

課題名 S-7-3 東アジアの大気汚染対策促進に向けた国際枠組とコベネフィットアプローチに関する研究  
 課題代表者名 鈴木 克徳 (金沢大学環境保全センター長・教授)

研究実施期間 平成21～25年度

累計予算額 236,563千円(うち25年度46,475千円) 予算額は、間接経費を含む。

本研究のキーワード 越境大気汚染に関する東アジア諸国の認識の変遷、大気汚染に係るアジアの地域協力枠組み、大気汚染による早期死亡と確率的生命価値(VSL)損失、コベネフィットアプローチ、アジアMERGEモデル、短期寿命気候汚染物質(SLCP)、アジア科学者の知的共同体(epistemic community of Asian scientists)、大気と気候に関するアジア科学パネル(ASPAC)、アジアのハイレベル科学者アドホック会合

#### 研究体制

- (1) 既存の地域協力枠組み形成プロセスを踏まえた環境分野の合意形成プロセスの研究(金沢大学)
- (2) 主要関係国の環境政策の変遷とその要因を踏まえた交渉推進の制約要因と課題の研究  
( (公財)地球環境戦略研究機関)
- (3) 東アジアの大気環境管理における科学と政策の関係に関する研究( (一財)日本環境衛生センターアジア大気汚染研究センター)
- (4) 政治的・経済的動向を踏まえた東アジアの環境協力レジーム形成に影響を及ぼす外的要因に関する研究(東京工業大学)
- (5) 大気汚染物質削減交渉に資するコベネフィットアプローチの制度設計に関する研究(東北大学)
- (6) 東アジアにおけるオゾン・エアロゾル汚染の低減による温暖化対策とのコベネフィット評価に関する研究( (一財)日本環境衛生センターアジア大気汚染研究センター、H22年度～)

#### 研究概要

##### 1. はじめに(研究背景等)

1980年代後半から徐々に顕在化してきた東アジア地域における公害問題、特に大気汚染問題は、近年の急激な経済成長を背景として、ますます深刻化する懸念がもたれている。特に、近年の大量の黄砂の飛来、光化学大気汚染や粒子状物質(PM)による汚染の頻発・深刻化等は、速やかな国際協力の枠組み形成・再構築の必要性を示唆している。東アジア諸国は、1990年代から徐々に大気汚染問題に対する取組を強化してきたが、それらは個別課題に対して取り組まれている。また、我が国を含む多くの国においては、ローカルな大気汚染、越境大気汚染、気候変動問題への取組は別個の部局が担当し、ばらばらに行われている。そのため、新たな科学的知見やニーズを踏まえ、近年注目されている大気汚染と気候変動とのコベネフィットアプローチを活用した総合的、包括的な大気汚染対策の地域協力枠組みの構築が急務となっている。

##### 2. 研究開発目的

東アジア及び他地域での大気環境を中心とする既存の環境協カイニシアチブの分析により、大気環境に関する東アジア地域での環境レジーム形成に向けた教訓を明らかにする。また、主要関係国における交渉推進の制約要因、推進要因について、これまでの環境政策、研究者等主要ステークホルダーのかかわり等の観点から分析を行い、合意形成プロセスの設計に向けた課題を明らかにする。それらの成果を踏まえ、東アジア地域に適した環境協力の枠組み案を提案するとともに、その実現に向けた道筋、主要関係国との研究者のネットワーク構築、能力育成を図る。

環境影響との観点から、東アジアでの大気汚染物質(オゾン、PM)による環境影響、社会経済影響等について分析を行い、それらの成果の政策決定への反映方法を検討する。

気候変動と越境大気汚染、ローカルな大気汚染とのコベネフィットに焦点を当て、その経済的側面を分析し、大気汚染物質削減に資するようなコベネフィットの制度設計に貢献する。さらに、新たな課題として注目されるようになった短期寿命気候汚染物質(SLCP)と長寿命温室効果物質との気候変動への影響に関する科学的知見を確立し、国際的SLCP対策の確立に貢献する。

### 3. 研究開発の方法

平成23年8月に行われた中間評価を踏まえ、本研究のサブテーマ間の連携を強化するとともに、研究成果とその行政的活用方策に関する焦点をより明確化するため、サブテーマ間の連携体制を図1のように再構築した。さらに、これまでサブテーマごとに実施してきた研究活動を、以下の4つの重点課題を中心に実施するように再編した。

重点課題⑤：健康影響・植物影響評価と経済評価（サブテーマ3）

重点課題⑥：アジア科学者の知的共同体構築とASPAC提案（サブテーマ1、2、4）

重点課題⑦：地域協力の枠組みに関するオプションの具体化（サブテーマ1、2、4）

重点課題⑧：SLCFコベネを考慮したコベネ制度設計への貢献（サブテーマ5、6）

（注）重点課題①～④はテーマ1及びテーマ2が担当。

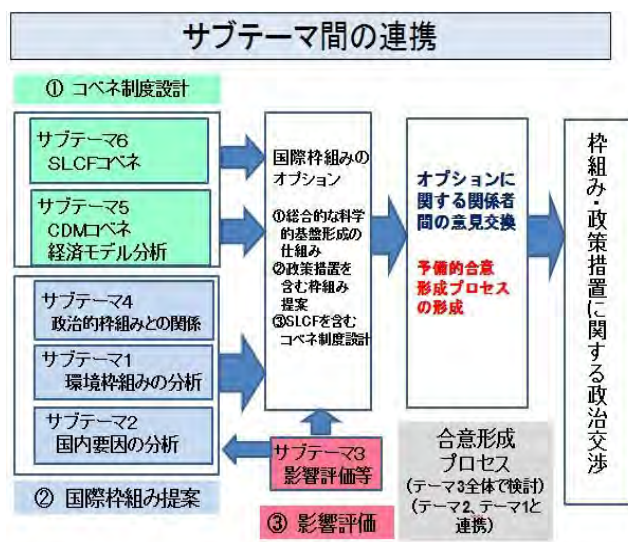


図1 再構築されたサブテーマ間の連携体制

#### （1）既存の地域協力枠組み形成プロセスを踏まえた環境分野の合意形成プロセスの研究

サブテーマ2、4との連携協力を図りつつ、国際枠組みのオプションの研究と科学と政策とのインターフェース構築のカギとなるアジア科学者の知的共同体の構築に向けた研究、特に大気と気候に関するアジア科学パネル(ASPAC)の提案を行った。具体的には、既存文献のレビューと関係者へのヒアリングをもとに越境大気汚染条約(LRTAP条約)における科学と政策とのインターフェースがどのように変化したかを分析するとともに、アジアの既存の大気関係のイニシアチブの分析を行った。その結果を踏まえ、新たな国際的ニーズに対応するような、アジアに適した大気汚染管理のオプション、アジア科学者の知的共同体の構築提案(ASPAC提案)を様々な国際会議の場で発表し、様々な関係機関からの意見を聴取し、提案に反映した。

#### （2）主要関係国の環境政策の変遷とその要因を踏まえた交渉推進の制約要因と課題の研究

国際政治学分野における既存文献調査を行い、LRTAP条約、同議定書への合意に至る様々な影響要因を分析し、政策決定分析フレームワークを構築した。このフレームワークをアジアにおける既存の国際協力枠組みに適用し分析を行った。

研究対象国の政策の変遷、越境大気汚染に関する各国の認識の分析については、既存文献の調査、関係ステークホルダー（特に政策決定者および科学者）への聞き取り調査を実施するとともに、特に、中国、韓国、タイの政策については専門家へ調査を委託した。また、最近の大気汚染問題の深刻化を踏まえ、各国における大気汚染問題への認識の変化を追加的に調査した。

国際協力のオプションの検討、科学パネル等のアジア科学者の知的共同体のあり方検討に関し、S-7-3主催の国際ワークショップや各種の国際会議等でオプション案について議論の場を設け、各国の専門家の意見をオプション案の見直しに反映した。また、既存の国際協力枠組みの会合などに参加し、各国の取組の最新動向をフォローするとともに、国際協力強化のためのオプション等に関してインタビュー調査を実施した。

#### （3）東アジアの大気環境管理における科学と政策の関係に関する研究

これまで発表されてきた疫学的先行研究の知見及び手法(濃度-反応(GR)関数等)により、人の健康への影響と農作物への影響に関するリスク影響評価を行った。PM<sub>2.5</sub>とオゾンのシミュレーションの場所的、時間的変化をシミュレートするため、CMAQ/REASモデリングシステムを使用した。個別の評価手法の詳細については、詳細報告を参照されたい。

本研究で得られたリスク影響評価結果を用いて、統計的生命価値(VSL)を計算するとともに、大豆、小麦、米、トウモロコシの収量減少に対する市場価値を計算した。さらに、統合評価モデルであるGAINS-Chinaの大気汚染物質削減費用関数を利用して、PM<sub>2.5</sub>及びオゾンの前駆物質としてNO<sub>x</sub>の排出削減について、東アジア各国でのVSLの差及びそれに対応する中国での排出削減費用を推定し、費用と便益を比較・検討した。

モニタリングとモデリングによるリスク評価の結果の違いについても検討し、不確実性についての評価を行った。

#### (4) 政治的経済的動向を踏まえた東アジアの環境協力レジーム形成に影響を及ぼす外的要因に関する研究

東アジアにおける多国間環境協力の展開、越境大気汚染に関する既存の地域協力枠組みについて文献調査等を中心に考察し、環境ガバナンスの現状やその背景にある地政学的な特性を明らかにし、環境協力を推進していくための要件について指摘した。国際政治学の観点から、「科学と政策のインターフェース」に関する既存研究を踏まえ、政策決定過程において科学的な知識が影響力をもつための要件およびその要件を確保するための制度設計のあり方について整理し、本研究の分析枠組みを提示した。さらに、東アジアにおいて大気汚染に関する科学的な事項に取り組む各種の地域イニシアチブに関する歴史的展開や制度設計について分析し、東アジアにおいて越境大気汚染問題に効果的に対処するための科学と政治のインターフェース(アジア科学者の知的共同体)提案に貢献した。

#### (5) 大気汚染物質削減交渉に資するコベネフィットアプローチの制度設計に関する研究

グローバルな気候変動(GCC)と地域的な大気汚染(LAP)の二つの環境問題を同時に分析できる長期的、一般均衡、動学、多地域、多部門のフレームワークを持つマクロ経済モデルであるAsia MERGE(Model for Evaluating the Regional and Global Effects of GHG Reduction Policies)モデルを構築し、複数の政策シナリオのもとでの最適政策分析を行った。Asia MERGEモデルはアジアの視点から地域を選定し、IIASAのGAINS Asiaモデルのデータと中国国家発展改革委員会エネルギー研究所の最新の気候変動対策シナリオ情報などを活用し、PM<sub>2.5</sub>の広域輸送を数式化して考慮することなどの改良をほどこした統合評価モデルである。

Asia MERGEモデルを用い、気候変動政策と大気汚染政策の効果およびそれぞれの便益、費用、共便益を評価するために、BAUシナリオと3つの政策シナリオ(気候変動政策のみのシナリオ、大気汚染政策のみのシナリオ、2つの政策の統合シナリオ)を設定し、その結果を分析した。

#### (6) 東アジアにおけるオゾン・エアロゾル汚染の低減による温暖化対策とのコベネフィット評価に関する研究

アジアにおけるSLCP削減の考え方を提言することを目的とし、対流圏オゾンに関して大気汚染物質としての地表付近の境界層オゾンと、温室効果ガスとしての自由対流圏オゾンを区別し、オゾンの前駆体削減のそれぞれに対する効果を明らかにした。ブラックカーボンに関しては大気汚染の観点からはPM<sub>2.5</sub>との関連が重要であるため、境界層オゾンと合わせてPM<sub>2.5</sub>を指標とした大気汚染対策への効果を評価した。また、気候変動対策シナリオと大気汚染対策シナリオを合わせたSLCP削減シナリオを評価するため、国際応用システム分析研究所(IIASA)との共同研究を行い、GAINS-modelの基準シナリオ、気候安定化シナリオ、大気汚染対策強化シナリオをもとに、全球放射強制力に対する影響と東アジアにおける大気質に対する影響を評価した。大気汚染対策を個別に行った場合とCO<sub>2</sub>対策と同時に行った場合の削減コストの予備的比較を行い、NO<sub>x</sub>/VOC対策とCO<sub>2</sub>対策を個別に行った場合に比べて、これらの共制御が経済的に有利であることの一例を示した。分析に際しては、次の3つのモデルを用いた。それぞれのモデルの詳細については、詳細報告を参照されたい。

- (1) 気候影響及び領域規模の大気質影響の評価に用いる全球化学気候モデルCHASER/MIROC
- (2) より高い空間分解能での大気質影響の評価に用いる領域化学輸送モデルWRF/CMAQ
- (3) 削減コストの評価を含む将来シナリオの策定に用いるIIASAのGAINSモデル

## 4. 結果及び考察

## (1) 既存の地域協力枠組み形成プロセスを踏まえた環境分野の合意形成プロセスの研究

サブテーマ2、4との連携協力を図りつつ、以下の活動を行った。

### ① 科学と政策とのインターフェース

- ・越境大気汚染条約（LRTAP条約）の分析結果から、アジアにおける科学と政策とのインターフェースが欧州と比べて大きく遅れていること、アジア各国の大気汚染に関する認識と優先順位が異なることなどを踏まえ、アジア科学者の知的共同体（epistemic community of Asian scientists）の構築がアジアの大気関係の協力枠組み構築に向けて極めて重要であることを明らかにした。具体的な方策として、「大気と気候に関するアジア科学パネル（Asia Science Panel for Air and Climate: ASPAC）」オプション案を提案するとともに、ASPACの合意に至るプロセスとしてアジアの高名な科学者による「アジアの大気汚染と気候問題に関するアドホックハイレベル科学者会合（Ad-hoc High-level Scientists Meeting on Air Pollution and Climate in Asia）」開催を提案した。
- ・それらの提案をS-7-3国際ワークショップやその他の国際会議で提案し、関係国の科学者、政策決定者や関係国際機関との意見交換を行い、その結果を提案に反映した。

#### ASPAC提案のポイント

目的：大気環境に関するアジアの科学者の知的共同体の構築、科学者間で、また科学者と政策決定者間での共通の理解、アジアの科学者の見解の国際社会への提示  
 対象地域：なるべく広範な地域、できればアジア全域が好ましい  
 スコープ：大気科学のみでなく、影響、対策も含むことが重要  
 メンバー：科学委員会推薦+政府推薦が現実的 等

### ② アジアの大気管理に関する国際協力枠組み

- ・越境大気汚染問題への半球レベルでの取り組みの必要性、PMやオゾンに適用可能な国際協力枠組みの欠如、大気汚染物質、特にSLCPによる気候変動への影響軽減の必要性などの新たなニーズを踏まえたアジアの大気汚染分野の国際協力枠組み再構築の必要性を明らかにした。
- ・アジアにおける大気関係の様々な既存イニシアチブの分析を行い、相互に重複があり、効率化に向けた調整が必要であること、いずれのイニシアチブも新たなニーズに応えられる枠組みになっていないことを明らかにした。
- ・国際的議論の中で、大気に関する世界条約の構築ではなく、アジアを含むそれぞれの地域に適した柔軟な協力枠組みが適していることを明らかにし、グローバルな議論に明確な方向性を与えた。
- ・アジアに適した国際協力の枠組みオプションを作成し、S-7-3国際ワークショップやその他の国際会議で提案し、関係国の科学者、政策決定者や関係国際機関との意見交換を行い、その結果を反映した。そのポイントは以下のとおりである。

#### アジアでの国際協力枠組み案

- ・当面は、手法等に関する世界的な共通原則を踏まえた、非拘束的で自発的枠組みが適している。
- ・既存の地域協力の枠組みを活用した緩やかなネットワークが望ましい。
- ・モニタリングから対策までを含む幅広いスコープが必要である。
- ・各国のキャパシティ・ビルディングを重視すべき。
- ・各国の活動を促進する資金メカニズムが重要（各国行動計画を支援する国際基金を提案）

- ・アジアの大気分野の地域協力を進めるためには、従来国際法の世界で確立された原則とされてきた”no harm principle”の適用にかわり、地域共通の課題として大気汚染問題に取り組むような新たな原則の合意が重要と指摘し、国家行動計画策定・承認→国際的な基金からの支援という具体的な方策を提案した。
- ・具体的な検討の進め方として、アジア太平洋地域の大気に関する準地域会合（Joint Forum on Atmospheric Environment in Asia and the Pacific）の再構築と活用を提案した。

## (2) 主要関係国の環境政策の変遷とその要因を踏まえた交渉推進の制約要因と課題の研究

サブテーマ1、4との連携協力を図りつつ、アジアにおける科学と政策とのインターフェースの構築、アジアの大気管理に関する国際協力枠組みの提案を行った。サブテーマ2は、特にアジア各国における政策の変遷、越境大気汚染に関する各国の認識の分析、各国の研究者との意見交換等のための国際ワークショップの開催等に大きな役割を果たした。5年間の主な成果は以下の通りである。

### 1) 主要国の政策及び越境大気汚染に関する認識の変遷

中国、韓国、タイ、日本の国内政策の動向を調査した結果、は以下の通りであった。

- ・各国は、漸進的ではあるが着実に国内大気汚染対策強化の方向に向かっている。
- ・課題として、国内大気環境管理が個別の物質を中心に行われていること、地方レベルの政策実施が徹底していない国があること、行政と科学研究・観測能力の継続的強化の必要性、環境規制の国際競争力への影響等が指摘された。
- ・アジア地域における国際協力において重要な役割を果たす中国について、追加的な調査を行った。中国の政策動向の調査と取りまとめを行った結果、中国は国内大気汚染政策を著しく強化し、非常に野心的な大気汚染削減目標を掲げるまでに政策の進展が見られた。今後の最大の課題は、目標を確実に達成することであるため、国際協力は、既に制定された政策の円滑な実施の支援を目指すことに重点を移すことが重要との示唆を得た。

## 2) 日本のVOC対策に関する研究

- ・オゾンと粒子状物質(PM)の前駆物質であるVOC対策について、日本のVOC排出抑制制度の分析を行った。本制度においては法規制と自主的取組を組み合わせるといった形がとられている。本制度によって目標を超える高い排出抑制効果が得られた要因について分析した結果、制度に関する政策決定に様々なステークホルダー（特に産業界）が参加したこと、法的規制と自主的取組を組み合わせることによって産業界が法的規制を免れるために自主的取組を通じた削減への取組姿勢を一層強化したと考えられること等が明らかにされた。また、高い排出削減成果をあげた化学業界と印刷業界に関する分析の結果、自主的取組と規制を組み合わせることにより政策の有効性がさらに高められることや経済的なインセンティブに加え、情報提供や技術支援が特に中小企業に対して重要な役割を果たすことなどが判明した。

## 3) 越境大気汚染に関する各国の認識

- ・広域大気汚染の重要性、原因、発生源地域別寄与、対応策などについて、中国、韓国、タイ、日本の科学者および政策関係者の認識を調査（2010～2011年度）した結果、各国間で認識の差異が明らかになった。特に、優先的対策物質、越境汚染の深刻さの認識に顕著な相違がみられた。この認識の差が、国際協力枠組みに関する各国の立場の違いに影響を与えていると考えられる。
- ・上記の調査の実施後、アジアにおける大気汚染問題を巡る状況が急激に深刻化したことから、追加的な認識の変遷の調査を行った。その結果、大気汚染物質の越境移動に関しては、各国の認識にある程度の収束傾向が見られた。また、各国が問題視する大気汚染物質についても、過去数年間でいずれの国においても二次生成物質、特にPM<sub>2.5</sub>の深刻さについての認識が深まっている。

## 4) 科学と政策とのインターフェース

- ・サブテーマ1、サブテーマ4との連携・協力により研究を推進した。主な研究成果はサブテーマ1に記載している。特にS-7-3国際専門家会合の開催、専門家への聞き取り調査等を通じ、本テーマにおいて提案されているASPACについての意見の聴取を行い、会合の議論を通じて知的共同体の構想の展開に貢献した。

## 5) 国際協力強化のための具体的なオプション

- ・サブテーマ1、サブテーマ4との連携・協力により研究を推進した。主な研究成果はサブテーマ1に記載している。特に既存の国際協力枠組みの動向について、国際協力枠組みの会合等に参加して収集した情報をもとに、それらの枠組みの最新動向に関するアップデートを行った。既存の協力枠組みの主な問題点としては、予算の不足、効率性の不十分さ、科学と政策および実施との連携強化の必要性等が挙げられる。

## 6) MPMEアプローチについての研究

- ・国際協力枠組みにおいて重要な役割を果たすと考えられる「複数汚染物質による複合的な影響を視野に入れた削減対策（Multi-Pollutant Multi-Effect: MPME）アプローチ」について、中国、韓国、タイ、日本の国内大気汚染政策を分析した結果、程度の違いがみられるものの既に概ねMPMEアプローチを志向していることが見出された。

## (3) 東アジアの大気環境管理における科学と政策の関係に関する研究

長距離化学輸送モデル(CMAQ)と発生源インベントリ(REAS)から、2000年、2005年及び2020年の汚染物質排出の3つの将来シナリオ(PSC:対策強化型シナリオ、REF:持続可能性追求型シナリオ、PFC:現状推移型シナリオ)による人の健康影響について、東アジアのPM<sub>2.5</sub>とオゾン暴露による人の死亡数の増加を、疫学的先行研究の知見と手法により推定した(図2)。また、オゾン暴露による東アジアの主要作物の減収量の推定も行った(図3)。

- ・2005年におけるPM<sub>2.5</sub>とO<sub>3</sub>による影響を合わせた早期死亡数は中国で40-50万人、韓国、日本で約1万人と見積もられた。一方、東南アジアでは多い国でも1千人前後の推計となっている。最も脆弱な地域

は、中国、韓国、日本、北朝鮮であり、早期死亡数は年々増加していることが示唆される。

- ・ 東アジアのオゾン曝露による稲、小麦、大豆、トウモロコシの減収量とその市場価格(2008年換算)を試算した結果、もっとも被害額が大きいのは稲であり、次が小麦であった。
- ・ 日本におけるモニタリングとシミュレーション濃度に基づく地表オゾンの早期死亡分析結果から、CMAQ/REASモデルに基づく早期死亡数の推定値は、モニタリングによる観測値に基づく推定値の2.5倍程度大きいことが示された。シミュレーションの解像度が都市部のオゾン濃度を表すには大きいこと、シミュレーションが特に都市域での夜間のNOによるオゾンの減少をうまく再現できていないこと、地表のオゾン濃度はシミュレーションモデルの最下層のオゾン濃度よりも低いと考えられることなどが原因として考えられる。

さらに、東アジア各国の早期死亡の損失を確率的生命価値(VSL)という手法を使って、推計し、中国からの大気汚染物質の排出削減費用と比較した。その結果、以下のような試算結果が得られた。

- ・ VSLを用いた2005年の損失額の推計では、中国で700~4,000億ドル程度、日本や韓国で150~800億ドル程度の損失が発生したと推計された。東南アジア諸国では、損失額ははるかに小さい。
- ・ オゾンとPM<sub>2.5</sub>を併せて考えた場合、中国でも日本でも、それぞれの国の早期死亡減少の便益の方が排出削減費用より大きい。

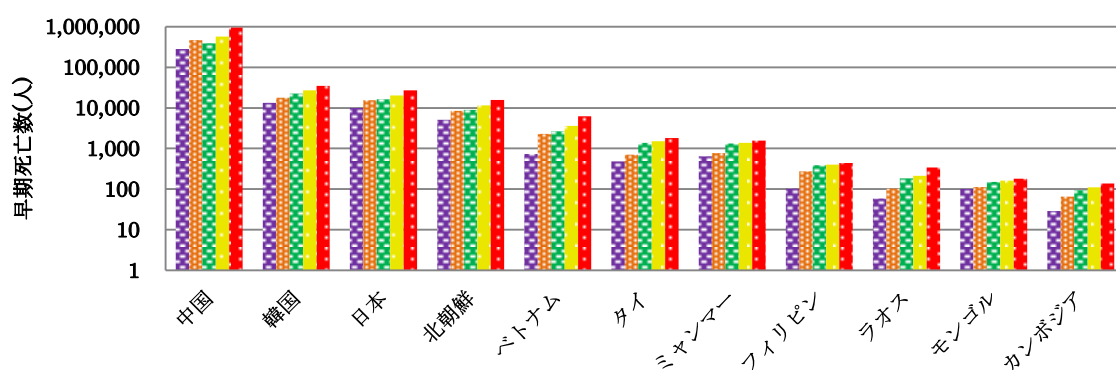


図2 2000, 2005, 2020年(PSC, REF, PFCシナリオ)のPM<sub>2.5</sub>とオゾンの曝露による早期死亡数

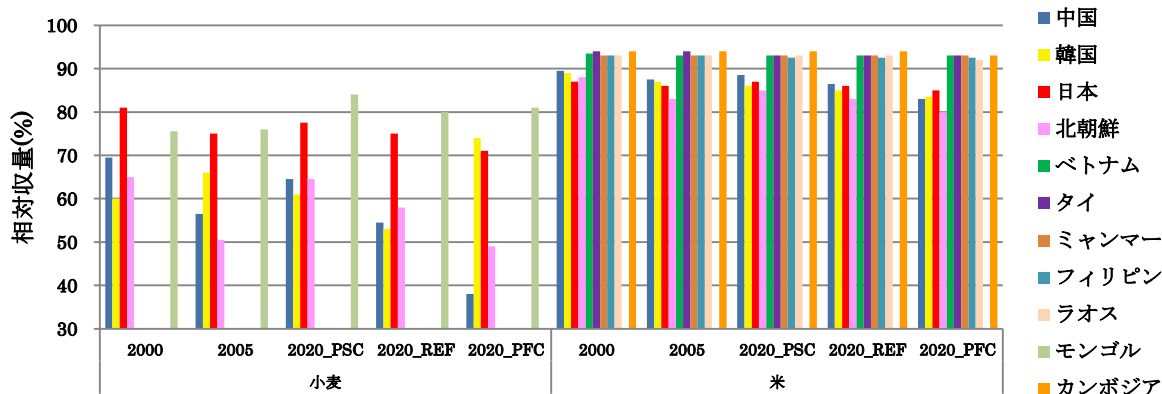


図3 2000, 2005, 2020年(PSC, REF, PFCシナリオ)のオゾン曝露による作物の相対収量

ヒトの健康に対する大気汚染リスクの経済的価値への換算は、これまで我が国では特に公害の時代にヒトの命を金に換算することへの抵抗感が強かったため、我が国ではこの面の研究は遅れている。しかし、科学と政策を繋ぐ一つの大きなキーは科学的リスクと対策費用との経済的バランスを説得力を持って語ることである。そのような橋渡しをするのがリスクコミュニケーターとよばれるタイプの研究者であり、今後我が国でもこうした研究を振興する必要があるものと思われる。本研究は予備的な段階の研究ではあるが、その推定はWHOなどの国際機関の推定値と大きくは異なっていない。

#### (4) 政治的経済的動向を踏まえた東アジアの環境協力レジーム形成に影響を及ぼす外的要因に関する研究

サブテーマ1, 2との連携協力を図りつつ、アジアにおける科学と政策とのインターフェースの構築、アジアの大気管理に関する国際協力枠組みの提案を行った。サブテーマ4は、特に科学と政策のインターフェースのあり方に関する分析に大きく貢献した。

- ・ 各種の文献調査等により、「科学と政策のインターフェース」について国際政治学の観点から分析した結果、科学的な知識が政策決定過程に影響を及ぼすためには、提供される知識が科学的であるのみならず、政策決定者にとって使用可能なものであり、信頼性、正当性および適切な発信という要件を満たす必要があることを明らかにした。
- ・ インターフェースの有効性を高める上で、制度設計のあり方が重要な役割を果たし、委員会の形態などの組織構造、科学者や科学機関の選定手続き、財源、参加者の属性、成果報告などの観点から検討することが重要であると示唆した。その際、科学コミュニティと政策コミュニティによる知識の共同生産を可能にするような社会プロセスの構築が不可欠であると指摘した。
- ・ 東アジアにおける越境大気汚染関係の3つの地域イニシアチブ（東アジア酸性雨モニタリングネットワーク、北東アジア越境大気汚染研究プロジェクト（LTPプロジェクト）、日中韓三カ国環境大臣会合（TEMM）の光化学オキシダントに関する研究協力）を取り上げ、その歴史的展開や制度設計のあり方の分析から、東アジアでは科学と政策インターフェースが構築されていないことを示した。
- ・ 多国間協力を推進していくためには、既存の成功事例から知見を得ると同時に、地域の環境ガバナンスの脆弱性および地政学的な特徴を考慮に入れることが重要であり、その上で、インターフェースを知識の共同生産を目的とした社会的なプロセスであると認識し、インターフェースの制度化を通じて、科学的権威を強化することにより、政策決定の根拠となる科学に対する信頼性、正当性および適切な発信という要件を確保することが重要であると示唆した。
- ・ 東アジアの科学と政策のインターフェースの提案においては、「科学的知見」および「科学と政策の相互作用」という2つの視点から検討することが重要であると提案した。科学的知見の観点からは、「アジアの声」とともに正当性の確保という点で Regional・Global 双方のレベルでの関与が求められる一方、科学と政策の相互作用の観点からは、政策履行（Implementation）という点で Regional な取り組みが不可欠であると考えられる。

#### （5）大気汚染物質削減交渉に資するコベネフィットアプローチの制度設計に関する研究

##### 1) 各種シナリオの費用と便益

- ・ Asia MERGEモデルにより、複数の政策シナリオのもとでの最適政策分析を行った。気候変動政策シナリオの場合は大気汚染物質の排出減少による大気汚染被害低減を共便益とし、大気汚染政策シナリオの場合は温室効果ガスの排出減少による気候変動被害の低減を共便益とし、便益と共便益の和から費用を差し引いたものを総便益と定義した。便益、共便益、費用、総便益の経済的価値をBAUシナリオとのGDP差を計算することで定量的に明らかにした。気候変動政策シナリオのCO<sub>2</sub>排出削減の便益、共便益、費用、総便益を図4に、統合的政策シナリオの費用と便益を図5に示す。

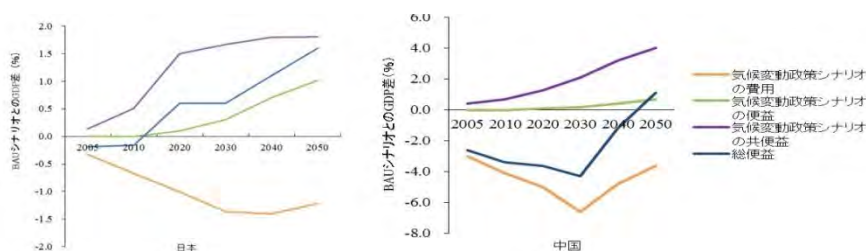


図4 気候変動政策のシナリオの費用と便益

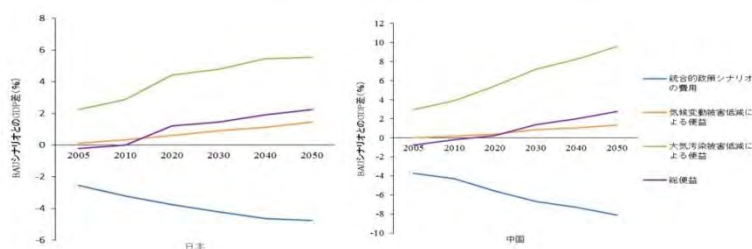


図5 統合的政策シナリオの費用と便益

- ・ 図4から、中国では大気汚染被害緩和という共便益を考慮しなければ温室効果ガス排出削減のための費用を2040年までカバーできないことが分かる。すなわち、共便益の存在が、気候変動対策を行うインセンティブとして重要であることを示している。図5の統合的政策シナリオでは、気候変動の被

害と大気汚染の被害、気候変動対策と大気汚染対策の両方が考慮される。統合的政策シナリオの費用は気候変動政策シナリオあるいは大気汚染政策シナリオの費用より大きいものの、便益も増加している。中国では、統合的政策によって、より早期に、より大きな便益が得られる。

- ・ 他方、気候変動政策においてコベネフィットは非常に重要である。コベネフィットを考慮しなければ気候変動政策は日本のような先進国であってもポジティブな便益を得ることができない。
- ・ 中国では、気候変動政策の便益が現れるには時間がかかるため、長期的な観点が必要である。
- ・ グローバルな最適化と国ごとの最適化の差から気候変動政策のインセンティブ・パワーを定義して試算すると、国としての利益とグローバルな利益との差が一番大きいのは中国である。
- ・ 日本が中国からPM<sub>2.5</sub>排出を削減するようなクリーン開発メカニズム（CDM）のクレジットを市場価格よりも安く購入し、中国はそこで得た収入を「日中環境エネルギー・ファンド」への原資とするというメカニズムの構築を提案した。このファンドは、中国での環境エネルギー・資源プロジェクトへの投資を目的としプロジェクト実施に対しては日本企業と中国企業に優先権を与えるものである。

## （6）東アジアにおけるオゾン・エアロゾル汚染の低減による温暖化対策とのコベネフィット評価に関する研究

短寿命気候汚染物質（SLCPs、具体的にはブラックカーボン（BC）、対流圏オゾン（O<sub>3</sub>）、およびオゾン前駆体物質）の削減対策が、2030-50年の中期的気候変動対策にとって極めて重要であることがUNEPレポート（2011）やGCAC（Climate and Clean Air Coalition）で提案され施行されている。本研究では具体的なSLCP削減対策として、O<sub>3</sub>低減のために欧米がCH<sub>4</sub>対策のみを考慮しているのに対し、東アジアではNO<sub>x</sub>/VOC対策が重要であることを提言した。欧米では大気汚染対策が既に一段落していることから、気候変動への関心が高いが、東アジアでは大気汚染対策への社会的インセンティブが高いためである。

具体的には、北東アジアでNO<sub>x</sub>/VOCの人為排出

量を半減した場合、CH<sub>4</sub>を半減した場合、更にこの両者を共に半減した場合に地表付近のO<sub>3</sub>濃度がどのように変化するかをO<sub>3</sub>の8時間平均値が75 ppbを超える日数について調べた。CH<sub>4</sub>半減実験では、現状に比べて高濃度O<sub>3</sub>の日数はほとんど変化しないかむしろ微増するのに対し、NO<sub>x</sub>/VOC半減実験では、O<sub>3</sub>高濃度の日数は顕著に減少することを明らかにした。更に、NO<sub>x</sub>/VOCとCH<sub>4</sub>を同時に半減した場合は、O<sub>3</sub>の高濃度日は更に一層減少することを示した（図6）。

- ・ オゾン前駆体物質の削減に伴う気候変動影響を評価するため、温室効果をもたらず放射強制力（RF）の変化を計算したところ、NO<sub>x</sub>/VOCの半減ではO<sub>3</sub>の低減によるRFの大きな低下がみられ、CH<sub>4</sub>との同時削減によりその効果は更に大きくなることを示した。他方、NO<sub>x</sub>の削減はNO<sub>x</sub>からの硝酸塩エアロゾルの減少をもたらすが、エアロゾル濃度の減少は温暖化を促進するので、これを加味するとNO<sub>x</sub>の削減はほとんど気候変動抑止に寄与しない可能性がある。CH<sub>4</sub>半減の場合は、そのO<sub>3</sub>削減による効果はNO<sub>x</sub>/VOC半減の場合より小さいが、温室効果ガスとしてのCH<sub>4</sub>自身の低減によるRFの低下が非常に大きいため、気候変動抑止に大きく寄与することが分かった（図7）。

- ・ 地表オゾン濃度の低減にはNO<sub>x</sub>/VOCの削減が、RFの低下には逆にCH<sub>4</sub>の削減が有効であること、O<sub>3</sub>濃度、RFのいずれに対してもNO<sub>x</sub>/VOCとCH<sub>4</sub>の同時削減が更に有効であることから、東アジアにおけるSLCPコベネフィットアプローチとしてはNO<sub>x</sub>/VOCの削減とCH<sub>4</sub>の削減を同時に行うべきことを提言した。
- ・ IIASAの基準シナリオに従って2030年における全球放射強制力の変化と北東アジアにおけるオゾン、PM<sub>2.5</sub>の濃度の変化を評価した結果、「450 ppmシナリオ」では東アジアにおける大気汚染の改善はほとんど期待できないことが分かり、更にNO<sub>x</sub>、VOCおよびBCを30-50%削減する「450ppm-cntrシナリオ」を用いると、相当程度の地表オゾンとPM<sub>2.5</sub>の改善がもたらされることが示された。

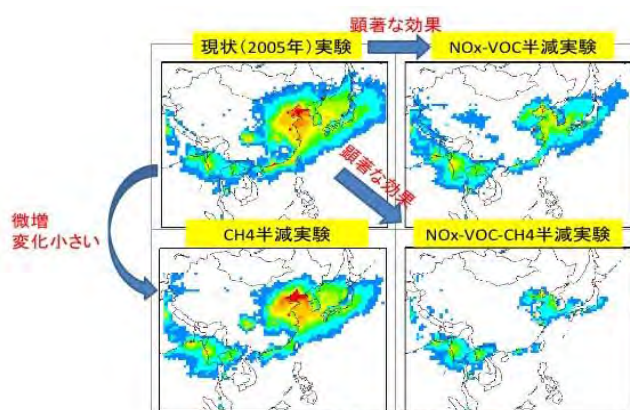


図6. 北東アジアのNO<sub>x</sub>/VOC、CH<sub>4</sub>を半減した場合の地表付近O<sub>3</sub>8時間平均値の75ppb超過日数の変化。

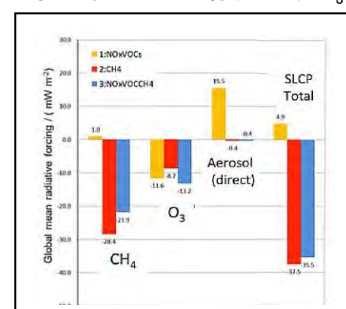


図7 北東アジアにおいてNO<sub>x</sub>/VOCCH<sub>4</sub>を半減したときの放射強制力の変化



## 5. 本研究により得られた主な成果

### (1) 科学的意義

- ・アジアの国際協力枠組みの機能、組織的構造、主な構成要素を明確化し、また、大気汚染対策分野における国際協力枠組みのための新たな原則の必要性を明らかにした。
- ・本研究において実施した中国、韓国、タイ、日本の政策分析は、政治学・政策科学分野の研究が未だ非常に限定されている東アジアにおいて重要な学術的意義を持つ。また、アジア地域の越境大気汚染という文脈から、東アジアのガバナンスについて初めて検討を行った。
- ・東アジアのオゾン、エアロゾルのリスク評価について、人の健康影響及び生態系(作物)への影響を詳細かつ定量的に明らかにした。東アジアを広くカバーする領域で行ったこと、最新の詳細なデータを使用したこと、これまで行われてきた研究手法を参考にして手法を改良したことなどにより、不確実性を減らし、より詳細なリスク評価が可能となった。また、モニタリングデータを使用した影響評価との比較により、初めてモデルによるリスク評価の不確実性を定量的に明らかにした。
- ・長期的動的経済モデル(MERGE Asia)を用いた気候変動政策と大気汚染対策、統合的政策のコベネフィットについて、東アジアで初めて定量的な分析を行った。PM2.5排出権価格の計算や越境汚染の統合評価モデルへの導入は世界で初めての試みである。
- ・東アジアにおけるSLCP対策の在り方について初めて科学的分析を行った。特に、オゾン対策としてCH<sub>4</sub>削減に加えてNO<sub>x</sub>/VOC削減が優先されるべきであることを明らかにした意義は大きい。

