

広域水循環予測及び対策技術の高度化

研究代表者： 植田洋匡(京都大学 防災研究所)

1. 研究開発の目的

全地球的課題である広域水循環の予測技術とその対策技術の高度化を目的に、6つのサブテーマの実施により、地球シミュレータによる全球的気候変動予測、高精度な領域/局所モデルの開発と、それを用いたアジア・モンスーン水循環の高精度把握を進めると共に、それら理学的な研究と、工学/農学/社会科学を総合的に結合し、新たな水循環対策手法の開発を進める。

2. 研究開発の概要

「森は雲を呼ぶ」の仮説検証を目的として、図2—1に示すような広域水循環システムの各研究項目(①~⑬)を、サブテーマ1~6が研究することにより、持続性のある水資源対策技術を構築する。

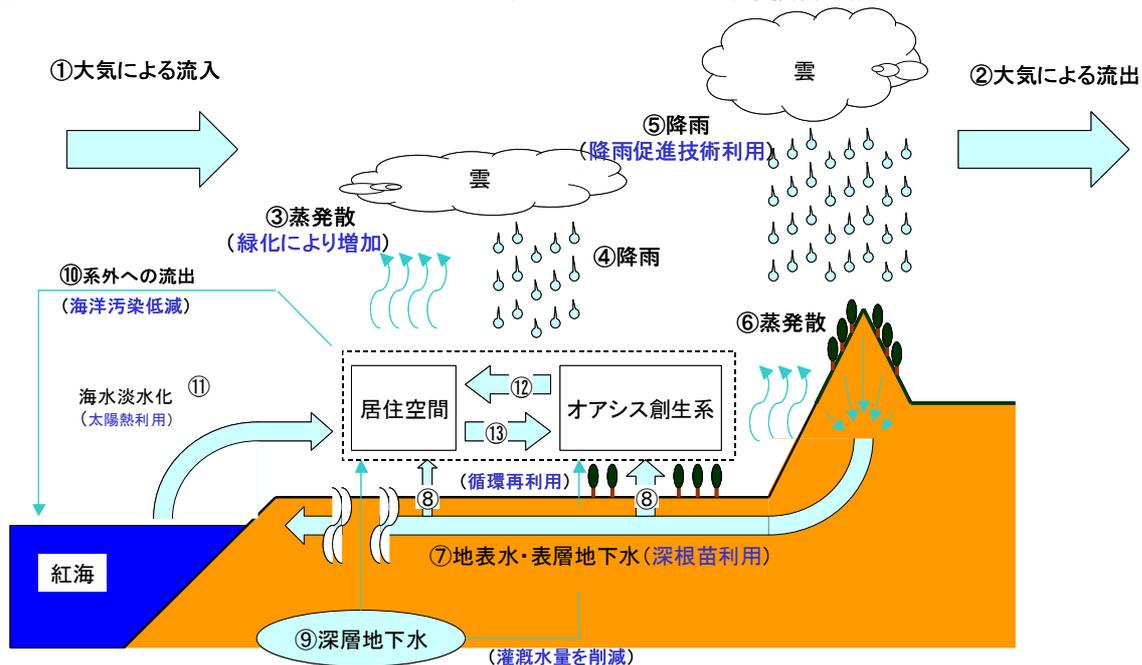


図2—1 広域水循環システムの研究項目(青字は本PJの主要研究課題)

各サブテーマが分担する主たる研究項目は次のとおりである。()は、関連する研究項目を示す。

- サブテーマ1(地球規模の水循環): ①、②
- サブテーマ2(多雨地域の水循環): ①、②、③、④、⑤、⑥、⑦
- サブテーマ3(乾燥地域の水循環): ③、④、⑤、⑥
- サブテーマ4(水資源確保): ⑦、⑧、⑨、⑩、⑪
- サブテーマ5(オアシス創生): ⑫、⑬、(③、⑥、⑧、⑨、⑩、⑪)
- サブテーマ6(社会影響評価): ⑫、⑬

図2—1の広域水循環システムでは、 $①+⑪+⑨=②+④+⑤$ の条件下で、水循環サイクルを加速して、居住空間+オアシス創生系の水利用量(④+⑤+⑧)を増加させ、深層地下水の利用を削減するのが狙いである。

3. 年次計画

各年度の研究計画と各サブテーマの連携は、図3—1のとおりである。西アジアの乾燥地を対象とした各サブテーマの研究分担と連携方法を図示したものを図3—2に示す。

		H14年度	H15年度	H16年度	H17年度	H18年度	成果
東アジア	(2)大気・陸域・海洋水循環変動に伴う災害予測	①大規模モデル ②水収支モデル ③領域/局所	高解像度大気海洋モデル 問題抽出 モデル構築 大気/海洋/陸域	水循環モデル	東アジアの水循環解析		東アジアの水災害予測
	(1)地球シミュレータを用いた全球的気候変動予測		超高解像度大気大循環モデルの開発	領域計算の境界条件を提供	気候変動予測		広域水循環の変動予測
西アジア	(3)領域/局所統合モデルによる西アジア水循環解析	問題抽出 気象調査 領域計算の境界条件	新物理モデル データ解析	統合化 緑化位置	中東域の水循環解析 気象予測	影響予測	海洋性砂漠の水循環予測
	(4)水資源確保に関する研究	現地の気象情報 現地調査	国内試験	現地実証試験			環境負荷の小さい集水/造水の基礎検討
	(5)水循環型緑化・居住空間創生・生物生産システムの開発	現地調査	国内試験	現地実証試験			水循環型オアシス創生の基礎検討
	(6)砂漠環境改善がもたらす影響評価	現地調査	手法検討	社会科学的な影響の評価/予測			社会科学的環境アセス

人・自然・地球共生プロジェクト

図3-1. 各年度の研究計画と各サブテーマの連携

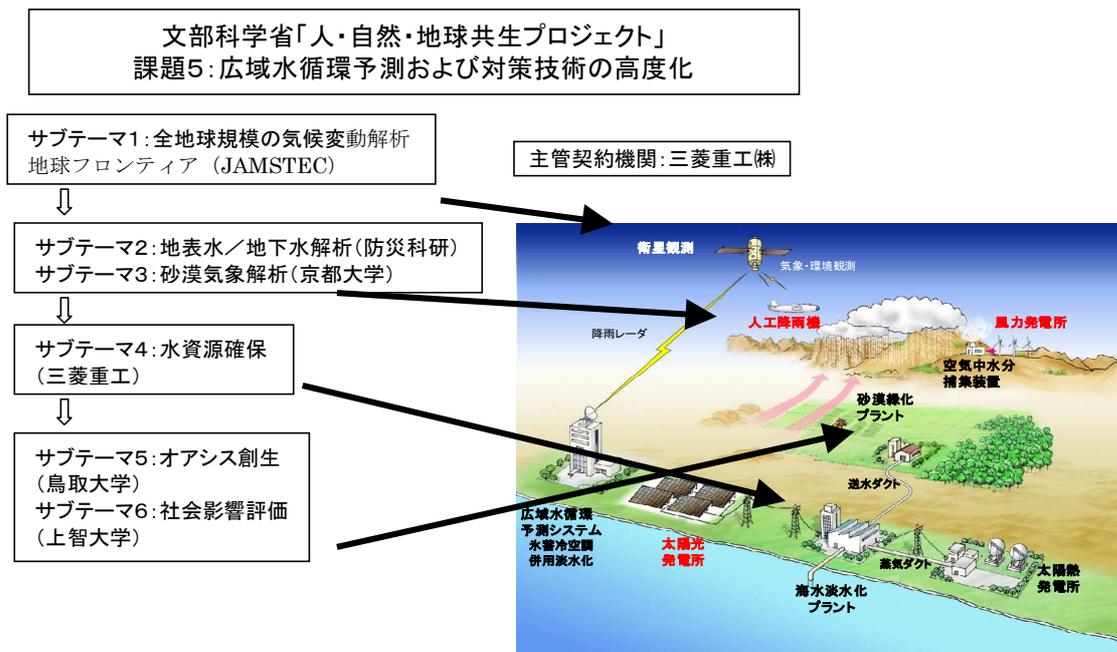


図3-2 各サブテーマの研究分担と連携方法

4. 平成16年度の研究開発計画

(1) 海洋性砂漠の成因とその変動の解明と予測に関する研究

(独立行政法人海洋研究開発機構横浜研究所)

15年度までに連携課題として実施してきた実データ再解析、地球シミュレータ用結合モデル実験、EUコミュニティモデル実験の結果を各モデルのパラメタリゼーションに反映させ、予測精度の向上を目指すと共に、領域モデル開発との連携を図る。

(2) 東アジア域の大気・陸域・海洋水循環変動に伴う災害予測に関する研究

(独立行政法人防災科学技術研究所)

15年度に統合化を図った各種予測モデル(高解像度大気海洋結合モデル、広域水収支モデル等)を用いて、植生変化に対する長期計算、中国長江流域の自然変動及び土地利用変化に伴う水災害の変化について予測計算を行う。また、領域大気モデルにおける高解像度大気海洋結合モデル計算結果からのダウンスケーリング手法の確立を図るとともに、領域海洋モデルによる長江河川流出効果の影響計算、タイのモン

スーン期における降水量と水災害の関係解明検討を実施する。

- (3) 領域水循環統合モデルの開発とそれを用いた海洋性砂漠の水文・水循環とその変動の解明と予測に関する研究(京都大学防災研究所)

15年度研究に引き続き、領域/局所水循環モデルの構築と検証を進め、大気/海洋/陸域/植生の相互利用と雲物理過程のパラメタリゼーションについて観測、実験を通して更なる精緻化を図る。一方、アラビア半島について緑化システム位置候補地の選定および緑化に伴う気候、水文変化、特に降水量増加特性(「森は雲を呼ぶ」)の検証を行う。また、グローバル気候変動に伴う緑化地域の水文特性変化を検証する。

