

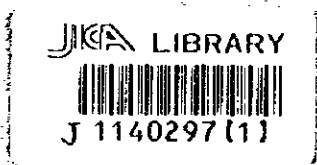
国際協力事業団

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ーズビリティ調査
最終報告書

要約版

1998年1月



電源開発株式会社
株式会社アイ・エヌ・エー

鉦 調 資
J R
97 - 195

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

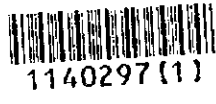
紅石ダム揚水式水力発電所フイージビリティ調査

最終報告書

要約版

1998年1月

電源開発株式会社
株式会社アイ・エヌ・エー

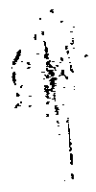
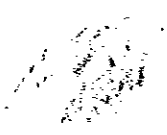


1140297 (1)

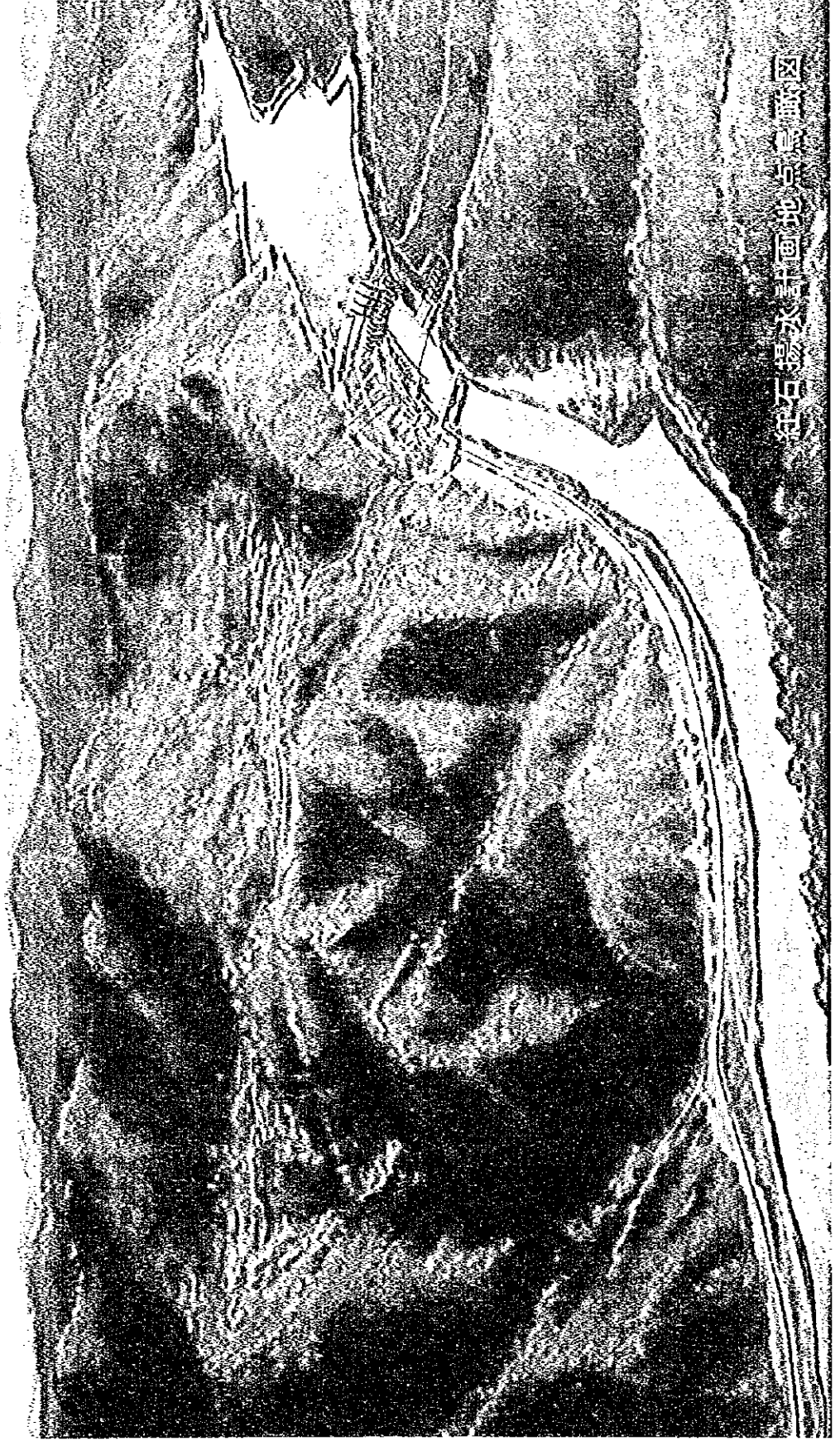
紅石揚水計畫完成予想鳥瞰図

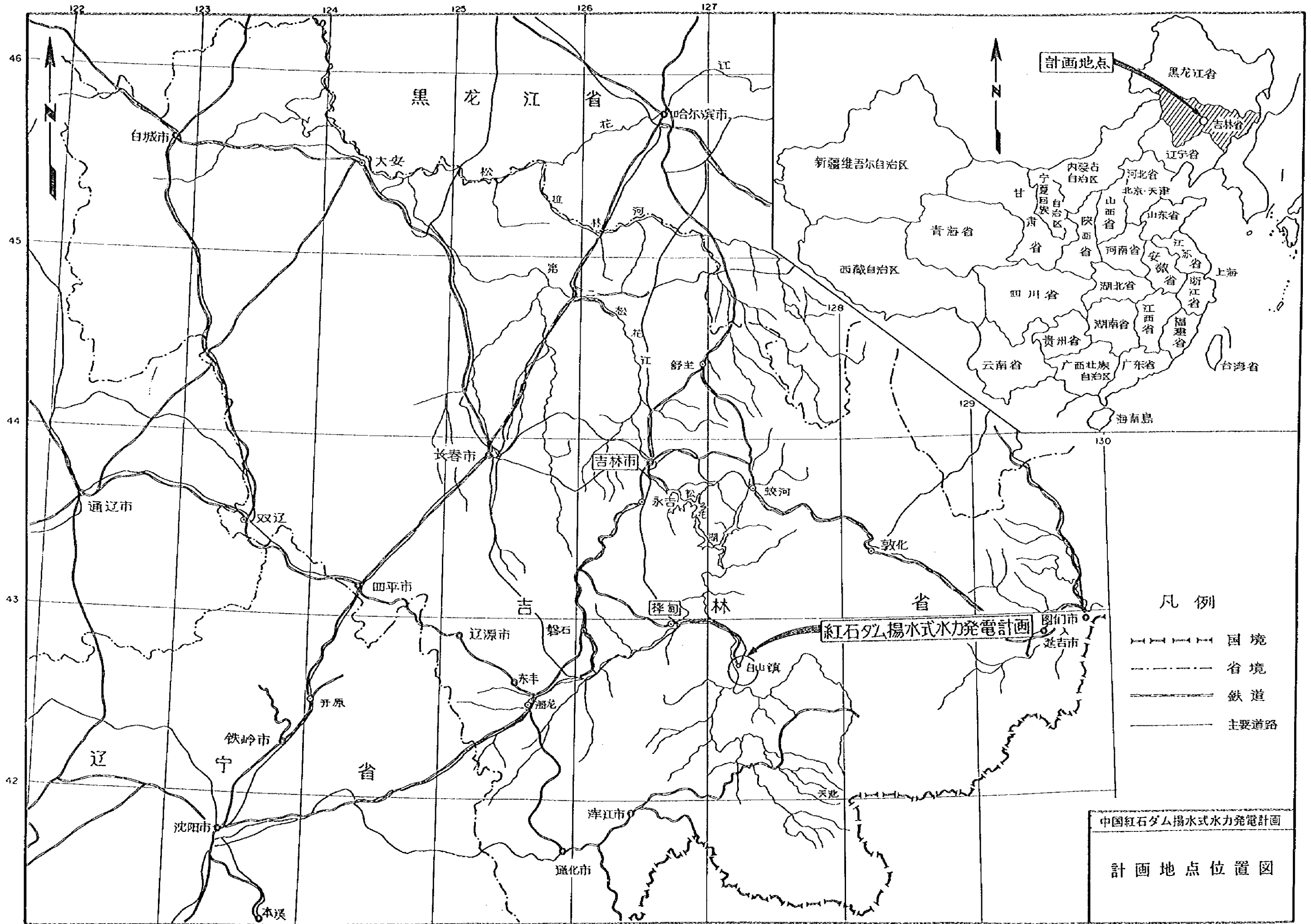


珠石縣水信宗皇烟区



紐石揚水計畫地點鳥瞰圖





計画地点

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

目 次

	頁
結論と勧告	1
序 論	4
1. 中国・東北地方の電力事情	8
2. 紅石揚水発電所の位置づけ	11
3. 計画地点及び周辺的一般概況	13
4. 最適上池計画地点の選定	19
5. 水文解析	20
6. プロジェクトサイトの地質評価	24
7. 開発規模の選定と運用計画及び系統連系	26
8. 環境影響評価および補償	34
9. 主要構造物の概略設計	38
10. 施工計画と実施工程	53
11. 事業費積算	56
12. 財務・経済分析	60

上池計画地点の呼称について

紅石ダム揚水式水力発電計画の上池地点として、調査団が最終的に選定したのは「炸薬庫」地点である。同地点の呼称について東北電業管理局は調査団に対し第6次現地調査において、完成後のダム及び貯水池の名称を「森景溝」としたいとの提案がなされた。

このため、本報告書では、第6次以降に作成された内容（第9章以降）については「炸薬庫（森景溝）」と一部併記したが、他の章においても炸薬庫＝森景溝と同意義に読み取って頂ければ幸である。

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	2,200,000 m ³
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 m ³ /s
	回転数 300 rpm
・ポンプ	最高全揚程 296.0 m
	最高揚水量 119.2 m ³ /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	母線接続用しゅ断器付二重母線
