



[ MEXT-Program ]

**SENTAN 気候変動予測先端研究プログラム**

# 2025年、大船渡を襲った林野火災 －水文学の視点から読み解く－

**峠 嘉哉 (京都大学 防災研究所)**

## ■ 本日の話題

### 1. 話題①：日本国内の林野火災の生起状況

林野火災の時空間的な発生傾向の傾向

Touge, Y., Shi, K., Nishino, T., Sun, C., Sekizawa, A.: Spatial-temporal characteristics of more than 50,000 wildfires in Japan from 1995 to 2020. *Fire Safety Journal*, **142**, 104025 (2024).

### 2. 話題②：林野火災の大規模化要因と大船渡市事例

延焼速度に影響する要因・延焼形態

大船渡市林野火災の特徴

### 3. 話題③：土壌乾燥の将来予測

林野火災の生起状況と乾燥度の比較

三陸地方の乾燥度の将来変化

Sun, C., Touge, Y., Shi, K., Tanaka, K.: Assessment of the suitability of drought descriptions for wildfires under various humid temperate climates in Japan. *Scientific Reports*, **14**, 23759, (2024).

峠嘉哉, Grace Puyang Emang, 風間聡: d4PDFと陸面過程モデルを用いた三陸地方における極端な土壌乾燥の将来変化予測, 土木学会論文集B1(水工学), 75(2), I\_1057-I\_1062, 2019.



[ MEXT-Program ]  
**SENTAN 気候変動予測先端研究プログラム**

# 話題①: 日本国内の林野火災の生起状況

Fire Safety Journal 142 (2024) 104025



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Fire Safety Journal

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/firesaf](http://www.elsevier.com/locate/firesaf)



Spatial-temporal characteristics of more than 50,000 wildfires in Japan from 1995 to 2020

Yoshiya Touge<sup>a,\*</sup>, Ke Shi<sup>b</sup>, Tomoaki Nishino<sup>a</sup>, Chenling Sun<sup>a</sup>, Ai Sekizawa<sup>c</sup>

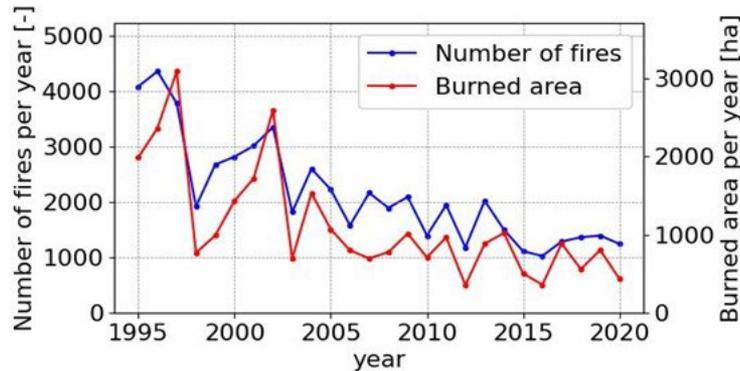
<sup>a</sup> Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Gokasho, Uji, Kyoto, 611-0011, Japan

<sup>b</sup> China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing, 100038, China

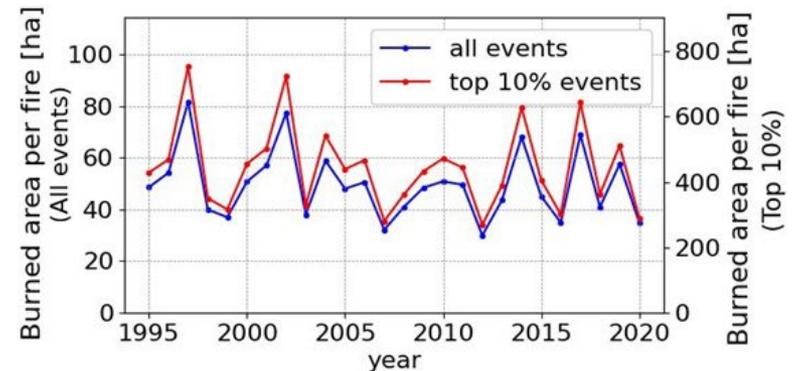
<sup>c</sup> Center for Fire Science and Technology, Organization for Research Advancement, Research Institute for Science and Technology, Tokyo University of Science, 2641 Yamazaki, Noda, Chiba, 278-8510, Japan

Touge et al. (2024) *Fire Safety Journal*

## ■ 時間的な特徴: 林野火災生起状況の年変化



火災件数・焼損面積の年総和



件平均焼損面積の年変化

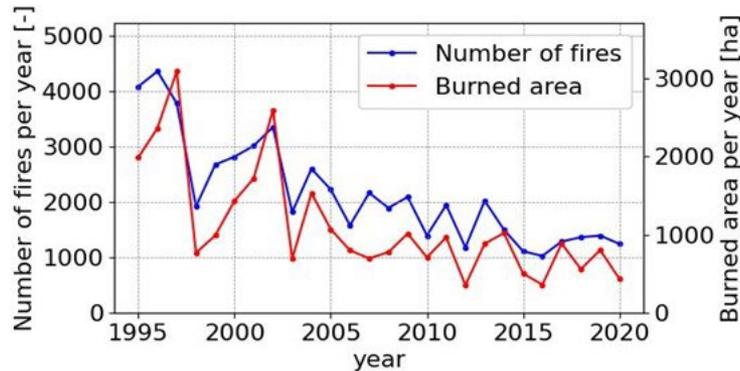
### 林野火災の過程

- \* **発生過程**: 火種が生じる & 制御できない規模に発展 => 火災件数 (焼損総面積)
- \* **延焼過程**: 火災発生後の大規模化しやすさ => 件平均焼損面積 (焼損総面積)

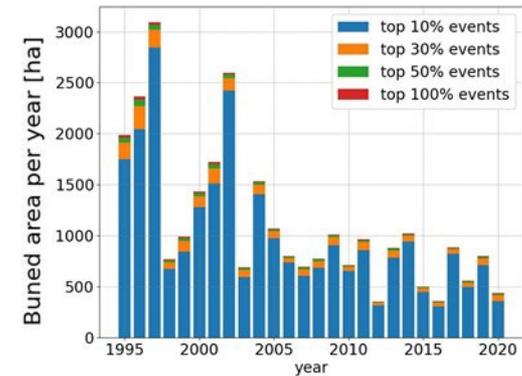
### 林野火災の長期変化

- \* 火災件数・焼損面積は1990年代の約30%に減少した
  - \* 件平均焼損面積は変化していない
- => 長期的には 火災発生過程の変化が顕著にみられる

## ■ 時間的な特徴: 林野火災生起状況の年変化



火災件数・焼損面積の年総和



年焼損総面積の面積上位による内訳

### 林野火災の過程

- \* **発生過程**: 火種が生じる & 制御できない規模に発展 => 火災件数 (焼損総面積)
- \* **延焼過程**: 火災発生後の大規模化しやすさ => 件平均焼損面積 (焼損総面積)

### 林野火災の年変化

- \* 面積上位10%の火災事例が総焼損面積の約90%を占める
- \* その割合に変化は小さい

=> 焼損面積は少数の大規模事例による影響が大きい

全ての火災事例の平均的なサイズが一律に変化するわけではない



[ MEXT-Program ]

**SENTAN 気候変動予測先端研究プログラム**

## 話題②: 林野火災の大規模化要因と大船渡市事例

---

峠 嘉哉 (京都大学 防災研究所)

