

第5章 水資源開発・水源涵養計画

5.1 水資源開発の既存計画

5.1.1 水資源開発計画概要

(1) 成都市の水資源賦存量

成都市行政地区 (12,390 km²) の水資源は地区外の水源地からの地表流出と、地区内の地下水と降雨から生ずる地表流出からなる。

1) 地区外流域からの流入

地区外流域からの流入水は成都市地区の水資源の中でも主要な水資源であり、その流域は成都市域の北西部に存在する岷山、龍門山、チョンライ (Qiong Lai) 山の三つの山脈から流下する岷江と沱江の本支流の流域から成っており、図 - 5.1.1 に示されるように、大きく、岷江上流水源区、龍門山水源区、チョンライ (Qiong Lai) 山水源区の3つの水源区に区分される。成都市大都市圏 (7区4県) の水源は、主に、岷江上流水源区 (岷江、白沙河) で、その水源区から流出する水は都江堰によって成都市大都市圏や灌漑地区に分水されている。また、龍門山水源区の綿遠河、石亭江、ジェンジャン (Jian Jiang) の3河川のうちジェンジャン (Jian Jiang) は青白江に流下し、これも成都市大都市圏の水源となっている。しかし、綿遠河、石亭江は沱江の支流で金堂県の水源地とはなり得るが、大都市圏には給水されていない。チョンライ (Qiong Lai) 山水源区の水は金馬河以西の灌漑区で利用されている。

岷江上流水源区の1937年から1986年まで50年間の資料、および龍門山、チョンライ (Qiong Lai) 山地区の1965年から1985年までの21年間の資料によると、岷江上流水源区の年平均流出量は492 m³/s、年間総流出量は153.4億m³、他の2水源区の年平均流量は97 m³/s、年間総流出量は30.6億m³である。3水源区の合計および龍門山、チョンライ (Qiong Lai) 山地区の流域面積、流出量を表 - 5.1.1、表 - 5.1.2、表 - 5.1.3 に、また岷江上流水源区の各年月平均流出量を表 - 5.1.4 に示す。

2) 地区内流出

地下水

地下水資源の状況については四川省地質鋳山局成都水文地質工程地質隊による「地下水利用開発に関する提言」に述べられている。以下その提言を引用して概括する。

成都地区の地下水資源は主として平原地帯に広く分布している。成都平原は全体的に湿潤多雨であり、年平均降雨量は1,100 mm 前後である。図 - 5.1.2 の水系図に示されるように地区内に河川網が発達しており、岷江、沱江の二大水系が周辺山地から

流れ込み、豊かな地表水を広大な水田地帯に供給しているため、地域内の地下水涵養に寄与している。地形の影響により成都地区の地下水流向は地表水の流出方向に一致しており、西北から東南へと向かっている。成都平原は主として岷江と沱江による沖洪積の透水性の高い土砂層と薄い表土によって形成されているため、地表水と地下水が互いに頻繁に転化している。地下水は沖洪積扇状地帯の上流地帯では、多くが泉の形で地表水になり、地形的に低く排水が悪いところでは湿地帯を形成し、河川下流に至ると地表に流出する。

成都平原の地質は新生代の新華夏系四川沈殿帯に属し、基岩は赤色砂礫、泥岩で構成される。その上部には第4紀の沖洪積砂礫層が広く分布している。層厚は深いところで200～300 mに達する。帯水層の構造は、大きく上下2層の構造に分けられる。上部の帯水層の厚さは通常15～20 m、最大で40 mである。地表より3～5 mの位置に地下水面があり、多くの井戸により利用されている。出水量はその位置により異なるが、扇状地の上段と平野中部では100 m³/hに達する。平野の外周部では帯水層が薄いため、5～20 m³/h、その他の地域では通常50～100 m³/hである。下部の帯水層は平野の中心部で20～200 mの深さにあるため利用されていない。成都市の地下水域は図-5.1.3に示されるように、成都平原地下水域から沱江域と台地部を除いた3,834 km²の地域である。

四川省および成都市の関係部局が実地試験と長期に亘る地下水観測結果を踏まえて地下水資源の評価を行なった結果では、成都平原の年間の地下水涵養量は表-5.1.5に示されるように34.9億m³である。また、上部帯水層は96.9億m³の貯留能力を持ち(表-5.1.6)、図-5.1.4に示す取水可能強度分布から、年間の可能開発量は25.3億m³と見積もられている。表-5.1.7に示すように成都市域の年間地下水涵養量は21.5億m³、上部帯水層の貯留量は67.6億m³、開発可能量は15.6億m³である。

地表流出

成都平野の面積は平野水網区と平野周辺部の合計11,545 km²である。総降雨量は平均1,013 mm、流出高は平均341 mmで、年間の表面流出量は39.4億m³と見積もられている。

地区	面積 (km ²)	年降水		年流出	
		高 (mm)	量 (億 m ³)	高 (mm)	量 (億 m ³)
1. 平野水網区	7,838	995.6	78.0	332.0	26.0
岷江域	4,007	1021.6	41.0	342.2	13.7
沱江域	3,831	963.2	37.0	321.3	12.3
2. 平野周辺部	3,707	1,052.1	39.0	361.2	13.4
岷江域	2,614	1,078.1	28.2	374.7	9.8
沱江域	1,094	988.5	10.8	329.1	3.6
3. 合計	11,545	1,013.4	117.0	341.4	39.4

出典：都江堰総体規画報告、p46、表9

3) 総水資源量

以上の結果、成都地区水資源量の総量は概ね以下の通りである。成都市行政区域を対象とした場合は水資源総量は年間 244.9 億 m³、成都市大都市圏（7区4県）を対象とした場合は、沱江流域およびチョンライ（Qiong Lai）山水源区流域を除いた成都平野中心地区で、年間 201.4 億 m³と推定される。

(単位：億 m³)

水資源の種類	成都市行政区域	大都市圏
I. 地区外の水資源	184.0	160.8
岷江上流区地表流出	153.4	153.4
龍門山区地表流出	19.0	7.4
チョンライ（Qiong Lai）山区地表流出	11.6	0.0
II. 地区内の水資源	60.9	40.6
地区内地表流出	39.4	23.4
地区内地下水	21.5	17.2
計	244.9	201.4

(2) 水資源利用量

年間の水資源総量 244.9 億 m³は量的には農業、工業、生活、環境等の水需要量を賚なえる。但し、水資源の供給可能時期と供給地が需要時期と地域とかならずしも一致しない。また、現在地区内にある多くの中小の貯水池（197ヶ所）、ため池（19,112ヶ所）等の貯留施設、堰（412ヶ所）、揚水ポンプ（1,806ヶ所）等の能力が小さい。このため、水供給不足が生じている。特に、農業用水を最も必要とする5月は河川流量が年間総流出量の5～10%の程度しかなく、早ばつ被害が発生している。

岷江上流域からの流出水は都江堰にて取水され、成都平原の灌漑用水として利用されて

いる。また、成都平原内における地下水は成都市郊外の町村での生活用水、水不足が発生した灌漑地区の補助用水として利用されている。1990年の水源別、用途別の地区内流入水量の実績および水需要量との収支は以下の通りである。

(単位：億 m^3)

用途	地区	地区外の地表水	地区内降雨流出	地区内地下水	合計
工業・生活用水	都江堰区	6.9	0.0	1.4	8.3
農業用水	都江堰区	49.8	36.9	2.0	88.7
	都江堰区外	16.0	0.0	0.9	16.9
計	全体	72.7	36.9	4.3	113.8
水資源量 (億 m^3)	全体	184.0	39.4	21.5	244.9
利用率 (%)	全体	39.5	93.5	19.6	46.5

出典：資料帳96-24、水資源開発利用計画 表5

項目	工業生活用水	環境用水	農業用水	合計
年間流入量	8.3	0.0	105.5	113.8
年間需要量	9.2	2.4	55.7	67.3
年間不足量	0.9	2.4	4.2	7.5
年間無効放流量	-	-	-	54.0

