

水文・気象現象の研究のあゆみと 今後の課題

東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻教授

小 池 俊 雄

土 木 学 会
水 理 委 員 会 ・ 海 岸 工 学 委 員 会
2000 年 8 月

水文・気象現象の研究のあゆみと今後の課題

Development of Hydro-meteorology and its Perspective

小 池 俊 雄

Toshio KOIKE

1. 水文・気象現象の関連と研究体制

水文学は、1964 年 UNESCO によって次のように定義された。

“Hydrology is the sciences which deals with the waters of the earth, their occurrence, circulation and distribution on the planet, their physical and chemical properties and their interactions with the physical and biological environment, including their responses to human activity. Hydrology is a field which covers the entire history of the cycle of water on the earth.”

この水文学の定義が国際的に合意された背景には、翌 1965 年から始まる国際水文学 10 年計画(IHD)という国際的な取り組みを前に、欧米で異なる水文学の範囲に対して整合性をとる必要があった。すなわち、人間活動の拡大に伴って顕在化した水資源問題や水環境問題に国際的に取り組むには、地球物理学あるいは自然地理学の一部門としての水の循環の科学という欧州での位置付けと、生物との関係や人間活動への応答をも含めるという米国での考え方を融合させることが不可欠であった(高橋, 1978)。

UNESCO の定義によれば、水文学は地球水循環の全サイクルをカバーすることになる。図 1 は UNESCO でとりまとめられた、「世界の水収支と地球の水資源(World Water Balance and Water Resources of the Earth(Korzun, 1978))」をもとに、地球上の水の分布とその循環を模式的に示したものである(小池, 1996)。

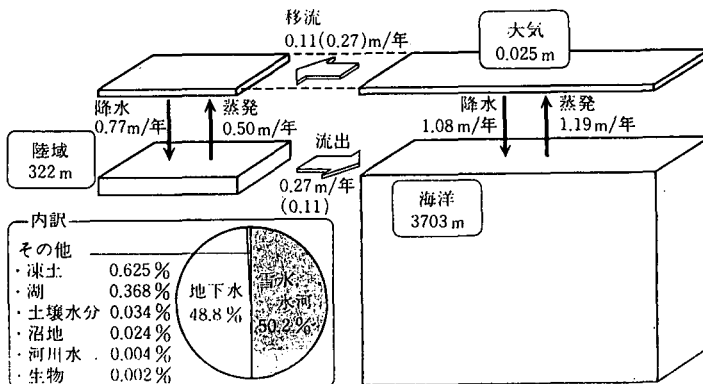


図 1 地球規模の水の分布と循環(小池, 1996 より引用)

以上は地球規模で見たときの水の存在と循環であるが、この水循環プロセスは地球の気候システムの形成に深く関わっている。気候システムのエネルギー源は、地球へ届く太陽放射エネルギーである。図2は、地球の大気上端から入力される太陽放射エネルギーを 100 単位 (338Wm^{-2}) とした場合の、大気-地球系でのエネルギー収支の年平均を表しており (小池, 1996)、大気上端では、入力される太陽放射エネルギーと大気-地球系から宇宙空間に放射されるエネルギーは釣り合っている。なお、後者のエネルギーの中心波長は熱赤外線域にあるため、赤外放射あるいは長波放射と呼ばれる。

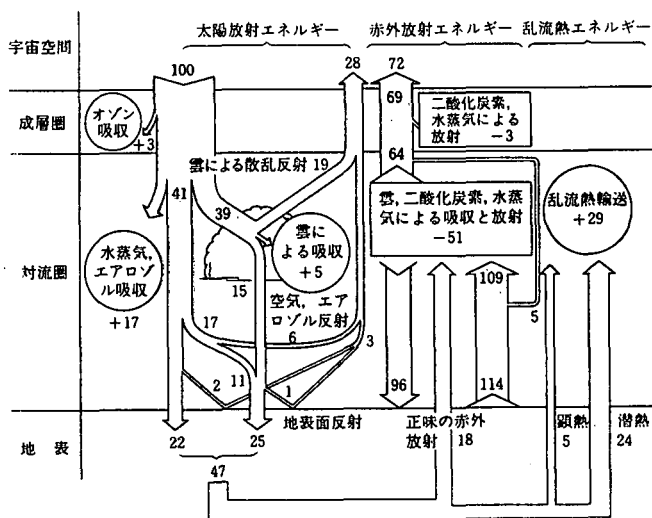


図2 地球-大気系の年平均エネルギー収支 (小池, 1996 より引用)

