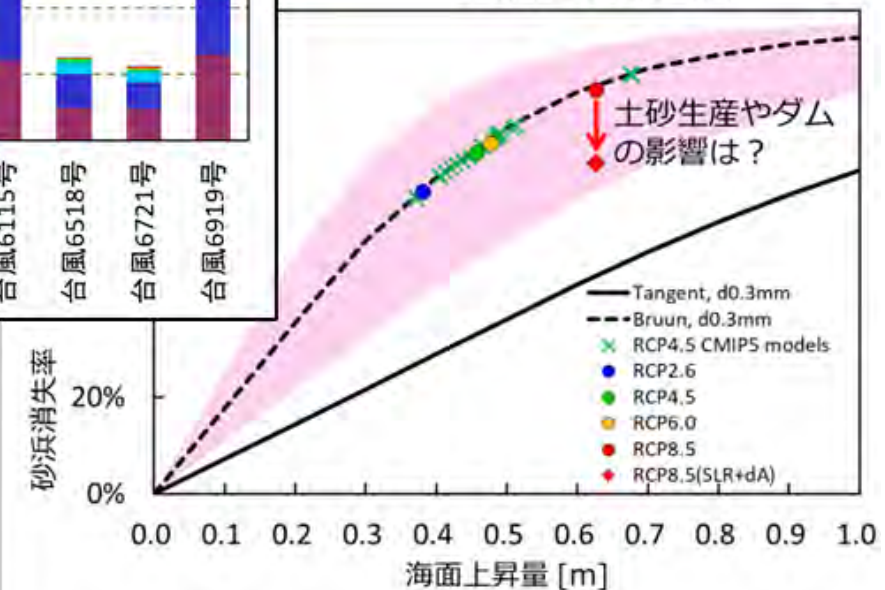


環境研究総合推進費
Environment Research and Technology Development Fund
JPMEERF20252004

河床変動予測



海岸変化予測



(Udo and Takeda, 2017 ; 有働, 2019 ; Nakahara et al., 2025)



TOHOKU
UNIVERSITY

山地における表層土砂侵食量の空間分布

長期モデルであるRUSLE式を修正し，時間変化を推定するモデルを開発

$$SE = R K LS C P$$

SE :年間土壌侵食量[t/ha y]

R :降雨強度係数[MJ mm/ha h y]

K :土壌係数[t h/MJ mm]

LS :地形係数[無次元]

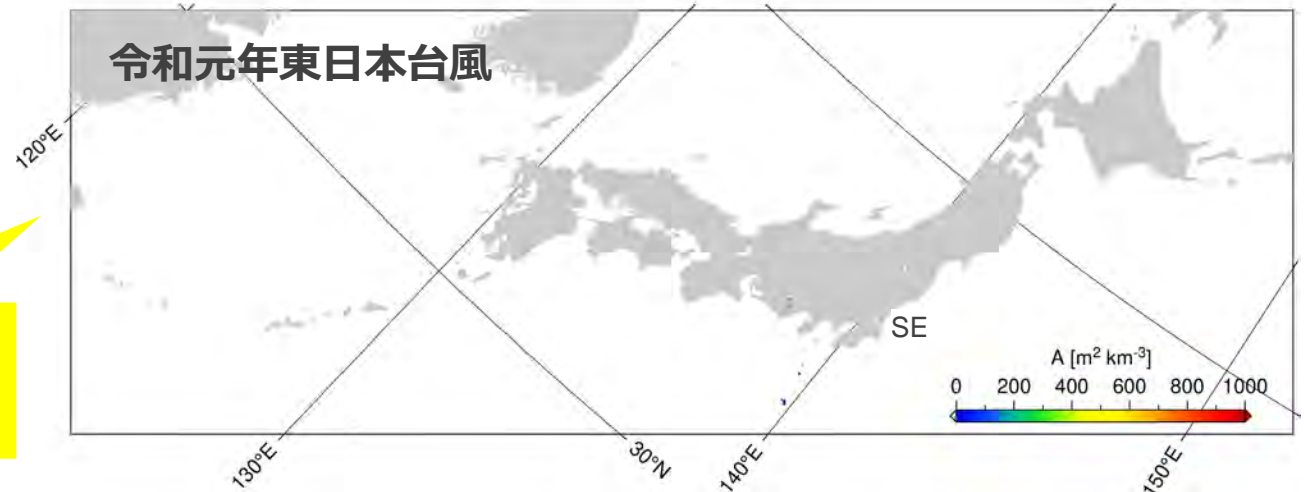
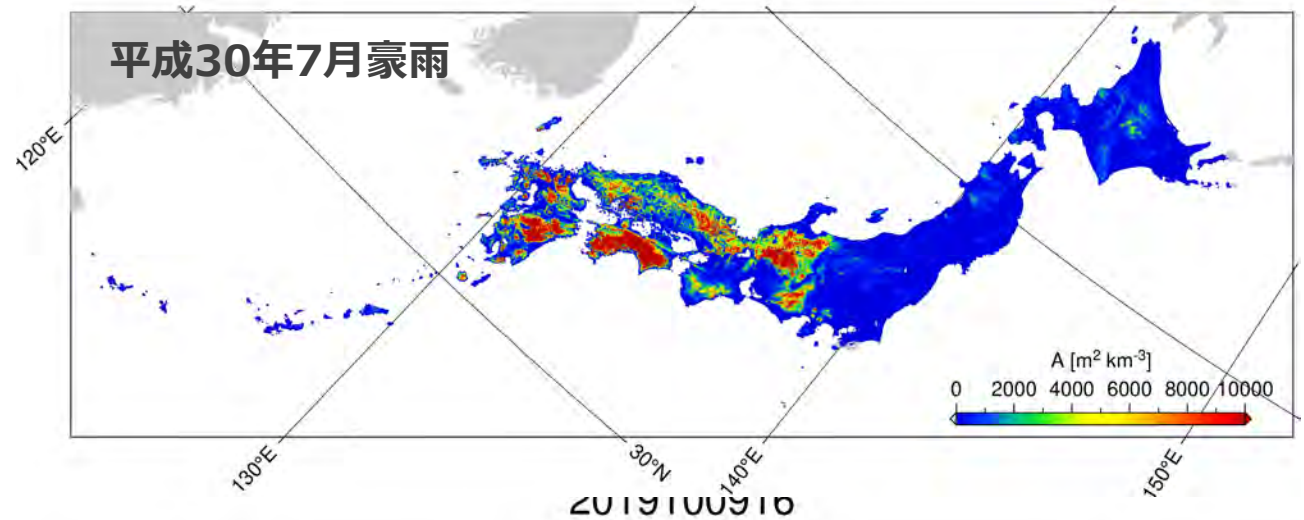
C :作物係数[無次元]

