

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 1970年12月)

GARP 国内委員会**

(経過説明)

さきに GARP 国内委員会は「大陸周辺における気団変質の研究計画」を作製した。この研究計画のできるまでの背景やいきさつは、すでに、研究計画の全文*** とともに詳細に報告されている。この研究計画は、まず、この研究の GARP における位置づけを明らかにし、問題点を体系化し、必要な理論的基礎的研究の方向づけを行ない、さらにそれと関連して必要とされる総合的観測を要請している。

この研究計画の要請を受けて、総合観測の計画を立案するため、GARP 国内委員会は 1970年9月10日の第32回会合において、特別観測作業委員会を設置した。本委員会は、数回におよぶ討論のうえ、11月に原案を作製し、それを各関連分野の研究者に配布し、コメントを得、原案を修正、補強し、1970年12月8日に一次案を作製し、1971年1月12日の第33回 GARP 国内委員会会合に提出し、承認されたのである。また同時にこの会で、この計画の略称として AMTEX (Air Mass Transformation Experiment) を決定した。これを天気載せ、広く学会員の支持と参加をよびかけるものである。下記にかかげる計画案の各所でくり返したように、これは完成した計画案ではなく、今後、国内、国外からのこの研究計画への参加者により、より完全なものへと進歩さるべきものであることを重ねて強調したい。

なお国際的な情勢としては、昨年6月の JOC の第4回会合において、「気団変質の研究」が GARP の副計画の1つとして承認された。JOC は、この副計画の一環として国際的な協同研究についての勧告を行う予定でそれに対する具体的な観測計画として、日本からは、この特別観測計画を提案することになった。すでに本計画の英訳が用意され外国関係者にも積極的に意見を求めていることを附記する。

1. はじめに

GARP (Global Atmospheric Research Program) の国内委員会である日本学術会議 GARP 小委員会は1970年3月ブラッセルで開かれた ICSU/WMO 合同 GARP 立案会議に、GARP の Sub program の1つとして「大陸周辺における気団変質の研究観測」を行うことを提案した。その後の討論の結果、1970年3月、提案実施のための基本的研究計画として“Studies of Air-mass Trans-

formation over the Seas Adjacent to Continents” の第1次案、9月に第2次案を作成した。

この計画案は、気団変質研究の GARP 計画における位置づけを行い、現時点の知識に立って問題点を指摘し、今後数年間になさるべき理論的、基礎的研究の方向づけを行うとともに、諸問題を解明するために、南西諸島海域において総合的研究観測を行う事を勧告している。

本報告は、第2次研究計画案(第7章)に示された研究を進める上で必要とされる特別観測を実施するための第1次計画案である。これは勿論、今後の討論をふかめるために書かれた粗案であり、各関連分野からのコメントを期待している。所期の目的を達成するためには、できるだけ多くの研究者の参加が必要であることは明らか

* The Programme of Air-mass Transformation Experiment (AMTEX) in the Area of the Nansei Islands

** Japan National Committee for GARP

*** GARP 国内委員会; 大陸周辺における気団変質の研究計画, 天気, 17, (1970) 585-592.

第1表 AMTEX 観測の概要

観測点の種類	観測点の 必要数	候補地点	観測内容	本文参照
◎西日本を中心とした各気象 観測点	多 数		Routine 観測	A 2
◎南西日本の主要気象観測点	多 数	高層福岡, 潮岬, 鹿児島等 レーダ室戸, 背振山, 種子 島, 名瀬等 地上 各地	高層観測 レーダ観測 地上気象観測	B 5.1
◎南西諸島に設けるC領域観 測点 ・陸上(島)定点	数 点	那覇, 石垣島, 宮古島等	高層観測 レーダ観測 係留気球観測 乱流輸送観測 地上気象観測	C.5.2 B L 7.3.
・海上定点 (中, 大型観測船)	2	啓風丸など2または4隻	高層観測 レーダ観測 係留気球観測 乱流輸送観測 地上気象観測 海洋観測	C 5.2 B L 7.31
・特別観測点 陸上精密観測点	1~2	C領域内の小さく平坦な島	高層観測 積雲観測 係留気球観測 乱流輸送精密観測 (陸上および浅海) 放射観測 地上気象観測	C.5.2 D 6.2 R 8.2
・特別観測点 海上精密観測点 (中大型観測船)	1~2	白鳳丸 鹿児島丸	係留気球観測 乱流輸送精密観測 (船上およびブイ) 海洋観測 地上気象観測	B L 742
・海上移動観測点 (小型観測点)	1~2	淡青丸などの観測船	地上気象観測 海洋観測 簡易乱流輸送観測 積雲観測	B L 7.42 D 6.2
◎観測用航空機 ・広域観測	1~		積雲観測	B.5.1
・C領域観測	1~		積雲観測 ドロップソンデ観測 航空気象観測 境界層観測	C 5.2 B L 7.41
・積雲観測	1~		積雲観測	D 6.2
◎気象衛星			雲分布観測 海面温度分布観測 その他	S 9

