社会開発調査部報告書

No. 52

中華人民共和国

吉林豊満ダム修復強化計画調査

最終報告書

主報告書

1993年3月

国際協力事業団

社調二
CR(3)
93－023

JICA LIBRARY
1103024[4]
24680

中華人民共和国

吉林豊満ダム修復強化計画調査

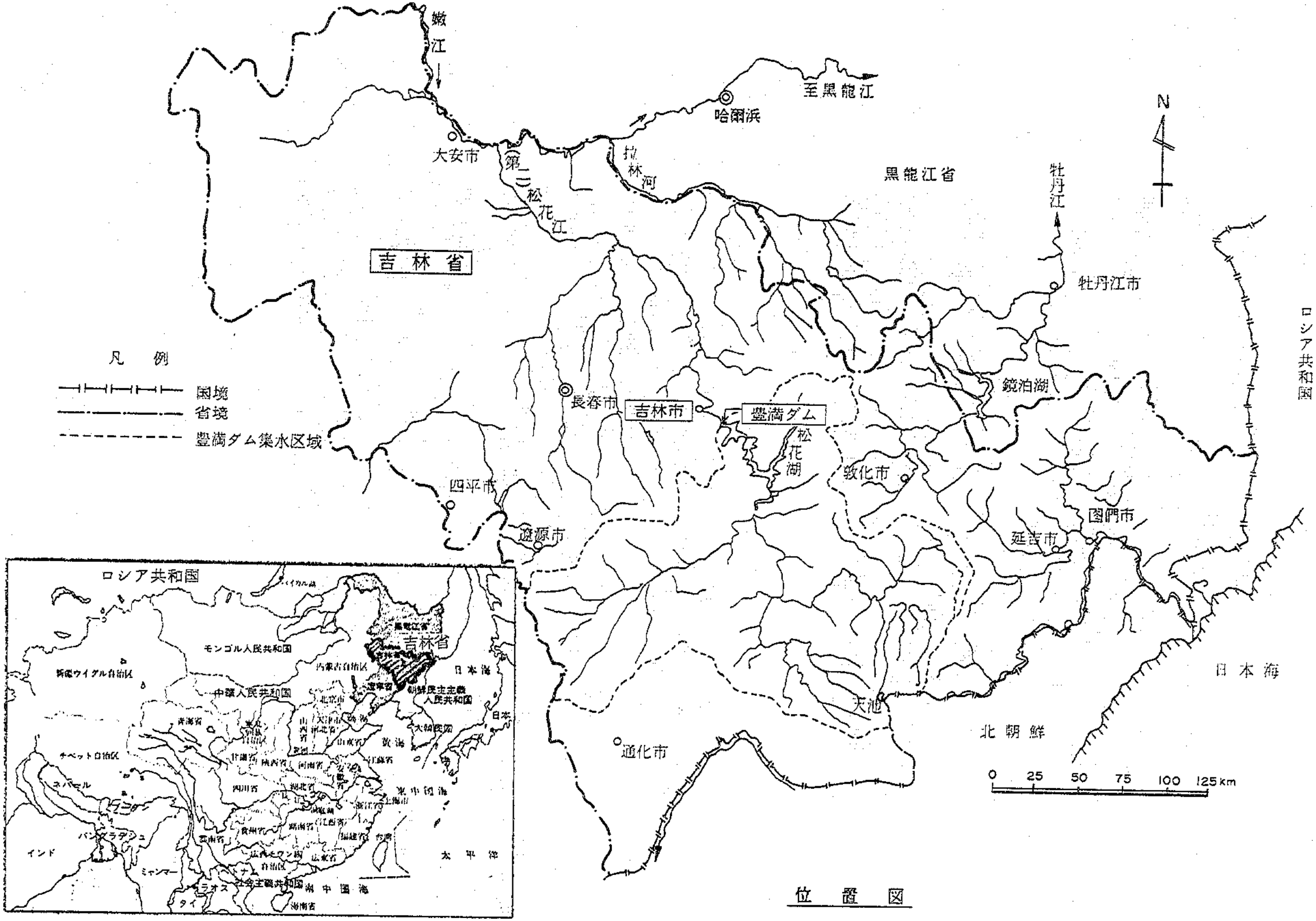
最 終 報 告 書

主 報 告 書

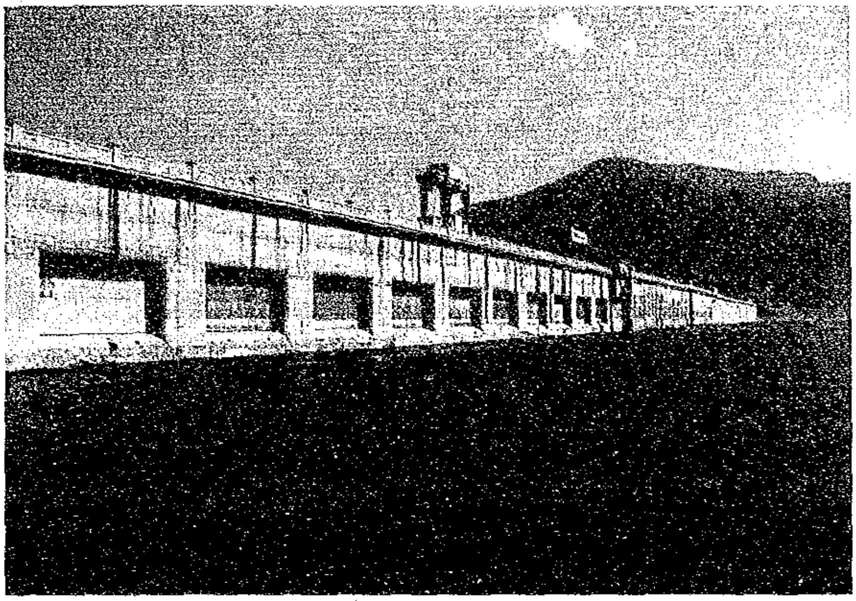
1993年3月

国 際 協 力 事 業 団

国際協力事業団
24680


嫩江
至黒龍江
哈爾浜
大安市
第二松花江
拉林河
黒龍江省
牡丹江
N
吉林省
牡丹江市
ロシア共和国
凡　例
国境
省境
豊満ダム集水区域
長春市
吉林市
豊満ダム
鏡泊湖
松花湖
敦化市
四平市
遼源市
図們市
延吉市
日本海
天池
北朝鮮
通化市
0 25 50 75 100 125km
ロシア共和国
モンゴル人民共和国
吉林省
黒龍江省
日本海
中華人民共和国
朝鮮民主主義人民共和国
大韓民国
日本
黄海
東中国海
太平洋
インド
ミャンマー
ラオス
タイ
南中国海

位　置　図



豊満ダム上流面

豊満ダム下流面

序　文

日本国政府は、中華人民共和国政府の要請に基づき、同国の吉林豊満ダム修復強化計画にかかる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いたしました。

当事業団は、平成3年5月から平成5年3月までの間、3回にわたり、株式会社アイ・エヌ・エーの窪田　稔氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

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

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

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

平成5年3月

国際協力事業団

総裁　柳谷謙介

要　　　約

1. 本調査の背景、目的及び結果

豊満ダムは、昭和12年11月に治水，発電，灌漑，上・工水の確保及び舟運などの多目的ダムとして、当時の満洲国水力発電建設局により着工され昭和23年に完成した。

しかし、当時の資機材不足及び品質管理等に問題があったほか、経年変化、現地の厳しい気象条件によるコンクリートの劣化、近年における耐震設計の見直し等により、ダム全体の安全度を考慮した修復及び確率洪水量の増大に対応した治水容量の見直しが必要となった。

以上の背景から、豊満ダムの修復強化計画を策定することと、併せて技術移転を計ることを目的にフィージビリテー調査が実施され、調査結果にもとづき具体的な修復強化のための諸対策工を提案した。

2. 調査結果

(1) ボーリング調査

堤体に対する大口径ボーリング調査については、当初３断面、各断面４孔、合計12孔、延長 500mを予定したが、不可抗力の気象条件、現地作業条件等のため、第１次現地調査では不本意ながら 260.5mの削孔しか出来ず、残余の 239.5m分の削孔は第２次現地調査で実施した。

堤体コンクリートは、レキ状または破砕状部が多く存在し、コア採取率は第１次分60%～90%、第２次分90%～98%となった。

(2) 物理探査

堤体に対する物理探査については、当初の予定通り20断面について実施した。測定した20断面のうち10断面についてはトモグラフィ法による解析、他の10断面については水平法による解析を行った。さらに水平解析による不良部４断面の追加トモグラフィ法解析を行った。

調査結果では、概してダム堤体の内部の弾性波速度は大きく、ダム天端及びダム下流面表層部は低速度であった。

(3)　水中テレビロボ調査

水中テレビロボによる調査は、中国側で既に補修工事を行った区域を除くダム上流面水中のEL. 226m～EL. 220mの部分を主体におよびブロックのジョイント部について実施した。

EL. 220mを境にして、下部のコンクリートは比較的良好で、上部に不良部分が多いと予想されていたが、調査結果では豆板状の部分は洪水吐両脇のピア出張部の下面が目立つ程度で、EL. 220m以下の部分にも豆板状の所が散見された。なお、ビデオテープは、約20分に編集し参考資料とした。

(4)　試験・実験等

試験・実験については、中国側が大口径のボーリング・コアを使って単位体積重量、圧縮試験、静弾性係数、超音波試験、アルカリ骨材反応試験を試験室で、また孔内撮影を削孔済みの全ボーリング孔内で実施した。更に堤体内部の温度測定も国際協力事業団の供与機材により5ヶ所、各ヶ所毎に深度別に5測点、合計25ヶ所について中国側で測定を行った。

圧縮強度は、第1次 120個、第2次43個の供試体について中国側の基準で試験を行った。また、静弾性係数も同様に各供試体について試験を行い、第1次分はバラツキも多く小さかったが、第2次分は標準的な値が得られた。

コンクリートコアのアルカリ骨材反応試験の結果は、のび率が僅かであり、ダム直下流採取の砂骨材のアルカリ骨材試験の結果よりも安全である値となった。

孔内撮影は、コアの採取率の悪いこともあり、直接ビデオで目視する必要性から追加して中国側で実施したものである。調査結果では、当然のことながらコア採取率の悪い部分は、ビデオで見てもやはり豆板の状態であった。ビデオでは一部空洞の部分も見られたが、豆板部付近がボーリングの削孔中に崩壊して壁面がえぐられたものと推察される。

堤体内部の温度測定資料の解析結果では、外気温の温度変化が相当深部まで影響していることが判った。

3. 計画策定条件の設定

第1次現地調査及び第1次国内解析作業の結果から、中国の設計基準に従えば、洪水吐能力は不十分であり、また、堤体の耐震安定性についても震度法による計算結果は、不安定であることが判った。洪水吐能力の増大には、洪水吐の増設、耐震安定性については、ダム本体の自重の増加をはかることが考えられた。

豊満ダム安全評価マトリックスを作成し総合診断を行った結果では問題点はやはり洪水吐能力と耐震安定性に絞られるものと推察された。

4. 修復計画のための諸検討

(1) 洪水吐の検討

中国側提示の洪水ハイドログラフおよび白山ダム洪水調整容量から検討の結果、設定条件の下では約 3,700m³/sのダム洪水吐の増設が必要となった。

(2) 堤体コンクリートの凍害防止対策の検討

コンクリートの凍害防止のためのクラック防止は薄い厚さのコンクリートの場合は、拘束力及び乾燥収縮などのため困難である。このため十分な配筋が必要と考えられる。

堤内コンクリート温度は、測定記録より、コンクリート面より3～4ｍまでは厳寒時気温により0℃以下になる。

凍害劣化防止対策としては、原因の技術的解析の結果、ダム上流面の完全な止水対策と耐凍結融解性の仕様をもつ補強コンクリート対策工などが考えられる。

(3) 漏水対策の検討

凍害防止、滲透圧防止などのため、可能な限りの完全な堤体よりの漏水対策工が必要である。

漏水対策防止工としては、上流面止水工法、堤体内漏水防止工法、堤内排水工設備及びダム下流面漏水部分の止水などである。

上流面止水工法としては、未施工区間に対し各種工法を検討したが、最終的に水中コンクリートとゴム止水膜工法を比較し、堤体上流面のコンクリートの現況、工事の施工性、耐久性などより水中コンクリート工法を考えた。

(4) 上・下流方向4ブロック分割に対する検討

縦ジョイントのグラウト不注入による問題点を2次元有限要素法にて解析した結果、各片持梁上流端岩着部及び片持端上部屈折部付近に小さい引張力が発生するが構造応力的には特に問題視されるものでは無いと考えられる。

(5) 堤体コンクリート強度、安全度等の検討

1) 堤体コンクリート強度につき現在までの調査結果をまとめ下記の通り判断した。大口径コアボーリング(コア径 170mm)によるコア圧縮強度試験の結果、正常部は設計強度に対し十分な値で、不良部(豆板部その他弱層部)の占める割合及び強度解析などの安全率を加味しても圧縮強度として問題はない。

2) ダム天端鉛直変位、弾性波トモグラフィ解析、上段監査廊及び堤体面のクラック調査、ボーリング孔内観察などの結果を総合して、ダム上部(約30m区間)は水平クラックの存在が認められるため剪断強度、滑動に対する安全は設計震度変更“8”と鉛直震度加味のとき不十分となるため対策が必要である。

3) 34～36BL断層区間の基礎摩擦係数(F＝0.65)とし新設計震度“8”と鉛直震度を加味しなくても滑動に対し検討結果不十分となったので対策が必要となり、恒久対策としてダム下流堤趾部に重しコンクリートブロックを計画した。

4) 旧堤体コンクリートは凍害が激しいため、今後の補強コンクリートは耐凍害性を十分に持ったコンクリート強度・耐久性が必要である。

5) 2)の水平クラック対策及び3)の34～36BL断層区間の基礎滑動対策としては、ＰＣ工法を中国側の計画に準じ検討した。

6) 堤体コンクリート静弾性係数

第二次現地調査の結果より静弾性係数は平均約10万kgf/cm²となり良好な値であった。

(6) ダム基礎岩盤の検討

ダム基礎岩盤については、中間報告書にもとづき中国側と打合せと下記検討を行った。

1) ダム基礎(一般部)

右岸断層34BL～36BL間の断層弱層区間を除くダム一般基礎部はダム築造に対し新

しい設計震度（8クラス）を用いても十分安全であると判断した。

2) ダム基礎（断層区間）

右岸断層弱層区間34BL～38BLの内、とくに断層の集中している34BL～36BL間の断層弱層区間を主とし、岩級区分図を作成した。

（岩級）：34BL～36BL間の断層弱層帯は解析の結果、中国側で強破砕部、弱破砕帯とされる岩盤はそれぞれ日本側基準C_L級及びC_M級と判断される。重力ダムの築造は安全と考えられる。

（弾性係数）：中国側資料より静弾性係数は 3,300～ 7,500kgf/cm²の参考試験値が計上されているが岩級条件その他資料などより、有限要素解析（2次元）検討のための平均弾性係数は30,000kgf/cm²とする。

