

## AMTEX 第二次案「日本海における 気団変質に関する特別観測計画」

—JOC-V の勧告に沿った中間試案— 1971年5月

GARP 国内委員会

(経過説明) GARP (Global Atmospheric Research Programme) の国際的な動きに応じて日本の参加計画もいろいろと変遷を経てきた。さきに AMTEX 第一次案を掲載した際(天気1971年2月号)に細かい経過説明が附されたが、ここでも再度大きな流れを追って簡条書に整理して読者の参考にした。

- 1) はじめ GARP の最初の国際的実験計画としてメソないしシノプティック、スケールの熱帯擾乱を対象とする TROMEX が、マーシャル群島を中心に実施される計画が進められ、日本からも積極的に参加する予定であった。——1969年まで
- 2) ところが、静止衛星の打上げ計画の変更その他の事情から TROMEX の実験区域は大西洋に変更になり日本からは事実上参加できなくなった。——1970年春のブラッセルの立案会議
- 3) そこで日本としては別な形での GARP への寄与を考え一般的に大陸の東側で顕著な気団変質過程にみられる気象擾乱を対象とする実験計画を GARP の新たな計画として取上げるよう提案した。これはいわば TROMEX の中緯度版ともいえる趣旨のものであった。——同
- 4) 日本からの提案の他に、インド、ソ連等からもそれぞれの national interest を基調とする提案があり JOC はこれらをまとめて気団変質の実験として GARP 地空相互作用副計画の中でおこなうことを承認した。そして小倉氏を座長とする Ad hoc study group に検討が委ねられた。——1970年6月の JOC 第4回会合。
- 5) 一方日本の国内では、さきの提案を具体化するため大陸周辺における気団質の研究計画(天気1970年12月号)をまとめそれを基礎に、「南西諸島海域における気団変質に関する特別観測計画」——AMTEX 第一次案(天気1971年2月号)を作り JOC 関係者にも送付した——1971年1月。
- 6) JOC の第五回会合に提出された Ad hoc group の報告書(天気1971年6月号全訳掲載)は5)の日本の計画をかなり大幅に取上げたもので観測区域として日本近海を推している。しかし内容的は air-sea interaction の立場に立ったものであった——1971年2月。
- 7) JOC の会合ではこの報告に基づき日本が主体性をもって諸外国の参加を求めこの計画を実施するよう勧告した。その場合、目的を地空相互作用副計画の観点で更に明確化すること、区域は一般性をもった結果の期待できる日本海が望ましいことが附されている。(天気1971年6月号掲載)——1971年2月。
- 8) この勧告を受けて、GARP 国内委員会は直ちにこの意向を尊重した計画の可能性について検討することになり「日本海観測計画作業委員会」\*\* を設けこの air-sea interaction を軸とする試案の作製作業を行った。そして当委員会において検討の結果中間試案的な第二次案として承認した。

この計画案では AMTEX 第一次案でのべられている地空相互作用の部門を大幅に検討し直してあることを附記しておきたい。AMTEX 第一次案、第二次案は共に観測計画案であり、その具体化となると観測方法の技術的問題などを考慮せざるをえない。特に気団変質の顕著な冬季の日本海では技術的な難点が伴うこと、また南西諸島の観測ははじめてのことであり、「台湾坊主」の発生などに関連してその観測を強く要望

されていることなどを考慮すると、この日本海における観測計画案の実現はすぐには期待できないかもしれない。しかし、近いうちにその実施を考えられている南西諸島の観測計画には、この AMTEX 第二次案は大きな方向づけを与えることになるう。

\*\* 片山 昭, 二宮洗三, 藤田敏夫, 藤原美幸, 嘉納宗靖, 小野 晃 (以上気象研究所), 清水逸郎, 守田康太郎, 尾形 哲 (以上気象庁), 駒林誠 (気象大), 横山長之 (公害資源研), 近藤純正 (防災センター), 播磨屋敏生 (北大), 田中正之 (東北大), 武田喬男 (名大), 光田寧 (京大), 竹田厚 (委員長, 東大)。

## 1. はじめに

1971年2月インドのボンベイで開かれた GARP・JOC の第5回会合において「気団変質の研究」についての勧告が出された。JOC は先の第4回会合において正式に GARP の「地空相互作用副計画」の1つとして取り上げられた「気団変質の研究」に関連して、特別研究班(委員長小倉義光氏)を設けてこの問題を検討してきたが、今回、その報告に基いて討議した結果、次のような要旨の勧告を行なうことを決定したわけである。

