

スーダン国 統合水資源管理能力強化プロジェクト

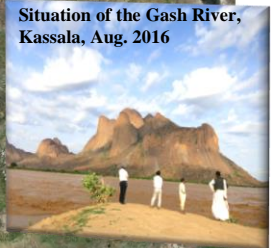


～スーダン全土を対象とした水収支の評価と
水資源管理に係る課題分析～

2017年10月



Hafir in Khartoum, Feb. 2017



Situation of the Gash River, Kassala, Aug. 2016

1. プロジェクトの背景と問題点

スーダン国は、世界最長の河川であるナイル川が国の中央を南北に貫流している。首都ハルツームを含む国土の大半は年間降水量が300mm以下と限られており、慢性的な水不足が市民生活や経済成長の足かせとなっている。北部スーダンを対象とした水・衛生政策（国営水公社、2010年）によると、国全体の水需要量（32.1km³/年）は、水資源賦存量（29.5～31.5km³/年）を超過している。平均人口増加率が3.2%と高い水準にあり、国家25ヵ年給水戦略（2007～2031年）において、2031年までに給水率を100%、給水原単位を都市部150リットル/人/日、地方部50リットル/人/日に引き上げることを目標としており、需要量は今後増加する見込みである。そのため、水資源の需給バランスは、

さらにひっ迫することが懸念される。水資源量は地域的に偏在し、ナイル川本川、支川の恩恵を受けられない地域では、資源量と需要量の差は一層大きく、安全な水へのアクセス率の全国平均が55%程度に留まる要因となっている。セクターごとの水の分配も課題の1つであり、2010年時点の統計によれば、全水需要量の90%以上を農業及び家畜用水に使用しており、生活用水への充当分は3%と限られている。さらに、例えば、南部を流れるアブ・ハビル川流域では、定住農民と遊牧民の間や上下流の間の水分配に関する不満が生じている。他にも、水文データの観測・施設管理体制といった水資源管理の側面でも課題が多い。このようにスーダン国は、水資源賦存量が限られていることに加え、地域的な偏在や水利用セクター間の不十分な調整、不適切な管理体制

等、多様な課題を抱えている。以上のような厳しい水資源状況にも関わらず、スーダン政府は、科学的根拠に基づいた流域単位の水収支評価を行っていないため、不適切な水資源管理と相まって、安全な水へのアクセス率や水利用効率が停滞している要因の1つとなっている。

統合水資源管理の実施上の課題

科学的根拠に基づく水収支評価の現況課題

水資源開発・管理上、水資源のモニタリングが必要となる。スーダン国では、ナイル川の流量や降雨量のデータが100年以上にわたって蓄積されているが、データベース化が遅れている。また、水質観測は有事のみである。さらに、以前はワジ（降雨時のみ流れがある涸れ川）の水位と流量が観測されていたが、地方分権化に伴い、モニタリング活動は実施されなくなった。

このように、時間的、空間的データ管理とモニタリングシステムが不十分であり、その結果、科学的根拠に基づく適切な水収支評価を実施する上での課題となっている。

多岐に渡るステークホルダーの連携と主体的参加に係る現況課題

地方分権化に伴い、各州が他州との利害関係を調整せず、独自に水資源開発を進める事象が散見される。その結果、水源の上下流間や農民・遊牧民間の水争い、無秩序な水源開発等の水利用に係る問題を引き起こしている。この問題に対処するためには、連邦政府による問題調整能力の強化と州政府の交渉・調整能力の強化が必要である。

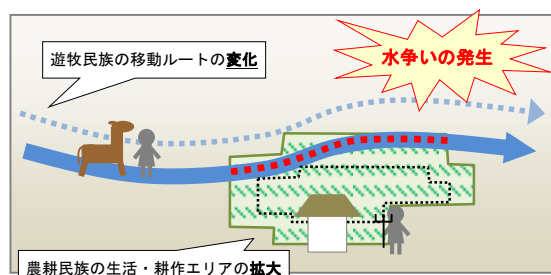


図1 遊牧民と農耕民族の水争い

また、水資源管理・開発において連邦政府と

州政府との役割分担がなされているものの、両者の連携・調整が十分でなく、無駄な施設の存在、運営・維持管理の不備等が発生している。加えて地方給水においては、連邦政府が建設した施設が住民組織に移管されるが、連邦政府・州政府・NGOによる住民組織に対する施設運営・維持管理に関する技術移転が十分ではないため、主体的な活動が実施されていない。

