

## 令和 3 年度戦略的研究開発課題（S-20）の公募方針

### 1. プロジェクト名

短寿命気候強制因子による気候変動・環境影響に対応する緩和策推進のための研究

### 2. 研究プロジェクトリーダー

九州大学応用力学研究所 主幹教授 竹村 俊彦

### 3. 研究予算

年間総額約 1 億円

### 4. 研究機関

5 年間（令和 3～7 年度）

### 5. プロジェクトの概要

#### （1）研究の背景

人為起源の CO<sub>2</sub> 等の長寿命温室効果気体が深刻な気候変動をもたらすことが明らかとなり、国際的にはパリ協定の下での様々な動向、国内では気候変動適応法の施行等、本格的な行動が具体化している。一方、長寿命温室効果気体と同様に、大気・海洋・陸面のエネルギー収支に影響をもたらして気候変動を引き起こすエアロゾル・メタン・オゾン等の短寿命気候強制因子（SLCFs）については、その影響に対する緩和へ向けた動きが活発とはいえない。その主な理由として、SLCFs の濃度自体の時空間変動が非常に大きいこと、SLCFs 間の化学的相互作用が大きいこと、気候変動を引き起こすメカニズムが複雑であることにより、地域ごとの環境影響の定量評価が困難であったことが挙げられる。また、SLCFs 自体の毒性による環境影響を考慮する必要があることも問題を複雑にしている。しかし、SLCFs による気候変動や影響の評価をするための数値モデルが、これまでの研究により成熟しつつあり、困難な状況を克服する可能性が開けてきた。

SLCFs に関する近年の具体的な関連動向として、2019 年 1 月発効のモントリオール議定書キガリ改正を契機とした代替フロン（HFCs）の排出量削減を、CO<sub>2</sub> や SLCFs であるブラックカーボン（BC）の削減と併せて目標とする、日仏協力ロードマップにも記載された「気候と大気浄化の国際パートナーシップ（CCAC）」の「Efficient Cooling Initiative」が立ち上げられた。また、IPCC 第 6 次評価報告書（AR6）における SLCFs の独立章の新設は、国際的な SLCFs の重要性の認識の高まりを示している。さらに、IPCC インベントリタスクフォース（TFI）では、SLCFs の排出量推計ガイドラインを新規策定することを決定し、具体的な検討作業を開始している。こうした動向は、パリ協定の目標と現状の各国の緩和目標との間に大きな隔たりが存在し、長寿命温室効果気体の削減だけでは緩和策が行き詰まる可能性のあることが根底にある。さらに、今世紀中頃までに長寿命温室効果気体の排出量を大幅削減できたとしても、長寿命で

あるため、気温上昇抑制効果の顕在化は同時には期待できない。そのため、排出量制御の効果が短期間で現れる SLCFs の緩和策も併せて実施することが、国際的共通課題となっていることを強く認識する必要がある。このような状況であるため、時空間変動の大きい SLCFs による地域ごと・組成ごとの気候変動および環境影響を明らかにし、それらを緩和するための最適シナリオに関する科学的知見の蓄積が不可欠である。

