

基盤的な調査・研究

研究課題名 大気圏環境研究

実施体制

代表者： 大気圏環境研究領域
領域長 今村隆史

分担者：

大気物理研究室	野沢徹（室長）、秋吉英治（主任研究員）、上原清（主任研究員）、杉田考史（主任研究員）、日暮明子（主任研究員）
遠隔計測研究室	杉本伸夫（室長）、松井一郎（主任研究員）、西澤智明（NIES 特別研究員）
大気化学研究室	村野健太郎*（室長）、今村隆史（室長：併任）、猪俣敏（主任研究員）
大気動態研究室	遠嶋康徳（室長）、内山政弘（主任研究員）、山岸洋明（NIES 特別研究員）
主席研究員	中島英彰（主席研究員）

※所属・役職は年度終了時点のもの。また、*印は過去に所属していた研究者を示す。

基盤研究の展望と研究実施内容

大気圏環境研究領域では、大気環境問題に係る様々な現象の理解や将来の大気環境の変化予測、更には大気環境問題の改善策を考える際の基礎的情報の提供を行う事を目指している。その中で次の3つの研究課題に取り組んでいる。1) 重点研究プログラムとして集中的に取り扱われる環境研究分野において基盤となる課題、2) 重点研究プログラムでは扱われていない大気環境問題の解明に資する課題、3) 今後の大気環境研究の展開を図る上で基盤となる研究手法や技術の開発あるいは基礎データの集積に関連する課題。研究対象は地球規模の環境問題（温暖化やオゾン層破壊）から局所的な大気環境問題（沿道大気汚染）まで、空間的にも時間的に広範囲にわたっているが、取り組んでいる研究は次の3つに分類される。1) 現在の大気環境の実態やその変動の把握ならびに過去の大気環境変化の理解を目指した研究、2) 過去ー現在の理解に基づいた将来の大気環境の変化推定や大気環境変化の予兆の検出を目指した研究、3) 大気環境アセスメントや大気環境の改善に資する研究。

上記の様な分類と位置付け（図2）にあるそれぞれの研究を進める上で、個々の研究の間の関連性を意識し、大気環境研究の総合化と基盤研究力の強化を図ることも、基盤研究部門の一つとして重要な任務であると認識している。

実施している具体的な研究内容は次の通りである。

1) 現在の大気環境の実態や変動の把握ならびに過去の大気環境変化の帰属

地球規模から地域規模に至る大気環境の変化・変動の実態を把握する事が大気環境研究の出発点である。地球規模から東アジアと言った地域スケールでの大気環境の現状を把握する上で、地球環境研究センター・温暖化研究プログラムやアジア自然共生研究プログラムの保有している組織だった観測システムとの連携は研究を進める上で有力な手段となる。その点を踏まえながら、地球規模での二酸化炭素の収支や吸収源強度の定量的な理解を目指して実大気中での O_2/N_2 比の精密測定と観測結果の解析、黄砂などのエアロゾル分布の時空間的構造の把握やエアロゾル組成の特徴やエアロゾルの発生源情報の抽出を目的としたライダー観測ならびにライダーデータ解析、更には衛星観測データを利用したエアロゾル分布の抽出に関する研究が進められている。更にその研究の今後の展開として、 O_2/N_2 比測定から地域規模での生物生産性の把握やエアロ

ゾル種別毎の時空間分布構造の把握を可能にするための測定装置の開発やデータ解析手法の開発にも取り組んでいる。(主として大気動態研究室、遠隔計測研究室)

過去の大気環境の変化を理解する事は、特に長期的な大気環境の変化を予測する上で、基礎となる知見を提供する。そこで温暖化プログラムと連携して、温室効果ガスの増加によって気候がどの様に変化してきたのか・今後どの様に変化していくと予想されるか、についての研究を進めている。特に本研究領域では気温の変化をはじめとした 20 世紀の気候変動の再現とその変動を引き起こした要因の解明に力点を置いた研究が進められており、人為起源の炭素性エアロゾルの増加と過去の気温の変化との関連性を明らかにする研究が進められている。(主として大気物理研究室)

2) 将来の大気環境変化の推定と大気環境変化の予兆の検出

数値モデルによる大気環境変化の推定として、今後のオゾン層の変動に関する数値実験と過去のオゾン層破壊の変化—例えばオゾンホール維持に重要な極渦の崩壊時期の長期変動—の再現とその変化要因の分析が進められている。また同時にもっとも顕著なオゾン層破壊が進行している極域でのオゾン層破壊について、その機構の解明は将来変動の推定精度の向上には不可欠であることから、極域オゾン層破壊で重要な役割を果たす極成層圏雲 (PSC) の組成情報や粒径分布情報、更には PSC 上での反応の影響を衛星観測データの解析から明らかにするための研究も進められている。