- (4) 水資源確保に関する研究(三菱重工株式会社技術本部長崎研究所)

空気中水分回収装置をサウジアラビアに設置し、現地で実証試験を実施する。また、サウジアラビア科学技術庁(KACST)と共同で、太陽熱利用淡水化システムの可能性を検討するとともに、サウジアラビア気象環境庁(PME)と共同で、降雨促進試験計画を立案する。

- (5) 水循環型緑化・居住空間創生・生物生産システムの開発(鳥取大学乾燥地研究センター)

15年度に立案した緑化・砂漠化対処計画に基づく緑化システム及び連携した集水多目的利用要素技術の国内基礎検証を行う。

- (6) 海洋性砂漠の環境改善がもたらす環境影響評価及び人間社会への影響評価に関する研究(上智大学法学部)

サウジアラビア国の環境行政組織及び行政過程など環境行政の実態、同国の水資源賦存状況、水資源についての当局方針、緑化及び水資源管理による人間社会への影響、サウジ政府の温暖化対策及び京都議定書対処方針等を勘案しつつ、(5)で検討する西アジア地域(サウジアラビア周辺)での緑化システムの構築及び集水の有効活用システムに対する、環境影響評価手法構築に関する基本検討を実施する。

5. 研究開発成果

5.1 海洋性砂漠の成因とその変動の解明と予測(サブテーマ1)

全球的気候研究への貢献も視野に入れつつ、人間の社会的活動により直接的に結び付いた領域的気候研究を現代の重要課題である水循環を切り口にして戦略的に展開する。具体的には、中東、インド洋を含む領域を中心とした広域水循環変動の主要因となる気候変動のメカニズムを研究し、当該領域内に存在する海洋性砂漠の成因とその変動要因に焦点をあわせ、実データ解析と高解像度気候モデル(大気海洋結合モデル)及び領域気象モデルによるシミュレーションを研究の両輪とする統合的研究プロジェクトを進める。

5.1.1 平成16年度の研究実施計画

(1) 連携プロジェクトの一環で行って来た、NCAR/NCEP及びECMWF等の再解析値を用いた(実)データ解析研究の継続的推進。(IOD, ENSO及びNAO等の主たる変動モードがアジア地域の気候に及ぼす影響を統計的に研究する)

(2) EUコミュニティーモデルによる当該地域の気候の再現と降雨特性の把握をインドモンスーンとIODの再現を主眼として行う。

(3) モデル及び再解析データを用い、地中海に起源を持つストームがスケール間相互作用を通して当該地域の気候に及ぼす影響を研究し、また地球シミュレータセンターの高解像度結合モデル開発推進グループと連携し、関連する研究テーマに関する高解像度アンサンブルシミュレーションの準備を行う。

(4) 領域気象モデル開発と連携し、研究に用いるモデルの最適並列化等の整備を促進する。

5.1.2 平成16年度の研究成果

本サブテーマ1は今年度より正式に共生プロジェクト課題5に参入した為、今年度は研究実施計画に挙げた様に、以前の連携プロジェクトからの研究のまとめとその延長(項目1)及びEUとの共同で開発した結合モデルSINTEX-F1による気候変動シミュレーション研究(項目2)を重点的に行い、来年度以降の最終的研究段階に必要なモデルの準備・開発活動(項目3, 4)を同時並行に行った。

項目1, 2の研究成果:

気候変動に伴う全球及び領域とその両者間の相互作用を含むものとして定義される広域水循環変動の研究は、現在の地球環境問題の最重要課題の一つとして挙げられているが、乾燥地の水循環は今までに殆ど手を付けられていない未知の分野と言える。本共生プロジェクトで取り上げたアラビア半島の南西地区も広域水循環の視点からの研究は今までに存在しない。これまでの連携課題における実データ解析の研究を通して、当該領域の降雨は冬季の低気圧性擾乱に伴うものが年間降雨量に大きく寄与していると同時に、ENSOや新たに発見されたインド洋の“エルニーニョ”であるインド洋ダイポール(IOD)の影響を強く受け経年変動している事が確認された。

以上の様な背景から、今年度は上記研究計画にもある様に、実データ解析からモデルによる予測へ向かう結節点となる研究フェーズであるので、当該地域の気候の再現にとってキーとなる IOD のモデルによる再現性や予備的予測可能性実験を幅広く行った。IOD はインド洋周辺のみならず極東やヨーロッパにまで影響を及ぼすが、現時点での実験は予備的段階である事と紙面の制約もある為、ここでは再現性に関するハイライト的シミュレーションの一例を現在進行中の成果として紹介する。また、昨年の研究の延長として、IOD 年の降雨の増加が現実に当該地域の植生にどの様に影響したかを衛星データで検証を行ったので、まずそれを紹介した後、モデルの IOD の再現性の結果を示す。図5. 1. 2-1は Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) として知られる衛星観測から得られる植生指数である。

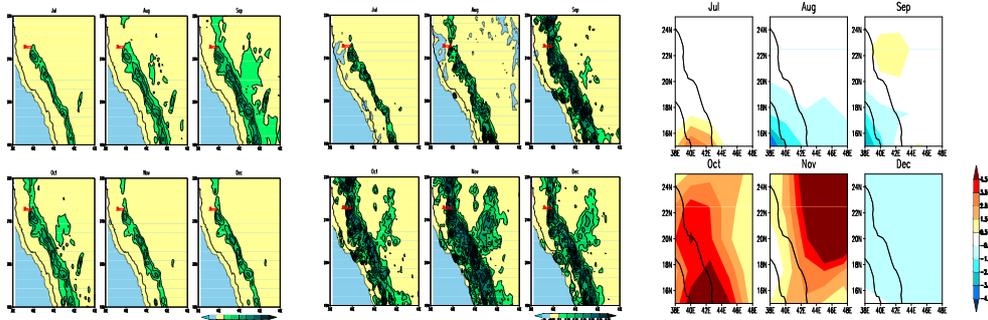


図5. 1. 2-1:IOD 年(1997)の Asir 地区における 7~12 月までの植生の変化
(NDVI AVHRR Pathfinder 8x8km)
(左)平年、(中)1997 年、(右)同年における降雨量の偏差

右図に示された IOD 年後半の降水の増加に対応して、顕著な指数の増加が見取れる。1997 年の様な IOD が起きている年では、鉛直積分量としての水蒸気の輸送はスーダンから紅海を通り当該地域に達する量が増加し、アラビア半島南西地区の降雨量偏差も共に増加する。(図5. 1. 2-2)また当該地域に限れば、同図よりエルニーニョの時も似たようなパターンが現れ、特にエルニーニョと IOD が同時に起こる年は、この傾向が互いに強め合う。

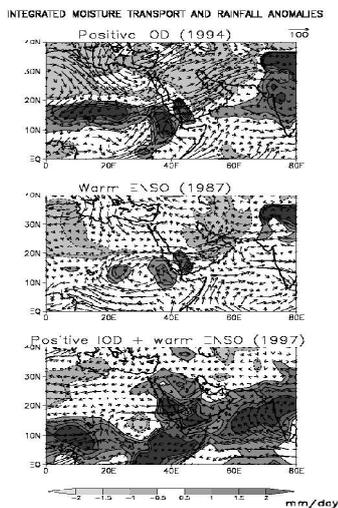


図5. 1. 2-2:鉛直積分された水蒸気輸送と降雨の偏差。(上)IOD 年
(中)ENSO 年、(下)IOD/ENSO

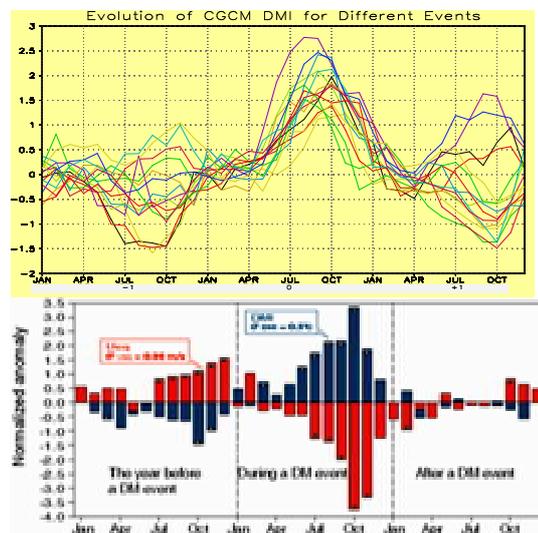


図5. 1. 2-3:結合モデル SINTEX-F1によるダイポール指数の再現。(上)モデル(下)観測

広域水循環予測の基底となる結合モデルによって、上記に示した様な IOD や ENSO の影響を正しく再現するには IOD が現実に近い形で再現されていなければならない事は言を待たない。しかし、気候研究の先端で用いられている結合モデルがすべて IOD を再現できてはいず、IOD の現実に近い再現性は易しい自明な問題ではない。特に、インド洋は太平洋以上にチベット高原に起因するアジア/インドモンスーンの直接的影響下にあり、MJO の活発な活動を始め、様々なスケール間相互作用の舞台となっていると思われる、そこにおける現象のモデルによる再現は挑戦的課題と言える。我々が現在 EU と共同で開発しつつある結合モデル SINTEX-F1 は、平成 15 年度から 16 年度にかけて行なわれた長期積分の結果を見る限り IOD や ENSO を良く再現できるモデルである事が検証されつつあり、最近発見された IOD の実在性の論争に終止符を打つのに多大に貢献したモデルとな

っている。図5. 1. 2-3の上図はモデル出力から計算した IOD の指数で、秋から冬にかけて大きくなる様子は下図の観測値から導出したものに近い形となっている。