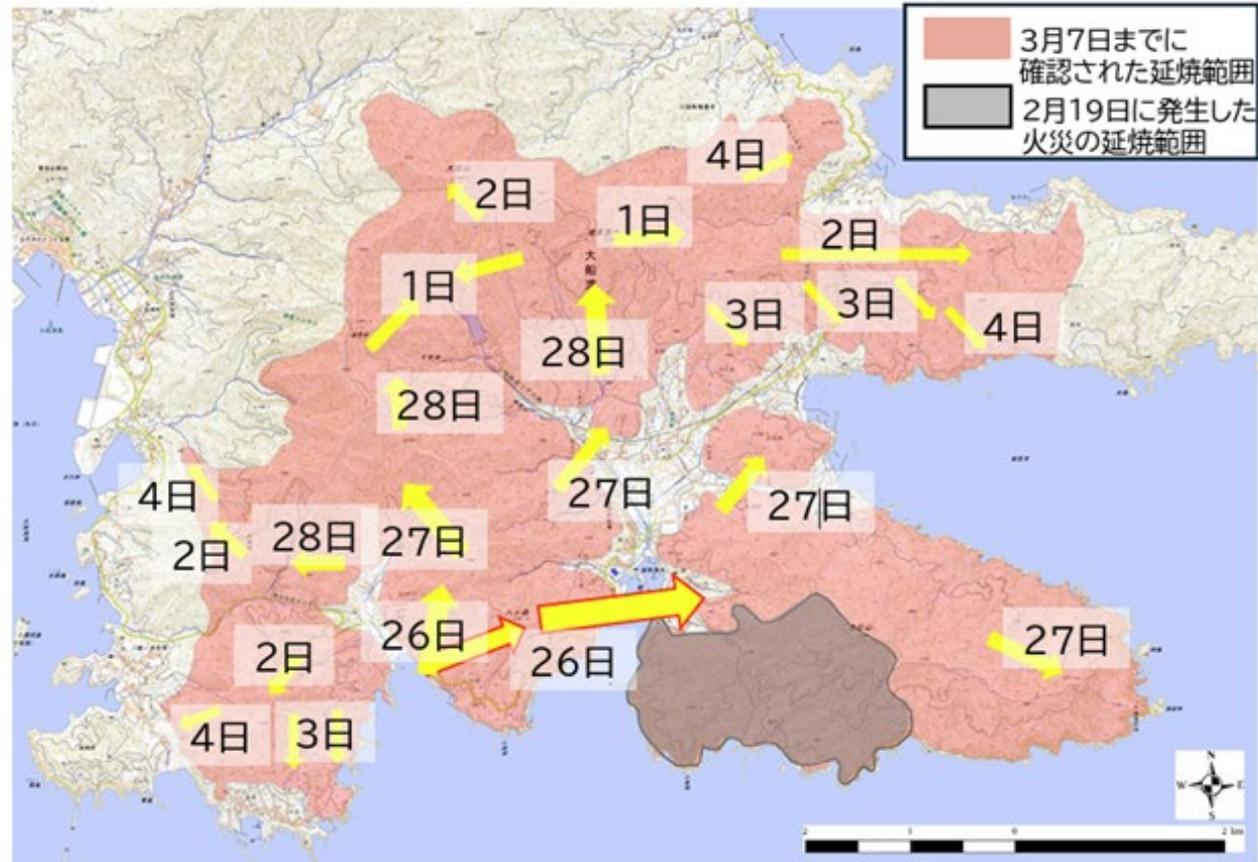
## ■ 延焼動態: 2月26日から3月4日までの延焼の経緯



大船渡市街地より  
(峠撮影, 2/26 13:42)



大船渡市街地より  
(峠撮影, 3/3 20:57)



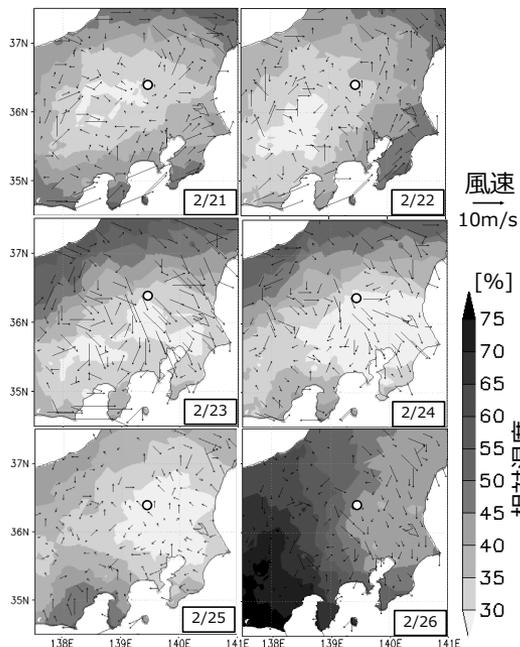
【背景: 岩手県防災航空隊が目視により描いた図から作成したもの】

延焼の経過 (消防庁HP)

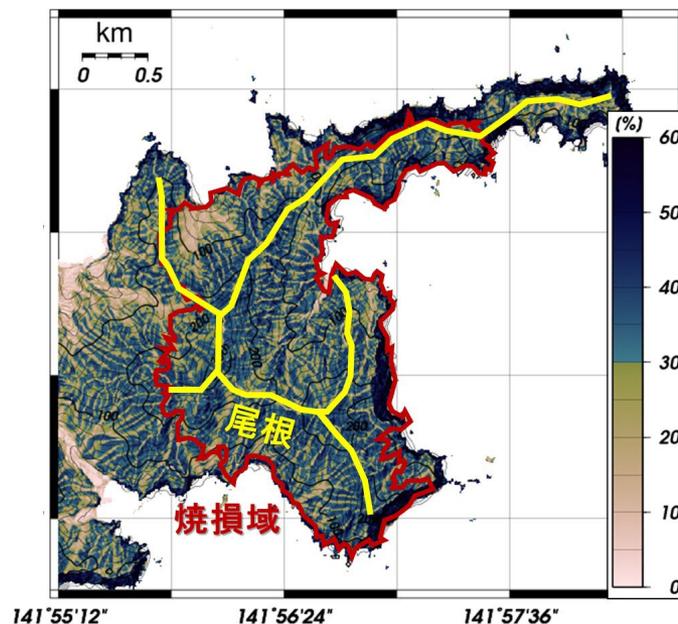
# ■ 大規模化要因: 延焼速度・樹冠火の発生に寄与する要因

## 延焼速度を速める要因

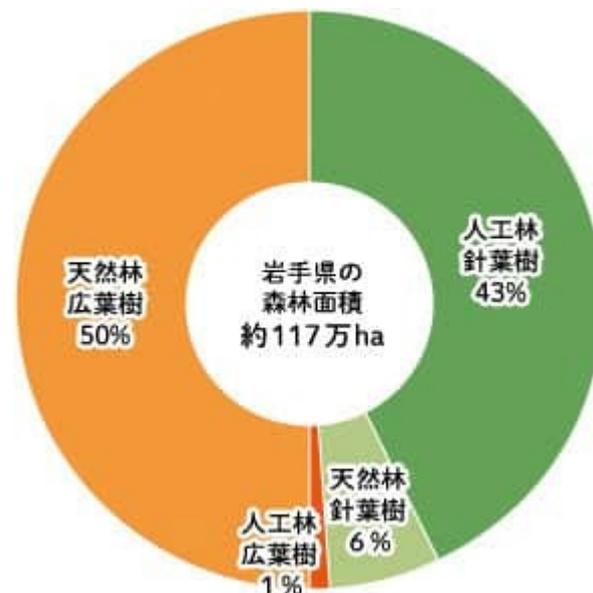
- ・ 気象要因 : 強風時・乾燥時
- ・ 地形要因 : 延焼方向と斜面上向き方向が一致する場合
- ・ 可燃物の種類 : 針葉樹は燃えやすく広葉樹は燃えにくい



2021年足利市火災時の  
風向風速・湿度 (峠ら 2022)



