

# ブナ林の衰退と大気・土壌環境に関する実験およびモニタリング

## Beech Forest Decline and Air/Soil Environments

NORNAC17  
23 Oct. 2014  
Takamatsu

○清水英幸<sup>1)</sup>・伊藤祥子<sup>1)</sup>・相原敬次<sup>2)</sup>・須田隆一<sup>3)</sup>・濱村研吾<sup>3)</sup>・家合浩明<sup>4)</sup>

○Hideyuki SHIMIZU<sup>1)</sup>, Shoko ITO<sup>1)</sup>, Keiji AIHARA<sup>2)</sup>, Ryuichi SUDA<sup>3)</sup>, Kengo HAMAMURA<sup>3)</sup>, Hiroaki YAGOH<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>国立環境研究所, <sup>2)</sup>神奈川県自然環境保全センター, <sup>3)</sup>福岡県保健環境研究所, <sup>4)</sup>新潟県保健環境科学研究所

**はじめに** 近年、日本各地で原因が特定されないブナ林の衰退が報告されている。これまで、神奈川県の丹沢山地などでの様々な調査研究から、オゾンや水欠乏の影響が指摘されてきた。しかし、これらの要因が**ブナの生育障害や枯死に及ぼす影響の程度や複合影響を含めた機作**については未だ明らかではない。そこで、制御環境下でブナの苗木にオゾンと水欠乏の複合的ストレスを長期間与え、ブナの生長に及ぼす慢性的影響について検討を行った。

### 環境制御実験 (Fig.1)

- ・**植物材料**: 丹沢産3年生ブナ苗木  
展葉する5月中旬まで野外で育成
- ・**制御環境**: 温度: 25 / 15 °C (昼 / 夜)  
湿度: 65 / 75 %RH (昼 / 夜)  
光: 自然光 (補助光: 5-19時)
- ・**計測項目**: バイオマス: 乾燥重量  
葉緑素含量: SPAD値  
可視障害率: 目視 (葉全体: 5%刻み)  
光合成速度: 光合成ポロメータ (CIRAS)  
蒸散速度: 上皿天秤重量法 (Mettler)
- ・**実験処理**: O<sub>3</sub> 3区 \* 灌水4区 = 12区  
O<sub>3</sub> 処理区 (22週間)  
0ppb: 対照  
50ppb: Max.100ppb, Min.20ppb  
70ppb: Max.120ppb, Min.40ppb  
灌水処理区 (降水量相当/22週間)  
1280mm (wet): 100% (対照)  
1024mm (moist): 80%  
720mm (semi-dry): 60%  
480mm (dry): 40%

### ・生長解析

相対生長率 (個体重あたり生長速度):  $RGR = 1/W * dW/dt = (\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)$   
 純同化率 (葉面積あたり生長速度):  $NAR = 1/A * dW/dt = (W_2 - W_1) / (A_2 - A_1) * (\ln A_2 - \ln A_1) / (t_2 - t_1)$   
 葉面積比 (葉面積の個体重比率):  $LAR = A/W = (A_2 - A_1) / (W_2 - W_1) * (\ln W_2 - \ln W_1) / (\ln A_2 - \ln A_1)$   
 W1, W2は, t1 (開始), t2 (終了) 時の個体乾重. A1, A2は, 同葉面積  
 ⇒ 生長を生理活性 (光合成) と形態構造 (葉量) に分けて解析  
 $RGR = 1/W * dW/dt = (1/A * dW/dt) * A/W = NAR * LAR$



Fig.1. オゾン×水ストレス長期複合処理実験. 左: 自然光環境制御室, 中: 蒸散計測, 右下: 光合成計測.

### 可視傷害と生長影響

- ・**ブナ苗木の生育障害**  
O<sub>3</sub>濃度高 + 灌水量小 → 落葉促進 (Fig.2)  
O<sub>3</sub> 0ppm + Dry → 一部落葉 → 再展葉有り
- ・**ブナ葉の可視傷害 (Fig.3)**  
O<sub>3</sub> 70ppb, 50ppb 曝露処理  
→ 葉に色むら・白色小斑点・茶褐色小斑点  
→ 葉全体茶褐色・落葉  
特に灌水量小で, 上記症状促進 (枯死も)  
⇒ 高O<sub>3</sub> + 強水ストレス → 可視障害 + 落葉促進
- ・**ブナの生長 (バイオマス) 影響 (Fig.4)**  
O<sub>3</sub>濃度高 → 乾重減少 (個体・葉・茎・根)  
灌水量小 → 乾重減少 (個体・葉・茎・根)  
⇒ 高O<sub>3</sub> + 強水ストレス → 乾重生長影響が大  
分散分析による複合影響解析 (Table 1)  
⇒ O<sub>3</sub>と水ストレスはブナ生長に相加的に影響
- ・**生長解析: RGRとNAR**  
⇒ 高O<sub>3</sub> + 強水ストレス → NAR低下 → RGR低下
- ・**生理活性影響: 光合成速度と蒸散速度**  
⇒ 高O<sub>3</sub> + 強水ストレス → 光合成活性の低下