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 %

勸 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1 m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～本溪間の既設送電線（500 k V 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

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km²、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300km²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(株)
発電計画	山口昇	(株)74・17・1-
土木設計	丸山博	電源開発(株)
”	山川精一	(株)74・17・1-
送電系統解析	志垣大介	電源開発(株)
電機	山川弘勝	電源開発(株)
測量図化	志水信雄	(株)74・17・1-
水文解析	若尾淳	(株)74・17・1-
地質調査	梅本信輔	(株)74・17・1-
環境調査	千田勝巳	(株)74・17・1-
経済・財務	穴倉義裕	電源開発(株)
業務調整(平成7年度)	毛利哲明	電源開発(株)
”(平成8年度)	赤池広康	電源開発(株)

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ュ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) フュージビリティ設計(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)	1) 同 上
	2)地形測量(水準、縦横断、 平面)の実施 (縮尺 1/1,000)	2) 同 上
7. 地質調査及び諸試験**	1)ボーリングの実施	1) 同 上
	2)弾性波探査の実施	2) 同 上
	3)諸試験の実施	3) 同 上
8. 補償及び環境調査	1)調査計画策定	調査の実施
	2)仕様書の作成	
	3)調査結果のレビュー	
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もすることとし、調査団はその結果について検討を実施することとなった。

** 区域安定性調査を別途委託契約で実施することとなった。

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	鉄道部專業設計院
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。

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（東北電力集團白山發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

