

中華人民共和国

観音閣ダム建設計画調査

最終報告書

主報告書

1988年9月

国際協力事業団

開 二

88-119



中華人民共和國

# 觀音閣ダム建設計画調査

最終報告書

主報告書

18950

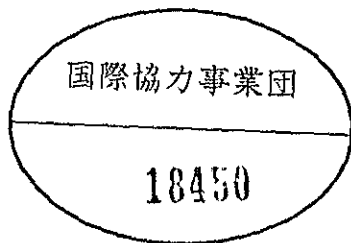
JICA LIBRARY



1071342[E8]

1988年9月

国際協力事業団



マイクロ  
フィルム作成

## 序 文

日本国政府は、中華人民共和国政府の要請に基づき、同国遼寧省東部を流れる太子河の観音閣ダム建設計画のフィージビリティ調査を行うことを決定し、これを国際協力事業団が実施した。

事業団は、日本工営株式会社吉武英一氏を団長とし、同社及び財団法人ダム技術センターより構成される調査団を選定し、1987年4月より1988年6月まで4回に亘り同国へ派遣した。

同調査団は、現地において同国政府関係者と協議を行うとともに、現地調査を実施し、現地調査結果をもとに日本国内にて解析・検討作業を行い、ここに最終報告書提出の運びとなった。

本報告書が中華人民共和国の経済開発に寄与するとともに、ひいては日中両国間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。

最後に、今回の調査実施にあたり多大の御協力をいただいた中華人民共和国政府関係機関、在中華人民共和国日本大使館、在瀋陽日本国総領事館、外務省及び建設省の関係各位に対してここに深甚なる謝意を表すものである。

1988年 9月

国際協力事業団

総裁 柳谷謙介



# 観音閣ダム建設計画調査団 伝 達 状

国際協力事業団

総 裁 柳 谷 謙 介 殿

中華人民共和国観音閣ダム建設計画調査の最終報告書を提出いたします。本報告書は、中華人民共和国遼寧省を貫流する太子河上流に予定される観音閣ダムの建設計画を策定するべく検討を行った調査結果を提示したものであります。

本報告書は、洪水防御、上工水開発、農業開発、水力開発、養魚から構成される多目的ダムの開発基本計画を提示しております。

更に、従来工法によるコンクリートダム建設に替えて、RCD工法の適用の妥当性についても提言いたしました。

報告書は要約、主報告書、資料集に分冊されています。

要約には開発計画の概要を、主報告書は開発計画の背景、状況、条件を含めて記述してあります。

本報告書を提出するにあたり、全調査期間に亘り、多大な御支援を賜った貴事業団、作業監理委員会、外務省、建設省、在中国大使館、総領事館の諸賢、ならびに中華人民共和国政府諸機関の関係各位に対し、心から感謝の意を表するものであります。

本調査の成果が、太子河流域の今後の社会開発、及び経済発展と福祉向上に資するならば、これに優る光栄はないと考える次第であります。

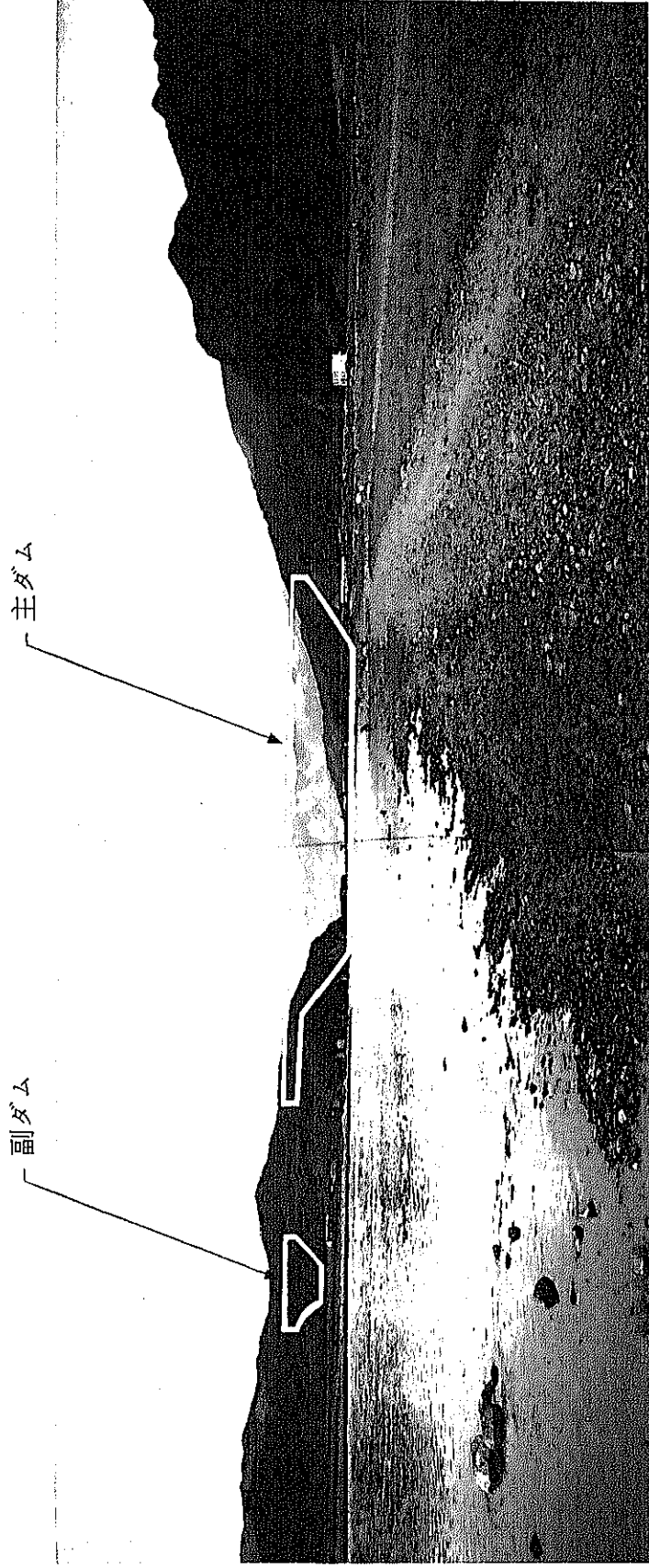
1988年 9 月

調 査 団 長

吉 武 英 一

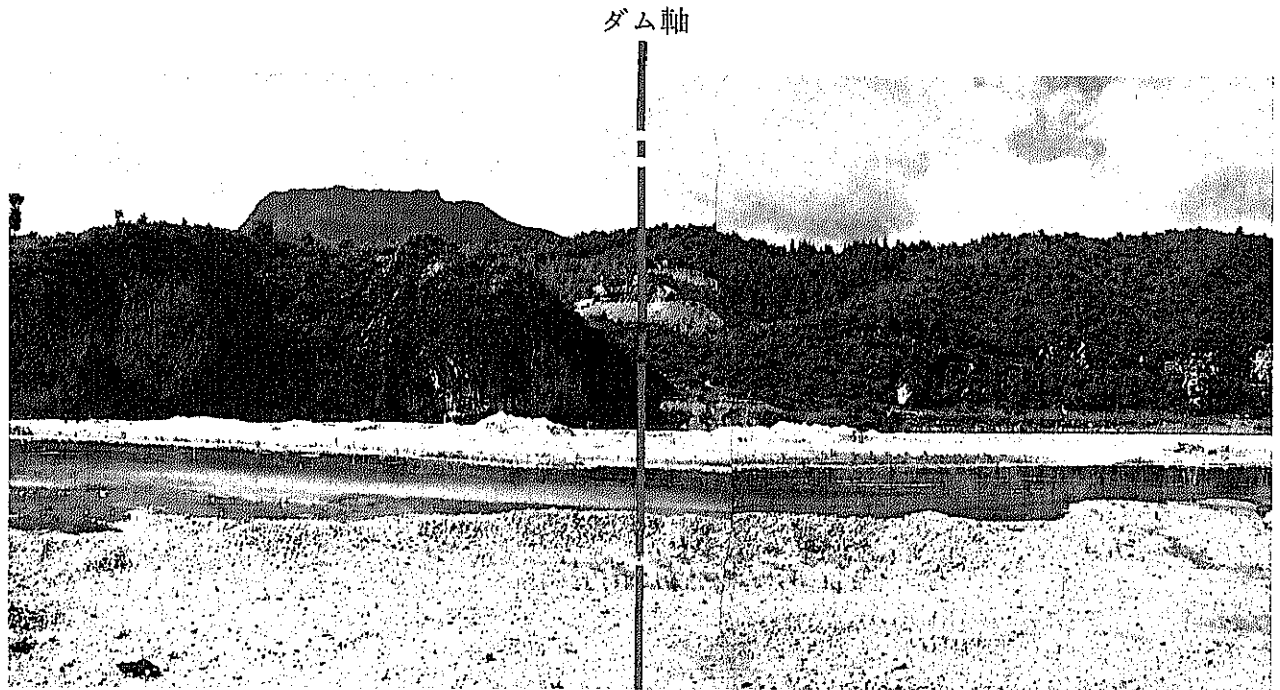




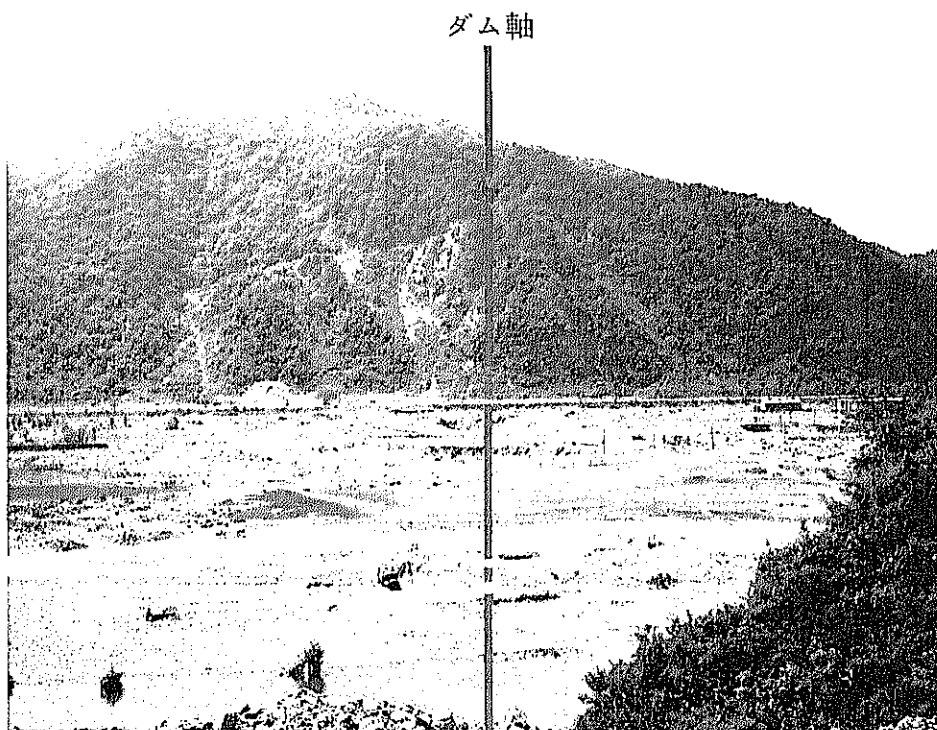


ダムサイトの全景を下流より望む



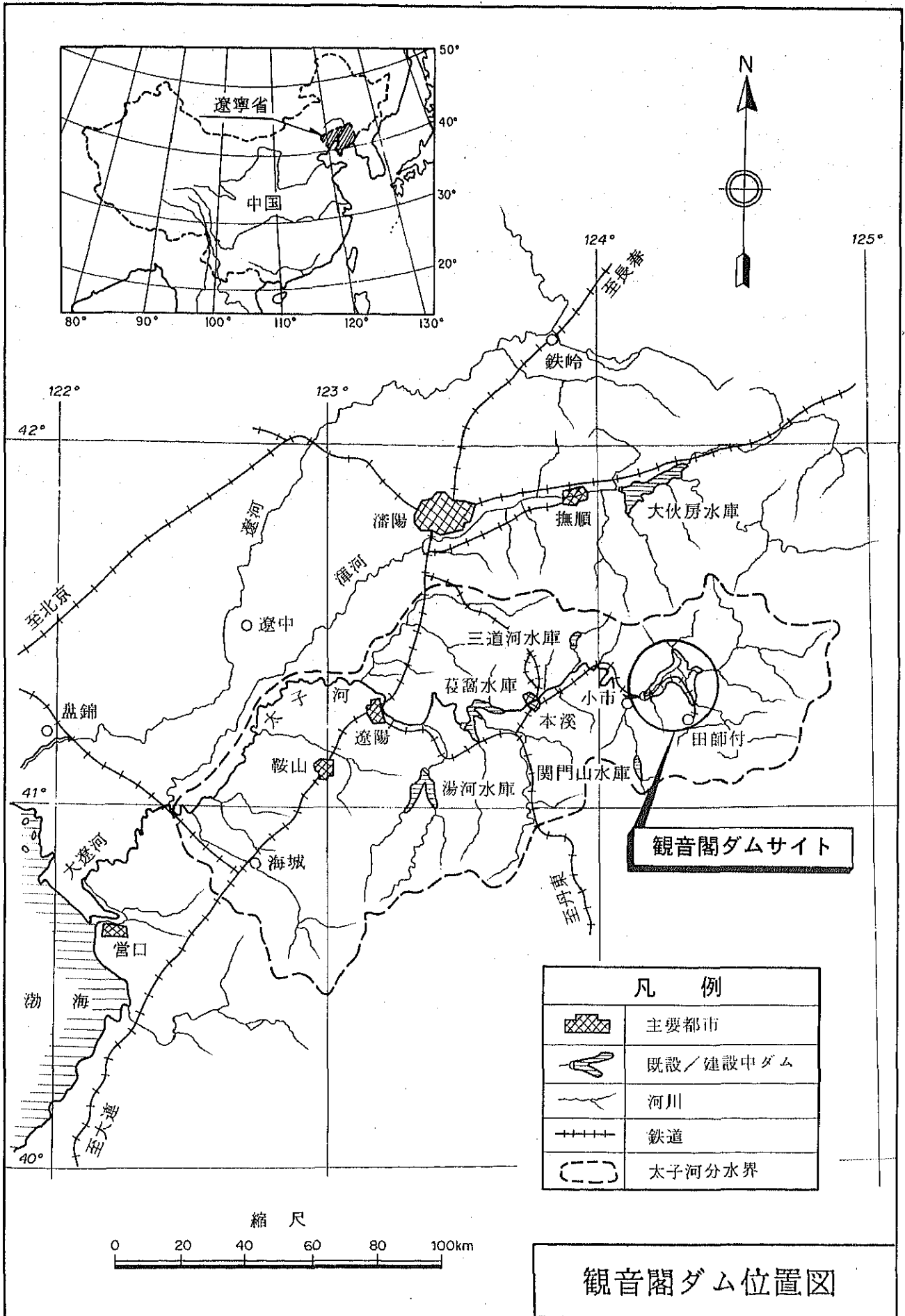


左岸より太子河をはさんで右岸側を見る



右岸側よりダム軸線上の左岸を見る







## 要 約

1. 本「最終報告書」は、日本国際協力事業団の調査団が、中華人民共和国水利電力部、実施機関である遼寧省水利電力庁と緊密な協力の下、1987年4月15日より実施した観音閣ダム建設計画のフィージビリティ・スタディ（可行性研究）の結果を取り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報告書類を提出し、その都度日中双方は密接な協議を行い「協議議事録」を作成調印し円滑な作業の進捗を期した。

1) 着手報告書	1987年 5月11日
2) 現地報告書(1)	1987年 6月 1日
3) 現地報告書(2)	1987年11月22日
4) 中間報告書	1988年 3月11日
5) 最終報告書(案)	1988年 6月17日

本「最終報告書」は、1988年6月下旬の「最終報告書(案)」に関する日中協議を踏まえて作成したものである。なお、大型供試体試験2（本溪425#R型セメント使用）の結果は同年10月中旬までに別途報告予定である。

2. 遼寧省東中央部を貫流する太子河の上流に建設予定の観音閣ダム地点周辺は、寒冷地に属するが、ダムサイトにおける清澄な河川水の年間賦存量はかなり大きな値である。

また、下流域一帯の都市化、工業化の進展は目覚ましく産業、経済の諸指標はそれぞれ全国平均を上回る値が報告されている。

国土の保全、産業基盤の整備を主目的とする本ダムは機能的には都市型のダムと稱すべく、地域経済の多様な面に果す役割の位置付けは緊要と考えられる。

3. 貯水池全域には石灰岩が広く分布しているが、湛水区域内には、重大な漏水の原因となる大規模な破碎帯、断層及び溶洞系統の類は発見されていない。また太子河と隣接河川間の地形は、約400m以上の高い分水嶺が連なり、山体も大きく、低い鞍部は存在しない。地質的には非可溶性岩層であるカンブリア系下統以前の地層からなる岩層群が貯水池を取り囲み、漏水遮断の役割を果たすと考えられる。

