

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2007～2008

課題番号：19580295

研究課題名(和文) 対流圏オゾン濃度の上昇が植生の蒸発散と群落微気象に及ぼす影響

研究課題名(英文) Effects of the elevated tropospheric O<sub>3</sub> content on evapotranspiration and micrometeorology within and above the vegetation canopy

研究代表者

大上 博基 (OUE HIROKI)

愛媛大学・農学部・教授

研究者番号：80213627

研究成果の概要：

自然状態の 1.5 倍のオゾン濃度環境を人工的に保持したコムギ畑および水田(E-O3)と非制御で自然状態のコムギ畑および水田(A-O3)で、2 シーズンにわたって微気象観測と植物生理生態観測を行い、オゾン濃度の影響を組み込んだ気孔コンダクタンス( $g_s$ )モデルを構築した。モデルにはJarvis型の式を用い、累積O<sub>3</sub>投与量が増加するにつれて $g_s$ が低下するプロセスが再現できた。E-O3 と A-O3 で植物体表面温度( $T_s$ )と気温( $T_a$ )の鉛直分布を測定した。両区で比較した結果、高度によって温度差に違いはあるがE-O3 における $T_s$ の方が 1°C前後高く、 $T_a$ も最高で 0.5°C前後高かった。この結果から、オゾン影響の蓄積による $g_s$ の低下が温度上昇につながることが明らかにできた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：農業気象学，微気象学

科研費の分科・細目：農業工学・農業環境工学

キーワード：微気象，オゾン濃度上昇，イネ，コムギ，気孔コンダクタンス，植物体温度，モデル化

## 1. 研究開始当初の背景

成層圏オゾンが減少傾向にある一方で、対流圏オゾンは増加傾向にある。オゾンは、その強い酸化力で植物組織を傷め、気孔を閉じさせるとともに光合成を低下させ、老化を促進させ、収量の低下をもたらすとされる。オゾンドウスと被害の関係が、世界的にも漸く研究され始めたところである。一方、オゾン濃度の上昇に伴って気孔の応答特性が変化することにより、蒸発散すなわち植物群落に

よる水利用が変化すると同時に、温度環境も変化すると推測される。この影響は、まだ明らかにされていない。

## 2. 研究の目的

本研究は、人工的に高オゾン濃度環境を保持したフィールド(E-O3)と非制御で自然状態のフィールド(A-O3)で、微気象観測と植物生理生態観測を行い、大気オゾン濃度の上昇が植物体の環境応答(気孔コンダクタンス)に及

ぼす影響を明らかにし、気孔コンダクタンスのモデル化を行う。また、E-O3とA-O3で測定した植物体温度を比較することにより、大気オゾン濃度の上昇が植物体の環境応答の変化を通して温度環境の変化に及ぼす影響を明らかにする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 観測・調査の概要

観測は、中国江蘇省江都市郊外に広がるコムギ・イネ 2 期作地帯に設置された China-FACE (Free Air Concentration Enrichment) 圃場で実施した。高オゾン区 (E-O3) 内のオゾン濃度は自然条件下の対照区 (A-O3) の 1.5-1.6 倍に制御された。これら両区で微気象観測と植物生理生態観測を行った。

#### (2) 観測項目

作物群落上の微気象項目 (放射収支項目, PAR, 気温・湿度, 風速), 群落上と内部の O<sub>3</sub> 濃度鉛直分布, 土壌水分などをデータロガーで連続自動測定した。また, 作物生育 (草丈, 植物体面積), 個葉の蒸散・光合成速度, 植物体表面温度の鉛直分布, 群落内部における透過日射量の鉛直分布などを, 実験地への出張滞在時に手動測定した。

#### (3) 調査対象の作物種と品種

冬コムギ 1 品種 (揚麦 Yang Mai 16) とイネ 5 品種 (2007 年; 武粳 Wu Jing 15, 2008 年; 武运粳 Wu Yun Jing 21, 两优培九 Liang You Pei Jiu, 汕优 Shan You 63, 扬稻 Yang Dao 6) を対象とした。Wu Jing 15 と Wu Yun Jing 21 はジャポニカ, Yang Dao 6 はインディカ, Liang You Pei Jiu と Shan You 63 はハイブリッド (ジャポニカとインディカの交配種) である。