（走向・傾斜）：34BL～36BL間の断層の走向は、ほぼダム軸に直交し、傾斜は約70°～80°の急傾斜の多数互層の形で構成している。

（剪断強度）：走向傾斜より各断層間の厚い弱層帯の強度が剪断または滑動に対し影響をもつため、比較的強度のある本弱層帯は致命的欠陥とはならない。

（耐水性）：現状の透水性は小さいが断層面がダム上・下流方向のため漏水防止のための止水工は重要となる。

5. 修復強化計画の策定

中国側は、永年にわたり独自に各種の補修工事を多年に亘り実施しており、現在も継続中である。これらの補修工事は

・上流面・補強コンクリート（BL 245m以上、厚さ1m、鉄筋入り）

・上流面止水アスファルトコンクリート（BL 245m～ 226m）

・下流面補強コンクリート（厚さ1m、鉄筋入り）

・ダム天端ＰＣ工

・ダムグラウト補強（ダム天端より普通ポルトランドセメント注入）

・ダム内部排水孔補修等

であるが、これらは応急対策としては有効且つ妥当な対策の一つであり、これを基にした追加の対策工を将来50年程度の耐久性を考慮して実施する必要がある。

しかし、対策工の実施に当っては、資金的な側面も考えた応急対策工と恒久対策工と分ける必要がある。

修復計画のための諸検討に基づき、今後必要と思われる修復強化計画の項目を次の通り策定した。

〔応急対策工〕

- 特殊グラウト工（堤内仮排水路の閉塞部）
- 堤体ＰＣ工（ダム天端追加ＰＣ工、断層部ＰＣ工）
- 堤体排水孔増設
- 堤体諸観測設備の整備
- 貯水池内測量（貯水池容量の確定）
- 堤体上流面の水中止水工
- 水圧鉄管部補修
- 堤体天端舗装，天端通廊，天端高欄補修

〔恒久対策工〕

- 洪水吐の増設
- 堤体安定対策工（基礎断層部、発電所の一部を移設し、ダム下流端における重しコンクリート打設）
- 堤体凍害恒久対策工

6. 総事業費

豊満ダム修復強化計画を応急対策工及び恒久対策工に分け事業費を積算した結果、建設工事費約75億5,200万円（３億2,000万元）となり、予備費、事業者経費及び建設中利子を加えた総事業費は約 100億4,450万円（４億2,600万元）となった。

7.. プロジェクト評価

本プロジェクトの治水による経済便益・費用を算出し、現在価値に換算して経済内部収益率を計算した結果は、13.7%を得た。(1/100年規模の洪水被害を吉林市工業総生産の20%＋既存洪水被害予想額の150%とし、ダム機能が50年後50%減少するとして)

8. 諸報告書

本「最終報告書」は日本国際協力事業団が、中華人民共和国龍源部、東北電業管理局、及び豊満発電所との緊密な協力の下、1991年5月9日より実施した吉林・豊満ダム修復強化計画のフィージビリティ調査（可行性調査）の結果をまとめ報告するものである。

調査・計画作業の各段階毎に調査団は下記の諸報告書類を提出し、その都度日中相互に密接な協議を行ない「協議議事録」を作製調印し円滑な作業の進捗を計った。

1)	着手報告書	1991年5月23日
2)	現地報告書（I）	1991年10月27日
3)	中間報告書	1992年5月29日
4)	現地報告書（II）	1992年8月29日
5)	最終報告書（案）	1993年1月11日

本「最終報告書」は、1993年1月上旬提出された「最終報告書（案）」について日中双方で協議の上、双方の同意による修正を施し、「最終報告書」として提出されたものである。

目　次

位置図
写　真
序　文
要　約 …… i

第1章 緒　論 …… 1-1
1.1 根　拠 …… 1-1
1.2 調査作業実施経過 …… 1-1
1.3 技術移転 …… 1-5

第2章 調査地域の現況 …… 2-1
2.1 位置及び地形 …… 2-1
2.2 気象・水文 …… 2-1
2.2.1 気　象 …… 2-1
2.2.2 水　文 …… 2-2
2.3 社会・経済状況 …… 2-8
2.3.1 社会・経済状況 …… 2-8
2.3.2 電力状況 …… 2-10

第3章 ダム及び貯水池概要 …… 3-1
3.1 事業の概要 …… 3-1
3.1.1 水力資源の開発 …… 3-1
3.1.2 松花江豊満ダム …… 3-2
3.2 ダムの現況 …… 3-4
3.3 貯水池の現況 …… 3-6
3.4 治水・利水の現況 …… 3-7

3.4.1　治水の現況 …… 3-7
3.4.2　利水の現況 …… 3-8
3.4.3　貯水池運用の現況 …… 3-9
3.5　管理体制 …… 3-11

第4章　地　　質 …… 4-1
4.1　地形地質概要 …… 4-1
4.2　地質調査 …… 4-2
4.2.1　調査経緯 …… 4-2
4.2.2　ダム基礎岩盤の地質と構造 …… 4-4
4.2.3　断層・破砕帯の構造と性状 …… 4-4
4.2.4　基礎岩盤の力学性状 …… 4-6
4.2.5　基礎岩盤の透水性状 …… 4-6
4.3　地震資料 …… 4-21

第5章　ダム築造時の設計条件及び施工 …… 5-1
5.1　設計条件（ダム築造時） …… 5-1
5.1.1　設計洪水量 …… 5-1
5.1.2　設計水位 …… 5-1
5.1.3　堤体コンクリートの比重 …… 5-1
5.1.4　揚　圧　力 …… 5-1
5.1.5　滑動に対する安定 …… 5-1
5.1.6　地　震　力 …… 5-2
5.1.7　堆　　砂 …… 5-2
5.2　ダムの施工 …… 5-3
5.2.1　施工概要 …… 5-3
5.2.2　仮締切工事と河流切替 …… 5-3
5.2.3　堤体基礎工事 …… 5-3

5.2.4　コンクリート打設 …… 5-3
5.2.5　漏水防止工 …… 5-5
5.2.6　主要施工設備 …… 5-6

第6章　ダム管理状況 …… 6-1
6.1　ダム管理状況 …… 6-1
6.1.1　ダム管理設備 …… 6-1
6.1.2　管理状況 …… 6-3
6.2　ダム補修 …… 6-7
6.2.1　漏水対策 …… 6-7
6.2.2　堤体コンクリート凍害劣化対策 …… 6-9
6.2.3　耐震性対策 …… 6-9

第7章　試験・観測結果 …… 7-1
7.1　試験・観測項目及び概要 …… 7-1
7.2　堤体コンクリートの品質 …… 7-4
7.2.1　弾性波探査（物理探査） …… 7-4
7.2.2　ボーリング調査 …… 7-5
7.2.3　孔内撮影 …… 7-15
7.2.4　コア試験 …… 7-25
7.2.5　堤体コンクリート成分の溶出 …… 7-32
7.2.6　堤体コンクリートの凍害劣化 …… 7-41
7.3　堤体表面のひび割れ等調査 …… 7-48
7.3.1　堤体上流面 …… 7-48
7.3.2　堤体天端 …… 7-51
7.3.3　堤体下流面 …… 7-52
7.3.4　監査廊 …… 7-52
7.4　漏水観測及び堤体挙動 …… 7-59

7.4.1　漏水観測 …………………………………………………………… 7-59
7.4.2　揚 圧 力 …………………………………………………………… 7-59
7.4.3　堤体挙動 …………………………………………………………… 7-59
7.5　水圧鉄管関係 …………………………………………………………… 7-101
7.6　建設材料 …………………………………………………………… 7-102

第8章　弾性波探査の解析 …………………………………………………… 8-1
8.1　解析内容 …………………………………………………………… 8-1
8.2　解析方法 …………………………………………………………… 8-3
8.3　解析結果 …………………………………………………………… 8-7
8.4　弾性波トモグラフィと速度検層との比較 ………………………… 8-18
8.5　超音波試験及び圧縮試験 ………………………………………… 8-20

第9章　総合診断（評価）と計画策定条件の設定 ………………………… 9-1
9.1　堤体コンクリートの品質 ………………………………………… 9-1
9.2　堤体成分の溶出 …………………………………………………… 9-8
9.3　堤体上流面（水上・水中部分）のコンクリート表面の破損状況 ………… 9-8
9.4　堤体コンクリートの凍害劣化 …………………………………… 9-9
9.5　堤体の洪水吐能力及び対策 ……………………………………… 9-9
9.6　堤体の耐震安定性 ………………………………………………… 9-15
9.7　諸観測結果 ………………………………………………………… 9-16
9.8　貯 水 池 …………………………………………………………… 9-17
9.9　下流河床，河岸 …………………………………………………… 9-18
9.10　豊満ダム安定評価マトリックス ………………………………… 9-18
9.11　計画策定条件の設定 ……………………………………………… 9-20
9.11.1　水理・水文解析 ………………………………………………… 9-20
9.11.2　治水・利水計画 ………………………………………………… 9-24
9.11.3　設計基準の見直し ……………………………………………… 9-32

9.11.4　施工計画・積算 …… 9-40

第10章　修復計画のための諸検討 …… 10-1

10.1　洪水吐の検討 …… 10-1

10.2　堤体コンクリートの凍害劣化防止対策の検討 …… 10-4

10.3　漏水対策の検討 …… 10-6

10.4　上・下流方向4ブロック分割に対する検討 …… 10-9

10.5　堤体コンクリート強度，安全度等の検討 …… 10-14

10.6　堤体基礎岩盤の検討 …… 10-15

10.7　発電関連の検討 …… 10-16

第11章　修復強化計画の策定 …… 11-1

11.1　応急対策工 …… 11-2

11.1.1　特殊グラウト工 …… 11-2

11.1.2　堤体ＰＣ工 …… 11-3

11.1.3　堤体排水孔増設 …… 11-5

11.1.4　堤体諸観測設備の整備 …… 11-8

11.1.5　貯水池内測量（貯水池容量の確定）…… 11-11

11.1.6　堤体上流面の水中止水工 …… 11-12

11.1.7　水圧鉄管部補修 …… 11-15

11.1.8　堤体天端舗装、天端通路、高欄補修 …… 11-16

11.1.9　各応急対策工の概算工事費 …… 11-16

11.2　恒久対策工 …… 11-17

11.2.1　洪水吐の増設 …… 11-17

11.2.2　堤体安定対策工（基礎断層部）…… 11-26

11.2.3　堤体凍害永久対策工 …… 11-29

11.2.4　各恒久対策工の概算工事費 …… 11-30

11.3　総事業費 …… 11-31

第12章　プロジェクト評価 …… 12-1
12.1　便益の評価 …… 12-1
12.2　修復計画による費用・便益 …… 12-3
12.3　感度分析 …… 12-4

第13章　実 施 計 画 …… 13-1

表 リ ス ト（1／3）

表2-3-1　主要水力発電所 …… 2-12

表2-3-2　主要火力発電所 …… 2-13

表3-1-1　東北地方包蔵水力調査（1942年）…… 3-4

表3-2-1　豊満ダム施設概要 …… 3-5

表3-3-1　豊満ダム貯水池諸元及び貯水位 …… 3-6

表3-4-1　豊満発電所の最近の年間発電電力量 …… 3-8

表4-1-1　ダムサイト周辺の地質構成 …… 4-1

表4-2-1　既往基礎岩盤調査一覧 …… 4-2

表4-2-2　地質資料一覧 …… 4-3

表4-2-3　堤体基礎岩盤に発達する断層一覧 …… 4-5

表4-2-4　基礎岩盤の力学試験値一覧（今回検討値）…… 4-7

表4-2-5　現位置剪断試験結果一覧（中国側資料による）…… 4-8

表4-2-6　基礎岩盤の透水度一覧（各ブロック平均値）…… 4-9

表4-3-1　地震関係収集資料 …… 4-21

表4-3-2　中国東北部の地震記録（1900年以降・M≧６）…… 4-22

表5-2-1　ダム建設の経緯 …… 5-9

表5-2-2　ダム漏水防止と修復工事（1948年～1953年）の概要 …… 5-10

表5-2-3　ダムコンクリート打設状況（その１）…… 5-11

表5-2-4　ダムコンクリート打設状況（その２）…… 5-11

表6-2-1　堤体補修グラウト工実績 …… 6-7

表6-2-2　ダム基礎カーテングラウト工 …… 6-8

表6-2-3　堤体上流面補修実績 …… 6-11

表6-2-4　堤体下流面補修実績 …… 6-12

表6-2-5　Ａ，Ｂ縦継目補強各ブロック別鉄筋アンカー施工数量 …… 6-13

表7-2-1　ボーリング調査実績（第１次）…… 7-6

表7-2-2　ボーリング調査結果（第２次）…… 7-7

表リスト（2／3）

表7-2-3　ボーリング調査結果 …… 7-9
表7-2-4　孔内観察結果 …… 7-19
表7-2-5　豆板，亀裂の分布状況（コアおよびＢＴＶ結果を総合） …… 7-21
表7-2-6　ボーリングコア及び孔内観察結果の総括 …… 7-23
表7-2-7　コンクリートコア試験結果の平均値 …… 7-27
表7-2-8　堤体及び基礎グラウトと漏水量との関係 …… 7-33
表7-2-9　湖水化学成分平均値（ダム前面） …… 7-35
表7-2-10　中性化試験結果 …… 7-41
表7-2-11　年次別補修面積 …… 7-47
表7-2-12　温度計設置位置 …… 7-47
表7-4-1　堤体内における外気温の「遅れ」 …… 7-64
表8-1-1　測定断面の位置と採用した解析法 …… 8-1
表8-3-1　トモグラフィ解析結果 …… 8-15
表8-3-2　水平解析結果 …… 8-16
表8-3-3　追加トモグラフィ解析結果 …… 8-17
表8-4-1　速度検層と弾性波トモグラフィによるＰ波速度値 …… 8-18
表9-1-1　コンクリートブロック別・標高別・圧縮試験結果 …… 9-2
表9-1-2　コンクリートの圧縮強度分布 …… 9-7
表9-5-1　豊満ダム地点確率洪水量 …… 9-13
表9-5-2　各放流設備の貯水池水位と最大放流量 …… 9-14
表9-6-1　安定計算結果 …… 9-15
表9-10-1　豊満ダム安全評価マトリックス …… 9-19
表9-11-1　豊満ダム洪水ハイドログラフ …… 9-21
表9-11-2　滑動に対する安全係数 …… 9-36
表9-11-3　コンクリートの圧縮応力の安全係数 …… 9-36
表9-11-4　ダム安定計算結果 …… 9-37

