

国際協力事業団

中華人民共和国  
貴州省科学技術委員会  
貴州省環境保護局

中国

貴州省猫跳河（紅楓・百花湖水域）

流域環境総合対策計画調査

最終報告書

サポーターリングレポート

JICA LIBRARY



J1153887(3)

平成11年1月

セントラルコンサルタント株式会社  
千代田デイズ・アソシエーツ株式会社

社印  
99-121







国際協力事業団

中華人民共和国  
貴州省科学技術委員会  
貴州省環境保護局

中 国

貴州省猫跳河（紅楓・百花湖水域）

流域環境総合対策計画調査

最終報告書

サポーティングレポート

平成11年7月

セントラルコンサルタント株式会社  
千代田デイムス・アンド・ムーア株式会社



1153887 (3)

中国貴州省猫跳河（紅楓・百花湖水域）  
流域環境総合対策計画調査

サポーティング・レポート

目 次

I 自然・社会条件

1 自然条件及び社会経済条件 .....	I - 1
1.1 水理・水文 .....	I - 1
1.2 気象 .....	I - 3
1.3 行政区域及び人口 .....	I - 6
1.4 社会・経済 .....	I - 11
1.5 組織、法制 .....	I - 18
2 計画フレーム .....	I - 20
2.1 流域計画 .....	I - 20
2.2 人口 .....	I - 20
2.3 工業生産額 .....	I - 22
2.4 土地利用 .....	I - 24

II 水文・水理

1 流域環境の現況 .....	II - 1
1.1 観測所 .....	II - 1
1.2 水文、水理特性 .....	II - 3
1.3 湖流補足調査 .....	II - 9
1.4 流量補足調査 .....	II - 13

III 生活排水処理

1 流域環境の現況 .....	III - 1
1.1 一般住民の生活排水施設 .....	III - 1
1.2 主要工場（F/S 対象4工場）及び観光地の生活排水施設 .....	III - 2
2 生活排水の汚濁負荷 .....	III - 4
2.1 一般住民の生活排水 .....	III - 4
2.2 主要工場（F/S 対象4工場）の生活排水 .....	III - 9
2.3 中工場の生活排水 .....	III - 10
2.4 観光地の生活排水 .....	III - 12
2.5 発生汚濁負荷量の算定 .....	III - 13
3. 流域の上下水道整備計画 .....	III - 15
3.1 上水道整備計画 .....	III - 15
3.2 下水道整備計画 .....	III - 15

4. 将来の生活排水の汚濁負荷.....	III-17
4.1 一般住民住民の生活排水.....	III-17
4.2 主要工場(F/S対象4工場)の生活排水.....	III-18
4.3 中工場の生活排水.....	III-19
4.4 観光地の生活排水.....	III-20
4.5 生活排水の発生負荷量の算出.....	III-21
5. 水質汚濁対策.....	III-23
5.1 流域の現状と将来の問題点.....	III-23
5.2 紅楓湖・百花湖の汚染現況と汚濁物負荷許容値.....	III-23
5.3 生活排水処理対策.....	III-25
6. 生活排水処理対策の維持管理.....	III-41
6.1 集中処理の維持管理.....	III-41
6.2 共同処理(合併浄化槽)の維持管理.....	III-43

## IV 水銀汚染

1 環境の現況.....	IV-1
1.1 水銀汚染概況.....	IV-1
1.2 水銀汚染原因.....	IV-1
1.3 水銀汚染の対象.....	IV-6
1.4 水銀汚染の状況.....	IV-7
1.5 被害の状況.....	IV-21
1.6 水銀に関する基準.....	IV-22
1.7 水銀汚染範囲.....	IV-25
1.8 水銀汚染対策.....	IV-28
2 工場周辺地域の水銀収支.....	IV-29
2.1 酢酸製造と水銀収支.....	IV-29
2.2 工場周辺地域の水銀収支.....	IV-29
3 将来予測.....	IV-33
3.1 水銀排出量.....	IV-33
3.2 既存の水銀汚染実態及び経過.....	IV-33
3.3 調査地区地区の水銀汚染予測.....	IV-36
4 水銀汚染対策.....	IV-37
4.1 汚染規模.....	IV-37
4.2 修復技術の動向.....	IV-38
4.3 対策計画.....	IV-41
4.4 今後の課題.....	IV-46
5 土壌採取地点.....	IV-47

## V 生態系・環境配慮

1 環境の現況.....	V-1
1.1 自然環境の概況.....	V-1
1.2 生物生息状況の概要.....	V-2



1.3 地域地区の指定状況等.....	V-23
1.4 生態系現地調査.....	V-23
2 生態系等保全対策案.....	V-33
2.1 現状の問題と将来の課題.....	V-33
2.2 対策案の検討.....	V-34
2.3 最適案の選定.....	V-42
3. 初期環境評価.....	V-51

## VI 工場排水処理

1 工場排水処理対策.....	VI-1
1.1 現況の問題と将来の課題.....	VI-1
1.2 工場排水処理対策基本方針.....	VI-1
1.3 工場排水処理対策.....	VI-3
2 工場排水処理設備検討時の留意点.....	VI-5
2.1 化学肥料工場.....	VI-5
2.2 紡績・染色工場.....	VI-6
2.3 食品工場団地.....	VI-7
2.4 医薬品工場.....	VI-8
2.5 アルミ工場.....	VI-9
2.6 炭坑.....	VI-10
3 上積せ基準による工場排水規制値の強化.....	VI-11
4 汚染物排出工場の立地規制.....	VI-12

## VII 総合対策案

1 総合対策案.....	VII-1
1.1 基本方針.....	VII-1
1.2 対策.....	VII-1
1.3 対策案.....	VII-3
2 事業評価.....	VII-10
2.1 技術的評価.....	VII-10
2.2 便益.....	VII-13
2.3 経済的評価.....	VII-26
2.4 社会的評価.....	VII-36
2.5 総合評価.....	VII-38
3 段階実施計画.....	VII-40
3.1 水質保全対策.....	VII-40
3.2 水銀汚染対策.....	VII-41
3.3 生態系保全対策.....	VII-41
3.4 組織・制度対策.....	VII-42
3.5 事業と資金源.....	VII-44

# I 自然・社会条件

## 1. 自然条件及び社会経済条件

### 1.1 水理・水文

貴州省内の河川は長江と珠江の二大水系に属する。北側は長江水系、南側は珠江水系で、長江水系が全省総面積の65.7%を占める。省内河川の水系分布及び10,000km<sup>2</sup>以上の河川特性を図1.1.1及び表1.1.1に示す。

貴州省の平均水資源量は1,035億m<sup>3</sup>と水量が豊富で、全国第9位にある。また、貴州省の河川は流量が豊富で河床勾配がきつく、落差が大きいなどの特徴を持っているために水力資源に恵まれ、理論上1,874万kWの電力供給能力があると推定されている。水力資源は全国第6位である。貴州省の中央部を東西に貫いて流れる烏江の包蔵水力は740万kWである。烏江の支流である猫跳河流域は水資源開発が進み、7ヶ所の水力発電所が建設され、総出力25.6万kW、年間発電量664GWhを供給している。

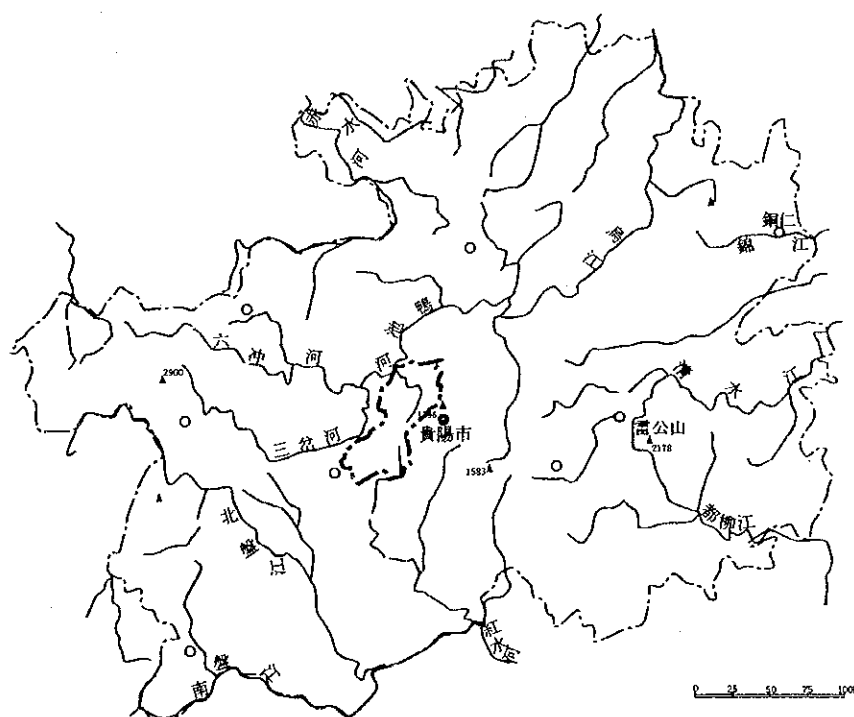


図1.1.1 水系分布図（貴州省内）

表1.1.1 流域面積10,000km<sup>2</sup>以上の河川特性（貴州省内）

水系名	河川名	流域面積 (km <sup>2</sup> )	流路長 (km)	河床勾配 (%)	多年平均流量 (m <sup>3</sup> /s)
長 江	烏 江	66,849	874	2.05	1,190
	六沖河	10,137	273	4.7	176
	清水河	17,157	452	3.97	355
珠 江	北盤江	21,288	327	4.42	390
	紅水河	15,948	105	0.60	1,900
	都柳江	11,326	310	3.3	212

出典：貴州省地理環境与資源開発

猫跳河は羊昌河を源流とし、上流より紅楓湖（湖面積57.2km<sup>2</sup>）、百花湖（湖面積14.5km<sup>2</sup>）を經由して北流し、烏江に合流する流域面積は3,246km<sup>2</sup>、幹川流路長181kmの河川である。猫跳河流域内の主要支川の河道諸元を表1.1.2に示す。

河道縦断は二舖から旧州、紅楓湖に至る上流部は河床勾配約1/600、紅楓湖から百花湖に至る中流部は河床勾配約1/500、百花湖から烏江に至る下流部は河床勾配約1/150となっており、上流部より下流部が急勾配となっている（図1.1.2参照）。

表1.1.2 猫跳河主要支川の河道諸元

流域区分	主要支川	流域面積 (km <sup>2</sup> )	流路長 (km)	天然落差 (m)	多年平均 流量 (m <sup>3</sup> /s)
上流域	羊昌河	817.0	90	175	12.67
	麻線河	252.0	25.2	20	5.31
	後六河	88.0	23.3	50	1.86
	桃花園河	205.0	51.8	220	4.14
中流域	東門橋河	55.9	11.5	90	1.02
	長沖河	36.1	17.9	37.5	0.79
	麦城河	32.1	10.0	145	0.72
	麦西河	44.5	9.5	84	0.83
下流域	麦架河	150.4	26.2	134	2.33
	修文河	265.7	34	214	5.4
	猫洞河	149.4	20	340	2.69
	暗流河	315.0	65	510	6.08
	干河	73.0	30	240	1.31

注) 省環保局提供資料

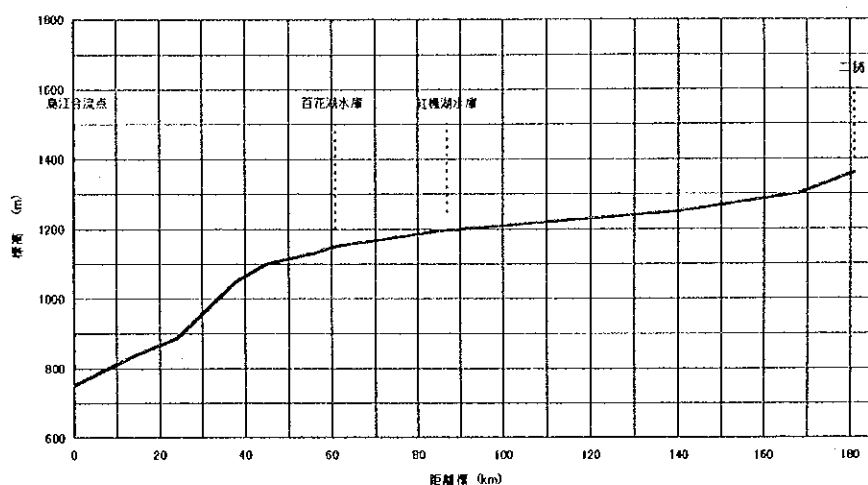


図1.1.2 猫跳河河道縦断面図

## 1.2 気象

貴州省は、古くから「天に三日の晴なく、地に三里の平なし」と言われるように曇天や雨天が多く、平地が少ない。貴州省の気象は亜熱帯モンスーン気候に属し、夏・冬の季節がはっきりしている。貴陽市は中国の「第二の常春の都」と呼ばれるように、冬の厳寒、夏の酷暑はない。全省の年平均気温は15℃ぐらいで、最も暑い8月でも平均22～26℃、最も寒い1月でも5℃前後である。年平均降水量は1,000～1,600mmで全年湿润多雨の特徴を有するが、5月から9月に年降水量の80%が集中する。年間日照時間は1,200～1,600時間、相対湿度は70%以上である。

猫跳河流域の気象は表1.2.1に示すように、年平均降水量1,300mm、年平均気温14℃、年平均日照時間1,300時間と、貴州省における平均的な値を有している。

表1.2.1 猫跳河流域気象諸元

項目	単位	清鎮	白雲	平バイ	安順	修文
年平均降雨量	mm	1176.4	1174.7	1298.0	1386.1	1211.3
最大年降雨量	mm	1637.0	1768.8	1670.6	1879.6	1503.4
最小年降雨量	mm	699.1	749.7	920.4	947.6	813.7
年平均気温	℃	14.1	14.0	14.7	14.9	14.3
最高気温	℃	35.5	37.5	34.1	34.3	35.0
最低気温	℃	-8.6	-7.8	-10.7	-7.6	-10.4
最熱月平均気温	℃	22.7	23.0	22.3	21.9	22.5
最冷月平均気温	℃	4.0	3.0	4.2	4.3	3.5
日照時間	h/年	1277.3	1354.0	1198.9	1227.4	1317.2
相対湿度	%	81	77	82	81	83
年降雨日数	d/年	189	182	194	180	—

出典：貴州省猫跳河流域水環境総合整治対策研究総合報告（1996年6月）

貴陽市及び猫跳河流域の月別気象特性を表1.2.2に示す。

表1.2.2 貴陽市及び猫跳河流域月別気象資料

貴陽市街区	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
気温(°C)	4.0	5.7	9.9	13.5	18.5	22.5	23.9	24.0	21.8	17.3	11.1	7.8	15.0
最高気温(°C)	7.2	10.9	15.5	18.1	22.3	26.6	27.7	28.5	26.6	22.0	14.1	11.4	19.2
最低気温(°C)	1.9	2.5	6.4	10.4	15.5	19.6	21.2	20.5	18	14.1	9.3	5.2	12.1
降水量(mm)	13.1	6.8	46.7	26.2	152.5	325.7	354.5	124.6	16.8	37.7	56.1	16.8	1177.5
降雨日数(日)	22	16	22	23	23	20	22	15	9	15	24	11	222
気圧(hpa)	1023.3	1023.7	1015.2	1014.6	1010.3	1005.5	1002.4	1005.8	1010.7	1016.7	1021.8	1024.5	1014.5
相対湿度(%)	81	72	75	77	78	77	79	74	69	72	81	73	76

出典:貴陽統計年鑑1996

清鎮観測所	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
気温(°C)	3.8	5.4	10.4	15.2	18.3	20.6	22.7	22	19.3	14.9	10	6	14.1
日照(時間)	56.2	60	98.4	127.3	122	117.3	183	181.9	135.1	95.7	78.2	55.7	1310.8
降雨量(mm)	15.7	18.6	30.2	104.9	190.2	238.1	172.4	140.6	102.1	97.2	51	25.7	1186.7
相対湿度(%)	82	82	79	78	82	82	80	81	80	82	82	84	81
蒸発量(mm)	50.2	71.2	107.5	152.2	147.2	150.4	194.5	173	136.3	108.6	68	55.7	1414.8

修文観測所	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
気温(°C)	4.9	6.6	12.1	17.7	21.1	23.1	26.9	26	22.3	16.5	11	6.6	16.2
日照(時間)	53	57.9	95.1	132	124.3	117.6	196.9	185.5	135.5	97.2	78.3	51	1324.9
降雨量(mm)	18.6	18.9	32.6	112.1	210.9	248.4	175.9	134.2	105.6	96.6	54.3	27.1	1235.2
相対湿度(%)	84	83	81	80	82	83	82	83	83	84	84	85	83
蒸発量(mm)	39.9	55.9	90.3	115.2	139.6	140.1	175.9	158.7	103.5	92.9	65.5	42.7	1220

資料提供:省環境保護局

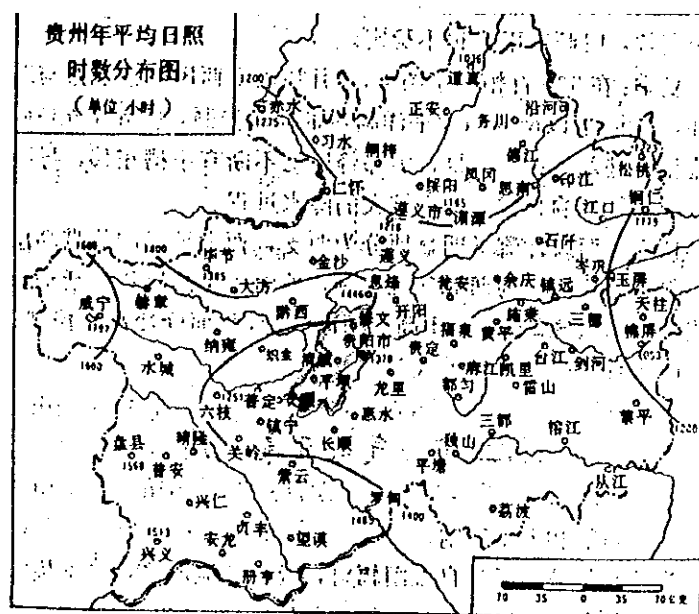
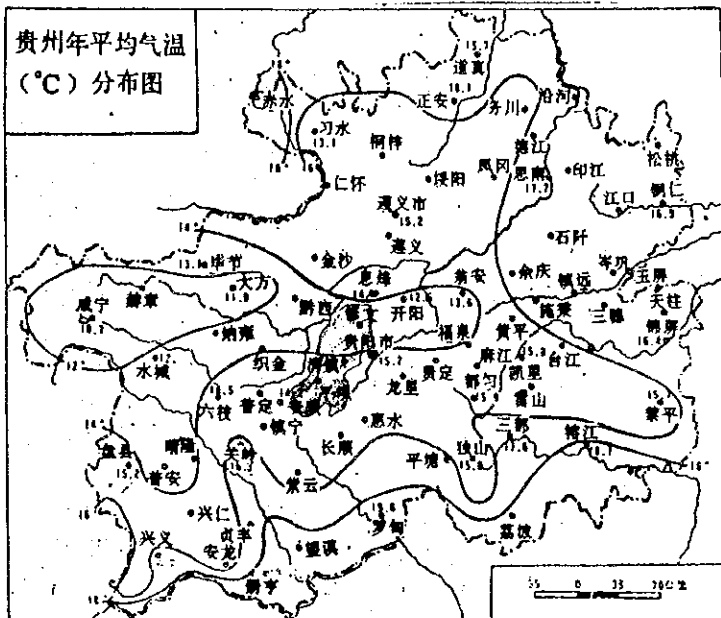
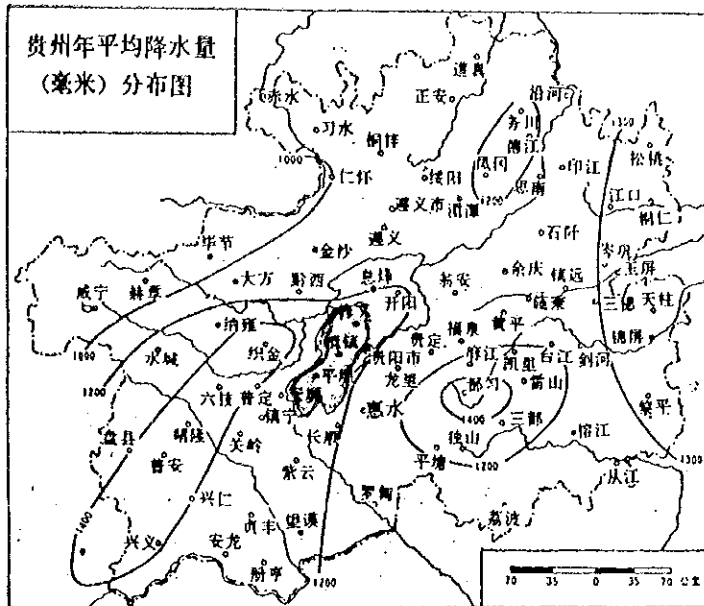


图1.2.1 贵州省气象分布图

### 1.3 行政区域及び人口

#### 1.3.1 貴州 (Guizhou) 省

貴州省は中国西南部に位置する内陸の省で、1662年、清王朝の成立とともに貴州省がおかれた。貴州省は農業人口が87%を占める農業省で、パーラーといわれる盆地では稲・トウモロコシ、山斜面では柑橘類、桃などの果物が栽培される。

貴州省は1998年現在、表1.3.1に示すように3市、3地区、3自治州の行政区で形成される。面積は176,129 km<sup>2</sup>、人口は3,555万人（1996年）で漢民族のほか、苗族、布依族等の47の少数民族が人口の3割強を占める。貴州省の少数民族は中国の少数民族の12.4%（1990年）を占めている。

表1.3.1 貴州省行政区面積及び人口

行政区	面積 (km <sup>2</sup> )	人口 (万人)	人口密度 (人/km <sup>2</sup> )
1. 貴陽市	8,033	318.9	397
2. 六盤水市	9,914	269.2	272
3. 遵義市	30,753	680.3	221
4. 安順地区	9,265	243.9	263
5. 畢節地区	26,846	649.7	242
6. 銅仁地区	18,023	354.4	197
7. 黔西南州	16,796	279.5	166
8. 黔南州	26,197	359.0	137
9. 黔東南州	30,302	400.5	132
貴州省合計	176,129	3,555.4	202

：猫跳河流域を含む

出典：貴州統計年鑑1997、貴陽統計年鑑1996

注記：人口は1996年末統計



表1.3.2 貴州省行政區別人口

年末	1. 貴陽市	2. 遵義市	3. 安順地區	4. 畢節地區	5. 六盤水市	6. 黔西南州	7. 黔南州	8. 黔東南州	9. 銅仁地區	貴州省
1978	1,241,126	5,298,756	2,903,561	4,853,819	1,940,913	2,031,100	2,778,035	3,046,780	2,769,915	26,865,983
1979	1,261,889	5,375,537	2,943,338	4,961,985	1,978,435	2,064,162	2,817,907	3,097,104	2,809,589	27,311,925
1980	1,276,558	5,445,786	2,989,925	5,060,703	2,020,252	2,099,493	2,868,973	3,147,067	2,852,961	27,763,698
1981	1,295,773	5,520,300	3,051,957	5,167,482	2,057,685	2,140,644	2,921,461	3,208,037	2,904,488	28,269,808
1982	1,314,110	5,588,183	3,107,884	5,259,518	2,102,475	2,184,835	2,969,371	3,272,466	2,953,256	28,754,080
1983	1,329,864	5,619,790	3,130,722	5,302,675	2,128,780	2,213,308	2,996,031	3,312,359	2,981,025	29,016,537
1984	1,352,673	5,664,533	3,152,619	5,357,672	2,166,644	2,244,215	3,020,668	3,243,901	3,007,588	29,212,497
1985	1,377,025	5,719,206	3,185,953	5,439,388	2,219,667	2,275,532	3,050,612	3,409,134	3,045,283	29,723,785
1986	1,411,241	5,814,236	3,236,249	5,541,865	2,260,583	2,321,015	3,098,479	3,478,183	3,096,749	30,260,586
1987	1,441,008	5,898,010	3,274,342	5,627,532	2,304,490	2,364,673	3,139,569	3,537,372	3,138,804	30,727,787
1988	1,450,967	6,001,954	3,317,310	5,827,022	2,353,478	2,415,972	3,170,712	3,562,233	3,173,052	31,274,688
1989	1,482,032	6,085,926	3,359,770	5,855,534	2,407,306	2,465,715	3,215,005	3,614,617	3,224,095	31,711,989
1990	1,546,062	6,235,739	3,498,281	6,040,702	2,478,219	2,558,287	3,310,744	3,715,081	3,293,185	32,678,290
1991	1,582,015	6,311,106	3,548,647	6,128,730	2,513,005	2,597,364	3,353,425	3,771,315	3,340,693	33,148,291
1992	1,614,846	6,389,764	3,604,373	6,193,605	2,548,533	2,639,030	3,410,541	3,825,456	3,383,452	33,611,592
1993	1,639,131	6,483,381	3,667,003	6,275,341	2,583,193	2,672,659	3,456,843	3,878,308	3,431,041	34,088,893
1994	1,701,129	6,603,040	3,737,173	6,348,899	2,614,037	2,710,386	3,493,519	3,914,007	3,461,910	34,586,094
1995	1,728,252	6,701,353	3,806,674	6,423,588	2,655,923	2,756,319	3,546,810	3,957,436	3,504,445	35,082,795
1996	3,188,546	6,803,434	2,488,878	6,497,338	2,692,419	2,794,817	3,589,658	4,005,273	3,543,737	35,554,100
面積(萬ha)	80.34	307.53	92.64	268.46	99.14	167.96	261.97	303.02	180.23	1,761.29
人/ha	3.97	2.21	2.63	2.42	2.72	1.66	1.37	1.32	1.97	2.02

出典: 中國自然資源叢書 貴州卷 34 貴州統計年鑑1997

### 1.3.2 貴陽 (Guiyang) 市

1930年省都となった貴陽市は貴州省の中央に位置し、人口168万人であったが、市の行政区画変更が1996年に実施され、新行政区は1997年より清鎮市が直轄となり、更に修文、息烽、開陽3県が管轄となって、1市3県5区で、面積8,033km<sup>2</sup>、人口301万となった。貴州省の主な都市として省都である貴陽市の他に遵義、安順、都勻、凱里及び六盤水市がある。貴陽は古くから貴州省内の政治・経済・交通・文化の中心地であった。表1.3.3に行政区別面積及び人口を示す。

表1.3.3 貴陽市面積及び人口

行政区	面積 (km <sup>2</sup> )	人口 (万人)	人口密度 (人/km <sup>2</sup> )
清鎮市	1,492	47.4	318
修文県	1,076	28.4	264
息烽県	1,036.5	23.3	225
開陽県	2,026	39.9	197
雲岩区	67.5	45.8	6,785
白雲区	259.6	15.1	582
南明区	89.1	44.4	4,983
花溪区	1,024.5	29.6	289
烏当区	962.4	27.0	281
経済技術開発区		9.3	
貴陽市合計	8,033.6	310.2	375

：猫跳河流域を含む

出典：貴州統計年鑑 1997、貴陽統計年鑑 1996

注記：人口は 1996 年末統計

### 1.3.3 猫跳河流域

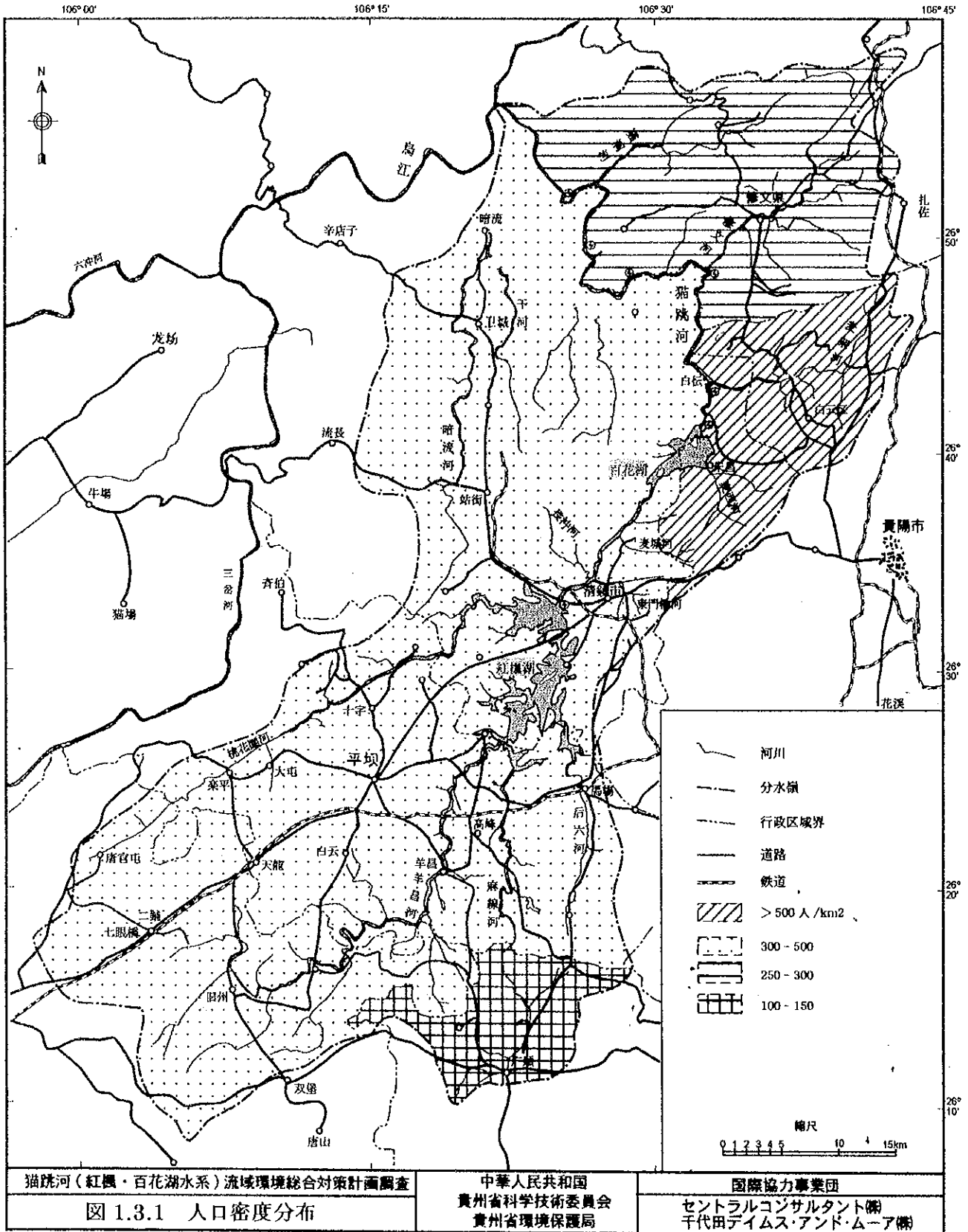
猫跳河は流域面積3,246km<sup>2</sup>で、紅楓湖上流域は安順地区の安順市、平バイ県及び普定県、黔南布依族苗族自治州の長順県に属し、紅楓湖下流域は貴陽市の清鎮市、白雲区、烏当区、修文県に属する。流域の人口は1993年現在で99.6万人である。また、流域の人口密度分布を図1.3.1に示す。



表1.3.4 猫跳河流域行政区别人口

年度	貴陽市				安順地区			黔南州
	烏当区	白雲区	清鎮市	修文県	安順市	平バイ県	普定県	長順県
1978	196,375	107,353	347,970	240,976	119,343	253,245	289,142	176,852
1979	199,012	107,973	353,328	243,224	194,955	256,499	292,675	179,838
1980	200,733	109,959	360,946	245,397	198,895	260,411	293,756	183,669
1981	202,855	112,783	369,135	249,589	202,234	261,880	304,675	188,808
1982	205,873	114,083	375,122	251,720	207,686	268,910	308,365	191,786
1983	207,970	114,465	377,754	251,329	209,071	271,533	311,003	193,209
1984	212,041	115,857	380,173	250,424	211,841	274,323	314,027	194,517
1985	213,267	117,363	385,454	252,013	215,050	277,017	317,182	196,122
1986	219,832	121,254	394,191	254,284	217,544	282,920	321,521	198,839
1987	224,469	123,775	403,130	253,772	219,813	286,341	325,497	201,153
1988	224,114	125,315	408,219	258,788	222,641	288,089	334,425	205,918
1989	228,087	127,946	414,370	258,267	226,287	292,127	339,979	207,954
1990	237,686	135,145	436,374	268,077	678,620	303,892	348,309	212,175
1991	244,109	137,845	442,547	271,378	686,645	309,403	354,883	214,296
1992	252,407	143,586	450,714	273,736	696,694	313,195	361,771	217,921
1993	256,110	145,819	459,857	278,712	707,321	317,437	368,900	220,337
1994	268,197	152,715	467,157	282,083	733,351	321,963	375,196	221,888
1995	272,552	155,748	474,557	290,033	747,186	326,553	383,058	224,329
1996	277,428	155,501	486,916	291,633	760,966	330,901	389,262	226,874

出典：貴陽統計年鑑1996



## 1.4 社会・経済

### 1.4.1 主要な社会経済指標

中国の通貨単位は人民元 (RMB) で、為替交換率は1998年5月現在、1US Dollar = 8.279元、100日本円 = 6.157元である。US Dollarに対して通貨が下落した東南アジア及び日本の経済危機は、中国経済に影響を与えている。中国政府は1994年1月以来の人民元切下げ圧力を回避するとともに、1998年の経済成長率目標を約8%に維持するため、内需拡大等の経済政策を実施している。

貴州省は1982年から経済体制改革モデル都市として、貴陽を筆頭に、22の市、県が順次対外開放され、国内外との交流が盛んである。現在50カ国以上と経済交流をおこなっている。貴州省及び貴陽市の主要な社会経済指標をそれぞれ表1.4.2及び表1.4.3に示す。

1996年の貴州省の小売物価指数の上昇率は対前年比6.9%で前3年間で10%以上であったのでかなり改善された。貴州省は中国の中でも所得水準が低い地域で、1996年のGDPは720億元で全国30省のうち25位である。1985年のGDPは全国の1.5%であったが、1996年には1.06%に低下している。猫跳流域内の就業者人口の多くは農業従事者であるが国内総生産額は第二次産業が多い。主な県の産業特性は表1.4.6のとおりである。

表1.4.1 為替変動

年	US\$	100日本円
1980	1.53	0.754
1981	1.75	0.796
1982	1.92	0.817
1983	1.98	0.853
1984	2.8	1.115
1985	3.2	1.596
1986	3.72	2.336
1987	3.72	3.012
1988	3.72	2.959
1989	4.72	3.289
1990	5.22	3.883
1991	5.43	4.329
1992	5.75	4.608
1993	5.75	5.141
1994	8.62	8.621
1995	8.31	8.137
1996	8.32	8.006
1997	8.3	7.184
1998/6	8.28	5.935

表1.4.2 貴州省年社会經濟主要指標

指標	單位	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年
1. 年末總人口	萬人	3,268	3,315	3,361	3,409	3,458	3,508	3,555
人口自然增長率	‰	16	14.31	13.88	14.1	14.78	14.26	14.4
2. 國民生產	億元	259.78	295.5	339.89	415.99	520.74	636.4	727.8
國內生產	億元	260.14	295.90	339.91	416.07	521.17	630.07	719.83
第一次產業	億元	100.1	115.71	121.18	133.4	183.52	227.06	260.56
第二次產業	億元	92.83	101.54	122.08	155.47	195.76	234.1	257.82
第三次產業	億元	67.21	78.65	96.65	127.2	141.89	168.91	201.45
一人當內生產	元	810	896	1,034	1,255	1,553	1,809	2,038
3. 固定資產投資	億元	51.51	58.44	78.83	106.3	140.95	173.66	207.1
4. 財政								
地方財政收入	億元	36.08	45.62	47.28	56.5	31.24	38.8	49.46
地方財政支出	億元	48.58	55.88	60.63	67.39	74.23	85.33	99.58
5. 物價指數								
小売物價指數	%	101.4	103.3	107.4	114.8	119.5	117.2	106.9
消費者物價指數	%	101.8	104.4	107.8	116.0	122.8	121.4	109.1
6. 農林牧漁業	億元	145.53	165.34	176.72	201.4	277.13	344.85	398.17
7. 工業								
工業生產額	億元	218.16	246.75	301.49	381.24	461.48	531.8	629.2
輕工業	億元	92.52	104.1	118.88	120.14	150.43	193.7	242.4
重工業	億元	125.64	142.65	182.61	261.1	311.05	338.1	386.8
主要工業生產量								
石炭	萬ton	3,695	3,723	4,162	4,529	5,128	5,472	6,143
發電量	億kW時	103.87	116.03	129.35	146.56	197.21	231.55	248.8
飲料酒	萬ton	20.8	26.38	29.28	27.86	30.16	33.62	42.3
卷タバコ	萬箱	208	194	202.89	193.59	204.9	202.9	197.7
化學肥料	萬ton	46.73	51.65	51.53	49.15	53.6	61.02	57.5
8. 貿易								
輸出入總額	萬US\$	21,667	24,247	33,542	36,291	53,789	63,189	64,564
輸入總額	萬US\$	6,362	5,560	11,118	11,800	16,370	20,166	20,831
輸出總額	萬US\$	15,305	18,687	22,424	24,491	37,419	43,023	43,733

出典: 貴州年鑑1997

表1.4.3 貴陽市社会經濟主要指標

指 標	單位	1949年	1957年	1978年	1990年	1996年
1. 土地面積	km <sup>2</sup>	2,406	2,406	2,406	2,406	8,033
人口密度	人/km <sup>2</sup>	188	270	516	637	386
耕地面積	萬畝	43.82	45.30	46.46	42.12	162.5
2. 年末總人口	萬人	45.19	64.99	124.11	153.16	310.2
農業人口	萬人	23.29	24.87	46.25	51.3	174.8
3. 職工人數	萬人	2.12	9.39	42.08	58.87	68.21
4. 國民生產總值	萬元	2,436	12,735	81,507	445,172	1,711,880
第一次產業	萬元	1,109	2,254	5,007	27,334	206,626
第二次產業	萬元	459	7,678	58,450	286,308	856,467
第三次產業	萬元	868	2,802	18,051	131,530	648,787
5. 國民收入	萬元	2,262	11,316	63,869	343,044	
6. 財政						
地方財政收入	萬元	144	5,127	23,177	124,845	207,842
地方財政支出	萬元	78	1,391	6,760	62,025	147,783
7. 農業總產值(1980年不變價格)	萬元	3,244	5,715	6,814	14,006	
主要農產品生產量						
糧食	萬ton	6.93	9.56	11.29	11.79	54.86
煙草	ton	238	178	13	1,300	
水果	ton			1,999	4,437	11,828
肉類總生產量	ton				20,796	79,300
水產品	ton			87	1,179	7,384
8. 工業總產值(1980年不變價格)	萬元	1,073	16,538	140,061	461,343	
輕工業產值	萬元	787	10,907	58,043	218,935	
重工業產值	萬元	286	5,631	82,018	242,408	
主要工業產品產量						
石炭	萬ton	2.4	32.9	133	348	
發電量	萬ton	718	3,340	88,999	92,953	
飲料酒	萬ton		951	2,707	24,917	
卷煙草	萬ton	0.26	10.96	27.41	96.51	
錫	萬ton			23,220	72,457	
鋼材	萬ton			4.92	20.80	
セメント(水泥)	萬ton	0.04	3.16	45.89	66.17	
TV	萬ton			2,278	141,700	

出典：貴陽統計年鑑1996

表1.4.4 貴州省小売物価指数

年度	1978	1979	1980	1991	1982	1983	1984	1985	1986	1987
物価指数	100.3	102.0	107.9	102.3	102.0	100.7	102.5	107.7	105.3	107.3
年度	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	平均
物価指数	120.2	117.0	101.4	103.3	107.0	114.8	119.5	117.2	106.9	107.7

表1.4.5 貴州省の国内総生産額推移

単位:億元

年度	国民	国内	第一次	第二次産業		第三次産業		GDP/人		
	総生産	総生産	産業	計	工業	建設	計	(元/人)		
1978	46.62	46.62	19.42	18.73	15.24	3.49	8.47	1.68	3.59	175
1979	55.28	55.28	23.29	22.41	18.33	4.08	9.58	1.86	3.4	204
1980	60.26	60.26	24.86	24.00	19.37	4.63	11.40	2.01	3.17	219
1981	67.89	67.89	29.90	24.95	20.36	4.59	13.04	2.56	3.93	242
1982	79.39	79.39	37.37	27.44	22.58	4.86	14.58	2.74	4.02	278
1983	87.38	87.38	37.76	33.14	28.16	4.98	16.48	3.76	5.33	302
1984	108.27	108.27	45.73	43.51	36.85	6.66	19.03	4.66	6.39	371
1985	123.92	123.92	50.45	49.88	41.96	7.92	23.59	5.86	8.16	420
1986	139.57	139.57	56.46	50.96	43.57	7.39	32.15	7.34	8.54	467
1987	165.50	165.50	66.46	60.11	49.93	10.18	38.93	7.74	10.33	546
1988	211.37	211.79	85.20	78.63	68.32	10.31	47.96	9.78	12.6	683
1989	235.54	235.84	92.88	86.74	77.26	9.48	56.22	12.36	9.52	750
1990	259.78	260.14	100.10	92.83	82.15	10.68	67.21	11.69	18.2	810
1991	295.50	295.90	115.71	101.54	88.96	12.58	78.65	13.98	20.97	896
1992	339.89	339.91	121.18	122.08	106.41	15.67	96.65	19	25.53	1,034
1993	415.99	416.07	133.40	155.47	135.35	20.12	127.20	24.82	32.4	1,255
1994	520.74	521.17	183.52	195.76	172.89	22.87	141.89	17.13	39.16	1,553
1995	636.40	630.07	227.06	234.10	208.50	25.60	168.91	21.11	46.41	1,809
1996	727.80	719.83	260.56	257.82	225.00	32.82	201.45	24.22	55.01	2,038

貴州統計年鑑1997



表1.4.6 流域内の主な市・県の国内総生産額（1996年）

単位：万元

市・県	総生産額	第一次産業	第二次産業	第三次産業
貴陽市	1,711,880	206,636	856,467	648,787
清鎮市	151,422 (10.1%)	33,364	87,855	30,203
修文県	64,906 (25.1%)	28,214	25,261	11,431
安順地区				
安順市	186,891 (10.5%)	54,710	60,088	72,093
平バイ県	76,421 (4.8%)	21,206	42,258	12,957
普定県	52,654 (22.1%)	24,689	16,606	11,359
黔南州				
長順県	19,001 (15.4%)	10,570	3,845	4,586

( ) 内は対前年比伸び率を示す。

出典：貴州統計年鑑97

猫跳河流域の農・工業基本状況は表1.4.7に示すとおりである。

表1.4.7 猫跳河流域農・工業基本状況（1993年）

項目	単位	上流域	中流域	下流域	合計
総人口	万人	53.4	17.8	28.4	99.6
非農業人口	万人	14.3	6.2	8.5	29.0
耕地面積	万亩	45.6	4.9	25.9	76.4
水田	万亩	27.2	2.1	8.9	38.2
畑	万亩	18.4	2.8	17.0	38.2
有効灌漑面積	万亩	23.3	2.0	8.5	33.8
保証灌漑面積	万亩	20.7	1.7	8.0	30.4
工業生産額	億元	18.2	21.1	5.1	44.4
主要企業生産額	億元	15.4	19.1	2.4	36.9

出典：猫跳河流域水環境総合整治対策研究報告書

#### 1.4.2 文化・観光

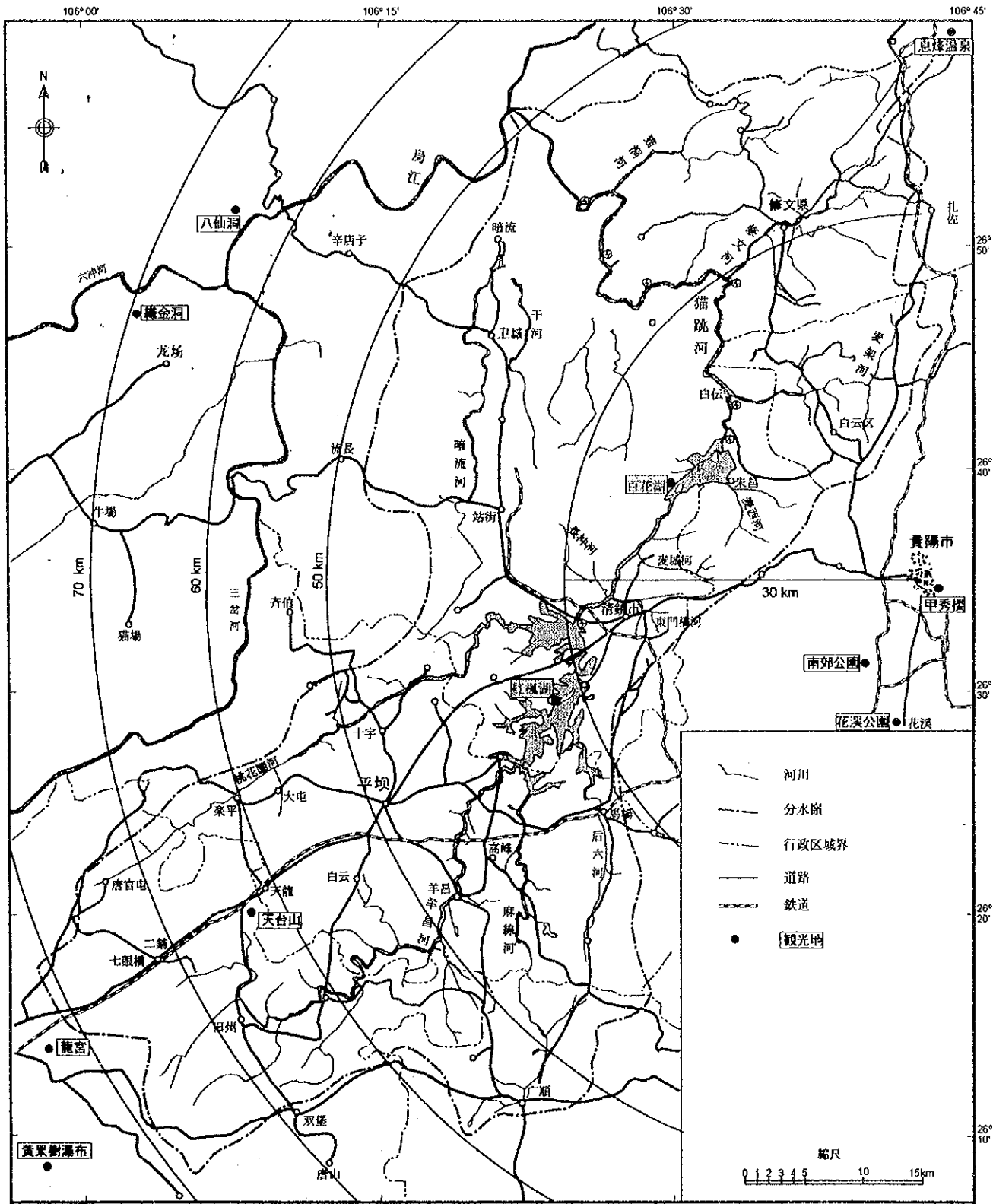
貴州省は気候が四季を通じて快適で、清代初め創建の弘福寺、安順の竜宮鍾乳洞等、豊富な名勝史跡が多く、また山岳、溪谷など自然景観に富み、省それ自体が一つの自然公園と言われている。

轟音をあげる雄大な景観として知られる黄果树瀑布は高さ74 m、幅81 mの中国で最も大きい滝で、貴陽の西150kmにある。カルスト地形がもたらした竜宮や織金洞穴は貴陽市からは151km、安順市から約27kmの距離にある。竜宮は数珠状に連らなっている地底湖で、全長は15km、二十余の山々の地下を貫ぬいて九十ほどの鍾乳洞がある。織金洞の奥行きは30kmあり、石柱、石塔などが奇景を形成し、その規模、景観の素晴らしさ、堆積物や結晶の形態の集中度からみて、最近中国で発見された鍾乳洞の中でも一級の岩溶資源の宝庫と言える。

苗、布依等少数民族の祭りも重要な民俗観光である。貴州には貴州大学（1902年創立）等28の高等教育機関、少数民族研究所などがある。省内の半数以上の教育・研究機関があつまる貴陽は少数民族に関する研究で知られる。

猫跳河中流部には、国家級風景名勝区に指定されている省内最大の紅楓湖と省級風景名勝区である百花湖の風光明媚な水域がある。近年、工場廃水や生活排水の流入により、紅楓湖と百花湖の水質は悪化の一途にある一方、富栄養化の進行により利水障害や養殖魚被害が発生しており、健全な水環境保全対策が必要とされている。

紅楓湖と百花湖は省外からの観光客も多く湖岸には多くのホテル・企業保養施設等が建設され、年間の観光客数は紅楓湖で60～150万人、百花湖で20～60万人を数える。1996年の貴陽市への海外からの観光客数は7万人で、観光産業の外貨収入はUS\$2,470万に達する。



猫跳河（紅楓・百花湖水系）流域環境総合対策計画調査

中華人民共和国  
貴州省科学技術委員会  
貴州省環境保護局

国際協力事業団  
セントラルコンサルタント(株)  
千代田デイス・アンド・ムーア(株)

図 1.4.1 観光地分布

## 1.5 組織、法制

### 1.5.1 流域管理関連組織

#### (1) 国家環境保護局

環境行政を主管する中央政府機関は、国務院環境保護委員会の国家環境保護局であり、環境に係わる事項について以下の役割を担っている。

- 国家の環境保護に関する方針、政策、法律、法令の執行と監督
- 環境保護の条例、規定、基準、技術施策の制定
- 環境保護の長期計画、年次計画の制定とその執行と監督
- 統一的な環境監視・測定に関する組織化並びに全国の環境の状況と予測に係る調査と把握に基づく改善措置の提案と指導
- 環境科学研究と環境教育に関する組織化並びに環境保護技術の普及
- 国務院所属の各部門及び省・自治区・直轄市に対する環境保護行政の指導
- 環境保護の国際協力と交流に関する組織化と調整

#### (2) 貴州省における関連組織

貴州省における水環境及び水利用に係る関連部局は表1.5.1の通りである。

表1.5.1 貴州省水環境及び水利用関連組織

水資源利用・保全の類型	主担当機関
• 水環境の保護	省環境保護局
• 水資源開発/水利調整	省水利庁
• 地下水	省地質鉱山局（省水利庁に移行中）
• 都市用水	県・市（清鎮市、白雲区、烏当区等）
• 水力発電	省発電局
• 工業用水	省化工庁、冶金庁、軽工庁、発電局
• 灌漑/漁業	省農業庁農業局
• 舟運	省交通庁河航舟運管理局
• 観光/風景	省建設庁風景管理

#### (3) 貴州省環境保護局

貴州省環境保護局は、1972年の「三廃弁公室」に始まり、1979年4月に現在の名称となり、省基本建設委員会に属した一級局編成に位置づけられた。1983年の機構改革時に現在の環境保護行政の機構となった。

環境保護業務に従事する人員は約320人、科学研究・観測業務に従事する人員は約820人である。環境調査・研究を担う省環境保護科学研究所は、現在、大気汚染/酸性雨、水環境、生態環境、環境工程の4研究室からなり、総職員数150人、うち技術職

員は126人（上級技術者31人）である。地方レベルの環境行政は、省・自治区・直轄市等の地方人民政府に設置された環境保護局が担当している。貴州省環境保護局の組織は図1.5.1及び図1.5.2に示す通りである。

貴州省紅楓湖・百花湖水資源保護条例（後述）の徹底を図るため、省政府は「貴州省紅楓湖・百花湖水資源保護指導委員会」を設立した。副省長を委員長とする指導委員会は関係庁局や地区人民政府の責任者から構成され、委員会事務局は省環境保護局内に設けられた。

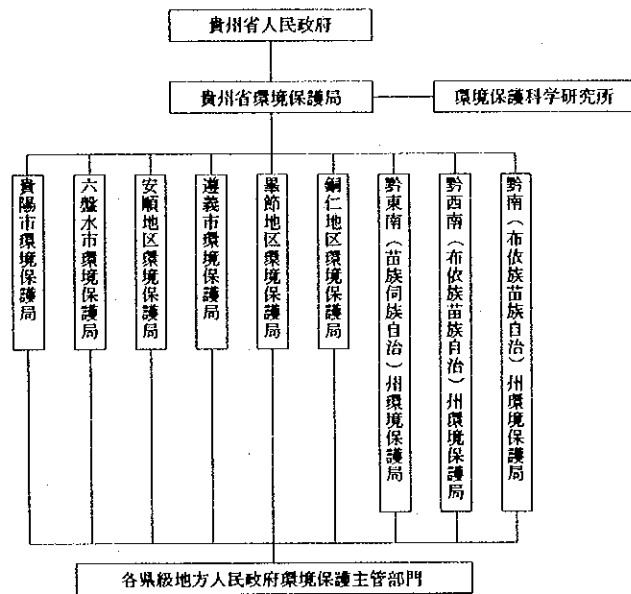


図1.5.1 貴州省環境保護組織機構

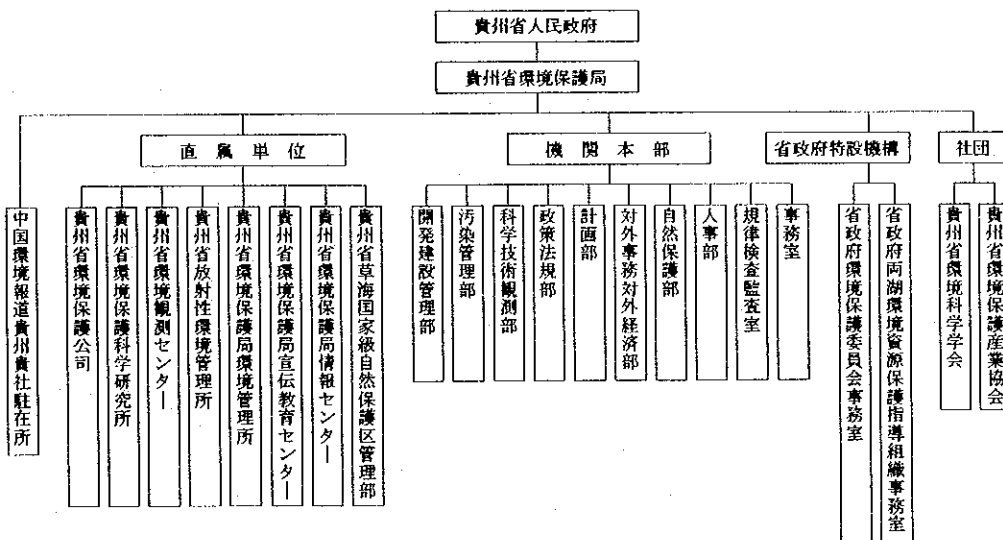


図1.5.2 貴州省環境保護局機構図

## 2 計画フレーム

### 2.1 流域計画

貴州省政府は第九次五ヶ年社会経済開発計画（九五計画；1996－2000）及び2010年長期計画を策定しており、2010年を流域環境総合対策基本計画の目標年次として社会経済フレームを設定する。

基本計画目標年2010年の社会経済フレームとして人口分布、社会・経済指標は、貴州省の2010年計画の綱要及び省計画局との協議を基に、“九五計画”における増加率を採用する。

2000年までの主要製品の生産目標は表2.1.1のとおり。

表2.1.1 貴州省の2000年の主要製品生産目標

製 品	単位	2000年の生産目標	1995年よりの増加量
食糧	万t	1,050	101.2
菜種油	万t	65	11.9
煙草の葉	万t	60	26.5
肉類	万t	115	9.3
原炭	万t	7,000	1528
発電量	億kWh	354	122.5
鋳鉄	万t	120	13.4
鋼鉄	万t	90	24
鋼材	万t	80	30.6
鉄合金	万t	32	1.6
アルミ	万t	30~40	23
化学肥料	万t	95 (内、磷47、窒素48)	34
セメント	万t	700	232
板硝子	万箱	100	53.9
巻き煙草	万箱	250	45.5
中級以上の銘酒	万t	10	5.4
自動車生産能力	万台	25	
金生産能力	kg	6,250	

### 2.2 人口

1978年から1996年（19年間）の流域内行政区別人口増加率は表2.2.1及びに示すとおりで、若干増加率が上昇している傾向が見られる。流域の平均人口増加率は1.65%で九五計画で目標としている1.45%より高い。

表2.2.1 流域内行政区別人口増加率

年度	貴陽市				安順地区			黔南州
	烏当区	白雲区	清鎮市	修文県	安順市	平バイ県	普定県	長順県
1979	1.34%	0.58%	1.54%	0.93%		1.28%	1.22%	1.69%
1980	0.86%	1.84%	2.16%	0.89%	2.02%	1.53%	0.37%	2.13%
1981	1.06%	2.57%	2.27%	1.71%	1.68%	0.56%	3.72%	2.80%
1982	1.49%	1.15%	1.62%	0.85%	2.70%	2.68%	1.21%	1.58%
1983	1.02%	0.33%	0.70%	-0.16%	0.67%	0.98%	0.86%	0.74%
1984	1.96%	1.22%	0.64%	-0.36%	1.32%	1.03%	0.97%	0.68%
1985	0.58%	1.30%	1.39%	0.63%	1.51%	0.98%	1.00%	0.83%
1986	3.08%	3.32%	2.27%	0.90%	1.16%	2.13%	1.37%	1.39%
1987	2.11%	2.08%	2.27%	-0.20%	1.04%	1.21%	1.24%	1.16%
1988	-0.16%	1.24%	1.26%	1.98%	1.29%	0.61%	2.74%	2.37%
1989	1.77%	2.10%	1.51%	-0.20%	1.64%	1.40%	1.66%	0.99%
1990	4.21%	5.63%	5.31%	3.80%		4.03%	2.45%	2.03%
1991	2.70%	2.00%	1.41%	1.23%	1.18%	1.81%	1.89%	1.00%
1992	3.40%	4.16%	1.85%	0.87%	1.46%	1.23%	1.94%	1.69%
1993	1.47%	1.56%	2.03%	1.82%	1.53%	1.35%	1.97%	1.11%
1994	4.72%	4.73%	1.59%	1.21%	3.68%	1.43%	1.71%	0.70%
1995	1.62%	1.99%	1.58%	2.82%	1.89%	1.43%	2.10%	1.10%
1996	1.79%	-0.16%	2.60%	0.55%	1.84%	1.33%	1.62%	1.13%
平均	1.95%	2.09%	1.89%	1.07%	1.66%	1.50%	1.67%	1.40%
最大	4.72%	5.63%	5.31%	3.80%	3.68%	4.03%	3.72%	2.80%
最小	-0.16%	-0.16%	0.64%	-0.36%	0.67%	0.56%	0.37%	0.68%

流域内行政区別人口増加率の平均を表2.2.2に示す。

表2.2.2 流域内行政区別人口増加率

貴陽市				安順地区			黔南州	流域
烏当区	白雲区	清鎮市	修文県	安順市	平バイ県	普定県	長順県	平均
1.95%	2.09%	1.89%	1.07%	1.66%	1.50%	1.67%	1.40%	1.40%

猫跳河流域の2010年の人口は、流域の平均人口増加率1.65%を適用すると、1993年の99.6万人から131.5万人に増加すると予測される。上・中・下流域の人口を表2.2.3に示す。

表2.2.3 流域人口予測

	単位：万人			
	上流域	中流域	下流域	合計
1993年	53.4	17.8	28.4	99.6
2010年	70.5	23.5	37.5	131.5

## 2.3 工業生産額

貴州省の工業生産額及び増加率を表2.3.1に示す。

表2.3.1 貴州省の工業生産額

年度	工業総生産 (万元)			工業総生産増加率 (%)		
	総計	軽工業	重工業	総計	軽工業	重工業
1978	412,649	134,524	278,125	29.5	18.1	35.9
1979	457,249	142,662	314,587	10.8	6.0	13.1
1980	451,854	159,504	292,350	-1.2	11.8	-7.1
1981	448,334	184,714	263,620	-0.8	15.8	-9.8
1982	536,190	211,259	324,931	19.6	14.4	23.3
1983	642,639	237,776	404,863	19.9	12.6	24.6
1984	814,069	291,437	522,632	26.7	22.6	29.1
1985	981,921	390,805	591,116	20.6	34.1	13.1
1986	1,080,882	431,272	649,610	10.1	10.4	9.9
1987	1,265,345	507,403	757,942	17.1	17.7	16.7
1988	1,668,062	714,542	953,520	31.8	40.8	25.8
1989	2,014,494	857,360	1,157,134	20.8	20.0	21.4
1990	2,181,628	925,254	1,256,374	8.3	7.9	8.6
1991	2,467,500	1,041,000	1,426,500	13.1	12.5	13.5
1992	3,014,900	1,188,800	1,826,100	22.2	14.2	28.0
1993	3,812,400	1,201,400	2,611,000	26.5	1.1	43.0
1994	4,614,800	1,504,300	3,110,500	21.0	25.2	19.1
1995	5,318,000	1,937,000	3,381,000	15.2	28.8	8.7
1996	6,292,000	2,424,000	3,868,000	18.3	25.1	14.4
			平均	17.3	17.8	17.4
			最大	31.8	40.8	43.0
			最小	-1.2	1.1	-9.8

1993年の流域内工業生産額は44.3億元で、貴州省の11.6%を占める。其の内、26の大中型企業の生産額が35.3億元で、貴州省の9.4%、流域の81%を占める。1996年の主な県の工業生産額は表2.3.2のとおりである。



表2.3.2 流域内の主な市・県の工業生産額（1996年）

単位：万元	
市・県	工業生産額
貴陽市	2,188,700
清鎮市	215,375
修文県	47,306
安順地区	
安順市	32,267
平バイ県	127,876

貴州省猫跳河流域水環境総合整治対策研究総合報告書（1996年6月）によると、2000年の流域内工業生産額は1993年比12%成長率で98億元、また2010年の流域内工業生産額は2000年比11%成長率で278億元と推定している。1996年比で成長率が12%及び10%の場合の流域内工業生産額を表6.3.2に示す。

表6.3.2 工業生産額実績及び予測

	単位：億元					
	実 績			予 測		成長率(%)
	1993	1995	1996	2000	2010	
貴州省	381.24	563.97	629.2	990	3,075	12
				921	2,389	10
貴陽市		196.75	218.87	344	1,070	12
猫跳河流域	44.3	(65.4)	(73.3)	115	357	12
				107	277	10

猫跳河流域1995, 1996年の数値は推定値

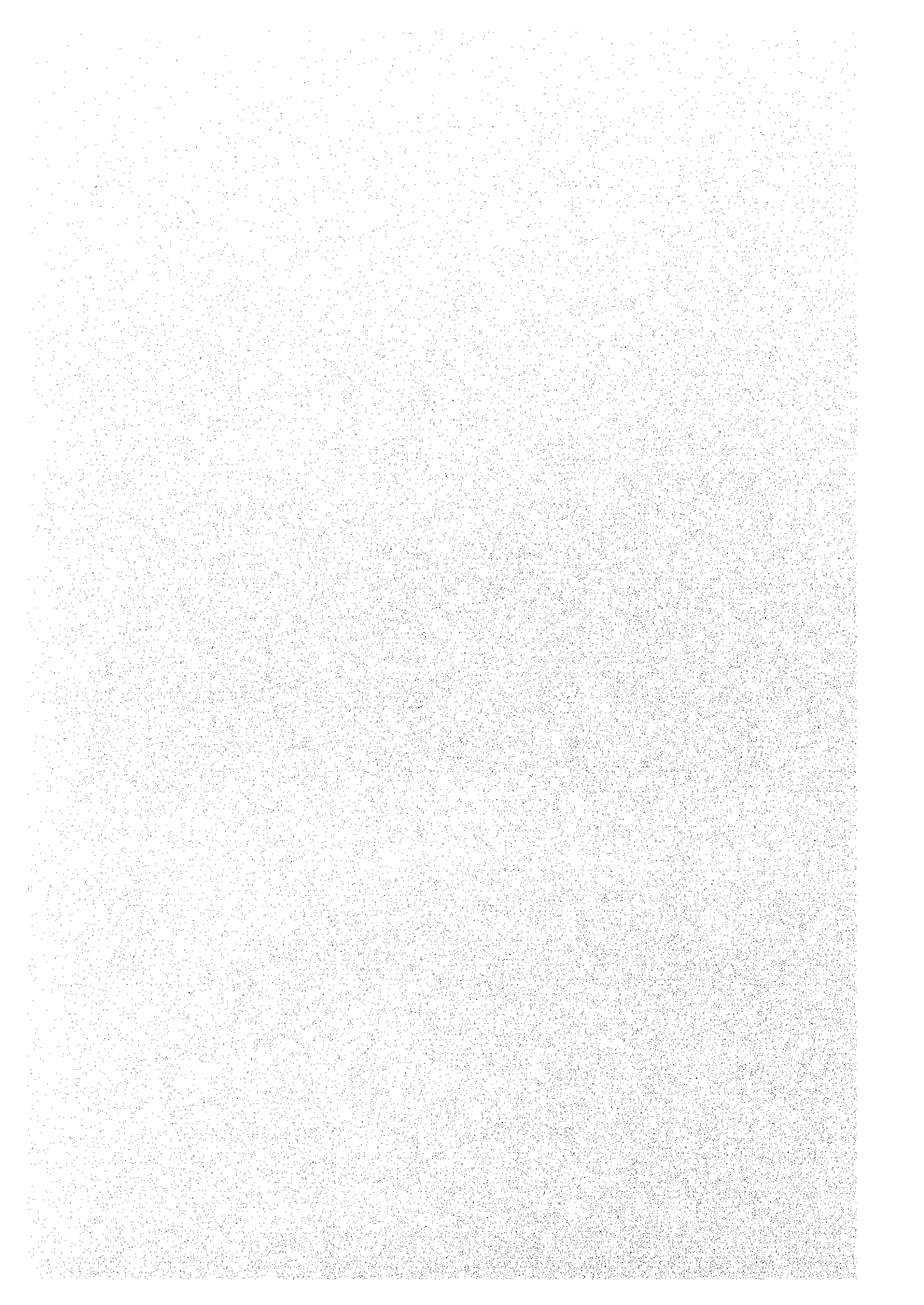
貴州省の工業生産額は1978年から1996年の19年間で、年平均 17.3%の成長率を遂げているが、近年の世界的経済不況による影響で成長が鈍化することを考慮して、猫跳河流域の2010年の工業生産額は1997年以降10%成長として、277億元に増加すると推定する。また、比較のために成長率を8%とした場合についても検討した。

## 2.4 土地利用

猫跳河流域は、流域の71%に石灰岩が分布し、基岩が露出する典型的なカルスト地形を呈している。地形は複雑で、山嶺、丘陵、河谷、平らなバー（カルスト盆地）が交錯している。平バイ、安順など多くの山間盆地はいずれも大型のカルスト盆地である。山地、丘陵地が流域の79%を占め、平地は21%と土地利用環境は貧弱である。

流域では、安順市、清鎮市、平バイ県、白雲区、修文県等を中心に経済発展、市街化が進行してきているが、人口数万の城鎮が20程度分散している。白雲区、修文県では工業開発区計画があるが、2010年の土地利用は流域の地形、地質特性から現況と比較して変化は小さいと推測した。

## II 水文・水理



# 1 流域環境の現況

## 1.1 観測所

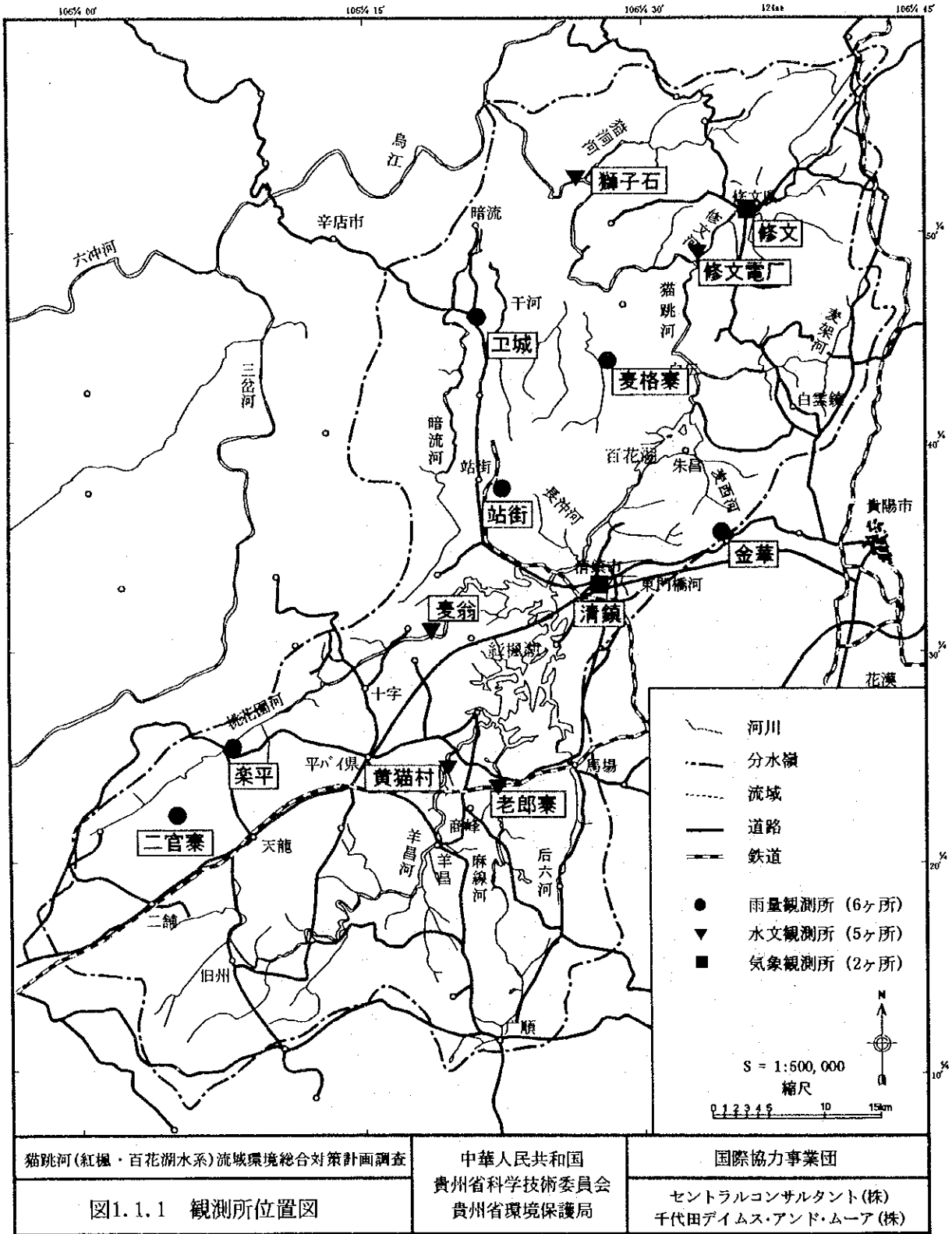
猫跳河流域内には、表 1.1.1 及び図 1.1.1 に示すとおり、雨量観測所 6 ヶ所、水文観測所 5 ヶ所及び気象観測所 2 ヶ所が設置されており、水文データとしては表 1.1.2 に示すような観測が行われている。

表 1.1.1 猫跳河流域水文観測所一覧表

観測所名	河川名	観測項目	場 所	標高(m)
二官寨	桃花園河	雨量	平バイ県二官寨	1,350
楽 平	桃花園河	雨量	平バイ県鳳凰郷	1,340
站 街	桃花園河	雨量	清鎮市甘沟郷	1,330
金 華	猫跳河	雨量	貴陽市金華郷	1,280
麦格寨	猫跳河	雨量	清鎮市麦格寨郷	1,350
卫 城	猫跳河	雨量	清鎮市卫城郷	1,210
麦 翁	桃花園河	水文	平バイ県九甲郷	1,250
黄猫村	羊昌河	水文	平バイ県歌楽郷	1,240
老郎寨	麻線河	水文	平バイ県歌楽郷	1,252
修文电厂	猫跳河	水文	修文県王官郷	1,226
獅子石	猫跳河	水文	清鎮市青龙郷	850
清 鎮	猫跳河	気象	清鎮市城关永光北路	1,230
修 文	猫跳河	気象	修文県城关鎮马长坡	1,240

表 1.1.2 猫跳河流域水文観測データ

観測所名	河川名	観測項目	観測データ	備 考
麦 翁	桃花園河	水文	水位、流速、流量	
黄猫村	羊昌河	水文	水位、流速、流量	
老郎寨	麻線河	水文	水位、流速、流量	
修文电厂	猫跳河	水文	水位、流速、流量	
清 鎮	猫跳河	気象	降雨量、気温、日照 湿度、蒸発量	
修 文	猫跳河	気象	降雨量、気温、日照 湿度、蒸発量	



## 1.2 水文、水理特性

猫跳河流域は、流域面積 3,246km<sup>2</sup> で長江の支流の烏江流域に含まれており、同流域は上流域（紅楓湖水庫より上流：1,610km<sup>2</sup>）、中流域（紅楓湖水庫から百花湖水庫間：319km<sup>2</sup>）及び下流域（百花湖水庫から烏江の合流点間：1,317km<sup>2</sup>）に区分される。

猫跳河は、多年平均流量 57.6 m<sup>3</sup>/s、最大流量 2,458 m<sup>3</sup>/s（1963年7月11日）、最小流量 1.38 m<sup>3</sup>/s（1967年3月1日）である。また、紅楓湖上流域の多年平均総流出量は 9.10 億 m<sup>3</sup>、百花湖への多年平均総流入量は 10.85 億 m<sup>3</sup> である。

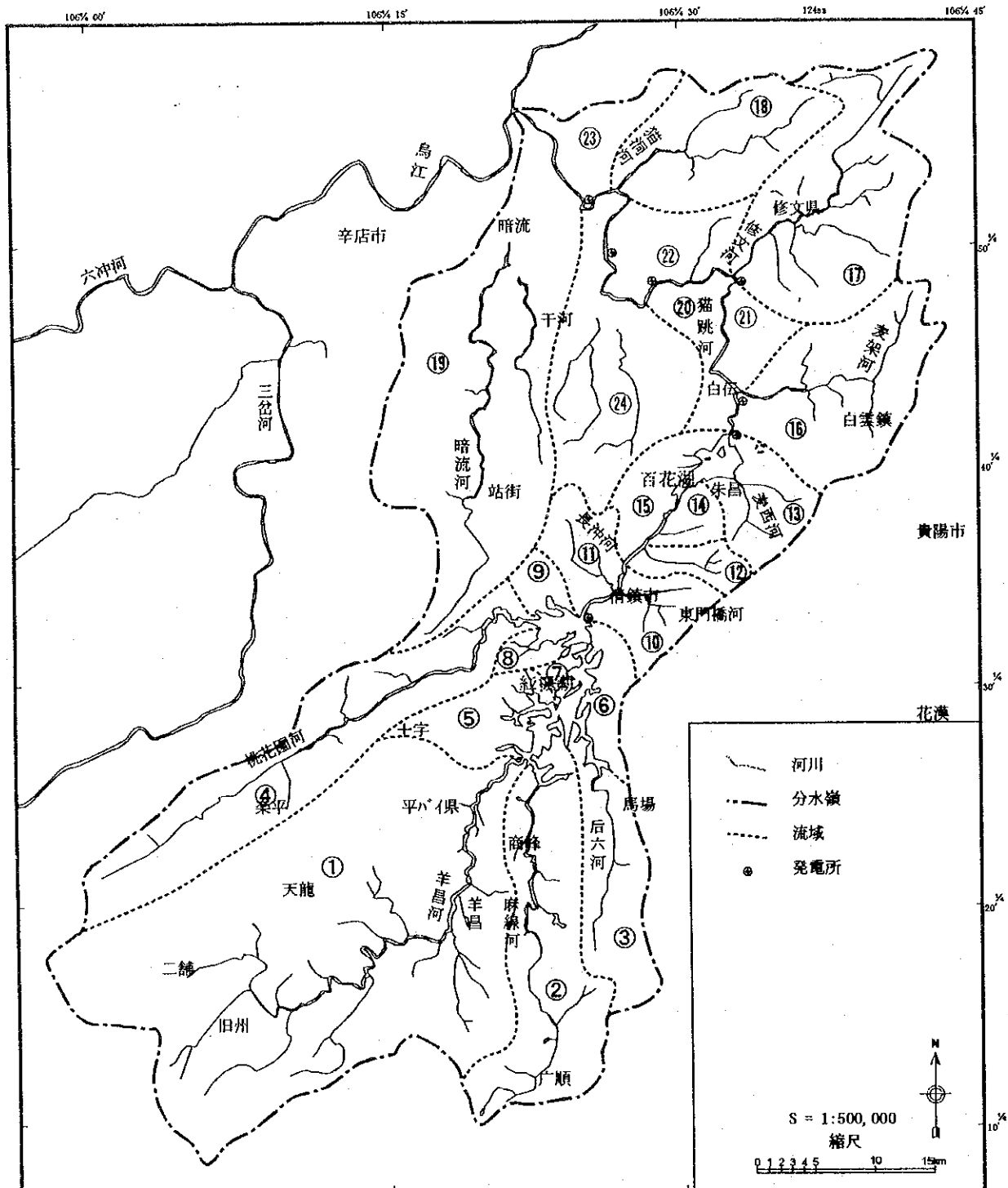
猫跳河流域内の主要支川の位置及び諸元を表 1.2.1 及び図 1.2.1 に示す。

