

氏名・(本籍)	ふじ もと ふみ ひと 藤 本 文 彦
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 第 3 8 1 号
学位授与年月日	昭和48年1月24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26年3月 気象技術官養成所研究科卒業
学位論文題目	Influence of Atmospheric Pollution on Radiation (大気汚染の放射におよぼす影響)
論文審査委員	(主査) 教授 山本 義一 教授 上山 弘 教授 鳥羽 良明 助教授 田中正之

論 文 目 次

Introduction

Part I. Short Wave Radiation

1. Direct Solar Radiation
2. The Global Radiation
3. Diffuse Radiation
4. The Reflection of Global Radiation at the Ground Surface

Part II. Long Wave Radiation

1. Summary of Long Wave Radiation
2. The Observed Results of Downward Long Wave Radiation
3. The Relation between the Downward Radiation and the Air Masses
4. The Effect of Atmospheric Pollution to the Long Wave Radiation
5. Nocturnal Net Radiation
6. Conclusion

論文内容要旨

序 論

近年産業活動や交通量の増大に伴って大気の汚れが甚だしくなり人間の生活環境の悪化として大きな問題になっているが、大気のもつ浄化能力を越えた廃出物による汚染は気象現象に影響を及ぼすほどになっている。地球全体に及び大規模な現象に対する影響は大気中のエアロゾルの増大に伴ってその散乱により虚空に逃れる日射成分が多くなり地表に入射する分を減じその結果として地球上に永年の寒冷化傾向をもたらすかも知れぬという懸念もある。

小規模現象については人間の集団によって都市気候と呼ばれる周辺地域と著るしく異なった気象状態が作り出されているが、そこでは周辺地域との間の大きな温度傾度や最低気温が高いというような事実と共に日射の減少も知られている。また日射のない夜には都会の大気汚染物質が赤外放射を行なって夜の冷却を防ぐ役をしているという説もある。

放射エネルギーが気象現象の大もとであることから大気の人工的汚染が放射に与える影響を調べその実相を明らかにすることは大気の物理学としての気象学にも人間生活に密着した気候を扱う気象学にとっても重要なことである。筆者は高層気象台(茨城懸)で観測された資料を主とし、東京の中心部(気象庁)におけるものを付け加えて上述の問題を取扱った。その際大気の汚染とは直接関係はないが、その影響を調らべる上で背景となるべき放射気候の事項も明らかにした。これは日本の気候資料としてこれまで公表されなかった事項が多いからである。

放射に関する現象は、そのエネルギーの発生源やその伝達などの物理過程における相互作用の相違あるいは測定器の相違などによって波長 4μ を境にして短波長放射と長波長放射とに分けられる。短波長放射とは太陽から来る有効エネルギーの大部分が 4μ より短い範囲にあることから名付けられたもので日射と同義語である。長波放射は地球に関係した大地、大気、雲などの出す放射をいい、その温度からして 4μ より長い波長域にある。

日射の観測はいろいろの方法が考えられるが気象学で通常行なわれているものは次の4種目である。

(1)直達日射量 (2)全天日射量 (3)天空散射量 (4)地表反射量

(1)は狭い立体角の筒を通して、太陽光線に垂直面に太陽光球とその周辺からの放射を入射させその強さを測るものである。この種の観測が行なわれた初めの目的は地球にとって根源的エネルギーである太陽エネルギーの大気外での強さ、太陽定数を知ることであったが、その値が決定された後は、それと地表の測定から光線の通り抜ける気層の混濁状態を知る有力な方法である。

(2)は水平線に太陽の光球から直接くる成分と天空で散乱され地表に達する成分とからなる。これは気象の諸現象に直接関係する熱収支の重要な1項であるから日射量のうち最も一般的に観測されている量である。

(3)は太陽の直射成分を除いた天空からの散乱光を水平面で測るものである。

(4)は入射した日射が地表で反射され天空へ向う量である。反射量の大小は地表の熱収支と大いに関係がある。

長波放射量は熱の収支の一項目として観測されるのが普通であるが、天空から地表へ、あるいはその逆向きを別々に測るものと両者の差を直接測るものがある。

前者を、(5)上向き(下向き)放射量、後者を、(6)正味放射量とか放射収支量と呼んでいる。高層気象台では(1)から(6)までの全成分が定期的に観測されている。

第1部 短波放射

1 直達日射量

直達日射量を測定する測器は信頼できるが準器との比較によって観測開始以来狂いのないことが保証されている。

直達日射量から大気混濁を表わすパラメーターを導き出すことができる。

リンケの混濁因子、オングストロームの混濁係数、(東北大学)混濁係数があり、前者を τ 、後の2つは β であらわされる。 τ は全波長の直達日射観測から比較的容易に求めることができるので広く用いられているが、大気中の水蒸気の吸収の影響を受けるという欠点があり、後者の β より劣るが、気象庁では始めから τ を用いているので他の観測点との比較を考え、本論ではこれを用いている。

