

## 研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名 「アジア域の広域大気汚染による大気粒子環境の変調について」
2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）
  - 研究代表者 中島 映至（東京大学気候システム研究センター 教授）
  - 主たる研究参加者
    - 高村 民雄（千葉大学環境リモートセンシング研究センター 教授）  
(平成 11 年 11 月～平成 16 年 10 月)
    - 太田 幸雄（北海道大学大学院工学研究科 教授）  
(平成 14 年 4 月～平成 16 年 10 月)
    - 鶴野 伊津志（九州大学応用力学研究所 教授）  
(平成 13 年 4 月～平成 16 年 10 月)
    - 内山 明博（気象庁気象研究所気候研究部 主任研究官）  
(平成 11 年 11 月～平成 16 年 10 月)
    - 畠山 史郎（国立環境研究所大気圏環境部 室長）  
(平成 12 年 4 月～平成 16 年 10 月)
    - 杉本 伸夫（国立環境研究所大気圏環境部 室長）  
(平成 13 年 4 月～平成 16 年 10 月)
    - 日暮 明子（国立環境研究所大気圏環境部 主任研究員）  
(平成 11 年 11 月～平成 16 年 10 月)
    - 熊谷 博（(独)情報通信研究機構電磁波計測部門 研究主管）  
(平成 11 年 11 月～平成 16 年 10 月)
    - 中島 孝（宇宙航空研究開発機構地球観測利用推進センター 副主任開発部員）  
(平成 11 年 11 月～平成 16 年 10 月)
    - 石坂 隆（名古屋大学地球水循環研究センター 助教授）  
(平成 11 年 11 月～平成 16 年 10 月)
    - 岡本 創（東北大学大学院理学研究科大気海洋変動観測研究センター 助教授）  
(平成 11 年 11 月～平成 16 年 10 月)
    - 鷹野 敏明（千葉大学大学院自然科学研究科 助教授）  
(平成 13 年 6 月～平成 16 年 10 月)

### 3. 研究内容及び成果

本研究は、アジア域の大気汚染が引き起こす直接・間接の気候影響を調査することを目的とする。そのため(1)大気中に懸濁する微粒子(エアロゾル)から、雲粒、霧粒までの雲のライフサイクルに関わる全粒径スペクトル分布の観測とモデリング、(2)粒子系の光学特性パラメーターと大気力学的、化学的パラメーターとの依存性に関する観測とモデリングを中心に研究を組み立て、地上観測班、航空機観測班、アクティブセンシング班、衛星リモートセンシング班、モデリング班の5班によって研究を実施した。本研究の対象である人為起源の大気汚染エアロゾルが引き起こす様々な気候影響には、エアロゾルが太陽放射を直接反射する直接効果(エアロゾルによる日傘効果を引き起こす)、雲を変化させる間接効果(雲による日傘効果を引き起こす)、放射加熱による雲量変化が作り出す準直接効果等がある。また、このようなエアロゾルの一次的な気候影響によって発生するエネルギー収支のアンバランスを解消するように大気・海洋系の二次的な大循環が励起される。

#### (1) 観測研究

エアロゾルと雲に関する地上、航空機、人工衛星、新たに開発した雲レーダーとライダーを組み合わせたアクティブセンシングシステムから得られる観測事実の積みあげを行った。そのために準実時間的にデータを収集するネットワークSKYNETの設置を行った。同時に九州・奄美大島付近で

南方海上で大きく - 0.5mm/day にも及んでいる。もちろん、このような評価の信頼度はまだ低いと言わざるを得ない。

#### 4. 事後評価結果

##### 4 - 1. 外部発表、特許、研究を通じての新たな知見の取得等の研究成果の状況

エアロゾルは人間活動起源のものが増加することによって温室効果ガスと同程度に地球のエネルギー収支や大気中の雲形成過程に影響を与えることが近年強く認識されるようになった。東アジア域を対象としてエアロゾルの実態とその機能を総合的に明らかにしようとするもので、多岐にわたる成果が得られた。

