

今年(1994年)の成層圏突然昇温の予報から*

岩 崎 俊 樹**

1994年1月末から2月始めにかけて、マイナーではあるが端正な波数2の成層圏突然昇温が現われた。気象庁の全球数値予報モデル(GSM8911)はこの突然昇温を精度よく予報したので紹介する。

1. 実況と予報

第1図は1月28日12 UTC から2月5日12 UTC にかけての北半球の30 hPa 高度場を1日毎に示したものである。左の9枚は実況(客観解析)で右の9枚が1月28日12 UTC を初期値とする8日予報である。予報の最初に示された初期値(T=0の図)は客観解析とわずかに異なっている。この相違は、力学的なアンバランスを取り除くための初期値化(Nonlinear Normal Mode Initialization)による。

極渦は、最初は長く伸びた不等辺三角形に似た形をしているが、1月30日から31日にかけて軸対称型へ集中し、その後、まるで細胞が分裂するように波数2の循環に遷移している。その形状はMatsuno(1971)が理想的な数値実験で得たパターンによく似ている。この8日間のドラマチックな変化は全球数値予報モデル(GSM8911)によってたいへん良く予報されている。敢えて欠点を挙げれば、予報の場合、ユーラシア側の渦が北米側の渦に比べて若干弱いことぐらいである(自然の方が対称性に優れ美しい!)

気象庁では1日1回、12 UTC を初期値として8日予報を実施しており、成層圏の予報結果も毎日見ることが出来る。いつもこのケースのように精度よく予報されているわけではなく、予報された成層圏パターンが8日目近くに実況と相当異なるケースもある。しかし、ここで紹介したケースについていえば、前後数日

間のどの初期値から始めた予報も実況と良く一致していた。比較的予測が容易なケースで、相当しつかりしたシナリオがあらかじめ決まっていたように見える。

第2図は海面更正気圧の実況と予報である。一般に、突然昇温は対流圏超長波と関係が深いとされている。地上気圧の場合、細かなパターンが卓越するが、大規模な停滞性パターンに注目すれば、地上気圧でも波数2のパターンを見て取れる。とくに1月30日ごろには、アリューシャンとグリーンランド方面に低気圧が、シベリアと北米西部に高気圧が、それぞれ発達し、成層圏に先行して波数2の循環を形成している。

その後の経過について述べておこう。高気圧が2つの低気圧を割って入れば、松野モデルとそっくりなメジャーな突然昇温となる。しかし、このケースの場合には、そこまでは進行せず、2つの低気圧は再び融合してマイナーな昇温にとどまった。メジャーとマイナーの分かれ目はたいへん微妙のように見えた。

2. 帯状平均場と平均子午面循環

予報結果は各変数間で整合性のあるデータセットなので、帯状平均場の変化を子午面循環や非断熱加熱量で精度良く評価することができる。突然昇温が起こったときの帯状平均場の変化を超長波と平均流の相互作用(Matsuno, 1971 ほか)に基づいて検討してみる。第3図は予報結果を気圧-エントロピー混成座標(以下混成座標と呼ぶ、Iwasaki, 1989)で解析した帯状平均場である。8日間の成層圏循環は軸対称化と波数2形成の2つのステージに分けて考えるのが適当である。そこで、予報期間を前半の4日間と後半の4日間に分けた。上の図は4日間の温位の変化で、以下は鉛直流、EPフラックス収束、質量流線関数の6時間毎の出力の4日平均値を表わしたものである。鉛直流はスケールハイトを7キロメートルと仮定し、ミリメートル/毎秒で表わした。