2017年釜石市火災の斜面勾配  
(Touge et al., under review)

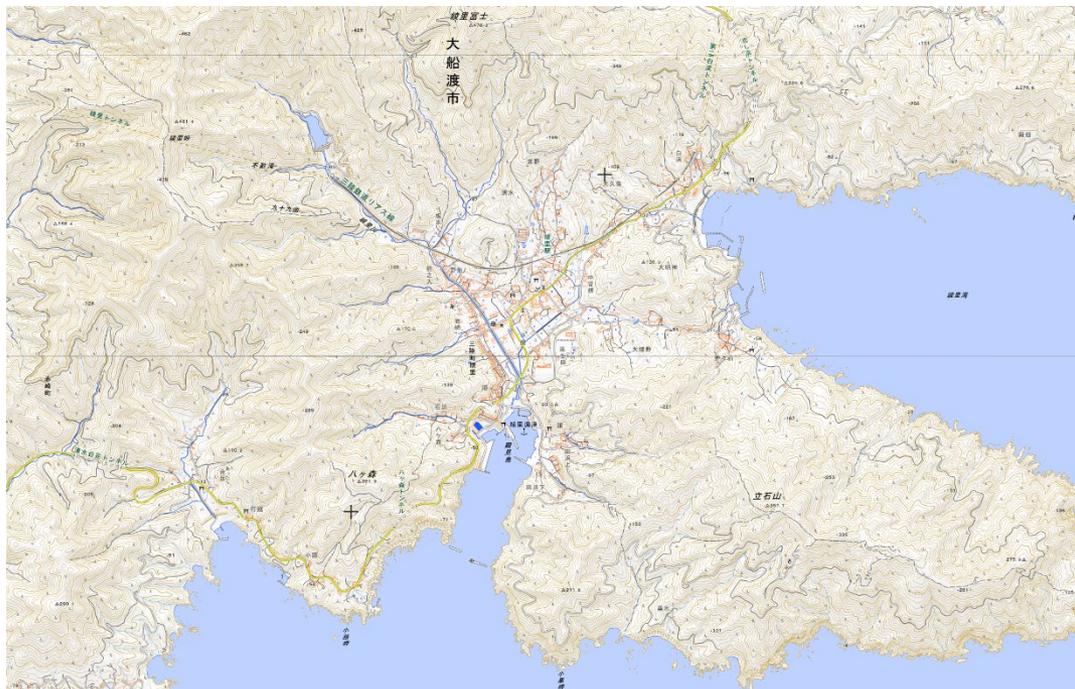


岩手県の樹種割合  
(いわて木づかい運動より)

## ■ 大規模化要因: 山林内での消防活動の困難さ

**消防力の三要素**：人員・機材・水利の全てがリアス式の急峻な地形では確保困難

- ・ 人員→急斜面上での消防活動では移動が困難・危険
- ・ 機材→車両が通れる道路に限られる
- ・ 水利→人工水利からの距離が遠い. ポンプの水圧が落ちることもある



大船渡市の地形 (地理院地図)



急斜面での消火活動 (消防庁HP)

## ■ 延焼動態: 延焼速度に寄与する要因

### 延焼動態には二種類

- ・ 地表火 : 地表の可燃物が燃焼して延焼. 国内の多くの林野火災では地表火
- ・ 樹冠火 : 樹木の葉・枝が燃焼して延焼. 延焼速度が速く飛火が増加する



地表火と樹冠火の違い (NPR 2016)

## ■ 延焼動態: 衛星による焼損度推定

### 焼損度からの延焼動態の推定

低焼損度→地表火 高焼損度→樹冠火



焼損度：低

焼損度：中

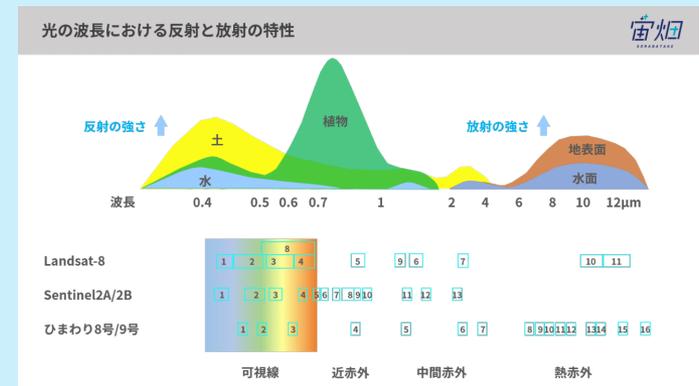
焼損度：高



地表火と樹冠火の違い (NPR 2016)

## Landsat / Sentinel-2 (NASA)

高空間解像度の光学衛星



土地被覆毎の反射特性 (sorabatake HP)

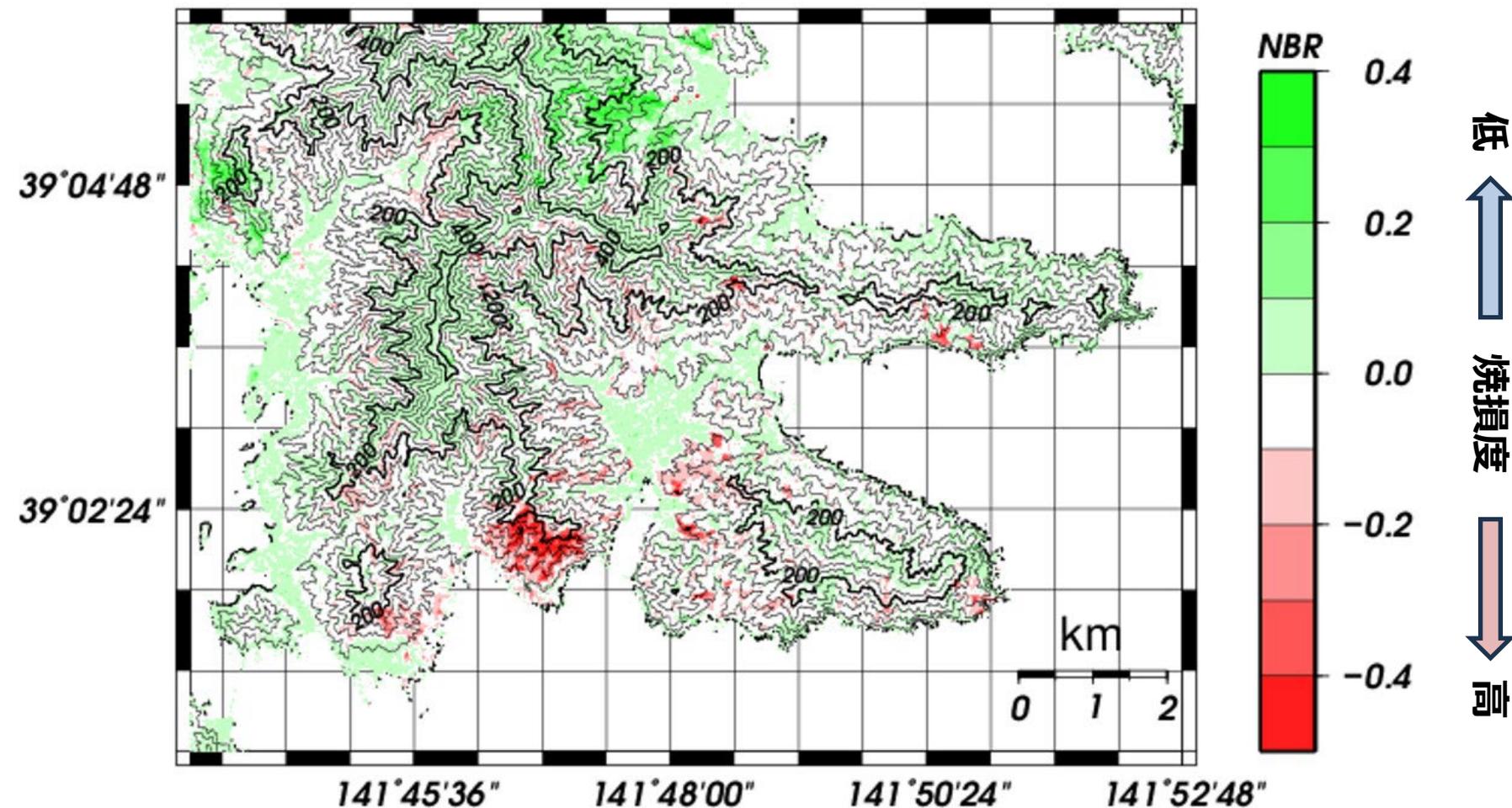
植生指標  $NDVI = \frac{\text{近赤外} - \text{赤}}{\text{近赤外} + \text{赤}}$