### (2) 環境政策への貢献

#### <行政が既に活用した成果>

- ・本研究による地域協力の枠組み提案は、グローバルな大気環境管理の議論に関し、世界条約の問題点を明らかにし、アジア等の地域協力の枠組みを検討することが適切との明確な方向性を与えた。
- ・本研究では、東アジアで科学的な知見を基礎にした地域大気環境政策を進めるため、東アジアにおける科学者の認識共同体を形成することが中・長期的に極めて重要であると指摘し、そのための具体的なステップとしてアジアの科学者によるハイレベル会合の開催を提唱した。これらの提案は、環境省の平成26年度予算に反映され、UNEP及びクリーン・エア・アジアとの国際協力の中に組み込まれた。
- ・環境省におけるClimate and Clean Air Coalition to Reduce Short-Lived Climate Pollutants (CCAC)に関する政策形成に際し、本研究によるSLCP研究の成果は、政策決定の基礎となる科学的情報を提供した。特に、対流圏のオゾン対策として、欧米がメタンを重視するのに対し、東アジアではNO<sub>x</sub>とVOCの対策がコベネフィットという観点から特に重要であることを指摘したことは、日本及びアジアのSLCP戦略に多大な影響を及ぼした。
- ・日本政府におけるTEMM、特に大気汚染に関するハイレベル政策対話、EANET、NEASPEC、日中韓LTP等への対処方針形成に際して有益な情報を提供した。

#### <行政が活用することが見込まれる成果>

- ・アジアにおける大気汚染の新たな枠組みに関する提案は、UNEPによる「アジア太平洋地域の大気に関する準地域会合」等で今後議論されることがUNEPと合意されている。
- ・大気汚染対策分野における国際協力枠組みのための新たな原則提案は、今後国連国際法委員会への報告に盛り込まれ、国連として議論される予定である。
- ・途上国においては、少なくとも短期的には、経済合理性の観点から大気汚染対策が主であり温暖化対策が従であることを定量的に明らかにした。このような認識を政策決定者が共有することにより、途上国との環境協力やコミュニケーションがより円滑になると期待される。
- ・大気汚染による影響/被害の科学的な評価に関し、東アジアでのオゾンとPM2.5による影響/被害を明らかにし、対策費用との費用便益分析を実施した。その結果を共有することにより、東アジアでの大気汚染対策の加速化が期待される。

## 6. 研究成果の主な発表状況

### (1) 主な誌上発表

#### <査読付き論文> (全13件中)

- 1) S. ZHOU and M. ELDER: International Journal of Sustainable Society, 5:3, 232-49 (2013)  
"Regional Air Quality Management in China: The 2010 Guideline on Strengthening Joint Prevention and Control of Atmospheric Pollution"
- 2) A. NAWAHDA, K. YAMASHITA, T. OHARA, J. KUROKAWA and K. YAMAJI: Water, Air, and Soil Pollution,

233(6), 3445-3459 (2012)

“Evaluation of Premature Mortality Caused by Exposure to PM 2.5 and Ozone in East Asia: 2000, 2005, 2020” ,

- 3) N. KANIE, P. M. HAAS, S. ANDERSEN, G. AULD, B. CASHORE, P. S. CHASEK, J. A. PUPPIM de OLIVEIRA, S. RENCKENS, O. S. STOKKE, C. STEVENS, S. D. Van DEVEER, and M. IGUCHI: Environment, 55, 5, 14-30 (2013), “Green Pluralism: Lessons for Improved Environmental Governance in the 21st Century”
- 4) 大泉 毅、秋元 肇、金谷有剛、永島達也、櫻井達也、大原利眞、佐藤啓市：大気環境学会誌 (2013) 「我が国の光化学オゾン汚染の8時間平均値による評価」

<査読付論文に準ずる成果発表> (全6件中)

- 1) 鈴木克徳, 越境大気汚染に関する国際情勢と今後の展望, 環境情報科学, 42, 28-33, 2014.
- 2) N. KANIE, S. ANDRESEN, and P.M. HAAS: Routledge (2014), Improving Global Environmental Governance: Best practices for architecture and agency,

<その他誌上発表(査読なし)> (全17件)

(2) 主な口頭発表(学会等) (全99件中)

- 1) K. SUZUKI: Saltsjöbaden V, Taking International Air Pollution Policies into the Future Session on Air pollution Agreements – Going for Global Governance of the Troposphere 25 June 2013, Gothenburg, Sweden, “Development in International Policy and Governance – Asian Perspective - “
- 2) M. ELDER: 16th IUAPPA World Clean Air Congress: Cape Town, South Africa, “Cooperation on Climate and Air Pollution in East Asia.”
- 3) K. YAMASHITA: 16th meeting of the Joint Convention/WHO Task Force on Health Aspects of Long-range Transboundary Air Pollution, Bonn, Germany, 2013. “Economic Evaluation of Risk Assessment for Ozone and PM2.5 in East Asia” ,
- 4) M. KOGA and N. KANIE: International Studies Association Annual Convention, Toronto, Canada, March 26-29, 2014, “Economic Evaluation of Risk Assessment for Ozone and PM2.5 in East Asia”
- 5) L. XIANGCHUN and J. ASUKA: Third Asian Seminar in Regional Science, Aug. 8th, 2013, National Dong Hwa University, Hualien, Taiwan, “Analysis of Co-benefits of Integrated Policies to Mitigate both Global Climate Change and Local Air Pollution”
- 6) H. AKIMOTO: The 12th International Conference on Atmospheric Sciences and Applications to Air Quality (ASAAQ), June 3-5, 2013, Seoul, Korea, “Impact of an SLCP Co-benefit Scenario in East Asia on Climate and Air Quality”

7. 研究者略歴

課題代表者：鈴木 克徳 東京大学工学部都市工学科卒業、金沢大学環境保全センター長・教授

研究分担者

- (1) 鈴木 克徳 同上
- (2) 森 秀行 京都大学大学院工学部工業化学科修士課程修了、公益財団法人地球環境戦略研究機関(IGES)所長
- (3) 山下 研 新潟大学大学院現代社会文化研究科博士課程後期修了、博士(学術) 一般財団法人日本環境衛生センターアジア大気汚染研究センター(ACAP)客員研究員
- (4) 蟹江 憲史 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科後期博士課程単位取得退学、博士(政策・メディア)、東京工業大学社会理工学研究科価値システム専攻准教授
- (5) 明日香 壽川 東京大学大学院工学系研究科先端学際工学専攻博士課程単位取得退学、博士(学術)、東北大学東北アジア研究センター教授
- (6) 秋元 肇 東京工業大学大学院理工学研究科修了、博士(理学)、一般財団法人日本環境衛生センターアジア大気汚染研究センター所長

### 3. 東アジアの大気汚染対策促進に向けた国際枠組とコベネフィットアプローチに関する研究 (1) 既存の地域協力枠組み形成プロセスを踏まえた環境分野の合意形成プロセスの研究

金沢大学 環境保全センター

鈴木 克徳

#### <研究協力者>

名古屋大学大学院環境学研究科

高村 ゆかり (平成21～22年度)

東北大学東北アジア研究センター

石井 敦 (平成21～22年度)

金沢大学環境保全センター

岡本 哲明 (平成24～25年度)

平成21～25年度累計予算額：29,503千円

(うち、平成25年度予算額：5,401千円)

予算額は、間接経費を含む。

#### [要旨]

越境大気汚染条約 (LRTAP条約) の分析結果から、アジアにおける科学と政策とのインターフェースが欧州と比べて大きく遅れていること、アジア各国の大気汚染に関する認識と優先順位が異なることなどを踏まえ、アジア科学者の知的共同体 (epistemic community of Asian scientists) の構築がアジアの大気関係の協力枠組み構築に向けて極めて重要であることを明らかにした。具体的な方策として、「大気と気候に関するアジア科学パネル (Asia Science Panel for Air and Climate: ASPAC)」オプション案を提案するとともに、ASPACの合意に至るプロセスとしてアジアの高名な科学者による「アジアの大気汚染と気候問題に関するアドホックハイレベル科学者会合」開催をS-7-3国際ワークショップやその他の国際会議で提案し、関係国の科学者、政策決定者や関係国際機関との意見交換を行った。

国際的議論の中で、アジアを含むそれぞれの地域に適した柔軟な協力枠組みが適していることを明らかにし、グローバルな議論に明確な方向性を与えた。

越境大気汚染問題への半球レベルでの取り組みの必要性、PMやオゾンに適用可能な国際協力枠組みの欠如、大気汚染物質、特にSLCPによる気候変動への影響軽減の必要性などの新たなニーズを踏まえたアジアの大気汚染分野の国際協力枠組み再構築の必要性を明らかにし、アジアに適した国際協力の枠組みオプションを作成した。その提案に関し、関係国の科学者、政策決定者や関係国際機関と意見交換を行った。

資金メカニズムに関し、アジアの大気分野の地域協力を進めるためには、従来国際法の世界で確立された原則とされてきた”no harm principle”の適用にかわり、地域共通の課題として大気汚染問題に取り組むような新たな原則の合意が重要と指摘し、国家行動計画の策定→国際機関による承認→国際的な基金からの支援という具体的な方策を提案した。

#### [キーワード]

越境大気汚染、大気と気候とのコベネフィット、大気汚染に関する地域協力枠組み、科学者の知的共同体 (epistemic community of scientists)、大気と気候に関するアジア科学パネル(ASPAC)、

## 1. はじめに

1980年代後半から徐々に顕在化してきた東アジア地域における公害問題、特に大気汚染問題は、近年の急激な経済成長を背景として、ますます深刻化する懸念がもたれている。特に、近年の大量の黄砂の飛来、光化学スモッグの頻発・深刻化等は、速やかな国際協力の枠組み形成の必要性を示唆している。東アジア地域の大気汚染問題の特徴は、ローカルな大気汚染問題、酸性雨やオゾン・エアロゾル等に代表される越境大気汚染問題、温室効果ガスによる気候変動問題への対処を同時に行う必要性に迫られていることである（図(1)-1参照）。東アジア諸国は、1990年代から徐々にこれらの大気汚染問題に対する取組を強化してきたが、我が国を含む多くの国においては、ローカルな大気汚染、越境大気汚染、気候変動問題への取組は別個の部局が担当し、ばらばらに行われている。そのため、それらの施策間には深い関係があるにも拘わらず、相互に連携の取れた国際協力の枠組みは構築されていない。



図(1)-1 同時に発生する様々な大気環境問題

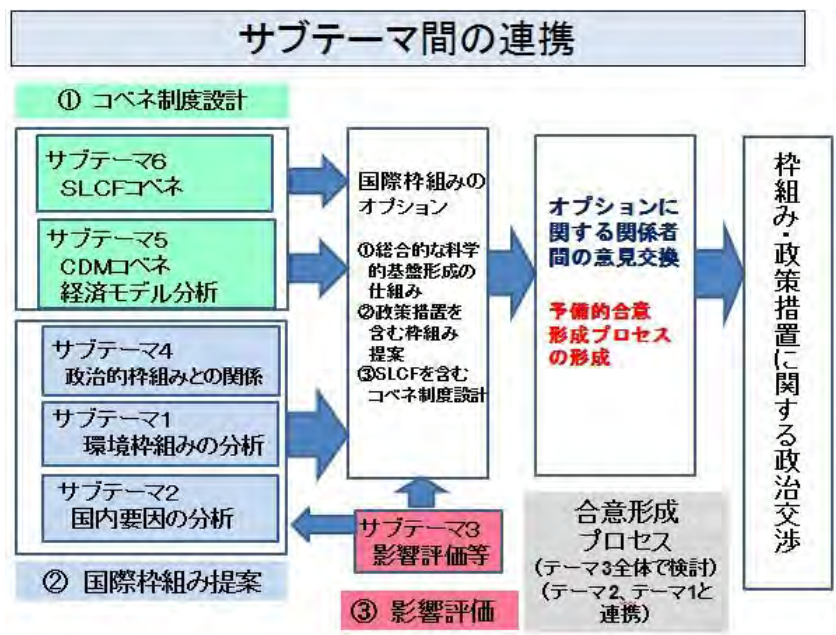
特に、ここ1～2年PM2.5による大気汚染問題が中国等において極めて深刻化したことを踏まえ、東アジア諸国における大気汚染問題への政治的関心は大変高くなっている。そのような状況を踏まえれば、直ちに取り組むべき短期的課題と大気環境管理のあるべき姿を模索する中・長期に取り組むべき課題とを整理して取り組む必要性が生じている。

本研究では、大気汚染問題を巡る最近の急激な認識の変化を踏まえつつ、短期的には日本の大気分野での国際協力を推進するための各国や国際機関等の動向に関する情報を収集し、関係者に提供するとともに、中・長期的な観点に立ってどのような方策がアジアの大気分野での地域協力を有効かを分析し、アジアで必要とされる地域協力の枠組みオプションを提示した。さらに、アジアでの地域協力を推進するための基盤として、科学者による知的共同体の構築を提案した。

なお、平成23年8月に行われた中間評価に際し、テーマ3 (S7-3) のサブテーマ間の連携を強化する必要性が指摘されたため、サブテーマ間の連携体制を図(1)-2のように再構築した。

- ①既存の地域協力枠組み形成プロセスを踏まえた環境分野の合意形成プロセスの研究
- ②主要関係国の環境政策の変遷とその要因を踏まえた交渉推進の制約要因と課題の研究
- ③東アジアの大気環境管理における科学と政策の関係に関する研究 -汚染物質削減目標の研究
- ④政治的経済的動向を踏まえた東アジアの環境協力レジーム形成に影響を及ぼす外的要因に関する研究
- ⑤大気汚染物質削減交渉に資するコベネフィットアプローチの制度設計に関する研究

- ⑥東アジアにおけるオゾン・エアロゾル汚染の低減による温暖化対策とのコベネフィット評価に関する研究（H22から追加）



図(1)-2 再構築されたサブテーマ間の連携体制

## 2. 研究開発目的

本研究は、東アジア地域の気候環境に関連する各種の国際協力枠組みを分析するとともに、東アジアにおける統合的な気候環境管理に向けた国際枠組みの構築、汚染物質削減戦略の合意に向けた研究を、特に大気と気候とのコベネフィットアプローチに着目して行うことを目的とする。

## 3. 研究開発方法

アジアの大気汚染に対する国際協力強化のためのオプションおよび考察に関する研究を行うため、サブテーマ2、サブテーマ4との連携の下、以下の研究を実施した。

### (1) 越境大気汚染条約（LRTAP条約）等既存の国際協力枠組みの分析

・文献レビュー及び関係者へのインタビュー調査により、科学と政策とのインターフェース、科学者による知的共同体の構築状況に関する欧州（LRTAP条約）とアジアの状況の違いを分析した。その結果を踏まえ、アジアにおける科学者の知的共同体の構築を提案した。

### (2) アジアに適した大気分野の地域協力の枠組み

・主として文献レビュー及び識者からのヒアリングにより、世界各地の大気汚染に関する地域イニシアチブに関する情報を収集し、分析した。特に、アジアについては既存の様々なイニシアチブの実態と課題に関し、政府間会議の資料の分析や会議への参加により、詳細な分析を行った。

・Global Atmospheric Forum (GAP Forum)や International Union of Air Pollution Prevention and Environmental Protection Association (IUAPPA)会合等を通じて、新たなニーズに対応する大気分野の枠組み再構築に関するグローバルな議論に参加し、関連情報を入手するとともに、アジアの実情に即した枠組み構築が重要である旨の提案を行った。

・LRTAP 条約を含め、アジア内外の既存の地域協力の枠組みとそれらの課題を整理し、アジアに適した地域協力の枠組みが備えるべき要件を明らかにするとともに、それらの要件に関するオプションを作成した。

・オプション（案）を S-7-3 国際ワークショップや Better Air Quality Conference (BAQ)、IUAPPA、Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET) 政府間会合等様々な場で発表し、関係者の意見を聴取し、オプション案の改善を図った。

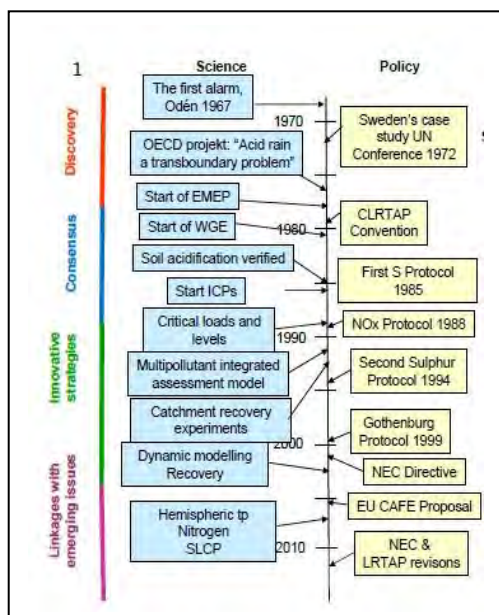
### （3）大気と気候に関するアジア科学パネル（ASPAC）検討

- ・アジア内外の既存の科学的イニシアチブ等を分析し、大気と気候に関するアジア科学パネルの検討に必要な要素を特定した。また、それらに関するオプション（案）を取りまとめた。
- ・オプション（案）を S-7-3 国際ワークショップや BAQ、Atmospheric Brown Clouds (ABC) アジア科学会議、EANET 政府間会合等様々な場で発表し、関係者の意見を聴取し、オプション案の整理統合を図った。
- ・それらの意見交換を踏まえ、Asia Science Panel for Air and Climate (ASPAC) の合意に至るプロセスとしてアジアの高名な科学者による「アジアの大気汚染と気候問題に関するアドホックハイレベル科学者会合」開催を提案した。

## 4. 結果及び考察

### （1）既存の国際協力の枠組みの分析

- ・欧州越境大気汚染条約<sup>1)</sup>及び関連議定書、ASEAN 煙霧協定、マレ宣言に基づく南アジアの取組み、中央アジア地域環境基本条約、東アジア酸性雨モニタリングネットワーク（EANET）等を中心に、さらに ABC、日中韓 Long-range Transport of Air Pollutants (LTP) プロジェクト、North-East Asian Sub-regional Programme for Environmental Cooperation (NEASPEC) 等について分析した結果（表(1)-1）<sup>2)-18)</sup>から、以下のような結論が得られた。
- ・欧州でも、科学と政策とのインターフェース構築は、長期間をかけて徐々に進められた（図(1)-3）。



図(1)-3 欧州における科学－政策  
インターフェース構築のプロセス

- ・アジアにおいては未だ科学と政策とのインターフェースが形成されていない。
- ・東アジアの大気環境国際協力枠組みでは、EANETによる蓄積の活用（特に人的な連帯感）、オーナーシップ、アジア型合意形成プロセス、Step by Stepアプローチによる着実な進展、将来の発展に対する柔軟性が特に重要である。
- ・戦略的な枠組み拡大に向けた合意形成プロセスに際してネックになっている事項としては、越境大気問題に対する優先順位の低さ、各国における承認手続きの違い等があり、それらを克服するためには、国際世論の圧力、トップダウンによる意思決定プロセスの必要性が指摘される。
- ・東アジアでは、一部の国の強い反対があり、規制的アプローチによる国際枠組みの合意形成は困難である。他方、法的拘束力のない協調的な非規制的アプローチであっても実効を上げることができると各種の事例から検証されており、統合的な大気環境管理の国際枠組み構築を目指す場合には、インセンティブ・アプローチの導入を検討することが適切である。
- ・アジアにおいて科学と政策とのインターフェース構築に関する Leap Flogging を達成するためには、Epistemic Science Community の形成がカギとなる。

表(1)-1 アジアにおける大気関係の様々なイニシアチブ

アジアにおける大気関係の様々なイニシアチブ		
イニシアチブの名称	対象地域	対象活動
東アジア酸性雨モニタリングネットワーク(EANET)	北東アジアと東南アジアの13か国	酸性雨モニタリング
南アジアの大気汚染とその越境的影響の制御と防止に関するマレ宣言	南アジア諸国	越境大気汚染防止のためのモニタリング及び対策
越境煙霧汚染に関するASEAN協定	ASEAN加盟国	越境煙霧汚染(Haze)
中央アジア環境基本条約	中央アジア諸国	大気汚染対策全般
日中韓3か国環境大臣会合(TEMM)	日、中、韓	環境政策全般: 光化学大気汚染等に関する協力
大気汚染物質長距離輸送プロジェクト(LTP)	日、中、韓	越境大気汚染物質のモニタリング、モデリング
北東アジア準地域環境協力プログラム(NEASPEC)	日、中、韓、モンゴル、ロシア、北朝鮮	北東アジアの越境大気汚染問題に取り組むことを検討
大気中の茶色い雲(ABC)	アジア諸国	エアロゾルを中心とする科学ネットワーク
クリーン・エア・アジア(CAA)	アジア諸国	主として都市大気汚染対策に関するマルチステークホルダーネットワーク
アジアコベネフィットパートナーシップ(ACP)	アジア諸国	アジアでコベネフィットアプローチを推進しようとするマルチステークホルダーネットワーク

## (2) 越境大気汚染問題に関する各国の認識 (S7-3-(2) 表(2)-1 及び(2)-2 参照)

- ・アジア各国の越境大気汚染問題に関する認識、特に課題の優先順位には、相当の違いがある
- ・最近の中国における著しいPM汚染問題を踏まえ、各国の認識に変化の傾向がみられつつある。
- ・韓国：北東アジアの大気汚染問題の解決に向けて積極的に日中と協力しようとの意向を表明。NEASPEC の活用、日中韓 LTP 第4期プロジェクトの推進等に意欲。
- ・中国：大気汚染問題の解決に向けて、東アジア酸性雨モニタリングネットワーク (EANET) 等の既存の地域協力の枠組みを積極的に活用する可能性を示唆。
- ・東南アジア諸国：アジアの大気汚染問題に深刻な関心。2013年9月にマレーシアで開催された

「東南アジアと東アジアの環境と健康に関する地域フォーラム」第3回閣僚級会合でPM問題の解決に向けた取り組みを強調。

- ・大気汚染問題に関する政治的認識の高まりは、新たな枠組み構築へ向けての好機を提供すると考えられる。

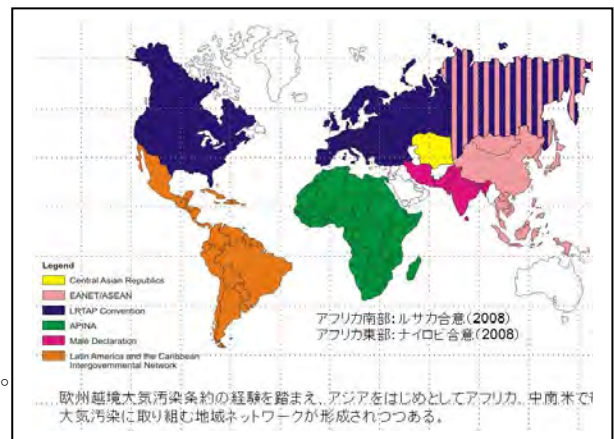
**(3) アジアが直面している課題**

- ・PM やオゾン等の現在深刻化しつつある大気汚染問題に、アジア地域として、あるいはグローバルに取り組むような国際的枠組みがない。
- ・2010年のTask Force on Hemispheric Transport of Air Pollutants (TF-HTAP) 報告<sup>19)</sup>を踏まえた越境大気問題の新たな認識が共有されていない（大気汚染問題が、national, regional な課題からglobal な課題へと変質）。
- ・越境大気汚染と気候変動とのリンクが重要視される中、両者を総合的に扱えるような国際的枠組みがない。
- ・アジアには大気汚染問題に関する極めて多くの国際的イニシアチブがある。それらは、相互に重複した機能を有したり、同一の担当者が類似する多くの会議に参加する必要がある等、その実施が効率的に行われていない。

**(4) アジアに適した大気分野の地域協力の枠組み**

**1) 大気汚染対策に関する世界の取り組み**

- ・世界的には既にアジア、アフリカ、中南米を含む多くの地域で大気汚染対策の地域的、準地域的なネットとワークを形成している。
- ・大気に関する世界条約を策定すべきとの議論がGlobal Atmospheric Forum、IUAPPA等で行われた。
- ・新たな国際枠組みとしては、表(1)-2に示されるようなオプションが考えられるが、アジアの実態等を考慮し、当面はグローバルな共通原則を踏まえつつ、既存の地域イニシアチブを活かした緩やかな地域協力の枠組みを構築することが現実的と主張。世界的な合意を得た。



図(1)-4 大気汚染対策に関する世界の取り組み

表(1)-2 新たな国際枠組みのオプション

	条約	政治合意
グローバルな原則	世界条約	政治宣言等
地域独自の活動	地域条約	地域レベルの政治宣言等



## 2) 地域協力の枠組みを考える際のファクター

- (1)の研究成果を踏まえ、必ずしも法的拘束力にこだわることなく、既存のイニシアチブを活用した、それぞれの地域ごとの柔軟な協力枠組みの構築が当面は現実的であり、適切と考えられる。ただし、それぞれの地域協力の枠組みをつなぐ共通原則の合意が必要。
- 地域協力の枠組みを考える際の主なファクターは、表(1)-3 のようになる。

▶ 表(1)-3 枠組みを考える際のファクター

鍵となる要素	提案
構成	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 法形式: 当面は非拘束的な自発的な協力枠組みから出発(政治宣言等)。将来的に仕組みが成熟した段階でアップグレードを目指す。</li> <li>◆ 事務局: UNEPアジア太平洋地域事務所(ROAP)を中心に検討</li> <li>◆ 資金措置: 将来的には参加国による負担。当面は外部資金を期待。</li> </ul>
地理的スコープ	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ なるべく幅広い地域をカバー。アジア全域をカバーすることが望ましい。</li> <li>◆ 外交的障壁がある場合がある。</li> </ul>
対象物質・ガス	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Multi-pollutants Multi-effectsアプローチが好ましい。</li> <li>◆ アジア特有の黄砂、森林火災等による煙霧等の問題をどのように統合?</li> <li>◆ 大気と気候変動とのリンクを明確に認識。</li> </ul>
科学パネル	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ スコープや活動、組織等について要検討</li> </ul>
モニタリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ SLCPを含む(越境)大気汚染物質・ガスを対象</li> <li>◆ EANET型のモニタリングシステムを提唱</li> </ul>
インベントリー、モデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 欧州型の単一モデルを用いるのではなく、複数モデルの比較検討を実施。</li> </ul>
アセスメント調査研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 枠組みの中に適正に規定</li> </ul>
排出削減戦略・対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 当面は非拘束的な、自発的な経験、意見交換を実施。報告義務を課す。</li> <li>◆ 段階的な政策調整への進展を目指す。</li> </ul>
キャパシティビルディングを含む支援措置	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 枠組みの重要な要素として技術的、資金的な支援措置を規定。</li> <li>◆ <b>参加のモチベーションとなるよう支援のための資金メカニズムを構築。</b></li> </ul>

- 枠組み検討に向けたステップに関し、当面は、現在の深刻な中国の大気汚染に対する緊急避難的な短期的対策を優先するものとするが、それとは別に、中長期的な地域協力の枠組みに関する議論が必要。中長期的な枠組みに関する議論の場としては、既存の枠組みのレビュー結果から、「アジアの準地域に関する合同フォーラム」、「CAA 政府間会議」等が有力なプラットフォームとして示唆される。

## 3) 地域協力を主導する新たな原則

- 1930年代のアメリカとカナダが関わるトレイル精錬所仲裁裁判、1972年の国連人間環境宣言の原則21を経て越境大気汚染に関する国際環境法の原則(no harm principle)が確立。  
 国連人間環境宣言の原則21：(前略)各国はまた、自国の管轄権内又は支配下の活動が他国の環境又は国家の管轄権の範囲を越えた地域の環境に損害を与えないよう措置する責任を負う(国境を越える汚染に対する国家責任)。  
 (注)この原則は、ほぼ同じ文言で1992年のリオ宣言の中にも組み込まれている(リオ宣言第2原則)
- 近年の多国間環境条約(multilateral environmental agreements: MEAs)の傾向として、ある国の非遵守を厳しく責めるのではなく、遵守が可能になるような支援措置を重視する傾向がある。
- これまでの越境大気汚染の議論は、既に確立された国際法原則として、no harm principleを基本としており、それが国家間の交渉を困難にしてきた。

- 他方、アジアでは、ASEAN の煙霧、北東アジアの黄砂を除き、越境大気汚染の被害の実態が確認されていない。アジアにおける越境大気汚染問題の実情を考える場合には、個別の国の責任を追究するよりは、各国が一丸となって地域全体としての大気汚染問題の解決を目指すような新たな原則を構築することが適切。
  - アジアの多くの国では、国内大気汚染対策と越境大気汚染対策とが未分化
  - 排出国における大気汚染対策の推進が他国への越境大気汚染対策としても大きな効果
  - 国際法学的観点からの新原則の正当性：越境大気汚染問題の変質（TF-HTAP が示した大気汚染問題のグローバル化 ⇒ 排出者責任との考え方から、global commons 的な”対策費用に関する応能負担”的な考え方への転換の必要性
- 「国境を越える汚染に対する国家責任」をなくすことは、確信犯に対するストッパーをなくすとの議論がある。そのような議論に対処するため、国際的に承認された国家の行動計画に基づく対策に支援を行うとの枠組みを示唆。

- 大気汚染対策国家行動計画（NAP-AP）策定、国際機構での承認
- NAP-AP に基づく対策に対しては、国際基金から対策費用を拠出

## （5）大気と気候に関するアジア科学パネル（ASPAC）提案

### 1）背景

- 欧州では、科学と政策とのインターフェース構築は、長期間をかけて徐々に進められた。
- アジアにおいては未だ科学と政策とのインターフェースが形成されていない。
- 政策決定者間の認識のギャップを埋め、アジアの政策決定者が共通の科学的認識に立って国際協調を進められるようにするためには、国の違いにかかわらず、アジアの大気環境問題に関する科学者間の認識が共有されるような知識共同体（epistemic community of Asian scientists）の構築が重要。
- EANET、ABC、BAQ、CCACアジア地域会合、International Forum for Sustainable Asia and the Pacific (ISAP) といったアジアの環境関係の会合、GAP Fom、IUAPPA、Saltsjöbaden V といったグローバルな会合でこのような考え方を公表し、知的共同体形成に関する科学者間の共通認識を醸成した。
- 具体的な知的共同体構築の方策として、アジアの大気環境問題に関する半独立の科学者パネル（大気と気候問題に関するアジア科学パネル：Asian Science Panel on Air and Climate: ASPAC（仮称））を提案した（詳細については別紙1参照）。

### 2）ASPACの目的

- 大気環境に関するアジアの科学者の知的共同体の構築
- 科学者間で、また科学者と政策決定者間での共通の理解
- アジアの科学者の見解を反映した大気汚染と気候変動問題に統合的にアプローチするような国際的なイニシアチブへの発展

### 3) ASPAC 提案に際して考慮すべきファクターとその選択肢

- ASPAC提案に際して考慮すべきファクターとしては、以下の要素が考えられる。  
組織の性格（ガバナンス構造）、活動のスコープ、地理的スコープ、調査研究の位置づけ、メンバーとなる科学者の選定方法、組織の構造、事務局、資金メカニズム 等
- 上記のファクターに関するオプション（案）を作成し、S-7-3が毎年開催する国際ワークショップ、EANET、ABC、BAQ、アジアの準地域合同フォーラム、Climate and Clean Air Coalition (CCAC) アジア地域会合、ISAP等のアジアの環境関係の会合で公表、関係者からの意見聴取をし、オプションの改善に努めた。
- 2014年3月に開催したS-7-3国際ワークショップで集中的な議論を行った結果を、サブテーマ2の表(2)-4に示す。

### 4) ASPAC実現に至るプロセス

- 合意形成にいたる第1ステップとして「アジアのハイレベル科学者アドホック会合（Ad Hoc High-Level Science Meeting for Asian Air Pollution）」でアジアの科学者の認識共同体の必要性とASPACの形態について合意形成することを提案した（別紙2参照）。
- 3月に開催したS-7-3国際ワークショップには、「アジアのハイレベル科学者アドホック会合」の準備会合としての性格を併せ持たせた。
- 環境省からUNEPへの拠出金を活用して2014年度に第1回会議を開催することをUNEPと合意した。
- 今後、2度ほどの会議を経て、ASPAC設立を要請する勧告を採択する方針である。採択された勧告は、政府間会議のようなプラットフォームで議論し、合意形成を図る方針。

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

- 国際協力枠組みと科学と政策とのインタフェースの強化のためのオプションに関する研究を通じて、国際協力枠組みの機能、組織的構造の明確化され、意思決定の必要性がある主な機能および組織的観点を含む構成要素が明らかになった。
- また、本研究を通じ、大気保全分野における国際調整の新たな原則を打ち立てる必要性を明らかにした意義は大きい。新たな原則に関する本提案は、今後国連国際法委員会への報告書に盛り込まれ、国連としての議論に貢献する予定である。
- 東アジアのガバナンスの現状を明らかにした上で、科学と政策の相互作用に関して、これまで焦点を当てられていなかったアジア地域の越境大気汚染という文脈から検討を進めたことも学術的な意義がある。

### (2) 環境政策への貢献

#### <行政が既に活用した成果>

- 本研究による地域協力の枠組み提案は、グローバルな大気環境管理の議論に関し、世界条約の

問題点を明らかにし、アジア等の地域協力の枠組みを検討することが適切との明確な方向性を与えた。

- ・本研究では、東アジアで科学的な知見を基礎にした地域大気環境政策を進めるため、東アジアにおける科学者の知識共同体を形成することが中・長期的に極めて重要であると指摘し、そのための具体的なステップとしてアジアの科学者によるハイレベル会合の開催を提唱した（別紙1及び2）。これらの提案は、環境省の平成26年度予算に反映され、UNEP及びクリーン・エア・アジアとの国際協力の中に組み込まれた。
- ・日本政府における TEMM、特に大気汚染に関するハイレベル政策対話、EANET、NEASPEC、日中韓 LTP 等への対処方針形成に際して有益な情報を提供した。

#### <行政が活用することが見込まれる成果>

- ・アジアにおける大気汚染の新たな枠組みに関する提案は、UNEPによる「アジア太平洋地域の大気に関する準地域会合」等で今後議論されることがUNEPと合意されている。
- ・大気汚染対策分野における国際協力枠組みのための新たな原則提案は、今後国連国際法委員会への報告に盛り込まれ、国連として議論される予定である。

#### 6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

#### 7. 研究成果の発表状況

##### (1) 誌上発表

#### <論文（査読あり）>

該当なし

#### <査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) 鈴木克徳、越境大気汚染に関する国際情勢と今後の展望、環境情報科学 42、2014年、pp28-33

#### <その他誌上発表（査読なし）>

- 1) 鈴木克徳、越境大気汚染、中国環境ハンドブック2009-2010年版、中国環境問題研究会編、2009年、pp76-86
- 2) 鈴木克徳、東アジアにおける越境大気汚染問題の最新事情と対策の動向、月刊資源環境対策2009年12月号、pp32-38
- 3) 鈴木克徳、持続可能な社会に向けた地域レジームの形成-東アジア酸性雨モニタリング網を例にして、上智大学現代GP（グローバル社会における環境リテラシー教育）持続可能な社会への挑戦（出版物）、2010年 pp178-185

- 4) 鈴木克徳、越境大気汚染問題を巡る世界の最新情勢、月刊資源環境対策、2010年12月号、pp34-40
- 5) 鈴木克徳、「越境大気汚染問題の現状と課題」、2013、生活と環境平成25年6月号

(2) 口頭発表 (学会等)

- 1) K. SUZUKI: International Forum for Sustainable Asia and the Pacific, 26 June 2009, Hayama, Japan,  
“Co-benefits from Air Pollution Viewpoints”
- 2) K. SUZUKI: A Co-benefits Network for Asia and the Pacific, October 3, 2009, Bangkok, Thailand  
“Introduction for a Possible Informal Network on a Co-benefits Approach in Asia and the Pacific”
- 3) K. SUZUKI: International Forum for Sustainable Asia and the Pacific 2010, 12 July, 2010  
“Yokohama Potential Approaches to Address Regional Air Pollution Issues in East Asia”
- 4) K. SUZUKI: International Forum for Sustainable Asia and the Pacific 2010, 12 July, 2010, Yokohama  
“Towards establishment of Asian Co-benefits Partnership”
- 5) K. SUZUKI: Second Ministerial Regional Forum on Environment and Health in South-East and East Asian Countries, 14-15 July 2010, Jeju, Republic of Korea  
“Regional Air Pollution Issues in East Asia”
- 6) H. AKIMOTO, K. SUDO and K. SUZUKI: International Symposium on Asian Dust/Aerosol and its Impact on Global Climate Change, 9 August 2010, Shanghai  
“Impacts of Black Carbon and Ozone on Global Warming and Co-benefit Approach Initiative in Asia”
- 7) H. AKIMOTO, K. SUDO and K. SUZUKI: 15<sup>th</sup> IUAPPA World Clean Air Congress, 12-16 September 2010, Vancouver  
“Proposed Asian Co-benefits Partnership - Progress in Promoting Co-benefits Approach in Asia”
- 8) M. ELDER and K. SUZUKI: Better Air Quality Conference, 9-11 November 2010, Singapore  
“Strengthening International Cooperation on Regional Air Pollution Management in East Asia Possible Approaches and Prospects”
- 9) K. SUZUKI: Better Air Quality Conference, 9-11 November 2010, Singapore  
“Asian Co-benefits Partnership”
- 10) K. SUZUKI: International Experts Workshop on International Framework and Co-benefit Approach to Promote Air Pollution Control in East Asia 2011, 17-18 January, 2011  
“Research on consensus building processes for a cooperative regional regime on air pollution control in East Asia on the basis of existing regional networks on air pollution”
- 11) K. SUZUKI: The 8th International Conference on Acid Deposition, Beijing, China, 16-18 June 2011  
“Regional Cooperation for More Comprehensive Atmospheric Management in Asia”

- 12) K. SUZUKI: The Tenth Session of the Working Group on Future Development of EANET, Bangkok, 19-20 July 2011  
“Asian Co-benefits Partnership”
- 13) K. SUZUKI: First Capacity Building Workshop of the Joint Forum on Atmospheric Environment in Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand, 21-22 July 2011  
“Reference for Cooperative Framework for Comprehensive Management of Atmospheric Environment in Asia”
- 14) K. SUZUKI: Asian Co-benefits Partnership (ACP) 2<sup>nd</sup> Advisory Group Meeting, Yokohama, 26 July 2011  
“Dissemination Strategy / Collaborative Projects of ACP”
- 15) K. SUZUKI: International Implications of the East Japan Disasters in the context of the Rio Plus 20 Process: New Asian Perspectives, Yokohama, 26-27 July 2011  
“Green growth and Co-benefits”
- 16) K. SUZUKI: Global Atmospheric Pollution Forum Steering Group Meeting, Paris, 28 September 2011  
“Atmospheric management in Asia – recent progress”
- 17) K. SUZUKI; IUAPPA Meeting: One Atmosphere – Making Connections, Paris, 29-30 September 2011  
“Strengthening International Cooperation on Air Pollution – An Asian Perspective”
- 18) 鈴木克徳: 環境研究総合推進費戦略的研究開発プロジェクトS-7一般公開シンポジウム「越境大気汚染への挑戦 —最新の知見と最近の動向—」(2011年10月28日)  
「問題解決に向けた国際的取組」
- 19) K. SUZUKI: Thirteenth Session of the Intergovernmental Meeting on the Acid Deposition Monitoring Network in East Asia, Hanoi, Vietnam, 30 November-1 December 2011  
“Asian Co-benefits Partnership”
- 20) K. SUZUKI: International Workshop on a Co-benefits Approach, Hayama, Japan, 13-14 February 2012  
“Challenges for Further Promoting a Co-benefits Approach”
- 21) K. SUZUKI: International Expert Workshop on Strengthening the International Cooperation Framework and Science-Policy Interface to Promote Air Pollution Control in East Asia, Yokohama, 5-6 March 2012, Strengthening the International Framework  
(ア) 鈴木克徳: 第2期日韓新時代共同研究プロジェクト東京会合環境パートナーシップ・セッション (2012)、「越境大気汚染に係る東アジアの環境協力の課題と展望」
- 22) K. SUZUKI: International Forum for Sustainable Asia and the Pacific 2012 Climate Change Session (2012)  
“Co-benefits Approach for Short-lived Climate Forcers (SLCFs)”
- 23) 鈴木克徳、環境経済・政策学会 2012年大会 (2012)、  
「気候変動対策促進に向けた駆動力としてのコベネフィット・アプローチ」

- 24) K. SUZUKI: 5<sup>th</sup> ABC-Asia Science Team Meeting, The Project Atmospheric Brown Cloud (2012)  
 “Co-benefits Approach for Air Pollution Management”
- 25) K. SUZUKI, M. ELDER and M. KOGA: Better Air Quality Side Event “Strengthening the science policy interface for air pollution control: a possibility for establishing an Asian Science Panel on Air Quality (ASPAQ)” (2012)  
 “Need and possible modality of a better regional cooperative framework for air quality management in East Asia”
- 26) K. SUZUKI: International Workshop on Strengthening the International Cooperation Framework and Science-Policy Interface to Promote Air Pollution Control in East Asia (2013)  
 “Importance of Strengthening the Science Policy Interface – Proposal for Asian epistemic scientists community (Asian Scientific Panel on Air and Climate ) Part 2”
- 27) K. SUZUKI: Regional Intergovernmental Consultation on Near-term Climate Protection and Clean Air Benefits in Asia and the Pacific (2013)  
 “Potential for Regional Cooperation on SLCP in Asia”
- 28) K. SUZUKI: Translating Co-benefits Research into Action in Asia: Science, Models (2013)  
 “Importance of Strengthening the Science Policy Interface Proposal for Asian Epistemic Scientists Community (Asian Scientific Panel on Air and Climate)”

### (3) 出願特許

特に記載すべき事項はない。

### (4) シンポジウム、セミナー等の開催

- 1) S-7 プロジェクト一般公開シンポジウム 「越境大気汚染への挑戦 —最新の知見最近の動向—」 2011年10月28日に東京で開催、その中で本テーマの成果を発表した。  
 鈴木克徳：「問題解決に向けた国際的な取り組み」
- 2) 環境経済・政策学会パネル・ディスカッションセッション、気候変動対策促進のためのコベネフィット・アプローチの活用、2012年9月15日、東北大学、仙台
- 3) S-7 プロジェクト第2回一般公開シンポジウム 「越境大気汚染への挑戦 2013 —国際協調による取組に向けて—」 2013年11月1日に東京で開催、その中で本テーマの成果を発表した。

鈴木克徳：「越境大気汚染対策の促進に向けた国際的取組」

その他 S-7-3 として開催した国際ワークショップについては、サブテーマ 2 に記載している。

### (5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

## (6) その他

2010年度に作成したReference Material: Reference for Cooperative Framework for Comprehensive Management of Atmospheric Environment in East Asia, March 2011, Kanazawa University

## 8. 引用文献

- 1) Multilateral Cooperation on Air Pollution – Science, Policy and Negotiations for Agreements/Instruments
- 2) Report on “Existing Air Pollution Management Networks in Asia and the Pacific”
- 3) Documents on negotiation processes on the Instrument for EANET
- 4) Revised Draft Joint Plan for Joint Activities on Air Pollution in Asia and the Pacific (15 February 2010), prepared for the Joint Forum on the Atmospheric Environment in Asia and the Pacific, 10-11 March 2010, Bangkok, Thailand
- 5) Proposed next steps for consideration by core group members, prepared for the Informal Meeting on Co-benefits, 11 March 2010, Bangkok, Thailand
- 6) Chairperson’s Summary, Seminar on a Co-benefits Approach: Emerging Trends and Needs, 11-12 March 2010, Bangkok, Thailand
- 7) Joint Plan for Joint Activities on Air Pollution in Asia and the Pacific. adopted at the 2<sup>nd</sup> Meeting of the Joint Forum on Atmospheric Environment in Asia and the Pacific, 10-11 March 2010, Bangkok
- 8) Jeju Declaration on Environment and Health adopted at the 2<sup>nd</sup> Ministerial Regional Forum on Environment and Health in South-East and East Asian Countries, 15 July 2010, Jeju
- 9) Vancouver Declaration adopted at the 15<sup>th</sup> World Air Congress, 12-16 September 2010, Vancouver
- 10) Work Plan (2010-2011) of Asian Co-benefits Partnership (ACP), decided at the Better Air Quality (BAQ) Conference, 9-11 November 2010, Singapore
- 11) Instrument for Strengthening the Acid Deposition Monitoring Network in East Asia adopted at the 12<sup>th</sup> Session of the Intergovernmental Meeting on EANET, 23-25 November 2010, Niigata, Japan
- 12) Elliott, Lorraine, and Shaun Breslin, eds. 2011. *Comparative Environmental Regionalism*. London: Routledge.
- 13) Litta, Henriette. 2011. *Regimes in Southeast Asia: An Analysis of Environmental Cooperation*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- 14) Rolf, Lidskog, and Sundqvist Göran, eds. 2011. *Governing the Air: The Dynamics of Science, Policy, and Citizen Interaction*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- 15) Nguitragoon, Paruedee. 2010. *Environmental Cooperation in Southeast Asia: ASEAN’s Regime for Trans-boundary Haze Pollution*. London: Routledge.