P :土地保全係数[無次元]

(葛城・有働, 2024)

再現性について
今後検証が必要

2018062716-2018070815





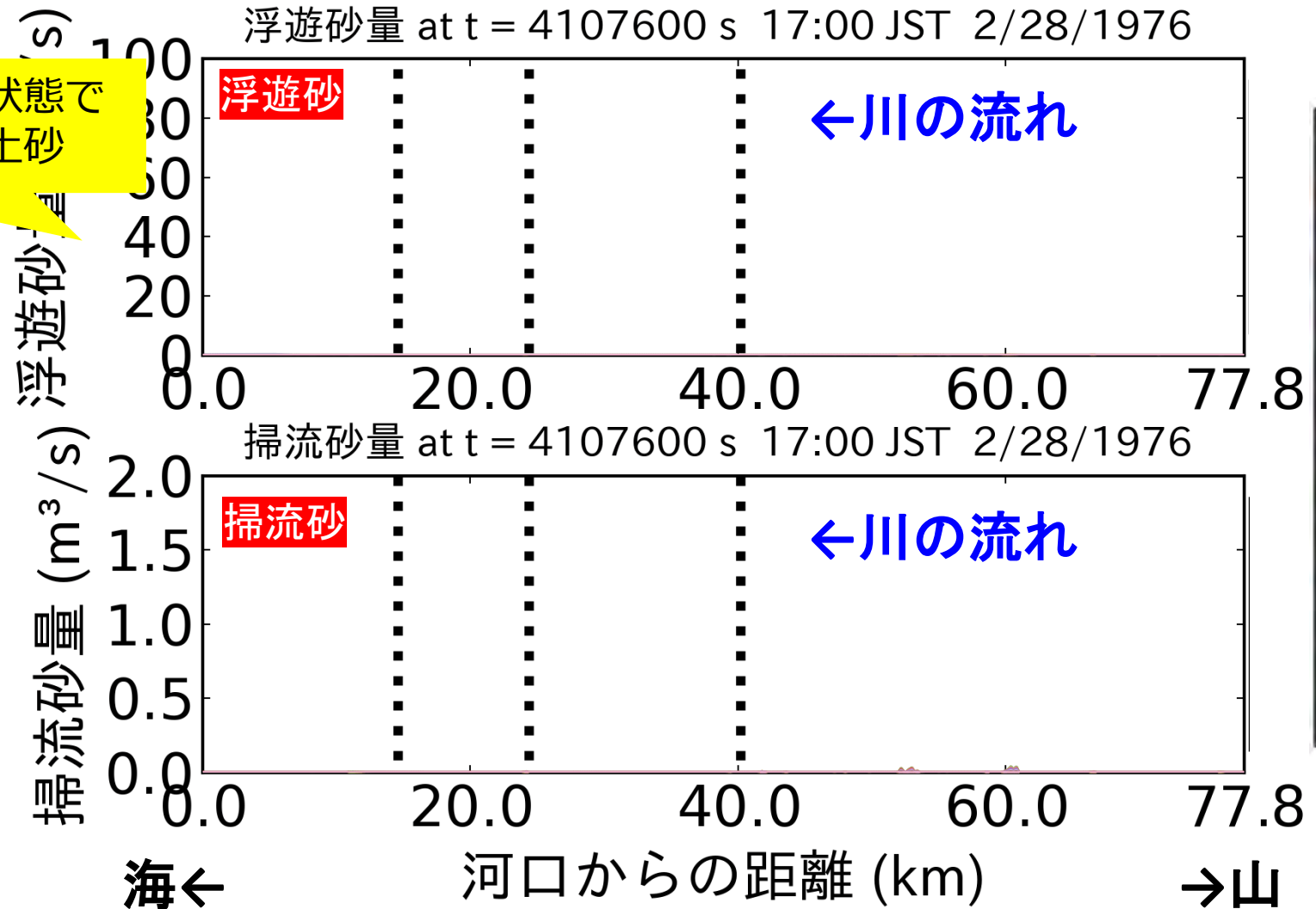
TOHOKU UNIVERSITY

河川における土砂輸送量の空間分布

出水時に山から海まで浮遊状態で
輸送されるのは主に細かい土砂

浮遊砂の大部分が粒径