表 1.2.1 主要支川の流域面積及び流量

単位：km<sup>2</sup>、m<sup>3</sup>/s

流域区分	主要支川	流域面積	平均流量	最大流量	最小流量
上流域	羊昌河	817.0	12.67	580.0	0.165
	麻線河	252.0	5.31	179.0	0.022
	後六河	88.0	1.86	63.0	0.008
	桃花園河	205.0	4.14	392.0	0.175
中流域	東門橋河	55.9	1.02	39.7	0.12
	長沖河	36.1	0.79	25.6	0.08
	麦城河	32.1	0.72	23.8	0.07
	麦西河	44.5	0.83	31.6	0.09
下流域	麦架河	150.4	2.33	134.1	0.06
	修文河	265.7	5.4	326.8	0.36
	猫洞河	149.4	2.69	133.0	0.20
	暗流河	315.0	6.08	281.0	0.42
	千河	73.0	1.31	65.1	0.10

注) 省環保局提供資料



猫跳河(紅楓・百花湖水系)流域環境総合対策計画調査

中華人民共和国  
貴州省科学技術委員会  
貴州省環境保護局

国際協力事業団  
セントラルコンサルタント(株)  
千代田デイムス・アンド・ムーア(株)

図1.2.1 河川図

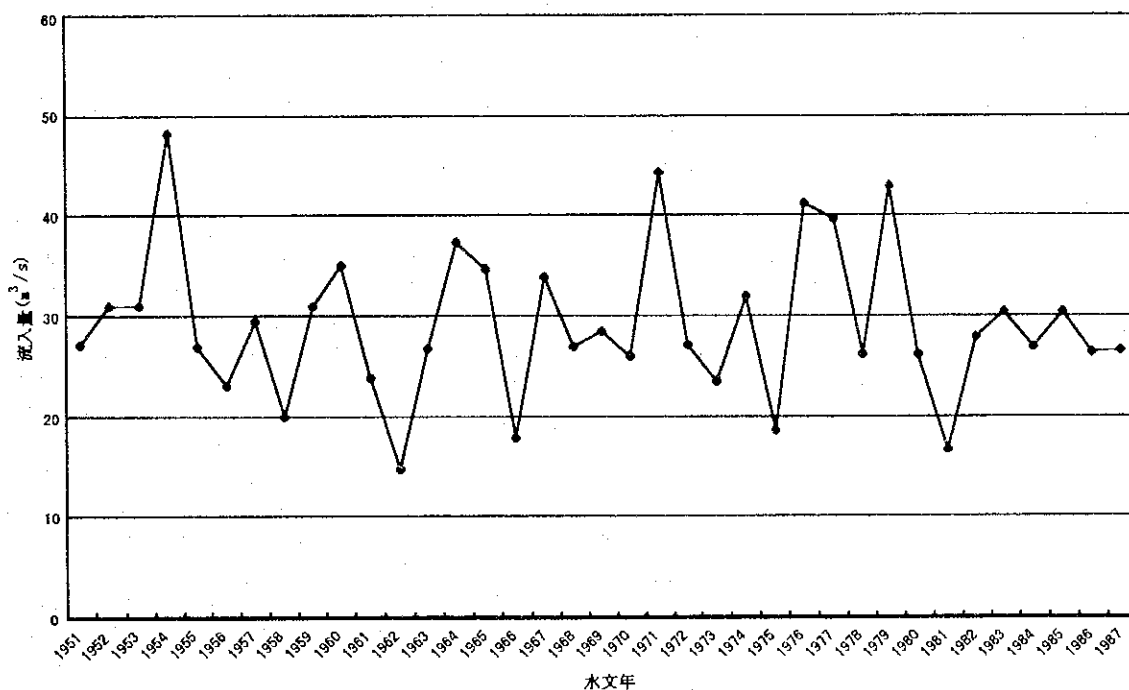


紅楓湖発電所における1951年5月から1988年4月までの過去37年間の月別流入量時系列を表1.2.2に示す。また、紅楓湖発電所、百花湖発電所及び紅岩発電所における自然流入量より猫跳河流域内の流域区分別及び主要支川（13河川）における水文特性を計算した結果は、表1.2.3、表1.2.4に示すとおりである。

表3.1.5によると、猫跳河全流域の多年平均水量は約18.2億 $m^3$ 、枯水年（ $P=95\%$ ）水量は約11.5億 $m^3$ である。

猫跳河流域内の紅楓湖発電所、百花湖発電所及び修文発電所における月別の多年平均流量、枯水年流量を計算した結果を表1.2.5及び図1.2.2に示す。

月別の多年平均流量の変動を見ると、各発電所とも5月～10月の6ヶ月間で年間流出量の約80%を占め、猫跳河は流況のかなり悪い河川であることが判る。



注) 水文年は当年5月から次年の4月までとする

図1.2.2 紅楓湖多年平均流量時系列図

表 1.2.2 紅楓湖月別流入量

單位：m<sup>3</sup>/s

水文年	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	平均
1951	48.2	55	73.3	29.5	14.8	52.5	16.3	13.1	7.81	5.93	4.73	4.16	27.1
1952	89.9	48.5	53.5	57.6	29.8	38.2	12.6	8.25	7.11	8.32	8.69	8.4	30.9
1953	64.4	109	47.8	39.1	25.2	21	14.7	7.37	10.7	8.61	5.53	17.9	30.9
1954	67.4	147	138	133	44.2	17.4	8.41	6.7	6.07	4.86	3.45	2.96	48.3
1955	23.3	155	23.9	30.6	13.1	7.98	43.2	7.88	6.11	4.78	4.17	2.02	26.8
1956	57.8	46.5	68	32.2	25.6	10.7	7.44	6.18	5.96	4.88	3.86	6.24	22.9
1957	55.5	83.4	79.6	43.3	15.5	13.1	9.66	20.9	5.4	6.16	8.81	10.9	29.4
1958	9.78	15.6	20.3	89.6	53.1	21.1	7.02	4.72	4.8	4	4.18	5.34	20.0
1959	69	187	39.9	11.9	22.6	14.7	8.33	5.53	3.94	4.35	2.06	2.98	31.0
1960	19.5	149	131	25.9	31.6	10.1	7.6	6.24	3.58	3.17	3.98	29.7	35.1
1961	19.1	19	21.1	39.6	16.2	59.6	43.3	31.2	12.9	8.31	5.88	8.82	23.8
1962	16.5	41.4	26.3	41.4	12	8.22	10.9	5.54	4.14	3.59	3.24	2.42	14.6
1963	32.1	23.4	123	16.4	5.74	5.28	22.8	18.9	8.36	10.5	5.67	48.7	26.7
1964	41.8	105	63	105	36.4	21.8	22.3	12.4	9.57	8.7	5.72	17.4	37.4
1965	54.7	117	55.9	71.7	9.85	61.4	16.6	6.96	4.79	6.36	6.41	4.28	34.7
1966	26.4	67.5	48.7	13.4	7.15	13.4	3.82	3.33	3.76	4.26	3.11	18.2	17.8
1967	44.5	77.7	64.2	66.5	41.8	29.7	19.4	11.5	9.17	7.86	8.4	24.7	33.8
1968	47.4	127	60	28.1	15.8	20.1	11.4	4.32	3.83	2.86	1.88	1.36	27.0
1969	7.97	68.1	108	81.4	19.8	13	10.1	6.23	4.14	6.44	3.71	12.2	28.4
1970	27	27.1	117	1.79	60.4	13.2	7.24	13.7	6.64	7.04	4.69	26	26.0
1971	82.4	126	30.2	70.9	56.2	25.6	14.1	10.2	5.21	5.05	2.53	12.4	36.7
1972	96.7	47.8	19.4	4.23	74.2	27.6	21.3	7.88	9.96	8.19	2.62	6.19	27.2
1973	15.1	91.4	44.1	53	32.6	10.8	8.15	3.39	4.86	4.18	2.69	10.7	23.4
1974	62.1	56.3	65	85.2	55.2	27.2	7.39	6.53	6.22	4.54	2.68	5.21	32.0
1975	81.1	19.2	4.03	21.8	27.9	11	14.1	8.82	5.47	6.18	6.78	15.8	18.5
1976	74.4	117	90.6	18.4	46.1	61.7	25.3	11.3	4.92	11.2	2.07	31	41.2
1977	32.3	184	114	50.6	18.5	45.2	17.7	4.51	3.92	2.26	1.61	0.72	39.6
1978	43.2	106	39.7	30.7	18.2	18.1	25.1	9.63	6.96	6.94	1.68	7.16	26.1
1979	45.2	137	155	76.6	63.4	13	4.59	4.16	4.41	6.22	3.16	1.66	42.9
1980	39.2	69.5	54.5	76.4	15.6	20.9	9.32	7.69	8.12	8.51	4.88	4.72	26.6
1981	15.4	26.1	12.3	15	27.4	14.9	20.8	9.61	7.46	21.3	6.2	24	16.7
1982	41.5	87.1	25.5	52.9	40.3	15.3	15.7	11.4	11.6	11	17	14.6	28.7
1983	53	60.4	43.3	59.5	55.4	25.8	13.3	6.54	4.4	10.4	7.58	25.2	30.4
1984	68	27.5	33.7	80.1	34.3	33.6	7.77	9.48	6.66	5.74	8.22	7.59	26.9
1985	65.2	121.4	89.9	26.6	19.7	6.55	9.65	6.1	8.8	5.49	4.05	2.06	30.5
1986	12.1	82.2	50.4	56	39.5	27.1	19.3	9.75	8.32	3.67	0.94	6.65	26.3
1987	7.68	24.7	75.8	51.1	28	65.3	16.7	25.4	7.33	7.42	1.78	7.25	26.5
平均	44.78	82.51	62.43	48.30	31.17	24.38	14.96	9.55	6.58	6.74	4.72	11.83	28.99
最大	96.7	187	155	133	74.2	65.3	43.3	31.2	12.9	21.3	17	48.7	48.3
最小	7.68	15.6	4.03	1.79	5.74	5.28	3.82	3.33	3.58	2.26	0.94	0.72	14.6
標準偏差	24.67	48.36	38.11	29.86	17.54	16.87	8.99	5.99	2.38	3.39	3.00	10.63	7.28
C.V.	0.55	0.59	0.61	0.62	0.56	0.69	0.60	0.63	0.36	0.50	0.64	0.90	0.25

資料：貴陽市西郊水庫取水對貓跳河梯級發電所的影響研究（貴陽院，1994年12月）

表 1.2.3 猫跳河流域水文特性

流域 区分	流域面積 (km <sup>2</sup> )	流量(m <sup>3</sup> /s) 及び 水量 (億 m <sup>3</sup> )			
		多年平均	保証率 P=10%	保証率 P=50%	保証率 P=95%
上流域	1,610	28.84	38.4	28.26	18.17
		9.10	12.11	8.91	5.73
中流域	319	5.56	7.4	5.45	3.5
		1.75	2.33	1.72	1.10
下流域	1,317	23.22	30.9	22.76	14.63
		7.32	9.74	7.18	4.02
全流域	3,246	57.62	76.7	56.47	36.3
		18.17	24.19	17.81	11.45

注) 上段は流量、下段は水量を示す。

注) 省環保局提供資料

表 1.2.4 主要支川水文特性

流域 区分	支川名	流域 面積 (km <sup>2</sup> )	流 量 (m <sup>3</sup> /s)				
			偏丰年 (P=20)	平水年 (P=50)	枯水年 (P=95)	多年 平均	枯水年 最枯月
上流域	羊昌河	817	17.57	12.67	5.97	12.67	0.28
	麻線河	252	5.36	4.13	2.54	5.31	0.099
	后六河	88	1.87	1.44	0.87	1.88	0.035
	桃花園河	205	5.78	3.93	2.26	4.14	0.57
中流域	東門橋河	55.9	1.33	0.92	0.60	1.02	0.12
	長冲河	36.1	0.86	0.66	0.38	0.79	0.08
	麦城河	32.1	0.76	0.59	0.34	0.72	0.07
	麦西河	44.5	1.06	0.81	0.47	0.83	0.09
下流域	麦架河	150.4	2.77	2.19	1.54	2.33	0.06
	修文河	265.7	6.25	4.78	2.91	5.4	0.36
	猫洞河	149.4	3.52	2.20	1.64	2.69	0.20
	暗流河	315.0	7.42	5.67	3.45	6.08	0.42
	干河	73.0	1.72	1.31	0.80	1.31	0.10

注) 省環保局提供資料

表 1.2.5 月別流量表

單位：m<sup>3</sup>/s

地点	月	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	平均
紅 楓 發電所	多年平均	46.4	82.2	62.2	48.2	31.2	23.9	14.9	9.5	6.4	8.7	4.5	11.8	29.2
	P=95%	29.3	51.8	39.3	30.4	19.6	15.1	9.4	5.0	4.8	4.2	2.5	7.4	18.2
百 花 發電所	多年平均	53.4	98.1	73.4	55.8	35.8	28.6	18.3	11.8	7.8	8.0	6.0	14.8	34.3
	P=95%	33.6	61.8	48.2	35.2	23.2	18.0	11.6	7.4	4.9	5.0	3.8	9.3	21.8
	紅楓~百花 (P=95%)	4.4	10.0	7.0	4.8	3.6	2.9	2.1	1.4	0.7	0.8	1.0	1.9	3.4
修 文 發電所	多年平均	60.7	111.1	82.5	51.5	41.4	32.6	21.3	14.1	9.0	9.3	7.4	17.5	38.2
	P=95%	38.2	70.0	52.0	38.0	25.1	20.5	13.4	8.9	5.7	5.9	4.7	11.0	24.5
	百花~修文 (P=95%)	4.6	8.2	5.8	3.5	2.9	2.5	1.9	1.5	0.8	0.9	0.9	1.7	2.9

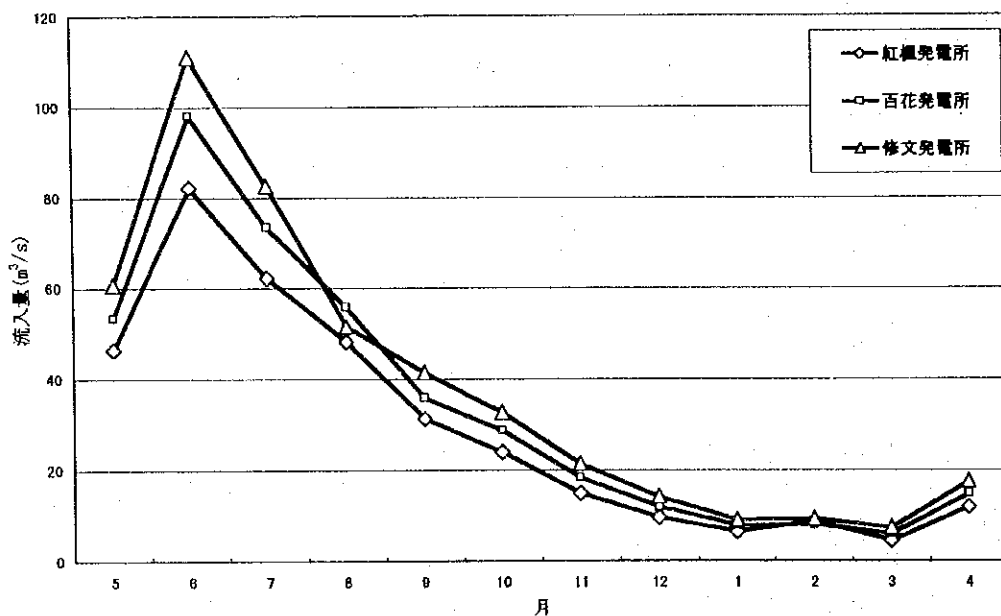


圖 1.2.3 多年平均月別流量圖

### 1.3 湖流補足調査

#### 1.3.1 調査目的

湖流調査は、紅楓湖及び百花湖における湖流状態を明らかにして、富栄養化予測モデルによる水理機構解析の基礎資料とするために、第1次調査（3月）、第2次調査（7月）と2回行った。

#### 1.3.2 調査地点

湖流調査地点は、図 1.3.1 に示すとおり OECC 調査における水質調査地点と同じである紅楓湖9地点、百花湖5地点の計14地点とした。

調査は各地点において、原則として、表層部（水面下 0.5m）、中層部（水面下 8.0m）、下層部（湖底上 2m）の3層で行った。

なお、調査地点の水深は次のとおりである。

紅楓湖 A-1 : 44.0m、A-2 : 27.5m、A-3 : 38.0m、A-4 : 22.0m、A-5 : 14.5m  
A-6 : 16.5m、A-7 : 21.0m、A-8 : 13.0m、A-9 : 10.0m

百花湖 C-1 : 44.5m、C-2 : 14.0m、C-3 : 19.5m、C-4 : 21.0m、C-5 : 27.5m

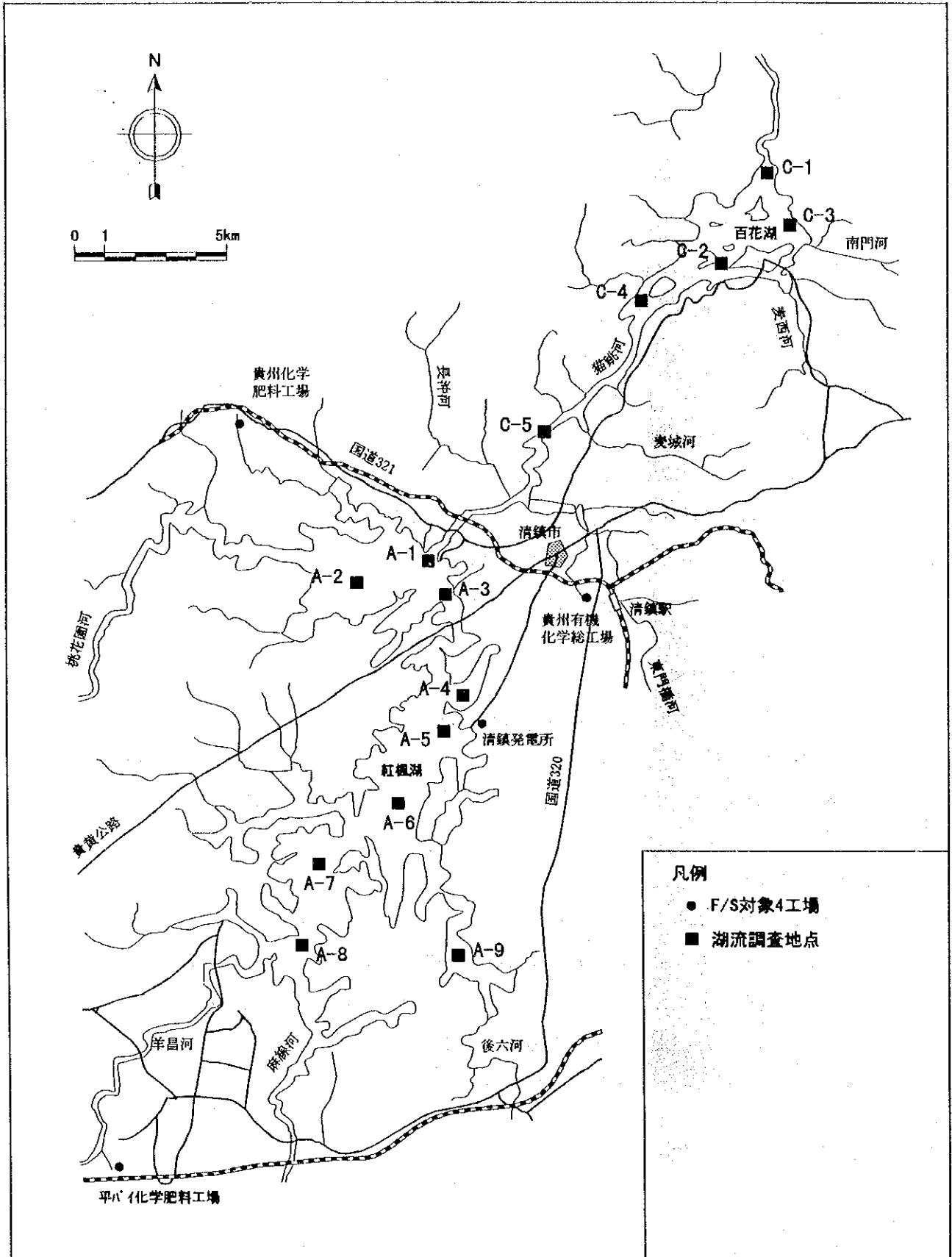
#### 1.3.3 調査方法

湖流調査方法としては、流向・微流速計を用いた測定が困難（湖上における計測器の固定が難しく、また流速が小さい）であるので、湖流板（浮子）を用い一定時間経過後の移動距離を GPS で測定して、湖流の流速、方向を求めるものとした。

#### 1.3.4 調査結果

湖流調査結果は、表 1.3.1 及び表 1.3.2 に示すとおりである。

調査結果によると、紅楓湖、百花湖とも湖流の流速は冬期（3月調査）の方が夏期（7月調査）よりも速く、両湖とも場所及び深さにより異なるが 0.02m/s 以上の流速が観測された。また、湖流の方向は全体的な流れとして、それぞれの水庫方向に向かっていると考えられる。



**凡例**

- F/S対象4工場
- 湖流調査地点

猫跳河（紅楓湖・百花湖）流域環境総合対策計画調査

中華人民共和国  
貴州省科学技術委員会  
貴州省環境保護局

国際協力事業団  
セントラルコンサルタント(株)  
千代田デイムス・アンド・ムーア(株)

図1.3.1 湖流調査位置図

表 1.3.1 湖流 1 次調査結果 (1998.3/23~3/28)

調査地点	調査点 番号	測流日	風向	風速 (m/s)	気温 (°C)	深さ	漂流時間 (min)	漂流距離 (m)	湖流速 (m/s)	方向角 (度)
紅楓湖	A-1	3/23/98	E	1.9	6	上	63	570	0.15	41
			N	0.9	5.5	中	70	220	0.05	82
			NE	1.6	5.5	下	61	442	0.12	33
	A-2	3/23/8	NNW	3.1	4	上	51	810	0.26	156
			N	3.4	5	中	52	643	0.21	156
			NNE	3.4	5	下	53	177	0.06	209
	A-3	3/24/98	ENE	1.7	7	上	68	985	0.24	218
			N	1.2	7	中	72	466	0.11	5
			NE	2.2	7	下	74	467	0.11	323
	A-4	3/24/98	SSE	1.1	7	上	49	267	0.09	125
			ESE	0.9	7.5	中	50	280	0.09	152
			NE	0.7	7	下	52	753	0.24	170
	A-5	3/25/98	SE	2.1	8.5	上	59	606	0.17	304
			ESE	1	9	中	52	921	0.30	327
			SE	0.9	10	下	57	402	0.12	293
	A-6	3/25/98	ESE	0.6	6.5	上	75	594	0.13	352
			SSE	0.9	7.5	中	91	658	0.12	10
			S	0.4	8	下	85	1,495	0.29	330
	A-7	3/26/98	NNE	1.4	8	上	80	304	0.06	59
			NE	1.2	8.5	中	79	393	0.08	341
			NNE	1.8	8.5	下	88	217	0.04	65
	A-8	3/26/98	NE	2.9	7	上	87	407	0.08	171
			ENE	1.4	8.1	中	93	279	0.05	176
			NE	1.7	9	下	93	279	0.05	176
百花湖	c-1	3/27/98	E	0.7	10	上	92	631	0.11	322
			C	0	12	中	72	693	0.16	323
			SSE	0.9	11.5	下	104	693	0.11	323
	c-2	3/27/98	SE	0.8	12	上	117	1,243	0.18	6
			SW	0.7	13	中	113	922	0.14	14
			C	0	16	下	112	1,017	0.15	14
	c-3	3/27/98	SE	1.4	14.5	上	58	72	0.02	295
			ESE	1.6	14	中	54	72	0.02	245
			SW	0.7	15.5	下	57	72	0.02	295
	c-4	3/28/98	N	0.6	12	上	140	2,343	0.28	136
			C	0	14	中	131	2,852	0.36	137
			C	0	16	下	106	2,087	0.33	128
	c-5	3/28/98	C	0	15.9	上	75	559	0.12	28
			C	0	16	中	77	253	0.05	31
			SW	0.8	15	下	79	227	0.05	35

表 1.3.2 湖流 2 次調査結果 (1998.7/11~7/16)

調査地点	調査点 番号	測流日	風向	風速 (m/s)	気温 (°C)	深さ	漂流時間 (min)	漂流距離 (m)	湖流速 (m/s)	方向角 (度)
紅楓湖	A-1	7/11/98	SSE	1.8	26	上	108	113	0.02	325
			G	0	27	中	110	262	0.04	270
			G	0	29	下	111	107	0.02	235
	A-2	7/11/98	SSE	3.2	23	上	82	126	0.03	10
			SSW	0.3	22	中	80	248	0.05	5
			SE	2.5	23.5	下	84	62	0.01	0
	A-3	7/12/98	SW	7.1	23	上	97	270	0.05	336
			SW	0.7	24	中	100	189	0.03	325
			SW	1.3	24	下	102	177	0.03	331
	A-4	7/12/98	S	0.8	22	上	131	177	0.02	29
			SSE	3.4	25	中	132	151	0.02	35
			SSE	1.2	26	下	136	22	0.00	90
	A-5	7/13/98	SSE	3.6	26	上	154	410	0.04	307
			ENE	0.7	28.5	中	148	316	0.04	322
			SSE	1.4	28	下	160	291	0.03	343
	A-6	7/13/98	SSE	3.4	24	上	107	215	0.03	330
			SSE	3	24	中	109	160	0.03	305
			SSE	3	24	下	109	160	0.03	305
	A-7	7/14/98	S	4.1	25.5	上	126	168	0.02	337
			SSE	4.9	26	中	131	124	0.02	0
			SE	4.6	26	下	145	187	0.02	353
	A-8	7/14/98	SSE	2.6	23	上	118	131	0.02	341
			SSE	2.6	24	中	111	242	0.04	153
			SSE	2.7	24	下	113	53	0.01	235
百花湖	c-1	7/15/98	S	2.2	25	上	91	65	0.01	90
			S	3.7	24.5	中	93	53	0.01	55
			N	1	26	下	95	72	0.01	65
	c-2	7/15/98	S	3	24	上	59	153	0.04	90
			SSW	2	25	中	58	131	0.04	90
						下	55	87	0.03	90
	c-3	7/15/98	SW	0.7	26	上	84	72	0.01	115
			SSE	1.4	27	中	86	65	0.01	90
			S	0.8	26	下	86	65	0.01	90
	c-4	7/16/98	S	3.2	24	上	56	312	0.09	8
			SSW	2.9	25	中	60	66	0.02	341
				0		下	58	131	0.04	341
	c-5	98.3.28	SSW	3.4	27	上	39	143	0.06	50
			SSW	4.1	28	中	30	215	0.12	210
			SSW	3.4	27	下	35	102	0.05	205



## 1.4 流量補足調査

### 1.4.1 調査目的

流量補足調査は、猫跳河に流入する支川の現況の水質調査と同時に流量測定を行い、猫跳河に流入する汚濁負荷量を推定するための資料とするために、第1次調査（3月）、第2次調査（7月）と2回行った。

### 1.4.2 調査地点

流量調査地点は、図 1.4.1 に示すとおり猫跳河下流の主要5支川を選定した。

M-6 麦架河（猫跳河との合流点上流）

M-7 修文河（修文橋付近）

M-8 猫洞河（花橋付近）

M-9 干河（衛城鎮から青竜の間の橋付近）

M-10 暗流河（川が地下に流れ込む地点の固定堰）

### 1.4.3 調査方法

流量調査方法は、次のとおりとする。

①下記の4地点においては、流速計による流速測定と、断面形状の測定より流量を求めるものとする。

麦架河、修文河、猫洞河、干河の4地点

②暗流河においては、現況固定堰の天端高と幅、水深を測定し、堰公式より流量を求めるものとする。



#### 1.4.4 調査結果

第1次及び第2次の流量測定結果は、表 1.4.1 及び表 1.4.2 に示すとおりである。

表 1.4.1 第1次河川流量調査結果 (1998/3/14~3/18)

河川名	気温 (°C)	水温 (°C)	流速 (m/s)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	備考
麦架河	14	12	0.493	1.525	
修文河	18	15	1.175	1.288	
猫洞河	11	11	0.275	0.029	
干河	19	15	0.293	0.192	
暗流河	24	16	—	1.164	Q=1.7*Bh <sup>3/2</sup>

表 1.4.2 第2次河川流量調査結果 (1998/7/7~7/10)

河川名	気温 (°C)	水温 (°C)	流速 (m/s)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	備考
麦架河	26.0	24.2	0.51	2.48	
修文河	24.8	22.4	1.50	2.50	
猫洞河	28.0	22.6	0.41	0.06	
干河	28.0	24.1	0.86	0.52	
暗流河	27.2	23.4	—	2.43	Q=1.7*Bh <sup>3/2</sup>

### III 生活排水处理



## 1.2 主要工場（F/S 対象4工場）及び観光地の生活排水施設

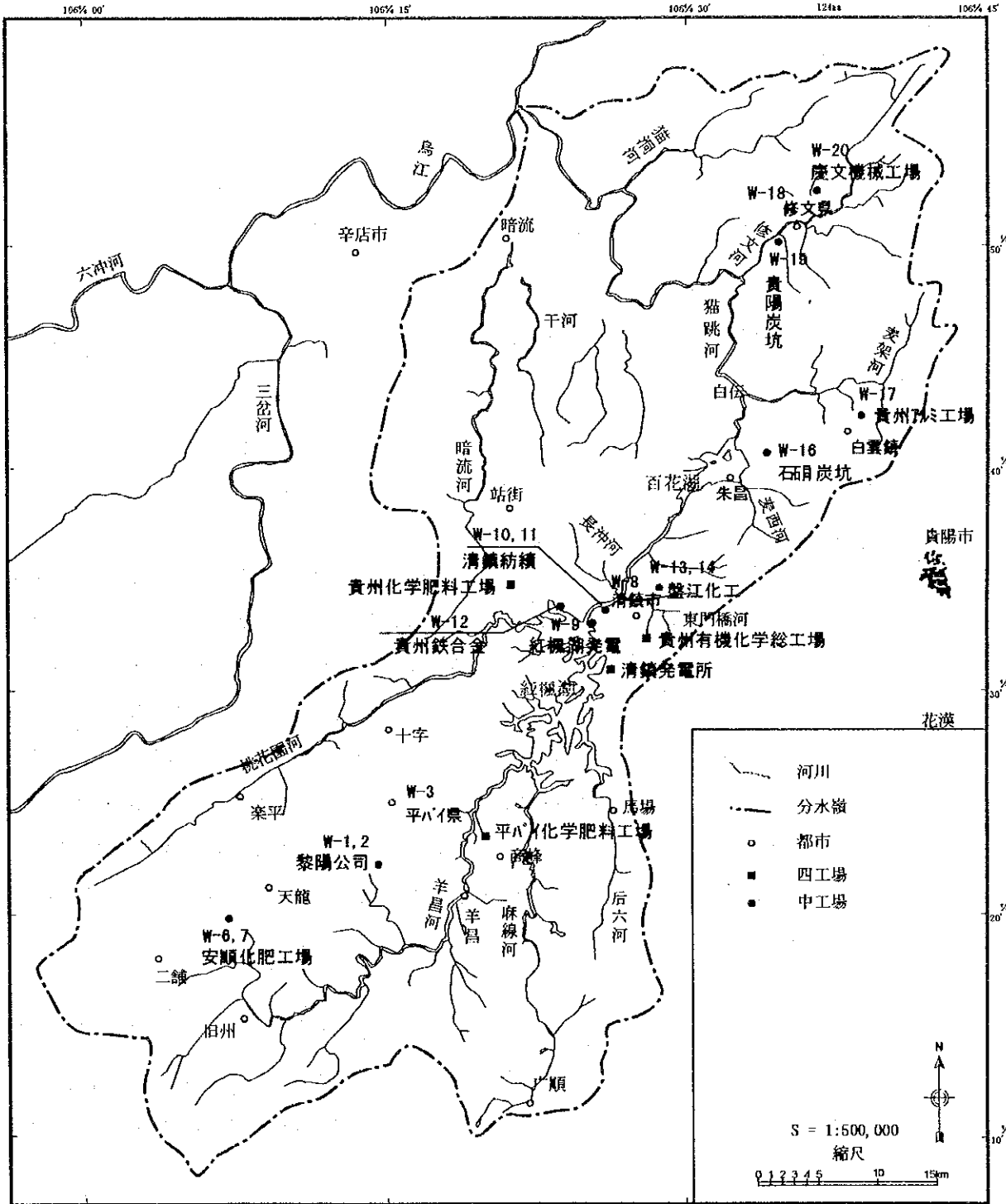
図 1.2.1 に主要工場及び中工場の位置を示す。

主要工場の生活排水処理も城鎮と同様に処理施設の整備は遅れている。工場部では化糞池を経て工場排水と一緒に排水し、居住部では大半が化糞池処理を実施しているが雑排水を未処理のまま灌漑用水路や小河川へ排出している所もある。

清鎮発電所の工場敷地内に唯一、活性汚泥処理施設（処理能力 3,360m<sup>3</sup>/日）がある。しかし、現在は休止状態で化糞池を経て集水した排水は再沈殿を行い、上澄水を石炭灰圧送用に使用し灰捨場から紅楓湖へ排出している。また、工場敷地外の居住部には、集水した排水を沈殿処理したのちに高電圧による消毒を行い、ろ過池を経て排水する施設（処理能力 120m<sup>3</sup>/日）が 1997 年 8 月に完成し稼動している。

排水方法は管渠・開水路で集水して公共用水域や耕地へ排出している。

観光地（紅楓湖・百花湖）の生活排水処理は、百花湖の百花山庄で「ZH-1 汚水処理設備」（浄化槽）による処理が行われている以外は各戸(棟)毎の化糞池処理や未処理の雑排水を湖へ排水しており、両湖の水質汚濁の原因になっている。



猫跳河(紅楓・百花湖水系)流域環境総合対策計画調査	中華人民共和国 貴州省科学技術委員会 貴州省環境保護局	国際協力事業団
図 1.2.1 主要工場と中工場位置図		セントラルコンサルタント(株) 千代田アイムス・アンド・ムーア(株)

## 2 生活排水の汚濁負荷

### 2.1 一般住民の生活排水

#### (1) 用水

流域内の主要城鎮としては、県・市・区政府駐地の清鎮、修文、平バイと郷・鎮政府駐地のなかで人口が多い白雲、朱昌、広順が挙げられる。この中から5城鎮の生活用水の調査を行った結果を表 2.1.1 に示す。

表 2.1.1 城鎮用水の調査結果

		清鎮	白雲	修文	平バイ	朱昌	計
城鎮生活用水	用水人口(人)	105,500	109,020	21,640	48,700	24,000	308,860
	日平均(m <sup>3</sup> /日)	(10,550)	16,257	2,657	3,896	(3,000)	36,360
	年間(m <sup>3</sup> /年)	(3,798,000)	5,852,520	970,000	1,402,560	(1,095,000)	13,118,080
	原単位(m <sup>3</sup> /人・日) (m <sup>3</sup> /日÷人口)	0.100	(0.149)	(0.123)	(0.080)	0.10~0.15 平均=0.125	(0.117)
	水源と量(m <sup>3</sup> /年)	紅楓湖	百花湖 地下水(灌漑用)	地下水 970,000	地下水 48,000	—	—
浄化方式		沈殿・ろ過、消毒	沈殿・ろ過、消毒	沈殿・ろ過、消毒	—	—	—

注: () 内は計算及び推定

表 2.1.1 より5城鎮の用水は修文が全用水量(970,000m<sup>3</sup>/年)を、平バイが1部(48,000 m<sup>3</sup>/年)を地下水に依存している以外は地表水を水源にして、沈殿・ろ過・消毒の浄化を行って供給している。5城鎮の合計用水量は36,360 m<sup>3</sup>/日で、原単位については平バイが0.080m<sup>3</sup>/人・日と低く、表 2.1.2 「標準住宅区生活用水量」によると「室内に給排水衛生設備はあるがシャワー設備がない」場合の使用量に近似する。その他の城鎮の原単位は0.100~0.149 m<sup>3</sup>/人・日で表 2.1.2 の「室内に給排水設備とシャワー設備がある」場合の使用量に近似する。しかし、5城鎮の平均原単位は0.117 m<sup>3</sup>/人・日で貴州省都市部の平均原単位(0.181 m<sup>3</sup>/人・日)及び省全体の平均原単位(0.152 m<sup>3</sup>/人・日)(貴州年鑑 1997 年版による)より低い。このことから当流域内では水の消費量が少ない生活様式の占める割合が多いと判断する。

流域内城鎮の用水原単位は、5城鎮の平均値(0.117 m<sup>3</sup>/人・日)を採用する。農村については城鎮より生活様式は低いと推測して、表 2.1.2 の「室内に給水設備があるが衛生設備がない」場合の値(0.025~0.040 m<sup>3</sup>/人・日)より0.030 m<sup>3</sup>/人・日とする。



表 2.1.2 標準住宅区生活用水量

出典：中国建築工業出版社「給排水設計手冊」

序 号	給水設備 類 型	室内に給排水衛生設備は なく、集中給水蛇口より 取水			室内に給水の蛇口がある が衛生設備がない。			室内に給排水衛生設備があ るがシャワー設備がない。			室内に給排水設備とシャワ ー設備がある。			室内に給排水衛生設備が あり、シャワー設備と集 中熱水供給もある。			
		用水状況	最高日 (L/人・ 日)	平均日 (L/人・ 日)	時間 変化	最高日 (L/人・ 日)	平均日 (L/人・ 日)	時間 変化	最高日 (L/人・ 日)	平均日 (L/人・ 日)	時間 変化	最高日 (L/人・ 日)	平均日 (L/人・ 日)	時間 変化	最高日 (L/人・ 日)	平均日 (L/人・ 日)	時間 変化
1	一		20~35	10~20	2.5~ 2.0	40~60	20~40	2~ 1.8	85~120	55~90	1.8~ 1.5	130~170	90~ 125	1.7~ 1.4	170~ 200	130~ 170	1.5~ 1.3
2	二		20~40	10~25	2.5~ 2.0	45~65	30~45	2~ 1.8	90~125	60~95	1.8~ 1.5	140~180	100~ 140	1.7~ 1.4	180~ 210	140~ 180	1.5~ 1.3
3	三		35~55	20~35	2.5~ 2.0	60~85	40~65	2~ 1.8	95~130	100	1.8~ 1.5	140~180	110~ 150	1.7~ 1.4	185~ 215	145~ 185	1.5~ 1.3
4	四		40~60	25~40	2.5~ 2.0	60~90	40~70	2~ 1.8	95~130	100	1.8~ 1.5	150~190	120~ 160	1.7~ 1.4	190~ 220	150~ 190	1.5~ 1.3
5	五		20~40	10~25	2.5~ 2.0	45~60	25~40	2~ 1.8	85~120	55~90	1.8~ 1.5	140~180	100~ 140	1.7~ 1.4	180~ 210	140~ 180	1.5~ 1.3

注：1. 本表中の用水量は住宅区内の小規模公共及び共同建築の用水量を含んでいる。しかし、道路、大面積の緑化及び全市の共同建築用水量は含んでいない。

2. 水量標準を選択使用する際、所在分区の給水設備の類型及び生活習慣等用水量に十分影響を与える要素に基づいて確定すべきである。

3. 第一分区に含まれるもの：黒龍江、吉林、内蒙古の全部、遼寧の大部分、河北、山西、陝西の北寄りの小部分、寧夏の東寄りの小部分。

第二分区に含まれるもの：北京、天津、河北、山東、山西、陝西の大部分、甘肅、寧夏、遼寧の南部、河南北部、青海の東寄りと江蘇の北寄りの小部分。

第三分区に含まれるもの：上海、浙江の全部、江西、安徽、江蘇の大部分、福建の北部、湖南、湖北の東部、河南南部。

第四分区に含まれるもの：広東と台湾の全部、福建、雲南の南部。

第五分区に含まれるもの：貴州の全部、四川、雲南の大部分、湖南、湖北の西部、陝西と甘肅の秦嶺以南の地区、広西の北寄りの小部分。

4. その他地区の生活用水量標準は、現地の気象と人民の生活習慣等の具体的状況に基づき、相似地区の標準を参照して確定して良い。

(2) 排水と水質

表 2.1.3 に 5 城鎮の生活排水について調査した結果を示す。

表 2.1.3 城鎮排水の調査結果

		清鎮	白雲	修文	平バイ	朱昌	計	
城鎮生活排水	用水原単位	0.100	0.149	0.123	0.080	0.10~0.15	0.117	
	排水原単位 (m <sup>3</sup> /人・日) (用水原単位×0.8)	(0.080)	(0.119)	(0.098)	(0.064)	0.08~0.12	(0.094)	
	日排水量 (m <sup>3</sup> /日) (排水原単位×人口)	(8,840)	(12,973)	(2,744)	(3,117)	(2,400)	30,074	
	集中処理	処理方式	—	無	無	—	無	—
		処理量 (m <sup>3</sup> /日)	—	—	—	—	—	—
	化糞池処理の普及率 (%)		—	—	—	—	—	—
	排水先		—	表架河	修文河	—	麦西河	—
汚水排水システム		—	—	水渠	—	—	—	

注：( )内は計算及び推定

調査結果によると用水に関しては各城鎮とも現況を把握しているが、排水実態については下水処理施設の整備が遅れているためか水量や水質についての把握が遅れていると思える。

排水量については、表 2.1.1 の調査結果をもとに損失率を 20% (給排水設計手冊の「配管網の漏水量は用水の 15~25% で計算して良い」に準拠する) として算定する。

汚濁負荷については、表 2.1.4 「日本の生活排水の汚濁指標濃度」及び表 2.1.5 「中国の生活排水中の汚染物質平均濃度」より設定する。

表 2.1.4 日本の生活系排水の汚濁指標濃度

出典： 技報堂出版「生活排水処理システム」

単位：mg/L

項目	水洗便所排水	生活雑排水	生活排水
SS	475 (19)	87 (16)	155 (35)
BOD	425 (17)	162 (30)	209 (47)
CODMn	225 (9)	70 (13)	98 (22)
T-N	175 (7)	8 (1.5)	38 (8.5)
T-P	16.3 (0.65)	1.9 (0.35)	4.4 (1.0)

注： 表中の( )内は平均排水量(0.225m<sup>3</sup>/人・日=0.04+0.185)の場合の汚濁負荷量(g/人・日)である

<城鎮部>

排水と汚濁負荷について下記のように推定し、その結果を表 2.1.6 に示す。

- ・ 現況では雑排水の無処理排水も考えられるが、その量は少ないとして考慮せず、生活排水は化糞池を経て排水しているものとする

表 2.1.5 中国の生活排水中の汚染物質平均濃度

出典：能源出版社「水質技術手冊」

単位：mg/L

成 分	濃 度		
	強	中	弱
団体、総：	1200	720	350
溶解性、総：	850	500	250
固定性	525	300	145
揮発性	325	200	105
SS、総	350	220	100
固定性	75	55	20
揮発性	275	165	80
沈澱可能固体 (m l/l)	20	10	5
BOD <sub>5</sub> (20° C)	400	220	110
TOC	290	160	80
COD <sub>Cr</sub>	1000	500	250
アンモニア (総、Nで計算)	85	40	20
有機	35	15	8
遊離アンモニア	50	25	12
亜硝酸塩	0	0	0
硝酸塩	0	0	0
リン (総、Pで計算)	15	8	4
有機	5	3	1
無機	10	5	3
塩化物	100	50	30
アルカリ度 (度)	11	5	2.5
油 脂	150	100	50

注 1) 生活排水は弱アルカリ性を呈し、その pH 値は約 7.2~7.3 である。排水中には大量の窒素、リン、カリウム等の塩類を含み、大変よい肥料の有効成分である。

2) 中国生活排水の現行の水質指標は以下のとおりである。

\* 沈澱後 5 日間の BOD

20-35g/人・日

\* SS

35-50g/人・日

排水の濃度は、表 2.1.5 の度「中位」の値を採用し、負荷原単位は排水原単位  $0.094\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{日}$  ( $=0.117\times 0.8$ ) として算定する。ただし、COD<sub>Cr</sub> 濃度 (500mg/L) は COD<sub>Mn</sub> 濃度に変換する。T-N については表 2.1.5 に明示されていないので表 2.1.4 の「生活排水」の濃度 (38mg/L) を採用する

表 2.1.6 城鎮の汚濁負荷と排水

	原単位 (m <sup>3</sup> /人・日)	BOD	COD <sub>Mn</sub>	SS	T-P	T-N
濃度(mg/L)	—	220*	320*	220	8	38
負荷原単位 (g/人・日)	0.094	21	30	21	0.8	3.6

注) 一般的に生活排水の汚濁物濃度として COD<sub>Cr</sub>>BOD<sub>5</sub>>COD<sub>Mn</sub>となる。  
 本調査では、城鎮・工場の現況生活排水の濃度は「中国の生活排水濃度(表 2.1.5)」から引用している。COD については一般的に COD<sub>Cr</sub> 値は COD<sub>Mn</sub> 値の 1.5~2 倍といわれている。ここでは、生活排水は Mn で酸化されやすいと判断し、COD<sub>Cr</sub> 値から COD<sub>Mn</sub> 値への変換比率を 1/1.5 とした。変換した COD<sub>Mn</sub> 値に基づく負荷原単位は 30g/人・日で、日本の平均値 20~30g/人・日に近似しており妥当な値と判断した。  
 「中国の生活排水濃度」の設定 COD<sub>Cr</sub> 濃度 (500mg/L) は日本の平均的な COD<sub>Mn</sub> 濃度 (100~150mg/L) に比べて高い。従って、BOD<sub>5</sub>>COD<sub>Mn</sub> の関係になったと判断する。  
 他の原単位推定(表 2.2.2、表 2.3.1、表 2.5、表 4.1.2、表 4.3、表 4.4.2、表 4.5.2)におけるこの関係も同様の理由による。

<農村部>

排水と汚濁負荷について下記のように推定し、その結果を表 2.1.7 に示す。

- ・ 農村では化粪池処理はなく、し尿は汲み取り式便所で汚濁の原因は雑排水の直放ある
- ・ 排水口部の濃度は、表 2.1.4 の「生活雑排水」の濃度と表 2.1.5 の平均濃度「弱」が近似しているので表 2.1.5 の値を採用し、負荷原単位は排水原単位を 0.024m<sup>3</sup>/人・日 (=0.030×0.8) として算定する。ただし、COD<sub>Cr</sub> (250 mg/L) 値は高いので表 2.1.4 の「生活雑排水」の濃度 (70 mg/L) を採用する。T-N については表 2.1.5 に明示されていないので表 2.1.4 の「生活雑排水」の濃度 (8mg/L) を採用する。

表 2.1.7 農村の汚濁負荷と排水

	原単位 (m <sup>3</sup> /人・日)	BOD	COD <sub>Mn</sub>	SS	T-P	T-N
濃度(mg/L)	—	110	70	100	4	8
負荷原単位 (g/人・日)	0.024	3	2	2	0.10	0.20

## 2.2 主要工場（F/S対象4工場）の生活排水

### (1) 用水

清鎮発電所、平バイ化肥工場、貴州化肥工場、貴州有機化工総工場の生活用水について調査した結果を表 2.2.1 に示す。

表 2.2.1 主要工場の生活用水の調査結果

		清鎮発電所	有機化工総工場	貴州化肥工場	平バイ化肥工場	計	
人口・面積	人口 (人)	従業員	2,268	7,172	2,617	1,293	13,350
		臨時従業員	—	548	150	110	808
		居住人口(家族)	4,074	13,000	7,952	3,170	28,196
		合計	6,342	20,720	10,719	4,573	42,354
	面積 (ha)	工場敷地	58.589	342	75.6	25.306	501.495
		居住区	14.484	20	10.2	15.753	60.437
		その他(道路公園)	213.334	38	17.2	5.702	274.236
合計	286.407	400	103.0	46.761	836.168		
生活用水	地表	日量 (m <sup>3</sup> /日)	(3,750)	(3,342)	3,200	—	10,292
		年量 (m <sup>3</sup> /年)	(1,368,750)	1,220,000	(1,168,000)	—	3,756,750
	地下	日量 (m <sup>3</sup> /日)	—	—	—	(1,616)	1,616
		年量 (m <sup>3</sup> /年)	—	—	—	590,000	590,000
	自來水	日量 (m <sup>3</sup> /日)	—	—	—	—	—
		年量 (m <sup>3</sup> /年)	—	—	—	—	—
計	日量 (m <sup>3</sup> /日)	(3,750)	(3,342)	3,200	(1,616)	11,908	
年量 (m <sup>3</sup> /年)	(1,368,750)	1,220,000	(1,168,000)	590,000	4,346,750		

注：( )内は計算及び推定

合計用水量は 4,346 千 m<sup>3</sup>/年 (11,908m<sup>3</sup>/日) で、その水源は平バイ化肥工場だけは全使用量 1,616m<sup>3</sup>/日 (0.353m<sup>3</sup>/人・日) を地下水に依存し、それ以外は各工場毎に地表水を浄化して供給している。4 工場の平均原単位は 0.281m<sup>3</sup>/人・日で周辺城鎮の約 2.4 倍で将来の城鎮の用水量に相当する。このことから城鎮より水消費量が多い生活様式であると考えられる。

用水原単位は調査結果の平均値 (0.281m<sup>3</sup>/人・日) を採用する。

### (2) 排水と水質

表 2.2.3 に主要工場の生活排水の調査結果を示す。

排水原単位は合計排水量 (10.5 千 m<sup>3</sup>/日) より算出した値 (0.248m<sup>3</sup>/人・日) を採用する。それは合計用水量 (11.9 千 m<sup>3</sup>/日) の約 88% で損失率は 12% である。

汚濁負荷については、現地踏査や調査結果より工場住宅の生活様式は城鎮に類似しているという推測により城鎮の負荷原単位を採用する。

表 2.2.2 主要工場の汚濁負荷

単位：g/人・日

BOD	COD <sub>Mn</sub>	SS	T-P	T-N
21	30	21	0.8	3.6

表 2.2.3 主要工場の生活排水の調査結果

		清鎮発電所		有機化工総工場	貴州化肥工場	平バイ化肥工場	計	
生	総排水量	日量 (m <sup>3</sup> /日)	(120)	(3,360)	3,014	2,880	1,119	10,493
		年量 (m <sup>3</sup> /年)	(43,800)	1,114,400	(1,100,110)	(1,051,200)	(408,435)	3,829,945
活	排水対象人口 (人)	(6,342)		(20,720)	(10,719)	(4,573)	42,354	
		処理方式	沈殿・ろ過殺菌	活性汚泥法	無	無	無	—
排	個別処理	対象人口 (人)	800	3,274	—	—	—	—
		処理方式	—	—	(化粪池→耕地)	化粪池	化粪池(50%)	—
水	排水水質 (mg/L)	対象人口 (人)	—	—	(20,720)	(10,719)	(2,286)	—
		処理	BOD	3.4	3.7	—	—	—
口	集水方式	COD	28	14	—	—	—	—
		SS	5	11	—	—	—	—
吐	排水先	T-N	—	—	—	—	—	—
		T-P	—	—	—	—	—	—
口	排水先	集水方式	管渠	灰搬出	管渠、開水路	—	水渠	—
		吐口数	1	灰場	1	3	4	—
		排水先	紅楓湖	百花湖	紅楓湖	羊昌河	—	

注：( )内は計算及び推定

## 2.3 中工場の生活排水

### (1) 用水

中工場の用水・排水について調査した結果を表 2.3.2 に示す。8工場について調査を行ったが、生活用水について解答を得られたのは5工場で、平均原単位を算定すると0.178m<sup>3</sup>/人・日になり、省全体の平均原単位(0.152m<sup>3</sup>/人・日)に近似し、流域内城鎮の平均原単位(0.117m<sup>3</sup>/人・日)の1.5倍に当る。このことから、生活様式は城鎮に類似していると推測する。

用水原単位は調査結果の平均値(0.178m<sup>3</sup>/人・日)を採用する。

### (2) 排水と水質

調査結果によると、用水量に比べて排水量が少ないのは居住部全域の排水量でなく、部分的な排水量だと推測し、排水原単位は用水原単位より損失率を城鎮と同様の20%として0.142m<sup>3</sup>/人・日と算定する。

汚濁負荷については、用水量より生活様式が城鎮に類似しているという推測のもとに城鎮の負荷原単位を採用する。

表 2.3.1 主要工場の汚濁負荷

単位：g/人・日

BOD	COD <sub>Mn</sub>	SS	T-P	T-N
21	30	21	0.8	3.6

表 2.3.2 中工場の用水・排水の調査結果

業種 所有種	安順化肥工場 化学 国営	清鏡紡績工場 紡績 国営	貴州鉄合金工場 鉄鋼 合資	貴州盤江化工工場 化学 国営	石炭坑 探鉱 国営	貴州アセチレン工場 鉄鋼 国営	黎陽機械工場 機械	紅湖機械工場 機械	合計
操業時間	1日当り(時間)	2.4	—	—	—	—	—	—	—
	1年当り(日)	300	295	272	264	365	—	—	—
台	従業員(人)	825	3,600	346	1,068	279	4,638	2,580	86,925 (5工場)
	居住者(人)	850	7,400	854	1,032	671	10,000	—	—
	合計(人)	1,675	11,000	1,200	2,100	950	14,638	—	—
用水	工場(m³/日)	37,784 (地表水) (冷却水含)	18,000 (地表水)	15,441 (地表水)	947 (地表水)	21,918 (地表水)	—	—	—
	生活(m³/日)	63.3 (地表水)	1,650	—	410	22.0	13,330	—	15,475 (5工場)
工場排水	生活用水原単位 (m³/人・日)	(0.038)	(0.150)	—	(0.195)	(0.023)	(0.186)	—	(0.178)
	排水量(m³/日)	4,202 (内処理後排水は3,845)	830	8,595	18 (処理)	326 (沈殿)	6,240	(1,875)	(1,590)
生活排水	水質 (mg/L)	BOD	150	—	—	—	37	—	—
		COD	85.14	65	—	—	5	—	—
		SS	60.5	—	—	—	313	—	—
		T-N	—	—	—	—	—	—	—
		T-P	—	—	—	—	—	—	—
放流先	羊昌河	—	—	—	—	—	—	—	—
	50.7 (無処理)	溶洞	1,650	—	—	18 (化糞池)	—	—	—
排水量(m³/日)	50.7 ÷ 850 =0.060	(0.150)	—	—	18 ÷ 671 =0.027	10,720 ÷ 70,000 =0.153	1200 ÷ 10000 =0.120	—	(0.178 0.8) =0.142
放流先	羊昌河	溶洞	—	—	—	—	—	—	—

注：1) 黎陽機械工場と紅湖機械工場の従業員・業種・放流先・工場及び生活排水量・住居人等は「貴州省紅湖(安順地区)水資源環境保護  
 総体計画」による。  
 2) ()内は計算及び推定

## 2.4 観光地の生活排水

### (1) 用水

表 2.4.1 に観光地の観光客及び用水・排水についての調査結果を示す。

表 2.4.1 観光地の観光客及び用水・排水の調査結果

		紅 楓 湖	百 花 湖
人 口		6.2 万人 = 3.5 万(農業) + 2.7 万(その他)	[6.7 万人 ÷ 446 人/km <sup>2</sup> × 150.4 km <sup>2</sup> ]
人口密度		[310 人/km <sup>2</sup> = 62,000 ÷ 200]	446 人/km <sup>2</sup>
観 光 客	観光区数	7 区(滴澄関、花魚洞、洞苗沖、將軍湾、黒土、興隆、又見景山)	3 区(松林坡、花橋、百花島)
	宿泊施設	1,100 人/日	600 人/日 (百花山庄に 100 戸余の中等旅館)
	1 日最大許容観光客数(施設より推測)	宿泊 1,100 人/日 + 日帰り 7,000 人/日 = 8,100 人/日	1,000 人/日(許容量)
	年間最大観光客数	観光時期 4 月～10 月半の 7.5 ヶ月 1980～1994 年の累計は 1,700 千人 1994 年が最高で 300 千人/年	—
用 水	原単位	宿泊 0.18 m <sup>3</sup> /日 日帰り 0.03 m <sup>3</sup> /日	—
	観光区 推定用水量	(1,100 人 × 0.18 m <sup>3</sup> /日 + 7,000 人 × 0.03 m <sup>3</sup> /日) × 1.2 = 490 m <sup>3</sup> /日	100 m <sup>3</sup> /日(松林坡の東門河で取水・消毒し、ポンプ圧送後、112 m <sup>3</sup> の配水池より配水している)
	浄化方式及び供給施設	—	—
住 居 区	—	—	
排 水	原単位	用水量の 80%	用水量の 90%
	観光区 推定総排水量	490 m <sup>3</sup> /日 × 0.80 = 390 m <sup>3</sup> /日	100 m <sup>3</sup> /日 × 0.90 = 90 m <sup>3</sup> /日
	処理方式及び排水施設	集中処理施設はなく、各戸ごとに化粪池・嫌気処理を行っている。	百花山庄にある「ZH-1 汚水処理設備」で処理している以外は未処理のまま排水している。
住 居 区	—	—	

注：[ ] 内は計算及び推定

紅楓湖の観光区域には 7 観光地区と居住地が散在し約 62 千人が居住して、そのうち 35 千人が農業に従事している。観光時期(4 月～10 月中旬)には、1 日最大 8,100 人/日(宿泊 1,100 人、日帰り 7,000 人)の観光客が訪れることができ、その時の用水量は約 490 m<sup>3</sup>/日で、排水量は損失率を 20%として約 390 m<sup>3</sup>/日と推定する。

百花湖の観光区域は 3 観光地区と居住地が散在し約 67 千人が居住している。宿泊施設は百花山庄に中等旅館(600 人/日)があり、1 日最大 1,000 人/日の観光客が訪れることができる。その時の用水量は配水池容量から約 100 m<sup>3</sup>/日とし、排水量は損失率 10%として約 90 m<sup>3</sup>/日と推定する。

用水原単位は調査結果より紅楓湖の原単位(宿泊 0.180 m<sup>3</sup>/人・日、日帰り 0.030 m<sup>3</sup>/人・日)を採用する。

### (2) 排水と水質

紅楓湖・百花湖の一日当たり許容観光人口数は、宿泊客数 1,700 人、日帰り客数 7,400 人であるが、日最大観光客数は資料が不足して把握が難しい。よって、日最大観光客



数は下記の試算より許容観光人口数の30%として設定する。

＜紅楓湖の1994年実績（300千人/年）より＞

観光期間 7.5箇月＝225日＝約32週

$300,000 \text{ 人} \div 32 \text{ 週} = 9,375 \text{ 人/週}$

観光客は50%が週末（土・日）に集中するとして推定日最大観光客数を算出する。

$9,375 \times 50\% \times 1/2 = 2,344 \text{ 人/日}$

$2,344 \text{ 人} \div 8,100 \text{ 人/日} = 29\%$

排水原単位は表2.4.1の紅楓湖の用水量から、宿泊客は $0.144 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{日} (=0.180 \times 0.8)$ 、日帰り客 $0.024 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{日} (=0.030 \times 0.8)$ と算定する。

汚濁負荷については資料が不足していることから、表2.4.2「観光客の汚濁負荷原単位」に示す日本の割合を用いて算定する。

表 2.4.2 観光客の汚濁負荷原単位

	定住人口		宿泊観光客		日帰り観光客	
	割合 (%)	負荷量 (g/人・日)	割合 (%)	負荷量 (g/人・日)	割合 (%)	負荷量 (g/人・日)
BOD	100	21	85	18	24	5.
CODMn	100	30	85	26	24	7
SS	100	21	84	18	23	5
T-P	100	0.8	86	0.7	27	0.2
T-N	100	3.6	95	3.4	40	1.4

注：1) 割合については下水道協会出版「下水道設計指針」より

2) 定住人口の負荷量については城鎮の負荷原単位を採用

## 2.5 発生汚濁負荷量の算定

表2.5.2に流域内の生活排水による発生汚濁負荷量を、設定した排水原単位及び負荷原単位を用いて算定する。なお、城鎮の人口は表2.5.1に示す1993年末の統計値を採用し、主要工場、中工場及び観光地区の人口は調査結果値を採用する。農村地区人口は、流域総人口996千人から前記の合計人口を差し引いて算定した。

表2.5.2より、流域内の推定生活排水量は $59.0 \text{ 千 m}^3/\text{日}$ で、その割合は工場部が42% ( $24.8 \text{ 千 m}^3/\text{日}$ )、主要5城鎮が31% ( $18.3 \text{ 千 m}^3/\text{日}$ )を占め、両方で全量の2/3以上を占める。農村部は水を多く使用する生活様式でないということから人口は多いが排水量の割合は27% ( $15.8 \text{ 千 m}^3/\text{日}$ )である。推定発生汚濁負荷量は、BOD  $9.1 \text{ t/日}$ 、COD  $11.5 \text{ t/日}$ 、T-P  $0.3 \text{ t/日}$ 、T-N  $1.4 \text{ t/日}$ で、そのうち主要5城鎮と工場部で78%～88%を占める。

表 2.5.1 城鎮人口

単位：人

平バイ	清鎮	修文	白雲	朱昌
27,000	52,000	31,000	67,000	17,900

表2.5.2 現況の生活排水発生負荷量

区域	名称	平戸	清鎮	修文	白雲	朱昌	合計
		人口(統計) (人)	52,000	31,000	67,000	17,900	
城鎮生活	原單位	排水原單位 (m <sup>3</sup> /日・人)	負荷原單位 (g/人・日)		負荷濃度 (mg/L)		
		0.094	BOD	21	223		
			CODMn	30	319		
			T-P	0.8	9		
			T-N	3.6	38		
	發生負荷量 (kg/日)						
	BOD	567	1,092	651	1,407	376	4,093
	CODMn	810	1,660	930	2,010	537	5,847
	T-P	22	42	25	54	14	157
	T-N	97	187	112	241	64	701
排水量 (m <sup>3</sup> /日)	2,538	4,888	2,914	6,298	1,683	18,321	
流域番号	①	②	③	④	⑤		
4工場生活	名稱	清鎮發電所	有機化工總工場	貴州化肥工場	平戸化肥工場		
	人口(調査) (人)	6,342	20,720	10,719	4,573		42,354
	原單位	排水原單位 (m <sup>3</sup> /日・人)	負荷原單位 (g/人・日)		負荷濃度 (mg/L)		
		0.248	BOD	21	85		
			CODMn	30	121		
			T-P	0.8	3		
			T-N	3.6	15		
	發生負荷量 (kg/日)						
	BOD	133	435	225	96		889
	CODMn	190	622	322	137		1,271
T-P	5	17	9	4		35	
T-N	23	75	39	16		153	
排水量 (m <sup>3</sup> /日)	1,573	5,139	2,658	1,134		10,504	
流域番号	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩		
中工場生活	名稱	安順化肥工場	清鎮紡績工場	貴州鉄合金工場	貴州盤江化工工場	貴州742工場	黎陽機械工場
	人口(調査) (人)	1,675	11,000	1,200	2,100	70,000	14,638
	原單位	排水原單位 (m <sup>3</sup> /日・人)	負荷原單位 (g/人・日)		負荷濃度 (mg/L)		
		0.142	BOD	21	148		
			CODMn	30	211		
			T-P	0.8	6		
			T-N	3.6	25		
	發生負荷量 (kg/日)						
	BOD	35	231	25	44	1,470	307
	CODMn	50	330	35	63	2,100	439
T-P	1	9	1	2	56	12	
T-N	6	40	4	8	252	53	
排水量 (m <sup>3</sup> /日)	238	1,562	170	298	9,940	2,079	
流域番号	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	
農村地区	名稱	流域全体					
	人口 (人)	658,133					658,133
	原單位	排水原單位 (m <sup>3</sup> /日・人)	負荷原單位 (g/人・日)		負荷濃度 (mg/L)		
		0.024	BOD	3	125		
			CODMn	2	83		
			T-P	0.1	4		
			T-N	0.2	8		
	發生負荷量 (kg/日)						
	BOD	1,974					1,974
	CODMn	1,316					1,316
T-P	66					66	
T-N	132					132	
排水量 (m <sup>3</sup> /日)	15,795					15,795	
観光地区	名稱	紅楓湖(宿泊)	紅楓湖(日帰り)	百花湖(宿泊)	百花湖(日帰り)		
	人口(調査) (人)	330	2,100	180	120		2,730
	原單位	排水原單位 (m <sup>3</sup> /日・人)	負荷原單位 (g/人・日)		負荷濃度 (mg/L)		
	(宿泊)	0.144	BOD	18	5	125	
	(日帰り)	0.024	CODMn	26	7	181	
			T-P	0.7	0.2	5	
			T-N	3.4	1.4	24	
	發生負荷量 (kg/日)						
	BOD	6	11	3	1		21
	CODMn	9	15	5	1		30
T-P	0	0	0	0		0	
T-N	1	3	1	0		5	
排水量 (m <sup>3</sup> /日)	48	50	26	31		127	
合計	名稱	城鎮	4工場	中工場	農村	観光	
	人口 (人)	194,900	42,354	100,613	658,133		996,000
	發生負荷量 (kg/日)						
	BOD	4,093	889	2,112	1,974	21	9,089
	CODMn	5,847	1,271	3,018	1,316	30	11,482
	T-P	157	35	81	66	0	339
	T-N	701	153	363	132	5	1,354
排水量 (m <sup>3</sup> /日)	18,321	10,504	14,287	15,795	127	59,034	

### 3. 流域の上下水道整備計画

#### 3.1 上水道整備計画

##### (1) 貴陽市西郊水処理工場建設計画

紅楓湖から取水し、送水管により貴陽市から5kmの西郊外に建設する浄水場に送水して「生活飲用水衛生基準（GB5749-86）」を満足する水質に浄水後、貴陽市内に配水を行うための建設計画である。本計画は市政府の建設プロジェクトに属し計画規模は40万 $m^3$ /日である。

動態投資額は9.58億元で、46%は日本海外経済協力基金第4期借款を導入し、残りの54%は国内投資で行う。

建設予定期間は5年間で、2000年以降に供用開始の予定である。

##### (2) 白雲区供水工程

百花湖より取水し、白雲区大山洞の西に計画する浄水場（計画敷地面積3ha）で浄水後、白雲区及び貴陽市へ生活用水（24千 $m^3$ /日）・工業用水（32千 $m^3$ /日）を供給する計画である。計画処理量は有収率70%を見込んで80千 $m^3$ /日とし、計画給水人口は原単位0.250 $m^3$ /人・日で96,000人としている。

本計画はF/S及び認可も完了して2001年に実施予定である。

#### 3.2 下水道整備計画

流域内の生活排水処理整備計画としては、清鎮の「清鎮朱家河污水处理場一期工事F/S」と平バイの「平バイ城関鎮污水处理場F/S」がある。

表3.2.1に上記の2つの整備計画についてまとめて示す。

流域水質汚染の主因の一つとなっている主要工場の生活排水については、貴州化肥工場で生物処理施設計画と用水量の削減計画が進められている。

紅楓湖及び百花湖では、観光施設の拡大計画によって観光客の増加を見込み、污水处理施設計画は各観光区ごとにそれぞれ独立した処理施設を計画し、2級処理方式や合併浄化槽等で満足する処理を行って湖へ排出する計画である。

表 3.2.1 下水道整備計画

		平バイ (流域内)		清鎮 (流域内)		
		I期 (2005)	II期 (2010)	I期 (2000)	II期 (2010)	
計画 諸元	計画処理面積 (ha)	—	—	—	—	
	計画対象人口 (人)	50,000	80,000	110,000	200,000	
	計画排水原単位 ( $\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{日}$ )	0.16	0.16	0.224	0.256	
	計画排水量 ( $\text{m}^3/\text{日}$ )	13,000	22,000	25,000	42,000	
処理 場	処理場名	平バイ城関鎮処理場		清鎮朱家河 汚水処理場		
	処理能力 ( $\text{m}^3/\text{日}$ )	15,000	30,000	25,000	50,000	
	污泥処理方法	濃縮・加圧・農地還元		濃縮・加圧・農地還元		
	処理方式	A <sub>2</sub> O法		SBR法		
	設計 除去 率	BOD	92%(250mg/L)		88%(168mg/L)	
		COD	83%(350mg/L)		72%(212mg/L)	
		SS	90%(200mg/L)		87%(156mg/L)	
T-N		63%(40mg/L)		90%(28mg/L)		
T-P		94%(9mg/L)		95%(6mg/L)		
管渠	管路延長 (km)	—	—	—	—	
	管材質	—	—	—	—	
建設 費	設処 備理	総額 (万元)	—	867	2,874.3	—
		単位額 ( $\text{万元}/\text{m}^3$ )	—	0.03	0.115	—
	土 建	総額 (万元)	—	1,267	1,285.4	—
		単位額 ( $\text{万元}/\text{m}^3$ )	—	0.04	0.05	—
	管 渠	総額 (万元)	—	457	1,014	—
		単位額 ( $\text{万元}/\text{m}$ )	—	—	—	—
放流先		紅楓湖 (瑤白河)		百花湖 (朱家河)		
整備開始		2000年供用開始予定		1999年6月施工		

注： 1) 設計除去率の ( ) 内は計画流入水負荷濃度  
2) ( ) 内は計算及び推定

#### 4. 将来の生活排水の汚濁負荷

##### 4.1 一般住民住民の生活排水

4 城鎮の将来生活用水・排水計画について調査した結果を表 4.1.1 に示す。

表 4.1.1 城鎮の用水・排水計画の調査結果

		清鎮	白雲	修文	平バイ	計
生活用水	計画用水人口(人)	200,000	115,000	40,000	53,132	408,232
	日平均(m <sup>3</sup> /日)	50,000	29,412	10,000	4,251	93,663
	年間(m <sup>3</sup> /年)	18,000,000	10,588,320	3,600,000	1,530,360	33,718,680
	原単位(m <sup>3</sup> /人・日) (m <sup>3</sup> /日÷人口)	(0.250)	(0.256)	(0.250)	(0.080)	(0.229)
	水源と量(m <sup>3</sup> /年)	紅楓湖 18,000,000	百花湖	地下水 3,600,000	地下水 48,355	—
浄化方式		沈殿・ろ過・消毒	—	—	—	—
生活排水	日排水量(m <sup>3</sup> /日)	(42,000)	(23,575)	(8,000)	(3,392)	(76,967)
	排水原単位(m <sup>3</sup> /人・日) (用水原単位×0.8)	(0.210)	(0.205)	(0.200)	(0.064)	0.190
	集中処理	処理方式	SBR法	無	—	生物化学 二級処理
	処理量(m <sup>3</sup> /日)	50,000	—	—	15,000	—
	排水先	朱家河	麦架河	修文河	—	—
汚水排水システム		合流式	—	—	—	—

注：()内は計算及び推定

##### (1) 用水

各城鎮では、用水量を生活様式の向上を考慮して中国全土の計画原単位 0.210m<sup>3</sup>/人・日(2000年)に相応する 0.250m<sup>3</sup>/人・日程度を見込んでいる。合計用水量は約 94 千 m<sup>3</sup>/日で用水原単位として平均値(0.229m<sup>3</sup>/人・日)を採用する。

農村の用水量は、生活様式が表 2.2.2 の「室内に給排水衛生設備があるがシャワー設備がない」程度に向上すると推測して用水原単位は 0.080m<sup>3</sup>/人・日とする。

##### (2) 排水と水質

###### <城鎮部>

合計排水量は約 77 千 m<sup>3</sup>/日(平均原単位 0.190m<sup>3</sup>/人・日)で現況の約 2 倍の量が見込まれている。2010 年の城鎮の排水原単位は調査結果の平均値(0.190m<sup>3</sup>/人・日)を採用する。ただし、貴陽市区内(清鎮・白雲・修文)の排水原単位については「貴陽市城市総体計画」(貴陽市城市計画管理局)に準拠して 0.240m<sup>3</sup>/人・日(=0.300m<sup>3</sup>/人・日×0.80)とする。

汚濁負荷については、「貴陽市清鎮朱家河污水处理場一期工程可行性研究報告」の中で清鎮市と貴陽市の排水監測資料により、将来の清鎮市の排水水質について表 4.1.2 に示す濃度を設定している。この値は表 2.1.4 の日本の生活排水濃度(排水原

単位を 0.225m<sup>3</sup>/人・日とした場合) に近似している。よって、表 4.1.2 の値が将来の城鎮の汚濁濃度と推測して負荷原単位を算定する。

表 4.1.2 城鎮の将来汚濁負荷と排水

	原単位 (m <sup>3</sup> /人・日)	BOD	COD <sub>Mn</sub>	SS	T-P	T-N
濃度(mg/L)	—	168	212	156	6	28
負荷原単位 (g/人・日)	0.190 (0.240)	32	40	30	1.1	5.3

注：原単位の ( ) 内は貴陽市区内の排水量を示す

#### <農村部>

排水原単位は損失率 20%として 0.064m<sup>3</sup>/人・日に算定する。

汚濁負荷については、表の平均濃度「弱」の値を採用し、排水原単位を乗じて負荷原単位を算定する。ただし、表 2.1.5 に T-N については明示されず、かつ COD<sub>Cr</sub> 濃度 (250 mg/L) 値は高いので、表 2.1.4 の「生活雑排水」の濃度 (COD<sub>Mn</sub> 70mg/L、T-N 8mg/L) を採用する。

表 4.1.3 農村の将来汚濁負荷と排水

	原単位 (m <sup>3</sup> /人・日)	BOD	COD <sub>Mn</sub>	SS	T-P	T-N
濃度(mg/L)	—	110	70	100	4	8
負荷原単位(g/人・日)	0.064	7	4	6	0.2	0.5

## 4.2 主要工場 (F/S 対象 4 工場) の生活排水

表 4.2.1 に主要工場の生活用水・排水計画についての調査結果を示す。

調査の結果、貴州化肥工場と平バイ化肥工場は人口増加が見込まれているが、他の 2 工場は計画人口の増加はない。また、用水量は現在の使用量が多いことから現状の用水量以上になることはないと推測する。しかし、生活様式については、城鎮と同様に向上して城鎮に類似すると予想する。

以上より、生活排水の排水原単位と汚濁負荷については、下記のように設定する。

- ・排水原単位 0.248m<sup>3</sup>/人・日 (現状の原単位)
- ・負荷原単位 工場住宅の生活様式は城鎮に類似するという推測により貴陽市区外城鎮の負荷原単位を採用する

単位：g/人・日

BOD	COD <sub>Mn</sub>	SS	T-P	T-N
32	40	30	1.1	5.3

表 4.2.1 主要工場の生活用水・排水計画の調査結果

		清鎮発電所	有機化工総工場	貴州化肥工場	平バイ肥工場		
人口・面積	人口 (人)	従業員	—	—	3,336	1,717	
		臨時従業員	—	—	80	210	
		居住人口(家族)	—	—	11,000	3,594	
		合計	—	—	14,416	5,521	
面積 (ha)	面積 (ha)	工場敷地	—	—	86.4	25.306	
		居住区	—	—	19.4	15.753	
		その他(道路公園)	—	—	20.0	9.702	
		合計	—	—	125.8	50.761	
生活用水・排水	用水	地表	日量 (m³/日)	—	—	3,200	—
			年量 (m³/年)	—	—	(1,168,000)	—
		自來	日量 (m³/日)	—	—	—	—
			年量 (m³/年)	—	—	—	—
		計	日量 (m³/日)	—	—	3,200	—
			年量 (m³/年)	—	—	(1,168,000)	—
	排水	排水量	日量 (m³/日)	—	—	2,880	—
			年量 (m³/年)	—	—	1,051,200	—
		排水対象人口 (人)		—	—	(14,416)	—
		集中処理	処理方式	—	—	沈殿・生物処理 消毒	—
			対象人口 (人)	—	—	(14,416)	—
		排水水質	処理水質 (mg/L)	BOD	—	—	20
	COD			—	—	60	—
	SS			—	—	70	—
	T-N			—	—	15	—
	T-P			—	—	0.5	—
集水方式		—	—	—	—		
吐口	吐口数	—	—	1	4		
	排水先	—	—	紅楓湖	羊昌河		
年号				2005	2005		

注：( ) 内は計算及び推定

### 4.3 中工場の生活排水

将来の中工場の生活用水・排水計画を調査した結果、各工場の計画について把握できなかった。しかし、現在の用水量から推測すると城鎮と同様に生活様式の向上が予想される。よって、生活排水の排水原単位と汚濁負荷については貴陽市区外城鎮の推定値を採用する。

・排水原単位 0.190m³/人・日

・負荷原単位 単位：g/人・日

BOD	COD <sub>Mn</sub>	SS	T-P	T-N
32	40	30	1.1	5.3

#### 4.4 観光地の生活排水

表 4.4.1 に観光地の将来観光客及び生活用水・排水計画について調査した結果を示す。

表 4.4.1 観光地の観光客及び用水・排水計画の調査結果

		紅 楓 湖	百 花 湖
観 光 客	観光区数	11 区(花魚洞、將軍湾は宿泊施設がない)	8 区
	宿泊施設	3,900 人/日	3,500 人/日
	1日最大許容観光客数	宿泊 3,900 人/日 + 日帰り 12,500 人/日 = 16,400 人/日	4,500 人/日 (許容量)
	年間計画観光客数	1996~2000年 48.3 万人/年 2001~2005年 61.6 万人/年 2006~2015年 78.5 万人/年	1996~2000年 30 万人/年 2000~2005年 50 万人/年 2006~2010年 80 万人/年
用 水	原単位	宿 泊 : 0.100~0.350 <sup>m<sup>3</sup>/人・日</sup> 日 帰 り : 0.030 <sup>m<sup>3</sup>/人・日</sup>	宿 泊 : 0.300 <sup>m<sup>3</sup>/人・日</sup> 日 帰 り : 0.010 <sup>m<sup>3</sup>/人・日</sup>
	総用水量	(宿泊 1,060 <sup>m<sup>3</sup>/日</sup> + 日帰り 375 <sup>m<sup>3</sup>/日</sup> ) × 1.2 = 1,722 <sup>m<sup>3</sup>/日</sup>	250 <sup>m<sup>3</sup>/日</sup> (2000年まで) 750 <sup>m<sup>3</sup>/日</sup> (2010年)
	浄化方式及び供給施設	・集中供給施設は難いため、各観光区ごとに取水・浄水後配水池より管路で配水する。 ・水源は湖水と井戸で、湖水の浄化は「小型一体化飲用水浄化器」(YPZ系列)による。井戸水は2回消毒である。	・各観光区ごとに取水・浄水後配水池より管路で配水する。 ・浄化は小型分離式の浄水器(沈殿・ろ過・消毒)を採用する。北部地区では2010年に地下水を取水する。
	住 居 区	—	—
排 水	原単位	用水量の80%	用水量の90%
	推定排水量	1,722 <sup>m<sup>3</sup>/日</sup> × 0.80 = 1,378 <sup>m<sup>3</sup>/日</sup>	250 <sup>m<sup>3</sup>/日</sup> × 0.90 = 225 <sup>m<sup>3</sup>/日</sup> (2000年まで) 750 <sup>m<sup>3</sup>/日</sup> × 0.90 = 675 <sup>m<sup>3</sup>/日</sup> (2010年)
	処理方式及び排水施設	・排水方法は合流式である。 ・各観光区での独立した排水施設を有し、観光区ごとに処理して排水する。 ・2級処理方式は以下のとおり。 スクリーン→初沈→多級接触曝気槽→終沈→消毒 ・「一体化小型汚水処理設備」(WSZ-F)(合併浄化槽)による処理。	①朱昌汚水処理場 朱昌鎮、金新、松林坡の汚水を処理してかんがい水路へ排水する。 処理規模 5,000 <sup>m<sup>3</sup>/日</sup> 自然曝気処理方式 (曝気水路→曝気池→曝気水路) ②観光区内の食堂・生活污水は集中汚水処理をして湖または耕地に排水する。 2000年 「ZH-1汚水処理設備」+曝気緩衝池 2005年 同様の処理または適切な処理施設
	住 居 区	—	村の生活污水は曝気水路処理後、耕地や湖へ排水する。