- 本調査のフェ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

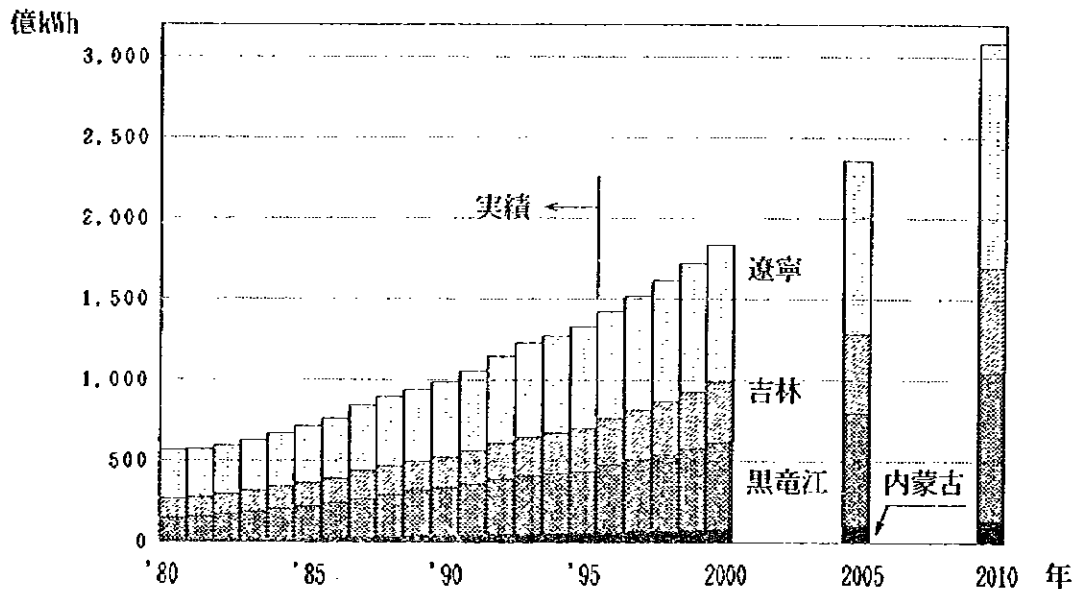
1. 中国・東北地方の電力事情

1.1 一般

中国の電気事業は概ね15の電力網に分割して運営されており、東北電網は華東電力網などととも5大電力網の一つに数えられ、発電設備出力はおよそ25,756MWで全国比では15.1%を占める。また、発電電力量では1,204億kWhで全国比14.4%と、設備出力及び発電電力量とも中国で第4位に位置づけられる大電力網である。

1.2 東北電網における電力需給の現状

東北電網は、遼寧省、吉林省、黒竜江省及び内蒙古自治区の一部を含む広大な地域をカバーしている。東北地域の電力需要の伸びは1983年からの10年間を見てみると、全国平均の9.1%に対し6.9%と、比較的低い伸びにとどまっている。しかしながら、1995年からの10年間では平均5.90%と、全国平均に比しても比較的高い伸び率が見込まれている。下図1-1に、東北電網の省別電力需要実績と将来見通しを示す。



出典 東北電力集团公司

図 1-1 省別にみた東北地域の電力需要実績

これらの将来見通しについては、東北電業管理局が作成し「東北送電網1995～2015年発展計画」として公表した資料に基づいている。このなかでは、経済成長率を10.3%と全国平均の8%（第九次五カ年計画、1995～2000）に対してかなり高めに見積もっているものの、調査団が実施した電力需要のトレンド分析及び人口動態分析等の

結果からは概ね妥当であるとの結論が得られた。

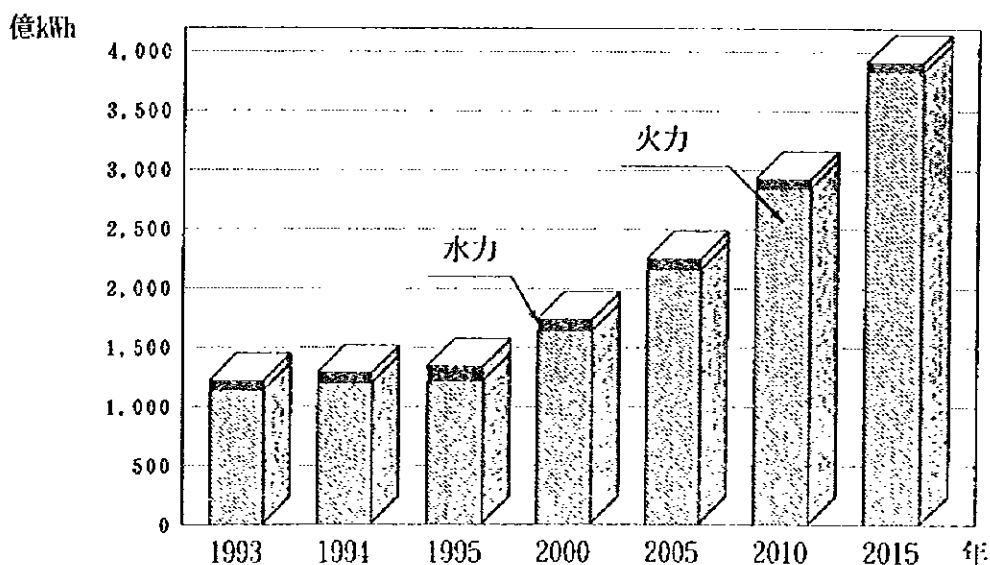
1.3 供給力の現状と将来見通し

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。前出の発展計画によれば、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いる。

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。

東北地域における計画または建設中の発電所の主要なものとしては、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おり、ますます火力系電源の比重が増すこととなる。

