No. 2

国際協力事業団

中華人民共和国
電力工業部東北電業管理局

中華人民共和国
紅石ダム揚水式水力発電所フィージビリティ調査

最終報告書

1998年1月

JICA LIBRARY
J 1140298[9]

電源開発株式会社
株式会社アイ・エヌ・エー

鉱調資
J R
97 - 194

国際協力事業団

中華人民共和国
電力工業部東北電業管理局

中華人民共和国
紅石ダム揚水式水力発電所フィージビリティ調査
最終報告書

1998年1月

電源開発株式会社
株式会社アイ・エヌ・エー

1140298(9)

序　文

日本国政府は、中華人民共和国政府の要請に基づき、同国の紅石ダム揚水式水力発電所フィージビリティ調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施しました。

当事業団は、平成８年２月から平成９年11月までの間、９回にわたり電源開発（株）の金子和男を団長とし、電源開発（株）及び（株）アイ・エヌ・エーの団員から構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は中国政府関係者と協議を行うとともに、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。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心から感謝申し上げます。

平成10年１月

藤田公郎

国際協力事業団

総裁　藤田公郎

平成10年1月

国際協力事業団
総裁　藤田公郎殿

伝　達　状

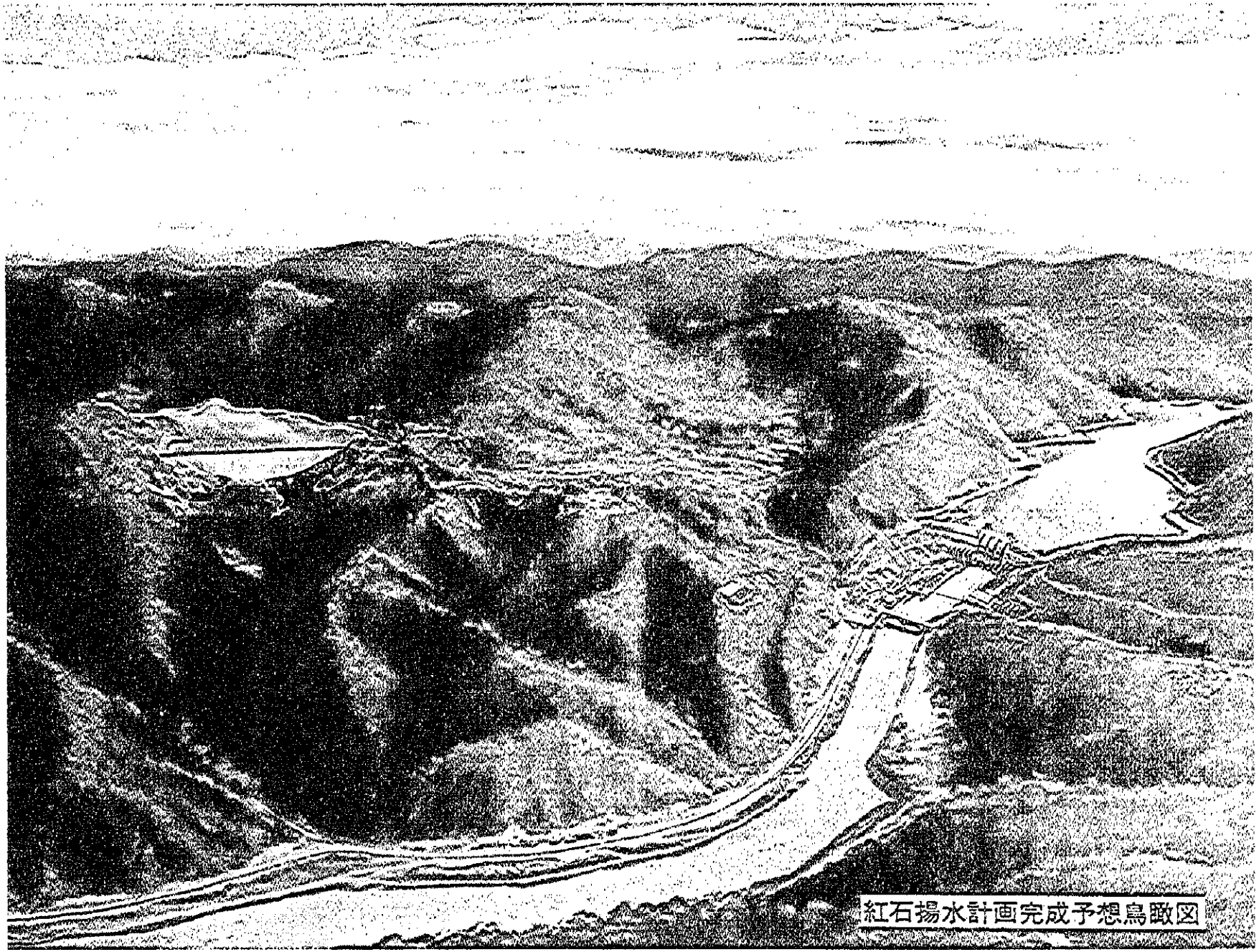
中華人民共和国紅石ダム揚水式水力発電所フィージビリティ調査報告書をここに提出致します。この報告書には本計画の調査内容は勿論、日本政府関係機関および貴事業団の結論と勧告が含まれています。さらに本報告書は瀋陽で行われたドラフトファイナルレポートの技術協議を通じて提示された中国・東北電業管理局（電力集団公司）のコメントも取り入れられています。

この報告書には、中国吉林省松花江上流部の既設紅石貯水池を下池とする純揚水発電計画の開発候補地点から選定された最適の揚水式水力発電開発計画についてのフィージビリティ調査の内容が纏められています。フィージビリティ調査の結果、この紅石揚水発電開発計画は負荷調整が益々困難となっている中国東北部の電力系統へのピーク調整、電力供給を目的とする電力開発として技術的、経済的および財務的見地から有望な開発計画であると判断されます。

中国東北部のピーク調整電源開発の必要性から、中国政府が紅石揚水計画を早急に実施することを勧告致します。

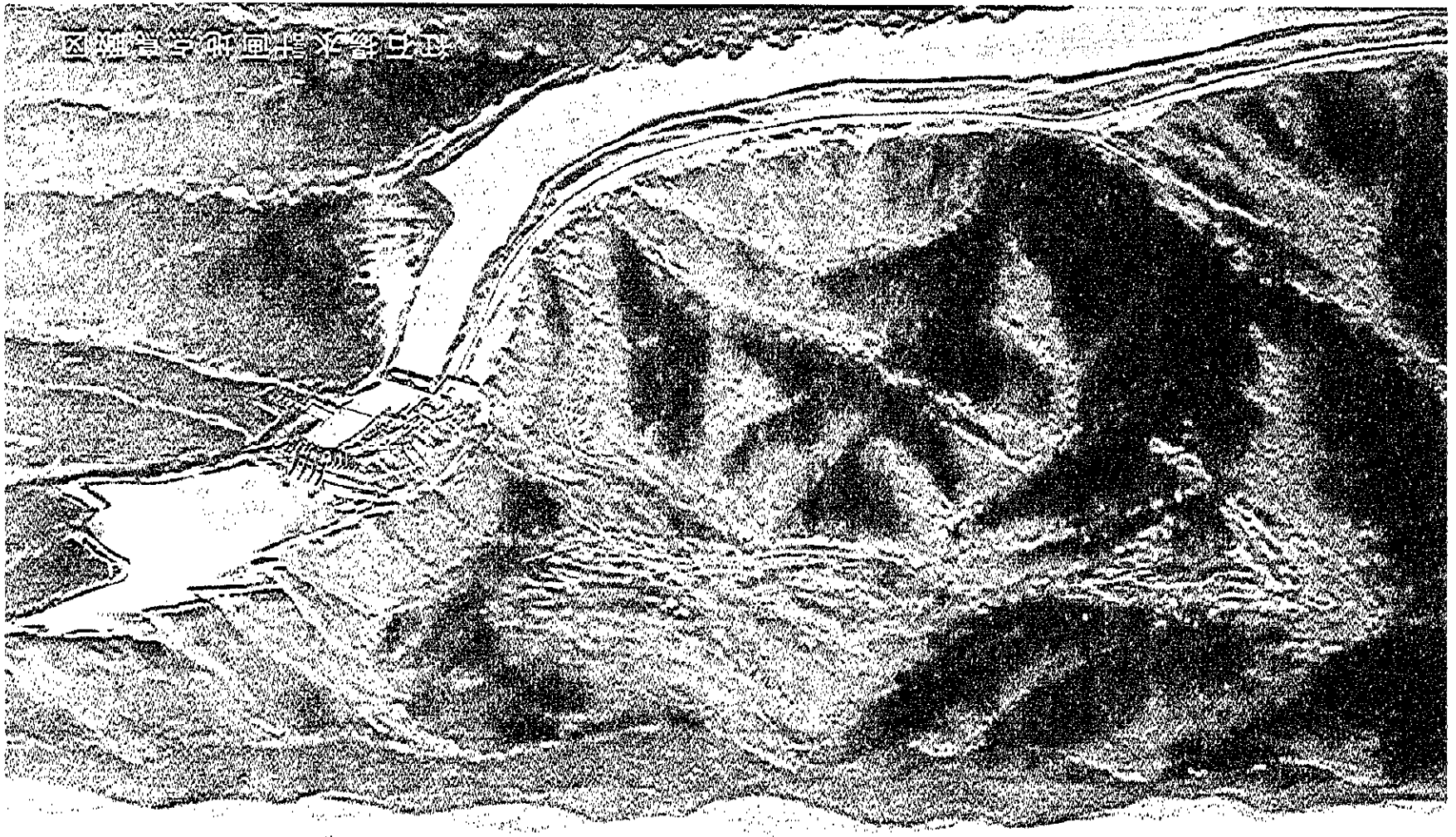
我々にこの機会を与えて頂いた貴事業団、外務省および通商産業省に対して心より感謝申し上げます。さらに、現地調査の期間我々に対して密接な協力と助言を頂いた中国東北電業管理局（電力集団公司）および関係機関に対して深く感謝致します。

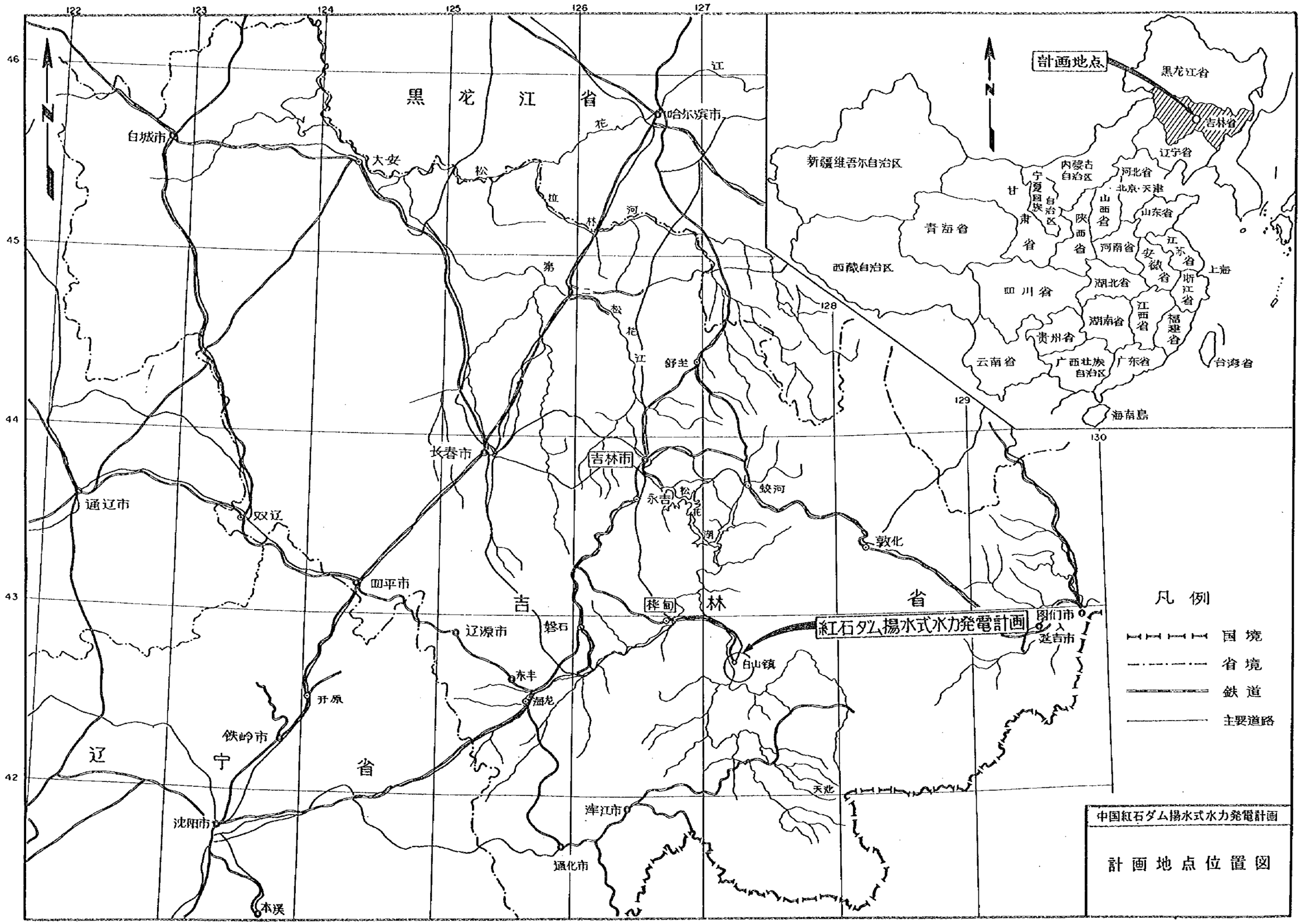
紅石ダム揚水式水力発電所フィージビリティ調査
総　括　　金子和男

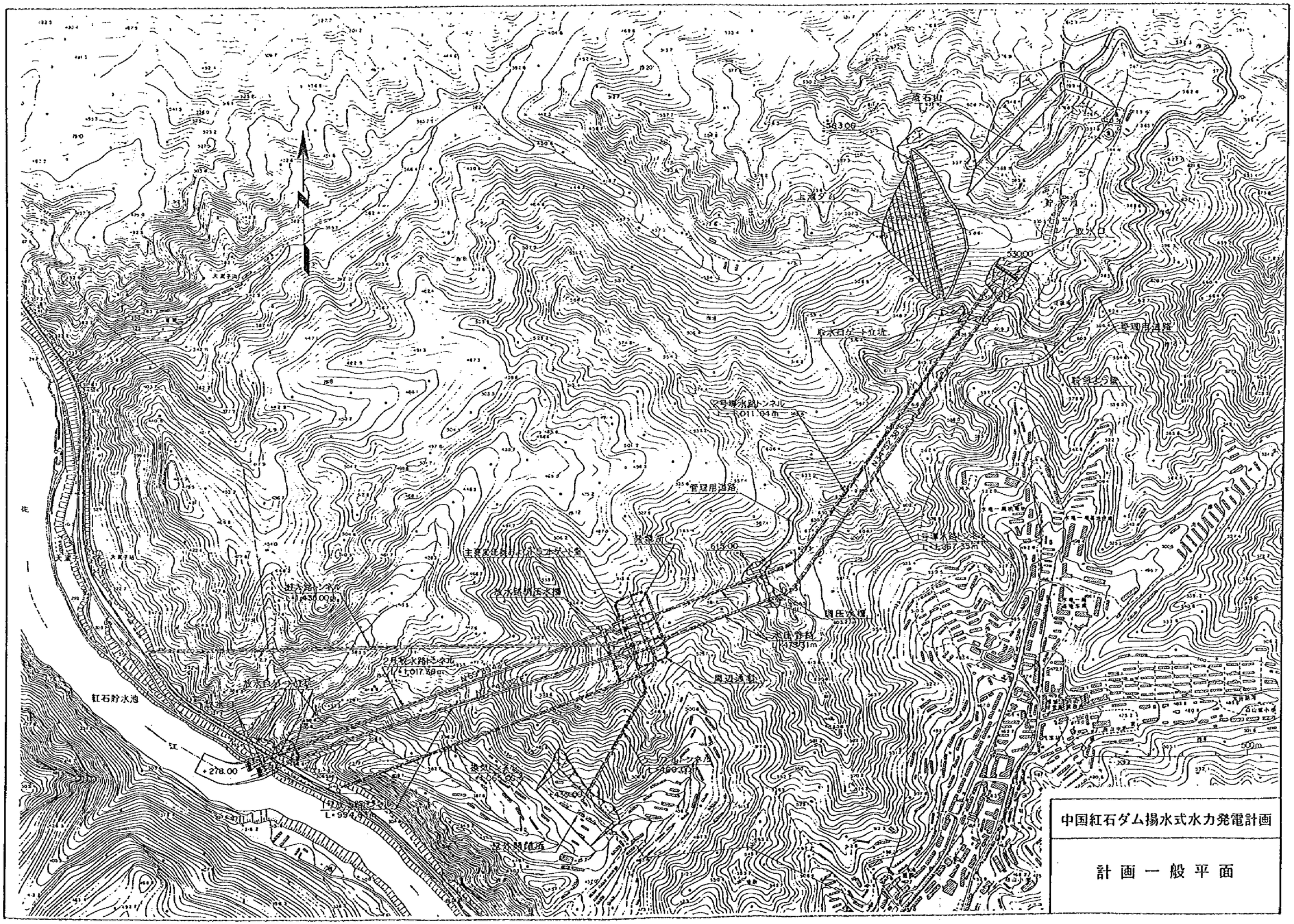


紅石揚水計画完成予想鳥瞰図

図版第四十六　大谷古墳出土遺物




計画地点
黒龍江省
吉林省
辽宁省
内蒙古自治区
河北省
北京·天津
山东省
新疆维吾尔自治区
甘肃省
宁夏回族自治区
陕西省
山西省
青海省
河南省
安徽省
江苏省
上海
西藏自治区
四川省
湖北省
浙江省
江西省
福建省
湖南省
贵州省
云南省
广西壮族自治区
广东省
台湾省
海南島
黒龍江省
哈尔滨市
白城市
大安
松花江
拉林河
弟二松花江
舒兰
长春市
吉林市
永吉
桦甸
蛟河
敦化
通辽市
双辽
四平市
吉林省
辽源市
磐石
桦甸
紅石ダム揚水式水力発電計画
白山镇
图们市
延吉市
赤丰
海龙
开原
铁岭市
辽宁省
沈阳市
本溪
浑江市
通化市
天池
凡例
国境
省境
鉄道
主要道路
中国紅石ダム揚水式水力発電計画
計画地点位置図