注：()内は計算及び推定

紅楓湖では、観光施設の拡大計画によって観光客数 16,400 人/日 (年間 50~80 万人) を想定して、区域内の観光用水量 1,722<sup>m<sup>3</sup>/日</sup> を見込み、その排水量は損失率 20% で 1,378<sup>m<sup>3</sup>/日</sup> としている。百花湖でも同様に観光施設の拡大により、観光客数 4,500 人/日 (年間 60 万人) を想定して、区域内の観光用水量 250<sup>m<sup>3</sup>/日</sup> (2000 年まで) ~ 750<sup>m<sup>3</sup>/日</sup> (2010 年) を見込み、その排水量は損失率 10% で 225<sup>m<sup>3</sup>/日</sup> ~ 675<sup>m<sup>3</sup>/日</sup> と



している。

以上より、排水原単位、観光客数及び汚濁負荷は調査結果を基に推測する。

表 4.4.2 将来の排水原単位、観光客及び汚濁負荷の推定

	宿 泊	日 帰	摘 要
用水原単位 (m <sup>3</sup> /人・日)	0.250	0.030	表 8.2.5 の紅楓湖の原単位
排水原単位 (m <sup>3</sup> /人・日)	0.200	0.024	損失率を 20%
紅楓湖許容観光人口 (人)	1060m <sup>3</sup> ÷0.25m <sup>3</sup> =4240 <sup>人</sup>	375m <sup>3</sup> ÷0.03m <sup>3</sup> =12500 <sup>人</sup>	表 8.2.5
百花湖許容観光人口 (人)	2800 <sup>人</sup>	1700 <sup>人</sup>	
紅楓湖日最大観光人口(人)	1270 <sup>人</sup>	3750 <sup>人</sup>	許容人口の 30%
百花湖日最大観光人口(人)	840 <sup>人</sup>	510 <sup>人</sup>	同 上
BOD (g/人・日)	32×0.85=27	32×0.24=8	定住人口の負荷量 32 <sup>g/人・日</sup> 割合は表 4.5.(14)より
CODMn (g/人・日)	40×0.85=34	40×0.24=10	定住人口の負荷量 40 <sup>g/人・日</sup> 割合は表 4.5.(14)より
SS (g/人・日)	30×0.84=25	30×0.23=7	定住人口の負荷量 30 <sup>g/人・日</sup> 割合は表 4.5.(14)より
T-P (g/人・日)	1.1×0.86=0.9	1.1×0.27=0.3	定住人口の負荷量 1.0 <sup>g/人・日</sup> 割合は表 4.5.(14)より
T-N (g/人・日)	5.3×0.95=5.0	5.3×0.40=2.1	定住人口の負荷量 5.3 <sup>g/人・日</sup> 割合は表 4.5.(14)より

#### 4.5 生活排水の発生負荷量の算出

表 4.5.2 に流域内の生活排水による発生汚濁負荷量を、設定した排水原単位及び負荷原単位を用いて算定する。なお、城鎮の人口は表 4.5.1 に示す 2010 年末の推測値を採用し、主要工場、中工場及び観光地区の人口は調査結果値を採用する。農村地区人口は、流域総人口 1,315 千人から前期の合計人口を差し引いて算定することとした。

表 4.5.2 より、流域内の推定生活排水量は 149.4 千 m<sup>3</sup>/日で現況の 2.5 倍になり、その割合は工場部が 21% (30.8 千 m<sup>3</sup>/日)、主要 5 城鎮が 40% (60.3 千 m<sup>3</sup>/日) を占め、両方で全量の 2/3 を占める。農村部は水を多く使用する生活様式に推移し、排水量は現況の 3.7 倍に増加して全量に対する割合は 39% (57.8 千 m<sup>3</sup>/日) になる。推定発生汚濁負荷量は、BOD 19.6t/日、COD 20.2 t/日、T-P 0.6 t/日、T-N 2.6 t/日で、全体的に現況負荷量の 2 倍以上になる。そのうち主要 5 城鎮と工場部の占める割合は現況時より低くなるが 56%~80%を占める。よって、流域の水質汚濁対策としては人口が集中している城鎮と工場住宅を中心に生活排水処理を行う必要があるといえる。

表 4.5.1 城鎮人口 (人)

平バイ	清鎮	修文	白雲	朱昌
34,800	71,500	37,200	95,200	24,800

表4.5.2 2010年の生活排水発生負荷量

名称	平戸	清鎮(貴陽市区)	修文(貴陽市区)	白雲(貴陽市区)	朱昌	合計	
	人口(統計)(人)	34,800	71,500	37,200	95,200		263,500
城鎮生活	原単位	排水原単位 ( $m^3/日 \cdot 人$ )	負荷原単位 (g/人・日)				
	(貴陽市区外)	0.190	(貴陽市区外)		(貴陽市区)		
	(貴陽市区)	0.240	BOD	32	32		
			CODMn	40	40		
			T-P	1.1	1.1		
			T-N	5.3	5.3		
発生負荷量 (kg/日)							
BOD	1,114	2,288	1,190	3,046	794	8,432	
CODMn	1,392	2,860	1,488	3,808	992	10,540	
T-P	38	79	41	105	27	290	
T-N	184	379	197	505	131	1,396	
排水量 ( $m^3/日$ )	6,612	17,160	8,928	22,848	4,712	60,260	
流域番号	①	⑩	⑪	⑫	⑬		
F/S 4工場生活	名称	清鎮発電所	有機化工総工場	貴州化肥工場	平戸化肥工場		
	人口(調査)(人)	6,342	20,720	14,416	5,521		46,999
	原単位	排水原単位 ( $m^3/日 \cdot 人$ )	負荷原単位 (g/人・日)		負荷濃度 ( $mg/L$ )		
		0.248	BOD	32	129		
			CODMn	40	161		
			T-P	1.1	4		
			T-N	5.3	21		
発生負荷量 (kg/日)							
BOD	203	663	461	177		1,504	
CODMn	254	829	577	221		1,881	
T-P	7	23	16	6		52	
T-N	34	110	76	29		249	
排水量 ( $m^3/日$ )	1,573	5,139	3,575	1,369		11,656	
流域番号	⑥	⑩	⑨	⑪			
中工場生活 (人口千人以上)	名称	安順化肥工場	清鎮紡績工場	貴州鉄合金工場	貴州盤江化工工場	貴州762工場	黎陽機械工場
	人口(調査)(人)	1,675	11,000	1,200	2,100	70,000	14,638
	原単位	排水原単位 ( $m^3/日 \cdot 人$ )	負荷原単位 (g/人・日)		負荷濃度 ( $mg/L$ )		
		0.190	BOD	32	168		
			CODMn	40	211		
			T-P	1.1	6		
			T-N	5.3	28		
発生負荷量 (kg/日)							
BOD	54	352	38	67	2,240	468	
CODMn	67	440	48	84	2,800	586	
T-P	2	12	1	2	77	16	
T-N	9	58	6	11	371	78	
排水量 ( $m^3/日$ )	318	2,090	228	399	13,300	2,781	
流域番号	①	⑩	⑨	⑩	⑬	①	
農村地区	名称	流域全体					
	人口(調査)(人)	903,888					903,888
	原単位	排水原単位 ( $m^3/日 \cdot 人$ )	負荷原単位 (g/人・日)		負荷濃度 ( $mg/L$ )		
		0.064	BOD	7	109		
			CODMn	4	63		
			T-P	0.2	3		
			T-N	0.5	8		
発生負荷量 (kg/日)							
BOD	6,327					6,327	
CODMn	3,616					3,616	
T-P	181					181	
T-N	452					452	
排水量 ( $m^3/日$ )	57,849					57,849	
観光地区	名称	紅楓湖(宿泊)	紅楓湖(日帰り)	百花湖(宿泊)	百花湖(日帰り)		
	人口(調査)(人)	1,270	3,750	840	510		6,370
	原単位	排水原単位 ( $m^3/日 \cdot 人$ )	負荷原単位 (g/人・日)		負荷濃度 ( $mg/L$ )		
	(宿泊)	0.200	BOD	27	8		
	(日帰り)	0.024	CODMn	34	10		
			T-P	0.9	0.3		
			T-N	5.0	2.1		
発生負荷量 (kg/日)							
BOD	34	30	23	4		91	
CODMn	43	38	29	5		115	
T-P	1	1	1	0		3	
T-N	6	8	4	1		19	
排水量 ( $m^3/日$ )	254	90	168	12		524	
合計	名称	城鎮	4工場	中工場	農村	観光	
	人口(調査)(人)	263,500	46,999	100,613	903,888		1,315,000
	発生負荷量 (kg/日)						
	BOD	8,432	1,504	3,219	6,327	91	19,573
	CODMn	10,540	1,881	4,025	3,616	115	20,177
	T-P	290	52	110	181	3	636
	T-N	1,396	249	533	452	19	2,649
排水量 ( $m^3/日$ )	60,260	11,656	19,116	57,849	524	149,405	

## 5. 水質汚濁対策

### 5.1 流域の現状と将来の問題点

#### 5.1.1 現状

現在、流域内河川では未処理の生活排水（城鎮・郷・工場・農村等）や工場排水によって、富栄養化の指標である COD・N・P が以下に示すように「地表水水質基準Ⅲ類」を数倍から十数倍を越える汚濁が生じている。

- 上流域 羊昌河が平バイ鎮・平バイ化学肥料工場・安順化肥工場等の排水によって、Nが基準値の約4～8倍
- 中流域 東門橋河が清鎮市・貴州有機化学総工場・清鎮紡績工場等の排水によって、それぞれ基準値の COD が約1.5～4倍・Nが約10～12倍・Pが約2～4.5倍
- 下流域 麦架河が白雲市・貴州アルミ工場等の排水によって、Nが基準値の約1.4～3.9倍

両湖においても、「地表水水質基準Ⅱ類」をNが約4～11倍・Pが約1.5～6.5倍を越える高い汚濁状況である。

#### 5.1.2 将来の問題点と課題

将来（2010年）は流域内人口が約30%増加し、さらに生活様式の向上に伴って汚濁負荷原単位も約30～50%の増加が予測され生活排水による汚濁負荷量としては1.7～2.0倍の増加が見込まれる。また、工場排水は経済成長10%で4倍になるが、重複利用率の向上（75%）で対応しても1.45倍になり、さらなる公共用水域の汚濁・富栄養化の悪化が心配される。

したがって、流域の水質汚濁対策として生活および工場排水の処理対策を早急に推進していく必要がある。

## 5.2 紅楓湖・百花湖の汚染現況と汚濁物負荷許容値

現在の紅楓湖・百花湖への流入汚染物量の多年平均値を表5.2.1に示す。

表 5.2.1 紅楓湖・百花湖への流入汚染物量の多年平均値

湖名	COD <sub>Mn</sub>	T-N	T-P
紅楓湖	19,000 kg/日	14,000 kg/日	180 kg/日
百花湖	31,000 kg/日	2,300 kg/日	170 kg/日

この流入汚染物量における紅楓湖・百花湖の現在の水質状況を表 5.2.2 に示す。

表 5.2.2 紅楓湖・百花湖の現在の水質 (多年平均値)

湖名	COD <sub>Mn</sub>	T-N	T-P
紅楓湖	2.0~4.0mg/L	2.0~4.0mg/L	0.02~0.06mg/L
百花湖	2.0~3.0mg/L	2.5~3.5mg/L	0.01~0.07mg/L

紅楓湖・百花湖は飲用水源池であるため、飲用水取水区域の水質は地表水規準値のⅡ類を維持する必要がある。その他の湖内水域はⅢ類を維持すれば良いのであるが、同一湖沼内において異なった水質の水域を設け維持・管理する事は困難であるため、紅楓湖・百花湖は全区域を地表水規準値のⅡ類を維持する事とする。

現在の紅楓湖・百花湖の COD<sub>Mn</sub> は地表水規準値のⅡ類の規準値 (15mg/L) 以内であるが、2010 年の百花湖の予測 COD<sub>Mn</sub> 負荷量に対しては対策が必要である。

表 5.2.3 2010 年における COD<sub>Mn</sub> 負荷量と削減対策量

湖名	2010 年の予想負荷量	湖内汚染負荷許容量	削減対策量
紅楓湖	19,000 kg/日	19,000 kg/日	0
百花湖	95,000 kg/日	41,000 kg/日	54,000 kg/日

T-N については、Ⅱ類の基準値 10.6mg/L に対し、現在の負荷量は、紅楓湖・百花湖とも汚濁負荷許容量内である。ただし、将来紅楓湖については汚濁負荷許容量を超えるので削減対策が必要である。

表 5.2.4 2010 年における T-N 負荷量と削減対策量

湖名	2010 年の予想負荷量	湖内汚染負荷許容量	削減対策量
紅楓湖	51,000 kg/日	37,000 kg/日	14,000 kg/日
百花湖	7,000 kg/日	7,000 kg/日	0 kg/日

湖沼における T-P の類の基準値は 0.025mg/L と厳しい数値である。

T-P については既に現在の負荷量でも、紅楓湖・百花湖の汚染負荷許容量に対し約 2 倍以上になっている。紅楓湖・百花湖の T-P の汚染負荷容量は、現在の負荷量の約 35~40% と推定出来る。

2010 年における紅楓湖・百花湖への T-P の負荷量を推定し、紅楓湖・百花湖の浄化能力以上の T-P 量を、紅楓湖・百花湖へ流入する前にて除去対策を講じる事とする。

表 5.2.5 2010 年における T-P 負荷量と削減対策量

	2010 年の予想負荷量	湖内汚染負荷許容量	削減対策量
紅楓湖	260 kg/日	75 kg/日	185 kg/日
百花湖	340 kg/日	60 kg/日	280 kg/日

### 5.3 生活排水処理対策

生活排水処理対策の方法としては、図 5.3.1 に示すように、流下過程で汚濁物を削減する「浄化対策」と発生汚濁物を削減する「発生源対策」に大きく分類できる。その中でも当流域の排水処理対策としては、両湖の富栄養化が進んでいることから、汚濁負荷削減が早急に図れる浄化対策の「施設対策」を中心に計画することにする。

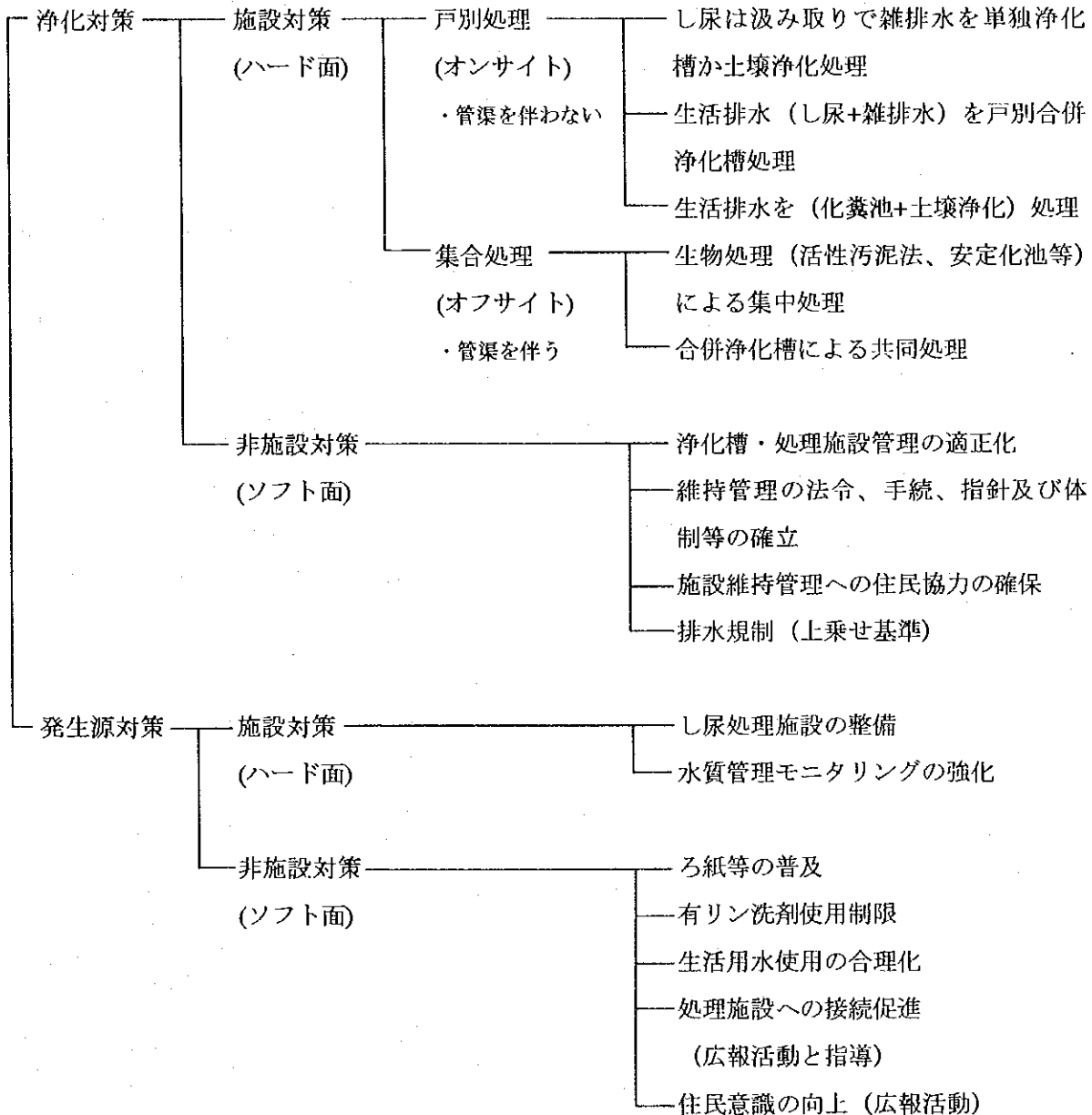


図 5.3.1 生活排水処理対策方法

### 5.3.1 施設対策の目的と概要

公用水域の汚濁負荷（COD・P・N）が高い状況から施設対策の目的としては、両湖の富栄養化防止と水道水源の水質保全及び猫跳河本河と流域内の河川の水質改善を図り、併せて住民の健康・衛生と生活環境の向上（便所の水洗化）を推進するものである。

本対策では、COD・N・P削減に主眼をおき、特にPは標準的な生物処理方法では削減が望めないため、P・N除去を目的とした高度処理法の導入を計画する。また、対策の早期効果発揮、地域特性、財政事情等を考慮して処理対策規模を分類して対策を計画する。

### 5.3.2 処理対象規模の分類

当流域の地域特性としては、地形は起伏があり、また多くの小水路が道路を横断して、人口密度は城鎮部・工場部以外は非常に低い。

このような地域で全流域を自然流下の管渠を用いた集中処理を計画すると、管渠築造に工事費を費やして1人当りの工事費が非常に高くなり、そのうえ供用開始も遅くなって水質改善が進まないことになる。日本の効率的な下水道整備は2,000人/km<sup>2</sup>以上の場合とされている。

よって当流域では、集中処理の計画対象人口密度を2,000人/km<sup>2</sup>（主要城鎮地区、大中工場地区）として、図5.3.2に示すように処理対策規模を3に分類して施設対策を計画する。

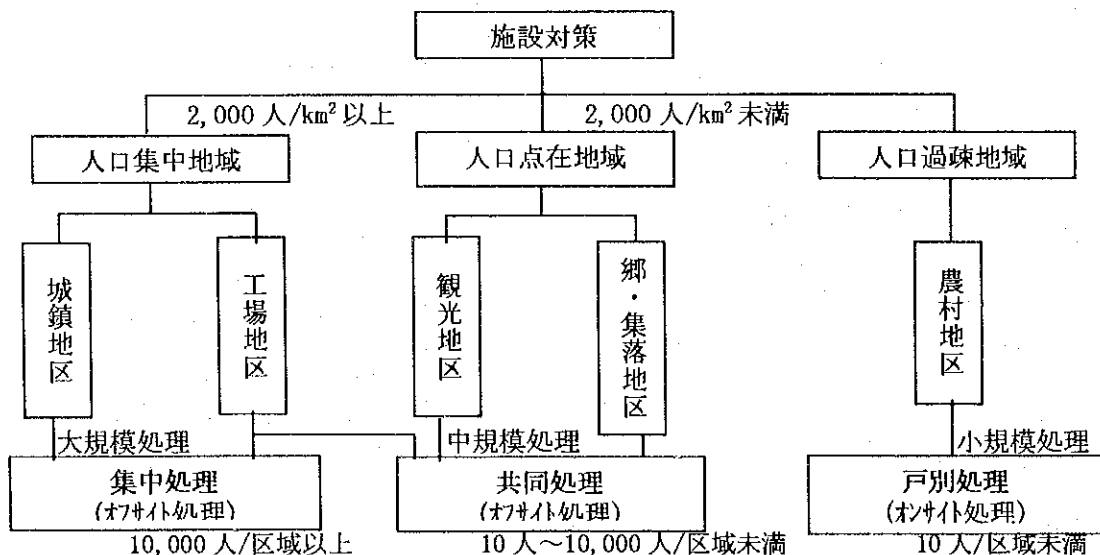


図 5.3.2 生活排水処理対策規模の分類

- 大規模処理 …… 人口 10,000 人/区域以上を対象とし、生活排水を管渠によって全て収集し、生物処理によって集中処理を行って公共用水域に排水する。
- 中規模処理 …… 人口 10～10,000 人/区域未満を対象とし、住宅の密集度により、管渠延長が短くなるように合併浄化槽を数個設置して共同処理を行い、近くの水路や公共用水域へ排水する。
- 小規模処理 …… 人口 10 人/区域未満を対象とし、管渠が不要となるように各戸ごとに戸別処理を行う。戸別処理としてはエネルギー消費がなく、N・P削減が可能な土壌浄化方法も考える。

### 5.3.3 大規模処理

#### (1) 処理対象地区

主要城鎮地区及び大中工場地区で1区域 10,000 人以上ということで、表 5.3.1 に示す 10 地区を対象とする。

表 5.3.1 大規模対象区域の 2010 年人口

単位：人					
城 鎮	清鎮	白雲	修文	平バイ	朱昌
統計推定値	71,500	95,200	37,200	34,800	24,800
調査値及びF/S値	200,000	115,000	—	80,000	40,000
工場部	有機化学 総工場	貴州化肥 工場	貴州アルミ 工場	清鎮紡績 工場	黎陽機械 工場
調 査 値	20,720	14,416	72,000	10,000	14,638

#### (2) 集中処理方法の選定

対象処理水量は  $1,500\text{m}^3/\text{日} \sim 50,000\text{m}^3/\text{日}$  で、日本の中小規模下水道に相当する。N・P除去を目的とした処理方法としては、中国でも処理方法の比較検討対象となっている下記の処理方法から選定する。

回分式活性汚泥法 (SBR法)

循環曝気法 (OD法)

嫌気—無酸素—好気法 ( $A_2O$ 法)

##### ① 回分式活性汚泥法 (SBR法)

標準活性汚泥法は曝気槽と沈殿槽が別々の槽で、排水の受け入れ、曝気処理、曝気処理水の排出を連続的に行うが、回分式活性汚泥法は一つの槽で曝気、沈殿処理を時間を区切って行う方法である。回分式活性汚泥法の中でも、排水の受入方式および

排水中の有機物含有量の違いにより間欠受入式と連続受入式がある。

間欠運転であるため、時間的に溶存酸素の濃度変化を生じ、脱窒、脱磷ができる。

<処理法の特徴>

- BOD 除去処理が十分可能
- 生物学的な脱窒、脱磷が可能
- 沈殿工程での固液分離が静止状態で行われるため良好な処理水が得られる
- バルキング (Bulking) が防止可能

## ② 循環曝気法 (OD 法)

曝気槽は水深 1 ~ 3 m の水路を長方形の輪にした形状であり、完全混合型の長時間曝気法と基本的に類似している処理法である。曝気方法は排水表面における機械式曝気であったが、最近では空気曝気式に変わってきている。空気曝気式にすると水深を 4 ~ 5 m と深くでき建設用地が狭くて済む。

水路内に無酸素ゾーンを設けることにより脱窒ができる。

<処理法の特徴>

- 水量、水質の時間的変動があっても、安定的な処理が可能
- 低水温に対しても、安定的な処理が可能
- BOD 除去の他、脱窒、脱磷も可能

## ③ 嫌気-無酸素-好気法 (A<sub>2</sub>O 法)

嫌気処理と好気処理を組み合わせた処理方法である。

窒素は好気槽から無酸素槽へ硝化液を循環させることにより、無酸素槽内にて硝化脱窒反応が行われて除去される。

磷は嫌気槽、好気槽を循環することにより、微生物は嫌気槽では磷を放出し、好気槽では磷を摂取する性質を応用して除去することができる。

<処理方法の特徴>

- 設備が複雑となり、維持・管理に注意が必要
- BOD 除去の他、脱窒、脱磷も可能

日本では、SBR法やOD法は小規模下水道 (処理人口 10,000 人以下・処理水量 5,000m<sup>3</sup>/日以下) で最も多く採用されている方法である。しかし、中規模下水道 (30,000m<sup>3</sup>/日~100,000m<sup>3</sup>/日) では、用地が必要で建設費・維持管理費のスケールメリットが低いという理由から採用が少なくなり、代わってA<sub>2</sub>O法が採用されている。





#### (4) 概算工事費

表 5.3.5 集中処理整備内容と概算工事費を示す。

概算工事費については、以下の条件によって算出する。

- ・中国の「給水排水工事概算と経済評価手冊」を用いて、調整係数を 1.05 とし  
て算出する
- ・城鎮の処理対象人口は、中方が予想する調査値を採用し、原単位 (0.190,  
0.240m<sup>3</sup>/人・日) を乗じて処理量を算出する
- ・工場の処理対象人口は調査値を採用し、原単位 (0.190, 0.248m<sup>3</sup>/人・日) を乗  
じて処理量を算出する
- ・推定管渠長は、0.2km/ha として処理対象区域を推定して算出する
- ・間接費は、20~40%の間で直接費より決定する
- ・COD 高度処理は活性炭吸着とし、その設備費と維持費は処理場築造費の 30%  
とする

#### 5.3.4 中規模処理

##### (1) 処理対象地区と共同処理方法

人口密度が低く (2,000 人/km<sup>2</sup> 以下)、区域人口が 10~10,000 人で点在している  
郷・鎮地区、観光地区、工場地区を処理対象とする。処理方法は、管渠延長が短くて  
済むように処理規模に合わせて容易に設置可能な合併浄化槽を採用する。

合併浄化槽は、現在、中国で開発され実用化が進んでいて、P・N除去が可能な「C  
ASS 法浄化槽」(回分式処理プロセスの改善型で、一つの反応槽で嫌気-無酸素-  
好気状態を連続的に行い、P・Nの除去を行うことが可能な合併浄化槽)や、今後、貴  
州省で開発が進められるであろう高度処理が可能な合併浄化槽を設置する。

##### (2) 処理水質

表 5.3.4 に示す CASS 浄化槽の処理水質を中規模処理の処理水質とする。

表 5.3.4 共同処理の処理水質

出典：CASS 法パンフレットより

単位：mg/L

	BOD	COD <sub>Cr</sub>	SS	T-P	T-N
処理前	1,000	1,500	500	10	100
処理後	30	100(67)	70	1	15

注：( ) は COD<sub>Mn</sub> に換算した値

表 5.3.5 集中処理整備内容と概算工事費

	処理人口 (人)	処理量 (m <sup>3</sup> /日)	推定管渠長 (km)	処理方法	概算工事費 (千円)			F/Sの工事費 (千円)	
					管渠築造	処理場築造	間接費 (20~40%)		
清鎮	200,000 (調査値)	50,000	50	A <sub>2</sub> O法	76,125	56,280	33,101 (25%)	165,506 (21,100)	63,149
白雲	115,000 (調査値)	28,000	24	OD法	29,635	44,100	22,120 (30%)	95,855 (16,500)	-
修文	37,200 (推定値)	9,000	48.4	OD法	27,442	17,010	13,335 (30%)	57,787	-
平バイ	80,000 (F/S値)	22,000	24	OD法	27,720	34,650	18,711 (30%)	81,081	25,919
朱昌	40,000 (調査値)	7,600	20	OD法	9,576	15,960	7,660 (30%)	33,196	-
小計 1	472,200	116,600	166.4	-	170,498	168,000	94,927	433,425	-
有機化学総工場	20,720	5,200	6	OD法	2,817	11,193	5,604 (40%)	19,614 (4,100)	-
貴州化肥工場	14,416	3,600	4	OD法	1,209	9,072	4,112 (40%)	14,393	-
貴州アルミ工場	72,000	14,000	11.2	OD法	9,055	26,460	14,206 (40%)	49,721 (9,900)	-
清鎮紡績工場	10,000	2,000	5	OD法	903	5,460	2,545 (40%)	8,908	-
黎陽機械工場	14,638	2,800	8	OD法	1,881	7,056	3,575 (40%)	12,512	-
小計 2	131,774	27,600	34.2	-	15,865	59,241	30,042	105,148	-
計	603,974	144,200	200.6	-	186,363	227,241	124,969	538,573	-

注 : 1) 清鎮・平バイのF/Sでは管渠工事費が計上されていない

2) 計の( )内はCOD 高度処理設備費

(3) 処理能力と設置費

処理能力及び設置費（本体費+工事費）は、現在、貴州省で実用化されている「WSZ-Y型浄化槽」と同規模のものがCASS法で製造可能ということにより、「WSZ-Y型浄化槽」の能力と設置費より表 5.3.6 のように設定する。

表 5.3.6 処理能力と設置費

処理能力 (m <sup>3</sup> /時)	処理対象人口 (人)	設置費 (万元)
1.0	80	18.00
3.0	240	27.75
5.0	400	37.50
7.5	600	48.00
10.0	800	55.50
20.0	1,600	63.00

注：1)処理対象人口は、排水原単位 0.20m<sup>3</sup>/人・日に時間変動係数 (1.5) を乗じて、下式に示すように 0.0125m<sup>3</sup>/人・時として算出する。

$$0.20 \times 1.5 \div 24 \text{ 時} = 0.0125 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{時}$$

2)設置費は、中国から提示があった「WSZ-Y型」設置費の 1.5 倍として算出する。

(4) 概算工事費

表 5.3.7 に中規模処理対象地区となると考える 10,000 人/区域未満の工場と両湖観光地区の共同処理整備内容と概算工事費を示す。

概算工事費については、以下の条件によって算出する。

- ・工場地区の浄化槽の設置個所数は、処理対象人口や居住状況より、設置数を仮定する
- ・推定管渠長は1つの浄化槽に対して、0.5~1.0 kmを計上する
- ・工場部は居住部に比べて水の使用量は少ないので (処理人口×0.5~1.0) 槽を設置する
- ・観光地区は観光区ごとに浄化槽を設置するものとし、推定管渠長は1区当り 1 kmとする
- ・1 km当りの管渠築造費は、中国の「給水排水工事概算と経済評価手冊」より処理量 2,000m<sup>3</sup>/日以下として下式より求める

$$114 \text{ 元}/(\text{m}^3/\text{日})/\text{km} \times 1.05 \times 1,000 \text{ m}^3/\text{日} = 119,700 \text{ 元}/\text{km}$$

表 5.3.7 共同処理整備内容と概算工事費

	処理人口 (人)		設置浄化槽		推定管渠延長	概算工事費 (千円)			計
	工場部	居住部	工場部	居住部		浄化槽設置 (本体+工事)	管渠築造	間接費 (20%)	
清鎮発電所	2,268	6,342	1600 人槽-1 槽	1600 人槽-4 槽	2.5km	3,150	299	689	4,138
平バイ化肥工場	1,917	5,521	1600 人槽-1 槽	1600 人槽-3 槽 800 人槽-1 槽	3.0 km	3,070	359	685	4,114
安順化肥工場	825	1,675	600 人槽-1 槽	1600 人槽-1 槽	1.5 km	1,110	179	257	1,546
貴州鉄合金工場	346	1,200	240 人槽-1 槽	1600 人槽-1 槽	1.5 km	1,110	179	257	1,546
貴州盤江化工場	1,068	2,100	600 人槽-1 槽	1600 人槽-1 槽 800 人槽-1 槽	1.5 km	1,665	179	368	2,212
小計 1	6,424	16,838			10.0km	10,105	1,195	2,256	13,556
	観光区数	処理人口 (宿泊+日帰り)		設置浄化槽	推定管渠長	浄化槽設置	管渠築造	間接費 (20%)	計
紅 楓 湖	11	1,270+3,750=5,020	400 人槽-11 槽		11 km	4,125	1,316	1,088	6,529
百 花 湖	8	850+ 510=1,350	240 人槽- 8 槽		8 km	2,220	957	635	3,812
小計 2	19				19km	6,345	2,273	1,723	10,341

### 5.3.5 小規模処理

#### (1) 処理対象地区

10人/区域未満が対象で各戸ごとに生活排水を処理するため、民家が点在している農村地区が対象となる。

#### (2) 戸別処理方法の選定

戸別処理方法として以下の3方法を考える。

し尿汲み取り+浸潤トレンチ（雑排水対象）

化糞池+浸潤トレンチ → 生活排水対象

戸別合併浄化槽 → 生活排水対象

流域内の農村地区の社会環境を考慮すると、工事費と維持管理費が安価で、なおかつ維持管理が容易でエネルギー消費が少ないことが選定要因になる。

以上の要因から、戸別処理方法としては下記の理由より、

化糞池+浸潤トレンチ を選定する。

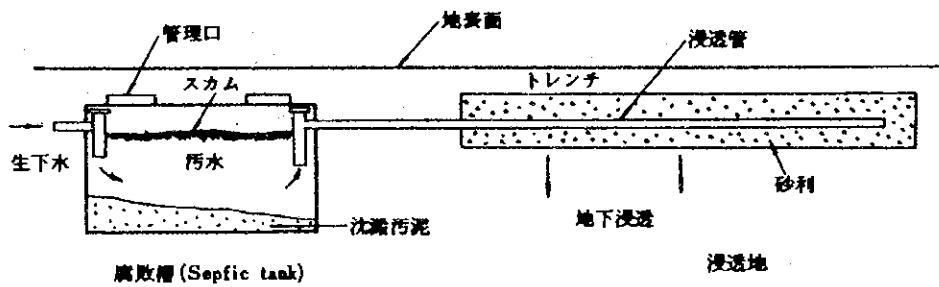
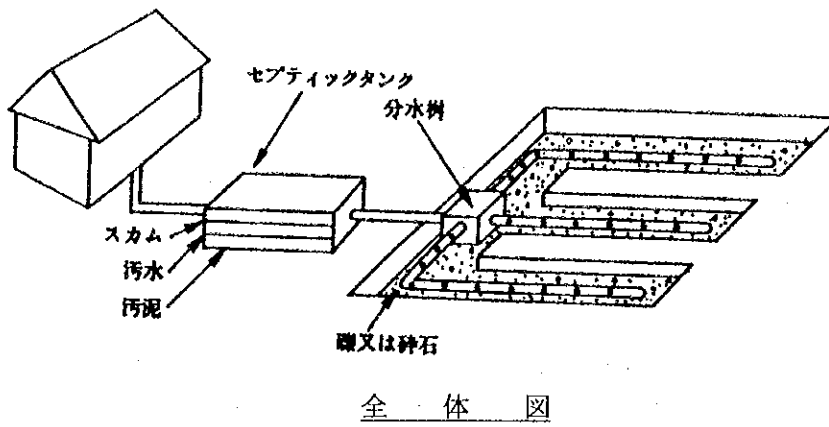
- ・流域内で化糞池の利用が多いので、容易に築造ができる。また、化糞池の維持管理方法（沈殿物の除去と清掃）が普及している
- ・米国で本方法が普及していて、処理人口2,400万人という実績がある
- ・工事費が非常に安価で、エネルギーを必要としない
- ・特殊な材料を必要としないので、試験を行って構造基準を確立すれば容易に構築できる
- ・土壌脱臭により臭気の除去が可能
- ・浸潤トレンチの設置面積として1m<sup>3</sup>当り5~25 m<sup>2</sup>必要とされているが、農村地区では用地確保が可能

#### <施設概要>

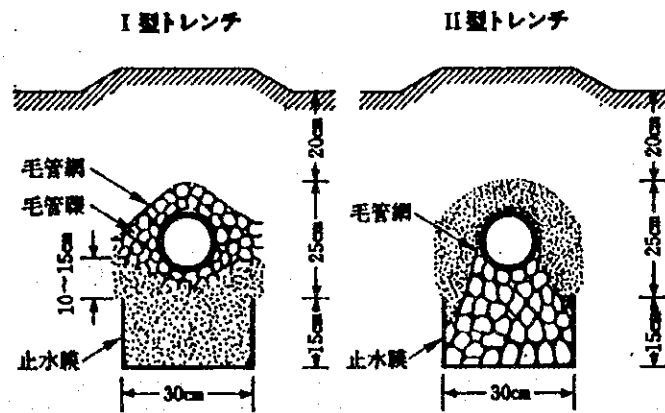
図5.3.3 浸潤トレンチ処理工図を参照。

本法は、各戸ごとの生活排水を地下のコンクリート槽（腐敗槽・化糞池）に一時貯留し、オーバーフローした上澄液を浸潤トレンチによって、土壌中に生息する微生物や後生動物の働きによって、ろ過・分解・処理する方法である。

腐敗槽（化糞池）では、排水中の固形物の沈殿と有機物の嫌気発酵による分解・発生したスラッジの貯留を行う。浸潤トレンチは、巾30~45cm、深さ60cm程度に止水膜を敷き、その上に砂利を詰めたトレンチの中に10~15cm程度の管（塩ビ管、コンクリート管、陶管）を有孔管にしたり、不連続にして布設する。



毛管浸潤トレンチの基本構造



I型は目詰まり対策を考慮した物で現在最も復旧している。II型は脱窒を目的とした場合や半放流式の場合に用いられる。

浸潤トレンチ構造図

図 5.3.3 浸潤トレンチ処理工図

<設計基準> (日本の例)

- ・トレンチの必要長さは2m/人程度とする (必要面積5~25m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>)  
ただし、最大長は20m以内とする
- ・目詰り対策としては並列施設として1号と2号を交互に使用する。相互間隔は2m以上
- ・合成樹脂膜(止水膜)は側壁に沿って15cm程度立ち上げる
- ・トレンチ底の傾きは水平から0.3%程度とする。
- ・設置場所は地表水が貯まるような低い場所・湿地はさける。地下水位はGL-1.5mより深い方が好ましい
- ・日照条件としては、植物が良く育つような日が良く当たる場所が適している  
トレンチの上部は芝生にしたり、花壇や畑として使用できる
- ・トレンチの深さは60cmを標準とする
- ・毛管通気土壌は、畑地土壌や肥料で改良した火山灰土壌等を用いる
- ・トレンチは地表面を概ね厚15cm前後つき固めた土で覆う

<留意事項>

- ・直接浸透でなく、毛管現象による地中拡散のため、地下水への影響は少ないが、衛生の問題から井戸その他の水源から水平距離30m以上離す
- ・腐敗槽のSS除去率が55%以上でかつ処理後の流出水中のSS含有量が250mg/L以下であること
- ・設計に当っては、現地試験で排水量及び土壌の透水性を測定し、トレンチの延長・間隔を決定する
- ・地下水位と地盤高の差が2m未満の場合は本法の採用をさける

(3) 除去率

本処理による除去率は、日本の建設省実験データと土壌浄化センターデータより、表5.3.8に示す除去率とする。

表 5.3.8 浸潤トレンチ処理の除去率

	BOD	CODMn	SS	T-P	T-N
建設省	95%	84%	72%	80~90%	50~60%
土壌浄化センター	99%	98%	82%	95%	68%
採用除去率	95%	80%	70%	85%	55%

注：建設省 建設省「湖沼の総合的水管理技術の開発」より  
浄化センター 土壌浄化センター発行「土壌浄化システム」より



(4) 概算工事費

1戸当たり5人家族(夫婦-2、老夫婦-2、子供-1)として概算工事費を算出する。  
その時の工事費としては、腐敗槽(化糞池)1基、トレンチL=25mの築造で625元(=300,000円/箇所×1/30×1/16)とする。流域内の総工事費は下式より112,500千元に成る。

$$903,888 \text{ 人 (農村人口)} \div 5 \text{ 人/戸} = 180,000 \text{ 戸}$$

$$180,000 \text{ 戸 (農村戸数)} \times 625 \text{ 元} = 112,500 \text{ 千元}$$

5.3.6 施設対策後の排水負荷量

2010年までに施設対策を実施した場合の生活排水負荷量を表5.3.9~5.3.11の対策後の負荷原単位を用いて算出した結果を表5.3.12に示す。

表 5.3.9 集中処理による排水負荷原単位

排水原単位		単位：g/人・日				
除去率(処理水質)		BOD	CODMn	T-P	T-N	
		90%	75%(85%)	(0.5mg/L)	70%	
貴陽市区	0.240m <sup>3</sup> /人・日	対策前	32	40	1.1	5.3
貴陽市区外	0.190m <sup>3</sup> /人・日					
4工場	0.248m <sup>3</sup> /人・日	対策後	3	10(6)	0.1	1.6
中工場	0.190m <sup>3</sup> /人・日					

注：CODMnの()内はCOD高度処理の除去率と負荷原単位

表 5.3.10 共同処理による排水負荷原単位

排水原単位		単位：g/人・日				
処理水質		BOD	CODMn	T-P	T-N	
		30mg/L	*67mg/L	1mg/L	15mg/L	
4工場	0.248m <sup>3</sup> /人・日	対策前	32	40	1.1	5.3
		対策後	7	17	0.2	3.7
中工場	0.190m <sup>3</sup> /人・日	対策前	32	40	1.1	5.3
		対策後	6	13	0.2	2.9
観光(宿泊)	0.200m <sup>3</sup> /人・日	対策前	27	34	0.9	5.0
		対策後	6	13	0.2	3.0
観光(日帰)	0.024m <sup>3</sup> /人・日	対策前	8	10	0.3	2.1
		対策後	0.7	1.6	0.02	0.4

注：\* 67mg/L=100mg/L/1.5

表 5.3.11 浸潤トレンチ処理による排水負荷原単位

排水原単位		単位：g/人・日				
除去率		BOD	CODMn	T-P	T-N	
		95%	80%	85%	55%	
農村地区	0.064m <sup>3</sup> /人・日	対策前	7	4	0.2	0.5
		対策後	0.4	0.8	0.03	0.2

表5.3.12 処理対策を実施したときの2010年の生活排水負荷量

区域	名称	人口(概算)	清鎮(貴陽市区)	修文(貴陽市区外)	白雲(貴陽市区)	朱昌	合計		
城鎮生活	人口(概算)	34,800	71,500	37,200	95,200	24,800	263,500		
	原単位	排水原単位 (m <sup>3</sup> /日・人)	0.190	負荷原単位 (g/人・日)	(貴陽市区外) (集中処理)	(貴陽市区) (集中処理)			
		0.240	BOD	3	3				
			CODMn	10	10				
			T-P	0.1	0.1				
			T-N	1.6	1.6				
		発生負荷量 (kg/日)							
		BOD	104	215	112	286	74	791	
		CODMn	348	715	372	952	248	2,635	
		T-P	3	7	4	10	2	26	
	T-N	56	114	60	152	40	422		
	排水量 (m <sup>3</sup> /日)	6,612	17,160	8,928	22,848	4,712	60,260		
	流域番号	①	②	③	④	⑤			
F/S 4工場生活	名称	清鎮発電所	有機化工総工場	貴州化肥工場	平化化肥工場				
	人口(概算)	6,342	20,720	14,416	5,521		46,999		
	原単位	排水原単位 (m <sup>3</sup> /日・人)	0.248	負荷原単位 (g/人・日)	(集中処理)	(共同処理)			
			BOD	3	7				
			CODMn	10	17				
			T-P	0.1	0.2				
			T-N	1.6	3.7				
		発生負荷量 (kg/日)							
		BOD	44	62	43	39		188	
		CODMn	108	207	144	94		553	
	T-P	1	2	1	1		5		
	T-N	23	33	23	20		99		
	排水量 (m <sup>3</sup> /日)	1,573	5,139	3,575	1,369		11,656		
	流域番号	⑥	⑦	⑧	⑨				
中工場生活 (人口千人以上)	名称	安順化肥工場	清鎮紡績工場	貴州鉄合金工場	貴州盤江化工工場	貴州六工工場	黎陽機械工場		
	人口(概算)	1,675	11,000	1,200	2,100	70,000	14,638	100,613	
	原単位	排水原単位 (m <sup>3</sup> /日・人)	0.190	負荷原単位 (g/人・日)	(集中処理)	(共同処理)			
			BOD	3	6				
			CODMn	10	13				
			T-P	0.1	0.2				
			T-N	1.6	2.9				
		発生負荷量 (kg/日)							
		BOD	10	33	7	13	210	44	317
		CODMn	22	110	16	27	700	146	1,021
	T-P	0	1	0	0	7	1	9	
	T-N	5	18	3	6	112	23	167	
	排水量 (m <sup>3</sup> /日)	318	2,090	228	399	13,300	2,781	19,116	
	流域番号	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮		
農村地区	名称	流域全体							
	人口	903,888					903,888		
	原単位	排水原単位 (m <sup>3</sup> /日・人)	0.064	負荷原単位 (g/人・日)	(戸別処理)				
			BOD	0.4					
			CODMn	0.8					
			T-P	0.03					
			T-N	0.2					
		発生負荷量 (kg/日)							
		BOD	362					362	
		CODMn	723					723	
	T-P	27					27		
	T-N	181					181		
	排水量 (m <sup>3</sup> /日)	57,849					57,849		
観光地区	名称	紅樓湖(宿泊)	紅樓湖(日帰り)	百花湖(宿泊)	百花湖(日帰り)				
	人口	1,270	3,750	840	510		6,370		
	原単位	排水原単位 (m <sup>3</sup> /日・人)	0.200	負荷原単位 (g/人・日)	(宿泊)	(日帰り)			
		0.024	BOD	6	0.7				
			CODMn	13	1.6				
			T-P	0.2	0.02				
			T-N	3	0.4				
		発生負荷量 (kg/日)							
		BOD	8	3	5	0		16	
		CODMn	17	6	11	1		35	
	T-P	0	0	0	0		0		
	T-N	4	2	3	0		9		
	排水量 (m <sup>3</sup> /日)	254	90	168	12		524		
合計	名称	城鎮	4工場	中工場	農村	観光			
	人口	263,500	46,999	100,613	903,888		1,315,000		
	発生負荷量 (kg/日)								
	BOD	791	188	317	362	16	1,674		
	CODMn	2,635	553	1,021	723	35	4,967		
	T-P	26	5	9	27	0	67		
	T-N	422	99	167	181	9	878		
	排水量 (m <sup>3</sup> /日)	60,260	11,656	19,116	57,849	524	149,405		

除去率及び処理水質一覽表

大規模 (集中処理)	中規模 (合併浄化場)	小規模 (土壌浄化)	GB 8978-96の1級排水基準 (mg/L)
BOD 90%	30mg/L	95%	20
CODMn 75%(85%)	67mg/L	80%	CODCr=60(40)
T-P 0.5mg/L	1mg/L	85%	0.5
T-N 70%	15mg/L	55%	15

表 5.3.13 に 2010 年の無処理と施設対策を実施した場合の負荷量の相対表を示す。

表 5.3.13 2010 年施設対策前後の負荷量一覧

		単位：kg/日			
		BOD	CODMn	T-P	T-N
城 鎮	対策前	8,432	10,540	290	1,396
	対策後	791	2,635	26	422
	削減量	7,641	7,905	264	974
	(率)	(91%)	(75%)	(91%)	(70%)
4工場	対策前	1,504	1,881	52	249
	対策後	188	553	5	99
	削減量	1,316	1,328	47	150
	(率)	(88%)	(71%)	(90%)	(60%)
中工場	対策前	3,219	4,025	110	533
	対策後	317	1,021	9	167
	削減量	2,902	3,004	101	366
	(率)	(90%)	(74%)	(92%)	(69%)
農 村	対策前	6,327	3,616	181	452
	対策後	362	723	27	181
	削減量	5,965	2,893	154	271
	(率)	(94%)	(80%)	(85%)	(60%)
計	対策前	19,482	20,062	636	2,630
	対策後	1,658	4,932	67	869
	削減量	17,824	15,130	569	1,761
	(率)	(91%)	(75%)	(89%)	(67%)

### 5.3.7 施設対策を行うに当たっての留意事項

施設対策は、汚濁負荷削減、水質改善という面からは非常に速効性がある。しかし、工事費、維持管理費及び技術の要求度が高く、財源を確保しなければ実現性は低くなる。

よって、少ない財源でも水質改善の向上が可能になるように下記の項目について十分に留意する必要がある。

- 図 5.3.1 に示す浄化及び発生源対策の中の非施設的対策も積極的に実施する
  - ・ 構築した処理施設の適正化を図るため、維持管理の法令・手続・指針及び体制等の確立を図る
  - ・ 広報活動により住民への水質改善の必要性を認識させ、高負荷雑排水・未処理水の排出自粛や施設の維持管理への協力を図る
  - ・ 有リン洗剤の使用を制限してリン排水を規制する
- 両湖の富栄養化防止効果を早めるため、両湖周辺の一定範囲を定めて中規模処理方式や小規模処理方式で整備を行うように指導し、両湖へ直接排水している生活排水の処理率の向上に努める
- 排水負荷が高いホテル、公共施設、病院、集合住宅等については、優先的に中規模処理方式によって、生活排水を処理するように指導する
- 下水道技術者を育成するため先進国へ多くの人員を派遣して技術の向上を図り、最終的にその担当者自身によって各種の問題が解決するようにする。そのことは、中国の下水道技術の財産となって将来、中国の下水道問題が自力で解決できるようになる

## 6. 生活排水処理対策の維持管理

### 6.1 集中処理の維持管理

集中処理は、その建設がすめば事業が完了するというものではなく、適切な維持管理を継続して実施することにより、はじめてその機能を発揮するものである。

そのためには維持管理の法令、手続き、指針、体制等の確立が重要である。

#### ①維持管理の業務内容

集中処理施設の維持管理には、概ね表 6.1.1 に示すような業務がある。

表 6.1.1 維持管理業務の内容

業 務	内 容
行政に関する業務	排水設備の集中処理施設への接続に拘わる指導、監督処分 水洗便所への改造に関する指導、命令 下水の水質規制 下水道台帳の調整、保管
管路施設の管理、ポンプ場施設の管理に関する業務	点検及び運転 清掃及び浚渫 補修及び改良
処理施設の管理に関する業務	水処理及び汚泥処理施設の運転管理（水質管理を含む） 保守点検 汚泥の処分 財産管理

#### ②施設の管理に関する法制度

集中処理施設の管理は、関連する法制度を確立し、それを遵守しながら効率的に行う必要がある。日本の法制度を参考に列記する。

- ・「環境基本法」 ————— 水質環境基準の設定
- ・「水質汚濁防止法」 ————— 処理場の法的な位置づけ  
排水基準や水質総量規制
- ・「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」等 — 下水道から生じた汚泥の定義及び運搬・  
処分に関する基準
- ・「下水道法」 ————— 放流水の水質の技術上の基準と検査の義務  
処理施設の維持管理上の一般事項

その他「肥料取締法」・「大気汚染防止法」・「悪臭防止法」・「騒音防止法」・「振動規制法」等がある。

#### ③施設の管理に関する業務

集中処理施設の管理業務には運転管理と保守点検があり、両者を適正に実行してはじめて長期間安定した事業の運営が可能となる。

この業務は永続的に継続するので、業務を適正に行うためには業務内容を十分に検討し、計画的に行うことが重要である。

#### <運転管理>

- ・汚水や汚泥の量や状態のチェック、その結果に基づく機器・設備の運転方法の検討、機器・設備の運転操作及び監視
- ・個々の運転操作から、データの蓄積・解析までを計画的に実施するほか、解析によって得られた新たな知見を計画的に運転管理に取り入れる

#### <保守点検>

- ・事前に対象となる各施設をそれぞれに機器・設備ごとの台帳及び点検表を作成し、各々の機器・設備ごとに点検基準を定めておく。点検は、その基準によって機器・設備を定期的にチェックし、点検結果を記録する
- ・点検により発見された故障や異常を速やかに回復し、大事に至るのを未然に防止する
- ・点検データを蓄積・解析することにより、施設の「修繕・改良・更新計画」をたてる際の重要な判断資料とする。

#### ④維持管理技術の確立

維持管理を適正に行うには、各種の技術を身に付けていなければ成らないので、教育制度や資格制度を導入して技術者の確保を推進する必要がある。

#### ⑤維持管理体制

集中処理の維持管理を永続的に十分に行うには、管理体制を整える必要がある。

維持管理業務は、使用承認等の行政行為的業務、設備の操作業務、施設の保守業務等広範囲で多種多様にわたっている。しかも集中処理施設は、一旦、処理を開始すると、一時の運転停止も許されず 24 時間稼働となり、各職員の人員の確保が必要となる。しかし、維持管理業務には専門技術的業務及び現場業務が相当の部分を含んでいることから、業務の一部については民間業者の活用も検討する必要がある。

#### ⑥維持管理費

日本の維持管理費は処理施設築造費のおよそ 4~6%である。しかし中国の場合はその比率より小さいと推測し処理施設費の 4%とする。処理施設築造費が約 1,800 元/m<sup>3</sup>であることから維持管理費は 72 元/m<sup>3</sup>/年とする。

## 6.2 共同処理（合併浄化槽）の維持管理

合併浄化槽による共同処理は、私有地内に設置することから「民間設置方式」に成ると言える。したがって、水質保全のため整備を推進するには補助制度や融資制度等を設けて設置促進を図る必要がある。

しかし、浄化槽を設置したから直ぐに公共用水域の水質保全に寄与するわけではなく、安定した良質な放流水を得るには以下に示すよう適正な維持管理を行うことが重要である。

### ①施設の管理に関する法制度

日本の場合「浄化槽法」及び「施行規則」を定めて、それを遵守しながら清掃・定期検査・保守点検等を行っている。

### ②施設の管理に関する業務

業務として保守管理業務が主であり、日本では以下の業務が実施されている。

- ・清掃（槽内に生じた汚泥の引き出し、付属機器類の掃除）——— 年1回
- ・検査
  - 定期検査 — 使用開始後6ヶ月を経過した日から2ヶ月以内に行う年1回の検査
  - 保守点検 — 浄化槽の調整・修理を行うもので浄化槽の規模によって点検を定めた検査

### ③維持管理技術の確立

保守点検は専門的な知識が必要であるため、技術を持った浄化槽管理士の育成を図る必要がある。そして、免許制度を導入することが好ましい。

### ④その他の制度の確立

- ・保守管理費は民間の負担になるため、援助制度を定めるか公的機関で実施するかを決定する必要がある
- ・自治体で廃棄物処理の体制を確立する
- ・留意事項として、施設の運転状況や水質等について記録を作成し保管するようにする。これは今後の運転管理を行う上での重要な資料となる

### ⑤維持管理費

合併浄化槽と集中処理の維持管理費は同程度であることから年間維持管理費は 72 元/m<sup>3</sup>/年とする。

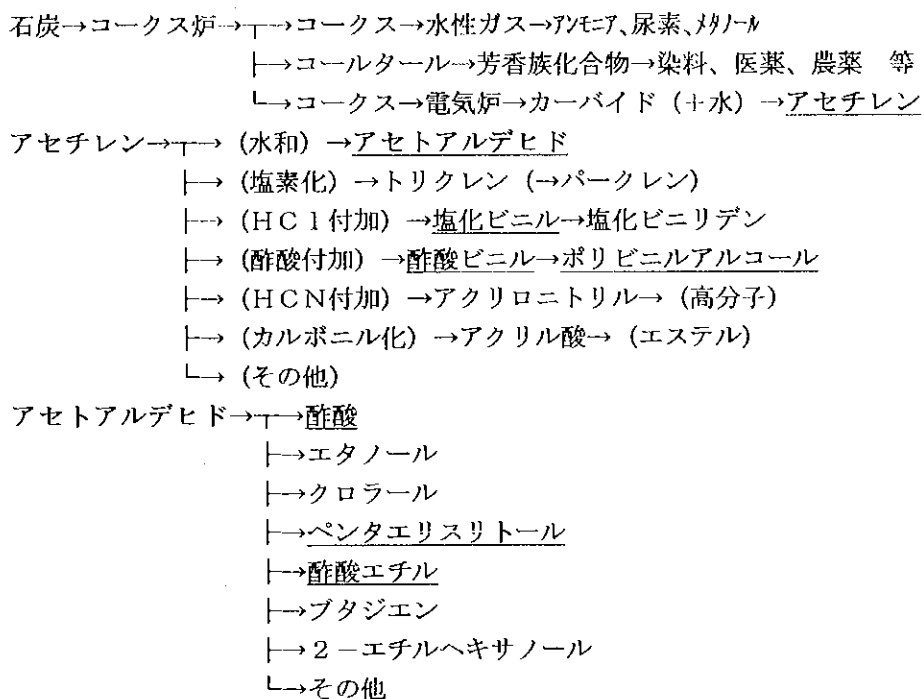
## IV 水銀汚染



# 1 環境の現況

## 1.1 水銀汚染概況

清鎮市に位置する貴州有機化学総工場は石炭を原料とする総合有機化学工場で、図 1.1.1 に示すアセチレンからアセトアルデヒドの製造過程で用いられる触媒用水銀を含む排水により、周辺の水銀汚染が深刻な問題となっている。同工場では上流に位置する紅楓湖より取水し、工場からの排水は灌漑水路を經由して猫跳河中流域へ排出している。この間、灌漑水路区間での水田では、水銀を含有した排水が灌漑水として使用されている。このため、灌漑水路の底質、周辺の水田土壌には残留水銀による汚染がみられる。



\* : 当工場で生産している製品は下線で示した

図 1.1.1 石炭を原料とする有機化学品の生産フロー

## 1.2 水銀汚染原因

### 1.2.1 酢酸工場の状況

貴州有機化学総工場は、1965 年吉林からの分工場として計画され、貴州省における総合化学工場として発展してきた。吉林での経験に基づき 1971 年から、水銀触媒を使用した酢酸製造を開始した。製品アセトアルデヒドを生成する反応・蒸留工程で

水銀による環境汚染・排水中への流失が起きている。（吉林においても同一プロセスによる生産のために松花江で水銀汚染が発生した。）このため、当該地区においても水銀汚染が発生している可能性が高い。

アセチレンから作られるアセトアルデヒド全量が酢酸製造原料となるのであれば、酢酸製造量と水銀使用量は相関関係となる。しかし、有機化学総工場では酢酸以外にペンタエリスリトール、酢酸エチルが作られている。このため、アセチレンから水銀法によるアセトアルデヒド生産量／水銀消費量の情報入手を試みたが、工場側より「中国の規程により水銀消費量は、酢酸生産過程での消費量で示す。これは、アセトアルデヒド生産中に水銀総量は変化しない。従って水銀の消費量は提供した酢酸生産データから把握できる。」との回答であった。

水銀法による酢酸設備能力は当初 18,000t/年であったが、水銀汚染問題により現在は 6,000t/年で、また水銀を使用しないアルコール原料による酢酸製造が 87 年より 1 万 t/年で開始され、98 年現在では 1.2 万 t/年の設備能力である。

水銀法による酢酸生産は 71 年から 97 年の 27 年間で約 25 万 t であり、その推移を表 1.2.1 に示す。

表 1.2.1 水銀法による酢酸生産量

(単位：t)

年	生産量	年	生産量	年	生産量	年	生産量
71	345	78	6,893	85	16,660	92	11,446
72	0	79	9,050	86	17,707	93	8,451
73	207	80	11,631	87*	15,122	94	9,581
74	330	81	13,195	88	12,991	95	9,164
75	3,773	82	17,156	89	10,365	96	6,763
76	2,204	83	16,484	90	13,097	97	7,363
77	3,710	84	16,770	91	12,398		
71-97年 生産合計 (t)						252,676	

\*:アルコール法酢酸製造開始

(98/3 工場より入手)

## 1.2.2 排水路系統

### (1) 工場内排水路系統

貴州有機化学総工場から排出される排水系統は次の 3 系統であり、各々の水量は次の通りである。[98/3 工場より入手：( ) 内は 8,000h/年で計算]

• 排水溝 (旧朱家河)	:	4,959,024t/年	(620t/h)	62.3%
• 青鋼溝	:	1,256,512t/年	(157t/h)	15.8%
• 灌溉水路	:	1,736,000t/年	(217t/h)	21.8%
合 計	:	7,951,536t/年	(994t/h)	100.0%

このうち水銀含有排水を含む排水溝（旧朱家河）系統は、次のように工場内の排水系統を通過して、工場外へ排出されている。

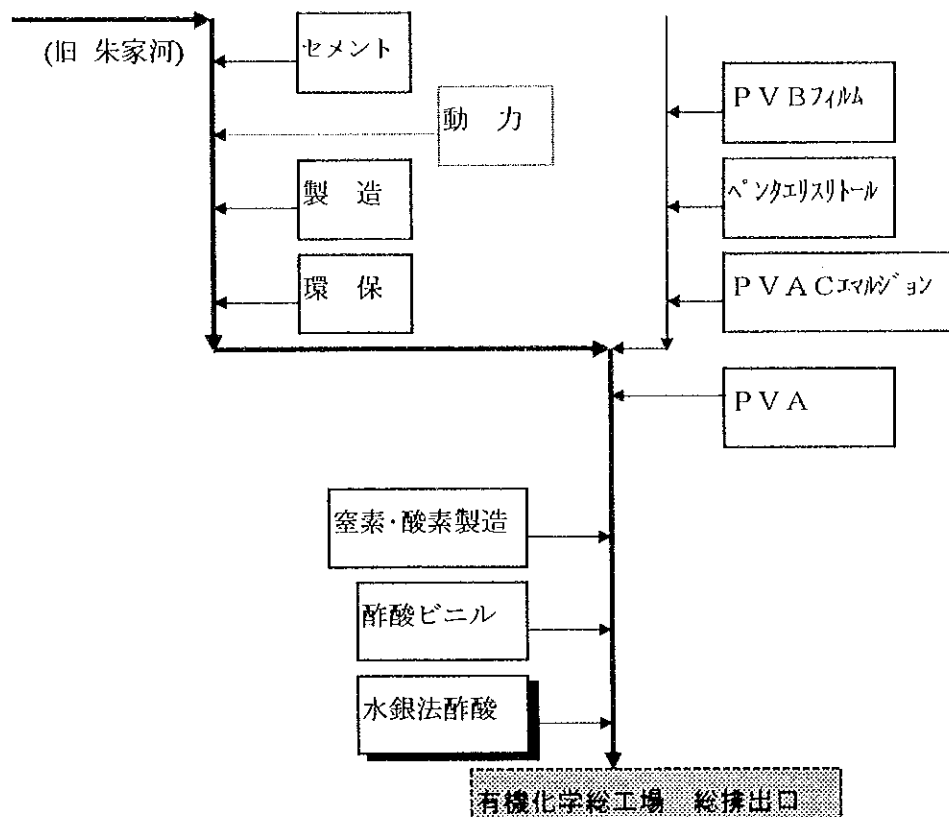


図 1.2.1 有機化学総工場 水銀含有排水系統

## (2) 工場外排水路系統

工場から流れ出る水路は、以前には朱家河と呼ばれていて、東門橋手前で東門橋河と合流する。朱家河と東門橋河が合流してすぐに、発電を目的とした水路が北門电站の位置する老馬河（百花湖上流部で猫跳河中流部）まで建設された。現在この水路を含めて、工場出口からの全てを灌漑水路と呼び、工場排水は周辺の農地への灌漑水供給および北門発電所用水として利用されている。さらに、北門発電所（电站）からは老馬河の底に配管を敷設し、対岸までサイホン原理により水を供給して、対岸の青山坡地区では灌漑水として利用している。

中国側の行った調査では、有機化学総工場排水総排出口から灌漑水路に沿った地域を次の 8 地区に分類しており、本調査でも同様な分類とした。

- ①山背后地区    ②青竜地区    ③新寨地区    ④花園地区
- ⑤地質隊地区    ⑥五顆墳地区    ⑦北門电站地区    ⑧青山坡地区

### 1.2.3 水銀排出量

71年から開始されたアセチレンからアセトアルデヒド・酢酸生産で、これに使用された水銀触媒が、工場周辺地域へ排出され水銀汚染が強く危惧されている。

アセトアルデヒド・酢酸生産における水銀使用量・排出量の動向について図 1.2.2 のように捉えた。

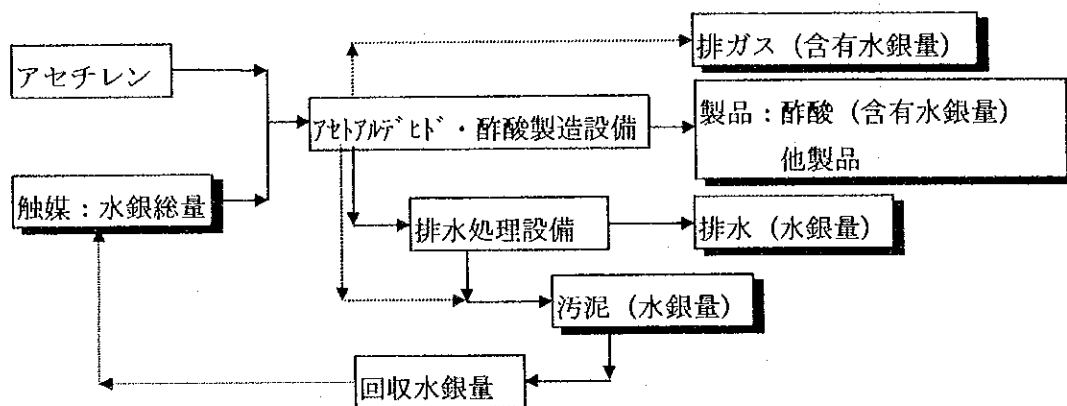


図 1.2.2 酢酸生産における水銀収支

一般的に水銀法によるアセトアルデヒド製造における水銀排出箇所は次の3点とされている。

- アセトアルデヒド反応器からの水銀泥
- アセトアルデヒド精留塔のドレン排水
- 大気飛散分

なお、事前調査及び98年3月工場側から確認できた水銀収支に関する値及び、事項をまとめると次のようになる。

- 酢酸製造における水銀使用原単位 : 0.77 kg/t-HAc
- 排水中への水銀流失量 (71-84年) : 0.037 kg/t-HAc
- " (85-97年) : 0.015 kg/t-HAc
- 酢酸製造における排水量 : 124.4 t/t-HAc (事前調査データ)
- 酢酸製品中の水銀含有量は測定したことは無い
- FT設備から排出される汚泥中の水銀含有量は不明
- 水銀流出事故に関して、大きな汚染事故は無い。FT設備改修時に若干の基準値を越えて流出したことがある

前記確認できた事項より、排水中への流失量を試算した結果を表に示す。試算結果では、流出した水銀総量は、約 6t であり、工場側からは「排水（水銀量）」に含有する水銀として酢酸製造開始以来 6.6t を排出したとのコメントもあり、工場の説明した値とほぼ同一となる。

表 1.2.2 水銀総流失量

年	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
酢酸生産量 Ton/a	345	0	207	330	3,773	2,024	3,710	6,893	9,050	11,631
水銀使用量 Kg/a	266	0	159	254	2,905	1,558	2,857	5,308	6,969	8,956
水銀流失量 Kg/a	12.8	0	7.7	12.2	139.6	74.9	137.3	255.0	334.9	430.3
排水量 T/a	42,918	0	25,751	41,052	469,361	251,786	461,524	857,489	1,125,820	1,446,896
水銀計算値 mg/L	0.297	0	0.297	0.297	0.297	0.297	0.297	0.297	0.297	0.297
年	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
酢酸生産量 Ton/a	13,195	17,156	16,484	16,770	16,660	17,707	15,122	12,991	10,365	13,097
水銀使用量 Kg/a	10,160	13,210	12,693	12,913	12,828	13,634	11,644	10,003	7,981	10,085
水銀流失量 Kg/a	488.2	634.8	609.9	620.5	249.9	265.6	226.8	194.9	155.5	196.5
排水量 T/a	1,641,458	2,134,206	2,050,610	2,086,188	2,072,604	2,202,751	1,881,177	1,616,080	1,289,406	1,629,267
水銀計算値 mg/L	0.297	0.297	0.297	0.297	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121
年	91	92	93	94	95	96	97	98		
酢酸生産量 Ton/a	12,398	11,446	8,451	9,581	9,164	6,763	7,363			
水銀使用量 Kg/a	9,546	8,813	6,507	7,377	7,056	5,208	5,670			
水銀流失量 Kg/a	186.0	171.7	126.8	143.7	137.5	101.4	110.4			
排水量 T/a	1,542,311	1,423,882	1,051,304	1,191,876	1,140,002	841,317	915,957			
水銀計算値 mg/L	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121			
71-84 酢酸生産量 101,568 Ton								酢酸 総生産量	252,676	ton
85-97 酢酸生産量 151,108 Ton								水銀 総使用量	194,561	kg
: 水銀除去装置設置								水銀 総流出量	6,025	kg

また、工場から 98 年 3 月に提示された工場総排出口での排水分析値を表 1.2.3 に示すが、酢酸工場からの排水は他工場の排水により希釈されているが、中国の放出基準 0.05 mg/L を超えている。

表 1.2.3 排水溝（総排出口）水質

項目	pH	T-Hg	硫化物	SS	COD <sub>Cr</sub>	フェノール	CN
単位		μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	7.5	62	2.107	450.12	272.07	0.158	0.146

水銀含有排水の排出箇所及び水量について 98 年 6 月末に工場側より表 1.2.4 に示す情報提供がされた。データは有機化工総工場が日本の新聞社への説明資料として準備されたものである。

前記確認できた事項より、排水中への流失量を試算した結果を表に示す。試算結果では、流出した水銀総量は、約 6t であり、工場側からは「排水（水銀量）」に含有する水銀として酢酸製造開始以来 6.6t を排出したとのコメントもあり、工場の説明した値とほぼ同一となる。

表 1.2.2 水銀総流失量

年	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
酢酸生産量 Ton/a	345	0	207	330	3,773	2,024	3,710	6,893	9,050	11,631
水銀使用量 Kg/a	266	0	159	254	2,905	1,558	2,857	5,308	6,969	8,956
水銀流失量 Kg/a	12.8	0	7.7	12.2	139.6	74.9	137.3	255.0	334.9	430.3
排水量 T/a	42,918	0	25,751	41,052	469,361	251,786	461,524	857,489	1,125,820	1,416,896
水銀計算値 mg/L	0.297	0	0.297	0.297	0.297	0.297	0.297	0.297	0.297	0.297
年	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
酢酸生産量 Ton/a	13,195	17,156	16,484	16,770	16,660	17,707	15,122	12,991	10,365	13,097
水銀使用量 Kg/a	10,160	13,210	12,693	12,913	12,828	13,634	11,644	10,003	7,981	10,085
水銀流失量 Kg/a	488.2	634.8	609.9	620.5	249.9	265.6	226.8	194.9	155.5	196.5
排水量 T/a	1,641,458	2,134,206	2,050,610	2,086,188	2,072,504	2,202,751	1,881,177	1,616,080	1,289,406	1,629,267
水銀計算値 mg/L	0.297	0.297	0.297	0.297	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121
年	91	92	93	94	95	96	97	98		
酢酸生産量 Ton/a	12,398	11,446	8,451	9,581	9,164	6,763	7,363			
水銀使用量 Kg/a	9,546	8,813	6,507	7,377	7,056	5,208	5,670			
水銀流失量 Kg/a	186.0	171.7	126.8	143.7	137.5	101.4	110.4			
排水量 T/a	1,542,311	1,423,882	1,051,304	1,191,876	1,140,002	841,317	915,957			
水銀計算値 mg/L	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121			
71-84 酢酸生産量 101,568 Ton							酢酸 総生産量		252,676	ton
85-97 酢酸生産量 151,108 Ton							水銀 総使用量		194,561	kg
: 水銀除去装置設置							水銀 総流出量		6,025	kg

また、工場から 98 年 3 月に提示された工場総排出口での排水分析値を表 1.2.3 に示すが、酢酸工場からの排水は他工場の排水により希釈されているが、中国の放出基準 0.05 mg/L を超えている。

表 1.2.3 排水溝（総排出口）水質

項目	pH	T-Hg	硫化物	SS	COD <sub>Cr</sub>	フェノール	CN
単位		μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	7.5	62	2.107	450.12	272.07	0.158	0.146

水銀含有排水の排出箇所及び水量について 98 年 6 月末に工場側より表 1.2.4 に示す情報提供がされた。データは有機化工総工場が日本の新聞社への説明資料として準備されたものである。

表 1.2.4 93-97 年水銀流失量

年	93	94	95	96	97	合計
水銀量 (kg/年)	12.1	11.9	11.5	11.0	9.7	56.2

さらに、次のような説明があった。

- 水銀含有排水の排出箇所はアセトアルデヒド反応器だけから出ており、この排水をFT設備で除去する
- 他の排水中に水銀は含有しないので直接排水溝へ放流する

工場側から水銀含有汚泥量は、操業以来 308t 発生したとの説明があったが、水銀量に関しては開示されなかった。ただし、汚泥中の水銀量に関して次の2つの文献に同一データが記載されていた。

- ①「猫跳河流域環境総合整備対策調査：省環境保護局」
- ②「年産 3.6 万噸カルボニル基合成酢酸 可行性研究報告」

これら文献データと表 1.2.2 水銀流失量で試算した値から汚泥中の水銀量を算出すると約 60t となり、汚泥中の水銀濃度は 19.5%となる。さらに、未確定水銀総量は約 135t と、使用量の 70%となる。

表 1.2.5 汚泥中の水銀量算出

期間	文献データ		試算数値			
	71-89		71-89	90-97	合計	
単位	t	%	t	t	t	%
水銀使用総量			134.298	60.263	194.561	
排水水銀総量	54.794	100			66.027	100
排水中水銀量	5.000	9.1	4.851	1.174	6.025	9.1
汚泥中水銀量	49.794	90.9			(60.002)	90.9
未確定水銀総量					134.559	

( ) 内は文献データと試算数値の比により算出

### 1.3 水銀汚染の対象

貴州有機化学総工場の水銀法によるアセトアルデヒド・酢酸生産において、設備外へ排出される水銀は、①アセトアルデヒド反応器からの水銀泥、②精留塔のドレン排水、③大気飛散分の3箇所が想定される。①及び②からの排水水銀が工場外へ出された恐れがある。また、③は工場内作業員への影響が考えられる。

水銀は工場排水に含有されて工場外へ排出される。この排水は灌漑水として工場外

で利用され、さらに百花湖へ流入している。従って、水銀汚染は、灌漑水路周辺及び百花湖内が範囲となり、次の項目が汚染対象となる。

- 水質：灌漑水／百花湖湖水／周辺地下水
- 土壌、底質：灌漑水路周辺水田土壌／灌漑水路及び百花湖底質
- その他：上記水田の農作物／百花湖魚類

## 1.4 水銀汚染の状況

### 1.4.1 既調査の目的等

1971年の有機化学総工場水銀法によるアセトアルデヒド・酢酸製造開始以来、排水中等へ排出された水銀による汚染が懸念されて、現在までに貴州省環境保護局及び環境保護科学研究所が中心となり各種調査が行われ、地域の汚染状況を確認したようであるが、入手できた調査データは次の4つである。

1. 78-81年 有機化学総工場水銀含有排水の水田に及ぼす環境影響研究調査
2. 86-90年 酢酸工場からの水銀汚染：水俣で発表
3. 97/1-98/3 OECC実施調査
4. 96-98/3 国水研実施調査

上記調査のうち、1及び2は中国独自の調査であり、3及び4は中日共同調査である。そこで、1及び2の調査を以後中国1次調査、中国2次調査と記載する。

中国1次調査では、有機化学総工場からの水銀含有排水が、灌漑水→土壌→作物を通じて蓄積されることを調査した。灌漑水／水田／稲を対象とした無機・有機水銀を分析している。有機水銀分析に関しては、長春地理研究所の技術指導を受けた。

中国2次調査では、有機化学総工場から排出される水銀含有排水により、灌漑水路周辺で水銀汚染が発生している可能性について調査を実施した。調査の対象は、有機化学総工場総排出口以降の灌漑水路周辺の主に水田・灌漑水・百花湖湖水・地下水等の土壌・水質・産米・魚体を調査した。

分析データ評価基準は「分析値の平均値+標準偏差」とした。

評価として採用した値は表1.4.1のとおりであり、これにより水銀汚染現状図を作成した。



表 1.4.1 データに基づき算出した評価値

	T-Hg	M-Hg
単位	ppm(mg/kg)	ppb( $\mu$ g/kg)
重汚染	1.74 以上	2.5 以上
軽汚染	0.392 以上	1.45 以上
未汚染(*)	0.392 以下	1.45 以下