さて、大気上端から与えられる短波放射エネルギーの内、3 単位は成層圏にて、22 単位は対流圏にて、大気で吸収されて熱に変換され、25 単位は大気で反射され大気—地球系外へ戻される。大気を透過あるいは大気中で散乱して地表に届く短波放射は 50 単位で、そのうち 3 単位が地表面で反射されるため、地表面で吸収される短波放射は 47 単位となる。大気—地表面での長波放射収支の結果、地表面での吸収放射エネルギーの内 18 単位は大気の加熱に使われる。その内 13 単位は対流圏の加熱に使わ

れるが、対流圏大気からの庁は放射による逸散量が 64 単位あるため、長波放射の観点から見ると、対流圏大気は 51 単位の割合で冷却されている。これを補っているのが前述の短波放射の吸収による 22 単位の過熱と、29 単位の乱流による地表面から大気への熱と水の鉛直輸送である。この内 24 単位が水蒸気の輸送によるもので、水蒸気は大気中で凝結して潜熱を解放することにより大気を暖めており、その量は対流圏大気の加熱エネルギーの約半分を占めている。乱流熱輸送の残りの 5 単位は顕熱として直接大気に供給される。

図 2 のように、水循環は気候形成に大きな役割を担っている。これを図 1 の水の循環と関連付けると、平均的には、海面で吸収された太陽エネルギーによって大気中に輸送された水蒸気は、降水過程を経て海洋上の大気の加熱に使われるとともに、海洋上の大気から陸域上の大気への移流により陸域上での降水過程を経てそこでの大気加熱に寄与していることが分かる。その結果生じる陸域での降水が陸域から海洋へ重力によって流下する現象が河川や地下水の流れであるので、陸域での水文現象も特に直接の関係を有する気圏における水文現象と関連付けて扱わなければならない、さらには大気と海洋との相互作用や、陸域からの淡水供給が海洋に与える影響についても目を向けるべきであろう。IHD を契機に、生物的な環境、人間活動への応答という面では水文学は拡張してきたが、何故か扱われる水文現象は陸域に限られており、水循環を一貫して捉え、水文現象と気象現象の統合的研究は甚だ遅れていた。少なくとも 15 年程前までは、降水が地表に達するまでの範囲が気象学、その後の水文現象を扱うのが水文学という区分があり、陸域水文過程研究分野で降水現象のメカニズムやモデル化にまで立ち入った研究はほとんどなされていなかった。

1980 年代後半になって、陸域水文現象と気象現象とを関連付けた研究が水文学分野において芽生え始めた。米国を中心に 1980 年前半より始まった precipitation field の研究は主として降水場の確率過程的な取り扱いが主であったが、わが国では降水場のモデルやレーダ情報を用いた短期洪水予測のための豪雨場予測研究がなされた。沖ら(1990)は、乾燥大気の 3 次元ブリミティブモデルを用いて各風向に対するわが国の主用河川の地形性上昇域を求め、豪雨時の降水分布を提案している。山田(1992)は気流場の推定と降雨のパラメタリゼーションを組み合わせ、山地流域における降雨の再現計算を行っており、地上降水量の標高分布特性を用いて、その妥当性を評価している。中北ら(1996)は、3 次元レーダ情報ならびに GPV データを用いた短期降水予測手法を開発している。これらの研究はいずれも水文学の研究者が洪水予測へ降雨情報を取り組むための基礎研究で、今後流出過程へのダイナミックなリンクが期待されている。

これらの研究を皮切りに、陸面－大気相互作用に関する研究が盛んになってきて、「土地利用の変化が地域水循環に与える影響の評価」や「大陸スケールのエネルギー・水循環と水資源の季節～年々変動性の研究」など、水文現象と気象現象とを統合的に扱う研究が展開されるようになった。本稿では、それぞれの研究の概要を紹介する。

2. 土地利用の変化が地域水循環に与える影響の評価

土地利用の変化による陸域表面の大規模な改変は、地球－大気系のエネルギー・水循環に大きな影響を与える。これが現実の問題として提起されたのはごく近年のことである。1977 年にナイロビで開催された国連砂漠会議において、人工衛星による各地の森林破壊と砂漠化の状況が報告され、1982 年同じくナイロビで開催された国連環境計画特別会議では、熱帯林の破壊、砂漠化の拡大が主要課題

として取り上げられた。これらの会議での報告には、1972年に打ち上げられた米国の人工衛星 LANDSAT1 号(当初は ERTS-1 と呼ばれていた)の観測成果が多用された。宇宙から地球全体を眺めることによって、生産活動はもとより人類の存在そのものが地球環境にとって大きなインパクトとなっており、その結果、人類の存在そのものが危うくなっていることを、人類は始めて現実のものとして捉えるようになったのである(小池, 1999)。

