

インド
ゴア州汚染管理局

インド
バイオレメディエーション
による地下水浄化
普及・実証事業
業務完了報告書

平成 28 年 3 月
(2016 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

アサヒ地水探査 株式会社

国内
JR
16-005

目次

巻頭写真	i
略語表	iv
地図	iv
図表番号	v
案件概要	vi
要約	vii
1. 事業の背景	1
(1) 事業実施国における開発課題の現状およびニーズの確認	1
① 事業実施国の政治・経済の概況	1
② 対象分野における開発課題	1
③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度	3
④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析および他ドナー の分析	7
(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要	8
2. 普及・実証事業の概要	11
(1) 事業の目的	11
(2) 期待される成果	11
(3) 事業の実施方法・作業工程	12
(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）	18
(5) 事業実施体制	20
(6) 相手国政府関係機関の概要	20
3. 普及・実証事業の実績	21
(1) 活動項目毎の結果	21
(2) 事業目的の達成状況	42
(3) 開発課題解決の観点から見た貢献	43
(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献	43
(5) 環境社会配慮	44
(6) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について	44
(7) 今後の課題と対応策	45

4.	本事業実施後のビジネス展開計画.....	48
(1)	今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定.....	48
①	マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）.....	48
②	ビジネス展開の仕組み.....	51
③	想定されるビジネス展開の計画・スケジュール.....	52
④	ビジネス展開可能性の評価.....	53
(2)	想定されるリスクと対応.....	54
(3)	普及・実証において検討した事業化によるその開発効果.....	55
(4)	本事業から得られた教訓と提言.....	55
①	今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓.....	55
②	JICA や政府関係機関に向けた提言.....	57
	参考文献.....	58
	添付資料.....	58

巻頭写真

	
<p>典型的な素掘り井戸 準備調査として井戸水の水質調査を実施</p>	<p>汚染放棄地の様子 (2014/7/31 撮影) カンコリム工業団地内 Sunrise Zinc 跡地</p>
	
<p>井戸モニタリングの様子 (2014/6/3 撮影) NICOMET 社¹の管理埋立地内モニタリング井戸</p>	<p>多項目水質計による現地分析の様子</p>
	
<p>PAC テストによる現地簡易分析の様子</p>	<p>ベトラ工業団地下流部の用水路の様子 (2014/2/17 撮影) pH3.06、六価クロム 0.076mg/L 検出</p>

¹ NICOMET 社 ; NICOMET Industries Ltd. ゴア州カンコリム工業団地内に生産工場をもつニッケル・コバルトの精錬工場である。同社は、カンコリム工業団地内に CPCB の基準に従った廃棄物の埋立地 (Secured Landfill Site) も有している。



ボーリング掘削 (2015/3/20 撮影)
カンコリム工業団地内、CC-5 地点



井戸ケーシング挿入の様子 (2015/3/22 撮影)
ベトラ工業団地入り口そば BT-2 地点



井戸仕上げの様子 (2015/3/21 撮影)
ベトラ工業団地内、BT-7 地点



現場土壌分析の様子 (2015/4/1 撮影)
カンコリム工業団地 Sunrise Zinc 敷地内



GSPCB 立会いによる地下水採取の様子
(2015/3/31 撮影)
ベトラ工業団地内、BT-5 地点



地元大学生の作業見学 (2015/3/26 撮影)
Don Bosco College of Engineering の土木工学学生



水処理設備設置の様子 (2015/12/15 撮影)
ベトラ工業団地内、Aerocoach 社の排水ピット



光触媒装置試験の様子 (2016/12/11 撮影)
GSPCB 実験室内



GSPCB および Aerocoach 社担当者への水処理装置デ
モンストレーションの様子 (2015/12/撮影)



GSPCB 立会いによる地下水採取の様子
(2016/2/3 撮影)
カンコリム工業団地内、CC-5 地点



現場デモンストレーションの様子 (2016/2/3 撮影)
カンコリム工業団地 Sunrise Zinc 敷地内



普及・実証事業セミナーの様子 (2016/2/5 撮影)
GSPCB 会議室内

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
GSPCB (Goa State Pollution Control Board)	ゴア州汚染管理局
IDC (Industrial Development Corporation)	産業振興公社
JICA (Japan International Corporation Agency)	独立行政法人国際協力機構
MoEF (Ministry of Environment and Forest)	環境森林省
PPP (Polluter-Pays Principal)	汚染者負担原則 (PPP 原則)

地図

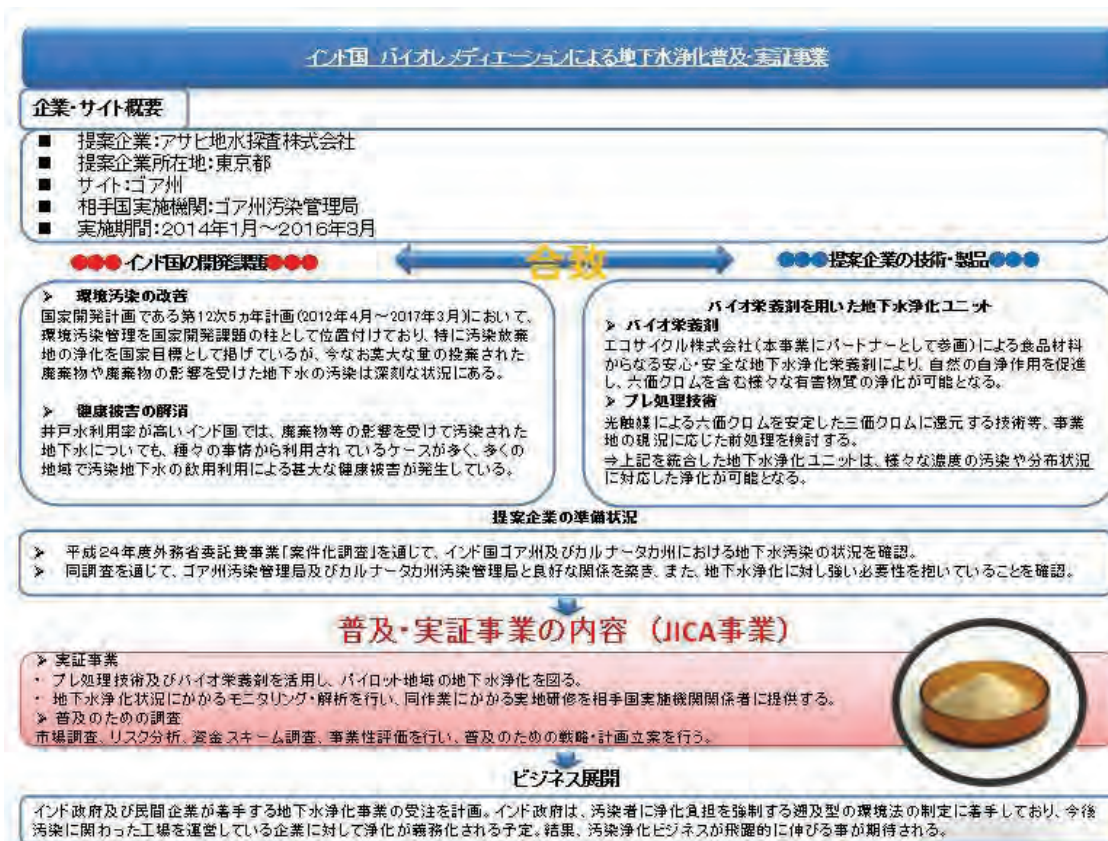


(出典：インド全図の無料白地図 (<http://www.freemap.jp/item/asia/india.html>) より修正加筆)

図表番号

表 1-1	陽極酸化工場（めっき工場）排水の排水処理基準	5
表 2-1	資機材リスト	19
表 3-1	サル川、河川水の重金属等分析結果一覧	24
表 3-2	サル川、河川水および沿岸域の井戸水等の微生物分析結果一覧	25
表 3-3	Sunrise Zinc 汚泥・表土、NICOMET 社 汚泥・表土分析結果一覧	28
表 3-4	NICOMET 社 管理埋立地の井戸水重金属等分析結果一覧	29
表 3-5	カンコリム工業団地のモニタリング井戸水分析結果一覧	31
表 3-6	ベトラ工業団地のモニタリング井戸水分析結果一覧	37
表 3-7	ベトラ工業団地の六価クロムの土壌現地分析結果一覧	38
表 3-8	栄養剤（EDC-M）のトリータビリティ試験結果	39
図 2-1	第 5 次渡航以降の調査の流れ	13
図 2-2	業務フロー	16
図 2-3	作業工程計画	17
図 2-4	要員計画	18
図 2-5	事業実施体制	20
図 3-1	サル川流域の調査地点位置図	23
図 3-2	カンコリム工業団地 ボーリング調査位置図(CC-1～CC-7 の 7 地点)	30
図 3-3	サル川流域(シミュレーション対象地域)	32
図 3-4	シミュレーション格子の概念	33
図 3-5	解析域全体の年間水収支集計結果	34
図 3-6	ベトラ工業団地 ボーリング調査位置図 (BT-1～BT-7 の 7 地点)	36

案件概要



要約

I. 提案事業の概要	
案件名	<p>(和文) バイオレメディエーションによる地下水浄化普及・実証事業</p> <p>(英文) Pilot Survey for Disseminating Small and Medium Enterprises Technologies for Groundwater Remediation by Bioremediation</p>
事業実施地	インド ゴア州サルセット地域、ベトラ工業団地
相手国 政府関係機関	<p>ゴア州汚染管理局</p> <p>(GSPCB; Goa State Pollution Control Board)</p>
事業実施期間	2014年1月～2016年3月
契約金額	80,050,680円(税込)
事業の目的	<p>本事業は、ゴア州における工業発展に伴った地下水等の環境悪化に対し健全な水環境の復元を目的として、土壌中の微生物の活性による地下水浄化を図る栄養剤を用いた統合型の地下水浄化ユニットによる地下水の浄化試験を行い、その技術の効果と優位性を実証し普及を図るものである。</p> <p>本事業を通じて、ゴア州におけるバイオレメディエーションを主軸とした環境調査・浄化事業の事業性の判断を行う。</p>
事業の実施方針	<p>現地目視調査(フェーズⅠ調査:環境サイトアセスメント調査)および土壌・地下水採取調査(フェーズⅡ調査)によりサル川流域(サルセット地域)およびベトラ工業団地における六価クロム等の重金属類による汚染状況を把握する。この調査の結果、健康被害が想定されるレベルの六価クロム等による重篤な汚染が判明した場合、バイオレメディエーションによるパイロット浄化の実施および将来的なフルスケールの対策計画の策定を行う。</p> <p>なお、上記調査の結果、アサヒ地水探査およびカウンターパート両者により、対象地(サルセット地域およびベトラ工業団地)において重篤な六価クロム汚染が生じていないと判断された場合、教育的効果を目的としてカウンターパートを対象とした本事業資機材を用いたデモンストレーションを行う。</p>

実績	<p>フェーズⅠ調査およびフェーズⅡ調査からベトラ工業団地の水路において採取した表流水からは日本の基準の数十倍以上の濃度の六価クロムの存在を確認した。しかし、その結果に基づいて水路沿いに実施したフェーズⅡボーリング調査による地下水からは、高濃度の六価クロムは検出されなかった。この調査結果をもってベトラ工業団地において六価クロムによる重篤な地下水汚染は生じていないと判断し、事業実施方針に従いカウンターパートを対象とした栄養剤を含む浄化機材からなる本事業資機材を用いたデモンストレーションを行った。</p> <p>【背景】</p> <p>本事業は、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『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（インド）』の結果を受けて実施された事業であり、事業計画当初は同案件化調査において六価クロムによる深刻な汚染が確認されていたタミル・ナド州ラニペットあるいはカルナータカ州バンガロールにおける実施検討がなされていた。しかし、ラニペットについては2013年7月、JICA担当者立会いの下、タミル・ナド州汚染管理局长および同局関係者と事業実施に係る協議を行ったものの同時期実施されていた同地におけるDPR（Detail Project Report：詳細プロジェクト報告）入札の影響を受け、浄化対象地の詳細など事業実施の合意に至らなかった。また、バンガロールについてはカルナータカ州汚染管理局长および同州森林環境局长と2013年10月から2014年1月にかけて6回の面談を実施した結果、事業実施合意前の薬剤注入という先方の条件を受け入れ困難であったため、バンガロール及びカルナータカ州での実施は行わないこととした。</p> <p>本事業の実施対象地としたゴア州サルセットについては、上記案件化調査時に対象となった地域であり、有機物によるサル川の汚染およびサル川流域の工業団地（カンコリム工業団地）における廃棄物等の不法投棄による健康被害が懸念されたものの、事業計画検討時において本技術提案の対象となっている重金属類による具体的な汚染状況が未知であった。依って、事業の実施方針に示したとおり、本事業は対象地域の汚染状況調査から始め、その結果に従って提案技術の実証を行った。</p>
----	---

本事業期間中の具体的な活動等を以下に示す。

1. 実証・普及活動

(1) 機材設置状況

番号	機材名	数量	納入年月	設置先
1	地下水 水位計 (ロープ式水位計)	1 個	2014 年 2 月	GSPCB
2	水質測定器 (パックテスト™)	1 式	2014 年 4 月	GSPCB
3	吸光分析器	1 台	2014 年 5 月	GSPCB
4	手動ポンプ	1 式	2014 年 6 月	GSPCB
5	多項目水質計	1 台	2014 年 6 月	GSPCB
6	XRF 分析器	1 式	2014 年 6 月	GSPCB
7	光触媒実験装置	1 式	2015 年 12 月	GSPCB
8	EDC™ 地下水浄化装置	1 式	2015 年 12 月	GSPCB
9	小型揚水ポンプ	1 台	2015 年 12 月	GSPCB
10	発電機	1 台	2015 年 12 月	GSPCB
11	イオン交換樹脂 水処理装置	1 式	2015 年 12 月	GSPCB

(2) 相手国政府関係機関との協議状況

- ・ 2013 年 8 月 1 日：本事業（サルセット地域のみ）に関する
Memorandum of Understanding (MoU) 締結
- ・ 2014 年 2 月 25 日：第 1 次渡航、まとめ報告会 (Wrap-up Meeting)
- ・ 2014 年 4 月 11 日：第 2 次渡航、まとめ報告会 (Wrap-up Meeting)
- ・ 2014 年 6 月 11 日：第 3 次渡航、まとめ報告会 (Wrap-up Meeting)
- ・ 2014 年 6 月 16 日：対象地域にベトラ工業団地を含めた改訂版
MoU 締結
- ・ 2014 年 8 月 1 日：第 4 次渡航、まとめ報告会 (Wrap-up Meeting)
- ・ 2015 年 4 月 2 日：第 5 次渡航、まとめ報告会 (Wrap-up Meeting)
- ・ 2015 年 12 月 22 日：第 6 次渡航、まとめ報告会 (Wrap-up Meeting)
- ・ 2016 年 1 月：第 7 次渡航、事業報告会
- ・ 2016 年 2 月：第 8 次渡航、報告書提出

(3) サル川流域（サルセット地域）の汚染状況

第 1～5 次渡航における土壌・地下水調査の結果から、サル川流域および南西部に位置するカンコリム工業団地において都市・リゾートホテル・農業由来の有機物汚染の存在や廃工場敷地（Sunrise Zinc）の不法投棄現場における水銀や鉛等の重金属汚染と農業用水路における水素イオン濃度指数（pH）異常を確認したものの、それ

らは基準の数十倍といった重篤なものではなく、なお且つ、本事業におけるバイオレメディエーションの対象物質である六価クロムの基準超過は存在しないことを確認した。この結果を受けて、アサヒ地水探査は、カウンターパートへの調査結果報告を経て、サル川流域では六価クロムの地下水汚染浄化を目的としたバイオレメディエーションを実施しないことを決定した。

(4) ベトラ工業団地の六価クロムの汚染状況

第1～4次渡航における土壌・地下水調査の結果から、ベトラ工業団地には用水路中に高濃度の六価クロムや水素イオン濃度指数(pH)の異常を確認し、それに起因した地下水への影響(地下水汚染)の可能性を想定した。しかし、第5次渡航におけるボーリング調査からベトラ工業団地の土壌・地下水中には顕著な六価クロムの基準超過が存在しないことを確認した。この結果を受けて、カウンターパートへの調査結果報告を経て、ベトラ工業団地でも六価クロムの地下水汚染浄化を目的としたバイオレメディエーションを実施しないことを決定した。

しかし、現状でも日本の地下水基準の20倍程度の濃度の排水が工業団地の用水路を流下していることから、将来的な汚染の低減を目的とした地下水浄化のデモンストレーションや六価クロム等の有害物質使用工場の排水・地下水を利用した室内実験を実施した。

(5) 機材の稼働状況

上記「機材設置状況」において示された1～6の調査機材について現場および室内においてGSPCB担当者に対し使用および活用方法の指導を行い、同局における環境管理業務における効率化および有効利用を図った。なお、蛍光X線(XRF)分析器を除く調査機材の大部分は消耗品であり、本事業における調査中において著しく劣化していたが、現地において部品交換・部品作成等により修理して使用されている状態である。

カウンターパートとの協議の上で、7～11の浄化機材(統合型地下水浄化ユニット)をベトラ工業団地内の六価クロム使用事業所において六価クロムの拡散防止対策として設置した。設置に際し、カウンターパート立会いのもとで同事業所の技術者に対し技術説明・使用方法・修理方法を指導した。なお、設置されたイオン交換樹脂による水処理装置は、設置後4週間程度で約7,000ℓの排水につ

いての六価クロム除去を実施した。

(6) 実証結果

フェーズ I 調査およびフェーズ II 調査結果において重篤な六価クロムの地下水汚染が生じていなかったため、統合型浄化ユニットを用いたバイオレメディエーションは行わなかったものの、統合型浄化ユニットを構成する栄養剤、イオン交換樹脂、光触媒装置、シミュレーションそれぞれに対し GSPCB 職員の立会いのデモンストラーションを行った。確認された結果は以下のとおり。

- バイオレメディエーション栄養剤 (EDCTM、以下「栄養剤」):
現場地下水と六価クロム使用工場の排水を用いた効果確認試験 (トリータビリティ試験) により約 10mg/L の濃度の六価クロムが 4 週間で検出限界以下まで減少することを確認
- イオン交換樹脂:
約 10mg/L の濃度の六価クロム排水が処理後に検出限界以下まで減少することを確認
- 光触媒装置:
約 1mg/L の濃度の六価クロム溶液が触媒反応後に検出限界以下まで減少することを確認
- 流域循環シミュレーション:
構築したシミュレーション・モデルがフェーズ I 調査時の地下水水位に対し調和的 (誤差が 5m 未満) であり、各々の構成要素がゴア州においても十分に機能することを確認

本事業において六価クロムによる重篤な汚染は確認されなかったことから、ゴア州における六価クロム汚染を対象とした地下水浄化の市場規模については、現状、小さいと想定される。但し、上記のとおり、ベトラ工業団地の用水路において非常に高濃度の六価クロム汚染が確認されていることから、将来的な汚染の顕在化については否定することができず、その点において事業展開の可能性は存在すると考えられる。

また、上記フェーズ I 調査の際、上記したベトラ工業団地およびカンコリム工業団地以外に GSPCB 担当者同行のもとでゴア州において最も整備されているヴェルナ工業団地および一般的な工業団地であるクンタイム工業団地についても訪問し、それぞれの工業団

地の管理者である IDC マネージャーに対して有害物質等の使用・排出状況や環境管理施策について聞き取り調査を実施した。また、それぞれの工業団地の製造工場についても訪問し、有害物質等の使用・排出状況や環境管理施策について聞き取り調査を実施した。その結果、有害物質使用事業所とその管理者である IDC および GSPCB は、現在係争中の工場以外については現状において有害物質等の排出管理や低減に対する対策は行っておらず、多くは口頭で定期的なモニタリング管理をしていることが確認されたのみであり、実際の分析結果については確認できなかった。また、今回聞き取り調査を実施した有害物質使用事業所は全て州外のムンバイで排水等のモニタリング分析を行っていることが同調査において確認された。これらの結果から、ゴア州の有害物質使用事業所における環境調査を主軸とした事業展開の可能性が想定された。なお、現在係争中の事業所（金属精錬工場）については、事業所が立地する工業団地内に中央汚染管理局（CPCB）の規格に従った廃棄物処分場（埋立処分場）を建設し、そこに同社の廃棄物（汚泥）を埋立て、事業所内のモニタリング井戸と共に処分場外周に設置したモニタリング井戸において定期的に地下水モニタリングを実施していることが確認されている。

2. ビジネス展開計画

【事業計画】

ゴア州においては六価クロムによる地下水汚染が確認されていないことから、当該技術（バイオレメディエーション）を用いた直接的なビジネス展開の可能性については、現状、低いと判断する。但し、ゴア州を含めたインド全体においては、工業発達や自動車・バイクの利用に伴った大気汚染をはじめとする環境汚染が非常に深刻であり、同国における環境関連ビジネスの需要は非常に高いものとする。また、上記背景の当初計画のとおり、現にラニペットやバンガロールといった地域では非常に深刻な地下水汚染が発生しており、本提案技術の需要は高いものであると判断できる。この事業展開に係る阻害要因として複雑な書類手続きや担当行政の縄張り意識等が挙げられる。そこで、ゴア州における六価クロム汚染浄化の現時点での事業展開の可能性の低さを考慮した上で、上記のバンガロール等の既知の汚染地域における民間企業への事業提案を行っていく。

	<p>また、併せて今回事業を実施したカウンターパートである GSPCB の協力体制の強さを考慮して、同州において適用可能な有機物汚染の浄化剤、廃棄物の飛散防止材および廃棄汚泥の不溶化処理剤を用いた環境調査・浄化事業の展開検討を今後模索する。</p> <p>なお、上記展開の第一歩として、現在の本邦における弊社業務の延長として外資系企業を対象とした統合型地下水浄化ユニットを用いた地下水管理提案や汚染状況の把握のための地下水環境調査の実施を計画している。</p> <p>【事業終了時の状況】</p> <p>アサヒ地水探査は、本事業の協力企業でありバイオレメディエーションの栄養剤（EDC™、以下「栄養剤」）の供給者であるエコサイクル株式会社および関係技術者と共に土壌・地下水調査およびバイオレメディエーションによる浄化対策施工会社の設立を踏まえた協議を行っている。また、2016年2月に実施した CPCB との協議から、ラニペット等を含む8サイトの汚染放棄地の浄化プロジェクトについては調査が難航しており、DPR 受注企業から6～8ヶ月の報告時期の遅延が伝えられていることが確認されている。そこで、汚染放棄地に係る環境調査・浄化事業参入については、DPR の次のステップとなる浄化事業の国際入札に際した関連企業の支援を見据えた協力会社やボーリング会社等の事業提携・整備といった事業基盤づくりを計画している。</p>
課題	<p>1. 普及・実証事業</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 資機材管理と安全管理 <p>対象地区において六価クロムによる地下水汚染が確認されなかったことから、統合型地下水浄化ユニットによる注入作業は行わないものと決定した。但し、上記のとおりベトラ工業団地の用水路では高濃度の六価クロムを含む排水が流下していることから、GSPCB と協議を行い、イオン交換樹脂 水処理装置を当該物質使用工場における排水処理装置の補助として使用し、汚染物質拡散の未然防止を図ることとした。そこで、対象事業所においてメンテナンス担当者に対し機材使用法と簡易分析による機材の運用管理の方法を第6～7次渡航において指導した。今後も定期的にメールや電話でのやり取りを行い、安全運用を定着させる必要が有る。</p> <p>調査機材については全て GSPCB に保管し、使用法等の指導を行</p>

った。本事業の成果の持続的発展のためにも、GSPCB による自助努力が必要不可欠である。

- ・ バイオレメディエーションへの理解と普及

バイオレメディエーションには、現地生物に対して栄養を与え活性化させ現地生物の活動による汚染浄化を行うバイオスティミュレーション (Biostimulation) と汚染浄化に有効な外来の生物自体を汚染地に繁殖させるバイオオーグメンテーション

(Bioaugmentation) の二種類がある。栄養のみを与えるバイオスティミュレーションと外来の生物を繁殖させるバイオオーグメンテーションでは同じバイオレメディエーションでも内容が大きくことなるものの、汚染管理局の上級職員や専門の大学関係者ですらその違いについて把握している状態ではない。また、彼ら自身が、微生物の異常発生といったパンデミック的な危機感のみを煽ってしまっている。そのような背景を踏まえて、バイオレメディエーションの普及に際しては、再三、徹底した原理と安全性の説明が必要不可欠であると考ええる。

2. ビジネス展開計画

- ・ 事業展開候補地の選定

上記のとおり、事業対象地となったゴア州においては六価クロムの顕著な地下水汚染が確認されなかったため、ゴア州において今後は有害な重金属等全体を対象としたマーケットの掘り下げを行い、さらに顕著な既知の六価クロム汚染が存在する土地において同技術を展開すべきであると考ええる。それに際して、事業展開の足がかりとなるゴア州以外の事業展開候補地は、①需要があること (六価クロム等、浄化対象となる地下水汚染が存在すること)、②既に十分な数の外資系製造業が事業展開をしていること (地下水浄化に対する理解があること)、③治安が良いこと、④既にある程度の日系の製造業が事業展開をしていることといった条件を満たす土地の検討を行う必要が有る。現状の候補地として本事業協力者の住居があり多くの都市型汚染が顕在化しているハイデラバード、案件化調査において六価クロムの汚染が確認され多数の外資系工場が展開しているバンガロールといった土地が事業展開の足がかりとなる候補地として挙げられる。

	<ul style="list-style-type: none"> ・人材育成 通常インドの物価は日本の 2～5 分の 1 程度と言われ、人件費に至っては職種にもよるが 10 分の 1 程度にもなる。但し、日本における一般的な作業人員の少なくとも 3～5 倍の人員でないと同様の作業は行われたい。また、作業道具についても著しく管理状態が悪く、軽度の建設作業であれば道具と原材料を含めて作業場での現地調達を行う場合が多く、作業の進捗は著しく遅い。そのため同様の資機材を使用する場合であっても環境調査の様な汚染拡散防止対策等を含めた特殊な管理が必要な作業については、正確にできているとは言い難い状況であり、同調査を実施するためにはその専門の人材育成が必要となる。 ・業務展開 上記の通りゴア州に加えてハイデラバードやバンガロールといった都市を事業展開の足がかりとし、同地における分析や対策実施を伴わない監査を主軸とした環境コンサルタント業務から事業を開始することを想定している。また、環境コンサルタント業務と並行し、環境ボーリング等の調査会社設立のための人材確保と育成を行うことを検討している。
事業後の展開	<ul style="list-style-type: none"> ・インド事業展開の再検討 ・事業展開候補地の選定 ・環境調査業務に係る人材育成 ・ゴア州の廃棄物管理あるいは河川浄化に係るプロジェクト提案

Ⅱ. 提案企業の概要	
企業名	アサヒ地水探査 株式会社
企業所在地	東京都渋谷区千駄ヶ谷 3-40-5
設立年月日	1975 年 6 月 3 日
業種	サービス業
主要事業・製品	地質調査、さく井
資本金	(2016 年 1 月時点) 35 百万円
売上高	3.72 億円 (2014 年度)
従業員数	10 人

1. 事業の背景

(1) 事業実施国における開発課題の現状およびニーズの確認

① 事業実施国の政治・経済の概況

インドは南アジアのインド半島に位置し、東はベンガル湾、西はアラビア海、南はインド洋に面している。イギリス連邦加盟国であり、8億人を超える有権者を抱える世界最大の民主主義国である。2014年5月の総選挙によりインド人民党（BJP：Bharatiya Janata Party）が勝利し、前グジャラート州首相であるナレンドラ・モディ氏が第18代首相となった。インド全体における一人あたりGDPは2014年当時1,607.65ドルとなっており、モディ氏率いるインド人民党の新政権以降も右肩上がりの成長を遂げている。同国は、28州・7連邦首都圏／連邦直轄領からなり、各々の州や連邦首都圏が独自の文化・政治体制を有する多民族・多言語・多宗教国家である。

インドは現在、これまでの経済発展にともない生じた環境悪化に対する国家政策として、2014年10月2日から5カ年計画として「Swachh Bharat（インド掃除計画）」を立ち上げ、税収の0.5%を市街地等の衛生環境改善のため使用する計画を開始している。さらに、新たな都市計画として国内に100の「スマートシティ」を建設する構想を立ち上げている。インドは、これら環境施策を含む種々の政策の財源として、2015年からサービス税を12.5%から14.5%に引き上げている。

事業対象地であるゴア州は、インド西海岸の州であり、1961年にポルトガル領からインド政府によって併合された州である。同州は大航海時代（15～17世紀）のポルトガルの文化を色濃く引き継ぐ土地であり、現在、母語としてコンクニ語（Konknni）、公文書を含む公用語として英語が使用されているものの、ポルトガル語使用者もある程度存在する。同州において2012年から2014年にかけて10代目州首相（Chief Minister）を務めたパリカー氏（Manohar Parrikar）が2014年11月から現在のBJP政権の防衛大臣を務めており、これは全インド国会議員500名中2名のみしか議員枠を持たないゴア州において異例の出来事であり、同州の現政権への発言力の強さがうかがわれる。2013年～2014年の州ごとのGDPでは23位となっているものの、一人当たり年間所得（2004～2009年統計）は国内平均の4万6,492ルピーに対して13万2,719ルピーであり、インド国内で最も裕福な州のひとつであると言える。このことから、州内情勢として、経済発展に伴った環境政策に対しても十分に対応しうる経済力を有する州であると判断できる。なお、主要産業は観光で、鉄・ボーキサイト・マンガン採掘による鉱業が続き、農業と漁業はそれら産業の発展に相まって衰退しつつある状況である。

② 対象分野における開発課題

対象国であるインドは、日本の高度成長期と同様に目覚ましい経済発展を遂げてお

り、その一方で経済基盤の一旦を担っている多くの工場生産や人口増加に伴う水資源の枯渇、工場および生活排水・廃棄物等の影響による甚大な環境悪化に直面している。現在実施中の第12次5カ年計画（2012年4月～2017年3月）のナショナルミッション（National Mission）では、ガンジス川と汚染放棄地（汚染原因者が何らかの理由で土地を放棄したもの）の浄化を掲げ、国を挙げて環境浄化政策を進めている。この浄化プロジェクトでは、既に六価クロムによる汚染が確認されているタミル・ナド州ラニペットを含む8サイトについて2015年に詳細調査（DPR、Detail Project Repor）を開始しており、現在そのDPRに基づいた浄化方針の検討がなされている。なお、2016年2月に実施したCPCBとの協議から、ラニペット等を含む8サイトの汚染放棄地の浄化プロジェクトについては調査が難航しており、DPR受注企業から6～8ヶ月の報告時期の遅延が伝えられていることが確認されている。

米国ブラックスミス研究所（Blacksmith Institute）²によると、100万人以上の被害者が発生している大規模な六価クロム汚染現場として上記ラニペットの他に、オリッサ州スキнда、グジャラート州ヘマ・ケミカル、オリッサ州タルチェル（Angul Talcher）といった汚染サイトが報告されている。ただし、これらの重篤な汚染が進行している現場においても、現状として全域調査は実施されておらず、唯一、ラニペットのDPR実施が最も対応が進んだ状況にあると言える。

六価クロムは、その酸化作用に由来した極めて強い毒性をもつ物質であり、皮膚炎や腫瘍の原因となる。特徴的な病状としては、クロム酸工場の労働者の鼻中隔穿孔（鼻の孔が繋がってしまう症状）が報告されており、これは飛散したクロム酸化剤やクロム顔料を長期間鼻腔から摂取したことによる慢性的な腫瘍によるものとされている。また、発がん性物質としても、肺がん・肝臓障害・貧血・大腸がん・胃がんの原因として知られている。

六価クロムは金属めっきや革なめしの材料として広く利用されている。特にインドは六価クロムの原材料となるクロムについて世界第3位の生産量を誇り、そこから同地におけるクロムの生産とそれを利用した工業の発達に由来した甚大な六価クロム汚染が発生しており、同国における主要な汚染物質の一つとなっている。

他方、単体のクロムは安定した極めて錆びにくい無害の金属として知られており、鉄とクロムとの合金がステンレスとして広く利用されている。

日本では高度成長期の1960年～1970年にかけて顕在化した日本化学工業株式会社による江東区の六価クロム汚染で知られるとおり、インドと同様に六価クロムは主要な環境汚染物質の一つであり、高度成長期から現在にかけて様々な手法を開発して浄化に取り組んできた物質の一つでもある。

このような背景を踏まえアサヒ地水探査は、平成24年度の案件化調査から州政府（タ

² 有害物質による健康被害防止に取り組むアメリカの団体（1999年設立）。

ミル・ナド州、カルナータカ州、ゴア州、デリー連邦首都圏）および中央政府が工場生産や廃棄物等に起因した重篤な地下水汚染の対策に苦慮していることを確認した。そこで、地下水浄化に係る事業進出の検討の足がかりとして、本事業の提案を行った。その際、アサヒ地水探査は、先の案件化調査において訪問した地域から、候補地としてタミル・ナド州（ラニペット）およびゴア州（サル川流域）を選択した。但し、ラニペットについてはタミル・ナド州汚染管理局長および同局関係者と事業実施に係る協議を行ったものの同時期に実施されていた同地における DPR（Detail Project Report：詳細プロジェクト報告）入札の影響を受けて、浄化対象地の詳細など事業実施の合意に至らなかった。また、その後、確実な汚染サイトとして選択されたカルナータカ州バンガロールについても汚染管理局現場担当者の協力を仰ぐことができず合意に至らなかった。その結果、事業対象地をゴア州のみとすることになった。

③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度

〔関連計画〕

前述のナショナルミッションの一つである汚染放棄地の浄化が、インドにおける環境関連計画の最たるものである。汚染放棄地の浄化については、ラニペットを含む 8 サイトを対象として 2015 年に開始した DPR に基づいた浄化方針が決定していると考えられるものの、政府からの情報開示はなく、2016 年 1 月現在、進捗状況については不明である。

他にインドは、関連環境施策として現状の市街地の環境衛生改善政策としての「Swachh Bharat（インド掃除計画）」（2014～2019 年）と、新たな都市建設計画である 100 のスマートシティ構想を立ち上げている。