出典：資料帳96-24、水資源開発利用計画 表6

成都地区の用水として地区外からの地表流出の39.5%、地区内地下水の19.6%、水資源総量では46.5%しか取水されていない。年間水需要量は67.3億 m^3 で、流入量の59.1%、水資源総量の27.5%に過ぎない。

(3) 水資源開発計画概要

1) 岷江上流

岷江上流には流量を調整するダムがないため、季節の影響を受けて年間を通しての流量の変動が著しい。

また、現在の岷江上流の多年平均年流出量は都江堰で155.2億 m^3 であるが、このうち実際に利用されている量は55.4億 m^3 である。これは平均年流出量の35.7%と低く、水資源開発の可余地は十分にある。従って、現況の水不足、洪水による被害の改善するため、岷江上流に貯留施設を建設することが有効であり、本川の紫坪鋪ダム(有効貯水量7.74億 m^3)や岷江最大の支川である黒水河(流域面積7,250 km^2)にシャバ(Sha Ba)ダム(有効貯水量5.02億 m^3)を建設する計画がある。シャバ(Sha Ba)ダムについては具体的な建設計画は決まっていないが、紫坪鋪ダムは2007年までに完成する計画である。紫坪鋪ダム計画は成都市の環境用水を確保するためには

不可欠な計画であり本調査で取り上げる唯一の水資源開発計画となる。紫坪鋪ダムとシャバ (Sha Ba) ダムが建設された場合の都江堰での平均年取水可能量はそれぞれ、118.4 億 m^3 、126.8 億 m^3 となり、利用率は多年平均年流出量に対して76%、82%と高くなる。岷江上流の水源の開発量と開発効果は大きく、成都地区の灌漑、工業、生活用水の水源として優先的に開発されるべきである。

2) 周辺山岳区

周辺山岳区の河川は分散しており、成都平原周辺の灌漑区に近く、成都平原地区の補助水源として一定の利用価値がある。既に多くの取水施設によって利用されており、都江堰灌漑区の外周部の比較的高地の農地の水源となっている。平均年流出量は30.6 億 m^3 であるが、増水期に水量の50~70%が集中し、渇水期はわずか16%である。渇水期の流水はほとんど利用されつくしている。このため、今後この地域の水資源利用には貯水施設の建設が必要とされており、1950年代以降に、出江河にサンバ (San Ba) ダム (有効貯水量1.59 億 m^3)、文井江に李家岩ダム (同1.51 億 m^3)、ジェンジャン (Jian Jiang) に関口ダム (同3.29 億 m^3)、石亭江に高景関ダム (同1.09 億 m^3)、綿遠河に清平ダム (同1.08 億 m^3) が計画された。しかしながら、水没地域内に鉱山や鉱工業企業が立地していることや、河川延長が短く急流であるため堤高の高いダムが必要等の問題があり、建設計画はいまだ確定していない。周辺山岳区の河川水は成都市域周辺部の中小都市や農村の灌漑、工業、生活用水の補助水源として利用可能であり、山岳区河川に貯水施設を徐々に建設し、水資源開発をすることが望ましい。

3) 地下水

成都平野の地下水は、分布が広く、水量が比較的安定しており、地下水位が浅く、開発が容易等の利点があるがあるため、分散して計画的に開発するのに適している。沖洪積扇状地の周辺や低湿地では取水ギャラリーやカットオフ等の簡単な施設で取水が可能であり、概算では1 km^2 当り3つの総計1,400個の施設で、約7.7 億 m^3 の取水が可能とされている。

しかし、成都市中心地区は250万人にのぼる人口と産業が集中しており、過度の開発や集中した開発を行なった場合、水文地質や生態環境にどのような影響が生ずるのかについては十分な調査がなされていない。現実には、地下水の過度の汲み上げにより地下水位の低下と周辺地盤の沈下をきたした上、未処理の産業排水や生活雑排水等の地下浸透を生じ、地下水が汚染されている地区もある。従って、成都地区地下水開発の可能性を検討するに当っては地下水の汲み上げが周辺環境に与える影響や開発地域の表流水を含めた地下水補給のメカニズムの解明の必要がある他、下記の事項についても考慮する必要がある。

- ・成都平野の地下水総量は豊富だが、単位面積当たりの貯留量が少ないので開発コストが高くなる。
- ・地下水は化学肥料使用の農薬からの汚染を受け易く、水質管理がむずかしい。
- ・地表水と比べると、汲み上げに使用する費用（電気代）が高い。

小規模な地下水開発については法的規制も無いため放置されているのが実状である。地下水開発は環境に与える影響が大きく、年間を通じた地下水調査や環境影響評価を充分に行なった上で慎重に実施すべきである。従って、現在、成都地区では地表水開発が優先されており、大規模な地下水開発計画は立てられていない。

5.1.2 紫坪鋪ダム開発計画

(1) 計画の概要

紫坪鋪ダムは四川省水電庁によって計画されているものであり、その基本計画書に基づいて以下概括する。

紫坪鋪ダムは岷江上流、都江堰市の西北9 kmのところに建設を予定されている。ダム流域面積は22,662 km²で、岷江上流水源区面積の98%を占める。ダム流域の年間流出総量は148億m³で上流区総流出量の97%を占める。ダム形式は鉄筋コンクリート遮水壁型ロックフィルダムでダム高156 m、総盛立量12百万m³、総貯水容量11.12億m³、有効貯水容量7.74億m³の多目的ダムである。

本ダムは既存都江堰灌漑地区と新規灌漑開発地区の灌漑用水確保、成都市の工業・生活用水の安定供給、成都市環境用水の確保、金馬河の都江堰から新津まで78 kmにわたる河岸地域の洪水防御、およびダム直下の発電所による最大出力760 MWの発電を含んでいる。紫坪鋪ダム計画の諸元を以下に示す。

流域面積（ダムサイト）	22,662	km ²	
年平均流量	469	m ³ /s	（54年間の平均）
平均年流出量	148	億m ³	（1937年～1991年）
既往最大流量	5,840	m ³ /s	（1964/7/22）
既往最小流量	81.5	m ³ /s	（1986/3/12）
計画洪水流量（1/100年）	8,300	m ³ /s	
設計洪水流量（PMF）	12,700	m ³ /s	
ダム天端標高 / パラペット高	884.0/885.4	m	
ダム堤頂長	664.0	m	
常時満水位（HWL）	877.0	m	
洪水期制限水位（LWL）	850.0	m	

堆砂面高 (DWL)	817.0	m
計画洪水最高水位 (PMF)	883.1	m
設計洪水最高水位 (1/100年)	871.2	m
総貯水量	11.12	億 m ³
常時満水位の貯水容量	9.98	億 m ³
洪水調節容量 (1/100年)	5.39	億 m ³
有効貯水容量 (DWL-HWL)	7.74	億 m ³
堆砂容量	2.24	億 m ³
計画洪水調節流量 (1/100年)	3,077	m ³ /s
設計洪水調節流量 (PMF)	4,858	m ³ /s
発電設備容量	190	MW×4=760MW
年平均発生電力量	34.17	億 kWh
貯水池地区からの移転人口	37,200	人
移転農業人口	15,104	人
付け替え道路延長	80.57	km

(2) 建設スケジュール

紫坪鋪ダムおよび貯水池地区付け替え道路の詳細設計等が、関係機関によって進められている。また貯水池地区の住民に対しては移転の手続きも開始されており、旋口を中心とした町ぐるみの移転先も測量を実施中である。紫坪鋪ダム建設スケジュールの概略を以下に示す。

主要工事項目	1年次	2年次	3年次	4年次	5年次	6年次	7年次
仮排水トンネル	■	■					
仮締め切り堤・転流工	■	■	■				
本ダム掘削・盛立		■	■	■	■	■	■
コンクリート遮水壁			■	■	■	■	■
洪水吐			■	■	■	■	■
建築 (発・変電所等)			■	■	■	■	■
機械 (水門・鉄管等)			■	■	■	■	■
発電機器据付け			■	■	■	■	■
工事完了・供用開始						■	■

