

トルコ共和国黒海沿岸地域における 降雨による崩壊の特性の研究 ～茶畑はなぜ崩れやすい？～

新潟大学農学部 権田 豊

新潟大学大学院自然科学研究科 笠原菜月

(現：日本工営株式会社)

背景

～日土交流事業～

参加大学一覧

日本



新潟大学



福島大学

トルコ共和国



アンカラ大学



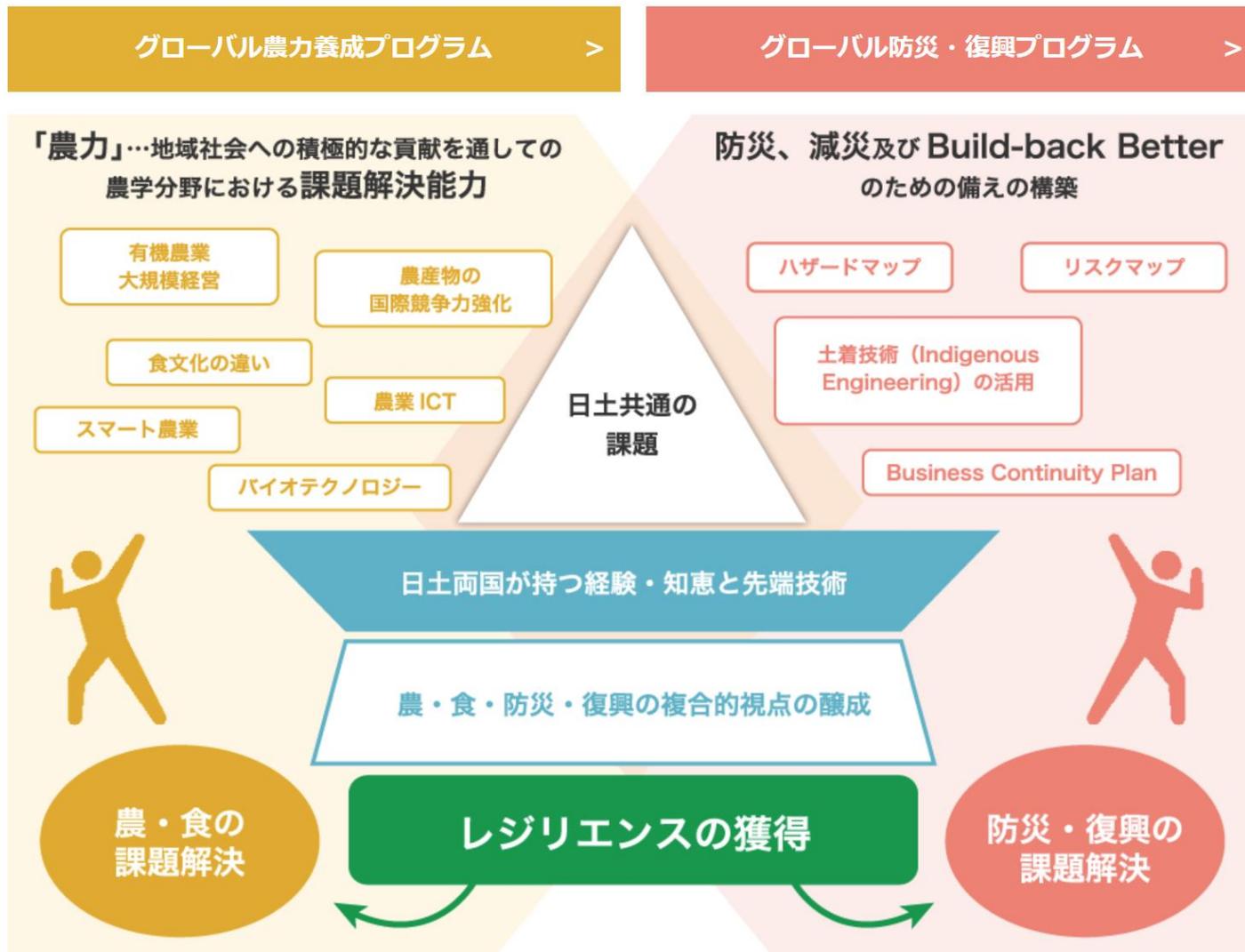
エーゲ大学



中東工科大学

～日土交流事業～

交流プログラム



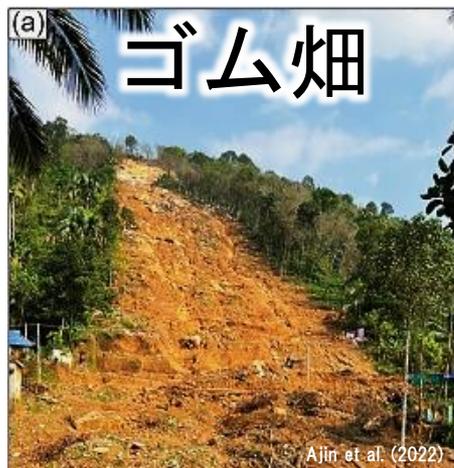
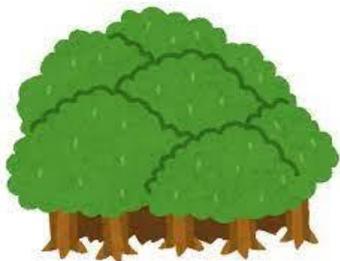
背景 ～土地被覆改変と崩壊～

降雨による土砂災害：毎年世界各地で発生



近年 トルコ共和国，インド，スリランカなど

森林



表層崩壊が発生しやすくなる！

(Froude and Petley, 2018; Perera et al., 2018; Senanayake et al., 2020など)

土地被覆改変→崩壊発生の解明
持続可能な開発を進める上で重要

背景

～研究対象地～



0 1,000 2,000 km



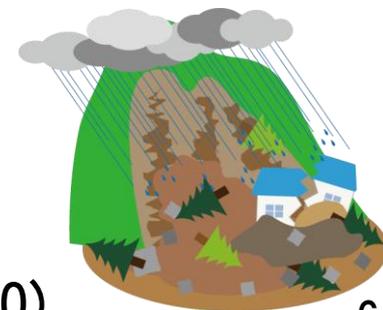
Rize市

- ✓ 急峻な地形
- ✓ 年間を通して降水量が多い
(Saris *et al.*, 2010)



崩壊が発生しやすい地域

(Uyeturk *et al.*, 2020)



背景

～Rize市とは～

Rize市：国内の**茶畑**の65 %が**集中**



約60年前から森林を改変して**茶畑**に

背景

～Rize市での崩壊～

近年表層崩壊の件数が増加…



茶畑の増加と崩壊発生件数の増加が**同時期**

→**茶畑への改変が崩壊の原因に**

(Uyeturk *et al.*, 2020)

Tea is the core of Turkish culture and daily life. Rize is the major tea plantation city, and the present president Mr. Erdogan's home town.





