

国際協力事業団

ザンビア共和国  
エネルギー水開発省

ザンビア国  
全国水資源開発計画調査

最終報告書  
(要約)

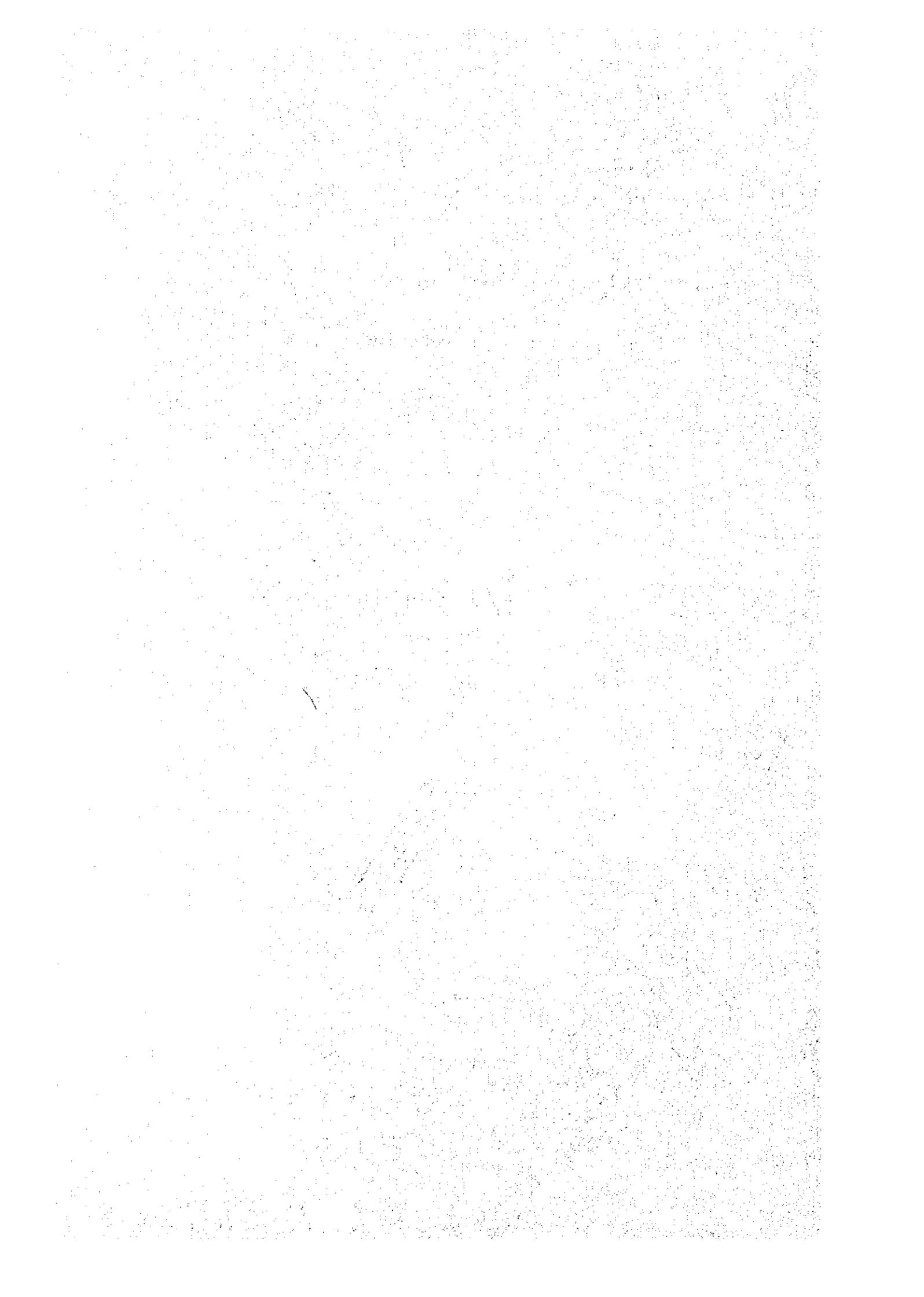
平成7年10月

JICA LIBRARY  
  
J 1125162(6)

八千代エンジニアリング株式会社

社調二
JR
95-126

ARY



国際協力事業団

ザンビア共和国  
エネルギー・水開発省

ザンビア国

全国水資源開発計画調査

最終報告書

(要約)

平成7年10月

八千代エンジニアリング株式会社



1125162 (6)

## 序 文

日本国政府は、ザンビア共和国政府の要請に基づき、同国の全国水資源開発計画にかかるマスタープラン策定調査を決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成5年10月から平成7年10月までの間、5回にわたり、八千代エンジニアリング株式会社の中川喜夫氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

調査団は、ザンビア政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終りに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成7年10月

藤田 公 郎

国際協力事業団  
総 裁 藤 田 公 郎

## 伝達状

国際協力事業団

総裁 藤田 公郎 殿

ザンビア国全国水資源開発計画調査の最終報告書を提出致します。本報告書は、ザンビア全国水資源開発計画を提案していますが、取りまとめに当たっては、日本の関係行政機関や貴事業団の御助言や御指示に従うとともに、ザンビア国エネルギー・水開発省の意見を反映して作成致しました。

本報告書で提案された計画は、2015年を目標年次とする将来の水資源開発計画の全体的方向づけを示すマスタープランとして提示しています。水道部門と農業部門については、整備水準を設定し具対的な幾つか事業を提案しています。水資源関連のその他部門については、現状と将来の分析に基づいて、水資源開発の視点から将来の開発方針を示しています。水道部門および農業部門の事業計画は、将来の様々な水需要に対応できるように、将来の人口と経済成長を考慮した3シナリオ（水需要の上限、下限および中間を与える将来の社会・経済条件）に基づいてそれぞれの計画が立案されています。また、マスタープランで提案された計画の中から、早急に着手すべき事項を行動計画として取りまとめています。

ザンビアの水資源開発の緊急性および社会・経済の発展の必要性の観点から、ザンビア国政府は、行動計画で提案したプロジェクトを最優先事業として取り組むように勧告しています。

本報告書の提出にあたり、多大なご支援を賜った貴事業団、外務省、建設省、農林水産省、ならびにザンビア国エネルギー・水開発省をはじめ関係各位に対し心から感謝の意を表するものであります。

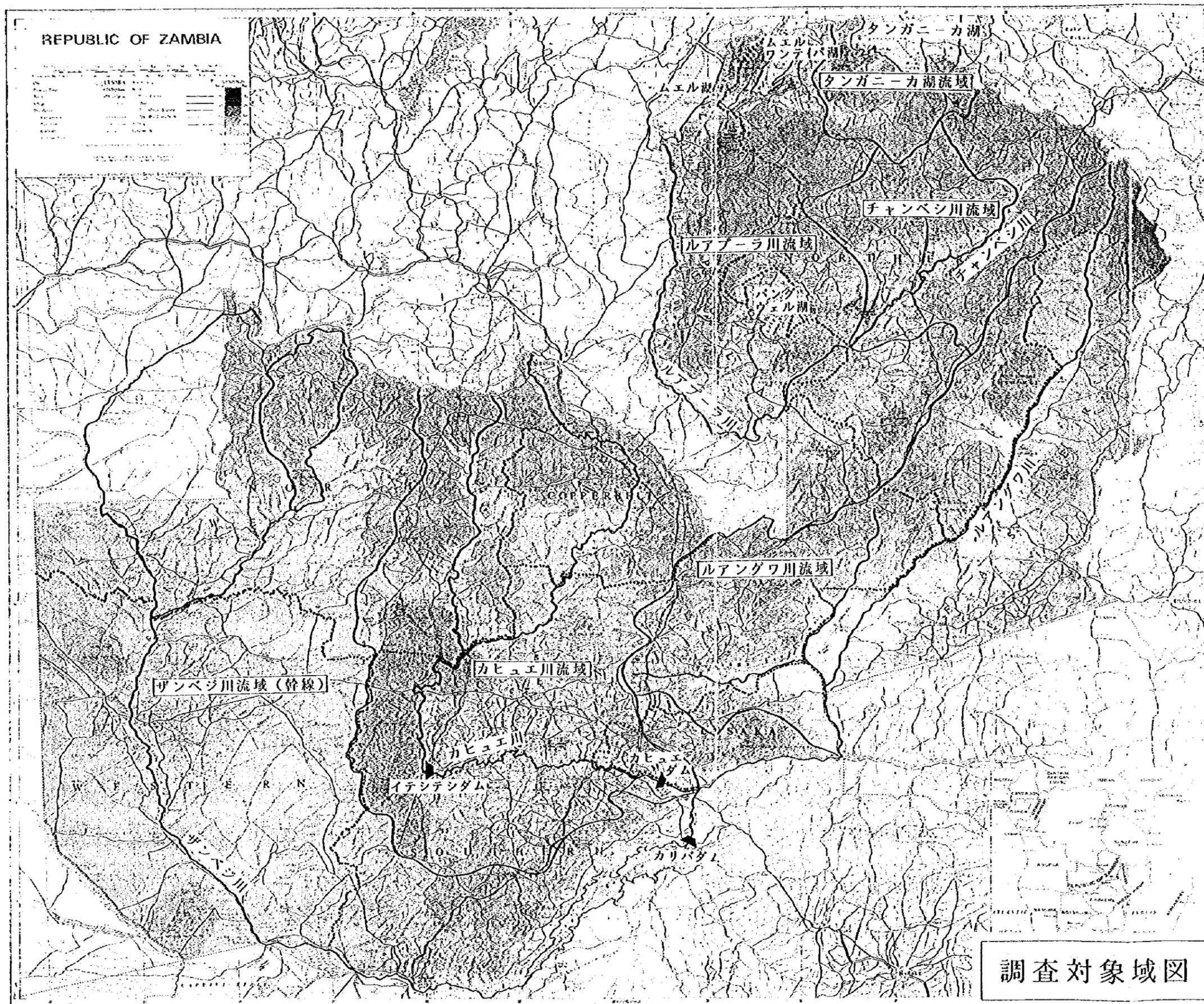
平成7年10月

ザンビア国  
全国水資源開発計画調査  
調査団 総括

中川 喜夫



ザンビア概況



正式国名	ザンビア共和国 Republic of Zambia
独立記念日	1964年10月24日
旧宗主国名	英国
政体	共和制
元首の名称	大統領フレデリック・チバ 1991年11月2日就任
位置	南緯9～18度 東経23～34度
面積	753千km <sup>2</sup>
首都	ルサカ
総人口	8.1百万(1990年火) 世界第69位(1987年)
公用語	英語
民族等	トガ系、ニヅガ系、 ベンバ系、ルンガ系等 73部族
宗教	大部分がキリスト教、そ の他都市部でイスラ教
教育	義務教育7歳～14歳 の7年間(初等教育) ・就学率 初等教育: 95% 中等教育: 20% 高等教育: 2% ・識字率: 73% (1990年)
暦	時差: 日本との時差 -7.0時間

凡例	
———	河川流路
———	流域境界線
.....	州境界線

ザンビア国 全国水資源開発計画調査

ファイナル レポート

調査報告書リスト

要約報告書 (英文および和文)

主報告書 (英文)

分野別報告書 (英文)

第1編

Part - A	社会経済
Part - B	気象
Part - C	水文
Part - D	水理地質
Part - E	生活用水
Part - F	工業用水
Part - G	現況水利用調査

第2編

Part - H	農業、畜産および漁業
Part - I	灌漑
Part - J	林業
Part - K	水力発電
Part - L	水運
Part - M	洪水防御
Part - N	ダム地質
Part - O	ダム開発計画
Part - P	水供給計画

第3編

Part - Q	水質および環境
Part - R	法制度および組織
Part - S	衛星画像解析
Part - T	地形測量
Part - U	地下水観測
Part - V	井戸のインベントリー調査
Part - W	データベース

データ集 (英文)

DB - 1	気象データ
DB - 2	水文データ
DB - 3	井戸のインベントリーデータ
DB - 4	現況水利用データ

## 調査概要書

### ザンビア国 全国水資源開発計画調査 (M/P)

調査期間：1993年10月～1995年10月  
受入機関：エネルギー・水開発省

#### 1 背景

ザンビア国の1990年人口は738万人で、80年代の人口増加率は著しく2.7%であった。急増した人口は都市に集まり、都市部の給水サービスが悪化している。特に首都ルサカではこの現象が厳しく、需要に対しての給水能力は60%程度まで落ち込んでいる。一方、主要穀物であるメイズを中心とした天水農業は度々干ばつの痛手を受け、灌漑を導入した安定農業の確立が急がれている。銅のモノカルチャーから脱却し安定した経済基盤を確立するためにも水資源を活用する社会基盤整備が望まれている。

#### 2 目的

水道部門や農業部門の現状や将来の課題を解消するために、ザンビア全土を対象とした2015年目標の水資源開発計画を立案し、計画の中で早急に実施すべき事業を行動計画として提案する。

#### 3 計画の概要

ザンビアの水資源利用（水道部門、農業部門、水力発電、水運、水質等）の現状と将来を分析し、水資源の有効的な利用の観点から各部門の開発方針を示した。水道部門と農業部門については、2015年を目標とする具体的な事業を策定した。

##### 3-1 基本方針

〈水需要シナリオ〉：将来の水需要を推定するために、人口と経済成長を基本とした次の3つの水需要シナリオを設定する。

- 1) 基本シナリオ農業拡大型：中位人口増加、基本経済成長 - 農業拡大型
- 2) 基本シナリオ工業主導型：高位人口増加、基本経済成長 - 工業主導型
- 3) 低成長シナリオ：低位人口増加、低経済成長

〈水道部門の開発方針〉：都市部の水道普及率を2015年までに全ての都市で100%とする。村落部の水道普及率は現状の普及率25%から2015年までに75%以上に引き上げるものとする。表流水の水源地は10年確率の渇水対応とし、地下水の水源地は継続利用可能な循環地下水とし、その開発量は急激な水位低下を引き起こさない安全揚水量の範囲とする。

〈農業部門の開発方針〉：雨の豊かな北部域での天水農業を進めながら安定水源を使った灌漑を導入して、灌漑穀類や輸出作物の増産を図り、安定した食料自給体制を目指す。肉の消費レベルの維持と魚の消費レベルの向上のため、畜産と養殖を積極的に進める。

##### 3-2 事業内容

生活用水および工業用水を確保するための大都市、中小都市および村落給水事業の新規開発水量を表-1に示す。農業部門の水資源開発事業、すなわち、灌漑、養殖および畜産事業の開発水量は表-2の通りである。

表-1 水道事業

事業区分	基本シナリオ農業拡大型		基本シナリオ工業主導型		低成長シナリオ	
	給水人口 (1000人)	開発水量 (1000m <sup>3</sup> /日)	給水人口 (1000人)	開発水量 (1000m <sup>3</sup> /日)	給水人口 (1000人)	開発水量 (1000m <sup>3</sup> /日)
大都市	4,500	723	5,223	1,095	3,433	551
中小都市	965	156	1,948	358	870	103
村落	7,270	169	7,165	164	6,609	148

表-2 農業関連事業

事業区分	基本シナリオ農業拡大型		基本シナリオ工業主導型		低成長シナリオ	
	面積(ha) 頭数(1000)	用水量 (1000m <sup>3</sup> /日)	面積(ha) 頭数(1000)	用水量 (1000m <sup>3</sup> /日)	面積(ha) 頭数(1000)	用水量 (1000m <sup>3</sup> /日)
灌漑	60,821	5,256	53,851	4,654	38,201	3,300
養殖	30,950	2,130	40,500	2,793	24,050	1,648
畜産	4,604	222	5,183	250	4,190	204

#### 4 プロジェクトコスト

1995年1月時点の評価で水道事業および農業関連事業のプロジェクトコストは、それぞれ、表-3および表-4の通りである。外貨交換レート：1us\$ = 610円

表-3 プロジェクトコスト (水道事業)

単位：百万 us\$

水道部門	基本シナリオ農業拡大型			基本シナリオ工業主導型			低成長シナリオ		
	大都市	中小都市	村落	大都市	中小都市	村落	大都市	中小都市	村落
	647.86	153.03	209.52	878.09	323.04	203.77	518.34	107.47	183.85
	合計：1,010.41			合計：1,404.90			合計：809.66		

表-4 プロジェクトコスト (農業関連事業)

単位：百万 us\$

農業部門	基本シナリオ農業拡大型			基本シナリオ工業主導型			低成長シナリオ		
	灌漑	養殖	畜産	灌漑	養殖	畜産	灌漑	養殖	畜産
	1,189.98	290.08	35.75	956.10	379.07	40.25	763.27	245.74	32.54
	合計：1,515.81			合計：1,375.42			合計：1,021.55		

#### 5 評価

##### 5-1 経済分析

水道の経済便益（家計収入の5%+工業用水の場合、業種ごとの付加価値の3%）と水道部門コスト、また、農業生産純便益と農業部門コストを比較し、割引率10%を適用して計画全体の経済指数を求めると表-5の通りとなる。

表-5 経済分析の結果

項目	水道部門事業				農業部門事業			
	大都市	中小都市	村落	全体	灌漑	養殖	畜産	全体
内部収益率(%)	6.3	4.0	4.2	5.3	11.4	12.7	13.1	11.7
費用/便益比	0.80	0.56	0.64	0.72	1.12	1.18	1.25	1.13
純現在価値(万us\$)	-81.0	-54.3	-58.3	-193.6	65.2	32.3	3.9	101.3

##### 5-2 財務評価

2015年までの政府の水道部門投資額は、過去の実績からみて約630百万us\$と推定される。プロジェクトコストは、この額に対してシナリオに応じて2.2~1.2倍である。本計画で想定した社会・経済シナリオが達成されれば政府の水道部門への投資額が増大することを考えれば、十分に達成できる事業規模である。農業部門は、民間投資に負うところが大きい。農業関連事業は、経済的妥当性が高いので、資金調達が可能であれば実現性の高い事業である。

### 5-3 社会評価

水道部門および農業部門の事業の実施により次のような社会的な効果が期待できる。

- 地域経済の誘発と雇用機会の増大効果
- 飲料水の普及と公衆衛生の向上効果
- 「開発と女性」活動参加意識の刺激効果
- 地域格差の是正効果

### 5-4 環境影響評価

初期環境評価の段階では、マスタープランで提案された水道部門および農業部門の各事業の実施によって、深刻な環境問題が生じる項目はないと結論される。しかし、計画がより具体的になった段階で、以下の問題が重要となる。

- 土地の保有権、取得、補償及び移住
- 水利権の割り当てとその社会的公正
- 新規水需要と既存の水使用者との関係
- 河道・貯水池とその周辺の野生動物生息域における水中及び陸上の動物群への影響
- ダムによる貯水池の堆砂および下流河道の低下の問題
- 灌漑農地の拡大と土壌侵食の問題等

