

昭和基地の気候 (第1報)*

—気象要素の季節変化と季節区分—

近藤 幸治** 酒井 重典***

要旨

22年間平均による気温の季節変化を基に昭和基地の季節区分を行い、他の要素との関連を調べた。

半月平均値をもとに季節変化を見ると、いくつかの特異点がみられる。2月から4月上旬にかけては日射量の減少に伴って、気温の下降と共に急速な風速の強まりがみられる。その後、10月の前半頃まで風速は顕著な1カ月程度のリズムで周期変化している。対応した傾向を雲量、気圧、気温、日照時間の変化でも見ることができる。

冬期間の晴天時には接地逆層が形成され、8月末に最も強くなるが、これは発達した低気圧の通過による影響で破壊されやすい。これによって起こる気温変化は大きく、夏期の安定期に比べ8月末には標準偏差の3倍程度に達する。8月末に気温は低極となり、その後は急上昇し風速は次第に弱まりながら夏へと向かう。

1. はじめに

これまで、昭和基地の気候についてまとめたものとして、例えば山崎道夫ら(1969)が季節の特徴について、川口貞男(1979)が放射収支から見た季節変化について、真木太一(1972)が1970年における風と気温および気温鉛直度の相互関係についてなどがある。このほかに毎年各観測隊の気象部門の報告等には各年の特徴等が述べられている。しかし、これらはある特定の年あるいは、短い統計期間のデータを基に調査したものであった。

昭和基地の気象観測は、1957年に第1次観測隊が始めて以来、数年の中断はあるものの基地が開設されている期間は休みなく続けられている。既に、22年間の地上観測データ16年間の高層観測データが、それぞれ蓄積された。

ここでは、上記の22年間の地上観測データにより季節変化を中心に解析し、昭和基地の季節区分と要素間の特

徴および、相互関係について若干の考察をおこなった。

2. データ統計

昭和基地の気象観測システムは、1980年2月(第21次隊)から自動気象観測処理装置(AMOS)の導入により、地上観測および高層観測が全面的に自動化された。このシステムでは、3時間毎の気圧、気温、湿度、風速、日射、日照時間等の地上観測データおよび00、12 GMT(2回/日)の気圧、気温、湿度、風の高層観測データが観測毎に得られるようになった。これに伴い観測データの計算機処理が容易になり、各種の統計解析が可能になった。しかし、1980年1月以前のデータについては気象観測原簿として残されているだけであり、過去にさかのぼっての長期間のデータを扱うには不便であった。

今回、気象庁南極観測事務室において、観測開始から1980年1月までの地上、高層データを磁気テープ化することができた。地上観測データについては、1957年からの日平均データを、高層観測データについては、1966年から指定気圧面25面(地上、1000, 900, 850, ~5 mb)の月平均データを収めた。従ってこのテープを使って観測開始以来のデータについての計算機処理が可能となった。

今回の調査にあたっては、1957年から1984年1月まで

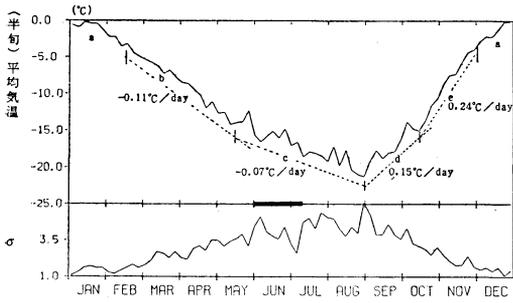
* Climate of Syowa Station, Antarctica (1)
Seasonal variation of Meteorological factors
and Seasonal division

** Koji, Kondoh, 気象庁 観測部高層課。

*** Shigenori Sakai, 気象庁 予報部長期予報課。

—1985年8月27日受領—

—1986年2月7日受理—



第1図 平均気温とその標準偏差の季節変化 (— は極夜期間を示す)。

の地上気象観測データの毎日のデータを基に各要素について、それぞれ通年半年データ（1年を73半旬とする各5日平均値、但し2日以下の場合には欠測とし2月29日の閏年は6日平均）を作って基データ（以下半旬値と言う）とした。この半旬値の22年平均（1957, 1959-1961, 1966-1984）を計算して、ここではこれを平年値として用いる。また、それぞれの半旬について標準偏差（以下 σ と言う）を求め季節内の年々変動の度合いをみた。

