

三峡ダム（揚子江）プロジェクト

The Sankyo Dam Project (The Yangtze River)

い じゅう いん
伊 集 院

さとし
敏*

1. はじめに

中国大陸の地図を開くと、その広大な国土の中央部北緯30度の辺りを、ほぼ西から東へ横断して流れる大河が目につく。黄河とともに、我々日本人は馴染の深い揚子江である。揚子江は、流路延長6300 km、流域面積180万 km²、年間流出量約1兆 m³のいずれをとっても世界第3位の大河で、中国第一の河川である。中国の人々は単に長江という名で呼んでおり、本稿でも、以下長江と呼ぶことにする。

長江の源頭は、中国西部の青海省とチベット自治区の境、タン格拉山脈の氷河にあり、3500 km 下流の四川省宜賓までの間は、標高4500 mの青藏高原や雲南の険しい峡谷を流れ、特に金沙江の名で呼ばれる。宜賓では、長江最大の支川岷江が合流し、これより下流上海までの約2800 kmが、一般に長江と呼ばれている。長江の流域は、中国古代文化発祥の地の一つでもあり、古い文化と肥沃な土地に支えられ、現在も中国経済の一大中心地をなしており、流域内人口は3億余、耕地は2600万 haで食糧生産量は全国土の40%以上を占め、沿岸には、中国最大の都市上海をはじめ、南京・武漢・重慶・成都等の重要都市が連なっている。

この長江の河口から約2000 kmの地点、四川盆地と長江中下流部の平野部との間に、有名な景勝地で長さ約240 kmに及ぶ峡谷、三峡がある。三峡は、上流から瞿塘峡、巫峡、西陵峡の三つの峡谷でなっており、険しい侵食崖にはさまれ、川幅の狭い所は100 m程度しかない急流である。この三峡に大ダムを築造して長江本流を堰止め、治水・利水の両面に活用しようという三峡開発プロジェクトが、1980年代に入って急速に具体化の兆を見せ、その計画の規模の壮大さと効益の大きさから、世界のダム技術者の注目を集めるようになった。特に我が国では、一衣帯水の隣邦で歴史的文化的つながりも大きい長江の景勝地における大プロジェクトということもあって、単に専門家の間だけでなく、一般紙にも大きく報道されて、広く世人の関心をかきたてたのである。

2. 計画の目的

三峡の出口は南津関といい、その直下流、河口から約

1800 kmの地点に、宜昌市がある。宜昌から下流は、長江中下流部の平原地帯であり、河道は平野内を蛇行し、宜昌での常水位が約40 mであるから、宜昌～河口間の平均河川勾配は、1/45 000と極めて緩い。また、宜昌下流の荊江区间と呼ばれる約400 kmの区間は、河川の蛇行が著しく、特にその下流部では、直線距離80 kmの間に16回の屈曲を繰り返し、河道延長が240 kmにも達するほどである。このような洪水疎通上の悪条件のため、長江中下流部は古来洪水災害の頻発する地域であり、その被害は、我が国の洪水と比較すると想像を絶するほど甚大である。一例として、郭超人の中国馴水記の記述を引用すると、「1931年、長江とその大支川に超大型の大洪水が出現した。1000 km以上にもわたって、長い間修復が行われず欠陥の多い不完全な堤防は、わずか数日間ですべて決壊した。洪水は四川・湖北・湖南・江西・安徽・江蘇の6省に広がり、333万余 haの農地が浸水、被災者総数2800余万人、直接洪水により死んだ者145 000人以上に及んだ。また、水害後の飢餓や流行病による死亡者にいたっては、その数をかぞえることができないほど無数であった。……武漢市は浸水100日に達し、魚やすっぽんの泳ぐ大湖水と化した。大通りも路地も“屍体漂浮し腐臭天に蒸す”であったという」とある。

宜昌では、1877年から水位、1946年から流量の観測が行われ、既に100年以上の水文資料が蓄積されているし、1153年以降の歴史的な洪水の記録も残されている。荊江区间の河道の疎通能力は60 000～70 000 m³/sであるが、過去100年間に宜昌の流下流量が60 000 m³/sを超えたのは21回あり、ほぼ5年に1回の割合で荊江の堤防が危険にさらされていたことになる。