ダムサイト右岸山体部の一部に地層の薄い尾根があるが、カンブリア系10m頁岩層をはじめ、頁岩の薄層を夾む岩層が漏水を遮断する方向に介在する。

以上の地形、地質的条件により、遮水性が信頼出来る。密封貯水池盆の建設が可能と考えられる。

地質調査によって発見されたダムサイト周辺の小規模な溶洞、洞穴については慎重な閉塞工が必要であるが、特にダム敷の遮水工は前述10m頁岩層とつなぐカーテングラウト工が計画されていて、妥当と考えられる。

また、エアージャッキ方式を導入した補足地質調査が実施されたが、高いルジオン値を示していた箇所は一般的に低値となる傾向が確認された。

将来、ダム建設に伴う基礎処理工の実施に当たっては、綿密な事前施工試験、入念な施工によって得られる知見を生かして水密性の増大、耐荷力の向上を図るべきだと考える。

#### 4. ダムの最適規模の検討については、主目的である治水、利水面に区分して実施した。

治水については、堤防の築造による河道と、ダムに計画洪水量を割り振る基本的な検討手法があるが、中国における長い治水の歴史、経験、地域の状況等を考慮し、ダム高を変えた場合の適合性を便益とコストによって判断する方式に限って検討することにした。

利水については、利水容量の規模とそれに対応する新規開発水量との関係から、ダム高に応ずるコストと便益からその最適規模を検討した。

何れも中国側の現計画案の規模が妥当である事が確認された。

#### 5. 治水計画において必要となる各種確率年の計画流量に対しては、両国の確率計算手法に相違があるため、同一実測流量記録を用いて日本式で計算し、同一確率年に見合う流量が異なることを示した。

一方、洪水調節計算については、日本国内で実施されている計画降雨による方式を採用し、菟窩、湯河、観音閣ダムの調節効果を考慮し、残流域よりの流出を含み水系一貫の流量計算を実施した。

計画降雨の策定に当たっては、地域の降雨特性の調査結果より、ダム地点上流域、中・下流域に区分し、回帰度のよい対数 PearsonⅢ型法によった。

計画降雨による確率流量も勿論中国側の値と異なるが、例えば、中国側1/500、13,800 m<sup>3</sup>/s（小市）は日本側の計算によれば、約1/250、に相当し、河道計画に考慮される安全度としては妥当と考えられる。

貯留関数法による計算を実施するに当たり、3ダムの規模、下流域の地形諸元等については、知り得た情報を能う限り活用して計算したが、計算条件には何等かの仮定を導入せざるを得なかった。

しかし、水系を通しての計算結果によれば、中国側計画案とかなり符合する傾向が見られる。

降雨による計算手法については、将来の洪水流出予測、洪水予警報、ダム群の統合管理方式等の検討に不可欠であり詳細な計算過程を資料集に紹介した。



6. 中、下流都市域の都市工業用水については、現状においても節水を余儀なくされていて、将来計画としては倍増の需要値が報告されている。
- 一方、地表水の利用率は現在低位であり、水資源開発施設としての本ダムの役割は大きいと考えられる。利水供給の安全度については、逆に渇水被害との関係で検討すべきであるが、各国の事情により一概に言えないので、中国側の計画する保証率、破壊程度を考慮して利水計算を実施した。水文資料の観測年数、将来の長期的な利水管理計画等の策定を考慮して、中国の計画案を妥当と考えた。
7. 本ダムで自己容量を有しない発電計画については、東北電力系統網との関連を調査し、開発規模、水車型式の選定、台数等を検討し、中国側計画案の妥当性が判明した。
8. 巨大な貯水池を利用する水産養殖は、隣接水系の大伏房ダムでも見られるように、この地域では多目的ダムの果す一機能として、定着している利水計画と思われる。
- 生産性を高めるための湖水の自然条件、養魚手法、技術等に恵まれた観音閣ダムにおいては利水計画の一部門として計画する。
9. ダムの運用計画としては、現中国計画案の規模についての妥当性が得られたので、現案についての運用計画を整理した。
- しかし、湖水における貯水位による三段階のゲート操作にはハンチング現象の生起も懸念される。
- また利水面では年降雨量の変動により経年貯留ダムのパターンとなり、節水も余儀なくされるから、長期的な利水管理、ダム群による統合管理等の構想が有効に機能するのではないかと期待される。
10. RCD工法の適用性の検討はダム本来の安定性を確保しつつ、技術的なfeasibility、従来工法との比較において工期、経済性の優劣を検討する事と基本的には概念し得る。
- 概略検討によれば、堤体の関連工種に限って約20%の節減が可能と判断される。
- RCD工法のコンクリート室内試験は中国国内、日本国内において、それぞれ分担を決めて実施された。
- 各種材料の品質試験の外、配合試験としては、配合目標強度を $150 \text{ kg/cm}^2$ 、 $C + F = 120 \text{ kg/m}^3$ 、 $F / (C + F) = 30\%$ を基本条件として各種の必要な試験が実施され特異な性状も確認された。
- 細骨材の微粒分を補う粒度調整は必要と考えられる対策の一つであるが、慎重な対応を適切に重

ねればRCD工法による施工は可能と考えられる。

今後は実際に使用される各種材料を用いた室内試験，試験施工を通じてRCD工法による実作業につないでゆくべきだと考えられる。

11. 本ダム建設に伴う環境関連項目としては，自然環境，社会環境が想定される。冷水，濁水現象の生起は予想されるが，需要地，河道の状況等から下流域に重大な影響を与えるとは考えられない。

人工湖で注目されている富栄養化問題についても，立地条件等より重大な問題には発展しないと考えられるが，Vollenweiderモデルの図上において，問題を生じていない近傍の湯河ダムとの比較によりその根拠を一層明確にし得た。社会環境，特に史蹟，文化財，保健等についても検討の結果重大な問題につながらないと判断した。

12. ダム地点狭窄部におけるダム軸は中国側選定の第6軸線が妥当と考えられる。

堤体構造については，区間毎の下流面勾配の統一，上流フィレット方式は妥当と考えられ，具体的な諸元については日本国内基準によっても検し，安全断面である事を確認した。

それぞれの機能を持つ堤体付属施設については，中国側の基準，経験等を尊重しつつ，得られた配置案を計画した。

牛馬台溝に築造予定の副ダム計画についても基本的に妥当な案と考えられる。

ただし，堤体ブロック中に配置する堤内排水孔は機能上のメリットに乏しく，効率的なRCD工法の障害になるので設置しない方針と考えた。

13. 左岸先行の半川締切方式，20tダンプ直送によるRCD工法を中心に各工種の施工計画を検討した。

施工設備の大型機械として，2軸強制練バッチャープラント3m<sup>3</sup>，2台，2基，ロッドミル2,100mm×3,600mm，2台の採用が必要と考えられる。その他汎用機器類の作業効率を勘案して，工事工程表を作成し，1990年本体打設開始，1994年完工予定とした。

事業費積算については，RCD工法による堤体工事の国際入札，外国コンサルタントによる技術管理を想定し，その他通常の国際手法により内貨，外貨に割り振り，内貨分約7.9億元，外貨分6.0億元，合計約13.9億元と算定した。<sup>\*</sup>

---

<sup>\*</sup> 換算レートは1US\$=3.7元  
1元=35円とする。

14. 本プロジェクトの治水, 上工水, かんがい, 水力発電, 養魚の毎年の経済便益及び経済費用を算出し, 現在価値に換算して経済内部収益率を計算した結果は13.1%となる。

また経済内部収益率の感度分析を行った結果, 工事費が上記の10%増加し且つ便益が逆に10%減少した場合でも, 内部収益率は11.3%である。

15. 本プロジェクトの毎年の財務収支を現在価値に換算して財務分析を行った結果, 財務的内部収益率は8.8%と算定された。

この数字は必ずしも高いものではないが, 本プロジェクトの重要な目的である治水事業による収入は考えていないことを考慮すると妥当な水準と考えられる。

16. 本プロジェクトの外貨借款を年利3.0%, 30年償還(10年据置), 内貨分を年利3.0%, 15年償還(8年据置)で借入れるものと仮定して, その償還計画を検討した結果, 累積収支は1995年の竣功後8年で黒字に転じるので, 償還能力には何等问题が無い事を示している。

17. 本プロジェクトのフィージビリティ・スタディの結果, 慎重な事前調査, 適切な施工体制が確保されれば, RCD工法の適用も可能であり, 治水・利水の目的に対して所期の機能を十分発揮する多目的ダムが実現する事が確かめられた。

また経済的にもその効果が高い事が理論的に証明された。

財務的内部収益率は8.8%と健全であり, 借款に対しても償還能力がある事が確かめられた。

本プロジェクトによって, 下流主要都市部地先は1/500年確率, 遼陽市下流の農耕地一帯は1/50の治水安全度で護られ, 民生安定に大きく寄与する外, 用水需要に対応する新規開発水量の供給も地域経済に図り知れない活性をもたらす事も明白である。

またRCD工法による大規模なコンクリートダムの施工を通じ先端技術の得難い経験が積み重ねられて, 熟練労働者が育成され, 将来雇傭機会の創出が期待される。

完成後は湖辺の緑と相俟って, 自然湖に近い広大な湖水が民衆にレクリエーションの場を提供し, 絶好の憩いの里となる事も想定される。

本プロジェクトは上記のように, 技術的にも, 経済的財務的にも健全なダム建設であるばかりでなく, 社会的にも大きな成果が期待されるプロジェクトと判断される。



# 目 次

	頁
位置図 .....	i
要 約 .....	ii
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 - 6
第2章 計画地域の現況 .....	2 - 1
2.1 位置及び地形 .....	2 - 1
2.2 気象・水文及び堆砂 .....	2 - 1
2.2.1 気 象 .....	2 - 1
2.2.2 水 文 .....	2 - 3
2.2.3 堆 砂 .....	2 - 5
2.3 地 質 .....	2 - 6
2.3.1 広域の地質概要 .....	2 - 6
2.3.2 ダムサイトの地形・地質 .....	2 - 6
2.3.3 貯水池の地質 .....	2 - 16
2.3.4 ダム基盤としての工学地質 .....	2 - 17
2.3.5 ダム基盤としての工学地質評価, 所見及び結論 .....	2 - 24
2.3.6 今後の課題 .....	2 - 28
2.4 材料(コンクリート用骨材) .....	2 - 29
2.4.1 コンクリート用骨材 .....	2 - 29
2.4.2 今後の課題 .....	2 - 30
2.5 社会経済現況 .....	2 - 30
2.5.1 中国の社会経済現況 .....	2 - 30
2.5.2 国家経済開発計画 .....	2 - 30
2.5.3 行政機構, 組織 .....	2 - 32
2.5.4 遼寧省及び太子河流域の位置付け .....	2 - 32

	頁
2.5.5 地域開発志向と観音閣ダム .....	2-34
第3章 中国側の治水・利水計画概要 .....	3-1
3.1 概 要 .....	3-1
3.2 治水計画 .....	3-1
3.3 利水計画 .....	3-4
3.3.1 上工水供給計画 .....	3-4
3.3.2 かんがい計画 .....	3-5
3.3.3 発電計画 .....	3-5
3.3.4 養魚計画 .....	3-5
3.4 堆砂位 .....	3-6
3.5 設計洪水位 .....	3-6
第4章 最適開発規模の検討 .....	4-1
4.1 概 要 .....	4-1
4.2 治水計画 .....	4-1
4.2.1 既往洪水被害 .....	4-1
4.2.2 太子河沿いの現況河道 .....	4-2
4.2.3 基本方針及び検討方法 .....	4-2
4.2.4 洪水流出解析 .....	4-3
4.2.5 観音閣ダム洪水調節計画 .....	4-8
4.3 利水計画 .....	4-17
4.3.1 水利用現況 .....	4-17
4.3.2 基本方針 .....	4-18
4.3.3 利用可能水量の算定 .....	4-19
4.3.4 上工水及び農業用水供給計画 .....	4-20
4.3.5 発電計画 .....	4-25
4.3.6 養魚計画 .....	4-30
4.4 ダム設計洪水流量規模に対する検討 .....	4-32
4.5 結 論 .....	4-33
4.5.1 貯水池容量配分 .....	4-34
4.5.2 洪水時の貯水池運用 .....	4-35

	頁
4.5.3 平常時の貯水池運用 .....	4-35
第5章 RCD工法適用性検討 .....	5-1
5.1 概 要 .....	5-1
5.2 RCDコンクリート配合検討 .....	5-1
5.2.1 材料試験（セメント，フライアッシュ，減水剤） .....	5-1
5.2.2 室内試験 .....	5-7
5.2.3 大型供試体試験 .....	5-22
5.3 RCDコンクリート配合試験結果と今後の課題 .....	5-35
5.4 従来工法とRCD工法のダム建設費における経済性比較 .....	5-36
5.4.1 比較前提条件 .....	5-36
5.4.2 検討結果 .....	5-37
第6章 環 境 .....	6-1
6.1 調査対象項目 .....	6-1
6.2 環境影響予測 .....	6-2
6.2.1 水 質 .....	6-2
6.2.2 動植物 .....	6-9
6.2.3 史蹟，名勝，観光地 .....	6-9
6.2.4 保 健 .....	6-9
6.2.5 資 源 .....	6-10
6.3 今後の課題 .....	6-10
6.3.1 水 質 .....	6-10
6.3.2 動植物 .....	6-11
6.3.3 史蹟，名勝，観光地 .....	6-11
6.3.4 保 健 .....	6-11
6.3.5 資 源 .....	6-11
第7章 概略設計 .....	7-1
7.1 ダムの位置，形式及び基本配置 .....	7-1
7.1.1 ダム位置 .....	7-1
7.1.2 ダム軸の選定 .....	7-1

	頁
7.1.3 ダム型式 .....	7- 1
7.1.4 ダム基本配置 .....	7- 4
7.2 土木施設 .....	7- 4
7.2.1 概略設計の基本方針 .....	7- 4
7.2.2 主要構造物諸元 .....	7- 5
7.2.3 ダ ム .....	7- 9
7.2.4 洪水吐 .....	7-14
7.2.5 底 孔 .....	7-16
7.2.6 副ダム .....	7-19
7.2.7 取水口及び発電所 .....	7-21
7.2.8 転流工 .....	7-21
7.3 発電・鋼構造施設 .....	7-23
7.3.1 発電施設 .....	7-23
7.3.2 鋼構造施設 .....	7-28
第8章 施工計画及び事業費積算 .....	8- 1
8.1 施工計画 .....	8- 1
8.1.1 概 要 .....	8- 1
8.1.2 施工計画立案の前提条件 .....	8- 1
8.1.3 施工計画 .....	8- 4
8.1.4 施工設備計画 .....	8-13
8.1.5 主要建設機械 .....	8-15
8.2 事業費積算 .....	8-18
8.2.1 積算条件 .....	8-18
8.2.2 建設事業費 .....	8-20
第9章 経済，財務分析 .....	9- 1
9.1 概 要 .....	9- 1
9.2 経済分析 .....	9- 1
9.2.1 経済費用 .....	9- 1
9.2.2 便 益 .....	9- 3
9.2.3 内部収益率 .....	9- 9



	頁
9.2.4 感度分析 .....	9-9
9.3 財務分析 .....	9-11
9.3.1 費用 .....	9-11
9.3.2 收益 .....	9-11
9.3.3 内部收益率 .....	9-12
9.3.4 収支 .....	9-12
第10章 総合評価 .....	10-1
10.1 技術的健全性 .....	10-1
10.2 経済的, 財務的健全性 .....	10-1
10.3 間接便益 .....	10-2
10.4 総合評価 .....	10-2