President's house

To protect cultural heritage from landslides has great societal significance

2010 Rize landslide disaster















22/09/2010

茶畑では森林よりも**どれほど**
崩れやすい？

なぜ茶畑では崩壊が発生しやすい？



- ✓ **有効な**土地利用規制・警戒避難システム
- ✓ 茶畑での崩壊を**減らす**

背景

～Rize市での課題～

茶畑では森林よりも**どれほど**崩れやすい？

崩壊地分布図

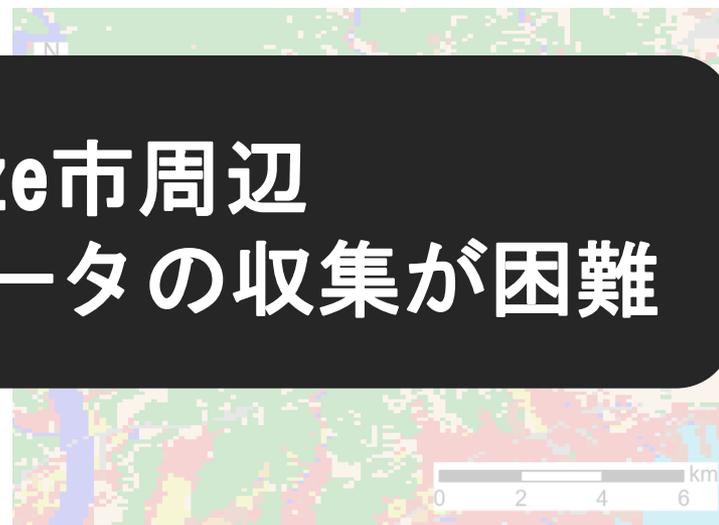
例) 平成30年7月豪雨に伴う崩壊地



国土交通省
国土地理院
Geospatial Information Authority of Japan

土地被覆図

例) 静岡県の沿岸部



- 河川
- 海域
- 森林
- 建物用地
- 農用地

国土数値情報のデータを使用

これらのデータを基に解析する必要

定量的に明らかになっていない



なぜ茶畑では崩壊が発生しやすい？

既往の研究

- ✓ 茶の根が浅く，すべり面に達しない
(Karsli *et al.*, 2007)
- ✓ 化学肥料が過剰に使用されている
(Yalcin, 2007)
- ✓ 茶畑周りの排水処理が不適切
(Hacisalihoglu *et al.*, 2020)

どの程度崩壊発生に影響を与えるのか
明らかになっていない



目的

1. Rize市で発生する崩壊の特性を
定量的に明らかに

2. Rize市の茶畑で崩壊が発生しやすい
要因の解明

方針

目的1. Rize市で発生する崩壊の特性
を**定量的**に明らかにする

Rize市 2021/7/14



豪雨によって多発した**崩壊**について解析

方針

目的2. Rize市の茶畑で崩壊が発生
しやすい**要因**の解明

1. Rize市の**茶畑** ⇔ Rize市の**森林**

降雨浸透過程の違い

→数値計算

2. **Rize市**の茶畑 ⇔ **日本**の茶畑

社会的背景の違い

→文献調査・現地調査

各解析の方法・結果・考察

1. 2021/7/14豪雨による崩壊の特性

2-1. Rize市の茶畑と森林での降雨浸透過程

2-2. Rize市と日本の茶畑の社会的背景

目的1. Rize市で発生する崩壊の特性を定量的に明らかに

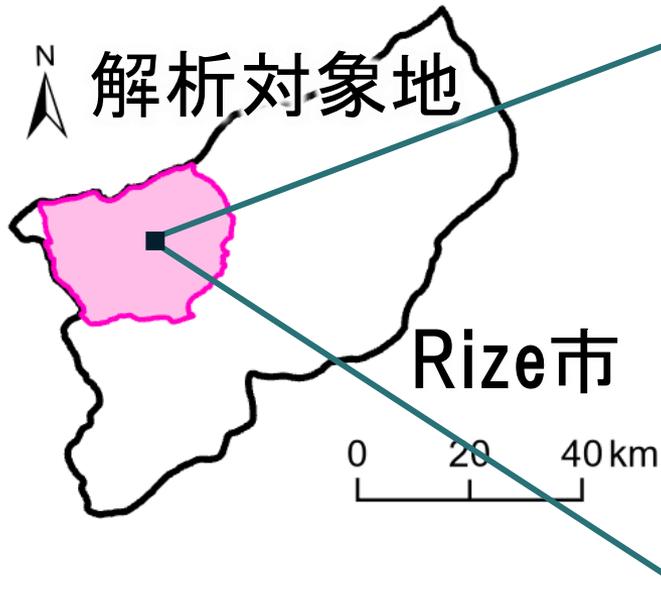
TRT HABER

1. 2021/7/14豪雨による崩壊の特性

f t i y TRTHABER

対象地 1. 2021/7/14豪雨による崩壊の特性

2021/7/14 豪雨で崩壊が多発



- ✓ 7時間で220 mmの雨
(7月の月平均降雨量：152 mm)
- ✓ 死者8人

対象地 1. 2021/7/14豪雨による崩壊の特性

地質

- 火山性堆積岩
- 深成岩（閃緑岩など）

地形

内陸部：急峻な山地



沿岸部：平坦

平均傾斜角度：23.3°

解析方法 1. 2021/7/14豪雨による崩壊の特性

この地域の課題

解析を行うためのデータがない



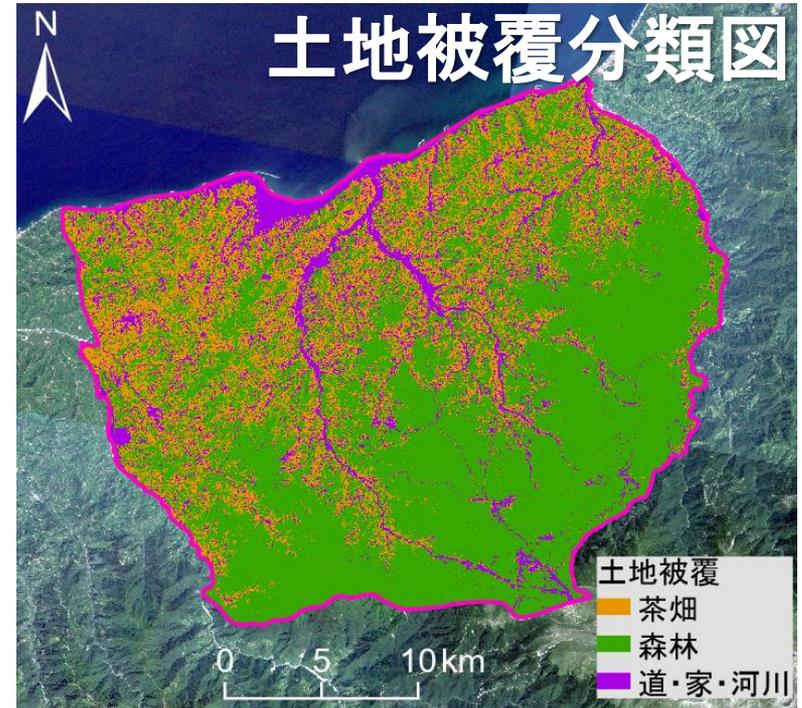
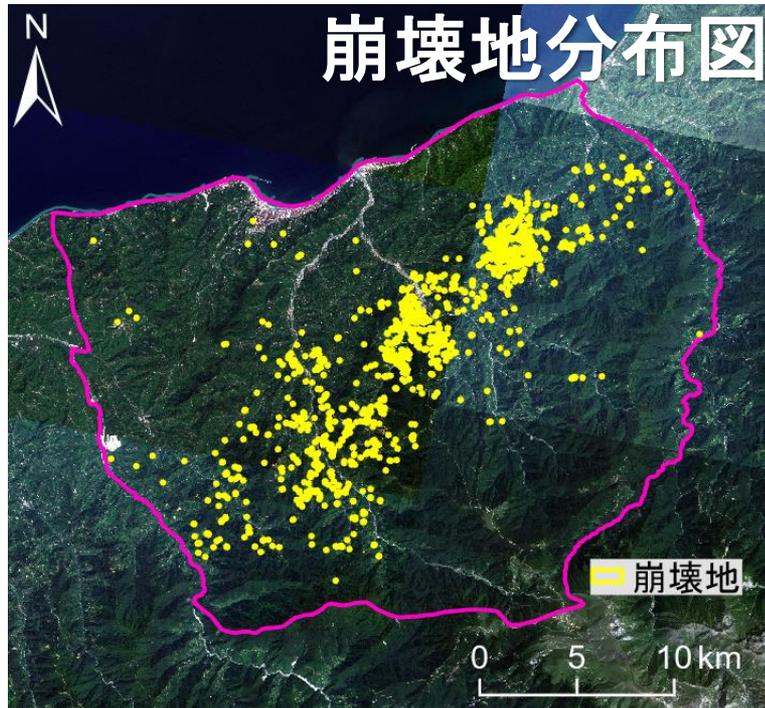
衛星画像・Google Earth画像を用いて