法制度の現況課題

水資源法や国家水資源評議会が整備、設立され、水資源開発・利用・管理に関する理念や原則、役割は打ち出されているが、実施細則等が制定されていないため実効性に乏しく、十分に機能していない状況となっている。

地域社会と文化的背景

スーダン国は300を超える部族がいると言われ、部族による伝統的統治制度が政府の統治制度と併存している。遊牧民族、農耕民族との協議においても、部族間の問題解決に影響力を持つこの伝統的統治制度を無視することはできない。特に、人口の1割弱を占める遊牧民は移動しているため、政府の行政制度の管理下に置くことが難しく、伝統的な部族の統治制度に則る必要がある。

また、住民が維持管理に参加するという社会意識が低く、数多く点在する地方給水施設は整備不良のために利用不能、あるいは非効率な給水となっている状況が散見される。水資源が限られている中で十分な水サービスを受けるためには、住民自らも維持管理等に参加するという意識改革が、行政・住民双方に必要である。

2. 問題解決のためのアプローチ

プロジェクトの目的と成果等

上記の課題を踏まえて本プロジェクトは、スーダン国カウンターパート（以下、C/P）の統合水資源管理能力を強化し、表1のプロジェクトの目的と成果の達成を目指している。

表 1 プロジェクトの目的と成果

プロジェクトの目的	統合水資源管理の実践を通して関連法制度・体制等に係る提言を作成し、水資源管理に係る政策、戦略、計画等の質的向上及び水資源関連事業の改善に寄与する
成果 1	水収支の評価
成果 2	水資源管理に係る課題の分析
成果 3	特定地域における統合水資源管理の実践（パイロット活動）
成果 4	戦略・法制度・体制に関する提言

本プロジェクトは第 1 期、第 2 期に分かれ、各期の活動内容及びプロジェクトの流れは、図 2 の通りである。

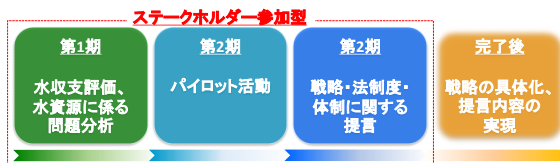


図 2 プロジェクトの流れ

本プロジェクトは、C/P の主体的な活動参加とステークホルダー参加型のパイロット活動を基調とし、“統合水資源管理の実践により、多様なステークホルダーに対して公平な、限られた水資源の効率的且つ持続可能な水資源管理、利用に寄与する制度、体制等への提言作成”を実施する。

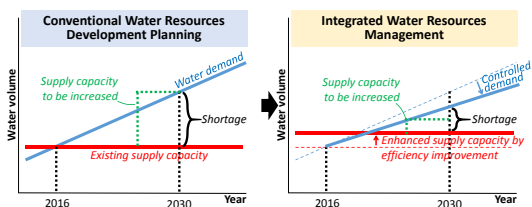


図 3 統合水資源管理による水利用の効率化のイメージ

プロジェクト実施体制と OJT

本プロジェクト終了後も C/P の主体性により統合水資源管理を継続するとともにパイロット活動を他地域に展開するためには、上述の通り、C/P の業務参画と日本人専門家との協働作業を基に、能力強化を行うことが必要である。

