

戦略的国際共同研究プログラム(SICORP)

日本－中国共同研究

終了報告書 概要

1. 研究課題名：「都市生態へのオゾン汚染の影響：モニタリング・影響評価・適応策」
2. 研究期間：令和元年4月～令和4年3月
3. 主な参加研究者名：

日本側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	渡辺 誠	准教授	東京農工大学	野外における樹木観測・総括
主たる共同研究者	伊豆田 猛	教授	東京農工大学	実験的研究
主たる共同研究者	松田 和秀	教授	東京農工大学	森林におけるタワー観測
主たる共同研究者	渡部 敏裕	准教授	北海道大学	実験的研究
主たる共同研究者	堅田 元喜	講師	茨城大学	モデルシミュレーション
主たる共同研究者	黄瀬 佳之	助教	山梨大学	モデルシミュレーション
研究期間中の全参加研究者数			10名	

相手側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	Laiye QU	准教授	中国科学院	実験的研究・総括
主たる共同研究者	Xiaoke WANG	教授	中国科学院	実験的研究
主たる共同研究者	Baodong CHEN	教授	中国科学院	実験的研究
主たる共同研究者	Qin WANG	准教授	河北大学	大気観測
主たる共同研究者	Pin LI	准教授	中国科学院	文献調査
研究期間中の全参加研究者数			5名	

4. 国際共同研究の概要

日本および中国の大都市では、オゾンによる大気汚染が深刻である。本国際共同研究では、植物の葉の気孔からオゾンが吸収され、都市の大気汚染の改善

に貢献していることに注目し、樹木によるオゾン吸収量を推定するとともに、樹木に対するオゾン影響の評価やオゾン耐性の向上に向けた実験的研究を行った。都市緑地を構成する樹種の葉の気孔コンダクタンス（オゾン吸収速度を決定する植物側の主要因）の推定モデルを文献調査および実測に基づいて作成した。両国の研究者が、自国の気象データを供試し、北京および東京の気象条件で、日本と中国の樹種の気孔コンダクタンスを推定したところ、各国の樹種のモデルで推定された気孔コンダクタンスは異なる環境応答を示した。このことから樹木のオゾン吸収能力を適切に評価するためには、モデル作成のための測定を行う樹木の生育環境を考慮する必要があることが明らかになった。両国間の渡航制限があったため、対面による研究議論は限られたが、オンライン会議システムにより多くのリアルタイムの議論を実施した。これにより中国で実施したオゾン暴露実験に対する、日本側の定期的な技術サポートが実現できた。そのオゾン暴露実験より、菌根菌(共生菌)による樹木のオゾン耐性の向上が確認された。また、日本で実施したオゾン暴露実験からは、生育環境が樹木のオゾン耐性に影響することが示された。都市緑地によるオゾン吸収の広域評価より、オゾン吸収量は単純な緑地面積だけでなく、樹種によるオゾン吸収能力の違い（樹種構成）も重要であることが明らかになった。本国際共同研究の成果は、持続可能な開発目標（SDGs）および植物保護を目的とした環境基準値の制定に貢献している。また、成果は日本と中国だけではなく、世界中の都市緑地における大気浄化を考えるうえでも重要である。他のアジア諸国やヨーロッパなどへの波及が期待できるとともに、それを実践する学生や若手研究者の輩出についても貢献することが出来た。

5. 国際共同研究の成果

5-1 国際共同研究の学術成果および実施内容

都市緑地を構成する樹種の葉の気孔コンダクタンス（オゾン吸収速度を決定する植物側の主要因）の推定モデルに関する情報を収集し、北京および東京の気象条件で、日本と中国の樹種の気孔コンダクタンスを推定した所、各国の樹種のモデルで異なる傾向を示した。オゾン暴露実験より、菌根菌(共生菌)による樹木のオゾン耐性の向上や、生育環境がオゾン耐性に影響を与えることが示された。都市緑地によるオゾン吸収の広域評価より、オゾン吸収量は緑地面積に強く依存することが示された一方で、オゾン吸収能力には大きな樹種間差異があることも認められ、緑地の樹種構成の重要性も指摘された。