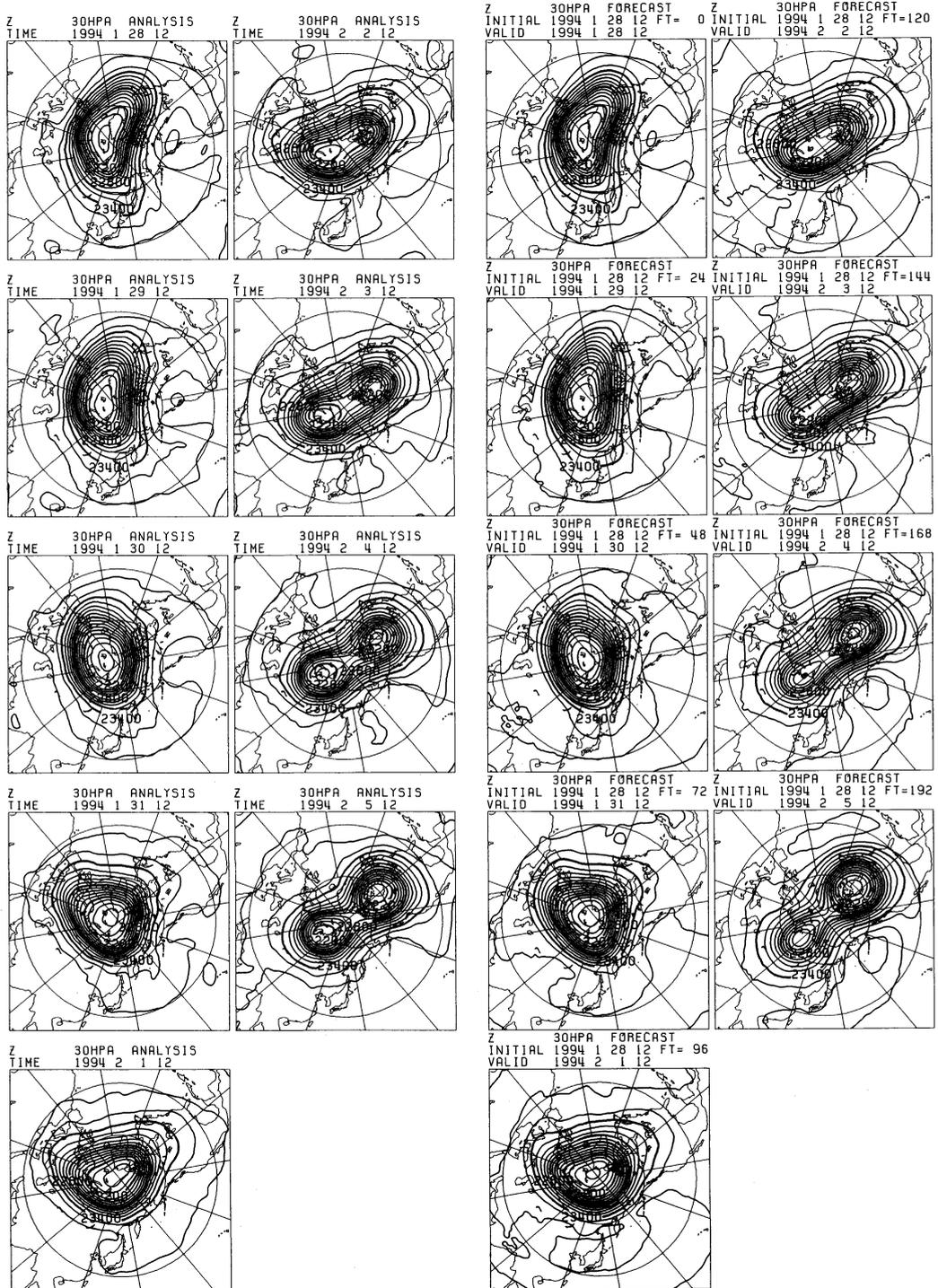
前半の4日間では、極渦の集中(軸対称)化に対応して、下部成層圏気温は極付近で低下し、逆に60 N 付

* Numerical Prediction of a Stratospheric Sudden Warming in 1994.