であり, また国外からの参加も大いに歓迎するところであり, それによって一段と成果は高められるであろう。

2. 勧告された観測

GARP 小委員会の第2次研究計画案中で要望され示唆られた観測は下記のように要約できる。

- (1) スケールA (large スケール, 3,000km 以上) に関して, 現在のルーチン観測網程度で充分である。

- (2) スケールB (medium スケール, 1,000km 程度) に関して,

- ・ このスケールのじょう乱を分解するに足る, 300~200km 間隔でかつ6~3時間間隔の高層観測とそれより密な地上観測網の展開。
- ・ 広い海域にわたっての海面からの熱補給量の分布を得ることができる観測。
- ・ 広い領域での積雲対流群の観測

(3) スケールC (meso スケール, 数 10~300km) に関して

- ・ このスケールを分解するに足る, 100~50km 間隔でかつ 3 時間以下の時間間隔での高層観測.
- ・ メゾスケール領域の積雲対流の諸要素の観測と境界層における熱の鉛直輸送過程の観測が同時に行われること.

(4) スケールD (積雲対流, 1~10km) に関して

- ・ 個々の積雲対流の物理的特性の観測
- ・ それらを他のスケール (A, B および C) および海面からの熱補給量と関係づけるための観測

(5) 境界層に関して

- ・ 海面からの補給量の正確な評価.
- ・ 接地層, エクマン層間のエネルギーの鉛直輸送に焦点をおいた観測.
- ・ これらの観測は (3) のスケールに関する観測と関連させて行うのが有効である.

これらの要請された観測に対する具体的な計画について次の3つに大別してのべる.

スケールBおよびCに関する観測

積雲対流 (スケールD) に関する観測

境界層輸送過程に関する観測

なお, 境界層に関しては, (5) に示された以外に, 海洋表層の観測も含まれている.

3. 特別観測の時期

特別観測は, 南西諸島周辺での小低気圧発生数の統計および海水温気温差の季節的変遷を考慮して 1 月~3 月の間に実施するのが望しい. スケールB, Cを支配するスケールAの時間スケールが 1 週間程度であることから, スケールBに属する諸現象を明確に把握するためには, 少なくとも 3~4 週間の期間が必要である. すなわち 1 月~3 月の間に適当な 3~4 週間を設定し特別観測を行うのが望ましいと考える. さらに, 各スケール間の相互関係を明確にするために, うち 1 週間を強化期間とし総合観測を行う.

4. 特別観測計画の概要

4.1 観測の内容

本計画に含まれる観測の内容は, その対象とする現象によって, 次の三つのグループに大別される.

(1) medium スケール, (波長 1000km) および meso スケール (波長 100km), disturbances ならびに気団変質の過程を対象とする観測.

この観測については, 陸上および海上 (観測船)

の高層観測, 通常気象レーダー, 地上または海上気象観測および航空観測などが, その主要な部分を占める.

(2) 積雲を対象とする力学的, 雲力学的および雲物理学的な観測. この観測については, 特殊レーダー (ミリ波レーダー, ドップラーレーダーなど) 特殊ゾンデおよび航空機による観測が主要な役割を演ずる.

(3) 境界層に関する観測

海面から補給される顕熱, 水蒸気の Flux の垂直分布を測定するため, 船舶, ブイなどによる輸送量の各層における直接的測定, Ekman 層の構造およびその内部における輸送量を観測するための航空機および係留気球による観測などがその主要な部分を占める.