5-2 国際共同研究による相乗効果

両国間の渡航制限があったため、対面による研究議論は初年度を除き行えなかったが、オンライン会議システムにより、より多くのリアルタイムの議論が実施できた。特に中国側で実施したオゾン暴露実験においては、日本側の定期的なオンラインサポートにより、適切な実験管理を実施することができ、菌根菌による樹木のオゾン耐性の向上を発見できた。また、両国の研究者が、自国のデータを供試することで、東京と北京のそれぞれのデータを利用した、樹木のオゾン吸収能力のシミュレーションを実施できた。

5-3 国際共同研究成果の波及効果と今後の展望

本国際共同研究で得られた成果は、持続可能な開発目標（SDGs）および植物保護を目的とした環境基準値の制定に向けた議論に貢献している。また、本国際共同研究の成果は日本と中国だけではなく、世界中の都市緑地における大気浄化を考えるうえでも重要な成果であり、ヨーロッパの同様のプロジェクトへの波及効果も期待できるとともに、他のアジア諸国への国際共同研究の展開も視野に入れられている。本国際共同研究に携わった多くの学生が本国際共同研究を基礎として、関連する進路に進んでいる。

Strategic International Collaborative Research Program (SICORP)
Japan – China Joint Research Program
Executive Summary of Final Report

1. Project title : 「Ecological impacts of ozone pollution: monitoring, assessment and mitigation」
2. Research period : April 2019 ~ March 2022
3. Main participants :
Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Makoto Watanabe	Associate Professor	Tokyo University of Agriculture and Technology	Field survey of trees, Generalization
Co-PI	Takeshi Izuta	Professor	Tokyo University of Agriculture and Technology	Experimental study
Co-PI	Kazuhide Matsuda	Professor	Tokyo University of Agriculture and Technology	Flux measurement
Co-PI	Toshihiro Watanabe	Associate Professor	Hokkaido University	Experimental study
Co-PI	Genki Katata	Lecturer	University of Yamanashi	Model simulation
Co-PI	Yoshiyuki Kinose	Assistant professor	Ibaraki University	Model simulation
Total number of participants throughout the research period: 10				

Partner-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Laiye QU	Associate Professor	Chinese Academy of Science	Experimental study, Generalization
Co-PI	Xiaoke WANG	Professor	Chinese Academy of Science	Experimental study
Co-PI	Baodong CHEN	Professor	Chinese Academy of Science	Experimental study
Co-PI	Qin WANG	Associate Professor	Hebei University	Atmospheric observation
Co-PI	Pin LI	Associate Professor	Chinese Academy of Science	Literature survey
Total number of participants throughout the research period: 5				

4. Summary of the international joint research

Ozone is a serious air pollutant in big cities of Japan and China. In the present joint research, we focused on stomatal ozone uptake in leaves of trees and ozone uptake by tree was estimated. In addition, we conducted experimental studies to evaluate negative effects of ozone on tree eco-physiology and to develop ozone tolerance of trees. Estimation model for leaf stomatal conductance, which is most important plant factor determining leaf ozone uptake, of tree species in urban green was established based on literature survey and actual measurements. Using meteorological data in Tokyo and Beijing supplied from researchers of both countries, we estimated stomatal conductance for tree species in both Japan and China. The estimated stomatal conductance of the two tree species showed different response to environmental stimuli. These results indicate that we have to consider growth conditions of tested trees for establishing stomatal conductance model. Although the opportunity of face-to-face discussion between Japanese researchers and Chinese researchers was limited due to Covid-19 pandemic, we conducted real-time discussions using online meeting system. As a results, Japanese researcher successfully supported technical issues of experimental ozone-exposure study conducted in China. The ozone-exposure study revealed mycorrhizal symbiosis confers ozone tolerance to trees. Experimental study in Japan also found growth conditions modify ozone tolerance of trees. According to the evaluation of ozone uptake by urban trees in Tokyo, the amount of ozone uptake is determined not only by the area of urban forest, but the difference of ozone uptake capacity among the tree species is also important. The results from the joint research contribute Sustainable Development Goals (SDGs) and establishment of environmental quality standard of photochemical oxidant for protecting vegetation in Japan. In addition, the results also important for the discussion on air quality improvement by urban green in the city all over the world. Further development in the other country such as other Asia and Europe is expected. Students and young scientist worked in the joint research will contribute to the future research.