1949年、現中国の建国直後から、政府は長江中流部の治水対策を重視し、まず荊江と漢江を重点整備河川に指定し、荊江区间において堤防の補強・捷水路の開削を行うと同時に、大規模な遊水池「荊江分洪区」を建設し、更に、1958年から10年の歳月をかけて、支川漢江に、洪水調節容量約100億 m³の丹江口ダムを建設した。しかし、これらの対策だけで長江中下流部の洪水災害を根絶することは不可能であり、上流からの洪水ピークを貯留調節する大規模な本川ダムの建設が、永年の懸案事項として研究されてきた。それが、三峡ダムと、その逆調整池ならびにテスト施工の

*水資源開発公団 理事

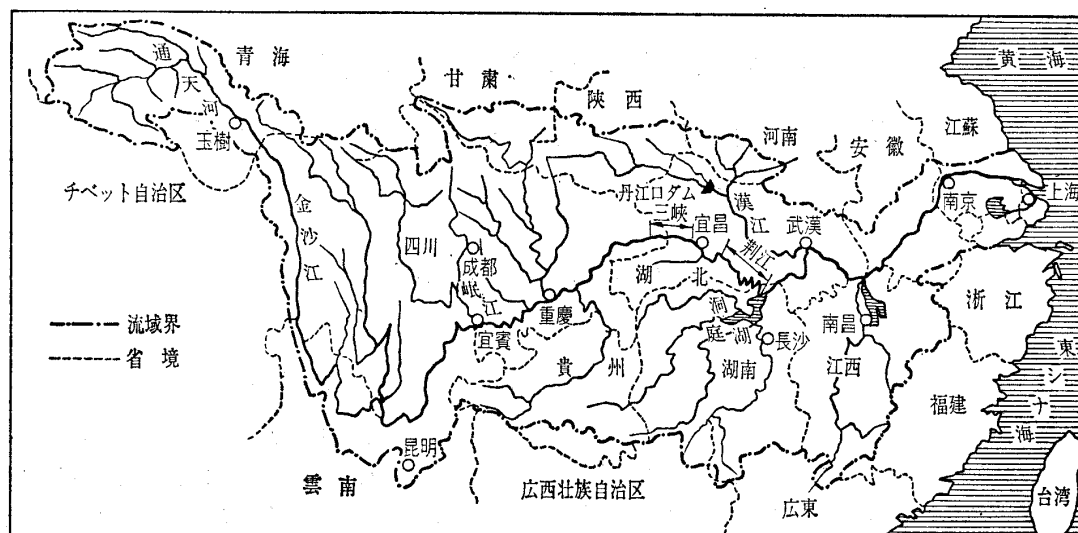


図-1 長江流域河川図

目的をもつ葛洲壩ダムの建設事業である。

一方、中国のエネルギー源は、北が石炭、南が水力といわれ、長江流域の包蔵水力は23000万kWと推定され、全国の40%を占めているが、その存在は南西部の山岳地帯に偏っており、華中や特に河口に近い華東の大電力消費地帯からは遠く隔たっているため、送電技術上の問題を抱えている。したがって、将来深刻化が予想される華中華東地域の電力需給に対応するため、比較的送電距離の短い本川上流部末端付近に大規模な水力発電所を建設することが、強く期待されている。

また長江は、沿川諸都市を結ぶ天与の幹線輸送路であり、河口から2400kmの重慶まで数千トンの船が航行する重要な航路であるが、三峡区間は急流と浅瀬が航行の安全を阻害する難所となっている。三峡ダムは、このような難所の解消と、流量調整による下流の渇水時の航路維持についても、大きな効果が期待されている。

以上、洪水防御・発電・航路の改善が三峡プロジェクトの主目的であるが、副次的に、水産養殖・灌漑水利・観光開発・その他、貯水池周辺の地域開発による各種産業の振興が期待されている。