# 表 リ ス ト

		頁
表 1.1	調査作業担当者名簿 .....	1 - 2
表 2.1	主要観測所の年, 月多年平均温度 .....	2 - 2
表 2.2	主要観測所の年, 月多年平均降雨量及び年内分布率 .....	2 - 2
表 2.3	主要観測所の年, 月多年平均蒸発量 .....	2 - 2
表 2.4	各流量観測所の流況 (1958~1983年) .....	2 - 3
表 2.5	小市観測所(流域面積 2,795 km <sup>2</sup> )の多年平均流況 (1958~1983年) .....	2 - 3
表 2.6	小市観測所の年間総流出量, 洪水時ピーク流量, 他 .....	2 - 4
表 2.7	小市観測所年平均浮遊砂量 .....	2 - 5
表 2.8	既往地質調査要領 .....	2 - 10
表 2.9	岩石(盤)の物理・力学試験成績及び採用値 .....	2 - 12
表 2.10	補足地質調査要領 .....	2 - 13
表 2.11	補足調査 透水試験結果 .....	2 - 15
表 2.12	基礎岩盤の風化状況 .....	2 - 17
表 2.13	地質分離面の方向性 .....	2 - 18
表 2.14	溶食と地質及び地下水位の関係 .....	2 - 19
表 2.15	地下水位の状況 .....	2 - 22
表 2.16	中国側の風化に基づく区分と剪断強度及び日本の岩級区分との対比 .....	2 - 24
表 2.17	ダム基礎岩盤の剪断強度参考値 .....	2 - 25
表 2.18	設計剪断強度 .....	2 - 25
表 3.1	治水計画対象地区の現況流下能力及び堤防建設計画・計画流量 .....	3 - 1
表 3.2	観音開ダムゲート操作規則 .....	3 - 2
表 3.3	計画対象各都市における必要上工水量 .....	3 - 4
表 3.4	観音開ダム上工水計画供給水量 .....	3 - 4
表 4.1	主要洪水一覧表(実績) .....	4 - 4
表 4.2	太子河流域計画雨量 3日雨量(mm) .....	4 - 5
表 4.3	実測値及び計算値比較表 .....	4 - 6
表 4.4	既設ダムの調節計画 .....	4 - 7

	頁
表 4.5	既設ダムによる洪水調節計算結果 ..... 4-8
表 4.6	堤防建設計画・計画高水流量の評価 ..... 4-8
表 4.7	低, 中, 高, 各ダムの洪水調節計算結果 ..... 4-11
表 4.8	年平均洪水被害軽減額 ..... 4-12
表 4.9	経済評価結果 ..... 4-13
表 4.10	観音閣ダム洪水調節計算結果 ..... 4-15
表 4.11	観音閣ダムによる下流各地点の洪水調節効果 ..... 4-16
表 4.12	小市流量観測所水資源賦存量(1958~1983年) ..... 4-19
表 4.13	小市流量観測所年間総流出量(最小値分布) ..... 4-20
表 4.14	都市工業用水量の内訳 ..... 4-20
表 4.15	観音閣ダム上工水及び農業用水供給量及び損失水量 ..... 4-21
表 4.16	経済評価結果 ..... 4-23
表 4.17	小市観測所・洪水尖頭流量記録 ..... 4-32
表 4.18	小市流量観測所流量確率 ..... 4-33
表 5.1	使用セメント及びフライアッシュ ..... 5-2
表 5.2	セメント物理試験結果 ..... 5-3
表 5.3	化学分析結果 ..... 5-3
表 5.4	水和熱試験結果 ..... 5-3
表 5.5	日本製セメントの試験事例(参考) ..... 5-4
表 5.6	物理, 化学分析結果 ..... 5-5
表 5.7	単位水量比試験及び圧縮強度試験 ..... 5-5
表 5.8	減水剤による性能評価及び判定 ..... 5-6
表 5.9	検討ケース ..... 5-8
表 5.10	骨材の物理試験結果(1)(室内試験 1) ..... 5-9
表 5.11	骨材の物理試験結果(2)(大型供試体試験 1) ..... 5-9
表 5.12	骨材の物理試験結果(3)(室内試験 2) ..... 5-10
表 5.13	骨材の物理試験結果(4)(大型供試体試験 2) ..... 5-10
表 5.14	粗骨材混合率試験結果(絶乾~気乾) ..... 5-12
表 5.15	モルタル単位容積重量試験 ..... 5-13
表 5.16	試験 A, B 検討ケース ..... 5-24
表 5.17	試験 C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> 検討ケース ..... 5-24

		頁
表5.18	コアの外観評価基準（試験B） .....	5-24
表5.19	従来工法とRCD工法のダム建設費における経済性比較 .....	5-38
表6.1	観音閣ダム及び近傍既設ダムの冷濁水，富栄養化に関する比較 .....	6-4
表7.1	ダム軸比較 .....	7-3
表8.1	工事工程表 .....	8-5
表8.2	骨材粒度（上堡骨材採取場） .....	8-14
表8.3(1)	主要建設機械一覧 .....	8-16
表8.3(2)	主要建設機械一覧 .....	8-17
表8.4	建設事業費 .....	8-21
表8.5(1)	直接工事費内訳 .....	8-22
表8.5(2)	直接工事費内訳 .....	8-23
表8.6	年度別所要資金 .....	8-24
表9.1	ダム・発電所の建設費の経済費用 .....	9-2
表9.2	ダム・発電所の更新費 .....	9-2
表9.3	かんがい施設の更新費 .....	9-3
表9.4	上工水代替水源の概要 .....	9-4
表9.5	水稻の単位収量 .....	9-6
表9.6	年洪水被害額 .....	9-6
表9.7	経済費用及び便益 .....	9-10
表9.8	財務費用及び収入 .....	9-13
表9.9	借入金返済計画 .....	9-14



# 図 リ ス ト

		頁
図2.1	溶洞（穴）の標高別分布 .....	2-20
図3.1	計画高水流量配分図 .....	3-2
図3.2	観音閣ダム・確率洪水流量波形 .....	3-3
図3.3	年間かんがい用水供給量 .....	3-5
図3.4	校核洪水流量及び設計洪水流量 .....	3-7
図4.1	太子河基本高水流量配分図 .....	4-7
図4.2	想定した3種類のダム高さ .....	4-10
図4.3	治水規模別費用～便益関係図 .....	4-14
図4.4	観音閣ダム建設後における計画高水流量配分図 .....	4-16
図4.5	取水可能量～利水容量曲線 .....	4-22
図4.6	費用～便益関係図 .....	4-24
図4.7	東北地区電力系統 .....	4-26
図4.8	貯水池容量配分図 .....	4-35
図4.9	観音閣ダム貯水池水位経年変動図 .....	4-37
図5.1	室内試験フローチャート .....	5-7
図5.2	試験用細骨材粒度分布(1) .....	5-11
図5.3	試験用細骨材粒度分布(2) .....	5-11
図5.4	モルタル単位容積重量試験結果（事例） .....	5-13
図5.5	単位水量とV C値の関係(1) .....	5-14
図5.6	単位水量とV C値の関係(2) .....	5-14
図5.7	単位水量とV C値の関係(3) .....	5-15
図5.8	圧縮強度試験結果(1) .....	5-16
図5.9	圧縮強度試験結果(2) .....	5-17
図5.10	圧縮強度試験結果(3) .....	5-18
図5.11	圧縮強度試験結果(4) .....	5-19
図5.12	円柱供試体と角柱供試体の強度の関係 .....	5-20

図5.13	s/a-VC値の関係	5-21
図5.14	大型供試体試験フローチャート	5-23
図5.15	締固め時間と密度の関係	5-25
図5.16	締固め時間と密度比の関係	5-26
図5.17	単位水量と密度の関係	5-27
図5.18	単位水量と圧縮強度の関係	5-27
図5.19	単位水量とコア密度の関係	5-28
図5.20	単位水量とコア上下差の圧縮強度の関係	5-28
図5.21	単位水量とコア密度の関係	5-29
図5.22	コア観察結果(単位水量変化)	5-30
図5.23	経過時間と小型VC値の関係	5-31
図5.24	経過時間と密度比の関係	5-31
図5.25	経過時間と圧縮強度の関係	5-32
図5.26	経過時間とコア密度の関係(1)	5-32
図5.27	コア観察結果(経時変化)	5-32
図5.28	経過時間とコア密度の関係(2)	5-33
図5.29	経過時間とコア上・下の圧縮強度の関係	5-34
図6.1	日本における既設多目的ダムの Vollenweider 関係図	6-5
図6.2	観音閣ダムサイト地点におけるBOD濃度の変化	6-8
図6.3	本溪市上流(大峪)地点におけるCOD濃度の変化	6-8
図6.4	本溪市下流(白石砬子)地点におけるCOD濃度の変化	6-8
図7.1	ダム軸比較線位置図	7-2
図7.2	洪水吐, 水位—流量曲線	7-17
図7.3	底孔, 水位—流量曲線	7-20
図7.4	発電所単線結線図	7-25
図7.5	小市変電所単線結線図	7-27



# 図面リスト

		頁
図面2.1	貯水池，地質図 .....	2-7
図面7.1	ダム，貯水池平面図 .....	7-6
図面7.2	ダム，全体平面図 .....	7-7
図面8.1	ダム，全体仮設備一般平面図 .....	8-2



# 第1章 緒 論

## 1.1 根 拠

日本政府は、中華人民共和国政府の要請に基づき、同国遼寧省の観音閣ダム建設計画調査を行うことを決定し、その調査を国際協力事業団が実施することになった。

国際協力事業団は、1986年9月22日より9月30日までの9日間にわたり事前調査団を現地に派遣し、現地踏査及び資料収集を行い、あわせて本格調査実施のために日本及び中国政府のとるべき措置と本格調査の枠組みを規定した「実施細則」について協議を行った。

その結果、国際協力事業団と中華人民共和国水利電力部は「実施細則」及びその「協議議事録」に合意し、1986年9月29日調印した。その諸作業実施の主要目的は下記の二点である。

- (1) 日本側は、遼寧省を流れる太子河における観音閣ダム建設計画に関し、RCD工法の適用性の検討も含め、フィージビリティ調査を実施する。
- (2) 日本側は本調査の期間中、調査に参画する中国側専門家に対し調査業務を通じ、技術移転を行う。

なお、調査開始より最終報告書提出までの全調査期間は概ね18ヵ月間とすることにも合意される。

この合意事項に基づき国際協力事業団は、15名の専門家より成る調査団を編成し、1987年4月15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。また事業団は4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

調査団及び遼寧省水利電力庁は上記「実施細則」の合意事項を遵守し、相互の密接な協力の下、1987年4月15日より現地作業を開始した。

遼寧省水利電力庁は調査団のカウンターパートとして、幹部職員7名及び実務担当専門家13名を任命し、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・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。

表 1.1 調査作業担当者名簿

(1) 国際協力事業団 作業監理委員会

氏 名	職 位	担当分野
山 口 嘉 之	委 員 長	総 括
丸 岡 昇	委 員	ダム計画 (1987年4月～11月)
柳 川 城 二	委 員	ダム計画 (1987年11月以降)
市 川 慧	委 員	地 質
水 野 光 章	委 員	施工計画

(2) 国際協力事業団 社会開発協力部

神 田 道 男	開発調査第二課 課長	調査管理
伊 藤 富 章	開発調査第二課	調査管理

(3) 調査団

吉 武 英 一	団 長	総 括
飯 田 隆 一	技術最高顧問	RCD工法 施工法比較
川 島 基 義	副 団 長	副 総 括, ダム計画 (1987年10/11月除外)
小 谷 淳 宣	副 団 長	副 総 括, ダム計画 (1987年10/11月のみ)
山 田 裕 康	団 員	水文, 水理
佐々木 悌 郎	団 員	地 質
新 沢 正 之	団 員	施設計画
尾 登 辰 也	団 員	構造設計
青 沼 英 明	団 員	施工計画
岡 田 幸 二	団 員	施工設備計画
村 田 正 彦	団 員	材料試験, RCD施工(1)
大 坪 公 信	団 員	材料試験, RCD施工(2)

氏 名	職 位	担当分野
橋 本 強 司	団 員	經濟財務分析 (1987年4月～1988年3月)
柳 沢 公 彦	団 員	經濟財務分析 (1988年4月以降)
岩 井 陽 一	団 員	環境評価
菊 池 辰 信	団 員	発電施設
栄 原 啓 一	団 員	通 訳 (1987年4月～1988年3月)
大 原 美 穂	団 員	通 訳

(4) 遼寧省水利電力省，幹部職員

劉 福 林	水利電力庁副庁長
顧 柏 林	水利電力長総工程師
李 克 竹	弁公室 副主任
慈 常 治	設計院院長
李 貴 智	設計院総工程師
何 長 海	設計院主任工程師
劉 振 聲	翻 訳

(5) 遼寧省水利電力庁，実務担当職員

顧 柏 林*	総 括
金 匡 九	技術最高顧問
周 宗 岐	ダム計画
李 貴 智*	ダム計画
張 宗 宇	水文調査
張 毅	地質調査
李 致 君	環境調査
金 景 玉	治水／利水計画
何 長 海*	施設計画

\* : 幹部職員に含まれる

<u>氏 名</u>			<u>職 位</u>	<u>担当分野</u>
常	耀	中		構造設計
閻	俊	如		発電施設
王	叔	宝		施工計画／積算
劉	学	誠		施工計画／積算
劉	永	浩		材料試験 R C D／施工
劉		東		經濟／財務分析
趙	啓	新		經濟／財務分析

調査団は同年5月11日「着手報告書」を提出すると共に、中国側実施機関の遼寧省水利電力庁との密接な協同作業により、同年6月初旬までに第一次現地調査を終了し、6月1日「現地報告書(1)」を提出した。

また、第一次国内作業の後、同年8月1日より11月下旬まで第二次現地調査を実施し、その結果を「現地報告書(2)」として提出した。

調査団は更に、これらの現地調査によって得られた資料、知見に基づき、第2次国内作業を実施し、治水、利水面より本多目的ダム最適開発計画検討業務を初め、RCD工法の適用性の検討、設計、施工計画、積算を含め、ダム建設の基本計画を検討し、その結果を「中間報告書」として、1988年3月11日提出した。

更にその費用と便益に基づき経済評価、財務評価及び本プロジェクトの総合評価を行い、「最終報告書(案)」を作成し、1988年6月下旬中国側と協議の結果、若干の部分的修正をした上「最終報告書」として9月中旬までに提出することで双方は同意した。

本「最終報告書」(要約、主報告書、資料集)は上記の経緯を経て、ここにフィージビリティ・スタディ(可能性研究)の最終の報告書類として中国側に提出され、本件の作業遂行はこれを以て完結されたものである。<sup>※</sup>

なお、上記各段階の報告書提出時に調査団は中国側とその都度密接な協議を行い、双方の同意事項を夫々「協議議事録」に記載し、双方の代表が調印した。

---

※ : 大型供試体試験2(本溪425#R型のセメント使用)の結果は、1988年10月中旬までに別途報告予定。

### 1.3 技術移転

本プロジェクトの全現地調査機関を通じて遼寧省水利電力庁は、調査団員の各の専門分野に対応した幹部職員及び実務要員総数20名を任命し、調査団は、相互緊密な協力作業を通じて技術移転を行った他、計画手法・RCD工法・重力ダム設計手法・経済評価等の重要なテーマについて、多数回にわたってセミナーを開催した、各のセミナーには毎回20～30名の参加者があり熱心な質疑応答が行われた。

また各の専門団員は各カウンターパートと、日本及び中国の諸技術基準の比較検討を行い、意見の交換を行って、本プロジェクトの計画・設計について誤り無きを期した。



## 第2章 計画地域の現況

### 2.1 位置及び地形

観音閣ダム建設が予定されている太子河は、中国東北部の遼東山地に位置し、下流部で渾河と合流し大遼河となっており、その流域の東方を鴨緑江支川暖河の流域、南方を大洋河、西方及び北方を渾河流域と接している。この河川は、遼寧省新賓県に源を発し（北太子河は老秃頂子山標高1,325mに源を発し、南太子河は草帽頂子山標高1,260m付近に源を発し）、本溪市、遼陽市、鞍山市を経て三岔河で渾河に至り、營口市を経て渤海に注ぐ、全延長413km、流域面積13,883km<sup>2</sup>の河川である。観音閣ダム予定地点は本溪市上流約40kmの太子河に位置し、北緯約41°-19′、経度は東経約124°-10′にある。ダムサイトにおける流域面積は2,795km<sup>2</sup>である。

太子河流域の地形は全体的に北東側が高く南西側が低い様相を示し、流域内の山地部は約69%、丘陵地は6%、平野は25%となっている。

観音閣ダム予定地点付近では太子河は東から西に流れ、その河谷の形状は非対称のU字型をなし、ダム予定地点における河床勾配は約1:600となっている。ダムサイト付近での河床幅は約540m、現河床標高は約194mである。ダムサイトの左岸は50°~70°の急傾斜をなし、山頂の標高は約400m、右岸は緩やかで河床から30m上付近までは約18°、それ以上は約11°の傾斜をなしている。

