

**平成 24 年度政府開発援助
海外経済協力事業委託費による
「案件化調査」
ファイナル・レポート**

国名：インド共和国

**案件名：バイオレメディエーションによる
地下水浄化に関する案件化調査**

**平成 25 年 3 月
(2013 年)**

**アサヒ地水探査株式会社・
パナソニック エキセルインターナショナル株式会社 共同企業体**

本調査報告書の内容は、外務省が委託して、アサヒ地水探査株式会社・パナソニック エネル
インターナショナル株式会社 共同企業体が実施した平成 24 年度政府開発援助海外経済協力事
業委託費による案件化調査の結果を取りまとめたもので、外務省の公式見解を表わし
たものではありません。

また、本報告書では、受託企業によるビジネスに支障を来す可能性があるとは判断され
る情報や外国政府等との信頼関係が損なわれる恐れがあると判断される情報について
は非公開としています。なお、企業情報については原則として2年後に公開予定です。

平成 24 年度政府開発援助
海外経済協力事業委託費による「案件化調査」

目 次

巻頭写真
略語表
要旨
はじめに

第 1 章	対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認	- 1 -
1 - 1	対象国の政治・経済の概況	- 1 -
1 - 2	対象国の対象分野における開発課題の現状	- 2 -
1 - 3	対象国の対象分野の関連計画、政策及び法制度	- 6 -
1 - 4	対象国の対象分野の ODA 事業の事例分析および他ドナーの分析	- 11 -
1 - 5	調査対象地における開発課題の現状と展望	- 13 -
第 2 章	提案企業の製品・技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し	- 16 -
2 - 1	提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み	- 16 -
2 - 2	提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ	- 17 -
2 - 3	提案企業の海外進出による地域経済への貢献	- 18 -
2 - 4	リスクへの対応	- 19 -
第 3 章	ODA 案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開効果	- 20 -
3 - 1	提案技術と当該開発課題の整合性	- 20 -
3 - 2	ODA 案件の実施による当該企業の事業展開に係る効果	- 20 -
第 4 章	ODA 案件化の具体的提案	- 21 -
4 - 1	ODA 案件概要	- 21 -
4 - 2	具体的な協力内容及び開発効果	- 22 -
4 - 3	他支援案件との連携可能性	- 26 -
4 - 4	対象国関連機関との協議状況	- 27 -
～現地調査資料～		1
資料 - 1	現地調査写真	1
資料 - 2	現地収集資料	26
資料 - 3	現地協議・セミナー資料	31

巻頭写真 ラニペットサイト



インド共和国政府(中央汚染管理局)認定の 69 の汚染サイトのひとつ『ラニペット(Ranipet)』サイト。工場跡地 30,000 m²に 2~4mの厚さで六価クロム含有汚泥(写真の暗灰色の部分)が廃棄されている。写真手前の湧水はクロムイエローを呈し基準の数千倍の六価クロムを含有する。



『ラニペット』サイト南方1kmの住居エリアの様子。現在は行政の指導の下、井戸水飲用はされていない。現在も井戸水はクロムイエローを呈し、基準の数百~数千倍の六価クロムが検出される。サイト周辺の住民の多くは皮革産業に従事しており、硫酸クロム等を使用して皮なめしを行っている。

巻頭写真 ゴア サルセット地域



ゴア州汚染管理局 (GSPCB) の要請により視察したサルセット地域サル川流域の工業地区の様子。亜鉛精錬で発生した汚泥が土砂採掘孔跡に埋め立てられており、雨水の影響を受けて滲出した有害物質等がサル川の水質に影響を及ぼしている。



ゴア州汚染管理局 (GSPCB) の要請により視察したサル川源流域の様子。住宅地からの生活排水により河川水が著しく汚濁している。サル川の中～上流域は生活排水による汚濁、下流域では工業地区の廃棄物埋め立ての影響による有害物質等の滲出による河川汚染が顕在化している。

巻頭写真 デリー近郊汚染サイト視察



デリー近郊の地下水汚染浄化サイト。六価クロムを取り扱っていた操業中の企業により浄化実施中である。汚染は工場の敷地外にまで及んでおり、汚染水の揚水対策が実施されている。なお、写真右側の揚水井戸から汲み上げられた汚染水は左側のパイプラインから処理場に送水される。



上記写真と同じ敷地内に井戸が設置されている。この井戸と六価クロムの揚水対策井戸との距離は 10m程度であり、六価クロムによる影響が懸念される。なお、この井戸の用途は不明であるものの、現在も使用中である。

巻頭写真 バンガロール汚染サイト視察



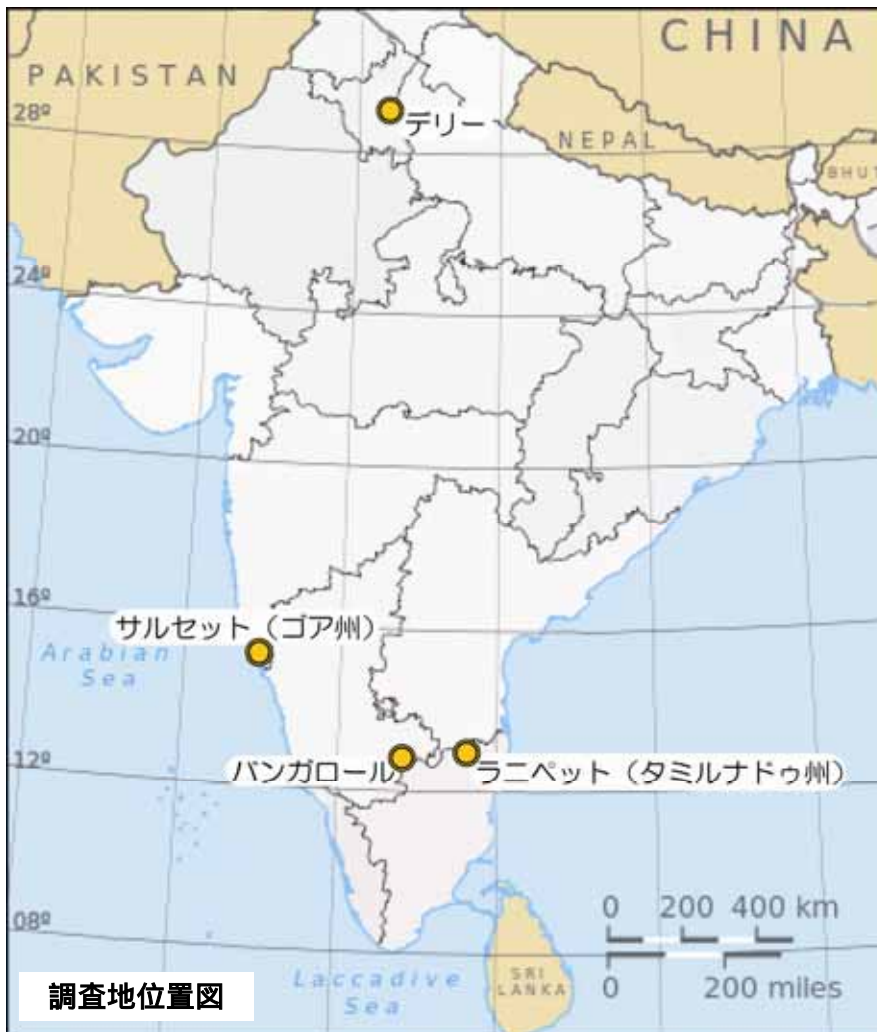
バンガロール市内の地下水汚染サイトにおける六価クロムのザブ漬け槽の様子。この工場は、重機等の部品の製造を行っており、現在も操業中である。ザブ漬け槽の密閉性は低く、なお且つ、作業員のマスク・手袋といった安全保護具が不十分であるため、健康影響が懸念される。



バンガロール市内の汚染サイトのモニタリング井戸から採取した地下水。上記写真の工場近傍の井戸の地下水であり、クロムイエローを呈し、基準の数百～数千倍の六価クロムが検出される。

略語表

CPCB; Central Pollution Control Board	中央汚染管理局
DEA; Department of Economic Affairs	財務省経済局
DPCC; Delhi Pollution Control Committee	デリー汚染管理委員会
GSPCB; Goa State Pollution Control Board	ゴア州汚染管理局
JICA; Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
KSPCB; Karnataka State Pollution Control Board	カルナータカ州汚染管理局
MoEF; Ministry of Environment and Forests	森林環境省
NEERI; National Environmental Engineering Research Institute	国立環境工学研究所
NGRI; National Geophysical Research Institute	国立地球物理学研究所
NPRPS; National Programme for Rehabilitation of Polluted Sites	汚染サイト浄化の国家計画
PPP; Polluter-Pays Principle	汚染者負担原則
State PCB; State Pollution Control Board	各州の汚染管理局
TNPCB; Tamil Nadu State Pollution Control Board	タミル・ナドゥ州汚染管理局



要旨

本調査では、首都デリー（デリー首都圏：National Capital Territory of Delhi）及びその近郊都市、タミル・ナードゥ州ラニペット、カルナータカ州バンガロール、ゴア州サルセットの 4 地域において、関連するインド共和国政府機関との協議及び現地企業への聞き取り調査から、インド共和国における持続的発展の基盤となる水資源確保のための地下水汚染の浄化に係る案件化要請の確認を行った。

その結果、汚染浄化の実施責任を担う地方行政とそれを管理する中央政府共に、深刻な健康被害が発生している現況のインド共和国の地下水環境事情を憂慮しており、地下水浄化に対し非常に強い必要性を抱いていることが確認された。また、汚染サイト視察を通じて、インド共和国では廃棄物の投棄等による原因で当初想定していた規模以上の甚大な被害が進行していることが確認され、人道的見地からの緊急対策を含む複合的な支援を検討する必要があるとの結論に至った。

〔対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認〕

本調査において想定している ODA 事業の対象機関となる森林環境省（MoEF）は、第 12 次 5 年計画（2012 年 4 月～2017 年 3 月）におけるナショナルミッション（National Mission）として、ガンジス川の浄化と汚染放棄地（Legacy Polluted Site）の浄化の二つを掲げている。このうち本調査に係る汚染放棄地の浄化については、現在世界銀行の支援の下で 10 サイトが浄化対象地となっており、5 年計画における浄化に係る費用として 7,539 万米ドル（68.6 億円）が計上されている。この 10 サイト以外でも本支援提案の対象地域となっているラニペットを含む深刻な健康被害等で世界的に知られた全 69 サイトの政府認定の汚染サイトが存在することが確認されている。汚染の浄化に関しては、インド共和国政府は汚染者負担原則（PPP）に従って事業者に対して責任追及することを言明しており、それ以外の事業者が存在しない土地（放棄地）においてのみ州（地方政府）が浄化を行うものとしており、実際には現在事業者が存在するサイトを含め、膨大な数の深刻な環境影響が発生している汚染サイトが存在すると考えられる。従って対象国における地下水汚染浄化は大きなニーズをもっているものと考えられる。但し、プロジェクトの実現のためには、中央政府の承認に基づく案件化が必要不可欠であり、今後、地方政府の協力の下で汚染サイトが抱える問題を定期的に中央政府に対して訴えることで中央政府の支援の受け入れ態勢を作る必要があることが確認された。

インド共和国政府では、工場等の操業による人為的な汚染については森林環境省（MoEF）が窓口となり財務省経済局（DEA）に対し案件化を図る仕組みとなっており、森林環境省（MoEF）の所属組織として中央汚染管理局（CPCB）及び各州の汚染管理局（State PCB）が存在することが確認され、政府管理の浄化プロジェクトでは、汚染の発見後中央汚染管理局（CPCB）の管理下で調査立案・管理・評価者として国立環境工学研究所（NEERI）と、地質・地下水調査実施者として国立地球物理学研究所（NGRI）が実作業を行っていることが確認された。インド共和国における地下水浄化に係る支援・ビジネスの流れを図 1 に示す。

〔提案企業の製品・技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し〕

インド共和国における環境ビジネスでは 5～10 年前から欧米諸国のコンサルタントの進出が目覚ましく、各州の汚染管理局 (State PCB) の下で、外資系インド共和国進出企業の依頼による米国環境保護庁 (EPA) の手法に準じた調査対策が実施されていることが確認された。但し、調査精度・予算の問題から、それらの調査が浄化対策に対して効果的でない様子が随所で確認されていたため、インド共和国の環境ビジネスに後発参入する我が国の企業としては、米国環境保護庁 (EPA) の手法を内包した日本の土壤汚染対策法による網羅的な調査方法や不飽和帯のシミュレーション等を併用し先発の欧米企業に対し差別化を図ることが必要であると考えられた。また、技術レベルの安定化と製品の価格競争による劣化を防ぎ、なお且つ中央/地方政府への理解を得るためにインド共和国における環境関連の有識者層 (森林環境省 (MoEF) /中央汚染管理局 (CPCB) 各州の汚染管理局 (State PCB) 国立環境工学研究所 (NEERI) 国立地球物理学研究所 (NGRI) 等) を対象とした地下水コンソーシアムを結成することが重要であると考えられた。さらに、現地環境関連会社への聞き取りから、事業の立ち上げの際は、単独でのインド共和国進出ではなく、我が国主導で、インド共和国の現地企業及び欧米の環境コンサルタント企業との共同体を結成することがより有利にはたらくと考えられた。図 に事業化にむけたロードマップを示す。

〔ODA 案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開効果〕

汚染サイトの視察から、当初想定していた規模以上の甚大な被害が進行していることが確認され、人道的見地からの緊急対策を含む複合的な支援を検討する必要があると考えられた。なお、本調査から、インド共和国における環境ビジネスの推進には、政府の理解を得る目的において政府管理サイト (放棄地サイト) の浄化を行うことは必要不可欠であることが確認された。

〔ODA 案件化の具体的提案〕

本調査では、汚染浄化の実施責任を担う各州の汚染管理局 (State PCB) とそれを管理する中央汚染管理局 (CPCB) の強い要請から地下水修復事業の案件化の必要性が確認された。但し、当初想定していた規模以上の甚大な被害が進行していること、政府が認識している数 (79 サイト) 以上の深刻な被害が発生している汚染サイトがある可能性が高いことから、今後支援の際には、改めて事業を実施するサイトのスクリーニング (選択) を行い、さらに緊急対策 (無償資金援助による人道支援) /事前調査等 (技術支援) を実施する必要があると考えられた。本調査において最終的に提案する有償資金援助による ODA 案件化事業 (地下水環境修復事業) について図 に示す。

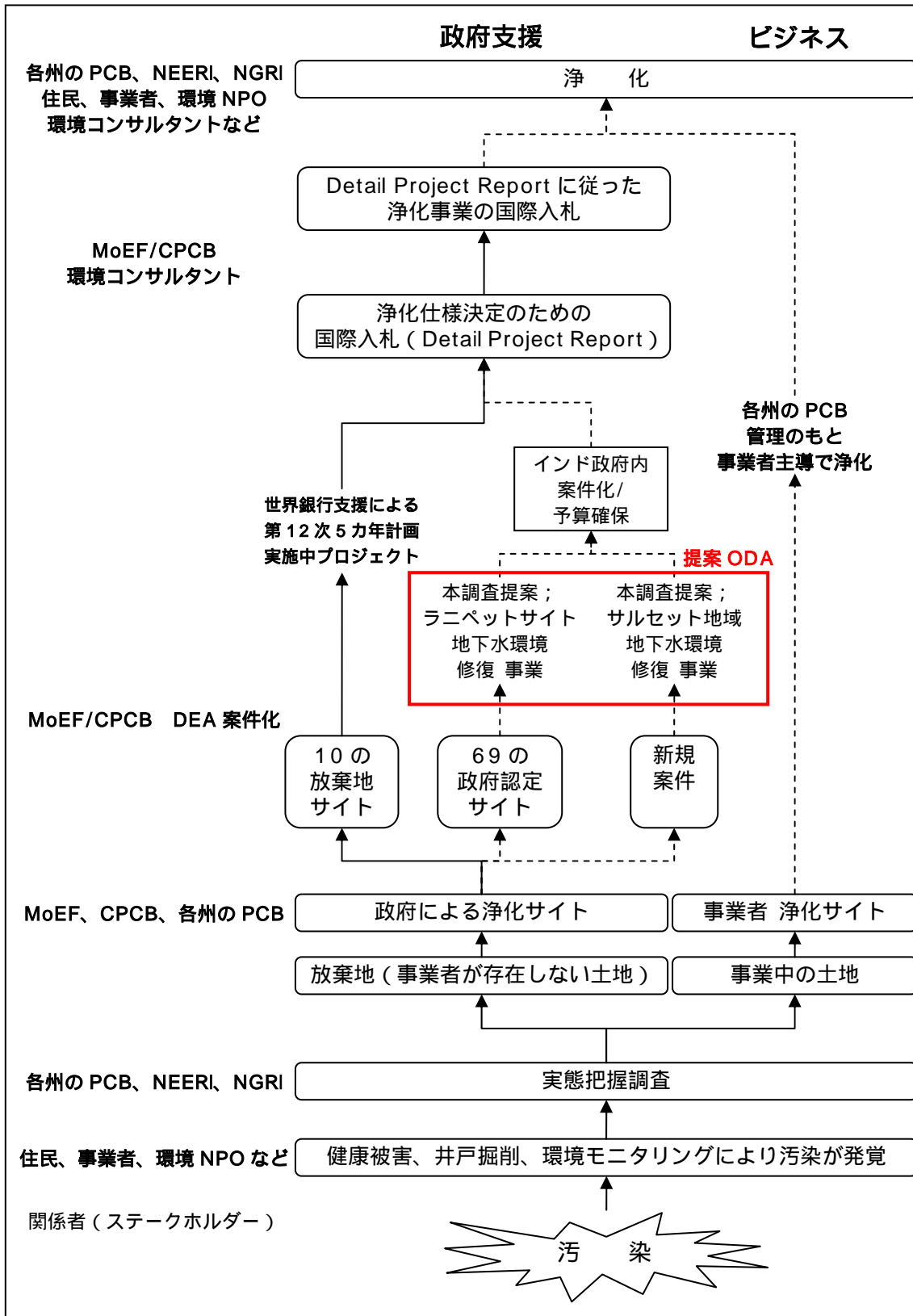


図 地下水浄化に係る支援・ビジネスの流れ

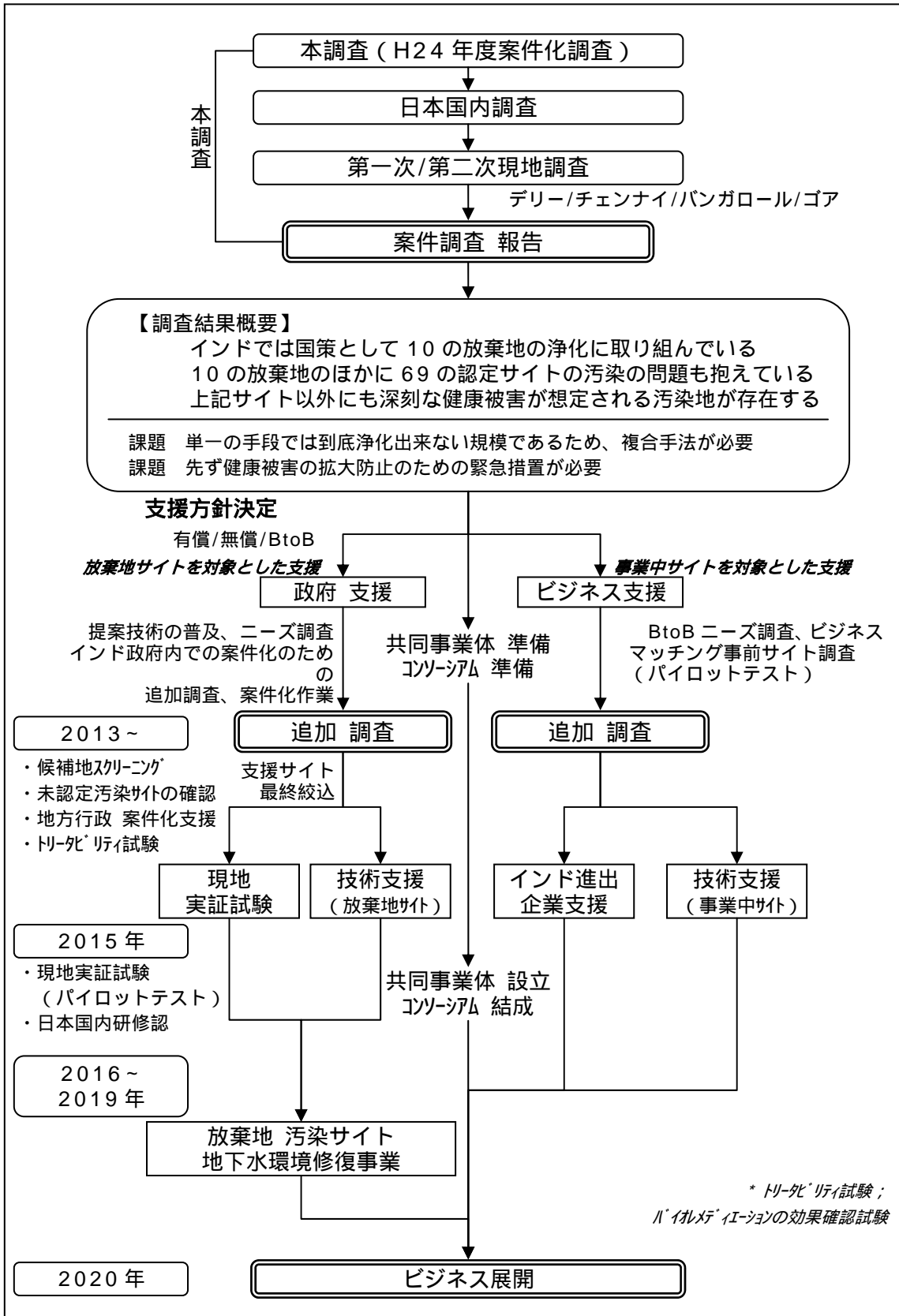


図 事業化に向けたロードマップ

平成24年度政府開発援助海外経済協力事業委託費による「案件化調査」 インド共和国、バイオレメディエーションによる地下水浄化に関する案件化調査

企業・サイト概要

- 提案企業：アサヒ地水探査株式会社・ハナソニックエクセルインターナショナル株式会社 共同企業体
- ODA事業サイト：タミルナドゥ州ラニペット(TN Ranipet)/ゴア州サルセット(GS Salcette)ほか
- カウンターパート機関：中央汚染管理局、タミルナドゥ州汚染管理局/ゴア州汚染管理局

