

# アジアモンスーン/ENSO 研究をめぐる世界の動向

安成哲三 (筑波大学地球科学系)

キーワード：モンスーン, ENSO, TOGA, GAME, CLIVAR/GOALS

## 1. はじめに

モンスーンとは、熱帯・亜熱帯を中心として季節的に卓越する風と雨が、冬と夏とで明瞭に変化する現象の総称であることは、よく知られている。アジアモンスーンは、アジア大陸東南部からインドネシア・熱帯西太平洋、オーストラリア北部の広い地域で卓越しており、モンスーン地帯とは、熱帯アフリカの一部の地域を除けば、この地域をさしているといってもいい。雨季・乾季をともなう大きな季節変化は、この地域特有の植生分布や生態系の形成に寄与しているだけではなく、確実に来る雨季の雨と乾季の日照りは、稲作を中心とするモンスーンアジアの豊かな農業を保証している。モンスーンの語源であるアラビア語の Mausam は、まさに「季節」という意味である。

現在の地球の気候システムで強い季節的な定常性をもったモンスーンも、地域的にみると、かなり複雑な季節変化を示している。年々の変動もその大きな季節変化に比例するように大きく、特に降水量変動は、洪水や干ばつなどのかたちで、この地域の間活動や生態系に時として重大な影響を与えている。毎年のモンスーンによる降水量と水資源の予測は、したがって、モンスーンアジアの国々にとって、非常に重要な課題である。

いっぽうこのアジアモンスーンの変動は、エルニーニョ/南方振動 (ENSO) との密接な関連などを通して、地球規模での気候システムの変動に積極的な役割を果たしていることが、最近の研究で明らかにされつつある<sup>1)~3)</sup>。

さらに現在、CO<sub>2</sub>などの温室効果ガスの増加による「地球温暖化」が指摘されているが、モンスーンアジアの間における地球環境問題としては、地表面状態の改変などもふくめたこれらの人間活動の影響が、今後アジアモンスーンそのものをどう変化させていく可能性があるか、それぞれの地域での降水量や水資源がどうこれによって変わりうるのかという問題こそ重要である。

この報告では、このような今後の予測の基礎ともなる、季節変化をふくむアジアモンスーンの変動のメカニズムについて、最新の成果をふくめて簡単にレビューするとともに、今後の課題とそれらを解決する方向で、どのよ

