No. 7

中華人民共和国

十三陵揚水発電開発計画調査

報　告　書

1991年1月

国際協力事業団

鉱計資
[illegible]
91 － 12

中華人民共和国

十三陵揚水発電開発計画調査

報　告　書

JICA LIBRARY
1089081[2]
22591

1991年1月

国際協力事業団

国際協力事業団
22591

序　　文

日本国政府は、中華人民共和国の要請に基づき、同国十三陵揚水発電開発計画調査を行うこととし、その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は、1990年７月と11月の２回にわたり、電源開発株式会社の森本時夫氏を団長とする調査団を現地に派遣した。調査団は同国政府関係者と協議を行うとともに当該地域での現地調査を実施し、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った。

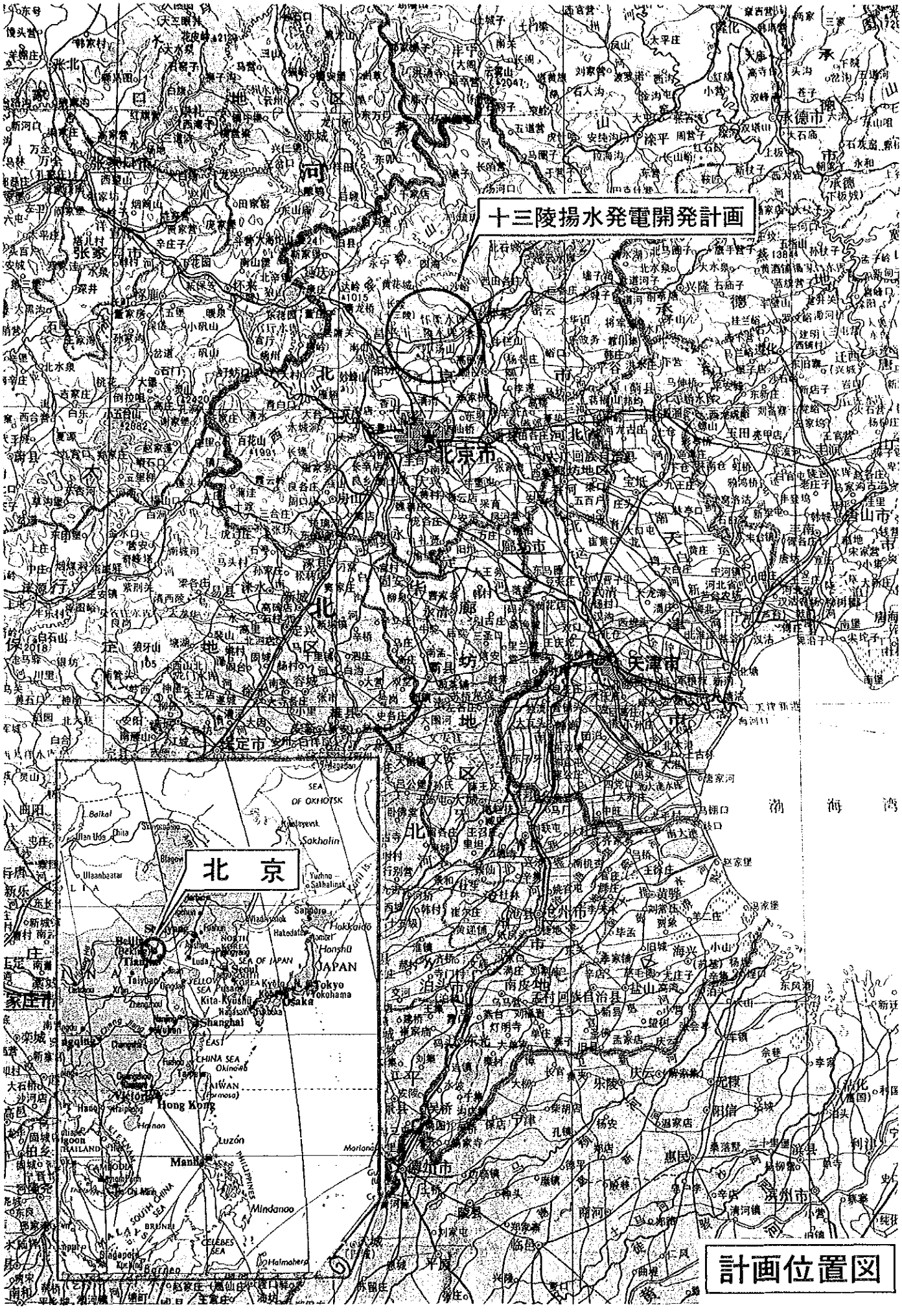
本報告書が当該計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善をより一層深めることに貢献できれば幸いである。

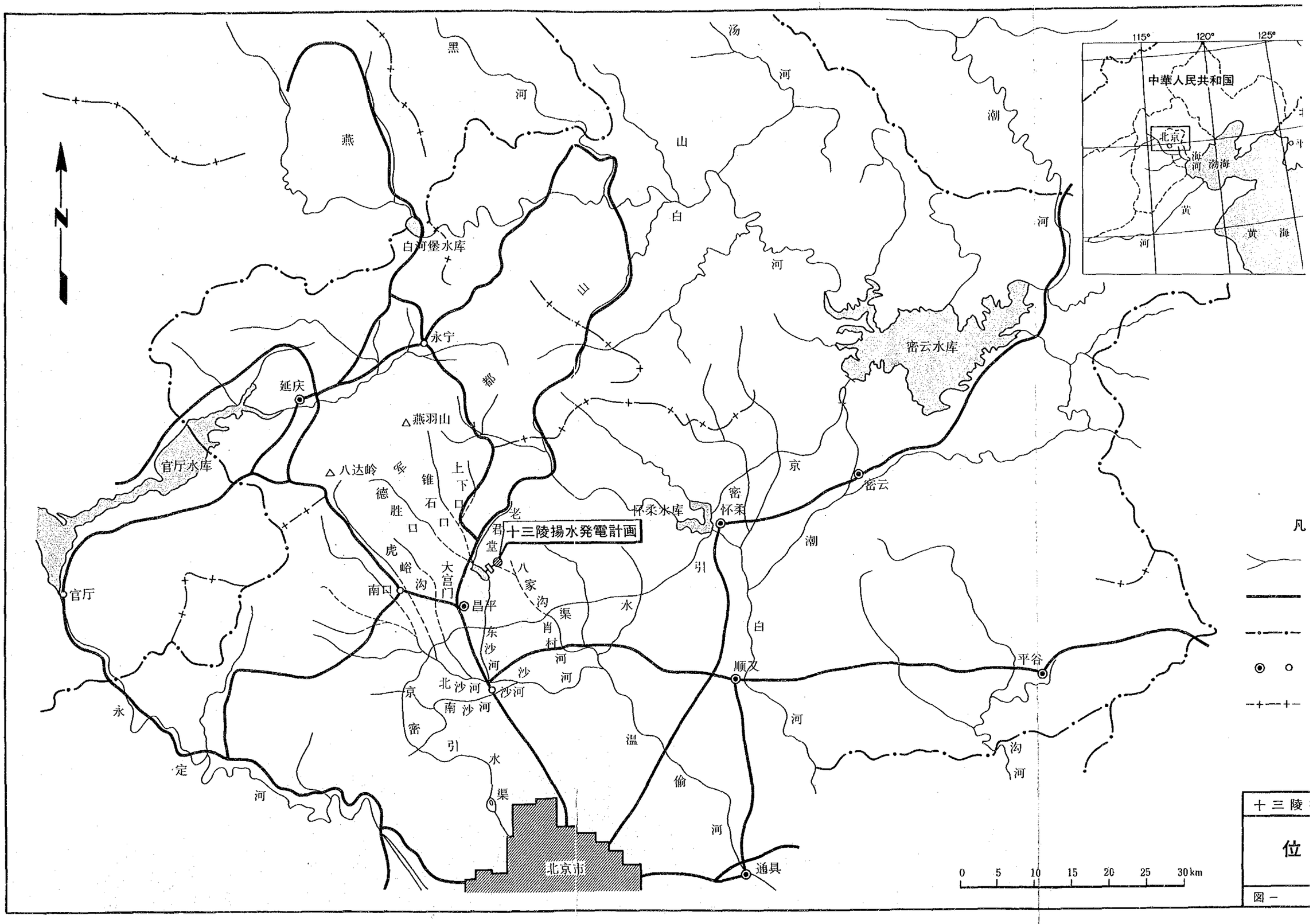
終りに、調査実施に際し、多大なご協力を頂いた同国の関係各位に対し、深く感謝の意を表するものである。

1991年１月

柳谷謙介

国際協力事業団
総裁　柳谷謙介


十三陵揚水発電開発計画
北京市
天津市
北京
計画位置図

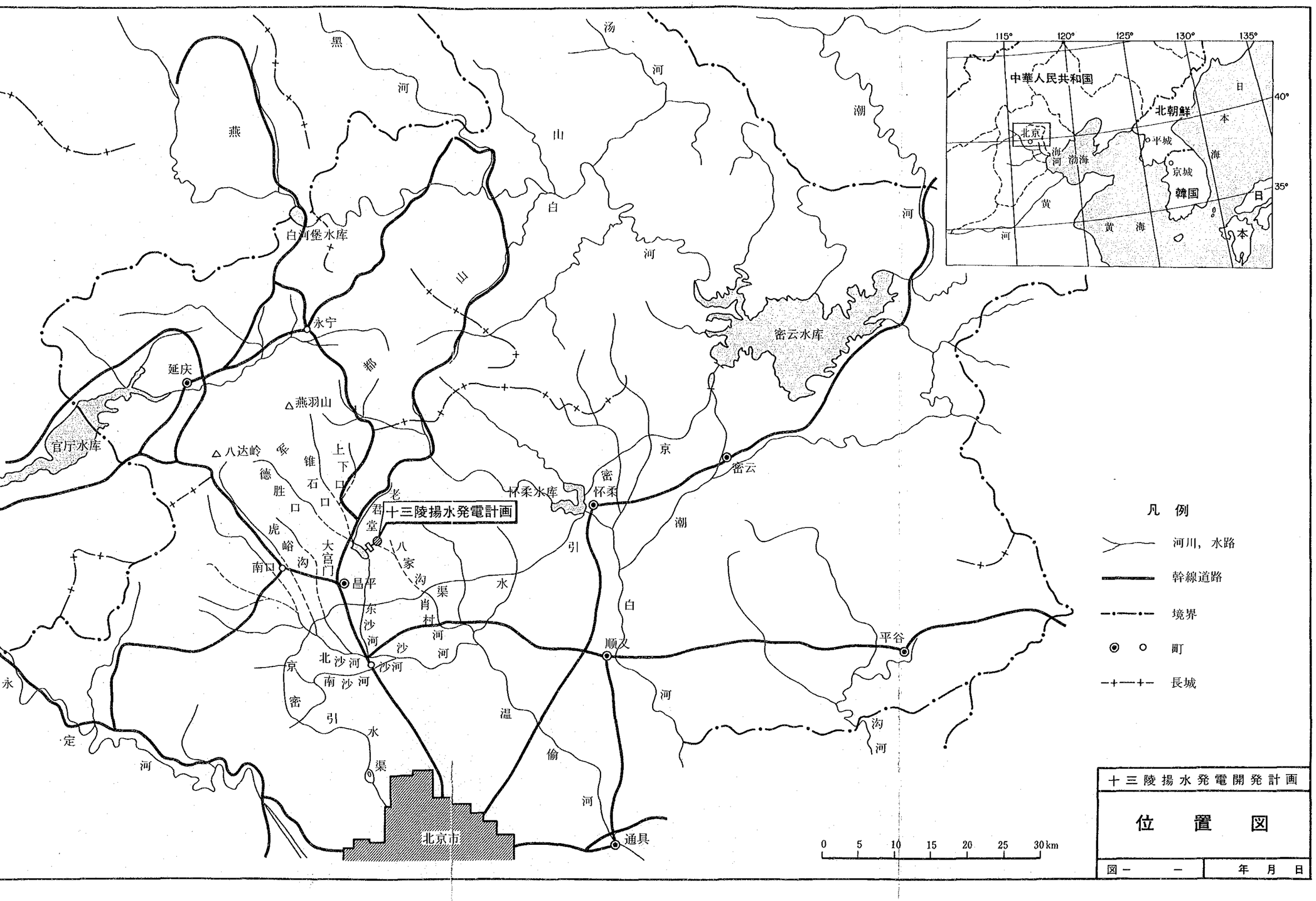


十三陵揚水発電計画
中華人民共和国
北京
北京市
白河堡水库
永宁
延庆
官厅水库
官厅
燕羽山
八达岭
南口
昌平
沙河
顺义
平谷
密云
密云水库
怀柔
怀柔水库
通具
黑河
汤河
潮河
白河
黄河
黄海
渤海
海河
燕山
都山
京密引水渠
温偷河
北沙河
南沙河
东沙河
肖村河
八家沟
老君堂
大宫门
虎峪沟
德胜口
锥石口
上下口
永定河
0 5 10 15 20 25 30 km

十三陵

位

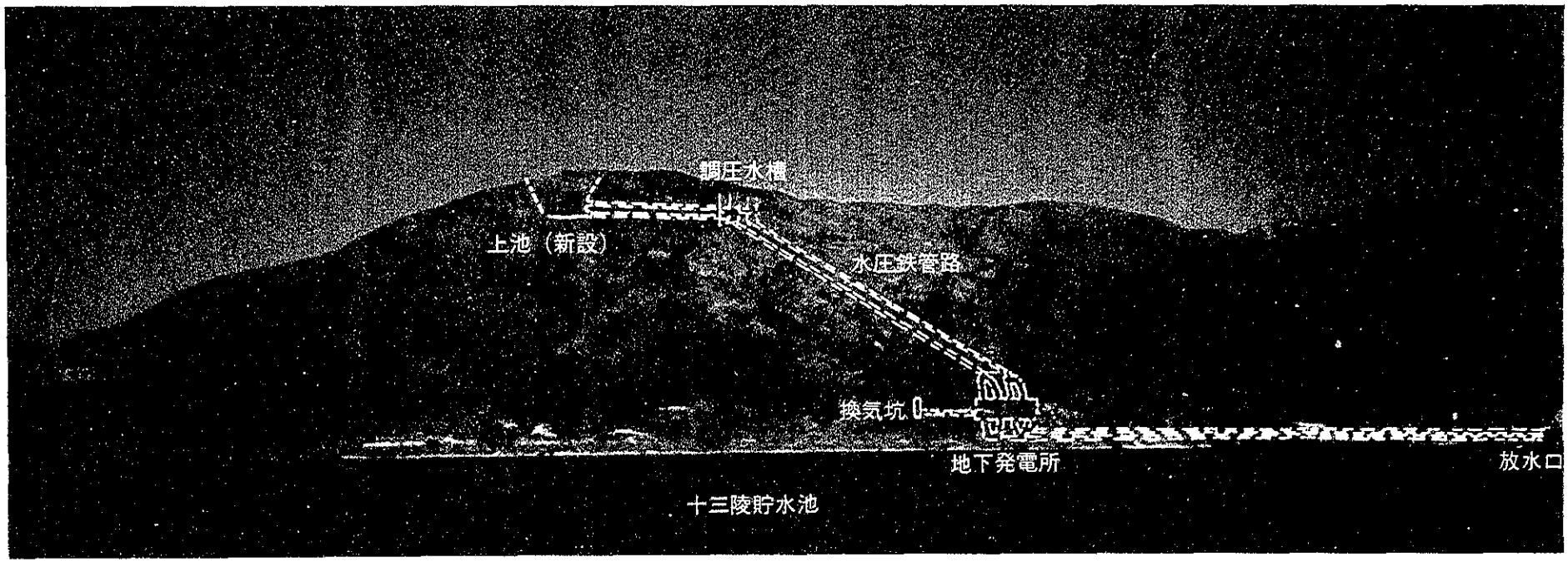
図一



十三陵揚水発電開発計画

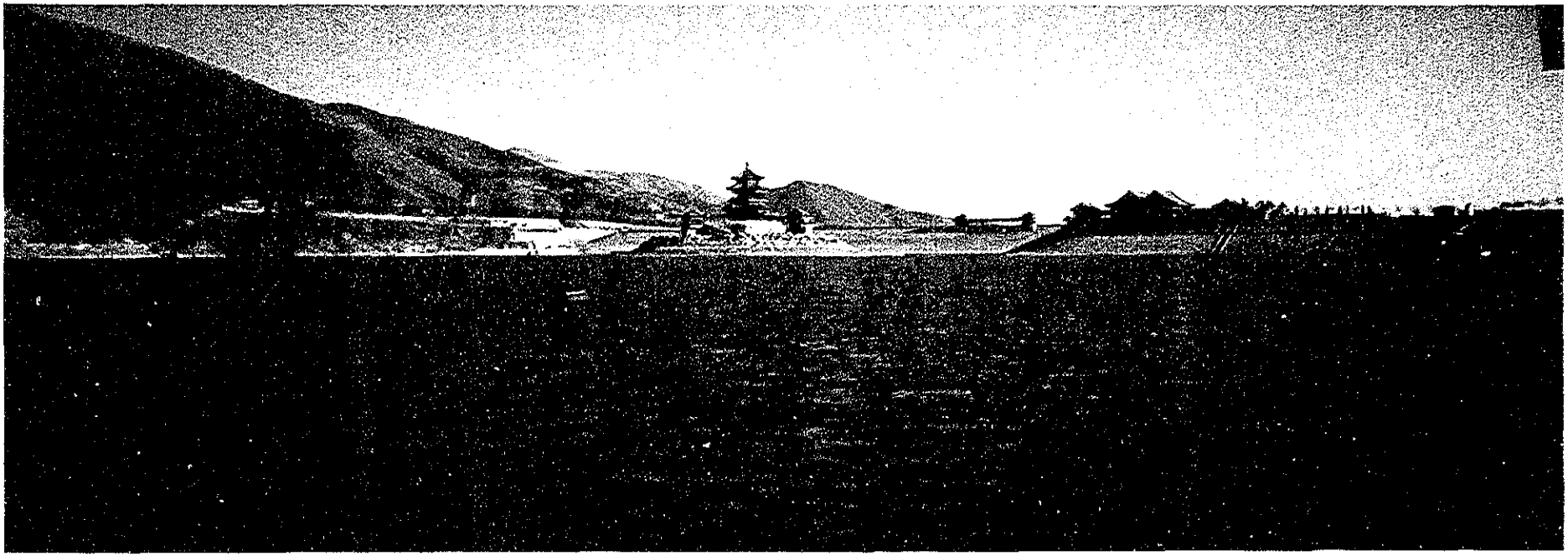
位 置 図

図－ － 年 月 日

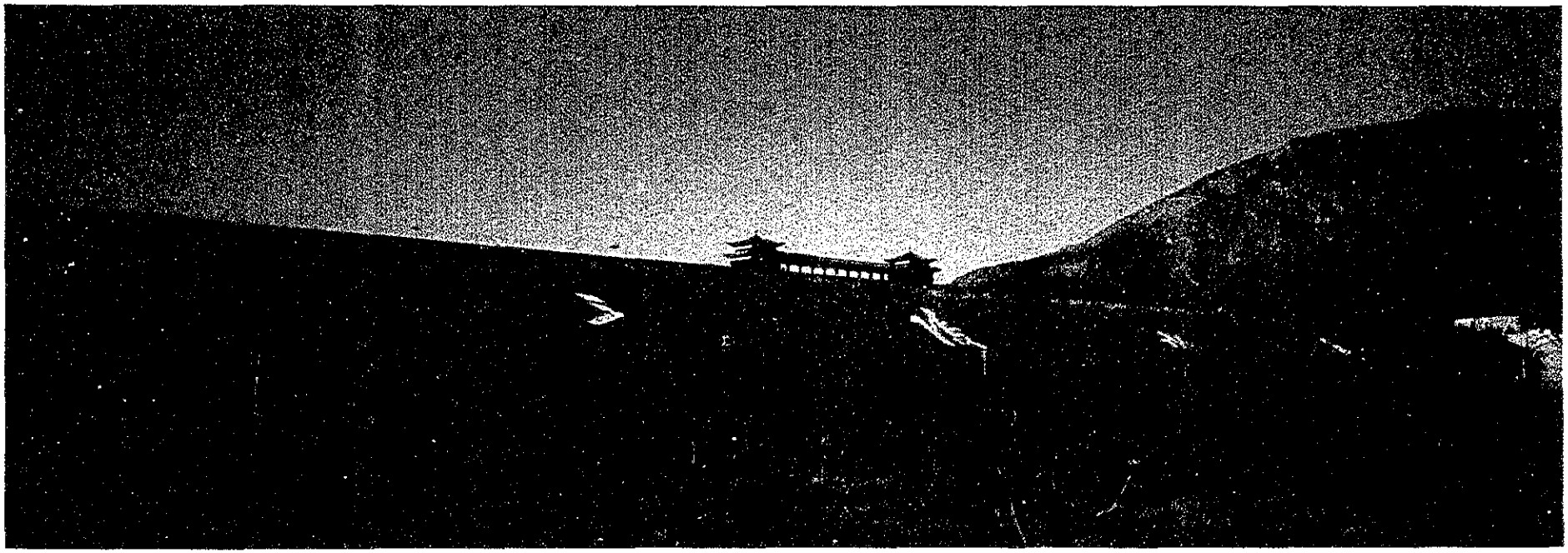


十三陵貯水池右岸より、地下発電所、調圧水槽、放水口、換気坑
予定地点を見る。

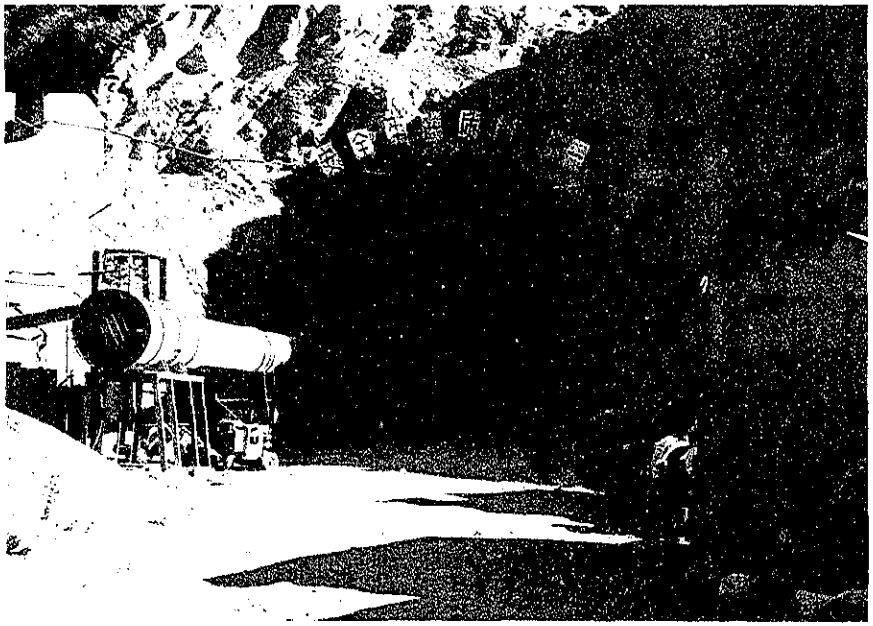
堰堤より上流を見る。湖巾が最も狭い右岸半壁山と対岸に、上部締め切りダムを建設する予定である。