陸面での吸収太陽放射エネルギーは、地表面でのアルベド(太陽放射に対する反射率)によって決まる。土壌の湿潤度にもよるが森林→耕地→裸地と変化するにしたがってアルベド値は増加し、吸収太陽放射は減少する。地表面での乱流による熱と水蒸気の輸送量の大きさを表す地表面の粗度は、森林→耕地→裸地と変化するにしたがってその値は減少し、乱流熱輸送量が大きく減少することを示している。水面や土壌の水が気化することは蒸発、それに対して植物の根から吸収された水が水蒸気として葉の気孔を通して大気中に出ることは蒸散、両者を合わせて蒸発散とよばれている。土地利用の変化が陸面での蒸発散におよぼす影響を理解するためには、蒸発・蒸散プロセスの違いを区別しなければならないし、また植生の種類や生育環境の違いによる蒸散に関する植物生理特性も考慮しなければならない。例えば森林伐採によって蒸発散量が変化することには、葉面に付着している水分の蒸発が大きく影響しており、また最大可能蒸散量に深く関係している植物の最小気孔抵抗はスギやヒノキなどの常緑針葉樹の場合はイネと比べて2倍程度の値にもなり、乾燥地に生育する植物には、大気中の乾燥度が高くなると自ら気孔を閉じて体内の水分損失を防ぐという生理機能を有するものもある。さらに、蒸発散量は地表面の湿潤度に強く依存しており、また地表面に届く太陽放射エネルギーも水循環系の変化によって生じる雲の形態や発生頻度の変化に強く依存しているため、土地利用の変化によって生じる蒸発散量の変動を予測することは容易ではない。ただし、土壌水分と地表面太陽放射が同じであると仮定し、森林伐採後、耕地の放棄などによって砂漠化した場合を想定すると、アルベドが増加し粗度が減少することにより、陸面からの蒸発散量が減少することは間違いない。

このようなプロセスを組み入れて、土地被覆の変化に対応して、水循環系がどのように変動しているかを推定することは容易ではない。水は地球の環境下で、気体、液体、固体へと相変化し、その際に膨大な潜熱の授受が行われている。その結果、蒸発散作用によって地表面温度の上昇は効率よく押さえられ、かつ大気中で水蒸気が凝結して雲となるときに多量の熱が解放され、大気を加熱している。土地被覆の変化に伴うアルベドや乱流粗度の変化が陸面で吸収される太陽放射エネルギー量やその配分にどのような影響を与えているかを定量的に把握し、その影響が大気へどのように伝えられ、それがまた地表面にフィードバックされて、水循環系全体に影響しているのかを定量的に把握する必要がある。

アマゾンの熱帯雨林を対象に、全域が熱帯雨林で覆われている場合と、森林を伐採して草原にした場合を想定して、アマゾン域の降水量と蒸発量の差を、GCMの計算結果で比較したのが図3である(Dickinson & Henderson-Sellers, 1988)。熱帯雨林伐採の効果はモデル上では、アルベドの増加、土壌の保水力の低下、地表付近の湿度の低下として組み込まれている。降水量については変動が大きく有意な変動を特定しにくい、蒸発散量については明らかに減少しており、森林伐採とともに乾燥化が進行することが示唆されている。森林伐採などの土地利用変化は、面平均的に突然始まるのではなく、実際には道路や灌漑用水路沿いにはじまり、周囲へ串の菌状に広がっていく。空間分解能の粗い GCM ではこのようなプロセスを表現することは難しいが、土地利用変化が広領域の水・エネルギー

循環系に与える影響を正しく推定するためには、人間活動によって生じる陸面の不均一性の影響も考慮されなければならない。

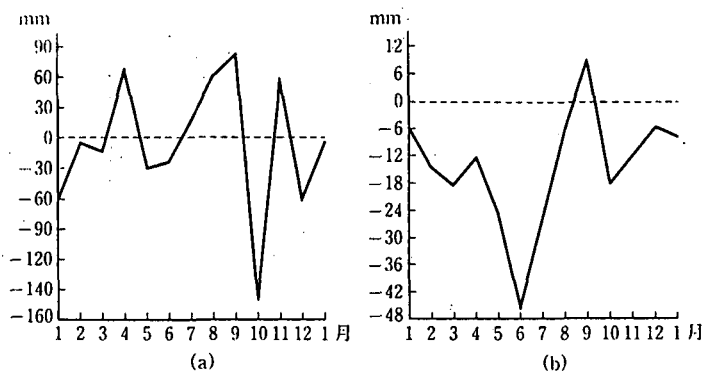


図3 熱帯林伐採に伴うアマゾン中央部の降水量と蒸発量の変動。

(Dickinson & Henderson-Sellers(1988)より引用)