### 4. 研究成果

#### (1) コムギ

##### ① 両区における植物体面積密度の比較

A-O3 と E-O3 で測定した植物体面積密度を Fig. 1 に示す。緑葉, 黄緑葉, 枯葉すべての LAI は, 6.83 (A-O3) と 6.89 (E-O3) でほぼ同等であったが, 緑葉だけの LAI は, 5.02 (A-O3) と 4.05 (E-O3) で, E-O3 における高オゾンの影響を受けた葉の老化が確認された。

##### ② 気孔コンダクタンス (gs) のモデル化

蒸散光合成測定装置 (LI-6400) で止葉および

第 2~4 葉の gs 測定を行った。測定期間における 1 時間平均オゾン濃度の経時変化と AOT40 (40ppb を越える日中 1 時間平均オゾン濃度の積算値) を Fig. 2 に示す。AOT40 を計算するためのオゾン濃度積算開始日は, Mapping manual (UNECE, 2004) に従い, 開花前 270 日目の 4 月 10 日とした。検討対象のオゾン濃度には, コムギ群落頂部の付近における測定値 ([O<sub>3</sub>]<sub>canopy</sub>) を採用した。gs 測定は矢印で示した 6 日間に行われた。gs への影響要因として, 葉面に入射する PAR<sub>i</sub>, AOT40<sub>canopy</sub>, 4 月 10 日からの日数, 時刻, 葉温飽差 (VPD<sub>leaf</sub>), 土壌水分 (SWC), 気温 (T<sub>a</sub>) を検討対象とした。経過日数は phenology の影響を反映し, 時刻は体内水分変化を反映する要因と位置づけた。

気孔コンダクタンス (gs) は Jarvis 型の multiplicative 式;

$$gs = g_{s_{max}} f(\text{PAR}_i) f(\text{AOT40}_{\text{canopy}}) f(\text{phenology}) f(\text{VPD}_{\text{leaf}}) f(\text{SWC}) f(T_a) f(\text{time}) \quad (1a)$$

$$gs = g_{s_{min}} \quad (gs \text{ by } (1a) \leq g_{s_{min}}) \quad (1b)$$

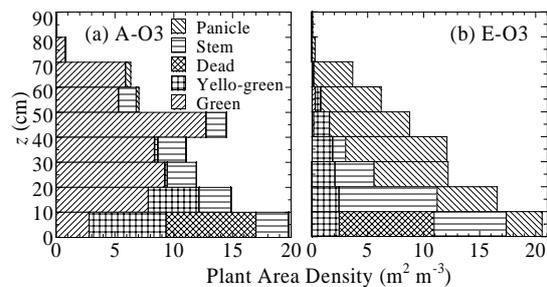


Fig. 1 Vertical profiles of wheat PAD in A-O3 and E-O3 (April 21 2008)

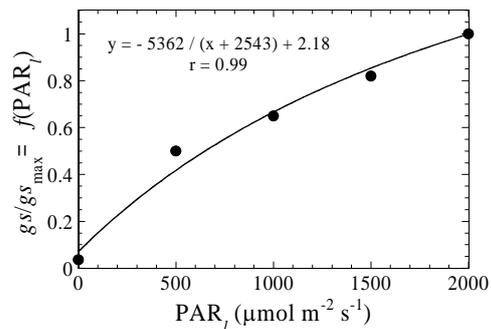


Fig. 3 Parameterization of  $f(\text{PAR}_i)$ .

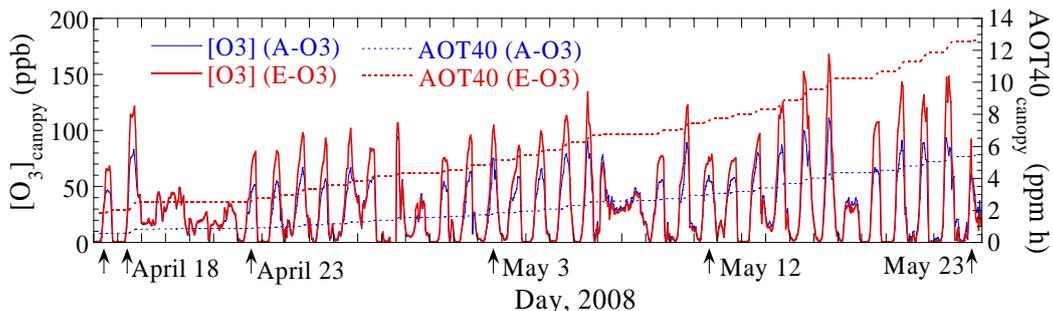


Fig. 2 Hourly variations of [O<sub>3</sub>] and AOT40 in A-O3 and E-O3 in the wheat season 2008.