また、今年度は地球シミュレータセンターと共同で高解像度大気モデルの長期積分を計画し、その中で当該地域冬季の低気圧性擾乱の再現性を検証する事を計画準備した。モデルの調整を終え、現在長期積分を実行中である。

5. 2 海洋性砂漠の水文・水循環とその変動の解明と予測(サブテーマ3)

これまでの「砂漠化防止」、「砂漠緑化」は、平坦な砂漠を対象に実施されてきたが、緑地の永続的な形成に成功しているとはいえないのが現状である。本研究では、高温多湿のモンスーンが流入し、しかも霧の多発する山岳地域を含む「海洋性砂漠」を対象とした。

昨年度までの研究で緑化対象としてアラビア半島の紅海に面する地域を選定した。紅海に面して幅100-150kmの海洋性砂漠が形成されており、背後に海岸線に平行に標高2000-3000mの山脈が長さ1500kmにわたって連なっている。そこには、高温多湿のモンスーンが流入して年間200-300mmの降水量があり、Taif, Abhaなどの高原都市が点在している。なかでも、沿岸の商業都市 Jeddah(人口220万)から聖地 Mecca, 高原都市 Taif(標高1800m)を東西に直線的に連ねた地域はサウジアラビア国内でも経済的、文化的に重要な地域であり、降水量も比較的多いことから「大規模緑化」の第一候補地に選定した。

自立的な森林成長を可能にする第一のポイントは、緑化地域から蒸発散した水蒸気が、トリガーになって蒸発散→雲生成→降水→蒸発散の水循環サイクルを加速するとともに、高温多湿の流入気流に雲生成→潜熱放出・上昇気流→積雲生成・降水の「正のフィードバック」効果を生むことが期待できることである。もう一つのポイントは、霧、雲の多発地域で一旦樹木が成長すると、樹木が霧を捕捉し(「樹雨」(きさめ)という)、その捕捉量が欧米の降水量にも匹敵することが見込めることである。従って、樹木がある程度成長すると、その後は「自立的」に生育していくことが期待できる。

5. 2. 1 樹雨(霧水沈着)の予備的解析

原研で開発した陸面多層モデル SOLVEG を用いた数値実験により、樹雨(霧水沈着)の予備的解析を行った。

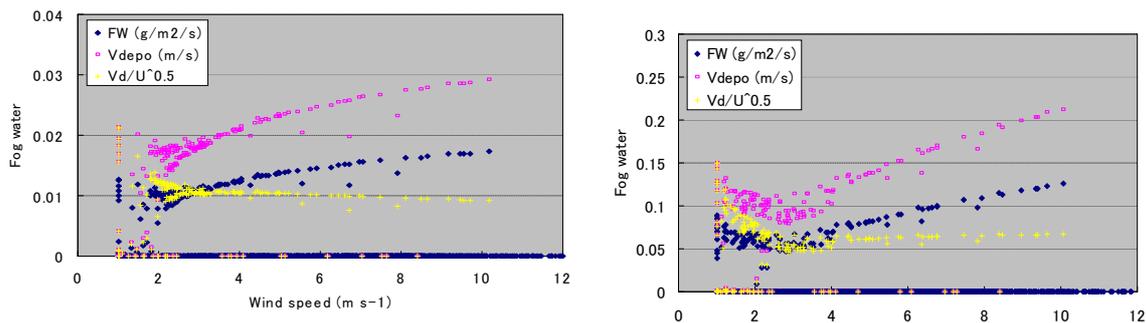


図5. 2. 1-1 草原(草丈 30cm)、森林(樹高 5m、樹幹 1m)の霧水沈着速度 $Vd(m/s)$ 、 $Vd/U^{0.5}$ 、沈着フラックス $FW(g/m^2/s)$ 。U:地上10m高の風速

数値実験の入力としては、これまでにモデル検証に用いてモデルが観測値を良好に再現した米国カンザス州における野外観測(CASES-97)データを用いた。相対湿度が100%に近い条件において仮想的な霧水量(0.5g/kg)を境界条件としてモデルに入力し、草原、小麦畑及び森林における霧水沈着量の解析を行った。霧水の沈着速度は、葉面積指数 LAI、葉面積密度 LAD 及び風速に依存し、 $LAD=0.5m^2/m^3$ 樹高 5m の森林では、風速 6m/s 程度で沈着速度が 0.15m/s 程度となることがわかった(図5. 2. 1-1)。これに対して、草原の霧水沈着速度は森林での 1/10 であった。この値を樹雨(霧水沈着)量の推定に用いた。

5. 2. 2 砂漠緑化前後の水収支、水循環の変化—森林の自立的成長の可能性—

a. 数値実験の概要

数値実験には構築してきた領域水循環モデルシステムを用いた。NCEP final analysis data と RTW SST data を入力として、広領域(解像度 90km, 134x93)から中領域(解像度 30km)、小領域(解像度 10km)について one-way nesting により順次計算を行い、その結果を境界条件として緑化前後の気候、水循環の変化を調べた。水循環モデルシステム中の気象モデルのフレームワークは 3D non-hydrostatic の PSU/NCAR MM5 ver.3.6 (Dudhia, 1993)で

である。計算領域の格子は horizontal grid:80 grids (5km) x 135 grids (5km)、vertical grid:40 layers (10m~1000m)であり、次のような計算スキームを用いた。Radiation scheme : CCM2、Explicit moisture scheme : Reisner 2、Cumulus scheme : None、Boundary layer scheme : MRF with LSM。

b. 緑化地域の地形と気象特性

総観規模の地表風は、アラビア半島南部インド洋上に冬季南西風、夏季北東風のインド洋モンスーンが形成され、アラビア半島北部には地中海からの湿った気流が入り込み紅海上を南下してインド洋モンスーンとぶつかって収束域を形成する。しかし、上空 500hPa 面では年間を通してアフリカ大陸の乾燥地域を横断してきた西風に覆われ、ハドレー循環による下降気流の影響も受けて極度に乾燥した状態にある。このため、大気下層の気層中では特に冬季水蒸気収束が顕著になって湿潤になるが、湿潤気層は冬季 850hPa、夏季 400hPa より下に限られる。

c. 緑化前後の気象、水循環の変化

緑化地域は Jeddah, Mecca, Taif を含む幅 100km、長さ 150km の領域である。この地域には沿岸から海洋性砂漠が発達し、その背後に長さ 50km にわたって標高 1400m の高原が広がっている(図5. 2. 2-2)。この地域では熱的に誘起される局地風が支配的で、日中は紅海からの海風と高原・砂漠間に形成される台地平地風循環が結合した大規模海風が卓越し、これが紅海上の湿潤空気を高原地域に輸送して降水をもたらす。これが同地域の主要な降水機構である。夜間から早朝には陸風と台地風が結合した大規模陸風が形成され、これが紅海を南下する領域規模の湿潤気流とて収束域を形成して降水をもたらす。

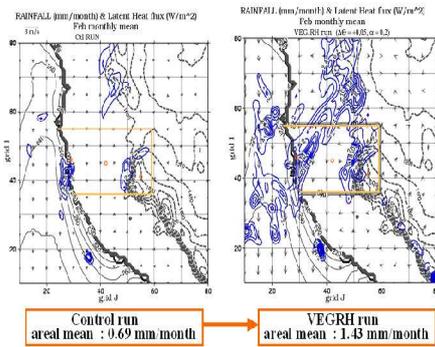


図 5. 2. 2-2 砂漠緑化前後の降水量変化. 2004 年 2 月、月積算値

表 5. 2. 2-1 現状 CTL と砂漠緑化後の水文変化

2004年2月					
	降水量 P mm/month	霧水量 CLW g/kg/month	樹雨量 FD mm/month	蒸散量 LHF mm/month	(P+FD)-LHF
CTL	0.69	3.9	--	6.6	-5.9
常緑針葉樹 (100kmx10km)	0.71	7.8	9.4	9.7	0.4
低草 (100kmx150km)	1.43	7.8	0.9	64.0	-61.7
2004年1月					
	降水量 P mm/month	霧水量 CLW g/kg/month	樹雨量 FD mm/month	蒸散量 LHF mm/month	(P+FD)-LHF
CTL	59.9	4.5	--	8.1	51.8
常緑針葉樹 (100kmx10km)	67.3	7.9	20.5	9.4	78.4
低草 (100kmx150km)	75.4	13.1	1.5	25.4	51.5

現況の被植率σは、衛星データ NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)の解析から高原部で3%以下、砂漠部でゼロである。これを低草に変えたときの月間降水量の分布と風速、気温、相対湿度の変化を図5. 2. 2-2に、低草と常緑針葉樹による2種類の砂漠緑化について、緑化前後の水文変化を表5. 2. 2-1に示す。境界条件は 2004 年 1 月と 2 月についてのものである。1 月、2 月の月降水量は年最高と最低を記録した。

表5. 2. 2-1から明白なように、砂漠緑化により降水量 P は数 10%増大するものの、蒸散量 LHF は低草原にした場合現状の 10 倍に増大し、蒸散量が降水量を大幅に上回ることになり、自立的な植物成長は望めない。一方、常緑針葉樹林では蒸散量の増加は数 10%にとどまるが、降水量の最低になる2月には蒸散量が降水量を遙かに上回る。

一方、霧水量 CLW は砂漠緑化により数倍増大する。緑化植物による霧水捕捉量(樹雨量)FD は、常緑針葉樹林で月間 10-20mm、年間 200mm 程度期待できる(低草原ではその 1/10)。これを加えると、降水量の最低になる2月でも正味の降水量 P+FD-LHF は正になり、自立的な植物成長が期待できる。

