

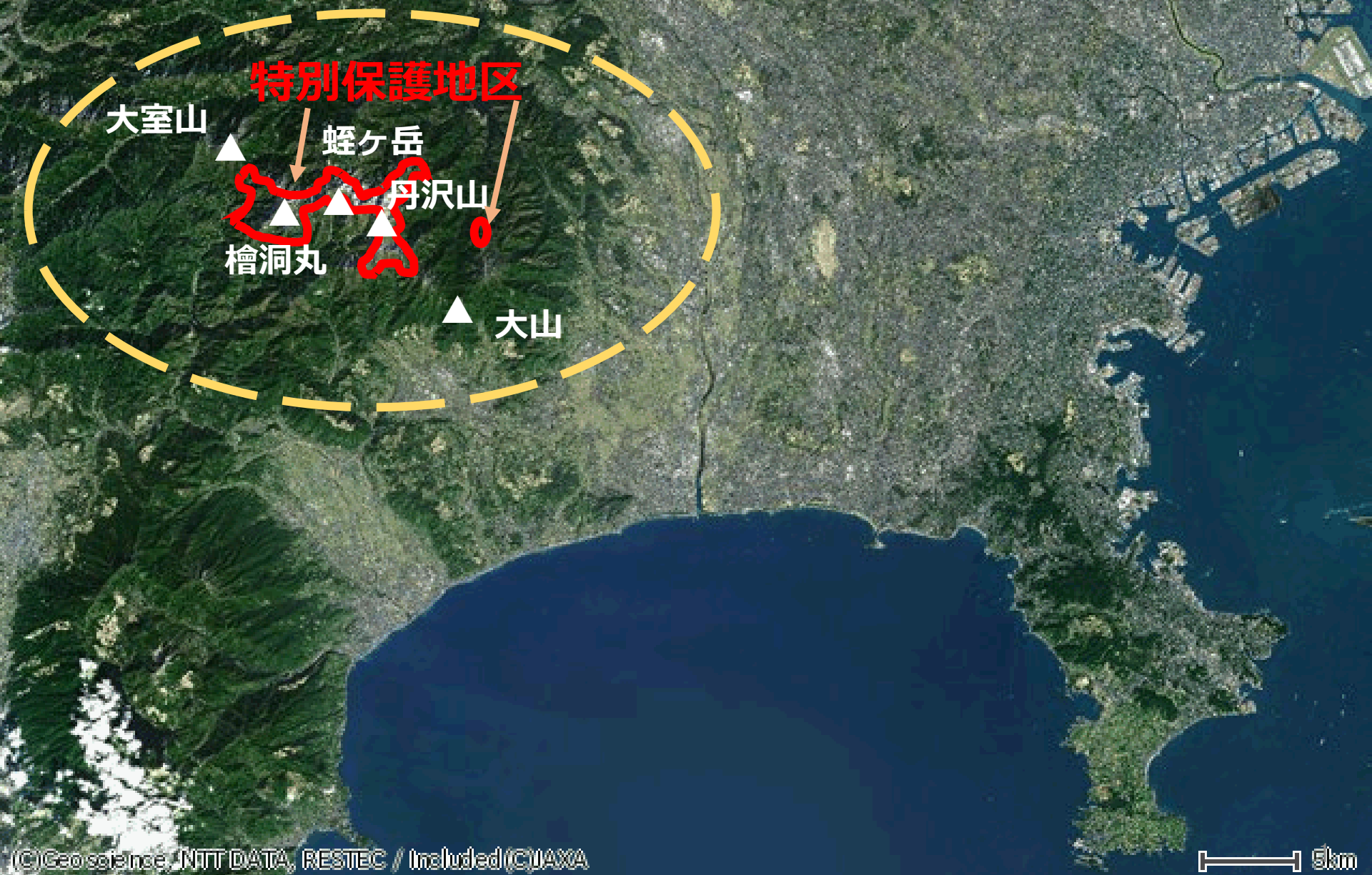


丹沢山地のブナ林再生に向けた生育環境評価

令和 7 年度環境科学センター業績発表会
令和 7 年10月24日

○調査研究部 丸山 朋見
環境情報部 武田麻由子

1960年県立丹沢大山自然公園
1965年丹沢大山国定公園





自然環境保全センター提供

丹沢のブナ枯れを巡る経過

1980年頃 1993～96 1999 2004～06 2006 2007～11 2022～26

ブナ枯れ発生

- ・ 尾根の南側に枯死域が連続
- ・ 危険域… 1000m ～ 1600m
- ・ 枯死域… 1500m ～ 1600m

丹沢大山自然環境総合調査

丹沢大山保全計画策定

- ・ 衰退進行度の高い地点
- ・ 高標高、平坦地
- ・ 平均日射量が高い
- ・ 土壌水分指数が低い

丹沢大山総合調査

丹沢大山自然再生計画策定

かながわ水源環境保全再生施策・
丹沢大山自然再生計画 第1期

かながわ水源環境保全再生施策・
丹沢大山自然再生計画 第4期

97-98

大規模
食害

2007

大規模
食害

2011

大規模
食害

2013

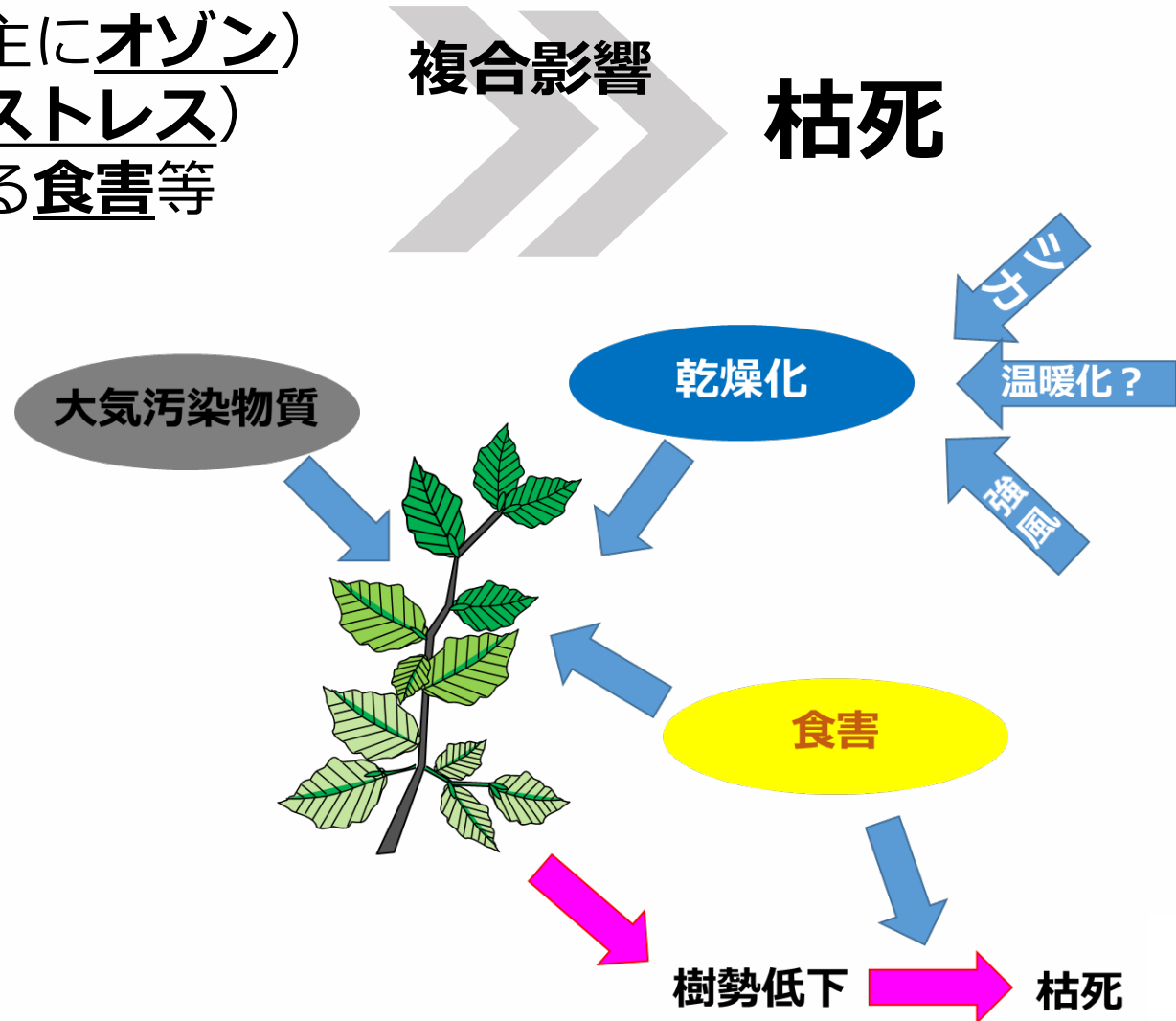
大規模
食害

枯死・草地化の進行

ブナの衰退要因（推定）

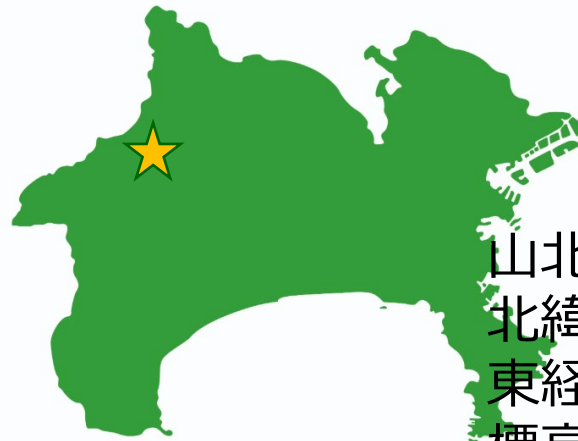
過去2回の丹沢大山総合調査

大気汚染物質（主にオゾン）
土壌乾燥化（水ストレス）
ブナハバチによる食害等



- 1. 犬越路測定局及び山頂の大気汚染物質経年変化**
2. 犬越路にて実施したオープントップチャンバーによるブナ苗の成長評価

西丹沢犬越路測定局



山北町中川 927- 2
北緯 35度 29分 16秒
東経 139度 5分 6秒
標高 920m

西丹沢犬越路測定局

(神奈川県大気汚染常時監視測定局の研究局)

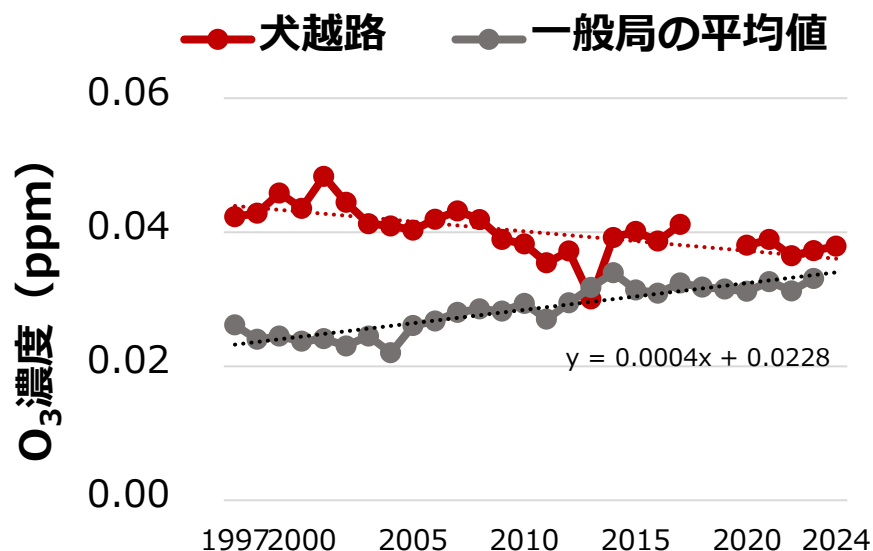
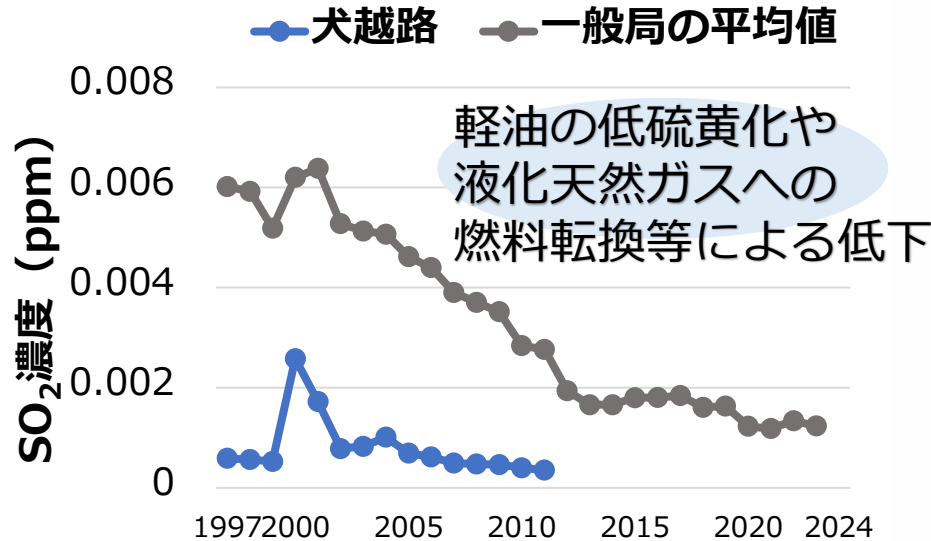
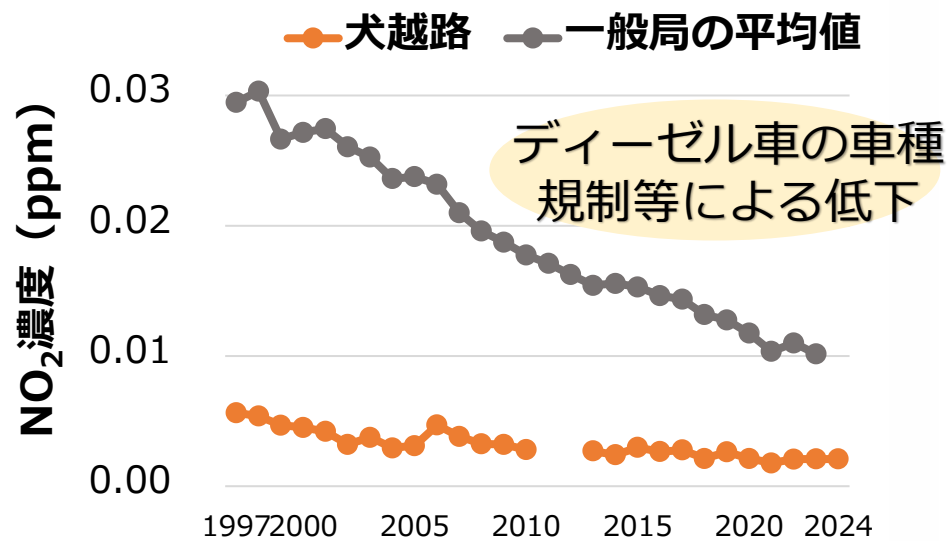
1995年	丹沢大山地域樹木衰退の原因 究明のため環境庁が設置
2002年	神奈川県に移管
特徴	1999年にゲート設置後、関係 車両以外の通行がない ＝人為的発生源が近傍にない