〔政策および法制度〕

インドでは、森林環境省（MoEF）が執行者となって環境法管理を実施している。公害対策については MoEF の下部組織となる中央汚染管理局（CPCB）が統括しているものの、法制度に係る運用組織は該当する州の汚染管理局（State PCB）であり、環境調査・浄化といった実作業にかかる権限は State PCB が担っている。環境規制に関しては、日本と同様に中央政府の法律を踏まえて、州政府において上乗せ規制が可能となっている。

各州の 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。例えば、本事業のカウンターパートであるゴア州汚染管理局（GSPCB）のエンジニア等は、同州の工場や河川において排気・排水を定期的に採取し、そこに含まれる汚染物質の分析を行い、毎年報告している。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、それに応じない場合は州汚染管理局から当該工場等に対して罰金や工場操業停止、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がある。実際に本事業期間中にも GSPCB の命令により 2 年以上鉱山の操業が閉鎖されていた例があるが、2015 年 10 月に GSPCB の安全確認を経て鉱山が再開した状況である。

インド中央政府には、環境政策に関連する省庁が複数存在するが、主幹省は 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 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 (MNRE ; Ministry of New and Renewable Energy) 等が関連する中央行政機関である。現在中央政府は、従来の役割に加え、MoEF および州汚染管理局 (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。

これらの環境関連の組織によって、現在、デリー・ムンバイ等の大都市圏における大気汚染防止法の改訂検討が、都市部の富裕層からの要望により行われている。さらに、2015 年 1 月に発生したラニペットの小規模工業開発共同体 (Small Industries Development Cooperation: SIDCO) 工業団地内にある共同排水処理場のタンク壁崩壊事故を起因とした同州における有害物質使用施設のガイドライン策定や、2016 年 1 月にオリッサ州スキндаの鉱山における持続可能な開発計画 (SDF : Sustainable Development Framework) の策定がなされている。

表1-1 陽極酸化工場（めっき工場）排水の排水処理基準

	項目	単位	基準
1	pH 値	-	6.0 - 9.0
2	水温	°C	< 5
3	油・潤滑油	mg/L	< 10
4	浮遊物質 (SS)	mg/L	< 100
5	全金属*	mg/L	< 10
6	トリクロロエタン	mg/L	< 0.1
7	トリクロロエチレン	mg/L	< 0.1
A. ニッケル/クロムめっき工場			
8	アンモニア性窒素 (NH3-N)	mg/L	< 50
9	ニッケル	mg/L	< 3
10	六価クロム	mg/L	< 0.1
11	全クロム	mg/L	< 2
12	硫化物	mg/L	< 2
13	硫酸イオン	mg/L	< 400
14	リン酸塩	mg/L	< 5
15	銅	mg/L	< 3
16	塩酸および硫酸排出量	mg/m3	< 50
17	ニッケル排出量	mg/m3	< 5
18	六価クロム排出量	mg/m3	< 0.5
B. 亜鉛めっき工場			
19	シアン	mg/L	< 0.2
20	アンモニア性窒素 (NH3-N)	mg/L	< 50
21	全残留塩化物	mg/L	< 1
22	六価クロム	mg/L	< 0.1
23	全クロム	mg/L	< 2
24	亜鉛	mg/L	< 5
25	鉛	mg/L	< 0.1
26	鉄	mg/L	< 3
C. カドミウムめっき工場			
27	シアン	mg/L	< 0.2
28	アンモニア性窒素 (NH3-N)	mg/L	< 50
29	全残留塩化物	mg/L	< 1
30	六価クロム	mg/L	< 0.1
31	全クロム	mg/L	< 2
32	カドミウム	mg/L	< 2
33	鉛排出量	mg/m3	< 10
34	シアン総量	mg/m3	< 5

MoEF Environmental Protection Rules for Electroplating, Anodizing Industry Effluents, G.S.R.266(E), 30-March-2012

*注記) 全金属：排水中の亜鉛、銅、ニッケル、アルミニウム、鉄、クロム、カドミウム、鉛、すず、銀の総量

インドでは、1986年に環境保護法・同規則が制定されている。その中で、工場等の設置条件や工場等から排出される汚染物質の排出基準が規定されており、汚染物質を排出する事業所等には排出物の分析データを関係当局に提出することが義務付けられており、当該規則には下水処理場からの放流基準について放流先別（内陸表流水、公共下水、灌漑、海水域）に明記されている。さらにそれらを受けた個別の規定として製造工場における工程排水別の環境保護規則が制定されている。本事業にかかる六価クロム等を利用するめっき工場における規則を表 1-1 に示す。

本事業にかかる土壌・地下水汚染に係る法・条例は、現在インドおよびゴア州において制定されていない。関係法としては、1974年に水質汚染防止・管理法（Water (Prevention & Control of Pollution) Act）が制定されており、CPCB および GSPCB と呼ぶ各州の汚染管理局が管轄する。この法律は日本における水質汚濁防止法に相当する法律であり、GSPCB 等の執行者は工場等の事業者に対し同法に則り立入調査や操業を停止する権限を持つ。但し、土壌・地下水汚染の防止（あるいは浄化）のための法律が存在していないため、汚染が顕在化した際、対策・対応が長期化することが多く、操業停止に伴う経営基盤の崩壊により原因企業自体が破綻し、結果として汚染原因者が責任を放棄し汚染放棄地サイト（orphaned site あるいは legacy polluted site）となってしまうことが多い。但し、前述の環境関連法規の整備に続いて、将来的には地下水環境にかかる環境法の改正も行われると想定される。地下水環境法を含む環境法全体の改正として汚染者負担の原則（PPP 原則）に従った原因者訴求を大前提とした改正となる可能性が高いと考えられる。

汚染管理局による工場等の操業停止命令は、ゴア州においては 2013 年～2014 年では大気・水質問題に関して 101 件発令されている。これらはゴア州内 52 カ所の河川・湖沼・井戸等のモニタリング地点での毎月の水質モニタリング（重金属等は含まない基礎項目のみのモニタリング）の結果や、同州内の各製造工場の業種・業態に応じた毎月～毎年の頻度での有害廃棄物の分析（使用物質に従った分析）結果に基づいて発令される。但し、この命令は、操業を停止するという意味で、汚染の更なる拡大防止は図れるものの、汚染源の解明やメカニズムの特定といった調査、汚染源自体の除去といった根本的な対策ではないため、現状として環境改善の効果は高くない。

ゴア州汚染管理局は、水質汚染防止・管理法の執行に際し、事業所の環境監査だけでなく、試料採取といった現地調査や試料分析も実施しており、150 人以上の人員を有する機関であるものの、管理記録の未デジタル化や慢性的な人員不足等の問題を抱えている。

④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析および他ドナーの分析

南インドの地下水汚染に関わる環境分野の ODA としては、インドやネパール等の地域において実施されている砒素・ふっ素といった自然由来の地下水汚染による健康被害の状況調査や水資源確保のための支援、そしてインドのナショナルミッションにもある汚染放棄地サイトにおける浄化を目的とした支援に大別される。このうち前者については、日本の ODA も過去に実施されているが、本事業により関連の深い後者に関しては世界銀行等の支援が主となっている。

環境分野においては、CPCB 担当者等への聞き取りから、インド政府自体も自国が主体となってプロジェクトを実施できる有償による支援を希望していることが確認された。特に汚染浄化のようなプロジェクトの場合、状況把握や浄化計画の立案を目的とした調査と汚染浄化工事本体が、入札により決定された会社によって別々に実施されている。この場合、外国資本のみの会社が落札することはなく、インドの建設会社等と協力して複合企業体によって応札している場合が多い。また、インド企業単独でのプロジェクト実施も稀であり、事実、前述の 8 サイトの汚染放棄地を対象とした詳細調査 (DPR) では、1 社の外資系コンサルタント企業がインド企業と組んで全てのプロジェクトを受注している。

なお、地下水汚染をターゲットとはしていないものの、ゴア州においては有償技術支援『ゴア州無収水対策プロジェクト』(2011 年 1 月～2014 年 3 月) や開発調査『ゴア州上下水道強化計画』(2005 年 2 月～2006 年 12 月) が実施されている。

(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要

名称	EDC™を用いた統合型地下水浄化ユニット
スペック（仕様）	<p style="text-align: center;">六価クロムの地下水汚染浄化を目的とした浄化装置</p> <div style="text-align: center;"> <p>【統合型地下水浄化ユニットのモデル】</p> <p style="text-align: center;">+ 汚染物質の濃度に応じた移動可能な浄化ユニット 例) 湖沼水等の滞留水にも適用可能 + 原位置の水の有効活用も可能 + 処理ユニットの組み合わせによる複合汚染対応が可能</p> </div> <p>本事業において最適化を図る製品・技術は、栄養剤単体（栄養剤のみ）ではなく、インドの多様な環境状況において柔軟に対応し得る統合型地下水浄化ユニットである。本製品は、揚水井戸、前処理槽、生物処理槽、注入井戸から構成される（上図）。揚水した汚染地下水を前処理槽において EDC™³シリーズのうち六価クロムを含む重金属類の安定化に効果的な栄養剤 EDC-M を用い、同栄養剤がもっとも効率よく機能する状態に濃度調整を行い（前処理：イオン交換樹脂による高濃度六価クロムの除去等）、前処理を行なった汚染地下水に対して栄養剤（注入スラリー）の調整・注入を実施する。さらに本事業では、効果的な浄化計画の立案および実証地域（サル川流域）の水資源の有効活用を目的として、GETFLOWS™⁴による流域循環シミュレーションを実施する。</p>
特徴	本製品・技術は、栄養剤単体の提案ではなく、実施国において同国

³ EDC™: 本事業における外部人材活用企業の一社であるエコサイクル(株)が提供する食品材料からなる安心・安全な地下水浄化栄養剤である。現場に生息する微生物に栄養源として当該製品を供給することにより活性化させ、自然の自浄作用を促進し、有害物質を短期間で低減する技術である。六価クロム対応の EDC については、微生物により有害な水溶性の六価クロムを難水溶性の三価クロムに還元することにより無害化する。

⁴ GETFLOWS™: 本事業における外部人材活用企業の一社である(株)地圏環境テクノロジーが提供する多相流解析シミュレーターであり、世界に類を見ない精度での不飽和帯（地下水の水位よりも上の土壌）における流体のシミュレーションを可能としており、地下水が枯渇し非常に低い水位となっているインドにおいて、非常に有効なシミュレーションが出来る。

	<p>の担当者・作業者が自ら考えて地下水浄化を行えるように調査～浄化～モニタリングまでを含めた地下水浄化という行為全体をパッケージ化した統合型地下水浄化ユニットを提供するものである。本製品・技術には、バイオレメディエーションの効果を最適にするための対象物質の濃度調整や阻害物質の除去を行う汚染地下水の前処理（プレ処理）の検討や、対象地域における地下水を含めた水資源の有効利用を図るためのシミュレーションも含むものである。</p> <p>バイオレメディエーションには、汚染サイトに有害物質を分解することができる微生物を直接繁殖させるバイオオーグメンテーションと本事業で使用する現地微生物に対して栄養剤を与えるバイオスティミュレーションの二種類がある。このうち微生物を直接繁殖させるバイオオーグメンテーションは外来微生物による影響が懸念されるため、その実施に際して検討を要する場合がある。一方、今回採用したバイオスティミュレーションは栄養剤を投与し現地生物を活性化させることであり、汚染サイトの自然環境への影響を最小限に抑えることが可能である。このバイオレメディエーションの栄養剤は食物原料からなる安全な栄養剤であることが、日本における現地試験でも実証されている。なお、バイオレメディエーションの代替手法として想定される化学浄化は、浄化費用こそ同等であるが、化学物質の投与（六価クロム浄化の場合は還元反応）による土壌・地下水の性質の変化（微生物の死滅）を起こす可能性が大きく、自然環境への影響を考慮すると、インドにおいても受け入れづらいのが現状である。</p>
競合他社製品と比べた比較優位性	<p>インドにおいて競合他社製品となるのは、現状、主に化学薬品により六価クロムを三価クロムに還元反応させ無害化する化学浄化材であり、比較的普及しているものの、EDC™は食物由来の安全な栄養剤であり、化学薬品に比べ安全性が高い。また、本事業で利用するEDC-Mの他にEDC™シリーズには、油落とし剤（洗浄剤）等を使用される揮発性有機化合物に対応したEDC-Vや、長期間の持続的効果が期待されるEDC-E等のバリエーションに富んでおり、種々の汚染物質や汚染源の状況に対応し得る利点がある。</p>
国内外の販売実績	<p>EDC™の製造元であるエコサイクルコーポレーションによるEDC™の販売実績として、国内において200件以上の浄化事例と海外（インド、アメリカ等）において数件の浄化事例がある。</p>
サイズ	数平米（井戸の設置間隔等に依存する）
設置場所	注入井戸等、汚染浄化サイトに設置（上図参照）
今回提案する機	1式

材の数量	
価格	<ul style="list-style-type: none"> ・汚染の状況に依存し高濃度かつ広範囲の汚染であるほど高額となる (参考価格として、3,000 円～5,000 円/立米) ・本事業での機材費総額 (輸送費・関税等含む) 約 4,500 千円 (デモンストレーション用機材 1 式のみ、ボーリング調査・井戸設置費含まず) <p>注記) 上記費用は既知の汚染源に対する費用であり、実際の浄化の際には、汚染源の特定および影響範囲の確定といった土壌・地下水調査が必要不可欠である。</p>

2. 普及・実証事業の概要

(1) 事業の目的

本事業は、ゴア州における工業発展に伴った地下水等の環境悪化に対し、健全な水環境の復元を目的として、土着の微生物の活性による地下水浄化を図る栄養剤を用いた統合型地下水浄化ユニットを用いた地下水の浄化試験を行い、その技術の効果と優位性を実証し普及を図るものである。

本事業を通じて、インドにおけるバイオレメディエーションを主軸とした環境調査・浄化事業の事業性の判断を行う。

事業の目的を達成するための基本方針は、以下のとおりである。

① 土壌・地下水調査に基づいた統合型地下水浄化ユニットの最適化

本事業では、先ず土壌・地下水調査により現地の汚染状況を把握し、その結果、当該技術の有効な適応が可能と判断された場合において、当該技術である統合型地下水浄化ユニットを活用した地下水浄化の実証試験を行うものとする。また、当該浄化ユニットの活用の際には、六価クロムのみならず他の汚染物質の濃度や油分や pH 等の地下水浄化の阻害条件を考慮し、さらに汚染現場の土地利用等の状況に合わせて EDC-M を利用した地下水浄化ユニットを設計し、浄化を行う。

なお、土壌・地下水調査の結果、六価クロムの重篤な汚染が確認されなかった場合には、教育的効果を目的としてカウンターパートを対象とした本事業資機材を用いたデモンストレーションのみを行うものとする。

② カウンターパートとの協働

カウンターパートである GSPCB と十分協議し、彼らのニーズに応じて技術移転を含め柔軟に対応していく。

(2) 期待される成果

バイオ栄養剤による地下水浄化を実証し、普及するにあたって期待される成果は以下のとおりである。

① パイロット地域の地下水浄化：

プレ処理技術およびバイオ栄養剤を活用し、最適化した統合型地下水浄化ユニットによりパイロット地域の地下水が浄化される。

② カウンターパートの能力強化：

地下水浄化状況のモニタリング・解析をカウンターパートと協働で行うとともに、セミナーやワークショップを通じて、土壌汚染・バイオレメディエーション

ンにかかる知見・技術がカウンターパートに移転される。

③ 普及計画の策定：

市場調査、リスク分析、資金スキーム調査、事業性評価を行い、普及のための戦略・計画立案を行う。

本事業は日本政府が実施するインドにおけるバイオレメディエーションによる地下水浄化の第一歩の事業である。本事業を通じて、統合型地下水浄化ユニットの適応性のみならず、汚染の原因・汚染物質の拡散経路・現況の汚染範囲といったこれまで全く明らかになっていなかった事業対象地における具体的な汚染の状況が把握される。さらには地下水汚染の現象への取り組み促進といったソフト面においても大きく寄与でき、本事業において実施するトレーニング（現場浄化検証会 等）により事業対象地における中長期的な地下水環境改善の促進が可能となる。

また、事業対象地となっているサル川流域は、ゴア州において唯一州内で完結した独立の水域であり、隣州を水源とする他河川に対して、有事の水源確保等を想定した場合、地政的に非常に重要な意味を持つ。従って同地域の水環境の調査および保全対策はゴア州全体への大きな貢献となり得る。

(3) 事業の実施方法・作業工程

① 事業の実施方法

ア) パイロット地域の地下水浄化

(a) サル川流域(カンコリム工業団地含む)の地下水浄化(サル川プロジェクト)

廃棄物の投棄現場であるカンコリム工業団地 (Cuncolim Industrial Estate) を含む事業予定地であるゴア州サルセット地域において環境サイトアセスメント調査を実施し、事業場所の選定を行う。次に、選定した場所の詳細調査を実施し、現地状況にあわせた統合型地下水浄化ユニットの最適化を行った上で、EDC-M による地下水浄化を行う。詳細調査（地下水・土壌等調査）の結果、六価クロムの地下水浄化に対し不適合（不要）と判断された場合、状況に応じたモニタリング提案等の環境改善に対する提案を行う。

(b) ベトラ工業団地および周辺地域の浄化（ベトラ工業団地プロジェクト）

本事業実施開始当初に高濃度の六価クロムを含む排水の地表（用水路）への拡散⁵が確認された同ゴア州にあるベトラ工業団地（Bethora Industrial

⁵ 排水の地表（用水路）への拡散：汚染源および拡散経路の特定がなされていないため、当該地点においては現在も六価クロムを含む排水が排出されており、早急な調査実施（ベトラ工業団地プロジェクトの開始）が望まれる。

Estate) において汚染の現況の把握（地下水への影響の確認）を行う。同結果を分析し統合型地下水浄化ユニットの最適化を行った上で、EDC-Mによる地下水浄化を行う。地下水・土壌等調査の結果、六価クロムの地下水浄化に対し不適合（不要）と判断された場合、状況に応じたモニタリング等技術提案を行うと共に、教育的効果を含めたバイオレメディエーションによる地下水浄化のデモンストレーションを行う。

※パイロット地域の地下水浄化については、以下の実施手順により、EDC-M 本格注入による地下水浄化を行うか、採取サンプルを用いたデモンストレーションを行うかの判断を行う。

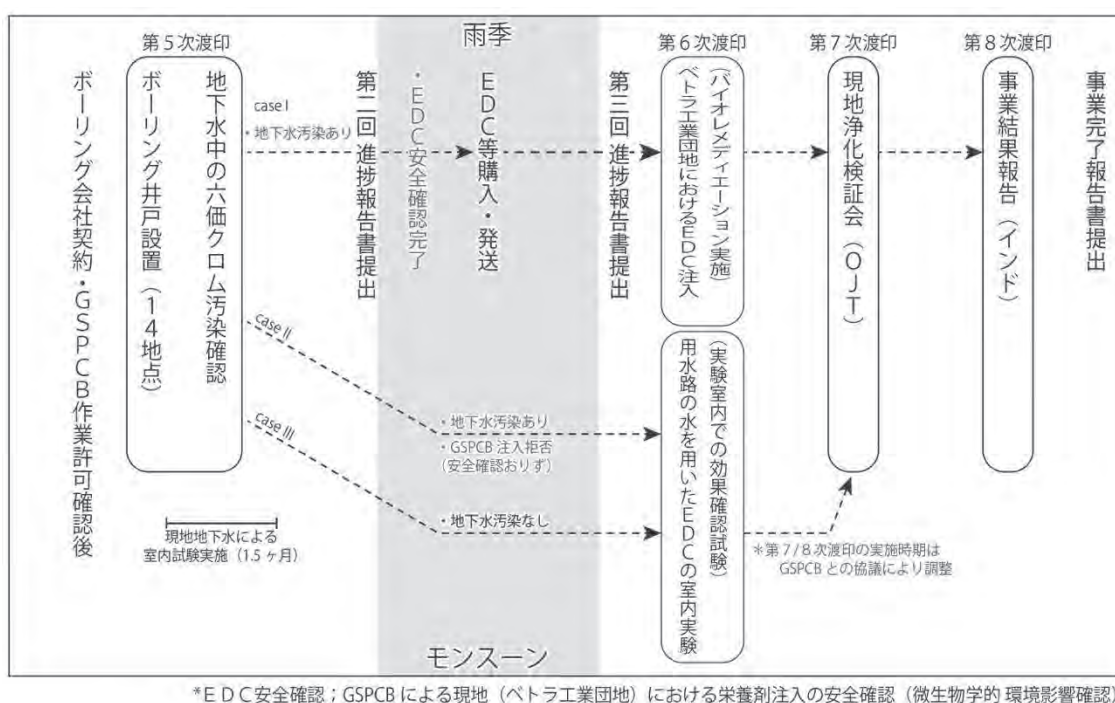


図 2-1 第 5 次渡航以降の調査の流れ

イ) カウンターパートの能力強化

(a) パイロット地域の地下水浄化にかかる現地作業を通じた技術移転

パイロット地域における環境調査・試料採取等の現地作業を通じてその方法論の説明と実践により GSPCB の能力強化を図る。

(b) バイオレメディエーション技術に係るセミナー開催

安全性の説明を含むバイオレメディエーションの理論紹介、地下水シミュレーションを用いた汚染サイト管理や水資源管理の紹介、光触媒技術に

よる環境浄化の可能性の説明といった全 3 回の本事業のバイオレメディエーション技術分野ごとのセミナーの実施により GSPCB の能力強化を図る。

ウ) 普及計画の策定

実証結果をもって、ゴア州管理下の汚染管理地の浄化や環境法整備により浄化義務が発生する企業からの受注可能性を検討し、普及計画を策定する。

② 作業工程

i) 河川および周辺井戸の目視調査および簡易水質測定（フェーズ I 調査）

六価クロムを含む重金属等の地下水汚染を特定することを目的として、水質悪化が問題となっているサル川流域およびカンコリム工業団地の井戸の目視調査および簡易水質測定を行う。

本調査では、現地目視調査の他、水温・pH・塩分濃度に加えて六価クロムの現場分析および蛍光 X 線（XRF）を用いた重金属等の簡易分析を活用し汚染域の特定を行う。さらに本調査では、現地住民（井戸利用者）や工場管理者・工員、そして工場団地管理者への聞き取り調査を行う。

ii) 河川水分析および土壌・地下水分析からなる試料採取調査（フェーズ II 調査）

サル川流域のフェーズ I 調査の結果特定された地下水汚染が懸念される場所について、フェーズ II 調査として実際に河川水・井戸水・土壌等の試料採取を行い、汚染（基準超過）の有無を確認する。

本調査では、河川水について、周辺の地下水位変動に伴う水質変化を確認することを目的として、乾季と雨季の通年における水質測定を実施する。

なお、本調査における深度方向調査の際には、土地管理者（所有者）に対して GSPCB を通じてボーリング調査および井戸設置の際の土地使用許可を取得し実施する。

iii) カンコリム工業団地の地下水浄化デモンストレーション（フェーズ III 対応）

サル川流域のフェーズ I およびフェーズ II 調査結果に基づいて、地下水浄化の必要性を検討し、カンコリム工業団地において地下水浄化デモンストレーション（フェーズ III 対応）を実施する。

iv) 用水路および周辺井戸の目視調査および簡易水質測定（フェーズ I 調査）

六価クロムを含む重金属等の地下水汚染を特定することを目的として、

高濃度の六価クロムを含む排水の用水路への拡散が確認された同ゴア州にあるベトラ工業団地の井戸の目視調査および簡易水質測定を行う。

- v) 用水路水質分析および土壌・地下水分析からなる試料採取調査（フェーズⅡ調査）

ベトラ工業団地のフェーズⅠ調査の結果特定された地下水汚染が懸念される場所について、フェーズⅡ調査として実際に河川水・井戸水・土壌等の試料採取を行い、汚染（基準超過）の有無を確認する。

なお、本調査における深度方向調査の際には、土地管理者（所有者）に対して GSPCB を通じてボーリング調査および井戸設置の際の土地使用許可を取得し実施する。

- vi) ベトラ工業団地の地下水浄化デモンストレーション（フェーズⅢ対応）

ベトラ工業団地のフェーズⅠおよびフェーズⅡ調査結果に基づいて、地下水浄化の必要性を検討し、地下水浄化デモンストレーション（フェーズⅢ対応）を実施する。

- vii) バイオレメディエーション技術セミナー

カウンターパートの能力強化を目的として、バイオレメディエーション技術を含む、当該事業に係る移転技術のセミナーを実施する。

- viii) ビジネス検討

フェーズⅠ調査における聞き取り調査およびフェーズⅡ調査における本業務を通じた関係事業所への聞き取り調査から、事業対象地であるゴア州におけるバイオレメディエーション事業の事業可能性の検討を行う。

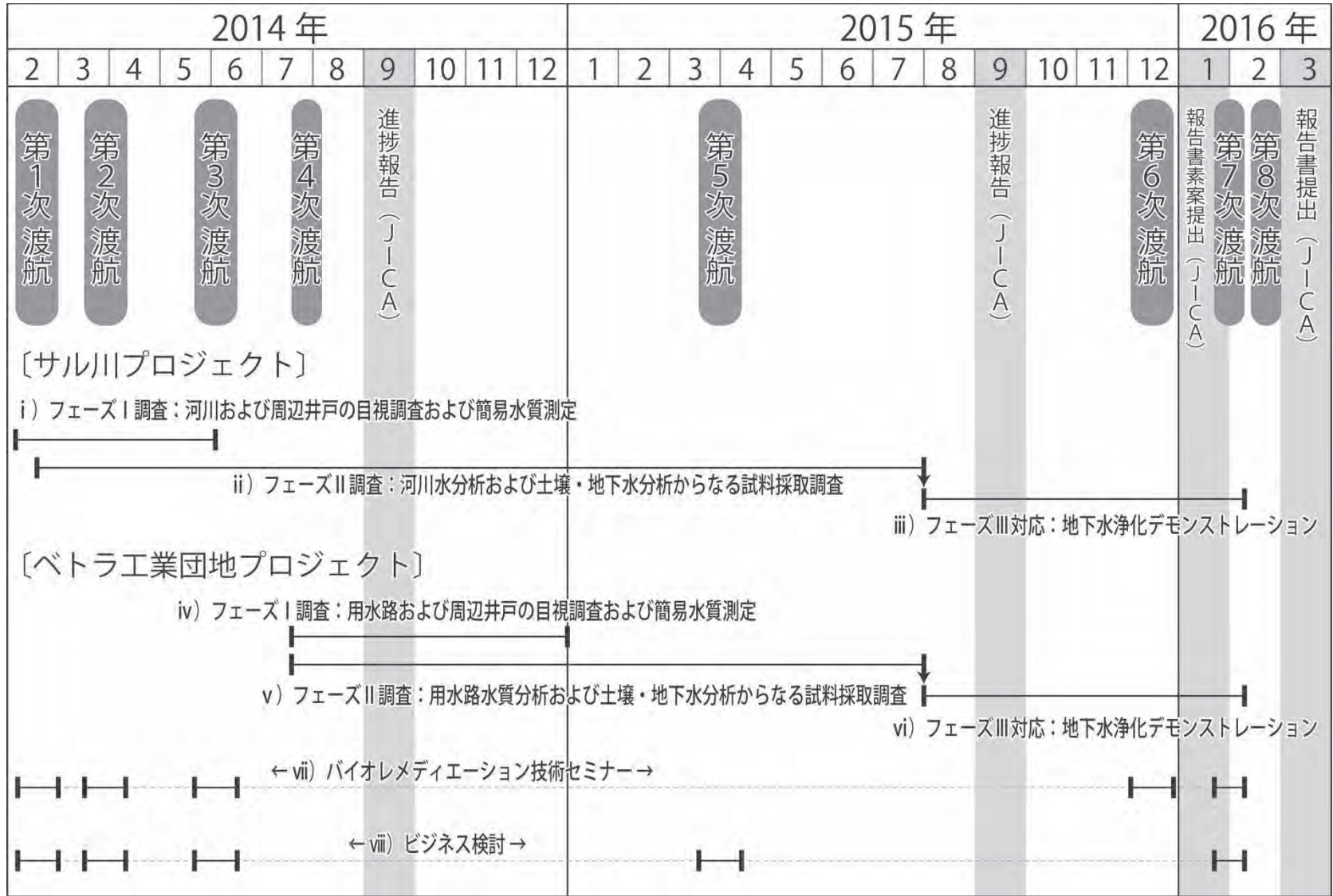


図 2-2 業務フロー

項 目	2014												2015												2016			
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
～現地作業(計画・実施)～																												
1. フェイズI調査																												
1-1	基礎調査；サル川流域の環境サイトアセスメント	計画																										
		実績																										
1-2	基礎調査；カンコリム工業団地の環境サイトアセスメント	計画																										
		実績																										
2. フェイズII調査																												
2-1	試料採取調査	計画																										
		実績																										
2-2	雨期モニタリング調査	計画																										
		実績																										
2-3	ボーリング調査およびモニタリング/薬剤注入井戸設置 (カンコリム工業団地/ペトラ工業団地)	計画																										
		実績																										
3. 室内試験・現地実験																												
3-0	地下水浄化ユニットによるバイオレメディエーション実施	計画																										
		実績																										
3-1	導入技術の室内試験・現地実験	計画																										
		実績																										
4. 井戸モニタリング																												
4-1	(2-3設置井戸での) 地下水モニタリング	計画																										
		実績																										
5. 室内実験																												
5-1	EDCトリータビリティ試験	計画																										
		実績																										
5-2	光触媒反応装置等の準備実験/通応実験	計画																										
		実績																										
6. 現地浄化検証																												
7. カウンターパートへの報告書提出	計画																											
	実績																											
～国内作業(計画・実施)～																												
8. 資材調達、資料調査、資材発送	計画																											
	実績																											
9. 進捗報告	計画																											
	実績																											
10. 業務完了報告書(案)提出	計画																											
	実績																											
11. 業務完了報告書提出	計画																											
	実績																											

図 2-3 作業工程計画

(4) 投入 (要員、機材、事業実施国側投入、その他)

図 2-4 に要員計画を示す。

要員計画表

担当業務	氏名	所属先	2013年度		2014年度												2015年度												人・日計					
			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	現地	国内				
現 地 業 務	総括/ビジネスモデル検討	堀田 文雄	アサヒ地水探査㈱			■																										17		
	チーフアドバイザー、 化学・環境浄化	玉虫 完次	リロ・パナソニック エクセルインターナショナル㈱	■			■																										42	
	総括補佐、実証試験 EDC注入管理	川上 俊介	アサヒ地水探査㈱	■	■	■	■	■	■																								133	
国 内 作 業	総括/ビジネスモデル検討	堀田 文雄	アサヒ地水探査㈱		□	□																											22	
	チーフアドバイザー、 化学・環境浄化	玉虫 完次	リロ・パナソニック エクセルインターナショナル㈱	□		□	□																										22	
	総括補佐、実証試験	川上 俊介	アサヒ地水探査㈱	□		□																											33	
	計測技術サポート、 渡航手配、報告書	平野 あや	アサヒ地水探査㈱	□	□	□																											33	
	情報収集、報告書支援	森 みさ子	リロ・パナソニック エクセルインターナショナル㈱	□	□																													14
報告書等提出時期 (△と報告書名により表示)				△ 進捗報告書							△ 進捗報告書																							
																											受注企業 人・月計			2/ 5.00	2/ 2.93			
																											外部人材 人・月計			1/ 1.40	2/ 1.20			
																											人・月計			4/ 7.30	5/ 4.13			

凡例 ■■■■■ 現地業務
□□□□□ 国内作業

図 2-4 要員計画

- ・資機材リスト（統合型地下水浄化ユニットの実証のための機材、消耗品含む）

表 2-1 資機材リスト

	機材名	型番	数量	納入年月	設置先
1	地下水 水位計 (ロープ式水位計)	SWAN-100m	1 個	2014 年 2 月	GSPCB
2	水質測定器 (PACK TEST)	KR-Cr6+ WAK-TH etc.	1 式	2014 年 4 月	GSPCB
3	吸光分析器	DPM-Cr6+	1 台	2014 年 5 月	GSPCB
4	手動ポンプ	いどや、豆ポンプ大 いどや、豆ポンプ小	1 式	2014 年 6 月	GSPCB
5	多項目水質計	In-Situ, SmarTROLL	1 台	2014 年 6 月	GSPCB
6	XRF 分析器	Niton, XL3t-500	1 式	2014 年 6 月	GSPCB
7	光触媒実験装置	-	1 式	2015 年 12 月	GSPCB
8	EDC TM 地下水浄化装置	EDC-M TM	1 式	2015 年 12 月	GSPCB
10	小型揚水ポンプ	SQ5-35	1 台	2015 年 12 月	GSPCB
11	発電機	Honda, EU65is	1 式	2015 年 12 月	GSPCB
12	イオン交換樹脂	-	1 個	2015 年 12 月	GSPCB

- ・相手国政府関係機関側の投入

私有地への立入を含む対象地域の調査等においては、ゴア州汚染管理局（GSPCB）職員 1～2 名が同行し、調査が円滑に進められるよう協力がなされた。また、ベンチスケールでの光触媒の実証試験の際には、同局の実験室を使用し、実証試験資材の保管にあたっては同局倉庫を使用した。

他に、モニタリング井戸設置に際して、GSPCB が設置場所の土地所有者（登記簿）の確認および同土地所有者（カンコリム工業団地 IDC/ベトラ工業団地 IDC）への協力要請文書の発行を行うことで、円滑な事業実施が実現された。