3. 要素別にみた季節変動

前章で述べた半旬別の平年値（22年平均）により昭和基地の気温、気圧、風速、全天日射量、日照時間、雲量の季節変化の特徴を要素別に述べる。

3.1. 気温

この22年間の年平均気温は -10.6°C である。

第1図から分かるように、気温の変化にはかなり不連続な変化をするいくつかの特異点が見られる。このことは、このような特異点を境にして気温のペースが変わっている訳で、一種の季節の変わり目と考えることができる。1つの季節を考える場合には他の要素との関連も考慮する必要はあるがここではまず、この不連続な気温変化に着目して昭和基地の季節区分を考えてみた。

この方法に従うと5つの季節に区分することが出来る。

a 12月上旬～2月中旬（第68～10半旬）

この時期の平均気温は -1.5°C で、 σ (1.1°C) の変化からも分かるようにこの期間は年による気温の変化が1年の中で最も小さい。つまり年々変動も小さく最も温和な季節である（夏）。

b 2月下旬～5月上旬（第11～29半旬）

約 $1^{\circ}\text{C}/10$ 日の割合で気温が下がっていき、1年の中で気温降下の割合が最も大きい。2月中旬の -3.5°C

付近から5月中旬の -13.8°C 付近まで急速に冷却がすすむ。気温の降下につれ σ も次第に大きくなっていく。夏の安定期が終わったことを示している。この季節の平均気温は -8.6°C となる（秋）。

c 5月中旬～8月末（第30～49半旬）

5月中旬の -12.3°C から8月末の -21.2°C まで $0.7^{\circ}\text{C}/10$ 日の割合でさらに下降を続ける。

太陽放射がなくなり暗黒期となるため放射冷却が一層強まる季節である。しかし、先の秋のような一様に下降を続けるのではなく、一旦下がったとおもうと元に戻り、また下がるというかなり周期的な変化をしながら8月末に向かって下降している。この時期の平均的な下降の割合は秋よりも緩やかで、また前述のようにかなり周期的に行きつ戻りつしながら気温は下がっている。これは子午線方向の温度勾配がある程度大きくなると、中緯度と高緯度とで熱の交換（周期的な低気圧の通過など）が頻繁に行われるためと思われる（山崎ら, 1969）。このような熱交換の周期や規模があることから年ごとの変動もおおきく、この期間の σ は 4.3°C で夏期の 1.1°C に対し3倍にも達している。

図から分かるように昭和基地では明瞭なコワレス型（鍋ぞこ型）の変化ではない。内陸基地の気温変化については、その原因は接地逆転層が強まり地表からの放射と大気放射がバランスして起こると言われている（川口, 1979）。昭和基地は大陸上ではないので、極特有のコワレス型があまり典型的な形ではみられないが、日本のような中緯度の気温変化に比べるとはるかにコワレス型に近いと言える。

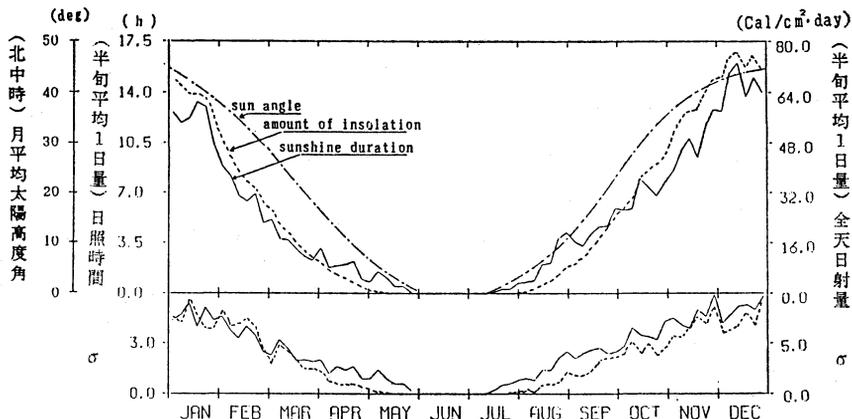
昭和基地の寒さのピークは、この22年間の平均では8月末（第49半旬）に明瞭に現れている。 σ は 6.1°C でこの時期に最も大きい値となる。このピークの出現時期も年によりいくらか前後すると思われる。この期間の平均気温は、 -17.4°C である（真冬）。

