

中国

## 五強溪水力発電所建設事業 (1)～(5)

評価報告：2002年9月

現地調査：2001年7月

### 1. 事業の概要と円借款による協力



サイト地図：湖南省の省都長沙西方



サイト写真：五強溪発電所ダム

#### (1) 背景：

- 1) 湖南省の1987年末における発電設備容量は3,610MW、うち水力2,000MW(55%)、火力1,610MW(45%)であった。また、同年の発電電力量は145.5億kWh、うち水力69億kWh(47%)、火力76.5億kWh(53%)であった。発電電力量から電力ロスを差し引いた販売電力量(送電端電力量)は130.2億kWhであった。一方、同省の1987年の電力需要(消費電力量)は185億kWhであり、このうち自力で賄いきれない54.8億kWhについては、他省から電力融通を受けていた。同省では、水力、火力とも発電設備の増強が計画されていたが、工業用と民生用を中心として年平均約8～9%の伸びが見込まれる電力需要には追いつかないと見られ、本事業が実施されない場合、電力不足は95年に80.9億kWh、2000年には139億kWhとなることが見込まれていた。
- 2) 本事業が対象とする水川の下流域は広大な低地帯となっており、堤防が築かれてはいるものの、毎年5～7月の豪雨期には、人口122万人、1,193k㎡の耕地が洪水の危険にさらされ、洪水被害額は毎年平均33百万元(約11億円相当)に上っていた。このため本事業によりダムを建設し流量調節を可能とすることにより、洪水被害を防止することが求められていた。
- 3) 水川は、湖南省西部の水上輸送の大動脈であり、船舶の航行頻度は高いが浅瀬も多く、渇水期には航行上の制限を受けていた。本事業によるダム完成後は、ダム上流の航行が円滑化されるとともに渇水期のダム下流の最低流量が増加することにより、下流部の航行も大幅に改善されることが期待されていた。

#### (2) 目的：

湖南省の省都長沙の西方約300km長江支流の水川下流部に最大出力1,200MW、年間発電量53.7億KWHのダム式発電所及びその他関連設備を建設することにより、湖南省の逼迫した電力需給を緩和するとともに、洪水防止、船舶の航行改善を図るもの。

(3) 事業範囲：

本事業は重力式コンクリートダム（高さ 87.5m、総貯水容量 42 億 m<sup>3</sup>） 船舶航行施設（3 段ロック式・揚程 61m）水力発電所（240MW x 5、計 1,200MW）送電線（五強溪～崗市 500kv、90km、五強溪～ロウ底 500kv、180km 及び五強溪～雲田 500kv、120km）及び 500kv 変電所（崗市 360MVA、ロウ底 500MVA 及び雲田 750MVA）の建設並びにコンサルティング・サービス（詳細設計、施工管理等）よりなる。

(4) 借入人 / 実施機関：

中華人民共和国政府 / 国家電力総公司（旧水利電力部）および湖南電力公司

(5) 借款契約概要：

本事業に対しては、下表の通り、1988 年の第 1 次円借款から 1992 年の第 5 次円借款まで計 251 億円の円借款が供与された（貸付実行累計 248 億円）。

項目	第 1 次 (1988 年)	第 2 次 (1989 年)	第 3 次 (1990 年)	第 4 次 (1991 年)	第 5 次 (1992 年)
円借款承諾額/実行額	2,470 百万円/ 2,470 百万円	6,020 百万円/ 6,003 百万円	3,100 百万円/ 3,100 百万円	8,100 百万円/ 7,925 百万円	5,400 百万円/ 5,333 百万円
交換公文締結	1988 年 7 月	1989 年 5 月	1990 年 11 月	1991 年 9 月	1992 年 10 月
借款契約調印	1988 年 8 月	1989 年 5 月	1991 年 1 月	1991 年 10 月	1992 年 10 月
借款契約条件	金利 2.5% 返済 30 年 (うち据置 10 年) 一般アタイト (コナルタトは部分 アタイト)	金利 2.5% 返済 30 年 (うち据置 10 年) 一般アタイト	金利 2.5% 返済 30 年 (うち据置 10 年) 一般アタイト	金利 2.6% 返済 30 年 (うち据置 10 年) 一般アタイト	金利 2.6% 返済 30 年 (うち据置 10 年) 一般アタイト (コナルタトは部分 アタイト)
貸付完了	1995 年 8 月	1996 年 5 月	1992 年 3 月	1997 年 11 月	1997 年 11 月