山頂における大気気象測定



犬越路測定局における大気環境の経年変化

犬越路測定局 = 犬越路と表記



NO₂, SO₂

- ・ 犬越路は低濃度で推移
- ・ 神奈川県的一般局では低下傾向

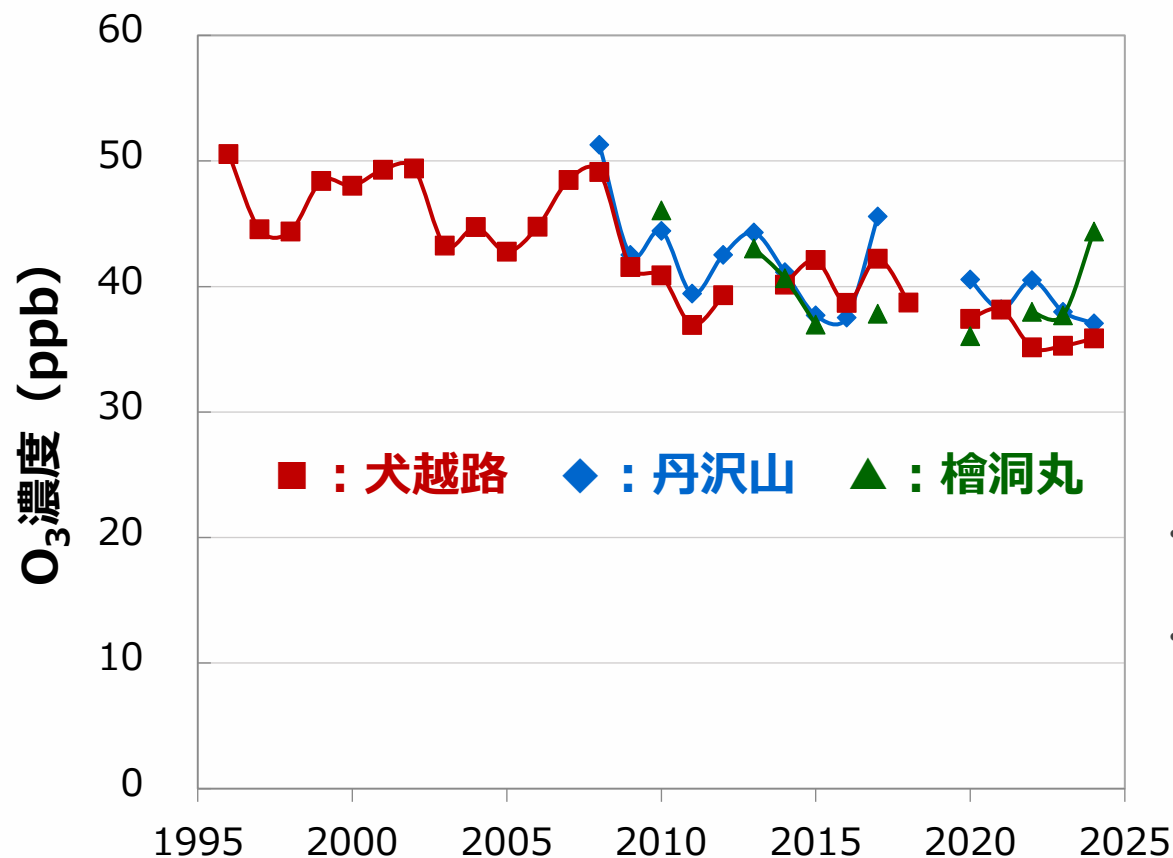
※2000年のSO₂高濃度は三宅島噴火の影響)

O₃

- ・ 一般局比べ犬越路は高濃度で推移
- ・ 一般局のO₃濃度上昇により、その差は縮小傾向

※記録のない部分は欠測

犬越路測定局及び山頂のオゾン濃度経年変化



- 2008～2012年(丹沢山)
パッシブサンプラーによるデータ
- 2013～2025年
連続測定機のデータ
(欠測分は檜洞丸データより推定)