気候モデルを用いた数値実験から領域規模で既に明瞭な変化として現れているものの中に人間活動に起因する気候変化のシグナルとして捕らえることの出来る変化が含まれていないか、どのように地球規模の環境の変化が領域規模での変化として顕在化してきていないか、あるいは将来の顕著な変化として現れる可能性のある変化の何らかのシグナルが現在までに現れていないか、に関する研究も進めている。(主として大気物理研究室、主席研究員室)

大気質の変化の兆しを検出するためには、これまでの反応性のソース物質の観測だけでなく、大気中での化学反応によって生成される反応生成物の計測が不可欠である。特に複数のソース物質や反応生成物の同時観測や短い時間スケールでの変動の計測が有力な研究手段となる。そこで、汎用性が高くまた早い時間応答性を有する大気汚染物質の新たな計測手法の開発に取り組んでいる。(主として大気化学研究室)

3) 身近な大気環境の改善や環境アセスメントのための基礎データの蓄積

沿道での大気汚染や PM2.5/DEP で代表される都市大気の問題では、きめ細かな大気汚染実態の把握を可能にするような可搬性に優れた計測機器の開発や汚染現場の特殊性を配慮した再現実験や数値シミュレーション、更には大気の移流・拡散やエアロゾル生成にかかわる化学プロセスに関する基礎的なデータの蓄積が必要となる。そこで、パーソナルモニタリングセンサーの開発や大型実験施設 (大気大型風洞や光化学反応チャンバー) によるモデル実験による基礎データの集積が行われている。(大気物理研究室、大気化学研究室、大気動態研究室)

研究予算

(実績額、単位：百万円)

	平成 18 年度	平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度	平成 22 年度	累計
運営交付金	64	57				
受託費	137	111				
科学研究費	15	14				
寄付金	1	1				
助成金	0	0				
総額	217	182				

運営交付金：経常研究費、大型施設経費、奨励研究、一般管理費の還元分を含む

受託費：大学等外部研究機関への再委託の経費を含む

平成 19 年度研究成果の概要

構成するプロジェクト・活動等	平成 19 年度の研究成果目標	平成 19 年度の研究成果（成果の活用状況を含む）
<p>現在の大気環境の実態や変動の把握ならびに過去の大気環境変化の帰属</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地球規模／地域規模での炭素循環の現状把握とその理解 ・ 大気エアロゾルの種別識別と時空間分布の把握 ・ 過去の気候変動（特に気温の変化）に対する人間活動の影響評価 	<p>波照間・落石岬の地球環境研究センター（CGER）モニタリングステーションにおける酸素 / 窒素（O₂/N₂）比のモニタリングデータの解析から、地球規模での CO₂ の吸収源強度を定量的に示し、1999 年から 2005 年の 6 年間に大気中に放出された化石燃料起源の CO₂ のうち、30%が海洋に、14%が陸域生物圏に吸収されていることが分かった。</p> <p>短い時間スケールでの O₂/N₂ 比を測定可能な計測装置を開発した。開発した装置は O₂/N₂ 比を 10 分おきに分析可能であり、また測定精度は 1 時間値に対して 6 per meg（1.2ppm に相当）であることを確かめた。これにより短時間スケールでの O₂/N₂ 比（図 3）の変動が十分に追跡可能である事を確かめた。開発した装置を落石ステーションに設置し、O₂/N₂ 比の現場連続観測を実施、その観測データの解析から海洋における生物一次生産性に関する知見が得られた。</p> <p>波照間モニタリングステーションにおける大気微量気体成分の観測データから、CO₂、CH₄、CO、N₂O などの大気変動成分に着目し、観測される濃度変動比の時系列解析を行った。濃度変動の相関性の高いものを利用して、濃度変動比の季節変動や発生強度比についての解析を行った。</p> <p>エアロゾル高度分布の自動観測可能な連続観測小型ライダーを用いた黄砂ネットワークを展開した。リモートセンシング手法を用いたエアロゾル観測データから、エアロゾルを種別に選別し、その時空間分布を得るためのデータ解析手法を開発した。特に衛星観測データの活用の点からは、海洋上でのエアロゾル種毎の分布の導出に加え、GOSAT 観測のための基盤的研究として、陸上エアロゾルの導出アルゴリズムも開発した。ライダーデータの活用からは、多波長ライダーデータからのエアロゾル種別判定のための解析手法を開発した（図 4）。</p> <p>大気海洋結合モデルを用いて過去の気候変動に対して、太陽活動、火山活動、人間活動に伴う温室効果気体の放出ならびにエアロゾル量の変化、に対する気候応答の感度試験を行った。特に人為起源の炭素性エアロゾルの影響評価からは、従来の気候モデル実験では考慮されてこなかったプロセスが観測された気温上昇に対する各要因の寄与率推定に大きく影響する可能性がある事を示した（図 5）。</p>