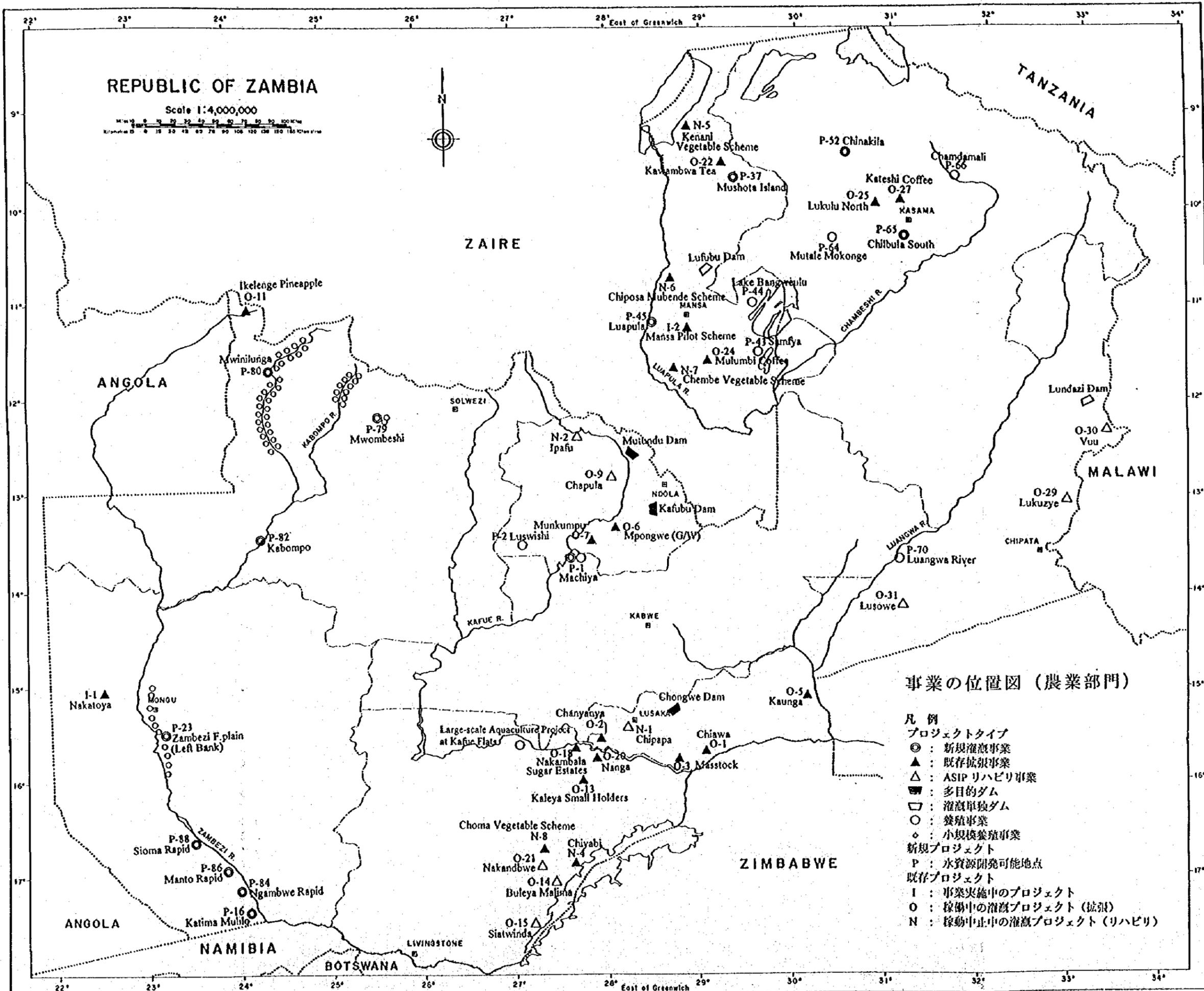
## 6 提言

マスタープランの5年ごとの見直し、事業実施のための資金調達努力、受益者負担および節水思想の啓蒙等の提言に加え、表-6に示すような事業の早期着手を行動計画として提案した。

表-6 行動計画で提案された事業

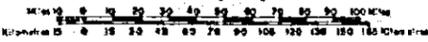
事業名	事業内容	事業工程	事業費
(1) ルサカ北部地域 給水井戸事業	- 位置：M北10km - 開発水量：20,000m <sup>3</sup> /日 (給水人口：107,000人) - 井戸本数：50本	1998年までに完了	15.70百万us\$
(2) チョング多目的ダム	- 位置：M東方45km - フィットダム - 事業目的： o 水道(M、チョング) 103,000m <sup>3</sup> /日 (給水人口：400,000人) o 灌漑流量： 70,000m <sup>3</sup> /日 (810ha)	- 調査・設計 (1996~1997年) - 建設 (1998~2000年)	- 水道事業費 109.87百万us\$ - 灌漑事業費 34.74百万us\$
(3) 井戸センター	- 目的：地下水開発 - 位置：各州に1箇所 (新規：6箇所)	- 2000年まで：センター建設 - 2005年まで：ダムの導入	41.64百万us\$
(4) 地下水開発訓練センター	- 目的：地下水開発 技術者の養成 - 位置：ルサカ市内 - 建屋：3,000m <sup>2</sup> - リグ：2台(DTHダブ) - 設備：研修室、資料 室、講義室、ワークショップ	- 第1期(1996~1998年) センター設置、コンサルタントによる初期トレーニング - 第2期(1999~2003年) 専門家による技術移転 - 第3期(2004年以降) ザンビア人による運営	- 第1期分 16.40百万us\$
(5) ASIP フィット事業 (9地区) (地方都市近郊農業)	- 灌漑面積：267ha (9地区) - 作付品種：野菜	1999年までに完成	5.34百万us\$
(6) 西部州灌漑事業(P-23)	- 灌漑面積：1,500ha - 作付品種：米 - 灌漑流量：261,000m <sup>3</sup> /日	第1期分 1998~2000年に実施	19.47百万us\$





REPUBLIC OF ZAMBIA

Scale 1:4,000,000



事業の位置図 (農業部門)

- 凡例
- プロジェクトタイプ
- ◎ : 新規灌漑事業
  - ▲ : 既存拡張事業
  - △ : ASIP リハビリ事業
  - ◻ : 多目的ダム
  - ◻ : 灌漑単独ダム
  - : 養殖事業
  - ◇ : 小規模養殖事業
- 新規プロジェクト
- P : 水資源開発可能地点
- 既存プロジェクト
- I : 事業実施中のプロジェクト
  - O : 稼働中の灌漑プロジェクト (拡張)
  - N : 稼働中止中の灌漑プロジェクト (リハビリ)



ファイナル レポート  
要約報告書

目次

序文	
伝達文	
調査対象域図	(i)
調査報告書リスト	(ii)
調査概要書	(iii)
目次	(vii)
図表リスト	(ix)
略字リスト	(xi)
第1章 水需要の現況と将来	(1)
1.1 社会経済	(1)
1.2 生活用水	(4)
1.3 工業用水	(6)
1.4 農業、畜産、水産	(8)
1.5 水力発電	(13)
1.6 内陸水運	(14)
1.7 洪水防御	(14)
1.8 林業	(15)
1.9 水質および環境	(16)
1.10 法制度および組織	(17)
第2章 水資源賦存量	(18)
2.1 降水量	(18)
2.2 表流水賦存量	(19)
2.3 地下水賦存量	(23)
第3章 水需要と供給の収支	(27)
3.1 現況水需要と供給の収支	(27)
3.2 将来の水需要と供給の収支	(27)
第4章 水資源開発マスタープラン	(29)
4.1 開発の基本方針	(29)
4.2 水道用水開発事業	(32)
4.3 農業分野用水開発事業	(38)
4.4 工事費の積算	(41)
4.5 事業実施工程	(46)
4.6 計画の評価	(49)
4.7 法制度および組織	(54)
第5章 行動計画	(58)
5.1 給水部門の行動計画	(58)
5.2 農業部門の行動計画	(62)
5.3 法制度・組織部門の行動計画	(64)
第6章 提言	(66)

## 図表リスト

### 第1章

表 1-1	ザンビアの将来人口予測.....	(2)
表 1-2	水需要シナリオの構成.....	(4)
表 1-3	水需要シナリオ.....	(4)
表 1-4	需要原単位.....	(6)
表 1-5	生活用水需要予測.....	(6)
表 1-6	州およびセクター別の水需要の現状と将来.....	(7)
表 1-7	12大都市の製造業の将来水需要予測.....	(7)
表 1-8	農業部門の開発シナリオ.....	(9)
表 1-9	シナリオ別の作物生産と灌漑用水量.....	(11)
表 1-10	シナリオ別の家畜数と家畜用水量.....	(12)
表 1-11	養殖漁業の予測.....	(12)
表 1-12	将来の電力需要.....	(13)
表 1-13	主要地点の洪水流量.....	(15)

### 第2章

表 2-1	主要地点の流況.....	(19)
表 2-2	表流水賦存量.....	(20)
表 2-3	ダム候補地点における最大開発可能流量.....	(22)
表 2-4	主要な帯水層の特性および安全揚水量.....	(24)
表 2-5	既設井戸の本数と村落部の給水率.....	(25)
表 2-6	地下水開発賦存量.....	(26)
図 2-1	ルサカの月雨量と月平均気温.....	(18)
図 2-2	年平均雨量の地域分布(等雨量線).....	(18)
図 2-3	主要地点の月平均流量.....	(19)
図 2-4	河川自流の利用可能流量.....	(21)
図 2-5	ダム候補地点位置.....	(22)
図 2-6	東部州の地下水変化.....	(23)
図 2-7	雨期と乾期との地下水位の差.....	(23)
図 2-8	地下水を利用している大都市の地下水位変化.....	(24)
図 2-9	地下水賦存量概念図.....	(26)

### 第3章

表 3-1	現在の水需要と供給の収支.....	(27)
表 3-2	将来の水需要と供給の収支.....	(28)
表 3-3	州別の水需要と供給の収支.....	(28)

## 第4章

表 4-1	給水水需要および開発水量.....	(32)
表 4-2	多目的ダム計画諸元.....	(32)
表 4-3	ルサカ給水事業 - 水源別の開発方針.....	(33)
表 4-4	大都市給水事業.....	(35)
表 4-5	中小都市給水事業.....	(36)
表 4-6	村落給水事業.....	(36)
表 4-7	井戸センター事業.....	(37)
表 4-8	地下水開発研修センター事業.....	(37)
表 4-9	農業用水開発水量.....	(38)
表 4-10	灌漑事業の内容.....	(38)
表 4-11	灌漑単独ダム計画諸元.....	(38)
表 4-12	灌漑事業.....	(39)
表 4-13	養殖池事業.....	(40)
表 4-14	新規畜産用水開発量.....	(41)
表 4-15	給水事業の工事費.....	(42)
表 4-16	大都市給水事業の工事費.....	(43)
表 4-17	農業部門水開発事業の工事費.....	(44)
表 4-18	農業部門水開発事業の工事費単価および水単価.....	(44)
表 4-19	灌漑事業の工事費.....	(45)
表 4-20	給水事業実施工程.....	(46)
表 4-21	灌漑事業実施工程.....	(47)
表 4-22	養殖池事業実施工程.....	(48)
表 4-23	畜産事業実施工程.....	(48)
表 4-24	大都市給水事業の経済評価.....	(49)
表 4-25	灌漑事業の経済効率.....	(51)
表 4-26	給水需要と工事費 (2015年).....	(52)
表 4-27	問題点・課題と提言されている施策の対応.....	(55)
図 4-1	ルサカの水需給計画.....	(34)
図 4-2	水資源管理部門の提案組織.....	(57)

## 第5章

表 5-1	早期ルサカ給水事業の財務条件およびFIRR.....	(59)
表 5-2	井戸センター事業.....	(60)
表 5-3	地下水開発研修センター事業.....	(61)
表 5-4	ASIPリハビリ事業.....	(62)
表 5-5	灌漑事業の財務条件およびFIRR.....	(64)

## 略字リスト

CSD	: 中央統計局	(Central Statistical Office)
CWSC	: チバタ上下水道会社	(Chipata Water and Sewerage Company Limited)
DGS	: 地質調査局	(Department of Geological Survey)
DISS	: 公共施設局	(Department of Infrastructure and Supporting Services)
DMIW	: 沿岸内陸水局	(Department of Maritime and Inland Waters)
DNR	: 自然資源局	(Department of Natural Resources)
DOA	: 農業局	(Department of Agriculture)
DOE	: エネルギー局	(Department of Energy)
DOF	: 漁業局	(Department of Fisheries)
DOFOR	: 森林局	(Department of Forest)
DOI	: 工業局	(Department of Industry)
DOL	: 土地局	(Department of Land)
DOM	: 気象局	(Department of Meteorology)
DTCP	: 都市計画局	(Department of Town and Country Planning)
DWA	: 水利局	(Department of Water Affairs)
ECZ	: 環境評議会	(Environmental Council of Zambia)
GRZ	: ザンビア共和国政府	(Government of Republic of Zambia)
LWSC	: ルサカ上下水道会社	(Lusaka Water and Sewerage Company Limited)
MAFF	: 農業・食糧・水産省	(Ministry of Agriculture, Food, and Fisheries)
MCDSS	: 社会開発・公務省	(Ministry of Community Development and Social Services)
MENR	: 環境・天然資源省	(Ministry of Environment and Natural Resources)
MEWD	: エネルギー・水開発省	(Ministry of Energy and Water Development)
MLGH	: 自治・住宅省	(Ministry of Local Government and Housing)
MOCI	: 通商・産業省	(Ministry of Commerce Trade and Industry)
MOH	: 保健省	(Ministry of Health)
MOL	: 土地省	(Ministry of Land)
MOM	: 鉱山省	(Ministry of Mining)
MOT	: 観光省	(Ministry of Tourism)
MOTC	: 運輸・通信省	(Ministry of Transport and Communication)
NCDP	: 国家開発計画委員会	(National Commission for Development Planning)
NCSR	: 科学技術評議会	(National Council for Scientific Research)
NENC	: エネルギー評議会	(National Energy Council)
NWASCO	: 水・衛生評議会	(National Water and Sanitation Council)
PCU	: 事業計画調整室	(Programme Coordination Unit)
SADC	: 南部7ヵ国開発共同体	(South African Development Community)
SD	: 測量局	(Survey Department)
WDB	: 水利委員会	(Water Development Board)
WSDG	: 給水部門開発グループ	(Water Sector Development Group)
ZAFFICO	: ザンビア林産業公社	(Zambia Forestry and Forest Industries Corporation)
ZCCM	: ザンビア統合鉱山会社	(Zambia Consolidated Copper Mines Limited)
ZESCO	: ザンビア電気供給公社	(Zambia Electricity Supply Corporation)
ZIMCO	: ザンビア鉱工業公社	(Zambia Industrial and Mining Corporation)
ZNTB	: 国家観光委員会	(Zambia National Tourist Board)
ZRA	: ザンベジ川開発公社	(Zambezi River Authority)

## 第1章 水需要の現況と将来

### 1.1 社会経済

#### (1) 社会状況

##### < 行政機構 >

ザンビア国は、1990年の国勢調査時点で、9つの州(Province)、57の県(District)で構成されている。国政レベルの行政機構としては、24の省庁があり、各州には大統領府と各省庁の出先機関が設置されている。各県には、県レベルの自治体(Council)が設置されており、その規模によって City Council, Municipal Council, District Council の三段階に区分されている。

各レベルの自治体はそれが位置する都市の行政のみならず、県全体の行政をも司ることになっている。90年時点では、ルサカ、ンドラ、キトウェの三県が City Council に、チンゴラ、カブウェ、ムフリラ、ルアンシャ、リビングストン、チリラボンブエ、カルルーシの七県が Municipal Council に指定されており、その他の47県は District Council となっている。

90年時点では92の都市があり、その内上記の10都市は大都市と言われ、5万人以上の人口を擁している。人口5千人以上の中都市は48あり、各県の首都はほぼこのレベルにある。残りの34都市は、人口1千人以上の小都市となっている。各都市には、法的根拠のある自治体は組織化されていない。93年には、北部州の州都のカサマと東部州の州都チパタの2県が Municipal Council に指定されたため、現在では12都市が大都市となっている。

##### < 人口増加 >

1990年の国勢調査における総人口は738万人であった。人口増加率は、70年代の3.1%から80年代の2.7%へと低下した。70年代ではルサカ及びコパーベルト鉱山経済圏に人口が急速に集中してきたが、一転して80年代にはコパーベルト州への人口集中は急速に冷え込んだ。ルサカへの人口集中は相変わらずだったが、70年代ほどの激しさはない。全国的には、多少の例外を除いて、都市への人口の集中は鈍化してきたと言える。これは、都市の経済成長が期待に反し、都市の魅力が薄れ労働力の吸収力も弱まったことが原因と考えられる。都市と農村の経済格差は未だ大きいので、経済力の回復と共に、都市への人口集中現象は、再燃するものと考えられる。

人口予測は次の手順で行った：a) 全国人口の予測 b) 県別人口の予測 (ただし、合計値が全国値を越えないように調整) c) 全国都市人口の予測 (合計都市人口を、都市別に分解) d) 農村人口の予測。2015年までの全国人口は、これまでの人口調査結果とその動態を考慮し、以下の3通りの予測を行った。

- 1) 高位予測 : 1990年以降の人口増加率は、80年代の増加率で持続する。  
(2.7% → 2.7%)
- 2) 中位予測 : 1990年以降の人口増加率は、70年代から80年代にかけてみられた増加率鈍化傾向に従って低減する。(2.7% → 1.9%)
- 3) 低位予測 : 1990年以降の人口増加率は、70年代から80年代にかけてみられた増加率鈍化傾向の2倍の勢いで減少する。(2.7% → 1.4%)  
この場合は、結果的に見て、WHOの予測値であるエイズの影響を考慮に入れた人口予測に近いものになっている。

全国の都市人口は、「都市と農村の経済格差が是正される方向に人口が移動する」との仮定に基づいて行った。都市別人口は、92都市を都市の特性を考慮し、3グループに分類しグループ別に予測値を求めた。更に、全都市の予測合計値が、先に算出した合計値を越えないよう調整した。農村人口は、県別に県人口と県内都市人口との差として求めた。このような仮定に基づいて算定した将来人口の予測結果は、表1-1の通りである。

表 1-1 ザンビアの将来人口予測

単位：(千人)

項目	1990年 (センサス)	2005年			2015年		
		高位予測	中位予測	低位予測	高位予測	中位予測	低位予測
全国人口	7,383	10,994	10,465	10,025	14,336	12,738	11,589
- 都市人口	2,782(38%)	4,886(44%)	4,253(41%)	4,074(41%)	7,169(50%)	5,465(43%)	4,932(43%)
- 農村人口	4,601(62%)	6,108(56%)	6,212(59%)	5,951(59%)	7,167(50%)	7,273(57%)	6,607(57%)
12大都市人口	2,169	3,682	3,441	3,297	5,223	3,442	4,102
首都(ルサカ)の人口	769	1,556	1,483	1,421	2,456	2,181	1,985

## (2) 国民経済動向

### < 産業構造 >

1993年の国内総生産(GDP)は名目で1.42兆クワチ(約33億ドル)で、主な産業分野は農業、製造業および鉱業で、それぞれの内訳は次の通りであった。

- 1) 農業は3,940億クワチで、GDPの28%を占める国の基幹産業の一つである。
- 2) 製造業は3,510億クワチでGDPの25%で、92年以前は30%以上を占めていた。
- 3) 鉱業は1,430億クワチで、GDPの10%であるが、輸出収入の90%以上をこの産業に依存している。

就労人口の約50%は農業に従事している。92年の未曾有の干ばつの影響で、農業生産は33%という大幅減少を余儀なくされたが、93年には気候に恵まれ、農業生産は急速に回復した。ザンビアの農業生産の多くは大規模商業農場に依存しており、そこにおける農産物は換金作物(主にトウモロコシ、落花生、タバコ)が中心となっている。製造業は、独立当初、銅輸出の外貨増収や国内消費物資の需要拡大を背景に急速な成長を遂げたが、85年以来ここ10年ほどは平均4%の成長に止まっている。主要な生産分野は、タバコや嗜好品などの農産物加工業(同期間の成長率7.7%)、製紙、金属製品、木製品などである。鉱業では、生産高が世界第四位を誇る銅を初め、亜鉛・コバルトが主要輸出品目として挙げられる。

観光産業が外貨獲得源のもう一つの柱として期待されているが、これまでのところでは実績が上がっていない。ヴィクトリア滝や動物公園などの観光資源はあるものの、観光の基盤施設の未整備のため、外国人来訪者は毎年15万人程度に止まっている。

### < 国内総生産(GDP) >

1990年前後の政治的混乱で、また1992年には深刻な干ばつのため、ここ数年の実質経済成長はマイナスに陥っていた。1993年に至ってようやく5.2%の実質成長を遂げ、一人当たりGDPも2.6%の成長を記録した。1985年以降の実質成長率平均は1.2%であり、これはアフリカの中で最下位に位置する。政府は1994年の「施政方針書(PPP)」ならびに「経済報告書1993」において、95年および96年の短期経済成長は実質5%成長を達成することを目標に掲げている。1993年の実績や、現行の構造調整計画によせられる海外からの支援を期待すれば、この目標達成もそれほど困難ではないのではないかと考えられる。

ザンビア国の経済成長予測については、これまでの成長実績、政府の短期経済計画および世銀などの経済予測資料を参照し、以下の3通りの型を設定した。

- 1) 基本成長農業拡大型 : 2000年まではGDP成長率を年率約5% (一人当たりGDPで2.5%) の成長とし、それ以降は低減して2015年で3.2%となる。農業部門では、「農業部門投資計画」の方針を受け、2000年まで年率6%、それ以降は3.0%とした。農業部門の成長率は3型式の中で最も大きい。
- 2) 基本成長工業主導型 : 2000年まではGDP成長率を年率約5% (一人当たりGDPで2.5%) の成長とし、それ以降は低減して2015年で4.0%となる。農業部門の成長率は年率3%で一定とし、成長の牽引主体を製造業に設定。経済成長は3型式の中で最も高い。
- 3) 低成長型 : 2000年までのGDP成長率は年率約2.5%の成長とし、それ以降は低減して2015年で1.5%となる。一人当たりGDPは2000年までは年率0.3% (世銀の「世界開発報告1992」) で成長し、それ以降はその半分の率とする。農業部門の成長率は1994年の年率2.6%から低減し2015年で年率1.5%とする。3型式中最も経済成長が小さい。