- ✓ 崩壊地を抽出
- ✓ 土地被覆を分類



茶畑と森林での崩壊特性の違いに注目

結果 1. 2021/7/14豪雨による崩壊の特性



対象地面積 : 683 km²

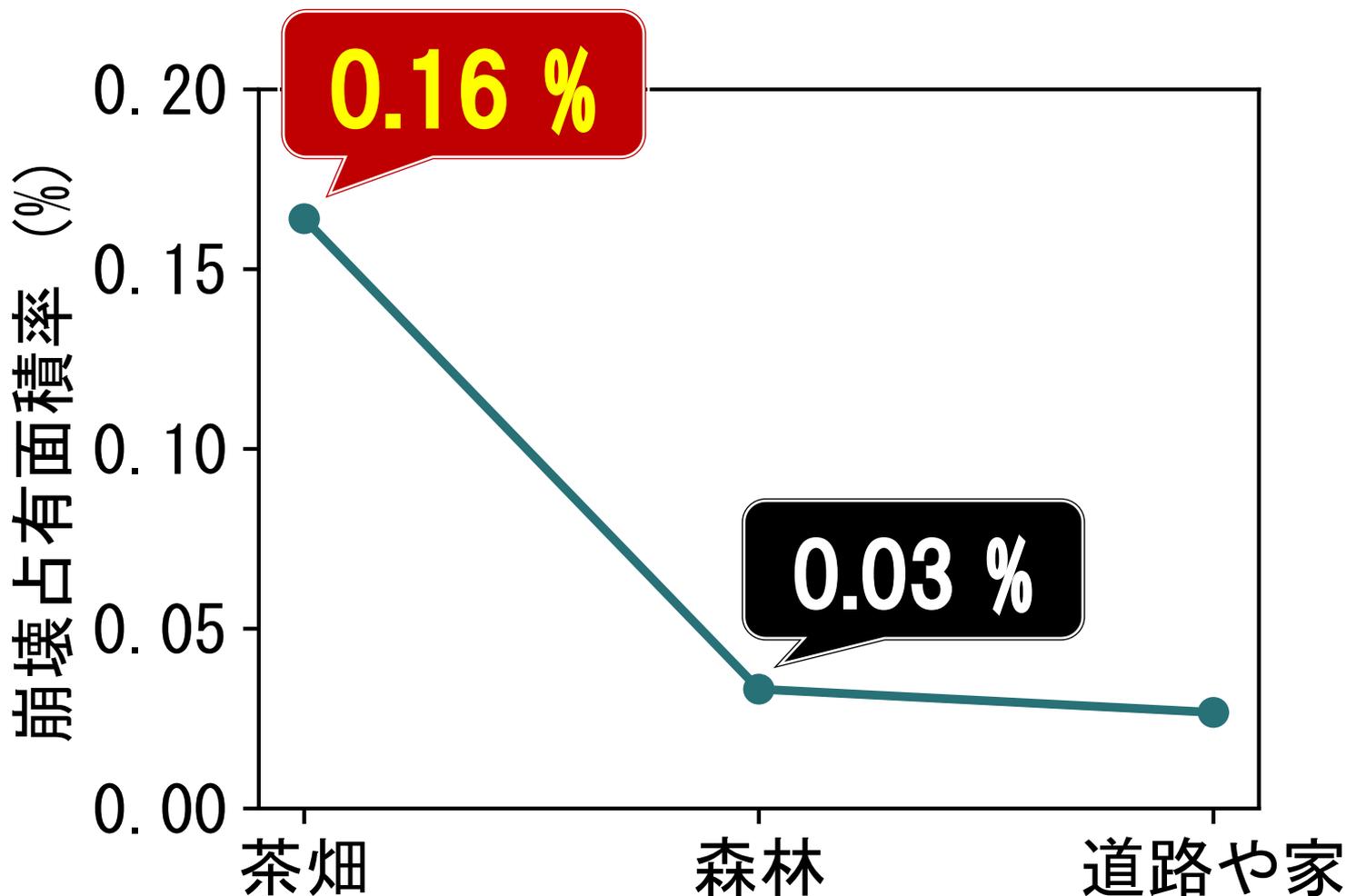
崩壊地数 : 910カ所

崩壊総面積 : 6.49 km²

茶畑 : 25 %

森林 : 61 %

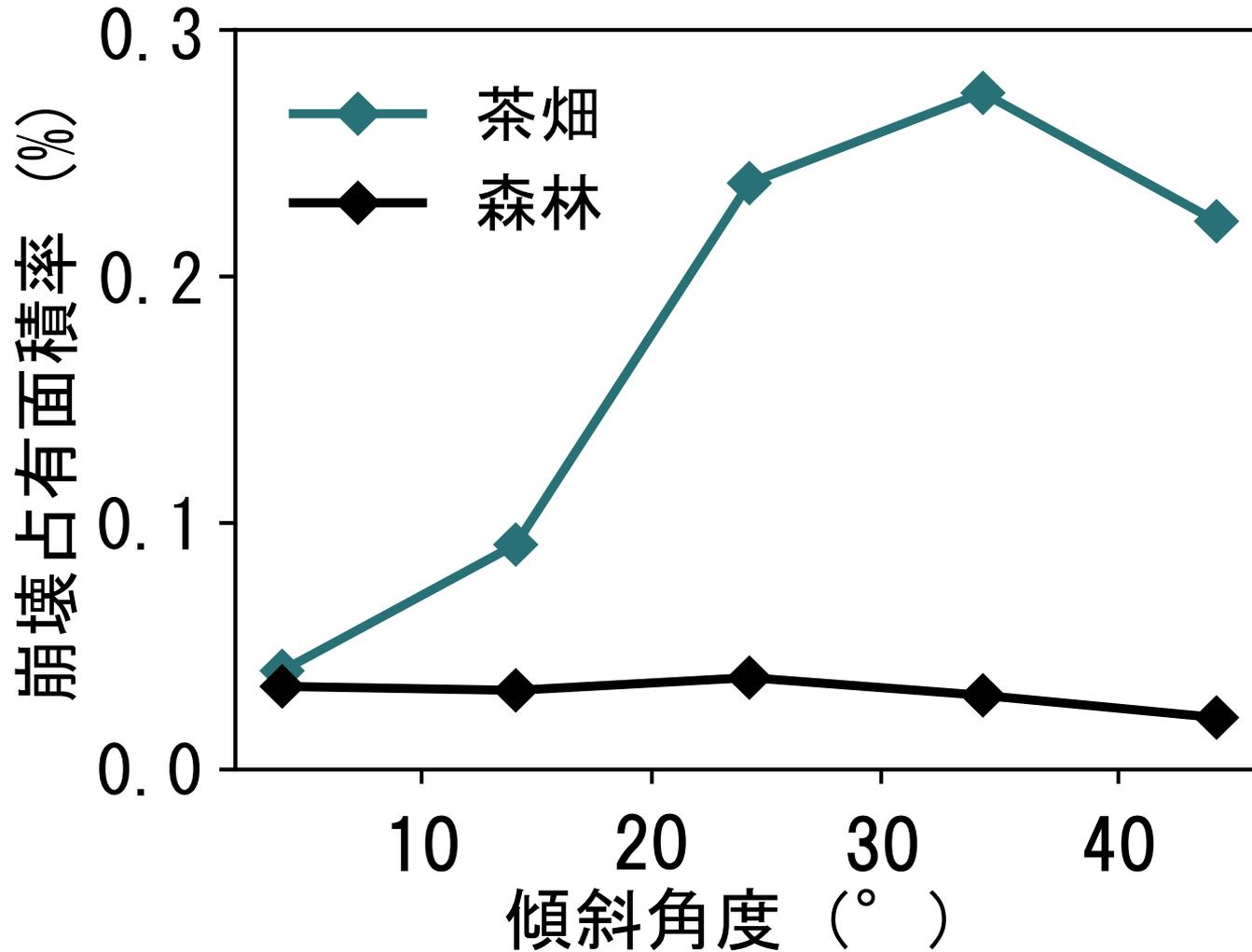
結果 1. 2021/7/14豪雨による崩壊の特性



茶畑では森林の**約5倍**崩れやすい

結果

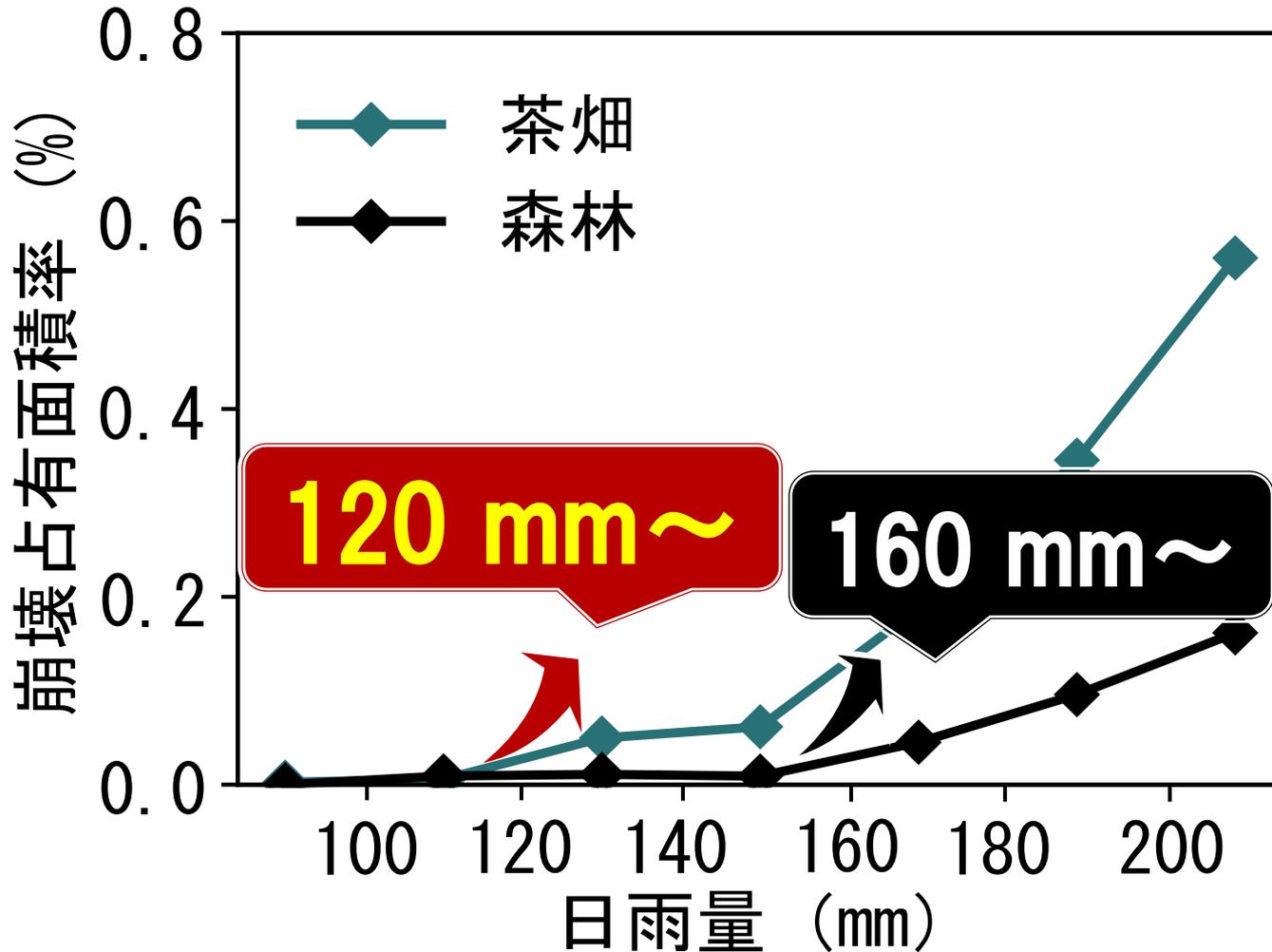
1. 2021/7/14豪雨による崩壊の特性



茶畑では常に森林よりも崩れやすい

結果

1. 2021/7/14豪雨による崩壊の特性