0.075mm程度以下の
土砂

→「ダムから流出する
のはシルト・粘土」
(山本, 2014) と整合

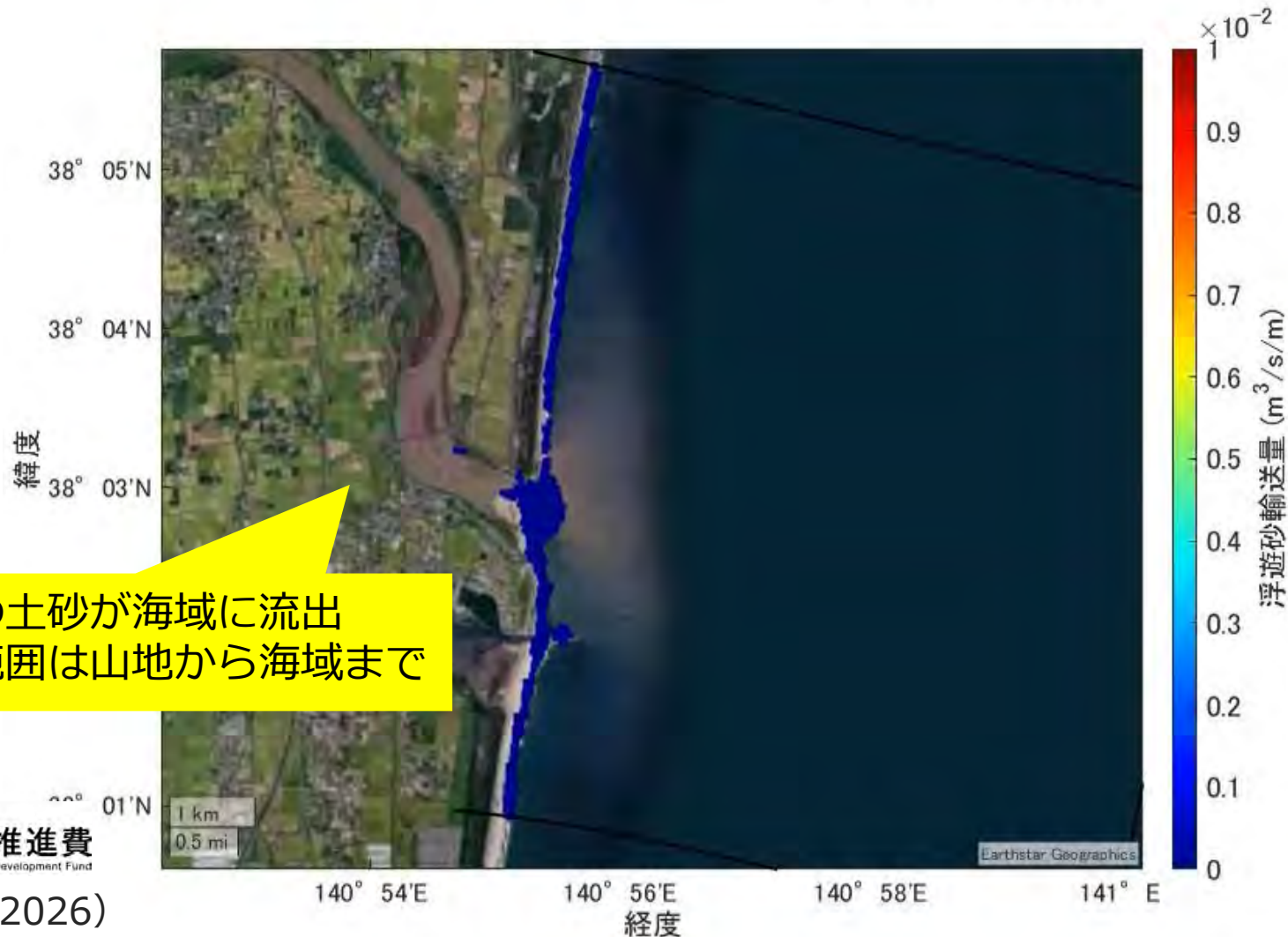




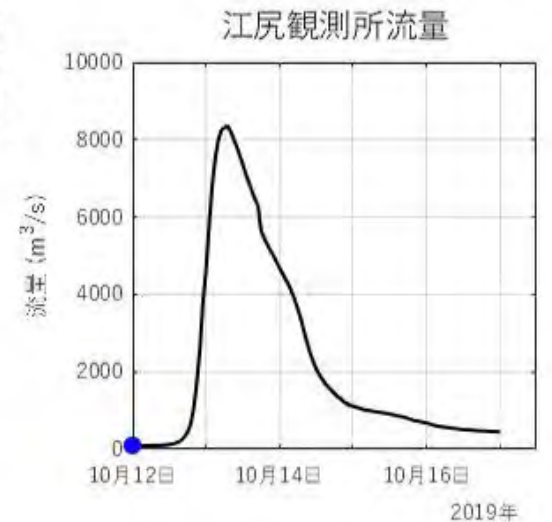
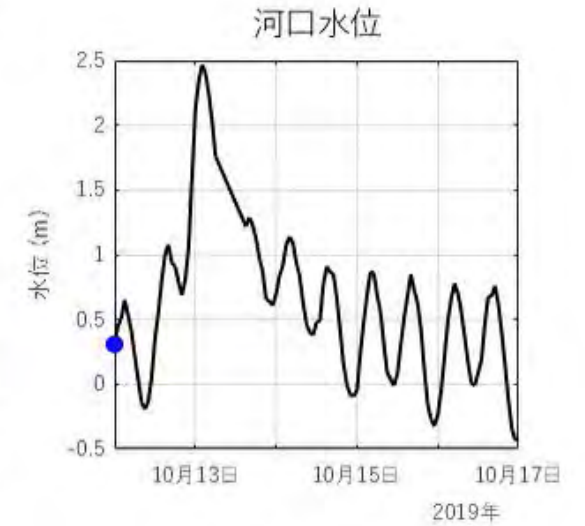
TOHOKU UNIVERSITY

