

図-4.3.3. カルカッタの化学分析室組織図

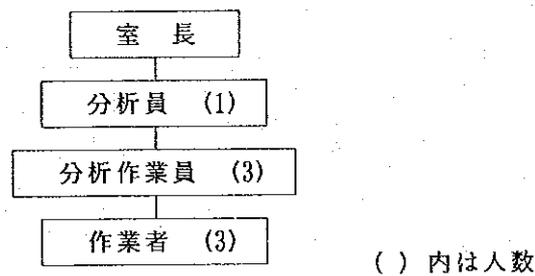


図-4.3.4. ハイデラバードの化学分析室組織図

4.3.2 事業計画

4.2.5 の基本方針に基づき各機材の選定を以下の通り行った。

(1) 重金属

ICPは多成分を同時に分析できることから大量の検水の多成分同時分析に適し、一方、AAは成分毎に発光管を取り替え検量線(校正曲線)を作成する必要があることから単成分の繰り返し分析に適している。特に、ICPでもAAと同じように項目毎に分析しなければならない水銀、砒素、セレン、アンチモン等の分析にはAAが適している。このため、重金属の分析についてはICPとAAとの併用が望ましい。

表-4.3.1.に重金属分析用機器比較表を示し、図-4.3.5.および図-4.3.6.にICPプラズマ発光部と原子吸光フレイム発光部を示す。

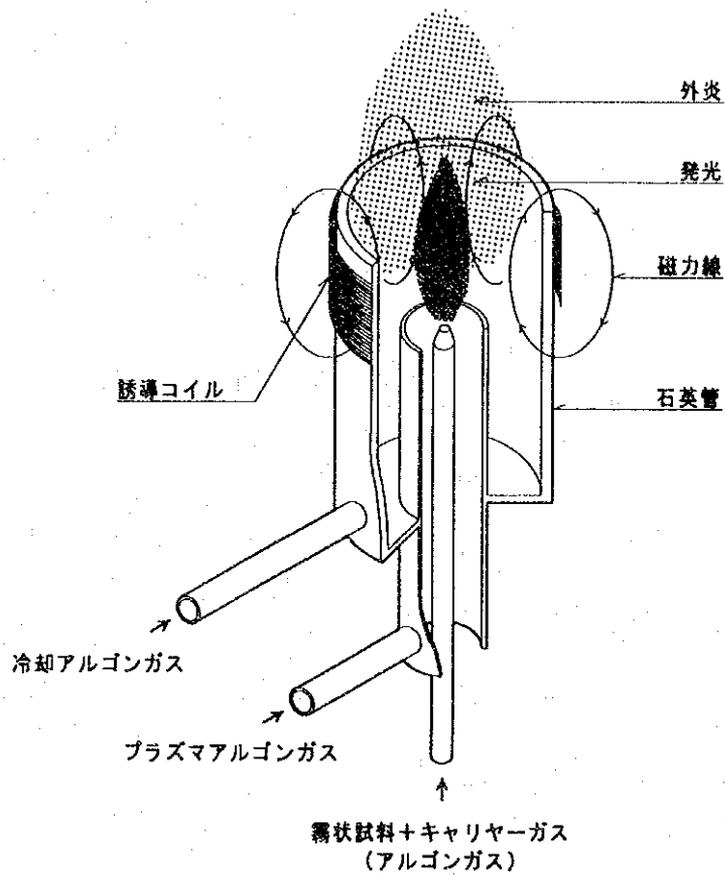


図-4.3.5. ICP プラズマ発光部

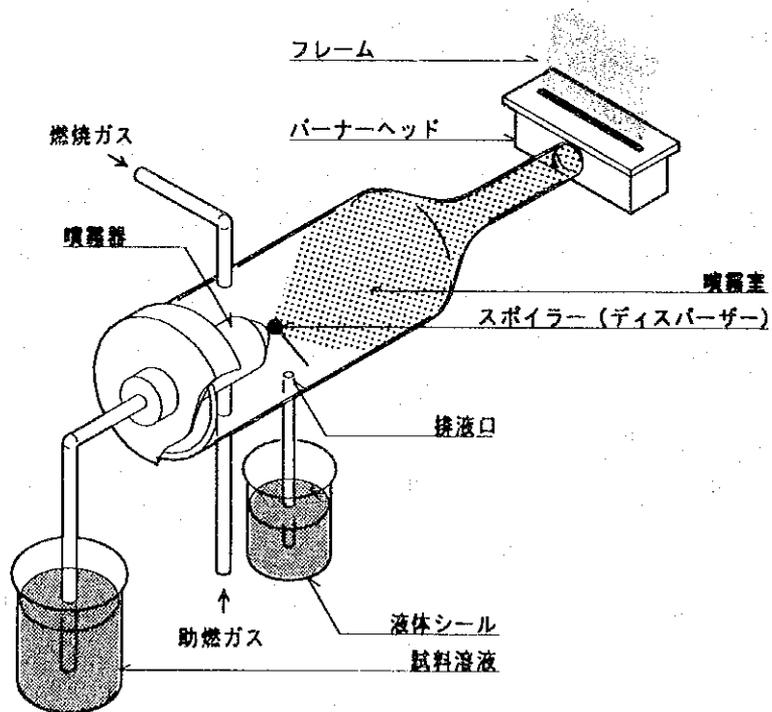


図-4.3.6. 原子吸光フレイム発光部

表-4.3.1. 重金属分析用機器比較表

	高周波プラズマ発光分析装置 (ICP)	原子吸光分光光度計 (AA)
測定原理	分析目的元素を励起し得られる発光スペクトルの波長位置から定性分析を、発光強度から定量分析する発光分光分析の一つで、元素の蒸発・発光させる方法として高周波誘導結合プラズマ放電 (Inductively-Coupled Plasma, ICP) が用いられる。	分析目的元素を含む検水を炎あるいは電気熱により解離し基底状態の原子を生成し、この原子蒸気層にこの原子と同種の元素から放射された光を照射して、この原子により吸収される光の強度を測定することにより、検水中の元素の濃度を求める方法である。
特色	<p>①ネブライザー (霧化装置) で検水を霧化してこれをArガスによってプラズマ炎に導入すると、蒸発・原子化・励起により発光する。このプラズマ炎は温度が高く (6,000~10,000 °K) 安定しており、ドーナツ状で外炎の方が温度が高いことから、導入された検水の励起効率が高く、高感度を得られ発光強度は自己吸収が起こり難いため、広い検水濃度範囲で直線性を示し、少量から極微量まで同時に分析できる。</p> <p>②妨害物質の影響が少ない分析方法で検水の前処理を必要としない。</p> <p>③検水中の全ての元素を同時に発光させる分析方法だから、多くの元素を1回の操作で同時に分析できる。</p> <p>④高感度分析法であるから、用いる試薬、溶媒、器具や環境からの汚染をできるだけ除去することが大切である。</p>	<p>①殆どの金属元素の微量から極微量の定量分析に使用でき、検水の形態に依存しない。</p> <p>②共存元素やイオンの影響は比較的小さく、選択的な分析方法である。</p> <p>③金属元素の特有な波長に合わせた、発光管 (Hollow Cathode Lamp) が必要なため多元素を同時には分析できないので定性分析には適さない。</p> <p>④検水の場合には適当な濃度に希釈または濃縮してそのまま測定することができる。</p> <p>⑤高感度分析法のため、用いる試薬、溶媒、器具や環境からの汚染をできるだけ除去することが大切である。</p>

(2)有機化合物

1)ガスクロマトグラフ (GC)

有機化合物の分析にはガスクロマトグラフが適している。ここでガスクロマトグラフの原理を概説する。クロマトグラフ系はお互いに混じり合わない移動相 (Mobil Phase) と固定相 (Stationary Phase) の二つからなり、試料中の成分が固定相とその間隙を縫って流れる移動相に異なる割合で分配されると、成分毎に固定相中を

移動する速度に差が生じ、分離される。このような原理に基づく分離法をクロマトグラフィーという。

GCは移動相に気体（キャリアーガス）を用い、固定相をクロマト管に柱状に充填したカラムクロマトグラフである。一定流量のキャリアーガス流中に試料を注入する。注入された試料は気化してカラムに運ばれ、各成分に分離され、検出器(Detector)で検出される。GCは分解能が高く、高感度で迅速で、簡便という特徴がある。一方、気体成分の分析のため、分析できる操作温度で安定な気体となり得る物質でなければ、直接分析の対象にならないという制約がある。

[装置]

キャリアーガスの流量は定流量バルブ等で一定に保たれ、キャリアーガスとしては、化学的に不活性で熱的に安定なHe, N₂等がよく用いられる。検出器の種類によっては適合しないキャリアーガスがあるので注意が必要であるが、試料成分の分離状態は固定相の選択によるもので、キャリアーガスの種類には殆ど影響を受けない。

試料注入部は試料（気体または液体）をシリンジを用いてシリコンセプタムに注入するもので、注入された試料を瞬間的に気化すると小さい試料蒸気の拡がり幅でカラムへ送り込め、ピークの分離が良く試料注入量が少なくできるため、試料注入部は適温に保たれるよう加熱装置が付けられている。

カラム (Column)は内径2~4mm, 長さ1~4mのステンレスまたはガラス製の細管に充填剤を詰めた充填カラム(Packed Column)と、さらに内径の小さい(0.1~0.5mm)、長さ10~50mでキャピラリー内壁に固定相をコーティングした開管カラム(Open Tubular Column)がある。溶融シリカカラムは不活性で、曲げやすく、折れにくい特色があるので、最近よく使われている。

検出器(Detector)はカラム中で分離されて出てきた各成分を検出し、その流出量に対応する応答を示す働きをするのが検出器である。検出器には万能型（不特定多数の化合物に応答）と選択型（特定の化合物にのみ高感度で応答）とがあり、検出過程で試料成分の破壊される場合と破壊されない場合とがある。次に主な検出器の特色を述べる。

①熱伝導度検出器(Thermal Conductivity Detector: TCD):最も一般的で最初から使われている検出器。ブリッジ回路に一定電流を流し、試料ガス管路の抵抗値とキャリアーガス管路の抵抗値の熱伝導度の違いによる抵抗値の変化を電位差として検出する。抵抗体の温度変化の検出であるためキャリアーガスの種類と流量、検出器の温度、回路の電流等の操作条件を一定にし、キャリアーガスと試料成分との熱伝導度の差が大きい程検出器の応答が大きく、He, H₂のように熱伝導度の高いガス、殊に不活性なHeがキャリアーガスに利用されている。キャリアーガスと同じ熱伝導度の物質の検査には使えないが、実質的にTCDは万能型検出器である。しかし、感度的には他の検出器より劣っている。

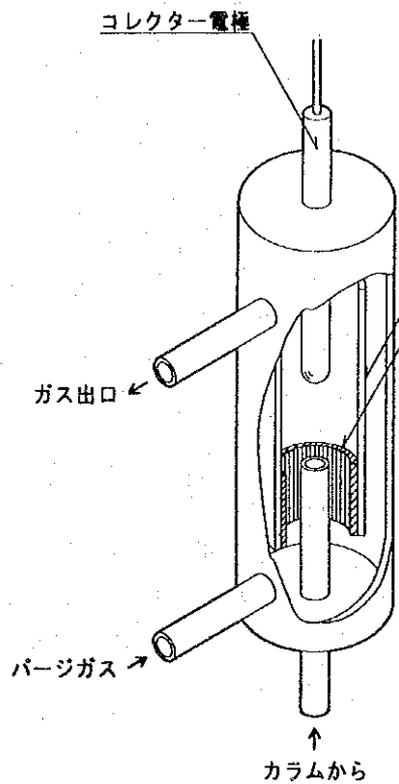
②水素炎イオン化検出器(Flame Ionization Detector: FID):図-4.3.7.のようにカラムからの流出ガスに水素ガスを混ぜ、ノズル先端で燃焼させる。ノズル上端には電圧をかけておくと、キャリアーガスだけの場合は両電極間に流れるイオン電流は小さく一定であるが、ここに水素炎でイオン化される有機化合物が入ってくると、両電極間に流れるイオン電流が増大する。したがって、水素炎でイオン化されない下表にある無機化合物以外の有機化合物は高感度で検出できる。FIDで検出できない無機化合物を表-4.3.2.に示す。

表-4.3.2. FIDで検出できない無機化合物

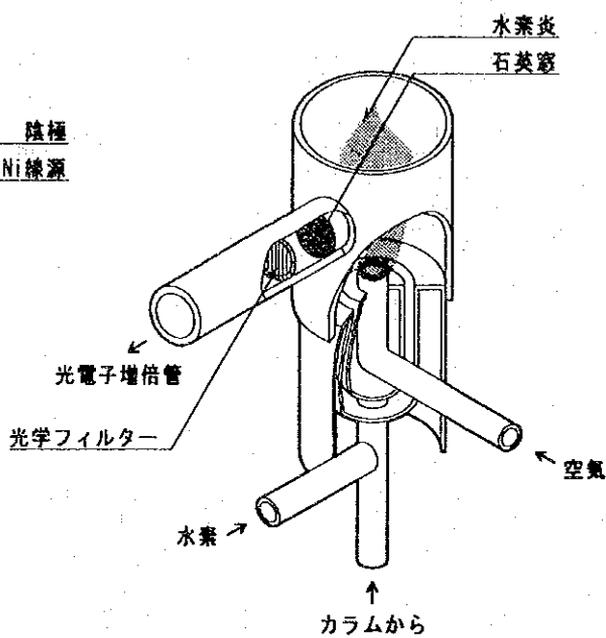
He, Ne, Ar, Kr, Xe, H ₂ , O ₂ , N ₂ , NH ₃ , NO, NO ₂ , N ₂ O, CO, CO ₂ , H ₂ O, H ₂ S, COS, CS ₂ , SiCl ₄ , SiHCl ₃ , SiF ₄

③炎光光度検出器(Flame Photometric Detector: FPD):還元的水素炎中で硫黄やリンを含む化合物はそれぞれ特有の炎光を発することから光学フィルターを通してこれらの光を光電子増倍管で測定すれば、硫黄やリンを含む化合物が選択的に検出できる。試料量と検出器応答との関係はリン化合物は直線関係、硫黄化合物では試料量の二乗に比例する(図-4.3.7.参照)。

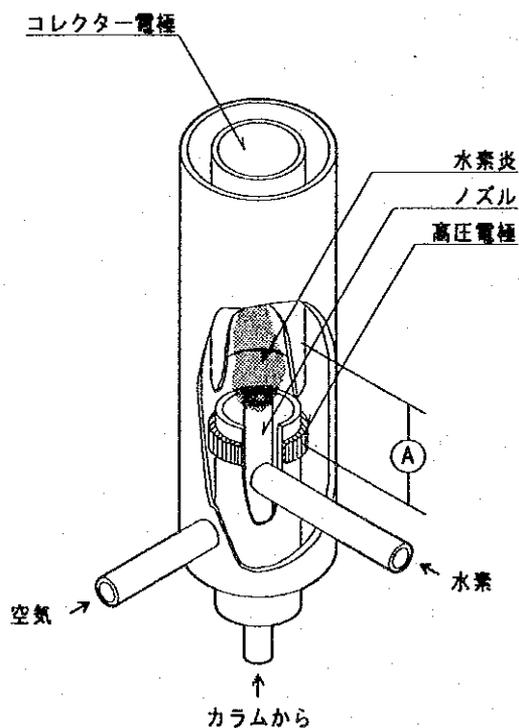
④水素炎熱イオン化検出器(Flame Thermionic Detector: FTD):加熱されたアルカリ金属塩表面上で選択的に生成した化学種とアルカリ金属原子間の電子移動によるイオン電流の増大を測定する熱イオン化検出器(Thermionic Detector: TID)の一種である。検出器に供給するガスの組成や加熱温度により検出器の応答が異なるが、FIDのノズル上にあるコレクター電極にアルカリソースを付けたものが感度に優れるため、水素炎を用いた水素炎熱イオン化検出器がよく用いられる。窒素やリンを含む化合物に対し高い応答を示す(図-4.3.7.参照)。



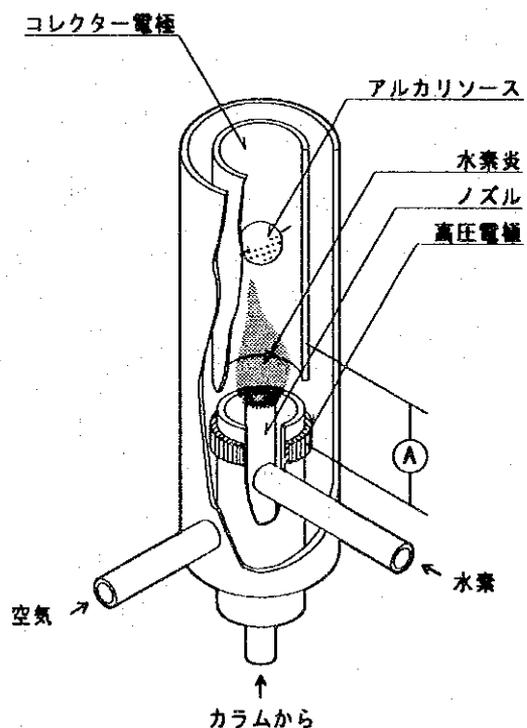
ECD検出器



FPD検出器



FID検出器



FTD検出器

図-4.3.7. ガスクロマトグラフ検出器

⑤電子捕獲検出器 (Electron Capture Detector: ECD): ^{63}Ni からの β 線でキャリアガス (窒素) をイオン化し、電極間に電圧をかけると一定の電流が流れる。ここに親電子性物質が入ってくると、電子を捕獲して負イオンとなり移動速度が遅くなる。また、負イオンは陽イオンと結合しやすく、電極間の電流は減少する。この減少分を測定し、親電子性物質を選択的に検出できる。ECDは炭化水素類を検出できないが、ハロゲン、リン、ニトロ基等を含む化合物を選択的に高感度で検出できる (図-4.3.7.参照)。

これらの5種類の検出器の比較を表-4.3.3.に示す。検出限界は特に高感度に対応する化合物に対する値で、化合物と装置の条件や状態によっても大きく変化する。TCDの感度は他に比較し低い。