オングストロームの β はフィルターを用い水蒸気の吸収の影響のない波長領域の観測値から求められる。また東北大学の β は高層観測から大気中の水蒸気量(可降水量)を求め、その吸収の影響が除かれる。

高層気象台(館野)で1958年以来求めた τ についてその変動の長年の傾向やその性質を調べると次のようになる。

- (a) 館野は近くに有力な汚染源はないが、やはり大気の汚れの増加傾向が認められる。東北大学の β を用いた山本・田中・荒生の研究結果とほぼ一致している。
- (b) τ の午前と午後の値を比較すると以前に比して午後の大気の汚れが大きくなっていることがわかる。
- (c) 年々の τ の最少値(大気が澄んでいる)と最大値(大気がきわめてよごれている)をえらび出し、それぞれについて群をつくり、風や温度などの気象状態や大気図と比較してみると、それらの気象との関係が明らかになる。

概して τ の大きな値には大きな可降水量が対応する。 τ と温度・風の垂直構造を調らべるためにエヤグラムを用いて指定高度面の温度・風向・風速を記入すると低い層における温度の逆転と τ の大小の関係は、はっきりしている。 τ の大きな場合はすべて地表近くに逆転層が存在し、その半数以上は 5° 以上の強い逆転である。一方 τ の小さなものは逆転層はないか、あっても 1°C かそれ以下である。

900 mb(約1000m)以上の高度の垂直温度勾配は低い層のものとは異なり τ との間に著しい差がない。風の影響も低い層について τ との関係は明瞭で、 τ の大きなものは1000 mb高度でごく風速が少ないか、無風に近いが、 τ の小さなものは $2/3$ 以上の例が5Kott以上吹いている。

高度が増すにつれ両者の関係はうすれてゆくが800 mb高度ではなお τ の2つの極値群に対する

影響が認められる。要するに日射の減衰に関係する気象状態は 800 m b 高度以下である。

τ の最小最大値群は気圧場と関係がある。

τ の小さな場合は大陸から高気圧が日本に張り出し東方海上の低気圧が発達する曲型的冬型の気圧配置に相当する。

τ の大きな場合は移動性高気圧が日本をおおうか、大陸の中央部から本州の南海上に張り出した高気圧が、弱い南風を送ってくる時である。

雨の洗滌効果は余り明らかではないし、休日など大気汚染源の少ない時は大気の汚れに関係があるが、ある気象条件の下では余り目立たない。風と温度の垂直構造が汚染を稀釈する能力の主体であり汚染源はあっても気象条件によっては大気はそれほど汚れないようである。

2 水平面全天日射

水平面全天日射については測器の精度を十分吟味しながら東京と同時刻の観測値を、よく晴れた日について比較して東京の汚染による日射量の減少をしらべた。これによれば (a) 東京の値は平均して 10 % 小さい。(b) 両者の特別最大・最少日射量を比らべると日総量について最大値は大きな差はないが、最小値はかなり大きな差がある。これは気象条件によって東京の日射量が著しく左右されることを示すものである。(c) 東京の日射量は同じ太陽高度に対する午前と午後の違いがかなりある。これは τ の午前・午後の違いからもいえるが、東京の上空は午後大気の汚れの蓄積が著しくなるためであろう。

3 散 射 量

館野では遮蔽環を使用し日射計の受感部を太陽直射光からさえぎって観測を行なっている。

直達日射量から求めた τ と散射量の関係を太陽高度別に求めると、太陽高度の高いほど τ の増加と散射量の増加の関係が明瞭になる。従って雲の無いときの散射量は(一定の太陽温度の下で)大気の混濁を示すことになる。太陽高度の変化の少ない 12 月について特別の散射量の年々の変化をしらべると τ の変化を裏付けるような変化を示している。1969 年と 70 年は 1967, 68 年より大気が汚れていなかったということが示されている。