5. Outcomes of the international joint research

5-1 Scientific outputs and implemented activities of the joint research

Information on the estimation model for leaf stomatal conductance, which is most important plant factor determining leaf ozone uptake, of tree species in urban green was corrected. Then, we estimated stomatal conduction for tree species in both Japan and China using meteorological data in Tokyo and Beijing. The estimated stomatal conductance of the two tree species showed different responses to environmental stimuli. This result indicates that we have to consider growth conditions of tested trees for establishing stomatal conductance model. The ozone-exposure study revealed mycorrhizal symbiosis confers ozone tolerance to trees. Experimental study in Japan also found growth conditions modify ozone tolerance of trees. According to the evaluation of ozone uptake by urban trees in Tokyo, the amount of ozone uptake is determined not only by the area of urban forest, but the difference of ozone uptake capacity

among the tree species is also important.

5-2 Synergistic effects of the joint research

Although the opportunity of face-to-face discussion between Japanese researchers and Chinese researchers was limited due to Covid-19 pandemic, we conducted real-time discussions using online meeting system. As a results, Japanese researcher successfully supported technical issues of experimental ozone-exposure study conducted in China. This support resulted the finding of mycorrhizal symbiosis-induced enhancement of ozone tolerance of trees. The model simulation experiment was supported by meteorological data supplies from the researchers in both Japan and China.

5-3 Scientific, industrial or societal impacts/effects of the outputs

The results from the joint research contribute Sustainable Development Goals (SDGs) and establishment of environmental quality standard of photochemical oxidant for protecting vegetation. In addition, the results also important for the discussion on air quality improvement by urban green in the city all over the world. Further development in the other country such as other Asia and Europe is expected. Students and young scientist worked in the joint research were continue their related works in company, doctor course and institute.

国際共同研究における主要な研究成果リスト

1. 論文発表等

*原著論文（相手側研究チームとの共著論文）発表件数：計 5 件

・査読有り：発表件数：計 5 件

1. Astrid Moser-Reischl, Thomas Rötzer, Peter Biber, Matthias Ulbricht, Enno Uhl, Laiye Qu, Takayoshi Koike, Hans Pretzsch, Growth of *Abies sachalinensis* along an urban gradient affected by environmental pollution in Sapporo, Japan. *Forests* 10, 707, **2019** DOI: 10.3390/f10080707
2. Tetsuto Sugai, Wang Yannan, Toshihiro Watanabe, Fuyuki Satoh, Laiye Qu, Takayoshi Koike, Salt stress reduced the seedling growth of two larch species under elevated ozone. *Frontiers in Forests and Global Change* 2, 53, **2019** DOI: 10.3389/ffgc.2019.00053
3. Satoshi Kitaoka, Laiye Qu, Yoko Watanabe, Makoto Watanabe, Toshihiro Watanabe, Takayoshi Koike, Heterophyllous shoots of Japanese larch trees: the seasonal and yearly variation in CO₂ assimilation capacity of the canopy top with changing environment. *Plants* 9, 1278, **2020** DOI: 10.3390/plants9101278
4. Yoko Watanabe, Kiyomi Hinata, Laiye Qu, Satoshi Kitaoka, Makoto Watanabe, Mitsutoshi Kitao, Takayoshi Koike, Effects of elevated CO₂ and nitrogen loading on the defensive traits of three successional deciduous broad-leaved tree seedlings. *Forests* 12, 939, **2021** DOI: 10.3390/f12070939
5. Laiye Qu, Xiaona Wang, Qiaozhi Mao, Evgenios Agathokleous, DongSu Choi, Yutaka Tamai, Toshihiro Watanabe, Takayoshi Koike, Responses of ectomycorrhizal diversity of larch and its hybrid seedlings and saplings to elevated CO₂, O₃, and high nitrogen loading. *Eurasian Journal Forest Research* 22, 23-27, 2022 DOI: 10.14943/EJFR.22.23

