

農作物、樹木の成長・収量に関する文献の一覧表

表1 イネの成長・収量に関する文献の一覧表

| 書誌情報 | 植物種 | 品種名 | 試験地 | オゾン曝露装置 | 曝露濃度制御方法 | 曝露水準 | 曝露処理期間 | 曝露評価指標 下線は曝露応答関数の導出に用いられた指標 | 実験の繰り返し(チャンパー反復) | 実験(チャンパー)あたりの個体数 | ポット実験か否か | Water TrapもしくはPSAの有無 | 成長・収量に関するエンドポイントの概要 | 独自の曝露応答関数の有無 | 成長・収量に関する定量的記載の有無 | その他観察したエンドポイントの分類 | 栽培環境条件の記録の有無 | 供試土壌の種類 | 他の環境要因との複合処理実験か |
|--|-----|--|---------|-----------------|------------------------------|---|--|--|------------------|--|-----------|----------------------|--|-----------------|-------------------|-------------------|---------------|------------------------------|-----------------|
| 1 中村 拓, 太田保夫, 橋本俊一, 沖野英男, (1976) 光化学オキシダントによる稲の被害について: 第2報 空気浄化法による生育収量の解析. 日本作物学会紀事, 45, 630-636. | イネ | コシヒカリ、レイメイ、日本晴、トヨニシキ | 埼玉県鴻巣市 | (2) 自然光型ファイトトロン | (2) 浄化空気と野外空気 | CF NF | コシヒカリ: 1975年6月6日~10月15日(移植から収穫まで) その他3種: 1975年6月14日~10月15日(移植から収穫まで) | 光化学オキシダント24時間平均濃度 日中光化学オキシダント12時間 (6:00~18:00)平均濃度 | なし | コシヒカリ: 2株/ポット、20ポット/チャンパー 他3品種: 2株/ポット、5ポット/チャンパー | ポット実験 | なし | 地上部全重、穂数、総穎花数、登熟歩合、精もみ千粒重、精もみ重、葉面積 | なし | あり | 可視障害、成分、光合成パラメーター | 施肥量 | 記載なし | 二酸化硫黄 |
| 2 沖野英男, 今村三郎, 井戸豊, 田辺仁志, (1981) 光化学オキシダントが水稻の生育収量に及ぼす影響 フィルタードエアチャンパー法による検討. 愛知県農業総合試験場研究報告, 13, 85-88. | イネ | 日本晴 | 記載なし | (2) 自然光型ファイトトロン | (2) 浄化空気と野外空気 | CF NF | 1978~1980年(6月中旬植え付け~10月中旬刈取り。3回実施) | 積算曝露量 pphm・h (測定期間6月15日~10月15日) 積算曝露量 pphm・h (測定期間7月1日~7月20日) | なし | 48株(1978、1979年は96株、1980年は60株植え付けし、水田中央の48株について調査) | ポット実験ではない | なし | 草丈、茎数、わら重、穂重、もみ数(主稈)、稔実歩合(主稈)、玄米重、千粒重 | あり(浄化・非浄化室の穂数差) | あり | なし | 施肥量 | 第三紀水田作土 | なし |
| 3 仁柴宏保, 阿江教治, 脇本賢三, (1985) 低濃度オゾンの長期間接触による水稻への影響. 中国農業試験場報告, E22, 55-69. | イネ | 中生新千本、日本晴 | 記載なし | (1) 人工気象室 | (1) 一定濃度曝露 | 0 ppm 0.05 ppm 0.1 ppm | 0.05 ppm区 1979年、1980年試験: 0.05 ppm×12時間(6:00~18:00)、0.025 ppm×12時間(18:00~6:00) 1981年試験: 0.05 ppm×6時間(10:00~16:00)、0.00 ppm×18時間(16:00~10:00) 0.1 ppm区 1979年、1980年試験: 0.1 ppm×12時間(6:00~18:00)、0.025 ppm×12時間(18:00~6:00) 1981年試験: 0.1 ppm×6時間(10:00~16:00)、0.00 ppm×18時間(16:00~10:00) 1979~1981年、各年6~10月(移植後1週間目から収穫10日前まで) | 日中濃度(6:00~18:00又は10:00~16:00) | なし | 記載なし | ポット実験 | なし | 草丈、茎数、稈長、穂長、穂数、総もみ数、わら重、もみ数(主稈)、稔実歩合(主稈)、精もみ重、収量比(オゾン0ppm群と比較)、精もみ千粒重、一穂精もみ数 | なし | あり | 可視障害、成分 | 温度、湿度、施肥量 | 中国農試圃揚の土壌(海成沖積土、細粒灰色低地土、佐賀統) | 窒素の施肥量(3条件) |
| 4 Nouchi, I., Ito, O., Harazono, Y. & Kobayashi, K. (1991) Effects of chronic ozone exposure on growth, root respiration and nutrient uptake of rice plants. Environmental Pollution, 74, 149-164. | イネ | コシヒカリ | 記載なし | (2) 自然光型ファイトトロン | (1) 一定濃度曝露 | 0±0.01 ppm (対照区) 0.05±0.005 ppm 0.10±0.005 ppm | 8時間(8:00~16:00)×8週間 1988年3月3日~4月28日 | 日中8時間(8:00~16:00)平均濃度 | なし | 2個体/株、96株/3チャンパー | 水耕栽培 | あり | 葉面積(葉身別)、個体乾重量、相対成長速度、純同化速度、葉面積比、地下部/地上部比 | なし | 図のみ。本文中に一部数値あり。 | 可視障害、成分、光合成パラメーター | 温度、湿度、施肥量、光強度 | 記載なし | なし |
| 5 矢島正晴, (1993) 水稻の物質生産に及ぼす影響の定量的解析. 農林水産技術会議事務局(編) 長期・低濃度広域大気汚染が主要農作物に及ぼす影響の解明と評価法の開発に関する研究, 279, pp. 14-19. | イネ | コシヒカリ、日本晴 | 茨城県つくば市 | (4) グリーンハウス型OTC | (5) 浄化空気と野外空気と野外濃度比例追随型オゾン曝露 | 0.4×O ₃ 1.0×O ₃ 1.5×O ₃ 2.0×O ₃ 2.7×O ₃ | コシヒカリ: 移植1987年5月28日~収穫期 日本晴: 移植1988年5月12日~収穫期 移植1989年4月26日~収穫期 (いずれもオゾン接触時間9:00~16:00) | 生育期間中のO ₃ 濃度平均値 | なし | 各サンプリングは6株ずつ | ポット実験ではない | なし | 全重、精玄米重、穂数、もみ数、玄米千粒重、登熟歩合、[葉面積指数、葉身重、光・乾物変換係数] | あり(収量) | 一部あり(左記[]内は図のみ) | なし | 光強度、温度 | 記載なし | なし |
| 6 Kobayashi, K., Okada, M. & Nouchi, I. (1995) Effects of ozone on dry matter partitioning and yield of Japanese cultivars of rice (<i>Oryza sativa</i> L.). Agriculture, Ecosystems & Environment, 53, 109-122. | イネ | コシヒカリ、日本晴 | 茨城県つくば市 | (4) グリーンハウス型OTC | (5) 浄化空気と野外空気と野外濃度比例追随型オゾン曝露 | 0.5×O ₃ 1.0×O ₃ 1.5×O ₃ * 2.0×O ₃ 2.75×O ₃ *1989年のみ1.4×O ₃ | コシヒカリ: 1987年6月12日(移植15日後)~9月24日(移植119日後) 1989年4月27日(移植1日後)~9月21日(移植148日後) 日本晴: 1988年6月2日(移植21日後)~10月6日(移植147日後) いずれもオゾン曝露時間7時間(9:00~16:00) | 栄養成長期の平均O ₃ 濃度 生殖成長期の平均O ₃ 濃度 全曝露期間の平均O ₃ 濃度 全曝露期間の日中(9:00~16:00)平均O ₃ 濃度 | なし | 3個体/株 収量:10~48株 その他:地上部6株、地下部3株 | ポット実験ではない | なし | 葉面積指数(LAI)、総乾燥重量(地上部、根、枯葉)、個体に対する器官別乾重量の割合(葉身、葉鞘と稈、根、枯葉、穂)、穂数、一穂もみ数、千粒重、登熟歩合、精もみ重、収穫指数 | あり(収量) | 図のみ | なし | 施肥量 | 記載なし | なし |
| 7 Nouchi, I., Ito, O., Harazono, Y. & Kouchi, H. (1995) Acceleration of ¹³ C-labelled photosynthate partitioning from leaves to panicles in rice plants exposed to chronic ozone at the reproductive stage. Environmental Pollution, 88, 253-260. | イネ | コシヒカリ | 記載なし | (2) 自然光型ファイトトロン | (1) 一定濃度曝露 | 0±0.01 ppm (対照区) 0.05±0.005 ppm 0.10±0.005 ppm | 8時間(8:00~16:00)×約7週間(48日間、途中29日目に ¹³ CO ₂ 供給実験を実施) 1988年10月4日~31日、11月2~21日(11月1日に ¹³ CO ₂ 供給実験を実施) | 日中8時間(8:00~16:00)平均濃度 | なし | 10個体/箱、9箱/3チャンパー | ポット実験 | あり | 個体乾重量、器官別乾重量と個体乾重量の比(葉身、穂、葉鞘と稈、根)、地下部/地上部比、光合成器官/非光合成器官比、葉面積 | なし | 図のみ | 成分 | 温度、湿度、施肥量、光強度 | 記載なし | なし |
| 8 Yonekura, T., Shimada, T., Miwa, M., Arzate, A. & Ogawa, K. (2005) Impacts of tropospheric ozone on growth and yield of rice (<i>Oryza sativa</i> L.). Journal of Agricultural Meteorology, 60, 1045-1048. | イネ | コシヒカリ、日本晴、あきたこまち、ひとめぼれ、トヨニシキ、キヌヒカリ、朝の光、彩のかがやき、サキハタモチ | 埼玉県加須市 | (5) OTC | (5) 浄化空気と野外空気と野外濃度比例追随型オゾン曝露 | CF 1.0×O ₃ 1.5×O ₃ | 2003年6月29日~10月6日(100日) | 日中8時間(9:00~17:00)平均濃度 日中AOT0(9:00~17:00) 日中AOT40(9:00~17:00) | なし | 4個体/ブロック、3ブロック | ポット実験 | あり | 葉数、もみ数、精もみ重 | あり(収量) | 図のみ | なし | 気温、施肥量 | 砂 | なし |