そのため、業務の実施にあたっては日本人専門家が側面支援し、OJT を通じた C/P の能力強化と主体的な活動実施を図ることに留意した。

第 1 期は、計 10 名の本プロジェクト専従 C/P

が本プロジェクトに参画し、加えて専従 C/P の同僚職員の関与と支援を促しながら、本プロジェクトを実施した（図 4 参照）。

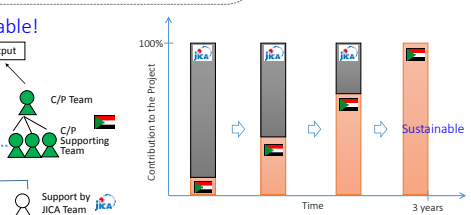
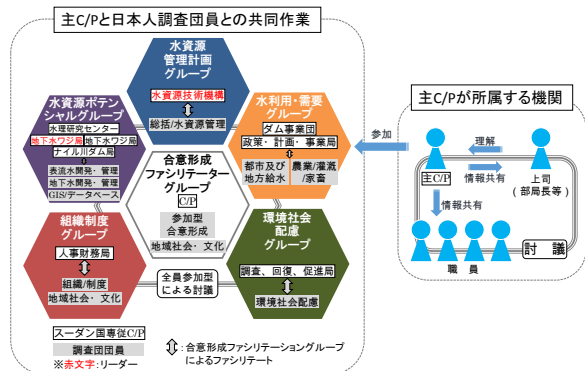


図 4 プロジェクト実施体制



専従 C/P の所属部署（地下水・ワジ局）による業務支援（ワジ流量データの整理）

水収支の評価（成果 1）

成果 1 は、科学的根拠に基づく水収支評価である。また、成果 1 のワークフローは、図 5 の通りで、水資源ポテンシャル解析、水需要量算定、水供給施設の能力把握から成る。

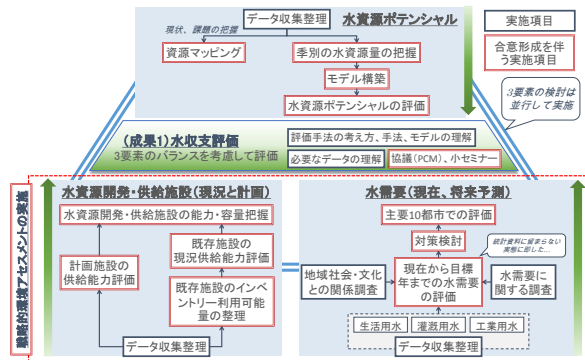


図 5 成果 1 のワークフロー

水資源ポテンシャルは、図 6 に示す通り、小流域毎に降雨量と蒸発散量(日データ)を与え、土壌分類等に応じたモデルパラメータを設定して、河川流出=表流水ポテンシャル、地下水涵養=地下水ポテンシャルとして算出する。

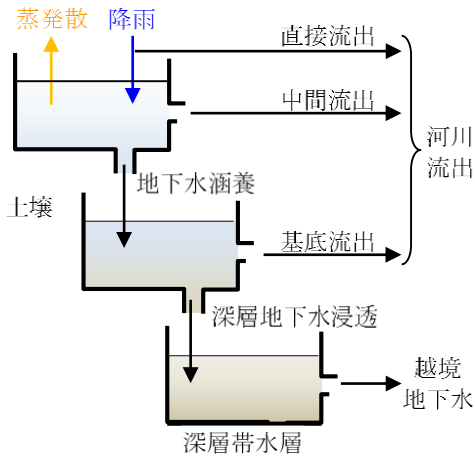


図 6 水資源ポテンシャル評価のイメージ

水需要については、図 7 に示すようなフローに従って家庭用水、工業用水、農業用水等の需要量を算出する。

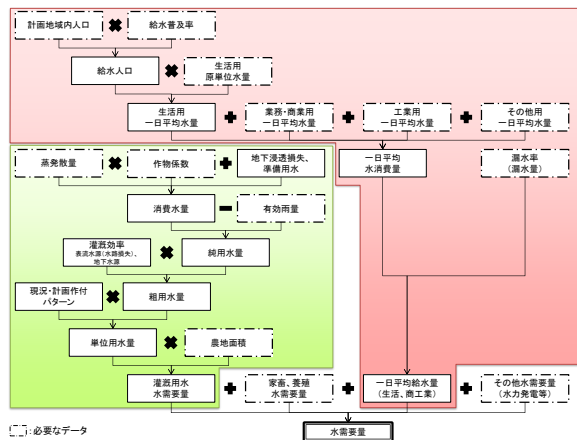


図 7 水需要量算定フロー

水資源管理に係る課題分析 (成果 2)