(5) 事業実施体制

図 2-5 に事業実施体制を示す。

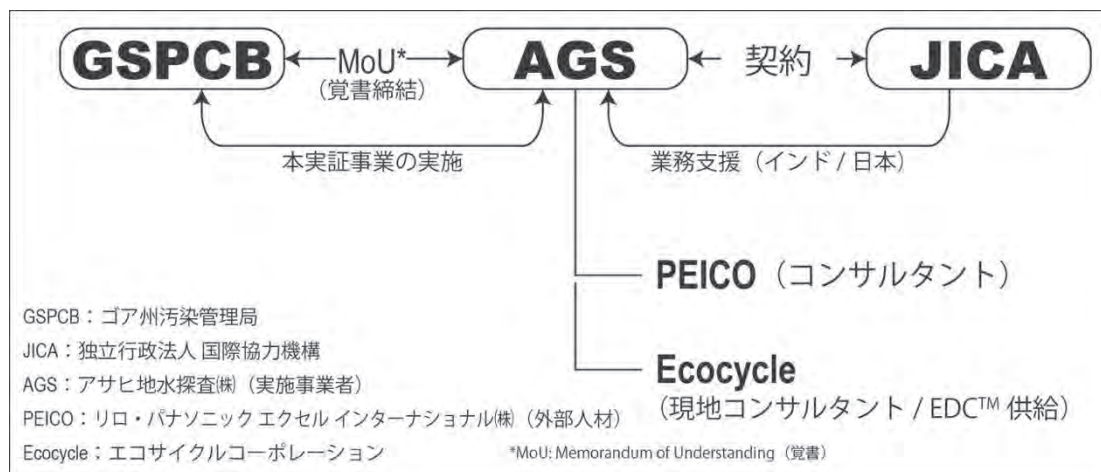


図 2-5 事業実施体制

(6) 相手国政府関係機関の概要

[機関名]

ゴア州汚染管理局 (Goa State Pollution Control Board)

代表 ; Jose Manuel Noronha (Chairman)

事業担当者代表 ; Levinson J. Martins (Member Secretary)

職員数 ; 約 150 名

[機関基礎情報]

ゴア州の環境汚染浄化の実施担当機関。浄化責任者 (汚染原因者) への浄化の指導および浄化責任者がいないサイトの浄化を担う。

[機関選定理由]

GSPCB は同州の環境施策に対し積極的であり、現在、州の川であるサル川の水質汚濁の問題を抱えており、同州には廃棄物による汚染放棄地サイト (Sunrise Zinc、カンコリム工業団地) が存在し、さらにめっき工場等における六価クロムによる地下水汚染が懸念されるベトラ工業団地が存在するため、早急な環境対策が必要と考えられたため。

3. 普及・実証事業の実績

(1) 活動項目毎の結果

i) 河川および周辺井戸の目視調査および簡易水質測定（フェーズ I 調査）

六価クロムを含む重金属等の地下水汚染の有無の把握および汚染範囲を特定することを目的として、水質悪化が問題となっているサル川流域およびカンコリム工業団地の井戸の目視調査および簡易水質測定を行った。

同調査は、第 1 次渡航（2014 年 2 月 8 日～同年 2 月 28 日）、第 2 次渡航（2014 年 3 月 15 日～同年 4 月 12 日）、そして第 3 次渡航（2014 年 5 月 21 日～同年 6 月 15 日）にかけて海岸部を含むサル川流域全域を対象として網羅的に実施した。この調査では、先ず河川水および井戸水のベーシックパラメーター分析（水温、pH、塩分濃度、総溶解物質濃度（TDS）、電気伝導度の 5 項目、以下「ベーシックパラメーター」）および現地簡易分析（パックテスト™）による六価クロム分析により、ベトラ工業団地のフェーズ I 調査地点と合わせて全 224 地点において汚染場所の特定を行った。また、カンコリム工業団地の廃棄物の不法投棄現場（Sunrise Zinc）から農業用水路の下流側およびサル川の底質から採取された 176 試料について XRF による重金属分析を実施した。

調査の結果、サル川流域およびカンコリム工業団地においては、海岸沿いのホテルの井戸（雑用水利用）において過剰な揚水に起因した井戸水の塩化（～570 ppm）を確認した以外は、全ての検討地点において六価クロムの検出はないことを確認した。また、調査を実施した乾季（2 月～6 月）において pH 異常は確認されなかった。但し、後述するフェーズ II 調査の雨季モニタリングでは、カンコリム工業団地北東端に立地する NICOMET 社の北側隣接農業水路において pH4 程度の異常（水の酸性化）を確認している。

土壌試料の XRF 分析結果からは、Sunrise Zinc 内の汚泥および前面道路のみにおいて他試料より幾分高濃度の水銀が検出されたのみで、クロムを含む重金属等の顕著な濃集は確認されなかった。

これらの結果を受けて、本事業では、サル川流域のフェーズ II 調査として幾分高濃度の水銀の濃集が確認された Sunrise Zinc を含むカンコリム工業団地内の土壌・地下水分析（公定法分析）と水質異常の有無を確認することを目的とするサル川の河川水分析（公定法分析）を実施することとした。

第 1～3 次渡航にかけて実施した簡易水質測定の実施地点および測定結果一覧を別紙「Survey Log（簡易水質測定地点一覧）」に示す。

ii) 河川水分析および土壌・地下水分析からなる試料採取調査（フェーズⅡ調査）

サル川流域のフェーズⅠ調査の結果特定された地下水汚染が懸念される場所について実際の汚染の有無の確認（基準超過の有無の確認）を目的として、フェーズⅡ調査として実際に河川水・井戸水・土壌等の試料採取を行った。

〔サル川の河川の水質汚染状況〕

フェーズⅠ調査においてサル川流域の河川水の簡易分析によるベーシックパラメーター分析中には大きな異常が確認されなかったため、公定法分析を用いた重金属等および微生物の分析を実施した。なお、これらの分析は、通年の濃度変動の確認を目的として、雨季と乾季において実施した。

重金属等の分析結果では、サル川中流域のカレバンド橋および河口のモボールにおいて鉛の2～5倍の基準超過が確認され、中流域の市街地（マルガオ市）からの廃棄物等の投棄による影響が示唆された。なお、他に下流域において海水の影響を受けたふっ素の超過および有害物質ではないものの鉄、マンガン、COD（化学的酸素要求量）の基準超過が確認されているが、それらについても海水等の影響によるものと判断される（表3-1）。

微生物の分析結果では、原流域となるウェルナ採水井ではほとんど微生物の影響を受けていないことが確認された一方で、サル川本流の分析結果では河川周辺の魚市場や住居からのし尿やゴミ等の影響を受けた糞便性大腸菌の検出を確認した（表3-2）。

これらの分析結果は、飲料水の基準からはある程度の超過が確認されたものの、一般的な直接の飲料利用を行わない都市河川あるいは農業用水としての利用であれば、問題ない程度の超過であると判断できる。但し、サル川河口域においては、雨季（モンスーン時）に鉛の基準超過および水銀の検出が確認されており、沿岸部からの降雨による洗い出しや都市部の廃棄物等からの流出の可能性が懸念され、現況においては低濃度であるものの物質の有害性を考慮すると、今後、河川水モニタリングにおいて一層の超過が確認された場合、汚染源の特定をする必要があると考えられる。

サル川流域の調査地点位置図を図3-1にサル川の水質の分析結果を表3-1と表3-2に示す。

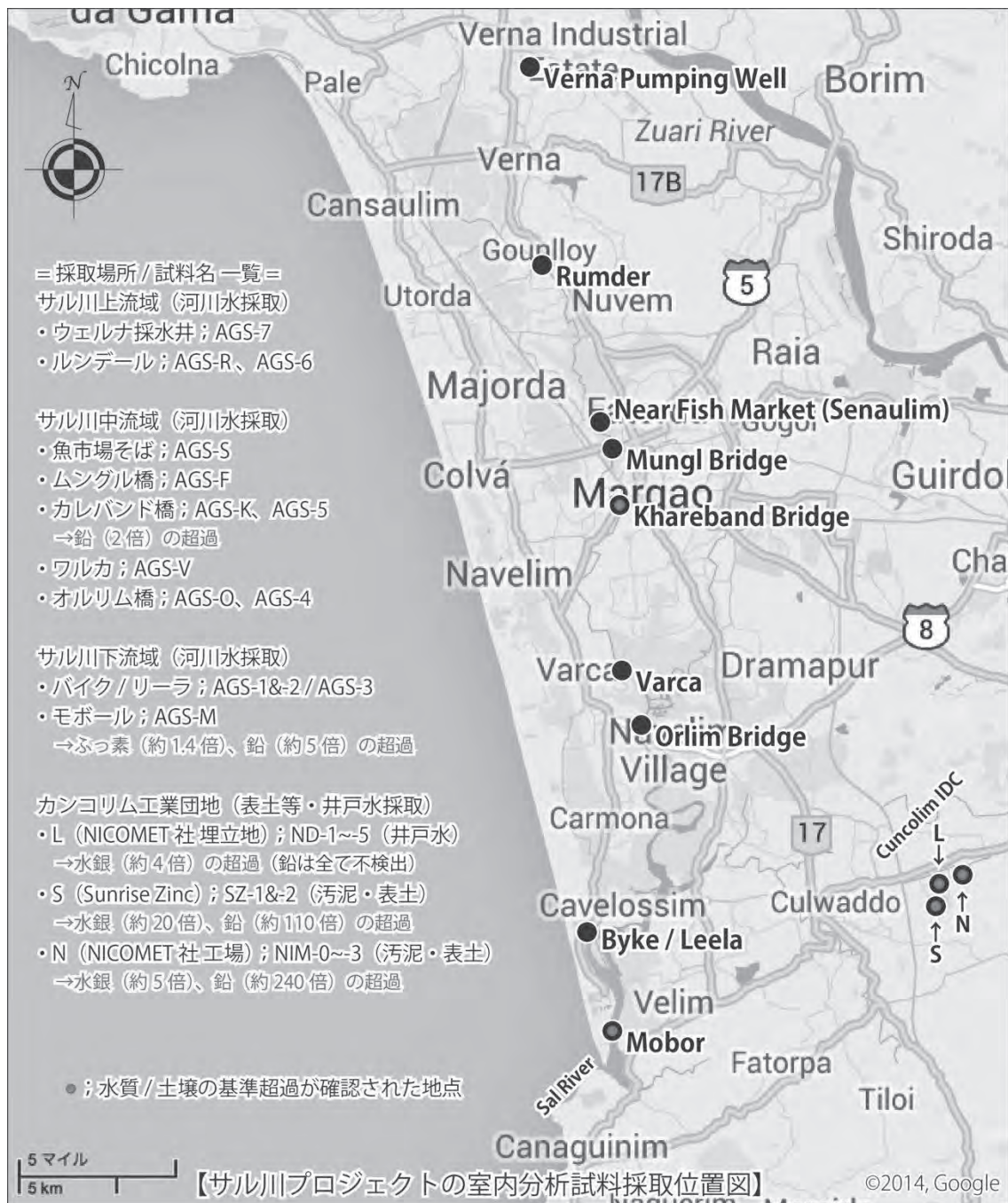


図 3-1 サル川流域の調査地点位置図

表 3-1 サル川、河川水の重金属等分析結果一覧
(Italab (Goa) Pvt. Ltd. の分析による)

試料名 採取場所	AGS-M モポール (サル川下流域)		AGS-O オルリム橋 (サル川中流域)		AGS-K カレバンド橋 (サル川中流域)		AGS-R ルンデール (サル川上流域)		インド水質 (飲料水) 基準値	分析手法(水質)
	採取日(2014年)	6月5日	7月30日	6月5日	7月30日	6月9日	7月30日	6月9日		
ひ素	0.003	0.0003	0.003	0.0004	0.002	0.0002	0.002	0.0003	0.01	APHA-3114-B-22nd Edition
カドミウム	ND	ND	0.002	ND	BDL	ND	ND	ND	0.003	IS 3025: Part 41 : 1992, Reaffirmed 1998
ふっ素	1.38	0.9	0.84	0.06	0.32	0.02	0.14	0.02	1	APHA, 21st Edition 4500-F,B,D
六価クロム	0.003	ND	0.003	0.003	0.01	0.01	0.003	0.01	0.05	IS 3025: Part 52 : 2003
三価クロム	0.01	ND	0.007	0.05	0.01	ND	0.007	ND	-	IS 3025: Part 52 : 2003
鉛	ND	0.051	ND	ND	0.02	ND	ND	ND	0.01	IS 3025: Part 47 : 1994, Reaffirmed 2003
水銀	ND	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.001	APHA 3112 B - 22nd Edition
ニッケル	ND	ND	ND	ND	-	ND	ND	ND	0.02	IS 3025: Part 54 : 2003
亜鉛	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5	IS 3025: Part 49 : 1994, Reaffirmed 2003
鉄	-	ND	-	0.74	-	1.02	-	0.73	0.3	APHA 3125 B
マンガン	ND	ND	0.19	ND	0.07	ND	0.1	ND	0.1	APHA 3125 B
銅	0.004	ND	0.01	ND	0.01	ND	0.01	ND	0.05	APHA 3125 B
硝酸塩	0.56	-	0.54	-	1.03	-	0.37	-	45	APHA-21st Edition 4500 NO3-B
化学的溶存酸素量(COD)	537.6	-	192	-	24	-	16	-	250	APHA-21st Edition 5220-B
単位	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	-

赤: 基準値超過を示す。なお、基準値は飲料水のものであり河川水の水質の検討としては参照とする。

表 3-2 サル川、河川水および沿岸域の井戸水等の微生物分析結果一覧

(試料採取日：上段 4 月 24 日 / 下段 7 月 31 日、Italab (Goa) Pvt. Ltd. の分析による)

試料名	AGS-1	AGS-2	AGS-3	AGS-4	AGS-5	AGS-6	AGS-7	インド水質 (飲料水) 基準値	単位	分析手法(水質)
サル川および沿岸域	バイクそば (サル川下流域)	バイク素掘井戸水 (サル川下流域)	リーラ揚水井 (サル川下流域)	オルリム橋 (サル川中流域)	カレバンド橋 (サル川中流域)	ルンデール (サル川上流域)	ウェルナ 採水井戸 (サル川源流)			
菌数(37°C、数/ml)	測定不能多数	測定不能多数	測定不能多数	測定不能多数	測定不能多数	測定不能多数	測定不能多数	-	数	IS : 1622 : 1981 reaff 2009
最確数(検水100ml中;大腸菌群)	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	2	不検出	数 IS : 1622 : 1981 reaff 2009
糞便系大腸菌群(Fecal coliforms)	有	無	有	有	有	有	無	-	有/無	IS : 1622 : 1981 reaff 2009
糞便系大腸菌群(E. coli)	有	無	有	有	有	有	無	不検出	有/無	IS : 1622 : 1981 reaff 2009
サルモネラ菌	無	無	無	無	無	無	無	-	有/無	IS 5887 (P-3) : 1999 Reaff 2009
赤痢菌	無	無	無	無	無	無	無	-	有/無	IS 5887 (P-7) : 1999 Reaff 2009
腸炎ビブリオ	無	無	無	無	無	無	無	-	有/無	IS 5887 (P-5) : 1999 Reaff 2009
コレラ菌	無	無	無	無	無	無	無	-	有/無	IS 5887 (P-5) : 1999 Reaff 2009
緑膿菌	無	無	無	無	無	無	無	-	有/無	IS 13428 : 2005 Reaff 2011 D
生物化学的酸素要求量(BOD)	80	<3	<3	130	24	140	<3	30	mg/l	IS 3025 : Part 44 : 1993, Reaff. 2009
化学的酸素要求量(COD)	237.6	15.84	27.72	435.6	68.64	285.12	7.92	250	mg/l	APHA-21st Edition 5220-B
硫酸塩	796.2	22.8	32.85	498.6	11.79	2.9	11.79	200	mg/l	IS 3025 : Part 24 : 1986, Reaff. 2009
硝酸塩	0.67	3.47	0.3	0.77	0.57	1.07	1.1	45	mg/l	APHA-21st Edition 4500 NO3-B
有機性窒素	3.45	2.45	3.35	6.6	7.04	6.85	4.48	-	mg/l	IS 3025 : Part 34 : 1988, Reaff. 2009
六価クロム	0.003	0.006	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.05	mg/l	IS 3025 : Part 52 : 2003
リン酸塩	0.05	0.06	0.11	0.12	0.1	1.17	0.05	-	mg/l	IS 3025 : Part 31 : 1988, Reaff. 2009

試料名	AGS-M	AGS-O	AGS-V	AGS-K	AGS-F	AGS-S	AGS-R	インド水質 (飲料水) 基準値	単位	分析手法(水質)
サル川および沿岸域	モボール (サル川下流域)	オルリム橋 (サル川中流域)	ワルカ (サル川中流域)	カレバンド橋 (サル川中流域)	ムングル橋 (サル川中流域)	魚市場そば (サル川中流域)	ルンデール (サル川上流域)			
菌数(37°C、数/ml)	測定不能多数	測定不能多数	測定不能多数	測定不能多数	測定不能多数	測定不能多数	測定不能多数	-	数	IS : 1622 : 1981 reaff 2009
最確数(検水100ml中;大腸菌群)	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	不検出	数	IS : 1622 : 1981 reaff 2009
糞便系大腸菌群(Fecal coliforms)	有	有	有	有	有	有	有	-	有/無	IS : 1622 : 1981 reaff 2009
糞便系大腸菌群(E. coli)	有	有	有	有	有	有	有	不検出	有/無	IS : 1622 : 1981 reaff 2009
サルモネラ菌	無	無	無	無	無	有	無	-	有/無	IS 5887 (P-3) : 1999 Reaff 2009
赤痢菌	無	無	無	無	無	無	無	-	有/無	IS 5887 (P-7) : 1999 Reaff 2009
腸炎ビブリオ	無	無	無	無	無	無	無	-	有/無	IS 5887 (P-5) : 1999 Reaff 2009
コレラ菌	無	無	無	無	無	無	無	-	有/無	IS 5887 (P-5) : 1999 Reaff 2009
緑膿菌	無	無	無	無	無	無	無	-	有/無	IS 13428 : 2005 Reaff 2011 D
生物化学的酸素要求量(BOD)	19.5	1.5	1.75	4.25	3.25	3.75	1.5	30	mg/l	IS 3025 : Part 44 : 1993, Reaff. 2009
化学的酸素要求量(COD)	106.67	21.33	21.33	21.33	21.33	16	10.67	250	mg/l	APHA-21st Edition 5220-B
硫酸塩	193.25	6.57	6.18	8.31	6.57	8.31	5.8	200	mg/l	IS 3025 : Part 24 : 1986, Reaff. 2009
硝酸塩	0.41	0.82	0.78	0.79	0.77	0.75	0.68	45	mg/l	APHA-21st Edition 4500 NO3-B
有機性窒素	3.51	0.43	0.11	0.21	0.37	ND	ND	-	mg/l	IS 3025 : Part 34 : 1988, Reaff. 2009
六価クロム	0.01	0.01	0.003	0.01	0.003	0.02	0.01	0.05	mg/l	IS 3025 : Part 52 : 2003
リン酸塩	0.02	0.07	0.13	0.11	0.11	0.08	0.21	-	mg/l	IS 3025 : Part 31 : 1988, Reaff. 2009

赤：基準値超過を示す。なお、基準値は飲料水のものであり河川水の水質の検討としては参照とする。

[カンコリム工業団地の土壌・地下水汚染状況]

第1次渡航時に Sunrise Zinc 汚泥・表土および NICOMET 社 汚泥・表土の公定法分析、NICOMET 社の管理埋立地（廃棄物の埋立地）におけるモニタリング井戸の地下水水質分析を実施した。これら調査の結果、NICOMET 社を含むカンコリム工業団地内の地下水において大きな異常（有害物質の高濃度検出）は確認されなかったものの、NICOMET 社工場内の汚泥および表土から日本の土壌汚染対策法における鉛の含有量基準値（150mg/kg）を 240 倍程度超過すること、日本における水銀の含有量基準値（15mg/kg）を 8 倍程度超過することを確認した。また、Sunrise Zinc の敷地外壁部の側溝近くの表層土壌からは最大で 309.66mg/kg（日本の土壌含有量基準の約 20 倍）の水銀を、同敷地内の汚泥からは日本における基準を約 110 倍超過する鉛を確認した。

NICOMET 社の土壌中の鉛については非常に大きな値が検出されているものの、同じ土壌は管理埋立地に埋め立てられており、その NICOMET 社埋立地のモニタリング井戸中の地下水においては鉛が不検出であること、表土における基準超過は 2 倍未満であり、大きな超過は管理下にある汚泥にのみ認められたことから、現状において直ちに健康被害を与える可能性は低いと判断する。但し、NICOMET 社の土壌中の水銀に関しては、同じ管理埋立地のモニタリング井戸の地下水においても超過が確認され、工場等の生産活動や廃棄物の投棄による影響がある程度出ていると判断されることから、引き続きモニタリングが必要であると考えます。

また、雨季の水質モニタリングを目的とした第4次渡航（2014年7月26日～同年8月2日）時のカンコリム工業団地内の水質試験結果では、NICOMET 社管理地に面した農業用水路において pH が乾季に比べて pH4～5 まで低下していることを確認し、雨季の表層水の水位上昇に起因した NICOMET 社工場内の土壌を経由した酸性の漂流水の水路への流入と酸性の水による有害物質溶出が懸念された。

上記の調査結果を受けて、第5次渡航（2015年3月14日～同年4月3日）において、地下水汚染の状況把握および地下水モニタリングによる水質管理を目的として、カンコリム工業団地内7地点のボーリングによる土壌・地下水調査と地下水のモニタリング井戸の設置を実施した。

調査の結果、鉛および水銀による影響が懸念された NICOMET 社近傍のボーリング地点においては、鉛および水銀共に基準を満足していることが確認されたものの、カドミウムが 0.05mg/L（基準：0.003mg/L）検出された。Sunrise Zinc 周辺の4地点では、地下水流向の最上流側の1地点において全ての特定有害物質に係る基準を満足していることが確認されたものの、最大で水銀が 0.006mg/L（基準：0.0005mg/L）、鉛が 0.18mg/L（基準：0.01mg/L）、カドミウムが 0.03mg/L 検出された。また、ボーリング調査地点全7地点のうち地下水流向の最下流側に位置する IDC 事務所側の地点では鉛が 0.07mg/L、水銀が 0.006mg/L 検出された。なお、本事業の対象物質である六価クロム

については、カンコリム工業団地内の全てのモニタリング井戸において基準を満足していることが確認された。

これらの結果から、調査結果を GSPCB に報告のうえ、六価クロムの地下水基準超過が存在しないことから、本事業では栄養剤 EDC-M を利用した六価クロムの地下水浄化は不要であると判断した。但し、同栄養剤の鉛、水銀、カドミウムへの効果を検証すべく、バイオレメディエーションのデモンストレーションの一環として GSPCB 担当者と共に水銀および鉛の基準超過が確認された井戸 (CC-5) の井戸水の室内実験 (トリータビリティ試験) の実施を計画した。なお、室内実験は、第 6 次渡航 (2015 年 12 月 4 日～同年 12 月 23 日) から第 7 次渡航 (2016 年 1 月 30 日～同年 2 月 7 日) にかけて GSPCB 実験室内において実施した。約 1.5 ヶ月のバイオレメディエーション栄養剤の投入の結果、鉛およびカドミウムについての濃度減少 (濃度変化) は確認されなかったものの、水銀については CC-5 井戸水採取時に 0.004mg/L (表 3-5 参照) だったものが 0.001mg/L に減少していることを確認し、それと同時に微生物の活発な活動の指標となる鉄分が 0.03mg/L (表 3-5 参照) から 0.470mg/L に増加し、ニッケルの濃度が 0.062mg/L (表 3-5 参照) から 0.015mg/L に減少していることを確認した。鉛、水銀、カドミウムについてはより高濃度の地下水に対してトリータビリティ試験を実施し、その効果を検証する必要があると判断されるが、対象地の地下水については栄養剤 EDC-M によって十分に微生物の活動を刺激することができたと判断できる。また本試験により、EDC-M はニッケルについても効果がある可能性があると考えられる。

表 3-3 に廃棄物の埋立地等における土壌分析結果、表 3-4 に NICOMET 社の管理埋立地 (廃棄物の埋立地) におけるモニタリング井戸の地下水水質分析結果、調査 (井戸設置) 地点を図 3-2、地下水分析結果を表 3-5 に示す。

表 3-3 Sunrise Zinc 汚泥・表土、NICOMET 社 汚泥・表土分析結果一覧
(SGS India Pvt. Ltd. の分析による)

試料名	SZ-1	SZ-2	NIM-0	NIM-1	NIM-2	NIM-3	基準値 (日本、土壌 汚染対策法)	分析法(土壌)
物質	廃棄汚泥	表土	工場汚泥	工場内廃棄汚泥	工場内廃棄汚泥	工場内表土		
採取場所	Sunrise Zinc敷地内	Sunrise Zinc敷地前	NICOMET社 工場	NICOMET社 工場	NICOMET社 工場	NICOMET社 工場		
採取日	2月12日	2月12日	2月12日	2月12日	2月12日	2月12日		
鉄	45969.09	51251.96	12566.16	82517.62	87925.81	79292.98	-	AOAC 990.08: 2005
マグネシウム	1769.86	2073.55	2680.1	3035.04	3017.17	3811.7	-	AOAC 990.08: 2005
銅	13609.6	136.93	1224.22	2063.91	2739.88	2077.11	-	AOAC 990.08: 2005
マンガン	28034.26	1480.83	1406.91	2233.81	2704.99	479.9	-	AOAC 990.08: 2005
硝酸	787.9	81.6	12.1	676.6	<10	<10	-	IS 14684: 1999
ふっ素	57.99	0.37	18.99	7	7.3	2.3	4000	USEPA 9214
水銀	32.09	309.66	<10	11.78	29.93	81.88	15	AOAC 990.08: 2005
カドミウム	86.62	<10	<10	52.13	80.8	20.15	150	AOAC 990.08: 2005
セレン	15.75	<10	<10	<10	<10	<10	150	AOAC 990.08: 2005
ヒ素	47.25	<10	<10	90.74	214.86	60.45	150	AOAC 990.08: 2005
シアン	2.4	<0.1	10	<0.1	<0.1	<0.1	50	USEPA 9213
鉛	17072.55	95.85	38059.89	509.7	429.71	210.64	150	AOAC 990.08: 2005
亜鉛	29018.604	766.823	602.693	293.465	776.788	93.415	-	AOAC 990.08: 2005
六価クロム	<10	<10	<10	<10	<10	<10	250	USEPA 3060 A & 7196 A
農薬(全54項目)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	-	USEPA 8081 A by GC-MS, 8141 A by LC-MS/MS
アルミニウム	14107.69	35639.67	2725.3	20204.65	17021.21	14700.98	-	AOAC 990.08: 2005
ほう素	984.35	<10	<10	<10	<10	<10	4000	AOAC 990.08: 2005
ニッケル	618.17	111.5	93304.45	6178.2	1595.81	1060.54	-	AOAC 990.08: 2005
コバルト	88.9	37.17	1305.21	2874.79	2761.91	1109.99	-	AOAC 990.08: 2005
三価クロム	279.56	48.9	69.69	225.89	137.73	87.92	-	AOAC 990.08: 2005
単位	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	-

赤: 基準値超過を示す(土壌に関するインド基準がないため日本の土壌汚染対策法における基準を参照した)。

表 3-4 NICOMET 社 管理埋立地の井戸水重金属等分析結果一覧
(Italab (Goa) Pvt. Ltd. の分析による)

試料名/井戸番号 採取日(2014年)	ND-1/MW-1			ND-2/MW-2		ND-3/MW-3			ND-4/MW-4			ND-5/MW-5		分析手法(水質)
	4月8日	6月4日	7月30日	4月8日	6月4日	4月8日	6月4日	7月30日	4月8日	6月4日	7月30日	2月12日	4月8日	
ひ素	ND	ND	0.002	ND	ND	ND	ND	0.0004	ND	ND	0.001	ND	0.001	APHA-3114-B-22nd Edition
カドミウム	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	IS 3025: Part 41 : 1992, Reaffirmed 1998
ふっ素	0.01	0.01	ND	0.05	0.21	0.04	0.11	-	0.09	0.19	0.13	0.12	0.04	APHA, 21st Edition 4500-F,B,D
六価クロム	0.006	ND	ND	0.006	ND	0.05	0.02	0.003	ND	ND	0.003	ND	ND	IS 3025: Part 52 : 2003
三価クロム	ND	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	0.024	ND	0.01	0.004	ND	ND	IS 3025: Part 52 : 2003
鉛	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	IS 3025: Part 47 : 1994, Reaffirmed 2003
水銀	0.002	0.002	0.0004	0.004	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.0001	ND	ND	APHA 3112 B - 22nd Edition
ニッケル	ND	ND	0.011	ND	ND	ND	ND	0.012	ND	ND	0.006	0.002	0.007	IS 3025: Part 54 : 2003
亜鉛	0.007	ND	0.045	0.05	ND	0.05	ND	-	0.012	ND	0.028	ND	0.013	IS 3025: Part 49 : 1994, Reaffirmed 2003
鉄	-	0.01	ND	-	ND	-	0.01	-	-	0.06	0.18	ND	0.038	APHA 3125 B
マンガン	-	ND	ND	-	0.07	-	0.05	-	-	1.3	1.18	ND	ND	APHA 3125 B
銅	-	0.02	ND	-	ND	-	ND	-	-	0.01	ND	ND	0.011	APHA 3125 B
単位	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	-

赤: 基準値超過を示す。基準値は表3.1参照とする。



図 3-2 カンコリム工業団地 ボーリング調査位置図 (CC-1~CC-7 の 7 地点)

表 3-5 カンコリム工業団地のモニタリング井戸水分析結果一覧
(Italab (Goa) Pvt. Ltd. の分析による)

分析項目 (mg/L)/ (採取月/日)	CC-1			CC-2			CC-3			CC-4			CC-5			CC-6			CC-7			インド水質 (飲料水) 基準値
	4/2	12/9	2/3	4/2	12/18	2/3	4/2	12/18	2/3	4/2	12/9	2/3	4/2	12/18	2/3	4/2	12/9	2/3	4/2	12/9	2/3	
銅	0.007	0.0222	0.008	0.003	0.0026	0.015	0.03	0.0045	0.002	0.29	0.316	0.356	0.68	0.291	0.14	0.69	0.622	0.535	0.242	0.214	0.2	0.05
ふっ素	0.25	0.1	0.04	0.16	0.1	0.05	0.26	0.23	0.14	0.31	0.12	0.06	0.31	0.07	0.02	0.35	0.11	0.19	0.31	0.23	0.26	1
水銀	ND	0.006	0.005	ND	0.0326	ND	ND	0.006	ND	ND	0.001	ND	0.005	0.004	ND	0.006	0.003	0.001	0.001	0.001	0.003	0.001
カドミウム	ND	0.0015	0.013	0.05	0.077	0.084	0.02	0.018	0.026	0.01	0.0177	0.036	ND	0.0194	0.027	0.03	0.045	0.077	ND	0.0545	0.046	0.003
ひ素	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01
鉛	0.07	0.025	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.18	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01
亜鉛	0.17	0.069	0.028	0.2	0.04	0.099	0.67	0.693	0.779	2.48	1.96	1.924	1.08	1.89	1.766	3.11	2.21	2.216	3.26	2.19	1.842	5
六価クロム	ND	0.009	BDL	BDL	BDL	BDL	0.006	BDL	BDL	0.003	BDL	BDL	0.025	0.009	BDL	0.02	0.006	BDL	0.02	BDL	BDL	0.05
硫酸塩	0.18	10.5	13.58	19.95	29.04	92.26	23.63	67.6	158.38	11.03	29.1	26.39	39.2	37.3	31.52	30.28	49	105.59	46.03	103.6	186.57	200
マンガン	0.14	BDL	0.08	0.24	0.02	0.25	0.34	0.63	6.38	0.19	BDL	3.43	0.14	0.05	3.51	0.87	5.19	19.93	0.6	5.38	15.41	0.1
ニッケル	ND	0.0422	ND	0.39	0.613	0.608	0.023	0.026	0.041	ND	0.0495	0.039	0.05	0.062	0.041	0.02	0.097	0.18	0.17	0.191	0.13	0.02
三価クロム	0.004	0.001	BDL	0.01	0.006	BDL	0.004	0.004	BDL	0.005	0.007	BDL	0.005	0.001	BDL	BDL	0.002	BDL	BDL	0.003	BDL	-
鉄	0.35	0.35	0.04	0.33	0.02	0.05	0.86	0.01	0.10	0.65	0.07	0.04	3.03	0.03	0.59	1.85	0.05	0.25	2.09	0.07	0.15	0.3
総クロム	0.004	0.01	BDL	0.01	0.006	BDL	0.01	0.004	BDL	0.008	0.007	BDL	0.03	0.01	BDL	0.02	0.056	BDL	0.02	0.003	BDL	-
コバルト	0.004	0.014	ND	0.08	0.883	0.938	0.06	0.032	0.019	0.54	0.0057	0.022	0.12	0.024	0.04	0.06	0.0555	0.096	0.01	0.071	0.012	-

ND: 不検出、BDL: 検出下限値未満、赤: 基準値超過を示す。なお、基準値は飲料水のものであり地下水の水質の検討としては参照とする。

iii) サル川流域のシミュレーション結果

サル川流域のフェーズ I およびフェーズ II 調査結果に基づいて、六価クロムの地下水汚染が確認されなかったことから、バイオレメディエーション栄養剤を用いた統合型地下水浄化ユニットによる地下水浄化は執り行わないこととした。本事業では、統合型水循環解析ソフトウェア GETFLOWS™ を用いて、井戸設置を行ったカンコリム工業団地を含むサル川流域の水循環シミュレーション・モデルを構築し、同地域における水利用のあり方について検討した。

図 3-3 に示すサル川流域 530km² の面積に対し、22,128 の平面格子と 18 の鉛直格子による総数約 40 万の格子 (図 3-4 参照) を設定し、降水量、気温、地質 (透水係数、有効間隙率)、水利用 (灌漑用水利用) のデータを入力しモデルを構築し、フェーズ I 調査時の地下水水位の実測データをモデル検証に用いた。

