

可搬型オープントップチャンバー (O T C) の開発

相原敬次，武田麻由子
(環境保全部)

Development of Portable Open Top Chamber

Keiji AIHARA, Mayuko TAKEDA
(Environmental Conservation Division)

キーワード：オープントップチャンバー，植物影響，森林衰退

1 まえがき

近年，山間地における樹木衰退の原因のひとつとして大気汚染とりわけオゾンによる影響が懸念されている。このため大気汚染が樹木に与える影響を調べる必要がある¹⁾。大気汚染による植物への影響を評価する方法には，人工的に大気汚染ガスを植物に対して暴露する方法がある。このほかに，野外の汚染物質を除去した大気を導入する浄化室と，そのままの大気を導入する非浄化室を設置し，この両室内で植物を育成し，実際の野外における大気汚染による植物影響評価を比較検討する方法もある。これは一般的に空気浄化（フィルタードエアーチャンバー：FAC）法とよばれ古くから行われている評価手法である^{2),3),4)}。オープントップチャンバー(OTC)はこのFACの一種で，天蓋部が開放されている形になっており，チャンバーの下方から導入された大気は天蓋部から排気される構造になっている。そのため，この装置内で生育する植物の土壌，光，温度および水分等の環境条件は，大気の浄化，非浄化の区別以外は同一であり，野外の環境下での大気汚染による植物影響を検討するための有効な装置のひとつである⁵⁾。OTCには目的によってこれまでに種々の形や大きさが試みられてきた。

相原ら⁶⁾は，OTCの機能をもとに従来の固定型で中型や大型ものから，設置や移動が容易であり，経費の面からも優れた小型OTCを開発した。伊豆田ら⁷⁾はこの小型OTCを用いて植物（ハツカダイコン）を用いた光化学オゾンの影響について大気環境評価法を確立するなど多く利用されてきた。

しかし，この小型OTCは費用や設置の面からは有利なものの小型ゆえの限界，すなわち植物を育成可能な広さは 0.09m^2 （ $30\text{cm} \times 30\text{cm}$ ）であるため，植物によってはその利用が限られていた。また，装置そのものは小型，軽量であるものの分

解，組み立てが不可能で，運搬に際しての取り扱いに難点があった。今回，山間地での影響調査を目的に，以下の3点について考慮しつつ可搬型の小型OTCを開発したので報告する。なお，本報告の一部についてはすでに口頭発表した⁸⁾。

試験エリアを従来の小型OTCよりを広くする。運搬，組み立て，分解が容易な構造とする。

自然エネルギー（ソーラー等）の利用を考慮し，消費電力に留意する。

2 装置

2.1 チャンバー部の仕様

OTC装置を組み立てた外観の概要を写真1に示した。浄化，非浄化のチャンバーのひとつのユニット大きさはそれぞれ，縦60cm，横60cm，高さ90cmで，アルミ製のフレーム（ミニー（株）製：ミニポールMシリーズ）および5mm厚の透明アクリル板を用いた。ユニットの植物育成可能な面積は 0.36m^2 （ $60\text{cm} \times 60\text{cm}$ ）で，容積は 0.324m^3 とした。



写真1 OTCの外観

大気導入のための送風のシステムは、直流(12V, 7W)のファン(オリエンタルモーター社製 MDS1225-12 型:最大送風量 2700(L/分))を並列に2機装着した。なお、ユニットあたりの消費電力は合計で 14W となり、電力は直流型のものを使用したが、同性能の交流型(MU1238A-11B型)も使用可能で、いずれも消費電力は低く省電力型にした。ユニットは、それぞれのパーツで構成され、側板が2枚、ファン装着板が1枚、前後板が3枚、カートリッジホルダー、活性炭カートリッジ(浄化)、送風制御板(非浄化)および送風補助板がそれぞれ各1個、さらにこれらを連結するアルミフレームが6本とネジが12個とした。各パーツの仕様を表1に、パーツによる組み立て概要図を図1に示した。これらのパーツはネジにより組み立ておよび分解が簡易であり、重量は21kg(1ユニット)と装置の搬送、移動に際しても容易な構造とした。

表1 OTCのパーツ仕様(1ユニット)