表-4.3.3. GC用検出器の比較

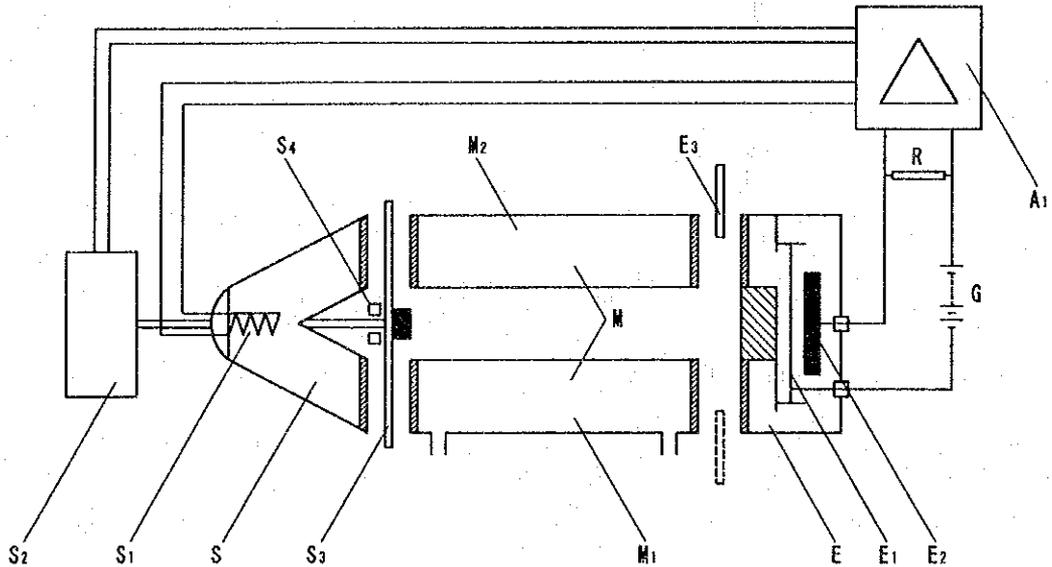
検出器	検出限界(g)	ダイナミックレンジ	分 析 対 象
TCD	10^{-8}	10^5	キャリアガス以外何でも
FID	10^{-11}	10^7	有機化合物一般
FPD	10^{-11}	10^5	硫黄、リンを含む化合物
FTD	10^{-14}	10^4	窒素、リンを含む化合物
ECD	10^{-13}	10^4	ハロゲン、ニトロ基を含む化合物

ダイナミックレンジとは直線領域の幅を示す指標で、大きいほど安定した計測が可能である。

2) 総有機炭素計 (Total Organic Carbon Meter: TOC)

有機物による汚濁度合いを表す指標である総有機炭素を分析する機器で、検水中の有機物を直接迅速、かつ簡単に定量できる燃焼赤外線分析法が用いられている。すなわち、酸化コバルト等を充填した高温燃焼管中で検水中炭素物質が分解され、 CO_2 となり、非分散型赤外線ガス分析計で濃度が検出される。無機炭素は低温燃焼管中または酸で分解されて同様に検出され、両者の差引が総有機炭素濃度として記録される。種々の物質の存在による影響を受けず、再現性もあるため、人畜の糞尿、有機溶剤、その他の有機物の汚染を簡便かつ高精度で検出可能として使用されている。検水採水後、できるだけ早くこの試験を行うのがよい。直ちに試験できない場合には、試料を 10°C 以下の暗所に保存して、早い時期に試験するように努める。なお、非分散型赤外線ガス分析計 (Nondispersive Infrared Gas Analyser) は気体に特有な赤外線吸収を利用するガス分析法である赤外線ガス分析法の一種であるが、連続赤外

光源からの赤外線をプリズムや回折格子等で分散させることなく、そのまま試料気体中を通過させ、フィルターまたは選択的検出器を用いて気体の特有波数での赤外線吸収を測定することで分析する方式を用いる。一般に用いられている形式は図-4.3.8.に示されるように、比較セルと試料セル中の気体の赤外線吸収強度の差により、検出器の隔膜の両側に温度差、したがって、圧力差が生じ、これによる隔膜の変位をコンデンサーの容量変化に変えて電氣的に増幅するものである。



E	検出器	M	測定セル	S1	光源エレメント
E1	膜	M1	試料セル	S2	モーター
E2	対電極	M2	比較セル	S3	回転セクター
E3	光学的ゼロ調整器	R	高抵抗	S4	軸受け
G	直流電源	S	光源	A1	主増幅器

図-4.3.8. 赤外線ガス分析部の原理

(3) 元素および無機化合物

イオンメーター (IM) はシアン等の採水現場での分析を必要とする成分の分析や、検水の汚染が発見された際その原因を調査するための概略分析または緊急時の現場測定用に現場に持ち込める機器として重要である。このイオンメーターは電気分析法の一つである試料溶液中に目的イオンに感応する指示電極と、目的イオンに無関係に一定電位を示す参照電極 (Reference Electrode) とを浸し、この両電極間の電位差を測定することで目的イオンの濃度を求める電位差分析を応用した測定器である。

この方法は定量感度が優れ、非破壊試験であるため状態分析が可能であり、定性・定量分析の他にも、化学平衡や電極反応機構の解析にも有効である。測定方法が簡便、かつ測定の自動化が容易で多検水の迅速分析に適し、また、他の機器分析の前処理方法を定めるための溶液性状検査用にも用いることができる。

電位差の値からあらかじめ作成した検量線を用いて目的イオンの濃度を求める直接法と、酸-塩基反応や酸化還元反応等滴定反応により等量点を決定し、試料中の目的イオンの濃度を求める電位差滴定法がある。指示電極には目的イオンに選択的感応するイオン選択性電極や白金電極が用いられ、参照電極としては飽和甘コウ電極や銀-塩化電極が用いられる。

特定のイオンに感応する膜（感応膜）を有する電極をイオン電極（膜電極）という。電極電位は膜の両側の溶液中のイオン濃度の差から生じる電位差（膜電位）で与えられる。最も代表的な電極はガラス薄膜を用いたガラス電極で、 H^+ に感応しpH測定用に広く用いられている。表-4.3.4.に主なイオン電極の感応膜、測定範囲、妨害イオンを記す。

表-4.3.4. 主なイオン選択性電極 * 共存不可のイオン

測定イオン	感 応 膜 組 成	測定範囲M	主な妨害イオン
固 定 膜 電 極	F^-	LaF	OH^-
	Cl^-	AgCl, AgCl-Ag ₂ S	* S^{2-} , CN^- , * Br^- , I^- , * S^{2-} , CN^- , I^-
	Br^-	AgBr, AgBr-Ag ₂ S	* S^{2-} , I^- , Br^-
	I^-	AgI, AgI-Ag ₂ S	* S^{2-} , I^- , Br^-
	CN^-	AgI	* S^{2-} , I^- , Br^-
	SCN^-	AgSCN	* S^{2-} , I^- , Br^-
	S^{2-}	Ag ₂ S	* Hg^{2+}
	Ag^+	Ag ₂ S	* Hg^{2+}
	Pb^{2+}	PbS-Ag ₂ S	* Ag^+ , * Hg^{2+} , * Cu^{2+} , * Hg^{2+} , * Ag^+ , * Hg^{2+} , * Cu^{2+} , * Hg^{2+}
	Cd^{2+}	CdS-Ag ₂ S	1~10 ⁻⁶
Cu^{2+}	CuS-Ag ₂ S	1~10 ⁻⁷	
液 膜 型 電 極	Li^+	クラウンエーテル/ Li^+	Na^+
	Na^+	クラウンエーテル/ Na^+	K^+
	K^+	ポリノマイシン/ K^+	Cs^+
	NH_4^+	ナクチン/ NH_4^+	Zn^{2+} , Pb^{2+} , Fe^{2+}
	Ca^{2+}	ジテシルリン酸/ Ca^{2+}	Zn^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+}
	2価陽イオン	ジテシルリン酸/2価陽イオン	I^- , NO_3^-
	BF_4^-	Ni-ポソフェナントロン/ BF_4^-	ClO_4^- , NO_3^-
	Cl^-	ジメチルジステアリアルモニウム/ Cl^-	I^- , Br^- , OH^-
液 膜 型 電 極	ClO_4^-	Fe-ポソフェナントロン/ ClO_4^-	OH^- , I^- , ClO_3^-
	NO_3^-	Ni-ポソフェナントロン/ NO_3^-	ClO_4^- , I^- , ClO_3^- , Br^-
液 膜 型 電 極	NH	pH感応ガラス膜-内部電極	~10 ⁻⁶
	HSO	pH感応ガラス膜-内部電極	~10 ⁻⁶
	HCO	pH感応ガラス膜-内部電極	~10 ⁻⁶
酵 素	尿素	ウレアゼ-酵素	10 ⁻² ~5x10 ⁻⁶
	L-アミノ酸	L-アミノ酸オキシダーゼ-酵素	10 ⁻² ~10 ⁻⁴
	グルコース	グルコースオキシダーゼ 他との混合	10 ⁻² ~10 ⁻⁴

また、アンモニアイオン、硝酸イオン、亜硝酸イオン、磷酸イオン等の成分は水質検査で分析の必要な成分であるが、現状では手分析で行っており、大幅な処理能力の改善が必要である。この目的で現地の要請にはオートアナライザーが含まれていたが、下記のような理由で不相当と判断され、本計画には、CGWBの馴れている分光分析器を検出器とし、処理能力と精度とが改善され、しかも、維持管理費を最小限に抑えられる半自動分析システムを提案した。

CGWBから要請のあったオートアナライザーは1960年代にヨーロッパで開発・発展した自動分析装置である。原理的には手分析を自動化した装置で、分析そのものは比色計、光度計、炎光光度計等によるため、従来の化学分析法の延長にあるといえる。試料はこれらの分析器にかけられる前に、発色（試薬注入、混合、加熱）、抽出（透析、分離、希釈、蒸留）の工程が自動的に行われる。したがって、ライン（チャンネル）は分析項目毎に作られ、発色・抽出の操作・工程を経て分析器（検出器）に到るので、3チャンネルなら3項目の同時平行分析が可能となる。この装置は検水の移動と試薬の注入の他に混合・加熱・透析・分離、希釈、蒸留等の各工程を自動的に行うが、分析項目が異なればこの工程・仕様が全て異なるため、全て組み立て直す必要がある。また、検出器は分析項目毎に異なることがある。複数項目の分析が必要な場合には、その項目毎のラインが必要で、同一仕様の検出器を使える場合でも、分析項目数と等しい数の検出器が必要である。一例として、4チャンネルのシステムコントロールを持つオートアナライザーは1台のオートアナライザーで同時平行分析ができるのは4項目までである。原要請のある3チャンネルなら、例えば、 NH_4 、 NO_3 、 NO_2 の分析ラインを想定できるがこれにしても、検出器として3台の比色計を用いる3ラインを組むことになる。さらに、CGWBが考えるようにさらに SO_4 、 Cl 、 F 、 B 、 SiO_2 、 PO_4 、 Na 、 K 、農薬の同時平行分析を行うとすると、項目毎の検出器のみならず、合計3台のオートアナライザーが必要となる。

このような使い方は経済的でないのは明らかなことから、次に1台のオートアナライザーで12項目の分析を行うことを検討する。この場合、項目によっては検出器を共用させることが可能であり、費用の低減に役立つ反面、その都度分析ラインの組替え作業と洗浄が必要となり、自動化のメリットが削減されることになると同時に分析ライン組替えのためのパイプ・チューブ等の消耗資材が必要となり、この費用も無視できない。また、極度に自動化されているため、液送ポンプ、弁、光センサーが多数使われているが、このため故障の確率は高くなり、稼働率を高めるためにはメンテナンスに関する完全なバックアップ体制が必要で、使用者にとって維持管理費用が大きくなる懸念が持たれる。なお、農薬の分析は飲料水の水質を考えると低濃度と思われるので、オートア

ナライザーでの分析は無理と思われる。先に述べた通り、分析が比色計、光度計、蛍光光度計等によるものであるから、再現性、精度に限界があり、価格の割に得られる分析精度が不十分なため、水質検査のための分析装置としては不相当と判断される。一方、表-4.2.1 に高速液体クロマトグラフの要請がなされているが、これは、オートアナライザーの代替物を考慮したものである。日本では本機はイオンクロマトグラフと共にこの目的で使用されていることから大いに検討する必要があるが、CGWBがまだクロマトグラフ系に熟練しているとは言えないため、現在の機器の自動化（分析およびデータ処理）を行うことで大量処理に対応する半自動式分析装置（SAA）が相当と思われる。

(4) 周辺機器

さらに、地下水の汚染機構を解明するためには、不飽和層での汚染物質の挙動の解明が重要であることから表土および地下2～3mの土壤試料を採取し、そこから溶液を抽出し、分析するために、土壤溶液採取器（VZS）が必要である。

また、本計画を推進する上で、検水の汚染・変質の防止と分析後の廃液処理に配慮する必要がある。卓上型の廃液処理装置（TWT）は標準試薬の処理や、特に汚染の甚だしい検水の分析後の処理等に効果がある。なお、通常の検水は使用する水量が多いため、pH調整後放水しても十分に希釈されるものと思われる。また、排気については、水質検査の後ガスの処理に関しては大気放散で問題がなく、我が国でも大気放散されていることから、ここでも大気放散とする。

以上のような機材の選定の結果をまとめ、機材の一覧として表-4.3.5. に示す。

表-4.3.5. 分析機器選定一覧表

対象項目	分析機器
重 金 属	高周波プラズマ発光分析装置（ICP）
	原子吸光分光光度計（AA）
有機化合物	ガスクロマトグラフ（GC）
	総有機炭素計（TOC）
元素および 無機化合物	半自動式分析装置（SAA）
	イオンメーター（IM）
周辺機器	土壤溶液採取器（VZS）
	卓上型廃液処理装置（TWT）

4.3.3 計画地の位置および状況

インド国側からの要請に基づき検討した結果、今回の主な水質管理装置の供与対象地域としては、ラクノー、カルカッタおよびハイデラバードの3化学分析室であるが、その他の9化学分析室にもそれぞれIM、SAAおよびVZSを供与することとし12化学分析室全てが本計画に関与するものとした。

(1) サイト選定理由

現在、CGWBにはラクノーの中央化学研究所を中心に総計12ヶ所の化学分析室が設けられ、さらにラクノーには地下水汚染対策の専任理事が置かれている。CGWBが全国規模の地下水水質管理を行っていることから、この水質管理体制の充実が必要であるが、インド国のような広大な地域で分析機器を有効に配備するためには、検査項目および分析機器の特性に合わせて、分散型または集中型の分析管理体制を考える必要がある。例えば、採水後速やかな分析の必要な成分分析は輸送時間をできるだけ少なくしたいため分散管理型が適しており、この場合にはCGWBの機能が地方事務所単位に組み立てられていることから、各地方化学分析室に分析機器を配置するのがよいと考えられる。採水後分析まで時間的余裕がある安定した成分分析を行う場合には、検水の輸送が問題とならないことから集中管理型が適する。効率的運営を測るため第一段階としては、集中管理に適している重金属分析を主体とする主な水質管理装置を上記3ヶ所に設置する。ラクノーの中央化学研究所が全国の統括と北インドをカバーし、ハイデラバードが南インドをカバーし、カルカッタは補助的機能を持つと同時に東部をカバーする。なお、この3ヶ所共、旧式ではあるがAAを使用しており、ICPを含めた今回の供与対象機器の全てに関し十分に使用することができる。

また、分散管理の機器を他の9化学分析室にも配置し、集中管理の機器（重金属分析用）と分散管理の機器（無機化合物分析用）との組み合わせにより分析処理数の能力向上を図るとともに、分析の精度も維持できるようにする。すなわち、採水後速やかに分析する必要のある項目は、全ての化学分析室に処理能力の高い分析器を設置して処理する。これによりCGWBの全体的な水準の向上を図るのも目的の一つである。

(2) サイト形状

ラクノーおよびカルカッタでは現在、新庁舎建設計画が進められている。供与機材の納入までには建屋が準備されるとしている。両地とも250㎡の床面積を持つ計画であり、化学分析室の床面積としては十分である。ハイデラバードは現在の庁舎に機器を設置する予定である。

(3) インフラ整備状況

インド国のインフラ整備に遅れが見られる。特に、電気の供給が不安定であり、電圧の変動と停電には注意する必要がある。本計画では自動電圧調整器を用いる。道路の整備は遅れているが、本計画には影響ないと思われる。

4.3.4 維持・管理計画

維持管理計画は4.3.1.で述べた運営委員会による運営・維持管理が求められる。詳細は第5章に後述する。本章では、維持管理に関連する項目を略述する。

維持管理として次のとおり分類できる。

- ① 定期検査・定期点検制度の整備
- ② 維持管理を行う為の予算統制
- ③ 維持管理を円滑にするための部品調達管理
- ④ 維持管理を自主的に行うための部内・外の技術研修

①については、毎年1回の定期検査、毎月1回の定期点検、毎日の日常点検が必要であり、納入後のサービスを保つための「定期点検台帳」などの作成およびそれによる管理体制の構築が必要である。②については部品代を含め、予め予算措置が必要である。③については、②の予算の裏付けの上に、例えば「部品台帳」を作成し、スペア・パーツの在庫状況を管理すること等が必要であり、有効な在庫管理および各分析室との情報交換が必要である。④については、各自の技術向上が必要なため継続的に実施する必要がある。

4.4 技術協力

本計画で供与される機器はインド国では製造されていない分析機器である。CGWBではこのうちAAを使用しているが、1970年代の製品であり（米国製）、旧式なモデルに属する。今回の分析機器にもAAが含まれているが、これは新式であるため、取扱等はかなり容易になっているが既存機種とは異なる点も多い。このため、供与対象品目については現在までのAA使用経験の実績から、ICPを含めてコミッショニング時の性能確認を通じて対応できると判断できる。したがって、技術協力の必要はない。

第5章 基本設計

第5章 基本設計

5.1 設計方針

本計画はインド国全土の地下水の水質を管理するための水質管理装置を調達し、これを運用するCGWBの水質管理体制を整備を行うものである。以下、全般的事項と具体的手順とに関する項目に分け、それぞれの機器についての設計方針を記述する。