茶畑は森林よりも**少ない降雨**で崩壊が発生しやすくなる

考察 1. 2021/7/14豪雨による崩壊の特性

なぜ森林よりも茶畑の方が崩れやすい？



茶畑から表面流が激しく流出

+

茶畑は森林よりも少ない降雨で崩壊が発生しやすくなる

仮説

考察 1. 2021/7/14豪雨による崩壊の特性

仮説

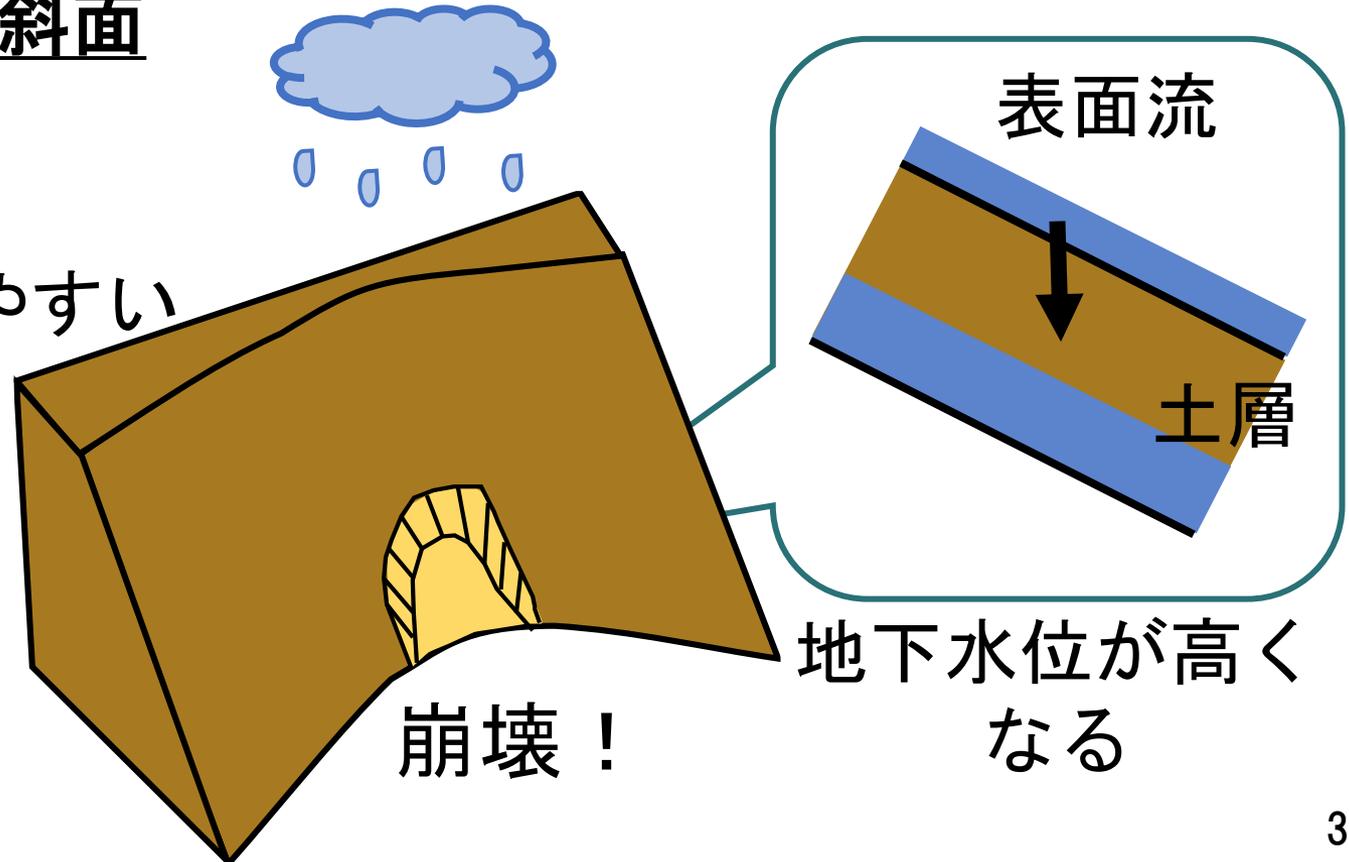
茶畑で表面流が流出→集中する場所で地下水水位が（森林よりも）高くなる→崩壊発生

想定する崩壊斜面

0次谷

- ・ 傾斜が急
- ・ 水が集まりやすい

裏が
なっているという仮説を



目的2. Rize市の茶畑で崩壊が発生しやすい要因の解明

2-1. Rize市の茶畑と森林での降雨 浸透過程

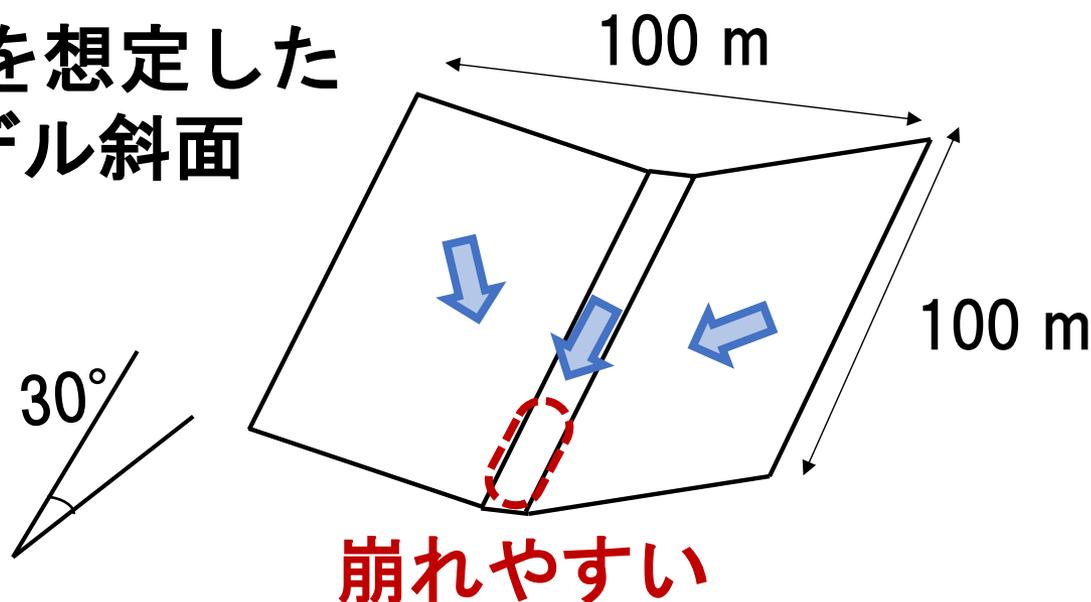


