

マレーシア

マレーシア全国水資源開発計画調査

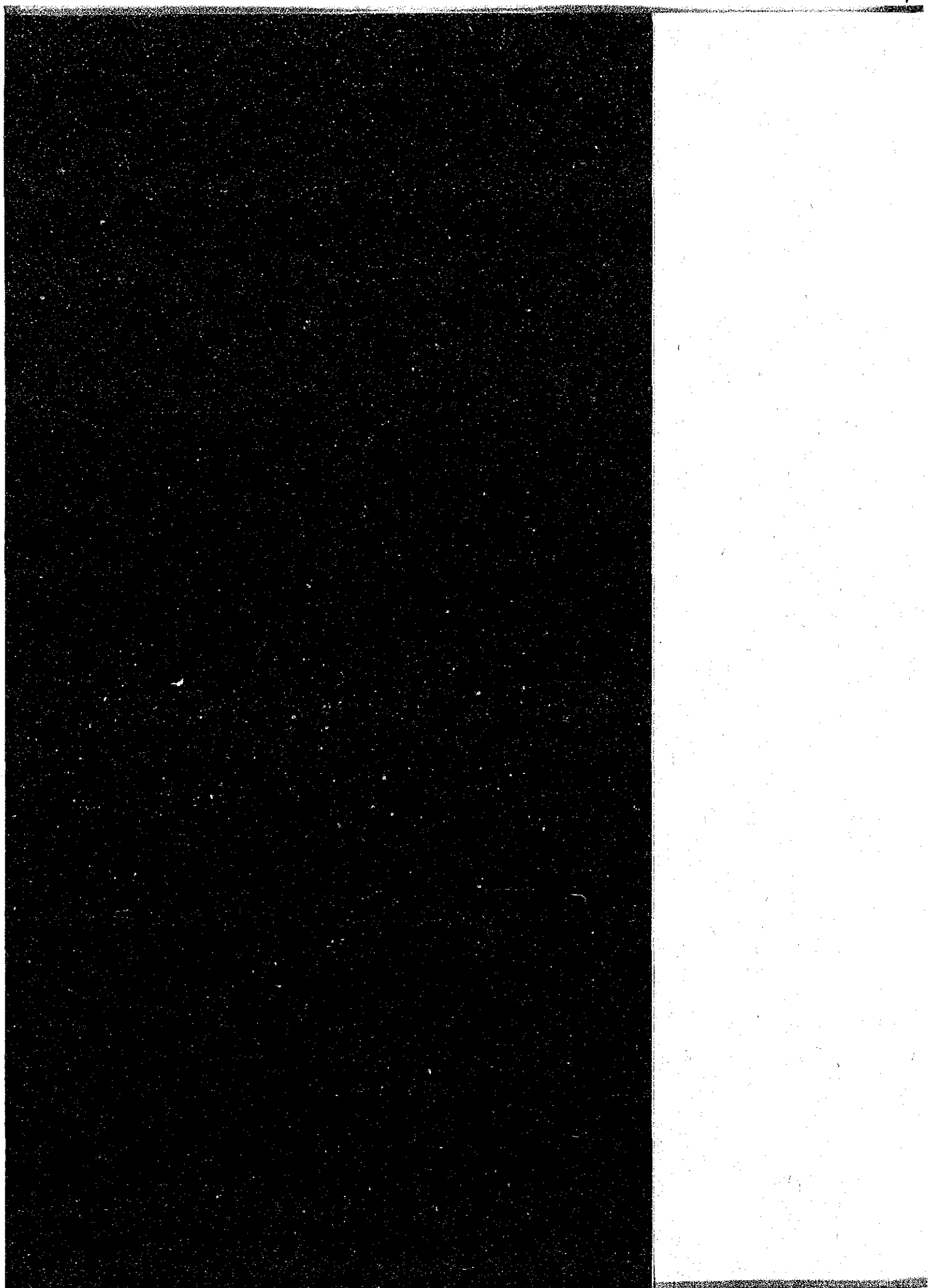
報告書

第2巻

水資源開発利用計画

昭和57年10月

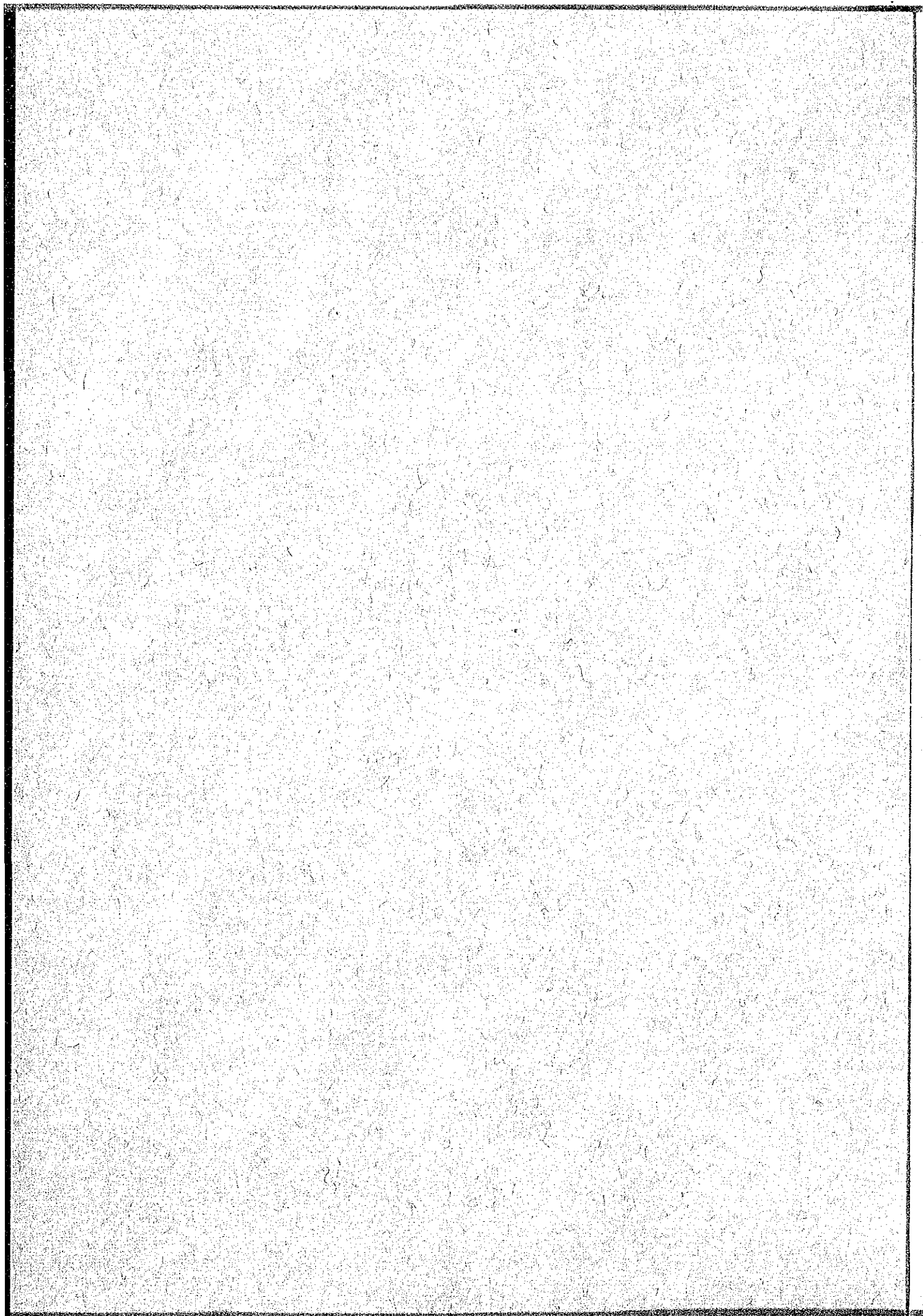
社会開発協力部



JICA LIBRARY



1031196[7]



マレーシア

マレーシア全国水資源開発計画調査

報告書

第2巻

水資源開発利用計画

昭和57年10月

国際協力事業団

## 英文報告書一覽表

### MAIN REPORT

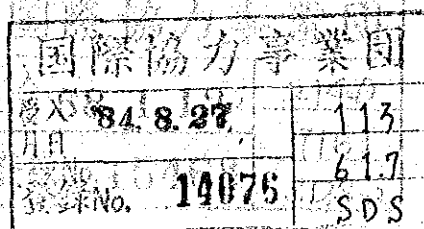
- Vol. 1. MASTER ACTION PLAN
- Vol. 2. WATER RESOURCES DEVELOPMENT AND USE PLAN

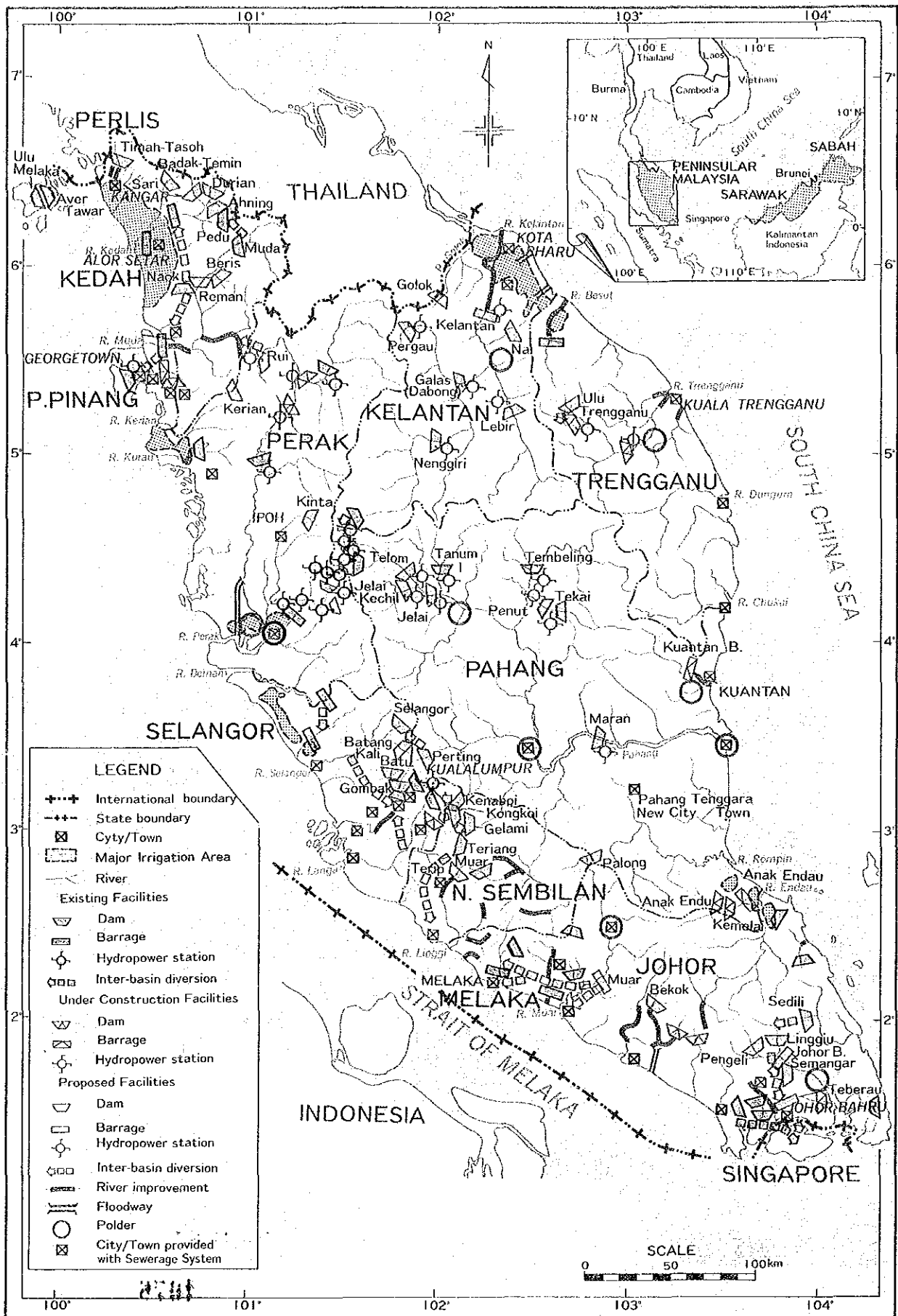
### STATE REPORT

- Vol. 1. PERLIS/KEDAH/P. PINANG
- Vol. 2. PERAK
- Vol. 3. SELANGOR
- Vol. 4. N. SEMBILAN/MELAKA
- Vol. 5. JOHOR
- Vol. 6. PAHANG
- Vol. 7. TRENGGANU
- Vol. 8. KELANTAN
- Vol. 9. SABAH
- Vol. 10. SARAWAK

### SECTORAL REPORT

- Vol. 1. SOCIO-ECONOMY
- Vol. 2. METEOROLOGY AND HYDROLOGY
- Vol. 3. GROUNDWATER RESOURCES
- Vol. 4. GEOLOGY
- Vol. 5. RIVER CONDITIONS
- Vol. 6. WATER QUALITY
- Vol. 7. ECOLOGY
- Vol. 8. POWER MARKET
- Vol. 9. DOMESTIC AND INDUSTRIAL WATER SUPPLY
- Vol. 10. AGRICULTURE
- Vol. 11. IRRIGATION WATER DEMAND
- Vol. 12. INLAND FISHERY
- Vol. 13. INLAND NAVIGATION, WATER-RELATED RECREATION
- Vol. 14. WATERSHED MANAGEMENT
- Vol. 15. WATER RESOURCES ENGINEERING
- Vol. 16. WATER SOURCE AND HYDROPOWER DEVELOPMENT PLANNING
- Vol. 17. PUBLIC EXPENDITURE AND BENEFICIAL AND ADVERSE EFFECTS
- Vol. 18. WATER RESOURCES MANAGEMENT
- Vol. 19. WATER LAWS AND INSTITUTIONS



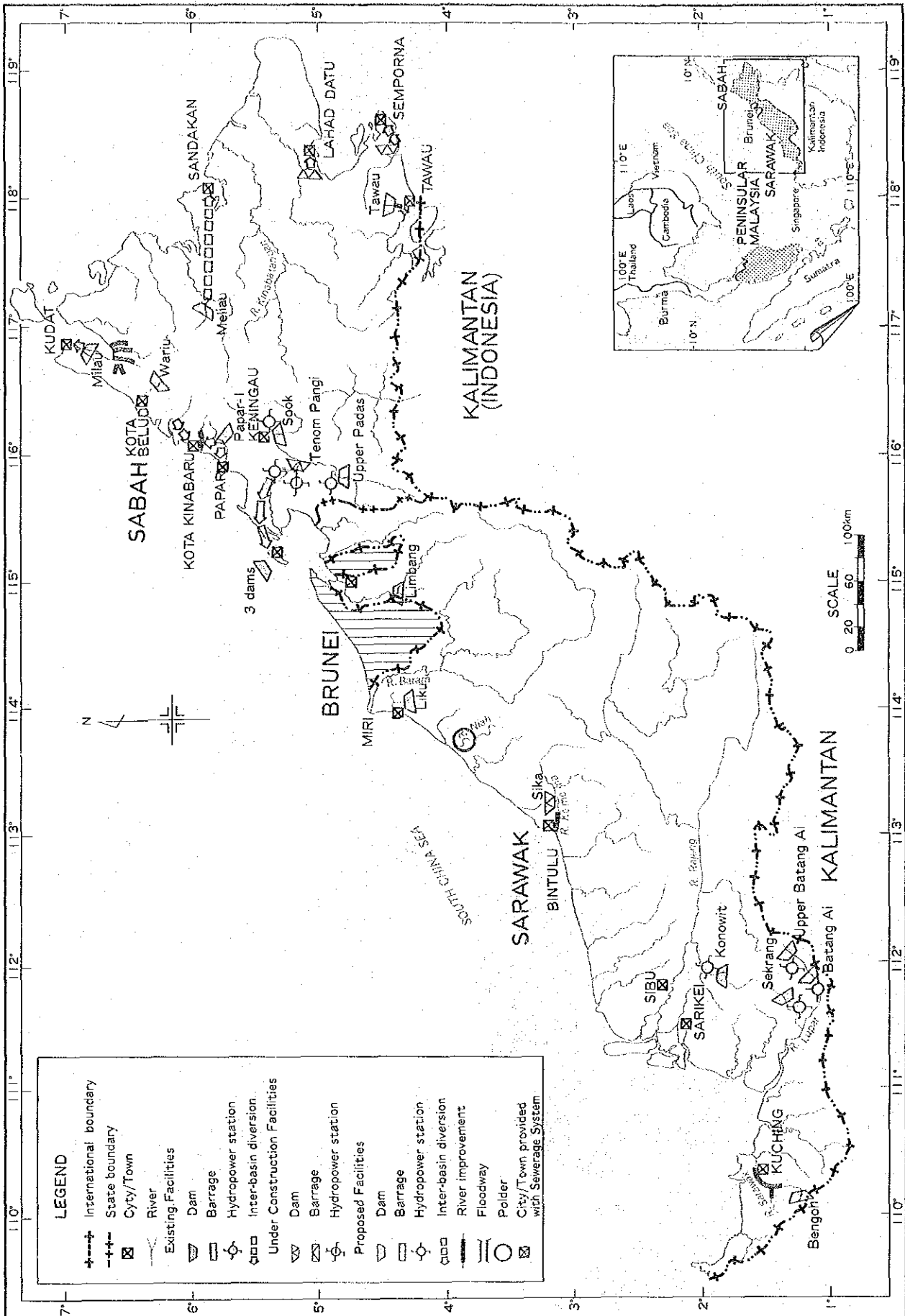


半島マレーシア水資源開発計画概要図

GOVERNMENT OF MALAYSIA  
 NATIONAL WATER RESOURCES STUDY MALAYSIA  
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY







LEGEND	
---+---	International boundary
---+---	State boundary
⊠	City/Town
—	River
—	Existing Facilities
▽	Dam
⊠	Barrage
⊠	Hydropower station
⊠	Inter-basin diversion
⊠	Under Construction Facilities
▽	Dam
⊠	Barrage
⊠	Hydropower station
⊠	Proposed Facilities
▽	Dam
⊠	Barrage
⊠	Hydropower station
⊠	Inter-basin diversion
⊠	River improvement
⊠	Floodway
⊠	Polder
⊠	City/Town provided with Sewerage System

サバ・サラワク水資源開発計画概要図

GOVERNMENT OF MALAYSIA  
 NATIONAL WATER RESOURCES STUDY MALAYSIA  
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



## 要 約

### 1. 目 的

マレーシアでは近年の急速な発展に伴ない水資源利用の面で種々のひずみが生じはじめてきた。以前は水が豊富であると考えられていた地域でも水不足が増大しつつある。

従来マレーシアでは水資源の開発・管理の権限は多くの公共機関に分散されてきた。諸機関の業務を総合的に調整するシステムを欠いているために、多岐に亘る水資源の開発管理が個々ばらばらに行われる実情にある。このために水利用に競合が生じ、また、諸機関の活動や機能に重複を生じる可能性がある。この様な状況から、水およびその他の資源の効率的利用をはかるために、水資源開発、管理を総合的な立場から検討することが必要となった。

マレーシア全国水資源開発計画調査は、1979年10月以降3ヶ年にわたって日本政府国際協力事業団の調査団によってマレーシア政府スタッフとの協力の下に実施されてきた。

本調査の目的は、全国的な社会、経済開発政策をふまえて秩序ある水資源開発事業の計画・実施および合理的な水資源の運営管理の基礎となるべき枠組みを提議することにある。

## 2. 水資源開発利用計画の意義

最終報告書第1巻のマスターアクションプランでは、国家水資源政策、事業実施計画、財務計画、水行政、組織機構、法制度、今後の課題等、水資源開発保全の効率的かつ効果的实施を将来確実なものにするために、連邦および州政府が採用すべき諸事項を提案した。

水資源開発利用計画は、国家水資源政策を水資源開発長期基本計画として具体的に表現したもので、社会経済の発展目標に則し、かつ、水需要、水およびその他の資源の賦存量、水需給のひっ迫した地域の分布等を考慮に入れて作成されたものである。

