

**( Appendix )**

**技術ノート**



## 技術ノートの位置付け

検討会報告書に基づき今後イラクの復興支援を進めていくに当たって、検討会委員を始めとして様々な形での技術的インプットがなされた。それらの専門的知見の内、イラクに対する環境協力において適用可能であろうと考えられるものについて、詳細の技術的検討を行い、「技術ノート」として、本検討会報告書の付属文書として作成した。

なお、この「技術ノート」は、日本が行う環境協力をこれだけに限定するものではなく、また、複数の提案がなされておりそれら全てを実施することを求めるものでもない。今後具体的なプロジェクトを形成するに当たっての、有益な視点を提供することを目途とし、報告書本編を補完するものである。

## 目次

技術ノートの位置付け.....	1
目次.....	1
A.1 イラク南部湿原の再生へ向けた協力の可能性検討.....	3
A.1.1 イラク南部湿原の現状.....	3
A.1.2 湿原再生に向けた日本の取組・経験等.....	5
A.1.3 考えうるプロジェクトの例.....	9
A.2 イラクにおける水と衛生分野の協力の可能性検討.....	13
A.2.1 水分野の支援を考える上でのイラクの現況.....	13
A.2.2 水関連技術の分類と整理.....	14
A.2.3 水分野で考えられるイラク復興支援への適用技術.....	20
A.2.4 考えうるプロジェクトの例.....	21
A.3 その他環境に関連する分野（再生可能エネルギー利用等）の協力の可能性検討.....	24
A.3.1 その他環境に関連する分野の現状.....	24
A.3.2 その他環境に関連する分野での技術・知見等.....	25
A.3.3 考えうるプロジェクトの例.....	27
参考文献.....	29



## A.1 イラク南部湿原の再生へ向けた協力の可能性検討

### A.1.1 イラク南部湿原の現状

#### (1) チグリス・ユーフラテス川流域の水文・水理

チグリス川はトルコ、イランに水源を発し、総延長 1900km、流域面積 37 万 km<sup>2</sup> を有している。チグリス川流域は、この地域において比較的降水量が豊富であり、年間平均河川流量は 526 億 m<sup>3</sup> であるが、年、季節により流出量が大きく変動する。ユーフラテス川はトルコに発し、総延長 3000km、流域面積 58 万 km<sup>2</sup>、年間平均河川流量 307 億 m<sup>3</sup> を有している。これらの流域面積の合計は、イラクの国土面積( 41 万 km<sup>2</sup> )を大きく上回っている。

チグリス・ユーフラテス川流域のトルコ、シリア、イラン、イラクはそれぞれ水資源利用や洪水制御の目的で多くのダムや堰を建設している。その数は建設・計画中のものも含め、トルコ 24 カ所、シリア 4 カ所、イラン 18 カ所、イラク 18 カ所となっている。これらの貯水能力総量は、両河川の年間平均河川流量の 3.5 年分に達する<sup>1)</sup>。これらのダム等により、1) 流量の平均化され洪水が起こりにくくなる、2) 下流に流れるシルト量が減少し、湿原の肥沃性が減少する、3) 灌漑水により土地の塩分が洗い出され河川下流に流入する、などの影響が出ている。

イラク南部湿原地域は、地形が平坦なため、チグリス・ユーフラテス川の流れは緩やかで、勢いを失った本流は、幾つもの流れに分流し湿原に流れ込んでいる。通常の間は、上流域の雪解けにより 2 月～5 月に起こる洪水が、湿原に水を供給する。この洪水が無いと、湿原は夏の暑さと乾燥により干上がり、塩原となる。

イラク南部湿原では、流入量の低下、塩分濃度の上昇が農業、飲料水、生態系バランスに悪影響を与えている。しかし、多数ある湿原・湖沼の水環境は多様であり、塩分濃度だけ見ても、場所によっては一桁以上の差があることもある。このような状況から、一部の極端に水環境が悪い例や、全体の平均値のような部分的な情報により全体の問題を理解しようとするのは危険であり、このような情報を元に具体的な対策レベルにいたる議論を行うことは、現実にはほとんど意味のない検討をしているという状況になる可能性がある。よって、自然環境や社会環境による各湿原・湖沼の個性( 性格 ) を、少なくとも相対的に調べて整理して、そこから問題分析や対策のプライオリティーを考えていくプロセスが必要である。例えば、チグリス川の水質やイランから入ってくるカルヘ川の水質は比較的良質だが、ユーフラテス川の水は塩分濃度が高い。そのため、これらを混ぜることなく、チグリスを供給河川、ユーフラテスを排水河川とするなどの水循環戦略が必要となる。

#### (2) 個別の湿原の特性・現状

イラク南部湿原には、大きく分類するとイランとの国境線に位置するフワイザ湿原、ユーフラテス川が流れ込むハマール湿原、それらの中間にある中央湿原の 3 つの湿地帯に分けることが出来る。かつて、これらの湿原地域の約 80% は永久的な湿原で、その他永久的

な湖と季節的な浅い湖がそれぞれ約 10%程度存在していた。フワイザ湿原は、北からチグリス川、東からカルヘ川が流入し、他の 2ヶ所と比較して排水・乾燥化を免れた部分が多い。しかし、現在イラン側でカルヘ川上流に大規模なダム建設が進んでおり、将来的に湿原への流入量の減少が懸念されている。中央湿原へは、チグリス川が幾つもの支流に分流し、北側から湿原に流入する（口絵 - 3 参照）。

フワイザ湿原の北西には、サナーフ湿原がある。この湿原は、以前は季節的な湿原で、春季に水が流入し、夏には干上がって塩原となっていた。2003 年に隣接するアマーラ市の洪水調整のために水の切り回しが行われた関係で、通年で水が滞留するようになっている。

フワイザ湿原はイラク - イラン国境をまたぐように位置しており、イラン側はアジム湿原と呼ばれている。この湿原には、イラン側からカルヘ川、イラク側からはチグリス川の支流であるムシャラ川とザーラ川が流入している。現在、湿原は北部と南部に分かれており、北部湿原は通年の湿地帯で水深 6m の大きな湖が存在している。湿原南部は、マジヌーン油田の開発のために排水されたが、2003 年に北部からの流入水を受け入れて、油田周囲を再冠水した。

中央湿原の最北西部に位置するオーデ湿原は、かつて農地の造成のため表流水のくみ出しが行われたが、現在は再冠水されてかつての植生が戻ってきている。ただし、アクセスに難があるため、住民の帰還は進んでいない。中央湿原の西端に位置するアブ・ジリク湿原は、これまでの調査から最も生態系の回復が見られている。この湿原は、近隣の住民により盛んに漁労が行われているが、目の細かい網、電気ショック、毒物（アルドリン、エンドリンなどの日本では使用が禁止されている農薬類）などの使用が報告されており、問題となっている。クルナ市とナシリヤ市の間で、ユーフラテス川の北部に位置するチュバイシュ地区は、かつてはアラブ系湿地住民の大きな町があった。この地区は 2003 年にユーフラテス川から再冠水された。

かつてのハマール湿原の上流域だったカルマシア湿原は、ナシリヤ市の南東に位置している。ここはユーフラテス川の支流からの流入水により少しずつ拡大している。この湿原は、旧政権により堤防が築かれたが、これによりアクセスが良くなったため、湿地住民の帰還が進んでいる。ハマール湿原は、ナシリヤ市の近くからバスラ市の西まで広がっており、南はイラク南部砂漠の砂丘帯に接している。この湿原は 1990 年代には 2 つのダムと堤防や排水路の建設により完全に干上がっていた。2003 年には湿原の西側と北側からと南東からの 2 方向から再冠水が始められた。バスラ市の北にあるガルマタリ湿原はかつてのハマール湿原の最下流部である。この湿原には、シャットアラブ川からペルシア湾の上潮により水が流入している。この地域でルメイラ油田が開発されているため、水の循環が他の湿原と比較して余り良くない。この地域にはかつての農民が帰還して、野菜や椰子を栽培している<sup>2</sup>。

### （ 3 ） イラク南部湿原の価値

イラク南部湿原は、生態系の面においてユニークなエコシステムを形成している。この湿原は、排水・乾燥化が行われる前は、絶滅危惧種を含む貴重な野生生物の生息地であっ

た（絶滅が危惧されているのは、鳥類 11 種、ほ乳類 5 種、両生類・は虫類 2 種、魚類 1 種等<sup>1)</sup>。また、中央アジアとアフリカを繋ぐフラミンゴをはじめとする 700 万羽の渡り鳥の通過地点になると予測されており、その点においても湿原の再生は地球規模の重要性がある。

文化的に見ると、イラク南部湿原は、5,000 年以上も昔に世界最古の都市文明を形成した地域であり、聖書のエデンの園や 40 昼夜にわたって雨が降り続けたとされる大洪水の地ではないかとも考えられている。この地域では、車輪等の発明で知られるシュメール人の遺跡が残されるなど、有史以来、人間と自然の持続的な関係が維持されていた。

経済的には、かつては、イラク南部湿原からの漁獲高は、イラク国内の 3 分の 2 を占めていた。しかし、排水・乾燥化によりその割合は 10% 以下に激減した。一方、排水・乾燥化によって出来た土地は、農地としてあるいは油田として開発されている。イラク南部湿原地帯は、イラク北部と並んで大きな石油埋蔵量を有する地域でもある。また、イラク国内では南部湿原は観光地として多くのバグダッド市からの観光客を受け入れていた<sup>3)</sup>。

## A.1.2 湿原再生に向けた日本の取組・経験等

### (1) 自然再生

日本では、過去に損なわれた生態系やその他の自然環境を取り戻すことを目的として「自然再生推進法」が 2003 年 1 月より施行された。また、同年 4 月には「自然再生基本方針」が決定され、自然再生に関する総合的な施策の推進が本格的に開始された。この法律では、科学的データに基づいた順応的な事業実施のほか、関係行政機関、地方公共団体、地元住民、NPO/NGO、専門家等多くのステークホルダーの参画と連携が重要なポイントとなっている。湿原の再生に取り組んでいる具体的な事例としては、釧路湿原自然再生プロジェクトやサロベツ湿原再生事業がある<sup>4)</sup>。

また、特に植生の再生は、動物の生活のための資源や場を提供する事から、その場所にふさわしい植生を回復させる事は自然再生全体の前提とも言える<sup>5)</sup>。そのような植生回復をさせる有効な手段の一つとして、土壌シードバンクの活用が挙げられる。

