

# タイ「マプタプット工業団地建設事業」<sup>1</sup>

評価報告：平成 11 年 8 月

現地調査：平成 10 年 11 月

評価実施者：東京都環境科学研究所

三 好 康 彦氏

## 事業概要

借 入 人 : タイ工業団地公社 (IEAT)

実 施 機 関 : タイ工業団地公社 (IEAT)

交換公文締結 : 1985 年 9 月 30 日

借款契約調印 : 1985 年 10 月 4 日

貸 付 完 了 : 1991 年 10 月 4 日

貸 付 承 諾 額 : 3,207 百万円

貸 付 実 行 額 : 1,415 百万円 (チャージ含む)

調 達 条 件 : 一般アンタイト

(コンサルタント部分については部分アンタイト)

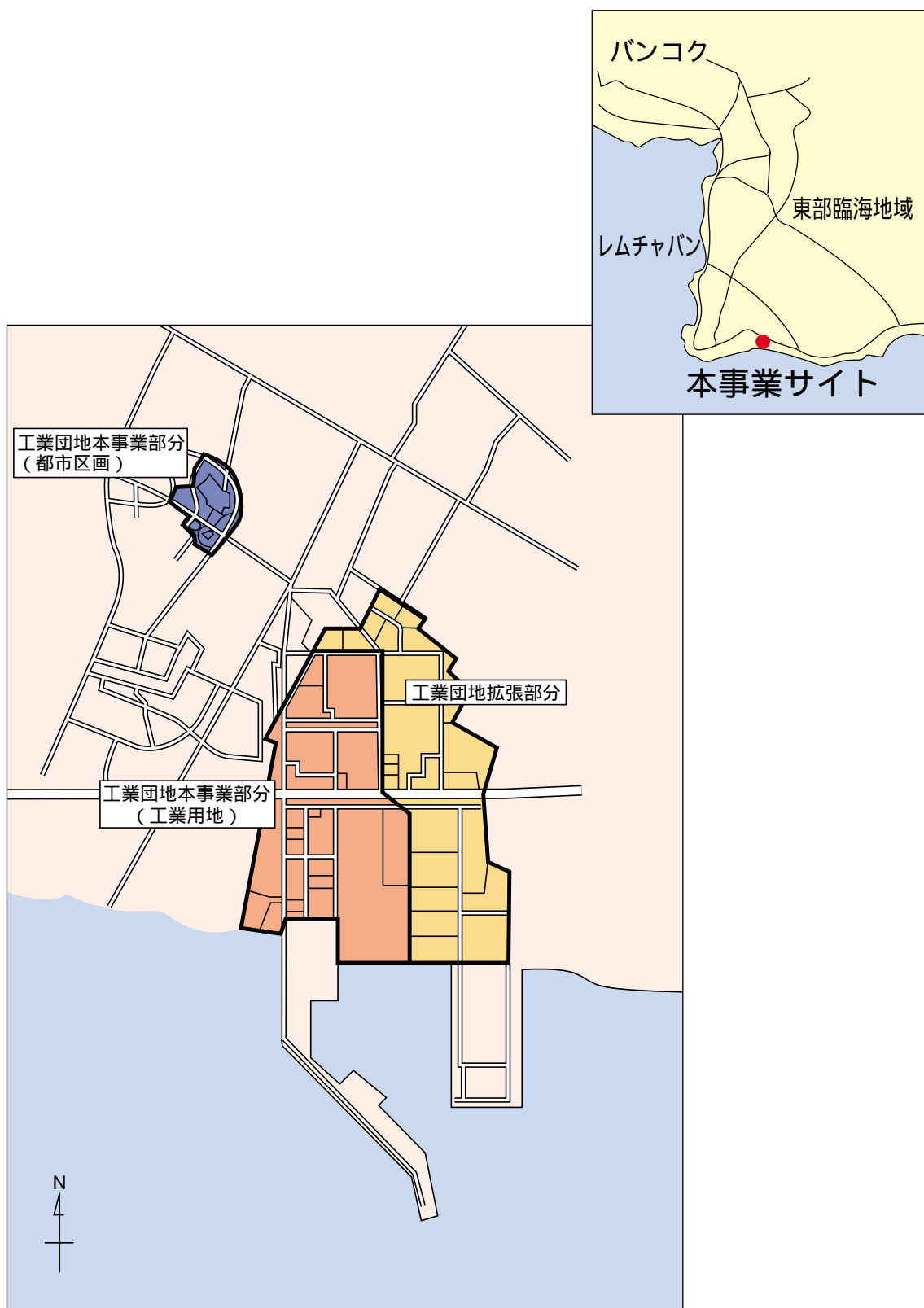
貸 付 条 件 : 金利 3.5%

償還期間 30 年 (うち 10 年据置)

---

<sup>1</sup> タイの東部臨海開発計画への円借款支援の総合的評価の一環として、マプタプット工業団地の公害対策行政について第三者評価を行ったもの。なお、東部臨海開発計画についての総合的な評価は、1999 年 7 月現在調査を継続中であり、今回の報告書とは別途公表する予定。

# 事業地



## 事業の概要と OECF の協力

### (1) 背景

従来、タイ国の工業は軽工業を中心としていたが、タイ政府は東部臨海開発計画において、タイ初の大型重化学工業プロジェクトを推進する政策をとった。具体的には、シャム湾からの天然ガスを利用してラヨン県マプタプット地区を重化学工業地区として開発しようというもので、工場立地を支援する工業団地の建設が求められていた。

### (2) 目的

マプタプット地区への重化学工業の立地促進。

### (3) 事業範囲

マプタプット工業団地(380.8ha)の建設(整地、道路、上下水施設、雨水排水路等)。OECF 借款対象は、事業にかかる外貨費用全額である。

### (4) 借入人 / 実施機関

いずれもタイ工業団地公社 (IEAT) (タイ国政府による借入保証)

### (5) 借款契約概要

貸付承諾額 / 実行額	3,207 百万円 / 1,415 百万円
交換公文締結 / 借款契約調印	1985 年 9 月 / 1985 年 10 月
借款契約条件	金利 3.5%、返済 30 年(うち据置 10 年)、 一般アンタイド(コンサルタント部分 については部分アンタイド)
貸付完了	1991 年 10 月

### (6) 事業評価

円借款対象分(380.8ha)完成後も、IEAT は独自に団地を拡張し、現在は 804.8ha の規模にある。石油化学を中心とした重化学工業により、1998 年時点ですべての工業用地が契約済みとなっており、タイ随一の石油化学基盤としてタイ経済に重要な役割を果たしている。今回は、マプタプット工業団地の性格上、公害対策が重要である点に着目し、同工業団地の公害対策行政について、東京都環境科学研究所に第三者評価を依頼した。

主要計画 / 実績比較

(1) 事業範囲	計画	実績
整地（工業団地 / 都市区域）	380.8ha / 40ha	同左
上下水施設		
浄水場	10,000m <sup>3</sup> / 日	5,100m <sup>3</sup> / 日
下水処理場（工業 / 都市用）	4,000m <sup>3</sup> / 日 / 2,400m <sup>3</sup> / 日	4,000m <sup>3</sup> / 日 / 2,400m <sup>3</sup> / 日
その他施設	道路・雨水排水路等	同左
コンサルティング・サービス	175 M/M	124 M/M
(2) 工期		
土木・建設工事（着工～完工）	1986年4月～1988年3月	1987年12月～1990年5月
コンサルティング・サービス	1985年6月～1988年3月	1987年12月～1990年5月
(3) 事業費		
外貨分	3,207 百万円	1,415 百万円
内貨分	638 百万パーツ	269 百万パーツ
合計	991 百万パーツ（9,015 百万円）	517 百万パーツ（2,948 百万円）
換算レート	1 パーツ = 9.1 円	1 パーツ = 5.7 円

第三者評価報告書

「マプタプット工業団地における公害対策行政に関する評価」

東京都 環境科学研究所  
三好 康彦

## 省略字及び用語解説

### 政府機関等の省略字

IEAT : タイ工業団地公社 ( Industrial Estate Authority of Thailand )

OEPP : 環境政策計画局 ( Office of Environmental Policy and Planning )

DIW : 工場局 ( Department of Industrial Works )

PCD : 公害防止局 ( Pollution Control Department )

GENCO : 環境保護管理 ( 株 ) ( General Environmental Conservation Public Co.,Ltd. )

工業省が資本金のうち 25% を出資して設立した産業廃棄物処理会社。マブタブット工業団地を中心に営業活動を行っている。

### 環境一般に関する用語

ISO14001 :

国際標準化機構 ( ISO : International Organization for Standardization ) による環境マネジメントの国際規格であり、企業その他の組織の環境マネジメントシステム ( 各組織が独自に環境方針や目標などを定め、組織内の各部門・階層でこれら方針・目標などを達成していくためのプログラムを策定・維持していくシステム ) の標準を表したもの。環境マネジメントを扱う規格は ISO14000 シリーズと呼ばれるが、このうち ISO14001 は唯一の審査登録用の規格であり、他は指針などであり強制規格ではない。

### 悪臭に関する用語

三点比較式臭袋法 :

人間の臭覚によって悪臭の程度を測定する試験法の一つである。測定点の空気をポリエチレン製の袋に採取し、6人のパネル - に臭いを希釈した袋を1個とともに無臭の空気を入れた袋2個計3個の袋をセットにして与え、この中から臭いの付いた袋を選択させる。希釈率を順次高めて、この作業を続けていく。濃度が高いうちは正解率も高いが、濃度が薄くなるにつれて正解率は低くなる。各パネル - が臭気袋を正しく選択できなくなるまで行う。そして、各パネル - が何倍まで希釈した濃度 ( 臭気濃度という ) まで正解であったかを集計し、平均したものをその臭いの臭気濃度 ( 無次元数 ) とする方法である。

## 一般大気汚染に関する用語

スクラバー：

水などの液体を用いて排ガス中の有害ガスあるいは固体状または液体状の粒子を除去する装置をいう。

メタン換算：

炭化水素濃度をメタンに換算して表示する方法。例えば、メタンは炭素数1つでエタンは炭素数2つあるため、エタンが1ppmの場合、これをメタン換算すれば、2ppmCとなる。炭素数6つあるベンゼンが1ppmの場合には6ppmCとなる。なお、ppmCのCはメタン換算をしたという意味である。

光化学オキシダント：

紫外線のもとで二酸化窒素と非メタン炭化水素が反応して生成する酸化性物質をいう。その主成分はオゾンであるが、目をチカチカ刺激する物質はPAN（Per-oxy-acetyl-nitrate：硝酸ペルオキシアセチル）と言われる過酸化物質である。

TSP　　：全浮遊粒子状物質（Total Suspended Particulate）

## 水質汚濁に関する用語

BOD　　：生物化学的酸素要求量（Bio-chemical Oxygen Demand）

微生物が有機物を分解するに要した酸素量で mg/l で表す。この値が大きいほど汚染の程度が大きい。10mg/l 以上では臭気を放ち、また魚が棲めなくなる。有機物があっても微生物分解しなければ、酸素量として表示されない。

COD　　：化学的酸素要求量（Chemical Oxygen Demand）

水中の有機物を酸化剤で酸化させ、その時要した酸素量で mg/L で表す。この値が大きいほど汚染の程度が大きい。しかし、BOD と異なる点は、微生物分解しない有機物でも酸化剤で酸化されれば、酸素量として表示される。

SS　　：浮遊物質（Suspended Solids）

目開き 2mm のふるいを通過した試料の適量を孔径 1 μm のガラス繊維ろ紙で濾過して乾燥したものを試料 1 リットル中の mg で表す。

T-S　　：全物質（Total Solids）

試料を乾燥させ溶解した塩も含めたもの。

DO　　：溶存酸素（Dissolved Oxygen）

水中に溶存している酸素濃度を mg/l で表示したもの。水中に有機物が少ないと、この値は一般に大きくなるので、水質の一つの目安になる。水温 20 で飽和溶存量は、わずか 8.84mg/l に過ぎない。

ppt : 塩濃度単位 ( parts per thousand )

海水 1000g 中に含まれる塩の割合を 1000 倍したもの。例えば、通常、海水中の塩濃度は約 3% であるが、塩の含有割合に 1000 を掛けて 30ppt と表示する。

NO<sub>3</sub>-N : 硝酸態窒素

硝酸中の窒素を表す。試料 1 リットル中の窒素量 mg/l で表す。

NH<sub>3</sub>-N : アンモニア態窒素

アンモニア中の窒素を表す。試料 1 リットル中の窒素量 mg/l で表す。

T-P : 全リン ( Total Phosphate )

赤潮 :

赤潮とは、一般に「海水中で浮遊生活をしている微小な生物（主に植物プランクトン）が、突然、異常に繁殖して、このため海水の色が変わる現象」の視覚的な慣習的呼称である。しかし、この定量化については様々な意見があり、必ずしも明確になっていない。参考に東京都では次のような判定基準を設けている。海水が茶褐色、黄褐色、緑色などを呈している。透明度がおおむね 1.5m 以下に低下している。顕微鏡下で赤潮プランクトンが多量に存在していることが確認できる。クロロフィル濃度（クロロフィル a とフェオ色素の合計）が 50mg/m<sup>3</sup> 以上ある。ただし、動物プランクトン等クロロフィルを有さないものはこの限りではない。なおクロロフィルとは植物プランクトンが共通に有しているもの。

TKN : 全ケルダ - ル窒素 ( Total Kjeldahl Nitrogen )

タンパク質など有機物中の窒素を表し mg/l で表示する。

ベントス : 底生生物 ( benthos )

