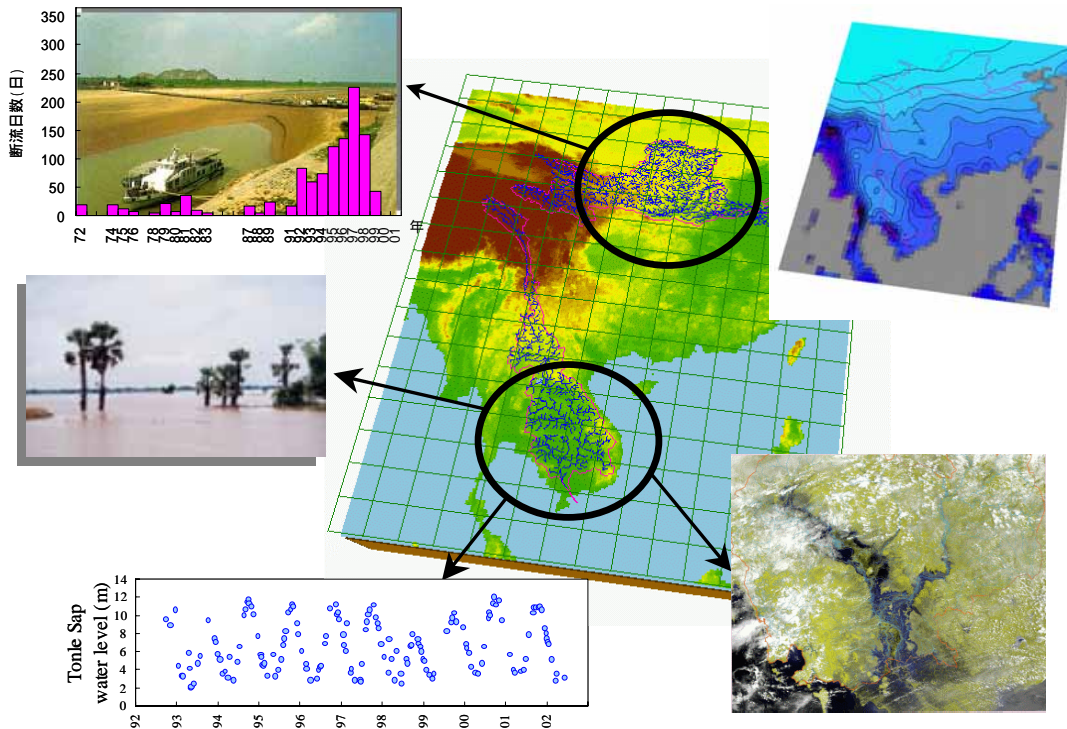


平成14年度 人・自然・地球共生プロジェクト  
課題6：水資源予測モデルの開発

「アジアモンスーン地域における人工・自然改変に伴う水資源変化予測モデルの開発」

研究代表者：山梨大学工学研究科教授 竹内邦良



## 1. はじめに

アジアモンスーン地域は、特有の気象、地質構造の上に特徴的な水文、地形、植生、土壌条件を形成し、人間の生存もその自然条件に適合した様式で維持されている。すなわち、洪水、渇水、火山活動、多量の土砂生産など、厳しい自然条件に適合した、水田耕作、氾濫原居住を主体とする人間活動が営まれ、これに伴う水利用、防災、都市立地などのあらゆる面で、独特の自然共生型社会を形成している。したがって、著しい人口増、熱帯林の伐採による土地の乱開発、気候変動などに伴う流域水資源の変化も、地域特有の自然的、社会的現象であり、その影響予測には欧米の水文・水資源モデルの移入では不十分な場合が多く指摘されている。

本研究はこの地域性を重視し、アジアモンスーン地域に特有な水文循環過程をモデル化することによって、自然・人工改変に伴う、当地域特有の水資源変化を予測し、その対応策の具備すべき条件を検討するものである。対象流域はアジアモンスーン地域での湿潤帯、半乾燥帯の代表であり、また大きな水資源問題に直面するメコン流域、黄河領域とする。

メコン流域は湿潤で、水田耕作が行われ、タイ東北部での森林伐採、水不足、カンボジア、ベトナムを中心とした洪水氾濫とそれを利用した水田耕作、多様で広範囲にわたる森林などの特徴を持っている。関係各国はそれぞれ強力な開発需要を持っているが、下流国に大きな影響を与えるものが多い。モデル化のための中心課題は水田耕作、灌漑排水形態、森林、洪水氾濫形態などである。

一方、黄河領域は著しい人口増、西部地域の大開発などに伴い、上下流の水配分問題が顕在化し、上流域での非効率灌漑、下流部での水不足、断流、土砂の堆積、地下水位低下など深刻な事態に直面している。水不足は華北一帯の共通問題であるため、黄河領域に北京、天津を含む海河流域もふくめ、黄河を含む矩形領域（黄河領域）を解析対象域とする。黄河のモデル化のためには、半乾燥帯の水文過程、灌漑配水形態、地下水、黄土流出などが中心的課題である。

## 2. 研究目標

本研究はメコングループ、黄河グループ地下水班、黄河グループ地表水班により構成されており、個々のグループ、班は、それぞれの課題を別々に進めるが、全体として、以下の項目を共通目標として共同研究を行っている。