## (2) 研究の目的と概要

本プロジェクトでは、排出源および大気中の時空間分布が偏在している SLCFs の地域ごと及び組成ごとの気候変動および環境影響を定量的に評価し、同時に影響緩和へ向けた排出量削減シナリオを策定するための研究を推進する。特にアジア域に対する解析・評価を詳細に実施するが、研究成果を国際政策に活用することも目指すため、全球での地域ごとの解析・評価も実施する。気候変動評価では、これまでに開発してきたエアロゾル気候モデルおよび化学気候モデルが組み込まれた各種数値モデルを用いて、SLCFs による気候や大気水循環の変動を地域ごと・組成ごとに定量的に評価する。その際に、数年～数十年の中・長期的な変動だけでなく、災害を直接的にもたらし得る極端現象に対する SLCFs の寄与も定量化する。これらの評価を実施する上で、既存の静止気象衛星や 2020 年頃から運用予定である静止化学衛星からの SLCFs の情報を利用した気候モデルの精度検証も併せて行う。環境影響評価においては、気候モデルによるシミュレーション結果を境界条件として、SLCFs の排出量増減に伴う地域ごとの健康影響・農作物影響・洪水渇水影響について、各種影響評価モデルを用いた評価を行う。その際、政策活用時に要求される可能性のある高時空間分解能の情報創出のために、ダウンスケーリングの利用を検討する。SLCFs シナリオ策定では、地域ごとの詳細な気候変動・環境影響評価に基づき、多面的な便益と地域情勢を考慮した排出量削減に関する新しい緩和シナリオを構築する。地球全体を網羅しつつ、特に SLCFs の排出量が圧倒的に多いアジア域における技術的・政策的な実現性や有効な緩和政策について検討する。さらに、新たに策定された SLCFs シナリオを用いて、気候変動および環境影響の将来予測を実施する。以上の研究により、SLCFs の緩和策を具体的に提示する科学的根拠を構築する。本プロジェクトの主要アウトカムは、国際的枠組（IPCC 第 7 次評価報告書（AR7）、IPCC TFI SLCFs 排出量推計ガイドライン策定、CCAC、APCAP 等）および国内政策に対して、最適な SLCFs 削減に関する定量的な科学的知見を提供することである。また、IPCC TFI にて SLCFs 排出量推計ガイドラインの策定が進行していることは、将来的に各国での SLCFs 関連排出量の算定が求められることを意味する。本プロジェクトのアウトカムは、これに備えることにもなる。

なお、SLCFs 間の共便益の相殺の可能性を考慮して総合的な研究を指向するために、本プロジェクトでは、エアロゾル（硫酸塩・ブラックカーボン・有機物・硝酸塩・それらの前駆物質）・メタンおよびその前駆物質・オゾンおよびその前駆物質・代替フロンを網羅して取り扱い、それらによる気候変動・環境影響および排出量削減に関する影響緩和の定量的評価を行う。CCAC/Efficient Cooling Initiative では、特に代替フロンとブラックカーボンの削減に焦点を当てており、本プロジェクトではこれらもカバーできることになる。本プロジェクトは、環境研究総合推進費戦略研究 S-7（FY2009-2013）および S-12（FY2014-2018）にて構築してきた研

究成果を発展させることにより、国内外の環境政策へ貢献することを指向する。S-12 では、以下のような主要成果をもたらした。

- ブラックカーボン排出量削減による気温低下は従来の推定よりも小さいという新規性のある科学的知見の創出
- 窒素酸化物の削減は、寒冷化をもたらすオゾン減少の一方で、温暖化をもたらすメタン増加と硝酸塩エアロゾル減少という結果となり、SLCFs の相互作用が非常に複雑であることの指摘
- SLCFs による気候変動を考慮した農業・水循環・健康影響評価のツール整備と初期解析
- 多様な対策組合せによる相乗・相殺効果を考慮した SLCFs 緩和シナリオ策定の重要性の指摘及び 2℃目標相当の排出量削減に関する SLCFs 最適緩和シナリオの探索

以上の S-12 の研究成果は、全球一様の比率で組成ごとに SLCFs 関連排出量を増減させるという条件に基づいたものであった。本プロジェクトでは、地域ごとあるいは国ごとに異なる SLCFs の実情に応じた対策に研究成果を活用するために、地域ごとに定量的な解析・評価を行うことが鍵となる。地域分割は、テーマ 3 で想定している区分（補足資料参照）をベースとするが、それよりも小さいスケール（国別および人口の多い国では国内地域別）で検討しなければならない現象や影響については、各サブテーマにて各モデル固有の特徴に応じた適切なスケールで解析した後に、テーマ間およびサブテーマ間の連携をとる。

### （3）プロジェクト全体の成果目標

- 開発を進めてきた各種数値モデルを用いた排出源および大気中の時空間分布が偏在している SLCFs の地域ごと・組成ごとの気候変動と環境影響の定量的評価
- 多部門からの緩和対策分析による SLCFs 関連排出量削減の最適シナリオの探索
- 最適緩和シナリオを適用した各種数値モデルによるシミュレーションによる SLCFs による気候変動および環境影響の将来予測
- 国際的枠組（IPCC, CCAC, APCAP 等）および国内政策への SLCFs 最適削減に関する科学的知見の提供

