

氏名・（本籍）	川 口 貞 男
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 第 5 9 7 号
学位授与年月日	昭和 5 4 年 6 月 2 7 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
最終学歴	昭和 2 8 年 3 月 東北大学理学部卒業
学位論文題目	南極大気の放射特性
論文審査委員	（主査） 教授 田 中 正 之 教授 上 山 教授 教 授 鳥 羽 良 弘 教授 教 授 大 家 明 寛

論 文 目 次

- 第 1 章 序
- 第 2 章 地表面の放射収支
 - § 2.1 南極における放射観測
 - § 2.2 昭和基地における長波長放射観測
 - § 2.3 放射収支の季節変化
 - § 2.4 放射収支の特徴による地域分類
- 第 3 章 大気中の長波長放射特性
 - § 3.1 南極における放射ゾンデ観測
 - § 3.2 放射ゾンデの構造, 測定原理
 - § 3.3 観測結果（晴天の場合）
 - § 3.4 観測結果（曇天の場合）
 - § 3.5 雲の長波長放射特性
- 第 4 章 大気の長波長放射収支

§ 4.1 季節変化

§ 4.2 放射収支

第5章 地球大気系の長波長放射収支

§ 5.1 天空に失われる長波長放射

§ 5.2 放射収支及び大気の冷却

第6章 特異現象

§ 6.1 冬期圏界面の消失

§ 6.2 接地逆転層

第7章 ま と め

図及び解説

参考文献

論文内容要旨

本研究は、南極大気の放射特性、特に長波長放射特性を明らかにし、更に地表面、大気、地球大気系の放射収支を算出したものである。

地表面の放射収支については、昭和基地での Funk 型放射計による観測データを使い、気温と有効長波長放射の関係、その季節変化などについて解析し、日射収支と合せて、放射収支を算出した。次に南極の地域による放射収支の相違の原因を明確にするため、放射図による計算などにより、各放射要素を算出した。

大気放射については、昭和基地における放射ゾンデの観測データを使って、冬期の長波長放射収支を計算すると共に、大気放射の特性について明らかにし、更に、日射のある季節の大気放射を、ラジオゾンデデータを使い、放射図による方法で算出した。

南極の冬の圏界面消失や、気温の接地逆転層など、特徴的な現象を、大気放射の立場から解析を試みた。

結果は、以下の様になる。

1. 地表面の放射

1.1 昭和基地については次の様になる。

- a) 有効長波長放射 F_n は、平均 0.065 kly/min , clear sky で、 0.125 kly/min , overcast で、 0.035 kly/min である。clear sky では、

$$F_n = \sigma T_g^4 (0.59 + 0.08\sqrt{e})$$

と Brunt の式にて、一応表はす事が出来るが、気温の接地逆転のため、“ばらつき”が大きい。

- b) F_n の月間値は、冬期約 2.5 Kly/month , 夏期約 4.0 Kly/month となる。

- c) 有効放射量(有効日射量 S_n + 有効長波長放射 F_n) は、冬には、日射がないので、 F_n に等しい。夏は、 $9 \sim 10 \text{ kly/month}$ のプラス(gain)となる。又、年間の有効放射量は、プラスとなる。これは昭和基地での観測が、露岩地帯でなされたため、夏には、岩が露出し、 S_n が大きくなるためである。

- d) 1日当りの有効放射量($S_n + F_n$) は、夏の短期間を除いては、雲がある方が、晴天よりも、マイナスが小さい、或いはプラスが大きい。

- 1.2 今までの南極各基地の日射観測から、有効日射に関し、高アルベドと雲の日射透過率が高い事などが、特徴として知られている。更に長波長放射に関し、接地逆転層が重要な意味をもつ事も知られていた。今研究は、長波長放射に関し、地ふぶきと可降水の少い事が、有効長波長