表 リ ス ト（3／3）

表10-3-1　ダム表層補修工法の比較 …… 10-7

表10-3-2　水中止水工の比較 …… 10-8

表10-4-1　有限要素法による解析結果（その１応力）…… 10-11

表10-4-2　有限要素法による解析結果（その２変形）…… 10-11

表11-1-1　ダム上流面水中止水工工程表 …… 11-13

表11-2-1　ダム安定計算結果（増加洪水吐部　BL-8）…… 11-20

表11-3-1　事業費内訳 …… 11-31

表12-1-1　最近の洪水被害記録及び洪水被害予測 …… 12-2

表12-3-1　経済的内部収益率計算 …… 12-6

表12-3-2　洪水被害仮定に対する感度分析 …… 12-7

表12-3-3　洪水防護機能低下の仮定に関する感度分析 …… 12-7

付図リスト（1／4）

図2-2-1　対象地域等温線図 …… 2-3

図2-2-2　日平均気温の変化 …… 2-4

図2-2-3　月平均気温（1954年～1961年） …… 2-5

図2-2-4　水文観測所位置 …… 2-6

図2-2-5　対象地域等雨量線図 …… 2-7

図2-3-1　東北電業管理局内発電施設設備出力 …… 2-14

図2-3-2　東北電業管理局内発電電力量 …… 2-14

図2-3-3　管内主要発電所及び主要送電網 …… 2-15

図3-4-1　貯水池水位の変動（1959年～1989年） …… 3-10

図3-5-1　豊満発電所管理体制 …… 3-12

図3-5-2　洪水時の水防指揮系統図 …… 3-11

図4-2-1　ダムサイト地質平面図 …… 4-11

図4-2-2　堤体直下に発達する断層 …… 4-13

図4-2-3　弱層部岩級区分図（34～36BL弱層帯の岩級区分図） …… 4-15

図4-2-4　弱層部地質断面図（34～36BL弱層帯のダム軸地質縦断） …… 4-17

図4-2-5　岩盤剪断試験結果（破壊点τ－σ図） …… 4-19

図4-3-1　豊満ダム周辺震源分布（1900～1980年） …… 4-24

図5-2-1　堤内排水孔の間隔 …… 5-6

図6-1-1　観測項目，観測位置及び観測期間 …… 6-5

図6-2-1　上流面補修区域図 …… 6-15

図6-2-2　下流面補修区域図 …… 6-17

図6-2-3　越流部断面 …… 6-19

図6-2-4　非越流部断面 …… 6-21

図6-2-5　アンカー位置 …… 6-23

図6-2-6　A，Bブロック鉄筋締結 …… 6-23

付図リスト（2／4）

図7-1-1　第1次現地調査コンクリート諸試験実施状況 …… 7-3

図7-2-1　ボーリング調査位置図 …… 7-11

図7-2-2　ボーリングコア状況 …… 7-12

図7-2-3　第1次現地調査ボーリング実績工程（1991年） …… 7-13

図7-2-3′　堤体コンクリート・アルカリ骨材反応試験 …… 7-29

図7-2-4　コンクリート圧縮強度の円柱と立方体との関係 …… 7-31

図7-2-7　堤体及び基礎グラウトとイオン量測定時期 …… 7-32

図7-2-8　貯水池内季節毎の溶存イオン量，遊離CO_2及び侵食性CO_2量 …… 7-36

図7-2-9　貯水池上流地点イオン量 …… 7-37

図7-2-10　ダム前面深度別イオン量 …… 7-38

図7-2-11　ダム前面ブロック別イオン量 …… 7-38

図7-2-12　豊満貯水池冬期水位変化 …… 7-45

図7-2-13　年次別補修面積 …… 7-45

図7-3-1　堤体上流面ひび割れ等調査（水上部分） …… 7-55

図7-3-2　上流面水中部分調査範囲 …… 7-57

図7-4-1　貯水位－漏水量経年変化 …… 7-67

図7-4-2　揚圧力係数（16BL，27BL，34BL） …… 7-69

図7-4-3　ダム天端水平変位（時期別） …… 7-71

図7-4-4　ダム天端水平変位（経年変化） …… 7-73

図7-4-5　天端水平変位（14BL） …… 7-74

図7-4-6　天端水平変位（35BL） …… 7-75

図7-4-7　上段監査廊引張線水平変位 …… 7-76

図7-4-8　天端水平変位(ﾌﾟﾗﾑﾗｲﾝ)32BLたわみEL．263.05m（下部EL．202.05） …… 7-77

図7-4-9　ダム天端鉛直変位（付下段監査廊鉛直変位） …… 7-78

図7-4-10　ダム天端鉛直変位:測点48BL-1959年~1985年(付下段監査廊鉛直変位) … 7-79

図7-4-11　ダム天端付近鉛直変位 …… 7-80

付図リスト（3／4）

図7-4-12　ダム天端面（上・下流方向）傾斜（その１）…… 7-81
図7-4-13　ダム天端面（上・下流方向）傾斜（その２）…… 7-82
図7-4-14　縦継目変位観測（47BL～49BL）…… 7-83
図7-4-15　下段監査廊横継目測定 …… 7-85
図7-4-16　プラムライン測定値（32BL）…… 7-87
図7-4-17　プラムライン（32BLたわみ）EL. 263.05m（下部EL. 202.05）…… 7-89
図7-4-18　プラムライン観測の比較（光学式と鋼尺式）(32BL) …… 7-90
図7-4-19　プラムライン観測誤差（32BL）…… 7-91
図7-4-20　下段監査廊鉛直変位（14BL, 20BL, 32BL）…… 7-92
図7-4-21　下段監査廊上・下流方向水準測定（基礎岩盤変位）…… 7-93
図7-4-22　32BL温度計設置位置 …… 7-94
図7-4-23　熱伝導の遅れ（外気温）…… 7-95
図7-4-24　堤体内温度（最高・最低）…… 7-95
図7-4-25　堤体表層部コンクリートの温度変化 …… 7-97
図7-4-26　貯水池水温（1980年～1985年）…… 7-99
図7-4-27　32BLプラムライン変位, 水位と温度の関係 …… 7-100
図8-1-1　弾性波探査測定断面位置図 …… 8-2
図8-2-1　トモグラフィ解析の流れ …… 8-3
図8-2-2　水平解析の流れ …… 8-6
図8-3-1(1)　トモグラフィ解析結果 …… 8-9
図8-3-1(2)　トモグラフィ解析結果 …… 8-11
図8-3-2　水平解析結果 …… 8-13
図8-4-1　弾性波トモグラフィと速度検層との比較 …… 8-19
図8-5-1　超音波（Ｐ波）速度と圧縮強度との相関 …… 8-21
図9-1-1　打設時リフト強度と供試体圧縮強度との関係 …… 9-3
図9-1-2　コンクリート強度分布 …… 9-4

付 図 リ ス ト（4／4）

図9-5-1　豊満ダム洪水ハイドログラフ ………… 9-12
図9-11-1　白山ダム洪水調節関連諸元 ………… 9-22
図9-11-2　豊満H－V曲線 ………… 9-23
図9-11-3　豊満ダムと白山ダムとの相関性モデル ………… 9-28
図9-11-4　豊満ダム調節計算図 ………… 9-29
図9-11-5　白山ダム所要貯留量と放流量の相関性 ………… 9-30
図9-11-6　白山ダム調節計算図 ………… 9-31
図10-4-1　主 応 力 図 ………… 10-12
図11-1-1　漏水測定堰の位置 ………… 11-9
図11-1-2　プラムラインと地震計の位置 ………… 11-10
図11-1-3　施工概要図（壁面ハツリ時）………… 11-14
図11-1-4　施工概要図（型枠設置時）………… 11-14
図11-2-1　増設洪水吐設計図(1) ………… 11-21
図11-2-2　増設洪水吐設計図(2) ………… 11-23
図11-2-3　堤体安定対策工（基礎断層部　平面図）………… 11-27
図11-2-4　堤体安定対策工（基礎断層部　断面図）………… 11-28
図12-1-1　洪水被害曲線 ………… 12-5

第1章　緒　　　論

第1章　緒　論

1.1　根　據

日本国政府は、中華人民共和国政府の要請に基づき、同国の吉林豊満ダム修復強化計画調査を行なうことを決定し、その調査を国際協力事業団が実施することとなった。

国際協力事業団は、1990年10月事前調査団を現地に派遣し、現地調査及び資料収集を行ない、合わせて本調査のため日本および中国政府の取るべき措置と調査範囲・内容に関する基本事項などの協議の後、中華人民共和国能源部との間に1990年10月25日、協議議事録及び実施細則の合意署名を行なった。

この合意事項に基づき国際協力事業団は、12名の専門家より成る調査団を編成し、1991年5月9日より逐次調査団員を現地に派遣し本件の調査を開始した。また国際協力事業団は3名の作業監理委員を委嘱し調査作業の監理を実施した。

1.2　調査作業実施経過

調査団および能源部は上記「実施細則」の合意事項を遵守し、相互の密接な協力の下、1991年5月9日より現地作業を開始した。

能源部は、東北電業管理局及び豊満発電所を調査団のカウンターパートとし、各分野の調査作業を協同して実施した。これ等作業監理委員・国際協力事業団管理者・調査団員並びに中国側カウンターパートの参加者名簿は表1.1に示す通りである。

調査団は1991年5月「着手報告書」を提出すると共に、中国側実施機関である「豊満発電所」との密接な共同作業により、同年10月末までに第1次現地調査を終了し、「現地報告書(1)」を提出した。

調査団は更に12月中旬まで現地で実施された第一次現地調査の結果得られた諸調査資料に基づき、その解析・分析を行い総合的な診断をし、その結果を踏えて計画策定条件の検討作業を1992年2月下旬まで東京において実施し、その結果を「中間報告書」として、1992年5月に提出した。また同年5月26日より9月7日まで第二次現地調査を実施し、この結果を「現地報告書(2)」として提出した。

更に、第二次現地調査によって得られた資料をも加えて東京で修復強化計画の検討及び

応急及び恒久対策計画の選定作業を実施した。またそれに基づいて算出された工事数量を基に、総事業費の積算を行った。また、別途収集された経済・財務に関する諸資料を加えて、本プロジェクトの経済評価・財務分析の検討を行った。

上記の結果を取りまとめて1993年1月に「最終報告書（案）」として、「主報告書」「付属報告書」「資料集」「要約」を中国側に提出し協議を行った。その結果若干の部分的修正をした上、1993年3月中旬までに「最終報告書」を提出することで双方は同意した。

表1.1　本計画調査関係者名簿

(1) 国際協力事業団　作業監理委員

氏　名	職　位	担当分野
小林茂敏	委員長	総括／ダム計画
鈴木秀利	委　員	水資源開発
山内　博	委　員	治水計画

(2) 国際協力事業団　社会開発調査部

地曳隆紀	課　長
斉藤寛志	課　長
海保誠治	課　長
小林正博	課長代理
伊藤富章	職　員
室沢智史	〃
渡辺雅人	〃

(3) 国際協力事業団　中華人民共和国事務所

三浦敏一	所　長
奥邨彰一	職　員

(4) 在中華人民共和国　日本国大使館

稲田修一	書記官
安田泰二	〃

(5) 調査団

氏　名	職　位	担当分野
窪田　稔	団　長	総　括
白川　治	副団長	ダム補修計画
山川精一	団　員	堤体調査／施工・積算
岡田　誠	〃	ダム地質
亀山　勉	〃	水文・水理
村岡敏明	〃	施設設計
本間俊典	〃	発電施設
佐藤好史	〃	物理探査
森　国男	〃	ボーリング
田沼健二	〃	水中テレビロボ
潜道　隆	〃	プロジェクト評価
劉　偉	〃	通　訳

(6) 能源部　国際合作司

譚　艾幸	副司長
楊　金棟	處　長
孫　国禄	〃
趙　長風	工程師

(7) 国家科学技術委員会

張　慧春	處　長

(8) 東北電業管理局

氏　名	職　位	担当分野
李　岩	副局長	
張　宝光	處　長	
郇　伝志	主　任	通訳・翻訳

(9) 豊満発電所

氏　名	職　位	担当分野
韓　大偉	所　長	
楊　金誠	副所長	総　括
高　官堂	高級工程師	水文・水理
朴　★澤	〃	ダム補修計画
陳　昌林	主　任	〃
王　本善	高級工程師	堤体調査
李　才	主　任	施設設計
馬　維杨	工程師	地質・物理探査
張　維民	〃	水文・水理
劉　挺	〃	水文
高　雅茹	〃	施工・積算
許　力	〃	発電施設
刘　志国	〃	ボーリング
李　維平	〃	温度測定
王　美华	〃	プロジェクト評価
刘　超	〃	試験・測定
王　雅茹	〃	〃
高　維平	〃	〃
韓　臣	主　任	事　務

1.3　技術移転

本計画調査の第一次及び第二次現地調査期間中、豊満発電所は調査団員のそれぞれの専門分野に対応した幹部職員及び実務要員を任命したが、調査団と相互緊密な協力作業を通じての技術移転を行った。

また、本計画調査のカウンターパート及び豊満発電所の技術職員も含めた広範囲な参加者を対象に、各調査団員がそれぞれの専門分野についてテーマを決めてセミナーを開催した。

この外、本計画調査に関連して研修のため来日した豊満発電所のカウンターパート2名に対し、日本国内において技術移転を目的とした研修を行った。

第２章　調査地域の現況

第２章　調査地域の現況

2.1　位置及び地形

調査地域はその周囲の東南部を白頭山系、北東部を小興安嶺、西北部を大興安嶺といった山脈に馬蹄形に囲まれ、その中央部は広大な盆地を形成し、この大部分が松花江と遼河の二大河川の流域となっている。

この中央盆地は非常に平坦で、松花江流域で二万分の一、遼河流域で一万五千分の一程度の河川勾配となっており、流下排水能力が十分でないため、７、８月の雨期に集中する降雨により氾濫し滞水現象を起こし易い地形である。

豊満ダムの位置する松花江（以前は第二松花江と呼ばれていたが、現在は松花江と呼ばれている）は黒龍江（アムール川）の支川で、その流域面積は 546,000k㎡である。松花江流域は中国の七大流域の最北部に位置し、東西 920km、南北 1,070kmの流域で流路延長 1,960kmの大河川である。松花江はその源泉を北朝鮮との国境にある白頭山天池に発し、４つの支川（頭道河、二道河、輝発河、蛟河）を集め、豊満ダム地点での流域面積は 42,500k㎡に達する。

ダム地点は松花江に沿う古い都市である吉林市の上流約24kmの所にあり、直上流の東辺道と呼ばれる森林山岳地帯から広大な中央盆地に出る最後の峡谷で、昔から大風門（大きな風の吹く峡谷の意味）と称せられていた。

ダム下流の松花江は、ほぼ吉林省の中央部を北西方向に流下し、約 400km地点で嫩江と合流する。黒龍江省に入ると東方に流路を変更し、黒龍江省の省都哈爾浜（ハルピン）市を流下し、ソ連との国境付近で黒龍江に合流し日本海に注ぐ。

2.2　気象・水文

2.2.1 気象

松花江上流域の気候は、夏は太平洋からの季節風が吹き暑くて雨が多く、冬はシベリアからの高気圧に覆われ寒く乾燥する内陸性気候である。図2-2-1 に対象地域の等温線図を示す。豊満ダム地点の月平均気温は1974年から1990年間の記録では、最低値は1977年の１月における－19.7℃で、月平均気温の最大値は７月における24.3℃と、年間を通

しての月平均気温の変化は４０℃以上あり、極めて大きい（資料集表2-2-1 参照）。また、毎年11月から翌年３月までの５ケ月間の日気温の月平均は零度以下となる。（図2-2-1, 図2-2-2 及び図2-2-3 参照）

豊満ダム地点における最大風速（８月及び９月）を表2-2-2 に、月間気温の最高・最低気温を資料集表2-2-3 ～2-2-4 に、また月別の晴天日数を資料集表2-2-5 に示す。

2.2.2 水文

(1)観測設備

豊満ダム上流域の水文関連の観測地点は豊満発電所管轄のものと吉林省管轄のものがあり、これらを合せると４２ケ所在り、１８地点の雨量観測所と３９地点の水位観測所等より構成されている。これらの水文観測所は大きく次の２つのネットワークに分かれている（図2-2-4 参照）。

