

アジアにおける GEWEX と GAME (GEWEX アジア モンスーン研究観測計画)に関する国際会議(北京, 1994. 3.3-3.6) 出席報告*

安成哲三^{*1}・小池俊雄^{*2}・上野健一^{*3}
松山洋^{*4}・沖大幹^{*5}

1. はじめに

GEWEX および GAME (GEWEX Asian Monsoon Experiment) のアジアにおける研究課題と研究協力体制について討議するための国際会議が、北京大学にて、1994年3月3日から6日の4日間開催された。これは中国の GEWEX リエゾングループ（この会議中に、このグループは、GEWEX Working Committee として発展的に改組された。）と日本の GEWEX 小委員会の共催というかたちで、GEWEX に関するアジアにおける最初の国際会議として組織された。国際会議とはいえ、昨年11月に名古屋で開かれた日中 GAME ワークショップを受けて中国側が開いた日中会議という色彩が強く、参加者は中国側約60人、日本側28人、それに WCRP の代表としてジュネーブから S. Benedict 氏、ロシアの地理学研究所（モスクワ）から A. Georgiadi 氏という構成であった。しかし、日本から大挙30人近い研究者が参加したことや、WCRP リエゾンの S. Benedict 氏の参加は、これまで GEWEX に関しては正式に参加体制を持っていなかった中国に、GAME を含めた GEWEX への正式な取り組みの体制作りを促し、GEWEX における今後のアジアにおける協力体制を考える上で、ひとつのマイ

ルストーンとなる会議であった。

GEWEX も GAME も、気象学と水文学の共同研究、というより、双方の研究者が共有する未解決の問題に取り組むために始めたプロジェクトという側面が大きい。しかしながら、それぞれの学問は、対象が違うという以上に、その生まれ育った歴史そのものが大きくちがいが、その点が、ある意味では同じ理学（地球物理学）の中の気象学と海洋学以上に共同研究が難しい面がある。GCIP などでも、この点でいろいろと問題を抱えているようである。日本でも、小池が3.2で述べているように、決してこの2つの分野の連携が、はじめからすんなり行われた訳ではない。何回となく議論の場を重ね、問題を煮つめる過程で、徐々に相互理解と場の共有が始まり、今もその努力が行われている。山梨大学の砂田憲治さんの言葉を借りれば、「同床異夢」ならぬ「異床同夢」である。中国の状況は、日本以上に難しいものがあると思われるが、気象と水文の第一線の研究者が一堂に会したこの会議をきっかけに、中国でも同じ努力が始められたことの意義は非常に大きい。（安成哲三）

2. シンポジウムの概要

シンポジウムは、1) アジアにおける GEWEX の戦略、2) プロセス研究、3) 大陸規模のエネルギー・水循環とインパクト、4) 地域・流域スケールの水収支、5) GAME セッション、の5つのセッションから構成されており、主に GAME の目的に関係した現在進行中のプロジェクトの研究成果と今後の研究計画、および GAME の具体的研究計画に向けたフレームワークの発表が行われた。実際の発表内容は、上記の各セッションの題目と必ずしも一致しない（というより、各セッションの枠組みが不明瞭）と思われるもの

* Report on the International Symposium on GEWEX in Asia-GAME.

^{*1} Tetsuzo Yasunari, 筑波大学地球科学系

^{*2} Toshio Koike, 長岡技術科学大学建設系.

^{*3} Ken'ichi Ueno, 筑波大学地球科学系.

^{*4} Hiroshi Matsuyama, 東京都立大学理学部地理学教室.

^{*5} Taikan Oki, 東京大学生産技術研究所.

© 1994 日本気象学会

もあったが、とりあえず以下に各セッションでの概略をまとめてみた。

1) アジアにおける GEWEX の戦略:

アジアにおける GEWEX の重要性と GAME の役割およびその目的に関する発表が、日本と中国側それぞれの基調講演者から行われた。また、それに関連したコアプロジェクトの概略が説明された。

2) プロセス研究 (放射, 雲, 陸面過程):

プロセス研究に関する発表が行われた。リモートセンシングを利用した観測手法・事例解析の発表が多かった。それらは、主に衛星を利用した地表面状態(土壌水分, 植生, 放射, 積雪等)の観測と、レーダと衛星を利用した降水システムおよび降水量算定に関するものであった。その他、陸面での素過程について、土壌からの蒸発に関する野外実験や寒冷地での大気地表面相互作用に関する発表があった。

3) 大陸規模のエネルギー・水循環とインパクト:

大気の広域循環場の変動と水蒸気収束, 降水帯, 広域蒸発散, 土壌水分に関する発表, およびそれぞれをつなげるモデリングの発表が行われた。中国側からは、准河流域での梅雨活動に伴う水蒸気・降水量変動と大気循環場の解析およびモデルによる再現, といった大陸スケールの場の影響に関する発表が多くみられた。一方、日本側からは大気水収支法・SiBUC モデル・熱帯降水雲のメカニズム・海洋の影響評価といった、熱・水循環に関する研究のスケールアップに重要となる素過程の研究発表が多くみられた。

4) 地域・流域水収支:

流域スケールでの降水量の見積と水収支評価および流域水文モデリングとマクロ水文モデルに関する研究発表があった。さらにモデルによる気候変動の影響評価や洪水に対するインパクトに関する発表があった。いずれも東南アジアのモンスーン期の多雨域を念頭においた研究が多かった。

5) GAME 計画に関するセッション:

GAME に関係する予備的研究成果として、4次元同化の解説と、琵琶湖・チベット高原での観測結果に関する発表が行われた。さらに今後計画されているレナ川・東シナ海周辺での研究プロジェクトの説明およびシベリア・チベットにおける GAME コアプロジェクトの提案がなされた。

これらのセッションの終了後、GAME の日中協力に関するワークショップが最終日に開かれた。

(安成哲三)

3. 日中協力に関するワークショップ報告

3.1 気象グループの議論

このワークショップでは、GAME に関する特に日中の今後の協力関係、共同研究の進め方について、包括的な議論をする予定であった。日本側は安成、中国側は Ding 教授が司会をしつつ開始したところ、特に中国の水文グループの中で、GEWEX や GAME に対する認識について、大きな隔たりや混乱のあることが分かってきた。そのため、Ding 教授の判断で、まず大気グループと水文グループを分離して会議を進行させ、その後に総合討論を持つこととなった。

大気側のセッションでは、特に降水量・放射・高層気象データなどの気象データ交換と公開、アーカイブの重要性についての議論が活発に行われた。その結果、中国側のデータに関して Ding 氏より、1) 降水量データに関するインフォメーション (地点・観測手法・測器など) の公開、2) 放射とその他の historical data の公開、3) 自動観測測器導入の検討、4) 高層データの特に特異点データに関する特定地域での公開、について提案がなされた。また、村上 (勝) は、現在科学技術庁の予算で進みつつある国際的な地球環境研究のためのデータ収集・交換・アーカイブのプロジェクトである Global Research Network (GRN) の重要性と、その GAME データアーカイブにおける役割の可能性を強調し、日中双方の研究者から高い関心を集めた。

さらに、Ding 教授は、米中を中心として計画中の南シナ海モンスーン観測計画 (South China Sea Monsoon Experiment; SCSMEX) についての説明があり、日本への参加要請があった。これに対し、日本側は、GAME との連携、例えば GAME の地域特別観測計画との地域的な補完性や、その集中観測期 (Intensive Observing Period) の同期についての可能性の打診を中国側におこなった。GAME は、TRMM 衛星の観測を前提にして、IOP をできれば1998年夏にしたいと計画しているが、SCSMEX の IOP は、今のところ、1996年と1997年の夏という設定であった (これに関しては、その後、米国側責任者の K. M. Lau 氏 (NASA) と連絡を取ったところ、米国側も1997-1998年あたりが望ましいという返事があり、日本側の希望に沿った線で、現在動きつつあるようである。). (安成哲三)

3.2 水文グループの議論

水文グループは、水利部の劉教授、河海大学の李助教らと、マクロ水文モデルに関する研究について打

ち合せを行い、お互いの研究状況と今後の研究協力について意見を交換した。日本では、GAME や琵琶湖プロジェクト（土木学会水理委員会、水文・水資源学会、NASDA 等が中心となって、琵琶湖北東岸で1992年秋より実施している大気-陸域相互作用に関する特別実験）の活動およびこれまでの分布型流出モデルの研究の成果と問題点を踏まえ、メソスケールの大気モデルと結合しうる水文モデルの開発の必要性が認識され、萌芽的な研究が出始めており、GAME の実施計画立案のため、組織的に研究を進める体制ができた所であることを紹介した。中国側は GEWEX そのものに対する取り組みもこれからであり、マクロ水文モデルの概念についても日本側と隔たりがあることが報告された。そこで、日中を中心に淮河やチベット高原で展開する GAME を念頭に、1994年秋を目途にそれぞれの国での研究の進捗状況や今後の展望を取りまとめて情報交換し、1995年に中国にてマクロ水文モデルに関するワークショップを開催する方向で検討を進めることで合意した。