5.1.1 全般的事項

本計画の全般的設計方針は次の通りである。

- (1)本計画がインド国の地下水の水質保全の管理体系の根幹を形成するものであることを認識する。
- (2)CGWBの事業計画の内、優先順位が高く、裨益効果の期待できる事業を優先的に取り上げる。
- (3)具現化に当たっては、同国の条件（高温度等の自然環境、電力等の社会環境、規則・基準等の法制、消耗品の調達）を踏まえ、CGWBの現状（要員数、技術水準）に則した、使用が容易で、維持管理が行い易い機種を選定を行う。
- (4)機器および付属品の選定に当たっては地下水の水質管理体系の構築に必要な資機材を可能な限り網羅する。
- (5)(3)および(4)により供与機材が十分に活用され、導入の効果が得られることが期待されるが、それを促進するための手段として、現地での調達の難易度を考慮したスペア・パーツの供給を行う。
- (6)選定された機種の使用・運用を熟知することにより、地下水の水質管理に関連する技術水準の向上が図られ、さらに高度な管理体制の構築に繋がるような同国およびCGWBの将来を指向する長期的展望の下に設計する。

5.1.2 具体的手順

- (1)地下水の水質管理に必要な機材を選定する。この中に包含される機器は、①飲料水の水質検査を行うための分析機器、②周辺機器として、水質検査用の検水の採水機器や分析機器を活用させるための関連機器とに分類して検討する。
- (2)飲料水の水質検査を行うための分析機器には、①重金属の分析機器、②有機化合物の分析機器、③元素および無機化合物の分析機器に分類する。

- (3)上記分類に関して、それぞれの機器の特色、検査水準、分析処理能力を検討して、CGWBが計画する検水数の処理のできる機器を候補機種とする。
- (4)上記4種類の分析を網羅するよう候補機種の選定を行う。
- (5)候補機種の選定の後、CGWBがそれぞれの候補機種を使用する場合、①前後処理、操作、分析を行う上で、CGWBの技術レベルからの問題の有無、②使用ガス・試薬・消耗部品等の消耗資機材の調達、スペア・パーツの調達等維持・管理上の問題の有無、③設置する上で建屋・設備に問題の有無、等を検討する。また、機器の仕様は上記の点を考慮して、維持・管理の上で問題が起こらないように定める。ただし、ICPに関しては設置後移設の必要のない計画か否かを確認する。
- (6)前項で実施上問題がないと判断された機種について、CGWBが計画する水質管理計画を遂行するために必要なそれぞれの台数を算定する。
- (7)これらの検討結果に基づき、各分析室の効果的運営を考慮して、機器の配備計画を立てる。それに基づき、要員計画、維持・運営計画を作成し、これらの点からも問題ない機材計画を作成する。

5.2 設計条件

設計条件は以下とする。

5.2.1 水質管理装置

(1)検水数

現在の検水数は全国で約18,500検水(N_0)である。計画年度を5年後(1997/98年)とし、最近の検水数の伸びを水位観測井の数の伸びと等しいと仮定すると、1989/93年の水位観測井の数は11,015から15,557に伸びており、その間の年平均増加率は9.0%となり、したがって5年後(1997/98)の時点の検水数(N)は次のように算定できる。

$$N = N_0 \times (1 + 0.09)^5 = 18,500 \times 1.539 = 28,470$$

(2)検査項目

CGWBが現在対象としている検査項目は表-5.2.1.の通りである。

表-5.2.1. CGWBが現在対象としている検査項目

分析方法	使用分析器	検査項目
手分析	分光光度計、比色計	B, Cl, F, CN, NO ₃ , NO ₂ , NH ₄ , TN, PO ₄ , TP, SiO ₂ , SO ₄ , CO ₃ , HCO ₃ , Ca, Mg, TH, K, Na
機器分析	原子吸光分光光度計 (AA)	Fe, Mn, Ag, Cu, Zn, Co, Mo, Cd, Sr, Li, Rb, Cs, Cr, Pb

この表から、現在、CGWBが実施している検査には、農薬等有機物分析はほとんど含まれておらず、一般的な検査項目を対象としたものに止まっており、また、分析精度については、AA以外は分光光度計・比色計を用いた手分析によるため、CGWBが目的とするような水質基準の検査には不十分であることがわかる。当然、この点はCGWBも認識しており、今回の計画を実施することで検査項目を増やすと共に、分析精度の向上を図り、表-5.2.2.に示すような検査の実施を希望している。

表-5.2.2. CGWBが希望する検査項目

分析項目区分	検査項目	使用分析器
重金属	Fe, Mn, Cu, Cr, Zn, Cd, Ni, Mo, Hg, Pb, Sb, etc.	高周波プラズマ発光分析装置
	Al, As, Ba, Bi, Ca, Co, Li, Mg, Se, Sr, Ag, Sn	原子吸光分光光度計
有機化合物	農薬、炭化水素化合物、有機化合物	ガスクロマトグラフ
元素および無機化合物	B, Na, K, NO ₃ , NO ₂ , ON, PO ₄ , SiO ₂ , SO ₄	オートアナライザー
	Cl, F, NH ₄ , CN	イオンメーター
	Br, I, O ₂ , S, ORP, pH	
安定性同位元素	H ₁ , D ₂ および O ₁₆ , O ₁₈	質量分析器

(3)検査水準

CGWBの希望する検査水準は表-5.2.3.に示す通りである。

表-5.2.3. CGWBの希望する検査水準

分析項目区分	検査項目	使用分析器	検査水準
重 金 属	Fe, Mn, Cu, Cr, Zn, Cd, Ni, Mo, Hg, Pb, Sb, etc.	高周波プラズマ 発光分析装置	max. 10 ppb
	Al, As, Ba, Bi, Ca, Co, Li, Mg, Se, Sr, Ag, Sn	原子吸光分光光 度計	max. 50 ppb
有機化合物	農薬、炭化水素化合物、 有機化合物	ガスクロマトグ ラフ	ppb レベルま たはそれ以下
元素および 無機化合物	B, Na, K, NO ₃ , NO ₂ , ON, PO ₄ , SiO ₂ , SO ₄	オートアナライ ザー	分析項目別 0.01~0.2ppm
	Cl, F, NH ₄ , CN		
	Br, I, O ₂ , S, ORP, pH	イオンメーター	分析項目別 0.01~1.0ppm

5.3 機材計画

5.3.1 主要機材の設計

インド側の要請に対し、先に述べた設計方針と設計条件とに基づき、CGWBの行う実施計画を吟味し、4.3.2 事業計画に示した必要とされる水質管理装置の機種を検討し、分析対象物質による分類：(1)重金属、(2)有機化合物、(3)元素および無機化合物、(4)その他の分類に沿って項目毎に必要な分析機器の選定とその台数の検討を行った。

(1) 重金属

飲料水の水質検査の中で重金属検査に必要な分析精度を満足する機器は高周波プラズマ発光分析装置（ICP）と原子吸光分光光度計（AA）を選定した。

ICPは特殊な成分以外には検水の前処理を必要とせず多項目を同時検査できることから多量処理に特色があり、AAは他の妨害金属を除去する前処理を厳密に行う必要があることから一項目の多検体数検査に特色がある。しかし、水銀、砒素、セレン、アンチモンの検査に関しては、ICPで行っても抽出過程を必要とするため、ICPの特色である多項目の同時検査による多量処理を発揮することができない。したがって、この4元素はAAによる分析が適し、それ以外はICPによる同時分析が適している。CGWBの両機器の使用に関しては、旧式ではあるがAAをこれまで長く使用しており、この機種の使用経験を十分積んでいる上、最近のAAは操作性がさらに改善されていることからAAの取扱に関する技術的な問題はないと判断できる。また、CGWBにはまだICPの使用実績はないが、最近のICPは、操作性が優れているのでAAを使っているのであれば、ICPはAAよりも容易に取り扱えることから、CGWBでも十分に使いこなせると判断できる。なお、ICPはその測定原理から、妨害物質の影響が少なく、再現性の良い検出結果が得られ（前出の特殊な物質以外）、操作性も良く、解析結果は活用しやすく打ち出せるように工夫されているのが特色となっている。

以上のことから、重金属の分析にはICPとAAの併用が望ましいと結論づけられる。使い方としては、ICPは通常の分析（多項目同時検査）に使用する一方、AAは水銀、砒素、セレン、アンチモンあるいは通常の定期検査用検水以外の環境・森林省からの指示による検査等の特殊な物質を含む検水のための分析に使用することが望ましい。

前章、図-4.3.5.にICPプラズマ発光部を、図-4.3.6.に原子吸光フレーム発光部を示した。

所要台数に関しては、上記の機種選定の経緯とCGWBの状況を勘案して、ICPについては設置後の移設を避ける意味で（5.4.2.参照）現庁舎に設置する予定のハイデラバードへの1台のみを、またAAについては代替の意味で、現地協議に際しCGWBからの要請通り3台をそれぞれ本計画の対象とした。現在のCGWBの技術水準からこれらの機種および台数の使用に関しては、現在AAを使いこなしていることから問題はない。

ここで、ICPおよびAAの1台当たりの処理能力を算定する。

ICPでの検査には通例1検水当たり4~5分を要することから、ICPの分析能力を1日50検体と仮定すると、1週間で50検水/日×5日/週=250検水/週の分析能力となり、1年間を50週間とすると1台当たりの年間能力は次の通り求められる。

$$250\text{検水/週} \times 50\text{週/年} = 12,500\text{検水/年}$$

一方、AAについては、1台のAAは1検出項目について（前処理の能力から）1日50~100検水で、1検水平均10検査項目と仮定すると、週平均50検水となる。したがって、AAのみで重金属の検査を行うとすると、1台当たり2,500検水/年となる。

以上の検討から、重金属の分析に必要な機器は表-5.3.1.に示すように纏められる。

表-5.3.1. 重金属の分析用機器

分 析 項 目	機 器 名	台数
重金属（多項目同時検査用）	高周波プラズマ発光分析装置（ICP）	1台
重金属（Hg, As, Se, Sbおよび特殊検体検査用）	原子吸光分光光度計（AA）	3台

②有機化合物

①ガスクロマトグラフ（GC）

有機化合物の分析にはGCを選定した。台数は最小単位として、2台とするが今回の使用の便利さを考慮し、本体は同一仕様のもので2台とする。検出器に関しては、最も一般的に考えられるECD、FPD、FID、FTD、を採用した。これらはどちらの本体にも取り付けることができるが通常1台のGCに2~3の検出器を取り付けることができるので使用頻度、使用目的により適宜検出器の使用を決める必要がある。必要台数は、ラクノーの中央化学研究所に2台設置し技術の集中管理を行い、将来の発展の基礎作りを行い、ここでの技術の蓄積を図る。

②総有機炭素計（Total Organic Carbon Meter: TOC）

TOCは、有機物による汚濁度合いを表す指標である総有機炭素を分析する機器として選定された。必要台数は1台とする。

表-5.3.2. 日本における飲料水に係わる水質基準

健康に関する項目 (29項目)

	項目名	基準値	W H O	検査方法	
1	一般細菌	1 mlの検水で形成される集落数が100以下であること		培地法	病原生物
2	大腸菌群	検出されないこと	検出されないこと	培地法	
3	シアン	0.01mg/l以下	0.01mg/l以下	吸光光度法	無機物質・重金属
4	水銀	0.0005mg/l以下	0.001 mg/l以下	原子吸光光度法	
5	鉛	0.05mg/l以下	0.05mg/l以下	原子吸光光度法 ICP法	
6	六価クロム	0.05mg/l以下	0.05mg/l以下	原子吸光光度法 ICP法	
7	カドミウム	0.01mg/l以下	0.005 mg/l以下	原子吸光光度法 ICP法	
8	セレン	0.01mg/l以下	0.01mg/l以下	原子吸光光度法	
9	ヒ素	0.01mg/l以下	0.05mg/l以下	原子吸光光度法	
10	フッ素	0.8 mg/l以下	1.5 mg/l以下	イオンクロマトグラフ法、吸光光度法	
11	硝酸性窒素および亜硝酸性窒素	10mg/l以下	10 mg/l以下	イオンクロマトグラフ法、吸光光度法	
12	トリクロロエチレン	0.03mg/l以下		GC-MS法 GC法	
13	テトラクロロエチレン	0.01mg/l以下		GC-MS法 GC法	
14	四塩化炭素	0.002 mg/l以下		GC-MS法 GC法	
15	1,1,2-トリクロロエタン	0.006 mg/l以下		GC-MS法 GC法	

	項目名	基準値	W H O	検査方法	
16	1,2-ジクロロエタン	0.004 mg/ℓ 以下		GC-MS法	一般有機化学物質
17	1,1-ジクロロエチレン	0.02mg/ℓ 以下		GC-MS法 GC法	
18	シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04mg/ℓ 以下		GC-MS法 GC法	
19	ジクロロメタン	0.02mg/ℓ 以下		GC-MS法 GC法	
20	ベンゼン	0.01mg/ℓ 以下		GC-MS法 GC法	
21	総トリハロメタン	0.1 mg/ℓ 以下		GC-MS法 GC法	消毒副生成物
22	クロロホルム	0.06mg/ℓ 以下	0.03mg/ℓ 以下	GC-MS法 GC法	
23	ブロモジクロロメタン	0.03mg/ℓ 以下		GC-MS法 GC法	
24	ジブロモクロロメタン	0.1 mg/ℓ 以下		GC-MS法 GC法	
25	ブロモホルム	0.09mg/ℓ 以下		GC-MS法 GC法	
26	チウラム	0.006 mg/ℓ 以下		HPLC法	農薬
27	シマジン	0.003 mg/ℓ 以下		GC-MS法 GC法	
28	チオベンカルブ (ベンチオカーブ)	0.02mg/ℓ 以下		GC-MS法 GC法	
29	1,3-ジクロロプロペン	0.002 mg/ℓ 以下		GC-MS法	

水道水が有すべき性状に関連する項目（17項目）

	項目名	基準値	W H O	検査方法	
1	塩素イオン	200mg/ℓ以下	250mg/ℓ以下	イオンマトグラフ法、滴定法	味 覚
2	有機物等（過マンガン酸カリウム消費量）	10 mg/ℓ以下		滴定法	
3	銅	1.0 mg/ℓ以下	1.0 mg/ℓ以下	原子吸光光度法、ICP法	色
4	鉄	0.3 mg/ℓ以下	0.3 mg/ℓ以下	原子吸光光度法、ICP法、吸光光度法	
5	マンガン	0.05mg/ℓ以下	0.1 mg/ℓ以下	原子吸光光度法、ICP法	
6	亜鉛	1.0 mg/ℓ以下	5.0 mg/ℓ以下	原子吸光光度法、ICP法	味 覚
7	ナトリウム	200 mg/ℓ以下		原子吸光光度法、ICP法	
8	カルシウム、マグネシウム等（硬度）	300 mg/ℓ以下	500 mg/ℓ以下	滴定法	
9	蒸発残留物	500 mg/ℓ以下		重量法	に お い
10	フェノール類	0.005mg/ℓ以下	0.001mg/ℓ以下	吸光光度法	
11	1,1,1-トリクロロエタン	0.3 mg/ℓ以下		GC-MS法、GC法	
12	陰イオン界面活性剤	0.2 mg/ℓ以下		吸光光度法	発 泡
13	pH値	5.8以上8.6以下	6.5以上8.5以下	ガラス電極法、比色法	基 礎 的 性 状
14	臭気	異常でないこと		官能法	
15	味	異常でないこと		官能法	
16	色度	5度以下	15度以下	比色法、透過光測定法	
17	濁度	2度以下	5度以下	比濁法、透過光測定法、積分球式光電光度法	

快適水質項目（13項目）

	項目名	基準値	W H O	検査方法	
1	マンガン	0.01mg/ℓ以下		原子吸光光度法、ICP法	色
2	アルミニウム	0.2 mg/ℓ以下		原子吸光光度法、ICP法	
3	残留塩素	1 mg/ℓ以下		比色法（DPD法、オルトトリジン法）、電流法	におい
4	2-メチルイソボルネオール	粉末活性炭処理 : 0.00002mg/ℓ以下 粒状活性炭等恒久施設 : 0.00001mg/ℓ以下		GC-MS法	
5	ジオスミン	粉末活性炭処理 : 0.00002mg/ℓ以下 粒状活性炭等恒久施設 : 0.00001mg/ℓ以下		GC-MS法	
6	臭気強度	3以下		官能法	
7	遊離炭酸	20 mg/ℓ以下		滴定法	
8	有機物等（過マンガン酸カリウム消費量）	3 mg/ℓ以下		滴定法	味覚
9	カスシウム、マグネシウム等（硬度）	10 mg / ℓ以上 100mg / ℓ以下		滴定法	
10	蒸発残留物	30mg/ℓ以上 200 mg/ℓ以下		重量法	
11	濁度	給水栓で1度以下 送配水施設入口で 0.1度以下		透過光測定法 積分球式光電光度法	濁り
12	ランゲリア指数（腐食性）	-1程度以上とし、極力0に近づける		pH値等から算出	腐食
13	pH値	7.5程度		ガラス電極法、比色法	

監視項目 (26項目)

	項目名	基準値	WHO	検査方法	
1	トランス-1,2-ジクロロエチレン	0.04mg/ℓ以下		GC-MS法、GC法	一般有機化学物質
2	トルエン	0.6 mg/ℓ以下		GC-MS法、GC法	
3	キシレン	0.4 mg/ℓ以下		GC-MS法、GC法	
4	p-ジクロロベンゼン	0.3 mg/ℓ以下		GC-MS法、GC法	
5	1,2-ジクロロエタン	0.06mg/ℓ以下		GC-MS法、GC法	
6	フタル酸ジエチルエステル	0.06mg/ℓ以下		GC-MS法、GC法	
7	ニッケル	0.01mg/ℓ以下		原子吸光光度法、ICP法	無機物質 重金属
8	アンチモン	0.002mg/ℓ以下		原子吸光光度法	
9	ほう素	0.2 mg/ℓ以下		ICP法、吸光光度法	
10	モリブデン	0.07mg/ℓ以下		原子吸光光度法、ICP法	
11	ホルムアルデヒド	0.08mg/ℓ以下		GC法	消毒副生成物
12	ジクロロ酢酸	0.04mg/ℓ以下		GC-MS法、GC法	
13	トリクロロ酢酸	0.3 mg/ℓ以下		GC-MS法、GC法	
14	ジクロロアセトトリル	0.08 mg/ℓ以下		GC-MS法、GC法	
15	抱水クロラール	0.03mg/ℓ以下		GC-MS法、GC法	
16	イソキサチオン	0.008 mg/ℓ以下		GC-MS法、GC法	農薬
17	ダイアジノン	0.005mg/ℓ以下		GC-MS法、GC法	
18	フェニトチオン(MEP)	0.003mg/ℓ以下		GC-MS法、GC法	
19	イソプロチオラン	0.04mg/ℓ以下		GC-MS法、GC法	
20	テトラメチルピロリン酸(TPN)	0.04mg/ℓ以下		GC-MS法、GC法	
21	プロピザミド	0.008mg/ℓ以下		GC-MS法、GC法	
22	ジクロルボス (DDVP)	0.01mg/ℓ以下		GC-MS法、GC法	
23	フェノカルブ (BPMC)	0.02mg/ℓ以下		GC-MS法、GC法	
24	カルニトリン (CNP)	0.005 mg/ℓ以下		GC-MS法、GC法	
25	イプロボス (IBP)	0.008 mg/ℓ以下		GC-MS法、GC法	
26	EPM	0.006mg/ℓ以下		GC-MS法、GC法	

