

日本—アセアン科学技術協力  
 シンガポール構造物腐食研究プロジェクト  
 評価調査団報告書

平成2年6月

JICA LIBRARY  
  
 J 1124236 (9)

国際協力事業団  
 社会開発協力部

社協計
JR
90-032

日本—アセアン科学技術協力

シンガポール構造物腐食研究プロジェクト

評価調査団報告書

平成2年6月

国際協力事業団









日本—アセアン科学技術協力  
シンガポール構造物腐食研究プロジェクト  
評価調査団報告書

平成2年6月

国際協力事業団  
社会開発協力部



1124236 [9]

## 序 文

1983年（昭和58年）にアセアン諸国を歴訪した中曽根首相は、日本とアセアン諸国間の科学技術面における協力推進の必要性を提唱した。それを受けて関係者の中で検討が重ねられた結果、バイオテクノロジー、マイクロエレクトロニクス及びマテリアルサイエンスの3分野における協力の合意が成立した。

マテリアルサイエンス分野に関しては、アセアン側は日本に対しプロジェクト方式による技術協力を要請してきたので、わが国はアセアン諸国に一連の調査団を派遣し、協力の可能性について調査を行った。

シンガポールについては、「日本－アセアン科学技術協力」の一環として、構造物腐蝕研究プロジェクト協力が、討議議事録(R/D)への署名により、1987年（昭和62年）10月から3カ年にわたって実施されることになった。

今般、国際協力事業団は本プロジェクトの終了に当たり、協力の成果について評価を行うとともに、シンガポール政府から要請のでているプロジェクトの2カ年延長の是非についても検討を行うため、当事業団社会開発協力部小泉純作部長を団長とする評価調査団を1990年（平成2年）5月24日から6月2日までシンガポールに派遣した。

本報告書は、同調査団による調査及び協議結果を取りまとめたものである。

ここに、調査の任に当たられた団員の方々、及びご協力いただいた外務省、運輸省、建設省、在シンガポール日本国大使館、その他関係機関の方々に心から感謝の意を表すると共に、今後のご支援をお願いする次第である。

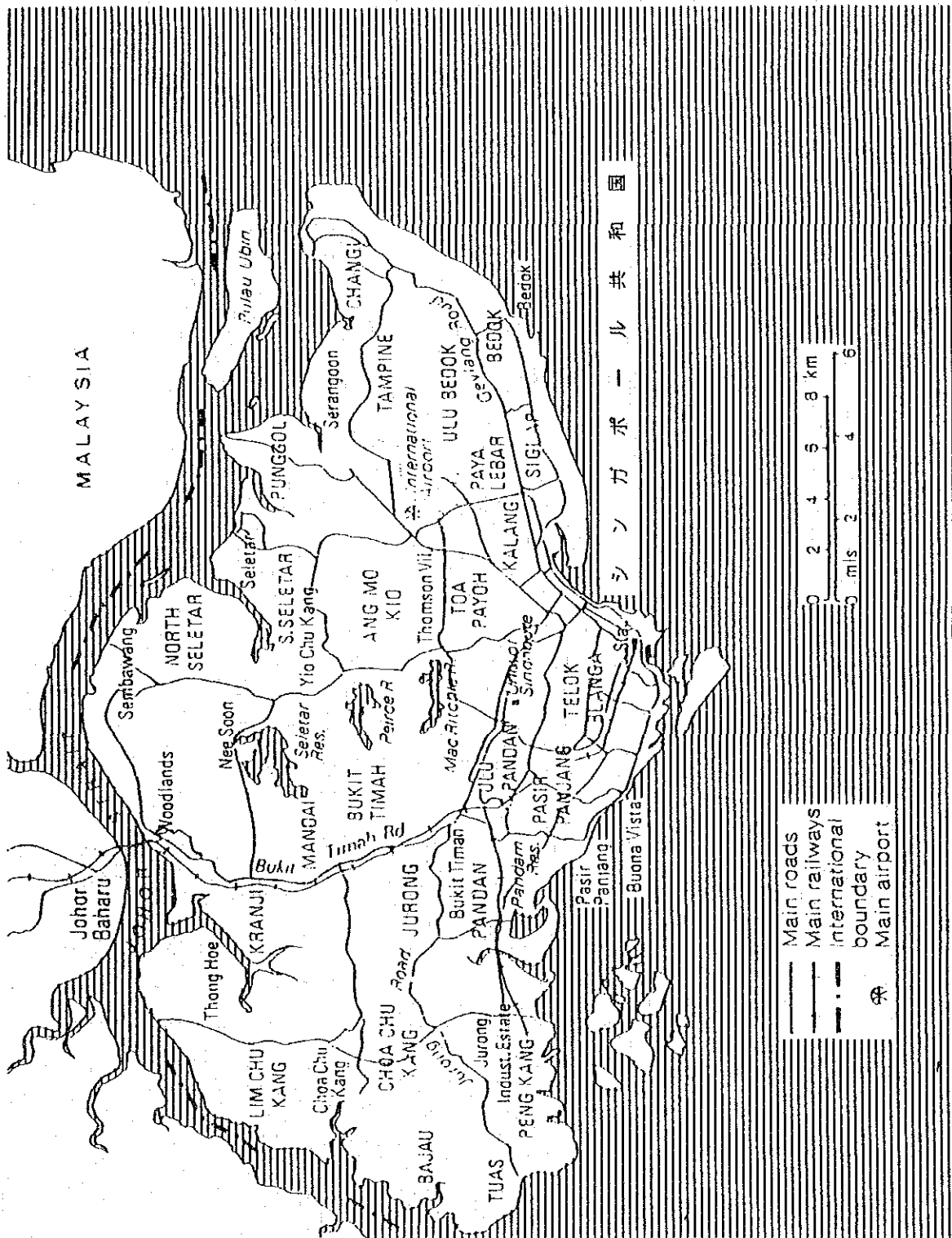
平成2年6月

国際協力事業団  
理事 玉光弘明





# シンガポール





# 目 次

序 文

地 図

目 次

1. 評価調査団の派遣 .....	1
1-1 調査団派遣の経緯と目的 .....	1
1-2 調査団の構成 .....	1
1-3 調査団の日程 .....	1
1-4 主要面談者 .....	3
1-5 評価手法 .....	4
2. プロジェクトの背景と協力内容 .....	5
2-1 プロジェクト成立の背景と経緯 .....	5
2-2 協力内容 .....	6
3. プロジェクトの実績 .....	13
3-1 プロジェクトの活動実績 .....	13
3-2 プロジェクトの投入実績 .....	17
4. プロジェクトの評価 .....	23
4-1 当初計画と実績 .....	23
4-2 項目別評価 .....	23
4-3 マルチラテラル活動協力 .....	24
4-4 シンガポール側評価 .....	24
4-5 総合評価 .....	24
5. 協力延長要請及び日本側対応 .....	25
5-1 シンガポール側要請内容 .....	25
5-2 日本側対応方針 .....	28
5-3 協力延長計画 .....	28

6. ミニッツ .....	31
6-1 署名に至る経緯 .....	31
6-2 ミニッツ署名 .....	32

附属資料

① ミニッツ .....	33
② 供与機材リスト .....	43

## 1. 調査団の派遣

### 1-1 調査団派遣の経緯と目的

本プロジェクトは「日本・アセアン科学技術協力」の一環として1987年8月13日に署名・交換された討議議事録(R/D)に基づき、1987年10月1日から1990年9月30日までの3年間、港湾コンクリート構造物腐食研究及びステンレス製飲料水供給槽腐食研究の2テーマに関し、共同研究活動等を通じて企画立案から解析評価までの研究手法を移転することを目的として実施された。

この間、1989年3月の計画打合せ調査団、1989年11月の巡回指導調査団の各調査団が派遣され、シンガポール科学審議会(Science Council of Singapore/SCS)をはじめ、シンガポール側関係機関及び日本人専門家チームとプロジェクトの進捗管理、実施計画のチェック等、本プロジェクトの効果的実施に係る協議を重ねてきた。

今回の調査団は、1990年9月30日にR/Dの協力期間が終了するのに先だち、シンガポール側関係機関及び専門家チームとの協議・各種調査を通じて技術協力進捗状況及びプロジェクトの実績等を調査することにより、本プロジェクトの完成度、管理・運営の適正度及び計画の妥当性等を評価し、本プロジェクトの協力継続の必要性につき調査・協議を行うことを目的として派遣されたものである。

### 1-2 調査団の構成

(1) 団長(総括)	小泉純作	国際協力事業団社会開発協力部長
(2) 団員(構造物腐食研究)	福手 勤	運輸省港湾技術研究所構造部材料研究室長
(3) 団員(研究協力)	中島由貴	運輸省港湾部建設課国際業務室係長
(4) 団員(研究協力)	樫野紀元	建設省建築研究所耐久性研究室長
(5) 団員(構造物腐食研究)	下高一雄	住宅・都市整備公団試験研究所第一研究室長
(6) 団員(計画評価)	高森英史	国際協力事業団社会開発協力部 社会開発協力第一課職員

### 1-3 調査団の日程

派遣期間：1990年5月24日(木)～1990年6月2日(土)(10日間)

調査日程及び調査・協議内容は以下の通りである。

日順	月 日	曜日	日 程	調 査 ・ 協 議 内 容
1	5月24日	木	東京(成田)→シンガポール (SQ097)	移動(檜野団員を除く)
2	5月25日	金	シンガポール	(午前) JICAシンガポール事務所打合せ、日本大使館表敬 (午後) 日本人専門家チームとの打合せ
3	5月26日	土	〃	(午前) SISIR/NUS研究施設視察
4	5月27日	日	〃	(終日) 協議用資料作成 (檜野団員シンガポール着)
5	5月28日	月	〃	(午前) シンガポール側との協議(全体会議) (午後) 評価に係る協議(サブ・プロジェクト別) (夕) シ側主催夕食会
6	5月29日	火	〃	(午前) 評価に係る協議(サブ・プロジェクト別) (午後) ミニッツ作成(評価部分) (夕) 団長主催夕食会
7	5月30日	水	〃	(午前) HDB/PSAサイト視察(檜野団員帰国) (午後) 延長問題協議(港湾部門)
8	5月31日	木	〃	(午前) 同上 (午後) ミニッツ作成(延長部分)
9	6月1日	金	〃	(午前) シ側との最終協議 (午後) ミニッツ署名 JICAシンガポール事務所・日本大使館報告
10	6月2日	土	シンガポール→東京(成田) (JL712)	移動

#### 1-4 主要面談者

##### (1) シンガポール側

- 1) SCS (Science Council of Singapore ; シンガポール科学審議会)
  - ・ Ms. Rosa Tan Asst. Head (Int'l Relations Dept.)
- 2) NUS (National University of Singapore ; シンガポール国立大学)
  - ・ Dr. Tam Chat Tim Vice Dean, Faculty of Engineering
  - ・ Dr. Ong Kim Chye Sr. Lecturer, Dept of Civil Engrg
  - ・ Dr. Wee Tiong Huan Lecturer, Dept of Civil Engrg
- 3) PSA (Port of Singapore Authority ; 港湾庁)
  - ・ Mr. R. Radhakrishnan Sr. Civil Engineer, Head of Geotechnical & Hydraulics Dept.
  - ・ Mr. Chew Hoy Wing Exec. Civil Engineer, KDD Construction Proj. Engrg Directorate
  - ・ Mr. Tan Gak Peng Civil Engineer, Geotechnical & Hydraulics Dept.
- 4) SISIR (Singapore Institute of Standards & Industrial Research ; 規格・工業研究所)
  - ・ Mr. Seow Hong Phew Manager, Metals Technology Dept.
  - ・ Mr. Sum Mun Chiew Engineer, Metals Technology Dept.
- 5) HDB (Housing & Development Board ; 住宅開発庁)
  - ・ Mr. Koh Teow Boo Sr. Mech. Engineer, Mech. Sec.
  - ・ Mr. Leong Yoon Siew Mech. Engineer, Mechanical Sec.