## 2 . 評価結果

(1) 計画の妥当性

本事業は、湖南省の工業と農業の生産を促進すべく、逼迫した電力需給の緩和、洪水の防止と航行の改善を図ることを事業目的とし、アプレイザル時から現在まで一貫して中国の開発計画・政策と合致するものと考えられる。

2001 年 3 月に発表された中国の第 10 次五カ年計画でも、インフラをさらに整備することが、今後の重要課題の一つとされ、本事業と関連のある水利、交通及びエネルギー分野についても、全国の水利計画と大型河川の流域計画を総合的に策定し、河川水運及び水力発電を積極的に発展させることが目標として掲げられている。

(2) 実施の効率性

1) 事業範囲

本事業は当初計画のスコープに沿って実施された。

2) 工期

本事業の実施にあたって、事業実施の工期は概ねアプレイザル時の計画通りであった。維持管理を担当する実施機関所属の湖南五凌水電源開発有限公司によれば、同会社が資機材の調達と工事の進捗管理を徹底すると同時に、内貨予算の確保に努力した結果、コスト面では為替変動やインフレなどの要因による影響があったにもかかわらず、工期の遅延を未然に防ぐことが可能となった。また、資機材のサプライヤーが契約条件と納期を厳守したことも一因であった。

3) 事業費

事業費用に関する計画と実績との比較の内訳は表1の通りである。内貨部分は83%のコストオーバーランとなった(内貨ベース)。その原因として、第一に、インフレの影響もあるが、本事業の実施時期が中国における計画経済から市場経済への移行期と重なり、土木建設材料を主とする各種資材の価格と人件費などが自由化により高騰したこと、第二に、ダム在完成翌年1996年の大洪水によってダムの一部が損壊し、その修復と新たな護岸工事を実施するために追加的な用地取得が必要となったこと等により、住民移転のための補償額が当初見込額の2倍以上になったことが挙げられる。

表1：事業費に関する計画と実績の比較

	計画						実績					
	外貨		内貨		総額		外貨		内貨		総額	
	合計 (百万円)	円借款 (百万円)	合計 (万元)	円借款	合計 (百万円)	円借款 (百万円)	合計 (百万円)	円借款 (百万円)	合計 (万元)	円借款	合計 (百万円)	円借款 (百万円)
水力発電	2,348	2,348	11,461		5,030	2,348	1,906	1,906	13,113		5,154	1,906
施工機械	3,190	3,190	140,907		36,162	3,190	3,149	3,149	393,229		100,552	3,149
土木工事												
タービン・発電機	11,200	11,200	34,137		19,188	11,200	12,108	12,108	66,846		28,666	12,108
発電所・開閉所	2,808	2,808	3,450		3,615	2,808	3,105	3,105	10,484		5,702	3,105
送電線	1,855	1,855	32,837		9,548	1,855	1,490	1,490	51,380		14,217	1,490
変電所	2,490	2,490	38,930		11,599	2,490	3,110	3,110	32,771		11,227	3,110
コンサルティング・サービス	210	210	10		213	210	220	220	1,962		706	220
移住者への補償			70,000		16,380				167,298		41,440	
ブライズ・エカレーション	425	425	25,209		6,324	425						
予備費	564	564	45,704		11,258	564						
合計	25,090	25,090	402,681		119,317	25,090	25,090	25,090	737,083		207,665	25,090