中国紅石ダム揚水式水力発電計画
計画一般平面
紅石貯水池
取水口
取水口ゲート立坑
管理用道路
調圧水槽
周辺道路
500m

紅石ダム揚水式水力発電所フィージビリティ調査

目　次

頁

結論と勧告 …… C－1

序　論

1．要請の背景・経緯 …… I－1

2．調査の目的、範囲および調査内容 …… I－1

2.1　調査目的 …… I－1

2.2　調査範囲 …… I－1

2.3　調査内容 …… I－2

2.4　現地再委託調査 …… I－5

3．カウンターパート研修 …… I－9

4．収集資料 …… I－10

第1章　中国及び東北地方概観

1.1　中国の経済事情 …… 1－1

1.1.1　経済成長 …… 1－1

1.1.2　全国人口の推移 …… 1－4

1.2　東北地方の概況 …… 1－6

1.2.1　地　理 …… 1－6

1.2.2　経済状況 …… 1－8

1.2.3　東北地方の人口動態 …… 1－10

第2章　中国及び東北地方のエネルギー・電力事情

2.1　中国のエネルギー事情 …… 2－1

2.1.1　中国のエネルギー生産と消費量 …… 2－1

2.1.2　経済成長とエネルギー消費の関係 …… 2－2

2.2　中国の電力網構成 …… 2－5

2.3　中国の電力設備と需給の現状 …… 2－8
2.3.1　発電設備容量と発生電力量 …… 2－8
2.3.2　送配電設備の現状 …… 2－9
2.3.3　設備利用率の水火別比較 …… 2－13
2.3.4　日負荷曲線 …… 2－13
2.4　東北地域の電力事情 …… 2－15
2.4.1　電力需給の将来見通し …… 2－15
2.4.2　最大電力とピーク格差 …… 2－25
2.4.3　紅石揚水発電所の位置づけ …… 2－29

第3章　計画地点及び周辺の一般概況

3.1　吉林省中・東南部地域における環境概要 …… 3－1
3.1.1　社会環境の現況 …… 3－1
3.1.2　上池計画地点の地形地質 …… 3－10
3.1.3　堤体材料調査 …… 3－22
3.1.4　発電計画 …… 3－27
3.2　関連電力設備の状況 …… 3－63
3.2.1　白山発電所屋外開閉所 …… 3－63
3.2.2　白山発電所関連送電線 …… 3－65
3.2.3　周辺変電設備 …… 3－66
3.2.4　最適な送電方式の提案 …… 3－68
3.3　輸送路調査 …… 3－69
3.3.1　輸送ルート …… 3－69
3.3.2　鉄道輸送 …… 3－70
3.4　周辺環境の状況 …… 3－71
3.5　水　文 …… 3－75

第4章　比較検討案の策定

4.1　興隆屯上池案 …… 4－1
4.2　珠薬庫上池案 …… 4－2

第5章　最適上池計画地点の選定

5.1　比較検討案の検討 …… 5－1

5.2　最適計画地点の選定 …… 5－2

5.3　炸薬庫地点周辺調査 …… 5－4

5.3.1　地質調査 …… 5－4

5.3.2　環境調査 …… 5－17

5.3.3　水文調査 …… 5－24

第6章　最適計画の選定と運用計画

6.1　最適規模の選定及び投入時期 …… 6－1

6.1.1　ピーク格差および揚水原資からみた規模の検討 …… 6－1

6.1.2　地形・地質からみた貯水池規模の検討 …… 6－4

6.1.3　最適規模 …… 6－4

6.1.4　投入時期 …… 6－13

6.2　発電機構成 …… 6－13

6.3　揚水原資および運転パターン …… 6－15

6.3.1　日負荷曲線の想定 …… 6－15

6.3.2　揚水原資の検討 …… 6－16

6.3.3　紅石貯水池運用計画 …… 6－21

第7章　系統及び潮流解析

7.1　系統解析の目的 …… 7－1

7.2　系統解析の実施方法 …… 7－1

7.3　解析結果と今後の課題 …… 7－1

7.3.1　解析結果 …… 7－1

7.3.2　解析結果に対するレビュー …… 7－3

7.4　送電線建設コスト …… 7－6

第8章　環境影響評価

8.1　吉林省中・東部地域における環境概要 …… 8－1

8.1.1　社会環境の概況 …… 8－1

8.1.2　自然環境の概況 …… 8－4

8.1.3　公害の概況 …… 8－7

8.1.4　環境法制度と環境行政 …… 8－8

8.2　プロジェクト対象地域の環境現況 …… 8－17

8.2.1　社会・文化環境の現況 …… 8－17

8.2.2　自然環境の現況 …… 8－19

8.2.3　景観と環境調和 …… 8－26

8.2.4　公害と災害の現況 …… 8－27

8.3　環境影響の分析と予測及び評価 …… 8－28

8.3.1　建設工事期環境インパクトの予測及び評価 …… 8－28

8.3.2　運用期間中における環境インパクトの予測及び評価 …… 8－32

8.4　環境影響対策の検討 …… 8－33

8.4.1　建設工事中の環境保全対策 …… 8－33

8.4.2　工事跡地の環境保全対策 …… 8－35

8.4.3　植樹・緑化の必要性 …… 8－37

8.5　総合評価 …… 8－37

第9章　概略設計

9.1　プロジェクトサイトの地質評価 …… 9－1

9.1.1　プロジェクトサイトの地形地質的位置づけ …… 9－1

9.1.2　プロジェクトサイトの地形・地質 …… 9－1

9.1.3　上池ダムサイトの地質・岩盤状況 …… 9－2

9.1.4　地下発電所、調圧水槽および水路トンネル沿いの地質・岩盤状況 …… 9－3

9.1.5　原石山 …… 9－3

9.2　土木設備 …… 9－11

9.2.1　一般 …… 9－11

9.2.2　上池ダム …… 9－12

9.2.3 水路系 …… 9－15
9.2.4 発電所 …… 9－18
9.3 電気設備 …… 9－44
9.3.1 発電所 …… 9－44
9.3.2 屋外設備 …… 9－50
9.3.3 運転制御 …… 9－51

第10章 施工計画および実施工程

10.1 施工計画 …… 10－1
10.1.1 計画条件 …… 10－1
10.1.2 施工計画 …… 10－2
10.2 実施工程 …… 10－13
10.2.1 全体工程 …… 10－13
10.2.2 土木工事 …… 10－13
10.2.3 ポンプ水車・発動電動機関係 …… 10－19
10.2.4 送電設備関係 …… 10－19

第11章 事業費の算定

11.1 事業費の構成および積算方法 …… 11－1
11.1.1 事業費の構成 …… 11－1
11.1.2 積算条件 …… 11－2
11.2 事業費 …… 11－4
11.2.1 本体工事費 …… 11－4
11.2.2 予備費 …… 11－5
11.2.3 事業者経費 …… 11－6
11.2.4 建設中利子 …… 11－6
11.2.5 総事業費 …… 11－6

第12章 経済・財務分析

12.1 経済分析 …… 12－1

12.1.1 経済分析の手法 …… 12－1
12.1.2 経済分析の基本条件 …… 12－1
12.1.3 代替ガスタービン火力発電所との経済分析 …… 12－6
12.1.4 代替ガスタービン火力発電所との感度分析 …… 12－6
[参考] 代替石炭火力発電所との経済分析 …… 12－7
12.2 財務分析 …… 12－22
12.2.1 財務分析の手法 …… 12－22
12.2.2 財務的内部収益率（ＦＩＲＲ）の前提条件 …… 12－23
12.2.3 債務返済比率（Debt Service Ratio）の前提条件 …… 12－23
12.2.4 財務的内部収益率（ＦＩＲＲ）の分析 …… 12－25
12.2.5 債務返済比率（Debt Service Ratio）の分析 …… 12－26

結論と勧告

結論と勧告

紅石ダム揚水式水力発電計画は、第二松花江上流部、吉林省吉林市の南南東約140kmに位置し、調査検討の結果、以下の諸元においてこの計画は技術的、環境面および経済性の観点からフィージブルであることが判明した。

結　論

1．下池は既設紅石貯水池を利用し、上池は炸薬庫（森景溝）地点に新設する。

ダム		
型式		コンクリート表面遮水壁型ロックフィルダム
堤高		78 m
堤頂長		502 m
体積		2,200,000m³
発電所		地下式弾頭型
大きさ		高さ 57m×幅 28m×長さ 153m
水車		
型式		立軸フランシス可逆ポンプ水車
台数		4
定格		
・水車	基準有効落差	258.0 m
	最高出力	308,000 kW
	最大流量	138.0 m³/s
	回転数	300 rpm
・ポンプ	最高全揚程	296.0 m
	最高揚水量	119.2 m³/s
	最大ポンプ入力	338,000 kW
	回転数	300 rpm
発電電動機		
型式		三相交流同期発電電動機
台数		4
定格		
・容量	発電機	334,000 kVA
	電動機	344,000 kW
・電圧		18 kV
・周波数		50 Hz

主要変圧器

型式	屋内特別三相送油水冷式、負荷時タップ電圧切替付
バンク数	4
容量	350,000 kVA
電圧	500/18 kV

屋外開閉所

型式	従来形気中絶縁式
電圧	500 kV
母線構成	母線接続用しゃ断器付二重母線

送電線

区間	紅石揚水発電所－東豊変電所
距離	約155 km
電圧	500 kV
回線数	1回線

2．規模

出力	1,200 MW
運転時間	5時間

3．工事期間並びに運開時期

設計・入札	1999年～2000年
工事期間	2001年～2006年
運転開始	2005年（1号機）

4．環境問題　なし

5．総事業費

総事業費	628,317 万元（94,248百万円）
外貨分	337,346 万元（50,602百万円）
内貨分	290,971 万元（43,646百万円）
	（1997年、1元＝15円）

6．経済分析結果

B－C	202,808 万元
B／C	1.62
EIRR	27.0 %

勧　告

- 東北電業管理局管内のピーク調整の必要性に鑑み、出来得る限り早期に紅石揚水発電所を運開する必要がある。

- 計画地点における気象観測、水文調査等のデータが少ないので着工まで継続して観測調査を実施し、データを蓄積することが望ましい。

- 計画地点の地質は非常に堅硬で、ダム、発電所の建設には支障はないもののその確認のため、左岸鞍部の断層部追加調査および放水口部（紅石貯水池内）の水深および地質の調査が必要である。

- 既設白山発電所および紅石発電所の出力、発電量に影響しないよう下池となる紅石貯水池の水位運用は揚水開始時には EL. 289. 60mとし、最高水位を１m高めて EL. 291. 00mとする必要がある。

- 系統安定性計算については、実機ベースの機器諸元が明らかになった段階で計算時間を長くした計算等詳細な検討が必要である。

- 当揚水発電所が将来的に東北電網の中で有効にかつ安定的に利用されるためには東豊～本渓間の既設送電線（500ｋＶ　１回線）を２回線に強化することが望まれる。

- 当計画地点は社会的、地理的、生態的及びその他環境条件においても問題となるものはないと判断されるが、上池貯水池法面に対する侵食防止対策および土捨場を含めた工事跡地の有効利用等、ダム周辺環境整備等の検討を行う必要がある。

- 工事実施に伴い約25世帯程度の移住が必要となるが、移住者に対する適切な措置が望まれる。

- 重量物の輸送が予定されている鉄道について、その健全性を確認しておく必要がある。

- 財務分析の結果によれば、電力料金の引き上げが必要であるが、揚水発電の特殊性を考え、紅石揚水発電所の総事業費は東北電業管理局管内の全発電量に伴う売電収益で賄うよう検討すべきである。

序　論

序　論

頁

1．要請の背景・経緯 …… I－1

2．調査の目的、範囲および調査内容 …… I－1

2.1　調査目的 …… I－1

2.2　調査範囲 …… I－1

2.3　調査内容 …… I－2

2.4　現地再委託調査 …… I－5

3．カウンターパート研修 …… I－9

4．収集資料 …… I－10

序　論

1．要請の背景・経緯

中国東北部の電力部門を管轄している東北電業管理局は、電力工業部の下部組織にあり、東北３省を統括し、水力発電所、火力発電所及び送電線の建設、維持・管理と電力供給を行う電気事業者である。

管内の面積は約120万㎢、人口は約１億１千万人である。現在の電力設備は約2,700万ｋＷで、年間発電電力量は約1,260億ｋＷｈである。

管内には数多くの炭鉱を有し、全発電設備の内84％が火力発電によるものである。

管内のピーク電力格差（最大電力と最小電力の差）は年々拡大しており、1995年実績では765 万ｋＷに達している。そのうち、約300 万ｋＷを火力発電所の運転停止や部分負荷運転等により調整しており、需給調整用電源としての揚水発電所の導入が強く望まれている。このような背景から中華人民共和国政府は日本政府に対して本案件のＦ／Ｓ調査を要請してきた。

2．調査の目的、範囲および調査内容

2.1　調査目的

本調査の目的は、吉林省松花江上流部の既設紅石貯水池を下池とする純揚水発電開発について最適計画案を策定し、技術・財務・経済および環境面からその実施可能性を検討することにある。

2.2　調査範囲

本計画は中華人民共和国の東北部に位置する吉林省 東南部、松花江上流域にある紅石貯水池が下池として想定されており、その両岸に数カ所の上池候補地点が広がっている。

したがって、これら各地点の貯水池および想定されるダム、水路、発電所等の各構造物の予定地を含む約300㎢の範囲を調査対象地域とした。さらに紅石貯水池の上流に位置する白山ダムおよび発電所、関連する送変電設備等についても紅石揚水計画に対する利用可能性調査を実施した。

調査団の構成

総　　括	金子和男	電源開発㈱
発電計画	山口　昇	㈱アイ・エム・エー
土木設計	丸山　博	電源開発㈱
〃	山川精一	㈱アイ・エム・エー
送電系統解析	志垣大介	電源開発㈱
電　　機	山川弘勝	電源開発㈱
測量図化	志水信雄	㈱アイ・エム・エー
水文解析	若尾　淳	㈱アイ・エム・エー
地質調査	梅本信輔	㈱アイ・エム・エー
環境調査	千田勝巳	㈱アイ・エム・エー
経済・財務	宍倉義裕	電源開発㈱
業務調整（平成7年度）	毛利哲明	電源開発㈱
〃　（平成8年度）	赤池広康	電源開発㈱

2.3　調査内容

本調査は、1995年10月17日に中華人民共和国 東北電業管理局と日本国国際協力事業団の両者間において締結された「中華人民共和国 紅石ダム揚水式水力発電所フィージビリティスタディ調査 実施細則」および「事前調査団 協議議事録」に基づき実施された。

本調査は以下の3段階に分けて実施された。

(1)　予備調査（1996.2~1996.8）

(2)　詳細調査（1996.8~1997.1）

(3)　フィージビリティ設計（1997.2~1997.11）

日本側および中国側の調査作業の分担は表1の通りである。

表1　調査業務の分担

調査事項	日本側	中国側
1．資料収集及びレビュー	レビュー及び分析	必要資料の提供
2．現地踏査	現地踏査の実施	カウンターパートの配置
3．電力需要調査	調査の実施	必要資料の提供又は作成
4．電力供給調査	調査の実施	同　上
5．電力系統調査*	調査の実施	同　上
6．測量・図化	1)航空写真撮影及び図化（縮尺 1/5,000） 2)地形測量（水準、縦横断、平面）の実施（縮尺 1/1,000）	1)　同　上 2)　同　上
7．地質調査及び諸試験**	1)ボーリングの実施 2)弾性波探査の実施 3)諸試験の実施	1)　同　上 2)　同　上 3)　同　上
8．補償及び環境調査	1)調査計画策定 2)仕様書の作成 3)調査結果のレビュー	調査の実施
9．水文調査	調査計画策定	調査の実施
10．予備設計	予備設計の実施	必要資料の提供
11．施工計画及び積算	施工計画及び積算	同　上
12．財務・経済分析	分析実施	同　上

変更点

＊　電力系統調査については、中国側の資料提供の可能性がないことからＪＩＣＡ本部の了解のもとに、中国側が系統解析作業を実施することとし、調査団はその結果の検討を行うこととした。