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。



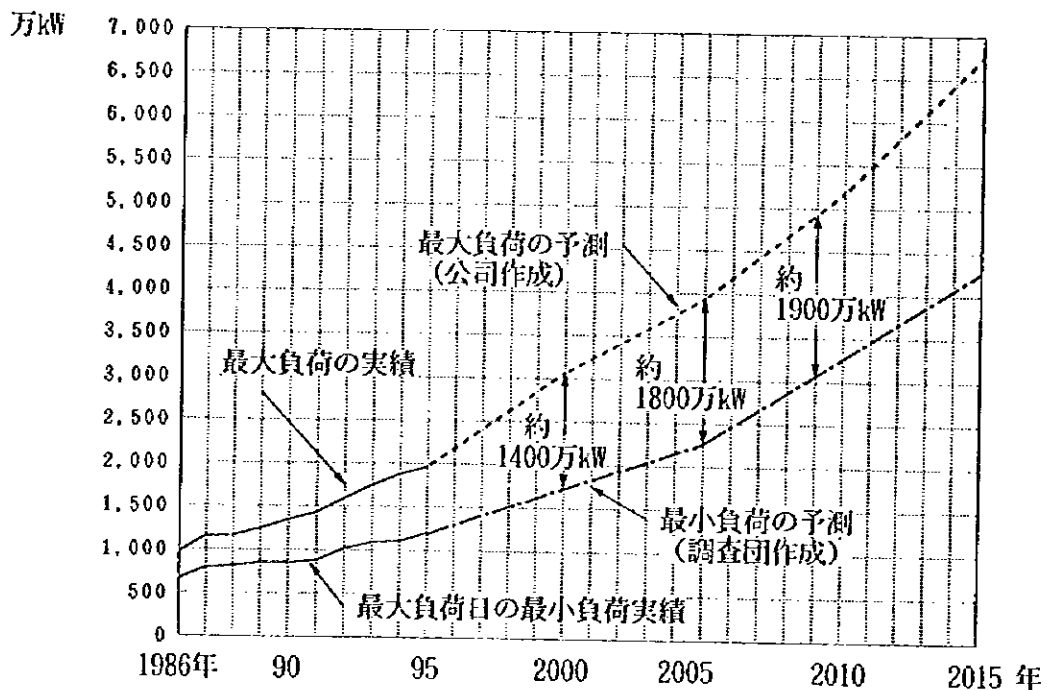
出典 東北電力集团公司
図 1-2 水火別供給力の推移

1.4 最大電力とピーク格差

管内の最大電力需要は1995年に1966万kWと、過去10年間でおよそ2.2倍に伸びており、この間はほぼ直線的に増加してきている。この傾向は1996年以降も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。

一方、深夜の最小電力はゆるやかな伸びに止まっており、その結果昼夜間のピーク格差は広がる傾向にあり、将来的にはますます拡大するものと想定される。この需給調整を行うためには、東北電網の水力発電所出力はあまりにも小さく、現状においてさえ中小火力発電所のユニット停止や、新鋭火力の部分負荷運転等で対応しており、系統全体としての経済性を著しく損ねている。

下図はピーク格差の現状と将来見通しである。



出典 東北電力集团公司資料

図 1-3 東北地域の最大負荷とピーク格差の推移

2. 紅石揚水発電所の位置づけ

2.1 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。

2.2 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。

2.3 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。
- ・当該地域は既設自由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ャ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有利である。

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。

3. 計画地点及び周辺的一般概況

以上述べたように紅石揚水計画が中国東北部において電源構成上も、また立地条件においても優位であることから、上池の最適地点を選定するための調査を実施した。

3.1 計画地域の地形地質概要

調査地域は、吉林市の南南東135kmに位置する白山ダムとその貯水池周辺一帯、および、その下流の紅石ダムと貯水池周辺一帯を含む範囲である。白山ダムは中・朝国境をなす白頭山天池からは北西100kmに位置している。

この周辺一帯は北東から南西に延びる長白山脈と北北東～南南西に延びる張广才嶺との交差部に位置し、山頂高度が500～1,000mで凹凸の少ない中規模な山地が広範囲に広がっている。その中央部を第二松花江およびその支流が、山地を下刻して、南から北方向に緩やかに流下している。第二松花江は標高差200m以上の非対称的なU字谷をなし、両岸には侵食により急崖が形成されている。第二松花江流域では、分布している岩盤の種類により地形形状に違いが認められ、混合岩（花崗質片麻岩）が露出する地域では格子状～樹枝状の水系模様をみせ山頂高度が概ねそろった山地地形を呈し、玄武岩分布域では水系の密度は小さく、平坦な台地状地形を呈している。

3.2 地質構成

この地域一帯の地質は、非常に古い地質時代（後期始生代）に形成された花崗質片麻岩（混合岩）と非常に新しい地質時代（新生代第四紀更新世）に噴出してきた玄武岩溶岩とからなる。玄武岩溶岩は花崗質片麻岩（混合岩）を覆って広範囲に分布している。

3.3 地質工学的性状

花崗質片麻岩（混合岩）は、風化を受けていない新鮮なものは非常に堅硬で強度が強く（比重2.69～2.82、圧縮強度1,200～2,300kgf/cm²）、片麻状構造を有するものの一部の片状部を除いて、異方性の小さい概ね塊状な岩体で、ダム基礎、トンネルや地下発電所部分の岩盤として一般的に良好なものである。但し、白山ダム工事記録によれば断層や岩脈が連続している部分では、岩は破碎や変質等で劣化して

悪くなっている。

地表付近の花崗質片麻岩（混合岩）は強風化を受けて少し深部（4～6 m程度）まで砂状のマサになっている。露頭及びボーリング結果では、マサ化等の風化している深さは標高の高い山頂部でも、標高の相対的に低い谷底部でもあまり変わらない。

玄武岩は堅硬な岩体ではあるものの幅1.5～3 cmに開口した柱状節理が0.5～2 m間隔で発達し、岩体自身にも亀の甲状のひび割れが一般的に存在している。又、玄武岩溶岩の基底面下には旧河床砂礫や旧表層土砂等の挟雑物が旧地形の低部に普遍的に分布している。そのため、開口節理や挟雑物を通して水が流れ易く、漏水あるいは湧水に対する注意が必要な岩盤であり、ダム基礎として良好ではない。

花崗質片麻岩（混合岩）及び玄武岩の新鮮なものは、非常に堅硬な岩である事から、ロック材、コンクリート骨材になり得るものである。

コア材等の土質材料は、質的にも量的にも、当プロジェクト地域にはほとんど見当たらない。

花崗質片麻岩（混合岩）の露出域には地すべり地はほとんど存在しない。河川沿いの急崖部では花崗質片麻岩（混合岩）、玄武岩分布域共に、河川の側方侵食が原因と思われる崩壊が認められる。花崗質片麻岩（混合岩）の強風化マサが再堆積してできたマサ土斜面は、侵食に弱く、小規模ながら崩壊を起こし易い所である。