うな国際的な研究やプロジェクトの枠組みが動いているかについても言及する。

## 2. 地球気候システムにおけるアジアモンスーンの役割

まず、なぜこの地域に大きな季節変化をともなうモンスーンが卓越しているかを考えてみよう。ひと言でいえば、低緯度にまで張り出した地球最大の大陸<ユーラシ

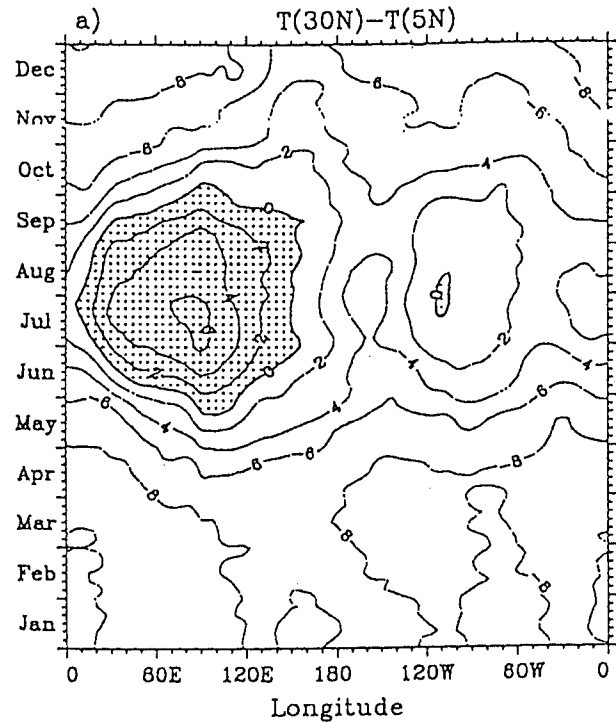


図1 30Nと5Nの間の対流圏上部(500hPa-200hPa)の南北気温傾度の経度時間断面<sup>4)</sup>

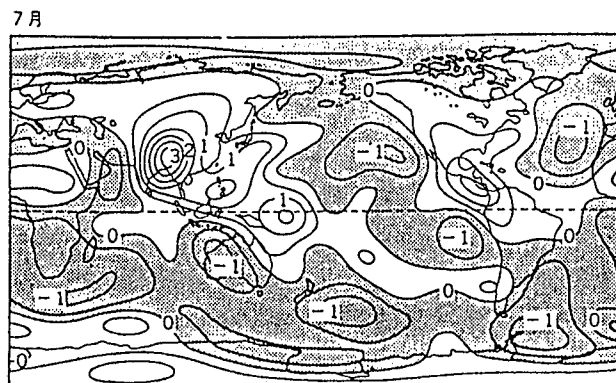


図2 7月の大気柱全体で平均した非断熱加熱率(K/日)<sup>5)</sup>

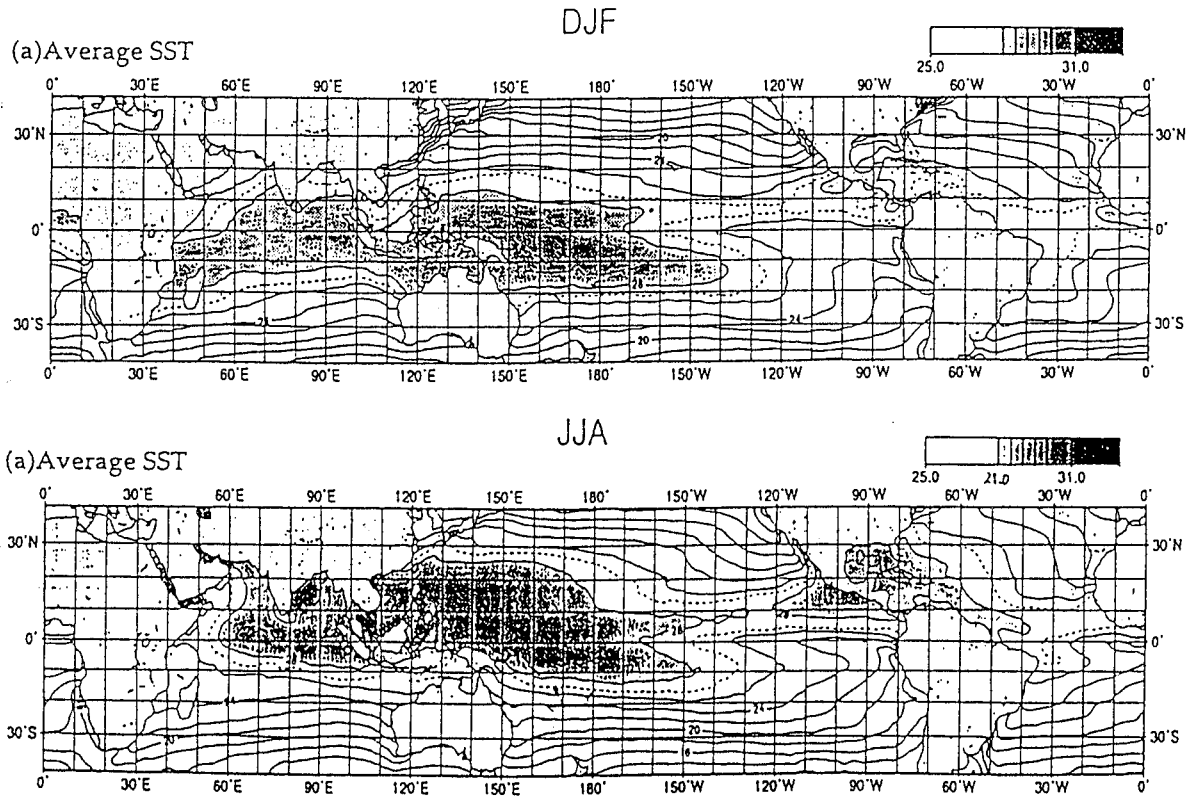


図3 季節平均場としての20年平均の海面水温。(a)12、1、2月(b)6、7、8月  
等値線は2°C、ハッチ域は28°C以上の地域を示す

ア大陸と、まわりの海洋のあいだの季節的な加熱・冷却のされかたの差がきわめて大きいことに加え、対流圏中層にまで突き出したヒマラヤ・チベット山塊の存在が、この熱的コントラストをさらに強めていることによっている。太陽が北半球側に移行するにつれ、この高原上での大気は、図1に示すように、同緯度のどの地域よりも早く、強く加熱され昇温している<sup>4)</sup>。この海陸分布とチベット高原に影響された大気非断熱加熱率（実質的な加熱・冷却の割合）の分布（図2）は、アジアモンスーン地域を中心に、非常に顕著な海陸間の加熱と冷却のコントラストを形成している。この加熱・冷却の差を補償するように流れるのが、モンスーン循環に他ならない<sup>6)</sup>。図2に見られるような、アジアモンスーン域の大きな大気加熱と、まわりの海での大気冷却には、海洋上での蒸発による冷却、風による水蒸気輸送と収束、そして大陸域周辺での凝結、降水による大気加熱が実際には非常に大きな働きをしており、この水循環の過程無しには、海陸間の大きな加熱差は維持されない。モンスーン循環は、海陸の加熱差でいったん形成された循環が、この水循環過程により、さらに維持・強化されるという、正のフィードバック機構を伴っているのである。これらのプロセスは、1979年の全球気象実験（GWE）以来の過去数十年のグローバルな観測データの蓄積により、明らかにされつつある。