放射, 更には有効放射収支に重要な意味を持つ事を明らかにし, 南極は放射収支の上から次の4つの気候に分類出来る事がわかった。

- a) 内陸高原 : 低温である事, 位置の高度が高い事から, 可降水量が極端に少い。このため晴天下では, 下向き長波長放射 flux F^{\downarrow} が小さい(約 $0.11 \ell y / \min$) が, 地表面温度も極端に低いため, 上向き flux F^{\uparrow} も小さく(約 $0.14 \ell y / \min$), F_n は小さい。($0.02 \sim 0.03 \ell y / \min$)。しかし夏には接地逆転はなく, 地表面温度は冬よりも $30 \sim 40^{\circ}C$ 高くなり, F^{\uparrow} は大きくなるが, 大気層はあまり冬よりも高い気温とならず, F^{\downarrow} は冬とそれ程変わらない。このため F_n は大きい($0.09 \ell y / \min$)。アルベドが大きい(約 85%), 有効日射量は小さく, 月間値では, 12, 1月がわずかにプラスとなる。1日量では, 真夏でも, 晴天日には, F_n と S_n が打消し $0 \ell y / \text{day}$ 位となる。曇天には, S_n は晴天の $60 \sim 70\%$ あるが, F_n は, 30% 程度まで小さくなり, 有効放射量はプラスとなる。
- b) 斜面滑降風帯 : 可降水量は, この地帯でも少いが, 地ふゞきのため F^{\downarrow} が大きくなる。このため F_n が小さい。地ふゞきのない場合, 晴天下での F_n は大きい。特に夏には大きくなる($0.14 \ell y / \min$)。アルベドは大きく S_n は小さいため, 放射収支の月間値は真夏でもプラスにならない。1日量がプラスとなるのは, 夏の曇天日に限られる。
- c) 沿岸地帯 : 夏でも地表が雪氷に覆はれる氷床や氷棚の領域と岩の露出する領域に分れる。可降水量は, 比較的多く従って晴天下の F^{\downarrow} は大きい。氷床や氷棚領域は, 内陸高原にくらべてずっと弱いが, 接地逆転が発達し, F_n は小さくなる($0.03 \sim 0.04 \ell y / \min$)。夏には F_n は晴天下で $0.12 \ell y / \min$ 程度になる。アルベドが大きく S_n は小さく, 夏の放射収支の月間値は, プラスとなるが小さい。一方露岩地帯は, F_n も S_n も大きく, 有効放射量も大きくプラスとなる。このプラスが大きい(ため)年間の放射収支もプラスとなる。

2. 大気の長波長放射

- a) 晴天下では, 対流圏全体の放射冷却率は, 中低緯度と比べて小さく, 特に冬は小さい。冬期の気温の接地逆転層は, 大気の放射収支に対し, 雲と同じ様な働きをし, 逆転層での冷却率は大きく, その下では小さい。
- b) 中下層雲は, 長波長放射収支に, 大きな影響をもつ。雲の上部での冷却率は非常に大きく, 下部から下方にかけては小さく, 時には加熱となっている。雲の影響は, 対流圏の上部にまではあまり及ばない。南極大気の長波長放射収支に対して雲の影響が大きいのは, 雲自体の blackness よりもむしろ, 雲の上下の放射場によるところが大きい。特に雲の上での下向き flux F^{\downarrow} が, 窓領域外に対しても不飽和である事が効いている。
- c) 対流圏から成層圏へ向う net flux F_n は, 晴天でも曇天でもあまり変わらない。晴天下では, 55% が地表からの loss, 45% が対流圏大気からのものであるが, 曇天下では,

地表からのものは、15%に減る。即ち、雲は、地表の放射冷却を防ぐが、その分だけ大気の放射冷却を増加させている。

d) 昭和基地における全天候での大気の放射冷却は、冬期には、 $900 \sim 600 \text{ mb}$ で $-1.8^\circ\text{C}/\text{day}$ 、 $600 \sim 300 \text{ mb}$ で $-0.9^\circ\text{C}/\text{day}$ 、夏期には、 $900 \sim 600 \text{ mb}$ で $-2.0^\circ\text{C}/\text{day}$ 、 $600 \sim 300 \text{ mb}$ で、 $-1.7^\circ\text{C}/\text{day}$ となる。