注：1)計画事業費の換算は1992年のレート(RMB1=JP¥23.4)に基づく。

2)実績事業費の換算は1991年のレート(RMB1=JP¥24.77)に基づく。

3)実績事業費の外貨合計25,090百万円と1.(5)借款契約概要の実行額24,831百万円との間で259百万円の差異がある。実績事業費の金額は実施機関の報告によるものである。差異の原因は、実施機関が使用した換算レートによるものである。

(3) 効果

1) 発電設備と発電電力量

湖南省の発電設備総出力は、表2の通り本事業を含む新規発電所の完成に伴い、1995年に7,755MWと前年の7,111MWから9.1%増加し、96年には8,898MWへとさらに14.7%増加した。また、同省の発電量を見ると1995年に約331億kwhから13.2%増加し、96年以降は342～355億kwhを達成している。このうち、本事業による発電電力量は約40～53億kwhであり、省全体の12～15%程度を占めている。一方、この発電量をアプレイザル時の計画値を比較すれば約75～88%であるが、実施機関によれば、他の発電所を含む発電能力の増強に伴い、同省の電力需要が緩和したことによるとされている。

表2：湖南省発電設備と発電電力量の推移

		1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996 完成	1997	1998	1999	2000
発電設備 (MW)	計画	N.A.	N.A.	5,020	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	8,030	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	10,940
	実績	N.A.	N.A.	5,440	6,405	6,524	6,658	7,111	7,755	8,898	9,097	9,920	10,264	N.A.
発電量A (億kwh)	計画	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
	実績	N.A.	N.A.	201.4	211.3	244.7	272.7	292.3	331.0	341.6	347.1	350.0	348.4	355.0
五強溪発電 量B(億kwh)	計画								32.5	48.8	53.7	53.7	53.7	53.7
	実績								32.6	52.6	42.8	40.1	40.7	47.2
B/A (%)	計画								N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
	実績								9.8	15.4	12.3	11.5	11.7	13.3

出所：JBICおよび五凌公司

2) 洪水被害状況

洪水被害状況を反映する五強溪ダム周辺地域における歴年の浸水面積、被害額と被害人口などの指標が、本事業完成後の1997年以降ゼロとなり、ダムの下流量に対する調節機能の発揮によって水害を防止する役割が極めて大きいことが確認された。

表3：浸水面積、浸水家屋数、被害額と被害人口の推移（1988～2000）

	1993	1994	1995	1996 完成	1997	1998	1999	2000
浸水面積(平方km)	25.18	0	42.50	48.95	0	0	0	0
被害額(万元)	57,700	0	97,400	112,100	0	0	0	0
被害人口(人)	67,600	0	136,200	144,000	0	0	0	0

出所：五凌公司

3) 渇水期における航行制約状況の変化

従来の水川では、渇水期における航行が制限を受けていたのに対して、五強溪ダム完成後は、ダム上流の航行が改善されるため、船舶通過量の増加が予測されていた。しかしながら、表5に示すように、船舶通過量はむしろ減少している。これは、ダムと発電所の建設に伴う水川兩岸の道路の整備により、陸上交通が増加したことによる。

表 5：五強溪ダム船舶通過量の推移

(単位：トン/年)

	1993	1994	1995	1996 完成	1997	1998	1999	2000
実績	664,822	451,509	299,949	298,615	265,775	224,541	212,049	234,083

出所：五凌公司

## 4) 財務的内部収益率 (FIRR)

実績と予測値を基に FIRR を再計算すると、プロジェクトライフ 50 年で FIRR は 7.7% であり、アプレイザル時の計算結果 (50 年で 13.8%) に比して低くなった。これは、売電量が計画より少なく、設備利用率と稼働率が低水準にとどまったことが主な原因である。

## 5) 経済的内部収益率 (EIRR)

実績と過去の予測値に基づき EIRR を再計算すると、プロジェクトライフ 50 年で EIRR は 7.8% であり、アプレイザル時の計算結果 (50 年で 18.1%) に比して低くなった。アプレイザル時の計画より維持管理費が高くなり、投資コストも大幅に膨らんだことが EIRR 低下の主な原因である。