### 2.2 気象・水文及び堆砂

#### 2.2.1 気象

太子河流域は中緯度偏西風帯の中国大陸東岸にあり、夏期には、東アジア季節風の影響で南東の風が吹き、冬期には、偏西風による北西風が吹く。これより夏、冬と明瞭な季節の交代があり、代表的な温帯モンスーン型大陸性気候である。

太子河流域内の気温の分布は、下流部の平野地区に比べ、上流部の山岳地区が下がる傾向となっている。流域内の上、中、下流部に位置する3つの観測所の月別平均気温は表2.1の通りである。

表2.1 主要観測所の年、月多年平均温度

単位：℃

観測所名	項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均
小市	月平均最高	-6.5	-2.8	5.0	14.5	22.2	25.1	27.8	27.4	22.6	15.4	5.1	-3.5	12.7
	月平均	-14.3	-10.4	-1.0	-8.0	15.3	10.5	23.1	21.0	15.4	8.1	-1.1	-10.5	6.2
	月平均最低	-21.0	-17.2	-6.5	1.5	8.3	14.0	18.7	17.4	9.5	2.0	-6.4	-16.4	0.3
本溪市	月平均最高	-5.6	-2.1	5.5	15.2	22.9	26.2	28.7	28.1	23.3	16.0	8.0	-2.5	13.5
	月平均	-12.0	-8.2	0.1	9.4	16.9	21.0	24.3	23.2	17.1	9.5	0.3	-8.4	7.8
	月平均最低	-17.5	-13.7	-4.0	3.7	10.8	16.0	20.1	18.7	11.7	4.0	-4.5	-13.4	2.0
遼陽	月平均最高	-4.5	-1.2	6.5	16.4	24.0	27.3	29.5	28.6	24.2	16.8	6.7	-1.5	14.4
	月平均	-11.2	-7.8	0.6	0.8	17.6	21.9	24.8	23.6	17.5	10.1	0.8	-7.7	8.4
	月平均最低	-16.8	-13.5	-4.8	3.6	11.3	16.5	20.5	19.0	11.7	4.5	-4.1	-12.0	2.0

太子河流域内の年平均雨量は約800mm前後、雨の多い年で約1,100mm、少ない年で500mm前後である。雨量の特徴としては、6～9月に集中する傾向が見られ、年雨量の約70%を占め、特に7、8月に集中することが最も多い。各観測所の月別雨量を表2.2に示す。

表2.2 主要観測所の年、月多年平均降雨量及び年内分布率

単位：mm

観測所名	項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年合計	最大年	最小年	最大/最小
小市	多年平均	7.8	9.8	13.5	45.8	63.7	103.1	193.2	181.8	75.6	48.5	23.1	11.9	777.8	1094.7	554.8	1.97
	%	1.0	1.3	1.7	5.9	8.2	13.3	24.8	23.4	9.7	6.2	3.0	1.5	100.0			
本溪市	多年平均	9.5	9.9	16.0	38.4	68.0	102.0	201.1	179.1	76.8	50.8	25.5	13.3	780.4	1148.2	518.5	2.21
	%	1.2	1.3	2.1	4.9	8.7	11.8	25.8	22.0	9.8	6.5	3.3	1.7	100.0			
遼陽	多年平均	5.8	7.7	14.9	37.4	60.5	84.2	191.7	177.5	75.7	49.0	23.5	11.8	739.7	1076.2	422.7	2.55
	%	0.8	1.0	2.0	5.1	8.2	11.4	25.9	24.0	10.2	6.6	3.2	1.6	100.0			

蒸発量については、上流部よりも下流部の方が多く、小市における年平均蒸発量は約1,370mm（蒸発皿、口径20cm）である。各観測所の月別蒸発量を表2.3に示す。

表2.3 主要観測所の年、月多年平均蒸発量

単位：mm

観測所名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年合計
小市	17.9	31.5	77.9	174.3	253.7	199.7	176.1	150.4	125.1	98.3	43.9	20.8	1369.6
本溪市	24.7	40.1	91.3	104.2	273.8	232.6	207.0	179.3	155.3	118.7	60.7	29.5	1607.2
遼陽	33.4	50.4	110.9	228.8	332.3	247.8	199.3	162.3	141.2	116.3	64.2	38.1	1725.0

月多年平均風速に関しては表A. 1.1に示す通りであり、本溪県での最大は4月で3.6m/s、最小は8月で1.6m/sである。

月多年平均湿度に関しては表A. 1.2に示す通りであり、本溪県での最大は8月で81%、最

小は4月で55%である。

また、表A.1.3及び表A.1.4に示す通り、本溪県での初霜、終霜は多年平均で9月26日、5月2日であり、小市の結氷期間に関しては多年平均で84日間である。

## 2.2.2 水文

太子河には、細河、蘭河、湯河、南沙河、北沙河、海城河等の支川があるが、本川で流量観測所があるのは、小市、本溪、葆窩、遼陽の計4観測所、支川では細河の橋頭、湯河の湯河沿の計2観測所である。

流量資料は日流量及び洪水時の時間流量があり、日流量は1958年～1983年の26年間、時間流量については1960年8月洪水等5個の主要洪水が得られたが、いずれもほとんど欠測はなく、かなりの精度で観測が行われている。

これらの観測所の流量は年別にかかなりのばらつきがあり、また、1年間のうち6～9月に流出が集中することが特色である。各観測所の諸元及び、流況を表2.4に示す。

表2.4 各流量観測所の流況（1958～1983年）

河川名	観測所名	流域面積 (km <sup>2</sup> )	最大年平均流量 (m <sup>3</sup> /s)	年平均流量 (m <sup>3</sup> /s)	最小年平均流量 (m <sup>3</sup> /s)	最大年平均/最小年平均
太子河	小市	2,795	68	32	15	4.5
太子河	本溪	4,192	93	46	21	4.4
太子河	葆窩	6,175	134	64	27	5.0
太子河	遼陽	8,082	155	61	23	6.7
細河	橋頭	1,023	23	11	4	5.8
湯河	湯河沿	1,228	23	7	2	11.5

観音閣ダム建設予定地点である小市観測所の多年平均流況は表2.5に示した通りであり、また、表2.6には同観測所の経年的な年間総流出量と洪水時の最大ピーク流量及び7日間洪水総量を示す。

表2.5 小市観測所（流域面積2,795km<sup>2</sup>）の多年平均流況（1958～1983年）

最大流量	豊水量(95日)	平水量(185日)	低水量(275日)	渇水量(355日)	多年平均流出総量
6,290 m <sup>3</sup> /s	30.0 m <sup>3</sup> /s	13.5 m <sup>3</sup> /s	5.3 m <sup>3</sup> /s	2.3 m <sup>3</sup> /s	10.20 億m <sup>3</sup> (11.1億m <sup>3</sup> )

( ) : 中国側計算による均値。

表2.6 小市観測所の年間総流出量，洪水時ピーク流量，他

	年総流出量 (億 $m^3$ )	洪水時ピーク流量 ( $m^3/s$ )	洪水時7日間総量 (億 $m^3$ )
1958	5.13	357	1.14
59	11.41	483	1.46
60	19.40	10,500	8.38
61	9.23	932	1.59
62	9.52	642	1.42
63	9.19	1,410	3.84
64	21.85	3,100	4.91
65	5.43	1,220	1.70
66	10.81	711	1.70
67	13.58	1,160	2.77
68	7.31	219	0.72
69	8.95	1,200	2.08
70	8.44	1,090	2.03
71	20.43	3,160	6.95
72	6.78	118	0.57
73	17.17	1,420	4.06
74	10.04	634	1.82
75	10.40	2,790	4.48
76	6.21	268	0.75
77	10.08	2,300	2.70
78	4.71	198	0.49
79	9.22	620	1.51
80	5.91	366	0.89
81	7.24	-	-
82	7.63	-	-
83	9.33	-	-
最大値	21.85	10,500	8.38
平均値	10.20	1,517	2.52
最小値	4.71	118	0.49

### 2.2.3 堆 砂

小市観測所においては、1960年8月を除いて1958年から浮遊砂量が観測されている。本溪観測所の浮遊砂量との相関を用いて小市観測所の1954年から1957年までの4年間、更に1960年8月の浮遊砂量を推定すれば、小市観測所での1954年から1980年まで27年間の多年平均浮遊砂量は63.5万t/年となる。

表2.7 小市観測所年平均浮遊砂量

(単位：万t)

西 歴	年浮遊砂量	西 歴	年浮遊砂量
1954	( 15.0 )	1968	3.87
1955	( 6.6 )	1969	14.8
1956	( 4.6 )	1970	11.3
1957	( 8.6 )	1971	114.0
1958	3.35	1972	1.03
1959	8.91	1973	36.7
1960	(1,156.0 )	1974	7.68
1961	17.7	1975	60.6
1962	8.19	1976	2.08
1963	17.1	1977	30.7
1964	48.4	1978	0.895
1965	12.2	1979	8.66
1966	17.5	1980	3.74
1967	93.5	多年平均	63.5

( ) : 推定

小市観測所の1958年から1980年まで23年間の資料によると、多年平均含有浮遊砂量は $0.113 \text{ kg/m}^3$ 、増水期(6月~9月)においては、 $0.245 \text{ kg/m}^3$ である(表A.1.8参照)。これらの観測されている浮遊砂は、その最大粒径は1.49mm、中央値粒径は0.037mm平均粒径は0.048mmである。

太子河においては掃流砂量及び崩壊土砂の観測データは無く、中国側の経験では太子河は河床堆積砂も少なく掃流砂量及び崩壊土砂は浮遊砂量の約10%及び5%程度考慮すればダム設計上

十分であるとしている。従って多年平均掃流砂量、及び崩壊土砂量は7万t/年及び3.2万t/年と推定される。

## 2.3 地質

### 2.3.1 広域の地質概要

この地域は、中国大陸の地質構造区分では膠遼剛塊に属し、比較的古期の構造運動（太行造山期  $13.0 \pm 0.5 \sim 24$  億年前）に属する安定地塊に属する。基盤岩は前震旦系（太古界、約31億年前）の変成岩類及び混成花崗岩類であり、地域の北部に広く見られる。これらの地層を不整合で覆って、震旦系（上部原生界、8～5.7億年前）の石英砂岩、粘板岩、泥灰岩、頁岩などから成る地層が北部から東部にかけて分布する。太子河沿いに広く分布が見られる石灰岩を主体とする地層は、前記の古期岩類（前震旦系及び震旦系）を覆うカンブリア系及びオルドビス系である。オルドビス系より若い石炭系、二疊系、ジュラ系等の地層は、泉水河子、小市、田師付付近で小規模の分布が見られる程度である。なお、震旦系から二疊系までの地層間の関係は整合乃至平行不整合で、ジュラ系のみが傾斜不整合の関係にある。地域の南部は、広く中生代の火成岩類により覆われている。

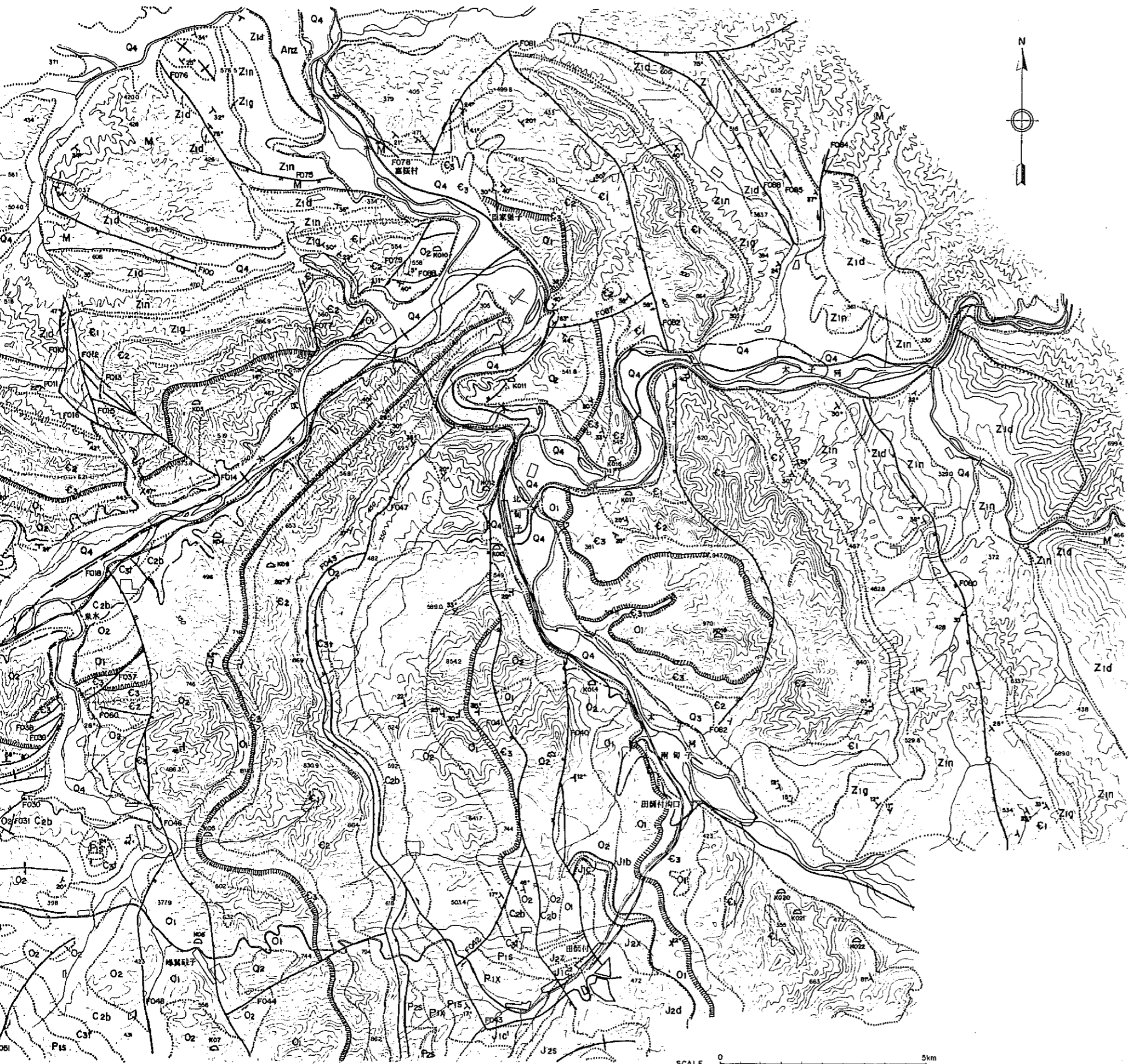
地質構造は東西及び南北の方向が主体をなしている。主な構造は太子河沿いに向斜軸をもち、小高力管子から刘家哨、富城裕を経てダムサイトの南側（左岸）に至り、F060断層に切られ、小市向斜に連なる泉水向斜と、泉水部落付近から北西方向に分岐するような形の対面洞山向斜である。全体としては概して素直な向斜構造を示すが、富城裕の北側及びダムサイトの南側の地域では、断層の影響で乱れた状態にある。また、ダムサイトを含め断層により限られた北西に延びる帯状の地帯は過褶曲となっており、古い地層が新しい地層の上に乗る転倒構造を示している。なお、中国の先カンブリア界及び古生界の地質対比表は表A.2.1、A.2.2の通りであり、また、貯水池を含めた広域の地質平面図は図面2.1の通りである。

### 2.3.2 ダムサイトの地形・地質

#### (1) 地形・地質の状況

ダムサイトの地形は非対称のU字谷を呈し、河床平坦部の幅は約540mである。右岸部は河川から直接斜面部に移行するが、左岸側には河川からの比高1～2m及び3～5mの2段の低位段丘が広がる。左岸斜面は $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$ の急崖をなし、比較的一様な山様を呈する。右岸斜面は、ダムサイトの直上下流部にそれぞれ見られる白雲溝・百靈溝と呼ばれる小沢及びダムサイト下流からダムサイトの背後に回り込んで見られる牛馬台溝等の影響により複雑な地形を呈し、全体としてなだらかな山様を呈する。ダム軸近傍での斜面勾配は約 $15^{\circ}$ である。こ