d 9月上旬～10月中旬（第50～58半旬）

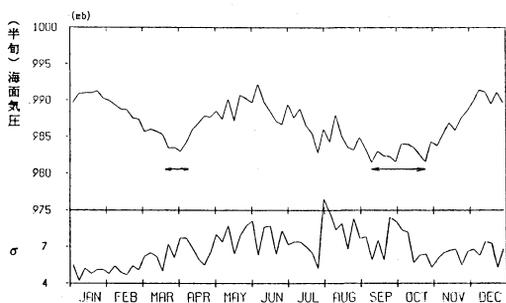
9月になると気温は急速に上昇に転じ、9月上旬の -19.1°C から10月中旬の -15.0°C にかけて、 $1.5^{\circ}\text{C}/10$ 日の上昇である。つまり、8月末を境に冬から春への移行期間となる。この期間の平均気温は、 -16.8°C である（冬～春の移行期）。

e 10月中旬～11月（第59～67半旬）

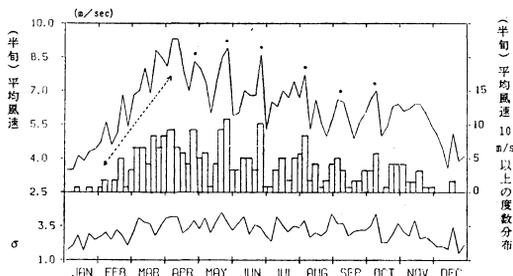
10月中旬の -13.7°C を境に気温は更に $2.5^{\circ}\text{C}/10$ 日のまきに爆発的な上昇時期に入る。この時期は σ も小さく、年による違いも少くほぼ一様で11月末には -4.0°C



第2図 日照時間(実線), 全天日射量(点線)とその標準偏差の季節変化。



第3図 海面気圧とその標準偏差の季節変化(←→極小域)。



第4図 平均風速とその標準偏差, 平均風速 10 m/s以上の度数分布(22年間)の季節変化(←→秋の上昇域, 黒丸はリズム変化のピーク値)。

まで上がり一気に夏に向かって気温が上がっていく様子がわかる。平均気温は -8.2°C である(春)。

3.2. 全天日射量と日照時間

日射, 日照の季節変化は当然のことではあるが太陽高度とほぼ平行な変化傾向している(第2図)。

日射量と日照時間の変化を比較してみると, 12月中旬~3月にかけて太陽高度の下降につれて両者は同じような割合で減少していくが, 日中の太陽高度角が8度以下になる3月末頃から日照時間の減少の仕方が急に緩やかとなり交差している。日照に比して日射量が少ないのは, 太陽高度角の低下と共に光学的路程が増大するため途中でのエネルギーの減衰が大きく日照としては記録されるものの日射エネルギーは小さい為と考えられ, 冷たい太陽といえる(秋~冬)。同じようなことは, 7~8月頃の高度角の増大する時についても言える(冬)。

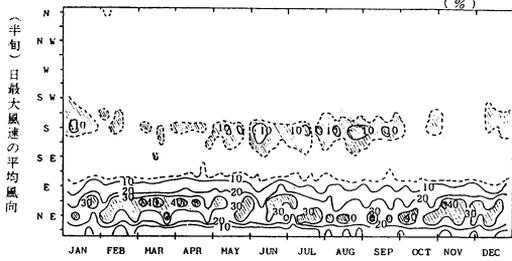
1年を通して見ると日射量は, 太陽高度角の変化にほぼ比例した滑らかな季節変化をする。日照時間の方は凹

凸が目立っており, 特に太陽高度角の増大する冬~春~夏(8月~11月)の季節に顕著みられる。これは日照時間は特に天気変化(雲量変化)の影響が大きいためこの季節の特徴と考えられる。雪面上の全天日射量の特徴について, 川口貞男と佐々木浩(1975)や山内恭(1983)が詳しく述べている。これによると雪面での反射率が大きく雲量(天気)による変化が小さい事があげられている。

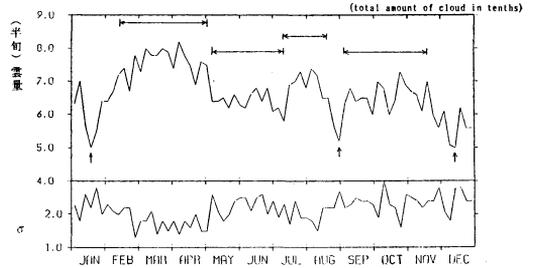
3.3. 気圧

69°S に位置する昭和基地は環南極低圧帯にあり年平均気圧は 986.9 mb である。気圧の季節変化には, 年2回の極大, 極小の時期が現れている。つまり12~1月, 5~6月が極大を示し共に平均 990 mb , 3~4月と9~10月に極小値(←→)を示し 983 mb である(第3図)。

