



## TOGA-COARE 実施計画会議の報告\*

住 明 正\*\* 竹 内 謙 介\*\*\*

### 1. はじめに

1991年3月11日から15日にかけて、ハワイのホノルルにある東西センター移民記念ホールで、TOGA-COAREについての実施計画会議が開かれ、日本から、筆者の他、竹内、上田（北大）、中沢、藤谷（気研）、高橋（九大）、それに、海洋科学技術センターからシアトルに滞在している黒田が参加した。この会議は、本来、オーストラリアのホバートで開かれる予定であったが、湾岸戦争のお蔭でアメリカの職員が海外出張が出来なくなり、急遽、ホノルルに変更されたものである。

詳しい報告は本秋にも創刊される予定の大気海洋相互作用研究のNEWSに掲載される予定なので、ここでは、概略を報告し読者の皆さんの参考としたい。

### 2. 議 事

TOGA-COAREは、気象から海洋、メソスケールから、ラージスケールとその範囲が多岐に及ぶことがその特徴であり、それ故に、会議は、さまざまなワーキンググループに分かれて行われた。以下は、その議論の概略である。

#### (a) レーダー

レーダーに関して最も大きな問題は、船に安定化装置を取り付け2台のドップラーレーダーによる観測を海上で行おうと云う野心的な計画が、実際に、誰が責任を持って行うのか、予算的に可能なのか、技術的に可能なのかという点が、全くはつきりしないことであった（第1図参照のこと）。この点については、技術的には、全く問題がないが、現実には、お金がそうとう程度必要であり、また、実際、どの船が使用可能かも未確定であるなど、

結局、何も具体的には決らなかった。それに関連して、当初は、船を6隻も用意して観測する計画が（筆者には最初から机上の空論と思えたが）、現実には、船がそれほど利用できないので、結局、船と島を使う計画に変更され、それが議論された。地図を見ながら、「ここに島があるから、ここに（レーダーを）おけばよい」と観測をしたこともないような理論家や、解析家が議論しているのだから、本当に大丈夫か、と少し心配になってきた。日本としては、マヌス島にレーダーを持って行くことを宣言しており、国際的にも了承され、また日本の貢献も評価された。

#### (b) 境界層一渦相関に依るフラックス測定

Intensive Flux Array (IFA) でのフラックス測定は、アメリカとオーストラリアと日本が行う予定であり、どのような戦略で観測を行うかが議論された。基本的にはIFAの中心で(156E, 2S)アメリカの船が停船観測を行い、その周りをオーストラリアの船が、30km程度の空間スケールで動き周り（バタフライパターンというらしい）、更に、その外側の100kmスケールの矩形領域を、別の船が観測を行うという、マルチスケールの観測計画が了承された（第2図）。日本は、(156E, EQ)で、フラックス観測を行うことになり、赤道上で2Sとの比較観測の一方を担うこととなった。国際観測なので、測器の比較観測を行う必要があり、赤道上で2Sで、1日程度の比較観測を行う事となった。