十三陵貯水池湖上より堰堤を見る。堰堤の右岸上流には、
龍宮城と称する観光施設が見られる。

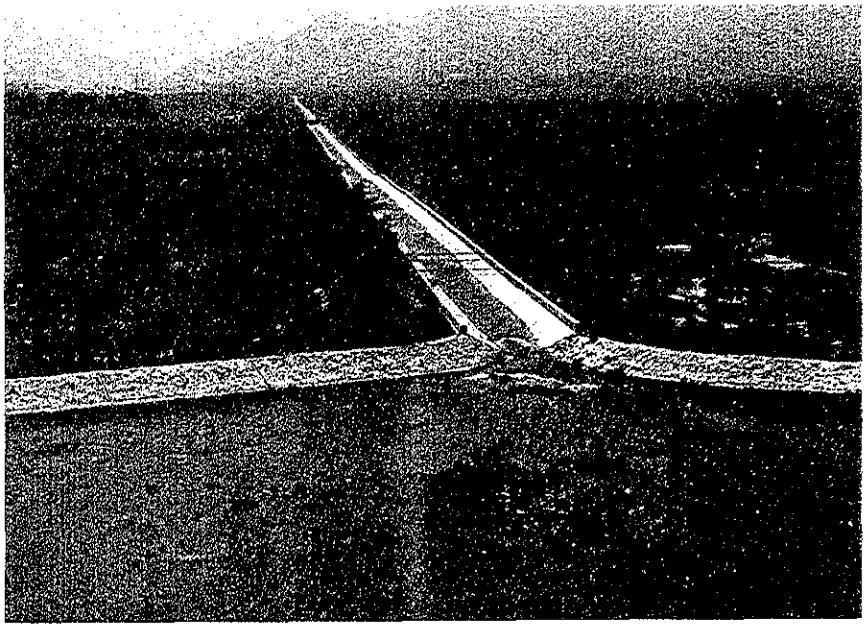


堰堤下流側より、十三陵貯水池堤体をみる。



既に工事が開始されている換気トンネル入口。

ダム最上流部の七孔橋より白河堡導入路
から十三陵貯水池への流入の様子。



十三陵揚水発電開発計画調査

頁

結論と勧告

Ⅰ章　総　論

1　概　要 …… Ⅰ－1-1

1.1　概　要 …… Ⅰ－1-1

1.2　計画概要 …… Ⅰ－1-2

1.3　調査の目的、範囲、調査内容 …… Ⅰ－1-5

1.4　現地調査業務および参加者リスト …… Ⅰ－1-7

2　計画地域の地形・地質概要 …… Ⅰ－2-1

2.1　地　形 …… Ⅰ－2-1

2.1　地　質 …… Ⅰ－2-1

Ⅱ章　技術的検討

1　揚水発電の運用パターン …… Ⅱ－1-1

1.1　概　要 …… Ⅱ－1-1

1.2　運用パターンの検討 …… Ⅱ－1-1

1.3　運用による経済性の検討 …… Ⅱ－1-21

1.4　系統解析 …… Ⅱ－1-27

1.5　まとめ …… Ⅱ－1-38

2　下部ダムの漏水防止対策に関する調査 …… Ⅱ－2-1

2.1　概　要 …… Ⅱ－2-1

2.2　水　文 …… Ⅱ－2-2

2.3　地　質 …… Ⅱ－2-24

2.4　十三陵貯水池内の経緯と現状分析 …… Ⅱ－2-45

2.5　揚水発電所発電所下部調整池 …… Ⅱ－2-71

2.6　まとめ …… Ⅱ－2-101

3　地下発電所掘削管理システムに関する調査 …… Ⅱ－3-1
3.1　概　要 …… Ⅱ－3-1
3.2　地下発電所周辺の地質および岩盤の工学的性質 …… Ⅱ－3-4
3.3　基本設計に関する技術評価 …… Ⅱ－3-34
3.4　有限要素法による空洞の安定性評価 …… Ⅱ－3-46
3.5　掘削管理システムの計測システム …… Ⅱ－3-86
3.6　ま と め …… Ⅱ－3-98
4．ポンプ水車設備の機械特性に関する調査 …… Ⅱ－4-1
4.1　計画の関連地点特性の分析 …… Ⅱ－4-1
4.2　可逆フランシスポンプ水車の技術動向 …… Ⅱ－4-7
4.3　予備設計仕様の策定 …… Ⅱ－4-15
5　高落差大要領水圧鉄管に関する調査 …… Ⅱ－5-1
5.1　概　要 …… Ⅱ－5-1
5.2　水圧管路周辺の地質および岩盤の工学的性質 …… Ⅱ－5-5
5.3　基本設計に関する技術評価 …… Ⅱ－5-15
5.4　高張力鋼材に関する技術評価 …… Ⅱ－5-50
5.5　高張力鋼材の溶接に関する技術評価 …… Ⅱ－5-53
5.6　予備設計仕様 …… Ⅱ－5-56
5.7　ま と め …… Ⅱ－5-69
6　上部池遮水壁および初期充水に関する調査 …… Ⅱ－6-1
6.1　概　要 …… Ⅱ－6-1
6.2　地形、地質 …… Ⅱ－6-8
6.3　基本設計に関する技術評価 …… Ⅱ－6-16
6.4　遮水壁の施工に関する技術評価 …… Ⅱ－6-44
6.5　計　測 …… Ⅱ－6-53
6.6　初 期 充 水 …… Ⅱ－6-57
6.7　ま と め …… Ⅱ－6-61

Ⅲ章　経 済 評 価

1　経済評価および財務分析 …… Ⅲ－1-1

1.1　概　要 …… Ⅲ－1-1

1.2　経 済 評 価 …… Ⅲ－1-1

1.3　財 務 分 析 …… Ⅲ－1-12

1.4　ま と め …… Ⅲ－1-22

結　論　と　勧　告

結　論　と　勧　告

ま え が き

十三陵揚水発電計画について、その必要性の有無、技術面などについて以下の項目について検討した結果、以下に示すような結論を得た。

(1) 揚水発電所運用パターンに関する調査

十三陵揚水発電所が接続される京津唐系統は、電源設備の大半が本来ベース型に適している石炭火力発電所で構成されており、刻々変動する負荷追随機能不足のみならず、特に深夜帯の軽負荷時にその負荷レベルまで、電源側出力を安定的に絞り込むことが困難である。本調査では、十三陵揚水発電所を導入する事により、この余剰電力を揚水電力にあて、年間を通じて効率的に処理できる事が検証された。更にこれにより、負荷変動の激しい日中、及び点灯時間帯における電力の質改善に大きく寄与できるものである。一方、現在稼働している石油火力の代替として運用できることから、経済面へのメリットについても検証を行ったものである。

揚水運転の運用は、日負荷曲線に大きく左右され、特に経済面への影響が大きいことから、今迄のデーターの他に負荷曲線を記録し、この系統に最適な運用方法を更に研究する必要がある.

更に、想定系統における系統解析を実施した結果は特に問題ない。

(2) 下部ダムの漏水防止対策に関する調査

十三陵揚水池の主要漏水原因のうち、ダム本体からの漏水については、1970年に実施された地中壁工事前後の観測資料で、地下水位の大幅な低下による止水効果が確認されており、これが今後大きな貯水池漏水の原因となることは考えられない。

一方、貯水池周辺の地形、地質および地下水位等の検討結果では、旧河道からの漏水はその量も多く、揚水下池の機能を確保するためには十分な止水対策が必要であり、中国で立案された貯水池上流1,500m地点における地中壁をもつ低い締切ダムの建設は、合理的かつ経済的であると判断される。しかし、このダムは少ない頻度ではあるが、洪水時に堤頂を越流することがあり得るため、その構造、とくに越流部の施工については十分な注意が必要である。

(3) 地下発電所掘削管理システムに関する調査

現時点までに得られている地質調査結果及び岩盤試験結果が発電所等地下構造物位置での岩盤に対応しているならば、現基本設計の配置設計、空洞断面設計及び岩盤補強工等はほぼ妥当であると言える。また、調査・試験結果をもとに有限要素法による応力・変形解析を行った結果、変形及び周辺岩盤の緩み領域等空洞の安定性は地山応力条件に大きく影響されることが判明した。

地質調査、岩盤試験等がEL.210mの調査横坑内でなされたものであるため、発電所位置での地質、岩盤条件を必ずしも代表するものではないと考えられる。発電所位置での地質、岩盤条件が仮に現時点で想定しているものに比較して著しく劣ると判断される場合には、設計を見直し、アーチコンクリート並びに側壁コンクリートによる岩盤の支持、補強を考慮した、いわゆる「きのこ型」断面の採用が推奨される。

最終的な詳細設計にあたっては、発電所位置での地質調査、岩盤諸試験を実施して、その結果に基づき最終判断をするよう勧告する。また、大規模地下発電所空洞の安定性が地山応力条件に大きく依存していることから、発電所位置で応力測定試験を実施して、応力状態を確認することを勧告する。

(4) ポンプ水車設備の機械特性に関する調査

本計画に於いて使用される電力設備について、既に中国側で考えられていた基本諸元、基本仕様に沿って、技術的検討を行った結果、概ね問題ないとの結論を得た。

但し、設置される機器が高落差大容量であり、未だ一般的機器となっていないことから、製作者の選定に当たっては十分な経験と技術を重視する必要がある事、又、据付技術は機器の保守運転両面に大きな影響を及ぼすことから、これを保証する工事体制を確立する必要がある。

(5) 高落差大容量水圧鉄管に関する調査

水圧管路配置設計、鉄管及び分岐管等の基本設計は、中国側の基本諸元、設計規範に基づき技術的検討を実施した結果、概ね妥当であるとの判断を得た。但し、トンネル内の岩盤と鉄管の間のクリアランスについては60cm以上とすること、岩盤の内圧負担率はトンネル掘削完了後に地質調査、試験を実施して最終的に決定すること、分岐管の管胴板厚等の詳細検討を実施することを勧告する。

高張力鋼のHT80鋼の鋼材については、JIS G3128 に規定している調質鋼 SHY70NS に特別品質規定を適用した SHY70NS-F あるいはこれと同等以上の品質を持つ材料を採用することを推奨する。また、内部補強型Y分岐の三日月形補強材の鋼材としては焼入れ、焼戻しの熱処理をした調質型の熱間圧延鋼板の採用を推奨する。

高張力鋼の溶接方法としては被覆アーク溶接及びサブマージアーク溶接を推奨する。また両面溶接を実施することを推奨する。これら溶接条件、方法、検査、管理等は事前に充分検討を行うと共に、溶接作業員に対する教育や訓練を徹底して行われなければならない。高張力鋼の水圧鉄管管胴本体への大々的な使用は中国国内では始めての経験である為、鋼材の外国からの輸入に合わせて、溶接施工、検査等に関する教育、訓練を実績の豊富な外国の専門企業に依頼することを勧告する。

(6) 上部池遮水壁および初期充水に関する調査

上部調整池の基本設計は、これまでに十分な調査と検討がなされており、設計、施工に関する細部を除けば概ね問題はない。

アスファルト表面遮水壁型ダムで特に注意すべき点は、遮水壁の基盤となる堤体の沈下と、遮水壁の舗設技術にあり、施工が悪いと思わぬ漏水の原因となることがある。従って、詳細設計に当たっては池曲面部の機械施工や遮水壁とコンクリート構造物との接合部など、極力施工性の良い構造を採用するとともに、事前に現地で試験舗設を実施することによってアスファルトの配合、そして施工機械を決定する必要がある。

(7) 経済評価および財務分析

経済評価については、中国で実施しているもののうち想定運用方法等、一部見直し再検討した結果問題ないと判断できる。また財務分析についても、現在考えられている電気料金で検討した結果問題はない。

I　章　　総　　論

頁

1．概　要 …… Ⅰ－1-1
1.1　概　要 …… Ⅰ－1-1
1.2　計画概要 …… Ⅰ－1-2
1.2.1　計画概要 …… Ⅰ－1-2
1.3　調査の目的、範囲、調査内容 …… Ⅰ－1-5
1.3.1　調査の目的 …… Ⅰ－1-5
1.3.2　調査対象地域 …… Ⅰ－1-5
1.3.3　調査の範囲 …… Ⅰ－1-5
1.3.4　調査内容 …… Ⅰ－1-5
1.4　現地調査業務および参加者リスト …… Ⅰ－1-7
1.4.1　現地調査業務 …… Ⅰ－1-7
1.4.2　調査目標 …… Ⅰ－1-7
1.4.3　参加者リスト …… Ⅰ－1-7
2．計画地域の地形、地質概要 …… Ⅰ－2-1
2.1　地　形 …… Ⅰ－2-1
2.2　地　質 …… Ⅰ－2-1

1 概　要

1.1 概　要

十三陵揚水発電開発計画は、中国政府が推し進める第７次５か年計画などの経済開発計画下で成長する中国経済（88年のＧＮＰ成長率11.2%）を支えるものとして、急激に増加する電力需要に対処するためのものである。特に本計画が位置する北京地域は、電力の需給バランスが逼迫している状態が続いており、新規電源の建設が精力的に行なわれている。

現在に於ける京津唐系統の設備容量は、約7,600MWを有しているが、その電源構成をみると、80%以上が石炭火力であり、水力発電所は使用しているダムのほとんどが多目的ダムである事から期待できるピーク容量は全設備の５%程度しかない。この事から供給設備の効率的な組み合わせによるベース分及びピーク分の分担が重要かつ、緊急な問題として懸念される。この問題を解消し、変動する負荷に合わせて効率良く電力を供給するためには、充分な容量を持つピーク型発電所が必要となるが、北京付近には大型の一般水力発電所建設地点はないため大容量化が容易で、負荷追随特性の優れた揚水発電所が必要になってくる。十三陵揚水発電所は、大電力消費である北京からわずか40kmしか離れておらず、重要なピーク対応電源としてその開発が急がれている発電計画である。

なお、本計画は、放水口など既に着工している設備もある。完全ではないが、フィージビリティ調査については中国が既に実施しており、本調査は、このF/S調査に対する補足調査と位置づけられている。　このため、揚水計画の基本である経済的電力需給運用の分析を行うことにより本揚水発電所の運用を見極めた上で、基本仕様の確立が急がれる。さらに本フィージビリティ調査では中国において比較的経験の少ない技術的事項に関する調査に加え、本プロジェクトが客観的にフィージブルであることを立証するための補足調査が求められている。

1.2　計画概要

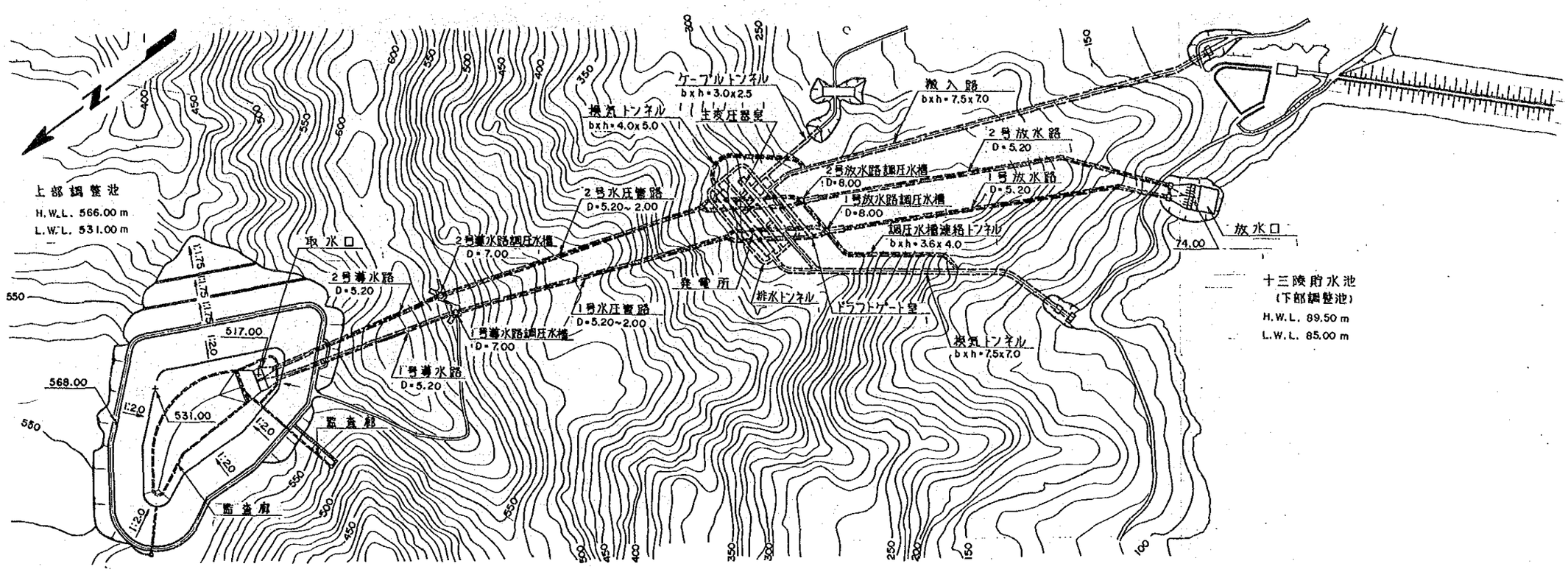
1.2.1　計画概要

十三陵揚水発電計画は北京北方40kmに位置し、1958年に洪水調節と灌漑を主目的として建設された十三陵貯水池を下池として利用し、同貯水池左岸の山頂に有効貯水容量3.81×10^6 m^3の掘込式調節池を上池として設け、得られる落差430mを利用して最大出力800MWの揚水発電を行う計画である。

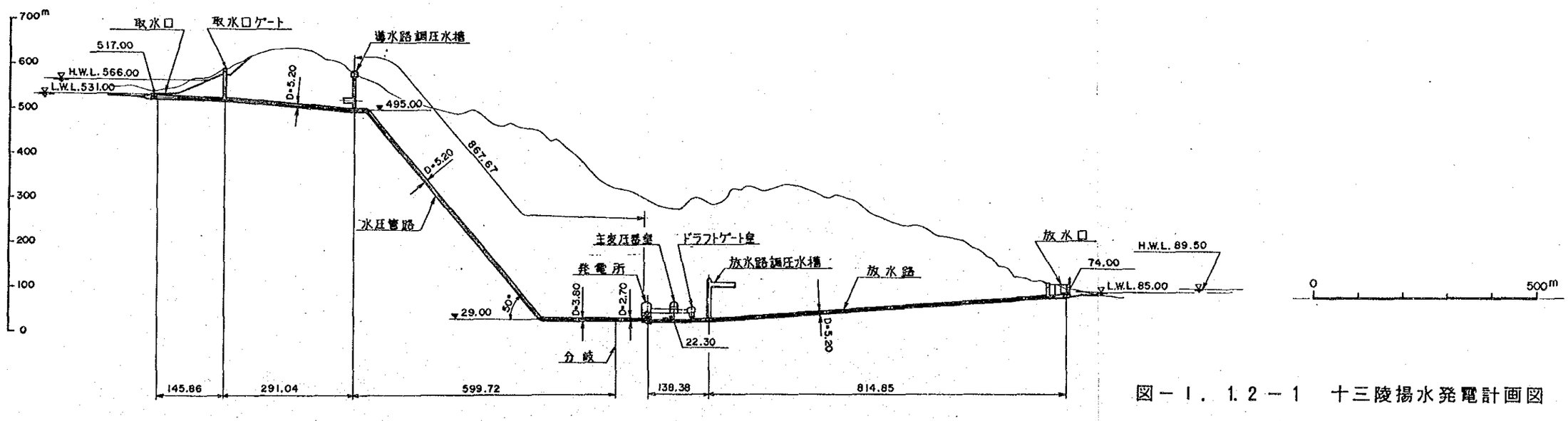
北京地域の電力供給力増強のための揚水発電所の検討は1974年から開始され、本計画地点を含めて20ヶ地点について比較検討がなされてきたが、本十三陵揚水発電計画地点が電力需要地域に近く、かつ経済性も高いことから最優先プロジェクトとして選定され、1980年より北京勘測設計院によってフィージビリティ調査が実施された。

図-1.1及び表-1.1に十三陵揚水発電計画の概要を示す。

平　面



縦　断　面（1号管路）



図－1．1.2－1　十三陵揚水発電計画図

表－I.1.2-1　十三陵揚水発電計画概要

【位　置】	北京北方40km		
【下　池】	流域面積	:	223 km²
(十三陵貯水池)	ダム型式	:	傾斜土質コア型ロックフィルダム
	堤高×堤頂長	:	29m×627m
	洪水位	:	102.83m
	常時満水位	:	89.50m
	低水位	:	85.00m
	総貯水容量	:	81.0×10^6 m³
	有効貯水容量	:	33.36×10^6 m³
【上　池】	流域面積	:	—
	ダム型式	:	アスファルト表面遮水壁型ロックフィル・ダム
	堤高×堤頂長	:	120.0m×463.9m
	満水位	:	566.00m
	低水位	:	531.00m
	総貯水容量	:	4.01×10^6 m³
	有効貯水容量	:	3.81×10^6 m³
【導水路】	形式	:	円形圧力トンネル
	条数	:	2条
	内径×長さ	:	5.2m×388/399m
【ｻｰｼﾞﾀﾝｸ】	形式	:	制水口型水室式
	個数	:	2個
	内径×高さ	:	7.0m×5.7m
【水圧鉄管】	形式	:	斜坑埋設
	条数	:	2条
	内径×長さ	:	5.2m－3.8m×824.0/783.6m
【発電所】	形式	:	地下式
	幅×高×長	:	20.7m×44.6m×149.0m
	単機容量×台数	:	200MW×4台
【ｻｰｼﾞﾁｬﾝﾊﾞｰ】	形式	:	制水口型水室式
	個数	:	2個
	内径×長さ	:	8.0m×87m
【放水路】	形式	:	円形圧力トンネル
	条数	:	4条－2条
	内径×長さ	:	4.0m×141/154m － 5.2m×780/840m

【開発計画】

		発電時	揚水時
有効落差（最大／最低／基準）	:	477.1/416.1/430.0m	490.5/438.4m
使用水量（最大／最低／基準）	:	192/212/217 m³/s	150/180 m³/s
出力（最大／最低／基準）	:	816/772/816MW	791/848MW
ピーク継続時間	:	5時間	

1.3 調査の目的、範囲、調査内容

1.3.1 調査の目的

本調査の目的は、十三陵揚水発電開発計画に関し、中国側が実施したフィージビリティ調査に係る補足調査（現地調査及び国内作業）を実施し、本件調査報告書を作成することにある。また、この調査の実施中、中国側カウンターパートに対し技術移転を行う。