水資源開発利用計画はマレーシアにおける水資源開発のための一般的指針を示すために策定されたもので、水に係る現下の諸問題と将来の課題ならびに水資源賦存量について、既存の資料および情報の解析と解釈を基に作成されたものである。したがって、特定の個別事業計画に関する記述は抽象的なものに留め、それらの詳細を明らかにすることには重きを置いていない。

水資源開発利用計画は、また、マレーシア5ヶ年計画が指向する社会経済の発展を達成するには、産業および国民生活に必須な水資源の開発を強力かつ速やかに推進すべき時期が到来していることを明らかにしている。

### 3. 水資源の現状と将来

マレーシア全土の年間降雨量は9,900億 $m^3$ であるが、この中、360億 $m^3$ は蒸発散で消失し、5,660億 $m^3$ が地表水、640億 $m^3$ が地下水となる。

主な水需要は生活用、工業用、かんがい用水であり、他に水力発電、舟運、内水面漁業、鉱業等の用途があげられる。全人口の66%が公共上水道施設に依存している。米の自給率は69%。水田総面積54.6万haのうち、60%がかんがいされているが、不安定な気候条件の影響を蒙りがちである。水力発電の設備容量は61.4万kWで、総設備容量の29%を占めている。河川水の汚濁が始まり、水質環境が悪化しつつある。洪水氾濫区域の面積は2.9万 $km^2$ に達する。

予想される高い人口増加率と経済成長率のもと、将来の水需要量も、生活用水、工業用水が1980年の13億 $m^3$ から2000年には48.1億 $m^3$ 、かんがい用水が1980年の74億 $m^3$ から2000年には104億 $m^3$ へと増大する。

表流水は全体的に見ればまだ豊かに見えるが、降雨量が時期的、地域的に偏るため、主要大消費地で水需給のひっ迫が顕在化している。乾季には流出量は非常に少なく、一方、雨季には流出量の大部分が洪水となって、海へ流出してしまうため、貯水池で調節されている河川以外は、河川への年間流入量の10%程度しか利用できない。

#### 4. 水資源開発利用の基本方針

社会経済の発展目標と水資源の特徴をふまえ、水資源開発利用に係る基本方針を次のように策定した。

- (1) 正常な利水および水質環境保全に最小限度必要な河川流量を確保するために、主要河川において河川維持流量の確保を図る。
- (2) 西暦2000年迄に、水源確保が著しく困難な地域を除き、全住民に生活用水を供給し、工業用水の50%を供給するため、公共上水道施設を拡充する。食糧の自給率を高め、農民の所得向上をはかるためにかんがい事業を推進する。
- (3) 水需給ひっ迫地域において、水需給バランスを図るため、水源開発を行なう。
- (4) エネルギー自給自足に寄与するため、水力発電開発を実施する。
- (5) 河川における生物化学的酸素要求量(BOD)規準を5 mg/lと定め、河川水質汚濁負荷量の削減を図る。
- (6) 洪水氾濫区域の住民の50%を保護するため洪水防御事業を実施する。

## 5. 計画策定

水資源開発利用計画は、全国および地方の経済発展、環境、社会福祉の見地から比較案を検討し、その結果に基づいて作成されたものである。計画比較案は、水資源開発利用計画を将来必要に応じて修正する際に、参考資料となり得るよう配慮してある。水資源開発利用計画の骨子は次のとおりである。

- (1) 利水者の便を図るための、公共上水道施設とかんがい施設の拡充
- (2) 水需給バランスを図るための、ダム建設、流域間導水などの水源の開発
- (3) 国内エネルギー需要の充足に寄与する水力開発
- (4) ゴム工場とオイルパーム搾油工場の終末処理施設の設置および公共下水道建設などの水質汚濁負荷量削減計画の実施
- (5) 洪水防御施設の建設

水需給ひっ迫地域の大部分では、既に需給の限界に達しているので、増大する水需要に対処するためには、ダムを建設することにより、雨季の余剰水を貯水し、乾季の利水に充当することが必要である。さらに、ダム建設可能地点が開発され尽した地域に対しては、他流域からの導水が必要となる。

## 6. 公共上水道施設およびかんがい施設の拡充

公共上水道施設の給水人口は、現在、全人口の66%に当たる950万人、上水道普及率は都市部で91%、地方で50%となっている。

都市部では、給水人口の増大に伴ない、既存上水道施設に負荷がかかり過ぎており、さらに財源不足から施設の維持管理が十分に行われていない等の問題が顕在化している。一方、地方における生活用水供給は、新経済政策で推進されているものの、良質な水源が手近かに得られぬ地域では需要を満たすことが困難である。

人口および工業生産の高い伸びに伴なって急増する水需要を充足するために、公共上水道施設の拡充を実施すべきである。浄水施設をもつ上水道の給水量を現行の日量200万 $m^3$ から西暦2000年迄に1,030万 $m^3$ 、浄水施設をもたない上水道の給水量を現行の年間2,000万 $m^3$ から1億 $m^3$ に増加させる。

かんがい水田面積を現況の30.2万haから西暦2000年迄に54.5万haに拡大する。年間の精米生産量は1980年の120万tonから、1990年には180万ton、2000年には230万tonに増加し、自給率も1980年の69%から、1990年およびそれ以降には85%へと向上する。



## 7. 水源開発計画

4 地域， 1 3 地区から成る水需給ひっ迫地域における水需給バランスを図るため， 水源開発計画を策定した。

ムダ・ブドウ両ダムからの用水供給のみでは不足を来たしているペルリス/ケダ/プラウピナン地域において， 地域内に 8 箇所， ペラ州に 1 箇所ダムを建設し， ムダかんがい計画および域内の多数の小規模かんがい計画への農業用水， 域内大都市への生活用水を主体とした広域水需要を充足する。

現在工事中のセメニーダムを含め， セランゴール州内の 3 流域に 5 箇所， ヌグリスンピラン州に 2 箇所， パハン州に 1 箇所のダムを建設し， 既設 2 箇所のダムでは供給しきれぬクアラルンプールおよび周辺衛星都市群の生活用水と工業用水の需要を充足する。

マラッカ/ムアール地域に対する水源として， ムアール河流域内に 2 箇所， 即ち， 1 箇所はヌグリスンピラン州内， 1 箇所はヌグリスンピラン， パハン両州の州境にダムを建設するとともに， ジョホール州内でムアール河に河口堰を建設し， 導水路でマラッカおよびその周辺地域に分水する。

ジョホールバルおよびシンガポールへの生活用水， 工業用水供給のため， テベラウ， ジョホール， スディリ各流域に合計 4 箇所のダムを建設する。

上記以外に， 早急な水源開発を要する地区は， ポートディクソン， コタキナバル， ラブアンおよびサラワク州内の干害常習地帯である。

## 8. 水力発電開発計画

マレーシアにおける発電は大部分を火力発電に依存しているため、国のエネルギー政策は水力開発を指向している。

西暦2000年における半島マレーシアの電力需要量は914万kWと想定されるが、現況の発電設備容量は建設中のものを含め、120.6万kWに過ぎない。半島マレーシア内の包蔵水力のうち経済性のあるもの102.6万kWの全てを西暦2000年までに開発するものとする。

サバ・サラワク両州には莫大な包蔵水力があるが、現在2箇所で15.8万kWが開発中に過ぎない。ラジャン河大規模水力開発計画は現在フィージビリティ調査の段階である。この計画が実施に移されれば、マレーシア全土への電力供給が可能となるが、実施前に解決すべき問題点が多々あるので、発電開始時期を西暦2000年以降と仮定した。サバ、サラワク州内の電力需要地は系統化されておらず、水力開発は個々の需要地のうち需要の大きい地区を対象にして実施する必要がある。西暦2000年における大都市想定電力需要量はコタキナバルで46万kW、クチンで29.5kWである。サバ州においてはテノムパンギ第3期およびパパール多目的開発計画を含む37.4万kWの水力開発を実施し、サラワク州では20.4万kWを新規に開発する。特にパパール多目的開発計画はコタキナバルへの上水供給にも重要な役割を果たす。

## 9. 水質汚濁負荷量削減計画

河川水質の汚濁問題が顕在化してきたが、主要な有機性汚濁源は、生活排水、工場排水、ゴム工場・オイルパーム搾油工場・養豚場からの排水であり、さらに鉱業、あるいは宅地開発、道路建設、森林開発から生ずる土砂の流入も河川水中の浮遊物含有量を増大させている。特に、半島マレーシア西海岸地域の諸河川において、有機性汚濁が甚しい。

半島マレーシア西海岸地域の11都市で下水道施設を建設するとともに、ゴム工場およびオイルパーム搾油工場の排水処理施設を設置することを水質汚濁負荷量削減計画の骨格とする。

本計画を実施することによって、汚濁河川のうちBOD濃度が5 mg/l以下に改善される区間は総延長794 kmに達し、残りの区間でもBOD濃度が大幅に低下する。

水質汚濁削減計画は、水質環境および社会福祉の見地から実施されるべきものであるから、経済効果が低いからといって、実施を差し控えるべきではない。

上述の計画に加え、現在20都市を対象に検討中の下水道計画は、河川水質浄化には直接効果を発揮せぬが、公衆衛生の立場から実施に移すべきである。

## 10. 洪水防御計画

洪水氾濫地区 2.9 万km<sup>2</sup>に於ける人口は 270 万人に達し、洪水はマレーシア各地で問題となっているが、特にクランバレー地域やクランタン川流域の様な人口稠密地域においてはより深刻である。また、ジョホール西部地域では河川氾濫に内水排水不良が重なり特に農業部門で問題を大きくしている。パハン河の洪水も甚大で、広大な土地が氾濫常襲地となっている。洪水常襲地域は概して未利用地となっているものの、河川沿いに発達した市街地・村落・農耕地に洪水被害が生じている。年間洪水被害額は平均 1 億マレーシアドルと見積られる。

洪水防御計画の内容は、河道改修総延長 850 Km, 洪水放流路開さく総延長 82 km, 輪中堤建設 12 箇所, 治水ダム建設 12 箇所を想定氾濫区域内の人口の 50% を洪水被害から護ることを目標としている。

洪水調節を主目的としたダムは、ジョホール川西部のペコックダム、サラワク川のリンバンおよびベンゴー両ダムである。残り 9 箇所のダムは水源開発あるいは水力発電主体の多目的ダムとなる。

パハン川においては、洪水規模が大きいため、洪水防御施設建設によって洪水被害から護られる人口は想定氾濫区域内の人口の 50% よりかなり少なくなる。したがって、洪水被害激甚区域内の住民に対しては、パハン中央地域新都市開発地域への移転を考慮すべきである。

## 11. 予算および要員計画

マレーシア5ケ年計画の指向する政策に則して社会経済の発展を成功裡に実現するためには、大規模な水資源開発を実施しなければならない。そのために多大な財源と要員の調達を必要とする。その概略の規模を示すために水資源開発利用計画実施に要する西暦2000年迄の費用と人員を算定した。

政府開発支出の総枠は、第4次マレーシア計画で60億マレーシアドル、第5次マレーシア計画で160億マレーシアドル、第6次マレーシア計画で130億マレーシアドル、第7次マレーシア計画で60億マレーシアとなろう。ただし、上記第4次マレーシア計画の数値は、上水道およびかんがいに対して既に計上済みの開発投資額を除外したものである。西暦2000年までの水資源開発投資所要総額410億マレーシアドルは現行第4次マレーシア計画に計上されている開発投資総額にほぼ等しい。一方、民間部門の水資源開発投資額は西暦2000年までに150億マレーシアドルに達するものと見込まれる。また、公共部門の経常支出費は西暦2000年までに累計約80億マレーシアドルになるであろう。

水資源開発利用計画の実施に伴う要員数は第4次マレーシア計画で14,900名、第5次マレーシア計画で20,700名、第6次マレーシア計画で26,000名、第7次マレーシア計画で29,300名となる。第5次マレーシア計画所要人員の内訳は、技師1,000名、技術補助員1,400名、技能工4,000名、その他22,900名である。

## 12. 経済成長が予想を下廻ると仮定した場合の計画

水資源開発利用計画作成に際し、国内総生産額の伸び率を第4次マレーシア計画に従って西暦1980年から1985年迄の間は7.7%、1985年から1990年迄の間は8.4%とし、さらに1990年から2000年迄の間を7.5%と仮定した。

世界的な不況が長引けば、マレーシアの経済成長も影響を受けると予想されるので、参考のために、成長率を低目に仮定した計画を立案した。国内総生産額伸び率は西暦1980年から1985年迄の間を7.0%、1985年から1990年迄の間を6.0%、1990年から2000年迄の間を5.0%と仮定した。この仮定のもとでは、西暦2000年における国内総生産額は780億マレーシアドル、即ち当初想定した1,130億マレーシアドルの69%となる。

この仮定のもとで算定した生活・工業用水需要は当初想定に対し、西暦1990年で89%、2000年で75%となる。西暦2000年の公共上水道普及率は99%から96%に下がることとなる。

水資源開発に要求される規模も必然的に縮小し、西暦2000年迄の公共部門開発投資は320億マレーシアドル、即ち当初見積りの77%となる。

上記から明らかなように、将来の経済成長が予想を下廻ったとしても、水資源開発は強力的に推進されなければならない。

## 目 次

		頁
第 1 章	序 論 .....	1
第 2 章	背 景 .....	2
2.1	国 土 .....	2
2.2	気 候 .....	3
2.3	水 文 .....	3
2.4	社会・経済の現況 .....	5
第 3 章	水資源開発利用の現況 .....	7
3.1	上 工 水 供 給 .....	7
3.2	か ん が い .....	8
3.3	水 力 発 電 .....	9
3.4	内 水 面 漁 業 .....	10
3.5	舟 運 .....	10
3.6	下 水 道 施 設 .....	11
3.7	鉱工業の水処理施設 .....	11
3.8	森 林 .....	12
3.9	洪 水 .....	13
第 4 章	将来の水需要と関連する諸問題 .....	14
4.1	社会・経済的条件 .....	14
4.2	上 工 水 需 要 .....	16
4.3	かんがい用水需要 .....	17
4.4	流 域 区 分 .....	18
4.5	河川利用率および水不足量 .....	18
4.6	水 質 .....	19
4.7	水源涵養の問題 .....	20
第 5 章	水資源開発利用の基本方針 .....	22
5.1	問 題 領 域 .....	22

5.2	低水流量の維持	22
5.3	上水道施設およびかんがい施設の開発	23
5.4	水源施設開発	24
5.5	水力開発	24
5.6	水質汚濁負荷量削減	25
5.7	洪水防御	26
第6章	代替開発案の検討	27
6.1	代替案検討の目的と範囲	27
6.2	水需給バランス代替開発案	27
6.3	水力開発代替計画案	29
6.4	水質汚濁負荷量削減計画代替案	32
6.5	洪水防御計画代替案	33
第7章	水資源開発利用計画	34
7.1	公共上水道施設およびかんがい施設開発計画	34
7.2	水源開発計画	34
7.2.1	水不足地域	34
7.2.2	ペルリス/ケダ/ブラウピナン地域水源開発計画	35
7.2.3	ランカウィ島水源開発計画	37
7.2.4	クリアンおよびクラウ川流域水源開発計画	37
7.2.5	キンタバレー地域水源開発計画	38
7.2.6	クランバレー地域水源開発計画	38
7.2.7	セパン川流域水源開発計画	39
7.2.8	リンギ川流域水源開発計画	39
7.2.9	マラッカ/ムアール地域水源開発計画	39
7.2.10	南ジョホール地域水源開発計画	40
7.2.11	クランタン川流域水源開発計画	40
7.2.12	半島マレーシアにおけるその他の水源開発計画	41
7.2.13	タワウ川水源開発計画	41
7.2.14	ムリアウ川水源開発計画	41



7.2.15	ミラウ川水源開発計画	42
7.2.16	ワリウ川水源開発計画	42
7.2.17	パパール川水源開発計画	42
7.2.18	パダス川導水計画	43
7.2.19	ミリ川水源開発計画	44
7.2.20	サラワク海岸地帯における水資源開発計画について	44
7.3	水力開発計画	44
7.4	水質汚濁改善計画	45
7.5	洪水防御計画	46
7.5.1	概 要	46
7.5.2	ベルリス川洪水防御計画	46
7.5.3	ムダ川洪水防御計画	47
7.5.4	ブライ川洪水防御計画	47
7.5.5	ビナン川洪水防御計画	47
7.5.6	クラウ川洪水防御計画	47
7.5.7	ペラ川洪水防御計画	47
7.5.8	クラン川洪水防御計画	48
7.5.9	リングイ川洪水防御計画	48
7.5.10	マラッカ川洪水防御計画	48
7.5.11	ケサン川洪水防御計画	48
7.5.12	ムアール川洪水防御計画	48
7.5.13	バトウパハット川洪水防御計画	49
7.5.14	スクダイ川洪水防御計画	49
7.5.15	ジョホール川洪水防御計画	49
7.5.16	ムルシン川洪水防御計画	49
7.5.17	エンダウ川洪水防御計画	49
7.5.18	パハン川洪水防御計画	50
7.5.19	クアンタン川洪水防御計画	50
7.5.20	クママン川洪水防御計画	50
7.5.21	イバイ川洪水防御計画	50

7.5.2.2	トレンガヌ川洪水防 御計画	5 0
7.5.2.3	スティウ川洪水防 御計画	5 1
7.5.2.4	クルアンブサル, ブスット両川洪水防 御計画	5 1
7.5.2.5	クランタン川洪水防 御計画	5 1
7.5.2.6	タワウ川洪水防 御計画	5 2
7.5.2.7	バンドウ平野洪水防 御計画	5 2
7.5.2.8	プタタン川河道改修計 画	5 2
7.5.2.9	カダマイアン川河道改修計 画	5 2
7.5.3.0	リンバン洪水防 御計画	5 2
7.5.3.1	ミリ川洪水防 御計画	5 3
7.5.3.2	ニアー輪中堤の建設	5 3
7.5.3.3	クナメ川洪水防 御計画	5 3
7.5.3.4	マトウ川河道改修計 画	5 3
7.5.3.5	サラワク川洪水防 御計画	5 3
7.6	内陸水運開発計 画	5 3
7.7	建設費の見積り	5 4
7.8	所 要 人 員	5 4
7.9	事 業 の 効 果	5 5
7.9.1	国家経済開発	5 5
7.9.2	環境に対する効果	5 7
7.9.3	社会福祉効果	5 7
7.9.4	水需給および利水事業の効果	5 7
7.9.5	水力開発事業の効果	5 8
7.9.6	水質汚濁削減事業の効果	5 8
7.9.7	河川水質改善効果をともなわなない下水道開発事業の効果	5 8
7.9.8	洪水防 御事業の効果	5 9
第 8 章	低目の経済成長を仮定した開発計 画	6 0
8.1	仮定したGDPの成長率	6 0
8.2	低目の経済成長の影響	6 0

8.3	低目の経済成長を仮定した場合の水需要 .....	60
8.4	開 発 計 画 .....	61
8.5	支出および所要人員 .....	61
8.6	事業の効果 .....	61

## 添 付 表 一 覧 表

		頁
1.	水文量の州別分布 .....	63
2.	都市および都市コード番号一覧表 .....	64
3.	州別人口予測値 .....	65
4.	州別GDP予測値 .....	65
5.	州別工業生産額予測値 .....	66
6.	商品別工業生産額予測値 .....	66
7.	一人当り日生活用水量予測値 .....	67
8.	年間工業生産額当たり工業用水消費量予測値 .....	67
9.	給水形態別生活用水および工業用水需要予測値 .....	68
10.	州別上水需要予測値 .....	68
11.	形態別かんがい水田予測面積 .....	69
12.	州別かんがい水田予測面積 .....	69
13.	州別かんがい用水需要予測値 .....	70
14.	流域面積および河川維持流量（半島マレーシア） .....	71
15.	流域面積および河川維持流量（サバ、サラワク） .....	72
16.	流域別有効面積からの年間総流出量，総水需要量および 河川利用率一覧表（半島マレーシア） .....	73
17.	水需給ひっ迫地域有効面積，年間総流出量，総水需要量および 河川利用率一覧表（サバ，サラワク） .....	74
18.	1990年，2000年における水需給ひっ迫地域内不足水量予測値 .....	75
19.	オイルパーム搾油工場，ゴム工場の土壌浄化法普及率予測値 .....	76
20.	排水率，流達率および排水中BOD濃度 .....	76
21.	半島マレーシアにおける水源開発計画代替案 B1 (1/2) .....	77
22.	半島マレーシアにおける水源開発計画代替案 B1 (2/2) .....	78
23.	サバ，サラワクにおける水源開発計画代替案 B1 .....	79
24.	半島マレーシアにおける水源開発計画代替案 B2 (1/2) .....	80
25.	半島マレーシアにおける水源開発計画代替案 B2 (2/2) .....	81
26.	サバ，サラワクにおける水源開発計画代替案 B2 .....	82
27.	半島マレーシアにおける水源開発計画代替案 B3 .....	83
28.	サバ，サラワクにおける水源開発計画代替案 B3 .....	84
29.	水源開発計画代替案別政府開発支出額予測値 .....	85