日本の水質基準によれば、有機化合物および農薬に関しては表-5.3.2.に示す水質基準およびその検査方法が規定されている。ここで、吸光光度法、比色法としてあるのが紫外・可視分光光度計による分析である。将来的に考えれば日本の水質基準にある機器を揃えることが望ましいと思われるが、この分野での機器分析の経験が浅いCGWBの実情と原要請がGCのみであったことを考慮し、まず、この分野の機器分析の経験とデータの集積を第一優先として、有機化合物および農薬の分析用として表-5.3.3.に記された機種を選定する。

表-5.3.3. 有機化合物および農薬の分析用機器

分析項目	機 器 名	台 数
有機化合物 および農薬	ガスクロマトグラフ (GC) (ECD, FPD, FID, FTD)	2台
総有機炭素	総有機炭素計 (TOC)	1台

経験が十分集積され、この種の機器分析に習熟した要員数が増加した段階で、日本の水質基準に規定されている、より専門化された機器をより広範囲に装備することが望ましい。

(3) 元素および無機化合物

元素および無機化合物の分析に関して日本では、分析の精度向上と効率向上（高速化）のため、分光光度計とイオンクロマトグラフの併用が行われている。

このような組み合わせにより、同時多項目分析を高い精度で迅速に行える。したがって、イオンクロマトグラフの導入が望ましいが、今回の計画に含まれるガスクロマトグラフの熟練度に伴い、十分使いこなせる状況に至った時点で導入を計ることとし、その一段階前のステップとして、分光光度計を用いた半自動分析装置 (SAA) を提案したい。この最大理由は、上記の項目の中に、 NO_x 、 NH_4 等採水後速やか（遅くとも7日以内）に分析する必要のある項目が含まれており、分析の精度を確保するためには採水の移動時間を考えると、特定の分析室で集中分析するより各地方事務所にある分析室で採水後直ちに分析できるシステムを構築する必要があると考えられるためである。すなわち、現在の修得技術で使いこなせ、しかも処理能力を増大させる最も確実で迅速な方法はCGWBの主力分析法である手分析法に処理能力を増大させるためのオートサンプラー、オートインジェクター（フローセル）とプログラムにより分析結果の整理まで自動的に行える分析器を装備し、滴定や分取に便利な器具が補助器具として用意されたシ

システムを作り、これを各分析室に配備することと考えられる。この場合、試薬注入等の若干の手作業は必要であるが、各分析室で人員を増やさず、検出器への試料の注入、分析、計算処理、分析結果の打ち出しまでを自動化でき、採水後各分析室で直ちに分析できるようになる。なお、同国では上記工程中検出器部分についての機器の国産が行われているが、各分析室で検出部分のみでなく採水から分析まで計画的に実施することができる分析機器は国産されていない。この装置を採水現場に近い各地方事務所に配備することにより分析の質・量の向上と共に各地方事務所にある分析室の技術水準向上にも役立ち、CGWBの水質管理の全体的水準の向上に有効であると思われる。

分光光度計の半自動分析装置（SAA）は、各化学分析室に配置するため、その台数は13台とする。

イオンメーター（IM）は短時間で測定できる特色があるため、比色分析を行う際の妨害物質の程度や分析値の目安をチェックする場合に必要な測定器である。また、急を要する分析、突発的な汚染の対策など採水現場での用途は広い。

イオンメーターの配置も各化学分析室を対象とするため、数量は13台である。

以上の検討から、元素および無機化合物の分析のための機器としては、表-5.3.4.に示す機種とする。

表-5.3.4. 元素および無機化合物の分析用機器

分 析 項 目	機 器 名	台 数
元素および無機化合物	分光光度計の半自動分析装置（SAA）	13台
	イオンメーター（IM）	13台

(4) 周辺機器

CGWBから要請のあった機器の内、水質環境の管理に直接関係しないデジタル式水位記録計は除外し、コンピューター・ソフトは個々の機器に含ませるべき内容であるため、今後は個別に取り扱う必要はない。

また、質量分析計はトレーサー試験の解析用と使用目的が極めて限定されていることから本計画の対象としないこととする。質量分析計はガスクロマトグラフと組み合わせた場合、有力な有機化合物の分析機器になるがこれはCGWBの体制がさらに充実した段階で検討すべきであると判断された。

土壌溶液採取器（VZS）は水質汚染のメカニズムを解明する場合に、表土～不飽和層の地下水の挙動を掌握する必要があることから計画対象とし、各地方事務所の分析室に2セットずつ配置する。また、廃水処理として、重金属の濃度の高い検水および標準試薬の廃水を廃水基準以下に処理するための卓上型の廃水処理装置（TWT）を提案する。以上の検討結果から、本計画における周辺機器とその台数は表-5.3.5.の通りである。

表-5.3.5. 周辺機器

分析項目	機 器 名	台 数
周辺機器	土壌溶液採取器（VZS）	24台
	卓上型廃水処理装置（TWT）	3台

以上の基本設計をまとめると表-5.3.6.の分析機器一覧のとおりとなる。

表-5.3.6. 分析機器一覧

分 析 項 目	機 器 名	台数
重金属（多項目同時検査用）	ICP	1台
重金属（Hg, As, Se, Sb および特殊検体検査用）	AA	3台
有機化合物および農薬	GC (ECD, FPD, FID, FTD)	2台
総有機炭素	TOC	1台
元素および無機化合物	SAA	13台
	IM	13台
周辺機器	VZS	24台
	TWT	3台

5.3.2 主要機材の仕様

表-5.3.7.に主要機材の仕様を取りまとめる。仕様の決定に当たり各機器について考慮した点は次の通りである。

表-5.3.7. 主要機材一覧

仕様	I C P	AA	GC (A)	GC (B)	TOC	SAA	IM	TWT	VZS
検出限界	10 ppb以下	50 ppb 以下	ppb レベル	ppb レベル	5 ppb 以下	0.01~0.1 ppm	0.02~0.2 ppm	**	**
電源	単相220V、50Hz または 3相440V、50Hz	同左	同左	同左	同左	同左	同左	同左	バッテリー 12V
特記仕様	スペクトル幅 :160~800nm以上 ガリウムアズライド スキャナシステム :0.027nm 以下 CPU システムコントロール	波長範囲 :190~900nm 以上 CPU システムコントロール ファーマネクス付	検出器 :ECDおよびFPD CPU システムコントロール	検出器 :ECDおよびFPD CPU システムコントロール	検出器:NDIR CPU システムコントロール データ処理機能 付	検出器 :CPU コントロール 分光光度計 フローセル付 プリンター付 データ処理機能付	デジタル表示 プリンター付	棄沈処理 パッチ式 MAX : 1,000ppm 1 回処理量 :20~30ℓ	採取深さ: 3m
付属設備	水素化物発生装置 オートサンプリング データ処理装置 自動電圧調整器 (AVR) 超音波ネプライザー 排気ダクト その他	水素化物発生装置 水銀還元気化装置 オートサンプリング データ処理装置 自動電圧調整器 (AVR) 排気ダクト カソードランプ (23本) その他	オートサンプリング オートインジェクタ データ処理装置 自動電圧調整器 (AVR) その他	オートサンプリング オートインジェクタ データ処理装置 自動電圧調整器 (AVR) その他	オートサンプリング 自動電圧調整器 (AVR) その他	オートサンプリング 自動電圧調整器 (AVR) その他	スターラ 電極スタンド 自動電圧調整器 (AVR) イオン電極 [pH、比較電極、 ORP 電極を含 み15本 その他		DCポンプ 手動ポンプ その他

① I C P

重金属を主に各種元素の多項目同時分析用としての機能を持たせる。大量の検体を集中して処理することも考慮し、長時間の連続分析も可能にするオートサンプラ等の周辺機器も装備する。I C Pの性能を高める超音波ネブライザ（霧化器）、H g等の単項目の分析もできるように水素化物発生装置も装備する。

② A A

I C Pにより分析すると単項目分析となってしまうI C Pの利点を損なうH g、A s、S e、S b等の元素の連続、大量処理用としての機能を持たせる。

オートサンプラ、H g分析用の水銀還元気化装置およびA s等の分析に必要な水素化物発生装置を装備する。カソードランプは次の23元素用を装備する。

A l、S b、A s、B a、B i、C a、C d、C r、C o、C u、F e、P b、
L i、M g、M n、H g、M o、N i、S e、S r、A g、S n、Z n

③ G C

農薬、ハロゲン化有機物、有機溶剤等の微量な化合物分析用としての機能を持たせる。検出器はE C D、F T D、F I D、F P Dの4種とし、これを2台のガスクロマトグラフに装備する。分析カラムはキャピラリーカラムとし、オートサンプラ、オートインジェクタを装備する。

④ T O C

有機物による汚染量の連続、大量分析用としての機能を持たせる。オートサンプラを装備する。

⑤ S A A

各地方分析室に配置する、無機化合物、一部の元素の大量処理用としての機能を持たせる。分析検出器は分光光度計とする。オートサンプラ、フローセル、検出器、データ処理装置を装備し、これがC P Uによりシステムとしてコントロールされ、発色工程を除き自動処理される。小型発電機による稼働も可能とする。

⑥ I M

各地方分析室に配置する、各種イオン、無機化合物イオンの簡易測定器としての機能を持たせる。デジタル表示とし、スターラ、電極スタンドを装備する。電極は次の15項目とする。p H、O R P、比較電極、N a、C l、B r、I、C d、C u、A g、S、F、K、アンモニア、シアン

⑦ TWT

水銀、シアン等の有害物質を含んだ分析廃水の処理機能を持たせる。 バッチ式とし、1回処理量20~30ℓ、合計濃度最大1,000ppmまでの能力とする。

⑧ VZS

地表より地下3mまでの、任意の深さの土壌中溶液を採取する機能を持たせる。 手動ポンプ、DCポンプを装備する。

5.4 実施計画

5.4.1 計画地の設計

CGWBの各分析室は図-2.3.3.に示す場所に位置している。 分析項目を①重金属、②有機化合物、③元素および無機化合物に分けると、採水後、長期保存が許されるのはICPとAAで分析する①重金属である。 ②および③は時間の経過により水質の変質が予想され、したがって、採水後速やか(遅くとも7日以内)に分析しなければならない。 ③元素および無機化合物の分析機器は採水現場に近い位置に設置することが望ましい。 また、②有機化合物についても速やかな分析が望ましいが、農業、有機溶剤を分析対象とするならば、これらは比較的安定した物質で、pH調整等の採水時の処置により1~2ヶ月間の保存は可能である。 ①重金属、②有機物は集中管理による分析が望ましく、この点を考慮して各化学分析室を位置づける。

中央化学研究所および公害専任理事の駐在するラクノーを化学分析センターとし、総合分析および試薬・標準試薬作成を行う部署とする。 また、ここではGC分析等これから蓄積しなければならない分析技術の開発にも取り組むこととする。 集中管理をする重金属の分析に関してはインドを二分し北インドをラクノーが担当し、南インドをハイデラバードが担当する。 両分析室の間で東インドに位置するカルカッタは、両分析室の補助的役割を持たせるのが適切と判断される。

中央化学研究所および公害専任理事の駐在するラクノーを化学分析センターとし、総合分析および試薬・標準試薬作成を行う部署とする。 また、ここではGC分析等これから蓄積しなければならない分析技術の開発にも取り組むこととする。 集中管理をする重金属の分析に関してはインドを二分し北インドをラクノーが担当し、南インドをハイデラバードが担当する。 両分析室の間で東インドに位置するカルカッタは、両分析室の補助的役割を持たせるのが適切と判断される。

5.4.2 機材配置計画

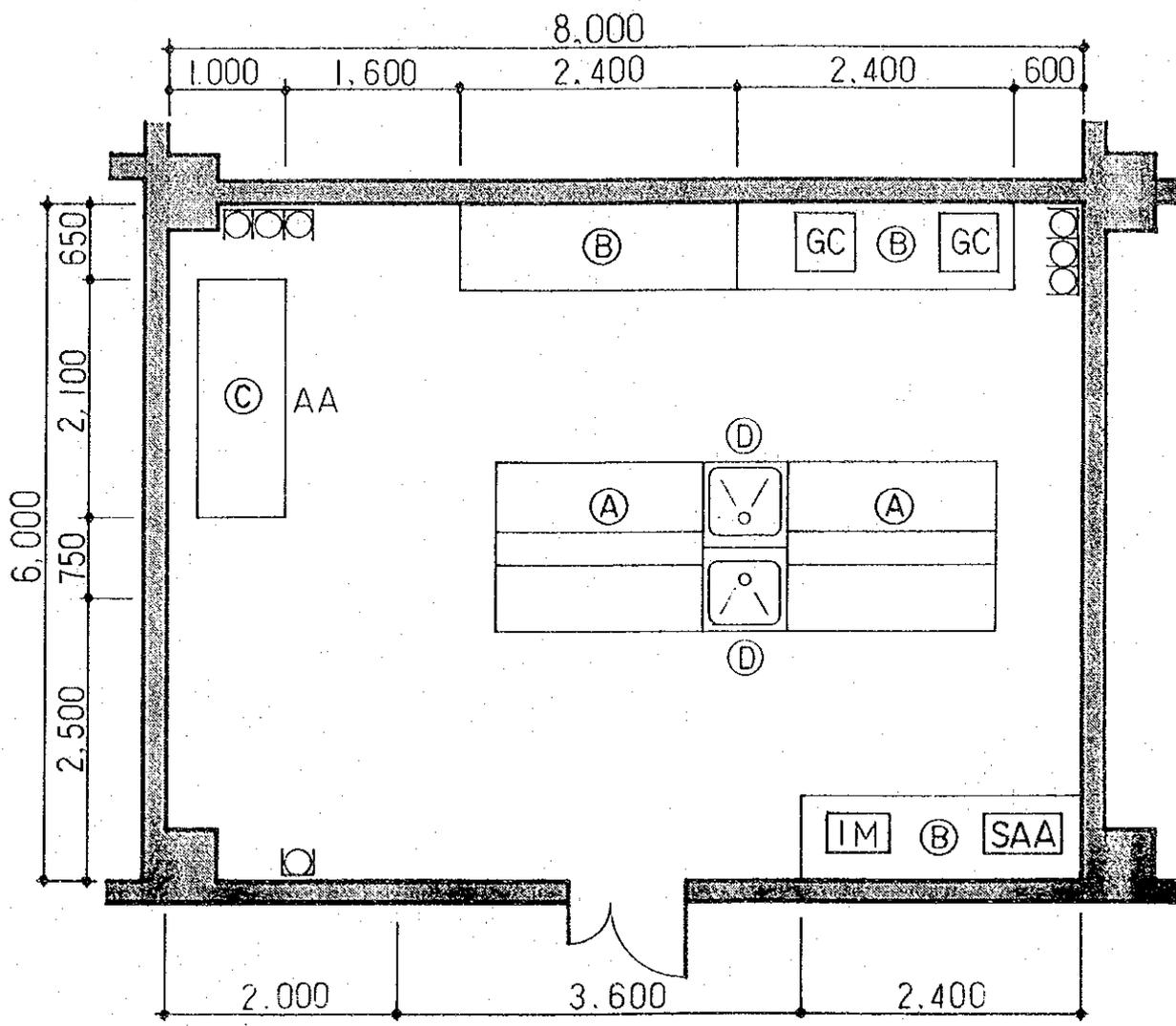
5.4.1 の検討により決められた各化学分析室の水質管理用機材配置は表-5.4.1.の通りである。これに基づき各分析室レイアウト例を図-5.4.1.~5.4.3.に示す。このレイアウト図によると通常の化学分析室の最小単位である50㎡の床面積があれば、分析機器を設置できることになり、各図に今回の供与機材を配置する際の一例を示してある。実際のレイアウト図は本図を参考にしてCGWBの各化学分析室の全体の運営計画に基づき作成されるものとする。

なお、ICPに関してはCGWBの要請は2台をラクノーおよびハイデラバードに1台ずつ設置するというものであったが、ハイデラバードは現庁舎を用いることから問題ないが、現在新庁舎建設が進められておりその一部となる化学分析室に据え付ける予定のラクノーでは設置後の移設を避けるため本計画での設置の対象とせず、ICPはハイデラバードへ据えつける1台のみとする。