## (4) インパクト

## 1) 自然環境、社会環境への影響

水質の悪化は発生しておらず、周辺地域の緑化が本事業の実施を契機として実施された。一方、水没地域の古跡と古墳などの価値のある文化財は国家の関係法律規則に基づき事前に移転したため、損害を蒙っていない。また、本事業の第 1 次借款のアプレイザル時点で約 84,600 人の住民移転が見込まれていたところ、実際には約 115,800 人の住民移転が行われたと報告されている。本評価にてヒアリングを行った国家電力総公司及び湖南電力公司では、本事業の実施過程で住民移転に係る問題は確認されていないが、移転住民への影響を評価するためには、今後、住民移転を所管する湖南省の関係部局において継続的にフォローアップを行うことが必要である。

## (5) 持続性・自立発展性

## 1) 維持管理体制

O&M 担当機関は湖南五凌水電開発有限責任公司であり、同社は 1994 年に湖南省電力公司、湖南省経済建設投資公司、華中電力集团公司 3 社の共同出資で設立され、出資比率は、湖南省電力公司 56%、湖南省経済建設投資公司 32%、華中電力集团公司 12% であり、湖南省電力公司が最大の株主である。

湖南五凌水電開発有限責任公司の組織は図 1 の通りである。董事会 (取締役会) と董事長 (会長) の監督の下で会社の経営責任を全面的に担う総経理 (社長) は、副総経理、共産党委員会の副書記 (副委員長)、会社の「三師」と呼ばれる総工程師、総会計師、総設計師のアシストを得ながら、7 つの管理部門と 4 つの生産業務部門を統轄している。

また、総経理が直接に管轄している 4 つの生産業務部門のうち、五強溪・凌津灘電廠は五強溪と凌津灘といった 2 つの水力発電所を統轄する部署である。そのうち、本事業に関係する五強溪水力発電所は現在 120 万 kw の規模に対して従業員 120 人が配置され、平均して 1 人当たり 1 万 kw で、国家が設定した基準と合致している。