解析方法 2-1. Rize市の茶畑と森林での降雨浸透過程

2021年7月の豪雨



0次谷を想定した
モデル斜面

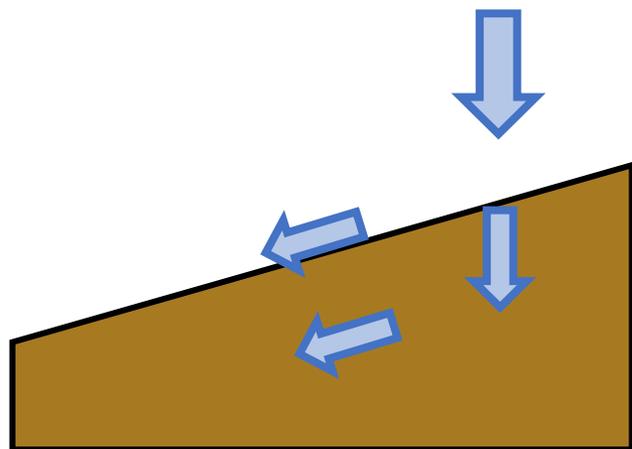


1. 茶畑
2. 森林

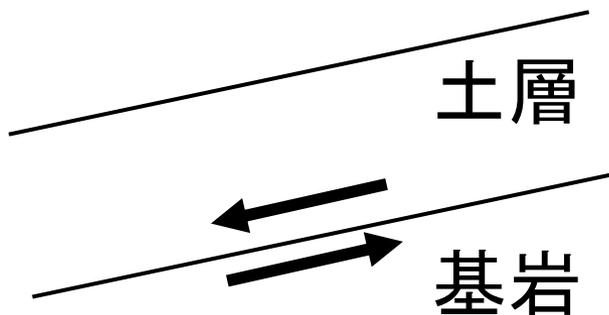
土質条件だけ変えて計算

基本的に現地で実測

解析方法 2-1. Rize市の茶畑と森林での降雨浸透過程



降雨の流出・浸透過程
を計算



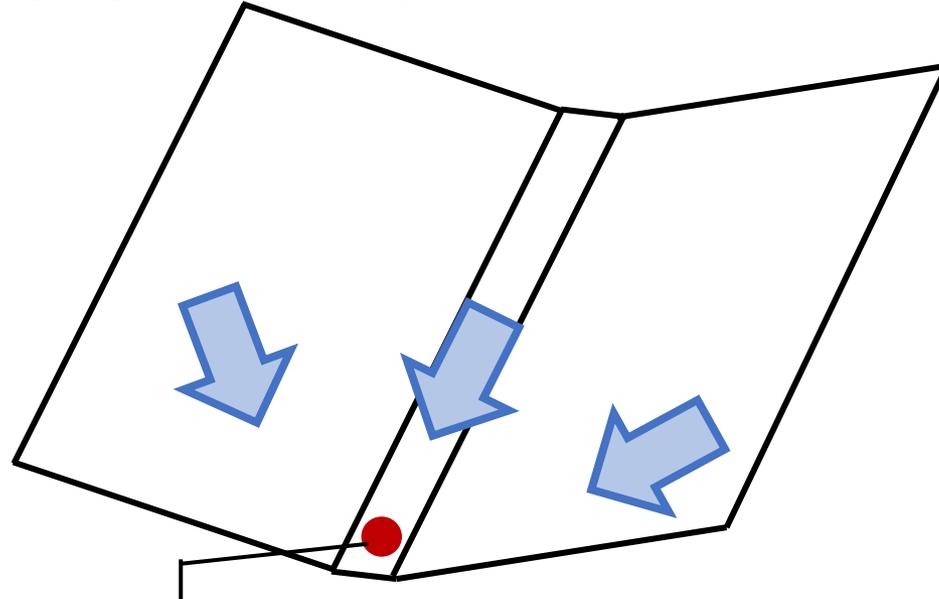
斜面安定解析



茶畑で表面流が流出→集中する場所で地下
水位が高くなる→崩壊発生

結果 2-1. Rize市の茶畑と森林での降雨浸透過程

仮説は怎么样了？