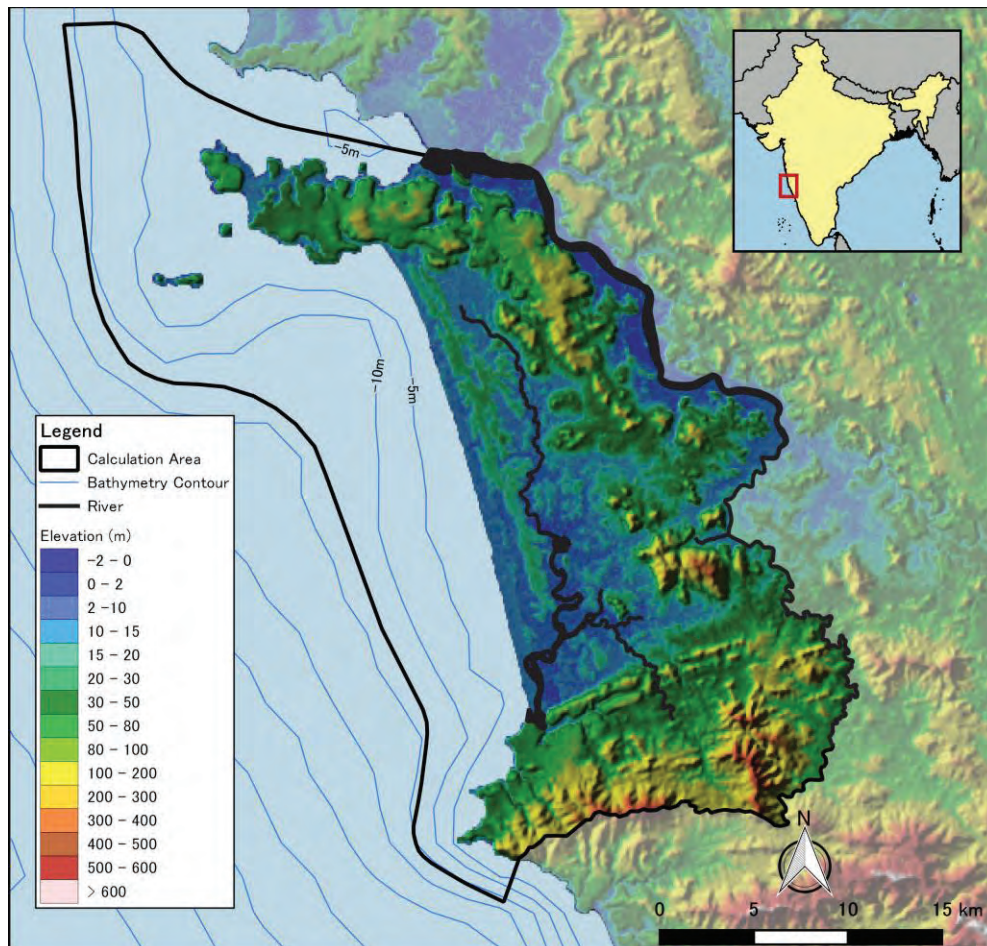


図 3-3 サル川流域 (シミュレーション対象地域)

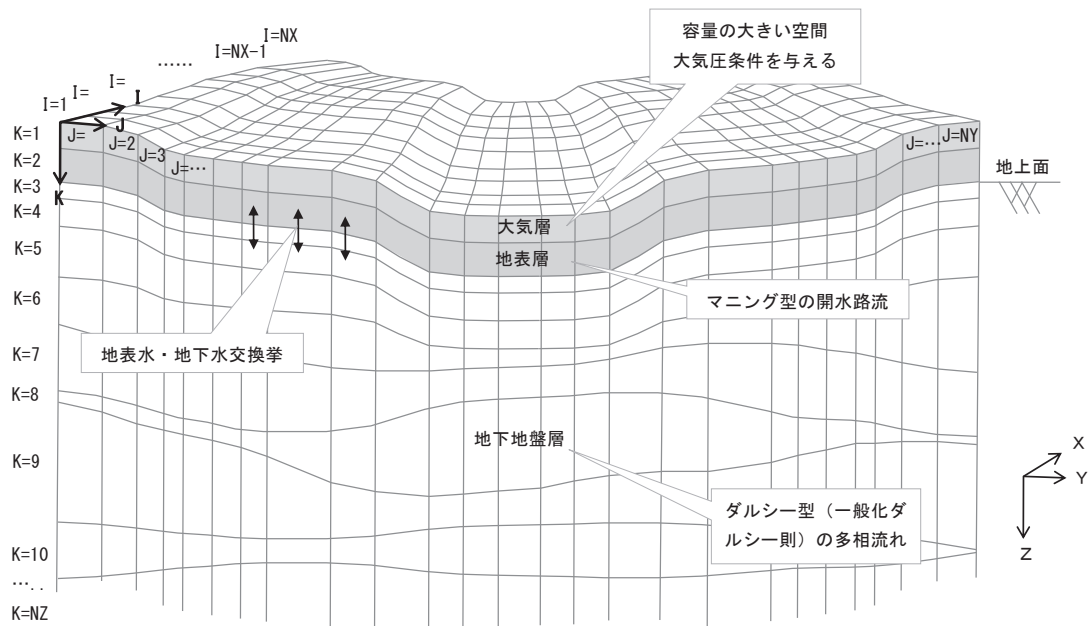


図 3-4 シミュレーション格子の概念

シミュレーションによる解析によると、図 3-5 に示した通り、解析領域全体の年間水収支は、降雨として供給された水量 (1,529 百万 t/年) のうち、1,118 百万 t/年 (73.1%) が地表水として、20 百万 t/年 (1.3%) が地下水として流出し、地表水からの蒸発散量 306 百万 t/年、土壌からの蒸発量 85 百万 t/年となっていることが想定される。また、解析領域全体の年間涵養量は 236 百万 t/年、年間湧出量は 128 百万 t/年であり、年間 98 万 t の地下水貯留量が増加していることが想定され、現況における農業用水の必要量に鑑みると同地下水量であれば問題ないことがわかった。

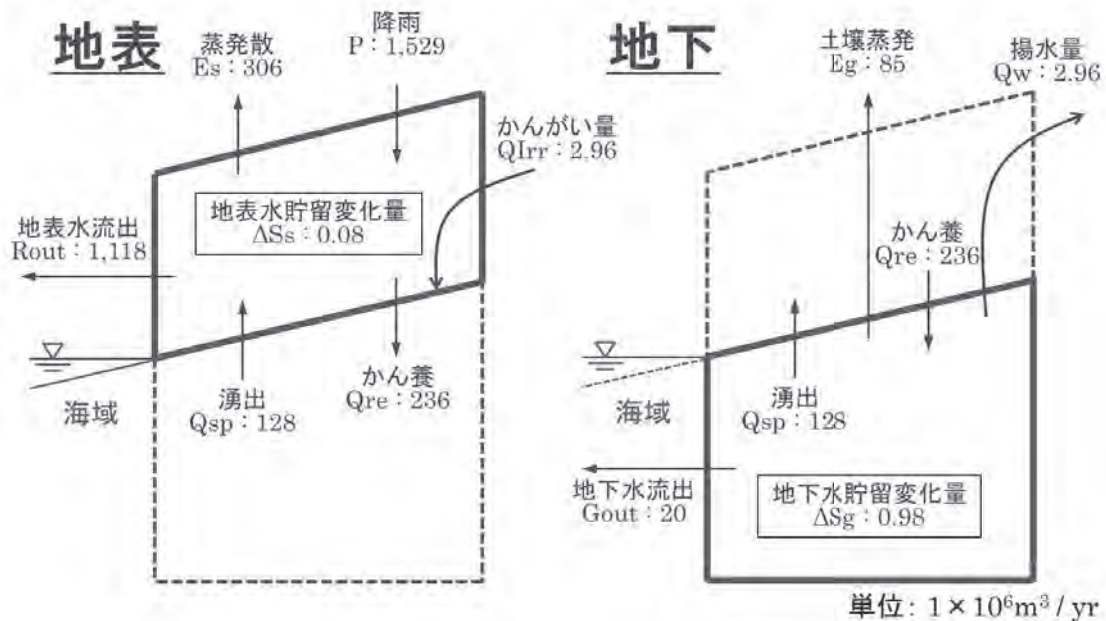


図 3-5 解析域全体の年間水収支集計結果

iv) 用水路および周辺井戸の目視調査および簡易水質測定 (フェーズ I 調査)

六価クロムを含む重金属等の地下水汚染を特定することを目的として、高濃度の六価クロムを含む排水の用水路への拡散が確認された同ゴア州にあるベトラ工業団地の井戸の目視調査および簡易水質測定を行った。

この調査は、第 3 次渡航から第 4 次渡航にかけてベトラ工業団地およびその周辺地域を対象として網羅的に実施された。この調査では、用水路の水および井戸水のベーシックパラメーター分析および六価クロムの簡易分析により、サル川流域のフェーズ I 調査地点と合わせて全 224 地点において汚染場所の特定を行った。

調査の結果、ベトラ工業団地の用水路の最下流側において酸性の強い水 (pH2~3) の存在を確認し、なお且つ、工業団地内に 2 件の操業中の六価クロム使用工場の存在を確認した。

これらの結果を受けて、ベトラ工業団地の用水路に沿った 7 地点のボーリングによる土壌・地下水調査と地下水のモニタリング井戸の設置を計画した。

第 1~3 次渡航にかけて実施した簡易水質測定の実施地点および測定結果一覧を別紙「Survey Log (簡易水質測定地点一覧)」に示す。

v) 用水路水質分析および土壌・地下水分析からなる試料採取調査 (フェーズ II 調査)

ベトラ工業団地のフェーズ I 調査の結果特定された地下水汚染が懸念された用水路沿いの 7 地点について第 5 次渡航 (2015 年 3 月 14 日~同年 4 月 3 日) において、土壌・地下水の六価クロムによる汚染状況把握を目的としたボーリング調査を実施した。

調査の結果、ベトラ工業団地のボーリング調査を実施した土壌中には部分的に六価クロムが検出された地点が存在するものの、1 mg/L 未満の濃度であり、土壌から直ちに地下水へと溶出される程高濃度の六価クロムは検出されず、六価クロムによる顕著な地下水汚染は確認されなかった⁶。

ベトラ工業団地における地下水の特徴（有害物質の基準超過状況）としては、最下流側（BT-1 を除く）において基準の 1.1～4.7 倍の鉛の超過が確認されたこと、断続的に 5～10 倍の水銀の超過が確認されたことがあげられる。

調査（井戸設置）地点を図 3-3、地下水分析結果を（カンコリム工業団地の地下水分析結果と共に）表 3-6、土壌の現地分析結果を表 3-7 に示す。

[ベトラ工業団地およびカンコリム工業団地のボーリング調査地点選定について]

ベトラ工業団地およびカンコリム工業団地において実施されたボーリング調査地点の選定にあたっては、アサヒ地水探査と GSPCB が協議を行ったうえで最終的に選定したものである。アサヒ地水探査は、GSPCB への実施許可確認とボーリング実施会社（Spectra GeoServices Pvt. Ltd.）との現地協議のため 2015 年 1 月 18 日～1 月 26 日にかけてインドへの自主渡航を行い、作業員および GSPCB 担当者と共に調査地点の確認を行っている。当初は上記工業団地に加えてサル川流域においてもボーリング調査を実施予定であったものの、GSPCB 側からサル川流域でのボーリング実施について地権者（個人地主）の意向により同地でのボーリング作業が認められない可能性が高い旨が伝えられ、なお且つ、代案として GSPCB 側に複数地点を提案して欲しい旨が伝えられた。それを受けてサル川流域の 4 地点を含むカンコリム工業団地内 7 地点、ベトラ工業団地内 8 地点の合計 19 地点をボーリング調査候補地とし、許可申請（Request for Boring and Installing Monitoring Wells）を 2015 年 1 月 22 日付けで GSPCB に提出した。その結果、GSPCB 側から同年 2 月 12 日付けで、サル川については地権者問題により作業が認められず、その代わりにカンコリム工業団地内の工業団地所有の土地において作業を行ってほしい旨の要望と、特に農業用水路脇 3 箇所において井戸設置をしてほしい旨の要望があった。この GSPCB からの要望を受けて、最終的に図 3-6 に示したベトラ工業団地内 7 地点と図 3-2 に示したカンコリム工業団地内の SunriseZinc 敷地内 4 地点と農業用水路脇 3 地点の合計 14 地点におけるボーリング調査を実施することとなった。

⁶ 顕著な地下水汚染は確認されなかった：第 5 次調査時には全ての調査地点において日本の地下水基準と照らし合わせて、全て基準を満足していることが確認されていたものの、その 2 ヶ月後の GSPCB（とエコサイクルコーポレーション）の地下水分析では僅かながら日本の基準を超過している地点が確認されているため「顕著な」地下水汚染は確認されなかったとした。いわゆる顕著な汚染としては、30 倍程度（1.5mg/L）の超過を目安とした。



図 3-6 ベトトラ工業団地 ボーリング調査位置図 (BT-1~BT-7 の 7 地点)

表 3-6 ベトラ工業団地のモニタリング井戸水分析結果一覧
(Italab (Goa) Pvt. Ltd. の分析による)

分析項目 (mg/L)/ (採取月/日)	BT-1			BT-2			BT-3			BT-4			BT-5			BT-6			BT-7			インド水質 (飲料水) 基準値
	3/31	12/17	2/2	3/31	12/17	2/2	3/31	12/17	2/2	3/31	12/17	2/2	3/31	12/17	2/2	3/31	12/17	2/2	3/31	12/17	2/2	
銅	0.023	0.006	0.007	0.011	0.013	0.009	0.003	0.0026	0.01	0.2	0.013	0.045	0.12	0.002	0.083	0.01	0.007	0.004	0.08	0.0135	0.047	0.05
ふっ素	0.35	0.16	0.1	0.16	0.5	0.64	0.16	0.18	0.26	1.84	0.48	0.94	1.89	0.53	1.25	0.6	0.65	0.47	0.78	0.36	0.26	1
水銀	ND	0.007	ND	ND	0.0006	ND	ND	ND	ND	ND	0.006	0.002	ND	0.005	ND	ND	0.001	ND	ND	0.01	0.005	0.001
カドミウム	ND	0.009	0.001	ND	0.0009	0.002	ND	0.0015	0.003	ND	ND	0.008	ND	ND	0.009	0.001	0.0015	0.012	0.001	0.0006	0.012	0.003
ひ素	0.0007	ND	ND	0.0004	ND	ND	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01
鉛	ND	ND	ND	0.11	ND	ND	0.09	ND	ND	0.28	ND	ND	0.47	ND	ND	0.15	ND	ND	0.17	ND	ND	0.01
亜鉛	0.66	0.356	0.44	0.079	2.054	1.961	0.16	0.052	0.437	2.88	0.48	1.289	2.88	0.018	1.783	0.47	0.087	0.108	1.87	0.438	0.086	5
六価クロム	0.003	BDL	0.01	BDL	BDL	BDL	BDL	0.003	BDL	0.03	BDL	0.01	ND	0.003	0.01	BDL	BDL	0.01	0.003	BDL	0.01	0.05
硫酸塩	9.1	13.48	15.89	3.33	13.13	12.56	2.45	11.9	9.99	146.5	25.38	44.85	18.73	10.68	79.45	13.65	11.55	49.21	15.75	24.5	41.52	200
マンガン	0.17	0.89	0.98	0.12	0.07	BDL	0.19	0.05	BDL	0.34	BDL	0.4	0.02	0.02	0.15	0.05	BDL	0.15	0.19	0.02	0.29	0.1
ニッケル	0.03	0.023	0.03	ND	0.39	0.334	ND	ND	0.041	0.1	0.058	0.163	0.96	ND	0.559	0.02	0.025	0.069	0.1	0.0215	0.003	0.02
三価クロム	BDL	BDL	BDL	0.01	0.005	BDL	0.002	0.003	BDL	0.19	0.01	BDL	ND	0.001	BDL	0.003	0.02	BDL	0.004	0.006	BDL	-
鉄	0.13	BDL	3.23	0.39	BDL	0.25	0.1	BDL	0.04	2.99	0.19	3.08	0.81	0.01	2.25	1.28	BDL	0.03	0.08	0.04	2.18	0.3
総クロム	0.003	BDL	0.01	0.01	0.005	BDL	0.002	0.006	BDL	0.22	0.01	0.01	ND	0.004	0.01	0.003	0.02	0.01	0.007	0.006	0.01	-

ND: 不検出、BDL: 検出下限値未満、赤: 基準値超過を示す。なお、基準値は飲料水のものであり地下水の水質の検討としては参照とする。

表 3-7 ベトラ工業団地の六価クロムの土壌現地分析結果一覧

BT-1		BT-2		BT-3		BT-4		BT-5		BT-6		BT-7	
GL -m	mg/L	GL -m	mg/L	GL -m	mg/L	GL -m	mg/L	GL -m	mg/L	GL -m	mg/L	GL -m	mg/L
0-1	ND	0-1	ND	0-1	ND	0-1	ND	0-1	ND	0-1	ND	0-1	ND
1-2	ND	1-2	ND	1-2	ND	1-2	ND	1-2	ND	1-2	ND	1-2	0.09
2-3	ND	2-3	ND	2-3	0.08	2-3	ND	2-3	ND	2-3	ND	2-3	0.08
3-4	ND	3-4	ND	3-4	ND	3-4	ND	3-4	ND	3-4	ND	3-4	ND
4-5	ND	4-5	ND	4-5	ND	4-5	ND	4-5	ND	4-5	ND	4-5	ND
5-6	ND	5-6	ND	5-6	ND	5-6	ND	5-6	ND	5-6	ND	5-6	ND
6-7	ND	6-7	ND	6-7	ND	6-7	ND	6-7	ND	6-7	ND	6-7	ND
7-8	-	7-8	ND	7-8	0.10	7-8	ND	7-8	ND	7-8	ND	7-8	ND
8-9	ND	8-9	0.07	8-9	0.09	8-9	ND	8-9	ND	8-9	ND	8-9	ND
9-10	ND	9-10	ND	9-10	0.05	9-10	ND	9-10	ND	9-10	ND	9-10	ND
10-11	ND	10-11	ND	10-11	ND	10-11	ND	10-11	ND	10-11	ND	10-11	0.12
11-12	ND	11-12	ND	11-12	ND	11-12	ND	11-12	ND	11-12	ND	11-12	ND
12-13	0.10	12-13	ND	12-13	ND	12-13	ND	12-13	ND	12-13	-	12-13	0.10
13-14	ND	13-14	ND	13-14	ND	13-14	ND	13-14	ND	13-14	ND	13-14	ND
14-15	0.06	14-15	ND	14-15	ND	14-15	ND	14-15	ND	14-15	ND	14-15	ND
15-16	ND	15-16	ND	15-16	ND	15-16	ND	15-16	ND	15-16	ND	15-16	ND
16-17	ND	-	-	16-17	ND	16-17	ND	16-17	ND	16-17	ND	-	-
-	-	-	-	-	-	17-18	ND	-	-	-	-	-	-

パックテスト (WAK-Cr6+) による現地分析、デジタルパックテスト (DPM-Cr6+) により計測
 ND : 不検出、- : 試料なし、赤字 : 検出

vi) ベトラ工業団地の地下水浄化デモンストレーション（フェーズⅢ対応）

ベトラ工業団地のフェーズⅠおよびフェーズⅡ調査結果に基づいて、地下水浄化の必要性を検討し、地下水浄化デモンストレーション（フェーズⅢ対応）を実施した。

地下水浄化のデモンストレーションとして、第6次渡航から第7次渡航にかけてベトラ工業団地内の六価クロム使用工場の排水を用いた栄養剤 EDC-M の室内実験（トリータビリティ試験）を実施した。併せて、GSPCB と協議の上、六価クロム使用事業所（Aerocoach 社）の排水処理施設の一部へのイオン交換樹脂を用いた六価クロム除去設備の設置を行った。設置に際しては、カウンターパート立会いのもとで同事業所の技術者に対し技術説明・使用方法・修理方法の指導を行った。ちなみに、設置されたイオン交換樹脂による水処理装置は、設置後1週間程度で約 6,000m³ の排水について六価クロムを除去していることを確認した。

また、本事業では、重クロム酸カリウムによる 1 mg/L の六価クロム基準溶液およびベトラ工業団地内の六価クロム使用工場の排水（六価クロム > 30 mg/L）を用いた光触媒装置による六価クロムの除去試験についても実施した。この試験では、溶液中の六価クロムと総クロムの濃度を適宜パックテスト™を用いて簡易分析を実施し、光触媒の効果確認を行った。光触媒がコーティングされたガラス板および鉄板による六価クロムの安定化実験では、UV ランプで約 300 分間照射することにより 1 mg/L の六価クロム濃度が低減し、ほとんどのクロムが光触媒上に析出されることが確認された。なお、本試験により、六価クロムの濃度低減には pH が深く関わっており、より低い pH（強い酸性）ほど早くクロムの析出が進むことが確認されている。詳細な試験結果を添付資料「光触媒反応による六価クロム浄化有効性実証試験」に示す。

栄養剤の効果確認試験（トリータビリティ試験）については、表 3-8 に示した通り約 2 週間で 10mg/L 程度の濃度の六価クロムが基準値（0.05mg/L）近い 0.08mg/L にまで減り、4 週間後には不検出となっており、栄養剤の効果が確認された。

表 3-8 栄養剤（EDC-M）のトリータビリティ試験結果
（Sai laboratories Pvt. Ltd.の分析による）

分析項目	単位	開始時	2 週間後	4 週間後
六価クロム	mg/L	10.31	0.08	不検出
pH (27 度)	-	6.5	6.2	6.4
ORP (酸化還元電位)	mv	+189	-320	-110
DO (溶存酸素量)	mg/L	8.1	0.3	0.5
COD (化学的酸素要求量)	mg/L	10	680	320
TDS (不純物総溶解度)	mg/L	2,140	2,680	2,940

vii) バイオレメディエーション技術セミナー

アサヒ地水探査は、カウンターパートの能力強化を目ざして、バイオレメディエーション技術を含む、当該事業に係る移転技術のセミナーを実施した。

本事業に係る基礎知識の説明を目的として GSPCB チェアマンおよび GSPCB の（日本における大学の講師、准教授、教授に相当する）Scientist "B"以上の該当者（8名程度）を対象としたセミナーを実施した。

第1次渡航の2014年2月25日では、リロ・パナソニックエクセルインターナショナル(株)の玉虫博士による「光触媒の原理と六価クロムの安定化」に関するセミナーを実施した。本セミナーでは、参加者から有害な化学物質（還元剤など）を添加しない反応である光触媒反応そのものと実際の効果に対する強い興味が寄せられた。第2次渡航の2014年4月9日では、(株)地圏環境テクノロジー社代表（西岡氏）による「地下水シミュレーション（GETFLOWS™）の適応性と同シミュレーションを用いた水資源管理」に関するセミナーを実施した。本セミナーでは、参加者から地下水以浅の土壌（不飽和帯の土壌）と地下水以深の土壌を統合的にモデル化する GETFLOWS™ の技術と将来的なサル川流域の水利用への活用について強い関心が示された。第3次渡航の2015年6月6日には、エコサイクルコーポレーション社代表（Chandraghatgi 博士）による「日本における EDC™ の事例紹介と同栄養剤の浄化理論の紹介そして同栄養剤の安全性」に関するセミナーが実施された。本セミナーでは、参加者から日本における浄化費用の高さへの驚きの他、多種ある浄化対策におけるバイオレメディエーションの優位性に関心が寄せられた。

また、第7次渡航において調査結果の説明と現場デモンストレーション等を通じた総括的な技術移転セミナーを実施した。本セミナーでは、アサヒ地水探査が提案した今後必要とされる対応策（本事業において設置した14本のモニタリング井戸を活用した継続的な地下水モニタリングによる地下水環境管理）への理解が示され、GSPCB チェアマンからは、本事業の事業継続の要望や新たなプロジェクト提案に対する協力の申し出があった。

viii) ビジネス検討

まず、フェーズ I 調査における聞き取り調査およびフェーズ II 調査における本業務を通じた関係事業所への聞き取り調査から、事業対象地であるゴア州におけるバイオレメディエーション事業の事業可能性の検討を行った。

第1次渡航から第2次渡航にかけて、ゴア州にある全22の工業団地のうち、重工業を中心とした歴史の長い（古い）大規模工業団地としてカンコリム工業団地、中小のめっき工場が存在する中規模工業団地としてベトラ工業団地、州内で最先端の大規模工場団地としてヴェルナ（Verna）工業団地、そして一般的な小規模の工業団地として

クンダイン (Kundaim) 工業団地を GSPCB 担当者と共に視察した。その際、各々の工業団地の管理者 (IDC マネージャー) に対して、六価クロム使用事業所 (めっき工場、革なめし工場 等) の有無、工業団地が抱える環境問題、工業団地内の汚染懸念事業所の存在、近隣住民との関係について聞き取りを行った。その結果、汚染の投棄現場が存在するカンコリム工業団地の IDC マネージャー以外は、工業団地内の事業所の操業状況やその問題、近隣住民との関係について具体的に把握していないことが確認された。カンコリム工業団地の IDC マネージャーは、カンコリム地域の出身であるため、不法投棄現場 (Sunrise Zinc) の問題にたまたま詳しくあったものと考えられる。ちなみに、ヴェルナおよびクンダイン工業団地内には、六価クロムの使用が想定される事業所はないことが、IDC マネージャーから提示された事業所リストにより確認された。また、工業団地に立地する企業に対し土壌・地下水環境施策に関する聞き取りを行ったところ、現在係争中の事案を抱えている工場と外資系の自社環境ガイドラインを持つ工場以外は積極的な対応は行っていないことが確認された。なお、土壌・地下水環境施策としては、係争中の工場が自社管理の廃棄物埋立処分場を建設し継続的に地下水モニタリングを実施している以外は、各工場による自主的な調査実施は確認できなかった。なお、上記係争中工場以外は排水のモニタリングを実施しており、係争中工場を含め全ての環境施策の実施が確認できた工場は、環境分析をゴア州内ではなく州外 (ムンバイ等) の環境分析事業所に依頼していることが判明した。

ゴア州の水質分析事業所としては、本事業でも利用した外資系の ItaLab Pvt. Ltd. が GSPCB の分析依頼も含めて非常に多くの業務を担っていることが確認され、十分な設備を持つ事業所が他に存在しないため、同社の独壇場となっていることが確認された。但し、同社は外資系企業のためインド国内の事業所に比べて分析単価が割高であり、ムンバイ等の近隣であれば試料の輸送コストを想定した上でも、州外の分析事業所を選択することが十分にあり得ると考えられた。なお、ゴア州内には、土壌の分析事業所は 2016 年 1 月現在、存在しない。

上記聞き取り調査結果等により、ゴア州内における土壌・地下水調査/対策に係る事業検討として自社環境ガイドラインを持つ外資系企業にアプローチすることが最も有利であると判断した。また、操業中の工場の排水管理については、他州に輸送してまで分析している金銭的・時間的・労力的コストを勘案すると、本事業において用いた簡易分析 (パックテストTM) の参入の余地は十分にあると考えられる。なお、1 回あたりの簡易分析 (六価クロム) の単価は約 67 円 (市場価格 10,000 円/150 回パック) であり、ゴア州内での公定法分析の 1 検体あたりの単価は約 700 円 (700 円/1 検体) であることから、インドにおいても有害物質使用事業所を対象とした簡易分析の活用は十分に提案可能であると考えられる。

簡易分析を併用した調査提案等を行うことでコストに厳しいインドにおいても事業提案が可能になると考えるものの、ゴア州工業団地に立地する事業者は倉庫、食品、

製薬等の工場が主であり、上記のとおり重工業関連はほとんどなく、皮なめし工場については報告されていない。従って、ゴア州においては本事業に係る地下水など環境修復事業のビジネス展開は容易ではない。

他方、詳細は後述するが、既知の地下水汚染等が存在するハイデラバードやバンガロールといった都市においては、新たな（今後改正される）規制に応じた環境ビジネスが可能と判断し、インドにおける日系企業を中心に外資系企業の環境支援業務を軸とした事業展開の検討を行った。

（２）事業目的の達成状況

本事業は、ゴア州における工業発展に伴った地下水等の環境悪化に対し、健全な水環境の復元を目的として、土着の微生物の活性による地下水浄化を図る栄養剤を用いた統合型の地下水浄化ユニットを用いた地下水の浄化試験を行い、その技術の効果と優位性を実証し普及を図るものである。試料採取調査で六価クロムによる地下水汚染がゴア州において確認されなかったことから EDC-M を用いた統合型地下水浄化ユニットによる浄化事業は実現しなかったものの、サル川流域・カンコリム工業団地・ベトラ工業団地における現在の汚染状況の把握と、地表を流下する高濃度六価クロムの問題や局所的な pH 異常の発見から、健全な地下水環境の復元のための材料を GSPCB に対して提示することができた。

また、地下水浄化ユニットを構成する提案技術については、EDC-M の効果、イオン交換樹脂による六価クロム除去の効果、光触媒による六価クロムの安定化の効果と優位性について現地説明およびセミナーを通じて、GSPCB およびイオン交換樹脂の除去設備を設置した工場の関係者へ原理等の説明を行い、技術への理解および関心を得ることができたことから、本事業に係る各活動においてそれぞれ成果を上げられたと考える。

ビジネス展開の検討については、当初、ゴア州単独でのビジネス展開を想定していたものの、本土壌・地下水調査結果からゴア州では六価クロムによる重篤な地下水汚染が存在しないことが確認された。ただし、現状として用水路等の地表水中には高濃度の六価クロムを含む水が流下しており調査範囲外における地下水汚染の存在や将来的な汚染の発生の可能性はあると判断され、ゴア州においてもバイオレメディエーションの適応の可能性はあると考えられる。そこで、本実証事業において得られた六価クロム浄化に対するバイオレメディエーションの優位性と、六価クロム以外の水銀や鉛といった有害な重金属に対してもバイオレメディエーションが作用することを踏まえて、ゴア州発の浄化技術として近接地域であるカルナータカ州やタミル・ナド州といった南インドへの展開を図っていく。このビジネス展開の際、将来的な環境法改正を受けた日系企業を含む外資系企業への環境対策の一環として、本事業において実施したフェーズⅠ調査から始まる段階的な調査の提案を行い、最終的にフェーズⅢ対策

としてバイオレメディエーションの普及を図るものとする。

(3) 開発課題解決の観点から見た貢献

本事業におけるフェーズⅠおよびフェーズⅡの現地環境調査等によって、事業対象地の地表水（用水路等の水）に高濃度の六価クロムの問題が既に生じているものの、地下水については、幸運にも有害物質等の影響はそれほど及んでいないことが確認された。それによって、事業実施当初に想定していたゴア州におけるバイオレメディエーションによる地下水浄化は実現しなかったものの、カウンターパートである GSPCB に対し、同職員を伴ったいわゆる OJT（On the Job Training）として調査の理論や現地における道具の使用法等を指導することで、GSPCB の地下水調査能力の向上に大きな貢献ができたと考える。

イオン交換樹脂による六価クロム除去装置をベトラ工業団地内の六価クロム使用事業所に設置することで、イオン交換樹脂技術のデモンストレーションのみならず、対象地工場の工場排水の適正処理に貢献できた。

地下水シミュレーションでは、ゴア州における地表・地下の水量収支を明らかにし、都市部（マルガオ市）における将来的な地下水不足の可能性を指摘することで、ゴア州における水利用施策へも貢献ができたと考える。

また、地下水調査井戸として設置した 14 本の井戸は、本事業の調査結果に基づいてカンコリム工業団地とベトラ工業団地の水質管理上最適な位置に設置されており、継続的に地下水モニタリングに使用することが可能であり、これにより対象地における将来的な地下水汚染の未然防止（拡散防止）に貢献できると考えられる。

(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

提案企業が所属する地質調査業は建設関連業（他に測量、建設コンサルタント）に分類される。業者数はおよそ全国に 1,200 社で構成数の 80% は中小企業である。

国内における経営環境は平成 4 年の建設投資ピーク以降、ピーク比で 40% 以上の受注減となっており厳しい経営環境が続いており、とりわけ地方公共団体発注業務の減少傾向が大きい。このような状況下で今後期待される市場に環境関連分野の海外への展開がある。もともと建設関連業は知識集約産業であり技術力と管理力を有した人材を確保している企業が多く、今回のような事案に活路を開ければ業界への影響は大きい。本事業の実施を通じて、今後、アジア、中東、アフリカでの地質調査業・環境調査業のビジネス展開にも道筋が開けるものと期待される。

ゴア州を含むインド国内では、建設関連のボーリング掘削や井戸工事といった分野については資材・機材共に比較的充実していると言える。但し、本事業に係る環境関連の分野では、建設機材がそのまま転用されており、土壌採取といった調査業務に対しては適しているとは言い難く、試行錯誤の段階にある。また、環境調査といった分

野については、実際に作業を行う現地作業者は全く経験がないと言ってよい状態である。このような状況下、日本企業のボーリング掘削知識や発生残土、汚水の管理も含めた現場管理技術は、今後、環境調査の要請が多くなることが想定されるインドにおいて非常に有益であり、正に現場（あるいはプロジェクト）単位での技術支援といった貢献が想定される。

（５）環境社会配慮

本提案技術は、現在インドにおいて競合製品となっている、化学薬品により六価クロムを三価クロムに還元反応させ無害化する化学浄化薬剤に対して、EDC™は食品原料からなる安全な栄養剤であり、化学薬品に比べ安全性が高い。さらに同じバイオレメディエーションでも外来の生物を利用するバイオオーグメンテーションに比べて、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は現地の生物環境にも優しい対策手法であると判断できる。また、現在日本で主として汚染浄化対策として実施されている掘削除去や場外運搬に比べて化石燃料等の利用率も低く、廃棄物の発生も少ない、環境に優しい浄化対策と言える。

本事業の実施では、前述のとおりインドにおける環境関連の法規制は可能な限り確認しつつ、実証活動を行った。なお、当初、試料採取調査の結果如何によって想定していたバイオレメディエーションによる地下水浄化は、本事業で実施しなかったが、今後対象地においてバイオレメディエーションを実施する際には、汚染の現況を考慮した上で、全てのステークホルダーの意見を聞きながら、周辺住民や地元有識者の要求等の状況によっては環境影響評価の実施も検討の上で、作業を進めることが必要であると考えられる。

（６）事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について

本事業では、カウンターパート自らが主体となって事業資材および技術知見を活用して地下水調査を行い、ゴア州の地下水環境の保全に関わることにより、事業後のカウンターパートによる自立的な活動継続を目指した。

体制面では、GSPCB チェアマン、メンバーセクレタリ（Member Secretary）をはじめとする GSPCB の（日本における大学の講師、准教授、教授に相当する）Scientist "B" 以上の管理職といった通常業務では現場作業に参加しなかった職位に対しても現地で作業を説明し、実際に体を使って作業を体験してもらうことで、より一層現場作業への理解を図った。試料採取等を行う GSPCB テクニカルスタッフや GSPCB の工業団地管理担当者として上記職員の一層の親交を深め、同局一丸となって公害環境施策に取り組める体制となったと考えられる。