\*：未汚染の値は、調査地区の背景値である。

OECC 実施調査では、貴州省の紅風湖・百花湖の水質汚濁に係わる環境調査を目的として、貴州省環境保護科学研究所をカウンターパートとして、97年2月、8月及び10月の3次にわたる現地調査が行われた。調査対象は紅風湖・百花湖の水質、両湖へ流入する河川水の水質、紅風湖へ流入する工場排水、有機化学総工場流出排水及び底質等の採取分析、並びに流域の自然・社会経済概況に関する調査であった。

第4番目の調査である国立水俣研究所（国水研）調査では、4回にわたり現地調査を行い、3次にわたり環境研究所研究員を受け入れ共同研究を実施した。国水研との共同調査では、住民の健康聞き取り・毛髪調査及び排水・湖水・魚・米並びに土壌乃至底質を採取分析（T-Hg）した。

#### 1.4.2 既調査データによる水銀汚染状況

既調査データを示す前に、各調査におけるサンプル採取地点および工場排出口からの位置関係の概略を示すと次のようになる。

表 1.4.2 汚染地区の位置関係

地区名	山背后	青竜	新 寨		花園	地質隊	五顆墳	電站	青山	百花湖	
位置名称	総排出口	青竜橋	第1橋	東門橋	水路橋	受槽	雲梯道	電站	青山	花橋	岩脚寨
標高(m)	1,260	1,250	1,240	1,232	1,230	1,275	1,229	1,226	1,215	1,197	
距離(m)	0	1,100	2,500	3,150	4,360		5,160	6,730	7,110		

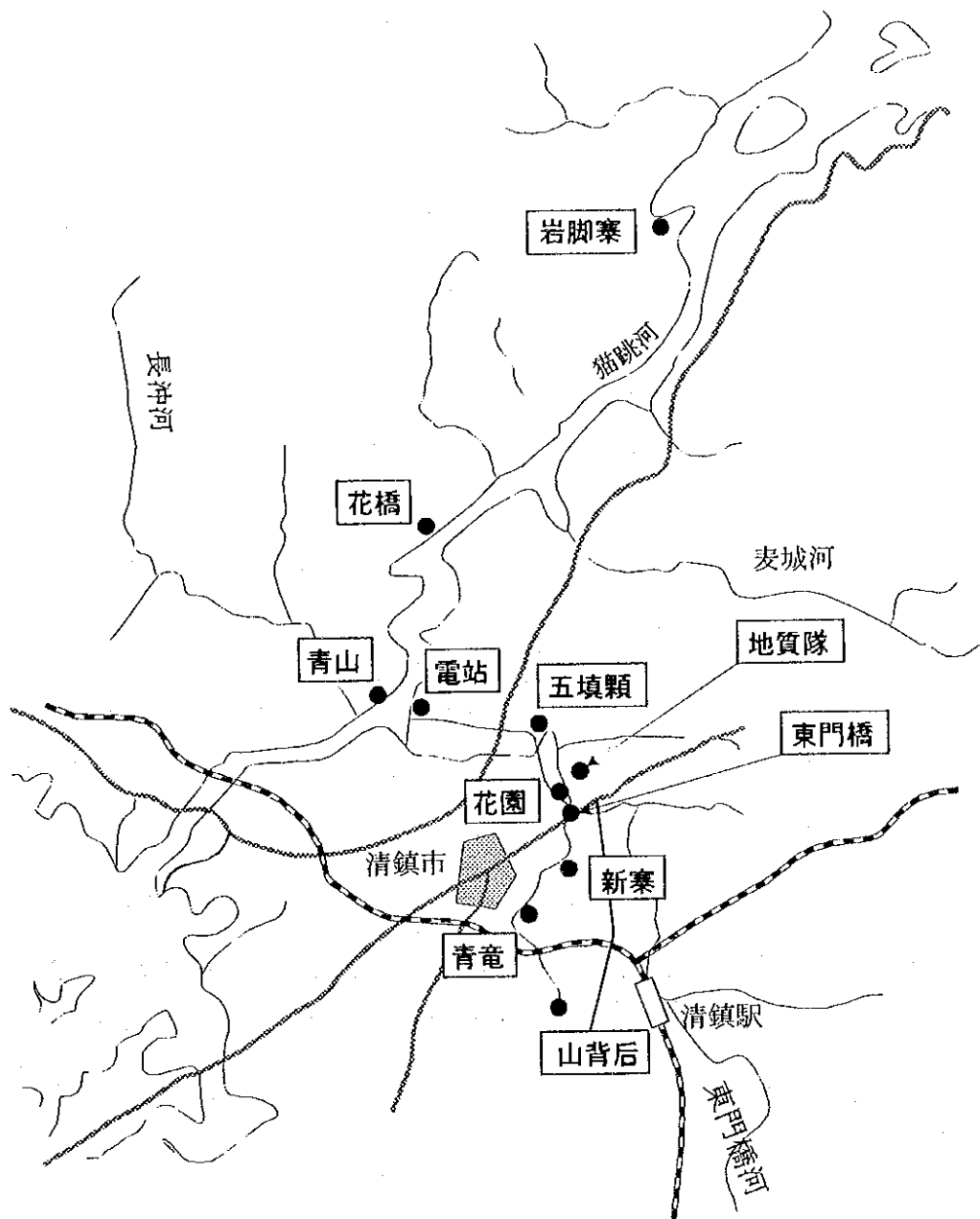


図 1.4.1 水銀汚染測定位置概略図

(1) 水質汚染状況

中国第1次調査の灌漑水中の水銀濃度結果を表 1.4.3 に示す。

表 1.4.3 中国第1次調査 灌漑水中の水銀濃度

地区名	山背后	青龍	新寨	花園	五墳穎(溜馬沖)	青山
T-Hg (ppb)	184.0	27.5	23.4	1.6	1.9	1.5

分析結果は、基準の緩い日本の値と比較しても3～368倍も超えており、相当汚染された排水が排出されている。

中国第2次調査における灌漑水及び井戸水の水銀/有機水銀濃度結果を表1.4.4に示す。有機化学総工場では85年より、水銀除去設備（FT設備）が稼働しているので、86年の灌漑水分析値はFT設備設置以前の値、または灌漑水路に蓄積していた水銀の溶出によって高濃度となったのかは、不明である。88年の値でも日本の基準で判断して、約10倍以上汚染されている状態である。

表 1.4.4 中国第2次調査 水質 水銀測定結果

	灌漑水			井戸水/M-Hg (ppt)		
	T-Hg (ppb)		M-Hg (ppt)	最大	最小	平均
測定実施年	88年	86年	88年			
山背后	8.72	49.9	441			
青竜	6.53	27.5	219			
新寨	5.09	23.4	113	68.3	1.15	23.04
花園(上午)	2.77		16.6	48.3	0.96	19.62
五顆墳	2.15		11.1			
北門電站	3.50		7.9			
青山坡						
Wang cheng				21.3	0.66	7.23
清鎮市				10.5	0.24	5.2

OECC調査の水質に関するデータを表1.4.5に示す。有機化学総工場からの灌漑水路全体で、水銀汚染の確認ができる。灌漑水路の汚染水は東門橋河と合流すると希釈され汚染度が落ちる傾向である。一方合流した東門橋河には水銀の一部が流れ込んでいるようであるが（東門橋出口）、日本での環境基準値内である。また百花湖水の測定は上中下の3層で行われたが、底質汚染を確認するのに重要となる下層の分析値から汚染は見られず、底質からの溶出はないようである。

国水研調査の水質に関するデータを表1.4.6に示す。分析値からは、水銀の汚染は見られない。他の3調査で汚染範囲となる工場からの灌漑水路（工場出口/東門橋）でも汚染は見られない。このため次の点が確認された。

- 工場の操業上、水銀含有排水が排出されていなかったの不明である
- 懸濁物中には水銀が含まれるが、水への溶出はあまりないようである

表 1.4.5 OECC 調査 工場下流域の水質総水銀測定結果

単位 (ppb, m<sup>3</sup>/h, g/d)

採取地点/記号	観測日	種類	濃度	水量	水銀量
有機総排出口 BW-11	97/6	灌漑水	1.210	4,003	116
	97/11	灌漑水	2.190	3,769	198
大関口 (青竜) BW-12	97/6	灌漑水	1.240	4,255	127
	97/11	灌漑水	3.650	2,488	218
東門橋前 BW-13	97/6	灌漑水	0.795	4,165	179
	97/11	灌漑水	4.530	6,725	731
北門橋灌漑 BW-14	97/6	灌漑水	0.466	2,534	28
	97/11	灌漑水	0.570	2,815	39
北門電站 BW-16	97/6	灌漑水	0.453	1,976	21
	97/11	灌漑水	0.645	2,110	33
東門橋河出口 BW-15	97/6	河川水	0.178		
	97/11	河川水	0.125		
花橋 B-5 下	97/8	河川水	0.025		
	97/10	河川水	0.025		
岩脚寮 B-4 下	97/8	河川水	0.025		
	97/10	河川水	0.025		

表 1.4.6 国水研調査 水質 水銀測定結果

(単位 : ppb)

採取地点	種類	97/1	97/6	97/11
百花湖ダム	河川水	0.0024	0.0038	0.0036
老土 (百花湖)	河川水	0.0056	0.0087	0.0015
崖脚 (百花湖)	河川水	0.0465	0.0031	0.0158
花橋	河川水	0.0135	0.0216	0.0604
東門橋	灌漑水	0.0265	0.2177	1.4664
工場出口東門橋河	排水	—	—	0.0155
灌漑水路工場出口	灌漑水	0.0147	0.2367	2.1978
紅風湖	河川水		0.0044	0.0025

注 :   一部懸濁物質が混入した分析結果

以上の4調査の結果から、水質の水銀汚染に関して次の事項が明らかである。

- 灌漑水路水質の水銀濃度は調査実施時期により大幅に異なる。酢酸工場の運転状況が影響していると思われる。このため、今後水銀含有排水の排出を止めれば、水質の改善が見込める
- 灌漑水の水銀濃度は、東門橋河が合流する地点を境として上流部と下流部で希釈効果による濃度の差が現れている

- 有機化学工場に近いほど汚染程度が高い
- 東門橋河へも灌漑水路より水銀の流出が若干見られる
- 猫跳河・百花湖の水質に関する汚染は確認できない
- 国水研のデータから懸濁物の有無で水銀濃度に差が出ていることから、水銀の溶出は余りないと考えられる

4 調査の灌漑水路を対象とした水質測定結果をグラフに示す。

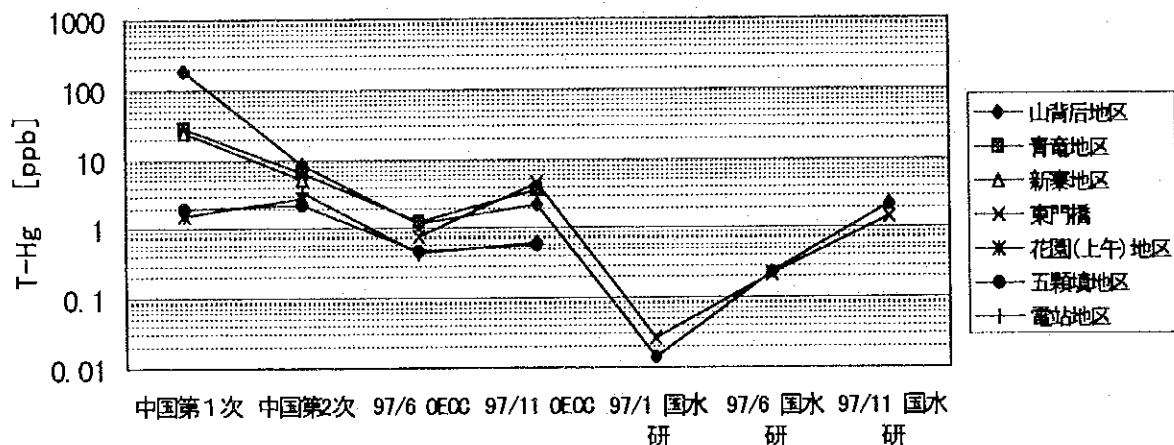


図 1.4.2 灌漑水 水銀濃度

(2) 土壌/底質汚染状況

中国第1次調査の水田土壌中の水銀濃度結果を表 1.4.7 に示す。大部分の地区で汚染が認められる結果となっている。

表 1.4.7 中国第1次調査 水田土壌中の水銀濃度

単位：ppm

地区名/深度		T-Hg	M-Hg
地区名 称	山背后	67.09	0.268
	青竜	21.66	0.144
	新寨	13.17	0.122
	花園	5.78	0.038
	五顆墳(溜馬沖)	3.54	0.028
	青山	0.67	0.103
深度	0-15cm	28.80	0.184
	15-30cm	17.23	0.069
	30-45cm	9.94	0.057

注：深度分析値は18サンプルの平均値

中国第2次調査の水田土壌中の結果を表1.4.8に示す。表1.4.1で示したように中国第2次調査では、T-Hg1.74 ppm以上を重汚染土壌とした。大部分の地区が重汚染対象となった。特に、灌漑水路が他の河川で希釈される前に灌漑水を利用している山背后/青竜/新寨3地区の汚染度合いは高い。また、地質隊への灌漑水供給源は東門橋河からであるために、汚染度は低い。

表 1.4.8 中国第2次調査 水田土壌中の水銀濃度

単位：ppm

	地区内①	地区内②	地区内③	地区内④	地区内⑤	平均
山背后	75.94	12.58	3.36	15.78	299.3	81.4
青竜	87.19	11.49	12.47	10.75	9.36	26.2
新寨	64.46	8.47	12.05	13.37		24.6
花園	10.24	4.05	14.73	8.61	16.41	6.78
地質隊	1.75	1.83	1.99	1.41		1.75
五顆墳	7.32	8.41	3.94	4.73	4.24	5.73
北門電站	24.19	1.89	1.98			9.35
青山坡	0.32	1.87	2.64			1.61

OECC調査の底質は、工場出口からの灌漑水路および百花湖等を対象に調査した。

その結果を表1.4.9に示す

表 1.4.9 OECC調査 底質 水銀測定結果

単位：mg/kg

採取地点	地点記号	観測日	種類	総水銀
有機総排出口	HBS-1	97/6	灌漑水路底質	47.1
	HBS-1	97/11	灌漑水路底質	57.4
大関口(青竜)	HBS-2	97/6	灌漑水路底質	38.2
	HBS-2	97/11	灌漑水路底質	60.8
東門橋前	HBS-3	97/6	灌漑水路底質	85.9
	HBS-3	97/11	灌漑水路底質	50.5
北門橋灌漑	HBS-4	97/6	灌漑水路底質	65.9
	HBS-4	97/11	灌漑水路底質	47.3
北門電站	HBS-6	97/6	灌漑水路底質	48.7
	HBS-6	97/11	灌漑水路底質	36.9
東門橋河出口	HBS-5	97/6	河川底質	20.8
	HBS-5	97/11	河川底質	21.5
花橋	HBS-8	97/8	河川底質	62.1
	HBS-8	97/10	河川底質	51.1
百花湖	HBS-9	97/8	湖底質	22.7
	HBS-9	97/10	湖底質	36.1
岩脚寨	HBS-15	97/8	湖底質	26.1
	HBS-15	97/10	湖底質	25.3
百花湖	HBS-16	97/8	湖底質	19.7
	HBS-16	97/10	湖底質	21.6

灌漑水路の底質は全地域で汚染されている。灌漑水路に合流する東門橋河へも水銀

は流れ出しているようだが、東門橋河出口での測定値は汚染範囲に達していない。一方、灌漑水が流れ込む猫跳河中流域及び百花湖上流地点である花橋・岩脚寨で汚染の範囲に達している。従って、底質に関する汚染範囲は灌漑水路全域及び北門電駅から岩脚寨付近までの百花湖となる。

国水研調査の底質／土壌に関するデータを表 1.4.10 に示す。灌漑水路で汚染域に達しているが、猫跳河・百花湖の底質の汚染は確認できない。水田土壌は調査した 2 地点で汚染されており、工場に近い地点ほど汚染程度が高い。

表 1.4.10 国水研調査 底質／土壌 水銀測定結果  
(単位：ppm-dry wt)

採取地点	種 類	97/6	97/11
百花湖ダム	湖底質	4.69	1.96
老田土 (百花湖)	湖底質	3.29	2.99
崖脚 (岩脚寨)	湖底質		19.43
花橋	河川底質	1.52	1.16
東門橋	灌漑水路底質	36.93	48.46
工場出口東門橋河	排水路底質	0.24	0.24
灌漑水路工場出口	灌漑水路底質	67.42	324.54
紅風湖	湖底質	1.56	0.33
望城坡 田 (五顆墳)	水田土壌		12.94
山背后 田	水田土壌		164.42

以上 4 調査結果から、土壌／底質の水銀汚染については次の事項が明らかである。

- 灌漑水路の底質は全域で汚染されており、工場に近いほどその度合いも高い
- 猫跳河・百花湖の底質は、灌漑水が流れ込む地点（北門電站）から花橋・岩脚寨付近まで汚染の可能性が高い
- 灌漑水路周辺の水田土壌も汚染が認められる。また、時間の経過と共に汚染程度が高くなる傾向である

4 調査の灌漑水路を対象とした底質／水田土壌測定結果を図 1.4.3 及び図 1.4.4 に示す。なお、グラフの一部に補足調査結果を含めた。

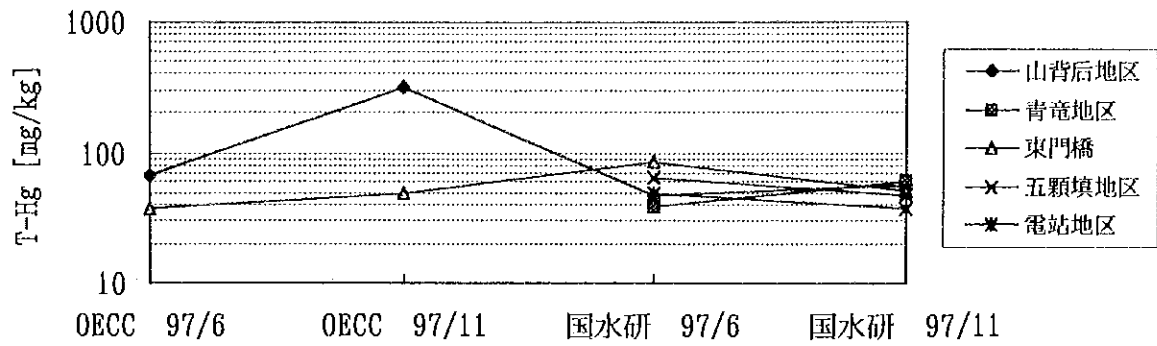


図 1.4.3 底質 水銀濃度

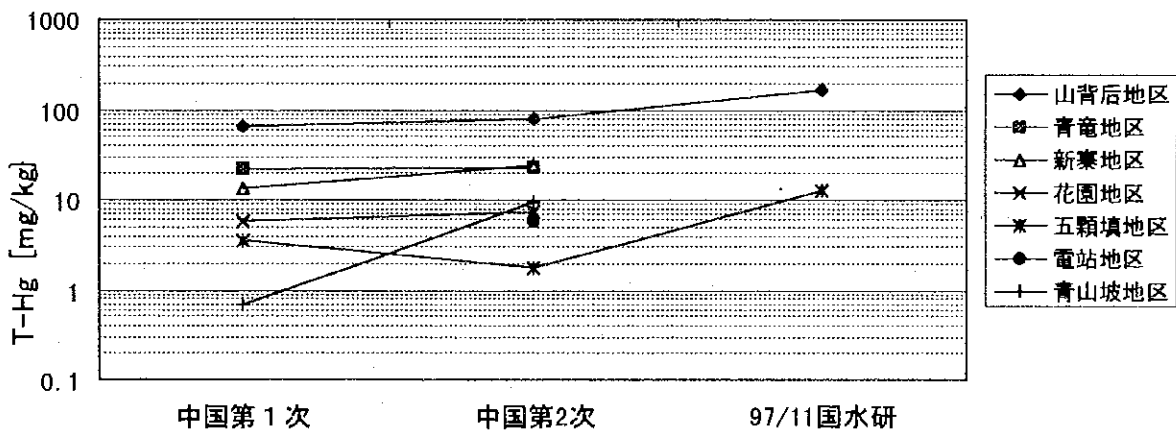


図 1.4.4 水田土壌 水銀濃度

(3) その他（魚類／米）汚染状況

水銀汚染状況確認のために、以上述べた水質、土壌／底質以外に、米（環保局調査）及び魚（国水研調査）について行われたので、その結果を下記に示す。

表 1.4.11 水稻／玄米中の水銀測定結果

単位：ppb

	中国 1 次		中国 2 次	
	T-Hg		T-Hg	M-Hg
山背后	88		91.7	14.5
青竜	127		41.6	18.0
新寨	72		60.4	10.3
花園（上午）	29		51.9	11.6
五顆填 [溜馬沖]	22		33.2	8.2
北門電站			27.6	11.9
青山坡	17		18.7	9.1

注：[ ] は第 1 次、( ) は第 2 次調査地点



表 1.4.12 国水研調査 魚体中の水銀測定結果

採取地点	記号	種類	T-Hg(wet wt ppt)
百花湖	BH-1-1	鯉	0.0174
百花湖 養豚場	BH-2-1	鯉	0.0218
百花湖 崖脚	BH-3-1	鮒	0.1481
紅風湖 1	HF-1-1	鯉	0.0311
紅風湖 2	HF-2-1	鯉	0.0259

魚体中の水銀に関して、中国第2次調査（1983年測定）によると百花湖中魚体の総水銀 0.204-0.476mg/kg の結果があり、中国の食品魚の含有量基準（総水銀 0.3mg/kg）を超えていた。

### 1.4.3 補足調査結果

#### (1) 汚染対象地区の補足調査

##### ① 補足調査の前提

水銀汚染対象地区の土壌・井戸水・底質の補足調査は以下の項目を対象とした。

- 補足分析項目 : 3項目 (T-Hg、M-Hg、水分)
- 測定箇所 : 汚染地区の土壌 → 20地点  
汚染地区内の井戸 → 6地点  
百花湖下流域底質 → 2地点

土壌の採取箇所については、中国第2次調査が全体を網羅しているために、その調査地点を参考として、各地区の高濃度地点を候補とした。さらに、既存調査の土壌採取はほとんど表層採取であるために、補足調査では一部の地点で深度採取 (0-15, 15-30, 30-45cm の3層) 分析を行い、M/P作成時に概略の汚染土壌容量の算出を行う予定である。また、現酢酸工場敷地も水銀汚染の可能性があるので、土壌分析該当地とした。

補足調査結果は表 1.4.13 に示すとおりである。

##### ② 土壌・井水・底質の補足調査結果

補足調査結果から明らかになった点は以下のとおりである。

1. 補足調査を実施した範囲の水田土壌には、水銀が多く含まれている。特に、工場総排出口から東門橋を越えた花園地区迄 T-Hg 濃度は数百 ppm と高濃度である。

2. 水田土壌の深度結果から、上中下層で大きな濃度変化無く、水田として耕作による上下入れ替えが行われているためと思われる。
3. 井水に関して水銀混入はあまり無いようである。
4. 大多数のサンプルで M-Hg は T-Hg の 1/1,000 以下である。
5. 百花湖下流の李官ダム、修文ダムの底質からも若干の水銀が検出されており、長年放流された水銀が到達したものと思われる。
6. 有機化工工場敷地内の酢酸工場周辺からも水銀は検出され、さらに表層と中層の水銀濃度から、大気中の水銀が着地したものと考えられる。特に蒸留塔からの排ガス中に含まれる水銀が原因と思われる。

表 1.4.13 土壤・井水・底質の補足調査結果

No	地点 記号	地点名称	採取日	測定結果			備 考	
				T-H g mg/kg-dry	M-M g mg/kg-dry	M/T %	北緯	東経
1. 農地土壤 (酢酸工場→猫跳河流域) 20点								
1	1d1	山背後 1 (上層)	06/19/98	557.1	0.036	0.006		
2	1d2	山背後 1 (中層)	06/19/98	495.5	0.017	0.003		
3	2-1	山背後 2	06/19/98	115.6	0.024	0.021		
4	3d1	青竜 1 (上層)	06/19/98	225.8	0.029	0.013		
5	3d2	青竜 1 (中層)	06/19/98	424.4	0.002	0.000		
6	3d3	青竜 1 (低層)	06/19/98	723.7	0.034	0.005		
7	4-1	青竜 2	06/19/98	274.1	0.002	0.001		
8	5d1	新寨 1 (上層)	06/20/98	54.6	0.021	0.038		
9	5d2	新寨 1 (中層)	06/20/98	53.2	0.011	0.021		
10	6-2	新寨 2	06/20/98	149.0	0.048	0.032		
11	7-3	新寨 3	06/20/98	177.8	0.037	0.021		
12	8-4	新寨 4	06/20/98	20.8	0.002	0.011		
13	9d1	花園 1 (上層)	06/20/98	218.7	0.026	0.012		
14	9d2	花園 1 (中層)	06/20/98	313.1	0.021	0.007		
15	10-2	花園 2	06/20/98	32.2	0.015	0.046		
16	11-3	花園 3	06/20/98	42.9	0.015	0.034		
17	12-1	地質隊地区 1	06/21/98	7.53	0.002	0.028		
18	13d1	五顆填 1 (上層)	06/21/98	10.5	0.016	0.157		
19	13d2	五顆填 1 (中層)	06/21/98	9.05	0.008	0.091		
20	13d3	五顆填 1 (低層)	06/21/98	4.71	0.004	0.088		
21	14-2	五顆填 2	06/21/98	42.0	0.024	0.057		
22	15-3	五顆填 3	06/21/98	23.5	0.035	0.149		
23	16-4	五顆填 4	06/21/98	56.9	0.011	0.020		
24	17-1	電站地区 1	06/21/98	100.5	0.024	0.024		
25	18-1	青山坡 1	06/23/98	53.8	0.014	0.026		
26	19-2	青山坡 2	06/23/98	5.41	0.002	0.041		
27	20-3	青山坡 3	06/23/98	65.5	0.0209	0.0319		
2. 地下水 6地点				μg/L	μg/L			
1	DW1	山背後	07/17/98	0.025	N.D			
2	DW2	新 寨	07/17/98	0.088	N.D			
3	DW3	花 園	07/17/98	0.025	0.033	132.0		
4	DW4	望城坡	07/17/98	0.025	N.D			
5	DW5	五顆填	07/17/98	0.110	N.D			
6	DW6	青山坡	07/20/98	0.117	0.049	41.88		
3. 百花湖下流域 底質 2地点								
1	HD1	李官電站	06/25/98	3.756	0.0011	0.0282	43' 22"	32' 47 "
2	HD2	修文電站	06/22/98	2.606	0.0042	0.1594	48' 10 "	32' 43 "
4. 酢酸工場予定跡地 土壤 3地点								
1	Fd1	A点 (上層)	06/26/98	37.12	0.002	0.006	32' 20"	29' 40 "
2	Fd2	A点 (中層)	06/26/98	4.77	N.D			
3	F-2	B点	06/26/98	90.94	0.03	0.034	32' 22"	28' 38 "
4	F-3	C点	06/26/98	16.94	0.001	0.006	32' 25"	28' 41 "
		総排出口					32' 23"	28' 28 "

注1：北緯、東経記載値は各々26度、106度を加える。  
 2：深度採取の低層は土壤が硬く、一部採取できなかった。

## (2) 水銀法による酢酸工場排水処理設備

### ① 酢酸工場の補足調査依頼

72年の酢酸製造開始から排出されている水銀含有排水は、14年後の85年より水銀処理設備として、FT処理設備の名称で、活性炭吸着による水銀処理を行っている。現在の水銀含有排水処理設備は以下のような設備構成である。

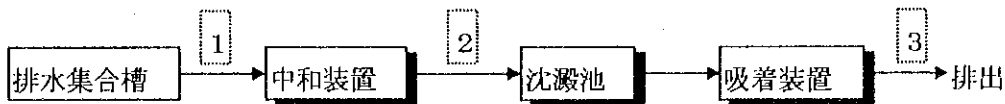


図 1.4.5 FT 設備補足調査箇所

そこで、上記設備効果を確認するために、中和装置入口と沈澱池及び吸着装置出口の3ヶ所 (No.1-3) でT-Hgの分析を行った。更に本調査で行った補足調査の中で水銀汚染に関連するデータを表 1.4.14 にまとめた。

### ② FT設備関連の補足調査結果

分析データから明らかになった点および疑問点を下記にまとめる。

1. FT設備の活性炭吸着塔への供給ポンプ能力は50t/hで、測定した水量43.2t/hと相関が取れた水量である。このため、FT設備能力は50t/hと考えられる。
2. 一方、工場側説明による酢酸設備からの排水量(10-20t/h)と測定排水量43.2t/h(0.012×3,600)を比べると約2倍以上の排水量が測定されている。
3. 工場総排出口の水銀濃度99μg/L(0.099mg/L)は、工場側からの提示された排水水質62μg/Lとほぼ同一であるため、総排出口の水銀濃度を判断すると工場の排水量は正常と見られる。
4. FT設備からの排出される水銀量(397kg/年)と総排出口で測定された水銀量(2,965kg/年)では、となり、排出元より下流側で水銀量が高くなる。

$$0.012 \times 3,600 \times 8,000(\text{h/a}) \times 1.15(\text{mg/L}) = 397\text{kg/a}$$

$$1.04 \times 3,600 \times 8,000(\text{h/a}) \times 0.099(\text{mg/L}) = 2,965\text{kg/a}$$

FT設備を通過しない水銀排水があるのか、総排出口までの水路に水銀が蓄積しているのか不明である。

5. FT設備全体での水銀除去率は約80%(1-1,150/5,950)と、工場側説明の95%に比べ低い除去率であり、設備の安定性・管理面で検討が必要と考えられる。
6. 水銀含有排水を中和することで、水銀濃度が高くなっている点が不明である。

表 1.4.14 FT 設備関連の補足分析結果 (水銀)

分類	調査地点	地点記号	調査日	気温	水温	流 量		T-Hg	M-Hg	pH	SS	BOD5	COD-Cr		
				℃	℃	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /a	μg/L			mg/L	mg/L	mg/L		
有機化学 (FT設備)						8,000 H/a									
中和池入口	FS-19	平均			57.65	0.012	345,600					15,864			
		FS-19-混						5,950		3.06	29.12		26,208		
		FS-19-1	98.4.14	18	59.6	0.007							20,018		
		FS-19-2	↓	21	68.3	0.006									
		FS-19-3	98.4.15	23	48.6	0.019							16,071		
		FS-19-4		19	59.4	0.013								11,502	
		FS-19-5		13	57	0.011									
沈澱池入口	FS-20	平均			40.6							7,964			
		FS-20-混						8,100		6.06	14.75		11,990		
		FS-20-1	98.4.14	18	39.6								6,204		
		FS-20-2	↓	21	46.6										
		FS-20-3	98.4.15	23	32.1								10,379		
		FS-20-4		19	42.3										
		FS-20-5		13	38								7,308		
FT 装置出口	FS-21	平均			38.3							8,782			
		FS-21-混						1,150		6.66	6.62		13,628		
		FS-21-1	98.4.14	18	37								7,138		
		FS-21-2	↓	21	45.5										
		FS-21-3	98.4.15	23	32.4								11,548		
		FS-21-4		19	38.8										
		FS-21-5		13	43								7,661		
有機化学総排出	総排出口	FS-13	平均			22.77	1.04	29,952,000				149.23			
			FS-13-混						99		7.04	59.1		366.91	
			FS-13-1	98.4.14	18	24.8	1.1							148	
			FS-13-2	↓	21	23.9	1.07								
			FS-13-3	98.4.15	23	22.4	0.99							200	
			FS-13-4		19	24	1.07								
			FS-13-5		13	21	0.88							100	
	FS-13-6		12	20.5	1.13										
	動力工場	FS-14	平均			16.33	0.029	830,400					174.92		
			FS-14-混							7.03	37.5		245.57		
			FS-14-1	98.3.8	16	18	0.029							97	
			FS-14-2	↓	18	18	0.035								
			FS-14-3	98.3.9	13	18	0.029							143	
			FS-14-4		12	16	0.036								
			FS-14-5		12	15	0.021							285	
	FS-14-6		8	13	0.023										
	切削工場	FS-15		98.3.9	14	18	0.017	498,240			11.44		14.24	59.26	
	合成工場	FS-17		98.3.9	14	63	0.006	181,440			2.48		374.64	360.83	
	溶剤工場	FS-18		98.3.9	15	22	0.002	43,200			10.29		1,812.94	197.6	
	発電所														
	李官	M-1		98.3.14	11	10			0.01		8.05	3.6	1.01		
				98.7.07	25.5	21.2			0.025	N.D	8.26	13.5	3.50		
		修文	M-2		98.3.14	10.5	10			0.01		8.11	2.5	0.79	
				98.7.07	25.6	23.2			0.057	0.0065	8.40	10.5	4.16		

7. 水銀含有排水が流れる朱家河系統の排水量に関しては、系統の各工場及び工場総排出口の各排水量が工場側の説明と大幅に異なる測定結果である。総排出口の水量で水銀濃度がほぼ基準値を下回る説明があったために、朱家河系統に排出する工場及び排水量を正確に確認することが重要である。
8. 百花湖下流域にある発電所ダム湖の水質中の水銀汚染は見られない。

## 1.5 被害の状況

有機化学総工場で水銀を使用したアセトアルデヒド・酢酸生産に伴って排出される水銀は、工場総排出口から灌漑水路を経て百花湖上流に排出されている。このため、灌漑水路・百花湖の底質及び水路周辺の水田に残留水銀があり、また作業環境への汚染となっている。これらが原因と考えられる次のような被害の報告がされている。

- 百花湖の魚類の総水銀量は0.276－0.476ppm（1983年12月調査）で中国の食品魚水銀含有量（0.3ppm）を越えている
- 産米からも微量の水銀が検出されたことにより、省政府は稲作を中止し麻への作物転換を指導した（現在も稲作が続いている）
- 工場従業員に無機水銀中毒の症状が出ており、頭髮が抜けたり歯牙が茶褐色になるなどし、定期的に加療・療養休暇を取っている。しかし、工場側からは無機水銀中毒の症状は認められていないが、担当職場の従業員の健康診断を表1.5.1のように行ったとの説明があった

表 1.5.1 酢酸職場の健康診断及び投薬治療人数

年	93	94	95	96	97	合計
対象人数	95	98	92	96	94	475
投薬加療	20	19	18	19	0	76
割合%						

出典：98/6 有機化工総工場

さらに、前述した汚染地区内を調査した結果、農民等から次のような被害状況が説明された。

- 飲料用井戸が汚染のため使用できなくなり、現在は灌漑用にだけ利用している（山背后／新寨北）
- 酢酸工場操業開始後、産米が黒くなった（山背后）
- 年に数回、灌漑水路の水が泡立ち、酢酸臭が強くなる。これを飲んだ家畜が死んだ経験がある。（新寨北）

## 1.6 水銀に関する基準

### 1.6.1 水銀に関する中日の基準

現在、中国には土壌に関する規制がないため、入手資料には土壌基準値は含まれていない。下記に、入手のできた各種基準値と、参考として日本の基準値をまとめた。

表 1.6.1 水銀類に関する各種基準一覧

	基準	項目	基準値		
中国	生活飲用水水質基準	水銀	0.001 mg/L		
	地表水水質基準	I類	総水銀	0.00005 mg/L 以下	
		II類	総水銀	0.00005 mg/L 以下	
		III類	総水銀	0.0001 mg/L 以下	
		IV類	総水銀	0.001 mg/L 以下	
		V類	総水銀	0.001 mg/L 以下	
	海水水質	第1類	水銀	0.0005 mg/L	
		第2類	水銀	0.0010 mg/L	
		第3類	水銀	0.0010 mg/L	
	漁業水質 (試行)	水銀	0.0005 mg/L 以下		
	灌漑水質	1類	水銀とその化合物	0.001 mg/L 以下	
		2類		0.001 mg/L 以下	
		2類-緑化地		0.005 mg/L 以下	
	放出基準		総水銀	0.05 mg/L	
			アルキル水銀	不検出	
農地散布汚泥	土壌 pH<6.5	水銀とその化合物	5 mg/kg-dry		
	土壌 pH>6.5	水銀とその化合物	15 mg/kg-dry		
日本	水質汚濁に係わる環境基準	総水銀	0.0005 mg/L 以下		
		アルキル水銀	不検出		
	排水基準	水銀とその化合物	0.005 mg/L 以下		
		アルキル水銀化合物	不検出		
	土壌汚染に係わる環境基準	総水銀	0.0005 mg/L 以下		
		アルキル水銀	不検出		
		汚染概況判断基準	総水銀	0.0005 mg/L 以下	
			アルキル水銀	不検出	
		含有量参考値	総水銀	3 mg/kg-dry	
		対策範囲設定基準	溶出量 I	総水銀	0.0005 mg/L 以下
				アルキル水銀	不検出
	溶出量 II		総水銀	0.005 mg/L 以下	
			アルキル水銀	不検出	
	地下水質評価基準	総水銀	0.0005 mg/L		
		アルキル水銀	不検出		
底質の暫定除去基準	総水銀	25 mg/kg-dry			

## 1.6.2 水銀汚染判断をする評価基準の設定

本調査では水（湖水・河川水・井戸水）と土（土壌／底質）を対象として、その水銀汚染に関する把握・対策を行う。そのためには評価（目標）基準を設定することが必要だが、中国においては土（土壌／底質）に関する基準が制定されていない。

一方、日本の規制では、水銀に関しての基準値は前述の表に示した通りであり、特に土壌についての判断基準は溶出基準が適用される。溶出量と含有量の関係については、土壌の性状により様々であり、定量的な関係が認められない。しかし、土壌環境に負荷される有害物の量（含有量）は、負荷の経時的把握も可能であり、土壌中の汚染物質の除去対策には含有量の正確な測定が不可欠である。このため、環境基準には、対策を講じようとする場合には、含有量分析値結果に基づき評価できるように、含有量参考値が記載されている。底質に関しての基準は含有量にて規制がされている。

本調査における目標値の設定は次のように進めることとする。

- 水銀汚染に関して早急な解決は難しく、中国側では 1980 年代より独自に調査を開始し、今後も継続を続けることも必要であるために、前述したように負荷の経時的把握が容易な含有量により判定する方法を採用する
- 最終目標は全て中国基準で判断されるべきであるが、あまり目標として高く設定されている基準を対象とすることは現実的でないと思われるので、本調査では暫定目標を設ける
- M-Hg は本調査で新たな分析機器を使用し、分析手法も以前のデータとの関連を取ることが困難であるために、今後の課題として検討の対象外とする。

従って、本調査での基準値として以下の値を目標基準値として設定するが、今後中国側でも研究を継続し、評価基準および方法を検討ことが望ましいと考える。

表 1.6.2 本調査における水銀汚染の評価基準案

分類	対象箇所	対象物	評価値
水	河川／湖水／地下水	総水銀	0.0005 mg/L 以下
	放出基準	総水銀	0.005 mg/L 以下
土	農用地土壌	総水銀	3 mg/kg-dry 以下
	底質	総水銀	25 mg/kg-dry 以下

なお、土壌や地下水の汚染は世界的にも問題となっている。このため欧米においても汚染防止や浄化の技術開発、規制の強化などにも取り組んでいる。

アメリカでは包括的環境対策、補償及び責任に関する法律、通称「スーパーファン



ド法」が施行されている。ドイツでは連邦の循環経済・廃棄物法と、一部の州で制定されている土壤保護法によって規制されている。オランダでは 1982 年に暫定土壤浄化法が制定され、1986 年に土壤保全法を制定した。これは 1994 年に改正されて、さらに規制や罰則が強化されている。このように土壤汚染の防止に関する規制が欧米で進められているなか、参考として現在入手できた国々の土壤に関する水銀基準値を示すが、すべて含有量表示である。

表 1.6.3 土壤/地下水に関する各国の水銀基準

国名	基準値/区分等	土 mg/kg-dry	地下水 μg/L	備考
旧ソ連	土壤中の衛生標準	2.1		
オランダ				Dutch List
	A基準値	0.5	0.2	A値以内は汚染なし、以上は初期調査必要
	B基準値	2	0.5	B値以上であれば詳細調査必要
	C基準値	10	2	C値以上は浄化必要
ドイツ				Berlin List
	介入基準値			基準値以上で浄化必要
	I (a)	0.5	1	1 飲料水涵養地
	I (b)	0.5		子供公園等汚染影響の大きい地域
	II	1	2	2 米河により形成された渓谷
	III	10	3	3 台地
	浄化基準値	0.25	1	1 浄化の際に達成すべき濃度レベル
英国				
	境界値			汚染判断値で、以上では詳細調査必要
	庭/家庭菜園	1		
	公園/野外運動場	20		
	アクション値			以上で早急な浄化必要
	全ての土地	要検討		
フランス				
	バックグラウンド値	1		以上で概略調査必要
	調査基準値	2		以上で詳細調査必要
	処理基準値	3		以上で汚染状態と判断し、浄化必要
	緊急処理基準値	10		以上で深刻な汚染状態で、早急な浄化必要
カナダ				
	評価基準値	0.1	0.1	バックグラウンド値又は分析下限値
	浄化基準値			自然・人間の健康を保護するための一般値
	農地	0.8		
	住宅地/公園	2		
	商業地/工業地	10		
	淡水水生生物		0.1	
	家畜用水		3	
	飲料水		1	
米国 (ニュージャージー州)				
	浄化基準	1	2	
オーストラリア				
	バックグラウンド値	0.001-0.1		
	調査基準値	1		詳細調査要否判定

## 1.7 水銀汚染範囲

水質／土壌／底質の水銀汚染に関する既存調査データ及び補足調査結果のうち、各分析箇所の高濃度値を有機化工総工場からの流れに沿った地点毎に表にまとめ、暫定基準の超過判定を行い、更に汚染範囲を図に示した。

汚染範囲について以下にまとめた。

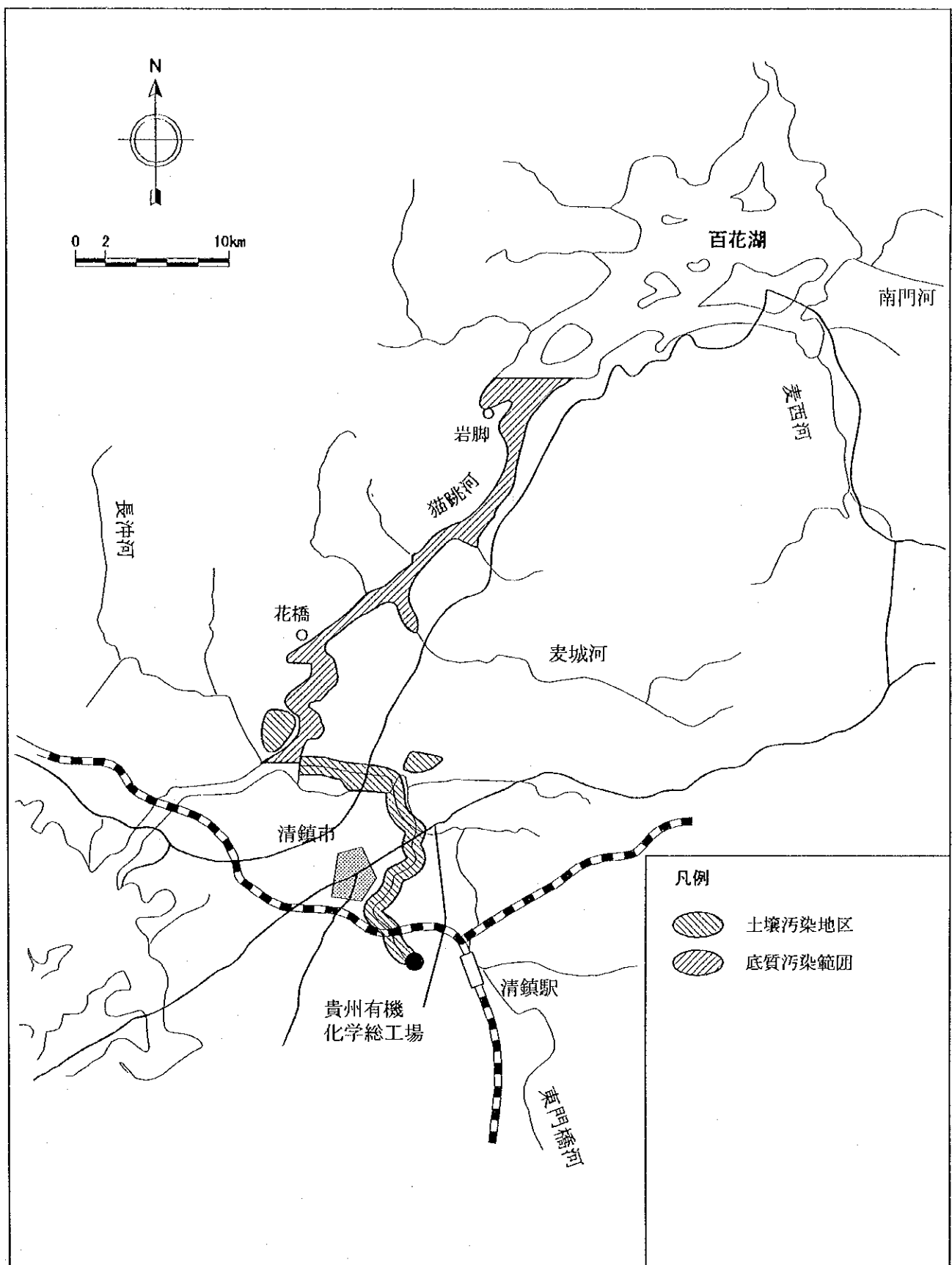
1. 灌漑水は暫定値を越えており、その影響により百花湖水質からも水銀が検出されている。灌漑水／河川水の水質は工場から水銀の流出が無くなれば、早急な回復が期待できる。
2. 井水に関して汚染は認められなかった。しかし、一部の採取箇所でも M-Hg が検出されているので今後の追跡調査は必要である。
3. 水田土壌に関して、灌漑水路周辺地区全域で暫定値を越えており、特に補足調査で数百 ppm の濃度が検出され得た地区には、早急な対策が必要である。
4. 北門電站地区の土壌は、既存のデータからも上流部より水銀濃度が高い傾向にある。灌漑水路末端のために水路の底質が多く水田に流入しているためと思われる。さらに灌漑水路から流れ出た底質により、百花湖中流部である花橋、岩脚築までの区間で暫定基準を越えた底質が検出されている。
5. 有機化工工場内でも暫定基準を越える土壌が検出された。このため、現在の酢酸工場を廃止した後の土地利用についても、水銀対策を行う必要がある。



表1.7.1 T-Hgによる暫定基準の超過判定

地域/地点名称		山背后	青竜	新寨	花園	地質隊	五顆墳	北門電站	青山坡	花橋	岩脚寨	李官ダム	修文ダム	酢酸設 備周辺
工場からの距離(代表地点)		0-0.2	1.1	3.15	4.36		5.16	6.73	7.11	9.38	18.91	下流		
調査名称		灌溉水路												
水質	河川水等暫定値	0.5 μg/L												
	①	184	27.5	23.4	1.6		1.9		1.5					
	②	8.7	6.5	5.1	2.8		2.2	3.5						
	③	2.2	3.7	4.5				0.6		0.025	0.025			
	④	0.015		0.027						0.060	0.047			
	⑤	99										0.025	0.057	
	評価	●	●	●	●		●	●	●	▽	▽	▽	▽	
井水	暫定値	0.5 μg/L												
	⑤	0.025		0.088	0.025	0.025	0.110		0.117					
	評価	▽		▽	▽	▽	▽		▽					
土壌	水田土壌暫定値	3 mg/kg-dry												
	①	671	21.7	132	5.8		3.5		0.7					
	②	299.3	87.2	64.5	16.4	2.0	8.4	24.2	2.6					
	④	164.4					12.9							
	⑤	557.1	723.7	177.8	313.1	7.5	56.9	100.5	65.5					90.9
	評価	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
底質	底質暫定値	25 mg/kg-dry												
	③	57.4	60.8	85.9				48.7		62.1	26.1			
	④	324.5		48.5						1.5	19.4			
	⑤											3.76	2.61	
	評価	●	●	●	●			●	●	●	●	●	▽	▽

注1: ①中国第1次、②中国第2次、③OECC調査、④国水研調査、⑤補足調査

注2: ●暫定値超過地区、▽暫定値以下の地区



- 凡例
-  土壤汚染地区
  -  底質汚染範圍

猫跳河（紅楓湖・百花湖）流域環境総合対策計画調査	中華人民共和国 貴州省科学技術委員会 貴州省環境保護局	国際協力事業団
図1.7.1 水銀汚染区域図		セントラルコンサルタント(株) 千代田デイムス・アンド・ムーア(株)

## 1.8 水銀汚染対策

### 1.8.1 現在まで実施された対策

水銀含有排水を排出以来、水銀汚染に関する実施された対策は次の通りである。

#### [工場内]

- FT 活性炭吸着設備の設置（中国の基準に達していない。）
- 無機水銀中毒症状の出ている工場従業員に対する加療・療養休暇

#### [工場外]

- 省政府による一部地域での稲作から麻への作物転換指導（実行されていない。）

### 1.8.2 対策技術の方向

土壌・地下水汚染の修復は、汚染物質を取り除くことや分解・無害化する方法がある。これらの技術について以下の分類で対策の検討を行う。

- ① 拡散防止
- ② 汚染物質の除去・分離
- ③ 汚染物質の分解・無害化
- ④ その他

## 2 工場周辺地域の水銀収支

### 2.1 酢酸製造と水銀収支

これまで収集した各種資料を整理し、工場周辺地域の水銀収支を推定した。酢酸生産量と触媒として使用した水銀量および工場側で排水中に流失したとした水銀量を図 2.1.1 に示す。図で明らかなように使用水銀量と流出水銀量との差の大部分が確認できていない。

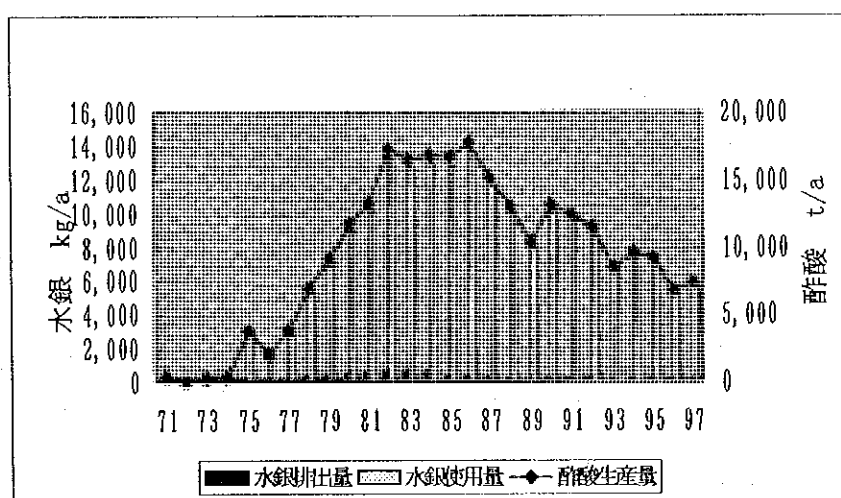


図 2.1.1 酢酸生産量と水銀収支

### 2.2 工場周辺地域の水銀収支

工場周辺地域の水銀量は次の前提で推定した。

#### 2.2.1 工場内水銀収支

①酢酸生産量 (1971-1997) : 252,676 t

②水銀使用量 (1971-1997) : 194.6 t [0.77kg/t-HAc]

#### ③水銀排出量結果

- ・ 大気 : 1.2 t [水俣で発表された論文より算出]
- ・ 製品 : 不明
- ・ FT 設備通過対象排水 : 6.0 t
- ・ 汚泥 : 60.0 t
- ・ 未確定水銀量 : 127.4 t

\*工場周辺への排出水銀量 = 1.2 + 6.0 + 127.4 = 134.6 t

### 2.2.2 工場外水銀収支

工場外の水銀量は次の前提により推定した。

1. 水田水銀濃度は、補足調査の平均値を採用した。したがって、各地区の代表値ではない。
2. 水田面積は中国第2次調査を基に、その後、水田から他の用途に変更した面積を除いた。
3. 汚染水田深度は、「本調査」の最大調査深度45cmに1割を加え50cmとした。
4. 灌漑水路底質水銀濃度は、OECC調査結果を使用した。
5. 水面面積は灌漑水路では、水路幅を1.5mと仮定した。
6. 総排出口から東門橋までの区間の灌漑水路底質厚は、30cmとした。
7. 東門橋から電站までの区間の灌漑水路底部は石またはコンクリートであり、水路周辺には底質を定期的にくらい上げた跡があるために、底質は蓄積していないものとした。
8. 電站から岩脚寨まで間の底質水銀濃度は、OECC調査結果を使用した。
9. 老馬河（百花湖）の底質測定資料は無いことより、この区間の量は計算しない。
10. 「本調査」で有機化学総工場敷地土壌を数点測定した結果、汚染が危惧されるが、工場内敷地データが少ないので検討対象外とした。
11. 背景値は本調査の目標値とした。

以上の前提より推定した結果を以下に示す。なお、詳細は表2.2.1の通りである。

①水田土壌中の水銀量	:	142.6 t
②灌漑水路底質中の水銀量	:	0.1 t
③電站－岩脚寨間の底質水銀量	:	6.6 t
④大気中に放出した水銀量	:	1.2 t
合計	:	150.4 t

なお、工場敷地内及び検討対象地域の底質に含まれる水銀量と、この地域を通過した後の河川水または灌漑水中の水銀量、地下水の水銀量はこれに含まれていない。

表 2.2.1 工場外水銀量

		面積	深度	土量	比重	土の重量	水銀濃度	水銀量
		ha	m	m <sup>3</sup>		t	mg/kg	t
灌 漑 水 路 周 辺 水 田 土 壌	山背后	5.4	0.5	27,000	1.6	43,200	389.4	16.8
	青竜	8.5	0.5	42,500	1.6	68,000	412.0	28.0
	新築	28.2	0.5	141,000	1.6	225,600	91.1	20.5
	花園	52.2	0.5	261,000	1.6	417,600	151.7	63.4
	地質隊	18.6	0.5	93,000	1.6	148,800	7.5	1.1
	五願墳	44.9	0.5	224,500	1.6	359,200	24.5	8.8
	電站	3.5	0.5	17,500	1.6	28,000	100.5	2.8
	青山	16.1	0.5	80,500	1.6	128,800	41.6	5.4
	小計 1	177.4	0.5	887,000		1,419,200		146.8
	背景値	177.4	0.5	887,000		1,419,200	3.0	4.3
差-1								142.6
底 質	灌漑水路	0.47	0.3	1,418	1.6	2,268	50.0	0.1
	電站-花橋	48	0.3	144,000	1.6	230,400	50.0	11.5
	花橋-岩脚	169	0.3	507,000	1.6	811,200	26.0	21.1
	小計 2	217		651,000		1,041,600		32.6
	背景値	217		651,000		1,041,600	25.0	26.0
	差-2							6.6

推定した水銀量 150.4t は、排出したと想定される水銀量 134.6t の 112%であり、この推定値は測定精度等を考慮すると妥当なものと考えられる。

なお、工場排出量との差が生じた理由として、

- 工場で水銀を使用するアセトアルデヒドの生産は酢酸以外にも行っている可能性が高い。
- 各地点の水銀濃度は同一時期のデータではない。

等が考えられる。

以上の水銀収支を図 2.2.1 にまとめた。



[単位: t]

- 前提:
1. HAC生産量 252.676t (1971-1997)
  2. HAC水銀使用原単位 0.77 kg/t  
[ペンシロトール等酢酸以外を生産する時の水銀使用量は不明]
  3. 排水中への水銀流出量(71-84) 0.0037 kg/t
  4. 排水中への水銀流出量(85-97) 0.0015 kg/t
  5. 大気中の水銀量算出(水銀での発致報告書)
    - ①排水中Hg  $0.12 \times 10^{-6}$  t/a
    - ②Hg含量 3-8 ppm
    - ③HAC生産量  $3\text{ppm} \times 0.12 \times 10^{-6} \text{t/a} \div 0.0037 \text{kg/t} = 9,730 \text{t/a}$
    - ④排気ガス量  $0.24 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{a}$
    - ⑤同上Hg含有量 0.2mg/m<sup>3</sup>
    - ⑥HAC生産量当りのHg量  $0.2 \times 0.24 \times 10^{-6} \div 9,730 = 5.0 \text{mg/t}$
    - ⑦Hg量  $5.0 \times 252.676 = 1.2 \text{t}$

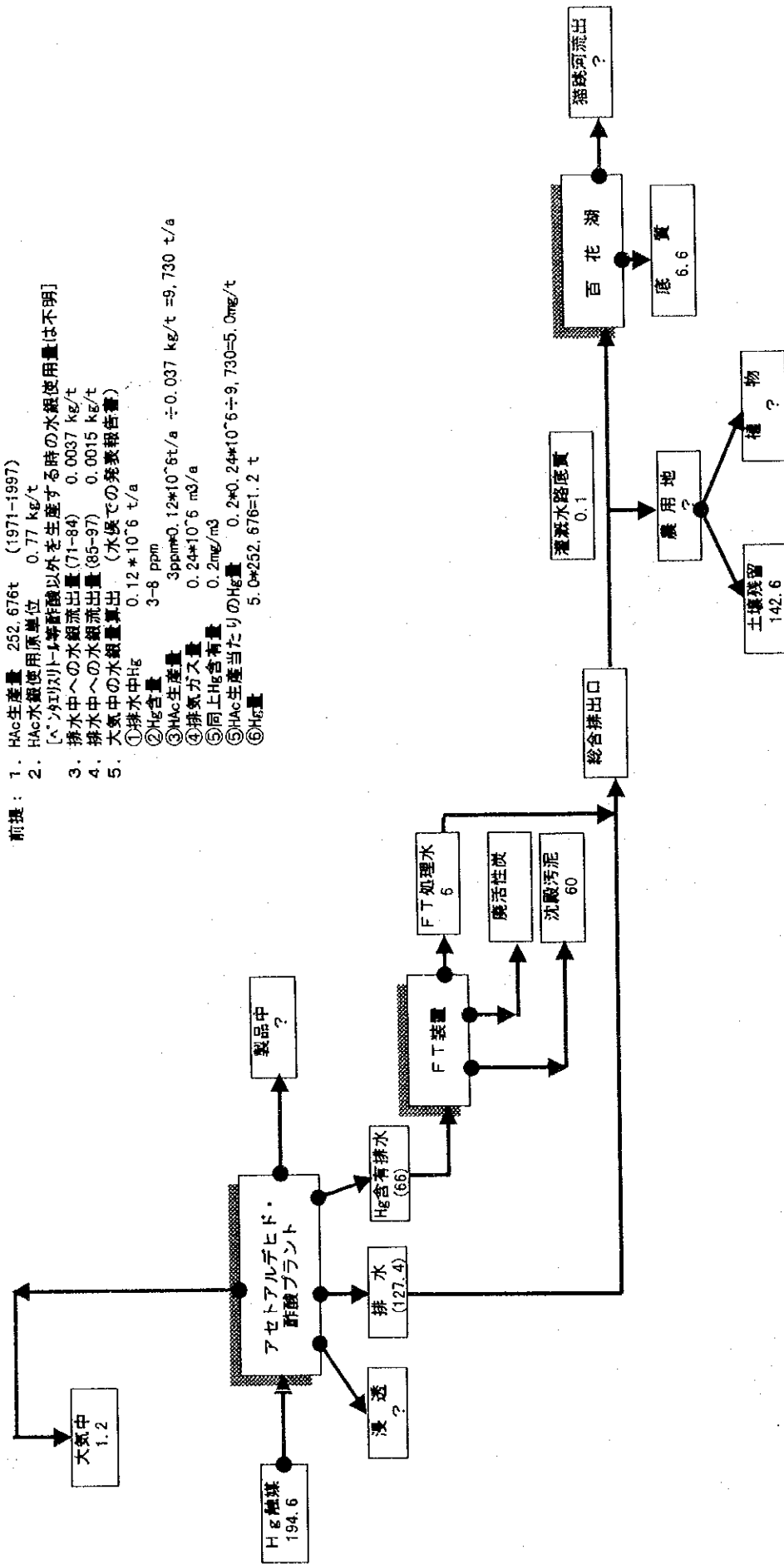


図2.2.1 有機化学総工場・周辺地域 水銀総合収支

### 3 将来予測

#### 3.1 水銀排出量

##### 3.1.1 現在までの水銀排出量

1971年から1997年の27年間で水銀法による酢酸は256,676t生成され、使用された水銀は194.561t、排水中に含有する水銀は6.025tである。さらに、排水及び汚泥に含まれる以外の未確定水銀が133.559tと使用量の約70%弱ある。

##### 3.1.2 今後の水銀排出予想量

水銀法酢酸製造設備の公称能力は6,000t/yであり、96/97年の生産量は6,763/7,363t/yであった。本設備は2000年に停止を予定しており、1998-2000年の3年間に酢酸生産量を18,000t(6,000t/y×3年)と仮定すると、水銀排出量は次のように推定される。

• FT設備設置後の酢酸生産量	:	151,108t
• 水銀使用量	:	116.352t
• 排水中の水銀排出量	:	2.266t
• 3年間の水銀使用量	:	13.86t
• 3年間の排水中の水銀排出量	:	0.27t
• 1971-2000年で排出される水銀量	:	6.295t (6.025+0.27)

#### 3.2 既存の水銀汚染実態及び経過

##### 3.2.1 事例1：第2松花江<sup>1</sup>

###### (1) 汚染の概要

第二松花江流域における水銀の主な汚染源は、化工部吉林化学工業公司である。多年にわたり第二松花江へ放出している水銀総量は総計100t以上である。その中で、カーバイド工場酢酸工場アセトアルデヒド工程は1958年に操業を開始し、1966年に増設した。アセトアルデヒド工程は硫酸水銀を触媒として使用し、その使用量は約400tであり、1958-1982年の間に放出した水銀総量は約113tである。

70年代末には、鉄屑、銅屑で還元し活性炭濾過法で排水の処理をするようになり、排水中の水銀量は減少した。さらに、1982年にエチレン酸化法によるアセトアルデ

<sup>1</sup> 出典：“科学研究”1992年3月

ヒド生産法に切り替えたことにより、水銀の排出を止めることが出来た。このために、第二松花江の最大汚染源が絶たれた。1988年、停止した設備は貴州省へ運び、水銀法によるアセトアルデヒド生産が行われるようになった。

- 1958年 : 水銀触媒によるアセトアルデヒド工場操業を開始
- 1970年代末 : 排水中の水銀処理設備設置
- 1982年 : 水銀法による製造停止 (水銀排出止まる)

## (2) 汚染の経過状況

### ① 排水

工場排出口付近の排水中の水銀含量推移は次の通りであり、水銀処理設備設置及び水銀含有排水の排出停止により汚染度合いは大幅にさがった。

- 76年以前 : T-Hg 55  $\mu$ g/L (地表水Ⅲ類標準の549倍以上)
- 70年代末 : T-Hg 11.5  $\mu$ g/L (最大値)
- 88年 : T-Hg 0.23  $\mu$ g/L (最大値)

### ② 沈殿物 (底質)

工場排出口付近の底質中の水銀 (全/メチル) 含量推移は次の通り、排水と同様に水銀除去設備及び水銀排出停止による効果が見られる。

しかし、全水銀より溶解度の高い M-Hg のデータであり、全水銀の減少も予想されるが、その動向は明確に把握することは出来ない。

- 76年以前 : T-Hg 100.6mg/kg
- 82年 : M-Hg 0.1mg/kg
- 83年5月 : M-Hg 0.01mg/kg

### ③ 魚類

第二松花江流域は食用魚類 (草魚、鯉、鯰、鮒等) の水揚げが多い漁場であった。流域に位置する“扶余県”の漁獲高は1959年1,200トが1964年75%、1974年91.67%、1977年98.33%と水銀によると思われる影響により減少した。中国衛生標準での水銀含有量は0.3mg/kgであり、第二松花江で獲れた各種類の魚類の平均水銀含有量は次の通りである。

- 76年以前 : 0.74mg/kg
- 76年 : 0.85mg/kg (鮒)
- 77-82年 : 0.5mg/kg

- 83年                   0.4mg/kg
- 88年                   標準値以内

### 3.2.2 事例2：水門川<sup>2</sup>

1924年から1964年に至る40年間、水銀触媒を用いたアセトアルデヒドを製造してきた工場が岐阜県にも存在し、当該工場がこの間に排水を通して外部へ排出した水銀総量は、約3tと推定された。水銀含有排水は、水門川を経て牧田川、さらに揖斐川に流入する。

#### (1) 水質

工場排出口より約6km下流地点で、水銀排出停止後5年に当たる69年から73年に亘り毎月一回採水分析した結果、全てが検出限界(0.5μg/L)以下であった。

#### (2) 底質

底質調査は水銀排出停止後10年に当たる74年から77年に亘り4年間測定を行った。測定箇所5ヶ所のうち水質測定と同一箇所での経年変化からは、年月による減少傾向が見られた。

表3.2.1 水門川底質水銀経年変化

測定年月	74/5	75/4	76/5	77/5
T-Hg(μg/L)	24	84	42	7.9

底質調査における水銀濃度経年変化で次の点が認められた。

- 当該地区の降雨量(河川水量)と密接な関係がある。
- 当該地区の底質の水銀は極めて難溶性であり、溶出に起因する濃度変化は認められなかった。

<sup>2</sup>出典：“水質汚濁研究”(1983)

### 3.3 調査地区地区の水銀汚染予測

#### 3.3.1 水質

灌漑水路の水質は  $184 \sim 1.5 \mu\text{g/L}$  であり地表水水質基準Ⅱ類  $0.05 \mu\text{g/L}$  の  $3,680 \sim 30$  倍の値となっている。吉林の測定結果をもとに、調査地区において水銀含有排水の排出停止後における濃度を推定すると下記のようになる。

吉林での T-Hg の濃度推移は  $11.5 \mu\text{g/L}$  (1970 年代後半) から  $0.23 \mu\text{g/L}$  (1988 年) となっており、その減少率は、

$$0.23 \div 11.5 = 2 (\%)$$

である。

この減少率を調査地区に適用すると、将来の調査地区の水銀濃度は、

$$1.5 \times 2 (\%) = 0.03 (\mu\text{g/L})$$

となり、2000 年に水銀含有排水の排出が止まれば、10 年程度で基準を満足できる可能性がある。

#### 3.3.2 土壌/底質

灌漑水路および湖水の底質に関しては、前述の調査結果から河川水ほど急激な減少は期待できないが、減少傾向が予想される。

水田土壌は、灌漑水中の水銀含有量が大幅に減るために、現在以上の汚染は進まないが、改善も余り期待できない。従って、水銀に汚染された水田土壌は、強制的に排除する必要がある。特に、補足調査結果で数百 ppm を検出した地区については、汚染範囲・程度を明確化するための詳細調査を早急に実施した上、物理・化学的処方による対策を進める必要がある。

## 4 水銀汚染対策

猫跳河流域では、有機化学総工場の水銀を触媒とした酢酸製造の排水により、河川水、地下水、水田土壌、水域の底質が水銀に汚染されてきた。酢酸の製造は水銀を使用しない方法に転換する計画であり、今後、新たな汚染は生じないと考えられる。したがって、ここでは水域の底質、水田の土壌、地下水を対象範囲として残留水銀の汚染対策を検討する。

### 4.1 汚染規模

#### 4.1.1 地下水

工場排水による地下水汚染については、工場周辺の井戸水の調査結果によると総水銀は 0.000025~0.00012mg/L の範囲であり、これは中国の地下水水質類型が自然の状態であるⅡ類の 0.0005mg/L 以下で特に問題とならない。したがって、地下水については、工場内を除くと特に汚染されているとはいえない。

#### 4.1.2 土壌/底質

土壌/底質の汚染範囲は、これまでの各種調査結果から推定すると、土壌については灌漑水路周辺の水田、底質については灌漑水路と老馬河である。用いた資料が限られていることより、さらに正確な汚染状況を把握するには、今後詳細調査を行う必要がある。

表 4.1.1 汚染面積と汚染土量の推定

地区名	山背后	青竜	新寨	花園	地質隊	五顆墳	電站	青山	百花湖	
位置名称	総排出口	青竜橋	東門橋	水路橋	受槽	雲鼎道	電站	青山	花橋	岩脚寨
距離(m)	0	1,100	3,150	4,360		5,160	6,730	7,110	9,000	18,530
水田面積(ha)	5.4	8.5	28.2	52.2	18.6	44.9	3.5	16.1	(計: 177.4)	
土量(m <sup>3</sup> )	27,000	42,500	141,000	261,000	93,000	224,500	17,500	80,500	(計: 887,000)	
水銀濃度(最高)	557.1	723.7	177.8	313.1	7.5	56.9	100.5	65.5		
水銀濃度(平均)	389.4	412.0	91.1	151.7	7.5	24.5	100.5	41.6		
水面積(ha)	6.7km × 1.5m = 0.01km <sup>2</sup> = 1ha (灌漑水路)								48	169

注：水銀濃度単位は[mg/kg-dry]、また、補足調査結果から水銀濃度(最高)はその地区の最高濃度、(平均)はその地区の平均濃度を示す。

汚染面積と土量は表 4.1.1 に示すように、灌漑水路に沿って工場から約 5km の区間である山背后、青竜、新寨の 3 地区と花園の一部地区の汚染程度が非常に高い。さ

らにその下流の汚染も高い。

非常に汚染程度の高い3地区および花園の一部地区の面積、汚染土量は次の通りである。

$$\text{面積} = 5.4 + 8.5 + 28.2 + 17.4 = 59.5 \text{ ha} \rightarrow \text{約 } 60 \text{ ha}$$

$$\text{土量} = 60 \text{ ha} \times 0.5 \text{ m} = 300,000 \text{ m}^3$$

## 4.2 修復技術の動向

水銀に汚染された土壌と地下水の修復技術について、現在調査研究が行われていることより、その動向を調査した。

### 4.2.1 日本での現状

1994年11月に環境庁から出された「重金属等に係わる土壌汚染調査・対策指針」では、水銀及びその化合物、アルキル水銀化合物、カドミウム及びその化合物、シアン化合物等を対象とした土壌汚染の調査及び処理対策についての処方が示されている。

適用される対策技術は対象物質により異なるが、不溶化処理（化学的処理又は固形化剤）と遮断工（コンクリートを用いた遮断槽への封じ込め）の組合せ、不溶化処理と遮水工（不透水シート、粘土、鋼矢板、コンクリート地中壁）及び覆土・植栽の組合せ、遮水工と覆土・植栽工・舗装工などとなっている。即ち、汚染媒体の除去と汚染拡散防止の組合せが基本である。

### 4.2.2 世界の修復技術

汚染の修復・浄化対策に関して最先端に位置するアメリカにおいても、1980年にスーパーファンド法が制定されてから本格的に取り組みそして技術開発が行われるようになった。アメリカを中心とした重金属汚染の修復・対策技術の動向を表に示す。

表 4.2.1 重金属を対象とする修復技術

浄化技術原理	処理工法	処理技術名	浄化対象物質	処理能力と処理コスト	技術の特徴	技術開発会社	技術完成度	
封じ込め	遮断壁による封じ込め	コンクリート壁	土壌、スラッジ、全般		掘削、コンクリート		A	
	固化/安定化	高分子シート壁	Bipolymer Deep Drainage Trench	土壌、スラッジ、全般	50-80m <sup>3</sup> /d 15-45千円/m <sup>3</sup>		Geo-Con Inc.	B
		原位置固化/安定化	DCM System/HWT Fixation Process	汚染土壌 (金属、SVOCs、PCB)	110-200\$/t	固化剤/水混合	Geo-Con Inc./ International Waste Tech.	C
	Soil-cement mixing wall		汚染土壌 (金属、SVOCs、PCB)	80-130m <sup>3</sup> /8hr	固化剤調整	S.M.W.SEIKO Inc.	F	
	物理/化学 固化/安定化	Chemical Fixation/ Stabilization Process	汚染土壌、スラッジ (金属、PCB、有機物)	400t/d 79\$/t	掘削、固化後の養生	Chemifix Technologies Inc.	B	
		Solidification/ Stabilization Process	汚染土壌、スラッジ (有機物、重金属、油脂)	40-60\$/t	掘削	Entech Environmental Services Inc.	D	
		Soliditech Solidification/ Stabilization Process	汚染土壌、スラッジ (有機・無機物、金属、油脂)		掘削、篩い分け	Soliditech Inc.	D	
		FIXEX Chemical Fixation Process	汚染土壌、スラッジ (低濃度金属、有機物)		掘削、冷却 (石灰+化学物質)	Separation Recovery Systems Inc.	F-G	
		Solidification/ Stabilization Process	汚染土壌 (有機物、無機物)	200\$/yd <sup>3</sup>	シリカ系固化剤	Silicate Technology Corporation	F	
	分解/封じ込め	原位置固化/熱分解	In Situ Vitrification (ISV) 原位置ガラス固化	汚染土壌 (金属、殺虫剤、PCB)	max. 1,000t 350-450\$/t	Off-gas処理	Battelle Pacific / Geo-Safe Co.	D
分解	焼却	可搬式ロータリーキルン	Mobile / Transportable Rotary Kiln	汚染土壌、スラッジ	費用は焼却物質、焼却量等で変化大きい	掘削、破碎、残渣処理	B	
	有機物の焼却/金属ガラス固化	Cyclone Furnace	汚染土壌、スラッジ (有機物+重金属)		掘削 Synthetic Soil Matrix の添加	Babcock & Wilcox Co.	F	
		ガス化分解	Entrained-Bed Gasification	汚染土壌、スラッジ (有機物、無機物)		掘削 スラリー給付 ガラス状スラッグ処理	Texaco Syngas Inc.	F
	熱分解	燃焼 溶融 ガラス固化	Vortec Oxidation and Vitrification Process	汚染土壌、スラッジ (有機物+重金属)	Pilot Plant 20t/d	掘削	Vortec Corporation	G
	プラズマアーク ガラス固化	Plasma Arc Vitrification	汚染土壌、汚染液体 (有機物、金属)	200L/回 反応時間瞬時	掘削、排ガス処理	Retec Inc	F	
	焼却+金属安定化		汚染土壌 (有機物、金属)		掘削	PSI Technology Company	G	
バイオレメディエーション	原位置処理	In Situ Bioremediation	汚染土壌 (水銀)			Oak Ridge Research Institute	G	
分離	土の洗浄	塩酸洗浄	Acid Extraction Treatment System	汚染土壌 (重金属、有機物)	20t/h Pilot Scale	掘削、篩い分け、酸洗浄、排水からの抽出	Center for Hazardous Material Research	G
	蒸気分離+塩酸洗浄	Batch Steam Distillation and Metal Extraction	汚染土壌 (有機物、無機物、金属)				IT Corporation	G
	超純水洗浄+オゾン触媒酸化	Soil Washing/Catalytic Ozone Oxidation	汚染土壌 (有機物、無機物、金属)		UV、O <sub>3</sub> 、超音波		Excalibur Enterprises Inc.	F
	化学洗浄	Soil Washing	汚染土壌 (シアン化合物、重金属)	20-25t/h 粒径 0.06-10mm	塩化水酸化物 pH調整、表面活性剤		HEZ Bodemsanering	E

出典: 土と基礎 (1) 1995 49-57 より重金属中心に抜粋

技術完成度: A: 既存技術

B: 汎用されている既存技術

C: 限定利用されている既存技術

D: 新技術、実証資料のあるもの

E: 市場にシステムが供給可能な新技術

F: 実証実験段階の新技術

G: ベンチテスト段階の新技術

既存技術からベンチテスト段階の技術まで幅広く技術があるが、その基本は汚染物質の拡散防止と物理・化学的処理による分離・安定化である。



#### 4.2.3 将来期待される技術

汚染された土壌等を修復する技術として、既存の技術から近未来までの技術の動向は、前述したとおりであるが、さらに、将来期待される技術として次の観点から研究が進められている。

1. 浄化目標の達成可能な技術
2. 経済性の高い修復技術

将来、実現が期待される重金属汚染修復技術を表 4.2.2 に示すが、植物、微生物を利用する研究が盛んに行われている。また、対象となる重金属類は排水に含まれた状態が主である。

表 4.2.2 将来期待される修復技術

対策の概要	利用生物類の名称	出典
工業排水中の重金属イオン除去	4種の水生植物	12th Annu Environ Manag Technol Conf West 1996 531-536,1996
アゾ染料排水中の重金属イオン除去	藻類	Zhongguo Huanjing Kexue 17 No.3 241-243 1997
植物起源の吸収剤（セルロース、澱粉等）を電子照射との組合せにより、水中の重金属イオン除去		Radiat Phys Chem 49 No.2 473-476 1997
地熱発電所熱水中の重金属類を微生物を利用して回収・除去	藻類、菌類、酵母	地熱エネルギー Vol.21 No.4 354-359 1996
含水銀工場排水の藻類による処理	Artemia属	Huanjing Kexue Xuebao Vol.15 No.3 347-353 1995
高濃度に汚染された排水を藻類で処理	Hydrilla verticillata	Bull Environ Contam Toxicol Vol.56 No.2 319-326 1996
植物による土壌改良研究		Science Vol.269 No.5222 302-303 1995
しだ類による湖沼の重金属除去	Salvinia natans	Indian J Environ Health Vol.35 No.4 308-320 1993
生物(藻類)吸着による産業排水中の重金属除去	Laminaria digitata Fucus serratus	2nd Int Symp Environ Biotechnol 1994
クロレラによる水銀含有廃水処理	Chlorolla vulgaris	Huanjing Kexue Vol.15 No.53 6-9 1994
クロレラによる水銀含有廃水処理	Chlorolla emersonii	Enzyme Microb Technol Vol.16 No.9 802-807 1994
落花生殻活性炭による含水銀廃水処理		Water Res Vol.27 No.11 1663-1668 1993
藻類の吸着による排水中の重金属分離除去	Laminaria digitata Fucus serratus	Inst Chem Eng Symp Ser No.132 185-196 1993
マメ科植物樹皮を利用した含水銀排水処理	Hardwickia binata	Water Res Vol.24 No.8 1011-1016 1990
ウキクサ科植物による水溶液からの水銀吸収	Duckweed	J Environ Sci Health Part A Vol.24 No.2 135-146 1989
水中の重金属のホテイアオイへの吸着による減少		Indian J Environ Health Vol.28 No.3 189-193 1986

