

研究課題番号: 5B-1105

葉のオゾン吸収量に基づいた  
樹木に対するオゾンの影響評価に関する研  
究

研究課題代表者: 伊豆田 猛 (東京農工大学)

累積予算額(平成23~25年度): 154,872,000円

# 研 究 開 発 目 的

気孔を介した葉のオゾン吸収量に基づいて、日本の森林を構成している樹木の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)吸収・固定能力や成長に及ぼすオゾン(O<sub>3</sub>)の影響を正確に評価する方法を確立し、日本の主要な樹種であるブナ、ナラ類、カンバ類に対するオゾンの影響に関する現状評価を行う。

## 研究体制

サブテーマ(1): 樹木の葉のオゾン吸収量推定法の開発

伊豆田 猛・船田 良(東京農工大学)

サブテーマ(2): 樹木の葉のオゾン吸収量と光合成能力との関係の解明

松村秀幸(電力中央研究所)

サブテーマ(3): 葉のオゾン吸収量に基づいた成木に対するオゾンの影響評価

小池孝良(北海道大学)

サブテーマ(4): フラックスタワー測定による森林のCO<sub>2</sub>吸収量に対するオゾンの影響評価

# サブテーマ(1) 樹木の葉のオゾン吸収量推定法の開発

水蒸気気孔拡散コンダクタンス ( $g_{sto}$ ) の推定式 ( $g_{max}$ :  $g_{sto}$  の最大値,  $f$ : 環境要因の影響)

$$g_{sto} = g_{max} \cdot f_{phen} \cdot f_{light} \cdot \max \left\{ f_{min}^{\text{響}}, \left( f_{temp} \cdot f_{VPD} \cdot f_{SWC} \cdot f_{O3conc} \right) \right\}$$

環境要因から気孔コンダクタンスを推定する推定式を構築(4樹種)

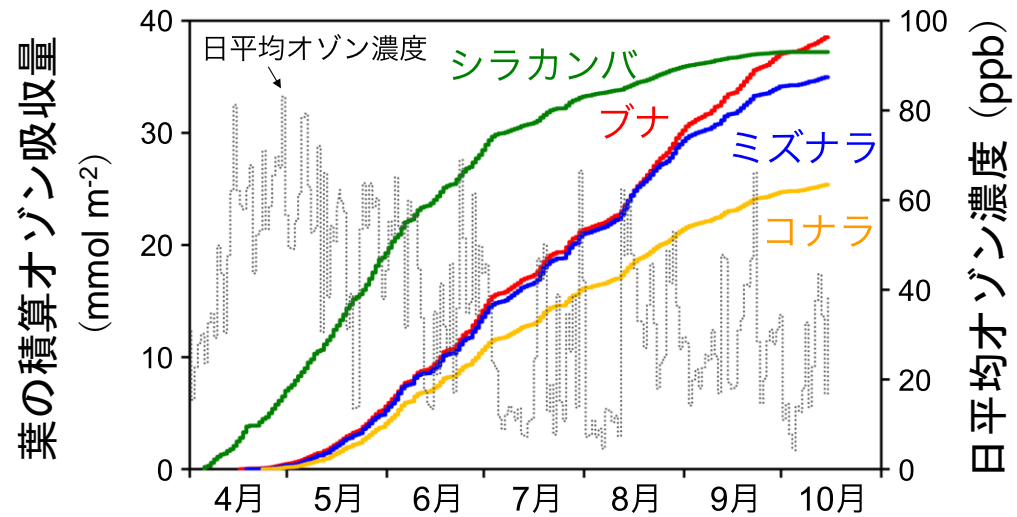
推定した気孔コンダクタンスや大気オゾン濃度などから気孔を介した葉のオゾン吸収速度を算出