・査読無し：発表件数：計 0 件

該当なし

*原著論文（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの論文）：発表件数：計 14 件

・査読有り：発表件数：計 14 件

1. Noboru Masui, Tomoki Mochizuki, Akira Tani, Hideyuki Matsuura, Evgenios Agathokleous, Toshihiro Watanabe, Takayoshi Koike, Does ozone alter the attractiveness of Japanese white birch leaves to a leaf beetle (*Agelastica coerulea*) via changes in biogenic volatile organic compounds (BVOCs): An examination with the Y-tube test. *Forests* 11(1), 58, **2020** DOI: 10.3390/f11010058
2. Makoto Watanabe, Hiroka Hiroshima, Yoshiyuki Kinose, Shigeaki Okabe, Takeshi Izuta, Nitrogen use efficiency for growth of *Fagus crenata* seedlings under elevated ozone with different soil nutrient conditions. *Forests*, 11(4), 371, **2020** DOI: 10.3390/f11040371
3. Yoshiyuki Kinose, Yoshinobu Fukamachi, Makoto Watanabe, Takeshi Izuta,

- Ozone-induced change in the relationship between stomatal conductance and net photosynthetic rate is a factor determining cumulative stomatal ozone uptake by *Fagus crenata* seedlings. *Trees* 34, 445-454, **2020** DOI: 10.1007/s00468-019-01927-1
4. Yoshiyuki Kinose, Yoshinobu Fukamachi, Shigeaki Okabe, Hiroka Hiroshima, Makoto Watanabe, Takeshi Izuta, Toward an impact assessment of ozone on plant carbon fixation using a process-based plant growth model: A case study of *Fagus crenata* grown under different soil nutrient levels. *Science of The Total Environment* 716, 137008, **2020** DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.137008
 5. Yasutomo Hoshika, Elena Paoletti, Evgenios Agatokleous, Tetsuto Sugai, Takayoshi Koike, Developing ozone risk assessment for larch species. *Frontiers in Forests and Global Change* 3, 45, **2020** DOI: 10.3389/ffgc.2020.00045
 6. Yasutomo Hoshika, Matthew Haworth, Makoto Watanabe, Takayoshi Koike, Interactive effect of leaf age and ozone on mesophyll conductance in Siebold's beech. *Physiologia Plantarum* 170, 172-186, **2020** DOI: 10.1111/ppl.13121
 7. Tomohiro Kubota, Hisao Kuroda, Mirai Watanabe, Akiko Takahashi, Ryoji Nakazato, Mika Tarui, Shunichi Matsumoto, Keita Nakagawa, Yasuko Numata, Takao Ouchi, Hirofumi Hosoi, Megumi Nakagawa, Ryuichiro Shinohara, Mizuo Kajino, Keitaro Fukushima, Yasuhito Igarashi, Naohiro Imamura, Genki Katata, Role of advection in atmospheric ammonia: A case study at a Japanese lake basin influenced by agricultural ammonia sources, *Atmospheric Environment* 243, 117856, **2020** DOI: 10.1016/j.atmosenv.2020.117856
 8. Genki Katata, Kazuhide Matsuda, Atsuyuki Sorimachi, Mizuo Kajino, Kentaro Takagi, Aerosol dynamics and gas-particle conversion in dry deposition of inorganic reactive nitrogen in a temperate forest. *Atmospheric Chemistry and Physics* 20, 4933-4949, **2020** DOI: 10.5194/acp-20-4933-2020
 9. Masanari Norisada, Takeshi Izuta, Makoto Watanabe, Distributions of photosynthetic traits, shoot growth, and anti-herbivory defence within a canopy of *Quercus serrata* in different soil nutrient conditions. *Scientific Reports* 11, 14485, **2021** DOI: 10.1038/s41598-021-93910-5
 10. Noboru Masui, Evgenios Agathokleous, Akira Tani, Hideyuki Matsuura, Takayoshi Koike Plant-insect communication in urban forests: Similarities of plant volatile compositions among tree species (host vs. non-host trees) for alder leaf beetle *Agelastica coerulea*. *Environmental Research* 204 Part A, 111996, **2021** DOI: 10.1016/j.envres.2021.111996
 11. Mao Xu, Kenta Kasahara, Atsuyuki Sorimachi, Kazuhide Matsuda, Nitric acid dry deposition associated with equilibrium shift of ammonium nitrate above a forest by long-term measurement using relaxed eddy accumulation. *Atmospheric Environment* 256, 118454, **2021** DOI: 10.1016/j.atmosenv.2021.118454
 12. Wenjie Wang, Panli Tian, Jinghua Zhang, Evgenios Agathokleous, Lu Xiao, Takayoshi Koike, Huimei Wang, Xingyuan He, Big data-based urban

greenness in Chinese megalopolises and possible contribution to air quality control. *Science of the Total Environment* 824, 153834, **2022** DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.153834