## 騒音に関する用語

### 等価騒音レベル

騒音レベルが時間と共に変化する場合、測定時間内でこれと等しい音圧を与える連続定常音の騒音レベルで、単位は dB で、量記号は Leq で表すことが多い。これは、一定時間内の騒音の総エネルギー - の時間平均値をレベルで表示するもので、変動する騒音を安定的に表現でき、かつ、人間がどの程度曝露されたかを表現する上で優れている。広く



各国で環境騒音等の評価に使用されており、我が国でも平成 10 年に導入されている。

## 1. 本評価の背景

本報告は、海外経済協力基金の依頼により、円借款により建設されたタイ王国のマプタプット工業団地における公害対策行政について、第三者としての評価結果と所見を述べるものである。

マプタプット工業団地はタイ王国の「東部臨海開発計画」の一環である。同計画は、1980年代から実施されてきたもので、我が国は、東部臨海地域のマプタプット、レムチャバンの両工業団地および周辺インフラに、円借款を初め多大な支援をしてきた。マプタプットは主に石油精製と石油化学製品を中心とした工場が多く、レムチャバンは石油関係以外の工場が中心である。

東部臨海地域の開発は日本のタイに対する経済協力の代表的な事例で、その成果と経緯についての事後評価は、両国にとって重要なものである。そこで、東部臨海開発計画の事後評価の一環として、円借款の支援を受けて建設された2つの工業団地のうち、マプタプット工業団地を中心に大気汚染、水質汚濁、廃棄物処理およびモニタリング等の体制について、評価することとなった。

円借款で支援した両団地の内、マプタプット工業団地のみを環境面での評価の対象とする理由は、次の2点である。1) マプタプット工業団地は石油化学産業を中心とした団地であり、レムチャバン工業団地に比較して、より環境面での配慮が重要であること。2) 過去2年程度にわたり、マプタプット工業団地の入居工場からの悪臭被害が問題となっており、マプタプット工業団地における公害対策が、タイ国内で注目されていること。

また、本報告では、悪臭に加え、マプタプット工業団地における一般大気汚染、水質汚濁、騒音、産業廃棄物処理の現状と、タイ工業団地公社（IEAT）を中心とした行政による対応も評価対象としている。

## 2. 調査期間と調査方法

### 2.1 現地調査期間

平成 10 年 11 月 16 日～11 月 26 日

### 2.2 調査方法

(1) 本評価においては、短期間の調査であることから、汚染の現状については改めて測定することは行わず、IEAT による 1998 年における大気汚染、水質汚濁等の測定結果、関係者への訪問・面談、および現地視察をもとに環境汚染の現状について評価した。

(2) 関係者への面談・訪問は下記のとおりである。

面談・訪問先	行政機関・工場・カウンタ-パート又は主な製造品
マプタプット工業団地における公害対策行政の責任を有する国の行政機関	・マプタプット工業団地の環境行政の一義的な責任を有する IEAT の環境担当者と詳細に面談。 ・同団地の主に悪臭問題に対応するために設置された関係省庁の対策委員会に参加している他 3 省庁の担当者を同団地に招き、面談。3 省庁の内、環境政策計画局 (OEPP) と工場局 (DIW) のみ参加。公害防止局 (PCD) は都合がつかず不参加。
マプタプット工業団地の入居工場	10 工場を訪問、環境担当者と面談。一部環境対策施設を視察。10 工場の選定は、事前にマプタプット工業団地の入居工場リストを入手し発生源となる工場を選定。当初、選定した工場のうち、外国人には生産工程を見せることが内規で禁止されている工場や訪問当時工場を停止・定期点検を行っていた工場を除いた工場を訪問。
地元自治体	マプタプット工業団地が立地するマプタプット市 (Map Ta Phut Municipality) の環境・公衆衛生課 (Department of Environment and Public Health) の課長および担当職員と面談。
地元住民	悪臭被害を受けたマプタプット工業団地に隣接する中学校 (Map Ta Phut Phunpettayakarn School) の環境問題担当の教頭先生および生徒。同被害を受けたマプタプット工業団地に隣接する 2 コミュニティの代表との面談。
地元県の保健局	マプタプット工業団地が立地するラヨン県の保健局の担当者と面談。

産業廃棄物処理会社	マプタブット工業団地に立地するタイ国唯一の有害廃棄物を含む産業廃棄物処理の民間会社である GENCO 社を訪問。広報担当者との面談。処理施設を視察。	
訪問 10 工場	会社名	製造品目
	A 社	石油精製
	B 社	テレフタル製造
	C 社	Ta と Nb の精錬
	D 社	ABS 等製造
	E 社	燐酸肥料製造
	F 社	メラミン樹脂製造
	G 社	スチレン製造
	H 社	ラテックス
	I 社	塩化ビニ - ル
	J 社	ゴムの添加物

### 3. マプタプット工業団地における環境の現況と公害対策行政に関する評価

#### 3.1 悪臭

##### 3.1.1 悪臭問題の経緯

マプタプット工業団地は、バンコクの東南方約 200km の地点にあり、車で約 2 時間かかるところに位置している。工業団地には、2 つの石油精製工場、40 以上の石油化学製品、無機化学肥料、鉄鋼などの工場が立地している。

工業団地には 1980 年代から工場が建設され始め、1996 年頃から多くの工場が稼働し始めた。それに伴い悪臭が強くなってきたという。この地域の風向は、春と夏期には南西の風（海から工業団地、周辺地域住民の居住地へ向けての風向き）秋と冬期には反対に北東の風（団地から海に向けての風向き）となる。したがって、悪臭の苦情は、工業団地から周辺地域住民の居住地へ風が吹く春と夏期に多くなる。最も大きな悪臭被害を受けた中学校（生徒数約 1000 人）は、工業団地の北東の位置（図 3-1 において A5）にあり、海、工業団地からの南西の風の通り道に位置する。

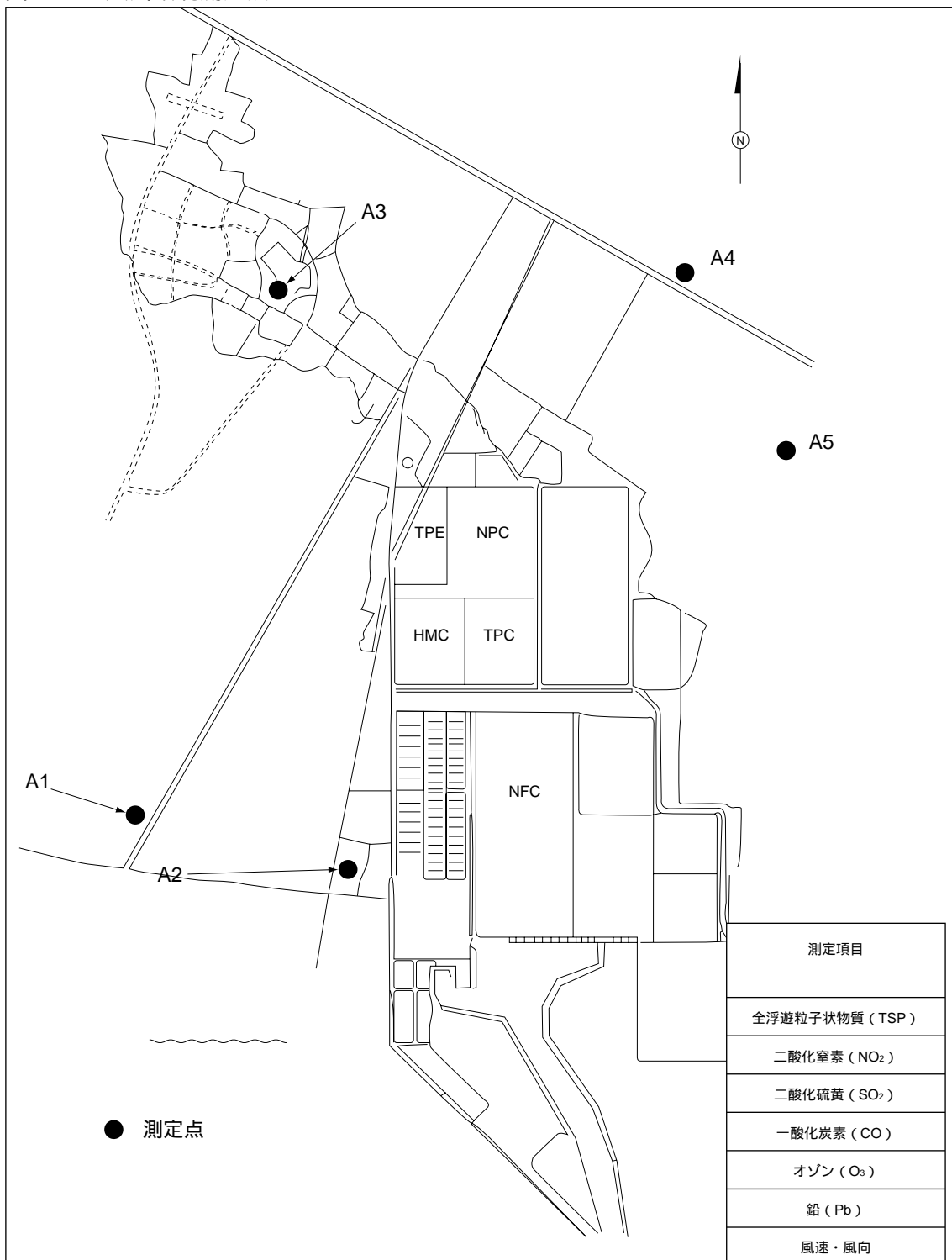
中学校の環境担当の教頭への聞き取り調査によると、全ての生徒が悪臭で困っており、余り悪臭がひどい時には生徒を一時自宅に帰らせたこともあった。更に、1997 年 9 月から 1998 年 2 月までの 6 ヶ月間、4km 先の臨時学校に一時移転した。また、当局が対策として最初全ての教室にファンを、次にエアコンを設置してくれた、という。

地元住民との面談では、工場建設当初は騒音が大きかったこと、その後悪臭がひどくなってきたことを訴えていた。当初工場は住民の苦情を受け付けなかったが、行政側の対応もあり次第に住民の話を聞くようになり、悪臭を出している工場は陳謝したという。また、マプタプット市では苦情が出始めたころから、政府機関に対し工場に対策をとるように要請してきたという。

地元住民の苦情を受け、タイ国政府では、公害対策に関連する 4 機関（マプタプット工業団地の公害対策に一義的な責任を有する IEAT、環境政策の企画立案を担当する OEPP、公害対策一般を担当する PCD、工場の公害対策を担当する DIW）がマプタプット工業団地の悪臭問題に対する対策委員会を組織し、悪臭を排出していると予想される工場を 7 工場に絞り、集中的に改善指導をしてきた。

現在、学校周辺を週 2 回、国の行政機関と市で構成するチームで悪臭の現状調査を行い、工場に対する対策を検討している。マプタプット地域では、悪臭公害について一時、住民と工場の間で敵対関係にあったが、現在では住民、行政機関、工場の三者が協調的に問題解決を目指していると言えよう。

図 3-1 大気環境測定点



### 3.1.2 悪臭の現況

1998年の8～9月を境にして対策の効果が現れてきた。IEATによる環境調査結果からその様子をうかがうことができる。表3-1は工業団地の外側5地点(No.1～5)と団地内5地点(No.6～10)の悪臭成分を1998年6月、9月、および10月にIEATが分析したものである。同表中に、特に臭いの強い成分についても示す。なお、閾値(いきち)とは臭いを感じなくなる濃度である。

表3-1 IEATによる環境中悪臭成分分析

マップアウト工業団地で特に臭いの強い悪臭成分	閾値
・硫化水素 : Hydrogen sulfide( $H_2S$ )	0.5ppb(0.0005ppm)
・メカプタ : Mercaptan	
Methyl mercaptan( $CH_3SH$ )	0.1ppb(0.0001ppm)
Ethyl mercaptan( $CH_3CH_2SH$ )	0.02ppb(0.00002ppm)
・ジメチルサルファイド : Dimethyl sulfide ( $CH_3$ ) <sub>2</sub> S	0.1ppb(0.0001ppm)
・ジエチルサルファイド : Diethyl sulfide ( $CH_3CH_2$ ) <sub>2</sub> S	0.4ppb(0.0004ppm)

#### 1998年6月測定結果

観測項目 (ppb)	観測点									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.ベンゼン	0.192	0.255	0.812	0.296	ND	NM	0.901	0.897	0.453	0.366
2.トルエン	0.383	0.077	0.313	ND	ND	NM	0.086	0.086	0.360	0.343
3.p-キシレン	0.234	0.193	0.517	0.371	ND	NM	0.518	0.511	0.257	0.169
4.m-キシレン	0.106	0.143	0.283	0.330	ND	NM	0.377	0.401	0.207	0.096
5.o-キシレン	0.077	0.166	0.314	0.340	ND	NM	0.422	0.415	0.210	0.056
6.スチレン	0.263	0.093	0.551	0.526	ND	NM	0.314	0.329	1.008	0.741
7.アクリロニリル	ND	ND	ND	ND	ND	NM	ND	NM	0.011	ND
8.ブタジエン	ND	ND	NM	NM	ND	NM	NM	NM	0.075	NM
9.硫化水素	0.940	ND	1.818	ND	ND	NM	NM	1.185	1.933	1.235
10.メカプタ	1.101	ND	1.723	ND	ND	NM	NM	1.265	2.134	1.684
11.ジメチルサルファイド	2.202	ND	0.483	ND	ND	NM	NM	0.521	1.456	0.904
12.ジエチルサルファイド	0.142	ND	0.377	ND	ND	NM	NM	0.342	0.886	1.340
13.酢酸	ND	ND	0.739	ND	ND	NM	2.280	NM	ND	ND
14.ナトリウム	ND	ND	NM	NM	ND	NM	NM	4.083	NM	NM
15.シリコン	ND	ND	NM	NM	ND	NM	NM	ND	NM	NM
16.カリウム	ND	ND	NM	NM	ND	NM	NM	ND	NM	NM
17.塩素	ND	ND	NM	NM	ND	NM	NM	1.211	NM	NM
18.アセトアルデヒド	ND	ND	NM	NM	ND	ND	ND	NM	NM	NM
19.グリコール	ND	ND	NM	NM	ND	ND	ND	NM	NM	NM