河川から海域への土砂輸送量の空間分布

2019-10-12 00:00



出水時に大量の土砂が海域に流出
→豪雨の影響範囲は山地から海域まで



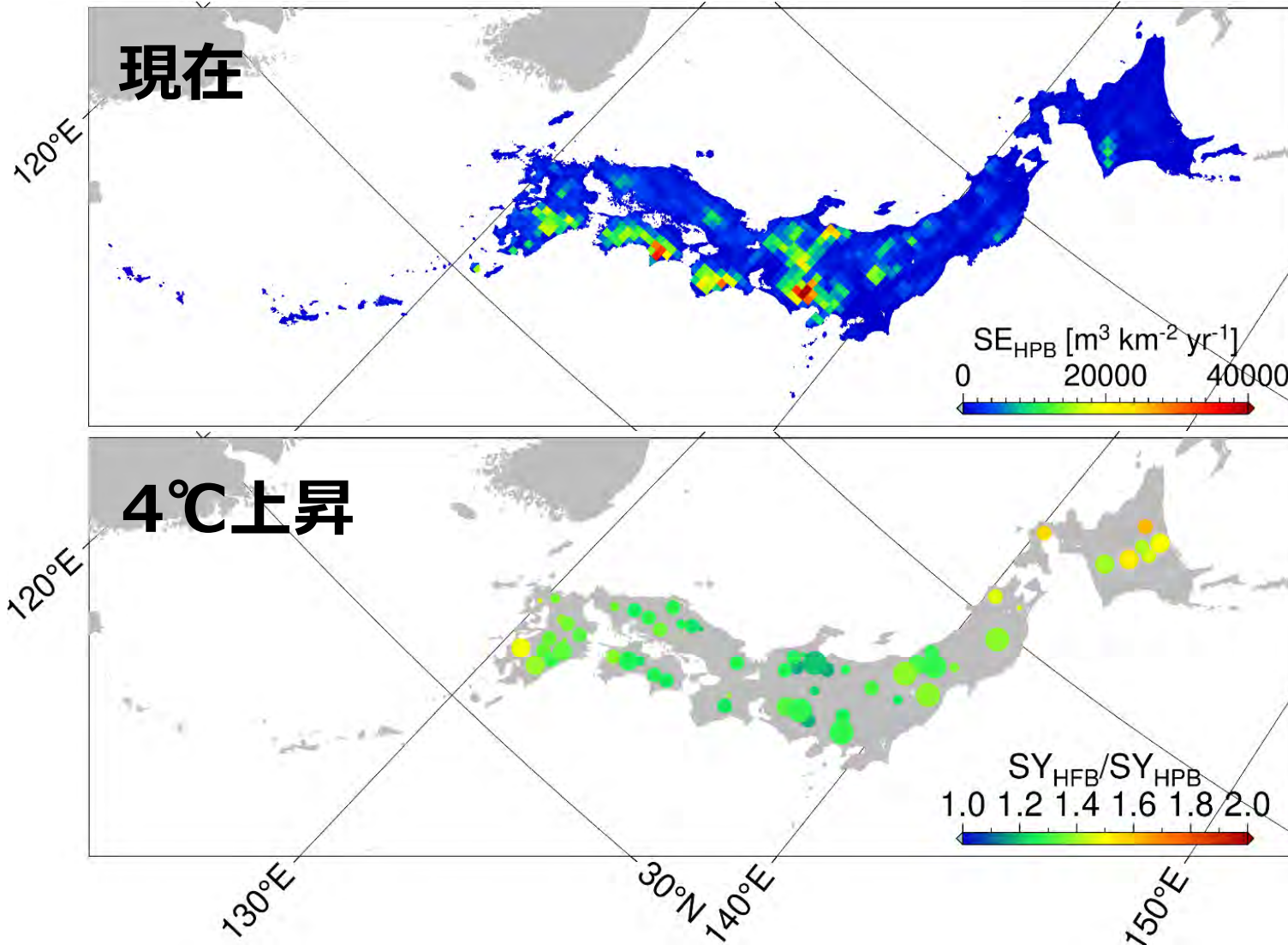
環境研究総合推進費
Environment Research and Technology Development Fund

(菊地・有働, 2026)