- 16) Friedman, E, and S C Kim, eds. 2006. *Regional cooperation and its enemies in northeast Asia: the impact of domestic forces*. London: Routledge.
- 17) Harris, Paul G, ed. 2002. *International environmental cooperation : politics and diplomacy in Pacific Asia*. Colorado: University Press of Colorado.
- 18) Young, Oran R., ed. 1999. *The Effectiveness of International Environmental Regimes: Causal Connections and Behavioral Mechanisms*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press. Executive Summary of the Report of the Task Force on Hemispheric Transport of Air Pollutions (TF-HTAP) 2010, Draft for Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP) Convention Executive Body Meeting, 13-17 December 2010, Geneva
- 19) Executive Summary of the Report of the Task Force on Hemispheric Transport of Air Pollutions (TF-HTAP) 2010, Draft for Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP) Convention Executive Body Meeting, 13-17 December 2010, Geneva

## (2) 主要関係国の環境政策の変遷とその要因を踏まえた交渉推進の制約要因と課題の研究

(公財) 地球環境戦略研究機関 (IGES)

所長

プログラム・マネジメント・オフィス  
ガバナンスと能力グループ

森 秀行

マーク・エルダー

宮後 裕充 (平成 21 年度)

林 信濃 (平成 22 年度)

荻原 朗 (平成 23～25 年度) <sup>注)</sup>

エリック・ザスマン (平成 25 年度)

持続可能な社会のための政策統合領域

注) 荻原 朗は平成25年度はIGES客員研究員

### <研究協力者>

IGES 持続可能な社会のための政策統合領域

松本 奈穂子

IGES 持続可能な社会のための政策統合領域

宮塚 亜希子 (平成 25 年度)

帝京大学

加藤 久和

宇都宮大学

高橋 若菜

韓国開発研究院公共政策・経営大学院

Dong-Young Kim (平成 21～22 年度)

韓国光云大学

Esook Yoon (平成 21～22 年度)

中国科学院大気物理研究所

Zifa Wang

清華大学

Mingyuan Wang (平成 21 年度)

チュラロンコーン大学

Noppaporn Panich

東南アジア START 地域センター

Jariya Boonjawat (平成 21 年度)

マサチューセッツ大学

Inkyoung Kim (平成 22 年)

IGES ガバナンスと能力プロジェクト

郭 江汶 (平成 23 年～平成 24 年)

IGES ガバナンスと能力プロジェクト

周 晓锋 (平成 22～平成 23 年)

北京師範大学

Tien Qing (平成 25 年)

平成 21～25 年度累計予算額 : 75,647 千円

(うち、平成 25 年度予算額 : 14,042 千円)

予算額は、間接経費を含む。

### [要旨]

東アジアにおける主要関係国における交渉推進の制約要因、推進要因について分析を行い、東アジアの越境汚染問題解決に向けた国際的枠組みに関する合意形成プロセスの設計に向けた課題を明らかにした。まず、長距離越境大気汚染条約(LRTAP)による国際協力が行われたヨーロッパと、本研究が対象とする東アジア地域の間に見られる政治的、また環境問題の現状の違いを明らかにした。また、研究対象国である中国、韓国、タイ、および日本の国内政策について調査を行い、相違点を明らかにするとともに、各国において強化の方向性が共通に見いだされることを確認した。さらに、国別の認識調査を実施し、優先的な問題だと認識される物質、越境汚染の深刻さの

認識に顕著な相違があることを示した。上記の研究を通じて、東アジア地域における国際協力枠組みにむけた合意形成のためには、特に越境大気汚染問題に関する科学的認識共同体の形成が重要であるとの示唆を得た。

上記の結果を受け、認識共同体の形成にむけて、大気と気候に関するアジア大気汚染政府間パネル（ASPAC: Asia Science Panel for Air and Climate）の提言の策定を行った。策定にあたっては、考慮すべき要素を同定し、選択肢を提示・分析するとともに、様々な国際的議論の場を活用して直接ステークホルダーからの意見を聴取した。さらに、東アジア地域における国際協力枠組み構築に向けて、既存の枠組みに関連する課題を同定するとともに、国際的枠組みのオプション案を検討し、それぞれの利点・課題を分析した。さらに、国際協力枠組みにおいて重要な役割を果たすと考えられる複数の汚染物質による複合的な影響を視野に入れた削減対策（MPME (Multi-Pollutant Multi-Effect)アプローチ）について、研究対象国における導入状況を調査し、東アジアの国際協力枠組みにおけるMPMEアプローチ導入の展望を考察した。また、研究プロセス全体を通じて、主要関係国における政策科学の進展と研究者のネットワーク構築、能力育成を図った。

#### 【キーワード】

越境大気汚染、環境政策、アジア、大気汚染物質削減戦略、国際協力枠組み

### 1. はじめに

アジアにおいては近年、光化学スモッグの頻発・深刻化、微小粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>）による大気汚染等が社会的な問題として大きく注目を集めており、速やかな国際協力の枠組み形成の必要性を示唆している。東アジア地域は、地域大気汚染問題、酸性雨やオゾン・エアロゾル等に代表される越境大気汚染問題、温室効果ガスによる気候変動問題への対処を同時に行う必要性に迫られていることが特徴である。これらの排出対策に同時に取組むことで共便益（コベネフィット）が期待できるにも関わらず、我が国を含む多くの国においてはこれらの取組みは個別に行われている現状である。東アジア酸性雨モニタリングネットワーク（EANET）、日中韓大気汚染物質長距離越境移動研究プロジェクト（LTP）、北東アジア環境協力プログラム（NEASPEC）等も活動範囲の拡大を図っているが、近年の大気汚染問題の深刻化のペースは大変急速であることから、従来の地域協力の枠組みのあり方を見直し、国際協力のもとより効果的な大気汚染対策を進めていく必要があるといえる。さらに、中国の大気汚染に関する国内政策及びアジア地域における国際的な大気汚染問題を巡る政治経済状況は著しく変化しており、各国における政策動向の最新の現状の把握と分析が重要となる。以上の背景に基づき、本サブテーマにおいては、東アジア地域の大気環境に関連する各国の政策的背景および現在の国際協力枠組みの経験に踏まえて、東アジアにおける大気環境管理の国際枠組みおよび科学と政策の連携の強化のありかたについて、コベネフィット・アプローチを考慮した上で研究を実施した。

### 2. 研究開発目的

本研究の主な目的は以下のとおり。

(1) ヨーロッパの事例との比較分析を通じて、アジアにおける大気環境分野での国際的協力枠組み検討における課題を明確にすること。

- (2) 東アジアの研究対象国（中国、韓国、タイ、日本）における大気環境に関わる政策の変遷および各国の越境大気汚染に関する認識を分析し、アジア地域での大気環境分野における国際協力に向けた合意形成プロセスの課題を明らかにすること。
- (3) アジアにおける認識共同体づくりに向けて、科学と政策の連携を目指した科学パネルのありかたについて必要な要件とオプションの分析を行うこと（重点課題6に関連）。
- (4) アジアの大気汚染に対する国際協力強化のための具体的なオプションを検討し、さらに各オプションの強み・課題点を分析すること（重点課題7に関連）。
- (5) 研究プロセスを通じて、主要関係国における政策科学の進展と研究者のネットワークの構築、能力の育成を図ること。

### 3. 研究開発方法

- (1) アジアの大気環境分野での国際的協力枠組み検討における課題の分析にあたっては、まず、国際政治学分野における既存文献調査を行い、ヨーロッパにおける長距離越境大気汚染条約(LRTAP)条約議定書への合意に至る様々な影響要因を分析し、政策決定分析フレームワークを構築した。次に、本フレームワークをアジアにおける既存の国際協力枠組みについての情報に適用し分析を行った。国際協力枠組みについての情報収集にあたっては、各取組により公表されている文書および関連文献のレビュー、および各枠組みに直接関与している実務者、各国における専門家、政策担当官等の意見聴取を行った。
- (2) 研究対象国の政策の変遷および越境大気汚染に関する各国の認識の分析については、既存文献調査および関係ステークホルダー（特に政策決定者および科学者）への聞き取り調査を実施した。特に中国、韓国、タイの政策については委託調査を実施した。また、国際ワークショップの場において関係国の専門家と情報、意見交換を行った。各種国際会議の場や対象国における調査の機会を活用し、適宜報道記事の追加調査および関係者への聞き取り調査を行い、認識の変遷を追跡調査した。
- (3) 科学パネルのあり方についての分析については、対象国の認識調査に基づき必要要件を同定し、サブテーマ（1）、サブテーマ（4）と協力してオプション案を策定するとともに、主催するワークショップやセミナーの場等でオプション案について議論の場を設けることによって、オプション案の見直しを行った。
- (4) 国際協力のオプション検討のためには、既存の枠組みに関する分析結果を考慮して重要な要件を整理し、サブテーマ（1）、サブテーマ（4）と協力してオプション案に反映した。また、EANETやNEASPECなどの既存の国際協力枠組みの会合等に出席し、各取組の最新動向をフォローするとともに、国際協力に関する見解や国際協力強化のための可能なオプションに関してインタビュー調査を実施した。オプション案については、主催する会議の場等で各国の専門家の意見を聴取し、適宜修正を行った。
- (5) 主要関係国における政策科学の進展と研究者のネットワークの構築・能力の育成については、毎年国際ワークショップを開催し、研究対象国の研究者・政策決定者および関連国際機関等の間の情報交換・ネットワーク構築・能力育成の機会を提供した。また、国際共同研究の実施によっても、研究者間の関係構築・能力育成が図られた。

## 4. 結果及び考察

### (1) ヨーロッパとの比較分析（平成21年度）

分析の結果、LRTAPによる国際協力が行われたヨーロッパと、本研究が対象とする東アジア地域の間には、国際政治状況、環境被害の発現状況、環境被害に関する市民の認識などに大きな違いがあることが明らかになった。また、関係国間の所得格差がヨーロッパ諸国に比べて大きいこともアジア地域の特徴であることが示された。他方、東アジアは公的な政治・経済統合の程度がヨーロッパよりゆるやかであるが、様々な形で国際協力枠組みが設立され、運営されていることも確認された。

本分析を通じ、東アジアの国際協力については下記の教訓が得られた。

- ・ 国際協力においてリーダーシップをとる国、国際協力に非協力的な国がどこであるかを考慮することが重要である。
- ・ アジア地域においては、越境大気汚染の科学的知見に関する共通の合意が得られていないため、まず、国内の大気汚染問題について、共同研究を促進し、科学的知見の蓄積に努めるべきである。また、科学的知見に関する一般市民の認識を深めるためにはメディアの役割も重要である。
- ・ 産業界への配慮も重要であり、特に大気汚染物質の排出の多い産業への影響や削減コストの分配及び代償を考慮する必要がある。
- ・ 国際協力に消極的な国の参加動機を高めるためにコベネフィット・アプローチなど定量的な分析の活用可能性等の検討も有益である。

### (2) 研究対象国の政策の変遷および越境大気汚染に関する主要国の認識（平成22年度～平成25年度）

#### 1) 研究対象国の政策についての調査（平成21年度～22年度）

##### a. 研究対象国の大気環境政策の変遷（平成21年度～22年度）

研究対象国である中国、韓国、タイ、および日本の国内政策の動向を調査した結果、各国において、程度の差はあるものの、概ね、大気環境基準、規制、行政能力の強化等を通じて、漸進的ではあるが、着実に強化の方向に向かっていることが確認された。近年の特徴としては、硫黄酸化物などの従来からの大気汚染物質に加えて、PM<sub>2.5</sub>に関する大気環境基準を検討・設定する動きがみられるほか、揮発性有機化合物(VOC)を対象とした政策の導入に進展がみられることが明らかになった。また、自動車排ガス規制の強化および省エネの推進の分野で各国で政策が強化されていることも確認された。さらに、各国において、環境関係省庁が各国の行政組織のなかで比較的重要な位置づけに推移していることから、行政における環境政策の重要性が高まっていることがうかがえた。課題としては、大気環境管理が個別の物質を中心に行われていること、特に地方レベルにおける政策実施が徹底していない国もあること、行政能力の継続的強化の必要性、大気汚染対策と経済発展のバランス、環境規制の国際競争力への影響などが同定された。

##### b. 中国の大気汚染政策に関する追加的調査(平成22年～25年)

アジア地域における国際協力において重要な役割を果たす中国については、継続して追加的な調査を行った。まず、中国の国内大気汚染政策において重要な役割を果たしていると考えられる、

地域管理システムに焦点を当て、制度のレビューを行った(Zhou and Elder, 2013)。また、2012 年末から 2013 年初頭にかけての大気汚染の急激な悪化を受けて、中国においては、大気汚染関連の政策が大きく進展したため、政策動向の調査と取りまとめを行った。過去の 5 か年計画における大気汚染対策の概要を整理したうえで、2013 年の 6 月 14 日の国務院常務会議で決定された「大気汚染防止十条の措置（略称「国十条」）」、および「国十条」を具体化した国務院によって大気汚染防止行動計画（2013 年 9 月 10 日発表・通知）などの内容を調査、整理した(Lin and Elder 2014)。

上記の調査結果から、中国は国内大気汚染政策を著しく強化し、非常に野心的な目標を掲げるまでに政策の進展が見られることが示された。今後は、目標を確実に達成することが最大の課題であり、国際協力は、従来のように政策の強化を促すことよりも、すでに制定された政策の実施の円滑な実施の支援を目指すことに重点を移すべきであるとの示唆を得た。

### c. 日本の VOC 対策に関する研究（平成 24 年度～25 年度）

大気汚染政策の中での二次生成物質への注目が高まっている中、オゾンと粒子状物質(PM)の前駆物質である VOC 対策について、日本の VOC 排出抑制制度の事例の分析を行った。本制度においては法規制と自主的取組を組み合わせるといった形がとられているが、この経験を踏まえて、今後、汚染対策においてどの程度まで自主的アプローチをとれば高い効果が得られるのか、他国においても大気汚染対策において自主的アプローチの導入は可能なのかなどの点を検討することはアジアの大気汚染政策の発展において大いに意義があると考えられる。また、本制度によって目標を超える高い排出抑制効果が得られた要因についても分析を行った結果、制度に関する政策決定において様々なステークホルダー（特に産業界）が参加したこと、法的規制と自主的取組を組み合わせることによって、産業界が法的規制を免れるために自主的取組を通じた削減への取組姿勢を一層強化したと考えられること等の要因が同定された(Matsumoto and Ogihara, 2013)。

さらに、同取組において積極的に参加し高い排出削減成果をあげた化学業界と印刷業界について、自主取組への積極的な参加を促した要因の分析を行った。分析の結果、自主的取組と規制を組み合わせることにより政策の有効性がさらに高められること、経済的なインセンティブだけではなく情報提供や技術支援が特に中小企業に対しては重要な役割を果たすこと、グリーン購入スキームは市場圧力をもたらすのに一定の役割を果たすこと、それぞれの産業にみあった業界団体による削減制度の導入が有効であること、および削減余地の大きいセクターに注目した上でそのセクターの動機を高める政策を導入することが望ましいと考えられること、などの結論を得た。

## 2) 越境大気汚染に関する各国の認識

### a. 越境大気汚染問題に関する国別の認識調査（平成22年度～23年度）

ヨーロッパとの比較分析の結果から、アジアにおいてはまず越境大気汚染に関する共通の認識が存在しないという課題が示されたため、広域大気汚染についての重要性、原因、発生源地域別寄与、対応策などについて、研究対象国の科学者および政策関係者の認識を調査国別の認識について調査を実施した。調査の結果、表(2)-1に示すとおり各国間で認識の差異が生じているという結果を得た。特に、優先的な問題であると認識される物質、越境汚染の深刻さの認識に顕著な相違がみられた。この認識の差が、国際協力枠組みに関する協力枠組みに関する合意形成における各国の立場の違いに影響を与えていると考えられる。本結果は、越境大気汚染問題に関する科学

的認識共同体の形成の重要性を示唆するものである。

表(2)-1 越境大気汚染問題に関する国別の認識（平成22年度～23年度調査結果）

	越境大気汚染の重要性の認識	優先順位/重要度	潜在的な国際協力
中国	<ul style="list-style-type: none"> <li>越境大気汚染の問題は認識している</li> <li>海外の研究者の推定結果には懐疑的</li> <li>一般市民の認識は低い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地上オゾン</li> <li>エアロゾル</li> <li>光化学スモッグ</li> <li>国内大気汚染が優先</li> <li>国内における越境(省をまたぐ)大気汚染の重要性を認識</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>EANETの拡張に消極的</li> <li>プロジェクトごとの協力を好む</li> <li>国際協力は相互利益があるべき</li> <li>公平性に関心</li> </ul>
韓国	<ul style="list-style-type: none"> <li>深刻な被害が認識されている</li> <li>一般的に高い関心</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>黄砂</li> <li>地上オゾン</li> <li>エアロゾル</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>準地域での国際協力に強い関心</li> <li>EANET とLTPの統合を提案</li> <li>一カ国による主導に反対</li> </ul>
タイ	<ul style="list-style-type: none"> <li>ヘイズの越境汚染は深刻だが、縮小傾向にある</li> <li>近隣諸国の経済発展に伴う将来な汚染の深刻化の懸念がある。</li> <li>一般的な認識は様々である</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ヘイズ</li> <li>緊急案件として、揮発性有機化合物(VOCs)</li> <li>近隣諸国の経済発展による潜在的・将来的な大気汚染</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地域の解決より、国際的同意を支持</li> <li>科学的裏付けと能力開発を強化する国際協力を求める</li> <li>多くの越境問題は二国間であり、少数の国家間での合意形成の方が簡単という認識</li> <li>EANETの領域の拡充を支援</li> </ul>
日本	<ul style="list-style-type: none"> <li>問題認識は明確である</li> <li>定量的な評価は研究がすすめられているところ</li> <li>被害についてはただちに甚大な被害はみられないが、将来的な拡大懸念</li> <li>一般市民の認識には地域差</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地上オゾン</li> <li>エアロゾル</li> <li>黄砂</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存の国際協力(EANET)をより広い範囲に拡充、活用すべき</li> <li>リージョナル・コモンズの管理を担う機関の設置</li> </ul>

#### b. 認識の変遷についての調査（平成24年～25年）

上記の調査の実施後、アジアにおける大気汚染問題を巡る状況が急展開を迎えたことから、継続的に、認識の変遷の調査を行った。その結果、大気汚染物質の越境移動に関しては、各国の認識にある程度の収束傾向が見られた。また、各国が問題視する大気汚染物質についても、過去数年間でいずれの国においても二次生成物質、特にPM<sub>2.5</sub>に関する関心が高まっており、また、その深刻さについての認識も深まっていることが明らかになった。国際協力については、大気汚染への関心の高まりとともに各国の姿勢に変化が見られる。それぞれの国によって対応がまだまだ異なる状況であるが、第15回日中韓三カ国環境大臣会合(TEMM15)において政策対話について合意され、2014年3月に政策対話が実施されたことから、今後の進展が注視される。

表(2)-2 各国の認識の変化（平成 23 年度～平成 25 年）

	越境大気汚染の重要性についての認識	優先物質	国際協力に対する姿勢
中国	国際的越境大気汚染研究に参画 第 12 次 5 年計画において国内の移流対策	PM <sub>2.5</sub> が優先物質に、オゾンと VOC の認識が高まる	国際協力枠組みにおける協力において積極的姿勢に転じる(特に EANET)も、CCAC に関しては未参加
韓国	重要視するが、業界は国内対策の強化を懸念	PM <sub>2.5</sub> が優先物質に、オゾンの認識が高まる	国際協力枠組みに関して柔軟な姿勢を示す
日本	PM <sub>2.5</sub> の越境移動が国民的関心事に	PM <sub>2.5</sub> 、オゾン、短寿命気候汚染物質	国の優先事項として重点的取組（2013 年 3 月 15 日の首相指示、12 月 25 日政策パッケージ）

### （3）科学パネルのあり方に関する分析（平成23年度以降）

本研究コンポーネントは、他サブテーマと協力した上で行われたが、サブテーマ（2）においては、まず、科学パネルの設計において考慮すべき要素を同定し、選択肢を提示した。また、選択肢の利点・問題点の分析に協力した。

表(2)-3 科学パネルのありかたについての検討事項

要素	選択肢
活動のスコープ	アセスメント、新規研究、能力開発支援
政府との連携	強い（政府をメンバーに加える） ⇄ 弱い（オブザーバーとしての参加）
地域的スコープ	北東アジア、北東アジアおよび東南アジア、アジア全域
ガバナンス構造	各国政府の役割 国際機関や既存の枠組みとの連携
組織構造	科学パネル方式、ネットワークセンター方式、マルチステークホルダーパートナーシップ 公式なものとするか自主的なものとするか
事務局	国連組織か非国連組織か
メンバーの選考	各国政府の役割
資金拠出	政府からの拠出の度合い

さらに、S-7-3 国際専門家会合の開催、専門家への聞き取り調査等を通じ、本テーマにおいて提案されているアジアの大気と気候変動に関する科学パネル（ASPAC: Asia Science Panel for Air and Climate）についての意見の聴取を行った。これらの調査を通じ、ASPAC 提案は総じて時宜にかなったものとして受け入れられ、また、科学的認識共同体の必要性についても広く合意が得られていることが確認された。各要素については、様々な意見が得られたが、特に 2014 年 3 月に開催した国際専門家会合で提示された意見は表(2)-4 に示すところである。また、特に、科学パネルにおいては、汚染の越境性は強調されるべきでなく、汚染物質を排出している国の責任を問うことよりも、実際的な削減策および削減に伴う機会と便益を示すことに重点が置かれるべきであるとの意見も得られた。



表(2)-4 ASPACについての議論のまとめ（2013年3月国際専門家会合）

要素	国際専門家会合で提示された意見
活動の範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 大気汚染は持続可能な開発の文脈で議論されるべきであり、単一で取り上げるべきではない。</li> <li>● 気候変動取組との関連では、コベネフィットアプローチへの理解は広まっているものの、特に大気汚染問題の側面を強調すべきである。</li> <li>● 科学的アセスメント、能力育成、普及啓発、技術開発など様々な分野における科学的機能が果たされることが望まれる。それぞれの機能をどのように結びつけるか、検討が必要である。</li> </ul>
政府との連携	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 科学の独立性と政策決定との連携のバランスが重要である。</li> <li>● 政策決定との連携のためには何らかの組織的連携を行う必要がある。</li> </ul>
地域的範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 東南アジア・北東アジアを含めた広い範囲を支持する声が多い。</li> <li>● スコープを広げる前に北東アジアにフォーカスすべきという意見もある。</li> </ul>
ガバナンス構造	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 国連環境計画の総会の議決を経たうえでの ASPAC の設置が望ましいが、多年度にわたる継続的なコミットメント等の要件を満たすことができるかが課題である。国連のステータスにこだわらない形も検討すべきである。</li> <li>● ASPAC をジョイントフォーラムと連携させる形も可能である。</li> <li>● 東アジアの地域的メカニズムとしての性格維持やハイレベルの参加確保に困難が伴うという懸念もある。</li> <li>● 長距離越境大気汚染条約・半球移動タスクフォース(HTAP)との関連についても検討の余地がある。</li> </ul>
組織構造	<ul style="list-style-type: none"> <li>● IPCC (気候変動に関する政府間パネル) は参考となる先行事例ではあるが、対象やスコープなどが東アジアの大気汚染と必ずしも一致しないことなどから、LRTAP, 国際科学会議(ICSU), 地球大気化学国際協同研究計画(IGAC)など他の例なども参照した上でパネルのありかたを検討することが適切である。</li> </ul>
事務局	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 中立的な国際機関であることが望ましい。</li> </ul>
メンバーの選考	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 様々な学問分野からの参加が望ましく、特に社会科学および政治学の専門家の参加が望まれる。一方でメンバーの数が多すぎるのも望ましくない。</li> <li>● 偏りを避けるため科学コミュニティによる選考と政府による推薦との併用が望ましい。</li> </ul>
資金拠出	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 将来的に政府等による資金負担を獲得する必要がある。</li> </ul>

#### （４）国際協力強化のための具体的なオプション（平成 23 年度以降）

##### 1) 既存枠組みの動向調査

既存の国際協力枠組みの動向について、国際協力枠組みの会合（EANET、NEASPEC 等）や国際大気環境学会連合（IUAPPA）の会合等に参加して収集した情報をもとに、アップデートを行った。全体として、それぞれの枠組みが様々な点での発展・拡大しているといえるが、同時に課題も抱えている状態である。本研究を通して明らかになった既存の協力枠組みの主な問題点としては、削減対象物質の重複とそれに伴うコストの増大、予算の不足、効率性の不十分さ、科学と政策および実施とのリンケージ強化の必要性が挙げられる。中国の国際協力に関する態度は明らかに変化を見せており、EANET と LTP において非常に協力的な姿勢に転じたが、TEMM と NEASPEC への関与は依然比較的消極的であり、短寿命気候汚染物質削減のための気候と大気浄化の国際パートナーシップ(CCAC)に関しては未参加である。

表(2)-5 既存の国際協力枠組みの最新動向（2014年3月現在）

枠組	動向
EANET	<ul style="list-style-type: none"> <li>● モニタリングスコープの漸次拡大</li> <li>● 政策決定者のための報告書および評価報告書作成</li> <li>● EANET の設立基盤を強化するための文書に対する署名国数の拡大</li> <li>● 中国が新規ネットワークセンター、人材派遣を提案するなど積極的姿勢に転換しつつある可能性がある</li> <li>● 事務局の設置に関する問題について参加国間で合意</li> </ul>
LTP	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 第4フェーズの計画策定、新規プロポーザル発表</li> <li>● 中国との協力に対してより積極的</li> <li>● 事務局の設置についての課題は未解決</li> </ul>
NEASPEC	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 北東アジアの越境大気汚染の科学的側面に関するロシア提案を採択</li> <li>● NEASPEC と他のイニシアチブとの調整が進行中</li> </ul>
TEMM	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2014年3月北京において大気汚染に関する政策対話開催</li> <li>● オゾン共同研究は休止状態</li> </ul>
CCAC	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 参加国数が急激に拡大</li> <li>● アジアでの地域ワークショップ開催</li> <li>● アジアでの準地域会合を開催予定</li> <li>● アジアの SLCP 地域アセスメントの可能性を検討中</li> <li>● アジアからの参加国数は未だ少数にとどまる</li> </ul>

## 2) 国際協力枠組みに必要な要件と各オプションの比較

本研究を通じて、国際枠組みに期待される機能として特定されたものは、モニタリング、モデル構築、アセスメント、大気汚染に関する研究領域の拡大、大気汚染物質の削減、キャパシティビルディングの強化、大気汚染と気候変動とのリンケージ強化等である。さらに、複数の汚染物質による複合的な影響を視野に入れたアプローチ（MPME (Multi-Pollutant Multi-Effect)アプローチ）が望ましいという点で専門家の間で共通の見解が見られること、また、国際協力枠組みは将来的にそのスコープを拡大し、新しい汚染物質をカバーし易くするべきであることが明らかになった。

さらに、具体的に、アジアあるいは北東アジア版 LRTAP に関わる具体的なオプション、および EANET および LTP の既存の枠組みを統合するオプションの検討を行った。特に、EANET と LTP を統合するオプションの検討は、政策決定者と緊密な関係にある韓国科学者との議論に基づいて行った。様々なオプションの長所および短所を分析した結果、適切な地理的範囲、つまり北東アジアに限定するのか、あるいは、より広範囲に1つまたは2つの追加的地域（南東アジアおよび南アジア）に焦点を当てるべきかが重要な鍵を握るとの結論を得た。

また、上述のとおり、アジア地域において PM<sub>2.5</sub> に関する関心が高まるとともに、各国政府がコベネフィットについても高い興味を示しつつあることも、国際協力のオプション策定においては重要な配慮事項となると考えられる。

## 3) MPMEアプローチについての研究

国際協力枠組みにおいて重要な役割を果たすと考えられる MPME アプローチについて、各国の国内政策がどの程度 MPME と適合しているかを検証するため、日本、中国、韓国、タイを対象に分析

を行い、MPMEアプローチの要素の中には、程度の違いはあれ、すでに政策に盛り込まれ実施されているものがあることが明らかになった。また、対象国の大気汚染政策の変遷には概ねMPMEに向けた方向性が見いだされた。日本においては、物質ごとの対策を通じて大気汚染削減に取り組み大きく成果をあげてきたが、近年は複数の物質対策の重要性が認識される動きがみられ、それが政府の科学的諮問委員会の再編などに表れてきている。中国は、多様な汚染物質を対象とした様々な政策が導入されているが、政策手段は必ずしも複数の汚染物質を統合的に管理しているとはいえず、むしろ、物質ごとの対策が共存しているような状況であった。しかし、「共管理」と呼ばれる概念が第12次5カ年計画で導入されてきたことから、今後の発展が注視される。韓国は特にソウルを中心とした地域において1990年代より二次生成物質の対策が進められてきており、例えば、2002年の首都地域大気清浄イニシアティブではPM<sub>10</sub>と二酸化窒素の前駆物質削減目標や戦略が打ち出されている。MPMEアプローチの実施に関して、各国に共通して見いだされる課題としては、科学面および政策実施面における能力などが挙げられる。

分析の結果、第一に、東アジアにおいては、MPMEアプローチの促進は、部分的段階的なかたちで行えば不可能ではないという結論を得た。また、大気汚染対策としてのMPMEアプローチは、共通の手法の開発、能力強化、知識の共有などにおける国際協力を通じて促進されるべきであると結論づけた。すでにTEMM15において大気汚染に関する一層の協力が合意されていることから、そのような協力においてMPMEの諸要素に関する認識の共有および取り組みが開始されることが望まれる。

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

国際協力枠組み検討におけるヨーロッパとアジアのおかれている状況の違いおよび要因分析において従来東アジアに適用されてこなかった政治学的手法を用いたという点で、政治学分野における貢献が認められる。

本研究において実施された研究対象国（中国、韓国、タイ、日本）の政策分析は、政治学・政策科学分野の研究が未だ非常に限定されている東アジアにおいて重要な科学的意義を持つ。また、研究対象国における越境大気汚染の認識に関する調査研究、およびMPMEの実態に関する調査研究は、既存の研究においてはほとんど扱われていない分野であり、政策科学における貢献は大きいと考えられる。

また、国内政策に関して、特に中国に関しては地域管理システム、日本に関してはVOCの自主的取組という各国における独自の政策手法に焦点を当てて分析を行い、各国の政策形成・実施およびその要因などについて有用な知見を得た。また、各国における政策を経年的にフォローすることにより、大気汚染分野がアジェンダ設定のプロセスを経て政策形成、および政策実施へと移行する政策決定プロセスについて多くの知見を蓄積した。

科学と政策の関連については、実際に政策決定者や科学者の意見を収集することによって、当該分野において蓄積されてきた理論・仮説の検証に用いることができる情報を収集した。また、毎年開催した国際ワークショップをとおして、アジアにおける認識共同体の実際の形成に一定の貢献を果たしたと考えられる。

国際協力枠組みについても、枠組みの意思決定プロセスおよびその変遷に関して経年的に一次情報を豊富に収集した。本情報は、今後の国際政治学の分野における一層の研究に応用が期待される。

## (2) 環境政策への貢献

近年急速に深刻化し各国の政策において優先課題となっている大気汚染に関する政策についての研究対象国にする調査分析は、現在日本政府が推進を図っている国際協力枠組み作りに対して有用な知見を提供するものである。

### <行政が既に活用した成果>

環境省の検討会「越境大気汚染対策に係る地域協力の推進方策に関する検討会」において、S-7-3での研究の内容が資料の一部として報告され、議論の中にも反映されている。

2013年3月15日に、地球温暖化対策推進本部（第25回）において環境大臣が「アジアにおける大気汚染問題の解決に向けた今後の取組」を発表したが、策定においては、S-7-3の研究成果も考慮されている。

2013年12月に環境省により発表されたPM<sub>2.5</sub>に関する総合的な取組（政策パッケージ）には、本研究が提案した国際枠組みのありかたや科学パネルの設置についての考えが反映されている。具体的には、既存の枠組みの活用や、EANETとのさらなる協力、および「国内外の専門家・研究者が大気汚染に関する科学的知見を集約」などが明記されている。

### <行政が活用することが見込まれる成果>

2013年12月に環境省により発表された政策パッケージにおいては、目標3として「アジア地域における清浄な大気の共有」が掲げられている。「国連環境計画（UNEP）及びクリーン・エア・アジア（CAA）との協力推進」および「東アジア酸性雨モニタリングネットワーク（EANET）の協力推進」に関しては本研究で提示された国際的協力枠組みのオプション案、アジア各国の政策の現状およびMPMEの導入可能性などの研究成果が活用されることが期待される。

## 6. 国際共同研究等の状況

### (1) 共同研究者

組 織	氏 名	国名
国開発研究院公共政策・経営大学院	Dong-Young Kim 教授	韓国
韓国光云大学	Esook Yoon 教授	韓国
マサチューセッツ大学	Inkyoung Kim 博士課程	韓国
中国科学院大気物理研究所	王自发 (Wang Zifa) 教授	中国
清華大学	Mingyuan Wang	中国
北京師範大学	Qing Tien 教授	中国
チュラロンコーン大学	Noppaporn Panich 教授	タイ

### (2) 国際共同研究

- 1) Dong-Young Kim, Explaining urban air pollution policies for mobile emissions in South Korea

- (1991 – 2009), and Building Consensus on Environmental Collaboration in Northeast Asia: Negotiation Simulation Exercise based on Scenario Planning-Analysis
- 2) Esook Yoon, Air Quality Management of South Korea
  - 3) Inkyoung Kim, Issues in South Korea regarding Long-range Transport of Air Pollutants and Related International Cooperation
  - 4) Zifa Wang, Recent trends towards regional air quality management in China, and China's Experience in Regional Air Quality Management and Development of Domestic Region-based Management System
  - 5) Mingyuan Wang, On the Law and Policy for Air Quality Supervision and Administration in China
  - 6) Qing Tien, Research on co-benefits of policies between air pollution control and energy use in China
  - 7) Noppaporn Panich, The study of air quality management policy of Thailand, Perceptions of Policymakers and Scientists in Thailand Regarding Long-range Transport of Air Pollutants and Related International Cooperation, Thailand's Case Study of Air Pollution in Connection with the ASEAN Region's Case, A Study of VOC Policies in Thailand

## 7. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

#### <論文(査読あり)>

- 1) E. YOON and S. AHN: Journal of Law and Politics Research (法政策研究), 13:2, 675-703 (2013)  
"Environmental Governance in Korea: The Case of Air Pollution Management"
- 2) S. ZHOU and M. ELDER: International Journal of Sustainable Society, 5:3, 232-49 (2013)  
"Regional Air Quality Management in China: The 2010 Guideline on Strengthening Joint Prevention and Control of Atmospheric Pollution"
- 3) I. KIM: International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics, 14:2, 147-162 (2014)  
"Messages From a Middle Power: Participation by The Republic of Korea in Regional Environmental Cooperation on Transboundary Air Pollution Issues"

#### <査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) 松本奈穂子: IGESワーキングペーパーNo. GC-2011-01 (2012)  
「越境大気汚染に関する科学者・政策決定者の認識についての研究－日本における聞き取り調査から－」  
(下記のタイトルで翻訳版も発行)  
N. MATSUMOTO: IGES Working Paper No. GC-2011-01 (2012)  
"Perceptions on Transboundary Air Pollution among Scientists and Policymakers - Results from Interview Surveys in Japan -"

- 2) X. LIN and M. ELDER: IGES Policy Report 2013-02 (2014)  
"Major Developments in China's National Air Pollution Policies in the Early 12th Five-Year Plan"

<その他誌上発表（査読なし）>

- 1) M. ELDER, N. MATSUMOTO and V. MACIKENAITE, eds.: IGES Conference Report GC-2011-2, (2012)  
"International Workshop on Strengthening the International Cooperation Framework and Science-Policy Interface to Promote Air Pollution Control in East Asia: Proceedings"
- 2) J. GUO, E. ZUSMAN and E. MOE: in The Political Economy of Renewable Energy and Energy Security: Common Challenges and National Responses in Japan, China and Northern Europe. E. MOE and P. MIDFORD eds.: Palgrave Macmillan [edited book chapter] (2014)  
"Enabling China's Low Carbon Transition: The 12th Five Year Plan and the Future Climate Regime"
- 3) L. UNCHULEE, N. LERDPHORNSUTTIRAT, E. ZUSMAN, and D. SANO: IGES Working Paper 2013-03 (2013)  
"Environmental Governance and Short-lived Climate Pollutants (SLCPs): The Case of Open Burning in Thailand."