出所：IEAT(以下2表についても同じ)

注：ND(Non Detectable：検出不可、正しく測定した上で濃度が検出できないほど低い)、NM(Non Mesurable：測定不可、何らかの事情で測定されなかった)、以下2表についても同じ

1998年9月測定結果

観測項目 (ppb)	観 測 点									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.ベンゼン	ND	ND	ND	ND	ND	NM	ND	ND	ND	ND
2.トルエン	ND	ND	ND	ND	ND	NM	ND	ND	ND	ND
3.p-キシレン	ND	ND	ND	ND	ND	NM	ND	ND	ND	ND
4.m-キシレン	ND	ND	ND	ND	ND	NM	ND	ND	ND	ND
5.o-キシレン	ND	ND	ND	ND	ND	NM	ND	ND	ND	ND
6.スチレン	ND	ND	ND	ND	ND	NM	ND	ND	ND	ND
7.アクリロトリル	ND	ND	ND	ND	ND	NM	ND	NM	ND	ND
8.ブタジエン	ND	ND	NM	NM	ND	NM	NM	NM	ND	NM
9.硫化水素	ND	ND	ND	ND	ND	NM	NM	ND	ND	ND
10.メタノール	ND	ND	ND	ND	ND	NM	NM	ND	ND	ND
11.ジメチルケトン	ND	ND	ND	ND	ND	NM	NM	ND	ND	ND
12.ジエチルケトン	ND	ND	ND	ND	ND	NM	NM	ND	ND	ND
13.酢酸	ND	ND	ND	ND	ND	NM	ND	NM	ND	ND
14.ナトリウム	ND	ND	NM	NM	ND	NM	NM	ND	NM	NM
15.シリコン	ND	ND	NM	NM	ND	NM	NM	ND	NM	NM
16.カリウム	ND	ND	NM	NM	ND	NM	NM	ND	NM	NM
17.塩素	ND	ND	NM	NM	ND	NM	NM	ND	NM	NM
18.アセトアルデヒド	ND	ND	NM	NM	ND	ND	ND	NM	NM	NM
19.グリコール	ND	ND	NM	NM	ND	ND	ND	NM	NM	NM

1998年10月測定結果

観測項目 (ppb)	観 測 点										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.ベンゼン	ND	ND	ND	ND	ND	NM	0.435	0.448	ND	ND	ND
2.トルエン	ND	ND	ND	ND	ND	NM	0.059	0.059	ND	ND	ND
3.p-キシレン	ND	ND	ND	ND	ND	NM	0.296	0.327	ND	ND	ND
4.m-キシレン	ND	ND	ND	ND	ND	NM	0.189	0.176	ND	ND	ND
5.o-キシレン	ND	ND	ND	ND	ND	NM	0.226	0.231	ND	ND	ND
6.スチレン	ND	ND	ND	ND	ND	NM	0.144	0.139	ND	ND	ND
7.アクリロトリル	ND	ND	ND	ND	ND	NM	ND	NM	ND	ND	ND
8.ブタジエン	ND	ND	NM	NM	ND	NM	NM	NM	ND	NM	NM
9.硫化水素	ND	ND	ND	ND	ND	NM	NM	ND	ND	ND	ND
10.メタノール	ND	ND	ND	ND	ND	NM	NM	ND	ND	ND	ND
11.ジメチルケトン	ND	ND	ND	ND	ND	NM	NM	ND	ND	ND	ND
12.ジエチルケトン	ND	ND	ND	ND	ND	NM	NM	ND	ND	ND	ND
13.酢酸	ND	ND	ND	ND	ND	NM	1.469	NM	ND	ND	ND
14.ナトリウム	ND	ND	NM	NM	ND	NM	NM	ND	NM	NM	NM
15.シリコン	ND	ND	NM	NM	ND	NM	NM	ND	NM	NM	NM
16.カリウム	ND	ND	NM	NM	ND	NM	NM	ND	NM	NM	NM
17.塩素	ND	ND	NM	NM	ND	NM	NM	ND	NM	NM	NM
18.アセトアルデヒド	ND	ND	NM	NM	ND	ND	ND	NM	NM	NM	NM
19.グリコール	ND	ND	NM	NM	ND	ND	ND	NM	NM	NM	NM



1998年6月の測定では、工業団地の外側のNo.1とNo.3地点で、メルカプタンやジメチルサルファイドなどで閾値の11～22倍もの濃度となっている。また、団地内のNo.8～No.10地点では同様に閾値の14～21倍となっている。硫黄系の臭いは極めて不快であるため、このような濃度では、苦情の発生は当然と考えられる。

ところが9月と10月では、いずれの悪臭成分も、濃度がND(Non Detectable)で検出されていない。これは、風向きが反対となったこともあるが、IEATによる改善指導を受けた工場の対策の実施が1998年6月～7月頃に集中しており、これら対策の効果が現れてきたことも要因であると思われる。

同時期に、中学校生徒等の健康診断についても実施されている。表3-2の調査結果は、ラヨン県保健局が中学校生徒及び職員に対して健康調査を行ったものである。同調査結果によれば、1998年5月に比較し、9月には、何らかの疾病を訴える割合が減少している。この調査結果のみから、頭痛、喉の痛み、呼吸器疾患、気管支炎、鼻炎などが、すべて悪臭や微量の有害物質による影響であると判断することは難しい。このことは中学校の環境担当の教頭も認めているところである。しかし、9月の健康調査時点では、悪臭が大幅に減少し、生徒に心理的不安を与えていない状況であるから、それに伴って身体的不調を訴える割合が減少したということは推測される。

表 3-2 中学校生徒および職員の健康調査結果

内訳	調査時期	
	1998年5月	1998年9月
調査対象数	871人	809人
何らかの疾病	524人(60.16%)	324人(40.05%)
頭痛(Headache)	21.30%	8.33%
喉の痛み(Laryngitis)	17.37%	12.34%
風邪(Cold)	12.40%	-
発疹(Rash)	9.92%	-
めまい(Vertigo)	9.92%	-
気管支炎(Respiratory tract inflammation)	8.20%	17.28%
鼻炎(Rhinitis)	8.01%	14.81%
扁桃腺(Tonsillitis)	2.67%	8.02%
呼吸器疾患	-	18.52%
皮膚病(Skin diseases)	-	8.02%
その他	14.69%	14.20%

出所：ラヨン県保健局

### 3.1.3 IEAT による悪臭対策に対する評価

悪臭問題は、一般に被害者の苦情があつて問題となることが多い。日本においても、昭和 40 年代には多くの悪臭の苦情があつた。しかし、それらを一つ一つ解決してきた蓄積があるため、現在では例え問題があつたとしても解決や対応はすみやかである。この点、タイ国においては指導監督する側の行政に悪臭対策の経験がないこと、工場側にとつてもこのような大規模な石油関連工場の立ち上げ、運転等の経験がないことが、悪臭ガス漏れや事故などにより、悪臭公害を大きくした原因と考えられる。

さらに、工業地域と住居地域が近接しており、用途地域制が十分に遵守されていないことも大きな原因として挙げられる。

悪臭問題に対し IEAT は、緊急対策として悪臭を排出していると推測される工場 7 工場に絞り集中的に改善指導をしてきた。その指導方法は、改善すべきところを具体的に挙げさせ、期限を付けて改善するように指導したものである。これに対し、工場は IEAT の指導を受け入れ、大部分の対策を終了している。例えば、指導事例としては表 3-3 のようなものがある。

表 3-3 IEAT による悪臭対策指導例

指導対象企業	指導内容
K 社	<ul style="list-style-type: none"><li>・スクラバ - を 1998 年 7 月 20 日まで設置する。</li><li>・廃油処理施設に対しカバ - を 1998 年 6 月までに実施する。</li><li>・悪臭燃焼装置を同年 10 月までに設置する。</li></ul>
L 社	<ul style="list-style-type: none"><li>・タンクなどのガス漏れに対し 1998 年 6 月までにスクラバ - を設置する。</li><li>・悪臭物質の燃焼装置を 1998 年 7 月までに設置する。</li></ul>

出所：IEAT

マプタプット工業団地におけるこれまでの悪臭対策は、発生源が明確なものが中心である。対策技術も多くの工場が外資系であるため本国の技術に従って実施したところが多い。現在の対策を推進すれば、大幅に悪臭の改善がなされると予想される。IEAT のこれまでの対応は、悪臭を定期的かつ定量的にモニタリングするのではなく、悪臭被害の苦情に、いわば緊急避難的に対応するものであった。

しかしながら、さらに工場数が増加し、生産量が増加すると、悪臭の数量的評価をしていない今の対策では対応できなくなることが予想される。それは、個々の工場が現在の対策を実施して相当な程度悪臭が減少しても、個々の工場からの悪臭を総計した工業団地全体としての悪臭は、依然周辺住民から苦情が寄せられる程度に大きなものとなる可能性があるからである。今後、個別の発生源の臭気レベルの数値化した上で、工業団地全体の臭

気レベルも把握することが必要と考えられる。

### 3.1.4 悪臭対策への提言

#### (1) 悪臭測定方法の改善

今後、個別の工場から排出される悪臭が減少しても、工場数の増加や生産量の増加によって、工業団地全体として総計すると強い悪臭となってしまう可能性がある。この場合、個別工場では、現在よりも微妙な悪臭への対策が必要となり、数量化により客観的に悪臭の程度を把握すること無くしては、どの工場でどの程度の対策が必要かを特定することが困難である。また、装置の老朽化で、工場側では対策をしていると認識しているにもかかわらず、悪臭がどこにも漏れる可能性があり、悪臭の程度が数量化されていない現在の対応では、原因工場を特定し対策を促すことがますます困難になると予想される。

悪臭の数量化により、悪臭の程度を個別工場および工業団地全体について客観的に把握することが可能となり、また、各工場に客観的かつ公平な目標値を示すことも可能になる。これによってきめ細かな対策を促し、かつその対策効果を明確に把握することができる。

悪臭の程度を数量化する方法には色々あるが、中でも三点比較式臭袋法<sup>2</sup>は、客観的で信頼性があり、日本では悪臭防止法に取り入れられており、タイ国にとっても参考になると思われる。現在、IEAT では日本の三点比較式臭袋法を模した方法で、悪臭の把握に努めているが、悪臭の程度を数量化していない。したがって、今後、悪臭の数量化を実施する必要があると思われる。

#### (2) 改善指導の継続

悪臭対策の基本は、IEAT がこれまで指導してきたとおり、発生源をカバーし、悪臭成分を燃焼、吸着または吸収することである。したがって、これからもこのような指導を引き続き継続することが必要である。また、発生源毎に、「臭気濃度」とともに「ガス量」を測定し、これらの積すなわち「臭気強度」を求めるのが望ましい。この値の大きい発生源から改善指導を実施していくと効果的である。

---

<sup>2</sup> 「三点比較式臭袋法」については、冒頭の「省略字および用語解説」を参照。

### (3) 指導標準書の作成

今回、IEAT によって、工場が対策をいろいろ採用してきたことについて、業種毎に一般化して、分かり易い解説書または指導標準書を作り上げることが必要である。これは今後、タイ国の環境防止技術の重要な財産となり、他のアジアの国にとっても参考となる。

### (4) ISO14001 取得の推進

団地入居工場の多くは、企業他の組織による環境マネジメントシステムの国際規格である ISO14001 の取得を目指している。悪臭問題への対策には、絶えず点検と改善が求められるものであるから、基本的には ISO14001 に規定される環境マネジメントシステムと同様なところがある。したがって、ISO14001 の取得を勧めるとともに、常に工場に悪臭改善の目標を設定させ、その達成を確実に実施するように指導することが必要である。

## 3.2 一般大気汚染

### 3.2.1 一般大気汚染の現況

#### (1) IEAT による測定項目と測定点

測定項目は煤塵（TSP：全浮遊粒子状物質）、二酸化窒素（NO<sub>2</sub>）、二酸化硫黄（SO<sub>2</sub>）、一酸化炭素（CO）、オゾン（O<sub>3</sub>）、鉛（Pb）の6項目である。

測定点は、図 3の A1～A5 である。春期と夏期の風向が南西で、秋期と冬期が東北であるから、測定点は適切と考えられる。

#### (2) マプタプットの気象条件

##### (i) 気温および雨量(1981-1996 年)

月	気温(°C)	雨量(mm)	月	気温(°C)	雨量(mm)	月	気温(°C)	雨量(mm)
1	25.8	21.9	5	29.7	197.1	9	27.9	260.5
2	27.7	38.8	6	29.3	177.4	10	27.4	206.9
3	28.8	65.6	7	28.8	161.7	11	27.0	67.8
4	29.9	66.7	8	28.6	133.0	12	25.5	5.2