で表現することにした。測定された $gs$ のうち、4月23日に $PAR_l = 2000$  ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )で測定された  $0.777$  ( $\text{molH}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )が最大であったので、これを $gs_{\text{max}}$ とした。そして、このときに測定した $PAR_l = 0, 500, 1000, 1500$  ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )における $gs$ 値を用いて $PAR_l$ と $gs/gs_{\text{max}}$ の関係をFig. 3に示し、 $f(PAR_l)$ を図中のような双曲線で表現した。他の制限関数を1とし、 $gs_{\text{min}} = 0.05544$  ( $\text{molH}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )を得た。

$PAR_l = 2000$  ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )における $gs/gs_{\text{max}}$ と各影響要因との単相関はそれぞれ、 $AOT40_{\text{canopy}}$ ; -0.51, 経過日数(phenology); -0.45, 時刻; -0.45,  $VPD_{\text{leaf}}$ ; 0.44,  $SWC$ ; 0.25,  $T_a$ ; -0.24であった。これらの関係を考慮し、 $gs$ の推定値が測定値をよく再現できるように、 $gs$ に対する各制限関数のパラメータ化を試行錯誤で行った。

式(1a)における各制限関数は、試行錯誤の結果、下記のように決定した。なお、 $SWC$ と $T_a$ は制限関数として組み込まないほうが $gs$ を良く再現できたため、式(1a)の $f(SWC)$ と $f(T_a)$ は1とした。ただし、 $f(\text{phenology})$ ,  $f(VPD_a)$ ,  $f(\text{time})$ のパラメータ化結果は、ここでは省略する。

$$f(AOT40_{\text{canopy}}) = 1 \quad (AOT40_{\text{canopy}} \leq 1 \text{ ppm h}) \\ = -0.03 (AOT40_{\text{canopy}} - 1) + 1 \quad (AOT40_{\text{canopy}} > 1 \text{ ppm h})$$

モデルパラメータのうち $VPD_{\text{leaf}}$ は、大気飽差 $VPD_a$ とある程度の相関を有していたことに加え、本モデルにおける $gs$ 推定に対する $VPD$ の貢献はあまり大きくないため、 $VPD_{\text{leaf}}$ の代わりに $VPD_a$ を適用できた。

一方、本モデルをTakigawa et al. (2007)のGlobal and Regional Chemistry-Transportモデル(CTM)とリンクさせ、CTMによって予測される上空の $[O_3]$ を用いて $gs$ を予測するためには、 $[O_3]_{\text{canopy}}$ を基準高度 $z$ におけるオゾン濃度 $[O_3]_z$ から予測するサブモデルを構築しておく必要がある。そこで、群落上部におけるオゾン濃度の鉛直分布が対数分布をなすと仮定し、

$$[O_3]_{\text{canopy}} = [O_3]_z \ln[(z-d)/z_{0O_3}] / \ln[(z_h-d)/z_{0O_3}]$$

で $[O_3]_{\text{canopy}}$ を推定することにした。ここで、基準高度は200 cmとし、 $z_h$ は群落高、 $d$ は地面修正量( $=0.6 z_h$ )である。 $z_{0O_3}$ はオゾン濃度分布に関する粗度長である。日中10時間における $[O_3]_{\text{canopy}}$ 測定値の平均を再現するように日ごとの $z_{0O_3}$ を決定し、気象条件、土壌水分、コムギ草丈、 $[O_3]$ などとの相関を分析した結果、風速との相関( $r = -0.7$ )が他と比べて特に高かった。そこで、 $z_{0O_3}$ は高度320cmの風速 $u$ との線形回帰式；

$$\log(z_{0O_3}) = -1.2181 u - 3.6231$$

でモデル化した。 $[O_3]_{\text{canopy}}$ の推定値と測定値の比較をFig. 4に示す。

前述の6日間においてA-O3とE-O3の両コ

ムギ畑で測定された $gs$ とモデルによる推定値を比較してFig. 5に示す。止葉を対象として構築したモデルであるが、第2~4葉についても相当するAOT40とphenologyを入力することで、図に示すように本モデルによって $gs$ が良好に再現できた。本モデルにより、累積 $O_3$ 投与量が増加するにつれて $gs$ が低下するプロセスが再現できた。