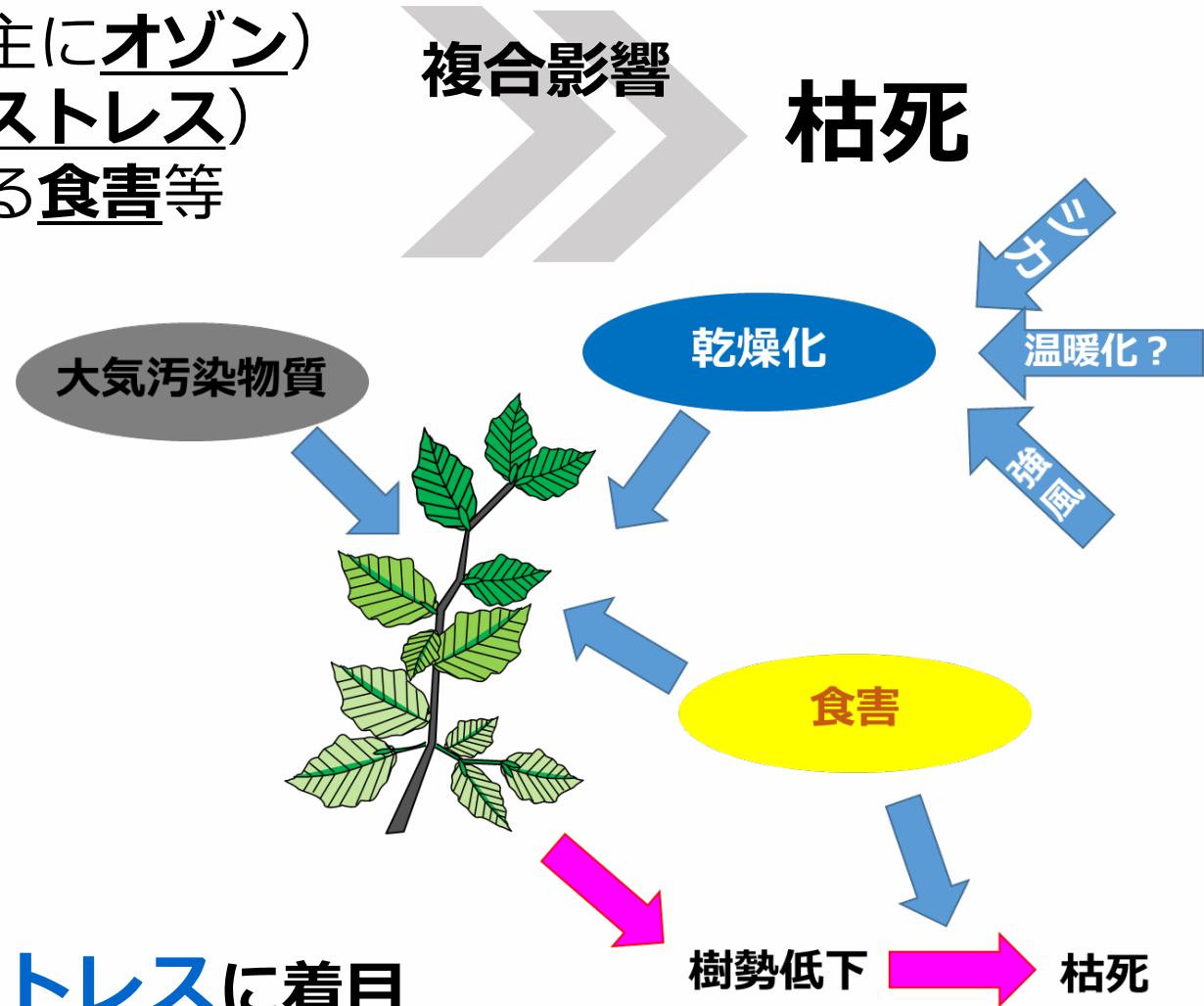
丹沢大山山頂のオゾン濃度は低下傾向
→大気汚染物質によるブナへの影響は縮小？

1. 犬越路測定局及び山頂の大気汚染物質経年変化
- 2. 犬越路にて実施したオープントップチャンバー
によるブナ苗の成長評価**

ブナの衰退要因（推定）

過去2回の丹沢大山総合調査

大気汚染物質（主にオゾン）
土壌乾燥化（水ストレス）
ブナハバチによる食害等

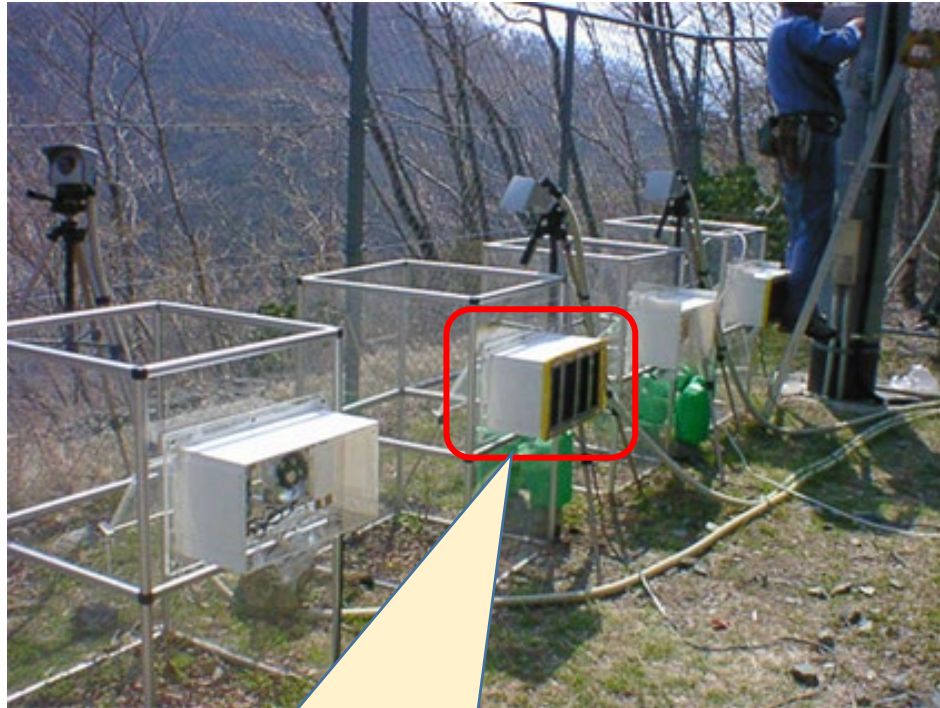


オゾンと**水ストレス**に着目

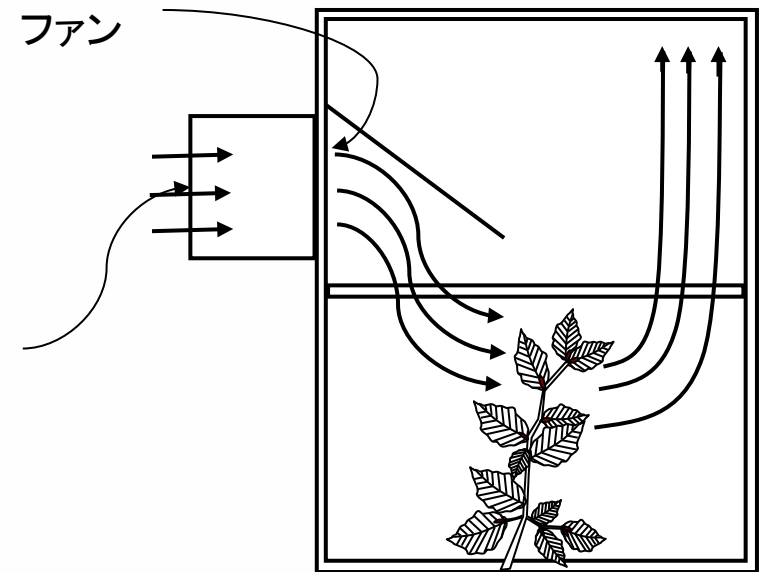
オーブントップチャンバー法

オーブントップチャンバー法

= 丹沢山地環境条件下で成長評価が可能



活性炭フィルター装着の有無で
オゾンストレスを操作



試験規模 : 90×60×90 (cm)

送風量 : 換気8回/分

ファン出口平均0.4 m/秒

上昇流速度 12 cm/秒

(先行研究1) オゾンによる成長評価

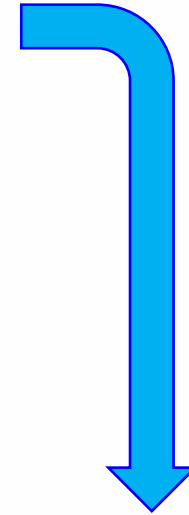
(2007武田他)



オゾン曝露区内のブナ苗



オゾン浄化区内の
ブナ苗

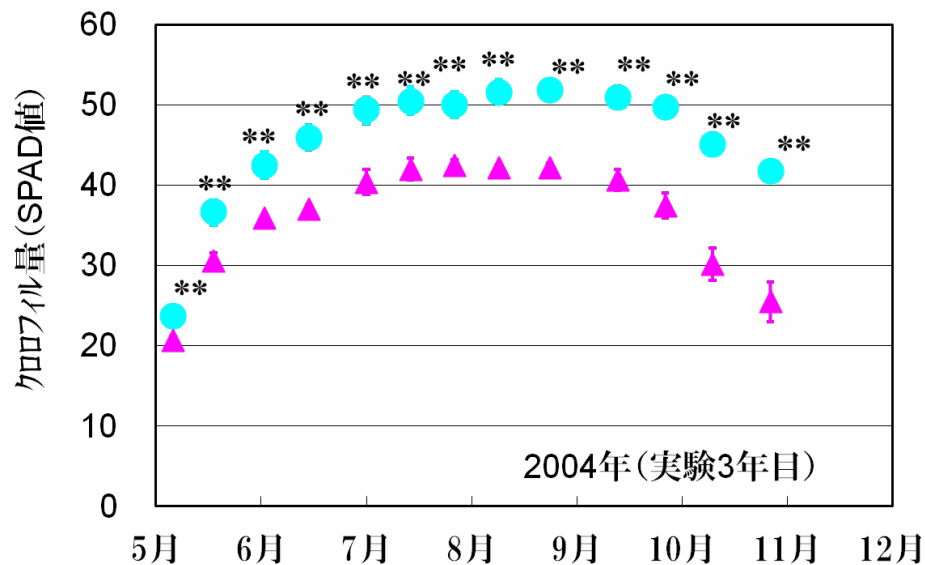


2003年10月14日撮影

(先行研究1) オゾンによる成長評価

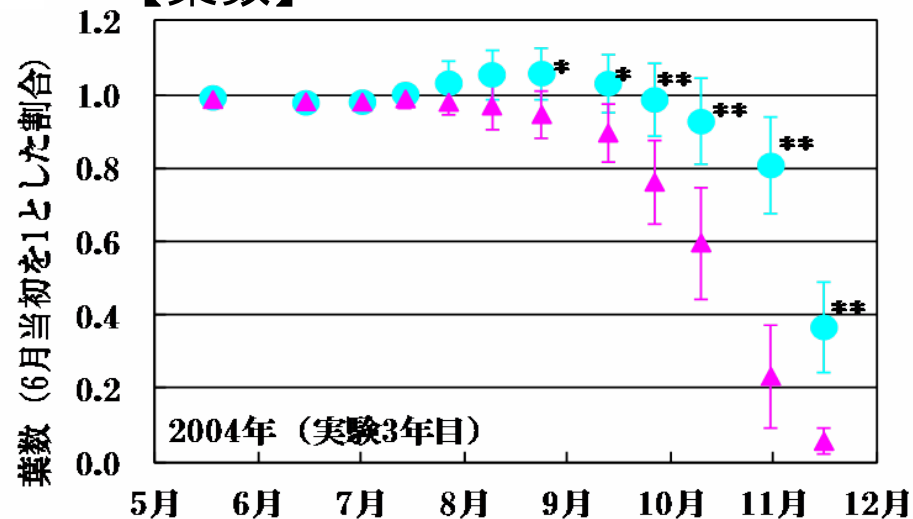
(2007武田他)