土地利用の変化が広域の水循環系に大きな影響を与え、その結果、人間の生存そのものが危ぶまれる深刻な環境問題が発生しているアラル海において、周辺の大規模灌漑農業が水循環系に与えた影響について、現地での観測結果とモデル計算から検討した結果が大手・小杉(1998)によって報告されている。観測は同じような環境下にあるバルハシ湖に注ぐイリ川からの灌漑農場付近で実施された。図4は農場開墾前の主たる植生だったサクサウールの灌木原や裸地と、草丈 60~70cm のアルファルファ畑や水田での地表面エネルギー収支の比較観測の結果である。特徴的なのは、裸地では吸収した太陽放射および赤外放射エネルギーの和である純放射量のほとんどが顕熱フラックスとして消費され、潜熱フラックスは1日を通してゼロに近い値であるのに対して、アルファルファ畑では潜熱フラックスの日変化が純放射量と同じ時刻にピークを持つ左右対称な曲線を描いており、裸地とは逆に潜熱フラックスが純放射量のほとんどを消費していることである。水田でも、アルファルファ畑と同様に潜熱フラックスが大きく、その日周変化も顕著である。一方、サクサウールの灌木原では、夜明け後、潜熱フラックスは顕熱フラックスと同様に増加するが、10時以降は減少に転じ、純放射量の90%近くが顕熱フラックスとして消費されている。その結果、開墾前の裸地やサクサウールの灌木原と比較して、灌漑農場での蒸発散量は1桁大きくなっている。灌漑農場での水のこの大量消費が、アラル海縮小の原因である。流域スケールでの水循環系への影響をみるために、気象ゾンデや地上気象観測データとGCMを組み合わせる4次元同化の客観解析から算定される大気中での可降水量の時間変化や水蒸気収束量を用いて、大気と流域の水収支を組み合わせる方法により、年間の流域貯留量の変化を推定している。結果は年間平均約300mmの貯留量減少となっており、アラル海の水量減少の流域平均に比べてかなり大きな値である。客観解析は気象ゾンデや地上観測の密度や精度に依存するため、定量的な推定精度には問題があるが、貯留量減少の定性的変化は表されている。

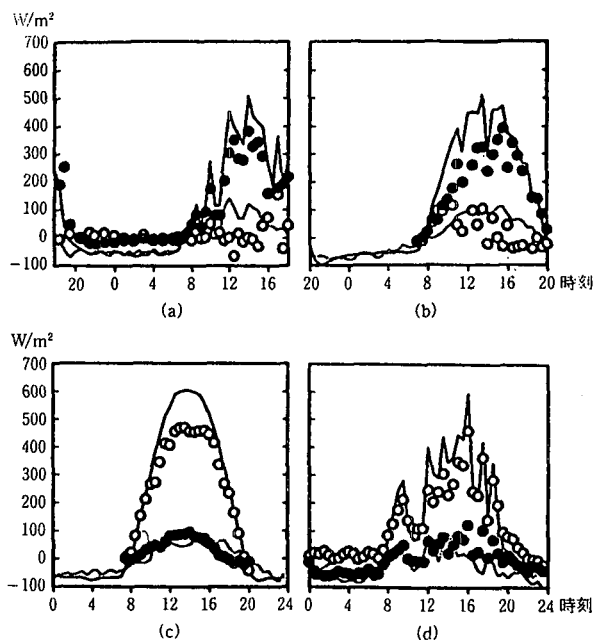


図4 ベレケソホーズおよび周辺での土地利用別 (a:裸地, b:サクサウル灌木林, c:アルファ畑, d:水田)の地表面エネルギー収支の日変化の観測結果. 純放射量(実線), 地中伝導熱量(細線), 顕熱フラックス(黒丸), 潜熱フラックス(白丸).
(大手・小杉(1998)より一部略して引用)

3. 大陸スケールのエネルギー・水循環と水資源の季節～年々変動性の研究

降水現象の年々変動は大きく、それが水資源の変動性に与える影響は重大である。図5はタイとインドの夏期降水量の変動性と、それぞれ南方振動指数(SOI), 中央アジアの積雪面積の変動性との関連を表したもので、前者は両方の変動性の位相がよく一致しており、後者は強い負の相関があることが示されている。いずれも離れたところの現象がこのように互いに強い関連性を有しているのは、それぞれの両地域を結ぶ大気流動現象の変動性の介在が考えられる。

大気の実際の加熱・冷却は非断熱加熱率で表され、その分布は地球-大気系の放射収支の分布とは異なり、図6で示されるように夏冬ともに東西方向の均一性は失われ、大陸と海洋の分布のパターンと類似している。非断熱加熱率とは、放射エネルギーの大気による吸収の他に、水の相変化に伴う潜熱放出、大気が地表面から受け取る顕熱輸送、分子粘性による摩擦熱の発生による加熱、冷却の割合で、図6では1日当たりの温度変化(K/日)で表されている。例えば北半球では、夏にはユーラシアや北アメリカの大陸上で正の値(加熱)となっているのに対して、海洋上の広い範囲で負の値(冷却)となっており、冬では大陸上と海洋上で正負が逆になっている。注目すべきことは北半球の夏には、チベット、ヒマラヤ付近に加熱の最大中心が表れることである。