以上のように、常緑針葉樹をある程度育てると、後は自立的に成長を続けることができる。即ち、砂漠緑化は持続的発展を遂げることが可能である。

今後、数値実験を継続して、砂漠緑化の適地と緑化する植物種や被植率等を厳選していく必要があるが、緑化植物をある程度育てるまでの数年間の水資源(砂漠緑化のトリガー)をいかに確保するかが課題である。この技術開発はサブテーマ4で実施する。

5. 3 水資源確保に関する研究(サブテーマ4)

5. 3. 1 業務の目的及び内容

再生可能な自然エネルギーを可能な限り利用し、海洋性砂漠を対象として、持続可能な水資源確保技術の基礎検討を行う。

5. 3. 2 平成 16 年度研究実施計画

空気中水分回収装置をサウジアラビアに設置し、現地で性能試験を開始する。また、サウジアラビア科学技術庁(KACST)と共同で、太陽熱利用淡水化システムの可能性を検討するとともに、サウジアラビア気象環境庁(PME)と共同で、降雨促進試験計画を立案する。

5. 3. 3 平成 16 年度の研究成果

(1) 大気中水分回収装置の現地実証試験準備

H15 年度に、空調設備と兼用して大気中の水分を回収する装置(図5. 3. 3-1)を試作し、国内での性能確認試験を完了したので、この装置の現地実証試験を、サウジアラビアの Jeddah にある King Abdul Aziz 大学(KAAU)と共同研究として実施することで、相手先との合意が得られた。このため、H16 年度は、この装置を現地に輸送した。H17 年度は、回収水を飲料水として利用するために、水質、水量、電力消費量を、1 年間、測定する。



図5. 3. 3-1 空調設備兼用空気中水分回収装置
(右側のビーカー内に 500 リッター/日の水が回収された)

(2) 太陽熱利用淡水化システムの関連技術調査

イタリアエネルギー環境研究所(ENEA)の太陽熱発電設備、ドイツ航空宇宙センター(DLR)の太陽熱研究設備を訪問して、実験設備の稼動状況を調査するとともに、スペイン太陽熱研究所(PSA)の太陽熱発電+淡水化装置(図5. 3. 3-2)について、文献調査した。欧州各国および EU は、太陽熱発電技術を風力発電に続く輸出産業とするために、多額の研究費を投じて、実証試験を進めていることが分った。H17 年度は、ドイツ DLR と共同で、建設コストおよび造水コストを詳細に評価する。

我が国は、1984年頃に政府援助でアラブ首長国連邦(UAE)のアブダビに太陽熱利用淡水化装置(多段効用型 MED; 120m³/日)を建設、運転したことがあるが、その後は、研究が中断している。



図5. 3. 3-2 スペイン太陽熱研究所(PSA)の実験設備(右下が淡水化試験設備)

Collectors orientation		27° O
Number of collectors		348
Collector thermal energy	GWh/y	160.3
Storage capacity	MWh	600
Electric nominal power	MWe	12
Electric conversion gross efficiency	%	39
Delivered electric energy	GWh/y	51.9
Capacity factor	%	49.3
Primary energy savings	TEP	11,135
Avoided CO ₂ emission	ton/y	34,588



図5. 3. 3-3 イタリアエネルギー環境研究所(ENEA)が計画している太陽熱利用発電設備

(3) 降雨促進実験の実施計画

サウジ気象環境庁(PME)が自主予算で実施する降雨促進実験に、本PJで研究中の気球を利用した散布技術(図5.3.3-4)を提案したところ、実施に向けて協力要請があった。サウジPMEは、米国大気研究センター(NCAR)に依頼して、2004年から飛行機を利用した降雨促進実験を開始している。このため、2005年1月に米国にてNCAR関係者と今後の協力体制を協議した。

NCARは、2001、2002年にUAEおよびオマーンで約100回の降雨促進実験を実施した他、現在、インドのマハラジャ州でも降雨促進実験を実施中であることが分った。

本PJとしては、PMEの予算で2005年から降雨促進実験を実施する体制を検討した。

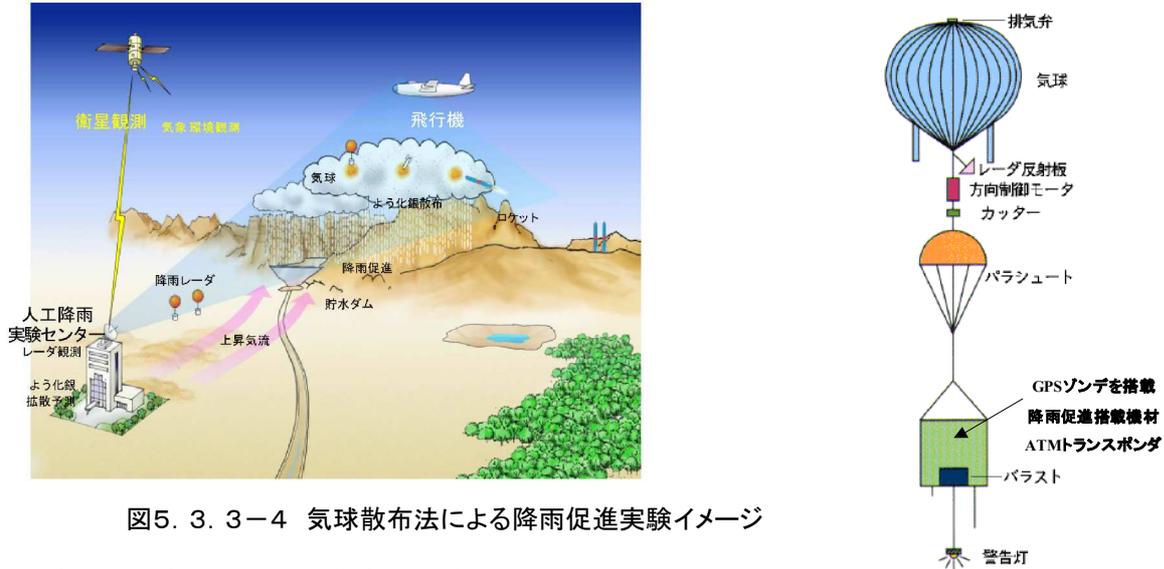


図5.3.3-4 気球散布法による降雨促進実験イメージ

(4) 地表水および地下水利用可能性の調査

サブテーマ3の気象シミュレーションによって、緑化によりある程度の降雨促進効果が期待できることが分ってきたので、この降雨を、どの程度、利用することが可能かを数値シミュレーションによって調査する作業を、次の分担で開始した。

① 地表水シミュレーション(防災科研)

地表水および地下水シミュレーションのイメージを図5.3.3-5に示す。

数10km四方の範囲で、数日程度の短期的な降雨による流出流量を計算(図5.3.3-6)し、ダムによる貯水量を推定する。

② 地下水シミュレーション(京大水資源研究センター)

約100km四方の範囲で、数10年の長期的な地下水計算を行い、伏流水(ワジ)として利用可能な水量を推定する。

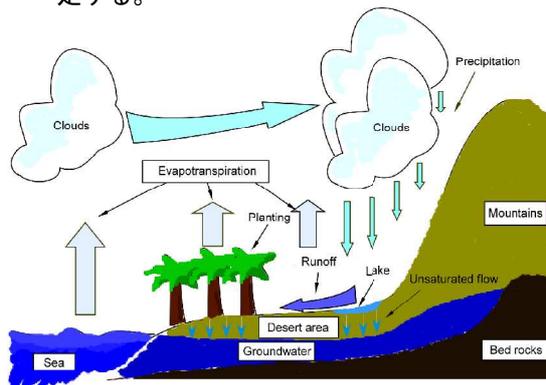


図5.3.3-5 地表水および地下水シミュレーションのイメージ

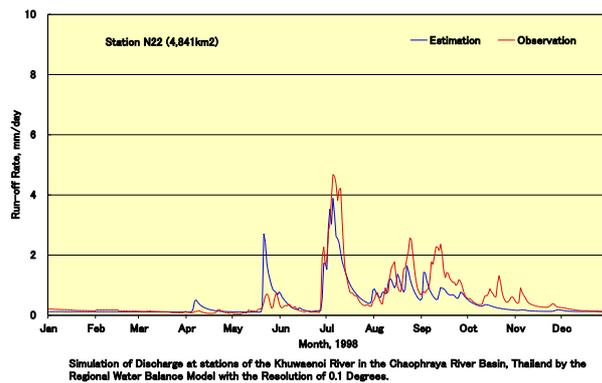


図5.3.3-6 タイのチャオプラヤ川における日流出量の計算結果

5. 4 水循環型緑化・居住空間の創生・生物生産システムの開発(サブテーマ5)

5. 4. 1 研究計画

中東諸国などが位置する乾燥地では、人口の急増とそれを養うための食糧生産に膨大な量の水資源が消費されている。水資源の大部分は深層地下水に依存しており、その枯渇や地盤沈下などが深刻な問題となっている。本サブテーマが研究対象とするサウジアラビアも、まさしくこうした水問題を抱える国の一つである。その解決には、新たな水資源の開発(サブテーマ4 担当)に加え、深層地下水以外の水資源、すなわち地表水、浅層地下水、土壤深層水(地下数 m 程度の土層に存在する水分)並びに生活排水の有効利用を図ることが欠かせない。

そこで本サブテーマでは、これまでほとんど活用されていない土壤深層水や生活排水の有効利用を基にした、持続的生物生産が営め、かつ快適な住環境が提供できるオアシス(緑地帯)の創生について検討する。このため、(1) 緑化システムの構築に関する研究、(2) 集水の多目的利用に関する研究の二つを国内およびサウジアラビア等で実施し、オアシス創生に必要な適応技術の開発を試みる。(1)の研究では、対象地域の風土条件に適し、水循環の図れる緑化システムの構築とその基盤技術の開発を目指す。また(2)の研究では、生活排水の再利用に基づく、塩害や地下水汚染を招かない生物生産システムの構築を目指す。これらの研究に当たっては、対象地域の住民や行政のニーズ、社会計画、大規模水循環などに関して、サブテーマ6 やサブテーマ4 の成果を十二分に取り入れるものとする。