【SPAD値】 ●:浄化区 ▲:曝露区

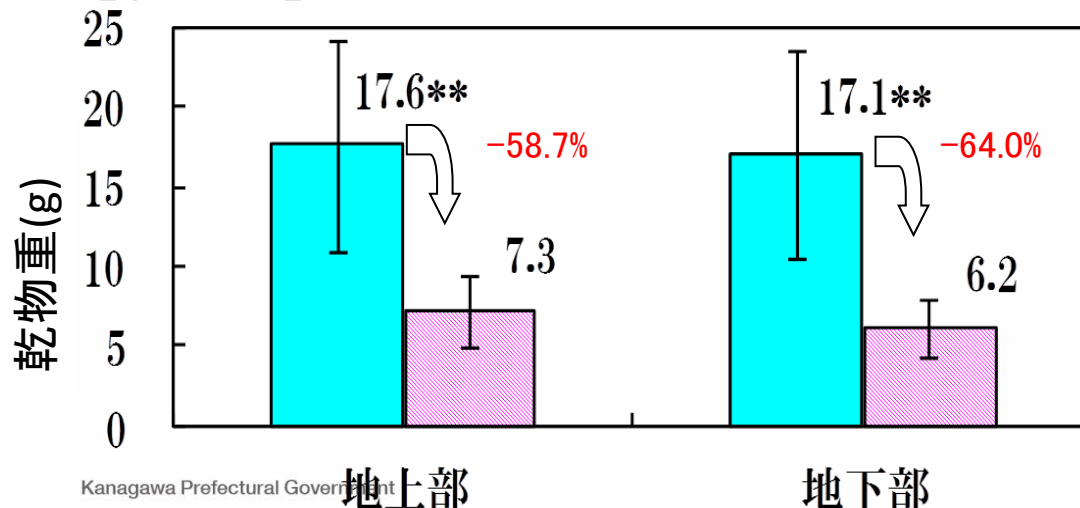


【葉数】

*:p<0.05 **:p<0.01



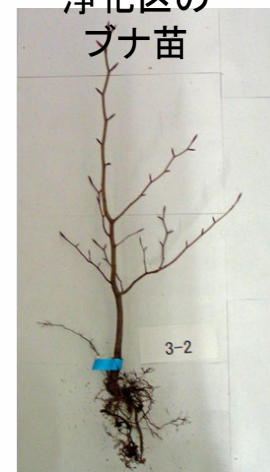
【乾物重】



曝露区の
ブナ苗



浄化区の
ブナ苗



2004年12月13日撮影

(先行研究2) 日射量による成長評価

1980年頃 1993～96 1999 2004～06 2006 2007～11 2022～26

ブナ枯れ発生

尾根の南側に枯死域が連続
・危険域… 1000m～1600m
・枯死域… 1500m～1600m

丹沢大山自然環境総合調査

丹沢大山保全計画策定

衰退進行度の高い地点
・高標高、平坦地
・平均日射量が高い
・土壌水分指数が低い

丹沢大山総合調査

丹沢大山自然再生計画策定

かながわ水源環境保全再生施策・
丹沢大山自然再生計画 第1期



かながわ水源環境保全再生施策・
丹沢大山自然再生計画 第4期

97-98

大規模
食害

2007

大規模
食害

2011

大規模
食害

2013

大規模
食害

枯死・草地化の進行

(先行研究2) 日射量による成長評価

1980年頃 1993～96 1999 2004～06 2006 2007～11 2022～26

・尾根の
・枯死危険

丹沢

丹沢

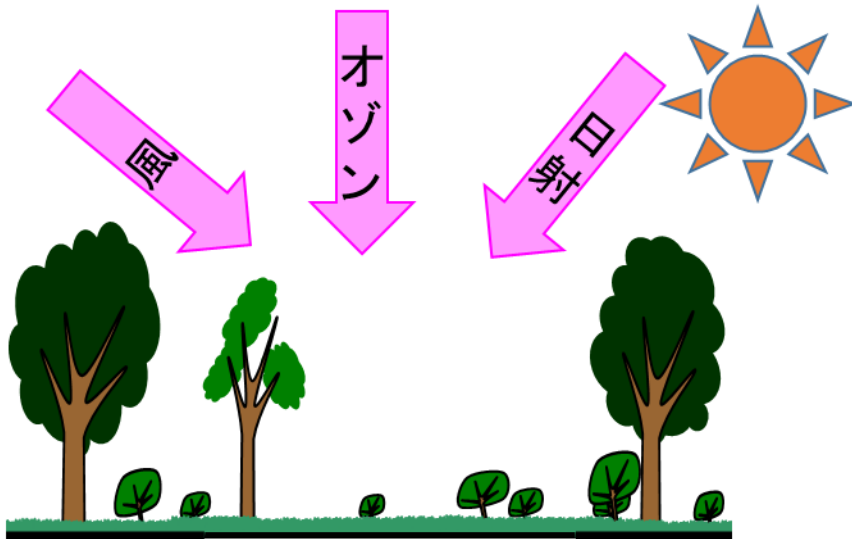
・土壌
・平均
・高標
・衰退進

丹沢

丹沢

丹沢
かなが

丹沢
かなが



日射量とオゾンによる
影響は？

97-98

大規模
食害

2007

大規模
食害

2011

大規模
食害

2013

大規模
食害

枯死・草地化の進行

(先行研究2) 日射量による成長評価

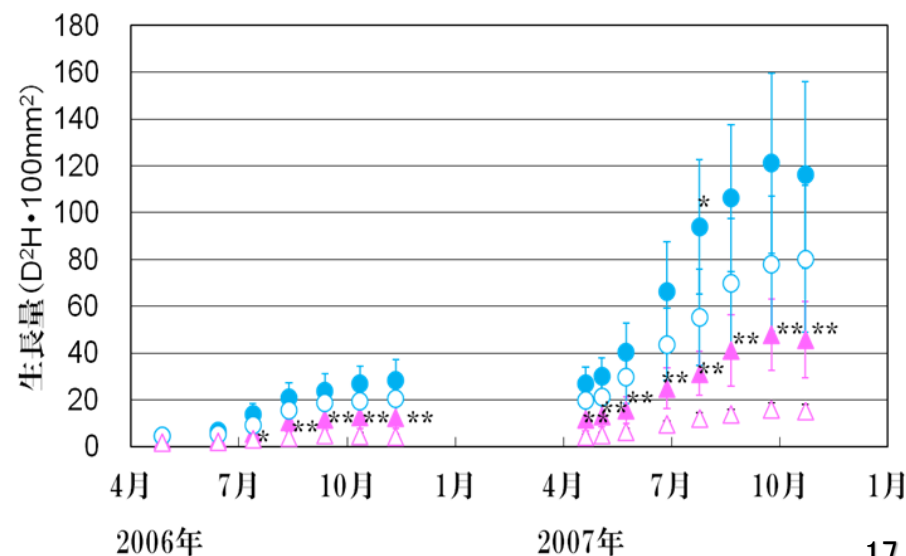
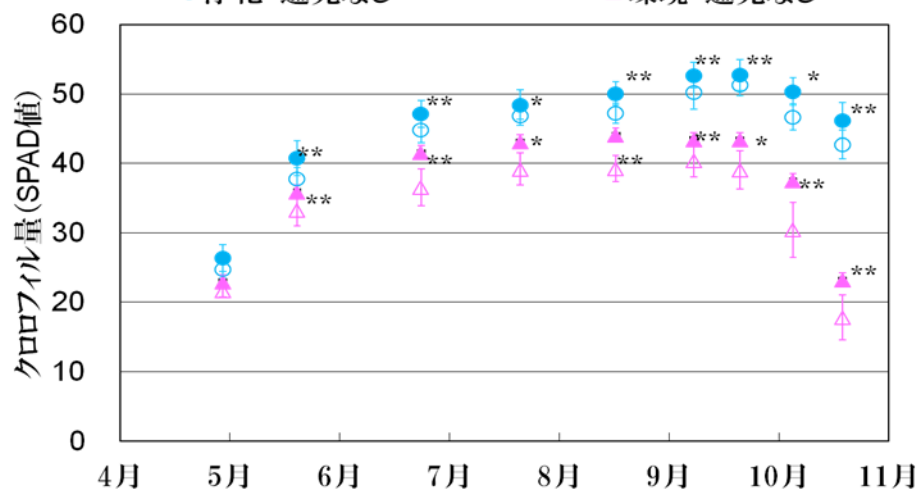
(2016武田他)

- ・浄化・日照
- ・浄化・日陰
- ・暴露・日照
- ・暴露・日陰



園芸用寒冷紗
(日光透過率50%)

- 浄化・遮光あり
- 浄化・遮光なし
- ▲ 環境・遮光あり
- △ 環境・遮光なし



先行研究（2007武田他）

オゾンストレスによる成長評価(2002～2004)