凡例

第四系	Q	冲积层	燕山期	Y ₁ ¹	正长粗岩
白垩系下统	K ₁	白垩系下统	Y ₁ ²	粗粒黑云母花岗岩	
侏罗系	J ₃ ¹	五道沟组上部砂岩页岩夹煤系下部砂岩页岩	Y ₁ ³	中粗黑云母花岗岩	
	J ₃ ²	流纹岩流纹岩长英岩	Y ₁ ⁴	片麻状花岗岩	
	J ₃ ³	安山岩安山岩安山岩流纹岩安山岩流纹岩	Y ₁ ⁵	花岗岩粗岩	
	J ₃ ⁴	砂岩页岩砂岩页岩安山岩	Y ₁ ⁶	粗长岩	
二叠系	P ₂	上统中统砂岩页岩砂岩页岩流纹岩流纹岩	Y ₂ ¹	混合花岗岩	
	P ₁	斜长岩流纹岩流纹岩流纹岩流纹岩	Y ₂ ²	混合花岗岩	
泥盆系	D ₂	斜长岩流纹岩片麻岩流纹岩流纹岩流纹岩	Y ₂ ³	混合花岗岩	
	D ₁	大理岩流纹岩流纹岩流纹岩流纹岩	Y ₂ ⁴	实湖造山层	
奥陶系	AK ₅ ¹	斜长岩流纹岩流纹岩流纹岩流纹岩	Y ₃ ¹	直立断层	
	AK ₅ ²	斜长岩流纹岩流纹岩流纹岩流纹岩	Y ₃ ²	阻映不明实湖断层	
	AK ₅ ³	斜长岩流纹岩流纹岩流纹岩流纹岩	Y ₃ ³	粗湖断层	
	AK ₅ ⁴	斜长岩流纹岩流纹岩流纹岩流纹岩	Y ₃ ⁴	实湖及粗湖地层界线	
	AK ₅ ⁵	斜长岩流纹岩流纹岩流纹岩流纹岩	Y ₃ ⁵	下室合板板状	
震旦系	Z ₁	去武岩	Y ₄ ¹	片麻岩产状及其倾向	
	Z ₂	去武岩	Y ₄ ²	地层产状	
	Z ₃	花岗岩	Y ₄ ³	地层产状	
			Y ₄ ⁴	正常高水位线	

说明
本图是根据吉林省地质队六〇四队地质队所编制的吉林省地质队地质图的比例缩绘而成。

图 3-1 调查地周边地质平面图

3.4 上池計画地点の評価と有望地点の抽出

既設紅石ダムを下池として利用可能な上池候補地点は東北電業管理局が実施した調査により二毘士溝、向陽坡、車庫溝、興隆屯、色洛河、梨樹溝、柳樹河が選定されている。これらの7地点の他にJICA調査団が踏査の結果、有望な地点として見出した炸薬庫を加えた8ヶ地点（図3-2参照）について地形・地質状況及び発電計画、環境・水文及び問題点、経済性についてまとめると表3-1のようになる。

表3-1で明らかなように経済的には二毘士溝、興隆屯、炸薬庫各上池案が有力であると考えられる。しかし、二毘士溝サイトでは、地質的にみた場合に貯水池は柱状節理が発達した玄武岩が基盤となっており、さらにその下層には旧河床砂礫が挟在している可能性が高いことから、貯水池からの漏水の可能性があり、工事費に対して不確定要素が多すぎることから、興隆屯上池案と炸薬庫上池案の2案について1/5,000地形図による比較検討を実施することとした。