<p>将来の大気環境変化の推定と大気環境変化の予兆の検出</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 今後のオゾン層変動の推定 ・ オゾン層変動予測の不確実性評価と機構解明 ・ 領域規模での気候変化の検出 ・ 大気汚染物質の新たな計測手法の開発 	<p>成層圏化学気候モデルを用いた長期のオゾン層変動の数値実験を実施、オゾン層破壊物質ならびにCO₂などの温室効果気体の今後の排出シナリオの基で行われた数値実験からは、オゾン層破壊が最も顕著な南極オゾンホールについて、21世紀初頭は大規模なオゾンホールの出現が繰り返されるが、2020年以降になるとオゾンホールの縮小傾向が認められるものと期待される結果を得た(図6)。また大規模なオゾンホールが繰り返される時期においても、成層圏の気象条件などにより、オゾンホール規模が極めて限定的なサイズに留まるケースが存在し得る可能性についても数値実験を基に解析した。これはオゾンホールが小規模に留まった2002年のケースに対応する事例が長期積分実験でも出現したのものとして捉えることが出来る。</p> <p>極域オゾン層破壊の予測精度の向上で不可欠となる極成層圏雲(PSC)ならびにPSC上での不均一反応の影響について、ILAS-II衛星観測データの解析から、PSCの組成情報と粒径分布情報を引き出す事に成功した(図6)。またILAS/ILAS-IIデータを利用した、PSCによる可逆的な窒素酸化物の吸収と放出、塩素系のリザーバー分子間の分配と不均一反応の影響に関する解析も行い、極域オゾン層破壊におけるPSCの役割を明らかにした。</p> <p>領域規模での気候変化シグナルの検出として、米国西部(乾燥地域であり今なお成長を続ける人口密集地域)における水循環に見られる明瞭な変化の中から気候変化シグナルの検出を、大気海洋結合モデルを用いた数値実験を通して試みた。その結果、過去50年間の河川流量や冬季気温、積雪量の長期変化が主として人間活動に起因する事が分かった。</p> <p>非球形の黄砂と球形の大気汚染エアロゾルの分離を視野に入れた二波長偏光ライダーによる通年連続観測態勢を整備し、同時に二波長偏光ライダーネットワークから得られる波長依存性と非球形性の情報を最大限に利用する解析手法を開発して黄砂と水溶性エアロゾルおよび海塩の分布のより正確な分布の導出を可能にした(図4)。</p> <p>一次排出される揮発性有機化合物(VOC)およびその大気反応生成物の実時間計測を目標に陽子移動反応-飛行時間質量分析装置を開発、人間活動起源が主である芳香族炭化水素類やVOCの光化学反応の代表的な生成であるアルデヒド類の検出の選択性やその感度を調べた(図7)。また最も代表的なアルデヒドであるホルムアルデヒドの実大気中での実時間計測を実施、実大気中での計測が可能である事を示した。</p>
----------------------------------	--	---

<p>大気環境アセスメントや大気環境の改善のための基盤研究</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 沿道大気汚染物質の拡散のモデル化 • 都市大気環境の改善に向けた基礎データの蓄積 • きめ細かなモニタリングを可能にするセンサー開発 	<p>複雑街区に対応可能でかつ簡便な大気汚染予測モデルの開発として、渦拡散係数を使用した数値モデルの開発を行った。都市キャノピー内の渦拡散係数は風洞実験を基に建蔽率や建物高さ・幅の関数として決定、建物高さ以上では風速スペクトルを利用した渦拡散係数の見積りを行った。両者を組み合わせたモデルを開発し、一様街区に応用、過去の野外観測や風洞実験との比較から予測モデルの検証を行った。</p> <p>都市の高層・高密度化による風速の低下と温熱環境や空気環境悪化との関連性やその改善のために、風の道を考慮した街づくりへの指針が必要である。そこで道路空間の通風換気指標の決定や英学調査との連携を念頭に、単純形状模型ならびに実市街地模型を用いた大気大型風洞実験を実施した。その中で、ストリートキャニオン内の3次元的な通風経路の形成と建物の高さや配置との関連を明らかにした。その例として、道路沿いの建物高さを変化させることにより、道路内部の大気汚染濃度の低下がもたらされることなどを実験的に示した。</p> <p>都市大気などでの VOC からの二次的なエアロゾル生成について、その生成収率やエアロゾル成分の反応条件依存性について調べた。その結果、二次エアロゾル生成収率は VOC の大気酸化を引き起こす酸化剤や大気酸化反応中での NO_x および RO_2/HO_2 ラジカル比に依存すること、また幾つかの VOC 反応系ではエアロゾル組成が OH ラジカルの存在の有無によって影響を受ける事を見出した。</p> <p>個人、家庭などのレベルでの大気汚染の把握を可能にするための小型環境監視装置の開発に取り組んだ。監視装置開発は化学センサ類の開発、センサ・ステーションの開発、ネットワークシステムの開発に分類されるが、このうち特に化学センサ類の開発とその試験を、エアロゾル、オゾン、NO_2、VOC センサなどに対して実施した。</p>
-----------------------------------	--	--