チベット、ヒマラヤ付近の夏の加熱率は1日当たり3Kにも達し、世界で最も高い値となっている。これは中緯度帯に位置し、高さ10kmの対流圏の中央程度まで突き出たチベット高原の地表面は、比

較的薄い大気を透過した強い太陽放射により加熱され、さらにその熱が高原上層の大気に運ばれ対流圏上部が効率的に加熱される。この時期の南インド洋上の大気は冷たく、地上では高気圧となっている。

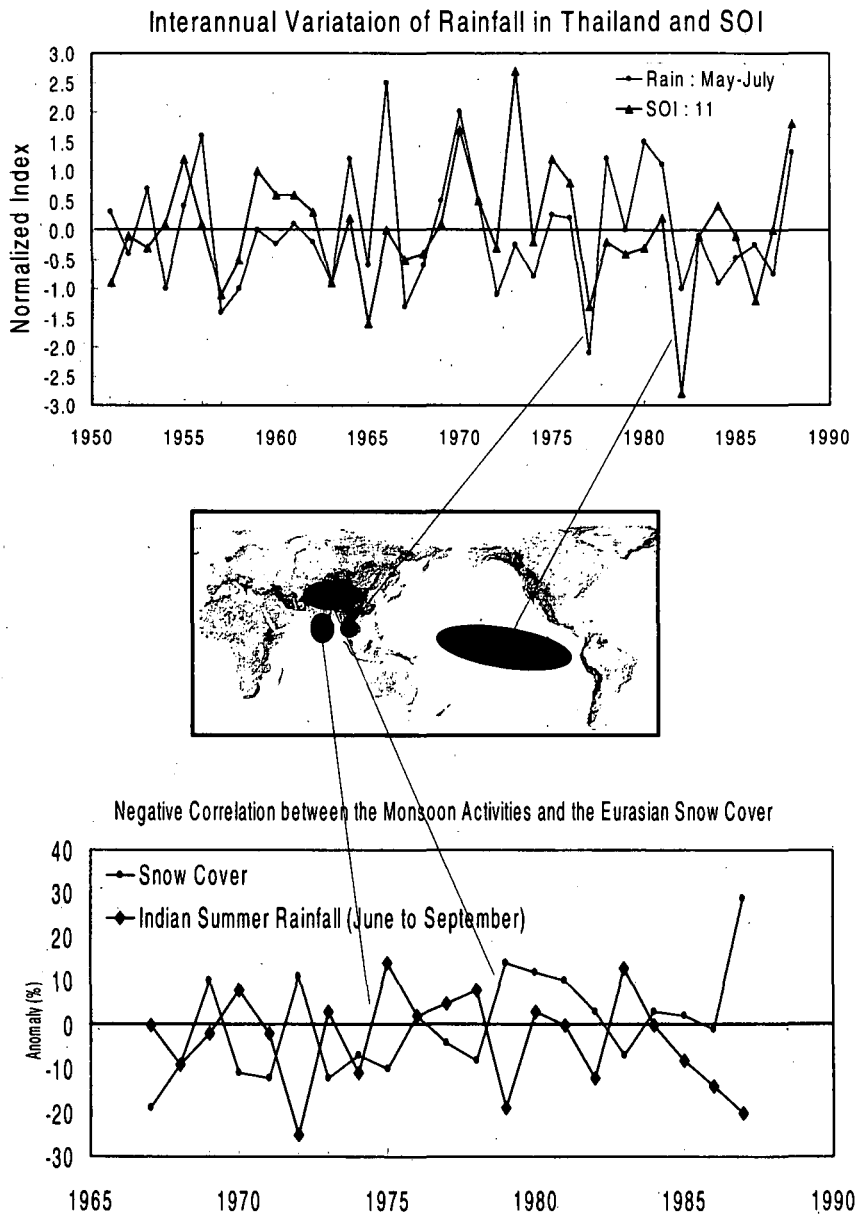


図5 a) タイにおける夏期降水量（5～8月）と南方振動指数の関係、b) インドの夏期降水量（6～9月）と中央アジアの4月の積雪面積の変動性。

その結果、チベット高原－南インド洋間の南北の熱コントラストを強まり、対流圏上層では南向き、下層では北向きの循環が生じる。南インド洋上の地上高気圧から吹き出す冷たい北向きの風は赤道を通過しベンガル湾に達するまでに、海面からの多量の水蒸気の供給によって湿った気団に変質する。この気団がヒマラヤ山脈南斜面やチベット高原南部で地形性の強制上昇を受けて一挙に潜熱を解放し、その結果として、図6に示される非断熱加熱の最大値の領域が形成される。さらにこの潜熱エネルギーによって加熱された気塊は周囲の大気より軽いために浮力を受けて成層圏近くまで上昇し、背の高い雲を形成すると同時に、南北循環をさらに強化する。このように海陸の温度差によって形成され、地形効果による膨大な凝結熱によって維持、強化される南北循環をモンスーン循環と呼ぶ(村上, 1993)。