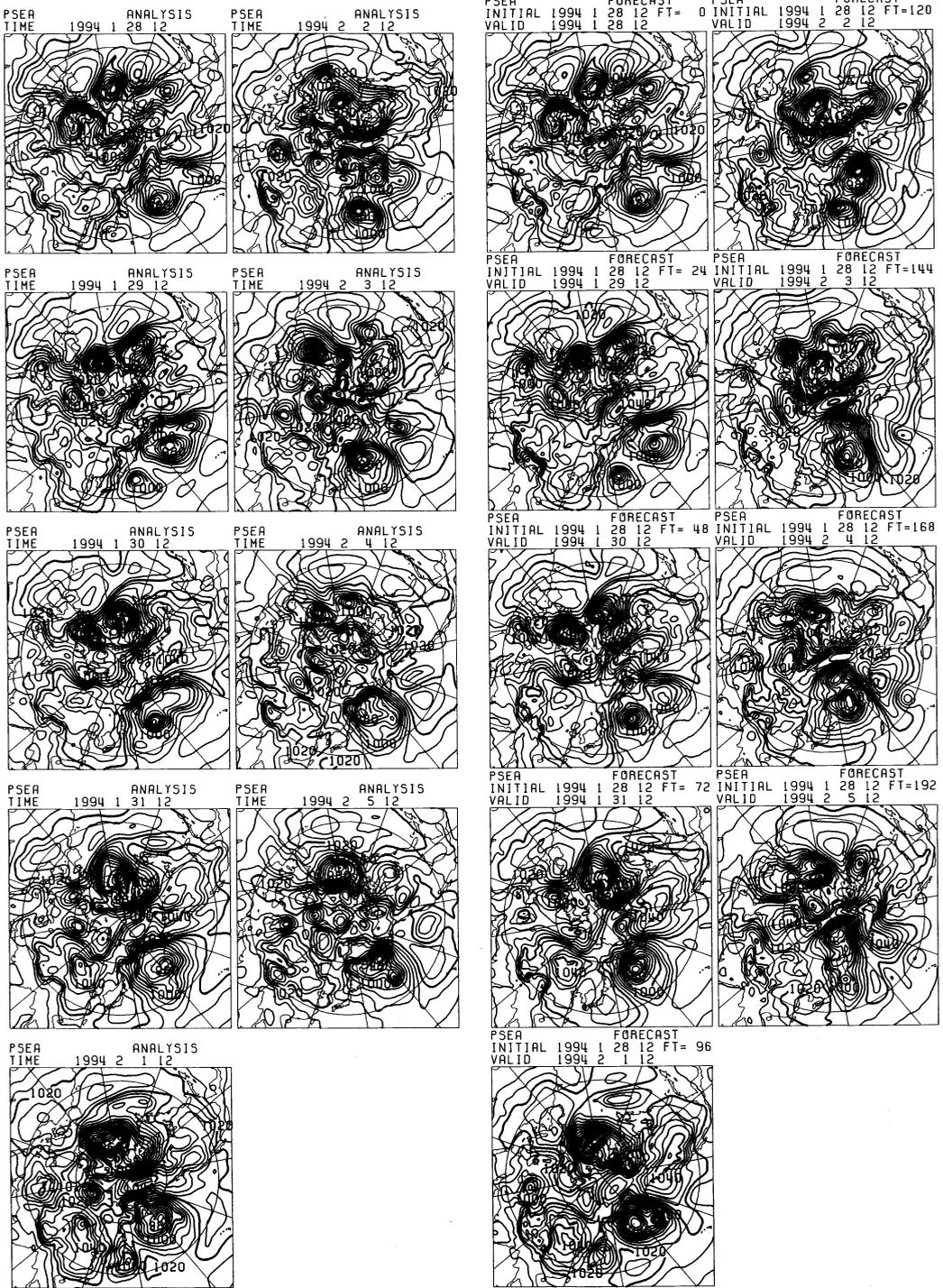
** Toshiki Iwasaki, 気象庁数値予報課.