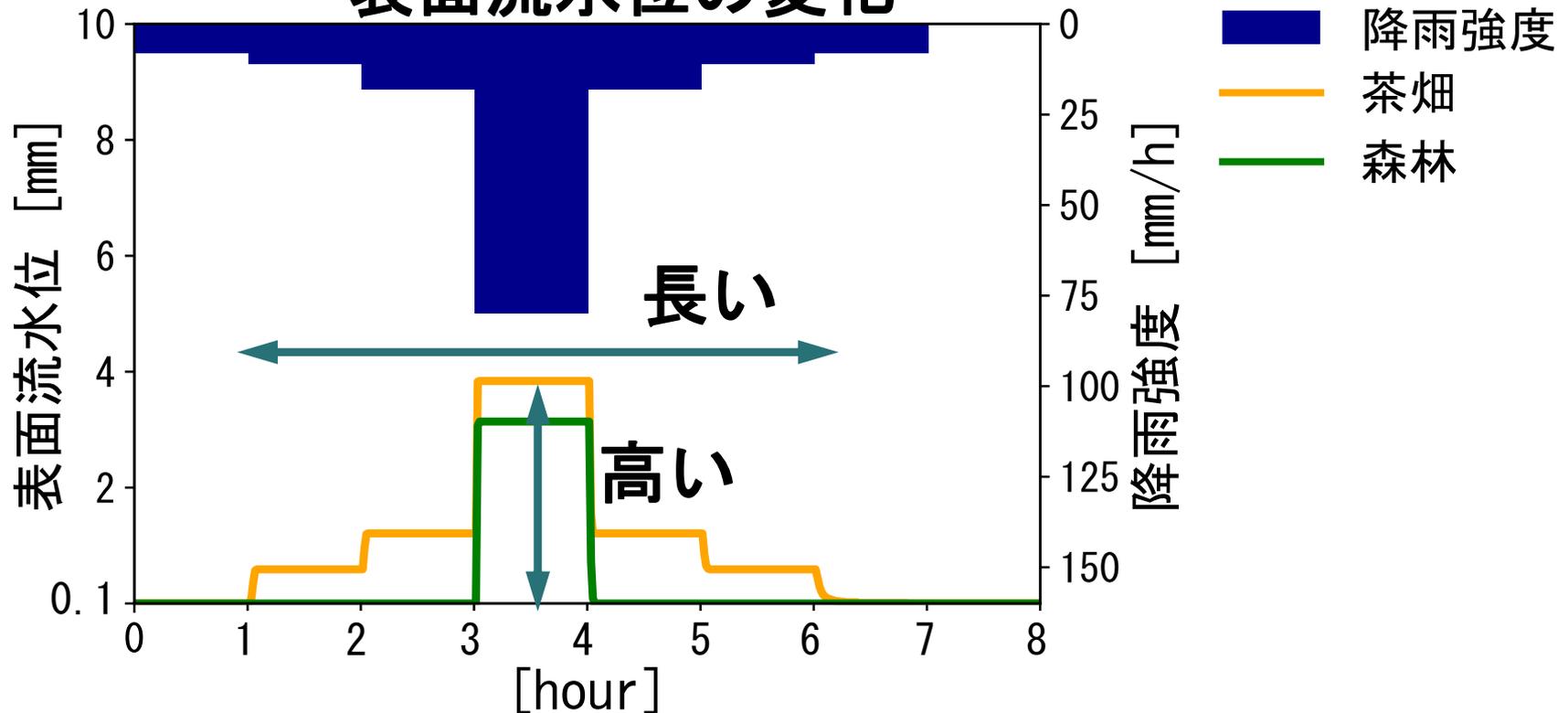
表面流の集中する点

- 茶畑と森林での
- 表面流水位
 - 地下水位
 - 安全率（斜面の安定度）

結果 2-1. Rize市の茶畑と森林での降雨浸透過程

茶畑で表面流が流出→集中する場所で
地下水位が高くなる→崩壊発生

表面流水位の変化

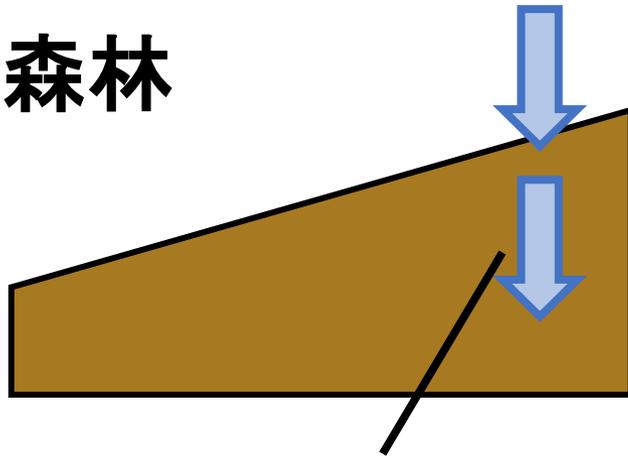


茶畑は森林より表面流が発生しやすい

結果 2-1. Rize市の茶畑と森林での降雨浸透過程

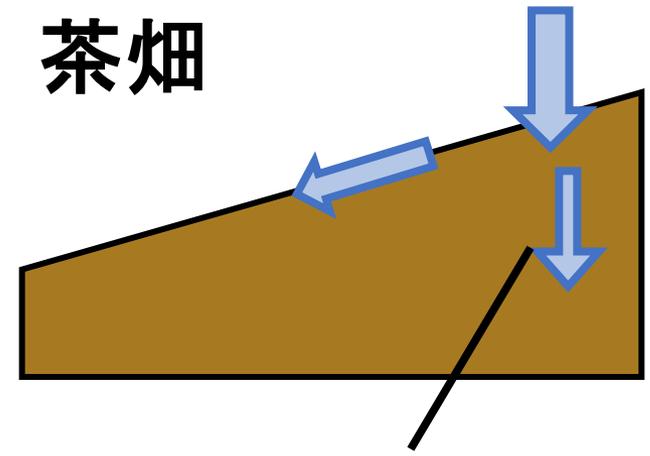
どうして？

森林



飽和透水係数 : 29 mm/h
(Yukseket al., 2018)

茶畑



飽和透水係数 : 8 mm/h
(Yukseket al., 2018)