### (3) 財政事情

#### < 中央政府の財政 >

中央政府の財政は赤字続きである。歳出とGDPとの比率は、ここ6年間の最大値は91年の39%、最小値は93年の21%で、平均では27.5%であった。歳出における開発投資の占める割合は、最大値が94年の32.1%、最小値は91年の8.8%で、平均では19.4%であった。水資源開発の担当部署に当たるエネルギー・水開発省水利局予算の開発投資支出に占める割合は、最小値が94年の0.2%、最大値は91年の1.4%で、平均では0.5%であった。水関連の開発投資は、水利局を初めとし、自治住宅省、農業省、健康省等によって行われている。これらの投資総額を開発の総投資額との関係をここ6年間の比率で見ると、最大値が94年の15.4%、最小値は92年の1.1%で、平均では5.3%であった。水関連の開発投資に限った内訳では、6年間平均で水利局が20%で農村部の水道事業へ、自治住宅省は62%を地方自治体の上下水道事業への融資用に充当していた。

#### < 地方自治体の財政 >

1990年の全県の歳入合計は14.7億クワチで、これは同年の中央政府歳入規模の4.7%に当たる。そのうち20%は中央政府からの交付金である。全県の内33県で水道事業を公共事業として実施しているが、24県は赤字経営である。33県の水道事業への投資額は、中央政府からの融資額を含めないと0.14億クワチで、1990年中央政府の水関連への開発投資額1.15億クワチの12%にしかない。

#### < 水資源開発への投資資金 >

中央政府による水資源開発への開発投資の資金枠は、上記の実績傾向が今後も踏襲されるとの仮定もとで算定すると、水関連の開発投資額は、1993年の58億クワチに対し、1993年価格で、2005年には134億クワチ、2015年で184億クワチとなった。累計値を見ると、2005年までに1,230億クワチ (約2.8億us\$)、2015年で2,840億クワチ (約6.5億us\$) となる。目的別の内訳を見ると、2015年で上下水道分野へ2,750億クワチ、漁業分野へ70億クワチ、水力発電へ10億クワチと予測された。近年、政府機関は滝開発の投資は行っておらず、民間の開発投

資に期待していた。今後も ASIP（農業部門投資計画）の実施期間中（2000年まで）はこの傾向が続く考えられている。

#### (4) 水需要シナリオ

水需要を推定するもととなる人口予測および経済予測は前述したようにそれぞれ3ケースあり、これ等を組み合わせると9ケースの水需要シナリオが考えられるが、ここでは、この内表 1-2に示す3ケースを選定して代表的な水需要シナリオとする。選定した3水需要シナリオの特徴および2015年の予測人口および経済は表 1-3に示す通りである。

表 1-2 水需要シナリオの構成

人口予測 / 経済予測	基本成長・工業主導型	基本成長・農業拡大型	低成長型
(1) 高位予測	基本シナリオ・工業主導型	X	X
(2) 中位予測	X	基本シナリオ・農業拡大型	X
(3) 低位予測	X	X	低成長シナリオ

表 1-3 水需要シナリオ

人口予測/経済予測	基本シナリオ工業主導型	基本シナリオ農業拡大型	低成長シナリオ
シナリオの特徴	水道部門： 高位人口予測、給水需要は大きいケースである。都市化が進み、都市部で水需要が特に大きい。 農業部門： 農業部門の経済成長率が中間のケース。大人口・国内需要充足型。	水道部門： 中位人口予測、給水需要は中間のケースである。 農業部門： 農業部門の経済成長率が大きいケース。天水農業および輸出拡大型。	水道部門： 低位人口予測、水需要は小さいケースである。 農業部門： 農業部門の経済成長率が小さいケース。小人口・国内需要充足型。
2015年の予測人口	全国人口：14,336 都市人口：7,169(50%) 農村人口：7,167(50%) 1990年人口との比較：194%	全国人口：12,738 都市人口：5,465(43%) 農村人口：7,273(57%) 1990年人口との比較：173%	全国人口：11,589 都市人口：4,982(43%) 農村人口：6,607(57%) 1990年人口との比較：159%
2015年の予測経済	GDP： 3.63兆円(83.6億US\$) 1人当りGDP： 25.4万円(583US\$)	GDP： 3.23兆円(74.3億US\$) 1人当りGDP： 25.4万円(583US\$)	GDP： 2.17兆円(49.8億US\$) 1人当りGDP： 18.7万円(480US\$)

## 1.2 生活用水

### (1) 水道事業現況

#### < 給水能力 >

本調査で実施した現状の給水能力調査の結果から水需要に対する供給能力の比率（給水率）をみると、農村部では平均で24%であるが、地域格差が大きく西部州では67%に達しているのに北部州では8%でしかないといった状況である。12大都市では、ルサカ、リビングストン、カサマの各都市を除けば、100%以上の給水能力がある。中小都市の給水率は平均で80%である。ルサカ、リビングストン、カサマの各都市の給水率は、それぞれ、67%、70%、67%とかなり小さい。中小都市でもコッパーベルト州や北西部州では良好とみられるものの、東部州では26%とその格差は大都市以上である。

### < 事業運営主体 >

ザンビア国では原則として、都市部は地方自治体が、農村部ではエネルギー・水開発省水利局が水道事業を実施することになっている。しかし、実際の事業主体は、場所場所によって、これまでの経緯から次のように多岐にわたっている。

- a) 中央政府 : エネルギー・水開発省水利局、保健省、コミュニティ開発・社会奉仕省コミュニティ開発部等
- b) 地方自治体 : 33の自治体
- c) 特殊法人 : ザンビア銅鉱山会社、ザンビア鉄道会社等
- d) 民間企業 : ルサカ上下水道会社、鉱山会社等
- e) 宗教・非政府機関

### < 水道事業への公共投資 >

水道事業への公共投資は、主にエネルギー・水開発省水利局の直接投資と自治・住宅省の融資のもと、地方自治体による投資から成り立っている。1994年には34の水道関連プロジェクトがあり、このうち26は中央政府が直接実施し、8は地方自治体によって実施される。総投資額は332億Kwacha(約5千万us\$)に登る予定で、このうちの約3/4すなわち253億Kwacha(約4千万us\$)は外国援助によっている。

### < 事業経営と料金 >

水道事業は33の県で公共事業として実施されている。1990年の経営実績では、24の県で赤字経営と報告されている。民営化された水道事業が営まれているのはルサカを初め2~3例に止まる。そのルサカにしても、経営状態は黒字経営とはいいがたい。近年の実績を見ると、90年92年は黒字を計上したものの、91年93年は赤字となり赤字額も、それぞれの経常赤字で事業収入の12%と7%となっている。その度毎に料金の改定を行っているものの、需要者の反発も強く容易ではない。最近では94年10月に続き、95年1月に改訂されている。例えば、月30m<sup>3</sup>の水を消費する家庭では、3,180Kから5,850Kへ約84%の値上げとなった。

### < 無償資金協力事業 >

水道普及率の向上のため日本の無償資金が活用され次のような事業が実施されている。

- 1) 南部州地下水開発計画フェーズ 1および2  
1985年-1990年、深井戸:125本、給水量:940m<sup>3</sup>/日)
- 2) 3州地下水開発計画  
1991年-1995年、深井戸:材州/65本、中央州/105本、コパーベ州/150本、  
総給水量:1,660m<sup>3</sup>/日
- 3) ルサカ市周辺地区給水計画  
1994年-1996年、深井戸:8本、給水量:5,200m<sup>3</sup>/日

### (2) 水需要予測

#### < 予測方法 >

水需要の算定は、水需要者の数と各需要者の需要原単位との積で求められる。水需要の内、家庭用飲料水については人口を基に推計することができるが、その他の施設たとえば学校、病院、商業施設、業務施設などの水需要については、施設の存在量に関する統計資料が無く

推計することが困難である。本調査では自治・住宅省で作成した諸施設の計画標準を基に、各地域別に施設量を算定することとした。施設の量と規模は、その地域の人口がベースとなっている。水需要者別の需要原単位は、「水道施設設計のための人口と水消費予測」によった。ただし、実際の算定に当たっては、地域を人口規模別に標準化し、諸施設の需要量を定め、人口あたりの複合需要原単位を作成した。その結果は表 1-4 の通りである。

表 1-4 需要原単位

地域分類	区分基準	複合需要原単位 (リットル/人/日)	
都市部	(大都市)	人口 5 万人以上の都市	180
	(中小都市)	人口 5 万人未満の都市	150
農村部		上記以外の地域 (村落)	35

(注) 1994 年のルサカ市の原単位は 130 - 150 lit/人/日と推定される。

### < 計画目標 >

本調査に係わるザンビア国の運営委員会の検討を経て、水道や井戸による安全な水供給の長期普及目標を以下の通り設定した。都市部については 92 都市全域において 100% 普及させるものとする。また、農村部においては、2005 年までに 55% の人々が、2015 年までには 75% の人々が安全な水を享受できるように目標を設定する。

### < 予測需要量 >

計画目標のもと、予測人口と上記複合需要原単位に基づいて水需要量を算定すると表 1-5 の通りとなった。基本シナリオ農業拡大型 (中位人口予測) の場合、12 大都市の需要量は 2005 年で 62 万 m<sup>3</sup>/日、2015 年で 81 万 m<sup>3</sup>/日と算出された。その他の都市部では、2005 年で 13 万 m<sup>3</sup>/日、2015 年で 15 万 m<sup>3</sup>/日と算出された。また、農村部では、2005 年で 22 万 m<sup>3</sup>/日、2015 年で 26 万 m<sup>3</sup>/日と算出された。

表 1-5 生活用水需要予測

(単位: 1000 m<sup>3</sup>/日)

年	基本シナリオ工業主導型				基本シナリオ農業拡大型				低成長シナリオ			
	大都市	中小都市	村落	合計	大都市	中小都市	村落	合計	大都市	中小都市	村落	合計
1995年	468	114	178	760	461	100	180	741	457	100	178	735
2005年	663	193	214	1,070	618	125	217	961	692	120	207	919
2015年	940	321	251	1,512	810	151	255	1,216	738	138	228	1,104

## 1.3 工業用水

ザンビアの工業用水需要は、製造業と鉱業部門で占められている。製造業および鉱業部門の 1990 年の総水需要は、それぞれ、222 千 m<sup>3</sup>/年および 307 千 m<sup>3</sup>/年、合計で 529 千 m<sup>3</sup>/年と推計される。将来の両部門の水需要予測は次の通りである。予測結果を表 1-6 および表 1-7 に示す。

### (1) 製造業

製造業の水需要予測については、国レベルのマクロ経済予測および地域レベルの発展動向に基づいて州および主要都市別の将来発展を推定し、全国 139 社からのアンケート調査で得られた原単位を用いて、製造業の水需要量を予測する。予測の要点は次の通りである。

- 1) 製造業の 2005 年および 2015 年の総水需要 (基本シナリオ農業拡大型) は、それぞれ、367 千 m<sup>3</sup>/年および 446 千 m<sup>3</sup>/年と予測され、これらは 1990 年製造業部門総水需要の 1.7 倍

および2.0倍となる。

- 2) 製造業の2015年の総水需要の基本シナリオ農業拡大型と基本シナリオ工業主導型および低成長シナリオと比較すると、前者は約50%増し、後者は20%減となる。
- 3) 製造業の水需要の多い州は、ルサカ州ついでコッパーベルト州で、この2州で製造業の総水需要の約75%を占めている。
- 4) 製造業の水需要の多い都市は、ルサカ、ンドラ、キトエの順で、この3都市で製造業の総水需要の約60%を占めている。

## (2) 鉱業

ザンビア鉱業の殆ど大部分を生産するザンビア統合銅山会社 (ZCCM: Zambia Consolidated Copper Mines Limited) を中心にした聞き取り調査の結果、鉱業部門の水需要は1990年の実績で307千m<sup>3</sup>であった。この95%はコッパーベルト州に集中している。ZCCMは将来的にも現状程度の生産を期待しているので、鉱業部門の将来水需要は現状程度と推定する。なお、鉱業部門の水供給は鉱山会社独自に開発したシステムを利用しているので、公的な給水サービスを受けていない。

表 1-6 州およびセクター別の水需要の現状と将来

基本シナリオ農業拡大型 (中位人口) (単位:1000m<sup>3</sup>/日)

州	1990年			2005年			2015年		
	鉱業	製造業	合計	鉱業	製造業	合計	鉱業	製造業	合計
ルサカ州		82.4	82.4		136.7	136.7		189.9	189.9
コッパーベルト州	290.6	78.5	369.1	290.6	129.8	418.4	290.6	140.7	431.3
中央州	13.7	11.3	25.0	13.7	18.8	32.5	13.7	23.5	37.2
北西州		4.6	4.6		7.7	7.7		9.1	9.1
西部州		7.4	7.4		12.4	12.4		13.3	13.3
南部州	2.8	17.8	20.6	2.8	29.3	32.1	2.8	32.2	35.0
ルアブラ州		3.2	3.2		5.3	5.3		5.7	5.7
北部州		9.5	9.5		15.9	15.9		17.1	17.1
東部州		7.6	7.6		12.7	12.7		14.6	14.6
<全国合計>	307.1	222.4	529.5	307.1	366.7	673.8	307.1	446.1	753.2

[注] 鉱業部門の実績および予測の数字はZCCMからの情報

表 1-7 12大都市の製造業の将来水需要予測

(単位:1000m<sup>3</sup>/日)

大都市	1990年 (推定実績)	2005年			2015年		
		基本シナリオ 工業主導型	基本シナリオ 農業拡大型	低成長シナリオ	基本シナリオ 工業主導型	基本シナリオ 農業拡大型	低成長シナリオ
- ルサカ	76.5	193.7	126.9	100.7	270.7	177.3	140.7
- ンドラ	23.6	59.8	39.1	31.1	71.1	46.5	37.0
- 利ボングウェ	3.4	8.4	5.6	4.4	8.3	5.5	4.4
- チンゴラ	10.0	25.1	16.5	13.1	25.9	17.0	13.6
- ムフリラ	8.8	21.9	14.5	11.5	21.1	13.9	11.1
- カルルーシ	2.2	5.6	3.7	2.9	6.7	4.4	3.5
- キトエ	20.4	51.2	33.6	26.8	55.8	36.7	29.2
- ルアンシャ	8.3	20.8	13.7	10.9	21.0	13.8	11.0
- カブエ	8.6	22.3	14.5	11.4	28.6	18.6	14.7
- 利ンガストン	6.5	16.1	10.6	8.5	17.3	11.4	9.1
- カサマ	3.9	10.0	6.5	5.1	10.9	7.1	5.6
- チバク	4.8	12.4	8.0	6.3	14.3	9.3	7.3
<12大都市合計>	177.0	447.3	293.2	232.7	651.7	361.5	287.2
<全国合計>	222.4	557.5	366.7	291.8	678.4	446.1	354.8

## 1.4 農業、畜産、水産

### (1) 農業部門の現況

#### < 農業 >

ザンビア全体の農用地は 1,635 万 ha で、国土面積の 22%に相当している。ザンビア北部に展開しているシフティング農業を除いた定着農業が行われている農用地は 854 万 ha とみることができる。1993 年時点で、実際の耕作面積は 136 万 ha である。メイズの作付け面積が圧倒的に大きく全耕作面積の 60%を占めている。1990 年時点で、全国の農家戸数は 52 万戸であるが 90%以上の農家が小規模農家で、農業労働人口は 86 万人である。全国平均で、1 戸当たりおよび労働人口当たりの耕作面積は 2.2ha/戸、1.34ha/人となっている。

1993 年での主穀類の国内総生産は 189 万ト/年（メイズは 174 万ト/年）に達しており、主食の国民 1 人当たり消費量は、輸入量および畜産飼料の消費量等を考慮すれば 160 kg/人/年と考えられる。主食の需給バランスは州によって異なる。余剰供給は穀倉地帯である中部州、南部州、東部州によってなされており、コッパーベルト州を始めその他の州は全て供給を受けている。特にコッパーベルト州への供給量が最も大きく年間 15 万トで、ついでルサカ州が 7 万トで続いている。主穀類の輸入は年による変動はあるもののほぼ恒常的に行われており、メイズは年平均約 16 万ト規模で輸入されている。

ザンビアの灌漑開発の歴史は比較的新しく、1960 年代の初期から始まり、政府と商業ベースの開発によって行われてきた。灌漑面積は 1993 年時点で約 5.3 万 ha に達し、耕作面積全体の 3.2%を占めている。灌漑面積の毎年の増加は平均 3,100ha で全体の増加面積の 5.5%となっている。

〔 総灌漑面積 〕	: 53,020 ha
- 商業ベース灌漑	: 30,750 ha (58%)
- 政府ベース灌漑	: 22,270 ha (42%)

#### < 畜産 >

1990 年時点でザンビア国内で 267 万頭の牛、59 万頭の羊と山羊、30 万頭の豚、792 万羽の鶏が飼育されている。畜産は、概ね期待レベル(肉の消費:14.2kg/人/年)で生産されており、今後は、人口増加に応じた供給レベルを維持する必要がある。しかし、一部地域では、増産が期待できない地域もある。牛の頭数は 1989 年から 1991 年にかけて 5.5%減少したが、これは主に南部州での減少に起因している。乾期における牛の放牧には 1 頭当たり洪水原では 2ha、台地では 5ha の土地を必要とする。この基準からみたととき、南部州では既に飼育可能頭数の限界にきている。

#### < 内水面漁業 >

ザンビアには、合計 2.5 百万 ha 以上の内陸水面があり、これら水面を利用した内水漁業の漁獲高は、1993 年実績で 6.9 万ト/年で、国民一人当たり換算すると 8.61kg/人/年である。漁獲量の伸びは年 1.4%程度である。漁獲量の大部分 (95%) は自然漁業で捕獲されたもので、養殖漁業 (1,700 ha) による生産高は 3,400ト/年で、養殖池の単位生産高さは 2ト/ha である。政府の農業開発計画では 12kg/人/年レベルの漁獲目標を掲げているが、自然漁業による漁獲の大幅な伸びは期待できないので、今後、漁獲量を伸ばすためには養殖漁業の振興を推し進める必要がある。

## (2) 農業省の農業開発方針

農業省の農業政策は、1993年に改訂された「長期農業政策」と1994年に策定された「農業部門投資計画」(ASIP: Agriculture Sector Investment Program)に示されている。ASIPは今後の農業政策を実行するための具体的な計画書で、「長期農業政策」に基づいて第1段階(1995-1999年)の実施計画を策定したもので、次段階の農業投資プログラムは今後策定される。「長期農業政策」および「農業部門投資計画」では次のような目標を掲げている。

### 〈 長期農業政策の主要目標 〉

- 1) 国家レベルおよび地域レベルの食糧安全
- 2) 地域資源の最大限の活用による雇用・所得の増大と輸出振興
- 3) 農業資源(土地、水、環境)の保全
- 4) 工業開発への貢献
- 5) 輸出拡大による国家の国際収支への貢献

### 〈 農業部門投資計画(ASIP)の主な短期目標 〉

- 1) 農業政策と食糧安全
  - 援助国の援助は徐々に減少し5年後に打ち切れ、その後はザンビア政府の資金のみで運営していく必要がある。
  - 政府の農業部門への支出が総GDP1.5%の範囲で農業GDPの6%成長を実現する。
  - 250万袋(23万ト)の穀類を貯蔵し得る“食糧安全局”を創る。
- 2) 灌漑政策
  - 灌漑技術課の強化と技術訓練と効果的なサービスの提供
  - 既存の小規模農家灌漑事業(9地区)の修復
- 3) 農業機械化政策: 農業機械化計画は畜力利用を主体に考え、機械化センターの設置と畜力及び機械化体系の普及を目指す。短期的には南部を中心とする現在の畜力利用体系の改善、長期的には鋤農法が主体をなす北部地域の畜力体系化が重点政策となる。
- 4) 漁業の振興: 8.61kg/人/年までに落ち込んだ国民1人当たりの魚の消費量を長期的に12kg/人/年までに引き上げるように内水面漁業の振興を図る。

## (3) 農業部門長期開発計画の提案

農業部門の現状および農業省の開発方針(ASIP)を踏まえ、3つの社会・経済シナリオに対応した農業部門の開発シナリオごとの長期開発計画を提案し、これに従って農業部門の水資源開発を計画する。表1-8参照。