成果 2 は、水資源管理に係る課題分析であり、ワークフローは、図 8 の通りである。

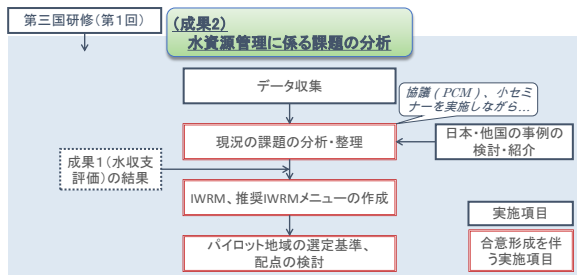


図 8 成果 2 のフロー

C/P による主体的な問題分析を行うため、PCM 手法を活用したワークショップを各 C/P 機関で実施し、分野別(水道、農業等)の問題分析を実施する。問題分析では、図 9 のように“原因-結果”を系図として整理する。

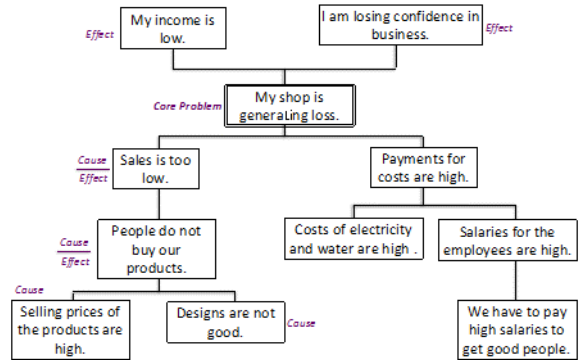


図 9 問題分析ツリーのイメージ

第三国研修

能力強化の一環である第三国研修は、プロジェクト期間を通じて 3 回の実施が予定されている。研修はスーダン側の主体性や持続性を強化することが主目的の 1 つであり、C/P が統合水資源管理に対する知識と意識を高めるとともに、“プロジェクト終了後における水資源管理に係る活動及びパイロット活動対象地域に係る実践的活動(例えば、住民参加型の水管理組合の形成、運営、施設の維持管理の強化等)の継続実施”に資するものとする。

年間降雨量が数 10~800mm 程である気象・水文条件や地下水、ワジ、ハフィール(雨水貯水用池)等が主水源となる水資源状況等を考慮した上でも、類似の気象、水資源状況下にあるアフリカ諸国における第三国研修が効果的だと考えられ、言語、宗教、文化、適正技術の類似性等の点でも、研修員の効率的な研修受講が可能である。

表 2 研修プログラム案

研修地	理由
チュニジア チュニジア国立農学研究所 等	水文学に基づく効率的な管理手法や持続可能な水資源利用を推進の研修の他、乾燥地での効率的に営農を考える第三国研修が行われている。

研修地	理由
モロッコ 上水道局の研修センター、浄水施設、村落の水組合等	20年程前までは多数の水関連の課題を抱えていたが、インフラ整備と人材育成に対する自助努力により課題を克服した。
セネガル 水利省維持管理局、ASUFOR普及サイト等	「自立的な給水施設の維持管理」や「民主的な組織運営」を柱とする住民主体の水管理組合（ASUFOR）が確立されている。

3. アプローチの実践結果

水収支の評価（成果1）

水資源ポテンシャル解析結果（図10参照）、水需要量算定結果（図11参照）および水供給施設的能力把握を基に、スーダン全土を対象に水収支評価を行った。

水資源ポテンシャル解析の結果として、40.5億 m³/年程（国外からの流入及びナイル川、アトバラ川の表流水は考慮せず）表流水ポテンシャルがあることが、計算によって算出された。