## 4.3 対策計画

### 4.3.1 対策実施対象

対策は汚染程度が高い（数百 mg/kg 以上）地区での緊急的対策、汚染程度が低い（対策の目標値 25mg/kg 以上、100mg/kg 以下）地区での長期的対策の 2 種類に分けて考える。緊急的対策と長期的対策の対象となる地区・面積等は次の通りである。

表 4.3.1 対策実施対象

	緊急的対策	長期的対策
対象地区	山背后、青竜、新寨、花園（一部）	花園、五類墳、地質隊、電站、青山
対象面積（ha）	60	117
対象土量（m <sup>3</sup> ）	300,000	

### 4.3.2 適用対策案

水銀汚染土壌の対策を大別すると、

- 保管、管理、
- 水銀の無害化、安定化、
- 水銀の回収、再利用、

となり、基本的には後段の技術、すなわち回収し再利用するのが望ましいとされている。

#### (1) 監視、管理

水銀汚染土壌の監視、管理については、監視を行い必要に応じて対策する案、水田としての利用を制限し監視するとともに自然浄化を待つ案、現状の水田に覆土し利用する案などが考えられる。

監視案は、現在の土壌、地下水、農作物中の水銀含有量を定期的に分析し、農作物について基準を越える場合には利用を制限したり、他の影響のない作物に転作する案である。費用は、監視の費用のみで経済的であるが、汚染地区からの水銀の移動、拡散が生じる。

自然浄化案は、水田としての利用を制限し、空中、土壌、地下水に水銀が移動、拡散するのを待つ案である。農作物を通した人体への影響は無いが、水銀汚染の拡散が生じる。費用としては監視及び水田として利用できないことによる補償費がかかる。

また、この方法で、水田土壌の水銀濃度が基準以下になるのはかなり時間を要すると考えられる。

覆土案は、現在の水田を汚染されていない土で 50cm 程度の覆土をする案であり、土壌中の水銀は徐々に拡散する可能性を有し、また地下水汚染も考えられる。農作物については、水銀の含有量の分析が必要であり、継続的な監視を行うことになる。

## (2) 無害化、安定化

水銀の無害化、安定化については、現位置で封じ込める案、汚染土壌を隔離した場所に運搬し封じ込める案、汚染土壌に安定化材を添加し固化する案、植物により固定化し処理する案、微生物により分解し安定化する案などが考えられる。

現位置で封じ込める案はシート等で現在の土壌を覆い、その上に覆土するものである。水銀は下方に拡散するか、地下水とともに移動する可能性があるが、農作物への移動は防ぐことが出来る。なお監視は必要である。

運搬して封じ込める案は水銀鉱山の廃坑後、利用価値のない場所などに、遮蔽のために施設を造り、そこに汚染土壌を封じ込めるもので、適当な場所があれば適した方法である。費用としては、汚染土壌の掘削運搬費、遮蔽施設の建設費、覆土費がかかる。

安定化案は、固定化剤を用いて固定するもので汚染を防ぐことが出来る。ただ、費用がかかる。

植物及び微生物による方法については、今後の発展する可能性のある技術で、先に述べたとおりである。

## (3) 回収、再利用

水銀の回収、再利用に関しては、既存の水銀鉱山に汚染土壌を運搬し水銀を回収する案、汚染土壌を 750°C に加熱した後に、水蒸気を添加し水銀を分離し回収する案、硫化鉄を添加し 300°C 程度に加熱し水銀を分離する案などが考えられる。これらの対策は水銀を再利用するという観点からは望ましいものであるが、いずれの案においても土壌中の水銀濃度が低いことより、費用がかかる欠点を有する。

これらの対策案の内容をまとめると表 4.3.2 に示すようになる。

表4.3.2 水銀汚染土壌対策案

No.	1		2		3		4		5		6		7		8		
	監視	監視	監視・管理	覆土	現位置封じ込め	運搬封じ込め	無害化	安定化	植物固定化	回収・再利用	回収・再利用	回収・再利用	回収・再利用	回収・再利用	回収・再利用	回収・再利用	
基本原理 名称 方法	・汚染の状況を監視し、必要に応じて対策を行う。	・汚染地区の利用を制限し、地下水等への水銀の拡散による汚染の減少を待つ。	・汚染水田の上に覆土する。	・農作物の汚染については監視が必要であり、また地下水への水銀の移動が考えられる。	・農作物の汚染は防止されるが、地下水への水銀の移動が考えられる。	・シート敷設費3000万円 ・掘削運搬費2000万円 ・覆土費2000万円 ・監視費	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・水田として利用するには覆土が必要である。水銀の浸出の可能性がある。監視が必要である。	・汚染の問題はなにかかるが経費がかかるとは実際のところではない。	・汚染の問題はなにかかるが経費がかかるとは実際のところではない。	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・水田として利用するには覆土が必要である。水銀の浸出の可能性がある。監視が必要である。	・汚染の問題はなにかかるが経費がかかるとは実際のところではない。	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・水田として利用するには覆土が必要である。水銀の浸出の可能性がある。監視が必要である。	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・水田として利用するには覆土が必要である。水銀の浸出の可能性がある。監視が必要である。
汚染防止 効果	・ある程度の効果があるが、水銀の拡散が生じる。	・汚染地区への立入り制限で、直接の危険は減少するが、水銀の拡散が生じる。	・農作物の汚染は防止されるが、地下水への水銀の移動が考えられる。	・農作物の汚染は防止されるが、地下水への水銀の移動が考えられる。	・農作物の汚染は防止されるが、地下水への水銀の移動が考えられる。	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・水田として利用するには覆土が必要である。水銀の浸出の可能性がある。監視が必要である。	・汚染の問題はなにかかるが経費がかかるとは実際のところではない。	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・水田として利用するには覆土が必要である。水銀の浸出の可能性がある。監視が必要である。	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・水田として利用するには覆土が必要である。水銀の浸出の可能性がある。監視が必要である。	・汚染の問題はなにかかるが経費がかかるとは実際のところではない。	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・水田として利用するには覆土が必要である。水銀の浸出の可能性がある。監視が必要である。	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・水田として利用するには覆土が必要である。水銀の浸出の可能性がある。監視が必要である。
概算費用	・監視費	・補償費100万円 ・監視費	・覆土費2000万円 ・監視費	・掘削運搬費2000万円 ・掘削費 ・覆土費2000万円 ・監視費	・掘削運搬費2000万円 ・掘削費 ・覆土費2000万円 ・監視費	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・水田として利用するには覆土が必要である。水銀の浸出の可能性がある。監視が必要である。	・汚染の問題はなにかかるが経費がかかるとは実際のところではない。	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・水田として利用するには覆土が必要である。水銀の浸出の可能性がある。監視が必要である。	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・水田として利用するには覆土が必要である。水銀の浸出の可能性がある。監視が必要である。	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・水田として利用するには覆土が必要である。水銀の浸出の可能性がある。監視が必要である。	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・水田として利用するには覆土が必要である。水銀の浸出の可能性がある。監視が必要である。	
適用性	・土壌中の水銀濃度が低い場合に適用している。	・土壌中の水銀濃度が低い場合に適用している。	・監視と合わせれば経済的である。	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・水田として利用するには覆土が必要である。水銀の浸出の可能性がある。監視が必要である。	・汚染の問題はなにかかるが経費がかかるとは実際のところではない。	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・水田として利用するには覆土が必要である。水銀の浸出の可能性がある。監視が必要である。	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・水田として利用するには覆土が必要である。水銀の浸出の可能性がある。監視が必要である。	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・水田として利用するには覆土が必要である。水銀の浸出の可能性がある。監視が必要である。	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・水田として利用するには覆土が必要である。水銀の浸出の可能性がある。監視が必要である。	
課題	・水銀汚染による被害が拡大する可能性がある。	・土壌中の水銀濃度が減少するまでには時間がかかり、長期間水田として利用出来ない。	・水銀の拡散の可能性がある。監視が必要である。	・水銀の拡散の可能性がある。監視が必要である。	・水銀の拡散の可能性がある。監視が必要である。	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・水田として利用するには覆土が必要である。水銀の浸出の可能性がある。監視が必要である。	・汚染の問題はなにかかるが経費がかかるとは実際のところではない。	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・水田として利用するには覆土が必要である。水銀の浸出の可能性がある。監視が必要である。	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・水田として利用するには覆土が必要である。水銀の浸出の可能性がある。監視が必要である。	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・水田として利用するには覆土が必要である。水銀の浸出の可能性がある。監視が必要である。	・掘削した箇所を水田として利用するには新たな覆土が必要である。隔離した場所での二次汚染が問題となる。	・水田として利用するには覆土が必要である。水銀の浸出の可能性がある。監視が必要である。	

注：費用については現地での単価及び不明のものは日本の単価の1/5で算定した。変更もあり得る。

#### 4.3.3 対策の適用

対策の適用に際しては、次の観点から評価を行って、選定することとする。

- 技術的妥当性
- 経済的妥当性
- 社会的受容性

技術的妥当性に関しては、現在中国での技術的適用性や水銀の汚染防止を含む水環境改善効果の観点から評価する。

経済性に関しては、対策の費用が工場及び省政府で負担できるものであるかどうかの観点から評価する。

社会的受容性に関しては、地域住民または地域企業などの現地社会の受け入れ易さや障害の面から評価する。

##### (1) 長期的対策

汚染の程度が低い地区の対策に関しては、経済性の観点から①監視、②自然浄化、③覆土の案が考えられる。

これらいずれの案についても、特に技術的問題はない。汚染防止の観点からは、覆土案については地下水及び農作物への水銀の移動が考えられるが、その程度は低いと考えられ、この3案の中では最も有効で、自然浄化、監視の順で汚染の可能性が増加する。

経済的妥当性の観点からは、対象面積が117haと広いことより、覆土案については、受け入れにくいと考えられる。自然浄化に関しては、監視の費用と土地利用の制約の対する補償費が費用の主なものであるが、補償費は継続的に払う必要がある。

社会的受容性に関しては、監視案が最も受け入れやすく、覆土案については、その費用を払うことになる工場等の抵抗が予想される。

長期的な対策案について検討したが、結論的には、監視案を採用し、農作物及び地下水の水銀汚染の程度を定期的に調査し、農作物の汚染の程度が高ければ、土地利用の制限を含む自然浄化案に移行するのが妥当と考えられる。また、植物を利用した水銀の固定化についても研究が進められており、技術が確立した場合には植物による固定化を図ることも考えられる。

##### (2) 緊急的対策

汚染の程度が高い地区の対策に関しては、汚染防止の観点から③覆土、④現位置

封じ込め、⑤運搬封じ込めの案が考えられる。安定化案、回収再利用案については、現状では費用がかかり、予算的に工場及び省政府で受け入れることはできないと考えられる。

覆土及び封じ込めについては技術的には特に問題はない。汚染防止の観点からは、覆土案については地下水及び農作物への水銀移動の可能性があり、監視を強化し対応する必要を有している。現位置封じ込め案については、地下水への水銀移動の可能性があり、監視を必要としている。運搬封じ込めについては、地下水の移動を遮断することが可能であり、この3案の中では最も防止効果が高い。

経済的妥当性の観点からは、いずれの対策においても処理量が30万 $\text{m}^3$ と多いことよりかなりの費用になるが、汚染の状況からこの程度の投資は必要と考えられ、また、工場や省政府等で何とか負担可能な金額と考えられる。

社会的受容性に関しては、覆土及び現位置での封じ込めに関しては、地元住民の受け入れ、運搬封じ込めに関しては、封じ込め先の住民等の了解が必要である。特に後者について今まで汚染されていない場所に、水銀汚染土壌を移動することになり問題を残す。また、覆土及び現位置封じ込め案については、水田の田面が覆土により50cmほど上昇することになり、灌漑施設等の変更を必要とするが、何とか許容できると考えられる。

緊急的な対策案について検討したが、いずれの案も長所、短所を有していることより、覆土案と封じ込め案の中から現地の状況を調査することにより最適な案を選定することが妥当と考えられる。特に、農作物への水銀の移動を現地で調査し、大きな問題が無ければ覆土案を採用し、農作物の水銀含有量が多ければ封じ込め案を採用する。また、封じ込め案については、近くに隔離するのに適した場所を見つけることが出来れば運搬案を、無ければ現位置での封じ込め案を採用するのが妥当と考えられる。

回収再利用については、最も望ましい方式ではあるが、費用及び技術の確立状況から現状では適当でないと判断した。しかし、今後研究が進み費用等の問題が解決すれば適用できる技術と考えられる。

#### 4.5 今後の課題

水銀汚染対策を実施するに当たり、今後検討すべき課題は以下の通りである。

- ① 詳細調査の実施により、水銀汚染の範囲・土量を正確に把握する
- ② 高濃度汚染地区周辺住民の健康調査を実施する
- ③ 水銀汚染土壌の修復技術を更に検討する  
適用技術の検討に当たっては、汚染の濃度により以下の区分で検討する
  - ・非常に高濃度汚染地区： 数百 ppm 以上
  - ・高濃度汚染地区： 数十 ppm
- ④ 残留水銀の性状（無機 $\leftrightarrow$ 有機）に関する確認と汚染状況の追跡調査を実施する
- ⑤ 水銀汚染に関して、他国の先進期間と緊密な交流を図るとともに共同研究を実施する

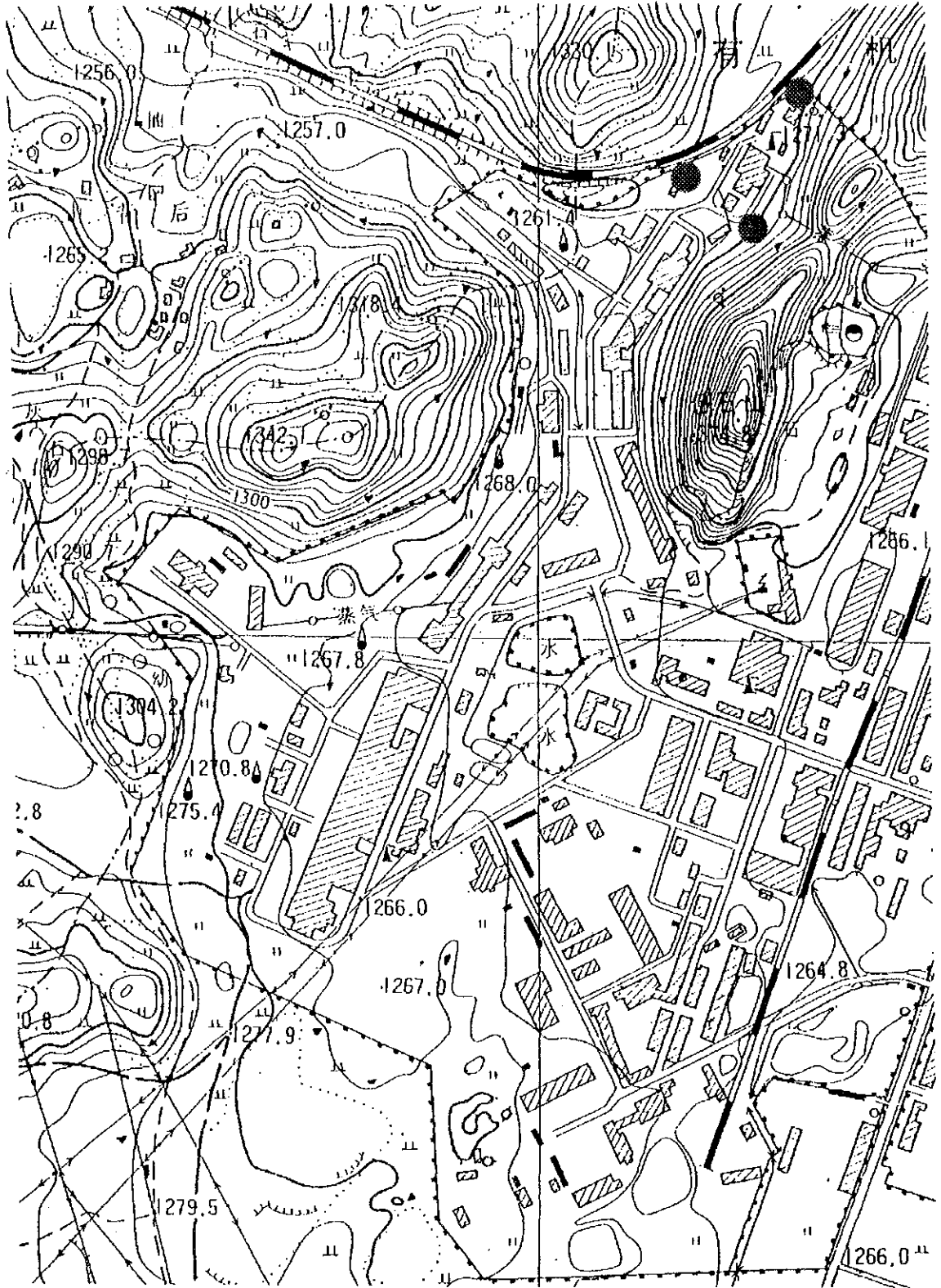
## 5 土壤採取地点

次頁に土壤採取地点及び採取地点の写真に掲載する。尚、工場地区内においては、工場側の要望により写真撮影は行っていない。

- 有機化学工場地区
- 山背后・青竜地区
- 新寨地区
- 花園地区
- 五顆墳地区
- 地質隊地区
- 北門電站・青山坡地区
- 猫跳河下流ダム（修文ダム／李官ダム）（写真のみ）
- 研究所（写真のみ）

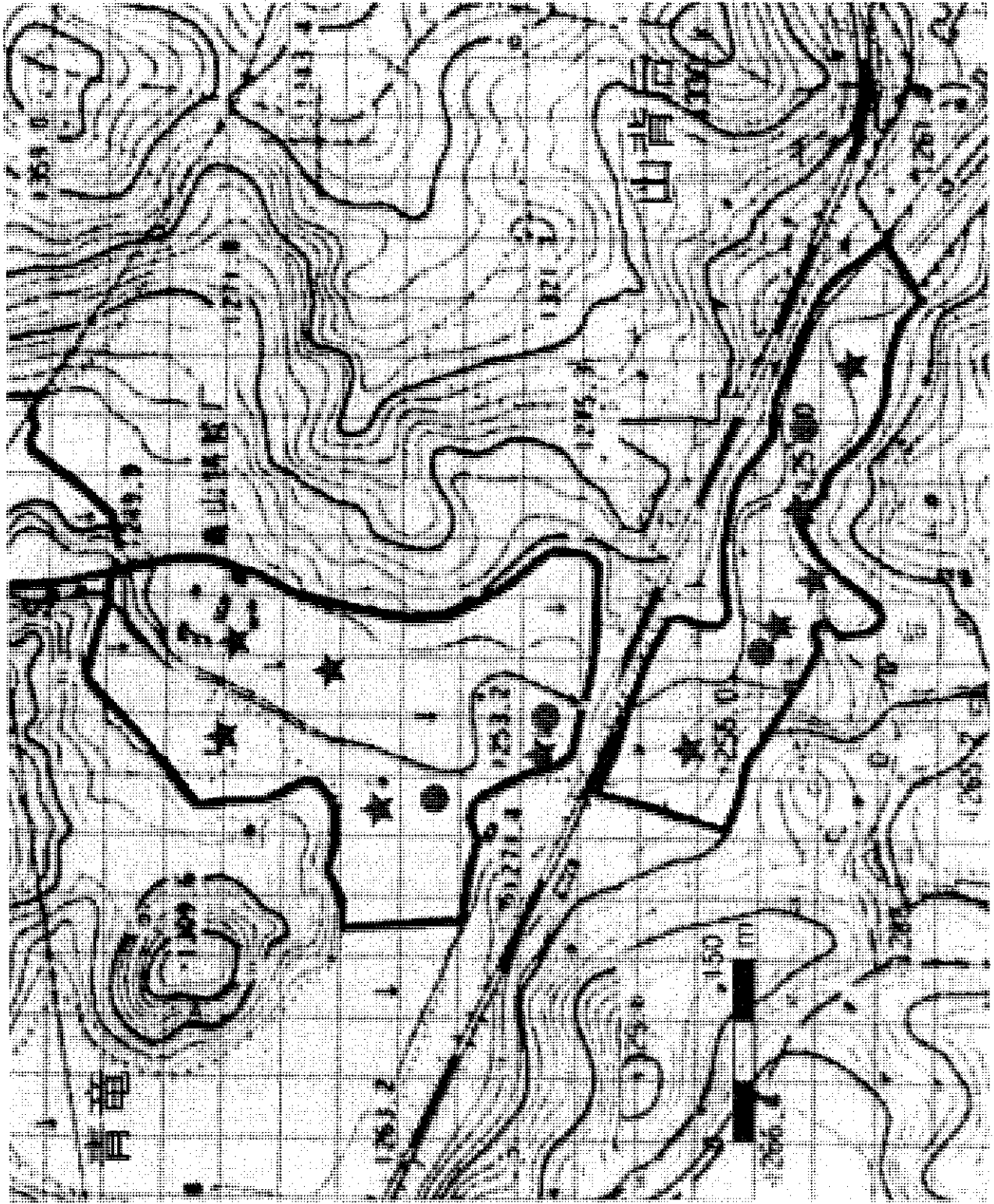


# 有機化学工場地区



● 土壤採取地点

# 山背后·青竜地区



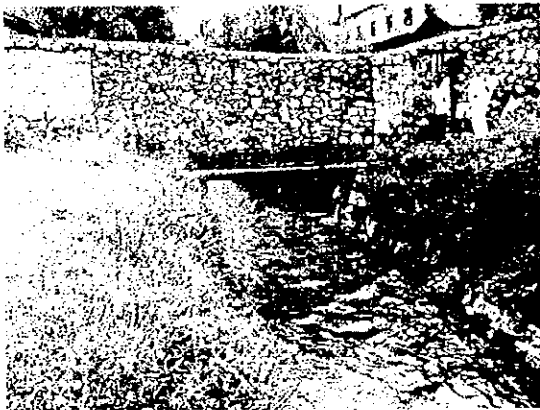
● 土壤採取地点

■ 井水採取地点

★ 既存調査地点

土壤・底質採取現場 写真集

1. 山背后地区      2. 青竜地区



1-1 有機化学総工場 総排出口



1-2 山背后① (左奥が酢酸プラント)



1-3 山背后② (奥はポンプ小屋)



2-1 線路上から見る青竜地区

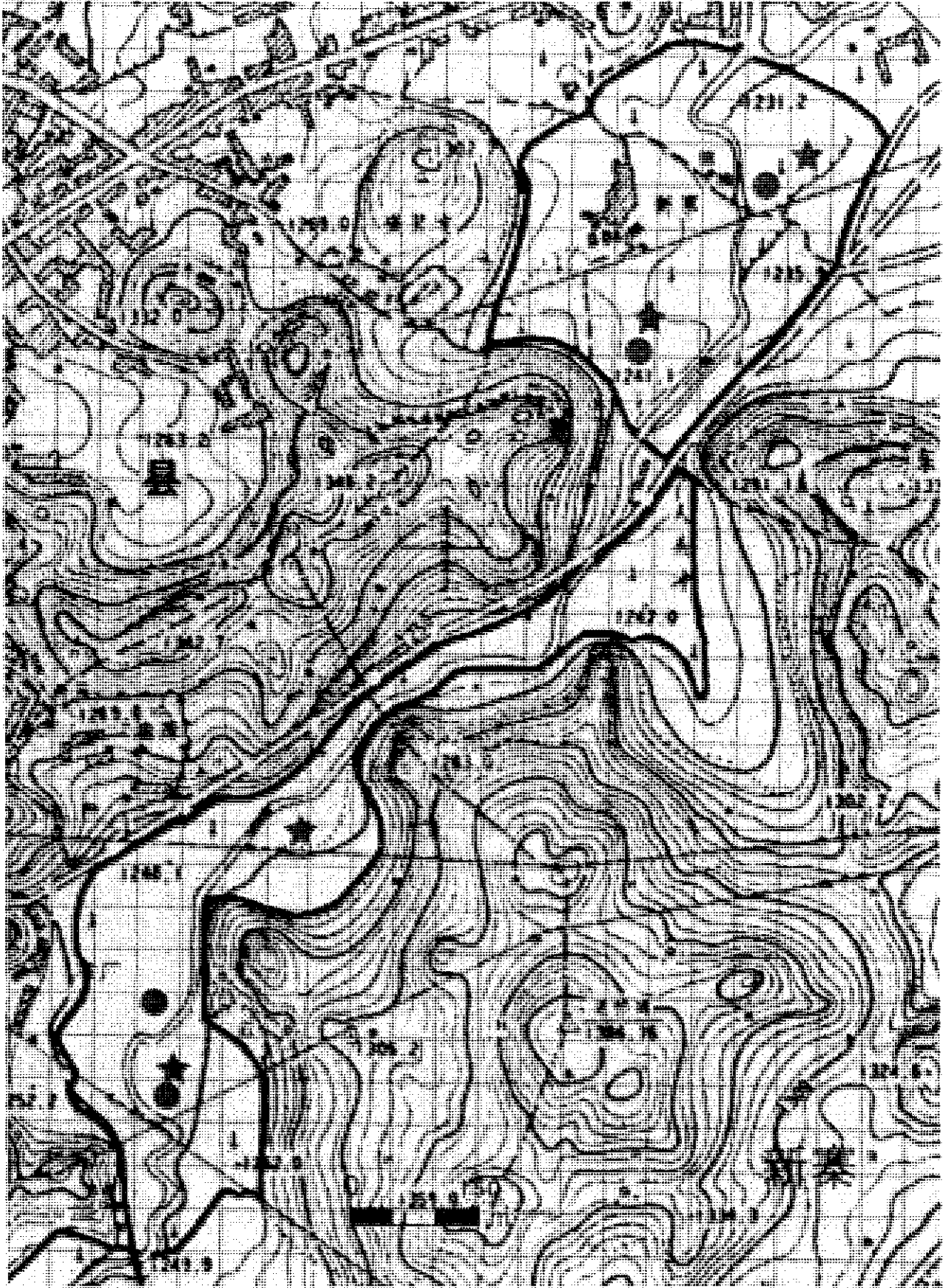


2-2 青竜①



2-3 青竜②

# 新寨地区



- 土壤採取地点
- ★ 既存調査地点
- 井水採取地点

3. 新寨地区



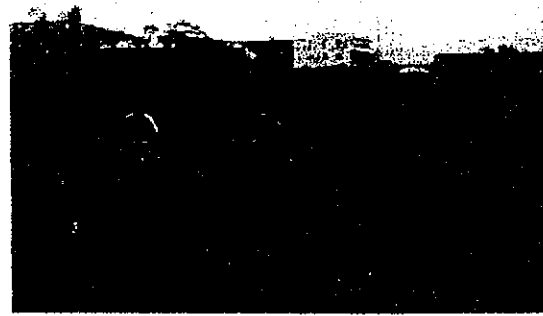
3-1 新寨①



3-2 新寨②



3-3 新寨③



3-4 新寨④



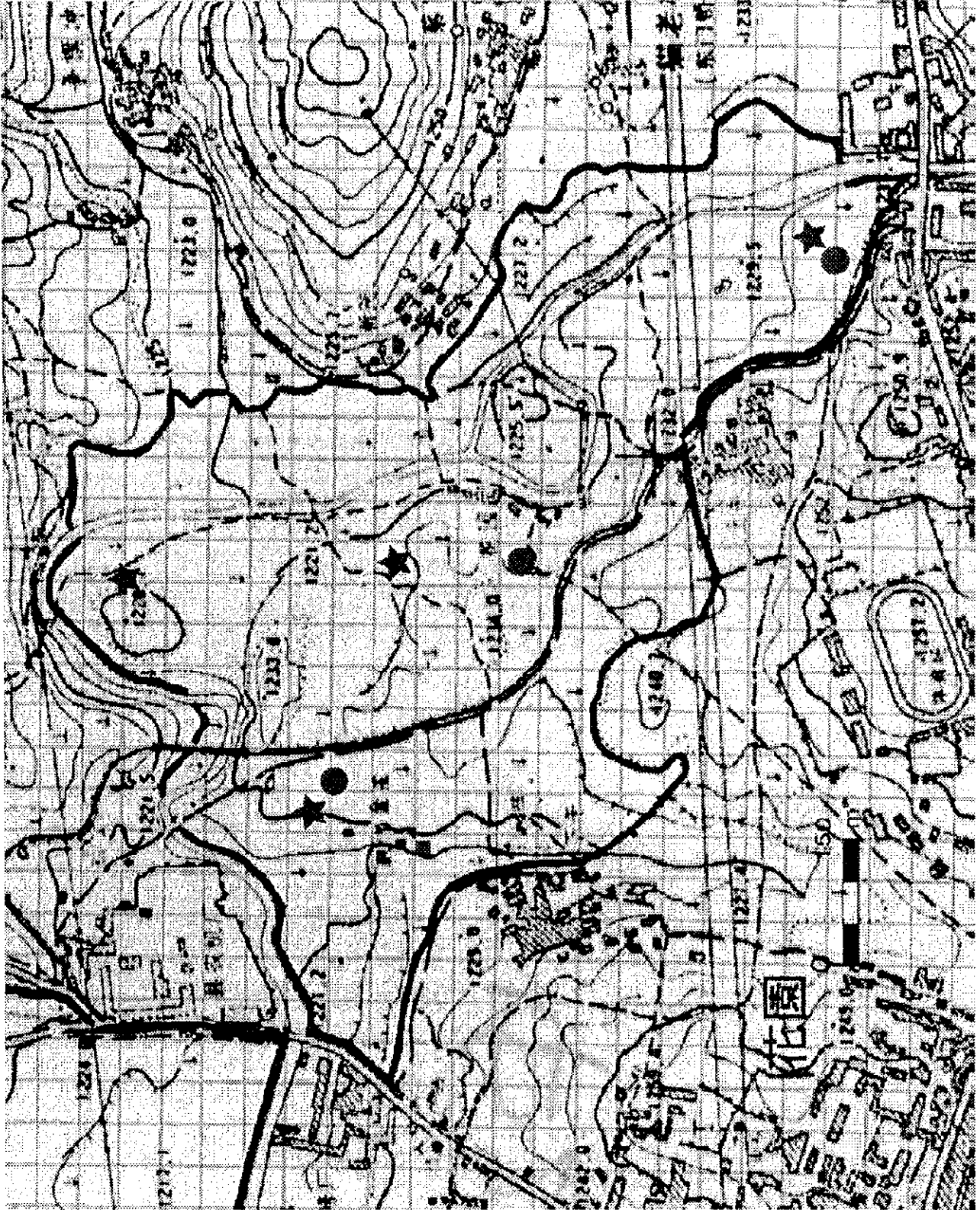
3-5 新寨地区井戸



3-6 東門橋から見る新寨地区  
右側が 1966 年建設された灌漑水路



花園地区



土壤採取地点

井水採取地点

既存調査地点



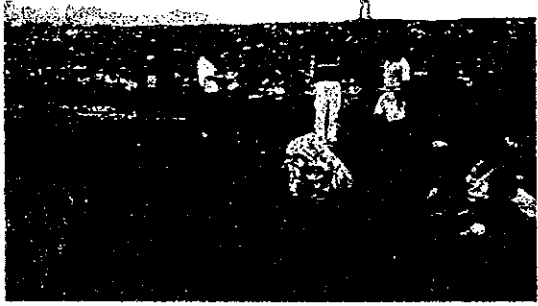
4. 花園地区



4-1 花園①



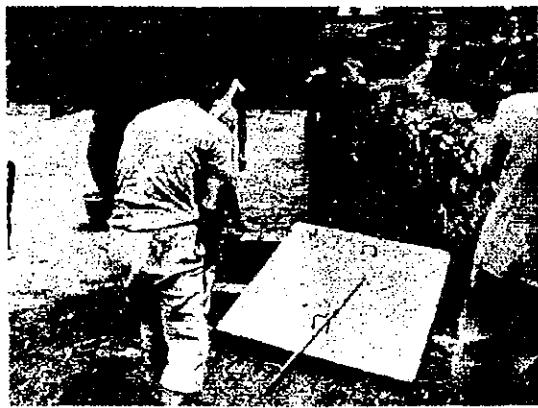
4-2 花園②



4-3 花園③

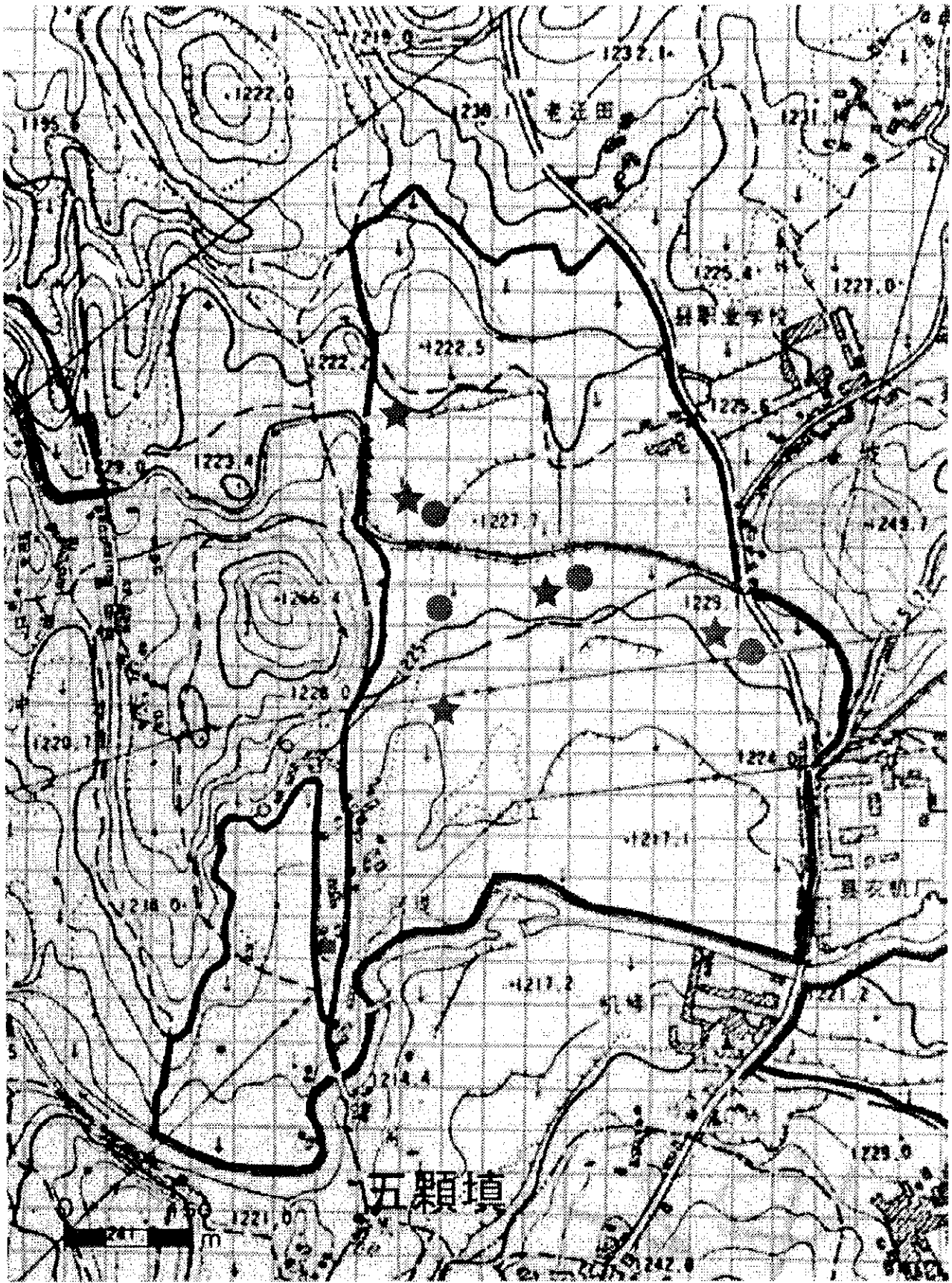


4-4 花園地区井戸



4-5 花園地区井戸

# 五顆墳地区

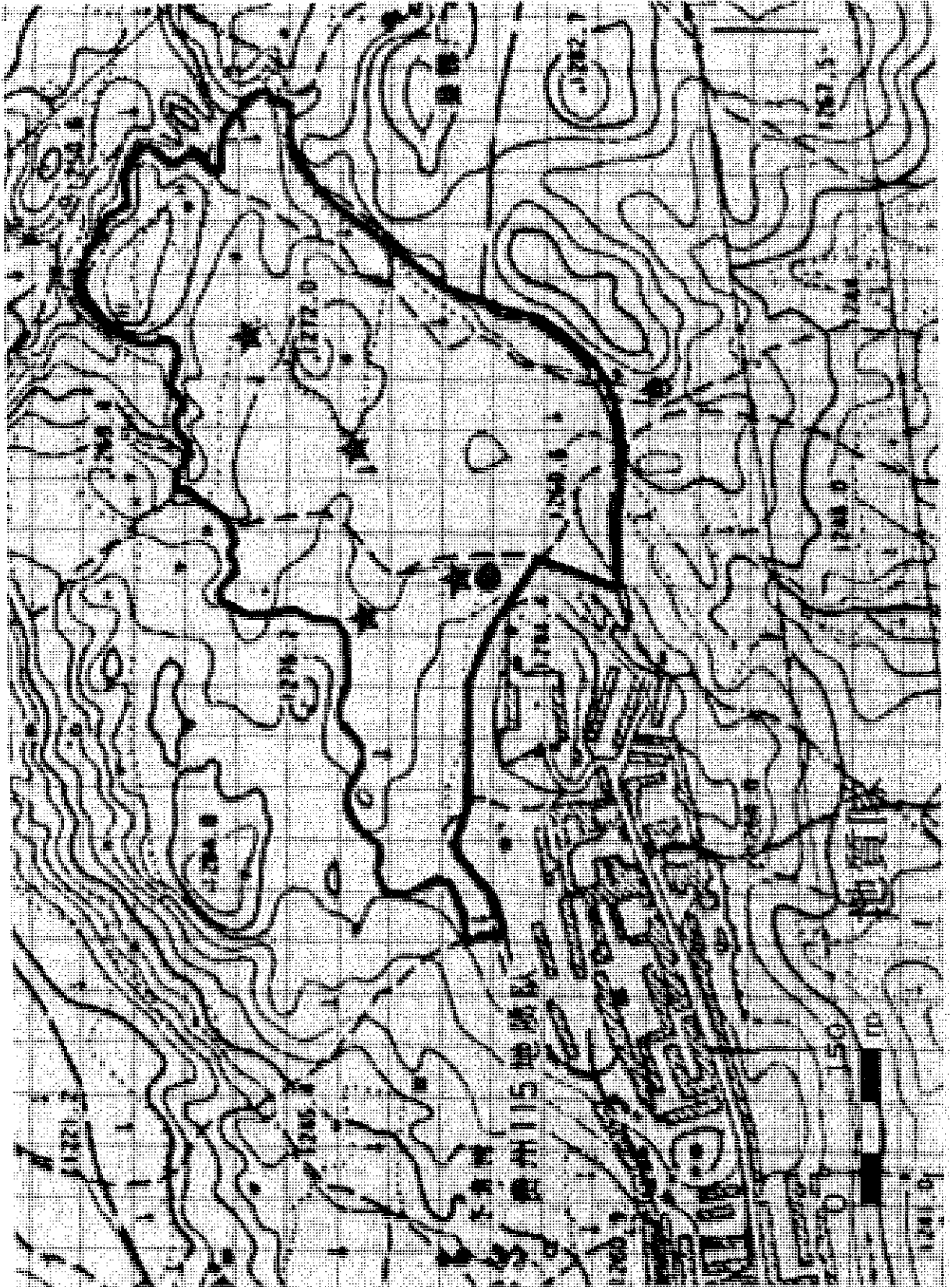


- 土壤採取地点
- ★ 既存調査地点
- 井水採取地点



# 地質隊地区

- 土壤採取地点
- 井水採取地点
- ★ 既存調査地点



5. 五顆墳地区

6. 地質隊地区



5-1 五顆墳①



5-2 五顆墳②



5-3 五顆墳③



5-4 五顆墳地区井戸

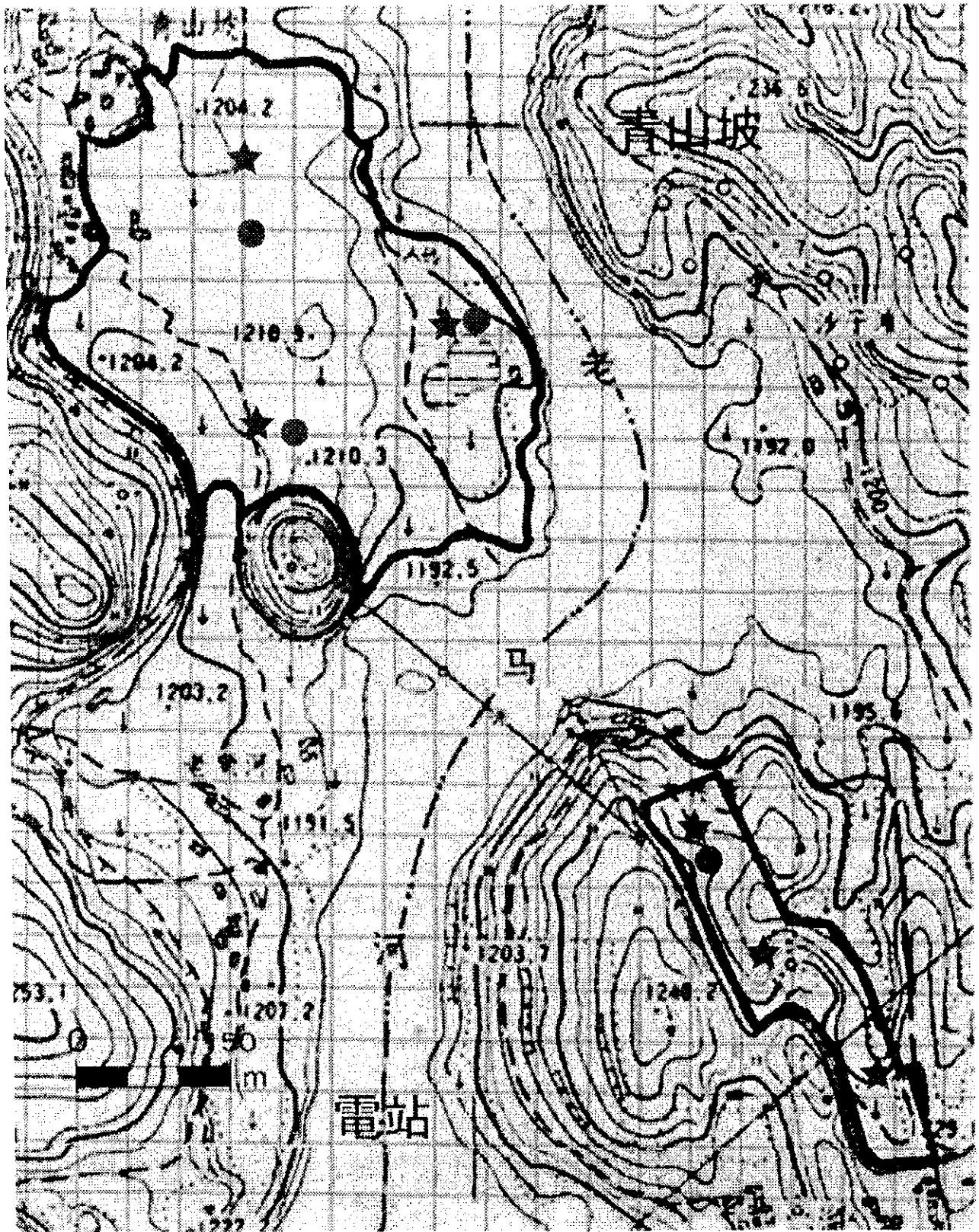


6-1 地質隊①



6-2 地質隊地区井戸

# 北門電站·青山坡地区



- 土壤採取地点      ★ 既存調査地点
- 井水採取地点

7. 北門電站地区

8. 青山地区



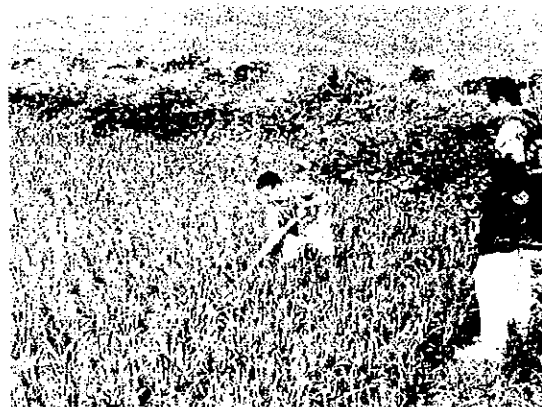
7-1 北門電站①



7-2 北門電站堰



7-3 对岸（青山）から見る北門電站

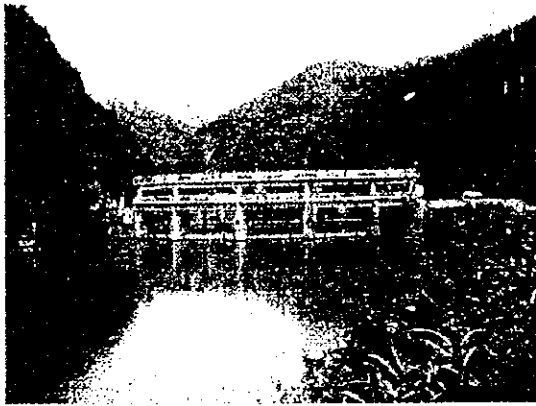


8-1 青山①

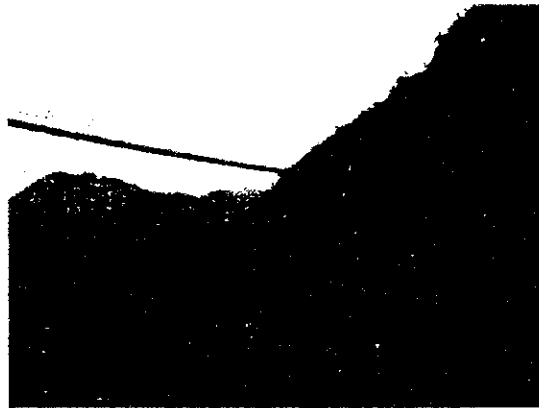


8-2 青山③

9. 猫跳河下流ダム (修文ダム/李官ダム)



9-1 修文ダム

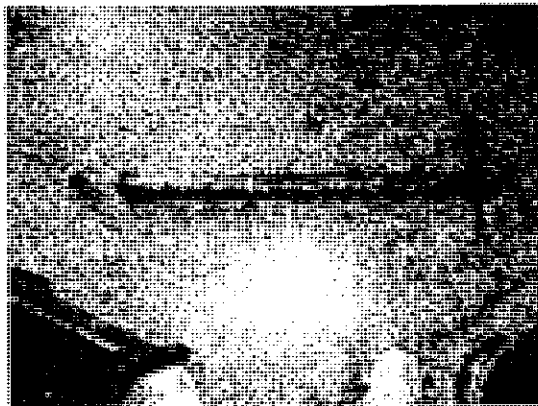


9-2 修文ダム湖 底質採取箇所

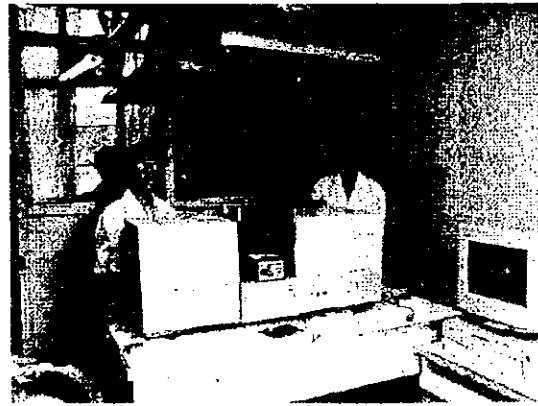


9-3 李官ダム 底質採取箇所

10. 研究所

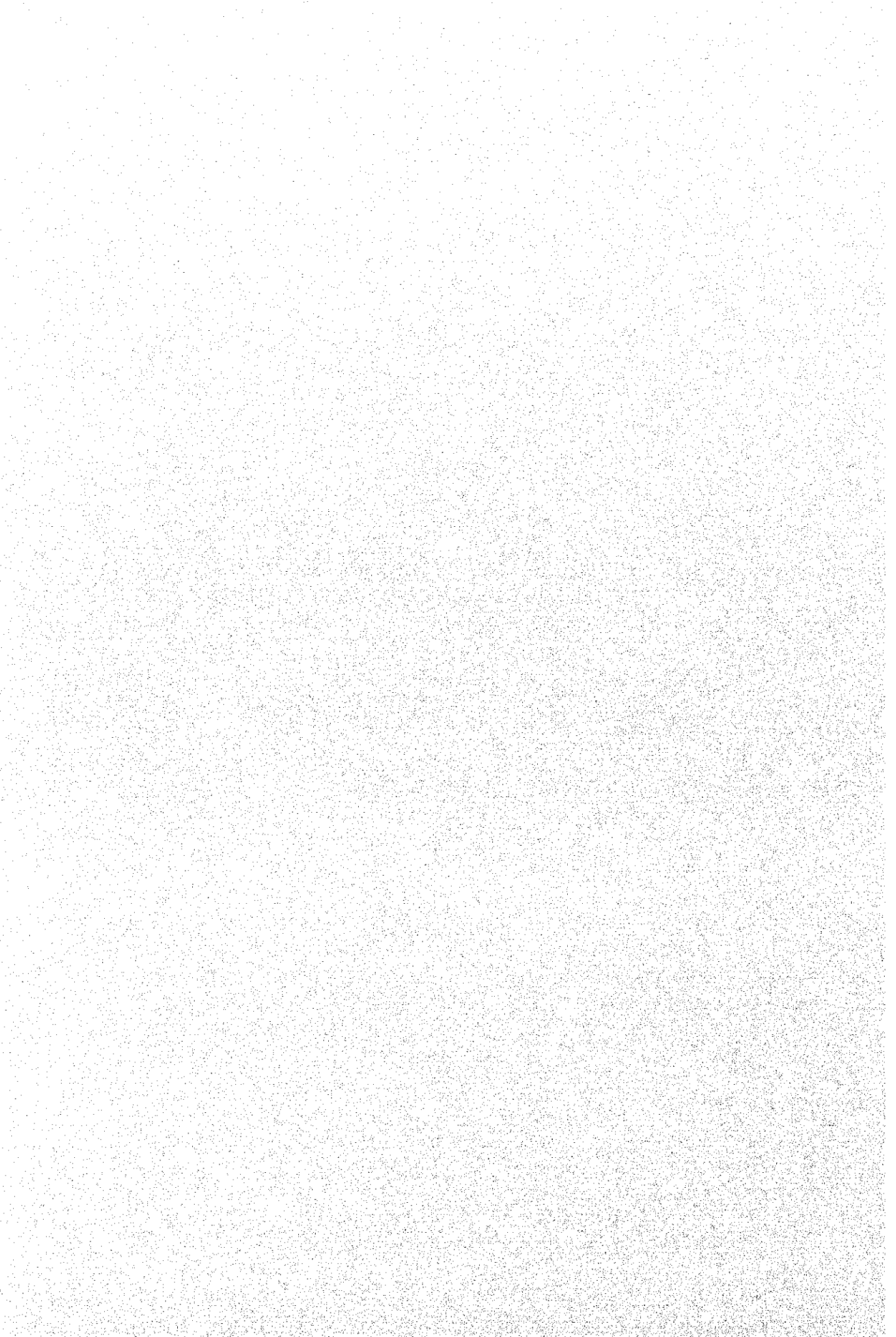


10-1 土壌採取道具



10-2 JICA 供与機材

## V 生態系・環境配慮



## 1 環境の現況

### 1.1 自然環境の概況

貴州省は中国の西南部、雲貴高原の東部に位置し、南海からわずか 500km の近海内陸区である。

地形の特徴は、四川盆地と広西丘陵地帯の間に隆起した岩溶性高原地区であり、省内の海拔高度は 147～2,901m、概ね西高東低の地形となっており猫跳河流域は標高 1,000m 前後である。貴州省における動植物の分布は高度によって明らかな違いが見られ、当該流域は亜熱帯性の常緑広葉（闊葉）樹林帯と主体とした生態環境を呈している。

また、貴州省はカルスト地形が非常に発達しており、全省面積の 60%以上を占めており、流域内においても主たる地形要素となっている。

貴州省の大部分は、中生代まで海底であったところが新生代以降に隆起して形成された。これにより貴州省の 73.9%、流域内の 71.4%以上の区域は炭酸塩岩地区となっている。貴州省の土壤区分は紅壤－黄壤地帯に属し、猫跳河流域は黄壤が主要な土壤である。

貴州省の気候は温暖湿潤で、冬は暖かく夏は涼しく、亜熱帯湿潤季節風気候区に属している。年間の気温変化は小さく、降水量は比較的多く、雨季が明らかで、日照は比較的少ない。猫跳河流域は、貴州省における標準的な気候の特徴を有している。

以上掲げたような地理的位置・複雑な地形・気候等により、貴州省における生態的条件は複雑で多彩を極めており、生物の生息環境に大きな影響を与えている。猫跳河流域については、亜熱帯性気候特有の温暖湿潤な環境、起伏に富んだ地形の影響による“立体気候”と称される多様な気候区が存在等、生息条件の多様性により生物資源は豊富である。しかし、炭酸岩塩地区が 70%以上を占める当該流域は、基岩の露出や風化・浸食の激しさ等により、生態環境として脆弱な一面もある。



## 1.2 生物生息状況の概要

### 1.2.1 植物

#### (1) 植物全般

貴州省は地形・気候条件・人為的な要素等の影響により生物生息条件が複雑なものとなっているが、植被の垂直分布には図 1.2.1 に示すような一定の規律がある。このうち猫跳河流域は黄壤—常緑広葉樹林帯に属する。貴州省における自然植被の分類系統は3系列、9植被型組、26植被型、146群系に区分される（表 1.2.1 参照）。

貴州省は、温暖湿潤な亜熱帯気候のもとで起伏に富んだ複雑なカルスト地形と多種の土壌など多様な生息条件を有しており、このため生息種数は比較的多い。「貴州植被」によると貴州省の維管束植物（蕨類植物と種子植物）は248科1,543属5,593種ある（表 1.2.2 参照）。また、貴州省の主要な種子植物及びその分布域を表 1.2.3 に示す。

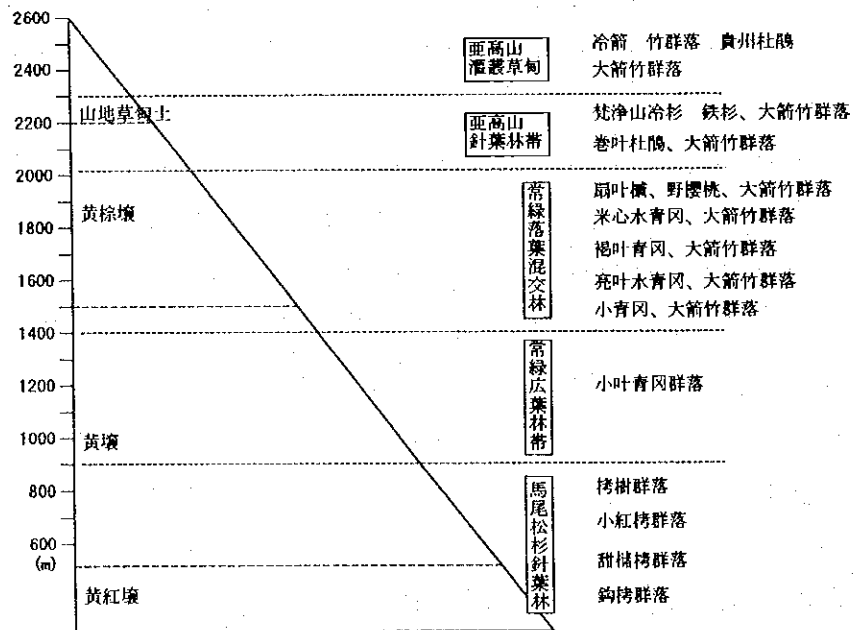


図 1.2.1 土壌・植被垂直分布

表 1.2.1 貴州省・自然植被分類系統

系列	植被型組	植被型	群系組	群系数	
酸性土植被	針葉林	亜熱帯山地暖性針葉林	松林	5	
			銀杉林	1	
			黄杉林	1	
			油杉林	4	
			杉木林	1	
			秃杉林	1	
			福建柏林	1	
			亜高山温性針葉林	冷杉林	1
				鉄杉林	2
	広葉林	中亜熱帯常緑広葉林	栲樹林	4	
			青岡林	4	
			石櫟林	2	
			樟楠林	1	
			大頭茶林	1	
			杜鵑花矮林	1	
		中亜熱帯山地硬葉常緑広葉林	山地硬葉櫟林	4	
		中亜熱帯常緑落葉広葉混交林	山地常緑落葉混交林	3	
		中亜熱帯落葉広葉林	中山・亜高山落葉広葉林	3	
		丘陵・山地落葉広葉林	8		
	南亜熱帯河谷季雨林	沟谷季雨林	2		
		山地季雨林	2		
	竹林	亜熱帯低山丘陵河谷竹林	大徑竹林	6	
			小徑竹林	2	
		中山、亜高山竹林	小徑竹林	2	
	灌丛及灌草丛	灌丛	亜高山常緑針葉灌丛	1	
亜高山常緑革葉灌丛			3		
山地常緑革葉灌丛			2		
河灘灌丛			3		
山地落葉灌丛			6		
肉質多漿灌丛			1		
竹類灌丛			3		
稀樹灌草丛		干熱河谷稀樹灌草丛	1		
灌草丛		中亜熱帯山地灌草丛	5		
		南亜熱帯河谷灌草丛	1		
鈣質土植被	鈣質土針葉林	亜熱帯石灰岩山地暖性針葉林	3		
	鈣質土広葉林	南亜熱帯石灰岩沟谷季雨林	1		
		中亜熱帯石灰山地常緑広葉林	4		
		中亜熱帯石灰山地常緑落葉広葉混交林	4		
		中亜熱帯石灰山地落葉広葉林	3		
水生植被 及び沼澤植被	水生植被	挺水水生植被	7		
		浮水水生植被	7		
		沈水水生植被	8		
	沼澤植被	蘚類沼澤	2		

表 1.2.2 貴州省維管束植物

類別	科	属	種
蕨類植物	53	139	642
裸子植物	10 (1)	28 (7)	64 (15)
被子植物	185 (7)	1376 (121)	4887 (317)
計	248 (8)	1543 (128)	5593 (332)

出典：貴州植被

注) 表中 ( ) 内数字は貴州の栽培種を指す

表 1.2.3 貴州省種子植物

科名	学名	中国 属/種	貴州省 属/種	省内分布
禾本科	Gramineae	217/1160	180/345	全省
薔薇科	Rosaceae	66/ 912	29/230	全省
菊科	Compositae	207/2170	78/211	全省
豆科	Leguminosae	151/1220	65/208	全省
唇形科	Labiaceae	94/ 793	49/161	全省
蘭科	Orchidaceae	141/1040	58/136	全省・主要産地南部河谷地区
椿科	Lauraceae	22/ 382	14/125	全省・主要産地東部林区
百合科	Liliaceae	52/364-365	29/122	全省
茜草科	Rubiaceae	74/473-474	32/ 97	主要産地東部、南部林区
毛茛科	Ranunculaceae	41/ 687	17/ 92	全省
殼斗科	Fagaceae	5/ 209	5/ 89	全省
大戟科	Euphorbiaceae	63/ 345	33/ 87	全省
玄参科	Scrophulariaceae	54/ 610	24/ 78	全省
莎草科	Cyperaceae	33/ 569	16/ 78	全省
杜鵑花科	Ericaceae	20/ 792	8/ 76	全省
蓼科	Polygonaceae	11/ 210	4/ 70	全省
忍冬科	Caprifoliaceae	12/256-259	6/ 69	全省
衛矛科	Celastraceae	13/ 202	9/ 67	全省
蘿藦科	Asclepiadaceae	36/ 231	24/ 65	全省・主要産地南部
山茶科	Theaceae	18/ 195	11/ 65	全省
馬鞭草科	Verbenaceae	16/ 166	9/ 63	全省
桑科	Moraceae	17/156-159	7/ 62	全省・主要産地南部
虎耳草科	Saxifragaceae	11/ 249	18/ 60	全省
五加科	Araliaceae	22/176-177	16/ 60	全省
芸香科	Rutaceae	24/144-145	15/ 58	全省
傘形科	Umbelliferae	88/534-540	26/ 54	全省
木蘭科	Magnoliaceae	12/ 95	10/ 51	全省・主要産地東部、西部林区

(出典：貴州植被)

猫跳河流域では、木本植物 973 種、草本植物 339 種が確認されている。当該流域内は栽培植物種が多く、食糧や経済性のある植物が 718 種あり、そのうち野菜類 133 種、果樹・茶・桑類 121 種、薬用植物 19 種、花卉が 164 種ある。

貴州省の森林被覆率は 20.9%、灌木林を含めても 25.3%と森林面積は少なく、被覆率は低い。また、その分布に偏りがあり、省内で森林が多く集中しているのは、黔东南の清水江、都柳江流域及び黔西北の赤水一帯等である。「中国自然資源叢書・貴州巻」によると流域の属する安顺地区・貴陽市・黔南州の森林被覆率はそれぞれ 9.0%・15.0%・13.0%、灌木林を含めるとそれぞれ 13.9%・20.2%・20.7%で、安顺地区の森林被覆率の低さが顕著である。

表 1.2.4 貴州省地区別森林被覆率 (%)

	森林被覆率 (灌木林含めず)	森林被覆率 (灌木林含む)
黔东南州	23.7	26.7
黔南州	13.0	20.7
遵义地区	14.2	20.0
黔西南州	8.7	12.0
铜仁地区	19.1	22.7
安顺地区	9.0	13.9
毕节地区	8.5	14.9
六盘水市	3.4	7.6
貴陽市	15.0	20.2
全省合計	13.7	18.8

出典：中国自然資源叢書・貴州巻

猫跳河流域の土地類型と森林植被分布図によると、自然の状態で残されている地域は少なく、何らかの人の手が加えられており、面積的には耕地と灌木林がかなりの割合を占める。したがって、野生生物の生息が可能な自然の状態が保存されている地域は少ない。

## (2) 水生植物

貴州省の水生植物の種類数に関する統計は完備されていないが、維管束植物で 37 科 61 属 97 種が確認されている (表 1.2.5 参照)。

単子葉植物では、眼子菜科、澤泻科、水鳖科、浮萍科、莎草科、天南星科が、双子葉植物では睡蓮科、傘形科、小二仙草科、竜胆科等が一般的に見受けられる。

表 1.2.5 貴州省水生植物

類別	科	属	種
蕨類植物	5	5	5
双子葉植物	17	23	37
单子葉植物	15	33	55
計	37	61	97

出典：貴州植被

既存調査結果・文献によると、猫跳河流域における水生植物として 2 目 3 科 3 種が出現種として挙げられている。

## 1.2.2 動物

### (1) 魚類

「貴州魚類志」によると、貴州省には 6 目 20 科 98 属 202 種の魚類が生息している。そのうち、紅楓湖・百花湖流域の属する烏江水系には 6 目 17 科 74 属 106 種で、貴州省の全生息魚種の約 52.5%が生息している（表 1.2.6 参照）。流域における既存調査結果・文献では、表 1.2.7 に示す 4 目 8 科 18 種（亜種含む）が確認種として記載されている。

生息種の中では鯉科が最も多く、貴州省では 62 属 124 種、烏江水系では 47 属 67 種で、いずれの場合も全生息魚種の 60%以上を占める。

表 1.2.6 貴州省及び烏江水系生息魚類

目	科 (亜科)	貴州省		烏江水系	
		属	種	属	種
鰻鱺目	鰻鱺科	1	1	1	1
鯉形目	胭脂魚科	1	1	1	1
	鮠科	6	17	4	5
	鯉科	62	124	47	67
	雅罗魚亞科	10	10	8	8
	鱖亞科	11	19	10	14
	鱖亞科	4	5	1	2
	鮠亞科	2	2	2	2
	鮠亞科	9	24	8	14
	鮠亞科	1	4	1	1
	鮠亞科	5	6	3	4
	鮠亞科	16	44	10	16
	裂腹魚亞科	1	4	1	3
	鯉亞科	3	6	3	3
	平鳍鮠科	7	14	5	6
	平鳍鮠亞科	5	10	4	5
腹吸鮠亞科	2	4	1	1	
鮎形目	胡鮎科	1	1	1	1
	鮎科	2	3	1	1
	盞鮎科	1	1	—	—
	鮎科	2	4	2	2
	鮎科	1	2	1	1
	鮎科	4	15	4	11
鮠形目	青鮠科	1	1	1	1
	胎鮠科	1	1	1	1
合鰓魚目	合鰓魚科	1	1	1	1
鮠形目	鮠科	1	6	1	2
	塘鱧科	2	2	1	1
	鰕虎魚科	1	3	1	2
	斗魚科	1	1	—	—
	鱧科	1	2	1	2
	刺鮠科	1	2	—	—
計 7 目	20 科	98	202	74	106

典拠：貴州魚類誌

表 1.2.7 魚類類既往調査統計表

目名	科数	種数	目名	科数	種数
鯉形目	3	12	鮠形目	1	1
鮎形目	3	4	合鰓目	1	1
			計 4 目	8 科	18 種

表 1.2.8 烏江水系における貴州省固有種

目名	科名	属名	種名	学名
鯉形	鯉	似細鯽	似細鯽	<i>Aphyocyprionides typus</i> Tang
		拟鯻	貴州拟鯻	<i>Pseudohemiculter dispar</i> (Peters)
		四須鯽	多鱗四須鯽	<i>Barbodes (Barbodes) polylepis</i> Chen et Li
			寬頭四須鯽	<i>Barbodes (Barbodes) laticeps</i> Lin et Zhang.
		金线鯽	多斑金线鯽	<i>Sinocyclocheilus multipunctatus</i> (Pellegrin)
		華縵魚	華縵魚	<i>Sinocrossocheilus guizhouensis</i> Wu

典拠：貴州魚類誌

(2) 鳥類

「貴州鳥類誌」によると、貴州省には 17 目 51 科 403 種の鳥類が生息しており、そのうち繁殖種は 295 種（留鳥 213 種、夏候鳥 82 種）、非繁殖種は 108 種（冬候鳥 64 種、旅鳥 44 種）である。生息地域区分では紅楓湖・百花湖流域は黔東地区に属し、本地区に生息する鳥類は 17 目 45 科 325 種で、全省の鳥類の 80.7%を占めている。そのうち繁殖種は 245 種で全省の繁殖種数の 83.1%を占める。（表 1.2.9 参照）

流域における既存調査結果・文献では、表 1.2.10 に示す 13 目 22 科 47 種（亜種含む）が確認種として記載されている。

表 1.2.9 貴州省鳥類種

目	貴州省		黔東地区	
	科	種	科	種
鷓鴣目	1	2	1	1
鵝形目	1	1	1	1
鸕形目	3	12	1	8
雁形目	1	20	1	7
隼形目	2	22	2	19
叉鳥形目	1	13	1	10
鶴形目	3	13	3	12
行鳥形目	2	17	2	13
鷗形目	1	2	1	2
鴿形目	1	4	1	4
鵲形目	1	13	1	13
鴝形目	2	11	2	9
夜鷹目	1	1	1	1
雨燕目	1	4	1	3
佛法僧目	3	6	3	6
鸚形目	2	11	2	10
雀形目	25	251	21	206
計 17 目	51	403	45	325

典拠：貴州鳥類誌

表 1.2.10 鳥類既往調査統計表

目名	科数	種数	目名	科数	種数
鸚鵡目	1	1	鷓形目	1	1
鵝形目	1	1	鴿形目	1	3
雁形目	1	3	鵠形目	1	1
隼形目	1	7	鶻形目	1	4
鷄形目	1	2	夜鷹目	1	1
鶴形目	2	2	雀形目	8	14
鴿形目	2	7			
			計 13 目	22 科	47 種

(3) 哺乳類

「貴州獸類誌」によると、貴州省には 9 目 29 科 76 属 140 種の哺乳類が生息している。生息地域区分では紅楓湖・百花湖流域は黔中山原丘陵省に属し、本地区に生息するのは 8 目 25 科 54 属 79 種で、全省の 56.4%を占めている（表 1.2.11 参照）。

流域における既存調査結果・文献では、表 1.2.12 に示す 8 目 19 科 59 種（亜種含む）が確認種として記載されている。



表 1.2.11 貴州省哺乳類種

目名	科名	貴州省		黔中山原丘陵省	
		屬	種*	屬	種*
攀齧目	樹齧科	1	1	—	—
食虫目	猬科	1	1	1	1
	鼯科	2	2	1	1
	鼯齧科	6	11	2	3
翼手目	狐蝠科	1	1	—	—
	精尾蝠科	1	1	—	—
	假吸血蝠科	1	1	1	1
	菊頭蝠科	1	11	1	7
	蹄蝠科	2	5	1	1
	犬吻蝠科	1	1	1	1
	蝙蝠科	10	21	7	9
靈長目	猴科	3	4	1	2
鱗甲目	穿山甲科	1	1	1	1
兔形目	兔科	1	3	1	2
嚙齒目	松鼠科	3	6	2	3
	鼯鼠科	4	6	3	3
	倉鼠科	2	5	2	4
	刺山鼠科	1	1	—	—
	竹鼠科	1	3	1	1
	鼠科	5	21	4	13
	豪猪科	2	2	1	1
食肉目	犬科	4	4	4	4
	熊科	1	1	1	1
	鼬科	6	8	5	6
	靈貓科	5	6	4	4
	貓科	4	6	3	4
偶蹄目	猪科	1	1	1	1
	鹿科	3	4	3	4
	牛科	2	2	2	2
計 9 目	29 科	76 屬	140 種	54 屬	79 種

典拠：貴州獸類誌

表 1.2.12 哺乳動物既往調査統計表

目名	科数	種数	目名	科数	種数
食虫目	1	2	兔形目	1	1
翼手目	3	14	嚙齒目	5	19
靈長目	1	1	食肉目	4	16
鱗甲目	1	1	偶蹄目	3	5
			計 8 目	19 科	59 種

(4) 両生・爬虫類

「貴州爬行誌」によると、貴州省には3目13科42属101種の爬虫類が生息している。生息地域区分では紅楓湖・百花湖流域は黔中山原丘陵省に属し、本地区に生息するのは3目10科26属42種で、全省の41.5%を占めている（表1.2.13参照）。

また、「貴州両栖類誌」によると、貴州省には2目10科20属62種の爬虫類が生息している。生息地域区分では紅楓湖・百花湖流域は黔中山原丘陵省に属し、本地区に生息するのは2目5科7属22種で、全省の35.5%を占めている（表1.2.14参照）。

流域における既存調査結果・文献では、表1.2.15に示すとおり両生類2目6科12種、爬虫類3目7科25種（それぞれ亜種含む）が確認種として記載されている。

表 1.2.13 貴州省・爬虫類生息種

目名	科名	貴州省		黔中山原丘陵省	
		属	種*	属	種*
亀鱉目	亀科	3	3	1	1
	平胸亀亜科	1	1	—	—
	亀亜科	2	2	1	1
	鼈科	1	2	1	1
蜥蜴目	鬣蜥科	3	4	—	—
	壁虎科	2	6	2	3
	石龍子科	3	4	2	2
	蜥蜴科	2	4	1	2
	蛇蜥科	1	2	—	—
蛇目	盲蛇科	1	1	—	—
	蝮科	1	1	1	1
	游蛇科	19	60	12	25
	閃皮蛇亜科	1	3	—	—
	鈍頭蛇亜科	1	5	1	2
	游蛇亜科	17	52	11	23
	眼鏡蛇科	3	6	3	3
	蝰科	1	1	1	1
	蝮科	2	7	2	3
計 3目	13科	42属	101種	26属	42種

注) \*亜種を含む

表 1.2.14 貴州省・両生類生息種

目名	科名	貴州省		黔中山原丘陵省	
		属	種*	属	種*
蝶螈目	隱鰓鯢科	1	1	1	1
	小鯢科	2	2	—	—
	蝶螈科	4	5	—	—
蛙形目	盤舌蟾科	1	1	—	—
	鋤足蟾科	4	9	—	—
	蟾蜍科	1	3	1	3
	雨蛙科	1	3	1	2
	姬蛙科	3	7	2	5
	蛙科	2	25	2	11
	樹蛙科	1	6	—	—
計 2 目	10 科	20 属	62 種	7 属	22 種

注) \*亜種を含む

表 1.2.15 両生・爬虫類既往調査統計表

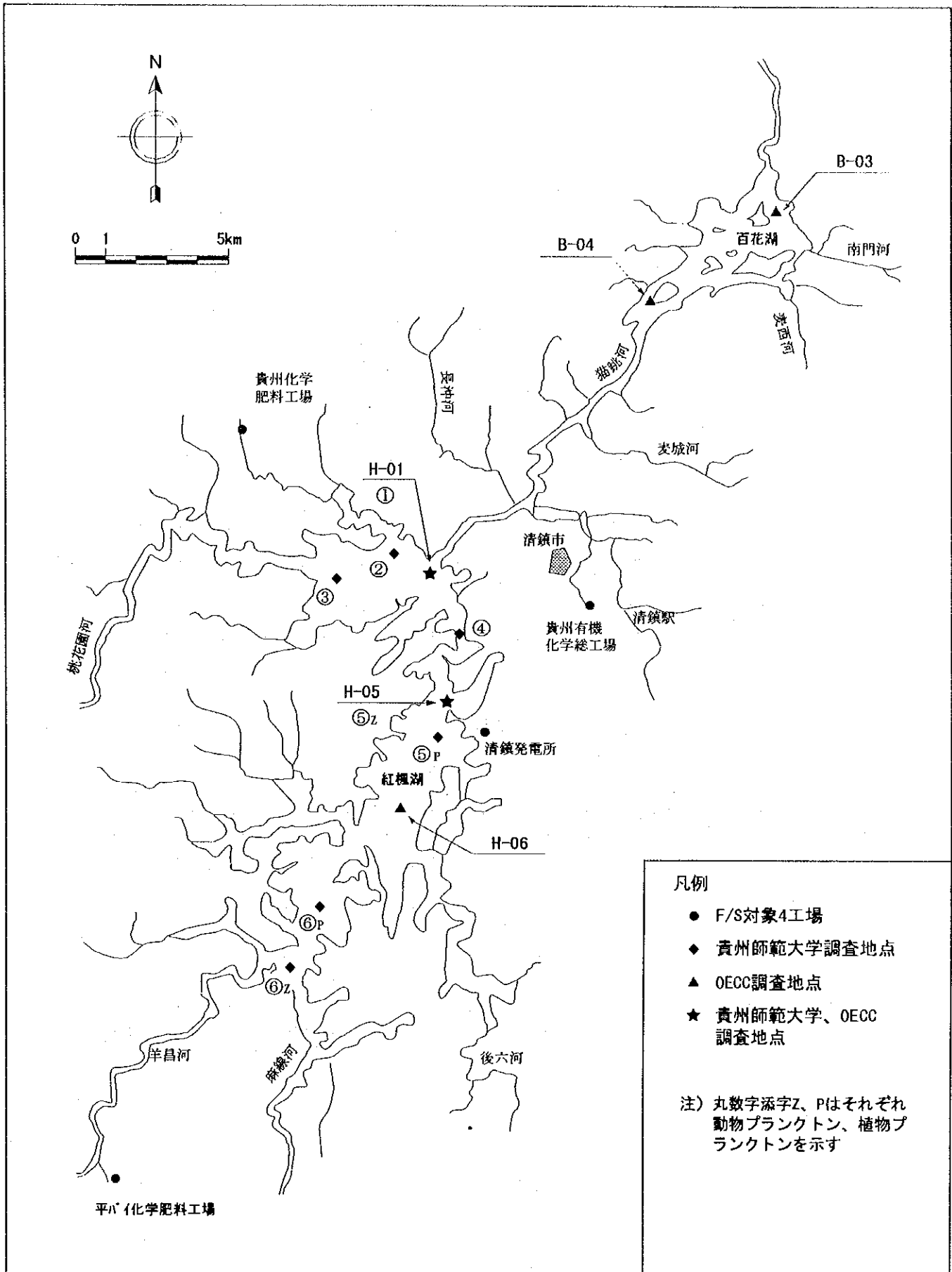
両生類			爬虫類		
目名	科数	種数	目名	科数	種数
蝶螈目	1	1	龜鱉目	2	2
蛙形目	5	11	蜥蜴目	3	6
			蛇目	2	17
計 2 目	6 科	12 種	計 3 目	7 科	25 種

### 1.2.3 動植物プランクトン

#### (1) 植物プランクトン

貴州師範大学が 1995 年 7 月から 1996 年 6 月に行った紅楓湖の植物プランクトン調査結果では、6 門 10 綱 17 目 35 科 85 属 263 種 (変種・変型を含む) が確認された。種数では、緑藻類が最も多く 138 種、ついで藍藻類 98 種、珪藻類 17 種で、この 3 門の藻類で総出現種数の 96.2% を占める。

浮遊植物出現種の季節変動をみると、冬季・春季は緑藻類が優占し、総出現種数の 75~85% を占める。主要なものは盤星藻属 *Pediastrum* と卵囊藻属 *Oocystis* である。夏季・秋季は緑藻類及び藍藻類がそれぞれ 40% 前後となる。藍藻の主要種は微囊藻属 *Microcystis* 及び和魚腥藻属 *Anabaena* である。紅楓湖の浮遊植物細胞密度の年平均は 10,793 万個/L、夏季・秋季は 58,254 万個/L であり、その季節変化は水温が上昇する夏・秋季で最も多くなり、次いで春季、冬季の順となる。