ここで特に注意しなければならないことは, この上記の三種類の観測が分離したものではなく, 互に関連して総合的におこなわれるべきものであることである. たとえば積雲の発生と発達, 海面からの補給量と関連しているし, また境界層上部においては積雲対流による熱輸送が主要な役割をはたしている. さらに積雲による潜熱の放出は, medium または meso スケールの擾乱の発生, 発達に関連しているであろうし, 逆にそれらの擾乱は積雲の organization をコントロールしているであろう. 何点かの直接測定によって得られた熱補給量は, 比較的広い領域内での高層観測値から得られた, budget method による補給量と対比されなくてはならない. これらは, 若干の例にすぎないが, これからも, 上記の諸観測が総合的に行われなくてはならないことが明らかであろう.

4.2 観測のスケジュール

観測はいくつかのスケールの現象を中心に重点的に予備観測する第一次観測と, すべてのスケールの現象を総合的にとらえるための第二次観測とに分けて行うことが必要である. 従って, この観測計画は少なくとも 2 ケ年度にわたって実施されるものでなければならない.

(1) 第一次観測 (1973年度)

(a) 春季観測 1973年 5 月 (4 週間)

スケールD以下の現象, 特に境界層の観測に重点をおいて行われる. この観測の第一段階は比較的穏やかな時期を狙って, 種々の観測方法による境界層過程の比較観測を行い, 海洋上における観

測の信頼性を確認しておく。期間は約2週間を予定している。

第二段階は境界層の諸過程をより大きな現象の説明に導入するための parameterization の検討のため、観測区域内に最小限の代表観測点を展開して約2週間おこなう。

(b) 冬季観測1974年1月～5月(4週間)

主としてスケール A・B・C の現象に焦点をあわせて、最も適当な季節に第二次観測と大体同程度の観測網を展開するがスケールの小さい境界層過程等の現象は直接観測は行わず、春季観測の結果を利用して代表的な地上観測値から parameterize して代用する。

この観測の結果は本研究の課題の解明に最初の本格的な手掛りとなると同時に、第二次観測が総合的な観測として十分な効果をもたらすように、観測網のより適切な配置、あらたなファクターの観測の必要性等を検討するための予備的な研究のための重要な役割をもつものである。

(2) 第2次観測(1974年度)

予備的な意味を持って行われた第1次観測において、個々に検討された観測方法および適当だと判断された観測網に基づいて、全ての観測を総合し、すべてのスケールの現象を総合的にとらえるための、最終的な第2次観測を行う。

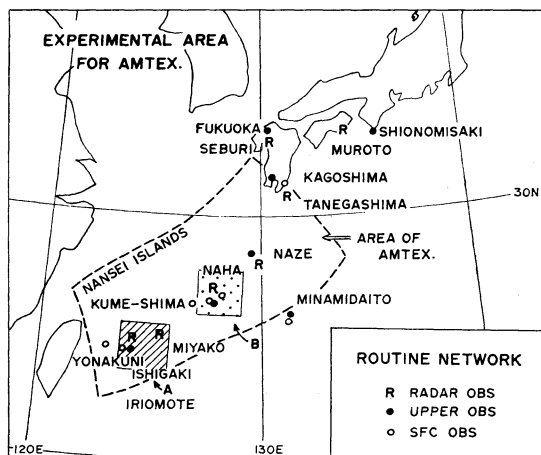
観測期間は現象の発生頻度などから考えて約4週間とし、連続して実施する。この期間の中の約1週間を選んで、あらゆる観測を特に詳細に行うための総合観測期間とする。この期間には、全ての種類の特別観測を同時に実施する。

4.3 観測の規模

本観測計画の規模はおおよそ次のように考えられる。

陸上高層観測点	既設7点新設1または2点
船舶高層観測	2または3点
係留気球	数点
陸上気象レーダー	7点
観測船気象レーダー	2点
特殊レーダー	2または3点
観測船	4または8隻
境界層観測用ブイ・プラットフォーム	2
陸上または浅海境界層観測施設	数点
航空機	2機以上

上記の規模は、日本の観測計画として可能であるが、



第1図 AMTEX の観測地域

日本の気象庁、気象研究所および各大学が観測機を保有していないため、航空機による観測が弱体である。国際観測として、船舶、および特に観測機の参加によって、この観測計画は一段と強化されるであろう。

4.4 観測の区域

4.1 にのべた計画のうち10項の観測は、南西諸島全域およびそれに隣接する南西日本にわたって展開する。その観測地域の一部(100km)²あるいは(200km)²程度の広さの area について(2)項および(3)項の観測を集中的に行なう。現時点においてはその集中的観測を決定するにたる気象学的な情報をわれわれは持っておらず、したがって、とりあえず次の二つの計画を列記して、今後の予備的な調査、研究によって最終的決定をおこなう必要がある。