【試験区】環境大気区、活性炭フィルターに通気させた浄化区

【結果】環境大気区でクロロフィル量（SPAD値）や個体乾物重が低下

→**当時の環境大気がブナ苗の生育に影響を与えていることが判明**

水ストレスとの複合影響は不明

本研究

新たに、ブナ苗の埋設深度による水ストレス条件の設定

オゾン・水ストレス条件下での複合影響を解明

試験条件

供試材料：ブナ苗（丹沢山堂平産種子由来の苗木植栽時2年生）

試験期間：2020年4月～2024年3月（4年間）

試験株数：1試験区あたり12本（6本×2反復）

定植方法：赤土：腐葉土2:1で混和した用土を入れた不織布ポットに、
ブナ苗を1株ずつ定植

ストレス条件：**オゾンストレス**有（環境大気区）

無（活性炭フィルターに通気した浄化区）

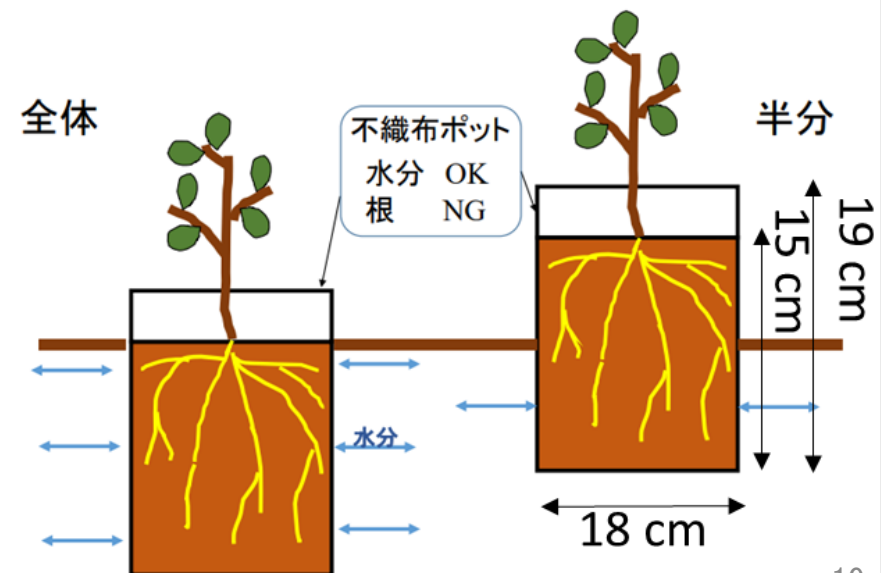
水ストレス有（不織布ポットを半分埋設）

無（不織布ポットを全体埋設）

試験区：4試験区を設定

	浄化区	環境大気区
全体埋設	非ストレス区	環境大気区
半分埋設	水ストレス区	複合区

土壌水分条件：埋設方法



【測定項目】

①生理活性指標

～着葉期（5～11月）～

- ・ 葉の単位面積当たりのクロロフィル含有量（SPAD値）
（SPAD-502 MINOLTA社）
- ・ 蒸散速度（PORPMETER AP4 Delta-T社）