TOHOKU
UNIVERSITY

気候変動(降雨特性の変化)が 山地の土砂生産に及ぼす影響

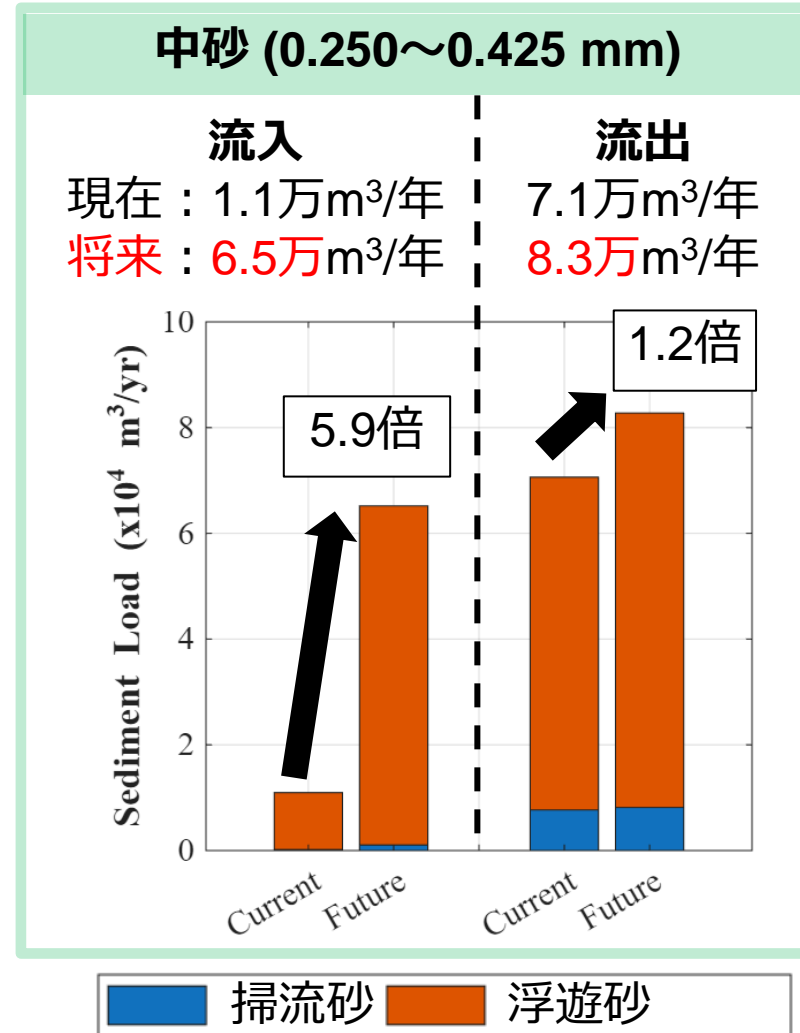
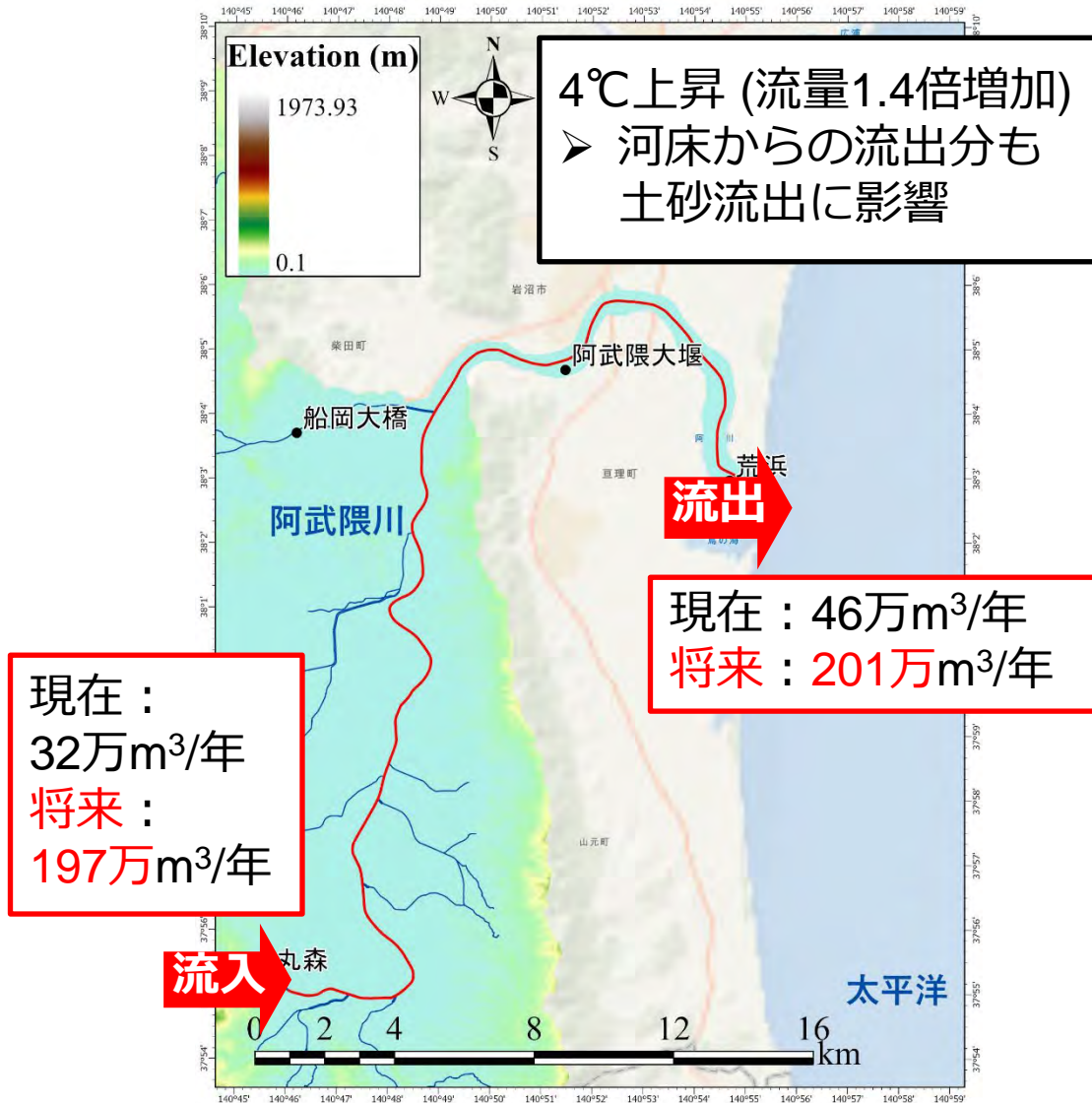