A案 先島群島(八重山、宮古群島)を中心とする地域

B案 沖縄諸島、奄美諸島を中心とする地域
(第1図参照)

A・B案いずれの場合にも、新設の高層観測点、船舶特殊レーダー、および航空機は、この area に集中的に配置する。

5. medium および meso スケールの disturbance に関する観測計画

5.1 観測の意義および目的

この気団変質の総合観測においてなぜ medium および meso スケール disturbance に関する観測計画が含まれねばならないかをまず明らかにしよう。

気団変質の問題は単に海面から、大気下層に与えられ

る熱エネルギーの輸送過程の問題として考えられるべきではない。

大気下層に与えられた熱エネルギーは、積雲対流により、自由大気中に再分布され、気団変質をひきおこすとともに、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活動をコントロールするものでもある。

また、かぎられた area 内での直接的測定によって、もとめられる補給量やその鉛直分布を、medium または meso スケール area での間接的測定と対比させなくてはならない。

したがって、この medium および meso スケール disturbance に関する観測は、気団変質の研究にとって必要欠くべからざるものであり、かつ、CISK* や対流調整などの、大気モデルにおける parameterization の改善にも重要なものである。

5.2 medium スケールの観測

medium スケールの現象を把握するためには、300～200km 間隔の高層観測網で6時間間隔の観測が必要である。また海面からの補給量の分布、積雲対流との相互作用が問題となるので、広い海域における海洋、海上気象観測、レーダー観測、航空機観測および気象衛星資料が必要である。

5.3 meso スケールの観測

meso スケールの現象を把握するためには、100km 間隔3時間間隔の高層観測が必要である。なお積雲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輸送の水平収束と、その領域内部の積雲の諸要素を航空機、レーダー、特殊レーダーによって、観測して雲の分布、size distribution、上昇流、excess temperature などを同時観測することが必要である。この観測は、5.1 の観測網の一部分に、また一定日中に集中する。

5.4 観測網の展開

下記の観測網の展開が期待される。

高層観測点(既設)	福岡, 潮岬, 鹿児島, 名瀬, 東大東島, 石垣島, 那覇
高層観測点(新設)	1 または 2 点
海上高層観測点	啓風丸, などの観測船 2 また は 3
レーダー(陸上)	室戸, 背振山, 種子島, 名

瀬, 那覇, 宮古島, 石垣島

啓風丸などの観測船 2

啓風丸などの観測船 2 または
4 隻

海上特別観測

白鳳丸などの観測船 3 または
4 隻

地上観測

南西諸島域の既設観測点およ
び新設の観測点

航空機観測

広域における定高度飛行によ
る気温, 湿度, 風向, 風速,
雲分布およびドロップゾンデ
観測

積雲の観測

meso スケール域内の積雲の
分布, 上昇流, excess tempe-
rature などを航空機, ドップ
ラー・レーダー, 特殊ゾンデ
により観測する。(6章参照)

6. 積雲を対象とした観測

観測の意義および目的気団変質に対して積雲対流による鉛直熱輸送の役割りは重要である。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に「CISK」「対流調整」などの方法が試みられている。この方法は大循環や台風の数値実験において一部成功をおさめている有望な方法であるが、これらはまだ定性的記述の域を出ず、より定量的な parameterization を可能にする総合観測が望まれる。さらに積雲対流系からの降水量の定量的評価等を含む種々の問題において、個々の積雲に対する雲物理的過程(microphysics)の寄与も重要であると考えられる。

従って観測計画の内容としては先ず積雲効果の大中規模現象への導入を対象とし、大中規模運動系(水平収束量, 安定度等)と運動量・熱・水蒸気の鉛直輸送, 周囲との熱交換および積雲の分布状況等との関係を統計的に求めることを可能にするような十分な資料を得ることが重要である。またこれと並行して個々の積雲について雲物理的諸要素の測定も同時に行なうことが望ましい。

6.2 観測内容の概要

個々の積雲の力学的雲物理学的性格を記述する為に必要な測定要素は上下流速の分布, 温度, 湿度, 雲水量, 降水量, 氷相等の分布, Entrainment, 雲間スペース, 雲の大きさなどが不可欠である。更に氷晶核, 凝結核等のエーロゾルより降水要素にいたる各サイズの粒子の分布, 性質まで含めることが望ましい。これらの要素