3 0.	水源開発計画代替案別所要人員予測値	86
3 1.	水源開発計画代替案別等価年便益，費用および経済的内部収益率算定値	87
3 2.	2000年における水源開発計画代替案別水安定供給期間と河川維持 流量保証期間	88
3 3.	水源開発計画代替案別ダム建設総数および立ち退き住民総数	89
3 4.	サバにおける水力開発候補地点	89
3 5.	水質汚濁負荷量削減計画代替案P 1における公共下水道整備計画	90
3 6.	水質汚濁負荷量削減計画代替案P 2における公共下水道整備計画	90
3 7.	汚濁負荷量削減計画代替案別政府開発支出額予測値	91
3 8.	汚濁負荷量削減計画代替案別所要人員予測値	91
3 9.	汚濁負荷量削減計画代替案別等価年便益および経費算定値	92
4 0.	洪水防御計画代替案 F 1	93
4 1.	洪水防御計画代替案 F 2	94
4 2.	洪水防御計画代替案 F 3	95
4 3.	洪水防御計画代替案別政府開発支出額予測値	96
4 4.	洪水防御計画代替案別所要人員予測値	96
4 5.	洪水防御計画代替案別等価年便益，経費および内部収益率算定値	97
4 6.	洪水防御計画代替案別受益者総数および立ち退き住民総数	97
4 7.	州別都市上水道開発計画	98
4 8.	州別農村部上水道拡張計画（浄水施設をもつもの）	99
4 9.	州別農村部上水道拡張計画（浄水施設をもたないもの）	100
5 0.	半島マレーシアにおける水源開発計画（1/2）	101
5 1.	半島マレーシアにおける水源開発計画（2/2）	102
5 2.	サバ，サラワクにおける水源開発計画	103
5 3.	水力開発計画	104
5 4.	オイルパーム搾油工場およびゴム工場排水処理施設改善計画	105
5 5.	水質汚濁削減を主目的とする公共下水道整備計画	106
5 6.	2000年における汚濁負荷量予測値	107
5 7.	公衆衛生を目的とする公共下水道整備計画	108
5 8.	1990年までの洪水防御計画	109
5 9.	2000年までの洪水防御計画	110
6 0.	洪水予警報システム整備計画	111
6 1.	半島マレーシアに仮定した建設単価（1/2）	112

6 2.	半島マレーシアに仮定した建設単価 (2/2)	113
6 3.	サバ, サラワクに仮定した建設単価 (1/2)	114
6 4.	サバ, サラワクに仮定した建設単価 (2/2)	115
6 5.	開発事業に要する政府開発支出額予測値	116
6 6.	開発事業に要する民間開発支出額予測値	116
6 7.	開発事業に係わる政府経常支出額予測値	117
6 8.	開発事業に係わる所要人員予測値	118
6 9.	水資源開発事業の効果	119
7 0.	2000年における用水安定供給期間及び河川維持流量 保証期間	120
7 1.	水力開発事業の効果	121
7 2.	水質汚濁負荷量削減事業の効果	122
7 3.	BOD濃度5mg/l以上の河川区間延長予測値	123
7 4.	公衆衛生を目的とする下水道整備計画の効果	124
7 5.	洪水防御計画の効果	125
7 6.	低目の経済成長を仮定した州別GDP予測値	126
7 7.	低目の経済成長を仮定した給水形態別上水需要予測値	127
7 8.	低目の経済成長を仮定した州別上水需要予測値	127
7 9.	低目の経済成長を仮定した州別都市上水道開発計画	128
8 0.	低目の経済成長を仮定した州別農村部上水道開発計画 (浄水施設をもつもの)	129
8 1.	低目の経済成長を仮定した州別農村部水道開発計画 (浄水施設をもつもの)	130
8 2.	低目の経済成長を仮定した半島マレーシア水源開発計画 (1/2)	131
8 3.	低目の経済成長を仮定した半島マレーシア水源開発計画 (2/2)	132
8 4.	低目の経済成長を仮定したサバ, サラワク水源開発計画	133
8 5.	低目の経済成長を仮定した水力開発計画	134
8 6.	低目の経済成長を仮定したオイルパーム搾油工場およびゴム工場 排水処理施設改善計画	135
8 7.	低目の経済成長を仮定した水質汚濁量削減を主目的とする下水道整備計画	136
8 8.	低目の経済成長を仮定した2000年における汚濁負荷量予測値	137
8 9.	低目の経済成長を仮定した公衆衛生を目的とする公共下水道整備計画	138
9 0.	低目の経済成長を仮定した開発事業に要する政府開発支出額予測値	139

9 1.	低目の経済成長を仮定した開発事業に要する民間開発支出額予測値	139
9 2.	低目の経済成長を仮定した開発事業に係る政府経常支出額予測値	140
9 3.	低目の経済成長を仮定した開発事業に係る所要人員予測値	141
9 4.	低目の経済成長を仮定した水源開発計画の効果	142
9 5.	低目の経済成長を仮定した2000年における安定用水供給期間および 河川維持流量保証期間	143
9 6.	低目の経済成長を仮定した水力開発事業の効果	144
9 7.	低目の経済成長を仮定した水質汚濁削減事業の効果	145
9 8.	低目の経済成長を仮定したBOD濃度5mg/ℓ以上の河川区間延長予測値	146
9 9.	低目の経済成長を仮定した公衆衛生を目的とする下水道整備事業の効果	147
100.	低目の経済成長を仮定した洪水防衛事業の効果	148

## 添付図一覧表

1. ペルリス・ケダ・ペナン各州水資源開発計画
2. ペラ州水資源開発計画
3. スランゴール州水資源開発計画
4. ヌグリセンピラン・マラッカ両州水資源開発計画
5. ジョホール州水資源開発計画
6. パハン州水資源開発計画
7. トレンガヌ州水資源開発計画
8. クランタン州水資源開発計画
9. サバ州水資源開発計画
10. サラワク州水資源開発計画
11. 諸外国におけるBOD濃度標示による河川水質基準
12. 西暦2000年における半島諸河川BOD濃度(事業実施せず)
13. 西暦2000年における半島諸河川BOD濃度(事業実施後)
14. 水資源需給バランス計画(1/2)
15. 水資源需給バランス計画(2/2)



## 第1章 序 論

マレーシアでは近年の急速な発展に伴ない水資源利用の面で種々のひずみが生じはじめてきた。以前は水が豊富であると考えられていた地域でも水不足が増大しつつある。

従来マレーシアでは水資源の開発・管理の権限は多くの公共機関に分散されてきた。諸機関の業務を総合的に調整するシステムを欠いているために、多岐に亘る水資源の開発管理が個々ばらばらに行われる実情にある。このために水利用に競合が生じ、また諸機関の活動や機能に重複を生じる可能性がある。この様な状況から、水およびその他の資源の効率的利用をはかるために、水資源開発、管理を総合的な立場から検討することが必要となった。

マレーシア全国水資源開発計画調査は、1979年10月以降3ケ年にわたって日本政府国際協力事業団の調査団によってマレーシア政府スタッフとの協力の下に実施されてきた。

本調査の目的は、全国的な社会、経済開発政策をふまえて秩序ある水資源開発事業の計画・実施および合理的な水資源の運営管理の基礎となるべき枠組みを提議することにある。

ここに提出する最終報告書は、第1巻マスターアクションプラン、第2巻水資源開発利用計画で構成され、英文付属資料として州別報告書10巻、部門別報告書19巻を別途作成した。

マスターアクションプランは、将来の水資源開発・管理のために連邦および州政府が執るべき諸施策に関する提言であり、(1)国家水資源政策、(2)事業実施計画、(3)財政政策、(4)水行政、(5)制度、(6)法制、(7)将来検討事項からなる。

水資源開発利用計画は、国家水資源政策を水資源長期基本計画の形で具体的に表現したもので、社会・経済の発展目標に則し、かつ水需要、水資源および他の資源の賦存量、水需給のひっ迫した地域の分布等を反映させてある。

水資源開発利用計画はマレーシアにおける水資源開発のための一般的指針を示すために、現存する水に係る諸問題と将来の課題ならびに水資源賦存量に関する、既存の資料および情報の解析と解釈をもとに策定されたものである。したがって、特定の個別事業計画に関する記述は極く概略を示すものであって、それらの詳細を検討することは今後の調査にまたなければならない。



## 第2章 背 景

### 2.1 国 土

マレーシアの国土総面積は330,000 km<sup>2</sup>である。その内、マレー半島 (Peninsular Malaysia) 南部に位置する半島マレーシアが131,900 km<sup>2</sup>を占め、ボルネオ (Borneo) 島の北部から北西部にかけて位置するサバ (Sabah)・サラワク (Sarawak) がそれぞれ73,700 km<sup>2</sup>, 124,400 km<sup>2</sup>を占める。

マレーシアは環太平洋造山帯に属し、半島部では南北の方向に、サバ・サラワクでは北東から南西の方向に山脈が連なっている。海岸平野は低丘陵地、起伏をもつ平地、湿地からなる。半島マレーシア北部の山地では中央山脈と東海岸山脈が平行し、最高峰は標高2,188 mのタハン (Tahan) 山である。これと対照的に、パハン (Pahang) 川およびムアール (Muar) 川流域以南は平坦な地形となっている。サバにおいては、西海岸沿いに標高500 m以上のクロッカー山脈 (Crocker range) が走り、マレーシア最高峰のキナバル (Kinabalu) 山頂で標高4,100 mに達している。キナバタンガン (Kinabatangan) 川はサバ内陸高地を貫流し、北東海岸に流下している。サラワク州とインドネシア領カリマンタン (Kalimantan) の国境は、カプアスフル (Kapuas Hulu), イラン (Iran) およびクロッカー山脈の分水嶺とほぼ一致している。サラワク内陸部は標高500 mから2,000 m内外の山地および台地で構成されている。その中央部はラジャン (Rajang) 川の集水地域となり、下流の南部海岸地帯には広大な沖積平野が発達している。

半島マレーシア、ボルネオ島いずれも古生代および中生代に生成した変成堆積岩からなる構造的に比較的安定した地殻上に位置している。北西ボルネオ地向斜の第三紀堆積岩がボルネオ島北西海岸に沿い、サバ・サラワクのほぼ全域にわたって分布している。半島マレーシアにおいてはシリル紀から古世ジュラ紀の変成堆積岩と貫入性花崗岩が主要な岩石で、第三紀層は極く限られた地域にみられる。

沖積土壌は主として海岸平野、氾濫原、低位河岸段丘地に分布し、中・高位段丘地にもみられる。残積土壌は山地から丘陵地帯に分布している。沖積土壌の分布比率は半島マレーシアで27%、サバで18%、サラワクで21%となっている。サラワクの海岸平野に広く分布する沖積土壌は泥炭が母材となっており、常時満水する内水あるいは反復冠水する半塩水の影響を受けている。

国土全体の69%に相当する226,300 km<sup>2</sup>が自然植生で、その内訳は天然林184,600 km<sup>2</sup>、再生林およびマングローブ等の湿地林37,800 km<sup>2</sup>、草地3,900 km<sup>2</sup>となっている。森林の主要樹種はフタバガキ科とマメ科に属し、他に高地ではオーク、沿岸低地で

はマングローブ、泥炭地では混成林が優先している。

## 2.2 気 候

マレーシアの熱帯性気候は海洋性季節風がボルネオ島、マレイ半島、スマトラ島の出脈に吹きつけ、そこでさえぎられることによって特徴づけられている。

北東モンスーンは11月から1月にかけて訪れ、マレーシア全土、特に半島マレーシア東海岸、サバ北部、サラワク南部に多量の降雨をもたらす。他方、半島マレーシア西海岸の降雨量は比較的少なめである。この季節は全般に湿潤でやや涼しい。1月から3月の間は最乾燥期にあたり、気温も上昇する。南西モンスーンは半島マレーシアでは4月から5月、サバ・サラワクでは5月から7月に最盛期に入るが、北東モンスーンの時期より雨量は少ない。南西モンスーン期の当初に気温が最高となる。半島マレーシアでは6月から10月、サバ・サラワクでは8月から10月がモンスーン間期を迎えるが、半島マレーシア西海岸北部とサバ東海岸では、この時期にしばしば豪雨に見舞われる。

月平均気温は年間を通じてほとんど変化せず、海岸低地で25度から28度の間を上下している。月平均相対湿度は常時75%から90%と高い。

年平均雨量は2,000mmを超えるが、パハンおよびムアール川流域の一部ではこれを下廻わっている。半島マレーシア東海岸とカメロン高原(Cameron Highlands)、サバ東部全域、サラワク全域では年平均雨量が3,000mm以上であり、サラワクの山地では4,000mmに及ぶ。観測記録を基に算定した年平均雨量は、半島マレーシアにおいて2,400mm、サバ2,600mm、サラワク3,830mmとなる。

## 2.3 水 文

マレーシアにおける水文観測所は、設置数は比較的多いものの、欠測が多く、また、観測値の信頼性が一般的に低い。本調査ではこの点を勘案し、基準観測所を半島マレーシアに11箇所、サバ・サラワクに12箇所それぞれ選定し、前者については1961年から1979年までの19年間、後者については10年から17年間の流出量を個別に算定した。基準観測所が得られなかった流域については、同一の水文地域区分に属する基準観測所の算定流出量を、長期流域雨量の差異に基づき修正のうえ使用した。得られた平均年間流出量は、半島マレーシアにおいて1,110mm(147億 $m^3$ )、サバ1,530mm(113億 $m^3$ )、サラワク2,406mm(306億 $m^3$ )となる。

河川流量の年間変動は比較的小さく、特にスランゴール(Selangor)、パダス(Padas)ラジャンの各河川ではほとんど一定に近い。これに反し、マラッカ(Melaka)、ペラ両河川とサラワク海岸低平地帯を流れる小河川は他に比較し年間を通じ大きな変動を示す。

河岸侵食は各河川で見られるが、ペラ (Pelak) 川のトルクアンソン (Teluk Anson) 付近、サバ西海岸の急流河川、サラワクの感潮河川の最下流部を除き、あまり深刻化していない。感潮部の河道は全般的に蛇行している。半島マレーシア東海岸、サバ西海岸、サラワク北部では漂砂の影響で河口閉塞がしばしば生ずる。サラワクの各河川は最下流部の勾配が非常に緩やかなため、塩水がかなり上流部まで溯上する。

河川の流砂に関する観測値は数が限られている。半島マレーシアにおける流砂量は年間で1kmあたり10-400トンと小さく、サバにおいても同様に30-230トンにとどまっているものと推定される。サラワクにおいては信頼度の高い観測値がない。半島マレーシアの幾つかの河川では、河床堆砂が河道疎通容量を低下させている。

洪水は通常北東モンスーンの時期に発生する。さらに、半島マレーシアの西海岸南部では南西モンスーンの時期に、西海岸北部では9月から10月にかけても洪水が起こる。洪水発生時の浸水地区は非常に広範囲に及ぶ。

河川水質の有機物汚濁発生源は、都市下水、工場廃水、オイルパーム搾油工場・ゴム工場からの排水、養豚場からの排泄物が主要なものである。生物化学的酸素要求量測定値 (BOD濃度) が1978/79年に5mg/lを超えた河川は、半島マレーシアのケダ (Kedah)、メルボック (Merbok)、ジャル (Jaru)、ジャウイ (Jawi)、キンタ (Kinta)、ブロウ (Buloh)、クラン (Kelang)、ランガット (Langat)、リングギ (Linggi)、ジョホール (Johor)、エンダウ (Endau)、パハンの各河川とサラワクのサマラハン川 (Samarahan) である。

幾つかの河川で浮遊固型物濃度 (SS) が高い値を示しているが、その原因として、錫および銅鉱山における選鉱、宅地造成、道路開削、森林の択伐あるいは皆伐があげられる。自然河川の状態ではSS平均値は50mg/lから500mg/lの間に分布している。半島マレーシアにおける1978/79年の観測値によれば、ペライ (Perai)、キンタ、ベルナム、スランゴール、ブロウ、クラン、ランガット、マラッカ、クアantan (Kuantan) クルアン (Keluang) の各河川の一部で、SS濃度が500mg/l以上になっている。同様に、サバのセガマ (Segama)、キナバタンガン、ラブク (Labuk)、サラワクのルパール (Lupar)、サマラハンの各河川でもSS濃度が500mg/lを超えることが多い。

沖積帯水層は粗い砂礫からなる第四紀堆積層に存在している。賦存量の大きな帯水層はクランタン (Kelantan)、トレンガヌ (Trengganu)、パハン、ペラ、ラジャンのような大河川の氾濫原に分布している。半島マレーシア西海岸および東海岸南部の平野、サバ・サラワクの海岸地域の多くの地区では沖積帯水層への海水の侵入が見られる。宙水が自然堤防、海岸砂丘に発達しており、地下水賦存量の乏しい地域においても、小規模な地下水開発の可能性が考えられる。裂隙水は石灰岩、砂岩、礫岩、頁岩等の割れ目や空げき

に存在するが、その分布は、半島マレーシアのペルリス、ペラ、セラシゴール、パハン山岳丘陵地帯、サンダカン（Sandakan）周辺、サバのコタブルット（Kota Belud）からラジャン川流域北部にかけたクロッカー山脈にほぼ限られている。算定した地下水の賦存量は、半島マレーシアにおいて630億 $m^3$ 、サバ140億 $m^3$ 、サラワク220億 $m^3$ である。地下水の涵養は降雨、土壌、地質の諸条件に左右されるが、本調査では沖積帯水層に対し日量1—2.5mm、裂隙水層に対し日量0.1—0.4mmと仮定し、地下水涵養量を算定した。得られた年間涵養量は、半島マレーシアにおいて200億 $m^3$ 、サバ140億 $m^3$ 、サラワク300億 $m^3$ である。

帯水層の透水量係数の大小によって井戸からの採水量が決まる。もし地下水賦存量が少なければ、連続的に揚水することが出来ない。また、通常、揚水量が地下水涵養量を上廻っていれば、帯水層は、やがては、涸渇してしまう。帯水層の地域的分布状態は複雑なので、帯水層を掘り当てた場合のみ、その井戸は採水可能となる。このような考え方から、地下水の年間可能揚水量を半島マレーシアにおいて57億 $m^3$ 、サバ22億 $m^3$ 、サラワク39億 $m^3$ と概算した。

降雨の一部分は地表から河川に直接入って表流水となるか、あるいは一時的に湖や沼沢地に貯留される。残りは地下に浸透し、土壌水あるいは地下水となる。さらに、河川、湖、沼沢からの水面蒸発や土壌水を吸収する植物からの蒸散によって降雨の一部は大気に還元する。長期的視点からみれば、雨量から蒸発散量を差し引いた残りが表流水と地下水補給量の和に等しくなる。算定した州別水資源分布を表-1に示す。

#### 2.4 社会・経済の現況

マレーシアは13州からなる連邦国家である。半島マレーシアにペルリス（Perlis）、ケダ（Kedah）、プ라우ピナン（Pulau Pinang）、ペラ（Perak）、スランゴール（Selangor）、ヌグリスンビラン（Negeri Sembilan）、マラッカ（Melaka）、ジョホール（Johor）、パハン（Pahang）、トレンガヌ（Trengganu）、クランタン（Kelantan）の11州、ボルネオ島にサバ（Sabah）、サラワク（Sarawak）の2州がある。半島マレーシアの各州は幾つかの郡に行政区分され、サバ・サラワクには州と郡の中間行政単位としての地方（Residency又はDivision）が設定されている。連邦の首都はクアラルンプール（Kuala Lumpur）に置かれ、その人口は99.8万人である。