＊＊区域安定性調査を別途委託契約で実施することとした。

(1) 予備調査（1996.2~1996.8）

1）既存関連資料の収集及び分析

2）現地踏査

本開発計画地域において以下の作業を実施した。

a．プロジェクトサイトの地形及び地表地質調査

b．上池地点の水密性、地滑り調査

c．計画発電所地点から白山発電所の送電線ルート及び計画地点調査

d．プロジェクトサイトへの既設及び新設道路

e．建設資機材及び重量物の輸送手段調査

f．材料採取予定地点調査

g．自然及び社会環境に対する補償物件調査

3）電力調査

a．系統における電力供給、変電及び送電設備の現状と将来計画に対するレビューと解析

b．電力需要の伸び、電力量及びピーク電力の予測及び電力需要パターンの特性等に関する情報のレビューと解析

4）航空写真撮影及び図化

5）代替案の作成

航測によって作成された地形図と地表地質調査を基に、紅石貯水池近傍における代替案の作成。

6）代替案の比較検討及び最適案の選定

代替案の中より技術的、経済的であり、かつ環境上の観点を含めた最適案の選定。

(2) 詳細調査段階（1996.8~1997.1）

1）地形測量

主要構造物、開閉所地点及び材料採取地点の地上測量

2）地質調査及び材料試験

a．主要構造物予定地及び材料採取地点における弾性波探査

b．主要構造物予定地及び材料採取地点におけるボーリング調査・透水試験及び

コア試験

c．建設材料及び水質の現場及び室内試験

3）水文調査

a．紅石貯水池の流入量・流出量及び水位観測と解析

b．洪水及び堆砂に関する水文・気象観測と解析

4）環境調査

a．現在の自然及び社会環境の影響評価に係る調査項目の設定

b．環境影響評価

c．移住及び補償に係る調査

(3) フィージビリティ設計段階（1997.2~1997.11）

1）本計画の最適規模および投入時期の決定

2）揚水発電投入に係る系統及び潮流解析

3）フィージビリティ設計

a．主要構造物（ダム、発電所、開閉所、材料採取地点及び送電線、変電所）のフィージビリティ設計

b．主要構造物の概略安定計算及び水理解析

4）概算工事費の積算

5）施工計画及び実施工程の作成

6）財務・経済分析と感度分析

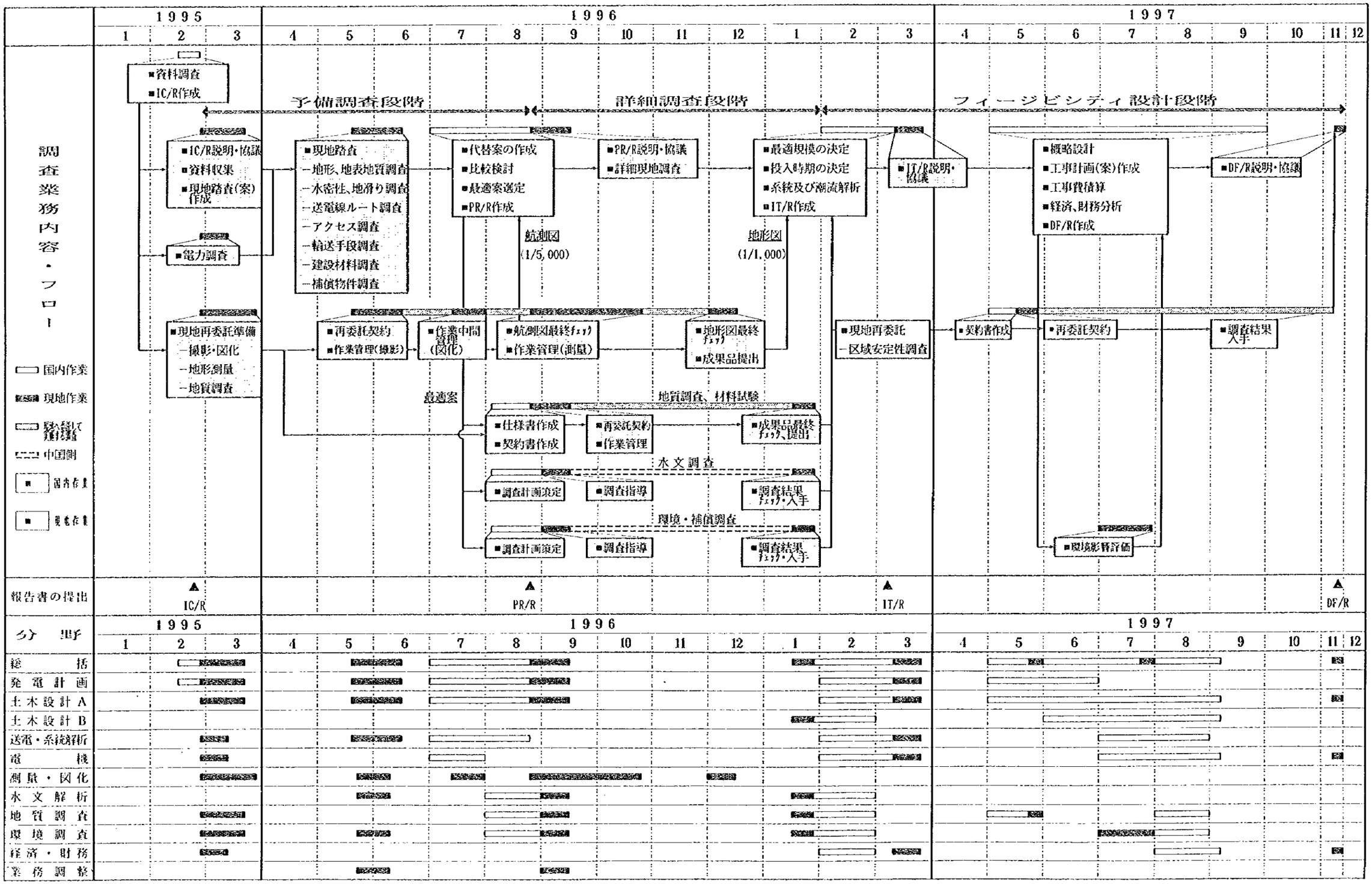
2.4 現地再委託調査

当調査にあたり以下の調査を現地調査機関に再委託した。

委託調査		委託先
1．航空写真撮影・図化・地形測量	……	鉄道部専業設計院
2．地質調査	……	東北勘測設計研究院
3．区域安定性調査	……	遼寧省地震研究所

それぞれの報告書については別冊として編集されている。

図1　調査業務フローチャート



3．カウンターパート研修

調査期間中、技術移転および本調査業務を円滑かつ効果的に実施する目的で下記のカウンターパート研修を実施した。

カウンターパート　　李　友（東北電業管理局規劃処高級工程師）

期間：1997年３月３１日～４月２７日

李忠義（東北電力集団白山発電所水工分所水工工程師）

期間：1997年４月１日～４月２７日

研修及び協議内容

- 本調査のフィージビリティ設計業務に係わる技術移転及び協議
- 水車・発電機およびゲート工場視察
- 既設および建設中の揚水発電所視察

4．収集資料

紅石調査団は現地調査を通じて以下の資料を収集した。

1．白山発電所組織図（パンフレット）

2．1995年現在白山発電所組織図

3．白山発電所Ⅰ期電気部分メイン図面

4．白山発電所Ⅱ期電気部分メイン図面

5．白山発電所ダム配置図

6．白山発電所地下発電所平面図

7．白山発電所地下発電所断面図

8．白山発電所ダム断面図

9．紅石発電所ダム総平面図

10. 紅石発電所左岸締切りダム断面図

11. 紅石発電所据え付け工場平面図

12. 紅石ダム五万分之一地形図

13. 中国東北三つの省と内モンゴルの面積及び人口資料

14. 紅石揚水発電所調査報告（東北勘測設計研究院）

15. 白山発電所86年～95年の毎日降雨量

16. 1995年白山ダム尾水位統計表（毎日）

17. 1995年紅石ダム水位統計表（毎日）

18. 1985～1994年８月白山発電所毎日気温資料

19. 1986～1995年白山ダム蒸発散資料

20. 1986～1994年白山ダム風速資料

21. 紅石ダム容積、面積曲線

22. 紅石ダム水位容積表

23. 中華人民共和国野性動物保護法

24. 中華人民共和国環境保護法

25. 中華人民共和国水土保護法実施条例

26. 中華人民共和国水中野性動物保護法実施条例

27. 中華人民共和国自然保護地域条例

28. 現在行政法律規定総編（1949～1994）目録

29. 中華人民共和国森林法

30. 中国人民共和国森林と野性動物自然保護区管理方法

31. 中国人民共和国鉄道部「鉄道超過荷物輸送条例」

32. 水利水力発電所プロジェクト環境影響評価

33. 大型、水中水利、水力発電所プロジェクト用地徴収に伴う弁償及び移民方法

34. 紅石揚水発電所財務評価資料

35. 東北電管局一覧

36. 東北地域の電力に関する資料

37. 1995年東北電網の日負荷曲線

38. 石炭火力発電所の運転負荷曲線

39. 高集崗1次変電所資料

40. 梅河口1次変電所資料

41. 東豊1次変電所資料

42. 電力需要予測関係資料

43. 東北電管局内の電力料金体系

44. 環境保護国家標準准編　1989--1994年度

45. 園林樹木学

46. 環境保護及び治理

47. 吉林統計年鑑　1995年度

48. 紅石揚水発電所系統解析報告書

49. 紅石揚水発電所環境影響調査報告書

50. 紅石揚水発電所水文調査報告書

51. 発電設備容量、発電電力量統計表

52. 電源開発計画（将来各年度設備計画）

53. 東北電網最大負荷ピーク拡差一覧表

第１章　中国および東北地方概観

第1章　中国及び東北地方概観

頁

1.1　中国の経済事情 …… 1－1

1.1.1　経済成長 …… 1－1

1.1.2　全国人口の推移 …… 1－4

1.2　東北地方の概況 …… 1－6

1.2.1　地　理 …… 1－6

1.2.2　経済状況 …… 1－8

1.2.3　東北地方の人口動態 …… 1－10

第１章　添付図表

頁

図 1.1-1　中国における総人口の推移 …… 1－4

表 1.1-1　中国の実質ＧＤＰの伸び率と小売物価上昇率 …… 1－2
表 1.1-2　1994年一人当たりＧＤＰ …… 1－3
表 1.1-3　1991年から94年の年平均ＧＤＰ伸び率 …… 1－3
表 1.1-4　中国の人口の推移 …… 1－5
表 1.2-1　東北３省１自治区の経済規模 …… 1－9
表 1.2-2　東北地域の面積と人口の現状 …… 1－10
表 1.2-3　東北地域の人口予測 …… 1－10

第一章　中国及び東北地方概観

1.1　　中国の経済事情

1.1.1　経済成長

(1)　一般

現代における中国経済は、文化大革命以降国家建設を急務として重工業化路線を優先してきたが、1978年から79年にかけて経済改革・対外開放政策が導入され、これにより農業及び軽工業が重視されることとなった。この政策転換により、農業分野では人民公社が解体され各地に郷鎮企業が設立され、これらは農業をはじめ商工業・サービスなど広範な分野に及び、農村部の余剰人員を吸収して飛躍的な発展を遂げるとともに、非都市部における経済活動を活発化し、生活水準の向上を実現した。

一方、工業部門においては国営企業を国有企業と呼称を改め、その経営権の大幅な委譲により、自主的で効率的な企業経営を通じて企業の利潤追求と独立採算が図られてきた。とくに沿岸部を中心に全国各地に設けられた経済特別区は、積極的な外資の導入や合弁企業の設立により急激な経済成長を実現している。

このような、いわゆる社会主義市場経済の発展は従来の低賃金、低物価、低消費の経済構造を大きく変化させ、高収入を背景とした多消費に伴う物価の上昇をもたらしている。

(2)　経済成長とＧＤＰ

表 1.1-1は、中国における1980年以降の実質国内総生産（ＧＤＰ）と小売物価の推移を示したものである。1989年直後は天安門事件の影響により一時的に成長が鈍化しているものの、全体としてはかなり高い水準の伸びをみせており、とくに近年は世界経済の低成長をよそに大幅な伸びを記録している。と同時に、94年の小売物価上昇率が21.7%と９３年以降激しいインフレも発生したため、厳しい経済引き締め政策がとられることになった。このような政策は軽工業よりも重工業、集団企業や郷鎮企業よりも国有企業に対して資金調達などの面で大きな影響を与えたが、95年度の物価上昇率を14.8%に抑えるなど引締めの効果が現れている。

このように当面の経済政策はインフレ抑制に重点が置かれるものの、総じて高い経済成長を維持することが政策の柱であることは間違いない。中国政府が96年３月に発

表した第九次五カ年計画では2000年までの成長目標を年平均８％としており、この目標が達成されれば2000年の国民総生産は95年の約1.46倍になるものと思われる。

表 1.1-1　中国の実質ＧＤＰの伸び率と小売物価上昇率

年	ＧＤＰ（百万 US$）		実質ＧＤＰ	小売物価
	名　目	実質（1990価格	伸　び　率	上　昇　率
1980	447	752.9	7.9%	6.0%
1981	477.3	786.6	4.5%	2.4%
1982	519.3	851.5	8.3%	1.9%
1983	580.9	940.5	10.2%	1.5%
1984	696.2	1,077.4	14.5%	2.8%
1985	855.8	1,216.3	12.9%	8.8%
1986	696.6	1,319.5	8.5%	6.0%
1987	1,130.1	1,466.2	11.1%	7.3%
1988	1,406.8	1,631.1	11.3%	18.5%
1989	1,590.3	1,701.8	4.3%	17.8%
1990	1,769.5	1,768.0	3.9%	2.1%
1991	2,023.6	1,909.5	8.0%	2.9%
1992	2,403.6	2,161.3	13.6%	5.4%
1993	3,151.4	2,459.9	13.4%	13.2%
1994	4,391.8	2,752.0	11.6%	21.7%

出典 IMF International Financial Statistics 1995

省別のＧＤＰ額を比較した場合、全国平均は3,224 元であり、最高は上海の11,700元で最低は貴州省の 1,034元である。なお、注目すべきことは一人当たりＧＤＰが高い地域はすべてが沿海部に属して、低い地域は内陸部に属していることである。沿海部と内陸部の経済格差が明白に読み取れる。

1991年から1994年までの年平均ＧＤＰ伸び率を見ると、海南省の22%を筆頭に沿海部の省が続いている。東北地域は全国平均の12.2%よりも低く、黒竜江省は青海省と並び7.5%と最低の伸び率となっている。

表 1.1-2　1994年一人当たりＧＤＰ

順位	省	一人当GDP/人	順位	省	一人当GDP/人	順位	省	一人当GDP/人
1	上海	11,700	11	新彊	2,980	21	広西	2,031
2	北京	8,240	12	吉林	2,868	22	雲南	2,006
3	天津	6,075	13	河北	2,682	23	四川	1,911
4	遼寧	5,015	14	湖北	2,565	24	河南	1,867
5	広東	4,938	15	内蒙古	2,382	25	江西	1,835
6	浙江	4,431	16	山西	2,352	26	安徽	1,672
7	江蘇	4,308	17	黒竜江	2,343	27	チベット	1,642
8	海南	3,815	18	青海	2,337	28	甘粛	1,600
9	福建	3,619	19	寧夏	2,123	29	陝西	1,041
10	山東	3,222	20	湖南	2,053	30	貴州	1,034
					全国平均			2,929

出典　中国統計年鑑

表 1.1-3　1991年から94年の年平均ＧＤＰ伸び率

順位	省	伸び率(%)	順位	省	伸び率(%)	順位	省	伸び率(%)
1	海南	22.0	11	上海	12.8	21	雲南	9.9
2	福建	20.4	12	湖北	12.6	22	内蒙古	9.8
3	広東	20.2	〃	河南	12.6	〃	山西	9.8
4	浙江	19.7	14	新彊	12.2	24	甘粛	9.6
5	江蘇	18.9	15	北京	11.7	〃	陝西	9.6
6	広西	17.1	16	四川	11.4	26	貴州	8.9
7	山東	16.6	17	吉林	11.3	27	チベット	8.1
8	河北	14.8	18	遼寧	11.1	28	寧夏	7.9
9	安徽	14.4	〃	湖南	11.1	29	黒竜江	7.5
10	江西	13.7	20	天津	11.0	〃	青海	7.5
					全国平均			12.2

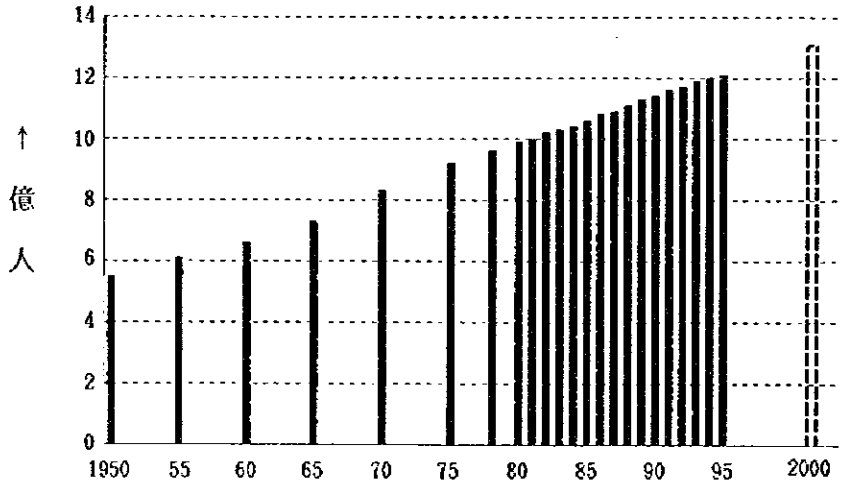
出典　中国統計年鑑

1.1.2　全国人口の推移

一般に電力需要想定に当たって、人口の推移は経済の動向とともに重要な要素である。とくに中国においては一人当たり電力消費量のわずかな変化でも、総需要からみれば膨大な影響となることから、中国における人口の推移と将来見通しを以下に概観することとする。

中国の人口は1954年に初めて６億人の大台に乗り、その後着実に増加し1995年には12億人を突破した。この間約40年でおよそ２倍になったこととなる。このような人口の爆発的増加は、食料問題をはじめ電力・エネルギーや環境問題など、広範な影響を及ぼすこととなる。このため中国政府は1979年に「一人っ子政策」を導入し、人口増加の抑制を図るべく政策の大転換を行った。その結果、人口増加率は1979年から1995年までの年平均で1.36%と、それ以前の20年間の平均1.88%より若干減少したものの増加の傾向に変化はない。（図 1.1-1、表 1.1-4参照）

しかしながら、近年の人口増加の特徴をみると農村人口の増加に比して都市人口の増加のほうがはるかに高い伸びを示しており、このことは都市型エネルギー消費構造が一段と伸びることを示している。一方、学校教育の普及と高学歴化の進展は徐々に意識構造の変化を促し、計画出産等の人工抑制策の普及にも貢献するものと思われることから、2005年あるいは2010年の増加率はかなり低めに推移することが期待されよう。第８次５カ年計画では2000年の全国総人口を12億9000万人とし、10年間平均増加率を1.24%としている。