3. 計画の経緯

三峡プロジェクト構想の始まりは、今世紀初頭の孫中山の実業計画にその萌芽を見いだすが、具体的には、1930年代国民党政府時代のダムサイト選定調査に始まる。1940年代には、中国と米国内務省開拓局(USBR)の専門家が協力して、初歩的な調査研究を行った。しかし、1940年代の後半は、中国内戦の中で計画も一時中断された。新中国の成立後、政府は長江の治水計画に深い関心を示し、長江水利委員会を設立、1954年の中下流部の大水害を契機に、三峡プロジェクト関連の大規模な調査研究を推進し、爾来30余年にわたり研究を続けて来た。

1950年代後半には、ソ連の専門家グループを招いて技術

的研究を行った。1958年、周恩来総理が主催して中央成都会議が開かれ、三峡プロジェクトに関するそれまでの研究成果が報告され、常時満水位を200m以下として爾後の検討を進めることが決定された。そこで、三峡ダムの常時満水位は、当初195mを中心に種々検討された。

1954年洪水の解析によれば、中下流部の河道ならびに氾濫区域における総湛水量は1023億 m^3 に達し、これに対処するには700億 m^3 の洪水調節容量を必要とし、三峡ダムのサーチャージ水位は可能なかぎり高いことが望ましい。しかし、常時満水位195mでは、水没住民の数が100万人を超え、工事規模が大きいため工期が長期化し、巨大投資による経済的リスクも大きい。そこで水没住民の数を適度におさえながら、なおかつ適当な治水効果も発揮できる方策として、1983年、長江流域企画弁公室は、常時満水位150m、堤頂標高165mの案を基にした「長江三峡水利センターフィージビリティ研究報告書」を作成し、中央政府に提出した。1984年4月、国務院は、洪水調節容量をより大きくするためサーチャージ水位を高くし、とりあえず堤頂標高を175mとすることを検討するよう指示し、原則的には原計画を認可した。これを受けて、同年12月には宜昌市に中国三峡工程総公司建設準備事務所が設立され、工使用道路等の準備工事に着手し、1985年5月には、常時満水位150m、堤頂標高175mの初歩設計報告が完成した。

現在、準備工事は着々と進められ、ダムサイト付近は大きな変貌をとげつつあるといわれるが、中国政府の内部には、この計画についてなおいくつかの異論なしとしない状況である。論争は、巨大集中投資の是非・常時満水位と水没移民対策・土砂堆積と航路の維持・自然環境の変化等多岐にわたっており、活発な討論を通して国家的なコンセンサス作りが進められつつあるようである。1986年3月の全国人民代表大会で審議された「第7次5か年計画」の中には、三峡プロジェクトは盛り込まれなかった。しかし、葛洲壩ダムが完成目前となった今日、長江治水という民族の

悲願の最大の切り札として、三峡プロジェクトが具体的に動き出す日は近いものと感じられる。

4. ダムサイト

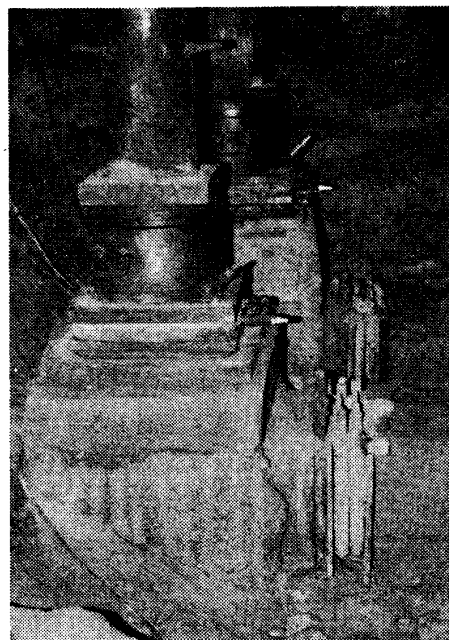
宜昌から船に乗り葛洲壩ダムの船間を通して長江を逆上ると、間もなく南津関から急峻な三峡・西陵峡の峡谷に入る。これより上流 13 km の石牌までが南津関地区と呼ばれ、当初はこの狭窄部で 4 箇所のダムサイトが検討された。南津関地区は、全般的に基岩が石灰岩であり、地質構造は複雑で、峡壁には随所に溶食洞が見られる。また、河道は狭くかつ急崖に囲まれ、工事中の河水処理も困難なため、ダムサイトとして不適格である。