1. 流域水循環、水資源システムをシミュレーションできるモデルの開発
2. 開発したモデルによる過去 20 年間のシミュレーション(モデルの検証、予測可能性の証明)
3. 開発したモデルを用いた将来 20 年後の水資源予測  
(水需要予測は社会経済的発展等に関するシナリオ解析を使用。地球温暖化シナリオもこの一部)
4. 0.1 度メッシュでの GIS 上でのモデル開発、検証、予測の実施
  - a) 0.1 度メッシュ、20 年間の GIS データ整備(両流域の水文、水資源にかかわる既存データの精査、モデル解析により、0.1 度メッシュ内の水収支をシミュレーションするために必要な、気象、地形、地質、水文、植生、土地利用、水利用データ等を整備。個別研究では、より解像度の高いデータも整備)
  - b) 気象、水文、水資源一貫シミュレーションモデルを、この 0.1 度メッシュ GIS 上で実行

## 3. 本年度の研究活動の概要

本年度は、素過程としての降雨発生、蒸発散、浸透、地表水、地下水、取水、水利用、還元、揚水などのモジュール開発に着手するとともに、森林生態、水田等農地灌漑、洪水氾濫、地下水涵養、揚水などの実態解明のための現地観測の準備を開始した。さらに、水文、水資源にかかわる既存データの収集・精査、ならびにそれに基づく 0.1 度メッシュの GIS データ整備についても取り組んだ。

本年度の研究会、研究打合せ会

研究計画に関する事前打合せ

日時：2002 年 6 月 7 日(金) 14:00-18:00

場所：文部科学省分館 6 階国際課・政策課会議室

内容：研究代表者より、プロジェクト全体としての成果および共通目標(0.1 度メッシュ GIS 上でのデータ整備・モデル実行など)について提案があり、各個別研究課題をその共通目標に沿った形で進めることを確認した。

第一回メコングループ研究会

日時：2002 年 8 月 24 日(土) 11:00-17:30

場所：山梨大学工学部 T1 号館 8F 会議室

内容：メコングループのメンバーが、各自担当する研究課題の計画について発表を行った。また、メコングループとしての今後の活動計画についても協議した。

第一回研究運営委員会

日時：2002 年 11 月 7 日(木) 13:00-17:00

場所：山梨大学情報メディア館

内容：研究プロジェクトの運営方針、計画等について協議を行った。なお、協議内容には研究内容に関する事項に加え、予算執行等の事務手続きに関する内容も含まれる。また、外部有識者を招聘し、研究計画全体(研究手法、最終成果など)について意見を戴いた。

第一回黄河グループ地表水班研究会

日時：2003 年 1 月 29 日(木) 9:30 30 日(金) 17:30

場所：京大会館

内容：黄河グループ地表水班のキックオフ会議として、中国側研究者を含め、各自担当する研究課題の計画について発表を行った。

平成 15 年度研究成果報告会

日時：2003 年 4 月 2 日(水) 10:00- 3 日(木)-17:00

場所：山梨大学情報メディア館

内容：当研究参加者全員の研究成果報告会。これに基づいて、研究報告を刊行する。

## 4. メコン研究

メコン全流域の水文・水資源シミュレーションモデルを構築し、これに基づいて過去 20 年間の水循環・水利用を再現するとともに今後 20 年間の水資源環境を予測する。

### サブテーマ(1) 過去の流域水循環関連情報の復元に関する研究

アジア諸国の流域で直面している地上気象水文データ不足に対処するため、地上気象水文データが不足する流域における過去の水循環の実態を推定できる手法を確立する。これにより過去の変動の実態と気象・森林・農業等の人為的変動の要因が明らかになり、今後の変動を把握・検出するための参照データとなる。リモートセンシングデータや四次元同化データ等の世界を網羅する、公開データのみを用いて、必要な精度で降雨・蒸発散等の水循環素過程を評価できる個々のモデル開発を、分担して行う。これにより、過去の変動の実態が把握でき、また予測も出来る。IAHS PUBs, MOPEX, メコン川委員会とも連携する。

本年度、流域の降雨・流出プロセスに関する検討として、以下の課題、 を行った。

#### ダウンスケーリングによる流域降雨再現手法の開発

カンボジアを始めとする地上降雨データのない流域での過去の降雨量分布を推定するため、四次元同化データおよびリモートセンシングデータを入力しダウンスケールするための気象・水文モデルを開発し、過去 20 年間のメコン川流域の降雨を再現する。再現された降雨は、メコン全体モデルのインプットとして用いられる。

本年度は、土木研究所とカリフォルニア大学デービス校(UC Davis)との共同研究で開発した大気水文モデル IRSHAM

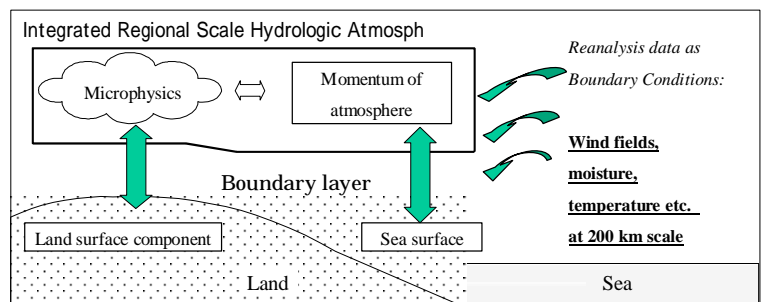


図 - 1 流域降雨再現の概念図

(Integrated Regional-Scale Hydrologic Atmospheric Model)による日単位降雨分布推定の精度を検証するために、アメダス等の地上水文データが豊富に備わっている関東エリアを対象として 1994 年から 2000 年まで過去 7 年間の降雨再現計算を実施し IRSHAM の降雨推定に関する問題点を整理した。

次年度は、本年度に得られた IRSHAM の降雨推定に関する問題点に対処し、降雨推定精度を向上させるために IRSHAM の改良、地球シミュレータによる並列化計算に際して IRSHAM の並列化コードを開発する予定である。最終的には、メコン川全流域における過去 20 年間の降雨再現を実現するために必要な 0.1 度メッシュデータを整備し、地球シミュレータを用いて IRSHAM の並列化計算を実施する。