パーツ名	仕様	数
側板	横60cm,縦90cm アルミフレーム枠 5mm厚透明アクリル板	2
前後板	横60cm,縦45cm,5mm厚透明アクリル板	2
ファン装着板	送風ファン付きアクリル板(横60cm, 縦45cm,5mm厚透明アクリル板)	1
カートリッジホルダー	横44cm,縦23cm,奥行き20cm,取り 付け枠付き5mm厚透明アクリル板	1
活性炭カートリッジ	横43cm,縦22cm,奥行き10cm,5mm 厚透明アクリルボックス	1
送風制御板	直径20mmの円形孔45の多孔板 (横43cm,縦22cm,5mm厚透明アクリル板)	1
送風補助板	横60cm,縦15cm,5mm厚透明アクリル板	1
ネジ	5MM	12
アルミフレーム	長さ60cmのアルミフレーム棒(ミニボ ールM)	6

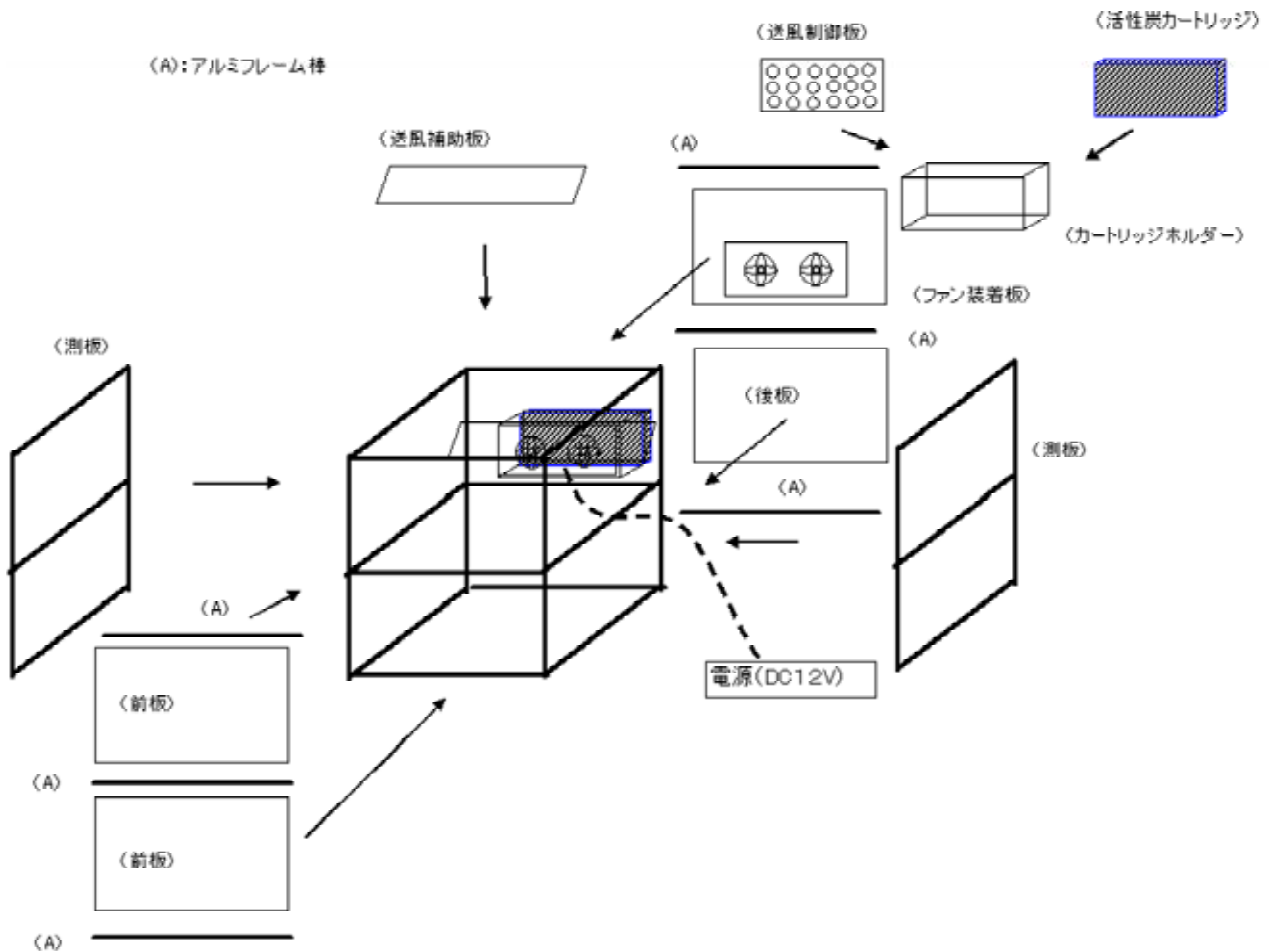


図1 OTCパーツ組み立て概要図

2.2 大気浄化および送風量制御方法

浄化区ユニットでは、大気浄化のための活性炭カートリッジをホルダーに装着し、大気を導入した。ユニットのファンの単位時間あたりの送風量は、活性炭カートリッジ装着による通気抵抗のため低下する。OTC による実験では非浄化区ユニットにおいても単位時間あたりの送風量を浄化区ユニットと同じにする必要がある。このため非浄化ユニットでは通気抵抗を与える送風制御板を装着した。送風制御板は縦 21cm、横 42cm の 3mm 厚のアクリル板に直径 20mm の開放孔（面積：3.14cm²）を 45 個設けた多孔板を用いた。非浄化ユニットの送風量の制御・調整は、送風制御板の 45 個の開放孔の一部を粘着テープにより閉じることによって行った。すなわち非浄化区ユニットのカートリッジホルダー内の静圧を浄化区ユニットにおける静圧と同レベルになるように送風制御板の開放孔のいくつかを閉じた。