マレーシアの全人口は1980年現在1,430万人、そのうち1,190万人が半島マレーシア、110万人がサバ、130万人がサラワクに在住している。1970年から1980年迄の10年間の年平均人口増加率は2.84%である。人口密度は半島マレーシアにおいて90人/ $km^2$ 、サバ15人/ $km^2$ 、サラワク11人/ $km^2$ である。

国内総生産額（GDP）は1970年価格表示で1971年には12.6億マレイシアドルであつたものが、年平均8.1%の割合で成長し、1980年には25.4億マレイシアドルに達した。国民1人当りに換算すると、1971年の1,140マレイシアドルから1980年には1,780マレイシアドルに増加し、この間の成長率は5.1%となる。GDPに占める製造業部門のシェアは過去10年間に14.7%から21.2%に上昇し、他方、農林水産部門のシェアが30.5%から22.8%へ低下している。

主要輸出産品はゴム、錫、原木、パーム油、石油および工業製品である。1980年の商品輸出総額は時価28.4億マレイシアドルを記録した。ゴムと錫は伝統的に重要な輸出産品で、両者の輸出額は、国際市場価格が高騰した1970年には輸出総額の53%を占めるに至つた。しかし、その後は漸減し、1980年現在のシェアは26%になっている。これと対照的に、原油および工業製品の輸出が大いに伸び、1970年には14%に過ぎなかったが、1980年のシェアは46%に達した。主要輸入商品は機械、輸送機器、工業製品、食料、飲料および煙草である。1980年の輸入総額は時価23.5億マレイシアドルである。

1980年現在の労働力は540万人、失業率は5.3%であつた。就業人口構成は、農林水産業に41%、製造業に16%、その他に43%となっている。

国土の現況土地利用状況は、森林および草地226,300km<sup>2</sup>、農地71,900km<sup>2</sup>、市街地その他31,800km<sup>2</sup>で、農地の中、永年作物が34,500km<sup>2</sup>、水田、畑、焼畑、養魚池が37,400km<sup>2</sup>を占めている。

主要輸出農産物はゴム、オイルパーム、ココナッツ、胡椒である。1980年の産出高はゴム160万トン、パーム油260万トン、乾燥ココナッツ33万トン、胡椒3.6万トン、を記録した。





## 第3章 水資源開発利用の現況

### 3.1 上水供給

マレーシアにおける公共上水道施設は通常各州の公共事業局の管轄下にあるが、ペラ、ヌグリスンピラン、スランゴールの各州では水道局が設置され、プラウペナンとマラッカ両州では水道庁が設置されている。クチンおよびシブの水道局は独立採算制のサラワク州機関で、各々担当の都市とその周辺への給水を管轄している。サバ州においては、1982年4月に発効したサバ州水道公団法に基づき、公団新設の準備が進められている。

半島マレーシアの公共上水道給水量は1978年の実績によれば年間総量5.98億 $m^3$ 、年間有収水量が4.29億 $m^3$ となっている。公共上水道による総給水人口は654万、その中、都市総給水人口が392万を占め、残り262万が地方給水人口である。都市部における給水普及率は88%に達しているが、地方部では40%に留まっている。給水人口1日1人当たりの消費水量は180 $l$ 、給水量原単位は250 $l$ である。サバの上水道供給量は、1980年現在3,900万 $m^3$ に達し、給水人口1日1人当たり消費水量は210 $l$ 、上水道普及率は都市部で86%、地方部で7%をそれぞれ記録した。一方、サラワクにおける上水道年間給水量は、3,800億 $m^3$ 、給水人口は47.5万、1日1人当たり消費水量は194 $l$ 、上水道普及率は都市部で93%、地方部で12%となっている。

地方環境公衆衛生事業の一環として、厚生省より資材補給と助言を受け、浄水施設の無い水道施設が孤立した村落に建設中である。主な取水施設は溪流取水、手動ポンプ付き浅井戸等である。厚生省は利用者に対し飲用に供する場合には、予め煮沸するよう指導している。現在、この制度で100万人が恩恵を受けている。

公共上水道の給水人口は1980年現在、都市部で500万人、地方部で浄水施設の無い分100万人を含み450万人と算定され、普及率は都市部において91%、地方部で50%、全国平均で66%となる。マレーシア全土の給水能力は1980年現在、浄水能力換算で日量260万 $m^3$ のほか、浄水施設の無い上水道原水需要換算で年間1,900万 $m^3$ となっている。

上水道施設の大部分は水源を河川に依存しているが、コタバル、サンダカン、ラブアン、ジェリジェでは地下水もしくは湧水、クダットでは天水池が主要水源である。

都市部においては、既存水道施設の大半が給水人口の増加に対応しきれず、負荷がかかり過ぎてている。さらに、財源不足から施設の維持管理が十分に行われていない等の問題が顕在化している。一方、地方における生活用水供給は、新経済政策で推進されているものの、良質な水源が手近かに得られぬ地域では需要を満たすことが困難である。

サラワクが抱える固有の問題として、第1・第2・第6各地方庁管内の海岸平野に散在

する常習干ばつ地帯における生活用水の確保がある。この地帯では、どの河川も塩水が遡上するため、小規模な溜池への雨水貯溜か、小河川からの取水が飲料水確保の手段となっている。過去10年間の最干ばつ年であった1981年には、227ヶ村で総計102,600人の住民が深刻な水不足に見舞われた。サラワク州公共事業局はこれらの被害地区にタンカー、船、ランチ、トラック、時にはヘリコプターで飲料水を輸送した。同じ規模の干ばつが1972年、1979年にも発生した。少なからぬ住民が干ばつの際にコレラや赤痢等の伝染病に感染した。このような状況に鑑み、サラワク公共事業省は常習干ばつ地帯に公共上水道施設を新設することに全力を傾注している。

シンガポール公益事業庁は、ジョホール州とシンガポール政府との間の協定に基づき、ポンティアンケチール、スクダイ、プライ、テベラウ、ジョホールの各河川から生活用水および工業用水の原水を取水している。

### 3.2 かんがい

半島マレーシアの水田総面積は42.8万ha、その中、30.2万haがかんがいされており、残りは天水田である。主要かんがい地区は、ムダ、クリアン、スンガイマニク、タンジョンカラン、ブスット、クンプ、クランタン北部で、地区面積の合計は18万haにのぼる。半島全土に772地区の小規模かんがい地区があり、かんがい方式別に分類すると、自然流下方式492地区、ポンプかんがい方式96地区、排水調節方式135地区、湛水排除方式49地区となる。かんがい規模は1地区平均387haである。

サバの水田面積の総計は30,200ha、かんがい水田が20,800haを占めている。サバ州排水かんがい局(DIDD)はかんがい面積100ha以上の地区を管轄し、現在の総数は25地区である。州内の総かんがい面積の70%にあたる14,700haが西海岸に集中している。主なかんがい地区としてテンバスク北部、トウアラン、ペナンパン、パパールがあげられる。内陸部にも3,400haのかんがい水田が分布し、ピンコール地区に1,200haがまとまっている。州東北部ではラブックおよびベンコッカ川流域に2,700haのかんがい水田が存在する。

サラワク州DIDD所管のかんがい地区は現在28箇所あり、その合計面積は6,100haである。かんがい方式別の区分は、排水調節方式17地区4,400ha、ポンプかんがい方式10地区1,600ha、自然流下式1地区100haとなる。その他に64,800haが天水田として耕作されている。既存の主要かんがい排水事業は、タンジョンビジャット排水地区およびパヤセラヤンかんがい地区の2つである。

マレーシアの米需要量は年間171万トンといわれ、平年作の場合、国内産米で需要の69%満たせるが、不安定な天候に左右され、平年作を下廻ることが多い。焼畑農法がサ

ラワクを中心に行われており、陸稲栽培面積は半島マレーシアで7,000ha, サバで12,000ha, サラワクで74,000haに達するが、収量は極めて低い。

### 3.3 水力発電

水力発電の所管は半島マレーシア・サバ・サラワクに分割され、それぞれ国家電力公団(NEB), サバ電力公団(SEB), サバ電力供給公社(SES CO)が担当している。

NEBは1979年現在179.6万kWの発電容量を保有し、その中、61.4万kWが水力である。西海岸の主要都市と東海岸のクアンタンは送電網で系統化されており、さらに現在工事中の新送電網が完成すれば、東海岸の主要都市も西海岸と一体化される。カメロン高原にある一連の水力発電所はクランタンおよびパハン両河川の支流からペラ川へ分水し、発電を行っている。最近ペラ川に完成したテメンゴールダムでは出力34.8万kWの水力発電所が稼動中である。トレンガヌ川にはケニールダムが発電用として建設中で、出力40万kWを予定している。このダムの完成後は、トレンガヌ川下流部の流量がほぼ完全に調節されることになる。テメンゴールダム下流には、発電用として、ベルシア、ケネリンの両ダムが建設中で、出力はそれぞれ7.2万kW, 12万kWとなる。これらの発電用ダムが1985年迄に完成すると、水力発電の総設備容量は120.6万kWに達する。

SEBの設備容量は合計すると14.4万kWになるが、全てディーゼル発電所であり、また系統化されていない。主要発電所の設備容量は、コタキナバル63,300kW, サンダカン25,700kW, タワウ23,900kW, ラブアン13,100kW, ラハドタトゥ3,800kW, クダット2,400kWである。テノムパンギ水力発電所がパダス川に建設中で、出力6.6万kWの発電所と132kVの高圧送電線の第1期、第2期工事が1984年に完成すれば、パフォート、コタキナバル、イナナムの各都市へ給電される。これに加え、出力1.4万kWのガスタービン発電機2基をコタキナバルに、またディーゼル火力発電所を数箇所の新設することがSEBの電力供給拡充計画で決定しており、主要電力消費地における1990年迄の需要を賄える。ラブアン島に還元製鉄所、メタノール工場、液化プロパンガス工場を核とした工業団地建設に関連して最近設立されたサバエネルギー公社(SEC)は、SEBの計画とは別途に専用火力発電所を計画中である。

SES COの設備容量は14.8万kWで、ディーゼル火力およびガスタービン発電所である。やはり系統化されていない。主要発電所は出力77,700kWのクチン、出力31,600kWのシブ、出力14,500kWのミリ、出力11,400kWのピンツル、出力2,600kWのサリケイである。ガスタービン発電機はミリに3,800kW1基、ピンツルに19,000kW2基が稼動中である。出力9.2万kWをもつバタンアイ水力発電所が1984年に完成すると、275kVの高圧送電線2回線でクチンへ送電される。SES

COは、エネルギー多消費型工業導入計画が実施されない場合を想定し、主要消費地における1990年迄の電力需要に対応できるよう短期拡充計画を立案、その中で数箇所のディーゼルおよびガスタービン発電所の新設を見込んでいる。SESCOは、ラジャン川上流水力発電開発計画をサラワク州のみならずマレーシア全国を対象にした長期電力需給バランスの見地から検討中である。

### 3.4 内水面漁業

淡水漁業は、人工池と錫鉱探掘跡地で行われている養殖漁業と、河川での魚獲に大別され、前者の水水面積は合計2,300haである。サバ、サラワクでは汽水池養殖も行われている。

### 3.5 舟 運

半島マレーシアでは、舟運は余り盛んではない。漁民は河川で魚やエビを獲る際に、サンパンや喫水0.9m以下の船外機付きボートを使用している。旅客船としては、喫水0.6mから0.9mのものが村落間の定期便あるいは渡河用に使われている。貨物船の用途は、農産物、農業資材、丸太、パーム油、石油運搬があげられ、就役中の最大型船は喫水7.5m、総重量4,000トンのタンカーである。河口あるいは上流の突堤を基地とする漁船は洋上へ出漁し、河川沿いにある市場へ水揚げするため上流へ遡行することを繰り返している。1979年現在、55主要河川の突堤を基地とする動力船8,110隻、無動力船2,085艘が漁業局に登録されている。最大型漁船の喫水は2.6m、総重量は765トンである。

サバ東部の主要な内陸航路は、キナバタンガンおよびラプクの2河川である。キナバタンガン川では、平均喫水1.25m、総重量25トンのタグボート200隻が丸太搬出のために就役しており、ラプク川でも同型のタグボート100隻が使用されている。さらに、カラバカン、セガマ、スグット、ベンコッカ、クリアス、バダスの各河川でも舟運が丸太積出しにかなりの役割りを果している。

サラワクの交通網に占める舟運の比重は極めて大きく、特にラワス、リンバン、バラム、ミリ、ケマナ、ムカ、イガン、パロウ、ラジャン、サリバス、ルパール、サドン、サラワクの各河川における水上交通は重要な役割りを果している。サラワク川のクチン港とラジャン川のタンジュンマニ港が州内の主要輸出入港で、前者の1978年時点の貨物取扱量は積出し39万トン、陸揚げ40万トン、後者の1980年中の丸太、製材輸出力は170万トンを記録した。現在、55河川で161の船付場が生活必需品、農産物、魚、建設資材の積出しおよび陸揚げならびに村落間の日常交通に寄与している。

### 3.6 下水道施設

下水道開発は、公衆衛生を目的とし、特に州都等の人口密集地域における下水道施設普及を基本方針としている。新市街地では、下水道施設は開発業者の負担で建設されている。

クアラルンプールおよびその周辺のペタリンジャとシャーアラム、ジョージタウンおよび隣接バンダールバヤンバル各都市の一部地域に下水道施設がある。受益者数はクアラルンプールで15万人、ジョージタウンで22万人、バンダールバヤンバルで5,000人に達しているものの、これ等3都市でも人口の大部分は下水道のない地域に住んでいる。一部では腐敗槽あるいは浄化槽が実用化されているが、大半が汲取りバケツ、堅穴便所、排水溝に依存している。プランピナン、バタワース/ブキットメルタジャム、イポー、クアラルンプール、シャーアラムの各都市では下水道開発事業を継続実施中であり、他の諸都市でも第4次計画のもとで、新規事業の基本計画、実施計画、工事実施が予定されている。

サバにおいては、コタキナバル、サンダカン、タワウ、ラハドダトゥ、センボルナ、クダット、ラブアンの7都市に下水道が設けられている。これ等の下水道では大部分処理を行わず、直接海中に投棄している。下水道未整備市街地では、各戸に浄化槽の設置が法令で義務付けられているが、地方部では生活排水は直接河川に放流されるか、地面に投棄されている。

サラワクでは下水道施設が未だ導入されていない。

### 3.7 鉱工業の水処理施設

製造業からの排水は生産工程に応じて特性が異なる。DOEでは1978年に工業排水源調査を実施したが、その結果、ブライおよびバタワース工業団地で操業中の45工場の中、26工場には排水処理施設が未設置、9工場では不明、10工場のみ前処理段階程度の排水処理施設が設置されていることが判明した。

ゴム工場の製品はマレイシア標準ゴム(SMR)とラテックスである。未処理排水のBOD濃度はSMR加工場で1,500 mg/l、ラテックス加工場で2,340 mg/lとなっている。日生産能力5トン以上の規模を有する工場は、半島マレイシアに206工場、サバに3工場、サラワクに3工場分布している。1980年に半島マレイシアで環境局(DOE)が実施した調査によれば、生物処理による沈殿池方式を設けた工場110箇所、他の方式の排水処理施設を備えた工場28箇所、排水処理施設のない工場55箇所、現況不明の工場13箇所となっている。クチン附近で操業中の工場には循環式処理施設が導入されている。

オイルパーム搾油工場から排出される未処理排水のBOD濃度は22,000 mg/lと非常に高い。現在、半島マレイシアで133工場、サバで10工場、サラワクで4工場が操

業中、さらにサバで3工場、サラワクで2工場が建設中である。DOEが1980年に実施した調査によれば、63工場が生物処理酸化方式による沈澱池を設け、39工場が土壌還元方式を実施し、2工場が化学薬品処理方式を導入している。オイルパーム搾油工場廃水の肥飼料利用方法について現在研究が進められている。

半島マレーシアには889箇所の錫鉱山が操業しており、人為的流砂の一因となっている。鉱山法では、河川へ流入する鉱山排水中の浮遊固形物濃度を $1,400\text{ mg/l}$ に規制しているが、実際には鉱山監視員の指導によって $5,700\text{ mg/l}$ に規制を強化している。豪雨や洪水時には、排水貯留池からの溢水、土堰堤の崩壊により多量の土砂流出が発生している。

サバ州のマムート銅山は1975年に操業を開始したが、現在月産1万トンの精練銅を産出している。鉱石処理場から出る鉱滓と選鉱排水貯留池からの溢水がスグット川水系上流のランガナン・ミラリ両河川に流入している。その流入量は毎分 $10\text{ m}^3$ に達し、かなりの無機質浮遊物を含有している。

### 3.8 森 林

半島マレーシアの森林は主に農地造成を目的として皆伐されている。1966年には、半島全土の73%に相当する $96,400\text{ Km}^2$ を自然林、雑木林、湿地林が占めていたが、1979年には、これが49%に相当する $64,500\text{ Km}^2$ に減少した。同じ時期に、農地は $7,800\text{ Km}^2$ 拡大し、オイルパーム $6,700\text{ Km}^2$ 、ココナツ $700\text{ Km}^2$ 、ココア $1,400\text{ Km}^2$ が新植された。また、 $2,300\text{ Km}^2$ が新規に皆伐された。既存森林のかなりの面積が森林開発のため荒らされているが、流域の水文状況に及ぼす影響は定量的に把握できていない。

サバ州森林局によれば、森林面積は1971/72年にサバ全土の86%にあたる $63,600\text{ Km}^2$ を占めていたが、主として森林開発のために1980年には53%相当の $39,300\text{ Km}^2$ に減少している。サバ州森林局の予測によれば、2000年に至る20年間に $8,000\text{ Km}^2$ が新規に伐採される。サバ森林開発公社では、現在再植林計画を策定中である。

サラワクの森林面積は、過去10年間に自然林地内での焼畑農業および不法伐採が原因で、サラワク全土の81%にあたる $100,300\text{ Km}^2$ から77%相当の $94,300\text{ Km}^2$ に減少した。これ迄焼畑農業に利用された地域の面積は合計 $28,500\text{ Km}^2$ に達し、これはサラワク全土の23%に及ぶ、土壌侵蝕は第2および第6地方庁管内で深刻な問題となっている。その主な原因は、地域人口の増加に伴ない、焼畑実施後の二次林再生期間が十分にとれぬうちに、再び焼畑農業を実施せざるを得なくなり、表土流出の危険度が高まることにある。

州政府は焼畑農民を定着させるために、かんがい開発を推進する意向である。

### 3.9 洪水

既往最大洪水の氾濫面積は、半島マレーシアで15,300Km<sup>2</sup>、サバで2,700Km<sup>2</sup>、サラワクで11,000Km<sup>2</sup>と想定される。これ等氾濫区域内には、1980年現在、半島マレーシアで250万人、サバで8.2万人、サラワクで13.4万人が住んでいる。洪水常習地帯における土地利用は高度ではないが、それでも洪水被害は河川沿いの市街地、村落、水田、畑地に集中発生している。洪水被害額は長期的に見積ると年額1億マレーシアドルに達する。

治水施設を含む河川構造物は、かんがい排水施設との関連で特別な場合のみ建設されている。洪水予備警報システムがベラ、パハン、トレンガヌ、クランタン各流域に設置済みである。サラワクでは、1976年にサラワク川沿いのシニアワンにサイレン方式の洪水警報システムが設けられた。





## 第4章 将来の水需要と関連する諸問題

### 4.1 社会・経済的条件

水需要及びその他の諸量の推定に必要な社会・経済的数値を、長期展望計画（OPP）を含む第4次マレーシア計画にもとづいて西暦2000年迄の期間について概算した。

2000年の人口規模が1万人以上と推定される市町村地域を、本報告書では都市と名付ける。調査の目的のために、各都市に、表-2に示すようにコード番号を付けた。都市を都市地域と総称し、残りの区域を農漁村地域と呼ぶ。

第4次マレーシア計画に、1990年迄の州別の人口が示されて居り、2000年における半島マレーシア、サバ・サラワク両州の人口は経済企画庁により推計されている。本調査では2000年におけるマレーシア全体の州別人口の推定をレンオ法により行った。1980、1985、1990、及び2000年に対する州別の推定人口を表-3に示す。マレーシアの人口は1980年には1,430万、1985年には1,620万、1990年には1,810万、2000年には2,210万になるものと推定される。1980年から1985年迄の平均年間人口増加率は2.6%、1985年から1990年迄は2.3%、1990年から2000年迄は2.0%となる。