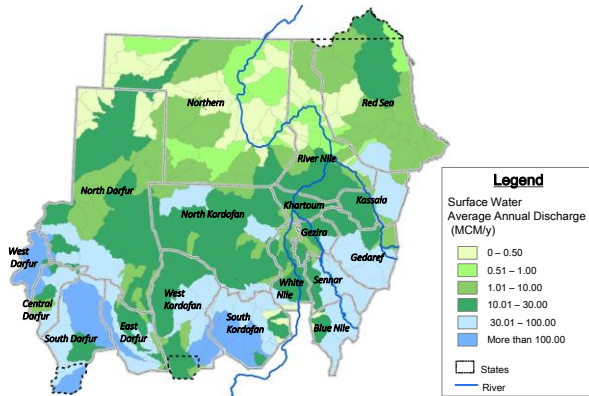


図10 水資源ポテンシャル解析結果（表流水）

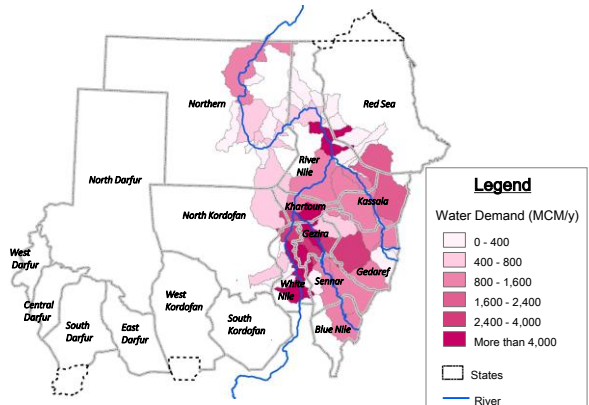


図11 水需要予測（農業用水、2035年予測）

水収支評価の結果として、図12に示すよう

に、Port Sudan や Kassala、El Obeid 等のような地域で、水供給が特にひっ迫する（概算の水資源量に対して水需要が大きくなる）ことが予測された。また、水需要予測と水供給施設容量の現状を踏まえて、必要とされる水資源量・水供給施設の将来予測を行った（図13参照）。

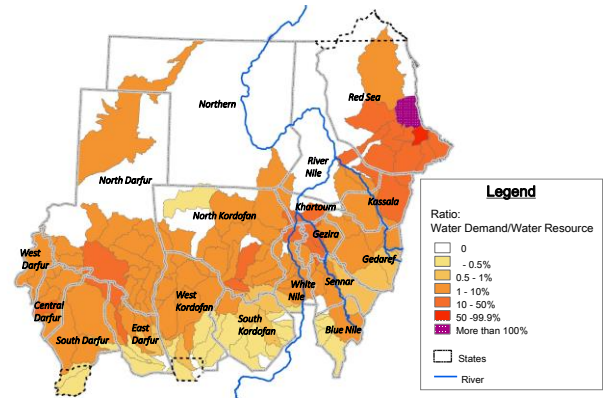


図12 水収支評価（2035年予測）

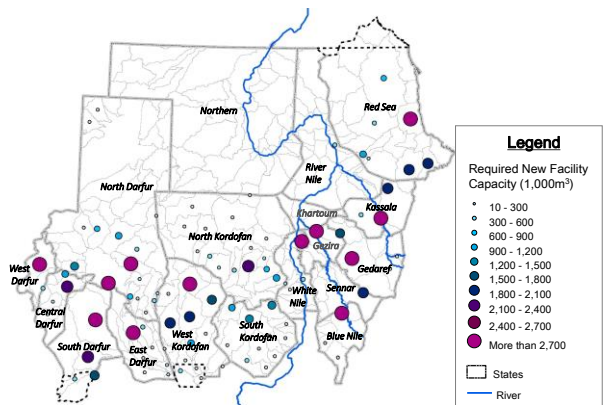


図13 必要となる水供給施設（表流水、2035年予測）

水資源管理に係る課題分析（成果2）

中央及び地方レベルのスーダン側関係者による問題分析ワークショップ、日本人専門家によるワークショップ、地方出張及び関係者との面談等により収集した情報を分析し、スーダンにおける水資源管理に係る課題を明らかにした。根本的な問題点として、「利用者にとっての水不足と水質の悪さ」が指摘された。