表1 イネの成長・収量に関する文献の一覧表(続き)

| | 書誌情報 | 植物種 | 品種名 | 試験地 | オゾン曝露装置 | 曝露濃度制御方法 | 曝露水準 | 曝露処理期間 | 曝露評価指標 下線は曝露応答関数の導出に用いられた指標 | 実験の繰り返し(チャンパー反復) | 実験(チャンパー)あたりの個体数 | ポット実験か否か | Water TrapもしくはPSAの有無 | 成長・収量に関するエンドポイントの概要 | 独自の曝露応答関数の有無 | 成長・収量に関する定量的記載の有無 | その他観察したエンドポイントの分類 | 栽培環境条件の記録の有無 | 供試土壌の種類 | 他の環境要因との複合処理実験か |
|----|--|-----|---|---------|-----------------|------------------------------|--|---|---|------------------|--------------------|----------|----------------------|--|--------------|-------------------|--------------------|---------------|---------|-----------------|
| 9 | Yamaguchi, M., Inada, H., Satoh, R., Hoshino, D., Nagasawa, A., Negishi, Y., Sasaki, H., Nouchi, I., Kobayashi, K. & Izuta, T. (2008) Effects of ozone on the growth, yield and leaf gas exchange rates of two Japanese cultivars of rice (<i>Oryza sativa</i> L.). Journal of Agricultural Meteorology, 64, 131-141. | イネ | コシヒカリ、キヌヒカリ | 東京都八王子市 | (4) グリーンハウス型OTC | (1) 一定濃度曝露 | CF 60 ppb 100 ppb | 7時間(10:00~17:00) 2007年5月30日~9月20日 | 日中7時間(10:00~17:00)平均濃度 日照時AOT40(>50 W m ⁻² の時間) | 3チャンパー反復 | 6個体/箱、12箱/チャンパー | ポット実験 | あり | 個体乾重量、器官別乾重量(葉身、葉鞘と茎、根、穂)、個体あたりの分けつ数、個体あたりの収量(一個体あたりの稈実もみの乾重量)、個体あたりの穂数、一穂あたりの乾重量、一穂もみ数、一穂あたりの稈実もみ数、稈実率、千粒重、一個体あたりの葉面積、[相対成長速度、純同化速度、葉面積比穂への乾物分配率] | なし | 一部あり(左記[]内は図のみ) | 光合成パラメーター | 施肥量、温度、湿度、光強度 | 黒土 | — |
| 10 | Sawada, H. & Kohno, Y. (2009) Differential ozone sensitivity of rice cultivars as indicated by visible injury and grain yield. Plant Biology, 11, 70-75. | イネ | ・ジャポニカ種: きらら397, あきたこまち, 里のゆき, まっしぐら, つがるロマン, ササニシキ, ひとめぼれ, コシヒカリ, はえぬき, 夢つくし, ゆめひたち, 日本晴 ・インディカ種: Kasalath, Takanari, IR36, IR64, Jothi, KRH-2, Suphanburi 1, Suphanburi 90 | 群馬県前橋市 | (3) ガラス温室型OTC | (5) 浄化空気と野外空気と野外濃度比例追随型オゾン曝露 | CF 0.8×O ₃ 1.0×O ₃ 1.5×O ₃ 2.0×O ₃ | 移植(2008年6月2日~10日)~収穫(2008年9月4日~10月31日)品種により94~150日 | 日平均O ₃ 濃度 積算O ₃ 曝露量(ppb・h) | 2チャンパー反復 | 4個体/ポット、5ポット/品種 | ポット実験 | なし | 相対収量(もみ重) | あり(収量) | 図のみ | 可視障害 | 施肥量 | 記載なし | — |
| 11 | Frei, M., Kohno, Y., Tietze, S., Jekle, M., Hussein, M.A., Becker, T. & Becker, K. (2012a) The response of rice grain quality to ozone exposure during growth depends on ozone level and genotype. Environmental Pollution, 163, 199-206. | イネ | IR64, きらら397, Kasalath, コシヒカリ, 日本晴, SL41 | 群馬県前橋市 | (3) ガラス温室型OTC | (5) 浄化空気と野外空気と野外濃度比例追随型オゾン曝露 | CF 1.0×O ₃ 2.0×O ₃ 2.5×O ₃ | 移植~収穫期 IR64: 2009年5月15日~10月14日 きらら397: 2009年5月11日~9月5日 Kasalath: 2009年5月25日~9月30日 コシヒカリ: 2009年5月11日~10月2日 日本晴: 2009年5月12日~10月22日 SL4: 2009年5月12日~10月21日 | 日最高濃度の平均値 日中12時間(6:00~18:00)平均濃度 24時間平均濃度 AOT40 | 2チャンパー反復 | 4株/ポット、4ポット/遺伝子型 | ポット実験 | なし | 千粒重、玄米重 | なし | 図のみ | 成分 | 施肥量、温度、湿度 | 火山灰土壌 | — |
| 12 | Frei, M., Wissuwa, M., Pariasca-Tanaka, J., Chen, C.P., Sudekum, K.H. & Kohno, Y. (2012b) Leaf ascorbic acid level-is it really important for ozone tolerance in rice? Plant Physiology and Biochemistry, 59, 63-70. | イネ | 日本晴、日本晴の変異体(L-アスコルビン酸生成に関与するGDP-n-マンノース-3',5'-エピメラゼ遺伝子の挿入変異体(ND6172)) | 群馬県前橋市 | (3) ガラス温室型OTC | (5) 浄化空気と野外空気と野外濃度比例追随型オゾン曝露 | CF 1.0×O ₃ 1.5×O ₃ 2.0×O ₃ 2.5×O ₃ | 2010年5月末~10月(移植~収穫期まで18週間) | 日最高濃度の平均値 日中12時間(6:00~18:00)平均濃度 日中12時間(6:00~18:00)積算濃度 | 2チャンパー反復 | 4個体/ポット、5ポット/遺伝子型 | ポット実験 | なし | 地上部重、もみ重、玄米重、わら重、収穫指数、千粒重、稈実率 | なし | あり | 成分 | 施肥量、温度、湿度 | 火山灰土壌 | — |
| 13 | Tsukahara, K., Sawada, H., Matsumura, H., Kohno, Y. & Tamaoki, M. (2013) Quantitative trait locus analyses of ozone-induced grain yield reduction in rice. Environmental and Experimental Botany, 88, 100-106. | イネ | ササニシキ、ハバタキ | 群馬県前橋市 | (3) ガラス温室型OTC | (6) 野外空気と野外濃度比例追随型オゾン曝露 | NF (natural air) 2.0×O ₃ | 2009年5月21日~9月24日又は25日 | 日最高濃度の平均値 日中12時間(6:00~18:00)平均濃度 | なし | 4個体/ポット、5ポット/チャンパー | ポット実験 | なし | 総もみ重、最大葉身長、稈長、一次枝梗数、一穂もみ数、[出穂日、茎数(稈数)、地上部バイオマス、穂長、総もみ数、稈実もみ数、稈実率、千粒重] | なし | 一部あり(左記[]内は図のみ) | 可視障害、光合成パラメーター、その他 | 施肥量 | 記載なし | — |
| 14 | Yamaguchi, M., Hoshino, D., Inada, H., Akhtar, N., Sumioka, C., Takeda, K. & Izuta, T. (2014) Evaluation of the effects of ozone on yield of Japanese rice (<i>Oryza sativa</i> L.) based on stomatal ozone uptake. Environmental Pollution, 184, 472-480. | イネ | コシヒカリ | 東京都八王子市 | (4) グリーンハウス型OTC | (5) 浄化空気と野外空気と野外濃度比例追随型オゾン曝露 | CF 1.0×O ₃ 1.5×O ₃ | 2009年6月3日~9月21日(早植)、2009年6月23日~9月30日(遅植) | 24時間平均濃度 日中12時間(6:00~18:00)平均濃度 日中7時間(10:00~17:00)平均濃度 AOT0 (24時間) 日照時AOT0 (>50 W m ⁻² の時間) AOT40 (24時間) 日照時AOT40 (>50 W m ⁻² の時間) AOT40 (開花日を中央とした3カ月間の>50 W m ⁻² の時間) POD ₁₀ (開花日からの有効積算温度・300~100°C) | 3チャンパー反復 | 6個体/箱、2箱/チャンパー | ポット実験 | あり | 個体あたりの収量(一個体あたりの稈実もみの乾重量)、穂数、一穂もみ数、稈実率、千粒重 | あり(収量) | あり | 光合成パラメーター | 気温、相対湿度、施肥量 | 黒ボク土 | — |