特徴：1年間を通じて、気温変化がほとんどない。年間雨量については約 1403mm で東京(約 1405mm)とほとんど同一である。

##### (ii) 風向

風向については、1998 年 7 月に 3 日間測定されているが、ほとんどが南西、西南西、南、または南南西である。

#### (3) 測定結果<sup>3</sup>

##### (i) 環境基準との関係と汚染状況

IEAT による 1998 年の大気環境測定結果を表3-4 に示した。なお、タイと日本の環境基準値は表3-5 に示すとおりである。一般的には、一酸化炭素を除くとタイの環境基準の方がゆるやかである（タイの環境基準値の方が高い）。なお、二酸化窒素（NO<sub>2</sub>）は、タイと日本の環境基準において平均時間が異なるが、24 時間値の 2 倍の値がほぼ 1 時間値に相当すると考えてよい。

<sup>3</sup> なお、IEAT による大気環境測定結果は、長期にわたって測定されたものではないため、大気汚染の現況を正確に把握したものではない。本文中の議論はあくまでも IEAT の測定結果のみから判断したものである。

表 3-4 IEAT による一般大気環境測定結果

(1998 年 7 月)

測定項目	単位	観 測 点					環境基準値
		A1	A2	A3	A4	A5	
全浮遊粒子状物質 (TSP)	mg/m <sup>3</sup>	0.04	0.04	0.08	0.01	0.04	0.33 24 時間平均値
		0.06	0.03	0.08	0.05	0.07	
		0.07	0.04	0.07	0.04	0.06	
二酸化窒素 (NO <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup>	0.01	0.04	0.02	0.01	0.02	0.32 1 時間平均値
		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
		0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	
二酸化硫黄 (SO <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup>	ND	0.01	ND	0.01	0.01	0.30 24 時間平均値
		ND	0.01	ND	0.01	0.01	
		ND	0.01	ND	0.01	0.01	
一酸化炭素 (CO)	mg/m <sup>3</sup>	1.04	1.09	ND	1.08	1.08	10.26 8 時間平均値
		1.09	1.04	0.11	1.48	1.13	
		1.47	1.40	0.23	1.24	1.88	
オゾン (O <sub>3</sub> )	mg/m <sup>3</sup>	0.04	0.14	0.02	0.04	0.12	0.20 1 時間平均値
		0.06	0.10	0.02	0.06	0.16	
		0.06	0.12	0.02	0.04	0.12	
鉛 (Pb)	μg/m <sup>3</sup>	0.01	0.04	0.02	0.02	0.02	1.5 1 ヶ月平均値
		0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	
		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	

出所：IEAT

表 3-5 タイと日本における環境基準値

測定項目	タイの環境基準 (平均時間)	日本の環境基準 (平均時間)
全浮遊粒子状物質 (TSP)	0.33mg/m <sup>3</sup> (24h)	0.10mg/m <sup>3</sup> (24h)
二酸化窒素 (NO <sub>2</sub> )	0.32mg/m <sup>3</sup> (1h)	0.08~0.12mg/m <sup>3</sup> (24h)
二酸化硫黄 (SO <sub>2</sub> )	0.30mg/m <sup>3</sup> (24h)	0.11mg/m <sup>3</sup> (24h)
一酸化炭素 (CO)	10.26mg/m <sup>3</sup> (8h)	25mg/m <sup>3</sup> (8h)
オゾン (O <sub>3</sub> )	0.20mg/m <sup>3</sup> (1h)	0.13mg/m <sup>3</sup> (1h)
鉛 (Pb)	1.5 μg/m <sup>3</sup> (1month)	なし

表 3-4 の測定結果は、タイ国の環境基準値を全て満足している。日本の基準値と比較すると、オゾン (O<sub>3</sub>) 以外は全て基準を満たしている。

まず、全浮遊粒子状物質 (TSP) 濃度について、日本では測定地点のうち約 50%が環境基準を満たしているに過ぎないが、マップアウトでは日本の環境基準を十分満足している。二酸化窒素 (NO<sub>2</sub>) 濃度は、日本の環境基準値の約 1/10 である。二酸化硫黄 (SO<sub>2</sub>) 濃度は、ND~0.01mg/m<sup>3</sup> で日本の環境基準値と比較しても 1/10 以下である。これは多くの工場が豊富に供給される天然ガスを燃料としているためである。一酸化炭素 (CO) 濃度は日本の現状と同一レベルで極めて低いと言える。

## (2) 光化学オキシダントの発生の可能性

オゾン (O<sub>3</sub>) 濃度はタイ国の基準を下回っているが、測定地点 A5 において、10～11 時の濃度が 0.16mg/m<sup>3</sup> でタイ国の環境基準値に近く、日本の環境基準値と比較した場合には基準値を越えている。この原因について次の 2 つが考えられる。

- ① 海岸地域は紫外線がもともと強いため、紫外線で酸素の一部がオゾンとなったことによるもの。
- ② 光化学反応で光化学オキシダントが生成した結果、オゾン濃度が高くなったことによるもの。

① に関し、オゾン濃度は、通常東京では 0.11mg/m<sup>3</sup> 程度であるが、東京と比較するとマプタプットの方が少し高いと思われる。この原因について、紫外線が強いことによる自然由来とするには、マプタプットのオゾン濃度は、少し高すぎるように見受けられる。

次に、② について、光化学オキシダントの主成分であるオゾンは、紫外線のもとで非メタン炭化水素および二酸化窒素が一定濃度以上存在すると生成するものである。この地域は言うまでもなく紫外線は十分存在し、非メタン炭化水素についても石油精製や石油化学工場が多数存在すること、ディーゼル自動車など多量に炭化水素を排出する自動車が多いことなどから十分 (メタン換算で 0.3ppmC 以上) に存在すると考えられる。二酸化窒素についても、濃度は低い (0.01～0.04mg/m<sup>3</sup>) ものの存在するので、光化学反応が起こり、オゾンが生成し、その結果オゾン濃度が増加したのではないかと予想される。

光化学オキシダントの発生は、一般的には光化学スモッグとして知られている。光化学スモッグが発生すると、目や気道の粘膜刺激症状を生じるなどの健康への影響がある。

IEAT 職員によれば、目がチカチカするという住民の訴えがあったという。これは光化学反応によって生成した PAN(パーオキシアセチルナイトレートでオキシダントの一成分) の特徴に一致するもので、上述の予想を裏付けるものであるが、詳細な調査結果が無い現状では予測の域を出ない。

将来、自動車の増加、工場数や生産量の増加で NO<sub>2</sub> 濃度の増加が懸念される。したがって、将来的に光化学オキシダントが発生することは確実と予想されるので、早期の対策が望まれる。

## (3) 現地視察 (目視) による所感

マプタプット滞在は 11 月 17 日から 1 週間程度であったが、この間天候に恵まれていた。マプタプット工業団地には緑も多く、道路中央にある植木には散水車が施水していた。現地の大気は、日本の昭和 40 年代の始めに見られた様な黒煙やばいじんなどはほとんど存在

せず、人為的な霞の発生も見られず、視程距離も大きかった。これは、既に述べたように、多くの工場が天然ガスを燃料としているためと思われる。黒煙など目に見える汚染は、ほとんど感じることはなかったが、目に見えない臭気については多少感じる場所があった。なお、工業団地内外を走る整備不良のトラックなどの自動車による大気汚染が懸念された。

### 3.2.2 IEAT による一般大気モニタリングに対する評価

#### (1) 測定頻度・方法

大気汚染物質は大気拡散によって広範囲に広がるものであるが、それに影響を与える主なものは風向、風速、大気安定度、煙突の高さ、排ガス温度、排出速度、汚染量、外気温度などである。このうち、風向、風速、大気安定度は季節により、また、1日のうちにおいても大きく変わる。したがって、IEAT が実施している一年間に数回限りの短期間の環境汚染測定では全体の汚染濃度レベルを正確に把握することは困難である。今後、環境測定の結果によって大気汚染対策を推進するためには、1年を通じた長期にわたる継続的な測定で確実な汚染状況を把握する必要がある。

なお、測定には手分析による方法と自動機器による方法があるが、測定操作の同一性から後者の方が望ましい。しかし、機器は購入費が当初相当かかるので、早急な導入が困難な場合がある。このような時には、手分析によるしかないが、必要最小限の人数で全体の汚染状態が把握できるようによく計画して効率的に実施することが必要である。

#### (2) 測定項目

測定項目については、現在の項目の他に、光化学オキシダントの発生をモニタリングするために非メタン炭化水素を測定する必要がある。なお、メタンは光化学反応に関与しないので測定する必要はない。非メタン炭化水素の測定はガスクロマトグラフ法によるメタンの分離手段を併用して FID(水素炎イオン化検出器)によって測定する。

その他の測定項目としては、石油精製・石油化学工場が多いため、炭化水素系の有害物質(ベンゼンなど)を加える必要がある。ただ、炭化水素系の有害物質は数が多いので、これらを全て測定することは、費用の点から測定の継続が困難になることがある。このような場合には、一度、発生源と環境濃度を正確に測り、毒性の強いものと発生量の多いものを特定して測定項目を絞る方法もある。



### (3) 基礎データの収集およびコンピュータシミュレーションによる予測・対策の必要性

今後、よりきめの細かい大気汚染のモニタリングと対策を講じていくためには、発生源資料や気象情報などの基礎データを収集し、これらデータを用いたコンピュータシミュレーションによって、汚染物質の最大出現点や悪臭強度の拡散状況を把握し、それによって対策を効果的に行うことが望ましい。

収集すべき基礎データは、工業団地全体から排出される硫黄酸化物量、窒素酸化物量、ばいじん排出量などの測定値、燃料使用量、蒸発炭化水素量、臭気強度などである。さらに、個々の工場にある煙突の高さ、排ガスの排出速度、温度など発生源の情報も合わせて収集することが大切である。

また、同シミュレーションに基づき、事故時に備えて、風向との関係から、発生した有害物質を避けることが可能な、避難方向をいち早く明示できるようなシステムを確立すると被害を最小限にすることも可能である。

さらに、同シミュレーションに基づき光化学オキシダントの発生予測を行い、発生予防対策に役立てることも可能である。

### (4) 総量規制

将来、工場数の増加や生産量の増加で濃度規制方式では汚染増加を防ぐことが困難であるならば、その地域に汚染物を増加させない総量規制も検討すべきである。これについて日本ではすでに実施（硫黄酸化物と窒素酸化物のみ）されているため、実施方法については日本の事例が参考になろう。

## 3.2.3 IEAT による大気のモニタリングに対する提言

### (1) 工場監視の継続

公害防止施設の機能チェック（活性炭吸着塔など）や各関連施設の点検を目的に定期的に工場に立ち入り、個々の工場に対する監視指導を引き続き継続する。

### (2) 測定頻度の向上と測定項目の増加

大気汚染の現況が正確に把握できるように測定頻度を上げる。このため、長期連続測定が可能な自動測定機器の導入を検討する。

測定項目については、光化学オキシダント生成の可能性を検討するため非メタン炭化水素を測定する。また、数多い炭化水素系有害物質については、毒性と発生量から項目を絞る

必要があるが、毒性が強く比較的排出量の高いベンゼンなどが当面中心となろう。

### (3) 基礎的情報の収集

#### (i) 各工場の環境関係の基礎的情報（ばい煙量、燃料使用量など）の収集

これらの情報はデ - タベ - スとしてコンピュ - タにインプットされる。これらの情報は各工場にアンケートの形式で行われるが、日本の環境庁が各自治体に委任して実施している書式が参考になると思われる。

#### (ii) 気象情報の収集

発生源の有害物質が地上付近の環境に与える影響は、その時の気象条件に支配される。特に、風速、風向、大気安定度によって最大着地濃度の出現点やその濃度は大きく異なる。したがって、気象観測機器で高度による温度差、日射量（強・並・弱）、夜間の放射収集量または日中・夜間の雲量についても調べる必要がある。

### (4) コンピュ - タによる汚染予測・対策への適用、および総量規制の検討

コンピュ - タで基礎的情報を使用し、光化学オキシダントの発生、有害物質等による最大汚染地点、事故時の避難方向、等の予測および対策に適用する。さらに、将来、濃度規制のみでの環境汚染の改善が困難になることも考えられる。この場合には、各発生源（工場）の排出量と気象条件を考慮したシミュレーションを通じて、各工場に汚染物質の発生量を割り当てる総量規制の適用を検討する必要がある。

### (5) 指導標準書の作成

ボイラ - 、加熱炉、焼却炉、脱硫施設、有害ガス処理施設など公害発生施設や公害防止施設などを分かり易く解説し、また、他の工業団地にも利用できる指導書を作成する。この指導書は工場が設置している各施設を監視・指導し、実際に測定したデ - タなどから作成することが重要である。これは、タイ以外の外国の資料を参考にして作成した場合、燃料の質や管理方法などがタイの事情とは異なり使用できないことがあるためである。