##### (2) 日本側

- 1) 在シンガポール日本大使館
  - ・ 上野 景文 公使
  - ・ 森 功一 一等書記官
  - ・ 吉海 浩一郎 "
- 2) JICAシンガポール事務所
  - ・ 石崎 光夫 所長
  - ・ 小野 仁規 所員
- 3) 日本人専門家チーム
  - ・ 荒木 泰治 長期専門家 (チームリーダー)
  - ・ 清水口敬孝 " (構造物腐食研究)
  - ・ 兼城 繁雄 短期専門家 (業務調整)
  - ・ 池上 明夫 " (港湾構造物腐食研究)
  - ・ 峰村 敏和 " ( " )

### 1-5 評価手法

本調査団においては、下記によりプロジェクトの最終評価を実施した。

評価項目	調査・評価方法
1 当初計画と実績	当初計画と協力実績を対比することにより、協力計画の妥当性を評価する。
2 項目別評価	実績実施体制を調査し、その問題点の抽出により適正度を評価する。
2-1 プロジェクト実施体制	日本側支援体制に対するシンガポール側/プロジェクト側のコメントを聴取する。
2-2 カウンターパートへの技術移転状況	C/Pの研究技能到達レベルを調査し、技術移転上の問題点及びその原因を評価する。
2-3 供与機材等の活用状況	供与機材・主要携行機材の活用状況を利用記録等により調査する。  機材の自主管理・メンテナンス体制等の整備状況を調査・評価する。
2-4 技術移転到達度及びその手法	当初計画目標(R/D記載)の達成度を現地調査・専門家・C/Pへのヒアリング等により調査・評価する。  技術移転手法の適正度を専門家・C/Pへのヒアリング等により調査・評価する。
3 マルチテラテル活動協力	日本側支援体制・内容、情報連絡体制等の問題点を聴取する。
4 シンガポール側評価	本協力プロジェクトに係るシンガポール側評価・問題点とその改善要望等を聴取する。
5 総合評価	以上の調査・評価結果を総括することにより、本プロジェクトの計画の妥当性、実施方法の適正度等を評価する。  シンガポール側の研究自力継続性を評価し、今後の我が国の取りべき協力内容につき、提言する。



## 2. プロジェクトの背景と協力内容

### 2-1 プロジェクト成立の背景と経緯

1983年5月、アセアン諸国を歴訪中の中曽根首相はクアラルンプールで、科学技術協力の成果を日本とアセアン諸国との間で分かち合うとの観点から農業科学、工学、医学、基礎科学の各分野にわたる協力を推進し、意見交換を行う閣僚会議及び専門家会議の開催を提唱した。

それを受けて、同年12月東京で日本・アセアン科学技術関係閣僚会議が開催された。更に1984年3月にフィリピンのバギオで開催されたアセアン科学技術委員会(COST)、1984年12月ジャカルタで開催された日本・アセアン科学技術協力高級事務レベル会合、1985年4月ブルネイで開催された第12回COST会合など、一連の会議を通してこの案件が検討された。

最終的に日本・アセアン科学技術協力はバイオテクノロジー、マイクロエレクトロニクス、マテリアルサイエンスの3分野について行われることの合意が成立し、1985年5月に在インドネシア日本国大使とLIPI長官との間で具体的協力項目についての署名が交わされた。ただし、マテリアルサイエンスの分野についてはプロジェクト方式の技術協力を特に要望してきたことから、日本はこれに応えるため調査を行うことになり、1985年8月に予備調査団4チームをアセアン各国に派遣した。引き続き、実施協議調査団や短期専門家を関係各国に派遣したり、COST会合に際して日本・アセアン専門家会合を開催するなど積極的に取り組んできた。

シンガポールはかねてから腐食研究への関心が強く、わが国に技術協力の要請を行っていた。住宅開発庁(Housing & Development Board, 略称HDB)所管の中高層集合住宅にかかる「ステンレス製飲料水給水槽腐食研究」、及び港湾庁(Port of Singapore Authority, 略称PSA)所管の港湾にかかる「港湾コンクリート構造物腐食研究」の2テーマについてである。

1985年8月に日本からシンガポールに派遣された予備調査団の目的は、アセアン側がマテリアルサイエンスについてプロジェクト方式技術協力を強く希望していることを踏まえ、既に打診を受けている2テーマについてシンガポール関係機関との協議や調査を通して具体的内容を把握することであった。

調査の結果、両案件ともプロジェクトとしての熟度が高いこと、及び両案件を1プロジェクトにまとめられる、との感触を得た。引き続き専門家チームが派遣され、本研究プロジェクトのおおよその枠組みを作り上げた。

しかし、1986年4月に開催された第14回OST会合で、シンガポールの案件があまりにも2国間協力の色彩が強いとの意見が出され、最終的詰めを一時中断せざるをえなかった経緯

がある。

その後、日本・アセアン科学技術協力の全体像につき協力内容及び協力形態の基本的合意がミニッツにまとめられて関係者により署名され、1987年4月のCOST会合でエンドースされ、シンガポールとの協力に関する議論に終止符がうたれた。

1987年8月に実施協議調査団がシンガポールに派遣され、討議議事録(R/D)に署名が交わされ、1987年10月から3カ年にわたる日本・アセアン科学技術協力「シンガポール構造物腐食研究プロジェクト」が開始された。

## 2-2 協力内容

この構造物腐食研究プロジェクトは

- (1) ステンレス製飲料水給水槽腐食研究
- (2) 港湾コンクリート構造物腐食研究

の2テーマによるサブプロジェクトで構成されている。

日本側は建設省建築研究所、運輸省港湾技術研究所が中心になり、それに大学や民間会社が協力してプロジェクトにあたった。

一方、シンガポール側の窓口調整機関は

- ・シンガポール科学審議会(Science Council of Singapore ; 略称SCS)である。実施機関は、

給水槽部門については

- ・住宅開発庁(Housing & Development Board ; 略称HDB)
- ・規格・工業研究所(Singapore Institute of Standards & Industrial Research ; 略称SISIR)

港湾部門については

- ・港湾庁(Port of Singapore Authority ; 略称PSA)
- ・シンガポール国立大学(National University of Singapore ; 略称NUS)である。

- (1) ステンレス製飲料水給水槽腐食研究

給水槽サブプロジェクトは、シンガポールのHDB高層集合住宅に設置されているステンレス鋼板製の給水槽に腐食が発生しており、この原因究明と腐食の進行を防止する技術を確認したいとするシンガポール関係機関からの要請に基づくものである。

シンガポールでは、国民260万人の90%近くがHDB住宅といわれる中高層集合住宅に居住しており、極めて特異な住宅事情下におかれている。HDBはわが国の住宅・都市整備公団に類似した機関である。HDB住宅居住人口を図-1に示す。またシンガポール全土における住宅団地建設場所は図-2に示すとおり国土全体に及んでいる。1989年

現在におけるHDB住宅総ストック数は約60万戸であり、このうち賃貸住宅は少なくて約8万戸、分譲住宅は52万戸と大多数を占めている。

分譲住宅の仕組みはわが国の分譲方法とは異なり、建物の躯体と給排水等設備はHDBが建設し分譲するが、内装については購入者が自分でしつらえる仕組みになっている。躯体及び設備の維持管理についてはHDBが分譲後も継続して行っており、従って今回問題とされている給水設備も当然HDBが維持責任を負っている。

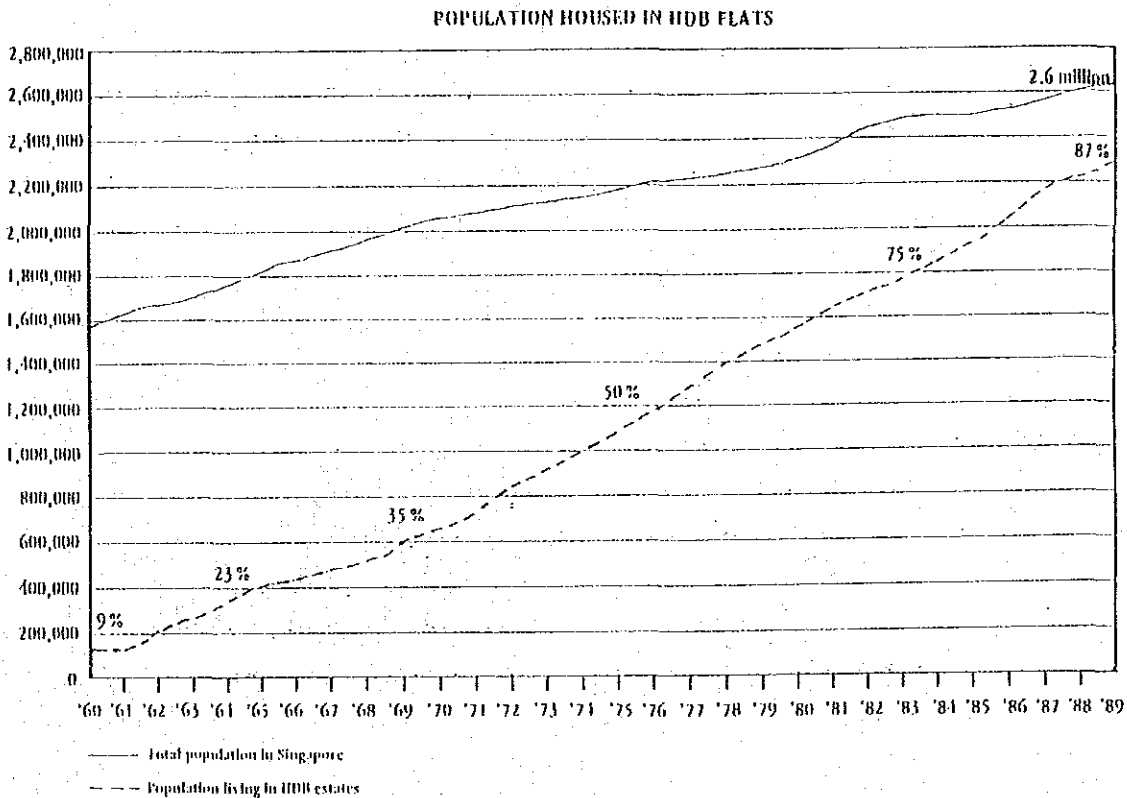


図-1 HDB住宅居住人口

これらの建物は高層住宅形式が多い。これらはわが国における旧来からの住宅団地及び建物形態と類似しており、各住宅への給水方式についても基本的にはわが国の方式と同じである。即ち図-3に示すように建物に供給された上水道水は一旦建物1階の受水槽に貯留されてから、揚水ポンプで建物屋上の給水槽(高置水槽)に圧送し貯水され、その後自然の重力を利用して各階の戸別の住戸に給水する方式である。