表 1-8 農業部門の開発シナリオ

項目	現況	基本シナリオ 農業拡大型	基本シナリオ 工業主導型	低成長シナリオ
人口(1000人)	7,969(1993年) (=100)	12,738 (160)	14,336 (180)	11,589 (145)
農業部門の経済成長率	平均2.3%/年 (1985年-1993年)	1994-2000: 6.0% それ以降: 3.0%	3.0%(一定値)	1995: 2.6% 2000: 2.3% 2005: 2.0% 2015: 1.5%
農業部門生産(2005年) (2015年)	(2,993億kg) (=100)	4,949億kg (165) 6,993億kg (234)	4,396億kg (147) 6,164億kg (206)	3,827億kg (128) 4,912億kg (164)

## (a) 作物生産

将来ともザンビアの農業は天水農業が主体をなし、主穀物のメイズは天水農業で生産される。また、油脂植物を中心とする作物も天水農業が中心となって生産される。灌漑農業は小麦、米を中心とした穀類を生産し、穀類生産の安定化の補助的な位置づけとして考える。灌漑農業は小麦や米等の穀類生産の他に換金性の高い野菜・果物、輸出産品であるコーヒー、砂糖、花類等を生産し、国際収支の改善、農業の経済成長に寄与するものとする。天水農業の安定のために降雨が安定している北部地域への天水耕地の拡大・強化を図り、ザンビア全体の農業の安定化を図る必要がある。特に高い農業経済成長が期待されている基本シナリオ農業拡大型の場合、3シナリオの中で最大の天水農業の拡大が必要である。この場合、現在、鋤農法が中心となっている北部地域へ畜力農業を導入する必要がある。

### <主穀類>

各シナリオとも自給体制の確立を基本とする。穀物は天水作物のメイズと灌漑作物の小麦を主体とする。穀類の消費レベルは160kg/人/年とする。この内、小麦の消費は現状レベルの13kg/人/年(主穀物の8%)と考える。主穀類の生産は将来とも天水農業によって支えられなければならない。基本シナリオ農業拡大型では備蓄目標の3ヶ月分穀物(約51万ト)を生産、干ばつへの安全性を高めると同時にメイズを主体とした穀物輸出国への転換を図る。他のシナリオでは、生産穀物は全て国内消費となる。

### <油脂作物類>

天水で栽培されるピーナッツや綿実等の油脂作物は農業部門で第3位にランクされる輸出作物である。油脂のマーケットは大きく将来的にも有望である。ASIPでも需要の増大を見越して油脂精製技術の開発が強調されている。2015年を目標に、現状の生産レベルの2-3倍の増産が期待される。

### <野菜>

野菜は換金性の最も高い作物であるが、既に国民1人当たり65kg/年の高い供給量に達している。1人当たりの消費量はこれ以上急速な増大はないと考えられ、大規模な輸出も困難であるため現状の供給レベルを維持するものとする。

### <果物>

現状の果物の消費レベルは16kg/人/年で、先進国の消費レベル(50kg/人/年)の30%程度である。今後もこのレベルの消費が維持されるであろうが、農業生産の増大を期待する基本シナリオ農業拡大型では、生産レベルを27kg/人/年として計画する。

### <コーヒー・茶>

コーヒー/茶類は毎年530haの規模拡大が図られており、輸出まで一貫した企業努力がなされている。基本シナリオ農業拡大型ではこのままの増大が継続するものとして計画する。その他のシナリオではリスクも考慮して各シナリオの農業部門経済成長の範囲内の拡大として計画する。

### <サトウキビ>

砂糖の輸出は農業産品の第2位にランクされ、精糖会社によって生産から輸出まで一貫した工程が確立している。従って、サトウキビの生産は精糖会社の拡大計画に基づいて、現在1.3万haの砂糖キビの作付が2005年に2.1万haに拡大する計画とした。

<新作物>

ASIP でも今後拡大する品目として注目されており、商業農家を中心に花類の栽培・輸出が始まったばかりである。花類はヨーロッパがマーケットであり、ヨーロッパの冬に夏のザンビアから安価な花類の供給は安定した需要を開拓できると考えられる。従って、基本シナリオ農業拡大型では現在の 10 倍の成長が図られるものとする。その他のシナリオではリスクも考慮して各シナリオの農業部門経済成長の範囲の拡大として計画する。

表 1-9 シナリオ別の作物生産と灌漑用水量

項目	現況 (1993年)	基本シナリオ 農業拡大型	基本シナリオ 工業主導型	低成長シナリオ
作物生産高				
(1) 主穀類	1,894,000 トン	3,664,000 トン	3,383,000 トン	2,728,000 トン
- 国内消費	1,894,000 トン	3,154,000 トン	3,383,000 トン	2,728,000 トン
- 輸出	-	510,000 トン	-	-
(小麦消費)	71,000 トン	166,000 トン	186,000 トン	151,000 トン
- 国内生産	50 %	100 %	100 %	100 %
- 輸入	50 %	0 %	0 %	0 %
(2) 油脂作物類	154,000 トン (=100)	462,000 トン (300)	385,000 トン (250)	323,000 トン (210)
(3) 野菜	520,000 トン (65kg/人/年)	855,000 トン (65kg/人/年)	958,000 トン (65kg/人/年)	775,000 トン (65kg/人/年)
(4) 果物	129,000 トン (16kg/人/年)	348,000 トン (27kg/人/年)	250,000 トン (17kg/人/年)	202,000 トン (17kg/人/年)
(5) コーヒー・茶	6,300 ha (=100)	18,240 ha (290)	12,000 ha (190)	9,600 ha (152)
(6) サトウキビ	13,000 ha (=100)	21,000 ha (162)	21,000 ha (162)	21,000 ha (162)
(7) 新作物(花)	250 ha (=100)	2,500 ha (=1000)	500 ha (200)	380 ha (152)
全作付面積	1,363,000 ha (=100)	2,633,000 ha (193)	2,343,000 ha (172)	1,916,000 ha (141)
合計灌漑面積	53,000 ha (=100)	114,000 ha (215)	107,000 ha (202)	91,000 ha (172)
新規灌漑面積	-	61,000 ha	64,000 ha	38,000 ha
新規灌漑水量	-	5,282,000 m <sup>3</sup> /日	4,666,000 m <sup>3</sup> /日	3,283,000 m <sup>3</sup> /日

(b) 畜産

畜産開発計画は、将来の畜産物消費レベルを現状レベルと同程度に維持することを目標とする。現状の畜産物消費レベルは、肉:14.2kg/人/年、卵:1.8kg/人/年、ミルク:13.7 lit./人/年である。従って、現状の供給レベルを維持するためには人口増加と同率で頭数を拡大する必要がある。畜産の増産は、これまでも人口の増加に応じて計られており今後も可能であると判断される。しかし、畜産の中心となっている南部州では既に過放牧の状態に近く今後の増産は余り期待できない。また、中部州でも概ね 10 年後には南部州と同様の過放牧状態となることが予想される。従って、今後は自然牧草に恵まれた北部州、北西部州、西部州を中心に必要な畜産頭数を確保する必要がある。シナリオ別の家畜数と用水量は表 1-10 の通りである。

表 1-10 シナリオ別の家畜数と家畜用水量

項目	現況 (1990年)	基本シナリオ 農業拡大型		基本シナリオ 工業主導型		低成長シナリオ	
		2005年	2015年	2005年	2015年	2005年	2015年
人口 (1000人)	7,383 (=100)	10,465 (142)	12,738 (173)	10,994 (149)	14,336 (194)	10,025 (136)	14,336 (157)
家畜頭数(1000頭)							
- 牛	2,669	3,779	4,603	3,974	5,182	3,625	4,189
- 羊/山羊	592	838	1,021	882	1,149	803	931
- 豚	303	431	523	451	590	411	475
- ニワトリ	7,921	11,225	13,664	11,795	15,381	10,756	12,437
用水量 (m <sup>3</sup> /日)	128,937	188,000	222,000	192,000	250,000	175,000	202,000

(c) 漁業

魚の供給量を現状レベル：8.61kg/人/年(1993年)から政府の掲げるレベル：12kg/人/年までに引き上げるには、自然漁業だけでは殆ど不可能である。従って、自然漁業の強化とともに養殖漁業を急速に拡大する必要がある。ザンビアでは、養殖漁業はまだ初期の段階にあるものの、漁業局 (DOF: Department of Fishery) は外国の援助を得て養殖漁業の普及に積極的に取り組んでおり、養殖漁業は今後拡大していくものと思われる。

漁業局により、畜産副産物である鶏糞および豚の糞を利用した養殖法が小規模農家を対象にして推奨されているが、その生産量は概ね 2t/ha/年である。今後は、商業農家あるいは企業の大規模な参画も予想されるが、この場合は直接飼料を与える方式になるものと思われる。しかし、冬季の気温の低下、高標高による酸素分圧の不足等の原因で、生産性は 4t/ha/年程度と予測される。本計画では安全を見て単位生産高：2t/ha/年として計画する。各シナリオに対応した今後の漁業計画の要点は次の通りである。表 1-11 参照。

- 1) 魚の国内需要は全て国内生産でまかなうものとする。目標の漁獲は自然漁業と養殖漁業で達成するものとする。自然漁業は現況レベルで成長するものとする。
- 2) 漁獲目標は、各シナリオとも、10kg/人/年(2005年)、12kg/人/年(2015年)とする。
- 3) 基本シナリオ農業拡大型の2015年の必要養殖池面積と必要養殖用水量は、それぞれ、30,950ha および 2,131,000 m<sup>3</sup>/日となる。基本シナリオ工業主導型の2015年の必要養殖池面積と必要養殖用水量は、それぞれ、40,500ha および 2,793,000 m<sup>3</sup>/日となる。低成長シナリオの2015年の必要養殖池面積と必要養殖用水量は、それぞれ、24,050ha および 1,648,000 m<sup>3</sup>/日となる。

表 1-11 養殖漁業の予測

項目	現況 (1993年)	基本シナリオ 農業拡大型		基本シナリオ 工業主導型		低成長シナリオ	
		2005年	2015年	2005年	2015年	2005年	2015年
人口 (1000人)	7,969	10,465	12,738	10,994	14,336	10,025	14,336
消費量 (kg/人/年)	8.61	10.00	12.00	10.00	12.00	10.00	12.00
必要漁獲量 (t/年)	68,625	104,700	152,900	109,000	172,000	100,300	139,100
自然漁業分 (t/年)	65,151	81,200	91,000	81,200	91,000	81,200	91,000
養殖漁業分 (t/年)	3,474	23,500	61,900	28,700	81,000	19,100	48,100
養魚池面積 (ha)	1,737	11,750	30,950	14,350	40,500	9,550	24,050
養殖用水量 (1000m <sup>3</sup> /日)	117	813	2,131	996	2,793	656	1,648

## 1.5 水力発電

### (1) 電力需要と供給の現状

1993年の現有施設の発電能力は発電出力:1,604MW、発生電力量:10,500GWhで、一方、同年の発電実績は発電出力:1,433MW、発生電力量:6,400GWhであった。概ね、総需要の70%が国内向けで、30%がジンバブエ向けの輸出であった。ザンビア国内消費の内訳は、ZCCM電力部門に60%、ZESCO南部地域に30%、ZESCO北部地域に10%となっている。

### (2) 将来の電力需要と電力開発

将来の電力需要の予測値とその内訳を表 1-12に示す。将来2015年の総電力需要（基本シナリオ農業拡大型の場合）については、発電出力で1993年実績の約1.7倍、発生電力量で1993年実績の約2.7倍程度と予測される。国内需要は、2015年で発電出力:1,540MW(1993年実績の約1.6倍)、発生電力量:9,619GWh(1993年実績の約1.7倍)と予測される。ZESCOの電力輸出計画では、2015年時点の輸出電力は840MWで1993年時点の約2倍を見込んでいる。

表 1-12 将来の電力需要

項目	国内需要			輸出需要	合計需要		
	基本シナリオ 農業拡大型	基本シナリオ 工業主導型	低成長シナリオ		基本シナリオ 農業拡大型	基本シナリオ 工業主導型	低成長シナリオ
発電出力 (MW)							
- 1993(実績)	993	993	993	440	1,433	1,433	1,433
- 2005	1,272	1,310	1,122	840	2,112	2,150	1,962
- 2015	1,540	1,670	1,218	840	2,380	2,510	2,058
発生電力量 (GWh)							
- 1993(実績)	5,600	5,600	5,600	-200	5,400	5,400	5,400
- 2005	8,141	8,353	7,310	5,040	13,181	13,393	12,350
- 2015	9,619	10,338	7,842	5,040	14,659	15,378	12,882

(注)：国内需要予測は、GDPの平均ケースに基づいて算定されている。

このような電力需要を満たすように、ZESCOは2つの水力発電所（カフェゴージ下流発電所とバトカゴージ発電所）を今後20年間に建設することを計画している。両事業の妥当性は、既往の調査で確認されているが、ザンビアと電力輸出相手国との合意に基づいて、事業が着手される。

#### カフェゴージ下流発電所

- 設備容量 : 450 MW
- 年間保証電力量 : 2,500 GWh
- 建設費用 : 486 百万US\$

#### バトカゴージ発電所

- 設備容量 : 800 MW (ザンビア割当分: 1,2号機、400 MW)
- 年間保証電力量 : 4,600 GWh (ザンビア割当分: 1,2号機、2,300 GWh)
- 建設費用 : 1,648 百万US\$ (最終段階の総費用)

## 1.6 内陸水運

### (1) 内陸水運の現状

ザンビアでは、鉄道やトラックを用いた陸上交通が運輸システムの大部分を占め、全国規模の長距離水運は行われていない。ザンベジ川、ルアブーラ川等の国際河川は長距離水運の水路と成り得るが、急流や滝があることおよび流量の季節変動が大きいこと等の理由で、水路の建設および維持管理が困難である。しかしながら、河川の緩流区間、湖沼、貯水池等を利用した地域的な水運に適した個所がある。これらの個所は次の通りである。これらの個所の内、4個所では定期便が運行され地域の人・物の輸送に貢献している。

- 1) パロツェ 氾濫原 (ザンベジ川上流、モング - カラボ 定期便運行中)
- 2) ムウェル湖 (定期便が運行中)
- 3) タンガニーカ湖 (定期便が運行中)
- 4) バングウェル湖 (定期便が運行中)
- 5) カフュエ 氾濫原 (定期便なし)
- 6) ムウェルワンティパ湖 (定期便なし)
- 7) カリバ湖 (定期便なし)
- 8) イテシテシ湖 (定期便なし)

### (2) 内陸水運の改善

ザンビアの内陸水運に障害となっている主要課題は、流送土砂の堆積と乾期流量の低減である。この障害を軽減するための一般的な方法は次の通りである。

- 1) ダムあるいは堰による水位上昇
- 2) 水路あるいは運河等の建設
- 3) 水制工あるいは河道断面改修等による水路断面維持
- 4) 浚渫による水路幅および水深の維持

内陸水運事業の拡張あるいは改善については、基本的には、国の運輸政策に基づいて検討されなければならないが、大規模な水資源開発を実施する場合、水量増加により船舶の運行に必要な水路幅と水深を確保出来ることもあるので、水資源開発の立場から内陸水運の可能性を提案することもある。しかし、今回の全国水資源開発計画の中には、内陸水運に利する水資源開発計画は含まれていない。内陸水運の改善のための単一目的事業（例えば、上述の1,2および3項）は、明らかに経済的に妥当ではない。ただし、モング - カラボ航路（パロツェ 氾濫原）等で実施されている浚渫は、運行水路断面の維持管理の意味で今後も継続する必要がある。

## 1.7 洪水防御

### (1) 洪水流出の状況

ザンビアでは、土地利用は比較的高地に限定され、低地域での土地利用はない。少なくとも氾濫原と見られる地域には都市は存在しない。また、氾濫地域内の農業も見られない。このような土地利用の現状により、ザンビアでは洪水に対する安全性は十分に高いものとなっている。数少ない過去の洪水被害（マアンバ(南部州)、キトエ(コッパーベルト州)）の記録があるが、いずれも小河川の一部に限定されたもので、被害の程度も小さい。

集水面積が大きいため、洪水流出は短期に集中した出水形態とならず、比較的長期にわたって継続する出水形態となる。従って、ピーク流量の大きい大出水となることは少ない。洪水の比流量は、0.02 - 0.4 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> の範囲であり、これは地球規模で見ると平坦地形を流域とする河川の標準的な値で山地流域河川の値と比較すると、1 - 2 桁小さい流量となる。主

要観測地点の洪水流量を表 1-13 に示す。

表 1-13 主要地点の洪水流量

観測所名	流域面積 (km <sup>2</sup> )	水系名	流量 (m <sup>3</sup> /s)		比流量 (m <sup>3</sup> /s/100km <sup>2</sup> )	
			既往最大	200年確率	既往最大	200年確率
セナンガ (2-400)	284,531	ザンベジ川(本川)	3,892	5,500	1.40	1.93
スミス橋 (4-130)	8,914	カフエ川	541	552	6.07	6.19
カヒユエ橋 (4-669)	96,239	カヒユエ川	2,889	4,289	3.00	4.46
ルアングワ橋 (5-940)	140,922	ルアングワ川	10,213	13,005	7.25	9.23
チャンベシOP (6-289)	34,745	チャンベシ川	1,446	1,992	4.16	5.73
カシバ (6-785)	161,275	ルアプーラ川	4,821	7,693	2.99	4.77
ケソ滝 (7-750)	9,027	タンガニーカ湖	725	1,193	8.04	13.22

## (2) 将来の方針

ザンビアでは洪水に対する安全性が高いので、現状では特別な洪水対策は必要ない。しかし、水を得やすい氾濫原の土地利用が将来進んだ場合適切な洪水対策が必要となる。洪水対策は、直接的な洪水被害を軽減させるとともに、河川沿いに広がる肥沃な低平地への洪水氾濫を減少させて土地の利用価値を高める。このような対策を実施するためには多大の事業費を必要とするため、洪水対策単独事業で実施することは困難である。将来的には、上工水、電力、農業等のための水資源開発計画の一部として洪水対策を検討する必要がある。

## 1.8 林業

### (1) 森林の現況

ザンビアの森林面積 105,700km<sup>2</sup> で、これは国土の 14% に相当する。この内、保全指定森林は 72,000km<sup>2</sup> (国土の 9%、森林面積の 68%) である。森林の植生は、80% が在来種の森林で占められている。毎年 1,390km<sup>2</sup> (1975-1990 実績) のスピードで森林破壊が進行していると報告されている。森林破壊の主な原因として、1) 最も乾燥する 8 月から 9 月にかけての森林火災 2) 過放牧と移動農業 (チテメネ農業) 3) 燃料木と建築材の高い需要等があげられる。

### (2) 植林事業

植林は持続性を考慮しながら利用面を中心にザンビア林業会社(ZAFFICO)によって実施されている。特に銅鉱山の材木需要の高いコッパーベルト州で積極的に実施され、外来種(ユーカリ、松等)による 50,000ha の植林が世銀のローンのもとで実施されている。他に民間企業による小規模な生産木の植林、公共的な非生産性の植林が行われているが、ZAFFICO によって行われている植林に比べて限られた面積である。ザンビアにとって、植林された森林からの原木生産は未だ比較的新しいが、製材全体の 60% を占めるに至っている。製材能力は年間 366,500m<sup>3</sup> (植林原木 67%、自然原木 43%) と見積もられるが、実稼働能力は 30% 程度と低いレベルにある。

### (3) 森林の保全

森林保全は、水資源開発面から見て、源流域の土壌流出を防止し水源をかん養して安定した河川流出量を維持する効果がある。この意味で、ザンベジ川上流域、カフエ川上流域の森林保全は比較的良い状態で管理されていると言える。今後望まれる森林保全対策としては、1) 集落単位で実施が望まれるアグロ・フォレストリーを普及させ、集落単位の燃料木の補給、果実の採取、土壌改良等多目的に利用する、2) 農業経営規模の拡大等により農業の安定化と定着性を高め、定住農業を進める等が考えられる。

## 1.9 水質および環境

水質の問題は一般的に水資源開発の制限要因となる。ザンビアにおいては、恵まれた水資源、水の消費が比較的少ないこと、および発電の必要性から河川の流量が高位に維持されていること等から、水質の問題は水資源開発・管理の主たる問題ではない。

### (1) 河川の水質

ザンビアの河川の水質は全般的に良好もしくは極めて良好である。最も包括的な調査結果は1990年から1994年にかけて行われ、26の観測所から集められた100サンプルについて延べ1000項目以上分析を含むJICAによる調査である。その他にルサカ上下水公社により保管されている記録(220以上のサンプルについて平均で10の分析項目を含む)があり、その結果を見てもこの23年間でさしたる水質劣化はおきていない。