2°C上昇で最大1.4倍程度
4°C上昇時で2倍以上も？

これに伴い、ダムへの
土砂流入量も増加？

(葛城・有働, 2024)

気候変動(降雨特性の変化)が河川の土砂輸送に及ぼす影響



※人為的影響を非考慮



TOHOKU UNIVERSITY

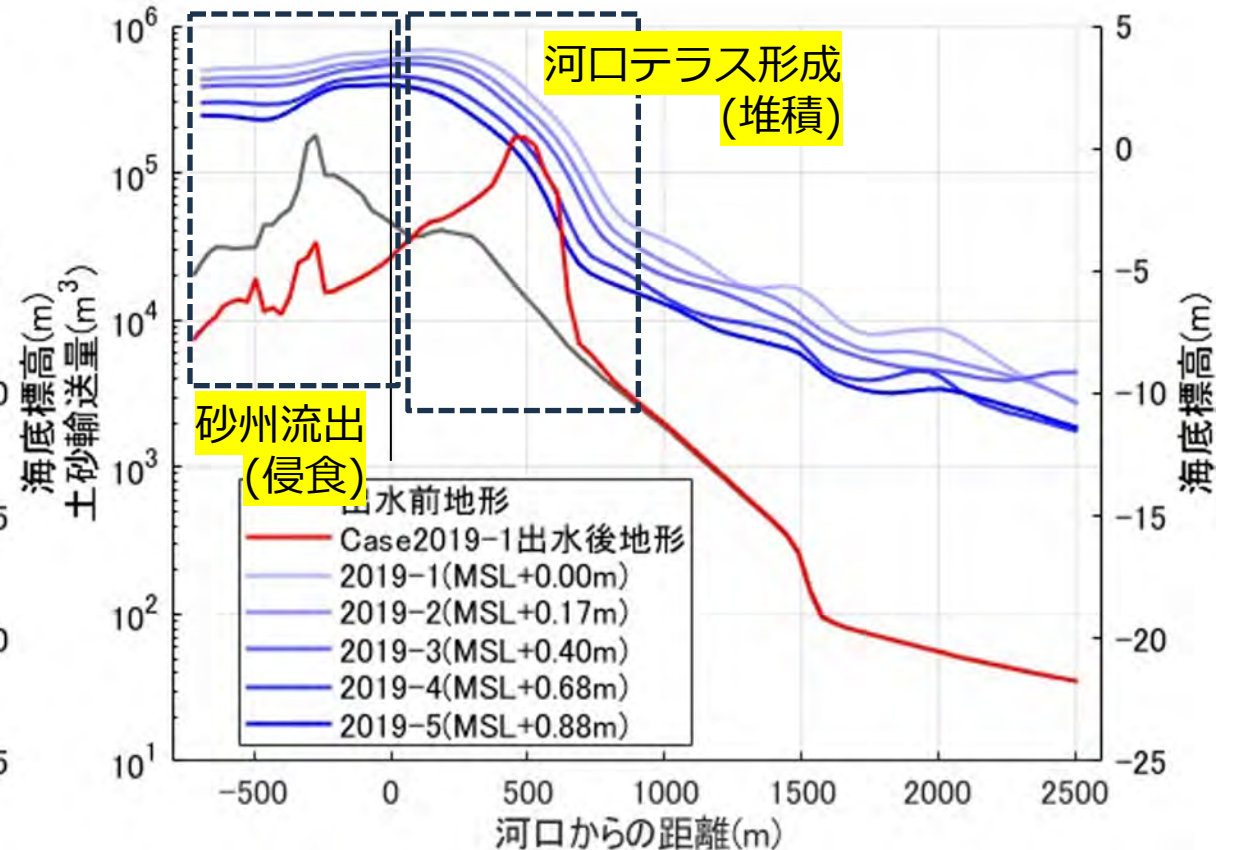
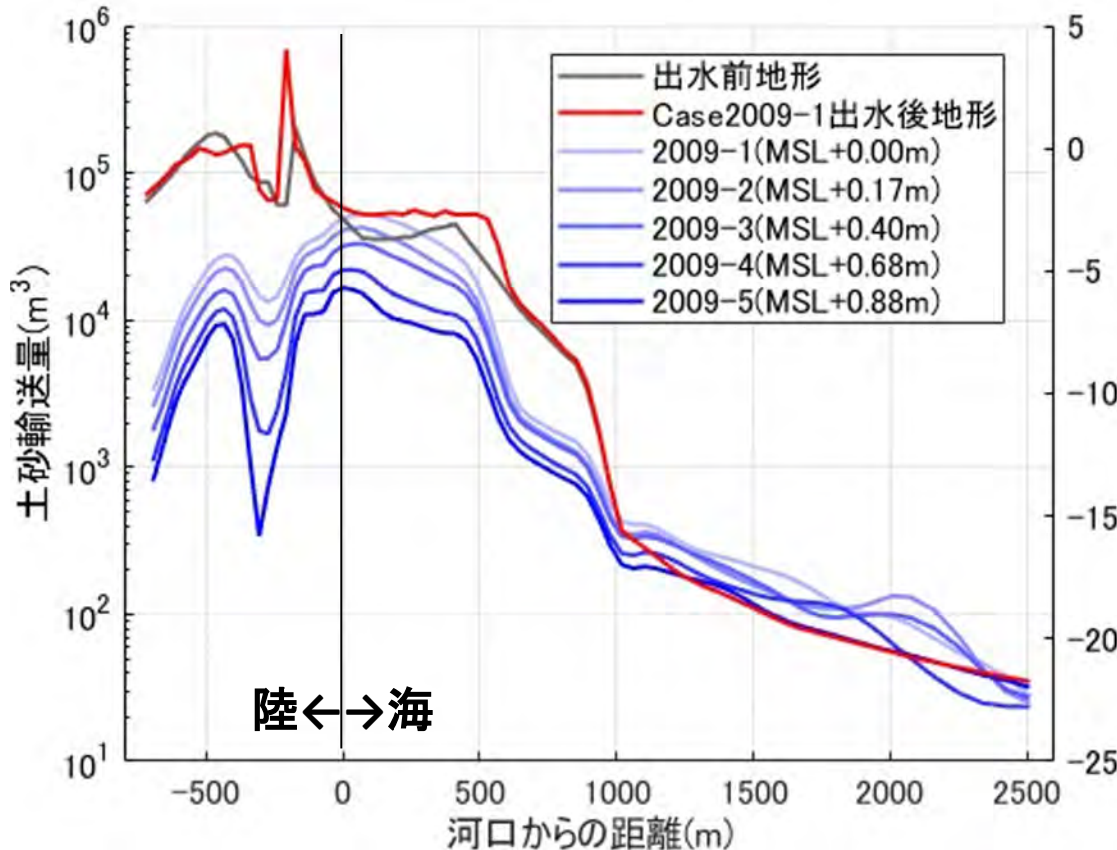
気候変動(海面上昇)が大規模出水時の 海域への土砂供給に及ぼす影響