この結果を同日午後で開催された総括セッションで報告したところ、特に HUBEX に関連して小試験地流域での特別観測や境界層の長期継続観測等の提案が続いた。そこで座長の Ding 氏からは、水文研究者間で別室にて1時間程度で水文研究関連の今後の方針を取りまとめるよう提案があり、劉教授と筆者を中心に中国側の研究者10人程度と協議した。そこでは、まず GEWEX の目的は何かを確認し、何故水文研究者が GEWEX に取り組む必要があるのか、その水文学的（サイエンスとしてまた水利用や防災の実務として）意義は何処にあるのかについて私見を述べ、その上で GAME が目指すところを説明した。また、日本でも GAME 立案に際して、水文研究者の間で必要性や意義について議論を重ね、大気-陸域相互作用を表現するマクロスケールの水文モデルや衛星による水文情報収集手法の確立が重要との共通認識を持つに至った経緯を紹介した。その結果、劉教授から、今回のシンポジウムは中国の研究者が GEWEX とは何かを知る初めての機会であり、近く国内での GEWEX 水文研究に関するワークショップを開催して、研究の必要性や意義に関する議論を進めたい旨、提案があった。また、それらの議論を踏まえ、1994年8月末までに GAME 関連の水文研究提案を劉教授と筆者に提出して頂き、淮河・チベット高原での地域研究やモデル・衛星観測等のテーマ研究のワーキンググループに提案していく

事とした。なお本提案は、1時間半後に再開された総括セッションで承認された。わが国で GEWEX GCIP 対応のアジア領域でのプロジェクト（後の GAME）を立案しようとしたとき、日本では「流出現象の素過程を把握し、それを物理的モデルで表現する」というミクロスケールへ向かう研究が多い中で、降水過程や大気と陸域の相互作用、広域（大気-流域）水収支に関する、どちらかというメソスケールの研究がスタートしていた。前述の琵琶湖プロジェクトはその代表例と言えよう。ただし、その雰囲気の中でも「何故我々が GCM の手先として、観測に汗を流さなければならないのか？」等の素朴な疑問が多く出され、深夜に及ぶ議論になったこともある。結局、わが国では（少なくとも筆者自身は）、「気象・気候屋まかせでは、水資源へ及ぼす気候変動の影響について有用な評価や予測はいつまで待っても出てこない。我々自身が汗を流さなければ……」ということになったが、水利用や洪水予測等、実務的研究が多い中国の水文研究コミュニティで、今後議論がどのように発展するのか注意深く見ていきたい。（小池俊雄）

4. 若手によるシンポジウム雑感

4.1 GAME とは何だろうか？

GAME って何？ とよく聞かれる。私自身、GAME を多少なりとも理解できたことが、このシンポジウムの収穫でもあった。GAME のキーワードは、1)大陸スケール、2)アジアモンスーン、3)熱・水の輸送過程、であろう。対象領域を拡大するために必要不可欠なスケールアップの問題、モンスーン自体のメカニズムと変動を研究することとモンスーン地域であるが故の地域研究の両面性、そして地中・植生・海洋から大気中に至る様々な媒体と共存する熱・水を扱うこと、これらが研究を難しく、また面白くする要素であろう。

このプロジェクトでは当然国境を超え地表面も含めた広範囲の地域が研究対象となる。まさにモンスーンの多様性そのものである。そこで、従来行われてきた国際共同プロジェクトの枠を超えたプロジェクト間での相互協力と共通認識が重要な要となっている。最近多くのプロジェクトが連立するなかで、GAME のめざす目的が解りにくいとの声が多く聞かれるが、これももっともな事で、GAME のめざすところの宿命のような気がする。特にこの巨大プロジェクトの複雑な構造の故に、時として理解に苦しみ敬遠したくなることさえある。この複雑さを共通の問題意識の場に集約し理

解していくために、国内で多くの研究会が開かれてきた。同様のプロセスを中国でスタートさせる意味で、今回の会議の意義は非常に大きかった。事実、中国で開催されたことにより、多くの GAME に関心をよせる研究者が同じ会場に集まった。研究者間で問題意識を絞り込む意味で、GAME はやっと中国大陸でも動き出すことになる。

GAME には、集中観測を1997年以降に控え、観測・解析・モデリングを含めた幅広い研究者の参加が期待されている。「GAME を支えるのは君達若い世代である」というどなたかの決まり文句はもう古い(?)。気楽に頭をつつこんでみると以外に面白いものである。これからは、GAME をいう場を利用して自分の研究をのぼしてみようという好奇心旺盛な研究者の参加が国際的に望まれるのではないかと。(上野健一)

4.2 GAME と地域観測計画についての長いコメント

ここでは、このシンポジウムの感想をデータ解析の立場から述べたいと思う。

アジアモンスーンは、湿潤過程によって維持されているプラネタリースケールの循環として大変興味深い現象であり、同時に地球上のエネルギー・水循環とその変動を理解するうえで欠かせないものである。一方アジアモンスーン域は多種多様な地表面があり、地球上の大気・陸面過程の基礎的な知見を得るための研究観測フィールドとして適している。