多くの種子には休眠性があり、土の中で長期間生存し、発芽のチャンスを待つ事が出来る。休眠解除のための環境条件としては、温度や水、光、酸素などが挙げられるが、土壌には発芽に適した条件が揃わずに休眠あるいは休止した状態の種子が多くある。この種子の集合体をシードバンクと呼ぶ。この土壌シードバンクには、土壌に取り入れられた種子が一年以内に発芽する「季節的シードバンク」とそれ以上に渡って休眠した後に発芽する「永続的シードバンク」がある。永続的シードバンクを形成する種の中には、数十年単位で存続しているものもあり、また、水辺など環境の変動が大きい場所に生育する植物

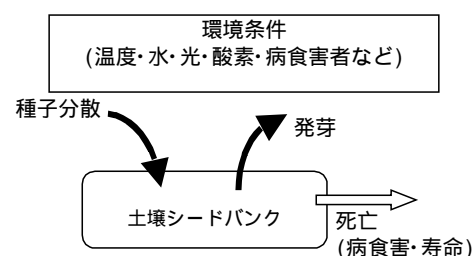


図 - A 1 シードバンクの概念図<sup>5)</sup>

は、永続的シードバンクを形成するものが多いと言われている。このため、土壌シードバンクの活用は、湿原での植生再生には大きな可能性を有していると言える<sup>5</sup>。

2000年10月から霞ヶ浦で開始された湖岸植生帯再生事業では、アサザ等の植物群落を保全・復元するために整備した生育場に、霞ヶ浦から掘った浚渫土をシードバンクとして薄く撒きだし、最近では見られなくなった種の発芽が図られている。具体的には、過去の地形図・植生図等を参考に、植生帯の構造(ヨシ帯とマコモ・ガマ帯が入組む構造など)と地盤高(断面構造)を設定し、その植生・地形を維持するために必要な消波構造物等を整備。その後、シードバンクである浚渫土の撒きだしを実施した。2ヵ月後には植物の発芽・出芽が見られた。その後も植生モニタリングを実施し、外来植物を選択的に除去した結果、霞ヶ浦で既に絶滅したと考えられていた水生植物が多数復活するなど、生物多様性の復元にも大きな成果を挙げている<sup>6,7</sup>。また、事業計画の立て方としては、生態系再生への取り組みは不確実性を伴うため、まずターゲットとなる種が置かれた状況を分析し、絶滅要因やその作用について仮説を設定。再生事業をその仮説を検証するための実験と位置付け、経過を常にモニタリングし事業にフィードバックする。このような順応方管理が重要となる。

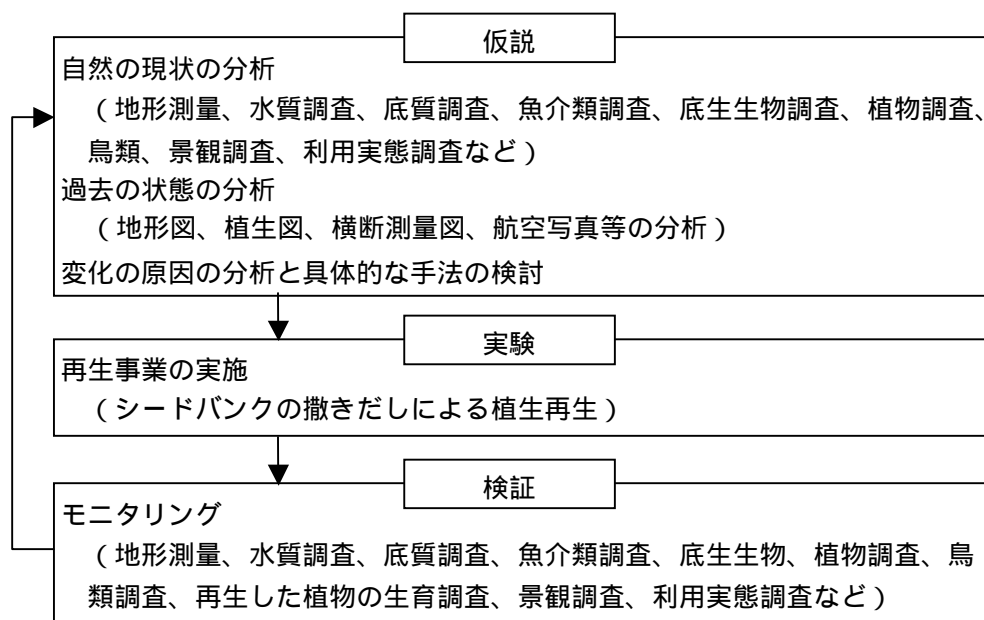


図 - A 2 霞ヶ浦における土壌シードバンクを活用した植生再生<sup>5,6</sup>

## (2) 釧路湿原生態系の再生プログラム

釧路湿原は、日本を代表する傑出した自然環境の一つで、野生動物の重要な生育・生息の場となっている。また、人間にとっても地域の水がめとしての保水・浄化機能、遊水地としての洪水調節機能、地域気候を緩和する機能など重要な価値や機能を有しており、将来にわたって保全すべき貴重な財産である。しかし、近年の、流域の経済活動の拡大に伴い湿原面積が著しく減少し、湿原植生もヨシ・スゲ群落からハンノキ林に急激に変化してきている。そのため、湿原の保全・回復のため、実践的な各種調査・試験を行い、具体的な取組が進められている。



釧路湿原における自然再生の取り組みは、自然再生推進法に基づき実施することとし、「釧路湿原自然再生協議会」が設立された。協議会は、自然再生の目標として、1) 湿原生態系の質的量的な回復、2) 湿原生態系を維持する循環の再生、及び3) 湿原と持続的に関われる社会づくり、を掲げて活動を行っている。また、目標達成のため6つの施策を打ち出しており、同時にそれぞれの施策の評価の方法が示されている。

釧路湿原の再生は、日本国内で最も大規模かつ包括的に取組まれた事例であり、その中からイラク南部湿原支援へ向けた多くの知見が得られるものと考えられる<sup>8</sup>。

表 - A 1 釧路湿原再生の取組

施策	主な評価方法
湿原生態系と希少野生生物の生息・生育環境の保全・再生	湿原面積が維持されているか、ヨシ・スゲ湿原や高層湿原の面積が維持されているかなど
河川環境の保全・再生	良好な環境を有している河川の総延長の増加、河畔林や氾濫原の面積・分布・冠水頻度分布など
湿原・河川と連続した丘陵地の森林の保全・再生	自然の姿に近い森林の面積の増加量、循環、生態系及び土砂流出防止に配慮した計画の件数、実施された森林面積の増加量など
水循環・物質循環の再生	流量と流砂量や栄養塩負荷量の関係、流域での収支の解明、河川水位や湿原地下水位など
湿原・河川・湖沼への土砂流入の抑制	流砂量の減少、湿原や湖沼における土砂堆積量の減少など
持続的な利用と環境教育の促進	「行動計画」に基づいた取り組み数、参加団体数、登録される指導者数、指導書や解説書の発行数、環境教育プログラムの数など

### (3) 自然保護員制度

環境省では、国立公園等の現地管理体制を強化するため、保護地域内のパトロール、調査、利用者指導、自然解説や地域のボランティアとの連絡調整などの業務を担う自然保護官補佐（アクティブ・レンジャー）を全国の国立公園、世界自然遺産地域、ラムサール登録湿地、天然記念物生息地等に配属している。

東京都では、自然公園を中心とした地域における自然保護と適正利用の担い手として、自然保護員（レンジャー）制度を導入している。自然保護員の主な業務は、1) 環境客等の利用者のマナーの指導・普及・啓発、2) 植物の盗掘等不正行為の監視、3) 公園内の標識類の点検等、4) 動植物類の生息・生育状況の観測・監視、5) 移入種の監視、等である。東京都の自然保護員は、2004年より多摩地区、小笠原支庁に配属され、活動を開始した。

### (4) JICAの実施する湿原の保全のための調査・技術協力

JICAでは、湿原保全に関する開発調査、技術協力プロジェクトを実施している。表 - A 2にイランの「アンザリ湿原生態系保全総合管理計画調査（開発調査）」、メキシコの「ユカタン半島沿岸湿原保全計画調査（技術協力プロジェクト）」の概要を示す。イラクの現状からすると、このような本格的な開発調査、技術協力プロジェクトは当面難しいが、周辺諸国で実施中の環境プロジェクトを利用し、イラクの湿原保全に資する技術協力は可能性があると考えられる。例えば、現在シリアで「全国環境モニタリング能力強化計画（技術

協力プロジェクト) 2004.12-2008.2)、エジプトで「地方環境管理能力向上プロジェクト (技術協力プロジェクト) 2005.11-2009.3」などの環境管理・モニタリングの技術プロジェクトが行われている。イラク南部の湿原保全に関して、水質分析、モニタリング技術などの研修を、これらのプロジェクトを通じて行うことを検討すれば、具体的な協力の可能性に繋がるものと思われる。

表 - A 2 JICA 湿原保全関係プロジェクトの概要

	アンザリ湿原生態系保全総合管理計画調査 <sup>9</sup>	ユカタン半島沿岸湿原保全計画調査 <sup>*</sup>
形態	開発調査	技術協力プロジェクト
国名	イラン	メキシコ
期間	2003年2月～2005年2月	2003年3月～2008年2月
カウンターパート	環境庁 自然環境・生物多様性局 農業開発推進省 森林・牧野・流域管理機構流域管理局	環境天然資源省 自然保護庁 リア・セレストン生物圏保護区(RBRC) 管理事務所
目標	総合的マスタープランの策定 パイロット活動の実施 カウンターパートのキャパシティ・デベロップメント	RBRC 管理事務所の適切な管理活動が行われる。
成果	総合的マスタープランの策定 <p>技術移転; 水質・底質モニタリング、廃棄物管理、下水・排水管理、土砂流域抑制、湿原ゾーニング管理、湿原劣化メカニズム分析、組織制度改善、農薬管理等</p>	環境管理に必要な情報が得られる RBRC 管理事務所のマネジメント能力が向上する。 環境影響のコントロールに関する提言・技術支援能力が改善される。 環境教育実施のノウハウが習得される。 専門家の投入; 環境行政、環境モニタリング、分析・モニタリング、環境教育、沿岸魚類養殖、漁民組織化促進、エコツーリズム、手工芸、代替観光活動、都市開発、汚水対策、ごみ対策、植林等