表1 イネの成長・収量に関する文献の一覧表(続き)

| 書誌情報 | 植物種 | 品種名 | 試験地 | オゾン曝露装置 | 曝露濃度制御方法 | 曝露水準 | 曝露処理期間 | 曝露評価指標 下線は曝露応答関数の導出に用いられた指標 | 実験の繰り返し(チャンパー反復) | 実験(チャンパー)あたりの個体数 | ポット実験が 否か | Water TrapもしくはPSAの有無 | 成長・収量に関するエンドポイントの概要 | 独自の曝露応答関数の有無 | 成長・収量に関する定量的記載の有無 | その他観察したエンドポイントの分類 | 栽培環境条件の記録の有無 | 供試土壌の種類 | 他の環境要因との複合処理実験か |
|--|-----|-----------------------------------|---------|---------------------|--|---|--|--|------------------|-------------------------|--------------|----------------------|---|--------------|-------------------|-------------------|---------------|---------|-----------------|
| 15 Tsukahara, K., Sawada, H., Kohno, Y., Matsuura, T., Mori, I.C., Terao, T., Ioki, M. & Tamaoki, M. (2015) Ozone-induced rice grain yield loss is triggered via a change in panicle morphology that is controlled by ABERRANT PANICLE ORGANIZATION 1 gene. PLOS ONE, 10(12):1-11. | イネ | ササニシキ、ハバタキ(39個の染色体置換系統(CSSLs)を含む) | 群馬県前橋市 | (3)ガラス温室型OTCと(5)OTC | (2) 浄化空気と野外空気 (6) 野外空気と野外濃度比例追従型オゾン曝露 | 2009年と2010年 : AA 2.3倍AA (2009年)、 1.96倍AA(2010年) 2011年 : CF NF | 2009年4月10日～9月25日 2010年4月28日～9月28日 2011年5月13日～9月30日 | 日中12時間(6:00～18:00)平均濃度 | なし | 4個体/ポット、5ポット/チャンパー | ポット実験 | なし | 総もみ重、一次枝梗数、バイオマス、稈長、茎数(稈数)、穂長、穂数、稈実もみ数、不稈もみ数、総もみ数、一穂あたりの稈実もみ数、千粒重、稈実率 | なし | あり | 可視障害、成分、その他 | 気温、相対湿度、光強度 | 記載なし | — |
| 16 Sawada, H., Tsukahara, K., Kohno, Y., Suzuki, K., Nagasawa, N. & Tamaoki, M. (2016) Elevated ozone deteriorates grain quality of japonica rice cv. Koshihikari, even if it does not cause yield reduction. Rice, 9, 7. | イネ | コシヒカリ、Kasalath | 茨城県つくば市 | (4) グリーンハウス型OTC | (4) 野外空気と野外濃度+一定濃度オゾン添加 | AA O ₃ | 2014年6月15日～9月19日(O ₃ 添加は10:00～17:00) | 日中7時間(10:00～17:00)平均濃度 | なし | 3個体/ポット、4ポット/品種 | ポット実験 | なし | 穂数、総もみ数、稈実もみ数、稈実率、千粒重、もみ重、相対収量、コシヒカリのもみの大きさ(直径、幅、厚さ、容量、密度) | なし | あり | 成分、その他 | 施肥量、温度、湿度、光強度 | 記載なし | — |
| 17 Yamaguchi, M., Nishi, Y., Kawada, S. & Nakashima, K. (2018) Tropospheric ozone reduces resistance of Japonica rice (<i>Oryza sativa</i> L., cv. Koshihikari) to lodging. Journal of Agricultural Meteorology, 74, 97-101. | イネ | コシヒカリ | 長崎県長崎市 | (5) OTC | (3) 浄化空気と野外空気と野外濃度+一定濃度オゾン添加 | FA NF NF+20 ppb NF+35 ppb | 2015年5月21日～9月7日(109日間) (台風の影響により6月24、26、27日は曝露なし) | 日中8時間(9:00～17:00)平均濃度 日中12時間(6:00～18:00)平均濃度 24時間平均濃度 SUM06 日照時AOT40 (PPFD > 230 μmol m ⁻² s ⁻¹ の時間) | 4チャンパー反復 | 1個体/株、3株/ポット、3ポット/チャンパー | ポット実験 | あり | 個体乾重量、地下部/地上部比、穂数 | なし | あり | その他 | 施肥量、温度、湿度、光強度 | 黒ボク土 | — |
| 18 Tatsumi, K., Abiko, T., Kinose, Y., Inagaki, S. & Izuta, T. (2019) Effects of ozone on the growth and yield of rice (<i>Oryza sativa</i> L.) under different nitrogen fertilization regimes. Environmental Science and Pollution Research, 26, 32103-32113. | イネ | コシヒカリ | 東京都八王子市 | (4) グリーンハウス型OTC | (5) 浄化空気と野外空気と野外濃度比例追従型オゾン曝露 | CF 1.0×O ₃ 1.5×O ₃ | 2017年6月11日～10月8日 | 24時間平均濃度 日中12時間(6:00～18:00)平均濃度 日照時AOT40 (> 50 W m ⁻² の時間) | 3チャンパー反復 | 3個体/ポット、7ポット/チャンパー | ポット実験 | あり | 器官別乾重量(葉、茎、根、穂)、個体乾重量、[葉面積、器官別乾重量と個体乾重量の比、玄米重、穂数、一穂もみ数、千粒重、登熟歩合、収穫指数] | なし | 一部あり(左記[]内は図のみ) | なし | 施肥量 | 黒ボク土 | 窒素負荷(2段階) |

OTC : オープントップチャンパー、CF, FA: 浄化空気 (区)、NF, AA : 非浄化空気 (区)、PPFD : 光合成有効量子束密度

表2 コマツナの成長・収量に関する文献の一覧表

| 書誌情報 | 植物種 | 品種名 | 試験地 | オゾン曝露装置 | 曝露濃度制御方法 | 曝露水準 | 曝露処理期間 | 植物の成長段階における曝露期間 | 曝露評価指標 下線は曝露応答関数の導出に用いられた指標 | 実験の繰り返し(チャンパー反復) | 実験(チャンパー)あたりの個体数 | ポット実験か否か | Water TrapもしくはPSAの有無 | 成長・収量に関するエンドポイントの概要 | 独自の曝露応答関数の有無 | 成長・収量に関する定量的記載の有無 | その他観察したエンドポイントの分類 | 栽培環境条件の記録の有無 | 供試土壌の種類 | 他の環境要因との複合処理実験か否か |
|--|------|---|------|----------------------|------------|--------------------------------|---|-----------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|----------|----------------------|--|-------------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|
| 1 Izuta, T., Takahashi, K., Matsumura, H. & Totsuka, T. (1999) Cultivar difference of <i>Brassica campestris</i> L. in the sensitivity to O ₃ based on the dry weight growth. Journal of Japan Society for Atmospheric Environment, 34, 137-146. | コマツナ | みずぎ、ブララ、新晩生、丸葉、晩生、楽天、ごぜき、晩生、はるみ、夏楽天、さおり | 記載なし | (7) その他:人工光がついたアクリル箱 | (1) 一定濃度曝露 | CF 130±10 ppb | 4時間(10:00~14:00)×3日間(8, 10, 12日目) | 播種後8, 10, 12日目(15日目にサンプリング) | 平均濃度 | なし | 10個体/曝露区 | ポット実験 | なし | 葉面積、個体乾重量、相対成長速度、純同化速度、葉面積比 | なし | あり | 光合成パラメーター | 気温、相対湿度、施肥量、光強度 | 人工培土(Kureha Chemical Co.) | — |
| 2 Yonekura, T., Kihira, A., Shimada, T., Miwa, M., Arzate, A., Izuta, T. & Ogawa, K. (2005) Impacts of O ₃ and CO ₂ enrichment on growth of komatsuna (<i>Brassica campestris</i>) and radish (<i>Raphanus sativus</i>). Phytol, Annales Rei Botanicae, Horn, 45, 229-235. | コマツナ | 楽天 | 記載なし | (1) 人工気象室 | (1) 一定濃度曝露 | CF 60 ppb 90 ppb 120 ppb | 5時間(10:00~15:00, 08:30~10:00)で徐々に増加、15:00~16:30で徐々に低下)×30日間 | 播種後30日間 | AOT40 | 記載なし | 記載なし | ポット実験 | なし | 葉の数、葉面積、個体乾重量、器官別乾重量(地上部、地下部)、地上部/地下部比 | あり(浄化空気区の収量を100とした時の各オゾン処理区の成長の相対値) | あり | なし | 気温、相対湿度 | 黒色土 | CO ₂ (2段階) |