5. 4. 2 平成 16 年度研究成果の概要

(1) 緑化システムの構築に関する研究

1) サウジアラビアの気象や地形、地元のニーズ等について検討し、緑化対象地域を紅海側とすることに定めた。対象地域の水循環量の増大を図るため、水循環型オアシス・ネットワーク(図 5.4-1 参照)を構想した。すなわち、水循環型オアシス・ネットワークは、沿岸部から山地に向かって吹く風の湿度を高め、山地でそれを雲、降水に変え、浅層地下水の流量を増大させる機能をもつもので、加湿帯、水有効利用帯、回収帯それぞれに構築する小規模オアシスの連続体である。

2) これらの小規模オアシスを構築するのに必要な水資源としては、構築の初期段階では、土壤深層水(研究 1)と生活排水の再利用水(研究 2)の二つに依存することとした。土壤深層水の利用するため、図 5.4-2 に示すような深根苗栽培法を新たに考案した。この栽培方法は、これまで植物が利用しにくかった土壤深層水を、深い根系を持った苗を育成して植え付けることにより直接利用しようとするものである。さらに、灌漑水(生活排水の再利用水)を直接、根系に供給できる地中灌漑法を取り入れたもので、地表灌漑の場合に生じる蒸発による水損失(灌漑水量の 60-70%)を限りなくゼロに近づける可能性を有するものである。

この内、平成 16 年度は、深根苗栽培法による灌漑水量の削減効果、並びに平成 17 年度に予定している現地実証を踏まえた国内検証として、深根苗栽培法と長茎苗深植え栽培法に関する試験を実施した。結果の概要は次に示す通りである。

① 深根苗栽培法の導入による灌漑水量の削減効果(図 5.4-2 参照)

(灌漑水量の削減量の試算)

- a. 育苗期間(4ヶ月)
 - 表面灌水に対して 66.7%
 - 点滴灌水に対して 47.2%
- b. 活着期間(3ヶ月)
 - 表面灌水に対して 81.0%

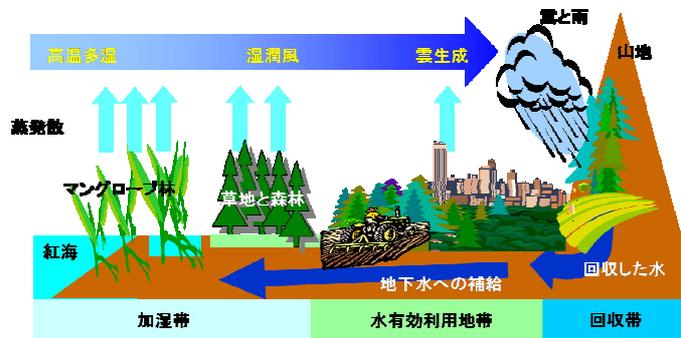


図5.4-1 水循環型オアシス・ネットワークの概要

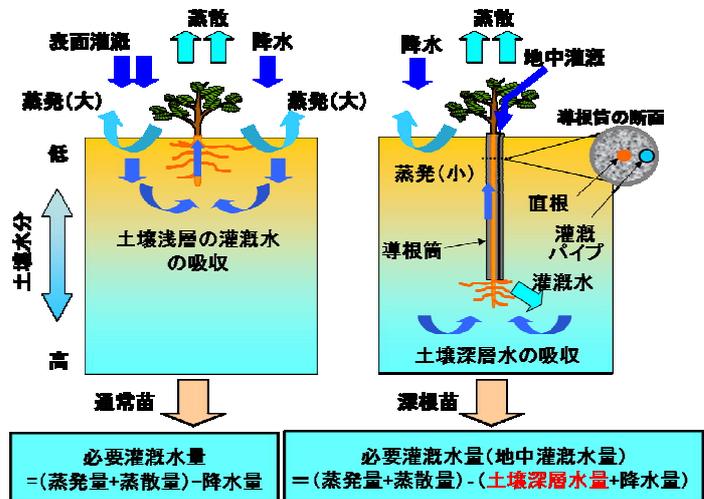


図5.4-2 通常苗と深根苗における必要灌漑水量の比各較

点滴灌水に対して 74.0%

以上のように、育苗期間および活着期間共に灌水量の大幅な削減が期待できる。

c. 活着後の水収支

深根苗栽培法では、従来法では利用できなかった土壌深層水を利用するため、必要灌水量の大幅な削減が可能といえる(ただし、適正な栽植密度と栽植地の選定が重要)。

②深根苗栽培法および長茎苗深植え栽培法に関する試験結果

a. ダイズおよびクロマツ(木本植物)深根苗の育成と活着

- ・根長 95 cm のダイズ深根苗の育成に成功し、それが正常に活着することを認めた。
- ・木本植物であるクロマツに対しても開発した深根苗育成技術が適用でき、深根苗の直根伸長速度が通常苗の 2.5 倍となることを認めた。

b. 長茎苗利用によるさらなる深植え栽培法

- ・長茎苗の一部を土壌中に深植えすることにより、さらに深層の水も活用可能になると考えられる。
- ・木本植物であるクロマツ、ポプラ、ニセアカシアの 3 種の長茎苗(茎長:クロマツおよびニセアカシア約 1.2m、ポプラ約 1.7m)を深植えし(植付け深度:クロマツとポプラ 1m、ニセアカシアのみ 1.5 m)、それぞれ 33%、33%、83%の活着率を示すことを認めた。今後、試験対象樹種を増やすとともに、活着率向上技術について検討する。

(2) 集水の多目的利用に関する研究

生活排水の有効利用を図るため、凍結濃縮法に着目した排水処理システム(図 5.4-3 参照)の開発を進めている。本システムは、水が凍結する際に含有不純物を排除する性質を利用して水を浄化するシステムであり、同時に得られた氷(冷熱)は、空調などの冷熱源としても利用できる。平成 16 年度は、本システムを用いた場合のコスト評価と平成 17 年度に予定している現地実証を踏まえた国内検証を実施した。結果の概要は次に示す通りである。

①凍結濃縮法利用排水処理システムのコスト評価(図 5.4-3 参照)

a. 設備コストは、水を冷却する部分を除き、従来の排水処理設備と同等と考えられる。

今後、現地における設備費状況も調査の上、さらに精査していくこととする。

b. 発生する冷熱を冷房に利用することで当該水処理コストは、48 円/m³ まで低減できることがわかった。ただし、現地での灌漑水コストは現状 30円/m³ 程度以下と言われており、さらなる低コスト化が必要である。

②凍結濃縮法利用排水処理システムに関する国内検証

a. 現地生活排水を模擬した排水を用いて検証を行った結果、目標水質の再利用水が得られることが確認できた(生活排水:COD 300 ppm, SS 250 ppm、目標水質:COD 10 ppm, SS 5 ppm)。

b. 得られた再利用水を用いてハウレンソウを育成した結果、水道水を用いた場合とほぼ同等の成長量(90%)が得られ、再利用水として適切であることが確認できた。また、懸念された有害物質の蓄積も認められなかった。

5. 4. 3 平成 17 年度現地実証試験概要

平成 16 年度に検証された技術を用い、平成 17 年度には現地実証を行う計画である。平成 16 年度中に実施した摺り合わせにより、サウジアラビア側協力者による実証試験場所の確保及び必要な補助施設支援等について具体的合意を得た。そこで平成 17 年度は、深根苗栽培法、凍結濃縮法利用排水処理システムに関する現地実証試験を行うことを中心とし、概ね下記の工程表(表 5.4-3 参照)に従って実施する。なお具体的な実施場所は、現地情勢を鑑みて最適場所を選定する。

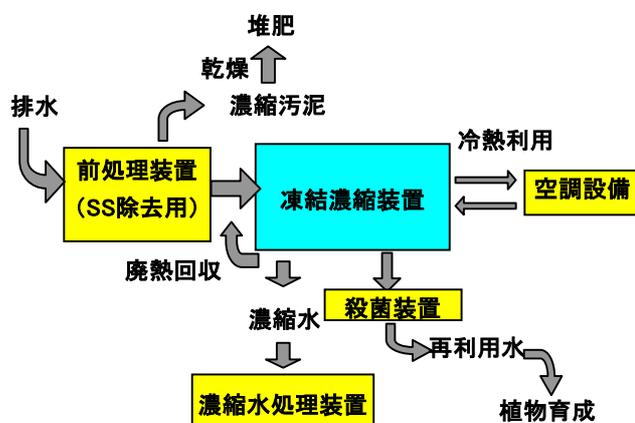


図5.4-3 凍結濃縮法利用排水処理システム

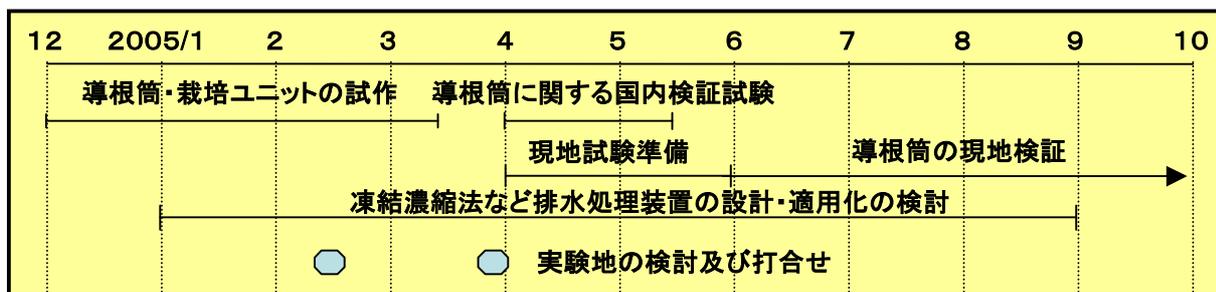


図5.4-4 現地検証試験の準備および実施工程

5. 5 海洋性砂漠の環境改善がもたらす環境影響評価及び人間社会への影響評価に関する研究 (サブテーマ6)