問題とされているのは既存のステンレス製高置水槽が腐食し水もれを起こしていることである。最新の高置水槽はFRP製及びコンクリート製に切り換えられたが、既存の

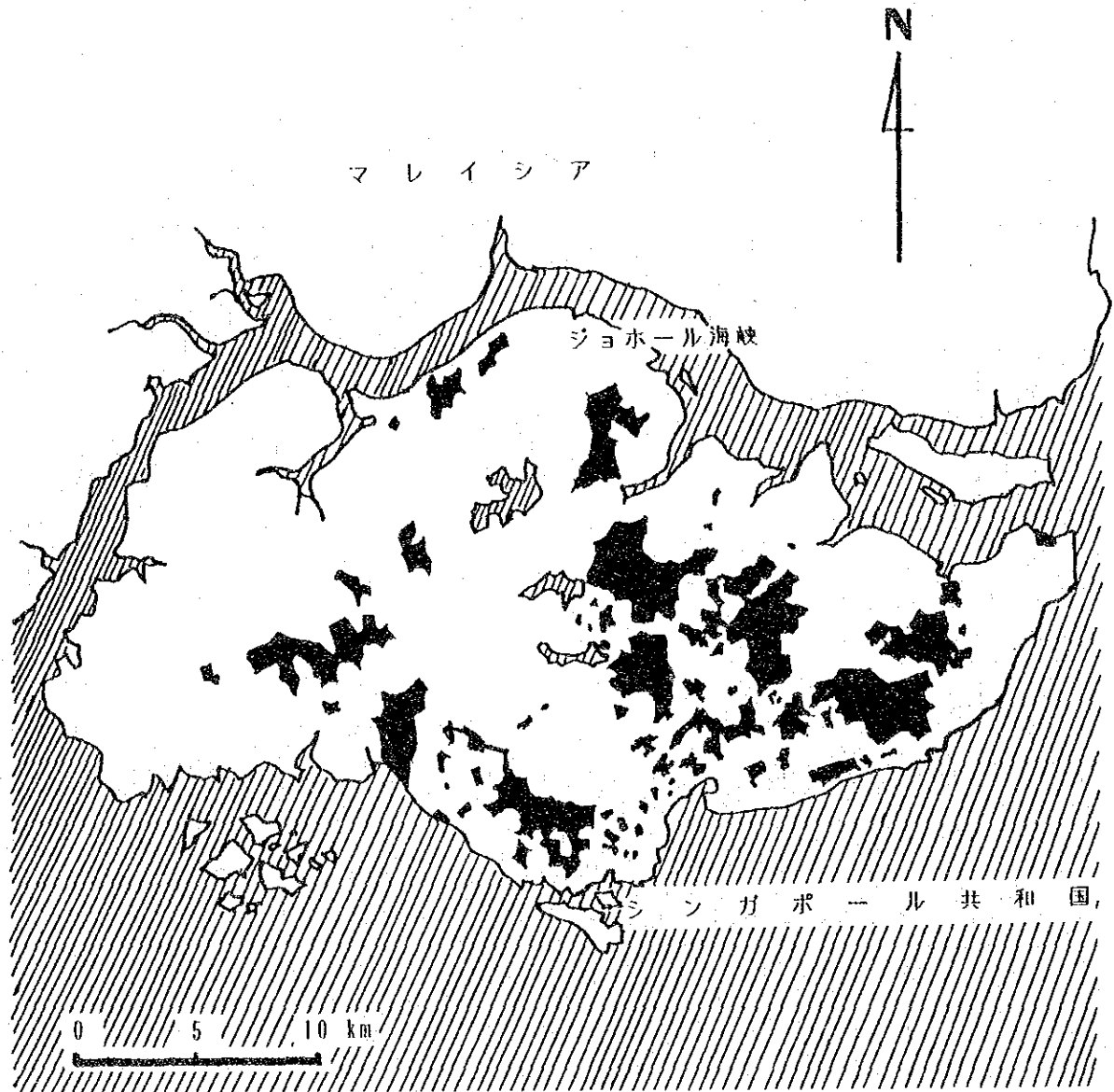


図-2 HDB中高層集合住宅の場所

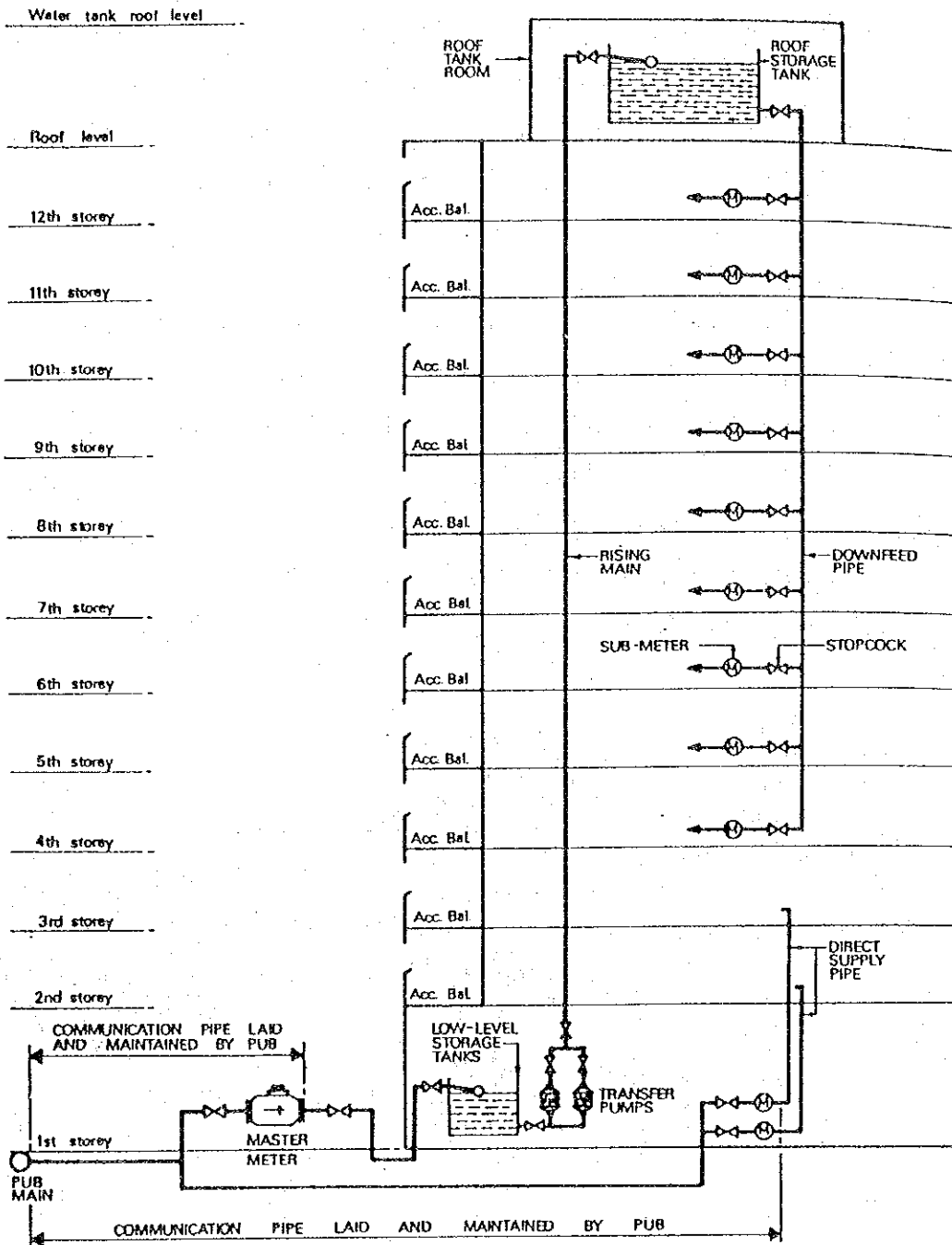


図-3 高層住宅の給水システム

ステンレス製高置水槽はシンガポール全土に、多数、大量に存在する。

しかもステンレス鋼のような金属腐食は原因によっては時間の経過とともに徐々に進行し、補修が極めて困難になることが予想されるので、このような問題に対処する技術を確立しておくことは極めて重要である。ステンレス製の高置水槽の内部腐食発生の実状を調査把握し、そのメカニズムを解明し、対策を講じることが本研究の主用課題である。

従って、わが国としてはこの問題に対処する基礎的技術を移転すると同時に、あわせて同種の金属腐食防止方法についても技術移転を図ることが、極めて有意義と判断される。

## (2) 港湾コンクリート構造物腐食研究

シンガポールは都市国家であり、英植民地時代から中継貿易港、近隣諸国のショッピング・センターとして発展してきた。現在のシンガポール港は200以上の海運会社によって利用される東南アジアの中継基地として、その重要性をますます増している。

シンガポール港が取り扱う貨物量は、1985年には1億トンであったが、1990年には1億8800万トンにまで増えている。1989年の寄港船舶数は3万8900隻、総トン数は4億3100万トン、取扱貨物量は1億7300万トンであった。これらを取り扱う港湾はコンテナ施設1カ所を含む5カ所の施設（図-4）からなり、シンガポール港湾局(PSA)により運

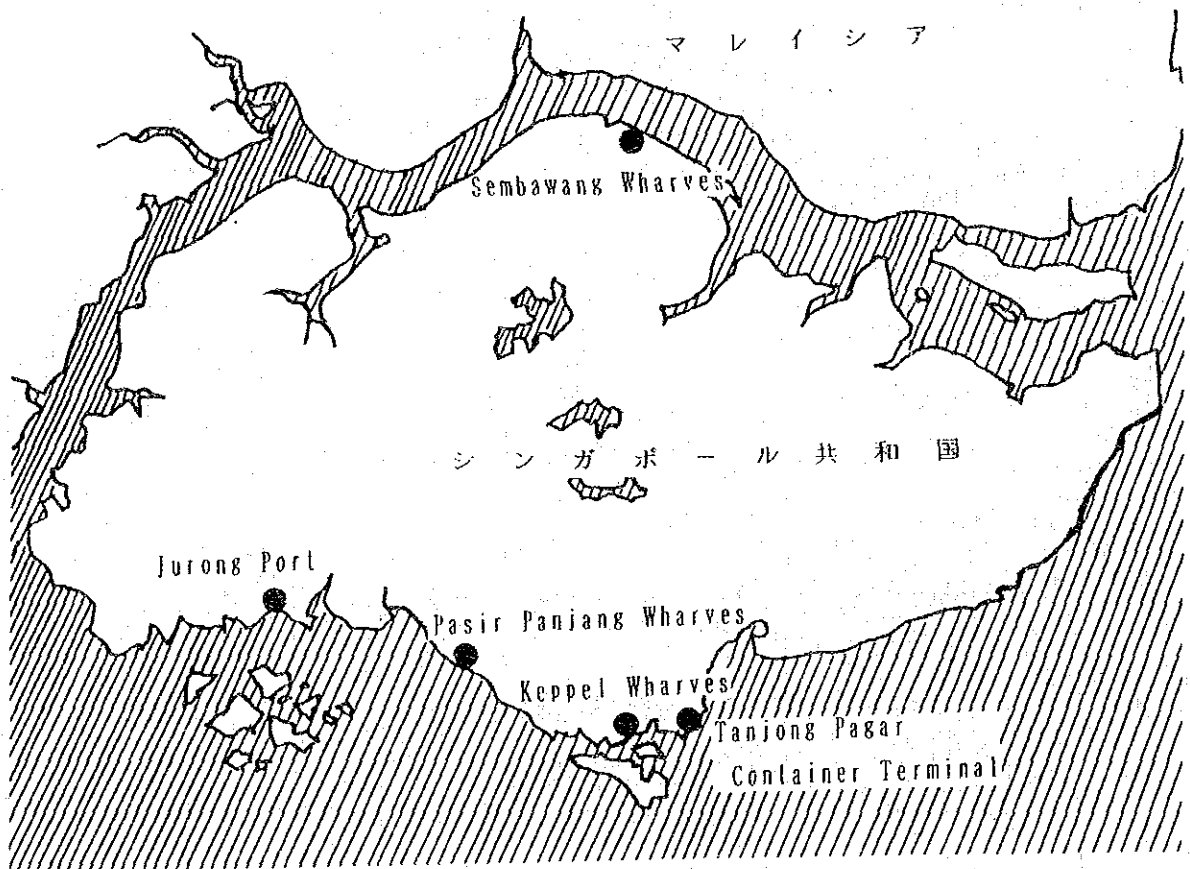


図-4 シンガポール港湾施設

営されている。

シンガポール港の主要な港湾係留施設は鉄筋コンクリートもしくはプレストレスコンクリートで建設されている。港湾構造物は陸上の構造物に比較して厳しい海洋環境下にあることから、コンクリート中の鋼材が海水中の塩分によって腐食し、それによってコンクリートがひびわれを起こし、構造物の劣化につながる「塩害」を起こしやすい傾向にある。シンガポールは熱帯地域に属し、高温多湿であるため、わが国よりもコンクリート構造物は劣化しやすい傾向にある。

港湾構造物の劣化の実態を把握すると共に、各種コンクリートの耐久性を暴露試験で確認・評価し、その対策を講じることが本研究の主要課題である。

### (3) マルチラテラル活動

本プロジェクトは「日本・アセアン科学技術協力」の一環であり、プロジェクトの中におけるマルチラテラル活動は非常に重要である。

「日本・アセアン科学技術協力」を構成する3本柱のうち、マテリアルサイエンス分野についてはプロジェクト方式技術協力により実施することは関係国間で合意されたが、この協力は受入国のナショナルプロジェクトへの協力と同時に、アセアン全体への協力という側面を合わせ持つこととなる。

マルチラテラル活動はセミナー、ワークショップ、共同研究、トレーニングに分類されるが、具体的実施方法や内容などにつき日本・アセアン間で協議する場としてプロジェクト責任者会議の第一回会合が1988年8月インドネシアで、第二回会合が1989年8月にタイで開催された。

その結論を受けて、本プロジェクトでもマルチラテラル活動が実施されることになった。





### 3. プロジェクトの実施

#### 3-1 プロジェクトの活動実績

##### (1) ステンレス製飲料水給水槽腐食研究

シンガポール中高層集合住宅における給水方式は、水圧の必要性から建物の上部に大型の水槽を設置して、そこに大量の水を貯水しておき、それから各住居に戸別給水するのが一般的である。この貯水水槽を高置水槽と呼んでいる。

これらの高置水槽のうち、今回問題として取り扱っているのはステンレス製の高置水槽である。

既存のステンレス製の高置水槽の内部腐食発生の防止と対策が本研究の主要テーマであるが、既に新規のものについてはFRP製及びコンクリート製に切り替えられているので、既存のステンレス製の高置水槽の内部腐食発生のメカニズムを解明し、その対策を講じることが本研究の主要課題である。

この調査研究は1988年のプロジェクト開始当初から進められた。その内容は次の通りである。

- ① ステンレス製高置水槽の腐食の実態調査
- ② 腐食の原因究明のための室内実験
- ③ 腐食対策としての電気防食及び塗装に関する室内実験
- ④ 実機による電気防食実験

##### ① 腐食の実態調査

実態調査は全国50カ所で実施した。東ブロックで18カ所、南ブロックで10カ所、西ブロックで12カ所、北ブロックで10カ所と全国規模で調査を行った。調査の内容はボルト、プレート等における錆の発生状況の把握が中心であった。

ブロック別に多少の差はあったが、特徴づける程の要因は見掛けられなかった。併せて実施した水質テストからも特に異状は認められなかった。

従って、その原因は地域に特定されるものではなく、共通の原因と仮定した。

##### ② 原因究明のための室内実験

錆の発生原因を解明するために、室内試験において現地で類似の状況を再現できるか否かを実験した。

- ・浸漬試験
- ・暴露試験
- ・電気化学実験
- ・隙間腐食試験

この結果、腐食原因は既設ステンレス鋼板製給水槽がSUS304パネルをボルト接合により組み立てたため、接合部に隙間ができてクレビスコロージョン（金属隙間腐食）を起こしていることが確認された。

表-1 防食効果実機試験団地

Location	Blk No
Hougang	317
Jurong East St 21	217
Dakota Crescent	58
Tower Road	107
St. George's Rd	14
Tampines St 12	150
Tampines St 24	230
Tampines St 42	446
Hougang	631

③ 腐食対策に関する室内実験

これらの腐食対策として、塗装による腐食試験、電気防食試験を条件を変化させながら実施検討した結果、外部電源方式によるカソードプロテクション（陰極防食法）が効果的かつ経済的であることを確認し、実際の給水槽に用いる場合の使用を策定している。

④ 実機による電気防食実験

建物の塔屋の中に設置されている高置水槽の大きさは設置場所により異なるが、おおよそ $W \times L \times H = 2.5 \sim 5 \times 12 \times 1.5$ m位である。