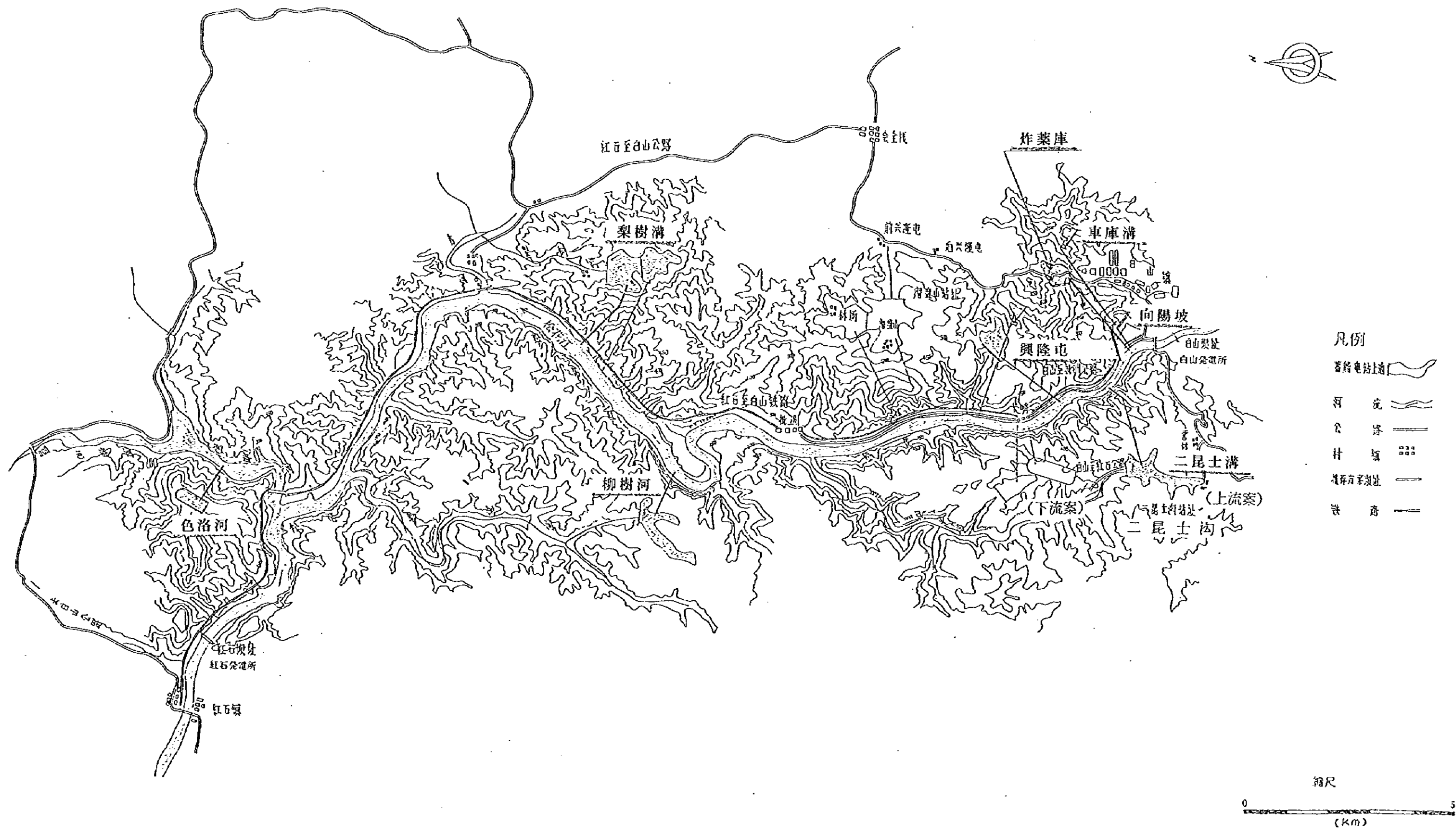


圖 3-2 揚水發電計畫地点位置圖

表 3-1 上池ダム候補地比較検討表

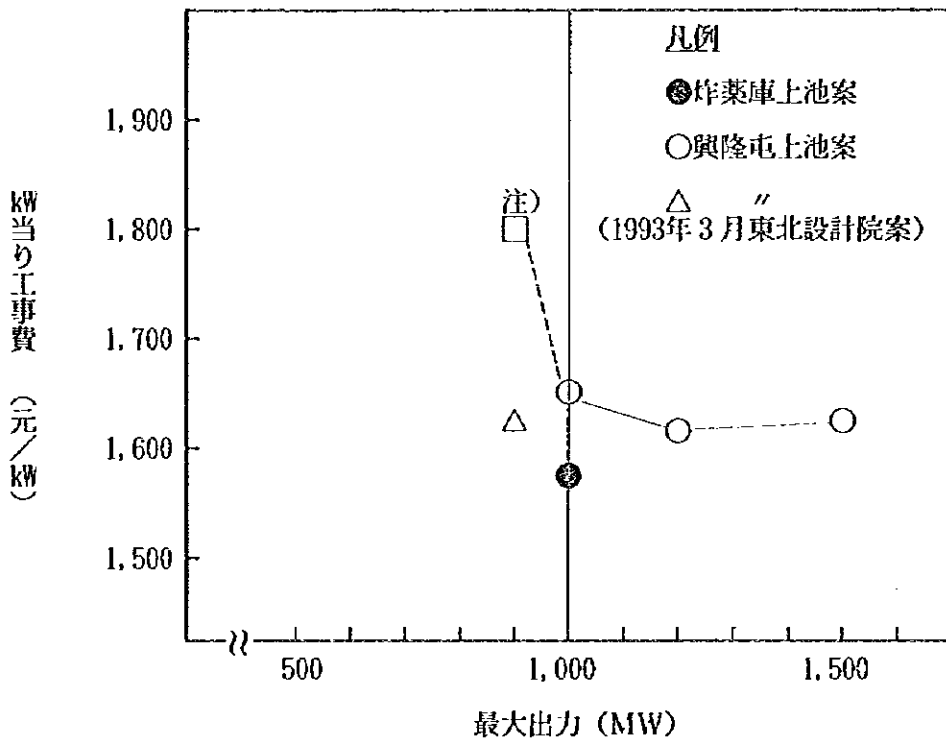
候補地		二 昆 士 溝		向 陽 坡		車 庫 溝		興 隆 屯		色 洛 河		梨 樹 溝		柳 樹 河		炸 薬 庫	
項目		西北西 約3.7 km		北北東 約1.4 km		北東 約3.7 km		北 約4.9 km		北北西 約26.2 km		北 約15.1 km		北北西 約14.8 km		北北東 約 3.3 km	
地形	地形	松花江の左岸 なだらかな低丘陵性 末端に低鞍部	△	松花江の右岸 開け盆状低山地地形 ポケットが小さい	△	松花江の右岸 開けた山地地形 ポケットが小さい	△	松花江の右岸 低山地地形 右岸山体高度低い	○	松花江の右岸 台地伏山地 掘り込み式	△	松花江の右岸 谷幅の広い山地地形	○	松花江の左岸 高さの低い 箱形の谷地形	○	松花江の右岸 低山地地形 左岸に低鞍部	○
	地質	右岸：花崗岩風化強 左岸：玄武岩 地すべり地はない	×	花崗岩、風化小さい 地すべり地はない	○	花崗岩・混合岩 風化は小さい 地すべり地はない	○	花崗岩 右岸の風化やや厚い 地すべり地はない	○	玄武岩	△	花崗岩 若干の風化 地すべり地はない	○	玄武岩 風化は少ない 地すべり地はない	×	花崗岩、風化小さい 地すべり地はない	○
地質	地形条件等	丘陵性台地の下を通 る	△	右岸山地尾根沿い 谷地形下をくぐる	○	右岸山地尾根沿い 山頂高度は低い	○	左岸山地尾根沿い 細尾根で高度やや低	○	色洛河方向	◎	左岸山地尾根沿い	○	右岸台地下	◎	左岸山地尾根沿い 紅石湖岸で高度低い	○
	地質	浅部玄武岩、挟雑物 扶む、深部花崗岩類	○	花崗岩・混合岩 大きな問題はない	◎	花崗岩・混合岩 大きな問題はない	◎	花崗岩・混合岩 大きな問題はない	◎	浅部：玄武岩 深部：花崗岩	○	花崗岩・混合岩 大きな問題はない	◎	浅部：玄武岩 深部：花崗岩混合岩	○	花崗岩・混合岩 大きな問題はない	◎
ダ ム	堤高 (m)	41		62		96		61		20		61		51		75	
	堤頂長 (m)	438		550		650		525		1,514		725		500		500	
	堤体積 (m³)	526,000		1,295,000		5,260,000		1,190,000		833,000		1,930,000		921,000		2,000,000	
貯 水 池	満水位 (EL.m)	500		530		680		500		569		470		460		575	
	利用水深 (m)	20		35		40		20		47		20		20		25	
	発電容量 (m³)	8,450,000		3,110,000		5,760,000		9,510,000		3,640,000		9,320,000		7,130,000		9,000,000	
	掘削量 (m³)	—		1,950,000		3,000,000		—		2,500,000		—		—		—	
発 電	有効落差 (m)	205		237		382		205		276		175		167		270	
	平均使用水量 (m³/s)	469.4		173		320		528		202.2		517.5		395.8		500	
	水路 径×長さ(m)	10×2,078		6× 755		8.5×3,616		10.6×1,617		6.6× 921		10.5×1,437		9.2× 859		10.3×1,900	
	最大出力 (MW)	800	○	320	×	1,000	◎	900	○	440	×	750	△	540	×	1,100	◎
水没及び補償物件		民家 約170 戸 耕地 多 (人参畑有) 特殊、人跡、埋設 山林 少 公道 有		民家 約400 戸 耕地 有 山林 無		民家 約300 戸 耕地 少 山林 有		民家 無し 耕地 少 山林 多 農道 有		民家 無し 耕地 無し 山林 多		民家 数軒 耕地 多 山林 有		民家 無し 耕地 無し 山林 有		民家 11戸 耕地 有 山林 少 公道 有 送電線 有 通信線 有	
環境影響		環境保全目標に適合 せず 環境破壊の可能性あり	×	環境インパクト大 環境影響対策が困難	△	地域住民に与える環 境インパクト大 環境影響対策が困難	△	森林伐採が多過ぎ 生物生態系の破壊と 景観保護に問題あり	○	森林伐採が多過ぎ 生物生態系の破壊 景観保護、修景対策 が困難	△	工事中の環境破壊が 多い 景観保護対策困難	△	環境影響インパクト は特にない	○	環境立地条件は最適 環境インパクトの問 題はない	◎
問 題 点		地質 (玄武岩)	△	出力 少 補償物件 多	×	ダム体積 大 貯水池内掘削 補償物件 大多	△	貯水容量に疑問	○	地質 (玄武岩) 出力 小	×	落差 小 出力 小	△	落差 小 出力 小 地質 (玄武岩)	×	補償物件 有	○
経 済 性		1,519 元/kW	△	1,898 元/kW	×	2,073 元/kW	△	1,628 元/kW	◎	2,757 元/kW	×	1,749 元/kW	△	1,773 元/kW	×	1,600 元/kW 程度	◎
総 合 評 価			△		×		△		○		×		△		×		○