* 本誌“前線”欄参照

第2表 現在日本で利用できる測定技術，測器

番 号	観 測 要 素	手 段	測器技術（所属又は開発者）
1	上下流分布 雲 内 雲内及び雲間	c b a	垂直ドップラーレーダ（気研） 上昇流ゾンデ（小林，外山） 加速度計（高橋，内藤）
2	気温及び湿度	b b a	ドロップゾンデ ルーチンゾンデ 逆流型温度計，湿度計
3	雲 水 量	a a・b b	熱線型（J—W） 細線式（佐粧） 雲水量ゾンデ（外山）
4	降水雲の水平分布	c	気象用 PPI レーダ（気象庁）
5	氷 晶 核	a a・b b c a・c c	ミリボア法 インパクターX線，電顕解折（小野，磯野） Cold Box—砂糖溶液法（丸山） 氷晶採集法（磯野） 降水分析（石坂） 氷晶核ゾンデ（駒林） ※
6	凝 結 核	a c A・b	Chemical Chamber 法（内田） 降水分析（駒林） 等圧法（成瀬，丸山）
7	海 塩 核	c	ハロー法（浜）
8	雲粒分布	a a・b a	酸化マグネシウム法 レプリカ法（山下，孫野） フィルム法（内田）
9	降水粒子	a b	アルミ箔法（市村） 汙紙式雨滴計（藤原）
10	雲の電荷	b	電位計法（孫野，菊地）

註 ※印は開発未完成のもの

の測定には後述する如くレーダ，航空機，特殊ラジオゾンデなどの手段を用いる。その精度の確保についてはこれらの利用手段に左右されるが，研究者の専門的な特殊技術および創意に依存することが大きい。従って後に表示するごとく同種の測定要素に対しても異種の測定器，技術を並行する方が確度を上げる上に望ましい。従って専門的研究者が多数参加協力することによって観測の成果を高めることが望ましい。

6.3 観測点と技術

観測点は多いほどよいが積雲スケールのなるべく精密な観測を行なう関係上予算と参加人員を考へて集中観測地点は一点とし，雲と場との干渉のテーマを考慮して meso スケールの観測網内におく。しかし個々の積雲の研究に関しては地形の影響の少ない状態を観測したいからなるべく平坦な島をえらぶ。

観測手段は大別して次の3つに分けられる。（a）航

空機によるもの，（b）地上から飛揚または航空機から投下するラジオゾンデによるもの，地上に測器を固定して電波などにより探測したり，（c）地上において直接測定する方法である。現在日本においてわれわれが利用できる測定技術，測器を第2表に示す。手段（a）（b）（c）は上記の区分に該当する。

航空機の運行は上記の集中観測点において積雲の各層の貫通飛行を行なう。この高度は少なくとも雲底下，雲底上，雲の中層，上層の計14層とする。上記の2，3，4項目は meso スケールの水平流速の観測網をカバーするよう広範囲の測定を行う。

7. 境界層輸送過程

7.1 観測の意義および目的

大陸周辺の海洋上における気団変質に対して境界層内における小規模な気象現象が基本的な働きをしていることは言うまでもない。この microprocess には大気とそ

の底に当る海面との間の運動量，熱，水蒸気など物理量の交換のみでなく，大気下層におけるこれら物理量の水平輸送による redistribution の過程が含まれている。前者については広い範囲，たとえば数値予報に用いられる mesh size で代表される範囲における平均的な境界層輸送を数時間間隔毎に得られるような方法を確立することを研究する必要がある。そのためには境界層における乱流輸送過程の物理的解明と同時に routine に行われている synoptic スケールでの気象観測，あるいはそれを多少改善したものと平均鉛直輸送量との間の経験的な法則性を知るための努力をしなければならない。また境界層上部での物理量の redistribution の問題については積雲対流との関連において考えねばならないが，constant flux layer の上，大気境界層の中での物理量の水平移流および水平乱流輸送についての研究が行い得るような資料を得るための観測が望まれる。

7.2 観測の概要

今回の観測計画において境界層の観測をどの程度行うかは研究計画への参加者の数，あるいは予算等の準備の進行にかかっている問題であり一義的にこれを計画することは困難であるが，基本的にはスケールCの観測領域内での平均輸送量を評価することにより一応の目安をおき，各種方法による鉛直乱流輸送の観測評価，放射による熱量の授受の評価，海洋による熱の輸送の観測などを行う。観測の内容は現象の基礎的法則性の解明のための固定点を用いた精密観測と，その結果をより広域へ応用するための知識を得るための広域移動観測とに大別され，固定点による観測はC領域の周辺および内部に分布する適当な島，あるいは停泊した船舶などを用いておこない，移動観測は航空機または小型の船舶を用いて実施する。