表-5.4.1. 水質管理用機材配置

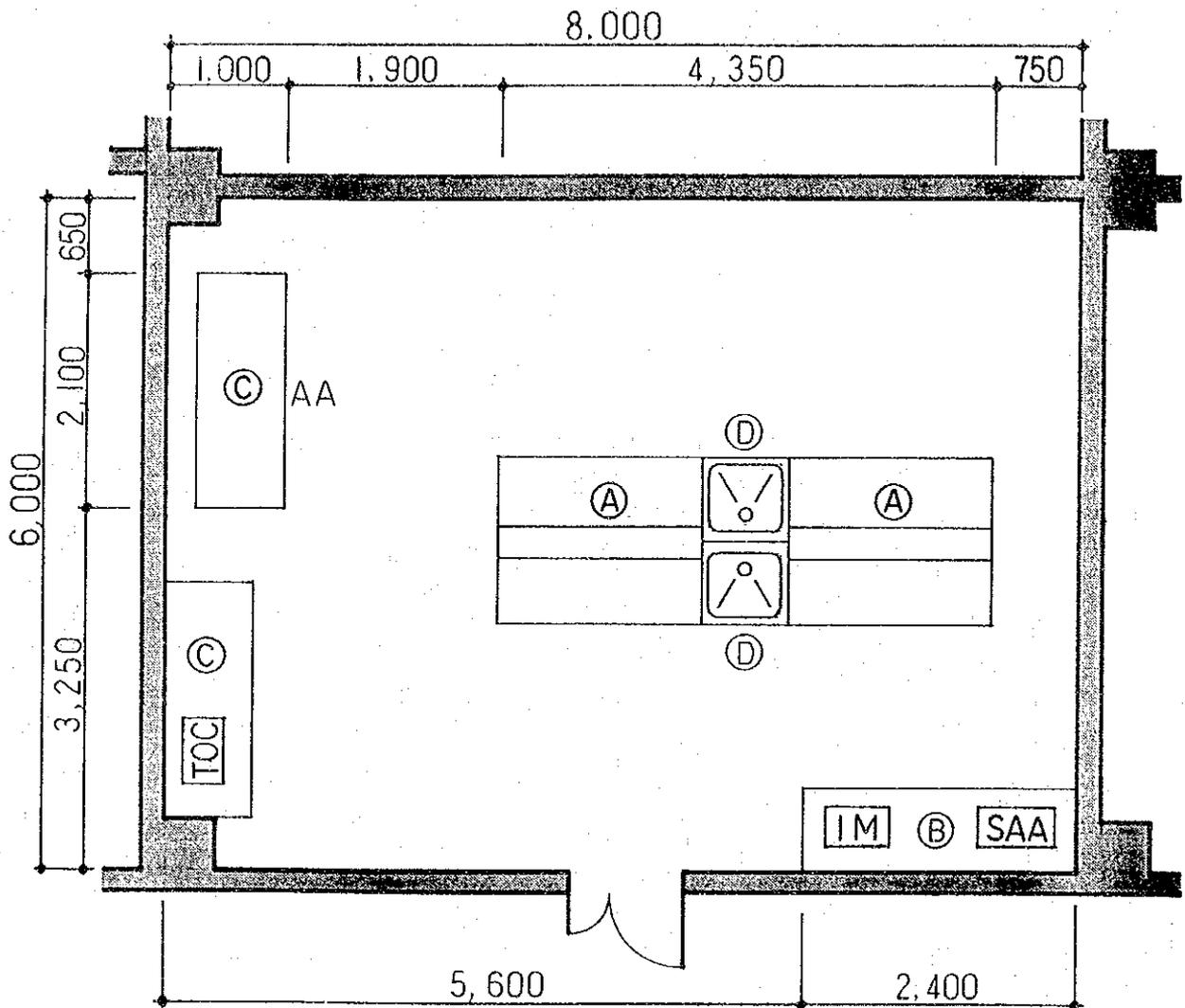
分析項目	機器名	配 置 台 数				合 計
		ラクノー	カルカット	ハイデラバード	その他	
重 金 属	ICP	0	0	1	0	1
	AA	1	1	1	0	3
有機化合物	GC	2	0	0	0	2
	TOC	1	0	0	0	1
元素および 無機化合物	SAA	1	1	1	10	13
	IM	1	1	1	10	13
周辺機器	VZS	2	2	2	18	24
	TWT	1	1	1	0	3

レイアウトで注意する点は、ICPおよびAAは光学機器であるため、できるだけ直射日光が入らない方向（北～北西部）に設置し、また、振動発生源（自動車の通行、鉄道路、コンプレッサー等）からできるだけ離すようにする。その他、機器の運転上必要となる設備の準備は元より、前処理の必要な分析のための作業台（水、電気、その他）等分析の精度を総合的に維持するための機材の確保がCGWBによりなされなければならない。



- AA 原子吸光分光光度計
- GC ガスクロマトグラフ分析器
- SAA セミオート分析器
- IM イオンメータ
- ☐ ガスポンペ
- Ⓐ 両面実験台 1800^Lx1500^W
- Ⓑ 片面実験台 2400^Lx750^W
- Ⓒ 片面実験台 2100^Lx750^W
- Ⓓ 流し台 1000^Lx750^W

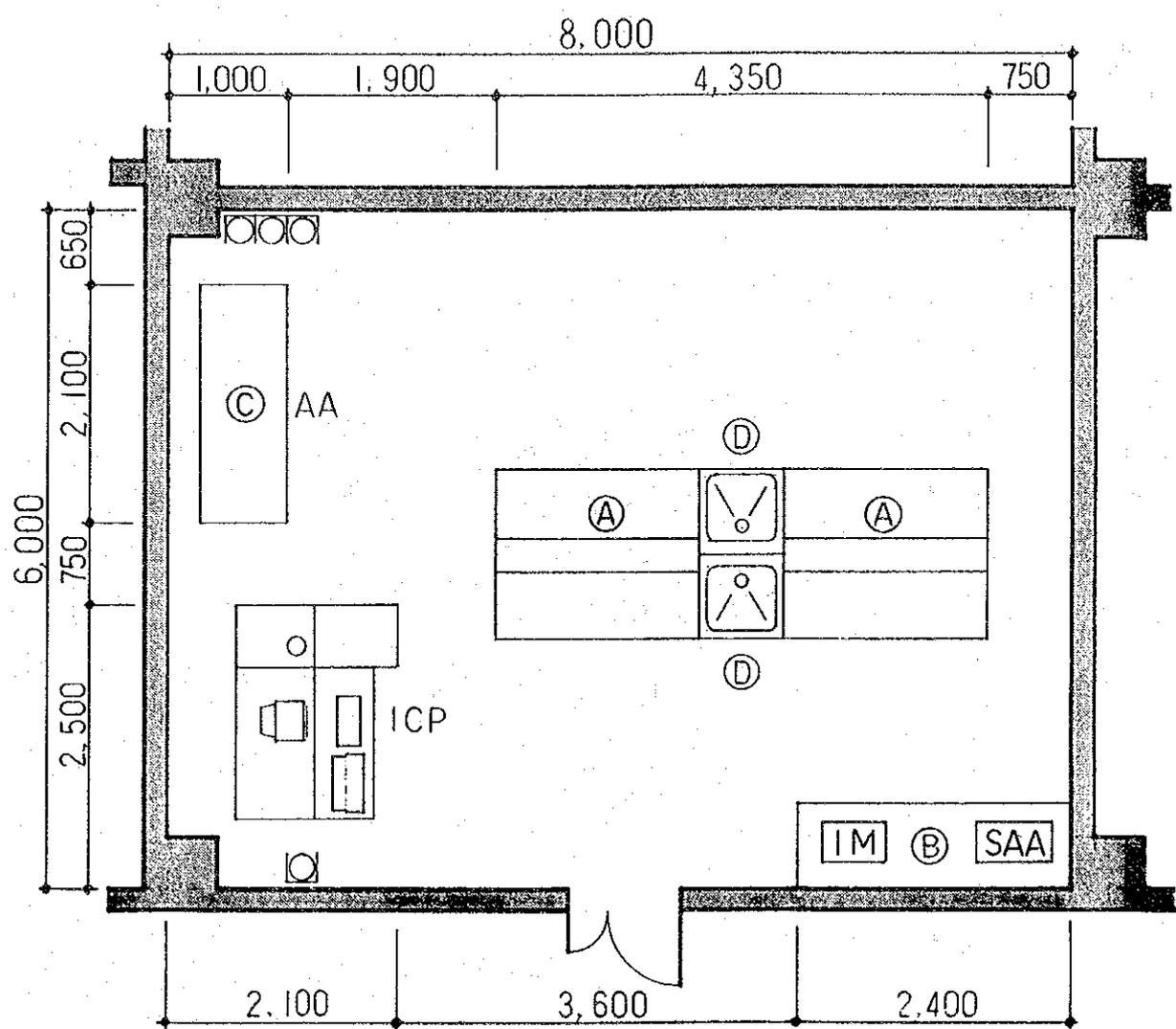
図-5.4.1. 分析室レイアウト例……ラクノー



AA 原子吸光分光光度計
 TOC 全有機炭素計
 SAA セミオート分析器
 IM イオンメータ

Ⓐ 両面実験台 1800^Lx1500^W
 Ⓑ 片面実験台 2400^Lx750^W
 Ⓒ 片面実験台 2100^Lx750^W
 Ⓓ 流し台 1000^Lx750^W

図-5.4.2. 分析室レイアウト例……カルカッタ



- ICP 高周波プラズマ発光分析器
- AA 原子吸光分光光度計
- SAA セミオート分析器
- IM イオンメータ
- ☉ ガスポンペ
- (A) 両面実験台 1800Lx1500W
- (B) 片面実験台 2400Lx750W
- (C) 片面実験台 2100Lx750W
- (D) 流し台 1000Lx750W

図-5.4.3. 分析室レイアウト例.....ハイデラバード

5.4.3 要員計画

(1) 各分析機器の取扱要員の要件

各分析機器を運転・管理するための取扱要員に必要な要件を表-5.4.2.に示す。
 なお、同表の末尾にICPとAAとの組み合わせおよび各分析室で半自動分析装置とイオンメーターとを組み合わせ使用する場合の要員計画を記載した。

表-5.4.2. 各分析機器の取扱要員の要件

	取扱要員 (数)	取 扱 要 員 の 要 件
I C P	取扱主任者 (1)	AAの分析経験があり、原子吸光分析について十分な理解をしている技師。 学歴は理系大学化学科卒業程度以上。 パソコン操作を自由に行えることが望ましい。
	助手 (1)	試料の整理、分取、ガラス機器の洗浄が主たる業務。 手分析の経験が有り、パソコンの取扱に興味がある技師。 学歴は工業高校化学科卒業または理系大学化学科卒。 経験は3年以上。
A A	取扱主任者 (1)	AAの分析経験があり、学歴・技術力はICP主任者と同程度の上で職人的技量も必要。 パソコン操作に不自由しないこと。
	技師 (1)	試料の化学的な前処理が主たる業務。 十分な比色分析の経験と若干AAの分析経験がある技師。 学歴は理系大学化学科卒業程度以上。 パソコン操作ができること。
	助手 (1)	ICP助手と同じ。
G C	取扱主任者 (1)	GC分析について若干の経験と十分な知識が有り、有機化合物の分析の経験が十分に有る技師。 学歴は理系大学院化学系修士以上。 パソコン操作ができること。
	副主任 (1)	主任者と同程度の学歴・技術力・知識を有し、分析についての多少の経験と新しい課題を取り組む姿勢を持つ技師。 パソコン操作を自由に行えることが望ましい。 可能なら海外留学経験者。
	技師 (1)	試料の化学的な前処理が主たる業務。 十分な有機化合物の分析の経験がある技師。 学歴は理系大学化学科卒業程度以上。
T O C	取扱主任者 (1)	TOC分析機器の動作原理を十分に理解できる技術知識を有し、パソコン操作の理解できる技師。 学歴は工業高校化学科卒業程度以上。
	助手 (1)	試料の整理、分取、ガラス機器の洗浄が主たる業務。 分析の経験は浅くてよい。 学歴は工業高校化学科卒業程度以上。

	取扱要員 (数)	取扱要員の要件
S A A	取扱主任者 (1)	十分な比色分析の経験を有し、パソコン操作を理解できる技師。学歴は理系大学化学科卒業程度以上。
	助手 (1)	試料の整理、分取、ガラス機器の洗浄が主たる業務。比色分析の経験のあることが望ましい。学歴は工業高校化学科卒業程度以上。
I M	技師 (1)	pH計の取扱に慣れており、パソコン操作を理解できる技師。比色分析の経験の有ることが望ましい。学歴は工業高校化学科卒業程度以上。
I C P / A A	取扱主任者 (1)	AAの分析経験があり、原子吸光分析について十分な理解をしている技師。学歴は理系大学化学科卒業程度以上。パソコン操作を自由に行えることが望ましい。
	技師 (1)	試料の化学的な前処理が主たる業務。十分な比色分析の経験と若干AAの分析経験がある技師。学歴は理系大学化学科卒業程度以上。パソコン操作ができること。
	助手 (1)	試料の整理、分取、ガラス機器の洗浄が主たる業務。手分析の経験が有り、パソコンの取扱に興味がある技師。学歴は工業高校化学科卒業または理系大学化学科卒。経験は3年以上。
S A A / I M	取扱主任者 (1)	十分な比色分析の経験を有し、パソコン操作を理解できる技師。学歴は理系大学化学科卒業程度以上。
	助手 (1)	試料の整理、分取、ガラス機器の洗浄が主たる業務。比色分析の経験のあることが望ましい。学歴は工業高校化学科卒業以上。

(2)各分析室毎の配置予定機器の要員計画

表-5.4.2.に示した各分析機器を運転・管理するための取扱要員に基づき各分析室毎に配置予定機器を運転・管理するための要員計画を表-5.4.3.に示す。この表の中でAは理系大学院化学系修士以上の学歴を有する者、Bは理系大学化学科卒業程度以上の学歴を有する者、Cは工業高校化学科卒業以上の者を示す。

表-5.4.3. 各分析室毎の配置予定機器の要員計画

分析室	ラクノー				ハイデラバード				カルカタ				その他			
	式	A	B	C	式	A	B	C	式	A	B	C	式	A	B	C
ICP+AA					1		2	1								
AA	1		2	1					1		2	1				
GC	1	2	1													
TOC									1		1	1				
SAA/IM	2		1	1	1		1	1	1		1	1	1		1	1
合計		2	4	2			3	2			4	3			1	1

これらの要員は現状の人員から選出することが十分可能と考えられる。ただし、GCは経験技術をより必要とすることから、CGWBは以下のことを行う必要がある。

- ①適性のある者が要員として入選されるように留意する。CGWBの中で入選が困難な場合には、この分野のみ外部からの採用も検討する。
- ②本計画の実施に先立ち選定された者に対する5.4.4.に記される要員訓練計画を策定し実施する。
- ③CGWBのGCの技術センターの中心となるように体系を築いていく必要がある。

5.4.4 要員訓練計画

要員に対する教育の種類は次のように分類できる。

- ①受講者レベル別
分析室管理者、機種別主任者、機種担当者
- ②訓練の程度
事前教育、実地教育、レベルアップ教育、トラブルシューティング
- ③内容別
動作原理、運転操作、分析、保守・管理
- ④講習対象区分
分析室別、機器別
- ⑤講師
CGWB内部、CGWB外部（地域の専門家、業者、その他）

⑥形態

コミッショニング、CGWB内研修、定期検査・定期点検

このように、要員に対して多種類の研修方法があり、技術の向上を図るため、継続的に研鑽を進める必要がある。ここでは、分析機器の据付け・試運転時において実施される性能確認のための、いわゆる「コミッショニング」について簡単に述べる。

「コミッショニング」は機材の納入時に納入業者が実施するものである。ここでは、CGWBの指名したカウンターパートに対して納入業者が実施する性能確認のための期間と考える必要がある。したがって、この期間に行われる作業の内容は、検数、据付け、動運転操作等である。コミッショニングはラクノー、カルカッタおよびハイデラバードの3ヶ所で行う。

5.4.5 消耗品調達計画

水質管理装置運転に必要な消耗品の調達について機器毎に検討する。

(1) I C P

- ①電力量： 通常運転中の電力消費量は毎時2kwであるが、この他に立ち上げを早めるため、夜間等使用しない間はプレヒートを行うのが良く、この場合の電力消費量は一日10kwを要す。プレヒートにより分析を直ちに開始できるため、機器の運転効率を向上させられる。
- ②ガス： キャリヤーガスとして純度99.95%以上のArガスを使用する。多量に消費する本機においては液化Arガスの使用が経済的となる場合が多い。液化Arガスは99.95%以上の純度で一般溶接用に供給されるので、インドでも入手は容易であり、アルゴン溶接用液化Arガスを使用するのが安価となる。
- ③消耗品： Arガスのフィルターとして使用されるモレキュラシーヴは実験室で一般的に使用されるので現地調達は可能と思われる。なお、ケース中のモレキュラシーヴの交換は容易であり、維持・管理の上での支障にはならない。

真空ポンプ用潤滑油は通常2~3年の使用年数があるが、ここでは2年に1回交換するように仮定した。

オートサンプラー用ビーカーは30ml程度の容量があれば市販品で良い。
取扱がよければ殆ど消耗しない。

インクリボン・プリンタ用紙のような印刷用消耗品は市販規格品でよいので、インドで安価に調達できる。

スタンダード調整用の硝酸、高純度金属等の試薬類の調達は安価にできる。
他の試薬類は不要である。

- ④消耗部品：石英製のプラズマトーチの消耗は分析数に比例する。連続運転であれば年4個の消耗となる。ただし、試料がきれいで酸処理の必要のない場合には、3~5割長持ちする。

超音波ネブライザーは細かい口径の吐出口がサンプル中のゴミ等で目詰まりを起こすと破損することがあるので注意を要する。通常の飲料水の分析ならばこの消耗は年1回の交換程度である。

試料吸い上げ管も年1回の交換程度である。

超音波振動子は超音波ネブライザーの使用時間に比例して消耗する。

年間20~30%の使用時間として2年に1回交換するものとした。

高周波コイルはプラズマトーチの劣化による異常放電により破損することがある。プラズマトーチのひび割れ等に注意し、プラズマトーチの交換が適切であれば2年に1回の交換で良い。

- ⑤修理費：上記消耗部品の交換を適切に実施していれば、機械の破損は起きない。試料を機器にかけたり、ホコリの清掃が不十分な場合、機器の破損に到ることがある。日常的に清掃に留意し、万一試料・試薬等を機器にかけた場合、速やかに拭き取り、また、維持・管理を心掛けていれば5年以上10年間は、壊れることなく使用できる。国内では通常2年毎にメーカーまたはメーカーの代理店に定期検査を依頼し、動作確認とその修理を実施している。1日3~5台のICP、AA、GC等の定期検査で費用は5~10万円/日である。

(2) A A

- ①電力量：ハーネス（フレームレス）法を用いると電力消費量は増えるが、ガスの消費量は節約でき、感度を上げられる。したがって、ハーネス法を75%、フレーム法を25%によるものと仮定した。一時間の電力消費量はハーネス法で15kw、フレーム法で4kwである。長時間のプレヒートは必要ない。

②ガス： 全体の75%をハーネス法を使うと仮定したことからキャリアーガスとして純度 99.95%以上のArガスを一日の75%の時間使用するものとする。残り25%をフレーム法によるがC₂H₂ およびH₂ を12.5%づつ使用するものとして計算する。

③消耗品： サンプル管は取扱がよければ消耗は無視できるし、市販品でオートサンプラーに入る小型試験管を用いることも可能である。
感熱記録紙はメーカー規格品である。
試薬類についてはICPと同様である。