各々の都市の将来人口は、1970年と1980年の国勢調査の間のトレンドから第1次推定を行った上で、全国の都市人口比率（都市総人口／総人口）の予測値に合う様に修正した。都市人口比率は、一人あたり国内総生産額と一次関数関係にあると仮定して推定した。郡別の農村人口も同様の方法で推定した。マレーシアにおける都市人口比率は、1980年に対しては37.7%、1985年に対しては41.1%、1990年に対しては45.4%、2000年に対しては57.2%と算定された。

第4次マレーシア計画には、1970年価格表示による部門別、州別の国内総生産額（GDP）が示されており、GDPの平均成長率は1980～1985年に対しては7.7%、1985～1990年に対しては8.4%と予測されている。各州の地域総生産（GRP）は、マレーシア全国の一人当たりGDPと州のGRP間に関数関係があるとして西暦2000年の値を第1次推定した上で、2000年におけるGDPの予測値に合う様に修正した。西暦1990年から2000年までのGDPの成長率は、近年急速な経済成長を示しているシンガポール、韓国を参考として、年率7.5%と仮定した。1970年価格表示による州別GDP予測値を表-4に示す。GDPの予測値は、1980年では254億マレーシアドル、1985年では367億マレーシアドル、1990年には549億マレーシアドル、2000年には1,131億マレーシアドルである。

各州のGDPにおける製造業部門の構成比率は、1990年迄を第4次マレーシア計画

の部門別、州別GDPから採り、各州の一人当りGRPとの間に関数関係を仮定して、西暦2000年の値を外挿した。この様にして得られたGDPにおける製造業部門の構成比率は1980年に対し21.2%、1985年に対し24.6%、1990年に対し27.6%、2000年に対し32.2%である。製造業部門の州別の付加価値額はGRPにおよび製造部門のGRPに占める構成比率を乗じて算出した。

製造業部門の州別の付加価値を、11の商品グループに分割した。クママンの鉄鋼一貫コンビナート、ラブアンのスポンジ鉄工場およびメタノール工場、ピンツルのLNG工場の大規模工業による付加価値は、トレンド法による将来値予測の便宜上、暫定的に除外し1990年までに計画生産量を達成するものと仮定して別途に算出した。これら大規模工業による付加価値は、これらを除外して推計した商品別・州別の付加価値額の関連項目にあとから加えた。

西暦1974年における半島マレーシアの商品グループ別・州別の製造業付加価値額は、統計局編の半島マレーシア工業調査(1974年刊)第一巻によつた。州別製造業付加価値額の予測は先に述べた方法で行なわれており、商品グループの分類が多少異なるが、1980年と1985年に対する商品グループ別製造業付加価値額は第4次マレーシア計画に示されているから、これらをもとにして、上記の1974年における商品グループ別・州別製造業付加価値額をフレイターの行列取れん法で予測年へ外挿した。サバ・サワラクに対しては、統計局1974年編サバ製造業調査報告書とマレーシア工業開発局編1979年6月30日現在製造業認定会社録に示されている商品別工業数、および統計局1978年編サラワク製造業調査報告書に示されている商品別製造業付加価値から、1979年における商品グループ別製造業付加価値をもとめ、その商品グループ別付加価値の比率が不変であると仮定して将来値を予測した。

上記の手順により得られた半島マレーシアの商品グループ別、州別製造業部門付加価値を、水資源の利用可能性にもとづいて更に調整した。何故ならばここまでの予想ではブラウ・ピナン、クランバレー、ポート・ディクソン、ジョホール・バル地域には大量水消費型製造業が密集することとなり、これらの地区の水需要を充たすことは技術的に不可能と判断されたからである。

上記の地域における製紙、化学工業の如き大量水消費型製造業は制度的な方策をとることにより、1985年以降の生産拡大は抑制されると仮定した。先に推定された1990年及び2000年に対する商品グループ別、州別製造業部門付加価値のうちブラウ・ピナン、スランゴール、ネグリ・センピラン、ジョホールの各州の製紙、化学工業に対する数値は1985年に対し推定された数値に置き換え、半島マレーシア全体としての州別、および商品グループ別の製造部門付加価値が、さきの予測値に一致する様に微調整を行った。

商品グループ別、州別製造業部門付加価値の推定値を該当商品グループに対して仮定した付加価値率で除して、商品グループ別、州別製造業部門総出荷額を算出した。付加価値率とは、ある商品グループの総付加価値の総出荷額に対する比率である。各商品グループに適用された付加価値率は半島マレーシア、サバ、サラワクそれぞれに対する統計局1974年編製造業調査報告書の中に示された諸数値から算出した。全製造業部門全体に対する付加価値率の加重平均は1969年から1973年にかけてほぼ30%程度に留ったことと鑑み、この率が計画年を通じて維持されるものと想定して計算値を調整した。

1970年価格表示による製造業部門総出荷額の推定値を表-5に州別に、また、表-6に商品グループ別に示す。製造業部門総出荷額は、1980年に対して179億マレーシアドル、1985年度に対し301億、1990年度に対し502億、2000年度に対し1,143億マレーシアドルと推定された。平均年間成長率は1980~1985年11%、1985~1990年10.7%、1990~2000年8.6%となった。

#### 4.2 上水需要

西暦2000年迄の生活用水需要は各地域の各都市及び農村の推定人口を基礎に計算された。表-7に示す様に1980年、1990年、2000年に対する一人当り一日の水消費量は都市の人口規模別、農村における浄水施設の有無別に想定した。公共上水道のない地区に対しては40リットルと想定した。サバおよびサラワクの各都市における1980年の一日一人当り水消費量は、実績に合わせて67リットルから197リットルの範囲に設定した。都市における公共上水道普及率は2000年迄には100%になるものと推定した。半島各州の農村における給水人口は1985年迄はPWD及びMOHによる目標数値に従い、更に、2000年迄には全農村人口に及ぶものと想定した。半島マレーシアの農村の給水人口中、浄水施設をもつ上水道によるものと、もない上水道によるものとの割合はレシオ法で予測した。サバ及びサラワクの農村における上水道普及率は2000年迄に90%になると仮定した。浄水施設のある上水道による人口と、ない上水道による人口の割合は現在のままであると仮定した。

将来における工業用水需要は州別、商品グループ別製造業部門総出荷額から算出した。総出荷額あたりの商品グループ別工業用水原単位を表-8に示す通りに想定した。表中の数値は1975年に対しては1970年の日本におけるもの、1990年及び2000年に対しては1975年の日本におけるものと一致させてあり、水の再利用を含む節水が推進され次第に原単位が減少するとの想定にもとづいている。各州における推定工業用水需要は半島マレーシアに対しては1974年の都市別の製造業部門総出荷額にもとづき、また、サバ・サラワクに対しては1974年のディビジョンまたはレジデンシー別の製造業

部門総出荷額と予測人口にもとづいて、都市別および郡別に分割した。ゴム工場及びパームオイル工場の水需要は過去のトレンドにもとづいた生産増加を想定して、別途に推定し、推定工業用水需要に加えた。工業用水需要の50%は公共上水道によって供給され、残りは自家用に依存するものと想定した。

上水道取水口における水需要は、契約外用水率20%、浄水場用水率5%と仮定して算定した。

シンガポールに供給される原水は過去のトレンドから1980年には年間1.98億 $m^3$ 、1985年には年間2.5億 $m^3$ 、1990年には年間3.16億 $m^3$ 、2000年には年間4.14億 $m^3$ と推定した。

鉱業用水需要は、純消費量が僅かであるから、考慮しないこととする。

上工水需要の予測値を表-9に供給形態別、目的別に、また、表-10に州別に要約する。総水需要は1980年度には13億 $m^3$ 、1985年度には19億 $m^3$ 、1990年度には26億 $m^3$ 、2000年度には48億 $m^3$ と推定された。西暦2000年における水需要を1980年におけるものと比較すれば、総水需要は3.7倍となる。水需要の増加はペラ、スランゴール、パハンの各州で特に著しいと推定される。公共システムに依存する上工水需要は2000年度には35億 $m^3$ で、これは1980年の需要9億 $m^3$ の3.9倍になるだろう。この増加に見合うためには2000年迄に公共上水道の供給能力を日量700万 $m^3$ 増加させることが必要となる。

#### 4.3 かんがい用水需要

排水かんがい局から入手した情報及び推定した米の自給自足率によって、将来のかんがい面積を予測した。表-11及び12に要約された如くかんがい水田は1980年の32.9万haから1985年には39.3万ha、1990年には45.5万ha、2000年には54.5万haに増加すると見られる。総水田面積はあまり増加せず、また、陸稲面積が大巾に減少すると見込まれる。

かんがい用水需要の予測値を表-13に州別に要約する。現在実施中の末端施設改修事業による水損失の減少を考慮に入れてかんがい効率を、ムダ及びクリアンかんがいプロジェクトに対して65%、その他の諸地区に対しては55%とした。かんがい用水需要は1980年に対し74億 $m^3$ 、1985年に対し82億 $m^3$ 、1990年に対し90億 $m^3$ 、2000年に対して104億 $m^3$ と推定される。ペルリス、ジョホール、パハン及びサラワク各州ではかんがい用水需要は2000年迄には二倍以上になるであろうが、ブラウ・ピナン、ネグリ・スンビラン、マラッカの各州においては殆んど増加も、減少もしないだろう。

養魚池の水需要は、他の水需要に比して微少なものであるため考慮しない。

#### 4.4 流域区分

本調査の目的のために、半島マレーシアを41流域に、サバで26流域に、また、サラワクを21流域に区分した。ここでは流域(Basin)とは単一の河川流域または、幾つかの河川流域のグループを指す。各々の流域は更に有効面積と無効面積に分割されている。前者は流域の上流部分で、そこで使用された水の一部が河川の下流に還流するものと想定された。後者は流域の下流部分で、そこで使用された水やそこから発生する表流水は全部直接海に流れ込むものと推定された。この二つの面積の境界は一般に、流域内主要河川の最下流にある取水地点(ここでは基準地点)を通る様に設定してある。各流域の総面積、有効面積、河口から基準地点までの距離および想定した河川維持流量(第5.1節参照)を表-14及び15に示す。

#### 4.5 河川利用率および水不足量

河川が負担する水利用の程度を河川利用率で表わす。河川利用率とは消費的水需要の自然流量に対する比率である。河川の流水の大部分は、洪水となって海に流れてしまうから、自然流量の全部が消費的に利用出来るわけではない。解析の結果、マレーシアの諸河川では河川利用率が10%をこえれば、水不足が頻繁に起こると見込まれる。そこで、河川利用率が10%をこえる地域を水資源逼迫水域と呼ぶことにする。

1990年、および、2000年における半島マレーシアの各流域に対する河川利用率を表-16に示す。西海岸の殆どどの河川は高い河川利用率を示し、河川流水の増加の必要性を暗示している。サバ、サラワクの流域に対しても、河川利用率を計算したが、極く少数の流域を除いて非常に低い値が得られた。そこで更に流域を小流域に再分割して、計算した結果、表-17に示す小流域では河川利用率が高いことが認められた。

貯水池による用水供給や、他の流域からの分水の所要水量を決定するために、各流域の基準地点における水不足量を算定した。

各流域における半旬別自然流量を、排水かんがい局の日流量記録から算出した。流量記録がある期間は地域によって異なり、10年から19年の間である。

地下水賦存量は未だ充分解明されていないが、清浄な表流水が得難い村落にとっては地下水開発は不可欠である。

地域別に推定した、揚水可能量をもとにして、或る程度の地下水が農村の生活用水として開発利用されるものと仮定した。

河川から取水した水の一部は河川に還流する。ここではこれをリターンフローと呼ぶ。有効面積内のかんがい地区からのリターンフローはかんがい用水量の20%であると想定した。有効面積内の上工水のリターンフローは使用目的別に推定したが、それは需要の5

％から90％の範囲にある。

消費的水需要は河川の流水を減少させることになるが、その純減少量を純水消費量と呼ぶ。純水消費量は水需要量からリターンフローと地下水利用量を差引いたものとして計算した。

河川の正常な利用および環境を維持するためには或る一定の河川流量が必要である。このことは、第5.1節で、更に詳しく述べるが、この流量は河川維持流量と呼ばれる。河川維持流量は表-14及び15に示す通りに想定した。

若し河川の流量が純水消費量と河川維持流量との和以上であるならば、全ての消費的水需要は満され、また全ての水面利用も維持されるだろう。さもなければ河川流量は不充分であることになる。水不足量は純水消費量に河川維持流量を加え、それから自然流量を差引いたものとして半旬毎に計算した。

云うまでもないが、年間の水不足量は年によって異なる。N年間の流量記録にあるものとして、最大の年間水不足量を示す年を最渇水年と見なし、その年の水文的条件を1/N早ばつと呼んで、二番目に大きな年間水不足量を示す年を2/N早ばつと呼び、以下同様とする。河川利用率が10％をこえるある流域/小流域別に、特定の早ばつ年に対して算定した年間水不足量を表-18に示す。

表-18に示された水不足量はダムのない条件の下で計算されているから、ダムが現存する流域では、実際の水不足量は表の値よりも少ない筈である。各流域における水不足量は基準地点においてのみ計算されたもので、流域の全体の水需給バランスを示している。したがって、若しある流域で、大きな水需要地点が基準地点よりもかなり上流にある場合は、その需要地点付近の水不足量は基準点で計算されたものより大きいことがあり得る。

#### 4.6 水 質

河川のBOD濃度を算定する目的で、河川に流入するBOD負荷量を汚濁源における用水需要から計算した。主要な汚濁源は都市及び農村の生活及び工業用水利用者、オイルバーム搾油工場、ゴム工場、及び農村における家畜飼育場である。海岸地帯の都市からの排水は直接海に放流され、河川水質には影響を与えないものと仮定した。

解析にあたり、オイルバーム搾油工場およびゴム工場では表-19に示す割合で、土壌浄化法が普及すると仮定したが、公共下水道処理施設および工場排水処理施設における処理方法と処理能力は現状のままとし、したがって処理水中のBOD濃度は現状のままとした。各排水口の直下流ではその河川の河川維持流量相当の流量が流れていると仮定し、河川浄化率は、河川の特性により0.7から0.9の間で選定した。

1990年及び2000年における汚濁源別に想定された排出率、流達率及び排水のBOD濃度を表-20に示す。水の一部は製品の一部となったり、蒸発したり漏れたりすることによって消費される。消費後の水の量と消費前の量との比率を排出率と呼ぶ。排出された水の一部は河川に到達する前に再び蒸発や浸透によって失われる。河川に到達する水量と排出した水量との比率及び河川に流達する負荷量と排出した負荷量との比率を流達率と呼ぶ。

2000年に対する半島マレーシアの諸河川における推定BOD濃度を図-12に図示した。西海岸の河川、特に南半分の地域の河川は大幅に汚濁されると見込まれる。他方、東部海岸の多くの河川は将来も殆んど汚濁の問題を生じないと見られる。サバ及びサラワクに対する計算によると、サバのムルタイ・ブッサール(Merutai Besar)、シリブカン(Silibukan)及びボンガン(Bongan)川、およびサラワクのスアイ(Suai)川の一部では2000年にはBOD濃度が5 mg/lを超えるという結果が得られた。

#### 4.7 水源涵養の問題

土壌侵食の程度は土地利用によって大巾にことなり、その年率は天然森林地帯の1ha当たり30トンから伐開された土地や焼き畑農耕地の1ha当たり6,000トン以上の範囲に亘っている。土壌侵食は土地生産性を減少し、また河川の流砂の原因となる。土壌の侵食性、土地の勾配および土地利用による影響に着目して土壌侵食の分析を行なった。

現在の年間土壌侵食量は半島マレーシアでは1ha当たり400トン、サバでは500トン、サラワクでは1,500トンと推定される。半島マレーシアにおいては侵食量は、土壌が侵食され易く、また天然森林が大巾に他の土地利用目的に転換されている西海岸において一般に高い。ケダ、ブラウ・ピナン、スランゴール、ジョホールに対して推定された年間の侵食量は1ha当たり480~950トンである。他方、東海岸における推定侵食量は低く、1ha当たり240~280トンの範囲である。サバにおいて侵食量が比較的大きい理由は森林のうち土地の13%を占める部分が伐木されたり、伐開されたりしているためである。サラワクにおける高い侵食率は主として、広範囲にわたる焼き畑農業などで荒らされたり伐開されたりしている森林が土地の24%を占めることが原因である。

長期的に見れば、荒らされた森林に植林することにより、侵食を減少させることが出来る。サバ及びサラワクの全ての荒らされた森林に植林することにより、侵食率を1ha当たり60~80トンに減少することが出来ると推定される。半島マレーシア特に西海岸においては大きな地域を占める農耕地が侵食の主要な原因であるから、植林による大巾な侵食の減少は期待出来ない。

若し6度以下の勾配上の全ての天然森林が伐木、伐開されたとすると、天然森林が既に

大巾に他の土地に転換されている地域以外では、年間侵食量は1km<sup>2</sup>当り1,000~3,000トンに増加するだろう。若し2度以下の斜面の全ての天然森林が開拓され、ゴム農場に転換されるならば年間、侵食量は1km<sup>2</sup>当り400~900トン程度となるだろう。ただし、サラワクでは、既に荒らされた森林が多いため、これに手をつけなければ、1km<sup>2</sup>当り1,600トンと推定される。

上記の検討結果から、予備的に次の様な結論が得られる。

- (1) 森林伐開は勾配2度以下の土地内に限定されるべきである。
- (2) 森林伐開後は、土壌を侵食から保護出来る様な土地利用が行われねばならない。
- (3) 木材生産の維持と土壌保護を目的とした長期的計画として既に荒らされている森林の植林を実施しなければならない。

森林伐開の結果として、低水流量が減少し、洪水流量が増大すると一般に信じられている。諸外国におけるこの点に関する実験記録はマレーシアにあてはまる様な結論を引き出すためには不適當である。また、マレーシアにも幾つかの実験記録がある。しかし、それらは未だ定量化のためには不充分である。

この様な事情から、森林伐開の水文現象に対する影響の検討は行なわなかった。ただしこのことは、決して、水資源涵養における森林保全の重要性が無視されてもよいという事ではない。



## 第5章 水資源開発利用の基本方針

### 5.1 問題領域

マレーシアでは、水資源として表流水が主に利用されている。しかしながら、4.5節で述べたように、自然の流出量は、季節的変化が著しいから、實際上、その極く一部分しか上工水やかんがいのような消費的水利用には用い得ない。主たる水需要地域では、利用可能な状況にある水が、既に利用し尽くされている現状にある。水を利用者に送り届けるための水道施設やかんがい施設を開発するばかりでなく、貯水ダム建設により、利用可能な流水の量を増加させる必要がある。

また、貯水地点の開発が限界に達している場合は、さらに他の河川からの導水が必要となる。

この様な水源開発事業は、以前から実施されて来ているのであるが、急増する水需要に追いついていないために主たる水需要地域では、水不足が増加しつつある。

第4章で述べたような急伸する社会経済開発とともに、水需要は急速に増加し続けるであろう。マレーシア五ヶ年開発計画に示されたような社会経済開発を続けるべきならば、いまや、増大する水需要に見合った大規模な水資源開発を促進すべき時期が来ていると云わなければならない。

水力発電は水資源のもつ再生可能なエネルギーであるから、これを開発して、国のエネルギー供給に役立てなければならない。水資源は、人為的な汚濁により利用価値を低下され勝ちなものである。正常な水利用を維持し、環境を保全するために汚濁軽減の対策が実施されなければならない。水資源は洪水のような不利益な側面をもっている。人命を守り洪水被害を緩和するために洪水防御のための対策が実施されなければならない。

水資源開発利用の基本方針を、次の各項に対して立案する。

- (1) 正常な水利用の維持と環境保全のために必要な河川低水流量の維持
- (2) 上水道施設およびかんがい施設の建設
- (3) 水源開発による水需給バランスの確保
- (4) 水 力 開 発
- (5) 水 質 保 全
- (6) 洪 水 防 御