## 6. プロジェクトの研究テーマ構成及びサブテーマ構成

本プロジェクトでは、以下の 3 つのテーマ構成により、当該 3 テーマの下にサブテーマを設けて、各テーマ及びサブテーマ関係者が一体的に研究を実施する。全体構成及びテーマ・サブテーマ間の関係については、補足資料も参照のこと。

【(独) 環境再生保全機構環境研究総合推進費 公募情報】

URL: <http://www.erca.go.jp/suishinhi/koubo/>

研究提案の公募は、テーマ 1 からテーマ 3 の【公募】サブテーマについて行う。

(留意事項)

- 各テーマの【総括】サブテーマ(1)は、テーマリーダーが担当して各テーマ全体の総括班として機能し、サブテーマ間の研究調整・進捗管理を担うため、公募は行わない。

- 研究提案は、【総括】サブテーマ(1)及びその他の【公募】サブテーマと研究内容が連携するものであることが必要である。
- サブテーマリーダー（申請者）は、研究プロジェクトリーダー及びテーマリーダーの指示の下で、他のテーマ及び他のサブテーマと緊密に連携し、一つの研究プロジェクトを構成する研究活動として研究を実施する。このため、テーマリーダーとサブテーマ研究者で構成する研究会議に積極的に参加することが求められる。
- 申請者は、応募したサブテーマの内容及びヒアリング等の審査過程での連絡・対応について責任を持つ。
- 申請者は、研究提案の提出前にテーマリーダーに連絡をして提案内容（申請書）についてテーマに相応しい内容かどうか事前に確認することが出来る（公募〆切の1週間前まで（厳守））。確認要請のあった提案内容（申請書）について、テーマリーダーはプロジェクトリーダーと相談の上、申請者にコメントを回答する。テーマリーダーの連絡先は、環境省地球環境局総務課脱炭素化イノベーション研究調査室 吉富 萌子（MOEKO\_YOSHITOMI@env.go.jp）までメールにて問い合わせること。

各テーマ及び公募するサブテーマの構成

テーマ名 及び テーマリーダーの担当するサブテーマ	公募を行うサブテーマ
テーマ 1 短寿命気候強制因子による地域規模の気候変動評価  サブテーマ(1)：エアロゾルによる気候変動の定量的評価	サブテーマ(2)：短寿命微量気体による気候変動の定量的評価 サブテーマ(3)：高分解能気候モデルを用いた短寿命気候強制因子による気候変動の定量的評価 サブテーマ(4)：短寿命気候強制因子による大気水循環変動の定量的評価
テーマ 2 短寿命気候強制因子による地域規模の環境影響評価  サブテーマ(1)：短寿命気候強制因子による陸水変動の定量的評価	サブテーマ(2)：短寿命気候強制因子による健康影響の定量的評価 サブテーマ(3)：短寿命気候強制因子による農作物影響の定量的評価 サブテーマ(4)：地域スケールでの影響評価のための気象データダウンスケーリング
テーマ 3 短寿命気候強制因子による環境影響の緩和シナリオの定量化	サブテーマ(2)：アジア域における短寿命気候強制因子緩和策の技術的潜在性の定量的評価 サブテーマ(3)：アジア域における短寿命気候強制因子の排出インベントリの精緻化

サブテーマ(1)：統合評価モデルを用いた短寿命気候強制因子の緩和シナリオの定量的評価	サブテーマ(4)：アジア域における短寿命気候強制因子に関わる緩和策の評価
--	--------------------------------------

(1) テーマ 1：短寿命気候強制因子による地域規模の気候変動評価

テーマリーダー：竹村 俊彦（九州大学応用力学研究所 主幹教授）

①成果目標

- エアロゾルモデルおよび大気化学モデルが組み込まれた全球気候モデルおよび全球高分解能気候モデル用いた SLCFs 関連排出量変化に伴う地域ごと・組成ごとの気候変動の定量的評価
- SLCFs による平均的气象場の変化および直接的被害をもたらす極端現象の変化の解析
- SLCFs に関するテーマ 2 での影響評価およびテーマ 3 での排出量削減緩和シナリオ策定のための計算結果の提供
- テーマ 3 により策定される複数の SLCFs 排出量削減緩和シナリオを適用した気候モデルによる地域ごとの気候変動の将来予測