焼損度指標  $NBR = \frac{\text{近赤外} - \text{短波赤外}}{\text{近赤外} + \text{短波赤外}}$

想定される観測原理

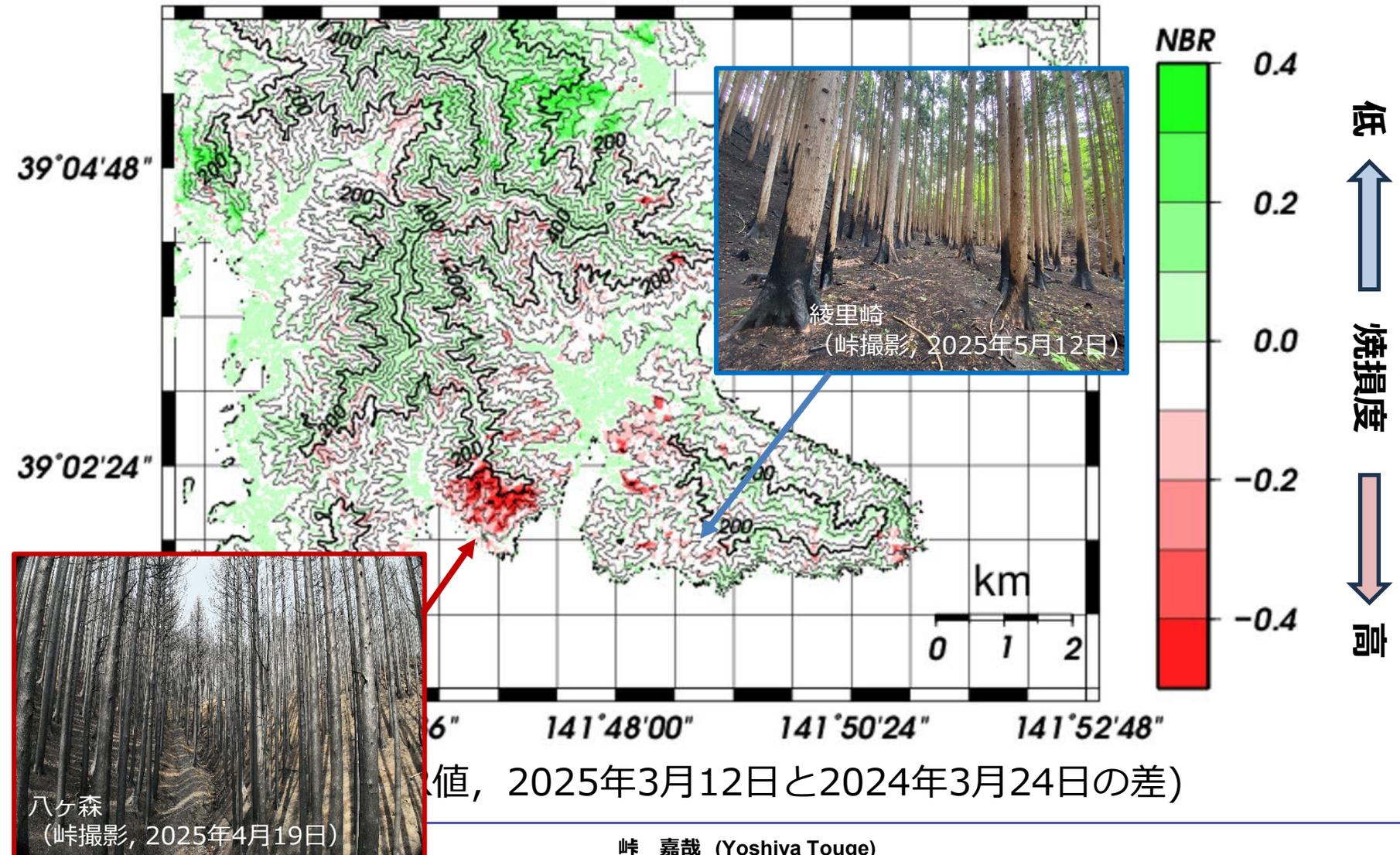
・ 焼損→地表面の反射特性が変化する

## ■ 延焼動態: 衛星解析から推定される延焼動態

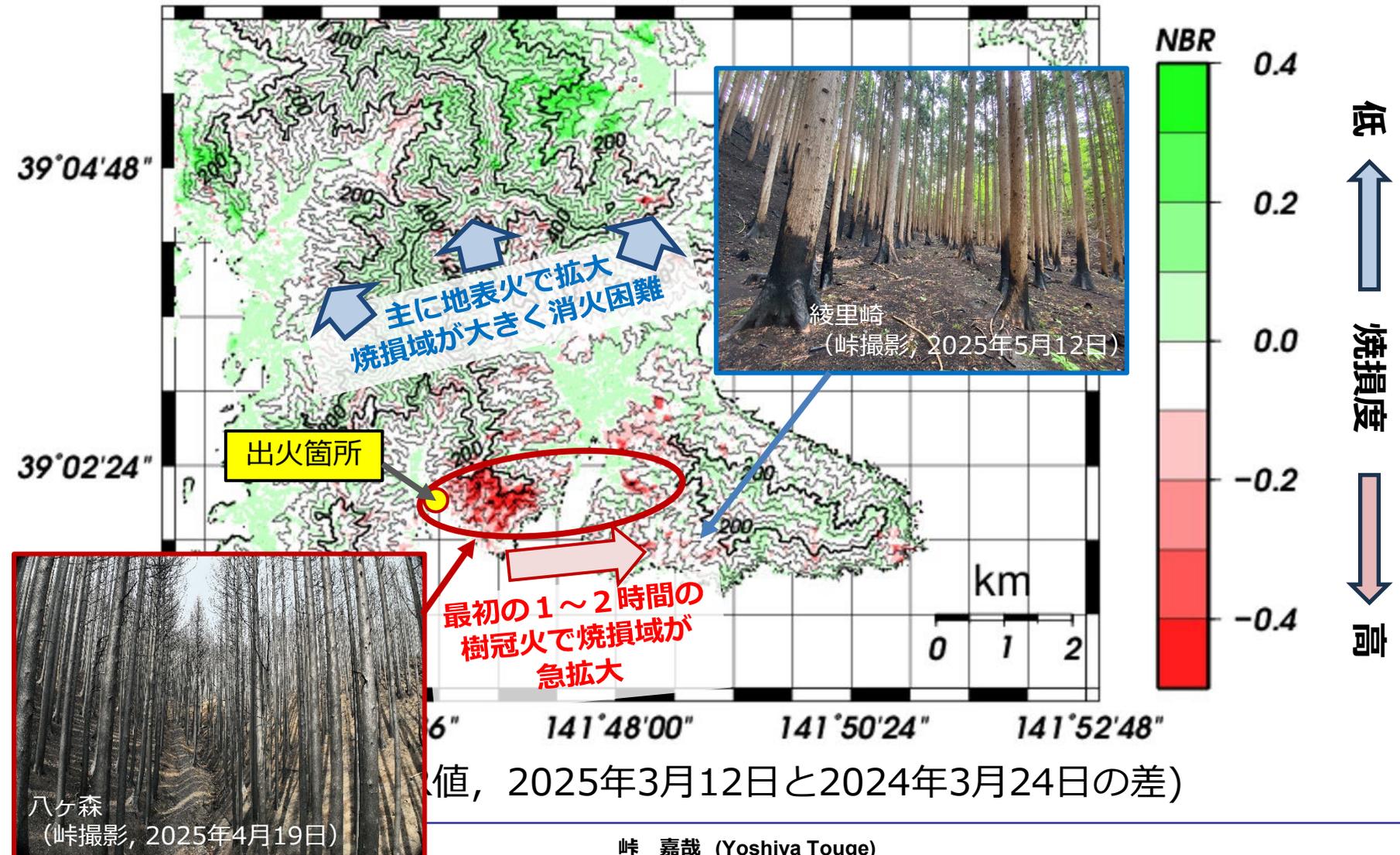


焼損度分布 (NBR値, 2025年3月12日と2024年3月24日の差)

## ■ 延焼動態: 衛星解析から推定される延焼動態



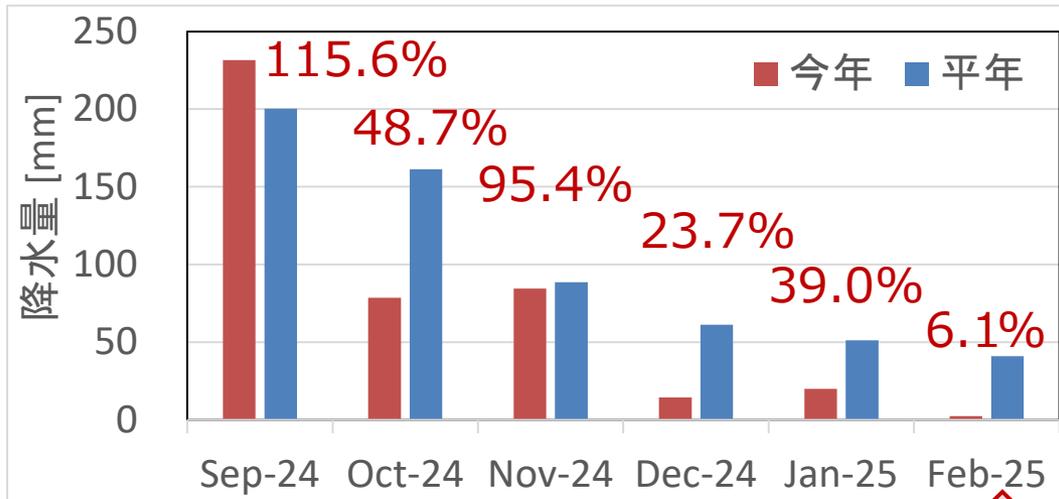