### (2) 水質基準

ザンビアの水道水の水質基準は世界保健機構(WHO)により出版されているものと同一であるが、引き続き同基準を使用することが適切であると判断される。しかしながら、河川の水質基準としては、水生生物の形態系保全を目的とし、生物学的な試験により化学的な水質基準を設定した水生生物生態系基準を推奨する。これらの基準は河川における生態系の保全、ひいては漁業及び野生生物の保護・保全、並びにアオコの発生等都市及び畜産のための給水に関する問題の解消を推進するよう設定される。

### (3) 水質監視施設

一連の水生生物生態系基準を長期に亘って適用するために、ザンビアの水質監視能力を向上させる必要がある。ザンビアの水質監視施設調査によれば定期的な水質試験・調査はほとんど行われておらず、人員・設備・交通手段が不足している。

### (4) 提言

報告書の本編において、JICA調査による水質試験、ザンビアの水域における富栄養化の進行、貯水池における堆砂の影響、カフュエ川下流における水草の繁茂及び水域における環境保全の必要性等が詳細に述べられている。また、以下の提言がなされている。

- 1) 生態系基準の一環として総リン量及び総窒素量の監視を導入する。
- 2) サンプルングを実施し、水利担当部局によって貯水池の堆積土砂の監視を行う。
- 3) カフュエ川下流における水草の繁茂程度及び水草に含まれる栄養分を監視するとともに、水草の除去・処分の方策を実施する。
- 4) 本マスタープランに基づいて提案される全ての貯水池開発において下流への最低限の放流の原則を適用し、流量調節のなされていない流域における取水を規制するとともに、事故による水質悪化に備えて貯水池における予備の貯水を確保する。

## 1. 10 法制度および組織

ザンビアには水に関連する法規が多数あるが、基本法は「水法 (Water Act)」である。水法には水の所有権が国に帰属することおよび水利権の許可手続き・取り消し等が定められている。同法により水開発委員会 (Water Development Board) が水利権許可をする組織として設立されている。

その他、水資源管理に関する必要な法規としては「天然資源保全法 (Natural Resources Conservation Act)」、「環境保護・公害防止法 (Environmental Protection and Pollution Control Act)」、「地方自治法 (Local Government Act)」、「土地収用法 (Lands Acquisition Act)」等がある。天然資源保全法は天然資源の保全およびその合理的な利用について規定し、一方、環境保護・公害防止法は環境保護・公害防止について規定している。土地収用法はダム・貯水池開発等、国家の利益のための土地の強制収用について規定している。市町村 (City Council, Municipal Council, District Council) の役割・責任については地方自治法に定められている。

アフリカ慣習法もまた法源となっている。独立時、全ての国土および水は政府に帰属するとされたが、土地所有、耕作、放牧、漁業等についての権利、水利組合、居住および土地・水の再配分については同慣習法がいまだに生きている。同慣習法においては村落共同体の利益が重要視されており、水についても部族全体による所有という概念の他には私的所有の概念がない。

水資源開発・管理に関連する省庁・政府機関は数多くあるが、エネルギー・水資源省の水開発委員会および水利局が主務官庁である。水資源の保全については天然資源環境省および環境評議会が担当している。

本調査において水資源の開発管理についての組織法制度を概観した結果、法制および組織について以下に示すような問題点が見うけられる。

### <法制上の問題>

- 基本法に対する施行令、施行規則、告示等の下位法規の整備の遅れ
- 地下水の使用についての法的位置づけとその管理
- 住民保護区・自治区等における水法の適用
- 水法の適用範囲
- 技術基準類の整備の遅れ
- 天然資源保全法の一部廃止に伴う解釈の困難性
- 環境保護・公害防止法の遵守の不徹底

### <組織の問題>

- 責任分担の遺漏
- 水開発委員会の人員・機器の不足
- 水利局の技術者不足
- 天然資源省と環境評議会の役割分担の不明確さと双方における人員不足
- 小規模農民に対する灌漑経験の不足
- 国家科学研究評議会における人員不足
- 政府機関全般における事務機器、交通手段の不足

## 第2章 水資源賦存量

### 2.1 降水量

アフリカ大陸中南部に位置する内陸国であるザンビアは、熱帯収束帯(ITCZ)の南北への移動に伴って雨季と乾季が明確に別れており、冬季(6月～8月)、前雨季(9月～10月)、雨季(11月～3月)、後雨季(4月～5月)に分けられる。ザンビアの近年30年間の年平均降水量は1,001mm(世界平均年降水量970mmとほぼ同等)であり、その90%が雨季に集中している。年平均降水量を地域別にみると、MPラ州で1,259mm、コガベ州で1,231mm、そのほか北西部州、北部州で全国平均を上回っており、南部州737mm、西部州808mm、そのほかM州、中央州、東部州で全国平均を下回っている。また、近年の年平均雨量はやや減少傾向を示しており、近年10年間の年平均雨量は974mmであり、30年間平均に比べて27mm少なくなっている。

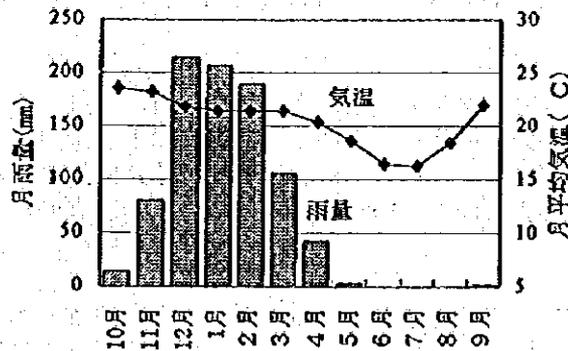


図 2-1 ルサカの月雨量と月平均気温

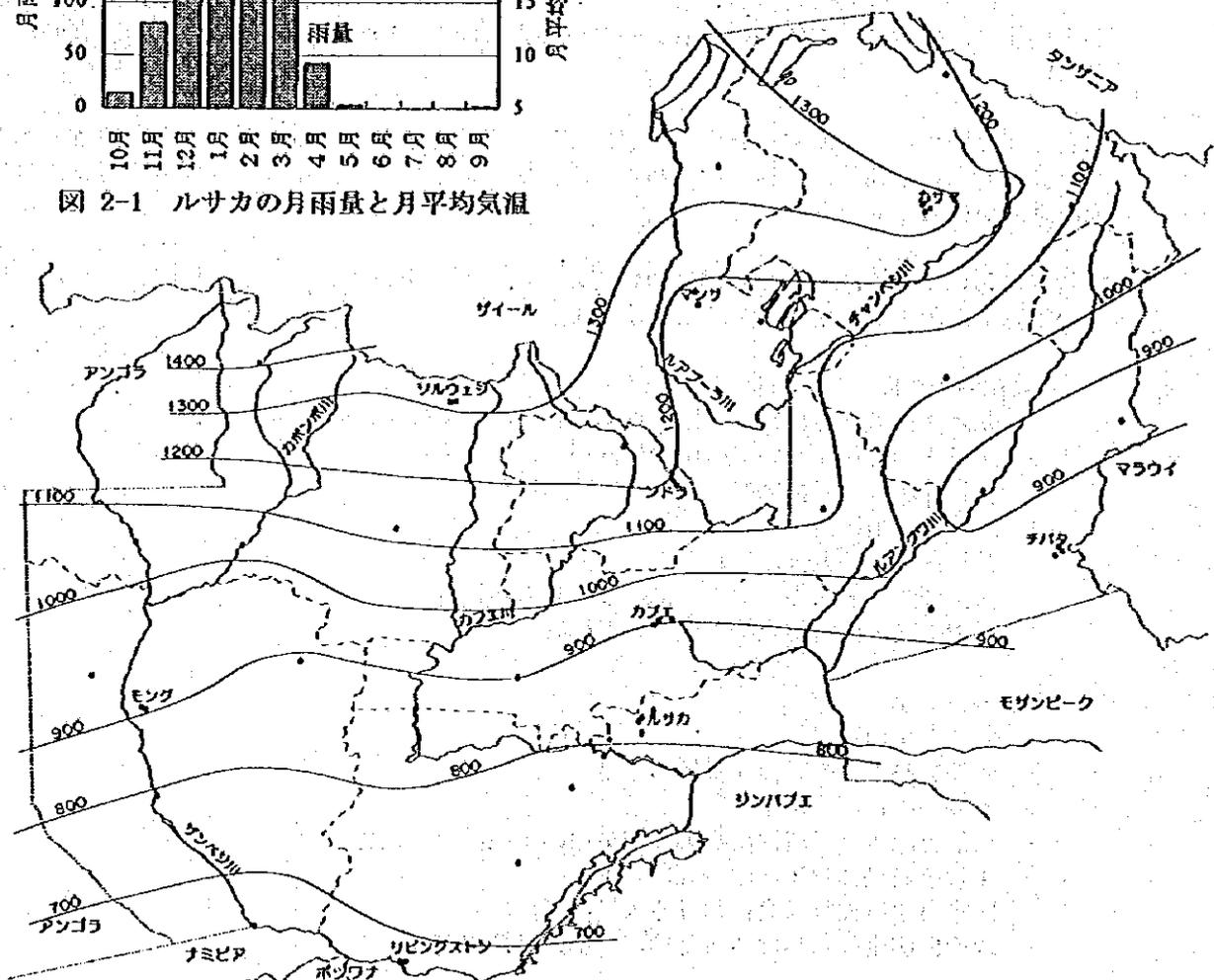


図 2-2 年平均雨量の地域分布 (等雨量線)

## 2.2 表流水賦存量

### (1) 河川流況

ザンベジにはザンベジ川水系とカイロ川水系という2つの大きな水系がある。ザンベジ川水系は国土の77%を占め、ザンベジ川、カエ川、カワガワ川から構成され、カイロ川水系はチャンベシ川とカワラ川からなる。これらとは別に閉鎖流域であるカガニ湖水系があり、カガニ湖に位置している。これらの各河川の主要地点における月平均流量、流況、流出高、流出率等を表2-1に示した。

表 2-1 主要地点の流況

流域	ザンベジ川		カフユエ川		カワガワ川	チャンベシ川	カワラ川	カガニ湖
面積(km <sup>2</sup> ) (国外分)	687,049 (418,814)		156,995 (0)		147,622 (3,264)	44,427 (0)	173,396 (60,073)	15,856 -
流量観測所 (面積km <sup>2</sup> )	ルクル (206,531)	グイカワ滝 (513,780)	スミス橋 (8,914)	カエ川/B (96,239)	カワガワ橋 (140,922)	チャンベシ OP (34,745)	カシバ (161,275)	ケソ滝 (9,027)
月流量(m <sup>3</sup> /s)								
10月	296	337	12	66	56	40	237	17
11月	336	354	16	70	67	40	195	20
12月	498	507	46	142	424	75	265	41
1月	863	777	100	338	1,320	170	536	77
2月	1,336	1,270	157	619	1,917	307	1,068	112
3月	1,726	1,972	186	774	1,865	461	1,758	161
4月	1,663	2,762	156	709	1,121	471	1,741	149
5月	957	2,577	89	428	420	294	1,295	77
6月	569	1,770	50	229	214	155	931	48
7月	428	949	33	147	146	96	712	34
8月	358	579	24	113	104	68	488	25
9月	312	423	17	86	73	51	323	19
流況(m <sup>3</sup> /s)								
最大流量	2,134	3,225	251	1,113	4,258	582	2,021	301
豊水流量	1,076	1,766	116	469	849	280	1,096	89
平水流量	503	777	46	173	202	108	606	41
低水流量	342	449	21	95	87	55	294	23
沿水流量	282	316	10	55	39	35	190	15
最小流量	270	298	9	49	36	33	174	14
平均流量	777	1187	74	308	539	185	741	66
年流出高	119mm	74mm	266mm	101mm	139mm	168mm	161mm	221mm
年雨量	-	-	1,251mm	1,184mm	877mm	1,323mm	1,167mm	1,141mm
流出率	-	-	22.6%	8.8%	16.7%	12.7%	13.8%	19.4%

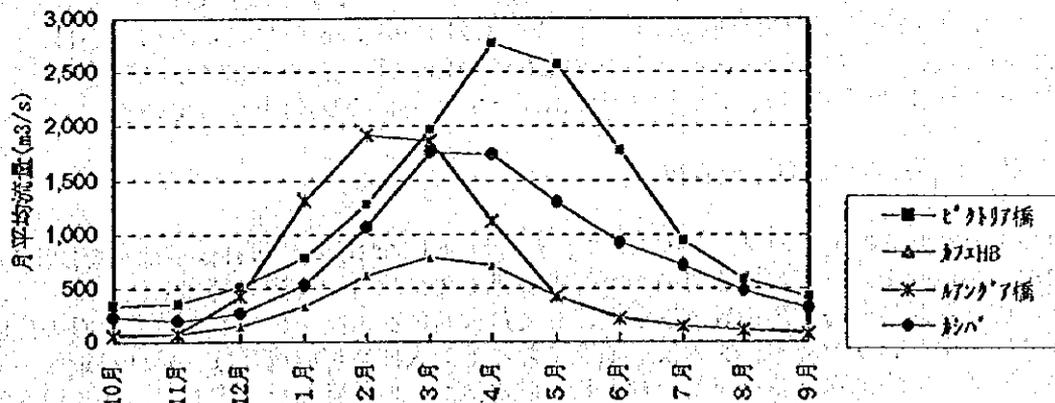


図 2-3 主要地点の月平均流量

## (2) 表流水賦存量

ザンビアの全河川流域を図 2-4に示すように34のブロックに分割し、各ブロックへの平均河川流入量と流出量の差を求め、これをそのブロック内の表流水賦存量とした。表流水賦存量は、近年30年間の平均値（平水年）および10年に1回程度の渇水年について算定した。これを用いて、主要河川流域毎および州毎の表流水賦存量は、ブロック毎の賦存量を集計して算出し、表 2-2に示した。ザンビア国全体の表流水賦存量は、平水年で約237百万 $m^3$ /日、渇水年で約136百万 $m^3$ /日であり、渇水年は平水年の約57%である。表流水賦存量を地域別に見ると、北部州、北西部州が大きく、南部州、中州が小さい。

表 2-2 表流水賦存量

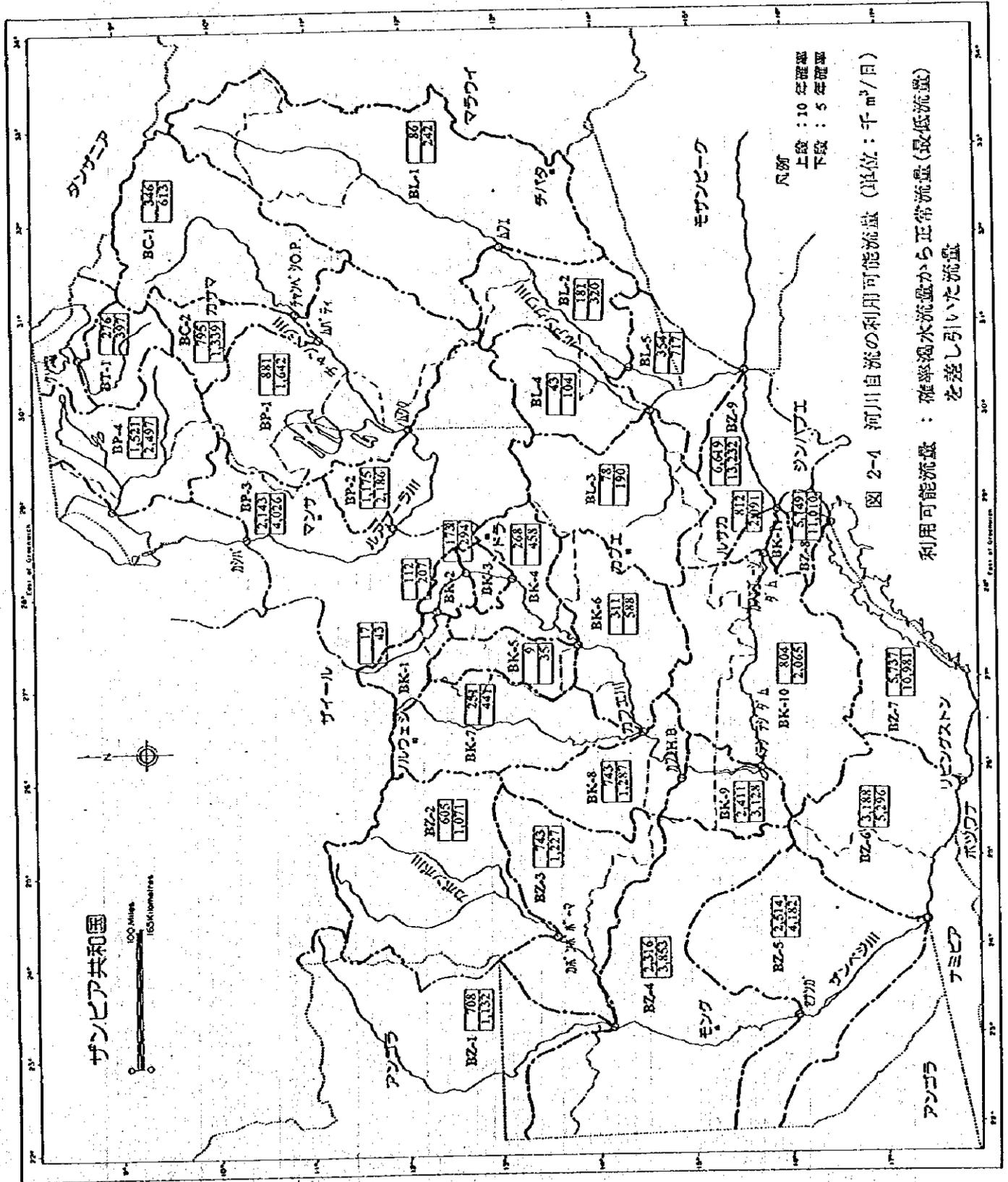
流域および州	面積 ( $km^2$ )	人口 (人)	表流水賦存量 (百万 $m^3$ /日)	
			平水年	渇水年 (10年に1回)
<b>&lt;流域別&gt;</b>				
ザンベジ川	268,235	1,699,062	59.9	33.2
カフユエ川	156,995	2,864,334	29.7	14.6
ルアングワ川	144,358	1,310,998	57.2	28.5
チャンベンシ川	44,427	375,861	23.9	14.3
ルアプーラ川	113,323	832,900	54.1	38.3
タンガニーカ湖	15,856	80,725	10.0	5.5
その他の流域	8,658	219,204	2.5	1.8
<b>&lt;州別&gt;</b>				
ルサカ州	22,094	987,106	10.9	3.7
コッパーベルト州	31,247	1,427,528	13.0	6.6
中央州	94,684	720,628	33.6	11.0
北西部州	125,280	387,554	38.9	21.5
西部州	127,344	606,813	20.3	16.3
南部州	85,199	907,150	5.3	1.2
ルアアプーラ州	49,594	525,160	26.3	17.7
北部州	147,294	855,177	67.5	44.8
東部州	69,146	965,968	21.5	13.4
<b>&lt;全国平均・合計&gt;</b>	<b>751,852</b>	<b>7,383,084</b>	<b>237.3</b>	<b>136.2</b>

## (3) 河川自流の利用可能流量

河川自流の利用可能流量は、既往最小流量(約30年確率流量に相当)を正常流量とし、5年および10年確率の渇水流量から正常流量を差し引いた流量と定義して、全国の流域を34に分割した各ブロックの下流端において算定した。その結果は図 2-4に示すとおりである。主なブロック下流端における10年確率利用可能流量は、ヒソングストン[BZ-6]で36.9 $m^3/s$ (3,190 $km^3$ /日)、カフユエ川[BK-8]で8.6 $m^3/s$ (740 $km^3$ /日)、ルアングワ川下流端[BL-5]で4.1 $m^3/s$ (350 $km^3$ /日)、ルアプーラ川下流端[BC-2]で9.2 $m^3/s$ (790 $km^3$ /日)、ルサカ州[BP-3]で24.8 $m^3/s$ (2,140 $km^3$ /日)となっている。

## (4) ダム候補地点における水資源

5万分の1～25万分の1の地形図を基にして、ザンビア全土におけるダム候補地点を抽出し、地形状況、流域面積、近傍都市までの距離等を考慮してダムの優劣を評価した。そして、有望と評価された箇所の地形地質調査を実施して最大可能ダム高を想定した。ダムの位置は図 2-5に示すとおりである。ダム候補地点における最大開発可能流量は、ダム近傍の流量資料を基に、平均渇水流量を正常流量とし、貯水池からの蒸発量を考慮して、10年渇水時にも取水可能な流量として算定した。その結果は表 2-3に示すとおりである。