④消耗部品： ハーネス法を主体とするためグラファイトチューブの消耗は多い。N₂Oのような高価なガスを使用しないので、全体的には経済的である。グラファイトチューブは1200~1500回の分析毎に交換すると考え、年約20回の取り替えとなる。
重水素ランプは2~3年使用できる。ここでは2年に1回の交換とする。
光電子増倍管は一般に5~10年の耐用年数があるが、ここでは5年に1回の交換とする。
カソードランプは4~5年以上の使用が可能であるが、消耗原因は取扱ミスによるものが多い。Asの寿命が比較的短いので(1~2年)、年間で全体の10%程度の損耗を考えた。

⑤修理費： ICPと同じ。

(3)GC

①電力量： 一時間当たりの電力消費量は2kwである。長時間のプレヒートは必要ない。

②ガス： ガスクロマトグラフ(A)については、ECDとFPCの使用比率をそれぞれ50%として使用ガス量を計算した。ガスクロマトグラフ(B)を含めて使用するガスはガスクロマトグラフィー用の高純度ガスが必要であるが、インドにおいては、日本企業の現地法人があり、ガスクロマトグラフィー用ガス類を製造しているので現地で比較的安価に入手できる。

③消耗品： 注入ゴム栓はガスクロマトグラフの一般的消耗品であるので現地での入手が可能である。

キャピラリーカラムは微量分析用としては優れたカラムであるが、現地での入手は容易でなく、購入すると高価なものになる。ただし、他の通常カラムと交互に使用すれば、3~4年間は使用できる。通常カラムは対象物質に合わせインドでの製作が可能である。

マイクロシリンジは通常使用のガスクロマトグラフ用のものはインドで容易に入手でき、オートインジェクター用は針先が特殊加工されているので入手は困難と思われる。

サンプル管はゴム栓で密栓できるタイプのものであり、医療用として使われるので、やや高価であるがインドで入手可能である。

感熱記録紙はメーカー規格品である。

試薬類は成分抽出用のアセトンやヘキサン等の溶剤が必要である。純度の高い物が好ましいが得られない場合には精製すればよい。

④消耗部品：ガスクロマトグラフ(A)のECD/FPCの注入口ガラスジョイントに試料の注入により生じる汚れがこびりつくので年2回程度交換する。ガスクロマトグラフ(B)FTDの注入口にはアルカリビーズを付着した注入口が使われる。使用に比例して消耗するので、連続使用であれば年2個の消耗率であるからFID/FTDの使用比率を50%づつとすると年1回の交換となる。

⑤修理費：ICPと同じ。

(4)TOC

①電力量：一時間当たりの電力消費量は1kwである。長時間のプレヒートは必要ない。

②ガス：燃焼用ガスとして空気を使用するが、検出限界5ppbと高感度なのでカーボンフリーの高純度空気を必要とする。インドでの高純度空気の入手は困難なので、一般の純空気を購入し、前段にTOC用ガスクリナーを使用する。インドで純空気は安価に入手できる。

③消耗品：TC触媒は全炭素(TC)濃度10ppm以上の時に使用する。連続使用で年2本の消耗である。
高感度TC触媒は同様に全炭素(TC)濃度10ppm以下の時に使用する。上記TC触媒で分析後10ppm以下の試料を再度高感度TC触媒で分析する。

そのため高感度TC触媒は消耗が少なく、年1本の消耗である。

IC反応液は国内ではメーカーから購入するが、調整は簡単なのでインドでの製作は可能である。

マイクロシリンジおよびサンプル管は市販品が使用できる。

感熱記録紙はメーカー規格品である。

試薬類はスタンダード調整用にフタル酸水素ナトリウム、炭酸水素ナトリウムおよび炭酸ナトリウムを使用する外には必要ない。

- ④消耗部品：TC触媒充填用ガラス筒は燃焼の汚れがコピリ付くので検体数により交換する。連続使用として年2回の交換で十分である。
- ⑤修理費：ICPと同様、通常の使用と部品の交換により破損は殆どなく、海外で約1,000台稼働している。2年に1回程度の定期検査を実施し、調整するのが望ましい。単純な機器であるからICP、AA、GC等より定期検査の費用は安くてよい。

(5) S A A

- ①電力量：一時間当たりの電力消費量は0.2 kwである。この装置は小型発電機との組み合わせで屋外での分析が行える。

- ②消耗品：サンプル管はオートサンプラー用の試験管で市販品が使用できる。
感熱記録紙はメーカー規格のロール紙である。
試薬類は現に使われているインドフェノールブルー、クロム酸アンモニウム等の発色試薬がそのまま使用できる。安価に入手できる。

- ③消耗部品：ハロゲンランプは2~3年の使用に耐えるが、ここでは2年に1回の交換とした。
重水素ランプは2~3年使用できる。ここでは2年に1回の交換とした。
光電子増倍管は一般に5~8年の耐用年数があるが、ここでは5年に1回の交換とした。

- ④修理費：TOCと同様。

(6) I M

- ①電力量：一時間当たりの電力消費量は0.05kwである。

②消耗品：標準液、強度調整剤、内部液、pH標準液、フッ素標準緩衝液は調整可能なので、CGWBのセンターで集中的に調整し、各地方分析室に配付し使用するのが望ましい。納入時に納入される標準部品としての試薬はCGWBで調整する試薬の標準として使用するのが望ましい。

プリンタ用紙はメーカー規格品である。

③消耗部品：各電極の耐用年数はマニュアル通り使用すれば5年以上である。取扱ミスが破損原因であるから、全電極の20%を毎年消耗品として計上する。

④修理費：薬液や検水を機器本体にかけるための破損事故が最も多い。常に清掃に留意し、維持・管理を心掛けることが肝要である。TOC同様の費用。

(7) TWT

①電力量：1回の処理能力は25ℓであるが、一般の廃水はpH調整程度でよく、本装置で処理放流しなければならない廃水は限られていることから、蒸発により処理量を減らす蒸発処理を併用することを考慮し、月に1回、半日の稼働で処理できる。したがって、1時間当たりの電力消費量は0.5kwであるから、月間の電力消費量は $0.5\text{kw} \times 4 = 2\text{kw}$ となる。

②消耗品：活性炭は市販品で良く、月に1回の処理として2年に1回の交換が良い。キレート樹脂吸着剤は同様月に1回の処理として2年に1回の交換が良い。現在はインドでも入手可能である。

③修理費：構造が簡単であるので維持・管理はCGWBの技術者で十分対応できる。

5.4.6 事業実施体制

本事業の実施機関はインド国水資源省中央地下水機構(CGWB)であり、その直営で行われる。CGWBは両国政府間のE/N締結後、実施設計、施工監理等に関して日本のコンサルタントと契約し、その支援の下に、地下水開発計画に係わる資機材調達に関する一括入札を実施する。入札およびその評価結果に基づき業者契約が行われるが、無償資金協力システムのガイドラインに従い、主契約者は日本国企業となる。一方、CGWBは下記の事項を実施する必要がある。

①設置予定のサイトのスペースと必要な設備の確保。

②各分析機器の運転・管理に必要な要員の確保。

- ③必要資機材の購入予算の確保とその調達。
- ④放射線取扱、高周波取扱等の必要な事前手続き。
- ⑤同国政府機関と協力し、我が国政府との間で取り交わされる公文の交換、銀行取極、輸入資機材の免税措置、日本人派遣技術者に対する各種免税措置および諸手続き等。

日本側関係

(1) コンサルタント

コンサルタントは我が国とインド両国の政府間で本事業計画に係わる無償資金協力に関する公文が交換された後、下記のコンサルタント業務に関する契約を実施機関であるCGWBと締結する。

- ①機材の調達に関する実施設計の実施と入札図書の作成。
- ②入札業務の代行と入札結果の評価。
- ③入札から契約に至る諸手続きの立会いと助言。
- ④資機材の調達・輸送、機材の性能確認のために派遣される日本側技術者に対する監理。
- ⑤コミッションング計画の作成。
- ⑥検査の実施。
- ⑦報告書の作成等。

(2) 納入業者

納入業者は契約に基づき機材を調達し、定められた期間内にそれぞれ指定された場所に輸送する。また、納入業者は契約に基づき納入された機材の性能確認のために派遣技術者を、契約に定められた場所に契約期間派遣し、水質管理装置の検数、据付け、試運転および性能確認を実施する。

5.4.7 事業負担区分

本事業の実施計画の内容は、ICP、AA、GC等を含む水質管理装置の調達である。

(1) 日本側分担

- ①5.3 機材計画で述べた機材の調達および輸送。
- ②上項の機材の性能確認のための日本側技術者の派遣。
- ③上記2項目のための本計画実施上のコンサルタント業務。

(2) インド側分担

- ① 計画実施に当たり、水質管理装置の設置を予定している化学分析室に必要な設置スペースと設備の確保。
- ② 免税、通関促進、諸資料の提供等、本計画実施上に必要な行政措置の速やかな実施。
- ③ バンク・コミッション等日本側からの無償資金協力の範囲外の費用の負担。
- ④ 本計画に関連する日本人技術者に対する円滑な入出国手続き、免税措置および滞在中の安全確保。
- ⑤ 本事業に伴う供与機材に関し、それ等を有効に機能させるために必要な人事、予算を含む維持・管理体制の整備。

5.4.8 技術移転計画

本計画では技術移転は必要ない。ただし、機種選定に際しては、現地ないしは近隣地域にあるアフターセールスサービス体制を有する機種が選定されるのが望ましい。

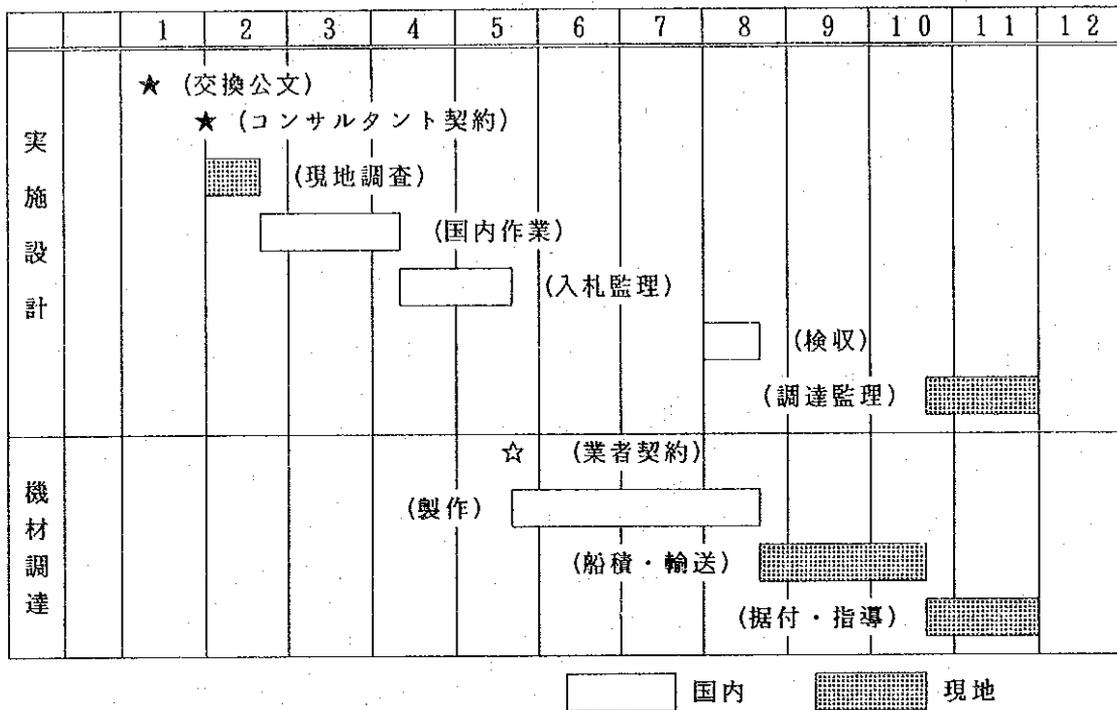
5.4.9 実施スケジュール

本事業は日印両国政府間でこの計画に関し無償資金協力の公文が交換（E/N）されることにより開始され、その年度内に事業を完了させる必要がある。ただし、年度内の事業完了が不可能な場合には、日本国政府の認証により1年間の延長が許される。

E/Nが締結されると実施機関であるCGWBは日本のコンサルタントと本事業に関するコンサルタント契約を行う。そのコンサルタントは実施設計を行い、我が国政府のコンサルタント契約認証後、入札図書を準備し、日印両国政府より入札図書の承認を得て、納入業者を決めるための入札を行う。コンサルタントは入札から納入業者契約に至るまで、CGWBを補助し、また代行し、この間の入札、入札評価、CGWBと落札者との交渉および納入業者契約までの全作業を行う。納入業者契約は我が国政府の認証により発効する。E/Nから納入業者契約までは約4ヶ月が見込まれる。

納入業者は契約認証後、資機材の調達を行い、機材の納期の約4ヶ月、海上輸送、通関およびインドでの内陸輸送を約2ヶ月および機材のコミッションング（据付け・性能確認）の約1.5ヶ月を必要とする。実施スケジュールを表-5.4.4.に示す。

表-5.4.4. 実施スケジュール



5.4.10 機材の調達

CGWBは我が国の無償資金援助により本事業に係わる機材の調達を行う。納入業者は納入する機器の据付けのため機器に直接接する部分の資材は自己調達し、据付け工事の部品代として機材費の中にも含めるものとする。CGWBは機器の据え付けに必要な建屋、設備等を納入前までに準備する。

5.4.11 概算事業費

本計画を我が国の無償資金協力により実施する場合に必要な事業費総額は、約2.44億円となり、先に述べた日本国とインド国との分担に基づく双方の経費内訳は、以下のように見積もられる。

(1)日本国側負担経費

事業費区分	金額
① 機材費	2.26 億円
1) 機材費	(2.13)
2) 梱包輸送費等	(0.13)
② 設計・監理費	0.18 億円
合計	2.44 億円

(2) インド国側負担経費

防塵対策等の費用の実施機関負担分 (総額 248千インドルピー = 851千円)

運営・維持管理費の実施機関負担分 (年間 1,261千インドルピー = 4,325千円)

(3) 積算条件

- ①積算時点 平成6年1月
- ②為替交換レート 1 US\$ = 106.00 円
1 インドルピー = 3.43 円
- ③調達期間 本事業実施に要する詳細設計、機材調達、引き渡しまでの期間は調達工程に示した。
- ④内容 防塵対策費 (床・壁・戸等の改善、作業台・スリッパ・下駄箱の購入)
維持・管理費 (5.5.2 で算定)
- ⑤その他 本計画は、日本国政府の無償資金協力の制度にしたがって実施されるものとする。

5.5 維持管理計画

5.5.1 維持管理体系

本計画で調達する分析装置はインド国全国の地下水の水質に係わる分析に用いられ、また、その活動はCGWBのもつ12の全ての化学分析室に関係するものであるが、化学分析室が個々に運営された場合、データのトレーサビリティに問題が生じたり、人員、機材、消耗資材等に無駄が生じることも考えられる。このためCGWBの統一された方針のもとに進められる必要がある。したがって、これらの分析機器を長期にわたり良好な状態で使用し、得られる分析結果を活用して、水質汚染の防止に役立たせるためには、運営の目標を設定し長期計画を策定しその方針の下に、分析装置の適切な運営・維持・管理を図ることが不可欠である。そのための方法として次のような委員会・部会を設け、必要な対策を講じてCGWBの水質管理部門全体の標準化を進めることが効率的かつ効果的な手段と考えられる。その活動の一部が維持管理体系を形成することになる。*印は維持管理に関する項目である。下記に運営・維持管理のための委員会・部会の概要を示す。

(1) 運営委員会

- 1) 長期計画部会
- 2) 分析に関する経営部会
- 3) 標準化部会
- 4) 資材管理部会
- 5) 技術部会（新技術）
- 6) 精度管理部会
- 7) データバンク部会

1) 長期計画部会

- ① 運営目標
- ② 長期計画

2) 分析に関する経営部会

- ① 分析実績評価
- * ② 機材管理評価
- ③ 機材計画
- * ④ 要員計画・教育計画
- * ⑤ 原価管理

3) 標準化部会

- ① 分析の手順
- ② 前処理方法
- ③ 試薬・標準試薬の調合
- ④ 採水方法および検水保管方法
- ⑤ データ解析

4) 資材管理部会

- * ① 在庫管理
- * ② 消耗品、消耗部品の現地調達への努力
- * ③ 使用資材の標準化

5) 技術部会

- * ① 研修・訓練制度の活用
- * ② 作業改善の奨励

③ 研究報告会

6) 精度管理部会

- * ① 検査規定の作成：定期検査・定期点検・日常点検等の管理体系化
- * ② 精度管理のための機器の調達・整備
- ③ 採水から廃水までの精度管理体系

7) データバンク部会

- ① 分析機器の運転に関するデータ
- ② 検水に関するデータ
- ③ 分析結果のデータ
- ④ 汚染原因の分析に関するデータ
- ⑤ 研修に関するデータ

5.5.2 維持管理費

5.4.5 消耗品調達計画で検討した通り計算すると、各機種毎の年間の維持管理費は表-5.5.1.に示すようになる。ここでは、電気代、ガス、試薬類、消耗品、消耗部品および修理代を合計した費用である。インドの消耗部品費は2年間の使用に相当する量のスペア・パーツが供給されるため、実際の消耗部品費は最初の2年間は不要となる。

表-5.5.2.~5.5.5.にラクノー、カルカッタ、ハイデラバードおよびCGWB全体の維持管理費を示す。さらに、機器の耐用年数を7年と仮定して購入費を7年で割った年間償却費を加算したものを表-5.5.6.に示すが、これは、実施機関が自己調達する場合の償却を考慮した維持管理費になる。

表-5.5.5.に示されるように年間の維持管理費は消耗品費・修理費で1,261千ルピー、償却費を含めると9,201千ルピーになる。CGWBの全体の年間運営予算は1994/95年では550,000千ルピーを予定しているから(表-4.2.3.参照)全体の年間通常予算に対し消耗品費・修理費で0.2%、償却費を含めると1.7%に相当することになる。実際の予算措置に必要な金額は全体予算の0.2%であることから、CGWBは十分負担できると判断できる。しかし、償却を考えて分析費を徴収し、費用回収を図ることが望ましい。