5. 5. 1 業務の目的及び内容

西アジアの水循環変動、気候変動、局地的な降水制御、砂漠化がもたらす環境に与える影響、西アジア地域の人間活動の予測シナリオ作成及び人間社会への影響、及び温暖化メカニズムと連動した法学、国際関係、及び、国際経済の面での影響を社会科学的に分析・評価する。

5. 5. 2 平成16年度の実施計画

サウジアラビア国の環境行政組織及び行政過程など環境行政の実態、同国の水資源賦存状況、水資源についての当局方針、緑化及び水資源管理による人間社会への影響、サウジ政府の温暖化対策及び京都議定書対処方針等を勘案しつつ、サブテーマ5で検討する西アジア地域（サウジアラビア周辺）での緑化システムの構築及び集水の有効活用システムに対する、環境影響評価手法構築に関する基本検討を実施する。

5. 5. 3 今年度研究成果の概要

環境影響評価は、開発事業が環境へ与える影響を把握し、その影響を最小限に抑えるための対策を講ずることにより、現地に受け入れられる、持続的な開発を実現するための手法である。一般的な環境影響手法は世界銀行、JICA などから提示され、海外の国際協力プロジェクトで用いられている。本研究では、そういった一般的環境影響手法に加えて検討すべき、サブテーマ5で検討する西アジア地域（サウジアラビア周辺）での緑化システムの構築及び集水の有効活用システム導入に特有の問題を洗い出し、今後の手法構築に向けて必要な検討項目を整理した。

(1) サウジアラビアにおける環境行政、環境法の整備状況把握

環境閣僚委員会（MCE）が、農業、水、電力、鉱物資源、KACST等の代表によって構成され、環境問題全般について検討する行政機関となっている。また、気象環境庁（PME）がMCEの事務総局となっており、環境基準の設定、環境汚染の調査、環境法の執行、環境問題・紛争についての管轄を実施している。これら行政機関の果たす役割について引き続き分析する。

(2) 京都議定書・CDM（クリーン開発メカニズム）との関連

2004年12月 サウジアラビアは、京都議定書批准を決定。2005年2月発効の京都議定書に対応する同国は、CDMとして、まずは油田のフレアリング対策を第一に考えているが、今後、とりわけ緑化・オアシス創生と関連してのCDM立ち上げについての同国政府の動きを把握する。

これと並行して、京都議定書実施のため同国は国内法整備の必要性に迫られるため、その動向を注視する。また国際的には、省エネに基づく所得補償を主張する同国と意見のすり合わせの必要性があり、その点での動向も把握する。

オアシス創生とCDMを結びつける場合、オアシス創生の前提として当然水循環の整備状況が問題になるであろうし（影響評価）、その水を活用した緑化事業がCDMとしてどれ位役立ちうるか（CO2吸収源としての能力算定）、あるいは同事業に伴う雇用の創出、緑化事業によるコミュニティ建設等を通して、緑化事業をサステイナブルな刺激剤として、石油依存を可能な限り減らし、新しい経済体制を目指す方法を探る必要がある。

ただし、人口流入に伴う都市化は経済発展の動因になるにしても、同時に発展につれて環境負荷（ゴミ発生、下水道等）も増大するわけであるから、それに対する影響評価もまた必要である。

(3) 緑化モデル事業の経済的検討

サウジアラビア国のメッカからタイフ間の緑化事業（植林面積 150km*50km）の進展は、同国が直面している経済・社会問題の改善・解決にいかなる貢献ができるかを考えることは極めて重要なテーマである。本PJのサウジ側のオーナーシップを確保するためにも同国の中長期的な経済・社会計画との整合性が求められる。

サウジアラビアが現在直面している課題には、経済構造の多様化（脱石油）と職業訓練などによる人的資源の向上、外貨稼得産業として観光事業（巡礼観光）の拡大、人口増加にともなう水資源の確保や住環境の整備、若年層の急増と失業対策（サウダイゼーション：雇用のサウジ人化政策）などがある。

2005年から始まる第8次5カ年計画と2025年までをカバーする長期戦略が現在鋭意検討されている。長期戦略の中心課題は同期間に所得を倍増させ（現在の一人あたり8,000ドルから16,000ドルへ）、それに相応しい生活の質・ライフ・スタイル（これに必要な一人あたり水・電力消費、住環境など社会経済インフラ改善・整備）を実現することにある。人口の規模を別にすれば、これは80年代前半の所得水準に戻すことを意味する。

主要な挑戦課題は、(1)失業問題、(2)貧困、(3)成長の持続可能性、(4)生活の質の改善、(5)実行の5点である（世界銀行P.Trivedi博士へのインタビュー情報による）。

失業問題の背景には急速な人口増加がある。93年の同国の人口は12.64百万人であった。これが、2010年の総人口は22.25百人へと膨張する。かかる急速な人口増加は必然的に若年人口の急増をもたらし、雇用機会の創出、学校・職業訓練施設の増加など極めて多額な投資を必要とし、政府には大きな負担を強いるものとなる。2010年の20歳未満の人口は11.76百万人、総人口比53パーセントと、人口の過半数が若年人口で構成される。

人口増加は水消費の拡大、電力需要の急増を結果する。電力供給だけでも2020年までに総額1,050億ドルの投資が必要である。加えて、450万戸の新規住宅、22,500の小学校、6,000の高等教育機関、5,400の診療所、360の病院の建設が必要となる。

かかる既述の現状をふまえて、以下の経済的観点からの影響評価・検討が必須である。

1) 7,500平方キロメートルにおよぶ緑化・植林事業がもたらす雇用・所得創出効果

1960年代の数千人規模から近年の200万人を超える巡礼観光団の増加はメッカ地域の飲料水の確保（メッカのザムザム井戸の取水量と持続可能性）や植林事業による緑陰地域の拡大から巡礼観光団のアメニティーを改善することが喫緊な課題である。メッカとタイフ間の植林緑化事業はこれらの問題に寄与すること大であろう。

7,500平方キロメートルの広大な面積の緑化事業から、新たなる雇用がどのくらい生まれるのかを検討する必要がある。これが既述のサウジアラビアの最大の問題である若年人口の急増とそれによる深刻な失業問題の緩和にも貢献でき、同国の政府を初めとした広範な層からの支援も得られることになるからである。インド、アフリカ等の同種の事例を鋭意検討する必要がある。

2) 22年で倍増する人口の受け皿としてのニュータウン等の建設動向（新たな都市化とインフラの問題）

緑化による住環境の改善は増大する人口の受け皿としての機能を高めるであろう。そこには新たな住宅地域が建設されることになる。新しい町のデザイン・コンセプト、人口規模、都市化に必要なインフラ整備などの問題も検討される必要がある。サウジ人の伝統的価値観にあった都市とは何かを考える必要もあろう。これもサウジ国内の他の都市化の事例や周辺諸国の経験を検討することで何らかの結論が得られることが期待される。

また、ニュータウンに住む住民の職場への通勤や買い物には環境にやさしい鉄道などの大量輸送機関の設置も求められる。乗用車による従来型の通勤手段をCO2などの排出が少ない交通手段への切り替えとその利用の促進が求められるところでもある。距離と輸送人数から両者の比較は用意であろう。その可能性についての検討も必要と考える。

(4) 緑化モデル事業の社会的検討

人間の定住が見られなかった場所にコミュニティを形成することを想定し、人口移動による新しいコミュニティ形成のパターンを予測するための諸条件を整理し、そのパターンに関するシナリオを仮説的に提示することが必要と考える。

集団移動によって新しい土地にコミュニティを形成する場合、人々はそれまで属していたコミュニティの結合原理を継承する条件を持ち込み、その原理に基づく生活基盤をつくらうとする。一般的には、社会統合の規範、エスニック・アイデンティティー、生計維持、生活防衛等が生活基盤の維持メカ

ニズムに作用する。一方、従来の生活から脱皮ないし更なる発展を求めて移動する人口も多い。かれらは、従前の原理を超え、新しい機会構造や人間関係を築こうとする。人口増加による社会の発展を砂漠の緑化によって人口定住地域を拡大し、持続的なコミュニティーを形成するには、「誰」にとって魅力のあるコミュニティーとするかが問われる。その意味で、国の開発計画における新コミュニティー形成の位置づけが、シナリオに大きく作用する。調査項目の中心は、国及び地域の開発計画、アラブ・イスラム社会の宗教、家族・親族組織、部族組織などになろう。また、上記計画の遂行のための必要／希望条件—ジェッダ地域の開発担当部門、現地研究者（社会科学系）、女性リーダーたち、との面談も必要となろう。

さらに、政治的背景によりサウジアラビアに関するデータが得にくい場合、周辺国の経験としてバハレーンのケースを中心に類似パターンでの検討を実施する。バハレーンは水問題を解決したが、最近の人口増加等による新たな水問題に直面し、対応しつつある。この場合、既に都市的状况にある地域の水問題解消に関わる社会的影響の諸側面の調査が中心となると考える。

5. 5. 4 サウジ人によるサウジ人のためのプロジェクト遂行に向けて

本研究からサウジの直面する問題、独特の文化やライフ・スタイルを理解したうえで、中長期的な観点から、本PJがサウジ人のオーナーシップのもとで維持・継続されるファクターを研究する必要がある。押し付けではない、真の国際協力プロジェクトの実現の観点から極めて重要な点であり、アブ・ドゥバイプロジェクトの全体像が具体的にになると並行してこういったプロジェクト形態の研究も進めていくこととする。