### (5) 湿原のモニタリング

1997年に、通商産業省(当時)と(財)資源・環境観測解析センター(ERSDAC)は、NASAの提唱した極軌道プラットフォーム Terra/EOS-AM1 に搭載用の資源探査観測システム(ASTER)を完成させた。ASTERは高分解能、マルチ分光チャンネルの総称で、可視近赤外放射計(VNIR)、短波長赤外放射計(SWIR)、熱赤外放射計(TIR)などから成り、運用は資源探査、国土調査、植生、土地利用、環境保護、災害防止、火山活動監視などを目的としている。ASTERデータだけでなく(ASTERデータの1シーンは60km×60km)より広範囲をカバーするLANDSATなどリモート・センシングのデータを利用し、環境保全に関し、以下の様な広い研究、アプリケーション開発が行われている<sup>10</sup>。

- 湖沼の富栄養化モニタリング(クロロフィルa濃度等)
- 水質モニタリング(水温、濁度、電気電導度等)

\* JICAプロジェクトのプロジェクト・デザイン・マトリックス(PDM)を基に作成した。

- 地表表面温度、土壌水分の推定
- 砂漠オアシス周辺の植生分布 等

リモート・センシングによる湿原に関する研究は多くはないが、湿原の植生分布図、釧路湿原マッピング（各湿原タイプ（高層湿原、低層湿原、湿地林（ハンノキ）水域）の領域の抽出）、釧路湿原のバイオマス推定への適用研究などが実施されている。上記の様に LANDSAT データ、ASTER データなどリモート・センシングのデータと現地観測データを組み合わせることにより、1,000 程度あると言われるイラク南部湿原の個々の湿地の色々な性格を把握できる可能性があると考えられる。

一方、リモート・センシングで入手したデータや現地でのモニタリングを通して得られた情報は、地理情報システム（GIS）を活用する事により、空間的・時間的变化の分析が可能になり、自然再生へ向けた適切な環境資源管理が可能になると考えられる。

## （ 6 ） 流域の水理シミュレーション

湿原の再生に関して、チグリス・ユーフラテス川の水バランスなどを考慮し、再冠水の過程での影響等を予測する必要があると考えられるが、それには、イラク、トルコ、イランなど流域国のダム状況、農業開発・灌漑状況、水資源管理状況、また当該国の今後の開発計画等を勘案し、ある程度細かな水理モデルを使用して、シミュレーションを行うことが有効である。河川のような開水路における物質の移流拡散・シミュレーションには、数値流体力学（CFD）による流れの場の解析が適用できると考えられる。反応モデル、発生モデル、流入モデルと組み合わせることにより、水環境の予測を行うことが可能となる。ただし、運用のためには解析対象水路の地理情報、対象地域の水文情報、汚濁負荷などの情報などが必要である。

## （ 7 ） 水質モニタリング

水質環境基準の遵守を保証するためにも、適切なモニタリングが必要となる。これにより、持続可能な水資源管理が実践されているかを判断することができる。日本の地方自治体において、環境基準の遵守状態を監視する目的で、テレメータリングシステムが開発され、運用されている。現在は、バイオ技術を適用した BOD センサーの開発により、有機汚濁もオンラインで解析できるようになるなど技術的に進歩している。また、携帯できて現場ですばやく各種水質項目の分析が出来る分析機材もすでに商品化されている。環境の状況や、人的資源状況を勘案しつつ、モニタリング項目・頻度、その他の標準的なプロトコルを整備し、これらの技術の活用等も考慮する余地がある。

### A.1.3 考えうるプロジェクトの例

#### （ 1 ） 自然と人間の持続可能な共生のための湿原再生事業

（目的） 湿原の持続可能な利用及び保全を図るため、土地利用を適正化し、人と自然

の共生に資するための「湿原及びその周辺地域の土地利用マスタープラン」を策定したうえで、湿原の生態系再生に向けた取組を実施することを目的とする。

(対象) イラク南部湿原地域(フワイザ湿原、中央湿原、ハマール湿原)

(プロジェクトの概要) 湿原の利用と保全の最適化を図るための土地利用のあり方を検討し、湿原生態系の再生に向けた取組を実施する。その前提条件として、対象地域の環境情報と社会・経済情報、あるいは既存及び計画中の開発計画や史跡情報等をGIS等のツールを適宜活用しながら把握・分析し、自然保護地域、観光促進地域、漁業・農業地域、油田開発地域、居住地域、水運水路等、地域の特性に合致した土地利用区分を特定する。また、それぞれの地域で、例えば、自然保護地域において野生生物の保全プログラムなどの検証プロジェクトを提案または実施する。さらに、湿原環境のモニタリング体制を確立し、継続的に土地利用状況及び環境状況を監視できるようにする。

また、生態系再生へ向けた取組の第一歩として、植生の再生を行い他の生物(魚介類・小動物・鳥類・昆虫など)の生活の場を復元する。植生の再生により、水質浄化の効果も期待される。

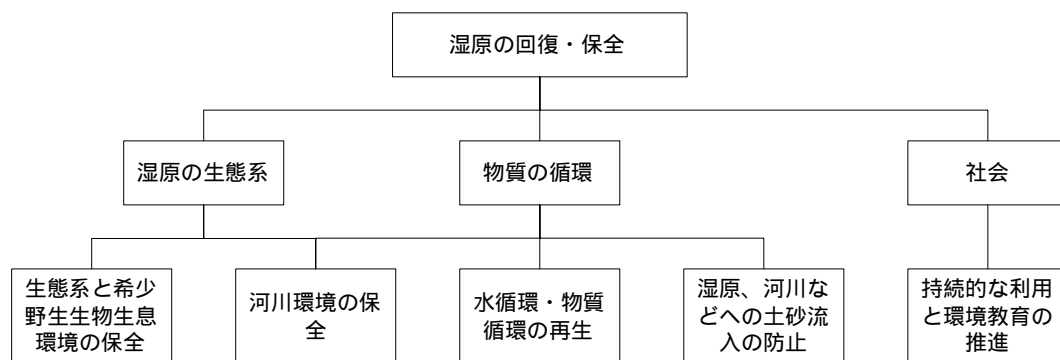


図 - A 3 イラク南部湿原再生への取組<sup>8</sup>

(プロジェクト設計) 自然環境(地勢、水文・水理、水質、植生、魚類、その他生態系情報等)を把握するため、モニタリング体制の整備、必要機材の供与、技術者の能力強化等を行う。また、ツールとしては、リモート・センシングや水文・水理モデルが活用できると考えられる。住民の人口やその分布、就労状況、インフラ等の社会経済情報については、関係機関からの情報収集や現地調査が考えられる。これら収集された情報を総合的に分析し、再冠水を進め湿地環境の保全をする地域、漁業や農業などを振興する地域、シュメール遺跡や自然をベースとした観光を振興する地域、油田地帯など再冠水をせずに既存の経済活動を推進する地域、新たな産業を振興する地域などの区域を指定する。

また、湿地の再生・保全が決まった地域ならびに観光を振興する地域においては、生態系再生の元となる植生の復元を行う。復元には、その土地固有の植生を回復が期待できる土壌シードバンクを利用する。シードバンクの使用は、外来種が入っている場合は特に注意が必要だが、効果の高い植生復元を行うためにも、事前に土壌シードバンクの種の組成や量、場所による違いなどを十分に調査しておく。また、表土・土壌は地形・母地質・植生と関連が深いので地形測量や地質調査、現地植生調査等も実施する。順応的な実施が必要と考

えられるため、科学的モニタリングを実施し、全体構想や実施計画が適切でない場合は見直すなど、実状に沿って柔軟に実施する。

本事業の成功には、住民参加のプロセスが重要になると考えられるため、中央政府の他、地元政府や有力者、NGO などステークホルダー全員を巻き込んだスキームで実施することが望まれる。日本側の投入としては、調査団の派遣、機材の供与、日本あるいは第三国における人材育成等が想定される。

（日本の技術の適用部分） 水質・湿原モニタリング技術、GIS、水資源管理技術、流域水理シミュレーション技術、土地利用管理技術、土壌シードバンク、土壌分析技術

## （２）地域の活性化に資するエコ・歴史ツーリズムの振興

（目的） 地域固有の資源を生かした観光を促進する事により、地元経済への持続的な貢献と共にそれら資源の保護・管理を図り、住民および観光客の環境保全意識を高める事を目的とする。

（対象） 湿原環境が改善された地域で、シュメール遺跡などを含む歴史的・文化的に重要な地区。

（プロジェクトの概要） 環境及び歴史・文化的資源の保護、地元経済への貢献、環境意識の向上を同時に達成するエコツーリズムを検討する。観光資源となる自然及び社会文化的資源の保全については、観光ルート・施設の整備や観光客がもたらす新たな環境負荷への対応（廃棄物管理等）を行う。地元住民をプロのツアーガイドとしての雇用機会を提供する。ガイドは、観光客に対する行動指針を示し、自然資源の持続的利用・保全を可能にする。また、ビジターセンター（貴重動植物の標本等の展示）の設置や地元住民を対象にした環境教育を実施し、環境意識の向上を図る。また、エコ・ツーリズム地域については、持続的なモニタリングに基づく観光資源・自然資源としての維持管理を行う。

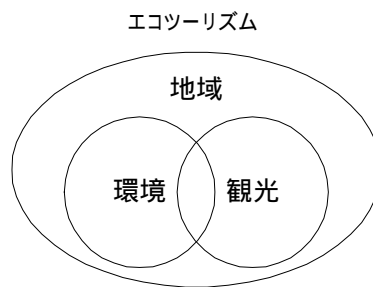


図 - A 4 エコツーリズムと地域のかかわり

（プロジェクト設計） エコツーリズムの実施は、特定の地域内とし、観光資源となる自然環境や文化遺産等の保護・保全を進める。同時に、自然環境に配慮したビジターセンターの整備や観光客がもたらす新たな環境負荷（廃棄物、し尿、大気汚染、水質汚濁など）への対策を講じる。地元住民のツアーガイドとしての雇用機会の創出、地元特産品を活用した料理や土産物の開発等を行う。また、渡り鳥の観察ツアーなど、モデルプログラムを開発し、ツアーと自然環境保全のバランス、方向性を検討する。また、日本の自然保護員

制度を取り入れて、観光客の利用マナーの指導・普及・啓発や動植物の生態観察等を実施する。日本側の投入としては、ビジターセンターの整備、観光客自然保護地域へのアクセス改善（陸路、水路）、自然保護員の養成、廃棄物管理、し尿処理施設や水質浄化システムの導入、低公害型移動機関（天然ガス自動車等）の供与、モニタリング体制の整備などがあげられる。