(3) 流量配分計画

紫坪鋪ダムの完成によって、岷江からの自然流量が調節され都江堰からの各セクターへの流量配分は次のように改善される。

1) 灌漑

岷江からの自然流量に依存している都江堰灌漑区では灌漑面積の増加に伴って1月～5月の灌漑ピーク時期での用水量の不足が毎年のように発生している。また、内江市管轄の灌漑区21万haへの給水も計画されているので、今後、益々灌漑用水需給の逼迫が予想される。紫坪鋪ダムの完成によって年平均7.07億 m^3 の灌漑用水が供給可能となり、都江堰灌漑区の最終規模93.3万haへの水供給を90%の確率で果たす事ができる。

2) 工業・生活用水

都江堰から成都市には現在、工業・生活用水として28.4 m^3/s が供給されているが、順調な工業の発展と人口増加に伴って都市域での使用水量が増加の一途を辿っており、渇水期には毎年のように水不足を生じるようになった。紫坪鋪ダムの完成により上記の供給量は55.7 m^3/s に増加する。

3) 発電用水

紫坪鋪ダム発電所は川西電力網の中心である成都市に近く、徳陽市からも70kmの良い立地条件にある。発電に使用した水は都江堰上流の岷江に放流するため、利用量に無駄はない。発電の最大出力は76万kw、年間発電量は34.17億kWhの供給が可能となる。

4) 洪水防御

紫坪鋪ダムには洪水調節容量として5.39億 m^3 が準備されており100年確率洪水流量8,300 m^3/s を10年確率洪水以下、即ち3,077 m^3/s に低減する。これにより都江堰下流の金馬河の洪水ピークが低減し、洪水被害軽減に大きく貢献する。

5) 環境用水

都江堰灌漑区の開発の進展、成都市の経済発展と人口増加に伴って市内の主要河川の水質は既に深刻な汚染を受けている。特に、渇水期はの状況は深刻で、市内の河川は上流からの流量が途絶えてしまうため、工業排水、生活排水が流れる排水路と化してしまう。紫坪鋪ダムはこの様な環境を改善する為に環境用水として渇水期(12～5月)に20 m^3/s を成都市に供給することになっている。

(4) ダム完成後の流況

紫坪鋪ダム完成後の都江堰における水収支は都江堰マスタープランによれば表-5.1.8の通りである。

(5) 事業費とコストアロケーション

紫坪鋪ダム事業費の内訳とコストアロケーションは以下の通りである。

事業費内訳	費用 (億元)	備考
1. 外貨を使用した場合		
1) 直接工事費	55.6	この内、外貨分 16.2 億元(29.1 %)
2) 総事業費	86.5	
2. 内貨だけの場合		
1) 直接工事費	42.6	
2) 総事業費	69.0	
－準備経費	2.21	
－貯水池地区補償費	9.25	
－仮設工事費	5.52	
－土木工事費	13.53	
－発電機器据付費	4.82	
－機械 (水門等据付費)	0.90	
－工事予備費	12.47	
－借入金利子 (工事中)	16.56	
－その他の経費	3.52	

紫坪鋪ダム事業に係わる各関係機関の負担額は概略以下の通りである。

関係機関	負担額
国家水利電力部	10 億元
四川省水利水電庁	20 億元
成都市	20 億元
その他 (不明)	36.5 億元
合計	86.5 億元

5.2 水源涵養の既存計画

5.2.1 対象地域の植生の状況

都江堰上流岷江流域の森林は中国東南部の湿潤森林から西北部の半乾燥草原への移行地帯に位置し、植生が入り混じって種類が豊富なだけでなく、類型も多様で、垂直分布も変化に富んでいる。この地域は昔から成都平野の水源地として「緑の貯水池」とか「天然の屏風」と言われてきた。この地域の森林は最近の数百年の長期に亘って、乱伐や破壊に遭って来たので、現在保

存されている森林資源は非常に少なくなり、かつ分布も一様でなくなってきた。

(1) 森林植生の分類

岷江上流の森林植生は次の6つの類型に分けられる。

1) 山地常緑広葉樹林帯

くすのき科・穀斗科・つばき科の属種で、主にウエンチュアン (Wen Chuan) の耿達、旋口、映秀およびマオウエン (Mao Wen) 県の土門、東興一帯の標高 800~1,800 m の地区に分布している。人為的な乱伐に依って、この類型は原形をほとんど留めていず、一部の険しい山や谷の岸壁のところ等に小さい林が残っているだけである。

2) 山地常緑樹、落葉樹混合林

ウエンチュアン (Wen Chuan) の臣竜、松藩鎮江関以下および黒水河と雑谷脳河の標高 1,500~2,300 m に、分布している。クロモジ、ウヤク、カバノキ、ハゼノキ、カツラ、ツガ等種類が豊富である。

3) 中山針葉樹、広葉樹混合林

黒水、松藩、理県の標高 2,000~2,500 m の日当たりの良い傾斜地に分布しており、赤松と遼東クヌギの混合林からなっている。四川山地の垂直地帯に分布する代表的な植生でパンダ生息地の一つである。

4) 亜高山針葉樹林

標高 2,800~3,800 m に分布しているトウヒ属およびモミ属の林で主要な材木用林となっている。長年に亘る伐採で亜高山針葉樹林が破壊された後に灌木型樹林により自然更新されている所も多く、林業経営上、重要視されている。

5) 高山灌木、草原

標高 3,800 m 以上に分布する植生で、丈が低く、耐寒、耐乾の灌木と草原よりなり、家畜の餌に適しているので、放牧地として利用されている。

6) 高山植物

高山上部のまばらな植生一般に雪線以下の高山上部に分布している。

(2) 林業用地森林構成

四川省林学会論文および四川森林資源清查弁公室の統計と第5次5ヵ年計画期間中からの継続調査資料にもとづく1977年の岷江上流林業用地森林構成(表-5.2.1)によれば、

岷江上流の管理されている森林面積は46万haあり、これは全流域の18.8%である。一方、伐採跡地には裸地が14万ha(5.6%)、疎林が16万ha(6.3%)、灌木林が56万ha(22.9%)あり合計86万haに対して現在順次植林を実施している。表-5.2.2は、四川省第5次5ヵ年計画期間中の資料による岷江上流森林蓄積量構成(1997年)を示したものである。これによると、5県の森林木材蓄積量の合計が1.05億m³、平均単位面積蓄積量が2.26m³/haであり、成熟林が全体の91%を占めている。建国初期(1950年代)の森林蓄積量、約2億m³から計算すると、この30年余の間に毎年平均300万m³の森林を木材として伐採した事になる。

(3) 森林被覆率経年変化

四川省林業勘察設計研究院の森林資源調査によれば岷江上流域の森林被覆率は以下のように経年変化をしてきている。

(単位：%)

年	1974	1984	1989	1994
高木	18.87	27.29	26.48	25.28
灌木	22.97	17.20	17.72	21.54
合計	41.84	44.49	44.20	46.82

調査では岷江上流域の森林被覆率は増加していると評価している。増加の原因としては以下の対策が挙げられる。

- a. 伐採跡地の植林
- b. 第7次5ヵ年計画および第8次5ヵ年計画における防護林建設計画の実施
- c. 資源保護の観点からの植林
- d. 伐採量の規制(減量)

一方、今回の調査では1988~1994年撮影の衛星写真判読による岷江上流域(22,985km²)の森林状態の検討を成都市成都理工学院に委託して実施した。その結果をまとめると下記の通りである。

対象面積	22,985 km ²	100.0 %
森林面積	12,798 km ²	55.7 %
移項帯面積	6,523 km ²	28.4 %
裸地面積	3,665 km ²	15.9 %

この結果によると、森林面積、即ち森林被覆率は55.7%であり四川省の森林資源調査結果の46.8%と大差はない。本調査では現地での確認調査が行なえなかったが、四川省の