惑星大気大循環理論によると, 対流圏全体について極渦の強さは, 地球が太陽から受ける熱エネルギーの緯度



第5図 日最大風速における16方位風向別発生頻度分布の季節変化。



第6図 雲量とその標準偏差の季節変化 (←雲量ベースの違い, ↑雲量の極小値)。

分布およびその季節的变化に密接に関係しているといわれる。

その計算結果からも高緯度で春分および秋分の前後に気圧が最も低くなることが言われており(守田, 1971), 69° Sの高緯度にある昭和基地では、これがはっきりとみられる。北半球では、これほどはっきりしていないが、南半球は海陸分布が単純であることから大気循環を強化するために惑星循環モデルに近い状態が存在するものと考えられる。半旬値で見ると更に明瞭に現れている。σの変化を見ると7月下旬~10月中旬頃に大きくなり平均約 8.5 mb で最大 11 mb となる。これは発達した擾乱が、この頃頻繁に襲来するようになるが、年によりその時期が前後することを物語っている。

3.4. 風速

昭和基地の年平均風速は 6.2 m/s で南極大陸沿岸部に位置する中では比較的風の弱い地域にはいる(山崎ら, 1969: 気温と風速による気候区分)。しかし季節変化は明瞭である(第4図)。夏の静穏期から秋に向かう2~4月頃にかけて、4~9.3 m/s と風速は急速に強まっていき、4月上旬(第20~21半旬)はその中でも最も強い時期で、平均で 8.8 m/s と1年の中で最も風の強い時期となる。この時期は気圧の年変化の中で1つの極小期が出る時期に昭和基地付近が低圧(低気圧活動が活発)となっている。4~10月にかけては、約1カ月のリズム変化が明瞭にあらわれているが、このリズムは日最大風速(10分間平均)の季節変化にも同様みられた。

また、度数分布で示したものは、半旬平均風速が 10 m/s 以上の場合を半旬毎に 22年間積算して示したものである。22年間平均で1年に13回(年73回に対し)が 10 m/s 以上の強風となる。季節変化を見ると2月中旬から5月上旬にかけて、5~9回と最も多く分布している。その後も風速変化と対応した1カ月リズムの季節変

化となっている。このことは、気圧、雲量変化にも多少みられるように周期的な極高気圧の強まり、あるいは、擾乱の接近によるためと思われる。

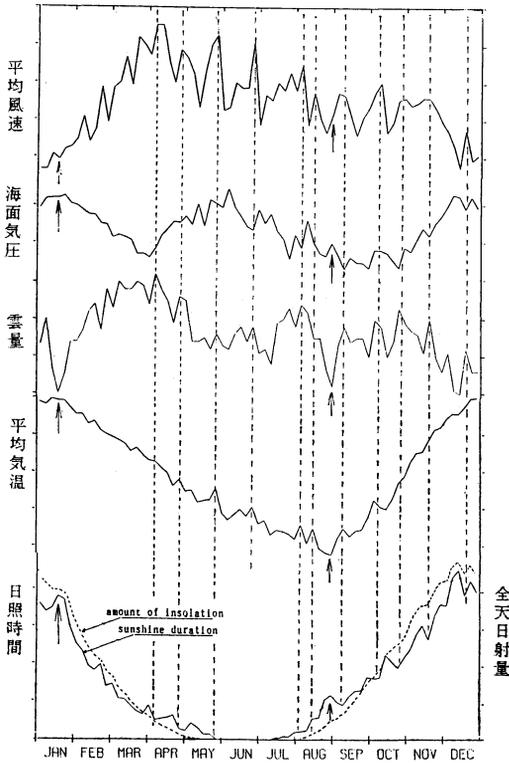
σは 3~4 m/s 前後で目立った季節変化がないにもかかわらず、このようなリズムを繰り返すのは風速変化の特徴的な点として注目される。日最大風速の極値が記録されるのは、5月と9月頃で秋と春に多く現れる(図省略)。