（日本の技術の適用部分） 環境管理技術、自然保護員制度、廃棄物管理、汚染対策技術、環境モニタリング

### （３）各省横断的な湿原環境研究・管理センターの設立

（目的） 現在イラク各省庁は、南部湿原再生へ向けた取組を行っているが、各省独自に行われており、それらを調整、統合化する機能は確立されていない。そのため、湿原の環境分析（水質など）、湿原保全・利用方法などの研究、環境管理、環境教育・研修など機能を持つ機関を設立し、継続的な湿原保全に資する事を目的とする。

（対象） イラク南部湿原地域。

（プロジェクトの概要） 湿原環境保全・改善を推進するために中核的な役割を担うセンターを設立する。このセンターには、リファレンスラボとしての機能、各種モニタリングの計画と実施、環境情報の収集・分析、環境教育・研修を行う機能を持たせ、永続的な湿原保全の体制を確立する。

表 - A 3 湿原環境研究・管理センターの機能

部 門	機 能
分析	・イラク南部湿原の環境水質分析 ・主要な点源の排水分析など
研究	・イラク南部湿原保全に関する研究 ・適用可能な排水・汚水処理技術の技術開発 ・イラク南部湿原に関する研究のライブラリーなど
環境管理	・イラク南部湿原の現状及び保全に関する年次報告の発行など
環境教育・研修	・湿原保全に関する住民教育の企画、実施 ・水質分析研修コースの実施など
その他	・イラク南部湿原保全に関する ODA の窓口

（プロジェクトの設計） 大気汚染、水質汚濁、有害物質等の分析に必要なラボ機材を供与し、リファレンスラボラトリを設置する。このラボ（分析）部門では、モニタリング計画・分析・評価が行われるように、機材の操作方法の研修を含め、総合的なモニタリング技術の移転を行う。また、湿原の環境管理・研究等に活用するため、環境情報の収集及びデータベース化を行う。このためのコンピュータシステムやネットワーク技術の移転も行う。さらに、研修に付いては、他のラボラトリに対するトレーナとしての能力を付けるため、本邦あるいは第三国における研修を実施する。日本側の投入としては、専門家の派遣、環境分析機器の供与、技術研修などである。

（日本の技術の適用部分） 環境分析技術、環境モニタリング技術、環境対策技術

## A.2 イラクにおける水と衛生分野の協力の可能性検討

### A.2.1 水分野の支援を考える上でのイラクの現況

イラクでは、人口が100万人を超えるのは、バグダッド(560万人)、北部のモスル(170万人)、南部のバスラ(130万人)の3都市で、それ以外に50万人規模の中核都市が北部と、チグリス、ユーフラテス川沿いに分布している<sup>11</sup>。ユーフラテス川の南は砂漠地帯になるため、人口密度は非常に低い。都市人口は全体の約75%といわれている。

#### (1) 上水サービス

イラクの上水道普及率は比較的高く、都市部において配水管ネットワークは整備されている。しかし、施設の拡張が出来ずに供給能力自身が不足していること、維持管理の問題から施設の老朽化が進んでいることが問題となっている。そのため、短期的には既存施設・配管網のリハビリテーションが、また中長期的には供給能力の拡大が目標となる。

水使用の原単位データは、今のところ整理されていない。少なくとも施設が老朽化、破壊された状態では、仮に調査をしても実際の水ニーズに見合った消費量を知ることは困難であり、過去のデータ或いは近隣の国の状況から推定を行うことになる。過去に、パレスチナにおいて調査された結果では、1人1日あたりの水使用量は、35~100リットル程度であった<sup>12</sup>。

#### (2) 汚水処理

汚水処理施設は、現在ほとんど稼働していない状態で、バグダッドを中心に、大量の汚水がチグリス・ユーフラテス水系を汚染している。このため、バグダッド首都圏では下水処理施設の整備が、県・自治州部では個別処理を含めた汚水の非衛生処理率の削減のための取組が急務である。

#### (3) 再生水・中水道等

イラクは、水不足が顕在化しており、今後新たな水資源の確保が必要である。しかし、近隣諸国においても事情は同様であり、国際的な水資源の獲得交渉には様々な困難が予想される。その中で、汚水の再利用や脱塩処理などにより水を再生する取組は、水質汚濁の防止と水資源確保の両面からも推進していくべきである。

## A.2.2 水関連技術の分類と整理

### (1) 水関連技術の分類

水に関する技術には様々なものがあり、それぞれの持つ機能は異なっている。中には一つのシステムで複数の機能を同時に満足するものもあり、単純な比較ができない場合がある。図 - A 5 に水関連技術の分類例を示す。この中で、例えば合併処理浄化槽は衛生(し尿処理)と水環境保全のために利用可能であるが、治水(洪水対策)には利用できないことを示している。

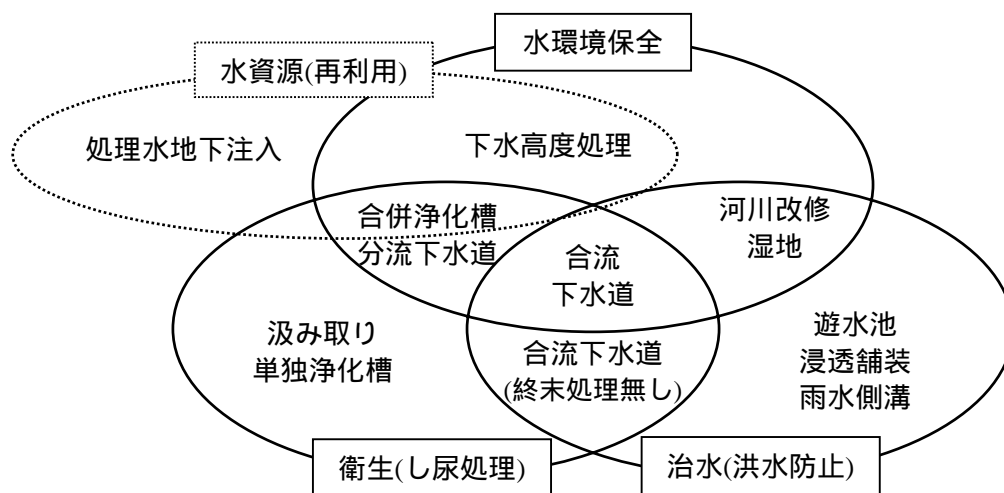


図 - A 5 水関連技術の分類

### (2) 汚水処理関係技術の整理

#### a) WHO による衛生(サニテーション)の分類

WHO 他<sup>13</sup>のレポートによれば、改善された(改善されていない)サニテーションは、表 - A 4 のように分類されている。この中で日本で行われているサニテーションの種類は、下水道、浄化槽、汲み取りトイレがあるが、下水道は表中の Improved-1、浄化槽は Improved-2 に該当するといえる。しかし、汲み取りトイレは Not improved-1 に分類されており、引き抜きが機械的に行われる場合は除外されているものの、余り良い評価を受けていない。また、公衆トイレは Not improved-2 に分類されているが、これはトイレの方式が悪いのではなく、管理が適切になされていないということが問題とされているわけで、必ずしも改善されていないとは言い切れない。そのため、サニテーションの改善を行うためには、手法や技術を注意深く検討することが求められる。



表 - A 4 WHO 他によるサニテーションの分類

Improved (改善された)	Not improved (改善されていない)
1. Connection to a public sewer	1. Service or bucket latrines (where excreta are manually removed)
2. Connection to septic system	2. Public latrines
3. Pour-flush latrine	3. Open latrine
4. Simple pit latrine	
5. Ventilated improved pit latrine	

b) 現在世界で行われている主な汚水処理技術

日本では一般的に行われていないが、日本以外で利用されている主な技術を整理する。

ピットラトリンは、アフリカなどで普及している、地中に穴を掘っただけのトイレで、WHO 基準では「改善された」サニテーションとされる。

腐敗槽は、東南アジアをはじめ、水を使ったサニテーションを行う地域で最も普及している簡易な処理装置である。2 槽程度を連結し、沈殿分離とある程度の微生物処理が行われる。腐敗槽へのし尿の流し込みには、ポアフラッシュと呼ばれる簡易水洗便器が利用される場合が多い。腐敗槽は、定期的な汚泥の引き抜きが行われればある程度の汚濁負荷の除去が可能であるが、世界的に見て、多くの地域で適切な維持管理がなされず、結果的に環境汚染を防止できてないという実態もある。

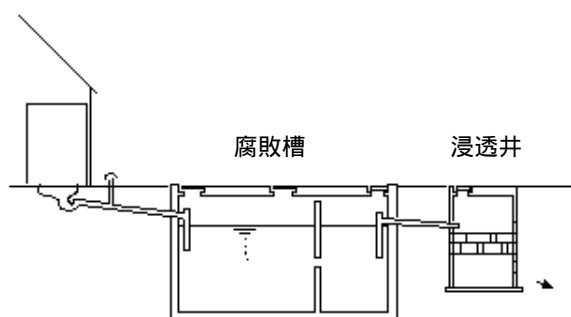


図 - A 6 腐敗槽の例

酸化池は、気候の温暖な途上国で広く用いられている汚水処理方式で、水深の異なる複数の池に水を直列に流すことにより、水を浄化する。広い敷地面積を必要とするが、曝気に動力が不要なため、維持管理費が低く抑えられる。

ウェットランド(人工湿地)は、水生植物(アシ、ホテイアオイ等)の生長に伴い汚濁物質を水中から除去する技術で、生長した植物を定期的に刈り入れ(ハーベスト)する必要がある。

し尿分離コンポストトイレ(欧州型)は、北欧で実施例があるトイレ形態で、底面に勾配のある単槽のコンポスト化槽をし尿が少しずつ滑り落ち、一番下に到着した時点で熟成された堆肥になる方式である。



図 - A 7 ポアフラッシュトイレ

し尿分離コンポストトイレ（ベトナム型）は、2つのコンポスト槽を交互に使用して一方を使用している間にもう一方のし尿の熟成を行うものである。尿はファンネルで受けて別の容器に収集する。

バイオガストイレ（中国型）は、地下に埋設した気密性のある汚水槽にし尿や生ごみを投入し、メタン発酵をさせるもので、発酵したメタンガスを調理に利用している。

フィッシュポンドは、魚の養殖場の上に直接排泄してそれによりプランクトンを増殖させる方法で、インドネシアなどで事例が多い。し尿の病原菌により魚や作業員が汚染される恐れがあり、し尿の前処理を行うことが求められる。