①豊満基本点

②白山基本点

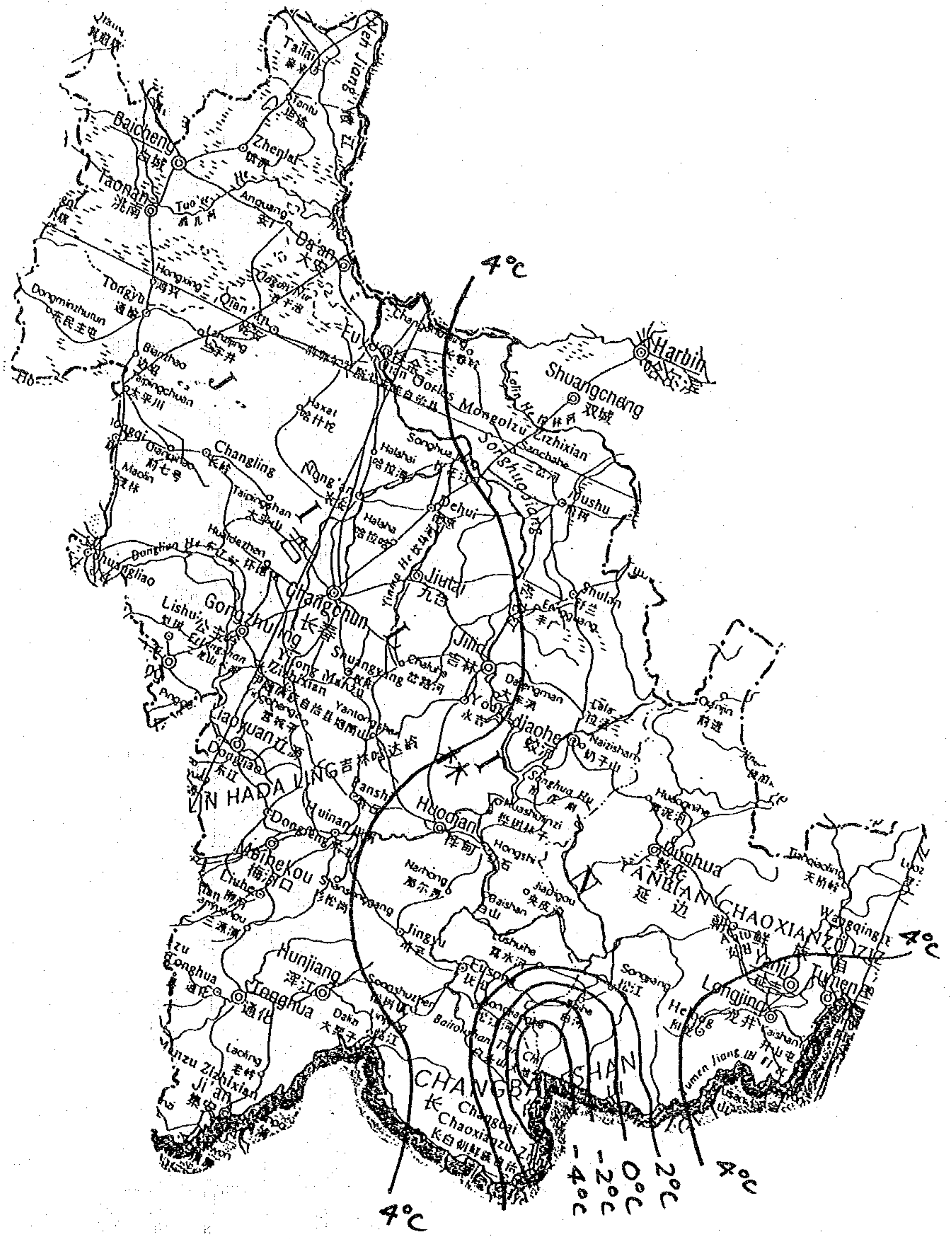
これらの基本点の下に、補助点、水庫（貯水池）、観測所が構成されている。豊満発電所で管轄している観測所は豊満発電所との間に、テレメータ・システムが導入されている。

データ管理に関しては、コンピューターの活用がなされているが、情報の種類、情報量、情報整理仕様に関しては明らかにされていない。

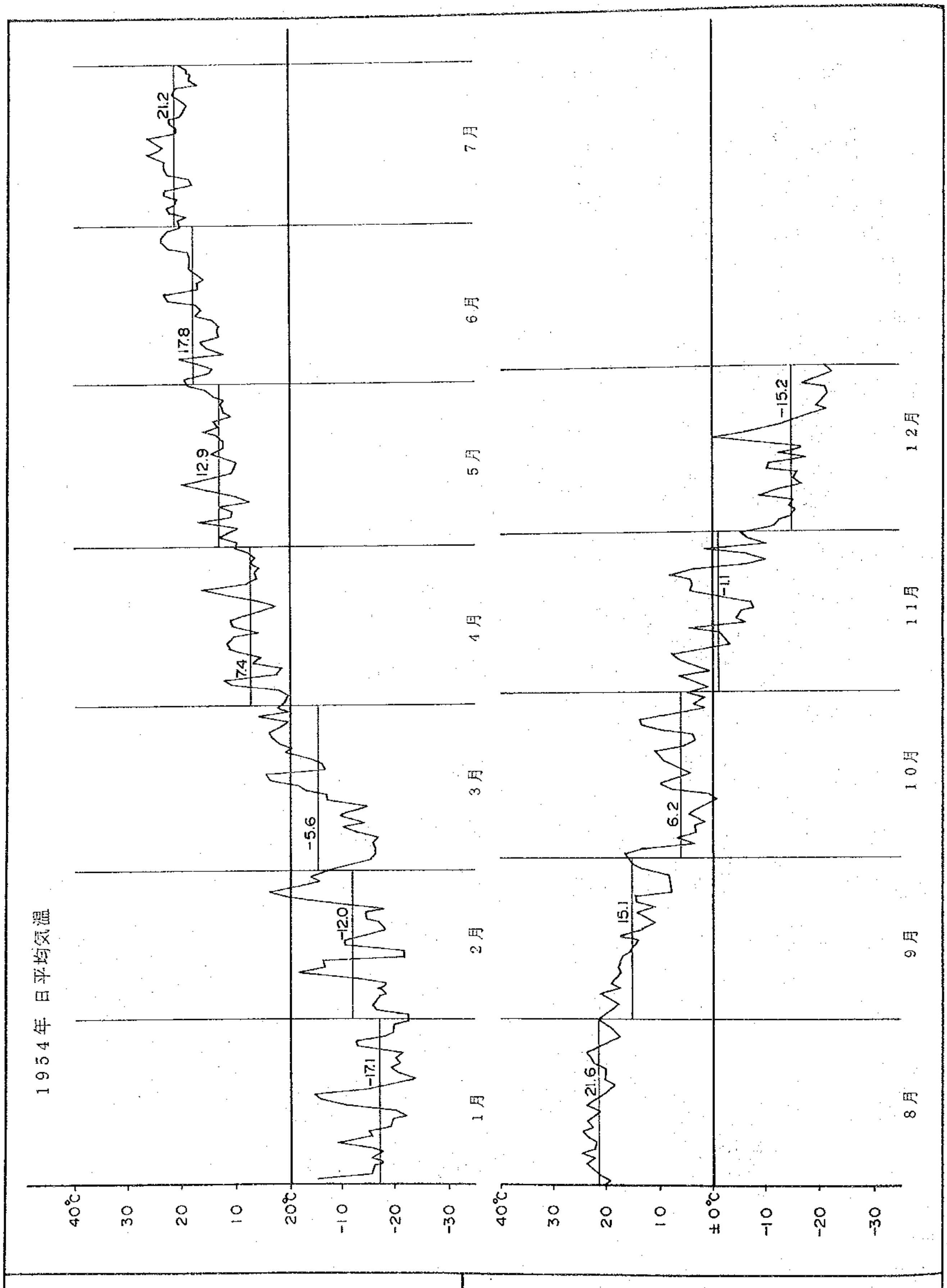
(2)観測記録

流域の降雨量は年平均 755㎜で、最大 1,011㎜、最小 524㎜である。６月から９月までの降雨量は、年間降雨量の60～90％を占め、夏に雨が多い。ダム地点の流入量は、年平均 455㎥／ｓで、最大は 736㎥／ｓ、最小は 217㎥／ｓである。洪水期は６月から９月で、年流入量の約60％を占め、洪水の発生する可能性は２～６回／年である。

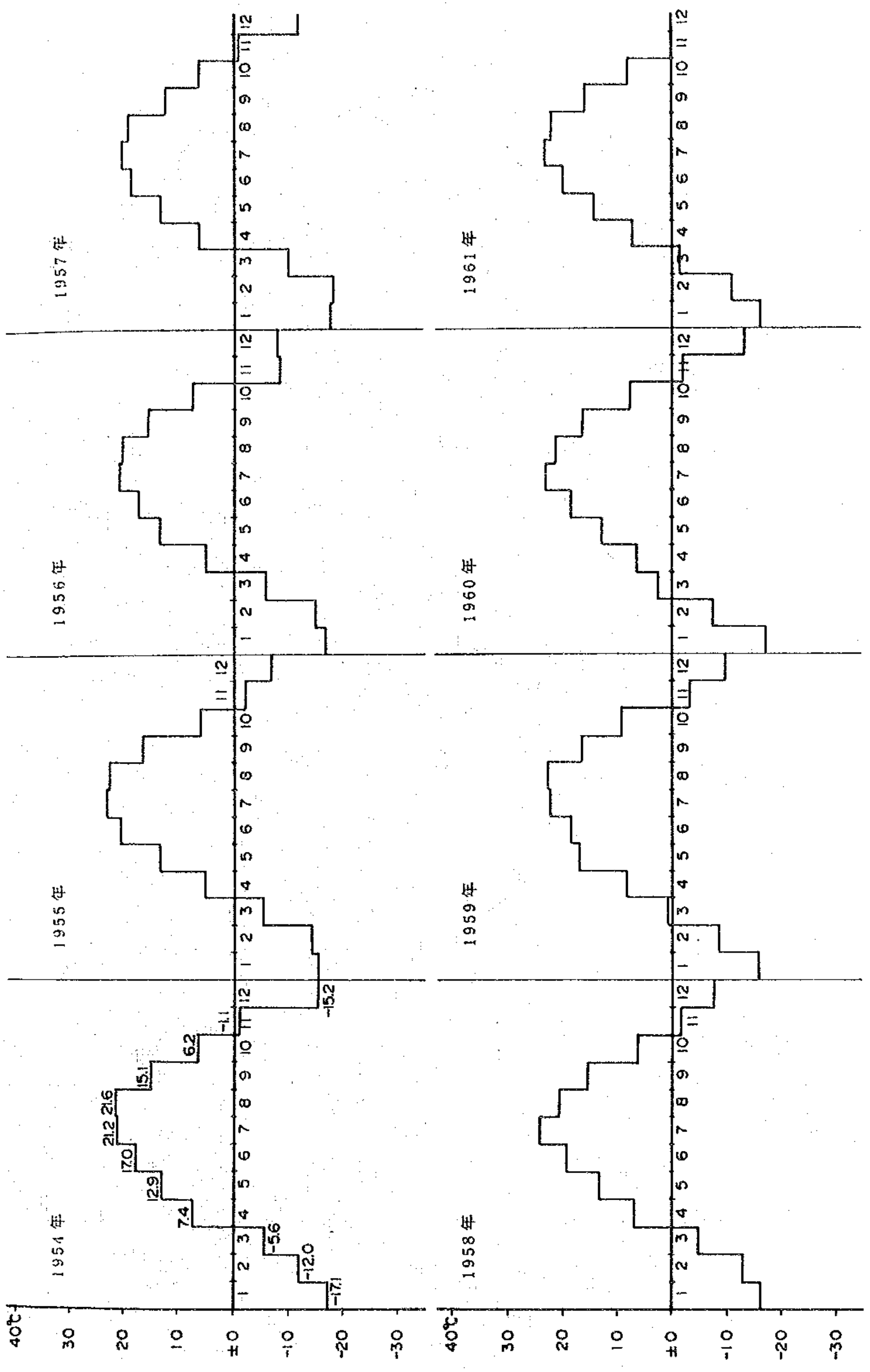
資料集表2-2-6 に月別降雨量を、資料集表2-2-7 に日量２㎜以上の月別降雨日数を、また図2-2-5 に対象地域の等雨量線図を示す。



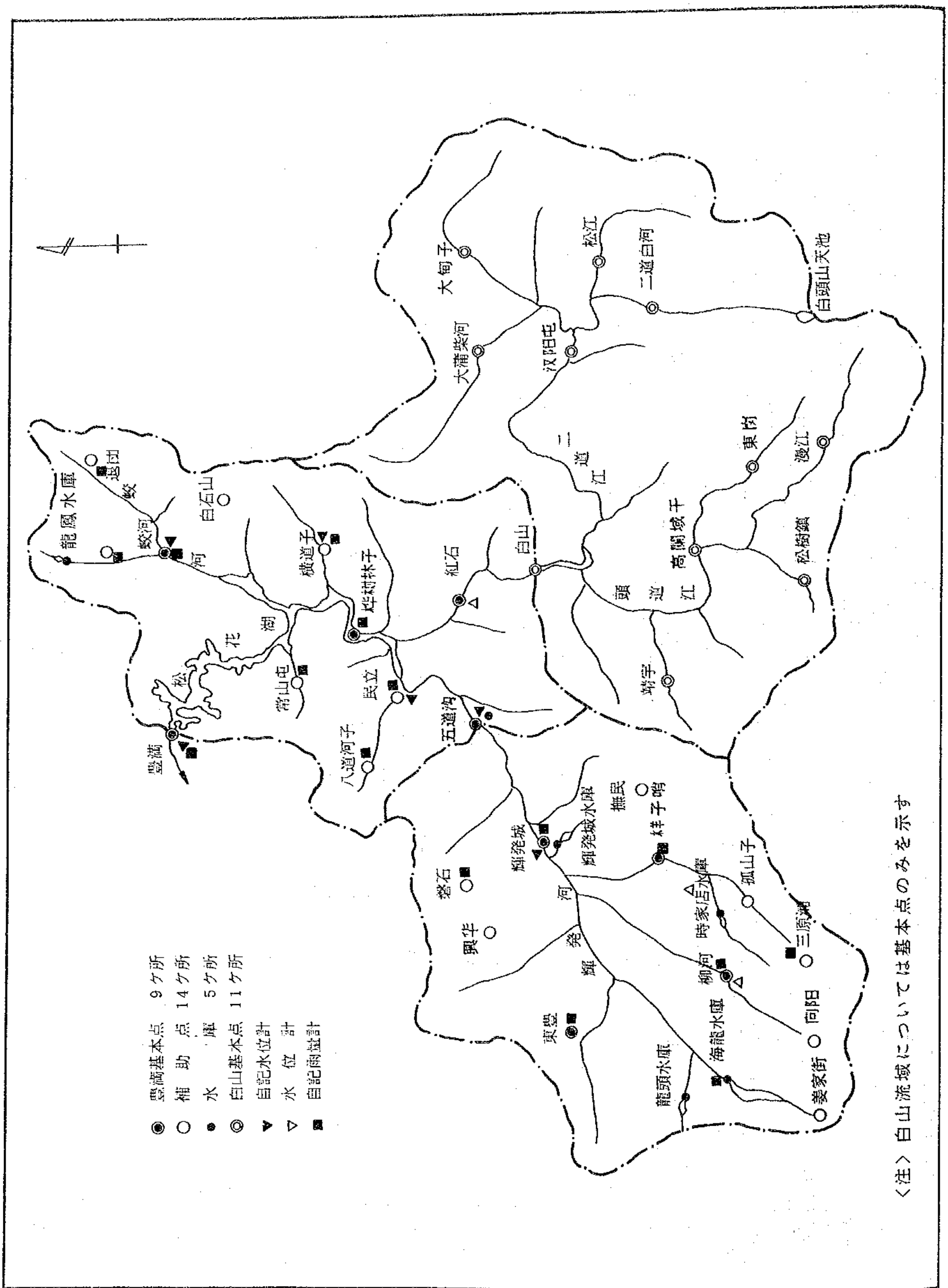
吉林豊満ダム修復強化計画調査	図2-2-1
日本国・国際協力事業団	対象地域等温線図