②研究概要

二酸化炭素等の長寿命温室効果気体と、エアロゾル・メタン・オゾン等の SLCFs は、いずれも地球表層（大気・海洋・陸面）において、太陽放射や赤外放射の散乱・吸収によりエネルギー収支に影響を及ぼす。しかし、長寿命温室効果気体と比較して、SLCFs は濃度の時空間変動が大きいと、エネルギー収支も地域ごとに大きく異なる。したがって、SLCFs の気候変動に対する影響を定量的に評価するためには、その時空間変動を詳細に解析・検討する必要がある。前戦略研究課題である S-12 では、全球一様の SLCFs 排出量の増減比に伴う気候変動の評価を実施した。本プロジェクトでは、これまでに開発してきたエアロゾル気候モデルおよび化学気候モデルが組み込まれた各種数値モデルを用いて、SLCFs による気候変動や大気水循環の変動を地域ごと・組成ごとに定量的に評価する。例えば、SLCFs の排出量や大気中の水蒸気量が非常に多く、標高の高い積雪域もあるアジアモンスーン域は、SLCFs による気候変動が複雑であり定量的にも大きい可能性が非常に高く、このテーマでの主要ターゲットの 1 つである。その際に、数年～数十年の中・長期的な変動だけではなく、災害を直接的にもたらし得る極端現象に対する SLCFs の影響も定量化する。研究結果は、テーマ 2 と 3 における環境影響評価および影響緩和シナリオ策定にて活用する。また、テーマ 3 により作成される影響緩和シナリオを適用した気候モデルによる将来予測実験を実施して、地域情勢を考慮した SLCFs 排出量削減の効果を定量的に検証する。気候モデルによる SLCFs の気候変動評価を行う際に、テーマ内で実施する感度実験で使用する現在の SLCFs 関連排出量については、共通のデータベースを利用する。また、静止気象衛星ひまわり 8 号により得られるエアロゾルの広域分布観測データや、欧米等により 2020 年以降に打ち上げが予定されている大気化学静止気象衛星による観測データを利用した気候モデルの検証を実施する。

## ③【総括】サブテーマ(1)：エアロゾルによる気候変動の定量的評価

- S-20 全体を統括し、SLCFs の地域ごとの気候変動および環境影響の定量的評価に基づいた排出量削減に関する最適緩和シナリオを策定して、気候変動対策に含めるべき SLCFs 対策のための科学的根拠を取りまとめる。
- テーマ 1 の統括として、サブテーマの研究成果を統合する役割を担う。
- エアロゾルモデル SPRINTARS が組み込まれた全球気候モデルを用いて、現在のエアロゾル関連排出量を基準として地域ごと・組成ごとの排出量を任意に増減させた場合を想定したシミュレーション（感度実験）を行い、SLCFs のうちエアロゾル（硫酸塩・ブラックカーボン・有機物）による地域ごとの気候変動を定量的に評価する。
- 感度実験で使用した排出量データおよび感度実験からの気温・降水量等のパラメータの出力をデータセットとして、テーマ 2 における SLCFs による環境影響評価およびテーマ 3 における最適緩和シナリオ策定のために提供する。
- テーマ 3 において策定された複数の影響緩和シナリオを適用して全球エアロゾル気候モデルによるシミュレーションを行い、その計算結果の解析により地域ごとの気候変動の予測される変化を評価する。

## ④【公募】サブテーマ

## 【公募】サブテーマ(2)：短寿命微量気体による気候変動の定量的評価

- 大気化学モデル CHASER が組み込まれた全球気候モデルを用いて、現在の短寿命微量気体関連排出量を基準として地域ごと・組成ごとの排出量を任意に増減させた場合を想定したシミュレーション（感度実験）を行い、SLCFs のうち微量気体（メタンおよびその前駆物質・オゾンおよびその前駆物質・代替フロン）および硝酸塩エアロゾルによる地域ごとの気候変動を定量的に評価する。
- 感度実験で使用した排出量データおよび感度実験からの気温・降水量等のパラメータの出力をデータセットとして、テーマ 2 における SLCFs による環境影響評価およびテーマ 3 における最適緩和シナリオ策定のために提供する。
- テーマ 3 において策定された複数の影響緩和シナリオを適用して全球化学気候モデルによるシミュレーションを行い、その計算結果の解析により地域ごとの気候変動の予測される変化を評価する。