調査の妥当性を裏づけるものであろう。

5.2.2 森林伐採、植林計画

(1) 伐採規則

岷江上流の木材生産は、伐採量が樹木の成長を上回って生産してはならないという原則に従って行われなければならない。この為、然るべき行政機関により強力な伐採総量規制を設けると共に、放置されて来た伐採跡地に対する植林を継続的に実施して、森林被覆率を上げる努力をする必要がある。具体的な伐採規制としては以下のものがある。

・第7次5ヵ年計画期間（1986～90）の年間伐採量	20万m ³ 以下
・第8次5ヵ年計画期間（1991～95）の年間伐採量	10万m ³ 以下

計画に則った伐採量を確保する為には対象地区の樹木を全て伐採するのではなく、保留すべき樹木の割合等も規定すべきとの観点から次のような規定が設けられた。

- 1) 35°以上の急斜面にある森林は防護林として規定し、営林上必要と認められた地区での選択伐採だけを行い、これ以外の如何なる伐採も認められない。
- 2) 30°～35°の傾斜地では10haを超えない選択伐採を行う。選択伐採後の森林の密度は0.5を下回ってはならない。
- 3) 30°以下の土地では、5haを超えない範囲内での伐採が可能である。総量規制の元で過去の伐採面積と保留面積の比は5：5から3：7に変更する。1回当りの伐採蓄積量と保留蓄積量の比は5：5から2：8に変更する。

岷江上流の高山峡谷や標高の高い地域の伐採跡地の植林は、樹木に対しては高冷地や雨量不足等のマイナス面を克服すべき技術的課題も残されているが、人工的な森林の復元は可能であると結論づけられている。高山樹種の成長は遅いので早急な成果は期待できないが、現在でも高山速成樹種を選定し、集約化した営林方式を取り入れたり、試験林を設ける等の努力が続けられている。

(2) 植林計画

1) 伐採跡地に対する植林

岷江上流域の森林乱伐によって放置されて来た伐採跡地の面積は、1970年代の後半では86万ha（34.8%）であったが、1980年代に入り、本格的な植林が開始されている。1993年12月発行のアバ（Aba）州林業局資料によれば、全州伐採跡地更新（植林）面積は23万haに達している。これは、岷江上流域とアバ（Aba）州の面積がほぼ等しいものとし、かつ、1980年以降の新規伐採跡地には直ぐに

植林が実施されたものと想定すれば、1993年時点での放置されている伐採跡地は63万ha(25.5%)と推定される。ただし、新規伐採直後の植林は考慮していない。以上より、伐採跡地に対する年平均植林面積は約17,000ha/年と推定される。今後、1996年より2010年までの15年間の植林も同じ率で実行できるものと推測される。

2) 乾燥山地試験林造成事業

本事業は四川省と広島県とが協力して岷江上流、茂県の乾燥荒廃地100haを試験地として緑化し、他の荒廃地に順次拡大する事を目的に1993年より開始され、1996年まで継続される事になっている。

この試験林造成事業は四川省と広島県による「緑の長城造成協力事業」の一環で、綿竹県の石亭江沿岸330haに対する友好の森造成事業、および緑化技術支援事業として、広島県による緑化技術専門家の派遣、研修生の受け入れ、ビデオ等による緑化技術の普及、啓発器材の供与等から成っている。

3) 川西平原生態壁建設計画

岷江上流水源地帯の森林乱伐により、都江堰より上流域の生態環境の悪化や気候の変化により、茂県周辺の岷江に沿った山腹の砂漠化や流出土砂の増加、渇水流量の減少等の問題が表面化して来た。本計画の目的は、これら岷江上流水源地帯の生態環境悪化の影響を川西平原には及ぼさないようにする為に、岷江が川西平原に出る地点に位置する都江堰市周辺の山岳地帯に62,000haに及ぶ水源涵養林の育成とその人工的保全を実施する事によって川西平原の出口に障壁を築こうとするものである。この水源涵養林の中には成熟林の部分的なサイクル伐採による木材生産やりんご、なし、キウイ、茶等の経済林を形成する事によって事業の経済効果も期待出来るとしている。

5.3 流況改善と渇水期流量増加予測

5.3.1 河川流量の減少

岷江上流域森林の乱伐により森林が本来もっている水源涵養機能が低下する結果となった。都江堰における1937年から1985年まで48年間の流量統計によると、48年間の年平均流量、平均年流出量および2月の平均流量の減少状況は以下の通りである。

期 間	1937～40	41～50	51～60	61～70	71～80	1981～85
年平均流量 (m ³ /s)	552	496	496	494	453	452
平均年流出量 (億 m ³)	174.1	156.5	156.5	155.8	142.6	142.4
2月平均流量 (m ³ /s)	61	151	143	145	126	118
平均洪水流量 (m ³ /s)	2,748	3,007	2,425	2,975	2,827	2,049

1980年代の渇水期の流量は1940年代と比べると30.4 m³/s減少しており、1970年代と比べると毎年約1.0 m³/sずつ減少している事になる。また、表-5.1.4の岷江上流水源区流出量を10年間の加重平均で計算した結果では1965年頃から1970年頃にかけて流出量が著しく減少している。

これらの現象は岷江上流域の森林被覆率が低下し、気候が変化し、降雨量が減少したことが原因とも言われているが、岷江上流域の経年的雨量記録が入手できていなかったため雨量との相関を検討することができなかった。

5.3.2 流況改善と渇水期流量増加予測

伐採規制と植林計画の実行により森林の被覆率が順次増加し、森林による水源涵養機能が修復されると、短期的には降雨時の流出ピークが低減し、長期的には渇水時の流出量が増加する。この様な森林による流況改善のメカニズムについて裸地斜面と森林被覆斜面を比較すると、次のようである（森林科学論、木平勇吉編、朝倉書店による）。

山地での降雨が地表流となるか、地中流となるかは浸透能と降雨強度の大小で決まる。裸地斜面では、雨滴が直接土壤にあたり雨滴が表土を攪乱して土壤孔隙を目詰まりさせて浸透能を激減させる。この結果、大きな強度の降雨では大部分が地表流となる。地表流は流速がきわめて大きく、河川への流出量を著しく増加させる。これが洪水流量のピークを押し上げる事になる。

森林被覆斜面では落葉、落枝、腐植または林床植生で地表が保護されて土壤が雨滴の衝撃、攪乱から護られるため、土壤中の大孔隙の発達がよく、浸透能が著しく高い。針葉樹、広葉樹どちらについても、浸透能の最低値が100 mm/hrを超える。このため、現実には起こり得る最大雨量強度でも地表流が発生することはない。草地や作物が繁茂した耕地の浸透能も比較的高く、地表流が発生することは稀である。地中に浸透した降雨は吸引力の強い、より小さい土壤孔隙内を鉛直方向に浸透する。その速度は土壤水分量に応じて変化するが、地表流に比較するときわめて小さく、100倍以上の相違がある。

森林斜面では表層土壤は大孔隙に富み、大量の雨水を浸透させるが下層は大孔隙量が少なく、難透水層を形成することが多い。大雨時にはこの難透水層上で浅い、一時的地下水面が発生し、地下水は斜面方向に沿って流下する。これを飽和側方流または中間流と呼び、比較的速く河川に流出し、森林流域の洪水成分を形成する。難透水層を通過したものはさらに深部に浸透する。

これは著しく遅れて、地下水として河川に流出する。斜面下部の山脚部では、上記の斜面上中部とは異なった雨水流出現象がみられる。これは斜面上中部から下方に流下する飽和側方流が斜面下部に滞留し、無降雨時でも浅い地下水面をつくり、河川への地下水流出に貢献している。この地表に接近した地下水面は降雨時には地表に現われ、地表流として流下し、洪水形成に参加する。