### ③ 植物体表面温度( $T_s$ )の鉛直分布

放射温度計(IT-330; Tasco)を用い、A-O3とE-O3において、コムギ群落10cmごとに $T_s$ の鉛直分布を2地点で交互に数回測定した。群落の上部から下部へそして上部へと各層

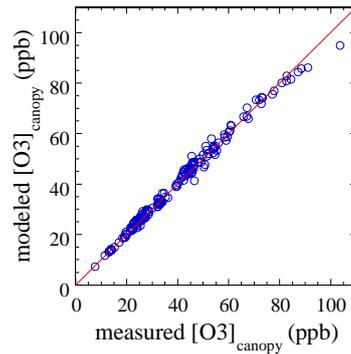


Fig. 4 Comparison between measured and modeled  $[O_3]_{\text{canopy}}$ .

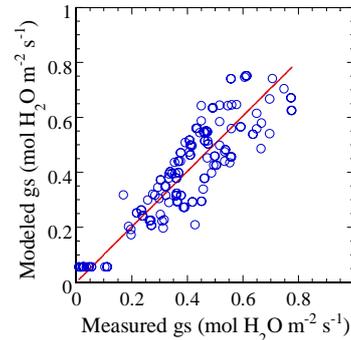


Fig. 5 Comparison between measured and modeled  $gs$  of wheat flag leaves in A-O3 and E-O3.

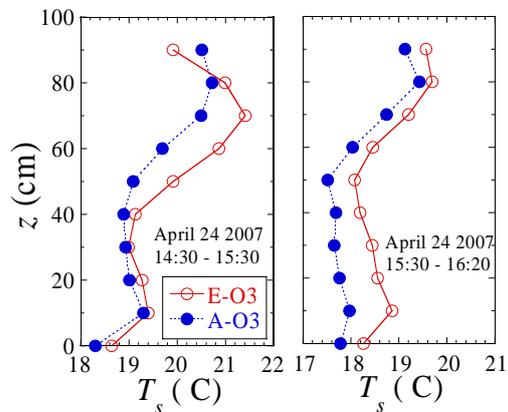


Fig. 6 Vertical profiles of measured plant surface temperature ( $T_s$ ) of wheat in A-O3 and E-O3.

20 秒測定し、1 地点の測定には 10 分を要した。約 1 時間で行った数回の測定値を平均した  $T_s$  鉛直分布を Fig. 6 に示す。測定日はほぼ快晴でコムギは出穂がほぼ完了していた。

$[O_3]$  を A-O3 の 1.5 倍に上昇させた E-O3 における  $T_s$  の方が、概して  $1^\circ C$  前後高かった。① で述べた  $g_s$  モデルで、Fig. 6 に示した当該日時の止葉の  $g_s$  を計算したところ、E-O3 の  $g_s$  は A-O3 の  $g_s$  と比較して約 10% の低下と推定された。これが、E-O3 の  $T_s$  が高かった主たる原因と考えられる。

## (2) イネ

### ① 両区における植物体面積密度の比較

A-O3 と E-O3 で測定した植物体面積密度 (WJ15) を Fig. 7 に示す。草丈は 2007 年 8 月 2 日に 73-75cm, 8 月 31 日に 106-109cm であり、出穂完了日は 8 月 28 日であった。LAI を両区で比較すると、緑葉は A-O3 の方が大きく、赤斑葉と枯葉の合計は E-O3 の方が大きかった。コムギと同様、E-O3 における高オゾンの影響を受けた葉の老化が確認された。

### ② 気孔コンダクタンス( $g_s$ )のモデル化

2008 年に測定した 4 種のイネについて整理する。各品種の出穂開花日は、WYJ21 が 8 月 17 日、WYPJ が 8 月 26 日、SY63 が 8 月 15 日 (E-O3) と 19 日 (A-O3)、YD6 が 8 月 25 日であった。止葉はほぼその 1 週間前に出葉した。A-O3 と E-O3 両区における LI-6400 を用いた止葉  $g_s$  の測定は、9 月 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 22 日, 10 月 1 日に実施した。止葉の出葉後における 1 時間平均オゾン濃度の経時変化と AOT40 を Fig. 8 に示す。AOT40 計算のためのオゾン濃度積算開始日は、各品種止葉の出葉日とした。