「GARP に関連して気団変質の研究が要請される。そこで第1回 GLOMEX (FGGE) の前に日本近海(日本海あるいは黒潮流域)において特別観測を行なうことを勧告する。その場合観測の目的を明確にし、特に主要な目的に沿った観測を重点的に行なうべきである。また、結果を一般化しうるためには温度分布の単純な日本海を選ぶことが望ましい。更にこの観測の計画及び実施に当っては日本が主導権をもって国際的な協力を求めるよう奨める。」

ここで、地空相互作用の副計画の見地からの「主要な目的」とは「境界面及びプラネタリー境界層内の鉛直フラックスを知ること、特にその変動や収束、発散を適当な時間、空間スケールについてたしかめうるような精度で求めることである。」といわれている。

当委員会においては既に「南西諸島海域における気団変質に関する観測計画」を作った。これは「熱帯気象副計画 (TROMEX)」に準じた立場から種々のスケールの気象擾乱についてその相互作用を明らかにすることを「主要な目的」として検討されたものであるといえる。

もとより、JOC の勧告に対して日本の立場は選択の余地が残されていないわけではないが、上記の計画とは別に改めて JOC の意向をできるだけ尊重し今回の勧告の主旨に沿った観測計画を立案する。

## 2. 日本海観測計画の概要

### 2.1 目的及び課題

この観測の究極の狙いは、大気が地表面特に海面との

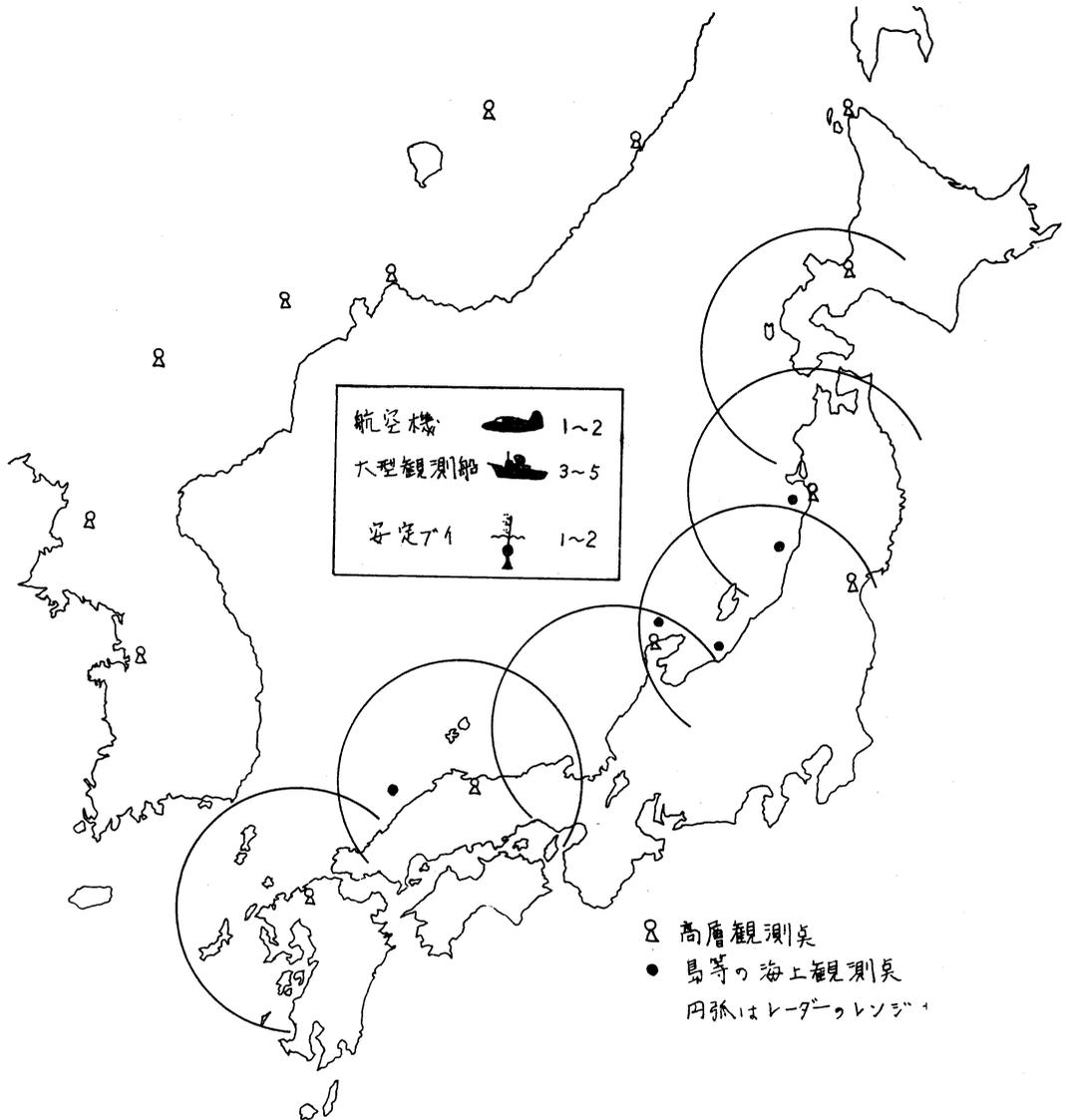
相互作用により変質していく過程を解明し、その結果を大気大循環やその他の種々のスケールの大気の運動の理解のために適用することにある。しかし、この問題は、基礎的な面で未だ理解が及んでいない。そこで上述の勧告にもあるように目的を十分明確にして観測計画を立てる必要がある。