5.3.3 流況改善と渇水期流量増加による経済効果

岷江上流水源地帯の森林被覆率が増加し、水源涵養機能が回復すると、渇水流量増加および洪水流量低減による次のような経済効果が期待できる。

- 1) 成都平原に於ける乾期の灌漑用水量の増加並びに地下水くみ上げ費用の節約
- 2) 成都市周辺の工業／生活用水の増加による便益ならびに地下水くみ上げ費用の節約
- 3) 流況の平滑化により計画されている紫坪鋪ダムおよびシャバ (Sha Ba) ダムの年間貯水運用量 (有効利用量) が増加する反面、雨期の無効放流が減少する。
- 4) 洪水のピーク流量が低減するので都江堰より下流、金馬河沿岸の洪水被害がその分だけ減少する他、洪水常襲地帯の治水安全度が向上する。

5.4 流出土砂量の減少予測

5.4.1 森林伐採と流出土砂量の相関

岷江上流地域では長い年月に亘って森林破壊が行われて来たので表土の侵食も激しい。調査によると、岷江上流の表土流失面積は1,000万haに達し、土地面積の44.7%を占め、岷江上流からの流出土砂を増加させる結果となった。1950年代の平均流出土砂量は779万 ν 年で含砂量は0.516 kg/m³、1960年代の平均流出土砂量は903万 ν 年で、含砂量は0.596 kg/m³でいずれも約16%増加した。鎮江関における実測では、1970年代以前の多年平均流出土砂量は45万 ν 年で、1970年代から最近までの多年平均流出土砂量は55万 ν 年に増加し、豊溪海子の入り口から2kmに亘って土砂が推積する結果となった。以下は1964年7月に岷江上流3ヶ所で実施した流砂量実測結果である。

観測地点項目	中灘鋪	紫坪鋪	楊柳坪(白沙河)	魚嘴
多年平均含砂量 (kg/m ³)	0.544	0.559	0.595	—
多年平均流砂量 (kg/s)	199	266	9.64	—
多年平均流出土砂量 (万t)	629	838	30.4	868
洪水期(6~9月)平均含砂量 (kg/m ³)	520	721	28.0	—
洪水期(6~9月)平均流砂量 (kg/s)	550	760	29.5	—
洪水期(6~9月)平均全年度に占める流砂量 (%)	87.5	90.7	96.9	—

なお、紫坪鋪観測所における1955年から1990年の実測資料によれば、多年平均流砂量は792万t/年であり、多年平均含砂量は0.572 kg/m³である。

5.4.2 植林後の流出土砂量減少

岷江上流域からの流出土砂量は当分減少しないと推測されるが、最も大きな影響を与えるのは、森林伐採後に放置された跡地からの表土流出であると言える。この様な伐採跡地に対する植林が進展し、樹木の根と木の葉により土壌が養われるようになると、降雨による表土の直接侵食は食い止める事が出来るので表土の流出による岷江への影響を防ぐ事が出来る。従って、植林により森林の被覆率が上がるとそれだけ岷江の流出土砂量は減少するものと推測される。

この他、岷江水源流域では相当量の山地崩壊が認められているので治山についての根本的な計画を策定し、早急に実施に移さないと、植林による表土流出抑制との相乗効果による流出土砂低減を期待する事が出来なくなる。なお、治山技術の基本は緑化工といわれる工法で出来るだけ早く裸地を植物で被覆し、土砂の流出を防止し、苗木を植栽する。また、荒廃した溪谷や山腹に対しては、砂防ダム、山腹崩壊防止工、土留め工、土砂諫止工等がある。

5.4.3 流出土砂量減少による経済効果

上記の植林と治山事業が進展し、森林の被覆率が復元されると、岷江への流出土砂が減少し、以下のような経済効果が期待できるようになる。

- 1) 都江堰より下流の河川、特に金馬河の河床上昇を抑える事が出来るので、計画洪水位の上昇を起こす事が無い。従って河床上昇に起因する洪水被害を回避できる。
- 2) 成都市周辺で使用する工業・生活用水の一次処理(沈砂、沈泥)を省略または軽減できる。
- 3) 岷江上流に建設予定の紫坪鋪ダム、シャバ(Sha Ba)ダムの貯水池内の堆砂容量を小さくでき、かつ有効貯水容量を増加する事が出来る。

5.5 水資源開発および水源涵養に関する勧告

5.5.1 水資源開発計画

(1) 紫坪鋪ダム建設計画の早期実現

成都市大都市圏の水資源を一手に供給している岷江には流水を貯水する施設がないので、渇水期には各種用水の不足を生じる一方、豊水期に発生する洪水によって金馬河沿岸地域に大きな洪水被害をもたらしている。これらの問題を解決するために岷江本流に紫坪鋪ダム建設計画が四川省水電庁によって、2007年完成予定で進められている。また、本ダムの完成は成都市の環境用水を確保する上でも重要な役割を果たすので、早期に実現させる必要がある。

(2) シャバ (Sha Ba) ダム建設計画の推進

シャバ (Sha Ba) ダムは岷江最大の支川、黒水河に計画されており、完成後には成都市大都市圏の水資源確保、岷江の洪水防御および水力発電に大いに寄与する。紫坪鋪ダムのみでは増大する成都地区の将来水需要をまかなえず、シャバ (Sha Ba) ダムの建設は紫坪鋪ダム完成後早急に着手する必要がある。

(3) 成都平原周辺山岳部の水資源開発計画

成都平原周辺山岳部の河川水は成都市周辺の中小都市や農村の灌漑、工業、生活用水の水源として利用されているが、年間の河川水利用率は低い。このため、下記の水資源開発が計画されているが、いずれも工事規模、移転補償、技術的問題等によって実現に至っていない。これらの水資源開発計画の見直しを行い、適正規模を決定すると共に実現に向けての実施計画を策定する事を勧告する。

河川名	ダム名	有効貯水容量 (億 m ³)	備考
出江河	サンバ (San Ba) ダム	1.59	フョングライ (Qiong Lai) 山水源区
文井江	李家岩ダム	1.51	フョングライ (Qiong Lai) 山水源区
ジェンジャン (Jian Jiang)	関口ダム	3.29	龍門山水源区
石亭江	高景関ダム	1.09	龍門山水源区
綿遠江	清平ダム	1.08	龍門山水源区

5.5.2 水源涵養計画

(1) 伐採規制の強化

樹木の成長に必要な40年以上にも及ぶ歳月を考慮して、岷江上流域の大気環境の復元と維持、岷江の正常な水源地帯としての機能、即ち、渇水期の流量増加、洪水ピーク流量の低減、流出土砂の低減のため今後の伐採計画量は成長量を上回らないようにしなければならない。

(2) 植林促進とその方策

近年までに続けられて来た伐採の跡地はそのほとんどが放置されて来たが、1970年中頃より伐採した跡地に植林が行われるようになり、現在では漸次植林面積が拡大されてきている。植林を今後とも増加し、継続して行くための資金、組織、技術援助を獲得する方策について検討する必要がある。

第6章 灌漑

6.1 調査対象地域

都江堰灌漑区は都江堰を主水源とし、四川盆地西部の成都平野に展開する6市34県（市・区）に跨り、南北の長さ約155 km、東西の幅約150 km、北緯29度40分～31度9分、東経103度29分～105度42分の位置にある。

地勢は灌漑地区の西北に位置する都江堰を頂点に東南に低くなっており、標高は概ね730 mから300 mである。灌漑地区は広大な平野で起伏の比較的少ない平坦地である。灌漑地区の中央部やや東よりには、標高650 mから1,000 mの龍泉山が南北に細長くのびており、灌漑地区を分断している。このため、灌漑地区は大きくは成都平野を中心とする“平野部”と龍泉山以東の“丘陵部”に分類される。

6.2 灌漑の現況

6.2.1 灌漑地区および面積

都江堰は紀元前 256年頃に建設され、当時の灌漑面積は約70万ムー（約4.7万 ha）であった。解放初期（1950年頃）には約300万ムー（約20万 ha）、1981年には約860万ムー（約57.3万 ha）に増加した。さらに1993年には通済堰52万ムー（約3.5万 ha）と農民自留地の53万ムー（約3.5万 ha）が加わり、用水路網や貯水池の整備・拡張に伴って灌漑面積は増加を続け、1996年の灌漑予定総面積は1,003.5万ムー（約66.9万 ha）に及んでいる。各管理処毎の内訳面積は以下の通りである。また、川水系統別灌漑面積は表 - 6.2.1を参照のこと。