もう一つの重要な過程は、大気・海洋相互作用と海水温分布である。地球の海水温分布をみると、最も暖かい海水は、図3に示すように、熱帯の西太平洋からインド洋地域に季節を通して存在し、最も高温なところは28°Cから30°Cに達している。この地域は、地球の暖水プールとも呼ばれている。アジア・オーストラリアのモンスーン地域は、ほぼこの地域と対応しており、大陸周辺への水蒸気輸送とモンスーン時の強い対流活動は、この暖水プールの存在と密接に関係している。この暖水プールの存在とその季節変化は、モンスーンの季節変化に大きく寄与しているが、その維持と変動の詳細は、まだよくわかっていない。しかし、西太平洋のこの暖水域と赤道東部太平洋の冷水域は、季節的に卓越するモンスーンの風場を通じた大規模な大気・海洋相互作用により ENSO を引き起こしており、その意味で暖水プールは、モンスーンと ENSO をリンクさせる重要な要素として存在している。

地球気候システムにおける季節サイクルは、太陽エネルギーの緯度分布が季節的に変化することによって起こるとされているが、このような大気・海洋・陸面相互作用と水循環過程のフィードバックによって気候システムへの入力エネルギーの分布を実質的に大きく変え、しかも季節サイクルを増幅、あるいは変調しているのが夏・冬を通じたアジアモンスーンであるといえる。

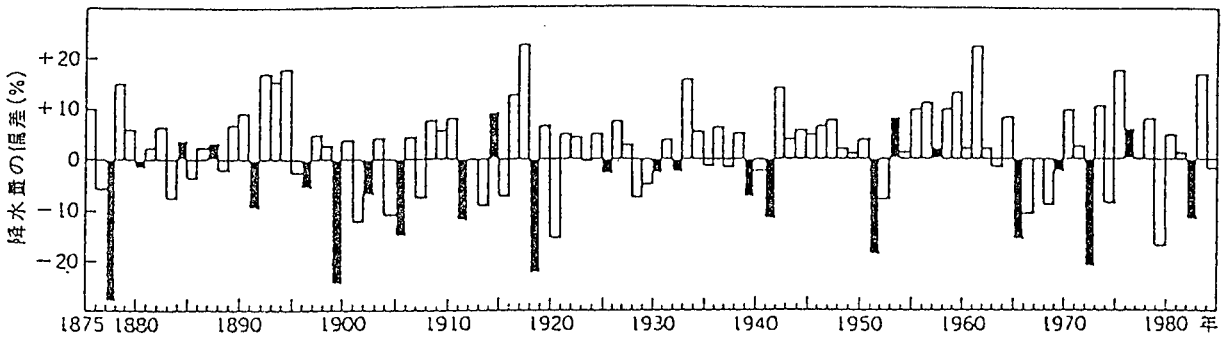


図4 インドモンスーン降雨量の経年変動。平年からの偏差で示す。黒で示したのがエルニーニョ年<sup>7)</sup>

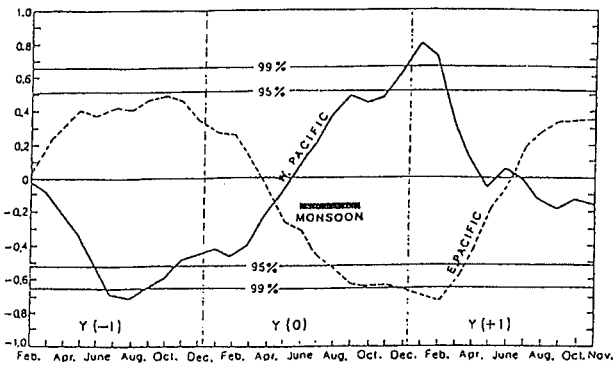


図5 インドモンスーン降水量と赤道西部太平洋と東部太平洋の海面水温のラグ相関。参照したモンスーンの季節を、図中に示す。Y(0)はその当該年であり、Y(+1)はその翌年、Y(-1)は、その前年を示す<sup>1)</sup>

### 3. モンスーンの年々変動と ENSO はどう関係しているか

エル・ニーニョが発現した年には、インドモンスーンも弱く、干ばつになりやすいことは、すでに今世紀初め頃よりよく知られていた。しかし、図4に示すように、過去約100年間のインドモンスーン降水量変動とエル・ニーニョ発現の年を重ねてみると、モンスーンの弱かった年に集中してエル・ニーニョが起こっているが、モンスーンが弱かった年すべてがエル・ニーニョ年に対応しているわけではないことがわかる。むしろ、弱いモンスーンの年は、エル・ニーニョ発現の必要条件であるという見方ができる。さらに、季節的な関係を見ると、夏のインドモンスーンの弱かったあとの季節にエル・ニーニョが発現し、多くの場合(北半球の)冬に、赤道東部太平洋で成熟期に達している。この関係は、インドモンスーン降水量と ENSO の強さの指標である南方振動指数(SOI)とのラグ相関を示した図5に明瞭に示されている<sup>1)</sup>。この図からいくつかの興味深い事実が示唆される。そのひとつは、モンスーンと SOI の相関が、夏よりもそのあとの季節ほど高くなり、引き続く冬に極大に達していることである。これは、先に述べたように、モンスーンの弱かった夏に引き続く冬にエル・ニーニョが現われ

