

[普及資料 林野火災発生危険度予測概要]

林野火災発生危険度予測とは？

林野火災発生危険度予測は、下記3つの総合的な林野火災の危険度を表示するものです。

1. 林野火災発生危険日

林床に堆積する落葉や枝、下草などの可燃物の水分含有率が20%以下になると、火種があれば燃焼が始まる可能性が高まります。このため、林床に届く太陽エネルギー量と降水量から可燃物の水分量を推定し、20%以下に乾燥する日を「森林火災発生危険日」として判定します。

2. 延焼危険日

森林火災の延焼危険日を予測する際、風向・風速、地形の傾斜角度などの要因を考慮し、延焼速度が400m/h以上となる条件を延焼危険日として判定します。

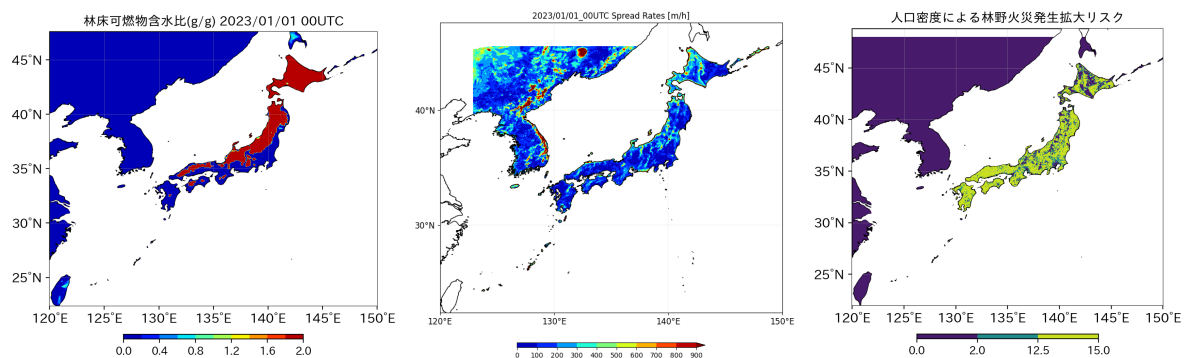
- 風速: 風速が増加すると、火炎が傾斜し、前方の可燃物への熱伝達が促進され、延焼速度が速くなります。
- 傾斜角: 斜面の上方に向かうほど、火炎が斜面に近づき、上昇気流が強まるため、延焼速度が増加します。

これらの要因を組み合わせ、延焼速度が400m/h以上となる条件を特定し、その条件が満たされる日を延焼危険日として予測します。

3. 人口密度による林野火災指標

森林火災の発生・拡大リスクは、人口密度と密接に関連しています。このため、人口密度より林野火災発生頻度、焼損面積を推定する式を作成・検証し、両者を掛け合わせた総合的な人口密度による林野火災指標を作成しました。

図 林床可燃物の水分量による林野火災発生危険日、延焼危険日、人口密度による林野火災指標



下記では、それぞれの指標の計算方法と使用データについて記載します。

[林野火災発生危険日]

以下の手順で、林床可燃物の水分量に基づく林野火災発生危険度を評価します。

1. 林床可燃物含水比の判定

- 含水比が20%以下の場合、燃焼の可能性が高いと判断。
- 含水比が20%以上では燃焼しない(小林ほか, 1991の実験結果より)。

2. 含水比の算出

- タンクモデルを使用して計算:
 - 日射量と降水量を1時間ごとに入力。
 - 降雨時にタンク内の水深が増加。最大値を超える分は土壤に流下。

3. 蒸発量の計算

- 林床面の日射量と現在の含水比を基に以下の式で蒸発量(E)を算出:

$$E = (1.02 \times 10^{-4}\theta - 1.3 \times 10^{-5}) S (\theta < 1.8\text{g/gの場合})$$

$$E = 1.70 \times 10^{-4} S (\theta \geq 1.8\text{g/gの場合})$$

E: 蒸発水量(mm)

θ : 林床可燃物含水比(g/g)

S: 林床面日射量(kJ/m²)

4. 林床面日射量の補正

- 森林の状態に応じて、林床面日射量を補正:
 - Sentinel-2のMSIセンサーデータを利用して樹冠密度を算出
 - 樹冠密度と樹種データを組み合わせ、相対日射率を算出
 - 全天日射量に相対日射率を掛け合わせて林床面の日射量を算出