(単位：万ムー)

管理処	総灌漑面積	水田面積	畑地面積（自留地含む）
東風渠	291.8	237.1 (81%)	54.7 (19%)
龍泉山	74.3	23.3 (31%)	51.0 (69%)
黒龍灘	88.1	40.1 (46%)	48.0 (54%)
人民渠第一	242.4	214.8 (89%)	27.6 (11%)
人民渠第二	133.5	94.0 (70%)	39.5 (30%)
外江	121.5	108.8 (90%)	12.7 (10%)
通済堰	51.9	44.1 (85%)	7.8 (15%)
計	1,003.5	762.2 (76%)	241.3 (24%)

出典：都江堰灌漑区計画水量分配表（1996）

注：1 ムー=1/15 ha

6.2.2 現況の水源および水利用

(1) 主水源

灌漑地区の主水源は岷江本流で、都江堰魚嘴地点での集水面積は 23,037 km²である。都江堰での取水は左右両岸で行われており、右岸（外江）2本、左岸（内江）4本の合計6本の主要幹線（一次）用水路を通じて灌漑地区へ送水される。都江堰地点での月別平均流量（1981年～1992年）は以下の通りである。

(単位：m³/s)

項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
最大	203	165	219	472	703	1,940	1,400	992	1,143	664	357	218
最小	113	105	98	128	229	512	598	414	602	383	291	152
平均	140	122	132	241	512	911	923	705	787	543	229	184

出典：都江堰灌漑区計画水量分配表（1996）

(2) 補助水源

支流河川

都江堰以外の主な補助水源となる支流河川は、人民渠第一管理处域内のジェンジャン（Jian Jiang）、石亭江、綿遠河の3河川および外江管理处区域内の文井江、斜江河、出江河の3河川がある。このうち、石亭江、綿遠河、斜江河は灌漑幹線水路とは立体交差しており、また、出江河は直接南河に流出しているため利用出来ない。これらの支流河川は冬から春前までの乾季には断水状態に近い状態、主に春の灌漑に利用されている。支流河川の渇水量およびその比流量は以下の通りである。

河川名	観測所 集水面積 (km ²)	渇水流量		最渇水量		年 流出量 (億m ³)	保証率80%の設計値			
		最渇水 月平均 (m ³ /s)	比流量 (m ³ /s /100km ²)	渇水量 (m ³ /s)	比流量 (m ³ /s /100km ²)		流出量 (億m ³)	分配率(%)		
							12-5月	7-9月	1969年型 4-6月	
ジェンジャン (Jian Jiang)	626	2.86	0.46	2.00	0.32	8.27	6.61	21.1	62.3	11.8
石亭江	629	3.75	0.60	3.20	0.51	7.44	5.95	20.7	62.0	16.1
綿遠河	410	3.15	0.77	2.45	0.60	4.98	3.88	19.5	61.5	14.8
文井江	354	0.12	0.03	0.05	0.01	4.94	4.20	22.2	54.8	16.5
斜江河	264	0	0	0	0	2.07	1.49	12.4	69.9	9.7
出江河	396	3.19	0.81	0.45	0.11	4.88	4.10	24.9	54.4	15.1

出典：都江堰志、都江堰マスタープラン（55頁）

地下水

地下水は水の確保が難しい成都平野の末端部で、主に乾期、春先等の水田用水ピーク時に利用されている。また、灌漑用水量と地下水位はかなり密接な関係にあることが判明している。

丘陵部の地下水はあまり豊富ではなく、開発可能量は灌漑用水需要量の4~6%程度と見積もられている。

(3) 水利用

都江堰から取水された水は、原則として灌漑用水、成都市区および青白江地区の工業・生活用水に割り振られている。実際には農村部の生活雑用水、牧畜用水、工業用水、養魚用水等の利用もあるが、これらについては実態が把握されていない。また、使用量は少量との見込みにより、水の配分計画には含まれていない。灌漑区域内の幹線水路には小水力発電所や舟運もあるが、水利用の面では基本的に農業用水が優先する。

6.2.3 都江堰管理組織

都江堰の管理・運営は四川省都江堰管理局が行っており、傘下に東風渠、人民渠第一、人民渠第二、龍泉山、黒龍灘、外江、通済堰の7つの管理処が配置されている。このうち通済堰管理処は樂山市の管理下にあつて、灌漑区も独立灌区である。各管理処単位の灌漑ブロックの様式は図-6.2.1の都江堰灌漑区用水系統略図に示す。

また、各管理処には各県（市、区）或いは一次用水路の区間毎に管理站が設けられており、その数は1985年時点で50に上る。各組織の主な管理区分は以下の通りである。

都江堰管理局	<ul style="list-style-type: none"> ・ 灌漑区全体の水量の分配・調整 ・ 頭首工の建設、改造、洪水防止と6本の主要一次水路の維持・管理 ・ 年次補修と水路際の緑化計画
管理処	<ul style="list-style-type: none"> ・ 農地灌漑、洪水防止 ・ 一次用水路と平野灌漑区の二次用水路取水口、丘陵灌漑区の各用水路の取水口、一部の二次用水路の整備、建設 ・ 改造水利施設の維持・管理
管理站	<ul style="list-style-type: none"> ・ 管轄内の一次用水路、二次用水路の取水口（丘陵灌漑区では各站が管理する二次用水路を含む）施設の管理、堤防の緑化 ・ 施設の安全と灌漑用水の確保 ・ 水利施設の年次補修、洪水防止計画、施工、改造 ・ 水量の分配

・技術の普及（計画的、科学的な灌漑方法）

6.2.4 灌漑方式

灌漑方式は平野灌漑区と丘陵灌漑区で異なり、それぞれ自流灌漑と貯水灌漑が特徴的である。すなわち、主水源に直結する平野灌漑区では自然流下のため水利用の優先権があり、一方、丘陵灌漑区は用水系統の末端に位置するため水供給の面では不利が生じる。この不均衡を調節するため、丘陵灌漑区には多数の貯水池が建設され、豊水期の余剰水、平野灌漑区の用水需要の合間、あるいは残水を貯留することで灌漑用水を確保している。

6.2.5 水配分

都江堰管理局は最近12年間と前年の流量実績を旬あるいは月毎に整理したデータ、岷江上流の積雪状況、気象の規則性等に基づいて都江堰地点に於ける1年間の流量予測を行い、一方で、農作物の作付けと水需要量、工業・都市生活用水の需要量に基づき水の配分計画を立案している。灌漑用水の配分計画は、先ず各管理処に於いてその年の作付け計画をまとめたのち全灌漑区の水需要量を集計し、これに丘陵灌漑区への送水・貯水計画を加味して作成される。この水配分計画は四川省水利電力庁の審査を経て、2月中に各方面の関係者を集めて用水工作会議に計られ、各部門はこの計画に沿って管理・運営にあたる。

利水は原則として灌漑用水が優先すると規定されている。しかし、実際の各用水系統への水の配分は、まず成都市およびその近郊の工業、都市生活用水（25 m³/s）が確保され、残りが灌漑用水として配分されている。灌漑用水の内には予備水量として5%が考慮されている。この予備水量は通常は6本の主要一次用水路へ需要量比率で配水されるが、水不足の灌漑区が発生した場合は重点的に供給される。また、灌漑用水の配分は実際の水需要量に合致するよう灌漑面積のみでなく、土壌類型による消費水量の大小、利用可能な地下水、貯水施設の有無、作物の季節的な違い、送水損失等が加味されて決定されている。

水配分は基本的には計画に沿って実施されるが、その年あるいはその時期の流況特性に応じて適宜調整・修正されて運用されている。特徴的なシステムとして“水の引継ぎ制”がある。複数の行政界、県を跨ぐ水路では上流端で水を受け取り、下流へは定められた水量を責任を持って引き渡すことにより、広域な水利用の秩序が保たれている。また、5月の増水期からは洪水防御の要素が加わり、出水期は特に洪水防御が重視される。