## 【公募】サブテーマ(3)：高分解能気候モデルを用いた短寿命気候強制因子による気候変動の定量的評価

- 雲は気候を大きく変化させる重要なファクターである。エアロゾルモデル SPRINTARS および大気化学モデル CHASER が組み込まれた雲物理過程を陽に表現できる空間高分解能気候モデルを用いて、現在の SLCFs 関連排出量を基準として地域ごと・組成ごとの排出量を任意に増減させた場合を想定したシミュレーションを行う。
- エアロゾルモデルおよび大気化学モデルが組み込まれた従来型の全球気候モデルによるシミュレーション結果と比較することで、雲過程の表現および空間分解能の違いによる計算結

果の差異を解析する。その結果、必要と判断した場合は、テーマ 2 および 3 のシミュレーション結果を提供する。

- 高分解能であることから、局所的な気象の極端現象を表現できる可能性があるため、SLCFs 関連排出量変化に伴う極端現象による影響を定量的に評価する。

【公募】サブテーマ(4)：短寿命気候強制因子による大気水循環変動の定量的評価

- SLCFs 関連排出量を様々に変化させた全球気候モデル（サブテーマ 1, 2）および高分解能気候モデル（サブテーマ 3）によるシミュレーション結果の解析を通じて、特に雲・降水等の大気水循環およびエネルギー収支の変動を定量的に評価する。
- 特に水循環変化は、気象災害により人的・経済的被害をもたらしうる極端現象と密接に関わっているため、各感度実験について大雨・熱波等の極端現象の頻度および規模の変化に着目して解析する。
- 解析結果は、テーマ 2 における SLCFs による環境影響評価およびテーマ 3 における最適緩和シナリオ策定のために提供する。

## （2）テーマ 2：短寿命気候強制因子による地域規模の環境影響評価

テーマリーダー：芳村 圭（東京大学生産技術研究所 教授）

### ①成果目標

- 高度化された統合陸域シミュレータおよび高解像度化されたテーマ 1 の気候実験結果を用いた SLCFs 排出量増減による地域規模での健康影響・農作物影響・洪水渇水影響の評価
- 陸域からの SLCFs 排出量を能動的に推定可能な統合陸域シミュレータの高度化・改良
- テーマ 3 により策定された SLCFs 排出量削減に関する最適緩和シナリオを利用して実施されるテーマ 1 の気候変動のシミュレーション結果を用いた健康影響・農作物影響・洪水渇水影響の評価

### ②研究概要

前戦略研究課題である S-12 において、SLFCs の排出量増減による健康影響や農作物への影響、或いは洪水・渇水等の水循環等への影響を評価するフレームワークが確立され、そういった項目の地球全体での定量的な影響評価を世界に先駆けて行うことができた。しかし、テーマ 1 の項目にも示されている通り、濃度の時空間偏在性の比較的大きな SLFCs による影響を評価したい場合、地域スケールでの情報を政策決定者或いは市民に提供する必要がある。そのような背景を鑑み、本テーマでは、SLCFs 排出量増減の地域ごとの環境影響評価を行うこととする。影響評価を行う項目としては、健康影響・農作物影響・洪水渇水影響を基本とする。それらの環境影響評価は、テーマ 1 が行う気候モデルによるシミュレーション結果を外力として、各種影響評価モデルを動かすことによって行われる。その際に地域ごとの影響を精度良く評価したい場合には、用いる気象外力が高解像度化されている必要があるが、テーマ 1 で用いる予定の気候モデルは 1 格子あたり数十 km スケール程度の空間解像度となる予定である。そのため、比較的低解像度の気候モデルによるシミュレーション結果を高解像度にダウンスケールす

る役割のサブテーマを設定する。ダウンスケーリング手法には、古くから用いられてきている力学的ダウンスケーリングや統計的ダウンスケーリングに代わる新たな手法として、近年使われ始めている機械学習手法を駆使したものの利用可能性についても検討する。