図17に問題構造全体を示す。図14はその要約である。水不足と水質問題の原因は、供給側の課題、需要側の課題、水質の課題、そして

これら全般に係る社会、制度、組織的課題に分類できる。

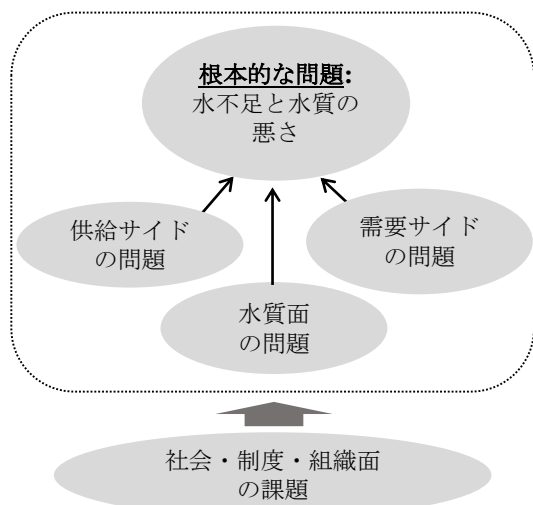


図 14 問題構造

供給サイドの問題は多岐にわたるが、表流水及び地下水の開発水準の低さ（ダム、ハフィールド、井戸の少なさ）及び既存施設の不具合（堆砂、漏水、井戸施設、灌漑水路の容量低下）を含む。これらの問題を引き起こしている要因として、情報の不足、計画・設計・施工能力の低さ、不十分な予算と保守管理などが挙げられる。需要サイドでは、人口増による水需要の増加と水の無駄使いが問題である。都市用水の場合は定額料金体系が、農業用水の場合は作物水分要求量に関する農民の知識の低さが原因で、水の無駄使いが起きている。

水質面においては、ハフィールドにおける動物の排泄物による汚染、未処理の工場排水による汚染、海から河川への塩水遡上、地下水への塩水浸入（紅海州）、内陸部における地下水塩水化等が問題となっている。

社会・制度・組織面においては、農民・遊牧民間の紛争、上流・下流間の対立、水利利用者の水資源管理への参加の不足、関係省庁間の調整の不足、技術的判断を欠いたまま無制限に許可される農業投資、都市給水における定額制料金体系、無制限な井戸掘削許可の付与、工業排水規制の欠如、環境影響評価制度の不十分な適用、水資源省内の部署間の調整・協力の不足、など

が問題となっている。

このような問題構造は、スーダンで観察される水に係る諸問題を網羅し因果関係を明らかにしたもので、どの地域にも多かれ少なかれ当てはまる。問題要因の重みの違いによって、地域差が表れる。

問題分析の結果と水収支解析の結果を踏まえ、スーダンの水問題を代表する地域地としてカッサラおよびエルオベイド選定し、パイロット活動の対象地域とした。その概要を以下に示す。

カッサラ市地域

水問題：

カッサラ市はガシ川が地下に浸透した地下水を使用し都市給水および農業活動を行っている。カッサラ市の周辺で大量の地下水が農業用に揚水され地下水位が経年的に低下しその結果として井戸からの揚水量が低下している。このまま現在の揚水を継続した場合に将来的に多くの井戸が枯渇する危険性が高い。

パイロット活動：

カッサラ州の水資源管理部局とともにガシ川からカッサラ帯水層の地下水涵養量を推定し地下水開発可能性を評価する。これに基づき、現在の揚水を継続した場合の将来の地下水位の低下量を予測し、井戸の枯渇を引き起こす過剰揚水が発生しないための適切な開発可能性を提案する。これを実現するための方策をステークホルダーとともに検討し実行に移す。

エルオベイド市およびバラ地下水盆地

水問題：

エルオベイドの都市給水は北部の地下水(EI Sidir 井戸群)と南部の表流水(Bagara ダム)の2つの水源を持っている。北部の地下水源は地下水位の継続的な低下が予測されているにも係らず地下水位のモニタリングが行われていないため水源の持続性に関し疑問がある。エルオベイドの地下水源はバラ帯水層に属しており近年の農業開発を目的としたバラ帯水層の

地下水開発が無制限に進行しており地下水位の低下が加速している。

パイロット活動：

エルオベイドの給水を担当する州水資源省とともに、①北部の地下水源の開発可能性を評価し適切な開発可能性を提案し、②南部の表流水水源によって地下水水源を補完する計画を提案する。また、バラ帯水層の地下水位開発の現状を調査し、バラ帯水層を適切に管理する方法をステークホルダーとともに検討し実行に移す。