(2) 口頭発表（学会等）

- 1) M. ELDER: Amsterdam Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change, 2-4 December 2009, Hotel Volendam, Katwoude, Netherlands  
"Domestic Policymaking Processes and Architecture for Earth System Governance: From Theory to Practical Implications"
- 2) M. ELDER: International Forum for Sustainable Asia and the Pacific (ISAP) 2010, Experts Workshop on "Strengthening International Cooperation on Management of Regional Air Quality in East Asia", 2 July 2010, Yokohama, Japan,  
"National Constraints and Opportunities for Addressing Regional Air Pollution Issues in selected East Asian Countries" Dr. Mark Elder, IGES Japan"
- 3) M. ELDER and K. SUZUKI: Better Air Quality (BAQ), 8-11 November 2010, Singapore  
"Strengthening International Cooperation on Regional Air Pollution Management in East Asia: Possible Approaches and Prospects"
- 4) M. ELDER: International Experts Workshop on International Framework and Cobenefit Approach to Promote Air Pollution Control Countermeasures in East Asia, 23-24 January 2010, Hayama, Japan  
"S7 Theme 3 Subtheme 2: Research Results"
- 5) N. MATSUMOTO: International Experts Workshop on International Framework and Cobenefit Approach to Promote Air Pollution Control Countermeasures in East Asia, 23-24 January 2010, Hayama, Japan

- “Case Study on Japan: Japan’s Domestic Policy Process towards Regional Cooperation on Air Quality Management”
- 6) N. PANICH: International Experts Workshop on International Framework and Cobenefit Approach to Promote Air Pollution Control Countermeasures in East Asia, 23-24 January 2010, Hayama, Japan  
“The Study of Air Quality Management Policy of Thailand”
  - 7) X. ZHOU: Third International Experts Workshop on International Framework and Cobenefit Approach to Promote Air Pollution Control Countermeasures in East Asia, 17-18 January 2011, Hayama, Japan  
”Perceptions of Policymakers and Scientists in China regarding Long-range Transport of Air Pollutants and Related International Cooperation”
  - 8) N. PANICH: Third International Experts Workshop on International Framework and Cobenefit Approach to Promote Air Pollution Control Countermeasures in East Asia, 17-18 January 2011, Hayama, Japan  
“Perceptions of Policymakers and Scientists in Thailand regarding Long-range Transport of Air Pollutants and Related International Cooperation”
  - 9) I. KIM: Third International Experts Workshop on International Framework and Cobenefit Approach to Promote Air Pollution Control Countermeasures in East Asia, 17-18 January 2011, Hayama, Japan  
”Issues in Korea regarding Long-range Transport of Air Pollutants and Related International Cooperation”
  - 10) N. MATSUMOTO: Third International Experts Workshop on International Framework and Cobenefit Approach to Promote Air Pollution Control Countermeasures in East Asia, 17-18 January 2011, Hayama, Japan  
”Perceptions of Policymakers and Scientists in Japan regarding Long-range Transport of Air Pollutants and Related International Cooperation”
  - 11) M. ELDER: Third International Experts Workshop on International Framework and Cobenefit Approach to Promote Air Pollution Control Countermeasures in East Asia, 17-18 January 2011, Hayama, Japan  
”Positive and Negative Domestic Factors in Major Related Countries Affecting the Promotion of International Negotiations on Air Quality Management”
  - 12) D. KIM: Third International Experts Workshop on International Framework and Cobenefit Approach to Promote Air Pollution Control Countermeasures in East Asia, 17-18 January 2011, Hayama, Japan  
”Building Consensus on Environmental Collaboration in Northeast Asia: Scenario Planning and Simulation Method”
  - 13) 松本奈穂子: 環境科学会 2011 年会、2011 年 9 月 8-9 日、兵庫県西宮市  
「越境大気汚染に関する科学者・政策決定者の認識についての研究－日本における面接調査結果－」

- 14) M. ELDER: The 8th International Conference on Acid Deposition: ACID RAIN 2011, 15-18 June, 2011, Beijing, China  
"The Influence of Domestic Factors on Prospects for Increased International Cooperation for Regional Air Quality Management in East Asia"
- 15) M. ELDER: International Workshop on Strengthening the International Cooperation Framework and Science-Policy Interface to Promote Air Pollution Control in East Asia, 5-6 March 2012, Yokohama, Japan  
"Comparison of domestic perspectives on the science policy interface and options for an international framework"
- 16) J. GUO: International Workshop on Strengthening the International Cooperation Framework and Science-Policy Interface to Promote Air Pollution Control in East Asia, 5-6 March 2012, Yokohama, Japan  
"Country Case: China"
- 17) N. MATSUMOTO: International Workshop on Strengthening the International Cooperation Framework and Science-Policy Interface to Promote Air Pollution Control in East Asia, 5-6 March 2012, Yokohama, Japan  
"Country case: Japan"
- 18) N. PANICH: International Workshop on Strengthening the International Cooperation Framework and Science-Policy Interface to Promote Air Pollution Control in East Asia, 5-6 March 2012, Yokohama, Japan  
"Thailand's Case Study of Air Pollution in Connection with the ASEAN Region's Case"
- 19) Z. WANG: International Workshop on Strengthening the International Cooperation Framework and Science-Policy Interface to Promote Air Pollution Control in East Asia, 5-6 March 2012, Yokohama, Japan  
"The Green Environmental Bridge between Scientific Findings and Policy: Case Analysis on China"
- 20) E. ZUSMAN: International Workshop on Strengthening the International Cooperation Framework and Science-Policy Interface to Promote Air Pollution Control in East Asia, 5-6 March 2012, Yokohama, Japan  
"Opportunities and Challenges for Co-benefits in Asia: Across the Research-Policy Divide"
- 21) K. SUZUKI, M. ELDER and M. KOGA: Better Air Quality (BAQ) 2012, Side Event, 5-7 December 2012, Hong Kong  
"Strengthening the science policy interface for air pollution control: a possibility for establishing an Asian Science Panel on Air Quality (ASPAQ)"
- 22) M. ELDER: Better Air Quality (BAQ) 2012, Side Event, 5-7 December 2012, Hong Kong  
"Need and possible modality of a better regional cooperative framework for air quality management in East Asia"



- 23) M. ELDER AND K. SUZUKI: Better Air Quality (BAQ) 2012, Breakout Session “Regional Cooperation and Management of Air Quality in Asia”, 5-7 December 2012, Hong Kong  
 “Possible Options to Strengthen the Regional Framework on Air Quality Management in East Asia”
- 24) M. ELDER: International Workshop on Strengthening the International Cooperation Framework and Science-Policy Interface to Promote Air Pollution Control in East Asia 2013, 1 February 2013, Tokyo, Japan  
 “Options for Strengthening International Cooperation on Air Pollution in Asia”
- 25) Y. SUNWOO: International Workshop on Strengthening the International Cooperation Framework and Science-Policy Interface to Promote Air Pollution Control in East Asia 2013, 1 February 2013, Tokyo, Japan  
 “What We All Know & What We Can Try- to Strengthen International Cooperation on Air Pollution in East Asia”
- 26) N. PANICH: International Workshop on Strengthening the International Cooperation Framework and Science-Policy Interface to Promote Air Pollution Control in East Asia 2013, 1 February 2013, Tokyo, Japan  
 “Opportunities to Improve Air Pollution Policies in Unified ASEAN”
- 27) X. LIN: International Workshop on Strengthening the International Cooperation Framework and Science-Policy Interface to Promote Air Pollution Control in East Asia 2013, 1 February 2013, Tokyo, Japan  
 “Major New Trends in China’s Air Pollution Policies”
- 28) N. MATSUMOTO and A. OGIHARA: International Workshop on Strengthening the International Cooperation Framework and Science-Policy Interface to Promote Air Pollution Control in East Asia 2013, 1 February 2013, Tokyo, Japan  
 “VOC emission reduction policy in Japan through the “best mix” of policies -Factors for success and failure”
- 29) N. MATSUMOTO and A. OGIHARA: Earth System Governance Tokyo Conference, 28-31 January 2013, Tokyo, Japan  
 “Voluntary approaches in VOC emission reduction policy in Japan -architecture and participation”
- 30) M. Elder: Workshop on Japan-China Cooperation on Environmental and Energy issues: Towards Building Low-carbon Society in East Asia, 14 March 2013, Beijing, China  
 “Regional Cooperation on Air Pollution in East Asia in the Context of Recent Trends in Policies and Air Pollution in China”
- 31) E. ZUSMAN: International Forum for Sustainable Asia and the Pacific (ISAP) 2013, Lunch Session on “Mitigating Air Pollution and Climate Change in Asia: Toward an Integrated Approach”, 23 July 2013, Yokohama, Japan  
 "Mitigating Air Pollution and Climate Change in Asia: Toward an Integrated Approach."

- 32) M. ELDER: 16th IUAPPA World Clean Air Congress, 29 September - 4 October 2013, Cape Town, South Africa  
 “Cooperation on Climate and Air Pollution in East Asia”
- 33) M. ELDER: 16th IUAPPA World Clean Air Congress, 29 September - 4 October 2013, Cape Town, South Africa  
 “Strengthening International Cooperation on Air Pollution in Asia”
- 34) M. ELDER, N. MATSUMOTO, A. OGIHARA, M. SHIMIZU, A. BOYD, X. LIN, and S. SUK: 18th Annual Meeting of the Society for Environmental Economics and Policy Studies (SEEPS), 22 September 2013, Kobe, Japan  
 “Current Status and Future Potential of the Multi-pollutant Approach to Air Pollution Control in Japan, China, and South Korea”
- 35) M. ELDER, N. MATSUMOTO, A. OGIHARA, M. SHIMIZU, A. BOYD, X. LIN, S. SUK, H. MORI, and C. SHIM: International Workshop on Strengthening the International Cooperation Framework and Science-Policy Interface to Promote Air Pollution Control in East Asia, 7-8 March 2014, Yokohama, Japan  
 “The Potential of the Multi-Pollutant Multi-Effect Approach as a Focus of Air Pollution Cooperation in East Asia”
- 36) M.ELDER: International Workshop on Strengthening the International Cooperation Framework and Science-Policy Interface to Promote Air Pollution Control in East Asia, 7-8 March 2014, Yokohama, Japan  
 “Enhancing International Cooperation on Air Pollution in East Asia by Strengthening the Scientific Epistemic Community”
- 37) E. ZUSMAN: Toward an Integrated Approach to Co-benefits in Asia: Building Bridges and Making Connections, 6-7 March 2014, Yokohama, Japan  
 “The Asian Co-benefits Partnership: Looking Back and Forward”
- 38) M. ELDER: Korea Environment Institute (KEI) International Conference: Responding to Global Environmental Challenges for Sustainable Development, 14 April 2014, Seoul, Korea  
 “Strengthening International Cooperation on Air Pollution in Asia”

### (3) 出願特許

特に記載すべき事項はない。

### (4) シンポジウム、セミナー等の開催

- 1) International Experts Workshop on International Framework and Co-benefit Approach to Promote Air Pollution Control Countermeasures in East Asia (2010年1月23-24日、地球環境戦略研究機関、参加者22名)
- 2) International Forum for Sustainable Asia and the Pacific (ISAP) 2010. Experts Workshop on “Strengthening International Cooperation on Management of Regional Air Quality in East Asia” (2010年7月12日、パシフィコ横浜、参加者約25名)

- 3) Better Air Quality (BAQ) 2010 会議. Breakout Session “Regional and Transboundary Air Pollution.” (2010 年 11 月 8-11 日、シンガポール、参加者約 30 名).
- 4) International Experts Workshop on International Framework and Cobenefit Approach to Promote Air Pollution Control Countermeasures in East Asia 2011 (2011 年 1 月 17-18 日、地球環境戦略研究機関、参加者約 25 名)
- 5) International Workshop on Strengthening the International Cooperation Framework and Science-Policy Interface to Promote Air Pollution Control in East Asia 2012 (2012 年 3 月 5-6 日、パシフィコ横浜、参加者 26 名)
- 6) Better Air Quality (BAQ) 2012 会議. サイドイベント: “Strengthening the science policy interface for air pollution control: a possibility for establishing an Asian Science Panel on Air Quality (ASPAQ)” (2012 年 12 月 6 日、香港、Hong Kong Polytechnic University,参加者約 25 名)
- 7) Better Air Quality (BAQ) 2012 会議. Breakout Session Green 6: “Regional Cooperation and Management of Air Quality in Asia” (2012 年 12 月 7 日、香港、Hong Kong Polytechnic University, 参加者約 35 名)
- 8) International Workshop on Strengthening the International Cooperation Framework and Science-Policy Interface to Promote Air Pollution Control in East Asia 2013 (2013 年 2 月 1 日、青山こどもの城、参加者約 30 名)
- 9) International Forum for Sustainable Asia and the Pacific (ISAP) 2013. Lunch Session on Mitigating Air Pollution and Climate Change in Asia: Toward an Integrated Approach. (2013 年 7 月 23-24 日、パシフィコ横浜、観客約 250 名)
- 10) The Japan Committee for IIASA-International Workshop: Toward an Integrated Approach to Co-benefits in Asia - Building Bridges and Making Connections (2014 年 3 月 6-7 日、パシフィコ横浜、参加者約 20 名)
- 11) International Workshop on Strengthening the International Cooperation Framework and Science-Policy Interface to Promote Air Pollution Control in East Asia 2014 (2014 年 3 月 7-8 日、パシフィコ横浜、参加者約 20 名)

#### (5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

#### (6) その他

特に記載すべき事項はない。

### 8. 引用文献

特に記載すべき事項はない。

### (3) 東アジアの大気環境管理における科学と政策の関係に関する研究

(一財) 日本環境衛生センターアジア大気汚染研究センター (ACAP)

客員研究員 山下 研

<研究協力者>

ACAP企画研修部研究員 アミン・ナワダ(平成21～24年度)

ACAP生態影響研究部研究員 陈 芳(平成24～25年度)

京都大学名誉教授 内山 巖雄

東京大学農学部教授 小林 和彦

フィンランド国立公衆衛生研究所 オットー・ヘンニネン

プリンストン大学教授 デニセ・モーゼラル

平成21～25年度累計予算額：38,888千円

(うち、平成25年度予算額：7,347千円)

予算額は、間接経費を含む。

#### [要旨]

本サブテーマにおいては、東アジア地域での越境大気汚染問題の観点から、東アジアで優先的に取り組むべき大気汚染質としてオゾンとPM<sub>2.5</sub>を特定し、長距離化学輸送モデルであるCMAQと、発生源インベントリであるREASの3つのシナリオ(PSC:対策強化型シナリオ、REF:持続可能性追求型シナリオ、PFC:現状推移型シナリオ)により計算された、2000、2005、2020年の東アジアのPM<sub>2.5</sub>とオゾン暴露による人の早期死亡数を、疫学的先行研究の知見と手法(濃度-反応(CR)関数等)により推定した。また、モニタリングデータとモデリング計算によるリスク評価の結果の違いについても検討し、リスク評価の不確実性について検討を行った。

さらに、オゾン暴露による東アジアの主要作物の減収量と市場価格での損失額を推定するとともに、東アジア各国の確率的生命価値(VSL)の値を算定し、早期死亡による経済的損失を推定した。また、統合評価モデルであるGAINS-Chinaの汚染物質排出削減費用関数を利用して、2020年のREASの3つのシナリオの差(FSケース:PFC-PSC, FRケース:PFC-REF)に相当する汚染物質排出削減費用を計算し、VSLと比較することによって、費用便益分析を行った。その結果、PM<sub>2.5</sub>とオゾンによる健康影響について、検討したケースではいずれも便益が費用を上回り、大気汚染物質排出削減対策を実施することの合理性が証明された。

[キーワード] オゾン、PM<sub>2.5</sub>、早期死亡、リスクアセスメント、費用便益分析

#### 1. はじめに

東アジアにおける大気汚染問題は、近年のこの地域の著しい経済発展とともに、深刻な問題となってきている。特に昨今の中国での著しい大気汚染問題は、中国に住む人々の健康に深刻な影響を与えるだけでなく、越境大気汚染として日本にも少なからず影響を与えていることが、

明らかになっている(テーマ1)。大気汚染の原因物質は様々な人間の活動から排出され、化学変化をしながら長い距離を輸送されて遠隔地にも影響を及ぼすが、その大気汚染原因物質の排出量は、経済成長率や環境規制実施の程度によって大きく変化する(テーマ2)。そして、大気汚染物質排出量削減には必ず対策費用が必要である。さらに、越境大気汚染問題は一国だけの問題ではなく、地域内のすべての国の利益に関わる問題で、地域の国際的取組として対応していくには、その科学的根拠が必要である(テーマ3)。

この一連のプロセスにおいて、最も基本的かつ重要な情報は、大気汚染が人の健康に与えている影響の分析である。環境基準は人の健康影響を基準に策定されているが、現在の濃度で被っている健康影響に関する情報については示唆しない。人の健康影響の程度を定量的に把握し、原因物質を減少させれば(増加させれば)どれだけ健康影響が減るか(増えるか)を科学的に推定すること及びその費用の算定が、環境政策決定のための基本的かつ決定的な情報となる。さらに、大気汚染は生態系にも悪影響を及ぼすことから、その影響も考慮することが必要となる。

## 2. 研究開発目的

本研究は、前述の東アジアの大気汚染問題の解決のためのプロセスを踏まえて、大気汚染の原因と過程及び影響を科学的に正確に捉えること、さらに次のステップとして、実施可能な対策のオプションを、その効果/便益と費用との比較を行いながら検討することが、環境政策の優先順位等を決定する過程で極めて重要な情報となることから、大気汚染の中で最も問題となる人の健康への影響に焦点をあて、さらに生態系(農作物)への影響の検討も一部行ったものである。

## 3. 研究開発方法

これまで発表されてきた疫学的先行研究の知見及び手法(濃度-反応(CR)関数等)により人の健康への影響と、農作物への影響に関する先行研究の知見及び手法(収穫量-反応関数等)により生態系への影響として作物へのリスク影響評価を行った。またモニタリングとモデリングによるリスク評価の結果の違いについても検討し、不確実性についての評価を行った。また、本研究で得られたリスク評価結果に対する社会・経済的な評価を行って、政策決定過程への重要な情報提供を行った。

### (1) 研究手法の検討とデータ整備

過去の知見を整理するための文献調査を行った他、研究協力者との専門家会議を2010年2月に開催し、適用可能なリスク評価手法等の検討を行った。また、オゾン及びエアロゾルのリスク評価に関する最新の知見を得て研究方法についての議論を行うために、米国環境保護庁(Office of Air Quality Planning and Standard, USEPA)のDr. A. Scott Voorhees, Ms. Susan Lyon Stone, Dr. Zachary Pekar、プリンストン大学のDr. Denise L. Mauzerall、国際応用システム解析研究所(IIASA)のDr. Markus Amann、Dr. Zbigniew Klimontを訪問し、適用可能なリスク評価手法及び科学的知見と政策の関係に関するヒアリング、意見交換及び資料収集を行った。

### (2) 使用した領域化学輸送モデルと排出インベントリ

CMAQ/REASモデリングシステムは、PM<sub>2.5</sub>とオゾンのシミュレーションの場所的、時間的変化をシミュレートするために使用された。Models-3 Community Multiscale Air Quality Modeling

System (CMAQ)のグリッドセルの解像度は、水平は80km×80km、高さは14層で23kmであるが、地表オゾン濃度として最下層(高さ150m)の計算結果を用いた。Regional Emission Inventory in Asia(REAS)は一貫した方法論による1980年から2020年までの東アジアの唯一の排出インベントリである。CMAQモデリングシステムはREAS(ver.1)を使用した。2020年の将来予測に関し3つのシナリオを持っている；PSC:対策強化型シナリオ、REF:持続可能性追求型シナリオ、PFC:現状推移型シナリオである。PM<sub>2.5</sub>濃度の年平均値の変動の地域分布は、EC, OC, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>の成分をベースに計算された。

### (3) PM<sub>2.5</sub>とオゾンによる人の健康影響に関するリスク評価手法

#### 1) PM<sub>2.5</sub>: 暴露及び早期死亡率の解析

年齢が30歳以上のグループに対する、10µgm<sup>-3</sup>以上のPM<sub>2.5</sub>の年平均値に対するそれぞれのグリッドセルの早期死亡率は、式(1)を使って計算される。

$$\text{mortality}_{\text{PM}_{2.5}}(i,j,t)=\text{pop}(i,j,t)M_b(i,j,t)\beta_{\text{PM}_{2.5}}\Delta\text{PM}_{2.5}(i,j,t) \quad (1)$$

$$\beta=\ln(\text{RR})/\Delta\text{C}_{\text{PM}_{2.5}} \quad (2)$$

ここで*i,j*は、シミュレーション領域の中のグリッドセルの場所を特定し、*t*はシミュレーションの年、*pop*は暴露人口、*M<sub>b</sub>*は基準死亡率、*β*はPM<sub>2.5</sub>の濃度-反応(CR)関数の係数で、文献等から得られたPM<sub>2.5</sub>の年平均値の変化(ΔC<sub>PM<sub>2.5</sub></sub>)に対する値として式(2)を用いて計算される。RRは死亡の相対リスクである。7.5から30µgm<sup>-3</sup>の範囲で10µgm<sup>-3</sup>のPM<sub>2.5</sub>の年平均値の増加は、30歳以上の年齢層に対して4% (95% Confidence Interval(CI): 1.01-1.08)の死亡率(RR)の増加をもたらし、その時の*β*の値は約0.004である。ΔPM<sub>2.5</sub>(*i,j,t*)は10µgm<sup>-3</sup>以上の領域での年平均値の変化である。本研究では、10µgm<sup>-3</sup>未満の濃度の影響は、不確実性があったことから無視した。また、10から90µgm<sup>-3</sup>までのより広い範囲をカバーするために、年平均値が30µgm<sup>-3</sup>以上の領域でもPM<sub>2.5</sub>のCR関数の直線外挿を行った。

#### 2) オゾン: 暴露及び早期死亡率の解析

各グリッドセルのRR値が1.003(70µgm<sup>-3</sup>以上の濃度領域で10µgm<sup>-3</sup>の変化に対して0.3%の日死亡率の変化)に基づく年間早期死亡率が、次の関数を使用して日死亡率を足し合わせて計算された。

$$\text{mortality}_{\text{O}_3}(i,j,n)=Y_0(i,j,n)[1-\exp(-\beta_{\text{O}_3}\Delta\text{O}_3(i,j,n))] \quad (3)$$

ここで*n*は計算した日、*Y<sub>0</sub>*は明らかな健康影響が起きていないと考えられるあるオゾンレベルでの早期死亡の日事象である。本研究では、30歳以上の年齢人口に対して日基準死亡率をかけて推定を行った。*β*は、約0.0003の*β*の値となるRR値1.003を基に、PM<sub>2.5</sub>と同様に式(2)を適用して得られた。ΔO<sub>3</sub>はオゾン濃度の変化であり、35ppb以上の日毎の8時間値平均値の最高値(日*n*のSOMO35指標)を基に次のように計算された。

$$\text{SOMO35}(i,j,n)=[\max 8\text{hr mean}-35]n \quad (4)$$

### 3) 人口分布

東アジアの人口分布は、Gridded Population of the World (GPWv3)から、約0.04167°の解像度で得られた。しかし、得られた人口データは2000年と2005年の2カ年だけであったので、2020年の人口分布は、GPWv3による2015年の人口予測と、国連経済社会部人口課による2015年から2020年までの東アジアの人口増加率0.42%に基づいて推定した。

また、東アジアのほとんどの国では年齢別の死亡率のデータはないので、WHO死亡率データベースに基づいて、30歳以上の年齢人口の基準死亡率を推定した。本研究では、CMAQ/REASと人口分布は異なるグリッドセルと地図投影法を使用しているため、式(1)と(3)を計算するために地理情報システム(GIS)ソフトウェアのArc-GISを使用した。

### (4) オゾンによる作物影響に関するリスク評価手法

2000年、2005年及び2020年における、東アジアの主要作物である大豆、小麦、米、トウモロコシに対するオゾンの影響を評価した。使用したシミュレーションモデルは上記(2)と同じである。作物に対する影響は、成長期の3カ月に対して7つの異なる時期のケース(C0~C6)を想定し、オゾン濃度が40ppbを超えた部分を積算する指標であるAOT40を使用して計算を行った。

[計算方法]

年間のAOT40指標の地域分布は、イネ、小麦、大豆、トウモロコシの生育期である3カ月間の午前6時から午後8時まで、40ppb以上の地表オゾン濃度の時間値を積算して、次の式を用いて計算された。

$$AOT40 = \sum_{i=1}^n [C(O_3) - 40]_i \text{ for } C(O_3) > 40 \text{ ppb} \quad (5)$$

ここで、 $C(O_3)$  は地表オゾン濃度の時間値、 $n$ は $C(O_3)$  が40 ppbを超えた時間数である。作物の生育過程を示す作物歴は東アジアの各国で作物毎に異なるので(US Department of Agriculture /Forging Agricultural Service (USDA/FAS) (2010), FAO: The global information and early warning system on food and agriculture (GIEWS, <http://www.fao.org/giews/countrybrief/>)), AOT40による小麦、大豆、とうもろこし、稲の最もオゾンの影響を受ける成長期間を、USDA Handbook No.664 (1994)“Major World Crop Areas and Climate Profiles”とGIEWSを基に次のように設定した:  
case0(c0):1-3月, case1(c1):2-4月, case2(c2):4-6月, case3(c3):5-7月,

表(3)-2 AOT40を使用した収量-反応関数と対応する臨界レベル(critical levels)  
(Mills *et al.*, 2007).

Crop	Yield-response function y:relative yield, x:AOT40 in ppm h	Critical level (ppm h, 3months)
Wheat	$y=-0.0161x+0.99$ ( $r^2=0.89$ )	3.3
Soybean	$y=-0.0116x+1.02$ ( $r^2=0.61$ )	4.3
Rice	$y=-0.0039x+0.94$ ( $r^2=0.2$ )	12.8
Maize	$y=-0.0036x+1.02$ ( $r^2=0.35$ )	13.9

case4(c4):6-8月, case5(c5):7-9月, and case6(c6):10-12月. 各国の作物毎に7つの区分を使用して、AOT40の分布と対応する減収量を計算した。作物の作付分布は、1/12°の解像度で、the Global data

set of monthly irrigated and rainfed crop areas around the year 2000 (MIRCA2000) から得られた (<http://www.geo.uni-frankfurt.de/ipg/ag/dl/forschung/MIRCA/>)。

オゾンの影響については、表(3)-2に示した複数の文献の平均(メタ分析)に基づくAOT40指標の関係を基にして、小麦、大豆、イネ、トウモロコシの相対収穫量の分布を推定した。表(3)-2の臨界レベルとは、明確な影響(5%の減収量)が観測される最低限のレベルである。

#### (5) 日本におけるモニタリングとシミュレーション濃度に基づく地表オゾンによる早期死亡分析

日本においては、47都道府県全ての1,145のモニタリングサイトで、環境への影響を評価するためにオゾン大気環境濃度の観測が実施されている。計算に用いたモデルとRRは上記に述べた方法と同じであるが、2005年の日本の早期死亡数の推定は4つの年齢グループ(0-14, 15-64, 65-74, 75歳以上)毎に計算した。

#### (6) PM<sub>2.5</sub>、オゾンによる損失の経済評価

PM<sub>2.5</sub>、オゾンの暴露による早期死亡数から、USEPA等で行われている方法を参考にして、統計的生命価値(VSL)を計算した。また、大豆、小麦、米、トウモロコシの減収量に対する市場価値を計算した。

#### (7) 費用便益分析

統合評価モデルであるGAINS-Chinaの大気汚染物質排出削減費用関数を利用して、PM<sub>2.5</sub>及びオゾンの前駆物質としてNO<sub>x</sub>の排出削減について、REAS(ver.1)の2020年の3つの排出シナリオ(PSC, REF, PFC)の差(FS:PFC-PSC, FR:PFC-REF)の2つのケースについて、東アジア各国でのVSLの差及びそれに対応する中国での排出削減費用を推定し、費用と便益の比較・検討を行った。

### 4. 結果及び考察

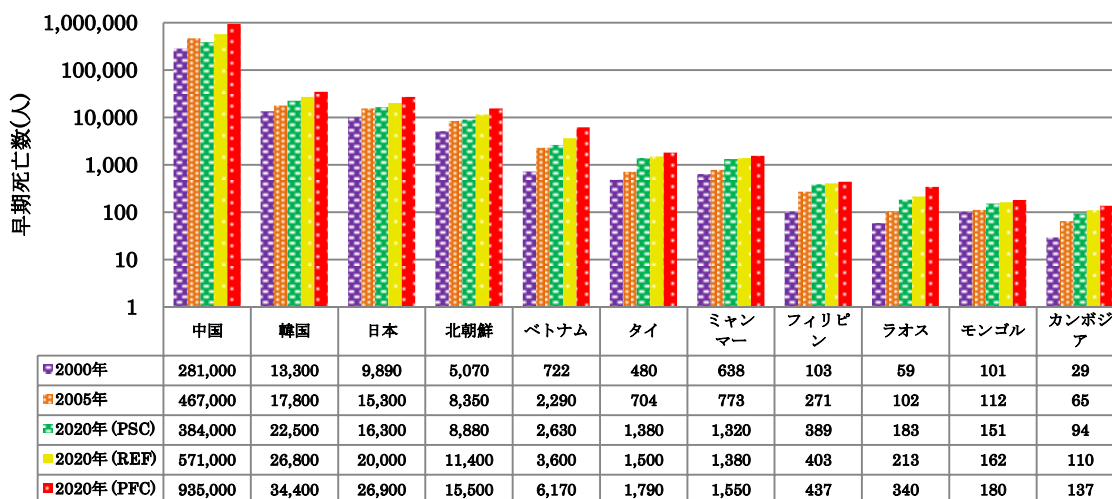
#### (1) 2000, 2005, 2020年のPM<sub>2.5</sub>とオゾンによる人の健康に関するリスク評価

PM<sub>2.5</sub>とオゾンのそれぞれの暴露による国別の早期死亡数を表(3)-3と図(3)-1に示す。最も脆弱な地域は、中国、韓国、日本、北朝鮮であり、早期死亡数は年々増加している。



表(3)-3 2000, 2005, 2020年(PSC, REF, PFC シナリオ)のPM<sub>2.5</sub>とオゾンの曝露による早期死亡数

国	汚染物質	2000	2005	2020 (PSC)	2020 (REF)	2020 (PFC)
中国	O <sub>3</sub>	60,400	90,500	106,000	129,000	166,000
	PM <sub>2.5</sub>	220,000	376,000	279,000	442,000	769,000
韓国	O <sub>3</sub>	2,500	3,440	4,580	5,060	5,710
	PM <sub>2.5</sub>	10,800	14,400	17,900	21,800	28,700
日本	O <sub>3</sub>	7,050	8,610	9,820	10,500	11,500
	PM <sub>2.5</sub>	2,840	6,660	6,480	9,530	15,400
北朝鮮	O <sub>3</sub>	1,220	1,710	2,140	2,430	2,800
	PM <sub>2.5</sub>	3,850	6,630	6,740	8,931	12,720
ベトナム	O <sub>3</sub>	684	1,380	1,750	2,010	2,590
	PM <sub>2.5</sub>	38	913	871	1,580	3,590
タイ	O <sub>3</sub>	480	704	1,260	1,350	1,550
	PM <sub>2.5</sub>	0	0	121	154	245
ミャンマー	O <sub>3</sub>	638	773	1,280	1,320	1,440
	PM <sub>2.5</sub>	0	0	46	62	110
フィリピン	O <sub>3</sub>	103	271	389	403	437
	PM <sub>2.5</sub>	0	0	0	0	0
ラオス	O <sub>3</sub>	59	102	182	203	250
	PM <sub>2.5</sub>	0	0	1	10	90
モンゴル	O <sub>3</sub>	101	112	151	162	178
	PM <sub>2.5</sub>	0	0	0	0	2
カンボジア	O <sub>3</sub>	29	65	94	110	137
	PM <sub>2.5</sub>	0	0	0	0	0

図(3)-1 2000, 2005, 2020年(PSC, REF, PFC シナリオ)のPM<sub>2.5</sub>とオゾンの曝露による早期死亡数

## (2) 日本におけるモニタリングとシミュレーション濃度に基づく地表オゾンの早期死亡分析

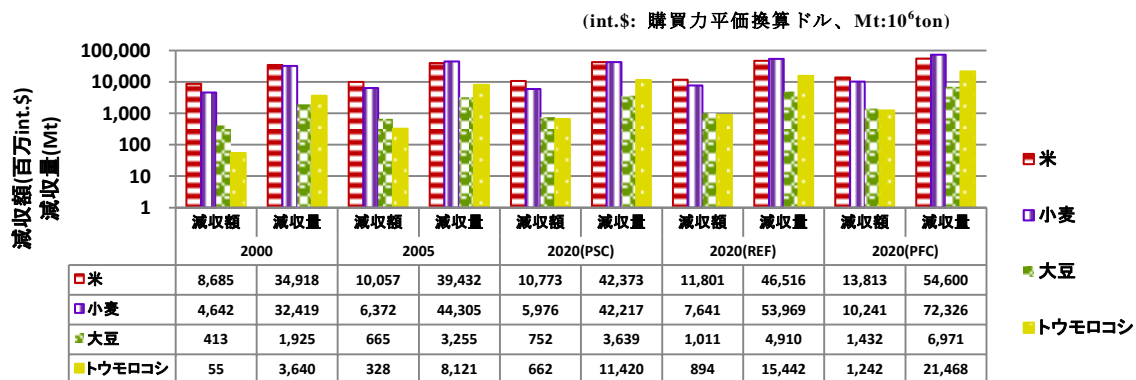
2005年の、モニタリングによるオゾン濃度と、シミュレーション(CMAQ/REAS)によるオゾン濃度への曝露による早期死亡数を表(3)-4に示す。CMAQ/REASモデルに基づく早期死亡数の推定値は、モニタリングの観測値に基づく推定値の2.5倍程度大きいことが示された。これは、シミュレーションの解像度が80km×80kmであり、都市部のオゾン濃度を表すには粗い大きさであること、シミュレーションが特に夜間都市域でのNOによるオゾンの減少効果(タイトレーション)をうまく再現できていないこと、シミュレーションの最下層の厚さが150mであり、地表のオゾン濃度は最下層のオゾン濃度よりも低いと考えられること、などが原因として考えられる。

表(3)-4 日本における 2005 年の地表オゾン(観測及びモデル)の暴露による早期死亡数

Age group	Monitored ozone caused deaths	(95% CI)		Simulated ozone caused deaths	(95% CI)	
g1 (0-14 yrs)	25	8	33	64	21	85
g2 (15-64 yrs)	902	300	1,250	2,270	758	3,030
g3 (65-75 yrs)	960	320	1,280	2,420	806	3,230
g4 (+75 yrs)	3,270	1,090	4,350	8,240	2,750	11,000
<b>Total</b>	<b>5,150</b>	<b>1,720</b>	<b>6,870</b>	<b>13,000</b>	<b>4,330</b>	<b>17,300</b>

### (3) 東アジアの 2000、2005、2020 年のオゾンによる主要作物への影響による減収量の経済評価

AOT40 を使用して、東アジア地域のオゾン暴露による稲、小麦、大豆、トウモロコシの減収量とその市場価格(購買力平価(PPP)、2008 年換算)を計算した結果を図(3)-2 に示す。最も被害額が大きいのは米であり、次に小麦となっている。



図(3)-2 東アジアの主要作物のオゾン暴露による減収量とその市場価格

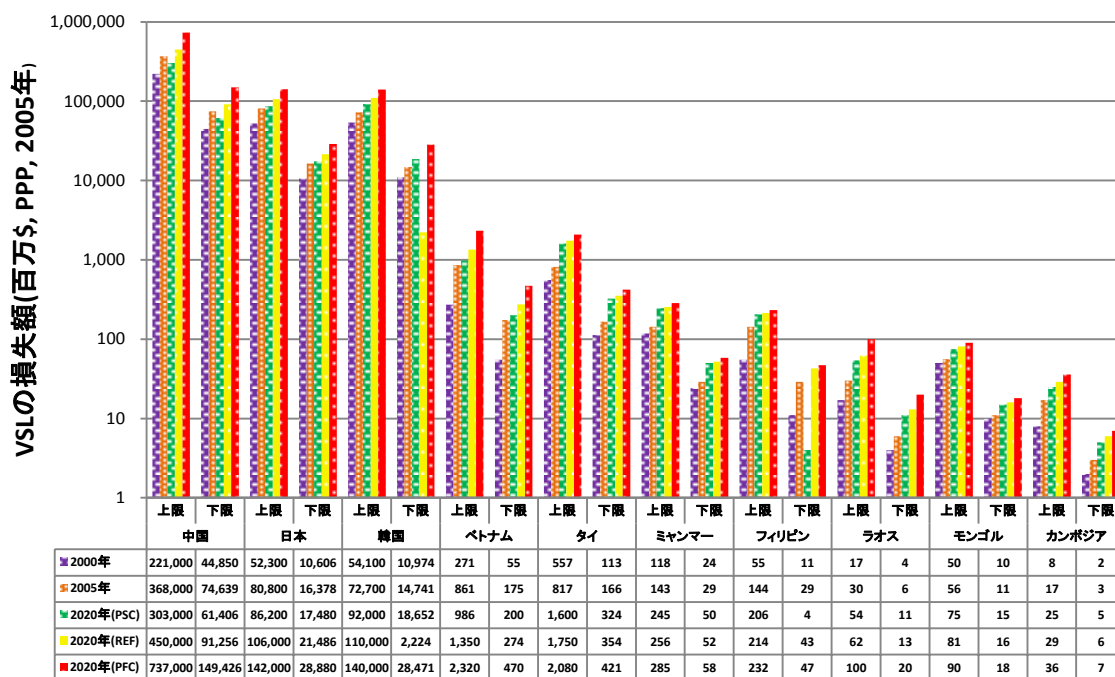
### (4) 費用便益分析

#### 1) PM<sub>2.5</sub>、オゾンによる損失の経済評価

PM<sub>2.5</sub> とオゾンの暴露による早期死亡を、確率的生命価値(VSL)の考え方をういて貨幣換算し、経済評価を行った。確率的生命価値とは、死亡する確率がわずかに減ったことに対して人々がいくら支払う意志があるかを統計的に示した数値であり、研究によって確率的生命価値の値にはばらつきがあるが、ここでは米国環境保護庁(USEPA)が使用している 740 万ドル(2006 年)の値を上限值に、EU(ExternE 研究)で用いられている 102 万ユーロ(2000 年)を下限值として用いた。東アジアの国々と米国等では、経済の状況がかなり違うので、一人当たりの国民総生産(GDP/C)を使って、各国の経済状況に合わせた値に換算し、また購買力平価(PPP)も使って、各国での貨幣の価値を等しくなるようにしている。これらの補正をした各国の確率的生命価値が表(3)-5 であり、この VSL を使って、PM<sub>2.5</sub> とオゾンによる早期死亡の損失を貨幣換算した結果が図(3)-3 である。