## ■ 延焼動態: 衛星解析から推定される延焼動態



## ■ 大規模化要因: 乾燥条件と林野火災の起こりやすさ

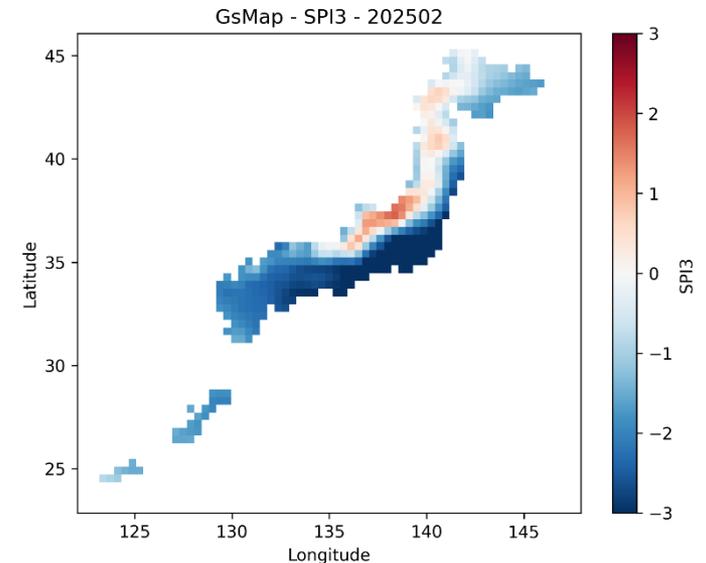
### ◎ 乾燥の状況

12月から2月にかけて記録的な少雨で、特に2月の少雨は顕著だった  
大船渡市では、3月4日まで15日連続で乾燥注意報が出されていた  
出火した2月26日は強風注意報も出されていた



大船渡AMeDAS観測所での月降水量

2月の月降水量は2.5mm (観測史上最少)

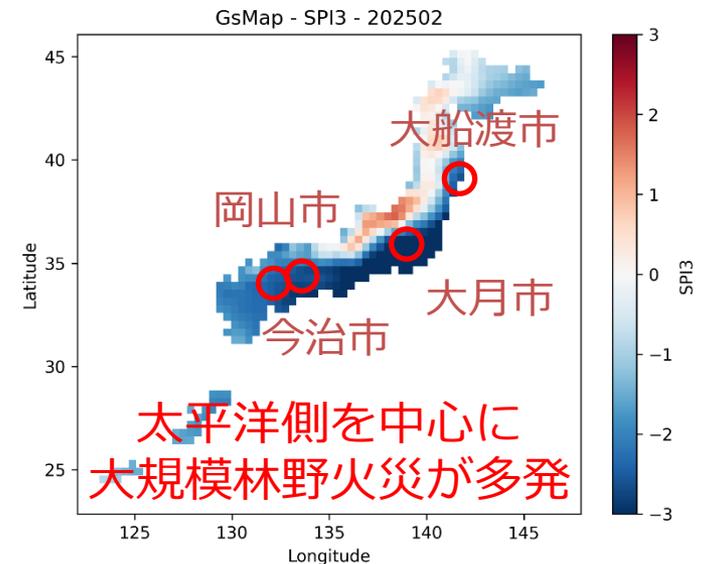
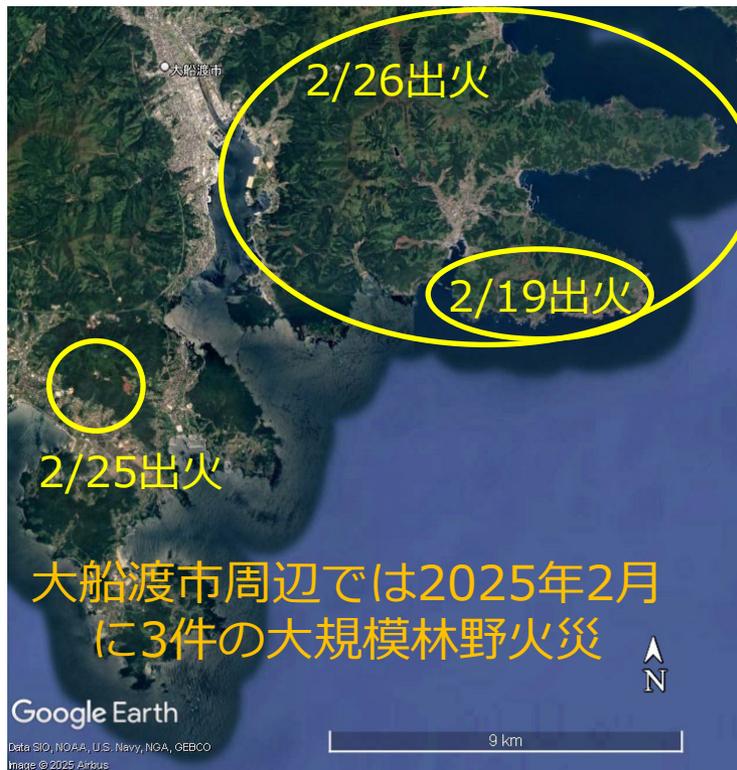