- 海面上昇による背水効果で河口から海域への土砂流出量が減少
- 海面上昇の影響の大きさは出水規模により異なる



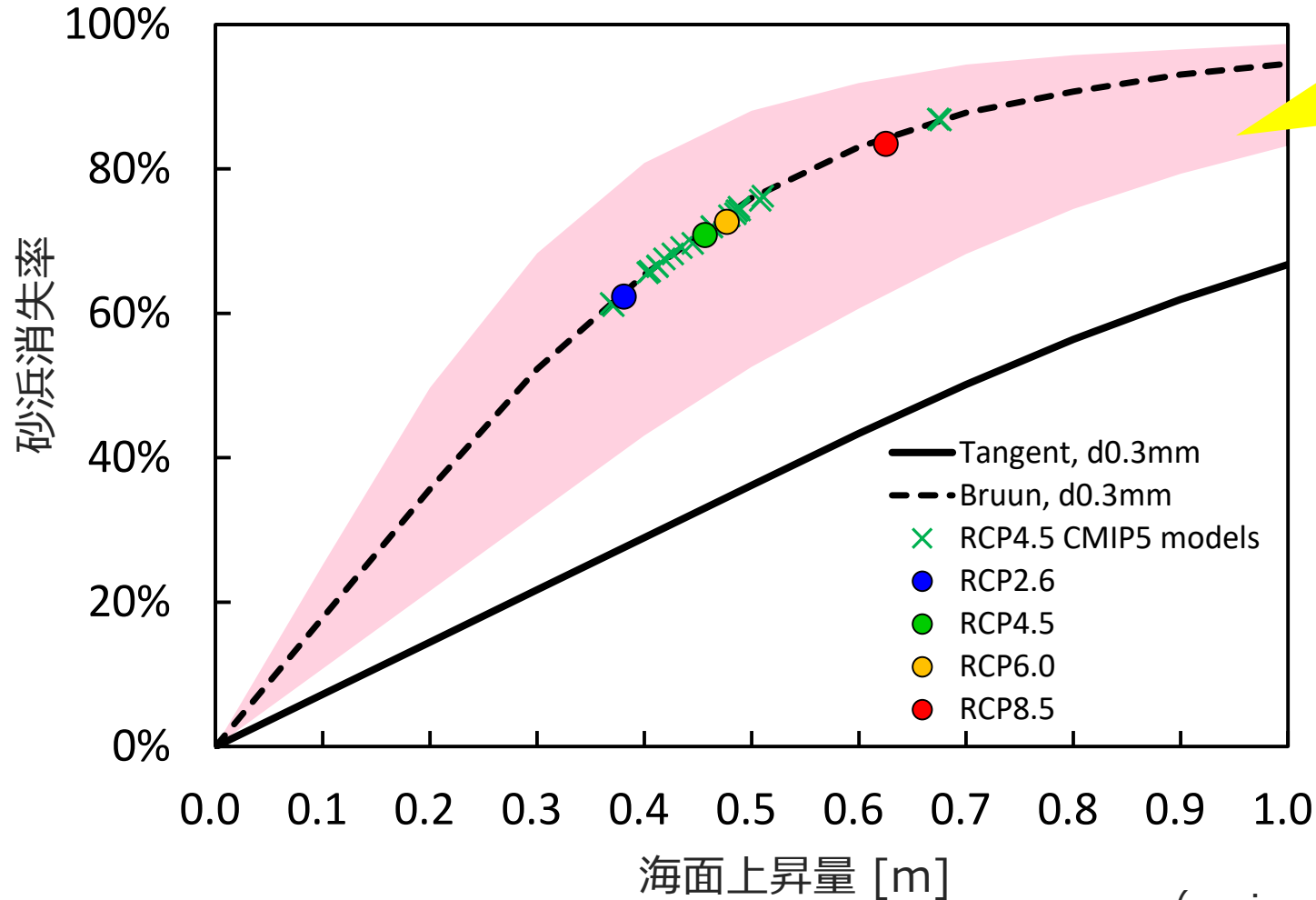
(菊地・有働, 2026)