#### キャリブレーションを必要としない水文モデル開発

本検討では、過去の流量観測データによらずモデルパラメータを決定できる水文モデルを開発することを目的とする。なおモデルの開発においては、分布型流出モデル BTOPMC をベースとして行う。BTOPMC は、大流域のための流出解析モデルであり、パラメータの個数が少なく、各パラメータの物理的意味が明確であることなどの利点を持っており、東南アジアにおける複数流域への適用実績を有する。また、流域における地形、土壌、植生などの変化をパラメータに反映でき、流出への影響を定量的に評価できるようにするため、モデルパラメータを地形・地被・地質などの物理的特性から与える方法についての研究も展開されている。

本年度は、モデルパラメータの物理的与え方を開発するための前段階として、まず、モデルのグリッドサイズと流域の分割レベル(サブ流域の平均面積)がパラメータ値そして解析結果に対する影響について検討を行った。また、パラメータの自動最適化手法(SCE-UA 法)をモデルに導入した。さらに、モデルを稼働させるために必要となる降雨等の気象データならびに地形・地被・地質などの情報を収集し、それらを GIS により統合的に管理・解析できるように整備した。

次年度以降は、モデルの各パラメータはそれぞれ、グリッド毎か、サブ流域ごとか或いはクラスごとに与えるかを検討する。また、パラメータの全自動最適手法を導入して多数の流域へ適用し、流域特性量とパラメータの関連付けを行う。最終的には、得られた定量対応関係を用いて、メコン川流域における過去の水文データの再現と将来の流域開発の評価に活用する。

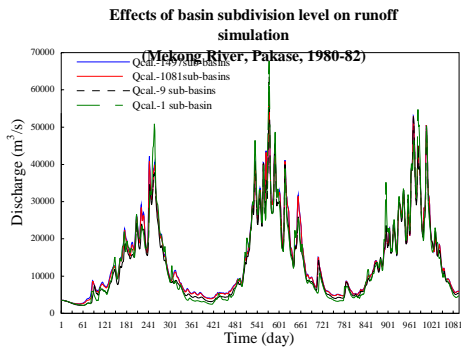


図 - 2 異なるサブ流域分割スケールに対する流出計算結果  
再分割した方がハイドログラフの変動がやや小さくなっている。左：計算ハイドログラフ、右：サブ流域分割の例

Automatic Parameter Optimization by SCE-UA  
(Mekong River, Pakase, 1980, no subdivision)

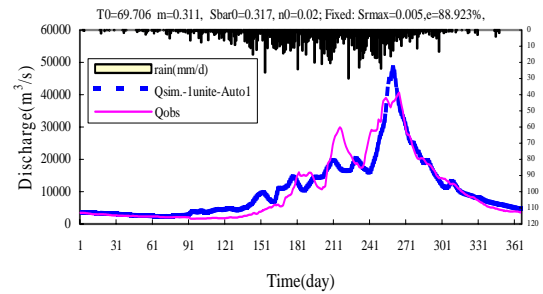


図 - 3 SCE-UA によるモデルパラメータの自動最適化

課題 ~ については、水利用に関連する水利用量や取水可能量を 0.1 度メッシュの時空間情報として、過去 20 年 ~ 将来 20 年に渡って出力することを目指している。平成 14 年度は、メコン河流域の水利用の特徴である「洪水と灌漑が密接に関連している」ことに注目して、雨量、灌漑面積、灌漑地形、土地利用、地形、灌漑施設、水位変動などの情報から、灌漑形態の分類

(農地利用の違い)を行うことを試みた(図 - 4)。さらに、個々の細部課題における解析手法や検討の結果を以下に示す。

#### 微地形情報を利用した歴史的洪水データ復元法の開発

プノンペン周辺の微地形から、1: 山地・丘、2: 高地、3: 扇状地、4: 自然堤防、5: 後背湿地、6: 旧河道、7: 池・湿地に地形分類を行い、衛星データとの比較検討・対照を行い、微地形と 2000 年洪水との関係を明らかにした(図 - 5)。

#### 農地を中心とする土地利用変化推定モデルの開発

衛星データを利用した土地利用や農地分級の方法を検討した。衛星データから作期や生育パターン・作期の違い(1~3 期作)が識別できるようになった(図 - 6)。

#### 流域レベルの農業取水可能量推定モデルの開発

全体図の中のように、農地の分類を試みるとともに、メコン河に隣接するチャオピア川のデルタ地帯における排水ブロック地域の水収支計算結果より、各ブロックの降水量、灌漑用水量、流入量の割合のモデル化を試みた。さらに、作付面積、収穫面積との関係から、低地貯留量や圃場貯留量の推定を行った(図 - 7)。

#### 流域の開発レベルが農地氾濫と灌漑に及ぼす影響評価モデルの開発

氾濫湛水と灌漑が一体になっている関係を用いて、衛星データを利用した氾濫域推定のための方法を検討した。特に、水稻の生育ステージと衛星データ反射の関係から、湛水氾濫の程度や成長度の違いを明らかにする方法を提示した(図 - 8)。