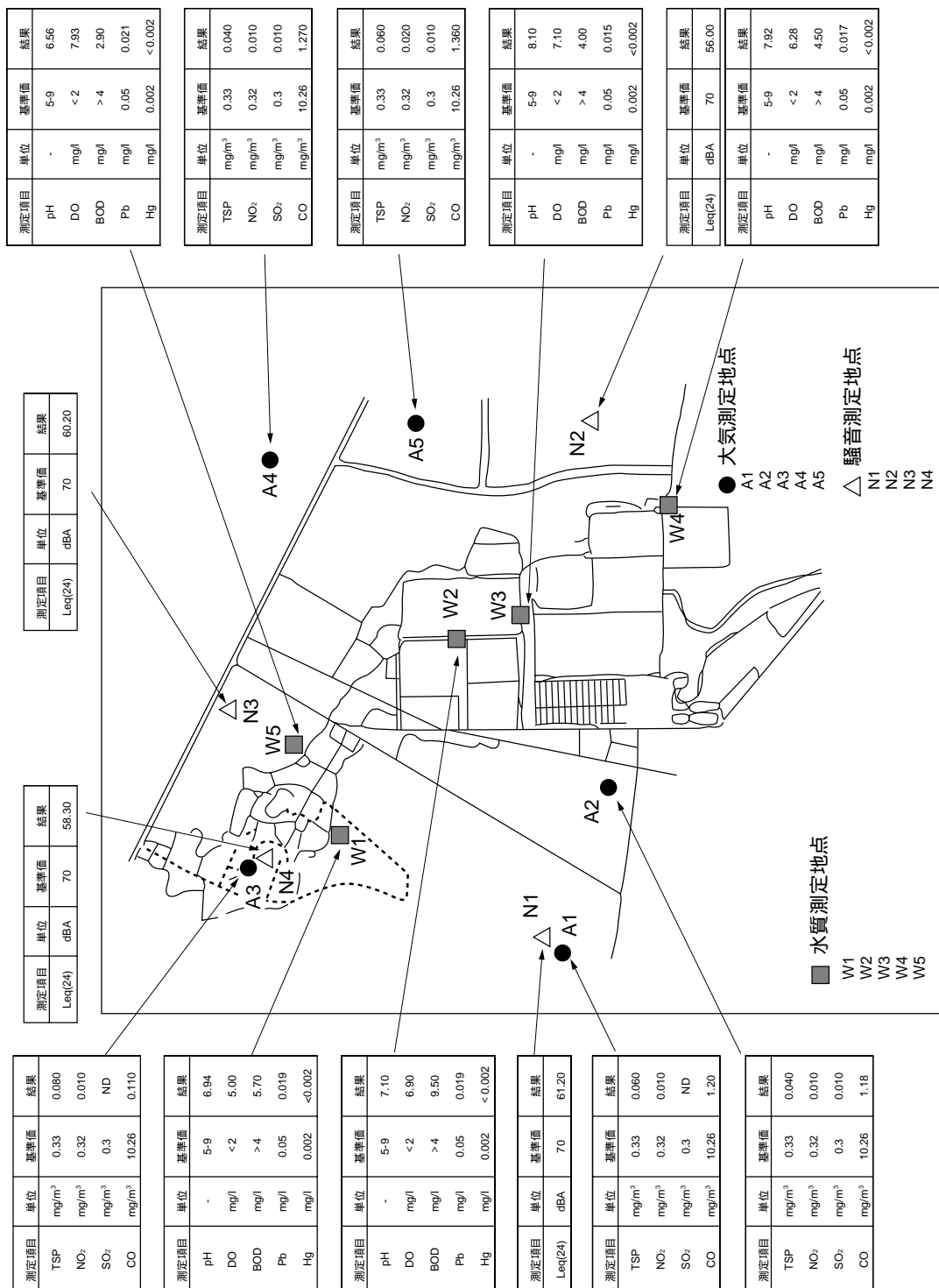
### 3.3 水質汚濁

#### 3.3.1 工業団地内の運河の汚濁現況

##### (1) 採水測定地点

運河は工業団地内を図3-2に示したように流れており、工場排水を海に排出するために造られたものである。W1～W5の5地点が採水点で、W1とW5は工業団地外の小河川である。

図3-2 大気、水質および騒音の測定点と測定結果



## (2) 環境基準値と測定結果

環境基準値は各測定地点の測定結果とともに図 3-2 に示した。また、環境基準値のない項目についての測定結果は表 3-6 に示した。

表 3-6 IEAT による運河の水質測定結果(1998 年 7 月)

測定項目	単位	検出 限界値	測定場所					環境 基準値
			W1	W2	W3	W4	W5	
1 生物化学的酸素要求量 (BOD)	mg/kg	-	5.7	9.5	4.0	4.5	2.9	4.0
2 化学的酸素要求量 (COD)	mg/L	-	15.41	29.20	400.61	256.16	11.80	-
3 溶存酸素 (DO)	mg/L	-	5.00	6.90	7.10	6.28	7.93	2.0
4 油脂 (Grease & Oil)	mg/kg	-	0	0	0	0	0	-
5 硝酸性窒素 (Nitrate Nitrogen)	mg/L as NO <sub>3</sub> -N	-	0.27	0.48	0.74	1.22	0.05	-
6 アンモニア性窒素 (Ammonia Nitrogen)	mg/L as NH <sub>3</sub> -N	-	0.80	9.10	1.96	2.01	1.13	-
7 25.0℃でのpH値 (pH at 25.0℃)	-	-	6.94	7.10	8.10	7.92	6.56	-
8 全リン (Total Phosphate)	mg/L	-	0.49	0.53	1.11	1.39	0.36	-
9 浮遊物質(Suspended Solids)	mg/L	-	63	53	127	110	0	-
10 全物質 (Total Solids)	mg/L	-	190	560	28,269	21,593	185	-
11 塩濃度 (Salinity)	ppt	-	0.1	0.4	10.0	7.8	0.1	-
12 気温 (Temperature)	℃	-	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	-
13 混濁 (Turbidity)	NTU	-	58.30	40.90	17.90	25.40	8.26	-
14 全カドミウム (Total Cadmium)	ppm	0.01	0.002	0.002	0.003	0.002	0.001	0.05
15 全鉛 (Total Lead)	ppm	0.05	0.019	0.019	0.015	0.017	0.021	0.05
16 全水銀 (Total Mercury)	ppm	0.001	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.002
17 全亜鉛 (Total Zinc)	mg/L as Zn	0.05	0.07	0.07	0.10	0.10	0.10	1.00
18 糞便性大腸菌 (Fecal Coliform Bacteria)	MPN: 100ml	-	130	80	50	23	8	-

出所：IEAT

## (3) 汚染の現況

環境基準との関係で、汚染現況を概観すると以下のとおりである。

まず、有害物質である鉛 (Pb) と水銀(Hg)は全ての地点で環境基準値を満足しているため、重金属による汚染はないと言える。

しかし、BOD では工業団地外の W5 以外は全て基準値を上回っており、団地内では、工場排水の影響により強く汚濁されている。特に、W2 は BOD 濃度が 9.5mg/l と環境基準値の 2 倍以上となっているため、有機物による汚濁が指摘できる。

また、環境基準はないが、COD では W3 と W4 で高い値 (それぞれ 400 と 256mg/l、なお BOD は低い値) なので微生物によって容易に分解されない有機物によって、強く汚染され

ていると言える。

酸素濃度は全ての地点で、5mg/l 以上あるので、魚の生息は一応可能であるが、W3 付近では塩濃度(Salinity)が高く (10ppt = 1%、海水は約 3%)、通常の淡水魚は生息できないと思われる。

また、SS (Suspended Solid) と T-S (Total Solid) の濃度が高い。高い SS のため、水が強く濁っており、快適な水辺環境からほど遠いレベルとなっている。ただし、調査時点の目視で、水の色が土色であったので、工場建設や道路工事のため運河両岸から土壌が、運河に落ち込んだことが原因であるとも考えられる。

赤潮発生の原因物質である窒素 ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_3\text{-N}$ ) や T-P (Total Phosphate) 濃度については、基準はないが、工場排水のため通常のレベルより 10 倍以上の濃度となっている。

### 3.3.2 工業団地の隣接海域の汚染現況

#### (1) 採水測定地点

図 3-3 における S1 ~ S5 の 5 地点で、比較的東西に伸びた領域である。この内、S1 は工業団地と離れているため比較的民家の家庭排水の影響を受けやすいところで、S3、S4、S5 は工業団地に比較的近いので工場排水の影響を受けやすいところと思われる。

#### (2) 環境基準値と測定結果

1998 年 7 月 18 日の測定結果の一部を、環境基準値とともに図 3-3 に示し、全ての測定結果は表 3-7 に示した。環境基準には、有害物質として、カドミウム(Cadmium、基準値:0.005mg/l)と全水銀 (Total Mercury、同:0.0001mg/l)が設定されている。

#### (3) 汚染の現況

海域の水質は、下記に見る通り、赤潮 (主に植物プランクトン等の海水中の微少な生物が異常に繁殖して海水が変色する現象)<sup>4</sup>の発生の兆しがあるなど、汚染の進行が急速に進んでいると言ふべき状態である。ただし、マプタプット港 (肥料工場専用バース) の岸壁から、目視による海水の観察 (透明度や少ない貝類の付着程度) によって判断すると、海底に植物プランクトンなどの死骸からできるヘドロの沈殿ができるなどの深刻な事態にはまだ至っていない、と思われる。

環境基準との関係では、カドミウムと全水銀は基準を完全に満足しており、これらの有

<sup>4</sup> 赤潮の定義、判定基準については、冒頭の「省略字および用語解説」を参照。

害物質による汚染は生じていない、と思われる。

しかし、溶存酸素（DO）は、飽和濃度（6.5mg/l）以上であるから、植物プランクトンが多数増殖していることを意味している。

表 3-8 に示したように植物プランクトンの調査が同時に行われており、運河の放流点に最も近い S4 においては中層から表層にかけて植物プランクトンの数が 87,945 個/l であり、他の地点と比較して飛び抜けて高い。植物プランクトンがこの程度存在すると海水の色が多少変化する可能性がある。

さらに、植物プランクトンが増殖する栄養塩である窒素とリン濃度をみると、窒素のうち NH<sub>3</sub>-N は東京湾内の濃度以上にある。リンについては S5 で濃度が高く東京湾内の濃度以上である。これらの測定結果から植物プランクトンが増殖するに必要な栄養濃度が存在する可能性があると言え、すなわち、富栄養化現象の領域に達している可能性がある。

次に、動物プランクトン、Egg and larva、及びベントスの調査結果をそれぞれ表 3-9、表 3-10、及び表 3-11 に示した。これらは植物プランクトンとは異なり、種類数や個体数の多い方が水質のよいことを物語っている。東京湾の少し沖合と比較すると動物プランクトンの数は 1 桁少なく、二枚貝（アサリなど）の数も少ないのが特徴である。

なお、IEAT による調査で海水の BOD 測定が行われているが、植物プランクトンの存在下では BOD は正確に測定できない。また、測定結果中、NO<sub>3</sub>-N 濃度が ND になっているが、溶存酸素が十分ある海水ではそのようなことは実際にはあり得ない。このような事実は測定の信頼性に問題点がある可能性を示唆している。

図3-3 海水の採水点

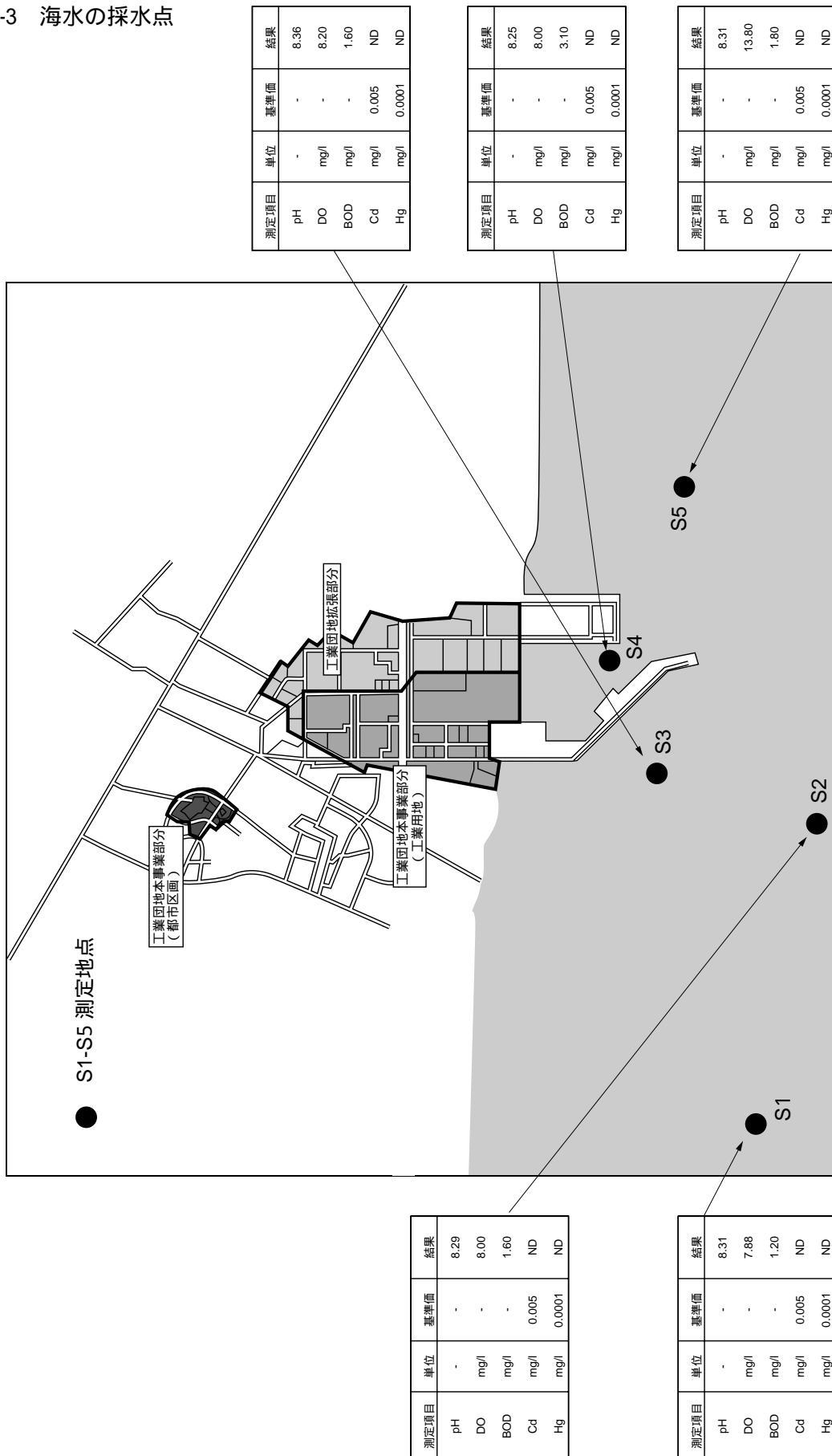


表 3-7 IEAT による海水の水質測定結果 (1998 年 7 月)