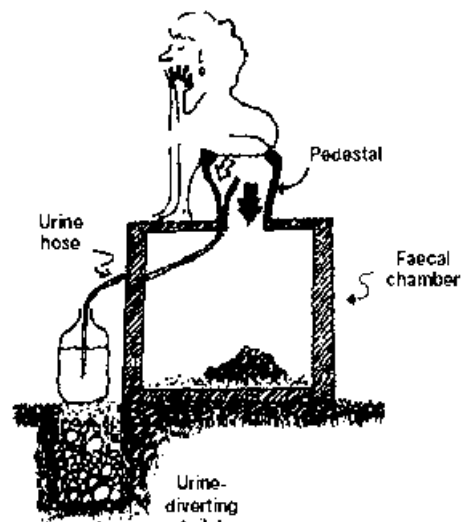


図 - A 8 し尿分離トイレの例

c) 新たな開発の進んでいる技術

ABRとは、Anaerobic Baffled Reactorの略で、腐敗槽を多段に連結し、汚水の生物処理（嫌気性）を促進する方式で、南アフリカやブラジルなどで開発が進められている。南アフリカではコミュニティに設置し、処理水を利用した果樹栽培を行う地域開発のデモンストレーションも行われている。農業に利用するためには、病原菌は除去される必要があるが、栄養塩類などはむしろ処理水中に残存する方が望ましい。

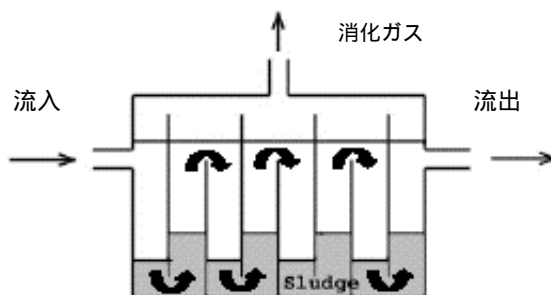


図 - A 9 ABRの例(4コンパートメント)

土壌浄化とは、人工湿地が主に植物の浄化能力を利用するのに対し、専ら土壌内の微生物によって汚水を浄化するもので、浅い不透水性のタンクに土を敷き詰め、その中に汚水を流し込んで浄化する。

おがくずトイレ（日本）は、おがくずの持つ多孔性、保水性、空隙率などを活用し、微生物の担体（保持材）として利用したトイレで、攪拌することにより好氣的にし尿を処理することができる。分解残渣は、おがくずに保持された栄養塩とおがくず自体の炭素源から、即効性の優れた肥料となる。ただし、過剰な水分を入れることが出来ないため、排便後に水を使うことは出来ない。

ディスポーザ対応浄化槽（日本）は、台所からのごみを下水道に流すための施設である。途上国では廃棄物に占める生ごみの比率が高く、腐敗による悪臭や汚染が問題となる。ディスポーザを利用すれば、腐敗性廃棄物がなくなるので、ごみの減量に貢献できるだけでなく、収集頻度を減らせる。ディスポーザに対応した浄化槽はすでに開発・導入されている。

るが、ディスポーザを全ての台所に設置しなければならないので、そちらの低コスト化がネックとなる。

d) 汚水処理技術の分類法

様々な汚水処理技術を分類するに当たって、最も明快な2分法は、湿式 - 乾式、集中式 - 分散式という分類である。この中で、集中式 - 分散式の選定はその地区の汚水処理の基本計画に基づいて決めることが一般的であるが、湿式 - 乾式の選定は多分に文化的である。そのため、その地域が湿式の文化か乾式の文化かを知った上で、それに則った技術を選定することが望ましい。ODAでの供与を考えた場合、分散式の手法を採用することが一般的に困難であり、集中式もしくは中規模分散式（或いは小規模集中式といってもよい）の施設とすることが現実的である。

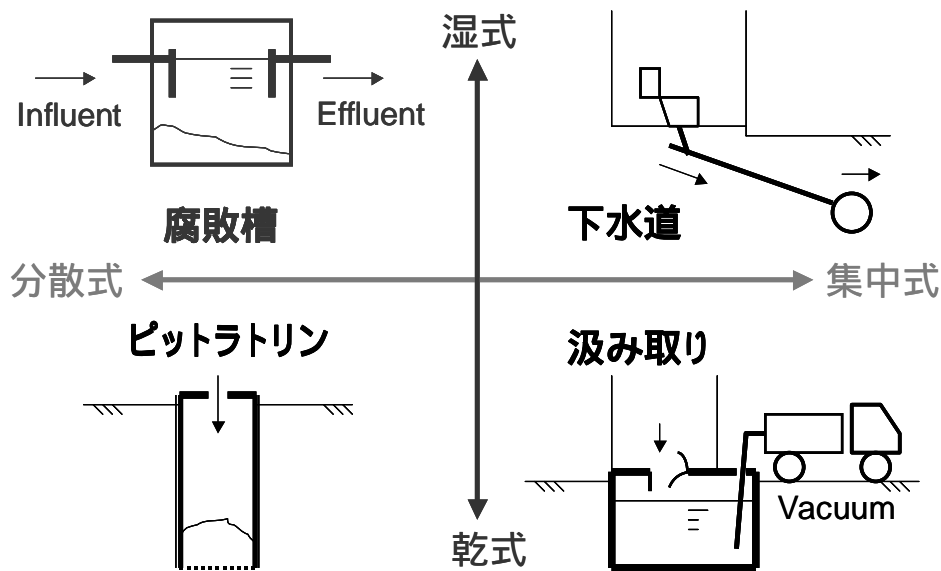


図 - A 1 0 汚水処理技術の分類

( 3 ) 排水再利用関連技術の整理

a) 排水の再利用

乾燥地において水資源は大変貴重で、出来るだけ有効利用したいという希望が高い。現在、排水処理水は表 - A 5 のような再利用がされている。汚水を処理して雑用水に利用する技術は日本で確立されており、修景用水、都市雑用水、環境用水などへの適用が期待される。特に日本に比べて水資源に乏しい国において、排水の再利用に対するニーズは高く、例えば浄化槽を単なる排水処理施設ではなく、造水施設として位置付けることにより、そのニーズが格段に増加すると予想される。特に、日本の膜技術は世界でもトップクラスであるので、高度処理水の造水も可能である。

表 - A 5 排水再生水の適用範囲

修景用水	公園、運動施設(ゴルフコース等)、街路樹、家庭園芸、他
農業用水	穀物、果樹、牧草、産業用作物(綿花等)、苗床、防霜、他
都市雑用水	トイレ、洗車、他
工業用水	冷却水、スクラバー、他
親水用水	水泳、釣り、ボート、他
環境用水	河川流量維持、湿地帯保全、他
地下水涵養	海水侵入防止、地盤沈下防止、他
その他	養殖、防塵、畜産用水、他

米国環境保護庁(USEPA)では、再生水の安全や機能を配慮して、表 - A 6 のようなガイドラインを用いている。この考え方は、利用者が直接再生水と接触する可能性の有無により求められる水質レベルを設定している点である<sup>14</sup>。

表 - A 6 排水の再利用に係る基準

修景用水、食用作物、水泳他	BOD 10 mg/L、濁度 2 NTU、糞便性大腸菌 検出されないこと、残留塩素 1 mg/L、pH 6~9
修景用水(人との接触が限定される場合)、産業用作物、釣り、ボート他	BOD 30 mg/L、TSS 30 mg/L、糞便性大腸菌 200 /100mL、残留塩素 1 mg/L、pH 6~9
工業用水	BOD 30 mg/L、TSS 30 mg/L、糞便性大腸菌 200 /100mL
地下水涵養、河川流量維持	地域条件による

b) 乾燥地で行われている排水再利用

乾燥地では、排水といえども貴重な水資源であり、下水が途中で盗まれて処理場まで到達しないという事例が散見される。しかし、生下水は病原菌を含むので、それをそのまま灌漑に用いることは避けるべきで、最低限の処理を行うことが必要となる。

最も一般的に行われている事例は、果樹(オリーブ・なつめやしなど)への灌漑である。その他、食用作物以外(綿花、牧草など)にも利用されている。その他、処理水により地下水を涵養して、海水の浸入を防止する技術がアメリカ(カリフォルニア州の乾燥地帯)で行われている。その国の水供給量に占める再生水の比率の例を表 - A 7 に示す。このように、イラク周辺の多くの国で再生水の利用が行われている。

表 - A 7 水供給量に占める再生水の比率の例<sup>14</sup>

国名	比率	国名	比率	国名	比率	国名	比率
バーレーン	6%	ヨルダン	6%	モロッコ	0.3%	シリア	3%
キプロス	11%	クウェート	15%	オマーン	2%	チュニジア	1%
エジプト	1%	キルギス	ほぼ 0%	カタール	9%	トルコ	ほぼ 0%
イラン	0.2%	レバノン	0.2%	サウジアラビア	1%	アラブ首長国連邦	9%
イスラエル	10%	リビア	1%				

c) 脱塩(淡水化)技術

淡水化技術は大きく分けると多段フラッシュ方式と逆浸透方式の2種類に分類する事が

できる。多段フラッシュ方式とは、塩水を蒸発（フラッシュ）させた後に再度冷やして真水を作り出す方式であるが、この方式は熱効率が悪く多大なエネルギーを必要とする為、製油所や火力発電所の近くなど、エネルギー源のそばに建設する必要がある。

逆浸透方式とは、塩水に圧力をかけて逆浸透膜（RO 膜）と呼ばれるフィルターを通して真水を濾しだす方式である。エネルギー効率が優れている反面、水中の微生物等で目詰まりしないように十分な前処理を行う事が必要となる。日本では、沖縄や福岡市に逆浸透膜による淡水化プラントが稼働しているほか、海外への輸出実績も豊富であり、2004 年時点で淡水化用 RO 膜を最も多く製造しているのは日本である<sup>15</sup>。

#### （４）生物資源の循環的利用システム

環境と調和した持続的な生活基盤の構築に当たっては、生計手段、生活施設、健康問題などを配慮することが基本となる。中でも、環境保全を意図する場合、生活に伴って排出されるし尿や廃棄物の取り扱いを考えなければならない。このような生物資源が循環するシステムを構築できれば、生計の助けと環境保全が同時に達成することとなる。生物資源の循環に当たっては、し尿の中で尿と便が、その性状・性質から利用方法が異なっているということを念頭におく必要がある。さらに、廃棄物については、有機性廃棄物とそれ以外とは、その利用価値が異なっていることから、生物資源循環システムにおいては目的別に分離・分類することが鍵となる。その上で、適切な処理・処分法などを適用した総合的なシステムを構築する必要がある。