平成 20 年度の研究展望

1) 重点研究プログラムとして集中的に取り扱われる環境研究分野において基盤となる課題

数値モデル実験データならびにモニタリングデータは、いずれにおいても数多くのデータが解析を必要としている。基盤領域－重点研究プログラム、環境研－外部研究機関、と言った枠組みを垣根とするのではなく、むしろ積極的な連携の推進力として活用して研究の推進を図ることが必要である。

個々の課題に関連して、大気海洋結合モデルを用いた気候変動に係わる研究では、様々な地域で観測されている気候関連要素の変化の中から人間活動の影響に相当するシグナルを検出する試みを継続する。また過去の気候変化についてはより長期（数百年スケールあるいはそれ以上）の変化についてモデルの再現性や気候変化の要因分析を目指す。同時に微小変化シグナルの検出や長期の変化の要因分析のための統計学的手法の開発にも取り組む必要がある。

地球環境モニタリングとの連携では、 O_2/N_2 比の観測で代表される様に長期的な変化の解析に加え、短期的な変動のデータの取得と観測データの活用が今後も必要であり、地球規模ならびに領域規模での物質循環の研究を更に発展させたい。

アジア域でのエアロゾルの時空間分布の把握では、これまで築いてきたネットワーク観測を維持すると共に、観測データを活用した発生源推定や大気構造の解明、広域的な大気汚染の把握につなげたい。

2) 重点研究プログラムでは扱われていない大気環境問題の解明に資する課題

今後も成層圏オゾン層破壊や都市大気汚染など、第二期中期計画期間中の重点研究プログラムでは扱われていない大気環境に関連する課題に取り組んでいく。課題への取り組みは、個別の研究対象への取り組みや領域内での研究に閉じることなく、他の環境問題との関連性や他の研究領域との連携を意識する必要があると認識している。

成層圏オゾンの長期変動予測では、その不確実性評価などが次期のオゾン科学アセスメントに向けて加速していく必要がある。またオゾン層破壊の問題では今後ますます温暖化の問題とリンクした取り扱いが必要となる。気候モデルグループとの連携に向けた活動を心がけたい。数値モデルとは別に、オゾン層破壊に関わる素過程研究も研究対象として視野に入れておく必要がある。最近の ClO ダイマーサイクルの再評価問題や PSC スキームの検証などの話題に対し、衛星観測データ (ILAS-II) の活用も含め検討する。

都市大気の問題では、沿道での汚染をはじめとして複雑地形や複雑街区での大気汚染の評価手法開発やエアロゾルの生成・消滅とその動態把握などが引き続き研究対象となる。更に、エアロゾルの健康影響など大気プロセスだけでなくその影響評価など他の研究分野との連携も検討する必要がある。

3) 今後の大気環境研究の展開を図る上で基盤となる研究手法や技術の開発あるいは基礎データの集積に関連する課題

次世代のライダーネットワークの構築を視野に、エアロゾルの形状や化学的性質に着目した種別選別を可能にする新たなライダー技術の開発にも取り組む (平成 20 年度スタートの外部競争的資金課題)。

新たな VOC 計測法として開発に取り組んでいる陽子移動反応などイオン－分子反応を利用した質量分析計測手法は、様々な有機化学物質に対して応用が可能である。その利点を活かし、実大気中の一次排出 VOC のみならず、二次生成の VOC やエアロゾル成分分析などに応用し、大気質に対する VOC の役割や化学反応の影響の解明に関する研究の発展が期待される。