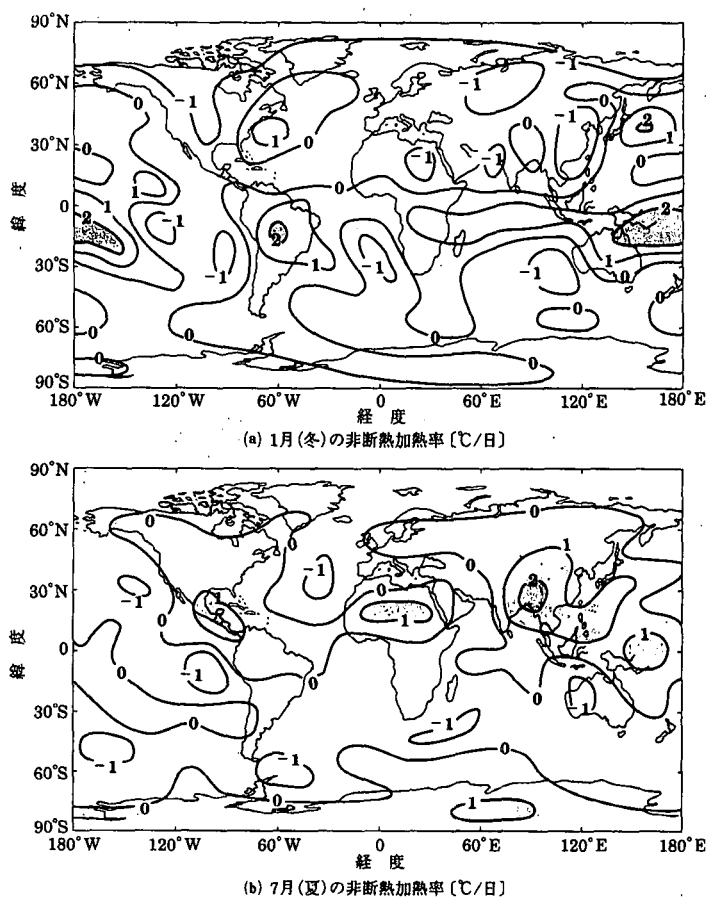


図6 大気の非断熱加熱率(K/日)の分布. 1月(a), 7月(b). 影は値が負となる冷却領域を示す (Johnson et al. (1987)を簡略化)

このモンスーン循環は、前述の通りチベット高原を中心とするユーラシア大陸上の大気の加熱に起因し、さらにその加熱は図2で見た通り、太陽放射エネルギーの地表面での吸収と分配、地表面から大気への乱

流輸送に関連している。したがって、アジア域の水資源を左右するアジアモンスーンの年々変動は、チベット高原を中心とするユーラシア大陸上での陸面水文過程に依存している部分が大いといと推察される。インドの降水と中央アジアの積雪面積の年々変動の負の相関は、これらの関連性の強さを示唆している。そのメカニズムとして注目すべきことは、雪面のアルベド効果だけでなく、融雪による土壌水分の増加が夏の地表面熱収支に与える影響である。冬から春の積雪の偏差がこの効果によって夏のアジアモンスーンと大気循環に大きく影響することは、観測からはまだ検証されていないが、大気大循環モデル (GCM) による研究で確認されている。

このように、アジアモンスーンの変動に関する概念的な検討や一部の要素に関するモデルを用いた応答解析はなされているものの、モンスーン循環とそれに伴う降水の季節的なシミュレーションや年変動の予測には、地域的にみてもまた全球スケールでみても、大きな誤差が含まれている。その最も大きな原因のひとつは、大陸上での大気との相互作用による水循環過程において、その物理機構が十分理解されていないこと、物理的なモデル化を踏まえて大気モデルと妥当な形で結合されていないことである。また、それを実現するための広域観測システムが確立されていないことも誤差を大きくする要因となっている。これはモンスーン地域に限られたことではなく、GCM による全球の気候変動予測精度向上における大きな課題でもあり、気候変動国際共同研究計画 (WCRP) の一つである全球エネルギー水循環観測計画 (GEWEX) では、水文循環の実態の把握、GCM グリッドスケールに対応する陸面モデルの開発と、衛星による観測技術の確立を通して、水資源の評価を行なうことを目的として、ミシシッピ川 (GCIP)、マッケンジー川 (MAGS)、アマゾン川 (LBA)、バルト海周辺 (BALTEX) とアジア域 (GAME) で、大陸スケールの観測実験が実施された。アジア域では、シベリア、チベット高原、淮河流域、チャオブラヤ川流域に集中観測領域が設定されて、1998 年にシベリアを除く 3 つの地域観測とアジア各国の協力によるラジオゾンデ集中観測により、陸域水文過程と大気循環過程の統合的観測が実施された。これは大陸スケールながら、UNESCO で定義された、“the entire history of the cycle of water on the earth” をカバーする水文学研究の第一歩と言えよう。