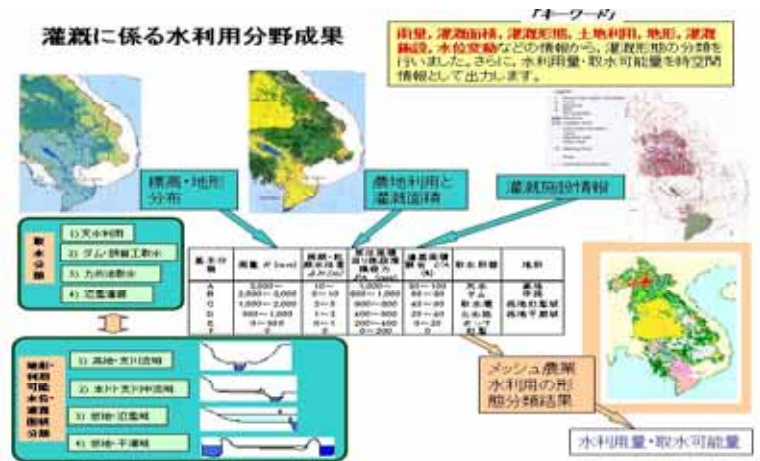


図 - 4 灌漑形態の分類



図 - 5 プノンペン周辺の微地形

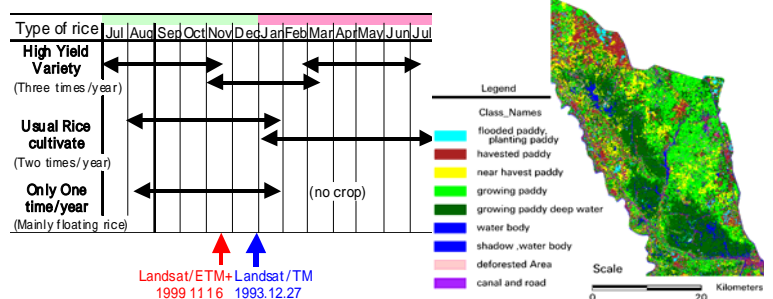


図 - 6 作付けカレンダーと水稻作付パターンの推定

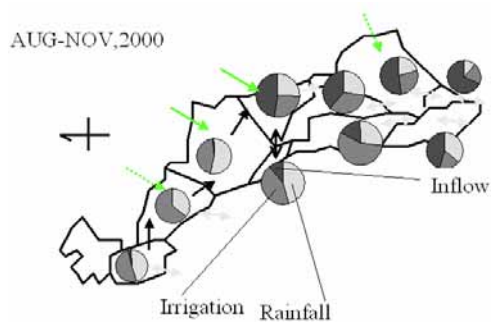


図 - 7 水資源比率

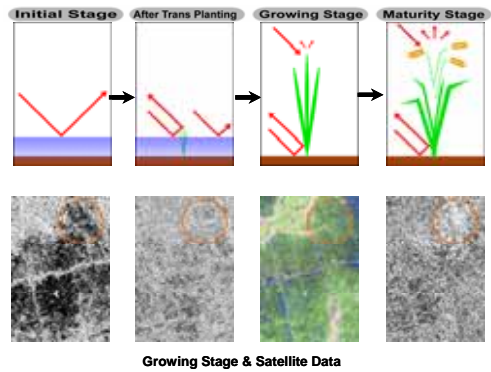


図 - 8 生育ステージと後方散乱・分光反射

### リモートセンシングによる葉面水分量および 土壌水分推定手法の確立

NOAA・HRPT データの熱バンド処理用の時系列モデル処理ソフトウェアを開発し、一連の処理ソフトウェアとして整備した。最近の 1 km NOAA 衛星と SPOT-Vegetation データを集積し、10 日間合成データを作成して時系列モデル処理による雲除去データセットを作成した。これらから季節変化を示す擬似ナチュラルカラー合成画像が 10 日間隔で作成できた (図 - 9)。

### 巨大湖沼の洪水調節機能評価手法の確立

トンレサップ湖周辺やメコンデルタ上流部における洪水氾濫特性の近年の変化を定量的に把握することを目的として、当該地域の衛星画像 (Landsat-ETM+ 等画像: 1999 ~ 2001 年、MODIS 画像: 2000 ~ 2002 年) を収集し、湛水面積の変化の抽出を行った。今後、Landsat-ETM+ 画像等を用いて洪水氾濫域時系列変化の分析と、既存地形図を基盤とした衛星画像によるトンレサップ湖氾濫貯留容量の評価、及び過去の容量評価事例との比較を行う予定である。

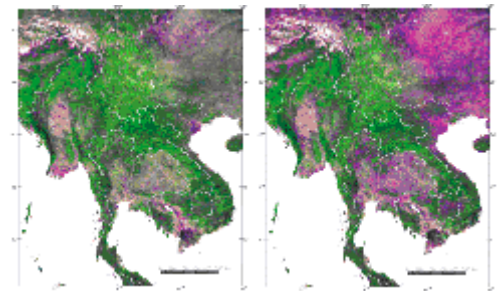


図 - 9 ノイズ除去植生指数のカラー合成画像 (左: 雨期、右: 乾期)

### サブテーマ (2) 試験流域の設置・モニタリング

メコン川流域を代表する気候・植生・農業水利用形態を有する場所を選定し、小さな試験流域を設置し、降雨量、熱収支、表面流、河川流量等の水循環を正確に、長期間計測し、本研究プロジェクトでのアジアモンスーン域水循環変動モデル開発の検証データとして共有する。さらに、国内にも試験流域を設定し、水循環の基本データ収集・解析・検証を行う。流域の選定に当たっては、CEOP と連携する。

本年度は、メコン川森林流域、カンボジア・コンポントム州の森林地帯に簡易量水試験地を設定し、モニタリングを開始した (図 - 10)。今年度中、更に増設の予定。また、トンレサップ湖周辺の洪水氾濫特性を把握することを目的として、広大なトンレサップ湖の沿岸域に数ヶ所程度、農地水田域の水利用特性を把握することを目的に 3ヶ所、人工構造物の氾濫への影響を把握することを目的として 1ヶ所程度水位観測所を設置する予定である。今年度は、観測所適地に関する予備調査を実施した (図 - 11)。2003 年度は機器の購入を行い、現地への水位計の設置は来年度に実施する予定である。