②成長量

～休眠期～

- ・ 樹高、基部径（ポット表面から3cm上部を計測）、枯死株率

～試験期間終了時～

- ・ 器官別（葉、枝+幹、根）の乾物量（80℃15日間熱風乾燥機で乾燥）

3、4年目の様子

2022.11



非ストレス区



環境大気区



水ストレス区



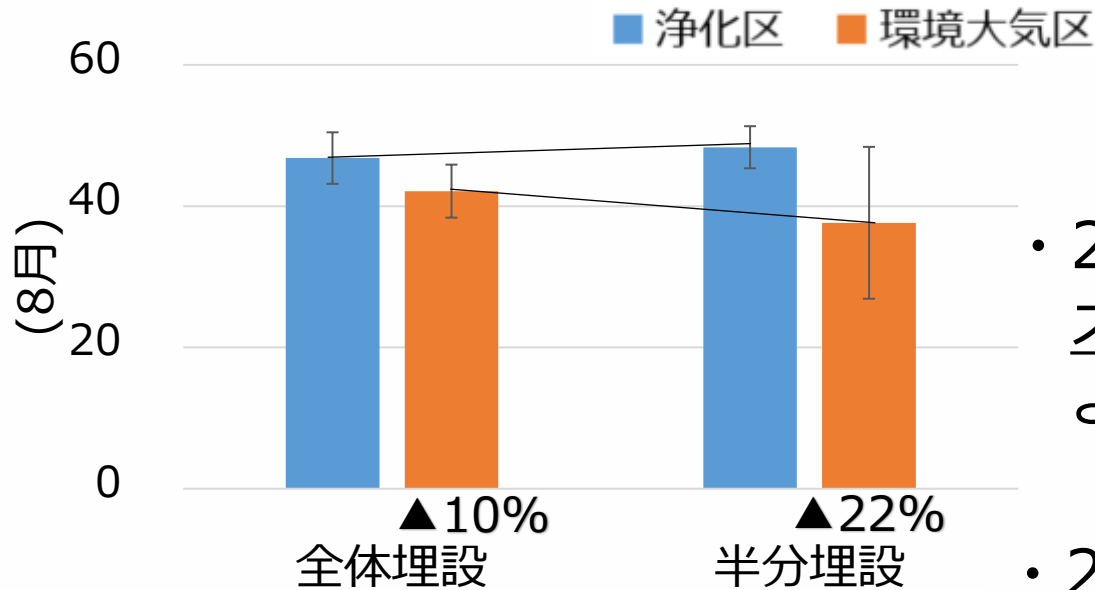
複合区

2023.8

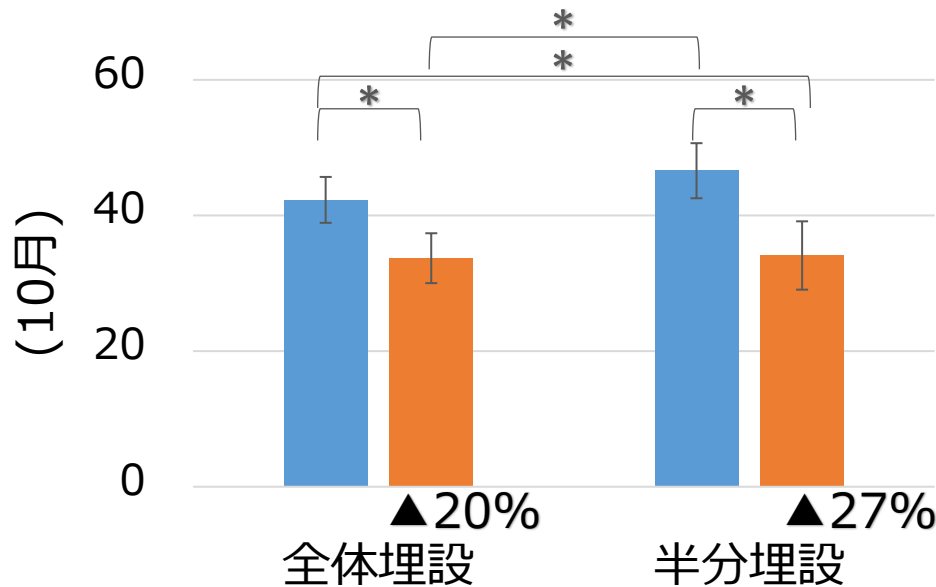


生理活性指標 SPAD値

3年目着葉期



2年目生育後半



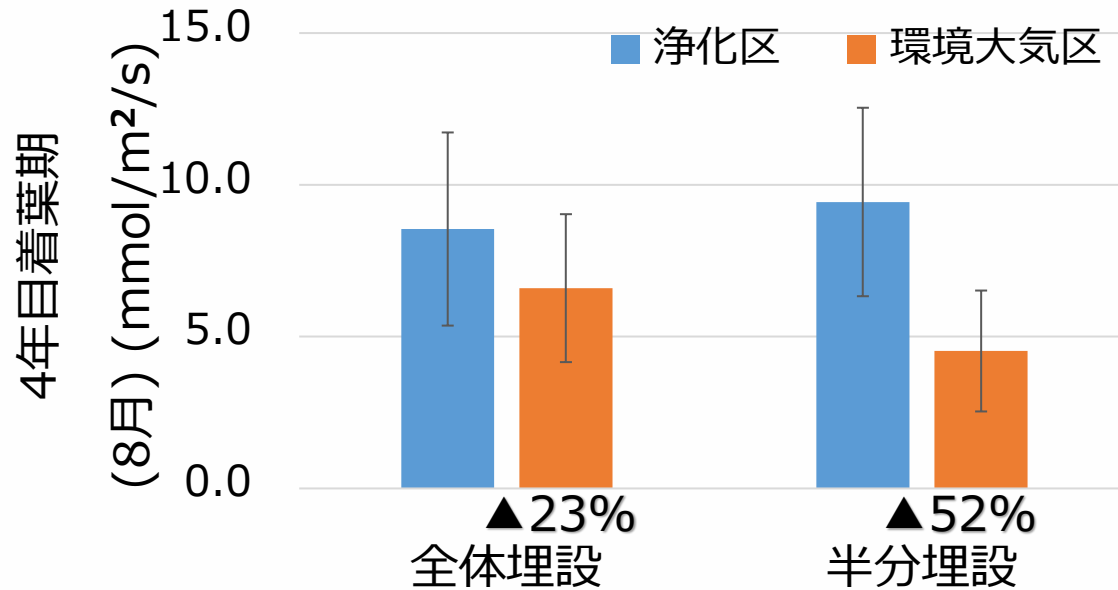
・ 2年目以降着葉期
オゾン・複合影響(**) によりSPAD値が低下

・ 2年目以降生育後半
オゾン影響(**) により
SPAD値が低下
葉の早期劣化（黄化）
がみられた

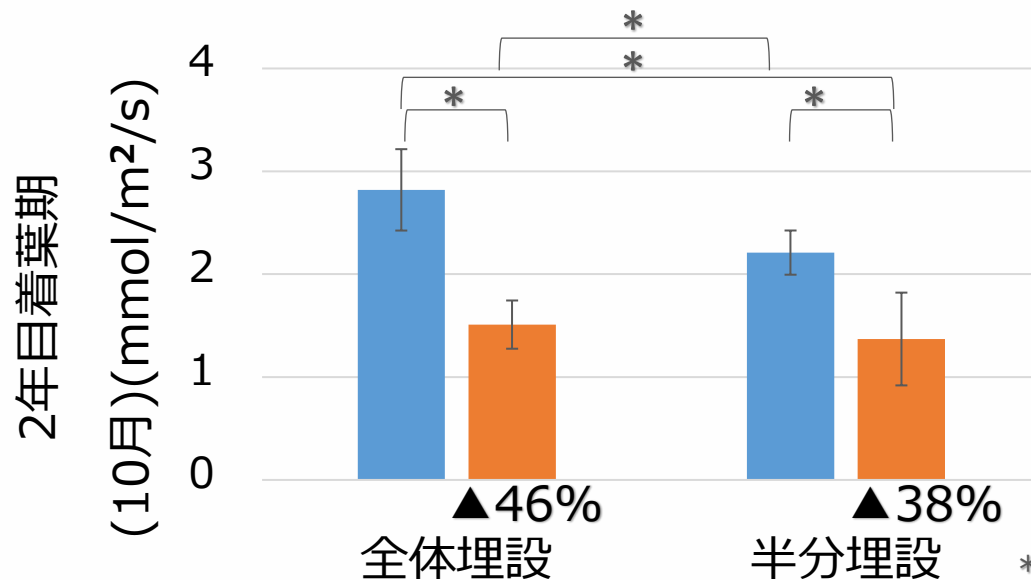