なお、ファン出口の大気は、風向補助板により送風をチャンバ下方になるようにした。活性炭カートリッジは縦 22cm、横 43cm、厚さ 10cm のアクリル製のボックス内に粒状活性炭（550 g）とウレタン製の活性炭フィルター（10mm 厚クラシート # 2000：クラレケミカル製）を 3 枚ずつ合計 6 枚を充填した。

3 実験結果

3.1 活性炭カートリッジ装着と送風制御板装着による送風量

活性炭カートリッジ装着による送風量と送風制御板の開口面積による送風量について測定した。送風量の測定は、ファン装着板の排気側に風量測定用ダクト（断面積 399 cm²、長さ 30cm）を作製し取り付け、ダクト排気の風速を測定することによって送風量を算出した。同時にカートリッジホルダー内の静圧についても測定した。なお、風速の測定は電子風速計（アネモマスター CW-50 型：カスタム製）を、静圧の測定は傾斜型マンメーター（エタノール液封入、傾斜拡大率 5）をそれぞれ用い、静圧計測値の単位は mmH₂O で示した。

その結果、活性炭カートリッジ装着による送風量は 2600(L/分)となり、静圧は-2.5mmH₂O となった。また送風制御板の開放孔の開口面積と送風量の関係は図 2 に示すように送風量は開口面積に伴って直線的に変化した。同時にカートリッジホルダー内の静圧も図 3 に示すように送付量に伴って直線的に変化することが確認された。すなわちカートリッジホルダー内の静圧を測定することによって送風量を見積もることができる。したがって

送風量(L/分)

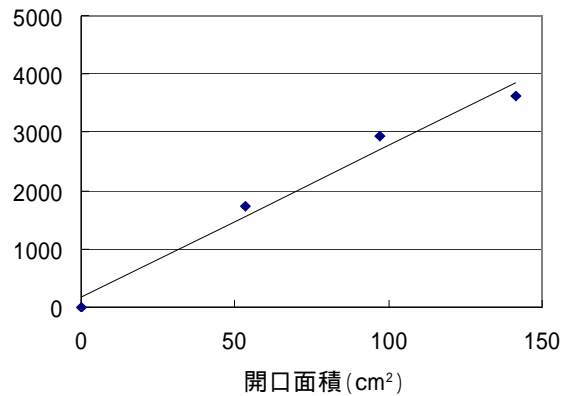


図 2 送風制御板の開口面積と送風量の関係

送風量(L/分)