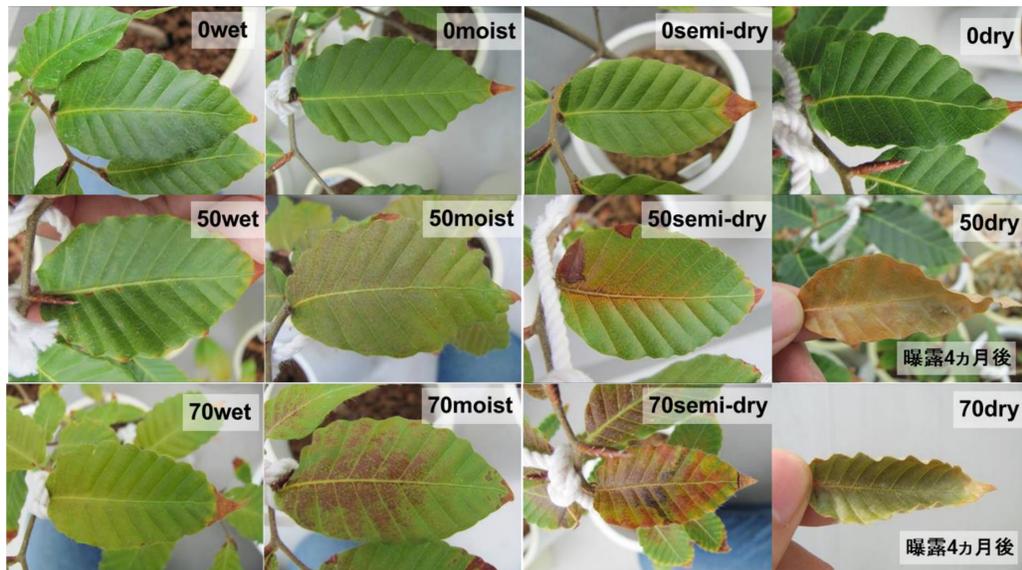
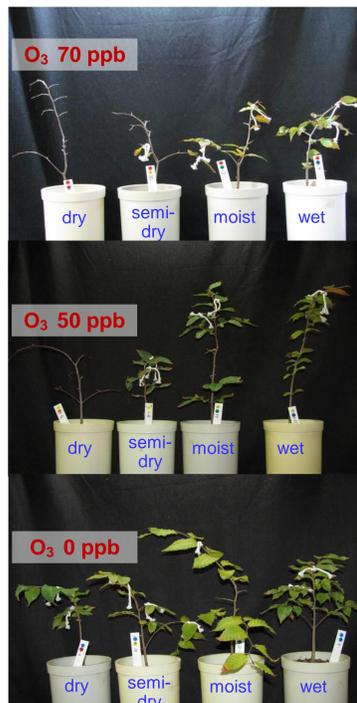


Fig. 2 (左). 処理22週間後のブナ苗木. 上段: O<sub>3</sub> 70ppb, 中段: O<sub>3</sub> 50ppb, 下段: O<sub>3</sub> 0ppb. 各写真とも左から, dry, semi-dry, moist, wet の灌水処理区の植物を示す.  
 Fig. 3 (上). 処理22週間 (一部16週間) 後のブナ葉. 上段: O<sub>3</sub> 70ppb, 中段: O<sub>3</sub> 50ppb, 下段: O<sub>3</sub> 0ppb. 各写真左から, dry, semi-dry, moist, wet の灌水処理区の植物を示す.