評価の目安： ◎良 ○可 △問題が多い ×悪い

4. 最適上池計画地点の選定

kW当りの工事費は興隆屯上池 1,200MW案として 1,624元/kW、炸薬庫上池 1,000MW案で 1,572元/kWとなった。さらに、炸薬庫上池案が最適案であることを確認するため興隆屯上池案の1,000MW案及び1,500MW案についても同様な基準に従って工事費を検討した結果、図4-1のようになった。従って、下記グラフより炸薬庫上池案は興隆屯上池案にくらべ経済的に有利であると判断される他、さらに次のような利点もあることから、炸薬庫を最適計画上池地点として選定する。

- 最大出力が1,000MW以上であり、東北電網のピーク電力供給を分担する揚水発電所として十分な規模である。
- 上池の水没物件は、比較的少ない。
- 白山ダム・発電所からの距離が短く、上池・発電所への交通が便利であり、工事施工、将来の管理にも有利な地点である。



注) □…1993年3月東北設計院案を1/5,000地形図で検討した結果、ダム体積及び貯水池容量が不足しているので修正を加えた。

図 4-1 最大出力とkW当り工事費との関係

5. 水文解析

5.1 基礎資料の整理

(1) 気象観測所

紅石・白山貯水池の上流域に位置する気象水文関連の観測地点は、13ヶ地点であり、13ヶ地点の雨量観測所と、4ヶ地点の流量観測所より構成されている。

このうち、上池予定地点近傍で資料が整理されている観測所は、白山ダム（1983年完成）と紅石ダム（1986年完成）の2観測所があり、共に10年強の資料を有している。気象資料については上池予定地点に最も近い白山外観測所を、水文資料については白山・紅石両観測所について至近10年（1985年1月～1994年8月）の整理を行った。

(2) 白山ダム観測所の気象資料

① 気温

月平均気温は、最低が1月の -14.2°C 、最高が7月の 20.9°C とその差が 35.1°C で、特に冬の寒さが厳しい。年によって変動があり、特に1月は 8°C の差が見られる。

また、観測期間中の最低気温は、1990年1月26日の -34.2°C 、最高気温は1994年7月23日の 33.3°C と特に冬の寒さが厳しい。

② 降水量

年降水量を整理すると、 $500\text{mm}\sim 1,100\text{mm}$ で推移しており、平均は 800mm と、日本と比較すると非常に少ない。

月別降水量では、6～8月が年間降水量の60～70%を占めており、夏に雨がが多い。

③ 蒸発散量

月別日平均蒸発量は最高は5月の $5.4\text{mm}/\text{日}$ 、最低は1月の $0.7\text{mm}/\text{日}$ となっている。

④ 風速

日平均風速を整理すると、 $2\text{m}/\text{s}$ から $4\text{m}/\text{s}$ で推移しており、夏でも台風の来襲が少ないため、季節による差は少ない。

(3) 白山・紅石外観測所の水文資料

白山ダム～紅石外間の水文資料を、豊水年（1995年）、平水年（1994年）、渇水年（1992年）について中国側より資料提供があった。

① 水位資料

a) 紅石外貯水位

年平均水位はEL. 289. 51m～EL. 289. 60mで推移し、後述の白山ダムの吐口水位に対し50cm程度低くなっている。

また最高水位と最低水位の水位差は、豊水年で2. 9m、平水年で2. 5m、渇水年で4. 7mとなっており、全体ではEL. 285. 87m～EL. 290. 71mで推移している。

b) 白山外吐口水位

年平均水位はEL. 289. 80m～EL. 290. 50m推移し、ほぼEL. 290mとなっている。

また最高水位と最低水位の水位差は、豊水年で9. 1m、平水年で7. 5m、渇水年で4. 7mとなっており、全体ではEL. 287. 84m～EL. 298. 39mで推移している。

② 流量資料

a) 紅石外流入量

年平均で $157. 3\text{m}^3/\text{s}$ ～ $423. 6\text{m}^3/\text{s}$ 、最高で $867\text{m}^3/\text{s}$ ～ $4. 140\text{m}^3/\text{s}$ 、最低で $15. 8\text{m}^3/\text{s}$ ～ $38. 0\text{m}^3/\text{s}$ となっている。

b) 白山外流入量

年平均で $137. 6\text{m}^3/\text{s}$ ～ $382. 0\text{m}^3/\text{s}$ 、最高で $805\text{m}^3/\text{s}$ ～ $3. 960\text{m}^3/\text{s}$ 、最低で $0\text{m}^3/\text{s}$ ～ $17\text{m}^3/\text{s}$ となっており、6～8月に最大値を示している。

(4) 掃流砂資料

白山外建設前に、白山で輸砂量の観測（1958年～1982年；25年間）が実施されており、多年平均輸砂量は約 $1, 050, 000\text{m}^3$ である。