#### (c) 航空機観測

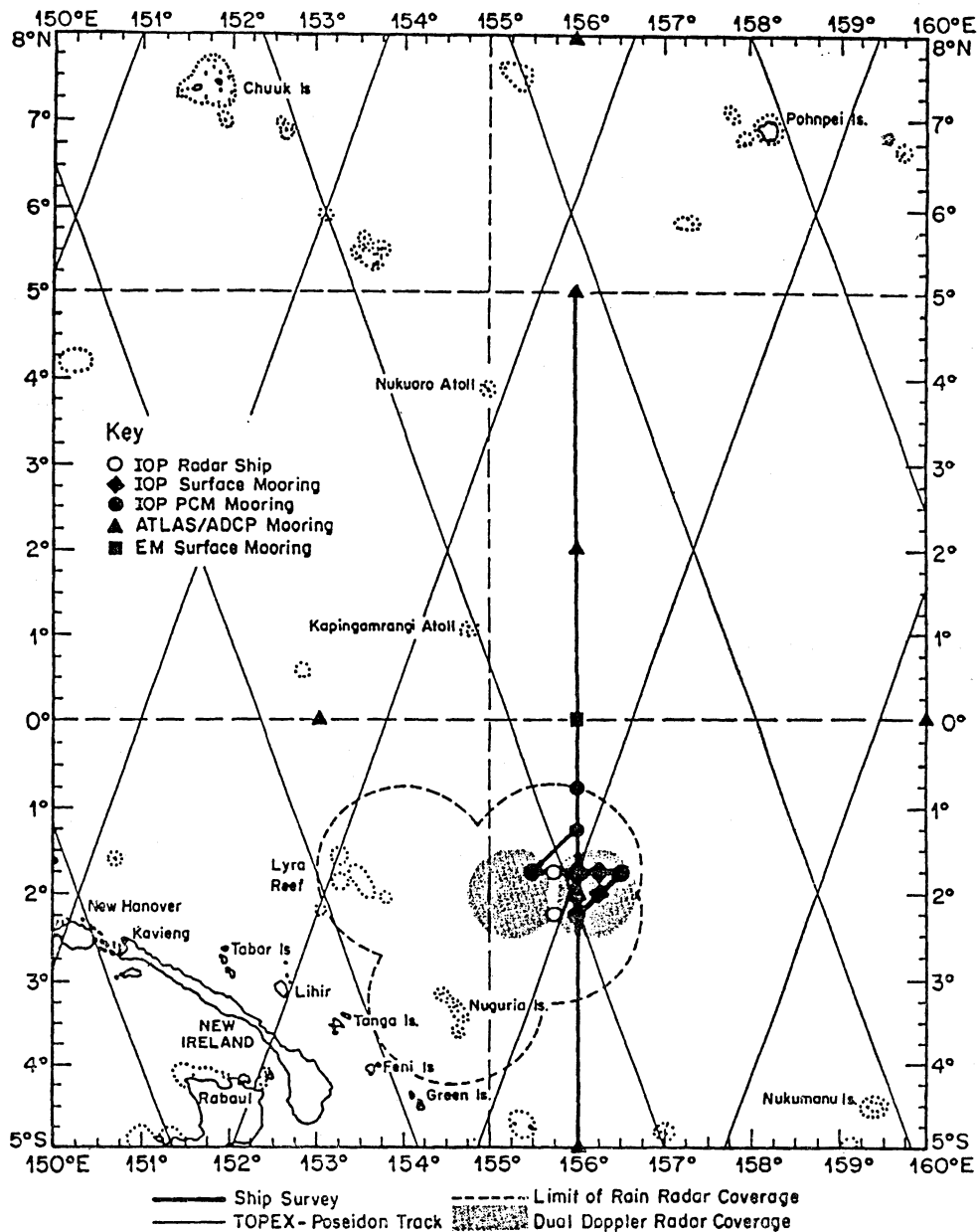
航空機は、NOAAのP3Cが2台、NCARのエレクトラ、CSIROのセスナ、NASAのDC-8とER2と云う布陣である。一見すると膨大な資源の様に思えるが、飛行場から観測領域に行くのに時間がかかること、飛行機は、万能ではなく、精度を出すためには、相当程度に繰り返し観測を行わなければならないことから資源に限られていること、それを、一点に集中して運用しな

\* Report on Workshop for "TOGA-COARE Implementation Plan".

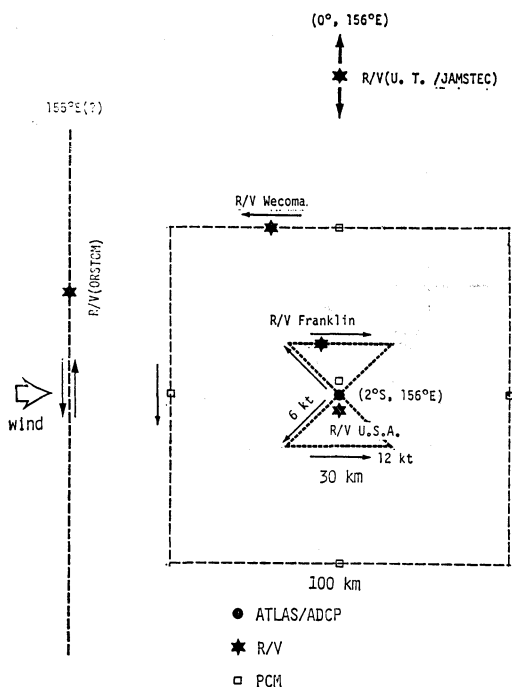
\*\* A. Sumi, 東京大学気候システムセンター.