図 - 10 試験地流域の設定



図 - 11 トンレサップ湖周辺の水位計設置類似例

### サブテーマ(3) 水循環変動の素過程の解明とモデル化

水資源変動が長期的に流域の植生を大きく変化させ、それが原因でさらに水資源や生態系を変化させるメカニズム、すなわち水資源変動増幅スパイラルを明らかにする。流域の水変動が森林生態系に及ぼす影響と、その逆の森林生態系が水貯留機能に及ぼす影響の双方向から解析を行い、パラメータと成りうる要因の抽出と検証により水資源変動予測モデルを作成する。これと同様に、森林地域における積雪についても変動予測モデルを作成する。

#### 雪モデルの開発

気象データを入力とする積雪水量推定モデルの開発を行った。特に本年度は日本の山地積雪地域において、モデルの検証を行うとともに、メコン上流域においてモデルのテストランを実施した。

#### 林域における雨水捕捉・林地水供給モデルの開発

コンポントム州を中心としたメコン河森林流域において、林地への水供給、土壤中への浸潤量推定のための植生、林冠構造、土壌断面、土壌水分等の調査を開始した。その結果、常緑広葉樹林は成長速度が極めて良好、樹冠も十分に閉鎖していたが、常緑・落葉混交林～落葉樹林では伐採、樹脂採取など過去の人為影響が大きく、乾燥に弱い砂質土壌条件のため低立木密度、粗樹冠層であることを明らかにした(図-12)。

#### 土壌の保水容量に基づく水資源貯留変動予測モデルの開発

メコン河流域森林での事前調査として、国内試験地計 571 地点で簡易貫入器を用いた土層厚測定を行った結果、保水容量を決定づける主要因として注目していた表層土層厚が流域の傾斜変換線を境界として不連続的に変化していることを明らかにした。

#### 森林管理が水蒸気輸送過程に及ぼす影響の解明

国内森林流域において水蒸気輸送の測定法を高度化し、その方法論を用いてメコン河森林流域における水蒸気輸送変動予測モデルを作成するため、鹿北試験地等において蒸発散・熱収支の観測を開始した。(図-13)

#### 森林流域における水循環変動予測モデルの開発

10月、11月におけるメコン河の水の同位体組成を計測した結果、プノンペン近くでトンレサップ川と合流する前後に同位体組成が大きく変化することを明らかにした。すなわち、合流後のメコン河の値はメコン河とトンレサップ川、その他の支流の中間なものであったことから、当方法が水塊の混合に関する情報取得のために有効であることが立証された(図-14)。今年度は1月、3月にもサンプリングを行う予定である。

#### 治水地形分類図の作成

変動する治水リスクへの非構造物適用資料として、洪水被害を受けやすくしているメコンデルタの洪水地形分類図を微地形、地下地質の情報などから作成するため、基礎資料の収集と2000年洪水の聞き取り調査からドンタップムオイを対象とした地形解析を行い、自然堤防・後背湿地での湛水被害の違いを導いた。

#### 人工構造物の氾濫への影響評価

メコン河流域において洪水の疎通に影響をおよぼす人工構造物、すなわち主要な道路堤防や水路等に関するデータを収集・整備するため、平成14年9月にカンボジアとベトナムを訪れ、資料や情報を収集した。また、トンレサップ湖、プノンペン市周辺、メコンデルタを踏査し、洪水氾濫状況の把握に努めた。訪れた関係各機関の洪水防御に対する関心は高く、メコン委員会、カンボジア水資源気象省水文河川局、ベトナム南部水資源計画研究所、ベトナム南部水文気象センターでは、本プロジェクトへの参加を希望された。



図-12 常緑広葉樹林の概観(左)および落葉広葉樹林下でみられる代表的砂質土壌表層と土壌断面(右)



図-13 鹿北での50mタワーによる蒸発散熱収支観測

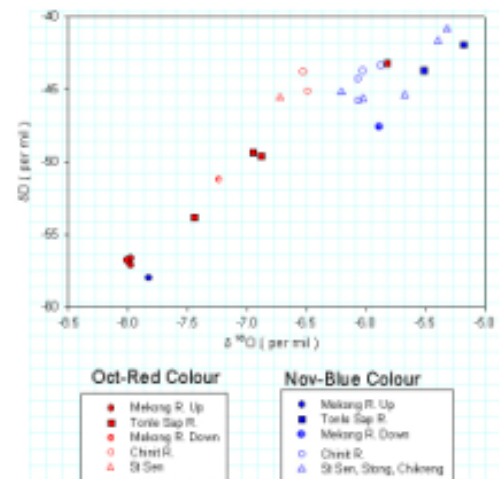


Fig - Stable isotopic composition of river water in Cambodia (Oct & Nov, 2002)

図-14 カンボジアでの安定同位体組成



図 - 15 現地調査行程  
(2002/09/28 ~ 2002/10/08)



図 - 16 Chau Doc 地点(Bassac)の水位  
(上段：今回調査時, 下段：参考)