・ 水ストレスによるSPAD値への影響はみられなかった

*多重比較検定bonferroni法($p < 0.05$) 及び
**二元配置分散分析($p < 0.05$)による有意差あり

生理活性指標_蒸散速度



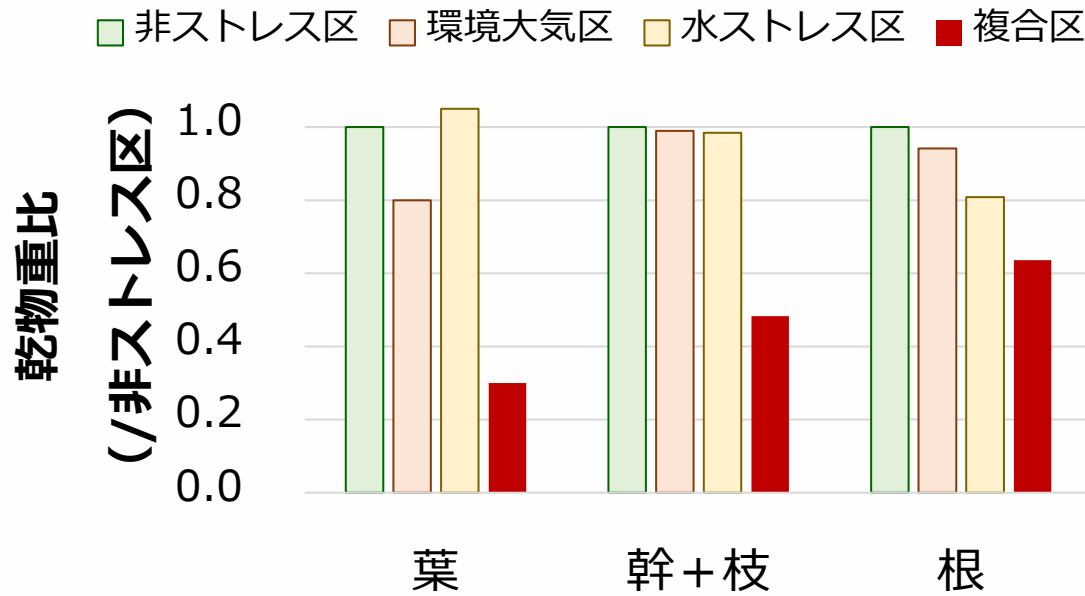
- 試験開始初年度から
オゾン影響(**)に
複合影響(**)により
蒸散速度が低下



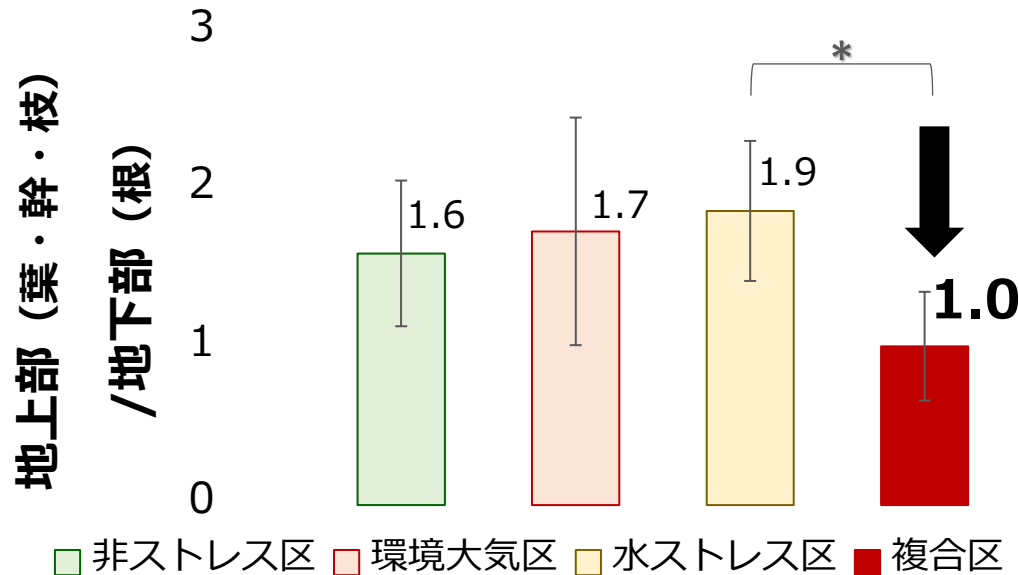
←水ストレスによる有意差が
認められたのは1度のみ

*多重比較検定bonferroni法(p<0.05) 及び
**二元配置分散分析(p<0.05)による有意差あり

成長量_乾物重



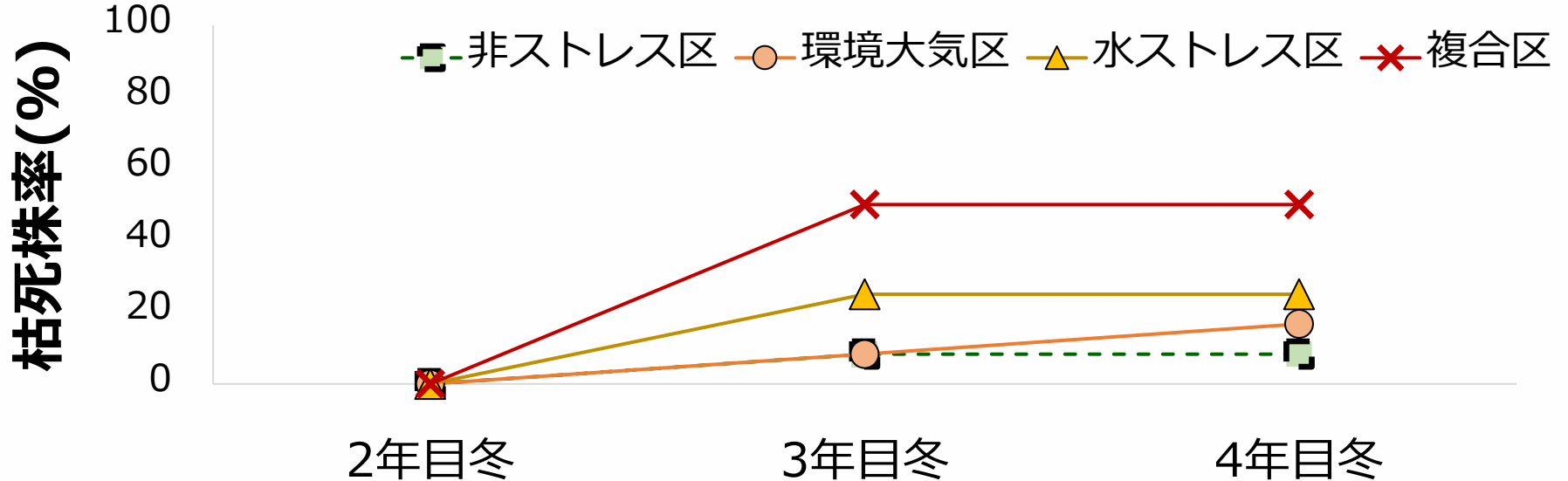
- ・ オゾン影響
葉(**) と根の成長低下
- ・ 水ストレス影響
根の成長が低下
- ・ 複合影響 **全部位で
約40%以上**の成長低下