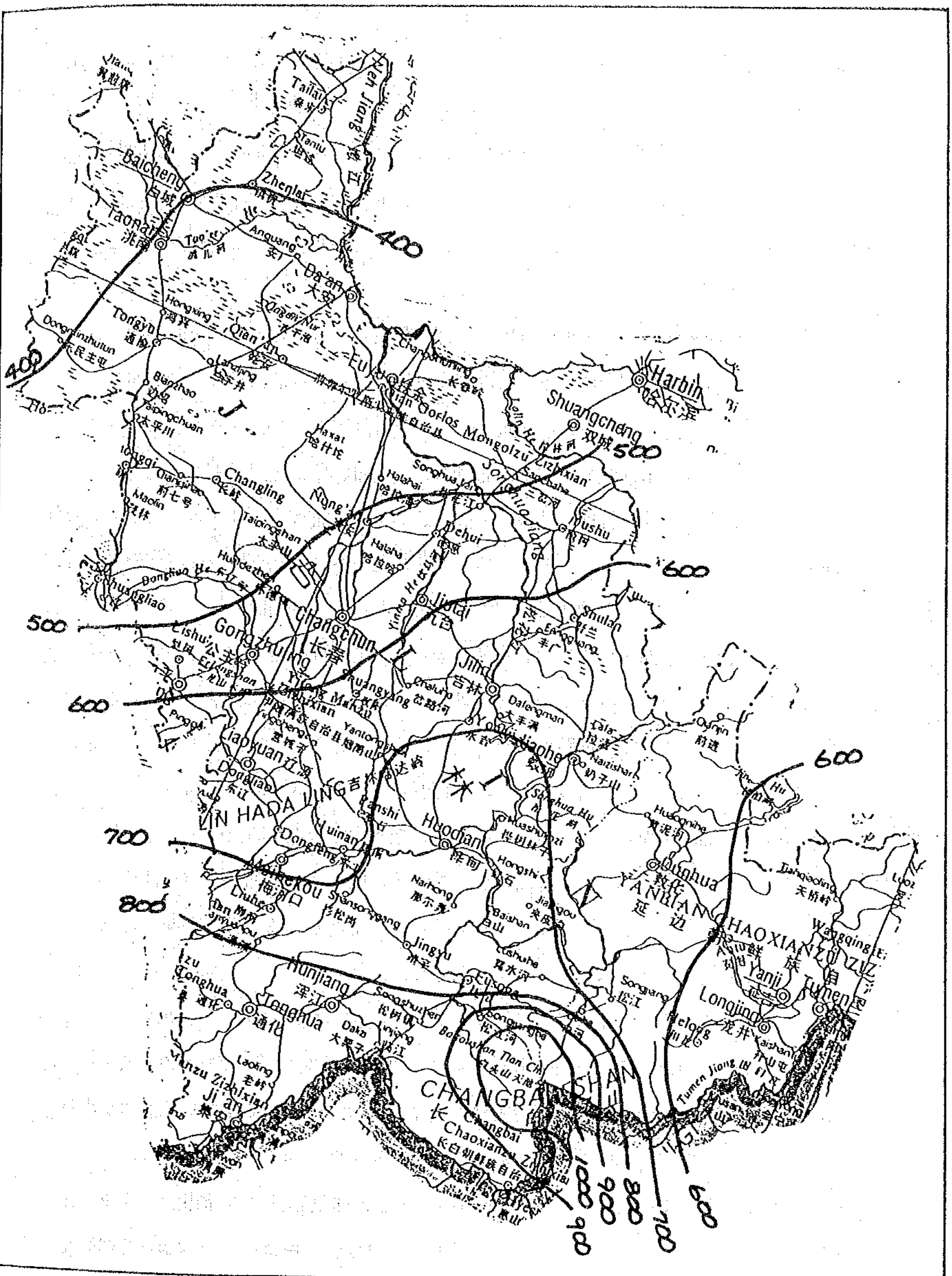
吉林豊満ダム修復強化計画調査	図2-2-2 日平均気温の変化（1954年）
日本国・国際協力事業団	



吉林豊満ダム修復強化計画調査	図2-2-3
日本国・国際協力事業団	月平均気温（1954年～1961年）



吉林豊満ダム修復強化計画調査	図2-2-4
日本国・国際協力事業団	水文観測所位置



吉林豊満ダム修復強化計画調査	図2-2-5
日本国・国際協力事業団	対象地域等雨量線図

2.3　社会・経済状況

2.3.1 社会・経済

松花江の流域は、黒龍江、吉林、内モンゴル、の3つの省にまたがり、流域の土地利用は、山地61%、丘陵15%、平原23.9%、湖沼0.1%で、耕地の面積は10万km²、人口は4,600万人で30年間に2倍以上に増加している。また、流域内には哈爾浜、長春、吉林、斉斉哈爾（チチハル）などの 135都市を有する。

吉林省は中国東北地区の中部に位置し、1989年現在人口は 2,466万人（全国14位）、面積は 18.74万km²（全国20位）で、人口密度 132人／km²、省都は長春市である。

鉱物資源が豊富で、そのうち、珪灰石、珪藻土、膨潤土、モリブデン、ニクロム、金、オイルシェール等は全国でも重要な位置にある。鉄鉱、非鉄金属、石炭、石油、電力、機械、化学、森林、建築材料、紡織、製紙、食品等の工業が盛んである。なかでも製紙、製鉄、自動車、トラクター、製糖、紙巻タバコ、化工産品は、全国で主要な位置を占めている。1989年の工業生産額は 530.4億元であった。

農業は、東から東部長白山地林農業区、中部半山農林区、中部台地平原農業区、及び西部平原農牧区に分けられるが、松花江は、この内、中部半山農林区、中部台地平原農業区、及び西部平原農牧区に流域が及んでいる。流域について言えば、中部半山農林区では水稲と大豆、とうもろこし、粟が、中部台地平原農業区ではとうもろこし、大豆、粟が、及び西部平原農牧区ではとうもろこし、粟が主要穀物生産である。中部平原地域の土壌は肥沃であり、中国の穀物商品の重要な生産区の一つであり、主要農産品には、とうもろこし、大豆、コーリャン、もみ米、米、ひまわりの種、菜、煙草、亜麻等がある。1989年の農業生産額は 133.8億元であった。

重化学工業を中心に、中国経済のけん引車の役割を果たして来た吉林省を含む東北3省は、沿岸地域の近年の対外開放政策に基づく急速な発展に比べ、相対的な成長速度にかげりが見えたが、第8次5ケ年計画においては、大・中規模の工業を中心に、各種工業間及び農工業間でのバランスのとれた開発が目指されている。

豊満ダム下流の松花江は、吉林市を中心とする吉林地区、（吉林市、舒欄県、永吉県）、長春地区（九台県、徳恵県、楡樹県）、白城地区（扶余市、蒙古族自治県）を流れ、嫩江と合流し、黒龍江省の哈爾浜に向かって流れている。これら流域の地区の人口、

及び人口密度は次の通りである。

流域の人口及び人口密度

	人口 (万人)		人口密度 (人/km²)	
吉林地区	392.60		144.83	
吉林市		175.7		892.87
永吉県		73.9		147.39
舒藍県		63.60		138.21
長春地区	575.40		296.91	
九台県		76.10		246.50
徳恵県		76.00		264.12
楡樹県		110.00		261.28
白城地区	391.80		85.74	

「中国人口、吉林分冊、1986年より作成」

豊満ダムの下流域の最東端にあたる吉林市は、吉林省第二の都市で、市内は4つの区（昌邑区、龍潭区、船営区、豊満区）から構成され、行政面積は 1,213k㎡、中国の人口100 万人以上の都市では29番目にあたっており、人口はやや増加の傾向にある。同市は別名「江城」の名で知られており、1673年に建城され、以降、松花江流域地区の政治及び軍事の中心となって来た。近年、各種重工業が盛んになり、とりわけ化学工業では、中国における一大中心として栄えており、別名「化工城」とも呼ばれており、1986年における工業総生産は50.5億元であり、吉林省全体の1/5 を占めている。濃硝酸、エチレン、合成ゴム、新聞紙等の生産高では、全国の1/10を占めている。

吉林省内を流れる松花江は、吉林市、扶余市及び蒙古族自治県を除き、農業地帯を流れている。吉林地区、長春地区の中部平原地域では、河川流域の低い地帯が水稲を中心とする穀物栽培に広範囲に利用されており、一旦河川の決壊が起きた場合、甚大な被害が予想される。

松花江は、また重要な3つの鉄道路線（長春－哈爾浜線、長春－吉林線、吉林－哈爾

浜線）が松花江と交差している。道路は数カ所で松花江を渡河しているが、とりわけ重要な地点は、吉林市内の交通の要衝である吉林大橋と松花大橋である。

2.3.2 電力状況

(1) 電力関係行政機構

i）能源部

水利電力部が1988年に分割し、水利部と能源部となった。能源部は、水力発電、火力発電、原子力発電といった、電力などエネルギー関係を管轄する国の行政機関である。

ii）東北電業管理局

能源部の電力関係行政機構で、東北三省（遼寧省、吉林省、黒龍江省）及び内モンゴル自治区から成る東北地方の電力を管理している独立採算の法人である。その本部は瀋陽市に設けられており、管轄範囲は黒龍江省電力局、吉林省電力局、遼寧省電力局及び管内発電所等１３０企業から構成される。

管理局の業務は、①水力発電所、火力発電所の管理・建設、②各地区の電力局の管理、③電力関係の機器に係る修理・製造工場の管理・建設、④その他少数の技術学校、設計院の管理がある。

iii）豊満発電所

東北電業管理局に所属する豊満ダムの発電、洪水などを管理する機関である。事務所は豊満ダム右岸直下流にあり、ダム下流の地域は豊満街と呼ばれ、豊満発電所を運営するための工場、職員の住居のほか、公共機関、ホテル、商店等が存在する。

豊満発電所の業務は主に発電所の管理で、東北電業管理局の指示によって年間の発電電力量がコントロールされる。また、洪水期においては、中央水防指揮部に属する豊満・白山水庫水防調整連絡部会によって指示された洪水処理を実施する。

(2) 電力需要

東北三省は古くからの工業地域であることから、管内の電力需要の伸びは著しく、慢性的な電力不足に悩まされていたが、政府の発電施設建設の資金が増えた

こと、省レベルでの建設資金集めの努力が実ったことなどから電源開発が促進されるようになった。各分野毎の電力の使用比率は、工業８４％、農林水産業３％、家庭用７％、その他６％となっており工業における比率が圧倒的に多い。管内の設備出力及び発電電力量を図2-3-1 及び図2-3-2 にそれぞれ示す。

(3) 主要発電所

管内の地区別の設備出力の構成比率は遼寧省４２％、吉林省２３％、黒龍江省２７％、内モンゴル自治区東部地区８％となっている。また、水力、火力別の構成比率は設備出力において水力１８％(331.6万kW)、火力８２％(1,510.4万kW)、発電電力量で水力１０％(89.0×10^6kWh)、火力９０％(800.6×10^6kWh)で火主水従型のパターンとなっている。

図2-3-3 に示すように管内の主要発電所のうち水力発電所の多くは東南部の北朝鮮との国境及び長白山系に位置しているのに対して、火力発電所はその他の地域（北部、西南部）に散在している。主要な水力発電所および火力発電所の設備出力等を表2-3-1 および表2-3-2 にそれぞれ示す。

(4) 主要送電網

管内の主要送電網は前出の図2-3-3 に示すように 220kV及び 500kVの主送電線及び変電所から成り、面積にして 120万㎢の範囲をカバーしており、瀋陽市にある東北電業管理局のコントロールセンターからの指揮によって管理されている。

(5) 電力開発計画

管内ではピーク時の電力を確保し、効率のよい配電を行うため、揚水発電の計画が検討されている。また火力発電では四平市の双遼に 240万kWの施設を10年間の工期で建設する計画もある。

一方、松花江上流の頭道江には石龍、双溝、小山（３地点総計51万kW）の水力発電所の建設が開始された。

表2-3-1 主要水力発電所

発電所名	設備出力 (10^4kW)	発電開始年	建設期間	摘要
水豊	63	1941	1937－1941	水車・発電機７台 北朝鮮管理、電力折半
鏡泊湖	9.6	1942	1939－1942	水車・発電機６台
豊満	72	1943	1937－1953	水車・発電機10台
雲峰	40	1965	1958－1965	中国管理，電力折半
桓仁	22.25	1968	1958－1968	
回龍	7.2	1972	1969－1972	
太平哨	16.1	1979	1976－1979	
白山	150	1983	1975－1983	水車・発電機５台
太平湾	19	1985	1982－1985	中国管理，電力折半
紅石	20	1985	1982－1987	
渭源	39	1990	1978－1990	北朝鮮管理、電力折半

表2-3-2 主要火力発電所

発電所名	設備出力 (10⁴kW)	発電開始年	位置	摘要
清河	130	1970.12	鉄嶺市	10万kW 5台、20万kW 4台
遼寧	65	1959.11	撫順市	5万kW13台
阜新	55	1952.9	阜新市	2.5万kW 2台、5万kW 4台 10万kW 3台
朝陽	40	1972.12	朝陽市	20万kW 2台
錦州	120	1983.1	錦州市	20万kW 6台
大連第一	5	1974.10	大連市	2.5万kW 2台
〃 第二	10	1955.12	〃	2.5万kW 4台
〃 第三	10	1978.3	〃	10万kW 1台
大連華能	70	1988.8	〃	35万kW 2台
撫順	18.7	1949	撫順市	1.2万kW 1台、2.5万kW 1台 5万kW 3台
元寶山	90	1978.12	赤峯市	30万kW 1台、60万kW 1台
通遼	41.2	—	通遼市	0.6万kW 2台、20万kW 2台
長山火力	69.3	1976.3	前郭旗	1.2万kW 1台、2.5万kW 3台 0.6万kW 1台、10万kW 2台 20万kW 2台
吉林火力	65	1956.9	吉林市	2.5万kW 4台、5万kW 3台、 10万kW 2台、20万kW 1台
渾江	25	1975.9	渾江市	2.5万kW 2台、10万kW 2台
哈爾浜火力	30	1959.4	哈爾浜市	2.5万kW 4台、10万kW 2台
〃 第三	40	1986.12	哈爾浜市	20万kW 2台
富拉爾基第二	100	1982.2	富拉爾基市	20万kW 5台
新華	50	1972.12	大慶市	5万kW 2台、10万KW 2台 20万kW 1台
鶏西	16.2	1958.12	鶏西市	1.2万kW 1台、2.5万kW 4台 5万kW 1台
佳木斯	29.8	1958.6	佳木斯市	0.6万kW 2台、1.2万kW 3台 2.5万kW 2台、10万kW 2台
亮子河	20	1974.1	〃	5万kW 2台、10万kW 1台
牡丹江第二	40	1981.5	牡丹江市	10万kW 4台
雙鴨山	60	1988.6	雙鴨山	20万kW 3台