やすい、あるいはモンスーンが強い場合には、東太平洋がより冷たく西太平洋がより暖かい状態となる反対のエル・ニーニョ(あるいはラ・ニーニャ)の最盛期となりやすいことを、統計的に示したものと見える。

もうひとつは、このラグ相関が、(北半球の)春にはほとんどなくなり、その春を境に相関が逆転する傾向のあることである。すなわち、北半球の夏のモンスーンの強さに関連してエル・ニーニョあるいはラ・ニーニャ的な状態が熱帯太平洋域の大気・海洋系で発展していくが、その状態は約半年あとの冬に最盛期を迎えたあと、春ごろに急激にそのアノマリーの状態が消えてしまうこと、そして、次の夏には、前年とはむしろ反対のモンスーンの状態が現われやすいという2年周期的特性を、アジアモンスーンと熱帯太平洋域の大気・海洋系の結合したシステムが持っていることを、この図は示している。この地域の気候の年々変動は、(北半球の)春から次の春がひとつの状態を取りやすいことになり、著者は、この単位年を、普通のカレンダー一年に対し、“モンスーン年”と名づけた。アジアモンスーンと熱帯大気・海洋の結合システムのもつ、この非常に特徴ある年々変動の様相は、他のいくつかの研究<sup>2)8)</sup>でも指摘され、現在の熱帯の気候システム研究において解明すべきひとつの大きな課題となっている。Webster and Yang<sup>3)</sup>は、ENSO の予測においても、北半球の春に大気・海洋系のアノマリーの持続性が急激に弱まり、それ以上の予測ができなくなる予測可能性の壁(Predictability barrier)が存在すると主張している。同じ季節サイクルの中で、ENSO/モンスーンに関連した経年変動のアノマリーが、夏から冬への時期では発展・成長していくのに対し、冬から夏へ至る時期には衰え、いったん消滅したあとに、場合によっては反転したアノマリーが出現するという際立った季節性を持つのはなぜか。気候システムの年々変動に関連した大きな謎のひとつである。

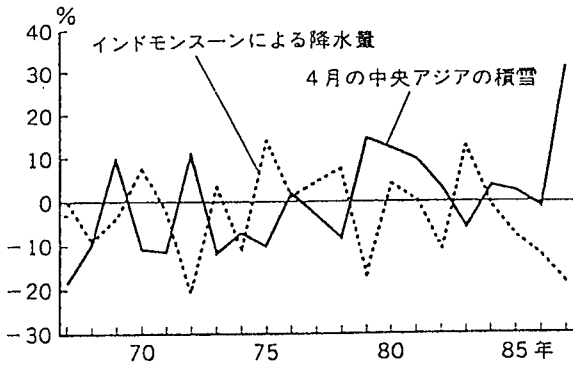


図6 ユーラシア大陸（中央アジア）の4月の積雪面積と夏のインドモンスーン降水量の年々変動。平均からの偏差(%)で示す。積雪面積は人工衛星からの観測データ<sup>11)</sup>

#### 4. モンスーン変動に対するユーラシア大陸での陸面状態の役割

北半球の夏から冬にかけての経年変動のアノマリーの発展・成長には、熱帯太平洋での大気・海洋相互作用が中心的な役割を果たしていると考えられるが、冬から夏のアノマリーの消滅あるいは、新たなアノマリーの形成には、ユーラシア大陸での大気・陸面相互作用が関与している可能性が指摘されている。そのひとつが古くは Blanford<sup>9)</sup>以来指摘されている冬から春の大陸上での積雪の役割である。Hahn and Shukla<sup>10)</sup>は人工衛星からの広域積雪面積とひきつづく夏のインドモンスーン降水量のあいだに、明瞭な負の相関があることを見出したが、以来いくつかの研究がこの統計的な関係を確認している<sup>11)</sup>。たとえば図6では中央アジアの4月の積雪面積と次の夏のインドモンスーン降水量が、負の相関をもって変動していることが示されている。

いっぽう気候モデルによる研究からは、この積雪とモンスーンの関係が、積雪の大きなアルベド（反射率）が春の放射収支に影響するというアルベド効果と、融雪が土壌水分量を増加させ、それが春から夏の熱収支に影響するという融雪水文学的效果による可能性が指摘されている<sup>12)~14)</sup>。最近のモデルによる研究では、この積雪のモンスーン変動に与える効果に対し、肯定的な結果<sup>15)</sup>も否定的な結果<sup>16)</sup>もあり、今後観測とモデルの両方からさらに調べる必要がある。観測に関しては、現在SSM/Iなどの人工衛星搭載のマイクロ波観測センサーによる積雪量や土壌水分量の算定に関する研究<sup>17)</sup>が進みつつあり、これらの物理量の広域での季節変化、経年変動の情報の蓄積を待つ必要がある。