凡例

- |         |      |   |                      |                            |
|---------|------|---|----------------------|----------------------------|
| 第四系     | Q4   | 沖積層; 粘土質土砂、礫                                | Y <sub>2</sub> (313) | 第二期再度侵入相; 花崗斑岩、花崗岩         |
|         | Q3   | 洪積層; 砂質粘土、礫                                 | Y <sub>4</sub> (313) | 第二期再度侵入相; 石英二長岩、閃長岩        |
| ジュラ系    | Jax  | 小糸山組; 頁岩、砂岩、礫岩<br>(泥炭層を挟む)                  | Y <sub>3</sub> (312) | 第二期主体侵入相; 花崗岩              |
|         | J2s  | 三ヶ峯組; 頁岩、砂岩、礫岩<br>(石灰岩を挟む)                  | Y <sub>5</sub> (312) | 第二期主体侵入相; 石英二長岩            |
|         | J2d  | 大塚組; 頁岩、石灰岩を挟む砂岩                            | 入 <sub>3</sub> (311) | 第一期火山岩類; 流紋岩               |
|         | J2z  | 轉山子組; 頁岩、砂岩、石灰岩を挟む礫岩                        |                      | 実測あるいは推定される圧縮性断層とその傾斜      |
|         | J1c2 | 伏原子組上部; 頁岩、砂岩及び礫質泥炭層                        |                      | 引張り性断層                     |
|         | J1c1 | 伏原子組下部; 頁岩、石灰岩を挟む砂岩                         |                      | トランスフォーム断層                 |
| 二葉系     | J1b  | 北原組; 流紋岩、火山礫岩、石灰岩<br>礫岩を挟む砂岩                |                      | 新華夏系圧縮性断層                  |
|         | P2s  | 上石金子組; 多色頁岩、砂岩                              |                      | ヒンジ断層                      |
|         | P1x  | 下石金子組; 多色頁岩<br>礫土頁岩を挟む砂岩                    |                      | 性質不明断層                     |
| 石炭系     | P1s  | 山西組; 頁岩、石灰岩を挟む砂岩<br>礫土頁岩                    |                      | 向斜軸                        |
|         | C3f  | 太原組; 頁岩、石灰岩及び礫土頁岩を<br>挟む砂岩                  |                      | 背斜軸                        |
| オルドビス系  | C2b  | 本沙組; 黄色、紫色頁岩、石灰岩を挟む<br>砂岩、礫土頁岩              |                      | 地層境界線                      |
|         | O2   | 深灰色石灰岩、花紋石灰岩<br>暗緑石灰岩、白雲質石灰岩                |                      | 地層不整合線                     |
| カンブリア系  | O1   | 緑石、シラ、ルを含む石灰岩、花紋石灰岩<br>頁岩を挟む竹杖石灰岩           |                      | 走向傾斜                       |
|         | C3   | シート状石灰岩、竹杖石灰岩、花紋石灰岩<br>を挟む紫色黄緑色頁岩           |                      | 逆断層の走向傾斜                   |
|         | C2   | 層状石灰岩、花紋石灰岩を挟む<br>結晶質石灰岩                    |                      | 河川                         |
| 子エディアン系 | C1   | 紫色頁岩、チャート層を含む結晶石灰岩、石灰岩<br>泥岩を挟む濃黄緑石灰岩、黄緑色頁岩 |                      | 向斜、背斜の中心線                  |
|         | Z1q  | 橋本組; 石灰砂岩                                   |                      | 逆転層の範囲                     |
| 志留系     | Z1n  | 南原組; 頁岩、泥炭岩、石灰砂岩                            |                      | 背水階高線                      |
|         | Z1d  | 釣魚台組; 石英砂岩、長石石英砂岩<br>礫質砂岩、基岩礫岩を含む           |                      | 河川測水所 流量(公方秒)<br>観測日時      |
| 奥出雲系    | Anz  | 近河群、変成岩系                                    |                      | 温泉流量(公方秒) 水温(°C)<br>温泉観測日時 |
|         | M    | 花崗岩   |                      | 石灰洞とその記号                   |
|         |      |   |                      | 10m頁岩層(岡山組上部)              |

中華人民共和國  
 廣東省水利電力庁  
 観音閣ダム建設調査

貯水池  
 地質図

年月: \_\_\_\_\_ 図面番号: 2.1  
 日本国: 国際協力事業団

SCALE 0 5km  
 (1 : 50,000)





の外、太子河の流域には5乃至6段（河川からの比高1～2m, 3～5m, 12～15m, 30～40m, 55～65m, 140m）の河岸段丘が存在する。

分布する地質はオルドビス系下部（亮甲山組、冶里組）の白雲岩及び石灰岩を主体とする地層、カンブリア系上部（鳳山組・長山組・崗山組）の石灰岩・頁岩及び石灰岩頁岩互層などからなる地層、カンブリア系中部（張夏組・徐庄組）の厚層の結晶質石灰岩を主体とする地層（徐庄組は頁岩・砂岩が多い）などが、上流から下流側にN10～20°W45°～70°SWの走向傾斜で分布している（走向は略々ダム軸と平行）。ただし、右岸のダム天頂部取り付け付近に存在するF-1断層の山側では、NW方向を主体とする多くの断層群のために地層の分布にかなりの乱れが見られる。これらの地質を覆う第四系は河床平坦部に広く分布し、砂礫層を主体とする段丘堆積物と現河床氾濫原堆積物等である。ダムサイト周辺は地質構造上から見ると泉水向斜の西翼の過褶曲構造地域に位置し、見かけ上単斜構造を示すが、実際は古い地層が新しい地層に乗っている状況にある。

ダムに直接関係する主な断層としては、前記のF-1及びその山側の断層群の他、河床平坦部の略々中央部をN40°W80°SWで走るF-8断層、右岸斜面中腹部を略々併行して走るF-74, (NW, 75°NE), F-3(N80°W30°NE), F-75 (NW, 80°NW)の3本の断層が見られ、いずれも若干の地層のずれを伴っている。また、カンブリア系上部の崗山組と、カンブリア系中部の張夏組の境にはF-26 (NS, 50～60°W)が存在する。以上の断層の他に、断層自体の規模が比較的大きく、また大きな地層のずれを伴うものとして、牛馬台溝沿いに存在するF-58, 及びその山側にF-2が存在する。

以下にダムの直接関係する岩層及び断層について記述する。

張夏組；上部は厚層の結晶質石灰岩及び鱗状石灰岩から成る。下部は燧石状の非常に堅硬な層状石灰岩から成り、所々に薄層の石灰岩及び鱗状石灰岩を夾在する。全体的に岩質は非常に堅硬ではあるが、溶食の発達が顕著である。なお、層厚は約260mである。

崗山組；上部は灰緑色或は紫色の頁岩を主体とし、少量の瘤状石灰岩及び薄層の石灰岩を夾在する。下部は薄層乃至中厚層の石灰岩と紫色及び灰緑色の頁岩との互層を主体とし、少量の鱗状石灰岩を夾在する。なお、層厚は20～30mである。

長山組；上部は灰緑色の頁岩を主体とするが、若干の薄層石灰岩を夾む部分、また、互層状を呈する部分が存在する。下部は灰緑色頁岩を主体とし、薄層石灰岩を夾在する状況のものと、紫色竹葉状石灰岩から成る。層厚は20～26mである。

鳳山組；上部は厚層の石灰岩から成る。下部は薄層石灰岩と若干の頁岩を夾在するもの、薄層の石灰岩を少量夾在する紫色乃至灰緑色頁岩などから成る。特にこの地層の基底部分には薄層の石灰岩を夾在するが、全体として85%以上が頁岩からなる部分が11～

17mの層厚で分布する。この部分を特に10m頁岩層と称しているが、ダム基盤の遮水線の骨幹になるものと考えられる。

F-1断層；右岸ダム天頂部取り付け付近をダム軸を横断する走向で存在する。その走向傾斜は $N70^{\circ}W22^{\circ}NE$ であり、影響圏を含む幅は4~6mである。断層部分には角礫状の細礫を含む断層粘土が見られる。断層に伴う層序のずれは非常に大きく、約180mに及んでいる。

F-3断層；右岸斜面の中腹部を $N80^{\circ}W21\sim40^{\circ}NE$ の走向傾斜で存在する。ダム軸上流河岸沿いの露頭で見られるが、その幅は1.8m~2.4mであり、角礫状の細礫を含む断層粘土を夾在している。断層に伴う層序のずれは10m程度である。

F-8断層；河床平坦部の略々中央部を $N40\sim60^{\circ}W55\sim82^{\circ}NE$ の走向傾斜で存在し、数本のボーリングとダムサイトの下流240m付近の右岸側の地形からその存在が確認された。徐庄組の頁岩層の分布状況から断層に伴うずれは40m程度と考えられるが、ダムサイト近傍での、ボーリングデータの解析結果からは10m程度と判断される。断層の規模は、その影響圏を含め数10cm~11m程度と膨縮変化に富んでいるが、現在ダムサイトでの掘削の状況からみても、それぞれ動きを伴う同方向の多くの割れ目からなる断裂帯状の断層と判断され、場所によるずれの違いも、このような断層の性格によるものと考えられる。

F-26断層；張夏組と崑山組の不整合面に沿う走向断層であり、その走向傾斜は、地層の走向傾斜と同じである。断層規模は数cm~2m程度とやや膨縮変化に富み、一般に角礫状の細礫を混じえる断層粘土を介在している。

右岸山体中腹部の断層；右岸山体中腹部には前記のF-3の外に、F-74、F-75の略々併行して走る断層が $N40\sim50^{\circ}W75\sim80^{\circ}NE$ の走向傾斜で存在する。それぞれ10~20m程度の層序のずれを伴うが、断層の規模は小さく、また延長も短い。

F-1断層背後山体部；F-1断層と牛馬台溝に挟まれた地域であり、F-1断層の上盤に相当する。この地域には大小多くの断層が存在し、その数は確認されたものだけで26本に及んでいる。断層の主たる方向は、NW~SE方向である。26本の断層の内、主要なものは次の通りである。

F-22断層；F-1に略々併行してその北側に存在する。規模は1m程度であり、不連続に断層粘土を介在する。

F-21断層；白雲溝と牛馬台溝をつなぐ様に $N50^{\circ}W70^{\circ}SW$ の走向傾斜で存在する。その北側は牛馬台溝沿いのF-58で切られ、南側はF-1により切られている。規模は数cm~1.5m程度であり、不連続の断層粘土を介在する。断層の上盤に当たる南西部の地塊は錯綜する小さな断層によりかなり乱れた状態にある。

F-25断層；F-21断層の北方に略々併行して存在する。その走向傾斜はN60°W 68°SWである。規模は数10cm～5m程度であり、角礫状の細礫を混じえる断層粘土を介在する。

F-57断層；F-25断層の北側にN60°W26°SWの走向傾斜で存在する。比較的規模の大きな断層であり、カンブリア系とオルドビス系の地層の境界を形成している。上盤の南西部の地塊は、錯綜する小さな断層によりかなり乱れた状態にある。

(2) 既往地質調査の概要

中国側による当観音閣ダムの本格的な地質調査は1978年に始まり、本年度で一応の完了をみている。この間に実施された主な調査・試験の内容は表2.8に示す通りである。また、調査箇所は図面A.2.1 調査位置及びダムサイト地質平面図に示している。

表2.8 既往地質調査要領

調査項目	ボーリング (透水試験を含む)	調査横坑	弾性波探査 (直接波法)	電気探査	岩盤力学試験		グラウト 試験
					剪断試験	載荷試験	
数 量	118孔 延 19,849m	4坑 延 649m	若 干	延 29,450m	56箇所 (14組×4筒)	45箇所 (15組×3筒)	3箇所

以下は既往の地質調査についての概要である。

a) 地質踏査

ダムサイトを含めて貯水池の全域に亘る地質踏査が行われ、地層の分布、地質構造の解明をはじめ、溶食洞或いは湧泉の確認調査など、幅広く綿密な調査が実施されている。その結果はかなり精度の高い成果品として下記の図面にまとめられている。

貯水池地質平面図（図面2.1）…………… 縮尺  $\frac{1}{50,000}$

ダムサイト地質図（図面A.2.1, A.2.2, A.2.3）… 縮尺  $\frac{1}{2,000}$

b) ボーリング及び透水試験

ボーリングは、河床幅が広く氾濫厚堆積物に覆われていることと地質状況の複雑さを反映して河床部及び右岸部に数多く実施されている。河床部については、ダム軸に平行に4本の測線を設け、更に最下流側側線の下流110mにも測線が設けられている。ボーリング孔の

間隔は、横断方向で50～70m、縦断方向で30～40mのグリッド調査方式がとられている。ボーリング調査の目的は地質構造の把握と溶食洞・溶食孔のような透水性の著しく高い箇所を発見であり、特にF-8断層などの断層周辺部或いは大きな溶洞の発見箇所近傍では、その実態を把握するため、多くのボーリングが実施されている。

透水試験はボーリング孔を利用し、シングルパッカー方式、バイステップ（5～10m1ステージ）で実施し、その結果は $\omega$ 値（ $l/\text{min.m.m}$ ）で整理されている。

#### c) 横坑調査

調査横坑は左岸部に1坑、右岸部に3坑が掘削されているが、地層の走向が略々ダム軸方向であることから、横坑は支坑の配置を含め、地層を切る方向になるように河川に平行に近い方向で掘削されている。なお横坑での地質状況の概要は表A.2.3の通りである。

#### d) 弾性波探査

弾性波探査は代表的なボーリング孔を利用して孔内での直接波法により実施している。その結果、左岸部から河床平坦部にかけては4,700m/s、右岸部は3,000～4,000m/s（高標高部で遅くなる）の値を得ている。この値はこの種の岩盤での屈折波法による値より20～30%ほど低いものと推測される。

#### e) 岩石・岩盤の物理・力学試験

岩盤の剪断及び載荷試験等の現位置岩盤試験は、調査横坑601（左岸部）603（右岸部）で実施された。しかし、ブロック剪断試験の載荷方法が日本で一般的に実施されている方法と異なっており、原理的に低い剪断強度を示していると解釈される。なお、ダムの基盤となる張夏組二段（ $\text{C}_2\text{Z}^2$ ）と崑山組一段（ $\text{C}_3\text{g}^1$ ）の地層についての物理・力学試験の結果及び設計計算の採用値は表2.9の通りであり、地質状況によって区分された6区間について、それぞれ整理されている。

#### f) グラウト試験

グラウト試験は、グラウティング計画立案のため、工法と効果について検討することを目的としている。当ダムサイトでは河床平坦部左岸よりのボーリング孔218、337近傍及び右岸山体中腹部のボーリング孔248近傍の3箇所で行われた。試験は浅層部分はコンソリデーショングラウティングを、深層部分はカーテングラウティングを対象とするもので、いずれもカバーコンクリートは施工されず、現地盤及び掘削地盤からの試験が実施された。なお、試験結果についてはそれぞれ試験報告書としてまとめられているが、ボーリング孔218近傍の試験結果については下記の考察がなされている。（表A.2.4参照）。

(i) カーテングラウティングについては、表A.2.4に図示している注入孔パターン（列間隔1.75m2列、孔間隔2m）で基本的には $\omega < 0.01$ （1Lu相当以下）に改良出来る。

表2.9 岩石(盤)の物理・力学試験成績及び採用値

地質区分	地質	比 重	吸 水 率 (%)	一軸圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	弾性係数 (×10 <sup>3</sup> kgf/cm <sup>2</sup> )	剪断強度 (室内)		剪断強度 (野外)		弾性波速度 m/s	動弾性係数 (×10 <sup>3</sup> kgf/cm <sup>2</sup> )
						tan φ	τ <sub>0</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	tan φ	τ <sub>0</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )		
I	ε <sub>2</sub> Z	(2.743)	(0.089)	(500)	(180)			1.66	13.65		
	(1.05)							(9.00)			
II	ε <sub>3</sub> g	(2.743)	(0.089)	(500)	(160)			1.53	11.45		
III	ε <sub>2</sub> Z	(2.743)	(0.121)	(500)	(160)			1.62	10.00		2000
	ε <sub>3</sub> g							1.43	13.50		
IV	ε <sub>2</sub> Z	(2.744)	(0.109)	(440)	(160)			1.61	13.81		442
	ε <sub>3</sub> g							(1.00)	(7.50)		
V	ε <sub>2</sub> Z	(2.745)	(0.151)	(440)	(160)			(0.85)	(7.00)		
	ε <sub>3</sub> g							1.51	14.18		
VI	ε <sub>2</sub> Z	(2.745)	(0.129)	(300)	(100)			(0.80)	(5.00)		374
	ε <sub>3</sub> g							1.49	15.31		
VII	ε <sub>2</sub> Z	(2.740)	(0.329)	(300)	(100)			(0.80)	(5.00)		
	ε <sub>3</sub> g							(0.80)	(5.00)		
VIII	ε <sub>2</sub> Z	(2.745)	(0.129)	(300)	(100)			(0.80)	(5.00)		
	ε <sub>3</sub> g							1.49	15.31		
IX	ε <sub>2</sub> Z	(2.740)	(0.329)	(300)	(100)			(0.80)	(5.00)		
	ε <sub>3</sub> g							(0.80)	(5.00)		