水配分計画は実績に基づいて計画し、計画に沿って実践するという行為を繰り返すことで、計画と実践が合致するよう修正が加えられてきた。

6.2.6 灌漑水路システム

都江堰からの取水は岷江の兩岸で行われ、水路は岷江左岸（内江）では宝瓶口総一次用水路を経て蒲陽河、柏条河、走馬河、江安河の4系統に、右岸（外江）では沙黒総河総一次用水路から黒石河、沙溝河の2系統に分流している。人民渠へは蒲陽河から、東風渠へは柏条河および徐堰河（走馬河支流）から分水される。また、蒲陽河は青白江地区の工業・生活用水を、柏条河は成都市の工業・生活用水を供給する役割も担っている。平野灌漑区の一次用水路路線見取り図を図-6.2.2に、全体水路網図を図-6.2.3に示す。

水路網はこれら6本の主要一次水路から末端の五次までの水路で構成されている。各レベルの水路は、一次水路（幹線）から分水された水路が二次水路（支線）、二次水路から分水された水路が三次水路（斗線）とランク付けされ、受益面積の大小での分類はされていない。一次水路から三次水路までは概ね送水用の水路で、各管理機関が一括管理している。四次水路と五次水路は各圃場への分配水路である。一次水路から二次水路への分岐点および二次水路が大きい場合は三次水路への分岐点までは銅製水門による流量制御がなされているが、それ以外の三次水路は角落としによる管理である。水路の構造は、一次水路および二次水路はライニングもしくは護岸が施工され、三次水路以降は土水路が多い。

水路は毎年11月から2月の中旬までにメンテナンスのため一時期断水する。断水は約20日から40日程度で、6本の用水系統ごとに順番に行っている。成都市区の工業・生活用水は、柏条河と徐堰河（走馬河支流）が石堤堰で合流することで給水ルートが切り替えられるシステムとなっており、断水することがないように配慮されている。青白江区の工業用水は、蒲陽河がメンテナンスの期間中は渓流水と青白江の還元水が水源となっている。

6.2.7 既存貯水池および溜池

1986年の統計および都江堰マスタープランによれば、灌漑区には大型ダム3基（総有効貯水量6.36億 m^3 ）、中型ダム12基（総有効貯水量2.62億 m^3 ）、小型ダム286基（総貯水量1.33億 m^3 ）、溜池38,756ヶ所（総貯水量2.0億 m^3 ）、その他堰等5,241ヶ所（総貯水量0.6億 m^3 ）が有り、この内、大型および中型ダムは大部分が丘陵灌漑区に分布している。既存貯水池一覧を表-6.3.12に示す。

丘陵灌漑区の貯水池に於ける貯水期間は主に6月上旬から11月上旬で、これ以外の時期では以下の3回の用水ピークの合間に補給する。

- a. 水路補修終了後の放水後から小春作物（越冬畑作物）の灌水前まで（12月下旬から1月下旬）
- b. 小春作物の灌水後から水稻の播種前まで（2月下旬から3月下旬）
- c. 播種・育苗後から水田代掻きまで（4月中旬から5月中旬）

貯水池の運転基準・運転実績については資料収集が不可能であったが、「都江堰志」によれば龍泉山灌漑区のダムの放水時期は以下の年3回である。

- | | |
|------------------------|-----------------|
| a. 2月4日前後の10～15日間 | : 越冬畑作物用水 |
| b. 3月5日頃から4月5日頃までの1ヵ月間 | : 水稲の播種と育苗用水 |
| c. 4月下旬から7月下旬 | : 代掻き・田植え・畑作物用水 |

6.2.8 作付体系

作付体系は、水田作では概ね水稲と小春作物の二毛作が大部分を占める。聞き取りによれば、水稲は3月下旬頃から播種を行った後、5月下旬から6月初旬頃に代掻き・田植えを行い、8月下旬から9月初旬頃にかけて収穫する。小春作物は小麦と油菜が約70%程度を占める。油菜は10月下旬頃、小麦は11月初旬頃に播種し、4月下旬～5月上旬頃に収穫する。畑作物では、大春作物（春に作付ける作物）が野菜等の経済作物、トウモロコシ、サツマイモが代表的で、小春作物は小麦、油菜の他、豆類の作付けが多い。

作付けは農民の自留地以外は制限を受ける。近年、小春作物は小麦、油菜が中心となってきたため、水田の代掻き時期が半月程度の間に集中する傾向となっている。また、これに伴って水稲も中稲が大部分を占めるようになっている。

6.2.9 灌漑用水不足率

現状での水収支計算はなく、また、実績資料も入手できない。従って、都江堰マスタープランで検討された水収支計算より推定する。表-6.3.4の不足水量が平野灌漑区の水不足を表すものとすれば、最大不足量の発生する5月上旬での給水可能量は内江に265 m³/s、一方、必要水量は388 m³/sで不足量123 m³/sとなっており、不足率は32%となる。また、内江平野部の灌漑面積は現状で534.2万ムー（約35.6万ha）、計画で508.75万ムー（約33.9万ha）であり、現状が約5%上回っている。従って面積比により不足率を換算すると現状での基準年における不足率は35%となる。保証率80%、50%の年では、表-6.3.4の不足水量比で単純に推定すると、内江平野部の不足率はそれぞれ21%、14%となる。

丘陵灌漑区の灌漑の現状については、水田と畑の比率がほぼ等しいことが、その状況を如実に表していると考えられる。

6.3 将来計画

6.3.1 計画概要

都江堰灌漑区の灌漑面積は1996年時点で1,003.5万 μ (66.9万ha)であるが、西暦2000年までには1,086万 μ (72.4万ha)に拡張される計画となっている。主な拡張地区は丘陵部に位置する灌漑区である。また、2030年を目標とする長期計画として1,400万 μ (93.3万ha)まで拡張する計画がある。新規拡張地区は毘河灌漑区と呼ばれ、灌漑面積314万 μ (20.9万ha)が見込まれている。位置は丘陵部の人民渠第二灌漑区と龍泉山灌漑区に挟まれた沱江水系内である。毘河灌漑区への送水ルートは走馬河、徐堰河を経て毘河へ分水される。尚、西暦2000年の計画は紫坪鋪ダムの建設が前提となり、西暦2030年の長期計画ではシャバ (Sha Ba) ダムの建設が前提となる。

これらの計画については1989年に四川省水利水電勘测設計院により「四川省都江堰マスタープラン報告書」として取り纏められている。このマスタープランは紫坪鋪ダム初歩設計の基礎となるものであり、次項以下に都江堰マスタープランの灌漑に関する概要を記す。

6.3.2 水源計画

(1) ダム計画

都江堰灌漑区の短期(2000年目標)、長期(2030年目標)の総合水需要に対処するためダムが計画されており、このうち、短期目標を達成するために必要なダムは紫坪鋪ダムである。また、紫坪鋪ダムで供給しきれない人民渠5~7期の補水のため、金塔ダム、清平ダムも短期に計画されているようである。その他のダムは長期計画に含まれている。計画貯水池一覧を表-6.3.13に示す。

(2) 地下水利用

都江堰マスタープランでは灌漑用水に地下水を利用することは農民の負担を増やし、また、無計画な開発は水文・地質条件と生態環境の変化をもたらす等の理由により、短絡的な地下水の開発には比較的慎重である。しかし、地下水の利用は現在の約8.8億 m^3 から、2000年で14.04億 m^3 、2030年で20.12億 m^3 に達する見込みで、その利用の方法として成都市の工業・生活用水の補助水源、成都平野の地方都市と農村の工業・生活用水および畜産用水の水源、および灌漑用水の補助水源が考えられている。

(3) 節水

都江堰マスタープランによれば、“長期の水源補助として平野灌漑区で節水のための措置を採り、灌漑区に4.2億 m^3 の水を提供し、また、現地の流出をさらに2.5億 m^3 増やす”という構想がある。