インド共和国の開発課題

- インド政府は国策として深刻な健康被害が発生している汚染サイトの浄化に取り組んでいる
- 汚染サイト浄化には世界銀行も支援している
- 世界銀行の支援サイト以外に、政府主導の汚染浄化サイトとして69の認定サイトが存在する
- 現在中央政府が確認しているサイト以外にも健康被害/環境影響が発生しているサイトがある

中小企業の技術・製品

- 土壌汚染対策法に準じた網羅的な地下水調査
- 多相流解析ソフト『GETFLOWS™』を用いた流域水資源利用システム
- 食品原料成分の栄養剤『EDC-M™』によるバイオレメディエーション(地下水浄化)
- 上記技術・製品の統合システム化
- TN Rnipet/GS Salcette等の汚染サイトの地域特性に特化した付加的作業提案

企画書で提案されているODA事業及び期待される効果

- 深刻な健康被害が発生している汚染サイトの浄化はインド共和国第12次5カ年計画のナショナルミッション(National Mission)であり、同国の持続的社會発展に必要不可欠なものであると考えられる。
- 提案支援の実現によりインド政府に日本的な手法が認知され、環境ビジネス企業の進出の強力な後押しとなる。

日本の中小企業のビジネス展開

- インド環境規制において主流であるEPA法(米国環境法)を踏襲した日本独自の網羅的手法を提案する。
- 同国の環境関連の有識者層(MoEF/CPCB,各州のPCB,NEERI,NGRI等)と共にコンソーシアムを結成し、安定した技術展開を図る。

図 インド共和国における地下水環境修復事業提案

はじめに

本調査では、調査国インド共和国における持続的発展の基盤となる水資源確保のための地下水汚染の浄化を目的として、急激な人口増加と工業発達による慢性的な水不足問題を抱えるインド共和国都市部の六価クロム¹等の有害物質による汚染の現状把握を行った。

今般の調査対象国であるインド共和国では、世界銀行の調査から 2020 年には水の需要量が供給量を上回ると予想されており、水不足が深刻な社会問題となっている。また、工場における六価クロム等の有害物質の使用による地下水汚染が報告されているにもかかわらず家庭用水の約 8 割が地下水に依存しており、毎年 3,800 万人が飲料水媒介の病気にかかることが報告されている。

一方、我が国においては高度経済成長期における大量の工業生産により現状のインド共和国と同様の六価クロム等の有害物質による汚染が拡大していたものの、2003 年の土壤汚染対策法施行により汚染の実態が徐々に明らかになり、それに応じた浄化対策の実施がなされてきた。その様な中、今般提案する調査技術及び対策施工技術の発達によって対象地の土地利用履歴やシミュレーションによる予測に基づいて実施する対策、将来的な土地利用等にあわせた環境負荷及び費用負担の少ない作業が実現されてきた。また、提案技術のひとつである『EDC-M^{TM2}』はインド共和国においても特許取得済の地下水汚染浄化用の栄養剤であり、微生物の反応による広範な浄化効果（バイオレメディエーション³）が期待される。これらの技術は、土壤汚染対策法施行以来、日本国内における汚染調査・対策において多数の実績があり、コストパフォーマンスに優れ、技術と実用性が立証されている。

本調査では、森林環境省（MoEF）、中央汚染管理局（CPCB）、各州の汚染管理局（State PCB）といった関係行政との協議を通じて、インド共和国政府に対し水資源の確保と有効利用を目指した持続的発展のため地下水汚染の浄化の必要性を訴え、現在インド共和国政府が抱えている地下水汚染に関するニーズの確認を行った。併せて現地工場及び河川等の汚染サイト視察を通じて、具体的に必要とされる調査対策技術の確立を行った。さらに、現地で業務展開をしている環境コンサルタント、ポーリング会社、分析事業所等との協議・事業所見学を通じて、将来的なビジネス展開のパートナーとなり得る現地企業の開拓、事業展開において必要とされるコンソーシアムの設立準備、現地技術者の育成（研修）の準備も行った。

¹ 六価クロム；皮なめしやメッキといった作業において六価クロム化合物が使用される。基準値は 0.05mg/L（飲用水）であり、汚染サイトでは基準の数百～数千倍に至る濃度の地下水の汚染が確認されている。健康影響として癌の発症や中毒（急性毒性）が懸念される。

² EDC-MTM；エコサイクル株式会社の登録商標

³ バイオレメディエーション；バイオレメディエーションには提案技術である栄養剤による原位置の微生物の活性化を促す『バイオスティミュレーション』と、汚染物質の分解が出来る微生物自体を汚染サイトに繁殖させる『バイオオーグメンテーション』がある。

団員リスト

区分	担当業務	氏名	所属
現地業務班	業務主任者	堀田 文雄	アサヒ地水探査株式会社
	プロジェクト・マネージャー	玉虫 完次	パナソニックエクセル インターナショナル株式会社
	市場調査(土木技術)	川上 俊介	アサヒ地水探査株式会社
	市場調査(バイオ技術)	プチャラパリ・スリニワスル・レディ	エコサイクル株式会社
	市場調査(バイオ技術)	前田 信吾	エコサイクル株式会社
	市場調査(バイオ技術)	藤澤 寿行	エコサイクル株式会社
国内作業班	総括	堀田 文雄	アサヒ地水探査株式会社
	プロジェクト・マネージャー	玉虫 完次	パナソニックエクセル インターナショナル株式会社
	市場調査(土木技術)	川上 俊介	アサヒ地水探査株式会社
	市場調査(バイオ技術)	プチャラパリ・スリニワスル・レディ	エコサイクル株式会社
	市場調査(バイオ技術)	前田 信吾	エコサイクル株式会社
	市場調査(バイオ技術)	藤澤 寿行	エコサイクル株式会社
	事務局	森 みさ子	パナソニックエクセル インターナショナル株式会社
	事務局	平野 あや	アサヒ地水探査株式会社
	事務局	宇野 茂	パナソニックエクセル インターナショナル株式会社

スケジュール

2012年11月20日～2012年12月10日	; 現地調査事前準備(国内作業班)
2012年12月11日～2012年12月21日	; 第一次現地調査(現地調査班)
2012年12月22日～2013年1月11日	; 現地調査事前準備(国内作業班)
2013年1月12日～2013年1月20日	; 第二次現地調査(現地調査班)
2013年1月21日～2013年1月31日	; 報告書作成(国内作業班)

第一次現地調査記録

日付	訪問機関、面会者等	調査事項等
12/11 (火)	移動;成田 シンガポール(SQ637) 移動;シンガポール デリー(SQ408) 24:00 宿泊先 到着	-
12/12 (水)	10:45-11:30 インド共和国大使館(増田参事官) 14:40-15:40 E社(現地環境コンサルタント)セミナー 16:50-18:30 Blacksmith Institute(米国 NPO)	・調査目的確認/紹介状作成 ・現地コンサルタント聞き取り ・環境汚染関係 NPO 聞き取り
12/13 (木)	9:40-11:00 都市開発省公衆衛生・ 環境技術中央機構(JICA 榊原氏) 14:20-15:50 A社(現地環境分析事業所)セミナー 16:50-18:20 S社(現地ボーリング会社)セミナー	・調査目的/現地情報 確認 ・現地分析会社 聞き取り ・現地ボーリング会社聞き取り
12/14 (金)	9:20-9:50 JICA インド事務所(ドイル氏) 15:40-18:30 P社(現地部品工場)セミナー、 同社地下水汚染浄化サイト視察	・調査目的/ODA 事業 確認 ・浄化実施事業者 聞き取り 及び浄化サイト視察
12/15 (土)	11:30-16:00 I社(現地環境コンサルタント)セミナー	・現地コンサルタント聞き取り
12/16 (日)	休日	-
12/17 (月)	11:30-12:15 CPCB/MoEF(Chairman ほか 4名) 14:20-14:50 都市開発省公衆衛生・ 環境技術中央機構(JICA 榊原氏)	・行政協議 ・調査状況報告
12/18 (火)	移動;デリー チェンナイ(9W0835)	-
12/19 (水)	13:10-14:50 T社(地元ゼネコン)セミナー 15:50-16:50 チェンナイ日本国総領事館 (中野総領事ほか 3名)	・現地ゼネコン聞き取り ・調査目的/現地情報 確認
12/20 (木)	12:00-12:50 TNPCB(Chairman ほか 9名) 12:50-18:00 TNPCB/NEERI の案内による ラニペットサイト視察 移動;チェンナイ シンガポール(SQ529)	・行政協議 ・汚染サイト視察
12/21 (金)	移動;シンガポール 成田(SQ12)	-

詳細は『資料 - 1 調査日程』参照

第二次現地調査記録

日付	訪問期間、面会者等	調査事項等
1/12 (土)	移動;成田 シンガポール(SQ637) 移動;シンガポール バンガロール(SQ502) 23:30 宿泊先 到着	-
1/13 (日)	8:30-18:00 バンガロール周辺 車上視察	・バンガロール周辺の 自然環境視察
1/14 (月)	9:40-13:00 Shriram Institute for Industria Research (SIIR;NPO 環境分析事業所)セミナー 13:00-17:50 バンガロール市街地 車上視察	・現地分析会社 聞き取り ・バンガロール市街地の環境 視察
1/15 (火)	9:20-9:40 バンガロール出張駐在事務所 (山本所長) 10:30-12:00 KSPCB 協議、セミナー (Chairman ほか 8 名、及び現地浄化事業者 6 名) 12:50-13:30 KSPCB 案内による汚染サイト視察 14:00-16:00 KSPCB 及び浄化事業者案内による F 社浄化サイト視察 移動;バンガロール ゴア(AI993)	・調査目的確認 ・行政協議 ・浄化現場視察
1/16 (水)	10:00-10:50 GSPCB 協議、セミナー (Chairman ほか 40~50 名) 10:50-17:00 GSPCB 案内による サル川流域サルセット地域サイト視察 17:00-17:30 GSPCB Chairman への調査報告	・行政協議 ・汚染サイト視察
1/17 (木)	9:15-9:25 GSPCB Chariman の紹介による ゴア州 Chief Minister 会見 10:25-11:35 現地 ODA 事業者協議 移動;ゴア (ムンバイ) デリー(AI660)	・州代表者会見 ・現地 ODA 事業者協議
1/18 (金)	10:00-11:30 JICA インド事務所(ドイル氏/川村氏) 13:05-13:40 DPCC 協議、セミナー (Chairman ほか 3 名) 14:20-15:20 CPCB 協議(担当者 2 名)	・調査状況報告 ・行政協議
1/19 (土)	10:00-12:20 JICA 榊原氏案内による デリー市街井戸視察 移動;デリー シンガポール(SQ407)	・デリー市街の歴史井戸視察
1/20 (日)	移動;シンガポール デリー(SQ12)	-

詳細は『資料 - 1 調査日程』参照

第 1 章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

本調査では、調査国インド共和国における持続的発展の基盤となる水資源確保のための地下水汚染の浄化を目的として、急激な人口増加と工業発達による慢性的な水不足問題を抱えるインド共和国都市部の六価クロム等の有害物質による人為的汚染⁴の現状把握を行った。

1 - 1 対象国の政治・経済の概況

南アジアに位置するインド共和国は、ヒマラヤ山脈の南側に発達するインド亜大陸（インド半島）を占める連邦共和国である。インド共和国は、南アジア最大の面積と世界第 2 位の人口を有し、その 12 億人を超える国民は、多種多様な民族、言語、宗教から構成されている。公用語はヒンディー語となっており、他に憲法で公認されている州の言語が 21 ある。また、インド共和国は、28 の州と 7 つの連邦直轄領から構成される。

インド共和国では、2012 年 4 月～2017 年 3 月を対象期間として、経済成長の鈍化を受けた本格的な構造改革とインフラ投資の加速に着手することを掲げた第 12 次 5 カ年計画が策定されており、本調査における ODA 事業の対象機関となる森林環境省（MoEF）の同期計画では 国土の 33%の森林化、 原生林・野生動物・水資源の調査・保護、 汚染管理の三本柱が目標として掲げられている。この三本柱のうちの汚染管理に係り、インド共和国は、ナショナルミッション（National Mission）として、ガンジス川の浄化と汚染放棄地（Legacy Polluted Site）の浄化の二大目標を掲げている。

このような背景において、本調査では、首都デリー（デリー首都圏：National Capital Territory of Delhi）及びその近郊都市、タミル・ナードゥ州ラニペット、カルナータカ州バンガロール、ゴア州サルセットの 4 地域において、インド共和国都市部における六価クロム等の有害物質による人為的汚染の現状把握を通じた地下水浄化に係る案件化現地調査を実施した。

調査地の選定にあたり、将来的なビジネス展開を想定し、治安が安定した人口問題・工業化問題を抱える地域を選択した。なお、ゴア州については、2012 年 12 月 11 日～同年 12 月 21 日にかけて実施した第一次現地調査中にゴア州汚染管理局（GSPCB）代表者からの視察要請があったため、第二次現地調査視察地として追加したものである。

⁴ 人為的汚染；インド共和国では、以前から自然由来のひ素やふっ素による地下水汚染の問題が顕在化しており、既に草の根技術協力事業として『インド・ウッターラプラデシュ州における地下水砒素汚染の総合的対策』等のプロジェクトが実施されている。本調査では、こうした自然由来の汚染ではなく、六価クロム等を使用した工場の操業に起因した人為的な汚染を対象とした。

1-2 対象国の対象分野における開発課題の現状

昨年策定された第12次5カ年計画における森林環境省（MoEF）の三大目的のひとつとして、本調査の主題となる地下水汚染を含む汚染管理が掲げられている。また、ナショナルミッションとして、ガンジス川の浄化と汚染放棄地（Legacy Polluted Site）の浄化の二つが掲げられており、この放棄地の浄化については世界銀行の支援の下でアンドラプラデシュ州（2サイト）と西ベンガル州（8サイト）が健康被害及び環境影響による10の最優先の浄化対象地になっている。また、10の放棄地の浄化に関しては、5カ年計画における浄化作業費用⁵として7,539万米ドル（68.6億円）が計上されている。なお第12次5カ年計画における汚染削減への予算として282百万ルピー（4.8億円）が計上されている。なお、MoEFの第12次5カ年計画におけるプロジェクト分析（SWOT解析）では、組織の脆弱性等の他に不十分な財政状況（inadequate finance）が挙げられており、汚染管理の分野においても我が国の支援の必要性が伺える。

インド共和国における本調査対象としている地下水浄化に係る支援に関しては、中央政府による承認が大前提となっている。また、工場等の操業による人為的な汚染については森林環境省（MoEF）が窓口となり財務省経済局（DEA）に対し案件化を図る仕組みとなっており、森林環境省（MoEF）の所属組織として中央汚染管理局（CPCB）及び各州の汚染管理局（State PCB）が存在する。中央汚染管理局（CPCB）及び各州の汚染管理局（State PCB）は、森林環境省（MoEF）の第12次5カ年計画のうちの汚染管理の実施組織であり、中央汚染管理局（CPCB）によりプロジェクト管理とルール策定がなされ、実働部隊として各州の汚染管理局（State PCB）がサイトごとの作業にあたる。

本調査において協議を実施したデリー汚染管理委員会（DPCC）、タミル・ナードゥ州汚染管理局（TNPCB）、カルナータカ州汚染管理局（KSPCB）、ゴア州汚染管理局（GSPCB）のいずれにおいても州の汚染管理局（State PCB）単独の判断はせず、必ず中央汚染管理局（CPCB）への問題提起と案件化を行い、中央汚染管理局（CPCB）が管理組織としてMoEF（森林環境省）に対し承認を受けて支援案件とするという流れが確認された。また、中央汚染管理局（CPCB）の主要メンバー（Chairman、Member Secretary等）はMoEF（森林環境省）の主要ポストを併任している場合が多く、今回面談を行った中央汚染管理局（CPCB）Chairman、同DirectorらはMoEFにおいてもSecretary等の要職を担っていることが確認された。

図1-1に本調査において確認された人為的汚染の支援案件化に係る組織図を示す。

本調査によるデリー首都圏、タミル・ナードゥ州、カルナータカ州、ゴア州の4都市の現地視察から、現在インド共和国では有害物質等を含む廃棄物の投棄による地下水・河川への影響が顕著であることが確認された。さらに、汚染状況は日本の高度成長期のものと類似するもののその規模において日本の数倍～数十倍に及ぶこと、協議

⁵ 5カ年計画における浄化作業費；完全浄化の費用ではなく、5年間に必要とされる費用。

を実施した政府関係者からは直接の言明はなかったものの、地下水の利用状況や撤去された建物跡の状況を見る限り少なからぬ健康被害⁶が既に発生していることが懸念された(詳細は『4-4-3 対象国関連機関との協議状況』、『資料-2 現地協議 議事録』参照)。

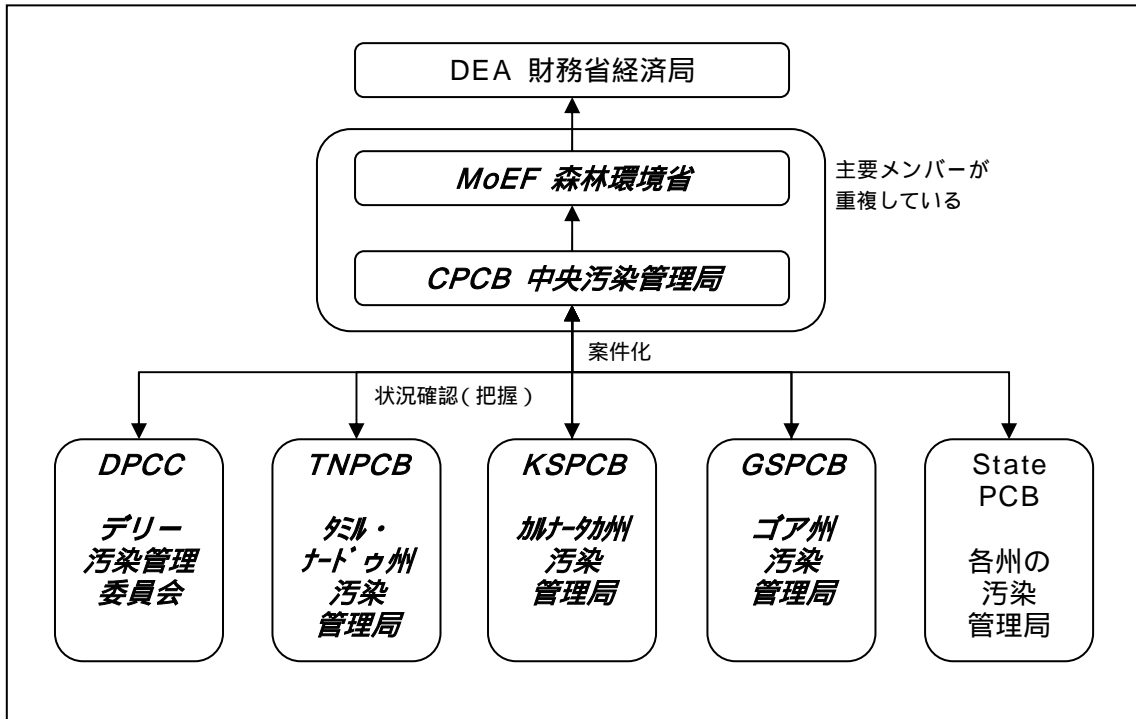


図 1-1 人為的汚染浄化の支援案件化に係るインド共和国政府側組織図
本調査では**太字斜体**で示した組織との協議を行った

中央汚染管理局 (CPCB) 及び各州 PCB との協議から、インド共和国国内における事業系の汚染 (人為的汚染) の大部分が基準の数千倍に及ぶ六価クロムを主とした複合汚染であること、それら有害物質を含んだ大量の廃棄物の自然環境への投棄による汚染であることが確認された。汚染の浄化に関しては、インド共和国政府は汚染者負担原則 (PPP) に従って事業者に対して責任追及することを言明しており、それ以外の事業者が存在しない土地 (放棄地) においてのみ州 (地方政府) が浄化を行うものとしていることが確認された。また、CPCB Charman (CPCB 代表者) であり MoEF の Joint Secretary⁷でもある Ajay Tyagi 氏の意見として、インド共和国政府は全ての意思決定において透明性を強調するため、支援を行う場合は無償援助ではなくインド共和国政府側の意思決定を反映できるローンによるものが望ましいと考えていることが確認さ