注： 上段 …… 試験値  
(下段) …… 採用値

- (ii) 注入孔は2列の千鳥状配置とし、内挿注入法によるべきである。
- (iii) 溶食が発達し、注入量が著しく多くなる場合、混合剤或いは添加剤を考慮すると共に、注入圧力に配慮をはらい間歇注入等の検討も必要となる。
- (iv) 注入区間は5mとし、グラウト圧力は25 kg/cm<sup>2</sup>程度、検査孔での透水試験圧力は10 kg/cm<sup>2</sup>程度にすべきである。

### (3) 補足地質調査

補足地質調査は従来の地質調査を補完する目的で実施したものであり、3本のボーリングと同孔を利用した透水試験である。なお、調査要領は表2.10の通りである。

表2.10 補足地質調査要領

孔名	位置	位置選定理由	方法及び数量
T B-1 (424号孔)	左岸低位段丘部 E.L. 199m ダム軸上 既掘337号孔の 左岸より11.95 m	高透水性ゾーンが深部にまで及ぶ箇所であり、透水性比較にとって好条件にある。 10m頁岩層の確認と透水状況の把握が出来る。	ロータリーボーリング 147.47m 透水試験 メカニカルパッカー方式(中国方式) 27区間 エアーパーカー方式(日本方式) 26区間
T B-2 (425号孔)	右岸 E.L. 270m ダム軸上 既掘360号孔の 近傍	高透水性ゾーンが概して深部にまで及ぶ箇所であると共に、深部に溶食現象を予想させるような高透水性箇所が存在する。 F-1断層の確認が出来る。	ロータリーボーリング 73.00m 透水試験 メカニカルパッカー方式(中国方式) 10区間
T B-3 (426号孔)	右岸 E.L. 240m ダム軸上 既掘361号孔の 近傍	高透水性ゾーンが概して深部にまで及び、また、深部にも高透水性箇所が存在する。 10m頁岩層の確認と透水性の把握が出来る。	ロータリーボーリング 114.00m 透水試験 メカニカルパッカー方式(中国方式) 21区間 エアーパーカー方式(日本方式) 20区間

#### a) 調査機材

調査に使用した主な機材は下記の通りである。

ボーリングマシン……XU-2A300型(中国製)

17kw, 掘進能300m

ポンプ……BW250型(中国製)

13kw

ボーリングロット ……外径50m/m 内径38m/m

透水試験装置 ……単管単塞頂圧式(中国製)

(メカニカルパッカー)

ダブルエアパッカー(日本ロングイヤー社製)

## b) ボーリング

ボーリングの結果に基づいて、地質・風化・溶食等の概略の状況をまとめたものが表A.2.5である。なお詳細の状況については図A.2.1～A.2.10補足調査ボーリング柱状図を参照されたい。また、それぞれのボーリング位置近傍の地質状況及び透水性状については、図A.2.11～A.2.13及び図A.2.14～A.16に示す通りである。

## c) 透水試験

透水試験は岩盤部分について原則として5mを試験区間とし、ルデオンテスト技術指針(昭和59年、国土開発技術センター)に従い実施した。また、試験はTB-1, TB-3については中国側のメカニカルパッカーと日本製のダブルエアパッカーを併用し実施した。TB-2は中国側のメカニカルパッカーでのみ実施した。

### c-1) 損失水頭

管内抵抗による損失水頭は理論式  $\Delta p = \frac{8 f l Q^2}{\pi^2 g d^5}$  により求めた。

なお、計算は固定部分と深さにより変わる部分(単位長さ)に分けて行った。その結果、下記の式を得た。

$$\text{中国方式} \cdots \cdots \Delta p = (2.5 \times 10^{-4} + 3.2 \times 10^{-5} l) Q^2$$

$$\text{日本方式} \cdots \cdots \Delta p = (1.13 \times 10^{-3} + 1.3 \times 10^{-5} l) Q^2$$

(注)  $\left\{ \begin{array}{l} f : \text{摩擦係数} \\ l : \text{管長 (cm)} \\ Q : \text{流量 (l)} \\ g : \text{重力加速度} \\ d : \text{管の直径 (cm)} \end{array} \right.$

### c-2) $\omega$ 値と損失水頭を考慮したLu値の関係

従来の透水試験資料は損失水頭を考慮していない $\omega$ 値( $l/\text{min} \cdot \text{m} \cdot \text{m}$ )で整理されている。従って、 $\omega$ 値と損失水頭を考慮したLu値の関係(即ち損失水頭の影響)を検討するため、資料の整理を行った。その結果、 $\omega$ 値とLu値の関係は図A.2.17 $\omega$ 値-Lu値関係図の通りであり、透水性が大きくなるにつれてLu値は漸次増大し、0.1 $\omega$ (10Lu相当)以上では著しく増大する傾向がみられる。なお、0.1 $\omega$ 以下では殆ど100 $\omega = 1$ Luの関係が成り立つ。

### c-3) 透水試験の結果

中国方式と日本方式で実施した試験結果は表2.11に示す通りである。また、中



表2.11 補足調査 透水試験結果

深度 (m)	B-1 (424号孔) (Lu)			B-2 (425号孔) (Lu)		B-3 (426号孔) (Lu)		
	中国式	日本式	備考	中国式	備考	中国式	日本式	備考
10								max: 10.8
				47.5	PC: 5	2.4		max: 11.2 max: 11.2
20	7.3	15.0	max: 9.9 max: 10.5	2.2	max: 11.7	0.6	0.7	max: 8.2 max: 5.1
				3.7	max: 12.1	38.1	56.0	max: 6.9 max: 8.1
30	2.0	6.4	max: 10.0 max: 10.5	30.0	max: 7.9	36.0	30.0	max: 12.8 max: 10.7
	37.0	29.0	PC: 6.7 max: 7.0	54.0	max: 6.6			max: 12.9
40	21.5	33.0	max: 9.0 max: 7.7	0.5	max: 13.7	12.5	—	
	0.4	1.5	max: 10.5 PC: 8.4			(Q>141)	30.0	max: 4.4 max: 9.7
50	106.0	67.0	PC: 1.4 max: 3.3	21.5	PC: 5.3	0.8	5.0	PC: 10.2 max: 13.7
	5.3	15.0	max: 9.9 max: 9.7	—		15.0	34.0	max: 12.4 max: 7.5
60	31.0	41.0	PC: 3.5 max: 4.5	17.0	max: 13.6	15.0	41.0	max: 12.9 max: 7.0
	46.5	41.0	max: 6.8 max: 7.1	48.0	PC: 7.3	39.5	29.0	PC: 6.3 PC: 6.4
70	1.2	8.6	max: 10.0 max: 10.2	2.3	PC: 14.8	12.5	36.0	max: 13.4 PC: 7.8
	64.5	40.0	max: 3.3 max: 3.8			0.3	1.6	PC: 12.4 max: 6.6
80	86.0	46.0	PC: 2.2 max: 6.5			0.6	22.0	max: 14.4 PC: 9.9
	80.0	16.0	max: 4.1 max: 3.8			1.4	76.5	max: 14.4 max: 7.5
90	63.0	46.0	max: 4.9 PC: 3.5			23.0	43.0	max: 11.9 PC: 6.9
	1.8	0.7	max: 10 max: 10.6			58.0	44.0	PC: 3.4 max: 6.8
100	0.4	2.1	max: 10 max: 10.5			(Q>108)	44.0	max: 3.5
	1.4	1.7	max: 10 max: 10.6			(Q>113)	23.5	max: 4.3
110	0.6	4.5	max: 10 PC: 6.5			23.0	—	PC: 8.6
	0.6	2.0	max: 10 PC: 6.5			(Q>110)	60.0	PC: 5.5 max: 4.6
120	0.3	1.3	max: 10 max: 10.6					
	0.7	11.0	max: 10 PC: 6.3					
130	0.5	—	max: 10 PC: 1.2					
	46.0	48.0	max: 4.8 max: 4.5					
140	15.5	15.0	max: 8.5 max: 9.0					
	0.5	1.0	max: 10 max: 10.5					
150	1.7		max: 10 max: 10.6					
	2.6	1.3	max: 10					

注: 備考の上段は中国式 PC: 限界圧力  
下段は日本式 max: 最高圧力

国方式と日本方式の比較は図A.2.18に示す通りである。なお、B-1, B-3について両方式による結果の比較から次の諸点が考察される。

- (i) 同じ試験区間で大きな違いを示すのは、2回の試験の間に例えば溶食穴の粘土が洗い流されたりして地盤の状況が変化したことによる可能性が強い（中国方式が先に実施された）。
- (ii) 透水性が低い区間は、中国方式によるデータの方が小さい値を示す傾向がみられる。注入量の測定は日本式は流量計により、中国式では計量容器により測定を行った。この計量方法の違いが注入量が少ない場合には大きな差となって結果に出ている可能性が考えられる。
- (iii) 透水性が大きい箇所は、日本方式によるデータの方が小さい値を示す傾向がみられる。特に中国方式で測定不能であった4区間で、日本方式では測定が出来る。この原因については判然としないが、パッカーの機能（地盤条件とパッカーの対応）が充分効果を発揮した可能性が強く、特に割れ目が多く透水性の高い岩盤では、岩盤との接触面積が大きく、また岩盤の凹凸に比較的対応出来る日本式のエアパッカーが友好であったと考えられる。
- (iv) エアパッカーによる透水試験の結果、従来中国側資料の中でも特に透水性の高い箇所について、実際にはもう少し低い透水性の地盤である可能性が充分考えられる。

### 2.3.3 貯水池の地質

太子河はダムサイトの上流約20kmの小高力管子付近で、北方と南方からの流路が合流している。貯水池末端はこの合流点よりさらに数km上流に達する。これらの範囲に分布する地質はその大半はオルドビス系の石灰岩であるが、合流点付近にはカンブリア系及び震旦系の地層が分布する。貯水池の大半を占める小高力管子から泉水村にかけては太子河が丁度泉水向斜の軸部に位置することから、左右両岸部の地層は河側に向かって30~40°の傾斜で分布している。貯水池に分布するオルドビス系の地層の下にはこれより古いカンブリア系、震旦系等の地層が同じような構造で分布する。なお太子河の南方では褶曲・断層等の影響により複雑な地質状況を示し、カンブリア系断層で接する石炭系の広い分布が見られる。いずれにしても貯水池に分布する可溶性のオルドビス系の石灰岩を上に乗せ、また、これをとり囲むような形で非可溶性の岩層が広く分布する。従って他流域への漏水の懸念については問題はない地質状況にある。泉水村からダムサイトにかけては、地層の走向は太子河を横断する方向に変わり、下流側に50~60°の傾斜で分布する。また、地形の尾根の主たる方向も地層と平行する形をとっている。

貯水池周辺部の斜面部は、ダムサイト近傍の狭窄部を除いては全般的に30°~40°の緩傾

斜部が多いが、随所に露岩が見られることから判るように、被覆層は一般に薄い。また崖錐堆積物も一般に少ない。特に広い分布を占めるオールドビス系石灰岩地帯の斜面には斜面崩壊個所が殆ど見られず、被覆層も薄いことから非常に安定した斜面と考えられ、湛水時における斜面崩壊及び地這り等の問題は非常に少ないと判断される。地形的には、カルスト地形と考えられる地形が多く観察されるが、溶洞については概して少なく、比較的大きいものがダムサイト右岸周辺部に見られる以外には、北甸子(ダムサイト上部15~20km)付近に数個所見られる程度である。従って、前述の非可溶性岩層の分布状況と合わせ考え、ダム基礎の処理が充分ならば、湛水時の溶洞(漏水)に関しての問題は少ないと判断される。

### 2.3.4 ダム基盤としての工学地質

#### (1) 岩盤の風化状況

中国側の資料では、ダム基盤は風化の程度に応じて下記の4段階に分類されている。

全風化帯、強風化帯、弱風化帯、微風化帯

ダム基礎岩盤の風化の状況は表2.12に示す通りである。また、詳細については図面A.2.2の地質縦断図に図示されている。

表2.12 基礎岩盤の風化状況

(単位：m)

ボーリング 風化 度	371	363	337 (B-1)	359	339	357	361 (B-3)	325	329	364	360 (B-2)	382	287	288	370
全風化															
強風化	0.7 ~ 4.2	7.35 ~ 11.65	7.30 ~ 8.56	4.26 ~ 6.89	2.65 ~ 5.94		0 ~ 12.37	0.45 ~ 2.54	0 ~ 2.55	3.09 ~ 6.93	0~10.34 18.68 ~21.26	0 ~ 5.65	4.11 ~ 38.0		
弱風化	4.2 ~ 6.7	11.65 ~ 14.00	8.56 ~ 9.04	6.89 ~ 9.19	5.94 ~ 7.19	3.39 ~ 7.27	12.37 ~ 23.50	2.54 ~ 8.50	2.55 ~ 4.30	6.93 ~ 10.20	10.34 ~ 18.68	5.65 ~ 14.39	4.11 ~ 38.0	0 ~ 29.84	0 ~ 10.43
微風化	6.7 以深	14.00 以深	9.04 以深	9.19 以深	7.19 以深	7.27 以深	23.50 以深	8.50 以深	4.30 以深	10.20 以深	21.26 以深	14.39 以深	38.0 以深	29.84 以深	10.43 以深
位置	左岸 斜面	河床平坦部				右岸斜面部						ダム基礎部 ← → リムおよび副ダム部			

注：強風化帯の上限までは被覆層である。

風化の状況は、右岸のダム天盤取り付け付近（ボーリング360）と副ダム予定位置付近で深くなる傾向が見られる。また、断層近傍でも一般に深くなる傾向がみられ、特にF-8近傍では著しく、強風化帯が30m、弱風化帯が50mと深部にまで風化の影響が及んでいる。

### (2) 地質分離面（断層・節理）

地質分離面の方向性についての傾向を調べるため、左岸横坑601、右岸横坑603で測定された地質分離面の資料について統計処理を行った。その結果は表2.13の通りである。また、統計処理の過程については図A.2.19～A.2.21に示す通りである。

表2.13 地質分離面の方向性

左岸601 (111個)	右岸603 (94個)	合計 (205個)
① N10° W 45° SW 12.6%	① N12° W 55° SW 13.8%	① N15° W 50° SW 10.7%
② N60° W 47° NE 5.4%	② N6° E 80° SE 9.6%	② N55° W 45° NE 5.9%
③ N82° W 75° NE 8.1%	③ N48° W 36° NE 9.6%	③ N5° W 75° NE 5.9%
④ EW 60° S 5.4%	④ N15° W 73° NE 6.4%	④ N82° W 75° NE 4.4%
⑤ N16° E 55° NW 5.4%	⑤ N76° E 75° SE 5.3%	
	⑥ N60° W 60° NE 5.3%	
	⑦ N35° W 65° SW 6.4%	

最も多い地質分離面の方向は層理面に沿う方向①であり、全体では10.7%程度である。左岸部でみると、層理に沿うものは①の12.6%であるが、近い方向⑤を合わせると18%となる。また右岸部は層理に沿う①の方向は13.8%であり、近い方向⑦を合わせると19.8%となる。

### (3) 溶食の状況

溶食の状況、即ちその分布及び性状についての調査は、地表踏査及びボーリング・調査横坑を通じ実施されている。地表踏査では、ダムサイト周辺部で20箇所（左岸部；3箇所、右岸部；17箇所）の溶洞が確認された。地質との関係では、20箇所の中10箇所は張夏組石灰岩中に発達するものであり、6箇所は鳳山組の薄層石灰岩、4箇所は崗山組・長山組の石灰岩・頁岩互層中に発達するものであった。また、規模については張夏組のものが大きく、崗山・長山組のものが小さい傾向にあった。

調査横坑については、前記ダムサイトの地質の項に概要を記したが、602号坑で49箇所

所、603号坑で5箇所、604号坑で11箇所が確認された。

ボーリング孔で確認されたものは、深度方向に10cm以上のものを数えると350箇所程度と非常に多い。特にF-8、F-3、F-1、F-26に沿う所では数多くの溶洞(穴)が存在する。なお、溶食の発達方向は、断層・節理等の地質分離面に沿うものがその殆どである。

以上の溶洞(穴)の他に、地質分離面で若干の溶食現象を伴うものが数多くみられ、調査横坑では浸出水を伴っている。また、溶洞(穴)は紅褐色の粘土により填充されているものが多く、なかには河床砂礫により填充されているものもある。