\*\*\* K. Takeuchi, 北海道大学低温科学研究所.

## TOGA COARE IOP OCEANOGRAPHIC ARRAY



第1図 IFA 領域における観測網。中央の白丸は、船にのせたドップラーレーダーを意味し、濃い領域は、デュアルモードで風の観測が出来る範囲を示す。その外側の真線は、船舶に搭載したレーダー、及び、ヌグリフ島に置いたレーダーの探知範囲で、主として、降水量を評価する。その他、黒三角は、ATLAS ブイ、■は、流速計のブイである。



第2図 渦相関の観測の例. 用いられる船は, 4隻である.

ければならないことが確認された、広い海域で、各々、基地が異なる航空機を、一体運用しなければならず、作戦本部は、相当大変の様に思われた。日本から提案した、ドロップゾンデに依るシノプチックな観測は（第3図）、資源の都合で、ゆとりがあれば、という事になった。

(d) ラージスケール

ラージスケールのグループは、ラージスケールが軽視され、お金がメソスケールに行きすぎていると、最初から不満であった。当初の予定である5度毎の高層観測は持ち論のこと、10度毎の観測もあやういと云う状況に、相当強い調子で、ラージスケールの観測網を要求していた。それほど具体的な成果があった訳ではないが、ISSを出来る限り数多く展開すること、特に、NauruにISSをおくべく努力すること、更に、インドネシアに4箇所の高層観測を設けることなどが議論された。

### 3. COARE における海洋観測計画

COARE は時間的に数年から数時間、空間的にも全球規模から微細構造までを含んでいる。そのため、時間的にも空間的にも 3 段階のスケールの観測計画が“入れ子”