技術面では、GSPCB の管理スタッフ（Scientist B 以上）にはバイオレメディエーション技術セミナーを通じ地下水浄化に関する論理的側面とその運用法についての理解

を促し、同時に現場での理論の実践やテクニカルスタッフへの資材使用のトレーニングを行ったことにより、GSPCB 全体として地下水調査・保全にかかる知識・技術が向上した。

財政面では、GSPCB 側に負担にならないように現地資材を用いての提供資機材の修理・補修方法を現地調査時に説明し、実際に破損した機材を GSPCB テクニカルスタッフと共に補修することで、その理解の定着を図った。

また、資機材の維持管理体制として Scientist B の GSPCB スタッフに対して、個別に維持管理担当者を決め、円滑な資機材の活用と維持を図った。

本事業における上記活動の結果、XRF 分析器による汚泥分析や煤塵を集めての成分分析や多項目水質計によるズワリ川 (Zuwarī River) の水質分析等、GSPCB 自らの積極的な資機材の活用が実現されたと言える。

(7) 今後の課題と対応策

現地に設置した統合型浄化ユニットの機能については、GSPCB 職員の立会いの下、当地インド・ゴア州においても十分に機能することが確認された。しかし、当地における六価クロムによる甚大な汚染は確認されていないことから、本事業においては商業的側面については同州において展開の可能性は低いと判断された。但し、上記したとおり、表層水 (用水路等の水) において非常に高濃度の六価クロム汚染が確認されていることから、将来的な汚染の顕在化については否定することができず、その点において地下水汚染の未然防止を前提とした事業展開の可能性は存在すると考えられる。

これらの現況を踏まえた上で今後の課題と対応策について以下の事柄が挙げられる。

【資機材管理と安全管理】

六価クロムによる地下水汚染が確認されなかったことから、統合型地下水浄化ユニットによる EDC-M の本格注入作業は行わないことを決定した。但し、上記のとおりベトラ工業団地の用水路では高濃度の六価クロムを含む排水が流下していることから、GSPCB と協議を行い、イオン交換樹脂 水処理装置を当該物資使用工場 (Aerocoach 社) における排水処理装置の一部として使用し、汚染物質拡散の未然防止を図ることとした。そこで、Aerocoach 社ではメンテナンス担当者に対して機材の原理と使用法、そして簡易分析による機材の運用管理の方法を第 6～8 次渡航において随時指導、および機材の状態のチェックと担当者へのヒアリングを通じて当該機材の管理状況の確認を行い、安全運用の定着を図った。同社工場メンテナンス担当者は電気技師とのことであつたが、当該機材の操作方法・管理方法については直ぐに把握・実施することができ、本事業機材は専門家以外でも十分に保守・管理が可能であることが確認できた。また、同社工場関係者は、機材と一緒に持参した六価クロム簡易分析資材 (PACK TECT™) について不足した場合の購入方法を聞かれるなど、簡易分析を用いた排水管理に対し

て大きな関心を持っていることが確認できた。同社工場に対しては、本事業終了後においても可能な限り連絡を取り、安全に機材を運用できるよう支援したいと考える。

調査機材については全て GSPCB に保管し、使用法等の指導を行った。今後 GSPCB の自助努力を通じた機材の維持管理が必要不可欠であると考ええる。

【バイオレメディエーションへの理解と普及】

バイオレメディエーションには、現地生物に対して栄養を与え活性化させ現地生物の活動による汚染浄化を行うバイオスティミュレーション (Biostimulation) と汚染浄化に有効な外来の生物自体を汚染地に繁殖させるバイオオーグメンテーション (Bioaugmentation) の二種類がある。栄養のみを与えるバイオスティミュレーションと外来の生物を繁殖させるバイオオーグメンテーションでは同じバイオレメディエーションでも内容が大きくことなるものの、汚染管理局の上級職員や専門の大学関係者ですらその違いについて把握している状態ではない。また、彼ら自身が、微生物の異常発生といったパンデミック的な危機感のみを煽ってしまっている。そのような背景を踏まえて、バイオレメディエーションの普及に際しては、再三、徹底した原理と安全性の説明が必要不可欠であると考ええる。

【事業展開候補地の選定】

上記のとおり、本事業対象地となったゴア州においては六価クロムの顕著な地下水汚染が確認されなかったため、今後は、顕著な六価クロム汚染が存在する土地において同技術を展開していく。それに際する事業展開候補地は、①需要があること（六価クロム等、浄化対象となる地下水汚染が存在すること）、②既に十分な数の外資系製造業が事業展開をしていること（地下水浄化に対する理解があること）、③治安が良いこと、④既にある程度の日系の製造業が事業展開をしていることといった条件を満たす土地の検討を行う必要がある。現状の候補地として本事業協力企業の代表が居住し多くの都市型汚染が顕在化しているハイデラバード、案件化調査において六価クロムの汚染が確認され、多数の外資系工場が展開しているバンガロールといった土地が事業展開の足がかりとなる候補地として挙げられる。

【人材育成】

通常インドの物価は日本の 2～5 分の 1 程度と言われ、人件費に至っては職種にもよるが 10 分の 1 程度にもなる。但し、日本における一般的な作業員の少なくとも 3～5 倍の人員でなければ同様の作業量は行われぬ。また、作業道具についても著しく管理状態が悪く、軽度の建設作業であれば道具と原材料を作業場周辺で現地調達を行う場合が多く、作業の進捗は著しく遅い。そのため、同様の資機材を使用する場合であっても、環境調査の様な汚染拡散防止対策等を含めた特殊な管理が必要な作業につい

ては、ほとんど正確にできているとは言い難い状況であり、同調査を実施するためにはその専門の人材育成が必要となる。

【事業展開】

上記の通りハイデラバードやバンガロールといった都市を事業展開の拠点とし、同地における分析や対策実施を伴わない監査を主軸とした環境コンサルタント業務から事業を開始することを想定している。また、環境コンサルタント業務と並行し、環境ボーリング等の調査会社設立のための人材確保と育成を行うことを検討している。

一方で、本事業にあたり惜しみない協力と理解を示してくれた GSPCB と協働できるように、本事業の延長にあるサル川の有機物汚染の浄化技術や Sunrise Zinc における投棄廃棄物の飛散防止材・廃棄汚泥の不溶化処理技術のインドへの導入についても検討を行う。なお、その場合は、プロジェクト規模が数 10 億円規模と大きなものとなることが想定されるためインド国内ゼネコンや日本のゼネコンと共同して事業検討をするものとする。

4. 本事業実施後のビジネス展開計画

(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定

① マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）

〔公共事業〕

事業実施国であるインドの汚染放棄地等における地下水汚染浄化事業（公共事業としての地下水浄化事業）は、形式上は浄化事業からの参入が可能なものの、実質的には浄化プロジェクトの前に実施される詳細プロジェクト報告（DPR）中に浄化方針が指定（限定）されるため、この DPR に携らない限り浄化事業に参入することは非常に困難であることが平成 24 年度「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（当社実施）」によって確認された。また、上記 DPR については、六価クロム汚染のタミル・ナド州ラニペットを含む現在 8 サイトがプロジェクト実施中であり、この 8 サイト全てにおいて欧州系コンサルタント会社が関わっていることが、確認されている。インドの土壌・地下水環境系公共事業において入札事業に慣れた欧州系コンサルタント会社一社がほとんど市場を独占しており、現状として、インドのコンサルタントを含む他社の参入の余地がある状態と判断される。

公共事業の予算規模としては、例えばラニペットの浄化対策としてブラックスミス研究所の報告では約 20,000m²のクロム鉱さいの被覆措置のみで 2.49 億ルピー（4.32 億円）を概算しており、クロム鉱さいはこの 20,000m²のエリアにおいて 9m 以上の深度で埋設されていることから対策土量は 180,000 m³以上に及び、仮にバイオレメディエーション等の比較的安価な対策手法のみで浄化をする場合であっても単純計算で 5.4 億円（対策単価 3,000 円/m³）の予算が想定され、バイオレメディエーションに加えて化学浄化や封じ込め等の濃度に応じた対策を実施した場合であればその数倍程度の予算が想定される。この試算は汚染源サイト 1 カ所のみでの試算であり、ラニペットでは汚染源から地下水流向の下流側の遥か 1km 以上先までの地下水が高濃度の六価クロムによって汚染されていることが報告されており、その影響を受けた周辺地域の浄化についても予算に入れた場合、少なくとも数十億円規模の浄化プロジェクトとなることが予想される。

また、公共事業としては自治体の地下水保全も想定されるため、本事業で統合型地下水浄化ユニットの一翼を担った流域水循環シミュレーション（GETFLOWSTM）によって、汚染を流域問題として捉える考え方の周知を図る。現在インドでは日本の「水循環基本法」のような汚染を流域概念で捉えることはしていないが、規模の大きな汚染サイトでは被害の想定から対策費用の算定まで膨大なデータ処理が必要であり、対策後の管理においてもシミュレーションが必須である。これらを満足させることが可能である GETFLOWSTMは確実に行政府の需要が見込まれると考えられる。

〔民間事業〕

案件化調査において訪問したインド政府関係者によると、現在、インド政府は PPP 原則に基づいた汚染原因者に浄化負担を強制する遡及型の環境法の制定を検討しており、今後、過去・現在において有害物質の使用・保管により汚染源と懸念された工場・企業に対して浄化の義務化が検討されており、それに伴う市場拡大が想定される。インドでは今後この法の導入により、企業責任での浄化が義務化される。特に、諸外国ですでに導入された同様の法規制から、欧米企業は、CSR や自社ガイドラインに基づいた対策を実施しているものと考えられる。

これに対し、日系企業の土壌・地下水対策への対応は、あくまで現行法に則った姿勢を貫いている点で非常に遅れており、新たな法制定時にトラブルとなる事案が多いと予想されるため、日系企業に対する営業の余地は十分にあると考えられる。

案件化調査において訪問したデリーやバンガロール等の外資系自動車部品工場においては、企業が採用した欧米系環境コンサルタントの指導の下で調査や地下水浄化が実施されており、アサヒ地水探査への窓口さえ確保できれば浄化事業への参入は可能であると考えられる。この窓口の確保を目的として、まず本事業において実施したフェーズ I 調査と同等の調査を、日系企業を含む外資系企業に対し提案をしてゆくことが重要であると考えられる。

なお、民間の汚染サイトの予算規模としては、公共事業のプロジェクト規模ほどではないものの、案件化調査等で視察したサイトの汚染状況から、1 サイトあたりその数分の 1 (数億円～十数億円) の規模が想定される。

〔競合製品〕

土壌・地下水浄化に関する競合製品および代替製品については、インドではバイオレメディエーションはあまり行なわれていないものの、デリー、バンガロール、カンパール、チェンナイ等の都市部において欧米系の会社による化学浄化等について幾つかの事例が確認されている。地下水の浄化薬剤としては、バイオレメディエーションの薬剤と化学浄化の薬剤の費用はほぼ同等と考えられるものの、化学浄化は化学物質の投与（化学反応、六価クロム浄化の場合は還元反応）による土壌・地下水の性質の変化（微生物の死滅）を起こす可能性が大きく、地上の排水処理施設や実験室内（あるいは浄化タンク内）といった閉鎖環境での浄化には化学浄化が有効であると考えられるものの、自然環境への影響を考慮すると化学浄化はインドにおいても受け入れづらいのが現状である。

なお、本事業で利用する EDC-M を含む EDC™ シリーズの製品は、油落とし剤（洗剤）等に使用される揮発性有機化合物に対応した EDC-V や、長期間の持続的効果が期待される EDC-E 等のバリエーションに富んでおり、種々の汚染物質や汚染源の状況に対応し得る利点があり、単にバイオレメディエーションの栄養剤と言うだけでなく、

複合汚染にも対応し得る製品という利点を有する。

〔競合企業〕

環境コンサルタントの競合企業（先住企業）として外資系の特に欧米系の環境コンサルタントが挙げられる。但し、この外資系コンサルタントはインドにおける大学や役所からスピノフした現地の環境コンサルタントと同様にほとんど現場作業を実施せず、現場からあがる結果を評価することに徹するタイプであることから、力仕事を含めた現場作業および調査全てに携わる本邦流の環境コンサルタントとは異なる。その点において、現状のインドの水環境を少しでも改善すべく競合コンサルタントと得意分野ごとに棲み分けを行い、上手く協働することが事業発展の鍵になると考える。

現在は、公共事業・民間事業を問わず一社の欧米系環境コンサルタントがほとんどの数億円以上の調査・対策費が想定される大規模プロジェクトに携わっているが、同社は完全に人材不足の状況で、汚染放棄地の DPR といった事業においても計画通りの実施が困難な状態にある。そこで今後の展開として、当該欧米系環境コンサルタント企業を含む競合企業に対し、調査・対策費用のダンピングにつながるような競争をするのではなく、人手の足りない企業に対し下請け営業を行うことも含めた協働体制を築く必要があると考える。

〔ゴア州におけるマーケット分析〕

ゴア州における本事業関連の環境事業（バイオレメディエーション）のマーケット規模は非常に小さいものと考えられる。同州の工業団地が古いものでも 1990 年代以降のものであり、鉱山採掘を除いて 1990 年代以前は木工等の工業が主体で、1990 年代以降においても皮なめし工場等の六価クロムの汚染を発生させるような工場は多く存在していない。また、本調査においても六価クロムによる地下水汚染が確認されなかったことから、六価クロムのみを対象とした地下水浄化のマーケットは小さいものと判断される。但し、現実問題として地表水には高濃度の六価クロムが含まれること、本調査場所以外の汚染のホットスポットの存在が否定できないことから、六価クロムを対象としたバイオレメディエーションのマーケットについては、少ないながらも存在すると判断できる。さらに、モニタリング井戸を設置したベトラ工業団地では鉛と水銀の基準超過、カンコリム工業団地では水銀と鉛の基準超過といった具合に他の重金属類の基準超過は確認されていることから、六価クロムを含む重金属類全体を対象としたバイオレメディエーションのマーケットについては期待することができる。一方で今回の事業対象となったカンコリム工業団地とベトラ工業団地において日系企業を含む外資系企業は飲料系の 1 社のみでほとんどがインドの地元企業であり、操業時の排水規制のみの現行法（地下水への法規制はない）が続く限り（仮に地下水汚染の懸念があった場合であっても）、自主的な調査・対策実施の可能性は低いと考える。

上記を踏まえて、ゴア州においては、バイオレメディエーションのマーケットは存在するものの、現状として十分な掘り起こしが出来ていない状態である。本事業では、実証結果に基づいて、GSPCB に対し本事業で設置したカンコリム工業団地/ベトラ工業団地の 14 のモニタリング井戸における鉛・水銀・カドミウム等を対象とした継続的な地下水モニタリングの実施を提案した。この地下水モニタリングの結果によって、今後、より詳細な汚染状況が解明され、GSPCB の指導により環境対策に繋がる調査等が発生する可能性が十分にあるものとする。

ちなみにカンコリム工業団地には、廃棄物埋立地の設置やモニタリング井戸の設置といった環境施策に取り組んでいる会社は先述の NICOMET 一社である。この自主的な環境施策に至ったきっかけは、GSPCB による指導と廃棄物および大気汚染に係る裁判に由来している。本事業において設置された井戸や本事業で技術移転を行った道具を活用することで GSPCB は更に細やかな地下水に関する環境指導が可能になり、上記のマーケット掘り起こしに繋がる動きは加速されると考えられる。

なお、バイオレメディエーション以外に関連する環境マーケットとしては、ゴア州では Sunrise Zinc に代表される廃棄物対策やサル川の糞便性大腸菌検出対策といった分野への期待が大きいものの、マーケットとしては上記地下水汚染と同様であり、まず GSPCB の活発な環境指導と新たな規制の成立を促すことが第一歩であるとする。

② ビジネス展開の仕組み

上記したゴア州におけるマーケット分析の通り、同州においては土壌・地下水環境調査/対策のマーケット規模は小さく、同州のみを主軸とした事業展開の可能性は極めて低いと考えられる。但し、ゴア州を含めたインド全体において、土壌・地下水のみならず環境全般については、工業発達や自動車・バイクの利用増加に伴った大気汚染をはじめとする環境汚染が非常に深刻であることは明白であり、さらに同国では環境悪化に応じた環境改善のための法改正等が検討されていることから、その点においてもインドにおける環境関連ビジネスへの需要は非常に高いものと判断できる。

そこで、まず既知の地下水汚染等が確認されているハイデラバードやバンガロールといった都市を事業展開の拠点とし、同地における分析や対策実施を伴わない監査を主軸とした環境コンサルタント業務から事業を開始し、その業務の中から新たな（今後改正される）規制に応じた環境ビジネスモデルを構築し、インドにおける日系企業を中心とした外資系企業の環境支援業務を行うことを計画している。

この監査を主軸とした環境コンサルタント業務は、本事業において訪問した工場等での聞き取り結果から、外資系企業であれば 1 工場あたり（工場規模にもよるが）30～50 万円、インド企業であれば 1 工場あたり 10～30 万円程度の標準単価が想定され、業務完了（報告書作成）までに約 2 週間程度を要する。1～2 名での事業運営で 1 ヶ月あたり 2～3 件の当該業務受注では、事業継続が危ぶまれるものの、同コンサルタント

業務の実施により確認された問題（environmental issue / RECs: Recognized Environmental Conditions）の解決（フェーズⅡ調査およびフェーズⅢ対策の実施）に携わることができれば、大きな利益に繋げることが可能となる。事業実施当初は、調査・対策の実働部隊は全て外注として、インド国内外問わずより多くの会社との業務を通じて、将来的に提携すべき調査・対策会社の選択を行うものとする。

③ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

・原材料・資機材の調達計画（含、許認可の必要性の有無）

事業展開の第一歩として、会社設立はせずに在印企業（外資系企業）に対する環境調査や浄化対策の管理といった環境管理業務（ソフト的業務）を請け負いつつ、関連事業の市場調査を深めながら本格的な事業展開のための事業体形成等の検討を行うものとする。具体的には、現在弊社業務でも実施している日本企業の本邦工場の事業移転（この場合はインド移転）に係る事前環境調査および環境関連の現地行政協議と事業買収（M&A）に係る環境監査（環境デューデリジェンス）業務を想定している。この環境管理業務を通じて土壌・地下水に係る環境調査の市場マーケティングや協力企業の選定、そして機材・設備等の購入先の選定を行い、将来的な環境ポーリング会社の設立の準備を行う。

なお、EDC™ シリーズのバイオレメディエーション浄化剤については、本事業の協力企業であり EDC™ の供給者であるエコサイクル株式会社が既にインドにおける生産体制の検討を行っている。

・生産・流通・販売計画（含、許認可の必要性、現地生産計画の有無）

事業展開時に想定している事業内容はいわゆるサービス業であり、物品の生産・流通・販売を行うものではない。土壌・地下水の汚染の状況に合わせた調査・対策技術の提案・実施であるため、自社製品の生産・流通・販売拠点は不要であり、有しない予定である。但し、事業を展開する拠点は必要であり、その際、①需要があること（六価クロム等、浄化対象となる地下水汚染が存在すること）、②既に十分な数の外資系製造業が事業展開をしていること（地下水浄化に対する理解があること）、③治安が良いこと、④既にある程度の日系の製造業が事業展開をしていることといった条件を満たす土地の選定を行う必要が有る。

現状の候補地として本事業協力者の住居があり多くの都市型汚染が顕在化しているハイデラバッド、案件化調査において六価クロムの汚染が確認され多数の外資系工場が展開しているバンガロールといった土地が事業展開の足がかりとなる候補地として想定している。

・要員計画・人材育成計画

インドの件費は職種によっては日本の10分の1程度にもなるが、日本の一般的な作業員の少なくとも3～5倍の人員でなければ同じ量の作業は行われぬ。また、作業道具についても著しく管理状態が悪いだけでなく、道具自体を持っていないことが多い。そのため、作業開始後に分担確認や作業道具確保を行わねばならず、結果、作業の進捗は著しく遅い。作業を進める上で、より高度の現場判断（作業員自らによる判断）も必要となる環境調査については、専門の分析機関の担当者であっても正確に作業ができるとは言い難い状況である。よって、本事業の様な環境調査を実施するためには専門の人材育成が必要不可欠であると考えられる。

この専門性を持つ人材1～2名を事業拠点において、まず1年程度の業務トレーニングを経て育成する必要がある。また、状況に応じて本邦あるいはインド以外の第三国での業務経験を積む必要があると考える。

・収支分析・資金調達計画

インドにおける事業展開当初は同地に会社を設立はせず、まずは本邦から最小限の調査員1名を派遣し現地協力会社のスタッフの活用による業務実施を図るため、現地における資金調達等は現段階では検討しない。

まず、環境コンサルタント業務を引き継ぐ調査・対策業務への営業業務と位置付けて、1工場あたり（工場規模にもよるが）10～50万円の案件（小規模の土壌・地下水環境調査（フェーズⅠ調査）業務）の月間2～3件の受注を想定する。この当該業務受注では、従業員数1～2名の事業所であっても事業継続が危ぶまれるものの、同業務により確認された問題の解決（フェーズⅡ調査およびフェーズⅢ対策の実施）に携わることができれば、数十万～数百万円単位のより大きな利益に繋げることが可能となる。

ちなみに、同環境コンサルタント業務の成果品はレポートのみであり、（飛行機移動やホテル滞在中においては問題なく報告書作成が可能であることから、）本邦から渡航して業務を実施した場合においても、渡航費さえ確保することができれば他の在印コンサルタント企業との差は最小限に抑えられるものと考えられる。

事業展開当初の現地支援スタッフとしては、本事業においてもEDCTMの専任技術者として現地支援を行ったエコサイクル社インド支店のPuchalapalli Screenivasulu Reddy博士やムンバイに本社を置く現地ゼネコンであるShah Technical Consultants Pvt. Ltd等を想定している。

④ ビジネス展開可能性の評価

現在実証事業を実施しているゴア州においては、1) 新規（90年代以降）の工場が主体となっていること、2) 地下水汚染が顕著なめっき工場や革なめし工場、鉄鋼工場、

ガス工場といった工場はほとんど存在しないこと、3) 州の産業構造が観光と農業主体であることといった理由から、土壌・地下水環境調査/対策のマーケット規模は小さいものと考えられるが、六価クロムを含む有害重金属類全体を対象としたマーケットであれば十分な可能性を秘めていると判断できる。但し、GSPCB の活発な環境指導と新たな規制の成立を促さない限りマーケットの掘り起こし（企業自らの自主調査・対策の実施）はなされないため、今後も働きかけが必要である。

また、MoU 締結には至らなかった⁷ために本事業実施ができなかったタミル・ナド州やカルナータカ州といった場所の汚染管理局関係者も化学浄化に比べて環境負荷が低いと考えられる栄養剤によるバイオレメディエーションには非常に高い関心と期待を示しており、その点において同地でのビジネス展開の可能性は高いと評価できる。

タミル・ナド州は革製品を名産とする州であり、革なめし工場等の六価クロムを利用する工場だけでなく、六価クロムそのものの精製工場も存在し、六価クロムを使用する自動車関連の鍍金工場も数多く存在することから広域な地下水汚染が懸念され、今後のビジネス展開にかかる大きな需要も想定される州である。カルナータカ州は、州都であるバンガロールを中心として自動車工業等の鍍金を伴う金属機械工業が発達しており広域な地下水汚染が懸念され、本ビジネス需要も期待される。

2015 年 1 月 31 日にタミル・ナド州ラニペットにおいて発生した工業団地内の共同排水処理場のタンク壁の崩壊事故を契機として、現在同州において有害物質使用施設のガイドライン策定に向けた動きが起こっており、さらにこの動きはインド全土に普及されると考えられるため、上記のとおり同州や同様の工業（皮なめし工場）を有する州において大きなビジネス展開の可能性があると考える。

最初に想定しているビジネスは今後の環境規制の整備に伴って事業計画を検討せざるを得ない外資系企業および外資系企業に製品を卸しているインド国内企業の環境部門が対象となり、本事業を実施したゴア州の経験をフィードバックしやすい南部インド地域（チェンナイ～バンガロール～ハイデラバード～ムンバイ～ゴア）に特化した事業展開を検討している。

（2）想定されるリスクと対応

〔浄化技術に対する理解不足〕

既述のとおり、バイオレメディエーションに関しては、生物に栄養等の刺激を与えるバイオスティミュレーションと微生物自体を投入するバイオオーグメンテーションがあるものの、汚染管理局の上級職員ですらその違いについて把握している状態ではない。今後、バイオレメディエーションの普及に際しては、徹底した原理と安全性の

⁷ MoU 締結には至らなかった：チェアマンとの面談や関係者への周知を行なったものの、締結までの事務手続きの煩雑さと想定期間（一年以上）から MoU 締結には至ることが出来なかった。

説明を繰り返し行い、関係者全員が安心して地下水浄化に臨める状況を形成する必要があると考える。

(3) 普及・実証において検討した事業化によるその開発効果

ゴア州における有害重金属類全体を対象とした環境調査および既知の地下水汚染等が存在するハイデラバードやバンガロールといった都市、タミル・ナド州での調査・浄化を事業化することができれば、開発効果として以下が想定される。

- ・事業対象地の工業団地に代表される水銀・鉛・カドミウム等の地下水汚染を浄化することで、周辺住民の健全な地下水環境の復元に寄与しうる。
- ・バイオレメディエーションに代表される環境負荷の少ない地下水浄化をゴア州に定着させることで、観光を主な産業とする同州のイメージ向上に結び付けられる。
- ・GETFLOWSTMの様な水収支シミュレーションに基づいて地下水利用を行うことで将来的な地下水の枯渇を防止することができる。

上記した浄化等による環境対策は直接的な費用対効果は見積もれないものの、地下水汚染や地下水不足といった事例は経験上、時間が経つほど甚大な状況になるものであり、本事業によって確認された鉛・水銀・カドミウムによる地下水汚染については、新たな規制整備や原因究明のための追加調査等の早急な対応によって、将来的な対策費を数億円規模で大幅に減じることが可能になると考えられる。

(4) 本事業から得られた教訓と提言

① 今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓

業務を実施しながら痛感したこととしては、インドにおける業務の細分化の問題である。例えば河川水の採取を依頼した場合、採取作業をする人、採取道具を準備する人、採取内容を記録する人、採取時の環境測定をする人等々、ひとつの作業であっても予想外に多くの人に参加し、(外部委託業務であれば)人の数だけ費用が膨れ上がり、インドの安価な人件費の効果がなくなってしまう。さらに言えば、これだけ多くの人員が参加する分、作業が冗長になり、正確性に欠ける。現在想定している土壌・地下水汚染に関するレポートサービス(調査・報告業務)を中心として業務展開をする場合、この業務細分化問題を改善できれば直に原価費用の削減に繋がる大きな意義が生まれると考えられる。同問題を解決するためには関係する作業員全員に対して、一人で一連の作業を完結できるよう教育することが必要不可欠であるが、その結果生じた業務精度(業務の正確性、個人差)の問題については、受注した業務の難易度(調査の難易度)によって振り分けることで対応可能であると考えられる。

今後の課題においても触れたインドにおけるボーリング業界の問題点であるが、業界の構造の問題としては主従関係に基づいた賃金格差、技術上の問題としては経験不足と賃金問題に起因した管理者とのコミュニケーション不足が挙げられる。

賃金格差に関しては、管理者（ボーリング会社の代表やマネージャー）の賃金については不明であるものの、作業中の聞き取り調査から、概ね現場の作業者についてはボーリング機械のオペレーターが1,000ルピー（2,000円）/日、ボーリングの作業者および（井戸仕上げ等の）土工担当者が100～400ルピー（200～800円）/日であることを確認した。また、ボーリング機械のオペレーターと作業者は食事および住居が支給されており、マルガオ郊外のコンプレックス（アパート）で生活しているとのことであった。ボーリング関係者はインド南東部のオリッサ州から来ており、家族共々6ヶ月程度で州をまたいで引っ越しをしながら生活をしているとのことであった。ボーリング作業従事者はその生活に対して、引っ越し以外の不満はそれほどない、と言うものの、自宅を所有し家族を留学させるボーリング会社の管理者側と比較すると、格差は明確である。また、ボーリング会社の管理者の指示に間違いがあった場合で、なおかつ作業者がその間違いに気づいている場合であっても十分な対応ができない場面を多々見かけた。今回のボーリング調査では、管理者側の経験不足が明白であり、一方作業者側（オリッサ州からのボーリングチーム）はある程度経験があり、その軋轢が多くの問題を発生させているように見受けられた。

例えば、ボーリング掘削中に機械のトラブルで全く掘削が進まなくなった場合でも、管理者が現場に立ち会っている時に作業者は掘削が進まないまま作業を進めるだけで、ひたすら管理者の指示を待っている状況に陥り、管理者が一時的に現場を離れたタイミングで機材の修理を行う、という様な場面があった。ちなみに、アサヒ地水探査は、この時、作業者に対してボーリングのビット（掘削を行う先端部分の鉄製の部品）の交換を提案したものの、（予算の問題か）管理者からは拒否された。同日日没後にビットの確認を行い、ビットの破損を発見して交換に至ったが、ほぼ1日分の作業時間が無駄になる結果となった。また、井戸管をボーリング孔内に挿入中に、誤って井戸管をボーリング孔下まで落下させてしまう事故があった時も、管理者は種々の指示を出していたが全く解決には至らず、管理者が諦めて（現場を投げ出して）立ち去った後で、ボーリング作業者が井戸管改修用の簡単な機材を現場で作成し、無事に井戸管を改修した、という様な場面もあった。ボーリング作業者は管理者の評価を気にするあまり、現場において管理者に対して適切な意見を述べることができず、問題解決が遅れてしまっているという状態であった。他にも、管理者側は、契約金の前払いの理由として、交通費や資材費に加えて作業者の宿泊先の確保を主張してきたが、現場で作業者に確認を取ったところ、元々住居を確保していたボーリング作業者以外は皆が現場に野宿していることが確認され、ボーリング会社（管理者）の作業員への対応も

劣悪な状況であったと考える。

これらの問題を改善することは容易でなく、明確な答えは見つからない。今後、インドにおいてボーリング関連の事業を展開する際には、避けて通れない問題であると考ええる。

② JICA や政府関係機関に向けた提言

本事業を通じて、ゴア州においては生活排水・廃棄物の河川への流入による水質悪化が顕著であり、その解決こそが同州の最も必要とするものであるということが確認された。また、現地汚染管理局の職員から、汚染（あるいは環境悪化）が顕著になって初めて原因者への操業停止命令や水質モニタリング等の措置を行うものの、十分な未然防止策や汚染発覚後の対策・指針が法規制等で明文化されていないため、汚染が顕在化した場合、原因者が破綻し汚染サイトは残置され、根本的な解決には至っていないという現状を聞いた。

この問題の解決については、まずインドでは国として廃棄物投棄に係る罰則を定める法律がないことが問題であり、その制定が急がれる。地下水汚染についても同様に懸案の汚染者負担の原則（PPP 則）に則った法律の制定が急務である。この地下水汚染に関する法規制の策定については、2016年2月に実施したCPCB担当者への聞き取りから、大気汚染防止法の改定を筆頭にアメリカ、オランダ、英国等の規制を参考にした汚染者負担の原則（PPP 則）も考慮した規制の改定を正に行っている最中であることが確認された。但し、上述した汚染放棄地のDPRの報告の進捗遅延からも分かるように、同国では人材・人手不足に起因する計画遅延は日常茶飯事である。同国の増え続ける人口からも想定されるように、非常に多数の人員が上記規制の改定に携わっているものの、実際に業務を推進している人材は非常に少ない状態であると考えられる。職位によらず単純作業のみを行う名ばかり公務員・社員が非常に多く、効率的な業務が行われているとは言い難い状況である。そこで、汚染者負担の原則に則った法律の制定を進ませるためには、実際に主体となって業務を行っている担当者の手助けとなるような事業提案をすることや、業務実施者の助けとなるべき作業者の効率的な業務訓練を行うことが必要不可欠であると考ええる。

ゴア州としては、汚染問題に対応する実務者としてGSPCBが州政府に対しより具体的な管理基準等も含んだ上乘せ条例の制定のための働きかけや工場管理者に対しての調査・対策技術の周知（知見の充実化）を図る必要があると考えられる。また、生活排水・廃棄物の問題については工場よりも都市の問題であり、市民への環境改善や維持を周知する教育を更に進める必要があると考えられる。

参考文献

- Annual Report 2013-2014, Goa State Pollution Control Board, Panaji – Goa, pp. 1-256.
→冒頭部 “Chairman’s Message”等に本事業締結と実施が記載されている。

添付資料

- 第1次調査において GSPCB に提出した案件資料
- Survey Log (簡易水質測定地点一覧)
- ボーリング実施許可申請、ベトラ/カンコリム工業団地における同許可
- GSPCB からのカンコリム工業団地の農業用水沿いのボーリング実施依頼
- 2015年1月時のベトラ工業団地の用水路の六価クロム分析結果
- 2015年6月時のベトラ工業団地のモニタリング井戸4地点の分析結果
- 分析結果報告書 (Italab (Goa) Pvt. Ltd.および SGS India Pvt. Ltd.による計量証明報告書)
- 効果確認試験 (トリータビリティ試験) 報告書
- 光触媒反応による六価クロム浄化有効性実証試験 報告書
- 井戸設置報告書 (Spectra GeoServices Pvt. Ltd.)
- GETFLOWSTM シミュレーション報告書 (株式会社 地圏環境テクノロジー)

- ・ 第 1 次調査において GSPCB に提出した案件資料

Pilot Survey

for Disseminating SME' s Technologies for Groundwater Remediation by Bioremediation

Objective; Verification and Dissemination on Small & Medium

Enterprises products and technologies in response to assistance needs of counterpart country.