本事業の維持管理は同公司の下でこれまで順調に行われており、国家電力総公司より「一流水力発電企業」として表彰されている。

## 2) 維持管理に係る技術力

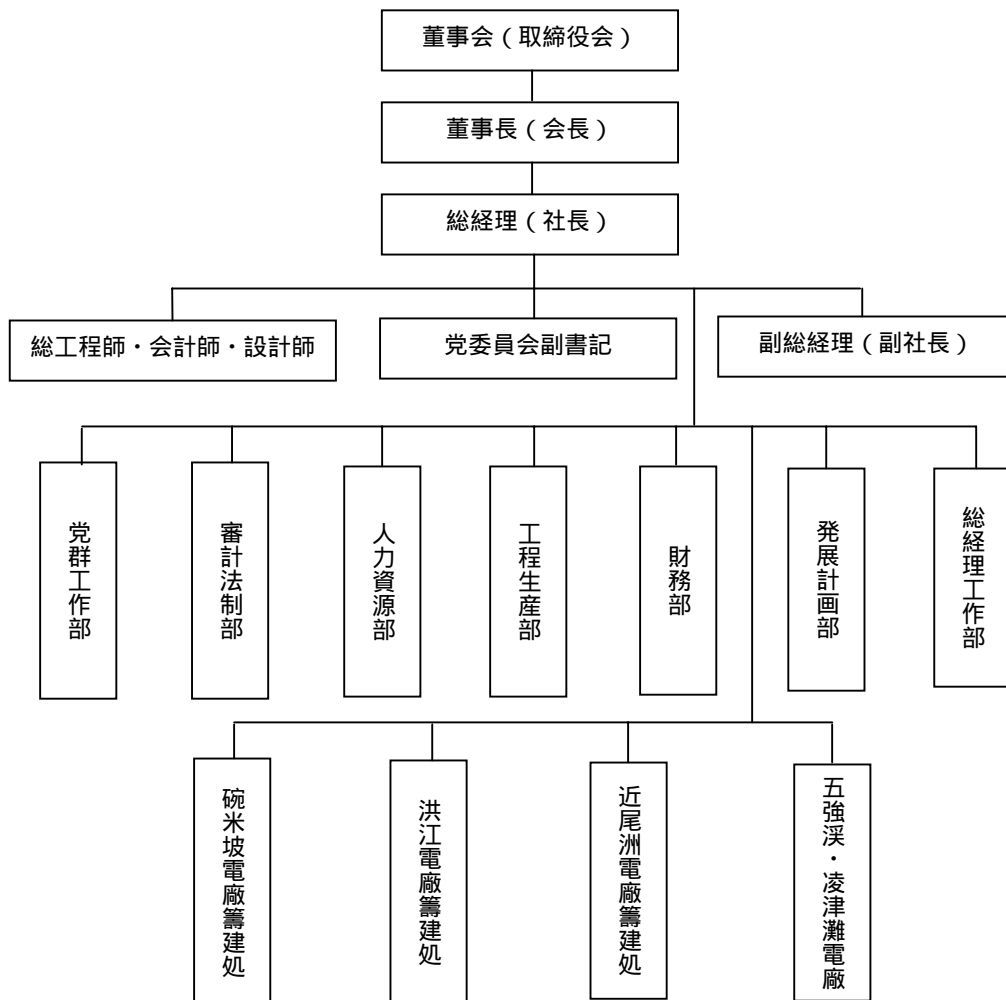
従業員の技術力養成について「崗位培訓管理暫行弁法」(「職位・技能の養成と管理に関する暫定方法」、以下「暫定方法」) が実施されている。その要点は以下の通りである。

1. 発電所の人力資源部が各ポストの必要な技能の養成に関する指導、監督、テストを担

- 当し、研修は五凌公司の研修センターに依頼する。
2. 研修期間は、全ての従業員を対象に、15 時間 / 月 / 人、180 時間 / 年 / 人月を最低基準とする。
  3. 研修内容は、『崗位培訓手冊』（『職位・技能養成ハンドブック』）及び各部門（分野）の年度研修計画に準じる。
  4. 能力評価は、研修の後に筆記試験や面接などの方法で実施するが、各従業員に毎年最低 100 点の単位取得を義務付ける。そのうち、ポスト技能関連の単位取得は強制的、他の単位取得は選択とする。
  5. 従業員の成績を報酬に反映するシステム（表 5）を採用し、能力向上のインセンティブとする。

以上のように、本事業の維持管理機関における技術力養成措置が制度化されたことにより、技術力養成の対象が従業員全員に及び、さらに技能習得の結果を報酬と昇進に連動させる方式が採用されたことにより従業員の技術力の向上が図られていくものと期待される。

図 1 湖南五凌水電開発有限公司の組織構造



出所：五凌公司

表5 五強溪発電所従業員技能の評価と報酬との連動性

評価の内容	基準となる指標	評価の頻度	報酬に影響する指標	評価結果の報酬への影響
職位・技能	合格率 90%	年度	合格率 < 90%	不足分1%毎に部門年度末当月賃金総額の変動部分が1%の減額となる。
資格昇進状況	昇進率 25%	年度	昇進率 < 25%	部門年度末当月賃金総額の変動部分が5%の減額となる。
部門全体単位取得 完成状況	完成率 100%	四半期	完成率 < 100%	不足分1%毎に部門四半期末当月賃金総額の変動部分が1%の減額となる。
専門分野論文の完成 状況	完成量 1本/人	年度	完成量 < 1本/人	部門年度末当月賃金総額の変動部分が0.5%の減額となる。
個人の単位取得状況	100%	年度	実際の点数	実際点数で測った単位取得率×ポスト技能で決まった個人の賃金水準=実収賃金