表3 ハツカダイコンの成長・収量に関する文献の一覧表

| 書誌情報 | 植物種 | 品種名 | 試験地 | オゾン曝露装置 | 曝露濃度制御方法 | 曝露水準 | 曝露処理期間 | 植物の成長段階における曝露期間 | 曝露評価指標 下線は曝露応答関数の導出に用いられた指標 | 実験の繰り返し(チャンパー反復) | 実験(チャンパー)あたりの個体数 | ポット実験か否か | Water TrapもしくはPSAの有無 | 成長・収量に関するエンドポイントの概要 | 独自の曝露応答関数の有無 | 成長・収量に関する定量的記載の有無 | その他観察したエンドポイントの分類 | 栽培環境条件の記録の有無 | 供試土壌の種類 | 他の環境要因との複合処理実験か否か |
|---|---------|-----------------------|-------------|-----------------|---------------|--------------------------------------|--|--|--|------------------|---------------------|----------|----------------------|--|-------------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-------------------------|-----------------------|
| 1 伊豆田 猛, 滝川正義, 堀江勝年, 三宅 博, 戸塚 績. (1988a) ハツカダイコンの生長を指標とした小型オープントップチャンパーによる大気環境の評価. 大気汚染学会誌, 23, 284-292. | ハツカダイコン | コメット | 東京都府中市 | (5) OTC | (2) 浄化空気と野外空気 | CF NF | 7日間。1987年6月1日~6月7日、7月18日~7月24日、7月27日~8月2日、7月31日~8月6日、8月27日~9月2日、10月20日~10月26日 | 播種後8日~14日目(15日目に午前10時にサンプリング) | 日中8時間(8:00~16:00)の積算濃度の平均値 | 記載なし | 12個体/曝露区/回 | ポット実験 | — | 葉面積(本葉、子葉、全葉)、個体乾重量、器官別乾重量(葉+葉柄、下胚軸+根)、相対成長速度、純同化速度、葉面積比 | あり(個体乾重量、子葉面積、相対成長速度、純同化速度) | あり | なし | 気温、相対湿度、施肥量、光強度 | 鹿沼土の上から園芸用培土(クレハ化学製) | — |
| 2 伊豆田 猛, 堀江勝年, 三宅 博, 戸塚 績. (1988b) オープントップチャンパーによる府中市における大気環境の評価. 人間と環境, 14, 12-22. | ハツカダイコン | コメット | 東京都府中市 | (5) OTC | (2) 浄化空気と野外空気 | CF NF | 19日間。1986年7月17日~8月4日、8月21日~9月8日、10月23日~11月10日 | 播種後3日~20日目(21日目の午前10時にサンプリング) | 日平均値 日最高1時間値の平均値 24時間積算濃度の平均値 日中8時間(8:00~16:00)の積算濃度の平均値 19日間(浄化区、非浄化区を設定した日からサンプリング日の全日までの積算濃度 | 記載なし | 12個体/曝露区/回 | ポット実験 | — | 葉面積(本葉、子葉、全葉)、個体乾重量、器官別乾重量(子葉、本葉、全葉、葉柄、地下部)、子葉の面積の相対値 | なし(図のみ子葉の面積の相対値) | あり | 可視障害 | 気温、相対湿度、施肥量、光強度 | 鹿沼土の上から園芸用培土(クレハ化学製) | — |
| 3 伊豆田 猛, 船田 周, 大橋 毅, 三宅 博, 戸塚 績. (1988c) 異なる温度条件下におけるハツカダイコンの生長に対するオゾンの影響. 大気汚染学会誌, 23, 209-217. | ハツカダイコン | コメット | 記載なし | (2) 自然光型フアイトトロン | (1) 一定濃度曝露 | コントロール区 0.10±0.01 ppm | 4時間(10:00~14:00)×7日間 | 播種後11日~17日目 | 平均濃度 ppm | 記載なし | 各条件10~15個体(2個体/ポット) | ポット実験 | なし | 葉面積、個体乾重量、相対成長速度、純同化速度、葉面積比 | なし | あり | 光合成パラメーター | 気温、相対湿度、施肥量、光強度 | 園芸用培土(クレハ化学) | 温度(3条件)、光(2条件) |
| 4 Totsuka, T., Miyake, H. & Izuta, T. (1989) An evaluation of air-polluted environment by a plant indicator with small-sized open top chambers. In Man and his ecosystem: proceedings of the 8th World Clean Air Congress 1989 held at the Hague, 11-15 September 1989, Brasser, L. J., International Union of Air Pollution Prevention Associations, Mulder, W. C. & World Clean Air Congress, (eds.) Elsevier: Vol. 2, pp. 41-45. | ハツカダイコン | コメット | 東京都府中市 | (5) OTC | (2) 浄化空気と野外空気 | CF NF | 7日間。1987年6月1~7日、7月18~24日、7月27日~8月2日、7月31日~8月6日、8月27日~9月2日、10月20~26日 | 播種後8日~14日目(15日目にサンプリング) | 日中8時間(8:00~16:00)積算濃度の平均値 | 記載なし | 12個体/曝露区 | ポット実験 | — | 葉面積(子葉、全葉)、個体乾重量、相対成長速度、純同化速度、葉面積比 | あり(個体乾重量、子葉面積) | あり | なし | 気温、施肥量、光強度 | 培土 | — |
| 5 Izuta, T., Funada, S., Ohashi, T., Miyake, H. & Totsuka, T. (1991) Effects of low concentrations of ozone on the growth of radish plants under different light intensities. Environmental Sciences, 1, 21-33. | ハツカダイコン | コメット | 記載なし | (2) 自然光型フアイトトロン | (1) 一定濃度曝露 | CF 0.05±0.005 ppb 0.1±0.01 ppb | 4時間(10:00~14:00)×7日間。 | 播種13日後~19日後(20日後にサンプリング) | 曝露濃度 | 記載なし | 10~15個体/曝露区 | ポット実験 | なし | 葉面積、個体乾重量、相対成長速度、純同化速度、葉面積比 | なし | あり | 光合成パラメーター | 気温、相対湿度、施肥量、光強度 | 培土(Kureha Chemical Co.) | 光強度(3段階)(寒冷紗で遮光) |