測定項目	単位	検出 限界値	測定場所					環境 基準値
			S1	S2	S3	S4	S5	
1 生物化学的酸素要求量 (BOD)	mg/L		1.2	1.6	1.6	3.1	1.8	-
2 溶存酸素 (DO)	mg/L		7.88	8.00	8.20	8.00	13.80	-
3 油脂 (Grease & Oil)	mg/L		0	0	0	0	0	-
4 アンモニア性窒素 (Ammonia Nitrogen)	mg/L as NH <sub>3</sub> -N		0.56	0.28	0.14	0.56	0.28	-
5 硝酸性窒素 (Nitrate Nitrogen)	mg/L as NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N		ND	ND	ND	ND	ND	-
6 25.0℃でのpH値 (pH at 25.0℃)			8.31	8.29	8.36	8.25	8.31	-
7 フェノール (Phenol)	mg/L		0.003	0.003	0.001	0.002	0.001	
8 全リン (Total Phosphate)	mg/L		0.07	ND	ND	ND	0.36	
9 塩濃度 (Salinity)	mg/L		29.2	29.3	28.9	29.1	29.2	-
10 浮遊物質 (Suspended Solids)	mg/L		0	0	0	5	3	-
11 透明度 (Transparency)			4.0	5.0	5.0	1.5	1.0	
12 気温 (Temperature)	°C		32	32	31	32	34	-
13 混濁 (Turbidity)	NTU		1.16	1.09	1.38	3.67	4.62	
14 全カドミウム (Total Cadmium)	mg/L as Cd	0.005	ND	ND	ND	ND	ND	0.005
15 全鉛 (Total Lead)	mg/L as Pb	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	-
16 全水銀 (Total Mercury)	mg/L as Hg	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	0.0001
17 全亜鉛 (Total Zinc)	mg/L as Zn	0.01	0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	-
18 糞便性大腸菌 (Fecal Coliform Bacteria)	MPN: 100ml		<2	<2	<2	<2	<2	-

出所：IEAT



表 3-8 IAET による植物プランクトンの現状 (1998 年 7 月)

植物プランクトン	観測点 S1		観測点 S2		観測点 S3		観測点 S4		観測点 S5	
	下層 から 表層	中層 から 表層	下層 から 表層	中層 から 表層	下層 から 表層	中層 から 表層	下層 から 表層	中層 から 表層	下層 から 表層	中層 から 表層
Asterolampra sp.	-	-	-	-	4.77	-	-	-	-	-
Bacteriastrium sp.	4.94	19.8	24.7	49.5	81.1	49.5	42.9	34	28	-
Ceratium sp.	29.6	33	14.8	69.3	9.55	29.7	25.7	34	28	-
Chaetoceros sp.	217	495	791	1,250	850	1,350	702	1,110	203	266
Chlorella sp.	29.6	99.1	-	-	273	79.2	-	-	-	-
Coseinodiscus sp.	9.88	33	-	59.4	23.9	79.2	154	68	42	140
Dietyocha sp.	-	-	-	-	4.3	-	25.7	-	14	-
Dinophysis sp.	4.94	6.6	9.88	9.91	143	-	17.1	68	14	-
Ditylum sp.	-	-	-	19.8	4.77	-	-	17	-	-
Eunotia sp.	-	-	-	-	4.77	-	-	-	-	-
Grammatophora sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	42	28
Guinardia sp.	9.88	6.6	-	-	23.9	-	-	-	28	-
Gyrosigma sp.	-	-	-	9.91	9.55	-	8.57	34	1.4	28
Hemiaulus sp.	24.7	26.4	39.5	19.8	38.2	29.7	34.3	34	7	-
Laudaria sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-
Navicula sp.	-	-	4.94	-	-	19.8	-	-	28	56
Nitzschia sp.	306	42.3	1,450	1,750	1670	1,390	3,020	4,050	643	1,020
Odontella sp.	-	-	-	9.91	19.1	-	8.57	17	42	-
Oscillatoria sp.	445	679	391	1,220	582	1,020	386	81,800	63	112
Paralia sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-
Pleurosigma sp.	-	6.6	4.94	9.91	4.77	-	-	-	21	-
Prorocentrum sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-
Proroperisinium sp.	29.6	-	24.8	39.6	52.5	99.1	214	441	35	196
Prychodiscus sp.	14.8	6.6	-	-	9.55	29.7	111	51	56	112
Rhizosolenia sp.	29.6	72.6	148	139	134	149	51.4	119	77	154
Scropsiella sp.	-	-	19.8	39.6	3.82	9.91	-	17	-	-
Streptotheca sp.	4.94	-	-	-	33.4	-	-	-	7	-
Tabellaria sp.	-	13.2	-	-	-	-	-	-	-	-
Thalassionema sp.	-	-	-	-	-	-	8.57	34	14	140
Thalassiothrix sp.	-	-	-	-	-	-	8.57	17	14	-
Unknown 1	-	-	4.94	49.5	-	9.91	-	-	-	42
Unknown 2	-	-	4.94	29.7	-	-	-	-	-	140
Unknown 3	-	-	4.94	29.7	-	-	-	-	-	-
Unknown 4	-	-	4.94	9.91	-	-	-	-	-	-
Unknown 5	-	-	4.94	9.91	-	-	-	-	-	-
Unknown 6	-	-	-	9.91	-	-	-	-	-	-
合計	1,160	1,540	2,948	4,834	3,980	4,345	4,818	87,945	1,449	2,434

出所：IEAT

表 3-9 IEAT による動物プランクトンの現状 (1998 年 7 月)

動物プランクトン	観測点 S1		観測点 S2		観測点 S3		観測点 S4		観測点 S5	
	下層 から 表層	中層 から 表層	下層 から 表層	中層 から 表層	下層 から 表層	中層 から 表層	下層 から 表層	中層 から 表層	下層 から 表層	中層 から 表層
Amphipod	-	1.98	-	-	-	-	-	-	-	-
Amphorela sp.	-	-	0.99	-	-	-	-	-	-	-
Amphorellopsis sp.	-	1.98	3.95	7.92	0.95	3.96	0.86	-	-	2.8
Cladoceran sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Codonellopsis sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepod	6.92	9.91	3.95	1.98	5.73	9.91	13.7	28.91	30.2	58.67
Eutintinnus sp.	-	-	1.98	3.96	-	-	-	1.7	2.1	-
Favella sp.	-	-	-	-	-	-	1.71	1.7	-	-
Hydrozoa	-	1.98	-	1.98	-	-	-	-	-	-
Isopod	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leprotintinnus sp.	-	-	-	1.98	-	-	2.57	1.7	2.8	-
Metacyclis sp.	-	-	-	-	-	-	-	1.7	-	-
Mysid	-	-	-	-	-	1.98	-	-	-	-
Oikopleura sp.	0.99	1.98	0.99	3.96	-	-	5.14	8.5	1.4	8.4
Rhabdonella sp.	-	-	-	-	-	-	-	28.91	-	-
Rotifer	-	-	-	-	1.91	-	-	-	-	-
Parafavella sp.	-	7.92	1.98	1.98	0.95	-	-	-	-	-
Parundella sp.	-	3.96	-	5.94	-	-	1.71	-	1.4	2.8
Protorhabdonella sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sagitta sp.	-	-	0.99	-	0.95	-	-	-	1.4	-
Tintinnopsis sp.	3.95	3.96	10.87	15.85	12.4	3.96	35.9	79.76	59.5	210
Undella sp.	-	-	-	1.98	-	1.98	-	3.4	-	1.4
Zoothamnium sp.	-	-	-	-	-	1.98	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11.86	33.67	25.7	47.53	22.89	23.77	61.59	156.28	98.8	284.07

出所：IEAT

表 3-10 IEAT による卵と幼生（幼虫）の現状

(1998 年 7 月)

卵と幼生	観測点 S1	観測点 S2	観測点 S3	観測点 S4	観測点 S5
	中層から表層	中層から表層	中層から表層	中層から表層	中層から表層
甲殻類幼生 (Crustacean Larva)	77.36	126.87	92.92	222.67	92.33
貝 幼 生 (Shell Larva)	13.87	19.81	13.87	1.70	14.00
その他の卵 (Miscellaneous Egg)	27.74	17.83	73.11	129.15	35.00
Unknown Larva1	5.94	1.98	1.98	1.70	-
Unknown Larva2	-	1.98	1.98	1.70	-
Unknown Larva3	-	-	-	1.70	-
	124.91	168.47	183.86	358.62	141.33

出所：IEAT

表 3-11 IEAT によるベントス

(1998 年 7 月)

ベントス	観測点 S1	観測点 S2	観測点 S3	観測点 S4	観測点 S5
ナメクジウオ (Amphioxus)	2	4	-	-	-
Donax sp.	4	-	-	-	-
ナマコ (Holothuria sp.)	-	1	-	-	-
多毛類：ゴカイ (Polychate)	1	8	1	6	-
Temnopleurus sp.	15	8	6	-	-
貝 (Tapes sp.)	-	-	-	-	1
Turritella sp.	1	-	-	-	-
	23	21	7	6	1

出所：IEAT

### 3.3.3 地下水の汚染現況

#### (1) 採水測定地点

地下水の採水地点は図 3-4 における G1 ~ G3 の 3 点で工業団地外である。

#### (2) 環境基準値と測定結果

地下水については、環境基準値は設定されていないが、各測定地点の測定項目と測定結果は表 3-12 に示した。

#### (3) 汚染の現況

地下水は一般に土壌の影響を受け、場所によって無機物濃度の高いところもある。しかし、汚染されていないければ、一般には有機物濃度は低い。この観点からすれば、マブタブット地域の調査地点の地下水は有機物濃度が高く、すでに汚染されていると言える。

測定地点のうち、G3 では COD 濃度が 38.40mg/l と高く、他の測定地点の濃度と比較しても極めて高いため、自然由来とは考えにくい。さらに、DS ( Dissolved Solids ) 濃度が他の地点より高いことから特定の汚染源からの影響が予想される。

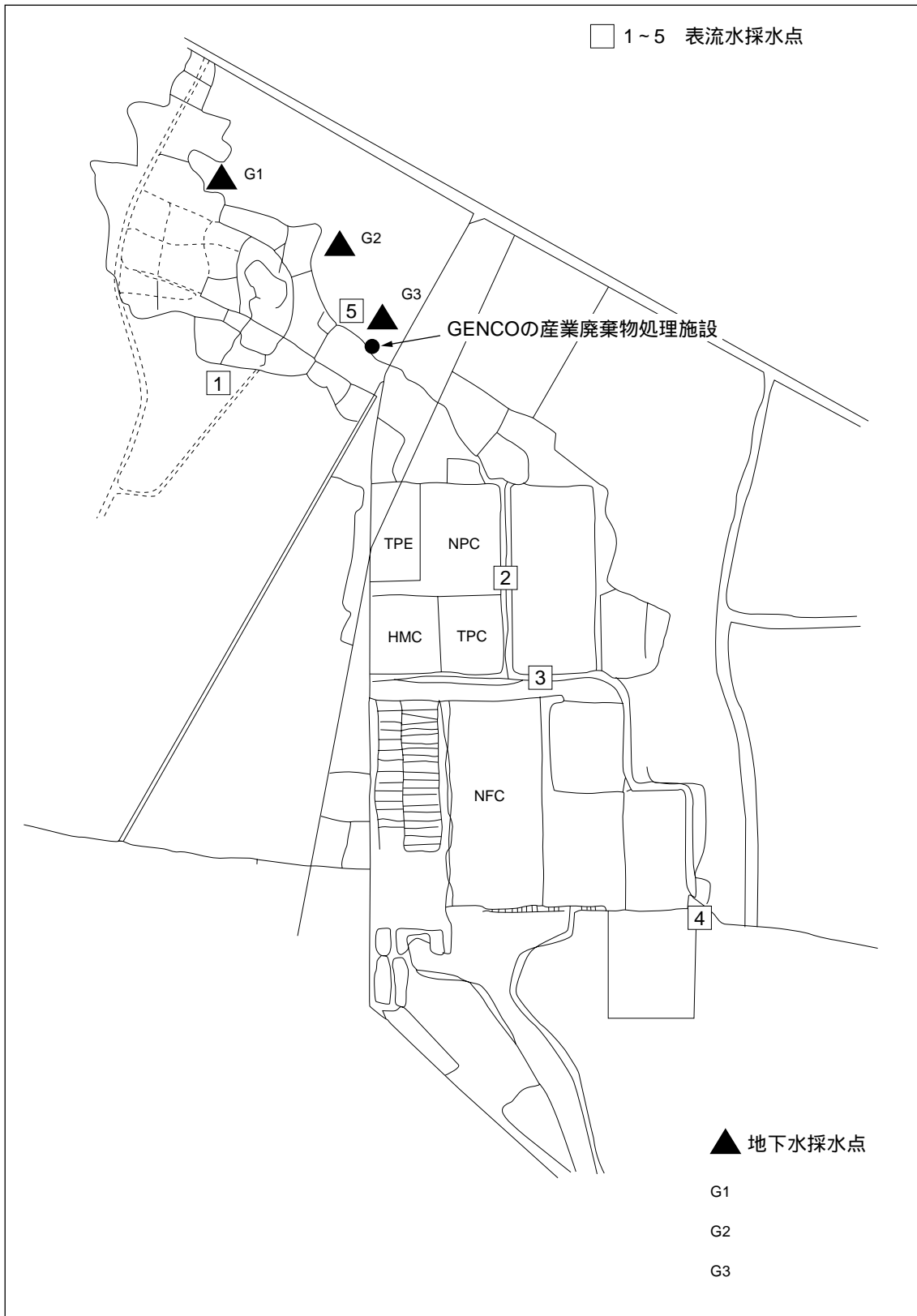
また、TKN ( Total Kjeldahl Nitrogen ) の存在は有機物の汚染源が近いことを意味する。G1 が最も濃度が高いので、民家の家庭排水による可能性がある。