4. 水循環の全過程の理解と水資源の長期予測システムの確立へ向けて

長期観測により、ある地域の気候の季節～年々変動特性や水資源へのインパクトを把握することは可能であるが、そのメカニズムを理解し、妥当な予測手法を確立するためには、当該地域を含むより広域な大気－陸域－海洋の相互作用によって形成される気候システムの動態、特に水とエネルギーの循環の実態を把握し、個々のプロセスを理解した上で包括的な数値モデルを構築する必要がある。例えば、前述のようにインドやタイの降水量の年々変動は極めて大きく、それぞれ国の降水量変化はユーラシアの積雪面積や熱帯太平洋の海面温度分布などと強い相関を持っていることが知られており、それぞれの国の農業生産に大きく影響していることが指摘されている。したがって、これら広域場でのエネルギー・水循環過程の変動状況との関連の上に立って、対象とする地域の水循環変動を調べ、それが水資源利用や食糧生産にどのようなインパクトを与えているかを研究することが肝要である。これらの課題に取り組むためには、ENSO－モンスーンや NAO などのテレコネクションや年々変動をもカバーしうる観測体制を組織化することが必要となる。また、近年 AOGCM を用いて気候変動に与える海洋の役割に加えて、陸域の役割も定量的に推定されるようになってきた。しかし、これらの影響度を相互に比較しうる大気－陸面－海洋の一貫したデータの蓄積は不充分である。

WCRP は気候の変動性の予測性能向上を目的としており、まず地球の熱源である熱帯海洋上での大気－

海洋相互作用とエルニーニョ南方振動(ENSO)現象との関連を解明する目的で、熱帯海洋および全球大気相互作用研究計画(TOGA)集中観測を1992年～1993年に実施した。次に、気候システムの変動に大きな影響を与えるエネルギー・水循環の実態把握とプロセスの理解とモデル化および水資源に与えるインパクトの評価のためにGEWEXを開始し、中でも大気-陸域相互作用については、前述のように各大陸スケール実験が実施されている。さらに地球の気候システムの変動性をターゲットとして、特に海洋に重点をおいたプロジェクト(CLIVAR)も開始されている。WCRPは、TOGAを通して築かれた気象-海洋研究グループ、GEWEXでの気象-水文研究グループ間の、それぞれの相互協力関係の基礎に立ち、GEWEXおよびCLIVARの研究活動を相互に調整して、アジア・オーストラリアモンスーン域、アメリカモンスーン域を中心に、大気-陸域-海洋にわたる広範囲の相互作用の季節～年々変動プロセスを観測実験から研究するとともに、モデル開発・検証のためのデータを取得しようという目的で、CEOP(Coordinated Enhanced Observing Period)を提案するに至った。

CEOPの主たる研究目的は、上述のように、大気・陸面・海洋間のそれぞれの相互作用の多様性を理解し、スキームの開発・検証・改良とそのtransferabilityを確認するとともに、気候システムにおけるテレコネクションや季節～年々変動およびそれが水資源に与える影響の予測精度を向上することにある。そのためには、大気、陸面、海洋でエネルギー、水、運動量を定量的に、様々なスケールで、継続的に観測する必要がある。この場合、測器を地球全体に均一に展開し観測することが理想であるが、海陸分布、大規模山岳などの存在により一様な観測は不可能であり、衛星に測器を搭載して地球全体を眺めるという方法が取られる。中でも、2001年末までに打ち上げられる新たな大型衛星群に大きな期待が寄せられている。

1997年11月に打ち上げられたTRMM以降、NOAA-Kシリーズ、EOS-AM1、ENVISAT、ADEOS-II、EOS-PM1というように種々の大型地球観測衛星が、2000年末までに続々と打ち上げられる。これらの衛星に搭載されているセンサは、空間・時間・スペクトル分解能、観測波長域、軌道、観測形態が非常に多様でかつ包括的である。