#### 5. 大気・海洋・陸面相互作用としてのENSO/モンスーンシステムの変動

ところで、積雪がモンスーン変動に関与しているとすると、ENSOとモンスーンの関係が、もはや熱帯地域で閉じたシステムの変動としてのみでは不十分で、中・高緯度を含めた文字どおりグローバルな気候システムの変動として理解する必要がある。Yasunari and Seki<sup>2)</sup>は、インドモンスーンの強弱をインデックスとして熱帯の大気・海洋系、北半球の大気大循環および積雪分布の変動を、季節サイクルを考慮して解析し、アジアモンスーン（夏）→熱帯の大気・海洋系（冬）→北半球中・高緯度大気循環（秋・冬）→ユーラシア大陸での積雪（冬・春）→アジアモンスーン（翌年の夏）という季節進行に沿った気候の経年変動のシグナルの伝播が、2年周期的な傾向を持って起こっていることを示した。これらの関連を模式的に示したのが図7である。Meehl<sup>18)</sup>は、NCAR（米国立大気科学センター）の大気・海洋結合モデルを長期積分して、積雪変動を引き起こすような中緯度偏西風循環の変動と、熱帯の大気・海洋結合系の変動のリンクを、モデル内の気候システムの内部変動として解析し、Yasunari and Seki<sup>2)</sup>で示唆されたような変動を示唆している。

上記に示したユーラシア大陸の積雪と引き続く夏のアジアのモンスーンの関係、Tomita and Yasunari<sup>19)</sup>は、アジアの冬のモンスーンと引き続く夏のモンスーンの関係という、少し異なった視点から見直した。図8は、南シナ海の冬の海水温とそのあとの夏のインドモンスーン降水量の関係を示している。二つの時系列には、いづれも約2年周期が卓越しており、しかも非常に良い負の相関があることがわかる。南シナ海の海水温変動は、冬の東アジアにおける冬の北西（北東）季節風の吹き出しと密接に関係していることが知られている。吹き出しが強い（弱い）と、冷たい季節風のかき混ぜと冷却効果が強く（弱く）はたらき、この付近の海水温は低温（高温）傾向となるのである。いいかえれば、この図の海水温とモンスーン降水量の関係は、冬の東アジアモンスーンが強い（弱い）と、引き続く夏の南アジアモンスーンは弱い（強い）という関係のあることを示している。実際、この海水温の正負の偏差に対応する冬の東アジアの大気循環の偏差パターンは、冬の日本付近の寒気の吹き出しの強さを示す大気循環パターンと一致している。

ここでの問題は、この南シナ海の海水温偏差が、直接春から夏にかけての対流活動の変動に関与しているのか、あるいは、図6に示したような、大陸上あるいは周辺で

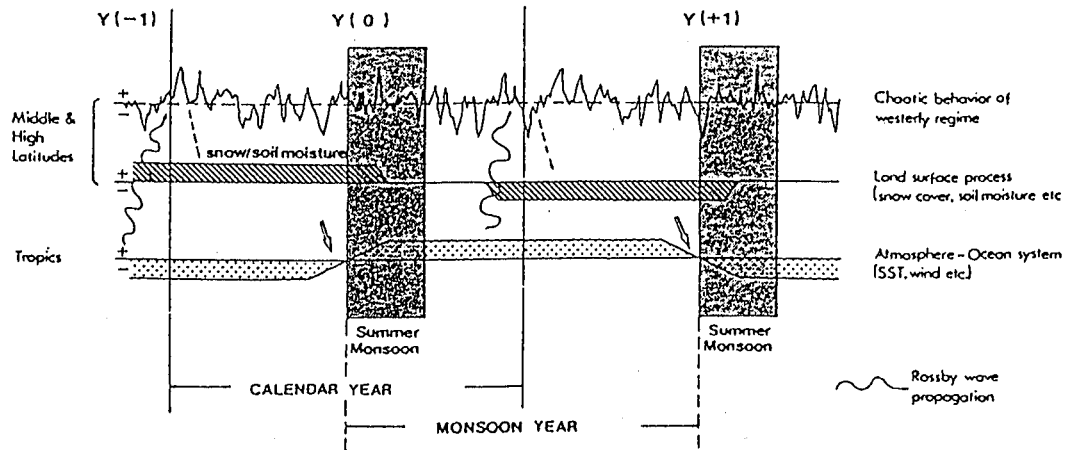


図7 モンスーン・大気海洋結合系(MAOS)、ユーラシア大陸の陸面過程、および中緯度偏西風のあいだの、季節を越えた相互作用を通して年々変動する気候システムの模式図。MAOS から中緯度偏西風の変動は、熱帯からのロスビー波の伝播が大きな役割を果たす<sup>2)</sup>