⁶ 健康被害；六価クロムの健康被害としては癌の発病が懸念され、さらに高濃度の暴露においては中毒が懸念される。六価クロムについては、インド共和国では飲用水の基準 0.05mg/L に基づいて汚染状況の評価がなされる。この基準は日本の地下水環境基準と同じである。

⁷ Joint Secretary；MoEF において Minister、Secretary、Director、Senior Advisor に次ぐ要職。

れた。

現在、アンドラプラデシュ州（2 サイト）と西ベンガル州（8 サイト）の 10 の最優先の浄化対象地が世界銀行の支援の下でプロジェクト化（案件化）されている。このうちの数サイトでは、既にインド共和国政府 NCEPC(National Committee on Environmental Planning and Coordination)と世界銀行の基金で欧米系コンサルタントとインド共和国企業の合併 16 社を対象に DPR（Detailed Project Report；詳細プロジェクト報告書）のための国際入札が準備（～実施）されている。世界銀行支援のプロジェクトも含めインド政府が実施する一般的な浄化プロジェクトでは、最初に詳細プロジェクト検討（DPR；Detailed Project Report）が実施され、次に浄化方法の仕様策定がなされ、その後、Phase I として 16 カ月をかけて浄化方法の評価（調査）と浄化実施、Phase II として 16～32 カ月のモニタリング、Phase III として 32～42 カ月かけて浄化の検証がなされる。

また、世界銀行の支援の下で案件化されている 10 の放棄地サイト以外でもカンブール（3 サイト）、ラニペット（1 サイト）、オリッサ（2 サイト）、グジャラート（1 サイト）といった甚大な健康被害等で世界的に知られた全 69 サイトの政府認定の汚染サイトが存在することが確認された。

なお、政府管理の浄化プロジェクトは、汚染の発見後、中央汚染管理局（CPCB）の管理の下で調査立案・管理・評価者として国立環境工学研究所（NEERI）と地質・地下水調査実施者として国立地球物理学研究所（NGRI）が実作業を行っていることが確認された。

図 1-2 にインド共和国における地下水汚染浄化プロジェクトの流れを示す。

上記から、現況においてインド共和国では、六価クロム等による人為的汚染に係る地下水浄化のニーズが確実に存在し、なお且つ、その支援を必要としていることが確認された。但し、支援形態としてはインド共和国政府側の意思決定を反映できるローンによるものが望ましいと考えている。

また、既に世界銀行等の支援によって進行している既往プロジェクト（10 の放棄地サイト）については、後発となる我が国の支援や企業の入り込む余地は少ないと考えられたものの、幾つかの汚染サイトについては被害が甚大であることからインド共和国政府としても単独のプロジェクトでは完全浄化に至らないことを認識していることから、世界銀行による既往プロジェクトと併行した日本支援の効率的な支援を提案することや、10 の放棄地サイト以外の 69 の政府認定サイトの浄化を提案すること、各州の汚染管理局（State PCB）の要望を汲んだ新たなプロジェクトを提案することなどが必要であると考えられた。

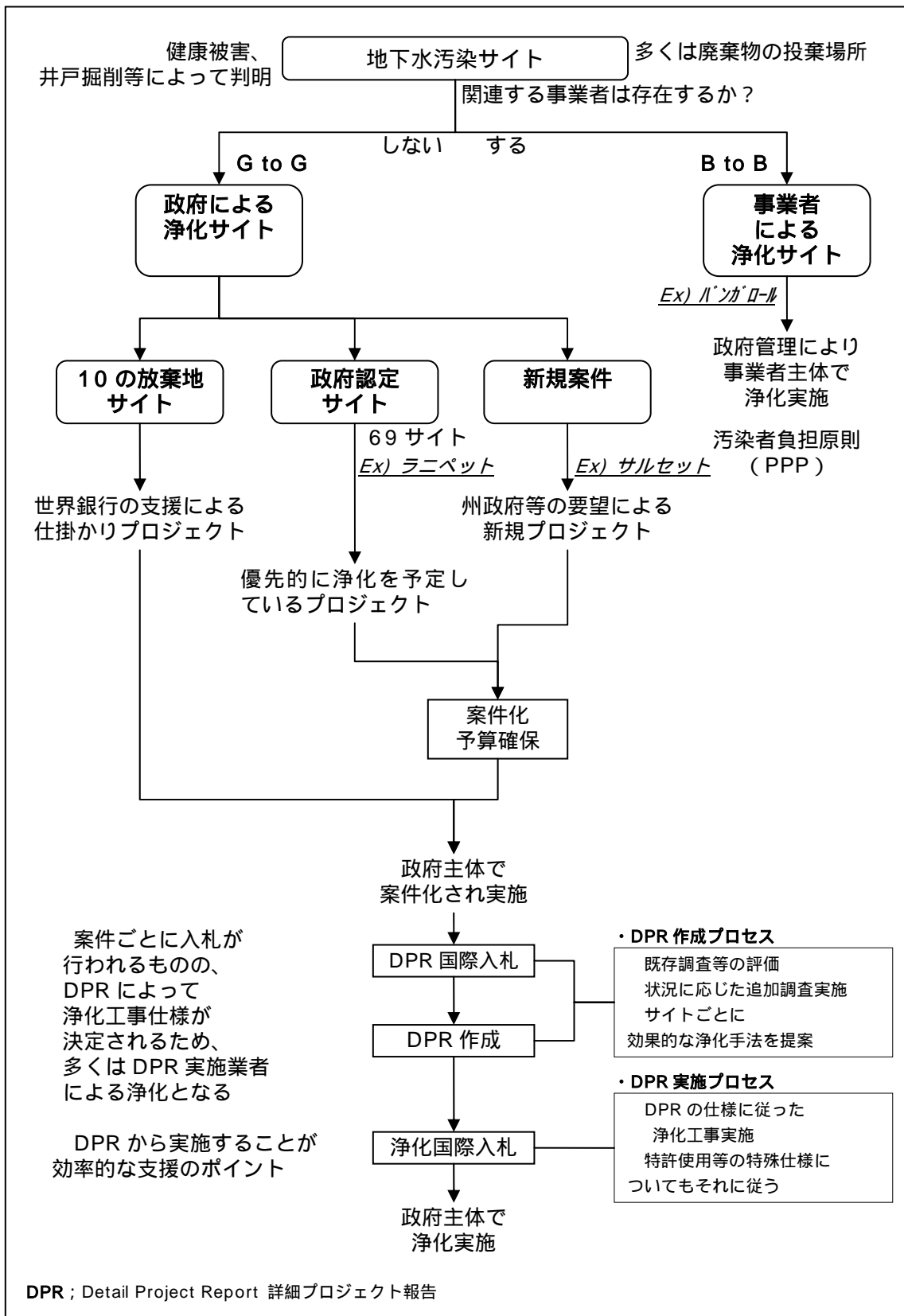


図 1-2 地下水浄化プロジェクトの流れ

今回視察を行ったラニベットは政府認定 69 サイト、サルセットは新規案件、バンガロールは事業者浄化サイトに相当する

1-3 対象国の対象分野の関連計画、政策及び法制度

〔インド共和国第12次5カ年計画における環境政策〕

インド共和国の第12次5カ年計画は、憲法で規定された国家計画で、雇用の創出、政府の財政健全化を担保するため、高い成長率を念頭においており、経済成長を促進し、同時にグローバル化する世界との調和を目指している。対象期間は、2012年4月～2017年3月であり、インフラ投資を中心に第11次計画の2倍の41兆ルピーの投資を行うと発表している。第12次5カ年計画の終了まで実質国内総生産（GDP）成長率を9%程度まで引き上げるべきとの指針を示し、シン首相はGDP成長率の平均を8.2%と見込んでいる。

当該計画の環境政策としては、経済成長が最終的に環境負荷に影響を及ぼすことから、環境の持続可能性を第12次5カ年計画の主要な取り組みの一つにしている。地下水や河川に関連する目標として、2017年までに10地域の特定汚染サイトの浄化、河川への重篤な汚染の広がりを2017年までに80%、2020年までに100%洗浄することとし、環境問題への対処における能力構築とスキル開発が環境の持続可能性のために重要としている。総予算の7.6%に当たる2兆8403億ルピー（550億米ドル）が農業や水源対策に割り当てられ、そのうち都市開発には総予算の4.6%が割り当てられる。

農業排水、地場産業から排出される化学物質による汚染で表層水源の細菌病原体、農薬や硝酸塩による汚染が深刻であり、浅い帯水層は、主にトイレからの汚水の浸潤、混合の結果、病原菌によって不衛生な状態になっており、深部の帯水層が掘り抜き井戸等により地質由来の汚染の影響を受けていることから、安全な飲料水の供給が全国農村飲料水プログラムのための主要な課題となっている。

〔インド共和国における土壌・地下水規制に係る組織〕

インド共和国では、各分野の法律に従い、森林環境省（MoEF）が中心となって環境管理を実施しており、原則、中央集権（MoEF 中心）のトップダウン体制での判断⁸を行う。公害対策については中央汚染管理局（CPCB）が管理しており、実作業は、該当する州の汚染管理局（State PCB）等が行っている。環境規制に関しては、中央政府の法律を踏まえて、州政府において上乘せ規制が可能となっている。なお、デリー首都圏は中央汚染管理局（CPCB）とデリー汚染管理委員会（DPCC）の管理下にある。

各州の汚染管理局（State PCB）には、科学者やエンジニアが所属しており、環境モニタリングや個別工場の規制遵守状況の調査などを実施している。具体的には、工場では排気や排水などの汚染物質発生状況を定期的に州の汚染管理局（State PCB）に提出している。工場で排出基準を上回る汚染が発生していると判明した場合は、警告が出され、これに応じない場合は罰金や工場の操業停止、閉鎖などの命令が出される。なお、これらの内容は違反の度合に応じて異なり、汚染状況が極めて深刻な場合は工場の即刻閉鎖の命令が出される場合もある。

⁸ 判断；予算等の決定はDEA（財務省経済局）によるが、その決定のためのローリングプラン策定については地下水汚染問題を含む公害対策についてはMoEFによる最終的な意思決定が必要となっている。

中央政府；中央政府には、環境政策に関連する省庁が複数存在するが、主幹省は森林環境省（MoEF）である。その附属組織として位置づけられ政策実施の役割を担う中央汚染管理局（CPCB）のほか、都市部の上下水道や廃棄物インフラの整備を担当する都市開発省（MoUD；Ministry of Urban Development）、廃棄物や自然エネルギー等の推進を担当する新・再生可能エネルギー省（MoNES；Ministry of New and Renewable Energy）等が関連する中央行政機関である。

現在では、従来の役割に加え、MoEF 及び州汚染管理局（State PCB）に対する技術的な指導・助言も行っている。また、公害管理に関する多数の役割を担っており、各種環境政策の施行、ガイドラインの整備、環境基準・規制のモニタリング等を行っている。

州政府；州政府においても汚染環境局が設置されており、州政府への技術的な指導・助言の他、環境保護や環境汚染の防止を目的とした取り組みの推進、環境基準の策定、調査研究等を行っており地下水浄化を含む公害対策に関する実質上の作業機関となっている。また、CPCB/MoEF によるプロジェクト案件化のための現地からの要望を取りまとめる機関でもあるため、当該州政府の汚染管理局代表者の方針（姿勢）が公害対策の実施に関しては非常に大きなウェイトを占める。

地方自治体；地方自治体は、インドにおける汚染問題の主要因となっている廃棄物に関し、その収集、運搬、処分、管理に関する実行責任者となっている。具体的には、一般の住宅・事業者からの廃棄物の収集、廃棄物のリサイクルを含めた分別、収集容器の設置を担当しており、さらに最終処分場に関する設置場所の選定や構造、事業中の管理、閉鎖後のモニタリング等についても地方自治体を実施することとなっている。

〔インド共和国における土壌・地下水規制、及び関連法令〕

環境保護法（The Environment (protection) Act）

1986年制定、1991年改訂。環境保護に関する基本法で、環境汚染の防止・管理及び削減のための中央政府の権限などの基本的な内容を定めている。

環境保護規則（The Environment (protection) Rules）

1986年制定、2003年改訂。環境保護法に基づいて制定。工場等設置の条件や工場等から排出される汚染物質の排出基準を規定。汚染物質を排出する事業所等に排出物の分析データを関係当局に提出することを義務付けている。また、本規則には、排水の基準に関する記載がある。下水処理場からの放流基準に関して、排水処理施設の排水処理基準が放流先別（内陸表流水、公共下水、灌漑、海水域）に記載されている。下水処理施設とその他の排水処理施設の放流基準とに違いは存在しない。産業排水の基準については、工場等から排出される汚染物質（排水）の基準が規定されている。また、本規則に排水発生量の基準・目安や、一定製造量あたりの排水発生量に関する規定も示されている。表1-1に排水処理施設の排水処理基準を示す。

表1-1 排水処理施設の排水処理基準

項目	基準			
	内陸表流水	公共下水	灌漑	海水域
色調・臭気	色・臭いの除去のために最大限努力すること	-	色・臭いの除去のために最大限努力すること	色・臭いの除去のために最大限努力すること
浮遊物質量	100 mg/L	600 mg/L	200 mg/L	処理水) 100 mg/L 冷却排水) 10%
浮遊物質の粒子径	850 μmの篩を通る大きさ	-	-	浮遊粒子の最大径は3mm、沈殿粒子の最大径は856 μm
pH値	5.5～9.0	5.5～9.0	5.5～9.0	5.5～9.0
水温	5	-	-	5
油・潤滑油	10 mg/L	20 mg/L	10 mg/L	20 mg/L
全残留塩素	1.0 mg/L	-	-	1.0 mg/L
全アモニア性窒素	50 mg/L	50 mg/L	-	50 mg/L
遊離アモニア	100 mg/L	-	-	100 mg/L
生化学的酸素要求量	5.0 mg/L	-	-	5.0 mg/L
化学的酸素要求量	30 mg/L	350 mg/L	100 mg/L	100 mg/L
ヒ素	250 mg/L	-	-	250 mg/L
水銀	0.2 mg/L	0.2 mg/L	0.2 mg/L	0.2 mg/L
鉛	0.01 mg/L	0.01 mg/L	-	0.01 mg/L
カドミウム	2.0 mg/L	1.0 mg/L	-	2.0 mg/L
六価クロム	0.1 mg/L	2.0 mg/L	-	1.0 mg/L
全クロム	2.0 mg/L	2.0 mg/L	-	2.0 mg/L
銅	3.0 mg/L	3.0 mg/L	-	30 mg/L
亜鉛	5.0 mg/L	15 mg/L	-	15 mg/L
セレン	0.05 mg/L	0.05 mg/L	-	0.05 mg/L
ニッケル	3.0 mg/L	3.0 mg/L	-	50 mg/L
シアン	0.2 mg/L	2.0 mg/L	0.2 mg/L	0.2 mg/L
ふっ素	2.0 mg/L	15 mg/L	-	15 mg/L
溶解性リン	5.0 mg/L	-	-	-
硫化物	2.0 mg/L	-	-	5.0 mg/L
フェノール類	1.0 mg/L	5.0 mg/L	-	5.0 mg/L
放射性物質 ()	10 ⁻⁷	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁷
放射性物質 ()	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶
バイオアッセイ試験	魚90%の生存率、 100%排水中、 96時間後	魚90%の生存率、 100%排水中、 96時間後	魚90%の生存率、 100%排水中、 96時間後	魚90%の生存率、 100%排水中、 96時間後
マンガン	2 mg/L	2 mg/L	2 mg/L	2 mg/L
鉄	3 mg/L	3 mg/L	3 mg/L	3 mg/L
バナジウム	0.2 mg/L	0.2 mg/L	-	0.2 mg/L
硝酸性窒素	10 mg/L	-	-	20 mg/L

環境影響評価に係る通達 (Environmental Impact Assessment Notification)

1994年制定、2009年改訂。インド共和国では、環境へ著しい影響を及ぼす可能性のあるプロジェクトを実施する際、環境認可が必要となる。環境影響評価は、その取得の過程で必要とされる。

水質汚染防止及び管理法 (The Water (Prevention and Control of Pollution) Act)

1974年制定。水質汚染の防止や制限及び水質の向上を目的とした法律であり、水質及び排水に関して基準を設定している。設定された排水基準が改正され、60種類の産業それぞれに異なる値が設定されており、この基準に反している企業に対しては、住民が訴訟を起こすことができることとしている。また本法律において、排水水質についても規定されている。水質汚濁防止規制のための中央及び州の汚染規制局や、その権限や機能を定めている他、河川を排水路として使用することや排水口の設置について規定している。

水質汚染防止及び管理規則 (The Water (Prevention and Control of Pollution) Rules)

1975年制定。中央汚染管理局 (CPCB) の機能が細かく規定され、中央汚染管理局 (CPCB) が所有する分析機関で水質分析を行う場合の分析費用も規定されている。健全性のレベルは定義しておらず、中央汚染管理局 (CPCB) によって、DBU (Designated Best Use) のコンセプトにより規定されている。

地下水 (管理・規制) 法案

インド共和国政府は1970年に地下水の管理のためのモデル法案である地下水 (管理・規制) 法案を各州政府に提示した。それを受けて、現在では州政府が地下水過剰開発に関する規制を設けている。表1-2に州政府ごとの地下水規制状況を示す。

表1-2 州政府ごとの地下水規制状況

州	規制
アンドラプラデシュ州	1996年；地下水（飲用に関する規制）法 Andhra Pradesh Groundwater (Regulation for drinking water purposes) Act
ビハール州	2006年；地下水（規制及び開発等に係る管理）法 The Bihar Groundwater (Regulation and control of development and managemant) Act
ゴア州	2002年；地下水規制法 The Goa Groundwater Regulation Act
ヒマカルプラデシュ州	2005年；地下水（規制及び開発等に係る管理）法 The Himachal Pradesh Groundwater (Regulation and Control of Development and Management) Act
カルナータカ州	2011年；地下水（規制及び開発等に係る管理）法 The Karnataka Groundwater (Regulation and Control of Development and Management) Act
ケララ州	2002年；地下水（管理と規制）法 The Kerala Groundwater (Control and Regulation) Act
ダクシャディーブ州	2001年；地下水（開発と管理）規制 Lakshadweep Groundwater (Development and control) Regulation
マハラシュトラ州	1993年；地下水（飲用に関する規制）法 The Maharashtra Groundwater (Regulation for Drinkin Water Purposes) Act
ボンディシェリ州	2003年；地下水（飲用に関する規制）法 The Pondicherry Groundwater Act, 2003
タミル・ナードゥ州	2003年；地下水（開発と管理）規制 The tamil Nadu Groundwater (Development and Management) Act
ウッタルプラデシュ州	2010年；地下水保全保護と開発（管理、制御、及び規制）法案 The Uttar Pradesh Groundwaster Conservation Protection and Development (Management, control and regulation) Bill

（出典）International Environmental Law Research Centre “INDIA -STATE- LEVEL WATER LAW INSTRUMENTS
http://www.ielrc.org/water/doc_states.php

1-4 対象国の対象分野の ODA 事業の事例分析および他ドナーの分析

〔世界銀行によるインド共和国の土壌・地下水汚染浄化計画〕

世界銀行は、ナショナルミッションのひとつとして汚染放棄地の浄化に取り組んでいる。この支援は、前の第 11 次 5 力年計画時の 2010 年 10 月に開始され、第 12 次 5 力年計画においても引き続き重要な環境施策として実施中である。表 1-3 に世界銀行による支援実施中の 10 の汚染放棄地を示す。これらはインド中央政府による事前調査・対策によって深刻な汚染被害が知られていたアンドラプラデシュ州（2 サイト）と西ベンガル州（8 サイト）の 2 州に限られている。

この世界銀行による支援は、2010 年に開始され現在 DPR（詳細プロジェクト報告；図 1-2 参照）が終了し、これから順次国際入札による DPR に従った浄化実施者決定の作業を待っている状態である。従って、インド共和国に対する地下水汚染浄化への ODA の効果⁹については、今後検討されるべき課題であり、まさに今、インドにおける土壌・地下水環境修復への支援が始まったタイミングであるということが解る。