GAME は「アジアモンスーンのエネルギー・水循環過程の解明」および「アジアモンスーン域のマルチスケールのエネルギー・水循環過程の解明」という2つの研究計画からなり、両者は密接に関連して行われる。前者は全球規模あるいは大陸規模の研究であるが、その中には地域規模の現象のスケールアップ/ダウンの研究も含まれる。一方後者はアジアモンスーン域内のいくつかの地域で行われる研究であり、その中には1 km~1,000 km スケールの過程、現象、およびそれらの相互作用の研究が含まれる。このうち、現状では後者すなわち地域規模の特別観測計画が先行していると筆者には思われる。それをどのようにして大陸規模あるいは全球規模の研究にスケールアップしていくかは今後の課題であるが、特別観測のフィールドとして現在タイのチャオプラヤ川流域、中国の准河流域、チベット高原、ロシアのレナ川流域の4地域が挙げられている。いずれの地域でも、集中観測の時期はTRMM(熱帯降雨観測衛星)が打ち上げられる1997年7月以降が

予定されている。

筆者は、気候システム研究におけるデータ解析の基本はルーチン観測データを用いるものであり、特別観測は解析結果の妥当性を検証するような方向で行うべきだと常々考えている。これは特別観測は長期間継続できないこと、および過去にさかのぼった解析を行う際にはルーチン観測データしか発掘できないことによる。それゆえデータ解析の立場から GEWEX に貢献するためには、GEWEX の本格的な観測が始まる前に従来のルーチン観測データを用いて、何がどこまで分かっているのかを明らかにしなければならないと考えてきた。

今回のシンポジウムでは、GAME の特別観測計画の暫定案が日本側から提出された。以下、これらの研究計画について筆者が考えたことを述べる(文中敬称略)。

<チャオプラヤ川>

チャオプラヤ川流域(流域面積 160,000 km²)での特別観測は日本とタイが協力して行われる。日本側は東京大学生産技術研究所が主体となる模様である。流域内には気象観測地点が200か所以上、流量観測地点が約50か所、高層観測地点が10か所ほど存在する。このほかに GMS(気象衛星ひまわり)、MOS-1、NOAA、TRMM といった気象衛星も利用可能である。1997年以降には TRMM の地上検証用のレーダーも設置される予定である。この特別観測の最終的な目標は、耕作地の灌漑の影響を考慮に入れた湿潤熱帯地域におけるマクロスケールの水循環モデルを構築し、大気大循環モデルと結合させることである。

チャオプラヤ川流域ではルーチン観測データを用いた陸面-大気結合系の水収支の予察的研究がすでになされている(沖ほか, 1991; Oki *et al.*, 1994)。これらの研究からは、大気客観解析データから算定される水蒸気収束量が河川流出量の季節変化をよく表すことが明らかになっている(沖ほか, 1991)。流域蒸発散量の季節変化については、ベンマン法より得られた値、ECMWF の4次元同化データによって解析された値(Oki and Sumi, 1994)、大気水収支法より得られた値が大きく異なることが知られている(Oki *et al.*, 1994)。特に乾季末における前2者と後者の差が著しいが、これは現段階では前2者が可能蒸発散量を表しているためだと考えられている。このため今回提案された特別観測計画でも「乾季末の耕作地における蒸発散過程の解明」に力点が置かれている。

この特別観測計画は「仮説検証型」であり問題意識がはっきりしている。全世界の人口の約6割が集中しているモンスーンアジアでは、水利用量が急増しており今後も増加が見込まれているため（例えば中西, 1994）、この特別観測はモンスーンアジアにおける水資源・水利用に関する基礎的データを提供するであろう。また、観測結果を日本の水田における蒸発散過程（例えば梶根, 1980）と比較するのも面白い。

特別観測計画案の発表に際して、中国側から「なぜ解析結果をアマゾン川流域の特別観測の結果（ARME, Amazon River Meteorological Experiment, 例えば Shuttleworth *et al.*, 1991）と比較しないのか？」という質問がなされたが、同じ熱帯であっても年降水量が年蒸発散量を規定するチャオプラヤ川流域と、年正味放射量が年蒸発散量を規定するアマゾン川流域では蒸発特性が異なるため（沖, 1993）、両者の比較は意味があるとは思えない。むしろチャオプラヤ川流域でも耕作地だけでなく熱帯林でも特別観測を行い、ARMEの結果と比較する必要があると筆者は考える。