空間・時間・スペクトル分解能はそれぞれトレードオフであるが、様々な分解能のセンサによる同時観測によってそれぞれ欠点が補完される。陸域での土地被覆状態や雲・放射観測に適した可視～赤外センサと、陸域・大気の水分量や海洋での雲・放射・風観測に適したマイクロ波センサによる同時観測によって、エネルギー・水循環の全容が地球規模で観測可能となる。これまでは、可視センサに適した午前の太陽同期軌道やマイクロ波センサに適した朝夕の太陽同期軌道が主として採用されてきたが、太陽非同期軌道や午前と午後の太陽同期軌道の組み合わせは、エネルギー・水循環の日周変動の観測にとって有効である。さらに、通常の受動型画像センサに加えて、能動型の合成開口レーダや降雨レーダ、受動型の赤外およびマイクロ波サウンダー、さらに along-track 方向のスキャンが可能なセンサが含まれており、様々な観測形態のセンサの組み合わせによって多角的な観測が可能となる。

これらの新たな観測リソースと既存の静止衛星や極軌道衛星を相互に組み合わせて、グローバル観測システムを確立するためには、様々な気候条件下でのアルゴリズム検証と改良が必要である。ただし、これまでの衛星検証実験は、衛星観測のためだけに個別に行われており、地球規模でしかも陸域・大気・海洋全般にわたってフィールドキャンペーンを単独に実施することが困難であることから、検証に用いられるデータには限りがあった。一方、検証目的で得られたデータやその成果が地球環境研究に供せられることは少なく、衛星検証実験と地球環境研究のフィールド観測の有効的なリンクが望まれていた。CEOPは、WCRPと衛星機関の実質的な共同作業による地球観測システム構築と気候・水資源変動研究推進の始めて

の機会を提供することができよう。

2001年以降の数年間は、エネルギー・水循環を、ローカル～グローバルな空間スケールで、日周変化から季節～年々変動の広い時間スケールの範囲で、多角的かつ包括的に観測できる可能性があり、これは人類が手にする初めての機会といってよい。これらの衛星群と同期して地球規模の様々な気候条件下で観測実験を実施することは、アルゴリズムおよびデータセット検証のためのデータを取得し、衛星によるグローバル観測技術の確立にとって不可欠であるとともに、大気－陸面－海洋間の相互作用による気候の季節～年々の変動およびその水資源に与えるインパクトを研究し、その成果を地球規模に展開する基礎作りに大きく寄与する。GEWEXでのこれまでの heritage を有効利用すると共に、現在進行中の CLIVAR の観測計画との調整を図り、必要に応じて計画案修正を加え、宇宙機関が進める衛星地上検証実験や気象予報機関と協力して、同じ time frame で集中観測を実施しようというのが CEOP の戦略である。したがって、集中観測年を新世代衛星が出揃う 2001-2003 年の間の 3 年間としている。CEOP は、気象学、水文学、海洋学の研究者および宇宙機関が、始めて取り組む国際的な水循環共同集中観測実験であり、中でもアジアモンスーン域における科学的意義や社会的影響度に国際的な強い関心が集まっている。

参考文献

- 1) 高橋裕：水文学とはどんな学問か，河川水文学，共立出版，第1章，pp.1-25，1978.
- 2) Korzun,V.I.: World Water Balance and Water Resources of the Earth, Studies and Reports in Hydrology, UNESCO, 25, 663pp, 1978.
- 3) 小池俊雄：水惑星としての地球，地球環境論，岩波書店，第3章，pp.37-75，1996.
- 4) 沖大幹・虫明功臣・小池俊雄：地形と風向とによる豪雨時の降水分布の推定，土木学会論文集，No.417/II-13，pp.199-207，1990.
- 5) 山田正：降雨予測と洪水予測，気象予測とその水文・水資源学への応用，水文・水資源学会，pp.109-129，1992.
- 6) 中北英一・杉本惣一郎・池淵周一・中村徹立・奥田昌弘・山路昭彦・高梓琢馬：3次元レーダおよびGVPデータを用いた短時間降雨予測手法，水工学論文集，第40巻，pp.303-308，1996.
- 7) 小池俊雄：人間活動と水循環系のグローバルな変化，水・物質循環系の変化，岩波書店，第4章，pp.123-153，1999.
- 8) Dickinson, R.E. and Henderson-Sellers,A.: Modeling tropical deforestation: A study of GCM land-surface parameterization, Quart. J. Roy. Met., 114, pp.439-462, 1988.
- 9) 大手信人・小杉一朗(1998)：灌漑農地における蒸発散と流域の気象・水資源，水文・水資源学会誌，Vol.11,No.6，623-632.
- 10) Jhonson,D.R.,Yanai,M. and Schaack,T.: Global and regional distributions of atmospheric heat sources and sinks during the GWE. Monsoon Meteorology, Ed. by Chang,C.P. and Krishnamurti,T.N., Oxford University Press, 271-297, 1987.
- 11) 村上多喜雄:モンスーンとは何か. 科学, 63, 619-623, 1993.