$g_s$  のモデル化にはコムギと同様に①式を使用した。 $g_{s,max}$  には、9 月前半の測定日の中で高度 250cm の VPD<sub>a</sub> が比較的 low だった 9 月 7 日に A-O3 で測定された  $g_s$  を適用した。

$$\begin{aligned} g_{s,max} &= 0.52683 \text{ (molH}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}) && \text{WYJ21.} \\ &= 0.58192 \text{ (molH}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}) && \text{LYPJ.} \\ &= 0.56796 \text{ (molH}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}) && \text{SY63.} \\ &= 0.54600 \text{ (molH}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}) && \text{YD6.} \end{aligned}$$

式(1a)における各制限関数は、モデルによる計算  $g_s$  が測定値を最も良く再現できるように、試行錯誤で下記のように決定した。ただし  $f(\text{phenology})$ ,  $f(\text{VPD}_a)$ ,  $f(\text{time})$  のパラメー

タ化結果は、ここでは省略する。

### a) WYJ21

$$f(\text{PAR}_l) = -1065 / (\text{PAR}_l + 795.87) + 1.381$$

$$f(\text{AOT40}_{\text{canopy}}) = 1$$

$$(\text{AOT40}_{\text{canopy}} \leq 0.92 \text{ ppm h})$$

$$= -0.15 (\text{AOT40}_{\text{canopy}} - 0.92) + 1$$

$$(\text{AOT40}_{\text{canopy}} > 0.92 \text{ ppm h})$$

“days” は出穂開花 7 日前からの日数である。

### b) LYPJ

$$f(\text{PAR}_l) = -1538 / (\text{PAR}_l + 1082.6) + 1.49893$$

$$f(\text{AOT40}_{\text{canopy}}) = 1$$

$$(\text{AOT40}_{\text{canopy}} \leq 1.80 \text{ ppm h})$$

$$= -0.40 (\text{AOT40}_{\text{canopy}} - 1.80) + 1$$

$$(\text{AOT40}_{\text{canopy}} > 1.80 \text{ ppm h})$$

### c) SY63

$$f(\text{PAR}_l) = -1816.1 / (\text{PAR}_l + 1340.9) + 1.5436$$

$$f(\text{AOT40}_{\text{canopy}}) = 1$$

$$(\text{AOT40}_{\text{canopy}} \leq 1.70 \text{ ppm h})$$

$$= -0.50 (\text{AOT40}_{\text{canopy}} - 1.70) + 1$$

$$(\text{AOT40}_{\text{canopy}} > 1.70 \text{ ppm h})$$

### d) YD6

$$f(\text{PAR}_l) = -1274.0 / (\text{PAR}_l + 918.48) + 1.43653$$

$$f(\text{AOT40}_{\text{canopy}}) = 1$$

$$(\text{AOT40}_{\text{canopy}} \leq 1.80 \text{ ppm h})$$

$$= -0.44 (\text{AOT40}_{\text{canopy}} - 1.80) + 1$$

$$(\text{AOT40}_{\text{canopy}} > 1.80 \text{ ppm h})$$

つぎに、コムギと同様の方法で、 $[O_3]_{\text{canopy}}$  のモデル化を行った。モデル作成には、A-O3 (Flux サイト) で 2007 年 8 月 8 日 ~ 10 月

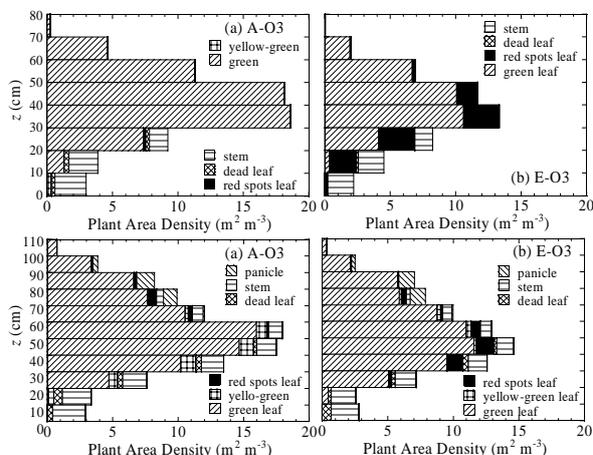


Fig. 7 Vertical profiles of WJ15 PAD in A-O3 and E-O3 (Aug 2 and 31, 2007)