出典　中国統計年鑑

図 1.1-1　中国における総人口の推移

表 1.1-4　中国の人口の推移

	総人口	対前年増加率(%)	都市人口			農村人口		
			人　口	構成比	伸び率	人　口	構成比	伸び率
1950	55,196	1.90	6,169	11.2		49,027	88.8	1.29
1955	61,465	2.17	8,285	13.5	6.08	53,180	86.5	1.64
1960	66,207	1.50	13,037	19.7	9.49	53,134	80.3	-0.02
1965	72,538	1.84	13,045	18.0	0.01	59,493	82.0	2.27
1970	82,992	2.73	14,424	17.4	2.03	68,568	82.6	2.88
1975	92,420	2.18	16,030	17.3	2.13	76,390	82.7	2.18
1980	98,705	1.32	19,140	19.4	3.61	79,565	80.6	0.82
1981	100,072	1.38	20,171	20.2	5.39	79,901	79.8	0.42
1982	101,654	1.58	21,480	21.1	6.49	80,174	78.9	0.34
1983	103,008	1.33	22,274	21.6	3.70	80,734	78.4	0.70
1984	104,357	1.31	24,017	23.0	7.83	80,340	77.0	-0.49
1985	105,851	1.43	25,094	23.7	4.48	80,757	76.3	0.52
1986	107,507	1.56	26,366	24.5	5.07	81,141	75.5	0.48
1987	109,300	1.67	27,674	25.3	4.96	81,626	74.7	0.60
1988	111,026	1.58	28,661	25.8	3.57	82,365	74.2	0.91
1989	112,704	1.51	29,540	26.2	3.07	83,164	73.8	0.97
1990	114,333	1.45	30,191	26.4	2.20	84,142	73.6	1.18
1991	115,823	1.30	30,543	26.4	1.17	85,280	73.6	1.35
1992	117,171	1.16	32,372	27.6	5.99	84,799	72.4	-0.56
1993	118,517	1.15	33,351	28.1	3.02	85,166	71.9	0.43
1994	119,850	1.12	34,301	28.6	2.85	85,549	71.4	0.45
1995	121,121	1.06	35,174	29.0	2.55	85,947	71.0	0.47

出典　中国統計年鑑

1.2　東北地方の概況

本報告書において取り扱う東北３省とは、一般にいうところの遼寧省、吉林省及び黒竜江省の３省に、内蒙古自治区の一部を含めた３省１自治区を指している。これは東北電力集団公司が管理運営する電力網の範囲が、これら３省１自治区に及ぶためである。

1.2.1　地理

東北３省の面積は、遼寧省14.6万平方キロ、吉林省18.7万平方キロ、黒竜江省45.4万平方キロで合計78.7万平方キロ、全国面積の 8.2%を占めている。内蒙古自治区は118.3万平方キロで、新彊ウィグル自治区やチベット自治区に次いで中国３番目の面積を有する。内蒙古自治区を含めた東北地区の面積は 197万平方キロで、全国面積の20.5%を占めている。

人口は、1991年末で遼寧省 4,067万人、吉林省 2,574万人、黒竜江省 3,672万人で合計１億 313万人となり、全国の 8.6%を占めている。これに内蒙古自治区の 2,260万人を加えると合計１億 2,573万人となり、全国の10.5%にも達する。

中国東北地域は、東に千山山脈、その北には長白山脈がある。西部には大興安嶺山脈があり、北部はアムール川に沿って小興安嶺山脈がある。これらの山脈に囲まれて中国でも最大の東北平野を形成している。東北平野は東西 1,000km、南北の最も広いところで 400kmで面積はおよそ30万km²である。遼寧省－遼河平原地帯があり、これに吉林省の松遼平原が続く。黒竜江省の中心は東北平原で、北には広大な三江平原があり、黒竜江を隔ててロシアの平原につながっている。これらの大平原は中国有数の穀倉地帯であるとともに、有数の地下資源を有し、その代表的なものは黒竜江省の大慶油田に代表される石油をはじめ、鉄鉱石（遼寧省）、石炭（内蒙古自治区）、希土類（内蒙古自治区）などが豊富に分布している。しかしながら、これらの資源は一部を除き未開発の状態であり、今後地域経済の活性化及びインフラの整備が進むに連れて開発が期待される。

遼寧省と吉林省は北温帯大陸性モンスーン気候に属し、遼寧省の年平均気温は４～11度。無霜期は 130～200 日、年平均降水量は 400～1,200mm でその60%は６～８月に降る。吉林省の年平均気温は－３度から７度で、無霜期は 120～150 日、年平均降水量は 350～1,000mm でその60%は６～８月に降る。黒竜江省は寒冷帯大陸性モン

スーン気候に属し、年平均気温は－6度から4度。無霜期は90～120 日、年平均降水量は 250～700㎜ でその60%は6～8月に降る。内蒙古東部の南部地域の降水量は東北平原より少なく、北部の無霜期は 100日以下で非常に寒冷である。

民族分布では、大多数が漢民族であり、吉林省では朝鮮族が5%を占め、内蒙古自治区では蒙古族が13.3%を占めている。

各省及び自治区の概要は以下のとおりである。

(1) 遼寧省

＜面積＞ 14.6万平方キロ

＜人口＞ 4,042万人 93年人口増加率 1.165%

＜行政区画＞ 14の地区級の市（瀋陽、大連、鞍山、撫順、本溪、丹東、錦州、営口阜新、遼陽、朝陽、鉄嶺、盤錦、錦西）

14の県級の市、30の県（うち10が自治県）

56の県級の区

＜省都＞ 瀋陽市：面積1.3万平方キロ（うち市区3,495平方キロ）

人口657.7万人（うち市区464.8万人）

(2) 吉林省

＜面積＞ 18.7万平方キロ

＜人口＞ 2,555万人 93年人口増加率 0.897%

＜行政区画＞ 8の地区級の市（長春、吉林、四平、遼源、通化、渾江、松原、白城）

17の県級の市、23の県（うち3自治県）

19の県級の区

＜省都＞ 長春市：面積1.9万平方キロ（うち市区1,116平方キロ）

人口651.0万人（うち市区218.7万人）

(3) 黒竜江省

＜面積＞ 45.4万平方キロ

＜人口＞ 3,640万人 93年人口増加率 1.038%

＜行政区画＞ 11の地区級の市（ハルビン、チチハル、大慶、伊春、鶏西、鶴岡、双鴨山、牡丹江、七台河、チャムス、黒河）

3地区（松花江、綏化、大興安嶺）

18の県級の市、50の県（うち1自治県）

64の県級の区

＜省都＞　ハルビン市：面積1.8万平方キロ（うち市区1,637平方キロ）

人口555万人（うち市区312万人）

(4)　内蒙古自治区

＜面積＞　118.3万平方キロ

＜人口＞　2,232万人　93年人口増加率　1.165%

＜行政区画＞　4の地区級の市（フフホト、包頭、赤峰、烏海）

8盟（ホロバイル、興安、ジリム、シリンゴル、ウランチャップ、イジュ、バヤンノル、アルハ）

13の県級の市、54旗（うち3自治州）、17の県

16の県級の区

＜省都＞　フフホト市：面積6,079平方キロ（うち市区65平方キロ）

人口141万人（うち市区90万人）

1.2.2　経済状況

東北3省の1994年国内総生産（ＧＤＰ）額はおよそ 5,172億元で、その全国に占める割合は11.5%である。これに内蒙古自治区のＧＤＰ 682億元を加えるとそれぞれ5,854億元、13.0%となる。省別にみた場合、遼寧省が全国比 5.7%を占め全国6位となっているが、他の省は黒竜江省が 3.6%で13位、吉林省が 2.2%で19位、そして内蒙古自治区が 1.5%で23位となっており、全体としてほぼ全国平均のレベルに位置していると思われる。このことは一人当たりＧＤＰの数値からも明らかで、省別の一人当たりＧＤＰを比較した場合、全国平均は 2,929元で、最高は上海の11,700元、最低は貴州省の 1,034元である。東北地域は遼寧省だけが全国平均を上回る 5,015元（全国4位）の他は、いずれも全国平均を下回っている。

このような状況の中で、東北地域の経済成長率の見通しは10.3%と国家計画よりかなり高い目標値を掲げている。

一方、工農業生産額の比較では、ここでも遼寧省のみが全国平均に比して工業生産額のウェイトが高く、他の地域はいずれも農業生産額の比率が高くなっている。これは、

遼寧省が歴史的に早くから産業が発展し、中国でも有数の工業基地を擁しているためである。また、他の地域は肥沃な東北平野から収穫される農産物を、華北地域をはじめとする中国全土への供給基地として機能しているためである。

このことは、輸出入総額の数値にも現れており、この地域が中国全体に占める割合は７％となっている。これは、大連経済開放地区を擁しているにもかかわらず、主要産品が石油、石炭及び農産物であり、これらはすべて国内への移出に当てられるため対外貿易に寄与しないためである。

一方、93年からのインフレ引締め政策は、重工業と国有企業の比率が他地域よりも高いと言われている東北地域にとっては、その経済に与える影響がより深刻であったと思われる。

表 1.2-1　東北３省１自治区の経済規模

	遼寧省	吉林省	黒竜江省	内蒙古	小計	全国
ＧＤＰ総額（億元）	2,584.2	968.8	1,618.6	681.9	5,863.5	45,006
全国比　（%）	5.7	2.2	3.6	1.5	13.0	100
第１次産業（億元）	319	259	316	209	1,103	9,457
全国比　（%）	3.4	2.7	3.3	2.2	11.7	100
第２次産業（億元）	1,382	431	853	262	2,928	22,372
全国比　（%）	6.5	2.0	4.0	1.2	13.1	100
第３次産業（億元）	884	279	449	212	1,824	14,792
全国比　（%）	6.2	1.9	3.1	1.5	12.3	100
一人当たりＧＤＰ（元）	5,015	2,868	2,343	2,382	----	2,929
工業生産額（億元）	4,598.7	1,280.9	1,814.3	640.0	8,334	76,909
全国比　（%）	6.0	1.7	1.7	0.8	10.8	100
工農業比　（%）	88.4	76.0	77.1	67.4	81.8	83
農業生産額（億元）	602.1	405.5	537.9	309.3	1,855	15,750
全国比　（%）	3.8	2.6	3.4	2.0	11.8	100
工農業比　（%）	11.6	24.0	22.9	32.6	18.2	17
輸出入総額（億＄）	102.3	27.9	24.3	9.3	163.8	2,367
全国比　（%）	4.3	1.2	1.0	0.4	6.9	100
輸出額　（億＄）	60.5	13.7	12.4	4.7	91.3	1,210
全国比　（%）	5.0	1.1	1.0	0.4	7.5	100
輸入額　（億＄）	41.8	14.3	11.9	4.5	72.5	1,157
全国比　（%）	3.6	1.2	1.0	0.4	6.3	100

出典　中国統計年鑑

1.2.3　東北地方の人口動態

東北地方の1994年末における人口は、下表に示すとおりである。国土面積を占める割合に比べ、人口の占める割合はおよそ２分の１で、これは広大な東北平野が農業用地として利用されていることに加え、内蒙古自治区の西部が大興安嶺山脈となっていることから、全国平均と比べて人口密度が低いことによるものと思われる。

また、人口の自然増加率を見れば、内蒙古自治区が全国平均を上回るものの、他の省についてはいずれも全国平均を下回っている。これは、この地域の都市部の人口が全国平均に比して比較的高く、都市型生活者の出生率のほうが農村部のそれより低いことに起因するものと思われる。

表 1.2-2　東北地域の面積と人口の現状

	遼寧省	吉林省	黒竜江	内蒙古	小　計	全　国
面積（万平方km） 比率（%）	14.57 1.52	18.74 1.95	45.38 4.73	118.3 12.30	196.99 20.52	960 100
人口（万人） 比率（%）	4,067 3.4	2,574 2.1	3,672 3.1	2,260 1.9	12,573 10.5	119,850 100
都市部人口（%）	51.4	42.8	49.3	35.5	----	26.24
人口増加率(°/₀₀)	6.23	7.76	9.68	12.48	----	11.21

出典　中国統計年鑑

一方、東北電力集団公司が作成した管内の人口予測によれば、1995年の１億1565万人に対して（この数値は東北電網として内蒙古自治区の一部を取り込んだものであり、上表の数値とは一致しない）、2005年には１億2222万人、2010年には１億3154万人と推定している。この15年間の年平均伸び率はおよそ0.86%となっており、全国の目標値である1.25%をかなり下回るものとなっている。

表 1.2-3　東北地域の人口予測

（万人）

	1980年	1985年	1990年	1995年	2000年	2005年	2010年
管内人口の推移	9,855	10,318	11,001	11,565	12,222	12,720	13,154

出典　東北電力集団公司資料

第２章　中国および東北地方の
エネルギー・電力事情

第2章　中国及び東北地方のエネルギー・電力事情

頁

2.1　中国のエネルギー事情 …… 2－1

2.1.1　中国のエネルギー生産と消費量 …… 2－1

2.1.2　経済成長とエネルギー消費の関係 …… 2－2

2.2　中国の電力網構成 …… 2－5

2.3　中国の電力設備と需給の現状 …… 2－8

2.3.1　発電設備容量と発生電力量 …… 2－8

2.3.2　送配電設備の現状 …… 2－9

2.3.3　設備利用率の水火別比較 …… 2－13

2.3.4　日負荷曲線 …… 2－13

2.4　東北地域の電力事情 …… 2－15

2.4.1　電力需給の将来見通し …… 2－15

2.4.2　最大電力とピーク格差 …… 2－25

2.4.3　紅石揚水発電所の位置づけ …… 2－29

第2章　添付図表

頁

図 2.1-1　中国の一次エネルギー生産量の推移 …… 2－3
図 2.1-2　中国一次エネルギー総生産量に占める石炭の割合 …… 2－3
図 2.2-1　中国の電力網の構成 …… 2－5
図 2.2-2　地域別発電設備出力の変遷 …… 2－6
図 2.3-1　東北電網系統の概要 …… 2－11
図 2.3-2　主要電力網の日負荷曲線 …… 2－14
図 2.4-1　省別に見た東北地域の電力需要実績 …… 2－16
図 2.4-2　東北地域の一人当たり電力需要の推移 …… 2－19
図 2.4-3　省別供給力の見通し …… 2－24
図 2.4-4　水火別供給力の見通し …… 2－24
図 2.4-5　東北地域の最大電力の推移 …… 2－25
図 2.4-6　東北地域の最大負荷とピーク格差の推移 …… 2－26
図 2.4-7　東北電網における季節別日負荷曲線（1995年） …… 2－28

表 2.1-1　中国の一次エネルギー生産・消費量 …… 2－1
表 2.1-2　世界の一次エネルギー生産・消費量 …… 2－2
表 2.2-1　中国の電力エネルギーバランス …… 2－7
表 2.3-1　５大電力網の設備出力と発生電力量 …… 2－9
表 2.3-2　中国の送配電線の状況 …… 2－10
表 2.3-3　東北電網の送配電線の状況 …… 2－10
表 2.4-1　東北地域の電力需要実績 …… 2－15
表 2.4-2　東北地域の電力需要見通し …… 2－16
表 2.4-3　東北地域におけるＧＤＰに対する電力弾性値 …… 2－17
表 2.4-4　東北地域の発電設備容量の推移 …… 2－21
表 2.4-5　東北地域における主要発電所の設備容量（1995年） …… 2－21
表 2.4-6　将来の設備計画（単機容量 300MW以上） …… 2－22
表 2.4-7　東北電網管内の供給実績と将来見通し …… 2－23
表 2.4-8　1995年東北電網における季節別ピーク格差 …… 2－27

第２章　中国及び東北地方のエネルギー・電力事情

2.1　　中国のエネルギー事情

2.1.1　中国のエネルギー生産と消費量

1993年における中国の一次エネルギー生産量は、石炭換算11億1263万トンでわが国のおよそ９倍、同じく一次エネルギー消費量は11億1768万トンでわが国のおよそ１.7倍であった。これは世界の全生産量の 9.3%、また全消費量の 9.1%に相当し、いずれもアメリカ、ロシアに次ぎ世界第三位の量である。一方、消費量を一人当たりでみるとおよそ 943kgとなり、アメリカの12分の１、わが国の 5.5分の１と極めて少ない。しかし、ＧＮＰ当たりの消費量は極めて大きく、エネルギーの多消費型経済となっている。

このようにエネルギー効率が低いとされている中国であるが、1992年までは自国資源を活用してエネルギー自給率 100%を維持してきた。しかし、急速な経済発展による国内需要急増のため、1993年には石油の純輸入国となった。これは、とくにエネルギー供

表 2.1-1　　中国の一次エネルギー生産・消費量

（単位：標準炭万ﾄﾝ）

年	生産量	構成比（%）				消費量	構成比（%）			
		原炭	原油	ガス	水力		石炭	石油	ガス	水力
1965	18,824	88.0	8.6	0.8	2.6	18,901	86.3	10.3	0.9	2.7
1975	48,754	70.6	22.8	2.4	4.1	45,425	71.9	21.1	2.5	4.6
1980	63,735	69.4	23.8	3.0	3.8	60,275	72.2	20.7	3.1	4.0
1984	77,855	72.4	21.0	2.1	4.4	70,904	75.3	17.4	2.4	4.9
1985	85,546	72.8	20.9	2.0	4.3	76,682	75.8	17.1	2.2	4.9
1986	88,124	72.4	21.1	2.1	4.3	80,850	75.8	17.2	2.3	4.7
1987	91,266	72.6	21.0	2.0	4.4	86,632	76.2	17.0	2.1	4.7
1988	95,801	73.1	20.4	2.0	4.5	92,997	76.2	17.0	2.1	4.7
1989	101,639	74.1	19.3	2.0	4.6	96,934	76.0	17.1	2.0	4.9
1990	103,922	74.2	19.0	2.0	4.8	98,703	76.2	16.6	2.1	5.1
1991	104,844	74.1	19.2	2.0	4.7	103,783	76.1	17.1	2.0	4.8
1992	107,256	74.3	18.9	2.0	4.8	108,900	75.7	17.5	1.9	4.9
1993	111,263	73.8	18.6	2.0	5.6	111,768	72.8	19.6	2.0	5.6
1994	118,729	74.6	17.6	2.0	5.8	122,737	75.0	17.4	1.9	5.7