13. Genki Katata, Andreas Held, Combined measurements of microscopic leaf wetness and dry-deposited inorganic compounds in a spruce forest. *Atmospheric Pollution Research* 12(2), 217-224, **2021** DOI: 10.1016/j.apr.2020.11.004
14. Makoto Watanabe, Jing Li, Misako Matsumoto, Takuro Aoki, Ryo Ariura, Tsuyoshi Fuse, Yazhuo Zhang, Yoshiyuki Kinose, Masahiro Yamaguchi, Takeshi Izuta, Growth and photosynthetic responses to ozone of Siebold's beech seedlings grown under elevated CO₂ and soil nitrogen supply. *Environmental Pollution* 304, 119233, **2022** DOI: 10.1016/j.envpol.2022.119233

・査読無し：発表件数：計 0 件

該当なし

*その他の著作物（相手側研究チームとの共著総説、書籍など）：発表件数：計 3 件

1. 小池孝良, 菅井徹人, 渡部敏裕, 市川 一, 藤戸永志, 佐々木圭子, 曲 来葉, 渡辺 誠, 荒川圭太, 佐藤冬樹. 都市生態系へのオゾン汚染の影響：実験的研究による J S T への取り組み. *北方森林保全技術* 37, 11-17, **2020**.
2. 小池孝良, 江口則和, 渡部敏裕, 市川 一, 藤戸永司, 曲 来葉, 渡辺 誠, 渡邊陽子, エフゲニオス・アガトクレオス, 石 聡, 北尾光俊, 高木健太郎, 日浦 勉, 里村多賀美, 半 智史, 船田 良, 佐藤冬樹. 生産環境変化が樹林地の動態に与える広域影響評価－開放系 CO₂ と O₃ の付加実験施設での成果から－. *北方森林保全技術* 37, 18-26, **2020**.
3. Laiye Qu, Yannan Wang, Oxana Masyagina, Satoshi Kitaoka, Saki Fujita, Kazuhito Kita, Anatoly Prokushkin, Takayoshi Koike, Larch: A Promising Deciduous Conifer as an Eco-Environmental Resource, *IntechOpen "Conifer"* **2022**

*その他の著作物（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの総説、書籍など）：発表件数：計 11 件

1. 増井 昇, 望月智貴, 谷 晃, 松浦英幸, 小池孝良. 変動環境下での樹林地構成樹種の虫害の現状と課題. *北海道の農業気象* 71, 6-13, **2019**
2. Kent O. Burkey, Evgenios Agathokleous, Costas J Saitanis, Alsayed M Mashaheet, Takayoshi Koike, Yung-Tse Hung, Ozone effects on vegetation: a walk from cells to ecosystems. In: *Handbook of Environment and Waste Management: Volume 3: Acid Rain and Greenhouse Gas Pollution Control* (Hung Y-T, Wang LK, Shammass NK, eds), World Scientific, 357-396, **2020** DOI: 10.1142/11470
3. 小池孝良, 北尾光俊, 市栄智明, 渡辺誠 (編著), *木本植物の生理生態*. 共立出版, 東京, **2020**
4. 伊豆田 猛 (編著) *大気環境と植物*. 朝倉書店, 東京, **2020**
5. 渡辺 誠, 樹木の大気汚染に対する応答. *森林学の百科事典* (日本森林学会