日射の連続記録を書かせると雲のないときでも大小の振中と長短の周期をもった複雑な変動を示すが、これらの変動は大気のエアロゾルによるものと考えられる。これは直達成分のみならず、散射成分にも前者と逆位相で対応してあらわれる。両者の変動測定値から田中の計算結果を用いエアロゾルの屈折率の虚数部分(吸収係数に当る)の評価をこころみたところ理論的に出されているものと比べ妥当と考えられる値を得た。

4 反 射 量

晴天と曇天(散射量のみ)の太陽高度別の地表反射率を求めると前者は太陽高度の減少と共に小さくなるが、後者はほぼ一定の値である。

全天日射量の中で散射量の占める割合は太陽高度が低くなると多くなるので地表反射率を太陽高

度について τ との関係を調べると 15° 以上はあまり目立たないが 10° に対しては τ の増加と反射率の減少は明瞭になる。このことは地球上の熱収支とくに大気の汚れと日射の関係を考えるとき多少問題になることである。

第2部 長波放射

長波放射の測定器は日射計に比べて精度と経年変化が懸念されるのでしばしば理論値(山本放射図による)と比較しながら、日本では今まで得られていない長波放射に関する統計的事実を明らかにした。この際の放射図との比較は近年増大して来た τ の値にも拘らず、館野においてはエアロゾルの放射に対する寄与は観測にあらわれないことを示すものである。

東京の甚だしい大気汚染がエアロゾルの放射としてどの程度寄与しているのか、全く明らかでないのでそれを明らかにするため館野と東京の比較観測から大気放射図の結果を理論的背景として、その検出を試みた。その際東京と館野の下層大気の温度影響を除くために東京タワーの観測値から放射図を用いて下層の放射量を求めた。

東京と館野の直接の比較により平均約4%東京が大きいことがわかったが、気層の影響(下層の)を考えると、それが1%ほどであるから3%ほど東京の値が大きいことになる。これは大気中の赤外吸収物質と大気の温度分布から説明できぬ量である。

放射収支量について夜間の天気との関係など、気候学的事実を明らかにした。また、放射収支量が夜の気温変化に与える影響をしらべた。毎日の気温の降下に関しては(夜間は)風の影響が、大きいことがわかる。

論文審査結果の要旨

藤本文彦提出の論文は、大気汚染に伴う大気中のエアロゾルの増加が太陽放射および大気放射の伝達におよぼす影響を、最近10年間の放射観測資料に基づいて明らかにしたものである。論文は第一部および第二部よりなり、それぞれにおいて太陽放射、および大気放射の振舞と大気汚染の関係が論じられている。

まず第一部においては直達日射量、水平面全天日射量、散射日射量および反射日射量について、その経年変化および気象との関係が詳細に解析されている。これによると近年大気汚染が年々進行しており、それによる直達日射量および水平面全天日射量の減少、散射量の増加の傾向が明瞭に認められること、大気の混濁状況と気象状況の間には顕著な相関があり、混濁因子の大きな値は800 mb以下の強い気温の逆転、弱風、移動性高気圧と密接に関連しているのに対し、混濁因子の小さな値は不安定な温度成層、強風、西高東低の冬型気圧配置と密接に関連しているなどいくつかの興味深い事実が明らかにされている。これらの解析に加えて第一部においては、直達日射量および散射日射量の観測記録に見られる微細な変動に着目し、極めて功妙な解析方法を用いることによって、エアロゾルの吸収係数（複素屈折率の虚数部の値）の評価を行なっている。

エアロゾルの吸収係数の評価は最近の大気放射学における重要な課題であり、本研究が日射観測によるその評価の可能性を示した点は非常に重要な貢献である。

第二部においては、大気放射について同様の解析が行なわれているが、特に注目すべき点は汚染粒子による付加的大気放射の存在とその程度について一つの解答を与えていることである。都会の上空に存在する汚染粒子が、大気から地面向って放出される下向き大気放射に影響を及ぼすか否かについて、専門家間で長年に亘って議論がなされてきたが、今日まで明確な回答は得られていなかった。これに対し藤本は茨城県の館野と東京の都心での同時観測の結果を、両地点における温度成層の相違などを考慮して入念に比較検討し、その結果汚染粒子による3%の付加的放射量を検出している。この結果は大気汚染とそれによる気候の変化、特に都市気候の問題と関連して重要な意味を持っている。

要約すると藤本文彦提出の論文は、大気汚染が太陽放射（日射）および大気放射におよぼす影響を観測の面から究明したもので、その成果は気象学特に大気放射学の分野における一つの重要な貢献と評価される。これにより学位論文として合格と認められた。