③【統括】サブテーマ(1)：短寿命気候強制因子による陸水変動の定量的評価

- テーマ2の統括として、サブテーマの研究成果を統合する役割を担う。
- テーマ1で得られる予定のSLCFs関連排出量増減による気候変動を加味した気候モデルシミュレーション結果を用いて、地域ごとの陸域での水循環の変動への影響を定量的に評価する。その際、極端現象についても着目し、規模の大きな洪水・渇水による影響を評価する。
- サブテーマ4で得られる予定の高解像度化された気候シミュレーション結果を用いて、さらに詳細な空間スケールでの陸域水循環変動への影響を評価する。
- 上記の影響評価に用いる統合陸域シミュレータ(ILS)をより高度化し、改良する。ILSで採用されている汎用カプラをうまく使い、別途開発されている河川水温・水質モデル、土砂流出モデル、人間活動モデル、地下水モデル等を結合することで、水循環シミュレーションの精度を向上させる。
- サブテーマ3と共同で、陸域からの自然由来・人間由来のSLCFs排出に関わる過程のモデル化を行う。例えば水田や湿地、畜産由来のメタンガスや、燃料使用や火災により発生するブラックカーボン・SO<sub>2</sub>等についてより精緻にモデル化し、テーマ1で利用されるモデルとの相互作用を考慮できるモデルを開発する。

④【公募】サブテーマ

【公募】サブテーマ(2)：短寿命気候強制因子による健康影響の定量的評価

- テーマ1で得られる予定のSLCFs関連排出量増減による気候変動を加味した気候モデルシミュレーション結果を用いて、地域ごとの人類の健康状態への影響を定量的に評価する。
- サブテーマ4で得られる予定の高解像度化された気候シミュレーション結果を用いて、さらに詳細な空間スケールでの人類の健康状態への影響を評価する。
- SLCFs排出量に関連する大気汚染物質(PM2.5とオゾン)濃度の変化による健康影響を評価するだけでなく、SLCFsによる気温変化に付随する健康影響も評価する。
- また、熱中症や熱関連疾患・死亡(心臓病等持病が高温により悪化して死亡する)のような、気温変化に付随する健康影響だけをみるのではなく、サブテーマ1から得られる予定の洪水等による感染症を伴う直接的健康被害、あるいは渇水に伴う栄養不良に伴う健康被害等の評価を行う。
- サブテーマ1と共同で、統合陸域シミュレータへの健康影響モデルの組み込みを行い、SLCFsに対するより精緻な影響評価を行う。

【公募】サブテーマ(3)：短寿命気候強制因子による農作物影響の定量的評価

- テーマ1で得られる予定のSLCFs関連排出量増減による気候変動を加味した気候モデルシミュレーション結果を用いて、地域ごとの農作物への影響を定量的に評価する。
- サブテーマ4で得られる予定の高解像度化された気候シミュレーション結果を用いて、さら



に詳細な空間スケールでの農作物及び農業活動への影響を評価する。

- 農作物への影響として、オゾン等直接的に植物生理に影響するものと、大気中のブラックカーボンや硫酸塩等により直達光および散乱光が変化することによって間接的に影響するものを取り入れた影響評価を行う。
- サブテーマ 1 と共同で、統合陸域シミュレータへの作物成長モデルの組み込みを行い、SLCFs に対するより精緻な影響評価を行う。
- サブテーマ 1 と共同で、特に水田由来のメタン排出に関するモデル開発に取り組む。

【公募】サブテーマ(4)：地域スケールでの影響評価のための気象データダウンスケーリング

- テーマ 1 で得られる予定の気候モデルシミュレーションの空間解像度から、必要に応じた時空間ダウンスケーリングを行う。古くから用いられている力学的ダウンスケーリングや統計的ダウンスケーリングに代わる新たな手法として、近年使われ始めている機械学習手法を駆使したものの利用可能性について検討する。
- 天気予報用の数値予報モデルの出力を、衛星やレーダー等からの日々の降水分布観測で学習させた識別器を用意し、テーマ 1 で得られる予定の SLCFs 排出量増減による気候変動を加味した気候モデルシミュレーションからの日々の降水分布に対して適用することで、降水分布のダウンスケーリングおよびバイアス補正を行う。
- 降水と同様、風速や気温等のダウンスケーリングおよびバイアス補正を行い、サブテーマ 1・2・3 が使用する大気表層の外力をより詳細にかつ高精度化する。