### 5.2 低水流量の維持

マレーシアの諸河川では、既存の水利用を侵すことなく、自由に新規利水が行なわれることが通常であった。しかし今後は、増大する新規利水が流水の顕著な減少をもたらす、

既存の水利用が、侵害される場合が多くなると予想される。単一の新規利水の影響は、無視され勝ちだが、これがたび重なって来れば、既存の水利用に重大な影響を及ぼす結果となり、取り返しがつかない事態になるだろう。

先づ、河川維持流量の概念を確立することが必要である。河川維持流量とは、舟運、漁業、取水設備の正常な機能の維持、河川施設の維持、海水溯上防止、河口閉そく防止、地下水かん養、河岸土地利用の保全、国民の快適な生活の維持のために必要な水深、流速、水質、流路の安定、水棲生態系、景観を確保するための最小流量である。

河川維持流量は、河川からの取水許容限界を示すものであつて、水資源の配分と開発を行う際に、考慮されなければならない。もし河川維持流量が、しばしばそこなわれることが予知されるならば、取水量の増加は許されてはならない。もし河川維持用水を保持し、かつ予測される取水量の増加を満たすために、河川低水流量を増加させる必要が認められる場合は、ダムや流域間導水システムの建設等の水源開発を実施しなければならない。河口堰の建設も、海水溯上を防止し、河口付近の取水に必要な水位が維持することによって必要な河川維持用水量を減ずることが出来る場合は、利用出来る水量を増加させる手段となる。

河川維持流量は、可能な限り維持されなければならないが、その一時的な、ある程度の減少は許容される。このような一時的に許容しうる最低の河川流量を、ここでは異常渇水時維持流量と呼ぶ。河川流量は、たとえ極度の渇水が起つたとしても、この異常渇水時維持用水を下まわつてはならないであろう。異常渇水時には、河川からの取水量を制限して、異常時維持流量の維持に努めなければならない。

河川維持流量の量を、余り大きく決定すれば、それを確保するための開発に、莫大な費用を要するから、それぞれの河川において必要な最低条件にもとづいて決定されなければならない。

一方、河川維持流量が、既往最低流量付近に決定された場合は、通常、正常な水利用を確保し、環境を保全するには不十分である。本書では、諸外国の例を参考にして、次の様な暫定的仮定を設ける。即ち、河川維持流量の量を渇水量（97%流量）として、表-5に示す通り設定する。また、異常渇水時の河川維持流量を99%流量とする。

### 5.3 上水道施設およびかんがい施設の開発

上水道施設およびかんがい施設の開発を推進する。

上水道施設の開発は、国家経済開発、地域開発および社会福祉の目的に沿つて実施する。都市における公共上水道の普及率はすでに高く、農漁村地域の上水道施設の開発は、近年強力に進められている。この様に上水道開発に重点が置かれていることを考慮して、公共

上水道開発目標を西暦2000年までに全ての国民に生活用水を供給し、また、工業用水の50%を供給することとした。ただし、サバ州とサラワク州の農漁村地域住民の10%は、きわめて遠隔地であり、適切な水源を確保できないとして、西暦2000年時点ではまだ公共上水道による供給を受けられないと仮定した。

水田かんがい施設の開発は、末端施設整備を含め国家経済開発、食料自給率の向上および農民の実質所得の向上等の目的に沿って実施される。かんがい施設は、表-11、表-12に示す土地開発スケジュールに沿って建設されるものと仮定した。

#### 5.4 水源施設開発

水需供給バランスの確保は水資源開発利用のための必須条件である。関係諸機関および消費者が、水の再利用、施設効率の向上、海水利用率の増進等の適切な節水対策を実施するものと仮定して将来の水需要を予測した。

このような節水対策の実施にもかかわらず、ひんぱんに水不足が予測される地域に対しては、貯水池や流域間導水のような水源施設の開発を提案する。水利用が自然流量に比べて相対的に少ない河川においても、河川維持流量を確保しようとするならば、コスト高な施設の建設を必要とするだろう。解析結果によると、もし一時的に河川維持流量が異常時河川維持流量のレベルまで低下することを許容するならば、河川利用率10%以下の河川においては、全ての水需要が、年間85%以上の期間にわたり満足されることが判明した。以上の考慮から、河川利用率が10%を超える河川に対してのみ水源施設の建設を行うよう計画することとした。

#### 5.5 水力開発

マレーシアの電力は、主に火力発電に依存している。電力需要の急速な伸びに対処する国家エネルギー政策は、包蔵水力の開発と燃料資源の節約を目指している。

サラワク(Sarawak)州における開発可能包蔵水力は2,000万kW以上と見積られる。アッパー・ラジャン(Upper Rajang)水力開発計画として、サラワク州のラジャン河上流地域で450万kWの水力開発が検討されている。この計画が実現すれば、開発された電力は、サバ(Sabah)州、サラワク州ばかりでなく700kmの海底送電線によって、半島マレーシア(Peninsular Malaysia)へ送電されることになる。総開発コストは、送電線建設費を含め、110億マレーシアドルと見積られている。さらにASEAN諸国への送電を含めた開発も検討されている。

しかしながら、半島マレーシアおよびサバ州への送電線の建設や、サラワク州に予定されるエネルギー集約型産業の誘致には未だ不確定要素があるため、この大規模水力開発は

西暦 2000 年以後に実施されると仮定する。したがって、水力開発の戦略として、西暦 2000 年までの電力需給バランスをはかることとする。

国家電力公社 (NEB) による最近の需要予測によれば、半島マレーシアにおける最大電力需要は、西暦 2000 年までに 914 万 kW に達すると見られるが、既存および建設中の水発電設備容量は現在 120.6 万 kW に過ぎない。半島マレーシアにおける既知の経済的包蔵水力は 102.6 万 kW と見積られるが、電力需給バランスに対する最大限の寄与をねらって、この包蔵水力を全部開発することを提案する。

ラジャン河の水力のほかにも、サバ州、サラワク州には、莫大な包蔵水力がある。西暦 2000 年における最大電力需要は、どちらの州でも、約 100 万 kW のオーダーと予測されている。需要地が系統化されていない実情から考え、大需要地を対象とした水力開発が推奨される。対象となる都市は、西暦 2000 年における最大需要が 46 万 kW と予測されるコタキナバル (Kota Kinabalu) と、西暦 2000 年までに 29.5 万 kW まで伸びるとされるクチン (Kuching) である。これらの都市の今後西暦 2000 年までの電力需要の伸びを全部水力でまかなう方針を提案する。送電網が建設されてタワウ (Tawau) サンダカン (Sandakan) およびラブアン (Labuan) などの都市がコタキナバルと連結されれば、これらの都市も水力開発の対象となり得る。

## 5.6 水質汚濁負荷量削減

水質汚濁量削減は、環境保全と水利用維持の観点から実施することとする。もし河川水質が、環境保全の観点から適切な範囲内にあれば、通常、生活、工業用水として利用するための処理が可能である。

河川水質汚濁量削減は、河川に排出される汚濁負荷量を削減することによりなし遂げられるのであるが、その目標を示す指針として、河川水質規準を設定することを提案する。

生物化学的酸素要求量 (BOD) は、微生物によって酸化分解される有機物量を微生物の消費する酸素量で示したものである。河川の BOD 濃度が、 $5 \text{ mg/l}$  以上であれば、河川の自浄作用が著しく減じられるばかりでなく、水棲生態系も影響を受ける。BOD が、 $10 \text{ mg/l}$  を超えると臭気が発生する。原水の BOD 濃度が上水用としては  $2 \text{ mg/l}$  以上の場合、工業用水としては  $5 \text{ mg/l}$  を超えた場合、前処理が必要となる。BOD 濃度に関する諸外国の河川水質基準を図-11 に図示する。陸水の人為的汚濁の最も一般的であり重要な指標である BOD 濃度によって、水質汚濁負荷量削減の目標を示すこととする。

河川の有機汚濁を軽減する手段としては、公共下水施設の建設および、オイルパーム搾油工場やゴム工場の排水処理施設の設置・改良が考えられる。

## 5.7 洪水防御

洪水防御の目的は洪水被害を軽減し、人命を保護することによって国家経済開発および社会福祉に貢献することである。洪水防御対策は、社会経済開発と調和し行われなければならない。

洪水防御に必要とされる物理的手段としては、次に述べる様な河川改修、洪水放水路、輪じゅう堤、洪水調節ダムおよびこれらの施設の組み合わせをあげることができる。

- (1) 河川改修： 河川改修は、河道の整形および堤防の建設、更に必要があれば、河道の侵食や堆砂の防止工を施すことによつて、河川の疎流容量を増加することを目的とする。
- (2) 洪水放水路： 洪水放水路は、河川の疎通能力に限界がある場合に設けられる分水路である。放水路の容量は、一般に原河川の疎通容量を超える洪水量を排水できるように決定される。
- (3) 輪じゅう堤： 輪じゅう堤は、洪水被害の高い独立した地区を囲う輪状の堤防であり、通常、排水路と排水ポンプが地区内に装備される。
- (4) 洪水調節ダム： 洪水調節ダムは、洪水を一時的に貯水池内に貯留することを目的とする。洪水被害が非常に大きいものでない限り、洪水調節単独目的のダムは、経済的になり立ち難いから、他の目的のために開発されるダムに洪水調節を組み合わせることを主として検討する。貯水池の洪水調節容量を、設計洪水量を $\frac{1}{4}$ に減ずるように決定する。

物理的手段の採用に無理があるが、あるいは補助的な手段が必要とされる河川区間には施設によらない対策を立案する。

対策として以下に述べるような開発の規制や代替地域への移住が考えられる。

- (1) 開発の規制： 開発の規制は、新規開発を規制することにより、洪水被害を受けやすい地域内の被害容量をある限度内に治めることを目的とする。
- (2) 移住計画： 移住計画は、開発の規制ばかりでなく、住民を安全な地区に移住させようとするものである。

上述の対策のほか、洪水予・警報システムをいくつかの河川流域に対して立案する。



## 第6章 代替開発案の検討

### 6.1 代替案検討の目的と範囲

第5章では河川維持流量の大きさを暫定的に仮定し、また、上工水およびかんがい用水の需給バランスの目標と、水力発電開発の目標を設定した。本章では、水需給バランス計画に対しては、用水供給リスク、水力開発計画に対しては、送電系統開発計画、水質汚濁量削減計画に対しては、目標水質基準、洪水防御計画に対しては、防御水準を変化させたごとに代替案を検討する。水力発電計画代替案は、6.3節に述べるような理由で、サバ州に対してのみ検討する。

代替案設定基準および代替案の間の公共事業費ならびに事業効果の比較を以下に述べる。ただし、費用と効果は、全て第7章で述べる基準にもとづいて見積られたものである。

### 6.2 水需給バランス代替開発案

もし、河川流量が河川維持流量より多ければ、水面利用および消費的水利用の両方とも満足させることができる。もしそうでなければ、河川流量の調整を目的とするダムや他の河川から導水するための導水施設のような水源施設を開発することにより、河川流量を増加させなければならない。予測年次における河川利用率が10%を上まわり、既存の水源施設だけでは、予測される水需要をまかない切れな流域(Basin)、または流域の一部(Sub-basin)を水資源逼迫地域と見なし、これらに対し、それぞれ水源開発計画を立案することとした。

河川の自然流量は、季節変化や年変化が著しいから、いかなる対策を講じても、異常な渇水の状況下では、水需要全部充たすことはできない。水源施設の計画では、通常、或る程度の用水供給リスクを許して、施設の供給容量が決定される。もし、リスクを著しく小さく設定すれば、水源施設費が高価なものとなり、逆の場合は、生産の減少や住民の不満などの不利益が残ることとなる。この様な考慮から用水供給リスクを下記のように変化させて、水需給バランス計画の代替案を設定した。

代替水源施設案の施設容量を次の基準にもとづき決定した。

代替案 B 1 : 水源施設の供給容量を既往最渇水の条件(1/N渇水)に対し決定する。

代替案 B 2 : 水源施設の供給容量を既往第2番目の最渇水の条件(2/N渇水)に対し決定する。

代替案 B 3 : 水源施設の供給容量を、半島マレーシア(Peninsular Malaysia)に対しては既往第4番目の最渇水の条件(4/N渇水)

サバ(Sabah)州、サラワク(Sarawak)州に対しては既往第3番目の最濁水の条件(3/N濁水)に対し決定する。

流出量の記録期間の長さの相違にもとづいたものである。(これらの条件は、ヘイズンプロット法(Hazen's plotting method)によれば、ほぼ再現期間5年の濁水に相当する。)

ダムは、洪水期に余剰水を貯留し、乾期の流量を補充するために放水する目的で建設される。いったんダムが建設されると、貯水容量に余裕がある限り、いつでもダムサイトの流入水を貯留することが出来る。ダム地点下流域の自然流量とあわせて、河川維持流量を維持しつつ、水需要を供給するのに十分な水量を放流することが、ダムの役割である。言い換えれば、ダムの供給容量は、全ての不足水量を充足するように決定される。このようにすれば、既存の水利用者に悪影響を及ぼすことなく、将来の水需要を満たすようにダムを開発することができる。

立案されたダムは、縮尺1/63,360または1/50,000の地形図上に見い出されたか、あるいは、以前に行われた調査、計画で立案されたものである。各々のダムの供給容量は、水文データと仮定された貯水容量にもとづいて求められた。ある流域に立案されたダムの総供給容量を、不足水量の10~20%にあたと仮定した貯水池運転に必要な余裕量を含め、流域の総不足水量を充足するように決定した。

ある流域内に建設可能な全てのダムの総供給水容量が充分でない場合は、他流域からの導水を立案し、必要があれば、後者の流域にさらにダムの建設を立案した。

立案された、各々の代替水源施設計画の概要を表-21~28に示す。

各々の代替計画実施に必要なマレーシア5か年開発計画期間ごとの政府開発支出額を、1980年時点の価格水準で積算し、表-29に示した。その代替計画案も、第5次マレーシアプラン期間(西暦1986~1990)に政府開発支出額が集中的に必要となることを示している。

政府開発支出額の西暦2000年までの総計は、代替案B1が290億マレーシアドル、代替案B2が260億マレーシアドル、代替案B3が230億マレーシアドルと見積られ、表-30に示す所要人員数が、用水供給リスクによる差がほとんど無いのに対し、大きな差異を示している。この結果は、供給の保証が大きいほどより開発コストが高いことを示唆している。

代替案の経済分析の結果を表-31に示す。代替案ごとの経済的便益の差はほとんどなく、用水供給リスクが、仮定した範囲内におさまる限り、一時的な用水供給量の不足による、かんがいと上工水利用の経済的便益の減少は、総便益にくらべて極めて小さいことを示している。一方、エコノミック・コストは、水源施設開発投資額の差を反映して、代替



案B1は代替案B2, B3よりも大きいことが判る。結果として、経済的内部収益率(EIRR)の計算結果は、代替案B1が最低であり、代替案B3が最高となった。用水安定供給期間を、ここでは、最渇水年(1/N渇水)に異常渇水時河川維持流量以下に減ずることなく、総水需要を供給できる期間と定義し、河川維持流量保証期間を、最渇水年に総水需要を完全に充足し、かつ河川維持流量も維持される期間と定義する。

これら期間の日数の概算値を表-32に示した。代替案B1が選定されれば、記録された水文条件が、今後も繰返されるものと仮定して、総水需要と、河川維持流量を終始確保することができる。代替案B2では、河川維持流量保証期間は238日から365日、用水安定供給期間は268日から365日となる。代替案B3の場合は、河川維持流量保証期間が218日から330日で、用水安定供給期間が248日から365日となる。水源施設計画が実施されない場合の、河川維持流量保証期間72日から307日間、用水安定供給期間87日から332日間と比較すると、いずれの代替案をとっても大幅な改善が期待されることとなる。

ダムおよび他の水源施設の建設は、ダムサイト下流河川域区間における魚類生態の変化や、貯水池地域住民の移転のような不利益な影響をもたらす。これらの影響を示す指標を代替案ごとに表-33に示す。一方、貯水池は、養魚やリクリエーションの利用に供せられる便益をもたらす。

以上を総合して考えるならば、用水供給リスクは、費用を節約し、また不利益な影響を最少限にとどめるという観点からは、用水供給リスクを可能な限り許容すべきであるが、社会福祉と環境保全の観点からは、リスクを小さく抑えるべきであるということになる。

生活用水および工業用水は、渇水がいかに厳しいものであろうとも確保されるべきであるという、マレーシアにおける一般的な理解にもとづき、生活用水と工業用水が主たる水需要である流域に対しては、代替計画案B1を適用することを提案する。

マレーシアでは、かんがい施設は、再現期間5年の渇水に対し計画されている。この計画基準は、韓国、インドネシアをはじめとする東南アジア諸国で使われている基準と一致している。かんがい用水需要はすでに高いレベルにあり、この基準をより高い水準にしようとすれば、ただちに、多額の水源施設開発費を必要とする。当面はより多くの農民にかんがい施設を提供する方向に力点を置いて、かんがい用水が主たる需要である流域に対し、現在のかんがい計画基準とほぼ一致する代替計画案B3を適用することを提案する。

### 6.3 水力開発代替計画案

半島マレーシアでは、既知の経済的包蔵水力地点はすべて開発するという政策的目標を掲げてあるから、代替計画を立案しなかった。サラワク州に関しては、クチン(Kuching)

のみを対象とした水力開発計画を検討し、代替計画の検討は今後のスタディにゆだねることとした。

テノンパンギ ( Tenom Panggi )、第1・2期  $3 \times 2.2$  万 kW はコタキナバル ( Kota Kinabalu ) の当面の電力需要を充たすことを目的として建設中である。テノンパンギ発電所の出力は、流れ込み式発電の性格上、乾期には減少するため、乾期の発電を補強する目的で、 $4 \times 1.2$  万 kW のディーゼル発電所の設置が必要となるだろう。SEBは、この発電所について出力増強と乾期の常時電力の増加をはかるために、テノンパンギ第3期開発計画を実施しようとしている。テノンパンギ第3期開発は、パダス ( Padas ) 川の上流に有効貯水量 4.8 億  $m^3$  のスーク ( Sook ) ダムを建設することによって、低水流量を  $40 m^3/S$  から  $116 m^3/S$  に増加させ、テノンパンギ発電所に  $2 \times 2.2$  万 kW の増設を行い、またスークダム地点で、4 万 kW を発電しようという構想である。第3期計画が実施されれば、テノンパンギ発電所の年間発生電力量は 4 億 7,500 万 kW 時から 6 億 8,400 万 kW 時に増加されるであろう。テノンパンギ発電所では、第1・2期のみでは、6.6 万 kW を一日 4 時間発電できるが、第3期が実施されれば、11 万 kW を一日 12 時間発電できる。スーク発電所の常時出力はそれほど大きくはないが、1 億 kW 時のエネルギーを開発できる。

バパール ( Papar ) ダム計画は、コタキナバルへの上工業用水給水用に、7.2.17 節に示すように提案されたが、これを実施すればバパールダム地点とキナルト ( Kinalut ) 川間に落差が形成されるので、バパールダムの貯水規模を大きくすることによって、3 万 kW の発電が可能となるであろう。

テノンパンギ発電所の下流に水力開発の可能性がある。ローアー・ハロギラット ( Lower Halogilat ) 計画は 14.4 万 kW の貯水池式発電計画として提案されている。既設の鉄道路線の一部を水没させる必要があることが開発の制約になるが、道路網の発達によりその重要性は低くなるものと思われる。この地域におけるもうひとつの代替案として、テノンパンギ発電所の下流に流し込み式で 9 万 kW を開発するテノンパンギ No. 2 発電所を計画した。

図上のスタディからパダス川上流にもいくつかの発電可能地点が見い出され、アッパー・パダス ( Upper Padas ) 計画地点では 17 万 kW の発電が可能である。

ブンシアンガン ( Pensiangan ) 川は、サバ州の南部からインドネシアの領土へ流れており、国境地点で 5,200  $km^2$  の流域がある。この水系の大きな包蔵水力は、東西の海岸線に位置する都市への送電線の費用を含めても、低コストで開発しうる。一例として、国境近くのブンシアンガン地点では 37 万 kW が経済的に発電可能である。