表(3)-5 東アジア各国のVSL (2005 int. \$)

VSL	中国	日本	韓国	カンボジア	ラオス	モンゴル	ミャンマー	フィリピン	タイ	ベトナム
US EPA (upper)	788,304	5,287,942	4,083,021	262,148	292,839	497,467	184,669	530,348	1,160,320	375,710
EU (lower)	159,851	1,072,277	827,946	53,158	59,381	100,875	37,447	107,543	235,287	76,186

図(3)-3 PM<sub>2.5</sub>とオゾンの暴露に伴う各国の早期死亡による確率的生命価値(VSL)の損失額

## 2) 汚染物質排出量削減の費用推定

PM<sub>2.5</sub>の排出量削減とオゾンの前駆物質(NO<sub>x</sub>)排出量削減の費用を計算した。

REAS(ver.1)の2020年の3つのシナリオ(PSC, REF, PFC)のそれぞれのPM<sub>2.5</sub>とNO<sub>x</sub>の排出量の差をFSケース(PFC-PSC)とFRケース(PFC-REF)として、この2つのケースについて、GAINS-Chinaモデルの費用関数を利用して、削減費用を計算した。ここで、PSC、REF、PFCは中国の排出量だけを変化させたシナリオである。NO<sub>x</sub>の削減費用は、REASの中国の各省の排出量削減量からGAINS-Chinaの各省の費用関数(シナリオ:CP\_WEO11\_S10P50\_v2)を当てはめて求めた。PM<sub>2.5</sub>については、REAS(ver.1)にはPM<sub>2.5</sub>の排出データがなかったが、REAS(ver.2)には第1次PM<sub>2.5</sub>の排出データがあるので、REAS(ver.1)とREAS(ver.2)のBC、OCの比率から、REAS(ver.1)の各省の第1次PM<sub>2.5</sub>の排出量を求め、GAINS-Chinaの費用関数を適用して、削減費用を求めた(表(3)-6)。なお、VOCsについては、GAINS-Chinaには費用関数が用意されていないが、GAINS-Europeでは、VOCsの費用関数は大部分がマイナスであり、つまり費用は発生していない。これはVOCsの空気拡散/蒸発を防ぐことによりVOCsの損失を防いでいることによるもので、中国の場合も同様と考えられることから、VOCsの削減費用は無視することとした。

表(3)-6 2020年の中国の大気汚染物質削減費用(Unit: emission: kt, Cost: million int. \$ 2005)

	NO <sub>x</sub>				PM <sub>2.5</sub>				Total cost	
	Case FR		Case FS		Case FR		Case FS		Case FR	Case FS
	Emission	Cost	Emission	Cost	Emission	Cost	Emission	Cost		
Total	9,800	8,200	14,400	32,800	4,400	523	6,400	3,580	8,720	36,400

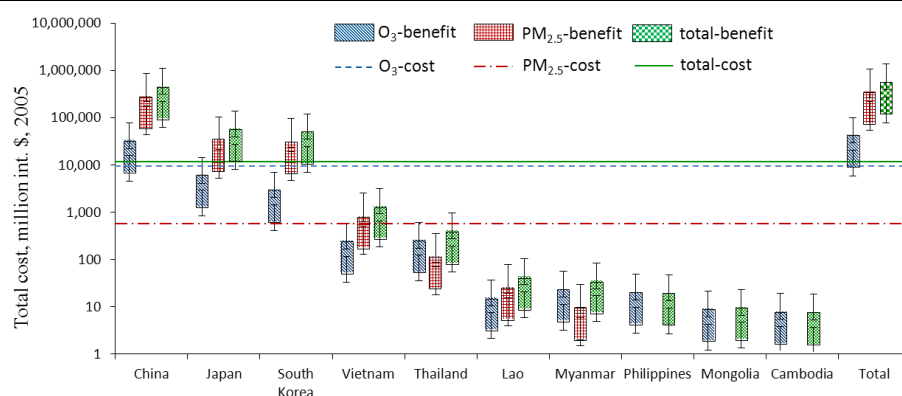
### 3) 費用便益分析

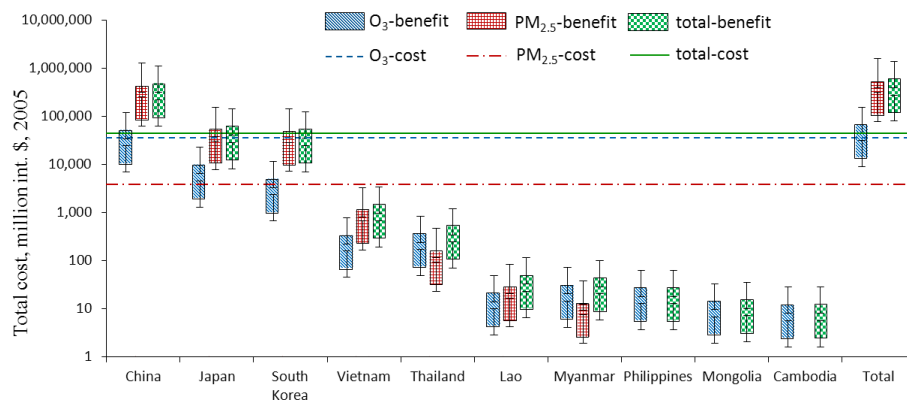
ここまでの計算結果を使用して、費用便益分析を行った結果を図(3)-4(FR ケース)と図(3)-5(FS ケース)に、まとめた結果を表(3)-7に示す。図(3)-4 から、オゾンだけを考えた場合、中国では低い方の VSL の値をとった場合、NO<sub>x</sub>(オゾン) 削減費用の方が大きくなってしまいが、PM<sub>2.5</sub>だけを考えた場合、中国では早期死亡減少の便益の方が大きい。オゾンと PM<sub>2.5</sub>を併せて考えた場合、中国でも日本でも、それぞれの国の早期死亡減少の便益の方が大きい。東アジア地域全体でも、PM<sub>2.5</sub>だけ、及びオゾンと PM<sub>2.5</sub>を併せて考えた場合は、早期死亡減少による便益の方がはるかに大きい。図(3)-5 でも費用と便益の差は縮小しているが、同じ結果となっている。

FR、FS ケースとも、削減費用は中国の排出量の変化だけを考慮しているが、中国国内及び東アジア地域全体の便益は、中国国内の費用をいずれも上回り、東アジア地域での最大の排出国である中国において、大気汚染物質排出削減対策を実施することの合理性が示された。

表(3)-7 2020年(FS,FRケース)のPM<sub>2.5</sub>とオゾンの削減対策の便益(地域全体)と費用(中国)

ケース	便益(million int.\$, 2005)				費用(million int.\$, 2005)		便益/費用			
	FS		FR		FS	FR	FS		FR	
オゾン	12,500	~ 61,700	7,590	~ 37,400	32,800	8,200	0.4	~ 1.9	0.9	~ 4.6
PM <sub>2.5</sub>	97,100	~ 479,000	64,500	~ 318,000	3,580	523	27.1	~ 133.8	123.3	~ 608.0
合計	110,000	~ 541,000	72,100	~ 356,000	36,400	8,720	3.0	~ 14.9	8.3	~ 40.8

図(3)-4 2020年のFRケースでのオゾンとPM<sub>2.5</sub>の削減費用と便益



図(3)-5 2020年のFSケースでのオゾンとPM<sub>2.5</sub>の削減費用と便益

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

東アジアの大気環境管理における科学と政策の関係に関する研究においては、東アジアのオゾン、エアロゾルのリスク評価について、人の健康影響及び生態系(作物)への影響を詳細かつ定量的に明らかにした。また、東アジアを広くカバーする領域で行ったこと、最新の詳細なデータを使用したこと、既存研究を参考にして手法を改良したことなどにより、不確実性を減らし、より詳細なリスク評価が実施可能となった。モニタリングデータを使用した影響評価との比較により、モデリングによるリスク評価の不確実性を定量的に明らかにした。さらに、リスク評価の方法として、損失/便益を経済的に評価することにより、費用便益分析が可能となった。

### (2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

<行政が活用することが見込まれる成果>

東アジア地域で科学的な知見を基礎にした地域大気環境政策を進めるためには、大気汚染による影響/被害の科学的な評価が必要であることから、オゾンとPM<sub>2.5</sub>による影響/被害を明らかにするための東アジアでの地域大気環境研究の必要性を明確に示唆した。また、損失の大きさを定量的に示唆したことにより、アジアでの地域大気汚染対策の重要性を行政担当者にわかりやすく示した。

## 6. 国際共同研究等の状況

該当なし

## 7. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

#### <論文（査読あり）>

- 1) A. NAWAHDA, K. YAMASHITA, T. OHARA, J. KUROKAWA and K. YAMAJI: Water, Air, and Soil Pollution, 233(6), pp.3445-3459 (2012)  
“Evaluation of Premature Mortality Caused by Exposure to PM 2.5 and Ozone in East Asia: 2000, 2005, 2020”
- 2) A. NAWAHDA, K. YAMASHITA, T. OHARA, J. KUROKAWA, T. OHIZUMI, F. CHEN and H. AKIMOTO: Atmospheric Environment, 81, pp.538-545 (2013)  
“Premature mortality in Japan due to ozone”
- 3) A. NAWAHDA, K. YAMASHITA, T. OHARA, J. KUROKAWA and K. YAMAJI: Water, Air, and Soil Pollution, 224:1537 (2013)  
“Evaluation of the Effect of Surface Ozone on Main Crops in East Asia: 2000, 2005, and 2020”
- 4) A. NAWAHDA and K. YAMASHITA: Int. J. Society Systems Science, 5(1), pp.82-98 (2013)  
“The effect of ground level ozone on vegetation: the case of spatial variability of crops in the People’s Republic of China”

### (2) 口頭発表（学会等）

- 1) 山下研：環境経済・政策学会 2009 年大会（2009）「アジアにおける越境大気汚染に対する取組に関する考察」（C-081 の研究成果を含む）
- 2) 山下研：日本リスク研究学会（2010）「東アジアの大気環境管理における科学と政策の関係に関する研究」
- 3) A. NAWAHDA, K. YAMASHITA, T. OHARA, J. KUROKAWA, K. YAMAJI: ACID RAIN 2011, June 15-18, 2011, Beijing  
“Evaluation of premature mortality caused by exposure to PM<sub>2.5</sub> and ozone in East Asia: 2000, 2005, 2020”
- 4) A. NAWAHDA, K. YAMASHITA: Air Quality VIII, Oct. 24 – 27, 2011, Arlington, VA  
“Variation of the monitored ground level ozone in urban and remote sites in Japan: Correlations with chemical species and meteorological parameters”
- 5) A. NAWAHDA, K. YAMASHITA, T. OHARA, J. KUROKAWA, K. YAMAJI: International Workshop on Strengthening the International Cooperation Framework and Science-Policy Interface to Promote Air Pollution Control in East Asia, 5-6 March 2012, Yokohama  
“Evaluation of premature mortality caused by exposure to PM<sub>2.5</sub> and ozone in East Asia: 2000, 2005, 2020”
- 6) A. NAWAHDA: 20th International Conference on Modelling, Monitoring and Management of Air Pollution, 2012, Coruña, Spain  
“Surface ozone caused excess mortality analysis based on monitored and simulated concentrations in Japan”
- 7) K. YAMASHITA: 15th meeting of the Joint Convention/WHO Task Force on Health Aspects of

- Long-range Transboundary Air Pollution, 2012, Bonn, Germany,  
 “Approach to the risk assessment of ozone and PM<sub>2.5</sub> in East Asia”
- 8) 山下研: 第 53 回大気環境学会年会、神奈川県、横浜市、2012. 「東アジアのオゾンと PM<sub>2.5</sub> のリスク及び経済評価」
  - 9) K. YAMASHITA: Better Air Quality Side Event: “Strengthening the science policy interface for air pollution control: a possibility for establishing an Asian Science Panel on Air Quality (ASPAQ),” 6, December 2012, Hong Kong  
 “Risk assessment for possible impacts of ozone and PM<sub>2.5</sub> on human health and crop yield in East Asia”
  - 10) F. CHEN: ASAAQ, 2013, Seoul, R. of Korea  
 “Premature mortality and economic loss analysis for surface ozone and PM<sub>2.5</sub> in East Asia”
  - 11) K. YAMASHITA: 16th meeting of the Joint Convention/WHO Task Force on Health Aspects of Long-range Transboundary Air Pollution, Bonn, Germany, 2013  
 “Economic Evaluation of Risk Assessment for Ozone and PM<sub>2.5</sub> in East Asia”,.
  - 12) 山下研、「東アジアの PM<sub>2.5</sub> とオゾンによる健康リスクの経済的評価」、第 54 回大気環境学会年会、新潟市、2013

### (3) 出願特許

特に記載すべき事項はない。

### (4) シンポジウム、セミナー等の開催

Expert Meeting for Risk Assessment of Ozone and PM, 12 February, 2010, Niigata, Japan.

### (5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

### (6) その他

特に記載すべき事項はない。

## 8. 引用文献

- 1) A. ALBERINI, A. HUNT & A. MARKANDYA: *Environmental and Resource Economics*, 33(2), pp.251-264 (2006)  
 “Willingness to pay to reduce mortality risks: evidence from a three-country contingent valuation study”
- 2) S.C. ANENBERG, L.W. HOROWITZ, D.Q. TONG et al: *Environmental Health Perspectives*, 18 (9), pp.1189-1195 (2010)  
 “An estimation of the global burden of anthropogenic ozone and fine particulate matter on premature human mortality using atmospheric modeling.”

- 3) P. BICKEL & R. FRIEDRICH (Eds.): Externalities of Energy: Methodology 2005 Update EUR-OP (2004)  
“ExternE”
- 4) CIESIN: Center for International Earth Science Information Network (CIESIN), Columbia University, (2005)  
“Gridded Population of the World, Version 3 (GPWv3)”
- 5) J. COFALA & S. SYRI: International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), IR-98-88, Laxenburg, Austria (1998)  
“Nitrogen oxides emissions, abatement technologies and related costs for Europe in the RAINS model database”
- 6) K. ELLINGSEN, M. GAUSS, R.V. DINGENEN, et al: Atmospheric Chemistry and Physics Discussions, 8, pp.2163-2223 (2008)  
“Global ozone and air quality: A multi-model assessment of risks to human health and crops”
- 7) Z. KLIMONT, J. COFARA, I. BERTOK, M. AMANN, C. HEYES, & F. GYARFAS: International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). Interim Report IR-02-076 (2002)  
“Modelling particulate emissions in Europe: a framework to estimate reduction potential and control costs”
- 8) J. KUROKAWA, T. OHARA, I. UNO, M. HAYASAKI & H. TANIMOTO: Atmospheric Chemistry and Physics, 9(17), pp.6287-6304 (2009)  
“Influence of meteorological variability on interannual variations of springtime boundary layer ozone over Japan during 1981–2005”
- 9) J. KUROKAWA, T. OHARA, T. MORIKAWA, S. HANAYAMA, G. JANSSENS-MAENHOUT, T. Fukui, K. KAWASHIMA & H. AKIMOTO: Atmospheric Chemistry and Physics, 13(21), pp.11019-11058 (2013)  
“Emissions of air pollutants and greenhouse gases over Asian regions during 2000–2008: Regional Emission inventory in ASia (REAS) version 2”
- 10) G. MILLS, A. BUSE, B. GIMENO, V. BERMEJO, M. HOLLAND, L. EMBERSON, H. PLEIJEL: Atmospheric Environment, 4, pp.2630-2643 (2007).  
“A synthesis of AOT40-based response functions and critical level of ozone for agricultural and horticultural crops”
- 11) T. OHARA, H. AKIMOTO, J. KUROKAWA, et al: Atmospheric Chemistry and Physics, 7, pp.4419-4444 (2007)  
“An Asian emission inventory of anthropogenic emission sources for the period 1980–2020.”
- 12) C.A. POPE III, R.T. BURNETT, M.J. THUN, et al: Journal of American Medical Association, 287 (9), pp.1132-1141 (2002)  
“Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution.”
- 13) C.A. POPE III, W.D. DOCKERY: Journal of Air & Waste Management Association, 56, pp.709-742 (2006)  
“Health effects of fine particulate air pollution: Lines that connect.”



- 14) I. UNO, T. OHARA, S. SUGATA, et al: J. Japanese Society of Atmospheric Environment, 40 (4), pp.148-164 (2005)  
“Development of the RAMS/CMAQ Asian scale chemical transport modeling system.”
- 15) WHO: [http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf) (2005)  
“Air quality guidelines for particulate matters, ozone, nitrogen dioxide/ global update/ summary of risk assessment”
- 16) WHO: WHO Regional Office for Europe, Copenhagen (2008)  
“Health risks of ozone from long-range transboundary air pollution”
- 17) K. YAMAJI, T. OHARA, I. UNO: Atmospheric Environment, 40, pp.1856-1868 (2006)  
“Analysis of the seasonal variation of ozone in the boundary layer in East Asia using the Community Multi-scale Air Quality model: What controls surface ozone levels over Japan?”
- 18) K. YAMAJI, T. OHARA, I. UNO, et al: Journal of Geophysical Research, 113: D08306 (2008)  
“Future prediction of surface ozone over East Asia using Models-3 Community Multiscale air quality modeling system and regional emission inventory in Asia.”

#### (4) 政治的経済的動向を踏まえた東アジアの環境協力レジーム形成に影響を及ぼす外的要因に関する研究

東京工業大学社会理工学研究科価値システム専攻准教授

蟹江 憲史

<研究協力者>

東京工業大学社会理工学研究科価値システム専攻

古賀 真希

平成21～25年度累計予算額：20,298千円

(うち、平成25年度予算額：3,457千円)

予算額は、間接経費を含む。

#### [要旨]

東アジア地域では、急速な経済成長と産業化に伴い大気汚染物質の排出が増加し、国境を超えてさまざまな悪影響を及ぼしている。もし有効な対策がとられなければ、東アジアの国々は今後さらに越境大気汚染による深刻な脅威に直面すると考えられる。しかし同地域では、問題の解決に向けた科学的かつ政治的なコンセンサスが欠如しており、環境協力の推進が困難な状況にある。このため本研究では、国際政治学の観点から見識を導くとともに、東アジアにおける取り組みの現状を踏まえ、越境大気汚染問題に効果的に対処するための「科学と政策のインターフェイス」の構築に向けたオプションについて理論的かつ実証的に分析することを目的とする。

はじめに、東アジアにおける大気汚染に関する既存の地域協力枠組みについて考察し、環境ガバナンスの脆弱性やその背景にある地政学的な特性を明らかにした。次に、分析視角として先行研究のレビューに基づき、「信頼性」、「正当性」および「適切な発信」というインターフェイスの評価に関連する基準を提示した。また、科学的な知識が政策決定過程に影響を及ぼし得る要件として、「使用可能な知識」の創出という観点から、科学コミュニティと政策コミュニティによる知識の共同生産を可能にする制度の特徴について考察した。その上で、東アジアの大気汚染に関する科学的な地域イニシアチブの事例を取り上げ、その歴史的展開や制度設計のあり方について分析した。結果として、東アジアの越境大気汚染問題に包括的かつ長期的に対処し、政策決定の基盤を提供しうるインターフェイスは確立されていないことが明らかとなった。このような理論と現実との乖離状況に鑑み、環境協力の推進に向けてインターフェイスを制度化し、「信頼性」、「正当性」や「適切な発信」の基準を満たし、知識の共同生産を可能にする社会的なプロセスを構築する必要がある。また、東アジアの科学と政策のインターフェイスの提案においては、「科学的知見」および「科学と政策の相互作用」という2つの視点から検討することが重要である。

#### [キーワード]

科学と政策のインターフェイス、環境ガバナンス、科学的知識、制度設計、正当性 (legitimacy)

#### 1. はじめに

東アジア地域において、急速な経済成長と産業化に伴って大気汚染物質の排出が増加したこと、

また2013年1月以降中国において大気環境の悪化が顕在化したことにより、大気汚染問題への関心が高まっている。このような越境大気汚染をはじめとする環境問題について理解し対処していくためには、異なる国家間、科学者と政策決定者間、さらにローカルからグローバル・レベルにわたり関係するアクターの協力が不可欠である。しかし、東アジア地域には、人間の健康や環境への被害を管理・削減するためのレジームも、この問題に包括的に対処するための枠組みや知識共同体（epistemic community）も存在していない。このような現状に鑑み、同地域において越境大気汚染問題の解決に向けた国際協力を促進することは喫緊の課題である。

## 2. 研究開発目的

本研究では、東アジアの越境大気汚染問題に効果的に対処するための「科学と政策のインターフェイス」に関し、国際政治学の観点から科学と政策の相互作用に関する見識を導くとともに、同地域の取り組みの現状および地政学的な特性を踏まえ、理論的かつ実証的にインターフェイスの構築に向けたオプションについて検討することを目的とする。

## 3. 研究開発方法

本研究では、国際政治学の先行研究を踏まえ、東アジアの環境ガバナンスおよび科学と政策の相互作用に関し、聞き取り調査や現地調査等を含む一次資料および二次資料を用いて分析を行った。分析過程として、はじめに、東アジアにおける多国間環境協力の展開および越境大気汚染に関する既存の地域協力枠組みについて考察し、環境ガバナンスの現状やその背景にある地政学的な特性を明らかにした。次に、国際政治学の観点から、政策決定過程において科学的な知識が影響力をもつための要件およびその要件を確保するための制度設計のあり方について整理し、本研究における分析枠組みを提示した。事例として、東アジアの大気汚染に関する現行の地域イニシアチブを取り上げ、その歴史的展開や制度設計のあり方について分析した。これらの分析結果に基づき、東アジアにおいて越境大気汚染問題に効果的に対処するための「科学と政策のインターフェイス」について提言した。

## 4. 結果及び考察

### （1）東アジアの環境ガバナンス

既存の越境大気汚染に関する地域協力枠組み（NEASPEC、EANET、LTP プロジェクト、TEMM、CAA、ACP、CCAC など）について見てみると（表(4)-1 参照）、以下の3つの特徴を有していることが分かる。第一に、東アジアでは同一の環境問題に対し異なるイニシアチブをとる制度が存在するなどの「制度の並存状況（parallel institutions）」にあること、第二に、北東アジア、東アジア、東南アジア、アジア太平洋などの「多様なメンバーによる重層構造（multilayer structure and deferent members）」になっていること、第三に、多くの地域制度の運営組織は「組織的にも財政的にも弱い（weak institutional and financial structure）」ということである<sup>1)</sup>。これらの枠組みは、協力メカニズムや政治的影響力が不十分であり、東アジアにおける環境ガバナンスは依然として脆弱であるといえる。

この背景として、経済状況および環境条件の多様性、地域的な環境問題に関する科学的および政策的なコンセンサスの欠如、国家の能力の欠如といった東アジアの地政学的な特性が、環境協

力の阻害要因になっているという点が指摘される<sup>2)</sup>。さらに東アジアの越境大気汚染問題に関してみると、国家間で科学者の成熟度が異なっていることや、科学者に対する政策決定者の影響力（官僚制度）が大きいことなどが重要な観点としてあげられる。すなわち、当該地域では越境大気汚染問題の解決に向けて、政策決定に影響を及ぼす科学的な基盤が形成されておらず、また国家間で政策的利益・認識のギャップという問題を抱えていると考えられる。このため、環境協力を推進していくためには、科学者や政策決定者間の一致した知識や共通の利益を構築することが不可欠であり、その上で「科学と政策のインターフェイス」が重要な役割を果たしうる。

表(4)-1 越境大気汚染に関する地域協力枠組み

	NEASPEC	EANET	LTP Project	TEMM -Ozone Workshop-
設立年	1993年	2001年（本格稼働）	1995年	1999年
問題領域	包括的 （越境大気汚染）	特定 （酸性雨）	包括的 （越境大気汚染）	特定 （オゾン）
対象地域	北東アジア （Subregional: 日本、中国、韓国、 ロシア、モンゴル、 北朝鮮）	東アジア （13カ国（下記））	北東アジア （Subregional: 日本、中国、韓国）	北東アジア （Subregional: 日本、中国、韓国）
事務局	ESCAP ENEA (UN)	RRC.AP (UNEP)	NIER (韓国)	環境省 (各国)

<パートナーシップ>

	CAA	ACP	CCAC
設立年	2001年	2010年	2012年
問題領域	包括的 （大気汚染）	特定 （気候変動対策と大気汚 染対策のコベネフィット）	特定 （SLCPs）
対象地域	アジア （Regional）	アジア （Regional）	全球 （Global）
事務局		IGES（日本）	UNEP

（２）科学と政策のインターフェイス

越境大気汚染問題は、科学のおよび政策的な側面をあわせもち、これらが密接に絡みあい東アジア地域においても複雑な問題構造や利害関係をなしている。そのため、国際関係論の観点から、問題解決に向けて科学と政策の架け橋となるインターフェイスに関する先行研究をレビューし、本研究における分析視角を提示した。

1) 科学と政策の関係

理論的な観点から、科学と政策は2つの明確に異なる体系により構成されている。その上で、科学と政策における理想的な関係とは、意思決定者に対して知識が歪められることなく伝達され、彼らが政策決定を行う際にその知識を事実に基づく根拠として利用することであると捉えられている<sup>3)</sup>。しかし現実的には、これまで行われてきた科学と政策の対話の経験に鑑みても、両者の関係は理念系として示されているものよりも、はるかに複雑かつ不安定なものであることは明らか

かである<sup>3)</sup>。この複雑性や不安定性といった特徴は、科学と政策が相互依存の関係にあるものの、両者が基本的には人間活動の異なる領域に属し、それぞれ異なる手段を用いて独自の目標を追求しているという事実に起因する。つまり、国際環境レジームは、科学研究からの情報提供に依拠しながら問題解決を図ると同時に、科学界自体も研究活動を行う上で、ある程度、政府や他の重要なアクターからの資金提供および他の形態の支援に一定程度依存しているという相互依存の関係にある。その一方で、科学と政策は事実として、それぞれ構成的な規範やルール、内部の論理など、独自かつ異なる行動体系に基づき活動しているのである。このため、科学的な領域と政策的な領域をつなぐためには、双方の領域から要素を抽出して組み合わせ、それぞれ独自の特徴を加えることにより、科学的な知識を政策決定の根拠となるよう変換することが重要である<sup>3)</sup>。この需要と供給の調和が、科学と政策のインターフェイスの基礎を提供すると考えられる。

## 2) 使用可能な知識

このような科学的な知識が政策決定過程に影響を及ぼし得る要件とその過程に着目して、ピーター・ハースは使用可能な知識 (usable knowledge) という概念を提示し、使用可能な知識を生み出す社会的なプロセスを検討した。ハースによると、使用可能な知識とは、政治家や政策決定者にとって有用な正確な情報であると定義される。すなわち、科学的な知識が影響力を持つためには、情報が正確であると同時に、それを使用するアクターにとって政策的に扱いやすいものであることが重要であると考えられる<sup>4)</sup>。

先行研究によると、使用可能な知識を生み出す「科学と政策のインターフェイス」が最も影響力をもつのは、潜在的な利用者に対して顕著であり、科学的な手法に関して信頼でき、その設計方法が正当であることを達成する場合であると考えられている。このように、政策過程におけるインターフェイスの有効性に関連して、「信頼性 (credibility)」、「正当性 (legitimacy)」および「適切な発信 (saliency)」という3つの特徴があげられる<sup>5), 6), 7)</sup>。信頼性とは、重要な知識の創出者とその受用者が、提示された成果を正確であると信じられることである。正当性とは、科学的な主張が正当であると信じられていることであり、正当性は偏見を招く可能性を最小限に抑えるプロセスを通じて生み出され、さらに情報に依拠している人々の参加という観点からより公平性が確保される。適切な発信とは、情報が時宜を得て提供され、意思決定者が公共政策を策定する上で有用な情報を含んでいることを意味している。

## 3) 制度設計

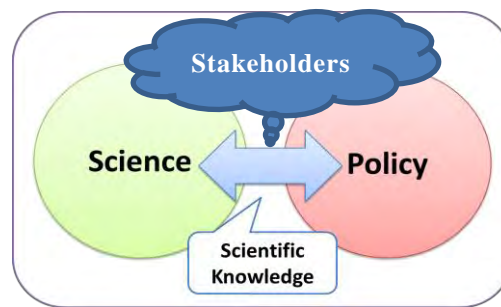
このような、有効な科学と政策のインターフェイスにとって不可欠な、信頼性、正当性および適切な発信という要件は、制度設計を通じて確保される。国際協力の文脈において、ある特定の問題の解決を目的として設立される組織や制度は、基本的に科学のおよび政策的な側面から2つの重要な機能を有すると考えられる。第一に、科学的な課題として、ある問題を特定し分析するとともに、その問題解決に向けた有効な対応策を策定することがあげられる。第二に、政策的な課題として、有効な解決策を追求するために共通の措置を講じる国家あるいは他のアクターを動員することが求められる。既存の多国間環境レジームを比較分析した先行研究において、使用可能な知識を生み出すことが可能なレジームには、以下の特徴が含まれると分析されている<sup>8)</sup>。これらは基本的にアジア地域にも適応可能な普遍的知見として示されていることから、アジアにお

ける科学パネル創設に関して有用な示唆を与える知識という事が出来る。

- 常設の国際的かつ学際的な科学パネルや委員会の創設
- 異なるガバナンス機能に関与する個別の小委員会の創設と依拠（基礎研究、環境モニタリング、政策分析や政策検証・評価など）
- 価値や因果関係についての信条を共有する中心的な科学者グループの精査・特定
- ネットワークや国際パネルにおける学際的な代表制の確保
- 国家機関や地域機関の採用（専門家としての資格やネットワーキング能力に基づく慎重な判断）
- 特定の国家機関に依存した研究やトレーニングの実施・出資を回避
- 参加者に対し、会議や出版物を通じて専門的な知見を発表する機会を提供
- あるテーマに関しコンセンサスを導き得る科学的な議論の促進
- 政府による科学者の指名を回避
- 環境リスク評価のために国際共同パネルを活用、科学的専門分野あるいは学派による専門分析の占有を回避
- 時宜に応じた科学的な助言や報告書の提示
- 問題の技術的な内容に関して議論するため、科学者と政策決定者間の集中的な交流の調整
- 継続的にプロジェクトや研究コミュニティを保持することにより、コミュニティ内のモメンタムを維持
- 財政的な問題を回避するため、多様な財源から研究資金を調達
- 機関において専門家の登録を正式に制度化
- モデルの構築
- 高い専門性とコミュニケーション能力を有する科学者の訓練・採用
- 可能な限り広範な国家からネットワークを採用

#### 4) 本研究における分析視角

科学と政策のインターフェイスは、社会的なプロセスとして捉えられ、「信頼性」、「正当性」および「適切な発信」という3つの要件を確保する場合に、より政策決定過程に影響を及ぼしうる。さらに、制度化されたインターフェイスは、科学者と政策決定者間の対話の場を生み出し、反復の意思決定のための確固たる基盤を提供することにより、知識の共同生産という観点から有効性に寄与する。すなわち、インターフェイスの制度化を通じて、科学者や政策決定者間の建設的な関係を築き、ギャップを埋めるとともにコンセンサスを形成し、最終的に問題の解決が可能になると考えられる。(図(4)-1 参照)



図(4)-1 科学と政策の相互作用

### (3) 東アジアにおける科学と政策のインターフェイス

東アジアにおいて、越境大気汚染問題に関する研究協力に従事する3つの地域イニシアチブを取り上げ、その歴史的展開や制度設計のあり方について分析し、「科学と政策のインターフェイス」の現状を明らかにした。

#### 1) 東アジア酸性雨モニタリングネットワーク (EANET)

東アジア地域では、著しい経済発展に伴い、酸性雨が生態系に与える悪影響が深刻な問題となってきた。しかし、国家間で酸性雨問題に関するコンセンサスが存在していなかったため、日本の環境庁(当時)の主導の下、共通理解の形成を目的として1993年に東アジア酸性雨モニタリングネットワーク(EANET)の検討に向けた専門家会議が設立された。専門家会合の成果を基に、1998年には第1回政府間会合が開催されEANETは試行稼働することとなった。2000年の第2回政府間会合において、試行稼働に参加した東アジアの10カ国が2001年1月よりEANETの本格稼働を開始することを決定し、その際採択された「ネットワーク実施に関する共同声明(Joint Announcement on the Implementation of EANET)」および「EANETの暫定設計(Tentative Design of EANET)」に基づき動き出した。ただし、その設立基盤は法的文書という観点からは脆弱であり、解決すべき技術的、制度的および財政的な問題が残されていた<sup>2),9)</sup>。

2001年に本格始動したEANETであるが、とりわけ財政問題は参加国にとって差し迫った関心事であった。設立当初よりEANETの活動資金としては日本の拠出が大きく貢献してきたものの、財源の確保や各国のオーナーシップ意識の強化という観点から確固とした財政基盤の構築が重要な課題となった<sup>1),9)</sup>。このような状況を踏まえ、2002年より財政措置に関する作業部会が開催され、2003年の第5回政府間会合において新たな資金分担のルールとして、2005年よりEANET活動に要する資金のうち事務局経費に関しては国連分担金比率に基づき負担することを決定した。また、EANETのさらなる安定的な運営と制度としての成熟度の向上に向けて、これまでの財政的な仕組みのみに焦点をあてた作業部会に代わり、EANETの将来の展開に係る作業部会(WGFD)が設置された。2005年の第7回政府間会合ではハイレベル会合が開催され、EANETの参加国が資金拠出のための基盤となる文書(instrument)について議論するプロセスを開始し、その結果を2008年の第10回政府間会合に報告するという決定が採択された。こうしてWGFDを中心として展開されたEANET協定化交渉では、参加国が法的位置付けの強化と大気汚染物質や活動領域などのスコープの拡大という2つの大きな課題をめぐる対立することとなった。激しい交渉の末に迎えた2010年の第12回政府間会合において、「EANETの強化のための文書(Instrument for

Strengthening the EANET)」が採択され、法的拘束力は有さないものの設立基盤の強化に資する文書（Instrument）の署名に向けて各国が国内の手続きに付すことで一致した。

EANETには東アジアの13カ国が参加している（カンボジア、中国、インドネシア、日本、ラオス、マレーシア、モンゴル、ミャンマー、フィリピン、韓国、ロシア、タイ、ベトナム）。組織構造としては、政府間会合（IG）がEANETの意思決定機関であり、各国の代表により構成されている。IGの下に、各国政府が指名する科学者や専門家により構成される科学諮問委員会（SAC）が設置されており、科学的・技術的な事項に関する助言や支援を行う。またSACは、東アジアの酸性雨の現状に関する評価報告書を作成しており、2006年に第一次定期報告書を、2011年に第二次定期報告書を発表した。ネットワークを支援するための組織として、UNEPのアジア太平洋地域資源センター（UNEP RRC.AP）が事務局の機能を果たし、日本にあるアジア大気汚染研究センター（ACAP）がネットワークセンターに指定されている。また、モニタリングデータ収集等のEANET活動の実施に関しては、参加国国内のナショナル・フォーカル・ポイントや国内センター、ナショナルQA/QCマネージャーがEANET組織と連携・協力して推進している。

1998年に酸性雨のモニタリングに特化した政府間のイニシアチブとして始まったEANETは、東アジアの科学者および政策決定者を動員しながら、科学活動に従事する地域協力へと発展してきた。他方で、EANETの形成および発展過程は、域内国の多様性を背景として、環境問題に対する共通認識形成や協調行動推進の困難さを浮き彫りにすることとなった。

## 2) 北東アジア越境大気汚染研究プロジェクト（LTPプロジェクト）

北東アジア地域における大気質の悪化を受けて、日中韓の三カ国は1995年に専門家会合ならびに越境大気汚染に関する共同研究を開始することに合意した。この北東アジア越境大気汚染研究プロジェクト（LTPプロジェクト）は、韓国の国立環境研究院が中心となって実施している。LTPプロジェクトは、モデリングやモニタリングの手法を活用し、日中韓三カ国における越境大気汚染やSource-Receptor関係の解析することをその主な活動としている。また組織構造として、事務局、Working Groupおよびモデリングとモニタリングに関する2つのSub-Working Groupにより構成される。韓国の国立環境研究院が事務局を務め、専門家会合の開催準備や前年度の共同研究に関する年次報告書の作成に従事している。Working Groupのメンバーは、環境省の行政官および大学や国立研究所等に所属する科学者・研究者から選出され、共同研究計画の調整を行っている。また、Sub-Working Groupはモデリングとモニタリングの専門家グループにより構成され、具体的な研究活動について検討している。共同研究プロジェクトに参加する専門家は、各国政府により指名される。

1996年以降、日中韓の越境大気汚染問題に関する専門家や行政官を招き、年1回専門家会合が開催されている。この会合では、各国が大気質の現状をめぐる研究の進捗状況について記した国別報告書を発表し、その結果や国家間の不確実性やギャップを明確にするための今後の科学研究の必要性について議論している。1999年のSub-Working Group会合において、北東アジアの長距離越境大気汚染について共同研究を開始することを決定し、モデリングとモニタリングの共同研究に関する5カ年計画を採択した。この研究活動は、大気汚染物質排出インベントリの整備、数値シミュレーション、地上観測や航空機観測等を含み、第1期（1999-2004）、第2期（2005-2007）および第3期（2008-2012）の研究期間を通じて実施されてきた。2012年に第3期の研究期間が



終了することに伴い、2013年5月に開催された第16回専門家会合において、PM2.5のモデリングやモニタリングを含む第4期（2013-2016）の研究計画が承認された。

このように、政府を基盤とする日中韓三カ国の科学研究プロジェクトとして始まったLTPプロジェクトは、研究期間や研究活動を特定しながら共同研究を実施してきた。LTPプロジェクトは越境大気汚染問題に関する研究の基礎を提供することにより、EANETとならぶ科学に関する地域協力の二本柱の1つとして認識されてきている。

### 3) 日中韓三カ国環境大臣会合（TEMM）の光化学オキシダントに関する研究協力

北東アジア地域では近年、大都市圏における高濃度の光化学オキシダント（オゾンを含む）が重大な問題となっており、大気汚染対策に向けたオゾン汚染のメカニズムの解明が急務である。この問題に対処するため、2007年の第9回日中韓三カ国環境大臣会合（TEMM9）において、オゾン汚染メカニズムの解明や共通理解の形成を目的として、既存の知見の共有などを通じて科学的な研究協力を推進することで合意した。TEMM9の合意に従い、2008年より年1回、光化学オキシダントの科学研究に関する三カ国ワークショップが開催されている。ワークショップの目的は、各国の最近の研究や既存の対策に関する情報を交換し、今後の協力に向けて専門家レベルで具体的な共同研究提案について議論することである。日中韓三カ国の環境省が事務局の役割を果たしており、このワークショップには同省の行政官とともに、各国政府に指名された大学や国立研究所等に所属する科学者・研究者が出席する。2010年5月のTEMM12において採択された「三カ国共同行動計画」を踏まえ、2011年2月に開催された第3回ワークショップにおいて、共同研究が可能な3つのテーマ（共同観測の実施、オゾンモニタリングの精度保証・精度管理、光化学オキシダントのトレンド分析）について合意した。