出典　中国統計年鑑

表 2.1-2　世界の一次エネルギー生産・消費量

（単位：石油換算千ﾄﾝ、一人当たりkg）

国名	生産量（A）	(A)のうち電力		消費量（B）	(B)のうち電力		一人当たり消費量
		千ﾄﾝ	%		千ﾄﾝ	%	
世　界	8,061,476	801,675	9.9	7,759,446	801,646	10.3	1,396
中　国	748,994	13,703	1.8	708,875	14,150	2.0	603
アメリカ	1,565,563	198,940	12.7	1,952,578	201,412	10.3	7,570
ロシア	1,040,167	46,081	4.4	717,534	44,408	6.2	4,856
日　本	82,776	75,415	91.1	372,702	75,415	20.2	3,357
ドイツ	147,559	41,768	28.3	327,789	41,843	12.8	4,054

出典　総合エネルギー統計；資源エネルギー庁

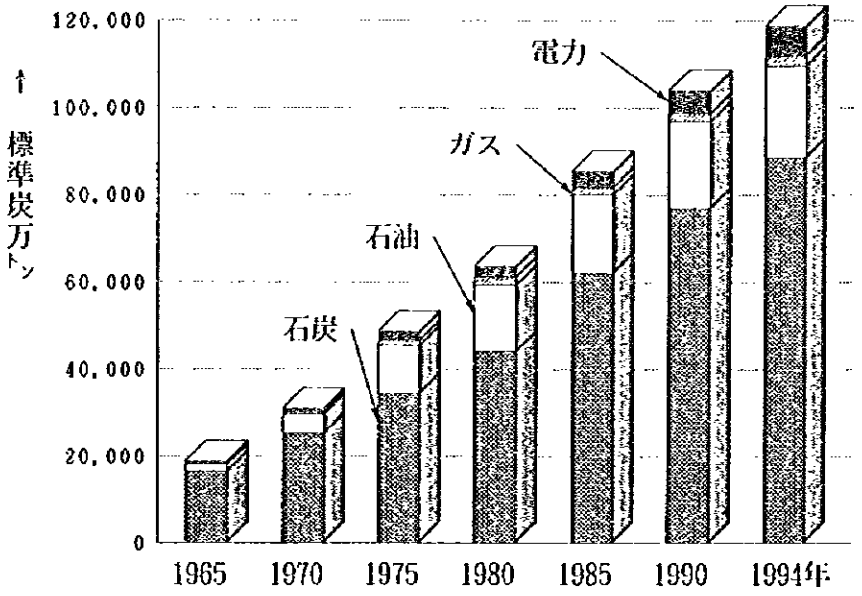
給地から遠い華南地域では、鉄道輸送の逼迫等の問題により、海外から石油や石油製品を輸入した方が効率的となってきたためである。

中国のエネルギーの主軸を成すのは生産・消費とも石炭で、全体の４分の３近くを占めている。この傾向は今後とも継続されるものと思われるが、一方でエネルギーの電力シフトも着実に進んでいる。これは、88年に発表された「石炭生産を基礎とした、電力開発をエネルギー政策の中心とする」という政策にも表れている。

2.1.2　経済成長とエネルギー消費の関係

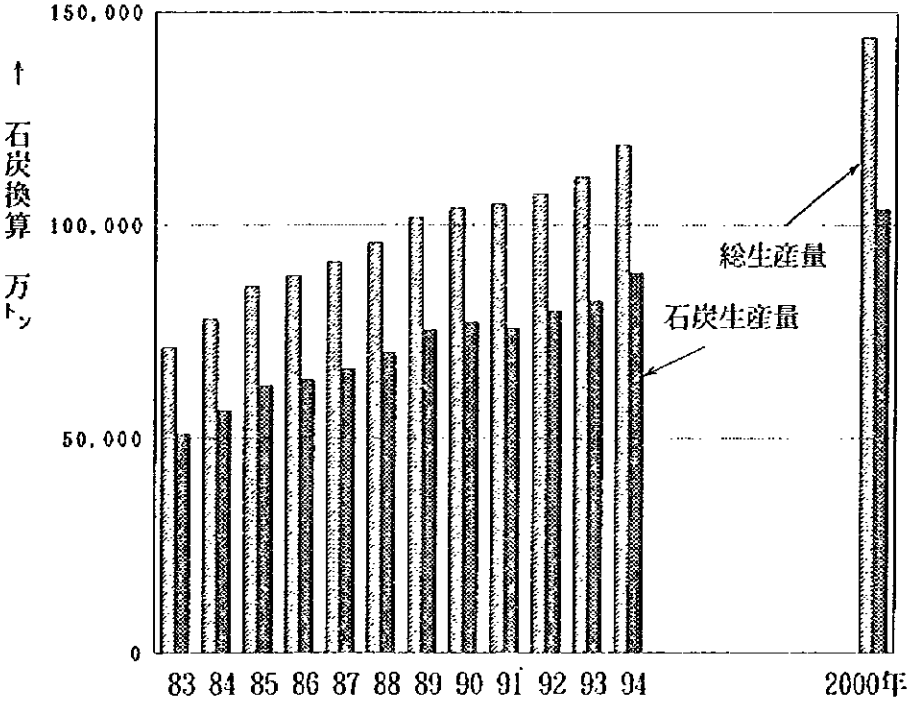
1983年から1994年に至る間の経済成長と一次エネルギーおよび電力供給量の関係を見てみると、ＧＤＰの平均実質成長率が11.7%であったのに対し、一次エネルギーの供給量は標準炭換算で７億１,270万ﾄﾝから11億８,729万ﾄﾝへと増加し、その年平均伸び率は4.75%である。また、この間の電力供給は1983年の３,514億kWh から1994年には９,260億kWh にも達し、その平均伸び率は9.21%である。

したがって、一次エネルギーの対ＧＤＰ弾性値は0.41と比較的低い数値にとどまっている。これは1980年代の中国経済が持続的な高い成長を続けた反面、エネルギー産業への投資が他の工業投資に比べて低かったためである。このことは、潜在的な需要に対して充分なエネルギーの供給が出来なかったことを示しており、今後エネルギー関連投資の増大や輸送機関等のインフラストラクチャーの整備が進めば、飛躍的な生産・消費の伸びが予測される。



出典　中国統計年鑑

図 2.1-1　　中国の一次エネルギー生産量の推移



出典　中国統計年鑑

図 2.1-2　　中国一次エネルギー総生産量に占める石炭の割合

一方、電力の対ＧＤＰ弾性値は0.79と一次エネルギーのおよそ２倍で推移してきている。この傾向は生活水準の向上や沿海部の発展及び新しい発電所の建設等に支えられ、今後はさらに高い値で推移するものと思われる。

東北地域は豊富なエネルギー資源に恵まれている。東北地域の石油埋蔵量は1983年の推定で43.2億トンと全国一となっている。1960年に生産をはじめた大慶油田を擁する黒竜江省は、1994年の生産量が5,610 万トンと中国の原油生産量の38%を占めている。東北地域には大慶油田の他に遼寧省の遼河と吉林省の扶余の３つの大きな油田があり、生産量は中国全体の51%を占めている。石炭生産量も多く、1994年に黒竜江省は全国で４位、遼寧省は７位、内蒙古は第８位の生産量を誇っており、その合計はおよそ２億ﾄﾝで全国生産量の16%を占めている。また、発電電力量においても遼寧省は全国６位で 504億kWh 、そのうち水力発電は湖北省の 245億kWh に次いで 210億kWh を発電するなど、東北地域は中国のエネルギー基地として重要な位置を占めている。

中国の一次エネルギーが抱える大きな問題点の一つは経済成長の伸びにエネルギー生産の伸びが追いつかないため、需給ギャップが生じていることであり、もう一つは輸送インフラ整備の遅れが成長の重大な阻害要因となっていることである。

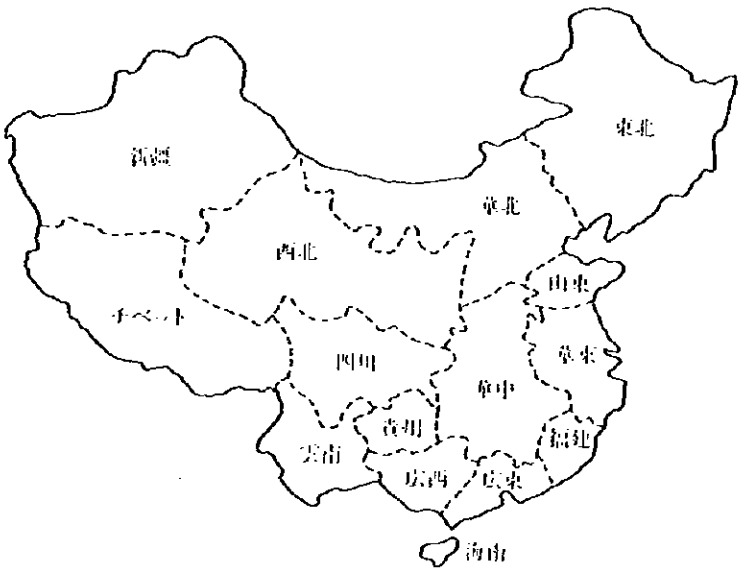
中国では原油生産は頭打ちの状態にあり、新たな大油田が発見されない限り大幅な増産は不可能といわれている。また石炭の増産も輸送力不足問題の解消なくしては消費増に結びつかない。したがって、一次エネルギーの最大生産・供給地域であり、かつ大消費地でもある東北地域としては、エネルギー生産の大幅増加が期待出来ない現状で高い経済成長を維持するためには、エネルギーの効率的な使用による省エネルギー型の経済成長が求められることになる。老朽化した設備が多くエネルギー効率が低い分、省エネルギーの余地は充分にあり、より一層の効率化が期待される。

2.2　中国の電力網構成

近年における中国の電気事業を歴史的に見れば、1988年に従来の石炭、石油及び核の3工業省に水利電力省の電力部門を統合した能源部が設立され、いわゆる一次エネルギーを総合的に管理したが、その後1993年に再び機構改革が実施され、電力工業部が設立された。更に1996年12月、本調査実施の最中に国家電力公司が設立され新たな管理・経営システムが導入されることとなった。

新設された国家電力公司の職務内容の特徴の一つは全国の送電線の主要系統を一元的に管理することである。しかしながら基本的な供給エリアの区分は従来のとおりと思われることから、本報告では電力工業部の頃の電力網の区分をもとに検討を進めるものとする。

下図 2.2-1はその電力工業部における電力網の区分図である。これによれば、中国の電力網は15の区域に分割され、それぞれに電力連合公司をおいて運営されてきた。新しい組織では西北地域の経営形態に一部に変更があるものと思われるが、詳細は不明である。



出典　海外諸国の電気事業　第一編　1993年：海外電力調査会

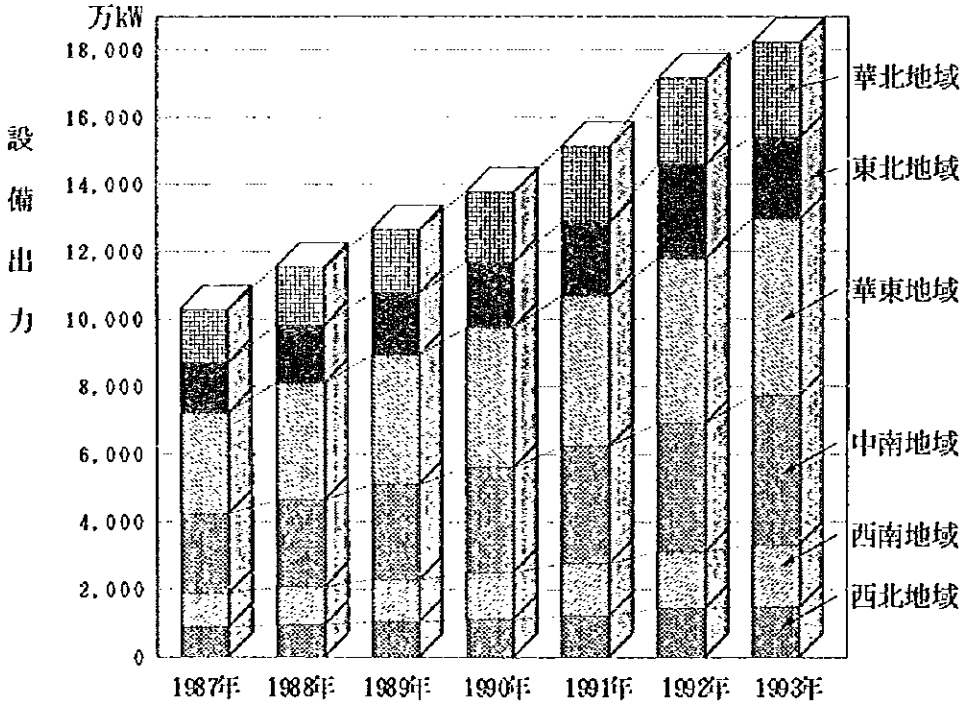
図 2.2-1　中国の電力網の構成

これらの電力網のうち華北、東北、華東、華中及び西北の５つの電力網を５大電力網と称し、全国の発電設備及び発電電力量の70%以上を占める。東北電網は遼寧省、吉林省、黒竜江省及び内蒙古自治区の東部地域を供給エリアとし、５大電力網のなかでは華東電網に次ぐ設備出力を有している。これらは基本的には国有企業であるが、改革開放経済の動きを反映して電気事業の体制改革も進められており、５大電力網のそれぞれに電力集団公司が設立され、内部資金の融通や投資などの経営に大幅な自主権が与えられている。

また、電力網の他に大規模な企業が運営する自家発電や地方の自治体が経営する小規模の発電所がある。さらに、近年に至り経済開放区において合弁や合作の形で建設される発電所のように、外資の導入による最新鋭の大型電源も投入されつつある。

中国全土の発電設備容量は1993年末で 182,911MWであり、発生電電力量は836,429GWhに達する。1983年末に比して設備容量、発生電力量とも２.4倍で、10年間の平均伸び率はいずれも９.1%強である。

人口一人当たりでみた場合、1983年に発生電力量で290kWhであったのが、1993年には706kWhと約２.4倍の伸びとなっている。



出典　海外諸国の電気事業　第一編　1993年；海外電力調査会

図 2.2-2　　地域別発電設備出力の変遷

表 2.2-1　中国の電力エネルギーバランス

	1983年	1985年	1990年	1992年	1994年
A. 発電設備					
総発電設備出力 (MW)	76,445	87,053	137,890	166,532	
対前年比 (%)	105.6	108.7	108.9	109.9	
水力設備比率 (%)	31.6	30.3	26.1	24.4	
(以下すべて単位は億kWh)					
B. 総供給量	3,514.4	4,117.6	6,230.4	7,589.2	9,260.4
発生電力量	3,514.4	4,106.9	6,212.0	7,539.4	9,280.8
水力発電	864.5	923.7	1,267.2	1,324.7	1,821.6
火力発電	2,649.9	3,183.2	4,944.8	6,214.7	7,459.2
輸入電力量		11.1	19.3	49.8	18.5
輸出電力量		0.4	0.9	--	38.9
C. 総消費量	2,971.3	3,813.3	5,795.8	7,043.2	8,664.3
部門別消費内訳					
(1) 生産部門		3,469.1	5,112.6	6,136.7	7,410.4
・農林水産業		317.4	426.8	522.4	530.6
・工業		2,979.1	4,438.7	5,284.4	6,386.9
・建築業		71.2	65.0	82.5	149.7
・通信運輸		63.4	105.9	136.1	164.0
・商業・流通業		38.0	76.2	111.3	179.2
(2) 非生産部門		121.7	202.4	266.5	386.9
(3) 民生部門		222.5	543.6	640.0	867.0
D. 送電損失	299.8	304.3	487.5	546.0	596.1
E. 一人当たり発電電力量	290	388	537	644	

出典　1983年データ 海外諸国の電気事業　第一編　1993年；海外電力調査会
1985、1990、1992、1994年データ 中国統計年鑑　1995

2.3　中国の電力設備と需給の現状

2.3.1　発電設備容量と発生電力量

5大電力網の発電設備出力と発生電力量の状況を表 2.3-1に示す。電力網別にみた場合、設備出力では華東電網が17.2%（1993年末）と中国でも最大の設備容量を擁しており、東北電網は華北、華中電網とともにそれぞれ15.4%、25,000MW台の設備を持っている。また、発生電力量でみた場合も華東電網が最も大きく、東北、華北、華中電網がこれに続くが、東北電網は華北、華中電網に比して僅かではあるが下回っており、対全国構成比では15.1%に止まっている。また、5大電力網のうち西北電網は設備出力6.8%、発電電力量で7.2%と他の電力網より1桁小さい数字となっている。これは沿海部の経済開発区の高い経済成長に比べ、内陸部が如何に取り残されているかを伺わせるものである。

一方、設備構成で火力発電が主体である東北、華北、華東の3電力網と、水力の比率の高い華中、西北の2電力網とを比較すると、火主水従型の3電力網では水力発電の設備構成比は9.6%、発生電力量ではわずか3.9%と圧倒的に火力電源による供給比率が高く、このことは負荷調整を火力発電所に頼っていることを示している。東北地域（東北3省のみの合計で内蒙古自治区の東部地域を含まず、したがって同地域の大型石炭火力を含まない）の1989年から1993年の5年間の発生電力量でみても、水力発電電力量は合計で8.4%に過ぎない。これに対して、水力が豊富な2電力網では設備構成に占める水力の割合は38.6%で、発生電力量では33.4%となり、電源構成としては比較的良好なものとなっている。