——1994年5月31日受領——

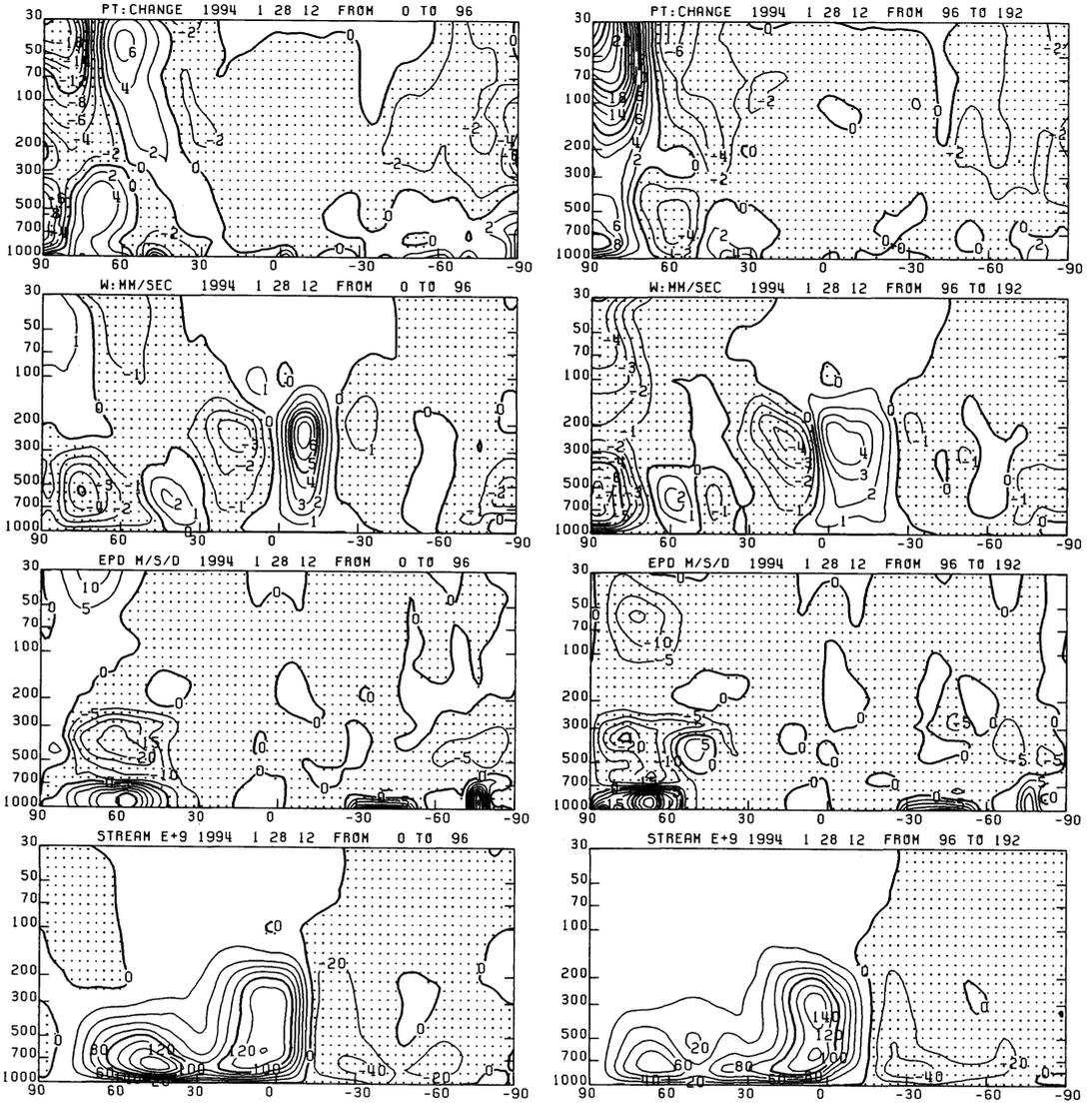
——1994年7月7日受理——



第1図 1994年1月28日12 UTC から8日間の30 hPaの北半球高度場(等値線間隔は120 m).
 左2列:客観解析, 右2列:1月28日12 UTCを初期値とする8日予報.



第2図 第1図と同じ。ただし、海面更正気圧で等値線間隔は 4hPa.