さらに同年11月の第4回ワークショップでは、共同研究の実施に向けて今後の進め方をめぐる議論が行われた。

他方、2013年1月以降、中国においてPM2.5を含む大気汚染物質に起因する大気質の急激な悪化が顕在化したことにより、北東アジア地域では越境大気汚染問題に対する社会的な関心が高まっている。このような状況を踏まえ、2013年5月に開催されたTEMM15では、環境大臣が光化学オキシダントやPM2.5等の大気汚染によって引き起こされる健康被害に対し懸念を表明した。また、科学的知識を拡大するとともに地域協力を強化することの重要性を認識し、大気汚染問題に取り組むための適切な対策の必要性を強調した。このためTEMM15では、三カ国による大気汚染に関する政策対話を新たに設置することに合意した。

このように、日中韓の北東アジアの三カ国は、光化学オキシダント汚染のメカニズムを解明するために、地域レベルでの科学的な研究協力を模索してきた。さらに、情勢の変化に応じて、光化学オキシダントだけでなくPM2.5等を含むスコープの拡大を念頭に、共同研究の今後の方向性について議論を展開しつつある。しかし、既存の共同研究計画に関しては、各国の見解や能力の相違を背景に、依然として実施には至っていないのが現状である。

### 4) 科学と政策のインターフェイスの制度化

東アジア地域における現行の科学的なイニシアチブとして、EANET、LTPプロジェクトやTEMMの光化学オキシダントに関する研究協力を取り上げ、歴史的展開や制度設計について考察

すると、対象領域や活動、組織構造、ステークホルダー、科学と政策の相互作用などの点で個々の進展や問題が見られる。(表(4)-2 参照) 既存の枠組みはそれぞれ、科学者の選定手続きや財源などの点から「組織的にも財政的にも弱く」、使用可能な知識を生み出すような制度としては確立されていない。また、科学と政策の相互作用を促すような体制も不十分であり、科学コミュニティと政策コミュニティによる知識の共同生産を可能にするような社会的なプロセスは構築されていない。

このように、「並存状況」にあるこれらの既存の枠組みは、地政学的な特性を背景として、制度的な有効性や効率性の問題に加え、科学的な知識に関してコンセンサスが得られていないという不確実性の問題も抱えている。すなわち、研究活動や研究協力を通じて、特定の問題に関する科学的知識の蓄積や国内における理解の向上につながったものの、全体としては非常に限定的な役割にとどまっており、東アジアの越境大気汚染問題に対し、包括的かつ長期的に対処しうる「科学と政策のインターフェイス」とはなっていない。依然として、東アジア地域の環境ガバナンスは脆弱であり、「科学と政策のインターフェイス」の有効性という観点から理論と実証が乖離していることは明らかであると言える。このため、今後の課題としてインターフェイスの制度化を図っていく必要がある。

表(4)-2 研究協力に関する地域イニシアチブの制度設計

	EANET -SAC-	LTP project	TEMM -Ozone Workshop-
問題領域	特定 (酸性雨)	包括的 (越境大気汚染)	特定 (光化学オキシダント)
対象地域	東アジア	北東アジア (日本、中国、韓国)	北東アジア (日本、中国、韓国)
主な活動	<ul style="list-style-type: none"> <li>モニタリング</li> <li>排出インベントリ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>モデリング</li> <li>モニタリング</li> </ul>	
組織構造	<ul style="list-style-type: none"> <li>事務局: RRC.AP (UNEP)</li> <li>IG</li> <li>SAC -Task Forces</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>事務局: NIER (韓国)</li> <li>Working Group</li> <li>Sub-Working Groups</li> </ul>	事務局: 環境省 (日本、中国、韓国)
ステークホルダー	科学者／研究者／ 技術者	<ul style="list-style-type: none"> <li>官僚</li> <li>科学者／研究者</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>官僚</li> <li>科学者／研究者</li> </ul>
科学と政策の 相互作用	<ul style="list-style-type: none"> <li>年次会合 (IG)</li> <li>定期報告書 (5年ごと)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>専門家会合</li> <li>国別報告書 (1年ごと)</li> </ul>	三カ国ワークショップ

## (5) 研究結果

国際政治学の観点から「科学と政策のインターフェイス」について分析した結果、科学的な知識が政策決定過程に影響を及ぼすためには、提供される知識が科学的であるのみならず政策決定者にとって使用可能なものであり、信頼性、正当性および適切な発信という要件を満たす必要があることが明らかとなった。さらに、インターフェイスの有効性を高める上で、制度設計のあり方が重要な役割を果たし、委員会の形態などの組織構造、科学者や科学機関の選定手続き、財源、参加者の属性、成果報告などの観点から検討する必要があると考察される。その際、科学コミュニティと政策コミュニティによる知識の共同生産を可能にするような社会プロセスの構築が不可

欠である。

東アジアの現状を見てみると、越境大気汚染問題の解決に向けた一致した知識や共通の利益を創出し、確固たる政策決定の基盤を提供しうる科学と政策インターフェイスが構築されていないことは明らかである。多国間協力を推進していくためには、既存の成功事例から知見を得ると同時に、同地域の環境ガバナンスの脆弱性および地政学的な特徴を考慮に入れることが重要である。その上で、インターフェイスを知識の共同生産を目的とした社会的なプロセスであると認識し、広範なステークホルダーの参加を促し、科学者がそのプロセスに参加するための能力や知識の潜在的な利用者が研究成果を理解および信頼するための能力を構築していく必要がある。このようなインターフェイスの制度化を通じて、科学的権威を強化することにより、政策決定の根拠となる科学に対する信頼性、正当性および適切な発信という要件を確保することが可能となると考えられる。

これらの研究成果に基づき、東アジアの科学と政策のインターフェイスの提案においては、「科学的知見」および「科学と政策の相互作用」という2つの視点から検討していくことが重要である。科学的知見の観点からは、「アジアの声」とともに正当性の確保という点で Regional・Global 双方のレベルでの関与が求められる一方、科学と政策の相互作用の観点からは、問題意識を共有する形で政策と科学をまたいだステークホルダーの広範なネットワークの構築が必要であり、そのようなネットワークに基づきながら、政策履行（Implementation）という点で Regional な取り組みが不可欠であると考えられる。

## 5. 本研究により得られた成果

### （1）科学的意義

東アジアの環境ガバナンスの現状を明らかにした上で、科学と政策の相互作用に関して、これまで焦点を当てられていなかったアジア地域の越境大気汚染という文脈から検討を行ったことがあげられる。また、本研究成果に基づき、国際政治学に関わる各国の研究者が集まる世界的な学術会議である International Studies Association（ISA）や Earth System Governance（ESG）において発表し、問題提起を行った。

### （2）環境政策への貢献

#### <行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない

#### <行政が活用することが見込まれる成果>

先行事例から学習するとともに、科学と政策のインターフェイスに関する制度設計のあり方について分析することは、東アジア地域における既存の枠組みの整理・統合や効率化という観点から貢献し得ると考えられる。また、本研究は科学的な研究活動の有効性を担保するのみならず、各国政府がいかに科学的・政策的な側面から国際政策に影響を及ぼし得るかという観点からも重要であると言える。

## 6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない

## 7. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

#### <論文査読あり>

- 1) N. KANIE, P.M. HAAS, S. ANDRESEN, G. AULD, B. CASHORE, P.S. CHASEK, J.A. PUPPIM de OLIVEIRA, S. RENCKENS, O.S. STOKKE, C. STEVENS, S.D. VANDEVEER and M. IGUCHI: *Environment*, 55, 5, 14-30 (2013)

“Green Pluralism: Lessons for Improved Environmental Governance in the 21st Century”

#### <査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) N. KANIE, S. ANDRESEN and P.M. HAAS: *Improving Global Environmental Governance: Best practices for architecture and agency*, Routledge (2014)

#### <その他誌上発表（査読なし）>

- 1) 蟹江憲史、袖野玲子「アジアにおける国際環境レジーム形成の課題—EANET協定化交渉過程からの教訓—」松岡俊二編著『アジアの環境ガバナンス』、勁草書房、pp.33-56 (2013)

### (2) 口頭発表（学会等）

- 1) M. KOGA and N. KANIE: Earth System Governance Tokyo Conference, January 28-31 2013, Tokyo, Japan  
“Designing Science-Policy Interface in Environmental Regime in East Asia: A Case for Transboundary Air Pollution”
- 2) M. KOGA and N. KANIE: International Studies Association Annual Convention, April 3-6 2013, San Francisco, USA  
“Designing Science-Policy Interface in Environmental Regime in East Asia: A Case for Transboundary Air Pollution”
- 3) M.KOGA and N. KANIE: International Studies Association Annual Convention, March 26-29 2014, Toronto, Canada  
“Strengthening Environmental Governance in East Asia: A Case for Transboundary Air Pollution”
- 4) N. KANIE: International Studies Association Annual Convention, March 26-29 2014, Toronto, Canada  
“Challenges in Environmental Regime Building in Asia: Lessons from the Negotiation Process to Enhance Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET)”

### (3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

## (4) シンポジウム、セミナー等の開催

特に記載すべき事項はない

## (5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

## (6) その他

特に記載すべき事項はない

## 8. 引用文献

- 1) Takahashi, Wakana. 2002. "Problems of Environmental Cooperation in Northeast Asia: The Case of Acid Rain." In Paul G. Harris, ed., *International Environmental Cooperation: Politics and Diplomacy in Pacific Asia*. University Press of Colorado. pp. 221-247.
- 2) Nam, Sangmin. 2002. "Ecological Interdependence and Environmental Governance in Northeast Asia: Politics Versus Cooperation." In Paul G. Harris, ed., *International Environmental Cooperation: Politics and Diplomacy in Pacific Asia*. University Press of Colorado. pp. 167-202.
- 3) Andresen, Steinar, Skodvin, Tora, Underdal, Arild and Wettestad Jørgen. 2000. *Science and politics in international environmental regimes: Between integrity and involvement*. Manchester University Press.
- 4) Haas, Peter M. 2004. "When does power listen to truth? A constructivist approach to the policy process." *Journal of European Public Policy* 11 (4): 569-592.
- 5) Clark William and Dickson Nancy. 1999. "The Global Environmental Assessment Project: Learning from Efforts to Link Science and Policy in an Independent World." *Acclimations* 8: 6-7.
- 6) Mitchell, Ronald B., Clark, William C. and Cash, David W. 2006. "Information and Influence." In Mitchell, Ronald B., Clark, William C., Cash, David W. and Dickson Nancy M. eds. *Global Environmental Assessments: Information and Influence*. The MIT Press.
- 7) Siebenhüner, Bernd. 2002. "How do scientific assessments learn?" *Environmental Science & Policy* 5: 411-427.
- 8) Haas, Peter M. and Stevens, Casey. 2011. "Organized Science, Usable Knowledge, and Multilateral Environmental Governance." In Lidskog, Rolf and Sundqvist, Göran eds. *Governing the Air: The Dynamics of Science, Policy, and Citizen Interaction*. The MIT Press.
- 9) 蟹江憲史、袖野玲子. 2013. 「アジアにおける国際環境レジーム形成の課題—EANET協定化交渉過程からの教訓—」松岡俊二編著『アジアの環境ガバナンス』. 勁草書房. pp. 33-56.

## (5) 大気汚染物質削減交渉に資するコベネフィットアプローチの制度設計に関する研究

東北大学東北アジア研究センター

明日香 壽川

<研究協力者>

東北大学東北アジア研究センター

盧 向春

平成21～25年度累計予算額：33,745千円

(うち、平成25年度予算額：5,967千円)

予算額は、間接経費を含む。

### [要旨]

人間の経済活動に伴うエネルギー消費は気候変動と大気汚染を同時に引き起こす。これは、それぞれの対策がもう一方の方の問題の解消にも役立つというコベネフィット（共便益）を発生させることを意味する。本研究では、気候変動政策と大気汚染政策の費用、便益、コベネフィットを同時に明らかにする統合評価モデル（IAM）を構築した。本モデルは、オランダの研究チームが構築したモデルを、1) 対象国の一部を変更（インドの代わりに韓国を対象国に選定）、2) IIASAのGAINS Asia モデルのデータを活用、3) 中国国家発展改革委員会エネルギー研究所の最新の気候変動対策シナリオを参照、4) 中国から日本へのPM<sub>2.5</sub>の広域輸送を数式化して考慮、などの点をさらに修正・改良したものである。これによって、気候変動と大気汚染に関する東アジアの最新の状況をより細かく統合評価モデルで表現できるようになった。本研究は重要な結論を得た。1) 気候変動政策においてコベネフィットは非常に重要である。コベネフィットを考慮しなければ気候変動政策は日本のような先進国であってもポジティブな便益を得ることができない、2) 気候変動政策と大気汚染対策の両方を実施するような統合政策シナリオは最適な経済便益をもたらす、3) 中国の場合、気候変動政策の便益は長期的な観点から考える必要がある、4) グローバルな最適化と国ごとの最適化の差から気候変動政策のインセンティブ・パワーを定義して推算すると、国としての利益とグローバルな利益との差が一番大きいのは中国である、5) 広域輸送を考えた場合、統合的政策シナリオのPM<sub>2.5</sub>の排出権価格の変化が見られた。これは、広域輸送の影響を受ける国（日本、韓国）のPM<sub>2.5</sub>排出量が実質的に増加したことになるため、同じ削減目標の下での排出権価格が上昇したと考えられる、などである。本研究では、このようなモデルの分析結果を踏まえて、クリーン開発メカニズムの活用や他のイシューとのリンケージを考慮した大気環境管理の具体的な制度設計案を提示した。

### [キーワード]

IAMモデル、コベネフィット、気候変動、大気汚染、広域輸送、越境係数

### 1. はじめに

近年、地球規模の気候変動、地域的な大気汚染、そして地域間の越境大気汚染に関する科学的

な認識がますます深まっている。そして、そのような科学的な認識の深まりを踏まえ、人類の社会・経済活動による気候変動のリスクや大気汚染の経済的被害に関する定量的な研究が国際社会および各国政府によるエネルギー・環境政策の立案・形成の一つの基礎となりつつある。

人類による社会・経済活動は、エネルギー源としての化石燃料の燃焼によることから、気候変動対策として温室効果ガスの排出を削減すると大気汚染物質の排出も同時に削減される。同様に大気汚染対策を実施した場合、大気汚染物質の排出を削減すると温室効果ガスの排出も同時に削減される。このような地球規模の気候変動への対策と地域的な大気汚染への対策との間に存在する相補的な関係は共便益と定義される。

共便益に関しては、副次的便益、コベネフィット、マルチベネフィットなどの様々な呼称がある。一般的には、ある対策をある目的で実施した場合に別の目的も同時に達成できる場合を示す言葉として広義に理解されている。ただし、本研究では、特定の政策シナリオの共便益という意味で使う場合は、より限定的に用いている。

これまで共便益の分析に関しては、様々な定性的あるいは定量的な研究が行われてきた。例えば、すでにIPCCの第4次報告書において、気候変動政策における共便益の存在とその重要性が強調されており、エネルギー産業を中心に、産業別に共便益の発生メカニズムが分析されている。また、OECD (2000)は、それまでの様々な研究を総論的にまとめている。

本研究では、オランダの研究チームが構築したモデルを、さらに修正・改良した。すなわち、1) 対象国の一部を変更、2) 国際応用システム解析研究所 (IIASA) のGAINSアジアのデータを活用、3) 中国エネルギー研究所などの最新の気候変動対策シナリオを活用、4) 中国から日本への大気汚染物質の広域輸送を数式化して考慮、などの点をさらに修正・改良してAsia MERGEモデルを構築した。これによって、気候変動と大気汚染に関する東アジアの最新の状況をより細かく統合評価モデルで表現できるようになった。

## 2. 研究開発目的

本研究の目的は以下の3つである。第一に、気候変動政策と大気汚染政策における共便益の存在を考慮したマクロ経済モデルを構築し、様々な政策の経済合理性を明らかにする。第二に、各国のエネルギー・環境政策による費用便益を明確にすることによって、環境問題に関する国際的な枠組み、例えば気候変動枠組条約に対して野心的な温室効果ガス排出削減数値目標などを持って温暖化対策にコミットすることと、大気汚染対策にコミットすることの費用便益を比較する。第三に、大気汚染物質の広域輸送を考慮した場合のアジア地域での具体的な大気環境管理システムについて提言を行う。

本研究では、気候変動政策、地域的な大気汚染政策及び統合的対策の三つの政策シナリオについて具体的に以下の点を定量的に明らかにする。それらは、1) 気候変動対策シナリオのもとの、気候変動対策の費用、気候変動対策の便益、共便益（大気汚染被害回避）、費用と便益（共便益を含む）の総和、2) 大気汚染政策シナリオのもとの、大気汚染対策の費用、大気汚染対策の便益、共便益（気候変動被害回避）、費用と便益（共便益を含む）の総和、3) インセンティブ・パワー（気候変動政策あるいは大気汚染政策のみにコミットする場合の便益を示し、インセンティブ・パワーが正であれば、便益（共便益を含む）は政策実施の費用を償うほど大きいことになる）の大きさ、4) 気候変動対策と温暖化対策の両方を実施した場合（両方の外部費用を内部化した場

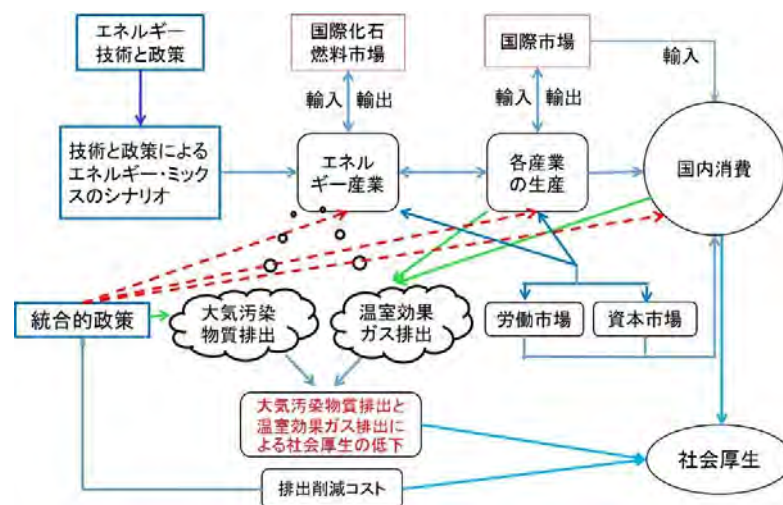
合)のCO<sub>2</sub>とPM<sub>10</sub>の排出権価格、5)中国から日本および韓国へのPM<sub>2.5</sub>の越境汚染を考慮した場合の費用、便益、排出権価格の変化の大きさ、などである

### 3. 研究開発方法

グローバルな気候変動(GCC)と地域的な大気汚染(LAP)の二つの環境問題を同時に分析できる長期的、一般均衡、動学、多地域、多部門のフレームワークを持つマクロ経済モデルであるAsia MERGE(Model for Evaluating the Regional and Global Effects of GHG Reduction Policies)モデルを構築し、複数の政策シナリオのもとでの最適政策分析を行う。

オリジナルなMERGEモデルは、1990年代に温暖化対策の統合評価モデルとして米スタンフォード大学のAlan ManneとRich Richelsがラムゼー・ソローの長期成長モデルに基づくエネルギー産業を中心とする労働力、資本、化石燃料資源を考慮して構築したマクロ経済的な逐次動学モデルである。オランダ環境評価庁(NEAA)の要請によってオランダ国立環境研究所のJonathan Bollenを中心とする研究チームが大気汚染物質PM<sub>2.5</sub>の健康ダメージを考慮する拡張MERGEモデルを構築した、大気汚染対策と気候変動対策の費用便益を同時に2050年や2100年までといった長期的なタイムスパンで評価することを可能にした。

Asia MERGEモデルはアジアの視点から地域を選定し、IIASAのGAINS Asiaモデルのデータと中国国家発展改革委員会エネルギー研究所の最新の気候変動対策シナリオ情報などを活用し、PM<sub>2.5</sub>の広域輸送を数式化して考慮することなどの改良をほどこした統合評価モデルである。図(5)-1はAsia MERGEモデルのフレームワークである。



図(5)-1 Asia MERGEモデルのフレームワーク

Asia MERGEモデルでは、温室効果ガスおよび大気汚染物質がエネルギー産業部門を中心とした生産部門と関連付けされ、市場均衡を達成すると同時に各物質の排出量が一意的に決まる。また、末端排出削減技術によって温室効果ガスおよび大気汚染物質の排出量を削減するために、温室効果ガスおよびPM<sub>10</sub>の排出に対して排出権価格が設定される。このような条件や設定のもと、Asia MERGEモデルでは、気候変動政策と大気汚染政策の効果およびそれぞれの便益、費用、共便益を



評価するために、表(5)-1に示したように、BAUシナリオと3つの政策シナリオ（気候変動政策のみのシナリオ、大気汚染政策のみのシナリオ、2つの政策の統合シナリオ）を設定した。

表(5)-1. Asia MERGEにおける政策シナリオおよび排出権価格の設定

シナリオ名	CO <sub>2</sub> 排出権価格の設定	PM <sub>10</sub> 排出権価格の設定
自然体 (BAU) シナリオ	排出権価格なし (ゼロと設定)	排出権価格なし (ゼロと設定)
気候変動政策シナリオ	CO <sub>2</sub> 排出権価格があり、最適価格がAsia MERGEモデルで内生的に決まる	PM <sub>10</sub> 排出権価格なし (ゼロと設定)
大気汚染政策シナリオ	CO <sub>2</sub> 排出権価格なし (ゼロと設定)	PM <sub>10</sub> の排出権価格があり、最適価格がAsia MERGEモデルで内生的に決まる
統合的政策シナリオ	CO <sub>2</sub> 排出権価格があり、最適価格がAsia MERGEモデルで内生的に決まる	PM <sub>10</sub> の排出権価格があり、最適価格がAsia MERGEモデルで内生的に決まる

#### 4. 結果及び考察

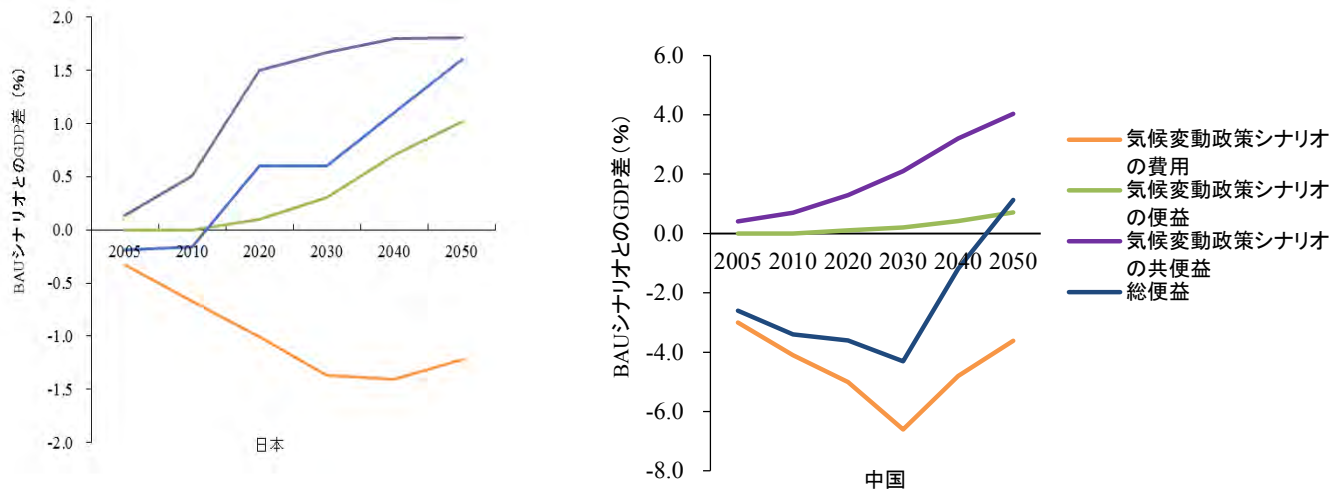
##### (1) 気候変動政策シナリオの費用と便益

気候変動政策シナリオの費用は、BAUシナリオに比較して追加的に発生した温室効果ガス削減のための国民支出である。エネルギー・ミックスの変化などによる温室効果ガス排出削減によって大気汚染物質の排出削減も同時に実現される。したがって、直接的に大気汚染物質の排出削減費用を発生させなくても、結果として大気汚染物質の排出削減が実現する。この削減分を国民健康の貨幣価値に換算すれば、BAUシナリオより増加した便益が明らかになる。

これが本研究での「共便益」であり、気候変動政策シナリオの場合は大気汚染物質の排出減少による大気汚染被害低減が共便益であり、大気汚染政策シナリオの場合は温室効果ガスの排出減少による気候変動被害の低減が共便益となる。また、本研究では、便益と共便益の和から費用を差し引いたものを総便益と定義する。そして、便益、共便益、費用、そして総便益の経済的価値をBAUシナリオとのGDP差の違いを計算することで定量的に明らかにする。

図(5)-2は、気候変動政策シナリオのCO<sub>2</sub>排出削減の便益、共便益、費用、総便益を示す。これより、大気汚染被害緩和という共便益を考慮しなければ温室効果ガス排出削減のための費用をカバーできないことが分かる。すなわち、共便益の存在が、アジア地域においても気候変動対策を行うインセンティブとして重要であることを示している。

また、日本と中国の温室効果ガスの削減費用は徐々に増加する。しかし、中国については、2030年までは費用が大きく増加するものの、その後は費用が急速に減少する。さらに、日本は中国よりも、より大きな共便益を持つ。すなわち、日本は中国よりも確実に先に利益を得ることができる。一方、中国は高い温室効果ガスの削減費用を負担することになる。これらは、中国では、気候変動政策の実施に関しては長期的な利益を強調する必要性があることを示している。



図(5)-2 気候変動政策のシナリオの費用と便益

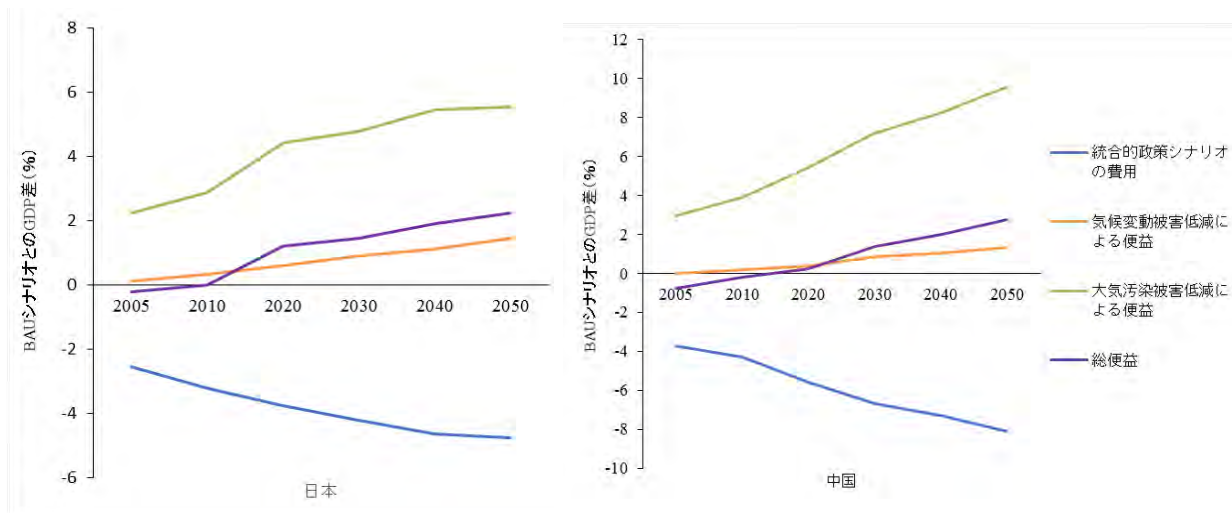
## (2) 統合的政策シナリオの費用と便益

図(5)-3は、統合的政策シナリオの費用と便益を示す。このシナリオでは、気候変動の被害と大気汚染の被害の両方が考慮され、気候変動対策と大気汚染対策の両方の技術導入と排出権価格が設定されている。

これより、統合的政策シナリオの費用は気候変動政策あるいは大気汚染政策シナリオのそれぞれの費用より大きいものの、便益も増加していることが分かる。すなわち、この統合的政策によってより大きな便益が得られる。

また、総便益は、日本も中国も2005年時点ではマイナスである。そして日本は2010年、中国は2017年前後にプラスに転じる。すなわち、中国は、統合的政策シナリオでの正の総便益を得るためには、日本より長い時間がかかる。これは、日本に比べて気候変動政策シナリオの費用が高いことが理由として考えられる。

さらに、日本でも中国でも、統合的政策シナリオのCO<sub>2</sub>排出量の減少が最も多い。この評価および各シナリオの費用及び便益を考慮して、政策シナリオの選択がなされることになる。

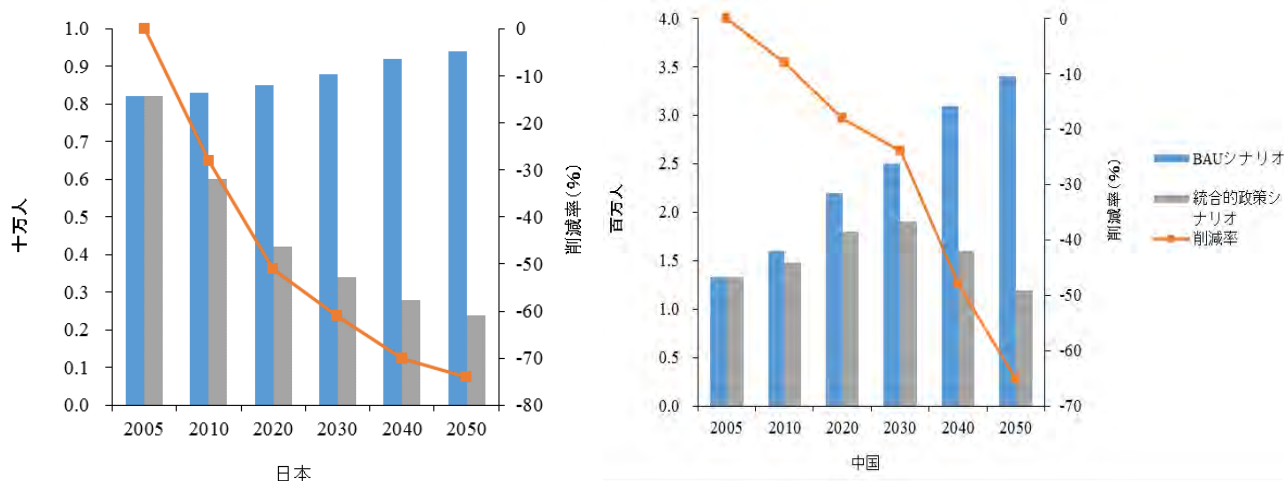


図(5)-3 統合的政策シナリオの費用と便益

注：BAUシナリオと統合的政策シナリオにおける費用、便益、総便益のGDP差の大きさの時間的変化を示している。ここでは、総便益＝気候変動被害低減による便益＋大気汚染被害低減による便益－統合的政策シナリオによる費用である。

(3) 大気汚染による早期死亡者数の変化

図(5)-4は、日本と中国での統合的政策シナリオによる早期死亡者数の変化を示す。これより、日本においても中国においても大気汚染による早期死亡者がBAUと比較して大幅に削減されることがわかる。



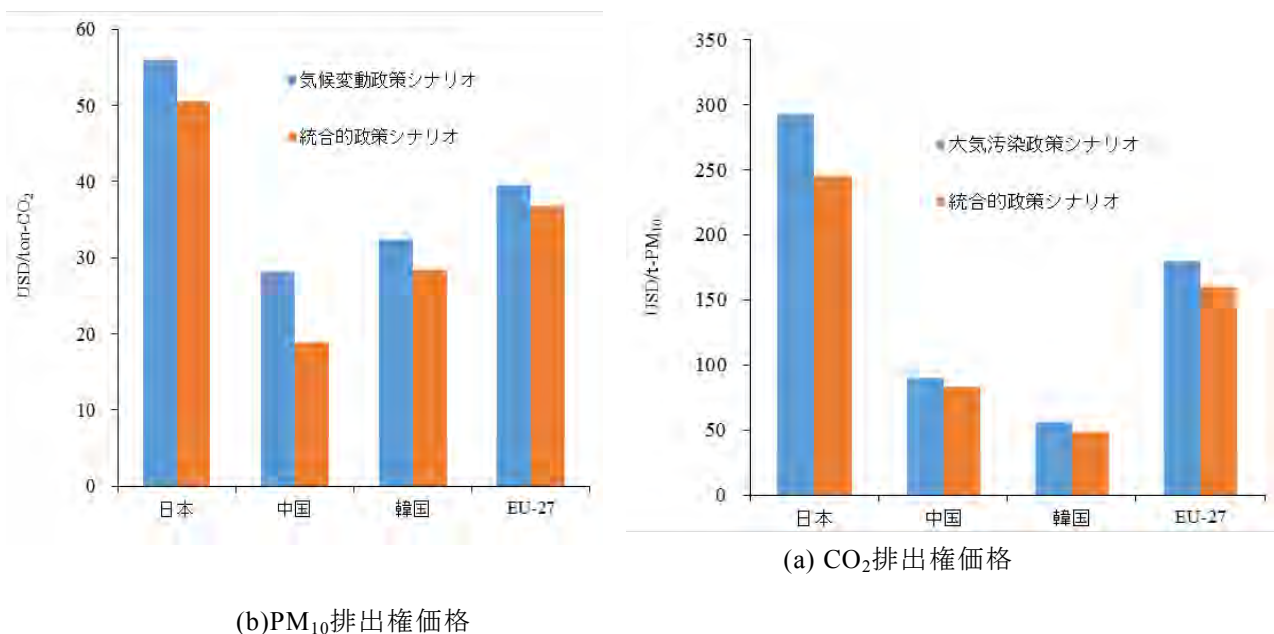
図(5)-4 統合シナリオの早期死亡者数

ただし、中国の場合、絶対量での早期死亡者が減少するのは2030年以降である。一方、日本の場合は、すぐに早期死亡者が絶対量で削減される。さらに、日本における早期死亡者（2005年-2050

年)の減少率は中国より高い。これは、日本がより高い統計的生命価値(VSL)を持つという前提のもとでは、日本における早期死亡者の減少がより大きな便益をもたらすことを意味する。

#### (4) CO<sub>2</sub>排出権価格とPM<sub>10</sub>排出権価格

本研究では、内生変数としてCO<sub>2</sub>とPM<sub>10</sub>の排出権を設定して、最適シナリオにおけるそれぞれの排出権価格を計算した。図(5)-5の(a)と(b)は、それぞれCO<sub>2</sub>とPM<sub>10</sub>の各シナリオでの排出権価格を示す。これより、統合的政策シナリオでの削減費用は最も大きいものの、CO<sub>2</sub>排出権価格は気候変動政策シナリオよりも低いことが分かる。同じ結果がPM<sub>10</sub>排出権価格でも得られる。中国でも気候変動政策シナリオのみに比べて、統合的政策シナリオでのCO<sub>2</sub>排出権価格が大幅に小さくなっている。これらは効率性がより高いことを意味し、共便益を考慮する経済的合理性が大きいことを示している。



図(5)-5 各シナリオでの各国・地域における排出権価格

#### (5) インセンティブ・パワー

気候変動政策シナリオのインセンティブ・パワーは、1) 世界全体の厚生最大化によって気候変動政策を実施する場合の各国の費用、便益、共便益を計算、2) 前の1)の場合と同じ大きさの大気汚染物質排出削減による共便益を得るために、地域的な大気汚染政策を実施する場合のGDP支出費用を計算、3) 前の2)で求めた地域の最適政策(大気汚染政策)に対応した費用と、前述の地球規模の気候変動政策の費用を考慮した総便益を比較して、その差をインセンティブ・パワーとして求める。通常、インセンティブ・パワーはマイナスであり、その絶対値が大きければ大きいほど地球規模の気候変動対策に参加するインセンティブが小さいことによる。

各国の気候変動政策シナリオのインセンティブ・パワー表(5)-2を見ると、気候変動政策シナリオで、中国のインセンティブ・パワーが最も小さい(絶対値は大きい)。これは、中国が気候変動政策シナリオから得られる便益と同じ大きさの便益を大気汚染対策で得る方が、政策費用を大

幅に低減させることができるからである。それと対照的に、日本のインセンティブ・パワーは大きい（絶対値は小さい）。これは、削減費用があまり変わらず、地域視点と地球規模の視点での最適化に大きな差がないことを示す。

表(5)-2 気候変動政策シナリオにおけるインセンティブ・パワー

		世界	日本	中国	韓国	EU 27
気候変動政策シナリオ	CO <sub>2</sub> 削減率 (%. 2505年BAU比較)	75.66	52.88	79.65	68.78	76.24
	PM-死亡人口の削減 (%)	46.37	30.97	50.37	40.27	35.01
	費用 (GDP削減割合) (% GDP)	-3.07	-1.45	-6.87	-2.98	-1.88
	便益 (気候変動緩和) (% GDP)	0.19	0.38	0.02	0.10	0.35
	共便益 (大気汚染緩和) (% GDP)	1.80	1.40	4.60	2.89	1.67
	総便益 (便益+共便益-費用) (% GDP)	-1.08	0.33	-2.25	0.01	0.14
代替的大気汚染対策シナリオ	総便益(便益-大気汚染対策費用) (% GDP) (注)	1.00	0.81	3.27	1.33	0.95
インセンティブ・パワー	気候変動政策の総便益-代替 地域大気汚染政策の総便益 (% GDP)	-2.08	-0.48	-5.52	-1.32	-0.81

注：ここでの代替的大気汚染対策シナリオは、気候変動政策シナリオで得られる共便益（大気汚染被害低減）と同じ大きさの便益が最小の費用で得られる大気汚染対策シナリオを意味する。

ただし、インセンティブ・パワーが小さいからといって、必ずしも国あるいは地域が気候変動における野心的なコミットをしないとは一概には言えない。なぜなら、後述するように統合的政策の方が経済合理的な場合があると同時に、気候変動政策に関しては、エネルギー安全保障などの他の社会的インセンティブも存在するからである。

## （6）越境汚染の考慮

気候変動対策のみを実施した場合は、PM<sub>2.5</sub>の広域輸送の有無に関わらず両国における費用と便益は変わらない。しかし、大気汚染対策のみ、および気候変動対策と大気汚染対策の両方を実施する場合、日本では便益と費用が増加する。また、広域輸送を考えた場合、気候変動対策と大気汚染対策の両方を実施する場合の日本および韓国におけるPM<sub>2.5</sub>の排出権価格は上昇する。これは、広域輸送の影響を受ける国のPM<sub>2.5</sub>排出量が増加したことになるために排出権価格が上昇したと考えられる。

### (7) 中国の大気汚染対策に関する日中協力メカニズムの提案

本研究では、日本が中国からPM<sub>2.5</sub>排出を削減するようなクリーン開発メカニズム（CDM）のクレジットを市場価格よりも安く購入し、中国はそれで得た収入を「日中環境エネルギー・ファンド」への原資とするというメカニズムの構築を提案した。このファンドは、中国での環境エネルギー・資源プロジェクトへの投資を目的とし、プロジェクト実施に対しては日本企業と中国企業に優先権を与える。

このメカニズムの課題としては、CDMクレジットの価格が低い現時点では、通常のCDMクレジット価格よりも安い価格で日本が購入するのが現実的には難しいことがある。しかし、クレジット価格はいずれ上昇することが予想される。また、何らかのお金と技術が流れる仕組みがなければ効果的な枠組みの構築は不可能である。日中共同環境エネルギー・ファンドの原資としては、多くの議論が必要だと思われるものの、対中円借款の返済金（年間の金利分が800億円、元本分が2000億円）も選択肢としては考えられる。いずれにしろ日中間の様々な懸案を束ねたパッケージでの交渉となる。

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

気候変動対策と大気汚染対策の費用便益を同時に明らかにする統合評価モデルを、オランダ国立環境研究所の研究チームに次いで世界で2番目に構築した。東北大学チームが構築した一般均衡モデルであるAsia MERGEモデルは、オランダの研究チームが構築した修正MERGEモデルを、さらに修正・改良したものである。これによって、気候変動と大気汚染に関する東アジアの最新の状況をより細かくIAMモデルで表現できるようになった。また、PM<sub>2.5</sub>排出権価格の計算や越境汚染の統合評価モデルへの導入は世界で初めての試みである。

### (2) 環境政策への貢献

途上国においては、少なくとも短期的には、経済合理性の観点からは、大気汚染対策が主であり温暖化対策が従であることを定量的に明らかにした。しかし、同時に、大気汚染対策の便益は大きく、その共便益である温暖化被害回避の便益も大きいことを示された。このような認識を先進国の政策決定者が持つことによって、途上国との環境協力やコミュニケーションがより円滑なものになると思われる。また、提案した日中協力のメカニズムは、両国政府が検討する意義があると考えられる。

#### <行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない

#### <行政が活用することが見込まれる成果>

特に記載すべき事項はない

## 6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない

## 7. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

#### <論文(査読あり)>

特に記載すべき事項はない

#### <査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない

#### <その他誌上発表(査読なし)>

- 1) 明日香壽川・李志東・盧向春: 世界, 一月号, 岩波書店, 92-103 (2010)  
「COP15 に向けて中国の意味ある参加とは? - 中国政府が掲げる温暖化対策の目標と「低炭素発展」のシナリオを読み解く」
- 2) 明日香壽川・盧向春: <http://www.cneas.tohoku.ac.jp/labs/china/asuka/chinatarget.pdf>  
「中国の排出削減数値目標の見方 - 中国政府発表CO2原単位40-45%削減をどう評価するか?」
- 3) 明日香壽川: 環境と公害、第43巻1号、p.56-59 (2013)  
「中国の大気汚染問題と日本の協力のあり方」、.
- 4) J. ASUKA: Japan for Sustainability Newsletter #133, September 30, 2013 Japan for Sustainability.  
<http://www.japanfs.org/en/>  
“Transboundary Air Pollution from China: Possibilities for Cooperation with Japan”
- 5) 明日香壽川: 日中経協ジャーナル4月号, 日中経済協力協会 (2013)  
「中国における最近の大気汚染問題と日中協力のあり方」

### (2) 口頭発表(学会等)

- 1) 盧向春、明日香壽川: 環境経済・政策学会2012年大会, 東北大学, 仙台  
「温暖化と大気汚染物質削減の統合政策に関するコベネフィット分析」
- 2) X. LU, J. ASUKA: International Workshop on Strengthening the International Cooperation Framework and Science-Policy Interface to Promote Air Pollution Control in East Asia, 5-6 March 2012, Yokohama, Japan  
“Economic Perspectives on Co-benefits”
- 3) X. LU, J. ASUKA: Presentation at the third Asian Seminar in Regional Science, Aug. 8th, 2013, National Dong Hwa University, Hualien, Taiwan  
“Analysis of Co-benefits of Integrated Policies to Mitigate both Global Climate Change and Local Air Pollution”

**(3) 出願特許**

特に記載すべき事項はない

**(4) シンポジウム、セミナー等の開催**

特に記載すべき事項はない

**(5) マスコミ等への公表・報道等**

- 1) 明日香壽川がNHKのテレビ番組「週刊ニュース深読み」（教育テレビ2013年2月16日）に出演して越境汚染問題について解説した。
- 2) 明日香壽川 2013年10月21日（22:00～）NHKテレビ BS1 ワールドWaveトゥナイト「PM2.5問題」出演

**(6) その他**

特に記載すべき事項はない

**8. 引用文献**

- 1) OECD (2000). Ancillary Benefits and Costs of Greenhouse Gas Mitigation. Paris, France, OECD.