1.3.2 調査対象地域

十三陵ダム及びプロジェクト関係地域。

1.3.3 調査の範囲

フィージビリティ調査（補足調査）

1.3.4 調 査 内 容

調査内容は次の通りである。

(1) 揚水発電所運用パターンに関する調査

(a) 中国側実施の運用パターン策定結果の検討

(b) 運用パターンの経済性への影響の検討

(2) 下部ダムの漏水防止対策に関する調査

(a) 現地踏査による現状分析

(b) 地下水を含めた水文地質資料の収集分析

(c) 現在の十三陵貯水池の経年の運用状態分析

(d) 前回改修結果と今回対策案の解析を含めた検討

(e) 現在案の評価と必要であれば追加対策の検討

(3) 地下発電所掘削管理システムに関する調査

(a) 現地踏査による現状分析

(b) 地質調査及び岩盤試験資料の収集把握及びその吟味

(c) 現地点における地下空洞設計の把握と今後の方針策定

(d) 各掘削段階における岩盤変位及び応力分析の予測解析

(e) 地下空洞掘削管理のモニタリングシステムの策定

(f) 必要であれば追加地質調査の提案

(4) ポンプ水車設備の機械特性に関する調査

(a) 計画の関連地点特性の分析

(b) 可逆式ポンプ水車の技術動向の調査

(c) 計画に整合した最適のポンプ水車機械特性の策定

(d) 予備設計仕様の策定

(5) 高落差大容量水圧鉄管に関する調査

(a) 計画の関連地点特性の分析

(b) 高張力鋼を使用した水圧鉄管の技術動向の調査

(c) 概略設計に基づく使用鋼材及び現場溶接方法に関する調査

(d) 予備設計仕様の策定

(6) 上部池遮水壁及び初期充水に関する調査

(a) アスファルト遮水壁の技術動向の調査と施工方法に関する検討

(b) 上部池初期充水方法と主機設計の関係に関する調査

1.4　現地調査業務および参加者リスト

1.4.1　現地調査業務

本調査団は、1990年7月5日～7月末日の詳細打ち合わせの他に、下記現地調査を実施した。

(1) 発電所換気トンネル、搬入路トンネル調査

(2) 下池周辺調査

(3) 地下発電所調査横坑調査

(4) 上池周辺調査

(5) 白河堡導水路調査

(6) 天津発電機工場他訪問

1.4.1　調査目標

調査日程は表-1.2に示す通りである。

今回の調査に直接関係した技師は下記の通りである。

1.4.3　参加者リスト

(1) 華北電業管理局及び北京勘測設計院

刘　学忠	先生	華北電業管理局
趙　　真	先生	華北電業管理局
黄　宣范	先生	華北電業管理局
李　学武	先生	華北電業管理局
孙　树良	先生	華北電業管理局
谷　顯友	先生	華北電業管理局
刘　丽栗	先生	華北電業管理局
張　文心	先生	華北電業管理局
張　衡謙	先生	華北電業管理局
徐　　明	先生	華北電業管理局
王　官振	先生	北京勘測設計院
潘　天縁	先生	北京勘測設計院
崔　詩礼	先生	北京勘測設計院

李　庆元	先生	北京勘測設計院
朱　尔容	先生	北京勘測設計院
邱　景安	先生	北京勘測設計院
江　泽沐	先生	北京勘測設計院
張　　雲	先生	北京勘測設計院
黄　鐘楷	先生	北京勘測設計院
劉　金林	先生	（通訳）
張　桂芝	先生	（通訳）
佟　仁杰	先生	（通訳）

(2)　ＪＩＣＡ調査団

団　　長	森本　時夫
土木設備設計	田代　襄二
〃	堀　正幸
地　　質	津田　延裕
水　　文	飯野　勝衛
系統解析	境　武久
電力設備	田中　利夫
経　　済	竹若　弘一

表－Ⅰ.1.4－1　調査日程表

日順	月／日	曜日	行　程	調査業務の概要
1	7／5	木	成田～北京	成田出発　北京着
2	6	金	北京	表敬訪問：日本大使館、ＪＩＣＡ事務所、華北電管局
3	7	土	華北電業管理局	業務着手報告書、収集資料、質問事項提出、説明
4	8	日		資料整理
5	9	月	華北電業管理局	華北電管局より現況説明
6	10	火	十三陵サイト	下池周辺、換気トンネル、搬入路トンネル調査
7	11	水	〃	上池周辺調査
8	12	木	〃	地下発電所調査横坑調査
9	13	金	華北電業管理局	下池及び電力設備に関する技術打合せ及び資料収集
10	14	土	〃	〃　〃
11	15	日		資料整理
12	16	月	華北電業管理局	下池及び電力設備に関する技術打合せ及び資料収集
13	17	火	〃	発電所、上池及び電力設備　〃　〃
14	18	水	〃	上池、水圧鉄管及び電力設備　〃　〃
15	19	木	〃	発電所及び電力設備　〃　〃
16	20	金	〃	上池、水圧鉄管及び電力設備　〃　〃
17	21	土		資料整理
18	22	日		〃
19	23	月	華北電業管理局	水圧鉄管及び電力設備に関する技術打合せ及び資料収集
20	24	火	〃	上池、水圧管路及び電力設備　〃　〃
21	25	水	北京	ＪＩＣＡへ中間報告
22	26	木	北京勘測設計院	上池、地下発施工及び電力設備に関する討議
23	27	金	華北電業管理局	計画全体に関する打合せ及び議事録作成
24	28	土	北京～天津	天津発電設備総朋視察
25	29	日		資料整理
26	30	月	北京	議事録調印、ＪＩＣＡへ報告、大使館表敬
27	31	火	北京～成田	北京発　成田着

2．計画地域の地形・地質概要

2.1　地　　形

中国の東部地方は、北京市の北方を東西方向に走る燕山山脈および陰山山脈と、黄河の南側を東西方向に走る秦嶺山脈により、北側から順に東北地域、華北地域、華南地域の三地域に分けられる。計画地域は、これらのうち華北地域北端部の燕山山脈から西南西方向に派生する軍都山地と、その南側に広がる華北平原との境界部に位置している。

既設の十三陵ダムが位置する東沙河は、軍都山地の燕羽山（標高1276m）、八達嶺（標高1015m）等を水源地としてダム地点を南流し、計画地域の約14km南（北京市街の約36km北）で北沙河、南沙河と合流し、温楡河となる。温楡河はさらに南下し、北京市街の東側を通って氷定河と合流した後、海河となり天津市を通って渤海湾に注いでいる。

本揚水計画の下池となる既設の十三陵貯水池は、東沙河の上流部に位置し、その周囲は、貯水池上流端付近を中心とする標高90-120mの盆地を形成している。貯水池の上流にあたる北西－北側から、発電所と上池が計画されている東側にかけては、標高200-800mの山地、南および西側は標高200-300mの残丘とそれらを取りまく沖積平野からなり、さらに南側には華北平原が広がっている。また、貯水池上流端付近には、沖積層で埋められた東沙河の旧河道が、盆地中央部付近から南南西方向に延び、北沙河上流部付近に至っている。

2.2　地　　質

本計画地域周辺には、表－Ⅰ.2.2-1に示すように先カンブリア時代の長城紀、薊県紀、青白口紀の石灰質岩石、砂岩、及び頁岩、古生代カンブリア紀の石灰岩、中生代ジュラ紀の礫岩、安山岩類と、これら基盤岩類を覆う厚い第四紀層が分布している。基盤岩類は、一般に東沙河にほぼ直交する北東－南西方向の走向をなし、下流側南東方向に傾斜している。先カンブリア時代の地層は、十三陵貯水池の上流域から貯水池中流部にかけて分布し、その南東側（下流側）には古生代カンブリア紀の地層が分布しいる。図－Ⅰ.2.2-1に示すように中生代ジュラ紀の地層は、カンブリア紀の地層のさらに南東側に分布し、十三陵ダムの基礎、および本揚水計画の上部調整池、発電所、導水路トンネル経過地を構成している。このカンブリア紀の地層とジュラ紀の地層は

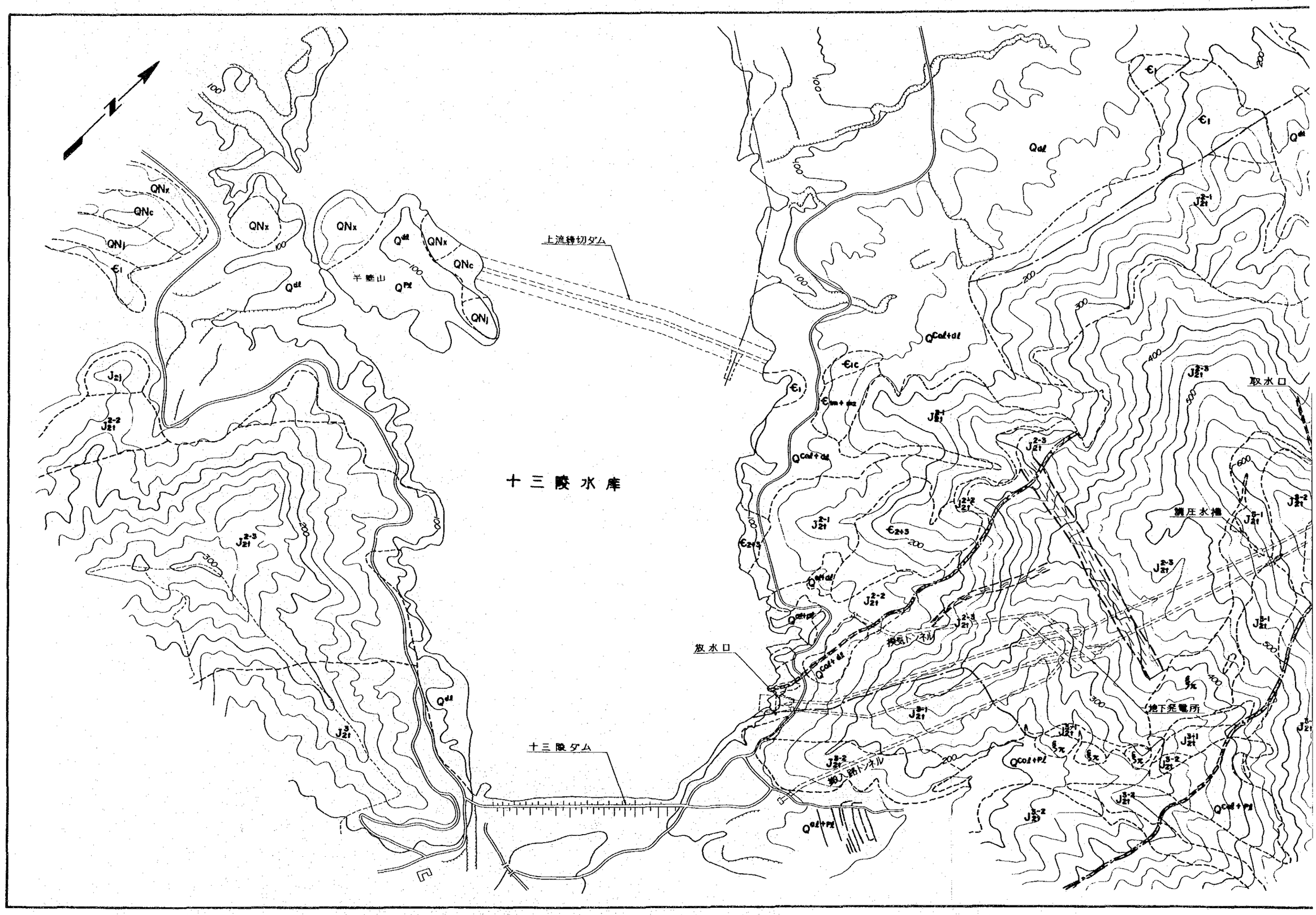
不整合の関係で接している。第四紀層は、東沙河沿いと、貯水池上流端から南南西方向に延びる旧河道沿いに厚く堆積しており、その厚さは最大で150mに達している。

計画地域周辺に分布するおもな断層としては、計画地域の北西約8kmを北東から南西に走る南口山前断層、計画地域の南西約7kmを北西から南東に走る南口孫河断層がある。計画地域内には、これら主要な断層とほぼ平行な北北東－南南西方向と、西北西－東南東方向の断層が発達している。

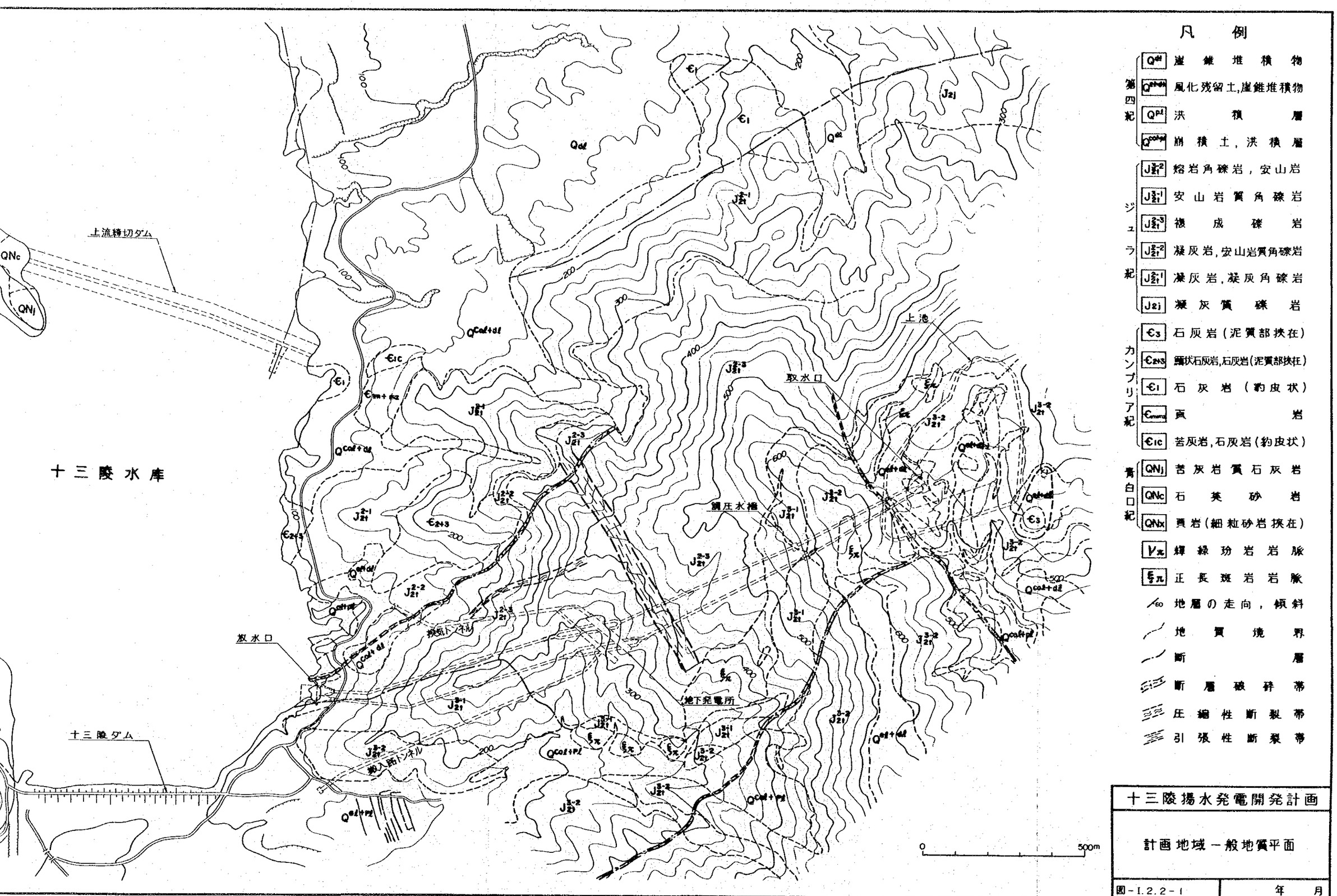
本地域の地史は以下のようにまとめられる。この地域周辺には先カンブリア紀から古生代カンブリア紀にかけて、主として炭酸塩岩石が厚く堆積した。その後、オルドビス紀以降にこの地域は隆起上昇し、浸食期が長く続いた。中生代ジュラ紀から火山活動が始まり、火山砕屑岩、溶岩が噴出したが、その間、火山活動の休止期には水成の礫岩が堆積した。

表－Ⅰ.2.2-1　計画地域周辺層序

地質時代			地質	分布域
代	紀	地質記号		
新生代	第四紀	Q	沖積層；砂礫（レンズ状粘土層を挾在） 崩積土及び崖錐堆積物	上部調整池， 下部調整池
中生代	ジュラ紀	J^{4}_{2t}	複成礫岩	計画地域外
		J^{3}_{2t} J^{3-3}_{2t}	安山岩	同　上
		J^{3}_{2t} J^{3-2}_{2t}	安山岩，溶岩角礫岩	上部調整池，取水口トンネル，下部調整池
		J^{3}_{2t} J^{3-1}_{2t}	安山岩質角礫岩	取水口トンネル
		J^{2}_{2t} J^{2-3}_{2t}	複成礫岩	地下発電所，水路
		J^{2}_{2t} J^{2-2}_{2t}	安山岩質角礫岩，安山岩	放水口トンネルの一部
		J^{2}_{2t} J^{2-1}_{2t}	凝灰質角礫岩，凝灰岩	下部調整池左岸
		J_{2l}	凝灰質角礫岩	下部調整池
古生代	カンブリア紀	C_3	苦灰岩質石灰岩，石灰岩（頁岩挾在）	下部調整池左岸の一部
		C_2	鰐状石灰岩	同　上
		C_1	石灰岩（豹皮状）	同　上
先カンブリア時代	青白口紀	Q_{Nl}	苦灰岩質石灰岩，泥灰岩	下部調整池上流締切ダム
		Q_{Nc}	石英砂岩	同　上
		Q_{Nx}	頁岩，石英砂岩	同　上
	蓟県紀	J_{xt}	苦灰岩質石灰岩	計画地域外
		J_{xh}	粘板岩，頁岩	同　上
		J_{xw}^{4}	苦灰岩質石灰岩	同　上
		J_{xw}^{3}	苦灰岩	同　上
		J_{xw}^{2}	苦灰岩	同　上
		J_{xw}^{1}	苦灰岩	同　上
		J_{xy}	苦灰岩	同　上
	長城紀	C_{hg}^{3}	珪質苦灰岩	同　上
		C_{hg}^{2}	石灰岩質苦灰岩	同　上



本文



十三陵揚水発電開発計画

計画地域一般地質平面

図-I.2.2-1

年　月

Ⅱ 章　技術的検討

1．揚水発電の運用パターン

1. 十三陵揚水発電所運用パターンに関する調査

頁

1.1 概 要 …… Ⅱ－1-1

1.2 運用パターンの検討 …… Ⅱ－1-1

1.2.1 エネルギーの構成および発電設備 …… Ⅱ－1-1

(1) 中国全国における現状と見通し …… Ⅱ－1-1

(2) 発電設備およびその構成 …… Ⅱ－1-1

(3) 北京地域における現状と見通し …… Ⅱ－1-2

1.2.2 需要予測および電源開発計画 …… Ⅱ－1-3

(1) 中国全国に於ける電源開発計画 …… Ⅱ－1-3

(2) 京津唐の需要予測と設備計画 …… Ⅱ－1-3

1.2.3 日負荷曲線 …… Ⅱ－1-4

1.2.4 揚水源資 …… Ⅱ－1-5

1.2.5 発電について …… Ⅱ－1-6

(1) 十三陵揚水の効果 …… Ⅱ－1-6

(2) 発電運用 …… Ⅱ－1-7

1.3 運用の経済性の影響 …… Ⅱ－1-21

1.3.1 石油火力発電所の燃料コストとの比較 …… Ⅱ－1-21

(1) 年間運転時間における比較 …… Ⅱ－1-21

(2) 燃料価格の動向からの検討 …… Ⅱ－1-23

(3) シミュレーションにおける運用の経済性への検討 …… Ⅱ－1-24

1.4 系統解析 …… Ⅱ－1-27

1.4.1 ピーク時の潮流計算 …… Ⅱ－1-27

1.4.2 係数シミュレーション結果について …… Ⅱ－1-27

1.5 ま と め …… Ⅱ－1-38

1. 十三陵揚水発電所運用パターンに関する調査

1.1 概 要

十三陵揚水発電所が接続される北京系統は、隣接する天津、唐山系統と連系され京津唐系統として、首都北京を中心に天津、唐山地方の全地域内の電力を供給している。

この系統の電源構成は、中国の他の地域と比較して、地理的、気象的条件から水力発電の比率が極端に低いことから、発電電力量の約99%を火力発電所に頼っており、その中でも石炭火力が主体である。この事が後述するとおり十三陵揚水発電所の導入が急がれている最も主要な要因となっている。本調査項目では、この系統条件に於いて十三陵揚水が支障なく揚水、発電両方向の運転ができるか、またその運用の経済性について検討するものである。

1.2 運用パターンの検討

1.2.1 エネルギーの構成および発電設備

(1) 中国全国における現状と見通し

(a) エネルギーの構成

中国の一次エネルギー消費量の構成は中国能源部の資料によれば89年時点において表－Ⅱ.1.2-1に示すとおり、約76%を石炭に依存しており、石油が約17%、天然ガス2.1%、水力発電が4.7%である。一方その生産量は表－Ⅱ.1.2-2に示すとおり石炭約74%、石油約20%、天然ガス約2%、水力発電が4.2%となっている。この中で石炭と石油に注目すると、石炭がエネルギー算出量の割合いに比べ、消費量の割合いが高い事、石油についてはその逆で消費量の割合いが低くなっている。

この傾向は中国の政策に沿っているとともに、1980年～1989年の10年間変化しておらず、今後とも石油が輸出品の中で重要な地位をしめるとともに、将来においても石炭が国内エネルギー用として最も重要なエネルギーとして位置付けられると判断できる。

(2) 発電設備及びその構成

中国の発電設備容量は、1950年代初期には、20,000MW未満であったが1989年には、約124,000MWに増加しており、この間の火力対水力の割合いは、約91%対

9％から約73％対27％となっている。この傾向は、300GW以上も包蔵水力を有することから、積極的に水力開発を進めているものである。

1,000MWの大型水力の開発は1960年代にはじまり、現在はその規模が3,000MWの発電所の建設が進められている。更に数百万から一千万級の開発に着手しているが、そのほとんどが南部及び西部に集中している。

一方、石炭火力発電所の建設も精力的に行われており、最近では開発量も水力の2倍以上となっているほか、ユニット容量も最大600MWと世界的規模となっている。

(3) 北京地域における現状と見通し

(a) エネルギーの構成

今回の調査では当地域に於けるエネルギー消費の構成データは収集出来なかったが、北京を中心とする華北地域は全国一の産炭地区であり、中でも山西省は全国の25％もの石炭を産出する省である。中国全国の状況及び、有数の産炭地という条件から、この地区に於いても石炭が消費エネルギーの大半をしめている事は容易に類推できる。

(b) 発電整備

京津唐の発電設備と中国の平均的な系統との比較では、火力対水力の比率が極端に差があり、1989年時点で設備容量比で97％対3％、発電電力量比では99.6％：0.4％である。

火力発電所設備容量の内訳けは、新規火力が全て石炭火力発電所であることから、石炭火力対石油火力が76％：24％と圧倒的に石炭火力が多い。

更に、発電用燃料の消費量の換算から発電電力量に於いては石炭対石油が80％：20％となっている。

代表的な火力発電所の諸元および運転データの概要は表－Ⅱ.1.2-3のとおりである。

1.2.2 需要予測及び電源開発計画

(1) 中国全国に於ける電源開発計画

中国政府が進める経済政策を推しすすめるための電源開発は、中国側の資料によれば、1988年末110,000MWの設備容量を2000年迄に標準伸び率7.8%をもって、約2倍の240,000MWを目標として設定している。