SEB が、1982 年 6 月に作成したサバ州の電力需要予測および、主な発電所の拡張

スケジュールによれば、1979年の総電力需要は7.3万kWであったが、1985年には15.5万kW、1990年には32.6万kW、2000年には101.3万kWまで伸びると見られている。最大の需要地はコタキナバルで、電力需要は、1990年には14.8万kW、2000年には46万kWと予測されている。ラブアンは、将来第二の電力需要地となり、SEBが、大部分の工業用電力を供給し、SEBは家庭用電力の供給にのみ責任を負っている。タワウ(Tawau)の電力需要は、1990年で3.6万kW、2000年で11.2万kWと予測されている。サンダカン(Sandakan)の電力需要は、1990年に5.4万kW、2000年に16.8万kWと予測される。その他の地域の電力需要は、2000年時点でも、依然として小さいと予測されている。

検討した水力地点を図-9に図示し、そのうちで、開発優先順位が高いと思われる計画を表-34に示す。このうち、バンギNo2とローアー・ハロギラットは、場所的に重複があるからいずれか一方が実施されれば他方は実施出来ない。

テノンバンギ、第3期開発計画は以上の水力地点のうちで最も交通が便利で、スーク地点とバンギ発電所で、大量の水力開発が可能である。それは、同時にバンギ川の流況を大いに改善するから、将来開発予定のバンギNo2あるいは、ローアー・ハロギラット計画に対しても有利な条件を約束することになる。テノンバンギ、第3期開発計画はコタキナバルにおける1990年までの電力需要を満たすために緊急実施する必要がある。パパール多目的開発計画は、近い将来の電力需要のみならず、コタキナバルの上工水供給の観点から緊急な実施を要する。

テノンバンギ、第3期およびパパール多目的開発計画の実施以後西暦2000年までの水力開発計画として、サバ州の電力供給政策のあり方によってことなる二つの代替開発案が考えられる。ひとつは、パダス川流域の包蔵水力を開発することによって、コタキナバルとその周辺へ電力を供給する計画である。もうひとつは、コタキナバルばかりではなくラブアンおよび東海岸のタワウ、サンダカンのような町を連結する送電線系統が2000年までに実現される場合に、これらの需要地に送電する開発計画である。このケースではパダス川同様、ブンシアンガン川も開発されなければならない。

上述2つの代替案のうち、どちらをとるかは、サバ州の電力需給に関する長期的マスタープランにもとづいて決定される必要があるが、この様な長期的マスタープランは未だ作成されていない。ここでは、前者の代替案を仮定したが、長期電力需給マスタープランの作成にあたっては、ブンシアンガン川の開発を十分に検討する必要がある。

#### 6.4 水質汚濁負荷量削減計画代替案

水質汚濁量削減計画については、ことなる河川内のBOD濃度を目標値として設定した二つの代替案を検討した。

代替案 P1 : BOD濃度を1990年およびそれ以降  $5 \text{ mg/l}$  以下に保つ。

代替案 P2 : BOD濃度を1990年およびそれ以降  $10 \text{ mg/l}$  以下に保つ。

以上の目標を達成するために、ある河川のBOD負荷量を削減する必要がある場合は、その河川の流域内のすべてのオイルパーム搾油工場やゴム工場の排水処理施設の設置をまず立案した。両方の代替案に対し、処理施設の設置を立案した流域は、半島マレーシアでは、プロオ(Buloh)流域からジョホール(Johor)流域までのすべての流域、メルボック(Merbok), プライ(Perai), クラウ(Kurau), ペラ(Perak), ベルナム(Bernam), エンダウ(Endau), ロンピン(Rompin)およびクママン(Kemaman), サバ州ではシリブカン(Silibukan)とボンガン(Bongan)流域であり、サラワク州ではスアイ(Suai)流域である。

設定された目標値よりも高いBOD濃度がまだ残る場合は、上流にある都市に下水道施設を建設することを立案した。代替案P1の公共下水道開発計画を表-35に、代替案P2のそれを表-36に示す。

人口5万以下の町と農漁村の下水、畜産からの排水に対しては処理施設を設けられないと仮定した。このような条件下で、半島マレーシア西海岸のいくつかの河川流域では、BOD濃度が目標値より高いという結果が得られた。

原水のBOD濃度が、 $2 \text{ mg/l}$  以下の場合、生活用水としての通常の浄化方法は、沈殿法、濾過法および塩素法である。原水のBOD濃度が $5 \text{ mg/l}$  以下の場合、工業用水としての通常の浄水方法は沈殿法である。原水の汚濁が上述の限界を超える場合は、その程度に応じた前処理が必要となる。原水のBOD濃度が、上記限界以上であり $20 \text{ mg/l}$  以下の場合、二次処理と呼ばれる急速砂濾過法と活性炭吸着法が前処理として採用される。BOD濃度が、 $20$  から  $200 \text{ mg/l}$  の範囲内にある場合は、さらに曝気池や熟成池のような一次処理施設が必要となる。代替案の経済比較には、上述の前処理コストを考慮した。政府開発支出額を表-37に、必要な政府職員数を表-38のように見積った。代替案ごとの政府開発支出額と政府職員数の差はほとんどないが、開発の初期、すなわち第4次および第5次マレーシアプランの期間に集中することが判る。

したがって、1990年までの開発の速度をゆるめることが望ましい。表-39に要約

された、経済便益分析結果も代替案ごとの差がほとんどないことを示している。経済的観点のみから見れば費用が便益を上廻っているが、水質汚濁量削減事業は環境保全と社会福祉の見地から実施しなければならない。西暦2000年までに、BOD濃度が、5 mg/l以上になると予測される河川区間の総延長は、特別な事業が行なわれない場合に比べて、代替開発案P1が実施された場合は700 km、代替開発案P2が実施された場合は450 km短縮されるであろう。この点から見て、代替開発案P1の実施が望ましい。西暦2000年における河川のBOD濃度規準値を5 mg/lとして、この規準値を達成するように徐々に対策を実施して行くことを提案する。

## 6.5 洪水防御計画代替案

次に示す三つの洪水防御計画を立案する。

代替案 F1 : 西暦2000年を目標として、洪水はんらん域内の住民の90%を洪水より守るように洪水防御施設を建設する。

代替案 F2 : 西暦2000年を目標として、洪水はんらん域内の50%の住民を洪水より守るように人口密度の高い河川区間にたいし洪水防御施設および、施設によらない対策を実施する。

代替案 F3 : 西暦2000年を目標として、経済的妥当性のある全ての洪水防御施設および、施設によらない対策を実施する。

設計洪水量の再現期間を、河川延長1 kmあたり年間洪水被害額が、2万マレイシアドル/km以下で、人口が500以下の河川区間に対しては20年、人命が失われた記録のない他の河川域には50年、人命が失われた記録のある河川域には100年と仮定する。

洪水が問題となる河川を30～60 kmの範囲の河川区域に分割した。5.7節に述べた各種手段を比較検討し、最も経済性のある対策を各々の河川域に対し選定した。この様にして得られた代替計画案の概要を表-40～42に示す。

政府開発支出額および所要人員数を、代替案ごとの見積りを表-43～44に示す。経済便益および経済費用を表-45に要約する。防御される人数および、建設に伴う立ちのきを必要とする人数を表-46に示す。

代替案F1は、はなはだしく高い開発コストを必要とする。代替案F3は、国家経済開発の観点から見れば、最も望ましいと云えるが、開発が進んだ地域と低開発地域との格差を広げる結果となって地域開発と社会福祉の見地から望ましくない。

マレイシア政府諸官と調査団との討論を通じ、社会福祉の目的が強調された事実を考慮し、代替案F2を2000年までに実施することを提案する。



## 第7章 水資源開発利用計画

前章の水資源開発利用基本方針にもとづき、水資源開発利用計画を図-1~10に示すように提案する。その概要は以下に述べるとおりである。

### 7.1 公共上水道施設およびかんがい施設開発計画

公共上水道施設の開発を、5.3節で述べられている目標にしたがい、表-47~49に示すように提案する。都市上水道施設開発計画を累計日処理量で表わせば、西暦1985年に300万 $m^3$ 、1990年に420万 $m^3$ 、2000年に830万 $m^3$ とし、給水人口は、1985年に630万、1990年に810万、2000年に1,280万となる。普及率は1985年に95%、1990年に97%、2000年に100%となる。農村の浄水施設をもつ上水道については、累計日処理量を1985年で100万 $m^3$ 、1990年で140万 $m^3$ 、2000年で210万 $m^3$ とする。給水人口は、1985年で510万、1990年で600万、2000年で630万となる。浄水施設をもたない農村上水道施設の年間給水量を、1985年で4,100万 $m^3$ 、1990年で6,000万 $m^3$ 、2000年で1億 $m^3$ とする。給水人口は1985年で190万、1990年で230万、2000年で270万である。浄水施設あり、なしあわせて、農漁村部における上水道普及率は、1985年で73%、1990年で83%、2000年で96%となる。

2000年までのかんがい施設の開発は表-11、12に示すとおりスケジュールによって実施されるとする。米の年生産高は、1985年で160万トン、1990年で185万トン、2000年で223トンと見積られ、1985年およびそれ以降、米の自給率85%となる。

### 7.2 水源開発計画

#### 7.2.1 水不足地域

水資源の逼迫する地域はペルリス/ケダ/ブラウピナン(Perlis/Kedah/Pulau-Pinang)地域、クランバレイ(Kelang Vallay)地域、マラッカ/ムアール(Melaka/Muar)地域、南ジョホール(South Johor)地域とその他13の地区である。これらの地域に必要な水需給計画を図-14および15に示す。

ここに提案する水資源開発計画を以下に述べる。貯水池および導水施設などの水源施設の概要は表-50~52にまとめてある。なお、開発計画には、今回の調査で必要と認められた事業のほか、1980年以降に竣工した事業および近い将来実施することが決定されている事業もとり入れてある。

## 7.2.2 ペルリス/ケダ/プラウピナン地域水源開発計画

ここでいうペルリス/ケダ/プラウピナン地域とはラングワイ島 (Pulau Langkai) およびクリアン (Kerian) 流域をのぞく、ペルリス、ケダ、プラウピナンの三州全域を含む水不足地域 1 万 5 0 0  $\text{Km}^2$  である。主な流域はペルリス (Perlis), ケダ (Kedah) メルボック (Merbok), ムダ (Muda), プライ (Perai) である。

面積 9 万 5,860 ha のムダかんがいプロジェクトは、ペルリスおよびケダ州にまたがる海岸平野のほぼ全域にわたり、ムダおよびブドウダムは同プロジェクトへのかんがい用水を供給している。有効貯水容量 1 億 2,300 万トンのムダダムは、ムダ川流域上流 984  $\text{Km}^2$  からの水を、導水トンネルより、ケダ川上流にある支流に導き、ブドウダムはその有効貯水量 8 億 6,400 万トンによって、ムダダムから導水した水と、ケダ川上流 171  $\text{Km}^2$  からの流水を調節している。

ブドウダムによって調整された年量 7.8 億  $\text{m}^3$  の水はケダ川に放流され、ムダかんがいプロジェクトの用水として、ブルバン (Pelubang) 取水せきで取水されている。ムダかんがいプロジェクトの周辺には総面積 1 万 ha の小規模かんがいプロジェクトがあり、それらはペルリス、ケダ、メルボック流域の水に依存している。しかしながら、ペルリス、ケダ、メルボック川流域における水量は、かんがいを主とする現在の水需要 21 億トン/年をまかなうには不十分である。

上述した小規模かんがい地域は 1900 年には 2 万 1,500 ha, 2000 年には 2 万 9,000 ha になると予測される。世界銀行の援助で実施中のムダⅡかんがいプロジェクトにより、末端が整備されれば、ムダかんがいプロジェクトのかんがい効率の向上が期待される。しかし、小規模かんがいプロジェクト上水およびかんがい用水の需要が増大するため、水需要の合計は 1990 年には 22 億  $\text{m}^3$ , さらに 2000 年には 25 億  $\text{m}^3$  と増加をつづけ、ペルリス、ケダ、メルボック川流域における水需給とのアンバランスは、ますます深刻化すると予想される。

プラウピナン州における、西暦 1980 年の人口は 96.6 万であり、そのうち 50% にあたる 48 万人はバターワース (Butterworth), ジョージタウン (George town) その他の都市人口であった。現在の上工水の水源はプラウピナンの河川、ムダ川、プライ川である。アエルヒタム (Ayer Hytam) ダムを含むピナン島内の水源からは、年間約 3,000 万  $\text{m}^3$  の水が供給されている。既存ムダ川導水計画は、ムダ川導水路によってムダ川下流部の水をプライ川右岸にあるスンガイドゥア (Sungai Dua) 浄水場へ導き、そこからスベランプライ (Seberang Perai) の諸都市およびジョージタウンへの上工水供給を狙うものである。ムダ河口堰は海水の朔上を防ぐために建設されたものである。



メンクアン (Mengkuang) ダムはブライ川の支流に建設され、上述のムダ川導水計画の給水量の増大を目的とした、揚水式のダムである。第1期工事が近年完成したが、当面ブライ川の支流であるクリム (Kulim) 川から導水し、第2期工事が完了すれば、さらにムダ導水路から揚水する計画になっている。第1期および第2期工事完成後には、メンクアンダムは年間400万 $m^3$ の水を供給することが出来る。

ムダおよびブライ川はまた、面積2万1,600haのかんがいにも利用されており、そのうち7,100haがムダ川に依存し、1万3,500haがムダおよびベライ川の水を利用している。残りの1,000haはベライ川がかりである。ピナン島におけるかんがい面積は1,200haである。これらのかんがいに要する水量は年間7億900万トンにのぼる。

ムダ、ブライ川流域およびピナン島の人口は、西暦1980年で130万であるが、1990年では150万、2000年では160万に達する。上水需要は、1980年に1億3,700万 $m^3$ 、1990年に2億6,300万 $m^3$ 、2000年に3億9,000万 $m^3$ と見積もられる。このうち、ブラウピナン州諸都市の上水需要が大部分を占め、1985年以降大量水消費型の工業の伸びをゼロとしても、1980年で8,500万 $m^3$ 、1990年で1億8,200万 $m^3$ 、2000年で2億7,800万 $m^3$ となろう。かんがい開発は、主にムダ川に依存する地域で実施されよう。西暦1980年時点で2万2,800haのかんがい面積は、1990年には3万ha、2000年には3万1,200haに増加する。かんがい用水量は、1980年で7億900万 $m^3$ 、1990年で7億3,800万 $m^3$ 、2000年で8億1,500万 $m^3$ と見積られる。これらの多量の水需要は、ムダダムより下流のムダ川およびベライ川、ブラウピナン川の水量ではまかない切れない。

ベルリス/ケダ/ブラウピナン地域全体の水需要は1980年で29億 $m^3$ 、1990年で32億 $m^3$ 、2000年で37億 $m^3$ となる。

開発計画は、ベルリス川に位置するティマ・タン (Timah-Tasoh) ダム、ケダ川支流のバダク・テミン (Badak-Temin)、サリ (Sari)、ドウリアン (Durian)、アーン (Ahning) の4ダム、ムダ川流域のナオク (Naok) およびレマン (Reman) ダムを含むジェニアン (Jeniang) 導水計画およびベリス (Beris) ダム、地域外ペラ州のペラ川支流のルイ (Rui) ダムとルイ導水トンネルなどの建設を主な内容とする。

ジェニアン導水計画およびルイダム、ルイ導水トンネルの建設は、特に重要な事業である。ジェニアン導水計画は、ムダ川本流のジェニアン取水堰、ナオクおよびレマングダム、ムダかんがいプロジェクトおよびメルボック川流域への導水路からなり、ジェニアン取水堰でムダ川の洪水期の水を取水し、ナオクおよびレマングダムに貯水するものである。

貯水池の水はムダ川の乾期の水量を増加させる様に放流することも出来、また乾期におけるメルボック川流域およびムダかんがい地域への分水も可能である。

ジェニアン導水計画が実施されれば、年間3億5,000万 $m^3$ ほどの用水供給が可能となる。ルイダムはペラ州を流れるペラ川上流の支流ルイ川に建設される。集水面積215 $Km^2$ からの水は、ルイダムによって調整され、ルイ導水トンネルによってムダ川支流のクチル(Kechil)川上流部に導水される。ルイダム下流には、ペラ川の河川維持流量確保に必要な水が常に放流される様に計画される。ルイダムからは1億4,000万トンの分水が可能であると見込まれる。ルイダムの建設に伴ない、民営の2,000KWの発電所が水没することになり、また、ペラ川本流のケネリン(Kenering)およびチェンデロー(chenderoh)発電所の二次電力が若干、減少することになる。他方、ルイ導水トンネル下流端では約4,000KWの新規発電が可能となる。以上2つのプロジェクトを始め、ここに提案された諸事業が実施されれば、西暦2000年までに予想される水需要をみたすことが可能となる。また、ペルリス/ケダ/ブラウピナン地域全域に亘る広域水資源システムが実現するから、ダム群の総合管理によって地域内の水資源を融通し合うことによる、安定した水利用が期待される。

#### 7.2.3 ランカウイ島水源開発計画

ランカウイ島(Pulau Langkawi)における2,700haのかんがい面積は1990年までに3,100haに増加するだろう。1980年に3万1,000の人口は2000年には3万8,000となると予測される。水需給は1990年には4,700万 $m^3$ 、2000年には4,800万 $m^3$ となると見積られるが、島内小河川の自然流量ではまかない切れぬ。したがって、アベールタワール(Aver Tawar)ダムおよびウルメラカ(Ulu Melaka)ダムの建設を必要とする。

#### 7.2.4 クリアンおよびクラウ川流域水源開発計画

かんがい面積2万3,490haをもつクリアンかんがいプロジェクトの大部分はペラ州北西海岸に位置するが、そのうち1,504haはブラウピナン州内にある。同プロジェクトはクリアン(Kerian)およびクラウ(Kurau)をその水源にしている。クラウ川のブキットメラ(Bukit Merah)ダムおよびクリアン取水堰は、このプロジェクトのために建設されたものである。世界銀行の援助によるクリアン・スンガイマニク(Krian-Sungei Manik)総合農業開発計画事業の一部として、末端整備が実施されている。

ほかにおよそ3,000haの小規模かんがい地域があり、西暦2000年までに4,000haに増加すると予想される。二つの流域における人口は、1980年の35万から2000年には67万人となるだろう。近い将来、これら二つの流域はひんばんな水不足に悩まされることが予想されるから、ケダ州とペラ州の州さかいを流れるクリアン川にクリア

ンダムを建設することを提案する。

#### 7.2.5 キンタバレー地域水源開発計画

ペラ川流域は全体として水量が豊富であり、テメンゴール (Temengor) ダムが十分に湛水されれば、更に流量が増加することになる。問題地域はイポー (Ipoh) が位置するキンタバレー (Kinta Valley) である。イポーの人口は、1980年で32万であるが、1990年には37.7万、2000年には44.6万となる。1990年までにはキンタバレーにおける自然流量は、イポーの増大する上水需要をまかない切れなくなるだろう。イポーの水需要は1980年で4,100万 $m^3$ であるが、1990年に8,400万 $m^3$ 、2000年に1億5,400万 $m^3$ に達すると予想させる。したがって、キンタ川上流にキンタダムの建設を提案する。

#### 7.2.6 クランバレー地域水源開発計画

クランバレー (Kelang Valley) には、連邦特別区 (Federal Territory) のクアラルンプール (Kuala Lumpur)、ペタリンジャヤ (Petaling Jaya)、シャーアラム (Shah Alam)、クラン (Kelang) の大都市があり、マレーシアにおいて最も人口密度が高く、かつ工業化された地域である。総人口のほとんどは都市人口であり、1980年で既に180万、1990年には270万、2000年には400万となる。都市および工業用水は1980年で3億6,700万 $m^3$ 、すなわちすでに自然流量の34%に達しており、大量水消費型工業が1985年の水準にとどまるとしても1990年には6億8,600万 $m^3$ 、2000年には10億910万 $m^3$ に達すると見込まれる。

クランゲートダムはクランバレーにある上水道用のダムであるが、近年洪水調節の目的でかさあげされた。最近、ランガット (Langat) ダムとランガット川からクランバレーへ導水するパイプラインが完成し、クラン川支流にバトゥー (Batu) ダムを建設して、住宅建設や工業開発がさかんに行なわれている。クアラルンプール郊外に上水を供給することが計画されている。また、クランバレーへの導水を目的として、ランガット川支流にセメニー (Semenyih) ダムが建設中である。上述のダムの年間給水量は、合計1億6,800万 $m^3$ である。