出所：五凌公司

### 3) 財務状況

本事業の維持管理機関である五凌公司から入手した損益とキャッシュフローに関する財務データ(表6)によれば、同公司の売上高純利益率は1996~1999年の期間には低迷を続けたが、2000年には前年の2.1%から17.7%へと大幅に改善している。これは2000年から利用率と稼働率の改善を背景とするものである。これに伴い、純利益と減価償却費の比率は1999年の4.7%対95.3%という純利益の過小傾向から2000年には32.6%対67.4%という比較的健全な関係に改善している。営業活動によるキャッシュフローが投資活動によるキャッシュフローと財務活動によるキャッシュフローをカバーした後、なお比較的高い現金及び現金同等物を残している。したがって、キャッシュフローのデータを見た限り、同公司の資金繰りには特段の問題がないと思われる。

表6： 1998~2000年五凌公司主要財務データの推移

財務データ	1996	1997	1998	1999	2000
売上高(百万元)	1,078.13	1,274.98	1,163.06	1,178.57	1,265.88
純利益(百万元)	22.63	22.60	11.30	25.20	223.47
減価償却費(百万元)	348.20	390.36	391.23	511.73	461.26
営業活動によるキャッシュフロー(百万元)			936.32	782.08	1,106.58
投資活動によるキャッシュフロー(百万元)			-955.82	-419.52	-550.89
財務活動によるキャッシュフロー(百万元)			40.50	-232.79	-471.70
現金及び現金同等物期末残高(百万元)			21.00	129.77	83.97
売上高純利益率(%)	2.1	1.8	1.0	2.1	17.7
純利益/(純利益+減価償却費)(%)	6.1	5.5	2.8	4.7	32.6
減価償却費/(純利益+減価償却費)(%)	93.9	94.5	97.2	95.3	67.4

出所：五凌公司

### 3. 提言

本事業実施のために移転が必要となった住民の中長期的なインパクトを検討し、必要に応じた対策を検討するためには、今後とも湖南省関係当局において住民の生活状態を継続的にフォローしていくことが必要である。

主要計画 / 実績比較

項 目	計 画	実 績
<p>事業範囲</p> <p>(1)水力発電施設： 重力式コンクリートダム</p> <p>タービン発電機</p> <p>(2)航行施設 ( ロック方式 )</p> <p>(3)送電施設： 送電線</p> <p>500kv変電所</p> <p>コンサルティング・サービス</p>	<p>高さ87.5m 貯水容量42億m<sup>3</sup> 総出力1200MW ( 240MW × 5 ) 年間発電量53.7億kwh 3段ロック式・揚程61m</p> <p>五強溪～崗市 500kv、90km (Wuqiangxi ~ Gangshi) 五強溪～ロウ底 500kv、180km (Wuqiangxi ~ Loudi) 五強溪～雲田 500kv、120km (Wuqiangxi ~ Yuntian) 崗市 360MVA (500/220kv) (Gangshi) ロウ底 500MVA (500/220kv) (Loudi) 雲田 750MVA (500/220kv) (Yuntian) 外国人コンサルタント： 水力発電 30M/M 送電 30M/M 合計 60M/M</p>	<p>同左</p>
<p>工期</p> <p>予備作業</p> <p>掘削作業</p> <p>ダムの土工工事</p> <p>航行ロック・システム工事</p> <p>発電機据付工事</p> <p>入札・契約</p> <p>製造・輸送</p> <p>据付・稼動交付 (使用可能)</p> <p>第1ユニット</p> <p>第2ユニット</p> <p>第3ユニット</p> <p>第4ユニット</p> <p>第5ユニット</p> <p>送電線工事</p>	<p>～ 1989年第4四半期 ～ 1992年第1四半期</p> <p>1990年第3四半期～1995年第1四半期</p> <p>1991年第4四半期～1995年第2四半期</p> <p>1990年第4四半期～1991年第4四半期</p> <p>1992年第1四半期～1993年第3四半期</p> <p>1992年第3四半期～1996年第4四半期</p> <p>1994年12月</p> <p>1995年8月</p> <p>1995年12月</p> <p>1996年6月</p> <p>1996年12月</p> <p>1991年第4四半期～1995年第4四半期</p>	<p>同左</p>
<p>事業費</p> <p>外貨</p> <p>内貨</p> <p>合計</p> <p>うち円借款分</p> <p>換算レート</p>	<p>25,090百万円</p> <p>94,227百万円 (402,681万元)</p> <p>119,317百万円</p> <p>25,090百万円</p> <p>RMB1=JP¥23.4 ( 1992年レート)</p>	<p>25,090百万円</p> <p>182,575百万円 (737,083万元)</p> <p>207,665百万円</p> <p>25,090百万円</p> <p>RMB1=JP¥24.8 ( 1991年レート)</p>