5. 6 東アジア域の大気・陸域・海洋水循環変動に伴う災害予測(サブテーマ2)

5. 6. 1 研究の目的及び内容

東アジア湿潤域の気象・水災害の変質を予測・評価するため、タイ国チャオプラヤ流域、中国長江流域を対象とした東アジア・モンスーン域の長期水循環変動に伴う水災害の変動予測・評価可能な統合モデルを構築し、それらの地域の水資源変化及び水災害変質評価を行う。また、広域水収支モデルを西アジア乾燥域にも適用する(図5. 6. 1-1参照)



図5. 6. 1-1 アジア域大気・陸域・海洋統合モデル

5. 6. 2 平成 16年度の研究実施計画

- ①平成15年度に統合化を図ったインドシナ半島における水循環モデルを使って、植生分布を変化させたシナリオ実験に基づく水災害変質予測・評価をタイ国チャオプラヤ流域に対して実施する。
- ②中国長江流域の自然変動及び土地利用変化に伴う水災害の変化に対する、各種予測モデル(高解像度大気海洋結合モデル, 広域水収支モデル, 領域大気モデル)を構築する。
- ③西アジアとの連携として、東アジア域に対して開発してきた広域水収支モデルをメッカ伏流域に適用し、この地域の表層水の長期変化を求め、サブテーマ(4)等に受け渡す。
- ④東アジア域の気象水災害にとって最も影響力のある熱帯低気圧の挙動特性と災害の関係の解析を行う。

5. 6. 3 平成 16年度の研究成果

(1)インドシナ半島における水循環モデルの開発と水災害予測

T213 大気海洋結合モデルを地球シミュレータ上で長期ランさせ、インドシナ半島の現在の植生分布のコントロールランと樹林を耕作地に変更したシナリオランの比較実験(図5. 6. 3-2参照)を行った。その結果、インドシナ半島からその北側の熱帯域の樹林が全て伐採されると、特に雨期(5月～10月)にその地域で気温が上昇し、降水量が減少することが分かった(図5. 6. 3-3)。現在、比較実験の結果をモンスーンのオンセットとENSOの発生・発達観点から解析中である。また、上記の結果を使ってチャオプラヤ流域の統合モデルのシミュレーションを完結する。

グローバルな気候変動データを領域大気モデル(MM5)によってダウンスケーリングし、その結果をチャオプラヤ流域の広域水収支モデルに与え、1998年の陸域水循環に関して良好な結果を得た(図5.6.3-4)。大循環モデルのデータから領域大気モデルにダウンスケールする場合、GAMEの客観解析データをナッジングすることにより月降水量に関して顕著な改良が見られた(図5.6.3-4b)。インドシナ半島の統合モデルに関して、日流出量は各月によってかなりの違いがあるが(図5.6.3-4c)、月間の水収支は将来予測できる状況になった(図5.6.3-4d)。

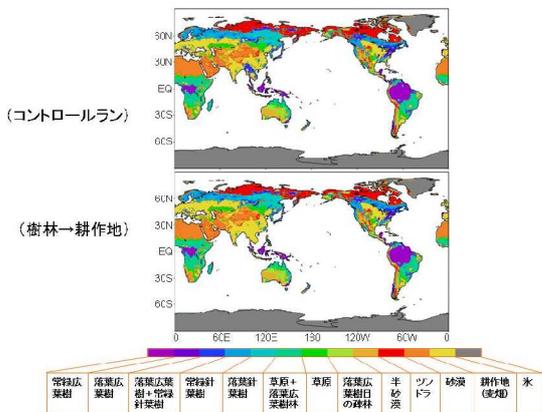


図5.6.3-2 結合モデルの植生分

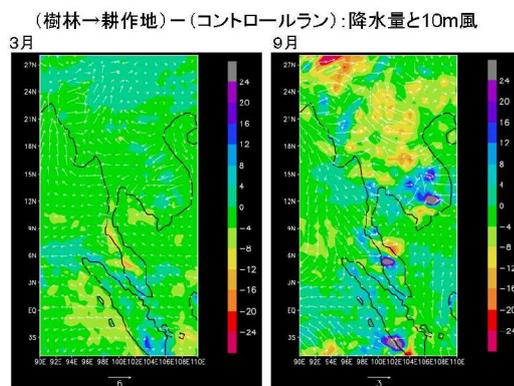


図5.6.3-3 T213CGCM 植生シナリオ実験

GAME再解析データに基づくMM5によるシミュレーション

流域雨量 (Khuwae Noi, 4,841 km², Apr. -Nov., 1998)

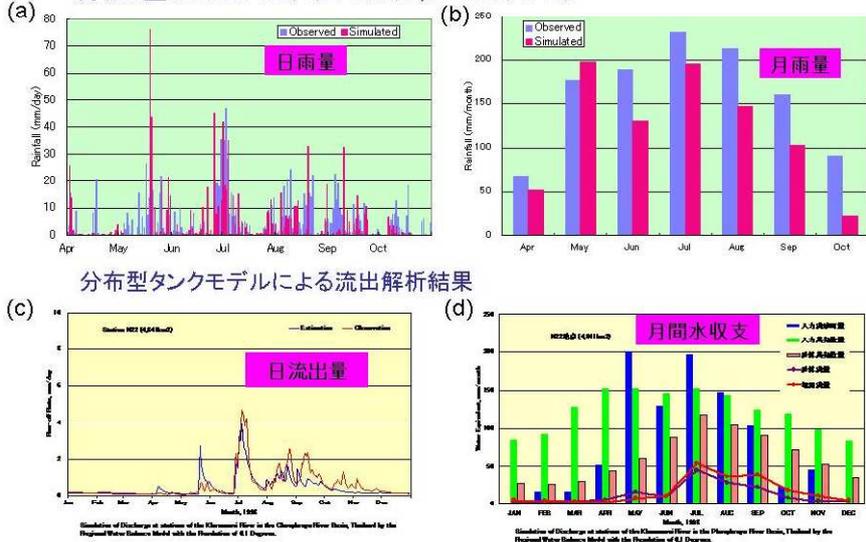
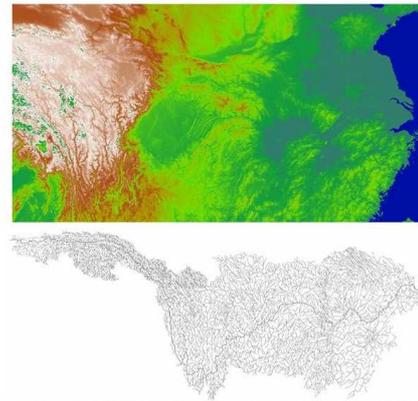


図5.6.3-4 領域大気モデルと広域水収支モデルの結果と観測結果の比較

(2) 中国長江流域における水循環モデルの開発と水災害予測

平成16年度は、各種予測モデルの完成を目指した。T213 大気海洋結合モデルではモデル ENSO やダイポールモードイベントの再現特性やそれらの気候変動時の降水量分布特性を観測解析結果と比較した。特にモデル ENSO は、現実と比べると強く規則的な傾向を示すが、長江流域の降水量と El Nino の関連は各ケースにより降水量の多い位置が微妙にずれ、必ずしも 1998 年のようにエルニーニョの翌年に華南付近で降水量が多いわけではない。

統合モデルの中の広域水収支モデルに関しては、長江流域の 10km 解像度の河川流路網を完成させ(図5. 6. 3-5)、漢江流域の流量観測点の結果とのバリデーションを実施したが、まだ誤差があり、今後、降水量、蒸発量、水位、流量などの要素データの整備とともに、このモデルを利用した水循環解析と水災害予測を推進していく。



中国長江流域の0.1度広域水収支モデル作成域の地形図および30秒河川網図

図5. 6. 3-5 長江流域流路網

(3) メッカ付近の伏流水域の水循環

西アジアの乾燥域に対して、東アジア用に開発してきた広域水収支モデルを表層水を求めるために利用した。西アジアのサブテーマからの大気の入力情報及び地下水観測データを基に連携を図っていく。

④ 東アジア域の台風が水災害に与える影響

インドシナ半島、中国本土、日本列島の東アジア三つの地域に過去50年程度の間を上陸した台風の挙動について解析した。それぞれの地域に上陸・接近した台風発生個数の経年変動を見るとインドシナ半島に上陸・接近した台風の個数と日本に上陸・接近した台風の個数の間には逆相関の傾向がある。また、季節毎の台風発生数とエルニーニョ・ラニーニャとの関係を見ると、インドシナ半島に襲来する個数の多い10月と11月に、エルニーニョ時に比べてラニーニャ時に多いことが分かった(図5. 6. 3-6)。

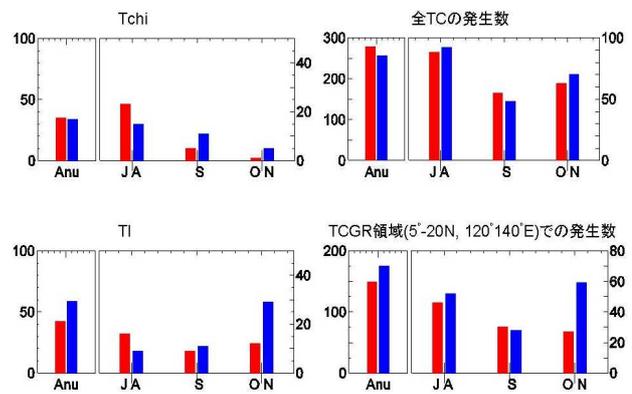


図5. 6. 3-6 季節毎の経年変化と ENSO

6. 平成16年度の研究成果まとめ

平成16年度は、広域水循環予測の精度向上のため、課題抽出、気候・気象モデルと陸水モデル、海洋モデル、波浪モデルの統合と陸面、海面過程、拡散過程モジュールの精緻化を行い、水循環モデルとしての性能を検証した。サウジアラビア地域の水循環解析では、水循環モデル、衛星データ解析を利用した緑化適地候補を選定し、水収支計算から緑化による正味の降水量増加、植物育成の自立的可能性を示した。さらに対策技術の高度化では、これまでの現地調査及び現地研究機関・協力機関との協議に基づき、社会・環境への影響を考慮しつつ、具体的な水資源確保・水循環有効利用技術の検討及び国内検証を進め、オアシス創生の実現に向けた現地検証のための手段として適切であることを確認した。