その後の2015年迄の15年間は、年率4.7%として試算されており、約48,000MWに達するものとされている。一方発生電力量の計画は設備容量とほぼ同程度の伸び率を見込んでおり、1988年末現在の約500TWhを2000年迄に1,200TWh、2015年迄に約2,900TWh迄増加させる計画である。

この設備計画を図－Ⅱ.1.2-1に、また電力量の伸び予想を図－Ⅱ.1.2-2に示す。

(2) 京津唐の需要予想と設備計画

(a) 需 要 予 想

京津唐に於ける需要予想は、中国の経済政策と歩調を合わせており、全国レベルとほぼ同様の伸び率を設定している。

具体的には、2000年迄の伸び率をピーク電力で8～8.5%、電力量で7～8%を見込んでいる。この値は既に中国が進める経済政策の基本として決定されているものである事、京津唐系統に直結する各産業セクター別の生産の伸び率が不明確である事、更に歴史的傾向値のバラつきが大である事から、この伸び率をもって本計画の需要予想値の基礎データとして使用する事とする。

◦ピーク電力

現在、京津唐では、需給バランス上の問題で部分的に計画停電が実施されている。いいかえれば、需要は供給側からの制限で押えこまれており、需要の伸びも電源拡張に左右される側面をもっている。一方その伸び率については、前述したように既に方針が決定されいる8.0～8.5%の内、国家目標のもう一つの指針である2000迄年に現状の約2倍となる値の8.0%を採用することとした。

◦電 力 量

電力量の伸びにについては、7～8%が設定されているが、年平均負荷率の、連続性、産業発展による傾向値、需給バランスの正常化による傾向値および、世界的なレベルを参考に2000年に負荷率がほぼ70%となるような値として、

7.5%を採用した。

(b) 電源開発計画

現在の需要運用は、供給不足の状況が続いているが、ピーク電力、電力量の伸びと協調をとった最正な電源開発を推し進める事で供給バランスを図る事が必要である。

◦設備容量

前述したピーク負荷の想定値と、歴史的な需給バランスを考慮し、1995年には予備率17%、2000年には16.5%を確保するような電源開発計画を策定した。

これは中国が目指している、2000年に現在の約2倍の設備保有の目標値ともほぼ一致している。

◦電力量

電力量の想定は、設備の定期点検、事故停止時間の合計を約15%とし、それを差し引いた期間での利用率を85%として算出した。その結果2000年以降には14%程度の予備率となっている。

需要想定と電源開発計画の推移を表－Ⅱ.1.2-4、図－Ⅱ.1.2-3に示す。

1.2.3 日負荷曲線

前述したように、この系統の電源は大半が石炭火力で構成されている。この石炭火力の最も大きな特長はミルの設計製作の限界からか、安定最低出力が低い機器でも70%、将来導入の機器でも75%程度であり、全体では70～80%という非常に高い値となっている。

このことから、夜間及び休日の軽い需要に合わせた低負荷安定運転が不可能である。これを解消する手段として考えられるのは、将来最低出力特性のよい石炭火力を導入する、供給側の特性に需要を近づける、あるいは大型揚水発電所の導入で効率的、且つ大量の電力を吸収する等が考えられる。

新型火力の導入は、現段階では輸入品に依らざるを得なく、その建設費は国産の火力に較べると3～4倍となり、一部をシェアする事ができるにしても、大量の増設計画に適用することは困難である事、又需要側の時間的シフトも限界が予想される事から、大型の揚水発電所の導入が技術的、経済的に見ても最も現実的手段の一つと考えられる。

つと考えられる。

一方日負荷曲線は、上述した現状ではそのま揚水発電用と使用する事ができない。今回は中国から提供されたパターンを基本に年間8,760時間分をシミュレーションした。1995年、2000年の典型的なパターンを図－Ⅱ.1.2-4及び図－Ⅱ.1.2-5に示す。

1.2.4 揚水源資

前項で記述したとおり、京津唐系統の運用改善策として揚水発電を導入するのは最も現実的な手段であると考えられるが、一般的に年負荷率、日負荷率から判断した場合、揚水発電所を導入するには系統は成熟していないと考える。この事から特に、揚水発電に必要な揚水源資を見極めておく必要がある。この確認手法としては、供給が安定的に運転できる最低出力の合計と、これを下廻る需要予測値の差分を揚水源資として試算した。試算の仮定は以下のとおりである。

負　荷　側：

対　象　年　；	1995年	2000年
対　象　日　；	毎月第３水曜日	毎月第３水曜日
日負荷曲線　；	対象日当日	対象日当日

電　源　側：

（深夜帯）

等価安定最低運転領域限界；	75%又は80%	75%

（ピーク時）

○電源構成

揚 水 機　；	定格運転	定格運転
火 力 機　；	定格×(Dependable Capa.0.95)	定格×(Dependable Capa.0.95)
Spinning Reserve；	合計火力の３％（火力機負担）	合計火力の３％（火力機負担）
揚水時間帯；	23～24時　０～７時（ただし、当日の23～24時の負荷は前日の23～24時の負荷と同じと仮定）	23～24時　０～７時（ただし、当日の23～24時の負荷は前日の23～24時の負荷と同じと仮定）
総合揚水効率；	73%	73%

算出結果は以下のとおり、

火力最低出力限界	80%	75%
1995年	1498時間	1155時間
2000年		1495時間

となり、概ね初期に目していた運転時間は確保できる事と判断される。なお、計算結果は表－Ⅱ.1.2-5～9のとおりである。

1.2.5 発電について

(1) 十三陵揚水の効果

京津唐系統の日負荷曲線を見ると、午前中(8～12時)、夕刻から夜にかけて(17～22時)負荷が大きく変化している。しかし、この負荷の追随を容易に調整する電源は皆無に等しい。

この時間対帯に、十三陵揚水を投入すれば、最も過酷な条件下での周波数変動、電圧変動の抑制が期待できる。周波数変動の抑制能力を検討するためには、発電機の並列台数、ガバナーフリー運転台数等、詳細な検討を要するが、概算では1995年時点で負荷が約10,000MWの状態で、十三陵揚水が600MW付近の運転をしているとすれば、周波数抑制能力は約± 0.2Hz程度、2000年時点も約±0.14Hzの能力が期待できるものである。

(2) 発電運用

前項で既に十三陵揚水の揚水源資が確保されている事が検証されたが、この項では予測した負荷曲線で発電方向の運転が支障なく行えるかを検証する。

◦仮　定	1995年	2000年
十三陵揚水発電運転時間帯	8 時～12時 17時～22時	8 時～12時 17時～22時
十三陵揚水発電運転領域	8 時～12時	17 時～22時
1～4 月	Σ火力発電定格出力×90% ～負荷曲線	Σ火力発電定格出力×90% ～負荷曲線
5～8 月	Σ火力発電定格出力×85% ～負荷曲線	Σ火力発電定格出力×90% ～負荷曲線
9～12月	Σ火力発電定格出力×90% ～負荷曲線	Σ火力発電定格出力×90% ～負荷曲線

以上の仮定での計算結果は、支障なく発電できる事が確認できた。これを表－Ⅱ.1.2-10～11に示す。

なお藩家口の運転時間については年間平均を見る場合は同月同日の揚水源資の値がその目安となる。

表－Ⅱ.1.2-1　一次エネルギー消費量

	1980 年	1981 年	1982 年	1983 年	1984 年	1985 年	1986 年	1987 年	1988 年	80 - 88 伸び率
1次エネルギー消費量（万TCE）	60,275	59,447	61,937	65,648	70,732	76,426	81,665	85,943	92,000	% 5.4
石炭（万トン）	60,613 (71.8)	60,592 (72.7)	64,106 (73.9)	67,763 (73.7)	74,397 (75.1)	81,243 (75.9)	87,041 (76.1)	91,841 (76.3)	98,056 (76.1)	6.2
石油（万トン）	8,894 (21.1)	8,273 (19.9)	8,099 (18.7)	8,493 (18.5)	8,755 (17.7)	9,139 (17.1)	9,708 (17.0)	10,217 (17.0)	11,001 (17.1)	2.7
天然ガス（億m³）	140 (3.1)	130 (2.9)	121 (2.6)	123 (2.5)	122 (2.3)	132 (2.3)	135 (2.2)	142 (2.2)	145 (2.1)	0.4
水力発電（億kWh）	582 (4.0)	655 (4.5)	744 (4.9)	864 (5.3)	863 (4.9)	924 (4.8)	945 (4.9)	1,002 (4.6)	1,092 (4.7)	8.2

表－Ⅱ.1.2-2　一次エネルギー産出量

	1980 年	1981 年	1982 年	1983 年	1984 年	1985 年	1986 年	1987 年	1988 年	1989 年
原炭（万t）	60,015 (69.4)	62,163 (70.2)	66,632 (71.2)	71,453 (71.6)	73,910 (72.4)	87,228 (72.8)	89,404 (72.4)	92,797 (72.7)	97,987 (73.1)	104,000 (74.3)
原油（万t）	10,595 (23.8)	10,122 (22.9)	10,122 (21.9)	10,607 (21.3)	11,440 (21.1)	12,490 (20.9)	13,108 (21.2)	13,414 (21.0)	13,703 (20.4)	13,700 (19.6)
天然ガス（億m³）	142.7 (3.0)	127.4 (2.7)	119.3 (2.4)	122.1 (2.3)	124.2 (2.1)	129.3 (2.0)	137.6 (2.1)	138.7 (2.0)	142.6 (2.0)	145 (1.9)
水力発電（億kWh）	582 (3.8)	655 (4.2)	744 (4.5)	864 (4.8)	868 (4.4)	924 (4.3)	945 (4.3)	1,002 (4.3)	1,092 (4.5)	1,132 (4.2)
計（万TCE）	63,721 (100.0)	63,223 (100.0)	66,772 (100.0)	71,263 (100.0)	77,847 (100.0)	85,538 (100.0)	83,132 (100.0)	91,238 (100.0)	95,790 (100.0)	100,000 (100.0)

表－Ⅱ.1.2-3　代表的な火力発電所運転データ

Plant Name	Location	Plant Data Instl Cap. (MW)	Min O P (MW)	Comm.Year	Station S.Utlz (%)	Hour (Hrs)	Fuel Consu (Gram/KWh)	Annl Pro (GWh)	Plant F.	Fuel Typ	Unit Prc (RMB/Ton)
Gaojing	Beijing	600	420	1961	7.92	7236	359	4341.6	82.6	Coal	108.67
Shijingsha	Beijing	400	320	1088	8.21	4586	365	1190.1	52.4	Coal	108.67
Beijing N1	Beijing	300	240	1958	5.43	6683	272	2004.9	76.3	Coal Oil	108.67
Junliang	Tianjin	620	434	1966	9.08	5536	389	2546.0	63.2	Coal	108.67
Tianjin N1	Tianjin	212	170	1954	8.41	5612	444	1189.7	64.1	Coal	108.67
Douhe	Tangshan	1550	1160	1975	7.04	6228	344	9653.4	71.1	Coal	108.67
Tangshan	Tangshan	305	244	1958	9.89	5988	387	1826.3	68.4	Coal	108.67
Xiahuayuan	Tangshan	425	319	1982	7.76	6851	363	2911.7	78.2	Coal	108.67
Datong N2	Datong	1200	900	1984	8.24	5020	375	6024.0	57.3	Coal	108.67
Yangliugin	Tianjin	375	150	B. 1989	6.00					Oil	211.06
W.Beijing	Beijing	200	80	B. 1989	6.00					Oil	211.06
Beijing N2	Beijing	200	80	B. 1989	6.00					Oil	211.06
Dagang	Tianjin	640	256	B. 1989	6.00					Oil	211.06
Others	----------	353	141.2	B. 1989	6.00					Oil	211.06

表－Ⅱ.1.2-4　京津唐系統の需要予測と設備計画

Demand Data for Ming Tombs Pumped Storage Project

Year	Summer P.Demand (MW)	Summer Grth.Rate (%)	Winter P.Demand (MW)	Winter Grth.Rate (%)	Energy Energy (GWh)	Energy Grth Rate (%)	Load F. Load F. (%)	Required Capacity (MW)	Supply Energy (GWh)	Reserved Margin Capacity (%)	Reserved Margin Energy (%)
1980	3813		3730		26096		78.13	4683	32053	25.6	22.8
1981	3936	3.23	3913	4.91	26508	1.58	76.88	4683	31542	19.7	19.0
1982	3929	-0.18	3998	2.17	27135	2.37	77.48	4817	32696	20.5	20.5
1983	4112	4.66	4832	20.86	26272	-3.18	62.07	4634	25197	-4.1	-4.1
1984	4234	2.97	4634	-4.10	28663	9.10	70.61	4834	29902	4.3	4.3
1985	4321	2.05	4503	-2.83	31348	9.37	79.47	4824	33579	7.1	7.1
1986	4419	2.27	4974	10.46	35246	12.43	80.89	5061	35859	1.7	1.7
1987	4932	11.61	5651	13.61	39512	12.10	79.82	5201	36362	-8.0	-8.0
1988	5330	8.07	5851	3.54	42759	8.22	83.42	5826	42573	-0.4	-0.4
1989	5718	7.28	6360	8.70	41389	-3.20	74.29	7600	47497	19.5	14.8
1990	6175	8.00	6869	8.00	44493	7.50	73.94	8036	50228	17.0	12.9
1991	6669	8.00	7418	8.00	47830	7.50	73.60	8679	54246	17.0	13.4
1992	7203	8.00	8012	8.00	51417	7.50	73.26	9374	58586	17.0	13.9
1993	7779	8.00	8653	8.00	55274	7.50	72.92	10124	63273	17.0	14.5
1994	8402	8.00	9345	8.00	59419	7.50	72.59	10934	68335	17.0	15.0
1995	9074	8.00	10093	8.00	63876	7.50	72.25	11808	73802	17.0	15.5
1996	9800	8.00	10900	8.00	68666	7.50	71.91	12698	79365	16.5	15.6
1997	10584	8.00	11772	8.00	73816	7.50	71.58	13714	85714	16.5	16.1
1998	11430	8.00	12714	8.00	79353	7.50	71.25	14811	92571	16.5	16.7
1999	12345	8.00	13731	8.00	85304	7.50	70.92	15996	99977	16.5	17.2
2000	13332	8.00	14829	8.00	91702	7.50	70.59	17276	107975	16.5	17.7
2001	14266	7.00	15719	6.00	97204	6.00	70.59	18077	111172	15.0	14.4
2002	15264	7.00	16662	6.00	103036	6.00	70.59	19161	117843	15.0	14.4
2003	16333	7.00	17662	6.00	109218	6.00	70.59	20311	124913	15.0	14.4
2004	17476	7.00	18722	6.00	115771	6.00	70.59	21530	132408	15.0	14.4
2005	18699	7.00	19845	6.00	122718	6.00	70.59	22822	140353	15.0	14.4
2006	20008	7.00	21036	6.00	130081	6.00	70.59	24191	148774	15.0	14.4
2007	21409	7.00	22298	6.00	137886	6.00	70.59	25642	157700	15.0	14.4
2008	22907	7.00	23636	6.00	146159	6.00	70.59	27181	167162	15.0	14.4
2009	24511	7.00	25054	6.00	154928	6.00	70.59	28812	177192	15.0	14.4
2010	26227	7.00	26557	6.00	164224	6.00	70.59	30540	187824	15.0	14.4

表－Ⅱ.1.2-5　日負荷曲線（第３水曜日）、1995年

1.1 Case-#1 as of 1995 (MT*4+PJ*1)

(MW)

Hr	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jly	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	6902.5	6751.0	6599.5	6503.6	6491.4	6481.7	6490.4	6537.2	6574.6	6750.5	7046.2	7341.9
2	6601.3	6480.1	6358.9	6277.6	6253.2	6233.6	6243.8	6314.0	6370.1	6536.1	6783.9	7031.6
3	6516.1	6354.5	6192.9	6102.5	6126.9	6146.4	6273.0	6219.8	6257.2	6418.3	6684.4	6950.6
4	6516.1	6354.5	6192.9	6102.5	6126.9	6146.4	6173.0	6219.8	6257.2	6418.3	6684.4	6950.6
5	6516.1	6354.5	6192.9	6102.5	6126.9	6146.4	6173.0	6219.8	6257.2	6418.3	6684.4	6950.6
6	6601.3	6480.1	6358.9	6316.0	6413.6	6491.8	6524.5	6477.7	6440.3	6536.1	6783.9	7031.6
7	7267.2	7085.3	6903.5	6820.0	6905.5	6973.9	7033.7	7092.2	7139.0	7296.8	7542.1	7787.5
8	8615.2	8342.5	8069.8	7923.4	7984.4	8033.3	8081.3	8139.8	8186.5	8416.8	8807.2	9197.6
9	8932.6	8659.9	8387.2	8298.4	8542.6	8737.9	8816.1	8687.4	8584.5	8711.5	9119.9	9528.2
10	9266.3	9023.9	8781.5	8703.4	8923.1	9098.9	9161.6	9021.2	8909.0	9032.9	9449.3	9865.6
11	9266.3	9023.9	8781.5	8722.6	9003.4	9228.0	9294.6	9072.4	8894.6	8979.4	9415.8	9852.1
12	9023.2	8801.0	8578.7	8505.2	8700.6	8856.9	8915.0	8798.0	8704.5	8829.3	9219.3	9609.3
13	7684.5	7452.2	7219.9	7090.4	7127.0	7156.3	7203.5	7297.1	7371.9	7586.3	7902.7	8219.2
14	7806.1	7563.7	7321.3	7174.1	7174.1	7174.1	7210.8	7327.8	7421.4	7661.3	8001.0	8340.6
15	8722.0	8530.1	8338.1	8179.4	8045.1	7937.7	7923.9	8087.6	8218.6	8507.9	8889.9	9271.8
16	9023.2	8801.0	8578.7	8459.2	8508.0	8547.1	8563.5	8540.1	8521.4	8722.3	9152.2	9582.2
17	8959.7	8737.5	8515.3	8407.2	8492.7	8561.0	8591.5	8556.4	8528.4	8711.5	9119.9	9528.2
18	9134.6	8942.7	8750.8	8619.0	8570.1	8531.0	8536.7	8630.3	8705.1	8952.5	9334.9	9217.3
19	10039.0	9816.8	9594.5	9298.5	8785.7	8375.5	8302.8	8864.2	9313.3	9857.9	10273.4	10689.0
20	10039.0	9816.8	9594.5	9290.8	8753.6	8323.8	8246.7	8831.4	9299.2	9857.9	10273.4	10689.0
21	9864.0	9611.5	9359.0	9105.9	8788.5	8534.5	8498.0	8872.2	9171.6	9616.9	10058.4	10500.0
22	9108.3	8926.5	8744.7	8668.8	8778.7	8866.6	8909.0	8873.9	8845.8	9000.6	9352.2	9703.9
23	8335.6	8133.6	7931.6	7820.5	7857.1	7886.4	7922.6	7981.0	8027.8	8229.1	8561.6	8894.0
24	7494.1	7261.7	7029.4	6915.3	7000.7	7069.1	7121.6	7156.7	7184.8	7366.7	7688.3	8010.0
TOT	198234	193305	188376	185407	185480	185538	186211	187818	189184	194415	202829	210742
AVG	8259.8	8054.4	7849.0	7725.3	7728.3	7730.8	7758.8	7825.8	7882.7	8100.6	8451.2	8780.9
L.F.	82.3	82.0	81.8	83.1	85.8	83.8	83.5	86.3	84.6	82.2	82.3	82.1
V/P	64.9	64.7	64.5	65.6	68.1	66.6	66.4	68.6	67.2	65.1	65.1	65.0

表－Ⅱ.1.2-6　日負荷曲線（第３水曜日）、2000年

(MW)

1.2 Case-#2 as of 2000 (MT*4+PJ*1)

Hr	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jly	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	10190.2	9915.1	9695.0	9555.7	9537.8	9523.4	9540.2	9605.0	9660.0	9902.3	10304.4	10807.0
2	9793.9	9517.8	9341.8	9223.6	9187.7	9159.0	9179.9	9277.1	9359.5	9588.0	9921.1	10337.5
3	9625.8	9332.3	9097.5	8966.3	9002.2	9030.9	9073.8	9138.6	9193.6	9415.1	9775.5	10226.0
4	9625.8	9332.3	9097.5	8966.3	9002.2	9030.9	9073.8	9138.6	9193.6	9415.1	9775.5	10226.0
5	9625.8	9332.3	9097.5	8966.3	9002.2	9030.9	9073.8	9138.6	9193.6	9415.1	9775.5	10226.0
6	9737.9	9517.4	9341.8	9297.9	9423.5	9538.3	9582.4	9517.6	9461.6	9588.0	9921.1	10337.5
7	10735.7	10405.6	10141.5	10020.6	10146.1	10246.6	10339.5	10420.5	10498.2	10704.0	11030.4	11438.4
8	12745.5	12550.2	11854.1	11641.7	11731.4	11803.2	11878.6	11959.6	12028.4	12346.4	12879.4	13545.7
9	13211.9	12716.6	12320.5	12192.7	12551.5	12838.5	12942.5	12764.3	12613.1	12778.7	13336.6	14034.1
10	13692.4	13252.2	12900.1	12787.7	13110.6	13368.9	13449.2	13254.8	13089.8	13250.2	13818.4	14528.7
11	13692.4	13252.2	12900.1	12815.9	13228.5	13558.6	13637.7	13329.9	13068.7	13171.6	13769.2	14516.1
12	13328.7	12925.2	12602.4	12496.6	12783.6	13013.2	13088.8	12926.8	12789.4	12951.6	13482.2	14145.6
13	11365.1	10943.3	10605.8	10417.8	10471.6	10514.6	10591.8	10721.5	10831.4	11128.3	11557.1	12093.2
14	11547.0	11106.8	10754.6	10540.8	10540.8	10540.8	10604.6	10766.6	10904.1	12480.0	11700.6	12278.4
15	12876.5	12528.0	12249.2	12017.9	11820.6	11662.7	11656.2	11883.0	12075.5	12794.4	13000.4	13650.9
16	13328.7	12925.2	12602.4	12429.0	12500.7	12558.1	12580.2	12547.8	12520.3	12778.7	13383.7	14120.4
17	13235.5	12831.9	12509.1	12352.6	12478.2	12578.6	12620.5	12571.9	12530.6	13171.6	13336.6	14034.1
18	13440.9	13110.7	12846.6	12663.7	12591.9	12534.5	12550.7	12680.4	12790.3	13132.3	13651.4	14300.3
19	14821.2	14317.7	14094.9	13662.1	12908.7	12305.9	12226.4	13024.0	13683.9	14460.5	15024.1	15728.5
20	14821.2	14317.7	14094.9	13650.8	12861.5	12230.1	12165.8	12975.9	13663.2	14460.5	15024.1	15728.5
21	13735.4	13643.7	13570.3	13379.2	12912.8	12539.7	12517.4	13035.8	13475.4	14106.8	14709.3	15462.3
22	13440.9	13110.7	12846.6	12737.0	12898.4	13027.6	13086.9	13038.3	12997.0	13203.1	13677.1	14269.7
23	12312.1	11945.2	11651.8	11490.5	11544.3	11587.4	11645.4	11726.4	11795.2	12071.4	12520.8	13082.5
24	11253.0	10757.7	10361.6	10160.5	10286.1	10386.5	10466.6	10515.3	10556.5	10806.1	11243.4	11790.1
TOT	292184	283588	276578	272433	272523	272609	273573	275958	277973	287120	296618	310908
AVG	12174.3	11816.2	11524.1	11351.4	11355.1	11358.7	11398.9	11498.3	11582.2	11963.3	12359.1	12954.5
L.F.	82.1	82.5	81.8	83.1	88.0	92.3	93.2	88.3	84.6	82.7	82.3	82.4
V/P	64.9	65.2	64.5	65.6	68.1	66.6	66.5	68.6	67.2	65.1	65.1	65.0