(1) 東アジア域におけるエアロゾルは硫酸塩、有機炭素性、土壌性、海塩等、光学的特性の著しく異なる4種の粒子の複雑な総合系であることを示し、それらの存在比と光学的特性を考慮して放射強制力の評価を試みた。済州島と奄美大島域での集中観測の結果、有機炭素性エアロゾルによる吸収加熱効果と光の減衰による冷却効果が相殺され、大気上端での正味の効果は - 数 $W/m^2$ に過ぎないこと、また、エアロゾルによる雲の形成モデルを検討し、雲の反射による間接効果が - 数 $W/m^2$ もあり、上記の直接効果に匹敵することを示した。一方、地表面では、エアロゾルの直接効果は大気上端でのそれより一桁大きくなる。

(2) 上記の結果を最新の人工衛星データを用いて広域に適用する試みにも力が注がれた。上記4種のエアロゾルの光学的厚さを広域にわたって求めることはこの分野では初めての試みである。その結果得られたエアロゾルの間接効果による放射強制力は全球平均で - 1.4  $W/m^2$ であり、現在、この値は世界的に引用されている。しかし、4種のエアロゾルの相対的存在量についてのモデルと実測値との一致は奄美大島と済州島でもあまり良くない。エアロゾルの成分分析は地上だけでなく、大気中上層でも行い比較すべきであるが、航空機による試料採取と分析がなされていない。

(3) エアロゾルを4種に分割し、放射強制力を評価する考えは大変意欲的であり評価できる。しかし、これまでのところモデルと実態との差異はまだ大きいと言わざるを得ない。

(4) エアロゾルの放射強制力をモデル化する際のハードルは光学的特性の異なる成分を如何に抽出分離するかである。本研究はその可能性を技術と理論の両面から追及した恐らく初めての試みで、今後、この分野の発展を促すものとなるであろう。

(5) 研究課題が多岐にわたるので、ともすると発散しがちなプロジェクト全体を、最終目的を絶えず意識し、それに向けた研究計画を立て、実行することができた。多岐にわたる個別研究課題に適切な役割分担で対応する研究体制は適当であった。研究代表者の研究立案の適切さと研究実施に際してのリーダーシップに負うところが大きいと思われる。

(6) エアロゾルの多様な側面についての研究を多くの研究参加者がそれぞれ得意とする研究課題を分担し、極めて多くの論文発表がなされた。既に発表された論文は国内40件、国外130件に達している。

##### 4 - 2. 成果の戦略目標・科学技術への貢献

エアロゾルの直接効果(日射の散乱・吸収)、間接効果(雲核として働き雲の放射特性を変える)とも現在地球温暖化予測における最大の不確定要因の一つとされるものである。東アジア域を対象を限りつつも、それに真正面から取り組んだ重要な研究である。

本研究で東アジアに構築された観測網 SKYNET は今後も長く維持・発展され、当分野のみならず広く地球観測システムの重要な一部として貢献するであろう。

本研究の成果は、現在進められている IPCC 第4次報告書の策定過程や、世界最速の地球シミュレーターを使用する文部科学省の人・自然・地球共生プロジェクトなどに適宜反映されており、本

研究の波及効果は大きいと考えられる。また、現在、UNEP(国連環境計画)によってアジア域の大気汚染が作り出す気候・環境影響を研究するプロジェクトABC(Atmospheric Brown Clouds)が立ち上がりつつあるが、このような国際プロジェクトにも本研究成果は引き継がれている。

#### 4 - 3 . その他の特記事項(受賞歴など)

研究参加者の受賞は以下のとおりである。

鵜野 伊津志

2003年11月5日 第13回日本経済新聞地球環境技術賞受賞

遠藤 辰雄

2003年7月23日 (社)土木学会地球環境委員会 平成14年度地球環境論文賞受賞

竹村 俊彦

2004年8月 International Radiation Commission Young Scientist Award

2002年10月 日本気象学会 山本・正野論文賞受賞

日暮 明子

2000年10月 日本気象学会 山本・正野論文賞受賞