し尿の取り扱いについては、既に分離型トイレが開発されており、便と尿を別々に収集することが可能である。尿は理想的な窒素・リン・カリのプロポーションを持ち、希釈するだけで肥料として利用が可能である。他方、便は寄生虫卵や感染性病原菌を含んでおり、かまどの灰で殺菌したり、熟成・堆肥化させて無害化したのちに土壤改良剤として農地に還元することが出来る。また、養魚場において魚の飼料の代わりに有機性物質を投入して、プランクトンの発生を促進させるためにも利用可能である。

廃棄物は、厨芥などの有機性廃棄物は、便とともに堆肥化することが可能である。また、暖房・調理により排出される燃焼灰は、栄養塩などを含むので肥料としての利用価値がある。ただし、全ての廃棄物を完全に再利用することは不可能であるため、分別後の廃棄物を収集処分する社会システムの整備は必要である。

循環的利用システムの構築にあたっては、広域レベルの循環、コミュニティレベルの循環、家庭レベルの循環を考慮した計画が求められる。各家庭に菜園程度の農地を所有する場合は、生物資源を直接その農地に還元することにより循環システムが完結する。コミュニティレベルで取組む場合は、し尿の引き抜き機材（バキュームカー、バージ等）が必要となる。収集したし尿はコンポスト化施設などに送られて処理した後に再利用される。より大規模な循環を行う場合は、生物資源をメタン発酵しそれをエネルギー源とした発電や、回収した尿からリンを回収して現金収入を得るなど、住民の生活レベルの向上に資する様々なアプリケーションが可能となる。そのため、特定の地域への適用に当たっては、地域の農業側からの需要予測なども必要となるので、研究から実証レベルへと進めていくア

プローチが望ましい。

### A.2.3 水分野で考えられるイラク復興支援への適用技術

イラクの水問題（水資源、水環境等）に対処するに当たって、複数の技術を比較検討し、それぞれの技術の特徴を把握すると共に、比較優位性を知るために、システム設計に当たってコアとなる5つの技術（腐敗槽、し尿分離、浄化槽、酸化池、人工湿地）を選定した。ただし、それぞれの技術は目的と用途によってその適用性が異なるので、必ずしも一方が他方より優れているということの意味しない。この中で、腐敗槽と酸化池は途上国で実施例の多い技術、浄化槽は日本での実施例が多い技術、し尿分離と人工湿地は検討会の場で提案された技術とすることでそれぞれ比較対象とした。

表 - A 8 汚水処理技術の比較

	腐敗槽	し尿分離	浄化槽	酸化池	人工湿地
方式	湿式 - 分散式	乾式 - 分散式	湿式 - 分散式	湿式 - 集中式	湿式 - 集中式
普及状況	日本で[無] 途上国で[多 多]	世界各地で取 組まれ始めて いる	日本で[多 多] 途上国で[寡 少]	日本で[無] 途上国で[多]	日本で[中] 途上国で[中]
処理水質	[低] BOD 除去率 30 ~ 50%程度 栄養塩は除去 できない	[中] BOD 除去率 50%程度、栄養 塩 70%程度	[高] BOD 除去率 85%以 上 塩分は除去できな い	[中] BOD 除去率 60 ~ 70%	[中] BOD 除去率 60 ~ 70%
施設規模	[小(地中)] その他、汚泥の 回収・処理が必 要	[小 - 中] その他、し尿回 収・処理が必要 し尿以外の水 処理施設必要	[小(地中) - 中] その他、汚泥の回 収・処理が必要	[大] 広い敷地を必 要とする	[中] 大規模な事例 は少ない
初期費用	[低]	[低 - 中] 施設規模によ り差が大きい	[高] 個別浄化槽は[高 高]	[中]	[中]
維持管理費用	[低] 年1回汚泥引き 抜き	[中] 1~2 ヶ月毎の 引き抜き	[高] 年1回汚泥引き抜 き、清掃、24時間 電気	[低] 浚渫(実際は殆 ど事例なし)	[低] 年1回刈入れ
ユーティリティ	特になし	特になし 家庭内堆肥化 の場合電気が必 要	水道、電気	水道 流入、放流に電 気が必要な場 合あり	特になし 流入、放流に 電気が必要な 場合あり
資源循環	[低]	[中~高] 有機物、栄養塩	[中~高] 再生水、リン	[低]	[低~中] 刈入れた植物
日本企業の優位性	[低] 途上国が独自 の技術で普及 可能	[低] し尿処理プラ ントは[高 高]	[高 高] 日本の技術を利用 した現地生産品も ある	[中] 開発コンサル タントによる 実績あり	[中] 国内に小規模 施設の実績は 多い
配慮事項		イスラム圏は 湿式が基本	維持管理体制の整 備が必須	水の蒸発によ る濃縮	水の蒸発によ る濃縮

病原菌の除去を第一義の目的とする場合、どの方法であってもほぼ満足行く結果が得られる。そのため、選定基準は費用が中心となる。初期費用と維持管理費用が共に最も低いのが腐敗槽方式である。有機汚濁負荷の除去が目的の場合、浄化槽が最も高い処理効率を得られる。そのため、汚水の再利用を行うことも可能となる。資源循環の可能性が最も高いのはし尿分離である。この場合、有機物、栄養塩などを循環的に利用できる可能性がある。ただし、乾式処理の性質から、雑用水をトイレの洗浄に用いることはない。集中式汚水処理計画をする場合は、酸化池が実施事例も多く、維持管理も容易である。集中式処理は、経済水準の変化などに伴って地域の水消費パターンが変化した場合でも、比較的施設の増設などの対応が容易である。また、雨水排除の管路としても利用できる（合流式下水道）。ただし、汚物の流下のために一定以上の水量があることが条件となる。

それぞれの方式においては、そのシステムの構成が同一ではないが、基本的には「便器・便所」、「輸送・搬送」、「処理・処分」から構成されている。湿式の場合にはこれらに「給水・水洗」の機能が加わる。分散型の場合は「輸送・搬送」機能が不要なシステムもあるが、これらの全てが有効に機能して始めて、汚水の適正処理ができることになる。更に、汚水処理別の価値を組み合わせることで循環システムを構築することも、汚水処理に新たな価値を付加することになり、適用可能性が増大する。更に、技術的にシステムが構築できても、それが制度的にサポートされていない場合、結局使用されなくなり投資が無駄になってしまうことになりかねない。従って、システム選定には制度構築をも含んで考えることが大切である。

#### A.2.4 考えうるプロジェクトの例

##### (1) し尿分離トイレと人工湿地を組み合わせた栄養塩類循環システム

(目的) 汚水管路ネットワークの敷設が物理的、費用的に適切でない地域において、し尿分離によるし尿処理と人工湿地による雑排水処理により、汚水による水質汚濁を防止すると共に、回収したし尿を農地・養魚池等で利用することにより、栄養塩類の循環系を築き上げることを目的とする。

(対象) 南部湿原など下水管路の敷設が不可能で、人口密度が比較的低い地域の内、漁業を主たる生計手段にしている地区。

(システム概要) し尿回収システム、雑排水処理システム、し尿再利用システムを考える。し尿は、各家庭に設置された分離トイレにより別々にタンクに回収され、便は便器下部の反応槽においてコンポスト化される。尿とコンポスト化された便は、定期的に収集を行い貯留施設に集められる。雑排水処理は地区ごとに造られた小規模の人工湿地に流入し、浄化された後放流される。収集・貯留されたし尿は養魚池或いは農地に入れられて、漁業・農業生産性の向上に寄与する。

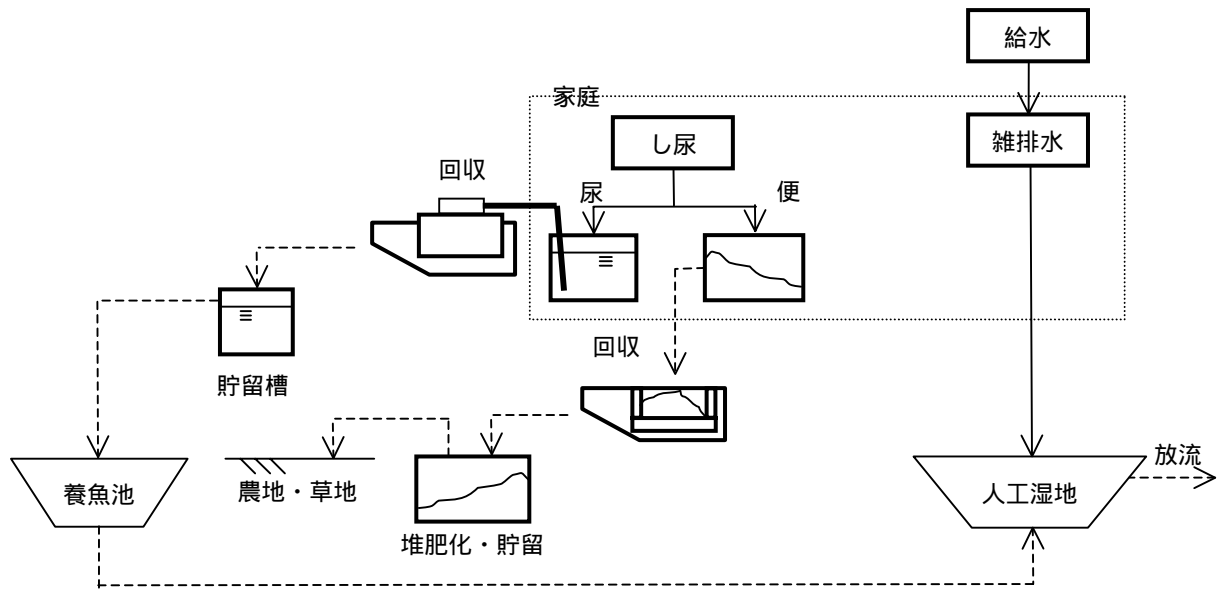


図 - A 1 1 システム概念図

(プロジェクト設計) まず、漁業の生産性向上に意欲のある地区をプロジェクト対象地区に選定する。その地区において、し尿分離トイレの設置と収集システム(体制)構築を行い、し尿が確実に収集されるようにする。同時に、し尿を利用した養殖技術や魚種の選定等を行い、養殖により確実に収入が増加できることを実証する。その上で、システム普及発展のための技術移転を行い、自律的にこの方式が類似の地区において採用されるように計画する。日本側の投入は、し尿分離トイレと収集機材の供与、貯蔵施設の建設、養魚池の造成・建設、人工湿地の建設、水環境保全技術指導のための技術者派遣、養殖技術者派遣などを行う。考慮を要する外部条件は、住民がし尿分離トイレを受け入れること、し尿分離トイレの運転に必要な電気が確保できること、養殖した魚のマーケット価値が下がらないことなどが考えられる。プロジェクト形成の前提条件は、(全てのプロジェクト共通に)イラクの治安が安定して日本人が国内に入れるようになることが挙げられる。