猫跳河（紅楓湖・百花湖）流域環境総合対策計画調査	中華人民共和國 貴州省科學技術委員會 貴州省環境保護局	國際協力事業団
図1.2.2 浮遊動植物調査地点図		セントラルコンサルタンツ(株) 千代田デイムス・アンド・ムーア(株)

表 1.2.16 紅楓湖浮遊植物・季節別出現種数

季節	区分	地 点						季節	区分	地 点					
		①	②	③	④	⑤P	⑥P			①	②	③	④	⑤P	⑥P
春	藍藻門	1	1	1	2	1	2	秋	藍藻門	14	8	12	15	12	10
	緑藻門	17	18	16	15	17	18		緑藻門	15	13	15	19	17	16
	珪藻門	1	1	1	2	1	1		珪藻門	2	1	2	2	1	1
	その他	1	1	1	1	1	1		その他	2	2	2	1	2	1
	計	20	21	19	20	20	22		計	33	24	31	37	32	28
夏	藍藻門	13	11	13	7	15	14	冬	藍藻門	9	6	6	7	8	6
	緑藻門	20	15	18	14	22	17		緑藻門	13	14	17	14	16	17
	珪藻門	1	2	1	1	3	2		珪藻門	2	2	1	1	1	1
	その他	2	3	3	2	2	2		その他		1	1	1		
	計	36	31	35	24	42	35		計	24	23	25	23	25	24

出典：紅楓湖浮遊植物分布（1995～1996）与水質汚染評価初步研究

（貴州師範大学学報、1998 vol.15 No.2）

また、OECCが行った調査において、紅楓湖では7門128種、百花湖では8門115種が確認された。種類組成では緑藻類が最も多く総出現種数の45～50%を占め、次いで藍藻類が25～35%となっている。

いずれの調査においても紅楓湖・百花湖は緑藻及び藍藻が優占し、種類組成からみると藍-緑藻型湖沼に属するといえる。

表 1.2.17 紅楓湖・浮遊植物出現種数

門名	調査月・調査地点												総計
	6月				8月				11月				
	H-01	H-05	H-06	小計	H-01	H-05	H-06	小計	H-01	H-05	H-06	小計	
藍藻門	12	10	8	17	15	14	15	19	20	22	28	32	39
隠藻門	0	2	2	2	1	3	2	3	2	3	2	3	3
甲藻門	2	1	1	2	3	2	1	3	2	2	2	2	4
金藻門	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
黄藻門	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	2
珪藻門	1	6	6	7	1	6	8	8	10	11	9	14	17
裸藻門	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3
緑藻門	15	22	20	34	17	19	23	30	28	25	39	43	60
計	31	41	38	64	39	46	50	65	64	65	83	97	128

表 1.2.18 百花湖・浮遊植物出現種数

門名	調査月・調査地点									総計
	6月			8月			11月			
	B-03	B-04	小計	B-03	B-04	小計	B-03	B-04	小計	
藍藻門	10	12	17	14	14	17	15	13	19	33
隠藻門	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
甲藻門	1	1	1	2	1	2	2	2	2	4
金藻門	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
黄藻門	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
硅藻門	7	5	7	8	7	8	16	12	16	18
裸藻門	0	0	0	1	0	1	0	2	2	3
緑藻門	13	18	23	17	18	25	24	24	30	53
計	33	37	50	45	44	57	61	56	73	115

(2) 動物プランクトン

貴州師範大学が 1995 年 7 月から 1996 年 6 月に行った調査結果によると、紅楓湖の動物プランクトンは 119 種で、そのうち原生動物 39 種、輪虫 42 種、枝角類 21 種、橈脚類 17 種類である。調査地点別の生息密度は約 4,000~10,000 個体/L で全調査地点の平均は約 7,000 個体/L である。生息密度の季節変動は、水温と高い相関があり、春季~夏季にかけて多く冬季に少なくなる。

表 1.2.19 紅楓湖浮遊動物・調査地点別組成状況

区分	生息数量	地 点					
		①	②	③	④	⑤z	⑥z
原生動物	種類 (種)	38	32	32	36	30	32
	数量 (個体/L)	4875	3825	8807	2400	5635	5970
	生物量 (mg/L)	0.25	0.19	0.44	0.12	0.28	0.30
輪虫	種類 (種)	31	22	26	35	27	34
	数量 (個体/L)	278.5	186.0	332.5	315.0	615.0	931.0
	生物量 (mg/L)	0.33	0.22	0.40	0.38	0.74	1.12
枝角類	種類 (種)	19	17	18	20	16	18
	数量 (個体/L)	81.0	60.5	138.0	178.0	221.0	112.5
	生物量 (mg/L)	1.62	1.21	2.76	3.56	4.42	2.25
無節幼虫	種類 (種)	—	—	—	—	—	—
	数量 (個体/L)	582.0	323.5	694.0	912.0	732.0	963.0
	生物量 (mg/L)	1.75	0.97	2.08	2.74	2.2	2.89
橈脚類	種類 (種)	14	11	10	14	14	16
	数量 (個体/L)	210.8	98.0	161.0	226.0	208.5	241.0
	生物量 (mg/L)	1.48	0.69	1.13	1.58	1.46	1.69
合計	種類 (種)	102	82	86	105	87	100
	数量 (個体/L)	6027.3	4493.0	10132.5	4031.0	7411.5	8217.5
	生物量 (mg/L)	5.43	3.28	6.81	8.38	9.1	8.25

出典：紅楓湖浮遊動物の分布及周年変化研究（貴州環保科技、1998 vol.4 No.1）

また、OECC の調査によると、紅楓湖では原生動物 37 種（鞭毛虫 18 種、繊毛虫 15 種、肉足虫 4 種）、輪虫 22 種、枝角類 22 種、橈脚類 14 種の計 97 種が確認された。百花湖では原生動物 24 種（鞭毛虫 10 種、繊毛虫 7 種、肉足虫 7 種）、輪虫 17 種、枝角類 10 種、橈脚類 21 種の計 72 種が確認された。

紅楓湖では枝角類が優占することが多く、聚花輪虫（Conochilus.）、桑椹実球藻（Panadorina.）、累枝虫（Epistylis.）など水質汚濁に耐性のある種類が、季節的に優占することがある。百花湖では総体的には橈脚類が優占種となることが多いが、桑椹実球藻、累枝虫などが季節的に大量に発生することがある。

表 1.2.20 紅楓湖・浮遊動物出現種数

区 分	調査月・調査地点												総計	
	6月				8月				11月					
	H-01	H-05	H-06	計	H-01	H-05	H-06	計	H-01	H-05	H-06	計		
枝角類	16	12	11	16	11	11	9	15	4	7	6	9	21	
橈足類	6	10	7	10	15	15	16	18	2	11	7	14	21	
輪虫類	10	8	6	13	11	10	12	14	9	12	8	13	22	
原生動物	鞭毛類	9	8	7	11	6	8	8	8	7	9	7	13	17
	繊毛虫類	3	3	2	3	6	6	5	7	6	6	8	12	17
	肉足虫	0	0	0	0	2	3	3	3	1	1	2	3	5
計	44	41	33	53	51	53	53	65	29	46	38	64	103	

表 1.2.21 百花湖・浮遊動物出現種数

区 分	調査月・調査地点									総計	
	6月			8月			11月				
	B-03	B-04	小計	B-03	B-04	小計	B-03	B-04	小計		
枝角類	6	6	6	8	8	8	5	6	7	12	
橈足類	17	11	17	18	11	18	10	8	10	20	
輪虫類	10	8	11	13	14	15	8	8	8	18	
原生動物	鞭毛類	6	5	6	7	7	7	4	5	6	11
	繊毛虫類	3	4	4	3	2	3	3	5	5	8
	肉足虫	0	2	2	0	1	1	5	2	5	7
計	42	36	46	49	43	52	35	34	41	76	

(3) プランクトンによる水質評価

藻類を用いて調査水域の水質評価を行う手法として、次の様なものがある。

① 緑藻指数

緑藻指数 = 緑藻種類数（鼓藻含まず） / 鼓藻種数

② 藻類総合指数

$$\text{藻類総合指数} = \frac{(\text{藍藻門} + \text{緑藻門} + \text{中心珪藻綱} + \text{裸藻門}) \text{種数}}{\text{鼓藻目種数}}$$

それぞれの指数と富栄養化の関係は表 1.2.22 のとおりである。

表 1.2.22 生物指数と富栄養化

類型	貧栄養	弱富栄養	中度富栄養型	重度富栄養	重栄養
緑藻指数	0.0~1.0	1.0~2.5	2.5~3.5	3.5~5.0	5.0~15.0
総合指数	<1.0	1.0~2.5	3.0~5.0	5.0~20	20~43

紅楓湖・百花湖の生物指数は表 1.2.23 に示すとおりで、紅楓湖は重度富栄養、百花湖は中度富栄養～重度富栄養に属し、紅楓湖の水質汚染の深刻化が懸念される。

表 1.2.24 紅楓湖・百花湖の生物指数

項目	緑藻指数			総合指数		
	最小	最大	平均	最小	最大	平均
紅楓湖 (評価)	3.3	7.0	4.7	5.8	15.4	10.0
	重度富栄養～重栄養型			重度富栄養		
百花湖 (評価)	2.3	5	3.38	3.6	11.3	6.23
	中度富栄養～重度富栄養			中度富栄養～重度富栄養		

表 1.2.25 地点別・観測時期別生物指数

紅楓湖

指標	6月			8月			11月		
	H-01	H-05	H-06	H-01	H-05	H-06	H-01	H-05	H-06
緑藻指数	4.0	4.5	5.7	3.3	3.8	4.8	3.3	5.8	7.0
総合指数	9.3	8.8	10.3	8.5	9.0	5.8	8.3	14.3	15.4
chl <sub>a</sub>	24.58	24.89	19.70	12.86	7.82	12.77	4.84	22.41	21.72
TP	0.0153	0.0475	0.029	0.040	0.038	0.032	—	—	—
TN	4.03	4.25	3.61	3.49	3.11	4.44	1.84	1.56	1.76

百花湖

指標	6月		8月		11月	
	B-03	B-04	B-03	B-04	B-03	B-04
緑藻指数	2.3	3.5	3.3	2.7	3.5	5.0
総合指数	6.5	4.0	8.0	3.6	4.0	11.3
chl <sub>a</sub>	14.58	93.87	12.54	8.48	13.32	15.14
TP	0.052	0.125	0.082	0.040	—	—
TN	16.14	2.58	3.60	3.52	2.58	2.40

注) chl<sub>a</sub> : クロロフィル a 値  
chl<sub>a</sub>、TP、TN の単位は mg/L



## 1.2.4 貴重種

### (1) 植物

貴州省の国家重点保護植物は70種あり、これは全国の国家重点保護植物種の19.8%を占める。そのうち、国家一级保護植物4種、国家第二級保護植物27種、国家第三級保護植物39種となっており、全国の種のそれぞれ50.0%、18.9%、19.2%に相当する(表1.2.26参照)。流域に位置する清鎮、貴陽、平バイ、安順の市及び県では、国家二級保護植物として杜中など3種、国家三級保護植物として南方鉄杉・天麻など10種が存在している(表1.2.27参照)。

また、「貴州省珍稀瀕危植物保護管理弁法」にもとづいた貴州珍稀瀕危植物として95種があり、一級保護植物9種、二級保護植物36種、三級保護植物50種となっている。そのうち、流域内の市及び県では、二級保護植物として青檀・沉水海菜花など8種、三級保護植物として南方鉄杉・天麻・鉄杉など12種が存在している。

表 1.2.26 貴州省国家重点保護植物

保護等級	類別	種名
1	漸危	杪椴
	稀有	銀杉、秃杉、珙桐
2	瀕危	梵净山冷杉、雲南穗花杉、滇桐
	漸危	蕨小三尖杉、短叶黄杉、柄翅果、馬蹄参、狭叶瓶尔-小草、木瓜紅、香木蓮
	稀有	福建柏、喙核桃、鐘萼木、野茶樹、連香樹、光叶珙桐、十齒花、香果樹、杜中、傘花木、四葉門花、掌叶木、鵝掌楸、金鉄鎖、馬尾樹、水青樹、觀光木
3	瀕危	寬叶水韭、柔毛油杉、黑節草、雲南擬单性木蘭
	漸危	扇蕨、穗花杉、翠柏、黄枝油杉、華南五針松、黄杉、南方鉄杉、長苞鉄杉、田林細子龍、八角蓮、天麻、粘木、厚朴、小花木蘭、黄連、西康玉蘭、紅花木蓮、海菜花、樂東擬单性木蘭、閩楠、楠木、白辛樹、紫茎、紅椿、頂果木、銀鐘花、凹叶厚朴、紅豆樹
	稀有	蝴蝶果、金錢槭、領春木、半楓荷、銀鵲樹、任木、青檀

出典：中国自然資源叢書・貴州卷

表 1.2.27 調査対象地域に生息する国家重点保護植物

等級	種名	学名
二級	光叶珙桐	<i>Davidia involucrata</i>
	香果樹	<i>Emmenopterys henryi</i>
	杜中	<i>Eucommia ulmoides</i>
三級	寬叶水韭	<i>Isoetes japonica</i>
	南方鉄杉	<i>Tsuga chinensis</i> var. <i>tchekiangensis</i>
	領春木	<i>Euptelea Pleiosperma</i>
	半楓荷	<i>Semiliquidambar cathayensis</i>
	八角蓮	<i>Dysosma versipellis</i>
	天麻	<i>Gastrodia elata</i>
	厚朴	<i>Magnolia officinalis</i>
	西康玉藍	
	樂東擬單性木蘭	<i>Parakmeria lotungensis</i>
	青檀	<i>Pteroceltis tatarinowii</i>

出典：中国自然資源叢書・貴州巻

表 1.2.28 猫跳河流域に生息する貴州珍稀瀕危植物

等級	種名	学名
二級	樂東擬單性木蘭	<i>Parakmeria lotungensis</i>
	青檀	<i>Pteroceltis tatarinowii</i>
	領春木	<i>Euptelea Pleiosperma</i>
	青錢柳	<i>Cyclocarya paliurus</i>
	寬叶水韭	<i>Isoetes japonica</i>
	青岩油杉	<i>Keteleeria davidiana</i> var. <i>Chien-pcii</i>
	沉水海菜花	<i>Ottelia demersa</i>
	岩生紅豆樹	<i>Ormosia saxatilis</i>
三級	厚朴	<i>Magnolia officinalis</i>
	半楓荷	<i>Semiliquidambar cathayensis</i>
	南方鉄杉	<i>Tsuga chinensis</i> var. <i>tchekiangensis</i>
	八角蓮	<i>Dysosma versipellis</i>
	天麻	<i>Gastrodia elata</i>
	鉄杉	<i>Tsuga chinensis</i>
	南方紅豆杉	<i>Taxus chinensis</i> var. <i>mairci</i>
	三尖杉	<i>Cephalotaxus fortunei</i>
	全秃海桐	<i>Pittosporum perglabratum</i>
	不对称柳叶蕨	<i>Cryptogonellum inaequale</i>
	低頭貫衆	<i>Cyrtomium nephrolepioides</i>
花欄木	<i>Ormosia henryi</i>	

出典：貴州珍稀瀕危植物

注) 貴州珍稀瀕危植物のうち清鎮県・貴陽市・平バイ県・安順県に生息する種

(2) 動物

1989年公布の「中華人民共和国野生動物保護法」及び「貴州省重点保護野生動物名録」等によると、貴州省の国家重点保護動物は85種で、全国の保護動物の22.6%を占めている。そのうち、国家一級保護動物は哺乳類5種・鳥類8種、爬虫類1種の計14種類、国家二級保護動物は哺乳類15種・鳥類48種・爬虫類1種・両生類4種・魚類2種・昆虫類1種の計71種類で、全国の総種数のうちそれぞれ13.0%及び26.5%に相当する(表1.2.29参照)。

流域に位置する清鎮、貴陽、平バイ、安順の市及び県では、国家一級保護動物として哺乳類の豹1種、国家二級保護動物として哺乳類10種・鳥類13種・両生類1種・魚類1種の計25種が生息している(表1.2.30参照)。

貴州環境保護局は「貴州珍稀動物」として68種選定している。上記国家重点保護動物以外で対象地域に生息する貴重種として哺乳類1種、鳥類2種、爬虫類2種、両生類1種、魚類1種の計7種をあげている(表1.2.31参照)。

鳥類については、「日本政府及び中華人民共和国政府の渡り鳥及びその生息環境の保護に関する協定(1981年3月)」により、表1.2.32に示す38種が保護種として指定されている。

表 1.2.29 貴州省国家重点保護動物

保護等級	綱	種名
1	哺乳綱	黔金絲猴、黒叶猴、云豹、豹、華南虎
	鳥綱	白鶴、黒鶴、中華秋沙鴨、金雕、白肩雕、白尾海雕、黒頸鶴
	爬虫綱	蟒
2	哺乳綱	獼猴、藏酋猴、穿山甲、豺、黒熊、水獺、斑林狸、大靈貓、小靈貓、丛林猫、金猫、林麝、鬃羚、毛冠鹿、斑羚
	鳥綱	白琵鷺、黒臉琵鷺、鸕鶿、鳳頭鸚隼、蜂鷹、鳶、蒼鷹、褐耳鷹、赤腹鷹、鳳頭鷹、雀鷹、松雀鷹、普通鵟、灰臉鵟鷹、草原雕、白腹山雕、白尾鷲、鵠鷄、蛇雕、小隼、游隼、燕隼、紅脚隼、紅隼、紅腹角雉、白鶉、勺鶉、白冠長尾雉、紅腹錦雞、白腹錦雞、灰鶉、棕背田雞、紅翅綠鶉、褐翅鴉鶉、小鴉鶉、草鴉、紅角鴉、領角鴉、雕鴉、毛脚魚、領鴉、斑頭鴉、褐林鴉、灰林鴉、長耳鴉、短耳鴉、長尾闊嘴鳥、藍翅八色鶉
	爬虫綱	山瑞龜
	両性綱	大鯢、細痣疣螈、貴州疣螈、虎紋蛙
	魚綱	胭脂魚、金錢鯰
	昆虫綱	拉步甲

出典：中国自然資源叢書・貴州巻

表 1.2.30 調査対象地域に生息する国家重点保護動物

等級	綱	科	種	学名	
一級	哺乳綱	猫科	豹	<i>Panthera pardus</i>	
二級	哺乳綱	猴科	猕猴	<i>Macaca mulatta</i>	
			藏酋猴	<i>Macaca thibetana</i>	
		穿山甲科	穿山甲	<i>Manis pentadactyla</i>	
		猫科	豺	<i>Cuon alpinus</i>	
		鼬科	水獺	<i>Lutra lutra</i>	
		靈貓科	大靈貓	<i>Viverra zibetha</i>	
			小靈貓	<i>Viverra indica</i>	
		麝科	林麝	<i>Moschus berezovskii</i>	
		牛科	鬣羚	<i>Capricornis sinuataensis</i>	
		鹿科	毛冠鹿	<i>Elaphodus cephalophus</i>	
		鳥綱	鴨科	鴛鴦	<i>Aix galericulata</i>
			鷹科	鳳頭鷓鴣	<i>Aviceda leucophotes syama</i>
				鵟	<i>Milvus korschun lineatus</i>
				普通鵟	<i>Buteo buteo burmanicus</i>
			白腹山鵟	<i>Aquila fasciata fasciata</i>	
			白尾鵟	<i>Circus cyaneus cyaneus</i>	
	隼科		紅隼	<i>Falco tinnunculus saturatus</i>	
	雉科		白冠長尾雉	<i>Symaticus reevesii</i>	
			紅腹錦雞	<i>Chrysolophus pictus</i>	
	鶴科		灰鶴	<i>Grus grus</i>	
	鳩鵲科		紅翅綠鳩	<i>Treron sieboldii</i>	
	鴞科		鴞	<i>Bubo bubo</i>	
			斑頭鴞	<i>Asio flammeus</i>	
	兩棲綱	隱鯉蜥科	大鯉	<i>Andrias davidianus</i>	
	魚綱	鯉科	金線鯉	<i>Sinocyclocheilus sp.</i>	

出典：中国自然資源叢書・貴州卷

表 1.2.31 猫跳河流域に生息する貴州珍稀動物

綱	科	種	学名	備考
哺乳綱	猴科	短尾猴	<i>Macaca speciosa</i>	国家Ⅱ級
鳥綱	雉科	白腹錦雞	<i>Chrysolophus amherstiae</i>	国家Ⅱ級
	鴞科	短耳鴞	<i>Asio flammeus</i>	国家Ⅱ級
爬行綱	游蛇科	紫棕小頭蛇	<i>Oligodon swinhonis</i>	発見個体僅少
	壁虎科	半葉趾虎	<i>Hemiphyllodactylus yunnanensis</i>	貴州固有亜種
兩棲綱	蝶螈科	藍尾蝶螈	<i>Cynops cyanurus</i>	1962以降未発見
魚綱	鯉科	長鬚華鯪	<i>Sinilabeo longibarbus</i>	貴州固有種

出典：「中国 貴州珍稀動物」

表 1.2.32 日中渡鳥協定・保護指定種

No.	種名	学名	現地確認種
1	緑翅鴨	<i>Anas crecca crecca</i>	
2	灰鶴	<i>Grus grus lilfordi</i>	
3	紅胸田鶏	<i>Porzana fusca erythrothorax</i>	○
4	青脚鶉	<i>Tringa nebularia</i>	
5	磯鶉	<i>Tringa hypoleucos</i>	
6	扇尾沙錐	<i>Capella gallinago gallinago</i>	
7	丘鶉	<i>Scolopax rusticola rusticola</i>	
8	紅嘴鷗	<i>Larus ridibundus</i>	
9	大杜鵑	<i>Cuculus canorus fallax</i>	
10	短耳鴟	<i>Asio flammeus flammeus</i>	
11	白尾鷓	<i>Circus cyaneus cyaneus</i>	
12	普通夜鷹	<i>Caprimulgus indicus jotaka</i>	
13	白腰雨燕	<i>Apus pacificus kanoi</i>	○
14	小白腰雨燕	<i>Apus affinis subfurcatus</i>	○
15	灰沙燕	<i>Riparia riparia fokiensis</i>	
16	家燕	<i>Hirundo rustica</i>	○
17	金腰燕	<i>Hirundo daurica japonica</i>	○
18	山鵲	<i>Dendronanthus indicus</i>	○
19	白鵲	<i>Motacilla alba alboides</i>	○
20	樹鵲	<i>Anthus hodgsoni hodgsoni</i>	
21	虎紋伯勞	<i>Lanius tigrinus</i>	○
22	黑枕黃鸝	<i>Oriolus chinensis diffusus</i>	○
23	寒鴉	<i>Corvus dauuricus</i>	○
24	紅脇藍尾鷓	<i>Tarsiger cyanurus cyanurus</i>	
25	北紅尾鷓	<i>Phoenicurus aureus aureus</i>	○
26	黑喉石鷓	<i>Saxicola torquata przewalskii</i>	○
27	虎斑地鷓	<i>Zoothera dauma aurea</i>	○
28	斑鷓	<i>Turdus naumanni eunommus</i>	
29	大葦鶯	<i>Acrocephalus orientalis</i>	○
30	黃眉柳鶯	<i>Phylloscopus inornatus inornatus</i>	
31	極北柳鶯	<i>Phylloscopus borealis borealis</i>	○
32	冕柳鶯	<i>Phylloscopus coronatus coronatus</i>	○
33	山麻雀	<i>Passer rutilans rutilans</i>	○
34	錫嘴雀	<i>Coccothraustes coccothraustes coccothraustes</i>	
35	北灰鷓	<i>Muscicapa latirostris</i>	
36	黃喉鷓	<i>Emberiza elegans elegantula</i>	○
37	灰頭鷓	<i>Emberiza spodocephala sordida</i>	○
38	小鷓	<i>Emberiza pusilla</i>	

### 1.3 地域地区の指定状況等

生態保護については、原生環境、自然歴史史跡と重要風致地区、生物原種資源管理、自然保護区などの関連法制度ならびに区域の指定等があるが、猫跳河流域においては自然保護区と風景名勝区の指定がなされている。

#### 1.3.1 自然保護区

貴州省では、1996年までに29箇所の自然保護区が設定されている。そのうち、国家級4箇所・省級2箇所・市級4箇所・県級19箇所、総面積は28.97万ha、貴州省の面積の約1.6%に相当する。

これらのうち、猫跳河流域には省級自然保護区として紅楓湖保護区がある。

紅楓湖保護区（紅楓湖高原淡水湖泊生態自然系統保護区）は清鎮及び平バイの県境に位置する面積235km<sup>2</sup>の保護区で、高原淡水湖の生態系を主要な保護対象として1981年に貴州省人民政府により省級保護区として指定された。

#### 1.3.2 風景名勝区

貴州省では、1996年までに32箇所の風景名勝区の指定がなされている。そのうち、国家級8箇所、省級24箇所である。両湖は、貴州省の重要な観光資源の一つであり、特に紅楓湖は“貴州高原の真珠”と称され、神秘的な地形と景観・快適な気候・多種多彩な風景等により、1988年国務院によって国家級自然風景区に指定された。また百花湖は、1987年貴州省人民政府により省級風景游覧区に指定されている。

### 1.4 生態系現地調査

#### 1.4.1 調査の概要

調査項目は、底生生物、魚介類、水生植物、鳥類、浮遊生物の5項目である。

調査時期を表1.4.1に、各調査項目の調査地点を表1.4.2及び図1.4.1に、調査方法の概要を表1.4.3にそれぞれ示す。

表 1.4.1 現地調査時期

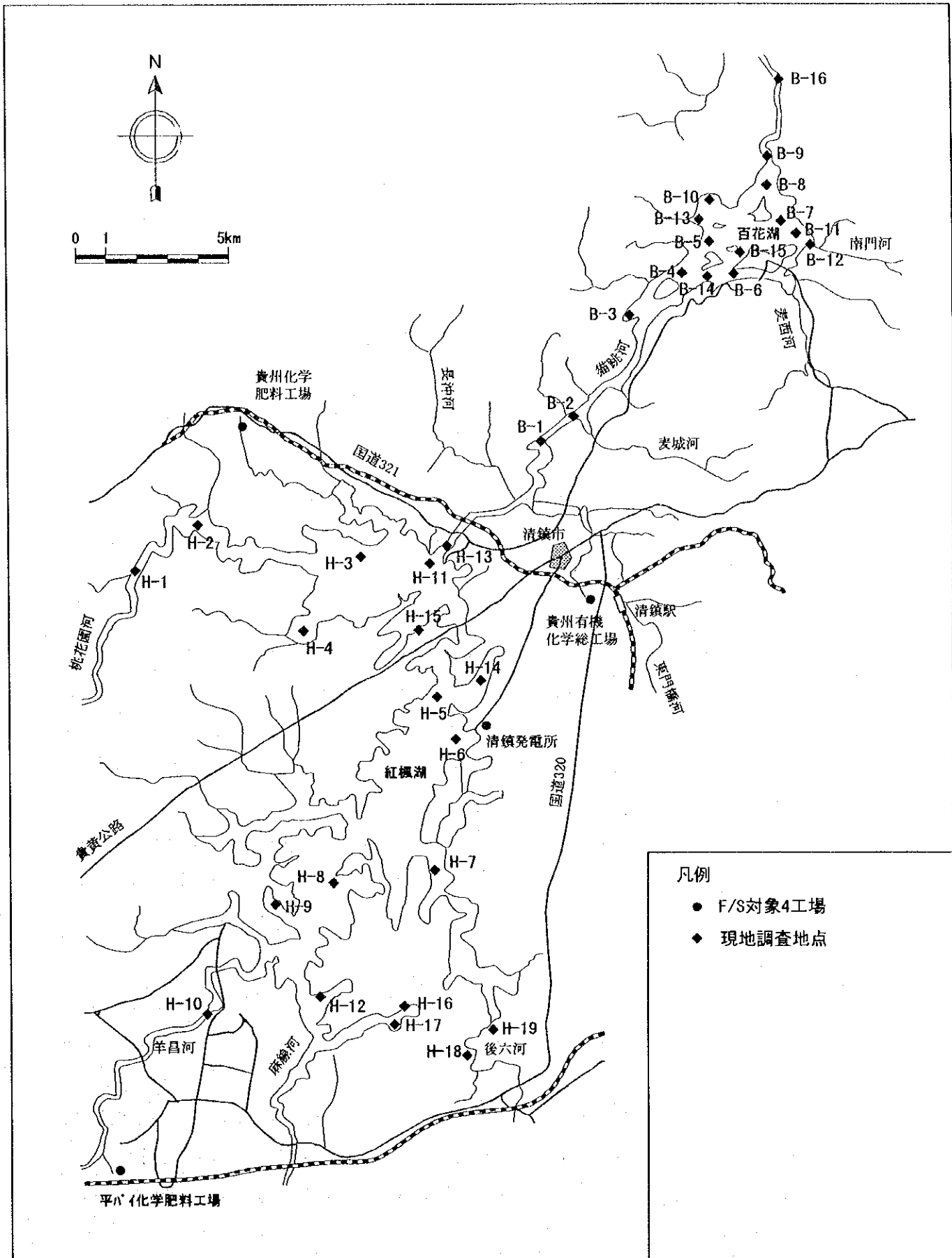
調査項目	調査時期
底生生物	1998年7月31日～8月12日
魚介類	1998年7月31日～8月8日
水生植物	1998年7月31日～8月10日
鳥類	1998年7月31日～8月7日
浮遊生物	1998年7月31日～8月11日

表 1.4.2 調査地点及び調査項目一覧

地域区分	地点番号	地点名	調査項目				
			底生	魚介	植物	鳥類	浮遊
紅楓湖	H-1	偏山	○	○	○	○	
	H-2	白岩	○	○	○	○	○
	H-3	石岡坡	○	○		○	
	H-4	劉関堡			○	○	
	H-5	凹力	○	○	○	○	
	H-6	后午	○		○	○	○
	H-7	將軍湾	○	○	○	○	○
	H-8	漁家龍潭 (馬槽田)		○	○	○	
	H-9	三岔河	○	○	○	○	○
	H-10	羊昌河	○	○		○	
	H-11	坝前	○	○		○	
	H-12	麻線河 (奶牛場)			○	○	
	H-13	坝后	○			○	
	H-14	肖家坝	○				○
	H-15	苗寨			○		
	H-16	揚塘寨			○		
	H-17	揚塘寨 (河)			○		
	H-18	后六河小寨			○		
	H-19	凱洒			○		
百花湖	B-1	花橋	○	○	○	○	○
	B-2	小河口	○	○	○	○	
	B-3	岩脚寨	○	○	○	○	
	B-4	燕背山			○	○	○
	B-5	蒋家舖	○		○	○	○
	B-6	麦西河口	○	○		○	○
	B-7	泵房	○		○	○	
	B-8	坝上	○	○	○	○	○
	B-9	坝下	○	○		○	
	B-10	五里橋下			○		
	B-11	朱昌養魚場	○		○		
	B-12	干橋			○		
	B-13	煤炭寨对面小島			○		
	B-14	河坝			○		
	B-15	金鐘			○		
	B-16	李官村		○			

表 1.4.3 調査方法概要

調査項目	調査時期
底生生物	定量調査 (採泥器)、定性調査 (0.5mm 目網)
魚介類	刺網、投網、タモ網、籠
水生植物	定性採集 (採草器)、定量調査 (枠調査)、断面調査
鳥類	定点調査・ラインセンサス
浮遊生物	定性採集 (プランクトンネット No.25) 定量採集 (採水器)



猫跳河（紅楓湖・百花湖）流域環境総合対策計画調査  
 図1.4.1 生態系調査位置図

中華人民共和国  
 貴州省科学技術委員会  
 貴州省環境保護局

国際協力事業団  
 セントラルコンサルタント(株)  
 千代田デイムス・アンド・ムーア(株)



## 1.4.2 底生生物調査結果

### (1) 調査地点及び調査方法

調査地点は、紅楓湖 13 地点（河川 4 地点、湖内 9 地点）、百花湖 9 地点（河川 2 地点、湖内 7 地点）の計 22 地点で行った。調査は、湖内では定量採集、河川では定量採集と定性採集を行った。それぞれの採集方法の概要は以下のとおりである。

- 定量採集：採泥器（13cm×17cm）を用いて各調査地点で 5 回採泥をおこない、40 分目の篩で洗淨・選別し、2%ホルマリン溶液で固定する
- 定性採集：0.5mm 目の網を用いて水草の繁茂する場所を中心に採集を行い、それらを 40 分目の篩で洗淨・選別し、5%ホルマリン溶液で固定する。

### (2) 調査結果

調査の結果、紅楓湖・百花湖の両湖で 4 綱（亜綱）17 科 32 属が確認された（表 1.4.4 参照）。調査時の優占種は、寡毛類の管水蛭、単孔蛭、顛蛭属、揺蚊類の前突揺蚊、水生昆虫の黒河蟷、黄蜻蜒などであった。

紅楓湖では寡毛類 1 科 6 属、揺蚊 1 科 8 属、水生昆虫 2 科 3 種が確認された。湖内の生息密度・生物量は  $109 \text{ 個}/\text{m}^2 \cdot 0.137\text{g}/\text{m}^2$  で寡毛類が 90%以上を占め、河川部では  $1,860 \text{ 個}/\text{m}^2 \cdot 3.03 \text{ g}/\text{m}^2$  で生息密度では揺蚊幼虫が優占する。百花湖では寡毛類 1 科 6 属・揺蚊 1 科 7 属・水生昆虫 6 科 9 属が確認された。湖内の生息密度・生物量は  $518 \text{ 個}/\text{m}^2 \cdot 2.747\text{g}/\text{m}^2$  で寡毛類が 60%以上を占め、河川部では  $12,434 \text{ 個}/\text{m}^2 \cdot 35.768 \text{ g}/\text{m}^2$  で寡毛類が 80%以上を占める。

紅楓湖・百花湖を比較すると、紅楓湖は百花湖に比べ水深が深く水生植物が少ないことにより、種類組成が単調で、生息密度・生物量も少ない。特に、水生植物と水生昆虫の生息には密接な関係があり、水生植物の少ない百花湖は水生昆虫が少ない傾向にある。

湖水域と河川を比較すると、河川は工場及び生活排水が直接流入し、底生生物の餌料となる有機懸濁物が豊富である。したがって、河川の生息密度・生物量は湖水域に比べてかなり多く、17~40 倍の値となる。

両湖ともに、水質の有機汚濁の指標種である寡毛類の顛蛭属と揺蚊幼虫が多数おり、顛蛭類の生息量 ( $>100 \text{ 個}/\text{m}^2$ ) から判断するとかなり汚染が進んでいると思われる。また、養魚場付近など大量の有機懸濁物が堆積し、DO が極端に低下し嫌気的環境におかれた調査地点では、底生生物はほとんど生息していなかった。

表 1.4.4 底生生物調査結果

綱名	目名	湖内		河川		計	
		科数	種数	科数	種数	科数	種数
有翅亜綱	蜻蛉目	4	6	6	9	6	9
	双翅目	1	7 属	1	8 属	1	8 属
環帯綱	寡毛類	1	6 属	1	6 属	1	6 属
	蛭類			1	1	1	1
腹足綱						5	11
瓣鳃綱						3	11

### 1.4.3 魚介類調査結果

#### (1) 調査地点及び調査方法

調査地点は、紅楓湖 11 地点（湖内 8 地点、河川 3 地点）、百花湖 7 地点（湖内 5 地点、河川 2 地点）の計 18 地点で行った。調査は、湖内では主に刺網を用い、河川部では主に投網とタモ網を用いた。

- 刺網：刺網は原則として表層に浮刺網を設置し、状況を勘案して中層刺網、底刺網も用いた。目合いは 15mm と 50mm とした。
- 投網：投網は原則として湖岸、川岸で行う。網目は 12mm と 18mm とする。1 調査地点で移動しながら 10 回網を打つものとする。
- タモ網：浅瀬の礫の下にいる底生魚や、岸辺の水生植物内に生息する浮遊魚を対象に用いる。原則として 1 時間・人とする。

#### (2) 調査結果

調査の結果、魚類は両湖で 4 目 7 科 19 属 21 種が確認された（表 1.4.5 参照）。種としては鯉科の魚が 15 種で最も多く、確認魚種の 7 割程度を占める。主要種としては、鯉、鯽、鱖、草魚、鲢、三角魴、胡鮎、鮎などである。これら魚種の捕獲測定結果を表 1.4.6 に示す。

本調査では、魚類調査で同時に採集された貝類等も同定した。その結果、蛙類 2 種、蝦類 2 種、蚌（二枚貝）類 2 種、螺（巻貝）類 5 種が確認された。

表 1.4.5 魚類調査結果

目名	湖内		河川		計	
	科数	種数	科数	種数	科数	種数
鯉形目	2	16	2	8	2	16
鮎形目	2	2	1	1	2	2
合鰓魚目	1	1			1	1
鯽形目	2	2	1	1	2	2
4 目	7	21	4	10	7	21

表 1.4.6 主要経済魚種・測定結果

魚種	鯉	鯽	鱒	草魚	鲢	三角魴	胡鮎	鮎
全長 (cm)	13- 36	8- 19	19- 24	21.5- 31	22- 31.5	11.5	23- 32	11- 29
体重 (g)	180- 1300	50- 210	190- 210	450- 750	400- 450	250	250- 1000	150- 400
計測個体/ 捕獲個体	4/18	4/26	2/2	2/5	2/4	1/1	2/5	2/4

#### 1.4.4 水生植物調査結果

##### (1) 調査地点及び調査方法

調査地点は、紅楓湖 14 地点（湖内 8 地点、水際部 1 地点、河川 5 地点）、百花湖 15 地点（湖内 13 地点、河川 2 地点）の計 29 地点で行った。調査は、水生植物相と生育状況等を確認するために、定量採集、断面調査、定性観察の 3 種類行った。

- 定量採集：水生植物の繁茂している地点に、1m 四方の枠を設定し、その枠内に生育する水生植物を根ごと採集する。
- 断面調査：川の兩岸から綱及び浮標を用いて断面を設定し、一定間隔で水深と植物相調査を行い断面生息分布図を作成する。
- 定性観察：調査地点で任意踏査を行いながら、目視あるいは採草器を用いたサンプリングにより両湖の全般的な水生植物相を調査する。

##### (2) 調査結果

###### ① 水生植物相

調査の結果、16 目 24 科 43 種が確認された。そのうち湖内では 15 目 23 科 40 種、河川では 16 目 24 科 43 種である（表 1.4.7 参照）。そのうち、沈水植物は 13 種、浮葉植物は 3 種、浮標植物は 3 種、挺水植物が 24 種である。主要種は、茨藻類、金魚藻、黒藻、眼子菜類等である。また、貴重種として、省級二級保護植物である沉水海菜花が旧鋪子の湧水水源の小河川流入口（地点：H-4 付近）で発見された。

紅楓湖湖内の水生植物の分布域は比較的狭く、沈水植物が極めて少なかったが、流入河川では比較的広く分布していた。一方、百花湖の水生植物の分布は広範囲にわたり、生息状況も良好であった。

紅楓湖は、降雨による水位変動が大きく、水位の安定した浅水域が少ない。本調査時が雨季であったことから、水位の上昇ならびに流失により沈水植物が極めて少な

かったものと思われる。

表 1.4.7 水生植物調査結果

綱名	目名	湖内		河川		計	
		科数	種数	科数	種数	科数	種数
双子葉植物綱	蓼目	1	1	1	1	1	1
	中子目	1	1	1	1	1	1
	毛茛目	2	2	2	2	2	2
	罌粟目	1	1	1	1	1	1
	桃金娘目	3	3	3	3	3	3
	傘形目	1	1	1	1	1	1
	竜胆目			1	1	1	1
	管花目	2	2	2	2	2	2
	桔梗目	1	1	1	1	1	1
短子葉植物綱	沼生目	4	13	4	15	4	15
	灯心草目	1	2	1	2	1	2
	禾本目	1	4	1	4	1	4
	佛焰花目	2	3	2	3	2	3
	莎草目	1	4	1	4	1	4
真蕨綱	荇目	1	1	1	1	1	1
	槐叶荇目	1	1	1	1	1	1
合計		23	40	24	43	24	43

## ② 定量調査

定量調査の結果、上述した主要種が優占し、百花湖では調査地点によって単独種で占められる場合がある。紅楓湖は百花湖に比べて水生植物、特に沈水植物が少ないため、平均湿重量は紅楓湖が約  $1,200\text{g/m}^2$  ( $970\sim 1,330\text{g/m}^2$ ) に対して百花湖は約  $2,600\text{g/m}^2$  ( $940\sim 4,920\text{g/m}^2$ ) となっている。

## ③ 断面調査

断面調査は、百花湖の小河口並びに麦西河口で行った。調査の結果では、岸辺及び浅所では竹叶眼子菜が多く、中心部に向かって黒藻が多く見られるようになる。

調査結果より当該水域の生息限界水深は約  $5\sim 6\text{m}$  と判断される。

## 1.4.5 鳥類調査結果

### (1) 調査地点及び調査方法

調査地点は表 1.4.2 に示す紅楓湖 13 地点、百花湖 9 地点及び任意踏査により適宜調査地点を選定した。調査は、湖湾、河川合流部、派川、河岸湿地帯、島嶼を重点区域として実施した。

調査方法は、現地踏査により鳥類生息の代表環境（水面、島嶼、湖岸の山林・草地、水田等）となる地点を選定し、当該地点を中心とした一定範囲内でラインセンサ

ス調査及び定点調査により行った。

(2) 調査結果

現地調査では紅楓湖で約 1,800 個体、百花湖では約 1,000 個体の鳥類を発見し、同定の結果、表 1.4.8 に示す 12 目 31 科 (亜科含む) 103 種が確認された。

紅楓湖・百花湖は、貴州省鳥類の約 1/3 の種が生息おり、貴州省における一大生息地区の一つである。しかし、当該地区では水鳥類の種数は約 20 種と比較的少なく(草海の約 1/3 程度である)、林地・草地性の種が多い。その理由として、1) 水面利用が盛んなこと、2) 水深が深く採餌場となり得る浅水域が少ないことが考えられる。

また本調査で、国家二級保護鳥類として鴛鴦、游隼、紅隼の 3 種、「渡り鳥及びその生息環境の保護に関する日本国政府と中華人民共和国政府との間の協定(1981.3)」で指定された保護鳥類として家燕、極北柳鶯、山鵲等 18 種が確認された。

調査対象地域の地理・地形的条件及び鳥類の生息条件から、分布域の類型として明水域、湖岸域、石灰岩灌木島嶼、草地灌木島嶼、城鎮村落、針葉広葉林、常緑落葉混交林、人工経済林、水田耕地の 9 類型に分けられる。

表 1.4.8 鳥類調査結果

目名	湖内		河川		計	
	科数	種数	科数	種数	科数	種数
鷓鴣目	1	1			1	1
鶴形目	1	3			1	3
雁形目	1	1			1	1
鴝形目	1	2			1	2
隼形目			2	2	2	2
鶴形目			1	1	1	1
鳩形目			1	3	1	3
鵲形目			1	2	1	2
雨燕目			1	2	1	2
佛法僧目	1	3			1	3
鸚形目			1	2	1	2
雀形目	1	3	18	78	19	81
12 目	6	13	25	90	31	103

#### 1.4.6 浮遊生物調査結果

##### (1) 調査地点及び調査方法

調査地点は河川流入口、湖湾、湖心等を主な調査地点とし、紅楓湖 6 地点、百花湖 5 地点で採集調査を行った。調査は定性採集と定量採集を行った。

- 定性採集：プランクトンネット (No.25) を用いて、0.5m 前後の水深で採集する。
- 定量採集：表層 0.5m と、調査地点の透明度の 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0 倍の水深において、一定体積の採水を行う。

##### (2) 調査結果

調査の結果、植物プランクトンは 5 綱 10 目 24 科 135 種が、動物プランクトンは 9 綱 22 目 48 科 126 種が確認された (表 1.4.9 及び表 1.4.10 参照)。

植物プランクトンは藍藻類及び緑藻類が非常に優占している。種組成では紅楓湖・百花湖ともに緑藻類が最も多く 50%以上を占め、次いで藍藻類が 30%~40%であり、これらで総出現種数の 90%以上を占める。生息密度の数量組成は、紅楓湖では藍藻類が最も多く 50%以上を占め、次いで緑藻類が 30%程度である。一方、百花湖では緑藻類が 50%以上を占め、次いで藍藻類が 40%程度である。

両湖における主要種は、藍藻類では微囊藻属、束絲藻属及び魚腥藻属等、緑藻類では団藻目の桑椹実球藻、空球藻、繊細桑椹藻等である。出現種の中に富栄養化指標種がみられ、両湖の水質は富栄養の傾向が見られる。

動物プランクトンの主要種は、原生動物では植鞭毛虫の隠滴目 (卵形隠滴虫、嗜蝕隠滴虫等) 及び角甲藻虫等、輪虫類では亀甲輪虫・異尾輪虫・針簇多肢輪虫等、枝角類では象鼻蚤科 (象鼻蚤等) 及び蚤科 (僧帽蚤等)、橈足類では剣水蚤科である。

両湖の種組成は、枝角類が紅楓湖で多い (紅楓湖：9 種、百花湖：3 種) が、原生動物・輪虫・橈足類は類似している。生息密度は、原生動物が圧倒的に多く 99%以上を占めている。両湖を比較すると、原生動物・輪虫・橈足類は百花湖が紅楓湖の約 2~3 倍となっているが、枝角類は紅楓湖が百花湖の約 9 倍であった。

表 1.4.9 浮遊生物調查結果 (植物)

類別	綱名	目名	科数	種数
藻類	藍藻綱	色球藻目	1	39
		段殖体目	2	10
	黄藻綱	異絲藻目	1	1
	中心綱	圓篩藻目	1	6
		無壳縫目	3	8
	綠藻綱	团藻目	4	16
		四胞藻目	1	1
		綠球藻目	9	39
		絲藻目	1	1
	結合藻綱	鼓藻目	1	14
合計	5 綱	10 目	24	135

表 1.4.10 浮遊生物調查結果 (動物)

類別	綱名	目名	科数	種数	
原生動物	植鞭毛綱	金滴目	3	7	
		隱滴目	1	5	
		腰鞭目	4	7	
		眼虫目	2	8	
	動鞭毛綱	領鞭目	1	1	
	輻足總綱				
	太陽亞綱	太陽虫目	1	5	
	根足綱				
	叶足亞綱	變形目	2	2	
		表壳目	3	11	
		有壳絲足目	3	5	
	動基片綱	鈎刺目	1	1	
		前口目	1	1	
		膜口目	1	1	
		吸管目	1	1	
	多膜綱	施毛亞綱	異毛目	1	1
		緣毛亞綱	炮毛目	2	4
寡毛綱		寡毛目	1	1	
原腔動物		輪虫綱	單巢目		
			游泳亞目	8	24
	簇輪亞目		2	4	
節肢動物	甲殼綱	蛭太目	2	5	
		枝角亞目	4	15	
		劍水蚤目	4	15	
		哲水蚤目	1	2	
		合計	9 綱	22 (亞)目	48

## 2 生態系等保全対策案

### 2.1 現状の問題と将来の課題

#### 2.1.1 生態系

##### (1) 生態系保全に対する認識

中国の環境保護に対する法制度では、三同時制度により社会・経済発展と同時に環境保護を行なうという原則がある。中国における環境保護は、一般的に公害の未然防止並びにその対策に主眼が置かれてきた。生態系保全に対する認識は十分とは言えず、必要な対策を本格的に施されるには至っていない。猫跳河流域においても、生態系保全という概念が社会的認識として定着していない環境にある。

これまで、猫跳河流域の生態系全般に関する本格的な調査はほとんど実施されていなかった。保全対策の詳細計画立案の基礎資料として、また、環境保護に対する認識を向上させるために、流域の自然環境並びに生態系について把握する必要がある、流域の生物資源の種類・量・生息状況などを定期的に調査し、情報を蓄積していくことが重要となる。

##### (2) 野生生物生息環境等の保全

経済活動を優先することで、排水による水質汚濁、森林伐採による土壌流出など環境悪化が顕在化している。

水生植物には、河川・湖沼生態系に対して様々な機能を有している。例えば、①栄養塩・有機汚濁の浄化作用、②産卵床の提供、③仔稚魚・底生生物の生息場所の提供等がある。紅楓湖・百花湖は深水型ダム湖であることから、水生生物の資源量の維持に大きな貢献をしている水生植物が生息可能な浅水域が限られている。

社会的・経済的発展に伴い、陸上の自然環境は大きく変貌してきた。用材林としての伐採、開発事業、耕地転換による森林面積の減少、また経済林への転換、そしてそれらによって引き起こされる表土の流出などである。土砂流出に対する影響は大きく、近年の年平均流出面積は 881.7km<sup>2</sup> で流域面積の 36.87% に相当する。また、年平均流出量は 308.5 万トンに達する。

環境悪化の進行を抑制し、生態系を維持するための生息環境の保全に対する早急な対策が求められている。



## 2.1.2 景観及び親水性

紅楓湖並びに百花湖は各々国家級並びに省級の風景名勝区に指定されており、猫跳河流域における重要な観光資源となっている。そして、両湖並びに流域河川の景観資源としては、自然景観資源に大きく依存している。

しかし、社会・経済活動の発展による、水質悪化、沿岸の耕地化、観光施設の立地等により、自然景観要素及び親水機能が損なわれつつある。

将来の経済・社会活動並びに観光事業による開発に対して、自然景観資源の保全を考慮する必要がある。

## 2.2 対策案の検討

### 2.2.1 生態系

#### (1) 流域生態系の調査の実施

これまで、猫跳河流域の生態系全般に関する本格的な調査はほとんど実施されていなかった。保全対策の詳細計画立案の基礎資料として、また、環境保護に対する認識を向上させるために、流域の自然環境並びに生態系について把握する必要があり、流域の生物資源の種類・量・生息状況などを定期的に調査し、情報を蓄積していくことが重要となる。

調査としては、第一に、猫跳河流域全域の動植物相の生息状況を把握するために行なう全般調査をおこなう。第二に、水質・土壌汚染などに強い影響を受ける生物群に限定した、特定項目調査を行なう。全般調査は全般的で長期的観点に基づいた調査であり、特定項目調査は局所的で比較的短期的視点に基づいた調査と位置付けることができる。各調査の概要は下記のとおりである。

#### ① 全般調査

調査項目、調査方法、調査頻度は下記のとおりである。

- ・調査項目（陸域）：植物、哺乳類、鳥類、両生類、爬虫類、昆虫類、土壌生物
- ・調査項目（水域）：水生植物、魚類、貝類、螺類、底生生物、浮遊動植物
- ・調査方法：調査は中国における生物の調査方法を用いる。
- ・調査頻度：原則として3年に一度、定期的実施する。

調査箇所数と調査回数は調査精度の観点から以下の3案を想定する。

[I案]：流域の動植物相、分布状況、生息密度等、生態系全般について詳細に把握できるだけの必要十分量の調査を行なう。

[II案]：流域の生態系全般について定性的な把握を行なうために必要な調査を行なう。（I案とII案の中間程度の調査精度）

[III案]：流域の生態系の概要を把握するための必要最低限の調査を行なう。

上記3案に基づいた調査箇所数と調査回数は下表のとおりである。

表 2.2.1 全般調査・調査回数、調査箇所数及び調査人員

Case	調査回数 (回/年)	調査箇所数			必要人員	必要延べ 人数
		水域		陸域		
		河川	湖沼	代表環境		
I案	2	10	20	60	50	1,500
II案	2	8	16	50	40	1,000
III案	1	6	14	30	30	450

## ② 特定項目調査

調査項目、調査方法、調査頻度は下記のとおりである。

- ・調査項目：土壌生物、底生生物、浮遊動植物
- ・調査方法：調査は中国における生物の調査方法を用いる。
- ・調査頻度：原則として毎年実施する。

調査箇所数と調査回数は調査精度の観点から以下の3案を想定する。

[I案]：水環境、土壌環境と調査項目の生物との関連を詳細に把握できるだけの必要十分量の調査を行なう。

[II案]：水環境、土壌環境と調査項目の生物との関連の概略を把握するために必要な程度の調査を行なう。（A案とC案の中間程度の調査精度）

[III案]：調査対象生物と生息環境の概要を把握するための必要最低限の調査を行なう。

上記3案に基づいた調査箇所数と調査回数は次表のとおりである。

表 2.2.2 特定項目調査・調査回数及び調査箇所数

Case	調査回数 (回/年)	調査箇所数			必要人員	必要延べ 人数
		水域		陸域		
		河川	湖沼	代表環境		
I 案	12	8	20	60	15	1,200
II 案	4	8	16	60	15	400
III 案	2	6	14	30	10	200

③ 自然放流魚の調査・研究

現在、紅楓湖・百花湖では、水産及び富栄養化対策を目的として、1998 年初頭より、流域外の魚類を自然放流している。富栄養化対策としては、植物プランクトン食性、草食性の魚類を自然放流し、栄養塩の固定化による水質浄化の試みを実施されている。

放流された主な移入種と、それらの放流実績は下表のとおりである。

表 2.2.3 主要放流魚及び放流実績

種名	学名	放流量	備考
太湖短吻銀魚	<i>Neosalanx tangkahkeii taihneusis</i>	3,050 万匹稚魚	富栄養化対策種 以後放流予定無し
鱒	<i>Aristichthys nobilis</i>	250t	富栄養化対策種 漁獲(回収)量：1,400t
鱒	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	400 万匹	
白鯽魚	<i>Carassius auratus gibelio</i>		
尼羅非鯽	<i>Sarotherodon mossambica</i>		

現在、農業庁水産管理局の委託により、貴州省環境保護科学研究所が富栄養化対策効果の調査を実施しており、現在までのところ富栄養化に対する悪影響は無く、一応の改善効果が見られたとのことである。しかしながら、中・長期的観点で見た場合の影響について継続的な調査研究が必要であると思われる。

また、これら放流魚は移入種であり、猫跳河流域固有の生態系を攪乱する要素となる恐れがある。したがって、以下の観点からの調査・研究が必要となる。

- ・猫跳河流域における移入種の、富栄養化対策への有効性の検討。
- ・猫跳河流域固有の生態系に対する、移入種の影響検討。

(2) 啓発活動及び環境教育

環境問題は、利害関係者が地域社会全体に及ぶ広域的な問題である。したがって、行政担当者・企業経営者等の一部関係者の関心と責任において対処すべきものではない。地域住民との相互理解、協力のもとで解決して行くべき問題である。

地域住民の環境保全に対する関心と認識を向上させるために、環境に関する情報を広く一般に公開していく必要がある。また、環境教育の機会を提供する必要がある。

以下に対策案を示す。

#### ① 環境学習施設の設置

現在、貴州省環境保護局に猫跳河環境管理センターの設置計画がある。現時点での施設計画の概要は以下のとおりである。

設立目的 : 貴州省の社会・経済の持続的発展と環境質量の改善を図る。また、少数民族地区の環境科学技術レベルの向上と環境観測の整備を行ない、環境保護管理システムの向上と改善を図る。

主要活動内容 : a) 環境保護科学技術研究 (猫跳河流域水環境、大気汚染、観測技術、自然保護等)、 b) 環境観測システム、 c) 緑化技術の訓練、 d) 環境保護教育者の育成、 e) 環境宣伝 (新聞、映像、出版)、 f) 環境教育情報システム (生態農業、緑化技術、環境汚染防止技術資料等)、 g) 環境管理 (工業汚染、城市環境、法規、自然保護区)

主要設備 : 情報・資料検索システム、映像機材、出版関係編集機材、環境観測ネットワークシステム、自動観測器 (水質、大気、酸性雨)、分析機材、観測車両

本計画の主要機能は、①環境科学技術研究、②環境保護技術の教育・訓練、③環境自動監視システムとなっている。教育活動が環境保護に対する専門的技術に限定されており、一般住民に対する啓発・教育活動を付加することが望まれる。したがって、この施設を利用し、自然環境を含めた地域環境情報を公開し、環境学習の機会提供を行なうものとする。一般住民に対する、環境啓発・教育に関する主要な活動としては、以下が考えられる。

- ・猫跳河流域の野生動植物及びその生息状況、生態系の仕組みの展示・公開
- ・生態系保全に関する行政の活動状況の紹介
- ・生態系保全に対する住民活動の方法の説明
- ・自然保護への関心を喚起するための、生物観察会・体験学習等の企画・運営
- ・環境学習の教育者・指導者の育成

#### ②環境教育の実施

環境問題や自然保護に対する関心を喚起し、認識を高めていくために、環境教育を

実施していくことが必要であり、早い時期からの教育が効果的である。

また、実際に自然と接する機会を提供し、知識だけでなく体験の中から自然環境に対する興味を喚起することが重要となる。

これらに対する対策案として以下を提案する。

- ・小・中学校に、地域の自然及び生物に関する展示、資料の整備を行なう。
- ・また、環境・自然保護に関する教育プログラムを開発する。

### (3) 水生植物保全対策

水生植物には、河川・湖沼生態系に対して様々な機能を有している。例えば、①栄養塩・有機汚濁の浄化作用、②産卵床の提供、③仔稚魚・底生生物の生息場所の提供等がある。紅楓湖・百花湖は深水型ダム湖であることから、水生植物が生息可能な浅水域が限られており、水生生物の資源量の維持に大きな貢献をしている水生植物の保全・整備を行なっていく必要がある。

現在、省環境保護局管轄のもとで、沈水植物の浄化作用に関する室内実験を行なっている。今後の実証実験においては、水質浄化作用に留まらず、生態的な機能の検討も併せて行なっていくことが望まれる。

しかしながら、水生植物の生育する沿岸水際域は、経済・社会活動並びに開発行為の重要な地域であり、これらの影響による損失もしくは消失を防止する必要がある。保全対策としては、比較的広がりのある生息可能区域を有する地区、もしくは主要水生植物群落の生息地区を水際部と合わせて保全区域として指定し、区域内での開発行為をその群落の重要度に従って制限もしくは禁止する。

### (4) 生態林整備事業

社会的・経済的発展に伴い、陸上の自然環境は大きく変貌してきた。用材林としての伐採、開発事業、耕地転換による森林面積の減少、また経済林への転換、そしてそれらによって引き起こされる表土の流出などである。土砂流出に対する影響は大きく、近年の年平均流出面積は 881.7km<sup>2</sup> で流域面積の 36.87% に相当する。また、年平均流出量は 308.5 万トンに達する。

森林面積の減少は、野生動植物の生息環境の減少を意味し、表土の流出は植生の再生の阻害要因となる。これら自然環境に対する悪影響の抑止効果として、森林を積極的に整備するものとする。

① 森林被覆率の現況

1998年8月に行なった調査によると、猫跳河流域全域と清鎮市の森林被覆率は下表の通りである。流域内のその他地域の森林被覆率については不明である。

地域	森林被覆率・現況値	
	灌木林含む	灌木林含まず
流域全体	23.99%	14.65%
清鎮市	11.25%	9.10%

② 森林被覆率の目標値

猫跳河流域に対する森林被覆率（灌木林含む）の目標値は、目標年次別に、2010年で26.0%以上、2030年で33.0%以上、2050年で36.0%以上と設定されている。

貴州省に対する森林被覆率（灌木林含む）の目標値は、2000年並びに2020年で30%以上と設定されている。

③ 過去の森林被覆率

1949年当時の森林被覆率（灌木林を含まず）は、約24%であった。当時の灌木林を含めた森林被覆率については不明である。

④ 目標値の設定及び森林被覆必要面積の概算

本調査のM/Pで検討する森林整備面積は、現況値及び目標となる指標値が流域全域に限られるため、整備必要面積の概算は流域全域を対象とする。また、同様の理由により灌木林を含む森林被覆率で検討する。

目標となる森林被覆率の代替案として以下を採用する

【I案】：猫跳河流域の目標年次2010年の目標値、26%とする。

【II案】：猫跳河流域の目標年次2010年の目標値、33%に対する先行事業という意味合いと、貴州省全体の目標値を達成するという意味で、30%とする。

各代替案における森林被覆必要面積は以下のとおりになる。

代替案	流域面積	現況被覆率	目標値	被覆面積
I案	3,246 km <sup>2</sup>	23.99%	26%	6,524 ha
II案			30%	19,508 ha

#### ⑤ 森林整備の基本方針

森林整備を行なう上での基本方針は下記のとおりである。

- 森林整備に当たっては、現在既に土砂流出が顕在化している地域並びに潜在的に土砂流出の可能性がある地域を主要対象地域とする。特に、流出した表土の自然回復が困難な、急峻地については積極的に整備する。
- 飛翔能力の無い生物の移動性を確保するため、林地の連続性を向上するように努める
- 樹種の選定に当たっては、植栽対象地域の地形・地質・土壌・気象等の自然環境並びに地域性を十分考慮する。
- 林冠遮断率・枯落葉層現存量及び枯落葉層保水率など表土流出の抑止効果、ミクロな生物圏での多様性、過去の森林被覆状況への回復を考慮した場合、高木種を主体に森林整備を行なうことが望ましい。ただし、森林整備が必要な地域ではあるが、自然環境条件等の制約がある場合には、灌木による植栽を実施する。
- 混交二次林は、単相の二次林と比較して土壌保持能力が高く、多様性がある。猫跳河流域は、高木林として常緑広葉林、常緑落葉広葉林、落葉広葉林、針葉林、針葉落葉混交林と多様な林相を有している。地域の特性に合わせて、針葉樹と広葉樹、落葉樹と常緑樹をバランス良く配した混交林として整備していくことが望ましい。
- 経済林は、成長促進を目的に下草刈りや施肥等を行なう結果、土砂流出や栄養塩の負荷の原因となることがある。本計画における森林整備は生物生息環境の回復にあることから、経済林の植林は集落周辺の緩衝帯としての役割にとどめる。また、管理に十分留意する。

#### (5) 生態系保全管理計画の策定

中国における環境保護は、これまで一般的に公害の未然防止並びにその対策に主眼が置かれてきた。環境影響評価制度も環境基準の達成を目的とし、生態系への影響は重視されていない。

将来の経済的発展に対する、生態系保全への担保措置として、M/Pにおける対策案と整合性を図りながら管理計画を策定し、経済・社会的発展を重視した開発による生態系への影響を防止する。

## [管理計画の概要]

### ①目的

猫跳河流域における野生動植物の生息環境を保全し、また生息環境の再生等に係る整備を推進する。

### ②保護・保全の対象となる生物種（群集）の設定

当該流域に生息する貴重な動植物、地域固有種（群集）、または、当該流域の生態系における主要構成種（群集）とする。

### ③保全対象範囲の設定

貴重な動植物等の生息域、もしくは当該流域の生態系を構成する代表環境等を考慮した保全区域を設定する。

### ④保全目標の設定

保全区域の規模、自然環境に基づいて、生態的均衡を考慮した上で、生息数、生息量、生息密度等の目標値を設定する。

### ⑤保全管理手法の検討

保全対象種（群集）の生息範囲並びに生息環境条件を考慮し、保全管理手法を検討する。（例：立ち入り禁止区域の設定、土地利用・水面利用の規制等）

また、保全目標を達成するための対策を検討する。（例：水質・土壌等の生息環境の管理、森林・水生植物帯の整備等）

## 2.2.2 景観及び親水性

紅楓湖並びに百花湖は各々国家級並びに省級の風景名勝区に指定されており、両湖並びに流域河川の景観は自然景観資源に大きく依存している。しかし、社会・経済活動の発展による水質の悪化、沿岸の乱開発、観光施設の立地等により、自然景観要素及び親水機能が損なわれつつある。将来の経済・社会活動並びに観光事業による開発に対して、自然景観資源の保全を考慮する必要がある。

### (1) 景観等保全管理計画の策定

将来の経済的発展、水環境の変化に対応すべく、景観・親水性の観点から保全対象、保全範囲、土地利用方針、保全管理方法等を策定する。



## [管理計画の概要]

### ①目的

猫跳河流域の経済・社会活動並びに観光事業との均衡を図りつつ、地域景観特性及び親水性を保全することを目的とする。

### ②保全対象の設定

紅楓湖・百花湖及び周辺河川の自然景観資源及び景観視点（奇岩、風景林等）、並びに親水施設（水浴場、遊覧施設等）を対象とする。

### ③保全範囲の設定

景観に関しては、両湖の風景名勝区を中心に、両湖並びに周辺地域の自然景観資源を保全するため、風景名勝区を中心に主要眺望点を設定し、そこからの可視範囲を保全対象範囲として設定する。親水性に関しては、親水施設に影響する範囲とし、将来の開発可能地域も対象範囲に含める。

### ④土地利用基本方針の検討

保全と開発の両立と均衡を維持するため、現況の土地利用状況、景観特性から見た重要度、社会・経済活動の立地条件等により、ゾーニングを行なう。

具体的には、景観保全区域、親水区域、農業区域、緑化区域（風景林・保護林・経済林等）、経済区域等が考えられる。

### ⑤保全対策の検討

- 土地利用規制：土地利用基本方針で策定したゾーニングの区分に基づいて、区域毎に土地利用制限を課し、無秩序な開発行為を抑制する。
- 開発行為制限：開発行為を行うに当たっては、景観要素の改変が最小となり、自然環境と調和を図るよう規制する。規制内容は、構造物についてはその形状、素材、色彩、配置、修景緑化など、また、水際部の開発については護岸形態、工法、親水化、水際緑化等について規定する。
- 緑化整備計画：保全対象地区の重要な自然景観資源並びに重要な風景区内については積極的に緑化を推進する。経済・社会活動が容認される区域についても、自然景観との調和を図るため修景緑化を行なうものとする。

## 2.3 最適案の選定

### 2.3.1 生態系及び景観・親水性に係る対策案

生態系及び景観・親水性に係る総合対策案は、社会・経済発展を実現しながら自然環境並びに自然景観資源の保全・改善を図ることを目指すものであり、技術的側面、経済的側面、社会的側面を考慮して策定する。

総合対策案の立案に当たっては、調査・研究、啓発・教育活動、自然環境の保全・改善、総合管理計画の4つの観点から個別対策案を組み合わせた。結果、下表に示す3案を代替案として検討を進める。

表 2.3.1 生態系及び景観・親水性に係る対策案

総合対策案	A案	B案	C案
対策事業計画	生態調査 ・全般調査（I案） ・特定項目調査（I案） ・放流魚調査	生態調査 ・全般調査（I案） ・特定項目調査（II案） ・放流魚調査	生態調査 ・全般調査（II案） ・特定項目調査（III案）
	教育啓発事業 ・猫跳河環境管理センター ・環境教育の実施	教育啓発事業 ・猫跳河環境管理センター ・環境教育の実施	教育啓発事業 ・環境教育の実施
		水生植物保全 ・保全区域指定	水生植物保全 ・実証実験の実施 ・保全区域指定
		森林整備（I案）	森林整備（II案）
	生態系保全管理計画	生態系保全管理計画	生態系保全管理計画
	景観等保全管理計画	景観等保全管理計画	景観等保全管理計画

#### [対策案A]：生態系調査・研究、環境教育・啓発の優先実施

猫跳河流域の生態系の調査・研究、並びに環境教育・啓発活動に重点を置いた対策案である。

生態系調査の全般調査並びに特定項目調査では、共に対策案の中で最も高い精度（I案）で実施し、充実した基礎資料の蓄積を図る。

環境教育・啓発活動については、猫跳河環境管理センターの設立による拠点整備と、学校における環境教育を中心に実施していく。

環境保全・改善に係る対策については、計画フレームとして設定した2010年までに保全管理計画の策定、対策制度の整備を行なう。本格的な事

業実施は策定した保全管理計画に基づいて、それ以降に行なうものとする。

[対策案 B]：生態系調査、環境教育と、環境保全・改善事業計画との並行実施

猫跳河流域の生態系の調査・研究、並びに環境教育・啓発活動と、環境保全・改善のための施策を、共に必要な程度の規模で実施していくことを考慮した対策案である。

生態系調査の全般調査は、最も高い精度（I案）で実施し、保全計画策定及び事業実施に活用する。特定項目調査は、水・土壌環境とそれに関わる生物との関連を必要程度把握する（II案）。

環境教育・啓発活動については、猫跳河環境管理センターの設立による拠点整備と、学校における環境教育を中心に実施していく。

環境保全・改善に係る対策については、保全管理計画の策定と自然環境の保全・改善事業を推進する。対策事業に先だって、事業計画との整合性を考慮しながら、保全管理計画を策定し、制度面での整備を行なう。水域の環境保全については、水生植物の保全区域設定並びに管理制度の整備を実施する。陸域の環境保全では、猫跳河流域における森林被覆率（灌木林含む）の目標値を26%に設定し（I案）、森林整備を実施する。

[対策案 C]：環境保全・改善事業計画の優先実施

猫跳河流域の環境保全・改善事業並びに保全管理計画に重点を置いた対策案である。

生態系調査では、流域の生態系に関する概略を把握するために必要な調査を実施する。（全般調査：II案、特定項目調査：III案）。

環境教育・啓発活動では、学校における環境教育を中心に実施する。

環境保全・改善に係る対策については、保全管理計画の策定と自然環境の保全・改善事業を推進する。対策事業に先だって、事業計画との整合性を考慮しながら、保全管理計画を策定し、制度面での整備を行なう。水域の環境保全については、水生植物の造成事業の実現化に向けて積極的な技術開発を行ない、また、水生植物の保全施策体系を整備する。陸域の環境保全では、猫跳河流域における森林被覆率（灌木林含む）の目標値を30%に設定し（II案）、森林整備を実施する。

## 2.3.2 対策案の評価

### (1) 技術的評価

各案に対する技術的妥当性の検討結果は以下のとおりである。

#### ① A案

- 生態系調査に係る人材及び技術的課題については特に問題は見られない（A案、B案、C案に共通）。現在、生態系の調査・研究に携わる主要な組織及び人員は下表のとおりであり、調査の実績も有している。

機関名	部署名	構成員
省環境環境保護科学研究所	生態環境研究室	約20名
貴州省科学院	生物研究所	約20名
貴州師範大学	生物学部	約20名
貴州省教育学院	地理学部	約5名

- 生態系の全般調査を3年ごとに年2回、水・土壌環境に係る特定項目調査を毎月実施することで、生態系の変化を相当高い精度で把握することが可能になる。
- 環境教育に携わる要員の育成が必要である（A案、B案に共通）。
- 環境啓発活動の拠点を拡充する必要がある（A案、B案に共通）。
- 保全管理計画を実行するための組織・制度等の整備が必要である（A案、B案、C案に共通）。
- 環境改善に直接結びつくことが期待できる実施対策が存在しない。

#### ② B案

- 生態系の全般調査を3年ごとに年2回、水・土壌環境に係る特定項目調査を毎年4回実施することで、生態系の変化を把握することが可能になる。
- 森林整備を実施する上で、地域の特性を考慮し、郷土樹種や広葉・針葉もしくは常緑・落葉の複合林として植栽する手法について、技術導入または技術開発が必要となる場合が考えられる（B案、C案に共通）。
- 森林整備による土砂流出抑止効果は、下図に示すように森林被覆率26%で侵食係数は約150t/年/km<sup>2</sup>と、十分な効果が期待できる。
- 森林整備を行なうための技術者を養成する必要がある。

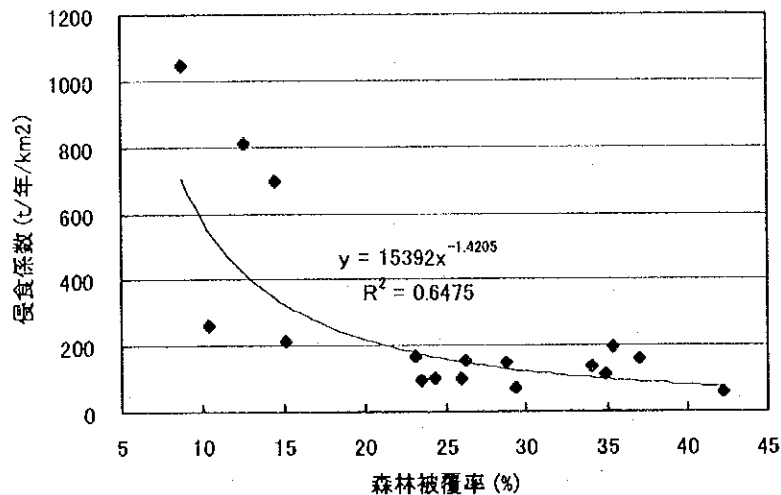


図 2.3.1 森林被覆率と侵食係数

③ C案

- 生態系の全般調査を3年ごとに年1回、水・土壌環境に係る特定項目調査を毎年2回実施することで、生態系の変化の概略を把握することが可能になる。
- 生態系保全管理計画立案のための基礎資料としては、不十分な調査結果となる恐れがある。
- 環境教育並びにそれに携わる要員、また森林整備を行なうための技術者を育成するための拠点となる施設が存在しない。
- 森林整備の目標面積が約200km<sup>2</sup>と非常に広大であり、2010年までに整備を完了することは非常に困難と思われる。また、非常に多数の技術者及び作業人員を確保する必要がある。
- 水生植物の造成については、特に湖沼では両湖が深水型人造湖で比較的水位変動が大きい（特に紅楓湖）ことから、効果的な造成技術の確立を要求される。

(2) 経済的評価

① 概算費用

各対策案に対する概算費用は下表のとおりである。

生態系及び景観・親水性に係るこれら対策案は、金銭的に換算することが困難な場合が多いが、定性的な経済効果が期待される。投資コストが比較的安価であり、資金調達に大きな問題は生じないと判断する。ただし、直接的な経済便益を得難いという点から予算面での制約を受けることが考えられ、対策案Cの実現可能性に若干の問題がある。

表 対策案に係る概算費用

総合対策案	対策事業計画	概算費用 (万元)
A 案	・生態調査	1,560
	・教育啓発事業	380
	・生態系保全管理計画	150 + $\alpha$
	・景観等保全管理計画	15
B 案	・生態調査	15
	・教育啓発事業	15
	・森林整備 (I 案)	2,980
	・生態系保全管理計画	200
	・景観等保全管理計画	1,150
C 案	・生態調査	1,600
	・教育啓発事業	15
	・水生植物実証実験	15
	・森林整備 (II 案)	4,900
	・生態系保全管理計画	15
	・景観等保全管理計画	15

② 概算費用の算定

中国側のプロジェクト以外の対策案については、以下に示す根拠及び仮定に基づき概算費用を算定している。

(a) 生態系調査・全般調査

全般調査は、各ケース毎に必要な延べ人数から算出される直接人件費、機器損料、消耗備品 (薬剤・標本用材等)、移動費、管理費から年間予算を概算した。2010 年までの実施回数は 4 回で、総予算に関しては物価上昇は見込んでいない。

Case	直接人件費	直接経費			管理費	年間予算	総予算
		機器損料	消耗備品	移動費			
I 案	1,500	80	100	750	243	2,673	10,692
II 案	1,000	75	80	450	160	1,765	7,060
III 案	450	50	50	300	85	935	3,740

注) 直接人件費の単価は 100 元/人・日とした。

(b) 特定項目調査

特定項目調査の年間費用概算は、全般調査と同様である。ただし、特定項目調査は毎年実施され、1999 年から 2010 年まで 12 年間実施されるものとした。総予算には物価上昇は見込んでいない。

Case	直接 人件費	直接経費			管理費	年間予算	総予算
		機器損料	消耗備品	移動費			
I案	1,200	60	50	768	208	2,286	27,432
II案	400	30	20	256	71	777	9,324
III案	200	20	15	128	36	399	4,788

注) 直接人件費の単価は 100 元/人・日とした。

### (c) 環境教育の実施

流域の小中学校に対する、環境教育の教材及び資料提供に係る投資概算として、以下の仮定に基づき算出した。

対象 : 貴陽市並びに安順地区の小中学校 (2,426 校) 及び中学校 (339 校)

(小学校 : 貴陽市 1,315 校、安順 1,111 校)

中学校 : 貴陽市 237 校、安順 102 校 出典 : 貴州年鑑 1997)

投資額 : 小学校 500 元/校、中学校 1,000 元/校

概算費用 : 約 150 万元

### (d) 水生植物実証実験

実証実験の想定規模としては、対象植物種 5~10 種程度、対象面積 100~150m<sup>2</sup>、実験期間 1 年程度とする。その場合の費用概算は、約 30 万元程度と見こまれる。

### (e) 森林整備事業

植林に係る単価は、植栽樹種、対象地区の地形・土壌の条件により大きく異なる。ヒアリング調査によると、貴州省における 1ha 当たりの費用は、概ね 1,800 元~10,000 元である。ただし、上限の方は経済林の場合で施肥・農薬等の維持管理費も含まれている。本対策案では、流域の在来種を用いた植生の回復を主体とし、1ha 当たり 2,500 元と仮定して概算費用を算出した。

代替案	被覆面積	被覆単価	概算費用
I案	6,524 ha	2,500	約 1,600 万元
II案	19,508 ha	元/ha	約 4,900 万元

### (f) 保全管理計画の策定

保全管理計画策定に係る予算は、以下の仮定に基づき算出した。

要員数 : 120 人・月 (= 10 人 × 12 ヶ月)

直接人件費 : 72,000 元 (= 120 人・月 × 600 元/人・月)

諸経費率 : 120%以内

総予算 : 約 15 万元

### (3) 社会的評価

各対策案に対する社会的受容性の検討結果は以下のとおりである。

#### ① A案

- 環境保全に対する地域社会の意識向上に対して、多大な啓発効果がある。
- 環境保全意識の向上に伴って、改善への具体的対策が地域社会から期待されることが予想されるが、対応できていない。

#### ② B案

- 環境保全に対する地域社会の意識向上に対して、多大な啓発効果がある。
- 環境保全意識の向上に伴って、改善への具体的対策が地域社会から期待されることが予想されるが、一定の対応を行なっている。

#### ③ C案

- 環境保全に対する地域社会の意識向上に対して、その要求を満たすための拠点が不足している。
- 環境改善のための事業を積極的に推進するが、実現可能性の点で問題が残る。

