

氏名	ロバート ヘラー Robert Höller
学位(専攻分野)	博士 (エネルギー科学)
学位記番号	エネ博第20号
学位授与の日付	平成12年9月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	エネルギー科学研究科・エネルギー社会・環境科学専攻
学位論文題目	Studies of the Optical Properties and Climatic Relevance of the Atmospheric Aerosol in Japan (日本における大気エアロゾルの光学的特性と気候影響に関する研究)
論文調査委員	(主査) 教授 笠原三紀夫 教授 吉川 榮和 教授 東野 達

### 論文内容の要旨

本論文は、各種気象・環境条件下で大気エアロゾルの光学的特性(粒径、化学組成)及び光学的厚みを決定し、地球温暖化または地球冷却化に及ぼす大気エアロゾルの影響を定量的に評価することを目的とした研究の成果をまとめたもので、9章からなっている。

第1章は「序論」で、大気エアロゾルの性状や気候に及ぼすエアロゾルの影響に関する研究現況についてレビューし、問題点の整理を行うとともに、本研究の概要ならびに主要な内容について述べている。

第2章は「エアロゾルの放射強制力」で、エアロゾルの気候影響に関連する光学的特性や粒子と光の相互作用について概説し、エアロゾルの放射強制力(エアロゾルの温暖化または冷却化効果を示す指標で、単位は  $w/m^2$ )について説明している。特に、放射強制力と気候影響との関係、エアロゾルの地球温暖化/冷却化効果に関する「クロージャー研究」の概念について論じている。

第3章は「エアロゾル及び放射測定システム」で、本研究で用いた、(1)エアロゾル粒子の物理・化学的性状特性を調べるためのサンプリング装置、粒度分布測定、炭素成分分析などの計測・分析のための方法・装置、及び(2)全天、散乱放射強度など各種太陽放射強度の測定、またエアロゾルによる散乱係数、吸収係数、減衰係数など放射特性の測定に用いた計測装置の概要についてまとめている。

第4章は「京都における大気エアロゾルの光学的特性と放射強制力に関する研究」で、本研究の中でも主要な研究課題の一つである。ここでは、エアロゾルの光学的・化学的性状調査についての実験手法、データ解析法について詳述し、また長期にわたって実施した連続的測定結果ならびに短期集中的に実施したキャンペーン実験結果について述べている。さらに、京都及び名古屋地域において、エアロゾルの光学的及び化学的性状を、地上ならびに飛行機による上空とで同時に測定し、エアロゾル特性のカラムクロージャー調査を行った結果について言及している。

第5章は「大気エアロゾルの散乱特性に及ぼす湿度の影響」で、吸湿性エアロゾルの散乱係数など光学的特性に及ぼす湿度依存性について検討したものである。実験システム内の湿度を任意に調整することのできる湿度制御装置を設計・製作し、エアロゾル粒子の粒径や散乱特性に及ぼす湿度の影響を定量的に求めた実験結果についてまとめている。

第6章は「水平減衰クロージャによるエアロゾル単一散乱アルベドの決定」で、減衰係数と散乱・吸収係数を同時に測定し比較・検証した、いわゆるエアロゾルによる太陽光減衰のクロージャー調査結果についてまとめている。

第7章は「名古屋における都市大気エアロゾルの気候に関連する諸特性」で、名古屋においてライダー観測を含む集中的な野外実測を行い、エアロゾルの垂直分布データをも含むエアロゾルの光学的及び化学的性状を調べ、これらのデータを用いて放射強制力を推定し地域的な地球温暖化/冷却化効果を評価している。

第8章は「日本における沿岸部と都市域におけるエアロゾル特性の比較検討」で、海岸に位置する南紀白浜をバックグラウンド地域として選び、また都市域に位置する京都において、同時にエアロゾル性状と放射特性の集中野外観測を行い、両者

の結果を比較検討し、バックランド地域と都市域におけるエアロゾル、放射特性の相違を調べ、その結果についてまとめている。

第9章は「結論と展望」で、本研究で得られた結果ならびに成果をまとめ、今後の展開について述べている。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、各種気象・環境条件下でエアロゾルの光学的特性（粒径、化学組成）及び光学的厚みを決定し、エアロゾルの地球温暖化／冷却化に及ぼすエアロゾルの影響について研究した成果をまとめたものであり、得られた主な成果は以下のとおりである。

1) エアロゾル中の炭素成分粒子は放射収支に重要な役割を果たし、地球温暖化／冷却化効果は特に元素状炭素の含有量に大きく依存する。

2) エアロゾルの地球温暖化／冷却化を評価する上で最も重要な因子は、減衰係数に対する散乱係数の比を表す単一散乱アルベド ( $\omega_0$ ) であり、本研究での対象地域においては、 $\omega_0$  が約0.73以上の場合にはエアロゾルの冷却化効果、約0.73以下の場合にはエアロゾルの温暖化効果となる。

3) 相対湿度が高くなるのに従いエアロゾルの粒径は増大し、散乱係数も粒子の性状（吸湿性、潮解性）に応じて急速に増大する。エアロゾルの地球温暖化／冷却化効果を評価する上で湿度はきわめて重要な因子であり、従来ほとんど考慮されなかった  $\omega_0$  に及ぼす相対湿度の影響を定量的に明らかにした。

4) 京都における放射強制力は、 $-30 \sim +17 \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$  ( $\omega_0$  値：0.57～0.96)、平均  $-5.1 \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$  で冷却化効果を示した。一方、元素状炭素濃度比率が大きく平均で32.4%（最大53.4%）の名古屋においては、 $+0.6 \sim +9.1 \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 、平均  $+3.5 \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$  で温暖化効果を示した。汚染の大きい都市域においては、エアロゾルは温室効果ガスによる温暖化効果（平均  $+2.5 \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ）に匹敵する温暖化／冷却化効果を持つ。

5) 海岸に位置しバックランド地点とした白浜においては、エアロゾルの性状は気団の流れに大きく依存し、大陸からの気団の場合には、放射特性は都市域のものと同様な傾向を示した。なお、白浜における  $\omega_0$  の平均値は0.76で冷却化効果を示した。

以上のように、本論文では、大気エアロゾルは地球温暖化／冷却化に大きく関与し、その温暖化または冷却化効果はエアロゾルの性状に大きく依存すること、したがって地域的・時間的に大きく変動することを定量的に示すとともに、地球温暖化／冷却化効果を評価するために必要な多くの基礎的知見を与えるもので、得られた成果は学術上、実際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（エネルギー科学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成12年7月6日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。