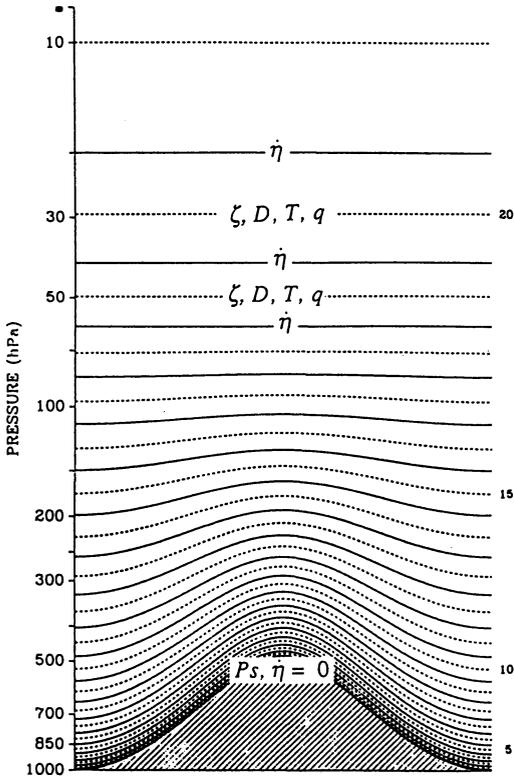


第3図 気圧-エントロピー混成座標による帯状平均場の解析。上：4日間の温位変化(K)，中上：平均鉛直流(mm/s)，中下：EPフラックス収束(m/s/day)，下：質量流線関数($\times 10^9$ kg/s)。左：前半の4日間，右：後半の4日間。

近で上昇している。平均鉛直流は極付近で上昇流，その周辺(60 N付近)で下降流になっており，その断熱冷却および昇温の効果で気温変化の南北コントラストがおおよそ説明できる(もちろん，正確には非断熱加熱や水平移流の効果も加わる)。後半の4日間では，極付近の下部成層圏は今度は強い下降流のために昇温する。高緯度成層圏のEPフラックス収束は，前半4日間が西風加速，後半4日間は減速になっており，波動平均流相互作用が子午面循環を誘起して，気温変化を

もたらすというシナリオと矛盾しない。

成層圏の突然昇温と同時に，対流圏の循環にも変動がみられる。混成座標で解析した中高緯度対流圏の冬の平均子午面循環は，主に傾圧不安定波の効果により直接循環となる(Iwasaki, 1990)。前半4日平均の質量循環は，中緯度対流圏に中心があるが，後半の4日間には中緯度の質量循環の中心が消滅し，対流圏のEPフラックスの収束・発散の中心も高緯度へシフトしている。この期間には，北半球中緯度全体で見ると，傾圧



JMA/GSM8911 HYBRID VERTICAL COORDINATE

第4図 気象庁全球モデル(GSM8911)の層構造。破線がフルレベル(ψ :渦度, D:発散, T:気温, q:比湿等の定義レベル)で, 実線がハーフレベル(η :鉛直流の定義レベル)。

不安定波の活動度が低下していることが示唆される。

3. 数値予報システムについて

最後に, 使用した全球モデル (GSM8911, JMA, 1990) について簡単に述べる。水平解像度は T106 (球面調和関数で展開し, 波数106で三角形切断: 格子点間隔はおよそ 110 km) である。鉛直には一般に η 座標と呼ばれる層構造を採用しており, 第4図に示すように, 地表面付近では地表面に, 100 hPa より上では等気圧面にそれぞれ平行になっている。全部で21層で 100 hPa より上には4層配置し, ここで高度場を示した 30 hPa は上から2層目に当たる。モデル上部境界が気になる高さであり, 後述するように, トップを変更した

予報実験も行なわれている (露木, 1993)。

初期条件に使われる成層圏の客観解析は, 昨年(1993年)の7月に「解析-解析サイクル」から「解析-予報サイクル」*に変更した(多田, 1993)。以前の客観解析では, 6時間前の解析結果をそのまま次の客観解析の第一推定値に用いていたが, 新システムでは6時間前の解析値を初期値とする6時間予報を第一推定値に使用することにした。解析-予報サイクルは4次元データ同化法の一つで, 原理的には, 過去のデータを予報結果を通じてこれまで以上に有効に利用することができる。反面, 予報モデルの欠点があるまま客観解析にも反映されるので, 予報モデルの性能がよくなければ, かえって悪い影響が出る。成層圏の予測精度が一定の水準に達したと判断して解析-予報サイクルの導入を決めた。