Project Term; Total 18 months project

Phase I ; Feb. 2014 ~ Mar. 2014, Site Assessment

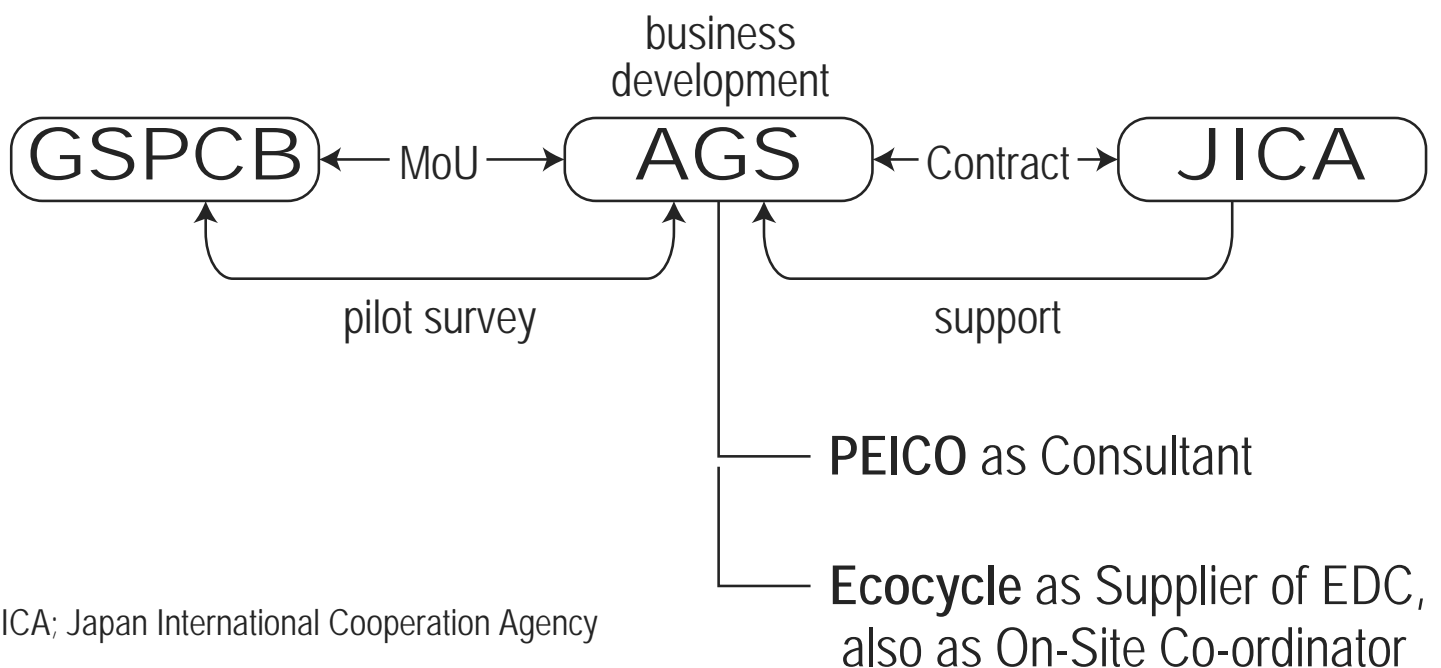
Phase II ; Mar. 2014 ~ May. 2014, Sampling Survey (Surface Soil / Boring)

Phase III; May. 2014 ~ Mar. 2015, Remediation Start ~ Monitoring

Monitoring; May. 2014 ~ Jul. 2015, Full-scale Remediation Planning ~ Report

*Project is financed & supervised by the Japan Cooperation Agency.

Framework



JICA; Japan International Cooperation Agency

AGS; Asahi Geo Survey Co. Ltd.

PEICO; Panasonic Excel International Co. Ltd.

Ecocycle; Ecocycle Corporation

MoU; Memorandum of Understanding (Minutes)



Project Member

Hotta Fumio; General Manager & development of business model

___ President & CEO of AGS, Hydrogeologist, wellboring expert with 4 decades of experience

Tamamushi Kanji; Chief Advisor & development of remediation model

___ Ph.D. in Chemistry, specialist of Environmental Site Assessment and Industrial Hygiene

Kawakami Shunsuke; Project Manager

___ Ph.D. in Geology, Stratigraphy, Specialist of Environmental Site Assessment

Kakuta Akisato; Site Manager

___ Geologist / Geomorphologist, wellboring expert with 2 decades of experience

Shrihari Chandraghatgi; Advisor of Bioremediation

___ President & CEO of Ecocycle Corporation, Ph.D. in Agriculture Microbiology

Puchalapalli Sreenivasulu Reddy; On-Site Co-ordinator, Site Manager

___ Ph.D. in Chemistry & Engineering, bioremediation expert

Nishioka Tetsu; Advisor of Groundwater Simulation

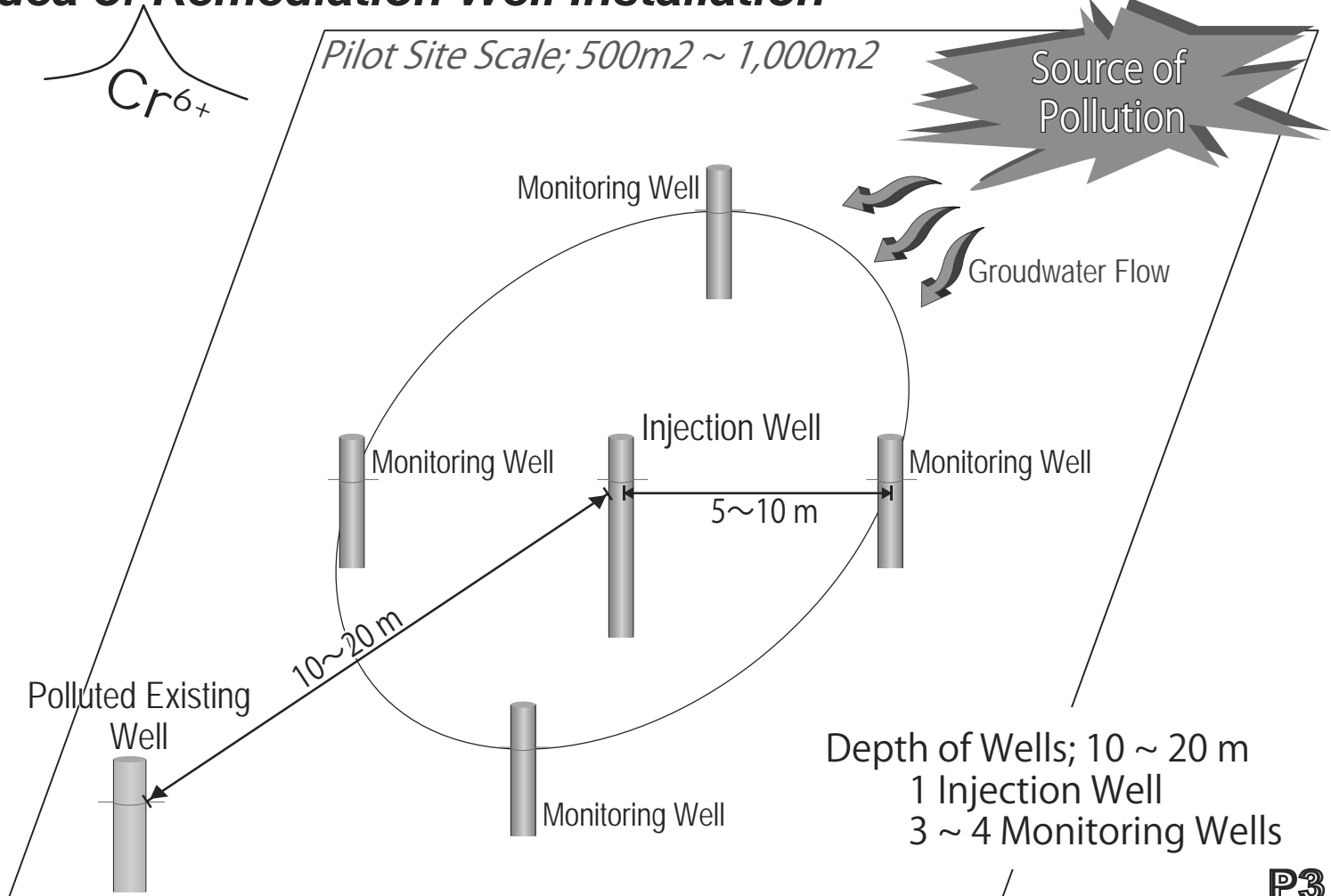
___ President & CEO of Geosphere Environmental Technology Corporation

Survey Scheme

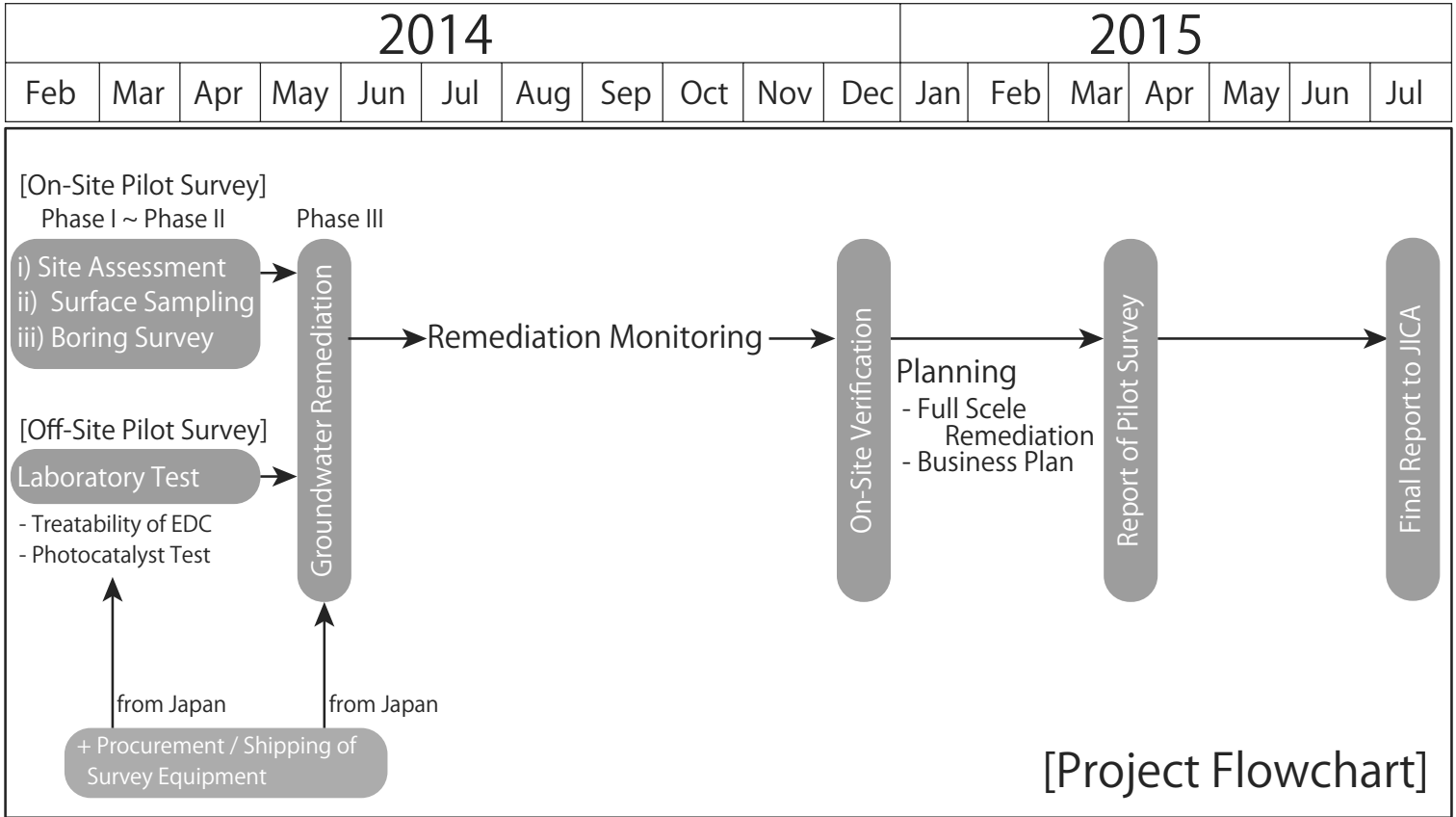
Step by Stey Pilot Survey from Phase I Site Assessment

Phase	Action	Tool
Phase I (Environmental Site Assessment)	Initial Survey as Japanese SCCL Survey / ASTM E1527-05 Identification of Target	Simplified Water Analysis kit Handheld XRF Analyzer Boring Survey
Phase II (Sampling Survey)	Surface Sampling, Boring Survey	
Phase III (Remediation)	Bioremediation (EDC Injection) Well / Remediation Unit Installing	Specified Designing of Remediation Unit by the Result of Phase I/II Survey EDC Remediation System
Monitoring	Monitoring through a whole year	On-Site Analysis / Laboratory Analysis

Idea of Remediation Well Installation



Project Flow of This Pilot Survey



Roadmap



Project Formulation Survey
(2012.12 - 2013.2)

- + confirmed very strong sense of need for groundwater purification in India
- + submitted a proposal for groundwater remediation to JICA

Pilot Survey

(Here; 2014.2 - 2015.7)

Pilot scale survey (remediation); 500-1,000m² site

- + Site Assessment
- + Pre-processing Test
- + Bio-Remediation (if applicable)
- + Groundwater Monitoring
- + Flow Simulation

Future

(2015 -)

- + improvement of survey/remediation technique
- + certified training in Japan
- + preparation / formation of bioremediation consortium
- + business development
- + propose ODA project for groundwater remediation



Model of Pilot Scale Remediation

Core Technology of This Pilot Survey

EDC-processing

Groundwater Recycle

EDC is mixed with processed groundwater to form an injectable slurry



Integrated Groundwater Remediation Unit

Environmental Site Assessment

injection (re-charge)

Groundwater

water pumping

Advanced Technology for Next Step

Pre-processing

physical separation / photocatalyst / ion-exchange etc.

On-Site Pilot Survey

Off-Site Survey

- + Site analysis based on environmental assessment results
- + Laboratory test for EDC treatability & pre-processing
- + Research of a potential valuable metal recycle

Future Study

- + Improvement of this integrated groundwater remediation system



Idea of Integrated Groundwater Remediation System

Pre-processing Unit

Bio Unit

- physical separation
- photocatalyst unit
- ion-exchange unit
etc.

Bio-Nutrients such as...
EDC mixed groundwater
(injective slurry)



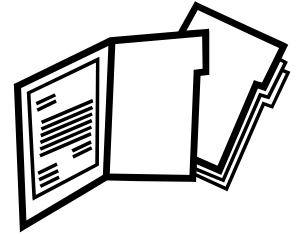
- + movable reducing unit for any concentration of pollutant
- application for lake water, retention river water etc.
- + on-site groundwater recycling system
- + remediation for any pollutants by exchange of each unit
- + practical use of water cycle simulation (GETFLOWS™)

Polluted Site (ex. Dump Site)

Output on Pilot Survey

Report on Pilot Survey

- + Overall Report of Integrated Remediation System
 - Environmental Site Assessment Report
 - Pre-processing Effectiveness Report
 - EDC Treatability Report
 - Flow Simulation Effectiveness Report
 - Potential Valuable Metal Recycle Research Report
- + Others whenever available

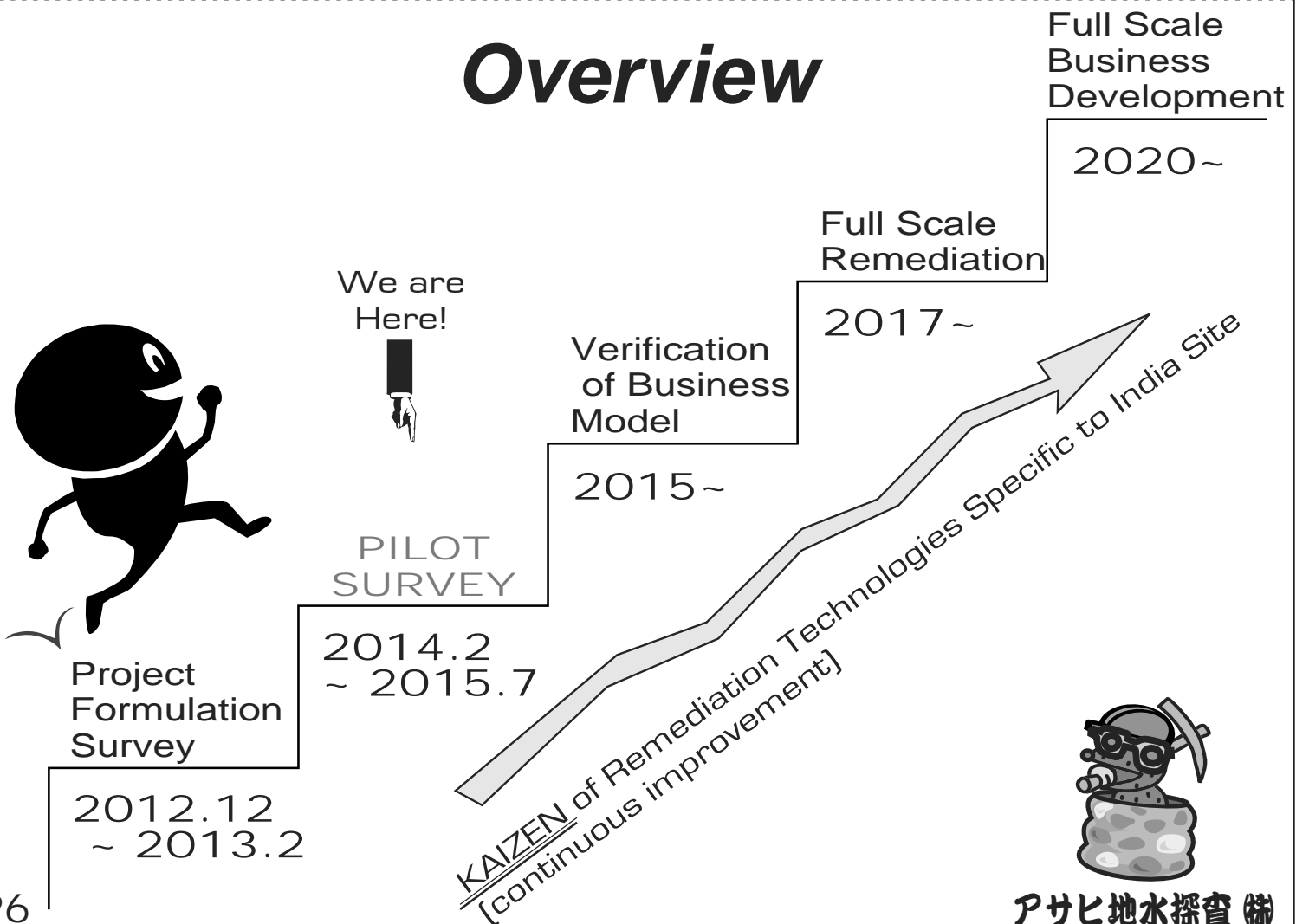


OJT Program

- + Environmental Site Assessment Procedure
- + Site Survey / Remediation Procedure



Overview



- Survey Log (簡易水質測定地点一覧)



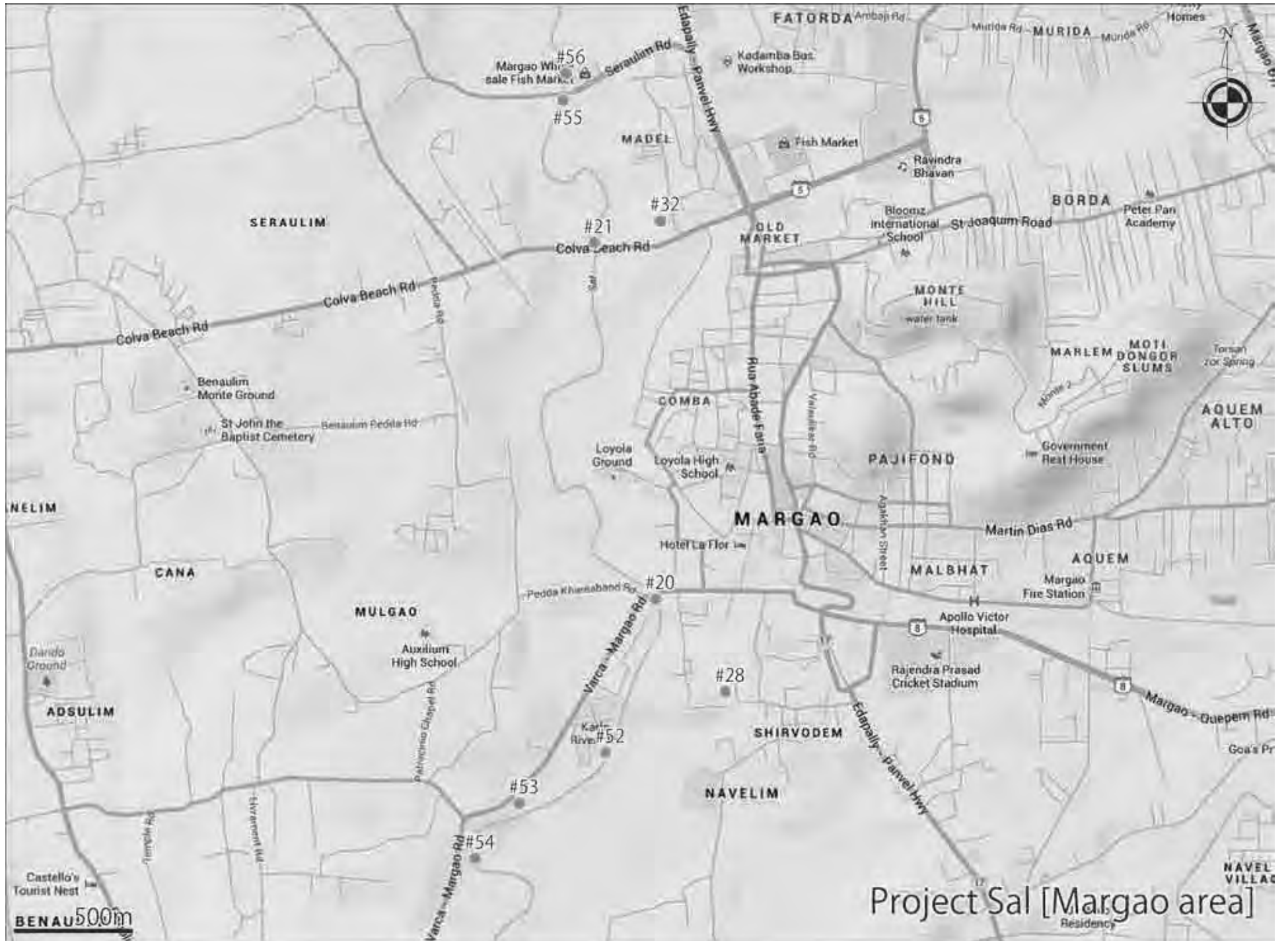




Project Sal [Cuncolim area]

MOR-46









Project Sal [Verna area]



Project Sal [Verna Industrial Estate]



Initial Survey Log of "Project Sal" & "Project Bethora"

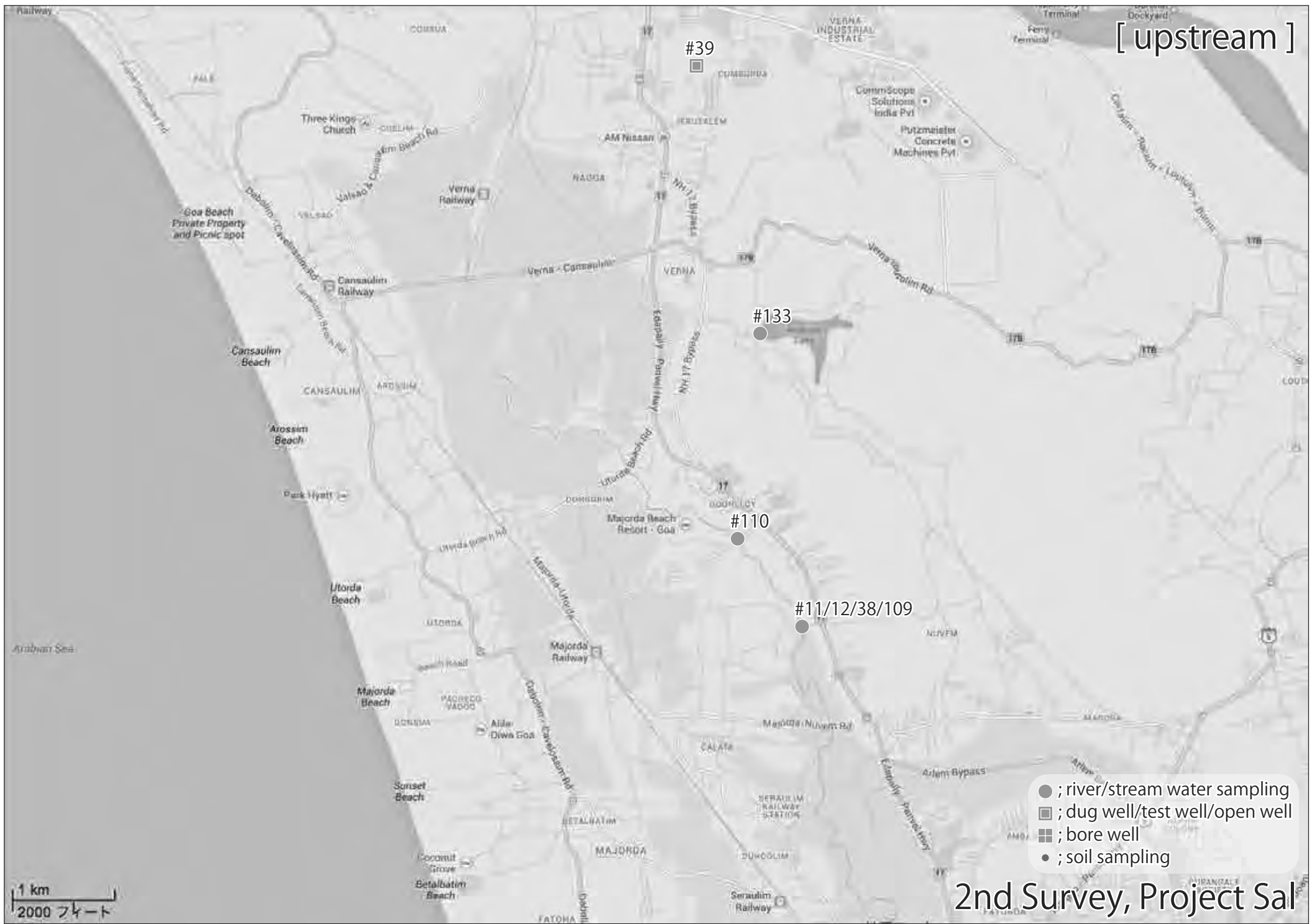
11~24.2.2014

No	Site Name	Area	latitude, longitude	sea level (+ m)	GW of well (GL- m)	GW (ASL+ m)	Collected sample	Lab. analysis	Date	Time	Temp., °C	pH	Conductivity, mS	Salt, ppm	TDS, ppm	Comment
1	Crompton Grieves	Bethora	15°23'23.43, 074°01'44.38	53	-	-	GW (50m depth)	CG	11.2.2014	12:50	30	5.56	0.36	160	240	Lab. test; Cr6+ BDL
2	Aero Coach	Bethora	15°23'15.80, 074°01'49.63	52	-	-	Effluent	AC-3	11.2.2014	13:15	28.2	7.45	2.13	1190	1680	Lab. test; 8.8mg/L Cr6+ (8.3Ita)
3	Electro Shine	Bethora	15°23'12.90, 074°01'55.08	54	-	-	Effluent	ES-4	11.2.2014	13:45	27.3	7.07	0.94	460	-	Lab. test; 46.3mg/L Cr6+ (49Ita)
4	Sunrise Zinc Dump	Cuncolim	15°10'49.40, 074°01'39.39 15°10'47.56, 074°01'38.85 15°10'49.13, 074°01'38.89	28	-	-	Dumped soil/waste	SZ-1	12.2.2014	-	-	-	-	-	-	SZ-1; copedited soil sample of 3 representative dump site
5	Puja Ferro alloys	Cuncolim	15°10'51.02, 074°01'44.88	29	-23.95	5.05	Bore well water	Puja Ferro	12.2.2014	12:20	31.2	6.65	0.66	310	460	Pumping GW level
6	In front of Sunrise Zinc	Cuncolim	15°10'51.31, 074°01'39.46	26	-	-	Surface soil (~GL-50cm)	SZ-2	12.2.2014	-	-	-	-	-	-	SZ-2; surface soil
7	Irrigation Canal, near Nicomet	Cuncolim	-	-	-	-	Irrigation canal-Nicomet	-	12.2.2014	16:55	29.3	7.35	0.04	10	20	
8	Irrigation Canal, near Nicomet	Cuncolim	-	-	-	-	Irrig.-50m downstream	Irrigation Canal	12.2.2014	17:10	29	7.25	0.05	10	30	
9	Nicomet Factory	Cuncolim	-	-	-	-	Drain in Nicomet	-	12.2.2014	17:15	28.7	8.15	3.02	1580	2110	
10	Nicomet Factory	Cuncolim	-	-	-	-	Feed water	-	12.2.2014	17:24	26.3	4.71	8.56	4790	5990	20 times dilution
11	Nicomet Factory	Cuncolim	-	-	-	-	Condensate	-	12.2.2014	17:27	28.4	5.56	0.09	40	60	
12	Nicomet Factory	Cuncolim	-	-	-	-	Sludge	NIM-0	12.2.2014	-	-	-	-	-	-	NIM-0; sludge of NICOMET
13	Nicomet Factory	Cuncolim	15°11'13.71, 074°01'57.99	19	-	-	Dumped soil (~GL-20cm)	NIM-1	12.2.2014	-	-	-	-	-	-	NIM-1; dumped soil of NICOMET
14	Nicomet Factory	Cuncolim	15°11'13.46, 074°01'57.43	19	-	-	Dumped soil (~GL-35cm)	NIM-2	12.2.2014	-	-	-	-	-	-	NIM-2; dumped soil of NICOMET
15	Nicomet Factory	Cuncolim	15°11'12.27, 074°01'56.38	20	-	-	Surface soil (~20cm)	NIM-3	12.2.2014	-	-	-	-	-	-	NIM-3; surface soil of NICOMET
16	Nicomet Dump Site well #5	Cuncolim	15°11'04.27, 074°01'42.71	24	-8.38	15.62	Test well water	NIM #5 well	12.2.2014	17:55	26.1	7.62	0.14	70	100	
17	Alkamol	Sal river stream	15°11'37.94, 074°02'14.21	11	-	-	River water	-	13.2.2014	13:45	28.2	6.84	0.05	20	30	river side sampling
18	near Nusi Hospital	Sal river	15°11'29.54, 073°59'49.63	8	-	-	River water	-	13.2.2014	14:10	28.6	6.73	0.05	20	30	river side sampling
19	Jackonnibhand	Sal river stream	15°14'29.21, 073°58'29.61	4	-	-	River water	-	13.2.2014	14:30	27.2	6.55	0.14	60	90	river side sampling
20	Khardband	Sal river	15°16'07.53, 073°57'11.61	6	-	-	River water	(BOD, basic)	13.2.2014	15:10	27.6	6.86	0.47	230	340	midstream, bucket sampling
21	Orlim	Sal river	15°13'11.88, 073°57'27.93	8	-	-	River water	-	13.2.2014	15:50	24.3	6.99	5.83	3140	4030	midstream, bucket sampling 5 times dilution
22	Mobor	Sal river	15°09'03.73, 073°57'01.07	2	-	-	River water	-	13.2.2014	16:30	24.8	7.34	5.21	2830	3630	river side sampling 10 times dilution
23	Mungul	Sal river	15°16'55.68, 073°57'03.69	5	-	-	River water	-	13.2.2014	17:25	25.8	6.92	0.32	150	220	river side sampling
24	Madewada well #1	Sal river neighborhood	15°11'43.70, 074°02'00.82	13	-1.1	11.9	Dug well water	-	14.2.2014	12:25	28.4	6.1	0.09	40	60	
25	Madewada well #2	Sal river neighborhood	15°11'42.84, 074°02'06.42	13	-0.55	12.45	Dug well water	-	14.2.2014	12:35	28.4	5.72	0.04	10	20	
26	Cacanomoddy, Cuncolim	Sal river neighborhood	15°11'33.16, 073°59'45.42	10	-3.58	6.42	Dug well water	-	14.2.2014	12:55	28.6	6.64	0.21	90	140	
27	Fradelim	Sal river neighborhood	15°14'26.08, 073°58'25.03	5	-2.87	2.13	Dug well water	-	14.2.2014	13:15	27.4	6.78	0.16	70	110	
28	Shirvodden	Sal river neighborhood	15°15'54.94, 073°57'21.02	10	-3.68	6.32	Dug well water	-	14.2.2014	14:35	28.1	6.75	0.18	70	120	
29	Orlim, near Church	Sal river neighborhood	15°13'09.41, 073°57'26.13	11	-5.46	5.54	Dug well water	-	14.2.2014	15:00	28.4	5.62	0.06	20	40	
30	Mobor well #1	Sal river neighborhood	15°09'08.45, 073°57'00.51	4	-1.7	2.3	Dug well water	-	14.2.2014	15:30	27.4	6.35	0.15	60	100	
31	Mobor well #2	Sal river neighborhood	15°09'15.44, 073°57'03.83	6	-1.1	4.9	Dug well water	-	14.2.2014	15:45	28	7.41	0.04	140	210	
32	Grand Madda	Sal river neighborhood	15°16'58.95, 073°57'13.04	10	-3.55	6.45	Dug well water	-	14.2.2014	16:55	26	7.08	0.38	180	260	
33	Electro Shine	Bethora	-	54	-	-	Effluent collection tank	Eff. water	17.2.2014	16:00	14.6	9.83	1.89	940	1320	
34	Electro Shine	Bethora	-	54	-	-	Treatment water tank	Treat. water	17.2.2014	16:05	17.9	7.55	0.11	50	70	
35	Electro Shine	Bethora	-	54	-	-	ES-Nallah-#1	ES-Nallah-#1	17.2.2014	16:40	19.7	2.92	4.04	2140	2850	Nullah flowing, S->N
36	Electro Shine	Bethora	-	54	-	-	ES-Nallah-#2	ES-Nallah-#2	17.2.2014	16:45	23.9	8.1	12.51	7210	8580	Nullah flowing, E->W 20 times dilution
37	Rututek	Bethora	15°23'12.26, 074°01'57.49	60	-	-	RT-Nallah	RT-Nallah	17.2.2014	17:10	18.3	2.65	6.43	3490	4480	Nullah flowing, S->N
38	Kasarbad Junction	Bethora	15°23'15.27, 074°01'46.26	47	-	-	CG-Nallah	CG-Nallah	17.2.2014	17:20	23.3	3.06	4.36	2340	3050	Big Nallah near CG site 20 times dilution
39	Electro Shine	Bethora	15°23'14.34, 074°01'58.43	53	-	-	ES-Nallah-#3	ES-Nallah-#3	17.2.2014	17:35	18.9	3.23	9.16	5080	6370	Nullah flowing, E->W