表-5.5.1. 各機種毎の年間の維持管理費

単位：無印はルピー、()内は円

	高周波 プラズマ 発光分析装置	原子吸光 分光光度計	ガスロマトグラフ (ECD/FPD)	ガスロマトグラフ (FID/FTD)	総有機 炭素計	半自動式 分析装置	イオン・ メーター	土壌溶液 抽出装置	卓上型廃水 処理装置
電気代	6,500.00 (22,295)	24,500.00 (84,035)	4,000.00 (13,720)	4,000.00 (13,720)	2,400.00 (8,232)	100.00 (343)	400.00 (1,372)	- (-)	24.00 (82)
ガス代	360,000.00 (1,234,800)	77,250.00 (264,968)	14,375.00 (35,587)	6,250.00 (21,362)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
試薬代	4,000.00 (13,720)	4,600.00 (15,778)	3,600.00 (12,348)	3,600.00 (12,348)	1,200.00 (4,116)	1,680.00 (5,762)	9,000.00 (30,870)	- (-)	- (-)
消耗品	6,413.94 (22,090)	11,632.71 (39,900)	15,393.60 (52,800)	15,393.60 (52,800)	2,361.47 (8,100)	11,545.30 (39,600)	4,227.45 (14,500)	- (-)	932.95 (3,200)
消耗部品	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
修理代	8,000.00 (27,440)	8,000.00 (27,440)	8,000.00 (27,440)	8,000.00 (27,440)	4,000.00 (13,720)	2,000.00 (6,860)	2,000.00 (6,860)	- (-)	- (-)
合計	384,913.94 (1,320,255)	125,982.71 (43,121)	45,368.60 (141,895)	37,243.60 (127,746)	9,961.47 (34,168)	15,325.30 (52,565)	15,627.45 (53,602)	- (-)	956.95 (3,282)

表-5.5.2. ラクノーにおける維持・管理費

番号	水質管理装置機器名	台数	維持・管理費(1年間)(単位千円)		
			償却費	消耗品費・修理費	合計
1	ICP	0	0	0	0
2	AA	1	680	126	806
3	GC(FPD/ECD)	1	294	45	339
4	GC(FID/FTD)	1	330	37	367
5	TOC	0	0	0	0
6	SAA	2	190	31	221
7	IM	2	242	31	273
8	VZS	2	30	0	30
9	TWT	1	81	1	82
合計			1,847	271	2,118

表-5.5.3. カルカットにおける維持・管理費

番号	水質管理装置機器名	台数	維持・管理費(1年間)(単位千円)		
			償却費	消耗品費・修理費	合計
1	ICP	0	0	0	0
2	AA	1	678	126	804
3	GC(FPD/ECD)	0	0	0	0
4	GC(FID/FTD)	0	0	0	0
5	TOC	1	284	11	295
6	SAA	0	95	15	110
7	IM	1	121	15	136
8	VZS	2	30	0	30
9	TWT	1	80	1	81
合計			1,288	168	1,456

表-5.5.4. ハイデラバードにおける維持・管理費

番号	水質管理装置機器名	台数	維持・管理費(1年間)(単位千円)		
			償却費	消耗品費・修理費	合計
1	ICP	1	1,583	385	1,968
2	AA	1	681	126	807
3	GC (FPD/ECD)	0	0	0	0
4	GC (FID/FTD)	0	0	0	0
5	TOC	0	0	0	0
6	SAA	1	95	16	111
7	IM	1	121	15	136
8	VZS	2	30	0	30
9	TWT	1	81	1	82
合計			2,591	543	3,134

表-5.5.5. CGWB全体の維持・管理費

番号	水質管理装置機器名	台数	維持・管理費(1年間)(単位千円)		
			償却費	消耗品費・修理費	合計
1	ICP	1	1,583	385	1,968
2	AA	3	2,039	378	2,417
3	GC (FPD/ECD)	1	294	45	339
4	GC (FID/FTD)	1	330	37	367
5	TOC	1	284	11	295
6	SAA	13	1,235	203	1,438
7	IM	13	1,573	199	1,772
8	VZS	24	360	0	360
9	TWT	3	242	3	245
合計			7,940	1,261	9,201

表-5.5.6. 各機種毎の年間償却費 (単位ルピー)

番号	機種	ラクノー	カルカッタ	ハイデラバード
1	ICP	—	—	1,582,639
2	AA	680,351	680,910	678,115
3	GC (FPD/ECD)	294,478	—	—
4	GC (FID/FTD)	329,966	—	—
5	TOC	—	284,132	—
6	SAA	190,716	95,358	95,358
7	IM	241,848	120,924	120,924
8	VZS	29,926	29,926	29,926
9	TWT	80,683	80,825	80,117

5.5.3 維持管理上の留意事項および提言

本計画対象機材の維持管理上の留意事項および適切な維持管理を実施するための提言は表-5.5.7.に示す通りである。

表-5.5.7. 維持管理の留意事項および提言

装置名	維持管理の留意事項	提言
ICP および AA	高感度測定装置だから、検水・試薬に取り込まれる極微量の分析室内の浮遊粉塵の影響を受ける。	①室内をリノリウム等のタイル張りとする ②スリッパ等の室内履きを励行する。 ③入口は必ず閉める。 ④空調を利用する。
	光学測定装置だから振動の影響を受ける。	①振動発生源から離して設置する。 ②建屋の上部階は振動が拡大されるため避ける。
	安定した分析値には電源の安定が必要。	AVRの許容範囲内の電圧変動で受電する。

装置名	維持管理の留意事項	提 言
A A	プラズマトーチ、ネブライザー等の主要部品がガラス製で、消耗によりヒビ割れを起こす。	ガラス部品の点検を頻繁にかつ入念に行う。
	ハーネス法では原子化する際大電流が流れるため周辺共通電源機器に影響を与える。	単独の専用回線を使用する。
	カソードランプ等のランプ類が破損しやすい。	破損原因はハンドリング時や保管時のミス。取扱注意。
G C	低品位のキャリアガスでは測定の基線（ベース）が不安定となり、検出器の耐用年数を短くする。	ガスの汚れはポンベの取扱、レギュレーター類の取扱が悪いため起こる。ポンベ管理に注意。
	長期間の使用はカラムの性能が劣化し、ベースが不安定になったり成分が重なったりする。	①カラムの性能変化を判断できるよう習熟する。②試料に適合したカラム充填剤の選択。
T O C	T C 触媒はメーカー規格品（高価）で消耗する。高感度触媒は試料濃度に消耗が影響される。	通常の T C 触媒による濃度分析後、低濃度試料にのみ高感度触媒を使用する。逆順は不可。
	G C と同様に高純度空気の純度が分析値の精度を決める。	①純度の高い高純度空気を使用する。②ポンベ等の取扱に気を付けて不純物の混入を防ぐ。
	検水は大気中の炭酸ガスやメタンガスの汚染を受けやすい。(5ppb以下の検出感度を有する)	①試料の採水時に混入させない。②分析時の分析室内の炭化水素やCO ₂ の混入に注意。
S A A	試料の分取、試薬の注入、標準試薬の取り方により分析値が変わる。	①センターでの試薬の調整方法の標準化。②分析作業の標準化。③センターで標準試薬の調整・配付、分析値の精度管理を行う。
	システムの取扱の慣れが分析効率を決める。	分析項目により手分析の方が効率的な場合もある。自動化にはこだわらず柔軟に対応。
I M	電極の汚れの測定値への影響が大きい。	電極の劣化（汚れ）は測定後の清掃、測定していない時の保管状態に影響される。マニュアル通りの適切な使用と管理が重要である。
	試薬、標準試薬の純度に大きく測定精度が左右される。	標準試薬の調整、試薬の調整はセンターで集中管理する方が分析値の精度管理ができる。
T W T	処理水量の大小が運転コストを増減する。	水銀等有害物質を含む廃水のみを本装置で処理する。他はpH調整後希釈放流する。また、処理水は一定期間保存し、その間に蒸発させて、全体量を少なくし、処理回数を減らすことで経費の節減を図る。

第 6 章 事業の効果と結論

第6章 事業の効果と結論

6.1 事業評価・結論

本計画が、経済開発政策に係わり生じている水質汚染の対策を急ぐインドでは、重要かつ緊急を要するものであることは、第8次五ヶ年計画の中での安全な飲料水の供給と水質汚染防止の位置から明らかである。環境・森林省の指示により、地下水管理の一環として地下水の水質分析と工業廃水による水質汚染の甚だしい17工業地域の水質調査を行っているCGWBにとっての本事業の効果をもとめると表-6.1.1.のようになる。

表-6.1.1. 計画実施による効果と現状改善の程度

	現状の問題点	本計画での対策	計画の効果、改善の程度
重金属	<p>検水の数が現在の分析能力をはるかに上回る。</p> <p><u>重金属</u>の分析については、現在旧式の原子吸光分光光度計(AA)を用いているが現在の処理能力は必要量の約20%程度である。</p>	<p>ICP 1台とAA 3台を調達する。</p>	<p>多項目同時分析にはICPを、特殊成分の単一項目分析についてはAAを用いることで、重金属分析を高精度に行うことが可能となる。現状に比べ処理量の大幅な増加が期待できる。</p>
有機化合物	<p>工場廃水、農業による地下水の汚染が進行中であるが、<u>主汚染物質である有機化合物</u>の分析については、現有設備では分析が困難なため殆ど行われていない。</p>	<p>GC 2台およびTOC 1台を調達する。</p>	<p>GCは高精度分析ができるが、CGWBにとり始めての導入であるため、今回は基礎作りの段階とする。技術・経験の蓄積により、イオンクロマトグラフ、高速液体クロマトグラフ、ガスクロ/質量分析装置等を導入し、一層多彩な分析ができるようになる。</p>
無機化合物	<p>検水の数が現在の分析能力をはるかに上回る。</p> <p><u>元素および無機化合物</u>の分析については現在、手分析で行われており、精度・処理能力の両方に問題がある。</p>	<p>SAAおよびIMを調達する。</p>	<p>処理能力の向上、分析精度の向上が可能となる。採水現場近くでのより多くの分析が可能となる。各化学分析室のレベル・アップが図れる。</p>

6.2 妥当性に係る実証・検証

以上の通り、本計画の実施により多大な効果が期待されると同時に、予算面に関してはCGWBで必要となる予算増は0.2%にとどまることから十分確保可能であると判断できる。また、CGWBの運営能力・技術レベルは十分にあり、本計画の維持・管理には問題ない。本計画が重金属、有機化合物等のモニタリングを通じて広く住民の衛生環境の向上に寄与することから、本計画を無償資金協力で行うことは妥当であると判断される。

6.3 提言

本計画をより円滑かつ効果的に実施するためには、インド側は以下の対応を取ることが望まれる。

(1) 建屋の準備

本計画の実施にあたり、CGWBは調達される分析機器を設置するためのスペースを確保する必要がある。本計画で調達される機器は通常のアクリルで問題なく、設置予定の化学分析室のいずれもが空調設備を持っていることから、既存の庁舎に設置する場合には問題ない。ただし、この場合には使用される分析機器が高感度分析器であることから、化学分析室の入口を防塵構造としたり、化学分析室では上履き着用とするなどの防塵対策を施すことが必要である。なお、ラクノーおよびカルカタでは新庁舎の建設計画が進められ、1995年3月に完工を予定している。この建設計画の中にそれぞれ床面積約250㎡の化学分析室が含まれており（本計画で必要な床面積は約50㎡）十分な広さと、必要な付帯設備を有している。新庁舎の建設計画には、水・電力の安定供給に加えCGWB側でバックアップ用発動発電機を用意する必要がある。

(2) 予算の確保

CGWBにとって本格的な機器分析を始めるため、新たに手当とする予算項目と、大幅に増加する予算項目とがあるが、いずれも維持・管理の上で必要な予算であるから事前に確保する必要がある。定期的な点検・検査に必要な補修費用と予想される補修部品は予め確保する。

(3) 要員の選定

機器分析に必要な要員は、現在在籍する者の中から人選できるが、表-5.4.2.に示す要員の要件を参照の上、人選することが望まれる。特に、GCに関しては、CGWBへの初

めての導入となるため、取扱要員の人選に当たっては、この技術の経験者を最優先する必要がある。

(4) 運営委員会の設置・活動

本計画がインド国における地下水の水質分析体制の根幹を形成し、CGWB自体のみならずインド国のこの分野の基礎作りの役割を果たすことになる。したがって、CGWBの水質管理部門全体を横断的に動かす運営委員会を発足させ、同委員会により目標を設定し、長期計画を策定し、それに基づき水質管理体系を運営し、標準化の導入により効率的かつ効果的な、運営・管理・維持体制を確立させることが望ましい。

(5) 定期検査・定期点検の実施

最低、年1回の定期検査を実施することを義務付けるため、定期検査のマニュアルおよび管理台帳を作成し、それに基づき定期検査を実施する体制を作る。さらに、月1回の定期点検と日常の始業点検をマニュアル化し、それに基づき点検を実施する。

(6) 消耗資材の調達

各種ガス、試薬、標準試薬等の消耗資材は消耗資材管理台帳を作成し、調達計画を立て、常に必要量を各分析室に供給できるように予め必要な予算額を算出する。標準試薬（スタンダード）についてはできるだけCGWB内で一括調整し、各化学分析室への定期的配付ができる体制を確立し、分析結果の一貫性の確保を図る必要がある。

(7) 管理責任者および取扱者への技術指導

管理責任者は管理マニュアルを作成し、このマニュアルに基づき分析業務の管理を行う。分析作業者はその分析の目的を十分に理解し、分析作業の技術水準の維持と向上に努める必要がある。

(8) 突発的な事故災害等による水質汚染に対する分析体制の確立

工業地域における廃液等の突発的流入が発生した場合、直ちに現地へ赴き採水し、それを分析できる機動力のある分析体制を作る必要がある。例えば事故災害等に際し、本計画の対象機器であるIM等の可搬式の機器を直ちに車輛に搭載し、その事故現場に派遣できるような緊急対策体制の確立が必要である。

(9) 精度管理のための工程の見直し

精度管理の上で採水から分析に至る全工程をチェックし、全般的精度の維持に努める。採集ピンの検討、採水計画と分析計画とのマッチング、検水の移送・保管の検討等は、

分析技術の向上と並行して進める必要がある。

⑩ 水位観測所における採水時期の分散

現在水位観測所での採水時期はプレモンスーンである4~5月に集中しているが、成分濃度が季節に余り影響されない地域または水位観測所においては、他の季節に採水すれば、分析作業の平均化が図られ、水質管理が容易になるものと思われる。

⑪ 分析費用の受益者負担

分析の費用は受益者負担とし、維持・管理の予算調達の一部とすることを検討する必要がある。

資 料 編

MINUTES OF DISCUSSIONS
BASIC DESIGN STUDY ON THE PROJECT FOR
EXPLOITATION OF GROUNDWATER IN INDIA

In response to a request from the Government of India, the Government of Japan decided to conduct a Basic Design Study on the Subject of Exploitation of Groundwater in India (hereinafter referred to as "the Project") and entrusted the study to the Japan International Cooperation Agency (JICA).

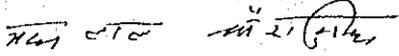
JICA sent a study team to India, which is headed by Dr. Yuji Maruo, Senior Development Specialist, JICA, and is scheduled to stay in the country from December 1 to December 20, 1993.

The team held a series of discussions with the concerned officials in the Central Ground Water Board (hereinafter referred to as "Indian Side") and conducted a field survey of the proposed project area.

During the course of discussions and field survey, both parties confirmed the main items described on the attached sheets. The team will proceed to further works and prepare the Basic Design Study Report.

New Delhi, 19th January, 1994


Mr. Minoru SASAGO
Resident Representative
JICA India Office


M.L. Chaurasia
Chief Engineer & Member
Central Ground Water Board
Ministry of Water Resources

ATTACHMENT

To the Minutes of Discussions dated 20, December, 1993
Concerning the Project "Exploitation of Groundwater in India"

1. Objective

The objective of the Project is to provide adequate and sustained supplies of water for meeting the requirements of drinking, domestic and other various uses and to strengthen the facilities for monitoring groundwater quality/pollution in the country.

2. Project Sites

The major Project Sites are as follows:

(1) For Water Quality Monitoring and Environment Protection Equipments:

3 to 4 Places, tentatively identified as Laboratories/offices of CGWB at Faridabad, Lucknow, Calcutta and Hyderabad

(2) For Mud Circulation Type Direct Rotary Drilling Rig: for the operation in alluvial areas

3. Executing Agency

Central Ground Water Board (CGWB) under the Ministry of Water Resources is responsible for the administration and execution of the Project.

4. Items requested by the Government of India

After discussions with the Basic Design Study Team, the following items were finally requested by the Indian side. The respective items are shown in Annex-I.

(1) Provision of Water Quality Monitoring and Environment Protection Equipments.

(2) Provision of Direct Rotary Drilling Rig and Tools, Accessories and spare parts

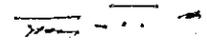
However, the final components of the Project will be decided after further studies.

5. Japan's Grant Aid System

- (1) The Central Ground Water Board has understood the system of Japanese Grant Aid explained by the Team.
- (2) The Central Ground Water Board will take necessary measures, described in Annex II for smooth implementation of the Project, after the Grant Aid Assistance by the Government of Japan is extended to the Project.

6. Schedule of the Study

- (1) The Consultants will proceed to conduct further studies in India until December 20, 1993.
- (2) Based on the Minutes of Discussions and technical examination of the study results, JICA will complete the final report and send it to the Central Ground Water Board, Government of India through JICA India Office by the end of March, 1994.



ANNEX-I

To the Minutes of Discussions dated 20, December, 1993

LIST OF REQUESTED EQUIPMENT

The following items of equipment are requested by Central Ground Water Board (CGWB). CGWB placed the first priority on A. and the second priority on B. of the following items.

A. WATER QUALITY MONITORING AND ENVIRONMENT PROTECTION EQUIPMENTS:

- | S.No. | Item of Equipment |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Inductively Coupled Plasma for heavy Metal (rare elements) Analysis. |
| 2. | Gas Chromatograph for Analysis of Organic Elements
a) To be equipped with Electron Capture Detector (ECD)
b) To be equipped with Flame Ionization detector (FID), Flame Photometric Detector (FPD) and Flame Thermo-ionic Detector (FTD) |
| 3. | Auto-analyzer with multichannel system (2 to 3 channels) |
| 4. | Atomic Absorption Spectrophotometer |
| 5. | Selective Ion Meter with 12 electrodes (Two sets of 12 electrodes to be provided with each unit) |
| 6. | Vadose Zone Samplers (with Semi-permeable membranes) |
| 7. | Total Organic Carbon Analyser |
| 8. | High Performance Liquid Chromatograph |

B. DRILLING EQUIPMENTS:

Direct Rotary Mud-circulation Rotary Table type drilling rig capable of 204 mm diameter borehole upto a depth of 900 m using 4-1/2" drill rods. The rig should be mounted on a heavy duty truck and spare parts for at least 3 year requirements

ANNEX-II

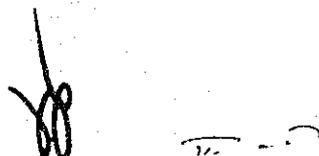
To the Minutes of Discussions Dated 20, December, 1993

OBLIGATIONS OF CENTRAL GROUND WATER BOARD

The following measures are requested to be taken by the Indian side in case the Japan's Grant Aid is executed.