出葉日からの葉のオゾン吸収速度

**科学的成果**

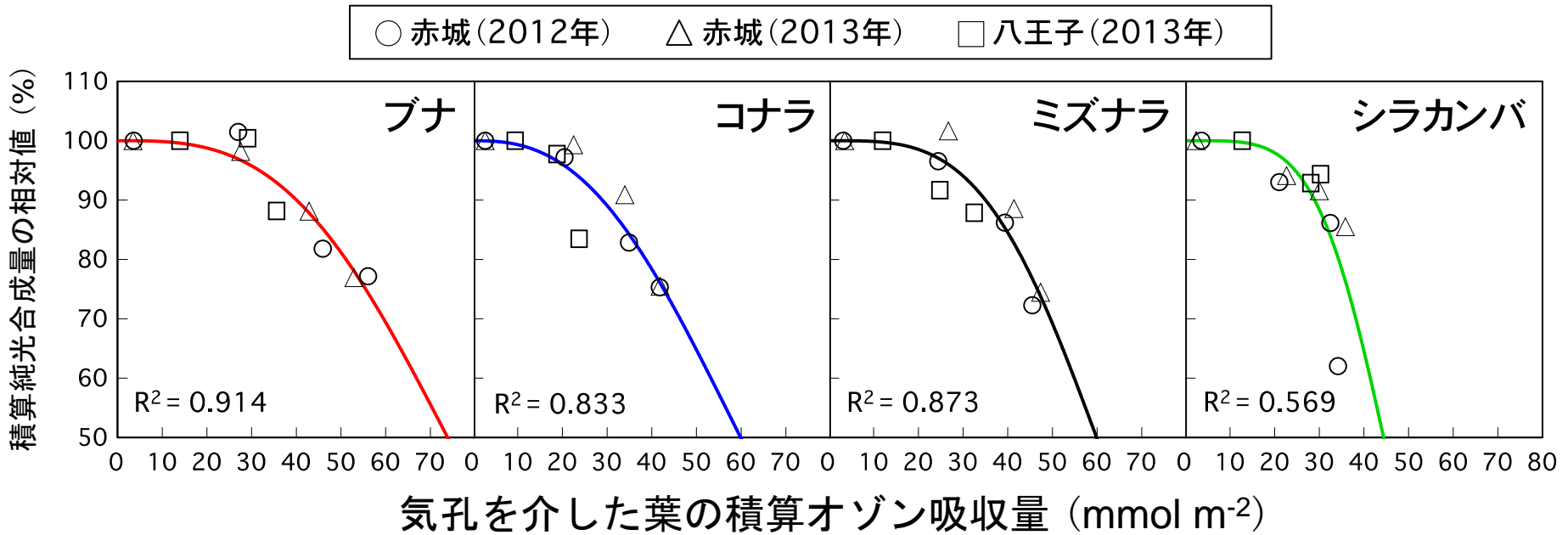
積算オゾン吸収量を算出

- 環境要因から4樹種の気孔を介した葉のオゾン吸収量の推定が可能になった。
- 4樹種の気孔を介した葉のオゾン吸収量には樹種間差異がある。
- 環境要因によって気孔開度が変化するため、大気オゾン濃度が高い時期に、4樹種の気孔を介したオゾン吸収量が多いとは限らない。したがって、大気オゾン濃度ではなく、気孔を介した葉のオゾン吸収量に基づいて、樹木に対するオゾンの影響を評価する必要がある。



葉のオゾン吸収量  
シラカンバ > ブナ > ミズナラ > コナラ

# サブテーマ(2) 樹木の葉のオゾン吸収量と光合成能力との関係の解明



積算純光合成量の相対値

$$= \frac{\text{オゾン区の積算純光合成量}}{\text{浄化空気区の積算純光合成量}}$$

オゾンによる積算純光合成量の低下程度  
シラカンバ > コナラ > ミズナラ > ブナ

## 科学的成果

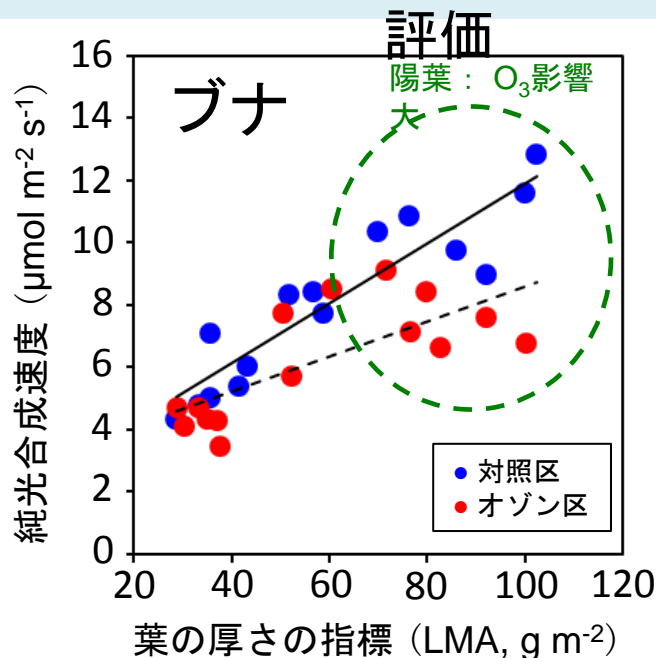
- 4樹種の気孔を介した葉のオゾン吸収量と積算純光合成量との関係を解明した。
- 積算純光合成量(積算CO<sub>2</sub>吸収量)におけるオゾン感受性に樹種間差異がある