また、CPCB との協議から、CPCB 及び NPO¹⁰の要請から、世界銀行による支援は現状 10 サイトのみであるものの、今回我々の調査において視察を行ったラニペット（タミル・ナードゥ州）とスキнда（オリッサ州）の 2 サイトについても 10 の汚染放棄地に追加することを検討している、とのことを確認した。

表 1-3 世界銀行による支援実施中の 10 の汚染放棄地

州	エリア	サイト名(プロジェクト名)	汚染の状況
AP	ヌールムハンマドクンタ (Noor Mohammad Kunta)		工業団地からの有害廃棄物の廃棄サイト。汚染規模は 13.96ha、鉛、銅、クロム、亜鉛、鉄、ニッケルを含む繊維工場からの排水や生活排水による排水により湖がピンク色になっている。
	カダパの都市ごみ (Municipal Solid Waste in Kadapa Town)		大規模なごみ捨てサイトであり、1988 年から居住エリア近傍の 10.85 エーカーの敷地にごみが投棄され、現在でも 111,000 トンのごみが残存している。
WB	フーグリ サイト Hooghly Site	Ashalata Brickfield	コルカタ(Kolkata)近傍、フーグリ地区の 7 箇所の有害廃棄物廃棄サイト。全て塩基性硫酸クロムの使用・製造に関係する工場汚泥の投棄による深刻な汚染である。7 サイトが位置するコルカタ-デリー道路に沿った 15km のエリアから地下水を通じて周辺の池や河川に影響が及んでいる。
		Minu Computer Weighbridge Access Road	
		Shivang Trexim & Sree Balaji Veneers Access Road	
		Pashupati Seong	
		Access Road South of Sarkar Bridge	
		Zenith Timbers Access Road	
	Near Shivam Gases		
コルカタ	ダッパの都市ごみ (Municipal Solid Waste in Dhapa Town)	70 エーカー、1,440,000 トンのごみがラムサル条約登録の東コルカタ湿地(East Kolkata Wetlands)の北西 10km に投棄されている。	

AP; アンドラプラデシュ州、WB; 西ベンガル州

⁹ ODA の効果；上記支援については、CPCB との協議から、丁度我々の第二次調査の時期と重なる 1 月中旬に世界銀行と CPCB が状況確認（世界銀行による監査（Audit））を予定していたことが確認されている。

¹⁰ NPO；Blacksmith Institute（米国 NPO）

〔インド共和国における関連する日本の ODA 事業〕

現状において工場等の操業による人為的な汚染については、インド共和国では汚染者負担原則（PPP）に則って事業者負担での浄化を実施しており、なお且つ、インド共和国の工業化・高度経済成長に伴う事業系廃棄物由来の汚染状況の日本国内における認知度が低かったため、本件は直接関連する日本の ODA 支援対象とはなっていなかった。但し、近年 Black Smith Institute¹¹等により甚大な健康被害が顕在化している多くの地域が報告されていることから、世界銀行等の支援に併せた日本の ODA 事業も必要であると考えられる。

また、地下水汚染をターゲットとはしていないものの、現地視察を行ったゴア州においては現在『ゴア州無収水対策プロジェクト』と『ゴア州上下水道整備計画』が実施中である。同地域では工事施工の問題による上水道管の破損部分から汚染地下水が流入することによる影響も懸念されるため、同事業に併行してゴア州における地下水浄化を行うことは十分に意義あるものであると考えられる。

また、地下水汚染に関連する JICA のプロジェクトとして『行政主導化を目指したインド共和国・ウッタール・プラデシュ州における総合的砒素汚染対策事業（平成 21 年度第 2 回）』が実施されているが、この事業は自然由来の地下水汚染に対するものであり本調査における事業由来の人為的汚染による地下水汚染とは異なる。但し、本調査における現地視察において確認された地下水モニタリングデータからも砒素の基準（0.01mg/L）超過が頻繁に確認されていたことから、自然由来の地下水汚染についてもインド共和国全土における環境問題の一つであることが伺える。

¹¹ Blacksmith Institute；発展途上国における健康被害の防止と救済を目的としたアメリカの NPO 団体（<http://www.blacksmithinstitute.org/>）。インド支部代表者と 2012 年 12 月 12 日に協議実施。

1-5 調査対象地における開発課題の現状と展望

本調査では、2012年12月から2013年1月にかけて上記した背景を考慮し、首都デリー（デリー首都圏：National Capital Territory of Delhi）及びその近郊都市、タミル・ナードゥ州ラニペット、カルナータカ州バンガロール、ゴア州サルセットの4地域において、都市部における六価クロム等の有害物質による人為的汚染を対象とした調査を実施した。表1-4に現地調査を実施した4地域についてまとめた。

先ず、本調査では、インド共和国における地下水浄化対策方針を確認することを目的として中央政府（MoEF/CPCB）があるデリー首都圏において該当行政との協議を行い、次に既に世界銀行による支援が始まっている10の放棄地サイト以外の六価クロム等による汚染サイトに関し現地視察を行うこととした。

次に、視察サイトの選定にあたり、広くインド共和国における六価クロム等による汚染の現況を把握すべく、政府認定の69の放棄地サイトのひとつであるラニペット（タミルナードゥ州）現在政府の指導の下で民間企業主体で地下水浄化を実施しているバンガロール（カルナータカ州）新たな汚染による被害が報告されたサルセット（ゴア州）の3地域を現地視察サイトとして選択した。

最後にこれらの協議及びサイト視察を通じてインド共和国における開発課題「地下水浄化」の現況とニーズを確認（1-5、本節）し、想定する事業の仕組み（2-4節）を検討し、ODA案件化によるインドへの開発効果（3-2節）を予測し、そしてODA案件化の具体的提案（4-1節、4-2節）を行うものとした。

表 1-4 現地調査を実施した4地域

調査地域	選定理由
デリー首都圏	主題：中央政府の地下水浄化対策確認 <ul style="list-style-type: none"> ・中央政府（MoEF/CPCB）との協議、今後の環境施策方針の確認 ・地方汚染管理局（DPCC）との協議、地元の地下水浄化関連ニーズの引き出し ・浄化サイト視察 ・現地企業/NPOへのヒアリング、インドにおける環境ビジネス市場調査
ラニペット (タミル・ナードゥ州)	主題：政府認定サイトの現場視察 <ul style="list-style-type: none"> ・地方汚染管理局（TNPCB）及びNEERIとの協議 ・汚染サイト視察 (政府認定サイト；ラニペット) ・現地企業へのヒアリング、インドにおける環境ビジネス市場調査
バンガロール (カルナータカ州)	主題：企業浄化サイトの現場視察 <ul style="list-style-type: none"> ・地方汚染管理局（TNPCB）及びNEERIとの協議 ・汚染サイト視察（企業浄化サイト） ・現地企業へのヒアリング、インドにおける環境ビジネス市場調査
サルセット (ゴア州)	主題：新規案件サイトの現場視察 <ul style="list-style-type: none"> ・地方汚染管理局（GSPCB）との協議 ・汚染サイト視察（新規案件サイト）

本調査において MoEF/CPCB 等との協議や現地企業/NPO へのヒアリング、汚染サイト視察によって確認された地下水浄化に係るインド共和国の現状について以下に示す。なお、協議等の詳細に関しては「4-4 節、対象国関連機関との協議状況」、「資料-1、現地協議記録」参照のこと。

〔汚染サイトと ODA 支援に関して〕

- ・インド政府は世界銀行の支援の下で、ナショナルミッションとして 10 の放棄地サイトの浄化を実施中である
- ・世界銀行の支援対象サイトは、状況に応じ、今後、追加することを検討している（現在、ラニペット及びオリッサの 2 地域の追加を検討中）
- ・インド政府は 10 の放棄地サイトのほかに同規模の 69 の放棄地サイト（政府認定の汚染サイト）についても把握している（この中に、ラニペット及びオリッサが含まれる）
- ・世界銀行の支援による 10 の放棄地サイトと 69 の政府認定の放棄地サイトのほかにも、中央政府が把握できていない同規模の汚染サイトの存在が懸念される
- ・汚染サイトの多くは廃棄物の投棄に起因した六価クロムを含む大規模な複合汚染であり、単一の浄化手法では到底浄化しきれない程の規模の汚染サイトが多数存在する
- ・インド共和国では、事業者が既に存在しない汚染サイトについてのみ放棄地サイトとして政府による浄化対象とされ、中央政府の予算等の管理の下で各州の汚染管理局（State PCB）が実作業（浄化）を実施している
- ・インド政府が浄化を実施する放棄地サイトのプロジェクトについては、DPR（詳細プロジェクト報告）による浄化手法決定が鍵を握っており、先ず DPR 実施の権利を得ること（入札に勝つこと）が浄化プロジェクト実施の第一歩となる
- ・ODA 支援による汚染浄化の際には、インド共和国内での案件化が必須であり、先ず MoEF/CPCB 等の中央政府が汚染サイトの存在を認識することが必要不可欠な条件であり、そのために State PCB から浄化のニーズを中央政府に挙げるのが絶対条件となる

〔インドにおける地下水浄化に関して〕

- ・インド共和国では、各地において単なる地下水・土壌汚染だけでなく、地下水を経由した（地下水汚染に起因した）河川や湖沼の深刻な汚染が発生している
- ・各地の地下水汚染サイトにおいては住居エリアの隔離や飲料水の供給による対策を行っているものの、汚染源である廃棄物投棄サイトはほぼ野ざらし状態であり、そこからの粉塵の飛散や雨水浸透による有害物質の拡散が発生しており、なお且つ、生活エリア内に汚染された井戸が存在することから、有害物質による暴露経路を遮断することは出来ていない状態である

〔インドにおける環境法制度に関して〕

- ・インド政府では現在、米国式の責任遡及型の環境法の制定を準備中である
- ・インド共和国における汚染浄化の義務は、原則として汚染者負担（PPP原則）に従うものであり事業者が存在する汚染は事業者によって浄化することを指導し、それに従わない場合は政府の権限により事業の廃止を命令するものとしている

また、本調査によって得られたインド政府側の環境分野に関する日本へのニーズを表 1-5 にまとめる。

表 1-5 インド政府側の環境分野に関するニーズ

政府機関	ニーズ
森林環境省 中央汚染管理局 (MoEF/CPCB)	<ul style="list-style-type: none"> ・透明性のある支援が必要であり、無償援助ではなくインド政府側の意思決定を反映できるローンによるものが望ましい ・現在、世界銀行の支援を受けて 10 の放棄地サイトの浄化を行っているが、それ以外にも少なくとも 69 の政府認定の放棄地サイトが存在しており、それら支援が行き届いていないサイトの支援が必要であり、中央政府が情報を持っていない未認定のサイト(新規案件)についても確認を要すると考えている
デリー 汚染管理委員会 (DPCC)	<ul style="list-style-type: none"> ・ガンジス川の支流であるヤムナ川においてメッキ工場や繊維工場からの排水流入による水質悪化が深刻であり、その浄化が急務であるとする ・政府間援助ではないものの、市街地における工場廃棄物等の影響による地下水汚染が顕著であり、現在操業中の工場/企業へのバイオレメディエーション等の技術援助が必要である
タミル・ナドゥ州 汚染管理局 (TNPCB)	<ul style="list-style-type: none"> ・ラニペットサイトにおいて潜在的な健康被害影響¹²が周辺住民 3,482,000 人にも及んでいることが報告されており、その原因となっている六価クロム汚泥 15 万～20 万トンが 2～3.5 ヘクタールの土地に被覆等の拡散防止措置が行われなまま放置されており、廃棄汚泥の被覆や揚水等の緊急措置が必要である ・ラニペットサイトについては上記の緊急措置のほかに、汚染の規模を確認するためのサイト(地域)全体のアセスメントが必要である ・ラニペットサイトの浄化に関しては、現在、世界銀行の支援(10 の放棄地サイトに追加すること)についても中央政府と調整中である
カルナータカ州 汚染管理局 (KSPCB)	<ul style="list-style-type: none"> ・政府間援助ではないものの、市街地における工場廃棄物等の影響による地下水汚染が顕著であり、現在操業中の工場/企業へのバイオレメディエーション等の技術援助が必要である ・地下水汚染の影響により湖沼・河川の汚染も深刻化している ・現在の汚染管理局の体制は数年前からであり、カルナータカ州における汚染の現況を全て把握しているとは言い難く、今後は州全土の調査が必要である
ゴア州 汚染管理局 (GSPCB)	<ul style="list-style-type: none"> ・排水管理等を通じて 10 年近くサル川の水質改善に取り組んでいるものの、現状においても水質悪化は深刻であり、サル川流域のサルセット地域の農業に影響を及ぼしており、全容はつかめていないものの健康被害も発生している可能性があり、早急な現状把握のための調査(生態/水環境アセスメント)が必要である ・サルセット地域の汚染浄化だけでなく、持続的な水質維持を目的とした地方政府担当者への環境教育が必要である

¹² 潜在的な健康被害影響 ; Blacksmith Institute のホームページ
(<http://www.blacksmithinstitute.org/>) 参照

第 2 章 提案企業の製品・技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

2 - 1 提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み

アサヒ地水探査株式会社は、日本において土壤汚染対策法施行以来、年間 10 数件の大規模調査及び対策に携わっており、そこから得られた技術及び運用のノウハウ、体制を構築済みであり、土壤汚染対策法施行以前から、38 年間の井戸及び地下水調査業に従事した経験がある。また、地下水に関して汚染の拡散シミュレーションや水収支検討も行っている。今般の提案において使用を想定しているバイオレメディエーションの栄養剤『EDC-M™』は、補強会社であるエコサイクル株式会社の日本及びインド両国における特許製品である。これは、六価クロムの土壤汚染対策において行われている化学的還元方法に対し、食品材料から配合された栄養剤を注入し現地の微生物を活性化させ、その微生物の生反応により毒性の強い六価クロムを安全な三価クロムに還元する方法であり危険物を注入する必要がなく環境負荷が極めて低いことを特徴とするものである。この浄化手法は、現在、我が国において地下水のバイオレメディエーションを行う会社が複数あるものの、六価クロムの汚染現場に対する実績は他社の追随を許さぬものである。さらに同社は、既にインド共和国において六価クロムの汚染サイトの浄化実証実験を行っており、同業他社に於ける優位性を有している。

本調査では、上記した技術を、水循環も含めた地下水浄化に係るトータルソリューションとしてインド共和国への支援を行う準備をするものとする。図 2-1 に提案技術と提案企業の事業化への流れを示す。

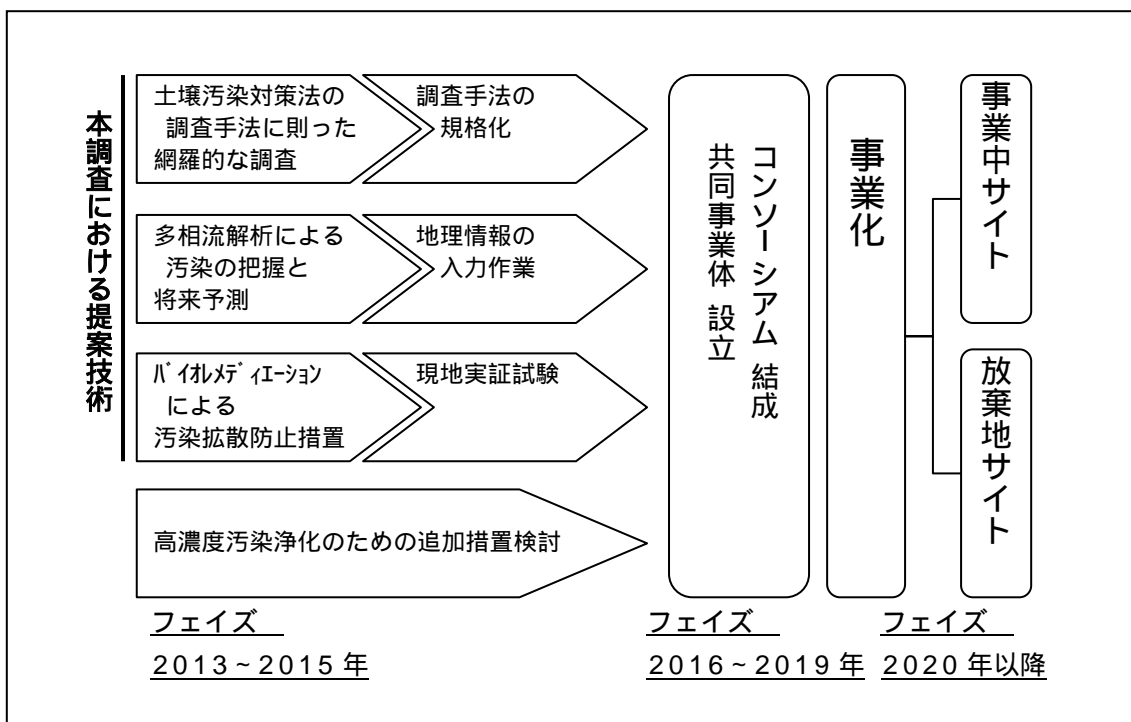


図 2-1 提案技術と提案企業の事業化への流れ

インド共和国では、現在、家庭用水の 8 割程度が地下水に依存しているものの、将来的には上水道の普及により、現在よりも良質な水資源の確保が見込まれる。但し、現状のインド共和国において、上水を利用する都市部の表流水や伏流水に関してはそのままの状態では全く飲用利用できない程に水質が悪化しており、なお且つ、著しい水位低下が発生していることが今回の聞き取り調査¹³等から確認されている。その様な中、地下水の浄化に取り組むことは、原位置の水源の確保と地下水位低下の防止に繋がるものであり、インド共和国の持続的発展において必要不可欠なものであると考えられる。

また、今回の調査¹⁴により、インド共和国における地下水汚染は当初想定していたものよりも甚大な規模であり、バイオレメディエーションのみというような単一の浄化手法では到底浄化しきれない状態にあることが確認されたものの、日本の土壤汚染対策法の調査手法に則った網羅的な調査、多相流解析が可能なシミュレーション等による地下水汚染状況の把握と将来予測、EDC-MTMを用いたバイオレメディエーションによる汚染エリアの地下水流向の下流域への拡散防止措置（フィルター効果）は、被覆措置や汚染地下水の揚水等を用いた想定される複合的な浄化措置においていかなる場合であっても常に必要とされる技術であると考えられる。なお、本調査では、上記した網羅的調査を実施しなかった故に、汚染の高濃度エリアの絞り込みが不十分であり、揚水をし続けているにも関わらず効果的な濃度低下が得られていない浄化工事の存在が幾つか確認されている。

2-2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ

〔インド共和国における提案技術の位置付け〕

インド共和国においては、第一章においてまとめたとおり地下水汚染の状況が深刻であり、その浄化に対する早急なニーズは確実に存在すると判断できる。但し、現状において同国では、世界銀行の支援等に併せて既に欧米流の調査手法¹⁵が普及しており、それ故の浄化に係るトラブル等が散見される。そこで今回の提案では、上記のとおり日本の土壤汚染対策法の調査手法に則った網羅的な調査を主体とした技術提案を行うものである。さらに、日本に比べてより深い深度である深度 10m～数 10mに地下水が存在するインド共和国において、調査結果の評価にあたり地下水の不飽和帯のモデリングについても可能な多相流解析シミュレーション『GETFLOWSTM』を活用することは、より効率的な対策実施や高精度の将来予測、そして地下水流域の水資源管理に繋げることが出来る。また、EDC-MTMによるバイオレメディエーションは、低コスト・低環境

¹³ 聞き取り調査；2012年12月13日に行ったS社との協議記録参照（資料-1）。

¹⁴ 今回の調査；1-5節参照。

¹⁵ 欧米流の調査手法；規格化された調査であるものの、汚染懸念ごとに調査を実施するため、その範囲を判断する技術者の技量への依存が高い。一方、日本の土壤汚染対策法に則った調査は網羅的に汚染懸念を含む対象地全域を調査するものであり、欧米流の手法に比べて手間と費用が掛かるものの、汚染懸念の範囲の評価については非常に容易になる手法である。

負荷な対策技術であり、広域、深層、100mg/L以下の濃度の地下水汚染に対し当該技術の柔軟な活用が可能である。

〔インドにおける提案技術の事業展開の見通し〕

二回の聞き取り調査から、インド政府では、現在、米国法に準じた遡及責任による地下水汚染対策法の準備がなされていることが確認された。米国法に準じての環境施策であれば、我が国で施行されている土壌汚染対策法のような土壌の問題に特化した対応ではカバーしきれないと考えられる。そこで、環境ビジネス企業としてのインド共和国への事業展開の際には、地下水のみに特化するのではなく、欧米流の環境エンジニアリング会社と同様に、我が国の企業も総合環境コンサルティング会社としての事業展開が必要であると考えられた。