この量は、利用可能な自然流量を合わせても、かろうじて現在需要をみたす程度であるから、増大する水需要からみれば、より多くの水資源開発の促進が必要である。

上記のダム計画に加えて開発すべき事業は、スランゴール (Selangor)、水系のスランゴールおよび、バタンカリ (Batan Kali) ダム、スランゴール川とクランバレーとをむすぶパイプライン、パハン (Pahang) 川流域のテリアン (Teriang) 川水系か

らの流域間導水路を含むクナボイ (Kenaboi) およびコンコイ (Kongkoi) ダム, パハン川支流のペルティン (Perting) ダムおよび流域間導水路などである。

#### 7.2.7 セバン川流域水源開発計画

ポートディクソン (Port Dickson) の人口は1980年で4.2万, 1990年で5.5万, 2000年で7.2万と見積られる。ポートディクソンおよびその周辺においては大量水消費型の工業を規制したとしても上水需要は急速に増加すると予想される。需要量は1980年で3,000万 $m^3$ , 1990年で7,100万 $m^3$ , 2000年で1億1,100万 $m^3$ と見込まれる。ポートディクソン周辺の河川が小規模であるから, 他の流域からの導水が必要である。パハン川流域のテリアン川水系にテリアンおよびゲラミ (Gelami) ダムを建設し, そこからポートディクソンへ導水することを提案する。

#### 7.2.8 リンギ川流域水源開発計画

リンギ (Linggi) 川流域には4,100 ha の小規模かんがいプロジェクトがあり, 1990年には4,300 ha, 2000年には4,400 ha に増加することが予想される。1980年時点で32.1万の人口をもつスレンバン (Seremban) を含む流域全体の人口は, 1990年で38.5万, 2000年で48.6万となろう。水需要は1980年で1億3,500万 $m^3$ , 1990年で1億4,300万 $m^3$ , 2000年で1億7,800万 $m^3$ と見込まれ, リンギ川の自然流量では不十分となる。そのため, リンギ川の上流にテリップ (Terip) ダムを建設する必要が生ずる。

#### 7.2.9 マラッカ/ムアール地域水源開発計画

マラッカ (Melaka) 川流域の人口は1980年現在で37.2万であるが, 1990年には41.4万, 2000年には42.6万に増加すると見られる。

1980年における6,400 ha のかんがい面積は1990年には7,200 ha, 2000年には7,500 ha に増加すると予想され, 水需要は1980年で1億6,600万 $m^3$ , 1990年で2億2,400万 $m^3$ , 2000年で2億8,100万 $m^3$ と見積られる。マラッカ川には, 年間4,800万 $m^3$ の供給量をもつドウリアントンガゴル (Durian Tunggal) ダムと小規模なアサハン (Asahan) ダムがあり, どちらも上水道用のダムである。

水需給は現在丁度バランスしていると見られる。河川の流域が小さく, 地形が平坦であるから, 将来開発出来る様なダムサイトがない。

ムアール (Muar) 川流域の人口は1980年で55.2万であり, 1990年で60.6万, 2000年で62.9万となろう。総面積7,000 ha の小規模かんがいプロジェクト

があり、1990年で8,600 ha、2000年で9,100 haに増加する。流域の水需要は、1980年2億2,700万 $m^3$ 、1990年で3億800万 $m^3$ 、2000年で3億5,800万 $m^3$ と見積られる。水資源は豊富であるが、地形が平坦で、また土地利用が進んでいるから、可能なダムサイトはかぎられている。

開発計画は、ムアール川支流のパロン(Palong)川上流のパロンダム、ムアール川最上流部のムアールダム、ムアール川下流のムアール取水堰、ムアール取水堰とマラッカとをむすぶ導水路からなる。

#### 7.2.10 南ジョホール地域水源開発計画

ジョホールバルー(Johor Bahru)の人口は1980年で26.6万であり、1990年には43.9万、2000年には68.6万に増加すると見込まれる。大量水消費型工業の開発が制限されると仮定して見積った上工水需要は1980年3,700万 $m^3$ 、1990年で8,500万 $m^3$ 、2000年で1億5,900万 $m^3$ である。シンガポール(Singapore)へ導水されている上水道用原水は1980年で1億9,800万 $m^3$ であったが、現在急速に増加しつつあり、1990年には3億1,600万 $m^3$ となり、2000年にはジョホール州とシンガポールとの間の協定で定められた上限の4億1,400万 $m^3$ に達すると予想される。既存の3ダムの供給量は年間700万 $m^3$ しかなく、また上記の水需要はジョホールバルー周辺の諸河川の水ではまかない切れない。

ジョホールバルーおよびシンガポールの上工水需要を充たすために、ジョホールおよびスディリブサル(Sedili Besar)川を開発することを提案する。スマンガー(Semangar)およびリングウ(Linggiu)ダムをジョホール川の支流に、ジョホール堰をジョホール川本流に建設して、これらの連けい操作によって開発された水をトゥベラウ(Teberau)川へ導水する。トゥベラウ川に取水堰を設けて、ここから需要地へ送水する。これだけでは未だ1990年の需要を充たすに充分でないからスディリ(Sedili)ダムをスディリブサル川に建設して、ここからリングウダムへ導水する。

2000年までの需要を充たすためには更に、ジョホール川の支流にプンゲリ(Pengeli)ダムが必要である。

#### 7.2.11 クラント川流域水源開発計画

クラント(Kelantan)川流域海岸部の氾濫原は水稻栽培がさかんである。大規模かんがい事業として、総面積1万1,600 haの北クラントかんがいプロジェクトと1万8,000 haのケンプ(Kembu)かんがいプロジェクトがある。1980年時点で総面積8,600 haの小規模かんがいプロジェクトは1990年で1万2,800 ha、

2000年で1万7,000haに増加するだろう。1980年のクランタン川流域の人口は55.5万である。1990年には75.8万、2000年には97.1万に増加すると予想される。水需要は1980年で8億7,600万 $m^3$ 、1990年で9億3,100万 $m^3$ 、2000年で12億100万 $m^3$ となると見積られる。クランタン川の水量は、全体としては2000年までの水需要をまかなうに充分であるが、地区によっては水需給のアンバランスが予想される所もあり、支流にナル(Nal)ダムが提案されている。

しかし、西暦2000年を過ぎる頃から水が逼迫して来ると予想されるので、水力発電ダムとして提案されているヌンギリ(Nenggiri)ダムを多目的ダムとして建設することが望ましい。

#### 7.2.1.2 半島マレーシアにおけるその他の水源開発計画

当調査では必要性が確認されなかったが、地域的な重要性から関係機関によって実施されようとしている3つの計画がある。アナックエンダウ(Anak Endau)ダムと取水堰およびクメライ(Kemelai)ダムが、かんがい面積6,100haのサワーエンダウ(Sawah Endau)かんがいプロジェクトのために建設中である。クアンタン(Kuantan)河口堰は淡水塩水化を防ぐため近い将来建設されることになっている。さらにクランタン(Kelantan)州とタイ国境線を流れるゴロック(Golok)川開発計画のための国際委員会が設立され、ゴロックダムの建設が計画されている。

#### 7.2.1.3 タワウ川水源開発計画

タワウ(Tawau)は人口5万であり、日量合計1万1,380 $m^3$ の処理能力を有する州公共事業局(PWD)の上水施設が2系統ある。上水需要は既に供給能力を超えており、1979年以来給水制限が行なわれている。1980年現在公共事業局は日量490万 $m^3$ の水を3.5万に供給している。水源をタワウ川に求め、日処理能力2万 $m^3$ の第1次タワウ上水道拡張計画は1983年までに完成の予定である。

タワウの人口は1990年に8.2万、2000年に15万に増加する見込である。上水需要は、1990年に年間800万 $m^3$ 、2000年に2,600万 $m^3$ に達すると予想され、タワウ川の自然流量のみに頼ってでは、将来しばしば水不足に悩まされると思われる。タワウ川上流にタワウダムを建設することを提案する。

#### 7.2.1.4 ムリアウ川水源開発計画

サンダカン(Sandakan)は人口8.1万であり、21ヶ所の井戸と2ヶ所の河川取水施設を備えた給水施設がある。全給水量の75%を地下水に依存している。2ヶ所の浄水

場があり、その能力はそれぞれ日量2万880 $m^3$ 、2万2,320 $m^3$ である。1980年の時点で、公共事業局は6万4,700の住民に750万 $m^3$ の水を供給しているが、需要に追いつかず、しばしば断水が生じている。新規水源が開発されるまでの暫定処置として、13ヶ所の井戸の建設による1.8万 $m^3$ の浄水能力増強を骨子とするサンダカン第1次(暫定)計画が、1983年までに完成することになっている。

サンダカンの人口は、1990年に12.7万、2000年に22.2万に増加すると予想される。上水需要は1990年に年間1,500万 $m^3$ 、2000年に年間5,000万 $m^3$ に達すると見積られる。サンダカン上水道拡張計画の調査が行われ、第1次計画ではラブック(Labuk)川またはキナバタンガン(Kinabatangan)川からの導水が提案されている。

本調査では、ラブック川からの導水を想定した。ムリアウ(Meliau)川とサンダカンとの間に総延長120kmのパイプラインを数段階にわたって建設するとともに、ムリアウ川流量調節のためにムリアウダムを建設しようとするものである。

#### 7.2.15 ミラウ川水源開発計画

クダット(Kudat)は人口1.2万である。公共事業局は容量2,700万 $m^3$ の天水貯水ダムを備えている。浄水場処理能力は日量4,550 $m^3$ であり、1980年現在、給水量90万 $m^3$ 、給水人口7,500である。

クダットの人口は1990年に2.1万、2000年に4.3万になると見込まれる。水需要は1990年に220万 $m^3$ 、2000年に810万 $m^3$ になると予想される。クダット付近には、将来の水需要をまかなえる水資源はほとんどない。

開発計画は、総延長30kmの送水管でミラウ(Milau)川とクダットを結ぶとともにミラウダムを建設するものである。

#### 7.2.16 ワリウ川水源開発計画

カダマイアン(Kadamaian)川とワリウ(Wariu)川流域で5,400haをかんがいするトウムバサック(Tempasuk)かんがいプロジェクトがある。さらに、2000年までに1,000haをかんがいする予定である。

かんがい用水、上水確保のため、ワリウ川上流部にワリウダム建設を提案する。

#### 7.2.17 パパール川水源開発計画

コタキナバル(Kota Kinabalu)は人口7.1万であり、公共事業局の取水口がモヨン(Moyog)川に2箇所ある。浄水場処理能力は日量4万5,500 $m^3$ である。公共事業局

は、1,500.6万 $m^3$ をコタキナバル都市圏の11.9万に給水している。コタキナバル第1次上水道拡張計画は1983年までに完成予定である。この計画では、トゥアラン(Tuaran)川からコタキナバルへ導水することによって給水能力が日量5万4,000 $m^3$ 向上する見込みである。

コタキナバル都市圏の人口は1990年に21.1万、2000年に36.4万と予想される。上工水需要は1990年に2,300万 $m^3$ 、2000年に6,200万 $m^3$ になると見込まれる。

現存するかんがい面積1,822haの使用水量がモヨン川の自然流量を上回っており、安定した取水が困難であると見られる。河川水のみ依存する限り、トゥアラン川も安定した水供給源とはいえない。安定した取水を確保するため、ダム建設が必要となる。

トゥアラン、モヨン、パパール(Papar)川上流域にはダム建設適地があるが、本調査ではパパール川を選んだ。

パパールダムはパパール川(流域221)上流域に計画され、コタキナバルに水を供給するとともにパパール川下流域の流量増加をはかり、農業用水、上工水の用に供するものである。導水計画は増大する水需要に対処し、モヨン川とトゥアラン川の渇水時に一時的に水の供給を行なうとともに、導水トンネルを利用して発電を行うものである。

#### 7.2.18 バダス川導水計画

ラブアン(Labuan)島は人口2.9万である。公共事業局は31本の井戸を有し、その供給能力は日量9,100 $m^3$ である。1980年現在、公共事業局は180万 $m^3$ の水を1万4,900に供給している。井戸群、3箇所のダム建設、用水再利用の促進からなる上水道拡張計画がある。

ラブアン島の人口は1990年に5.2万、2000年に10.5万に増加すると想定される。

大規模な工業開発計画のため、上工水需要は1990年に1,300万 $m^3$ 、2000年に2,400万 $m^3$ となると予想される。

ラブアン島内の利用可能水資源は、地下水700万 $m^3$ /年、表流水400万 $m^3$ /年の合計1,100万 $m^3$ /年である。それ以上の水資源は本島に求める必要がある。

パダス(Padas)川の水を海底パイプラインによってラブアン島に供給することを提案する。



### 7.2.19 ミリ川水源開発計画

ミリ (Miri) は人口 5.5 万である。公共事業局はリク (Liku) 川の取水口から総延長 10 Km の管路で導水している、日処理量 9,100 m<sup>3</sup> の上水道施設をもっている。サラワクシエル株式会社は自家用上水道施設を有し、石油精製所と住宅に日量 7,000 m<sup>3</sup> の給水を行っている。公共事業局は 1980 年に 3,100 万 m<sup>3</sup> の給水を行ったが、給水人口 3.7 万に対しては給水能力が不足しており、サラワクシエル株式会社から浄水 70 万 m<sup>3</sup> を購入した。

ミリの人口は 1990 年に 9.4 万、2000 年に 17.7 万に達すると想定される。上水需要は 1990 年に 1,300 m<sup>3</sup>、2000 年に 5,100 万 m<sup>3</sup> に増加すると見込まれる。

リク川は、公共事業局の取水口地点において流域面積がわずか 150 Km<sup>2</sup> であり、河川流量は 2000 年の予想水需要の 21% にすぎない。将来の水需要に対処するため、河川流量を増加させる必要がある。

ミリに対し上水水を供給するために、リク川にリクダムを建設することを提案する。

### 7.2.20 サラワク海岸地帯における水資源開発計画について

本調査では、サラワク海岸地帯における生活用水供給の問題を指摘したが、個々の表流水、地下水開発計画を特定するまでに至っていない。州公共事業局が計画しているような天水貯留タンクの建設が一般的解決法と考えられる。地区によっては、地下水の開発の方がより合理的な対策となるだろう。サラワク川およびラジャン川の下流地域で地下水調査を実施することを提案する。

サラワク州における報告会の際、ブンゴ (Bungo) 山の住民の廃棄物によってサラワク川にあるクチンの上水道取水口が水質汚染の影響を受けているということが指摘されたが、本調査中の解析では確認されなかった。もしもそのような問題が生じているとするならば、サラワク川上流部にダムを建設し、ダムとクチンと管路で結びつける必要があるだろう。

### 7.3 水力開発計画

半島マレーシアに対しては表 5.3 に示すように、2000 年までに 13 箇所、総設備容量 102.6 万 kW の水力開発を実施することを提案する。この計画が達成されると、半島マレーシアの水力発電設備容量は 223.4 万 kW となり、2000 年時点で必要な総設備容量の約 20% を占めることになる。

サバ州ではテノムパンギ (Tenom Panggi) 第 1・2 期工事が 1984 年に完了するが、ひき続き設備容量の増強が必要になると見込まれるため、テノムパンギ第 3 期計画を

まず推進しなければならない。バパールダム建設は、コタキナバルへの上水供給のため緊急を要する。多目的開発が可能と確認されたならば、コタキナバルへの用水供給と時期を合わせて発電を行うべきである。さらに、パンギ(Pangi) Ⅱとアッパーパダス(Upper Padas)の水力開発を実施すべきである。この開発計画は、東海岸と西海岸を結ぶ送電計画が未だ決定されていないこと、既設の鉄道を移設してもローワーハロギラート(Lower Halogilat)開発に踏み切るかどうか決定されていないことを考慮に入れて提案されるものである。サバ州の水力発電計画を表5.3に示す。

サラワク州における2000年の電力需要は、クチンを除く各都市で10万kW以下と予想され、各都市に1万kW前後の火力発電機、またはディーゼル発電機を設備することが適切である。他方、クチンでは、より大きな単位容量の水力発電または火力発電の増強が1990年以降に実施されるべきである。電力需要は15万kWないし30万kWに達するであろう。バタンアイ発電所完成後、2000年までにクチンの需要増大をまかなうため、さらに19万kWの増強が必要であろう。表5.3に示すようにアッパーバタンアイ(Upper Batang Ai)、バタンスクラン(Batang Sekrang)、コノウィット(Konowit)開発計画を提案する。

ピンツルにエネルギー多消費型産業が立地すると、電力需要は50万kW以上になるだろう。この場合、アッパーラジャン(Upper Rajang)水力発電計画でとり上げられた77万kWのラジャ(Raja)284が推進されるべきであり、他の州との送電計画がない場合でも、クチン、サリケイ(Sarikei)、シブ(Sibu)とピンツル各都市を送電線で結ぶことを考えるべきである。

#### 7.4 水質汚濁改善計画

河川水質汚濁が問題となる地域は、水資源逼迫地域とおおよそ一致する。最も深刻な地域は半島マレーシア西海岸である。

水質汚濁改善計画は、表5.4に示すパームやし搾油工場、天然ゴム工場排水の浄化方法の改良と、表5.5に示す下水道建設から成り立つ。この計画が実施されると、生物化学的酸素要求量(BOD)負荷は、表5.6に示すように低下すると考えられる。計画実施後、2000年におけるBOD濃度は、図1.3に示すとおりである。農村部の汚水と家畜の排水については、当面、適当な対策がない。したがって、すべての河川においてBOD濃度を5mg/l以下にすることはできない。尚一層の水質改善をはかるためには、農村部において汚水浄化槽の設置と家畜汚水の経済的浄化方法の促進を考慮すべきである。

河川水質とは直接の関係がないが、上述の計画の他に公衆衛生の見地から表5.7に示す下水道の整備を提案する。計画された都市は海岸地域、または、水質汚濁上問題のない河

川ぞいに、位置しているため水質改善に著しい効果はないが、人口稠密な都市である。整備計画を表57に示す。

## 7.5 洪水防御計画

### 7.5.1 概 要

洪水の問題はマレーシア全土に拡がっているが、特にクラン(Kelang)・クランタン(Kelantan)川両流域の人口稠密地域では問題が深刻である。西ジョホール(Johor)地区では、河川の氾濫と排水不良が農業にとって問題となっている。パハン川の洪水は大規模で、広い地区に氾濫する。表-58, 表-59および図-1~10に示すような流域別洪水防御計画を提案する。

この計画の内容は、805Kmにわたる河道改修、82Kmの洪水放水路開削、21箇所のダム建設(総て多目的ダムとして計画)および12箇所の輪中堤である。移住計画など、構造物に依らない対策もパハン流域で必要と見られる。ほかに、西暦2000年までにテレメーターを装備した洪水予警報システムを37の流域に対して表60の通り提案する。

洪水調節の機能を持つダムは、ティマ・タン(Timah-Tasoh)ダム(ペルリス州)、バトゥ(Batu)およびゴンバック(Gombak)ダム(クラン州)、ムアール(Muar)ダム(ヌグリスンピラン州)、ブコック(Bekok)ダム(ジョホール州)、テロム/ジェライケチル(Telom/Jelai Kechil)ダム、テンベリン(Tembering)上流ダムおよびテキアイ(Tekai)ダム(パハン州)、ダボン(Dabon)ダムおよびルビール(Lebir)ダム(クランタン州)、リンバン(Limbang)ダム(サラワク州)およびブンゴー(Bengoh)ダム(サラワク州)である。上記のうちブコック、リンバンおよびブンゴーの各ダムは、洪水調節を主目的とするものである。既存または建設中のダムではテメンゴール(Temengor)およびケニール(Kenir)両ダムには、かなりの洪水調節機能を期待できるだろう。

### 7.5.2 ペルリス川洪水防御計画

多くの脈流をもつペルリス(Perlis)川は、1976年には49km<sup>2</sup>にわたって氾濫した。この浸水地区における1980年の人口は、カンガール(Kangar)地区の9,000を含めて2.8万と推定されている。開発計画として、ティマ・タンダムの多目的開発計画と水田およびカンガールの街を主な対象とする、34Kmにわたる河道改修を提案する。