同量のオゾンを吸収しても、オゾンによる積算純光合成量(積算CO<sub>2</sub>吸収量)の低下程度は、シラカンバ > コナラ > ミズナラ > ブナである。

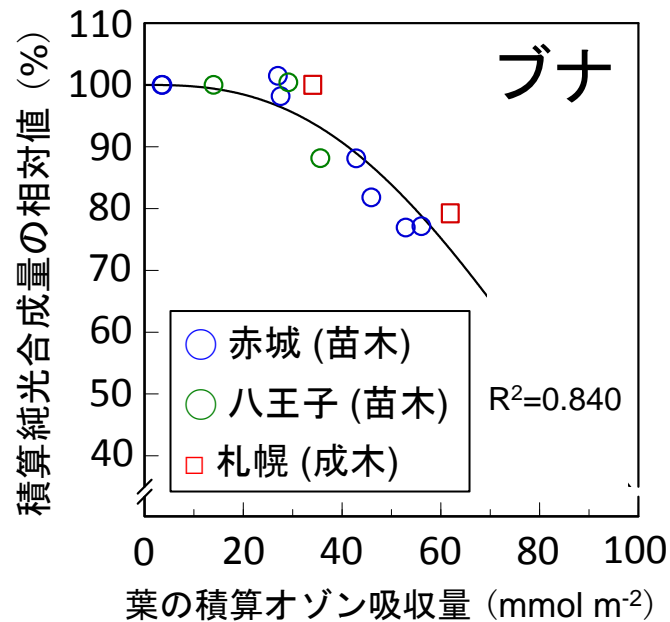
# サブテーマ (3) 葉のオゾン吸収量に基づいた成木に対するオゾンの影響

成木用の開放型オゾン暴露装置

北海道大学



LMA = 葉乾重量/葉面積  
 陽葉: LMA 大 → 葉が厚い  
 陰葉: LMA 小 → 葉が薄い



$$\text{積算純光合成量の相対値} = \frac{\text{オゾン区の積算純光合成量}}{\text{浄化空気区の積算純光合成量}}$$

## 科学的成果

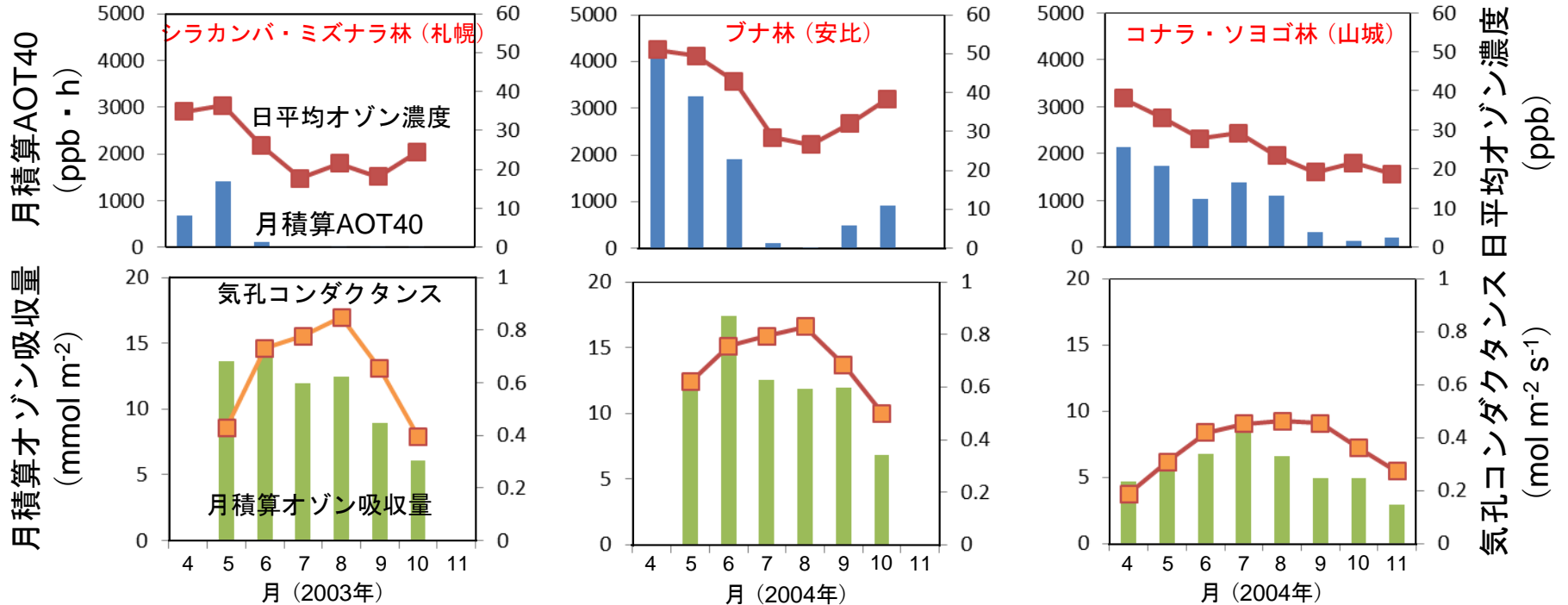
- 樹冠が発達した樹木群落を対象に、成木における葉の光環境を考慮して、陽葉と陰葉の純光合成速度に対するオゾンの影響を評価した結果、葉が厚く、受光量が多い陽葉は、陰葉に比べて、オゾンによる光合成能力の低下程度が著しい。
- 陽葉は、陰葉に比べて、気孔コンダクタンスが高いため、オゾン吸収量が大きい。
- サブテーマ (1), (2) および (3) の結果を総合的に解析した結果、葉の積算オゾン吸収量と積算純光合成量の相対値との関係は苗木と成木で同様である。