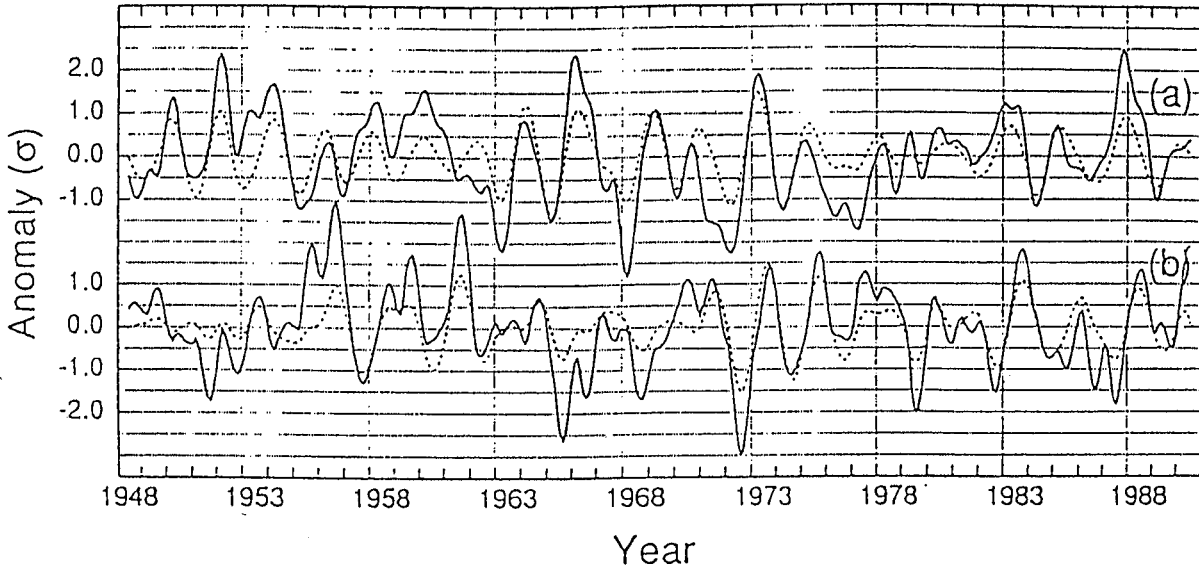


図8 南シナ海の冬の海水温(上)と、インドモンスーン降水量(下)の移動平均値の経年変動。海水温の極大(小)に降水量が約半年遅れで対応していることがよくわかる<sup>19)</sup>

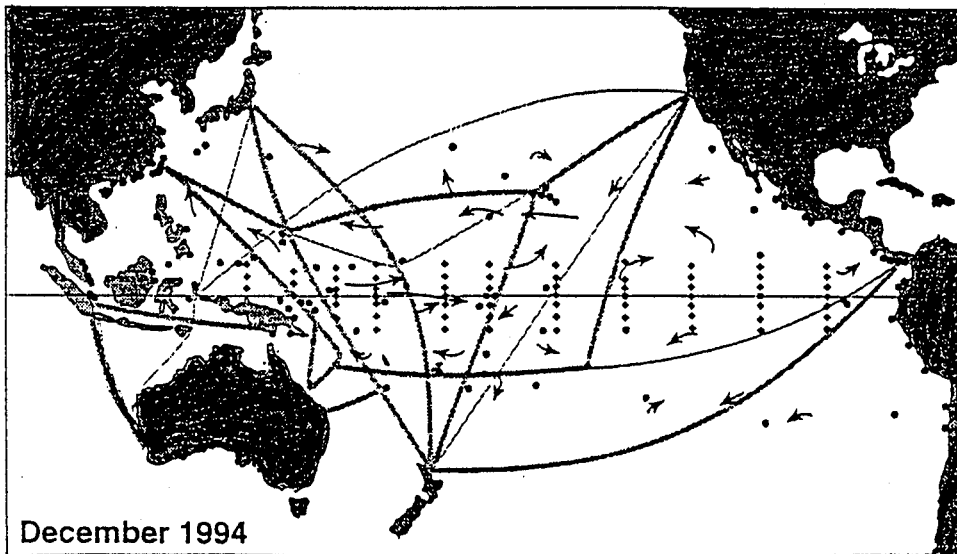


図9 TOGA-TAO 観測ブイシステム<sup>20)</sup>

の冬（春）の大気循環変動のひとつの指標としてののみ意味を持ったシグナルであるのか、ということである。前者の場合、この海水温変動が、この地域での春（から夏）における大気・海洋相互作用と対流活動にどう影響しているかという問題が重要となる。後者の場合は、大陸上の積雪（土壌水分）の役割の方がやはり重要であることになるが、現在のところ、どちらがより重要か、あるいは両者の役割が重要なのか、決定的に判断する手がかりは、観測（解析）からもモデル（理論）からも得られていない。

## 6. WCRPにおけるENSO/モンスーンシステム研究の進展

### 6.1 TOGAによる熱帯太平洋での大気・海洋相互作用の解明

地球の気候システム変動のメカニズムを明らかにするための世界的な研究プログラムであるWorld Climate Research Programme (WCRP) のなかで、ENSOの機構解明をめざして進められたのが、Tropical Ocean and Global Atmosphere (TOGA) であった。この研究計画では、ENSOの主要舞台である熱帯太平洋における大気・海洋相互作用の仕組みを明らかにすること、そしてENSOがグローバルな大気循環に与える影響を評価することが主な目的となっていた。このTOGA計画のきっかけとなったのが、1982/83年に起こった今世紀最大のエル・ニーニョである。エル・ニーニョが、その大気側のカウンターパートとしての南方振動 (Southern Oscillation) と対して、熱帯太平洋域における大気・海洋結合系の変動現象として、ENSOと呼ばれるようになったのも、この頃からである。この82/83年のENSOは、世界各地に異常気象をもたらし、ENSOとその影響の予測に対する強い要請がこの計画の背景にあったといえる。TOGAは1985年から1994年までの10年計画のプログラムであった。