表－Ⅱ.1.2-7　1995年揚水現資（火力最低出力＝0.80）

(MW)

2.1 Surplus Energy　　Dependable:95%　Spinning Resorve:3%
Case-#1 4units of Ming Tombs +3Units of Panjakou(1995,PF=80%)

Hr	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jly	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	896.6	854.9	813.1	651.6	642.0	690.5	739.7	656.2	750.0	891.2	956.8	1022.4
2	1197.8	1125.8	1053.7	877.6	880.2	938.6	986.3	879.4	954.5	1105.6	1219.1	1332.7
3	1283.0	1251.4	1219.7	1052.7	1006.5	1025.8	957.1	973.6	1067.4	1223.4	1318.6	1413.7
4	1283.0	1251.4	1219.7	1052.7	1006.5	1025.8	1057.1	973.6	1067.4	1223.4	1318.6	1413.7
5	1283.0	1251.4	1219.7	1052.7	1006.5	1025.8	1057.1	973.6	1067.4	1223.4	1318.6	1413.7
6	1197.8	1125.8	1053.7	839.2	719.8	680.4	705.6	715.7	884.3	1105.6	1219.1	1332.7
7	531.9	520.6	509.1	335.2	227.9	198.3	196.4	101.2	185.6	344.9	460.9	576.8
8	-816.1	-736.6	-657.2	-768.2	-851.0	-861.1	-851.2	-946.4	-861.9	-775.1	-804.2	-833.3
9	-1133.5	-1054.0	-974.6	-1143.2	-1409.2	-1565.7	-1586.0	-1494.0	-1259.9	-1069.8	-1116.9	-1163.9
10	-1467.2	-1418.0	-1368.9	-1548.2	-1789.7	-1926.7	-1931.5	-1827.8	-1584.4	-1391.2	-1446.3	-1501.3
11	-1467.2	-1418.0	-1368.9	-1567.4	-1870.0	-2055.8	-2064.5	-1879.0	-1570.0	-1337.7	-1412.8	-1487.8
12	-1224.1	-1195.1	-1166.1	-1350.0	-1567.2	-1684.7	-1684.9	-1604.6	-1379.9	-1187.6	-1216.3	-1245.0
13	114.6	153.7	192.7	64.8	6.4	15.9	26.6	-103.7	-47.3	55.4	100.3	145.1
14	-7.0	42.2	91.3	-18.9	-40.7	-1.9	19.3	-134.4	-96.8	-19.6	2.0	23.7
15	-922.9	-924.2	-925.5	-1024.2	-911.7	-765.5	-693.8	-894.2	-894.0	-866.2	-886.9	-907.5
16	-1224.1	-1195.1	-1166.1	-1304.0	-1374.6	-1374.9	-1333.4	-1346.7	-1196.8	-1080.6	-1149.2	-1217.9
17	-1160.6	-1131.6	-1102.7	-1252.0	-1359.3	-1388.8	-1361.4	-1363.0	-1203.8	-1069.8	-1116.9	-1163.9
18	-1335.5	-1336.8	-1338.2	-1463.8	-1436.7	-1358.8	-1306.6	-1436.9	-1380.5	-1310.8	-1331.9	-853.0
19	-2239.9	-2210.9	-2181.9	-2143.3	-1652.3	-1203.3	-1072.7	-1670.8	-1988.7	-2216.2	-2270.4	-2324.7
20	-2239.9	-2210.9	-2181.9	-2135.6	-1620.2	-1151.6	-1016.6	-1638.0	-1974.6	-2216.2	-2270.4	-2324.7
21	-2064.9	-2005.6	-1946.4	-1950.7	-1655.1	-1362.3	-1267.9	-1678.8	-1847.0	-1975.2	-2055.4	-2135.7
22	-1309.2	-1320.6	-1332.1	-1513.6	-1645.3	-1694.4	-1678.9	-1680.5	-1521.2	-1358.9	-1349.2	-1339.6
23	-536.5	-527.7	-519.0	-665.3	-723.7	-714.2	-692.5	-787.6	-703.2	-587.4	-558.6	-529.7
24	305.0	344.2	383.2	239.9	132.7	103.1	108.5	36.7	139.8	275.0	314.7	354.3
Total	7978.3	7725.6	7472.0	6101.7	5622.0	5688.1	5807.7	5309.9	6116.5	7392.1	8126.1	8860.4
MT RQD	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5
Balance	2504.9	2252.2	1998.5	628.3	148.6	214.6	334.2	-163.5	643.0	1918.7	2652.6	3386.9
Op.Hr.MT	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.9	5.0	5.0	5.0	5.0
Op.Hr.PJ	6.8	6.1	5.4	1.7	0.0	0.9	1.4	0.0	5.2	5.2	7.2	9.2
Unit Nu.	3	3	3	3	0	2	2	0	1	3	3	3
Hr*Nu.PJ	20.3	18.3	16.2	5.1	0.0	1.7	2.7	0.0	5.2	15.6	21.5	27.5

Annual Operation Hours = Average*300days(Ming Tombs)
= 1497.5　Hrs

表－Ⅱ.1.2-8　1995年揚水源資（火力最低出力＝0.75）

(MW)

2.3 Surplus Energy　　Dependable:95%　Spinning Resorve:3%

Case-#3 4units of Ming Tombs +3Units of Panjakou (1995, PF=0.75)

Hr	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jly	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	629.3	599.7	569.9	424.5	196.2	389.0	434.5	206.6	365.6	633.7	676.7	719.8
2	930.5	870.6	810.5	650.5	434.4	637.1	681.1	429.8	570.1	848.1	939.0	1030.1
3	1015.7	996.2	976.5	825.6	560.7	724.3	651.9	524.0	683.0	965.9	1038.5	1111.1
4	1015.7	996.2	976.5	825.6	560.7	724.3	751.9	524.0	683.0	965.9	1038.5	1111.1
5	1015.7	996.2	976.5	825.6	560.7	724.3	751.9	524.0	683.0	965.9	1038.5	1111.1
6	930.5	870.6	810.5	612.1	274.0	378.9	400.4	266.1	499.9	848.1	939.0	1030.1
7	264.6	265.4	265.9	108.1	-217.9	-103.2	-108.8	-348.4	-198.8	87.4	180.8	274.2
8	-1083.4	-991.8	-900.4	-995.3	-1296.8	-1162.6	-1156.4	-1396.0	-1246.3	-1032.6	-1084.3	-1135.9
9	-1400.8	-1309.2	-1217.8	-1370.3	-1855.0	-1867.2	-1891.2	-1943.6	-1644.3	-1327.3	-1397.0	-1465.5
10	-1734.5	-1673.2	-1612.1	-1775.3	-2235.5	-2228.2	-2236.7	-2277.4	-1968.8	-1648.7	-1726.4	-1803.9
11	-1734.5	-1673.2	-1612.1	-1794.5	-2315.8	-2357.3	-2369.7	-2328.6	-1954.4	-1595.2	-1692.9	-1790.4
12	-1491.4	-1450.3	-1409.3	-1577.1	-2013.0	-1986.2	-1990.1	-2054.2	-1764.3	-1445.1	-1496.4	-1547.6
13	-152.7	-101.5	-50.5	-162.3	-439.4	-285.6	-278.6	-553.3	-431.7	-202.1	-179.8	-157.5
14	-274.3	-213.0	-151.9	-246.0	-486.5	-303.4	-285.9	-584.0	-481.2	-277.1	-278.1	-278.9
15	-1190.2	-1179.4	-1168.7	-1251.3	-1357.5	-1067.0	-999.0	-1343.8	-1278.4	-1123.7	-1167.0	-1210.1
16	-1491.4	-1450.3	-1409.3	-1531.1	-1820.4	-1676.4	-1638.6	-1796.3	-1581.2	-1338.1	-1429.3	-1520.5
17	-1427.9	-1386.8	-1345.9	-1479.1	-1805.1	-1690.3	-1666.6	-1812.6	-1588.2	-1327.3	-1397.0	-1466.5
18	-1602.8	-1592.0	-1581.4	-1690.9	-1882.5	-1660.3	-1611.8	-1886.5	-1764.9	-1568.3	-1612.0	-1155.6
19	-2507.2	-2466.1	-2425.1	-2370.4	-2098.1	-1504.8	-1377.9	-2120.4	-2373.1	-2473.7	-2550.5	-2627.3
20	-2507.2	-2466.1	-2425.1	-2362.7	-2066.0	-1453.1	-1321.8	-2087.6	-2359.0	-2473.7	-2550.5	-2627.3
21	-2332.2	-2260.8	-2189.6	-2177.8	-2100.9	-1663.8	-1573.1	-2128.4	-2231.4	-2232.7	-2335.5	-2438.3
22	-1576.5	-1575.8	-1575.3	-1740.7	-2091.1	-1995.9	-1984.1	-2130.1	-1905.6	-1616.4	-1629.3	-1642.2
23	-803.8	-782.9	-762.2	-892.4	-1169.5	-1015.7	-997.7	-1237.2	-1087.6	-844.9	-838.7	-832.3
24	37.7	89.0	140.0	12.8	-313.1	-198.4	-196.7	-412.9	-244.6	17.5	34.6	51.7
Total	5839.6	5683.5	5526.5	4285.0	2055.3	3275.9	3366.6	1713.2	3041.1	5332.2	5885.4	6439.1
E.Rrqd.	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5
Balance	366.2	210.1	53.1	-1188.5	-3418.1	-2197.5	-2106.9	-3760.2	-2432.3	-141.3	412.0	965.6
Op.Hours	5.3	5.2	5.0	3.9	1.9	3.0	3.1	1.6	2.8	4.9	5.4	5.9
Rvsd O.H	5.0	5.0	5.0	3.9	1.9	3.0	3.1	1.6	2.8	4.9	5.0	5.0

Annual Operation Hours = Average*300days(Ming Tombs)
= 1155.0　Hrs

表－Ⅱ.1.2-9　2000年揚水源資（火力最低出力＝75%）

(MW)

2.4 Surplus Energy　　Dependable:95%　Spinning Resorve:3%

Case-#3 4units of Ming Tombs + 3Units of Panjakou (2000, PF=0.75)

Hr	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jly	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	1020.0	884.7	923.1	709.6	594.1	730.9	778.6	609.6	696.4	1013.9	1071.2	1142.9
2	1416.3	1282.0	1276.3	1041.7	944.2	1095.3	1138.9	937.5	996.9	1328.2	1454.5	1612.4
3	1584.4	1467.5	1520.6	1299.0	1129.7	1223.4	1245.0	1076.0	1162.8	1501.1	1600.1	1723.9
4	1584.4	1467.5	1520.6	1299.0	1129.7	1223.4	1245.0	1076.0	1162.8	1501.1	1600.1	1723.9
5	1584.4	1467.5	1520.6	1299.0	1129.7	1223.4	1245.0	1076.0	1162.8	1501.1	1600.1	1723.9
6	1472.3	1282.4	1276.3	967.4	708.4	716.0	736.4	697.0	894.8	1328.2	1454.5	1612.4
7	474.5	394.2	476.6	244.7	-14.2	7.7	-20.7	-205.9	-141.8	212.2	345.2	511.5
8	-1535.3	-1750.4	-1236.0	-1376.4	-1599.5	-1548.9	-1559.8	-1745.0	-1672.0	-1430.2	-1503.8	-1595.8
9	-2001.7	-1916.8	-1702.4	-1927.4	-2419.6	-2584.2	-2623.7	-2549.7	-2256.7	-1862.5	-1961.0	-2084.2
10	-2482.2	-2452.4	-2282.0	-2522.4	-2978.7	-3114.6	-3130.4	-3040.2	-2733.4	-2334.0	-2442.8	-2578.8
11	-2482.2	-2452.4	-2282.0	-2550.6	-3096.6	-3304.3	-3318.9	-3115.3	-2712.3	-2255.4	-2393.6	-2566.2
12	-2118.5	-2125.4	-1984.3	-2231.3	-2651.7	-2758.9	-2770.0	-2712.2	-2433.0	-2035.4	-2106.6	-2195.7
13	-154.9	-143.5	12.3	-152.5	-339.7	-260.3	-273.0	-506.9	-475.0	-212.1	-181.5	-143.3
14	-336.8	-307.0	-136.5	-275.5	-408.9	-286.5	-285.8	-552.0	-547.7	-1563.8	-325.0	-328.5
15	-1666.3	-1728.2	-1631.1	-1752.6	-1688.7	-1408.4	-1337.4	-1668.4	-1719.1	-1878.2	-1624.8	-1701.0
16	-2118.5	-2125.4	-1984.3	-2163.7	-2368.8	-2303.8	-2261.4	-2333.2	-2163.9	-1862.5	-2008.1	-2170.5
17	-2025.3	-2032.1	-1891.0	-2087.3	-2346.3	-2324.3	-2301.7	-2357.3	-2174.2	-2255.4	-1961.0	-2084.2
18	-2230.7	-2310.9	-2228.5	-2398.4	-2460.0	-2280.2	-2231.9	-2465.8	-2433.9	-2216.1	-2275.8	-2350.4
19	-3611.0	-3517.9	-3476.8	-3396.8	-2776.8	-2051.6	-1907.6	-2809.4	-3327.5	-3544.3	-3648.5	-3778.6
20	-3611.0	-3517.9	-3476.8	-3385.5	-2729.6	-1975.8	-1847.0	-2761.3	-3306.8	-3544.3	-3648.5	-3778.6
21	-2525.2	-2843.9	-2952.2	-3113.9	-2780.9	-2285.4	-2198.6	-2821.2	-3119.0	-3190.6	-3333.7	-3512.4
22	-2230.7	-2310.9	-2228.5	-2471.7	-2766.5	-2773.3	-2768.1	-2823.7	-2640.6	-2286.9	-2301.5	-2319.8
23	-1101.9	-1145.4	-1033.7	-1225.2	-1412.4	-1333.1	-1326.6	-1511.8	-1438.8	-1155.2	-1145.2	-1132.6
24	-42.8	42.1	256.5	104.8	-154.2	-132.2	-147.8	-300.7	-200.1	110.1	132.2	159.8
Total	9136.4	8287.5	8770.8	6965.2	5621.8	6220.1	6368.0	5266.1	5935.0	8495.6	9258.1	10210.4
E.Rrqd.	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5	5473.5
Balance	3663.0	2814.1	3297.3	1491.7	148.4	746.6	894.6	-207.3	461.5	3022.2	3784.6	4737.0
Op.Hr.MT	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.8	5.0	5.0	5.0	5.0
Op.Hr.PJ	9.9	7.6	8.9	4.0	0.0	3.0	3.6	0.0	1.9	8.2	10.2	12.8
Unit Nu.	3	3	3	3	0	2	2	0	2	3	3	3
Hr*Nu.PJ	29.7	22.9	26.8	12.1	0.0	6.1	7.3	0.0	3.7	24.5	30.7	38.5

Annual Operation Hours = Average*300days(Ming Tombs)
= 1495.3　Hrs

Annual Operation Hours = Average*300days(Panjakou)
= 1685.8　Hrs

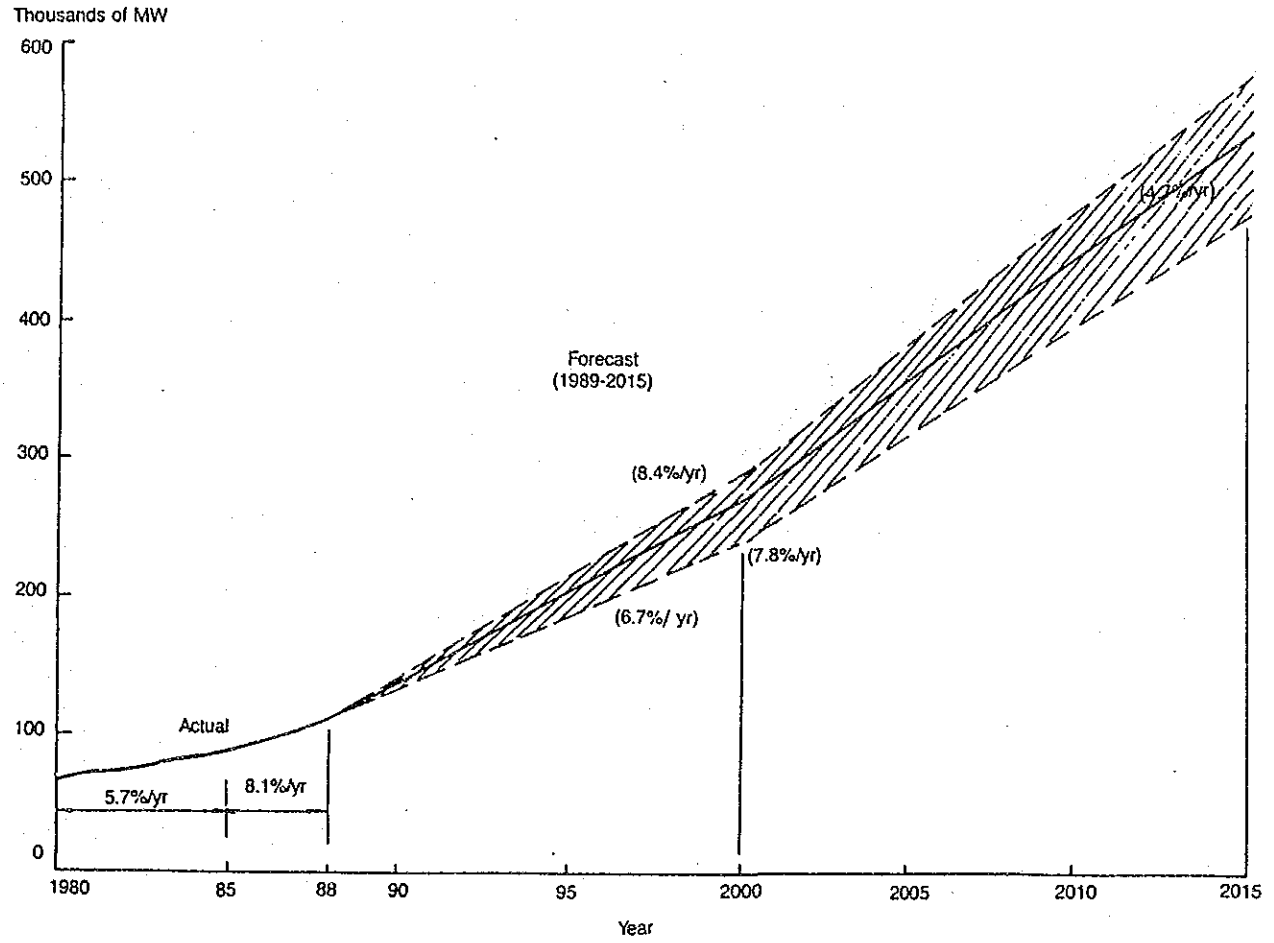
表－Ⅱ.1.2-10　1995年発電方向運転可能時間

(MW)

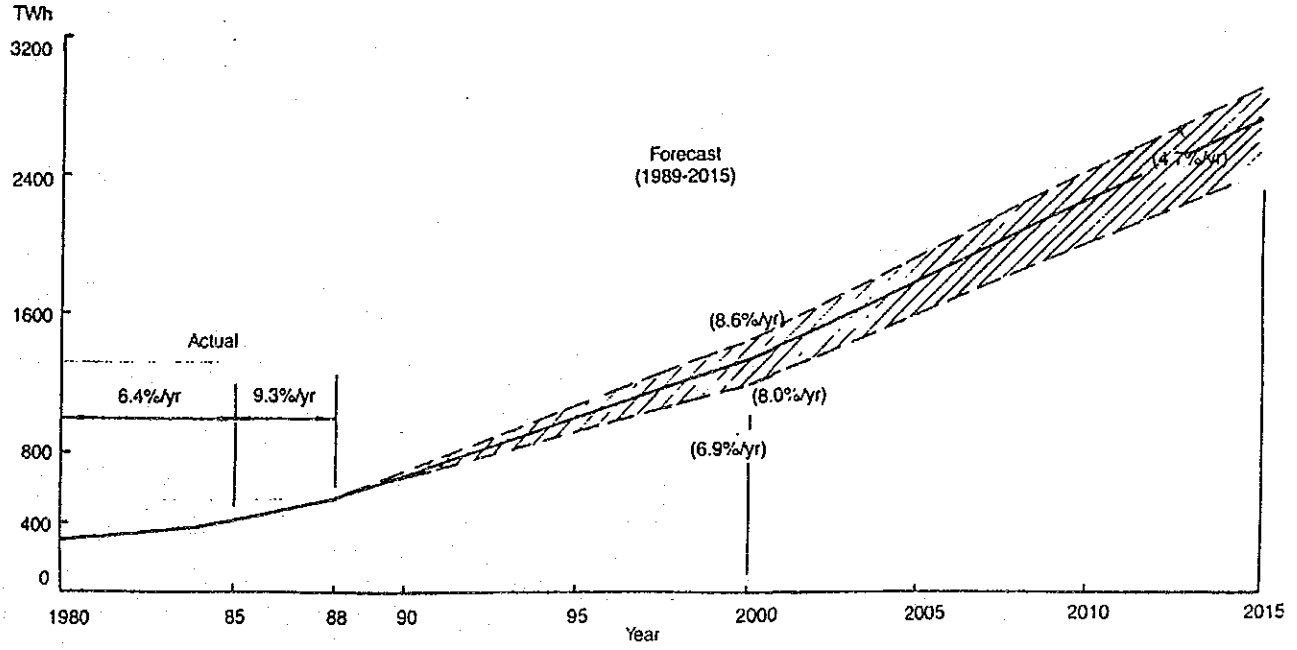
Generating Hour of Pumped Storage as of 1995