# サブテーマ(4) フラックスタワー測定による森林のCO<sub>2</sub>吸収量に対するオゾンの影響

評価

## 森林群落気孔コンダクタンス ( $G_s$ ) の推定

式  $G_s = a b^{rh} GPP / C_s + G_{min}$  ( $rh$ : 相対湿度,  $GPP$ : 総一次生産量,  $C_s$ : 二酸化炭素濃度,  $G_{min}$ :  $G_s$ の最小値,  $a$ と $b$ は定数)



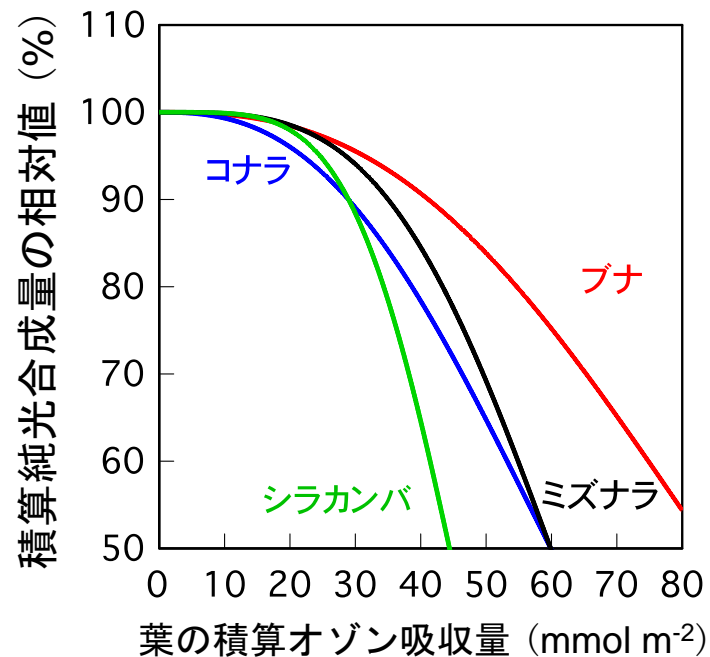
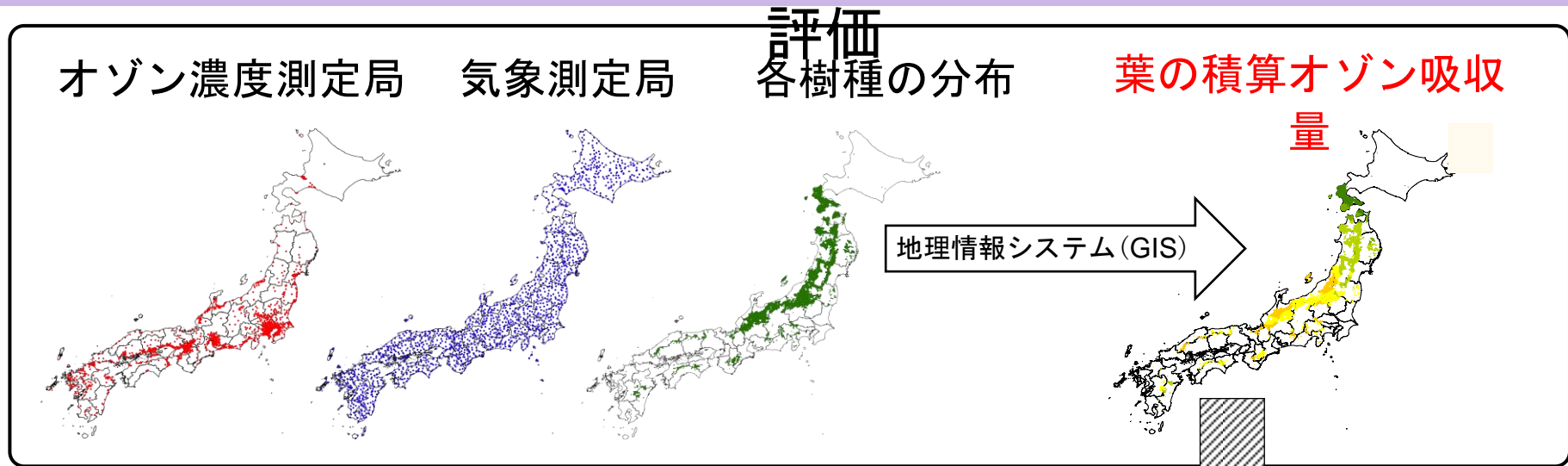
### 科学的成果