5. 樹冠密度の算出

Rikimaru (1996)の手法を用いて、MSIの各バンドからAVI(Advanced Vegetation Index)、BI(Bare soil Index)、SSI(Scaled Shadow Index)、VD(Vegetation Density)、FCD(Forest Canopy Density)を組み合わせ、樹冠密度を算出。

データの前処理として、Sentinel-2のデータに含まれる雲や雪の影響を除去するため、雪・雲のマスキング処理を実施。

6. 樹種データの利用

- 環境省生物多様性センターの植生調査成果を活用：
 - 縮尺1/25,000の植生図データを全国の3次メッシュごとに結合・補正。
 - さらに、データの解像度を1km間隔に内挿。

7. 積雪時の含水比設定

- 積雪が0.05m以上ある場合、林床可燃物含水比を20%と仮定し、火災の危険度が低いと判断。

これらの手順により、林床可燃物の水分量を基に林野火災発生の危険度を評価しています。使用データの詳細はp.8 の表をご参照ください。

[延焼危険日]

以下の手順で、林野火災の延焼速度を算出し、危険度を総合的に評価します。

1. 延焼速度予測式の概要

- 延焼速度(R)はリチャード・ローサーメル(Richard Rothermel)により開発された林野火災の延焼速度予測式で算出。

$$R = \frac{IR \cdot \xi \cdot (1 + \phi_W + \phi_S)}{\rho_b \cdot \epsilon \cdot Q_{ig}}$$

- **IR**: 燃焼による単位時間あたりの放出熱量
- **ξ**: 隣接する可燃物の燃焼に消費される熱量の割合
- **φW**: 風の影響を考慮した係数
- **φS**: 傾斜の影響を考慮した係数
- **ρb**: 可燃物の堆積密度
- **ε**: 炎で着火温度まで加熱される可燃物の割合
- **Qig**: 単位重量あたり可燃物が着火に必要な熱量

2. 傾斜角度の影響評価

- 傾斜角度データ：
 - 国土地理院の数値標高モデル(DEM)を使用。

傾斜が急なほど、火は上方に広がりやすく、延焼速度が増加します。

3. 風速の影響評価

- 風速・風向データ:
 - 気象庁MSMガイダンスの解析データを使用。

風速が強いほど、火の粉が拡散しやすくなり、延焼速度が上昇します。

4. 延焼速度の基準値

- 実際の事例に基づき、延焼速度400m/hを危険度の基準値と設定。

過去の研究(後藤ほか, 2005)では、山火事の延焼速度は平均81~5914m/h と報告されています。

5. 計算結果の利用

- 延焼速度が基準値を超える場合、高い延焼リスクと判断する。
- 傾斜と風速の相乗効果により、リスクは非線形的に増加する。

これらの手順に基づき、風速や地形条件を考慮した延焼リスクを数値化し、林野火災の延焼速度日を算出します。

[人口密度による林野火災発生・拡大危険予測]

以下の手順で、人口密度を考慮した林野火災の発生頻度と拡大危険性を評価します。

1. 発生頻度と焼損面積の算出式

- 人口密度(x)と発生頻度(y)の関係式:

海外での先行研究に基づいて関係式を作成した。(報告書[2], p32 式1)

$$y = \begin{cases} 0.0001 & \text{if } x < 1 \\ 0.0001 + 0.0001 \times (x - 1) / 1.5 & \text{if } 1 \leq x < 2.5 \\ 0.0002 + 0.0002 \times (x - 2.5) / 2.5 & \text{if } 2.5 \leq x < 5 \\ 0.0005 + 0.0005 \times (x - 5) / 5 & \text{if } 5 \leq x < 10 \\ 0.0010 + 0.0002 \times (x - 10) / 15 & \text{if } 10 \leq x < 25 \\ 0.0012 & \text{if } 25 \leq x < 50 \\ 0.0012 - 0.0004 \times (x - 50) / 30 & \text{if } 50 \leq x < 80 \\ 0.0008 - 0.0004 \times (x - 80) / 70 & \text{if } 80 \leq x < 150 \\ 0.0004 - 0.0002 \times (x - 150) / 350 & \text{if } 150 \leq x < 500 \\ 0.0002 & \text{if } x > 500 \end{cases}$$