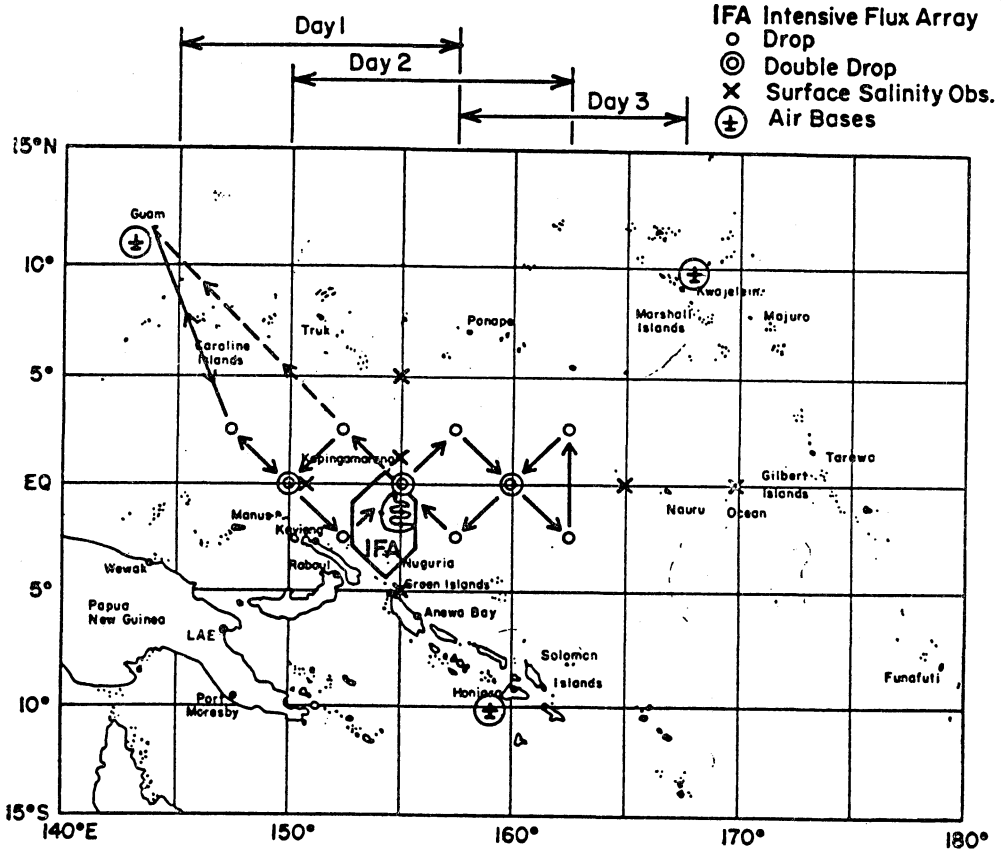
の構造になっている。一番外側は ENSO の時間、空間スケールを持ち、即ち TOGA である。その内側は空間的には COARE 領域であり、EM (ENHANCED MONITORING) が相当する。一番内側が時間的には IOP (INTENSIVE OBSERVATION PERIOD)、空間的には IFA (INTENSIVE FLUX ARRAY) の領域が相当する。一番外側は ENSO をモニターする、つまり観測期間が ENSO のどういう段階に相当するかを知る為であるが、観測としては TOGA そのものであるから COARE で特に新たな観測をするわけでは無い。EM はその中で西太平洋の Warm Water Pool で海洋が大気の変動に対してどの様に反応しているかをより詳細に観測する事である。IOP では大気、海洋の両方で境界層中の乱流混合を観測し、熱、運動量、水分（塩分）等のフラックスを測定、それが中・大規模的な変動とどう関連しているかを調べる事が中心となる。

海洋に関しての Enhanced Monitoring は第 4 図の様に係留系を充実させる事が中心である。これは主として NOAA を中心とした TOGA TAO II という太平洋の赤道導波帯を係留系でモニターしようというプロジェクトの一部を優先的に設置を早めることで行う。またこれらの係留系に SEACAT をつけることによって塩分の観測も行う。日本の分担は 147E 線の係留系であるが、赤道の流速計係留系は JAPACS の一部として東海大がオーストラリアと共同で、また 2N, 5N の ATLAS 係留系は文部省の新プロの一部として既に始まっている。

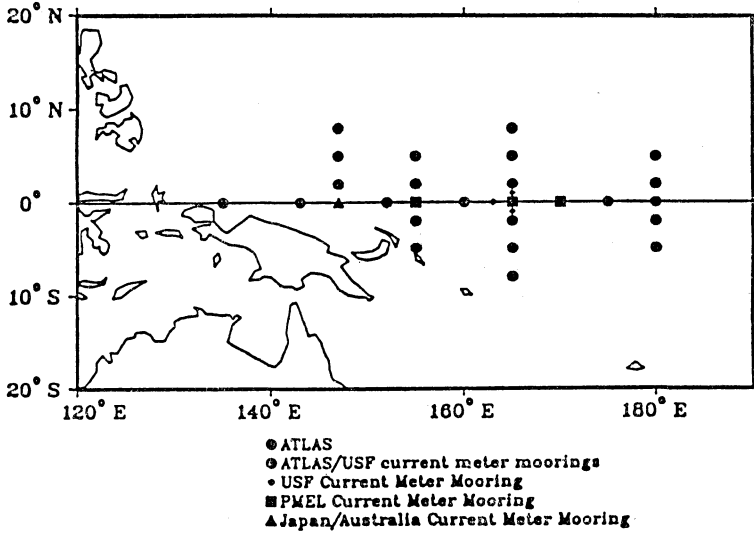
IOP (Intensive Observing Period) 期間の観測は Intensive Flux Domain と呼ばれる比較的せまい範囲を気象、海洋の両面から集中して観測しようと言うもので、名前のとおり、大気下層、および海洋上層における運動量、熱、塩分等のフラックスを測定し、また、それらが Westerly Wind Burst のような変動に対してどの様に対応するかを観測しようというものである。この期間、大気側がレーダーと航空機でこの海域での積雲対流活動をモニターし、海洋側はこの海域に集中的に係留系を設置する。この中で何隻かの観測船が大気・海洋のフラックスを測定する。