- 降雨時と開葉・落葉期の森林群落レベルの気孔コンダクタンスの推定法を開発した。
- 森林におけるフラックス観測データから、森林群落レベルで気孔を介した葉のオゾン吸収量が推定できるようになった。
- 葉の成熟や老化に伴って気孔開度が変化するため、春のような大気オゾン濃度が高い時期に必ずしも森林群落の気孔を介した葉のオゾン吸収量が多いとは限らない。



# 気孔を介した葉のオゾン吸収量に基づいた

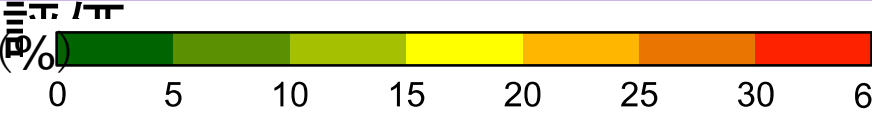
## 4 樹種のCO<sub>2</sub>吸収・固定能力に対するオゾンの影響の広域



葉のオゾン吸収量に基づいた  
CO<sub>2</sub>吸収・固定能力に対する  
オゾンの影響の現状評価

The final map of Japan shows the current status of ozone impact on CO<sub>2</sub> absorption and fixation capacity for four tree species. The map is color-coded based on the cumulative ozone absorption and the resulting relative photosynthesis values from the graph. The colors range from green (low impact) to red (high impact), with the highest impact areas concentrated in the Kanto and Tohoku regions.

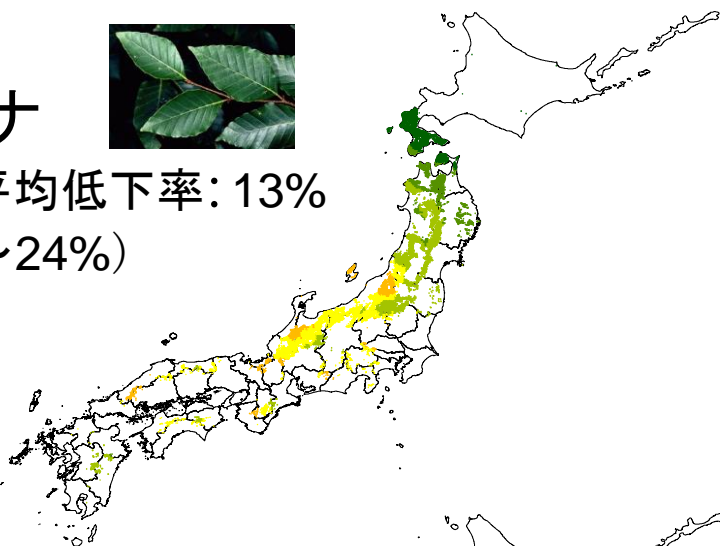
# 日本における4樹種のCO<sub>2</sub>吸収・固定能力に対するオゾンの影響