- 人口密度(x)と焼損面積(z)の関係式:

アフリカに関する先行研究で得られた関係式を、日本の大規模火災の事例と比較して、1/10の係数で補正した。(報告書[2], p33 式2参照)

2. 林野火災指標(k)の定義

- 林野火災指標(k)を、以下の式で定義する。

$$k = y \times z$$

- **k**: 林野火災指標
- **y**: 発生頻度 [件/km²/年]
- **z**: 一件あたりの焼損面積 [km²/件]

3. k のリスク区分

- 過去の検証結果に基づくリスク判定基準:
 1. 低リスク:
 - kが2以下の場合、リスクは「0(低リスク)」と判定。
 2. 中リスク:
 - kが2より大きく、12.5未満である場合、リスクは「1(中リスク)」と判定。
 3. 高リスク:
 - kが12.5よりも大きい場合、リスクは「2(高リスク)」と判定。

これらの手順により、人口密度と林野火災の発生頻度や焼損面積との関連性を数値化し、リスクレベルごとに人口密度による林野火災の危険性を評価します。

より詳細な説明・計算方法については、以下の報告書をご覧ください。
(報告書はURLからダウンロードできます)

[報告書]

https://www.rinya.maff.go.jp/j/hogo/yamakaji/con_7.html

活用事例案や活用にあたっての課題や注意点など

1. 活用事例案

1. 防災対策の強化

- 高リスク地域を特定し、防火設備の強化や避難計画の策定・改善を促すことができます。

2. スマホアプリ・ウェブサイトの利用

- リアルタイムの危険度マップや火災情報を住民に広く提供します。
- 行政や関係機関向けのデータダッシュボードで対応を効率化することができます。

図：ウェザーニュースアプリの図



3. 観光地や自然保護区の管理

- 火気使用禁止エリア設定や、観光客への事前警告を実施ができます。

4. リアルタイムモニタリング

- 気象データと連携した火災リスクの警戒システム構築。

2. 課題と注意点

1. データの精度向上

- 気象データ・森林データ、人口密度データを最新に保ち、モデルを適宜補正する必要があります。

2. 林野火災発生危険日予測について

- 林野火災は放火や焚き火、タバコなど人為的要因で生じやすく、それら自体は予測することが困難です。
- あくまで、気象的条件から林野火災が発生する危険がある日を予測しており、林野火災の発生そのものを予測しているわけではありません。

3. 延焼危険日予測について

- 延焼危険日予測は仮に林野火災が発生した場合の延焼速度を算出しており、実際の林野火災の延焼速度を算出したわけではありません。

4. 予測の不確実性

- 気象予測の精度は近年向上していますが、気象予測には不確実性があり、100%正確に予測できるわけではありません。

[補足資料1 データ一覧]

気象データ

データ種別	概要	データ元	空間解像度	時間解像度
雨量	地上雨量データと気象庁レーダーによる解析雨量値	ウェザーニューズ	1kmメッシュ	1時間
日射量	衛星ひまわりから解析した日射量値(全天日射量)	ウェザーニューズ	1kmメッシュ	1時間
解析風向・風速	ウェザーニューズが所有する予測モデル値と観測値から作成した解析風向・風速値	ウェザーニューズ	1kmメッシュ	1時間
解析積雪深	気象庁が配信している解析積雪深	気象庁	5kmメッシュ	1時間

森林データ

データ種別	概要	データ元	空間解像度
樹種	1/2.5万現存植生図(平成11～整備)から樹種を判別する。 データが不足しているところはSentinel-2のデータを用いて推定する。	1/2.5万現存植生図(平成11～整備):環境省自然環境局 人工衛星Sentinel-2: 欧州宇宙機関(ESA:European Space Agency)	10mメッシュ
樹冠密度	Sentinel-2 のL2A B03,04,08 から算出する。 閾値を設定し、それらを用いて分類する	人工衛星Sentinel-2: 欧州宇宙機関(ESA:European Space Agency)	10mメッシュ

人口データ

データ種別	概要	データ元	空間解像度
人口密度	2020年現在の空間解像度500mの人口データ	500mメッシュ別将来推計人口データ(H30国政局推計)	500mメッシュ

地形データ

データ種別	概要	データ元	空間解像度
数値標高モデル gg(DEM)	標高	国土地理院	10mメッシュ