## (6) 東アジアにおけるオゾン・エアロゾル汚染の低減による温暖化対策とのコベネフィット評価に関する研究

(一財) 日本環境衛生センターアジア大気汚染研究センター

秋元 肇

### <研究協力者>

(独) 国立環境研究所

永島 達也

名古屋大学大学院環境学研究科

須藤 健悟

九州大学応用力学研究所

竹村 俊彦

(一財) 日本環境衛生センター

黒川 純一

国際応用システム研究所

マーカス・アーマン

ジーク・クリモント

平成22～25年度累計予算額：38,482千円

(うち、平成25年度予算額：10,261千円)

予算額は、間接経費を含む。

### [要旨]

産業革命以来の全球気温上昇に対して、対流圏オゾン、ブラックカーボン(BC)は二酸化炭素に対してそれぞれ24、21%、合わせて45%もの寄与をしていることが分かった。本研究ではこれらの短寿命気候汚染物質(SLCP)を対象とした東アジアにおけるコベネフィットアプローチの意義を明らかにした。これまで欧米で提唱されているSLCPコベネフィットアプローチでは、ブラックカーボンとメタンの削減が提唱されているが、東アジアにおいては明確な大気汚染の改善がもたらされることが、コベネフィットアプローチの意味であることを明らかにし、対流圏オゾン汚染に関しては地表付近のオゾン濃度の低減、ブラックカーボンに関してはPM<sub>2.5</sub>濃度の低減の視点からの取り組みが必要であることを指摘した。

モデル計算の結果から、放射強制力の低減には温室効果ガスとしてのメタンの排出削減が有効であり、大気汚染としてのオゾン汚染対策としてはNO<sub>x</sub>/VOCの排出削減が有効であることが示された。ブラックカーボンの削減はPM<sub>2.5</sub>削減の視点からも有効である。これらの結果から、我が国がCCACの一環としてアジアの途上国に技術的・資金的援助を行う場合には、こうした視点に立って、PM<sub>2.5</sub>の削減に留意すると共に、NO<sub>x</sub>/VOCの削減とメタンの削減を同時に行う政策をとるべきことなど、欧米とは異なるアプローチが必要であることを指摘した。

IIASAの基準シナリオに従って2030年における全球放射強制力の変化と、北東アジアにおけるオゾン、PM<sub>2.5</sub>の濃度の変化を、全球化学気候モデルおよび、領域化学輸送モデルを用いて評価を行った。産業革命以来の温暖化を2℃以内に抑えることを目指してCO<sub>2</sub>等価温室効果ガス濃度を450ppmに抑える”450 ppm”シナリオでは東アジアにおける大気汚染の改善はほとんど期待できないことが分かったので、本研究では”450 ppm”シナリオから更にNO<sub>x</sub>、VOCおよびBCを30-50%削減する”450ppm-cntr”シナリオをIIASAのGAINSモデルに従って作成した。この場合の東アジアの大気汚染の改善を評価した結果、かなりの程度の地表オゾンとPM<sub>2.5</sub>の改善がもたらされることが示さ

れた。

## [キーワード]

SLCPコベネフィットアプローチ、ブラックカーボン、対流圏オゾン、メタン、NOx/VOC

### 1. はじめに

気候変動対策として二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の排出削減の努力が始まって既に久しいが、一方では最近の洪水・干ばつなどの異常気象の頻発原因が地球温暖化に起因するとの説が次第に認められつつある。このような気候変動対策の議論においては、CO<sub>2</sub>の大気寿命を考慮してどの時間スケールで有効な対策を議論しているのかを明確にすることが、コストベネフィットの観点から重要である。21世紀後半以降、例えば西暦2100年における気候変動を少しでも緩和するためには、全球におけるCO<sub>2</sub>の排出削減を今すぐにでも開始する以外に方策はない。一方、現在既に顕在化していると思われる温暖化に伴う異常気象を今後例えば30年間にわたって少しでも緩和しようとするならば、現時点におけるCO<sub>2</sub>の排出削減は直接的にはほとんど意味を持たない。なぜならばCO<sub>2</sub>の大気寿命は100年以上と非常に長いため、たとえその排出量を現在半減し得たととしても、2030-50年時点の大気中CO<sub>2</sub>濃度は、全く削減しなかったときと比べてほとんど変化しないからである。

現在の異常気象が既に顕在化している温暖化に起因すると考え始められると共に、気候変動への関心は必ずしも遠い子孫のためばかりだけではなく、我が子の時代とも言える中期未来(2020-2050年)の温暖化抑止にも向かうようになってきている。そして中期未来における温暖化抑止は、大気寿命の短い温室効果物質の削減によってのみ可能であるという考え方が、UNEP/WMO報告書<sup>1)</sup>、UNEP報告書<sup>2)</sup>や米国国務省から提案されたCCAC (Climate and Clean Air Coalition)<sup>3)</sup> などによって浸透するようになってきた。そこでは地球温暖化・気候変動をもたらす短寿命物質のことを「短寿命気候汚染物質, SLCP (Short-Lived Climate Pollutants)」と呼んでおり、具体的にはブラックカーボン(BC)、対流圏オゾン(O<sub>3</sub>)、およびオゾン前駆体物質が対象である。

一方、アジアにおいては気候変動対策に比べてより社会的インセンティブが高い大気汚染対策をCO<sub>2</sub>対策とリンクさせることによって、大気汚染物質と温室効果ガスの同時削減を促す国際的な取組がより有効であるという考え方が浮上してきている。本サブテーマはSLCPコベネフィットアプローチに対する関心の急速な高まりを受けて、S-7プロジェクトの2年目(平成22年度)から急遽加えられたものである。大気汚染と気候変動を同時に抑制するSLCPコベネフィットアプローチを東アジア(北東アジア+東南アジア)に適用するための基本的な考え方を確立することを目標とする。

### 2. 研究開発目的

本研究では、まず産業革命以来の地球温暖化に対して対流圏オゾンおよびブラックカーボンがどの程度重要な割合を占めているかを定量的に明らかにし、これら大気汚染物質排出抑制の気候変動抑止に対する潜在的な能力への認識を確立する。

SLCPコベネフィットアプローチに関しては、欧米では大気汚染対策が既に浸透していることから気候変動対策としての側面が強いが、(東)アジアにおける状況はこれとは全く対照的であり、多くの途上国では気候変動対策より大気汚染対策が当面より強い社会的インセンティブを有する。本研究ではこの側面を強調したアジアにおけるSLCP削減の考え方を提言することを目的とする。

具体的には対流圏オゾンに関しては大気汚染物質としての地表付近の境界層オゾンと、温室効果ガスとしての自由対流圏オゾンをはっきり区別し、オゾンの前駆体削減のそれぞれに対する効果を明らかにする。またブラックカーボンに関しては大気汚染の観点からはPM<sub>2.5</sub>との関連が重要であり、この観点から境界層オゾンと合わせてPM<sub>2.5</sub>を指標とした大気汚染対策への効果を評価する。

また、気候変動対策シナリオと大気汚染対策シナリオを合わせたSLCP削減シナリオを具体的に評価するために、オーストリアの国際研究機関である国際応用システム分析研究所(IIASA)との共同研究を行い、GAINS-modelの基準シナリオ、気候安定化シナリオ、大気汚染対策強化シナリオを元に全球放射強制力に対する影響と東アジアにおける大気質に対する影響を評価する。最後に、大気汚染対策を個別に行った場合とCO<sub>2</sub>対策と同時に行った場合の削減コストの予備的比較を行い、NO<sub>x</sub>/VOC対策とCO<sub>2</sub>対策を個別に行った場合に比べて、これらの共制御が経済的に有利であることの一例を示し、SLCPコベネフィットアプローチを東アジアで推進すべきことを提言する。

### 3. 研究開発方法

本研究では東アジアにおけるSLCPコベネフィットアプローチのあるべき考え方を提言することを目的に、SLCP削減の気候影響、大気質影響、および削減費用の推定のため、次の3つのモデルを用いた解析を行った：(1) 気候影響及び領域規模の大気質影響の評価に用いる全球化学気候モデルCHASER/MIROC、(2)より高い空間分解能での大気質影響の評価に用いる領域化学輸送モデルWRF/CMAQ、(3) 削減コストの評価を含む将来シナリオの策定に用いるIIASAのGAINSモデル。図(6)-1に本研究で用いられたモデルの概念図と相互関連を示す。

#### (1) 全球モデル：CHASER/MIROC

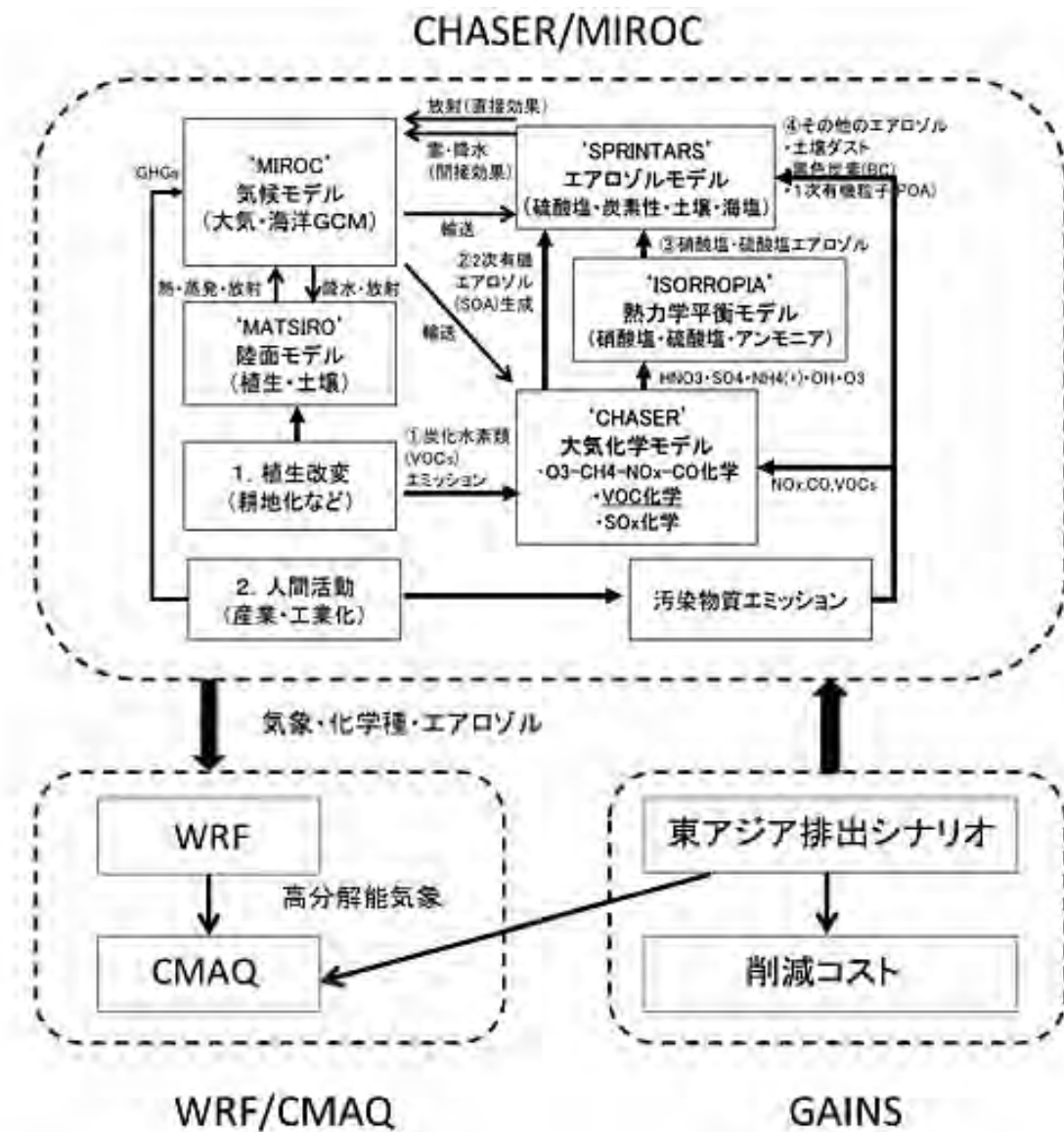
本モデルのベースとなっているのは、化学気候モデルCHASER、エアロゾル気候モデルSPRINTARS、大気海洋結合大循環モデルであり、これらは我が国で開発されている地球システムモデル(MIROC-ESM-CHEM)の一部を構成するものである。本研究で用いられたモデルはS-7-1-(3)で用いられたモデルと共通であり、得られた結果もサブテーマ1-(3)と整合している。CHASER-MIROCによる放射強制力の計算は水平分解能2.8°×2.8°(T42)、鉛直32層(地表～40km)で行われた。

#### (2) 領域モデル：WRF/CMAQ

本研究で用いられたモデルは、S-7-1-(2)で用いられたモデルと共通である。気象モデルとしてはWRF v 3.3.1、化学輸送モデルはCMAQ v 4.7.1が用いられた。CMAQに組み込まれた反応モデルとしては、SAPRC-99、エアロゾル過程はAEROSが用いられた。WRF-CMAQによる東アジアにおける大気汚染物質濃度の計算は80 km × 80 kmのメッシュで行われ、東アジアに対する境界条件は上記の全球モデルから提供された。

#### (3) IIASAモデル：GAINS

GAINSモデルはオーストリアの国際応用システム分析研究所(IIASA)によって開発された大気汚染対策と気候変動対策へ同時に取り組むための費用効果を算定できるモデルである。本研究ではIIASAとの共同研究により、GAINSモデルの基準シナリオ、気候安定化シナリオ、大気汚染対策強化シナリオの提供を受け、上記モデル(1)、(2)を用いて東アジアにおける温暖化影響、大気質影響の評価を行うとともに、GAINSモデルによる大気汚染物質削減費用の予備的推定を行った。



図(6)-1 本研究で用いられたモデルの概念図と相互連関

#### 4. 結果及び考察

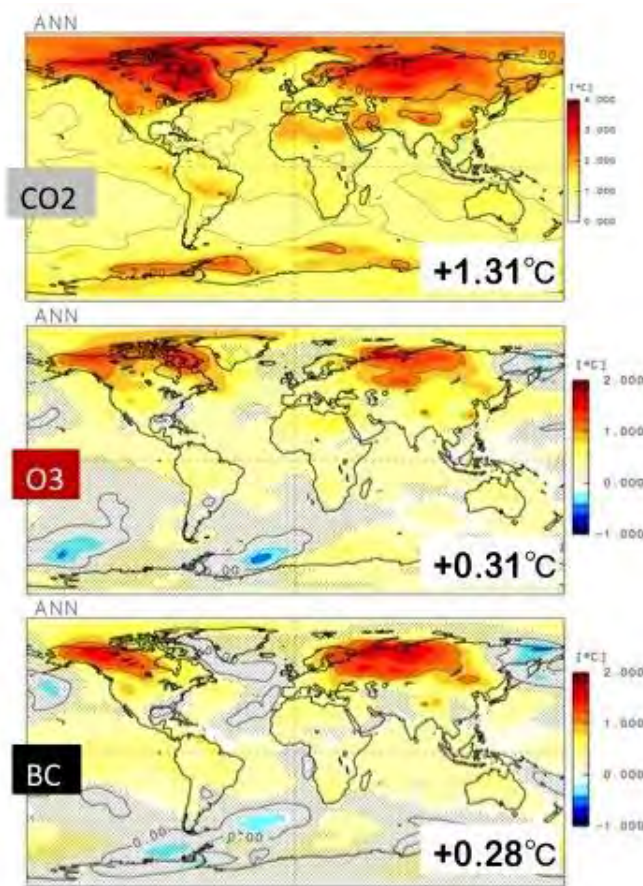
##### (1) オゾン、ブラックカーボンの地球温暖化効果の評価

SLCPとして削減対象となっている $O_3$ とBCの産業革命以来の気温上昇に対する影響を化学気候モデルによって計算し、その結果を $CO_2$ による影響と比較した。排出量シナリオとしては、IPCC AR5用のRCP(Representative Concentration Pathways)の過去シナリオ、およびオゾンに関してはEDGAR-HYDEシナリオを併用し、地表気温の平衡応答( $\Delta T_s$ )を求めた。本研究で気温応答の評価に平衡値(equilibrated)を用いたのは、中期的地球温暖化現象を検討する場合、大気温度と表面海水温との平衡が達成されたあとの平衡温度上昇を対象とすべきと考えられるためである。一般

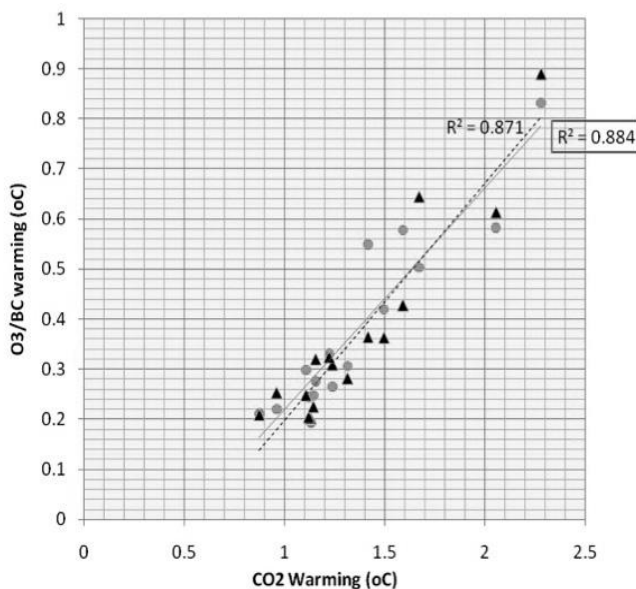
にこの平衡に要する時間は20-30年程度である。

図(6)-2は、全球の地表気温上昇に対する影響をCO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、BCについて比較した図である。図に示された様に全球平均の平衡気温上昇はCO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、BCについてそれぞれ+1.31、0.31、0.28°Cであり、CO<sub>2</sub>に対しO<sub>3</sub>、BCはそれぞれ24、21%合わせて45%と非常に大きな地球温暖化効果を持っていることが示された。このことは産業革命以来現在までの気温上昇・気候変動に対してCO<sub>2</sub>以外のSLCPが通常考えられている以上に大きな原因となっていることを明らかにすると共に、CO<sub>2</sub>削減に比較して経済的により容易と思われるO<sub>3</sub>前駆体物質およびBCの削減が将来の気候変動抑止対策にとって大きなポテンシャルを有していることを示すものである。

O<sub>3</sub>、BCのようなSLCPは大気中寿命が短いため、それらの濃度は大陸規模での大気汚染領域に偏在し、放射強制力にも大きな領域的偏在特性がみられることが知られている。このためSLCPは気候に対して、瞬時的(instantaneous)にはCO<sub>2</sub>と異なる地域的気候影響を与える可能性があることがこれまで議論されてきたが、このことは気候変動に対するCO<sub>2</sub>との並列での議論を難しくするものと思われる。そこで本研究では、上述の様に気温影響として瞬時応答でなく平衡応答での評価を行った。図(6)-2からは、産業革命以来の対流圏オゾンとブラックカーボンによる産業革命以来の気温上昇の地域パターンが全球的に見てCO<sub>2</sub>による気温上昇とかなり類似していることが見て取れる。即ち、気温上昇はユーラシア大陸および北米大陸の高緯度で最も大きい。このことをより定量的



図(6)-2 産業革命以来のCO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、BCによる全球気温上昇。



図(6)-3 産業革命以来の領域毎のO<sub>3</sub>、BCによる気温上昇のCO<sub>2</sub>による気温上昇との相関

に検証するため、図(6)-3には各領域毎のO<sub>3</sub>、BCによる気温上昇のCO<sub>2</sub>による気温上昇との相関を示した。

図(6)-3にみられる様にCO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、BCによる平衡気温の上昇の比率は、各領域でほぼ並行関係にある事が見いだされた。このことは、地球温暖化に対してO<sub>3</sub>、BCによる平衡気温上昇とCO<sub>2</sub>による気温上昇とを横並びで評価できることを意味しており、コベネフィットアプローチへの論理的妥当性を与えるものということが出来る。このことは本研究で得られた大きな成果であるが、本研究では、海洋モデルとして、単純化された混合層モデルを用いており、海洋中の循環の応答も含めた更なる解析が必要である。

これらの結果を基に、SLCPの温暖化の物差しとしての指標(メトリック)について検討を行った。表(6)-1は本研究の計算から得られたいくつかの領域についての産業革命以来のCO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、BC、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の圏界面での放射強制力(RF)、地表気温上昇( $\Delta T_s$ )、及びそれらの比である気候感度( $\lambda = \Delta T_s / RF$ )などをまとめたものである。

表(6)-1にみられるように、全球におけるCO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、BCの放射強制力はそれぞれ1.61、0.51、0.34、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の放射強制力は -0.31(直接)、-1.01(間接) W m<sup>-2</sup>、平衡気温上昇はそれぞれ1.31、0.31、0.28、-0.52 °CでありO<sub>3</sub>、BCを合わせた放射強制力はCO<sub>2</sub>の53%、気温上昇への寄与は45%である。一方SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>による気温低下はO<sub>3</sub>、BCを合わせた気温上昇をほぼ打ち消すほどの大きさである。また気候感度はCO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、BC に対しそれぞれ、0.81、0.60、0.82 °C m<sup>2</sup> W<sup>-1</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> に対し1.58(直接)、0.39(間接) °C m<sup>2</sup> W<sup>-1</sup>と求められた。

ここでCO<sub>2</sub>の気候感度に対するO<sub>3</sub>、BC、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の気候感度の比を気候影響効率(Efficacy, E)と定義すると、全球に対するO<sub>3</sub>、BC、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>のEfficacyはそれぞれ0.74、1.01、0.47と求められた。この気候影響効率の値を用いて、有効放射強制力(RFE)を、

$$RFE(i) = RF(i) \times E(i)$$

で定義すると、産業革命以来の全球平均のRFEの値は

$$RFE(O_3) = 0.51 \times 0.74 = 0.38 \text{ W m}^{-2}$$

$$RFE(BC) = 0.34 \times 1.01 = 0.34 \text{ W m}^{-2}$$

$$RFE(SO_4^{2-}) = -1.34 \times 0.47 = -0.63 \text{ W m}^{-2}$$

と求められる。本研究では有効放射強制力をSLCPの温暖化メトリックとして提言したい。ちなみに北半球、南半球平均の有効放射強制力の値はO<sub>3</sub>、BCに対してそれぞれ0.46(N.H.)、0.39(S.H.); 0.26(N.H.)、0.28(S.H.)と求められ、領域によって異なった値が得られるが、コベネフィットアプローチの議論では領域毎ではなく全球平均で評価した方が良いのではないかと思われる。

表(6)-1 CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, BC, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>による産業革命以来の平衡気温上昇, 気候感度, 及び相対気候感度

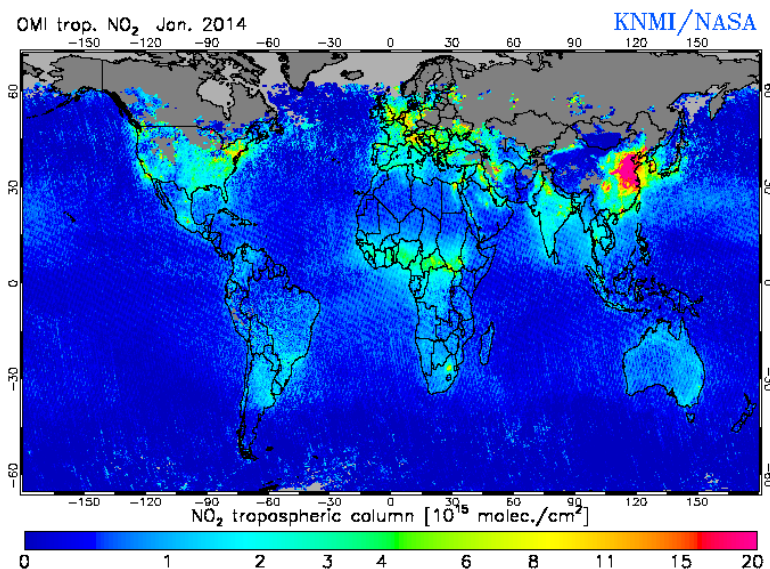
	全球	北半球	南半球	北米	欧州	中国
放射強制力 (RF, W m <sup>-2</sup> )						
CO <sub>2</sub>	1.61	1.62	1.60	1.58	1.59	1.57
O <sub>3</sub>	0.51	0.60	0.43	0.50	0.48	0.67
BC	0.34	0.48	0.20	0.18	0.38	1.39
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (Direct)	-0.33	-0.54	-0.12	-0.74	-0.97	-1.23
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (Indirect)	-1.01	-1.62	-0.40	-2.08	-3.77	-2.26
平衡気温上昇 (ΔT <sub>2</sub> , °C)						
CO <sub>2</sub>	1.31	1.50	1.13	2.05	1.67	1.59
O <sub>3</sub>	0.31	0.42	0.19	0.58	0.50	0.58
BC	0.28	0.36	0.20	0.61	0.65	0.43
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-0.52	-0.96	-0.08	-1.62	-1.65	-1.48
気候感度 (λ, °C/(W m <sup>-2</sup> ))						
CO <sub>2</sub>	0.81	0.92	0.71	1.30	1.05	1.01
O <sub>3</sub>	0.60	0.70	0.45	1.17	1.05	0.86
BC	0.82	0.75	1.00	3.49	1.71	0.31
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (Direct)	1.58	1.79	0.62	2.19	1.70	1.20
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (Direct + Indirect)	0.39	0.44	0.14	0.57	0.35	0.42
Efficacy (E = λ(i)/λ(CO <sub>2</sub> ))						
O <sub>3</sub>	0.73	0.76	0.63	0.90	1.00	0.85
BC	1.01	0.82	1.42	2.68	1.63	0.30
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (Direct + Indirect)	0.47	0.48	0.20	0.44	0.33	0.42

## (2) 大気質および温暖化に対するNO<sub>x</sub>、VOC、CH<sub>4</sub>削減効果の評価

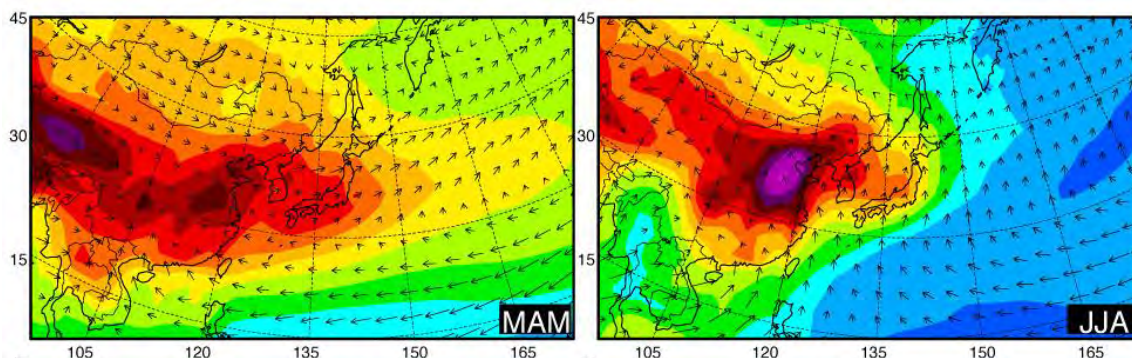
温室効果ガスとしての対流圏オゾンの濃度低減のため、UNEP報告書(2011年)<sup>1,2)</sup>やCCAC(Climate (2012)<sup>3)</sup>では欧米の考え方を反映して、メタン(CH<sub>4</sub>)のみの排出削減を提言している。このような考え方は欧米では既に大気質としてのオゾン(オキシダント)低減のためのNO<sub>x</sub>削減対策は十分施行済であり、現実に欧州で1990年代、北米では2000年代以降NO<sub>x</sub>濃度は減少し続けており、これ以上地表付近のオゾン対策を推進するインセンティブがないためと考えられる。しかるに東アジアにおける状況は欧米とは対照的であり、図(6-4)の衛星データで示されるように、中国北東部、朝鮮半島から我が国へかけての北東アジアは現在(2014年)世界でも最もNO<sub>x</sub>濃度が高い領域となっている。

このことを反映して現在、中国中東部から我が国に到る北東アジアは、図(6-5)に見られるように世界でも最もオゾン汚染の激しい地域となっ

ている(サブテーマS-7-1-(2);Nagashima et al.<sup>4)</sup>)。このことはサブテーマS-7-3-(3)で報告されるように北東アジアから東南アジアにおいてPM<sub>2.5</sub>とともにO<sub>3</sub>によるヒトの死亡率を非常に高める原因となっており、この地域でSLCPコベネアプローチを推進する場合にはこれらによる大気汚染の抑止をもたらす施策が極めて重要となる。



図(6-4) 衛星データ(OMI)による全球対流圏オゾンカラムの分布(2014年1月) (KNMI/NASAのデータによる)

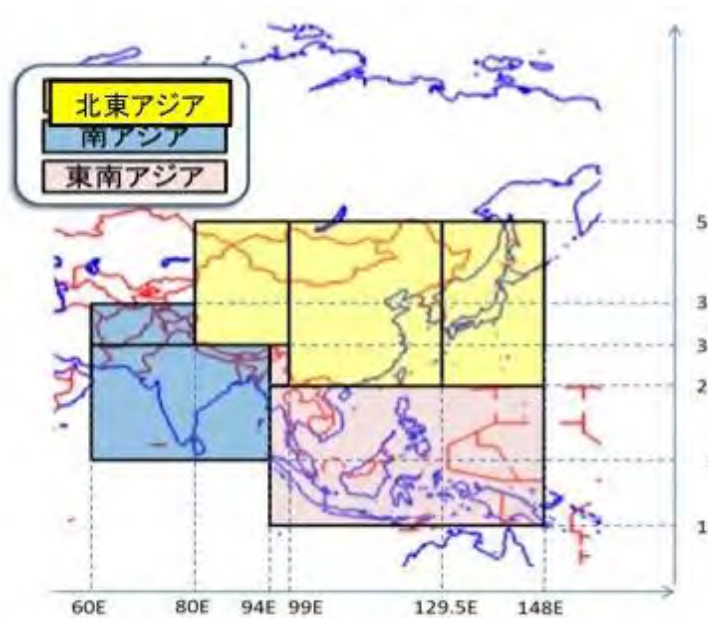


図(6-5) シミュレーションによる春期(3-5月)(左図)および夏期(6-8月)の地表付近のオゾン汚染の広がり(Nagashima et al.<sup>4)</sup>)

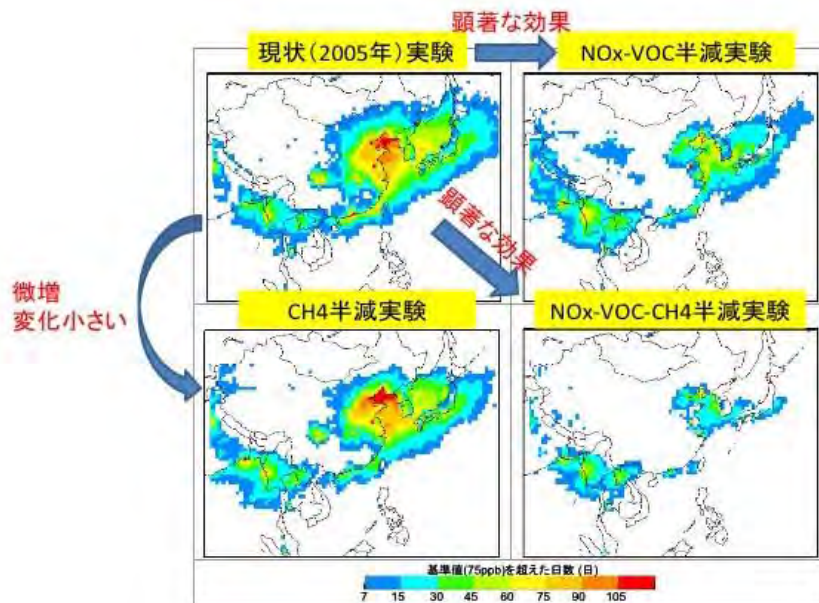


この様な考え方に従って、本研究では図(6)-6に示したアジア地域の内、北東アジア領域について2005年を参照年としてNO<sub>x</sub>/VOC の人為排出量を半減した場合、CH<sub>4</sub>の排出量を半減した場合および、この両者を同時に半減した場合に地表付近のO<sub>3</sub>濃度および気候影響(放射強制力)がどのように変化するかを調べた。図(6)-7は領域モデルを用いてO<sub>3</sub>の8時間平均値が75 ppbを超える日数について、2005年との比較を示したものである。図に見られるようにCH<sub>4</sub>半減実験では、現状に比べて高濃度O<sub>3</sub>の日数はほとんど変化しないかむしろ微増するのに対し、NO<sub>x</sub>/VOC半減実験では、O<sub>3</sub>高濃度の日数は顕著に減少することが分かる。更に、NO<sub>x</sub>/VOCとCH<sub>4</sub>を同時に半減した場合は、O<sub>3</sub>の高濃度日は更に一層顕著に減少することが分かった。

更に表(6)-2はさらに具体的に、北京、ソウル、上海、福岡、東京の各都市においてそれぞれのオゾンの米国EPA環境基準値(日平均8時間値75 ppb)を越える日数がそれぞれのケースでどう変化するかを示したものである。



図(6)-6 本研究で感度実験に用いたNO<sub>x</sub>/VOC、CH<sub>4</sub>の排出を削減した北東アジア地域



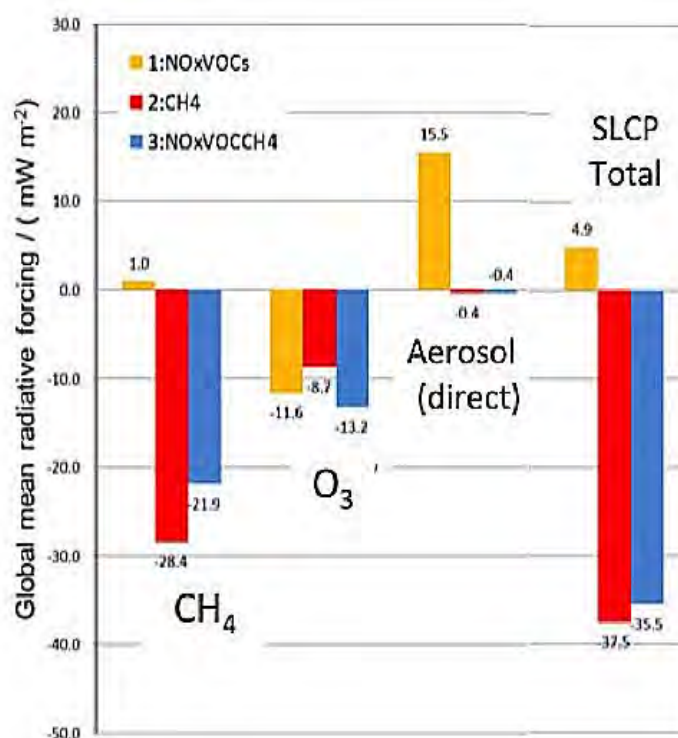
図(6)-7 北東アジアのNO<sub>x</sub>/VOC、CH<sub>4</sub>をそれぞれ、および両者を同時に半減した場合の、地表付近O<sub>3</sub>の8時間平均値が75ppbを超過する日数の2005年からの変化。

表(6)-2 北東アジアにおいてNO<sub>x</sub>/VOC, CH<sub>4</sub>を半減したときの代表的な都市におけるオゾンの日最高8時間値が75 ppbを超える日数の変化