第三国研修

第1期に、モロッコでの1回目の第三国研修を2017年5月に実施した。参加者はプロジェクト・マネージャー、ディレクター、専従C/Pを含む13名であった。



現場視察とIWRMの両国の比較に関するグループディスカッション

2週間にわたる研修は、ONEE/IEA（国営電力・水道公社）とABHSM（スース・マッサ川流域水利公社）の主導により実施され、モロッコでのIWRMの実践状況とその効果等について学習した。また、研修を通じてスーダン国に適用すべきアクションとその計画（アクションプラン）を作成した。具体的には、“明確な制度、政策、計画等の必要性”、“科学的根拠に基づく計画とステークホルダーの巻き込み・連携（IWRMの実践による節水や節電、コスト削減等のメリットを提示した上で）”、“水利用組合

による運営、維持管理とそれを可能とするための能力強化と啓発活動”等が、適用されるべきアクションとして挙げられた。

今後、計画に従って、プロジェクト活動やプロジェクト完了後のIWRM活動を通じて、C/Pが主体的に実際のアクションを起こす必要がある。

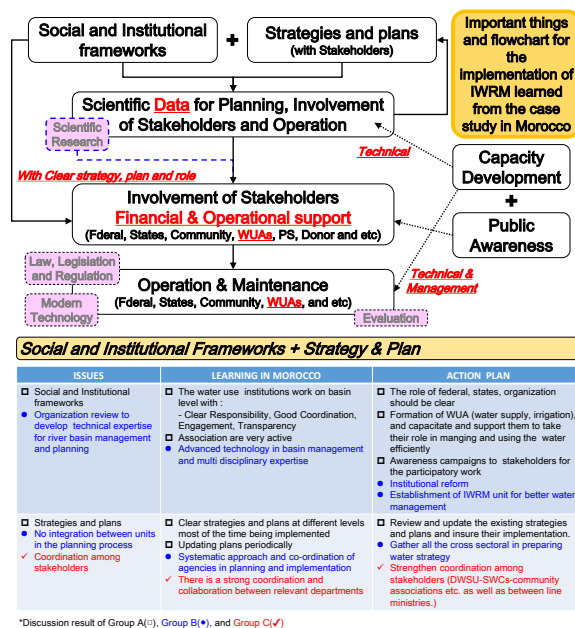


図 15 アクションプラン一例

4. プロジェクト実施上の工夫・教訓

プロジェクト実施上の工夫として、以下の点に留意して各活動を実施した。

表 3 プロジェクト実施上の工夫

工夫	結果/効果
問題分析ワークショップのC/Pによるファシリテーション	日本人専門家の指導を受け、各専従C/Pが、各C/P機関で開催した問題分析ワークショップのファシリテーションと結果整理を行った。IWRMのスパイラル&プロセスの、問題認識の実践方法を理解した。
毎週の定例会議	適宜、活動進捗報告をC/Pが実施し、議事録をローテーション制で作成したり等、C/P間の情報共有とプレゼンテーション能力の強化に結び付けられた。
C/Pによる解析	OJTとして、水収支解析を全専従C/Pが分担し、スーダン全土(180程小流域)を対象に解析を実施し、科学的根拠に基づく水収支評価をC/Pが実践し、習得した。
専従C/P以外の本プロジェクトへの	地下水・ワジ局によるワジ流量整理、水資源ポテンシャル解析支援、ArcSWATのデモンストレーション

関与	等において関係 C/P 機関の協力・支援を受け、専従 C/P 以外のプロジェクトへの関与を促した。
IWRM スパ ライル & プ ロセスの一 連のプロセ スの実践	上記の一連のプロジェクト活動を OJT として C/P が実践できた。IWRMに係る実践経験が少ないC/P にとって、今後の継続的な IWRM 活動の実施に繋がる活動ができた。
広報	広報資料として、プロジェクト・リーフレット(英語版・アラビア語版)を作成し、“C/Pの主体的な活動参加とステークホルダー参加型の活動”についての理解を深めた(図 16 参照)。