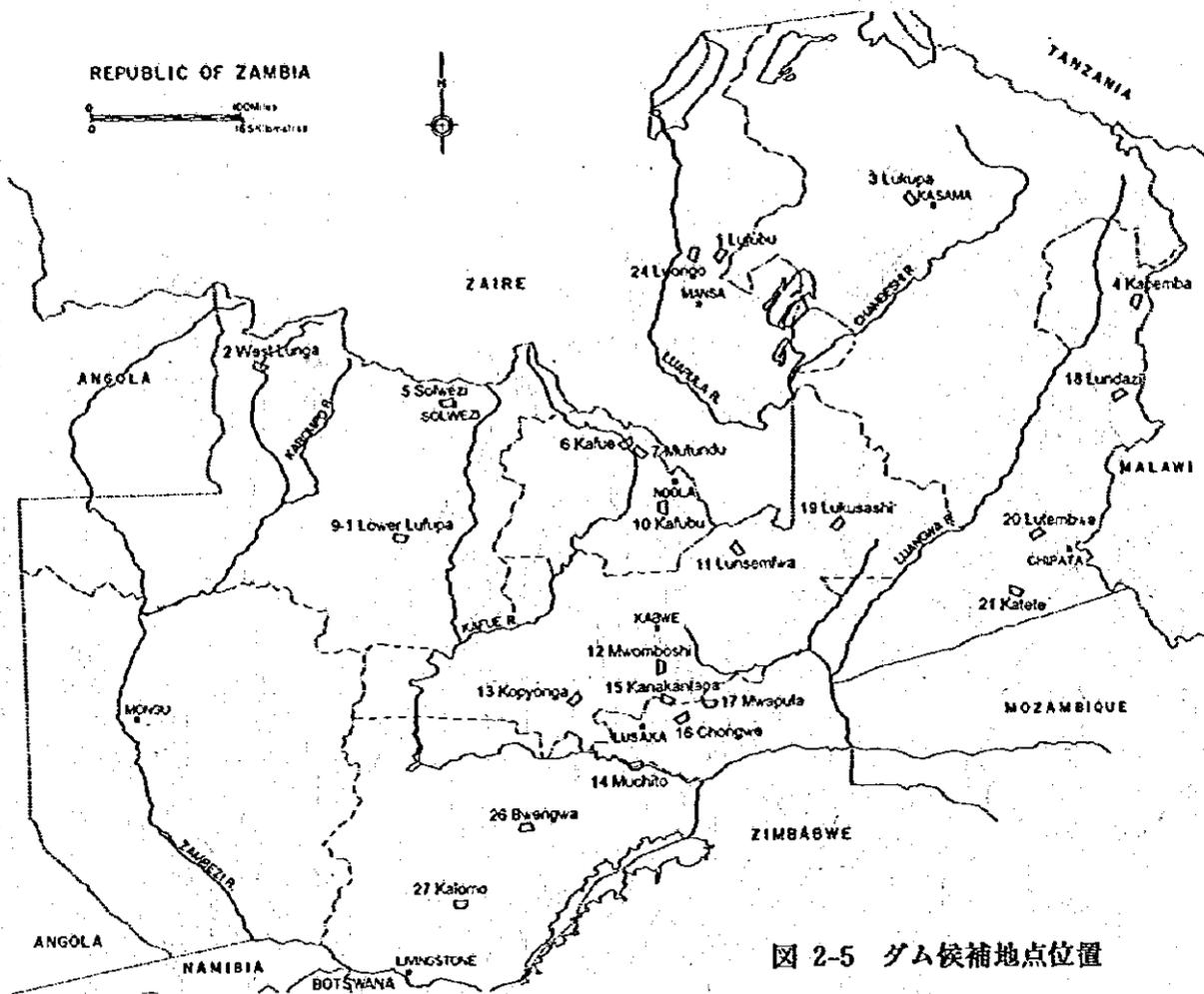


図 2-5 ダム候補地点位置

表 2-3 ダム候補地点における最大開発可能流量

州	No. ダム候補地点	水系	流域面積 (km <sup>2</sup> )	ダム高 (m)	貯水池面積 (km <sup>2</sup> )	貯水容量 (百万m <sup>3</sup> )	開発可能流量	
							毎秒流量 (m <sup>3</sup> /秒)	日当り流量 (1000m <sup>3</sup> /日)
ルアバレー	14 Muchito	カフル	40	25	5.3	16.4	0.03	2.2
	15 Kanakantapa	カフル	256	23	12.7	29.6	0.08	7.0
	16 Chongwe	カフル	1,917	37	13.8	89.0	2.19	189.3
	17 Mwapula	カフル	398	28	2.9	13.0	0.29	25.5
コッパーベール	6 Kafue	カフル	7,549	28	31.6	251.0	14.61	1,262.1
	7 Mutundu	カフル	493	36	9.3	127.0	2.37	205.2
	10 Kafubu	カフル	1,047	31	13.7	293.0	5.99	517.6
中央	11 Lunsemfwa	カフル	1,473	27	15.5	111.0	4.28	370.1
	12 Mwomboshi	カフル	1,985	35	6.7	23.0	0.78	67.5
	13 Kopyonga	カフル	288	26	3.5	21.6	0.43	36.7
	19 Lukusashi	カフル	961	52	15.9	293.0	5.01	432.5
北西部	2 West Lunga	カフル	4,651	41	146.0	2206.0	28.51	2,463.0
	5 Solwezi	カフル	354	25	2.0	18.0	1.02	88.1
	9-1 Lower Lufupa	カフル	1,038	31	2.6	14.0	0.47	40.3
南部	26 Bwengwa	カフル	1,677	40	3.2	32.0	1.52	131.5
	27 Kalomo	カフル	1,925	27	5.8	4.0	0.12	10.2
ルアブレー	1 Lufubu	カフル	1,292	33	24.0	890.0	14.02	1,211.7
	24 Luongo	カフル	6,493	43	94.0	487.0	18.42	1,591.8
北部	3 Lukupa	カフル	1,256	27	11.2	79.0	2.07	179.0
東部	4 Kapemba	カフル	403	30	1.9	11.0	0.24	21.0
	18 Lundazi	カフル	1,580	38	14.9	90.0	1.86	160.3
	20 Lutembwe	カフル	1,517	48	11.1	126.0	2.76	238.4
	21 Katete	カフル	73	25	7.3	38.4	0.11	9.7
< 合計 >	23地点	-	38,666	-	454.9	5263.0	107.18	9,260.5

## 2.3 地下水賦存量

既存の水理地質資料に加え、次のような現地調査で得られた資料の分析の結果、地下水位の変動、帯水層の特性、地下水の利用現況、地下水賦存量等が明らかになった。

### 1) 全国地下水観測

通年の全国の地下水位の変動を把握するため、169地点の312井戸について、それぞれ8回の水位測定を実施した。

### 2) 井戸台帳調査

既存井戸の特性を把握するため、約4,600本の井戸資料のデータベース化を行い、井戸の利用現況、帯水層の特性等を調べた。

## (1) 地下水位の変動

### <全国地下水観測>

図 2-6は東部州における地下水位の季節変化と降雨量との関係を示したものである。地下水位の変化は雨期と乾期の変化に対応している。雨期の後半である3,4月に地下水位は最高となり、逆に乾期の終わりである10,11月に地下水位は最低となる。この傾向は全国的に共通である。図 2-7は雨期と乾期における地下水位の差を示したものである。雨期と乾期の地下水位の差は、全国平均で約2.1mである。

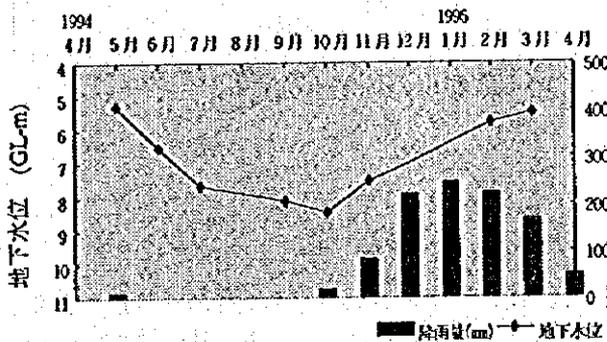


図 2-6 東部州の地下水変化

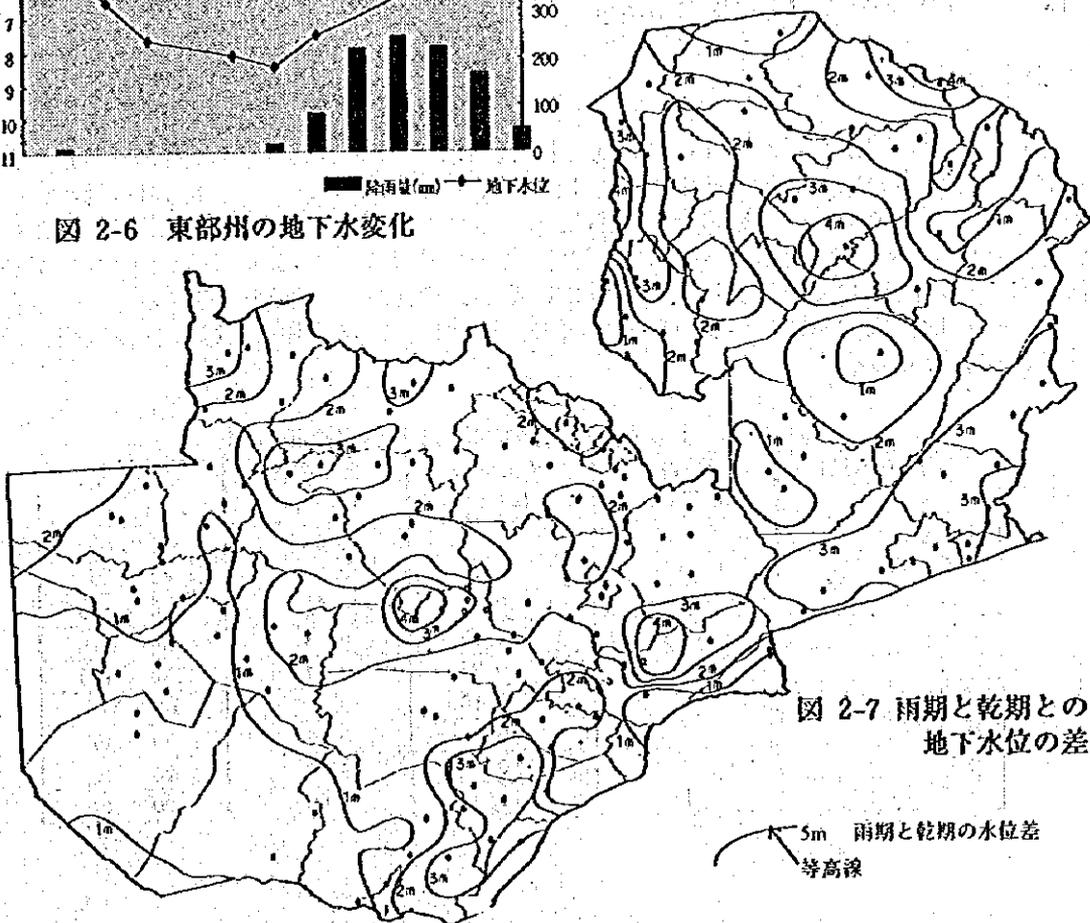


図 2-7 雨期と乾期との地下水位の差

<大都市部での地下水モニタリング>

大都市の地下水位は大量の地下水汲み上げにより大きく変動しており、とりわけ、首都ルサカでは過剰揚水の傾向すら見受けられる。図 2-8はルサカ市内とカブエ市内にある大規模揚水井の水位変化を示したものである。ルサカ市内の揚水井の方は、季節変化の影響よりも揚水の影響が大きい。一方、カブエ市のほうは季節変化の影響の方が大きい。実際に、ルサカ市内の揚水井では長期的な地下水位低下が問題となっている。今後もモニタリングを継続して地下水位を長期的に監視していく必要がある。

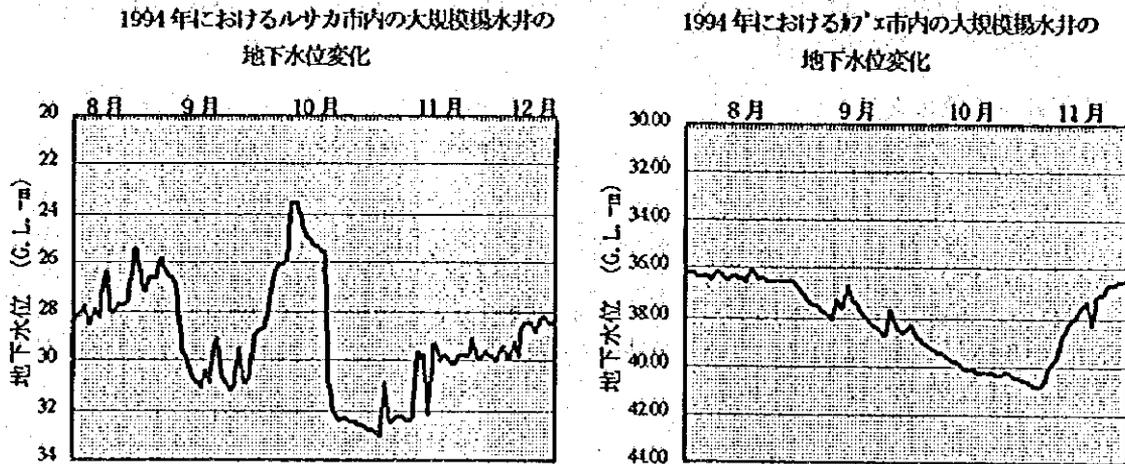


図 2-8 地下水を利用している大都市の地下水位変化

(2) 帯水層の特性および安全揚水量

<帯水層の地質>

ザンビアの井戸は浅井戸と深井戸に大別される。浅井戸は深さ15m前後の素掘り井戸であり、土砂化した岩盤の風化部から湧出する地下水を汲み上げている。一方、深井戸は深さ60m前後のボーリング孔であり、岩盤の亀裂から湧出する地下水を汲み上げている。浅井戸の揚水量は2m<sup>3</sup>/日程度、深井戸の揚水量は井戸ごとに大きく異なるが、100m<sup>3</sup>/日以下のものが多い。浅井戸の帯水層は総ての地質にまたがっているが、深井戸の帯水層は特定の地質に限られている。それは、表 2-4に示すように、石灰岩、トポト、結晶片岩、砂礫、花崗岩、砂岩、珪岩、片麻岩である。

表 2-4 主要な帯水層の特性および安全揚水量

帯水層の地質	構成比 (%)	透水係数 (m/日)	貯留係数	安全揚水量 (m <sup>3</sup> /日)
石灰岩、トポト	32	1.31	0.05	580 - 630
結晶片岩	30	0.11	0.02	40 - 80
砂礫	12	0.68	0.05	310 - 470
花崗岩	12	0.15	0.03	70 - 110
砂岩	4	0.27	0.04	130 - 190
珪岩	4	0.16	0.02	70 - 110
片麻岩	2	0.06	0.02	30 - 40
頁岩	2	0.05	0.02	20 - 40
その他の岩石	1	0.05	0.02	20 - 40

### <帯水層の水理常数>

帯水層の水理常数は同一の地質においても大きく異なる。しかし、岩種ごとに、ある特定の範囲に値が多く分布している。したがって、水理常数の代表値を地質ごとに決めることが可能である。この代表値が表 2-4に示されている。また、この値は地下水賦存量の評価に利用される。

### <安全揚水量>

現実的に開発可能な地下水量は、自然状態における地下水賦存量だけでなく、その取水方法にも依存する。そこで、深井戸による地下水開発可能量を求めるために、標準的な深井戸と帯水層のモデルを設定し、深井戸の1本当たりの揚水量を求めた。この揚水量は長期間にわたり揚水可能な量であるために、安全揚水量と呼ばれる。この安全揚水量は、今後の地下水開発の策定にあたり、井戸本数を計画する際の目安となる。表 2-4に地質ごとの安全揚水量が示されている。

## (3) 地下水の利用現況

### <既存井戸の本数>

既設井戸の本数は、表 2-5に示す通りザンビア全国で、深井戸は約10,000本、浅井戸は約9,000本存在する。深井戸の本数は州別に見ると偏った分布をしている。西部州、ルサカ州、南部州に多く、逆に、北部州、北西州、ルアブラ州で少ない。これに対して、浅井戸の本数には、州別の差が少ない。ただし、深井戸の少ない州ほど逆に浅井戸が多い傾向がある。

表 2-5 既設井戸の本数と村落部の給水率

州	既設井戸の本数(本)			村落部の井戸による給水率(%)		
	深井戸	浅井戸	(合計)	深井戸	浅井戸	(合計)
ルサカ州	2,570	400	2,970	24	8	31
コッパーベルト州	870	660	1,530	21	7	27
中央州	890	620	1,510	16	3	20
北西州	170	950	1,120	6	9	14
西部州	2,970	1,060	4,030	61	6	67
南部州	1,520	840	2,360	24	4	28
ルアブラ州	200	1,130	1,330	5	8	13
北部州	240	1,130	1,370	4	5	8
東部州	780	2,170	2,950	10	8	17
<合計>	10,210	8,960	19,170	18	6	24

### <村落部の給水率と地下水使用量>

村落部における最も重要な水資源は地下水であり、ザンビアにおける地下水使用の主要部分を占めている。表 2-5に示すように、村落部における給水率の全国平均は24%である。給水率は主に深井戸の本数に比例しているため、深井戸の本数が少ない4つの州、東部、北部州、北西州、ルアブラ州は全国平均を下回る。また、井戸1本あたりの揚水量は、浅井戸の場合 $2m^3$ /日程度、深井戸の場合 $6m^3$ /日の揚水能力に制限されるため、 $6m^3$ /日程度である。

#### (4) 地下水賦存量

##### <地下水賦存量の定義>

地下水賦存量は、更新性の地下水量と等しいと考える。更新性の地下水とは、雨水により供給され、帯水層への流入と流出を毎年繰り返す地下水のことである。従って、雨水が帯水層へ浸透する量を計算することによって、地下水賦存量が求まる。雨水の浸透量は、地下水貯留量の変化と河川への地下水流出量とを推定することにより求められる。図 2-9参照。本調査では、水理地質調査、地下水観測、地下水シミュレーション、河川流出解析、気象解析等の結果を総合したうえで、地下水賦存量を求めた。その結果を表 2-6に示す。

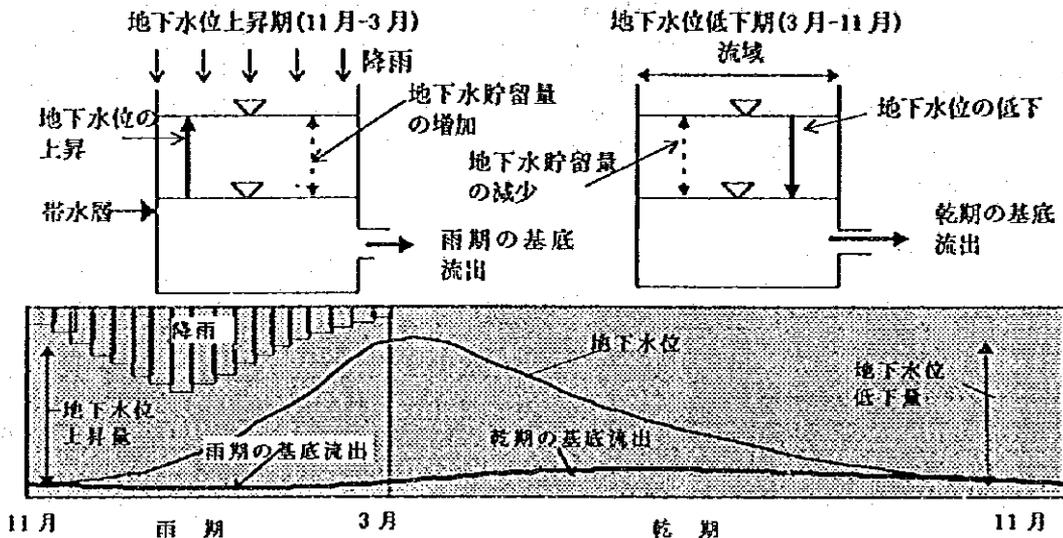


図 2-9 地下水賦存量概念図

##### <地下水賦存量の解析結果>

降雨浸透は雨期に行われ、毎年3-4月ごろに地下水の貯留量が最大となる。逆に、その地下水の貯留分は乾期に河川へ流出し、10-11月ごろに貯留量が最小となる。この差が地下水賦存量である。表 2-6に示すように、ザンビア全体では、年間降雨量の約8%が大地に浸透して地下水となり、また同量が河川に流出する。すなわち、地下水開発賦存量は年間降雨量の約8%である。したがって、降雨量が多い地域で地下水賦存量の値が大きくなっている。なお、表 2-6に示された値は、開発が可能な地下水量の最大値とみなすべきである。