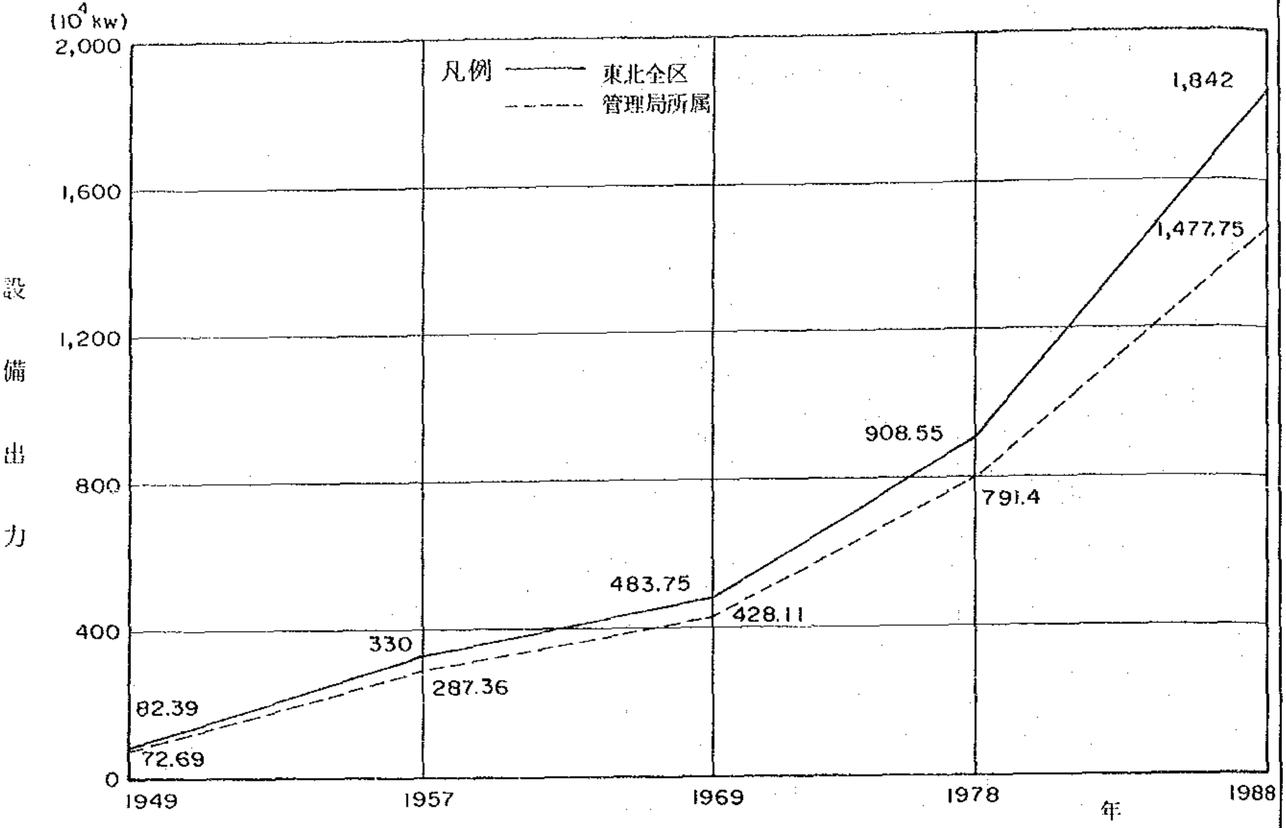


図2-3-1

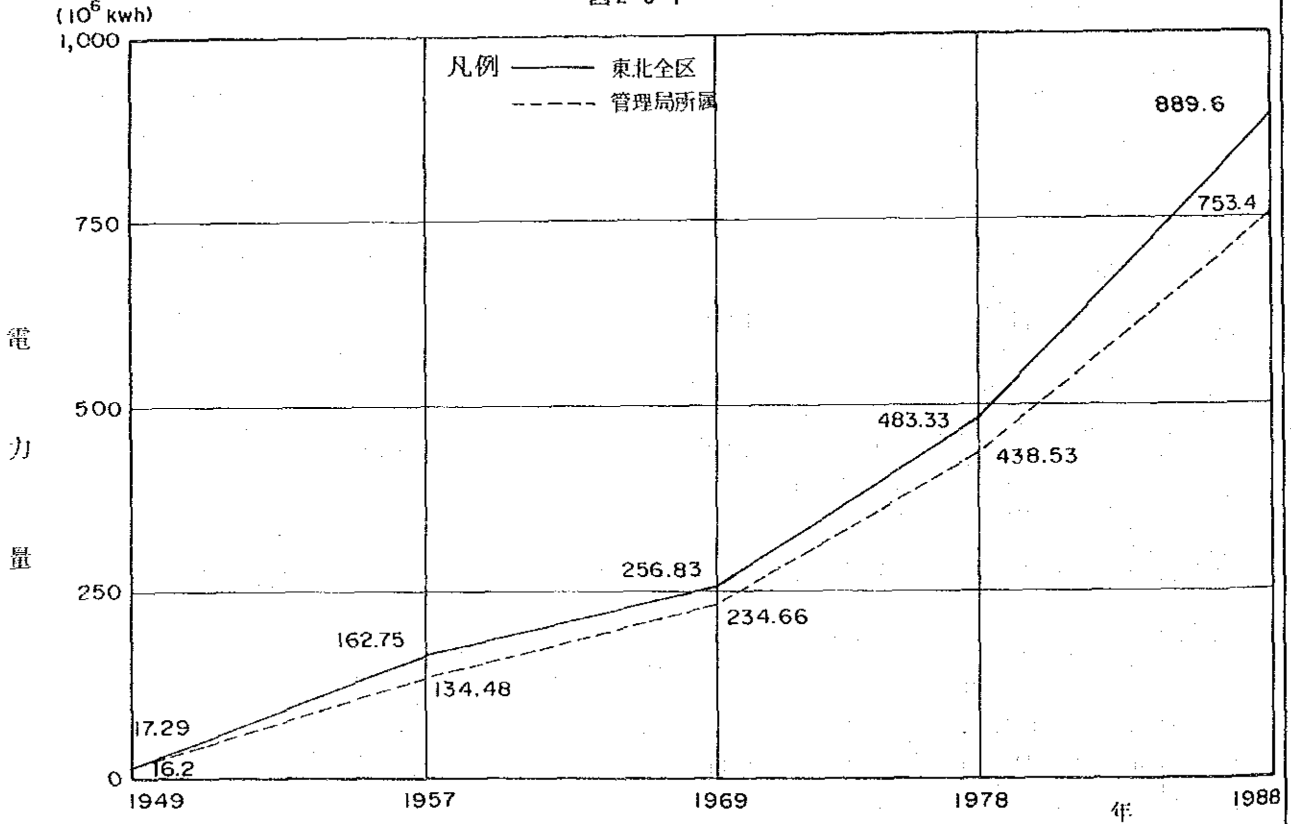
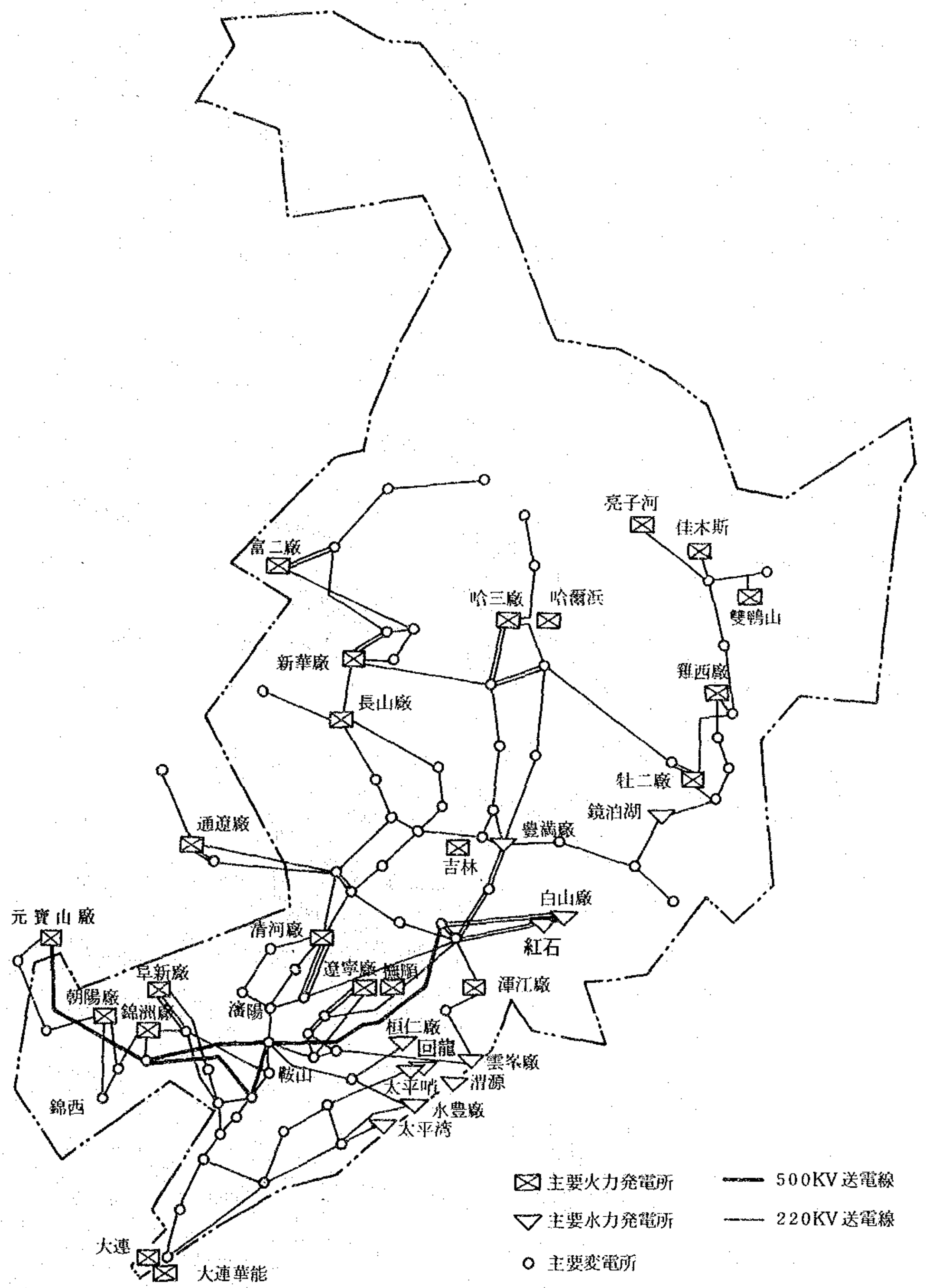


図2-3-2

吉林豊満ダム修復強化計画調査	図2-3-1 東北電業管理局内発電施設設備出力 図2-3-2 東北電業管理局内発電電力量
日本国・国際協力事業団	



吉林豊満ダム修復強化計画調査	図2-3-3 管内主要発電所及び主要送電網
日本国・国際協力事業団	

第３章　ダム及び貯水池概要

第３章　ダム及び貯水池概要

3.1　事業の概要

3.1.1 水力資源の開発

(1)　水系の状況

東北地方における河川の大なるものは、国境河川としての黒龍江、烏蘇里江、図們江、鴨緑江、域内には、北部に黒龍江支流の松花江、嫩江、南部に遼河等がある。嫩江はもと遼河の上流であったが、黒遼分水界一帯の地塊の隆起と大興安嶺及び西方砂丘の崩壊によって分断されたものである。これら河川は次のような一般的特性を有していた。

① 流路は諸山脈と同様、多くは地質構造線の方向すなわち東北－西南（鴨緑江、遼河、哈爾浜下流の松花江、烏蘇里江等）、西北－東南（嫩江、第二松花江、黒龍江）と直交する。

② 対象河川の流域は寒暑の差、乾燥の度が大きいため、岩石の風化がはげしく、岩層、塵埃を生じやすい。また、平原は黄土に蔽われているため、河水は常に混濁している。

③ 降雨量は年間 600㎜から 900㎜に過ぎないが、６、７、８月の３ケ月に年雨量の６０～７０％が降る。最大日降雨量 300㎜のこともある。このため乾季には一滴の水も流れず（こうした河を沙河といい、この地名の所多し）、雨季には林相の貧弱、地勢の平坦と相まって大氾濫を起こしていた。

④ 中流以下はほとんど平坦で（東北地方北部における河床勾配はほぼ二万分の一）河川の蛇行甚だしく、洪水の滞水期間が長く、尻無川、湿地、湖沼、また、アルカリ地帯が多い。

⑤ ほとんどが自然河川で、災害は洪水と干ばつが４～５年を周期として起きている。

⑥ 以上を水力発電の見地から見ると、流況が悪く、落差が少ないため、水路式開発には不利であるが、ダム式なら広大な貯水池が得られること、それによって下流水害と干ばつが救えるため、総合的に見てきわめて経済的な発電が可能であっ

た。

(2) 包蔵水力

東北地方の包蔵水力については、１９３３年頃から簡単な踏査と机上検討が開始されていたが、実質的には１９３７年から河川総合開発計画として図上検討、実地調査、地形測量等が行われた。１９３８年頃の調査では、主要１３河川、３７カ地点で常時出力 155万kWと発表されているが、その後、調査の進むにつれてこの数字は増加し、１９４２年には最大出力約 800万kWを包蔵することが確認された。（表3-1-1 参照）

これに基づき、開発５カ年計画にあわせて、鴨緑江、第二松花江、鏡泊湖、渾江における厖大な発電計画が樹てられた。

(3) 発電施設の建設

工事の実施に当たっては、有利な地点から着工され、前出の表2-3-1 にも示すように、１９３７年より順に、水豊（鴨緑江）、豊満（松花江）、鏡泊湖（牡丹江）と建設され、１９４１年８月水豊発電所、１９４２年６月鏡泊湖発電所、１９４３年３月松花江豊満発電所からそれぞれ部分的に運開し、送電を開始した。この時点での総設備出力は80万kWであった。

3.1.2 松花江豊満ダム

豊満ダムの調査は、１９３３年より松花江の総合的調査から開始された。豊満ダム建設の主目的は、莫大な貯水量を利用した東北地方の工業生産に対する動力資源として700 MWの電力供給であった。さらに松花江の洪水防御による 170,000haの開田灌漑、飲料水、工業用水等の水資源確保、河川流量・流路の安定による舟運確保がダム建設の目的であった。当時の計画の概要をまとめると次のとおりである。

(1) 貯水池諸元

①	貯水池諸元	43,000㎢
②	流域平均年雨量	500㎜
③	河川流出率	75%
④	平均年間流出量	165億㎥
⑤	年平均流量	525㎥/s
⑥	既往最大洪水量	10,000㎥/s（計画洪水量 15,000㎥/s）

⑦ 最大渇水量　　　　　　40㎥/s

⑧ 貯水池面積　　　　　　610㎢

⑨ 長　さ　　　　　　　170km

⑩ 最大貯水量　　　　　125億㎥

（うち有効貯水量）　　75億㎥

⑪ 水没耕地及び宅地　　150㎢

⑫ 水没戸数　　　　　8,400 戸

(2) 堰堤構造

① 型　式　　コンクリート重力式

② 高　さ　　　91m

③ 長　さ　　1,110m

④ 堤頂幅　　　8 m

⑤ 堤体積　　220万㎥

⑥ 溢流部　　総幅 200m中に半暗渠式水門で幅12m，高６ｍのローラーゲート付放水孔11連にて平水時放水能力 3,000㎥/s、満水時最大放水量 7,700㎥/s