### 2.3.3 最適案の選定

対策案 A、B 及び C 案から最適案を選択するために、各々の対策案に対して技術的、経済的、社会的側面から相互に比較検討した。

#### ①技術的には、

A 案では

- 関連する技術に対する専門家の育成が急務である。
- 環境改善に直接結びつくことが期待できる具体的な実施事業が存在しない。

B 案では

- 関連する技術に対する専門家の育成が急務である。

C 案では

- 生態系調査が、今後の計画立案の基礎情報として精度不足。
- 関連する技術に対する専門家の育成が急務であるが、その拠点となるべき施設が存在しない。
- 森林整備実施に当たり、非常に多数の技術者及び作業人員を確保する必要がある。

技術的課題に最も対処しやすいのは B 案である。



②経済的には、

投資コストが比較的安価であり、基本的に資金調達に大きな問題は生じない。

③社会的には、

A案では

- 環境保全意識の向上に伴って、改善への具体的対応を地域社会から期待された場合の対策案がない。

C案では

- 環境保全に対する地域社会の意識向上に対して、その要求を満たすための拠点が考慮されない。
- 環境改善のための事業を積極的に推進するが、実現可能性の点で問題が残る。

B案は特に問題はない。

### 3 初期環境評価

対策案の中で初期環境評価の対象となる事業計画は以下の通りである。

(1) 水質保全

- 工場排水対策
- 生活排水対策
- 湖沼富栄養化対策
- 排水路整備

(2) 生態系等保全

- 教育啓発（施設建設）
- 生態林整備

(3) 水銀汚染

- 封じ込め・覆土
- 隔離監視

(4) 組織・制度

- 農地改善事業

環境影響要因と環境影響項目に基づいた、各事業計画の初期環境評価結果を以下に示す。これらの中で、環境に大きな影響を与えると考えられるのは、水銀汚染対策の各事業計画である。隔離・監視は、住民移転、経済活動、生活・交通施設に著しい影響を与える。覆土についても、経済活動に大きな影響を及ぼし、住民に対する水銀汚染のリスクが完全には除去されない。汚染土壌除去・埋土は新たな水銀汚染地区が出現するが、汚染土壌廃棄地区の選定と汚染拡大の予防措置により影響を最小限に押さえることが可能である。

また、環境に大きな影響を与えるものとして、養殖業の禁止がある。これは特に経済活動に著しい影響を与えるものであり、消費者需要に対する新たな補完措置が必要となると思われる。その他の対策事業計画では、工場排水処理設備改善、生活排水処理施設の新設、灌漑水路整備、森林整備等が環境に多少の影響を及ぼすと判断される。従って、これらの事業を実施する場合には、負の影響を及ぼすおそれのある環境項目について十分な対策を講じる必要がある。

表3(1) 初期環境評価チェックリスト

[評価対象]：水利用合理化（水質保全・工場排水対策）

環境影響項目	評定	根 拠	
社 会 環 境	住民移転	D	発生の要因は無い
	経済活動	D	発生の要因は無い
	交通生活施設	D	発生の要因は無い
	地域分断	D	発生の要因は無い
	遺跡文化財	D	発生の要因は無い
	利水権	B	取水量減少による影響が予想される
	保健衛生	D	発生の要因は無い
	廃棄物	D	発生の要因は無い
	災害・リスク	D	発生の要因は無い
自 然 環 境	地形地質	D	発生の要因は無い
	土壌侵食流出	D	発生の要因は無い
	地下水	D	発生の要因は無い
	湖沼河川流況	B	取水量減少による流況の変化が予想される
	動植物	B	流況の変化による水生動植物への影響が考えられる
	気象	D	発生の要因は無い
	景観	D	工場内設備であり、影響は極めて小さい
公 害	大気汚染	D	建設時の発生が予想されるが、影響は軽微である
	水質汚濁	D	発生の要因は無い
	地下水汚染	D	発生の要因は無い
	土壌汚染	D	発生の要因は無い
	騒音振動	B	ポンプ等の施設稼動による騒音・振動の発生が予想される
	地盤沈下	D	発生の要因は無い
	悪臭	D	発生の要因は無い
総合評価	D	対策の規模は小さく、周辺への影響は軽微である。	

注) 評定区分

A：重大な影響が見込まれる

B：多少の影響が見込まれる

C：不明（検討する必要はあり、調査の進展により明らかになる場合も十分考慮する）

D：ほとんど影響は考えられない

表3(2) 初期環境評価チェックリスト

[評価対象]：生活排水処理（水質保全対策）

環境影響項目		評定	根 拠
社 会 環 境	住民移転	B	処理場・処分場立地に伴う、土地収用並びに住民移転が生じる場合がある
	経済活動	D	発生の要因は無い
	交通生活施設	B	汚泥・焼却灰等の定期的な運搬の発生が予想される
	地域分断	D	発生の要因は無い
	遺跡文化財	D	事業対象地域に重要な遺跡・文化財は無い
	利水権	D	排水処理設備による大きな水需要・水利用の変化は生じない
	保健衛生	D	発生する汚泥等は施設で処理されるため、影響を外部に及ぼさない
	廃棄物	B	汚泥並びに焼却灰の発生が予想される
	災害・リスク	D	発生の要因は無い
自 然 環 境	地形地質	D	施設用地の造成の可能性があるがその規模は小さい
	土壌侵食流出	D	施設用地の造成の可能性があるがその規模は極めて小さく影響を及ぼさない
	地下水	D	化糞池の浸透が予想されるが、その影響は軽微である
	湖沼河川流況	B	集中処理の実施により、排水地点と排水量の変化が予想される
	動植物	B	流況の変化による水生動植物への影響が考えられる
	気象	D	気象の変動に影響を与える行為は行なわれない
	景観	B	処理場・処分場の存在が新たな景観要素となる
公 害	大気汚染	B	汚泥・焼却灰等の定期的な運搬の発生が予想される
	水質汚濁	D	工事中の影響は極めて軽微であり、供用後は改善施設の稼動により水質は改善される
	地下水汚染	D	化糞池の浸透が予想されるが、その影響は軽微である
	土壌汚染	D	発生する汚泥は処分場にて処理されるため、影響を外部に及ぼさない
	騒音振動	B	汚泥・焼却灰等の定期的な運搬の発生が予想される
	地盤沈下	D	発生の要因は無い
	悪臭	B	汚泥処理、焼却処分の過程で悪臭の発生が予想される
総合評価	B	規模の程度により、工事による多少の影響が考えられる。	

注) 評定区分

- A: 重大な影響が見込まれる
- B: 多少の影響が見込まれる
- C: 不明（検討する必要はあり、調査の進展により明らかになる場合も十分考慮する）
- D: ほとんど影響は考えられない

表3(3) 初期環境評価チェックリスト

[評価対象] : 湖沼内養殖排水処理 (水質保全・湖沼富栄養化対策)

環境影響項目	評定	根 拠	
社 会 環 境	住民移転	D	発生の要因はない
	経済活動	D	発生の要因はない
	交通生活施設	D	資材等の運搬時の発生が予想されるが、影響は軽微である
	地域分断	D	発生の要因はない
	遺跡文化財	D	発生の要因はない
	利水権	B	養殖操業区域が、生物膜設置区域内に限定され、生簀の自由な移動ができなくなることが予想される
	保健衛生	D	生物膜の洗浄による汚泥の発生が予想されるが、その頻度は数年に一度であり、影響は軽微である。
	廃棄物	D	生物膜の洗浄による汚泥の発生が予想されるが、その頻度は数年に一度であり、影響は軽微である。
	災害・リスク	D	発生の要因はない
自 然 環 境	地形地質	D	資材置き場等のため、若干の土地整備が行われる可能性があるが、その規模は極めて小さい
	土壌侵食流出	D	資材置き場等のため、若干の土地整備が行われる可能性があるが、その規模は極めて小さい
	地下水	D	発生の要因はない
	湖沼河川流況	D	発生の要因はない
	動植物	B	工事中の底泥攪拌による懸濁の影響が予想される。供用後は、生物膜という新たな生息環境が出現するが、限定された範囲であり影響は小さい
	気象	D	発生の要因はない
	景観	D	設備の新設はあるが、大部分は水中に存在するため、景観への影響は極めて小さい
公 害	大気汚染	D	資材等の運搬時の発生が予想されるが、影響は軽微である
	水質汚濁	B	生物膜の設置工事、洗浄のための回収・再設置において、底泥の攪拌による汚濁の発生が予想される
	地下水汚染	D	発生の要因はない
	土壌汚染	D	発生の要因はない
	騒音振動	D	資材等の運搬時の発生が予想されるが、影響は軽微である
	地盤沈下	D	発生の要因はない
	悪臭	D	生物膜の洗浄による汚泥の発生が予想されるが、その頻度は数年に一度であり、影響は軽微である。
総合評価	D	工事中、供用後に主に水質に影響を与えるが、一時的であり、小規模であるため影響は極めて小さい。	

注) 評定区分

- A: 重大な影響が見込まれる
- B: 多少の影響が見込まれる
- C: 不明 (検討する必要はあり、調査の進展により明らかになる場合も十分考慮する)
- D: ほとんど影響は考えられない

表3(4) 初期環境評価チェックリスト

[評価対象]：養殖漁業禁止（水質保全・湖沼富栄養化対策）

環境影響項目	評定	根 拠	
社 会 環 境	住民移転	B	養殖漁業の廃止に伴い、同業従事者の移転が予想される
	経済活動	A	養殖漁業の廃止に伴い、水産漁獲高の減少が予想される
	交通生活施設	D	撤去工に伴う車両の運行が予想されるが、影響は軽微である
	地域分断	D	発生の要因はない
	遺跡文化財	D	発生の要因はない
	利水権	B	養殖漁業の廃止に伴い、漁獲漁業等の新たな水面利用による利水・入会権の発生が予想される
	保健衛生	D	廃棄処分された生簀の処理に衛生面での配慮が必要とされるが、その程度は極めて小さい
	廃棄物	B	撤去された多量の生簀が廃棄物として発生することが予想される
	災害・リスク	D	発生の要因はない
自 然 環 境	地形地質	D	資材置き場等のため、若干の土地整備が行われる可能性があるが、その規模は極めて小さい
	土壌侵食流出	D	資材置き場等のため、若干の土地整備が行われる可能性があるが、その規模は極めて小さい
	地下水	D	発生の要因はない
	湖沼河川流況	D	発生の要因はない
	動植物	C	生簀撤去時に経済価値のない（未成長な）魚を放流することによる生態系攪乱の可能性がある
	気象	D	発生の要因はない
	景観	D	生簀の撤去により自然景観が改善される
公 害	大気汚染	D	撤去工に伴う車両の運行が予想されるが、影響は軽微である
	水質汚濁	B	生簀の撤去の際に、生簀に付着した残留餌料、汚泥が攪拌され、汚濁が引き起こされる可能性がある
	地下水汚染	D	発生の要因はない
	土壌汚染	D	発生の要因はない
	騒音振動	D	撤去工に伴う車両の運行が予想されるが、影響は軽微である
	地盤沈下	D	発生の要因はない
	悪臭	B	廃棄処分された生簀が悪臭源となることが予想される
総合評価	A	経済活動、特に当該地域の水産需要に著しい影響を与える。	

注) 評定区分

- A：重大な影響が見込まれる
- B：多少の影響が見込まれる
- C：不明（検討する必要はあり、調査の進展により明らかになる場合も十分考慮する）
- D：ほとんど影響は考えられない

表3(5) 初期環境評価チェックリスト

【評価対象】：排水路整備（水質保全）

環境影響項目	評定	根 拠	
社 会 環 境	住民移転	B	用地確保に伴う、土地収用並びに住民移転が発生する可能性がある
	経済活動	D	発生の要因はない
	交通生活施設	D	資材・土砂等の運搬時の発生が予想されるが、影響は一時的であり軽微である
	地域分断	D	発生の要因は無い
	遺跡文化財	D	事業対象地域に重要な遺跡・文化財は無い
	利水権	B	水路網の変更による取水の変化が予想される
	保健衛生	D	発生の要因は無い
	廃棄物	B	水路整備における残土の発生が予想される
	災害・リスク	D	発生の要因は無い
自 然 環 境	地形地質	D	水路整備に係る造成の可能性があるがその規模は極めて小さい
	土壌侵食流出	B	水路変更・護岸工事における土壌の流出の可能性がある
	地下水	D	発生の要因は無い
	湖沼河川流況	B	水路系変更による流入河川の流況の変化が予想される
	動植物	B	流況の変化及び排出先河川の水質変化による水生動植物への影響が考えられる
	気象	D	気象の変動に影響を与える行為は行なわれない
	景観	B	水路の存在が新たな景観要素となる
公 害	大気汚染	D	建設時の発生が予想されるが、影響は軽微である
	水質汚濁	B	排出先河川に新たな汚濁負荷が発生することになる
	地下水汚染	D	発生の要因は無い
	土壌汚染	D	発生の要因は無い
	騒音振動	D	建設時の発生が予想されるが、影響は軽微である
	地盤沈下	D	発生の要因は無い
	悪臭	D	発生の要因は無い
総合評価	B	規模の程度により、工事による多少の影響が考えられる。	

注) 評定区分

A: 重大な影響が見込まれる

B: 多少の影響が見込まれる

C: 不明（検討する必要はあり、調査の進展により明らかになる場合も十分考慮する）

D: ほとんど影響は考えられない

表3(6) 初期環境評価チェックリスト

[評価対象] : 教育啓発事業 (生態系保全)

環境影響項目	評定	根 拠
社 会 環 境	住民移転	D 発生の要因は無い
	経済活動	D 発生の要因は無い
	交通生活施設	D 資材等の運搬時の発生が予想されるが、影響は軽微である
	地域分断	D 発生の要因は無い
	遺跡文化財	D 事業対象地域に重要な遺跡・文化財は無い
	利水権	D 発生の要因は無い
	保健衛生	D 発生の要因は無い
	廃棄物	D 建設時の廃棄物の発生量は極めて少ない
	災害・リスク	D 発生の要因は無い
自 然 環 境	地形地質	D 施設用地の造成の可能性があるがその規模は極めて小さい
	土壌侵食流出	D 施設用地の造成の可能性があるがその規模は極めて小さく影響を及ぼさない
	地下水	D 地下水の揚水は行なわず、また工事による地下水脈への影響も無い
	湖沼河川流況	D 発生の要因は無い
	動植物	D 施設用地の造成の可能性があるがその規模は極めて小さい
	気象	D 気象の変動に影響を与える行為は行なわれない
	景観	B 施設の立地条件、構造物の形状等により影響を与える場合がある
公 害	大気汚染	D 建設時の発生が予想されるが、影響は軽微である
	水質汚濁	D 発生の要因は無い
	地下水汚染	D 発生の要因は無い
	土壌汚染	D 発生の要因は無い
	騒音振動	D 建設時の発生が予想されるが、影響は軽微である
	地盤沈下	D 発生の要因は無い
	悪臭	D 発生の要因は無い
総合評価	D	規模が小さく、周辺に与える影響は極めて軽微である。

注) 評定区分

- A: 重大な影響が見込まれる
- B: 多少の影響が見込まれる
- C: 不明 (検討する必要はあり、調査の進展により明らかになる場合も十分考慮する)
- D: ほとんど影響は考えられない



表3(7) 初期環境評価チェックリスト

[評価対象] : 生態林整備 (生態系保全)

環境影響項目		評定	根 拠
社 会 環 境	住民移転	D	発生の要因は無い
	経済活動	D	発生の要因は無い
	交通生活施設	D	資材等の運搬車両の発生が予想されるが、その影響は軽微である
	地域分断	D	発生の要因は無い
	遺跡文化財	D	事業実施地域に重要な遺跡または文化財は無い
	利水権	D	発生の要因は無い
	保健衛生	D	発生の要因は無い
	廃棄物	B	植林実施における間伐材等の発生が予想される
	災害・リスク	D	地盤崩落等に結びつく大規模な地形改変は行なわれない
自 然 環 境	地形地質	B	地形の改変は軽微であるが、落葉腐植土による土壌の変化が予想される
	土壌侵食流出	D	地形の改変は軽微であり、本事業により表土流出が抑制される
	地下水	B	土壌の保水・地下浸透機能の向上による影響が考えられる
	湖沼河川流況	B	土壌の保水機能の向上による影響が考えられる
	動植物	B	植栽による直接的影響と、生息環境の変化(拡大)による影響がある
	気象	C	森林面積の拡大による降雨量の変化の可能性がある
	景観	B	緑化による自然景観資源の変化が生じる
公 害	大気汚染	D	資材等の運搬時の発生が予想されるが、影響は軽微である
	水質汚濁	D	地形の改変は軽微であり、本事業により表土流出が抑制されるため状況は改善する
	地下水汚染	D	発生の要因は無い
	土壌汚染	D	発生の要因は無い
	騒音振動	D	資材等の運搬時の発生が予想されるが、影響は軽微である
	地盤沈下	D	発生の要因は無い
	悪臭	D	発生の要因は無い
	総合評価	B	大規模な環境の改変が行われ、工事中の影響が考えられる。

注) 評定区分

A: 重大な影響が見込まれる

B: 多少の影響が見込まれる

C: 不明(検討する必要はあり、調査の進展により明らかになる場合も十分考慮する)

D: ほとんど影響は考えられない

表3(8) 初期環境評価チェックリスト

[評価対象]：汚染土壌除去・埋土（水銀汚染対策・封じ込め、覆土）

環境影響項目	評定	根 拠	
社会環境	住民移転	B	汚染土壌地区では工事期間中の土地収用・住民移転が予想され、また道路建設による土地収用・住民移転が予想される
	経済活動	B	工事期間中の経済活動の一時停止、また埋土の土質によっては農業生産への影響（作物転換、収穫減）が予想される
	交通生活施設	B	大量の土砂運搬車両の通行による交通への影響が発生する
	地域分断	D	発生の要因は無い
	遺跡文化財	D	事業対象地域に重要な遺跡・文化財は無い
	利水権	D	大きな水需要・水利用の変化は生じない
	保健衛生	D	改変の要因は極めて小さい
	廃棄物	B	覆土用土砂採掘による残土の発生が予想される
	災害・リスク	B	残留水銀の溶出による汚染の拡大のリスク、土砂採掘による崩落のリスクが存在する
自然環境	地形地質	B	価値ある地形等に影響を及ぼすことは無いが、土砂採掘による地形変更が予想される
	土壌侵食流出	B	土砂採掘に起因した土壌の流出の可能性はある
	地下水	D	地下水の揚水は行なわず、また工事による地下水脈への影響も無い
	湖沼河川流況	D	河道に対する影響は無く、また水需要の変化はあまり見られない
	動植物	B	表土交換等による死滅、土壌変化による動植物相への影響がある、また新たな水銀汚染地区の出現が動植物に影響を与える
	気象	D	大規模な地形・植生・水域等の改変はなく、気象への影響は無い
	景観	B	土砂採掘による地形変更が景観に影響を及ぼす
公害	大気汚染	B	大量の土砂運搬車両の通行による排気ガスが大気汚染に影響を及ぼす
	水質汚濁	B	汚染土壌投棄場では溶出水銀の流出防止が図られるので問題は無いが、土砂掘削による河川への土砂流入が考えられる
	地下水汚染	D	汚染土壌投棄場では、溶出水銀の土壌浸透防止措置が図られる
	土壌汚染	A	新たな水銀汚染地区が出現する
	騒音振動	B	大量の土砂運搬車両の通行による騒音・振動問題が発生する
	地盤沈下	D	発生の要因は無い
	悪臭	D	発生の要因は無い
総合評価	B	新たな水銀汚染地区が出現するが、隔離された区域であり影響は小さい。また、工事が環境に多少の影響を与える。	

注) 評定区分

- A：重大な影響が見込まれる
- B：多少の影響が見込まれる
- C：不明（検討する必要がある、調査の進展により明らかになる場合も十分考慮する）
- D：ほとんど影響は考えられない

表3(9) 初期環境評価チェックリスト

[評価対象]：汚染土壌覆土（水銀汚染対策・封じ込め、覆土）

環境影響項目	評定	根拠	
社会環境	住民移転	B	覆土工事、仮設道路設置期間中の土地収用、住民移転が予想される
	経済活動	A	覆土工事後の耕作作物転換による経済への影響及び、工事期間中の経済活動の一時停止の影響が考慮される
	交通生活施設	B	大量の土砂運搬車両の通行による交通への影響が発生する
	地域分断	D	発生の要因は無い
	遺跡文化財	D	事業対象地域に重要な遺跡・文化財は無い
	利水権	D	大きな水需要・水利用の変化は生じない
	保健衛生	D	改変の要因は極めて小さい
	廃棄物	B	覆土用土砂採掘による残土の発生が予想される
	災害・リスク	A	水銀含有土壌の掘起しや溶出による汚染の拡大のリスク、土砂採掘による崩落のリスクが存在する
自然環境	地形地質	B	価値ある地形等に影響を及ぼすことは無いが、土砂採掘による地形変更が予想される
	土壌侵食流出	B	土砂採掘に起因した土壌の流出の可能性はある
	地下水	D	地下水の揚水は行なわず、また工事による地下水脈への影響も無い
	湖沼河川流況	D	河道に対する影響は無く、また水需要の変化はあまり見られない
	動植物	B	覆土工による死滅、土壌変化による動植物相の変化の可能性はある
	気象	D	大規模な地形・植生・水域等の改変はなく、気象への影響は無い
	景観	B	土砂採掘による地形変更が景観に影響を及ぼす
公害	大気汚染	B	大量の土砂運搬車両の通行による排気ガスが大気汚染に影響を及ぼす
	水質汚濁	B	土砂採掘に起因して、土砂が河川へ流入する場合は考えられる
	地下水汚染	C	残留水銀の地下水への流入が不明である
	土壌汚染	C	水銀含有土壌が、耕作等により地表へ出現する可能性がある
	騒音振動	B	大量の土砂運搬車両の通行による騒音・振動問題が発生する
	地盤沈下	D	発生の要因は無い
	悪臭	D	発生の要因は無い
総合評価	A	事業対象地域の生活・経済活動に重大な影響を与える。また、残留する水銀による住民に対するリスクが依然として存在する。	

注) 評定区分

- A: 重大な影響が見込まれる
- B: 多少の影響が見込まれる
- C: 不明（検討する必要はあり、調査の進展により明らかになる場合も十分考慮する）
- D: ほとんど影響は考えられない

表3(10) 初期環境評価チェックリスト

[評価対象]：隔離・監視（水銀汚染対策）（注：住民移転を伴う場合）

環境影響項目	評定	根 拠	
社会環境	住民移転	A	水銀汚染地区隔離により土地の収用と住民の移転が強制的に実施される
	経済活動	A	水銀汚染地区隔離により隔離地区内の経済活動が完全に停止する
	交通生活施設	A	水銀汚染地区隔離により隔離地区内の交通・生活施設の利用が完全に停止する
	地域分断	B	水銀汚染地区隔離により地域社会の連続性が断絶する可能性がある
	遺跡文化財	D	事業対象地域に重要な遺跡・文化財は無い
	利水権	B	移転住民による新たな水需要が発生する
	保健衛生	D	移転先の生活施設の整備により影響を及ぼさない
	廃棄物	D	建設廃棄物の発生が予想されるが、その規模は小さい
	災害・リスク	A	残留水銀の溶出・昇華による汚染の拡大のリスクが存在する
自然環境	地形地質	D	移転のための生活・交通施設建設の造成が予想されるが、価値ある地形は無いが、もしくは回避が可能
	土壌侵食流出	D	土壌侵食の発生が考えられる地域または規模での工事は行なわない
	地下水	D	地下水の揚水は行なわず、また工事による地下水脈への影響も無い
	湖沼河川流況	B	水需要の変化による流況変化が予想される
	動植物	B	残留水銀による動植物への影響が予想される
	気象	D	大規模な地形・植生・水域等の改変はなく、気象への影響は無い
	景観	D	大規模な地形改変や施設の出現は無い
公害	大気汚染	C	残留水銀の大気への放出の範囲、程度及びその影響が不明である
	水質汚濁	C	土壌・底質残留水銀の溶出、底質の移動による汚染拡大の範囲、程度及びその影響が不明である
	地下水汚染	C	残留水銀の地下水への流入が不明である
	土壌汚染	C	残留水銀の溶出・昇華による汚染の拡大と程度が不明である
	騒音振動	D	建設時の発生が予想されるが、一時的であり、大きな影響を及ぼさない
	地盤沈下	D	発生の要因は無い
	悪臭	D	発生の要因は無い
総合評価	A	事業対象地域の住民の生活・経済活動に著しい影響を与える。また、汚染地域外への水銀汚染拡大のリスクが依然として存在する。	

注) 評定区分

- A: 重大な影響が見込まれる
- B: 多少の影響が見込まれる
- C: 不明（検討する必要はあり、調査の進展により明らかになる場合も十分考慮する）
- D: ほとんど影響は考えられない

表3(11) 初期環境評価チェックリスト

[評価対象]：灌漑水路整備（組織制度・農地改善事業）

環境影響項目		評定	根 拠
社 会 環 境	住民移転	B	水路網の変更・新設による土地収用、住民の移転が予想される
	経済活動	D	発生の要因は無い
	交通生活施設	D	資材等の運搬時の発生が予想されるが、影響は軽微である
	地域分断	D	発生の要因は無い
	遺跡文化財	D	事業対象地域に重要な遺跡・文化財は無い
	利水権	B	水路網の変更による取水の変化が予想される
	保健衛生	D	発生の要因は無い
	廃棄物	B	水路整備における残土の発生が予想される
	災害・リスク	D	発生の要因は無い
自 然 環 境	地形地質	D	水路整備に係る造成の可能性はあるがその規模は極めて小さい
	土壌侵食流出	B	水路変更・護岸工事における土壌の流出の可能性はある
	地下水	D	発生の要因は無い
	湖沼河川流況	B	水路系変更による流入河川の流況の変化が予想される
	動植物	B	流況の変化による水生動植物への影響が考えられる
	気象	D	気象の変動に影響を与える行為は行なわれない
	景観	B	水路の存在が新たな景観要素となる
公 害	大気汚染	D	建設時の発生が予想されるが、影響は軽微である
	水質汚濁	B	水路変更・護岸工事における土壌の流出の可能性はある
	地下水汚染	D	発生の要因は無い
	土壌汚染	D	発生の要因は無い
	騒音振動	D	建設時の発生が予想されるが、影響は軽微である
	地盤沈下	D	発生の要因は無い
	悪臭	D	発生の要因は無い
総合評価		B	規模の程度により、工事による多少の影響が考えられる。

注) 評定区分

- A：重大な影響が見込まれる
- B：多少の影響が見込まれる
- C：不明（検討する必要はあり、調査の進展により明らかになる場合も十分考慮する）
- D：ほとんど影響は考えられない

表3(12) 初期環境評価チェックリスト

[評価対象]：農地区画整理（組織制度・農地改善事業）

環境影響項目	評定	根 拠	
社 会 環 境	住民移転	D	区画整理時に一時的な移転の可能性はあるが影響は軽微である
	経済活動	D	農業生産方法の変更による影響が考えられるが、作種の転換のような重大な変化は生じない
	交通生活施設	D	資材等の運搬時の発生が予想されるが、影響は軽微である
	地域分断	D	発生の要因は無い
	遺跡文化財	D	事業対象地域に重要な遺跡・文化財は無い
	利水権	B	取水方法の変化が予想される
	保健衛生	D	発生の要因は無い
	廃棄物	D	発生の要因は無い
	災害・リスク	D	発生の要因は無い
自 然 環 境	地形地質	D	区画整理において若干の土工が予想されるがその規模は極めて小さい
	土壌侵食流出	D	区画整理において若干の土工が予想されるがその規模は極めて小さい
	地下水	D	発生の要因は無い
	湖沼河川流況	B	取水量の変化が、河川流量に変化を及ぼす
	動植物	B	流況の変化による水生動植物への影響が考えられる
	気象	D	気象の変動に影響を与える行為は行なわれない
	景観	D	発生の要因は無い
公 害	大気汚染	D	建設時の発生が予想されるが、影響は軽微である
	水質汚濁	D	発生の要因は無い
	地下水汚染	D	発生の要因は無い
	土壌汚染	D	発生の要因は無い
	騒音振動	D	建設時の発生が予想されるが、影響は軽微である
	地盤沈下	D	発生の要因は無い
	悪臭	D	発生の要因は無い
総合評価	D	取水・出水の状況に変更は見られるが、変化の程度は小さく影響は軽微である。	

注) 評定区分

- A: 重大な影響が見込まれる
- B: 多少の影響が見込まれる
- C: 不明（検討する必要がある、調査の進展により明らかになる場合も十分考慮する）
- D: ほとんど影響は考えられない

## VI 工場排水処理

## 1 工場排水処理対策

### 1.1 現況の問題と将来の課題

通常、工業発展に伴い工業用水量および工業排水の量は増加するが、猫跳河流域においては今後、工業発展に伴う工業用水の需要増加に対する水源を新たに開発する事は期待できない。よって、それぞれの企業、工場において用水削減対策を検討・実施する必要がある。

工場自らが実施する水質改善のための対策以外にも、法規制・行政の面からの強制力を持った対応策も必要となる。

今後の経済発展に伴い、新たな工場の進出が増加し新たな汚濁排出源となり、既存の工場と合わせてこれら新規の工場に対する排出対策が必要となる。

環境に対する資本投入は、企業経営面において非常に大きな負担となる場合が多い。したがって、排汚費の徴収が十分に実行されておらず、環境汚染防止への設備的な対応も十分とは言えない。これらを改善していく必要がある

### 1.2 工場排水処理対策基本方針

#### 1.2.1 工業用水の重複使用

現在、工業用水としての取水量は、1.63 億  $m^3$ /年である。

今後、工業発展率を 10%とすると、2010 年までには工業は現在の 4 倍に発展する。現在の工業用水重複使用率は約 30%と推定できる。重複使用率が現状と変化しないと、2010 年には工業用水としての必要取水量は 6.52 億  $m^3$ /年となるが、将来、工業用水として取水可能な量は 2.36 億  $m^3$ /年である。

したがって、重複使用率は将来 75%に向上させ、工業用水取水量を 2.36 億  $m^3$ /年に抑さえる必要がある。

#### 1.2.2 工場排水水質

GB8978-96 に規定されている工場排水水質の最高許容濃度を遵守できるように、既存の各工場自身が排水処理設備の改善、強化を実施する。

#### 1.2.3 工場排出汚染物質の総量規制

各工場が GB8978-96 で規定されている工場排水水質の最高許容排出濃度を遵守しても、地表水水質基準第Ⅲ類の水質を維持することが不可能な河川がある。このような河川に排水を排出している工場については、総量規制値を設ける。



#### 1.2.4 工場立地の制限

汚染排出物に対する総量規制を設ける必要のある工場が存在する河川の流域には、工場の増設及び新設は許可しないものとする。ただし、排水処理設備を更なる改善、強化することにより、排出汚染物質の総量規制値を維持できる場合は、増設、新設を許可できるものとする。

また、新設工場、移転工場のための新工業団地を造り、集中排水処理場を建設し一括処理する事とし、専門家による運転管理を行い、処理水は規制値を遵守させる。

#### 1.2.5 環境アセスメントの実施

工場増設、新設を計画するに当っては、工場排水を排出する河川及び湖沼について環境アセスメントを実施し、河川及び湖沼の水質を維持できることを確認できた場合のみ許可するものとする。

#### 1.2.6 環境投資の支援、排污費の徴収

十分なる環境汚染防止対策を実施させるためには、行政機関による財政上の支援が必要である。このため環境対策設備に対する補助金制度、環境対策優良企業に対する税制面での優遇措置等についての制度を法制化する必要がある。

また、環境規制値を遵守していない企業・工場については超規排污費の請求・徴収を徹底し、請求・徴収状況を一般公表する制度も制定する必要がある。

### 1.3 工場排水処理対策

#### 1.3.1 重複使用率の向上

各工場が排水処理設備の改善、強化を行い、工業用水の重複使用率を75%まで向上させ遵守させる。

表 1.3.1 工業用水量

	単位：億 m <sup>3</sup> /年			
	工場使用量	取水量	循環量	重複使用率
現在	2.33	1.63	0.70	30%
将来	9.32	2.36	6.96	75%

#### 1.3.2 COD<sub>Mn</sub> 対策

工場発展が年間10%で推移した場合、両湖における2010年のCOD<sub>Mn</sub>予想負荷量は湖内汚染負荷許容量を越える。工業用水の増加率を1.45倍にし、生活排水のCOD<sub>Mn</sub>を75%除去し、工業用水の重複率を75%に向上させることにより、両湖のCOD<sub>Mn</sub>水質は地表水基準の第II類を守れる。

ただし、各河川が地表水水質基準を守るためには、東門橋河と麦架河流域の工場について総量規制が必要となる。総量規制する工場と規制排出量は表1.3.2のとおりである。

表 1.3.2 COD<sub>Mn</sub> 総量規制対象工場と規制値

河川名	工場名	規制前の排出量		規制による排出量
		現在	1.45倍時	
		東門橋河	貴州有機化学総工場	21,980
	清鎮紡績・染色工場	146	212	15
	盤江化工工場	29	42	3
	小計	22,155	32,124	330
麦架河	貴州アルミ工場	687	997	110

#### 1.3.3 T-N 対策

2010年のT-N予想負荷量は、紅楓湖では湖内汚染物負荷許容量を超える。工業用水の増加率を1.45倍にし、生活排水のT-Nを67%除去し、工業用水の重複使用率を75%に向上させることにより、両湖のT-N水質は、地表水基準の第II類を守れる。

### 1.3.4 T-P 対策

両湖における 2010 年の T-P 予想負荷量は、湖内汚染物負荷許容を越える。工業用水の増加率を 1.45 倍にし、生活排水の T-P を 89%除去しても湖内汚染負荷許容量を超えるため、表 1.3.3 のとおり、工場に対し総量規制の必要がある。

また、河川が地表水基準のⅢ類を維持しても両湖の水質が地表水基準のⅡ類を維持できない。生活排水の T-P 除去率は、89%までに達しているため、これ以上の除去は不可能であり、工場に対し、T-P の総量規制を行うものとする。

表 1.3.3 T-P 総量規制対象工場と規制値

単位：kg/日

河川名	工場名	規制前の排出量		規制による排出量
		現在	1.45 倍時	
羊昌河	平バイ化肥工場	18.00	26.10	8.50
南湖直接排水	清鎮発電所	5.00	7.25	6.60
北湖直接排水	貴州化肥工場	8.00	11.60	10.25
東門橋河	貴州有機化学総工場	39.00	56.55	17.50
	清鎮紡績染色工場	1.00	1.45	0.50
	盤江化工工場	0	0	0
	小計	40.00	58.00	18.00
麦架河	貴州アルミ工場	15.00	21.75	15.00

### 1.3.5 河川の地表水水質基準

河川の地表水水質基準は、第Ⅲ類とするが、東門橋河、麦架河については、T-P が第Ⅱ類を維持できないので、T-P については両河川は第Ⅳ類規制とする。

### 1.3.6 脱窒・脱磷技術

窒素や磷、特に磷については標準的な生物処理方法では削減が望めないため、これらの除去を目的とした高度処理法の計画を検討する必要がある。生物的手法として、生物硝化、嫌気-好気活性汚泥法、生物接触濾過処理、不連続式曝気処理などがある。物理的手法として、イオン交換法、オゾン処理、金属塩・石灰等の凝集剤による沈殿処理、活性炭による吸着、凝集剤添加活性汚泥法などがある。

## 2 工場排水処理設備検討時の留意点

### 2.1 化学肥料工場

合成アンモニア、Ca-Mg 磷酸混合肥料、磷安肥料の製造設備の排水状況は下記の通りであるが、肥料製造設備から間接冷却水系への漏れを無くする事が重要である。また原料、中間製品、製造肥料を排水溝等に流入させない事が重要である。

#### (1) 排水量と水質

表 2.1.1 化学肥料工場排水性状

排水流出源	排水量 (m <sup>3</sup> /h)	水質 (mg/L)
磷安工場	10	T-P : 15
循環冷却水	330	
合成アンモニア工場	5	NH <sub>3</sub> -N : 300
ボイラーガス洗浄排水	205	NH <sub>3</sub> -N : 10 CN : 0.1mg/L

#### (2) 排水処理対策

排水に含まれる汚染物の種類は排水源により異なるため、総合排水を処理するのではなく排水源別に処理する事が重要である。

#### (3) 排水処理フロー

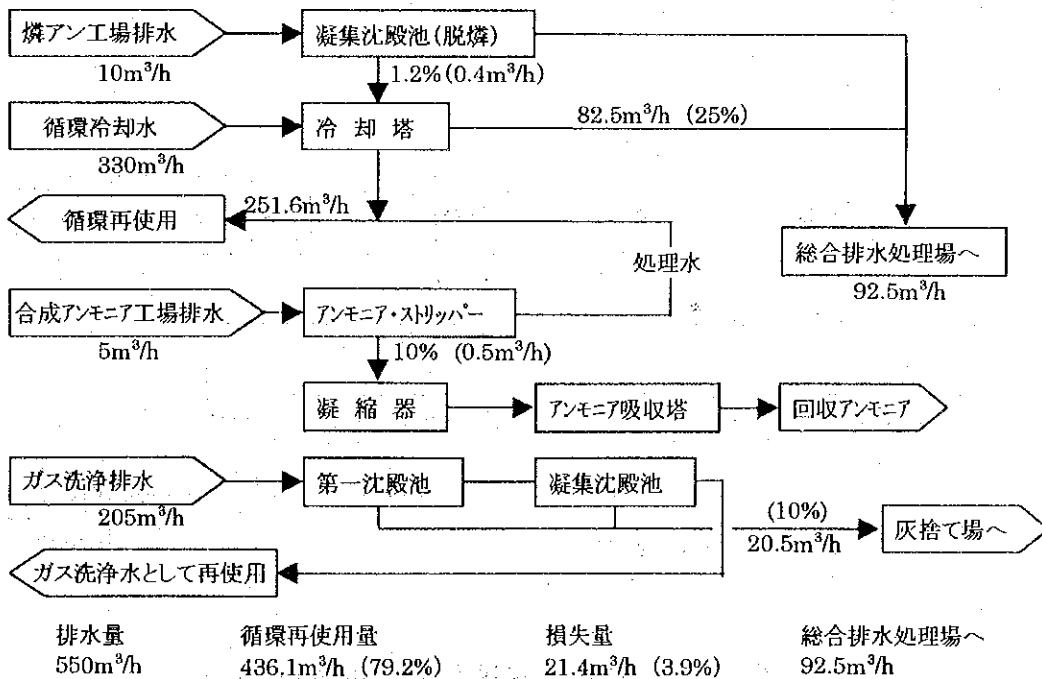


図 2.1.1 化学肥料工場排水処理設備対策フロー図

## 2.2 紡績・染色工場

染色工場では多種多様な染料、薬品、界面活性剤、溶解剤等が使用されており、排水の性状は複雑で経時変化も著しい。排水中の BOD、COD、色度の処理が必要である。

硫化染料を使用している場合は排水中に硫化物が含まれて来るので硫化物の処理も必要になって来る。

### (1) 排水量と水質

表 2.2.1 紡績・染色工場排水性状

排水流出源	排水量 (m <sup>3</sup> /h)	水質 (mg/L)
染色排水	50	T-P : 15
ボイラーガス洗浄排水	150	NH <sub>3</sub> -N : 10 CN : 0.1mg/L

### (2) 排水処理対策

処理水中の SS が汚水総合排出標準 (GB8978-96) (一級標準、新拡改 : 70mg/L、現有 : 70mg/L) 値以下であっても、未燃焼石炭により処理水は黒色であり外観上の問題が残るので、石炭燃焼ガス洗浄水として反復使用する。また、反復使用で損失する水量の補給水としては、染色排水を多段使用する。

### (3) 排水処理フロー

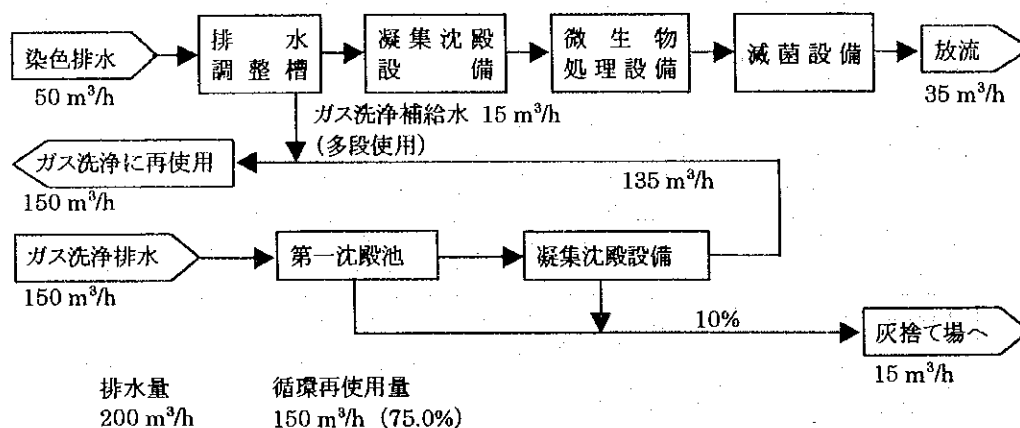


図 2.2.1 紡績・染色工場排水処理設備対策フロー

### 2.3 食品工場団地

経済発展に伴い 2010 年迄には猫跳河流域に多数の食品製造・加工工場が建設されるものと推測出来る。

#### (1) 排水量と水質

表 2.3.1 食品工場団地排水性状

排水流出源	排水量 (m <sup>3</sup> /日)	水質 (mg/L)	製造量 (ト/日)
畜肉製品製造業	200	BOD: 1,300 SS: 800	5
乳製品製造業	200	BOD: 500	10
植物油製造業	600	COD: 4,500 油分: 5,000	40
麺類製造業	450	BOD: 1,500 SS: 600	30

#### (2) 排水処理対策

食品製造・加工工場は季節、月、週、日により製造・加工される食品が異なる。更に、時間によっても製造・加工される食品が異なる工場もあり、排水処理設備の設計、運転・管理は非常に困難である。また、食品製造・加工工場は小規模工場が多く各工場別に排水処理設備を建設する事は建設費、運転管理費の面からも経済的ではない。食品製造・加工工場の排水処理設備は各工場の排水を単独処理するのではなく複数の工場の排水を混合して処理した方が処理しやすい。従って、食品製造・加工工場の工業団地を設け集中処理設備を建設する事とする。

#### (3) 排水処理フロー

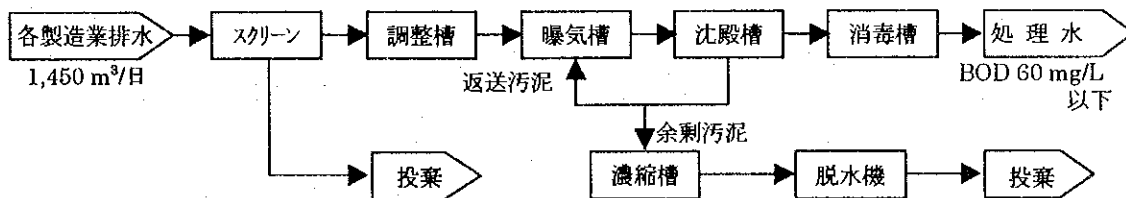


図 2.3.1 食品工場団地排水処理設備対策フロー

## 2.4 医薬品工場

生薬、無機医薬品、ビタミン剤類を製造する工場の排水処理設備について検討する。原材料、中間製品、製品を排水溝に流入させない事が重要であり、排水溝へこれらの流入防止対策が十分施されているものと仮定した上で、下記の通り排水処理設備を提案する。

### (1) 排水量と水質

表 2.4.1 医薬品工場排水性状

排水流出源	排水量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	水質 ( $\text{mg/L}$ )
合成工場	30	BOD: SS:
製剤工場	60	BOD:
醗酵工場	160	COD: 油分:

### (2) 排水処理対策

医薬品工場の場合、夜間は工場操業を停止する機会が多いが、排水処理設備は運転を一旦停止した後の再起動には長時間を要するので 24 時間連続運転を行う事が重要である。従って、排水の貯留槽（流量調整槽）の容量に十分な余裕を見込み設計する事が重要である。

醗酵工場排水は微生物による処理を行うが有機物濃度が低いので、生物膜処理槽の設計には注意を要する。

### (3) 排水処理フロー

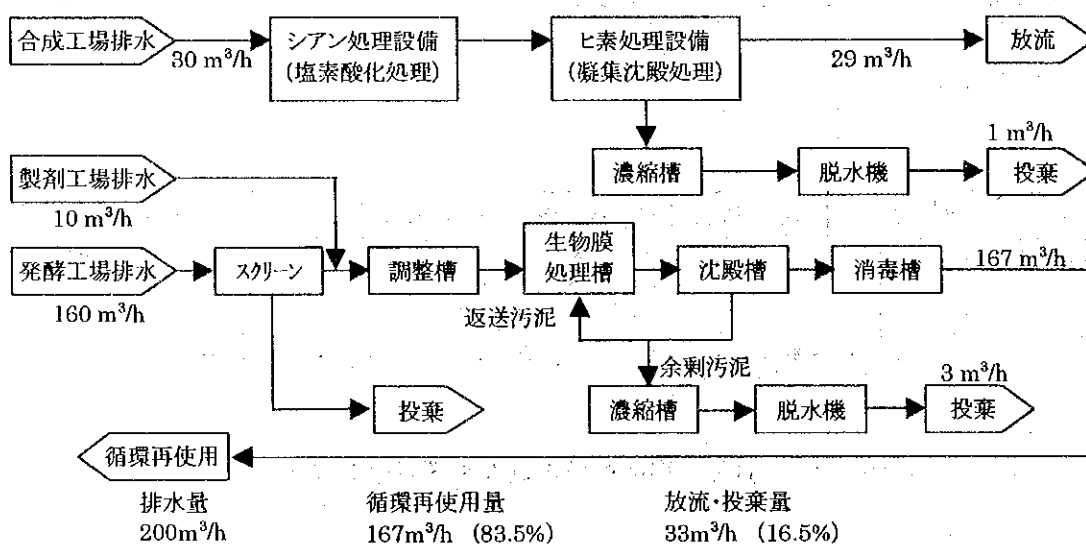


図 2.4.1 医薬品工場排水処理設備対策フロー

## 2.5 アルミ工場

90万トン/年のアルミ材料を処理し、酸化アルミ40万トン/年、電解アルミ23万トン/年を生産するアルミ工場の排水処理設備について、下記の通り排水処理設備を提案する。

### (1) 排水量と水質

表 2.5.1 アルミ工場排水性状

排水流出源	排水量 (m <sup>3</sup> /h)	水質 (mg/L)
酸化アルミ滓排水	400	SS:10,000
集塵排水	300	SS:15,000
一般排水	300	BOD: 30、SS:200

### (2) 排水処理対策

アルミ工場の排水は自然沈殿処理設備および凝集沈殿処理設備にて処理される。この場合、pH制御システム、沈殿池の容量・表面積の設計に注意を要する、また、沈殿汚泥の集泥装置の選定が重要である。

### (3) 排水処理フロー

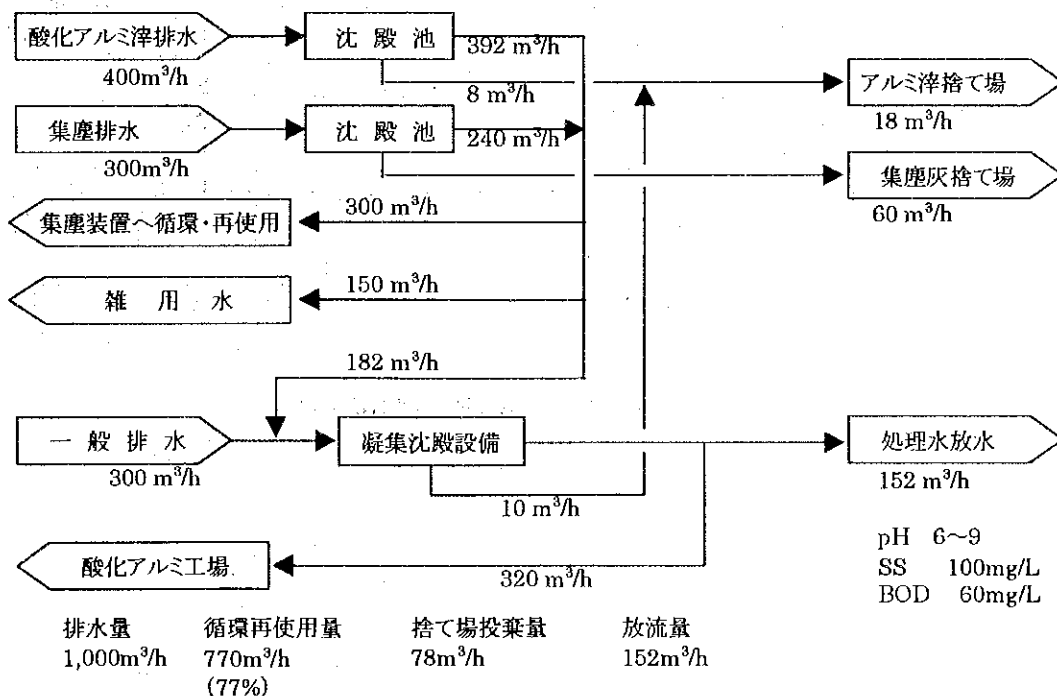


図 2.5.1 アルミ工場排水処理設備対策フロー



## 2.6 炭坑

1,000 トン/日（10 時間/日操業）の石炭炭坑の排水について、下記の通り排水処理設備を提案する。

### (1) 排水量と水質

表 2.6.1 炭坑排水性状

排水流出源	排水量 (m <sup>3</sup> /h)	水質 (mg/L)
坑内排水	2,000	SS: 100 以下
選炭排水	60	SS:30,000

### (2) 排水処理対策

石炭炭坑排水は坑内排水と選炭排水に大別される。坑内排水は地下の湧き水が主で SS は 100mg/L 以下である。その他の汚染負荷物も問題とならない濃度である場合が通常である。従って、選炭排水の処理設備が必要となる、通常は沈殿池にて処理出来るが、凝集剤を用いた凝集沈殿池を採用する事もある。

### (3) 排水処理フロー

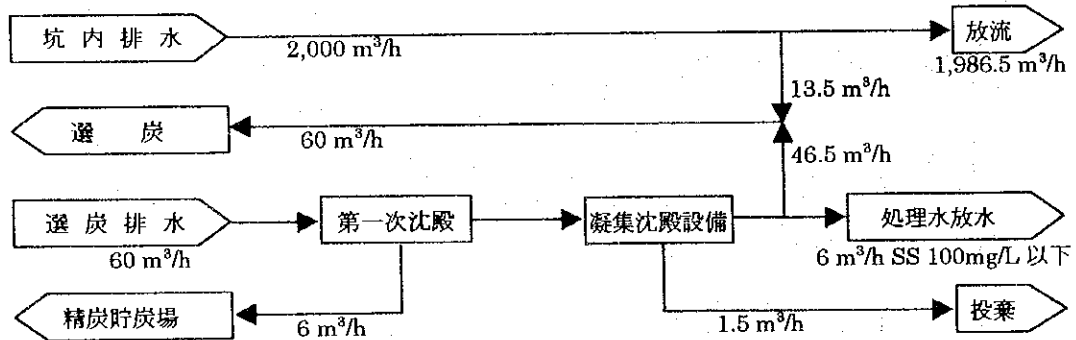


図 2.6.1 炭坑排水堀設備対策フロー

### 3 上積せ基準による工場排水規制値の強化

紅楓湖・百花湖の水質は、飲料水水源となっている水域は地表水規準値のⅡ類、その他の水域はⅢ類であれば良いのであるが、同一湖沼内を異なる水質区域を設け維持・管理する事は困難であるため、紅楓湖・百花湖の水質は全区域とも地表水規準のⅡ類とする。

2010年に紅楓湖・百花湖の水質を地表水基準値のⅡ類に維持するためには、紅楓湖・百花湖に流入する河川の水質は地表水基準値のⅡ類を維持し、百花湖より下流の河川の水質は地表水基準値のⅢ類を維持する事を原則とする。

各河川の2010年の予測水質を維持出来ない河川に工場排水を排出している工場については、現在の汚水総合排出標準（GB8978-96）値に対し上積せ基準値を設けるものとする。

河川を経ないで排水を直接、紅楓湖・百花湖へ排出している工場に対しては、汚水総合排出標準（GB8978-96）を遵守させる。三級標準対象工場について標準値が規定されていない排水項目については標準値を決める、また、T-N、T-Pの項目を設ける事とする。

#### 4 汚染物排出工場の立地規制

紅楓湖・百花湖水域の水質を維持または改善するためには、紅楓湖・百花湖に流入する河川の水質を維持、改善しなければならない。このため紅楓湖・百花湖に流入する河川に工場排水を排出する地区に工場を建設するに当たり、污水総合排出標準（GB8978-96）値あるいは河川毎に設定する上積規制値を設けられた地区については、その上積規制値を遵守出来ない工場に対して建設及び生産設備の増設許可を出さない。

既に稼動している工場については、排水処理設備改善猶予期間を設け、その期間内に排水処理設備の改善が実行されなければ、その工場は紅楓湖・百花湖流域から移転させるか、工場を閉鎖させるものとする。

新設および今後増設される生産設備については、超規排污費を支払えば工場の操業が許可される現行の方式は認めない事とする。ただし、排水処理設備の改善猶予期間が認められた工場についてのみ、超規排污費を支払いながらの工場操業を許可する。

今後、工場排出口において工場排水の水質について定期的な検査を義務付け、排水規制値を超えていた場合、前回の水質検査時から違反水質が確認された時期の期間に対して超規排污費を徴収する方式とする。違反水質が確認された場合は排水処理設備の改善が実施される迄、その工場の操業は許可しない事とする。

## Ⅶ 総合対策案



# 1 総合対策案

## 1.1 基本方針

猫跳河（紅楓湖・百花湖水域）は、飲用水や工業・農業用水の水源であると同時に観光産業においても重要な資源である。しかし、両湖周辺の工業基地形成に伴い、水銀等の重金属を含む工場排水や生活排水の流入より水質汚濁・富栄養化が深刻化している。貴州省の本水域の水環境保全対策は、工場排水改善に重点を置いている。

総合対策の基本方針としては、水質、水量、残留水銀汚染、環境に関する要求の調和と総合化をはかり、資源の有効利用と持続可能な発展を目指すこととし、施設対策の他に規制、操作、誘導等の手法も含んだ計画を策定する。

## 1.2 対策

対策は、図 1.2.1 に示すように分類し、検討した対策と事業費を表 1.2.1 に示す。

その中で、中国側で F/S が完了しているのは、

- 生活排水処理対策の清鎮と平バイの城鎮下水道整備

がある。本計画調査で F/S を行ったのは、

- F/S 対象 4 工場排水処理整備の貴州有機化学総工場（重金属除去設備）、貴州化学肥料工場（炭酸アンモニア処理設備・集塵排水処理設備）、平バイ化学肥料工場（磷安増産計画と合成アンモニア増産計画の排水処理設備）

である。

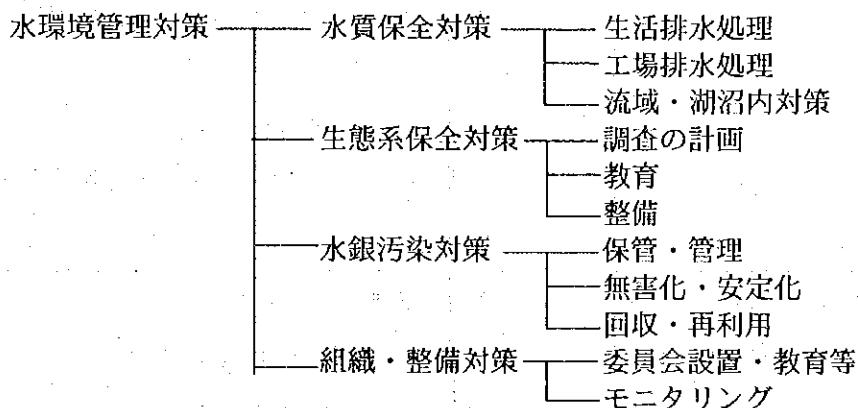


図 1.2.1 対策の分類

表1.2.1 水環境管理関連の対策工

	対策工	事業費(万円)	対策・整備の内容
水質保全対策	城鎮下水道整備－Ⅰ	38,470	4城鎮の集中処理場・管路及び2城鎮の吐口変更の建設
	城鎮下水道整備－Ⅱ	41,400	4城鎮の集中処理場・管路及び2城鎮COD高度処理施設の建設
	工場住宅下水道整備－Ⅰ	10,500	5工場の生活排水集中処理場・管路の建設
	工場住宅下水道整備－Ⅱ	11,900	5工場の生活排水集中処理場(2工場はCOD高度処理)・管路の建設
	工場住宅下水道整備－Ⅲ	9,430	4工場の生活排水集中処理場・管路及び1工場の簡易処理施設の建設
	工場住宅合併浄化槽処理整備－Ⅰ	1,400	5工場の生活排水合併浄化槽・管路の建設
	工場住宅合併浄化槽処理整備－Ⅱ	1,290	4工場の生活排水合併浄化槽・管路及び1工場の簡易処理施設の建設
	水利用合理化に伴う工場排水処理整備	70,000	重複使用率を75%に上げるための工場排水処理施設の設置
	F/S対象4工場の排水処理整備	2,200	重金属除去設備・アンモニア処理設備・集塵排水処理設備等の設置
	工場排水処理整備	92,400	工場排水最高許容濃度を守るための処理設備及び総量規制対策排水処理設備の設置
	排水路築造	490	貴州化肥・貴州鉄合金の総合排水管路の建設
	湖沼内魚養殖の禁止	3,000	養殖禁止の補償費(紅楓湖2,200万円、百花湖800万円)
	湖沼内養殖魚排水処理事業	15,400	養殖魚排水循環処理設備の設置
	観光地合併浄化槽処理整備	1,000	観光地区の合併浄化槽・管路の建設
	農村生活排水処理整備	3,400	農村地区(人口普及率30%)の戸別処理施設の設置
	小計	302,280	
水銀汚染対策	覆土・封じ込め事業	7,000	汚染水田上の覆土や汚染土壌の運搬・封じ込め
	監視	10	定期的調査
	小計	7,010	
生態系保全対策	生態系調査	200	生態系の全体調査・水生植物実証実験
	教育啓発事業	1,150	猫跳河環境管理センターの建設・整備と教育実施
	生態林整備	1,600	森林被覆率26%の森林整備
	生態系・景観等保安全管理計画作成	30	保全目標・範囲・管理手法・緑化整備の計画作成
	小計	2,980	
組織・制度対策	紅楓湖・百花湖水環境管理委員会	50	管理委員会の設置
	環境保護局の組織強化・構成員の能力開発	100	構成委員の研修・国内外派遣
	水環境モニタリング	1,400	情報処理・システムの整備
	農業改善事業	30	農地区画整理の計画や施肥方法の指導等
	排污費制度の強化	50	人員の拡充と規則の整備
	工場の立地規制	20	調査の実施と計画の策定
	小計	1,650	

水質保全対策は、水域の水質改善及び紅楓湖・百花湖の富栄養化防止のため、下記の要件を満足することとする。

- 紅楓湖、百花湖が地表水水質基準Ⅱ類を維持可能な汚濁負荷量になるように発生負荷を削減する。
- 流域内河川が地表水水質基準Ⅲ類を維持可能な汚濁負荷量になるように発生負荷を削減する。
- 工業発展に伴う工業用水の需要増加に対する水資源開発が流域内で期待できないので工業用水取水量を削減する。

### 1.3 対策案

対策案は、水質・水量の視点で水質保全対策の組み合わせを行い、それぞれに、水銀汚染、生態系・環境保全に係わる対策及び水環境保全のための組織・制度を組み込むことにする。

#### 1.3.1 水質保全対策

水質保全対策は 3 案に分けて検討する。ただし、各案とも次の対策については共通とする。

##### <共通対策>

- 流域内で用水需要増加に対する水資源開発が流域内で期待できないことから、工業用水重複利用率向上のための処理設備を設置する。
- 工場排水水質の基準を守るべく排水処理設備の改善・強化を行う。
- 工場排水水質の基準値を遵守しても、排水対象河川が地表水水質基準Ⅲ類を満足しない工場は総量規制値を設ける。（表 1.3.1 参照）

表 1.3.1 総量規制対策工場と規制による排出量

	単位：kg/日	
	COD <sub>Mn</sub>	P
平バイ化肥工場	—	8.5
清鎮発電所	—	6.6
貴州化肥工場	—	10.25
貴州有機化工総工場	312	17.50
清鎮紡績工場	15	0.50
盤江化工場	3	—
貴州アルミ工場	110	15.00



- F/S 対象 4 工場に F/S で検討した処理設備を設置する
- 水域の汚濁負荷量を削減するために、4 城鎮（清鎮、白雲、平バイ、朱昌）に集中処理場と 8 工場の生活排水処理施設を建設する
- 湖沼に汚水を直接排水している観光地区に生活排水処理施設を建設する
- 自然系の汚濁負荷量を削減するために、農村地区の処理向上（人口普及率 30%）を目指す

#### <対策案 A>

養殖漁業（紅楓湖・百花湖）からの汚濁負荷量が多く、富栄養化の主要因になっていることから、完全に禁止する。この措置と共通対策により湖沼及び河川の地表水水質基準Ⅱ類（湖沼）、Ⅲ類（河川）を満足し維持できる。

ただし、東門橋河と麦架河については、清鎮、白雲の処理水によって COD<sub>Mn</sub> 濃度が地表水水質基準Ⅲ類を維持できないので、処理水の吐口を猫跳河に変更する。これにより、両河川ともに COD<sub>Mn</sub> 濃度の基準達成が可能になる。その場合、猫跳河は流量が多いため負荷が希釈され、両城鎮の処理水が流入しても地表水水質基準を満足し維持できる。

表 1.3.2 吐口変更の管路仕様と工事費

	管径 (mm)	延長 (km)	工事費 (万元)
清 鎮	φ1000	2.0	210
白 雲	φ800	8.5	660

注： 工事費は日本と中国の工事費を平均する

#### <対策案 B>

対策案 A 案と同様に養殖漁業を完全に禁止して、共通全対策を実施する計画である。ただし、東門橋河と麦架河の COD<sub>Mn</sub> 濃度を地表水水質基準Ⅲ類に維持するために、COD 高度処理（活性炭処理 除去率 85%）を清鎮・白雲の 2 城鎮と貴州有機化学総工場、貴州アルミ工場の生活排水処理にも導入して、両河川の COD<sub>Mn</sub> 濃度が地表水水質基準を満足し維持できるようにする。

表 1.3.3 COD 高度処理工事費

	処理水量 (m <sup>3</sup> /日)	工事費+維持費 (万元)
清 鎮	50,000	21,000
白 雲	28,000	17,000
貴州有機化学総工場	5,139	4,000
貴州アルミ工場	13,300	10,000

注： 高度処理費は処理施設築造費の30%として算出する

<対策案C>

紅楓湖では将来も現状規模の養殖漁業を容認するが百化湖では禁止する。そのために、養殖漁業からの汚染負荷削減を目的として養殖魚筏を遮蔽シートで囲い、シート内に水循環処理設備（除去率：COD 95%，T-N 73%，T-P 40%）を設置し排水を処理する。さらに、湖沼内の汚濁負荷量を地表水水質基準まで削減するため、貴州化肥工場と貴州鉄合金の工場排水処理水と生活排水簡易処理水を排水管路により暗流河へ排水する。

また、東門橋河と麦架河の COD<sub>Mn</sub> 汚濁対策としては、対策案Aと同様に処理水の吐口を猫跳河に変更する。

表 1.3.4 排水管路の仕様と工事費

	管径 (mm)	延長 (km)	工事費 (万元)
貴州化肥工場	φ900	2.5	220
貴州鉄合金	φ300	7.0	270

1.3.2 水銀対策案

残留水銀対策として、汚染度の低い地区に対する長期的対策と汚染度の高い地区に対する緊急的対策に分ける。

長期的対策……監視 : 農作物及び地下水の汚染の程度を定期的に調査することにより、汚染状況を監視して、土地利用を制限する。

緊急的対策……覆土・封じ込め : 汚染された水田を覆土して利用するか、現位置または他の地点に運搬して封じ込める。

### 1.3.3 生態系保全対策

流域の生態系保全は、水域の生態系については野生動植物の生息環境の保全、並びに生息環境を整備して種の多様性を確保し、陸域の生態系については生息環境の保全・土壌荒廃の抑止を目指して森林整備を推進する。

そして、生態系保全という概念を社会的に認識して定着するように、水環境並びに生態系に関する情報を整備し、広く開示し、その重要性を認識する。

以上の生態系保全の目標に対して以下の対策を行う。

- 生態系調査
- 教育・啓発
- 森林整備
- 生態系保全管理計画及び景観等保全計画

### 1.3.4 組織・制度

流域環境に関する法制度については、特に問題はなく、実態が伴っていないことより下記の対策を行う。

- 紅楓湖、百花湖水環境管理委員会の設置
- 環境保護局の組織強化・構成員の能力開発
- 水環境モニタリングの整備
- 農業改善・整備
- 排污費制度の強化
- 工場の立地規制

表 1.3.5 に対策案と事業費を示す。

表1.3.5 対策案と事業費

対 策 工		事業費(万元)
対策案A	城鎮下水道整備－Ⅰ	38,470
	工場住宅下水道整備－Ⅰ	10,500
	工場住宅合併浄化槽処理整備－Ⅰ	1,400
	水利用合理化に伴う工場排水処理整備	70,000
	F/S対象4工場の排水処理整備	2,200
	工場排水処理整備	92,400
	湖沼内魚養殖の禁止	3,000
	観光地合併浄化槽処理整備	1,000
	農村生活排水処理整備	3,400
	小 計	222,370
対策案B	城鎮下水道整備－Ⅱ	41,400
	工場住宅下水道整備－Ⅱ	11,900
	工場住宅合併浄化槽処理整備－Ⅰ	1,400
	水利用合理化に伴う工場排水処理整備	70,000
	F/S対象4工場の排水処理整備	2,200
	工場排水処理整備	92,400
	湖沼内魚養殖の禁止	3,000
	観光地合併浄化槽処理整備	1,000
	農村生活排水処理整備	3,400
	小 計	226,700
対策案C	城鎮下水道整備－Ⅰ	38,470
	工場住宅下水道整備－Ⅲ	9,430
	工場住宅合併浄化槽処理整備－Ⅱ	1,290
	水利用合理化に伴う工場排水処理整備	70,000
	F/S対象4工場の排水処理整備	2,200
	工場排水処理整備	92,400
	排水路築造	490
	湖沼内魚養殖排水処理事業	15,400
	観光地合併浄化槽処理整備	1,000
	農村生活排水処理整備	3,400
小 計	234,080	
水銀汚染 対 策	覆土・封じ込め事業	7,000
	監視	10
小 計	7,010	
生態系保全対策	生態系調査	200
	教育啓発事業	1,150
	生態林整備	1,600
	生態系・景観等保全管理計画作成	30
小 計	2,980	
組織・制度 対 策	紅楓湖・百花湖水環境管理委員会	50
	環境保護局の組織強化・構成員の能力開発	100
	水環境モニタリング	1,400
	農業改善事業	30
	排污費制度の強化	50
	工場の立地規制	20
	小 計	1,650

表 1.3.6 水質保全対策

<立案条件>

- ・湖沼はII類 (COD<sub>Mn</sub> 4, T-N 0.5, T-P 0.025)
- ・河川はIII類 (COD<sub>Mn</sub> 6, T-N10.61, T-P 0.1) 1部はIV類 (COD<sub>Mn</sub> 8, T-N21.15, T-P 0.2)
- ・将来河川水質 (水循環利用 75% (負荷量 1.45倍) 時の濃度) は現況水質濃度を越えない

	A案 (養漁なし、放流先変更)	B案 (養漁なし、高度処理対策)	C案 (養漁容認)
生活排水	<p>処理水放流先の変更 (河川 COD 対策) (清鎮、白雲)</p>	<p>修文以外の4城鎮に処理場を設置 COD 高度処理導入 (清鎮、白雲)</p>	<p>処理水放流先の変更 (河川 COD 対策) (清鎮、白雲)</p>
工場排水	<p>10 工場住宅に処理場を設置</p>	<p>COD 高度処理導入 (貴州化工総、貴州アルミ) 10 工場住宅に処理場を設置</p>	<p>2 工場は暗流河へ放流を変更 (貴州化肥、鉄合金) 8 工場住宅に処理場を設置</p>
工場排水		<p>水循環利用 75%対策 F / S 対策</p>	<p>2 工場は暗流河へ放流を変更 (貴州化肥、鉄合金)</p>
		<p>総量規制</p>	
流域の立地規制		<p>羊昌河・東門橋河、麦架河の各流域では新規工場立地を規制</p>	
漁業		<p>全面中止</p>	<p>現状容認 養漁排水処理対策</p>
自然系		<p>上・中流域を 30%普及</p>	
農業系		<p>上・中流域を 30%普及</p>	

表 1.3.7 水質保全対策費

単位 (万円)

		A 案	B 案	C 案
生活排水	城镇	37,600 (修文は除く)	37,600 (修文は除く)	37,600 (修文は除く)
	処理場 (処理場 + 管路)	-	3,800 (清鎮・白雲)	-
	COD 高度処理 (設備費)	210 (清鎮φ1000・2km)	-	210 (清鎮φ1000・2km)
	放流先変更 (管路)	660 (白雲φ800・8.5km)	-	660 (白雲φ800・8.5km)
工場	住宅処理場 (集中処理)	10,500 (5工場)	10,500 (5工場)	9,070(4工場) + 360(貴州化肥簡易処理)=9,430
	COD 高度処理 (設備費)	-	1,400 (貴州化工総、貴州770)	-
	暗流河へ (管路)	-	-	(貴州化肥)工場排水と一緒に変更する
	住宅処理場 (浄化槽)	1,400 (5工場)	1,400 (5工場)	1,240(4工場) + 50(鉄合金簡易処理)=1,290
工場排水	暗流河へ (管路)	-	-	(鉄合金)工場排水と一緒に変更する
	75%対策	70,000	70,000	70,000
	F/S対策	2,200	2,200	2,200
	水質対策の総量規制	(COD)56,000 + (N:P)36,400	(COD)56,000 + (N:P)36,400	(COD)56,000 + (N:P)36,400
漁業	暗流河へ (管路)	-	-	220 (貴州化肥φ900・2.5km)
	処理対策	-	-	270 (鉄合金φ300・7.0km)
	補償費(年間売上高)	-	-	15,400
	生活 30%普及	2,200 + 800 = 3,000	2,200 + 800 = 3,000	-
自然系	農業 30%普及	3,400	3,400	3,400
	観光地区生活排水浄化整備	-	-	-
	費用合計	650+350=1,000	650+350=1,000	650+350=1,000
	222,370	226,700	234,080	
城镇集中処理維持管理費 (年当たり)	770	940	770	
	200	240	170	
	30	30	30	
	2,400	2,400	2,400	
工場住宅浄化槽処理維持管理費 (年当たり)	770	770	770	
	27,930+2,330=30,300	27,930+2,330=30,300	27,930+2,330=30,300	
	34,470	34,680	34,440	
	維持管理費合計			

## 2 事業評価

組み合わせた対策案（A、B、C）について、次の観点から評価を行って総合対策案を策定する。

- 技術的妥当性-----現在中国での技術的適用性や水環境改善効果からの評価を行う
- 経済的妥当性-----概算費用に対する便益や工場及び省政府の予算面の受容可能性からの評価を行う
- 社会的受容性-----地域住民または地域企業などの現地社会の受け入れ易さや障害面からの評価を行う

### 2.1 技術的評価

#### 2.1.1 技術的適用性

土木工事や生活排水集中処理施設は、現在の中国側の技術で十分対応できるが、特に以下の技術には諸外国の技術・経験・施設の導入が望まれる。

- アンモニア回収設備、重金属除去設備の重金属捕集材、微生物による有機物除去設備等の工場廃水処理設備（対策案A、B、C共通）
  - 生活・工場排水処理の脱窒・脱磷技術とその維持管理技術（対策案A、B、C共通）
  - 養殖魚業の排水循環処理技術（対策案C）
  - 高度処理の小型合併浄化槽による処理技術（対策案A、B、C共通）
- 各案ごとの適用性について、表 2.1.1 にまとめる。

表 2.1.1 技術的適用性

対策案A,B,C共通	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 排水処理技術者が少ない。</li> <li>• 処理設備及び施設の維持管理技術と体制が弱い。</li> <li>• 生活排水処理対策の管路敷設工事（技術的には問題ない）を早急に行い、処理水量の向上を図ることが課題である。</li> <li>• 小型合併浄化槽の高度処理技術開発の推進が課題。</li> </ul>
対策案A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 城鎮（清鎮、白雲）の処理水吐口を猫跳河に変更する管路工事は技術的に問題はない。</li> </ul>
対策案B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 技術的には問題ないが、城鎮生活排水（清鎮・白雲）、工場生活排水（貴州有機化工総工場・貴州アルミ工場）の処理水に対して活性炭処理設備で COD の除去率を高める技術と管理が弱い。</li> </ul>
対策案C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 城鎮（清鎮、白雲）の処理水吐口を猫跳河に変更する管路工事は技術的に問題はない。</li> <li>• 2 工場（貴州化肥工場、貴州鉄合金）の工場排水と生活排水の簡易処理水を暗流河に排水する管路工事は技術的に問題はない。</li> <li>• 養殖魚業の給餌の管理を徹底することが課題。</li> </ul>
水銀汚染対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 覆土案・封じ込め案ともに技術的に問題はない。</li> </ul>
生態系保全対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 森林整備において、郷土樹種や広葉・針葉もしくは、常緑・落葉の複合林として植栽する方法について、技術導入・技術開発及び技術者養成が課題である。</li> <li>• 関連する技術の専門家が少ない。</li> </ul>
組織・制度	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 制度・規定・基準の遵守やその監視に強制力を要する。</li> </ul>

## 2.1.2 環境改善効果

水環境改善対策として、各対策を組み合わせた3案について検討を行い、環境改善効果として水量・水質の改善、流域の自然環境、特に生物環境の改善及び水銀汚染の改善について評価を行う。

### (1) 水量

現在、流域内工場の工業用水の重複使用率は30%程度で、用水として約1.63億m<sup>3</sup>/年が使用されている。現状のまま工業生産額伸び率を10%とすると4倍の工業用水(7.08億m<sup>3</sup>/年)が必要となる。しかし、資源としての水の有効利用を図るために、重複使用率を75%に向上させる排水処理設備を設置することにより用水量が1.45倍(2.83億m<sup>3</sup>/年)となり、年間4.25億m<sup>3</sup>の用水量が削減される。また、このことは排水による汚濁負荷量の削減(水質改善)にも効果を発揮する。

### (2) 水質

両湖及び猫跳河の水質改善については、対策案A・Bともに水質改善対策によって地表水水質基準Ⅱ類の汚染負荷許容量以下の負荷量に抑えることができる。表2.1.2に示すのとおり湖沼内の濃度は地表水水質基準Ⅱ類を満足し維持できる。

しかし、C案は紅楓湖養殖魚業の排水循環処理施設において、凝集剤を用いた脱磷は凝集剤の使用限界(残留凝集剤の魚への付着)により磷除去率が40%と低く、対策後の磷濃度が地表水水質基準Ⅱ類を満足することが難しい。また、対策後の紅楓湖へのT-P負荷量は生活系、工場住宅、事業所系がそれぞれ3.0、3.0、15.1kg/dに対し、養魚系は36.2kg/dとなり、養殖漁業により発生する汚濁負荷量を他の生活系、事業所系の汚濁負荷量削減で代替することはきわめて困難である。

表 2.1.2 A・B案の両湖の汚濁解析結果

	単位：mg/L		
	COD <sub>Mn</sub>	T-N	T-P
地表水水質基準Ⅱ類	4	10.6	0.025
紅楓湖	1.2~2.5	3.8~6.0	0.010~0.021
百花湖	2.1~3.0	3.6~4.4	0.013~0.020

猫跳河に流入する河川水質は、現況で汚濁が激しい東門橋河と麦架河は水質保全対策を実施しても特に磷濃度が地表水水質基準Ⅲ類を満足することができないがⅣ類は満足できる。しかし、それ以外の河川は、将来の発生負荷量を現状程度に抑えることができ、地表水水質基準Ⅲ類を満足できて維持することができる。対策案Cの貴



州化肥工場、貴州鉄合金の排水を流入させる暗流川の水質も地表水水質基準Ⅲ類を満足することができる。また、観光地合併浄化槽処理整備、農業改善事業の実施により、生活排水を処理することにより、さらなる水質改善が図られるといえる。なお、地表水水質基準Ⅲ類を満足できない 2 河川に排水している工場（貴州有機化工総工場、清鎮紡績工場、盤江化学工場、貴州アルミ工場）は、さらなる水の合理化の推進を図るか、処理水の排水先を猫跳河へ変更する対策等を行う必要があるといえる。表 2.1.3 に各案の対策後の水域汚濁負荷を示す。