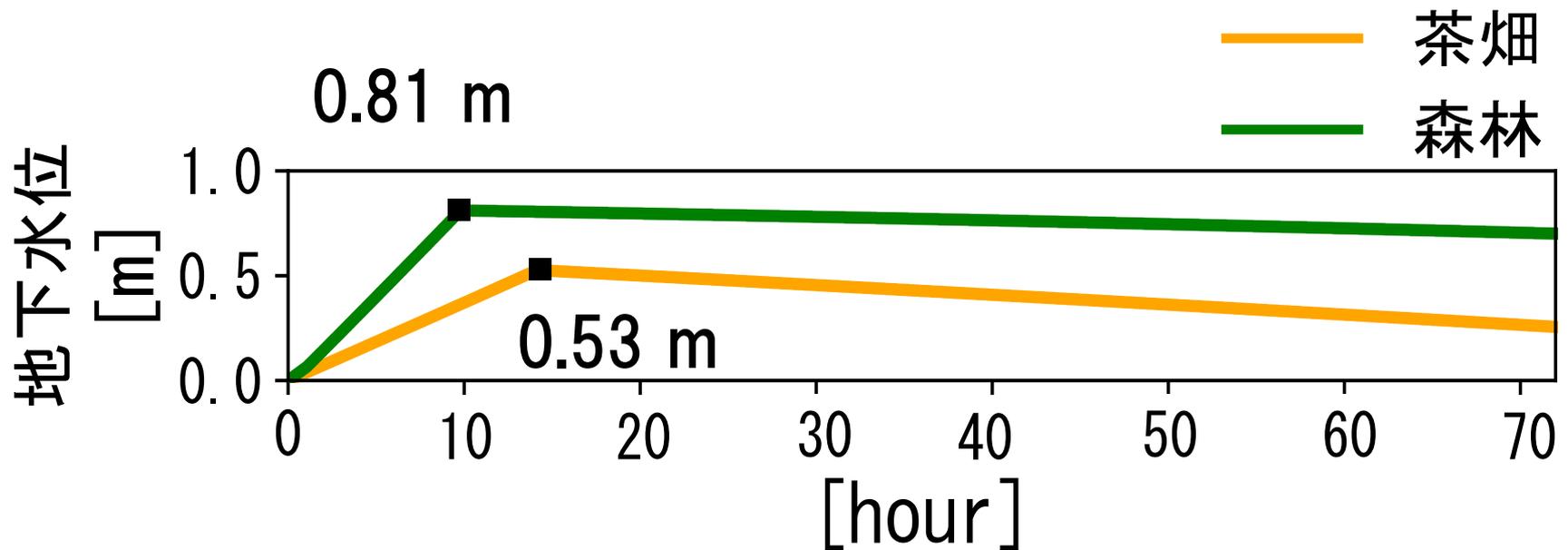
茶畑は森林より**浸透**できる水の量が**少ない**



茶畑は表面流が発生しやすい

結果 2-1. Rize市の茶畑と森林での降雨浸透過程

茶畑で表面流が流出→**集中する場所で**
地下水位が高くなる→崩壊発生



茶畑の方が地下水位が低い

結果 2-1. Rize市の茶畑と森林での降雨浸透過程

どうして？

地下にしみ込める水の量

森林

Max : **29 mm/h**
(Yuksek *et al.*, 2018)

茶畑

Max : **8 mm/h**
(Yuksek *et al.*, 2018)



茶畑の方が地下にしみ込む水の量が少ない

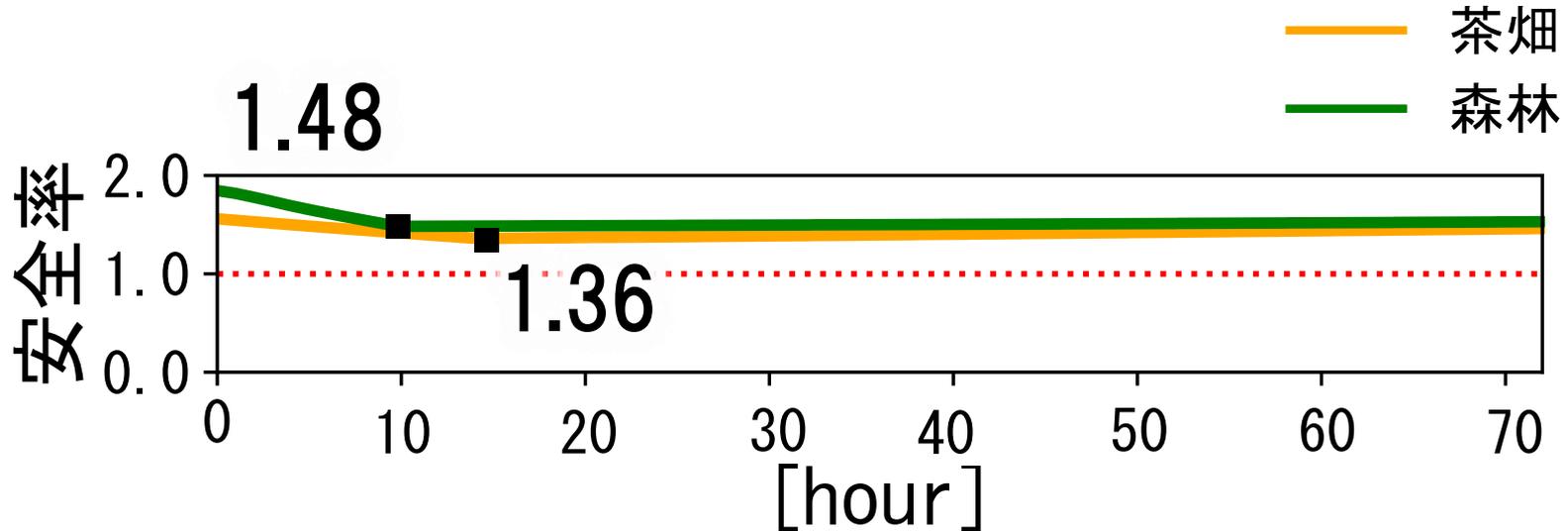
茶畑の方が地下水位が低い

結果 2-1. Rize市の茶畑と森林での降雨浸透過程

茶畑で表面流が流出→集中する場所で
地下水位が高くなる→**崩壊発生**

$$\text{安全率} = \frac{\text{すべりに抵抗する力}}{\text{斜面をすべらせようとする力}}$$

(斜面の安定度)