A) 場所

156E, 2S を中心とした半径数百 km の範囲である (第 1 図). 赤道からはずしたのは気象側の要請もあるが, 海洋側としても Yoshida Jet の影響を直接受けない場所という意味がある. ただし, 海洋側としては赤道の反応も興味あるところで, そのために赤道においても観



第3図 日本が提案した、ドロップゾンデを用いた総観的な観測の例。



第4図 モニタリング強化期間における係留系の配置。

測を行なうが、これが日本の担当となる。

#### B) 係留系

第1図に示すような配置が考えられている。但し、この会議の前には155Eを中心とした配置になっていたが、そこの海底地形が複雑な為と、陸の影響を避けるため、全体の配置が1度東にズレる事になった。この中で日本には2N, 2S, 156EとEQ, 154EのADCPを分担する。日本側としては、ATLASのそばに上向きに海面下での係留をする事を考えていたが、アメリカ側からATLASに組み込んで海面ブイから下向きに設置し、衛星経由でReal Timeにモニターしようという呼びかけがきている。

#### C) IFA 中心におけるフラックス観測

アメリカとオーストラリアのグループがIFAの中心でフラックス観測を行う。アメリカの観測船が中心に座り、MSP (Microstructure Profiler) と Eddy Correlation Method で大気と海洋の乱流フラックスの測定を行う。オーストラリアの観測船はSea Saw (曳航式のCTD) を引きながら回りを走り回り、水温、塩分の分布を観測する。またこのオーストラリアの観測船は同時に大気、海洋の乱流フラックスの測定を行う。オーストラリアのMSPは曳航式で、また大気の乱流も航走しながらの測定の方が良いという見解のようだ。航走は十字を一筆書きのように結んだ蝶型のパターンで、十字の一辺が50km位のものが考えられている。アメリカのもう一隻の観測船が使用可能な時期には、この観測船が少し大きなパターンでやはり走り回って温度、塩分の観測を行う。これらの観測船による観測と係留系の観測を組み合わせ、熱収支の推算を行う。また、走り回りによって対流活動による降雨によってできる海面上の低塩分水のレンズの熱フラックス等に対する影響を調べることも目的の一つである。

#### D) 赤道におけるフラックス観測

日本の観測船(白鳳、なつしま)はこれとは独立に同じ経度の赤道上で観測を行う。これは赤道上と赤道外の相違を調べるのが目的であり、例えば、Westerly Burstがあった場合、それによって生じるいわゆるYoshida Jetの影響をまともに受ける場所と受けない場所の違いを見ようというものである。赤道上ではIFAの中心ほど十分な回りの水温、塩分の分布が得られないが、違いを定性的にでも知る事の価値は大きい。

#### E) フラックス観測の相互比較

なお、フラックスの測定には特に観測船間の相互比較

が重要であるが、これは観測同士が100m位の間隔で同時に丸一日観測することで行う事になった。日本の観測船は、白鳳丸はIOPのはじめに2NのADCPの設置、なつしまはIOPの終わりにその回収に行くが、その時、IFAの中心にいる観測船とそれぞれ比較観測を行うことが考えられている。但し、ADCPをATLASに組み込む事になると、その設置、回収はアメリカの観測船が行う事となり、日本の観測船が行く必要がなくなるので、その場合は別途考える必要がある。

#### F) その他

フランスの観測船がIOP期間中、156E線上を5S-5Nにかけ往復観測を行う。また、それとは別に28トンという非常に小さな観測船を使い、JGOFSに関する栄養塩の観測をこの期間にやりたい、についてはそのついでにある程度観測の手伝いができるとの事であった。