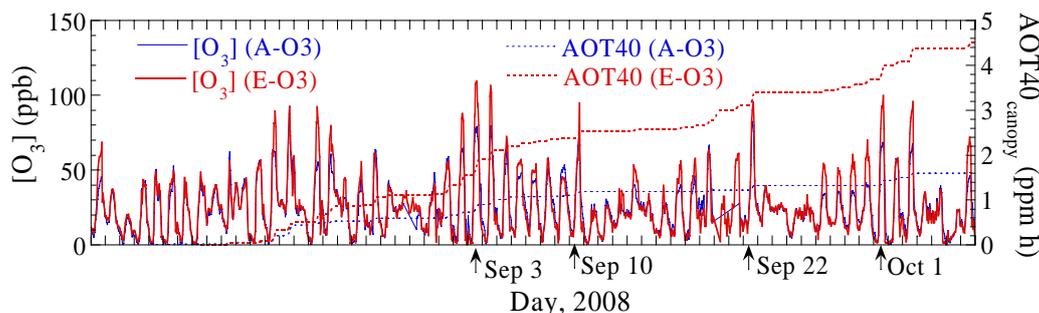


Fig. 8 Hourly variations of  $[O_3]$  and AOT40 in A-O3 and E-O3 in the rice season 2008.

26日(WJ15)と2008年8月3日~10月7日(WYJ21)に測定された $[O_3]$ 鉛直分布, 気象条件, 群落高を用いた.  $[O_3]$ が前述の対数鉛直分布をなすように各日の $z_{0O_3}$ を決定し, コムギの $z_{0O_3}$ と同様に各要因との相関を分析した結果, イネの $z_{0O_3}$ も風速との相関が特に高かった. 一方, 葉齢とともに $g_s$ が低下すると, 気孔を通してのオゾン沈着速度が低下し,  $[O_3]$ に対する $[O_3]_{canopy}$ の低下割合が縮小する. それにしたがって $z_{0O_3}$ は低下すると推測できる. この考えから,  $z_{0O_3}$ は高度320cmの風速 $u$ との線形回帰式;

$$\log(z_{0O_3}) = a u + b$$

で表現し, パラメータ $a$ および $b$ をフェノロジー(days; 出葉後日数)でモデル化した(結果省略). その結果,  $[O_3]_{canopy}$ の測定値が極めてよく再現できた(Fig. 9).

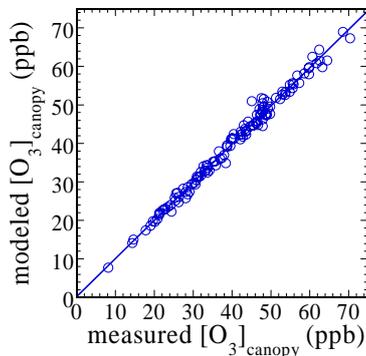


Fig. 9 Comparison between measured and modeled  $[O_3]_{canopy}$  in the rice paddy field in 2007 and 2008.

前述の9日間においてA-O3とE-O3両区の4品種について測定された止葉の $g_s$ とモデルによる $g_s$ 推定値を比較してFig. 10に示す. 図に示すように本モデルによって品種別の $g_s$ が良好に再現できた. 本モデルにより, 累積 $O_3$ 投与量が増加するにつれて $g_s$ が低下するプロセスが再現できた.