7. 平成17年度の研究計画

(1) 海洋性砂漠の成因のその変動の解明と予測

- ① 結合大循環モデルによるアンサンプル気候変動シミュレーション実験により、広域水循環変動を統計解析する。
- ② インドモンスーンの東西アジアにおける水循環に及ぼす影響を明らかにし、インド洋周辺の海洋性砂漠における水蒸気輸送の変動を解明する。
- ③ 上記①、②解析結果を領域/局所水循環モデルへ反映する。

(2) 東アジア域の大気・陸域・海洋水循環変動に伴う災害予測に関する研究

- ① サブテーマ1の気候変動と同一条件で、高解像度大気海洋結合モデル計算を行い、広域水循環、領域大気モデル計算の為に初期、境界条件を導出する。
- ② サブテーマ1の気候変動条件に合わせてチャオプーラ川流域および長江流域の水循環統合モデルの広域水収支モデルの部分のシミュレーションを行う。
- ③ サブテーマ1の気候変動条件に合わせて東アジアの水循環統合モデルの領域大気モデルの部分のシミュレーションを行う。
- ④ サブテーマ1の気候条件に合わせた水循環統合モデルの結果を使って東アジアモンスーン域の水循環変動評価を行う。

(3) 領域水循環統合モデルを用いた海洋性砂漠の水文・水循環の解明/予測に関する研究

- ① 平成15年度に開発した領域/局所水循環モデルの問題点の検討と改良によるモデル精度の向上をはかる。
- ② サウジアラビア緑化計画地点を対象として、数年間(基準年、乾燥年、湿潤年)の気象シミュレーションを行い、利用可能な降雨量、霧水量を評価する。

(4) 水資源確保に関する研究

- ① サウジアラビア現地での空気中水分回収装置実証試験を実施し、性能評価と技術課題抽出を行う。
- ② 太陽熱利用淡水化装置および降雨促進実験に関して、サウジアラビア政府機関と共同研究を計画する。
- ③ 地表水および地下水シミュレーションを実施して、高山地帯および砂漠地帯で利用可能な水資源量を評価する。

(5) 水循環型緑化・居住空間創生・生物生産システムの開発

平成16年度までの国内検証の結果を元に、サウジアラビア国内でのオアシスネットワーク基礎実証試験設備を設計・製作し、現地実証に着手する。

(6) 砂漠の環境改善がもたらす環境影響評価及び人間社会への影響評価

- ① サブテーマ(5)で検討した中東・アジア地域(サウジアラビア)でのオアシスネットワークの構築及び集水の有効活用システムに対する社会科学的側面からの環境影響評価を実施継続する。
- ② 王国の環境法の整備と砂漠の環境改善との関連を検討する。
- ③ 水資源活用、砂漠緑化がもたらす対象国(サウジアラビア)での人間社会への影響予測手法を検討継続する。
- ④ 京都議定書の発効を受けて、地球温暖化対策(CDMIなど)の影響を評価する。
- ⑤ 研究対象国以外(特に、中東湾岸諸国およびアフリカ北部)の事例を調査し、研究成果の相互の適用を検討する。

付録 1: 研究発表

研究発表

(1) サブテーマ1

国際会議発表論文

- ① H. Ueda, T. Yamagata, R. Ohba, H. Sakuma, S. Behera and M. Mujumdar 2005: Refinement of numerical modeling and technology of global and regional water cycle. 85th AMS annual meeting. San Diego.
- ② P. Schopf, P. Chang and T. Yamagata 2004: The role of tropical oceans in climate. (Invited) 1st International CLIVAR Science Conference, Baltimore
- ③ Behera 2004: The Indian Ocean Dipole in CGCM simulations. Indian Ocean Modeling Workshop, Honolulu.
- ④ T. Yamagata 2004: Decadal IOD phenomena in a high-resolution coupled GCM. Indian Ocean Modeling Workshop, Honolulu.
- ⑤ R. Suzuki 2004: Seasonal and inter-annual variabilities of the tropical Indian Ocean climate. Indian Ocean Modeling Workshop, Honolulu.
- ⑥ T. Yamagata 2004: Overview of the SINTEX-F modeling activity. EU-JAPAN SINTEX Workshop, Hakone
- ⑦ S. Behera 2004: Independent Evolution of IOD events in the SINTEX-F CGCM. EU-JAPAN SINTEX Workshop, Hakone
- ⑧ H. Sakuma 2004: Current status of Ofes and Afes. EU-JAPAN SINTEX Workshop, Hakone

査読論文投稿

- ① Behera, S. K., J.-J. Luo, S. Masson, P. Delecluse, S. Gualdi, A. Navarra and T. Yamagata 2004a: Paramount Impact of the Indian Ocean Dipole on the East African Short Rains. A CGCM Study, J. Climate (submitted).
- ② Behera S. K., A. Chakraborty, M. Mujumdar, R. Ohba and T. Yamagata 2004b: Seasonal to interannual variability of rainfall over southwestern Saudi Arabia. Geophys. Res. Lett., (under submission)
- ③ Chakraborty, A., S. K. Behera, M. Mujumdar, R. Ohba and T. Yamagata 2004: Diagnosis of tropospheric moisture over Saudi Arabia and influence of IOD and ENSO. Mon. Wea. Rev. (under revision)
- ④ Mujumdar, M, S. Behera, A. Chakraborty, T. Miyasaka, T. Tozuka, R. Ohba and T. Yamagata 2004: Wintertime Arabian rainfall events, Geophys. Res. Lett. (under submission)

(2) サブテーマ2

口頭発表論文

- ① 筆保他、インドシナ半島におけるモンスーン後退期の降雨特性、日本気象学会春季大会(東京)、2004. 5. 16-19
- ② 黄他、タンクモデルのパラメータ同定方法及びその目的関数に関する研究、水文・水資源学会研究発表会(室蘭市) 2004. 8. 19-21
- ③ 飯塚他、大気海洋結合モデルに現れた経年的変動(6)、日本海洋学会秋季大会(松山市)、2004. 9. 24
- ④ 筆保他、インドシナ半島に上陸する台風のライフサイクルと内部構造、日本気象学会秋季大会(福岡市) 2004. 10. 6-8
- ⑤ 湯本他、台風災害データベースシステムの利用例、京都大学防災研究所一般共同研究集会(宇治市) 2004. 10. 14
- ⑥ 筆保他、東アジアに上陸する台風の経年変化、京都大学防災研究所一般共同研究集会(宇治市) 2005. 1. 26-27

国際会議発表論文

- ① 筆保他. Seasonality of landfalling tropical cyclones on the Indochina Peninsula , 2004 Western Pacific Geophysics Meeting (USA Hawaii) 2004. 8. 16-20
- ② 中根他. The Evaluation of the Hydrometric Networks at the Khuwae Noi River Basin in Thailand with the Distributed Tank Model. The International Conference on Sustainable Water Resources Management in the Changing Environment of the Monsoon Region(スリランカ コロンボ) 2004. 11. 16-19
- ③ 松浦他. Climatolgy of tropical storm activity in the NIED high-resolution couple general circulation model., Korean Meteorological Society (Korea, Gjonju) 2004. 11. 27-29
- ④ 黄他. Observational Studies at the Khuwae Noi River Basin in Thailand and Regional Water Balance Analyses by using the Distributed Tank Model , The 6th International Study Conference on G EWEX in Asia and GAME(京都市) 2004. 12. 3-5

(3)サブテーマ3

国際会議発表論文

- ①大場他、An Application of the Parallel Processing Computer to a Nuclear Disaster Prevention Support System and Atmospheric Water-cycle analysis, 韓国科学技術情報研究院主催スーパーコンピュータ会議(デジョン),2004
- ②大場他、Influence of soil and vegetation on rainfall in coastal desert and mountainous area,米国気象学会年次大会(San Diego), 2005
- ③植田他、Refinement of Numerical Modeling and Technology of Global and Regional Water Cycle, 日本・EU地球温暖化会議(新杉田)、2005
- ④植田他、Meteorological simulation for the improvement of environment by greening of desert、国際石油交流センター主催湾岸諸国環境会議(オマーン)、2005

(4)サブテーマ4

特許出願状況

出願番号:特願2004-312912号

出願日:平成16年10月27日

発明等の名称:太陽熱集熱装置および太陽熱集熱装置を用いた緑化・放牧

国際会議発表論文

- ⑤大場他、New technologies for sustainable desalination system、国際石油交流センター主催湾岸諸国環境会議(オマーン)、2005

(5)サブテーマ5

査読論文投稿

Araki, H. and Iijima, M. Stable isotope analysis of water extraction from subsoil in upland rice (*Oryza sativa* L.) as affected by drought and soil compaction. *Plant and Soil*. (in press)

Hattori, T., Inanaga, S., Araki, H., An, P., Morita, S., Luxová, M. and Lux, A. Application of silicon enhanced drought tolerance in *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Physiologia Plantarum*. (in press)

伊藤香織・森田茂紀・阿部 淳・稲永 忍 (2004) 圃場で栽培したトウモロコシおよびソルガム節根の伸長方向と根冠の形態. *根の研究* 13(1):9-13.