"Pilot Survey for Disseminating SME's Technologies for Groundwater Remediation"

No	Site Name	Area	latitude, longitude	sea level (+ m)	GW of well (GL- m)	GW (ASL+ m)	Collected sample	Lab. analysis	Date	Time	Temp., °C	pH	Conductivity, mS	Salt, ppm	TDS, ppm	Comment
40	Irrigation Canal, near Nicomet	Cuncolim	15°11'16.63, 074°01'47.14	19	-	-	Irrig.-50m downstream	-	18.2.2014	11:55	28.2	7.17	0.04	10	20	same site as ID#8
41	Irrigation Canal, near Nicomet	Cuncolim	15°11'16.24, 074°01'57.09	19	-	-	Irrigation canal-Nicomet	-	18.2.2014	12:10	28.2	7.41	0.04	10	20	same site as ID#7
42	Rdesai	Cuncolim	15°11'12.53, 074°01'29.35	13	-1.65	11.35	Open well water	-	18.2.2014	13:05	31.9	5.92	0.09	30	50	
43	near Cuncolim entrance gate	Cuncolim	15°11'07.09, 074°01'22.08	19	-3.25	15.75	Dug well water	-	18.2.2014	13:25	29.4	6.84	0.28	120	190	25m north from Irrigation Canal
44	Powerhouse #1	Cuncolim	15°11'08.75, 074°01'27.83	19	-3.09	15.91	Dug well water	-	18.2.2014	14:40	29.1	6.95	0.15	60	100	
45	In front of Hotel Sainath	Cuncolim	15°11'09.99, 074°01'18.63	19	-2.62	16.38	Dug well water	-	18.2.2014	14:50	28	5.86	0.27	110	180	
46	Powerhouse #2	Cuncolim	15°11'13.20, 074°01'11.59	19	-6.75	12.25	Dug well water	-	18.2.2014	15:00	27.2	6.28	0.13	50	80	
47	Powerhouse #3	Cuncolim	15°11'15.49, 074°01'12.02	20	-9.38	10.62	Dug well water	-	18.2.2014	15:10	-	-	-	-	-	10m north from ID#39
48	Powerhouse #4	Cuncolim	15°11'15.82, 074°01'12.27	20	-9.41	10.59	Dug well water	-	18.2.2014	15:15	27.8	6.13	0.05	20	30	
49	Powerhouse #5	Cuncolim	15°11'13.87, 074°01'07.98	16	-4.69	11.31	Dug well water	-	18.2.2014	15:30	28.5	5.82	0.08	30	50	
50	Alkamol	Cuncolim	15°11'29.79, 074°02'23.41	18	-	-	Agricultural drain	-	18.2.2014	15:45	29	7.48	0.03	0	10	
51	RR Steel	Cuncolim	15°11'10.27, 074°01'46.55	23	-	-	Bore well water	-	18.2.2014	16:30	30.5	6.27	0.27	110	180	
52	Krarm, Cooperate Society	Sal river	15°15'47.88, 073°57'04.16	4	-	-	River water	-	19.2.2014	15:35	28.5	6.92	0.49	240	350	
53	Birondi, Benaulim #1	Sal river neighborhood	15°15'40.54, 073°56'51.82	6	-2.02	3.98	Dug well water	-	19.2.2014	15:50	28.6	7.01	0.41	190	280	
54	Birondi, Benaulim #2	Sal river neighborhood	15°15'32.42, 073°56'46.29	7	-3.32	3.68	Dug well water	-	19.2.2014	16:05	28.2	5.86	0.14	60	90	
55	Seraulim, near fish market	Sal river	15°17'15.24, 073°56'59.82	3	-	-	River water	-	20.2.2014	11:35	27.3	6.74	0.2	80	140	
56	Wholesale fish market	Sal river stream	15°17'19.08, 073°56'59.01	3	-	-	River water	(BOD, basic)	20.2.2014	11:50	32.1	6.72	0.26	110	170	muddy, fishy smells
57	Nuvm	Sal river	15°18'25.71, 073°56'36.73	5	-	-	River water	-	20.2.2014	12:05	27	6.86	0.13	50	90	muddy, fishy smells
58	Rumder -upper	Sal river	15°18'56.93, 073°56'26.44	10	-	-	River water	-	20.2.2014	12:15	27.5	7.22	0.12	50	80	muddy, fishy smells
59	Rumder -lower	Sal river	as above	as above	-	-	River water	-	20.2.2014	12:20	27.6	6.7	0.13	50	90	muddy, fishy smells
60	Village Panchayat	Sal river stream	15°20'53.68, 073°55'27.22	12	-	-	River water	-	20.2.2014	12:35	26.7	6.19	0.1	50	80	
61	Vapne	Sal river stream	15°22'00.35, 073°55'53.94	53	-	-	Spring water	-	20.2.2014	13:15	28.2	6.18	0.19	90	130	
62	Well "OW-PDS-VERNA No.5"	Sal river neighborhood	15°21'53.16, 073°55'51.07	30	-2.65	27.35	Dug well water	-	20.2.2014	13:30	29.1	5.35	0.11	40	70	
63	Uddiar, Verna	Sal river stream	15°20'52.77, 073°56'50.17	59	-	-	Spring water	-	20.2.2014	14:55	29	6.04	0.03	10	20	
64	Ambulor Lake	Sal river neighborhood	15°20'37.22, 073°56'17.02	22	-	-	Lake water	-	20.2.2014	15:10	30.6	6.72	0.06	20	30	
65	Senaulim, Verna	Sal river stream	15°20'02.13, 073°55'53.21	43	-	-	Spring water	-	20.2.2014	15:25	27.7	7.02	0.03	10	20	
66	Povacao, Verna	Sal river neighborhood	15°20'54.41, 073°55'41.41	13	-2.29	10.71	Dug well water	-	20.2.2014	15:55	25.4	6.52	0.28	120	190	
67	Mowrod, Verna	Sal river neighborhood	15°19'53.71, 073°55'33.96	13	-2.35	10.65	Dug well water	-	20.2.2014	16:15	27.2	5.7	0.19	80	130	
68	Rumder, Verna	Sal river neighborhood	15°18'56.93, 073°56'36.80	14	-3.52	10.48	Dug well water	-	20.2.2014	16:30	27.1	6.03	0.12	50	80	
69	Gorvote, Verna	Sal river neighborhood	15°18'06.89, 073°56'47.24	14	-2.77	11.23	Dug well water	-	20.2.2014	16:45	27	5.97	0.06	20	40	
70	Bore well of SIMENS	Sal river neighborhood	15°22'14.02, 073°55'54.98	69	-	-	Bore well water	-	21.2.2014	12:55	28.8	7.62	0.19	80	120	
71	Bore well of "CIPLA" BW-05	Sal river neighborhood	15°22'01.89, 073°56'35.75	81	-	-	Bore well water	-	21.2.2014	13:35	32.6	6.56	0.22	90	150	
72	Bore well of "Coca Cola"	Sal river neighborhood	15°22'03.62, 073°56'43.30	84	-	-	Bore well water	-	21.2.2014	15:00	34.3	6.64	0.2	90	140	
73	Bore well of "BOSCH"	Sal river neighborhood	15°21'39.70, 073°57'18.41	95	-	-	Bore well water	-	21.2.2014	15:20	32.5	7.47	0.16	70	110	
74	Kasarbad Junction	Bethora	15°23'15.49, 074°01'46.10	-	-	-	-	-	24.2.2014	15:50	31.5	2.16	-	-	-	
75	Indi Pharma	Bethora	15°23'17.07, 074°01'49.50	-	-	-	-	-	24.2.2014	16:00	29.6	6.17	0.16	760	1080	
76	Mahalasa Pharma	Bethora	15°23'12.83, 074°01'58.55	-	-	-	-	-	24.2.2014	16:10	29.6	6.54	0.51	230	350	
77	IDC Dug Well	Bethora	15°23'17.62, 074°01'59.61	-	-	-	-	-	24.2.2014	16:20	-	-	-	-	-	IDC Well
78	Nallah, behind Mahalasa Pharma	Bethora	15°23'12.70, 074°01'58.83	-	-	-	-	-	24.2.2014	16:50	-	6.87	-	-	-	
	1) Onsite Water Analysis Parameters by Tracel-1765-pH, Salt, TDS, Conductivity															
	2) Groundwater level measurement by SWAN Environmental Pvt. Ltd.- Water Level Indicator															
	3) GPS localization by I-O DATA GPSLOG															
	4) Sea level (elevation) is read from "Google Earth"															
	5) The preliminary analysis data mentioned for some samples are based on after dilution with distilled water and the data has to be multified by the number of times was made to get total concentration of TDS, etc.															

[upstream]

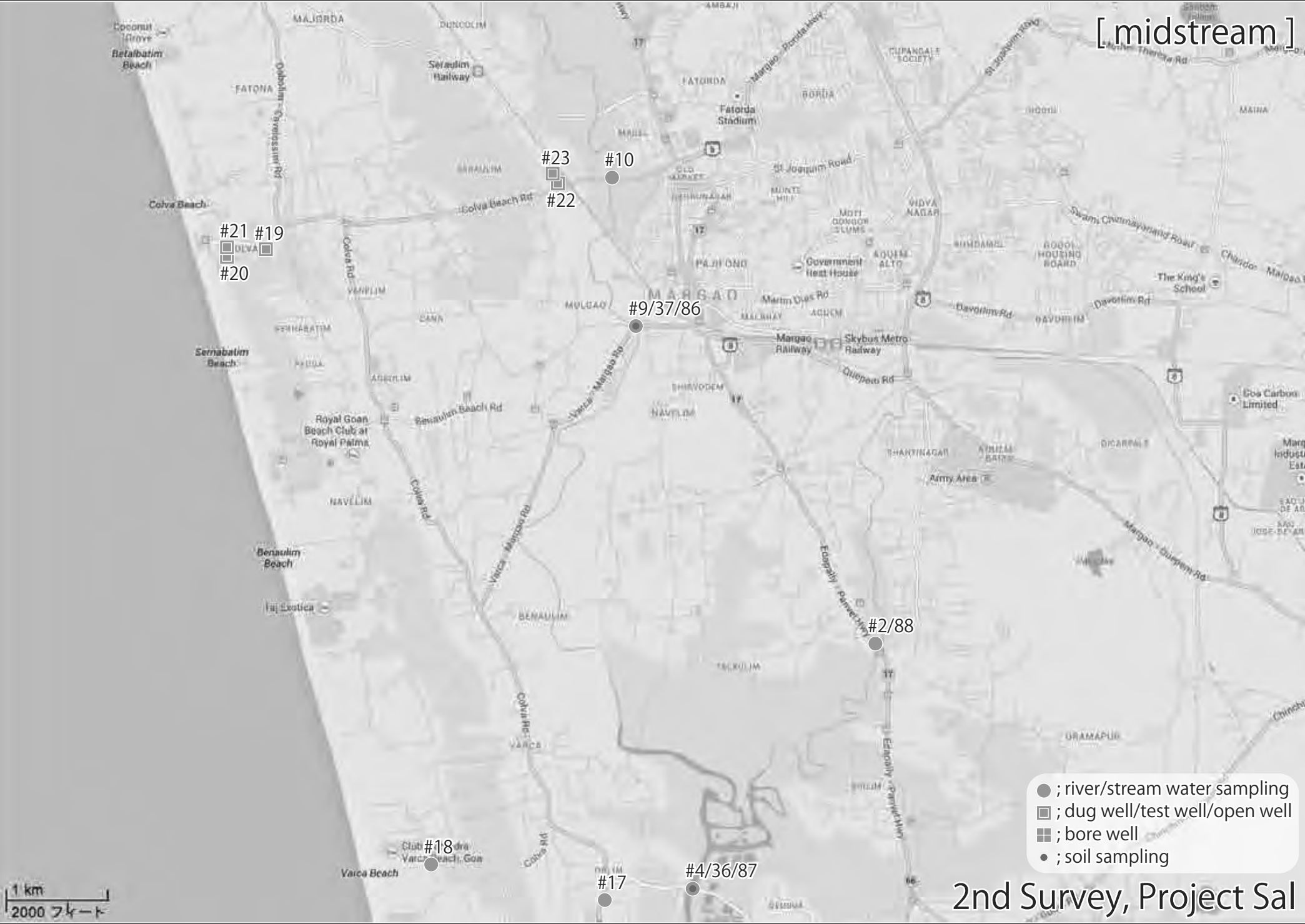


- ; river/stream water sampling
- ; dug well/test well/open well
- ; bore well
- ; soil sampling

2nd Survey, Project Sal

1 km
2000 フート

[midstream]

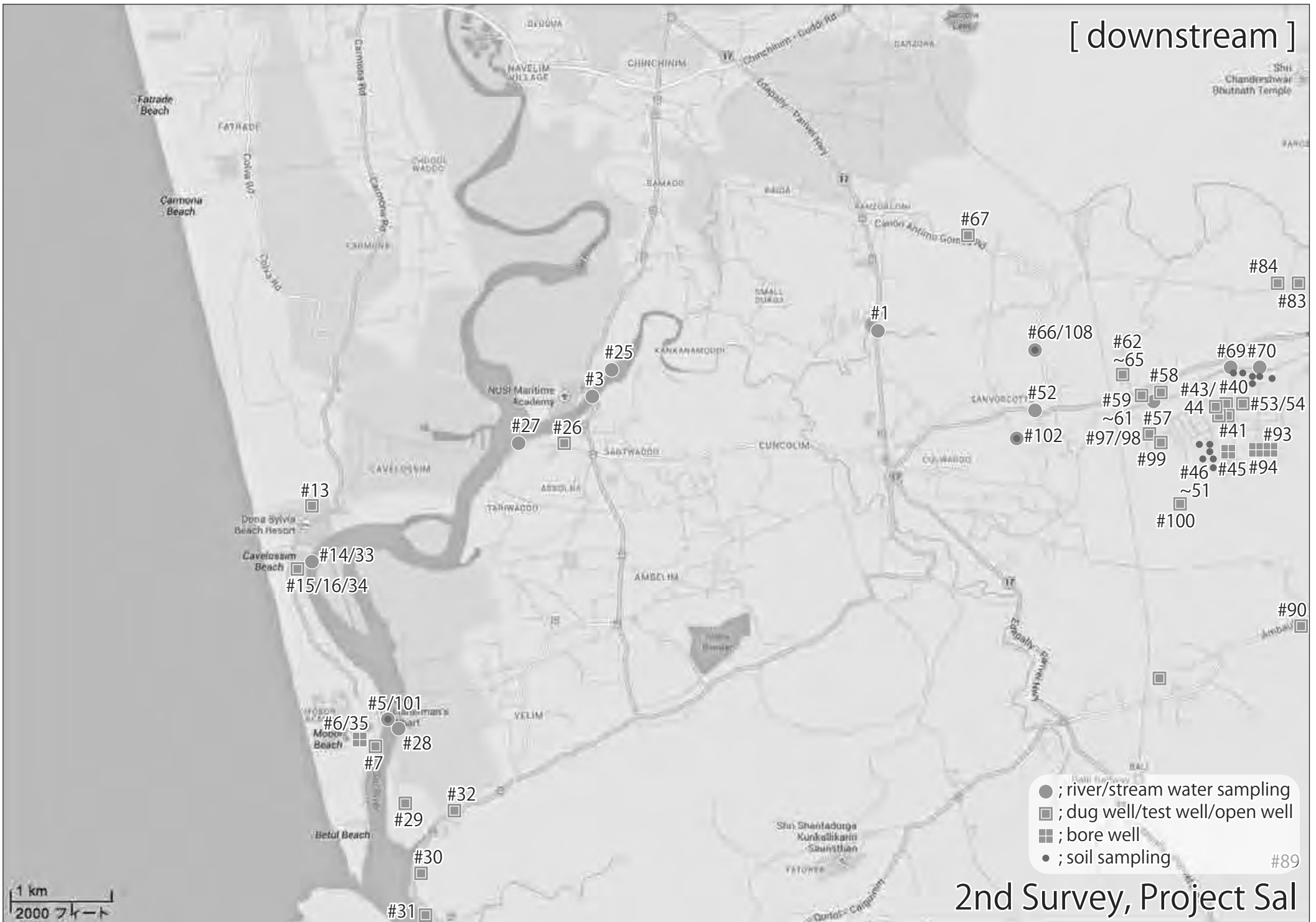


- ; river/stream water sampling
- ; dug well/test well/open well
- ▣ ; bore well
- ; soil sampling

2nd Survey, Project Sal

1 km
2000 フート

[downstream]



2nd Survey Log of "Project Sal"

18.3~11.4.2014

No	Site Name	Area	latitude, longitude	sea level (+ m)	GW of well (GL- m)	GW (ASL+ m)	Water Depth (m)	Lab. analysis	Date	Time	Cr(VI), PACK	Temp., °F	pH	Conductivity, mS	Salt, ppm	TDS, ppm	Comment
1	Jacknibandh	Sal River, downstream	15°14'29.45, 073°58'29.74	-	-	-	-	-	19.3.2014	12:16	ND	85.2F	6.68	0.156	70	100	same as 2/13 #19
2	Pazarconi	Sal River, downstream	15°11'29.72, 073°59'49.72	-	-	-	-	-	19.3.2014	12:41	ND	85.2F	6.56	0.06	20	40	same as 2/13 #18
3	Nusi Maritime Academy	Sal River, downstream	15°11'05.89, 073°58'17.31	-	-	-	-	-	19.3.2014	13:00	-	84.2F	7.58	4.19	2260	2930	10 times dilution
4	Orlim Bridge	Sal River, downstream	15°13'11.89, 073°57'27.41	-	-	-	-	-	19.3.2014	13:23	-	83.1F	7.1	4.01	2060	2780	10 times dilution, same as 2/13#21
5	Mobor	Sal River, downstream	15°09'25.06, 073°57'08.15	-	-	-	-	-	19.3.2014	13:48	-	84.7F	7.69	6.37	3430	4410	10 times dilution, same as 2/13#22
6	Bore well, Hotel Leela	Sal River, downstream	15°09'19.14, 073°56'59.55	-	-	-	-	-	19.3.2014	15:18	-	90.6F	7.85	1.02	490	710	
7	Dug well, near Hotel Leela	Sal River, downstream	15°09'15.42, 073°57'03.90	-	-	-	-	-	19.3.2014	-	-	-	-	-	-	-	same as Morbor well #2 in 2/14
8	Hilday Inn / Haati Mahal	Sal River, downstream	-	-	-	-	-	-	19.3.2014	-	-	-	-	-	-	-	No wells, Only PWD water use
9	Khareband	Sal River, midstream	15°16'07.53, 073°57'11.61	-	-	-	-	-	19.3.2014	16:00	-	84.2F	6.84	0.56	70	90	TDS down from 2/13 #20
10	Mungul Bridge	Sal River, midstream	15°16'55.60, 073°57'03.69	-	-	-	-	-	19.3.2014	16:23	-	83.6F	6.96	0.25	110	160	TDS&Cond. down from 2/13 #23
11	Rumder, upper	Sal River, upstream	15°18'56.81, 073°56'26.43	-	-	-	-	-	19.3.2014	16:42	-	87.9F	8.24	0.11	50	70	same as 2/13 #58
12	Rumder, lower	Sal River, upstream	same as above	-	-	-	-	-	19.3.2014	16:41	-	89F	6.9	0.13	50	80	same as 2/13 #59
13	Dug well, Raddison Blu Resort	Sal River, downstream	15°10'33.43, 073°56'44.55	-	-3.92	-	1.43	-	20.3.2014	13:30	-	86F	6.32	0.22	90	140	
14	Byke River Side Pit	Sal River, downstream	15°10'14.46, 073°56'42.30	-	-	-	-	-	20.3.2014	13:55	-	83.6F	7.51	5.98	3290	4190	10 times dilution
15	Dug well #1, Byke Hotel	Sal River, downstream	15°10'12.24, 073°56'38.14	6	-2.54	3.46	0.8	-	20.3.2014	14:00	-	86.3F	7.47	0.89	420	610	8m NW from well #2
16	Dug well #2, Byke Hotel	Sal River, downstream	same as above	6	-2.61	3.39	0.83	-	20.3.2014	14:00	-	86F	7.57	0.65	300	450	8m SE from well #1
17	Orlim Road Side	Sal River, downstream	15°13'05.88, 073°56'59.77	-	-	-	-	-	20.3.2014	15:01	-	84.5F	5.72	0.1	40	70	
18	near New Club Mahindra	Sal River, midstream	15°13'18.56, 073°56'04.52	-	-	-	-	-	20.3.2014	15:28	ND	84.2F	7.7	3.88	2070	2720	10 times dilution
19	Dug well, O.W.-P.D.S.-No.6, Colva	Sal River, midstream	15°16'34.59, 073°55'10.20	11	-3.7	7.3	1.85	-	20.3.2014	16:20	-	84.5F	6.9	0.24	100	160	
20	Dug well #1, Silver Sand Hotel	Sal River, midstream	15°16'32.59, 073°54'57.78	-	?	-	?	-	20.3.2014	16:31	-	83.1F	7.35	0.47	220	320	
21	Dug well #2, Silver Sand Hotel	Sal River, midstream	15°16'32.29, 073°54'57.68	-	?	-	?	-	20.3.2014	16:35	-	84.2F	6.62	0.38	170	260	
22	Dug well #1, Colva Beac Road	Sal River, midstream	15°16'53.67, 073°56'45.36	11	-2.63	8.37	2.7	-	20.3.2014	17:00	-	80.6F	6.87	0.34	160	230	stinky, near septic tank
23	Dug well #2, Colva Beac Road	Sal River, midstream	15°16'54.59, 073°56'43.90	10	-2.88	7.12	2.7	-	20.3.2014	17:05	-	80.4F	6.2	0.21	90	140	same as above
24	Kenilworth Resort Hotel	Sal River, upstream	-	-	-	-	-	-	21.3.2014	-	-	-	-	-	-	-	Treated water, for Gardening
25	near Nusi Maritime	Sal River, downstream	15°11'15.37, 073°58'21.35	-	-	-	-	-	21.3.2014	14:11	-	-	7.56	-	-	-	pms over limit
26	Dug well, near FATIMA Guesthouse	Sal River, downstream	15°10'51.70, 073°58'07.64	10	?	?	?	-	21.3.2014	14:33	-	83.1F	7.4	0.59	280	410	
27	Junction of River Sal	Sal River, downstream	15°10'52.23, 073°57'51.95	-	-	-	-	-	21.3.2014	14:41	-	-	7.84	-	-	-	pms over limit
28	Cutband Port	Sal River, downstream	15°09'21.58, 073°57'13.15	-	-	-	-	-	21.3.2014	15:03	-	80.9F	6.66	5.9	3230	4130	10 times dilution
29	Dug well, Cutband Village	Sal River, downstream	15°08'58.68, 073°57'13.77	8	-1.09	6.91	0.53	-	21.3.2014	15:15	-	84.2F	7.42	0.34	160	240	
30	Open well, Santan Zhor, Betul	Sal River, downstream	15°08'35.67, 073°57'18.76	19	?	?	?	-	21.3.2014	15:37	-	84.9F	5.64	0.02	0	10	
31	Dug well #1, Betul	Sal River, downstream	15°08'23.96, 073°57'21.86	14	-1.69	12.31	1.01	-	21.3.2014	15:53	-	82.7F	5.58	0.06	20	30	salty in dry season
32	Dug well #2, Betul	Sal River, downstream	15°08'59.00, 073°57'39.40	12	-2.39	9.61	2.19	-	21.3.2014	16:02	-	85.2F	5.56	0.03	10	10	
33	Byke River Side Pit	Sal River, downstream	15°10'14.46, 073°56'42.30	-	-	-	-	AGS1 (rw)	24.3.2014	12:41	ND	81.1F	7.02	4.25	2290	2960	10 times dilution, Micro. Sp.
34	Dug well #2, Byke Hotel	Sal River, downstream	15°10'12.24, 073°56'38.14	-	-	-	-	AGS2 (gw)	24.3.2014	12:56	ND	89.6F	7.41	1.2	570	820	for Microbiology Sampling
35	Bore well, Hotel Leela	Sal River, downstream	15°09'19.14, 073°56'59.55	-	-	-	-	AGS3 (gw)	24.3.2014	13:20	ND	84.9F	7.78	1.02	490	700	for Microbiology Sampling
36	Orlim Bridge	Sal River, downstream	15°13'11.89, 073°57'27.41	-	-	-	-	AGS4 (rw)	24.3.2014	14:08	ND	82.5F	7.03	2.66	1340	1860	10 times dilution, Micro. Sp.
37	Khareband	Sal River, midstream	15°16'07.53, 073°57'11.61	-	-	-	-	AGS5 (rw)	24.3.2014	14:30	ND	85.4F	6.54	0.23	100	150	for Microbiology Sampling
38	Rumder, upper	Sal River, upstream	15°18'56.81, 073°56'26.43	-	-	-	-	AGS6 (rw)	24.3.2014	16:15	ND	90.3F	7.46	0.1	40	60	for Microbiology Sampling
39	Dug well near Verna Spring	Sal River neighborhood	15°18'56.93, 073°56'36.80	-	-	-	-	AGS7 (gw)	24.3.2014	17:15	ND	82F	5.36	0.09	30	50	for Microbiology Sampling
40	Test well #1 of Nicomet Dump	Nicomet Dump	15°11'04.56, 074°01'45.66	17	0.16	17.16	16.72	-	25.3.2014	11:55	ND	89F	7.25	0.04	10	20	
41	Test well #2 of Nicomet Dump	Nicomet Dump	15°11'00.95, 074°01'45.87	17	-5.3	11.7	3.7	-	25.3.2014	12:13	ND	90.5F	6.95	0.3	120	180	
42	Test well #3 of Nicomet Dump	Nicomet Dump	15°11'00.50, 074°01'42.06	18	-8.3	9.7	2	-	25.3.2014	12:22	ND	87.9F	7.12	0.39	170	260	
43	Test well #4 of Nicomet Dump	Nicomet Dump	15°11'03.20, 074°01'42.41	20	-6.2	13.8	3.16	-	25.3.2014	12:33	ND	86.9F	6.81	0.33	150	220	
44	Test well #5 of Nicomet Dump	Nicomet Dump	15°11'04.19, 074°01'42.86	22	-9.07	12.93	0.21	-	25.3.2014	12:40	-	-	-	-	-	-	no water for sampling
45	Bore well, Puya Ferro Alloy	Cuncolim I.E.	15°10'50.95, 074°01'44.85	29	-41.55	-12.55	?	-	25.3.2014	15:28	ND	90.6F	6.38	0.57	260	390	replaced new well pump
46	Background, Sunrise Zinc	Sunrise Zince	15°10'43.38, 074°01'40.18	-	-	-	-	background soil	25.3.2014	15:45	-	-	-	-	-	-	soil sampling for XRF analysis
47	Industrial cannal #1, Sunrise Zinc	Sunrise Zince	15°10'46.88, 074°01'40.12	-	-	-	-	cannal sludge #1	25.3.2014	16:00	-	-	-	-	-	-	soil sampling for XRF analysis
48	Industrial cannal #2, Sunrise Zinc	Sunrise Zince	15°10'46.95, 074°01'37.89	-	-	-	-	cannal sludge #2	25.3.2014	16:10	-	-	-	-	-	-	soil sampling for XRF analysis

No	Site Name	Area	latitude, longitude	sea level (+ m)	GW of well (GL- m)	GW (ASL+ m)	Water Depth (m)	Lab. analysis	Date	Time	Cr(VI), PACK	Temp., °F	pH	Conductivity, mS	Salt, ppm	TDS, ppm	Comment
99	Bore well, Fortune Distellers	Cuncochim I.E.	15°10'53.48, 074°01'22.79	-	-	-	?	-	2.4.2014	15:40	ND	88.8F	6.61	0.29	120	190	
100	Dug well, Laxmanshelke	Cuncochim I.E.	15°10'31.51, 074°01'31.33	31	-6.42	24.58	0.23	-	2.4.2014	15:49	ND	84.7F	6.27	0.11	40	70	
101	Mobor, monitoring site	Sal River, downstream	15°09'08.68, 073°57'02.56	-	-	-	-	Mobor (XRF)	3.4.2014	11:50	-	82.5F	7.38	6.06	3300	4260	for XRF, 10 times dilution
102	downstream of Cuncochim Cannal	near Cuncochim I.E.	15°10'46.43, 074°00'56.77	-	-	-	-	d. st. Cunc. Canal	3.4.2014	12:33	ND	86.5F	7.67	0.04	10	20	downstream of Cunc. cannal (XRF)
103	Dug well #1 Masconi	near Cuncochim I.E.	15°10'45.28, 074°00'55.35	18	-6.63	11.37	1.6	-	3.4.2014	12:48	ND	86.0F	6.04	0.07	20	40	
104	Dug well #2 Masconi	near Cuncochim I.E.	15°10'47.19, 074°00'58.17	21	-6.98	14.02	0.76	-	3.4.2014	12:55	ND	83.6F	5.56	0.07	20	40	
105	Dug well #3 Masconi	near Cuncochim I.E.	15°10'47.94, 074°00'57.76	21	-6.84	14.16	3.2	-	3.4.2014	13:02	ND	83.3F	5.42	0.07	30	40	
106	Dug well #4 Masconi	near Cuncochim I.E.	15°10'52.11, 074°00'54.19	19	-7.64	11.36	2.8	-	3.4.2014	13:16	-	86.7F	5.56	0.1	40	70	
107	Dug well #5 Masconi	near Cuncochim I.E.	15°11'15.00, 074°00'45.72	10	-1.85	8.15	0.5	-	3.4.2014	13:29	-	85.8F	6.68	0.16	70	110	
108	downstream of Cuncochim Nallah	near Cuncochim I.E.	15°11'21.74, 074°00'42.00	-	-	-	-	Cuncochim (XRF)	3.4.2014	13:35	-	89.9F	7.04	0.06	20	40	for XRF, '140403-03
109	Rumder, monitoring site	Sal River, upstream	15°18'56.81, 073°56'26.43	-	-	-	-	no	3.4.2014	15:20	-	87.4F	6.61	0.18	80	120	revetment bottom
110	Rumder north	Sal River, upstream	15°19'24.57, 073°56'05.79	-	-	-	-	no	3.4.2014	15:29	-	88.7F	6.8	0.12	50	80	revetment bottom
111	Nallah, near Kasarbad Junction	Bethora	15°23'15.27, 074°01'46.26	-	-	-	-	-	4.4.2014	11:15	ND?	83.4F	6.63	3.93	2060	2750	10 times dilution
112	Dug well, Dominguda	Bethora	15°23'12.25, 074°01'36.77	48	-3.15	44.85	1.1	-	4.4.2014	11:26	ND	80.6F	6.41	0.12	50	80	
113	Open well, down Dominguda	Bethora	15°23'15.32, 074°01'37.76	47	-2.26	44.74	0.94	-	4.4.2014	11:35	ND	85.8F	5.72	0.09	30	50	
114	Pond in United Breweries	Bethora	15°23'23.97, 074°01'32.53	-	-	-	-	-	4.4.2014	12:09	ND	89.9F	8.28	2.22	1110	1530	
115	Nallah in UB	Bethora	15°23'26.83, 074°01'36.01	-	-	-	-	-	4.4.2014	12:20	ND	87.2F	7.21	2.68	1310	1860	
116	Nallah in Sun Grace Garden	Bethora	15°23'31.92, 074°01'33.61	-	-	-	-	-	4.4.2014	12:42	-	88.1F	6.91	3.47	1800	2400	
117	Nallah behind (NE) the Junction	Bethora	15°23'15.59, 074°01'47.53	-	-	-	-	-	4.4.2014	12:54	ND	84.7F	6.99	5.64	3100	3950	10 times dilution
118	Nallah near Gananath Factory	Bethora	15°23'13.69, 074°01'52.75	-	-	-	-	-	4.4.2014	13:21	ND	88.1F	7.27	7.09	3930	4960	10 times dilution
119	Treated water of Ruktek	Bethora	15°23'12.26, 074°01'57.49	-	-	-	-	-	4.4.2014	13:25	ND	84.7F	5.91	2.72	1350	1890	
120	Ponda-Bethora Junction	Ponda	15°23'44.49, 074°01'30.95	-	-	-	-	-	4.4.2014	14:33	-	89.2F	7.02	1.678	810	1160	
121	Treated water of Electro Shine	Bethora	-	-	-	-	-	-	4.4.2014	14:45	ND	82.5F	7.62	0.14	60	90	
122	Effluent of Electro Shine	Bethora	-	-	-	-	-	-	4.4.2014	14:51	>2mg/L	82.0F	12.44	ol	ol	ol	
123	Raw water of Electro Shine	Bethora	-	-	-	-	-	-	4.4.2014	14:59	>2mg/L	82.9F	8.77	1.02	480	700	
124	Nallah #1, near Electro Shine	Bethora	-	-	-	-	-	-	4.4.2014	15:05	ND	88.3F	6.39	0.31	140	210	same as ES-Nallah-#1
125	Nallah #2, near Electro Shine	Bethora	-	-	-	-	-	-	4.4.2014	15:10	ND	93.2F	8.7	7.49	4050	5220	same as ES-Nallah-#2
126	Nallah #3, near Electro Shine	Bethora	-	-	-	-	-	-	4.4.2014	15:15	ND	92.8F	6.11	6.45	3430	4620	same as ES-Nallah-#3
127	Treated water of ROZ-BNL	Bethora	-	-	-	-	-	-	4.4.2014	15:45	ND	85.8F	2.71	2.97	1540	2080	degrease, acid washing
128	Bashar Plating	Bethora	15°23'13.45, 074°01'59.94	-	-	-	-	-	4.4.2014	-	-	-	-	-	-	-	Non-Cyanide Zinc Plating
129	Dei Sai Plating (Prsad Udyog)	Bethora	15°23'08.09, 074°01'03.01	-	-	-	-	-	4.4.2014	-	-	-	-	-	-	-	temporary shutdown
130	Raw water of Aerocoach	Bethora	-	-	-	-	-	-	4.4.2014	16:20	>2mg/L	86.7F	5.24	1.46	680	1000	
131	Treated water of Aerocoach	Bethora	-	-	-	-	-	-	4.4.2014	16:25	ND	88.5F	9.69	1.57	740	1060	
132	Spring, Senaulim, Verna	Sal river stream	15°20'02.26, 073°55'02.69	-	-	-	-	-	7.4.2014	13:27	-	83.6F	6.39	0.033	10	20	meta-sediment (conglomerate)
133	Ambulor Lake, Verna	Sal River Stream	15°20'02.26, 073°55'02.69	-	-	-	-	-	7.4.2014	15:18	-	96.8F	6.9	0.08	30	50	
134	Spring, Uddiar, Verna	Sal River Stream	15°20'52.77, 073°56'50.17	-	-	-	-	-	7.4.2014	15:43	-	84.0F	5.82	0.04	10	20	gneiss
135	Rumder, monitoring site #1	Sal River, upstream	15°18'56.81, 073°56'26.43	-	-	-	-	-	7.4.2014	15:57	-	92.3F	6.92	0.13	50	80	upward (dum-side)
136	Rumder, monitoring site #2	Sal River, upstream	same as above	-	-	-	-	-	7.4.2014	16:00	-	89.9F	7.51	0.134	50	90	downward (down stream side)
137	Nallah, near Kasarbad Junction	Bethora	15°23'15.27, 074°01'46.26	-	-	-	-	-	7.4.2014	16:30	ND	81.5F	6.04	5.39	2930	3770	10 times dilution
138	Dug well, Dominguda	Bethora	15°23'12.25, 074°01'36.77	-	-	-	-	-	7.4.2014	16:52	ND	80.6F	6.42	0.15	60	100	
139	Nallah near Gananath Factory	Bethora	15°23'13.69, 074°01'52.75	-	-	-	-	Nallah (Gananath)	7.4.2014	17:08	0.1~0.2	81.1F	7.5	10.15	5670	7080	20 times dilution
140	Nallah #1, near Electro Shine	Bethora	-	-	-	-	-	-	7.4.2014	17:25	ND	86.0F	8.45	1.87	930	1280	
141	Nallah #2, near Electro Shine	Bethora	-	-	-	-	-	-	7.4.2014	17:25	ND	92.1F	8.33	ol	ol	ol	re-sampling, as #142
142	Nallah #2, near Electro Shine	Bethora	-	-	-	-	-	-	7.4.2014	17:36	ND	80.9F	7.33	5.69	3110	3980	20 times dilution
143	Yashodha Factory	Bethora	15°23'12.21, 074°01'54.40	-	-	-	-	-	7.4.2014	-	-	-	-	-	-	-	furniture, bending/assembly
144	Khareband	Sal River, midstream	15°16'07.53, 073°57'11.61	-	-	-	-	-	8.4.2014	12:06	-	85.2F	6.6	0.25	110	160	
145	Test well #1 of Nicomet Dump	Nicomet Dump	15°11'04.56, 074°01'45.66	17	-0.16	16.84	16.72	ND-#1	8.4.2014	12:56	-	90.5F	7.6	0.06	10	30	gw. for heavy metal analysis
146	Test well #2 of Nicomet Dump	Nicomet Dump	15°11'00.95, 074°01'45.87	17	-5.4	11.6	3.7	ND-#2	8.4.2014	13:04	-	90.1F	6.8	0.35	160	240	gw. for heavy metal analysis
147	Test well #3 of Nicomet Dump	Nicomet Dump	15°11'00.50, 074°01'42.06	18	-7	11	2	ND-#3	8.4.2014	13:09	-	89.2F	6.8	0.83	400	580	gw. for heavy metal analysis