表 2-6 地下水開発賦存量

州	平均年間降雨量 (mm)	年間地下水位 変化量(m)	地下水賦存量	
			かん養率(%)	総量(10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /年)
ルサカ州	857	2.20	8.0	1.5
コッパーベルト州	1,231	2.40	6.8	2.6
中央州	917	2.59	8.6	7.7
北西州	1,173	2.23	7.8	11.4
西部州	808	0.86	6.8	7.0
南部州	737	1.93	9.4	5.7
ルアブラ州	1,259	2.23	6.8	3.9
北部州	1,138	2.18	7.0	11.5
東部州	961	2.90	9.2	6.1
<合計>		2.10	7.7	57.4

### 第3章 水需要と供給の収支

#### 3.1 現況水需要と供給の収支

開発可能な表流水は2,747 m<sup>3</sup>/s (2.37億m<sup>3</sup>/日)、また開発可能な地下水は1,822 m<sup>3</sup>/s (1.57億m<sup>3</sup>/日)である。ただし、利用されない地下水は表流水に還流される。開発可能量が最も大きいのは北部州と北西州であり、両者の合計値は、表流水が1,232 m<sup>3</sup>/s(全表流水開発可能量の45%)、また地下水が725 m<sup>3</sup>/s(全地下水開発可能量の40%)となっている。一方、水使用の現況については次のような手順で求められた。生活用水に関しては、その使用総量はセンサスの人口データから、単位水消費量は水利局と自治省のデータから推定された。工業用水に関しては、その使用総量は統計局の工業センサスから、また単位水消費量は調査団により実施されたアンケート調査結果から推定された。農業用水の使用量は水利権の分析結果に基づき推定され、その結果は農業省の資料と比較検討された。

水資源量に対する現在の水使用量を推定するため、現在の使用量と各小流域における平均的な流況とを比較し現況水使用率を求めた。その結果によると、カフエ川水系を除き、ザンビアでは表流水が十分に利用されていないため、膨大な開発可能量が存在している。州別の需給関係によると、利用可能な水資源量は総ての州で現在の水需要を十分に満たしている。ただし、南部州では、その水資源量に対する水需要の比率が他の州と比べ格段に高くなっている。表3-1に示す通り、生活用水、工業用水、農業用水の現況使用量は水資源量に比べて小さい(約74 m<sup>3</sup>/s, 3%以下)。このうち、地下水の使用量は10%以下で、また表流水のかなりの部分(42%)は水力発電に使用されている。一方、大部分の表流水は使用されないまま他国へ流出している。

表 3-1 現在の水需要と供給の収支

水資源					水利用		
項目	平水年		渇水年(10年に1回)		項目	1995年の実情	
	百万m <sup>3</sup> /日	m <sup>3</sup> /秒	百万m <sup>3</sup> /日	m <sup>3</sup> /秒		百万m <sup>3</sup> /日	m <sup>3</sup> /秒
表流水	237.3	2,747	136.2	1,576	生活・工業用水	1.2	14
(地下水)	(157.4)	(1,822)			(地下水分)	(0.2)	(2)
					農業用水	5.2	60
					(地下水分)	(0.3)	(4)
					他国へ流出	230.9	2,673
					(発電水力)	(99.4)	(1,150)
<合計>	237.3	2,747	136.2	1,576	<合計>	237.3	2,747

(注) ( ) は上段の数字に含まれる。

#### 3.2 将来の水需要と供給の収支

将来の水需要と供給の収支をまとめて表3-2に示す。生活用水の水需要予測は人口予測と単位消費水量から求めた。工業用水の水需要予測についても、単位消費水量をもとに、GDPの成長予測から求めた。灌漑用水の需要予測は、多目的ダム、灌漑用ダム及び河川流水の開発計画に対して見積もった。さらに、家畜と養殖池についても見積もり、乾期における水需要のピークを求めた。また、基本シナリオ農業拡大型に基づいた将来の水需要を表3-3に州ごとにまとめて示す。この表からわかるように、全国及び各州において、水需要が著しく増加しており、なかでもルサカ、コッパーベルト及び南部州においては、特に高い水需要となっている。しかし、このような水需要の急増にもかかわらず、全国及び各州レベルでの将来の水需給関係は、水資源ポテンシャルからは十分に足りている。

現状および将来の水需給関係を示す表 3-1および3-2から分かるように、生活用水と工業用水の需要は、今後20年間に14 m<sup>3</sup>/sから25 m<sup>3</sup>/sに約80%の増加が見込まれ、灌漑、家畜及び養殖池の需要を含んだ農業用水については60 m<sup>3</sup>/sから150 m<sup>3</sup>/sへ150%の増加が見込まれる。全需要量は約175 m<sup>3</sup>/sとなるが、これはザンビア全水資源ポテンシャルの7%に満たない量である。増加する水力発電によってこのポテンシャルの一部を使用しているとは言へ、ザンビアの表流水の大部分は他国に流出し続けることになる。

表 3-2 将来の水需要と供給の収支

水資源				水利用 (基本シナリオ農業拡大型)			
項目	平水年		渇水年(10年に1回)		項目	2015年の予測	
	百万m <sup>3</sup> /日	m <sup>3</sup> /秒	百万m <sup>3</sup> /日	m <sup>3</sup> /秒		百万m <sup>3</sup> /日	m <sup>3</sup> /秒
表流水	237.3	2,747	136.2	1,576	生活・工業用水	2.2	25
(地下水)	(157.4)	(1,822)			(地下水分)	(0.3)	(4)
					農業用水	13.0	150
					(地下水分)	(0.7)	(8)
					他国へ流出	222.1	2,572
					(発電水力)	(103.7)	(1,200)
<合計>	237.3	2,747	136.2	1,576	<合計>	237.3	2,747

(注) ( ) は上段の数字に含まれる。

表 3-3 州別の水需要と供給の収支

(基本シナリオ農業拡大型)-中位人口

(単位: 1000 m<sup>3</sup>/日)

項目	北部州	コバベ州	中央州	北西州	西部州	南部州	クワナ州	北部州	東部州	全国
2015年										
生活用水	425	328	110	33	42	93	40	63	76	1,210
工業用水	190	141	24	9	13	32	6	17	15	447
損失	149	113	27	5	7	20	6	12	14	353
<公共用水小計>	764	582	161	47	62	145	52	92	105	2,010
灌漑	725	1,678	996	614	604	2,394	1,235	1,411	173	9,830
畜産	8	9	31	15	45	50	7	26	32	223
養魚池	4	164	97	246	80	589	276	162	512	2,130
<農業用水小計>	737	1,851	1,124	875	729	3,033	1,518	1,599	717	12,183
合計	1,501	2,433	1,285	922	791	3,178	1,670	1,691	822	14,193
平水年ポテンシャル	10,800	13,000	33,600	38,900	20,300	6,300	26,300	67,500	21,500	237,200
平水年の水収支 (未使用量)										
1995年	9,941	11,704	32,921	38,819	20,229	3,481	26,072	66,622	21,368	231,158
未使用率	92%	90%	98%	100%	100%	66%	99%	99%	98%	98%
2015年	9,299	10,567	32,315	37,978	19,509	2,122	24,730	65,809	20,678	223,007
未使用率	86%	81%	96%	98%	96%	40%	94%	97%	96%	94%
渇水年ポテンシャル	3,900	6,600	11,000	21,500	16,300	1,200	17,700	44,800	13,400	136,200
渇水年の水収支 (未使用量)										
1995年	3,041	5,304	10,321	21,419	16,229	-619	17,472	43,922	13,268	130,158
未使用率	78%	80%	94%	99.6%	99.6%	-62%	99%	98%	99%	96%
2015年	2,399	4,167	9,715	20,578	15,509	-1,978	16,130	43,109	12,578	122,007
未使用率	62%	63%	88%	96%	95%	-165%	91%	96%	94%	90%

(注) 南部州の渇水年の水不足は他州(西部州、北西州、コバベ州)からの流量で補われる。

## 第4章 水資源開発マスタープラン

### 4.1 開発の基本方針

#### (1) 水源開発の基本方針

##### <表流水開発>

ダムによって河川水を開発する場合、下流河川に対して、流水の正常な機能を維持するために必要な流量（正常流量）を放流することとする。正常流量は、舟運や漁業等を維持するための流量（維持流量）と下流での水利用流量（水利流量）の双方を満足する流量であるが、本マスタープランでは、ダム地点の10年平均濁水流量（年355日はこれを越える流量）を推定し、これを正常流量としてダム計画を行う。

##### <地下水開発>

地下水開発計画の策定にあたっては、地域ごとの需要に対して必要な深井戸の本数を計画する。浅井戸は干ばつに弱くまた水質も劣っているが、深井戸は水量や水質の面で優れているので安定した水源となる。地下水開発計画を策定する上での方針は次の通りである。

- 都市給水： 都市給水は大量の地下水を必要とする。井戸1本あたりの計画揚水量は、対象地域の地質に応じた深井戸の安全揚水量に基づき個別に計画する。標準的な井戸サイズは、井戸径20-30cm、深さ60-100mとする。
- 村落給水： 村落給水における井戸1本あたりの計画揚水量は7.5m<sup>3</sup>/日とする。村落給水は手動ポンプを使用するものとし、手動ポンプの標準的な揚水量をもって計画揚水量とする。標準的な井戸サイズは、井戸径10-15cm、深さ60mとする。

#### (2) 水道用水の開発方針

ザンビア政府は、「社会部門の修復と開発プログラム」の中で、持続可能で安全な飲み水の供給を達成する目標を示している。1996年までの短期的な目標として、安全な飲み水の供給率を都市部では70%、農村部では35%としている。1996年以降の目標給水率については、政府の計画目標は示されていないので、本計画では、給水率の達成目標を次の通りとする。1)2015年までに都市部（12大都市とその他の80都市）の給水率を100%とする。2)農村部については、2015年までに75%以上の給水率を達成する。水道用水のための水資源開発は、現状の水利用を考慮して、次のような条件で計画を立案する。

- 1) 生活用水および工業用水は公共の水供給システムにより供給される。鉱業用水は、鉱業会社が独自に開発・供給しているので、公共の水供給システムには含めない。従って、都市部の公共水供給システムの規模は、鉱業用水量を除き、生活用水量と製造業用水量によって決められる。
- 2) 水供給システムには安定した水源および開発方式を採用する。水源は、開発水量および開発の経済性を考慮して、表流水か地下水に決める。表流水を開発する場合、1/10年確率濁水に対して安定した水量を確保できるようにする。地下水を開発する場合、過剰汲み上げを起ささないように定めた安全揚水量に基づいて、井戸ごとの開発水量を計画する。
- 3) 給水人口および水需要量に応じて給水対象区域を次のように3区分して、水供給システムを計画する。

- 大都市 : ルサカ、ンドラ、キトウエ、チリラポンブウエ、チンゴラ、ムフリラ、カルルーシ、ルアンシヤ、カブウエ、リビングストン、カサマ、チバク (12都市)
  - 中小都市 : 1990年のセンサスで、1,000人以上の人口を持つ80都市
  - 村落 : 都市以外の地方村落
- 4) 水源の開発水量は、各種の損失(取水、導水、水処理、配水等における損失)を考慮して、上述の開発区分に応じて次の通りとする。
- 大都市 : 需要量の125%
  - 中小都市 : 需要量の115%
  - 村落 : 需要量の110%

### (3) 農業関連用水の開発方針

国レベルの長期的な農業部門の開発計画は、2000年までを目標とするASIP以外に未だ作成されていない。従って、2015年を目標とする本計画では、次項を骨子とする農業部門の長期開発計画(1.4章で提案)を達成するように農業関連用水を開発する。

- 1) 原則として、国内消費の作物、畜産品、魚類は国内生産でまかなう。
- 2) 干ばつに強い作物生産体制を目指し、灌漑小麦の安定供給を図る。
- 3) 輸出作物の生産を増加し国家経済の安定に寄与する。

農業部門の用水開発方針は次の通りである。

- 1) 灌漑および養殖事業の水源は表流水を主体に考えて計画を立案する。地下水も灌漑に利用されているが表流水に比べその規模は小さい。畜産用水は、個々の水利用規模が比較的小さく地域的に分散するので地下水利用を主体に考える。
- 2) 表流水を頭首工取水あるいは直接取水する場合は、利水安全率を1/5年確率渇水に設定し、その流量に対して安定取水できるようにする。多目的ダムあるいは灌漑単独ダムによる開発の利水安全率は、水道用水と同一の1/10年確率渇水対応に設定する。
- 3) 灌漑事業は次のように区分した。
  - <事業種による区分>
    - ASIP(ハベリ)計画 : 政府による既存の小規模農家灌漑事業の復旧事業
    - 既存拡張計画 : 企業を中心とした既存の灌漑事業の拡張事業  
(一部、既存の小規模農家灌漑事業の拡張事業も含む)
    - 新規灌漑計画 : 灌漑ポテンシャルの新規開発計画。
  - <事業規模による区分>
    - 小規模事業 : 100ha未満の事業。
    - 中規模事業 : 100ha以上1,000ha未満の事業
    - 大規模事業 : 1,000ha以上の事業
  - <水源開発タイプによる区分>
    - ダム開発 : 多目的ダムおよび灌漑単独ダムによる開発
    - 河川自流開発 : 頭首工がある場合と無い場合の開発
- 4) 灌漑効率は畝間灌漑が主体となるため次のように設定している。
  - 送水効率 : 80%
  - 適用効率 : 60%
  - 総合効率 : 50%
  - 養殖池は、適用効率100%、総合効率80%を適用

#### (4) その他部門の開発方針

##### <水力発電>

電力需要の大部分(99.8%)は水力発電でまかなわれている。また、包蔵水力の28%が既に利用されている。将来の電力需要(国内需要と電力輸出)に対して2発電所(カフエゴージ下流発電所:450MW、バトカゴージ発電所:ザンビア分400MW)が計画されその妥当性が確認されている。この意味で、水資源開発・利用の面で最も進んだ部門である。新規の2発電所は電力輸出を主体に計画されているのでザンビア経済の安定に大きく寄与することになる。今後も、輸出相手国および共同事業国との条件設定を積極的に進める必要がある。

カフエ川の水利用事業(ルサカの都市用水事業やサトウキビ灌漑事業等)が本計画で提案されている。これらの事業はザンビアの将来の社会・経済の安定に大きく貢献し、将来的に必要な不可欠の事業である。これらの事業者との水利権を調整し、その結果を受けて既存および新規のカフエゴージ発電所の発電計画の見直しが必要となる。

##### <水運>

内陸水運事業の将来計画は、国の運輸政策に従って検討すべきである。河川の緩流区間や湖沼を利用した現在の水運は、モータリゼーションの進展により将来的には輸送量は減少していくものと予想される。しかし、代替の道路や橋ができるまでは水運の需要は残る。流量や土砂堆積の影響を受ける航路は、浚渫による水路断面の維持管理が今後とも必要である。

##### <洪水防御>

洪水に対する安全性が高いので、現状では、計画的な洪水対策は特に必要ない。しかし、洪水氾濫原の土地利用が将来進んだ場合は洪水対策が必要になることもある。洪水対策事業は人命や財産を守り土地の高度利用を図る目的で実施されるが、事業費が高いためダム事業と合併して実施されることが多い。水資源開発計画で提案した幾つかの利水ダムは、結果として、下流地域の洪水安全度を高め氾濫原の農地化が進められることになる。

##### <林業>

森林は、水資源開発の観点から、土壌流出を防ぎ水源をかん養して安定した河川流量を維持する効果がある。国土面積の14%の森林は、森林火災、移動農業、建築材・燃料需要の増大のため、年1.3%の割合で減少してきた。ザンビア林業会社(ZAFFICO)により植林事業が進められているが、将来の建築材需要を考慮した計画的な事業展開が望まれる。移動農業に代わり定住農業を進めることも森林資源の保全に寄与する。

##### <水質>

恵まれた水資源に比べて水の消費が少ないこと(水資源の2.6%程度)や発電のため河川流量が高位に維持されていることにより、水資源の開発・利用の観点から水質は良好と言える。2015年には水の消費量は増加し水資源の7%程度を利用することになるが、一般的に、この増加が悲観的な水質悪化をもたらすことはないと考えられる。しかし、現状でも問題となっている都市排水による都市河川の水質悪化や地下水の汚染等は今後さらに顕在化し、局所的には利用する水資源の水質を低下させることになる。下水道や排水処理場の整備・拡充が今後の必要な対策となる。このような状況から、水質管理の今後の課題としては、1)河川水質基準(水生生物生態系基準等)の導入、2)定点・定期水質モニタリング、3)定期的な工場排水の監視等があげられる。

## 4.2 水道用水開発事業

### (1) 水需要と需給収支

3つの水需要シナリオごとの水需要および必要な新規開発水量は表4-1の通りである。基本シナリオ農業拡大型（中位人口）では、2015年の全国の総水需要量は2百万 $m^3$ /日に達し、その半分の1百万 $m^3$ /日が不足する。総水需要の約70%は大都市の需要である。

表4-1 給水水需要および開発水量

(単位: 1000  $m^3$ /日)

項目	基本シナリオ農業拡大型 (中位人口)				基本シナリオ工業主導型 (高位人口)				低成長シナリオ (低位人口)			
	大都市	中都市	村落	合計	大都市	中都市	村落	合計	大都市	中都市	村落	合計
需要 (2006年)												
生活用水	618	122	217	957	663	199	214	1,076	593	128	208	929
工業用水	293	76	0	369	447	129	0	576	233	69	0	302
損失分	228	29	22	279	278	49	21	348	207	30	21	258
合計開発水量	1,139	227	239	1,605	1,388	378	235	2,001	1,033	226	229	1,488
需要 (2015年)												
生活用水	810	145	255	1,210	940	322	251	1,513	738	144	231	1,113
工業用水	362	85	0	447	552	145	0	697	287	77	0	364
損失分	293	34	25	352	373	70	25	468	256	33	23	312
合計開発水量	1,465	264	280	2,009	1,865	537	276	2,678	1,282	254	254	1,790
〈需給収支〉												
現況供給能力	809	137	43	989	809	137	43	989	809	137	43	989
2005年 不足率(%)	-330	-90	-196	-619	-579	-241	-192	-1,011	-224	-89	-186	-500
2015年 不足率(%)	-655	-127	-237	-1,019	-1,066	-400	-233	-1,699	-473	-117	-211	-801

### (2) 多目的ダム計画

都市用水と灌漑用水の補給を主目的とする3多目的ダムを表4-2の通り計画する。チョングダムは、ルサカの用水とチョング近郊の灌漑を目的とし、最大173,000  $m^3$ /日を開発する。カフブダムは、ンドラおよびルアンシャの用水とカフブ川沿いの灌漑の目的とし、最大430,000  $m^3$ /日を開発する。ムツンツダムはキトエ、カルルーシおよびムフリラの用水とキトエ近郊の灌漑の目的とし、最大170,000  $m^3$ /日を開発する。

表4-2 多目的ダム計画諸元

項目	チョングダム	カフブダム	ムツンツダム
ダムの位置	ルサカの東 45 km, チョングの東 1km	ンドラの南西 30km, ルアンシャの南東 15km	キトエの北 15km, ムフリラの南 15km
ダムのタイプ	フィルタイプダム	フィルタイプダム	フィルタイプダム
ダム高/体積	35.0m / 1,315,000 $m^3$	27.0m / 795,000 $m^3$	30.0m / 981,000 $m^3$
貯水池容量	92 million $m^3$	217 million $m^3$	75 million $m^3$
最大開発水量	173,000 $m^3$ /日 (2.002 $m^3$ /秒)	430,000 $m^3$ /日 (4.977 $m^3$ /秒)	170,000 $m^3$ /日 (1.968 $m^3$ /秒)
事業目的 (基本シナリオ)	- 都市用水: 103,000 $m^3$ /日 (ルサカ, チョング) - 灌漑用水: 70,000 $m^3$ /日 (チョング近郊: 810ha)	- 都市用水: 65,000 $m^3$ /日 (ンドラ, ムツンツ) - 灌漑用水: 365,000 $m^3$ /日 (カフブ川沿川: 4,220ha)	- 都市用水: 35,000 $m^3$ /日 (キトエ, カルルーシ, ムフリラ) - 灌漑用水: 135,000 $m^3$ /日 (キトエ近郊: 1,560ha)