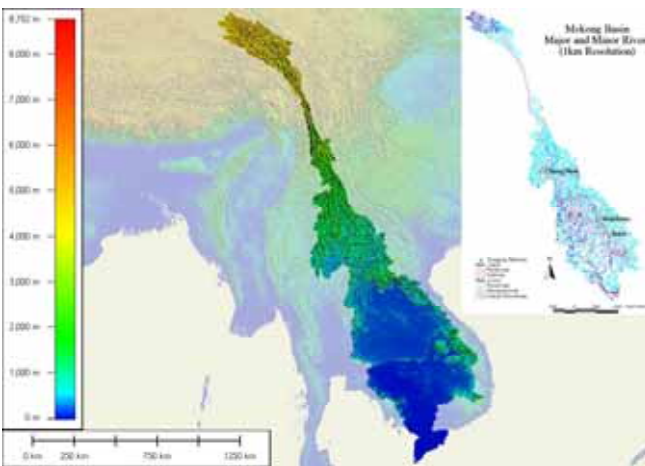


図 - 17 GTOPO30 により構築した  
メコン河流域の DEM



図 - 18 2001 年洪水時の最高水位  
(出典：ベトナム南部水資源計画研究所)

平成15年度にはこれら関係機関との協調体制を確立し、効率的な資料収集体制を構築する。また、地球地図 (Global Map V1.0) の活用を検討中である。

現状ではGlobal Map V1.0で使用されているアメリカ地質調査所(USGS)のGTOPO30をDigital Elevation Model (DEM)として用いている。今後収集されるデータはデータベース化するとともにDEMに組み込むことにより、人工構造物がメコン河の洪水氾濫に与える影響を予測可能なモデルを構築する。

降雨イベント中および直後の短期間での水量・水質変動が森林生態系、地下水涵養に及ぼす影響の解明

降雨イベント中の樹冠部分、根圏部以深の水と物質の移動の観測を行うと同時に、物質動態に関しては沈着と溶出のモデルを補完するための確認実験を瑞牆山周辺で河川源頭部にある森林斜面を中心に実施した。地表部のモデル化については、流域レベルの現象と同様に樹冠部分の物質動態も気象条件に影響を受けることを仮定し、過去の観測データ、晴天日数や降雨強度、生理活性等を組み込んだ溶質移動の試算し、降雨時の観測結果との対応を検討中である。

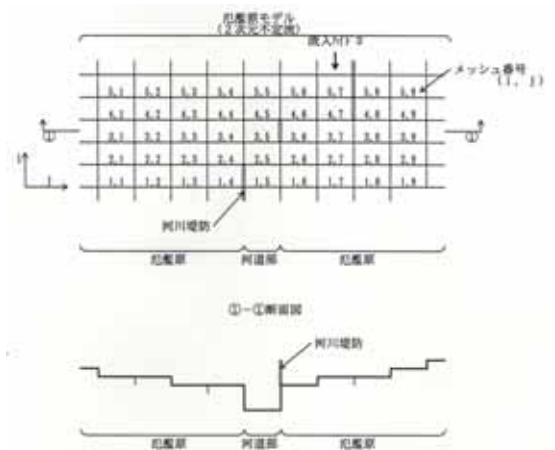


図 - 19 河道・氾濫原一体型モデル  
(全体二次元解析)のイメージ

## 5 . 黄河研究

### 5 - 1 地下水研究

黄河流域の地下水循環モデルの構築を通じて同流域の地下水将来予測マップあるいは水需要予測マップを提示することを目標に、サブテーマ（１）地下水の収支・循環機構解明のためのモニタリングと地下水循環モデルの構築、サブテーマ（２）地下水利用の現状把握と将来予測手法の開発の二つを連携させて実施した。

#### 研究の展開

研究の初年度である 2002 年度は、黄河流域の下流部山東省から最上流部青海省まで省・自治区レベルの関係機関を訪問し、研究の趣旨説明と協力依頼を実施した。これと平行して、産業技術総合研究所と中国地質調査局との間の研究協力覚書（MOU）および同附属文書の締結に向けた折衝を行い、2002 年 3 月半ばに両者の代表が文書に署名する運びとなった。

中国への関係機関訪問に際し、山東省および河南省では予察的な地下水調査の機会を得て、水井戸を利用した地下温度構造データの取得、数箇所分析用水試料の採取を行うことができた。また、モデルの構築やマップの提示に欠か

せない中国側既存データの収集にも努めた。黄河流域地図集、黄河下流域地下水面分布図ほか幾つかの有用な資料を先方から提供されたが、数値地図の現状での入手は非常に困難と判断された。

#### 解析事例

中国オリジナルの数値地図に代わるものとして、アメリカ地質調査所の USGS GTOPO30 標高データ（30 秒メッシュ）を用いて、モデル構築着手用に約 50000 格子相当の 3 次元格子システムを作成した。この格子システムにおいて、黄河全流域の概略の地下水流動系確認を試みた。その解析条件を表 1 に示す。また、本解析条件のもとで計算した、およそ 100 年経過後の地表層部の流速ベクトルを図 - 20 に示す。おおまかであるが、流速ベクトルの集中する地域が現れており、その地域は現在の黄河河道にほぼ一致する。今後は、格子の再分割、適正なパラメータの獲得などによりモデルを発展させていきたいと考えている。

また、河南省と山東省の観測井で測定した地下温度プロファイルを図 - 21 に示す。河南省の観測井 HN-3 では比較的順調な温度勾配が認められるが、山東省の観測井 SD-12 は温度構造が一樣ではなく、熱輸送の乱れを生じさせる地下水の存在が予想できる。次年度以降、このような地下温度プロファイルの現場収集を継続し、広域的な地下水流動系の解明の一助としていきたい。

表 - 1 主な解析条件

モデル化範囲	2,000km × 1,000km × 20km (流域面積 約 2,000,000km <sup>2</sup> )
格子数	57645 (45 × 61 × 21)
地質区分	無し (均質系)
水理定数	透水係数 1000md (1.0 × 10 <sup>-3</sup> cm/s) 間隙率 0.3
降水量	2.0 (mm/day)
地表流パラメータ	マニング粗度係数 10.0 (陸域部) 0.035 (河川部)
境界条件	陸側；閉境界 海側；定圧境界
初期条件	地表に沿った地下水面形