これらの観測点はこの研究計画に参加する各研究グループによって維持されるか，測定方法の差による誤差をできるだけ少なくするために事前にその観測方法について検討し，なるべく共通の測器を用いるか，あらかじめ比較観測を行いその特性のはっきりしているものを用いることが是非とも必要である。そのため事前に予備観測を行うことが望ましい。

また約4週間にわたる全観測期間中にわたって精度の高い研究的な観測を続行することは不可能であるから，観測期間の中に特に集中的な観測を行う1週間程度の総合観測期間を置くことが望ましい。これは他の観測と歩調を合わせて行なう。

7.3 固定点観測

固定点観測は上にも述べたとおりスケールC観測網を構成する観測点の近くとC領域内の代表的な点に位置する島または船を利用して行なう。特に領域内に配置する精密観測点は鉛直乱流輸送，放射観測および海洋観測を重点的に観測する研究的な観測点とする。また領域の周辺にある点では高層観測と同時に係留気球その他による大気境界層の連続観測を飛行機観測の結果を加えて integral method による領域内での air-sea interaction の間接的推定ができるようにする。

7.3.1 周辺での固定点観測

上述のように，なるべくスケールCの観測と一致させて島または観測船3～5点を選定する。ここでは次のような観測をおこなう。

- 高層観測（スケールCの観測と同じ）の下層750 mbぐらいまでは特に密に（数10m毎）観測をおこなう。
- 境界層観測 tethered balloon（係留気球）あるいは高い塔を用いて境界層500～1,000mまでの風向，風速，気温，湿度の鉛直分布をできるだけ密に測定を行う。またできれば境界層上部での乱流輸送の測定もおこなう。
- 地表観測 一般気象観測と同時に高さ10mあるいはそれ以上での風向，風速，気温，湿度と地表（海面，地中（海中））温度および有効放射量の連続観測をおこなう。
- 海洋観測 観測船を用いる観測点においては深さ数100mまでの流速，温度，塩分等の観測を適当な時間間隔で行う。同時に波浪観測も実施する。
- 乱流輸送観測 可能ならばこの点においても鉛直乱流輸送の連続観測をおこなう。

7.3.2 精密観測

C領域内の代表的な数点に小さな島あるいは観測船による観測点をおく。ここで tethered balloon を用いての境界層観測など高層観測を除く周辺観測点の観測内容の全てにわたる観測を行うと同時に，できるだけ精密な鉛直乱流輸送の連続観測を実施する。また波浪の観測および波浪上での乱流構造の観測にも重点を置き，波浪がある海面上での乱流輸送についての知識を得るための努力をする。また放射その他の関連気象要素もできるだけ精密な観測を行い，基本的な air-sea interaction の data set を得ることができるようになる。これらの精密観測の海面上の基地の1つとして安定なブイプラットフォーム

ムの設置が不可欠であり、この点で進んでいる諸外国の状況を考えるとき、研究用ブイ技術の開発を急ぐ必要がある。

これらの点の観測の実施にはいくつかの研究機関の協力が特に重要であり、補助施設についても十分な考慮が必要である。船舶による観測点としては白鳳丸が最適である。またブイの母船として、たとえば鹿兒島丸が適している。同時に陸岸に近い浅海に固定したブイプラットフォームを用いて海面上の観測を行うことも必要であり、小さい島あるいは浅海に設置した観測塔を用いることも考えられる。この種の観測点は多少観測項目が欠けてもできるだけ多く設けるのが望ましい。

7.4 移動観測

1点あるいは数点において得られた鉛直輸送量の値と広範囲での平均輸送量との関連を調べるために精密観測が行われている期間に全領域での気象要素の分布を知る必要があり、航空機あるいは小型船舶を用いての移動観測をおこなう。

7.4.1 航空機による移動観測 航空機を用いた乱流輸送観測も現在技術的には可能であり、現に実施されているが、今回の観測において日本の研究機関でそれを実施するのは経済的に困難である。航空機により気温・湿度、放射温度計による海面温度、および偏流による風向風速の測定を全領域にわたって行うことが望ましい。