更に上流へ行くと、峡谷は急に開け、兩岸の山容がなだらかになる。この比較的緩やかな地形の 25 km 区間は、美人池地区と呼ばれ、川幅は広く、基岩は堅硬な前震旦紀の石英閃長岩と閃雲斜長花崗岩からなる。美人池地区については、10 箇所のダムサイトが比較検討された。その結果、最終的に三斗坪^{サントウピン}サイトが最適と判断された（口絵写真—4, 5）。

三斗坪は、宜昌上流約 40 km に位置し、長江はこの地点で南東から北東へと緩やかに屈曲している。川幅は約 1 500 m 程度で、中央右岸寄りに幅 200 m、長さ 1 000 m 程度の中堡島があり河道を 2 分している。左岸側の河道が主流で幅約 800 m あり、その最深部は標高 20 m 程度の岩盤である。右岸側の副河道の幅は約 300 m で、最深部の河床は標高 45 m 程度の河床堆積物である。葛洲壩ダム（サーチャージ水位 66 m）の背水区間であり、流速は小さく、中堡島や兩岸の河岸には、粒度の細かい砂浜が形成されている。中堡島は河床堆積物で覆われ、水面上の起伏は 10～15 m と平たんで、一部耕地となっているが、堆積層の厚さは 10 m 以内である。兩岸の地形は緩やかで、露頭は少なく、旧崖錐と風化層を利用した階段状の耕地が作られ、高木はほとんどない。

地質調査は試錐を主とし、これまで総延長 7 万 m に及ぶボーリングが行われており、その一部は径 75 cm の大口徑ボーリングである。また、中堡島の上流端付近には、河床横坑のための立坑の掘削跡があるが、ボーリングによる地質の把握が十分であるため、河床横坑の掘削は中止されている。

基岩の地質構造は比較的単純で、新鮮な巨晶の花崗岩であり、ほぼ N～S 方向にダム軸線と 45 度程度で斜交する高角度の断層が、数本平行に存在する。新鮮な基岩の湿潤強度（圧縮）は 1 000 kgf/cm²、原位置試験による変形能（静弾性係数）は 30～40 万 kgf/cm² であり、透水性も極めて小さい。比較的規模の大きい断層は、F 7 と F 23 で、F 7 断層は左岸側の露頭と横坑内で観察できるが、膠結状態は良好で、大きな破碎帯は存在しない。左岸の標高 85 m 付近の横坑で見ると、風化は坑口から 10 m 以内で終わり、その



写真—1 左岸横坑での岩盤試験

奥は新鮮な花崗岩が続いている。断層やクラックの頻度は、我が国では想像し難いほど少なく、F 7 断層部も、断層粘土の厚さは数 cm、周辺の変質部分の範囲は 20～30 m あるが、変質部においても $E_R \geq 25 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$ とのことである。現在予定されている掘削線は、地表から水平に 50 m ほど入った所にあり、十分堅硬新鮮な花崗岩基盤である。もっとも、横坑の中には、アブライト化したやや脆弱なもの、角閃化したもの、熱水変質を受けたと思われる緑色化したもの等がわずかではあるが混じっているが、全般的にみて、堤高 170 m の大ダムの基礎としてもほとんど問題のない、良好なダムサイトと見受けられる。

5. 貯水池運用計画と効果

常時満水位 150 m、堤頂標高 175 m の計画案による貯水池の運用は、死水位 130 m、洪水期（5 月～9 月）制限水位 135 m、サーチャージ水位 170 m、ダム設計水位 173 m とし、死水位上常時満水位までの利水容量は 93.6 億 m³、洪水期制限水位上サーチャージ水位までの洪水調節容量は 220 億 m³、死水容量は 103.3 億 m³ で、総貯水容量は 373.4 億 m³ である。

この洪水調節容量の操作により、100 年確率洪水ピーク流量 83 700 m³/s を 56 700 m³/s にカットして荊江大堤防の安全を確保し、1 000 年確率洪水ピーク流量 98 800 m³/s に対しては、放流量を 80 000 m³/s に制限して、荊江分洪区の遊水効果とあわせて荊江大堤防の決壊を防止することが可能である。