インドネシアから代表が来ていた。インドネシアの領海での観測、係留などについて聞いたところ、どうやらインドネシアの観測船を使うのが唯一の方法のようであった。インドネシアは2~3年前、フランスから三隻の観測船の寄付を受けている。使用料は一日5千ドル。フランスの研究者が係留に使ったそうだが、甲板作業は全部自前でやる覚悟が必要とのことであった。

#### 4. 感想

会議の様子は、依然として、資源の手当が不十分、不明確で、はなはだ拡散したものになっていたと言ってよい。最も最後のつめはOperational Plan Meetingで行うということであり、アメリカの常識ではImplementationというのは、こんなものかも知れないとの印象を深くした。それでも海洋に関する部分は、比較的まとまっており、観測船も観測内容も整合的で問題はないようであったが(その理由は、海洋観測では、観測船を手配しさえすれば、ほとんどの問題は解決するのに対し、陸上の観測では、観測手段を手当する他に各国との対応、補給、安全への配慮など様々の問題が存在することによる)、気象に関する部分は、四分五裂の印象を受けた。

特に、今回のIFA(Intensive Flux Area)の目玉の一つである、船上にのせたDoppler Radarをdual modeで運用すると言う話にしても、まず、船の手当がすんでいない(どの船が行くのかが決まっていない)、dual modeを可能にするstabilizerの開発の目度がたっていない(技術的問題ではないらしい、但し、お金と時間が必要と言うことであった)、実際、その計画をやりたい人が

はっきりと見えてこない、などという問題が残っているようであった。

そのほかにも、IFA 領域で、降水量を測定するための通常の気象レーダーを持っている気象観測船の配置に関して、メドが立っていないようであった。このような状況は、なぜかという、海洋観測船は、各大学、研究所が保有しているのに対し、気象観測船は、一つとして気象庁などの気象機関以外が所有している例はなく、必然的に、気象機関に協力を要請せざるを得なくなることが、その理由である。一方、気象機関は、業務的に、観測船や、飛行機を運用しているわけだから、研究プロジェクトに、なかなか長期間、資源を割く余裕はない、というジレンマが生じる。

この様に見てみると、米国の NOAA の抱えている問題と、日本の気象庁が抱えている問題と同じことが分かる。但し違うことは、アメリカの連中は「出来るか、出来ないかは知らないが、良く、しゃべる」ということである。なかには、相当程度ひどい“へ理屈”もある。但し、彼らの偉いところは議論をしても決して激しない、まるでゲーム感覚で議論をしているということである。ということは、日本と同じ様に、重要な事柄は、いわゆる別室で決められており、会議では、日本ならセッションと終わるのが、国際会議ではワイワイやるというだけなのかもしれない。

## 5. TOGA-COARE の革命的意義

ここで、再度、TOGA-COARE の革命的な意義を強調しておきたい。それは、「気候研究のための野外観測」の初めての本格的な国際プロジェクトであるということである。「気候研究」と言うことは、気象学、海洋学、気候学、陸水学というような様々の、生まれも育ちも異なる学問分野が共同して当たらなければならないということであり、「気候研究のための野外観測」とは、グローバルなスケールで意味のある野外観測でなければならないということを意味する。

この結果は、グローバルスケールから、小さいスケールまでも、観測を階層的に展開しなければならないことになる。観測の話を経済当局に説明に行くと、「一カ所で測ってどんな意味があるのですか、同じ様な観測を世界中で行わなければならないのではないですか」とよく言われる。「必要ならば、世界中でやらなければならないんだよ」と心の中では呟くが、口では、「いや、そこは、一ヶ所でやっても意味があるんですよ」と言うこ

とになる。要するに、お金が無いということなのである。

従来の説明は、「グローバルな観測は、基本的に、衛星観測を軸に行うのです。唯、ground truth や、sea truth が必要なのでぜひ観測させて下さい」と言っていたわけだが、そろそろ、「気候研究の野外観測には、金がかかる」ことを認めてもらう必要もあるように思われる。