SPI3指標の分布図  
(2024年12月~2025年2月)  
(京都大・Sunより)

## ■ 大規模化要因: 乾燥条件と林野火災の起こりやすさ

### ◎ 乾燥の状況

12月から2月にかけて記録的な少雨で，特に2月の少雨は顕著だった  
大船渡市では，3月4日まで15日連続で乾燥注意報が出されていた  
出火した2月26日は強風注意報も出されていた



SPI3指標の分布図  
(2024年12月～2025年2月)  
(京都大・Sunより)



[ MEXT-Program ]

SENTAN 気候変動予測先端研究プログラム

## 話題③: 林野火災の生起状況と乾燥条件の比較

**scientific** reports



OPEN **Assessment of the suitability of drought descriptions for wildfires under various humid temperate climates in Japan**

Chenling Sun<sup>1</sup>, Yoshiya Touge<sup>1✉</sup>, Ke Shi<sup>2</sup> & Kenji Tanaka<sup>1</sup>

Sun et al. (2024) *Scientific Reports*

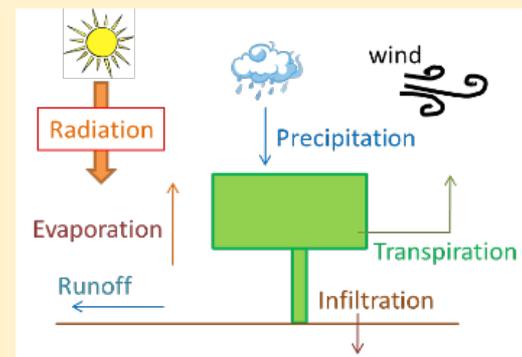
## ■ 研究目的・手法: 日本の林野火災の生起状況と乾燥条件

### 研究目的

- \* 消防庁の火災報告資料1995-2012年を基に適切な乾燥度の表現方法を評価する
- \* 実効湿度
  - 大気の相対湿度・比較的短時間の乾燥度
- \* 土壌水分量
  - 土壌の乾燥度・より長期の乾燥度の影響を受ける

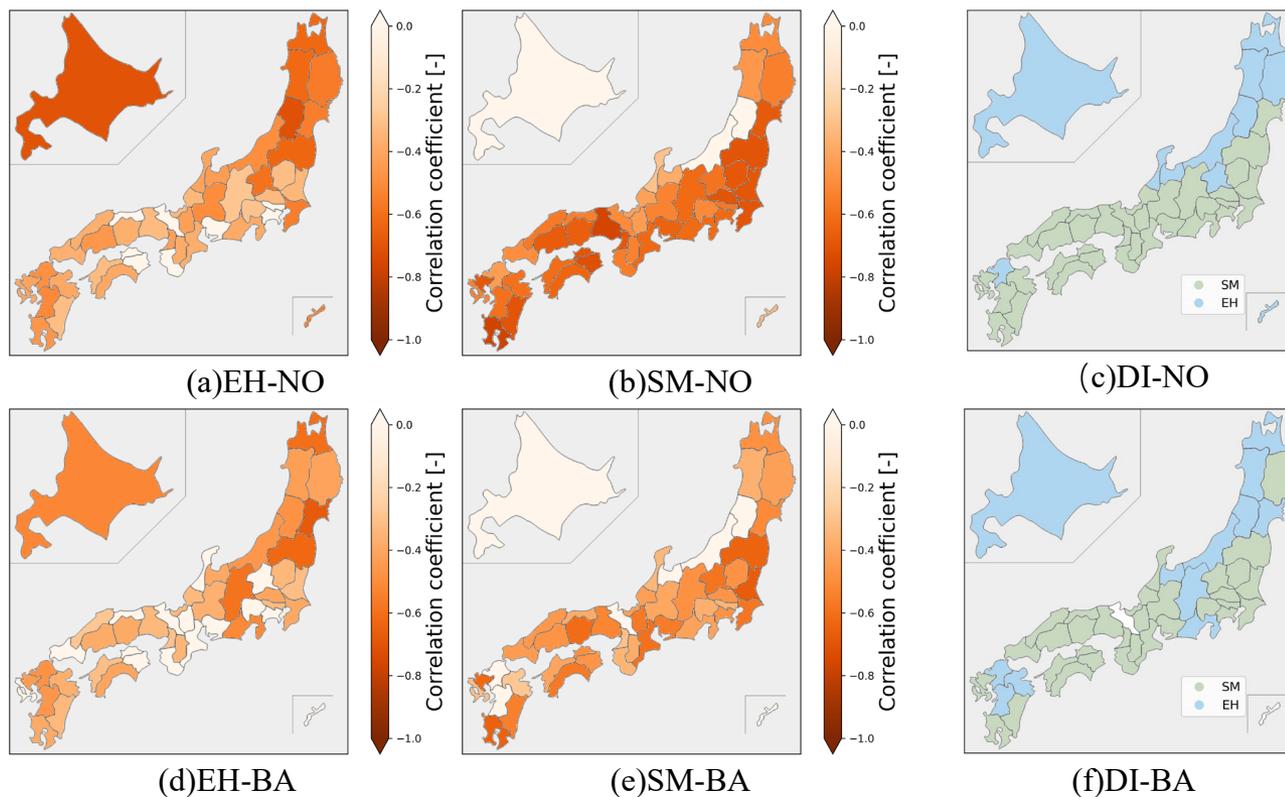
### 研究手法

- 入力データ：DS-JRA55再解析データ，APHRODITE降水量データ
- 使用モデル・手法
  - \* 実効湿度の計算方法
$$H_e = (1 - r)(H_0 + rH_1 + r^2H_2)(r = 0.7)$$
  - \* 土壌水分量の解析手法：陸面過程モデルSiBUC
- 関連の計算手法
  - \* 火災期のみを対象に相関係数を計算
    - 月火災件数・月焼損面積 - 乾燥度の月最低値



陸面過程モデル

## ■ 研究結果: 林野火災-乾燥度との相関関係の空間的特徴



### 結果

- 相関関係には気候帯を反映した結果が得られた
- 火災件数：北部-実効湿度との相関が高い，南部-土壌水分量との相関が高い
- 焼損面積：ほぼ火災件数と同様の結果．やや複雑な分布



[ MEXT-Program ]

SENTAN 気候変動予測先端研究プログラム

## 話題③: 三陸地方の土壌乾燥の将来変化

土木学会論文集B1(水工学) Vol.75, No.2, L1057-L1062, 2019.