(5) 紅石貯水池の貯水容量曲線

現在使用されている、紅石貯水池の貯水容量曲線を入手した。

5.2 水文調査

(1) 流量観測

上池予定地点の流域面積は小流域であることより、堰測法による流量観測を、9月24日から11月14日（凍結の始まる前）まで6回観測を行った。なお観測場所は、流量の一連の流れを把握するために弘井川地点の他に、上流、下流の3地点で同時流観を実施した。

観測の結果、下流に行くほど流量が大きくなっているが、比流量では弘井川で若干低く、この原因は沼沢池で流路がひと筋でないことが考えられる。また、当地点はルジオン値が0.5と透水性が非常に低いことより、伏流の問題はないものと判断される。

(2) 氷厚観測

白山貯水池の氷厚観測は、1997年1月23日、24日で、観測地点は貯水池右岸より50m および480mの2ヶ所で、氷厚の他に気温、水温、風速を測定した。

観測の結果は、この年の1月下旬が結氷の開始時期であったため氷厚は15cm程度と薄かったが、その後の観測によると最大氷厚は1.2 m程度であった。

(3) 設計洪水量の算定

確率年別の設計洪水流量計算法は、当初「水利水电工程设计洪水計算規範の小流域における設計洪水計算」で算定したが、中国の小流域は $10\text{km}^2\sim 100\text{km}^2$ であり、当流域はこれよりも小さいことから、鉄道設計院の「一院両所法」を用いることとし、100年確率洪水が $21.4\text{m}^3/\text{s}$ 、1000年確率洪水で $37.4\text{m}^3/\text{s}$ の結果を得た。

5.3 水文解析

(1) 貯水位解析

白山弘流入量、紅石ダム放流量資料については、中国側に要請したが得られなかったため、貯水池運用計算は行えなかった。

従って、本調査では基礎資料収集で得られた水位資料に基づき、放水口の水位を推定し、現況でE L 290.00mとした。

(2) 堆砂量の推定

白山の多年平均輸砂量を流域面積換算し、100年分を見込むと7,200m³程度となった。

6. プロジェクトサイトの地質評価

6.1 プロジェクトサイトの地形地質

上池ダムサイトは、白山ダムの北北東約3.3km、紅石ダム湖の右岸側に位置し、標高582mの鞍部尾根を隔てて南側の白山鎮市街と隣接している。

周辺の地形は、標高500～560mの谷底低地と標高610～730mの山頂尾根部とからなり、標高差が100～170mのやや開けてなだらかな山地地形を呈している。ダムサイトでは谷幅がやや狭まってV字谷をなし、谷底低地幅は60m程度、ダム頂標高の580m付近の谷幅は480mであり、上流側には谷幅がやや広まった盆状地形が広がっており、ダムサイトに適した地形である。ただし、左岸側尾根には標高582mの鞍部が存在して地山が薄くなっており、上池貯水面はこの鞍部に規制される。

水路トンネルルートは炸薬庫左岸側の北東から南西に延びる尾根線に沿っている。尾根の標高は590～655mで中央部の調圧水槽計画地点が最も高標高である。尾根は幅がやや広いものの形態的にはやせ尾根状であり、一部の鞍部（BL. 610mとBL. 601m）では山体の厚みはやや薄い。地下発電所計画地点から放水口までの間では南東―北西に延びる谷部（BL. 380m付近）と尾根筋（BL. 400～410m）の下をとおる。

放水口付近は紅石貯水池に面して急斜面をなしており、花崗質片麻岩が露出している。

原石山は上池ダムサイト右岸から上流側に続く大きな山体であり上池に面している。山体斜面は急斜面をなすが凹凸は少なく比較的滑らかである。山体裾部には厚いマサ土が存在するが、それ以外は花崗質片麻岩が概ね露出している。

上池ダムサイトおよび水路トンネル沿いを含めプロジェクトサイト一帯の地質はほぼすべて花崗質片麻岩よりなり、他には変質輝緑岩や閃長岩の小規模な岩脈が存在するにすぎず、玄武岩溶岩は存在していない。片麻岩を覆う崖錐堆積物や河床堆積物の分布・規模も小さい。

6.2 上池ダムサイトの地質・岩盤状況

基盤の花崗質片麻岩は、全般的に風化や変質をあまり受けておらず、また、断層運動やクリープによる弛みも少なく、ほとんど劣化していない非常に堅硬な岩体である。ボーリング調査では、浅い深度から風化の少ない岩盤が現れ、さらに深部ほど風化劣化は漸移的に少なくなり一部の例外を除いて深度7～15m以深ではほとんど風化を

受けていないCH級以上の一様な岩体となっている。

花崗質片麻岩の透水性状は、地表近くでやや大きいものの、深部では一般的に小さい。ダムサイトでは深度10～15m以深になればルジオン値は2以下、大部分が1以下である。

地下水位は全般に浅く、ダムサイトの左右岸及びその近傍で深度7～16mに、左岸鞍部尾根で深度16～18mに存在する。

調査の結果、左岸鞍部からの（F1断層沿いの）漏水の問題点が挙げられるものの、それ以外には地形上・地質工学上の大きな問題点は認められずダムサイトとして地形地質的に良好なサイトと言える。

6.3 地下発電所、調圧水櫃および水路トンネル沿いの地質・岩盤状況

上池サイトと同様に基盤岩は花崗質片麻岩よりなり、地表近くを除いて深部ほど風化を受けていない新鮮堅硬な岩体（CH、B、A級岩）が広く深く広がっている。そのため、小さな断層や節理・岩脈等は存在するものの基本的には、トンネル掘削、地下発電所の空洞掘削において地質工学上の大きな問題はないと考えられる。

紅石ダム湖に面する放水口位置は急崖に面しており、湖面下の状況は確認できないものの周囲の露岩状況からみて、花崗質片麻岩の堅硬な岩盤が緩ね露出しているものと推定される。

6.4 原石山

岩盤はダムサイト右岸から連なる花崗質片麻岩よりなる。

山体の中腹～上部では風化帯は浅く深度8～10m以深にはロック材、骨材に適した新鮮堅硬な花崗質片麻岩が分布している。

この岩盤の物理的・力学的性状は、ロック材、骨材として非常に良好な値を示している。X線分析では有害な鉱物は存在せず、安定性試験では非活性を示し、ロック材等として特に問題のないものである。