一方、専従 C/P から日本人専門家による側面支援・活動について評価させた結果、“分野によっては日本人専門家が実質的なプロジェクト活動を行い、C/P が関与する機会が限られていた等”の評価・教訓が得られた。これらの教訓は、第 2 期のプロジェクト活動に反映する。

プロジェクト実施期間

- 全体：2016年8月～2019年8月
- 第1期：2016年8月～2017年10月
- 第2期：2017年11月～2019年8月

参考文献

Nile Basin Initiative Secretariat (2012): “State of the River Nile Basin 2012”

UNESCO (2009): “IWRM guidelines at river basin level”

K. Okamoto, T. Iguchi, N. Takahashi, K. Iwanami and T. Ushio (2005): “The global satellite mapping of precipitation (GSMaP) project, 25th IGARSS Proceedings, pp. 3414-3416”

※ 降雨データ(日雨量)は、JAXA/EORC 作成による準リアルタイム版 GSMaP 降雨プロダクトを活用

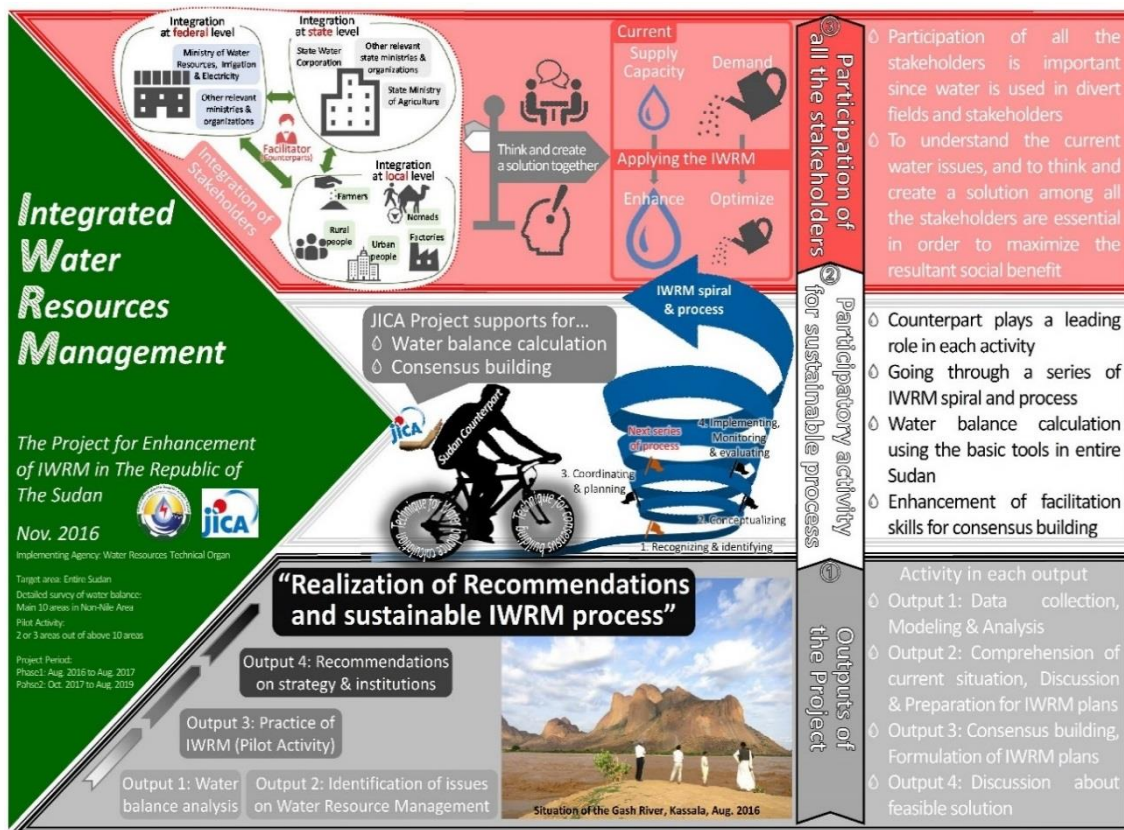


図 16 広報資料(プロジェクト・リーフレット表面)