- 編), 丸善出版, 東京, 76-77, 2021
6. Makoto Watanabe, Evgenios Agathokleous, Alessandro Anav, Valda Araminiene, Elisa Carrari, Alessandra De Marco, Yasutomo Hoshika, Chiara Proietti, Pierre Sicard, Elena Paoletti, Impacts of ozone on ecophysiology of forest tree species. *Tropospheric Ozone: a Hazard for Vegetation and Human Health* (Shashi Bhushan Agrawal, Madhoolika Agrawal, Anita Singh, eds), Cambridge Scholars Publishing, UK, 277-306, **2021**
 7. Zhaozhong Feng, Evgenios Agathokleous, Xu Yue, Elina Oksanen, Elena Paoletti, Hiroyuki Sase, Anthony Gandin, Takayoshi Koike, Vicent Calatayud, Xiangyang Yuan, Xuejun Liu, Alessandra De Marco, Yves Jolivet, Sari Kontunen-Soppela, Yasutomo Hoshika, Hikaru Saji, Pin Li, Zhengzhen Li, Makoto Watanabe, Kazuhiko Kobayashi, Emerging challenges of ozone impacts on asian plants: actions are needed to protect ecosystem health. *Ecosystem Health and Sustainability* 7(1), 1911602, **2021** DOI: 10.1080/20964129.2021.1911602
 8. 松田 和秀, 徐 懋, 森林におけるエアロゾルの乾性沈着: ガス-粒子変換が及ぼす影響. *エアロゾル研究*, 36, 32-38, **2021** DOI: 10.11203/jar.36.32
 9. 小池孝良, 中村誠宏, 宮本敏澄 (編著) *森林保護学の基礎*, 農山漁村文化協会, 東京, **2021**
 10. 増井 昇, 谷 晃, 塩尻かおり, 佐藤冬樹, 小池孝良, BVOC から見た農林緑地の生態系バランス: 対流圏オゾンの影響を中心に. *北海道の農業気象* 73, 30-36, **2021**
 11. 伊豆田 猛, 植物に対する大気汚染物質の影響. *新・公害防止の技術と法規 2022, II 大気概論* (公害防止の技術と法規 編集委員会 編), (一社)産業環境管理協会, 126-135, **2022**

2. 学会発表

* 口頭発表 (相手側研究チームとの連名発表)

発表件数: 計 1 件

* 口頭発表 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表)

発表件数: 計 22 件 (うち招待講演: 4 件)

* ポスター発表 (相手側研究チームとの連名発表)

発表件数: 計 0 件

* ポスター発表 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表)

発表件数: 計 3 件

3. 主催したワークショップ・セミナー・シンポジウム等の開催

・ Workshop on China and Japan corroborating research project Ecological impacts of ozone pollution: monitoring, assessment and mitigation (研究成果発表会)、主催者: 渡辺 誠 (東京農工大学・准教授)、Zoom ミーティング、2021 年 3 月 19 日、参加者 11 名

・ Workshop on China and Japan corroborating research project Ecological impacts of ozone pollution: monitoring, assessment and mitigation (研究成果発表会)、主催者: 渡辺 誠 (東京農工大学・准教授)、Zoom ミーティング、2021

年 3 月 17 日、参加者 11 名

4. 研究交流の実績（主要な実績）

【合同ミーティング】

- ・2019 年 5 月：キックオフミーティング（日本側代表者が中国を訪問し研究の進め方などについて議論した）、中国科学院生態環境研究センター、北京、中国
- ・両国のチームメンバーを交えて定期 Zoom ミーティングを 2 月に 1 回開催した。

【学生・研究者の派遣、受入】

- ・2019 年 6 月～7 月：日本側のメンバーが中国を訪問し、オゾン暴露実験に関わる技術提供を行った。

5. 特許出願

該当なし

6. 受賞・新聞報道等

- ・2021 年度日本エアロゾル学会論文賞「南 光太郎，堅田 元喜，北 和之，反町 篤行，保坂 健太郎，五十嵐 康人，温帯落葉広葉樹林から放出されたバイオエアロゾルの輸送過程の数値解析」

7. その他

【市民向けアウトリーチ活動】

- ・2019 年 9 月 18 日：環境新聞において「大気汚染と気候変動の植物影響について 伊豆田 猛氏に聞く」という記事を掲載した。
- ・2020 年 2 月 8 日：第 15 回国分寺市環境シンポジウム（東京都国分寺市）において「緑あふれるまちを目指して～農業振興による環境の保全について～」という演題で依頼講演を行った。
- ・2021 年 3 月 26 日：環境省水・大気環境局 第 2 回光化学オキシダント勉強会（オンライン）において「オゾンによる光合成への影響について」という演題で依頼講演を行った。