TOGAでの観測研究の中心は、TOGA-COAREとよばれる計画であり、太平洋東部のENSO発現にとっても重要と思われていた熱帯中（西）部太平洋域での大気・海洋相互作用の実態を、大がかりな観測システムの展開により、解明しようというものであり、92/93年の北半球の冬季を中心に4カ月間、集中観測が行われた。また、TOGAにおけるもうひとつの観測システムとして重要なものが、TOGA-TAO arrayとよばれる赤道太平洋沿いに展開された海上の気象・海洋観測のブイシステム(図9)であった。この観測システムは現在も継続されており、熱帯太平洋上の大気・海洋変動をモニターしている

貴重な観測システムとなっている。TOGA-COAREおよびTOGA-TAOの観測プログラムには、日本も本格的に参画し、大きな貢献をしている<sup>20)</sup>。これらの観測データは現在解析が進められており、大きな成果がつつぎと出始めている。

TOGAは、熱帯中・西部太平洋の大気・海洋相互作用の実態解明に多くの成果を出しつつあるが、同時に新たな問題も提出しつつある。たとえば、ENSOの直接的な引き金となると言われている赤道上で西風の吹き出し (westerly burst) が、なぜ、どのような状況で起こるのか、ENSOと最近の温暖化がどのように関係しているのか、というような問題である。実際、TOGAの特に後半の90年代は、中・東部太平洋の海水温が高く、エル・ニーニョがずっと継続していたような側面もあり、この時期の観測結果が、それまでのENSOにそのまま敷衍できるのかという問題も指摘されている。

### 6.2 GAMEによるアジアモンスーンの大気・陸面相互作用の解明

WCRPの副計画として、TOGAより少し遅れて立ちあげられたのが、Global Energy and Water cycle Experiment (GEWEX) である。この計画は地球気候システムにおけるエネルギー過程とそれに重要な役割を果たしている水循環を、衛星を含む全地球的な観測と集中的なプロセス解明およびモデリングを通して、気候システムの形成・維持および季節変化などの素過程を明らかにしようという計画である。雲と放射、陸面水文過程など、地球温暖化などで問題になっている気候システムにおける不確定な物理過程の解明も、このプログラムの中心課題となっている。

GEWEX Asian Monsoon Experiment (GAME) は、グローバルなエネルギー・水循環におけるアジアモンスーンの役割を正確に評価し、同時にモンスーン地域の降水・水資源予測という応用問題への貢献もめざして、GEWEXの枠組みのなかの一計画として日本の研究者から提案され、正式にWCRP傘下の国際共同プロジェクトとして認められた計画である<sup>21)</sup>。1996年度から当面5カ年計画でスタートし、本年3月には、国際的にGAMEを推進する国際科学パネルも発足し、その事務局は名大大気水圏科学研究所に設置された。

GAMEでは、熱帯降雨観測衛星 (TRMM) による広域モンスーン降水量やエネルギー・水収支の長期観測をふくむモニタリング、4つの典型的な地域（東南アジアを中心とする熱帯モンスーン地域、梅雨前線帯を中心とする亜熱帯・温帯モンスーン地域、チベット高原域、シベリア永久凍土地域）での集中観測によるプロセス研究、

気候モデル、水文モデルによる広域・地域水・エネルギー循環過程モデリング、およびこれらの研究のためのデータセットの作成とマネージメントを4本柱として、計画を進めている。とくに、モンスーンの季節変化と年々変動に大きく影響していると推測されている、積雪・土壌水分などの陸面水文過程と、大気エネルギー過程との相互作用が、GAMEが解決すべき大きなターゲットとなっている。1998年春から夏にかけての数カ月間は、南シナ海域でのモンスーンの開始と季節進行過程の研究をめざした(米・中・台などの)国際共同研究プロジェクトであるSouth China Sea Monsoon EXperiment (SCSMEX)と組んで、モンスーンアジア地域全域での大規模な集中観測も予定されている。

### 6.3 CLIVAR/GOALSとモンスーンパネルの設立

いっぽう、TOGAを通して新たに提起された問題をさらに解明するためには、前述したような、ENSOとアジアモンスーンの結びつきの舞台になっており、海水温が地球上で最も高く、対流活動も地球上で最も活発な西部太平洋の暖水プール地域における大気・海洋系やアジアモンスーン域を含むより広域での気候システムの解明がやはり必要であるという声が世界的にも強まった。特に3章で述べたような、ENSOにおける予測のポテンシャルが、なぜ北半球の春に最も弱くなってしまふのかという問題を解明するには、ENSOとモンスーンをひとつのシステムとして理解すべきであることが、TOGAを経て、ようやく認識されたともいえる。このような研究の要請にもとづいて立てられたのが、CLIVARの中でも、比較的時間の短い、気候システムの年々変動の解明をめざすGlobal Ocean-Atmosphere-Land System (GOALS)計画である。このGOALSの主要なテーマは、ENSOとモンスーンの相互作用であり、そのために、昨年12月にCLIVARのサブパネルとして、モンスーンパネル(議長は、K. M. Lauと住明正の両氏)が設立された。このパネルを通して、ENSOとモンスーンの研究におけるGEWEXとCLIVARおよび関連する研究計画の連携をはかることになった。当面は、大気・陸面過程を中心に据えたGAMEと、SCSMEXなどをふくむ西太平洋・インド洋域での大気・海洋相互作用の研究観測計画との連携が、このパネルの役割となるはずである。