利水容量は、発電と治水調整に使用される。発電設備容量は 50 万 kVA の発電機 26 基計 1 300 万 kW で、年間 677 億 kWh の発電を行い、華中・華東の大電力消費地等へ送電される。特に経済発展が著しく電力負荷が急激に増大している華東地区（安徽・江蘇・浙江・上海）へは、将来お

よそ半量の送電が見込まれるが、需要地まで1000 kmを越す遠距離でもあり、500 kVの超高圧直流送電が検討されている。

三峽ダムサイトは、集水面積約100万 km^2 で年間約4500億 m^3 の流出があり、平均約14000 m^3/s の流量があるが、渇水時には3000 m^3/s 程度に減少する。このような渇水時には、利水容量を利用して渇水調整流量5120 m^3/s を維持し、葛洲壩下流の航路の維持をはかる。

6. 施設計画

ダムは、全長2516.2m、最大堤高165mで、中央部中堡島から左岸寄りに全長483mの越流部を配置し、その両側の非越流部ダム背面に、左岸側14基全長634m・右岸側12基全長575.8mの両発電所建屋を配置する。左岸側発電所の左岸側に隣接して、2系列の4段式船閘を設け、更にその左岸側に船舶用エレベーターとそれに付帯する水路構造物を配置する。

越流部ダムは23ブロックに分け、各ブロック中央の標高85mに幅7m×高さ9mの放流孔23孔を設け、高圧ゲートで制御する。放流孔は、洪水期制限水位の放流条件で設計され、常用洪水吐として使用される。各放流孔の間には、横断継目をまたいで、クレスト頂標高148mの位置に純径間8mの越流部22門を設ける。越流部は、放流孔と共同して異常洪水時に操作され、洪水吐全体の最大放流能力は貯水位173mに対して110000 m^3/s であり、これは1000年確率洪水流量の10%増しに相当する。なお、減勢工には、フリップバケット方式を採用する。

発電所建屋は、左右岸とも上下流方向の長さ約60m、高さ約80mで、非越流部ダム上流面から底標高102mの取水口で取水し、径12mの堤内埋設鋼管で導水し、最大落差は87m、設計落差は65.3m、水車径は9.5mである。

宜昌・重慶間の水上運送量の検討の結果、ダムサイトを通過する貨物輸送量は、1方向に当たり年間5000万トンと定められた。葛洲壩ダム貯水位は渇水時約63m、船閘利用時の三峽ダム貯水位は130～150mであるから、落差は最大80m以上に達する。2系列の4段式船閘は、この間を1段当たり20数mずつ4段階で船を昇降させようとするもので、各閘室の寸法は、長さ280m、幅34m、最小水深5mで、葛洲壩ダム船閘と同寸法である。この船閘の通過所要時間は、約2時間と予想される。なお、工事中で貯水位が船閘使用可能な130mに達しない期間の通航問題に対処し、ダム完成後も短時間にダムを通過する必要のある高速船の需要に対応するため、船舶用エレベーターを設置する。エレベーターの船台寸法は、長さ120m、幅18m、水深3.5mで、一方向当たりの年間通航可能量は350万トン、ダム通過に要する時間は約1時間である。

そのほか、貯水池堆砂対策として、発電所建屋部分に、幅4m×高さ5.5m4孔と幅5m×高さ7m2孔の排砂孔

を設置する。なお、掲示した図面は、常時満水位150m、堤頂標高165mの案のものであり、本文中の記述と若干異なった部分があることをお断りしておく。

7. 施工計画

ダムサイトの河幅が広く、中堡島や副河道があるという特性を生かして、半川締切りによる開水路転流方式を採用する。まず1期工事では、中堡島から右岸側を締め切り、副河道の部分に転流水路を開削し、中堡島上には、河道と平行方向の軸線をもつコンクリートの縦方向締切り堤を築造する。転流水路は、幅250～300mで、その堤体部分は標高73mまで1期工事中に打ち上げ、堤体内の標高48mに転流用仮放流孔20孔を設け、頂部に仮越流部を設ける。縦方向締切り堤は、堤頂標高98m、最大堤高48m、軸線長1200mの台形断面コンクリートダムで、堤体積は110万 m^3 、一部は本ダムの中に取り込まれる。1期工事の工期は、3年が見込まれる。