### ③ 植物体表面温度( $T_s$ )の鉛直分布

放射温度計(IT-330; Tasco)を用い, A-O3とE-O3において, イネ群落10cmごとに $T_s$ の鉛直分布を2地点で交互に測定した. 測定日は2007年8月30日ではほぼ快晴の天候, 測定対

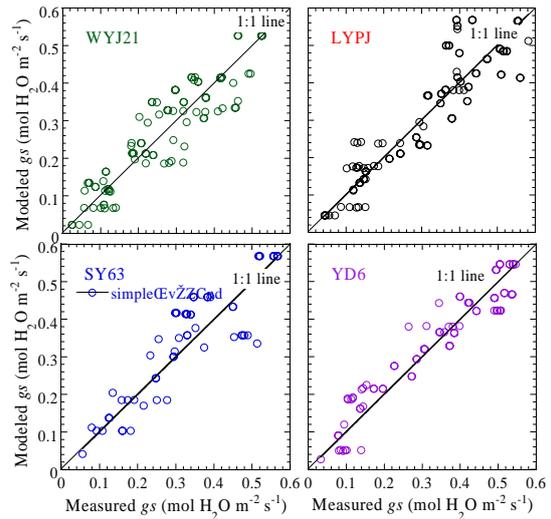


Fig. 10 Comparison between measured and modeled  $g_s$  of the 4 cv. of rice flag leaves in A-O3 and E-O3 in 2008.

象品種はWJ15, 出穂開花後であった. 測定方法はコムギの場合と同じである. 両区の $T_s$ 鉛直分布をFig. 11に示す. 両区におけるE-O3区の湛水がほぼ消失していたので,  $z = 0$  cm (E-O3は土壌面, A-O3は水面)の $T_s$ はE-O3の方が高い. その影響が植物体表面温度 $T_s$ にも及んだと思われるが, それは常にE-O3の方が高いことが確かめられた. また, 出葉後日数の浅い止葉が集まる群落頂部付近では, 両区における $T_s$ の差が小さいこともわかる. 以上の結果から, オゾンドウスの累積による $g_s$ の低下が,  $T_s$ を上昇させたと考えられる.

### ④ イネ群落内部と上部の気温( $T_a$ )鉛直分布

A-O3とE-O3におけるイネ群落内部と上部の $T_a$ 鉛直分布を同時自動測定した結果から, 7月から9月まで約1ヶ月間隔の晴天日を選んで比較した(図省略). 両区における $T_a$ の差は高度ごとに異なるが, 日中を通じてE-O3の方が最高で $0.5^\circ\text{C}$ 前後高いことがわかった. このように, 高オゾン濃度が, 植物の気孔応答への影響を通じて, 気温上昇にもつながることが明らかにできた.

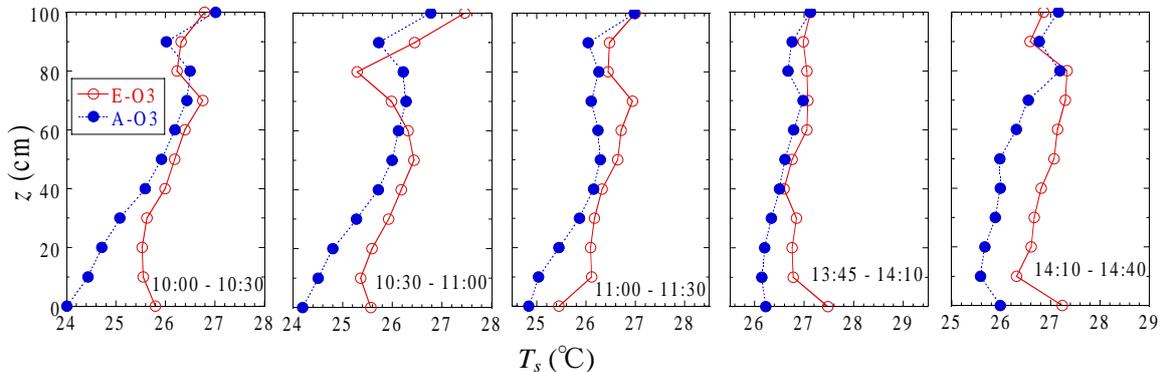


Fig. 11 Vertical profiles of measured plant surface temperature ( $T_s$ ) of rice in A-O3 and E-O3, Aug 30 2007.