| 6 伊豆田 猛, 大津 源, 堀江勝年, 三宅 博, 戸塚 績. (1992) オープントップチャンパー法による東京都奥多摩町における大気環境評価. 大気汚染学会誌, 27, 329-335. | ハツカダイコン | コメット | 東京都西多摩郡奥多摩町 | (5) OTC | (2) 浄化空気と野外空気 | CF NF | 7日間。1989年6月2~8日、6月16~22日、7月25~31日、8月25~31日、1990年6月6~12日、7月19~25日、8月24~30日、9月18~24日、10月2~8日 | 播種7日後~14日後(14日後の午前10時にサンプリング) | 日中8時間(8:00~16:00)の積算濃度の平均値 日最高1時間値の平均値 | 記載なし | 12~14個体/曝露区/回 | ポット実験 | — | 葉面積(本葉、子葉、全葉)、個体乾重量、相対成長速度、純同化速度、葉面積比 | あり(非浄化区の子葉面積の浄化区に対する相対値) | あり | なし | 気温、施肥量、光強度 | 鹿沼土の上から園芸用培土(長羽化学社製) | — |
| 7 Izuta, T., Miyake, H. & Totsuka, T. (1993) Evaluation of air-polluted environment based on the growth of radish plants cultivated in small-sized open-top chambers. Environmental Sciences, 2, 25-37. | ハツカダイコン | コメット | 東京都府中市 | (5) OTC | (2) 浄化空気と野外空気 | CF NF | 7日間。1979~1989年に17回。1987年6月1~7日、7月27日~8月2日、7月31日~8月6日、8月27日~9月2日、10月20~26日。1988年4月20~26日、5月5~11日、5月23~29日、6月6~12日、7月6~12日、7月25~31日、8月10~16日。1989年4月10~16日、5月2~8日、5月22~28日、6月5~11日、6月19~25日。 | 播種8日後~14日後(15日後にサンプリング) | 日中8時間(8:00~16:00)の積算濃度の平均値 | 記載なし | 14~16個体/曝露区 | ポット実験 | — | 葉面積(子葉、全葉)、個体乾重量、相対成長速度、純同化速度、葉面積比 | あり(相対個体乾重量、葉面積、子葉面積、相対成長速度、純同化速度) | あり | 可視障害 | 気温、施肥量、光強度 | 培土(Kureha Chemical Co.) | — |
| 8 Izuta, T., Ohtsu, G., Miyake, H. & Totsuka, T. (1994) Effects of ozone on dry weight growth, net photosynthetic rate and leaf diffusive conductance in three cultivars of radish plants. Journal of Japan Society of Air Pollution, 29, 1-8. | ハツカダイコン | コメット、ユキコマチ、ホワイトチェリッシュ | 東京都府中市 | (5) OTC | (1) 一定濃度曝露 | CF 0.15 ppb | 4時間(10:00~14:00)×5日間 (1990年8月16~22日) | 播種10日後~17日後(7日間の中で5日間O ₃ 曝露を実施) | 曝露濃度 | 記載なし | 10個体/曝露区 | ポット実験 | なし | 葉面積、個体乾重量、相対成長速度、純同化速度、葉面積比 | なし | あり | 光合成パラメーター | 気温、相対湿度、施肥量、光強度 | 人工培土 | — |
| 9 Yonekura, T., Kihira, A., Shimada, T., Miwa, M., Arzate, A., Izuta, T. & Ogawa, K. (2005) Impacts of O ₃ and CO ₂ enrichment on growth of komatsuna (<i>Brassica campestris</i>) and radish (<i>Raphanus sativus</i>). Phytol, Annales Rei Botanicae, Horn, 45, 229-235. | ハツカダイコン | 赤丸 | 記載なし | (1) 人工気象室 | (1) 一定濃度曝露 | CF 60 ppb 90 ppb 120 ppb | 5時間(10:00~15:00, 08:30~10:00)で徐々に増加、15:00~16:30で徐々に低下)×30日間 | 播種後30日間 | AOT40 | 記載なし | 記載なし | ポット実験 | なし | 葉の数、葉面積、個体乾重量、器官別乾重量(地上部、地下部)、地上部/地下部比 | あり(浄化空気区の収量を100とした時の各オゾン処理区の成長の相対値) | あり | なし | 気温、相対湿度 | 黒土 | CO ₂ (2段階) |
| 10 中島健太郎, 西 祐理子, 川田彩香, 山口真弘. (2018) オープントップチャンパー法を用いたハツカダイコンの生長に対するオゾンの影響を指標とした長崎の大気環境評価. 大気環境学会誌, 53, 186-193. | ハツカダイコン | コメット | 長崎県長崎市 | (5) OTC | (2) 浄化空気と野外空気 | CF NF | 7日間。2015年3月23~30日、4月21~28日、5月11~18日、5月22~29日、6月23~30日、7月17~24日、8月13~20日、9月26日~10月3日、10月16~23日 | 本葉の展開が始まった頃から7日間(処理開始後8日目の午前9時にサンプリング) | 24時間平均値 日中8時間(9:00~17:00)平均値 SUM00 SUM06 日照時AOT40(>50 W m ⁻² またはPPFD>230 μmol m ⁻² s ⁻¹) | 4チャンパー反復 | 1個体/ポット、8ポット/チャンパー | ポット実験 | — | 個体乾重量、器官別乾重量(葉と葉柄(地上部、下胚軸と根(地下部))) | なし | あり | なし | 気温、相対湿度、光強度 | 園芸培土(花と野菜の土、タキイ種苗株式会社) | — |