複合影響により、
地下部とともに**地上部**
の成長が**抑制**

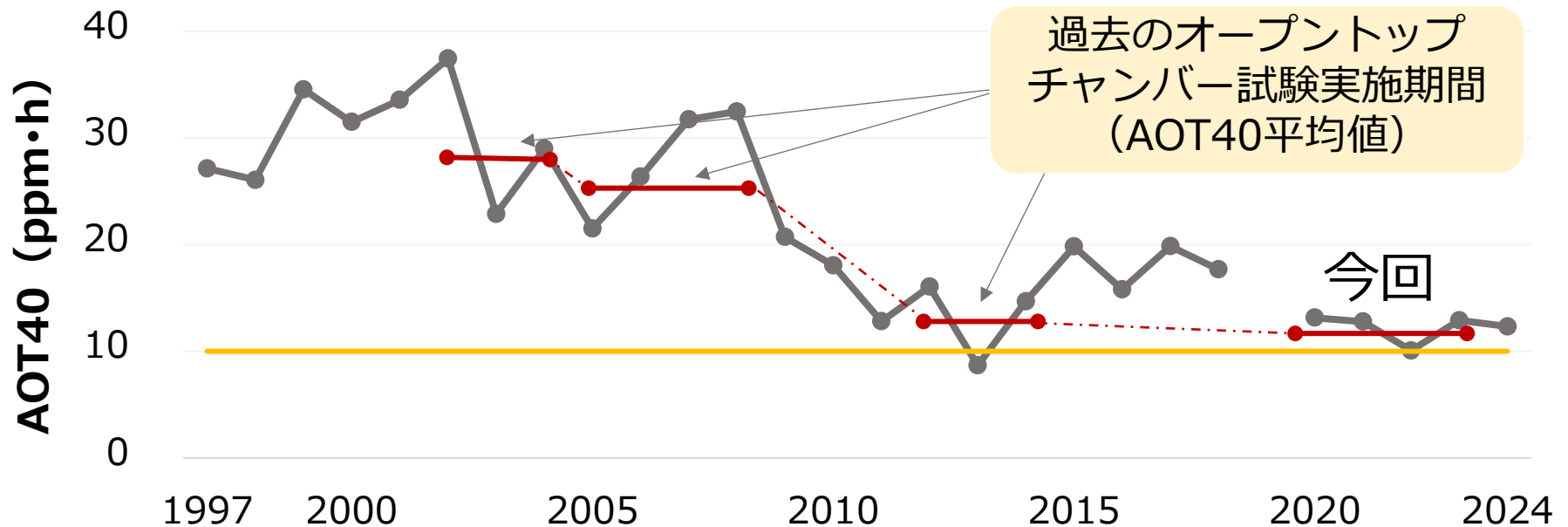
* 多重比較検定 bonferroni法 ($p < 0.05$) 及び
** 二元配置分散分析 ($p < 0.05$) による有意差あり

枯死株率



- 水ストレスによる生理活性への影響はみられなかったが、**枯死株率が増加**
- 複合区で約半数が枯死
→ **複合影響により枯死株率がさらに増加**

AOT40の経年変化～西丹沢犬越路測定局～



AOT40 (ブナに対するオゾンリスクの指標)

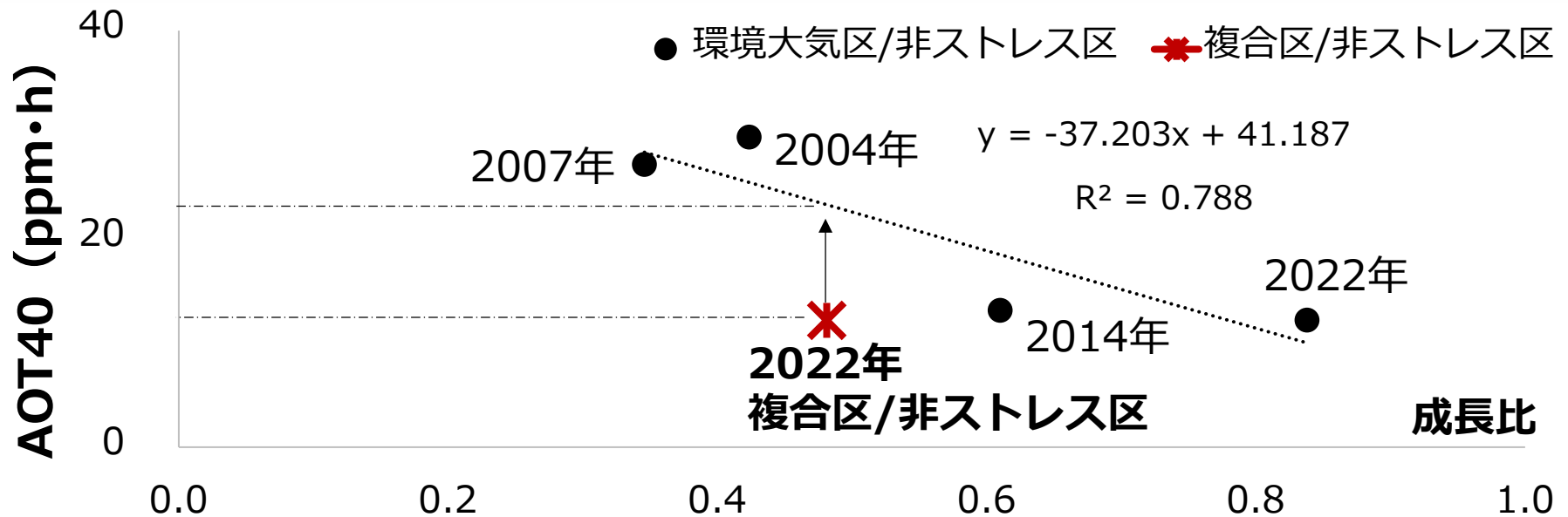
4～9月の日照時間（6～18時）のオゾン濃度1時間値の40ppbv超過分を積算
10ppm・hでヨーロッパブナの生育量が10%減少すると提案（Fuhrer他1997）

本試験期間のAOT40（2020～2023年度）

最大13.2ppm・h 平均12.2ppm・h

→オゾンストレスによる成長への影響が縮小されている？

AOT40と成長比の経年変化



$$\text{成長比} = \frac{\text{環境大気区 (3年目) の成長量}}{\text{環境大気区 (試験開始時) の成長量}} \div \frac{\text{非ストレス区 (3年目) の成長量}}{\text{非ストレス区 (試験開始時) の成長量}}$$

※成長量 = 樹高 cm × 基部径 mm² (2016武田他バイオマス量としている)

- ・ AOT40は低下、環境大気区/非ストレス区の成長比は増加
→ **オゾン**による成長抑制が**縮小**
- ・ 本試験3年目(2022年)複合区/非ストレス区の成長比は**0.5**
= AOT40約22.5 ppm·hに相当

大気汚染物質の経年変化

犬越路測定局の大気汚染物質（ NO_2 , SO_2 , O_3 ）は減少傾向

犬越路測定局及び丹沢大山山頂のオゾン濃度は過去に比べ低下、近年では横ばい

オープントップチャンバーによる成長評価

水ストレスによる生理活性への影響はみられなかったが、根の成長抑制及び枯死率の増加を確認

複合影響により、各ストレスを受けた以上の**成長抑制**及び**枯死率の増加**を確認

AOT40の低下により、オゾンによるブナ苗への成長影響は縮小
▽水ストレスとの複合影響により、現在も生理活性や成長に影響は生じている状態



オゾン濃度の低下

**土壤水分量を
高く維持**

**今後もシカ柵による下層植生の保護等の対策や
大気の監視を継続していく必要がある。**