2期工事では、中堡島左岸側の主河道を締切り転流水路に河流を切り替え、主河道部分のダムや発電所の工事を実施する。主河道の上流側締切りダムは、最大堤高90m、軸長940mで、しかも常時水深60mという悪条件下の施工であり、三峽ダム建設の中で最大の難工事と思われるものである。数種の施工法が検討された結果、締切りダム軸線をはさんだ上下流にそれぞれロック材を投入して荒締めダムを作り、その中間に風化砂を充填し、軸線部にコンクリート遮水壁を設ける方法が最も有力である。上流締切りダムの土石盛立量は約700万 m^3 、遮水壁のコンクリート量は8万 m^3 である。2期工事では、約4年間で標高105mまでの堤体を打ち上げ、23孔の常用洪水吐用放流孔も完成させる。また、主河道の堤体がある程度打ち上がった時点から、渇水期には、標高73mで打ち止められていた転流水路部分の堤体を平行して打ち上げる。左右両方の堤体が標高100m以上まで打ち上がれば、放流孔と転流用仮放流孔により79000 m^3/s の洪水に対処することができ、以後全面的に年間を通して堤体を打ち上げて行くことができる。2期工事開始後5年目には、転流用仮放流孔を閉塞して130mまでの湛水が可能となり、左岸側発電所の一部運転を開始する。以後は3期工事として、全面的に施工を促進する。着工から完成までの全工期は、準備工事期間3年を含め17年を見込んでいる。

船閘工事は、1・2期工事の間を通して行われ、2期工事末までに完成する。1期工事中は主河道の航路が維持されており、3期工事では船閘を使用することができるので、工事中の通航問題は、2期工事の5年間の対応に限られる。この間は、転流水路と仮の臨時船閘および船舶用エレベーターの利用を考えている。