<淮河>

淮河（流域面積 120,000 km²）では HUBEX (Huaihe River Basin Experiment) という日中合同の特別観測が計画されている。日本側は名古屋大学大気水圏科学研究所と京都大学工学部・防災研究所が主体となる模様であり、本シンポジウムのあと京大グループによる淮河の視察が行われた。HUBEX の目的は、Meiyu 期（日本の梅雨期に対応）の淮河におけるエネルギー・水循環の維持・変動のメカニズムを明らかにし、その予測可能性を探ることである。HUBEX は予察的観測（1993～1996年）と集中観測（1997～2000年）に分けて行われ、予察的観測期間には気象・水文データの収集とデータ同化方法の開発、データ解析およびモデルの開発が行われる。集中観測期間中には5月から8月までの間、レーダー観測と4次元同化に基づくデータセットが作成される。この期間には、マルチドップラーレーダーによるメソ α - β スケールの雲システムの構造の解析がなされる。また、地上観測および飛行機観測による陸面-大気間のフラックス測定と土壌水分の観測もなされる。同時に高層気象観測網も整備される。最終的には、現地観測とモデルによって作成されたデータセットを総合的に解析し、亜熱帯前線帯のエネルギー・水収支に果たす陸面-大気結合系の役割が明らかにされる。今回のシンポジウムには WCRP

やロシアからの参加者も見られたが、大多数は日本と中国からの参加者であったため、淮河の特別観測計画については白熱した議論が展開された。淮河流域では1991年の梅雨期の豪雨で水害が生じたが、その1年後には被害都市で豪雨と洪水に関する国際シンポジウムが開催されるなど（坪木, 1993）、中国側の淮河に対する関心は非常に高い。一方、日本側も HUBEX ではメソ降水システムの研究を重点的に行うようであり、日本側と中国側の思惑が一致した特別観測計画であると言える。しかしながら、水文学的立場からは淮河流域全体を対象とする水収支の研究は難しい。これは淮河の下流部に揚子江と黄河を結ぶ運河があるため、河口付近の流況に及ぼす人為的影響を無視できないためである。このため、沖ほか（1992）が行ったような流域全体の水蒸気収束量と河口での流出高を比較する際には注意が必要である。残念だったのは、特別観測計画案の発表からは従来の研究の問題点が明確に伝わってこなかった点である。1991年の水害をきっかけとして精力的に行われた研究は、淮河におけるこれまでの降水システムおよび降雨-流出特性を整理する良い機会であると考えられる。そのため、淮河流域においてもまず従来の研究の問題点を明らかにすることから始めるべきだと筆者は思う。筆者はむしろ、HUBEX を行うことによって淮河のみならず黄河や揚子江など中国の大河川の最近の流量データが入手できるようになることを期待している。これは GRDC (Global Runoff Data Centre: 世界河川流量データセンター) でも中国の流量データに関しては1976年から1979年までという限られた期間しか入手できていないためである（松山・沖, 1992）。中国の大河川に限らず流量データのアップデートは、陸面-大気結合系の水収支の経年変化の解析に欠かせない。そして水収支研究に必要なデータのうち、現段階では流量データがもっとも入手困難なデータであることを強調しておきたい。

<チベット高原>

チベット高原でも日中合同の特別観測が計画されている。日本側は雪氷学会の精力的な研究者が中心となるもようである。この特別観測の目的は、陸面-大気間の水循環の季節変化について調べることで、メソスケールの水循環モデルを構築すること、およびチベット高原がアジアモンスーンの経年変化に果たす役割について明らかにすることの3点である。

従来の観測手法に加えて、衛星データを用いた大気と地表面に関する情報の抽出、自動気象観測システム

の展開, ドップラーレーダーの導入, チベット高原全体をカバーするような高層気象観測網の整備などが予定されている。

チベット高原ではすでに予察的観測として, CREQ (Cryosphere Research on Qingzang Plateau, チベット高原雪氷圏研究計画) が行われており (大畑・太田, 1992), いくつかの新たな知見が得られている。しかしながら CREQ はチベット高原における1点観測でしかない。このため, チベット高原全域において観測網を展開することがこの特別観測の趣旨である。

ミシシッピ川流域での GCIP (GEWEX Continental-scale International Project) が提案されて以来, マッケンジー川流域 (MAGS, Mackenzie GEWEX Study), アマゾン川流域 (LAMBADA, Large-scale Atmospheric Moisture Budget Analysis using Data Assimilation), バルト海周辺 (BALTEX, Baltic Sea Experiment), そして GAME と特別観測が次々に提案された。これらの趣旨はいずれも, ミシシッピ川流域の GCIP だけでは, 大陸規模のエネルギー・水循環過程の全てを解明できるとは限らない点にある。GAME では熱帯から極域まで幅広い特別観測が計画されているが, 標高 5,000 m を越えるチベット高原は世界中でここだけにしか存在しない。それゆえ, 日本は GAME の中でもとりわけチベット高原での特別観測計画に全力を投入すべきであると筆者は考える。チベット高原西部には従来からの気象観測地点がほとんど存在しない。このためこの特別観測計画は「発見的研究」という意味合いが強い。今回の特別観測計画案は文字通り「チベット高原における実験観測計画」であり, それには第3の目的, すなわちチベット高原がアジアモンスーンの経年変化に果たす役割についての認識が欠けていたと筆者には思われる。Morinaga and Yasunari (1987) がユーラシア大陸の春先の積雪面積とそれに引き続く夏のインドモンスーンの強弱との関係について指摘し, Yasunari and Seki (1992) が MAOS (Monsoon Atmosphere Ocean System, モンスーン/大気・海洋結合系) という仮説を提案しているのだから, 特別観測もこれらの解析結果を検証するような方向で行われるべきであると筆者は思う。