また、インドにおける土壌・地下水環境施策として、現在、遡及責任による地下水汚染対策法の準備がなされている。今後、同法が制定された場合、諸外国の遡及責任法の対応状況から予想すると、インドの地場企業よりもインド進出の外国企業に対しその責任を追及してくることが容易に想像される。従って、民間の事業展開として、先ず我が国のインド進出企業に対し欧米式の環境安全衛生管理と汚染防止策の普及を図ることで事業展開の第一歩としようと考えている。

2-3 提案企業の海外進出による地域経済への貢献

本調査においてインド共和国における環境施策は中央政府中心となっていることが明らかになった。地下水浄化に関しても、森林環境省(MoEF)/中央汚染管理局(CPCB)及び各州の汚染管理局(State PCB)に対しその手法等がいかに認知されるかが重要な課題となっており、その意味で我々の企業体がインド共和国に日本の土壌汚染対策法に則った調査手法やシミュレーション、バイオレメディエーションをもって進出することによって、引き続く同業他社(地域経済)の環境技術導入のソフトランディングに繋がると考えられる。さらに現在、インド共和国において事業を展開している企業の環境施策に対しても、インド政府に我々の技術が認められることで、日本の環境技術導入が容易になり、同業他社のインド共和国進出の足掛かりにもなり得ると考えられる。

また、今回の調査において、インド共和国における環境ビジネス作業者の人件費が概ね日本の10分の1から3分の1程度であることが確認されており、その差益を利用したインド共和国における環境シミュレーションの入力作業や地理情報の入力作業等、人件費を主体とする作業の内製化により、日本とインド共和国において相互事業を展開する企業体の活性化が図れると考えられる。

さらに今回の調査において、インド政府は米国式の遡及型の環境法(地下水汚染対策法)を準備していることが確認されたことから、その遡及型環境法対策をインド共和国に進出している日本企業に対し周知することで、インド進出企業の持続的な企業活動を護ることが出来ると考えられる。

なお、今回提案技術である地下水浄化を含む流域水資源管理は、水ビジネスにおいて日本が欧米に比べ遅れていると指摘されている分野であるからこそインド共和国に

においてラニペットやサルセットといった河川流域の汚染の浄化に併せた水資源管理への事業展開が成されれば、日本が今後進める水ビジネス事業の新たな方向性を示すものになると考えられる。

2-4 リスクへの対応

〔想定していたリスクへの対応結果〕

当初想定していたリスクとして、2-4 節に示した汚染の調査・浄化に係る価格競争やそれに伴う技術低下、調査・浄化手法自体の普及の問題があった。

それらのリスクへの対応として、本調査では、森林環境省（MoEF）/中央汚染管理局（CPCB）、各州の汚染管理局（State PCB）、国立環境工学研究所（NEERI）、国立地球物理学研究所（NGRI）等の有識者層と共にコンソーシアムを結成することとした。二回の現地調査からインド共和国における地下水調査及び浄化工事では各州の汚染管理局の関与が必須であることが確認されたため、このコンソーシアムの結成は我が国の地下水浄化ビジネス関係者の事業展開において必要不可欠であると考えられる。

このコンソーシアムによって、浄化価格を設定することで作業価格の低下防止が図られ、汚染管理局関係者が指導を行う企業等へのアピールが可能になり、浄化手法の普及が図られると考えられた。

〔新たに顕在化したリスク及びその対応方法〕

本調査立案時に想定していた汚染規模よりも実際に視察したサイトの汚染規模は面積・濃度等においても甚大であったことから、バイオレメディエーションのみの浄化対策は現実的ではなく、実際には汚染源の除去と汚染源の封じ込めに加えてバイオレメディエーションによる汚染拡散の削減を行うような複合対策が必要であると判断された。

また、汚染浄化を直ちに行うのではなく、生態系の調査等も視野に入れた網羅的な調査を実施した上で上記の複合対策を立案する必要があると考えられた。

第3章 ODA 案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開効果

3 - 1 提案技術と当該開発課題の整合性

地下水の浄化を含む汚染管理は昨年策定された第 12 次 5 年計画における MoEF の三大目的のひとつであり、なお且つ、10 の放棄地サイトの浄化はガンジス川の浄化に並ぶ二大ナショナルミッションのひとつであることから、当該開発課題における支援を行うことはインド共和国国政に整合したものであると判断できる。

また、上記 10 サイト以外の汚染サイトの浄化についても、健康被害が既知であり人道支援の観点から緊急の援助が必要な課題であると考えられる。

3 - 2 ODA 案件の実施による当該企業の事業展開に係る効果

本件『バイオレメディエーションによる地下水浄化』を ODA 案件としてインド共和国において実施することで、第一にインド共和国政府における栄養剤を用いたバイオレメディエーション（バイオスティミュレーション）と日本の土壤汚染対策法方式による調査・シミュレーション手法の理解を図ることが出来る。そのことによって初めてインド共和国において行政（中央政府・州政府）と協力し浄化ビジネスを行うという土台が出来るものと考えられる。

インド共和国では政府の管理無しに浄化¹⁸は行われなため、当地で浄化ビジネスを推進するにあたり、先ず ODA 案件化を通じたインド共和国政府の管理サイト（放棄地サイト¹⁹）の浄化を行うことは必要不可欠であると考えられる。

¹⁸ 浄化；実際は、欧米系企業の自主管理対策としての調査・浄化等が行われているものの、その行為自体、インド共和国の法規制や CPCB/State PCB の関与を想定したものであることから、政府に認定されない浄化手法の普及は極めて難しいと考えられる。

¹⁹ 放棄地サイト；現在、世界銀行の支援における 10 の放棄地サイトとインド政府認定の 69 の認定サイトが存在する。将来的には、各州の汚染管理局の働きかけによる中央政府における新規案件の認定により、新たなサイトの追加が想定される。

第4章 ODA 案件化の具体的提案

4-1 ODA 案件概要

本調査において中央政府（MoEF/CPCB）との協議からインド政府側は意思決定を反映できる有償支援を求めていることが確認されたものの、ラニペット等の現地視察から、現在、非常に高濃度の汚染が放置されている危険な状態であり人道支援の立場から無償支援による緊急措置の必要性も考慮できる。但し、現状においては、インド政府の意思を尊重し、69 の認定サイト（放棄地サイト）のひとつであるラニペットに対する技術支援、新規案件となりうるサルセット地域への技術支援、あるいはビジネス支援としてバンガロールのような事業中サイトへの技術支援を実施し、インド共和国における案件化に繋がる「詳細プロジェクト報告（DPR；Detailed Project Report）」を実施したうえで、現行の世界銀行の支援と同様のラニペットやサルセットを対象とした放棄地サイトを対象とした有償支援を案件化することも考えられる。なお、この有償支援に関しては、現行の世界銀行の支援の状況を参考にすると浄化完了に至るまで 10 年以上の期間を要すると考えられる。

本調査において提案する ODA 案件概要を図 4-1 に示す。

種別	無償資金援助	技術支援	技術支援	技術支援	有償資金援助
概要	人道支援 緊急措置	ラニペット 技術支援	サルセット 技術支援	バンガロール 技術支援	放棄地サイト 有償支援
内容	ラニペット/サルセット 汚染拡散防止措置 -アセスメント -廃棄物全面被覆 -地下水揚水	ラニペット 技術協力/支援 -現地講習 -現地処置実施 -地下水調査実施 -事前実証試験 -対応策 策定 -参加認証試験 -日本国技術研修 (20名以内*)	サルセット 技術協力/支援 -現地講習 -現地処置実施 -地下水調査実施 -事前実証試験 -対応策 策定 -参加認証試験 -日本国技術研修 (20名以内*)	バンガロール 技術協力/支援 -現地講習 -現地処置実施 -地下水調査実施 -事前実証試験 -対応策 策定 -参加認証試験 -日本国技術研修 (20名以内*)	ラニペット/サルセット 汚染浄化プロジェクト -DPR (詳細プロジェクト報告) -汚染浄化 -モニタリング -クロージング
費用	ラニペット； 4.2 億円 (Blacksmith Institute 試算) *サルセットも同規模	概算 1 億円 -調査関連； 2,500 万円 -事前実証試験； 2,000 万円 -インド国内研修； 2,500 万円 -日本国内研修 3,000 万円	概算 1 億円 -調査関連； 2,500 万円 -事前実証試験； 2,000 万円 -インド国内研修； 2,500 万円 -日本国内研修 3,000 万円	概算 1 億円 -調査関連； 2,500 万円 -事前実証試験； 2,000 万円 -インド国内研修； 2,500 万円 -日本国内研修 3,000 万円	概算 数 10 億円 (数百万人規模の 健康被害、 数十万トンの 廃棄物を想定)
期間	緊急の措置 が必要	1 年	1 年	1 年	10 年程度

事前実証試験等の結果により次プロジェクトの提案を検討

図 4-1 提案 ODA 概要

4-2 具体的な協力内容及び開発効果

〔無償資金援助〕ラニペット/サルセットの人道支援 緊急措置（図 4-1 参照）

支援の契機；調査対象地における潜在的な健康被害の防止。

案件の目標・成果；現在放置されている汚染源物質（汚泥）の被覆や汚染地下水の揚水を行い、汚染拡散防止措置による健康被害の拡大防止を図る。

投入する技術； 汚染範囲を確認するためのアセスメント調査、 廃棄汚泥の全面被覆による汚染源物質の飛散防止及び雨水浸透防止対策、 汚染地下水の揚水による汚染の拡大防止及び低減措置。これら 3 つの作業に対して、日本の土壤汚染対策法に準じた網羅的調査及び多相流解析等によるシミュレーションを適用する。

先方実施機関（カウンターパート）；森林環境省（MoEF）/中央汚染管理局（CPCB）及び各州の汚染管理局（ラニペット；タミル・ナドゥ州汚染管理局（TNPCB）サルセット；ゴア州汚染管理局（GSPCB））がカウンターパート機関となる。

実施体制；アビ地水探查(株)・パナソニックエレクトロニクス(株)共同事業体によるプロジェクト管理及び現場施工管理に基づいて、現場工事等については本調査において協議を行った地元インド共和国の企業を活用する。

費用規模；4.2 億円（ラニペット サイト；Blacksmith Institute による試算）。同様の人道支援援助を行う場合、サルセットにおいても同規模の費用が想定される。

スケジュール；本支援は人道支援を主眼にしているため緊急の実施が必要である。

開発効果；人道支援に基づいた援助であり、対象地の健康被害の拡大防止が図られる。

〔技術支援 / / 〕ラニペット/サルセット/バンガロール技術支援（図 4-1 参照）

支援の契機；汚染の状況把握及び教育による調査対象地における健康被害の低減。

案件の目標・成果；汚染の現況把握を目的としたアセスメント/地下水調査/事前実証試験/対応策策定について行政担当者/現地技術者と共に実施し、同対象者に対し地下水浄化及び水資源管理に関する現地講習会/参加認証試験を実施し、優秀な成績を収めた 20 名程度の対象者に対し日本国技術研修を行うものとする。これら一連の技術支援により、地下水浄化及び水資源管理に関する普及がなされ、なお且つ、ラニペット及びサルセットについては引き続き無償支援の事前作業となる詳細プロジェクト報告（DPR；Detailed Project Report）の実施に繋げることが出来る。

投入する技術； 汚染範囲を確認するためのアセスメント調査、 廃棄汚泥の全面被覆による汚染源物質の飛散防止及び雨水浸透防止対策、 汚染地下水の揚水による汚染の拡大防止及び低減措置。これら 3 つの作業に対して、日本の土壤汚染対策法に準じた網羅的調査及び多相流解析等によるシミュレーションを適用する。

先方実施機関（カウンターパート）；森林環境省（MoEF）/中央汚染管理局（CPCB）及び各州の汚染管理局（ラニペット；タミル・ナドゥ州汚染管理局（TNPCB）サルセット；ゴア州汚染管理局（GSPCB）、カルナータカ州汚染管理局（KSPCB））がカウンターパート機関となる。

実施体制；アビ地水探查(株)・パナソニックエレクトロニクス(株)共同事業体によるプロジェクト管理及びインド共和国/日本国講習、インド共和国でのアセスメント等を実施する。

なお、アセスメント等の調査においては、上記共同事業体単体の実施ではなく、講

習の延長として行政担当者/現地技術者と共に実施するものとする。
費用規模；1億円。アセスメントと地下水調査といった調査関連費として2,500万円、事前実証試験、シミュレーション、対応策策定といった事前実証試験関連費として2,000万円、現地の行政担当者/技術者50名程度を対象としたインド国内研修費として2,500万円、20名程度の日本国内研修費として3,000万円を見込む。
スケジュール；1年程度。但し現地調査や実証試験等の結果により、次プロジェクトや追加作業を決定するため、状況に応じて期間は変更される。
開発効果；インド共和国内の行政担当者/技術者への地下水汚染浄化技術の移転に主眼をおいた援助であり、同国環境の持続的発展が図られる。

〔有償資金援助〕放棄地サイト（ラパット/カセツ）の有償支援（図4-1、図4-2参照）

支援の契機；調査対象地における潜在的な健康被害の防止。

案件の目標・成果；現在放置されている汚染源物質（汚泥）の被覆や汚染地下水の揚水を行い、汚染拡散防止措置による健康被害の拡大防止を図る。

提案技術；網羅的な地下水調査。

二回の現地調査から、インド共和国における土壌・地下水調査は、主として米国環境保護庁（EPA）の手法が踏襲されており、先ずアセスメントを行い、アセスメントの結果確認された懸念に対する調査を実施する、という流れで行われている。この手法は効率的である半面、アセスメントの精度はそれを実施する技術者の技量次第であり、十分なアセスメントが出来ない場合、引き続き調査も不十分となり、その結果対策も要領を得ないことがある。特にインド共和国では事業の透明性を求めるあまり、各々の作業フェーズにおいて異なった作業者が担当することがあり、事前の調査が生かされない可能性が大きい。そこで、本調査の提案では、我が国の土壌汚染対策法に準じた一定区画ごとの網羅的な調査手法の技術提案を行う。但し、現地視察を行った汚染サイトの規模を考慮し、日本の土壌汚染対策法では最小区画を10m×10mとしているが、インド共和国における調査では30m×30m、あるいは100m×100mといったサイトの規模に応じた調査頻度を提案するものとする。但し、調査データをシミュレーション等に効率よく転用させるために必ず一定頻度での網羅的調査を行うものとする。

提案技術；地下水モデリング。記した網羅的な調査の結果を多相流解析ソフト（GETFLOWS^{TM20}等）によって解析し、インド共和国の多くの汚染サイトにおける地表面に投棄された有害物質を含む廃棄物からの浸透による不飽和帯の土壌への影響と、そこから地下水に飽和した土壌への影響を予測し、浄化に向けた効率的な対策計画を策定するものとする。

提案技術；バイオレメディエーション。コストパフォーマンス、安全性を考慮し、食品原料を成分とした栄養剤『EDC-MTM』を用いた六価クロムの原位置バイオレメディエーションを提案する。但し、二回の現地調査から、インド共和国における地下水汚染は日本での想定よりも高濃度・広範囲であることから、バイオレメディエー

²⁰ GETFLOWSTM；株式会社地圏環境テクノロジーの登録商標。

ションによる浄化は汚染範囲の周縁部において実施するものとし、汚染範囲の中心（ホットスポット）では封じ込めや汚染の除去といった対策を併行して行うものとする。EDC-M™ は数 100mg/L の濃度の六価クロムにおいても生物を活性化させることは可能であるものの、インド共和国の汚染浄化現場の視察から数 100mg/L の高濃度の範囲が数 100m ~ 数 km に及んでいる可能性が高く、より効率的な対策のためには汚染除去あるいは隔離（封じ込め）が必要不可欠であると考えられた。

なお、バイオレメディエーションには、EDC-M™ のような栄養剤を用いて現地の微生物を活性化させるバイオスティミュレーションと、汚染物質を分解することが出来る微生物自体を汚染サイトに繁殖させるバイオオーグメンテーションがあり、行政協議からインド共和国の行政担当者はオーグメンテーションについては慎重な対応を考えており、食品原料からなるスティミュレーションについては使用に興味を持っていることが確認された。

本提案では、上記の調査技術、シミュレーション技術、バイオレメディエーション技術を井戸調査・管理システムと移動式薬剤注入・浄化ラボとして一式をシステム化することで、ひとつの汚染サイトだけではなく、インド共和国に多数存在する多くの汚染サイトにも転用できるものとする。また、併せて浄化サイトごとにサイト特有の重金属の簡易回収サイトの建設、汚染源物質の仮置き場の設営、生態系調査等を提案する。

先方実施機関（カウンターパート）；森林環境省（MoEF）/中央汚染管理局（CPCB）及び各州の汚染管理局（ラニペット；タミル・ナードゥ州汚染管理局（TNPCB）サルセット；ゴア州汚染管理局（GSPCB））がカウンターパート機関となる。

実施体制；アビ地水探査（株）・パナソニックエレクトロニクス（株）共同事業体によるプロジェクト管理及び現場施工管理に基づいて、現場工事等については本調査において協議を行った地元インド共和国の企業を活用する。

費用規模；数百万人規模の健康被害、数十万トンの放置廃棄物の存在を想定し、ラニペット/サルセット共同じく数 10 億円規模であると見込まれる。

スケジュール；浄化仕様決定から浄化工事実施、モニタリング等に至るまで 10 年程度は要すると考えられる。但し、汚染の状況によっては、より長期の作業も想定される。

開発効果；対象地における健康被害の防止が図られる。

企業・サイト概要

- 提案企業：アサヒ地水探査株式会社・ハナニック エクセルインターナショナル株式会社 共同企業体
- ODA事業 サイト：タミルナドゥ州ラニペット (TN Ranipet)/ゴア州サルセット (GS Salcette) ほか
- カウンターパート機関：中央汚染管理局、タミルナドゥ州汚染管理局/ゴア州汚染管理局

インド共和国の開発課題

- インド政府は国策として深刻な健康被害が発生している汚染サイトの浄化に取り組んでいる
- 汚染サイト浄化には世界銀行も支援している
- 世界銀行の支援サイト以外に、政府主導の汚染浄化サイトとして69の認定サイトが存在する
- 現在中央政府が確認しているサイト以外にも健康被害/環境影響が発生しているサイトがある

中小企業の技術・製品

- 土壌汚染対策法に準じた網羅的な地下水調査
- 多相流解析ソフト『GETFLOWS™』を用いた流域水資源利用システム
- 食品原料成分の栄養剤『EDC-M™』によるバイオレメディエーション(地下水浄化)
- 上記技術・製品の統合システム化
- TN Ranipet/GS Salcette等の汚染サイトの地域特性に特化した付加的作業提案

【支援 候補サイト】 TN Ranipet



GS Salcette



〔ラニペットサイト地下水環境修復事業 (TN Ranipet)〕
 緊急措置実施 (汚泥等飛散防止措置/地下水拡散防止措置) 研究支援機関の設立、サイトアセスメント、網羅的土壌・地下水汚染調査、地下水モリリング、トリプルリネーション試験、現地実証試験、技術研修
上記事業の結果を受けて浄化/リサイクル統合システム導入による地下水環境修復を実施する
トリプルリネーション試験; バイオレメディエーションの効果確認試験

〔サルセット地域 地下水環境修復事業 (GS Salcette)〕
 (生態系調査含む)サイトアセスメント、研究支援機関の設立、網羅的土壌・地下水汚染調査、水収支モリリング、川流域解析、カコリム工業団地 廃棄汚泥サンプル調査、トリプルリネーション試験、現地実証試験、技術研修
上記事業の結果を受けて浄化/リサイクル統合システム導入による地下水環境修復を実施する
**併せてカルナータカ州等、ほか行政の未認定汚染サイトの確認も行う*

統合システムに係る費用算定 (実証試験規模の場合)

・井戸設置等 (調査費)	; 1,000 万円 ~
・汚染管理システム (移動式簡易分析車)	; 1,000 万円 ~
・バイオレメディエーションシステム (薬剤注入管理車)	; 2,000 万円 ~
・モニタリングシステム (計測機器)	; 500 万円 ~
・地下水影響評価モリリング (シミュレーション)	; 500 万円 ~
・六価クロム汚泥等封じ込め施設	; ~ 4.2 億円

*封じ込め施設の予算は Blacksmith Institute の試算を参照

* 効率的な事業実現には
**両サイト共に修復事業の本格実施前に
 数千万円～一億円規模の予算の
 緊急対策/事前調査が必須である**

企画書で提案されているODA事業及び期待される効果

- 深刻な健康被害が発生している汚染サイトの浄化はインド共和国第12次5カ年計画のナショナルミッション (National Mission) であり、同国の持続的発展に必要不可欠なものであると考えられる。
- 提案支援の実現によりインド政府に日本的な手法が認知され、環境ビジネス企業の進出の強力な後押しとなる。