	地表オゾン濃度の EPA 基準値(=75ppbv)超過日数 [日]			
	排出削減無し	NO <sub>x</sub> /VOC の排出を 50%削減	CH <sub>4</sub> の排出を 50%削減	NO <sub>x</sub> /VOC 及び CH <sub>4</sub> の排出を 50%削減
北京	50	26	50	15
ソウル	57	26	60	8
上海	76	36	63	15
福岡	65	19	71	16
東京	30	15	38	4

表(6)-2に見るように排出削減のない場合(2005年)の比べ、CH<sub>4</sub>のみの排出を50%削減したときの75 ppb超過日数はほとんど変化がないか、多少増加するのに対し、NO<sub>x</sub>/VOCの排出を50%削減したときの超過日数は平均的にほぼ半減し、NO<sub>x</sub>/VOCおよびCH<sub>4</sub>を同時に半減したときにはその効果は都市によってかなり異なるが、更にオゾン汚染の顕著な改善がもたらされることが分かった。

一方、これらオゾン前駆体物質の削減に伴う温暖化影響を評価するために、全球化学気候モデルを用いて、圏界面での放射強制力(RF)の変化を計算した結果を図(6)-8に示す。図はそれぞれの化学種の濃度変化による圏界面での放射強制力(RF)の変化(2005年との差)を示している。まず、NO<sub>x</sub>/VOCのみの半減ではCH<sub>4</sub>濃度にはほとんど影響がないので、CH<sub>4</sub>濃度変化によるRFの変化はほとんどゼロであるのに対し、CH<sub>4</sub>半減及びNO<sub>x</sub>/VOCとCH<sub>4</sub>の同時半減では温室効果ガスとしてのCH<sub>4</sub>の減少によるRFの減少が非常に大きく見積もられる。CH<sub>4</sub>のみ削減に対しNO<sub>x</sub>/VOCとCH<sub>4</sub>の同時削減の場合に、CH<sub>4</sub>濃度の減少によるRFの低下が多少減少しているのは、NO<sub>x</sub>/VOCの減少による大気中OH濃度の減少により、CH<sub>4</sub>の大気寿命が多少長くなるためと考えられる。



図(6)-8 北東アジアにおいてNO<sub>x</sub>/VOC, CH<sub>4</sub>をそれぞれ、及びNO<sub>x</sub>/VOC, CH<sub>4</sub>を同時に半減したときの放射強制力の変化。

同様に、その右はO<sub>3</sub>濃度の変化によるRFの変化を示しているが、NO<sub>x</sub>/VOCの半減によるO<sub>3</sub>濃度の低減が、RFの大きな減少をもたらすことが分かる。CH<sub>4</sub>半減の場合は上で見たように地表付近の境界層オゾン濃度はほとんど低下しないが、自由対流圏のO<sub>3</sub>は明らかに低減し、それによってRFの減少がもたらされるがその効果はNO<sub>x</sub>/VOCの半減の場合に比べて多少小さい。NO<sub>x</sub>/VOCとCH<sub>4</sub>の同時半減ではNO<sub>x</sub>/VOCのみの半減に比べて更に大きなRFの減少がもたらされることが分かる。他方、NO<sub>x</sub>の削減はNO<sub>x</sub>からの粒子状NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度の減少をもたらす、エアロゾル濃度の減少により正のRFが見積もられ、これは温暖化を促進することを意味している。こうしたプラス・マイナスを合わせたSLCP削減効果を合計したRFが図の右端に示される。NO<sub>x</sub>/VOCのみの削減では粒子状NO<sub>3</sub><sup>-</sup>の減少の効果が効いてRFは小さな正の値になるが、CH<sub>4</sub>との同時削減ではCH<sub>4</sub>による効果が効いて大きな負の値が得られる。特にNO<sub>x</sub>/VOCとCH<sub>4</sub>の同時半減の場合のRFの減少は、CH<sub>4</sub>のみの半減に比べて多少小さいがその差はわずかであり、CH<sub>4</sub>と同時に削減した場合のNO<sub>x</sub>/VOCの削減は気候影響に対し、ほとんど悪影響は与えないことが分かった。

以上のように本研究から、地表オゾン濃度の低減にはNO<sub>x</sub>/VOCの削減が有効であり、RFの低下には逆にCH<sub>4</sub>の削減が有効であること、O<sub>3</sub>濃度に対してはNO<sub>x</sub>/VOCとCH<sub>4</sub>の同時削減が、それぞれ単独の削減より更に有効であり、RFに対してもNO<sub>x</sub>/VOCとCH<sub>4</sub>の同時削減はCH<sub>4</sub>単独の削減に比べて大きな差はないことが分かった。これらの結果に基づき本研究では、東アジアにおけるSLCPコベネフィットアプローチとしてはNO<sub>x</sub>/VOCの削減とCH<sub>4</sub>の削減を同時に行うべきことを提言する。

### (3) IIASA/GAINSモデルによるSLCPコベネフィットシナリオの検討

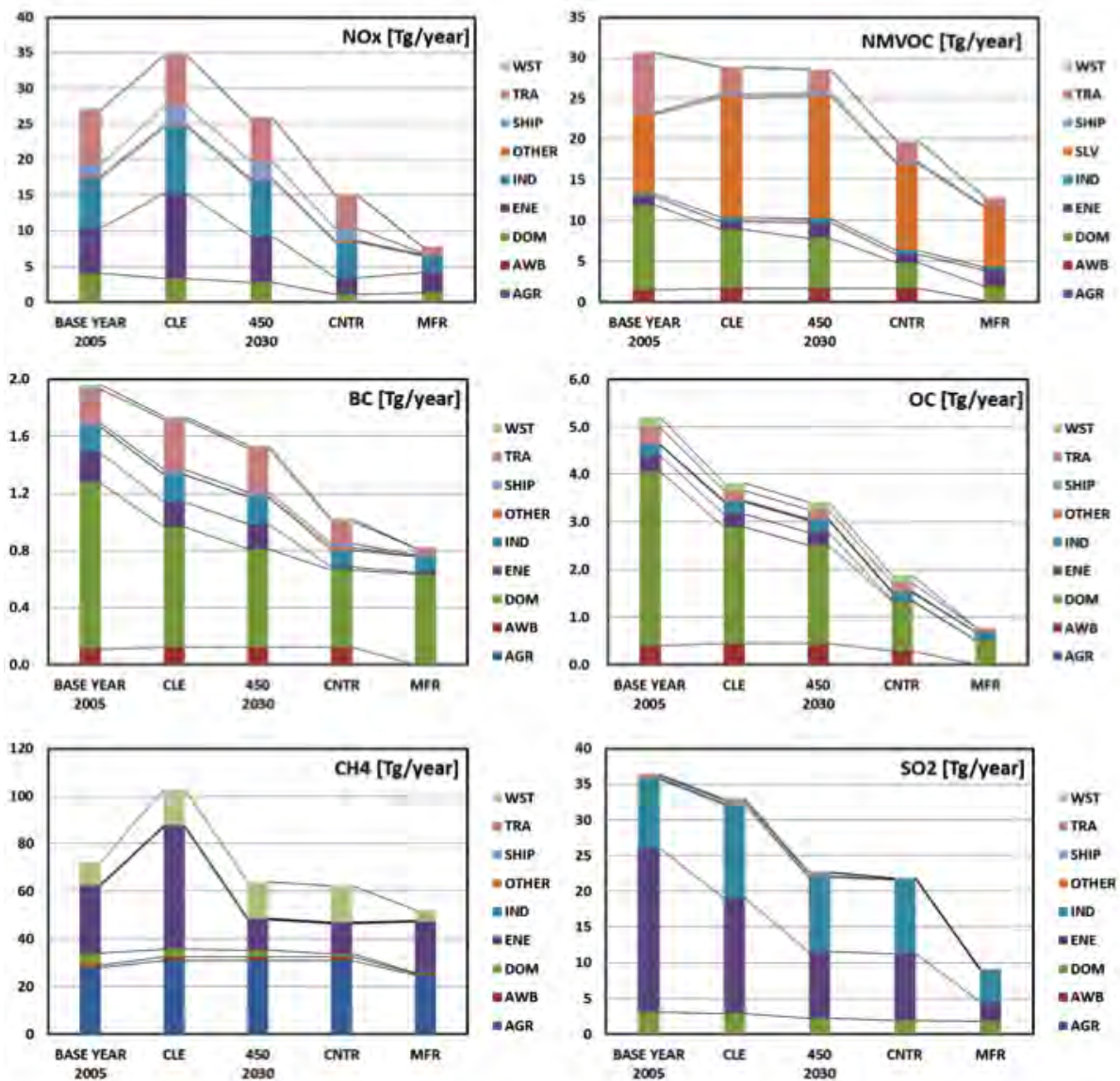
これまでにCO<sub>2</sub>の排出を厳しく削減する地球温暖化対策シナリオがいくつか提言されている。それらの中から本プロジェクトでは、将来のグローバル平均気温上昇を2℃以下に抑えることを目指した「CO<sub>2</sub>-等価450 ppm安定化シナリオ (450 ppmシナリオ)」を例に、東アジアにおけるコベネフィットアプローチの考え方を検討した。本研究では、基準年を2005年、中期未来の対象年を2030年、対象地域を北東アジア、東南アジアを包括する東アジアに特化した解析を行った。

研究はオーストリアの国際応用システム研究所(IIASA)との共同研究によって行った。IIASAからはまずGAINSモデルの基準シナリオであるCurrent Legislation Scenario (“CLE”シナリオ)、Maximum Feasible Reduction Scenario (“MFR”シナリオ)とCO<sub>2</sub>-eq.450ppm stabilization scenario (“450 ppm”シナリオ)の提供を受け、それぞれについて領域モデル、全球モデルによる東アジア大気質、全球放射強制力に対する評価を行った。ここで、CLEシナリオは各国が現行の大気汚染排出削減政策を維持した場合のシナリオで、いわゆるBusiness As Usual (BAU)シナリオに近い概念に基づいたモデル、MFRシナリオは世界各国が現存する排出抑制技術を経済コストを無視して導入した場合に達成出来る現行で究極の仮想的削減シナリオである。従って現実のシナリオはCLEとMFRの中間の政策オプションを採択することになる。450 ppmシナリオはIEA (国際エネルギー機関)が作成した全球平均気温2℃キャッピングを目指した気候変動対策シナリオで、CO<sub>2</sub>削減と同時に削減される大気汚染物質の排出量の減少は組み込まれているが、特に大気汚染対策は意図されていないシナリオである。さらに本研究では、450-ppmシナリオをベースに東アジアにおける大気汚染対策を強化したシナリオ、“450 ppm-cntr”シナリオを作成し検討した。

図(6)-9にはIIASA から提供された2005年を基準年(左端)とした各シナリオによる2030年の東ア

ジアにおけるNO<sub>x</sub>、NMVOC、BC、OC、CH<sub>4</sub>、SO<sub>2</sub>の排出量を示したものである。まずNO<sub>x</sub>については図に見られるように、東アジアにおける2030年における450ppmシナリオでの排出量はCLEシナリオよりは低いものの、2005年に比べほとんど減少せずほぼ同レベルとなっているのが大きな特徴である。これに対し、NMVOC、BCはCLEシナリオでも2030年には2005年に比べ多少減少するが、450 ppmシナリオではCO<sub>2</sub>削減と同時に2005年に対しそれぞれ約50%、25%減少している。SO<sub>2</sub>についてもNMVOC、BCと似た傾向があり、2005年に比べてCLEでも多少減少、450 ppmシナリオでは約35%減少する。これに対しCH<sub>4</sub>の2003年の排出量はCLEでは2005年に対し約30%増加し、450 ppmシナリオでは約15%の減少となっている。

450 ppmシナリオに従うと東アジアでは2030年になってもNO<sub>x</sub>がほとんど減少しないため、後に見るようにはほとんど地表付近のオゾン濃度が減少せず激しいオゾン汚染の緩和にはつながらない。これは450ppmシナリオでは気候変動対策のみが念頭におかれ、大気汚染対策は考慮されていないためである。そこで、東アジアにおけるコベネフィットアプローチの推進のため、東アジアの各国において450 ppm シナリオに比べNO<sub>x</sub>、NMHC、BCを更に約30%削減するシナリオ、450 ppm-cntrシナリオを作成した。450 ppm-cntrシナリオによる2030年の排出量を図(6)-10に同時に示した。また、CH<sub>4</sub>とSO<sub>2</sub>については今回の450 ppm-cntrシナリオでは450 ppmシナリオからの排出削減の強化を考慮しなかったため、図(6)-9に見るようにそれらの排出量は450 ppmシナリオと同一である。またMFRシナリオによる2030年の排出量は2005年に比較して、NO<sub>x</sub>、NMVOC、BC、CH<sub>4</sub>、SO<sub>2</sub>に対しそれぞれ約70、80、40、30、80%減であり、技術的には究極的に特にNO<sub>x</sub>、VOC、SO<sub>2</sub>に関しては現在の70-80%まで削減可能であることを示している。

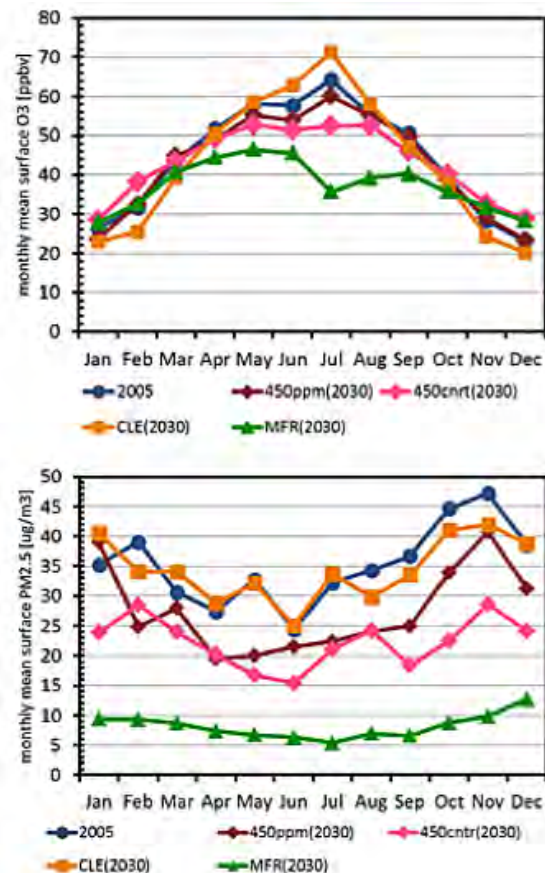


図(6)-9 2005年を基準年としたCLE、450 ppm、450 ppm-cntr (CNTR)、MFRシナリオによる東アジアの2030年におけるNO<sub>x</sub>、NMVOC、BC、OC、CH<sub>4</sub>、SO<sub>2</sub>の排出量

本研究ではこれらの排出シナリオを用い、大気質影響評価の一例として大気汚染の最も激しい中国中東部の地表付近の $O_3$ と $PM_{2.5}$ の濃度の季節変化を各シナリオによる2030年における値と2005年の値の比較を、気候影響指標の一例として全球年平均の圏界面での2030年における平衡放射強制力の値と2005年の値との差の計算を行った。図(6)-10はそれぞれのシナリオに従った時の2030年中国中東部における地表付近の $O_3$  (上図)、 $PM_{2.5}$  (下図)濃度の季節変化を2005年と比較したものである。図に見られるように地表付近の $O_3$ に関しては、450 ppmシナリオでは夏季の高濃度 $O_3$ (紫線)は2005年(青線)に比べわずかしか改善されない。450 ppmシナリオではVOCの排出量は半減しているのに $O_3$ がわずかしか減少しないのは、領域規模の $O_3$ に対しては $NO_x$ が生成の制限因子になっているからである。一方、図(6)-10の下図に見られるように $PM_{2.5}$ は2005年に比べ、450 ppmシナリオでも夏季にはかなりの改善は見られるが、冬季の高濃度はあまり改善されない事が分かる。

アジアにおいてコベネフィットアプローチを推進するためには、 $O_3$ 、 $PM_{2.5}$ の高濃度汚染が改善されることが必須である。450ppmシナリオにさらに大気汚染対策シナリオを結合した450ppm-CNTR(ピンク線)では、中国中東部の7月の $O_3$ ピークと、冬季(10-1月)の $PM_{2.5}$ のピークに大きな改善がみられることが分かる。しかしながら、450 ppm-cntrシナリオでは東アジア全域での $NO_x$ 、VOC、BCの排出量は2005年に比較してそれぞれ、約45、70、45%減少しており、 $NO_x$ 、VOCの減少の割に $O_3$ の減少量が小さいのは、 $O_3$ に関しては東アジア以外からの寄与がかなり大きいと考えられる。このことは図(6)-10の上図においてMFRシナリオですら、 $O_3$ の減少が2005年に比べ30-40%減に留まっていることにも対応している。

一方、450 ppm-cntrシナリオでの $PM_{2.5}$ の減少は、BCの排出減少に伴う粒子状物質の一次排出量の減少によるものの他、 $NO_x$ 、VOCの排出量減少に伴う $O_3$ の減少による二次生成の $PM_{2.5}$ の減少も寄与している。 $PM_{2.5}$ はMFRシナリオでは2030年に2005年の25%以下に減少するなど減少のマーヅンが大きく、このことが $O_3$ に比べて $PM_{2.5}$ の削減をより見達成しやすいものになっている。



図(6)-10 それぞれのシナリオに従った時の2030年中国中東部における地表 $O_3$  (上図)、 $PM_{2.5}$  (下図)濃度季節変化の2005年との比較。

表(6)-3 それぞれのシナリオに従ったときの  
2030年中国中東部(CEC)・韓国・日本における地  
表オゾンおよびPM<sub>2.5</sub>高濃度日の日数変化. O<sub>3</sub>:  
日平均8時間平均値が75 ppbを超える日数。

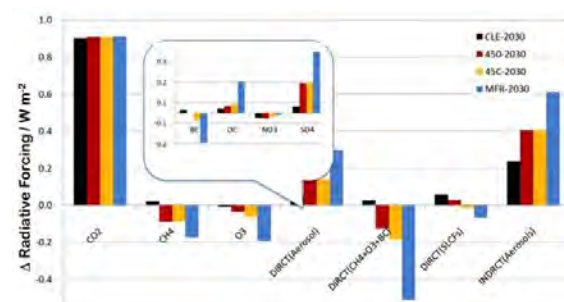
O <sub>3</sub>	[day]	2005	450 ppm	450 CNTR	CLE	MFR
	CEC	66.1	58.0	24.3	92.4	3.58
KOR	57.7	57.0	34.3	85.8	4.30	
JPN	39.0	9.81	3.90	47.1	0.25	

PM <sub>2.5</sub>	[day]	2005	450 ppm	450 CNTR	CLE	MFR
	CEC	154	100	62.6	153	2.17
KOR	43.4	20.2	15.6	50.3	0.467	
JPN	0.208	0.00	0.00	0.00	0.00	

より具体的に各シナリオに従ったときの  
2030年中国中東部(CEC)・韓国・日本における  
地表オゾンおよびPM<sub>2.5</sub>高濃度日の日数変化  
を見たのが表(6)-3である。O<sub>3</sub>に関しては日平均  
8時間平均値が75 ppbを超える日数が450  
ppm-cntrシナリオでは、中国中東部で約3分の1  
に、韓国で半減以下、我が国では1割以下にな  
ることが試算される。一方、PM<sub>2.5</sub>に関しては、  
日平均PM<sub>2.5</sub>が35 ug/m<sup>3</sup>を越える日数が450  
ppm-cntrシナリオでは中国中東部、韓国で約3分  
の1に、我が国ではゼロに減少することが試算される。これらのことから、大気汚染側からのSLCP  
コベネフィットアプローチとしては、450 ppm-cntrシナリオに近い削減シナリオを目指すべきであ  
るとの考え方に到達した。

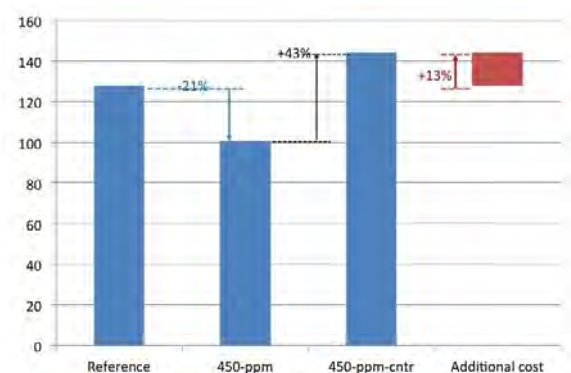
次に、それぞれのシナリオの気候変動への影響を2005年と2030年の全球年平均放射強制力(RF)  
の差で見たものが図(6)-11である。図の左端のCO<sub>2</sub>については、「はじめに」で述べた様に厳しい  
気候変動対策を目指す450 ppmシナリオを導入しても2030年時点では、CO<sub>2</sub>による放射強制力は全  
く減少しない。CO<sub>2</sub>による放射強制力の減少が明確に表れるのは2050年以降である。これに対して、  
CH<sub>4</sub>の減少によるRFの減少は450 ppm、450 ppm-cntrシナリオで約0.1 W m<sup>-2</sup>、O<sub>3</sub>の減少によるRFの  
減少は450 ppm-cntrシナリオで約0.04 W m<sup>-2</sup>である。他方、エアロゾルの減少によるRFの増加はRF  
への直接効果だけを考慮してもBCの減少によるRFの減少がOC減少によるRFの増加によりほぼ打  
ち消され、特にSO<sub>2</sub>の排出量の減少による硫酸エアロゾルの減少に伴うRFの増加が450 ppm、450



図(6)-11 それぞれのシナリオに従った場合の  
2030年と2005年との全球年平均放射強制力の差

ppm-cntrシナリオで約 $0.2 \text{ W m}^{-2}$ と大きく見積もられ、これらを足し合わせるとSLCPの減少によるRFへの影響はほとんどゼロとなってしまう。また、エアロゾルの間接効果(図の右端)を考慮すると非常に大きなRFの増加が示唆されるが、これらは不確実性が大きいこともあり、SLCPコベネフィットアプローチの議論では当面考慮しない方が良いと思われる。またSO<sub>2</sub>の排出削減は温暖化を促進するが、SO<sub>2</sub>削減はCO<sub>2</sub>削減同様SLCPコベネフィットアプローチとしては外的シナリオと考え、SLCPの一部としては取り扱わないものとする。従ってSO<sub>2</sub>とCO<sub>2</sub>の排出のトレードオフは考えず、SO<sub>2</sub>の減少によるRFの増加を補填するためにも、O<sub>3</sub>、BCのより大きな減少を目指すべきであると考え

最後に、コベネフィット・アプローチの眼目である大気汚染対策と気候変動対策を個別に施行するより、これらを同時に施行する方が経済的に有利であることの、GAINSモデルによる試算を示す。図(6)-12は450ppm、450 ppm-cntrシナリオみよる削減対策コストの2005年をレファレンスとした削減コストとの比較である。図に示されるように450 ppmシナリオによる大気汚染物質の削減コストは2005年の対策コストに比較して21%低下することが示されている。一方、450 ppm-cntrシナリオによる大気汚染対策コストは純粋に450 ppmシナリオに大気汚染対策を上乗せしたものであるため、2005年に比して13%の増加となっているが、単純に2005年の排出からNO<sub>x</sub>、VOC、SO<sub>2</sub>をの70-80%削減するコストに比較すれば、450 ppmシナリオを併用することにより、はるかに費用の増加は小さいことが明らかである。



図(6)-12 GAINSモデルによる450ppm、450 ppm-cntrシナリオによる2030年の大気汚染対策コストの2005年をレファレンスとした削減コストの比較 (単位M€)

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

対流圏オゾン、ブラックカーボンを対象としたSLCPコベネフィットシナリオについて気候変動影響を全球化学気候モデルによる全球年平均圏界面放射強制力により、大気質変動影響を領域科学輸送モデルによる北東アジア境界層オゾン濃度、PM<sub>2.5</sub>濃度により評価することが出来た。これら気候影響・大気影響を同時に東アジアの政策的視点に立って科学的に解析した研究としては本研究が初めてである。

### (2) 環境政策への貢献

#### <行政が既に活用した成果>

2012年3月バンコクにおけるSLCP/CCAC Sub-regional Meetingにおいて、SLCPとしての対流圏オゾン提言に対してアジアではNO<sub>x</sub>/VOCの排出削減が優先されるべきという本研究の提言が、環境省によるプレゼンにおいて活用された。



### <行政が活用することが見込まれる成果>

今回のSLCP/CCAC Sub-regional Meetingが2014年の夏期に開催される予定であり、そこでは本研究の成果がよりまとまった形で報告される予定である。

SLCPに関して欧米からはブラックカーボンと対流圏オゾン低減のためのCH<sub>4</sub>の排出削減が提案されているが、東アジアの途上国における気候変動対策は大気汚染抑止とのコベネフィットを前面に打ち出すことにより、初めてインセンティブを得ることが出来る。東アジアにおける大気汚染対策、特にO<sub>3</sub>、PM<sub>2.5</sub>対策のためには、NO<sub>x</sub>/VOCの排出削減が急務であり、これをCH<sub>4</sub>の排出削減と組み合わせることによってCO<sub>2</sub>の削減対策のみでは成し得ない中期未来（2030-2050頃）における気候変動抑制にも貢献するという主張を我が国がなし、東南アジアなどに対するSLCP削減の技術的・資金的支援がこうした考え方に沿ってなされることが期待される。

## 6. 国際共同研究等の状況

国際応用システム研究所(IIASA)のマークス・アーマン(Makus Amann)、ジーク・クリモント(Zig Klimont)の両氏とアジア大気汚染研究センター(ACAP)の秋元肇、黒川純一を直接的カウンターパートとしてS-7-3の下での共同研究を行った。IIASAよりGAINSモデルの基準シナリオおよび、東アジアにおいて大気汚染対策を強化したシナリオの提供を受け、S-7-3-(6)研究チームとして須藤健悟・竹村俊彦氏による全球化学気候モデルを用いた気候変動影響評価、永島達也氏による領域科学輸送モデルを用いた大気質変動評価を行い、IIASA側にフィードバックした。これらの共同研究は、欧米と異なる東アジアにおけるSLCPコベネフィットアプローチに対する考え方の検討に関する両者の共通の科学的・政策的関心から、研究資金の移動を伴うことなく行われた。共同研究の結果はS-7-3-(6)チーム研究者の共同執筆論文として学術誌に投稿の予定である。

## 7. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

#### <論文(査読あり)>

- 1) T. NAGASHIMA, T. OHARA, K. SUDO, H. AKIMOTO: Atmos. Chem. Phys., 10, 11305–11322, (2010)

“The relative importance of various source regions on East Asian surface ozone”

- 2) 大泉 毅、秋元 肇、金谷有剛、永島達也、櫻井達也、大原利眞、佐藤啓市：大気環境学会誌, 48, 181-187, (2013)

「我が国の光化学オゾン汚染の8時間平均値による評価」

- 3) A. NAWAHDA, K. YAMASHITA, T. OHARA, J. KUROKAWA, T. OHIZUMI, F. CHEN, H. AKIMOTO: Atmos. Environ., 81, 538-545, (2013)

“Premature mortality in Japan due to ozone”

- 4) J. KUROKAWA, T. OHARA, T. MORIKAWA, S. HANAYAMA, J.-M. GREET, T. FUKUI, K. KAWASHIMA, H. AKIMOTO: Atmos. Chem. Phys., 13, 11019-11058, (2013)

“Emissions of air pollutants and greenhouse gases over Asian regions during 2000–2008: Regional Emission inventory in ASia (REAS) version 2”

<査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない。

<その他誌上発表（査読なし）>

- 1) 秋元 肇: 遺伝, 65, 27-33 (2011)  
「アジア広域大気汚染と東アジア酸性雨モニタリングネットワークの進展」
- 2) 秋元 肇: 環境情報科学, 42, (2014)  
「越境大気汚染・酸性雨への先行的取り組みとオゾン・PM<sub>2.5</sub>などへの最近の展開」

(2) 口頭発表（学会等）

- 1) H. AKIMOTO: IIASA-Japan Seminar, Laxenburg, Austria (2011)  
“Evaluation of Co-benefit for Ozone and Black Carbon Reduction and Global Warming Measures”
- 2) H. AKIMOTO: 3<sup>rd</sup> International Workshop on Atmospheric Modeling Research in East Asia, September 24-25, Chengdu, China (2011)  
“Modeling approach for co-benefit, co-control strategy for air pollution and climate change mitigation in East Asia”
- 3) 秋元 肇、金谷有剛、大原利眞、鈴木克徳: 第17回大気化学討論会, 京都 (2011)  
「東アジアにおける広域大気汚染と共便益を考慮した大気環境管理 —環境省 S-7 戦略推進費による大気化学に基づいた大気環境政策研究—」
- 4) H. AKIMOTO: Third International Workshop on Emission Inventory in Asia, Yokohama (2012)  
“ERTDF S-7 Project: Scientific Analysis of Regional Air Pollution and Promotion of Air Pollution Management in East Asia Considering Co-benefits”
- 5) 秋元 肇: 環境経済・政策学会, 仙台, (2012)  
「科学的観点から見た SLCF の重要性」
- 6) H. AKIMOTO, J. KUROKAWA, K. SUDO, T. TAKEMURA, T. NAGASHIMA, et al.: IGAC 2012 Conference, Beijing (2012)  
“SLCF Co-benefit Scenario in East Asia”
- 7) 秋元 肇、黒川純一、須藤健悟、竹村俊彦、永島達也他: 第18回大気化学討論会, 福岡 (2012)  
「東アジアにおける大気汚染・気候変動コベネベネシナリオ提言へむけて」
- 8) H. AKIMOTO, J. KUROKAWA, K. SUDO, T. TAKEMURA, T. NAGASHIMA, et al.: 4<sup>th</sup> International Workshop on Atmospheric Modeling Research in East Asia, Kunming, China (2012)  
“Recent Scientific Input on Short-lived Climate Pollutants (SLCPs)”
- 9) H. AKIMOTO, J. KUROKAWA, K. SUDO, T. TAKEMURA, T. NAGASHIMA, et al.: The 12<sup>th</sup> International Conference on Atmospheric Sciences and Application to Air Quality (ASAAQ), Seoul (2013)  
“Impact of the SLCP Co-benefit Scenario in East Asia on Climate and Air Quality”
- 10) 秋元 肇、黒川純一、須藤健悟、竹村俊彦、永島達也他: 第19回大気化学討論会, 七尾 (2013)  
「東アジアにおける大気汚染・気候変動: コベネシナリオ提言へむけて (2)」
- 11) H. AKIMOTO, J. KUROKAWA, K. SUDO et al.: 4th International Workshop on Regional Air

Quality Management in Rapidly Developing Economic Regions, Hong Kong (2014)  
“SLCP Co-benefit Strategy on Air Quality and Climate in East Asia”

### (3) 出願特許

特に記載すべき事項はない。

### (4) シンポジウム、セミナー等の開催

S-7プロジェクトとしての一般公開シンポジウム「越境大気汚染への挑戦 —最新の知見最近の動向—」を2011年10月28日に東京で開催、その中で本テーマの成果を発表した。

秋元 肇：「グローバル大気汚染とコベネフィット」

また、S-7プロジェクトとしての第2回目の一般公開シンポジウム「越境大気汚染への挑戦2013—国際協調による取組に向けて—」を2013年11月1日に東京で開催、その中で本テーマの成果を発表した。

秋元 肇：「大気汚染対策の気候変動対策との関わりとコベネフィットアプローチ」

### (5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

### (6) その他

特に記載すべき事項はない。

## 8. 引用文献

- 1) UNEP/WMO: “Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone” (2011)
- 2) UNEP: “Near-term Climate Protection and Clean Air Benefits: Actions for Controlling Short-Lived Climate Forcers” (2011)
- 3) US Department of States: “Climate and Clean Air Coalition to Reduce Short-Lived Climate Pollutants Initiative: CCAC” (2012)
- 4) T. Nagashima, T. Ohara, K. Sudo, and H. Akimoto, The relative importance of various source regions on East Asian surface ozone, *Atmos. Chem. Phys.*, 10, 11305–11322, (2010)

## **Research on International Framework toward Promotion of Air Pollution Measures and Co-benefit Approach**

Principal Investigator: Katsunori SUZUKI

Institution: Kanazawa University  
Kakuma-machi, Kanazawa-shi, Ishikawa 920-1192,  
Japan  
Tel: +81-76-234-6899 / Fax: +81-76-234-6899  
E-mail: [suzukik@staff.kanazawa-u.ac.jp](mailto:suzukik@staff.kanazawa-u.ac.jp)

Cooperated by: Institute for Global Environmental Studies (IGES), Asia Center for Air Pollution Research (ACAP), Tokyo Institute of Technology, Tohoku University

[Abstract]

Key Words: Transboundary air pollution, Regional framework on air pollution, Epistemic community of scientist, Asia Science Panel on Air and Climate (ASPAC), Environmental impacts of air pollution, Co-benefits approach, Short-lived climate pollutants (SLCP)

This research aims to review current regional/sub-regional air pollution frameworks on air pollution in East Asia and develop appropriate options to strengthen regional cooperation. It also aims to analyze potential impacts of air pollution, especially ozone and PM, on human health and agricultural crops, assess the potential effectiveness of a co-benefits approach and consider Asian implications of mitigation measures for short-lived climate pollutants (SLCP).

Impacts of ozone on human health and agricultural products, and impacts of PM on human health were analyzed using quantitative models for atmospheric concentrations in 2000, 2005 and 2020 based on three emission scenarios for 2020. The results showed significant impacts and economic losses caused by air pollution, which justify the need to take mitigation actions.

Economic analyses of co-benefits of air pollution control and GHG mitigation measures using the Asia MERGE Model demonstrated that air pollution benefits should be considered to justify mitigation actions, especially in China.

For ozone reduction, the research demonstrated that NO<sub>x</sub>/VOC reduction actions are more important in Asia, compared to Europe and North America where methane reduction is considered more important. In order to prevent damage by ozone at the ground level, reduction of NO<sub>x</sub>/VOC is much more effective than methane, while methane reduction is more effective to reduce radiative forcing. Simultaneous reduction of both

NO<sub>x</sub>/VOC and methane is therefore recommended in East Asia.

There are various regional/sub-regional initiatives related to air pollution problems in East Asia, but none of them could adequately respond to emerging issues, such as the need for a hemispheric approach to transboundary air pollution, growing importance of the linkage between air pollution and climate change, the need to streamline duplicating initiatives, and the need for an effective cooperative framework to address PM and ozone. Based on the review, the research identified major factors to be considered to strengthen regional cooperation and outlined possible options.

Due to a lack of common understanding of air pollution problems in the region, the most important first step to effectively promote regional cooperation on air is to create an epistemic community of Asian scientists. It is proposed to establish an Asia Science Panel on Air and Climate (ASPAC), and specific options for its major functions and components were developed. As a first step, it is proposed to convene an Ad-hoc High-level Scientists Meeting on Air Pollution in Asia, to be composed of eminent Asian scientists.

## **Proposal for Asia Science Panel for Air and Climate (ASPAC)**

### **1. OBJECTIVE**

Accompanied with rapid economic growth, emissions of air pollutants e.g. NO<sub>x</sub> and climate pollutants e.g. CO<sub>2</sub> in East Asia (covering Northeast and Southeast Asia) have already exceeded each of those in European and North American continents. This situation apparently brings about serious urban and regional air pollution in this area, and also prompted international concerns from the point of hemispherical air pollution and global climate change. The concerned air pollutants would consist of air toxicants such as photochemical oxidants and particulate matter (PM<sub>2.5</sub>), biogeochemically active species such as acidic and nitrogenous compounds, and short-lived climate pollutants (SLCPs) such as black carbon and tropospheric ozone. Those atmospheric species are inter-wound each other through common precursors, chemical and physical transformations and depositions.

Since the overall issues are very complicated, and there is a strong need to consider such issues from a scientific viewpoint and to give clear message and make suggestions from scientific community to policy makers to take actions. However, the situation in Asia is different from Europe and North America where regional cooperation on air pollution mitigation based on scientific knowledge has been well developed under the Convention on Long-rang Transboundary Air Pollution (CLRTAP). Asia does not have an adequate scheme under which a framework for scientific discussion for international atmospheric management to be conveyed into policy makers can readily be formed. Meanwhile, it is now very important to input the views of Asian scientists to those of European and North American scientists, since sometimes their understanding on Asian situation might be different from views of Asian scientists.

On the basis of the above considerations, Asia Science Panel on Air and Climate (ASPAC) is proposed aiming to synthesize scientific knowledge on air pollution and its relation to climate in the Asian region to reach a common understanding among scientists and policy makers, and to develop an international initiative for an integrated approach to air pollution and climate change mitigation in the context of sustainable development.

### **2. CONTENTS**

ASPAC would be constituted of scientists related to air pollution and relevant climate research. It would review the existing latest scientific knowledge periodically, and prepare reports based on a consensus of research scientists on the issues of air pollution and its relation to climate change in the Asian region.

While the concept of ASPAC is still in the discussion stage, preliminary discussions suggested the following issues to be considered:

(i) What should be the major functions?

ASPAC may review newly emerging scientific findings on air pollution, its linkage with climate and their implication to Asia for consensus building among scientists. The scope of ASPAC could cover the field of: (1) atmospheric science, (2) impact studies, and (3) clean air technology and mitigation measures. In order to make the input to policy makers more effective, inclusion of economic and social considerations may be necessary.

The broader activities such as capacity building of scientists may strengthen ASPAC.

(ii) What should be the geographical scope?

Northeast, Southeast and South Asia

(iii) How ASPAC members should be selected?

National nomination and selection by science advisory body ?

(iv) What should be the organizational structure?

It could be established under UNEP so as to be internationally recognized by policy makers and preferably supported by CAA and other relevant bodies, Future Earth/ICSU to be well recognized by other stakeholders and science community, respectively. Since there are several international activities under UNEP/ROAP, e.g. ABC-Asia, EANET, CCAC, Joint Forum, etc. the link with those activities will be explored.

(v) What should be funding sources?

Voluntary contribution by countries and/or any international bodies?

## **Ad-hoc High-level Scientists Meeting on Air Pollution and Climate in Asia (Proposal)**

### **1. Scope**

An ad hoc High-level Scientists Meeting for Air Pollution and Climate in Asia is proposed for the purpose of discussing importance of Asian air pollution in regional and global perspectives, and the best way of synthesizing scientific knowledge on relevant issues reflecting the views of Asian scientists and conveying them to policy makers inside and outside the region.

The participants of the ad hoc high-level scientists meeting may consist of Nobel Prize Laureates, eminent scientists in this field in Asia and some from outside regions. Policy makers and other scientists in Asia will be invited as observers. The meeting will be convened by UNEP with support from other stakeholders such as relevant Asian initiatives like CAA and possibly ICSU.

### **2. Possible candidate members**

Possible candidate members of this ad-hoc Scientists Meeting might include:

Yuan Tee Lee	1986 Nobel Prize Laureate in Chemistry, Academia Sinica President of ICSU (International Council of Science Union)
Jiming Hao	School of Environment, Tsinghua University, Academician, The Chinese Academy of Engineering
Xiaoyan Tang	College of Environmental Science and Engineering, Peking University Academician, The Chinese Academy of Engineering
Shaw C. Liu	Research Center for Environmental Changes, Academia Sinica Academician, Academia Sinica
Young-Joon Kim	Gwangju Institute of Science and Technology (GIST), President
Soon-Chang Yoon	Seoul National University, School of Earth and Environmental Sciences
Hajime Akimoto	Asia Center for Air Pollution Research, Director General
Teruyuki Nakajima	Atmospheric and Ocean Research Institute, The University of Tokyo
Ibrahim Rehman	Social Transformation Division, Director, The Energy and Resources Institute, TERI
J. Srinivasan	Divecha Center for Climate Change, Chairman, Indian Institute of Science, Bangalore
Marcus Amann	International Institute for Applied System Analysis (IIASA), Program Leader
Greg Carmichael	Iowa State University, Associate Dean

Invited observers: policy makers, other scientists