<レナ川>

レナ川流域 (流域面積: 2,384,000 km²) 特別観測は日本とロシアとの協力によって行われる。KUREX '91 (Kursk Region Experiment 1991: ソ連クルスクにおける大気・地表面相互作用観測計画, 安成ほか, 1992)

以来, 日本側は安成, 大畑, 沖が窓口になって特別観測計画の準備が進められてきた。この特別観測では, これまでほとんど調べられてこなかった凍土帯 (活動層), 積雪, 植生がエネルギー・水循環の季節変化に与える影響について重点的に調べられる予定である。また, レナ川の河川流出量が北極海の淡水供給と局地的な気候変化に及ぼす影響についても研究がなされる。地球温暖化に伴う昇温はシベリアで最も大きいと言われているため (IPCC, 1990), 将来予測を行ううえでもシベリアにおけるエネルギー・水循環過程の現状を把握しておくことは重要である。しかしながら, 同じ極域で行われる MAGS との違いについては筆者にはよく分からなかった。ただ, ロシアの三大河川 (オビ川, エニセイ川, レナ川) 流域を, 特別観測地域に選んだのは適切であったと言える。これらの流域が大陸規模の水循環過程に果たす役割として, 融雪期の蒸発散量の増加が水蒸気輸送を通じて他の地域の降水をもたらすということが考えられるからである。例えば, これらの河川流域の陸面-大気相互作用の季節変化が中国半乾燥地域の水循環とも関係している可能性を, Yatagai and Yasunari (1993) は指摘している。

<その他の感想>

1. GAME の特別観測計画案を聞いて感じたのは, 地域ごとに観測の重点項目がかなり異なるということである。今回提案されたのはいずれも暫定的な計画であり, 今後地域間で調整して最低限観測すべきデータは統一すべきであると思う。ちなみに筆者が興味のある大気水収支の解析に必要なデータは, どの地域でも観測が行われるものと考えている。これは高層気象観測は4次元同化の改善にも必要であるためである。

2. GAME では当初アラル海流域での特別観測も計画に含まれていた。アラル海流域では「人為的な過剰の水利用が流域水循環に及ぼす影響の評価」という研究課題が考えられていた。しかしながら, この地域の春先の積雪面積はそれに引き続く夏のインドモンスーンと特に相関が高いため (Morinaga and Yasunari, 1987), 当初の研究課題とは別の意味で筆者はこの地域の特別観測に関心を持っていた。今回のシンポジウムでアラル海流域での特別観測計画が諸々の事情から削られたことを初めて知ったが, これは非常に残念でない。

3. GAME の4地域での特別観測は, それ以外の GCIP に関連した研究計画 (Mississippi, MAGS, LAMBADA, BALTEX) の1つ1つに相当する規模

である。現段階では、それぞれの特別観測を担当する日本側の研究機関が別々であるため何とか実行できそうな模様であるが、それぞれの地域で同時に集中観測を行うとしたら、本当に日本側の必要人員を確保できるかどうか不安である。特に気象サイドの人間で野外観測のできる人が少ないことが気になる。かく言う筆者もまだ、本格的な野外観測を行った経験はない。

4. GAME は海洋学者も含めた地球科学、特に大気・水圏科学全体の総力戦である。中国では SCSMEX (South China Sea Monsoon Experiment) という独自の実験観測が計画されているが、これには海洋学者も参加するという話であった。日本の海洋学者で今回のシンポジウムに参加したのは淡路(京大・理)だけであり、TRMM 計画も含めて今後海洋学者の積極的な参加が必要であると感じた。

5. 筆者は TRMM が打ち上がる1997年7月が GEWEX の本格的な開始時期であり、自分の研究もそれまでにまとめればよいと考えていた。しかしながら、今回暫定案とはいえもはや GAME の特別観測計画が提出されている段階であることを知り、データ解析ものんびりやっている場合ではないと痛感した。

6. 気象学者と水文学者の空間スケールの認識の違いは依然存在する。水文学者は GAME を機会に総括的なマクロスケールの水循環モデルを構築することを目指しているが、筆者はむしろ box model の結合体として全球水循環を表現するのがよいと考えている。それは、ミシシッピ川流域の GCIP に呼応して MAGS, LAMBADA, BALTEX, GAME が名乗りをあげたように、河川の流出特性は大陸ごと、地域ごとに異なるためである。ある地域の流出モデルをそのまま他の地域に適用することはできない。これはモデリングを行う際にもまずデータ解析が必要であることを示している。今回のシンポジウムに出席して、自分に課せられた使命の重大さを改めて認識した次第である。(松山 洋)