3.5. 風向別の発生頻度分布とその季節変化

第5図は、日最大風速が現れた時の風向を16方位に分け季節変化を見たもので、これを見ると NNE~ENE 成分で50%を占めており、これまでいわれているように昭和基地の強風は主として NE を中心に吹いている。更に季節別に眺めると秋の3~4月がやや東よりの ENE、春の9~11月 NE 風がそれぞれ 30~40% を占めている。

このことは、春と秋では昭和基地付近を支配する主風向は幾分異なっており、同じ季節の変わり目といっても、気圧配置に違いがあるものと思われる。

弱風域としては、ESE~SSE, SSW~W~N 成分でどれも 5%以下となっている。低気圧が昭和基地を頻繁に通る春と秋には NE 系が強まる。3~4月は特に ENE が目立ちこの季節は南系の風向は少ない。南系の風は1年の中では5~9月までのいわゆる冬期に多くなる。これは寒気の蓄積による大陸の極高気圧の発達の時期で風速変化で見られたように、弱風域に対応している。昭和基地付近はその極高気圧の勢力圏内に入る時に見られることと思われる。また、この冬期間の主風向は3~4月の風より若干北よりの NE 風となる。10~11月は S 系はほとんどなく ENE 風となるが、これは太陽高度角が高くなるにつれて昭和基地付近においては斜面滑降風(Katabatic wind)が卓越するためと思われる。

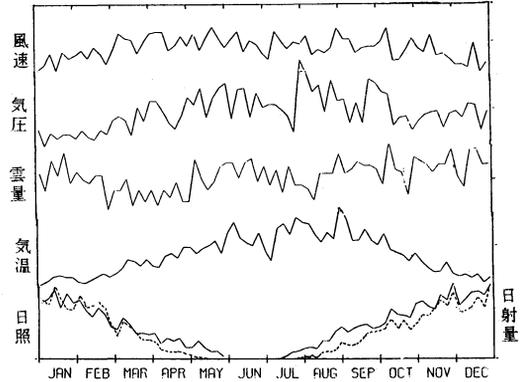


第7図 地上各要素の平均値による季節変化(波線は風速の変動ピーク値, ↑雲量の極小値).

3.6. 雲量

22年間の年平均雲量は、6.6である。2～4月は、風速で見られたように夏～秋に向けて低気圧活動の盛んな時期でもあり、1年の中で最も雲量が多く、平均7.5で σ は1.7と変化が少ないことから悪天の日が多いことが分かる。

5～7月上旬にかけては、放射冷却が最も進む時期で比較的好天の日が多い季節で平均雲量6.4である。しかし、 σ を見て分かるようにこの時期 σ が大きくなっており年々の季節の進み具合の違いが大きいことを示す。その後、7月中旬～8月中旬(第39～45半旬)は比較的雲量が多い。この時期は真冬の時期で持続的な低気圧の接近によるものと考えられる。1月中旬(第4半旬)、8月下旬(第49半旬)、12月中旬(第69～70半旬)は半旬平均雲量5.1とその前後に比べると著しく少なく好天の日が多くなる特異半旬的などところでもある。特に8月下旬は、気温が低く弱風域となり、接地逆転層が最も発達する時期である。



第8図 地上各要素の標準偏差による季節変化。

4. 考察

以上、要素別に年変化を見て来たが、気温の季節変化を基に昭和基地の季節区分を考えてみる(第7, 8図)。

太陽高度角の低下に比例して急速に気温は低下する。しかし、太陽高度角が5度位となる5月中旬頃からは、緩やかになるがこれは放射冷却が弱まって起こるものなのか、あるいは大陸がある程度冷却が進むと中緯度海洋面との温度差が大きくなり、これを解消するための中緯度との熱交換が繰り返されるのか、ここでは厳密には議論できない。

しかし、第7図の気温変化の σ 増大、第8図の風速変化に見られる周期的な変化などから次のようなことが考えられる。風速が強まる時期は極域では寒気の放出期にあたり低緯度からの暖気移流が増加するため気温が上がることを示唆する。弱風時は寒気を極域に蓄積する段階にあたり、69° Sにある昭和基地は極寒気の中にすっぽり入っている時期で気温は低く風も弱い。これが繰り返されているものと推測される。