日本の中小企業のビジネス展開

- インド環境規制において主流であるEPA法 (米国環境法) を踏襲した日本独自の網羅的手法を提案する。
- 同国の環境関連の有識者層 (MoEF/CPCB, 各州のPCB, NEERI, NGRI等) と共にコンソーシアムを結成し、安定した技術展開を図る。

図 4-2 地下水環境修復事業 提案

4 - 3 他支援案件との連携可能性

〔世界銀行による支援との連携〕

第 12 次 5 カ年計画における森林環境省 (MoEF) によるナショナルミッションとしてガンジス川の浄化と放棄地 (Legacy Polluted Site) の浄化の二つが掲げられており、この放棄地の浄化については世界銀行の支援の下で 10 の放棄地サイトの浄化プロジェクトが進行中である。本調査では、2 回の中央汚染管理局 (CPCB) との協議から、世界銀行の支援サイト以外にも 69 の政府認定の汚染サイトが存在し、それらについても既に大規模な健康被害が発生しており甚大な被害となっていること、未だに中央政府が認識していない甚大な被害が発生している汚染サイトの存在の可能性が高いことから、世界銀行の支援対象地からは本提案支援は棲み分けを行い、最終的にインド共和国全体としての環境修復を図ることが重要であると考えた。但し、既に世界銀行等の支援によって進行している既往プロジェクト (10 の放棄地サイト) については、後発となる我が国の支援や企業の入り込む余地は少ないと考えられたものの、幾つかの汚染サイトについては被害が甚大であることからインド共和国政府としても単独のプロジェクトでは完全浄化に至らないことを認識していることから、世界銀行による既往プロジェクトと併行した日本支援の効率的な支援を提案することや、10 の放棄地サイト以外の 69 の政府認定サイトの浄化を提案すること、各州の汚染管理局 (State PCB) の要望を汲んだ新たなプロジェクトを提案することなどが必要であると考えられた。

〔日本の ODA 支援との連携〕

現地視察を行ったゴア州においては現在『ゴア州無収水対策プロジェクト』と『ゴア州上下水道整備計画』が実施中である。該当地域では、工事施工の問題による上水道管の破損部分から汚染地下水が流入することによる影響も懸念される。

そこで、本調査における提案支援を併行して実施することにより、仮に水道管が破損した場合でも、汚染水流入によるリスクをヘッジできるため、該当地域住民に確実に安全な飲用水を提供することができるようになると考えられる。

同支援との連携の形態に関しては、該当地域における環境サイトアセスメントを含めた地下水・土壌汚染調査を実施し、適宜対策等を行うことで、水道管敷設箇所の地下水・土壌の安全が図られると考えられる。

4 - 4 対象国関連機関との協議状況

以下に本調査において協議を行った中央汚染管理局（CPCB）との協議状況、デリー首都圏、タミル・ナードゥ州、カルナータカ州、ゴア州における地下水汚染の現状と州の取り組みについてまとめる。

〔中央汚染管理局（CPCB）〕

第一次現地調査 2012 年 12 月 17 日に、中央汚染管理局（CPCB）Chairman *Ajay Tyagi* 氏ほか 4 名の担当者とインド共和国全土における地下水汚染に対する取り組みと支援に関する協議を行った。以下に概要を示す（詳細は『資料-2 現地協議 議事録』参照）。

- ・インド共和国国内には数多くの汚染地が存在しており、その主な原因は有害物質を含む工場廃棄物の埋立であり、それが地下水及び河川に深刻な影響を与えている。
- ・インド共和国国内における事業系の汚染（人為的汚染）の代表的な物質としては六価クロムがあげられるが、殆どの汚染地は六価クロムのみではなく他の重金属や石油系物質等を含む複合汚染によるものである。
- ・現在政府が調査及び浄化に取り組んでいる 10 の放棄地サイト（Legacy Polluted Site）が存在し、それらは全て六価クロムによる汚染地であり、カンプール（3 サイト）、ラニペット（1 サイト）、西ベンガル（3 サイト）、オリッサ（2 サイト）、グジャラート（1 サイト）にある。
- ・上記 10 サイトのうち数サイトはインド共和国政府 NCEPC (National Committee on Environmental Planning and Coordination) / 世界銀行の基金で汚染浄化のための調査が進行中であり、それに対して 7 の外資系企業がインド共和国企業と共同で公募に応札している。MoEF が近いうちに数社を指名する予定である。
- ・上記した浄化プロジェクトでは、浄化方法の評価（調査）と浄化実施に 16 カ月、モニタリングに 16～32 カ月、浄化の検証に 32～42 カ月を想定している。
- ・汚染浄化は、中央政府からの支援を受けて州 6 割、中央政府 4 割の資金負担において州が実施する。従って、浄化プロジェクト実施には各州の財政基盤がその費用を負担しうるだけの状況にあるかが重要なポイントとなる。
- ・汚染浄化に関しては、汚染者負担原則（PPP）に従って事業者に責任を遡及するが、放棄地等の事業者が既に存在しない場合においては州（地方政府）が浄化を行う。なお、現在、中央政府によって管理されているサイトは全て放棄地である。
- ・PPP 原則に従った米国流の遡及責任型の地下水汚染対策法案を準備中である。
- ・Chairman の意見として、インド共和国政府では全ての意思決定において透明性が求められるため支援を受ける場合は無償援助ではなくインド共和国政府の意思決定を反映できるローンによるものが望ましいと考える。

〔デリー首都圏〕

第二次現地調査 2013 年 1 月 18 日に、デリー汚染管理委員会(DPCC) Chairman *Sanjiv kumar* 氏ほか3名の担当者と同地における地下水汚染に対する取り組みと支援に関する協議を行った。以下に概要を示す(詳細は『資料-2 現地協議 議事録』参照)。

- ・デリー首都圏では、10年以上前からヤムナ川²¹と市街地の地下水の水質悪化が顕在している。特にヤムナ川では電気メッキ工場や繊維工場からの排水が直接河川に流入しており問題となっている。
- ・デリー汚染管理委員会(DPCC)としては、バイオレメディエーション等の原位置浄化(In-Situ Remediation)に非常に興味がある。
- ・支援に必要とされる手順を伝えてくれれば、デリー汚染管理委員会(DPCC)として協力して森林環境省(MoEF)に働きかける準備がある。

上記に加えて第一次現地調査において得られた地元ボーリング会社社長と六価クロム汚染の浄化を行っている会社からの情報を以下に示す(詳細は『資料-2 現地協議 議事録』参照)。

〔地元ボーリング会社社長〕

- ・15年以上前からデリーを含めた都市部の地下水の水質悪化は周知の事実であり、深度数 10m程度の表層水は良くて洗濯水に使われる程度で、飲用水であれば深度 250m程度の岩盤水でないと良い水質は得られない。
- ・飲用になり得る良質の水は、15年位前であれば深度 100m程度の沖積層から得られていたが、現在は上記のとおり岩盤まで掘削しない限りは得られない。
- ・現在、デリーでは地下水枯渇対策として井戸掘削は禁止されているものの、過去に掘削された井戸の多くが未だに使用されており、それらは生活用水の 30%程度になるのではと考えられる。

〔六価クロム汚染の浄化を行っている会社〕

- ・メッキ工程等において六価クロムを扱う工場として工場敷地内外 34 箇所六価クロム汚染の調査を実施した。調査の結果、最も高濃度の場所として工場敷地外にはない敷地外の廃棄物置場から 16.3mg/L(基準の 326 倍)の濃度の地下水が検出された。六価クロムによる汚染範囲は 2 平方キロメートル(2,000,000 m²)に及ぶと考えられる。
- ・現在、地元の大学及びコンサルタントの指導の下で、地下水の揚水による六価クロム除去対策を実施している。なお、地下水は深度 30m程度に存在し、深度 80~90m程度の地下水を揚水しているとのことであった。
- ・汚染原因²²としては、現在浄化を行っている会社の可能性もあり得るが、それ以上に既に退去(倒産)した会社の工場廃棄物による可能性も十分にありうる。

²¹ ヤムナ川；ガンジス川の支流。

²² 汚染原因；協議中に言明されなかったものの、操業している工場の責任として政府から浄化を求められたものと考えられる。

〔タミル・ナードゥ州〕

第一次現地調査 2012 年 12 月 20 日に、タミル・ナードゥ州汚染管理局(TNPCB) Member Secretary (2nd in Command) *Dr. D. Karthikeyan* 氏ほか 6 名のタミル・ナードゥ州汚染管理局(TNPCB) 担当者と 2 名の国立環境工学研究所(NEERI) 担当者と同地における地下水汚染に対する取り組みと支援に関する協議を行った。また、併せてタミル・ナードゥ州汚染管理局(TNPCB) と国立環境工学研究所(NEERI) の案内で汚染サイト『ラニペット』を視察した。以下に概要を示す(詳細は『資料-2 現地協議 議事録』参照)。

- ・タミル・ナードゥ州には、六価クロムの甚大な汚染で知られるラニペットサイトがある。ラニペットは、皮のなめし剤用の六価クロム化合物を製造した工場等の廃棄物の廃棄サイトであり、地表に廃棄された六価クロム汚泥は推定 15 万トン～20 万トン、2～3.5 ヘクタール、3～5 メートルの層をなしている。
- ・これまでに実施された調査によって地下水中に最大で 288mg/L (基準の 5,760 倍) の濃度が確認されており、1.5km 下流側の集落の深度 30m 程度の井戸からも今なお 100mg/L (基準の 2,000 倍) の濃度が検出されている。なお、サイト下流側の河川(Palar River)においても未だに基準を超過する六価クロムが検出されているとのことであった。
- ・タミル・ナードゥ州汚染管理局(TNPCB) としては、バイオオーグメンテーション²³については生態系への影響について慎重に考えているが、本調査において提案しているバイオスティミュレーションについてはより安価な原位置浄化方法として興味がある。
- ・既に広域な地下水汚染が知られており、危急の汚染浄化が求められているため、日本政府からの支援については非常に強い関心を持っている。
- ・ラニペットは州による浄化サイト(事業者が既に存在しないサイト)となっており、浄化後はブラウンフィールドとして工業団地としての再開発²⁴を行いたい。
- ・ラニペットは現在、世界銀行を主体とした約 15 億円規模のローンプロジェクトが準備されている。但し、ひとつのプロジェクトでは到底浄化できない規模の汚染状態であり、可能であれば複数のプロジェクトによって再利用可能な土地としての浄化を行いたい。なお、NGO 団体はラニペットの浄化費用として 15～70 億円規模の試算をしている。
- ・現地視察から、工場跡地(廃棄サイト)自体も六価クロム特有のクロムイエローの粉塵が確認される程甚大な汚染状況であり、未だに六価クロムを含む汚泥が残

²³ バイオオーグメンテーション; 汚染浄化の効果が予め確認されている微生物(バイオ製剤)を投入する浄化手法のこと。本調査では現地の生物を活性化させる栄養剤を投入するバイオスティミュレーションを提案している。

²⁴ 再開発;元々ラニペットは 1970 年代に開発された工場団地(SIPCOT Industrial Complex)である。

置されていることが確認され、なお且つ、視察した周辺の井戸においても未だにクロムイエローの水が出ている状況であった。危急の対策として被覆あるいは封じ込めといった汚染拡散防止措置のほかに、汚染地周辺の現況把握（サイトアセスメント）と住民の健康被害防止を目的としたリスクアセスメントが急務であると考えられた。

- ・タミル・ナドゥ州汚染管理局（TNPCB）及び国立環境工学研究所（NEERI）から提示された資料によると、汚染の状況調査自体が網羅的ではなくホットスポットを中心としたものであり、今後の効率的な対策のためには、対象地内外の網羅的な調査が必要不可欠であると判断された。

〔カルナータカ州〕

第二次現地調査 2013年1月14日に、カルナータカ州汚染管理局（KSPCB）Chairman *Dr. Vaman Acharya* 氏ほか8名のカルナータカ州汚染管理局（KSPCB）担当者とカルナータカ州汚染管理局（KSPCB）管理の汚染サイト所有者及びコンサルタント6名と同地における地下水汚染に対する取り組みと支援に関する協議を行った。また、併せてカルナータカ州汚染管理局（KSPCB）と汚染サイト管理者の案内でバンガロール市内の操業中工場における六価クロム汚染サイトを視察した。以下に概要を示す（詳細は『資料-2 現地協議 議事録』参照）。

- ・カルナータカ州には、政府管理の汚染サイトはないものの、事業者負担によって浄化・モニタリングを行っている監視サイトが幾つかあることが確認された。
- ・地下水汚染は、井戸掘削等の際に判明することが多く、今回視察するサイトも同様にクロムイエローの水が目視確認されたために汚染が判明したとのことであった。
- ・カルナータカ州では、10年前から環境汚染の問題が顕在化してきており、Chairmanとして持続的な経済発展のために水資源確保は必要不可欠の問題と考えており、一刻も早く飲用可能な地下水資源の実現を図りたいと考えている。
- ・カルナータカ州汚染管理局（KSPCB）としては現在管理している Yalahanka 及び Peenya プロジェクトに対して、バイオレメディエーション等の原位置浄化（In-Situ Remediation）の実施に非常に興味がある。
- ・支援に必要とされる手順を伝えてくれればカルナータカ州汚染管理局（KSPCB）として協力して森林環境省（MoEF）に働きかける準備がある。
- ・現地視察から、事業継続中の工場において最大で 259mg/L の六価クロム（基準の 5,180 倍）の濃度が検出されていることが確認された。また、別の場所であるものの、現在作業を行っている環境において作業員はゴム手袋と布マスクといった簡易の保護具のみで六価クロムのザブ漬け作業を行っていることが確認され、揮発蒸気による作業員への暴露影響が懸念された。
- ・現地視察における視察した会社の役員とのやり取りから、汚染管理局は立入検査のみならず、施設建設や操業継続等に係る非常に大きな権限を持っていることが確認された。

〔ゴア州〕

第二次現地調査 2013 年 1 月 16 日に、ゴア州汚染管理局 (GSPCB) Chairman *Jose Manuel Noronha* 氏ほか 40 ~ 50 名の GSPCB 担当者と、同地における地下水汚染に対する取り組みと支援に関する協議を行った。また、併せてゴア州汚染管理局 (GSPCB) 担当者 8 名の案内で視察要請のあったサル川流域のサルセット地区の状況を視察した。以下に概要を示す (詳細は『資料-2 現地協議 議事録』参照)。

- ・ゴア州には、政府管理の汚染サイトはないものの自然環境の悪化から州でモニタリングを行っている監視サイトが幾つかあることが確認された。
- ・ゴア州は観光と農業によりなりたっており、工場排水や生活排水の河川等への流入による水環境の悪化によって農業生産が脅かされているとのことであった。
- ・サル川の汚染については流域全域にわたる生活排水の流入による問題があり、そのほかに中流域 ~ 下流域の亜鉛等の精錬工場の汚泥から流出した有害物質等による河川への影響が確認された。
- ・上記精錬工場の汚泥は、現行規制前に中央汚染管理局 (CPCB) の指導でラテライト採掘孔に直接埋設されたものであり、雨水浸透防止シートが部分的に掛けられているものの完全な封じ込めにはなっておらず、現在も汚泥からの有害物質等の滲出が進行している。
- ・サル川の汚染については、現在数地点でモニタリングを実施しているものの、汚染物質、汚染範囲、健康被害、環境影響といった全容は未だに調査されていないため、ゴア州としては先ず環境全域のアセスメントを行い、その後、効率的な対策を実施したいと考えている。但し、健康被害については、全容は不明であるものの、工場周辺の井戸水利用により被害が既に発生しているとのことであった。
- ・現地視察から、サル川の汚染は農業地域であるサルセット地域の存続にとって非常に重要な意味をもっていることが確認された。
- ・現地視察におけるやり取りから、汚染管理局は立入検査のみならず、精錬工場の操業継続に係る非常に大きな権限を持っていることが確認された。
- ・支援に必要とされる手順を伝えてくれればゴア州汚染管理局 (GSPCB) として協力して森林環境省 (MoEF) / 中央汚染管理局 (CPCB) に働きかける準備がある。また、ゴア州 Chief Minister との会見でも同様の協力体制が言明された。

平成 24 年度政府開発援助
海外経済協力事業委託費による
「案件化調査」
ファイナル・レポート

【添付資料】

～ 現地調査資料～

資料 - 1 現地調査写真

第一次 ODA 案件化調査	
	<p>〔2012年12月12日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・外資系環境コンサルタント『E社』と協議・同社会議室において、本調査に係るセミナーを実施し、E社のインド共和国国内におけるビジネス展開について聞き取りを行った
	<p>〔2012年12月12日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・NGO『Blacksmith Institute』インド代表者と協議・滞在ホテル内会議室において、本調査に係るセミナーを実施
	<p>〔2012年12月13日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・都市開発省公衆衛生環境技術中央研究機構・JICA 榭原氏と協議・左写真は、同機構がありインド共和国行政機関も多数入所する Nirman Bhawan

第一次 ODA 案件化調査

	<p>〔2012年12月13日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・環境分析事業所 A 社・同事業所はデリー郊外の Noida に位置し、創業 28 年、100 人規模の環境分析事業所である・ダイオキシン類の分析は出来ないものの、ほぼ全ての環境項目の分析が可能
	<p>〔2012年12月13日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・環境分析事業所 A 社内にてセミナーを実施・写真左から 2 人目及び 4 人目が同社代表者
	<p>〔2012年12月13日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・ボーリング会社 S 社内にてセミナーを実施・写真中央が同社代表者

第一次 ODA 案件化調査

	<p>〔2012年12月14日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・デリー郊外 P 社による六価クロムの地下水汚染浄化現場の揚水処理設備の様子・写真右側の揚水井戸から汚染地下水を揚水し、写真左側のパイプラインで汚染地下水を処理場に送水している
	<p>〔2012年12月14日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・デリー郊外 P 社による六価クロムの地下水汚染浄化現場の周辺地域の様子・住宅地（コミュニティ）の地下水が汚染されている
	<p>〔2012年12月14日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・デリー郊外 P 社による六価クロムの地下水汚染浄化現場の揚水処理設備の様子・写真右側の井戸から揚水し、写真左側のパイプラインで汚染地下水を処理場に送水する

第一次 ODA 案件化調査

	<p>〔2012年12月14日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・デリー郊外 P 社による六価クロムの地下水汚染浄化現場の視察の様子・汚染浄化現場（揚水現場）は、子供達の遊ぶ公園となっている
	<p>〔2012年12月14日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・上写真の敷地内に設置された井戸・用途は不明であるものの使用中の井戸である
	<p>〔2012年12月14日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・上写真の敷地内に設置された薬剤注入井戸・薬剤注入（バイオレメディエーション）を予定しているが、予算等の都合上実施計画が立たず、井戸蓋が開いたまま一年以上放置されている

第一次 ODA 案件化調査

	<p>〔2012年12月14日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・デリー郊外 P 社による六価クロムの地下水汚染浄化現場の様子・左写真は処理前の原水の様子（クロムイエローを呈する）・上記写真の揚水井戸から送水された汚染水は処理場で三価クロムへと無害化される
	<p>〔2012年12月14日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・デリー郊外六価クロムの地下水汚染浄化を実施している P 社において、セミナーを実施
	<p>〔2012年12月15日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・インド系環境コンサルタント I 社代表者との協議・滞在ホテル内会議室において、本調査に係るセミナーを実施

第一次 ODA 案件化調査

	<p>〔2012年12月17日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・CPCB Chairman <i>Ajay Tyagi</i> 氏との協議に向かう途中のデリー市街の様子・商店脇には、飲用利用と思われる井戸(左写真)がある
	<p>〔2012年12月17日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・都市開発省公衆衛生環境技術中央研究機構・JICA 榊原氏と協議
	<p>〔2012年12月19日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・インド系ゼネコン T 社代表者と協議・滞在ホテル内会議室において、本調査に係るセミナーを実施

第一次 ODA 案件化調査

	<p>〔2012年12月20日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・TNPCCB 次席、NEERI と協議・TNPCCB 内会議室において、本調査に係るセミナーを実施・セミナー後、TNPCCB と NEERI の案内により『ラニペット』サイト視察
	<p>〔2012年12月20日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・ラニペットサイト入口・対象地は現在閉鎖された工場 (Tamil Nadu Chromate Chemicals) となっている
	<p>〔2012年12月20日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・ラニペットサイトの様子・工場建物跡の裏手全域が高濃度の六価クロムを含む汚泥の廃棄場所 (Dump Site) となっている・暗灰色の地面が全て廃棄汚泥

第一次 ODA 案件化調査

	<p>〔2012年12月20日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・ラニペットサイトの様子・TNPCB による湧水モニタリング用 釜場・湧水はクロムイエローを呈し、未だに数 100～数 1,000 倍の六価クロムが検出される・約 2～3mの廃棄汚泥層が確認できる
	<p>〔2012年12月20日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・ラニペットサイトの様子・廃棄汚泥層の拡大写真・暗灰色汚泥が複数層確認できる
	<p>〔2012年12月20日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・ラニペットサイトの様子・敷地縁辺部の側溝・クロムイエローを呈する析出物が確認できる