1. To secure the site for the Project.
2. To bear commissions to the foreign exchange bank in Japan for the banking services based upon the Banking Arrangement.
3. To obtain exemptions or pay taxes and take necessary measures for customs clearance of the materials and equipment brought for the Project at the ports of disembarkation.
4. To obtain exemption from payment of all taxes and duties on all goods, equipment and personal effects of the Japanese Consultants and Suppliers brought under the Project.
5. To accord Japanese Nationals whose services may be required in connection with the supply of products and the services under the Verified Contracts such facilities as may be necessary for their entry into India and stay therein for the performance of their work.
6. To ensure that the products purchased under the Grant
 - a. be maintained and used properly and effectively for the execution of the Project.
 - b. be operative in a laboratory with sufficient space and air conditioning.
 - c. be supplied with necessary consumable materials like Ar, He for the execution of the Project.
 - d. be secured from the regulations for radioisotope, high frequency radio, water and air treatments, and so on.

7. To provide all the counterpart personnel and bear all their expenses under the Project.
8. To bear all the expenses other than those covered by the Grant, necessary for the execution of the Project.

Handwritten signature and initials in the bottom right corner of the page.

資-2 現地調査団員リスト

名 前	担 当 業 務	所 属
丸尾 祐治	団 長	国際協力事業団 国際協力専門員
中山 勝	機 材 計 画	日本テクノ株式会社
安田 正	地 質 ・ 水 文	日本テクノ株式会社

資-3 現地調査日程

日順	月/日	曜日	調査地	行程	調査業務の概要
1	12/1	水	シリ-市	東京発 シリ-着	旅程 (AI-305)
2	12/2	木	シリ-市	表敬・会議	日本大使館、JICAインド事務所、 大蔵省、水資源省表敬、CGWB会議
3	12/3	金	シリ-市	会議・調査	CGWB会議。
4	12/4	土	アンボラ市	会議・調査	アンボラ(Division II) 訪問
5	12/5	日	ボック・サヒ-ブ	調査	ボック・サヒ-ブ(第1次2期)の現場
6	12/6	月	シリ-市、 カノー市	会議・調査	水資源省会議 (CI-409)
7	12/7	火	カノー市	会議・調査	Northern Regional Office訪問
8	12/8	水	カノー市、 シリ-市	会議:ファリダバード	(CI-436) CGWB会議。
9	12/9	木	シリ-市	会議・調査	CGWB会議。
10	12/10	金	シリ-市	会議・調査	CGWB会議。
11	12/11	土	シリ-市、 ハルワニ	離印 調査	丸尾団長離印。 ハルワニ(第1次1期)の掘さく現場
12	12/12	日	ハルワニ、 シリ-市	調査 会議	ハルワニ(第1次1期)の掘さく現場 CGWB会議。
13	12/13	月	シリ-市	会議	CGWB会議、JICAインド事務所会議

日順	月/日	曜日	調査地	行程	調査業務の概要
14	12/14	火	シリ-市 カカッタ市	会議 会議・調査	CGWB会議。(中山) Eastern R. O. 訪問(安田)
15	12/15	水	シリ-市 カカッタ市 ハイデラバード市	会議	CGWB会議。(中山) Eastern R. O. 訪問(安田)
16	12/16	木	シリ-市 ハイデラバード市	会議 会議・調査	CGWB会議。(中山) Northern R. O. 訪問(安田)
17	12/17	金	シリ-市	会議・調査	CGWB会議。
18	12/18	土	シリ-市	会議・調査	CGWB会議。
19	12/19	日	シリ-市	資料整理	団内打合せ
20	12/20	月	シリ-市	会議・調査	CGWB会議、日本大使館、JICAイン ド事務所会議。
21	12/21	火	東京	帰国	旅程 (TG-316 及びTG-672)

資-4 面談者リスト

在インド日本国大使館

浜 勝俊 一等書記官

松尾 元 一等書記官

国際協力事業団インド事務所

笹子 実 所長

野村 昌弘 次長

酒井 利文 副参事

大蔵省 Ministry of Finance

経済協力局 Department of Economic Affairs

Mrs. Rama Murali 次長 Joint Secretary

水・資源省 Ministry of Water Resources

Mr. Abhay Prakash 次長 Joint Secretary

Mrs. Promila Bhardwaj 次長補佐 Deputy Secretary

中央地下水機構 Central Ground Water Board (CGWB)

Dr. R. K. Prasad 総裁 Chairman

Mr. M. L. Chaurasia 主任技術者 Chief Engineer

Mr. S. C. Sharma 次長 Secretary

Mr. S. S. Chauhan 上級技術者 Superintending Engineer

CGWB 第2工事区 (アンバラ) CGWB Division II (Ambala)

Mr. K. B. Biswas 工事事務所長 Executive Engineer

Mr. Amar Chand 工事管理者 Driller in Charge

CGWB 第3工事区 (バラナシ) CGWB Division III (Varanasi)

Mr. C. P. Gawri 工事事務所長 Executive Engineer

Mr. Singh 工事管理者 Driller in Charge

CGWB北部地方事務所 (ラナー) CGWB Northern Regional Office (Lucknow)

Mr. S. Mukharjee 所長 Director
Mr. S. R. Tanta 分析員 (化学分析担当) Scientist C. (Chemist)
Mr. K. Rajagopalan 分析員 (化学分析担当) Scientist C. (Chemist)
(ケララ 地方事務所 Kerala Regional Office)
Mr. B. K. Singh 分析員 (水理地質担当) Scientist C. (Hydrogeologist)
Dr. P. C. Chandra 分析員 (水理地質担当) Scientist C. (Hydrogeologist)
Mr. V. N. Dube 分析員 (水理地質担当) Scientist C. (Hydrogeologist)
Dr. S. B. Singh 分析員 (水理地質担当) Scientist C. (Hydrogeologist)

CGWB東部地方事務所 (カルカッタ) CGWB Eastern Regional Office (Calcutta)

Mr. Sinha Ray 所長 Director
Mr. Banner Ges 分析員 (水理地質担当) Scientist C. (Hydrogeologist)
Mr. P. C. Ghosh 分析員 (化学分析担当) Scientist C. (Chemist)
Mr. S. Chaklandar 分析員 (水理地質担当) Scientist (Hydrogeologist)

CGWB南部地方事務所 (ハイデラバード) CGWB Southern Regional Office (Hyderabad)

Mr. Rao Mohan 所長 Director
Dr. A. N. Bhowmick 主任分析員 (地球物理担当) Scientist D. (Geophysist)
Mr. G. Dhoolappa 主任分析員 (水理地質担当) Scientist D. (Hydrogeologist)
Mr. M. B. Rajo 分析員 (化学分析担当) Scientist C. (Chemist)

環境・森林省 Ministry of Environment and Forests

環境局 Department of Environment

Dr. Y. P. Kakar 局長 Director

資-5 収集資料リスト

資料の名称	発行機関
CENSUS OF INDIA 1991 FINAL POPULATION TOTALS PAPER-1 OF 1992 VOL. I	Ministry of Water Resources
CENSUS OF INDIA 1991 FINAL POPULATION TOTALS PAPER-1 OF 1992 VOL. II	同 上
CENSUS OF INDIA 1991 FINAL POPULATION TOTALS PAPER-2 OF 1992 VOL. II	同 上
EIGHTH FIVE YEAR PLAN 1992-97 VOL. I	Planning Commission
EIGHTH FIVE YEAR PLAN 1992-97 VOL. II	同 上
ANNUAL REPORT 1990-91	Ministry of Water Resources
ANNUAL REPORT 1991-92 FARIDABAD	Central Ground Water Board
ANNUAL REPORT 1992-93 FARIDABAD	同 上
THE WATER (PREVENTION AND CONTROL OF POLLUTION) ACT, 1974	Central Pollution Control Board
INDIA 1992	Ministry of Information & Broadcasting

資-6 カントリー・データ

1. 基礎指標

- ①国名： インド国
- ②首都： ニューデリー (人口：29万人，1991年)
- ③独立年月日：1947年 8月15日
- ④面積： 3,287,263 km²
- ⑤人口： 89,740万人 (1993年推定)
- ⑥人口密度： 273 人/km²
- ⑦人口増加率： 2.1% (1993年推定)
- ⑧都市人口比率：25.7% (1991年)
- ⑨出生率： 31.0‰ (1993年推定)
- ⑩乳幼児死亡率： 91.0‰ (1993年推定)
- ⑪死亡率： 10.0‰ (1991年)
- ⑫平均寿命： 60歳 (1991年)
- ⑬政体： 連邦共和制
- ⑭元首： シャンカール・ダヤル・シャルマ大統領 (1994年現在)
- ⑮宗教： ヒンズー教 (82.6%)、回教 (11.4%)、キリスト教 (2.4%)、
シーク教 (2.0%)、仏教 (0.7%)、ジャイナ教 (0.5%)、その他 (0.4%)
- ⑯言語： ヒンディー語および英語を公用語とし、その他に14種の地方公用語を
有する。
- ⑰民族： 7種 (トルコ=イラン、インド=アーリア、他)
- ⑱教育： 識字率：男性61.8% (1990年)、女性33.7% (1990年)、
全体48.2% (1990年)
初等学校就学率： 97.0% (1990年)
- ⑲通貨・レート： 通貨単位：ルピー (Rupee)
レート (対US\$)

1988	14.949/1 US\$
1989	17.035/1 US\$
1990	18.073/1 US\$
1991	25.834/1 US\$
1992	26.200/1 US\$
1993	30.900/1 US\$

資-7 インド国における水質汚染の調査実例

CGWBは“公害専任理事”をラクノーに専任し、通常業務から独立して、地下水に対する、都市排水・工業廃水および肥料、農薬、殺虫剤の使用による影響を調査している。また、各地方事務所の理事はこの種の調査を特別調査として実施している。1992年に実施された調査結果の一部を下記に示す。

1. 公害専任理事：

ラクノーにおける地下水汚染専任理事は、工業廃水、都市排水および生活排水等から起きる地下水汚染に関連する地下水水質およびその調査に関する現存の資料を収集・解析している。このため、“KAVAL TOWN(いずれもウツタル・プラディッシュ州にあるKanpur、Allahabad、Varanasi、AgraおよびLucknowの5都市)”に各都市10ヶ所ずつ合計50の観測地点を設定し、地下水汚染に関して定期観測を実施している。アグラ市においては検水の詳細な採取を行っている。

1.1 工業廃水による水質汚染

1.1.1 ウツタル・プラディッシュ州ノイダの地下水汚染調査例(200km²):

ノイダは現在工業開発中であり、ノイダ フェーズ I & IIとして地域地下水への工業廃水の影響を調査した。地下水水質を継続的に観測し、工業廃水の汚染のまだ影響を受けていない地域のバックグラウンドとしての水質データを得ることは大切なことである。最上部の浅層水層は下部にある水層より水質が良く、深くなればなる程水質の劣化が見られる。

1.1.2 ウツタル・プラディッシュ州アラハバード郡ナイニ工業地区における地下水汚染調査例(215km²):

地区の10以上の観測井で硝酸による汚染(55-980 ppm)が観測された。同地区の灌漑用水に大量の廃水が放流されそのまま灌漑に使用されていることから、ダヌーハでの浅井戸で最大値980ppmが観測された。他の所の硝酸による汚染は公衆衛生設備が普及していないために起きているものと思われる。

1.1.3 ウットル・プラディッシュ州カンプールのパンキ火力発電所周辺部の地下水汚染調査例 (250km²):

火力発電所、肥料工場、機械会社、塗料工場および他の小規模工場からの廃水がパンデュウ川に放流され、汚染が進行している。このことは、河川水および運河水では少量の硝酸(0.2-3.6ppm)しか示していないのに反し、各観測地点で採取された地下水の40検水から多量の硝酸が検出(58-162ppm)されたことから判る。主な理由は地下水系に廃水が混入したためと推察できる。7検体から硝酸以外にはクロムが検出(0.18-6.35ppm)された。

1.2 都市排水および生活排水による水質汚染

1.2.1 ウットル・プラディッシュ州バラナシ市の都市部における地下水汚染調査例(250km²):

浅井戸から採取された検体から濃度の高い硝酸(66-284ppm)が検出された。また、工場の廃水口の近くにあるハンドポンプ井戸から非常に濃度の高い硝酸(342ppm)が検出されたケースがあった。

1.2.2 ウットル・プラディッシュ州ジャウンプル市の都市部における地下水汚染調査例 (250km²):

本地区では下水処理装置が設置されておらず、窒素肥料が市周辺で使用されているため硝酸の汚染が観測された。浅井戸から採取された検体から濃度の高い硝酸(68-1,250ppm)が検出されたが、大部分は100-560ppmの範囲に入るものであった。また、ハンドポンプ井戸(40mの深さ)から79-410ppm、深井戸(200mの深さ)から560ppmと言う非常に濃度の高い硝酸が検出された。

2.各化学分析室:

2.1 南部地方事務所

2.1.1 アンダーラ・プラディッシュ州ハイデラバード市域にあるパットンチューブ (Pattanchuve) の周囲のナッカバグ盆地(Nakkanvagu sub-basin)における地下水水質調査を実施した。

2.1.2 タミール・ナーデュ州北アルコット郡およびアンベッドカール郡においてなめし革工場からの公害が発生し、300kmにわたり地下水汚染の調査が実施された。その内、250kmがなめし液により汚染されていることが判明した。

2.2 東部地方事務所

2.2.1 ビハール州パトナ市および周辺の地下水質検査が実施された。浅層水は微生物の汚染が見られたが、深層水は汚染が見られなかった。

2.2.2 西ベンガル州のカルカッタ市およびマルダ郡で砒素の濃度を調査した。マルダ郡のイングリッシュ・バザール郡街およびマニクチャック街のカリチャックの深井戸（深度40-60m）から60-290ppbの砒素が検出された。この砂質土においてはカリチャックⅠおよびⅡ号井以外は通常砒素が検出されず、許容限界（100ppb）を超える砒素はナバナガールの深井戸（深度42-45m）から記録された。

2.3 北東部地方事務所

2.3.1 アッサム州のジャギロード・パルプ工場とその周辺における地下水汚染の調査が行われた。

2.4 ケララ地方事務所

2.4.1 ケララ州のコーチン地区で肥料・化学会社からの廃水による汚染状況を把握するため50kmにわたり地下水水質調査が実施された。イルンバーナム地区からの二つの検水を調べたところ、この肥料・化学会社から廃液が排出される場所にあたる川の近くにある井戸の中の水は極めて酸性が高くなっていることが判明した。

資一 8 第1次計画供与機材運転状況

第1期（平成元年度）（ウツタル・ブラディッシュ州ハルドワニ） パーカション式さく井機械（オープンホール工法）	
サイト1（ラムディ・アンシン）－日本人によるコミッショング 掘さく開始日 : 1991.09.20 掘さく完了日 : 1991.12.17 到達深度 : 301.00m コミッショング完了日 : 1991.12.24 揚水試験 : 2 m ³ /minを越える揚水量確認。 現状 : ウツタル・ブラディッシュ州政府に移管された。	
サイト3（カンディワル・パーク1）－CGWB単独の掘さく工事 掘さく開始日 : 1992.07.31 掘さく終了日 : 1993.02.05 到達深度 : 135.25m 現状 : 1993.02.05に135.25m到達時、114.00mから続く粘性の高い粘土層で18"ビットが抑留され、ビット回収作業を続けたが93.07.06に廃孔が決定された。	
サイト3'（カンディワル・パーク2）－CGWB単独の掘さく工事：サイト3から約40mの地点。 掘さく開始日 : 1993.11.29 掘さく視察日 : 1993.12.12 到達深度 : 8.60m 現状 : サイト3（カンディワル・パーク1）の近くで、現在掘24"ビットで掘さく中。	
パーカション式さく井機械（ケースドホール工法）	
サイト2（パタリア）－日本人によるコミッショングおよびその後CGWB単独の掘さく工事 掘さく開始日 : 1992.02.25 コミッショング完了日 : 1992.06.04 到達深度 : 66.24m 掘さく完了日 : 1992.11.15 到達深度 : 150.60m 揚水試験 : 2 m ³ /minを越える揚水量確認。 現状 : ケージング110.00mに設置。ウツタル・ブラディッシュ州政府に移管された。	

パーカッション式さく井機械（ケースドホール工法）	
サイト 4（ガルザール・プール・パーク）－CGWB単独の掘さく工事	
掘さく開始日	: 1993.08.04
掘さく視察日	: 1993.12.12
到達深度	: 30.90m
現状	: ドライブ・ケーシング・パイプは 29.30mに設置。

第 2 期（平成 2 年度）（ヒマチャル・プラディッシュ州パオンタ・サヒーブ）	
パーカッション式さく井機械（ケースドホール工法）	
サイト 1（アカルガール）－日本人によるコミショニングおよびその後CGWB単独の掘さく工事	
掘さく開始日	: 1992.04.30
コミショニング完了日	: 1992.07.30
到達深度	: 23.30m
掘さく完了日	: 1994.02.15
到達深度	: 137.00m
現状	: ケーシング、スクリーン、グラベルのセット完了し仕上げ作業中。
サイト 2（ゴンドプール）－日本人によるコミショニングおよびその後CGWB単独の掘さく工事	
掘さく開始日	: 1992.04.30
コミショニング完了日	: 1992.07.30
到達深度	: 38.32m
掘さく終了日	: 1993.06.07
到達深度	: 123.65m
現状	: 1993.07.18にケーシング110.00mにセット。 1993.08.26に仕上げ作業完了。 揚水試験待ち。
サイト 3（ダウラクワ）－CGWB単独の掘さく工事	
掘さく開始日	: 1993.10.12
掘さく視察日	: 1993.12.05
到達深度	: 13.50m
現状	: 玉石層を掘さく中。

JICA