(日本の技術の適用部分) エコトイレ、養殖技術。

## (2) 浄化槽高度処理水の再利用を考えた地域水利用システム

(目的) 水資源貯存量の乏しい乾燥地域において、生活排水を高度処理することにより農業用水として再利用し、併せて劣化土壌の改良のための有機資材を供給することにより、持続可能な農業経営と適正な汚水処理の実現を目指すことを目的とする。

(対象) 農業を主な産業基盤に持つコミュニティの内、農業用水源の確保に困難のある地区、或いは牧畜を主とするコミュニティで放牧地の土地劣化が進んでいる地区。

(システム概要) 合併処理浄化槽システム(中規模) 灌漑ネットワーク、污泥回収処理システムを考える。合併処理浄化槽は地区全体をカバーする中規模の施設とし、そこまでは管路により各家庭からの汚水を導入する、処理汚水は、隣接する農地あるいは放牧地に送られて、灌漑用水として利用される。余剰污泥はコンポスト化施設に送られた後、土



壤改良剤として利用される。

（プロジェクト設計） プロジェクト地区を選定後、コミプラ規模の合併処理浄化槽及び汚泥処理（堆肥化）施設を建設する。浄化槽の放流先に、果樹・綿花・牧草・穀類など生食の無い作物生産農地を造成し、コミュニティによる共同経営システムを構築する。日本側の投入としては、污水管、浄化槽、堆肥化施設の建設、生産農地造成と灌漑システム建設、浄化槽維持管理・灌漑技術移転のための技術者派遣などを行う。考慮を要する外部条件としては、水・電気が安定的に供給されることが挙げられる。

（日本の技術の適用部分） 浄化槽の設計・施工、浄化槽維持管理技術・経営、浄化槽技術者制度、水環境基準、節水型灌漑技術。

### （３）酸化池を利用した低コスト污水处理システム

（目的） 下水道整備計画において高い優先度を与えられることが少ない地方の中小都市において、低コストで維持管理も容易な酸化池による污水处理システムを構築し、公衆衛生の向上と水環境保全を達成することを目的とする。

（対象） チグリス・ユーフラテス川を取水源、並びに排水先としている人口数万人程度の地方都市。

（システム概要） 土地の地形状態を配慮し、重力を利用した自然流下式の低コスト下水道ネットワークを建設する。污水处理施設は、維持管理の容易な酸化池とし、処理水は水系に放流される。

（プロジェクト設計） まず、イラク全国の污水处理計画を策定する。策定に当たっては、水の利用形態、集落の分布状況、将来人口の予測、現在のし尿処理状況から踏まえた集中式または分散式あるいはその両者の組み合わせについて、効率性及び経済性の観点から検討を要する。その中で、酸化池方式が最適な中小都市において、比較的規模の小さい污水ネットワークと処理場の建設を行う。日本側の投入は、全国污水处理計画調査のための調査団の派遣、選定地区における污水处理施設、管渠の設計・施工、維持管理技術移転のための技術者派遣などが考えられる。プロジェクトの外部条件としては、酸化池の建設地において住民の理解が得られることが挙げられる。

（日本の技術の適用部分） 污水处理施設設計・施工、維持管理技術。

## A.3 その他環境に関連する分野（再生可能エネルギー利用等）の協力の可能性検討

### A.3.1 その他環境に関連する分野の現状

#### （１）石油産業

石油産業は、イラクの最大の産業であり、特に外貨収入の95%は石油によるものである。イラクは、サウジアラビアに次ぐ世界第2位（統計によっては第3位）の推定石油埋蔵量がある。主な生産地域は、イラク北部の1934年から開発が始まったキルクーク油田を中心とする地域と、南部のバスラを中心とする1960年代後半から本格的な開発が行われてきたルメイラ油田、1977年に発見されたマジヌーン油田等である。石油の他に、天然ガス資源も豊富であり、イラクは国内のエネルギー需要は天然ガスでまかない、石油を輸出にまわす方針である。

石油関連施設からの、原油や廃油の流出により、表流水や地下水が汚染されている。経済制裁により維持管理レベルが低下したため、汚染が起こるリスクが更に高まっている。また、多くの油田で副産物の天然ガスが燃やされており、窒素酸化物、硫黄酸化物、温室効果ガスなどが放出されている<sup>11</sup>。

#### （２）電力事情

イラクの電力施設は、1991年の湾岸戦争で約90%が破壊された。その後、湾岸戦争前の45%まで能力が回復したが、2003年のイラク戦争で再び大きな被害を受けた。イラク戦争前の時点では、イラク各地での電力供給は1日12時間以下で、電力不足は水道、衛生、保健、教育などの分野に影響を与え、住民の生活レベルは大幅に下がった<sup>11</sup>。

イラクの電力インフラの整備は、現在イラクの最優先課題である。現状では、停電が頻発し、住民は食料を節約してエネルギー源の確保に努めている状況である。国が広く、人口の粗密が激しいため、全土にまたがる電力ネットワークを整備しようとするると必然的に中小規模の発電システムを組み込んだ分散型のシステム設計を考えざるを得ない。

#### （３）エネルギー関連の環境分野での支援の目標設定

エネルギー対策と大気汚染・温暖化対策は、それぞれ相互に関連しつつも、住民の喫緊の課題である電力の確保から、温室効果ガスの排出のような超長期的な問題を包括的に取り扱うことになる。短期的には、住民の基本的な生活水準の再構築に当たる事項を最優先の課題とし、その後の経済発展に伴い、生活の質的な改善と環境の保全を目指した対策を行うなど、段階的な目標の設定と実施が重要な分野である。

エネルギー産業に起因する汚染の防止としては、石油関連施設の修復と機能回復、更には除害施設の設置などが必要である。また、汚染された土壌、地下水等の浄化なども必要

となる。

エネルギー対策としては、新エネルギー技術等の導入を考えることが望ましい。特に小規模分散型の発電施設の可能性を考えるべきである。

### A.3.2 その他環境に関連する分野での技術・知見等

#### (1) 太陽光発電システム

太陽光発電は、送電網から離れた場所の無線通信網（中継局）の整備や送電線がなく燃料の輸送が不便な地域等での実用化が進められており、イラクにおいても、特に南部湿原では点在しているコミュニティ施設や簡易な家庭用電源としての活用が考えられる。また、太陽光発電モジュール自体の寿命は30年以上期待されており、稼働部もないため、基本的にはメンテナンスを必要としない。しかし、蓄電装置としては主に比較的安価な自動車用鉛バッテリーが活用されるため、廃棄方法には十分に注意する必要がある。なお、自動車用バッテリーの寿命はおよそ3～5年毎とされているが、新たに、鉛を使わずにしかも10年程度の長寿命の蓄電装置を用いた太陽電池システムの開発が進んでおり、その適用が期待される<sup>16</sup>。

再生可能なクリーン・エネルギーとして、水力発電、太陽光発電、風力発電、地熱発電、バイオマス発電などが先進国で工業的に実現しているが、途上国へも適した技術としては、太陽光発電とバイオマスが挙げられる。イラクの場合、バイオマス発電の可能性は不明である。イラクは乾燥地域で雨が少なく、日照時間も長いので、太陽光発電を適用可能な地域である。また、太陽電池パネルの生産は、日本が全世界における生産量のおよそ半分を占め、日本を代表する技術の一つであり、技術協力のベースがしっかりしている。

表 - A 9 クリーン・エネルギー技術の比較

方式	水力発電	太陽光発電	風力発電	地熱発電	バイオマス
普及状況	[高] 豊富な水量、ダム建設の適地が有り、送電線などインフラが整えば、信頼性の高い発電システムが得られる。	[低] 小規模な家庭用発電などとして利用が進んでいる。	[低] 先進国で導入実績が多い。	[低] 火山地域など適用するのに立地条件が難しい。	[低] 途上国でも農業系廃棄物からの発電が行われている。
規模	[大]	[小]	[中～小]	[大]	[中]
コスト	[高] 小規模水力発電は規模が小さく低コスト。	[低]	[中～低]	[高]	[中]
日本の優位性	[高]	[高] 太陽光パネルの世界生産の約半分を生産しており、アプリケーションの技術も豊富	[低] 主に、欧米系のメーカーが大部分を占める。	[高] インドネシア向け ODA 供与実績あり。	[中]
配慮事項	ダム建設に伴う環境影響への配慮が必要	日照時間などの条件	グリッドの広域連携が必要		

## ( 2 ) 大気モニタリング

日本では、一般大気環境測定局と自動車排ガス測定局を設置し、窒素酸化物、粒子状浮遊物質、光化学オキシダント、二酸化硫黄、一酸化炭素、炭化水素などの常時監視を行っている。従来、窒素酸化物、光化学オキシダント及び二酸化硫黄の測定は、大気試料を吸収液に吸収させ、その反応から濃度を測定する湿式測定法が用いられてきたが、1996年からは乾式測定法が測定法として追加されている。乾式測定法として採用されたのは、紫外線蛍光法による二酸化硫黄、化学発光法による窒素酸化物及び紫外線吸収法もしくは化学発光法による光化学オキシダントである。なお、環境大気自動測定機の使用に当たっては、校正用ガスの精度確保が重要となる。また、大気環境の測定と同様に重要になるのが、各測定局からの結果を迅速に集計し、また適格に対処する為のネットワーク(テレメータシステム)の構築である。

## ( 3 ) 排煙脱硫装置

日本では、1960年代より硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)対策として排煙脱硫装置の設置が進められ、これまでに国内ばかりでなく多くの開発途上国に装置が設置されてきた。排煙脱硫プロセスは、湿式、半乾式および乾式の3種類に大別され、日本で多く採用されている方式は、高効率であるが設備コストおよび運転コストが高い湿式である。