§1 で述べられているように基本的には、大気と海洋の境界面をよぎるエネルギーや運動量の鉛直フラックスを正確に求め、それがプラネタリー境界層内でどのように輸送され積雲対流のプロセスに入っていくのかという点に目的を集約できよう。そしてこの過程の各段階に従って、先ず次の2つの課題が考えられる。

- 1) 境界面(海面)を通過するフラックスの決定方法の確立およびプラネタリー境界層内における鉛直フラックスの収束、発散を調べ海面から自由大気にエネルギー、運動量が運ばれる迄の過程を明らかにすること。
- 2) プラネタリー境界層の上部及び自由大気中の積雲対流によるエネルギー輸送、さらにそれらが積雲群を構成して、種々の規模の擾乱を発生させる過程を明らかにすること。

ところで、一般に中緯度の大陸の東側では気団の変質は著しいが、特に冬期の日本海は季節風がほぼ一様に吹き、また海面温度の分布の単純であることから、実験の場として好都合な条件を有している。1), 2) はこれらの条件の下で一般性を持った結果を導くための研究課題であり、勧告にあるような日本海の地域的特性によって可能となる。一方、日本海の地理的な特徴として、太平洋とは日本列島を隔てて独立しており、そこに1つの閉じた系を設定してエネルギー等の収支解析を行なうのに適している。そこでこの方法を通じてある程度大きなスケールの気団の変質過程について1), 2) の課題の検証と応用を試みるために次の課題を加える。

- 3) 日本海の一部または全域で気団変質を考察するための大気および海洋についてのエネルギー収支の観測、実験。



附図 日本海気団変質観測の観測網

以上3つの課題の内容については §3~§5 で述べる。

2.2 観測の時期

上述の考察から季節としてはシベリヤからの季節風の顕著な冬期を考える。また、GLOMEX や TROMEX の実施年との兼ね合いから観測の期間としては「1974年11月~1975年3月」

この期間内に集中観測期間を設けるが、その回数、日数等については更に検討を要する。

この他に予備的な実験を行なうための短い観測期間を1973年~1975年の間に数回置く必要がある。

2.3 観測網および観測方法

冬期日本海其自然条件は実験の場としては利点を持つが、反面、観測を実施する面からは幾多の困難がある。この点を考慮の上、日本海およびその沿岸に下記のような方法により観測点を設け、対象とする現象のスケールに応じて有機的に観測網を構成する。(附図参照)

## 2.3.1 固定観測点

## A 沿岸観測点

精密観測点：山陰，北陸，奥羽地方の日本海沿岸に島，海岸，石油井を利用して数点の観測点を設け，乱流輸送，放射，係留気球によるエクマン層等の精密観測を行なう。

強化観測点：日本海周辺のルーチン観測点において高層（強化），レーダー，地上気象観測を行なう。

## B 海上観測点

観測船：日本海内に適当な間隔で数隻の大型観測船（または研究船）を配置し，地上気象，高層（強化）レーダー，海洋等の観測を行ない，できれば乱流輸送，放射，係留気球によるエクマン層の観測も行なう。