オゾンによる積算純光合成量の低下率 (%)  (2009~2011年の年平均値)

ブナ



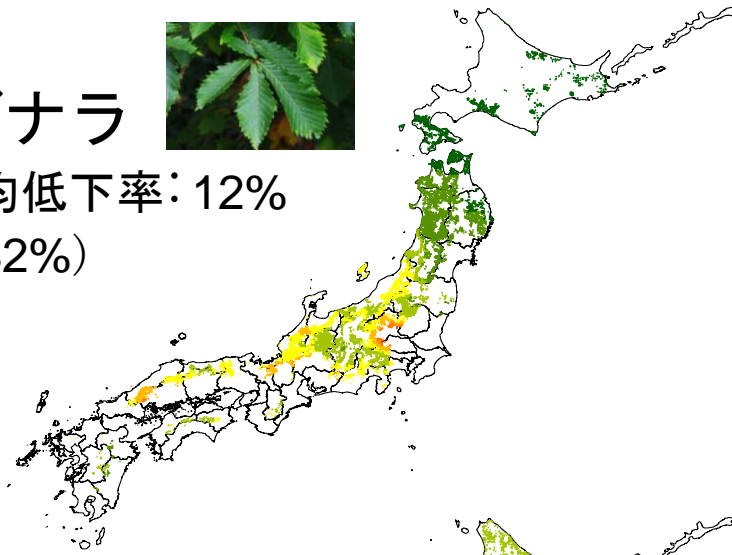
年平均低下率: 13%  
(3~24%)



ミズナラ



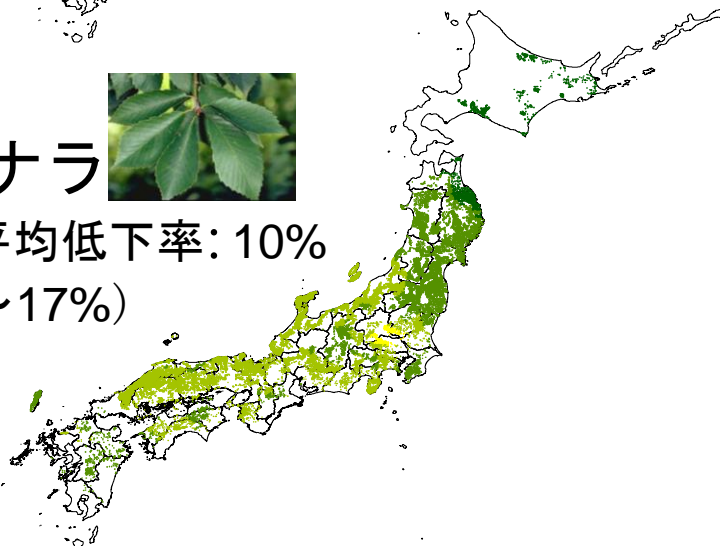
年平均低下率: 12%  
(1~32%)



コナラ



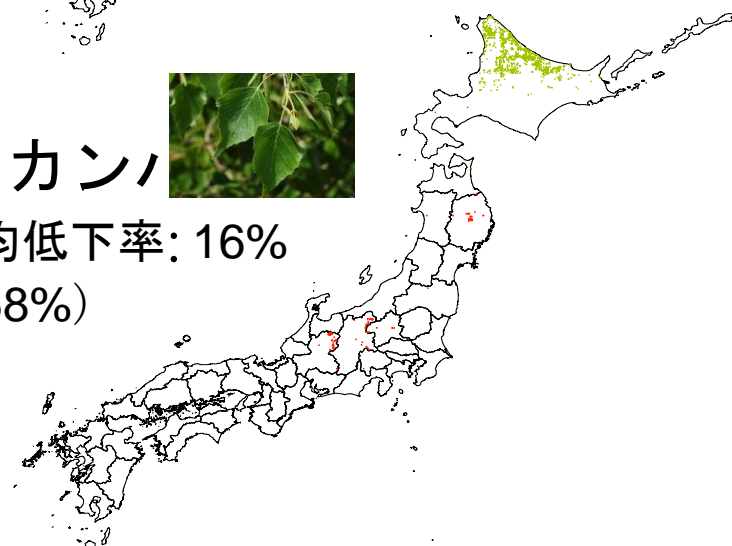
年平均低下率: 10%  
(2~17%)