4.3 大気陸面過程研究の視点から

主要な点については松山氏が非常に的確な意見を述べているので、以下では些末な事項をいくつか指摘するにとどめる。まず、計算機環境にあまり恵まれているとはいえないにもかかわらず、中国でも多くの熱心な研究調査が行なわれている、というのが第一の印象である。特に、留学経験のある人々は日本側と同様の学問体系を共有していて、彼らの発表は用語や概念もわかりやすかった。次に、気象分野と水文分野との陸

面過程研究に対する認識の差がいくつかの点で目についた。気象側にとっては GCM を中心に据えた気候・気象研究のひとつのサブパートとして陸面過程があり、パラメタリゼーションという扱いに留まる限り物理的にもっともらしくて、できるだけ単純な取り扱いができれば満足であろう。一方日本の水文側では、

- ・普遍的な地表面水循環モデルの構築
- ・GCM 用の数値モデルの構築
- ・大きな水平スケールの水文モデルの構築
- ・衛星リモートセンシングの水文学への応用

などの思惑が個々の研究者によって微妙に異なり、GEWEX/GAME でも何を目指して観測・解析研究を行なうのかについて必ずしも合意が得られてはいない様に思えた。ここで、各研究者がそれぞれの目的で研究を進めること自体が問題なのではなく、いずれも気象側が期待するような単純なパラメタリゼーションにはならない可能性が高い、という点が問題なのである。例えば Heihai 大学の水文グループが示した分布型流出モデルは衛星データなどから地表面状態を地理情報システムに与えて分布降雨から流量を計算し実際の観測流量と良く合っているなど表面上「マクロ水文モデル」の要件を満たしており、日本の気象側には「あれでもう淮河流域の水文モデルはできているではないか」と思った参加者も多かったようである。しかし、日本の水文側では不満足に感じ、「悪貨は良貨を駆逐する」的な印象を持っている参加者も少なからずいた様である。GEWEX/GAME の観測計画の一番のポイントは、いかにして信頼性の高い広域の気象/水文現象の観測値を得るかという点にあると思われる。ここで難しいのは、気象/水文(数値)モデルの改良を大きな目的としているにも関わらず広域の観測値を得るにはその(数値)モデルそのものを利用せざるを得ないところである。例えば、広域の水分貯留量の変化を推定するには大気の4次元同化された客観解析データと地上観測流量とを利用するのが有効であると考えられ、Matsuyama (1992), Matsuyama *et al.* (1994) はそうした従来になかった推定値に基づいて熱帯の気候特性を論じているし、今回筆者が発表した70河川の地表面水分貯留量の季節変化とそのグローバルマッピングは世界の GEWEX コミュニティに先駆けるものである。しかし、そこで得られた推定が新たに開発された鉛直1次元モデルによって得られる値と異なるとしてもそのモデルに改良の余地があるとは限らない。4次元同化中の陸面モデルの問題のためかもしれないからであ

る。広域をある程度代表していると考えられるのが流量であるが、モデルの流量計算が観測流量と良く一致するからといってそのモデルの妥当性が検証されたわけではない、というのが少なくとも日本の水文研究者の共通認識であろう。チューニングパラメータに対してアレルギー的な拒否反応を示すある意味では純粋な水文研究者が現在はいからである。結局、異なった(数値)モデルによる推定値同士を比較したり、異なったデータを組み合わせて質量やエネルギーの保存が満たされているかどうかなどを調べるしか方法はないように思われるが、それらが良好な結果を与えたからといって、良く考えると正当性に関して何の保証もないことに気づく。そうした意味では、フィールドに出る前に今一度机の前で沈黙考し、既存の法則を“マクロスケール”に当てはめる際の手法を編み出すことも重要であろう。我々のグループでは、スケールアップというキャッチフレーズで標榜される問題点については、Nakaegawa *et al.* が今回も発表したように大きなグリッド内で状態量が平均値回りに分布し、非線形効果によってフラックス算定にバイアス誤差が生ずることを考慮することが鍵だと考えている(仲江川ほか, 1994)。スケールダウンについてはすでに欧米では行なわれているように大領域の値を境界条件として与えるようなネスティングをすればいいことなのではないのだろうか。また、中国の水文研究者はやはり洪水予測、といった側面に興味が傾きがちであった。幸いメソ降水の観測・モデル研究が GEWEX/GAME の一つの中心課題でもあり、そうした研究需要は満たされるものと思われる。さらに気候システムに関しても、その知識が渇水や異常現象の多発などの予測といった実用面への寄与も少なくないと考えられる。相手国側の研究ニーズを的確に掴み、こちら側の目的とうまく融合させることが国際共同研究を成功させる重要なポイントとなることは言うまでもない。