安定ブイ：日本海の中央部に1ないし2の大型の安定ブイを設置し，観測船を母船として，境界面附近の乱流輸送，放射，波浪等の精密観測を行なう。

## 2.3.2 移動観測点

観測船：適当な観測線に沿って海面温度，海洋の観測を行なう。

航空機：大型機による高々度からの積雲分布の観測，中型機によるドロップゾンデ，海面温度分布，積雲の力学的，雲物理学的観測を行なう。

## 2.3.3 気象衛星による観測

積雲分布の時間的変化の観測，広域海面温度分布の測定を行なう。

## 2.3.4 その他

日本海の出入口の各海峡での海水流量測定その他商船，漁船の気象，海洋データの収集。

## 3. 境界層の観測

この課題の第一の目標は，境界面（海面）を通過するエネルギー（放射も含む）や運動量のフラックスをルーチンの観測で得られるような量を使って十分な精度で決定できる実験式（バルク法）を確立することである。これは，この観測の中で最も基本的な問題であり，従来から，かなりの知識が集積され基本的な点では技術的可能性についても一応の見通しのある問題である。この機会に解決に一歩近づきたい。特に放射を含めた海面でのエネルギー収支と乱流フラックスの直接測定方法の検証は重点項目である。冬期の観測に当っては温度の測定等ちに着手しなければならない問題も多い。

次に接地境界層よりも上のプラネタリー境界層すなわ

ちエクマン層内における鉛直フラックスの3次元的形態を知ることである。この層については基本場としての力学的，熱的性質に関しても実験的な事実は乏しく，気団変質過程を追跡する上で先ずこの隘路を取除く必要がある。

観測項目および観測方法（2・3参照）

- 1) 乱流フラックスの直接測定：安定ブイ，精密観測点
- 2) 海面上の接地境界層の乱流構造（波浪測定を含む）：安定ブイ
- 3) バルク法に必要な平均量の測定：安定ブイ，観測船
- 4) 乱流フラックスの高度分布の測定：精密観測点
- 5) 境界面（海面）での放射の波長別分布：精密観測点
- 6) 海面における全エネルギー収支の観測：安定ブイ，精密観測点
- 7) エクマン層の力学的熱的構造
- 8) 放射・日射の高度分布
- 9) エーロゾルの高度分布および雲水量
- 10) エネルギーの3次元的フラックス

航空機精密観測点 観測船 各種ゾンデ  
ド  
ップラーレーダー・レーダー写真観測等

なお1) に関しては種々の方法についての相互比較実験による検証を行なっておくことが望ましい。そのため予備観測を行なうことも考えられる。

## 4. 積雲と積雲群に関する観測

気団変質に関して積雲対流による鉛直熱エネルギー輸送の役割は重要である。

大気最下層に与えられた熱エネルギーは境界層を経て，上部エクマン層から積雲対流により，自由大気中に再分配され，厚い気層にわたる気団変質をひきおこし，同時に大気中のいろいろなスケールの擾乱を発達させる一つの原因となる。これらの擾乱はまた自由大気中における熱エネルギーの鉛直輸送をつかさどる積雲対流の活動をコントロールするものでもある。

エクマン層上部およびその上の自由大気下層においては積雲輸送の過程が最も顕著におこなわれる舞台でありながらその研究ははじまったばかりで，特に観測的研究はほとんど未踏である。

現在大規模現象の数値実験に積雲の役割を導入するため“CISK”や“対流調整”などの方法が試みられているが，大循環や台風の数値実験において，かなり成功をおさめているとはいえ，まだ定性的記述の域を出ず，より定量的な parameterization を可能にする総合的観測

が望まれる。

これらに関して注意されるのは、積雲がしばしば中規模の積雲対流群と組織されている事実であり、下層における水蒸気フラックスの収束が積雲対流群の活動をコントロールすることが示唆される。

エクマン層から自由大気におよぶ対流圏下層において、熱エネルギーの3次元的フラックスと対流輸送による熱エネルギーの鉛直フラックス、積雲対流の発生の機構およびそれにとりなり諸物理的過程を系統的に観測する。

また、積雲対流群の観点からは、それと中規模現象との相互作用が重要な問題点であるので、メソスケール領域内の水蒸気の水平収束、安定度、海面からの補給量とその領域内の積雲の諸物理的要素を同時的に観測しなくてはならない。さらに、かぎられた area での対流フラックスなどの直接的測定値の量や分布は、メソスケール area 内での間接的測定値と対比させる必要がある。

これらの目的のためには、(100km)<sup>2</sup> オーダーの area 内に、直接測定を主とする観測点を集中させ、かつ、その area における大気の3次元構造を把握するにたる観測網を展開させねばならない。

#### 観測項目および方法

- 1) エクマン層および下部自由大気層の力学的、熱的構造
- 2) 熱エネルギーの3次元的フラックス
- 3) 積雲対流による熱エネルギーの鉛直フラックス
- 4) 積雲の構造と過程
- 5) メソスケール領域の水蒸気フラックスの収束量の垂直分布
- 6) メソスケール領域内部の積雲群の統計的特性