気象庁では次期システムにおいて全球モデルを用いた1か月予報の実用化を目指している。Kodera *et al.* (1991ほか)によれば, 対流圏の現象にも成層圏の状態が大きく影響することを指摘している。露木 (1993) は, GSM8911の低解像度版 (T63) を用いて, 予報時間の延長とともに, 下部成層圏の解像度が対流圏の予報精度にも影響を与えることを示した。とくに, 対流圏のブロッキングと成層圏突然昇温の関係には, 不明の事柄も多く, 予報モデルの改良という立場からも, 詳細な研究が望まれている。また, 気候監視の必要性が各方面から指摘され, 良い成層圏解析を残すことも, 数値予報の重要な使命と考えられるようになった。成層圏の研究者にも, 現在の数値予報のポテンシャルを理解していただき, 協力して現象の解明と予報精度の向上を目指したい。

謝辞

本稿の執筆を勧め, 有益なコメントをいただいた神沢博氏 (国立環境研究所) に謝意を表す。2名のレフリーにも有益なコメントをいただいた。本稿は, たまたま目にした1予報例の紹介であり, 全球数値予報モデルの開発運用に携わっている (携わってきた) 先輩同僚の成果に基づいている。

参考文献

Iwasaki, T., 1989: A diagnostic formulation for wave-mean flow interactions and Lagrangian-mean circulation with a hybrid vertical coordinate of pressure and isentrope, *J. Meteor. Soc. Japan*, 67,

* 対流圏の客観解析では1982年より解析-予報サイクルを実施している。

293-312.

Iwasaki, T., 1990: Lagrangian-mean circulation and wave-mean flow interactions of Eady's baroclinic instability waves, J. Meteor. Soc. Japan, **68**, 347-356.

Japan Meteorological Agency, 1990: Outline of operational numerical weather prediction at Japan Meteorological Agency, Appendix to Progress Report on Numerical Weather Prediction, 128pp.

Kodera, K., M. Chiba, K. Yamazaki and K. Shibata,

1991: A possible influence of the polar night stratospheric jet on the subtropical tropospheric jet, J. Meteor. Soc. Japan, **69**, 715-721.

Matsuno, T., 1971: A dynamical model of the stratospheric sudden warming, J. Atmos. Sci., **28**, 1479-1494.

多田英夫, 1993: 成層圏の予報解析サイクル導入に関する問題, グロースベッター, **31**, 68-78.

露木義, 1993: 延長予報に対する成層圏の分解能の影響, 1993年度秋季大会予稿集.

国際学術研究集会への出席補助金受領候補者の募集のお知らせ

— 国際学術交流委員会 —

国際交流事業(天気32巻5号P232)の一環として国際学術交流運用規定(天気41巻7号P444)に基づき、国際学術研究集会への旅費もしくは滞在費の補助を下記により行いますので、希望者は期日までに応募願います。

記

1. 対象の集会

A: 1995年6月1日～11月30日および

B: 1995年12月1日～1995年5月31日の期間外国で開かれる国際学術研究集会

2. 応募資格

日本気象学会会員で国際学術研究集会に出席し論文の発表もしくは議事の進行に携わる予定のもの

3. 募集人員

若干名

4. 補助金額

開催地域を考慮し最高15万円程度

5. 応募手続

所定の申請書類(日本気象学会事務局備付)を期日までに国際学術交流委員会(〒100 東京都千代田区大手町1-3-4 気象庁内日本気象学会気付)に提出する。大学院生は指導教官の推薦状を併せて提出する。

期日: A 1995年2月28日

: B 1995年8月31日

注: 申請書の様式は断りなく変更することがある。

古い様式の申請書にて応募しても受理しないので注意すること。

6. 補助金受領者の選考・義務

当該集会終了後30日以内に集会出席の概要を「天気」に掲載可能な形式で1ページ(2000字)程度にまとめ、報告書として委員会に提出する。