### d4PDF と陸面過程モデルを用いた三陸地方に おける極端な土壌乾燥の将来変化予測

峠 嘉哉<sup>1</sup>・Grace Puyang Emang<sup>2</sup>・風間聡<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 東北大学助教 工学研究科土木工学専攻 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06)  
E-mail: yoshiya.touge.a6@tohoku.ac.jp

<sup>2</sup>学生会員 東北大学 工学研究科土木工学専攻 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06)  
E-mail: grace.puyang.emang.r2@dc.tohoku.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 東北大学教授 工学研究科土木工学専攻 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06)  
E-mail: so.kazama.d3@tohoku.ac.jp

峠ら (2019) 土木学会論文集B1 (水工学)

## ■ 研究背景：林野火災への気候変動影響

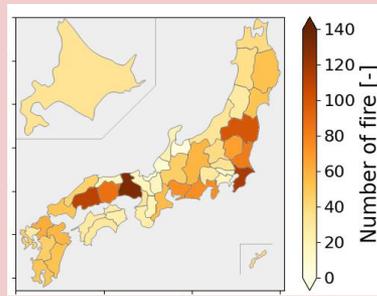
### 林野火災 (“乾燥害”の一種)

国内で年間1000件以上。大規模事例も



2017年5月(413ha)

尾崎半島林野火災  
(峠ら, 2018)



年平均火災件数  
(Touge et al. under review)

### 気候変動

気象災害の増加・強化が世界で問題視



Heavy rain in 2018  
(Geospatial Information Authority)



Number of heavy rain events (50mm/h)

## 発表内容: 林野火災への気候変動影響評価とは？

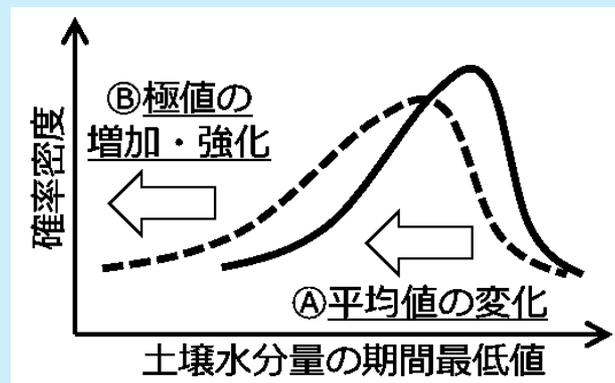
- \* 土壌水分量を対象にした乾燥度の将来予測  
→ 定量的な推定手法：多様な気象要因（降水量・気温等）を考慮する
- \* 平均値の変化だけでなく、**極値の変化を予測**する  
→ 「**10年に1度の乾燥度**」のような極値の将来予測手法（生起確率分析）

## ■ 研究目的：極端気象としての乾燥度評価

### 目的: 土壌水分春季最低値の将来予測

#### 研究の位置づけ

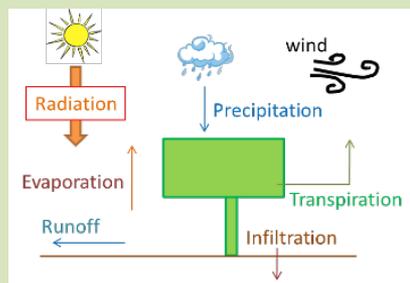
- \* (湿潤気候である日本での) 乾燥状態の変化  
平均値+極値の双方の変化を調べる
- \* 土壌水分量を解析対象とする  
定量的推定が可能に. 林野火災の因子の一つ



### 陸面過程モデル (SiBUC)

土壌水分量を推定する

入力 (降水量・気温) → 出力 (土壌水分)



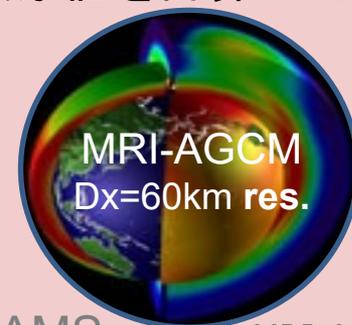
陸面過程モデル

- ・ 気象モデルの下部境界
- ・ 水熱収支解析により  
広域の土壌水分量を  
計算可能

### 将来予測データ (d4PDF)

全球気象モデルにより各温暖化条件下で、  
数千年分の仮想的な気象値を計算した  
データベース

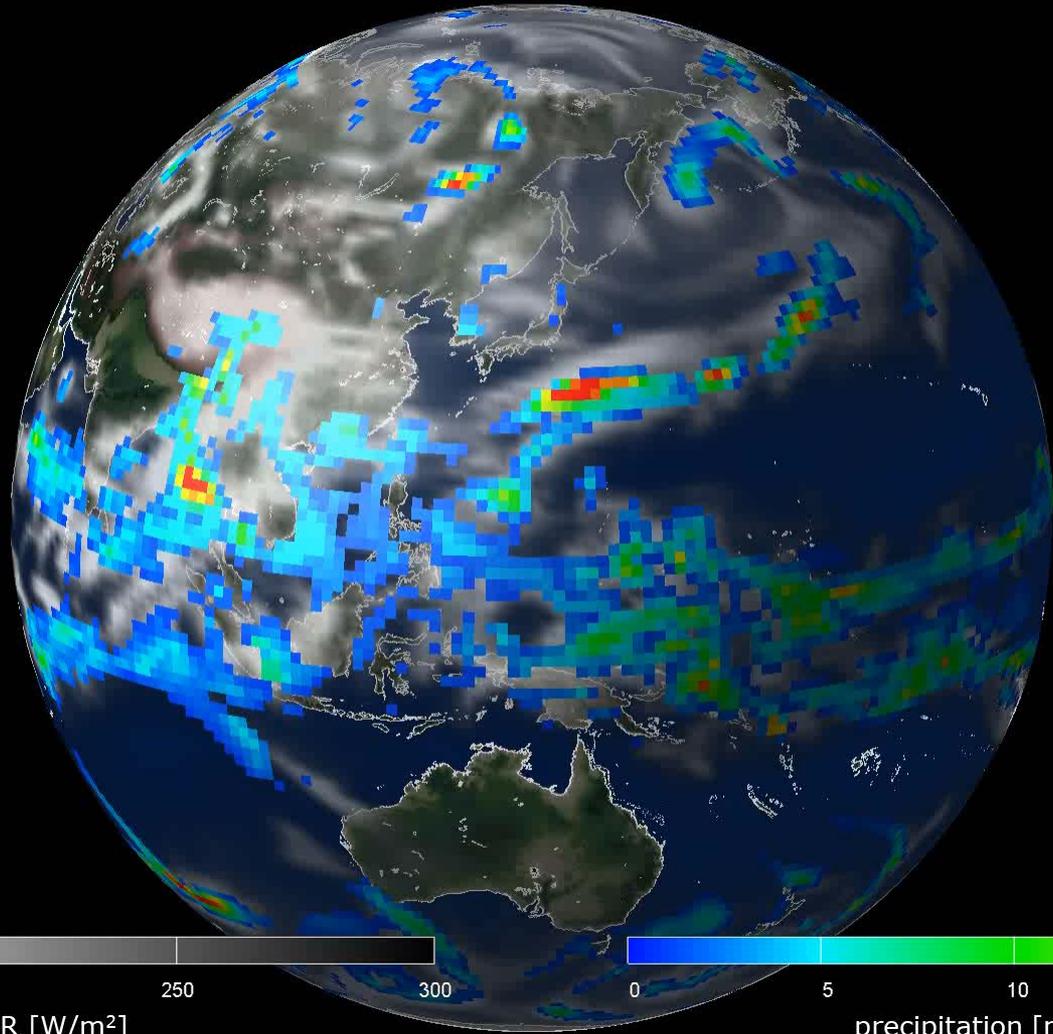
- ・ 解析年数 (全球)  
現在気候 6000年分  
将来気候 5400年分
- ・ 空間解像度：60km



Mizuta et al. (2017) BAMS

MRI-AGCM

06/10 02:00



OLR [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]

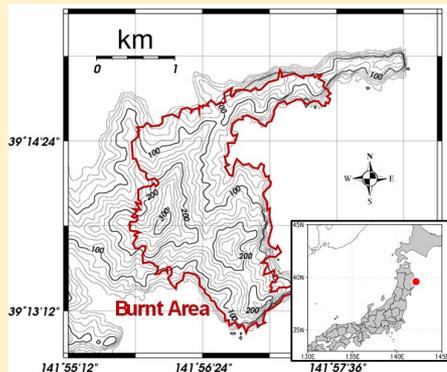


precipitation [ $\text{mm}/6\text{hr}$ ]