### (3) テーマ 3：短寿命気候強制因子による環境影響の緩和シナリオの定量化

テーマリーダー：花岡 達也（国立環境研究所社会環境システム研究センター 主任研究員）

#### ①成果目標

- 脱炭素社会の実現と環境影響の軽減に向けた持続可能な世界・アジア域の SLCFs と長寿命温室効果ガス（GHGs）の排出量削減に関する緩和シナリオの定量的評価
- アジア諸国のパリ協定下の緩和目標の段階的強化や 2°C 目標/1.5°C 目標の実現に向けたロードマップの評価
- 1.5°C 目標に資する SLCFs と GHGs の早期削減シナリオの探索と対策・施策の相乗効果・相殺効果の評価
- 2°C 目標/1.5°C 目標に資する緩和シナリオの実現にむけたアクションプランとロードマップの検討
- テーマ 1 による複雑な気候変動の評価やテーマ 2 による環境影響の評価の双方を考慮した最適な SLCFs と GHGs の排出量削減に関する緩和シナリオの策定

#### ②研究概要

気候変動枠組条約のパリ協定（2015）で「世界の平均気温上昇を 2°C 未満に抑える（2°C 目標）とともに 1.5°C に抑える（1.5°C 目標）努力を追求する」ことが合意されたが、2°C 目標の実現には今世紀後半に正味 CO<sub>2</sub> 排出量をゼロにし、かつ非 CO<sub>2</sub> 温室効果ガス排出量の大幅削

減も必要とされる。また、1.5°C目標の実現には、2050年頃までに正味 CO<sub>2</sub> 排出量をゼロにするために早期の大幅削減が急務である。前戦略研究課題である S-12 では、エネルギー部門に由来するブラックカーボン (BC)、対流圏オゾン (O<sub>3</sub>) の前駆物質である窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>)・一酸化炭素 (CO)・揮発性有機化合物 (NMVOC)、および冷却効果を持つ硫酸塩エアロゾルの前駆物質である二酸化硫黄 (SO<sub>2</sub>) に注目し、2°C目標の達成と環境影響の軽減の両方を考慮した緩和シナリオを探索した。本プロジェクトでは、さらに 1.5°C目標の実現に向けて、早期大幅削減を可能とする対策技術の組み合わせや技術的・経済的・制度的な制約を考慮した最適な緩和シナリオを探索する。特に、SLCFs である BC・対流圏 O<sub>3</sub>・代替フロン (HFCs)・メタン (CH<sub>4</sub>) は、早期大幅削減による 2°C目標/1.5°C目標への貢献が期待される。また、対策技術の組み合わせによっては、CO<sub>2</sub> と同時に大気汚染物質も削減されて温暖化を促進する可能性があるため、テーマ 1 による複雑な相互作用の評価や、テーマ 2 による環境被害や気候影響の評価を考慮して、最適な SLCFs 削減策を探索する。これらの課題に対応する統合評価モデルを用いて、全球を網羅しつつ特にアジア域に注目し、エネルギー部門に加えて新たに畜産・農耕・廃棄物・産業プロセス等の非エネルギー部門の主要な SLCFs 排出源も網羅した緩和策を分析し、持続可能で脱炭素な社会にむけた世界の発展経路を評価する。また、目標の実現に向けたアジア域における技術的・政策的な実現性や有効な緩和策について評価する。