Hr	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jly	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	-1871.5	-1805.7	-1739.7	-1546.0	-1533.7	-1587.0	-1643.4	-1555.4	-1675.4	-1846.4	-1957.1	-2068.0
2	-2172.7	-2066.8	-1970.5	-1762.2	-1771.9	-1835.1	-1890.0	-1778.6	-1879.9	-2051.0	-2209.6	-2368.5
3	-2257.9	-2192.4	-2136.5	-1937.3	-1898.2	-1922.3	-1860.8	-1872.8	-1992.8	-2168.8	-2309.1	-2449.5
4	-2257.9	-2192.4	-2136.5	-1937.3	-1898.2	-1922.3	-1960.8	-1872.8	-1992.8	-2168.8	-2309.1	-2449.5
5	-2257.9	-2192.4	-2136.5	-1937.3	-1898.2	-1922.3	-1960.8	-1872.8	-1992.8	-2168.8	-2309.1	-2449.5
6	-2172.7	-2066.8	-1970.5	-1723.8	-1611.5	-1576.9	-1609.3	-1614.9	-1809.7	-2051.0	-2209.6	-2368.5
7	-1506.8	-1461.6	-1425.9	-1219.8	-1119.6	-1094.8	-1100.1	-1000.4	-1111.0	-1290.3	-1451.4	-1612.6
8	-158.8	-204.4	-259.6	-116.4	-40.7	-35.4	-52.5	47.2	-63.5	-170.3	-186.3	-202.5
9	646.0	578.6	511.3	696.0	517.5	669.2	682.3	594.8	792.9	416.7	441.2	465.5
10	979.7	942.6	905.6	1101.0	898.0	1030.2	1027.8	928.6	1117.4	738.1	770.6	802.9
11	979.7	942.6	905.6	1120.2	978.3	1159.3	1160.8	979.8	1103.0	684.6	737.1	789.4
12	736.6	719.7	702.8	902.8	675.5	788.2	781.2	705.4	912.9	534.5	540.6	546.6
13	-1089.5	-1094.7	-1109.5	-949.4	-898.1	-912.4	-930.3	-795.5	-878.1	-1000.8	-1090.8	-1180.9
14	-967.9	-983.2	-1008.1	-865.7	-851.0	-894.6	-923.0	-764.8	-828.6	-925.8	-992.5	-1059.5
15	-52.0	-16.8	8.7	139.6	20.0	-131.0	-209.9	-5.0	-31.4	-79.2	-103.6	-128.3
16	249.2	254.1	249.3	419.4	482.9	478.4	429.7	447.5	271.4	135.2	158.7	182.1
17	185.7	190.6	185.9	367.4	467.6	492.3	457.7	463.8	278.4	124.4	126.4	128.1
18	360.6	395.8	421.4	579.2	545.0	462.3	402.9	537.7	455.1	365.4	341.4	-182.8
19	1265.0	1269.9	1265.1	1258.7	760.6	306.8	169.0	771.6	1063.3	1270.8	1279.9	1288.9
20	1265.0	1269.9	1265.1	1251.0	728.5	255.1	112.9	738.8	1049.2	1270.8	1279.9	1288.9
21	1090.0	1064.6	1029.6	1066.1	763.4	465.8	364.2	779.6	921.6	1029.8	1064.9	1099.9
22	334.3	379.6	415.3	629.0	753.6	797.9	775.2	781.3	595.8	413.5	358.7	303.8
23	-438.4	-413.3	-397.8	-219.3	-168.0	-182.3	-211.2	-111.6	-222.2	-358.0	-431.9	-506.1
24	-1279.9	-1285.2	-1300.0	-1124.5	-1024.4	-999.6	-1012.2	-935.9	-1065.2	-1220.4	-1305.2	-1390.1
Total	7681.8	7613.8	7507.2	9083.2	7295.0	6676.0	6134.7	7420.8	7733.7	6622.5	6684.6	6428.5
MT.G	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0
MT.Hrs	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
PJ.G	3681.8	3613.8	3507.2	5083.2	3295.0	2676.0	2134.7	3420.8	3733.7	2622.5	2684.6	2428.5
PJ.Hrs	13.6	13.4	13.0	18.8	12.2	9.9	7.9	12.7	13.8	9.7	9.9	9.0

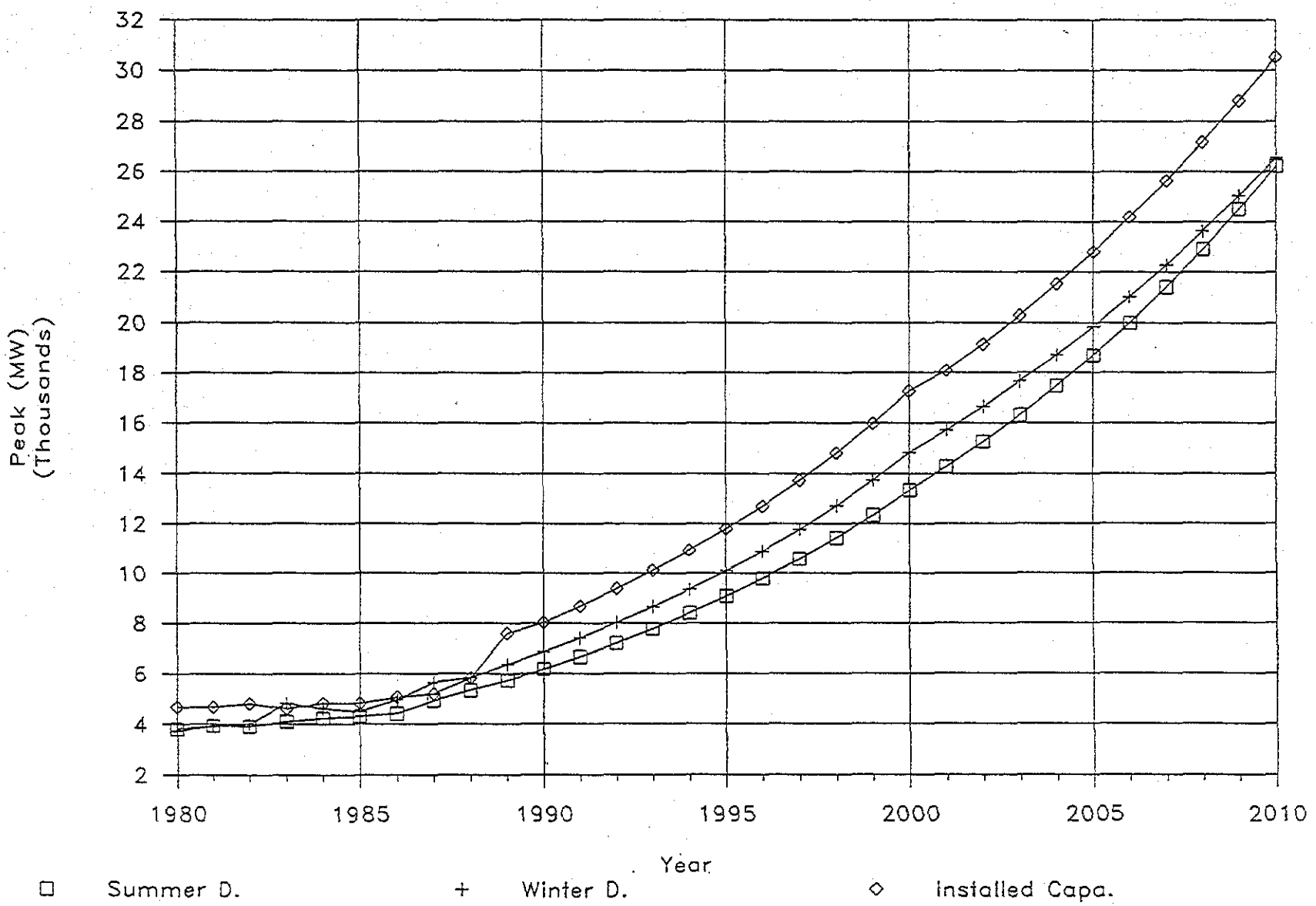
図－Ⅱ.1.2-1　1980～2015　設備容量の推移、予想



図－Ⅱ.1.2-2　1980～2015　発電電力量の推移、予想

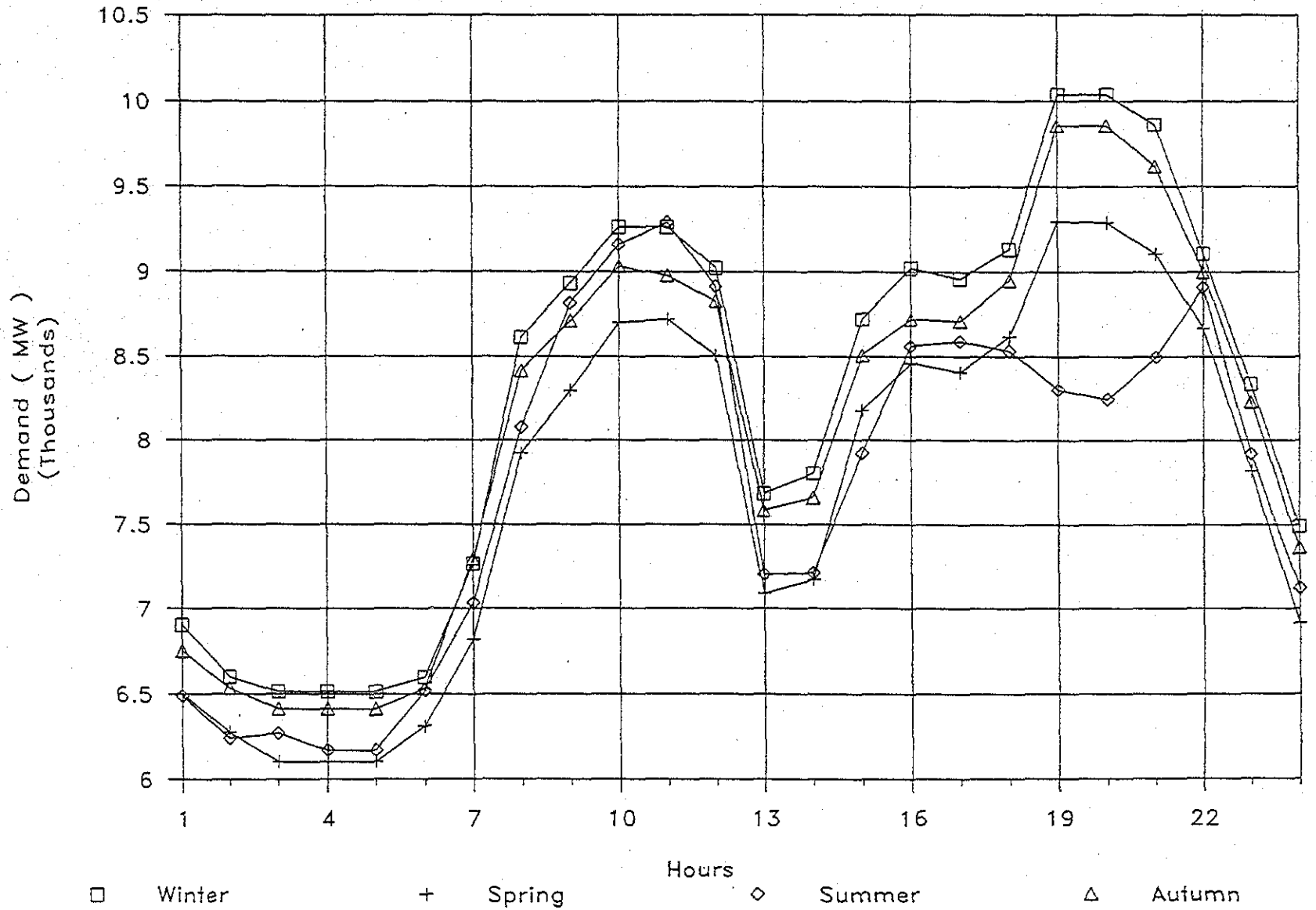


図－Ⅱ.1.2-3　ピーク電力需要予想



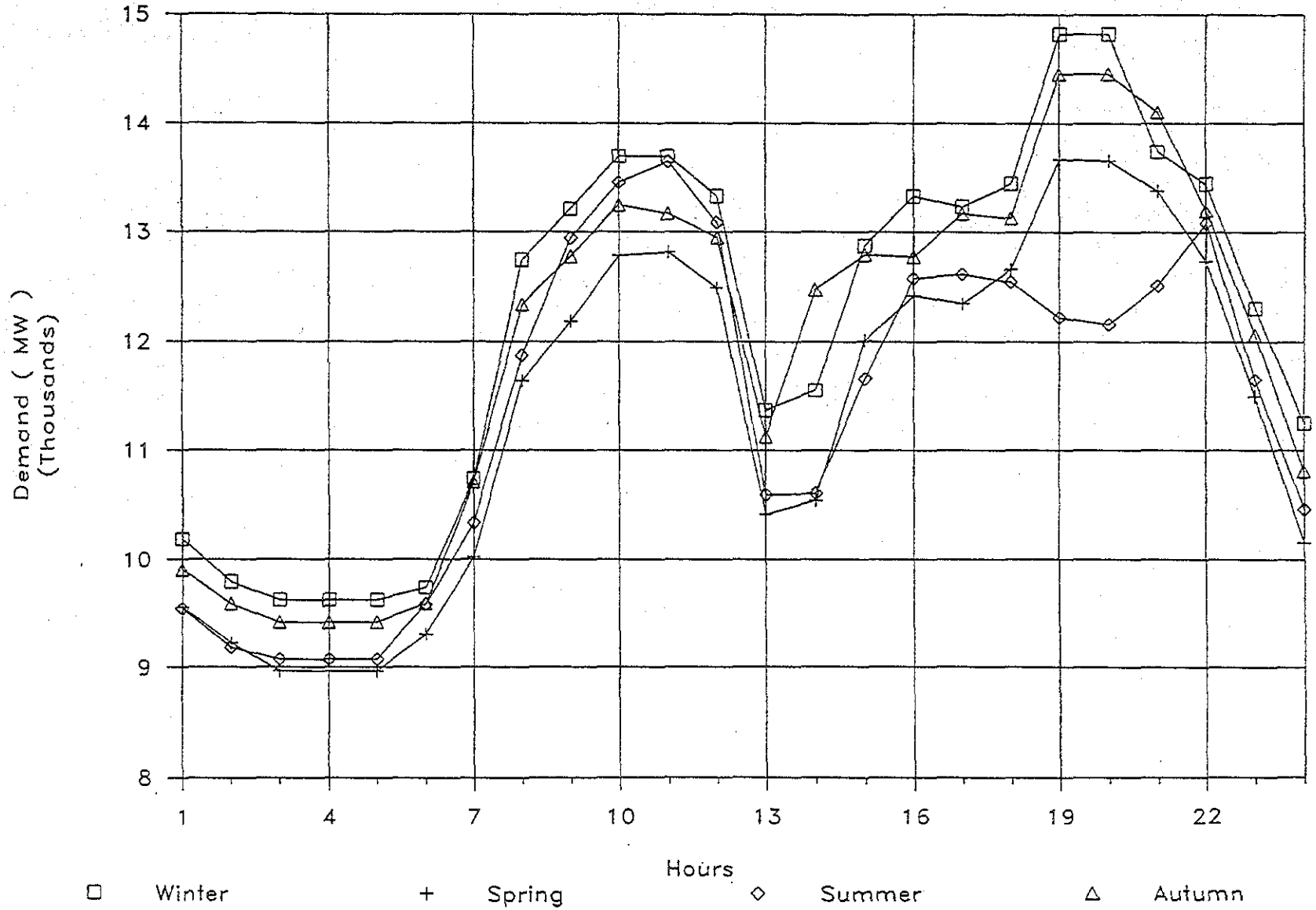
図－Ⅱ.1.2-4 Daily Load Curve

as of 1995



図－Ⅱ.1.2-5　Daily Load Curve

as of 2000



1.3　運用の経済性の影響

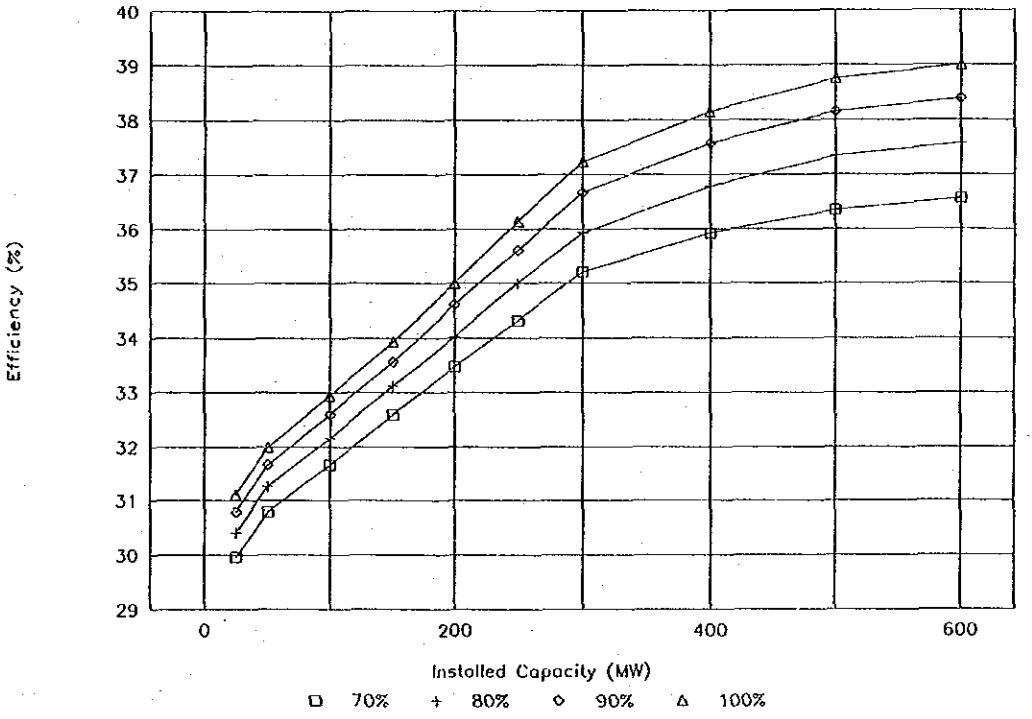
前項では、京津唐系統の負荷特性と電源構成の特性から、十三陵揚水発電所が支障なく効率的に揚水運転され、ピーク時に火力発電機に大きく制限を加える事なく発電できる事が判明した。この項では、十三陵揚水がその運用において、経済面等に燃料コストにどういう影響を与えるかを検討するものである。

1.3.1　石油火力発電所の燃料コストとの比較

(1)　年間運転時間における比較

(a)　揚水用電源コスト（揚水源資用石炭火力の燃料費）

揚水用電源は最も標準的で台数も多い300MW石炭火力電源を用いる事とする。収集データを基に効率を算出したものを下図に示す。



これによれば、深夜帯に仮に75%まで出力を下げているとすると、その時の効率は35.5%であり、揚水のために出力を100%に上昇したとするとその時の効率は37.2%である。各々のヒートレイトは、2,422kal/kgと2,311kcal/kgである。この熱効率を高めた分は全て揚水に還元されたとすると、揚水電源に適用されるヒートレイトは、

$$\frac{(2,311\times100-2,422\times75)}{(100-75)} = 1,978 \text{ kal/kg}\ (43.4\%)$$ となる。

京津唐系統で火力発電所を評価するために使用している石炭は、7,000kcal/kgである事から、これによる換算を行えば石炭消費量は0.283kg/kWhとなる。また、十三陵揚水に必要な年電力量は、

$$\frac{800\text{MW} \times 1,500\text{時間}}{0.7308\ (\text{総合効率})} = 1,642,036 \text{ MWh} \fallingdotseq 1,642 \text{ GWh}$$ である。

これに必要な石炭量は次のとおりである。ただし石炭火力の所内は増加のために使用される分を25%とし、定格所内消費量を8%とする。

$$\frac{1,642\times10^{6} \text{ kWh} \times 0.283 \text{ kg/kWh}}{(1-0.08\times0.25)} = 474,169 \text{ ton}$$

これに標準単価（108.67元/ton）を乗じて年間費用を算出すると、

474,169 ton × 108.67 元/ton = 51,528 千元となる。

(b) 石油火力燃料費

まず揚水発電所が一年間に発生する電力量を求める。この時の所内電力量を1%とすれば、系統に供給される電力量は

800MW × 1,500時間×（1－0.01）＝1,188,000 MWh である。

これと同等の電力量を石油火力がまかなうための発生電力量を求める。なお石油火力の所内電力消費量を4%とすると、

$$\frac{1,188,000 \text{ MWh}}{(1-0.04)} = 1,237,500 \text{ MWh}$$ となる。

今回の調査では石油火力の熱効率のデータは入手できなかったが、一般的に石油火力の効率は石炭より1%程度は高くなるが、起動停止が行われる事、低負荷帯の負荷運転がある事更に、調整用として使用される事から、平均60%～65%程度の出力と仮定すれば、その効率は高く見積もっても35%程度と思われる。

このことから重油の発生熱量を10,500(kcal)/0.93(比重) ≒11,500kcal/kg とすると年間消費量は、

$$\frac{1,237,500\ \text{MWh} \times 860\ \text{kcal/kWh}}{0.35 \times 11,500\ \text{kcal/kg}} = 264,410\ \text{ton}$$

となる。

これを費用換算するために標準価格211.06元/tonを用いると、年間燃料費は、264,410 ton × 211.06 元/ton = 55,806,361 元となる。

(c) 燃料費比較

(a)、(b)で試算した燃料の差は、

55,806 千元－51,528 千元＝4,278千元となり、わずかではあるが揚水発電所が有利となっている。

(2) 燃料価格の動向及び燃料の種類による価格差からの検討

石炭石油の国際価格は、国際政情、経済、産出量に大きく影響され、その相場は一概に想定できない。しかし過去数年のデータの内、石油価格の低い分だけ取り出すと＄15～20/brrl（ＣＩＦ）程度である事から、仮に標準値を＄17.5/brrlとすれば約＄118/ton（比重0.93）となる。一方、石炭の国際価格は1987年以降低迷を続けているが、＄45/ton（ＣＩＦ）程度である。この国際価格と中国国内価格との比をみると、

	中国国内価格	国際価格	比
石　油	211.06元/ton	556元/ton	1 : 2.63
石　炭	108.67元/ton	212元/ton	1 : 1.95

一方、熱量10^6 kcal当たりの価格で試算してみると以下のとおりである。

ここでは石油は11,500kcal/kg、石炭は7,000kcal/kg想定した。

	石　油	石　炭	比
中国国内価格	18.35 元/ton	15.52 元/10^6kcal	1 : 0.85
国際価格	45.04 元/ton	30.29 元/10^6kcal	1 : 0.67

国際価格の比較では、石炭の方がかなり割高になっている事、熱量比ではこの比率はこれ以上近づかないと思われる事、更に石油が輸出品において重要な位置をしめている事、また石炭の国内価格の安定が電力等基幹産業ひいては全産業発展の基本となる事を総合的に判断すると、石油が量、価格の両面が安定して電力産業用に使われる可能性は低い。図－Ⅱ.1.3-1に各々の燃料の変更に伴う揚水発電用燃料比と、石油火力の燃料比の変化を示した。上述した状況から仮に石炭価格が1.2倍上昇し、石油が1.4倍上昇したとすると、現在のコスト差約4,300千元が約16,000千元となる。少なくとも現在の値約4,300千元は確保される事は確実と考えられる。

(3) シミュレーションにおける運用の経済性への影響

(a) シミュレーションの概要

前項では、系統側から必要性の検討を行ったが、この運用でどの程度の経済メリットが出るかを検証する。

この計算には、揚水発電所運用の需給シミュレーションを使用した。このシミュレーションの方法は、与えられた電源構成で、最も経済的に需要をカバーする電源の構成を作成し、揚水機無のケースと、揚水機有の場合の燃料費をそれぞれ算出し比較するものである。このシミュレーションに用いられる主なデータは以下のものである。