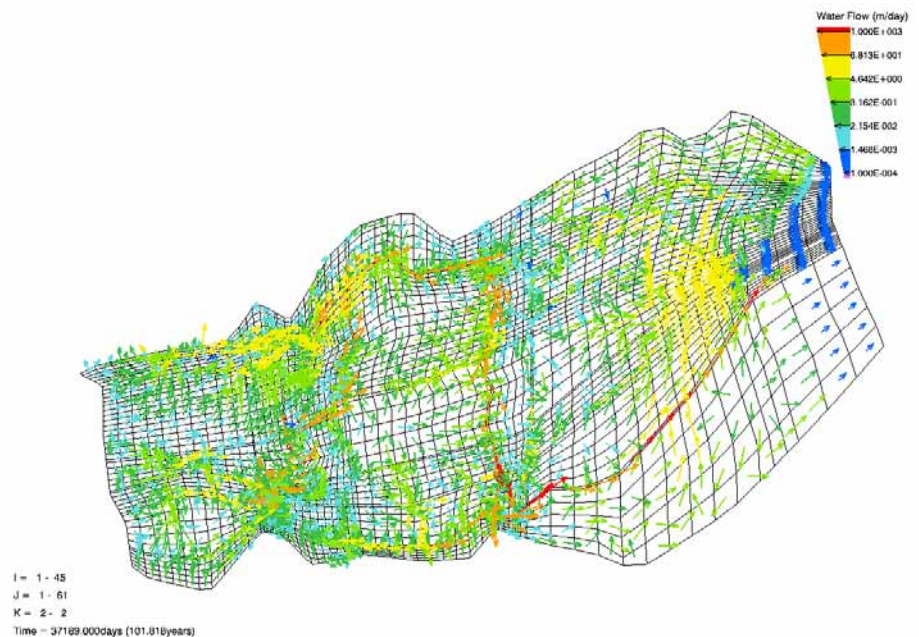


図 - 20 地表層部における流速ベクトルの分布



一方、衛星データ - Global Ecosystems Database Ver.2, 2000, NOAA - に含まれる月毎の正規化植生指数 (NDVI) から、黄河流域の植生変化を解析してみた。その結果、1986年から1990年にかけて、内蒙古自治区や甘肅省のうち黄河中 - 上流域の河道北側にあたる地域で NDVI が小さく (植生としては乏しく) なった変化が認められた (図 - 22 参照)。地表面の状態が降雨の地下浸透に影響を及ぼすため植生の変化の解析を試みたが、衛星データのみからは植生変化の原因は明らかにすることができない。今後、質のよい衛星データを検索し、誤差の少ない等高線図を作成する予定である。

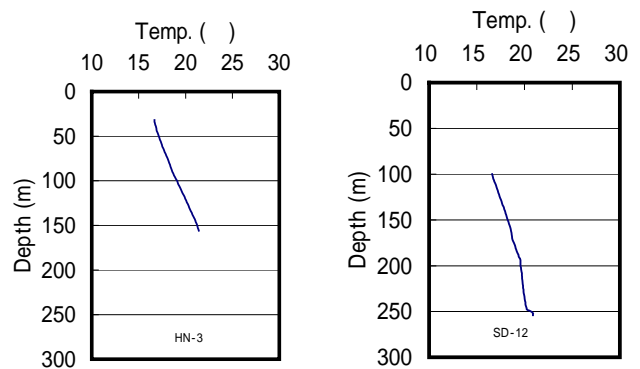


図 - 21 地下温度プロファイル  
(左：河南省 HN-3、右：山東省 SD-12)



図 - 22 1986年8月、1989年8月、1990年8月の正規化植生指数

1986年8月、1989年8月、1990年8月の正規化植生指数を赤、緑、青に割り当てて表示した画像。明るい部分は正規化植生指数が高い部分。色がついた部分は正規化植生指数が1986年、1989年、1990年で変化したことを示す。

## 5 - 2 地表水研究

### 研究計画の目的

地球温暖化に伴う気候変動は、降水分布や人間活動を変化させ、ひいては水資源問題に多大な影響をおよぼすのではないかと懸念されている。一方で、水資源の問題は灌漑農業に代表されるように、人間による水利用、さらには土地や水の管理のあり方によるところが大きいと言える。これは、河川流域を考えた場合、ある地域に閉じた問題ではなく上流・下流における取水量の関係に見られるように流域全体を考える必要があり、さらには流域で生産される農作物等を通じてグローバルな経済活動とも繋がる問題である。

本研究では、過去20年程度を対象に、地球温暖化の影響を受けやすい乾燥域を含む黄河領域について、個々の人間活動が見える地区スケールから河川流域スケールまでを対象に、水利用 (地域的水収支) の基本構造 (規定関係) を解明し、土地・水管理モデルを開発して水利用の変化可能性を評価する。また、人為的要因を考慮した10km高解像度河川流域スケール水資源モデルの開発を行う。人為的要因については、農地における水利用を中心に地球研の既存プロジェクトで実施される研究成果を取り入れ、それと組み合わせることによってより大きな成果が得られるようにする。