異なる9カ所（表-1）の水槽に電気防食の機器を設置して、その効果を6カ月の長期にわたり継続測定した。これらの実機試験は主に次の内容である。

- ・通電による陰分極特性及び電位分布の測定
- ・各タンクにおける通電電流値及び底板面の電位測定

- ・防食効果の測定
- ・水質分析

一例として、Tampines ST12建物における電気防食システムを図-5に示す。

## (2) 港湾コンクリート構造物腐食研究

港湾の係留施設は鉄筋コンクリート(RC)もしくはプレストレスコンクリート(PC)で建設されている。港湾構造物は厳しい海洋環境下にあることからコンクリート中の鋼材が海水中の塩分によって腐食し、それによってコンクリートがひびわれを起こし、構造物の劣化につながる塩害を起こしやすい傾向にある。また、港湾コンクリート構造物の中に、中性化の進行が極めて大きな場合があることが明らかになった。シンガポールは高温多湿であるため、日本よりもコンクリート構造物は劣化しやすい傾向にある。

本プロジェクトの目的は次の通りである。

- ① シンガポールの港湾構造物の劣化の実態を把握
- ② 各種コンクリートの耐久性を実海域での暴露試験で確認、評価
- ③ 各種コンクリートに対し、室内劣化促進実験を実施し、②と比較しつつそれらの耐久性を評価すると共に、劣化促進実験の妥当性を確認する。

### ① 劣化実態調査

港湾施設の劣化実態調査は、

- a) Engineering Service Building Site (ESD)
- b) Tanjong Paper Terminal (TPT)
- c) Pasir Panjang Wharves (PPW)
- d) Dangerous Goods Landing Pier (DGLP)
- e) World Trade Center (WTC)

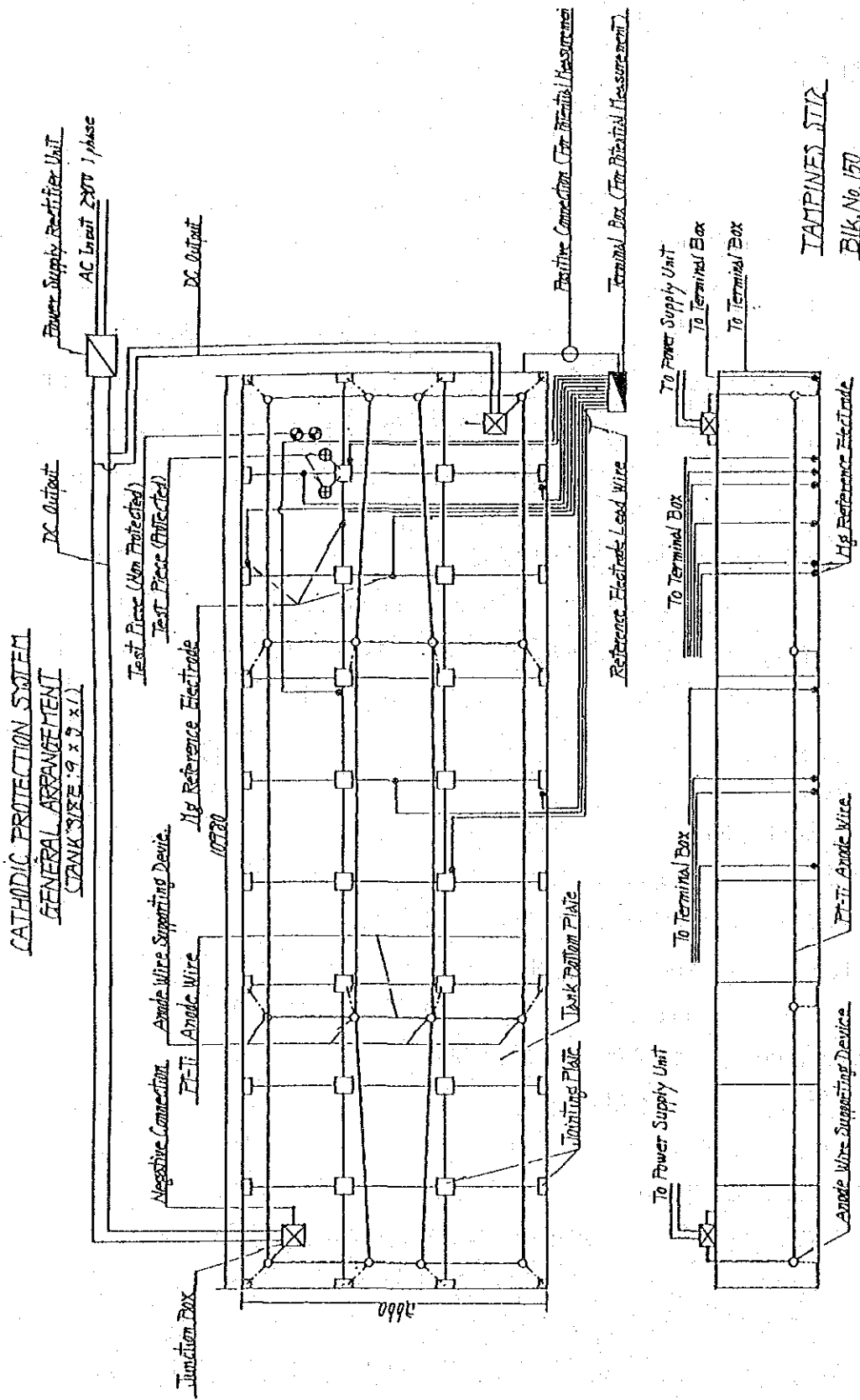
の5カ所で行われた。調査項目は次の通りである。

- ・目視調査（ひびわれ、剝離、錆汁）
- ・非破壊調査（鉄筋の電位）
- ・はつり調査（鉄筋腐食）
- ・コアサンプリング（コンクリートの強度、塩分量）

### ② 現地暴露試験

暴露した供試体はSeries I、II、IIIに分かれている。

Series I、IIは日本で作成して現地に送付したもので、それぞれ15種類、14種類ある。Series IIIはシンガポールで材料を入手し、現地で作成した28種類×2（56体）の供試体である。



TAMPINES SIA  
 Bldg. No. 150  
 DWG. NO. ET-ET-210-25

図-5 実建建物での給水槽防食システムの例

Series I、IIのすべての供試体、及びSeries IIIの半数はESDの棧橋、Series IIIの残りの半数はTPTの棧橋のそれぞれの飛沫帯に暴露した。

測定は自然電位の測定、アノード分極などの非破壊評価法を用い、それぞれの供試体に用いた材料の塩害に対する抵抗性の経時変化を中心に評価した。この現場暴露試験に関して、現場での管理はPSA（港湾局）が行ない、電気化学的測定はNUS（シンガポール国立大学）が行なった。

### ③ 室内劣化促進試験

②と同じ供試体を用いて室内で劣化促進試験を行なった。促進試験は、温海水(60℃)への浸潤と気中乾燥(室温)との繰り返しによって、劣化を促進させるものである。

Series Iは1988年6月に試験を開始し、毎週1回自然電位を測定しながら、1988年12月にアノード分極試験を行なった後、解体して鉄筋の腐食状況や塩分の浸透深さ、中性化深さなどを調査した。

Series II、IIIは1989年7～8月に実験を開始した。

Series Iは、わが国で一般的に行なわれている方法(3日浸水、4日乾燥)で実施し、②の暴露試験の結果と比較したところ、それほど劣化の促進が進んでいないことがわかった。これは、シンガポールの実験室の温度が約30℃と高く、乾湿のサイクルでの温度差が小さいため劣化が進んでいないものと判断されるが、シンガポールの港湾環境がわが国のものより厳しいため現場での劣化は早いものと思われる。そこでSeries II、IIIでは、海水の温度を70℃まで上げ、気乾温度も20℃とするとともに、乾燥繰り返しのサイクルも短くして、一定期間内の繰り返し回数を増加して実験を行なった。

## 3-2 プロジェクトの投入実績

### 3-2-1 日本側投入実績

#### (1) 長期専門家派遣

荒木泰治(1989年6月～1990年9月)…チームリーダー

清水口敬孝(1988年2月～1990年9月)

兼城敏雄(1990年5月～1990年9月)‑延長の予定

#### (2) 短期専門家派遣

① 1988年3月

② 1988年6～9月

③ 1988年12月～1989年1月

④ 1989年6月

⑤ 1989年8～9月

⑥ 1990年1～3月

⑦ 1990年4～5月

⑧ 1990年4～6月

(3) 研修員受け入れ

① 1988年4月・・・PSA、SISIR、HDBから1名ずつ

② 1988年11月・・・NUS2名、PSA1名

③ 1989年10～11月・・・HDB1名

④ 1989年11～12月・・・PSA1人

⑤ 1990年2～4月・・・SISIR1名

(4) 機材供与

2つのサブプロジェクトに関して供与した機材は附属資料②の通りである。

(5) ローカルコスト負担

① 港湾プロジェクトの現場調査の作業員の日当

② コンクリートの分析費用の1部

(6) 調査団派遣

プロジェクト推進のために、今回を含め4度の調査団が派遣された。

① 1987年8月 実施協議調査団

② 1989年3月 計画打合せ調査団

③ 1989年11月 巡回指導調査団

④ 1990年5～6月 評価調査団

3-2-2 シンガポール側投入実績

シンガポール側からは、次の5機関が参画した。プロジェクトにかかわる組織としての位置付け及びカウンターパート氏名は図-6の通りである。

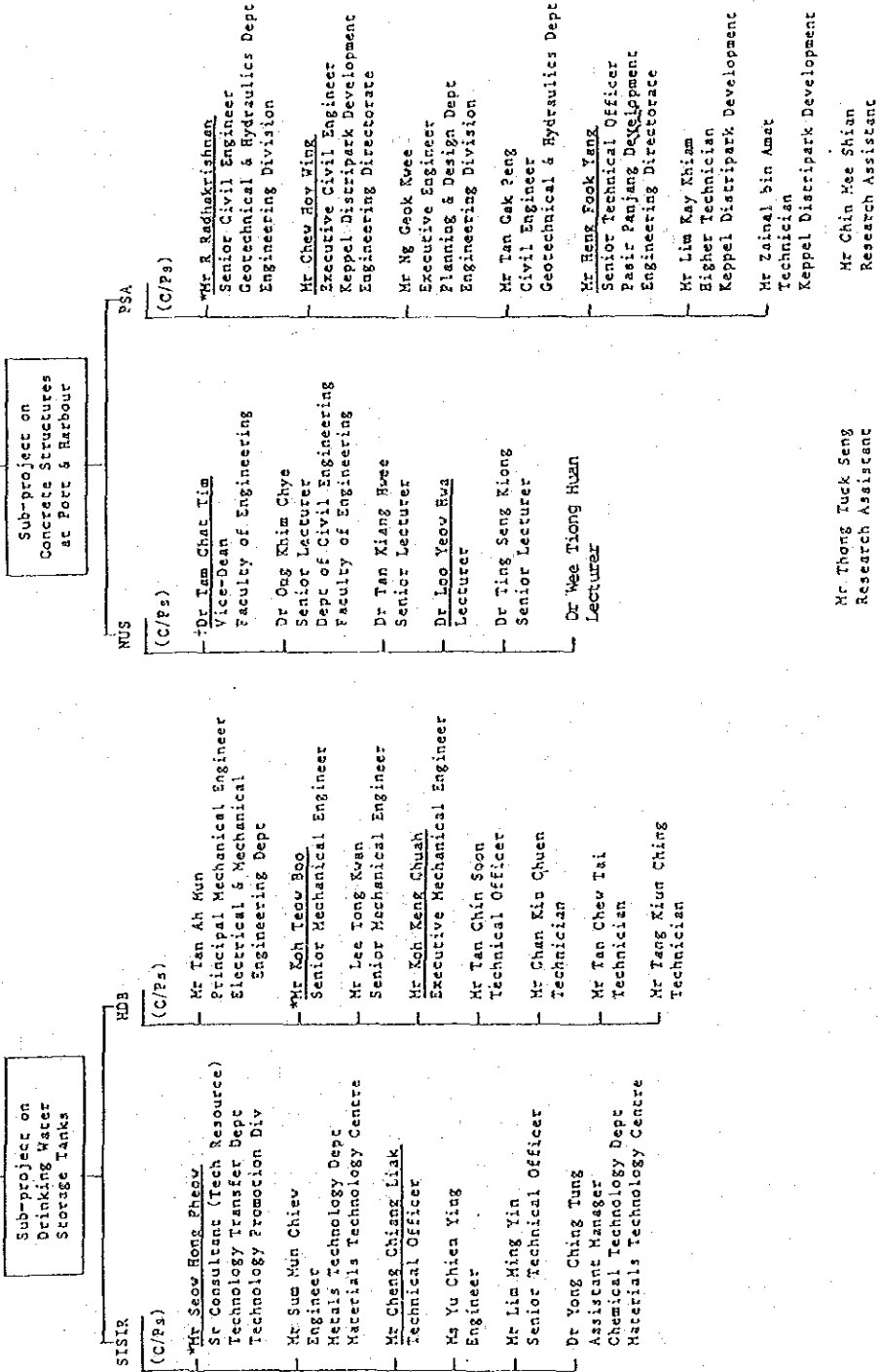
ASEAN PROJECT ON PREVENTION OF CORROSION IN STRUCTURES (APFCS)

(25/5/1990)

(Co-ordinating Body : SCS)

(Mr. Josa Tan)

(Asst Head, International Relations)



Note: SCS - Science Council of Singapore  
 SISIR - Singapore Institute of Standards & Industrial Research  
 RDB - Housing & Development Board  
 NUS - National University of Singapore  
 PSA - Port of Singapore Authority