No	Site Name	Area	latitude, longitude	sea level (+ m)	GW of well (GL- m)	GW (ASL+ m)	Water Depth (m)	Lab. analysis	Date	Time	Cr(VI), PACK	Temp., °F	pH	Conductivity, mS	Salt, ppm	TDS, ppm	Comment
148	Test well #4 of Nicomet Dump	Nicomet Dump	15°11'03.20, 074°01'42.41	20	-7.65	12.35	3.16	ND-#4	8.4.2014	13:16	-	86.3F	7	0.32	140	220	gw. for heavy metal analysis
149	Test well #5 of Nicomet Dump	Nicomet Dump	15°11'04.19, 074°01'42.86	22	dry	dry	dry	-	8.4.2014	13:25	-	-	-	-	-	-	no groundwater
*Lab. analysis; rw: River Water, gw: GroundWater																	
<u>1) Onsite Water Analysis Parameters by Tracel-1765-pH, Salt, TDS, Conductivity</u>																	
<u>2) Groundwater level measurement by SWAN Environmental Pvt. Ltd.- Water Level Indicator</u>																	
<u>3) Cr(VI) PAC; on-site water test for Cr(VI) by "PACKTEST", diphenylcarbazine color comparison method</u>																	
<u>4) GPS localization by I-O DATA GPSLOG</u>																	
<u>5) Sea level (elevation) is read from "Google Earth"</u>																	
<u>6) The preliminary analysis data mentioned for some samples are based on after dilution with distilled water and the data has to be multiplied by the number of times was made to get total concentration of TDS, etc.</u>																	

- ・ ボーリング実施許可申請、
ベトラ/カンコリム工業団地における同許可



Asahi Geo Survey Company Limited

3-40-5. Sendagaya, Shibuya-ku, Tokyo 151-0051, Japan
Phone: +81-3-3478-7216 Fax: +81-3-3478-1015

22th January 2015

To Chairman of the Goa State Pollution Control Board
Dempo Towers, EDC Plaza, Patto, Panaji, Goa – 403 001

Subject: Request for Boring and Installing Monitoring Wells

Respected sir,

This is for your kind information that we would like to ask your permission for boring survey and monitoring well installation in the Bethora IDC, the Cuncolim IDC and along the Sal River area as per the details mentioned below:

1. Purpose of Work in Bethora IDC; identifying hexavalent chromium pollution in groundwater.
2. Purpose of Work in Cuncolim IDC and along Sal Rive; installing groundwater monitoring wells
3. Work Sites; we choose 14 sites out of 19 sites in the locality map as attached.
4. Duration; 3 weeks
5. Depth of Wells; GL -15m (to the bottom of first unconfined aquifer)
6. Specification of Wells; shown in below figure
7. Boring Work; by Spectra Geo Survices Pvt. Ltd. “Kiranmayee” #72, Sancharapuri, New Bowenpally, Secunderabad – 500 011



Asahi Geo Survey Company Limited

3-40-5. Sendagaya, Shibuya-ku, Tokyo 151-0051, Japan
Phone: +81-3-3478-7216 Fax: +81-3-3478-1015

List of Requested Sites

	Site Name	Locality
1	Bethora well #1 in UB premise	N 15°23'15.49, E 074°01'46.10
2	Bethora well #2 in Indi Pharma Premise	-
3	Bethora well #3 near Gananath Factory	-
4	Bethora well #4 near Gananath Factory	N 15°23'13.69, E 074°01'52.75
5	Bethora well #5 across from Gananath Factory	-
6	Bethora well #6 behind Yashoda Factory	N 15°23'12.21, E 074°01'54.40
7	Bethora well #7 behind Electro Shine	N 15°23'14.34, E 074°01'58.43
8	Bethora well #8 in front of Electro Shine	-
9	Cuncolim well #1 near IDC office	-
10	Cuncolim well #2 northwest of Sunrise Zinc	-
11	Cuncolim well #3 northeast of Sunrise Zinc	-
12	Cuncolim well #4 southwest of Sunrise Zinc	-
13	Cuncolim well #5 southeast of Sunrise Zinc	N 15°10'47.31, E 074°01'39.44
14	Cuncolim well #6 in front of NICOMET Factory	-
15	Cuncolim well #7 near irrigation canal	N 15°11'15.61, E 074°01'55.77
16	Mobor, near Hotel Leela	N 15°09'03.73, E 073°57'01.07
17	Khareband near Khareband Bridge	N 15°16'08.11, E 073°57'11.50
18	Seraulim, across from Fish Market	N 15°17'16.05, E 073°57'01.37
19	Rumder, west of a pond (wetland)	N 15°18'56.92, E 073°56'24.14

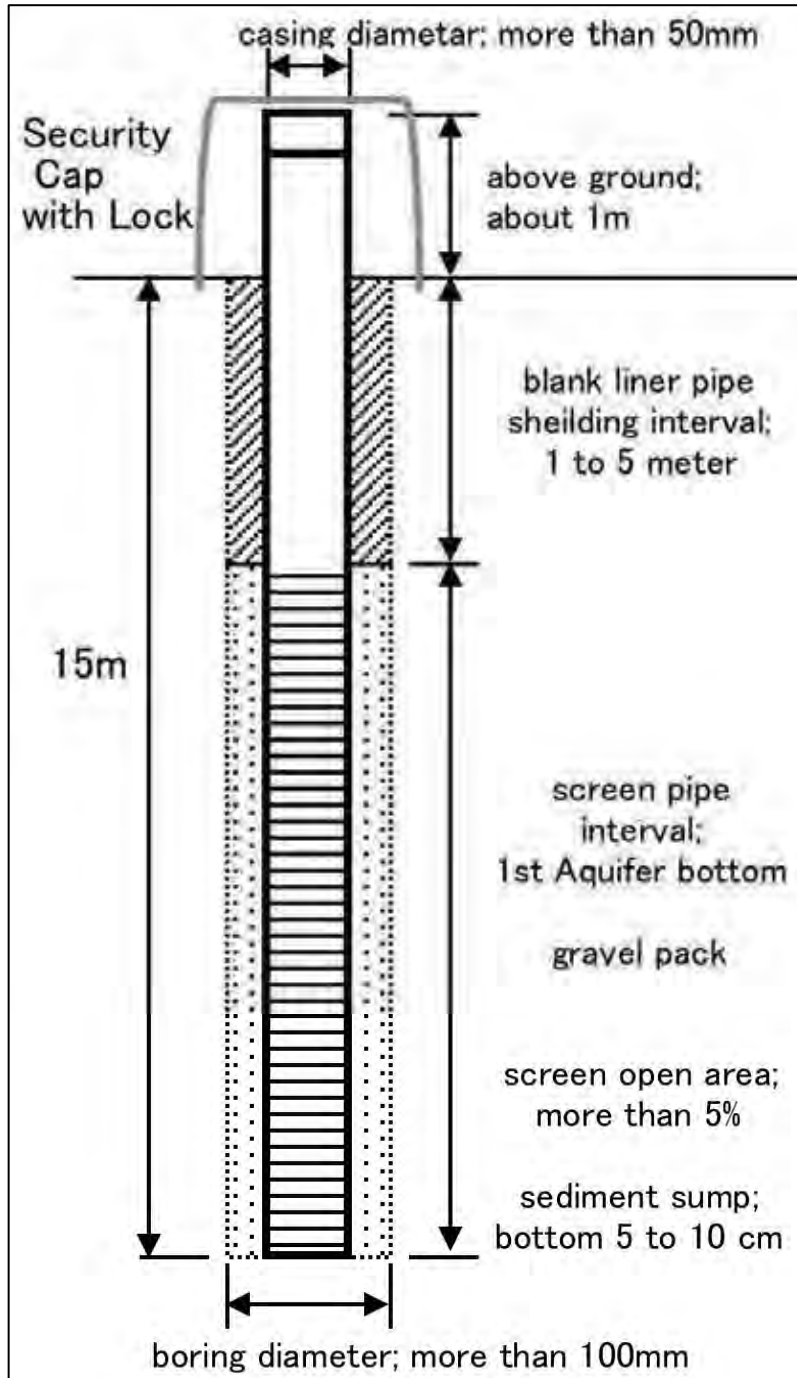
*GPS localization by I-O DATA GPSLOG



Asahi Geo Survey Company Limited

3-40-5. Sendagaya, Shibuya-ku, Tokyo 151-0051, Japan

Phone: +81-3-3478-7216 Fax: +81-3-3478-1015



Monitoring Well Specifications

Sincerely yours,

Mr. Fumio Hotta, President and CEO of Asahi Geo Survey, Japan

CC to JICA India Office, JICA Japan Office

[Bethora IDC 8 Sites]



Locality Map of Request of Boring Sites in Bethora IDC

Photos of Bethora IDC Sites



Bethora Site #1, confirmed by Mr. Manoj & Mr. Sameer, GSPCB

The site is located in the UB premis, behind the Kasarwad Junction, south of nullah



Bethora Site #2, confirmed by Mr. Vincent, GSPCB

The site is located in the Indi Pharma Pvt. Ltd.



Bethora Site #3, confirmed by Mr. Manoj & Mr. Sameer, GSPCB

The site is located near Gananath Factory, across the road from Site #4, south of nullah

Locality Maps & Photos of Requested Boring Sites

Photos of Bethora IDC Sites



Bethora Site #4, confirmed by Mr. Manoj & Mr. Sameer, GSPCB

The site is located near Gananath Factory, across the road from Site #3, north of nullah



Bethora Site #5, confirmed by Mr. Manoj & Mr. Sameer, GSPCB

The site is located on the east of Site #4, across the road from Site #4, south of nullah



Bethora Site #6, confirmed by Mr. Manoj & Mr. Sameer, GSPCB

The site is located 20m east from Site #5, south of nullah

Locality Maps & Photos of Requested Boring Sites

Photos of Bethora IDC Sites



Bethora Site #7, confirmed by Mr. Manoj & Mr. Sameer, GSPCB

The site is located 7.6m east from Site #6, near by the west end of Electro Shine Factory, south of nullah



Bethora Site #8, confirmed by Mr. Manoj & Mr. Sameer, GSPCB

The site is located in front of Electro Shine Factory, south of nullah

[Cuncolim IDC 7 Sites]



Locality Map of Request of Boring Sites in Cuncolim IDC



Locality Map of Request of Boring Sites in Sunrire Zinc, Cuncolim IDC



Locality Map of Request of Boring Sites near Irrigation Canal, Cuncolim IDC

Locality Maps & Photos of Requested Boring Sites

Photos of Cuncolim IDC Sites



Well #1, confirmed by Mr. Nickhil, GSPCB and Area Manager of Cuncolim IDC

The site is located in front of the Shraddha Ispat Pvt. Ltd., across of the road from IDC office



Well #2, confirmed by Mr. Nickhil, GSPCB and Area Manager of Cuncolim IDC

The site is located in the northwest end of the Sunrise Zinc Dump Site



Well #3, confirmed by Mr. Nickhil, GSPCB and Area Manager of Cuncolim IDC

The site is located in the southwest end of the Sunrise Zinc Dump Site

Locality Maps & Photos of Requested Boring Sites

Photos of Cuncolim IDC Sites



Well #4, confirmed by Mr. Sameer, GSPCB

The site is located in the northeast end of the Sunrise Zinc Dump Site



Well #5, confirmed by Mr. Nickhil, GSPCB

The site is located in the northwest of the Sunrise Zinc Dump Site



Well #6, confirmed by Mr. Nickhil, GSPCB and Area Manager of Cuncolim IDC

The site is located in front of the main gate of the NICOMET Factory, south of irrigation canal

Locality Maps & Photos of Requested Boring Sites

Photos of Cuncolim IDC Sites



Well #7, near Irrigatino Canal Site,
confirmed by Mr. Sameer, GSPCB

The site is located in the immediate
vicinity of NICOMET Factory

Photo was taken from the NICOMET
side

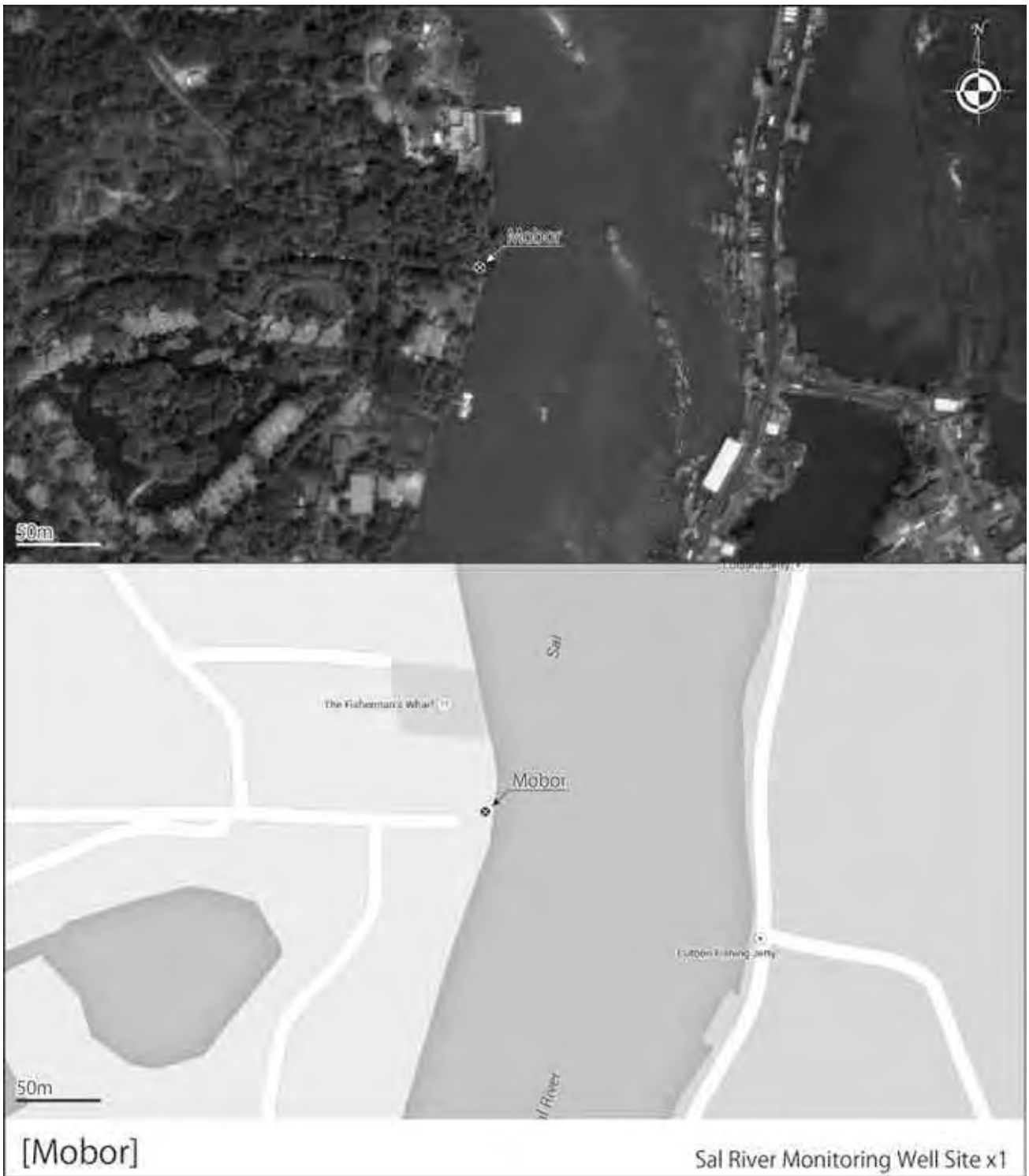


well #7, near Irrigatino Canal Site,
confirmed by Mr. Sameer, GSPCB

The site is located in the immediate
vicinity of NICOMET Factory

Photo was taken from the canal side

[Mobor Site]



Locality Map of Request of Boring Site in Mobor

Locality Maps & Photos of Requested Boring Sites

Photos of Mobor Sites



Mobor Site, confirmed by Mr. Sameer, GSPCB

The site is the same site of the GSPCB river water monitoring site in Mobor area

[Khareband Site]



Locality Map of Request of Boring Site in Khareband

Locality Maps & Photos of Requested Boring Sites

Photos of Khareband Sites



Khareband Site, confirmed by Mr. Sameer, GSPCB

The site is located 20m south from the Khareband Bridge

Photo was taken from the southwest to northeast



Khareband Site, confirmed by Mr. Sameer, GSPCB

The site is located 20m south from the Khareband Bridge

Photo was taken from the northwest to southeast

[Seraulim Site]



Locality Map of Request of Boring Site near Whole Sale Fish Market in Seraulim

Locality Maps & Photos of Requested Boring Sites

Photos of Seraulim Sites



Seraulim Site, confirmed by Mr. Sameer, GSPCB

The site is located 20m south from the Whole Sale Fish Market

Photo was taken from the north to south



Seraulim Site, confirmed by Mr. Sameer, GSPCB

The site is located 20m south from the Whole Sale Fish Market

Photo was taken from the south to north

[Rumder Site]



Locality Map of Request of Boring Site in Rumder

Locality Maps & Photos of Requested Boring Sites

Photos of Rumder Sites



Rumder Site, confirmed by Mr. Sameer, GSPCB

The site is located on the west bank of the Rumder swamp

Photo was taken from the west to east

Goa Industrial Development Corporation

(Government of Goa Undertaking)



CORPORATE OFFICE:

No. 13A-2, EDC Complex, Patto Plaza, Panaji-Goa 403 001.

Phone: 91-832-2437470 to 73; Fax: (0832) 2437478-79; email: goaidc1965@gmail.com; www.goaidc.com

No. GIDC/GM(E)/boring test wells/ 92
Date: 07/01/2015.

To,
The Chairman,
Goa State Pollution Control Board
Dempo Towers, 1st fl.,
EDC Patto Plaza,
Panaji-Goa.

Sub: Request for Boring Survey in Bethora IDC.
Ref: Your letter No. 1/20/13-PCB/Vol. XXVI/4656 dated 14/10/2014.

Sir,

There is no objection from this office for boring test bore wells in Industrial areas at Bethora and Cuncolim Industrial Estate at the locations identified by you for Hexavalent Chromium pollution.

It is also requested, to bore to the wells to the depth, for yielding water after the test depth length so that best use could be made by IDC.

The Field Manager of Bethora Industrial Estate and Cuncolim Industrial Estate shall give necessary help for locating the sites identified by you in respective Industrial Estates.

Yours faithfully,

(Prakash A. N. Gurav)
GENERAL MANAGER (ENGG.)

Goa State Pollution Control Board
Inward No. 5059897
Date: 07/01/2015

Jose Manuel Noronha
Chairman
Goa State Pollution Control Board

Set B.



Asahi Geo Survey Company Limited

3-40-5. Sendagaya, Shibuya-ku, Tokyo 151-0051, Japan

Phone: +81-3-3478-7216 Fax: +81-3-3478-1015

12th March 2015

To Chairman of the Goa State Pollution Control Board
Dempo Towers, EDC Plaza, Patto, Panaji, Goa – 403 001

Subject: Confirmation of Borewell Sites

Respected sir,

This is for your kind information that we would like to ask to confirm the planned bore-well site after preliminary Geophysical survey. We accept your request that Cuncolim well #7 should be shifted to back side of NICOMET Factory.

Please confirm each bore-well site including shifted #7 well as below figure.

List of Planned Bore-well Sites

	Site Name	Purpose of Survey/Well Installation
1	Bethora well #1 in UB premise	survey for Cr(VI) in groundwater (see table 8.1)
2	Bethora well #2 in Indi Pharma Premise	survey for Cr(VI) in groundwater (see table 8.1)
3	Bethora well #3 near Gananath Factory	survey for Cr(VI) in groundwater (see table 8.1)
4	Bethora well #4 near Gananath Factory	survey for Cr(VI) in groundwater (see table 8.1)
5	Bethora well #5 across from Gananath Factory	survey for Cr(VI) in groundwater (see table 8.1)
6	Bethora well #6 behind Yashoda Factory	survey for Cr(VI) in groundwater (see table 8.1)
7	Bethora well #7 behind Electro Shine	survey for Cr(VI) in groundwater (see table 8.1)
8	Bethora well #8 in front of Electro Shine	survey for Cr(VI) in groundwater (see table 8.1)
9	Cuncolim well #1 near IDC office	monitoring for pH & heavy metals (see table 8.2)
10	Cuncolim well #2 northwest of Sunrise Zinc	monitoring for heavy metals (see table 8.3)
11	Cuncolim well #3 northeast of Sunrise Zinc	monitoring for heavy metals (see table 8.3)
12	Cuncolim well #4 southwest of Sunrise Zinc	monitoring for heavy metals (see table 8.3)
13	Cuncolim well #5 southeast of Sunrise Zinc	monitoring for heavy metals (see table 8.3)
14	Cuncolim well #6 in front of NICOMET Factory	monitoring for pH & heavy metals (see table 8.2)
15	Cuncolim well #7 back side of NICOMET Factory	monitoring for pH & heavy metals (see table 8.2)



Asahi Geo Survey Company Limited

3-40-5. Sendagaya, Shibuya-ku, Tokyo 151-0051, Japan
Phone: +81-3-3478-7216 Fax: +81-3-3478-1015



[Bethora IDC]

Monitoring Well Site x8

#1~#8 are requested boring sites in Bethora IDC, a~f are monitored sites in table 1



Asahi Geo Survey Company Limited
3-40-5, Sendagaya, Shibuya-ku, Tokyo 151-0051, Japan
Phone: +81-3-3478-7216 Fax: +81-3-3478-1015



#1 ~#7 are requested boring sites in Cuncolim IDC, a~h are monitored sites in table 2



Asahi Geo Survey Company Limited

3-40-5. Sendagaya, Shibuya-ku, Tokyo 151-0051, Japan

Phone: +81-3-3478-7216 Fax: +81-3-3478-1015

Table 1 Result of surface water analysis in Bethora IDC

Site Name	Date	Time	Cr6+ Lab. Analysis	Cr6+ PAC Analysis	pH (on-site)
a. (ElectroShine)	17.2.'14	16:40	11.2 mg/L	-	2.93
	4.4.'14	15:05	-	ND	6.39
	7.4.'14	17:25	-	ND	8.45
	28.7.'14	15:15	-	ND	8.11
	19.1.'15	16:45	(under analysis)	>2ppm	6.40
b. (ElectroShine)	17.2.'14	16:45	5.1 mg/L	-	8.10
	4.4.'14	15:10	-	ND	8.70
	7.4.'14	17:25	-	ND	8.33
	28.7.'14	15:20	-	ND	5.73
c. (ElectroShine)	17.2.'14	17:35	2.98 mg/L	-	3.23
	4.4.'14	15:15	-	ND	6.11
	7.4.'14	17:36	-	ND	7.33
d. (Yashoda)	28.5.'14	11:15	-	ND	8.9
e. (Gananath)	4.4.'14	13:21	-	ND	6.67
	7.4.'14	16:52	-	0.1 ~ 0.2 ppm	7.5
	28.5.'14	11:03	-	1 ppm	7.87
	28.7.'14	13:35	-	ND	4.9
f. (Kasarwad Junction)	17.2.'14	17:20	0.076 mg/L	-	3.06
	24.2.'14	15:50	-	-	2.16
	4.4.'14	11:15	-	ND	6.63
	7.4.'14	16:30	-	ND	6.04
	28.5.'14	12:15	-	ND	5.40
	28.7.'14	13:50	-	ND	5.70

Standard of Hexavalent Chromium; 0.05 mg/L

Locality of the sample site is shown on the following page

All samples were Nullah water, ND; Not Detected

Table 2 Result of on-site canal water analysis in irrigation canal near Cuncolim IDC

Site Name	Date	Time	pH	Conductivity	Salinity
a. near IDC office (gate of IDC)	18.2.'14	13:25	6.84	0.28 mS	120 ppm
	26.3.'14	12:08	7.59	0.04 mS	10 ppm
	31.7.'14	18:37	5.36	0.54 mS	200 ppm
b.	12.2.'14	17:10	7.25	0.05 mS	10 ppm
	30.7.'14	12:34	5.75	0.73 mS	400 ppm
c. in front of NICOMET	12.2.'14	16:55	7.35	0.04 mS	10 ppm
	30.7.'14	12:20	4.82	0.82 mS	400 ppm
d.	31.7.'14	18:13	6.87	0.06 mS	0 ppm
e. monitoring well in NICOMET	30.7.'14	15:24	9.26	0.11 mS	0 ppm
f. monitoring well in NICOMET	30.7.'14	15:31	7.74	0.15 mS	100 ppm
g. monitoring well in NICOMET	30.7.'14	15:37	7.11	0.20 mS	100 ppm
h. monitoring well in NICOMET	30.7.'14	15:43	6.90	0.13 mS	100 ppm

・ GSPCB からの
カンコリム工業団地の農業用水沿いの
ボーリング実施依頼

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
Date: 12th February, 2015

No. CH/GSPCB/JMN/15/Vol. IV/162

To
M/s Asahi Geo Survey Co. Ltd.,
3-40-5, Sendagaya, Shibuya-ku,
Tokyo 151-0051, JAPAN

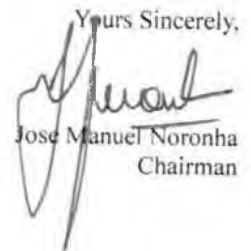
Request Letter of a monitoring well installation of the three sites along the irrigation Canal in front of Cuncolim IDC

We, Goa State Pollution Control Board (*hereinafter GSPCB*), request M/s Asahi Geo Survey Co. Ltd., Japan to install three monitoring wells along the irrigation canal in front of Cuncolim IDC for assessment of the groundwater quality.

GSPCB has had a Memorandum of Understanding (MoU) with M/s Asahi Geo Survey Co. Ltd., Japan for implementation of "Pilot Survey for Disseminating SME's Technologies for Groundwater Remediation by Bioremediation" in Goa (this project is funded by Japan International Co-operation Agency (*hereinafter JICA*)). GSPCB has found an abnormal water pH data in the irrigational canal located outside the Cuncolim Industrial Estate, Cuncolim in monsoon season; therefore we have asked M/s Asahi Geo Survey Co. Ltd., Japan for on-site inspection as a part of a feasibility study of this project in January of 2013. A well for groundwater monitoring of impact from industrial area is always thought a requisite. This irrigation canal will be directly impacted to some of the agricultural fields in Salcete area, we understand the low pH water could install three monitoring wells along the agricultural canal shown as below figure.



Yours Sincerely,


Jose Manuel Noronha
Chairman

- 2015年1月時のベトラ工業団地の用水路の
六価クロム分析結果



NABL T-1850
NABL T-1851

Italab (GOA) PVT. Ltd.

INDUSTRIAL TESTING & ANALYTICAL LABORATORIES

Surveyors, Quality Inspectors & Analysts

No. P/GM/IT/
46245 NC

Recognized by MoEF, New Delhi as 'Environmental Laboratory' vide notification No. Q-15018/16/2012-CPW dtd 19th Dec, 2013.

NABL ACCREDITED FOR CHEMICAL & BIOLOGICAL FIELDS, VALIDITY – NOVEMBER 2016

OHSAS 18001:2007/ISO 9001:2008 certified, validity - April 2015

CERTIFICATE OF ANALYSIS

I. SAMPLE PARTICULARS

- 1 Client name & address : M/s. Asahi Geo Survey Co. Ltd.,
2 Sample name/marks (As stated by the party) : Water / EC - NE
3 Sample Details : Submitted by Party.
4 Date of receipt : 20/01/2015.
5 Quantity/Packing : 250 ml.

Sample Submitted
By Party
Not Drawn By
ITALAB

II. TEST RESULTS

No.	Parameter	Unit	Result	Test Method
1	Hexavalent Chromium as Cr ⁺⁶	mg/ltr	15.10	IS 3025 : Part 52 : 2003
2	Trivalent Chromium as Cr ⁺³	mg/ltr	0.84	IS 3025 : Part 52 : 2003

Note:

- 1) No. of parameters analysed (01)
- 2) Analysed at Italab House, Malbhat, Margao - Goa.
- 3) Analytical work started on 20/01/2015 & completed on 22/01/2015.
- 4) The above results relate only to the item tested.
- 5) This test report shall not be reproduced except in full without the written permission of the laboratory.
- 6) Remnant samples shall be retained in the laboratory for two weeks after which the same shall be discarded.

Test carried out by

Chemist

Authorized Signatory
(Seema Nalk Chemist)

23/01/2015

Director

- ・ 2015 年 6 月時のベトラ工業団地の
モニタリング井戸 4 地点の分析結果



NABL T-1850
NABL T-1851

Associates ITALAB (JAPAN) LTD. TOKYO

Italab (GOA) PVT. Ltd.

No. P/GM/IT/
48045 NC to
48048NC

INDUSTRIAL TESTING & ANALYTICAL LABORATORIES

Surveyors, Quality Inspectors & Analysts

Recognized by MoEF, New Delhi as 'Environmental Laboratory' vide notification No. Q-15018/16/2012-CPW dtd 19th Dec, 2013.
NABL ACCREDITED FOR CHEMICAL & BIOLOGICAL FIELDS, VALIDITY - NOVEMBER 2016

CERTIFICATE OF ANALYSIS

I. SAMPLE PARTICULARS

1. Client name & address : M/s. Goa State Pollution Control Board, Panjim - Goa.
2. Sample name/marks : Water (As stated by the party).
3. Sample details : Submitted by party.
4. Date of receipt : 12/06/2015.

Sample Submitted By Party Not Drawn By ITALAB
--

II. TEST RESULTS


TEST METHOD : As Per : IS 3025: Part 52: 2003

Report No.	Sample name (Marks)	Quantity	Results
			Hexavalent Chromium as Cr + 6
48045NC	BT - 1	300 ml	0.003
48046NC	BT - 6	300 ml	BDL
48047NC	BT - 3	300 ml	0.006
48048NC	BT - 7	300 ml	0.06

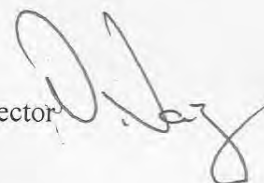
- N. B: 1) No. of parameters analysed (01).
2) Analysed at Italab House, Malbhat, Margao - Goa.
3) Analytical work started on 12/06/2015 & completed on 15/06/2015.
4) The above results relate only to the item tested.
5) This test report shall not be reproduced except in full without the written permission of the laboratory.

Test carried out by


Chemist


Authorized Signatory
(Seema Naik - Chemist)

16/06/2015


Director