つまり、日照量の減少に伴って放射冷却が進み、接地逆転層が形成され強まってゆくが、これは低気圧の接近によって破壊され気温上昇を起こす。

第7図の点線は風速のピークに着目して他の要素とどのように対応しているかをみたものである。季節によって多少異なるが風速のピークに対応は、気圧の極小、気温の上昇雲量の増加日照時間の減少等がよく一致していることが分かる。矢印部分は雲量変化の特異的などところを示している。8月末は気温が年最低となり日照時間増大、風速の減少、気圧等にもよく対応した変化であるのに対し、1月中旬の雲量極小値は日照時間が多少増加した対応をしている程度で他の要素では見られない。真

夏の安定期には天気変化によって気温、風速等に影響をあまり受けていない。

ここまで述べてきたことから、昭和基地の季節区分を行い、その特徴を述べると次のようになる。

① 気温と気圧変化や他の要素の対応から見ても昭和基地の夏としては12～2月中旬としてよさそうである。

② 2月下旬～5月上旬は気温が持続的に下降し雲量の増大（それまでの好天ペースから曇天が多くなる）、風速の強まる夏から冬への季節の移行期で秋にあたる。10 m/s以上の風が強いことが多くなり、厳しい気象条件ができやすい。

③ そして、5月中旬から9月中旬は、気温も下がり風も強く1年のうちで最も気候の厳しい季節にあたり真冬である。この時期には約1カ月のリズムで風速の強まりが見られ年によってはかなり規則的な周期変化もみられ、ある程度天候の予想にも役立つ時期でもある。また冬の前半の5～6月は比較的晴天も多く、このために放射冷却も進み気温の下降は促進される。

④ 8月末に低温のピークが出たあと9月下旬～10月は気温上昇の大きい時期で季節は真冬から春へと向かう。風速の変化はこの時期までは1カ月リズムが見られる。

⑤ 10月中旬から11月一杯にかけては、気温が爆発的に上がる春で風速、雲量共次第に減少し、野外活動しやすい時期へとはいれる。

5. むすび

1957～1984年1月の22年間の地上要素について、半月平均値を作り半月別の季節変化を見た。ここでは地上気象観測値のみを使つての調査であるため厳密さを欠いた

箇所が多い。今後は高層観測データおよびオゾン観測データについても解析を試みたいと思う。また、これらの相互関係、経年変動的な長期変動についても次回に報告したい。

最後に、本調査を行うに当たって、国立極地研究所川口貞男教授、山崎道夫東京航空地方気象台台長に有益な御助言を頂き、またデータ作成において南極観測事務室に御努力を頂き深く感謝致します。

文 献

- 福谷 博, 1983: 極地気象学・南極, 天気, 30, 289-293.
- 川口貞男, 1979: 南極の気象, 天気, 26, 335-345.
- ・佐々木 浩, 1975: みずは観測拠点の日射収支, 南極資料, 54, 34-41.
- 気象庁観測部南極観測事務室, 1981: 昭和基地の気候資料, 南極資料, 73, 273-275.
- 小林俊一, 1977: 南極氷床斜面上の大気境界層, 天気, 24, 547-551.
- 真木太一, 1972: 昭和基地に於ける風向, 風速, 気温及び気温鉛直傾度の相互関係, 天気, 19, 359-367.
- 守田康太郎, 1971: 極地気象学・極地科学の展望, 極地, 4, 2-9.
- Orvig, S., 1970: Climates of the polar regions, World survey of climatology, Elsevier, New York, 14, 280-291.
- 清野喜兵衛・鈴木信雄, 1964: 昭和基地の高層気象と季節循環型の記述, 南極資料, 23, 12-31.
- 山内 恭, 1983: 南極における放射収支, 天気, 30, 427-445.
- 山崎道夫・井部良一・福谷 博, 1969: 昭和基地の天気と気象観測, 天気, 16, 339-348.

昭和60年度（第26回）東レ科学技術研究助成金の受領のお知らせ

当学会より推薦した九州大学助教授山形俊男会員（代表研究者）は「熱帯域の大規模な大気海洋相互作用（ENSO）とその気候変動に及ぼす影響」の研究題目に

より、昭和60年度（第26回）東レ科学技術研究助成金を受領することになった。

第18回乱流シンポジウム講演募集のお知らせ

開催日：昭和61年7月24日（木）、25日（土）
会 場：東京工業大学中棟3号館

申込締切：昭和61年5月31日（土）必着
詳細は学会事務局にお問い合わせ下さい。