最後に、日本側は20代、30代の若手も多く参加していたのに対して、中国側ではもっと年長の研究者が発表していたのも印象的だった。若手の大学院生らもちろほら参加してはいたようだが、発表はほとんどなく、あまり研究交流を深めることができなかった。GEWEX/GAME はこれから先かなりの期間をかけて進めていくプロジェクトになると考えられ、相手国の若手をいかに巻き込んでいくかも重要な点であると思われた。プロジェクト説明やすでに聞いたことがある話題も多い中、京都大学防災研究所の Tanaka and

Ikebuchi が発表した SiB に都市キャノピーを加えて琵琶湖周辺の土地利用に対して適用した結果は非常に面白く、とても修士論文であるとは思えないような素晴らしい内容であった。現在はテーマもデータも計算機能力も現状の人間資源を越えて余っていると思われる。どんどん新しい研究者が GEWEX/GAME でしのぎを削ることになれば良いと願い、自らを叱咤する次第である。(沖 大幹)

参考文献

- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 1990: Scientific Assessment of Climate Change: Policymakers Summary, Geneva and Nairobi: World Meteorological Organization and United Nations Environment Programme.
- 榎根 勇, 1980: 水文学, 大明堂, 272 pp.
- 松山 洋, 沖 大幹, 1992: GRDC(世界河川流量データセンター)とそのデータについて, 水文・水資源学会誌, 5-2, 65-70.
- Matsuyama, H., 1992: The water budget in the Amazon river basin during the FGGE period, J. Meteor. Soc. Japan, 70, 1071-1084.
- Matsuyama, H., T. Oki, M. Shinoda and K. Masuda, 1994: The seasonal change of the water budget in the Congo river basin, J. Meteor. Soc. Japan, 72, 137-155.
- Morinaga, Y. and T. Yasunari, 1987: Interactions between the snow cover and the atmospheric circulation in the northern hemisphere, IAHS Publ., 166, 73-78.
- 中西準子, 1994: 水の世界戦略, 岩波書店, 226 pp.
- Oki, R. and A. Sumi, 1994: Evaluation of ECMWF latent heat flux in TOGA, Satellite Remote Sensing of the Oceanic Environment (Jones, I. S. F. ed.), Seibutsu kenkyusha, Tokyo, (in press).
- 沖 大幹, 虫明功臣, 増田耕一, 1991: 大気水蒸気収束量と流域水収支との対応~チャオブラヤ川での事例解析, 水工学論文集, 35, 679-682.
- 沖 大幹, 虫明功臣, 増田耕一, 1992: 大気水収支法による地球規模での年河川流出量の算定, 水工学論文集, 36, 573-578.
- 沖 大幹, 1993: 水文気候学からみた熱帯河川, 科学, 63, 678-682.
- Oki, T., K. Musiake, H. Matsuyama and K. Masuda 1994: Global atmospheric water balance and runoff from large river basins, (submitted to Hydrological Processes).
- 大畑哲夫, 太田岳史, 1992: CREQ(チベット高原雪氷圏

- 研究) 計画とその研究内容の概要, 水文・水資源学会誌, 5-2, 59-64.
- Shuttleworth, W. J., J. H. C. Gash, J. M. Roberts, C. A. Nobre, L. C. B. Molion and M. de N. G. Ribeiro, 1991: Post-deforestation Amazonian climate: Anglo-Brazilian research to improve prediction, *J. Hydro.*, **129**, 71-85.
- 武田喬男, 1992: GEWEX (全地球エネルギー・水循環観測計画) について, 水文・水資源学会誌, 5-2, 37-40.
- 坪木和久, 1993: 豪雨と洪水に関する国際シンポジウムの報告, 天気, **40**, 349-353.
- 仲江川敏之, 沖 大幹, 虫明功臣, 1994: サブグリッドスケールの分布を考慮した蒸発量の算定について, 水工学論文集, **38**, 167-172.
- 安成哲三, 大畑哲夫, 沖 大幹, 1992: KUREX'91 見学記-ソ連クルスクにおける大気・地表面相互作用観測計画-, 天気, **39**, 631-636.
- Yasunari, T. and Y. Seki, 1992: Role of the Asian Monsoon on the interannual variability of the global climate system, *J. Meteor. Soc. Japan*, **70**, 177-189.
- Yatagai, A. and T. Yasunari, 1993: The precipitation and water vapor transport over and around the arid and semi-arid regions of China, *Proc. Int. Symp. HEIFE (Mitsuta, Y. ed.)*, 51-61.
-
-