### 概要

1. 最近の20年間における黄河領域を対象に、現地での観測調査や農業、工業、その他社会経済に関する様々な統計データの解析、水文・気象データの解析を基に都市化、土地利用形態の変遷、灌漑農地の水取水量と作物収量の関係の実体解明を行う。
2. 土地・水管理モデルに必要なパラメタリゼーションの開発・改良を行ない、黄河領域全体をカバーする10km高解像度河川流域スケール水資源モデルと、流域の中で特徴的な地域を上流、中流および下流域から選び、農業を中心とした水利用の実態解明と土地・水管理モデルを開発する。また、これらのモデルを用いて、黄河領域における土地利用や水管理の包括的議論に資するための情報を提供する。
3. 各スケールの水循環の解明に必要な不可欠な雲・降水システムについて、人為起源エアロゾルの影響や土地利用の影響を各種気象データおよび衛星データの解析から解明するとともに、土地・水管理モデルに用いる降水量のデータセットを作成する。また、雲の分布から地表面の日射量と赤外放射量を推定し、地表面の蒸発散を広域で定量的に評価する。

## 5 力年計画

3年後および5年後の目標は次のとおりである

### - 研究開始3年後の目標

- ・10km 解像度日々変化モデルの開発
- ・総合地球環境学研究所で実施する中国における水循環、人間活動、土地利用の観測調査や、それらと相補的な視点から本研究開発プロジェクト経費で行う現地観測調査を基に、灌漑農地を中心とした水循環システムの実態を解明し、土地・水管理モデルに取り入れるためのパラメタリゼーション手法を開発する。
- ・黄河領域の特徴的な地区を選び、水利用と農業(作物の種類と収穫量等)の実態解明と、灌漑農地や都市化等、土地利用形態や取水実態を反映させた地区スケールの土地・水管理モデルを開発する。
- ・黄河領域全体を対象とし、日々変化を表現できる10km 解像度水資源モデルを開発する。
- ・各スケールのモデルに利用できるように降水、日射量、赤外放射量のデータセットを作成する。
- ・降水量や気温等のデータから特徴的な年を2~3年選び、実態解明と土地・水管理モデル開発の対象となった地域について、気候、水資源、水利用、農作物収穫量等の関係を解明する。また、地区スケール土地・水管理モデルと河川流域スケール水資源モデルをカップリングさせ、さらに各種データを用いた黄河領域全体の解析から、水資源問題に及ぼす上・中・下各流域の間接的影響を評価する。

### - 研究開発5年後の目標・20年間の黄河領域の土地・水利用の実態解明

- ・10km 解像度河川流域スケール水資源モデルに様々な直接的および間接的な人為的要因を取り込む。
- ・過去20年を対象に黄河領域の水資源、土地利用および水利用について、モデルシミュレーションと現場観測、各種観測データによる総合解析を行ない、それらの変動の自然変動要因と人為的要因、およびこれらの相互作用メカニズムを解明する。
- ・モデルシミュレーションと調査観測データ解析に基づき、黄河領域における長期間の持続的な土地・水管理に資するための情報を提供する。

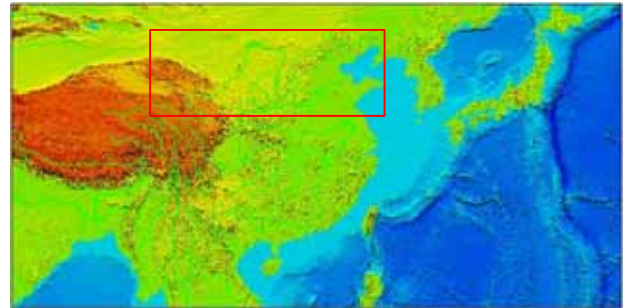
## 平成14年度の計画

- (1) 黄河領域(図-23)の高解像度降水グリッドデータセットの作成。
- (2) 圃場における既存のハイドロダイナミクスモデルの改良及びパラメータ検証のための現地及び試験圃場における補足的観測。
- (3) 黄河領域を対象とした日々変化を表現できる10km 解像度水資源モデルの基本構造開発。

## 平成14年度の成果

1. 平成15年1月28-29日、京都において、黄河の水循環・水資源に関する国際ワークショップを開催し、中国側を含む外国から10名、国内から30名の参加者があり、黄河研究の国際的推進を合意した。また、高解像度の降水データセット作成についても、早急に作成できるように、既存データの収集を開始することに合意した。
2. 農業における水利用の実態解明のために、黄河上流域の灌漑農地と中流域の大規模灌漑農地を候補地として現地観測を行うことに決まった。
3. 水資源・水利用のモデルを作成するには、まず既存の水文モデルのパラメタライズが必要であり、その第1弾として黄河流域の支流、落河に含まれる小流域であるLushi流域(4,623km<sup>2</sup>)を候補として、試算を開始した(図-24)。
4. 20年間の土地利用変化を人工衛星情報から推定する研究開発を開始した。

黄河領域における水利用の実態解明と土地利用・水管理モデルの開発



研究対象域:北緯33-42度、東経95-123度

図-23 研究対象領域

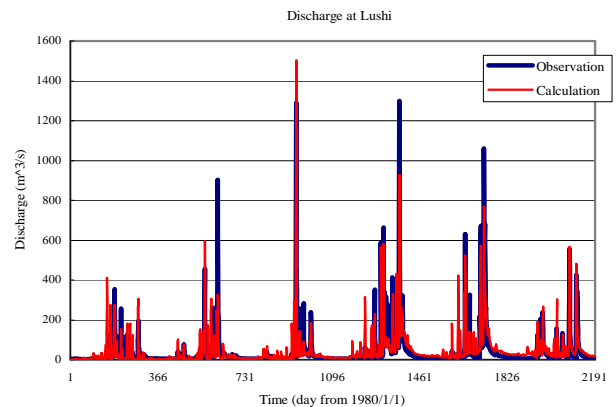


図-24 Lushi 観測地点でのハイドログラフの比較