OTC: オープントップチャンパー、CF: 浄化空気 (区)、NF: 非浄化空気 (区)、PPFD: 光合成有効量子束密度

表4 樹木(アカマツ、カラマツ、ケヤキ、スギ、スダジイ、ブナ)の成長に関する文献の一覧表

| | 書誌情報 | 植物種 | 品種名 | 苗木/成木 | 試験地 | オゾン曝露装置 | 曝露濃度制御方法 | 曝露水準 | 曝露処理期間 | 曝露評価指標 下線は曝露応答関数の導出に用いられた指標 | 実験の繰り返し (チャンパー反復) | 実験(チャンパー)あたりの個体数 | ポット実験か否か | Water TrapもしくはPSAの有無 | 成長・収量に関するエンドポイントの概要 | 独自の曝露応答関数の有無 | 成長・収量に関する定量的記載の有無 | その他観察したエンドポイントの分類 | 栽培環境条件の記録の有無 | 供試土壌の種類 | 他の環境要因との複合処理実験か否か |
|---|--|---------------------|-----|--|----------------|-----------------|--------------------------------|--|--|---|----------------------|---|----------|----------------------|---|----------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|---------|-----------------------|
| 1 | 三輪 誠, 伊豆田 猛, 戸塚 績. (1993) スギ苗の生長に対する人工酸性雨とオゾンの単独および複合影響. 大気汚染学会誌, 28, 279-287. | スギ | — | 2年生 | 東京都府中市 | (5) OTC | (1) 一定濃度曝露 | CF 0.1 ppm 0.2 ppm 0.3 ppm | 4時間(11:00~15:00)/日×3日/週×12週間 1990年度(0.1 ppm), 1991年度(0.2 ppm, 0.3 ppm) 1990年5月14日~8月7日(12週間), 1991年5月27日~8月19日(12週間) | 曝露濃度(11:00~15:00、週3日) | なし | 15個体/チャンパー | ポット実験 | なし | 器官別乾重量(裸芽、針葉、全葉(裸芽と針葉を合わせたもの)、幹+枝(主軸と枝の軸を合わせたもの)、根)、個体乾重量、個体乾重量に対する各器官の乾重比(全葉、幹+枝、根)、地上部/地下部乾重比(T/R比)、各器官への同化産物の分配率 | なし | 図のみ | 光合成パラメーター | 気温 | 黒ボク土 | 酸性雨(4段階) |
| 2 | 松村秀幸, 青木 博, 河野吉久, 伊豆田 猛, 戸塚 績. (1996) スギ, ヒノキ, ケヤキ苗の乾物成長とガス交換速度に対するオゾンの影響. 大気環境学会誌, 31, 247-261. | ケヤキ、スギ | — | ケヤキ: 1年生 スギ: 2年生 | 千葉県我孫子市 | (2) 自然光型ファイトトロン | (4) 浄化空気と野外空気と野外交換速度比例追従型オゾン曝露 | CF 0.4×O ₃ 1.0×O ₃ 2.0×O ₃ 3.0×O ₃ | 1993年4月19日~10月3日、1994年4月11日~9月25日、1995年5月8日~10月22日 | 24時間平均濃度の期間平均 24時間平均濃度の最高値 日中12時間(6:00~17:59)平均濃度の期間平均 日中12時間(6:00~17:59)平均濃度の最高値 日最高1時間値の期間平均値 日最高1時間値の最高値 24時間積算濃度(ppm hr) 日中12時間(6:00~17:59)積算濃度(ppm hr) 葉の寿命1日あたりのオゾン積算濃度 | なし | 12個体(サンプリング数) | ポット実験 | あり | 個体乾重量、器官別乾重量(葉、幹、根)、[地上部乾重量と根乾重量の比(T/R比)、相対成長速度、純同化速度] | あり(個体乾重量、T/R、相対成長速度、純同化速度) | 一部あり(左記[]内は図のみ) | 可視障害、光合成パラメーター | 気温、相対湿度、施肥量、光強度 | 黒ボク土 | — |
| 3 | 松村秀幸, 小林卓也, 河野吉久. (1998) スギ, ウラジロモミ, シラカンバ, ケヤキ苗の乾物成長とガス交換速度に対するオゾンと人工酸性雨の単独および複合影響. 大気環境学会誌, 33, 16-35. | ケヤキ、スギ | — | ケヤキ: 1年生 スギ: 1年生 | 千葉県我孫子市 | (2) 自然光型ファイトトロン | (4) 浄化空気と野外空気と野外交換速度比例追従型オゾン曝露 | CF 0.4×O ₃ 1.0×O ₃ 2.0×O ₃ 3.0×O ₃ | 1995年5月9日~9月24日 | 24時間平均濃度の期間平均 24時間平均濃度の最高値 日中12時間(6:00~17:59)平均濃度の期間平均 日中12時間(6:00~17:59)平均濃度の最高値 日最高1時間値の期間平均値 日最高1時間値の最高値 24時間積算濃度(ppm hr) 日中12時間(6:00~17:59)積算濃度(ppm hr) 葉の寿命1日あたりのオゾン積算濃度 | なし | 12個体(サンプリング数) | ポット実験 | あり | 個体乾重量、器官別乾重量(葉、幹、根)、葉面積、[地上部乾重量と根乾重量の比] | あり(地上部乾重量と根乾重量の比) | 一部あり(左記[]内は図のみ) | 可視障害、光合成パラメーター | 気温、相対湿度、施肥量 | 黒ボク土 | 酸性雨(2段階) |
| 4 | 松村秀幸. (2000) 9種の針葉樹と5種の落葉広葉樹の生長におよぼす人工酸性ミストとオゾンの単独および複合影響. 電力中央研究所報告 U99035. ※Matsumura (2001)と同じ実験 | アカマツ、カラマツ、ケヤキ、スギ、ブナ | — | アカマツ: 1~2年生 カラマツ: 2年生 スギ: 1~2年生 ブナ: 1年生 ケヤキ: 1年生 | 千葉県我孫子市、群馬県前橋市 | (4) グリーンハウス型OTC | (2) 浄化空気と野外空気 | CF NF | アカマツ、スギ: 1993年6月~1995年11月 ケヤキ: 1993年6月~1994年11月 アカマツ、カラマツ、ケヤキ、スギ、ブナ: 1994年5月~1995年11月 | 24時間平均濃度の期間平均 24時間平均濃度の最高値 日中12時間(6:00~17:59)平均濃度の期間平均 日中12時間(6:00~17:59)平均濃度の最高値 日最高1時間値の期間平均値 日最高1時間値の最高値 24時間積算濃度(ppm hr) 日中12時間(6:00~17:59)積算濃度(ppm hr) | なし | 40~50個体 | ポット実験 | — | 個体乾重量、器官別乾重量(葉、幹、根) | あり(根乾重量) | あり | なし | 気温、施肥量 | 黒ボク土 | 酸性ミスト(2段階) |
| 5 | Matsumura, H. (2001) Impacts of ambient ozone and/or acid mist on the growth of 14 tree species: an open-top chamber study conducted in Japan. Water, Air, & Soil Pollution, 130, 959-964. ※松村 (2000)と同じ実験 | アカマツ、カラマツ、ケヤキ、スギ、ブナ | — | アカマツ: 1~2年生 カラマツ: 2年生 スギ: 1~2年生 ブナ: 1年生 ケヤキ: 1年生 | 千葉県我孫子市、群馬県前橋市 | (4) グリーンハウス型OTC | (2) 浄化空気と野外空気 | CF NF | アカマツ、スギ: 1993年6月~1995年11月 アカマツ、カラマツ、ケヤキ、スギ、ブナ: 1994年5月~1995年11月 | 24時間平均濃度 日中12時間(6:00~18:00)平均濃度 日最高1時間値の平均値 成長シーズン中の最高1時間値 日照時AOT40 (> 50 W m ⁻² の時間) | なし | 60個体/樹種/チャンパー(1993年)、40個体/樹種/チャンパー(1994年) | ポット実験 | — | 個体乾重量、器官別乾重量(葉+幹枝、根) | なし | あり | なし | 気温、施肥量 | 黒ボク土 | 酸性ミスト(2段階) |
| 6 | Nakaji, T. & Izuta, T. (2001) Effects of ozone and/or excess soil nitrogen on growth, needle gas exchange rates and Rubisco contents of <i>Pinus densiflora</i> seedlings. Water, Air, & Soil Pollution, 130, 971-976. | アカマツ | — | 1年生 | 東京都府中市 | (2) 自然光型ファイトトロン | (1) 一定濃度曝露 | CF 60 ppb | 8時間(9:00~17:00)5月22日~11月11日(173日) | 曝露濃度(9:00~17:00) | 2チャンパー反復 | 記載なし | ポット実験 | あり | 個体乾重量、器官別乾重量(針葉、幹枝、粗根、細根)、細根/粗根 | なし | あり | 成分、光合成パラメーター | 気温、相対湿度 | 褐色森林土 | 窒素負荷(3段階) |
| 7 | Yonekura, T., Dokiya, Y., Fukami, M. & Izuta, T. (2001) Effects of ozone and/or soil water stress on growth and photosynthesis of <i>Fagus crenata</i> seedlings. Water, Air, & Soil Pollution, 130, 965-970. | ブナ | — | 4年生 | 東京都府中市 | (2) 自然光型ファイトトロン | (1) 一定濃度曝露 | CF 60 ppb | 7時間/日(11:00~18:00) 1999年5月10日~10月12日(156日) | 曝露濃度(11:00~18:00) | 2チャンパー反復 | 15個体/条件、30個体/チャンパー | ポット実験 | あり | 個体乾重量、器官別乾重量(芽、葉、幹枝、根) | なし | 図のみ | 成分、光合成パラメーター | 気温、相対湿度、施肥量 | 褐色森林土 | 灌水(2段階) |
| 8 | 松村秀幸, 河野吉久. (2001) ウメ、ヤマザクラ、コナラ、スダジイおよびヒノキの生育におよぼす二酸化硫黄とオゾンの単独および複合影響. 電力中央研究所報告 U01028. | スダジイ | — | スダジイ: 3年生 | 群馬県前橋市 | (3) ガラス温室型OTC | (5) 浄化空気と野外空気と野外交換速度比例追従型オゾン曝露 | CF 1.0×O ₃ 1.5×O ₃ | 1998年5月25日~1999年11月23日(548日) | 24時間平均濃度の期間平均 24時間平均濃度の最高値 日中15時間(5:00~20:00)平均濃度の期間平均 日中15時間(5:00~20:00)平均濃度の最高値 日最高1時間値の最高値 24時間積算濃度(ppm hr) 15時間積算濃度(ppm hr) 日照時AOT40(> 50 W m ⁻² の時間) 1時間値が60 ppbを超えた日数(05:00~20:00の15時間における測定値) 1時間値が60 ppbを超えた時間(05:00~20:00の15時間における測定値) | 2チャンパー反復 | 28個体/チャンパー | ポット実験 | あり | 樹高、幹直径、個体乾重量、器官別乾重量(着葉、枝+幹、地上部、細根、木化根、根全体)、根乾重量に対する地上部(着葉+枝+幹)乾重比(S/R) | なし | あり | 可視障害、成分、その他 | 気温、相対湿度、施肥量、光強度 | 黒ボク土 | SO ₂ (4段階) |

表4 樹木(アカマツ、カラマツ、ケヤキ、スギ、スダジイ、ブナ)の成長に関する文献の一覧表(続き)