表 3-12 IEAT による地下水測定結果 ( 1998 年 7 月 )

測定項目	単位	G1	G2	G3	基準値
1 化学的酸素要求量 (COD)	mg/L	0.82	1.00	38.40	なし
2 硬度 (Hardness)	mg/L as CaCO <sub>3</sub>	79.23	46.83	98.54	なし
3 全ケルダール窒素 (Total Kjeldahl Nitrogen)	mg/L	2.23	0.56	0.84	なし
4 25.0°C での pH 値		6.57	6.22	7.39	なし
5 溶存物質 (Dissolved Solids)	mg/L	75	83	221	なし

出所：IEAT

図 3 - 4 地下水採水点およびGENCOの産業廃棄物処理施設



### 3.3.4 IEAT による水質のモニタリングに対する評価

#### (1) 運河・海域・地下水に共通する事項

##### (i) 測定の頻度・場所

工場排水は、製造過程と容器洗浄過程では汚染物質排出濃度は大きく異なり、工場排水の影響を強く受ける運河の汚濁濃度変化は大きい。したがって、1日1回だけの採水測定では正確な水質の状態を把握することはできないと言うべきである。

さらに、海域での採水では場所によって植物プランクトン数が異なり、また海底のベントス採取でも場所によってかなり相違があるので、測定頻度とともに場所についても十分留意する必要がある。

##### (ii) 測定の信頼性

###### 海水の BOD 測定

IEAT では、海水中の BOD を測定しているが、一般に海水のような停滞水域では BOD を測定するのは適切ではない。その理由は、停滞水域では植物プランクトンが多量に存在しているからである。

通常、BOD 測定においては、試料を孵卵ビンに入れて溶存酸素濃度を測り、20 の恒温槽で光を遮断して 5 日間放置した後、同様に酸素濃度を測る。この間、消費された酸素濃度の減少量を微生物が有機物の分解に消費した酸素量とし、BOD 値とする。

植物プランクトンは、光を遮断すると呼吸作用を開始し、溶存酸素を消費する。したがって、植物プランクトンが多量に存在する試料の BOD を測定すると、5 日後の酸素減少量は、微生物によるものか植物プランクトンによるものか区別が付かなくなる。このため、植物プランクトンが海域に存在すると、BOD 値を高く評価することになる。S4 (3.1mg/l) は他と比較して高い BOD 値を示しているが、これは植物プランクトンの影響と考えられる。

上記のような理由により、日本では、植物プランクトンの発生が見られる停滞水域（湖沼と海域）においては BOD の測定は規定していない。代わりに全て COD を測定することとなっている<sup>5</sup>。以上のとおり、海水の BOD 測定は海水の水質モニタリングとして適当なものではない。

###### 海域の NO<sub>3</sub>-N 濃度

---

<sup>5</sup> ただし、河川については、流水であることから、植物プランクトンの発生は少なく、BOD 測定の障害にならないため、BOD の測定を規定している。

海域における  $\text{NO}_3\text{-N}$  は全て ND(測定可能濃度以下)となっている。しかし、 $\text{NH}_3\text{-N}$  が存在するもとの、 $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度が ND になることは、通常考えられない。

$\text{NH}_3\text{-N}$  は、好気性(水中に溶存酸素がある状態)のもとでは硝化菌の作用で最後に  $\text{NO}_3\text{-N}$  となる。嫌気性(水中に溶存酸素がない状態)では、 $\text{NO}_3\text{-N}$  は脱窒菌によって窒素ガスになり、窒素は水中からなくなってしまう。この海域においては溶存酸素濃度は高いので、 $\text{NO}_3\text{-N}$  の脱窒現象は起こっていないはずである。したがって、 $\text{NO}_3\text{-N}$  の測定に何かミスがあったと考えるべきである。

## (2) 工業団地内の運河

### (i) モニタリング項目

表 3-6 のモニタリング項目で十分である。今後もこれらの項目で継続されることが望ましい。

### (ii) 排水量の把握

運河の測定点ごとに COD、TS、T-S などの濃度が大幅に異なるのは、工場排水量の影響と考えられる。これは運河の水量が工場排水量に比べて大きくないからである。したがって、運河の水量とともに各工場排水量(放流時間や時間放流量など)を把握しておく、工場排水量が運河の水量で希釈される程度が把握可能となる。工場排水が運河の水量で希釈される程度が把握可能となることで、測定点毎の濃度の変動の要因が明らかとなり、対策の必要な工場があった場合にその所在がより正確に把握できるようになる。

### (iii) 水質目標

運河の水質目標(例:魚の棲める水質)が設けられていない。運河の水質モニタリングの目的と、対策が必要な場合にどの程度の対策を講じるかを明らかにするために、今後、運河の水質目標を生物指標と合わせて設定することが望ましい。

### (iv) 工業排水の規制

運河は工場排水を受け入れる排水路であるが、工場の中には高濃度のリンや窒素を排出する工場があるので、赤潮発生の観点から、リンや窒素の排出を一定濃度に規制する必要がある。

また、排水量にもよるが窒素・リンを高濃度に含む排水は、工業団地内の樹木の散水あ

るいは農業用の肥料として、一部又は全部を使用することもできる。

### (3) 工業団地の隣接海域

#### (i) モニタリング項目

表 3-7 のモニタリング項目から BOD を除き、COD とプランクトンの測定項目を加えることが望ましい。他の項目は表 3-7 のもので十分である。

#### (ii) 海域の有機物質等測定

共通事項で既に述べたように、海域の BOD 測定は不適當である。また、本測定対象の海域で  $\text{NO}_3\text{-N}$  の測定値が ND となることは、あり得ないことであるから、測定の手順を今一度、見直す必要がある。

#### (iii) 赤潮の可能性

植物プランクトンの異常発生による赤潮を定期測定する必要がある。この方法には、植物プランクトン数を直接数えるものと、植物プランクトンが共通に持つクロロフィル濃度を測定するものなどがある。

日本と異なり、水温が高いため気象条件としてはいつでも赤潮が発生する温度レベルにあると考えられるから、日本の調査研究がそのまま適用されるとは限らないであろう。

#### (iv) 富栄養化物質の調査

植物プランクトンの異常発生の原因は窒素、リンである。これらの栄養塩は、工場、農業肥料、家庭排水が発生源であるが、その割合や寄与率を調査する必要があり、その結果に基づいて削減対策を実施することが必要である。

また、栄養塩の発生源を調査する場合、季節風によってタイ湾の奥からの海水がマブタプットの沿岸に流入してきている可能性があるため、季節ごとの海流の影響を考慮することも重要である。

### (4) 地下水

#### (i) モニタリング項目

表 3-12 の他に電気伝導度を付け加えることが望ましい。電気伝導度は塩濃度の増加に



よって大きく変化しやすいので地下水汚染のよい目安になること、また、測定は極めて容易であることなどの特徴がある。

(ii) 汚染源を特定すること

G3 は GENCO の近くであるから、GENCO が地下水汚染源の可能性が高いが、早急に汚染源を明らかにすべきである。同時に、付近住民が地下水を飲料水としているかどうか早急に調査する必要がある。

(iii) 地下水の流れ調査

地下水中の汚染物質は地下水の流れによって次第に拡散していく。したがって、地下水の流れの下流に生活する住民で地下水を使用しているものは、やがて地下水汚染の被害を受けることになる。付近住民への被害の可能性を確認するため、地下水の流れを明らかにすることが望ましい。

一般に、地下水汚染源が発見された場合には、地下水を汲み上げて汚染物質の拡散を止める方法が取られる。このような方法によって地下水汚染が拡散する前に解決されれば、広範囲の被害は最小限にすることができる。

### 3.3.5 IEAT による水質のモニタリングに対する提言

(1) モニタリング項目および測定頻度

運河のモニタリング項目は現状の項目でよい。海域については COD と植物プランクトンを、地下水では電気伝導度を測定項目に付け加えるのが望ましい。

測定頻度については、全体の汚染状態が把握できる程度に増加する。なお、pH や電気伝導度などは、自動機器を用いて長期連続測定することが可能である。

(2) モニタリング測定の信頼性の向上

NO<sub>3</sub>-N の測定は見直す必要がある。BOD や COD などの有機物の測定項目については、試料について採水から測定時点までの温度管理を十分に留意する。さらに、海水の酸素濃度を計測器で測定する場合には、海水中に浸けて測定する。容器に採水した後、測定すると海水から気体酸素が出るため避けなければならない。なお、タイ国の水質分析では、表 3-13 に示すように水銀やカドミウムなど有害重金属を使用することが多いので、その廃液処理には十分注意する必要がある。

表 3-13 ERTC における分析廃液の汚染レベル

分析項目	分析方法	汚染物質	含有量 (mg/検体)	排水基準値 (mg/l)	要希釈水量 <sup>a)</sup> (l)	分析検体数 (検体/年)
COD	重クロム酸カリウム法	Ag	758	0.02 <sup>b)</sup>	37,900	480
		Cr	109	0.5	218	
		Hg	676	0.005	135,200	
DO/BOD	アジ化ナトリウム変法	Mn	0.24	5	0	1,150
Cl	モール法	Ag	1.52	0.02 <sup>b)</sup>	76	300
		Cr	13.4	0.5	27	
Org-N	ケルダール法	Hg	88.3	0.005	17,660	500
NH <sub>3</sub>	ネスラー法	Hg	88.3	0.005	17,660	500
NO <sub>3</sub>	Cu・Cd カラム還元法	Cd	?	0.03	?	300
		Cu	6.7	1	7	
T-P	モリブデン青法 (アスコルビン酸還元法)	Mo	3.3	0.7 <sup>c)</sup>	5	300
		Sb	0.4	0.02 <sup>c)</sup>	20	

a)要希釈水量：排水基準値まで希釈するために必要な水量

b)タイの亜鉛工業に対する排水基準値

c)日本の要監視項目に対する指針値の10倍（タイでは排水基準が定められていない）

### (3) 工場排水規制の推進

海域の窒素・リン濃度の発生源を調査し、赤潮防止の視点から、窒素・リンの排出削減を実施する。また、栄養濃度の高い排水を公共水域に排出しないために、蒸発が早い道路並木や農地に散水することも検討するのが望ましい。

### (4) 運河

水質目標を明確にする。運河に魚が棲める程度の水質を目指すのは一案である。工業団地内の運河に生物が多く棲む環境であれば、直接目に見えるため、多くの人に理解される環境となろう。

### (5) 海域

年間の赤潮発生回数の現状を調査し、その発生が増加しないように対策を立てることが望ましい。そのために、窒素・リン濃度、海水の流れ、汚染源など現状を正確に把握する必要がある。

### (6) 地下水

地下水汚染の発生源を早急に明確にする。また、付近住民が地下水を飲料水として利用している場合には、早急に対策を行う必要がある。

### 3.4 騒音

#### 3.4.1 騒音の現況

##### (1) 測定地点

図 3-2 において N1 ~ N4 の 4 地点が測定地点である。

##### (2) 環境基準値と測定結果

騒音の環境基準値は 70dB (24 時間の等価騒音レベル : Leq) と設定されている。1998 年 7 月 9 ~ 11 日の測定結果を表 3 - 14 に示した。

表 3-14 IEAT による環境騒音測定結果 (1998 年 7 月)