5大電力網を除く10のその他電力網は、1993年末の合計設備出力で29.7%、また発生電力量においても10電力網合計でおよそ 7,972億kWh(28.8%) と5大電力網とは対照的に小さな値となっている。

表 2.3-1において、全国計と電網計の差は企業の自家発や農村営の小水力発電を前者は含み、後者はこれらの数値を含まないためのものである。農村営の小水力発電設備は地点数でおよそ45,000地点以上あるが、その合計出力はわずか 4,800MW(2.6%) 強に過ぎない。

表 2.3-1　5大電力網の設備出力と発生電力量
（数値は1993年末及び1993年度実績で示す）

電力網	水力火力の別	設備出力（MW） 出　力・水火比(%)	電網比(% 全国比(%	発生電力量（億kWh） 電力量・水火比(%)	電網比(% 全国比(%
東　北	小計	25,755.9	15.4 %	1,203.63	15.1 %
	水力	4,343.9 (16.9%)		79.93 (6.6%)	
	火力	21,412.0 (83.1%)	14.1 %	1,123.70 (93.4%)	14.4 %
華　北	小計	25,728.0	15.4 %	1,292.39	16.2 %
	水力	1,164.5 (4.5%)		18.06 (1.4%)	
	火力	24,563.5 (95.5%)	14.1 %	1,274.33 (98.6%)	15.5 %
華　東	小計	28,698.0	17.2 %	1,436.94	18.0 %
	水力	2,192.1 (7.6%)		57.35 (4.0%)	
	火力	26,505.9 (92.4%)	15.7 %	1,379.58 (96.0%)	17.2 %
華　中	小計	25,616.9	15.4 %	1,221.98	15.3 %
	水力	9,410.4 (36.7%)		401.34 (32.8%)	
	火力	16,206.5 (63.3%)	14.1 %	820.64 (67.2%)	14.6 %
西　北	小計	11,381.6	6.8 %	570.18	7.2 %
	水力	4,855.7 (42.7%)		196.93 (34.5%)	
	火力	6,525.9 (57.3%)	6.2 %	373.25 (65.5%)	6.8 %
その他	小計	49,450.6	29.7 %	2,247.16	28.2 %
	水力	14,612.0 (29.5%)		512.51 (22.8%)	
電力網	火力	34,838.6 (70.5%)		1,734.65 (77.2%)	
電網計	小計	166,631.0	100 %	7,972.28	100 %
	水力	36,578.6 (22.0%)		1,266.12 (15.9%)	
	火力	130,052.4 (78.0%)		6,706.15 (84.1%)	
全国計	小計	182,910.7		8,364.29	
	水力	44,592.5 (24.4%)		1,507.43 (18.0%)	
	火力	138,318.2 (75.6%)	100 %	6,856.86 (82.0%)	100 %

電網比は、電網計に対する構成比を示し、全国比は全国の合計に対する構成比を示す
出典　海外諸国の電気事業　第一編　1993年；海外電力調査会

2.3.2　送配電設備の現状

中国の送配電設備は、1970年代はじめまでは 220kVを最高電圧として運用されてきたが、70年代の後半に 500kV（西北地域の一部は330kV）が採用され、それ以降急速な

需要の伸びに対応して 500kV系統をはじめ 220kV及び 110kV系統が整備された。下表は交流送電線の設備状況を示したものであるが、表に示された他に高電圧直流送電線も建設されており、それらは大規模電源と需要地との間に適用されており、系統連系を目的としたものではない。

1981年から93年までの12年間で、110kV/220kV 系はそれぞれ1.9倍、2.7倍と増加しているが、500kV 系に至っては13.5倍に達し、すでにその総延長は10,000kmを超えている（日本の 500kV送電線は1975年に 726kmが完成し、20年後の1995年で 4,978kmが運用されている）。とくに近年は 500kVクラスの開閉機器や変圧器の国産化が実現しており、今後ますます500kV 系統の整備が進むものと考えられる。

表 2.3-2　中国の送配電線の状況

(km)

年	電圧別内訳 (kV)					
	33～66	110	154	220	330	500
1981	181,457	69,429	463	30,808	926	754
1985	212,081	84,468	260	46,056	1,278	2,539
1990	258,328	115,013	179	70,891	3,870	7,104
1991	265,518	121,837	145	74,884	3,898	7,957
1992	280,335	125,439	147	78,294	4,127	8,638
1993	276,574	131,894	147	83,222	4,263	10,208

出典　海外諸国の電気事業　第一編　1993年；海外電力調査会

一方、東北電網管内の送電設備は下表に示すとおりで、発電設備の対全国構成比が15%前後であることに比べ、154kV 以上の送電系統の対全国構成比は21%強を占めており、供給エリアが広いとはいえ基幹系統が比較的良く整備されているといえよう。

表 2.3-3　東北電網の送配電線の状況

	電圧別内訳 (kV)						
	22	35	66	110	154	220	500
線路長 km	17	9,880	41,827	5,227	147	18,937	1,709
全国比 %	18.7			4.0	100	22.8	16.7

出典　東北電力集団公司資料

下図に東北電網の主要系統を示す。（東北電業管理局年報・1995年より）

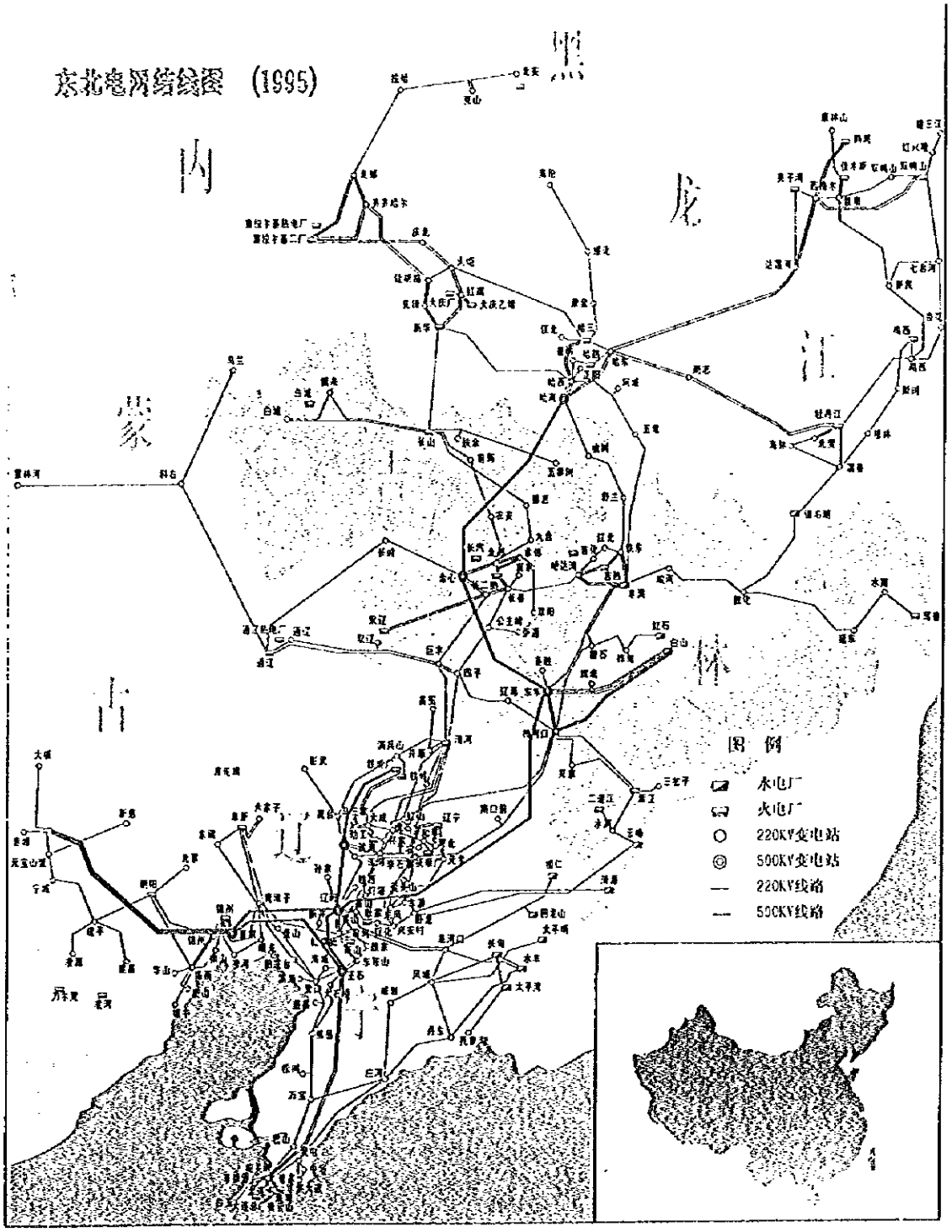


図 2.3-1　東北電網系統の概要

2.3.3　設備利用率の水火別比較

中国の電力系統における設備利用率（＝利用時間／年間時間数で表す数値で、日本でいう kWhを加味した数値ではない）は平均57～60%程度で、これを水火別にみると水力が概ね40～43%、火力が62～69%で推移しており、80年代から現在までほぼ同じ傾向が続いている。また、負荷率（＝年間発電電力量／年間可能発電電力量）はおよそ80%台の後半で推移しており、かなり高い値となっている。このことは反面需要に対して供給力が追いつかず、需要のピークに対する供給不足があることを示しているといえよう。

東北電網に対するこれらの数値は今次調査では入手できなかったが、代表的火力及び白山発電所の四季別運転実績の数値から推測する範囲では、概ね同様のパターン乃至は火力発電の利用率がより高く、水力は逆に全国平均より低い傾向にあるものと思われる。

2.3.4　日負荷曲線

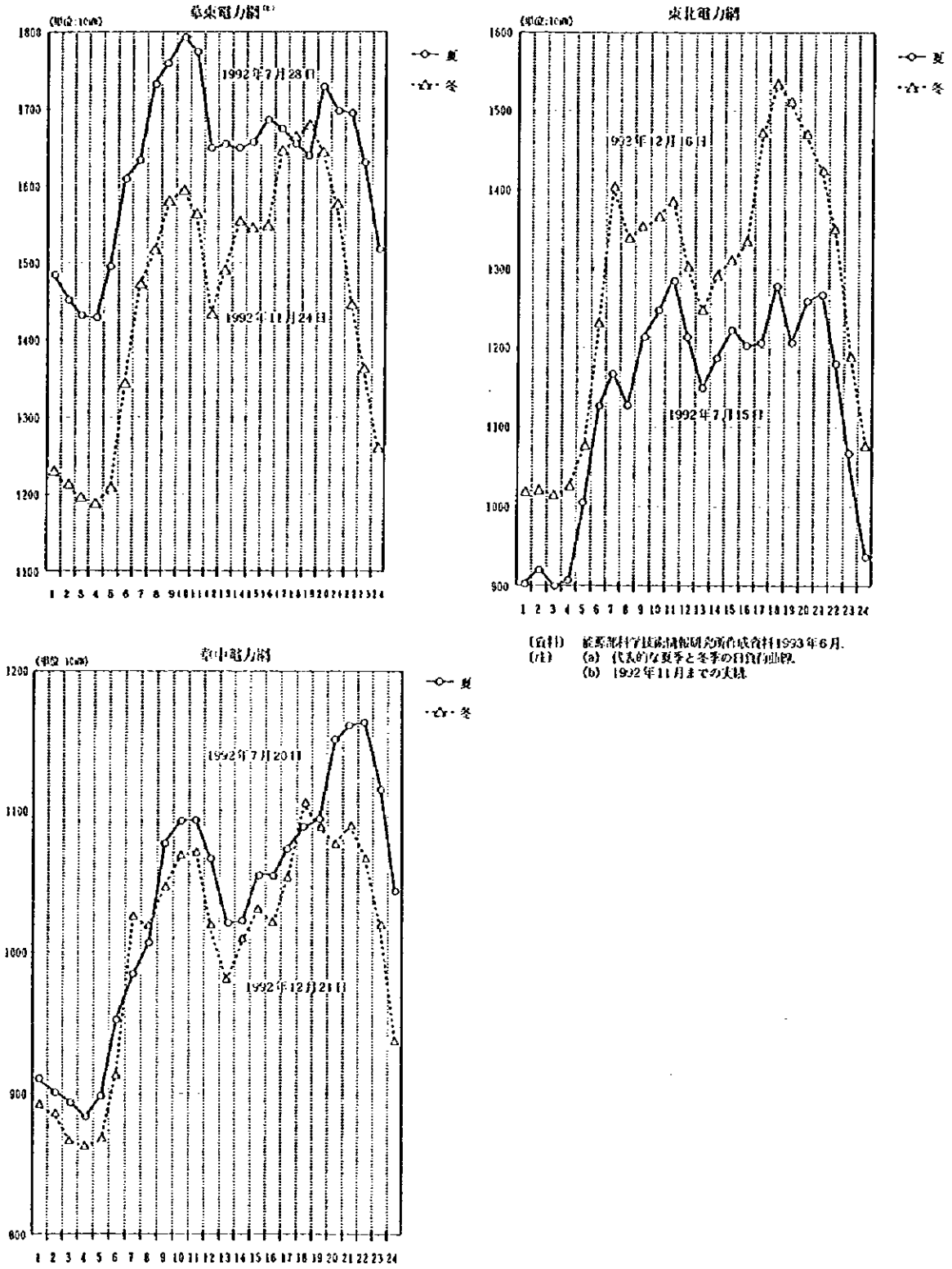
図 2.3-2は日本の海外電力調査会が編集した「海外諸国の電気事業・1995年版」より抜粋した、東北、華東及び華中電力網の代表的日負荷曲線である。図より明らかなとおり、寒冷地である東北電網は冬ピークであり、華東、華中電網は夏ピークとなっている。また、いずれの電網も１日の変化をみれば夏冬を通じて朝と夕方の時間帯にピークが出現しており、工場需要に加えて点灯ピークが顕著なことを示している。

この傾向は、持続的な経済成長が設備投資を継続し生活水準の向上を促し、加えて人口増加の継続と都市生活者の割合の一層の増加傾向や、家庭用電気器具の加速度的な普及が見込まれることなどを考慮すれば、今後とも続くことが予想され、ピーク格差はさらに開くものと考えられる。

また、設備利用率も潜在的な需要に対して十分な供給設備が確保されるまでは、現在の傾向を維持するものとみられるが、東北から華北にかけての包蔵水力には限りがあり、ますます拡大するピーク格差に対応するためには、新鋭石炭火力の負荷追従運転範囲を大きくするとともに、限られた水資源の有効活用として揚水発電を積極的に採り入れていくことが重要である。

参考までに、1992年時点での全国包蔵水力は３億 7,853万kWで、そのうち東北電網の包蔵水力はおよそ 1,200万kWで、その発生電力量はわずか 380億kWh に過ぎないと見積もられている。

18. 負荷曲線 [a] (主要電力網 1992年)



(資料) 通商産業省資源エネルギー庁石炭部計画課調査所作成資料1993年6月.
(注) (a) 代表的な夏季と冬季の日負荷曲線.
(b) 1992年11月までの実績

出典 海外電気事業統計 1995年；海外電力調査会

図 2.3-2 主要電力網の日負荷曲線

2.4　東北地域の電力事情

東北地域の中国全体での位置付け等については前項までに述べてきたが、本項では東北地域の需給見通しをベースに、本調査の目的である紅石揚水発電所の必要性及び白山発電所系統での紅石揚水の位置づけ並びに関連送電線の問題等について論じるものとする。

2.4.1　電力需給の将来見通し

(1)　電力需要

(a) 需要実績の推移

東北地域の電力需要実績は、下表 2.4-1に示すとおりである。1983年からの10年間の中国全土の平均伸び率が 9.1%強であったのに対し、東北地域の伸び率は 6.9%に止まっている。また、インフレ抑制のため経済引締め政策がとられて以来、94年以降は更に低い伸びに止まっており、この傾向は当面続く可能性もあるが、反面エネルギ

表 2.4-1　東北地域の電力需要実績

(単位：億kWh 、%)

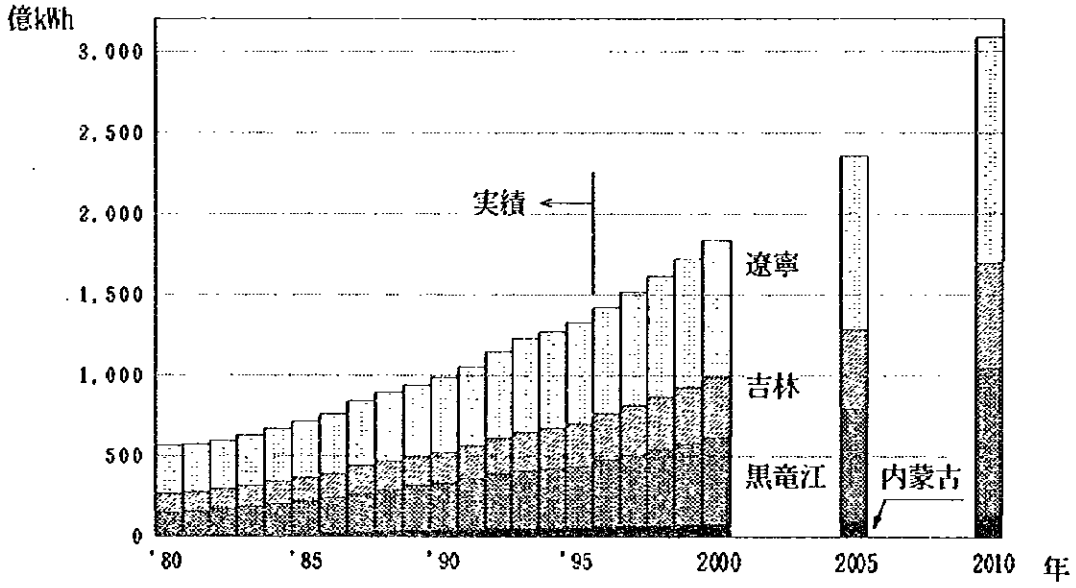
項目　＼年	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
遼寧省	299.9	297.9	299.5	312.5	326.1	351.4	370.4	402.1
吉林省	119.0	119.1	123.7	130.9	138.5	144.4	150.6	174.6
黒竜江省	139.1	144.8	160.3	174.2	190.9	205.7	214.5	237.7
内蒙古	8.6	9.6	10.5	11.0	12.6	14.1	24.8	27.8
地域計	566.6	571.5	594.0	628.5	668.1	715.5	770.5	842.1
対前年伸率		0.9	3.9	5.8	6.3	7.1	7.7	9.3
項目　＼年	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
遼寧省	426.7	438.3	462.0	489.6	536.2	580.2	599.1	625.2
吉林省	177.4	179.9	190.3	204.1	220.7	240.6	251.4	265.0
黒竜江省	260.9	280.5	296.0	317.9	342.5	357.2	369.6	382.0
内蒙古	31.9	38.0	38.2	41.8	48.1	50.2	52.0	54.6
地域計	899.3	938.5	989.6	1055.4	1149.7	1230.5	1275.7	1329.6
対前年伸率	6.8	4.4	5.4	6.6	8.9	7.0	3.4	4.2