| 書誌情報 | 植物種 | 品種名 | 苗木/成木 | 試験地 | オープン曝露装置 | 曝露濃度制御方法 | 曝露水準 | 曝露処理期間 | 曝露評価指標 下線は曝露応答関数の導出に用いられた指標 | 実験の繰り返し (チャンパー反復) | 実験(チャンパー)あたりの個体数 | ポット実験か否か | Water TrapもしくはPSAの有無 | 成長・収量に関するエンドポイントの概要 | 独自の曝露応答関数の有無 | 成長・収量に関する定量的記載の有無 | その他観察したエンドポイントの種類 | 栽培環境条件の記録の有無 | 供試土壌の種類 | 他の環境要因との複合処理実験か否か |
|--|--------------|-----|-----------------------------------|---------|-----------------|--------------------------|--|---|---|----------------------|-------------------------|-----------|----------------------|---|----------------------|-------------------|-------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|
| 9 Nakaji, T., Kobayashi, T., Kuroha, M., Omori, K., Matsumoto, Y., Yonekura, T., Watanabe, K., Utraiainen, J. & Izuta, T. (2004) Growth and nitrogen availability of red pine seedlings under high nitrogen load and elevated ozone. Water, Air, & Soil Pollution: Focus, 4, 277-287. | アカマツ | — | 1年生 | 東京都府中市 | (2) 自然光型ファイトトロン | (1) 一定濃度曝露 | CF 60 ppb | 7時間/日(11:00~18:00) 2000年5月10日~11月22日、2001年5月14日~11月5日 | 曝露濃度(11:00~18:00) | 2チャンパー反復 | 記載なし | ポット実験 | あり | 個体乾重量、器官別乾重量(当年針葉、前年針葉、幹枝、粗根、細根、落葉) | なし | あり | 成分、光合成パラメーター、その他 | 気温、相対湿度 | 褐色森林土 | 窒素負荷(3段階) |
| 10 Matsumura, H., Mikami, C., Sakai, Y., Murayama, K., Izuta, T., Yonekura, T., Miwa, M. & Kohno, Y. (2005) Impacts of elevated O ₃ and/or CO ₂ on growth of <i>Betula platyphylla</i> , <i>Betula ermanii</i> , <i>Fagus crenata</i> , <i>Pinus densiflora</i> and <i>Cryptomeria japonica</i> seedlings. Journal of Agricultural Meteorology, 60, 1121-1124. | アカマツ、スギ、ブナ | — | アカマツ: 2年生 ブナ: 4年生 スギ: 2年生 | 群馬県前橋市 | (3) ガラス温室型 OTC | (5) 浄化空気と野外空気と野外交渉型オゾン曝露 | CF 1.0×O ₃ 1.5×O ₃ 2.0×O ₃ | 2002年7月12日~10月31日、2003年3月26日~10月31日 | 日中12時間(6:00~18:00)平均濃度 | 2チャンパー反復 | 24個体/チャンパー | ポット実験 | あり | 樹高、幹直径、個体乾重量、器官別乾重量(地上部(葉+枝+幹)、根) | なし | あり | なし | 気温、施肥量、光強度 | 黒ボク土 | CO ₂ (2段階) |
| 11 Watanabe, M., Yamaguchi, M., Iwasaki, M., Matsuo, N., Naba, J., Tabe, C., Matsumura, H., Kohno, Y. & Izuta, T. (2006) Effects of ozone and/or nitrogen load on the growth of <i>Larix kaempferi</i> , <i>Pinus densiflora</i> and <i>Cryptomeria japonica</i> seedlings. Journal of Japan Society for Atmospheric Environment, 41, 320-334. | アカマツ、カラマツ、スギ | — | アカマツ: 2年生 カラマツ: 3年生 スギ: 2年生 | 群馬県前橋市 | (3) ガラス温室型 OTC | (5) 浄化空気と野外空気と野外交渉型オゾン曝露 | CF 1.0×O ₃ 1.5×O ₃ 2.0×O ₃ | アカマツ: 2004年4月16日~2005年11月11日(574日) カラマツ: 2004年4月16日~2005年10月11日(543日) スギ: 2004年4月16日~2005年11月4日(567日) | 24時間平均濃度 日最高1時間値の平均値 日最高1時間値の最高値 24時間積算濃度 日照時積算濃度(>50 W m ⁻² の時間) AOT40(24時間) 日照時AOT40(>50 W m ⁻² の時間) | 3チャンパー反復 | 4個体/O ₃ -N条件 | ポット実験 | あり | 樹高増加量、幹直径増加量、個体乾重量、器官別乾重量(針葉、幹枝、根) | あり(相対個体乾重量の増加) | 図のみ | 光合成パラメーター | 気温、相対湿度、光強度、施肥量 | 黒ボク土 | 窒素負荷(3段階) |
| 12 Yamaguchi, M., Watanabe, M., Iwasaki, M., Tabe, C., Matsumura, H., Kohno, Y. & Izuta, T. (2007) Growth and photosynthetic responses of <i>Fagus crenata</i> seedlings to O ₃ under different nitrogen loads. Trees, 21, 707-718. | ブナ | — | 2年生 | 群馬県前橋市 | (3) ガラス温室型 OTC | (5) 浄化空気と野外空気と野外交渉型オゾン曝露 | CF 1.0×O ₃ 1.5×O ₃ 2.0×O ₃ | 2004年4月16日~2005年10月25日 | 24時間平均濃度 日中15時間(5:00~20:00)平均濃度 日中12時間(6:00~18:00)平均濃度 日最高1時間値の平均値 SUM0(24時間) 日照時SUM0(>50 W m ⁻² の時間) AOT40(24時間) 日照時AOT40(>50 W m ⁻² の時間) | 3チャンパー反復 | 4個体 | ポット実験 | あり | 葉の面積、器官別乾重量(芽、葉、当年枝、旧年枝+幹、根)、個体乾重量、地上部/地下部の乾燥重量の比 | あり(個体乾重量) | あり | 成分、光合成パラメーター | 気温、相対湿度、光強度 | 黒ボク土 | 窒素負荷(3段階) |
| 13 Yamaguchi, M., Watanabe, M., Matsuo, N., Naba, J., Funada, R., Fukami, M., Matsumura, H., Kohno, Y. & Izuta, T. (2007b) Effects of nitrogen supply on the sensitivity to O ₃ of growth and photosynthesis of Japanese beech (<i>Fagus crenata</i>) seedlings. Water, Air, & Soil Pollution: Focus, 7, 131-136. | ブナ | — | 2年生 | 群馬県前橋市 | (3) ガラス温室型 OTC | (5) 浄化空気と野外空気と野外交渉型オゾン曝露 | CF 1.0×O ₃ 1.5×O ₃ 2.0×O ₃ | 2004年4月16日~9月22日 | 日照時AOT40(>50 W m ⁻² の時間) | 3チャンパー反復 | 4個体/O ₃ -N条件 | ポット実験 | あり | 個体葉面積、個体乾重量、器官別乾重量(葉、幹枝、根) | なし | あり | 成分、光合成パラメーター | 施肥量 | 黒ボク土 | 窒素負荷(3段階) |
| 14 武田麻由子, 相原敬次. (2007) 丹沢山地の大気中オゾンがブナ(<i>Fagus crenata</i>)苗に及ぼす影響. 大気環境学会誌, 42, 107-117. | ブナ | — | 2年生 | 神奈川県山北町 | (5) OTC | (2) 浄化空気と野外空気 | CF NF | 2002年4~11月、2003年4~11月、2004年4~11月 | 日最高1時間値の最高値 24時間平均濃度 日中AOT40(6:00~18:00) | 2チャンパー反復 | 6個体 | ポット実験ではない | — | 乾燥重量(地上部(葉は含めず)、地下部)、冬芽数、[樹高、根本直径、葉数] | — | 一部あり(左記[]内は図のみ) | 成分、光合成パラメーター、その他 | なし | 黒ボク土 | — |
| 15 Watanabe, M., Yamaguchi, M., Matsumura, H., Kohno, Y. & Izuta, T. (2008) Effects of ozone on the growth and photosynthesis of <i>Castanopsis sieboldii</i> seedlings grown under different nitrogen loads. Journal of Agricultural Meteorology, 64, 143-155. | スダジイ | — | 2年生 | 群馬県前橋市 | (3) ガラス温室型 OTC | (5) 浄化空気と野外空気と野外交渉型オゾン曝露 | CF 1.0×O ₃ 1.5×O ₃ 2.0×O ₃ | 2004年4月16日~2005年11月1日(564日) | 24時間平均濃度 日最高1時間値の平均値 日最高1時間値の最高値 AOT40(24時間) 日照時AOT40(>50 W m ⁻² の時間) | 3チャンパー反復 | 4個体/O ₃ -N条件 | ポット実験 | あり | 葉数、葉面積(1st フラッシュ葉、2nd フラッシュ葉)、個体乾重量、器官別乾重量(葉(1st フラッシュ葉、2nd フラッシュ葉)、幹枝、根) | あり(1成長期間の相対個体乾重量の増加) | あり | 光合成パラメーター、その他 | 気温、相対湿度、光強度、施肥量 | 黒ボク土 | 窒素負荷(3段階) |
| 16 Koike, T., Mao, Q., Inada, N., Kawaguchi, K., Hoshika, Y., Kita, K. & Watanabe, M. (2012) Growth and photosynthetic responses of cuttings of a hybrid larch (<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i> × <i>L. kaempferi</i>) to elevated ozone and/or carbon dioxide. Asian Journal of Atmospheric Environment, 6, 104-110. | カラマツ、カラマツ属 | — | カラマツ: 2年生 カラマツ属: 3年生(挿し木) | 北海道札幌市 | (5) OTC | (1) 一定濃度曝露 | CF 60 ppb | 7時間(10:00~17:00) 7月~10月 | 曝露濃度(10:00~17:00) | 4チャンパー反復 | 2個体/植物種/チャンパー | ポット実験 | あり | 個体乾重量、地上部-地下部乾重量比(T/R比)、幹直径、樹高増加量 | なし | 図のみ | 成分、光合成パラメーター | 施肥量 | 1:1(v/v)の鹿沼土と粘土の混合 | CO ₂ (2段階) |
| 17 Wang, X., Qu, L., Mao, Q., Watanabe, M., Hoshika, Y., Koyama, A., Kawaguchi, K., Tamai, Y. & Koike, T. (2015) Ectomycorrhizal colonization and growth of the hybrid larch F ₁ under elevated CO ₂ and O ₃ . Environmental Pollution, 197, 116-126. | カラマツ属 | — | 2年生 | 北海道札幌市 | (5) OTC | (1) 一定濃度曝露 | CF 60 ppb | 7時間(10:00~17:00) 2011年6月~2012年10月 | 日平均濃度(2011年7~9月、2012年5~9月) 日最高濃度(2011年7~9月、2012年5~9月) | 4チャンパー反復 | 4個体/チャンパー | 記載なし | あり | 樹高、幹直径、器官別乾重量(針葉、枝、幹、根、地上部)、地下部-地上部乾重量比(針葉+枝+幹) | なし | あり | 成分、光合成パラメーター、その他 | 記載なし | 褐色森林土 | CO ₂ (2段階) |