ダムサイトで実施された78孔の調査ボーリングの溶洞(穴)資料に基づき、地質別に分類すると共に、地下水面の上・下・近傍及び断層近傍に分け整理を行った。なお、溶穴は10cm以上1m未満のもの、溶洞は1m以上のものとした。その結果は表2.14の通りである。溶食現象の特に著しいF-8近傍の5孔のボーリング資料については別に記載した。また、図2.1は溶洞・溶穴の分布について、標高別(25m毎)に集計・整理したものである。

表2.14 溶食と地質及び地下水位の関係

項目		地下水面の上		地下水面の下		地下水面の近傍		断層近傍		計		
		溶穴	溶洞	穴	洞	穴	洞	穴	洞	穴	洞	
地質												
カ	風山組	0 <sub>1</sub> y <sup>1</sup>	1	3	5			1	4	4	10	
		€ <sub>3</sub> f <sup>2</sup>		10	7			3	3	13	10	
		€ <sub>3</sub> f <sup>1</sup>		4	1			4		8	1	
ン	長山組	€ <sub>3</sub> c <sup>2</sup>	2	12		2				16	0	
ブ		€ <sub>3</sub> c <sup>1</sup>	2	7	1	2				11	1	
リ	崗山組	€ <sub>3</sub> g <sup>2</sup>	1	4	4					5	4	
ア		€ <sub>3</sub> g <sup>1</sup>	2	7						9		
系	張夏組	€ <sub>2</sub> z <sup>2</sup>	18	21	4		1	3		42	5	
		€ <sub>2</sub> z <sup>1</sup>				2				2		
計			25	1	68	22	6	1	11	7	110	31
			26		90		7		18		141	
F-8								29	2	29	2	

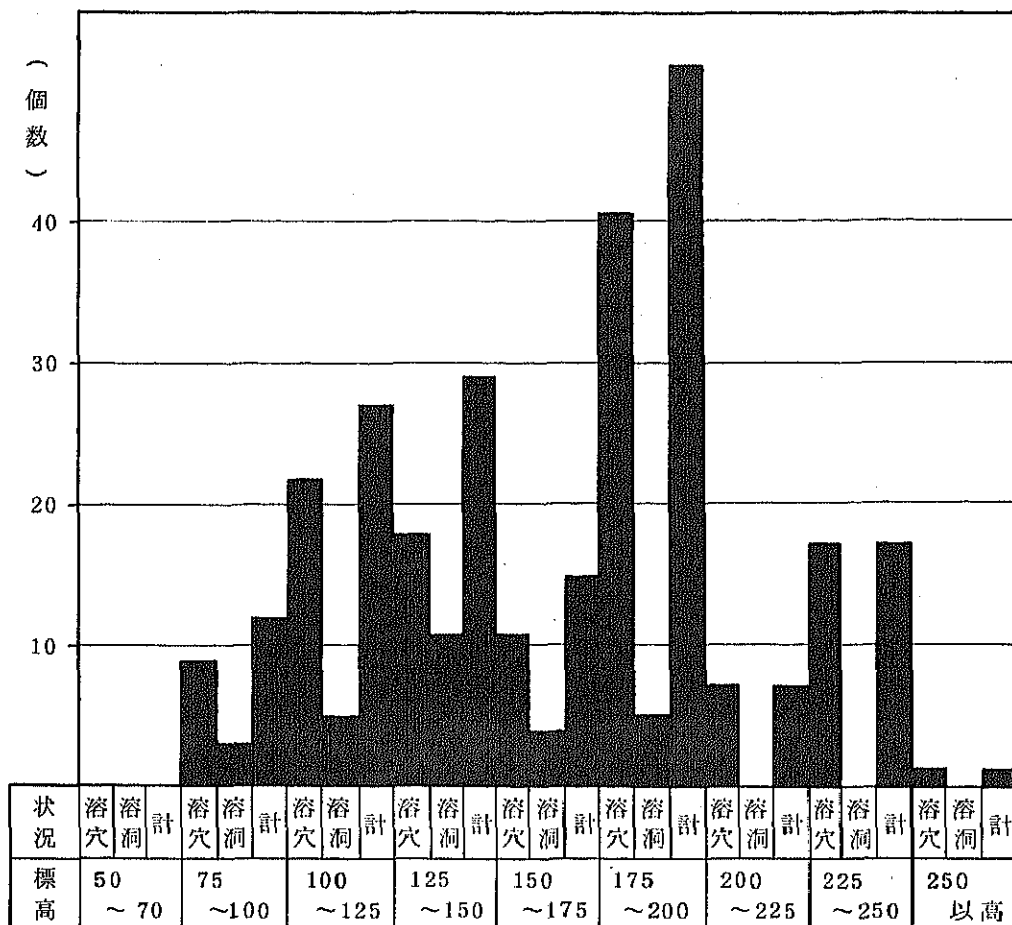


図2.1 溶洞（穴）の標高別分布

以上の結果、溶食の状況については下記の諸点が考察される。

- a) ダムサイトに分布する地層との関係では、張夏組の石灰岩で最も溶食現象の発達がみられ、規模も大きい。
- b) 地下水面との関係では、河床平坦部の資料が非常に多かったためとも考えられるが、地下水面以下のものが圧倒的に多く、全体の52%を占める。地下水面近傍及び以上のものは合わせて20%程度である。断層近傍のものはF-8が圧倒的に多く、その他F-26, F-1, F-3近傍でも若干存在し、全体の28%程度を占める。
- c) 標高との関係では、E.L. 175~200mに存在するものが最も多く、全体の30%程度を占める。次に多いのはE.L. 125~150m及びE.L. 100~125mの範囲であり、それぞれ18%程度である。全般的にみると、資料が少なく判然としないところもあるが、E.L. 100m以下では少なくなる傾向にある。
- d) 溶食は断層・節理等の地質分離面に沿って発達する傾向がみられる。
- e) 溶洞（穴）は紅褐色の粘土により填充されているものが多いが、一般に地下水面以下では

填充されているものが多く、地下水面以上には填充されていないもの、或いはルーズな状況にあるものが多いと推定される。

- f) 鳳山組一段 ( $C_3 f_1$ ) の下部に分布する 10 m 頁岩層には溶洞 (穴) は存在しない。表 2.14 中の地下水面下に存在する 5 箇所 (溶穴 4, 溶穴 1) の溶穴 (洞) はいずれも 10 m 頁岩層上部の石灰岩・頁岩互層中のものであり、また、断層近傍の 4 箇所の溶穴については F-4, F-8 の断層に直接関係するものである。
- g) 以上、溶食現象について検討を行ったが、地質との関係、或いは標高、地下水等との関係で、若干の傾向は認められるものの、その規則性については判然としないと言わざるを得ない。

#### (4) 岩盤の透水性

岩盤の透水性については、ダムサイトで実施された数多くの透水試験の結果に基づいて検討を行った。その結果は、ダム軸の縦断図で示した (図面 A.2.3) ルヂオンマップの通りである。なお、ルヂオンマップの作成にあたっては損失水頭を考慮した実有効水圧による従来資料の補正を行い、 $\omega$  値を  $L_v$  に換算した。

岩盤の透水性は、全般的にみて透水性の高い部分が深部にも多く存在することから、ダム基盤としては非常に透水性の高い岩盤であると言わざるを得ない。透水性の高い部分は溶食と密接な関係があるものと考えられ、特に深部のものは直接関係するものが殆どであると判断される。透水性に関して指摘される諸点は下記の通りである。

- a) 強風化・弱風化の岩盤は  $100 L_v$  以上の透水性を示す。
- b) 断層に沿って透水性の大きな部分が多く存在する。特に F-8 に沿う部分で著しく、深度 100 m 程度まで  $100 L_v$  以上の部分が連続して存在する。
- c) 透水性の高い部分 ( $100 L_v$  以上) が深く、微風化部に及ぶのは河床平坦部の大半を占める範囲 (B-337~B242), 右岸山体の B-362~B360 間、及び副ダム予定地付近、などであり、地表からの深さが 40~50 m に及ぶ箇所が存在する。
- d) 地質分離面の項で述べた如く、地質分離面は地層の層理に沿う方向のものが最も多いという状況に符合するように、ルヂオンマップ上で特に透水性の大きな部分が層理の方向に延びる傾向がみられる。
- e) 長山組二段 ( $C_3 c^2$ ) の上部から鳳山組一段 ( $C_3 f^1$ ) の下部 (10 m 頁岩層を含む) にかけての 25~35 m 間は全般的に透水性の低い部分が連続して存在する。
- f) 透水性の高い箇所は溶食現象と関係するが、特に深部のものについては直接関係しているものが多いと判断される。
- g) 右岸のダム取り付け部背後山体の透水性については、断層が錯綜して地質が複雑であり、

一部では難透水層として期待される鳳山組一段の地層を欠く部分が存在することもあって透水性に大きな懸念がもたれている地域であるが、全般的に透水性は低い。なお、比較的多く存在する溶洞（穴）部（地下水位以下）でも概して透水性が低い。これは溶洞（穴）が粘土状物質によりかなり緻密に填充されているためと判断される。

(5) 岩盤の力学性

ダムの基盤となる張夏組二段（ $\text{C}_2, z^2$ ）の結晶質石灰岩・鱗状石灰岩と崑山組（ $\text{C}_3, g$ ）の石灰岩・頁岩互層についての岩石及び岩盤の物理・力学試験結果については、表2.8に見られる通りである。岩石試験の結果では、比重は2.74と高く、また吸水率は0.1～0.3%と非常に低くなっていることから、堅硬・緻密な岩石であることが判る。しかし一軸圧縮強度は300～600 kgf/cm<sup>2</sup>、剪断強度は10～15 kgf/cm<sup>2</sup>であり、これら試験結果は経験上予測される値より小さ過ぎるように思われる。図A.2.23は、一軸圧縮強度と岩盤の純剪断強度の関係を示した日本での資料の一例であるが、この図が示すように、一般に均質な地層ではほぼ  $\tau_0(\text{kgf/cm}^2) = 1/20 \sigma_c(\text{kgf/cm}^2)$  の関係があると考えられている。この関係から当ダムの岩盤純剪断強度を推定すると、少なくとも15～30 kgf/cm<sup>2</sup>程度は期待できると判断される。

(6) 地下水位

調査範囲内での地下水位は、右岸部のボーリング382孔近傍から山側で若干水位が高くなる傾向がみられる以外は、河川水位と殆んど変わらない状況を示している。ダム軸での地下水位の状況は、表2.15の通りである。

表2.15 地下水位の状況

位 置	左岸山体部		河床平里部		河 川	右 岸 山 体 部								
	ボーリング孔	358	371	218	224	242	325	329	364	360	369	382	376	375
地下水位標高	194.045	194.645	194.313	195.279	194.000	194.315	194.363	194.283	195.090	194.837	197.825	198.397	199.432	199.850
測定月日	1985 5/30	1985 5/30				1983 12/30	1983 12/30	1985 5/30	1985 5/30	1985 6/15	1985 6/15	1985 6/15	1985 6/15	1985 5/30



なお、右岸部で若干水位が高くなるのは、地層の分布状況からみて頁岩を多く挟む鳳山組一段（ $C_3 f^1$ ）の影響が考えられる。

#### (7) 右岸背後山体部の透水性

右岸山体部の中で、F-1断層と牛馬台溝に沿って走るF-58に挟まれた地帯は、地層が約180m上流側にずれ、また、多くの断層が錯綜するため、複雑な地質状況にあることに加え、難透水層として期待される鳳山組一段（ $C_3 f^1$ ）の地層を欠く部分が存在することから地盤の透水性に大きな懸念がもたれている。従って、ダム堤体カーテンに連続してのリムカーテンが計画され、その計画は地質状況を考慮し検討されている。リムグラウト計画線に沿う部分の地質状況は下記の通りであり、グラウティングによる遮水効果は期待出来るものと判断される。

- a) 大部分が地下水位（E.L.194～199m）付近で鳳山組一段の地層に遭遇する。
- b) 鳳山組一段の地層が欠ける部分にはボーリング360～369間及び382近傍があげられるが、いずれの部分もかなりの範囲（深度方向）に亘って5L<sub>0</sub>以下の小さな透水性を示す部分が連続して存在する。

右岸山体部では、多くのボーリング孔で地下水位の連続測定が実施されているが、代表的な15孔についての地下水位の動向は表2.15の通りである。また、雨量データを含めた変化曲線の中の代表的なものが図A.2.22である。なお、上記の資料に基づき考察される点は下記の通りである。

- a) F-1断層と牛馬台溝に挟まれた地帯に計画されているリムグラウト線位置では、その大半の部分が地下水位近傍で鳳山組一段（ $C_3 f^1$ ）に遭遇する。
- b) 鳳山組一段の地層が欠けるのは、ボーリング360～369間と382近傍であるが、いずれも5L<sub>0</sub>以下の低い透水性を示す部分が連続して存在する。
- c) 地下水位の傾向をみると、ボーリング329近傍から堤軸に沿って河岸まで連続する低水位部分があり、この部分を取り囲むように山側へ漸次地下水位が高くなる傾向がみられる。また、329から283を経て317に向かう方向（北西～西北西方向）にやや地下水の低いゾーンがみられる。前者は透水性の高い地盤が深くまで及んでいる。329、325、361及び248の透水試験の資料と符合し、溶食の発達が予想される。後者は地下水位の低い方向がF-6と平行する方向であり、この方向の節理の発達及び溶食が予想される。
- d) 水位の高い測定孔ほど降雨の影響を鋭敏に、しかも強く受け、定常水位になるまでに時間を要する。これは、当然、地盤の透水性を反映しているものであり、水位のより高い測定孔近傍はより低い透水性の地盤にあるものと判断される。

## 2.3.5 ダム基礎としての工学地質評価、所見及び結論

### (1) 岩盤の評価

ダムの基礎岩盤の評価の尺度としては変形性・強度・透水性等が用いられる。一般的な評価方法としては、力学的性質と透水性についてそれぞれ検討がなされ、その後総合的な評価がなされている。力学性状については、岩石の強度、風化の程度、割れ目の間隔と状態等により分類された岩盤区分と力学試験との対応で検討される。また透水性は原位置での水理試験（主として透水試験）により検討される。なお岩盤区分の区分要素と透水性の関連については非常に難しいため、現状では両者を合わせ統一した分類はされていない。以下に当ダム基礎岩盤の力学性と透水性についての評価及び所見を述べる。

#### a) 岩盤の力学性評価

既存資料での岩盤区分は、風化の程度に着目して分類した5段階区分（全、強、弱、微風化及び新鮮）であり、特に割れ目の状態に着目した分類は行われていないが、当然のことながら、風化区分に基づく既存の分類にとって主要な分類要素になっているはずである。ここでは今回実施した補足調査及び横坑観察での日本で通常採用されている岩級区分及び岩級区分と各種物理定数との関係について、中国側の既存資料との対応をつけるべく若干の考察を行い、岩盤の評価について検討を行う。

中国側の風化区分及び剪断強度と日本の岩級区分との対比は、略々表2.16のようになるものと考えられる。

表2.16 中国側の風化に基づく区分と剪断強度及び日本の岩級区分との対比

風化区分		全風化帯	強風化帯	弱風化帯	微風化帯	新鮮岩
剪断強度 kgf/cm <sup>2</sup>	張夏組		5以下	5～10	10～12	12～15
	崗山組		3以下	3～8	8～10	10～13
岩級区分		D～C <sub>L</sub>	C <sub>L</sub>	(C <sub>L</sub> )～C <sub>M</sub>	C <sub>M</sub> ～C <sub>H</sub>	B～A

なお、剪断強度との対比については、中国で参考資料として作られている表2.17 “ダム基礎岩盤の剪断強度参考値” 及び当ダムの剪断試験結果を参考とした。

表2.17 ダム基礎岩盤の剪断強度参考値

分類	総合評価	岩盤の特性	剪断強度	
			f	$\tau_0$ kg/cm <sup>2</sup>
I	最岩 良盤 好	新鮮・堅硬緻密，厚層状塊状岩盤 飽和一軸圧縮強度……………1,000 kg f / cm <sup>2</sup> より大 静弾性係数……………200×10 <sup>3</sup> kg f / cm <sup>2</sup> より大 弾性波速度（縦波）………5,000 m / sより大	1.2~1.5	13~15
II	良 好 岩 盤	新鮮・堅硬緻密，厚層状塊状岩盤 飽和一軸圧縮強度……………600~1,000 kg f / cm <sup>2</sup> 静弾性係数……………100~200×10 <sup>3</sup> kg f / cm <sup>2</sup> 弾性波速度（縦波）………4,000~5,000 m / s	1.0~1.3	11~13
III	中岩 程盤 度	微風化，やや堅硬，層状塊状岩盤 飽和一軸圧縮強度……………300~600 kg f / cm <sup>2</sup> 静弾性係数……………50~100×10 <sup>3</sup> kg f / cm <sup>2</sup> 弾性波速度（縦波）………3,500~4,000 m / s	0.9~1.2	7~11
IV	や岩 や盤 不 良	弱風化，やや軟質，薄層状岩盤 飽和一軸圧縮強度……………150~300 kg f / cm <sup>2</sup> 静弾性係数……………20~50×10 <sup>3</sup> kg f / cm <sup>2</sup> 弾性波速度（縦波）………2,500~3,500 m / s	0.7~0.9	3~7