出典　東北電力集団公司資料

一投資に重点が移され政策誘導的に電力関連設備の拡充が行われることを考慮するならば、比較的早い時期に再び６％台の伸び率に回復することが期待される。

(b) 需要の見通し

東北電力集団公司が作成した将来の需要見通しは、下表 2.4-2に示すとおりで、その伸び率は1995年から2000年までの５年間で平均6.66％と比較的高く、続く2000年から2005年の平均では5.14％となっており、10年間の平均では5.90％で、回復への期待を反映したものとなっている。



出典　東北電力集団公司資料

図 2.4-1　省別に見た東北地域の電力需要実績

表 2.4-2　　東北地域の電力需要見通し

（単位：億kWh 、％）

項目　＼年	1996	1997	1998	1999	2000	2005	2010	2015
遼寧省	661	703	748	795	847	1073	1389	1770
吉林省	286	306	328	350	375	490	654	835
黒竜江省	418	444	472	503	535	691	907	1160
内蒙古	60	65	69	74	78	104	138	175
地域計	1425	1518	1617	1722	1835	2358	3088	3940
対前年伸率	7.2	6.5	6.5	6.5	6.6	5.1	5.5	5.0

出典　東北電力集団公司資料

(c) 電力需要の対ＧＤＰ弾性値

一方、東北地方の電力需要と経済成長との関係については、対ＧＤＰ弾性値として表 2.4-3に示す数値が実績及び見通しとして報告されている。東北地域の経済成長実績では、80年代は全国平均とほぼ同様の成長で、90年代に入ってからは若干全国平均を上回る成長を続けている。また、95年以降の見通しでは、全国の成長見通しが年率８％（第九次五カ年計画値）であるのに対し、東北地域は10.3%とかなり高めの計画となっている。

表 2.4-3　東北地域におけるＧＤＰに対する電力弾性値

	1980～1985	1986～1990	1991～1995	1995～2000	2001～2010
ＧＤＰ成長率	8.53%	6.24%	10.0 %	10.3 %	8.5 %
（全国）	(8.3%)	(6.4%)	(9.3%)*	(8%)	
電力需要伸び率	4.88%	6.65%	6.08%	6.66%	5.34%
電力弾性値	0.57	1.07	0.61	0.65	0.63

注）＊　全国のGDP成長率は94年度までの平均
出典　東北電力集団公司資料他

これに対し、電力需要の伸びは80年代前半は比較的低い値に止まっていたが、80年代の後半からは６％以上の高い伸びを示している。経済成長が乱高下しているため、ＧＤＰに対する電力弾性値はこれを反映して大きく変動しているものの、95年以降の見通しとしては、各省の弾性値を０.６～０.７程度とみて、地域全体として0.65（1995～2000年）及び0.63（2000～2010年）とみている。

90年代後半の電力需要の伸びは、80年代後半のそれとほぼ同じ７％に近い値となっているが、経済成長率は80年代後半が6.24%であった。

91年から95年の実績をみると、経済成長がやはり10%であるにも関わらず電力需要の伸びは6.08%と低くなっている。その原因は明らかではないが、ひとつには急増する需要に対し新規設備の開発が追いつかず供給不足を来たし、全体として電力の伸びを頭打ちにしたことも考えられる。また、全般的に見て、発電設備の老朽化も問題であり、一部に定格出力を確保できない設備があることも一つの要因として考えられる。また今後の電力需要に対しては、エネルギー全般に対する省エネルギーが政策として

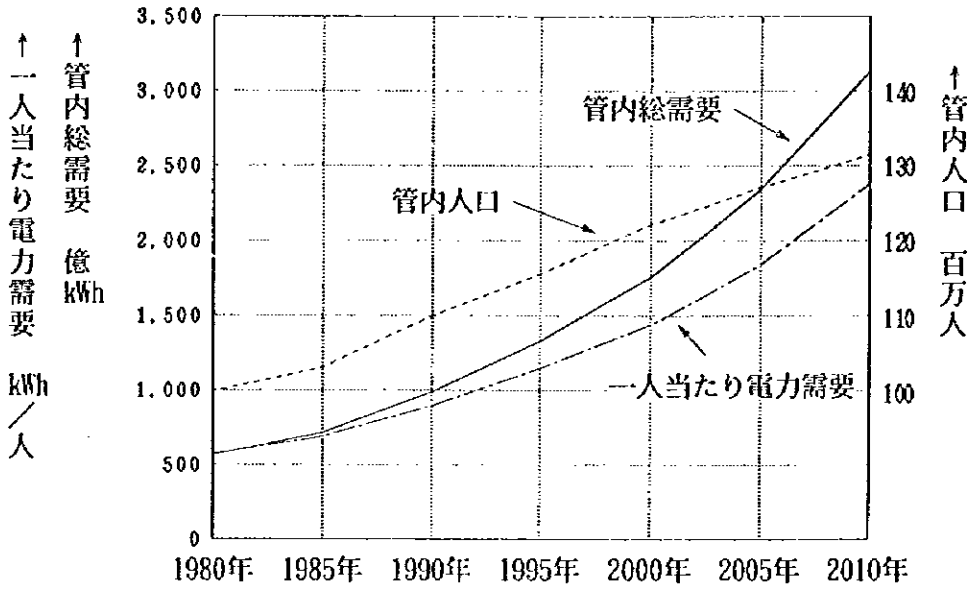
採り上げられ、電力消費に関しても節電と高効率機器の普及が促進されることを考え合わせれば、95年以降の弾性値が比較的低い値で推移するであろうことは、概ね妥当であると考えられる。

(d) 人口動態と電力需要

次に人口一人当たりの電力需要の推移をみることとする。図 2.4-2は東北電力集団公司により提供された管内の人口の実態と予測をもとに、一人当たりの電力需要の推移と将来見通しを示したものである。ただし、提供された人口統計は5年おきのデータのみであるため、過去の人口動態を示すサンプル数はわずか4点となった。しかしながら、この間の中国では戦争行為など大規模な人口変動を伴う社会現象は認められないことや、対象としている1980年以降の全国人口の推移が直線近似して推移していることから、東北地方についても同様の傾向であるものと考えられるため、サンプル数が少なくともトレンドそのものは比較的なだらかに推移したものと考えられる。

図より明らかなとおり、人口一人当たりの電力需要の実績と見通しの推移はなめらかな指数関数を示しており、東北電力集団公司による需要想定の一人当たり需要の数値が、実績値の延長上に極めてよく一致していることが分かる。

一方、人口の伸びに対する電力需要の弾性値分析では、いずれの実績年においても1.2から1.3と人口の伸びに対し電力需要が極めて高い伸びを示してきたことが明らかである。また、将来の見通しについても2000年で1.25、2005年で1.28、2010年においても1.29と引き続き高い値となっているが、中国においてはいわゆる「一人っ子政策」が実施されており、人口の伸びそのものが低目に推移するであろうことを考慮すれば、これらの分析結果は当然の帰結といえよう。



出典 東北電力集団公司資料

図 2.4-2 東北地域の一人当たり電力需要の推移

(e) トレンド分析

確認の意味で1986年から1995年までの10年間の部門別需要実績を、工業部門（農業部門を含む）と民生部門（商業、公共、その他を含む）の２部門に分けてトレンドの分析を行った。その結果、部門別需要 yに対する変数χ（西暦年）の関係は、

工業部門 $y = \exp(0.05182\chi - 96.371)$ at; $r=0.9941$

民生部門 $y = \exp(0.10984\chi - 213.56)$ at; $r=0.9984$

の関係が得られる。

この式を基に2000年、2005年および2010年に於ける需要を予測するとともに、その結果と東北電力集団公司の予測値を比較すると下記のとおりである。

	2000年	2005年	2010年
東北電力集団公司予測	1,835 億kWh	2,358 億kWh	3,088 億kWh
工農業	1,395 億kWh	1,735 億kWh	2,254 億kWh
民 生	440 億kWh	613 億kWh	834 億kWh
トレンド分析による値	1,863 億kWh	2,633 億kWh	3,757 億kWh
工農業	1,423 億kWh	1,843 億kWh	2,389 億kWh
民 生	440 億kWh	790 億kWh	1,368 億kWh

トレンド分析には、1993年以降の経済引締め政策の効果がまだ反映されていないた

め、高度経済成長の勢いがそのまま結果として表れている。したがって、この分析値がこの地域における当面の成長の上限と捉えるならば、東北電力集団公司の予測値はこの範囲内に納まっており、無理のない数値であるといえよう。ただし、民生部門に関しては生活水準の向上と同時に、情報が豊富な現代にあっては質的な変化が急速に進むことも考えられ、それは民生エネルギー消費の一層の電力シフトを加速することから、2010年に近いところでは多少上方修正することが好ましい。

以上(a)～(e)への分析結果から、東北地域の将来の電力需要予測は、東北電力集団公司が作成した需要見通しの数値を概ね妥当なものと考えられる。

したがって、本報告はこの前提にたって以降の検討をすすめていくものとする。

(2) 供給計画

(a) 管内発電設備の現状と開発計画

東北地域の発電設備は1995年末で2797万kW、そのうち水力発電設備が 443万kWで、火力発電設備が2354万kWとなっている。東北電力集団公司の計画によれば、2000年には全発電設備出力を3958万kWに、また2005年には5170万kW、2010年には6648万kWまで増設する計画となっており、これらを省別及び水火別に表示したのが、表 2.4-4である。

この供給力を確保するために2010年までに必要な開発容量は、水力・火力合わせて3851万kWに及ぶものの、このうち水力の新規投入量は 260万kWと、火力・原子力の2113万kWに比べ極端に少なく、しかも 260万kW中揚水式水力が 240万kW織り込まれた計画となっている。

表 2.4-5は、東北地域の既設主要発電所と計画または建設中の発電所の主要なものを示した表である。表によれば、2005年までには単機容量 800MWの石炭火力を筆頭に出力 300MW以上の大型石炭火力が42ユニット投入される予定で、さらに2010年には出力1000MWの原子力機2ユニットも投入され、他に23の石炭火力ユニットを開発する計画となっている。

これらの開発が計画どおりに進んだとして、2005年の供給予備率はおよそ30%、同様に2010年では28%と比較的高い数値を示しているが、現実には休・停止設備があるため、これらをかなり下回るものと思われる。

表 2.4-4　東北地域の発電設備容量の推移

（単位：万kW）

		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2005	2010	2015
全	合　計	2797	3033	3290	3477	3725	3958	5170	6648	8590
	水力計	443	478	527	555	572	576	703	841	931
地	うち一般水力	—	—	—	—	—	—	583	601	
	うち揚水	—	—	—	—	—	—	120	240	
域	火力計	2354	2565	2763	2922	3153	3382	4467	5607	7259
遼	合　計	1094	1222	1222	1232	1285	1390	1800	2250	2882
寧	水力計	119	119	119	119	119	119	209	239	239
省	火力計	975	1103	1103	1113	1166	1271	1591	2011	2643
吉	合　計	699	724	774	823	886	909	1191	1459	1869
林	水力計	303	325	347	361	378	382	419	427	427
省	火力計	396	398	427	462	508	527	772	1032	1444
黒	合　計	773	860	957	1035	1107	1152	1582	1952	2312
竜	水力計	19	32	59	73	73	73	73	173	263
江	火力計	754	828	898	962	1034	1079	1509	1779	2049
内	合　計	231	227	337	387	447	507	597	987	1527
蒙	水力計	2	2	2	2	2	2	2	2	2
古	火力計	229	225	335	385	445	505	595	985	1525

注）　2010年と2015年の火力計には原子力を含む
出典　東北電力集団公司資料

表 2.4-5　東北地域における主要発電所の設備容量（1995年）

（単位：MW）

発電所名称（水力）	設備容量	発電所名称（火力）	設備容量
水豊	315	清河	1,300
桓仁	295	遼寧	650
太平哨	161	錦州	1,200
太平湾	230	鉄峰	900
豊満	593	双遼	600
白山	1,700	哈三	400
云峰	200	富二	1,200
渭源	195	牡丹江	820
鏡泊湖	60	双鴨山	820
		元宝山	900
		通遼	800

出典　東北電力集団公司資料

表 2.4-6　将来の設備計画（単機容量 300MW以上）

（単位：MW×台数）

	2000年	2005年	2010年
揚水発電 揚水発電		900（300×3） 300（150×2）	1,200（300×4）
遼寧原子力			1,000×2
遼寧石炭火力	350×3 800×1	300×1熱併給 300×2 350×1 600×3 800×1	300×2 600×1 1,300×1
小　計	1,850	3,850	2,500
吉林石炭火力	300×2	300×3 300×2熱併給 600×2	300×2熱併給 600×3
小　計	650	2,700	2,400
黒竜江石炭火力	300×2 350×2 600×2	300×4 350×2 600×4	600×4
小　計	2,500	4,300	2,400
内蒙石炭火力	600×3 500×2		300×5 600×5
小　計	2,800	4,300	4,500
合　計	7,750	12,050	15,000

出典　東北電力集団公司資料

(b) 供給電力量の実績と見通し

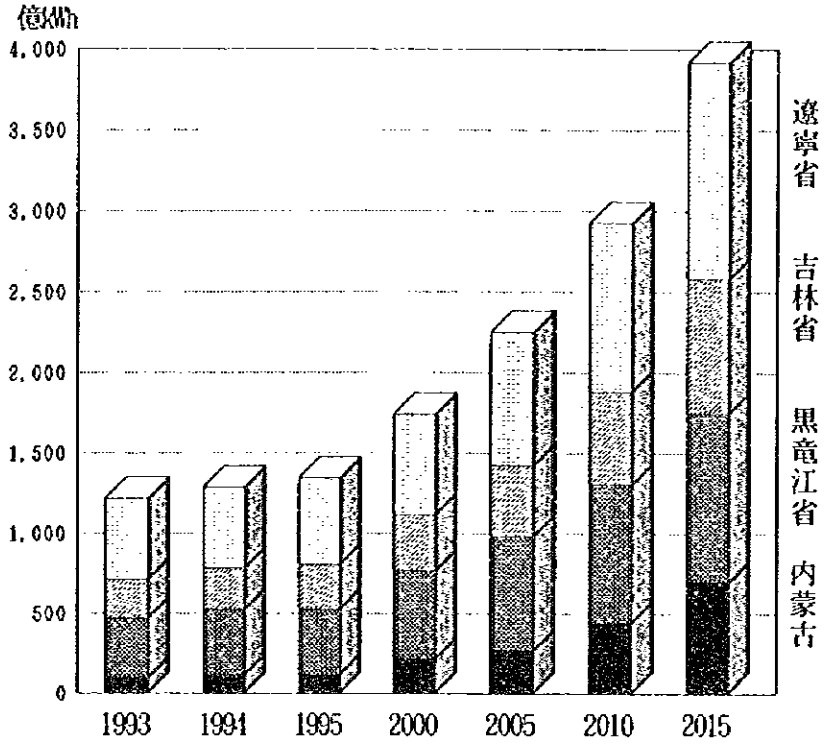
東北電力集団公司が作成した、供給実績及び将来計画を下表及び図に示す。

表 2.4-7　　東北電網管内の供給実績と将来見通し

(単位：億kWh)