\* : Members of Supervisory Committee  
 † : Chairman/Project Team Leader

— : 主任体人等

図-6 プロジェクトにかかわる組織図とカウンターパート

- ① Science Council of Singapore(SCS)
- ② Housing and Development Board(HDB)
- ③ National University of Singapore(NUS)
- ④ Port of Singapore Authority(PSA)
- ⑤ Singapore Institute of Standard and Industrial Research(SISIR)

また、シンガポール側からは、必要に応じて以下のような便宜供与がなされたとともに表-2に示すプロジェクト運営関係費が支出された。

- ① 現場調査、現場暴露試験のためのスケジュール調整と準備
- ② 現場調査のための交通手段の提供
- ③ 実験施設の提供
- ④ 長期専門家、短期専門家のためのオフィスの提供

### 3-2-3 マルチラテラル活動

日本・アセアン化学技術協力プロジェクトの効果をアセアン全体に及ぼすための方策を協議するため、1987年2月にインドネシア・バンドンにおいて日本・アセアン専門家会議が開催された。

それに引き続き、毎年1回以下のような年次会議が開催され、セミナー、ワークショップ、共同研究、トレーニングのマルチラテラル活動の実施が取り極められた。

- ① 1988年8月・・・インドネシア・バリ
- ② 1989年8月・・・タイ・チャーム
- ③ 1990年8月・・・マレーシア（開催予定）

本プロジェクトが関係を持ったマルチラテラル活動は次の通りである。

#### (1) セミナー／ワークショップ

- ① 1989年6月にSCS、ブルネイ開発省、日本政府の共催で、日本及びアセアン各国から合計64名が参加したセミナーを開催した。
- ② 1990年9月にセミナー(3日間)及びワークショップ(2日間)を開催する予定である。

#### (2) トレーニング

- ① 1990年2月：シンガポールにて、ブルネイ、インドネシア、マレーシア、フィリピン、タイからそれぞれ1名ずつが参加して、腐食のモニター及び評価手法に関するトレーニングを実施した。
- ② 1990年3月：ブルネイにおいて、鉄筋コンクリートの腐食研究に関するトレーニングを行ない、シンガポールから2名が参加した。

#### (3) 共同研究

域内共同研究を、1990年10月～12月及び1991年1月～3月に実施する予定である。



表-2 シンガポール側支出のプロジェクト運営経費

A P P C S

Local Cost Borne by Singapore Side

Date/Prd of Expenditure	Item*	Amount (\$)		Remarks
	<u>Cost Borne by PSA</u>			
	a) <u>Personnel cost</u>			
	(i) Engineers	20,400	00	
	(ii) Technicians	35,840	00	
	(iii) Diver Services	11,250	00	
	(iv) Admin & Clerical	3,000	00	
	* Time spent on discussions/meeting not included			
	<u>Exposure Test</u>			
	a) Transport	1,000	00	
	b) Diver Services	13,500	00	
	Reinstallation of staging at ESD (Due to works nearby)	3,000	00	
	Boat hire charges for collection of exposure test specimens and reinstallation	4,000	00	
	b) <u>Miscellaneous</u>			
	(i) Stationery, equipment, etc	3,000	00	
	(ii) Handling, transportation etc for equipment received from Japan	3,000	00	
	(iii) Staging**	11,000	00	
	** half paid by PSA			
	c) Rental of office space	3,000	00	
	d) Chipping test for corrosion inspection	2,500	00	
	Grand Total	114,490	00	

A P P C S

Local Cost Borne by Singapore Side

Date/Prd of Expenditure	Item*	Amount (\$)		Remarks
01.06.89 to 30.04.90	Salary for R/A	29,667	47	
25.11.88	Submersible Pump	330	00	
28.04.89	Silica Heater	180	00	
05.05.89	Heater & Heater guard	270	00	
28.06.89	Batteries, electrical plug, etc	194	00	
11.07.89	PVC Drum with cover	270	00	
07.10.89	Immersion Heater	360	00	
09.11.89	Immersion Heater	360	00	
09.11.89	Silver Anode Electrode	180	00	
04.11.89	Photocopying Paper	69	00	
24.11.89	Photocopying Paper	69	00	
11.01.90	Carbon Dioxide	87	50	
09.02.90	Photocopying Paper	69	00	
28.03.90	Electric Wire & Socket	34	20	
01.12.88 to 18.05.90	Chemicals	1,092	90	
01.12.88 to 31.03.90	Transportation	1,957	75	
FY 89/90	Total	35,190	82	
FY 90/91 NUS Research Grant	Total	51,000	00	

\* Include such items as utilities for laboratory, stationery and other consumables, telephone & facsimile, scaffolds for field investigation, transportation of equipment, equipment clearance cost, salary for R/A, etc.

## 4. プロジェクトの評価

### 4-1 当初計画と実績

3年間の予定で、以下のような活動を計画し、およそ初期の目的を達成した。

#### (1) 給水槽部門

- ① ステンレス製高置水槽の腐食の実態調査
- ② 腐食の原因究明のための室内実験
- ③ 腐食対策としての電気防食及び塗装に関する室内実験
- ④ 実機による電気防食実験

#### (2) 港湾部門

- ① シンガポールの港湾コンクリート構造物の劣化実態調査
- ② 各種コンクリートの耐久性を、実海域での暴露試験で確認、評価
- ③ 各種コンクリートに対する室内劣化促進実験の実施（②と比較しつつそれらの耐久性を評価するとともに、劣化促進実験の妥当性を把握）

なお、シンガポールの港湾では、わが国の港湾コンクリート構造物では問題とならない中性化の進行が極めて大きな場合があることが明らかとなった。これは当初の想定課題であった塩害対策とは、全く別の対策が必要な問題である。

### 4-2 項目別評価

#### 4-2-1 プロジェクト実施体制

建設省建築研究所、運輸省港湾技術研究所が中心となり、大学、民間会社の協力を得てプロジェクトを遂行してきた。特に給水槽部門では中川防蝕工業(株)清水口敬孝氏、港湾部門では住友セメント(株)池上明夫氏の献身的努力と、その他の短期専門家の派遣により本プロジェクトは順調に遂行されたと思われる。

#### 4-2-2 カウンターパート(C/P)への技術移転状況

日本からの派遣専門家の努力、カウンターパートの日本での研修などを通じ、技術はおおむね順調に行なわれたと思われる。

#### 4-2-3 供与機材の活用状況

機材管理は良好に行なわれている。また自助努力によりさらに有効活用が図られると考えられる。

#### 4-2-4 技術移転到達度及びその手法

カウンターパートのみならず、助手、技能員のレベルも含め、当初の計画通りの技術移転がなされたと考えられる。

調査、実験の共同実施、技術資料（論文、マニュアル、データシートなど）の提供などにより、効率的な技術移転を図った。

#### 4-3 マルチラテラル活動協力

3-2-3に示したようなマルチラテラル活動を実施してきた。

年次会議を開催することにより、本プロジェクト以外のプロジェクトの進行状況に関する情報が得られ、大変参考になった。

セミナー／ワークショップもほぼ成功裏に遂行されたと評価される。ただ本プロジェクトは水槽の腐食対策、港湾コンクリート構造物の劣化対策がテーマであったにもかかわらず、シンガポール以外の国からは他分野の専門家が参加したため、セミナーでの貴重な情報が各国の当該分野の専門家に必ずしも円滑に伝わっていないようであった。特に港湾構造物の劣化の問題は他のアセアン諸国でも大きな問題となっているので、本プロジェクトの成果を円滑にシンガポール以外の国に情報伝達するためのシステム作りをすることが必要であろう。

#### 4-4 シンガポール側評価

本プロジェクトの成果、なかでも長期専門家、短期専門家の努力に関して高い評価をしている。また本プロジェクトをひとつの足がかりとして、今後とも人的、学術的交流を望んでいる。

#### 4-5 総合評価

本プロジェクトは、技術協力についてのみならず、シンガポールと日本の相互理解の面からも、大いに評価される成果を挙げることができた。なお4-1に示したように、港湾部門においては、当初想定され得なかった中性化と塩害の相互作用に関する問題が明かとなったため、初期の目標を達成するためには、さらに専門家の派遣、機材供与を含むフォローアップが必要であると判断される。

## 5. 協力延長要請及び日本側対応

### 5-1 シンガポール側要請内容

本プロジェクトの延長問題については、1989年11月に派遣した巡回指導調査団協議時において、シンガポール側より非公式ながら、1990年9月の本プロジェクト協力期間終了後も、特に港湾部門に対し継続的に協力してほしい旨の発言があった。これに対し、日本側は協力延長にかかる基本的な考え方を説明するとともに、協力延長を要請する場合には延長期間におけるプロジェクト実施計画及び日本側への協力要請内容、シンガポール側のプロジェクト実施体制の明確化を行う必要があると回答した。

これを受け、シンガポール側は国内協力機関よりの技術的助言等も参考に、1990年4月、外交ルートを通じ、協力延長に係る正式要請を行ってきた。その内容は以下の通りである。

#### (1) 協力延長期間

1990年10月1日より2年間

#### (2) 研究課題

##### 1) コンクリート中性化対策技術の確立

これまでの劣化実態調査の結果、シンガポールの港湾構造物ではコンクリートの中性化速度が、日本等、温帯域に比べ、大きいことが判明し、また一方で劣化促進試験や現場暴露試験によれば、コンクリートの塩害を防止する採択の1つとして高炉セメントを使うことが有効となることも明らかとなった。

これまでのコンクリート工学の知見では高炉セメントを用いたコンクリートは一般的に中性化速度が速い傾向にあり、このことは塩害防止の考えから高炉セメントを用いると塩分の浸透速度は遅くなるものの、逆に中性化速度が速いため、それに起因する劣化が進む恐れがあることを示している。

以上のことから、シンガポールのような熱帯環境における港湾コンクリート構造物の劣化特性を塩害・中性化の両側面から詳細に検討し、さらにその対策を開発する。

##### 2) 鉄筋コンクリートの電気防食工法の開発

塩分を多量に含んだ鉄筋コンクリート構造物の腐食を制御する方法として電気防食工法があるが、この工法は気温・湿度・降雨量などの気象条件に大きく左右される。このため、これまでの研究成果を参考にしつつ、高温多湿条件下での鉄筋コンクリート構造物の電気防食工法の開発を行う。

#### (3) 実施計画

##### 1) コンクリート中性化技術研究

シンガポールの環境における港湾コンクリート構造物の中性化速度を、わが国におけるものと同程度に抑えつつ、塩害に対しても耐久性のあるコンクリートの配合及び養生条件をみつけるための実験を行なう。

コンクリートの中性化に影響を及ぼす因子としては、①セメントの種類、②骨材の種類、③混和剤、④水セメント比、さらには⑤養生条件、⑤温度、⑥湿度などがあげられる。

このため、実験要因としては、

- ① 普通ポルトランドセメント、早強セメント、高炉セメントなど各種セメント
- ② AE剤、AE減水剤など各種混和剤
- ③ 数種類の水セメント比
- ④ 数種類の養生方法、養生日数

などを選び、供試体を作成する。

これらを中性化促進試験装置を用いて促進試験を実施するとともに、PSA（シンガポール港湾庁）が管理する港湾施設のいくつかの環境条件下に暴露しておく。

促進試験においては、約3か月ごとに中性化深さを測定する。また実環境暴露供試体は6か月、18か月で中性化深さを測定する。またこれらと同時に塩分浸透深さも測定する。

- ① シンガポールの港湾環境下において、塩分の浸透を抑えつつ、中性化速度を制御するための、コンクリートの配合、養生条件をみつける。
- ② シンガポールの港湾環境下のシミュレートした中性化促進試験法の確立を図る。
- ③ シンガポール港湾環境下での中性化速度の推定式を作成する。

## 2) 鉄筋コンクリート電気防食工法研究

シンガポールのような高温多湿の条件下におかれる鉄筋コンクリートの鉄筋腐食防止対策のひとつとして、電気防食工法の適用性について検討する。

劣化実態調査によって塩害の実態がわかっている実際の栈橋上部工を選び、電気防食の試験工事を行ない、鉄筋の電位測定を継続したりサンプリング調査を行なったりすることによって、電気防食の効果を判定する。

これらを行なうことで、

- ① 高温多湿条件下での鉄筋の防食電位、または所定の電位変化を得るために必要な防食電流密度を把握する。
- ② 防食電流の通電後の、高温多湿条件下でのコンクリートの電流分布を把握する。