当ダムの掘削線は風化区分に基づいて考えられているが，基本的には妥当なものと判断され，ダム基礎岩盤は岩級区分ではC<sub>M</sub>~C<sub>H</sub>級に相当し，その純剪断強度は6~10 kgf/cm<sup>2</sup>の範囲にあるものと判断される。以上の検討結果から，地質状況を考慮して分けられたダム敷の6区間について，それぞれ表2.18に示すような観音開ダムの設計剪断強度を決めた。

表2.18 設計剪断強度

地層		区間	I	II	III	IV	V	VI
		張夏組 (C <sub>2</sub> z <sup>2</sup> )	$\tau_0$ kgf/cm <sup>2</sup>	8.0	7.5	7.0	7.5	5.0
	f	1.05	1.0	0.9	1.0	0.8	0.8	
周山組 (C <sub>3</sub> g <sup>1</sup> )	$\tau_0$ kgf/cm <sup>2</sup>	7.0	7.0	4.0	7.0	3.0	3.0	
	f	0.9	0.85	0.75	0.85	0.7	0.7	

なお，以下に日本での岩級区分と純剪断強度，変形係数の関係及び岩級区分に応じての物理定数の範囲をまとめた資料に基づき，若干の所見を述べる。日本の資料は，それぞれ，図A.2.23剪断強度と一軸圧縮強度の関係，図A.2.24岩級区分と純剪断強度の関係，図A.2.25岩級区分と静弾性係数の関係，表A.2.26岩級区分から予想される物理定数の範囲

である。

これらの資料から、当ダムの岩盤にほぼ相当すると思われる $C_M \sim C_{II}$ 級岩盤の剪断強度、静弾性係数及び弾性波速度は下記の範囲と推定される。

純剪断強度	.....	10~35 kg/cm <sup>2</sup>	
		(15)	
静弾性係数	.....	20,000~80,000 kg/cm <sup>2</sup>	
		(30,000)	
弾性波速度	.....	1.5~3.5 km/sec	( ) ...硬岩の場合
		(2.0)	

なお、上記の資料は塊状岩盤を対象としたものであるが、強度の低い岩盤に関するデータと含まれているはずであり、当ダムのような硬岩を対象として考える場合はこの資料の下限にとられわることなくある程度大きく( $C_M$ の中程度)とってよいと判断される。一方、上限値については、基盤の大半が $C_M$ 級であることからここまで大きくとるべきではないと考えるのが妥当である。以上の結果を当ダムで考察されている物理定数と較べると、当ダムでの値は静弾性係数及び弾性波速度(表2.9)は高く、純剪断強度はかなり低くなっている。

#### b) 透水性についての評価

当ダムサイト基盤は透水性から見ては非常に高いと言わざるを得ない。岩盤の透水性は、一般に断層、亀裂、節理などの地質分離面の性状・頻度等に支配されるが、当ダムの場合はこれに加えて溶食作用が透水性を左右していると考えられ、透水性をより複雑なものにしている。溶食作用には当然規則性があるはずであるが、当ダム地点の場合、地形・地質及び地下水等との関連では考えられない溶食現象が数多く存在する。従って造構運動など地史的な背景との関連づけで検討する必要があるが、既存の調査資料や地下水等の知見をもってしても極めて難しく、規則性は勿論傾向についても判断が出来ない。透水性に関する評価のうちにはグラウチングにより改良が出来るか否かも重要な要素である。当ダムの高い透水性は溶洞及び溶穴等の大きな空隙に支配されているが、岩盤自体は概して地質分離面が少なく堅硬緻密であることを考えれば、大空隙の充填が遮水の決め手であり、空隙の充填が確保される工法を発見して採用することが不可欠である。なお、溶食の影響が全く見られず、また透水性も非常に小さいことが確められた鳳山組一段の10m頁岩層の存在が非常に有利な条件になると判断される。

#### (2) 基礎掘削線

掘削線の決定は基本的に岩盤の強度による場合が多い。従って、岩盤のゆるみ等を十分に検討する必要がある。岩盤の透水性が非常に高い場合には、グラウチングによる改良効果及び経済性等が考慮の対象となる場合がある。日本では掘削線は一般的に $C_M$ 級(岩級区分)以上

の岩盤が対象となる。当ダムサイトでは岩盤の評価に5段階の風化による区分が行われており、左岸部・河岸部では、微風化帯の上面から1 m程度の深さに、堤高が低くなる右岸部では弱風化帯の上面から3 m程度の深さにそれぞれ掘削線が考えられている。風化区分と日本の岩級区分との対比は前項で考察した通り計画掘削線が位置する弱風化帯及び微風化帯はC<sub>M</sub>~C<sub>H</sub>級岩盤に対比され、基本的に掘削線として妥当な位置と判断される。しかし、多くの部分で透水性の高いゾーンが深部にまで及び、岩盤のゆるみについても懸念が持たれる。一般的には、グラウチングの改良効果を考慮すると、20~30 L<sub>0</sub>以上の高透水性の岩盤については掘削が可能であれば除去するのが得策とされている。しかし、高透水性ゾーンが広い範囲に亘り、深部に及ぶ当ダムサイトでは高透水性ゾーンの掘削除去は不適切であり、入念に施工するグラウチングに頼らざるを得ないと判断される。

### (3) 基礎処理

ダムの基礎処理の目的は耐荷力の増大と水密性の増大を図ることである。地盤条件或いは構造物との対応によって種々の工法が考えられているが、グラウチングとコンクリート置換が最も一般的である。当ダムにおける耐荷力の増大（基礎の強度を増し、変形性を減じると共に基礎の力学的な均一化を図る）を目的としての工法は、断層破碎帯等軟弱部に対して実施するコンクリート置換工法及び堤体基礎の部分で実施されるコンソリデーショングラウチングである。また水密性の増大（貯水池の水の損失防止は勿論、浸透流の速度の低下を図り、パイピング及び風化の進行を遅らせる）を目的としての工法は溶洞の充填及びカーテングラウチングである。現状での中国側のグラウチングの計画は、ダムの規模及び地盤条件から考えて、基本的には妥当なものと判断される。特に10 m頁岩層を利用する遮水ゾーンという形はオーソドックスな考え方であり、妥当な計画と判断される。以下にグラウチングの計画・施工にあたっての留意点を記す。

- a) 岩盤の表層部は、透水試験及びグラウト試験の結果から判るように開口節理が多く非常に透水性が高い。従って、コンソリデーショングラウチングの効果的な施工には掘削しるを利用したカバーロック方式ではなく、かなりの厚さ（3~6 m）のカバーコンクリートが必要である。
- b) 透水性の高い表層部は、カーテングラウチングが入念に施工されたとしても遮水効果に懸念がもたれる。従って、コンソリデーショングラウチングに補助カーテンの役割をもたせることを考えて施工ステージ長をカーテンの上下流では深くしておくなどの工夫が必要である。
- c) 溶洞の充填はダム基礎の範囲内では確実に実施する必要がある、グラウチングに先行して実施しなければならない。

- d) 具体的なグラウチングの工法（注入パターン、注入材料、配合、注入圧、注入速度 etc）は、地盤条件が複雑なため、施工時（初期）に試験施工を通じて決められるべきものであるが、基本的な工法については当然あらかじめ決めておかねばならない。
- e) グ라우チングを行うに当たっては、通常のダムに比較して著しく注入量が多くなると予想されるが、一般に透水性が高く注入量も多い地盤条件の所では、実績が計画を上回る場合が多いことから、計画にあたっては充分な余裕をもたせるべき検討が必要と考える。
- f) グラウト試験の結果から考えられている所要セメント量は最大1 t/m程度であり、非常に大きい注入量と言える。従って、或る程度のセメントの代替材料の採用についても検討すべきである。
- g) 特にカーテングラウチングでは改良ゾーンを確保し、セメントの過度の注入を抑えるために周囲に粘土やモルタルの注入を行って限定させる壁を作ることや、注入濃度を濃いもの（1：0.8くらい）から逆に薄くすることなどのようなかなり飛躍的な工法が不可欠であると考えられるので、早急にグラウト試験を実施すべきである。

### 2.3.6 今後の問題

今後実施される詳細設計において、具体的な施工指針へのアプローチが図られると考えられるが、調査、試験等を通じての考察事項は次の通りである。

#### (1) グラウト試験

今後実施するグラウト試験は、基礎岩盤の改良特性をより具体的に把握することであり、その結果に基づいて、効果的なグラウチングの仕様（注入パターン、注入圧力、注入速度、注入材料、配合、取合、切替え etc）を作成しなければならない。また、セメントの代替材料についても検討すべきと考える。なお、グラウト試験は出来るだけ施工に即して実施すべきであり、カバーコンクリートを考慮すべきである。

#### (2) 右岸部のリムグラウト計画の検討

右岸の遮水処理としては、カーテングラウチングに連続するリムグラウト及び牛馬台溝に副ダムが計画され、地質調査は一応完了した状況にある。副ダムサイトの基盤については調査の結果、強風化及び高透水性ゾーンが深部（30～40m）にまで及びダムの基盤としては問題があると言わざるを得ない。しかし、現状では調査数量が少なく、詳細な基盤の性状確認のためは今後ボーリング及び透水試験による調査を追加する必要があると考える。

リムグラウト計画については、鳳山組一段の地層の分布状況から考えると妥当な計画と判断されるが、右岸背後山体部の透水性は全般的に概して小さく、グラウチングによる改良効果に

充分期待が持てると判断されることから、リムグラウトの計画線を10m頁岩層を追って牛馬台溝方向に曲げることを行わずに牛馬台溝と白雲溝との尾根に向かって延長させる案も考えられる。勿論この方式では、右岸上流部周辺山塊の地質構成とも深く関係するので、今後の課題として検討する必要がある。

## 2.4 材料（コンクリート用骨材）

### 2.4.1 コンクリート用骨材

観音閣ダムのコンクリート用骨材としては、太子河の現河床堆積物を使用する予定でありダムサイト近傍では、次の3地点が上げられる。（図面8.1参照）

- (1) 泉水地区……ダムサイト右岸上流 2～7 km（賦存量 618万m<sup>3</sup>）
- (2) 上堡地区……ダムサイト右岸下流 1～3 km（賦存量 568万m<sup>3</sup>）
- (3) 下堡地区……ダムサイト左岸下流 4～6 km（賦存量 174万m<sup>3</sup>）

注：賦存量は、中国側資料による

泉水地区は、賦存量が多いが堤体打設の進捗に伴って堰上げの影響を受けることと、運搬距離の長いことが欠点であり、現時点では上堡地区が賦存量、運搬距離から見て有力と考えられる。なお、上記の3地区で材料としての差は殆どないものと考えてよい。

当該地区の中国に於ける試験結果、現地調査及びJIS手法による代表試料の試験結果は以下の通りである。

砂利（表A.2.7～表A.2.9を参照）

- (1) ダムサイト近傍の河床堆積物を構成する礫の岩種は、花崗岩類が大部分を占め、大体の構成は花崗岩類 70%、堆積岩類 20%、変成岩類 10%で、粒径による差は殆ど見られない。
- (2) 物理試験の各項目は、いずれも日本の土木学会標準規格値を満足しており細、粗骨材の吸水率がやや高いものが良好な骨材であると言える。

川砂

- (3) 採取予定地の川砂の粒度分布は、日本の土木学会で定める粒度範囲を外れており、0.3mm～1.2mmの中間粒径の占める割合が多く、確認試験に供した砂では0.3mm以下の細粒分及び微粒分が極端に少ない。（図A.2.26、2.27及び2.28参照）
- (4) 砂の物理試験結果では、洗い損失値が高くシルト分が多いと推定されるので十分な洗浄が必要と思われる。洗浄後の粒度分布が洗浄前に比して微粒分が少なくなるのはこの理由によるものと考えられる。

## 2.4.2 今後の課題

今後実施される詳細設計において調査、試験等を通じての考察事項は次の通りである。

- (1) 上堡地区骨材採取場の礫は粗骨材として良好なものと言えるが、一部に表面の風化したものが少量見られることと、吸水率も若干高めであり、気象条件の厳しい環境にあるので、安定性試験及び凍結融解試験等で粗骨材としての適合性を再確認する必要がある。
- (2) 前述の通り約20%堆積岩を含み珪岩、チャートも含まれている上、後述のようにセメント生産地も変わる可能性があるので、アルカリ度を確認することが必要で、アルカリ骨材反応についても検討しておくことが望ましい。
- (3) 川砂は、天然の産出状態では粗粒率の変動が大きく、またそのまま細骨材として使用の時は粒度構成が悪くなる恐れがあるので粒度調整が必要と考えられるが、今後粒度調整のための製砂を含めてコンクリート配合設計上の検討が必要である。

## 2.5 社会経済現況

### 2.5.1 中国の社会経済現況

中国は、大陸本土及び海南島を含む島しょ部から成る960万km<sup>2</sup>の国土を有し、行政上、22省、3直轄市、5自治区から構成される。人口は、1987年で10.7億人であり、うち63%にあたる6.7億人が、農村部に居住している。政府による人口抑制策により、成長率は1987年で1.48%と低くなっているが、2000年には、約12億人に達するものと予想されている。

1987年の国民収入は9,153億元で前年比9.3%増と伸びている。国民総生産額は1兆927億元で、前年比9.4%伸びており、工業生産額は1兆3,780億元、農業生産額は4,447億元である。同年の対外貿易額は、輸出が395億ドル、輸入が432億ドルで、貿易収支は37億ドルの赤字となった。

1986年の中国国家財政総収入は2,260億元、一方、総支出は2,331億元で、71億元の赤字となった。

### 2.5.2 国家経済開発計画

#### (1) 開発基本方針と2000年工農業生産4倍増計画

中国は今世紀中の近代化を目標に1979年以来、対外開放・対内活性化政策を打ち出し、経済建設を進めている。具体的には、対外開放政策としては経済特区の設置、合弁事業の認可、諸外国からの借款の受入れ等が、対内活性化政策としては中央集権型経済制度の改革、すなわち地方企業への自主権の付与、人民公社の解体と請負い制（生産責任制）の導入が実施さ



れている。

この基本方針に基づき、1982年9月の党中央大会で中国は1981年から今世紀末までの20年間を展望した「2000年工農業生産4倍増計画」を採択した。本計画は戦略目標として、経済効率の大幅な向上を前提として、

- a) 実績ベースで工農業生産を4倍にする。
- b) 国民収入、主要工業製品の量で世界の前列にならぶ。
- c) 国民の物質的・文化的水準を世界の中程度とする。

(1人当たり所得を1,000米ドル程度とする。)

の3項目を掲げている。この目標は2段階で達成され、農業に関しては、総生産額の年平均成長率が、1981～1990年は7.9%、1991～2000年は7.1%と設定されており、2000年には6,224億元と、1980年の2.8倍に達することになる。

工農総生産は、1980年の7,159億元から2000年には2兆8,000億元と増加し、4倍増が達成されるものとしている。

## (2) 第7次経済開発5ヶ年計画

第6次5ヶ年計画(1981～1985年)、中国経済は順調な成長を遂げ、計画中の5年間において工農業総生産、国民所得は年平均10%前後の伸びを示した。また、食糧生産は4億トンを上回り、自給が可能となった(1986年1月6日、田紀雲副首相の報告)。1984年において計画の目標値は、ほぼ達成されている。一方で経済発展、特に工業生産の成長が急激であったため、交通・エネルギー等の社会資本の未整備が問題となっている。この結果を踏まえ第7次5ヶ年計画(1986～1990年)は、年平均目標成長率を国民所得、工農業総生産額ともに7%と控え目におき、バランスのとれた安定的経済成長の達成を図るべく、以下の項目に重点をおいている。

- a) 農業の構造改善
  - 米以外の農産物の増産
  - 品種改良の推進
- b) 運輸、エネルギー部門の整備
  - 内陸運輸・海運・陸上交通・航空のバランスのとれた整備
  - 石炭・石油の生産拡大、及び電力供給の拡大
- c) 技術改革
  - 技術レベルの向上、省エネルギー、品質の向上
- d) 軽工業の発展
  - 消費財生産の拡大