・システム全体

日負荷曲線

定期点検スケジュール

・火 力 機

最 低 負 荷

各負荷における燃料費

起 動 費

・一 般 水 力

月別MWh

ピーク容量

・揚 水 機

池 容 量

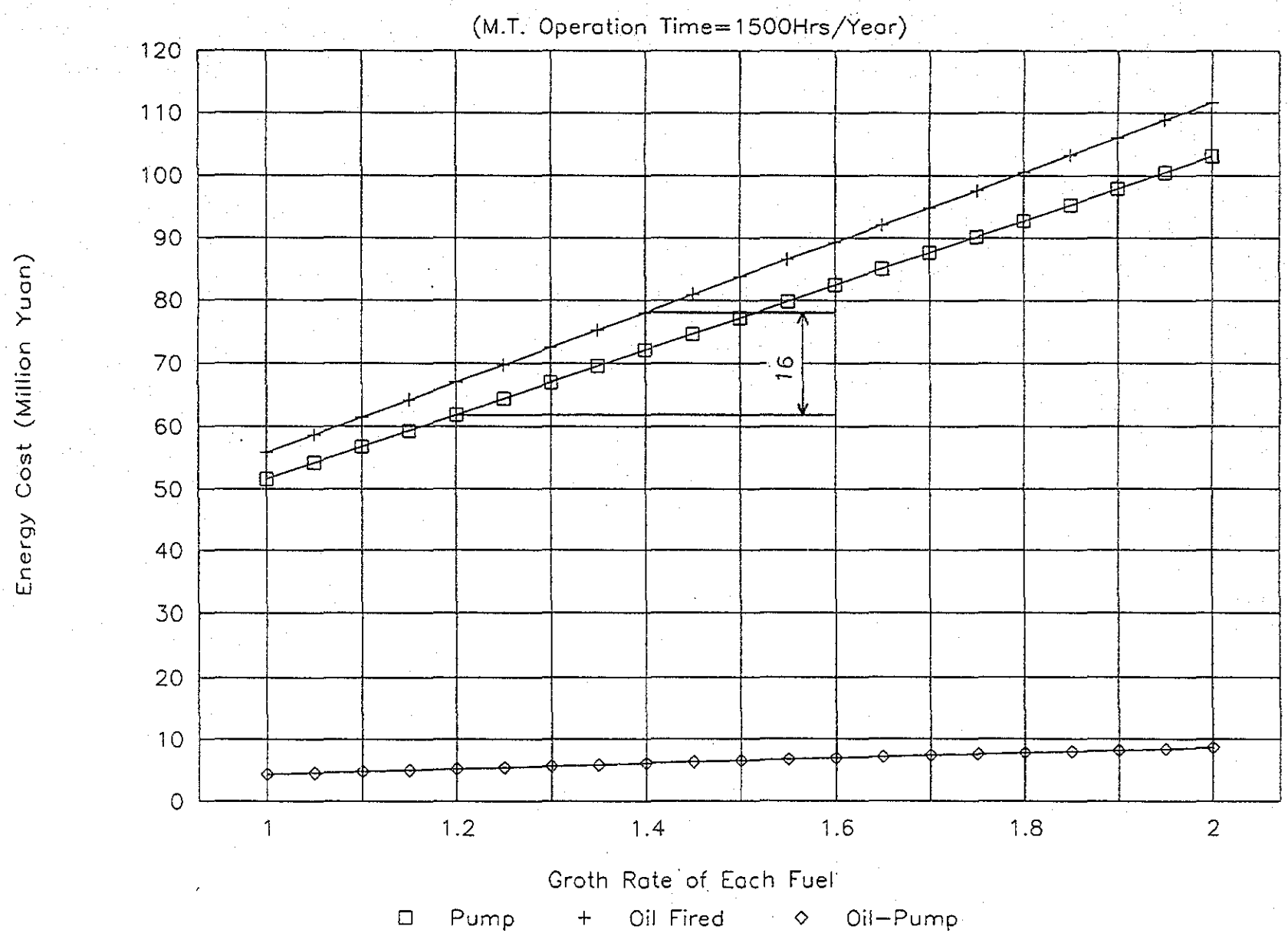
定 格 出 力

総 合 効 率

(b) 計 算 結 果

このシミュレーションには毎月第三水曜日の日負荷曲線を用いて検証したが、定期点検スケジュールによる影響が大きく、ばらつきはあるが、運開目途年において、平均1日当り約19×10^3 元／日の燃料費の削減となっている。

図－Ⅱ.1.3-1　揚水発電と石油火力コストの比較



1.4 系統解析

十三陵揚水発電所の運用が過負荷、電圧低下等電力系統上ネックを生じないか、また送電線事故時において系統に接続される全ての発電機がどの程度で安定状態に戻るかを解析し、十三陵揚水発電計画導入が問題無いかを検討した。

1.4.1 ピーク時の潮流計算

電源開発計画に沿って220kV以上の送電線に接続される発変電所の供給、需要データを投入して、1995年時点の潮流計算を実施した。その時点での潮流図を図－Ⅱ.1.4-1に示す。また計算結果を表－Ⅱ.1.4-1～3に示す。これによれば、特に問題はないが天津系統の任丘変電所で電圧低下が9％程度とやや大きく、またアングルも14.3° elとなっている他は全て問題は無い。これは電源が偏りがなく適度に配置されているのが最も大きな理由であり、送電線にもかなりの余裕があることによるものである。

1.4.2 事故シミュレーション結果について

十三陵揚水は、500kV昌平変電所から送電線で6kmしか離れておらず、深夜帯の電圧低下もこの変電所の母線電圧を健全に維持できれば問題無いと思われる。
この事から、十三陵揚水発電所がほぼ定格運転を行っている条件で、十三陵発電所出口と昌平変電所の500kV側送電線で1回線3ＬＧを事故模擬して検証を行った。

この結果を図－Ⅱ.1.4-2～7に示す。図－Ⅱ.1.4-2～4は、十三陵出口220kV送電線地点での事故であるが、主要発電機は、ほとんど影響を受けておらず問題はない。同じく図－Ⅱ.1.4.2-5～7は昌平出口550kV送電線での事故ケースであるが、これも同じく問題無い。ただし、今回の解析に必要な主要データについては入手したが、一部発電機の定数等は標準値を用いて実施しているので、これらに関する諸データの他、深夜軽負荷時のケースについても、データを収集し機会があれば、チェックする事が望ましい。

表－Ⅱ.1.4-1　潮流計算－1

中国十三陵揚水発電所開発計画１９９５年

NODE = 100　BRANCH = 130　SLACK NODE = SHALIN-G　ITMAX = 10　SIGMA = 0.1000

*** POWER FLOW ***

NODE	CODE	E (KV)	VOLTAGE |E| (%)	VOLTAGE ANGLE	GENERATOR P (%)	GENERATOR Q (%)	LOAD P (%)	LOAD Q (%)	C/R (%)
張北	ZHANGBEI	207.063	94.119	-12.074	0.000	0.000	140.000	40.000	
YANJIATUN	YANJIATU	211.115	95.962	-9.404	0.000	0.000	150.000	45.000	
SHALIN-220	SHALIN-2	214.512	97.506	-7.566	0.000	0.000	0.000	0.001	
HOUJIAMIAO	HOUJIAMI	213.548	97.067	-7.836	0.000	0.000	100.000	30.001	
SHANGHAUYU	SHANGHAU	213.603	97.092	-7.578	0.000	0.000	145.000	40.001	
XIAHUAYUAN	XIAHUAYU	213.906	97.230	-7.301	0.000	0.000	-0.001	0.000	
三烏坊	SANWUTAN	208.711	94.868	-10.672	0.000	0.000	145.000	40.000	
京西	WESTERN_	214.204	97.365	-6.675	0.000	0.000	0.000	0.000	
SHUANGEZHU	SHUANGEZ	212.405	96.548	-8.064	0.000	0.000	170.000	49.999	
清河	QINGHE	212.156	96.435	-8.638	0.000	0.000	139.999	50.007	
昌平-220	CHANGP-2	213.087	96.858	-8.278	0.000	0.000	145.004	40.010	
十三陵	SHISANLI	213.771	97.169	-7.612	0.000	0.000	0.000	0.003	
西沙屯	XISHATUM	211.746	96.248	-9.245	0.000	0.000	145.000	39.999	
SHALIN-500	SHALIN-1	498.934	99.787	-4.070	0.000	0.000	0.000	-0.001	
昌平-500	CHANGP-1	496.993	99.399	-5.999	0.000	0.000	0.000	-0.003	
LUCUN	LUCUN	213.581	97.082	-6.943	0.000	0.000	170.000	50.002	
高井	GAOJING	215.815	98.098	-3.337	0.000	0.000	0.000	0.001	
DIANKEYUAN	DIANKEYU	212.067	96.394	-8.683	0.000	0.000	50.001	19.997	
薊門	JIMEN	212.000	96.364	-8.572	0.000	0.000	144.999	39.996	
石景山	SHIJINGS	213.767	97.167	-6.711	0.000	0.000	0.001	0.003	
八里庄	BALIZHUA	212.478	96.581	-7.905	0.000	0.000	145.000	40.003	
房山-220	FANGSH-2	214.235	97.380	-7.335	0.000	0.000	190.000	59.999	
房山-500	FANGSH-1	497.962	99.592	-4.891	0.000	0.000	0.000	0.000	
大同第二	DATONG	222.871	101.305	4.631	0.000	0.000	0.000	0.000	
南苑	NANYUAN	210.629	95.741	-9.541	0.000	0.000	189.999	59.999	
CAOQIAO	CAOQIAO	209.847	95.385	-10.088	0.000	0.000	145.000	40.000	
老君堂	LAOJUNTA	209.219	95.099	-10.658	0.000	0.000	252.002	75.001	
TAIYANGGON	TAIYANGG	210.916	95.871	-9.776	0.000	0.000	145.000	39.998	
CHAOYANGME	CHAOYANG	209.553	95.252	-10.504	0.000	0.000	0.001	0.003	
WANGSIYING	WANGSIYI	209.370	95.168	-10.610	0.000	0.000	190.004	60.001	
高碑店	GAOBEIDI	209.451	95.205	-10.560	0.000	0.000	-0.006	-0.011	
安定-500	ANDING-1	497.304	99.461	-5.601	0.000	0.000	0.002	0.012	
安定-220	ANDING-2	209.813	95.370	-10.824	0.000	0.000	190.001	60.005	
左安門	ZUOANMAN	209.036	95.017	-10.967	0.000	0.000	100.000	30.000	
DAXING	DAXING	208.841	94.928	-11.514	0.000	0.000	145.000	40.000	
HUAIROU	HUAIROU	210.551	95.705	-9.812	0.000	0.000	145.000	39.999	
SUNGHE	SUNGHE	209.149	95.068	-10.334	0.000	0.000	144.999	39.998	
DONGBEIJAO	DONGBEIJ	208.898	94.954	-10.496	0.000	0.000	169.999	49.992	
新通州	XINTONGZ	208.142	94.610	-10.678	0.000	0.000	190.002	60.012	
通州	TONGZHOU	207.550	94.341	-11.046	0.000	0.000	191.998	59.992	
薊県-220	JIXIAN-2	210.157	95.526	-7.158	0.000	0.000	0.000	0.000	
遵化	ZUNHUA	210.134	95.515	-5.102	0.000	0.000	145.000	39.999	
袁庄	YUANZHUA	205.237	93.290	-8.449	0.000	0.000	96.000	30.000	
潘家口	PANJIAKO	212.597	96.635	-2.067	0.000	0.000	0.000	0.001	
DOUHE	DOUHE	211.795	96.271	-4.832	0.000	0.000	-0.002	-0.018	

表－Ⅱ.1.4-2　潮流計算－2

中国十三陵揚水発電所開発計画１９９５年

*** POWER FLOW ***

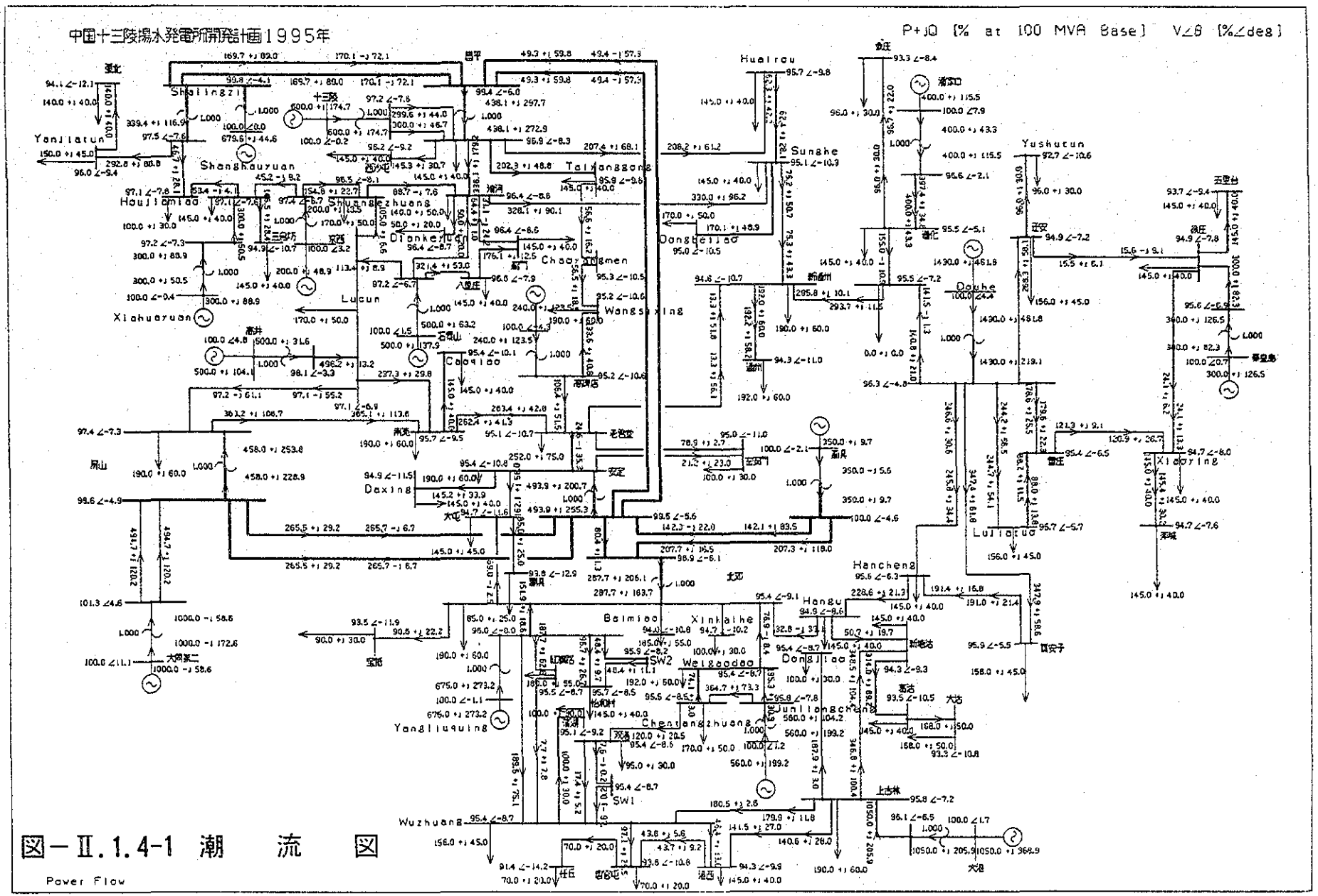
NODE	CODE	E (KV)	VOLTAGE |E| (%)	VOLTAGE ANGLE	GENERATOR P (%)	GENERATOR Q (%)	LOAD P (%)	LOAD Q (%)	C/R (%)
迂安	QIANAN	208.821	94.919	-7.229	0.000	0.000	156.000	45.001	
YUSHUTUN	YUSHUTUN	203.875	92.671	-10.620	0.000	0.000	96.000	30.000	
徐圧	XUYA	208.777	94.898	-7.825	0.000	0.000	145.000	40.001	
五里台	WULITAI	206.082	93.674	-9.371	0.000	0.000	145.000	40.000	
秦皇島	QINHUANG	210.214	95.552	-6.859	0.000	0.000	0.000	0.000	
XIAOYING	XIAOYING	208.355	94.707	-8.010	0.000	0.000	145.000	40.000	
雷庄	LEIZHUAN	209.868	95.394	-6.490	0.000	0.000	0.000	0.001	
奔城	QICHENG	208.362	94.710	-7.599	0.000	0.000	145.000	40.000	
LUJIATUO	LUJIATUO	210.595	95.725	-5.749	0.000	0.000	156.000	45.002	
賈安子	JIAANZI	211.074	95.943	-5.486	0.000	0.000	156.000	44.997	
HANCHENG	HANCHENG	210.387	95.630	-6.328	0.000	0.000	145.000	39.998	
HANGU	HANGU	208.771	94.896	-8.550	0.000	0.000	145.000	40.001	
大屯	DATUM	208.377	94.717	-11.584	0.000	0.000	145.000	44.999	
霸県	BAXIAN	206.461	93.846	-12.901	0.000	0.000	85.000	25.001	
北郊-220	BEIJIA-2	209.943	95.429	-9.126	0.000	0.000	190.001	60.008	
北郊-500	BEIJIA-1	494.671	98.934	-6.073	0.000	0.000	0.000	0.003	
宝抵	BAODI	205.667	93.485	-11.903	0.000	0.000	90.000	30.000	
薊県-500	JIXIAN-1	499.870	99.974	-4.570	0.000	0.000	0.000	-0.001	
YANGLIUQUI	YANGLIUQ	211.256	96.026	-8.001	0.000	0.000	0.000	0.000	
SW2	SW2	211.027	95.921	-8.183	0.000	0.000	0.000	0.000	
怡和村	YIHECUN	210.642	95.746	-8.455	0.000	0.000	145.000	40.000	
紅旗路	HONGGILU	210.035	95.470	-8.700	0.000	0.000	180.000	55.001	
WUZHUANG	WUZHUANG	209.822	95.373	-8.739	0.000	0.000	156.000	44.999	
濱湖	BINHU	209.134	95.061	-9.213	0.000	0.000	100.000	30.001	
SW1	SW1	209.889	95.404	-8.680	0.000	0.000	0.000	0.000	
唐官屯	TANGGUAN	206.419	93.827	-10.808	0.000	0.000	70.000	20.000	
任丘	RENQIU	201.078	91.399	-14.208	0.000	0.000	70.000	20.000	
港西	GANXI	207.519	94.327	-9.948	0.000	0.000	145.000	40.001	
BAIMIAO	BAIMIAO	206.873	94.033	-10.780	0.000	0.000	185.000	55.000	
XINKAIHE	XINKAIHE	208.249	94.658	-10.229	0.000	0.000	100.000	30.000	
WEIGAODAO	WEIGAODA	209.869	95.395	-8.682	0.000	0.000	192.000	60.002	
CHENTANGZH	CHENTANG	210.009	95.459	-8.481	0.000	0.000	170.002	50.007	
双港	SHUANGGA	209.863	95.392	-8.619	0.000	0.000	95.001	30.003	
JUNLIANGCH	JUNLIANG	210.837	95.835	-7.791	0.000	0.000	0.001	0.000	
DONGJIAO	DONGJIAO	209.861	95.391	-8.691	0.000	0.000	100.000	30.001	
上古林	SHANGGUL	210.704	95.775	-7.239	0.000	0.000	190.001	60.020	
大港	DAGANG	211.517	96.144	-6.546	0.000	0.000	0.001	0.000	
新塘沽	XINTANGG	207.502	94.319	-9.283	0.000	0.000	145.000	40.000	
葛沽	GEGU	205.672	93.487	-10.504	0.000	0.000	145.001	40.003	
大沽	DAGU	205.167	93.258	-10.835	0.000	0.000	167.999	49.998	
SHALINGZI	SHALIN-G	100.000	100.000	0.000	679.612	44.614	0.000	0.000	
XIAHUAYUAN	XIAHUA-G	100.000	100.000	-0.351	300.000	88.850	0.000	0.000	
京西	WESTER-G	100.000	100.000	3.181	200.000	48.861	0.000	0.000	
十三陵	SHISAN-G	100.000	100.000	-0.222	600.000	174.663	0.000	0.000	
高井	GAOJIN-G	100.000	100.000	4.803	500.000	104.062	0.000	0.000	