## ■ 対象領域: 釜石市

### 2017年尾崎半島林野火災

1995年以降最大の林野火災事例



\* 出火：2017年5月8日  
5月15日：鎮圧  
5月22日：鎮火

\* 焼損面積：413ha  
林野火災焼損面積:384ha  
(日本全国・2016年)

尾崎半島林野火災 (Touge et al, 2023)



焼損面積が大きい



焼損度が高い

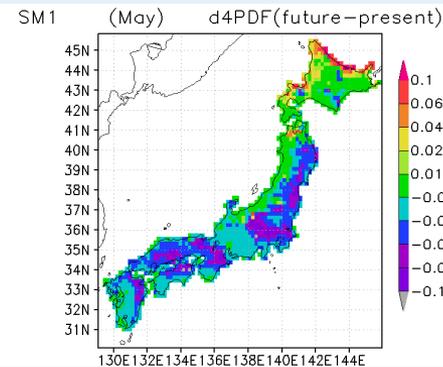
### 解析条件

- 気象条件  
d4PDF：気象7要素（雨・気温等）
- 地表面条件  
土地被覆条件：国土数値情報  
森林44.6%，草地53.3%，耕地等  
土質：ECOCLIMAPデータセット  
シルト44%，砂質39%，粘土17%  
植生パラメータ：ECOCLIMAP
- バイアス補正  
今回は無しとした  
気象全要素を考慮できないため

## ■ 数値解析結果：最低土壌水分量への気候変動影響

- 気候変動により“月別最低土壌水分量”の平均値・極値はどう変わるか？

### 最低土壌水分量の平均値の変化



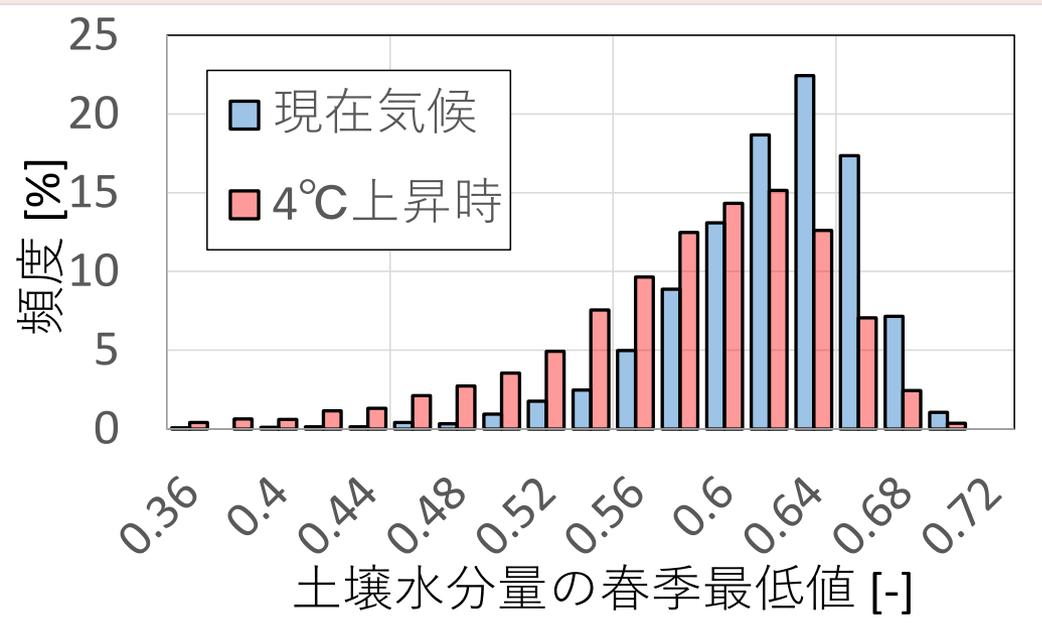
5月最低土壌水分量の長期平均の将来変化  
(Touge et al. 2018)

春季の最低土壌水分量は、特に本州の太平洋側や瀬戸内地域で乾燥化する傾向



現段階で火災が多い地域が、より乾燥化する可能性がある

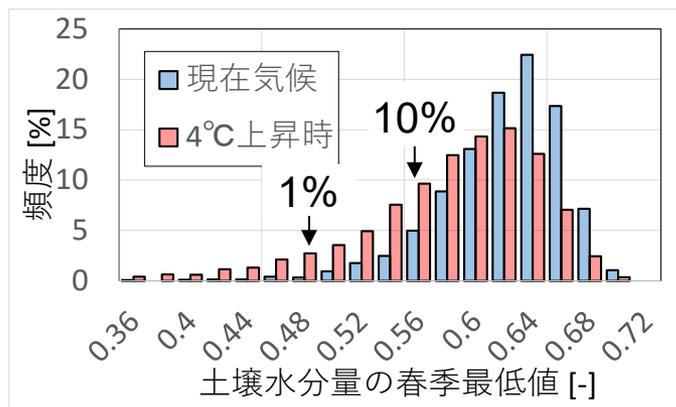
### アンサンブル解析結果（釜石のみ）



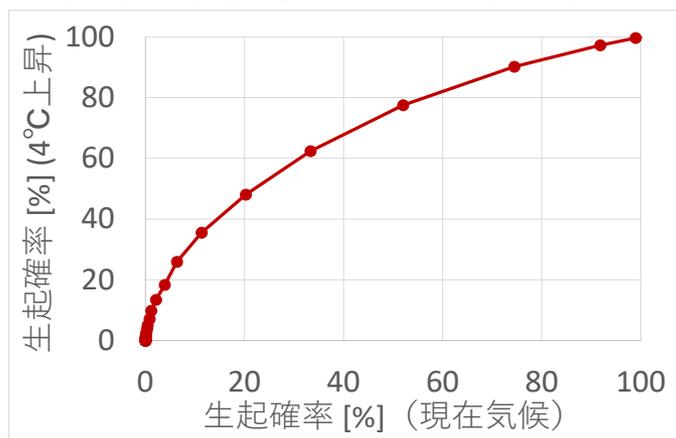
乾燥する年の頻度が増加し、その乾燥度も強化した未経験な乾燥度が生じることが見えた

## ■ 数値解析結果：最低土壌水分量への気候変動影響

- 気候変動により“月別最低土壌水分量”の平均値・極値はどう変わるか？



最低土壌水分量のヒストグラム



生起確率の対応関係

### ■ 極値の「増加」

- ・ 現在気候において10年に一度  
→ 将来気候では3年に一度
- ・ 現在気候において100年に一度  
→ 将来気候では10年に一度

### ■ 極値の「強化」

- ・ 7% (将来気候下) は、未経験 (現在気候)

### ■ 課題

- ・ 各土壌水分量の値の意味  
「火災の起こりやすさ」の一要因の位置づけ

## ■ 結論

---

### ○ まとめ

大規模アンサンブルデータを用いて乾燥害への気候変動影響を行った

1. 陸面過程モデルを用いて土壌水分量を計算した
2. d4PDFの大規模アンサンブル計算でヒストグラムを算出した
3. 年間最小土壌水分量の値から、極端な乾燥の増加・強化が見られた

### ○ 今後の研究

- 土壌水分量は「林野火災の生じやすさ」の一要因
- 水文学研究としての技術的課題
  - 多変量を考慮できるバイアス補正が必要など

ご清聴ありがとうございました。

本研究は、文部科学省気候変動予測先端研究プログラム領域課題4  
科学研究費補助金（20H02248, 24H00336, 代表：峠嘉哉）  
科学研究費補助金（25K21634）により実施された。謝意を示す。



Jun. 2017