### 文 献

- 1) Yasunari, T. (1990) Impact of Indian monsoon on the coupled atmosphere/ocean system in the tropical Pacific. *Meteor. & Atmos. Phys.*, 44, 29-41.
- 2) 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.
- 3) Webster, P. J. and S. Yang (1992) Monsoon and ENSO : selectively interactive systems. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 118, 877-926.
- 4) Li, C. and M. Yanai (1996) The onset and interannual variability of the Asian summer monsoon in relation to land-sea thermal contrast. *J. Climate*, 9, 358-375.
- 5) Donald, R. J., M. Yanai and T. K. Schaack. (1987) Global and regional distributions of atmospheric heat sources and sinks during the GWE. in *Monsoon Meteorology* C. P. Chang and T. N. Krishnamurti (Eds) Oxford University Press.
- 6) 安成哲三 (1984) モンスーンとは何だろうか-その変動の意味するもの-. *科学*, 54, 487-494.
- 7) Mooley and Shukla (1987) Variability and forecasting of the Summer monsoon rainfall over India. in *Monsoon Meteorology* C. P. Chang and T. N. Krishnamurti: (Eds.) Oxford University. Press, 26-59.
- 8) Meehl, G. A. (1987) The annual cycle and interannual variability in the tropical Indian and Pacific Ocean regions. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 27-50.
- 9) Blanford, H. F. (1886) Rainfall of India. *Memoir of India Met. Dept.*, 3, 658pp.
- 10) Hahn, D. G. and J. Shukla (1976) An apparent relationship between Eurasian snow cover and Indian monsoon rainfall. *J. Atmos. Sci.*, 33, 2461-2462.
- 11) Morinaga, Y. and T. Yasunari (1992) Interaction between the snow cover over Eurasian continent and the northern hemisphere surface air temperature. *Proc. Intl. Symp. on the Little Ice Age climate*, Tokyo Japan, Ed. Mikami, T., 300-305.
- 12) Yeh, T.-C., R. T. Wetherald and S. Manabe (1983) A model study of the short term climatic and hydrologic effects of sudden snow-cover removal. *Mon. Wea. Rev.*, 111, 1013-1024.
- 13) Barnett T. P., (1991) The interaction of multiple time scales in the tropical climate system. *J. Climate*, 4, 269-285.
- 14) Yasunari, T., A. Kitoh and T. Tokioka (1991) Local and remote responses to excessive snow

- mass over Eurasia appearing in the northern spring and summer climate. —a study with the MRI • GCM—. J. Meteor. Soc. Japan, 69, 473-487.
- 15) Kitoh, A. (1994) AGCM experiments on Tibetan snow and monsoon. Proc. Int. Conf. Monsoon Variability and Prediction. Trieste, Italy, 9-13 May 1994, WMO/TD-No. 619, 661-665.
- 16) Arpe, K., L. Dümenil, L. Bengtsson and M. Giorgetta (1994) Variability of the Indian monsoon in the ECHAM 3 model-part II : sensitivity to sea surface temperatures of the northern Indian Ocean, soil moisture over Eurasia and the stratospheric QBO. Proc. Int. Conf. Monsoon Variability and Prediction. Trieste, Italy, 9-13 May 1994 WMO/TD-No. 619, 621-628.
- 17) Koike, T., K. Seko, X. Chen, T. Tadano, K. Tamagawa, H. Igarashi and H. Takizawa (1994) Monitoring ground surface condition on Tibetan plateau by using satellite remote sensing. Bull. Glacier Res., 12, 95-104.
- 18) Meehl, G. A. (1994) Coupled land-ocean-atmosphere processes and a biennial mechanism in the south Asian monsoon region. Proc. Int. Conf. Monsoon Variability and Prediction. Trieste, Italy, 9-13, May, 1994, WMO/TD-No. 619, 637-644.
- 19) Tomita, T. and T. Yasunari (1996) Role of the northeast winter monsoon on the biennial oscillation of the ENSO/monsoon system. (Submitted to J. Meteor. Soc. Japan)
- 20) 住明正 (1996) TOGA (熱帯海洋全球大気研究計画). 環境情報科学, 25-1, 98.
- 21) 安成哲三 (1994) アジアモンスーン エネルギー・水循環研究観測計画 (GEWEX Asian Monsoon Experiment). 天気, 41, 459-464.