7.4.2 船舶による移動観測 精密観測が行われている期間に小型船舶に表面水温計、マスト上に風向風速計、気温湿度計を設置して全領域を走査しながら連続観測をする。また精密観測の前後には領域周辺にそっての海中の流速、水温、塩分の分布の測定を行う。またこの船に乱流輸送の測定装置を同時に積んで観測を行うことが出来ればよい。

8. 境界層および海面における放射収支の観測

8.1 観測の目的

海洋上を通過する際の大気気団の変質は主として海面および境界層間での水蒸気（潜熱）や熱（顕熱）の鉛直輸送を通じておこなわれる。

海面および境界層間でのエネルギーの鉛直輸送のうち、放射による伝達はその自身かなりの部分を占める。一方、乱流によるエネルギー伝達とも相互に影響し合う。特に海面からの顕熱や潜熱の鉛直輸送を求めるのに、エネルギー収支法は1つの有力な方法であり、海面における放射収支を観測することは肝要である。放射収支は海面の状態および雲、エアロゾルの状態等に大きく影響され

る。その機構は未解決な点が多い。

8.2 観測の概要

上記の目的にそって境界層および地表面（海面）における放射場の観測をおこなうと同時に、本総合観測でなされる高層気象観測資料、気象衛星による地表面（海面）温度、雲の分布、気温の鉛直分布の測定資料等を基にして、放射場を計算し、この計算値と測定値とを比較して、未解決部分を究める手がかりを得る。このため高層気象観測点の1つに近接した浅海に観測塔（7.3.2 参照）を設け、観測塔および近くの陸上で下記の項目の測定をおこなう。

- (1) 放射計による海面での放射収支の測定（観測塔）
- (2) 地表面での放射の波長別測定（陸上）
- (3) 長波長放射ゾンデおよび日射ゾンデによる長波長放射、日射の flux の高度分布の測定（高層気象観測点）
- (4) エアロゾル・ゾンデによるエアロゾルの濃度およびその光学的特性の高度分布の測定（高層気象観測点）
- (5) 雲水量の測定（高層気象観測点）

なお、放射効果を数値モデルに入れるために雲とエアロゾルの状態を知ることが放射の面では重要な中心問題になるので、(3)、(4)、(5)を総合した総合観測ゾンデの開発が必要になるであろう。

9. 気象衛星の利用について

現在利用し得る気象衛星としては、BSSA-ITOS 系列のものによる APT 受信による雲の映像受信と NIMBUS 系列による同じく APT 受信と SIRS, IRIS, Selective chopper 等の方式による気温測定データの受信等の利用が考えられる。近い将来 ITOS により、赤外（Window Region）域での imaging が予定され、これにより夜間の雲の映像受信が可能になる筈である。気温の垂直分布測定については SIRS のものが実用の段階

第3表 気象衛星から測定しうる要素

測定項目	センサー	即時受信	頻 度
雲の映像	可視または赤外 (HRIR)	可	1日2回位
雲頂温度及び海面温度	赤外 HRIR MRIR	可	1日2回位
気温垂直分布	CO ₂ 赤外 SIRS IRIS Selective chopper	不	1日1回

としては最も利用し易いと思われる（これは主として ESSA で受信解析が行なわれている）。但しかかる気温分布測定データは Real time 受信は不可能であろう。これらの点については GARP 実験段階までに検討を加えて実行計画をたてなければならぬことになっている。以上を要約すると、測定し得る要素としては第3表のような項目が考えられる。

日本の気象衛星は主として GLOMEX を考慮して 1976年頃に東経120°あたりにあげる静止衛星から赤外放射計による昼夜の画像送信とデータ収集を計画している。時期的にこの計画は気団変質の実験には間に合はない。他に実験的な軌道衛星もことによると上る可能性もあるが、これについては今のところ未定である。

以上のような現状と近い将来の展望に基き、気団変質観測への利用のためになすべきことは次のように考えられる。

- i) 表に示された観測は気団変質の研究にはすべて必要であり、実験観測の全期間にわたり、可能な限り蒐集し、その後の解析にそなえるべきである。
- ii) 即時受信の可能な雲写真および赤外による表面温度測定資料は観測実施区域に設けられる operation center で受信し、計画遂行に直接役立たせることが望ましい。
- iii) 解像力がよく定量的な赤外領域による表面温度や気温垂直分布の測定値は、比較的せまい実験観測領域からの観測結果を補うために非常に有効であり、フルに活用すべきである。
- iv) 上記にのべた利用の可能性の検討は第1次観測(b)を充分に活用して、その有効性を高める研究を行い第2次観測にそなえる事が必要である。