(3) 給水事業

<大都市給水事業> 表 4-3、4-4 および図 4-1 参照。

首都ルサカの水道水源は、現在、ルサカドロマイト帯水層の地下水（揚水量：90,000m<sup>3</sup>/日）とカフエ川（導水量：100,000m<sup>3</sup>/日）である。将来の地下水源として、ルサカドロマイト帯水層の地下水には多くを期待できない。これに代わる地下水源はルサカの北方 10km に位置するチェタ石灰岩帯水層がある。ルサカ近郊の新たな水源として、チョング川（ダム・貯水池による水源開発）が最も有望である。

将来的にもカフエ川は重要な水源であるが、カフエ川には余剰水はなく、発電水力の持つ既得の水利権の再配分が必要となる。ルサカの水道用水として、400,000m<sup>3</sup>/日（4.63m<sup>3</sup>/秒、基本シナリオ農業拡大型のケース）をカフエ川から導水する場合、カフエゴージ発電所の減電による電気料金の減収は、最近の ZESCO の営業実績から判断して約 1.4 百万 us\$/年と推計される。この金額は 400,000 m<sup>3</sup>/日クラスの水道設備の年間維持管理費の 10% 程度である。

表 4-3 ルサカ給水事業 - 水源別の開発方針

項目	ルサカ市の水道水源		
	地下水	チョング川	カフエ川
水源の位置	ルサカ北方 10km	ルサカ東方 45km	ルサカ南方 50km
開発方法	掘削井戸 口径：30cm 深さ：100m 本数：50本 水量：400m <sup>3</sup> /本/日	チョングダム チョングダム ダム高：35 m 貯水池容量：92 百万 m <sup>3</sup>	自流取水
開発ポテンシャル	最大開発量： 38,000m <sup>3</sup> /日 (0.440m <sup>3</sup> /秒)	最大開発量： 173,000m <sup>3</sup> /日 (2.002m <sup>3</sup> /秒)	平均流量：(295.6 m <sup>3</sup> /秒) 洪水流量：(123.3 m <sup>3</sup> /秒)
適正開発規模	20,000 ~ 30,000m <sup>3</sup> /日 (0.231 ~ 0.347m <sup>3</sup> /秒) <小規模開発>	100,000 ~ 150,000m <sup>3</sup> /日 (1.157 ~ 1.736m <sup>3</sup> /秒) <中規模開発>	300,000 ~ 600,000m <sup>3</sup> /日 (3.427 ~ 6.944m <sup>3</sup> /秒) <大規模開発>
水単価	788 us\$/m <sup>3</sup> /日	1,099 us\$/m <sup>3</sup> /日	805 us\$/m <sup>3</sup> /日
水源の特徴	地下水の水源はチェタ石灰岩帯水層。ルサカ北方 10km に位置しているため未利用。	チョング町の水道源であるがルサカの水道水源としては新水源。洪水を貯留して水を開発する。	取水地点の水量は豊富であるが、発電水利権(180m <sup>3</sup> /秒)を水道に配分する必要がある。
開発順位とその理由	第1順位： 既得の水利権を侵害せず小規模投資で早急に効果を期待できるから最も優先度が高い。	第2順位： 新水源で灌漑との合併事業で実施できることから地下水開発事業に続いて着手される事業。	第3順位： 水利権の再配分調整のため事業着手までに最も時間を要する。

(注) 水単価 = 建設費/日開発水量

表 4-3 に示すように、将来のルサカ給水事業として、ルサカ北部域給水井戸事業、チョングダムからの給水事業およびカフエ川からの導水事業を提案する。

ルサカ北部域給水井戸事業は、ルサカの北方 10km に位置する地下水盆（石灰岩層で 3.8 万 m<sup>3</sup>/日程度の開発が可能と推定される）を 50 本の井戸（井戸口径 30cm、深さ 100m）で開発する。チョングダム給水事業は、同ダムで開発された 100,000 m<sup>3</sup>/日の水をルサカへ約 45km 導水する計画である。最大開発規模となるカフエ川導水事業は、カフエ川の水をルサカへ約 50km 導水する計画で、導水量は 400,000 m<sup>3</sup>/日（基本シナリオ農業拡大型の場合）となり、3段階で実施される。

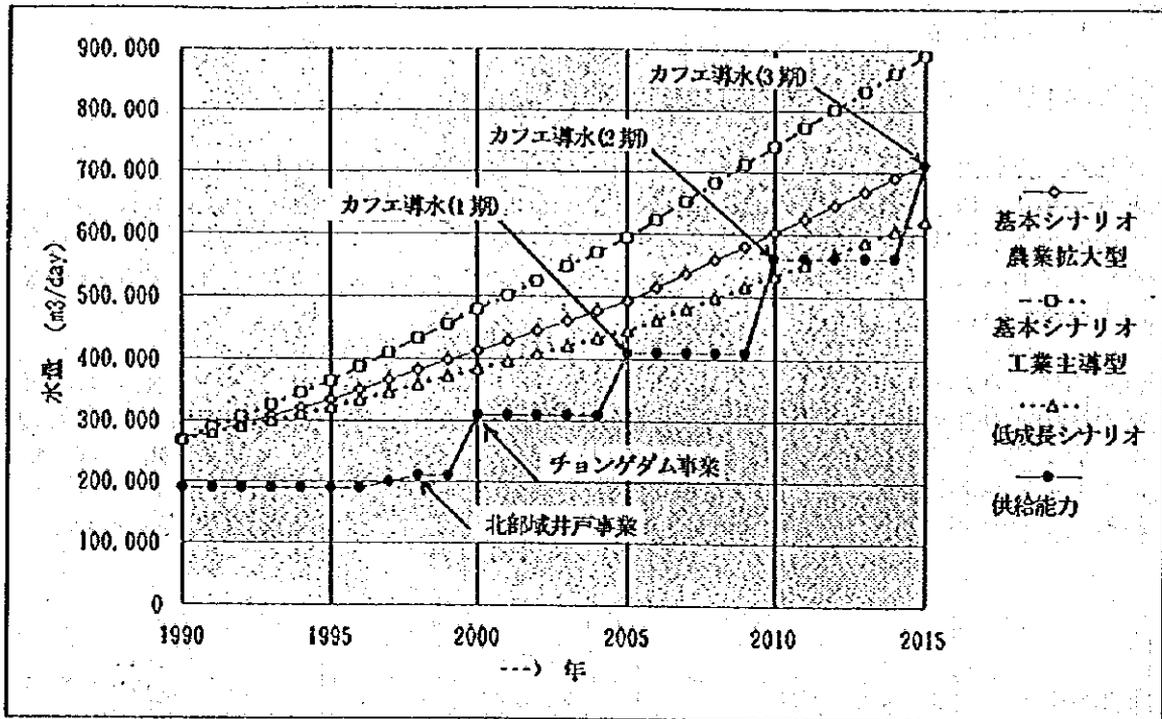


図 4-1 ルサカの水需給計画

コッパーベルト州5都市の用水は、カフブおよびムツンツの2多目的ダムから補給する。基本シナリオ農業拡大型の場合、カフブダムは、ンドラおよびルアンシャにそれぞれ 60,000 m<sup>3</sup>/日および 5,000 m<sup>3</sup>/日を導水する。同様に、ムツンツダムは、キトエ、カルルーシおよびムフリラにそれぞれ 20,000 m<sup>3</sup>/日、10,000 m<sup>3</sup>/日および 5,000 m<sup>3</sup>/日を導水する。カフエの用水事業は、1990年に完成したカフエ用水ダム事業の導水拡張事業（基本シナリオ農業拡大型の場合で 57,000 m<sup>3</sup>/日）で、2期に分けて実施する。

リビングストーンおよびカサマも同様に導水事業で、河川自流を利用する。基本シナリオ農業拡大型の場合で、リビングストンの開発量は 20,000 m<sup>3</sup>/日（2期に分けて実施）で、カサマの開発量は 14,000 m<sup>3</sup>/日である。チパクの用水には、120本の井戸（井戸径 30cm、深さ 60m）で 12,000 m<sup>3</sup>/日を開発する。

基本シナリオ農業拡大型に比べて需要量が増減（基本シナリオ工業主導型、低成長シナリオ）する場合の対応は次の通りとする。

- ルサカ給水：ルサカ北部域給水井戸事業およびチョングダムからの給水事業は、どの場合でも基本シナリオ農業拡大型の計画で実施する。需要の増減調整はカフエ川導水事業で行う。
- カフブおよびムツンツの2多目的ダムの開発水を利用するコッパーベルト州5都市の用水事業については、開発水のなかで都市用水を優先的に割り当て残余の水量を灌漑に利用する。
- その他都市の給水拡張事業および井戸事業については、需要に応じて導水規模および井戸本数を変える。

表 4-4 大都市給水事業

都市名 事業名	基本シナリオ農業拡大型 (中位人口)	基本シナリオ工業主導型 (高位人口)	低成長シナリオ (低位人口)
札幌北部域 給水井戸	開発水量: 100,000 m <sup>3</sup> /日 井戸本数: 50本 導水距離: 10 km	中需要シナリオと同一	中需要シナリオと同一
札幌給水 (千歳ダム)	開発水量: 100,000 m <sup>3</sup> /日 導水距離: 45 km	中需要シナリオと同一	中需要シナリオと同一
札幌給水 (千歳導水)	開発水量: 400,000 m <sup>3</sup> /日 導水距離: 45 km Phase-1: 100,000 m <sup>3</sup> /日 Phase-2: 150,000 m <sup>3</sup> /日 Phase-3: 150,000 m <sup>3</sup> /日	開発水量: 600,000 m <sup>3</sup> /日 Phase-1: 150,000 m <sup>3</sup> /日 Phase-2: 150,000 m <sup>3</sup> /日 Phase-3: 200,000 m <sup>3</sup> /日	開発水量: 300,000 m <sup>3</sup> /日 Phase-1: 100,000 m <sup>3</sup> /日 Phase-2: 100,000 m <sup>3</sup> /日 Phase-3: 100,000 m <sup>3</sup> /日
(札幌) 合計	開発水量: 520,000 m <sup>3</sup> /日	開発水量: 720,000 m <sup>3</sup> /日	開発水量: 420,000 m <sup>3</sup> /日
苫小牧給水 (千歳ダム)	開発水量: 60,000 m <sup>3</sup> /日 導水距離: 40 km	開発水量: 110,000 m <sup>3</sup> /日	開発水量: 45,000 m <sup>3</sup> /日
苫小牧給水 (千歳ダム)	開発水量: 5,000 m <sup>3</sup> /日 導水距離: 15 km	開発水量: 20,000 m <sup>3</sup> /日	新規需要なし
札幌給水 (千歳ダム)	開発水量: 20,000 m <sup>3</sup> /日 導水距離: 20 km	開発水量: 50,000 m <sup>3</sup> /日	新規需要なし
札幌給水 (千歳ダム)	開発水量: 10,000 m <sup>3</sup> /日 L=30km	開発水量: 15,000 m <sup>3</sup> /日	開発水量: 6,000 m <sup>3</sup> /日
札幌給水 (千歳ダム)	開発水量: 5,000 m <sup>3</sup> /日 導水距離: 15 km	開発水量: 15,000 m <sup>3</sup> /日	新規需要なし
札幌給水 拡張事業	開発水量: 57,000 m <sup>3</sup> /日 導水距離: 15 km Phase-1: 19,500 m <sup>3</sup> /日 Phase-2: 37,500 m <sup>3</sup> /日	開発水量: 80,000 m <sup>3</sup> /日 Phase-1: 27,000 m <sup>3</sup> /日 Phase-2: 53,000 m <sup>3</sup> /日	開発水量: 45,000 m <sup>3</sup> /日 Phase-1: 15,000 m <sup>3</sup> /日 Phase-2: 30,000 m <sup>3</sup> /日
札幌給水 拡張事業	開発水量: 20,000 m <sup>3</sup> /日 導水距離: 10 km Phase-1: 10,000 m <sup>3</sup> /日 Phase-2: 10,000 m <sup>3</sup> /日	開発水量: 30,000 m <sup>3</sup> /日 Phase-1: 15,000 m <sup>3</sup> /日 Phase-2: 15,000 m <sup>3</sup> /日	開発水量: 16,000 m <sup>3</sup> /日 Phase-1: 8,000 m <sup>3</sup> /日 Phase-2: 8,000 m <sup>3</sup> /日
札幌給水 拡張事業	開発水量: 14,000 m <sup>3</sup> /日 導水距離: 5 km	開発水量: 35,000 m <sup>3</sup> /日	開発水量: 10,000 m <sup>3</sup> /日
札幌給水 給水井戸	開発水量: 12,000 m <sup>3</sup> /日 井戸本数: 120本	開発水量: 20,000 m <sup>3</sup> /日 井戸本数: 200本	開発水量: 9,000 m <sup>3</sup> /日 井戸本数: 90本
<合計>	都市の数: 10 都市 開発水量: 723,000 m <sup>3</sup> /日 井戸本数: 170本	都市の数: 10 都市 開発水量: 1,095,000 m <sup>3</sup> /日 井戸本数: 250本	都市の数: 7 都市 開発水量: 551,000 m <sup>3</sup> /日 井戸本数: 140本

(注) 1) 12 都市のうち、札幌千歳および苫小牧は現在の給水能力が大きく新規開発の必要はない。  
2) 札幌北部域給水井戸のうち、8本(5,200m<sup>3</sup>/日)の井戸掘削は現在日本の無償協力事業で実施中。

<中小都市給水事業> 表 4-5 参照。

80 中小都市の水源地は、基本シナリオ農業拡大型の場合で、表流水: 17 都市、地下水: 63 都市となっている。表流水の総開発水量は 49.3 千 m<sup>3</sup>/日で 1 都市平均で 2.9 千 m<sup>3</sup>/日である。各都市の需要量は大都市と比べて小さいので、表流水開発の場合は貯留ダムによらず河川の自流を利用する。地下水の総開発水量は 106.6 千 m<sup>3</sup>/日 (井戸 1,281 本) で 1 都市平均で 1.7 千 m<sup>3</sup>/日 (井戸 20 本) である。

表 4-5 中小都市給水事業

州名	州名	基本シナリオ農業拡大型			基本シナリオ工業主導型			低成長シナリオ		
		都市数	開発量	施設	都市数	開発量	施設	都市数	開発量	施設
ルサカ州	表流水	4	23,600	L=40km	4	62,300	L=40km	4	13,700	L=40km
	地下水	1	960	W=5本	1	1,728	W=9本	1	576	W=3本
コッパーベルト州	表流水	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	地下水	4	5,818	W=17本	4	15,512	W=60本	4	3,542	W=7本
中央州	表流水	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	地下水	7	13,590	W=230本	7	31,390	W=594本	7	9,390	W=156本
西部州	表流水	5	11,600	L=12km	5	38,200	L=12km	4	7,700	L=10km
	地下水	2	3,220	W=92本	2	6,020	W=172本	3	2,520	W=72本
西部州	表流水	3	5,700	L=6km	2	9,400	L=6km	3	4,100	L=6km
	地下水	9	16,878	W=36本	9	31,356	W=67本	9	10,764	W=23本
南部州	表流水	2	1,400	L=6km	2	2,500	L=6km	2	1,100	L=6km
	地下水	19	25,660	W=315本	19	59,573	W=764本	19	13,070	W=144本
MTナラ州	表流水	3	7,000	L=6km	3	13,600	L=6km	3	5,900	L=6km
	地下水	4	8,374	W=79本	4	20,760	W=185本	4	5,936	W=56本
北部州	表流水	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	地下水	10	19,326	W=221本	10	36,988	W=445本	10	14,850	W=162本
東部州	表流水	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	地下水	7	12,782	W=286本	7	24,030	W=531本	7	9,878	W=223本
<合計>	合計	80	155,906		80	353,267		80	103,026	
	表流水	17	49,300	L=70km	17	126,000	L=70km	16	32,500	L=68km
	地下水	63	106,606	W=1,281本	63	227,267	W=2,837本	64	70,526	W=846本

(注) L: 導水延長(km)、W: 井戸本数

<村落給水事業> 表 4-6 参照。

村落給水は手動ポンプ付きの掘削井戸(井戸径 15cm、深さ 60m)で計画する。2015 年の総水需要に対して 75%以上の給水率を達成する村落給水事業は、基本シナリオ農業拡大型で、開発水量: 169 千 m<sup>3</sup>/日井戸本数: 22,528 本となる。

表 4-6 村落給水事業

州	基本シナリオ農業拡大型		基本シナリオ工業主導型		低成長シナリオ	
	開発量(m <sup>3</sup> /日)	井戸本数	開発量(m <sup>3</sup> /日)	井戸本数	開発量(m <sup>3</sup> /日)	井戸本数
ルサカ	8,176	1,090	3,892	519	7,275	970
コッパーベルト	12,780	1,704	13,470	1,796	11,100	1,480
中央	21,256	2,834	21,923	2,923	18,975	2,530
北西部	13,066	1,742	11,460	1,528	11,693	1,559
西部	7,936	1,058	7,298	973	4,958	661
南部	26,372	3,516	25,935	3,458	23,130	3,034
MTナラ	15,512	2,068	15,188	2,025	13,860	1,848
北部	26,596	3,546	26,603	3,547	23,888	3,185
東部	37,276	4,970	38,565	5,142	33,390	4,452
<合計>	168,970	22,528	164,334	21,911	148,269	19,769

(注) ルサカ州、コッパーベルト州および中央州については、それぞれ、65本、150本および105本、合計給水量 1,660m<sup>3</sup>/日の井戸掘削が日本の無償事業により実施中。

<地下水開発促進事業> 表 4-7 および表 4-8 参照。

給水事業計画では、基本シナリオ農業拡大型の場合、2015年までの20年間に約2.4万本の井戸の新設を計画している。ザンビアには現在8台のDTIタイプのリグがあるが、1,200本/年のペースで井戸を掘削するためには、少なくとも20台以上のDTIタイプのリグが必要である。また、総計200人以上の水理地質技術者、掘削技術者、機械技術者で構成される20以上の掘削班が必要となる。更に、設置された井戸の維持管理のための体制強化が必要となる。

また、地下水開発に携わる人材の育成機関も必要となる。これらのことを達成するために、地下水開発促進事業として、“井戸センター事業”と“地下水開発研修センター事業”を提案する。井戸センターは、各州ごとに設置することとし、水利局の現有の機器、人材を活用する。それぞれの井戸センターの設置に先立って先ず最初に、地下水開発研修センターをルサカ井戸センターに併設して設置するものとし、地下水開発技術者や井戸管理者等を講義やOJTを通して育成する。

表 4-7 井戸センター事業

州	リグの台数	計画井戸の本数 (基本シナリオ農業拡大型)				事業費 (百万us\$)	備考
		大都市	小都市	村落	合計		
ルサカ	(2)*	50	5	1,090	1,145	13.40	井戸センターと地下水開発研修センターの両機能をもつ。既存のDWA井戸部門の機器、人材を活用する。掘削班：2班
コバベト	2		17	1,704	1,721	6.46	ソラに基地を新設する。掘削班：3班
中央	(3)*		230	2,834	3,064	-	カウラにある既存の基地を利用する。掘削班：5班
北西部	2		92	1,742	1,834	6.46	カウラに基地を新設する。掘削班：3班
西部	(1)*		36	1,058	1,094	-	ソラにある既存の基地を利用する。掘削班：2班
南部	(2)*		315	3,516	3,831	-	モンベにある既存の基地を利用する。掘削班：5班
MPラ	2		79	2,068	2,147	6.46	ソラに基地を新設する。掘削班：3班
北部	3		221	3,546	3,767	9.57	カウラに基地を新設する。掘削班：5班
東部	4	120	286	4,970	5,376	12.69	カウラに基地を新設する。掘削班：6班
<合計>	13台 (8)*	170	1,281	22,528	23,979	55.04	

\*：既存のリグの台数

表 4-8 地下水開発研修センター事業

項目	内容の説明
(1) 設立の主旨	水資源開発マスタープランに示された将来の地下水開発を効果的に実施するためのザンビア人地下水開発技術者の養成。養成対象者は、水理地質技師、井戸掘削技師、機械技師、村落給水指導員等
(2) センターの位置	研修センターは、ルサカ井戸センターに併設し、ルサカ市内に設置する。
(3) センターの規模	総敷地面積：10,000 m <sup>2</sup> 、総建屋面積：3,000 m <sup>2</sup> 、リグ：2台 (DTIタイプ)
(4) 主要な設備	研修室、大講義室、資料室、視聴覚室、電算室、宿泊施設、ワークショップ等
(5) 実施工程	第1期：センターの設置、コンピュータによる初期トレーニングの導入 (3年間) 第2期：外国人長期専門家による技術移転 (5年間) 第3期：ザンビア人講師による研修 (技術移転終了後から)
(6) 第1期の事業費	- センターの設置および初期トレーニング : 16.40 百万us\$ - 運営・維持費 : 100,000 us\$/年