③ 【統括】サブテーマ(1)：統合評価モデルを用いた短寿命気候強制因子の緩和シナリオの定量的評価

- ・ テーマ 3 の統括として、サブテーマの研究成果を統合する役割を担う。
- ・ 主要なエネルギー部門および非エネルギー部門を網羅し、SLCFs・GHGs・大気汚染物質の緩和策が分析可能な技術選択モデル AIM/Enduse[Global]を構築し、気候変動および環境影響の双方を考慮した世界・アジア域における 2°C目標/1.5°C目標に資する最適な緩和シナリオを策定する。また、分析結果をテーマ 1 およびテーマ 2 と共有する。
- ・ サービス需要モデルを用いた経済危機・好機の影響によるエネルギー・サービス需要変動や再生可能エネルギーモデルを用いた世界の再生可能エネルギーの潜在性、技術選択モデル AIM/Enduse[Global] による対策技術の組み合わせ等を考慮し、経済モデル AIM/CGE[Global]を用いて 2°C目標/1.5°C目標に資する緩和シナリオの実現に必要な対策費用や経済評価を行う。
- ・ 脱炭素化と SLCFs 緩和策の相乗効果・相殺効果を評価し、2°C目標/1.5°C目標に資する緩和シナリオのアジア域における排出経路とパリ協定下でのアジア域の国別削減目標とのギャップを埋める対策・施策をサブテーマ 2 およびサブテーマ 4 と連携して評価する。
- ・ アジア域に求められる SLCF・GHGs 排出経路をサブテーマ 2 に提供し、連携してアジア諸国の SLCFs・GHGs の早期大幅排出削減の可能性を評価する。

④ 【公募】サブテーマ

【公募】サブテーマ(2)：アジア域における短寿命気候強制因子緩和策の技術的潜在性の定量的評価

- 国別の経済発展や主要排出源の差異、同一国内における都市化・電化等の地域偏在性等を考慮し、サブテーマ 1 による 2°C目標/1.5°C目標に資する世界の緩和シナリオと整合的な、アジア主要国の国別削減目標の深掘りにむけた部門別緩和策の潜在性を評価する。
- 主要なエネルギー部門（発電・産業・運輸・家庭業務部門）および主要な非エネルギー部門（畜産・農耕・廃棄物・資源採掘・産業プロセス部門）を網羅した SLCFs・GHGs 削減対策技術データベースを構築し、削減目標に向けた対策ロードマップを検討する。
- SLCFs・GHGs 緩和策の技術的実現性や革新的技術の潜在性、技術的・社会的な制約等を検討し、サブテーマ 1 と連携して技術選択モデル AIM/Enduse[Country]を用いて、主要な国・部門に特化した SLCFs・GHGs の早期大幅排出削減の可能性を定量的に評価する。
- 対策技術データやアジア諸国の対策情報をサブテーマ 1 に提供し、連携して世界の 2°C目標/1.5°C目標に資する緩和シナリオの実現を評価する。

【公募】サブテーマ(3)：アジア域における短寿命気候強制因子の排出インベントリの精緻化

- 現存するアジア域における SLCFs・GHGs 排出インベントリシステム REAS をベースに、主要なエネルギー部門および非エネルギー部門を網羅した排出量推計・解析システムを構築し、サブテーマ 1 およびサブテーマ 2 で用いるアジア諸国の排出インベントリを開発する。
- 移動発生源や小規模固定発生源等、アジア域において重要となる発生源について、地域の特徴を考慮し、SLCFs 排出インベントリを精緻化する。また、インベントリ開発に用いる活動量データや排出係数等の利用可能性や精度等の課題を検討し、推計された排出量の不確実性を評価する。
- 国際的な排出インベントリ（例：HTAP）や、アジア諸国を対象とした最新の排出インベントリ研究におけるアジア主要国の更新情報等と比較することで、排出インベントリの変動要因を検討し、SLCFs 排出量削減において優先すべき排出源や排出国を明らかにする。

【公募】サブテーマ(4)：アジア域における短寿命気候強制因子に関わる緩和策の評価

- アジア域における長期発展戦略策定にむけて各国が抱える技術的・経済的・制度的な課題を整理し、世界・アジア域における 2°C目標/1.5°C目標に資する最適な緩和シナリオの実現可能性フレームワークを検討し、SLCFs に関わる有効な緩和政策を評価する。
- アジア諸国の SLCFs・GHGs の削減目標およびグローバルストックテイクの在り方や、2°C目標/1.5°C目標の実現に向けた行動変容に効果的な国内制度（規制、排出税、補助金、および関係省庁・自治体のガバナンス等）や国際制度（段階的排出規制、排出量取引、技術・資金支援等）を検討する。
- 国連環境計画（UNEP）による SLCFs に関するソリューションレポートの課題を検討・補強し、サブテーマ 1 およびサブテーマ 2 による世界/アジア域の緩和シナリオ、対策ロードマップの実現にむけた障壁の種類や程度を評価し、その実装に貢献する。