主要な工事の施工数量は、土石掘削約8000万 m^3 、土石盛立約3000万 m^3 、コンクリート約2300万 m^3 、鋼材

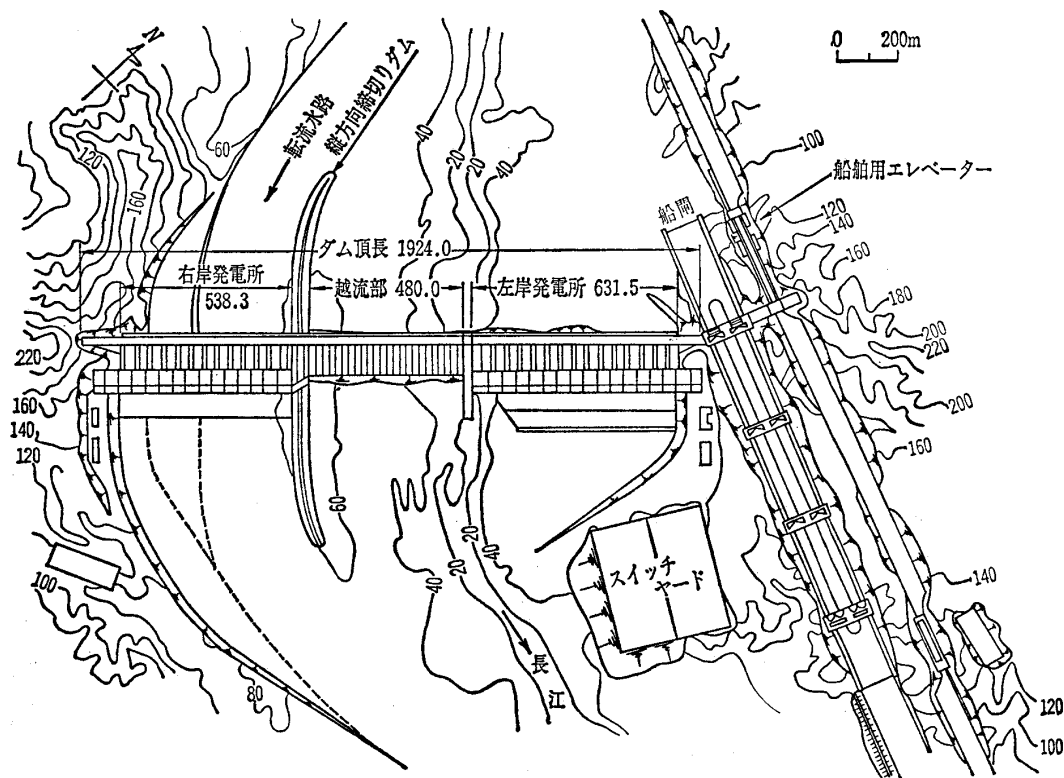


図-2 三峡ダム施設配置平面図 (常時満水位 150m, 堤頂標高 165m 案)

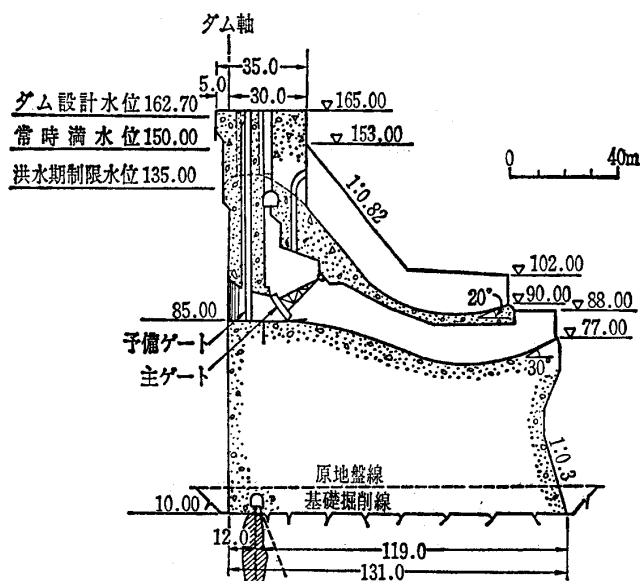


図-3 越流部標準断面図

および鉄筋等約47万トンである。

8. おわりに

以上三峡プロジェクトの概要を紹介したが、三峡ダムは、そのコンクリート堤体積・発電設備容量・洪水処理量のいずれをとっても、世界最大級のダムである。また水没耕地面積は約9700 ha、水没移住人口は約33万人に達する。このような大事業の総投資額を正確に把握するのは困難だが、ダム関係事業費は邦貨にしておよそ1兆円前後と推定され、周辺の地域開発等を含めればさらに大きな投資を必要とするであろう。

中国では、これまで長い歳月をかけて慎重かつ綿密に調査、研究を続け、関係者はこのプロジェクトの遂行に強い自信をもっている。しかし、実施の段階になれば、資金手当、技術・施工体制等多くの困難に遭遇するであろう。単にダム建設の技術面に限っても、主河道上流部締切りの遮水、90m近い高水頭で操作される63 m²の大断面高压ゲート、60m近い下流水深を考慮した揚圧力対策、急速かつ経済的なコンクリートダム施工技術の開発等の問題が挙げられる。古くから本計画に関係の深い米国では、USBRを中心に継続的に政府レベルの技術協力を続けて来ているし、カナダほか数か国が積極的な協力の申し入れを行っており、中国政府も、資金・技術の両面でこの世紀のプロジェクトへの国際的な協力を歓迎する意向を示している。こうした中で、我が国では、1985年4月に日中経済協会の中に三峡水力開発事業協力推進委員会を組織し、民間レベルでの協力を進めている。

現在、USBRの技術協力項目の一つにRCC工法の適用の問題があるが、多年コンクリートダムの施工の合理化に取り組みRCD工法を開発し、更にそれを改善しながらより高いダムへの適用に努力しつつある我が国のダム施工技術も、今後大いに注目されることと思われる。

本稿は1986年6月までに入手した資料を参考に記述しており、計画が現在流動的であるため、読者の目にふれる頃には内容に変化が生じているかもしれないし、また、乏しい資料のため筆者の解釈の違いや偏見による誤りを指摘される点も多いかと思われるが、読者諸賢の御寛容を乞う次第である。

(原稿受理 1986.9.30)