単位 : db

時刻	測定地点											
	N1			N2			N3			N4		
	9 日	10 日	11 日	9 日	10 日	11 日	9 日	10 日	11 日	9 日	10 日	11 日
8.00	67.6	61.6	56.3	56.0	52.3	51.9	58.7	56.7	57.0	53.1	53.7	53.8
9.00	64.5	58.1	56.3	49.1	49.1	55.6	59.6	57.1	57.5	53.2	53.4	53.3
10.00	67.8	60.2	64.0	56.3	52.3	51.8	56.6	56.2	58.2	53.2	52.3	52.6
11.00	55.9	66.0	56.4	54.5	51.4	49.9	57.4	54.9	56.5	54.6	50.0	53.0
12.00	53.3	60.8	53.1	52.9	53.7	55.8	59.2	60.1	56.8	54.0	51.7	52.4
13.00	60.1	53.5	55.3	51.3	54.2	52.0	58.4	59.0	56.9	53.9	51.8	55.6
14.00	58.3	52.9	55.3	54.1	55.5	52.4	57.3	61.1	56.0	54.3	51.3	54.8
15.00	59.9	56.2	55.1	57.3	52.6	50.1	56.6	58.5	56.4	54.9	51.5	55.6
16.00	59.1	54.2	56.6	57.2	58.0	57.0	57.0	58.5	57.4	56.6	52.8	66.5
17.00	56.5	57.9	52.4	55.0	56.7	54.5	59.3	59.3	58.2	57.8	52.8	61.6
18.00	55.2	56.7	49.7	51.5	53.0	47.1	59.7	61.3	61.4	59.7	58.0	58.2
19.00	53.1	54.4	49.7	52.5	51.2	51.1	59.4	61.3	64.3	54.5	58.3	58.1
20.00	50.0	55.6	49.8	48.8	45.9	55.2	58.6	61.9	64.2	54.6	58.6	58.4
21.00	48.5	52.1	52.6	47.5	45.9	47.7	59.7	59.6	64.3	55.6	60.2	58.1
22.00	48.5	52.5	49.1	48.0	45.9	51.9	61.9	58.6	60.8	55.6	60.1	57.8
23.00	49.4	50.5	65.2	46.3	48.9	53.6	60.0	56.9	59.6	57.5	57.8	56.3
24.00	48.1	54.7	73.3	45.8	41.4	65.8	57.5	54.5	57.5	56.4	56.3	55.2
1.00	47.1	55.8	62.0	43.9	44.5	70.2	55.7	53.7	73.5	54.7	54.3	74.6
2.00	49.1	46.7	60.1	44.9	65.8	52.1	55.2	56.6	70.4	53.9	52.7	73.3
3.00	50.4	46.0	59.5	55.5	50.3	54.2	54.4	52.0	62.1	53.1	52.7	55.6
4.00	57.5	57.2	57.9	50.4	54.6	59.7	56.8	54.1	60.8	53.1	52.5	57.6
5.00	58.4	47.0	63.3	57.5	53.1	51.3	57.7	56.2	59.5	54.1	52.8	56.1
6.00	60.7	57.0	61.7	52.8	50.7	52.6	59.8	58.5	58.3	54.4	52.8	53.8
7.00	66.7	60.2	56.3	54.5	53.9	60.2	61.2	59.6	56.9	53.7	53.1	53.5
Leq 24hr <sup>a)</sup>	60.6	57.8	62.2	53.4	55.2	59.3	58.6	58.5	63.6	55.2	55.3	64.3
Ldn <sup>b)</sup>	63.5	61.5	71.4	58.8	63.2	68.4	64.8	63.2	72.4	61.5	61.9	73.5

<sup>a)</sup>24 時間の等価騒音レベル

<sup>b)</sup>日夜平均等価騒音レベル

### (3) 騒音の現況

全ての測定地点で基準値を満足している。なお、時間的には70dBを越えていることがあるが、これは工場からの騒音というよりも、測定時のトラック通過など交通騒音によるものと考えられる。

## 3.4.2 IEATによる騒音のモニタリングに対する評価

### (1) 苦情調査

騒音は感覚公害であるから、基本的には付近住民から騒音の苦情のないことが重要である。発生源の騒音が環境基準を満足していても、多くの苦情があれば、やはり問題である。この点、IEATは工場騒音についての苦情調査を行っておらず、同調査を行うことが望まれる。

### (2) 騒音の種別の明確化

交通騒音と工場騒音を分離し、おのこの騒音が評価されていない。騒音源を特定し、有効な騒音対策を講じるためには、両騒音を分離して把握することが望ましい。

まず交通騒音は、測定時通過する自動車の車種を大型車、小型車等に分類して台数を記入することで、より明確に把握することができるようになる。

次に、工場から発生する騒音は、距離と共に減衰する、いわゆる距離減衰の把握を行うことによって算出できる。これは音源（工場）から直線上に等間隔で測定点を設け、可能な限り音を同時測定することで求めることができる。これにより、工場騒音の影響範囲が明確となり、自動車の騒音による影響もより明確になる。

## 3.4.3 IEATによる騒音のモニタリングに対する提言

- (1) 騒音に対する苦情調査を行い、騒音のレベルが環境基準値以下であっても苦情があれば対応する。
- (2) 工場騒音と自動車騒音の種別を明らかにする。これによって、苦情がある場合、工場と自動車騒音対策を合理的に実施することができる。
- (3) 工場地区と住居地区のゾーニングを確実に実施する。

### 3.5 産業廃棄物

産業廃棄物は、各工場が一部独自で処理処分を行っているほか、民間の産業廃棄物処理会社である GENCO に処理処分を依頼している。GENCO は、産業廃棄物処理を目的に、タイ工業省から 25% の出資を受け設立（1994 年）された民間企業である。現在、GENCO に各種の産業廃棄物が集中しており、これらの廃棄物が適切に処理処分されることが、今後増加すると予想される産業廃棄物問題の重要な鍵をにぎると考えられる。したがって、GENCO を中心に廃棄物処理の現状を調査した。

#### 3.5.1 GENCO による産業廃棄物処理の現況

設置場所は図 3-4 に示すように、マプタプット工業団地の隣接地であり、その敷地面積は約 10 万 m<sup>2</sup> である。業務内容は埋め立て処理処分（直接埋め立て及び安定化処理）と廃油調製処理である。1998 年 11 月時点で、約 300 社からの廃棄物を受け入れており、内訳は直接埋め立て 35%、安定化処理 30%、廃油処理 35% である。なお、廃油は燃焼熱を調製してセメント工場に販売をしている。

##### (1) 埋め立て処理処分

現在、容量 200,000 トンの埋め立て処分地を所有している。搬入された廃棄物は、分析検査の上、無害であれば直接埋め立てし、金属等の有害物を含んでいればキレ - ト剤で不溶化させ、セメント固化（安定化処理）した上で、埋め立てる。なお、廃棄物の検査・分析室を見学したが、試料などよく整理され、分析機器も整備されていた。

埋め立て処分された廃棄物からの汚水を遮断する遮水シ - トは、図 3-5 に示すように欧米の基準を適用している。最下層から粘土 100cm（図 3-5 中の 8）、ポリエチレンシ - ト 1.5mm（同 7）、ジオテクススタイル（同 6）、ベントナイト（同 5）、高密度エチレン膜 1.5mm（同 4）、ジオテクススタイル（同 3）、砂層（同 2）、土壌層（同 1）となっており、遮水シ - ト内に溜まった雨水を排水するためにパイプが挿入されている。

遮水シ - ト内に溜まった汚水は、定期的に採水して分析を実施している。しかし、雨期には BOD 濃度の高い（1000mg/l 以上）汚水が一日約 45 トン排出するので、これを口 - リ - で運び出し、マプタプット工業団地内に位置する IEAT の排水処理場に処理を委託している。なお、この汚水中の重金属濃度（表 3-15）は低く IEAT の受け入れ基準値以下である。

図3-5 地下水遮断シート

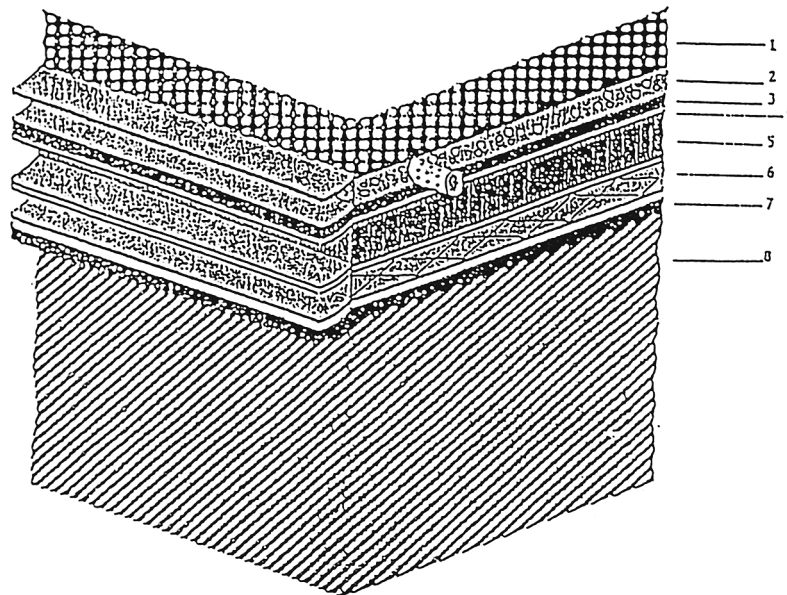


図3-15 IEATによる浸出水の重金属測定結果

	抜き取り検査日	
	1998年7月31日	1998年8月20日
バリウム	0.109	0.381
カドミウム	0.008	0.011
クロム	0.004	ND
銅	ND	ND
鉛	0.003	0.168
マンガン	0.004	ND
水銀	0.002	ND
ニッケル	0.03	0.236
セレン	0.002	0.004
銀	0.008	0.009
亜鉛	ND	0.022
pH値	9	9

ND=検出不可（正しく測定した上で濃度が検出できないほど低い）

## (2) 廃油調整処理

廃油調整処理される廃棄物は、シンナー、アルコール類、精油所からの使用済油、潤滑油などである。これらは運搬中に漏れや蒸発をしないように全面密閉式で、事故が起きた場合の被害を防止する設備を設置した輸送車を使用している。輸送には走行ルートが規定され、各車に非常用設備があり、運転手はよく訓練しているという。

収集された廃油は一時貯留タンクに貯留される。SSを濾過して除去し、成分を調製して

燃焼熱を一定にして、セメント工場に販売している。

### 3.5.2 GENCO による産業廃棄物処理に対する評価

#### (1) 悪臭

マプタプット市の職員との面談によると、GENCO における廃油処理にともない悪臭が発生し、近くの病院や住民から苦情があるとのことであった。施設訪問時にはひどい悪臭は感じなかったが廃油処理施設を外から見学した際、装置がむき出しで屋外にあったことから考えると悪臭が存在することが予想される。

#### (2) 水質の汚染

##### (i) 遮水シ - ト内汚水

遮水シ - ト内に溜まった汚水の BOD 濃度は極めて高いが、現在の GENCO の敷地では処理施設がないため処理できない。その結果、IEAT の管理するマプタプット工業団地内の下水処理場（小規模）に運搬し処理を委託している。ただし、この汚水の BOD 濃度が、下水処理場の受け入れ基準値（1000mg/l）を越えていることが問題である。

##### (ii) 地下水汚染

GENCO 近くの地下水の汚染原因が解明されていない。もし GENCO が汚染源であるとすると、遮水シ - トが破れたか、あるいは埋め立て地の上に溜まった雨水が溢れて、埋め立て地の外に出てしまったための 2 つの可能性が考えられるが、汚染源を早急に調査すべきである。

#### (3) メタンガス発生の可能性

汚泥などの有機物質も埋め立てられているため、地中で腐敗し臭気を持ったメタンガスが発生している可能性がある。IEAT ではガス発生を確認していないが、早急に調査する必要がある。

### 3.5.3 GENCO の産業廃棄物処理に対する提言

(1) 廃油処理施設の悪臭対策（悪臭処理装置、建物設置など）を早急に実施する。

(2) 遮水シ - ト内の高濃度汚染の水処理施設を早急に GENCO 内に設置する必要がある。



また、地下水汚染の原因を早急に明らかにする。

- (3) メタンガス発生の有無を確認し、ガス発生があれば、悪臭対策と共に安全対策を講じる必要がある。

#### 4. 訪問工場の公害対策

マプタプット工業団地に立地する 10 工場を訪問し、公害対策の現況について、環境の担当者より聴取した。訪問工場の中には外資系の工場も多く、それらでは本国の技術を適用するなどにより、よく公害対策を行っており、対策を実施する能力があるように思われた。今後改善が必要な点についても、IEAT によるモニタリングや各工場に対する公害対策指導があれば、十分な対策が講じられるであろうと思われる。

#### 5. 総合所見

マプタプット工業団地は豊富な天然ガスを主なエネルギー源とした石油精製・石油化学を中心としているため、ばいじんや硫黄酸化物を中心としたかつての日本の環境汚染とはかなり事情が異なる。また、気候についても、タイでは年間を通して気温が高く、日本のように大きく変化しないため、日本の真夏の気温・水温が常温となっていることも大きく異なっている。

このような状況では、悪臭と水質汚濁の環境問題が中心となろう。悪臭問題については IEAT と工場の努力で大幅に改善され、やがて解決されると確信している。この背景には、悪臭の解決には絶えず発生源や装置全体に気を配り、改善していかねばならないが、多くの工場が ISO14001 を取得し、あるいは取得を目指していること、外資系の工場は徹底した本国の技術を適用していること、さらにタイ特有の国民性、すなわち、住民、行政及び工場の三者の協力的な態度などがあることである。

水質については現在、汚濁が進行している状態である。水質汚濁の場合、直接、住民からの苦情がないこともあって、一度、汚濁が進行し始めると、なかなかその進行を止めることは難しい。マプタプット工業団地に立地するある工場では、魚が棲める水質を目標に処理排水に魚を棲ませていた。このような努力を広範に行うことにより、小河川や運河などに魚が棲める環境をつくりだすことができれば、工業団地の周囲に住む人々の心を和ませるものとなる。

海域において汚染のレベルの現況は、南国の美しい水辺の景観が目に見えて悪化してしまったということではない。赤潮発生もごく一部の地点に限定されているようであり、少し工業地帯を離れると、まだまだ、大部分はすばらしい水辺の景観である。したがって、汚染悪化・拡大を防ぐべく、少しでもはやく手を打つことが重要である。

産業廃棄物は、今後増大するため、大きな課題になると思われる。現在では GENCO が唯一処理処分を引き受けている。GENCO の技術レベルは相当高いと思われるので、今後は本報告書で指摘した課題等に取り組んでいくことが期待される。

最後に、タイにおいては、このような大規模の工業団地と美しい南国の水辺の景観とが

両立することを、ここで、ぜひ実証してもらいたいと思っている。これによって、タイはこの分野における先進国となることはもちろんのこと、他の発展途上国に対しても重要なモデルになると確信している。



マプタプット工業団地入居工場の悪臭対策がほどこされた施設



マプタプット工業団地EATオフィスからの眺望