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① Oue, H., Motohiro, S., Inada, K., Miyata, A., Mano, M., Kobayashi K. and Zhu, J., Evaluation of ozone uptake by the rice canopy with the multi-layer model., J. Agric. Meteorol., 64 (4), 223-232, 2008 年, 査読有り

[学会発表] (計 11 件)

- ① H. Oue, Z. Feng, J. Pang, A. Miyata, M. Mano, K. Kobayashi and J. Zhu: Modeling Stomatal Conductance and Photosynthesis of a Flag Leaf of Wheat under Elevated O<sub>3</sub> Concentration, International Symposium on Agricultural Meteorology (ISAM2009), 2009 年 3 月 27 日, Kooriyama, 81.
- ② A. Miyata, M. Mano, H. Oue, J. Zhu and K. Kobayashi: Ozone deposition onto rice and wheat field in eastern China, International Symposium on Agricultural Meteorology (ISAM2009), 2009 年 3 月 27 日, Kooriyama, 175
- ③ 大上博基, Zhaozhong Feng, Jing Pang, 小林和彦, 朱建国: オゾンドウスを考慮したコムギ止葉の気孔コンダクタンスのモデリング, 平成 20 年度日本農業気象学会中国・四国支部大会, 2008 年 12 月 5 日, 福山, 講演要旨集, 52-54
- ④ 大上博基, 本廣真吾, 稲田健太, 宮田明, 小林和彦, 朱建国: 大気オゾン濃度の上昇がイネの生育に及ぼす影響を予測するためのオゾン沈着モデル, 第 63 回農業農村工学会 2008 年中国四国支部講演会, 2008 年 10 月 21 日, 広島, 講演要旨集 26-27
- ⑤ A. Miyata, M. Mano, H. Oue, J. Zhu and K. Kobayashi: Diurnal and seasonal variations of Ozone fluxes over rice and wheat field in eastern China., International Symposium on Agricultural Meteorology (ISAM2008), 2008 年 3 月 20 日, Shimonoseki, 68,
- ⑥ M. Mano, A. Miyata, H. Oue, S. Motohiro, K. Kobayashi and J. Zhu: Carbon dioxide exchange over the double cropping field with winter-wheat and summer-rice in China., International Symposium on Agricultural Meteorology (ISAM2008), 2008 年 3 月 20 日, Shimonoseki, 113
- ⑦ H. Oue, S. Motohiro, K. Inada, A. Miyata, M. Mano, K. Kobayashi and J. Zhu: Evaluation of Ozone Uptake by Vegetation with the Multi-layer Model., International Symposium on Agricultural Meteorology (ISAM2008), 2008 年 3 月 20 日, Shimonoseki, 127
- ⑧ 宮田明, 大上博基, 朱建国, 小林和彦: コ

ムギおよび水稲群落へのオゾン沈着速度の観測, 農業気象学会 2008 年全国大会, 2008 年 3 月 21 日, 下関, 講演要旨集, 85

- ⑨ 大上博基, 本廣真吾, 稲田健太, 宮田明, 間野正美, 小林和彦, 朱建国: 植生によるオゾン吸収プロセスのモデリングとオゾン吸収量の推定, 農業気象学会 2008 年全国大会, 2008 年 3 月 21 日, 下関, 講演要旨集, 86
- ⑩ 大上博基, 本廣真吾, 稲田健太, 宮田明, 間野正美, 小林和彦: 大気オゾン濃度の上昇がイネの気孔コンダクタンスに及ぼす影響とイネのオゾン吸収プロセスのモデリング, 日本農業気象学会中国・四国支部講演会, 2007 年 12 月 7 日, 岡山, 講演要旨集, 24-26
- ⑪ 大上博基, 賀斌, 稲田健太, 本廣真吾, 宮田明, 間野正美, 小林和彦: 大気オゾン濃度の上昇が気孔コンダクタンスと光合成速度に及ぼす影響と群落におけるオゾンフラックスのモデル化, 農業環境工学関連学会 2007 年合同大会, 2007 年 9 月 12 日, 東京, 講演要旨集, I.24

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

講演 (計 1 件)

大上博基: 地球環境変化に伴う水環境と食糧生産の変化, 2007 年 四国ブロック・ユネスコ活動研究会, ふるさと再生「STOP! 環境破壊」, 松山, 2007 年 11 月 10 日

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

大上 博基 (OUE HIROKI)

愛媛大学・農学部・教授

研究者番号: 8 0 2 1 3 6 2 7

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし

(4)研究協力者

稲田 健太 (INADA KENTA)

愛媛大学大学院・農学研究科・修士課程学生  
(2007 年度修了)

本廣 真吾 (MOTOHIRO SHINGO)

愛媛大学・農学部・学士課程学生 (2007 年度卒業)