⑦ 水圧管　　１０条 上流ベルマウス直後の入口部直径６ｍより始まりいったん水平に取水し、Ｓカーブ型にて下流端水車バルブ取付部にて径 5.3ｍに至る（長さ 100m）。全長ダムコンクリート中に埋設。

(3) 発電及び設備

① 平均有効落差　　　67m

② 平均使用水量　　　525㎥/s（年間 160億㎥）

③ 最大使用水量　　1,100㎥/s

④ 最大発電力　　　70万kW

⑤ 年間発生電力量　30億kWh

⑥ 発電所　　　　鉄骨構造平面積 6,000㎡（250t天井走行クレーン二台設備）

⑦ 送電電圧　　　２２万Ｖ（瀋陽、撫順方面）

１５.４万Ｖ（長春、哈爾浜、吉林方面）

⑧ サイクル　　　５０

⑨ 一次発電電圧　13,800Ｖ

⑩ 水車　　　　　竪軸フランシス型 85,000kW 、回転数 125回秒

第一期八基、第二期に二基増設の予定

⑪発電機　　　　竪軸回転磁界同期型　70,000kW

第一期八基、第二期に二基増設の予定

また、ダム建設の経緯については、第５章の表5-2-1 に示す。

表3-1-1 東北地方包蔵水力調査（1942年）

単位：1,000kW

水　　系	最　大　出　力
松　花　江	２，６５０
鴨　緑　江	１，６５０
灣　　　河	６１０
渾　　　江	６００
豆　満　江	５３０
遼　　　河	１１０
大　凌　河	７５
そ　の　他	１，７００
計	７，９２５

3.2　ダムの現況

１９５３年にほぼ完成したダムは、その後ほぼ４０年を経過して現在に至っている。この間ダムは長期に渡る凍結融解、浸食及び風化等の作用により、堤体コンクリートの劣化、部分崩壊が発生し、各種の補修工事が実施されてきた。本調査開始時点（１９９１年）ではダム上流面の新しい補修が約８割（但しEL. 226m以上において）完了しており、下流面についても変電施設及び発電所のある区間を除き補修工事が続けられていた。補修工事の詳細については、第６章で、また、ダムの外観等については第７章でそれぞれ述べることとし、ここでは、現状ダムの諸元を確認することとした（表3-2-1 参照）。

表3-2-1 豊満ダム施設概要

項　　　目	内　　　容
1. ダム堤体	
① 形　式	重力式コンクリートダム
② ダム高	90.5m
③ 堤頂長	1,080m
越流部	198m（9～19ブロック）
取水口部	198m（21～31ブロック）
非越流部	684m（1～8，20，32～60ブロック）
④ ブロック幅	18m
⑤ ブロック数	60ブロック
⑥ 縦ジョイント	A，B，C，Dの4ブロック
⑦ 堤体積	194万m³
⑧ 堤頂幅	非越流部　9m，越流部　11m 取水口部　13.5m
⑨ 堤体勾配	上流面：0.05　下流面：0.75～0.78
2. 発電所	
① 導水管	φ5.6m（10本のうち現在使用されているのは8本） 導水管中心標高　EL.222m
② 取水口ゲート	6.7m×6.7m —— 8門（重量60t）
③ 有効落差	67m
④ 平均使用水量	520m³/s
⑤ 最大使用水量	1,388m³/s（10台）
⑥ 発電力	725.3×10³kW(10台＋所内機1台)
⑦ 平均出力	280×10³kW
⑧ 年間平均発生電力量	16億kWh
⑨ 増設計画（現在計画中）	（左岸放流トンネル利用による）
3. 洪水調節施設	
① 洪水吐	12.0m×6.0m —— 11門
② ゲート	ローラーゲート　50t/門
③ 巻き上げ機	125t吊り門型クレーン　2台
④ 越流頂標高	EL.252.5m
⑤ 最大放流能力	9,240m³/s
⑥ 減勢工	水平水叩き型－エンドシル（差動式櫛形ﾃﾞﾌﾚｸﾀｰ）
⑦ 左岸放流トンネル	トンネル直径　9.2m 呑口標高　EL.220m（敷高） 最大放流量　1,180m³/s

3.3　貯水池の現況

豊満ダムの貯水池は、松花湖と呼ばれ完成後約４０年間治水、発電、灌漑、工業用水等に有効に利用されてきている。貯水池の水位、容量配分等の諸元は表3-3-1 に示す通りである。

貯水池内は、夏の間遊覧船によって、観光客のための貯水池内の遊覧が可能であり、吉林市の観光名所の一つとなっている。

ダム直上流には、左岸に官公署の保養所、宿泊設備、右岸に船着場、製材工場等がある。貯水池内上流部には淡水魚の養殖場があり、また、地元民による小規模な漁業も行われている。

ダム直上流部を除いて貯水池の湖岸には、集落は見当たらず放牧のための見張小屋が散見される程度である。貯水池周辺の湖岸は、山林が迫り一部は草地であり崩壊地、土砂崩れ等は見当たらない。

貯水池内の堆砂は、１９５９年に貯水池内の横断測量をおこなったのみであり関係資料も無いため正確な堆砂量は不明である。

貯水池周辺には左右両岸とも貯水池沿いの道路は無く、上流に行くには迂回道路があるのみである。

表3-3-1 豊満ダム貯水池諸元及び貯水位

貯水池		貯水位	
流域面積	42,500 ㎢	正常満水位	263.5 m
貯水池長	180 ㎞	低水位	243.8 m
最大貯水池幅	10 ㎞	治水制限水位	261.0 m
湛水面積	550 ㎢		(６月１日～８月20日の間)
最大水深	75 m	洪水ｻｰﾁｬｰｼﾞ水位	266.5 m
貯水容量	107.8億㎥	既往最高水位	266.18m (1957年)
死水	30.9億㎥	既往最低水位	225.10m (1990年)
発電	61.4億㎥	(ダム天端標高)	266.5 m
治水	26.7億㎥	(高欄天端標高)	267.7 m

3.4 治水・利水の現況

3.4.1 治水の現況

豊満ダムの上流域はほとんどが山間部であり、この地方としては比較的多雨地帯に属しており、年間の平均降雨は700mm 以上である。

一方、下流部には全国の洪水防御重要都市に指定されている吉林、哈爾浜などの大都市を有するが、下流河道部の河床勾配はほぼ 1/20,000 となり、一度洪水となれば下流部では高水位が長時間継続することが特徴である。

このため、松花江流域ではこれまでに豊満ダムをはじめ約1,700 の貯水池と11,000km の堤防が築かれ、この結果、近年では洪水被害もかなり減少する傾向にあるが、下流部の河道計画が1／100 年確率の安全度を確保する目標に対し、現在の許容量は1／20～1/50年確率程度であり、豊満ダムの役割は極めて重大である。

豊満ダムの洪水調節は標高 261mから 266.5mまでの26.7億㎥の容量を利用して行われる。このダムの放流設備は以下のとおりである。

- クレストゲート　11門（ 840㎥/sec× 11 ＝ 9,240㎥/sec）
- 左岸放流トンネル　1条（1,180㎥/sec× 1 ＝ 1,180㎥/sec）

この他に発電放流が約 1,400㎥/secあり、合わせて11,820㎥/secの放流が可能である。

河川の管理については水利部の所管で、豊満ダムの洪水時の操作は能源部東北電業管理局豊満発電所が直接行っている。このため洪水調節時には、流域内にある雨量観測所、及び水位流量観測所のほか、上流部の紅石ダム（重力式コンクリートダム、1987年完成）、白山ダム（重力式アーチダム、1983年完成）の雨量及び水位（流量）データを用いた洪水予測を発電所で行うと、その結果を長春市にある出先機関である豊満・白山水防調整連絡部会（松遼水利委員会及び関係流域省である吉林省、黒龍江省の水防指揮部、東北電業管理局、豊満・白山発電所で組織されている）に連絡し、その放流指示に従ってダム操作を実施している。

洪水時の放流は、①発電放流、②クレストゲート、③左岸放流トンネルの順に行うことになっており、クレストゲートが設置されたのは1953年であり、その後クレストゲートを使用した洪水を1991年8月洪水を含め12回経験している。また、左岸放流トンネルは1979年に設置されたが、これまで一度も使用されたことがない。

ダム完成後最大の洪水は1953年８月で、最大流入量17,500㎥/sec、最大放流量は7,600㎥/secである。最近の洪水は、1987年７月から８月にかけての洪水で、この時の最大流入量は 5,600㎥/sec、最大放流量は 3,600㎥/secであったが、この洪水では放流時に洪水吐き下流面で旧堤内バイパス閉塞箇所のコンクリート約 1,000㎥が崩落し、豊満ダムの老朽化がクローズアップされることとなった。

また、下流域の半山松花大橋地点における洪水位は、現地のヒアリングにより、1953年洪水で概ねEL.167m、1987年洪水で概ねEL.165mと推定される。

なお、豊満ダムの放流量は一般洪水は 3,000㎥/sec、1/100 年洪水放流量は 5,500㎥/sec、 1/1,000年洪水放流量は 7,500㎥/secであると中国側は計画している。

3.4.2 利水の現況

(1) 発　電

豊満発電所による発電は、利水容量の61.4億㎥を利用して発電される。21～31BLの取水口部に発電用取水鉄管が埋設されており、この鉄管の径は5.6ｍで、取水中心標高はEL.222mである。また、27BLには管理用発電（所内機）のため径1.6ｍの鉄管が１条埋設されている。

発電所はダム直下流の右岸にあり、水車及び発電機の中心線はダム軸線の下流95ｍの位置にある。1943年３月１号機が運転を開始し、その後半世紀にわたり増設を重ねてきたが、1992年６月15日10号機の運転開始により当初計画に終止符を打ち、設備出力は 725,300kWとなった。

最大使用水量は、有効落差69m時で 1,467.1㎥/s（所内水車除く）。最近の年間発電電力量は表3-4-1 に示すとおりである。1989年及び1990年は渇水年でもあったが、上流面の補修工事を実施するために貯水位を下げたため、年間発電電力量は小さくなっている。

表3-4-1　豊満発電所の最近の年間発電電力量

年　次	年間発電電力量	年　次	年間発電電力量
1985年	15.94 億kWh	1988年	20.07 億kWh
1986年	25.92 億kWh	1989年	10.8　億kWh
1987年	20.96 億kWh	1990年	6.87 億kWh
		1991年	20.64 億kWh

3.4.3 貯水池運用の現況

(1) 貯水池運用

豊満ダムの貯水池諸元より運用方式は制限水位方式をとっている。

・発　電

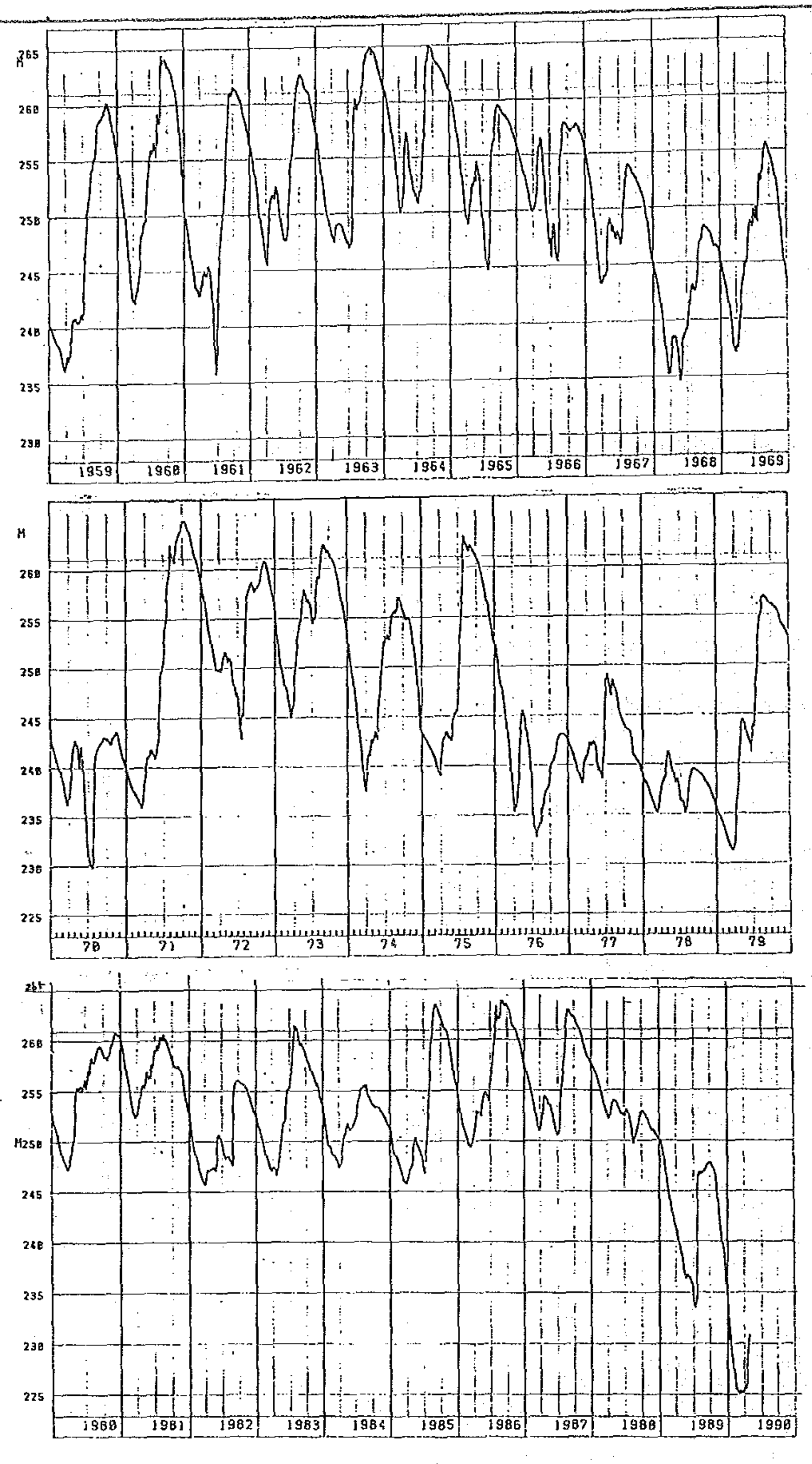
標高EL 263.5mから標高EL 243.8mにおける容量61.4億m³を利用し、最大出力 725,300kW、平均出力 280,000kWをもって電力供給を行っている。

・治　水

夏期（6月1日から8月20日）において、標高EL 261.0mから標高EL 266.5mにおける容量26.7億m³を利用し、ダム地点における各規模の洪水量に対し、一般洪水に対しては、3,000m³/s、1/100確率洪水に対しては5,500m³/s、1/1,000確率洪水に対しては 7,500m³/s放流を行い、下流の吉林地区、長春地区の中部平原地域、白城地区を洪水から防御している。

(2) 貯水池運用実績

図3-4-1 は、1959年より1989年までの豊満ダム貯水池水位の変動を示したものである。これらの中で貯水池水位が大きく制限水位を割り込んでいるのは渇水及び洪水吐関係の補修工事によるものである。