→砂州流出などの地形変化の有無も大きく影響





気候変動(海面上昇)が砂浜消失に及ぼす影響

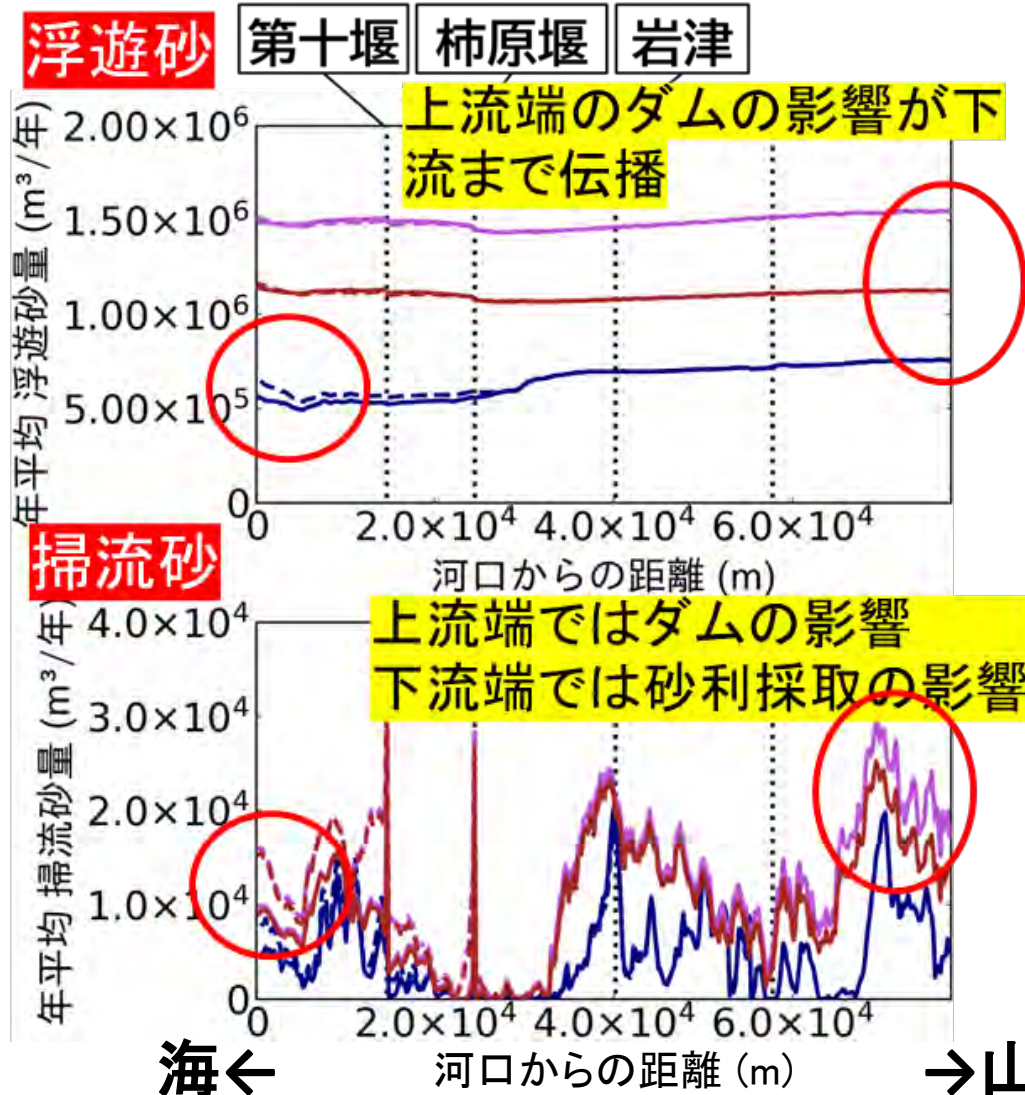


- 砂浜は地形勾配が緩やかで水位上昇の影響が大きい
- 干潟は勾配がさらに緩やか



TOHOKU UNIVERSITY

流域土砂動態への人為的影響 — 適応策で生じうる影響 —



- 1965~1974 砂利採取×
- 1965~1974 砂利採取○
- 1975~1999 砂利採取× ダム建設×
- 1975~1999 砂利採取○ ダム建設×
- 1975~1999 砂利採取× ダム建設○
- 1975~1999 砂利採取○ ダム建設○

環境研究総合推進費
Environment Research and Technology Development Fund

(Nakahara et al., under review)



まとめ

- 戦後の高度成長期の急速な国土開発は、流域土砂動態・収支を大きく変化させ、上流域の人為的な影響が下流の海岸まで及んだ。
- 治水のための対策は土砂動態にも影響し、その変化は地形変化などを通じて結果として水動態にも影響を及ぼす。流域総合水管理だけでなく、総合土砂管理もあわせて考える必要がある。（ただし、現在の技術では困難を伴う）
- 土砂管理に向けた土砂動態予測には、未だ多くの課題が残されており、流域一貫土砂動態モデルの構築が急務である。特に輸送される土砂の粒径は生態系など環境への影響も大きいですが、データ・知見が限られている。
- 気候変動に伴う降水特性変化や海面上昇は、流域土砂動態にも影響を及ぼす可能性が高い。今後、流域水・土砂動態を統合的に捉えた適応策の検討が求められる。