表－Ⅱ.1.4-3　潮流計算－3

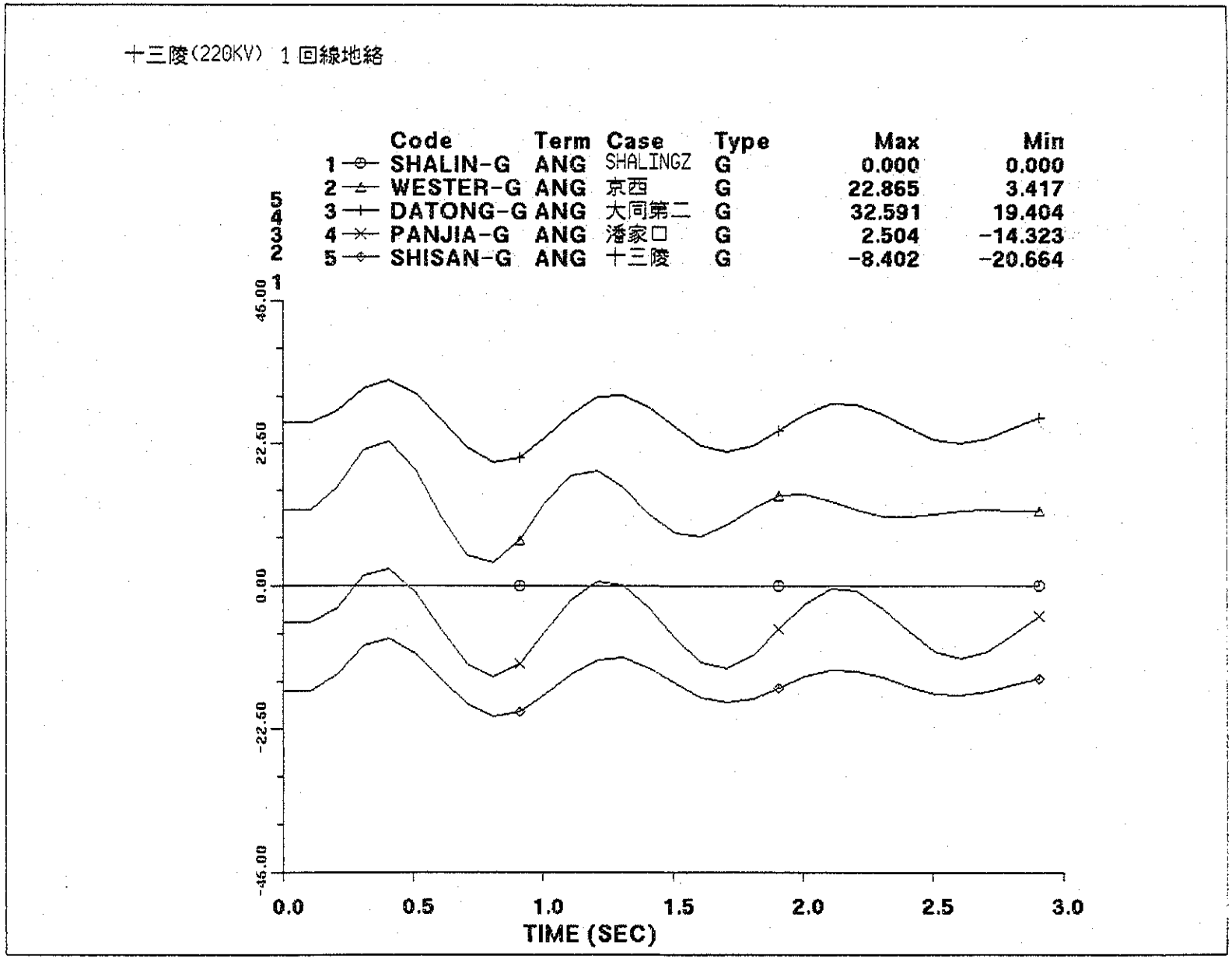
中国十三陵揚水発電所開発計画１９９５年

*** POWER FLOW ***

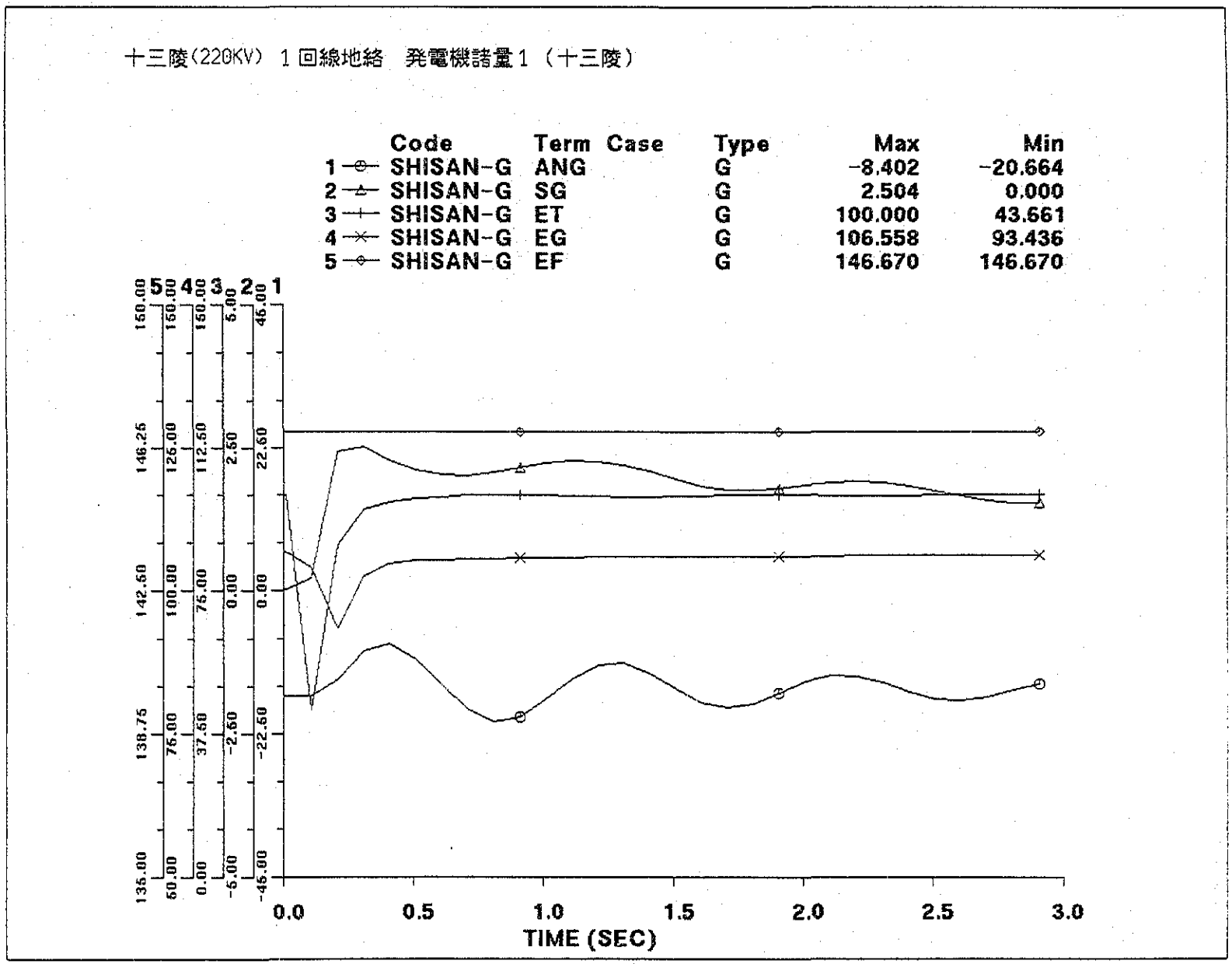
NODE	CODE	E (KV)	VOLTAGE |E| (%)	VOLTAGE ANGLE	GENERATOR P (%)	GENERATOR Q (%)	LOAD P (%)	LOAD Q (%)	C/R (%)
石景山	SHIJIN-G	100.000	100.000	1.507	500.000	137.912	0.000	0.000	
大同第二	DATONG-G	100.000	100.000	11.069	1000.000	-58.648	0.000	0.000	
高碑店	GAOBEI-G	100.000	100.000	-4.267	240.000	123.470	0.000	0.000	
YANGLIUQUI	YANGLI-G	100.000	100.000	-1.101	675.000	273.247	0.000	0.000	
JUNLIANGCH	JUNLIA-G	100.000	100.000	1.246	560.000	199.205	0.000	0.000	
大港	DAGANG-G	100.000	100.000	1.717	1050.000	368.865	0.000	0.000	
薊県	JIXIAN-G	100.000	100.000	-2.062	350.000	9.748	0.000	0.000	
潘家口	PANJIA-G	100.000	100.000	7.865	400.000	115.515	0.000	0.000	
DOUHE	DOUHE-G	100.000	100.000	4.357	1430.000	461.823	0.000	0.000	
秦皇島	QINHUA-G	100.000	100.000	0.658	300.000	126.463	0.000	0.000	
	TOTAL				8784.611	2218.650	8720.007	2570.051	0.000 (0.00) C


中国十三陵揚水発電所開発計画1995年
P+jQ [% at 100 MVA Base] V∠θ [%∠deg]
Shalingzi
Yanjiatun
Shanghauyuan
Houjiamiao
Shuangezhuang
Dianke
Taiyanggong
Chaoyangmen
Wangsixing
Lucun
Xiahuayuan
Caoqiao
Daxing
Hualrou
Sunghe
Dongbeijiao
Yushutun
Douhe
Xiaoying
Lujiatuo
Hancheng
Hangu
Dongjiao
Balmiao
Xinkaihe
Weigaodao
Chentangzhuang
Junliangcheng
Yangliuquing
Wuzhuang
SW1
SW2
Power Flow

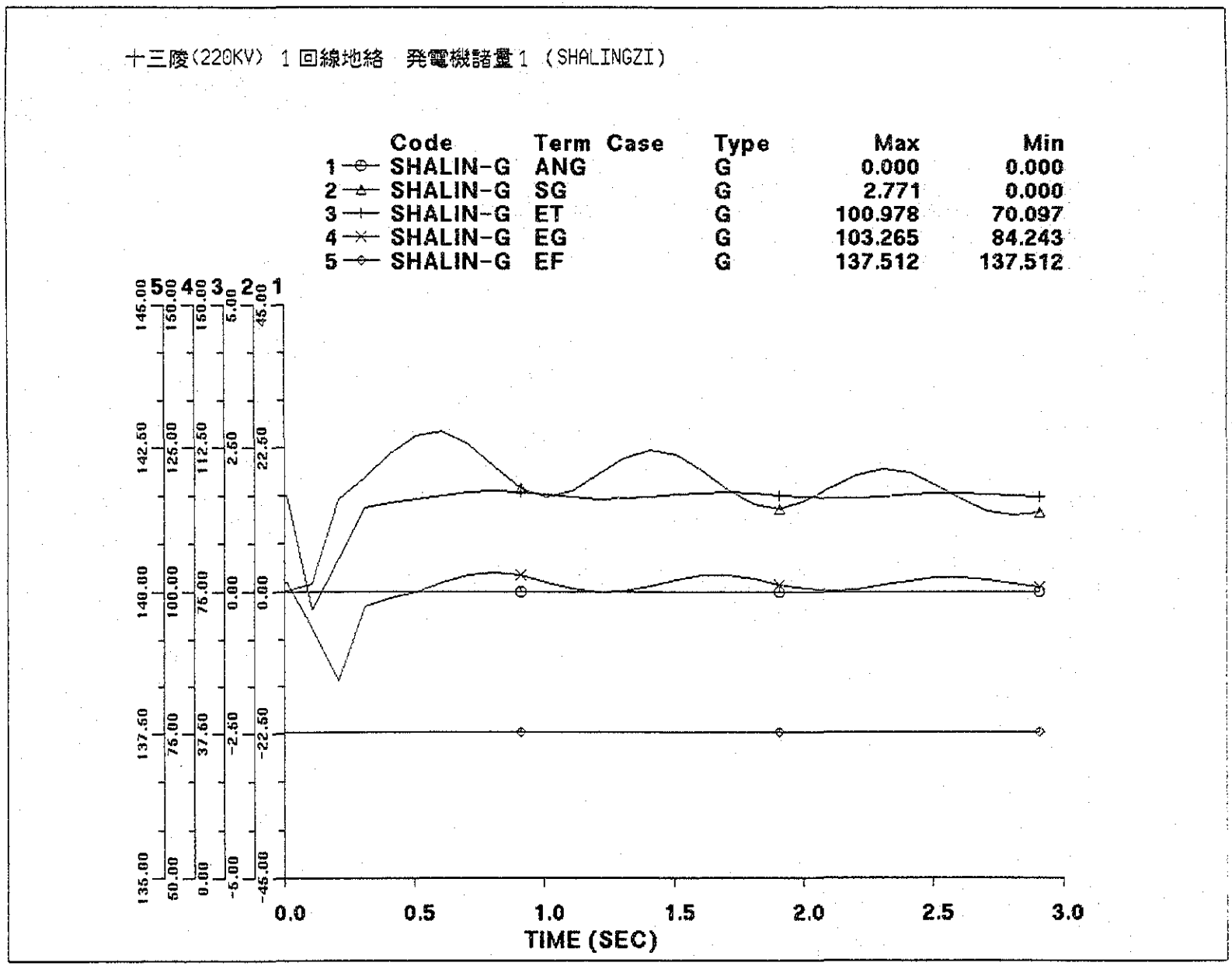
図－Ⅱ.1.4-1 潮 流 図



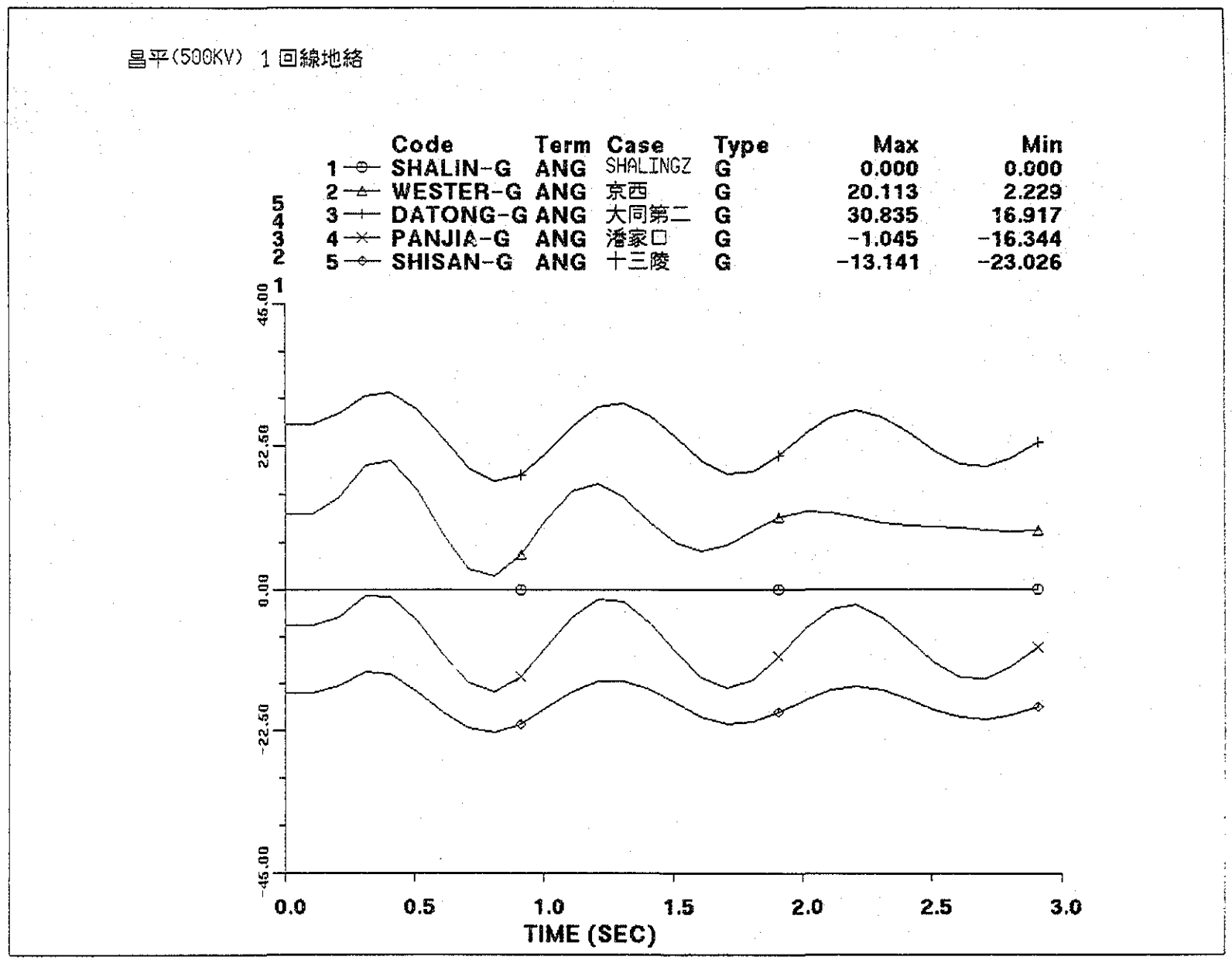
図－Ⅱ.1.4-2　事故解析（220kV－1）



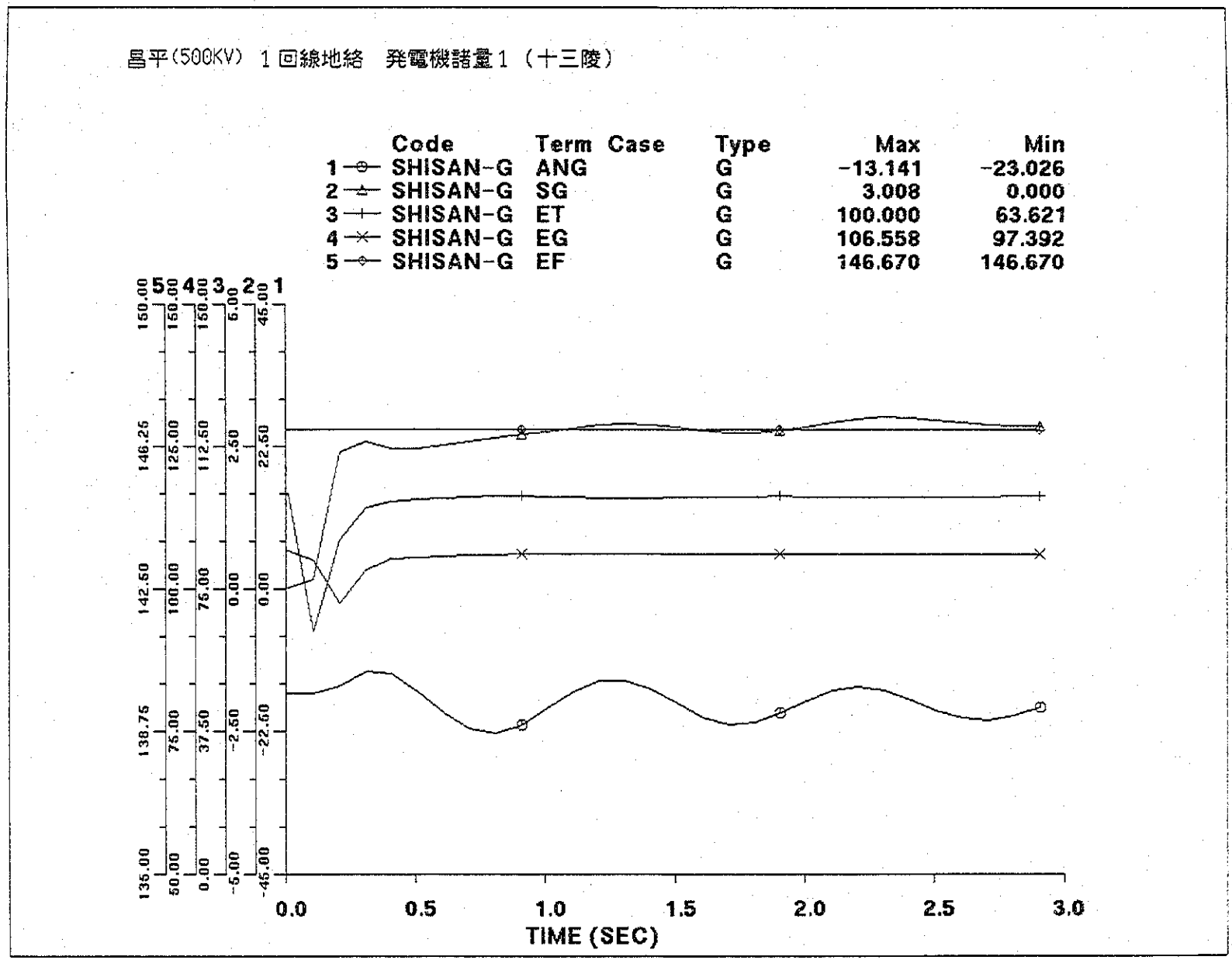
図－Ⅱ.1.4-3　事故解析（220kV－2）



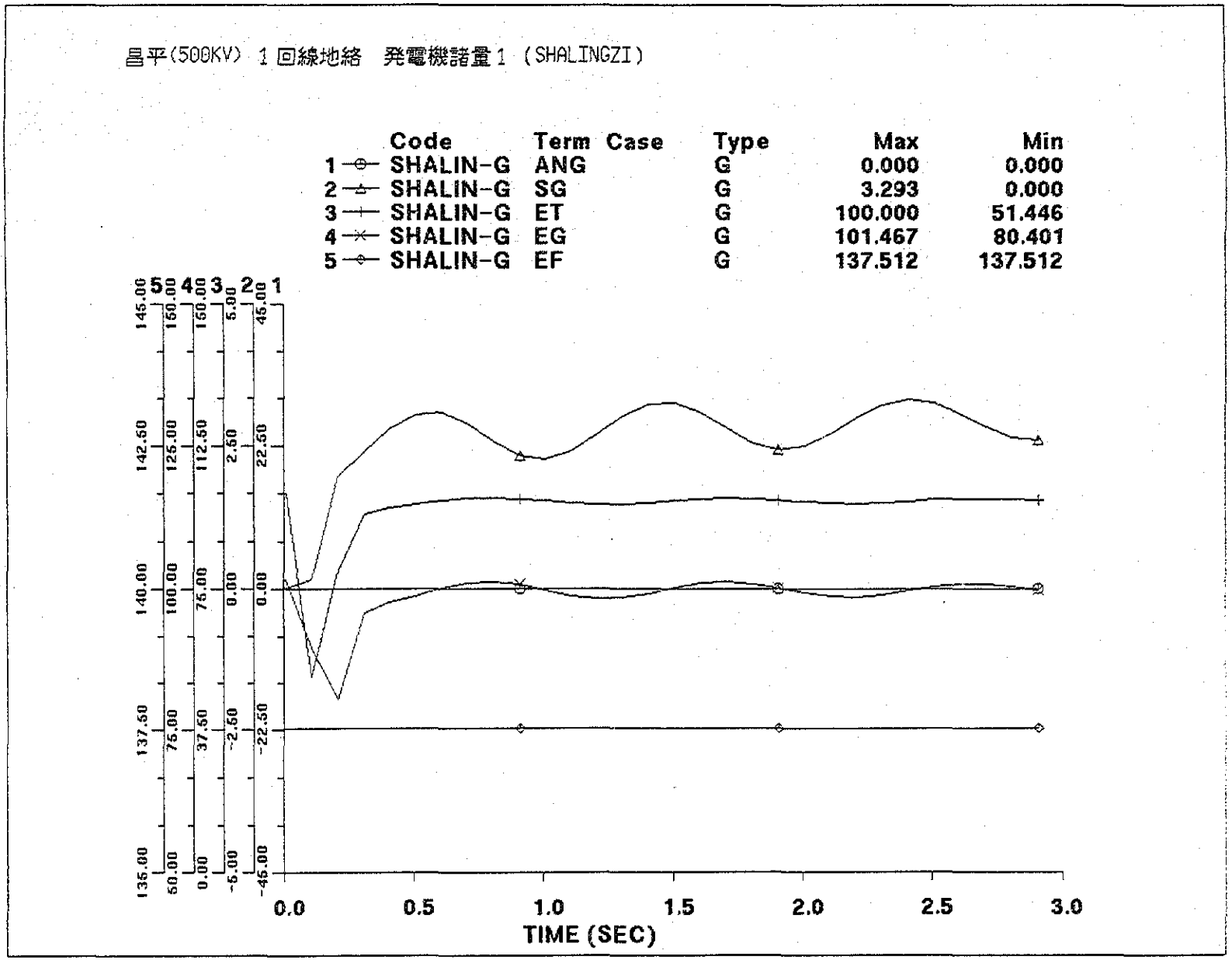
図－Ⅱ.1.4-4　事故解析（220kV－3）



図－Ⅱ.1.4-5　事故解析（500kV－1）



図－Ⅱ.1.4-6　事故解析（500kV－2）



図－Ⅱ.1.4-7　事故解析（500kV－3）

1.5 まとめ

運転時間については、十三陵揚水は初期に目論んだ時間程度は確保できるものであり、電力系統の質改善に大きく貢献するものである。

火力機については運転カーブが平滑化され、機器にとって最も適しているフラット運転に近い運用ができる事から、実質的な耐用の延伸に寄与するものである。

しかし、揚水発電の運用は、日々の負荷曲線に大きく左右される事から、この揚水発電所の運用について、更に検討を重ねる必要がある。この観点から今後日々の運転データの収集に努めるととにも、これらのデータの分析を行い、実用面からみた京津唐における最も効率的な揚水発電所の運用を確立する必要がある。

揚水の経済的メリットについては、年間で見た場合と、需給シミュレーション両面から実施した結果は、さほど大きくはないがこれを確認した。

しかし年間で計算した結果石油火力の効率は、もう少し低くなるものと予想される事、需給シミュレーションでは、更に最適な停止計画を立てられる可能性がある事の他、石炭、石油の価格動向を類似すればこのメリットはもっと大きくなるであろう。

また、潮流計算系統解析結果については、全く問題はないが計画変更や需給の予測と大きく違った場合については改めて検討する必要もある。