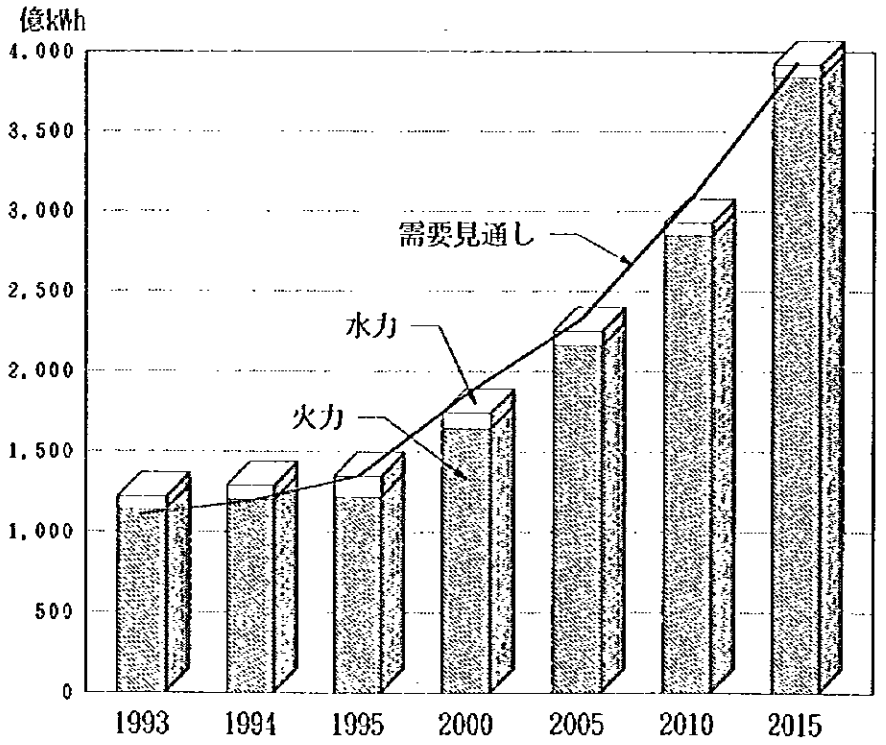
	1993年	1994年	1995年	2000年	2005年	2010年	2015年
全電網需要計・再掲	1,231	1,276	1,330	1,835	2,358	3,088	3,940
遼寧省需要計	580	599	625	847	1,073	1,389	1,770
吉林省需要計	241	251	265	375	490	654	835
黒竜江省需要計	357	370	382	535	691	907	1,160
内蒙古需要計	50	52	53	78	104	138	175
全電網　合計供給量	1,217	1,287	1,345	1,741	2,251	2,927	3,918
水力発電	81	89	128	100	91	80	78
(構成比；%)	(6.7)	(6.9)	(9.5)	(5.7)	(4.0)	(2.7)	(2.0)
火力発電	1,136	1,198	1,217	1,641	2,160	2,847	3,840
(構成比；%)	(93.3)	(93.1)	(90.5)	(94.3)	(96.0)	(97.3)	(98.0)
遼寧省　小計	505	506	539	624	826	1,045	1,337
水力発電	28	24	41	24	11	11	11
(構成比；%)	(5.5)	(4.7)	(7.6)	(3.8)	(1.3)	(1.1)	(0.8)
火力発電	477	482	498	600	815	1,034	1,326
(構成比；%)	(94.5)	(95.3)	(92.4)	(96.2)	(98.7)	(98.9)	(99.2)
吉林省　小計	242	256	281	350	444	574	832
水力発電	47	58	80	63	67	67	66
(構成比；%)	(19.4)	(22.7)	(28.5)	(18.0)	(15.1)	(11.7)	(7.9)
火力発電	195	198	201	287	377	507	766
(構成比；%)	(80.6)	(77.3)	(71.5)	(82.0)	(84.9)	(88.3)	(92.1)
黒竜江省小計	372	409	409	548	713	862	1,052
水力発電	5	6	6	12	12	1	—
(構成比；%)	(1.3)	(1.5)	(1.5)	(2.2)	(1.7)	(0.1)	
火力発電	367	403	403	536	701	861	1,052
(構成比；%)	(98.7)	(98.5)	(98.5)	(97.8)	(98.3)	(99.9)	(100)
内蒙古　小計	98	116	116	219	268	446	697
水力発電	1	1	1	1	1	1	1
(構成比；%)	(1.0)	(0.9)	(0.9)	(0.5)	(0.4)	(0.2)	(0.1)
火力発電	97	115	115	218	267	445	696
(構成比；%)	(99.0)	(99.1)	(99.1)	(99.5)	(99.6)	(99.8)	(99.9)

出典　東北電力集団公司資料



出典　東北電力集団公司資料

図 2.4-3　省別供給力の見通し



出典　東北電力集団公司資料

図 2.4-4　水火別供給力の見通し

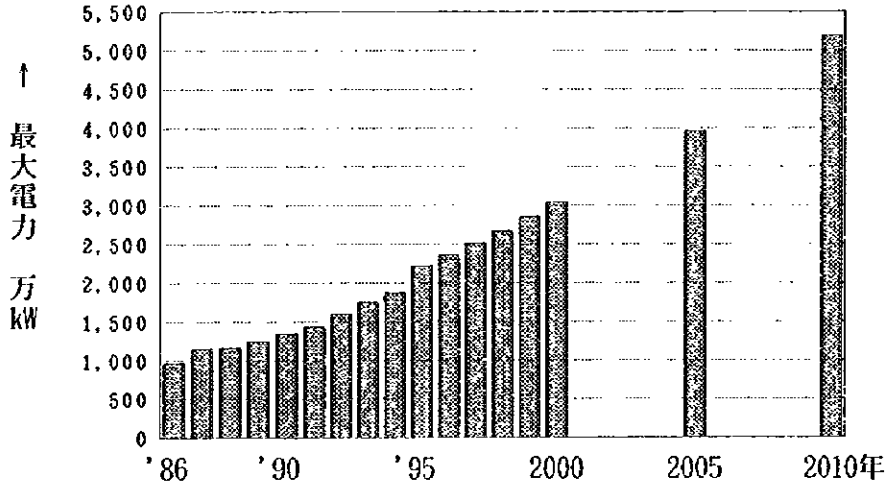
2.4.2　最大電力とピーク格差

(1)　最大電力需要の推移

(a) 最大電力の実績と将来見通し

図 2.4-5は東北地域における最大電力需要の過去実績と、東北電力集団公司が作成した将来の見通しを示したものである。

図より明らかなとおり、管内の最大電力需要は過去10年間でおよそ 2.2倍に伸びており、この間ほぼ直線的に増加してきている。この傾向は96年以降の続くものと予想されており、むしろ指数関数的に増加するものと考えられ、2005年の最大電力需要は 3,963万kW、2010年には 5,189万kWにも達するものと予測している。



出典　東北電力集団公司資料

図 2.4-5　　東北地域の最大電力の推移

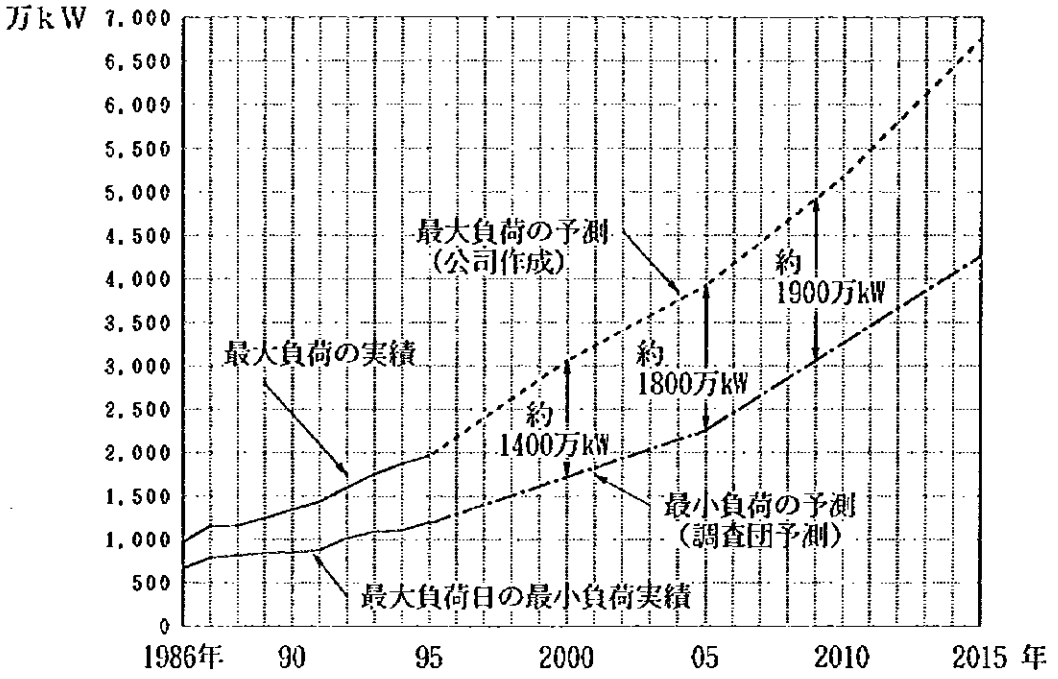
(b) ピーク格差の動向

図 2.4-6に東北地域における最大負荷とピーク格差の推移を示す。図では、過去10年間については各年における実績を、最大電力については東北電力集団公司が想定している見通しを用い、最大負荷日の最小負荷については実績の動きを勘案して推定した。図において、1986年から1995年の間に最大負荷は比較的順調に増加傾向を示しているが、最小負荷は87年から91年まではほとんど横ばい状態で、その後いくらか上昇傾向になっており、実績としてはピーク格差の拡大傾向がみられる。

1995年の実績で最大負荷は1966万kW、最大負荷が出現した日のピーク格差は 765万kWにも及んでいる。1995年における系統の水力発電設備容量が 443万kWであるから、

このピーク格差は既に水力の調整範囲を越えており、火力発電所の出力調整並びに毎日起動・停止（ＤＳＳ）運転が行われていることが伺える。

最小負荷の今後の推移を予測することは困難であるが、仮に現状のまま推移するとすれば、ピーク格差は急激に拡大していくものと考えられるが、反面政策誘導的に工場稼働時間の調整や深夜電力の利用など、格差縮小のための施策が行われることを期待して、最大電力の伸びと近似した伸びを仮定した。



出典　東北電力集団公司資料

図 2.4-6　　東北地域の最大負荷とピーク格差の推移

それでも、当面このピーク格差は拡大傾向が続くもの考えられ、2005年にはおよそ1800万kW、2010年には1900万kWにも達する可能性がある。したがって、ピーク調整発電所の必要性は今後ますます高まる一方、包蔵水力の限界もあることから、東北地域においてはこれまで以上に火力発電所の負荷調整能力が求められることとなる。しかしながら、当然のこととして石炭火力による負荷調整は燃料効率を低くするばかりでなく、補修費用も増大するなど好ましくない影響を及ぼす。

したがって、政策誘導によるピーク格差の縮小は勿論のこと、供給サイドにおいても揚水発電の導入を図ることは重要なことである。

(5) 日負荷曲線

図 2.4-7は、1995年の東北電網全系統の季節別にみた日負荷曲線の例で、毎時間の全系統負荷と、火力発電分を表示したものである。現時点では火力発電以外はすべて水力発電であり、太陽電池や風力などの新エネルギー及び原子力発電はこの系統にはない。したがって、全系統負荷と火力発電の差が水力発電所の出力ということになるが、全体としてその分担割合は非常に小さく、系統の負荷変動幅に対して調整能力は完全に不足しており、年間を通じて火力発電が負荷調整を行っていることが分かる。

また、四季を通じて1日のピークは夕方に集中している他、朝の点灯時にも小さなピークが現れている。

この図でとくに注目すべきことは、5月及び7月については多雨期であることを反映して、水力発電の占める部分が相応にあるものの、火力発電による負荷調整範囲が300万kW以上にも達していることである。一方、1月及び11月の少雨期には水力はほとんどピーク供給のみに使用されており、しかも需要そのものも冬季の方が多いことから、火力発電の負荷調整範囲はほとんど400万kWにも達している。

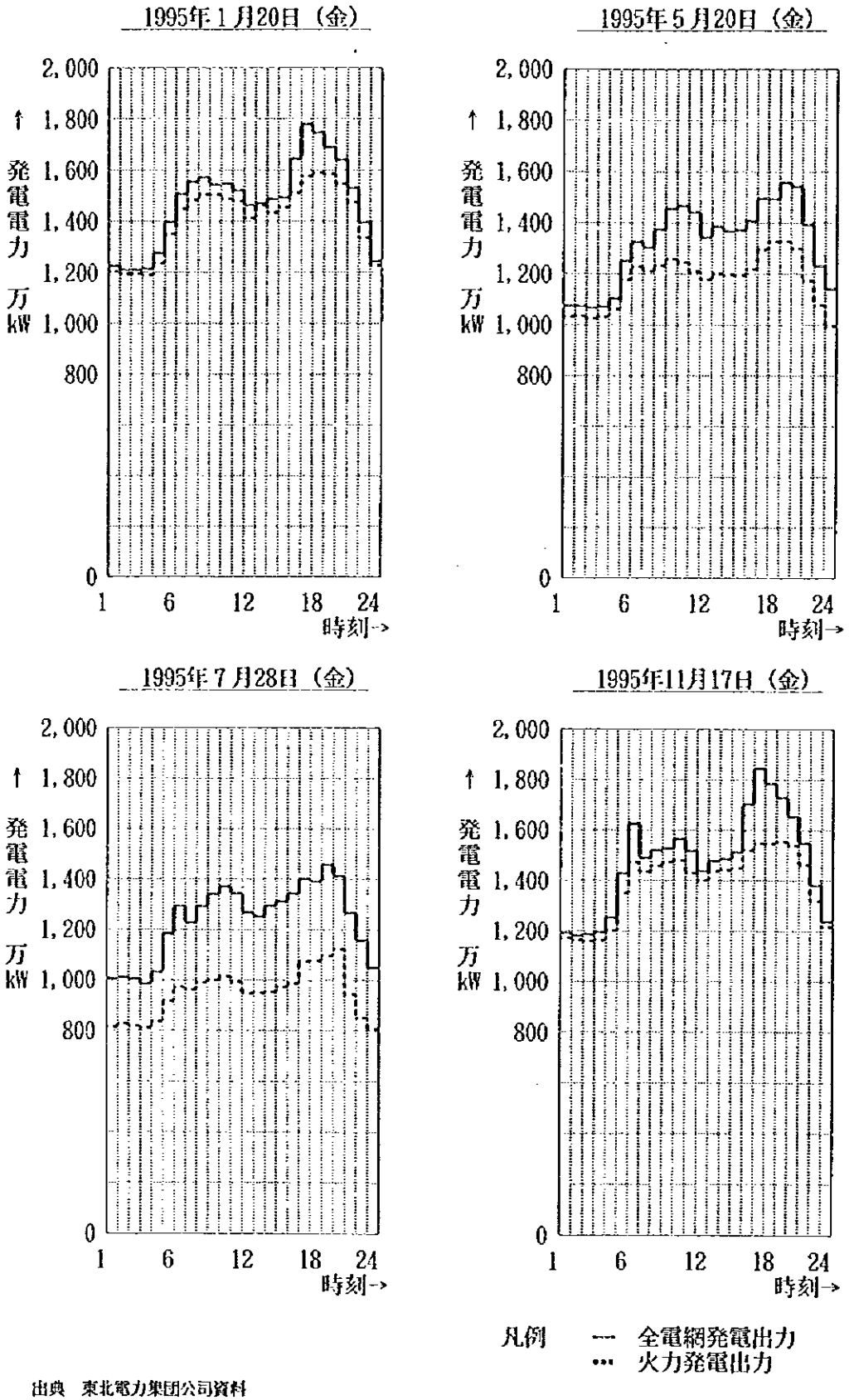
このように、東北電網系統においては年間を通じて火力発電による負荷調整範囲が常に300万kW以上存在していることが分かる。これらの数値を表 2.4-8に示した。

表 2.4-8　1995年東北電網における季節別ピーク格差

(単位：万kW)

	最大負荷	最小負荷	ピーク格差
1月20日　全電力	1,779	1,211	568
その内火力分	1,589	1,190	399
5月20日　全電力	1,557	1,068	489
その内火力分	1,328	995	333
7月28日　全電力	1,457	985	472
その内火力分	1,123	812	311
11月17日　全電力	1,845	1,181	664
その内火力分	1,555	1,161	394

出典　東北電力集団公司資料



出典　東北電力集団公司資料

図 2.4-7　東北電網における季節別日負荷曲線（1995年）

2.4.3　紅石揚水発電所の位置づけ

(1)　電源構成と負荷調整能力

東北電網の電源構成は、前項までにみてきたように典型的な火主水従型で、しかも火力発電はすべて石炭火力であり、近年大型新鋭火力が投入されつつあるものの、大半は小型の低熱効率の発電所である。今後建設される石炭火力は、超臨界圧ボイラを備え、変圧運転も可能な設備が順次投入されていくものと思われるが、既に現時点での石炭火力による負荷調整範囲は 300万kW以上に達しており、その幅は確実に増えるものと思われる。

一般に、常時変動する電力需要に対しては貯水池式水力発電所の出力調整により微調整を行い、火力等の大型電源の調整運転は粗調整として運用されている。しかしながら、既にみてきたとおり東北電網管内の水力資源は明らかに限界があり、しかも電力需要の増大する冬場には自流式発電所の出水も低下するなど、既存の水力発電所による負荷調整能力は系統が要求する範囲に遠く及ばないと結論される。一方で、供給力のかなりの部分を占める老朽化した既設石炭火力は、ますます効率が低下し年々保守費用が増大するなどの問題を抱えている。

(2)　揚水発電の必要性

このような需給状況のなかで、揚水式発電所の開発は需給調整の自由度の確保は勿論、限られた水資源の有効利用という観点からも東北電網にとって最も望ましい選択肢と考えられる。したがって、地勢的あるいは電力系統的にみて可能な限りの揚水地点を開発することは、現下の東北電網にとっては最も重要な課題と位置づけられる。

このような観点に立ってみた場合、東北電網が必要とする負荷調整能力は2005年時点でおよそ1,800万kWと想定されることは既に述べたが、このうち揚水発電に求められる出力は、既存並びにこれから開発される水力発電所及び負荷追従運転を前提として建設された火力発電所の合計出力を差し引いた容量を可能な限り補完していくことが望ましい。

(3) 紅石揚水計画の位置づけ

前項までに述べた観点を考慮して、既にいくつかの揚水発電プロジェクトが検討されている。紅石揚水発電プロジェクトもその一つではあるが、紅石地点が有する利点は下記の点に集約され、他のプロジェクトに比して最も開発優先順位が与えられるべきである。即ち、

- 既設紅石ダムを下池として利用可能であり、建設費の低減が見込まれる。
- 当該地域は既設白山発電所の近隣地域であり、重量物運搬並びに荷役設備が流用できる。
- 工事用インフラストラクチュァーが整備されており、コストダウンに有効である。
- 東北電網のなかで、紅石地点からおよそ 155kmの地点に東豊変電所があり、当該変電所は東北電網の 500kV系統のなかで、北部系統と南部系統を結ぶ中間地点に位置しており、この変電所に直接紅石揚水を接続することは、発生電力の電網への供給並びに揚水用電力の受電に極めて優利である。

など、技術的・経済的に極めて優位である。

したがって、紅石揚水計画を優先的に進めていくことは社会・経済的に合理的であるばかりでなく、東北電網が抱える潜在的な供給構造の歪みに対して、即効薬的な効果をもたらすものと期待できる。