#### 観測手段としては

- 1) 精密観測に対して  
精密観測点、航空機、観測船  
ドップラーレーダー、特殊ゾンデが必要であり
- 2) メソスケール area の観測に対しては  
航空機(ドロップゾンデ、風速の測定)  
観測船  
高層観測装置・気象レーダー(PPI, RHI, 等雨量装置)などが不可欠である

#### 5. 日本海海域の気団変質過程の観測

2. で述べたように、日本海は一つの閉じた系として、エネルギーの収支解析及びそれに関連する気団変質過程の解析を試みるのに好適な領域である。そのため、課題

(1), (2)にもとずく気団変質の基礎的過程、すなわち、境界層を通じてのエネルギー輸送及び積雲活動過程について得られた知識とそれから導き出されたパラメタリゼーションの方式が比較的広い領域に適用できるかどうかを検証する目的にそった観測が要請される。観測活動と同時に個々の基礎的研究成果を総合した気団変質の数値実験の遂行の必要性が認識されているが、上記の観測は、その実験結果との比較検討を通じて、数値モデルの妥当性と改良に益するものである事も望ましい。

以上の要請にもとずき、日本海のできるだけ広い領域で、できるだけ密な海上の観測網を展開し、バルク法や実験公式により境界面フラックスの水平分布を求め、またその上に展開された3次元的な観測網により種々の物理量のフラックスの発散収斂および移流を測定する。日本海領域の季節風の流線に沿った高層観測網の展開も示唆されるが、この場合流線方向が高度によってかなり異なっている事を充分考慮すべきである。また気団変質に伴う積雲の発達過程の広域の分布も観測する。

日本海領域で、上記の目的をみたくに充分な観測網を展開することは現実的には可能ではない。これを補うため、気象衛星による雲及び赤外放射(海面温度、雲頂温度及び気温の鉛直分布)の観測資料を可能な限り収集し活用すべきである。

#### 観測項目および方法

- 1) バルク法および直接法による境界面フラックスの測定: 精密観測点, 観測船, 安定ブイ
- 2) 実験公式および直接法による境界面の放射収支の観測, 精密観測点, 観測船, 安定ブイ, 気象衛星
- 3) 日本海周辺および日本海内の季節風の流線に沿った高層観測: ルーチン高層観測点, 観測船, 航空機(ドロップ・ゾンデ) 気象衛星
- 4) 大規模な積雲の発達過程とその分布の観測: 航空機, レーダー, 気象衛星
- 5) 広域の海面温度: 観測船, 航空機, 気象衛星
- 6) 広域の海上気象観測: 観測船, 安定ブイ, 一般船舶
- 7) 広域の海洋観測と海峡での流量測定: 観測船
- 8) 海上の雨量分布の観測: 観測船

#### 6. 特に開発・改良を要する観測および解析技術

この観測計画においては、寒冷な海上その他悪条件下で行なうものであるので十分試験された確実な観測方法を用いて研究を進めることを原則とするが、研究目的を達成するためには現存のものをそのまま応用すること

では不十分なものがあり、それらについては観測実施までに十分研究改良を行なわねばならない。ここでは特に開発、改良を要する観測および解析技術のうちでかなりの予算と時間を必要とするものを列挙する。これらについては各研究担当者が計画的に準備を進める必要がある。

- 6.1 観測用航空機および塔載計測器
- 6.2 係留気球 (Tethered balloon) および塔載計測器データ伝送装置
- 6.3 海上境界層観測用安定ブイ、塔載計測器およびデータ伝送装置
- 6.4 船上における高層風測定装置
- 6.5 研究用特殊ゾンデ (上昇気流ゾンデ、定高度ゾンデ、構成粒子雲水量測定ゾンデ等)

- 6.6 研究用レーダーの応用技術 (ドップラーレーダー、追尾用レーダー、レーダー雨量計等)
- 6.7 船上における乱流輸送測定法
- 6.8 放射の測定装置およびその検定装置
- 6.9 水蒸気変動量の計測器 (特に凍結時の)
- 6.10 データ処理装置
- 6.11 気象衛星資料の気象解析への応用技術
- 6.12 各観測点間の連絡方法

[あとがき]

この観測計画案は作業委員会の報告およびそれに対する小委員会の討議の結果をまとめたものである。記述の足りない点あるいは今後の検討の結果、補足や多少の変更も考えられる点があることを御了承いただきたい。