代表的な湿式法である石灰スラリー吸収法(石灰石-石こう法)は、電気事業用大型ボイラーの主力プロセスとなっており、欧米のプラントにも輸出されている。また、簡単かつ設備費も比較的安価な水酸化マグネシウムスラリー法は一般産業用の中・小型ボイラーで用いられている。近年では、活性炭吸着法や電子ビーム法等の乾式の同時脱硫・脱硝法の技術開発が精力的に行われ、実用化されつつある。また、脱硫率は60~80%とやや低いものの、簡易かつ経済的な脱硫プロセスの技術開発が推進され、中国やASEAN等の途上国を対象としてグリーンエイドプランによる技術移転が行われている。

イラクでは石油生産の維持・拡大と共に、原油精製設備の整備や火力発電所の復旧・整備が積極的に進められると考えられ、これに伴い発生する硫黄酸化物による大気汚染対策として、日本の排煙脱硫技術が有効であると考えられる<sup>17</sup>。

## ( 4 ) 汚染土壌浄化技術

イラクにおける土壌汚染は、石油関連施設からの原油流出事故や化学薬品工場(跡地)や戦争廃棄物、鉱山の廃液等による土壌汚染がある。この中で、イラクの油田地帯は、1960年代後半から本格的な開発が進められ、イラク経済にとってとても重要な地域となっている。原油の採掘など油田の生産活動から漏れ出た原油、排水ならびに土砂による水質汚濁(表流水、地下水)などの周辺環境への影響が懸念されている。

汚染土壌の浄化に当たっては、揮発性有機化合物(VOC)や重金属など汚染物質の種類によって対策技術が異なるが、汚染の原位置で浄化・処理する方法と汚染地下水を揚水する方法、汚染土壌を掘削除去する方法などがある。環境省では地下水浄化技術の開発・普及を目

的として、「汎用装置実証調査（平成 1997～2002 年度）」や「新技術実証調査（平成 1993～1999 年度）」を実施してきており、エアースパーキング\*や鉄粉法†などの技術が実証されている<sup>18</sup>。

また、1995 年から 2000 年まで、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）により「土壌汚染等修復技術開発」プロジェクトが実施されており、石油施設からの油汚染に関しては、1990 年の湾岸戦争時にクウェートの油田が破壊され原油による土壌汚染が発生した際に、バイオ利用の汚染処理を行った実績がある。バイオレメディエーション(生物的環境修復)は、原油、有機溶剤等による土壌汚染や海洋汚染の除去等、広く拡散した環境汚染を浄化する上で、コスト面及び環境を変化させない修復技術の面で最も有効な手段であると期待されている<sup>19</sup>。

### A.3.3 考えうるプロジェクトの例

#### (1) 村落における太陽光発電システムの利用

(目的) 非電化の村落に太陽光発電システムを設置し、照明、衛生設備、用水供給などの電源として利用することにより、村落住民の生活環境、衛生環境の向上を図る。

(対象) リモートエリアにある非電化の村落。

(システム概要) グリッドへ接続しない独立型の太陽光発電システム(太陽電池アレイ - 蓄電池 - パワーコンディショナー - 分電盤 - 負荷)を設置し、昼間に太陽電池で発電した電力を交流又は直流に変換し、照明、ポンプなどの負荷に供給するシステムと余剰電力を蓄電池(バッテリー)に蓄え、夜間や雨天時にも電力を供給するシステムを備える。

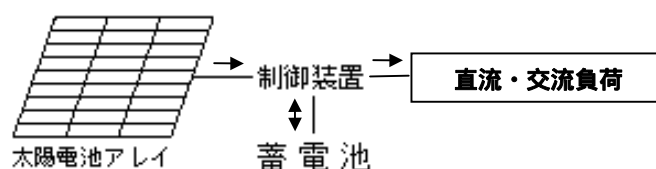


図 - A 1 2 太陽光発電システムの概念図

(プロジェクト設計) 対象となる無電化村落を選定し、数個から十数個の家庭を一単位として、太陽光発電システムを設置する。具体的なアプリケーションとしては、屋内(あるいは街灯)への照明設備、クリニックでの照明や常備ワクチン貯蔵用冷蔵庫、洪水警報システム(異常水位上昇)緊急連絡用無線システム等の電源としての活用が考えられる。また、衛生面への対策として、簡易廃水浄化システムのポンプ・プロア用にも使用することも考えられる。さらに、太陽光発電とポンプとの組み合わせからなる飲料水、農業用水の揚水設備の設置や上水浄化(ろ過)システムに太陽電池を使用する。また、1,000～3,000mg/L

\* VOC で汚染された土壌や地下水中に空気を圧入し、土壌粒子間の空気流れを攪乱して汚染物質の気化を促進する技術

† 汚染された土壌や地下水に混合し、VOC を分解する技術。オゾンや過酸化水素、過酸化マグネシウムを主原料(主に油汚染に利用)とする技術も開発されている。

の塩水の淡水化を（逆浸透膜システム）太陽電池によりまかなうことも可能だと考えられる。配慮点としては、システムの自立持続性には、維持管理コストの負担が重要であり、現地の生活環境に合せたシステムの構築が必要不可欠となる。

（日本の技術の適用部分） 太陽光発電システム設計、施工、維持管理技術、蓄電池維持管理技術、脱塩（淡水化）技術

## （２）イラク油田地帯における原油など流出汚染対策

（目的） 油田の生産活動から漏れ出た原油、排水ならびに土砂による水質汚濁（表流水、地下水） 土壌汚染の現状、リスク、重点対策地域などを明らかにし、これに基づき環境管理計画マスタープラン及び浄化・対策方法技術を含むアクション・プランの立案を行う。また、調査を通じて当該技術の移転を図り、イラク人カウンターパートの能力強化を図る。

（対象） 油田の周辺地域。

（システム概要） 原油の流出やリークによって汚染された周辺環境の改善や浄化は、その汚染状況によって大きく異なり、対策としては、以下の方法が考えられる。

表 - A 1 0 油田周辺の流出油汚染に適用可能な対策

油汚染の状況	システムの概要
比較的水量のある湖沼や河川に限定された汚染が存在	小型の油回収船、またはバージ船に回収ポンプを搭載による水面上部に浮遊する比較的粘度の低い原油を吸引、油水分利後、油を回収する。
限定された汚染領域で比較的高粘度の原油分が水面に浮遊	スキマー（すくいとり機）による回収、通常スキマーはバージ船等に搭載し牽引しながら油分をすくい取る。
オイルサンド状態の土壌	通常のオイルサンドは地層に数%～7%程度の油分を含む岩盤層であり、アスファルトと混入して路剤として活用し、またテニスコート等の表面処理剤として使用可能である。しかし原油流出により土壌汚染が「土壌+原油」の混合物を生成している場合は、そのまま路剤として使用する可能性は低い。しかし油分濃度、油性状態によって路材の原料として活用する可能性もある。
土壌や地下水中に蓄積した汚染	バイオレメディエーションによる土壌の浄化

（プロジェクト設計） 原油など流出汚染対策を進める為、まず、現状把握として、重点汚染地域の特定、汚染物質量の推定、汚染の拡散（地下水）の推定を行う。次に、表流水、地下水、土壌に対する汚染浄化・対策の立案ならびに油田の環境管理方法の立案を行う。モデルサイトを選定し、パイロットプロジェクトとして汚染浄化実験を実施する。これには、汚染浄化・対策の費用の試算等も含まれる。このパイロットプロジェクトの結果を受けて、アクション・プランを策定し、具体的な対策への道筋を作る。この他、行政担当者の能力強化等の技術移転を実施する。

（日本の技術の適用部分） 土壌汚染対策技術、水質汚濁対策技術、油汚染除去技術、公害防止システム

## 参考文献

- <sup>1</sup> UNEP : The Mesopotamian Marshlands: Demise of an ecosystem、2001
- <sup>2</sup> International Technical Advisory Panel : Eden again, Restoration of the Mesopotamian Marshlands, Marsh info、<http://www.edenagain.org/photos.html>
- <sup>3</sup> イラクに対する環境協力検討会：イラク関係者へのインタビュー、第8回検討会（2005年11月8日）参考資料3、2006
- <sup>4</sup> 環境省：自然再生事業、<http://www.biodic.go.jp/saisei/index.html>
- <sup>5</sup> 鷺谷いづみ・草刈秀紀：「自然再生事業」築地書館、2003年3月20日
- <sup>6</sup> 西廣淳：霞ヶ浦における湖岸植生帯再生事業について、[http://www.coneco.es.a.u-tokyo.ac.jp/jn/kasumi\\_restoration.htm](http://www.coneco.es.a.u-tokyo.ac.jp/jn/kasumi_restoration.htm)
- <sup>7</sup> 鷺谷いづみ：「自然再生」中公新書、2006年6月25日
- <sup>8</sup> 釧路湿原自然再生協議会：釧路湿原自然再生全体構想、2005
- <sup>9</sup> イラクに対する環境協力検討会：イラン国アンザリ湿原生態系保全総合管理調査概要、第4回検討会（2004年7月20日）資料3、2005
- <sup>10</sup> (財)資源・環境観測解析センター：ASTER、<http://www.ersdac.or.jp/>
- <sup>11</sup> UNEP : Desk study on the environment in Iraq、2003
- <sup>12</sup> イラクに対する環境協力検討会：イラクにおけるし尿処理対策への浄化槽導入の適用可能性、第10回検討会（2006年3月31日）参考資料5 - 2、2006
- <sup>13</sup> WHO, UNICEF, and WSSCC : Global Water Supply and Sanitation Assessment 2000 Report, World Health Organization: Geneva, Switzerland and United Nations Children's Fund: New York, USA. 80pp., 2000
- <sup>14</sup> United States Environmental Protection Agency : Guidelines for water reuse, EPA/625/R-04/108, Washington D. C.: USA、2004
- <sup>15</sup> ウィキペディア：海水淡水化、<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%B5%B7%E6%B0%B4%E6%B7%A1%E6%B0%B4%E5%8C%96>
- <sup>16</sup> イラクに対する環境協力検討会：Sharp 日本の環境技術 太陽電池システムとその応用、（第10回検討会、資料4 - 1）2006年
- <sup>17</sup> EIC ネット：排煙脱硫  
<http://www.eic.or.jp/ecoterm/?act=view&ecoword=%C7%D3%B1%EC%C3%A6%CE%B2>  
EIC ネット：グリーンエイドプラン <http://www.eic.or.jp/ecoterm/?act=view&serial=683>
- <sup>18</sup> 環境省：地下水をきれいにするために、<http://www.env.go.jp/water/chikasui/panf/>
- <sup>19</sup> NEDO：土壌汚染等修復技術開発 事後評価報告書、<http://www.nedo.go.jp/iinkai/hyouka/houkoku/13h/26.pdf>