## 「五強溪水力発電事業」に係る第三者評価者意見

中国社会科学院日本研究所 研究員・対外関係研究室主任 金 照徳

### 1. 計画の妥当性

本事業は、湖南省の工業と農業の生産を促進すべく、ゲン水川下流部に五強溪ダム発電所及びその他関連設備を建設して、電力需給の緩和、洪水の防止と航行の改善を図ることを目的とした。

湖南省は、1987年末に54.8億kWhの電力不足があり、2000年まで電力需要がさらに年平均約8~9%の伸びが見込まれ、本事業が実施されない場合、電力不足は95年に80.9億kWh、2000年には139億kWhと一層拡大する見込みであった。

ゲン水川の下流域は、毎年5~7月の豪雨期には、人口122万人、1,193k㎡の耕地が洪水の危険にさらされていた。

ゲン水川は、湖南省西部の水上運輸の大動脈であり、船舶の航行頻度は高いが、浅瀬が多く、渇水期には航行上、制限を受けていた。五強溪ダム完成後は、ダム上流の浅瀬は全て水没し、航行は自由になる。

本事業は、湖南省の省都長沙の西方約300km長江支流のゲン水川下流部に、最大出力1,200MW、年間発電量53.7億KWHのダム式発電所及びその他関連設備を建設することにより、湖南省の逼迫した電力需給を緩和すると共に洪水防止、航行改善を図らんとするものである。

2001年3月に発表された中国の第10次五カ年計画では、水利施設、交通システム、エネルギーなどの3分野について、全国水利建設基本計画と大型河川流域計画を科学的に策定し、総合的に進めること、内陸河川水運及び水力発電を積極的に発展させることが明確に記載されている。

以上からみて、本事業は、アプレイザル時から現在まで一貫して中国の開発計画・政策と合致するものと考えられる。

### 2. 実施の効率性

本事業の実施にあたって、為替変動やインフレなどの要因による影響があったにもかかわらず、事業実施の工期はアプレイザル時の計画通りであった。

また、本事業が目的とした、電力需給の緩和、洪水の防止と航行の改善などの効果は、全て達成されている。

### 3. インパクト

本事業の実施後、水質の悪化は発生していない。また、周辺地域の緑化が本事業の実施をきっかけに実現された。一方、水没地域の古跡と古墳などの価値のある文化財は国家の関係法律規則に基づき事前に移転したため、損害を蒙っていない。全体として、本事業による負の影響は見られない。

### 4. 事業の持続性

本事業の五強溪水力発電所の運営と管理の担当機関は、湖南五凌水電開発有限責任公司である。本事業の維持管理はこれまで順調に行われた。この発電所は、生産と設備維持・管理における業績によって、国家電力総公司から「一流水力発電企業」との栄誉を授与された。

### 5. 提言

本事業は、当初の計画の成熟度が高く、効果も顕著なプロジェクトの実例である。その要因として、1) 計画の現実性、2) 事業効果の多様性、3) 実施機関の努力、などがあげられる。

こうした経験は、ほかの事業においても生かしていくべきであろう。