表4 樹木(アカマツ、カラマツ、ケヤキ、スギ、スダジイ、ブナ)の成長に関する文献の一覧表(続き)

| 書誌情報 | 植物種 | 品種名 | 苗木/成木 | 試験地 | オゾン曝露装置 | 曝露濃度制御方法 | 曝露水準 | 曝露処理期間 | 曝露評価指標 下線は曝露応答関数の導出に用いられた指標 | 実験の繰り返し (チャンパー反復) | 実験(チャンパー)あたりの個体数 | ポット実験か否か | Water TrapもしくはPSAの有無 | 成長・収量に関するエンドポイントの概要 | 独自の曝露応答関数の有無 | 成長・収量に関する定量的記載の有無 | その他観察したエンドポイントの分類 | 栽培環境条件の記録の有無 | 供試土壌の種類 | 他の環境要因との複合処理実験か否か |
|--|------------|---|----------|---------|------------------|--------------------------|--|--|--|----------------------|---|-----------|----------------------|---|--------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------------|---------------------------------|
| 18 Kinose, Y., Fukamachi, Y., Okabe, S., Hiroshima, H., Watanabe, M. & Izuta, T. (2017) Nutrient supply to soil offsets the ozone-induced growth reduction in <i>Fagus crenata</i> seedlings. <i>Trees</i> , 31, 259-272. ※Watanabe <i>et al.</i> (2018)と同じ実験 | ブナ | — | 2年生 | 東京都八王子市 | (4) グリーンハウス型 OTC | (5) 浄化空気と野外空気と野外交差型オゾン曝露 | CF 1.0×O ₃ 1.5×O ₃ | 2014年5月15日～11月30日、2015年4月21日～10月26日 | 24時間平均濃度 日中12時間(6:00～18:00)平均濃度 AOT0(24時間) 日照時AOT0(>50 W m ⁻² の時間) AOT40(24時間) 日照時AOT40(>50 W m ⁻² の時間) | 3チャンパー反復 | 10個体(2014年、2015年に5個体ずつ調査) | ポット実験 | あり | 器官別乾重量(葉、幹、枝、芽、根、地上部)、個体乾重量、地上部/地下部の乾燥重量の比 | なし | あり | 成分、光合成パラメーター、その他 | 気温、相対湿度、光強度 | 褐色森林土 | 肥料(3段階) |
| 19 Hiraoka, Y., Iki, T., Nose, M., Tobita, H., Yazaki, K., Watanabe, A., Fujisawa, Y. & Kitao, M. (2017) Species characteristics and intraspecific variation in growth and photosynthesis of <i>Cryptomeria japonica</i> under elevated O ₃ and CO ₂ . <i>Tree Physiology</i> , 37, 733-743. | スギ | Kanra1、Higashikamo3、Kuji10、Chosui6、Tenryu11、Shimotakai13、Kawachi1、Nishishirakawa3、Kamitsuga7、Godai1、Kamitsuga5、 | 1年生(挿し木) | 茨城県つくば市 | (6) FACE | (5) 浄化空気と野外空気と野外交差型オゾン曝露 | NF 2.0×O ₃ | 2011年5月20日～11月30日、2012年4月25日～11月20日 | 24時間平均濃度の期間平均 日中10時間(7:00～17:00)平均濃度の期間平均 AOT40 | 3反復 | 14個体/品種/Frame | ポット実験ではない | あり | 年平均成長量(樹高、直径)、樹高、直径、個体乾重量、器官別乾重量(幹、枝葉、根)、地上部と根の乾重量の比(S/R) | なし | 図のみ | 光合成パラメーター | 気温 | 記載なし | CO ₂ (2段階) |
| 20 Sugai, T., Kam, D.G., Agathokleous, E., Watanabe, M., Kita, K. & Koike, T. (2018) Growth and photosynthetic response of two larches exposed to O ₃ mixing ratios ranging from preindustrial to near future. <i>Photosynthetica</i> , 56, 901-910. | カラマツ、カラマツ属 | — | 2年生 | 北海道札幌市 | (5) OTC | (3) 浄化空気と野外空気と野外交差型オゾン添加 | CF NF NF+40 ppb NF+60 ppb | 12時間(6:00～18:00)/日 2013年6月17日～10月29日、2014年6月18日～9月15日 | 日中12時間(6:00～18:00)平均濃度 AOT40 | 4チャンパー反復 | 4個体/植物種、2植物種/チャンパー | ポット実験ではない | あり | 相対成長速度(樹高、幹基部の直径)、[個体乾重量、器官別乾重量(幹、枝、幹、根)、樹高成長量] | なし | 一部あり(左記[]内は図のみ) | 成分、光合成パラメーター | 記載なし | 褐色森林土 | — |
| 21 Sugai, T., Watanabe, T., Kita, K. & Koike, T. (2019) Nitrogen loading increases the ozone sensitivity of larch seedlings with higher sensitivity to nitrogen loading. <i>Science of The Total Environment</i> , 663, 587-595. | カラマツ、カラマツ属 | — | 1年生 | 北海道札幌市 | (5) OTC | (4) 野外空気と野外交差型オゾン添加 | NF NF+60 ppb | 12時間(6:00～18:00)/日 2015年6月19日～9月18日、2016年5月18日～8月29日 | 日中12時間(6:00～18:00)平均濃度 AOT40 | 4チャンパー反復 | 4個体/植物種、2植物種/チャンパー | ポット実験 | あり | 個体乾重量、器官別乾重量(針葉、枝、幹、根)、乾物分配(針葉、枝、幹、根)、地上部-地下部乾重量比(T/R比)、幹直径、樹高 | なし | 図のみ | 成分、光合成パラメーター | 気温、施肥量 | 1 : 1(v/v)の鹿沼土と赤玉土の混合 | 窒素負荷(2段階) |
| 22 Watanabe, M., Okabe, S., Kinose, Y., Hiroshima, H. & Izuta, T. (2019) Effects of ozone on soil respiration rate of Siebold's beech seedlings grown under different soil nutrient conditions. <i>Journal of Agricultural Meteorology</i> , 75, 39-46. ※Kinose <i>et al.</i> (2017)と同じ実験 | ブナ | — | 2年生 | 東京都八王子市 | (4) グリーンハウス型 OTC | (4) 浄化空気と野外空気と野外交差型オゾン曝露 | CF 1.0×O ₃ 1.5×O ₃ | 2014年5月15日～11月30日、2015年4月21日～10月26日 | 24時間平均濃度 日照時平均濃度 日照時AOT40(>50 W m ⁻² の時間) | 3チャンパー反復 | 5個体/O ₃ 肥料条件 | ポット実験 | あり | 個体乾重量、器官別乾重量(細根、粗根、根全体)、細根-粗根乾重量比(細根/粗根)、個体乾重量に対する根乾重量の比(細根の比、粗根の比、根全体の比) | なし | あり | その他 | 気温、相対湿度、施肥量 | 褐色森林土 | 肥料(3段階) |
| 23 Yamaguchi, M., Kinose, Y., Matsumura, H. & Izuta, T. (2019) Evaluation of O ₃ effects on cumulative photosynthetic CO ₂ uptake in seedlings of four Japanese deciduous broad-leaved forest tree species based on stomatal O ₃ uptake. <i>Forests</i> , 10, 556. | ブナ | — | 2年生 | 群馬県前橋市 | (3) ガラス温室型 OTC | (5) 浄化空気と野外空気と野外交差型オゾン曝露 | CF 1.0×O ₃ 1.5×O ₃ 2.0×O ₃ | 2012年4月26日～11月22日、2013年3月29日～11月14日 | 24時間平均濃度 日中12時間(6:00～18:00)平均濃度 日最高1時間値の平均値 日最高1時間値の最高値 日照時AOT40(>50 W m ⁻² の時間) SUM00(24時間) POD ₀ | 3チャンパー反復 | 8個体 | ポット実験 | あり | 個体乾重量 | なし | あり | 光合成パラメーター | 気温、相対湿度、施肥量、光強度 | 市販の園芸土壌 | — |
| 24 Watanabe, M., Li, J., Matsumoto, M., Aoki, T., Ariura, R., Fuse, T., Zhang, Y., Kinose, Y., Yamaguchi, M. & Izuta, T. (2022) Growth and photosynthetic responses to ozone of Siebold's beech seedlings grown under elevated CO ₂ and soil nitrogen supply. <i>Environmental Pollution</i> , 304, 119233. | ブナ | — | 2年生 | 東京都府中市 | (2) 自然光型ファイトトロン | (5) 浄化空気と野外空気と野外交差型オゾン曝露 | 浄化 2.0×O ₃ | 2018年6月15日～10月31日、2019年4月1日～9月24日 | 日照時平均濃度 日照時AOT40 | 3チャンパー反復 | 5個体/O ₃ -CO ₂ -肥料条件 | ポット実験 | あり | 個体乾重量、器官別乾重量(葉、幹、枝、地上部、根)、[地上部と根の乾重量比(S/R)] | なし | 一部あり(左記[]内は図のみ) | 成分、光合成パラメーター | 施肥量 | 1 : 1(v/v)の鹿沼土と粘土土の混合 | CO ₂ (2段階)、窒素負荷(3段階) |

OTC : オープントップチャンパー、FACE : 開放系大気CO₂増加実験 (FACE) の曝露装置を応用したオゾン曝露システム (FACEについては、「植物影響の曝露指標と植物影響を評価するための曝露方法」参照)、CF:浄化空気(区)、NF:非浄化空気(区)