③ ①、②から、シンガポールの港湾コンクリート構造物における電気防食工法の確立を図る。

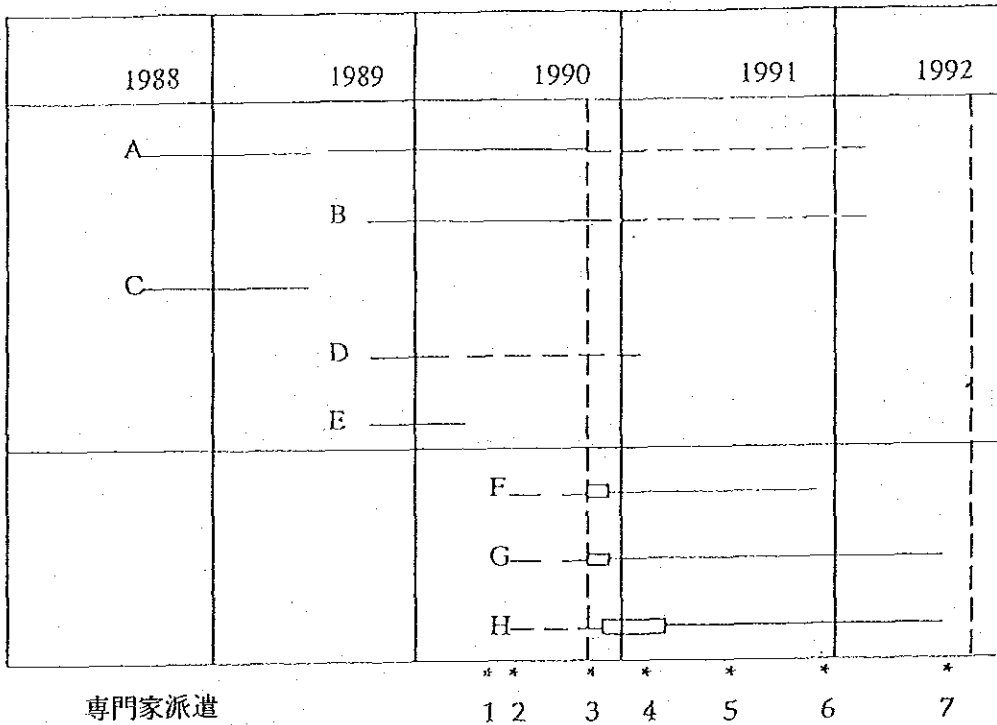
4) シンガポール側実施体制

窓口機関：Science Council of Singapore(SCS)

実施機関：National University of Singapore(NUS) 土木工学科 構造・コンクリート研究室

Port of Singapore Authority(PSA) 技術局地質・水理部

(5) 暫定実施計画



短期専門家の派遣目的

1. 劣化実態調査室内試験、暴露試験の解析指導
2. マニュアルの作成指導、次期計画の打ち合せ
3. セミナー出席
4. 中性化試験の解析指導、電気防食設置指導
5. 電気防食モニター技術指導
6. 中性化促進試験の評価、電気防食モニター中間評価
7. 中性化総合評価、電気防食総合評価

凡例

- A : Phase I 暴露試験
- B : Phase II 暴露試験
- C : Phase I 促進試験
- D : Phase II 促進試験
- E : 現場劣化実態調査 以上は現計画
- F : 中性化促進試験
- G : 中性化暴露試験
- H : 電気防食試験 以上は次期計画

## 5-2 日本側対応方針

本プロジェクトの2つのサブ・プロジェクトのうち、「給水タンクの防食技術に係る研究」では、前述の通り、当初目標を達成したと判断されるが、「港湾コンクリート構造物の防食技術に係る研究」では、その具体的実施項目である、

- a. 既設港湾コンクリート構造物の現場劣化実態調査
- b. 実海域でのコンクリート構造物における鉄筋の防食技術の開発
- c. 上記結果に基づく防食指針の提言

に対し、その達成状況は今回調査結果を総括すると以下の通りと評価される。

- a. 現場劣化実態調査そのものは調査手法・評価手法いずれについて技術移転は順調になされた。
- b. ただし、実態調査の過程で中性化の影響の大きいことが判明し中性化そのものは腐食に大きく作用するため、中性化対策技術の確立が全体の防食技術の開発には不可欠である。
- c. このため、中性化対策工法の開発が未達成のため、現時点での防食指針の決定は困難である。

今回評価調査団評価結果は、シンガポール側の協力延長要請の前提にあるシンガポール側確識に沿うものであるため日本側として、その要請に従い、「港湾コンクリート構造物の防食技術に係る研究」サブ・プロジェクトに対し、協力期間を延長することとした。

## 5-3 協力延長計画

### (1) 協力形態

協力延長における中心課題である中性化対策工法の開発のためには中性化を対象とした暴露試験、電気防食試験、室内促進試験が必要であり、その実施のためには専門家派遣、実験機材の供与等が必要となる。また実験の主体は現地暴露試験であり、その結果を入手するためには1年以上の暴露期間が必要である。

このため、本プロジェクトにおいては、2つのサブ・プロジェクトのうち、1分野を対象とした協力延長ではあるものの、形態としてはプロジェクトの延長により対応することとし、その期間は、暴露試験そのものと、その前後の準備・評価に要する期間を考慮し、2年間とした。

なお、本プロジェクトの日・アセアン科学技術協力としての一面を考えると、2年間の協力延長により、他アセアン科技プロジェクトと同様、1992年秋までのマルチラテラル活動が可能となり、本プロジェクト成果のアセアン他国へのより十分な浸透が期待される。



(2) 日本側協力内容

シンガポール側要請内容及びその必要性を考慮し、日本側協力内容は以下の通りとした。

1) 協力延長期間 1990年10月1日から1992年9月30日まで2年間

2) 日本側協力機関 運輸省港湾技術研究所

3) 専門家派遣

- ・長期専門家 チームリーダー、調整員
- ・短期専門家 以下の分野の短期専門家を必要に応じ派遣する。

i) 港湾構造物腐食研究

ii) 電気防食技術

iii) 中性化技術

iv) コンクリート材料

v) 機材維持管理

4) 研修員受入

1991年度、1992年度各3名、計6名

5) 機材供与

日本側が今後2年間に供与する機材は以下の通り。

- a. 中性化試験装置
- b. 電気防食試験装置
- c. 電気化学分析機器
- d. 化学分析機器
- e. 物性測定機器
- f. スペアパーツ他

6) マルチラテラル活動

日本側は引き続き、協力を継続する。ただし詳細は今後のプロジェクト責任者会議において内容決定後、決定する。



## 6. ミニッツ

### 6-1 署名に至る経緯

#### (1) 日本人専門家チームとの協議

本調査団では、シンガポール側との協議に先だち、日本人専門家チームとの協議を持ち、プロジェクトの進捗状況、問題点、特にプロジェクト目標の達成状況につき専門家チームの見解を確認した。プロジェクトの評価に関しては、専門家チームより、プロジェクト側での評価につき、説明を受けた。専門家チームとしての本プロジェクトの評価は概ね良とするものであり、給水槽部門については、その当初目標を十分達成しているとの判断である。ただし港湾部門では中性化及び電気防食工法の検討等、シンガポールに適した防食・補修工法の確立に関しては現プロジェクトの協力期間内では時間的に不十分であり、さらに研究・試験を継続すべきである、とするものであった。またこれまでの本プロジェクトの実施における主要な問題点として、以下の点について提起された。

- 1) シンガポール側プロジェクト関係者のうち、プロジェクト活動に専従可能なカウンターパートが限られており、またそれらのカウンターパート、特にその長たるリーダーが要職にあり多忙のためプロジェクトのスムーズな運営の支障となった。
- 2) 上記に関連し、シンガポール側プロジェクトチームが給水槽部門・港湾部門で全5機関（窓口機関も含む）にわたっていたため、シンガポール側の意見調整・プロジェクトの運営に係る全体調整が困難であった。

#### (2) シンガポール側との協議

プロジェクト評価に係るシンガポール側との協議は、日本人専門家チームとの協議、各プロジェクトサイト視察に引き続き、5月28日より開始した。協議ではまず、給水槽部門・港湾部門合同でプロジェクト側作成プロGRESS・レポートによりプロジェクトの実績に関する協議・意見交換を実施した。

この中で本プロジェクトの成果については、シンガポール側も満足している旨の表明があり、また、プロジェクト実施上の問題点でもあるシンガポール側のカウンターパート不足については、シンガポール全体での研究者・技術者不足に起因した問題であり十分な専任者の配置は難しい、との意見が出された。これに対し、日本側からは、プロジェクト終了後のシンガポール側でのプロジェクトの独力継続のためには、十分な専任研究者の配置は不可欠であるため、今後とも増員に努力するよう、要請した。また、給水槽部門では、シンガポール側より本プロジェクトの成果を地元企業に対するコンサルタント業務等に生かす等により、今後ともシンガポール側独自で研究活動を継続・発展させていく考えが述べられた。

全体会議終了後、部門別の評価会議が持たれ、このうち、港湾部門については、これまでの実績の評価に合わせ、プロジェクトの延長に関し、協力計画及び内容が協議され、前章に述べた今後2年間の協力内容が決定された。

#### 6-2 ミニッツ署名

以上の協議評価結果を受け、6月1日、本調査団小泉団長とシンガポール側プロジェクトリーダーNVS Prof. Tomとの間でミニッツに署名・交換がなされた（附属資料①）。なお、この中で、シンガポール側の実施体制に関し、十分なカウンターパート数の確保及びその業務内容の明確化、各業務レベルにおける職務権限の明確化の必要性を明記するとともに、今後のプロジェクトの実施・運営に当り、日本・シンガポール双方のプロジェクト関係者から成る運営委員会を設置し、この場においてこれらに関する事項を決定し、関係者の意志統一を図ることとした。

(附 属 資 料)

① ミニッツ

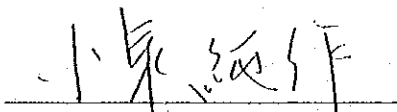



THE MINUTES OF DISCUSSIONS  
BETWEEN  
THE JAPANESE EVALUATION TEAM  
AND  
THE AUTHORITIES CONCERNED OF  
THE REPUBLIC OF SINGAPORE  
ON  
THE JAPANESE TECHNICAL COOPERATION FOR  
THE ASEAN PROJECT ON PREVENTION OF CORROSION IN STRUCTURES

The Japanese Evaluation Team (hereinafter referred to as "the Team") organized by the Japan International Cooperation Agency (JICA) and headed by Mr Junsaku Koizumi visited THE REPUBLIC OF SINGAPORE from 24 May to 2 June 1990, for the purpose of evaluating the achievements of technical cooperation for the ASEAN Project on Prevention of Corrosion in Structures (hereinafter referred to as "the Project"), as agreed to in the Record of Discussions signed between the Singapore and Japan side on 13 August 1987, and discussing the issues involved in implementation of the Project with the authorities concerned of THE REPUBLIC OF SINGAPORE.

During their stay in THE REPUBLIC OF SINGAPORE, the Team observed the project sites, exchanged views and had a series of discussions referring to the Progress Report and Draft Final Report with the Singapore authorities concerned in respect of the project activities.

As a result of the discussions, both parties agreed to report on the result of the evaluation and to recommend the extension of cooperation on the Study of Corrosion Prevention in Port and Harbour Structures, to their respective governments as referred to in the attached document.

  
Mr Junsaku Koizumi  
Leader,  
Evaluation Team  
Japan International Cooperation  
Agency

  
Dr Tam Chat Tim  
Singapore Coordinator,  
Japan ASEAN Cooperation  
Programme on Materials  
Science and Technology

31 May 1990  
SINGAPORE

ATTACHED DOCUMENT

1. General Evaluation

Both parties recognized that the technical cooperation in the area of prevention of corrosion in structures commencing on 1 October 1987 and slated for completion on the 30 September 1990 is making satisfactory progress and that the multilateral activities hosted by Singapore has contributed to the development of technology in respective areas in Singapore and ASEAN member countries. Further, both parties confirmed that the Final Report will be completed according to the following schedule incorporating advice made by the Team:

- Revised draft to be submitted to JICA by 30 June 1990
- Return of revised draft to Singapore by the 31 July 1990
- Final Report printed by 31 August 1990.

2. Evaluation of Sub-projects

2.1 Study on Corrosion Prevention of Drinking Water Storage Tanks

- Based on the results of field investigations, laboratory tests and actual tank cathodic protection tests on the cause and prevention of corrosion, it was concluded that the crevices are the main cause of corrosion in existing panel constructed tanks and that cathodic protection is the most effective method for prevention of corrosion. With the successful completion of the transfer of technology, both parties confirmed that the objective of this technical cooperation has been realized.
- Technical cooperation for the Study on Corrosion Prevention of Drinking Water Storage Tanks will come to an end on 30 September 1990.
- The Singapore side agreed to continue with activities in the area of corrosion and its prevention, building upon the results of this technical cooperation.

(14)

4



2.2 Study of Corrosion Prevention in Port and Harbour Structures

- Transfer of technology with regards to (1) the implementation of site investigation for deterioration condition and evaluation of the results and (2) the development of corrosion prevention measures against chloride penetration, have been successfully completed.
- The result of field investigations show that the carbonation as a cause of corrosion cannot be ignored in the tropical marine environment of Singapore.
- Therefore, the technical cooperation on the further study of measures against carbonation in addition to chloride penetration is necessary to develop effective corrosion prevention measures and manuals.

3. Measures to be taken in future

- 3.1 Technical cooperation for Study of Corrosion Prevention in Port and Harbour Structures will be extended for the period of two (2) years to continue research activities and finalize the manuals for corrosion prevention. The details of activities during the extended period appear in the Annex.
- 3.2 The following are measures to be taken by Singapore side during the extended period for effective implementation of the Project:
- (1) to secure and assign counterparts necessary for effective implementation with clearly defined terms of reference.
  - (2) to reinforce the project implementation organization with clear delineation of authority/responsibility at each level.
  - (3) to provide office space for Japanese Experts.
- 3.3 Japan, through JICA, will continue the cooperation under the Project-Type Technical Cooperation Scheme of the Government of Japan.
- 3.4 Both parties agreed to establish respective management committees to provide necessary guidance and advice on matters pertinent to the effective implementation of the technical cooperation.