シラカンノ



年平均低下率: 16%  
(9~58%)

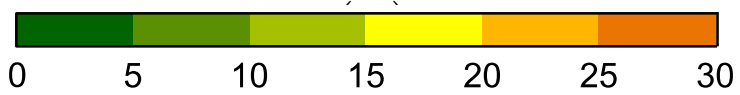


オゾンによる積算純光合成量(葉のCO<sub>2</sub>吸収能力)の年平均低下率: 10~16%



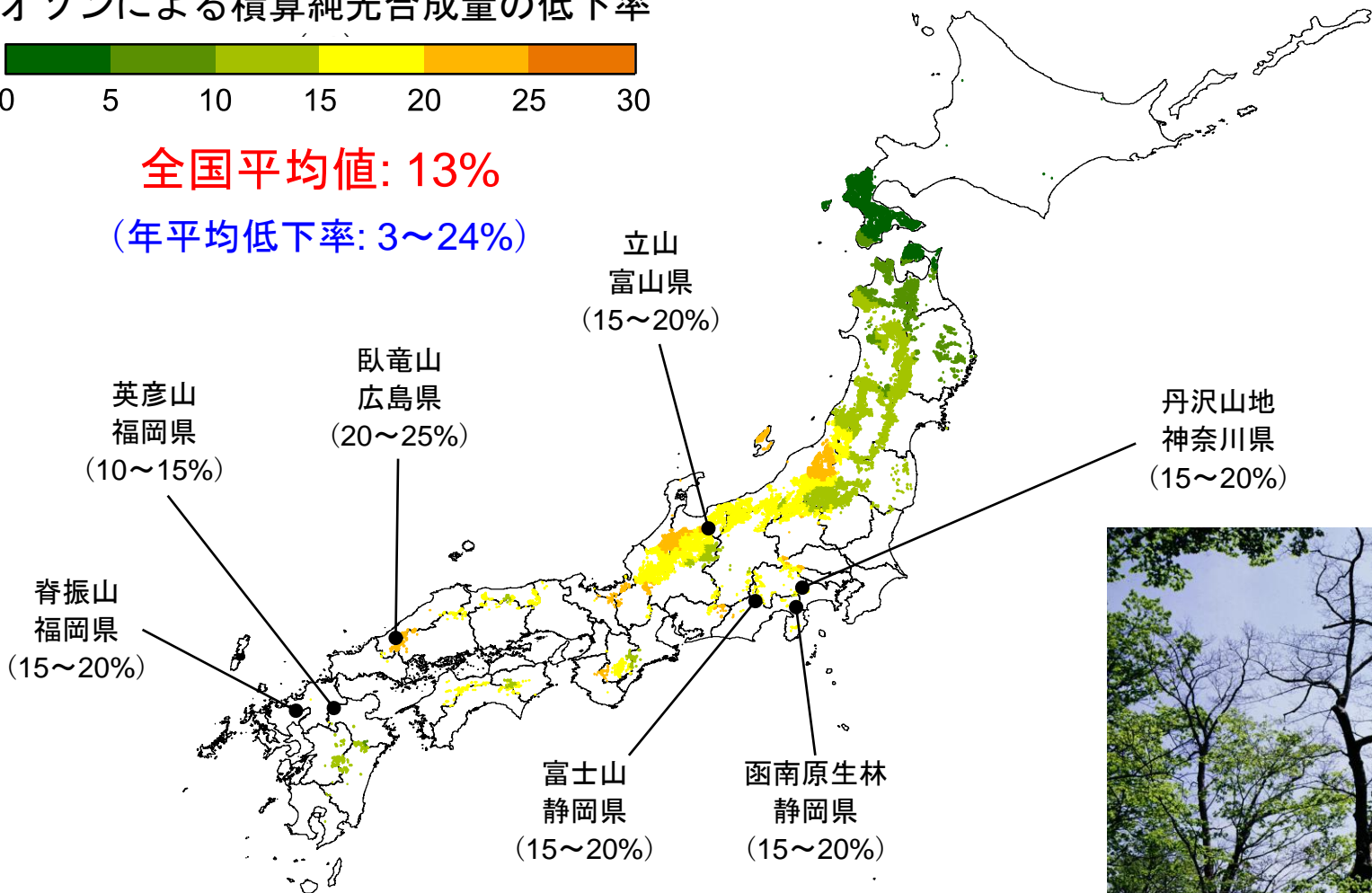
# 日本のブナ衰退地におけるオゾンによる積算純光合成量の年平均低下率

オゾンによる積算純光合成量の低下率



**全国平均値: 13%**

(年平均低下率: 3~24%)