3. 大気上限から天空へ放射される長波長放射の3月から10月までの間の月平均値は $0.32 \text{ ly}/\text{min}$ $\sim 0.22 \text{ ly}/\text{min}$ の間にあり、真冬の $0.22 \sim 0.24 \text{ ly}/\text{min}$ は、丁度この期間になされた衛星による観測値とよく一致している。極点の同じ期間では、約 $0.16 \text{ ly}/\text{min}$ で、昭和基地の70%となっている。

4. 圏界面は、全体としては、放射冷却によって erode されるが、最低気温層を境に下部での加熱が大きく、上部では冷却されている。これにより圏界面は、上に押し上げられ、かつ不明瞭となる。理論計算との比較により、南極の冬の圏界面の消失は、放射冷却で説明し得る事が、明らかとなった。

5. 内陸部の冬の接地逆転層は、圏界面の場合とは全く反対の形で、放射冷却により erode される。しかし放射冷却の一番大きいのは、逆転層の最高気温層から下部となり、放射冷却は、逆転層を押し上げながら、解消しようとしている。

以上を要約すると、本研究は、南極地域における地上放射観測データ、放射ゾンデのデータ、気象衛星データ等を用いて、南極大気の放射収支の実態を量的に明らかにしたものである。また、それに関与する雲、逆転層、飛雪などの役割についても、観測事実に基づいて新たな考察を試みた。

論文審査の結果の要旨

極域における気象学の最重要課題は、そこでの熱収支の実態を明らかにし、それと全地球的規模の気象・気候との関係を明らかにすることであろう。熱収支は放射収支、大気・海洋・雪氷間の熱交換、中緯度からの熱輸送など、いろいろな要素から成立しているが、中でも放射収支はその最も基本的な要素である。

川口貞男提出の論文は、著者自身による南極昭和基地およびみずほ基地での地上放射観測、昭和基地での放射ゾンデ観測等に加えて、高層気象観測データを用いた放射計算結果、人工衛星からの放射観測などを駆使して、南極域の放射エネルギーの収支の実態について多くの定量的な知見を加えたものである。その主たるものをあげると次の通りである。

- (1) 従来定量的知見の乏しかった長波放射成分について、昭和基地およびみずほ基地のデータから各収支成分の季節変化の実態を明らかにすると共に、雲、飛雪、接地逆転層などが長波放射におよぼす影響を明らかにした。
- (2) 南極各地での放射観測データに加えて、地上および高層気象観測データから、よく検証された計算方式によって計算された放射データを用いて、南極全域の放射収支を算出すると共に、放射収支の様相が、内陸高原地帯、斜面滑降風地帯、沿岸地帯で、相互に著しく異なる特徴を持つことを見出している。
- (3) 放射ゾンデによる大気各層での放射フラックスの観測データと、それを用いて検証された合理的な計算方式により高層気象観測データから算出されたフラックスとによって、南極大気の放射冷却の実態と、それに及ぼす雲層および気温逆転層の影響を明らかにしている。
- (4) 以上のデータに加えて人工衛星による放射観測データを用い、南極域の大気・地表系の全体の放射収支と、その成層圏、対流圏、地表面での内訳とを明らかにしている。
- (5) さらに南極域における対流圏、接地逆転層などの温度構造の形成・維持・消滅におよぼす放射過程の役割について考察し、それらに関する興味深い見解が示されている。

以上のように、本論文は南極域での放射エネルギー収支に関連して気象学的に重要ないくつかの新しい知見を与えるものであり、申請者が自立して研究活動を行うに必要な高度の研究能力と学識を有することを示している。よって川口貞男提出の論文は理学博士の学位論文として合格と認める。