## ANNEX I MASTER PLAN

### 1. Background Information

Through the current studies of accelerated corrosion, site exposure and site investigation of existing port and harbour concrete structures in Singapore, which has a tropical climate, it is observed there is considerable difference in the behaviour of these structures from that in a temperate country, like Japan.

### 2. Extended Term of Cooperation

The duration of extended cooperation for the project will be two (2) years from 1 October 1990 to 30 September 1992.

### 3. Scope of Work

- (1) Study the countermeasures to reduce the chloride penetration and carbonation in concrete, and
- (2) Develop the cathodic protection method for port and harbour concrete structures in Singapore

(1/2)

4

## ANNEX II PROJECT TEAM AND PARTICIPATING ORGANIZATIONS

The Project will be jointly implemented by the Japanese Project Team and the Singapore Project Team.

1. The Japanese Project Team comprises members from:
  - a. Port and Harbour Research Institute (PHRI)  
Ministry of Transport (MOT)
  - b. Researchers and engineers from Japan will be dispatched as short-term experts when the need arises.

The Japanese Project Team consists of:

Long-Term Expert:

- i. Team Leader
- ii. Coordinator

Short Term Experts in the fields of:

- i. Port and harbour structures
- ii. Cathodic protection
- iii. Carbonation
- iv. Concrete materials
- v. Installation of equipment

2. The Singapore Project Team comprises members from:
  - a. Science Council of Singapore (SCS)
  - b. National University of Singapore (NUS)
  - c. Port of Singapore Authority (PSA)

The Singapore Institute of Standards and Industrial Research (SISIR) will assist the Singapore Project Team when the need arises.

The Singapore Project Team consists of:

Singapore Coordinator/Singapore Project Team Leader  
Sub Team Leaders

Researchers/Experts in the fields of:

- i. Port and harbour structures
- ii. Cathodic protection
- iii. Carbonation
- iv. Concrete materials

(4)

-4-

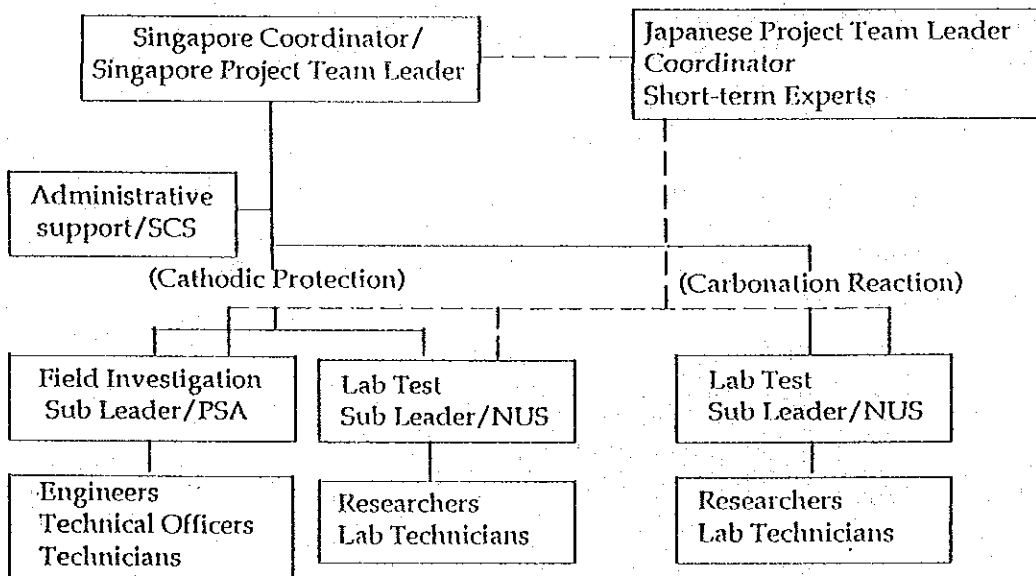
A

**ANNEX III ADMINISTRATION OF THE PROJECT**

For the more effective and successful implementation of the Project, a Management Committee will be established to support strongly operational activities of the Singapore Project Team as follows:

- Name : Management Committee
- Compositions : Chairman  
Singapore Coordinator/Singapore Project Team Leader
- Members  
Sub Leader, PSA  
Sub Leader (Carbonation Study, NUS)  
Sub Leader (Cathodic Protection, NUS)  
Representative of Singapore Science Council  
Japanese Project Team Leader  
Japanese Coordinator  
Representative of JICA Singapore Office
- Functions : To review the overall progress  
  
To control each composition for smooth implementation in terms of manpower, budget, etc.
- Operation : Meetings will be held on a monthly basis or more frequently if necessary.

The total organization chart of the Project is given below. Technical matters will be reviewed and discussed between the Japanese Project Team and Singapore Sub-Leaders on a weekly basis.



*(Handwritten signature)*

ANNEX IV EQUIPMENT

Tentative list of areas for which equipment will be provided by Japan:

- a. Carbonation Testing
- b. Cathodic Protection Testing
- c. Electrochemical Analysis
- d. Chemical Analysis
- e. Physical Analysis
- f. Spare Parts/Others



**ANNEX V TENTATIVE IMPLEMENTATION SCHEDULE  
FOR EXTENDED TERM**

ACTIVITIES	1990				1991				1992			
	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1
1. Management Committee												
					(monthly basis)							
2. Main Activities												
(i) Cathodic Protection												
• Field Investigation												
• Laboratory Test												
(ii) Carbonation Test												
3. Purchasing, delivery and installation of equipment												
4. Invitation of personnel to Japan												
5. Assignment of Japanese experts												
(i) Long-term (Team Leader, Coordinator)												
(ii) Short-term												
							(when need arises)					
6. Report and Evaluation of the project												
						Interim				Final		

\* Multilateral activities will be decided upon at future Japan-ASEAN Joint Meetings.

(附 属 資 料)

② 供与機材リスト





SISIR保管分

ASEAN PROJECT ON PREVENTION OF CORROSION IN STRUCTURES  
EQUIPMENT DONATED BY JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
SISIR ASSET  
PHASE I EQUIPMENT

I/NO	NAME OF ITEM & MODEL NO.	COMPANY NAME	REG/SERIAL NO	ASSET NO	LOCATION	D.O.A.	UNIT PRICE (YEN)	QTY	TOTAL AMOUNT (YEN)
1.	Pure Water Maker Model No: SK-10	-	7004		33-42A	7/5/88	160 000	1	160 000
2.	Portable Hybrid Potential Recorder (12 Outlet) Model No: 308721	YOKOGAWA ELECTRIC CORPORATION	48P0324		33-42A	7/5/88	788 000	1	788 000
3.	Potential Recorder (2 Outlet) 3 sets Model No: 305621 MS Code : 1-7/E	YOKOGAWA ELECTRIC CORPORATION	48P0322 48P0325 48P0326		33-42A 33-42A 33-42A	7/5/88 7/5/88 7/5/88	461 000	3	1 383 000
4.	Polarization Unit Model No: PS-02	TOHO TECHNICAL RESEARCH	1820 1821 1822 1823 1824 1825 1826 1827 1828 1829		33-42A 33-42A 33-42A 33-42A 33-42A 33-42A 33-42A 33-42A 33-42A 33-42A	7/5/88 7/5/88 7/5/88 7/5/88 7/5/88 7/5/88 7/5/88 7/5/88 7/5/88 7/5/88	305 000	10	3 050 000
5.	Corrosion Meter	TOHO TECHNICAL RESEARCH	1913		33-42A	7/5/88	770 000	1	770 000
6.	UC-5 Digital Cl <sub>2</sub> Meter	CENTRAL KAGAKU CO, LTD	52762-17		33-42A	7/5/88	320 000	1	320 000
7.	UC-12 Digital DO/O <sub>2</sub> /Temp Meter	CENTRAL KAGAKU CO, LTD	3586		33-42A	7/5/88	287 000	1	287 000
8.	UC-23 Digital PH/ORP Meter	CENTRAL KAGAKU CO, LTD	2398		33-42A	7/5/88	178 000	1	178 000
9.	UC-33 Digital Conductivity Meter	CENTRAL KAGAKU CO, LTD	24870		33-42A	7/5/88	243 000	1	243 000
10.	UC-41 Digital Chloride Ion	CENTRAL KAGAKU CO, LTD	52760-6		33-42A	7/5/88	226 000	1	226 000

Ames

<u>I/NO</u>	<u>NAME OF ITEM &amp; MODEL NO</u>	<u>COMPANY NAME</u>	<u>REG/SERIAL NO</u>	<u>ASSET NO</u>	<u>LOCATION</u>	<u>D.O.A.</u>	<u>UNIT PRICE (YEN)</u>	<u>QTY</u>	<u>TOTAL AMOUNT (YEN)</u>
11.	SIBATA Water Bath Model No: S-1	SIBATA SCIENTIFIC TECHNOLOGY LTD	-	-	33-42A	7/6/88	116 000	1	116 000
	SIBATA Water Bath Control Unit Model No: 801		-	-	33-42A	7/6/88			
12.	Zero Resistance Ammeter (2 sets) Model No: AH-02	TOHO TECHNICAL RESEARCH	-	-	33-42A	7/6/88	142 000	2	284 000
13.	Impedance Converter (2 sets)	NAKAGAWA CORROSION PROTECTING	IA-03621 II-03622		33-42A 33-42A	7/6/88	23 500	2	47 000
14.	Thermo-Hydro Recorder	ISUZU	30360181		33-42A	7/6/88	100 000	1	100 000
15.	Digital Multimeter (HIOKI) Model No: 3220	HIOKI E. E. CORPORATION	52297		33-42A 33-42A	7/6/88	54 000	2	108 000
16.	Paint Film Tester D-31A	MITA HUSEN KENKYUSHO LTD	87192		33-42A	7/6/88	376 000	1	376 000
17.	Thickness Meter Model: EL-1C	SANKO ELECTRONIC RESEARCH CO, LTD	-		33-42A	7/6/88	354 000	1	354 000
18.	Lab Working Table (2 Units)	-	-		33-42A 33-42A	7/6/88	255 000	2	510 000
19.	Chair Model: SG-KIIM (4 units)	-	-		33-42A	7/6/88	6 500	4	26 000
20.	Transformer IN 220V 50 HZ OUT 100V 4 KVA	-	-		33-42A	7/6/88	118 000	1	118 000
21.	Torque Wrench 20-50 kgf cm Model: 60QLK	TORNICHI	-		33-42A	7/6/88	46 500	1	46 500
22.	Torque Wrench 50-225 kgf cm Model: 225 QL	TORNICHI	-		33-42A	21/5/88	47 000	1	47 000
23.	Stainless Steel Bath (3 Units)	NAKAGAWA CORROSION PROTECTING CO, LTD	-		33-42A 33-42A 33-42A	21/5/88	726 000	3	2 198 000

I/NO	NAME OF ITEM & MODEL NO	COMPANY NAME	REG/SERIAL NO	ASSET NO	LOCATION	D.O.A.	UNIT PRICE (YEN)	QTY	TOTAL AMOUNT (YEN)
24.	FRP Testing Bath(10 units)	NAKAGAWA CORROSION PROTECTING CO, LTD			93-42A 93-42A 93-42A 93-42A 93-42A 93-42A 93-42A 93-42A	21/5/88	193 000	10	1 930 000
25.	Rip Pump (10 units) Model: SP2 - 3GA	TAKATUKI ELECTRIC			93-42A 93-42A 93-42A 93-42A 93-42A 93-42A 93-42A 93-42A	21/5/88	22 500	10	225 000

PHASE II EQUIPMENT

SL NO	NAME OF ITEM & MODEL NO	COMPANY NAME	REG/SERIAL NO	ASSET NO	LOCATION	D.O.A.	UNIT PRICE (YEN)	QTY	TOTAL AMOUNT (YEN)
26.	Ion Chromatograph Model No: 40201	DIONEX CORPORATION			01-52	4/8/89	11 830 000	1 set	11 830 000
	Advance Chromatography Module Model : CMA - 2		890408						
	Conductivity Detector Module Model : CDM - 1		881302						
	Gradient Pump Module Model : GPM - 1		880354						
	Reagent Delivery Module Model : RDM - 1		890606				790 000	1	790 000
	Soma UV-VIS Detector Model : S-3702	SOMA OPTICS LTD	88323				790 000	1	790 000
	Shimadzu Data Integrator Model : C-RSA	SHIMADZU CORPORATION	841578A				455 000	1	455 000
	Mali-O-Labo Ultra Demineralizer	NIHON HILLIPORE LTD	90D0017				370 000	1	370 000
27.	Colorimeter "CENTRAL" Water Inspecting Set. Model: DREL/IC	HACH COMPANY	870900798		83-42A	4/8/89	545 000	1	545 000
28.	"SHIBATA" Water Bath with Transformer 2 Sets Model: WB-X1	SHIBATA SCIENTIFIC TECHNOLOGY LTD			83-42A	4/8/89	130 000	2	260 000
	Control Unit 2 sets Model : CU-80		0980201 0980154		83-42A	4/8/89			
29.	"HOKKO" Electrometer Model: FE-104 2 sets	HOKKO CORPORATION	T 099 T 099		83-42A 83-42A	4/8/89	150 000	2	300 000