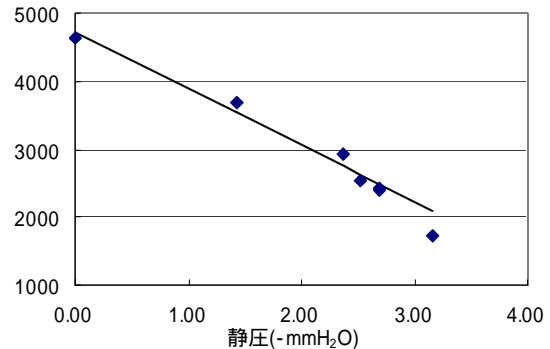


図 3 カートリッジホルダー静圧と送風量の関係

非浄化区ユニットでの送風量は送風制御板の多孔の開閉による静圧の調整によって浄化区ユニットの送風量と一致させた。

OTC チャンバー内への単位時間あたりの送風量は、チャンバー内の温度上昇やチャンバー上部からの外気の侵入を軽減するためには多い程よいものの、ユニット内で生育する植物には必要以上の強い風速は葉に対して悪影響を与える。このための指標値として、換気回数（単位時間あたりの送風量 / チャンバー容積）、上昇流速（単位時間あたりの送風量 / チャンバー上部開口面積）や風向補助板直下におけるファン出口風速（風速）を求めた。その結果、換気回数は 8 回/分、上昇流速は 12cm/秒、ファン出口風速は 0.2 ~ 0.6m/秒、平均で 0.4m/秒となり、OTC の送風量の性能として満足するものと考えられた。

3.2 OTCユニットの浄化効率

浄化区ユニット内のオゾンの浄化状況を確認するため、人工的にオゾンが発生させた自然光型チャンパー（小糸製作所製：コイトトロン S-152A型コイトトロン）内に設置した浄化ユニット内のオゾン濃度を測定した。なお、オゾン濃度の測定は一定時間毎にユニット内と自然光型チャンパー内を交互に切り替えて測定した。自然光型チャンパー内のオゾン濃度は環境条件に近い約 0.10ppm から最高約 0.30ppm 程度で連続 4 時間発生させ、気温は 25℃ に保った。

その結果、図 4 に示すように浄化区ユニット内のオゾン濃度は自然光型チャンパー内の発生濃度に比較して極めて低濃度になっていることが認められた。この結果から求めた浄化効率はほぼ 85% 以上を維持することが確認された。なお、浄化効率 = (切り替え前後の自然光型チャンパー内の平均発生濃度 - 切り替え時の浄化区内の平均濃度) / (切り替え前後の自然光型チャンパー内の平均発生濃度) × 100 (%) として算出した。

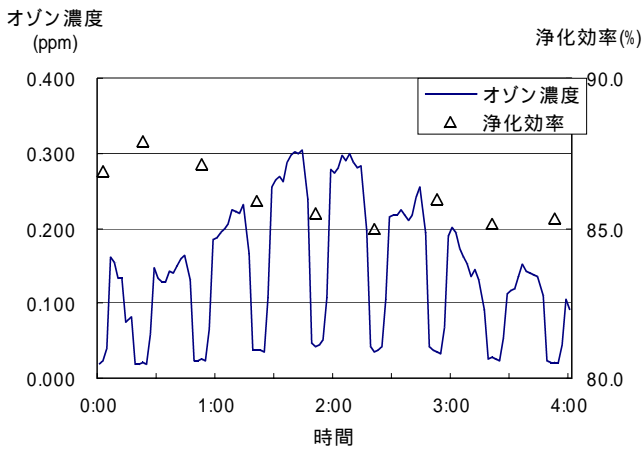


図 4 浄化区ユニットの浄化効率

3.3 OTCユニット内温度と外気温度との比較

植物に対する大気汚染影響評価のための空気浄化法 (FAC) は一般的に温室効果やファンのモーターの発熱のためにチャンパー内部の気温が外気に比較して上昇しやすい欠点をもっている。そのため、FAC の天蓋を取り除いた OTC では送風した大気をチャンパー上方に排気しつつ、温度上昇要因のひとつであるチャンパー自身の温室効果を軽減する構造をもっている。したがって OTC の性能のひとつとして浄化効率とともに外気との温度差を小さくすることは、より自然に近い環境条件で植物を育成するために不可欠である。