吉林豊満ダム修復強化計画調査	図3-4-1
日本国・国際協力事業団	貯水池水位の変動（1959年～1989年）

3.5 管理体制

豊満発電所は、日本の発電所と違い、図3-5-1 に示すように1つの独立した管理体制を有し、所内で殆どの作業ができる体制となっている。

洪水期には、通信分所に属するテレメーターシステムを通じ上流域の気象情報を収集、これらのデーターが水工分所のコンピューター（IBM-386, IBM-XT等）に連動されており、必要な場合は水工分所の職員が指揮系統の指示に基づいてゲート操作を行うことになっている。指揮系統は図3-5-2 に示すようになっており、放流量が 3,000m^3/sより小さい場合は吉林省水防指揮部が直接豊満発電所に指示し、 3,000m^3/s以上の場合は下流域における被害の可能性があることから、豊満・白山水庫（貯水池）水防調整連絡部会の決定により指示が豊満発電所に行なわれることになっている。

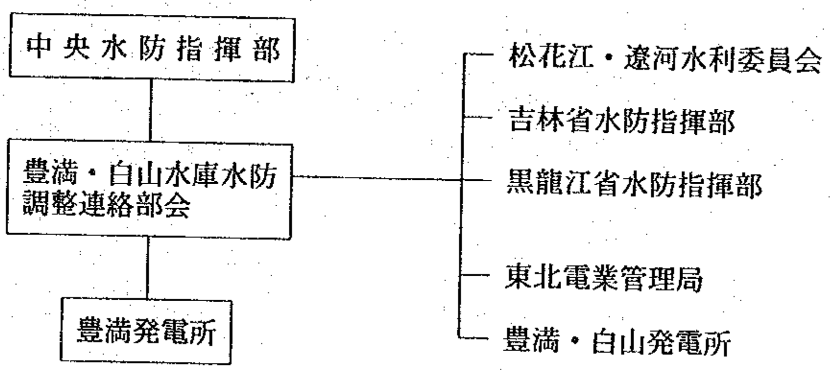
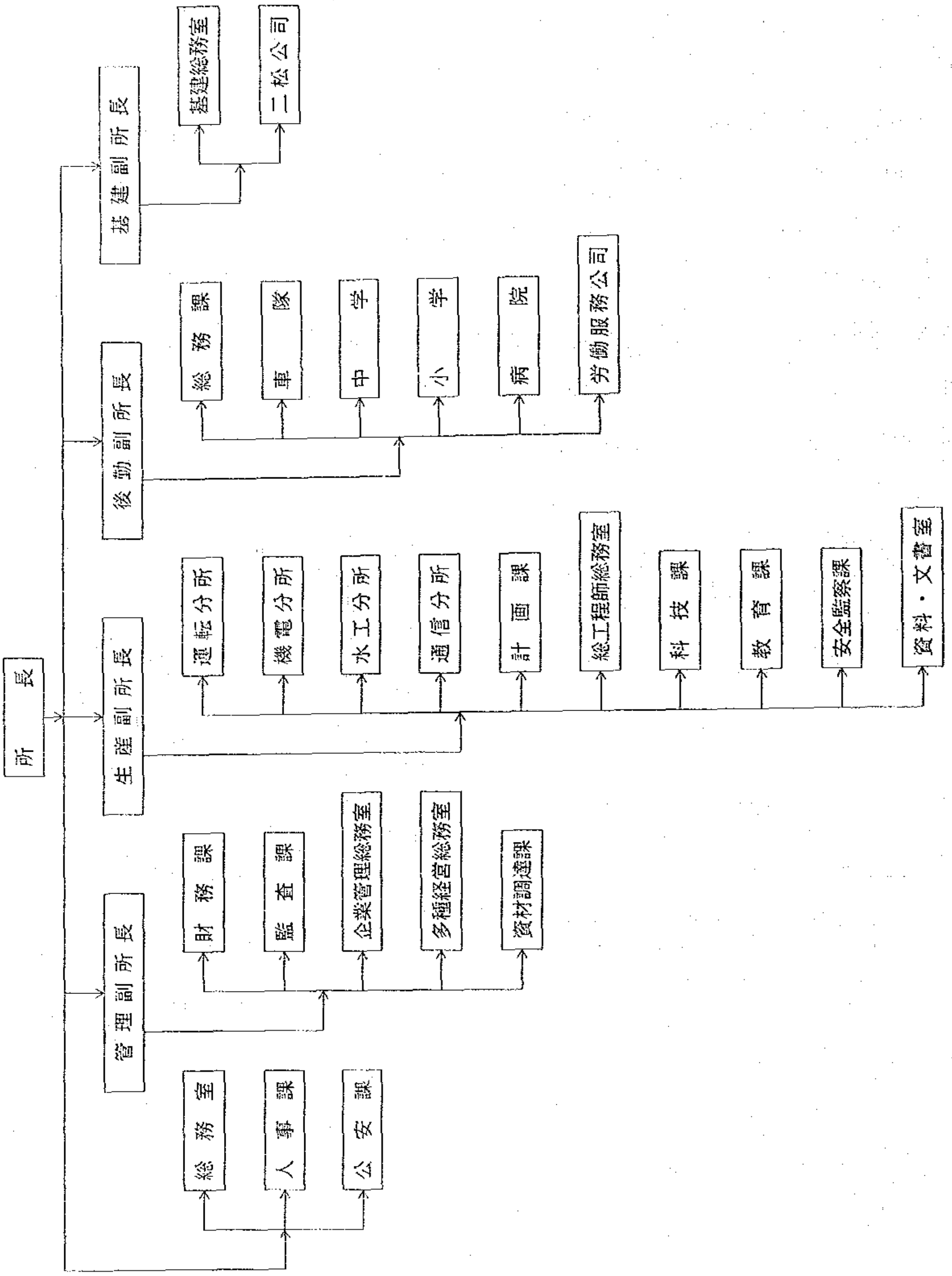


図3-5-2 洪水時の水防指揮系統図



吉林豊満ダム修復強化計画調査 日本国・国際協力事業団	図3-5-1 豊満発電所管理体制

第4章　地　　質

第4章　地　　質

4.1　地形地質概要

豊満ダムのダムサイトは、松花江の河道が山岳部から平野部に移り変わる地点に位置し、両岸の分水嶺は標高 500～ 700mの北東－南西方向に伸びる山脈よりなる。この分水嶺を境に湛水池側は全般に急峻な山地と樹枝状に入り組んだ水系や開析の進んだ峡谷が発達し、いわゆる壮年期の地形となる。これに対してダムサイトの下流域には低いなだらかな丘状の山地と広大な平野が発達し、いわゆる老年期の地形を呈する。

ダムサイトの地形は、左岸側では河床から山頂まで急傾斜の斜面から成るが、右岸側では河床から山裾部になだらかな緩斜面となり、山腹部から山頂までは急斜面より成る非対称形の谷となる。河床部の標高はEL.約190m、河床部の谷幅は約 450m、ダム天端標高EL.266.5mでの谷幅は約 1,000mである。左岸山頂はEL.764m、右岸山頂はEL.898mで、左右岸山頂部間の距離は約5㎞である。

湛水地周辺の地質は、二畳系またはそれ以前の花崗岩とこの接触変成を受けた堆積岩類より成る。

ダムサイト周辺を構成する地質は表4-1-1 に示すとおりであり、堤体の基礎岩盤は変質礫岩より成る。

表4-1-1　ダムサイト周辺の地質構成

時代		岩種	
新生代	第四紀	河床砂礫層	崖錐堆積層
		玄武岩	
中生代	二畳紀	花崗岩	
		変質礫岩	

ダム下流には表層浅部の風化の進んだ花崗岩が広く分布する他、河道および右岸直下流には玄武岩の分布が見られる。崖錐堆積層は山裾部および河床部に厚く堆積し、珪質岩、砂岩、頁岩、花崗岩、片岩などの河床砂礫層が河床部に広く分布している。

4.2　地質調査

4.2.1　調査経緯

豊満ダムの建設時および完成後現在迄の地質調査は、表4-2-1 のとおりである。建設前および建設初期の資料については十分な資料が残されていなかったためか、中国側が確認のため追加調査を実施している。これらの追加地質調査は33～38ブロック間の断層調査を主とするものである。

表4-2-1　既往基礎岩盤調査一覧

<table>
<tr><th>時　期</th><th colspan="2">項　目</th><th>内　容</th></tr>
<tr><td>建設前～
建設初期</td><td colspan="2">ボーリング</td><td>約70孔、各孔の深度30～40m（各孔とも着岩後３～５m）</td></tr>
<tr><td rowspan="6">建設中及び
建設後
（中国管理下）
～1973年</td><td rowspan="2">ボーリング</td><td>削　孔</td><td>58孔、計 1,590m</td></tr>
<tr><td>透　水
試験等</td><td>圧力水注水試験 149st、湧水試験３st、
揚水試験３st、流速試験５回</td></tr>
<tr><td colspan="2">岩石試験</td><td>岩石・断層粘土の物理力学試験　39試料
岩石薄片鏡下鑑定　92試料
岩石成分化学分析　4試料</td></tr>
<tr><td colspan="2">水質試験</td><td>水質化学分析 130試料</td></tr>
<tr><td colspan="2">試掘坑調査</td><td>試掘立坑横坑（断層部）各１孔　計40m
現位置剪断試験　９地点　計31試料
現位置変形試験　４地点　計 4試料</td></tr>
<tr><td colspan="2">電気探査</td><td>2.3㎞</td></tr>
</table>

なお、ダム建設後に地質調査を行った理由は、以下の通りと考えられる。

① 建設前に把握された基盤岩の性状と地質構造の資料が散逸してしまい、またその際の調査は必ずしも十分であるとは判断できなかった。そのため、あらためてダムサイト全般に調査ボーリングと地表踏査を行って、地質上の問題点を整理する必要があった。

② 建設中にその分布と規模が明らかになった断層や弱層の内、34～36BLに分布する断層密集部周辺の幅広い弱層部は、表層の風化・緩み部の掘削除去とコンクリート置き換え処理がなされた。しかし、①の地質調査で33～38BL間の弱層部の分布と構造が明らかにされると、地表約30mの弱層部を掘削削除したとはいえ、この幅広い

弱層部の地質が堤体安定上十分であるかどうか確認する必要が生じた。

③ カーテングラウトの実施後も揚圧力が高い値を示し、ダム基礎が十分な止水性と耐久性を有するかどうか確認する必要が生じた。

これらの調査の結果は、表4-2-2 に示す報告書にまとめられている。

表4-2-2 地質資料一覧

作成月日	報告書名
1936年11月	吉林堰堤箇所地質調査報告（昭和11年10月）
1950年 5月	水電站之工程地質条件、東北水力発電工程局
1958年11月	水電站補充地質報告、水電部東北勘測設計院
1965年11月	豊満大堰33～38堰段地質資料整理説明書、水電部東北勘測設計院
1966年 2月	水電站之工程地質条件、豊満発電所技術档案室
1973年 3月	豊満電站堰基　野外混凝土／岩石　和岩石～岩石剪力試験及変形模量試験報告、水電部東北勘測設計院
1973年 3月	豊満大堰33～38堰段補充地質説明書 水電部東北勘測設計院
1986年	豊満堰基処理情況簡介

4.2.2　ダム基礎岩盤の地質と構造

ダム基礎岩盤の一般地質構成と地質状況を図4-2-1 に示す。

ダム基礎全面を構成する変成岩類は、変質礫岩と呼ばれる塊状の礫質片岩である。風化は薄く、新鮮部は灰緑色を呈し緻密堅硬であるが、表層部は割れ目が多く発達する。礫の形状は明瞭だが、周辺部の再結晶化が進んでおり礫と基質部は密着し、片状構造等に乏しい。ダム周辺には砂岩泥岩起源のホルンフェルスや緑色片岩および変成度の低い礫質片岩も分布するが、これらの境界は判然としない。

ダムサイトに発達する断層は、北西ないし北北西方向の走向と鉛直に近い急傾斜のものが多く、北東方向の走向を有する断層は少ない。河床部の断層は幅広い破砕帯を伴うものが多く、とくに河床部右岸の堤体34～36BLにかけては10条の断層（傾斜約85°～75°）の密集により幅約40mの河川上下流方向に伸長する弱層部が形成されている。

ダムサイトには、明瞭な褶曲構造は認められない。

4.2.3　断層・破砕帯の構造と性状

建設（掘削）時に観察された基礎岩盤状況資料とその後のボーリング及び試掘坑などの調査により、ダム基礎岩盤の岩相と地質構造を検討した。その結果、基礎岩盤は概ね緻密堅硬だが表層部には割れ目が発達する塊状の変質礫岩からなるが、堤体直下には河川縦断方向に伸張する断層及び弱層帯が発達することが明らかとなった。これらの位置を図4-2-2 及び表4-2-3 に示す。

堤体基礎岩盤は、34～36BL以外のブロックでは概ね緻密・堅硬・新鮮で割れ目のあまり多くないC_M～C_H 級岩盤より成る。34～36BL付近には多くの断層とこれに伴う破砕帯からなる幅約40mの弱層帯が分布し、34・36BLはその基礎の約半分の面積がまた35BLは基礎岩盤のすべてがこの弱層よりなる。図4-2-3 に、力学性状上問題となる34～36BL付近の岩級区分平面図を、また図4-2-4 に地質断面図を示す。この弱層部の性状と力学特性を把握するために、1973年に35BLの下流20mの地点に試掘坑が掘削され、弱層部の岩相観察と現位置力学試験が実施されている。この試掘坑は、深さ９mの立坑とその坑内から弱層部の走行直交方向（ほぼダム軸平行方向）に掘削された長さ約31mの横坑より成るもので、 189平洞と呼ばれている。この調査の結果、次の事項が明らかとなった。

① 構　造

この弱層部を構成する断層・破砕帯は、ダム軸にほぼ直交する走行で急傾斜である。これらは、189平洞内では北北西走向５条・北西走向２条・北東方向１条の傾斜85～75度・厚さ20cm以下の断層粘土とこれに沿って発達する幅５～６m程度の強破砕部と幅15～25m程度の弱破砕部より構成され、全体として幅約40mの弱層として河川上下流方向に伸張するものである。

② 岩　相

断層粘土は、軟質で細粒の粘土からなり最大20cm程度の厚さである。

強破砕部は、ダム軸直交方向の節理が多く発達し、構成岩は数cm～数10cm大の軟質～中硬質の破砕された岩片状と成っており、一部陵の丸くなった断層礫を含む。節理面沿には珪質物の充塡が認められるが、その一部は緑泥石化ないし粘土化している。

弱破砕部も同様の節理が多く発達し、強破砕部に比べやや硬質な岩片より成る。節理面沿いには珪質物の充塡が認められるが、粘土化した部分は認められない。

③ 活動年代

ダムサイト下流の両岸に分布する第四紀の玄武岩の分布標高に差がないことと周辺地域の地質資料から第四紀よりも以前に形成・活動した断層であると考えられている。

表4-2-3　堤体基礎岩盤に発達する断層一覧

位　置	断層名	弱層帯の幅	走　向	傾　斜
14～16BL	F 61 F 62	2～5 m 4～5 m	N－S NW	W SW
21BL	F 63		N－S	E
25～26BL	F 64 F 65	7～10m 7～8 m	N－S N－S	E E
30～32BL	F 66		NW	SW
34～36BL	F 67-1 F 67-2 F 67-3 F 67-4	40m	N－S N－S NW NW	W W NE SW
37～38BL	F 69	12～18m	N－S	W
39BL	F 68		N－S	W
44BL	F 75		N－S	W
46～47BL	F 76		NW	NE