Note: \* denote Sub-price for Ion Chromatograph

<u>I/NO</u>	<u>NAME OF ITEM &amp; MODEL NO</u>	<u>COMPANY NAME</u>	<u>REG/SERIAL NO</u>	<u>ASSET NO</u>	<u>LOCATION</u>	<u>D.O.A.</u>	<u>UNIT PRICE (YEN)</u>	<u>QTY</u>	<u>TOTAL AMOUNT (YEN)</u>
30.	"SHIMADZU" Analytical Balance Model: AEU-210	SHIMADZU CORPORATION ANALYTICAL INSTRUMENTS DIVISION	90772		B3-42A	4/8/89	320 000	1	320 000
31.	"TOHO" Potentiometric/Galvano Stat. Polarization Unit Input Voltage 240V 2 sets Model: PS-07	TOHO TECHNICAL RESEARCH	3042 3043		B3-42A	4/8/89	340 000	2	680 000
32.	"YOKOGAWA" Chart Recorder Model: 305531 2 sets	YOKOGAWA ELECTRIC CORPORATION	49950242 49950243		B3-42A B3-42A	4/8/89 4/8/89	581 500	2	1 163 000
33.	"TOHO" Ampere Meter Model: M-02 4 Sets	TOHO TECHNICAL RESEARCH	- -		B3-42A	4/8/89	185 000	4	740 000
34.	"MITSUBISHI" Point Micrometer Model: CPN15-25UM	MITSUBISHI CORPORATION	5011205		B3-42A	4/8/89	30 000	1	30 000
35.	"CENTRAL" Chloride Ion Model: UC-41 plus complete accessories	CENTRAL KAGAKU CO, LTD	52120-1		B3-42A	4/8/89	321 000	1	321 000
36.	"CENTRAL" pH/ORP Meter Model: UC-23 plus accessories	CENTRAL KAGAKU CO, LTD	2953		B3-42A	4/8/89	190 000	1	190 000
37.	"CENTRAL" DO/O <sub>2</sub> /Temp Model: UC-12 2 SETS	CENTRAL KAGAKU CO, LTD	4472 4473		B3-42A B3-42A	4/8/89	265 000	2	530 000
38.	"HIOKI" Digital Multimeter Model: 3230 with Transformer 2 sets	HIOKI E.S. CORPORATION	39122772		B3-42A	4/8/89	63 500	2	127 000

<u>I/NO</u>	<u>NAME OF ITEM &amp; MODEL NO</u>	<u>COMPANY NAME</u>	<u>REG/SERIAL NO</u>	<u>ASSET NO</u>	<u>LOCATION</u>	<u>D.O.A.</u>	<u>UNIT PRICE (YEN)</u>	<u>QTY</u>	<u>TOTAL AMOUNT (YEN)</u>
39.	"HOKUTO" Potentio/Galvano Stat Model : HA-501G	HOKUTO DENKO CO, LTD	T513		23-42A	4/8/89	4 800 000	1	4 800 000
	"HOKUTO" Arbitrary Function Generator Model : AB-105		T546		23-42A	4/8/89			
	NEC Personal Computer Model: PC-9801 VM II		94033652A		23-42A	4/8/89			
	NEC Monitor Model: PC-KD 954n		94G41147Z		23-42A	4/8/89			
	Epson Printer Model: EPSON SP-80 P578A		03001982		23-42A	4/8/89			
	HP Plotter Color Pro Model: 7440A		2532A91520		23-42A	4/8/89			
40.	Multi - Crevice Testing Device	NAKAGAWA CORROSION PROTECTING			23-42A	15/4/89	70 000	10	700 000

PHASE I - TESTING APPARATUS

TYPE OF ITEM	QUANTITY	D.O.A.	UNIT PRICE	TOTAL AMOUNT
1. Standard Electrode Silver-Silver Chloride	15 pcs	7/6/88	29 600	444 000
2. Standard Calomel Electrode	5 pcs	7/6/88	23 500	117 500
3. Beaker 0180 x 240 mm	5 pcs	7/6/88	9 160	45 800
4. Beaker 0120 x 180 mm	4 pcs	7/6/88	5 250	21 000
5. Beaker 200cc	6 pcs	7/6/88	600	3 600
6. Measuring Cylinder 100ml	1 pcs	7/6/88	-	1 750
7. Measuring Cylinder 1000ml	1 pcs	7/6/88	-	2 800
8. Plastic Washing Bottle	2 pcs	7/6/88	300	600
9. Supporting Stand	10 units	7/6/88	1 550	15 500
10. Connector accessory (for stand)	20 pcs	7/6/88	310	6 200
11. Clamp accessory (for stand)	20 pcs	7/6/88	1 700	34 000
12. Magnifying Glass(with light) X100	1 pcs	7/6/88	-	26 700
13. Magnifying Glass X20	2 pcs	7/6/88	5 600	11 200
14. Hand Tool Set	1 set	7/6/88	-	19 000
15. Compression Tool	1 pc	7/6/88	-	7 700
16. Wire Stripper	1 pcs	7/6/88	-	4 000
17. Mercurial Thermometer Measuring scale: 0 - 100° C	5 pcs	7/6/88	820	4 100
18. Terminal circuit breaker	1 set	7/6/88	-	38 000
19. Wooden Pallet for S.S. tanks	3 pcs	7/6/88	11 800	35 400
20. Wooden Pallet for FRP tanks	10 pcs	7/6/88	9 400	94 000
21. Terminal Board	2 pcs	7/6/88	179 000	358 000

PHASE I - CONSUMABLE ITEMS

<u>TYPE OF ITEM</u>	<u>QUANTITY</u>	<u>D.O.A.</u>	<u>UNIT PRICE</u>	<u>TOTAL AMOUNT</u>
1. Telson Tap	50 rolls	7/6/88	2 880	144 000
2. Epoxy Resin	15 Kgs	7/6/88	-	69 000
3. Water Proof Emery Cloth #60-#1200 each 1000 sheet	1 sac	7/6/88	-	118 000
4. Electric Wire Vinyl insulated 1.25 mm <sup>2</sup> diameter 1 mm	300 m	7/6/88	26	7 800
5. Electric wire Screened 1.25 mm <sup>2</sup> diameter 1 mm	300 m	7/6/88	82	24 600
6. Compression Lug 1.25 mm <sup>2</sup> - M3	1500 pcs	7/6/88	7	10 500
7. Screw (SUS) M-3 with W.S.P.N	1500 pcs	7/6/88	13	19 500
8. Disposable Plastic Cup	100 pcs	7/6/88	36	3 600
9. Titanium Electrode Plated Platinum dia 1.5mm	80 m	7/6/88	6 000	480 000
10. Stainless Steel test specimens	1 set	7/6/88	-	1 987 000



PHASE II

EQUIPMENT ACCESSORIES

	<u>TYPE OF ITEM</u>	<u>QUANTITY</u>	<u>D.O.A.</u>	<u>UNIT PRICE</u>	<u>TOTAL AMOUNT</u>
1.	Saturated Calomel Electrode	20 pcs	4/8/89	27 000	540 000
2.	Chloride Ion Electrode Model: CL-104C	2 pcs	4/8/89	-	70 000
3.	pH Electrode Model: UC-5023	2 pcs	4/8/89		
4.	Conductivity Sensor	1 pc	4/2/89	-	50 000
5.	Residual Chloride Electrode	1 pc	4/8/89		

PHASE II  
CONSUMABLE ITEM

S/NO	ITEM	QUANTITY	D.O.A.	UNIT PRICE	TOTAL AMOUNT
1.	Chloride Ion Standard Solution 10 ppm 500ml	5 Bottles	4/8/89		
	1000 ppm 500ml	5 Bottles	4/8/89		
	Masking Solution 250ml	5 Bottles	4/8/89		
2.	pH Standard Solution				
	pH 4	5 Bottles	4/8/89		
	pH 7	5 Bottles	4/8/89		
3.	Residual Chloride Standard Solution Calibration Concentrate 100ml	4 Bottles	4/8/89	4 000	16 000
	Buffer Solution	4 Bottles	4/8/89	1 550	6 500
	International Electrolyte Solution	4 Bottles	4/8/89	2 500	10 400
	Membrane	5 pcs	4/8/89		16 000
4.	"VITRO" Teflon Tape	50 rolls	4/8/89	1 700	85 000
5.	Recorder Pen Cartridge				
	Red - B 9518 CT	30 pcs	4/8/89		
	Blue - B 9518 CT	30 pcs			
	Green - B 9518 CU	30 pcs			
6.	Recorder Chart Paper	4 boxes	4/8/89		

HDB保管分

ASEAN PROJECT ON PREVENTION OF CORROSION IN STRUCTURES.  
EQUIPMENT DONATED BY JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
HDB ASSET  
PHASE I EQUIPMENT

I/NO	NAME OF ITEM & MODEL NO	COMPANY NAME	SERIAL NO	ASSET NO	LOCATION	D.O.A.	UNIT PRICE (YEN)	QTY	TOTAL AMOUNT (YEN)
1.	Cathodic Protection Equipments	NAKAGAWA CORROSION PROTECTING CO., LTD	-	-	Hougang Ave Blk 317	22/7/89	747 000	1 set	747 000
1.1	Rectifier set Model: RS 1207							1	
1.2	Platinized Titanium Electrode							30m	
1.3	Magnesium Reference Electrode							7	
1.4	Terminal Box							1	
1.5	Junction Box							2	
1.6	Conduit pipe & electrical wire							1 set	
1.7	Stainless Steel Bracket							16	
2.	Cathodic Protection Equipments	NAKAGAWA CORROSION PROTECTING CO., LTD	-	-	Jurong East St 21 Blk 117	22/7/89	361 000	1 set	361 000
2.1	Rectifier set Model: RS 1207							1	
2.2	Platinized Titanium Electrode							54m	
2.3	Magnesium Reference Electrode							10	
2.4	Terminal Box							1	
2.5	Junction Box							2	
2.6	Conduit pipe & electrical wire							1 set	
2.7	Stainless Steel Bracket							16	
3.	Cathodic Protection Equipments	NAKAGAWA CORROSION PROTECTING CO., LTD	-	-	Dakota Crescent Blk 58	22/7/89	361 000	1 set	361 000
3.1	Rectifier set Model: RS 1207							1	
3.2	Platinized Titanium Electrode							59m	
3.3	Magnesium Reference Electrode							11	
3.4	Terminal Box							1	
3.5	Junction Box							2	
3.6	Conduit pipe & electrical wire							1 set	
3.7	Stainless Steel Bracket							16	

<u>I/NO</u>	<u>NAME OF ITEM &amp; MODEL NO</u>	<u>COMPANY NAME</u>	<u>SERIAL NO</u>	<u>ASSET NO</u>	<u>LOCATION</u>	<u>D.O.A.</u>	<u>UNIT PRICE</u> (YEN)	<u>QTY</u>	<u>TOTAL AMOUNT</u> (YEN)
10.	Cathodic Protection Equipments Common Parts to All Assorted Set	NAKAGAWA CORROSION PROTECTING CO, LTD	-	-	-	22/7/89	643 400	1 set	643 400
10.1	SUS 304 Specimens		-	-				40	
10.2	Titanium Sleeve		-	-				1 set	850
11.	Cathodic Protection Equipments Spare Parts	NAKAGAWA CORROSION PROTECTING CO, LTD	-	-	-	22/7/89	366 000	1 set	366 000
11.1	Rectifier set Model: RS 1107		-	-				1	
11.2	Platinized Titanium Electrode		-	-				32m	
11.3	Magnesium Reference Electrode		-	-				11	
11.4	Terminal Box		-	-				1	
11.5	Junction Box		-	-				2	
11.6	Conduit Pipe & electrical wire		-	-				1 set	
11.7	Stainless Steel Bracket		-	-				16	

APPCS EQUIPMENT DONATED BY JICA (NUS ASSETS) - 1989\*

平成元年度供与機材リスト (NUS分)

NO.	*NAME OF ITEM & MODEL NO. *機材名	MANUFACTURER メーカー名	QTY 数量	U/PRICE 単価(RP)	TTL AMT 金額(RP)	D.O.A. 輸入日
1	WHITTEHORN STRAIN GAUGE Ws-2 長さ変化測定器	HARUTO TESTING MACHI (株)丸東製作所	1 set	365	365	25/09/90
2	SPECIMEN SURFACER HIC-196-1-74 供試体端面仕上げ器	HARUJI CORP 有限会社	1	1,400	1,400	"
3	PETROCHEMICAL RESISTIVITY METER MCP-11T250 比抵抗測定器	HITSUBISHI PETRO- CHEMICAL CORP 三菱化成(株)	1 set	675	675	"
4	MICRODIGEST A-300 マイクロウェーブ式全自動湿式灰化装置	PRO-LABO アーンスト・ハンセン社	1 set	7,047	7,047	"
5	AUTOMATIC POLARIZATION UNIT HZ-1A 液抵抗補正装置付分極測定装置	TOHO GIKEN 東方技研(株)	1 set	2,544	2,544	"
	* 仕様書別添			合計:	12,031	

\*(not listed in Annex 3, Volume I - Phase I)











JICA



LIB