10. 特に開発改良を要する観測および解析技術

この研究計画においては海上その他悪条件の下で行なうものであるので充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か、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、それらについては観測実施までに充分研究改良を行なわねばならない。ここではそのように特に開発、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。

10.1 観測用航空機および搭載計測器

10.2 Tethered balloon および搭載計測器, data伝送

装置

- 10.3 境界層観測用安定ブイプラットフォームおよび搭載計測器, data 伝送装置
- 10.4 船上における高層風測定装置
- 10.5 特殊研究用ゾンデ（上昇気流ゾンデ, 定高度ゾンデ等）
- 10.6 研究用レーダの応用技術（ドップラーレーダー等）
- 10.7 船上における乱流輸送測定法
- 10.8 雲水量分布の計測器
- 10.9 放射の計測装置およびその検定装置
- 10.10 水蒸気変動量の計測器
- 10.11 乱流輸送の data 処理装置
- 10.12 気象衛星資料の気象解析への応用技術
- 10.13 各観測点の間の連絡方法

11. 観測資料の処理と収集

11.1 データー・センターの必要性

本観測計画の成果である観測資料は、この観測計画に参加した研究者および研究計画に興味をもった研究者によって有効に使用されねばならない。このためには、すべての資料は適切に processing (data check, calibration, standarization を含めて) された上、必要な編集をなされ、関係者の使用に便利な orientation がされなくてはならない。また使用者の望む format の data がすみやかに提供される必要がある。

このような機能をもつ、data center の働きは、本研究計画のなかにおいてきわめて重要であることを強調したい。

もし、実行上の問題として、このような center が実行不能な場合には、観測計画の各 subgroup ごとに、それぞれ担当した部分の data について、上記した内容の仕事をおこなう必要がある。

11.2 観測成果の priority について

9.1 でのべたように観測資料はすべての参加者・研究者に、自由に、有効に使用されねばならないが、ここで同時に観測成果の priority について留意しておく必要がある。

観測資料は、当事者が、能力・時間と経費を傾注して得られたものであり、それ自体がすでに一つの研究成果である場合も多いので、その priority を十分に認識する必要がある。したがって data の processing が完成し、すべての研究者の使用にゆだねられる以前のしばらくの期間（これは、実行段階で話し合われるであろう

が、たとえば6ヶ月とか、1ケ年とかの期間) その priority を尊重する申し合せがなされることが必要である。

11.3 観測の proceedings について

観測資料の収集・処理の終了後でき得るだけすみやかに観測の成果の proceedings を発表する必要がある。

11.4 研究成果の発表

観測の研究的成果、解析の成果を含め、この研究計画に関連した研究の成果は、各研究者によって、それぞれ適当な学会誌などに発表されるであろうが、この計画の成果を集成する意味で、collected papers などのかたちにまとめることが望ましい。

* GARP 特別観測作業委員会のメンバーは、下記のとおりである。

気象研究所 二宮洗三, 藤田敏夫, 嘉納宗靖, 藤原美幸, 片山昭
気象庁 清水逸郎, 守田康太郎
気象大学 駒林 誠
京都大学 光田 寧
東京大学 竹田 厚

12. むすび

以上の各章においてのべたものは、GARP の Sub-program “Studies of Air-mass Transformations over the Seas adjacent to Continents” に関する、総合観測計画の第一次案である。

この計画を立案した GARP 特別観測作業委員会* のメンバーはすべての関連分野をカバーしているわけではなく、したがって必要な事項で計画に書きおとしたものも少なくないと思われる。

この計画案は第一次案であって、けっして、closed されたものではなく、国外・国内の研究者の意見・計画をとり入れて、実行の段階までに、より充実したものに進歩すべきである。

この計画が、現時点におけるこの目標を下まわるか、あるいは、それをはるかに上まわる成果を上げ得るかは、国外からの参加によると同時に、国内の研究者・技術者が、いかに熱意をもって、この計画に力を集結するかにかかっていることを強調したい。

お知らせ

本誌18巻1号で紹介した、石崎秀夫著 雲は、希望者が多く在庫がなくなりました。予想以上に早く品切れになったために、御希望にそえなかった会員もあらうかと思いますが、紹介のときに予めおことわりしたような事情ですから、ご了承下さい。

天気編集委員会