丹沢山地のブナ衰退

日本のブナ衰退地では、オゾンによる積算純光合成量の年平均低下率はその全国平均値(13%)より高

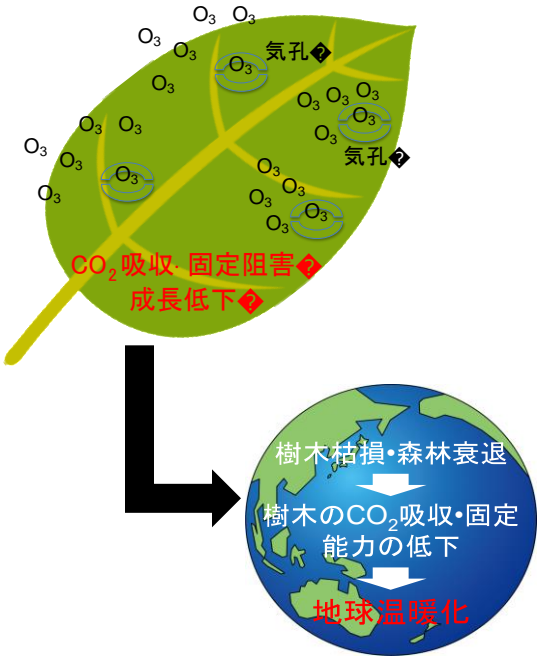
い

# 葉のオゾン吸収量に基づいた樹木に対するオゾンの影響評価に関する研究

## オゾ

気孔を介して葉内に侵入し、樹木のCO<sub>2</sub>吸収・固定能力を低下させる大気汚染ガス(光化学オキシダントの成分)

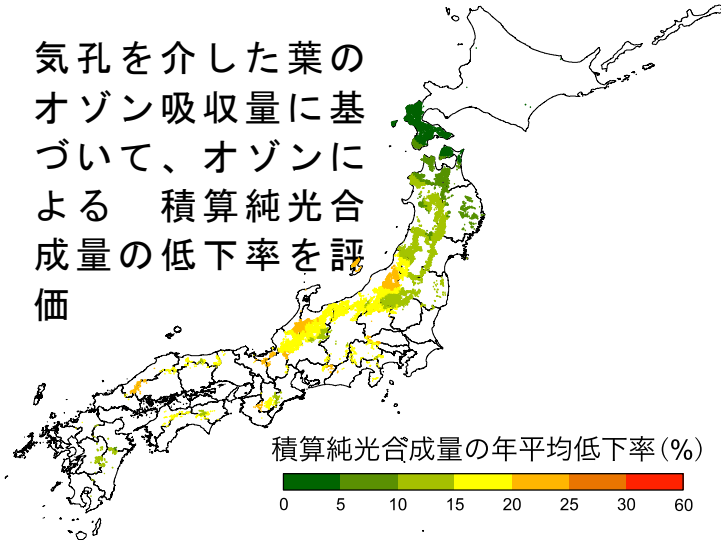
主 樹木枯損・森林衰退 → CO<sub>2</sub>吸収・固定能力の低下 → 地球温暖化



## 本研究の成果

気孔を介した葉のO<sub>3</sub>吸収量に基づいた日本の落葉広葉樹のCO<sub>2</sub>吸収・固定能力や成長に対するO<sub>3</sub>の影響の評価方法を確立した

気孔を介した葉のオゾン吸収量に基づいて、オゾンによる積算純光合成量の低下率を評価

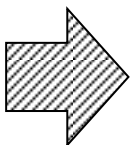


現状レベルのオゾンによって日本の落葉広葉樹による年間CO<sub>2</sub>吸収量が10~16%低下している

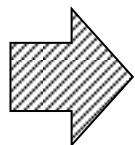
オゾンによって日本の森林のCO<sub>2</sub>削減能力が低下している

環境政策への貢献: 大気汚染対策と温暖化対策のコベネフィットアプローチへの科学的根拠の提供

日本におけるオゾンの前駆物質の発生源対策



森林保護



温暖化対策

アジアにおけるオゾンによる越境大気汚染