茶畑は森林と比べると不安定になる

結果 2-1. Rize市の茶畑と森林での降雨浸透過程

茶畑と森林で変わるパラメータ

地下水位

土質強度

高い

小さい



安全率低

森林

茶畑

地下水位

高い

低い

土質強度

大きい

小さい

茶畑の土質強度が小さい→安全率が低い

考察 2-1. Rize市の茶畑と森林での降雨浸透過程

なぜ茶畑は崩れやすい？

**茶畑の土質強度が小さいことが要因
の可能性**

土質強度低下の要因

- 化学肥料
- 耕作

▼ 文献・農家での聞き込み

ほぼ影響はない

要因はよく分からない？

考察 2-1. Rize市の茶畑と森林での降雨浸透過程

実は…

Rize市の**森林の土質強度**
データがなく日本のデータで**代用**



- ✓ **本当に**森林→茶畑で土質強度は低下する？
- ✓ **なぜ**土質強度が低下する？

実測データを積み上げて
再度検証する必要

目的2. Rize市の茶畑で崩壊が発生しやすい要因の解明

2-2. Rize市と日本の茶畑の 社会的背景

解析方法 2-2. Rize市と日本の茶畑の社会的背景



日本の山間地にも
森林→茶畑がある

しかし…

茶畑で崩壊が発生しやすい
という報告は**ない**



茶畑の背景にあるものが違うのでは？

トルコ共和国と日本の茶畑の
社会的背景に着目



解析方法 2-2. Rize市と日本の茶畑の社会的背景

- ✓ 文献調査
- ✓ 現地調査（聞き取り・崩壊地の調査）

- 茶産業の歴史
- 茶畑周辺の整備状況
- 茶畑の造成方法
- 茶畑の存在する地形

トルコ共和国（Rize市）と日本の違い

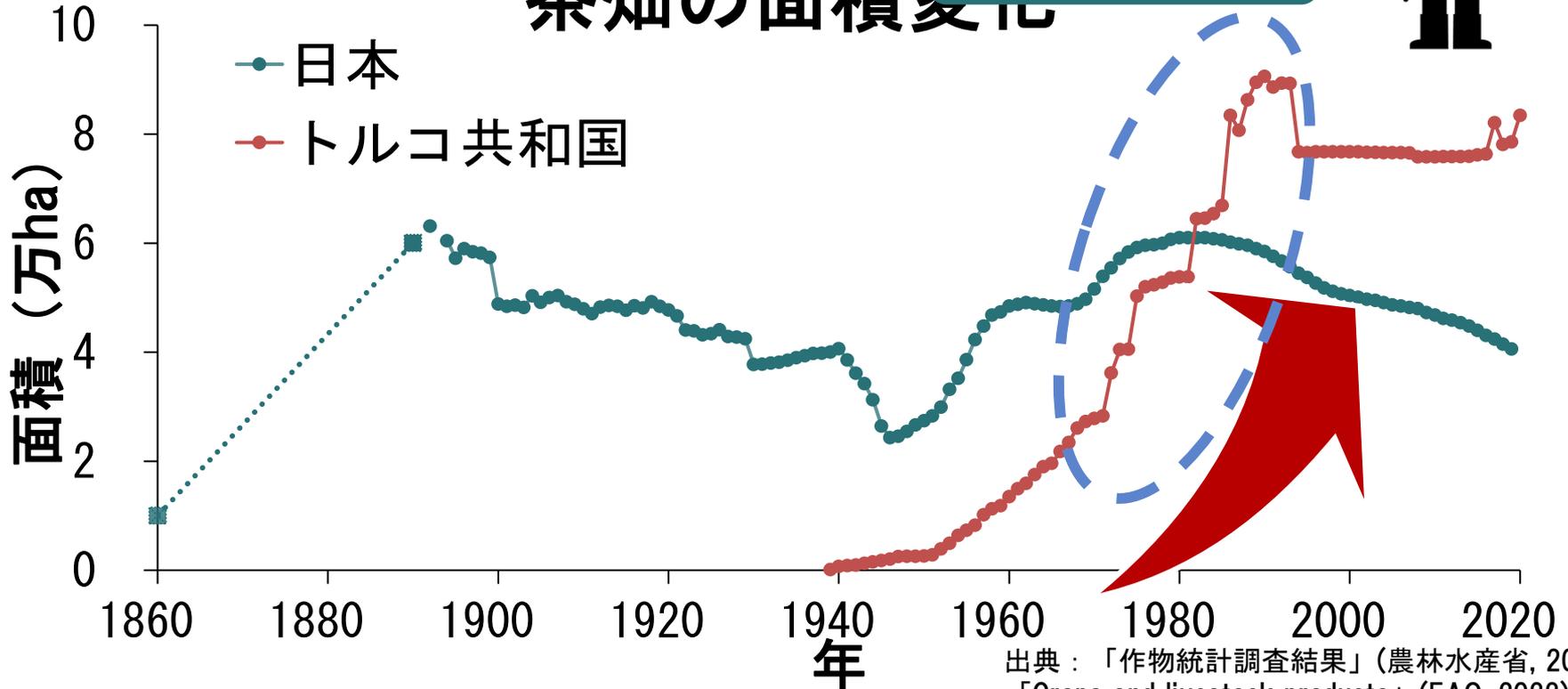
結果

2-2. Rize市と日本の茶畑の社会的背景

茶産業の歴史

茶畑の面積変化

違法に開拓



トルコ共和国は日本と比較して
茶畑が**急速に広がった**

結果

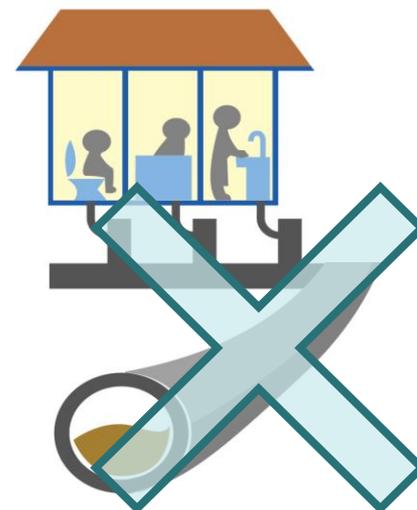
2-2. Rize市と日本の茶畑の社会的背景

茶畑周辺の整備状況

急速に
茶畑
+
周辺に住居



ほとんどの茶畑の周辺で
家庭用排水を処理する
インフラが整備されていない
(Karsli *et al.*, 2007)



結果

2-2. Rize市と日本の茶畑の社会的背景

家庭用排水が地中に埋設されている



外部からの水を地中に供給する可能性

結果

2-2. Rize市と日本の茶畑の社会的背景

茶畑の造成方法

傾斜が急な場所に茶畑を作る場合

トルコ共和国

地形には手を加えず
急傾斜のまま茶を植える

(Republic of Turkey Ministry
of National Education, 2011)



2019/09/09 撮影

日本

大型機械の導入のため、
地形を改変して緩傾斜に
することが多い

(青野ら, 1977)



2022/08/23 撮影

結果

2-2. Rize市と日本の茶畑の社会的背景

茶畑の存在する地形

急傾斜地（15度以上）の茶畑

トルコ共和国
Rize市

72.4 % (2021年)

※衛星画像より分類

日本

6.2 % (2019年)

出典：農山漁村文化協会 (2008)

Rize市の茶畑は**急傾斜地**にある割合が
圧倒的に**多い**

- 大部分が急峻な山地
- 労働力の確保が容易で機械化の必要なし

なぜRize市の茶畑は崩れやすい？

傾斜が**急**なほど崩壊は発生しやすい

(矢島ら, 2017)

大きな要因

茶畑が**急傾斜地**にある

- ✓ 茶畑周辺の排水処理が**未整備**なこと
→崩壊発生のリスクを上昇させている

本研究のまとめ

まとめ

目的1. Rize市で発生する崩壊の特性
を**定量的**に明らかにする



衛星画像を用いてデータを作ることで

- ✓ **茶畑**では森林の**5倍**も崩壊が発生しやすいことが明らかに

本研究で崩壊特性の定量的な把握はできた

まとめ

目的2. Rize市の茶畑で崩壊が発生
しやすい**要因**の解明



総合的に考えると…

✓ 大きな要因：**急傾斜地**で**森林**→**茶畑**

まとめ

なぜ森林→茶畑で崩れやすくなる？

✓ 茶の根が浅く，すべり面に達しない
(Karsli *et al.*, 2007)

✓ 化学肥料が過剰に使用されている
(Yalcin, 2007)

✓ 茶畑周りの排水処理が不適切
(Hacisalihoglu *et al.*, 2020)

土質強度が低下する可能性？

茶畑にするとなぜ崩れやすくなるのか
はまだよくわからない

今後の展望

✓ 茶畑と森林の土質強度

✓ 排水処理設備の整備状況

現地での実測データを積み上げる



✓ 茶畑と森林の土質強度の違い

✓ 不適切な排水処理

どれほど崩壊発生に影響を与えているのか明らかに

ご清聴ありがとうございました