### ブナ林域のモニタリング

- ・**ブナ林の衰退度**: 0~4の5段階評価 (Fig.5)  
⇒ 衰退が顕著な神奈川県や福岡県で衰退度は大きい (静岡県や福井県は小さい)
- ・**葉緑素含有量**: 福岡県英彦山の場合 (Fig.5)  
⇒ 衰退度が大きい樹木では葉緑素含有量が秋季に顕著に低下
- ・**オゾン濃度**: パッシブサンプラー法 (Fig.6)  
⇒ ブナ林衰退が認められる神奈川県や福岡県で高濃度 (静岡県や福井県は小さい)

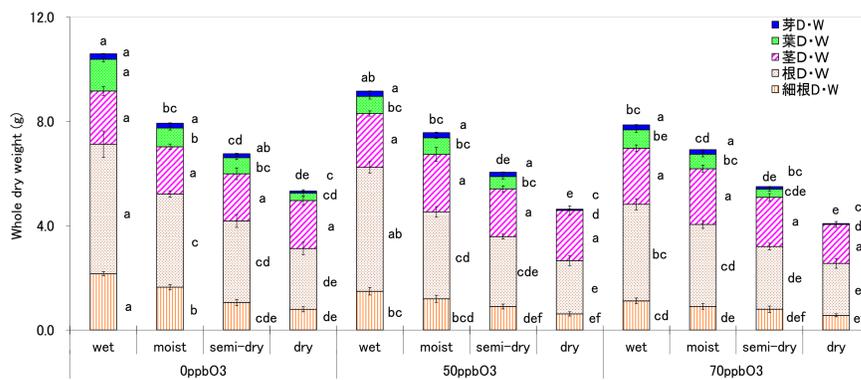


Fig. 4. 処理22週間後の個体全乾重と各器官の乾重. 図中の異なる英字はTurkeyの多重比較検定で有意差 (<5%) があることを示す.

Table 1. オゾンと水ストレスの各要因のブナ生長への影響解析. 個体と各器官の乾重の分散分析の結果.

	O <sub>3</sub>	W	O <sub>3</sub> × W
Leaf	16.2**	43.7**	1.8 <sup>NS</sup>
Bud	7.1**	81.5**	2.2 <sup>NS</sup>
Stem	0.7 <sup>NS</sup>	3.0*	1.1 <sup>NS</sup>
Root	21.9**	82.2**	2.1 <sup>NS</sup>
Whole plant	14.5**	65.1**	1.0 <sup>NS</sup>

数字はF値; \*\*:0.01有意, \*:0.05有意, NS:有意な差が認められない.

**結論** ブナの年間生長期間に相当する22週間のO<sub>3</sub>と水ストレスの単独および複合処理により、ブナの生長低下が確認された。  
 ○オゾンや水ストレスは、ブナに急性障害を及ぼさない程度でも、長期の処理により慢性的生理影響→生長障害を引き起こす。  
 ○これら両要因は、相加的に作用する。  
 各地ブナ林のモニタリングから、ブナ林衰退にオゾン濃度が関係している可能性がある。

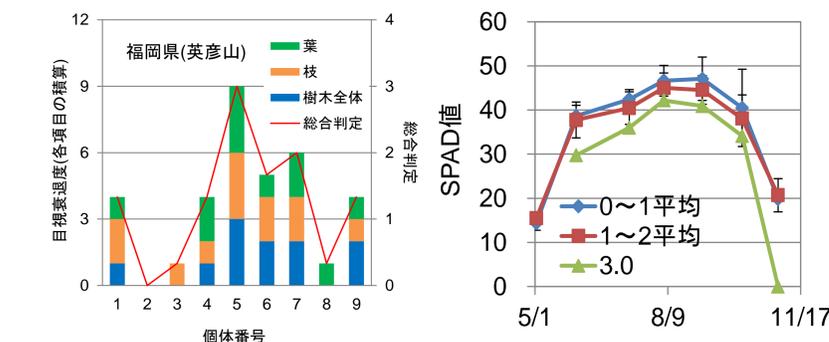


Fig. 5. 2012年度の福岡県英彦山におけるブナ林衰退度と衰退度の異なる樹木の葉緑素含有量の季節変化.

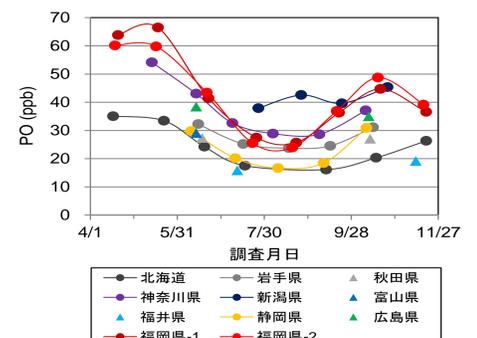


Fig. 6. 各調査地域のポテンシャルオゾン濃度

**謝辞** 本研究は環境省研究費および国環研研究費 (東アジアPG, 地公研II型) によって実施された.