このため、温度設定した前出の自然光型チャンパー内に OTC を設置し OTC 内外の温度を測定した。温度設定は昼間 (午前 6 時 ~ 18 時) が 28 (± 2)℃, 夜間 (18 時 ~ 午前 6 時) が 12 (± 2)℃ で 24 時間継続して実施した。その結果、図 5 に示すように OTC 内外の温度差は昼間時が OTC 外に比較して若干高くなるものの、ほぼ 2℃ 以内に抑えられることが確認された。

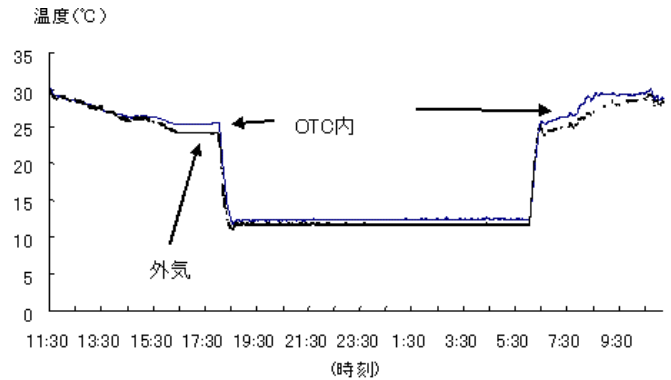


図 5 OTCユニット内外の温度

3.4 野外における試験結果

今回、試作した OTC のユニット (浄化区および非浄化区) を野外に 6 ヶ月間 (2003 年 5 月から 10 月) に設置し、稼働当初 (5 月期) と稼働最終月 (10 月期) に測定した外気および浄化区のオゾン濃度の比較から浄化機能の劣化状況について調べた。

5 月期および 10 月期のオゾン濃度の変化の推移の状況をそれぞれ図 6 に示した。また、オゾン濃度の状況と浄化効率の変化を確認するため、最高濃度、最低濃度、平均値および浄化効率を求め表 2 に示した。その結果、野外での浄化効率は平均で 5 月期が 62.6%、10 月期が 63.7% と実験室に比較して低下した。これは、風等の気象条件による外気の侵入と考えられる。しかし、6 ヶ月間での浄化効率は変化がなく、また浄化区での最高濃度も 0.025ppm 以下に保たれ、浄化機能の劣化は認められないことが確認された。

表 2 野外における試験結果

	5月期(5/ 8~6/2)			10月期(10/1~10 /29)		
	外気(ppm)	浄化(ppm)	浄化効率(%)	外気(ppm)	浄化(ppm)	浄化効率(%)
最大	0.086	0.025	83.3	0.085	0.023	84.5
最低	0.016	0.006	15.0	0.009	0.005	6.7
平均	0.047	0.017	62.6	0.034	0.012	63.7