第一次 ODA 案件化調査

	<p>〔2012年12月20日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・ラニペットサイトの様子・工場建物内まで廃棄汚泥が達している
	<p>〔2012年12月20日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・ラニペットサイトの様子・建物内の廃棄汚泥にもクロムイエローの析出物が確認できる
	<p>〔2012年12月20日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・ラニペットサイトの様子・著しいクロムイエローを呈する設備部品

第一次 ODA 案件化調査

	<p>〔2012年12月20日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・ラニペットサイトの様子・建物の内外を問わず廃棄汚泥が確認される
	<p>〔2012年12月20日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・ラニペットサイトの様子・サイト内の地表面(廃棄汚泥上面)には、所々クロムイエローの析出物が確認される
	<p>〔2012年12月20日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・ラニペットサイト南 1km に位置する集落の様子・写真手前の薄青色の山は、皮の染色ゴミ・写真奥に住居があり、ゴミと住居の間に井戸がある

第一次 ODA 案件化調査

	<p>〔2012年12月20日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・ラニペットサイト南 1km に位置する集落の様子・飲用利用はしていないとのことであったが、現在も使用可能な井戸がある・深度 30mの水を採水しているとのこと
	<p>〔2012年12月20日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・ラニペットサイト南 1km に位置する集落の様子・井戸から採取した水は、クロムイエローを呈する・同井戸から採水した既存調査結果によると六価クロム濃度は 100mg/L (基準の 2,000 倍)とのこと
	<p>〔2012年12月20日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・ラニペットサイト南 1km に位置する集落の様子・TNPCB、NEERI、周辺工場の方々の案内にて現地視察を行った

第二次 ODA 案件化調査

	<p>〔2013年1月13日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・バンガロール市近郊 Kaveri 川の様子・水質は良好である
	<p>〔2013年1月13日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・バンガロール市内の公園の様子・芝生の散水用に井戸水が利用されている・深度 100m程度の水を使用しているとのこと
	<p>〔2013年1月14日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・環境分析事業所 R 研究所・同事業所はバンガロール市内に位置し、創業 20 年、OHSAS18001、ISO9001 等の認証機関である・我が国と同様の網羅的な環境分析が可能

第二次 ODA 案件化調査

	<p>〔2013年1月15日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・KSPCB Chairman、現地汚染浄化事業者と協議・KSPCB 内会議室において、本調査に係るセミナーを実施・セミナー後、KSPCB と NEERI の案内により汚染サイト視察
	<p>〔2013年1月15日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・バンガロール市街の様子・1m程度の赤褐色の風化土壌(表土)の下に花崗岩が確認される
	<p>〔2013年1月15日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・KSPCB 案内による汚染サイト視察の様子・操業中の工場内に六価クロムのザブ漬槽(4槽)がある・ザブ漬槽の密閉度は低い

第二次 ODA 案件化調査

	<p>〔2013年1月15日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・KSPCB 案内による汚染サイト視察の様子・上記写真のザブ漬け槽そばの様子・作業員は布製の簡易マスクのみで作業・工場床はレンガ(浸透防止被覆等はない)
	<p>〔2013年1月15日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・KSPCB 案内による汚染サイト視察の様子・KSPCB 指導の下、設置された有害廃棄物置場
	<p>〔2013年1月15日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・KSPCB 案内による汚染サイト視察の様子・上記写真の有害廃棄物置場の様子・廃棄物を格納するタンクが確認された

第二次 ODA 案件化調査

	<p>〔2013年1月15日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・KSPCB 案内による汚染サイト視察の様子・モニタリング用に採水された地下水・クロムイエローを呈する
	<p>〔2013年1月15日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・KSPCB 案内による汚染サイト視察の様子・モニタリング井戸での採水の様子・写真奥の井戸からポンプで揚水している
	<p>〔2013年1月15日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・KSPCB 案内による汚染サイト視察の様子・上記写真の井戸から採水された地下水・既存モニタリング結果からこの井戸には六価クロムの汚染は確認されていないとのこと

第二次 ODA 案件化調査

	<p>〔2013年1月15日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・バンガロール近郊の F 社浄化サイト視察の様子・車の部品を製造する F 社はクロムメッキ用の溶液の地下タンクから汚染が発生した・現在、KSPCB 指導の下、揚水と薬品注入による浄化工事を実施中
	<p>〔2013年1月16日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・GSPCB Chairman と協議・GSPCB 内会議室において、本調査に係るセミナーを実施・セミナー後、GSPCB の案内によりサルセット地域の視察を実施
	<p>〔2013年1月16日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・GSPCB の案内によるサルセット地域視察の様子・サルセット地域は、サル川流域に相当する

第二次 ODA 案件化調査

	<p>〔2013年1月16日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・GSPCB の案内によるサルセット地域視察の様子・サル川最上流域・非常に濁りが酷く、水面には醗酵した浮遊物が確認される
	<p>〔2013年1月16日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・GSPCB の案内によるサルセット地域視察の様子・サル川上流域・河川近郊の住宅地から直接生活排水が流入しているため、著しく濁っている
	<p>〔2013年1月16日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・GSPCB の案内によるサルセット地域視察の様子・サル川中～上流・生活排水が直接河川に流入している

第二次 ODA 案件化調査

	<p>〔2013年1月16日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・GSPCB の案内によるサルセット地域視察の様子・サル川中流域マルガオの町並み
	<p>〔2013年1月16日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・GSPCB の案内によるサルセット地域視察の様子・サル川下流域・依然として河川は濁ったままである
	<p>〔2013年1月16日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・GSPCB の案内によるサルセット地域視察の様子・サル川支流のカンコリム工業団地 (Cuncolim Industrial Estate) の様子・カンコリム工業団地には多くの亜鉛精錬工場がある

第二次 ODA 案件化調査

	<p>〔2013年1月16日〕</p> <ul style="list-style-type: none"> ・GSPCB の案内によるサルセット地域視察の様子 ・カンコリム工業団地内の廃棄物埋立サイト ・亜鉛精錬等で発生した汚泥を土砂採取孔跡に埋め立てている ・写真奥の灰色の山が汚泥埋立場所
	<p>〔2013年1月16日〕</p> <ul style="list-style-type: none"> ・GSPCB の案内によるサルセット地域視察の様子 ・カンコリム工業団地内の廃棄物埋立サイト ・亜鉛精錬汚泥が埋め立てられており、雨水浸透防止対策として(部分的に)シートがかけられている
	<p>〔2013年1月16日〕</p> <ul style="list-style-type: none"> ・GSPCB の案内によるサルセット地域視察の様子 ・カンコリム工業団地内の廃棄物埋立サイト ・亜鉛精錬汚泥の拡大写真

第二次 ODA 案件化調査

	<p>〔2013年1月16日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・GSPCB の案内によるサルセット地域視察の様子・カンコリム工業団地内の廃棄物埋立サイト・雨水浸透防止用のシートがかけられている
	<p>〔2013年1月16日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・GSPCB の案内によるサルセット地域視察の様子・カンコリム工業団地内の廃棄物埋立サイト・亜鉛精錬汚泥のほかに暗灰色の汚泥も投棄されている
	<p>〔2013年1月16日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・GSPCB の案内によるサルセット地域視察の様子・カンコリム工業団地内の廃棄物埋立サイト・埋立エリアの四隅には観測井戸が設置されている・深度 8～9mの地下水を月次モニタリング中

第二次 ODA 案件化調査

	<p>〔2013年1月16日〕</p> <ul style="list-style-type: none"> ・GSPCB の案内によるサルセット地域視察の様子 ・カンコリム工業団地内の廃棄物埋立サイト ・このサイトはサルセット行政と GSPCB により立入禁止措置が実施されている
	<p>〔2013年1月16日〕</p> <ul style="list-style-type: none"> ・GSPCB の案内によるサルセット地域視察の様子 ・カンコリム工業団地内の廃棄物埋立サイト ・サイト入口に添付されたサルセット行政と GSPCB による立入禁止命令書
	<p>〔2013年1月16日〕</p> <ul style="list-style-type: none"> ・GSPCB の案内によるサルセット地域視察の様子 ・カンコリム工業団地内の廃棄物埋立サイト ・亜鉛精錬汚泥のほか、コンクリート、レンガ、ビニール、プラスチック等が廃棄されている

第二次 ODA 案件化調査

	<p>〔2013年1月16日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・GSPCB の案内によるサルセット地域視察の様子・現地にて玉虫プロジェクト・マネージャーが 汚染源の隔離、 廃棄物問題に対する教育の必要性について説明
	<p>〔2013年1月16日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・GSPCB の案内によるサルセット地域視察の様子・カンコリム工業団地内の廃棄物埋立サイト近傍の用水路・この用水路はサル川支流に接続する・廃棄物埋立の影響で pH4～5 になっている
	<p>〔2013年1月17日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・ゴア州 Chief Minister と会見し、本調査の趣旨説明を行った・サルセット地域の汚染の問題は 10 年程前から顕在化しており、州としても緊急の対策が必要であると考えているとのこと

第二次 ODA 案件化調査

	<p>〔2013年1月17日〕</p> <p>・現地 ODA 事業者と協議</p>
	<p>〔2013年1月18日〕</p> <p>・JICA インド事務所への調査状況報告</p>
	<p>〔2013年1月18日〕</p> <p>・前日の雨の影響による水はけの悪いデリー市街地の様子</p>

第二次 ODA 案件化調査

	<p>〔2013年1月18日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・DPCC と協議・DPCC 内会議室において、本調査に係るセミナーを実施
	<p>〔2013年1月18日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・CPCB と協議・インド共和国政府内における具体的な案件化フローについて説明を受ける・世界銀行支援の10の放棄地サイトのプロジェクト状況とラニペットを含む69の浄化候補地、新規案件立上げへの説明を受ける
	<p>〔2013年1月19日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・デリー市街地の様子・生活用水確保のため、市内各地に写真のような給水塔が設置されている

第二次 ODA 案件化調査

	<p>〔2013年1月19日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・デリー市街南部メ ローリー-Mehrauli の井戸利用状況視察の様子・現在、井戸掘削禁止となっているが、多くの場所で既存井戸が生活用水として利用されている
	<p>〔2013年1月19日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・デリー市街南部メ ローリー-Mehrauli の歴史井戸視察の様子・ガンダーキパオリ Gandhak Ki Baoli の儀式用の階段井戸・深度 13～15mに地下水が存在する
	<p>〔2013年1月19日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・デリー市街南部メ ローリー-Mehrauli の歴史井戸視察の様子・階段井戸底の湧水

第二次 ODA 案件化調査

	<p>〔2013年1月19日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・ラジョンキパオリ Rajon Ki Baoli の儀式用の階段井戸・深度 20～25mに地下水が存在する・階段は64段
	<p>〔2013年1月19日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・ラジョンキパオリ Rajon Ki Baoli の儀式用の階段井戸
	<p>〔2013年1月19日〕</p> <ul style="list-style-type: none">・ラジョンキパオリ Rajon Ki Baoli の儀式用の階段井戸・階段井戸底の湧水



BLACKSMITH
INSTITUTE

Ranipet, Tamil Nadu

Information in this document is based on a preliminary site assessment and should be used to identify priority sites for further assessment and remediation planning.

SITE NAME	Tamil Nadu Chromates and Chemicals Ltd. (TCC)
LOCATION	Ranipet, Tamil Nadu
SITE ID	IN-2370
DATA SOURCE	TNPCB
BSMITH INDEX	10
POP AT RISK	250,000
KEY POLLUTANT	Hexavalent Chromium
INDUSTRY GROUP	Chemical Production

ABSTRACT
Huge quantities of chromate sludge from an abandoned chemical plant in Vellore lie untreated on site and have severely contaminated local ground water and surface water. Surface waters flow into agricultural fields and threaten the Palar River, upstream from the Chennai water intake.

SITE DESCRIPTION
Tamil Nadu Chromium & Chemicals Ltd. (TCC) is a closed chemical production facility in Ranipet. Ranipet is a medium-sized community located about 26 kilometers from the Vellore city center, and 100 kilometers from Chennai.

The TCC plant produced sodium dichromate, basic chromium sulphate and sodium sulphate (as by products) from the raw materials like chromite ore, limestone and soda ash. The Tamil Nadu Pollution Control Board (TNPCB) estimates that TCC has dumped 227,000 tons of chromate sludge untreated on its premises (three to five meters high and on 2 hectares of land). The sludge was dumped without any baseliner, and has contaminated the groundwater.

The leachate at the TCC plant flows downhill to the southwest. The leachate leaves the site, crosses a road, and flows into ponds located south of the site. The contaminated waters eventually drain into the Palar River.



The contamination of the soil, ground water, and surface water has affected the health and livelihood of thousands of people. In a residential colony about one kilometer from the factory, three open wells, a dozen bore wells and about 25 public hand pumps have been abandoned due to high levels of chromium in the water. Agricultural land about a kilometer from the factory has also been affected. There is widespread fear that if this pollution is left unchecked, the Palar basin, the main drinking water source in the region, could also be contaminated. The Geological Survey of India has reported contamination of ground water up to a distance of 2.5 kms from the TCC site.



The Palar and Ponnar rivers are the prominent rivers flowing through this district. The Palar River Basin encompasses an area of 18,300 square kilometers on the southern side of Ranipet. The river is seasonal and for the most of the year is dry. Annual rainfall of the district is 9222.4 mm.



REMEDATION NOTES FROM BLACKSMITH'S TECHNICAL ADVISORY BOARD

The following comments were provided by:

Jack Caravanos, Ph.D., CIH, CSP - *Director, MS/MPH program in Environmental and Occupational Health Sciences, Hunter College, City University of New York*
Nadia Glucksberg, M.Sc. - *Senior Hydrogeologist, Haley & Aldrich, Inc.*
David Hanrahan, M.Sc. - *Director of Global Programs, Blacksmith Institute*
Jerry Spetseris, PG, PMP - *Remediation Project Manager/Consultant*
Nicholas Albergo, P.E., DEE - *President, HSA Engineers & Scientists*

In 2007, an engineering consulting firm conducted a remediation feasibility study for the Tamil Nadu Industrial Development Corporation. The report recommended treating the sludge with Sodium bi Sulphate to convert the Cr^{6+} to Cr^{3+} , and building a storage facility to contain the soil. The total estimated cost was Rs 249,000,000 (\$5.4 million USD).

Blacksmith Technical Advisors reviewed this study and had the following comments:

- The consultant's proposed containment system is "deluxe" and may take too long to implement. Emergency steps are needed now.
- Simply capping the waste is insufficient given the high water table
- A less expensive containment system may be appropriate.
- Samples in the consultant's study only go to a depth of .9 meters, but suggest that the highest levels of Cr are below the .9m level. It would be appropriate to excavate until an acceptable level is reached.

Blacksmith Institute ラニペット説明資料 (2/3)

- The current study shows no GW analysis, nor GW treatment plan. The same is true for surface water (SW) and contaminated sediments.
- With clay-like materials overlying weathered bedrock, much Cr^{6+} could remain following the excavation and continue to impact GW/SW.
- The leachate production is likely to be substantial and it is unclear whether the CETP is equipped to handle the additional volume or loading. The sludge has to be treated as hazardous waste as the concentration of hexavalent chromium in the sludge is more than 50 mg/kg as defined in schedule 2 of hazardous waste management and handling amendment rules 2003. The ability of the CETP to take a hazardous waste due to EP toxicity would need to be evaluated.
- If India has land disposal restrictions regarding hazardous waste, the remedy of concrete containment cell may be among the few viable alternatives.
- Soil and groundwater regionally needs to be characterized and fully assessed prior to contemplating any remedy.
- Roots uptake by crops should be evaluated and an investigation conducted to see if contaminants contained in plants are bioaccumulating in the food chain.
- Since dust is mentioned, inhalation doses (TWA concentrations) for constituents of concern of the most susceptible or at-risk human receptors should be evaluated to aid in decision making concerning an air emission monitoring network and pollution control equipment to address the inhalation pathway.
- Ground water directly impacted by the chromate sludge at the chemical facility can be treated through electrocoagulation (EG) followed by filtration and landfilling of the solids. See WaterTectonics (Blu Energy Solutions) Waveionics treatment units. Another technology is filtration followed by mechanical vapor recompression evaporation (MVR) technology. See the AquaPure/Fountain Quail's Nomad units.
- Must test regional drinking water and provide an alternative source where appropriate.
- The focus here should be on evaluating dosage to the most vulnerable human receptors through ingestion, inhalation and dermal pathways. Based on these results, risk based measures can be implemented to do the most good at the lowest cost.

RECOMMENDED NEXT STEPS:

Immediate:

- The site needs an intercepting trench along the southern property line with a pump/treat facility for groundwater leachate. The liquid removed can be concentrated and stored or chemically treated (Cr^{6+} to Cr^{3+}). Ground water (GW) wells should be installed (inexpensively) to catch contaminated GW.

Medium-Term:

-

AVAILABLE RESEARCH:

- Ranipet Engineering Study by Mahindra Consulting Engineers
<http://www.mediafire.com/?119b0f4vvjtl89q>

Blacksmith Institute ラニペット説明資料 (3/3)

GOA STATE POLLUTION CONTROL BOARD

गोंय राज्य प्रदुशण नियंत्रण मंडळ

(An ISO 9001 - 2008 Certified Board)

Jose Manuel Noronha
Chairman



Dempo Towers
EDC Plaza, Patto, Panaji
Goa - 403 001
Off : (0832) 2438563
Res. : (0832) 2777885
Telefax : (0832) 2438528
E-mail : chairman-gspcb.goa@nic.in
Web : goaspcb.gov.in

No.CH/GSPCB/JMN/12/17

04/01/2013

To:

Mr. Fumio Hotta,
Asahi Geo Survey Co., Ltd., 3-40-5
Sendagaya, Shibuya ku, Tokyo, Japan

Dear Mr. Hotta,

I came to know that Japanese team is visiting India to investigate and identify possible future Overseas Development Assistance (ODA) projects in the sector of remediating contaminated groundwater in particular and sources of drinking water in general.

In the state of Goa, India, there is a river in South Goa district originating from Verna and emptying into the Arabian Sea at Betul covering a distance of approximately 30 kms. Known as 'Sal river'.

Since the river originates at the upstream of the Verna plateau area which also hosts one of the largest industrial estates of the State (i.e. Verna Industrial Estate) housing approximately 400 industrial units related to pharmaceutical, electronics, food and other allied products. Further, settlement zones, in pockets, exists along / periphery of the foot-hills of the

ゴア州汚染管理局 (GSPCB) からの調査要請書 (1/2)

said plateau and are dependent on Sal river water mainly for domestic and irrigation purposes.

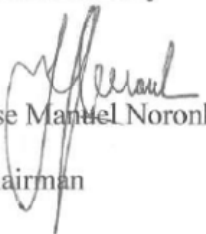
Further, it is known that all along banks of the river Sal, various shanties (temporary residences) / residential units as well as few commercial establishments (i.e. hotels, restaurants, etc.,) have been constructed in recent times which may be probably a source for contaminating the river water directly or indirectly. As such, to ascertain the extent as well as degree of contamination / pollution level vis-à-vis recommend remedial measures, it is proposed to undertake a study with prime objective of ascertaining the ecological status of river Sal with an aim to prepare a plan of action in reviving its status to its original serenity with optimum scientific / technological interventions.

Therefore, I, on behalf of the Goa State Pollution Control Board (GSPCB) invite you and your team to visit us preferably between 12 to 20th January, 2013 to visit our State and ascertain the status as per your mandate to enable suitable financial & technical assistance under ODA.

Kindly communicate your visit schedule so that necessary arrangement can be made.

Thanking you in anticipation,

Yours Sincerely



Jose Manuel Noronha
Chairman

ゴア州汚染管理局 (GSPCB) からの調査要請書 (2/2)

I. TITLE:

Feasibility Study on Groundwater Remediation by Bioremediation in India sponsored by Economic Cooperation through Official Development Assistance (ODA), JAPAN.

Members of the Investigation Team

ASAHI GEO SURVEY

PANASONIC EXCEL INTERNATIONAL

ECOCYCLE CORPORATION

II. PURPOSE:

- 1) To identify and pull out the Remediation of Hexavalent Chromium Pollution needs
- 2) To obtain information from Indian Government to create a proposal to be submitted to the Ministry of Foreign Affairs, Japan for future ODA project.

III. REQUEST:

- 1) Help us to understand the pollution situation and the needs from the MoEF/CPCB of the Indian Government.
- 2) Permission us to visit pollution sites (preferably hexavalent chromium) and carry out our survey on site (accompany us to the site visits) observation.
- 3) Recommend us the pilot project areas for future ODA proposal based on the CPCB and PCBs needs.
- 4) Introduce us respective departments such as State PCBs, MoEF, CGWB, DEA, etc.
- 5) Develop an ODA proposal with us based on your potential project needs.

IV. Request for discussions based on the ODA investigation team findings and further CPCB and PCBs project needs, where Japanese ODA can assist the Indian Government needs.