表 2.1.3 対策後の水域汚濁負荷

		地表水水質基準	対策案 A	対策案 B	対策案 C	
水 質	紅 楓 湖	COD 19,000kg/日>	9,416kg/日 OK	同左	8,546kg/日 OK	
		T-N 37,000kg/日>	19,196kg/日 OK	同左	15,134kg/日 OK	
		T-P 75kg/日>	75kg/日 OK	同左	97.3kg/日 NG	
	百 花 湖	COD 41,000kg/日>	34,613kg/日 OK	34,244kg/日 OK	34,613kg/日 OK	
		T-N 7,000kg/日>	2,613kg/日 OK	同左	同左	
		T-P 60kg/日>	60kg/日 OK	同左	同左	
	支 河 川	上 流	COD 6mg/L>	1.8~4.6 mg/L OK	1.8~4.6 mg/L OK	同左
			T-N 21.15 mg/L>	0.32~13.04 mg/L OK	同左	同左
			T-P 0.1 mg/L>	0.015~0.027 mg/L OK	同左	同左
			Ⅲ類を満足しない河川	無し		
		中 流	COD 6 mg/L>	1.8~5.6 mg/L OK	1.8~2.8 mg/L OK (東門橋河以外)	1.8~5.6mg/L OK (東門橋河以外)
			T-N 21.15 mg/L>	0.32~13.41 mg/L OK	0.32~14.18mg/L OK	0.32~13.41mg/L OK
T-P 0.1 mg/L>			0.015~0.10mg/L OK (東門橋河以外)	0.015~0.10mg/L OK (東門橋河以外)	0.015mg/L OK (東門橋河以外)	
Ⅲ類を満足しない河川			東門橋河 COD=5.6 mg/L(Ⅲ類) T-N=13.41 mg/L(Ⅲ類) T-P=0.149mg/L<0.2 (Ⅳ類)	東門橋河 COD=7.9 mg/L<8 (Ⅳ類) T-N=14.18 mg/L(Ⅲ類) T-P=0.196mg/L<0.2 (Ⅳ類)	東門橋河 COD=5.6 mg/L(Ⅲ類) T-N=13.41 mg/L(Ⅲ類) T-P=0.149mg/L<0.2 (Ⅳ類)	
下 流		COD 6 mg/L>	2.2~5.9 mg/L OK	2.2~5.5 mg/L OK (麦架河以外)	2.2~5.9 mg/L OK (麦架河以外)	
		T-N 21.15 mg/L>	0.38~3.45 mg/L OK	0.37~4.21 mg/L OK	0.40~8.33 mg/L OK	
		T-P 0.1 mg/L>	0.16~0.10 mg/L OK (麦架河以外)	0.16~0.10mg/L OK (麦架河以外)	0.16~0.10 mg/L OK (麦架河以外)	
		Ⅲ類を満足しない河川	麦架河 COD=5.9 mg/L(Ⅲ類) T-N=3.45 mg/L(Ⅲ類) T-P=0.13mg/L<0.2 (Ⅳ類)	麦架河 COD=7.4 mg/L<8 (Ⅳ類) T-N=4.21 mg/L(Ⅲ類) T-P=0.176mg/L<0.2 (Ⅳ類)	麦架河 COD=5.9 mg/L(Ⅲ類) T-N=3.45 mg/L(Ⅲ類) T-P=0.13mg/L<0.2 (Ⅳ類)	

(3) 生物環境

水質の改善が図れることによって生物環境が以下のように改善されると共に、生態系を調査し、その保全に対して啓発活動を行うことにより、生態系を維持するとい

う目標を達成することができる。

- 植物プラントの異常発生が防止できることにより、溶存酸素の異常低下（特に底層部）が起りにくくなり、底生生物の生息環境が改善される。
- 汚濁への耐性種に収斂する可能性があった生物相が改善され、生物の多様性が保持されやすくなる。

#### (4) 水銀汚染

水銀汚染対策により、以下の効果が期待できるといえる。

- 農作物の収穫が増え、また作物の質が向上して生産高が上がる。
- 水銀に対する不安が除かれ、安心感のある生活ができる。
- 水銀公害発生の抑制により、医療費、補償費が削減できる。

## 2.2 便益

猫跳河流域の環境保全対策として全部で 18 の事業や計画が提案されている。これらの事業や計画は総合的に猫跳河流域の環境保全に貢献する事になるが個々の事業と計画の事業評価は、それぞれの事業や計画が生み出す種々の便益に焦点を絞って実施した。それらの便益は、金額として計量表示が可能な便益（定量的便益）と計量表示が困難な便益（定性的便益）に分類される。本節では、個々の事業と計画が生み出す便益を可能な限り定量的に評価する様に努めるが一部の事業と計画については定性的な評価としてその波及効果を述べるに留める事とする。

定量的な便益を適切に算定する目的で猫跳河流域の環境保全対策として提案されている事業や計画は表 2.2.1「対策事業・計画の概要」に示す通り 18 項目に集約して事業評価を行った。

本節の定量的便益算定に際しての基本的考え方として、便益は下記の二つの分類から構成されるものとする。

- 分類-1：本調査で提案している事業や計画が実施開始時点から収入の増大、或いは、支出の削減等の便益額を算定する項目。
- 分類-2：本調査で提案している事業や計画が実施されずに猫跳河流域の現状を放置した場合の 2011 年の猫跳河流域を対象とした環境状態シナリオを策定して、事業や計画が 着実に実行に移された場合の 2011 年環境状態シナリオと対比して便益額を算定する項目。

表2.2.1 猫跳河流域環境保全対策事業・計画と便益項目

対策事業・計画の概要		対策事業・計画と便益項目相関図												
事業ID	対策事業・計画	内容	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	城鎮下水道整備	都市住民用集中処理場建設、浄化槽の設置												
2	城鎮下水道整備	COD 高度処理設備への改善												
3	城鎮下水道整備	管渠を施設して放流先を百花湖下流に変更												
4	工場住宅併用浄化槽処理整備	工場従業員生活排水処理場建設												
5	工場住宅併用浄化槽処理整備	工場従業員生活排水浄化槽設置												
6	工場住宅併用浄化槽処理整備	COD 高度処理設備への改善												
7	工場住宅併用浄化槽処理整備	管渠を施設して放流先を百花湖下流に変更												
8	水利用合理化に伴う工場排水処理整備	75% 重複水利用による工業用水使用量削減												
9	F/S対象4工場排水処理整備	F/S 4工場の設備改良												
10	工場排水処理整備	猫跳河流域全体への汚染物質総量規制の導入												
11	排水路整備	管渠を施設して放流先を百花湖下流に変更												
12	湖沼内魚養殖の禁止	湖沼富栄養化防止策												
13	湖沼内魚養殖排水処理事業	養魚場汚濁・循環水処理設備												
14	観光地合併浄化槽処理整備	観光客の生活排水対策												
15	農村生活排水処理整備	農村地区の生活排水処理												
16	水銀汚染対策	水銀汚染土壌の復元対策												
17	生態系保全対策	生態系保全を目的とした生態系整備等の環境保全修復												
18	組織・制度対策	法制度・組織整備												

便益項目の概要		概要説明
便益ID	便益項目	
A	工業用水等使用削減	重複利用等の対策で工業用水代金の支払を削減して生み出す便益
B	飲料水浄水場汚染負荷削減	排水処理により飲料水浄水の負荷を削減して生み出す便益
C	汚染排水削減	排水流量と汚染負荷を削減して汚染排水の支払を削減して生み出す便益
D	生活排水処理施設建設資金確保	「下水道料金制」を導入して設備建設を促進する便益
E	湖沼生産回復	湖沼での養魚事業継続で生産される水産物の市場価値が生み出す便益
F	農業生産回復	湖沼汚染土壌の修復で生産が再開された農作物の市場価値が生み出す便益
G	景観・親水性の維持	湖沼の復元、親水性の維持に寄与する付加価値が生み出す便益
H	観光収入増大	観光客の満足度が観光客誘致に寄与して生み出す便益
I	適正汚染排水徴収	環境保全監視強化で汚染排水の徴収率を高めて生み出す便益
J	炭酸アンモニア回収	環境保全目的で回収した炭酸アンモニアの市場価値が生み出す便益
K	水銀回収	環境保全目的で回収した水銀の市場価値が生み出す便益
L	廃活性炭処理費削減	吸着用活性炭の消費量の減少が生み出す便益

### 2.2.1 主要便益項目

猫跳河流域の環境保全対策として提案されている事業や計画が生み出す便益項目は表 2.2.1 の「便益項目の概要」に示す 14 項目を選定し概要説明を付記した。

### 2.2.2 猫跳河流域の環境保全対策事業・計画と便益の相関

猫跳河流域の環境保全対策として選定された 18 の事業・計画と 15 の便益項目の相関関係は表 2.2.1 の「対策事業・計画と便益相関図」に示す様に取りまとめた。

### 2.2.3 主要便益項目概要

猫跳河環境保全対策の便益項目の中で大きな便益を生み出し、複数の事業と計画に共通して発生する主要便益項目について便益算定根拠を以下に解説する。

#### (1) 工業用水等使用削減及び水資源再利用（便益項目 A）

対策事業と計画が生み出す節水効果もしくは高度排水処理による水資源再利用率を算定し、下記の表 2.2.2 に示す貴陽市における水資源の用途別価格を用いて便益額を算定した。

表 2.2.2 水資源価格表

水資源用途	単価（元/トン）	適用
生活用水	1.20	
工業用水	1.25	
商業用水	2.00	一般商店

#### (2) 飲料水浄水場汚染負荷削減（便益項目 B）

工業排水、生活排水の増加に対策を講じなかった場合は、浄水設備の水源となっている紅楓湖、百花湖の水質低下をもたらす事は明確である。猫跳河流域環境保全対策の主要目標の一つは 2010 年においても紅楓湖、百花湖の水質を国家基準Ⅱ類以内に維持することである。

猫跳河流域環境保全対策が実行に移されなかった場合は、猫跳河流域の水資源量 18.1 億トン/年が 2011 年まで一定と仮定すると、T-N、T-P は国家基準Ⅱ類の規定値以内を維持出来るが COD<sub>Mn</sub> は国家基準Ⅱ類の規定値（4mg/L）を超えるのは明確である。一方、生活用水と商業用水の消費量は、猫跳河流域の人口増加と消費原単位の増加に伴い年率 12%弱の増加が予想される。猫跳河流域の水資源量に対する生活用水と商業用水の取水量は、下記の表 2.2.3 に示す様に大幅な上昇傾向を示す。

表 2.2.3 猫跳河流域の水資源量に対する取水率の推移予想

	1993年	2000年	2002年	2005年	2010年
上水取水量率 (%)	2.15	4.47	5.94	8.33	14.64

COD<sub>Mn</sub> が国家基準 II 類の規定値を超えた原水を取水して飲料水として供するためには、現有設備に「活性炭吸着塔」を設置する必要がある、原水の COD<sub>Mn</sub> を 4mg/L のケースを基準として必要設備、並びに、運転維持費用を積算して下記の結果を得た。

COD <sub>Mn</sub> 汚染負荷の増大に伴う費用増加	
「飲料水」	
(1) 活性炭吸着装置の建設費	
・飲料水 1 m <sup>3</sup> 当たり	: 1100 元/m <sup>3</sup> ・日
・COD <sub>Mn</sub> 1 kg 当たり	: 675,000 元/kg・日
(2) 維持管理費	
・飲料水 1 m <sup>3</sup> 当たり	: 0.14 元/m <sup>3</sup>
・COD <sub>Mn</sub> 1 kg 当たり	: 67.5 元/kg
「工業用水」	
(1) 建設費増加: なし	
(2) 純水装置の維持管理費	
・ボイラー給水 1 m <sup>3</sup> 当たり	: 2.8 元/m <sup>3</sup>
・COD <sub>Mn</sub> 1 kg 当たり	: 622 元/kg

便益の計算に際しては、取水設備の新設は必要無いものと仮定し、維持管理費のみを対象として各年度毎に下記の数式で算定し 2020 年までの累計値を採用した。

浄水場汚染負荷削減便益

$$= (4 \text{ mg/L を超える COD kg}) \times (67.5 \text{ 元/kg}) \times (\text{上水取水量率})$$

なお、上記便益に対比して、ボイラー給水用純水装置の維持管理費が生み出す便益は使用量が明確で無く便益金額も小額と思われるので割愛した。

### (3) 汚染排出費削減 (便益項目 C)

清鎮発電所、貴州化肥工場の 2 工場については国家第 1 級基準、貴州有機化工総工場、平バイ化肥工場の 2 工場に付いては国家第 2 級基準に適合した汚染排出費を個別に算定して「緊急対策事業計画」を実行した場合の汚染排出費を算定してその合計を便益として計上した。

猫跳河流域全体の汚染排出費の算定は、対策を実施しなかった場合として想定される 2011 年度の工場排水全量に対して国家第 1 級基準に適合した汚染排出費を算定して便益とした。

(4) 生活排水処理施設建設資金確保 (便益項目 D)

生活排水処理設備の建設し生活排水の処理を開始した時点から、「下水道使用料」制度を導入する事を前提とした。日本においては下水道代金を水道料金の 70~80% に設定しているので都市部及び工場の生活排水に対しては、0.9 元/m<sup>3</sup>を採用して便益算定を実施した。

2.2.4 猫跳河流域の環境保全対策事業と計画毎の定量的便益

18 項目の猫跳河流域個々の環境保全対策事業と計画についての便益算定の概要を下記に説明する。なお、便益の算定に際して環境保全対策事業と計画は 2000 年から 2010 年にわたり事業が段階的に遂行され完成した部分から運転を開始されるものと想定した。更に、便益額の累計算定に際しては、2011 年度の単年度に発生する便益額を、特例を除いて 2020 年度まで集計した。

(1) 城鎮下水道整備…集中処理場建設

城鎮地区の修文を除く住民を対象に生活排水大規模処理を設置する事業では、下記の 2 種類の便益を生む。

- 下水料金制度を導入して徴収する使用料金。
- 処理水の COD 濃度が低下するので飲料水浄水場汚染負荷削減。

生活排水量は生活レベルの向上に伴い上昇するので現状の排水量と 2010 年推定値から年当たり排水量増加率 5%を算定して便益計算に採用した結果、城鎮地区住民の 2010 年までの生活排水の推移は表 2.2.4 の様に推測される。

表 2.2.4 城鎮地区の 2010 年までの生活排水負荷の推定値

単位	排水量 m <sup>3</sup> /日	原単位 m <sup>3</sup> /日	処理 COD トン/年	II 類限度 COD トン/年	COD 上水負荷 トン/年
2000	31,580	0.164	1,401	46	—
2005	40,260	0.193	1,786	59	122
2010	51,350	0.227	2,278	75	323

従って、2010 年単年度の便益は下記の数式で求められる。

- 下水料金便益 =  $51,300\text{m}^3/\text{日} \times 365 \times 0.9 \text{ 元}/\text{m}^3 = 1,687 \text{ 万円}$
  - 飲料水浄水場汚染負荷削減便益 =  $323 \text{ トン}/\text{年} \times 67,500 \text{ 元}/\text{トン} = 2,178 \text{ 万円}$
- 2020年までの両便益の累計は、50,983万円となる。

(2) 工場住宅下水道整備…集中処理場建設

(3) 工場住宅合併浄化槽処理整備

上記(2)、(3)項目の生み出す便益は本質的に城鎮地区の生活排水と同様である。ただ、対象が既設工場群であるので処理対象人数は2010年まで現在従業員数に留まると仮定して便益算定を行った。各便益項目毎の算定結果を表2.2.5に示す。

表 2.2.5 工場下水道整備の便益額

事業ID	対策事業・計画	便益額 (万円)	
		2010 単年度	2020 年度累計
4	工場住宅下水道整備…集中処理場建設	2,267	37,621
5	工場住宅合併浄化槽処理設備	321	4,065

(4) 水利用合理化に伴う工場排水処理整備

本対策事業による便益として次のものが考えられる。

① 工業用水使用量削減による便益

現状と2010年度の猫跳河流域での工業用水状況は図2.2.1に示す様に要約出来る。

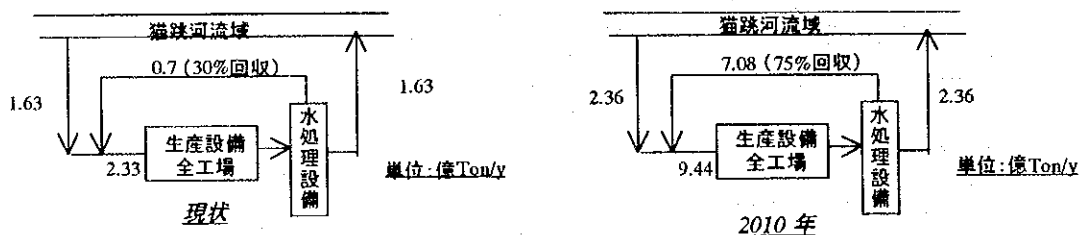


図 2.2.1 現状と2010年度工業用水使用量

猫跳河流域に位置する全工場の工業用水の需要量は、1993年度1.63億トンであり、その重複利用率は30%であった。従って運転に必要な工業用水量は、年間  $1.63 \div 0.7 = 2.33$  億トンとなる。2010年に工業用水の重複利用率75%となると(2000年より2010年まで段階的に回収設備を増強)、需要量は2.36億トンと推定され、実際に運転に必要な工業用水量は、 $2.36 \div 0.25 = 9.44$  億トンとなる。

循環処理設備が増強されず、2010年においても重複利用率が30%のままであると、水の循環量は  $9.44 \times 0.3 = 2.83$  億トンとなる。2010年に全設備が完成すると水の重複

利用率は 75%となり、水の循環量は年間、 $9.44 \times 0.75 = 7.08$  億トンとなり、その差  $7.08 - 2.83 = 4.25$  億トンが処理設備増強による工業用水の削減となる。

よって 2010 年における便益は、 $4.25 \text{ 億トン} \times 1.25 \text{ 元/トン} = 5.31 \text{ 億元}$ となり、2020 年までの累積便益は 66.6 億元に達する。

なお、工業用水の重複使用率を向上して工業排水を削減すると排水量に比例して支払う排污費の削減を生むが、事業項目 10 の総量規制による工場廃水処理整備と重複するので排污費により生じる便益は事業項目 10 に集約した。

#### (5) F/S 対象 4 工場排水処理整備

F/S 対象 4 工場対策による年間便益の内訳は表 2.2.6 の通りである。しかし工業用水の削減による便益は工業用水の 75%重複利用の便益に加味されているので表から除いている。

表 2.2.6 F/S 対象 4 工場便益内訳

(単位：万元)

	貴州 有機化工	貴州 化肥工場	平バイ 化肥工場	清鎮発電所	合計
1. 排污費の削減	1,703	-2	104	45	1,850
2. 中間製品回収	-	1,001	-	-	1,001
3. 水銀触媒回収	5	-	-	-	5
4. 活性炭消費量、廃活性炭処理費削減	10	-	-	-	10
合計	1718	999	104	45	2,866

工場の稼働は 2002 年始めの予定であり、便益は毎年 2,866 万元発生する。

#### (6) 工場排水処理整備…水質対策の総量規制

猫跳河流域に水質対策の総量規制を制定し工場排水処理整備を行う事業の便益は、排污費の額で算定される。排污費の算定基準は汚染物質の濃度に基づき算定される排污費と排水量そのものに負荷される排污費がある。

##### ① 汚染物質の濃度に基づく排污費

汚染物質の濃度に基づき算定される排污費については、既存工場の排水に関する現地調査データによると既存工場より排出される汚染物質の中で国家第 1 級基準（現有）を超える汚染物質を排出している工場は安順化学肥料工場（尿素工場）と貴州有機化工総工場であり、排出汚染物質は共に COD<sub>Cr</sub>（F/S4 工場対策で設置する重金属回収装置は貴州有機化学総工場の COD<sub>Cr</sub> 削減には寄与せず）である。この両工場が支払う排出基準超過による排污費を算出すると年間合計 221.8 万元となる。



ただし、今後猫跳河流域に新しく進出してくる工場より排出される汚染物質及び排出量を予想する事は難しいので総量規制を実施しなかった場合は、猫跳河流域の工場排水量は現在操業中の工場より排出される工場排水は 1 日 344,336m<sup>3</sup> の 4 倍に達するとの予測を用いて工場排水全量に対して汚染物質の濃度の試算を行った。

その結果、COD<sub>Cr</sub> 及び T-P の濃度は、それぞれ 75 mg/L 及び 0.285 mg/L となり、規定値 100 mg/L 及び 1.0 mg/L を下回った。即ち、マクロでは、2010 年度には猫跳河流域では汚染物質の濃度に基づく排污費は発生しないと結論した。

従って、汚染物質の濃度に基づく排污費は、上記 2 工場の年間 221.8 万元のみで、総量規制による工場廃水処理整備が実行された場合の便益は年間 221.8 万元とした。

## ② 排水量に対する排污費

工場排水量は、現在操業中の工場より排出される工場排水 344,336m<sup>3</sup>/日の 4 倍に達すると予測されている。即ち、2010 年度の猫跳河流域の工場排水量を約 138 万トン/日として年間では 330 日分で 4.55 億トンの工業排水量が想定される。これに対して、総量規制の一つとして 2010 年の排水量を現状排水量の 1.45 倍に留めるので、削減する排水量に対して排污費の単価 0.03 元/トンを用いて 2010 年単年度排污費 8,694 万元を算定して便益とした。2020 年までの累計の排水量に対する排污費は 13,006 万元となる。

ただし、現状の監視体制と環境意識では理論的に算定される排水量に対する排污費の徴収率はかなり低く見積もらざるを得ない。従って本対策事業項目に計上する排水量に対する排污費が生み出す便益は上記累計額の 1/3、即ち、4,336 万元を採用した。

差額の排污費の徴収は、対策事業項目 18、組織・制度対策の便益として計上した。

上記の排水量に対する排污費に濃度に対する排污費を加えて 2010 年までの総便益は 7,680 万元と算定した。

## (7) 排水路整備…工場排水放水路変更

貴州化肥工場と貴州鉄合金工場の排水を暗流河に放流する事で猫跳河流域の上水道取水設備の汚染負荷を軽減出来る便益を生む。2010 年単年度では、COD 49 トンの削減となり、330 万元の便益を生む。2020 年までの累計便益額は 4,950 万元と算定される。

(8) 湖沼内魚養殖禁止

この事業による効果は魚養殖により発生している COD 負荷量の削減であり富栄養化の防止に貢献する。

本事業は 2000 年に実施され、その効果即ち便益は 2001 年より発生し、2010 年単年度では、COD 674 トンの削減となり、2020 年までの累計便益額は 75,189 万元と算定される。

(9) 湖沼内魚養殖排水処理事業

本対策事業による便益として次のものが考えられる。

① COD 負荷量の削減による便益

養魚域を遮蔽して循環水処理装置を設置する事で湖沼の富栄養化防止は、養魚禁止の場合に比べて 75%の成果を得られるものとする。工事開始時点から便益を算定したので、便益額は 2020 年までの累計便益として 53,273 万元を計上した。

② 漁獲高による便益

現地調査で入手した資料によると、両湖の漁獲水揚量及び売上高は表 2.2.7 及び表 2.2.8 の通りである。

表 2.2.7 紅楓湖・百花湖漁獲量

(単位：トン)

	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年
紅楓湖	1,134	1,580	1,700	1,810	2,220
百花湖	130	570.5	570.5	695	898
合計	1,264	2,150.5	2,270.5	2,505	3,118

表 2.2.8 紅楓湖・百花湖漁業収入

(単位：万元)

	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年
紅楓湖	1,088.64	1,516.8	1,632	1,737.6	2,131.2
百花湖	130	570.5	570.5	625.5	808.2
合計	1,218.64	2,087.3	2,202.5	2,363.1	2,939.4

上記のデータが示す通り、紅楓湖と百花湖の漁業収入は年間 10%程度の上昇を示しているが便益額算定には、工事着手前の漁獲量と養魚域を遮蔽して循環水処理装置の設置完了の翌年から回復すると仮定して 1997 年度の漁業収入額を用いて便益額を算定した。

2020年までの累積便益額は、工事完了の第2年度から漁獲収入を便益として総額44,100万円の便益額を算定した。

#### (10) 観光地合併浄化槽処理整備

紅楓湖・百花湖を訪問する観光客の生活排水に対して浄化槽処理を行うもので、トイレの使用を有料とすることも想定されるが、観光客誘致の面からマイナスが懸念される。よって、便益はCODの削減による飲料水浄水場汚染負荷削減のみを便益として計上した。2010年単年度の便益は26万円となり、2020年までの累計便益額は312万円と算定され事業費に比べて小額に留まったが、観光地の評価の面からの定性的便益は大きいものと判断する。

#### (11) 農村生活排水処理整備

人口密度の低い農村部の生活排水処理を2010までに30%達成する目標の事業で下記の便益を生む。

##### ① CODの削減による飲料水浄水場汚染負荷削減が生む便益

同種の便益項目と同様の算定基準で、2010年単年度のCOD減少量は412トンで2,783万円の便益を生む。2020年までの累計は、40,075万円と算定される。

#### (12) 水銀汚染対策

水銀に汚染された農地の面積は169haであり、水銀排出口貴州有機化学総工場に近く、汚染度の非常に高い3地区及び、花園の一部地区合計59.5haを緊急対策地区として農地を覆土または封じ込める事業であり、本事業完成後、農地は改善され農作物の生産が再開できるものと仮定した。従って、便益は、再開した農作物の収穫量に、1998年時点での市場価格を適用して農家の収入を算定して便益額とした。

1998年12月15日緊急対策地区の4農家の経済状況を調査した。これによると農作物は米、とうもろこし及び野菜であり、それぞれ別の農地を用い栽培している。調査結果は表2.2.9に示す通りであった。

これによると、農家の畝当たりの収益は平均692元であるが、各農家の収益の幅は385～1,326元と非常にばらついている。特に農家Bの米と野菜の収益は他の農家に比べてとびぬけて大きく、データの信頼性に疑問を抱く。また作物毎の収益も同じ理由で信頼性に乏しい。

表 2.2.9 農家の収入調査資料

農家	米		とうもろこし		野菜		合計		収益/畝
	面積	収益	面積	収益	面積	収益	面積	収益	
A	2	800	1	600	2	525	5	1925	385
B	0.8	720	0.5	330	1	2000	2.3	3050	1326
C	7	5985	1.2	500	1.8	1500	10	7985	799
D	4.5	2850	2	900	0.5	100	7	3850	550
合計	14.3	10355	4.7	2330	5.3	4125	24.3	16810	692
収益/畝		724		496		778		692	

1 畝 (ムー) : 666.7m<sup>2</sup> 単位-面積 : 畝 収益 : 元/年

また現地調査時に得た米の政府の買い付け値段は、1995 及び 1996 年度とも kg 当たり 1.44 元、収穫量は 1996 年貴州統計年鑑によると、畝当たり 465kg であり、畝当たりの収益は 670 元となる。この値は上表の 3 作物の畝当たり平均収益 692 元より 3.2%低い、農家 B のデータが信頼性に欠ける事から農家 B のデータを削除すると、3 農家平均収益は 625 元となる。この為米の収益を農作物の畝当たりの平均収益と考え、670 元を農家の畝当たりの年間収益として便益を算定した。

従って汚染対策地区 59.5ha (892 畝) の 2010 年単年度の便益は、60 万元となり、2020 年までの累計便益額は 897 万元と算定した。

### (13) 生態系保全対策

生態系保全を目的とする対策事業は、国家級風景名勝地及び省級風景名勝地である紅楓湖・百花湖の景観と親水性を維持することに貢献し便益を生み出す。便益としては下記の 2 項目を想定した。

#### ① 観光客の増加を生み出す便益

猫跳河流域に位する紅楓湖及び百花湖は、国家級風景名勝地及び省級風景名勝地に指定され、年間の観光客数は紅楓湖で 50 万人、百花湖で 30 万人を数える。

しかしながら両湖は近年工場廃水や生活排水の流入により両湖の水質は悪化を辿っており、利水障害や養殖魚被害が発生している。現地で実施した観光客に対する環境に関するアンケートの設問「紅楓湖周辺観光地の自然環境保全と環境汚染の現況に付いて」に対して 56%が「環境が破壊され汚染がひどい」と回答していて環境改善対策に対しては、ほぼ全員が環境改善の為に募金する意思があると答えている。即ち、逆の見方からは、環境対策が取られず景観と親水性が損なわれると、観光客数が減少

する事を示唆している。

「自然環境保全と環境汚染の為の募金（支払意思額）について」の設問に対しては観光客の約6割が10元から100元迄の範囲であれば募金してもよいと答えている。一方支払意思額を単純加重平均法で試算すると、約100元の結果を得たが、1,000元以上出してもよいと答えた回答者の内、2人の月収は500元以下であり支払意思額に疑問が有り、これを補正すると約80元を得た。また観光客の月収と支払金額のクロス集計結果によると、最も支払い易い金額帯は10元より50元であり、上記の3つの結果より判断して1人当たりの支払意思額を50元と推定して便益額算定単価として採用した。

紅楓湖及び百花湖を訪れる観光客は、表2.2.10に示す通り、1996年度はそれぞれ50万人及び30万人と報告されている。しかし紅楓湖を中心に考えると50万人の30%（15万人）が百花湖も訪れるという。百花湖を訪れる30万人より重複分15万人を引くと15万人が百花湖のみ訪問する。よって両湖を訪問する観光客は65万人と推定するのが実数に近いものと考えられる。

従って、2010年単年度の観光客の増加がもたらす便益額は、環境保全に対する支払意思額50元/人を採用すると6,580万元と算定できる。2020年までの累計便益額は85,616万元と算定できる。

表 2.2.10 紅楓湖・百花湖観光客資料

単位：万人

	1996年	2010年
紅楓湖	50	78.5
百花湖	30	80
合計	*65	*136

\* 推定人数

## ② 観光客の減少を防止することで生み出す便益

両湖を訪問する観光客数の合計は両湖の重複訪問者数を補正して、表2.2.10から2010年に136万人になると推測される

一方、別の資料では、貴陽市への海外からの旅行者数は1996年に69万人に達したとの報告がなされているが、アンケート等で両湖を訪問した時の実状では両湖を訪問する外国人観光客は観察できなかった。

外人旅行者は、ビジネスを主体としたもので観光には、貴陽市周辺の黄果樹瀑布、

鍾乳洞、少数民族村等、観光地が湖より外国人にとって興味深い観光地として選択された事が想定される。よって、便益算定では両湖を訪問する観光客すべてを中国人と仮定する。1997年版貴州年鑑によると、貴州省を訪問する中国人観光客は1,850万人、総計8.53億元費やした。1人当たり観光に46.1元費したことになる。

観光客は両湖の環境汚染に敏感であり、対策が何も取られずこのまま汚染が進み景観と親水性を失って行くと、紅楓湖・百花湖を訪問する観光客が減少する事は明らかである。減少の推定値は、順調に観光客が増加した場合に2010年の想定年間観光客数の半分になると仮定した場合の実数はほぼ1996年の観光客数が2010年まで横ばいとなる。

従って、2010年単年度の便益額は3,034万元と算定出来る。2020年までの累計便益額は39,316万元と算定出来る。

#### (14) 組織・制度対策

現地調査の事例から、排污費の徴収現況は決して徴収率が高いとはいえない。組織・法制度対策は、工場、一般市民の環境意識を向上せしめて環境保全に貢献する定性的便益が大きい。環境モニタリング等を通して環境保全対策違反者を摘発する意図も含まれていると考えられる。その結果として、将来広域化が予測される排水量に対する排污費の徴収率の向上を期待出来る。

現地調査の感触から現状の体制では、広域の排污費の徴収額は理論算定額の1/3程度に留まるのではないかと想定される。(1/3相当分は対策事業項目10に計上した)つまり、猫跳河流域の汚染物質総量規制が制度化された後に広域化する排污費徴収対象の2/3が未徴収になる可能性がある。と推測して、組織・制度対策の教化で未徴収分の2/3の内、75%が徴収可能となると想定して便益を算定した。その結果、2010年単年度の便益として、435万元を算定し、2020年までの累積便益は6,143万元と算定される。

### 2.2.5 猫跳河流域の環境保全対策事業と計画の定性的便益

#### (1) 生活排水対策

この分類の事業と計画がもたらす定性的便益としては下記のもの挙げられる。

- ・衛生面での改善が大きく期待出来る。衛生面での改善は、健康管理、医療費の削減等便益の定量的算定は困難であるが大きな便益をもたらす。
- ・悪臭等の発生源を減少せしめて観光地のイメージ向上に寄与し、間接的に観光客

誘致の便益をもたらす。

- 蚊、蠅等有害昆虫の発生を抑さえる。

(2) 工業排水対策

この分類の事業と計画がもたらす定性的便益としては下記のもものが挙げられる。

- 濁水時の流量増加に貢献し紅楓湖・百花湖の景観向上に寄与する。
- 魚の生息を保護して生態系保全に貢献する。
- 水辺植物の生態系保全に貢献する。
- 悪臭等の発生源を減じる。

(3) 水銀汚染対策

この分類の事業と計画がもたらす定性的便益としては下記のもものが挙げられる。

- 水銀による人体被害発生を防止できる。
- 農作物、流域の水産物の水銀汚染の心配がなくなる。
- 水銀汚染地域であるとの偏見がなくなる。

(4) 生態系、及び、景観・親水性対策

この分類の事業と計画がもたらす定性的便益としては下記のもものが挙げられる。

- 植林事業で水系への土砂を防止する事で下流ダムの土砂堆積の防止に貢献する。
- 種の保全に貢献する。
- 林業の一環として経済価値も期待出来る。
- 水源林の確保に貢献する。
- 山地の崩壊を保護する。
- 河川の自己浄化力を高める。

(5) 環境保全組織の強化対策

この分類の事業と計画がもたらす定性的便益としては下記のもものが挙げられる。

- 環境教育が環境意識の向上に寄与する。
- 環境保全意識が高揚して空き缶、ゴミの投げ捨て等の行為が減少する。
- 環境監視の目を育てる。

## 2.3 経済的評価

### 2.3.1 総合対策案の便益

猫跳河流域の環境保全対策として種々の個別対策事業と計画が提案されているが、本プロジェクトの主要な目的の一つは紅楓湖・百花湖を中心とした猫跳河流域の水質を2010年においても国家基準Ⅱ類のレベルを維持することにある。目的を達成するには、個別対策事業と計画を有効的に組み合わせた総合対策案を立案して対処しなければならない。検討の結果を踏まえて対策案A、B、C三つの総合対策案が示された。総合案を構成する個々の計画と事業はその生み出す便益額に大きな差があり、経済評価の面でも格差が大きいが、前述の通り環境保全対策は個別対策事業と計画を便益額格差あるいは経済性格差に捕らわれず実行に移さなければ目的を達成する事が出来ない。

従って、本プロジェクトの経済評価は総合対策案A、B、Cに対して実施する。総合対策案毎の事業費と維持運営費、並びに、各事業が生み出す便益は、表2.3.1～2.3.3に示す様に個別の対策事業と計画の事業費と維持運営費、並びに、各事業が生み出す便益を集計して作成した。経済評価に採用した便益には、定量的便益のみを採用して定性的便益の概念的な数値化は行わなかった。



表2.3.1 対策案Aの費用と便益

総合対策案A	便 益 項 目											(単位: 万円)		
	事業費 万円	2,020 便益合計	A 工業用水	B COD	C 排污費	D 下水料	E 漁業	F 農業	G 景観	H 観光収入	I 排污費徴収	J 中間製品	K 水銀回収	L 活性炭
瀋陽河沈陽市環境保全対策事業・計画														
城鎮下水処理整備-I														
清鎮	16,570	14,029		7,906		6,123								
日臺	9,600	22,533		12,636		9,835								
平バイ	9,110	9,328		5,257		4,071								
朱昌	3,320	5,093		2,870		2,223								
清鎮(放水先変更)	210	2,082		2,082										
白雲(放水先変更)	660	5,811		5,811										
工場住宅下水処理整備-I														
有機化工総工場	1,960	6,534		3,987		2,547								
貴州化肥工場	1,430	4,064		2,490		1,584								
清鎮紡織工場	890	2,660		1,523		1,037								
貴州アルミ工場	4,970	20,553		12,542		8,011								
黎陽機械工場	1,250	3,810		2,325		1,485								
工場住宅合併浄化槽整備-I														
清鎮発電所	420	1,568		938		630								
平バイ化肥工場	420	1,261		754		507								
安順化肥工場	170	456		273		183								
貴州鉄合金工場	160	330		197		133								
貴州盤江化学工場	230	450		269		181								
水利用合理化に伴う工場排水処理整備	70,000	666,505	666,505											
FIS対象4工場排水処理整備	2,200	42,990			27,750						15,015	75	150	
工場排水処理整備	92,400	7,680			7,680									
瀋陽内魚養殖の禁止	3,000	75,189		75,189										
観光地合併浄化槽処理整備	1,000	312		312										
農村生活排水処理整備	3,400	40,075		40,075										
水銀汚染	7,010	897						897						
監視体制強化	2,980	6,143											6,143	
生態系整備/環境保全	1,650	139,403							100,606				38,797	
合計	234,010	1,079,756	666,505	177,588	35,430	38,550	0	897	100,606	38,797	15,015	75	150	

表2.3.2 対策案Bの費用と便益

総合対策案B	便 益 項 目											(単位：万円)		
	事業費 万円	2,020 便益合計	A 工業用水	B COD	C 排汚費	D 下水料	E 漁業	F 農業	G 農産	H 観光収入	I 排汚費徴収	J 中間製品	K 水銀回収	L 活性炭
細路河流通理確保金対策事業・計画														
城鎮下水道整備-II														
清瀬	16,570	14,029		7,906		6,123								
白雲	9,600	22,533		12,636		9,835								
平バイ	8,110	9,328		5,257		4,071								
朱鳥	3,320	5,093		2,870		2,223								
清瀬(COD高度処理)	2,100	0												
白雲(COD高度処理)	1,700	0												
工場住宅下水道整備-II														
有機化工総工場	1,960	6,534		3,987		2,547								
貴州化肥工場	1,430	4,064		2,480		1,584								
清瀬紡織工場	890	2,660		1,623		1,037								
貴州アルミ工場	4,970	20,553		12,542		8,011								
黎陽織絨工場	1,250	3,810		2,325		1,485								
有機化工総工場(COD高度処理)	400	0												
貴州アルミ(COD高度処理)	1,000	0												
工場住宅合併浄化槽整備-I														
清瀬発電所	420	1,568		938		630								
平バイ化肥工場	420	1,261		754		507								
安順化肥工場	170	456		273		183								
貴州鉄合金工場	160	330		197		133								
貴州鋸材化学工場	230	450		269		181								
水利用合理化に伴う工場排水処理整備	70,000	666,505	666,505											
F/S対象4工場排水処理整備	2,200	42,990			27,750						15,015	75	150	
工場排水処理整備	92,400	7,680			7,680									
湖沼内魚養殖の禁止	3,000	75,189		75,189										
観光地合併浄化槽処理整備	1,000	312		312										
農村生活排水処理整備	3,400	40,075		40,075										
水銀汚染	7,010	897						897						
監視体制強化	2,980	6,143								6,143				
生態林整備/景観保全	1,650	139,403							100,606					
合 計	238,340	1,071,863	666,505	169,695	35,430	38,550	0	897	100,606	38,797	15,015	75	150	

表2.3.3 対策案Cの費用と便益

総合対策案C	便 益 項 目 (単位: 万円)													
	事業費 万円	2,020 便益合計	A 工業用水	B COD	C 排汚費	D 下水料	E 漁業	F 農業	G 景観	H 観光収入	I 排汚費徴収	J 中間製品	K 水銀回収	L 活性炭
瀧野河流域環境保全対策事業・計画														
城鎮下水道整備-I														
清鎮	16,570	14,029		7,906		6,123								
白雲	9,600	22,593		12,698		9,835								
平バイ	8,110	9,328		5,257		4,071								
朱昌	3,320	5,093		2,870		2,223								
清鎮(放水先変更)	210	2,082		2,082										
白雲(放水先変更)	660	5,811		5,811										
工場住宅下水道整備-III														
有機化工総工場	1,960	6,594		3,987		2,947								
貴州化肥(簡易処理)	360	2,092		1,215		817								
清鎮紡績工場	890	2,660		1,623		1,037								
貴州アルミ工場	4,970	20,553		12,542		8,011								
黎陽轉柱工場	1,250	3,810		2,325		1,485								
工場住宅合併浄化槽整備-II														
清鎮発電所	420	1,568		938		630								
平バイ化肥工場	420	1,261		754		507								
安順化肥工場	170	456		273		183								
貴州鉄合金(簡易処理)	50	165		99		66								
貴州鹽江化学工場	230	450		269		181								
水利用合理化に伴う工場排水処理整備	70,000	666,505	666,505								15,015	75	150	
F/S対象4工場排水処理整備	2,200	42,990			27,750									
工場排水処理整備	92,400	7,680			7,680									
排水器整備		4,950		4,950										
清鎮内魚養殖排水処理事業	15,400	97,373		53,273		44,100								
觀光地合併浄化槽処理整備	1,000	312		312										
農村生活排水処理整備	3,400	40,075		40,075										
水銀汚染	7,010	897						897						
監視体制強化	2,980	6,143								6,143				
生態林整備/景観保全	1,650	199,403							109,606	38,797				
合 計	245,280	1,104,693	666,505	159,259	35,430	37,717	44,100	897	100,606	38,797	6,143	15,015	75	150

### 2.3.2 総合対策案の経済的費用

総合対策案 A、B、C の事業費は 1 章において概算されている。この事業費は財務会計用の金額であるため、経済評価分析に際しては、経済評価分析の数値に変換するのが市場経済が浸透している国では一般的な手法である。即ち、財務会計費用から、税金、一般経費等移転項目を控除する必要がある。現地調査中に各工場の財務状況等について質問を通しての推測では、中国は市場経済に移行中であるとはいえ、いまだに市場経済が浸透している国とでは会計制度等に違いがあるので、市場経済が浸透している国の手法をそのまま採用することは難しい。従って、本プロジェクトの経済評価に対しては移転項目を財務会計用の金額の 15% と仮定して総合対策案 A、B、C の経済評価分析用の金額を算定した。

### 2.3.3 経済分析

総合対策案 A、B、C の経済評価は、個々の対策事業と計画を合計した総合対策案 A、B、C の事業費（経済評価分析用の金額）と維持運営費、並びに便益に対して内部収益率（IRR）、費用・便益比率（B/C）、純現在価値（NPV）を指標として実施した。

経済評価と分析には下記の仮定と目標値設定を行い実施した。

- ① 本プロジェクトの事業化は表 3.4.1「事業実施計画」に示される様に 2000 年から 2010 年まで段階的に実施されるので、個別事業が完成あるいは部分完成の時点から便益が生み出されると仮定して 2020 年までの便益を累計した。但し、2020 年以前に耐用期限が来る事業に関しては耐用期限までの便益を累計した。なお、2011 年から 2020 年の便益額は人口、生活レベル向上等のファクターは考慮せずに 2011 年単年度の便益金額を年度毎一定金額として採用した。（2011 年以降の環境保全対策は本プロジェクトから独立したプロジェクトが実施されるものと仮定した。）
- ② 経済評価と分析期間（本プロジェクトでは 2020 年まで）を超える耐用年数を持つ事業の建設費用は、残存価格をマイナス事業費として経済評価と分析を行うのが通常的手法であるが、本経済評価と分析では事業費は 2020 年までに全て償却するものと仮定した。
- ③ 社会的割引率を 12% と設定した。

総合対策案 A、B、C の経済評価指標値算出するため、各対策毎に年度別に便益費を表 2.3.4～表 2.3.6 に示す。また、建設費、維持運営費、費用、便益の年度毎合計を表 2.3.7 に示す。

総合対策案は 3 案とも内部収益率 (IRR) が目標の 12% をクリアーしており、便益費用比率 (B/C)、純現在価値 (NPV) もプラスの値を示しているため経済的には何れの総合対策案もフィージブルと判断できるが、最も内部収益率が高い総合対策案 A を採用するのが最も妥当であると評価できる。

表 10.2.17 経済評価指標値

経済指標 対策事業	内部収益率 (IRR) %	便益費用比率 (B/C)	純現在価値 (NPV) (万元)
総合対策案 A	16.05%	1.146	30,238
総合対策案 B	15.00%	1.109	23,258
総合対策案 C	15.13%	1.121	26,036

表2.3.4 対策案Aの年度別便益

事業費 万円	2010便益額 万円/年										2020 便益合計												
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
城鎮下水道整備-I																							
清鎮	979						767	805	846	888	932	979	979	979	979	979	979	979	979	979	979	979	14,029
白雲	1,771							1,530	1,606	1,687	1,771	1,771	1,771	1,771	1,771	1,771	1,771	1,771	1,771	1,771	1,771	1,771	22,533
平バイ	651						510	538	562	590	620	651	651	651	651	651	651	651	651	651	651	651	9,328
朱昌	465										443	465	465	465	465	465	465	465	465	465	465	465	5,093
清鎮(放水先変更)	145						114	120	126	132	138	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	2,082
白雲(放水先変更)	457										395	414	435	457	457	457	457	457	457	457	457	457	5,811
工場住宅下水道整備-I																							
有機化工総工場	363				363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	6,534
貴州化肥工場	254				254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	4,064
清鎮紡織工場	190				190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	2,860
貴州アルミ工場	1,209				1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	20,563
繁橋織絨工場	254				254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	3,810
工場住宅合併浄化槽整備-I																							
清鎮発電所	420							112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	1,568
平バイ化肥工場	420							97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	1,261
安順化肥工場	170							38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	465
貴州鉄合金工場	160							30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	339
貴州瀘江化学工場	230							45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	450
水利用合理化に伴う工場排水処理整備																							
70,000	53,141	1	32	234	1,017	3,156	7,617	15,039	25,127	36,384	46,486	53,141	53,141	53,141	53,141	53,141	53,141	53,141	53,141	53,141	53,141	53,141	666,505
F/S対象4工場排水処理整備																							
2,200	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	42,990
工場排水処理整備																							
92,400	512	26	77	128	179	230	282	333	384	435	486	512	512	512	512	512	512	512	512	512	512	512	7,680
観光地合併浄化槽処理整備																							
1,000	26						5	10	16	21	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	312
農村生活排水処理整備																							
3,400	2,783				557	835	1,113	1,392	1,670	1,948	2,226	2,506	2,783	2,783	2,783	2,783	2,783	2,783	2,783	2,783	2,783	2,783	40,075
湖沼内魚藻類の禁止																							
3,000	4,548	1,993	2,164	2,351	2,553	2,772	3,011	3,270	3,551	3,856	4,188	4,548	4,548	4,548	4,548	4,548	4,548	4,548	4,548	4,548	4,548	4,548	75,189
水銀汚染																							
7,010	60	3	9	15	21	27	33	39	45	51	57	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	897
監視体制強化																							
1,650	435				18	68	100	140	187	240	295	349	397	435	435	435	435	435	435	435	435	435	5,143
生態系整備環境保全																							
2,980	9,614	961	1,923	2,884	3,846	4,807	5,768	6,730	7,691	8,653	9,614	9,614	9,614	9,614	9,614	9,614	9,614	9,614	9,614	9,614	9,614	9,614	133,403
合計																							
234,010	81,045	0	2,023	8,504	12,027	15,976	23,684	33,073	46,893	60,022	72,460	81,045	81,045	81,045	81,045	81,045	81,045	81,045	81,045	81,045	81,045	81,045	1,079,755

表2.3.5 対策案Bの年度別便益

事業費 万円	2020																							
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	便益合計		
16,570	979						767	805	846	888	932	979	979	979	979	979	979	979	979	979	979	979	14,029	
9,600	1,771								1,530	1,606	1,687	1,771	1,771	1,771	1,771	1,771	1,771	1,771	1,771	1,771	1,771	1,771	22,533	
8,110	651						510	536	562	590	620	651	651	651	651	651	651	651	651	651	651	651	9,328	
3,320	465										443	465	465	465	465	465	465	465	465	465	465	465	5,093	
2,100	0						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1,700	0										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1,980	363						363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	6,534	
1,430	254						254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	4,064	
890	190						190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	2,660	
4,970	1,209						1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	20,553	
1,250	254						254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	3,810	
400	0						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1,000	0						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
420	112						112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	1,558	
420	97						97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	1,261	
170	38						38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	456	
160	30						30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	330	
230	45										45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	450	
70,000	53,141	1	32	234	1,017	3,156	7,617	15,039	25,127	36,384	46,466	53,141	53,141	53,141	53,141	53,141	53,141	53,141	53,141	53,141	53,141	53,141	666,505	
2,200	2,866						2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	42,850	
92,400	512						26	77	128	179	230	282	333	384	435	486	512	512	512	512	512	512	7,850	
3,000	4,548						1,993	2,164	2,351	2,553	2,772	3,011	3,270	3,551	3,856	4,168	4,548	4,548	4,548	4,548	4,548	4,548	75,189	
1,000	26								5	10	16	21	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	312	
3,400	2,783						557	835	1,113	1,392	1,670	1,948	2,226	2,505	2,783	2,783	2,783	2,783	2,783	2,783	2,783	2,783	40,075	
7,010	60						3	39	45	51	57	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	597	
2,980	435						18	68	100	140	187	240	295	349	397	435	435	435	435	435	435	435	6,143	
1,650	9,614						951	1,923	2,884	3,846	4,807	5,768	6,730	7,691	8,653	9,614	9,614	9,614	9,614	9,614	9,614	9,614	138,403	
238,340	80,443	0	2,023	8,504	12,027	15,976	23,551	32,953	46,373	58,476	71,887	80,443	80,443	80,443	80,443	80,443	80,443	80,443	80,443	80,443	80,443	80,443	1,071,652	

表2.3.6 对策案Cの年度別便益

事業費 万元	2010年度便益額 万元/年											2020 便益合計										
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
城鎮下水道整備-I																						
	16,570	979					767	805	846	888	932	979	979	979	979	979	979	979	979	979	979	14,029
清瀆																						
白雲	8,110	1,771					510	536	590	620	651	651	651	651	651	651	651	651	651	651	651	22,533
平バイ	9,600	651																				9,328
朱昌	3,320	465																				5,093
清瀆(放水先変更)	210	145					114	120	126	132	138	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	2,082
白雲(放水先変更)	660	457																				5,811
工場住宅下水道整備-III																						
	1,960	363		363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	363	6,534
有機化工総工場																						0
貴州化肥(簡易処理)	360	127		127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	2,092
清瀆紡織工場	890	190		190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	2,660
貴州アルミ工場	4,970	1,209		1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	1,209	20,563
寧陽機械工場	1,250	254		254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	3,810
工場住宅合併浄化槽整備-II																						
	420	112		112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	1,568
清瀆発電所																						0
平バイ化工総工場	420	97		97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	1,261
安順化肥工場	170	38		38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	456
貴州鉄合金(簡易処理)	50	15		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	165
貴州盤江化学工場	230	45		45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	450
水利用合理化に伴う工場排水処理整備																						
	70,000	53,141	1	32	234	1,017	3,156	7,617	15,039	25,127	36,384	46,486	53,141	53,141	53,141	53,141	53,141	53,141	53,141	53,141	53,141	666,505
F/S対象4工場排水処理整備	2,200	2,866		2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	2,866	42,990
工場排水処理整備	92,400	512	26	77	128	179	230	282	333	384	435	486	512	512	512	512	512	512	512	512	512	7,680
工場生活・工業排水排水路築造	490	330		330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	4,950
湖沼内魚養殖排水処理事業	15,400	6,351		1,763	1,915	2,079	2,243	2,407	2,571	2,735	2,900	3,064	3,228	3,392	3,556	3,720	3,884	4,048	4,212	4,376	4,540	97,373
觀光地合併浄化槽処理整備	1,000	26		557	835	1,113	1,392	1,670	1,948	2,226	2,505	2,783	2,783	2,783	2,783	2,783	2,783	2,783	2,783	2,783	2,783	312
農村生活排水処理整備	3,400	2,783		961	1,923	2,884	3,846	4,807	5,768	6,730	7,691	8,653	9,614	9,614	9,614	9,614	9,614	9,614	9,614	9,614	9,614	40,075
水質汚染																						
	7,010	60	3	9	15	21	27	33	39	45	51	57	60	60	60	60	60	60	60	60	60	897
監視体制強化	2,980	435		18	68	100	140	187	240	296	349	397	435	435	435	435	435	435	435	435	435	5,143
生態林整備/環境保全	1,650	9,614		961	1,923	2,884	3,846	4,807	5,768	6,730	7,691	8,653	9,614	9,614	9,614	9,614	9,614	9,614	9,614	9,614	9,614	138,403
合計	245,720	83,036	0	30	3,964	7,916	11,388	15,156	26,055	35,398	49,149	62,201	74,542	83,036	83,036	83,036	83,036	83,036	83,036	83,036	83,036	1,104,693



表2.3.7 総合対策案別経済評価指標値

総合対策案 A

項目	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	IRR	
コスト																							
建設費	198,909	11,008	18,040	21,251	24,335	24,423	21,443	19,610	18,144	16,623	16,069	7,964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16.05%
維持運営費	0	1	1,102	2,722	3,599	7,354	10,153	14,123	19,672	25,464	30,825	34,470	34,470	34,470	34,470	34,470	34,470	33,700	33,700	33,700	33,700	33,700	B/C
費用	11,008	18,041	22,353	27,057	28,022	28,797	29,763	32,257	36,295	41,533	38,789	34,470	34,470	34,470	34,470	34,470	34,470	33,700	33,700	33,700	33,700	33,700	1.14%
便益	0	2,023	6,128	8,504	12,027	15,976	23,664	33,073	46,893	60,022	72,460	81,045	81,045	81,045	81,045	81,045	81,045	81,045	78,179	78,179	78,179	78,179	NPV
便益 - 費用	-11,008	-16,017	-16,225	-18,553	-15,995	-12,821	-6,098	805	10,598	18,489	33,672	46,575	46,575	46,575	46,575	46,575	46,575	44,479	44,479	44,479	44,479	44,479	30,238
割引便益	0	1,613	4,362	5,404	6,824	8,094	10,705	13,357	16,910	19,326	20,831	20,802	18,573	16,583	14,807	13,220	11,804	10,166	9,077	8,106	7,236	7,236	237,799
割引費用	9,828	14,382	15,910	17,195	15,900	14,569	13,463	13,032	13,069	13,373	11,151	8,648	7,900	7,053	6,298	5,623	5,020	4,382	3,913	3,494	3,119	3,119	207,561

総合対策案 B

項目	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	IRR	
コスト																							
建設費	202,589	11,008	18,336	22,116	24,905	21,780	20,052	18,409	16,623	16,069	7,964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15.00%
維持運営費	0	1,343	2,480	4,176	5,141	6,526	9,488	13,592	19,375	26,363	30,907	34,680	34,680	34,680	34,680	34,680	34,680	33,910	33,910	33,910	33,910	33,910	B/C
費用	11,008	19,679	24,596	29,503	30,046	28,306	29,540	32,001	35,998	41,432	38,871	34,680	34,680	34,680	34,680	34,680	34,680	33,910	33,910	33,910	33,910	33,910	1.108
便益	0	2,023	6,128	8,504	12,027	15,976	23,551	32,953	46,373	59,475	71,887	80,443	80,443	80,443	80,443	80,443	80,443	77,577	77,577	77,577	77,577	77,577	NPV
便益 - 費用	-11,008	-17,656	-18,468	-20,999	-18,019	-12,330	-5,989	952	10,375	18,044	33,017	45,763	45,763	45,763	45,763	45,763	45,763	43,667	43,667	43,667	43,667	43,667	23,258
割引便益	0	1,613	4,362	5,404	6,824	8,094	10,653	13,309	16,723	19,150	20,666	20,648	18,435	16,460	14,697	13,122	11,716	10,088	9,007	8,042	7,180	7,180	236,194
割引費用	9,828	15,688	17,507	18,749	17,049	14,341	13,362	12,925	12,981	13,340	11,174	8,901	7,948	7,096	6,336	5,657	5,051	4,410	3,937	3,515	3,139	3,139	212,935

総合対策案 C

項目	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	IRR	
コスト																							
建設費	208,862	8,458	18,040	21,251	29,084	32,270	21,443	19,610	18,144	16,569	16,030	7,964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15.16%
維持運営費	0	1,343	2,480	4,148	5,033	6,349	9,107	13,429	19,159	25,141	30,675	34,440	34,440	34,440	34,440	34,440	34,440	33,670	33,670	33,670	33,670	33,670	B/C
費用	8,458	19,383	23,731	33,232	37,303	27,792	28,717	31,573	35,728	41,171	38,639	34,440	34,440	34,440	34,440	34,440	34,440	33,670	33,670	33,670	33,670	33,670	1.121
便益	0	30	3,964	7,916	11,388	15,156	26,055	35,398	49,149	62,201	74,542	83,036	83,036	83,036	83,036	83,036	83,036	80,170	80,170	80,170	80,170	80,170	NPV
便益 - 費用	-8,458	-19,352	-19,767	-25,316	-25,915	-12,636	-2,662	3,825	13,421	21,030	35,903	48,596	48,596	48,596	48,596	48,596	48,596	46,500	46,500	46,500	46,500	46,500	26,036
割引便益	0	24	2,821	5,031	6,462	7,678	11,786	14,297	17,724	20,027	21,429	21,313	19,030	16,991	15,170	13,545	12,084	10,425	9,308	8,311	7,420	7,420	240,887
割引費用	7,551	15,452	16,891	21,120	21,167	14,080	12,990	12,752	12,884	13,256	11,108	8,840	7,893	7,047	6,292	5,618	5,016	4,378	3,909	3,490	3,116	3,116	214,651

## 2.4 社会的評価

各対策案に対する社会的受容性の検討結果は以下のとおりである。

### 2.4.1 対策案 A、B、C 共通事項

#### (1) 城鎮下水道整備、工場住宅下水道整備、及び浄化槽整備

- 城鎮下水道設備が整備されることにより生活環境が改善され、生活レベルが向上し、衛生面が改善されるので住民に受け入れやすい。
- 工場住宅下水道整備及び浄化槽が整備されることにより労働・生活環境が改善され、従業員の労働意欲向上により生産性は向上するが、対策事業費は直接生産設備投資ではないので受容性は低い。よって工場側の基盤整備に対する認識を強めることが課題である。

#### (2) 水利用合理化に伴う工場排水処理設備

- 水利用合理化するためには排水処理設備の改善および強化以外に工場の生産設備の改善も必要である。そのことによって便益が生じ、水環境改善に貢献できるので、受容性はあるといえる。
- 水利用合理化対策を立案するためには生産設備を理解できる水処理専門技術者が必要である。そのための技術者育成は地域の水処理技術の向上が図れるので、受容性はあるといえる。

#### (3) F/S 対象 4 工場の排水処理設備

- 流域の主要汚染源の改善により地域住民と工場との関係は改善されるので受容性はある。しかし、事業導入には、事業費の調達が課題である。
- 工場からの水銀流出が止められることにより地域住民の健康及び生活環境が維持できるので、受容性は高いといえる。

#### (4) 工場排水処理設備対策

- 高度な排水処理設備の導入により工場のイメージ向上が図れる。しかし、運転・管理面の専門技術者の育成と設備投資が必要となるので受容性は低いといえる。
- 活性炭を使用するため、活性炭製造、再生工場が必要となり、活性炭工場設立を推進する必要がある。このことにより安価の活性炭が入手できる。

#### 2.4.2 対策案 A

- 湖内の魚養殖を全面禁止する為には、行政的整備を行う必要があり、早急的な受容性は難しいといえる。。（B案共通）

#### 2.4.3 対策案 B

- 貴州有機化学総工場と貴州アルミ工場の工場住宅下水道設備に COD 高度処理設備を導入することは、工場のイメージ向上が図れるが、設備投資と技術者育成が必要となり受容性は低いといえる。

#### 2.4.4 対策案 C

- 湖内の魚養殖を許可する場合は養殖漁筏を遮蔽シート等により囲い、内側の水を循環処理する設備・技術の導入と、この設備の運転管理を十分行う処理技術者の育成が必要である。このことにより、湖内の水質保全と安定した漁獲が保障されるので、受容性は低くないといえる。

#### 2.4.5 水銀汚染土壌対策

- 覆土および現地封じ込め、運搬封じ込めのいずれの対策案の実施時は、一時的に農地を閉鎖する必要があり、農民等の了解等を得る必要がある。
- 運搬封じ込めについては、運搬路周辺の住民、および封じ込め付近の住民の理解を得るため環境アセスメントを十分実施する必要がある。
- 覆土することにより、水田の田面が約 50cm 上昇することになり、灌漑水路等の改築に農民の協力を得る必要がある。

## 2.5 総合評価

対策案 A,B,C から最適案を選択するため、それぞれに対して技術的評価（水質改善高架を含む）、経済・財務評価、社会的評価（受容性）について相互に比較検討した。

### (1) 技術的評価

各案とも土木工事や生活排水処理施設は技術的に中国で十分に対応できる。しかし、特殊な排水処理施設については諸外国の技術・経験・施設を導入することが必要で、その点について各案とも差異はない。各案の特記すべき点は以下のとおりである。

対策案 A は各案の中で最も技術的に受け入れやすい

対策案 B は清鎮・白雲・貴州有機化工総工場・貴州アルミ工場の生活排水集中処理で COD 除去高度処理の技術導入と維持管理が課題である。

対策案 C は養殖魚業の排水循環処理技術の導入が課題である

水質改善効果の点では、対策案 A・B は両湖水質が地表水水質基準Ⅱ類を満足する。河川水質については東門橋河・麦架河以外は全てⅢ類を満足して最も効果がある。対策案 C は紅楓湖の燐濃度が地表水水質基準Ⅱ類を満足することが難しいが、河川水質については対策案 A・B と同様である。

### (2) 経済・財務的評価

各案ともに経済的には十分に実効性があり、最も経済的に優位なのは対策案 A である。財務的には対策案 A が最も可能性があり、C、B 案の順で可能性が低くなる。

### (3) 社会的評価

各案とも城鎮の下水道整備については生活環境および衛生面の向上より社会的に受容性はある。しかし、戸別の浄化槽整備や工場排水処理および工場内生活排水処理については、財政面からの問題により住民・企業の理解と協力が必要であるので広報活動を行い、援助制度・補助金制度および税制面の優遇措置などを設けて受容性の高揚を推進することが課題である。特に、対策案 A・B については、紅楓湖の養殖魚業を禁止するために行政的整備を行う必要があり、早急的な受容は難しいといえる。また、対策案 C については、養殖魚業を容認するために排水処理設備の導入と処理技術者育成を図ることが課題である。

水銀汚染対策については、環境アセスメントを実施し対象となる周辺住民の理解を得る必要がある。

この結果、総合的にみて対策案 A が最適案として推薦する。表 2.5.1 に比較検討結果を示す。

表2.5.1 総合対策案の比較

対策工		対策整備の内容	事業費(万円)	技術的評価	経済・財務評価	社会的評価	総合評価
対策案A	城鎮下水道整備-I	4城鎮の集中処理場・管路及び2城鎮の吐口変更の建設	38,470	技術的には中国の技術で対応できる。しかし、特殊な排水処理施設は諸外国の技術・経験・施設を導入するが必要であり、他の案よりもその度合いは少なく技術的に最も受け入れやすい。  水質改善効果の点から、両湖は水質基準II類を満足でき、河川は東門橋河・麦架河(IV類)以外は水質基準III類を満足する。3案の中で最も改善効果がある。	経済評価指標 IRR=16.05% B/C=1.146 NPV=30,238万円  経済的には十分実効性があり、財務的に最も資金調達しやすい。	紅楓湖の養殖漁業の全面禁止について早急的な受容は難しい。	技術的、経済的には問題はないが、社会的に紅楓湖の養殖漁業の全面禁止について受容性が課題である。
	工場住宅下水道整備-I	5工場の生活排水集中処理場・管路の建設	10,500				
	工場住宅合併浄化槽処理整備-I	5工場の生活排水合併浄化槽・管路の建設	1,400				
	水利用合理化に伴う工場排水処理整備	重複使用率を75%に上げるための工場排水処理施設の設置	70,000				
	F/S対象4工場の排水処理整備	重金属除去設備・アンモニア処理設備・集塵排水処理設備等の設置	2,200				
	工場排水処理整備	工場排水最高許容濃度を守るための処理設備及び総量規制対策排水処理設備の設置	92,400				
	湖沼内魚養殖の禁止	養殖禁止の補償費	3,000				
	観光地合併浄化槽処理整備	観光地区の合併浄化槽・管路の建設	1,000				
	農村生活排水処理整備	農村地区(人口普及率30%)の戸別処理施設の設置	3,400				
	小計		222,370				
対策案B	城鎮下水道整備-II	4城鎮の集中処理場・管路及び2城鎮のCOD高度処理施設の建設	41,400	技術的には中国の技術で対応できる。しかし他の案と同様に特殊な排水処理施設は諸外国の技術・経験・施設を導入するが必要である。特に一部の生活排水集中処理においてCOD除去高度処理設備の導入が必要。  水質改善効果の点から、両湖は水質基準II類を満足でき、河川は東門橋河・麦架河(IV類)以外は水質基準III類を満足する。3案の中ではA案に続いて改善効果がある。	経済評価指標 IRR=15.00% B/C=1.109 NPV=23,258万円  経済的には十分実効性があるが、財務的には3案の中では資金調達がしにくい。	紅楓湖の養殖漁業の全面禁止について早急的な受容は難しい。	技術的、経済的には対策案Aに比して若干劣る。また、社会的に紅楓湖の養殖漁業の全面禁止について受容性が課題である。
	工場住宅下水道整備-II	5工場の生活排水集中処理場(2工場はCOD高度処理)・管路の建設	11,900				
	工場住宅合併浄化槽処理整備-I	5工場の生活排水合併浄化槽・管路の建設	1,400				
	水利用合理化に伴う工場排水処理整備	重複使用率を75%に上げるための工場排水処理施設の設置	70,000				
	F/S対象4工場の排水処理整備	重金属除去設備・アンモニア処理設備・集塵排水処理設備等の設置	2,200				
	工場排水処理整備	工場排水最高許容濃度を守るための処理設備及び総量規制対策排水処理設備の設置	92,400				
	湖沼内魚養殖の禁止	養殖禁止の補償費	3,000				
	観光地合併浄化槽処理整備	観光地区の合併浄化槽・管路の建設	1,000				
	農村生活排水処理整備	農村地区(人口普及率30%)の戸別処理施設の設置	3,400				
	小計		226,700				
対策案C	城鎮下水道整備-I	4城鎮の集中処理場・管路及び2城鎮の吐口変更の建設	38,470	技術的には中国の技術で対応できる。しかし、他の案と同様に特殊な排水処理施設は諸外国の技術・経験・施設を導入するが必要である。特に養殖漁業の排水循環処理技術の導入が必要。  水質改善効果の点から、紅楓湖の汚濁度は水質基準II類を満足できない。河川は東門橋河・麦架河(IV類)以外は水質基準III類を満足する。3案の中では最も改善効果は低い。	経済評価指標 IRR=15.13% B/C=1.121 NPV=26,036万円  経済的には十分実効性があり、財務的に資金調達がしやすい。	紅楓湖の養殖漁業を行うために排水処理施設技術の導入と処理技術者育成を図ることが課題となる。	経済面からは問題がないが、水質改善効果の面で紅楓湖の汚濁度が基準を達成できないので紅楓湖流域ではさらなる水の合理化と高度排水処理設備の導入が課題で、また、養殖漁業を行うために排水処理施設技術の導入と処理技術者育成を図ることが重要である。
	工場住宅下水道整備-III	4工場の生活排水集中処理場・管路及び1工場の簡易処理施設の建設	9,430				
	工場住宅合併浄化槽処理整備-II	4工場の生活排水合併浄化槽・管路及び1工場の簡易処理施設の建設	1,290				
	水利用合理化に伴う工場排水処理整備	重複使用率を75%に上げるための工場排水処理施設の設置	70,000				
	F/S対象4工場の排水処理整備	重金属除去設備・アンモニア処理設備・集塵排水処理設備等の設置	2,200				
	工場排水処理整備	工場排水最高許容濃度を守るための処理設備及び総量規制対策排水処理設備の設置	92,400				
	排水路築造	貴州化肥・貴州鉄合金の総合排水管路の建設	490				
	湖沼内魚養殖排水処理事業	養殖魚排水循環処理設備の設置	15,400				
	観光地合併浄化槽処理整備	観光地区の合併浄化槽・管路の建設	1,000				
	農村生活排水処理整備	農村地区(人口普及率30%)の戸別処理施設の設置	3,400				
小計		234,080					
水銀汚染対策	覆土・封じ込め事業	汚染水田上の覆土や汚染土壌の運搬・封じ込め	7,000	技術的に問題ない	かなりの費用となるが、汚染の状況からこの程度の投資は必要と考えられ、工場や省政府で負担可能である。	対象となる周辺住民の理解が課題である。	技術・経済面からは問題ないが、社会的な面から対象となる周辺住民の理解が課題である。
	監視	定期的調査	10				
小計			7,010				
生態系保全対策	生態系調査	生態系の全体調査・水生植物実証実験	200	関連する技術を有する専門家の育成が急務である。	金銭的に換算できない多くの定性的経済効果が得られる。コストが安い。ため、資金調達に問題となる事はない。	特に問題ない	特に大きな問題となることはない。
	教育啓発事業	猫跳河環境管理センターの建設・整備と教育実施	1,150				
	生態林整備	森林被覆率26%の森林整備	1,600				
	生態系・景観等保全管理計画作成	保全目標・範囲・管理手法・緑化整備の計画作成	30				
小計			2,980				
組織・制度対策	紅楓湖・百花湖水環境管理委員会	管理委員会の設置	50	技術上特に問題はない	特に問題はない。	同上	同上
	環境保護局の組織強化・構成員の能力開発	構成委員の研修・国内外派遣	100				
	水環境モニタリング	情報処理・システムの整備	1,400				
	農業改善事業	農地区画整理の計画や施肥方法の指導等	30				
	排污費制度の強化	人員の拡充と規則の整備	50				
	工場の立地規制	調査の実施と計画の策定	20				
小計			1,650				



### 3 段階実施計画

2010年を目標年次とする猫跳河（紅楓・百花湖水域）流域環境総合対策計画に必要な事業の実施計画を以下のように設定する。事業実施に当っては、緊急対策が必要であるF/S対策4工場の排水処理設備は2000年、2001年にて実施するものとする。

#### 3.1 水質保全対策

##### 3.1.1 生活排水処理対策

- ① 清鎮、平バイ、白雲、朱昌の城鎮については、下水道設備を建設するものとし、2001年～2009年の間に完成させる。
- ② 貴州有機化学総工場、貴州アルミ工場、貴州化学肥料工場、黎陽機械工場、清鎮紡績、染色工場については、工場ごとに集中浄化設備を建設するものとし、2001年～2006年の間に完成させる。
- ③ 清鎮発電所、平バイ化学肥料工場、安順化学肥料工場、貴州鉄合金、盤江化工については、工場ごとに合併浄化槽を建設するものとし、2005年～2010年の間に完成させる。
- ④ 観光地には、合併浄化槽を2006年～2010年の間に建設するものとする。観光地の観光施設がある地区に建設するものとするが、観光客の増加状況に合わせ、計画の見直しは将来必要となる。
- ⑤ 農村生活排水  
2001年～2010年の間に農村地区に化糞池と土壌浄化トレンチを合わせた生活排水処理設備を建設する。

##### 3.1.2 F/S対象4工場の排水処理整備

- ① 貴州有機化学総工場、貴州化学肥料工場、平バイ化学肥料工場、清鎮発電所について緊急対策として、F/Sを行った排水処理設備改善については、早急に着手するものとし、2000年～2001年で完了させるものとする。

##### 3.1.3 水利用合理化に伴う工場排水処理整備

- ① 工業発展に伴い工業用水の需要は増加するが、猫跳河流域において新たな水源確保は期待できないので、総ての工場において工業用水の重複使用率を75%以上に改善する。既存工場は、2000年より着手するものとする。
- ② 新設工場については、工業用水の原単位は現存する類似工業の25%以下とし、重

複使用率は 75%以上を遵守するものとする。

- ③ 工業発展の状況に合わせ、工業団地建設等を含め、投資計画の見直しが必要となる。

#### 3.1.4 工場排水処理整備

- ① 工業用水の重複使用率を 75%に向上させることにより、高濃度排水より汚染物質を除去する必要がある。工場排水の最高許容排出濃度を遵守しても、河川水質がⅢ類を維持できない河川に排水を排出している工場に対しては、汚染物排出総量規制が必要となる。既存工場は、これらの対策を 2000 年より実施する。
- ② 工業発展の状況に合わせ、見直しが必要となる。
- ③ 総量規制を設ける工場の排水を排出されている河川については、新規工場の建設規制の必要がある。
- ④ 河川水質は地表水基準の第Ⅲ類以上とするが、東門橋河と麦架河については流域の生活排水及び工場排水を最高限度まで処理しても、T-P は第Ⅲ類を守れないので、第Ⅳ類基準とする。

#### 3.1.5 湖沼内魚養殖の禁止

- ① 百花湖については、省政府指導により、1999 年中に全面禁止されるものとする。
- ② 紅楓湖については、2000 年に年間収入金額に見合う補償費を支払い、全面禁止とする。

### 3.2 水銀汚染対策

#### 3.2.1 覆土・封じ込め事業

- ① 2000 年～2010 年の間に実施する。

#### 3.2.2 監視

- ① 2001 年～2010 年の間に監視活動を行うものとするが、2011 年以降必要であれば、将来見直しするものとする。

### 3.3 生態系保全対策

#### 3.3.1 生態系調査

- ① 2000 年と 2005 年に生態系の調査を実施し、動植物資源の種類と変化を把握し、



環境保全策の基礎資料とする。

### 3.3.2 教育啓発

- ① 2002年～2003年の間に生態系保全に関する啓発教育のための視聴覚施設を建設する。
- ② 2004年～2010年の間、流域の生物、生息状況、生態系の仕組み等の資料展示及び生物調査員の育成等を行う。

## 3.4 組織・制度対策

### 3.4.1 紅楓湖・百花湖水環境管理委員会

- ① 設置準備されている委員会の活動方針を作成し、活動を毎年行う。

### 3.4.2 環境保護局の組織強化・構成員の能力開発

- ① 2000年～2003年の間に組織強化のための構成員の教育を実施する。

### 3.4.3 水環境モニタリング

- ① 2001年～2002年の間に設備を設置する。
- ② 2003年より監視、管理、データ分析を実施する。

### 3.4.4 農業改善

- ① 2001年～2006年の間に農業用水路改善、施設技術の改善を行う。

### 3.4.5 排污費制度の強化

- ① 排污費制度の内容強化を図り、排污費について規則通りの納入実行を徹底させる。

### 3.4.6 工場の立地規制

- ① 各河川は、地表水基準の第Ⅲ類を守るため、河川流域ごとに汚染負荷許容値を超えないように工場立地規則を設ける。
- ② 工業発展状況を見ながら、2003年～2006年の間に規則を作成するものとする。

表3.4.1 事業実施計画

対策工	事業費(万円)	実施年次														
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010				
水質保全対策	38,470															
	城鎮下水道整備-I															
	清鎮	16,780														
	平ハイ	8,110														
	白雲	10,260														
	朱昌	3,320														
	工場住宅下水道整備-I	10,500														
	有機化工総工場	1,960														
	貴州7ルミ	4,970														
	貴州化肥	1,430														
	黎陽機械	1,250														
	清鎮紡績	890														
	工場住宅合併浄化槽処理整備-I	1,400														
	清鎮発電	420														
	平ハイ化肥	420														
安順化肥	170															
貴州鉄合金	160															
盤工	230															
水利用合理化に伴う工場排水処理整備	70,000															
F/S対象4工場の排水処理整備	2,200															
工場排水処理整備	92,400															
湖沼内魚養殖の禁止	3,000															
観光地合併浄化槽処理整備	1,000															
農村生活排水処理整備	3,400															
小計	222,370	12,440	19,922	23,100	26,790	27,027	24,017	22,864	20,842	18,606	17,964	8,798				
水銀汚染対策	7,000															
	10															
	7,010															
	200															
	1,150															
	1,600															
	30															
	2,980															
	50															
	100															
生態系保全対策	1,400															
	30															
	50															
	20															
	1,650															
	234,010	12,950	21,223	25,001	28,331	27,988	25,078	23,815	21,793	19,557	18,905	9,369				
	組織・制度対策	30														
		440														
		640														
		80														
75																
75																
65																
55																
60																
351																

### 3.5 事業と資金源

猫跳河（紅花湖・百花湖水域）流域環境総合対策計画の概算総事業費は 234,010 万元である。

各対策の事業内容は、事業費、施工整備期間（年）を考慮して各対策の資金源を表 3.5.1 に想定した。資金として国際金融機関（世銀やアジア開発銀行）、二国間援助、国際機関の無償資金協力が考えられる。

表3.5.1 環境総合対策工と資金源

対策工		事業費 (万元)	施工整備 期間 (年)	資金源
水質保 全対策	城鎮下水道整備－I	38,470		
	清鎮	16,780	5	自国資金または外国金融機関
	平バイ	8,110	3	自国資金または外国金融機関
	白雲	10,260	3	自国資金または外国金融機関
	朱昌	3,320	3	自国資金または外国金融機関
	工場住宅下水道整備－I	10,500		
	有機化工総工場	1,960	2	自国資金または二国間援助
	貴州7ルミ	4,970	2	自国資金または二国間援助
	貴州化肥	1,430	2	自国資金または二国間援助
	黎陽機械	1,250	2	自国資金または二国間援助
	清鎮紡績	890	2	自国資金または二国間援助
	工場住宅合併浄化槽処理整備－I	1,400		
	清鎮発電	420	2	自国資金
	平バイ化肥	420	2	自国資金
	安順化肥	170	2	自国資金
	貴州鉄合金	160	2	自国資金
	盤工	230	2	自国資金
水利用合理化に伴う工場排水処理整備	70,000	11	自国資金、外国金融機関または二国間援助	
F/S対象4工場の排水処理整備	2,200	2	自国資金、外国金融機関または二国間援助	
工場排水処理整備	92,400	11	自国資金、外国金融機関または二国間援助	
湖沼内魚養殖の禁止	3,000	1	自国資金	
観光地合併浄化槽処理整備	1,000	5	自国資金	
農村生活排水処理整備	3,400	10	自国資金	
小計	222,370			
水銀汚 染対策	覆土・封じ込め事業	7,000	11	自国資金または外国の無償資金協力
	監視	10	10	自国資金または外国の無償資金協力
	小計	7,010		
生態系 保全対 策	生態系調査	200	2	自国資金または外国の無償資金協力
	教育啓発事業	1,150	8	自国資金または外国の無償資金協力
	生態林整備	1,600	10	自国資金または外国の無償資金協力
	生態系・景観等保全管理計画作成	30	1	自国資金
	小計	2,980		
組織・ 制度対 策	紅楓湖・百花湖水環境管理委員会	50	10	自国資金
	環境保護局の組織強化・構成員の能力開発	100	4	自国資金
	水環境モニタリング	1,400	10	自国資金または外国の無償資金協力
	農業改善事業	30	6	自国資金
	排污費制度の強化	50	10	自国資金
	工場の立地規制	20	4	自国資金
	小計	1,650		
合計	234,010			