ともあれ、資源が有限であり、参加者は、大規模スケールから雲物理まで多様である。それぞれの人が資源を全部自分の所にそそぎ込んでも不十分と感じている。この様に統一した世界観を持ち得ない、基本的には「利己主義者」の研究者が、どのように妥協し、相互に理解し、限られた資金と人材の枠内で、“大義”に貢献できるのか、その調整能力が、非常に重要と感じた。

TOGA-COARE は、海洋学者と気象学者、meso-scale から large-scale, local から global, synoptic から climate と、ありとあらゆるスケールの問題を気候研究の名のもとに、相互調整して、新しい枠組みを作ろうと言う試みであり、そこに、革命的な意義があると言える（最も、革命的とは、成功する、という意味ではない。事実、各部分の調整に疲れ、結局、「学問はたこ壺の方がよい」と撤退する動きも目につく。しかし、理想の旗は高く掲げた方がよい。日本としては、後発であるが故に相互のコミュニケーションがよいという利点がある。それを利用して、最後の最後まで、この理想を追求して行きたいと思う。).

## 6. Kuttner 翁の演説

大会 4 日目の夜に、夕食会があった。そこで、80歳を越え、なお現役で頑張っている Kuttner 翁が、Lukas, Webster の後に立って speech を行った。

彼は、戦後の全ての国際プロジェクトに携わってきた人である。「ホモ・サピエンス・アトモスフィコとホモ・サピエンス・オーシャンカの進化の歴史」を話すと言って、BOMEX, GATE, MONEX にいたる、海洋物理学者と気象学者の協力の歴史を述べ、最後に、このような国際共同プロジェクトの成功の秘訣に触れ、「国際協同プロジェクトの成功にとって最も重要なのは、人間関係である。そして、人間関係をよく保つには、お互いを尊敬すべきである。我々は政治体制や、生活程度や、協力の度合や、研究施設や能力などを持って、人を差別してはならない」と締めくくった。

連日の会議の、それぞれの利己的な反応に少々頭にき

ていた会議の参加者（筆者も含む）の心を打つスピーチだった。筆者も、ともすれば「（お金さえくれれば）うちには、貢献できます」という様なアジアの国の態度に少し頭にきていたところで、「最近、日本も少し、金を出すからと言って我々の態度は少し驕っているのではないか」と反省した次第である。

最後に、今後の予定であるが、“TOGA COARE Implementation Plan”の改訂版が、この夏には完成し、10月には、“TOGA Operational Plan”の原案が作られるはずである。最終の国際的な調整会議は、来年3月、オーストラリアのタウンスヴィルというCOAREの実験センターのおかれる街で行なわれることとなった。



### “Global Change (IGBP)”に関する国際シンポジウム開催のお知らせ

地球圏—生物圏 国際共同研究計画 (IGBP) は、“地球系”の物理的・化学的・生物的諸過程の相互作用を理解し、近未来における気候変動をはじめとする地球規模での環境変動を予測することを目的として始められた国際共同研究計画です。わが国でも学術会議を中心にこの計画に積極的に参加していますが、今回モンスーンアジアに一つの焦点をあてた“Global Change”についての国際シンポジウムが開かれます。4つのテーマについて発表論文を募集しておりますので、ふるってご参加願います。またすでに“First Circular”が出されておりますので関心のある方は事務局にご連絡ください。

会議名：INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
GLOBAL CHANGE (IGBP)

期 間：1992年3月27～29日

場 所：早稲田大学国際会議場

主 催：IGBP 日本国内委員会・IGBP 国際科学委員会  
・早稲田大学

セッション・テーマ：

- (1) 温室効果気体の生成源と消失先
- (2) 地球圏変動における海洋の役割
- (3) 陸上生態系に与える地球圏変動の影響
- (4) モンスーンアジアにおける古環境

参加費：20,000円（但し1日参加及び学生は5,000円）

連絡先：Global Change (IGBP) に関する国際シンポジウム事務局 c/o M & J International  
横浜市旭区今宿町2210-2  
FAX：045-361-9681