Contact

Dr. Shunsuke Kawakami, Project Manager, Asahi Geo Survey Co., Ltd.

s.kawakami@asahigs.co.jp


Dr. Kanji Tamamushi, Project Coordinator, Panasonic Excel International Co., Ltd.

ktamamushi@aol.com

Dr. P.S.Reddy, EcoCycle Corporation

psreddy@ecocycle.co.jp

中央汚染管理局（CPCB）及び各州の汚染管理局（State PCB）へのセミナー資料（1/1）

<p>Overseas Economic Cooperation ODA FY2012 Feasibility Study on groundwater remediation by bioremediation</p>  <p>Asahi Geo Survey Co., Ltd. Panasonic Excel International Co., Ltd. ECOCYCLE CORPORATION</p>	<h3>Presentation Contents</h3> <ol style="list-style-type: none"> 1. Purpose and Goal 2. Engineering Technology 3. Bio-remediation 4. Discussion and Q&A
<h3>Background</h3> <ul style="list-style-type: none"> ■ With economic development, Japan has suffered from environmental pollution in the past. ■ Mercury, cadmium, hexavalent chromium are a typical source of pollution. ■ A lot of people are suffering from diseases caused by these. ■ It took many years to solve these pollution problems. ■ We would like to assist Indian Government and people in order to transfer our remedial experience and technologies to India. ■ Because of this, we applied for Japanese ODA project and obtained Japanese grant. 	<h3>Background Information (1)</h3> <ul style="list-style-type: none"> ■ Overseas Economic Cooperation ODA FY2012 "Feasibility Study on groundwater remediation by bioremediation" ■ Founded by <ul style="list-style-type: none"> - Ministry of Foreign Affairs of Japan (MOFA) and - Supported by Japan International Cooperation Agency (JICA) ■ Assigned to the following delegate composed of: <ul style="list-style-type: none"> - Asahi Geo Survey Co., Ltd., - Panasonic Excel International Co., Ltd., and - ECOCYCLE CORPORATION
<h3>Background Information (2)</h3> <ul style="list-style-type: none"> ■ Delegate composed of: <ul style="list-style-type: none"> - Asahi Geo Survey <ul style="list-style-type: none"> ■ Mr. Fumio Hotta (Team Leader) ■ Dr. Shunsuke Kawakami (Geologist and Coordinator) - Panasonic Excel International <ul style="list-style-type: none"> ■ Dr. Kanji Tamamushi (Project Manager) - ECOCYCLE <ul style="list-style-type: none"> ■ Mr. Shingo Maeda (Bio-remediation specialist) ■ Dr. Puchalapalli Sreenivasulu Reddy (Bio-remediation specialist) 	<h3>Purpose and Goal</h3> <ul style="list-style-type: none"> ■ Purpose of our visit to India, with the cooperation of the Government of India <ul style="list-style-type: none"> - to investigate the possibility of transfer of groundwater remediation technologies and management systems <ul style="list-style-type: none"> ■ specifically for hexavalent chromium. ■ Improve people health in order to remove a pollutant such as hexavalent chromium. ■ Our goal <ul style="list-style-type: none"> - to identify and pull out "needs" from Indian Government and - to create a report for a future ODA project by obtaining information from Indian Government

プロジェクト概要、提案技術 資料 (1/9)

Request for Indian Government

- Help us to understand the pollution situation.
- Give us a chance to explain our proposal.
- Permission us to visit pollution sites (preferably hexavalent chromium) and carry out our survey on site (accompany us to the sites)
- Recommend pilot project areas for future ODA proposal.
- Develop a ODA proposal with us.

Plan

- Obtain information at Delhi, Chennai, Bangalore, and Goa on
 - Geology, hydrogy, hydrogeology, etc.
- Site assessment at Delhi, Chennai, Bangalore, and Goa
 - To know current situation
- Understand regulatory requirements
- On-site research
 - Go to sites recommended by Indian Government
 - Visual observation only (not intended to any physical analyses)
- System and program development
 - Sustainable groundwater management

Project outline

Research period:
From Dec. 2012 to Jan. 2013

```

graph TD
    A[First on-site investigation in India] --> B[At Delhi and Chennai]
    B --> C[Second on-site and follow-up investigation]
    C --> D[At Bangalore, Goa, Delhi]
    D --> E[Report to Japanese Government]
    E --> F[Report and proposal for future project]
    F --> G[Future ODA or B-to-B project]
    G --> H[Pilot tests in India (feasibility study for Large scale remediation)]
    G --> I[Consortium for sustainable underground water management]
    G --> J[Technical Training in Japan/India]
  
```

work together!

Possibility

```

graph LR
    ODA[1. ODA] --> BG[Bilateral grants]
    ODA --> BL[Bilateral loans]
    ODA --> CO[contributions to international Organizations, etc.]
    BG --> TC[Technical cooperation]
    BG --> GA[Grant aid]
    BL --> LA[Loan assistance]
    CO --> RP[Rolling Plan]
    CO --> B2B[2. Business to Business]
  
```

Our goal

- Identify and pull out "needs" from Indian Government
- Develop a report for a future ODA project by obtaining information from Indian Government

プロジェクト概要、提案技術 資料 (2/9)

Groundwater Pollution Survey, Remediation, & Monitoring Technology

Asahi Geo Survey Co., Ltd.
Panasonic Excel International Co., Ltd.
ECOCYCLE CORPORATION



Engineering Technology

History of Pollution



1950-1960's; Rapid Economic Growth

1957; Pollution Control Act

1970; Wastes Disposal and Public Cleansing Act, Water Quality Pollution Control Act

1973; Cr⁶⁺ Pollution in Tokyo

1993; Environmental Basic Act

2002; Soil Contamination Countermeasures Act

1974; Water Act

1981; Air Act
1986; Environmental Rules
1989; Hazardous Wastes Rules
... Rapid Economic Growth

Huge Impact to Environment of Urban Area

India Japan

Cr⁶⁺ Pollution in Tokyo

History of Cr⁶⁺ Pollution in Urban Area

1900's; Chromium salt factory start-up at the site Komatsugawa, Koto-ku, Tokyo

1950's; Rapid Economic Growth


1970's; Cr⁶⁺ health damage, to a lawsuit

1970-1980's; Polluter (Cr⁶⁺ Factory) paid 1,160,000,000yen + remediation cost

1976; Amend Wastes Disposal & Public Cleansing Act


1980's; In-Situ Containment as remediation for over 500,000,000t Chromium slugs (remediation by chemical reducing agent)

Containment Site is used as a park



Why India?

- + Majority of drinking water in India depends on Well-Water (>80%)
- + Pollution makes a substantial impact to River Water
- + Our environment lessons post-rapid economic growth certainly is useful for India
- + Our total solution of groundwater remediation makes Sustainable India Development



Why Hexavalent Chromium?

Artificial


Cr⁶⁺ Pollution is...

- + Man-made pollution
- + Recoverable pollution
- + Still not too late to recover

Remediation

Mitigation

As / F Pollution from Environment



Why Bio-Remediation?

+ Cost Effectiveness

	Dig & Dump	Containment	Bio-Remediation
Cost (yen/m ³)	50,000 -100,000yen	30,000 -100,000yen	5,000 -30,000yen
Time span	days - weeks	weeks - months	months
Target	any soils	any soils	any soils, but depends on boring&injection

プロジェクト概要、提案技術 資料 (3/9)

Why Bio-Remediation?

+ Sustainability

	Dig & Dump	Containment	Bio-Remediation
Pollutant	Removal from the site, but move to other site	Remains	Decreasing, or Mitigation
CO ₂ Discharge	High (heavy machinery, heavy vehicle)	High (heavy machinery)	Low
Environmental Impact	Potential of pollutant spreading	Low, but requires of site management	Low & agents is biodegradable

Requisite Technology

+ Our Experiences in Variegated Geology

Island Arc on Active Margin Various Geology

+ Borings in various sedimentary facies
 + Soil & rocks are composed of complex impermeable layers
 + Analysis of various soil & rocks for simulation & effective planning of remediation

+ We can operate Various Boring Machines

Vibration	Rotary	Rotary Percussion
Only for sandy stratum (unless for conglomerate & rocks)	For any soil (gutless for rocks)	For any soil & rocks
Available: 0~GL-20m	Available: 0~GL-300m~ (depends on machine power)	Available: 0~GL-250m
15~20m/day	4~5m/day	20~25/day
Easy operation	Requires a skilled operator	Requires a skilled operator

Requisite Technology

+ Effective Remediation Planning by Multi-Phase Simulation

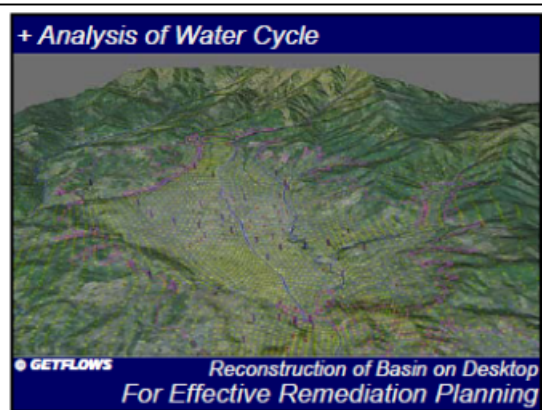
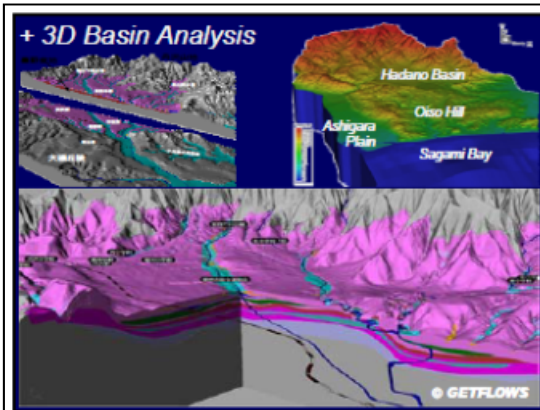
daily ~yearly cycle
 yearly~millenary cycle

© GETFLOWS

Cycle of River & Groundwater

© GETFLOWS

プロジェクト概要、提案技術 資料 (4/9)



Our Goal

- + Identify & Pull out "Needs" from Indian Government
- + Develop a Report for a Future ODA Project by Obtaining Information from Indian Government

Future ODA or B-to-B project

Pilot tests in India (feasibility study for Large scale remediation)	Technical Assistance of Training in Japan/India
Consortium for sustainable underground water management	

プロジェクト概要、提案技術 資料 (5/9)

Soil and Groundwater *In-Situ* Bioremediation: An Over-View & Reference to Cr(VI) Bioreduction



 ECOCYCLE CORPORATION
 Japan

December, 2012

Business Plan for Supporting the Client

EcoCycle Corporation

Applying the Latest Bioremediation Technology with Innovative Products, & the International Network

Asahi Geo Survey Co., Ltd.

Site Investigation & Characterization, Remedial Design & Implementation,



Total Solution for Successful Remediation

- Site Investigation, Hydrogeology, Geochemistry
- Treatability Testing, Applicability
- Remedial Design
- Pilot-scale Field Demonstration, Performance Evaluation
- Full-scale Remedial Action Implementation, Site Closure

-3-

Various Treatment Technologies



Soil Vapor Extraction and Air Sparging



Dig and Dispose



Pump and Treat



Chemical Oxidation

-3-

Comparison of Different Leading Remediation Technologies

Tech.	Remediation Cost in Japan (per 1000 m ³)	Time span	Active Facilities	Low K soil	High Concentration mg/L	Yield m ³ /Day	Greenhouse gas	Limitations
EDC-M	2~100(円)	2~4months	○	○	Low (less than 100 mg/L)	▲	○	Very High Cost, and extreme pH
Dig and Dispose	40~600(円)	Weeks	×	○	○	○	×	High cost
Pump and Treat (PT)	(80)	Tens of years	○	×	○	Excavation	○	Very long time, running & maintenance costs
Pe(0)	200(円)	Months	×	○	▲	○	○	Not for active facility/Affect hydrogeology
Oxidants	5~200(円)	Few months years	○	×	▲	▲	○	Cr(VI) may release/Not good under high-DC/High aerobic organisms
No tool	15~400(円)	Weeks-months	×	○	○	○	×	High cost/Not for active facility
Yield	5~150(円)	Months-few years	○	×	○	○	×	Not for groundwater

◎ 1 Due to longer remediation periods, the total cost calculation is difficult

-4-

In-situ Bioremediation

Exploiting the ability of indigenous microorganisms to degrade/detoxify contaminants

- Can be avoided excavation & washing, incineration, dig & dispose like
- In-situ Purification (Onsite)

Bioremediation

Bioaugmentation: incorporating of external microorganisms to the contaminated media

Biostimulation: stimulating indigenous microorganisms by nutrient supply, ex. EDC

Aerobic Remediation

HAR (Petroleum Oil, Mono & dichloro compounds, Cyanide compounds, etc.)

Anaerobic Remediation

Remediation by obligatory anaerobic microbes EDC (Cr(VI))

Remediation by facultative anaerobic microbes EDC-M (Cr(VI))

-5-

Advantages of EDC, HAR Bioremediation

Pumping and treating the water for years without much success

Want to clean the site in moderately short time

Want to save \$


Large size of contamination plume

Deep and widespread contamination

Moderately high concentration

Running/active facility

Facilities has large machines



-6-

プロジェクト概要、提案技術 資料 (6/9)

Our Bioremediation Products



EDC EDC-E
For Chlorinated Hydrocarbons



EDC-M
For Hexavalent Chromium



HAR
For Cyanide & Petroleum Hydrocarbons

-7-

Field Experience



Successfully applied on >200 sites

Chlorinated Solvents, Cr, BTEX, TPH, Cyanide, etc.

- Contaminations: PCE, TCE, DCE, TCA, DCA, CT, DCM, Cyanide, Benzene, Cr (VI), etc.
- Japan, Thailand, the US, India, ...
- Low K hydrogeology: 10⁻⁴cm/sec
- Largest site: 7 million m³

Japan EPA funded site (Demonstration of low cost, environmentally friendly technology)



-8-

Bioremediation Process

Site investigation by Soil Boring & Well Installation
(Hydrogeology, Contamination details in Soil & Groundwater)

↓

Microcosm experiment (optional)

↓

Pilot Test Demonstration & Results Evaluation

↓

Remediation design & Wells Installation

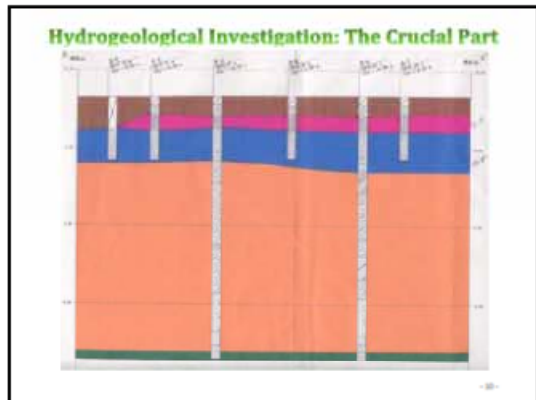
↓

Full scale injection & monitoring

↓

Site closure

-9-



プロジェクト概要、提案技術 資料 (7/9)

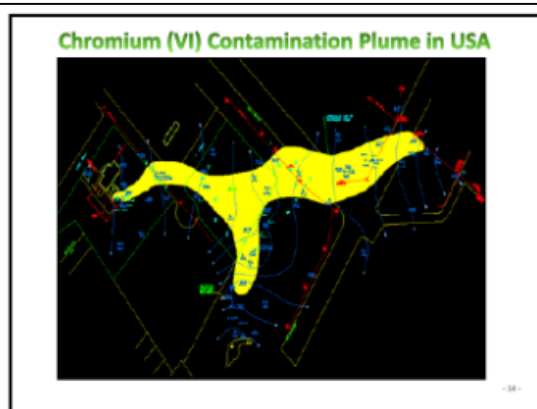
DNAPL (CVOCs) Contamination Pathway

Point ① : Investigation of unsaturated layer is essential for success
 • If the target area is saturated later, then contamination of unsaturated layer become a source

Point ② : Special Attention to be made on clay soils !
 • There is every chance of pollution source from clay soil is released to groundwater
 • Difficult in permeation of nutrients in clay soils

Point ③ : The extent of groundwater contamination spread
 • There are times that extent of groundwater contamination is beyond the mapping

- 13 -



EDC or HAR Injection

Mixing Tank
 Injection Unit
 Injection Well
 Contamination
 Monitoring Well

- 15 -

Injection Set-up

Gravity Injection in Japan

Geoprobe Application in USA

- 16 -

Hydrogeology

資料提供：新日本グラウト工業株式会社

Particle size analysis

- 4.5~9m Clay
- 1.0~1.5m sandy silt
- 3.5~4.0m Gravel with silt
- 5.5~6.0m Gravel with clay

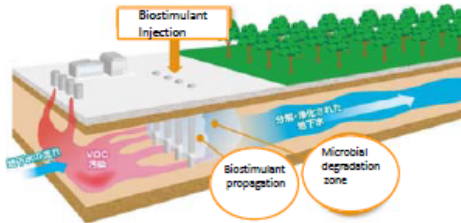
- 17 -

Double Packer Injection

- 18 -

プロジェクト概要、提案技術 資料 (8/9)

Bio-Barrier for Preventing the Contamination Flowing from Boundaries/Out Side the site



No electricity required/no on site water treatment facility/no maintenance !!!!!

- 19 -

Introduction to Hexavalent Chromium [Cr(VI)]

- Cr(VI) mainly used in industries like tanning, electroplating, electrical apparatus, etc.
- Cr(VI) species are strong oxidants that act as carcinogens, mutagens, and teratogens in biological systems. where as trivalent chromium [Cr(III)] is immobile & essential nutrient for humans.
- Cr(VI) exists in many hazardous sites & most abundant inorganic groundwater contaminant.
- Cr(VI) is soluble in water and hence is highly mobile in groundwater to reach potential receptors like drinking water wells where as, Cr(III) is insoluble in water hence do not move in groundwater.
- The average soil concentration of Cr(III) in the world is 200 mg/kg (mean).
- Predominant forms of Cr(VI) in soil : dichromate ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$), chromic acid ($\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), hydrogen chromate (HCrO_4^-) chromate ions (CrO_4^{2-}).
- Cr(VI) is biologically reduced to stable & immobile form of Cr(III).

- 20 -

Chromium Bioreduction Mechanism

- Hexavalent Chromium, Cr(VI)**
 - CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, H_2CrO_4 , HCrO_4^-
 - Highly soluble in water
 - Highly mobile in environment
 - Very toxic
- Trivalent Chromium, Cr(III)**
 - $\text{Cr}(\text{OH})_3^+$, $\text{Cr}(\text{OH})_2^+$, $\text{Cr}(\text{OH})_2^0$
 - Less soluble in water
 - Less mobile in environment
 - Less toxic



	I	II	III	IV	V	VI
TEA	DO	Nitrate	Mn(IV)	Fe(III)	Sulfate	Carbon Dioxide
ORP (mV)	+620	+740	+520	-50	-220	-240
	Aerobic	Facultative anaerobic		Obligate anaerobic		
	TPH, CN, etc.	Cr(VI) reduction		PCE, TCE degradation		

- 21 -

EDC-M for Cr(VI) Biological Reduction & Case Study

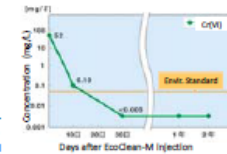


EDC-M

- EDC-M is microbial nutritional source for biological reduction of mobile hexavalent chromium to immobile trivalent chromium
- Safe to apply which is made of food material and food additives
- Applied onsite by dissolving in water & injection to subsurface of contaminated site

Case Study 1: Near Tokyo, Automobile Parts Manufacturer

Site Characteristics :
 Target Area: 10,000 m²;
 Depth of contamination: 5 m from GL
 Hydrogeology: Sandy Loam; Gravel
 GW level: 2-3 m from the GL
 Hydraulic conductivity(K): 10⁻² ~ 10⁻³cm/sec.
 Cr(VI) monitoring over a period of more than two years, found that there was no rebound occurred



- 22 -

Summary

- Bioremediation is a matured environmental friendly technology were applied *in-situ* in wide range of soil & GW contaminated sites; namely chlorinated hydrocarbons, pesticides, petroleum hydrocarbons, Cr(VI) & other heavy metals, & explosives, etc. On the other hand most of the conventional site remediation technologies are applied *ex-situ* & it costs more with environmental burden.
- Bioremediation is a green technology addresses higher contamination concentrations with minimum energy.
- Bioremediation is cheaper and address greater extent of contaminated sites such as running facilities, difficult access areas, and others by the simple equipment.
- Bioremediation periods are shorter when compared to conventional site remediation technologies and are tuned further to site specific remediation goals with the new bioremediation products and technological applications.
- Our Bioremediation products are made of safe ingredients to apply onsite and completely biodegradable to water & carbon dioxide.

- 23 -