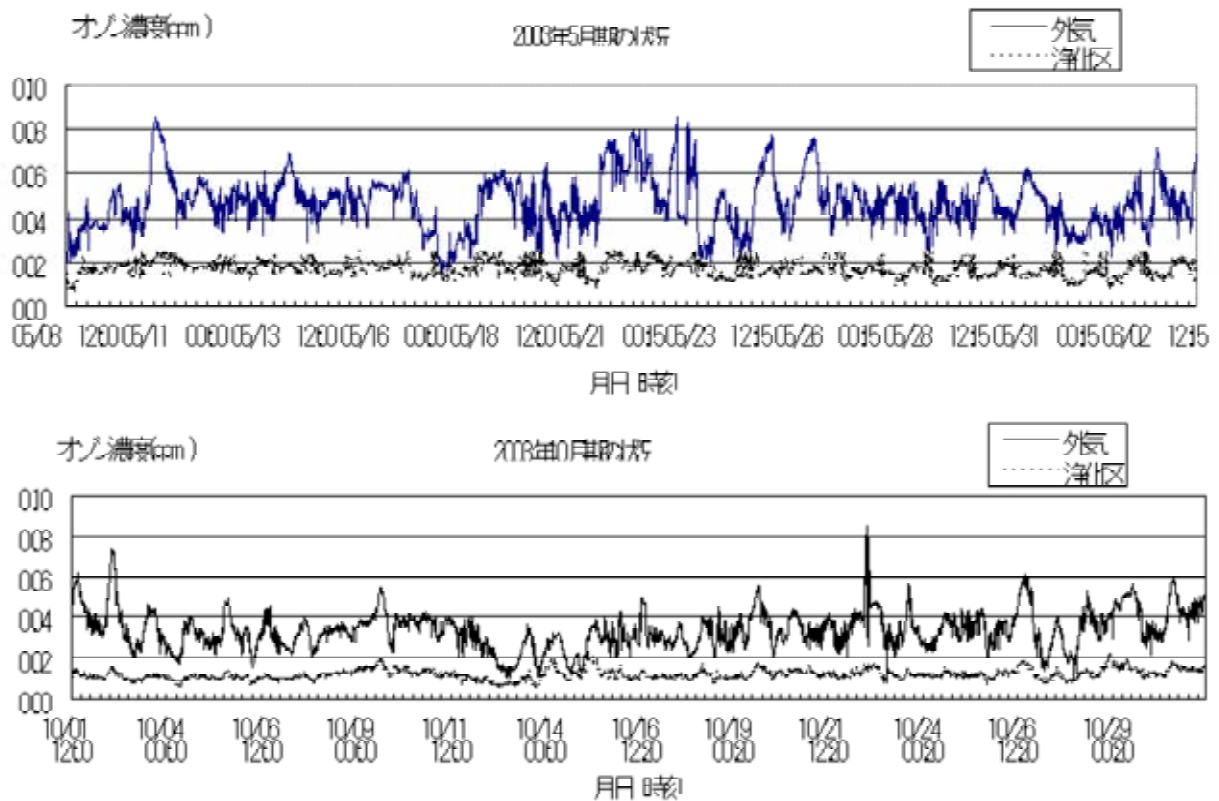


図6 野外における外気と浄化区ユニットのオゾン濃度の推移（上図：5月期，下図：10月期）

4 まとめ

1) 山間地での樹木の苗等に対する大気汚染の影響調査を目的に可搬型 OTC を試作し，その性能試験を実施した。

2) 可搬型 OTC の植物の試験エリアは 60cm × 60cm と従来の小型 OTC より広くした。

3) 運搬，組み立て，分解が容易にするためにパーツとネジによる構成方式をとることにより，重量は 21kg (1 ユニット) と装置の搬送，移動に際しても容易な構造となった。

4) 山間地等の電力供給が不可能地での調査の制約をなくすため，自然エネルギー(ソーラー等)の利用が可能な省電力型 (14W/ユニット) にした。

5) チャンバー内の換気回数は 8 回 / 分で，浄化ユニットでのオゾンの浄化効率 は 85% 以上，外気温との温度差は 2 以内に抑えることができた。

6) 山間地の野外で 6 ヶ月間の連続運転を実施した結果，浄化ユニットでの浄化機能の劣化は認められなかった。

参考文献

- 1) 伊豆田 猛，松村 秀幸，河野 吉久，清水 英幸：樹木に対するオゾンの影響に関する実験的研究，大気環境学会誌，36，60-77(2001)
- 2) 矢吹 駿一，大嶋 保夫，前野 道雄，篠崎 光男，水沢 芳名：空気浄化が農作物の生育，収量におよぼす影響に関する研究(第1報) - 空気浄化施設の構造と性能 - ，神奈川県農業総合研究所報告，20，27-39 (1978)
- 3) 松岡 義浩，依田 彦太郎，大道 貞男，白鳥 孝治：農作物大気汚染の実験装置として試作した Filterd Air Chamber について，千葉県農業試験場報告，16，87-92 (1975)
- 4) 東京都農業試験場：環境暴露室 (FAC) の機能について，指標植物群落開発に関する研究報告書，113-123 (1978)
- 5) 松島 二良：オープントップチャンバー (OTC) の利用による大気汚染の植物影響調査手法について，昭和 54 年度環境庁委託業務結果報告書，43-51(1979)
- 6) 相原 敬次，大道 章一，矢島 巖，篠崎 光夫，戸塚 績：大気汚染による植物影響評価のための小型オープントップチャンバー (OTC) について，神奈川県公害センター研究報告，10，12-21 (1988)
- 7) 伊豆田 猛：日本の農作物と樹木に対するオゾンと酸性降下物の影響に関する研究，大気環境学会誌，37，81-95(2002)
- 8) 相原 敬次，阿相 敏明，武田 麻由子：ソーラーシステムによる小型オープントップチャンバーの開発，第43回大気環境学会講演要旨集，359 (2002)