6.3.3 灌漑計画

(1) 設計灌漑面積

都江堰の設計灌漑面積は前述のように1,086万ムー（72.4万ha）であり、長期計画を含めて最終規模は1,400万ムー（93.3万ha）となる。なお、独立灌漑区である通済堰の灌漑面積は含まれておらず、また、出江河、斜江河、ジェンジャン（Jian Jiang）、綿遠河等の水利施設から直接灌漑を行っている面積も設計灌漑面積には入っていない。各水路別計画灌漑面積を表-6.3.1、県別の設計灌漑面積を表-6.3.2に示す。

(2) 灌漑諸元

灌漑諸元は作付計画、気候、土壌、灌漑面積の分布に基づいて代表27県を選出し、1959～1980年（22年間）の気象資料、四川省土壌センサス、作物の水需要試験等の資料を基に、作物の各成長段階に於ける灌漑諸元に関する基本的指標が定められた。また、これに基づき地区内の主要作物について単位面積当たり用水量が計算され、下表のようにまとめられた。尚、県別単位面積当たり用水量は表-6.3.7に示す。

(単位：m³/ムー)

種別	単位用水量		その内、代掻用水量	
	変動幅	平均値	変動幅	平均値
早稲	256～528	398 (597)	100～135	120 (180)
中稲	306～590	443 (665)	99～146	126 (189)
晩稲	82～358	208 (312)	2～59	31 (47)

出典：都江堰マスタープラン（63頁）

注：平均値の（ ）内はmm換算値。多年平均の有効雨量が見込まれている。

現在では中稲の作付け率がほぼ100%となっている。

(単位：m³/ムー)

項目	小麦	油菜	早トウモロコシ	中トウモロコシ	棉花
変動幅	63～131	104～161	57～156	1～76	20～179
平均値	100 (150)	135 (203)	113 (170)	30 (45)	101 (152)

出典：都江堰マスタープラン（63頁）

注：平均値の（ ）内はmm換算値。平均の有効雨量が見込まれている。

更に、各県の水田および畑地の比率、作付けを参考に水田・畑総合単位用水量が以下のように整理されている。

(単位：m³/ムー)

保証率	10%	20%	50%	80%	90%	多年平均
基準年	1961	1964	1965	1979	1969	-
現状(近期)	343	373	376	423 (635)	479 (719)	390 (585)
計画(長期)	382	400	389	464 (696)	537 (806)	425 (638)

出典：都江堰マスタープラン (63頁)

注：平均値の()内はmm換算値。有効雨量が考慮されている。

(3) 灌漑用水量の計算

前述の灌漑諸元と水路別総合用水量に基づき純灌漑用水量が計算され、更に、この純灌漑用水量をもとに、その地域における各種の水利施設から供給出来る水量を差し引き、各水路の水利用率(別項(4)水収支計算参照)をもって必要用水量が計算される。すなわち、この水路別必要用水量が都江堰に求められる用水量となる。尚、用水量計算の現状および2000年計画の灌漑面積は1,086万ムー(72.4万ha)で、2030年では毘河灌漑区が加算されて1,400万ムー(93.3万ha)となる。現状と計画の用水量の違いは、水供給が改善されることにより水稻の作付け率が若干上がるとの見込みによるものである。

(単位：億m³)

保証率	10%	20%	50%	80%	90%	多年平均
1. 現状	42.06	43.82	45.22	46.97	52.18	45.37
	57.87	60.69	62.82	65.72	73.85	63.08
2. 計画(2000年)	43.63	46.11	46.94	49.90	57.47	48.66
	60.52	65.02	66.77	77.62	88.26	70.82
3. 計画(毘河灌漑区)	11.80	11.18	11.77	14.28	14.44	13.29
	13.11	12.42	13.08	15.87	16.04	14.76
4. 計画(2030年) 2.+3.	55.43	57.29	58.71	64.18	71.91	61.95
	73.63	77.44	79.85	93.49	104.30	85.58

出典：都江堰マスタープラン (64頁)

注：上段；純灌漑用水量 下段；必要用水量

(単位：億 m^3)

基準年	保証率(%)	灌漑用水			平野直接灌漑区			丘陵灌漑区			毘河灌漑区	全灌漑区
		総計	内訳		合計	内訳		合計	内訳			
			内江	外江		内江	外江		内江	外江		
1969	90	57.47	50.45	7.02	38.46	31.84	6.62	19.01	18.61	0.40	14.44	71.91
		88.26	78.04	10.22	55.43	45.72	9.71	32.83	32.32	0.51	16.04	104.3
1979	80	49.90	43.72	6.18	32.34	26.56	5.78	17.56	17.16	0.40	14.28	64.18
		77.62	68.70	8.92	46.73	38.32	8.41	30.89	30.38	0.51	15.87	93.49
1965	50	46.94	41.07	5.87	31.22	25.75	5.47	15.72	15.32	0.40	11.77	58.71
		66.77	58.31	8.46	44.86	36.91	6.95	21.91	21.40	0.51	13.08	79.85
多年平均		48.66	42.79	5.87	31.10	25.63	5.47	17.56	17.16	0.40	13.29	61.95
		70.82	62.37	8.45	44.57	36.63	7.94	26.25	25.74	0.51	14.76	85.58

出典：都江堰マスタープラン（付表9）

注：上段；純灌漑用水量　下段；必要用水量

主要水路別灌漑単位用水量は表 - 6.3.8に示す。

6.3.4 水資源の収支計算

(1) 基本方針

水需要の優先順位は以下のように位置付けられている。

- a. 農業灌漑用水
- b. 成都市の工業・生活用水
- c. その他総合用水
- d. 都市の環境改善用水

農業灌漑用水については平野灌漑区の用水を先ず優先し、次に丘陵灌漑区の用水を確保する。設計保証率も平野灌漑区で90%、丘陵灌漑区で80%が設定されている。貯水池を主たる水源とする丘陵灌漑区への水の補給は、主に6月から12月の増水期の水を貯水し、渇水期においても出来る限り余剰水を供給する。毘河から取水する毘河灌漑区では、まず現在ある灌漑区の用水を満足させるという前提で増水期の水を貯水することになる。豊水年や平水年では毘河灌漑区に渇水期の水を一部供給出来る。

工業用水は年間を通じ、安定して供給する。環境改善用水は主に12月から5月の渇水期に供給し、6月から11月は流域内からの流出と灌漑用水の還元水に頼る。平野灌漑区の水路においては、慣行と都市の環境用水を保証するために“その他総合用水量”として5億 m^3 が考慮されている。また、頭首水収支計算（表 - 6.3.3参照）からみる限り、優先順位は環境用水より上位に位置づけられているよう推察される。

都江堰頭首の水収支計算は、まず灌漑区ごとの需給バランスを確立し、その上で頭首までを累計する。従って、水需給量にはその地における各種の利用可能水量が差し引かれている。また、その他の用途として水力発電がある。ダムの余剰水は出来るだけ12月～4月に利用することで渇水期における発電出力を確保する。水収支計算は1959年から1980年にかけての22年間について毎年の計算を行なっている。

(2) 灌漑地区内の利用可能水量

灌漑地区は平野自然灌漑区と丘陵貯水灌漑区に大別される。平野灌漑区では地区内流出を利用するための貯水池や堰が少なく、また“良く分からない”という特徴があるが、水利施設統計等から利用可能量を分析し、毎年一つの固定常数として計算に見込んでいる。但し、この利用可能量は需要量に対して大きな比重を占めていない。丘陵灌漑区では水を堰止める施設が多く、また有効容量も大きいので施設毎に水計算を行っている。大・中型ダムでは流出量の資料、貯水池での損失、水路の損失を考慮し、流域流出量から給水出来る純水量を求める。

小型ダム、溜池、堰等の水利施設では、小河川の典型調査の異なる確率の給水係数を参考に、その灌漑区の代表的観測所における流出量の資料により給水率曲線を作成し、損失分を差し引いて純給水量を推算する。溜池は4～5月の用水ピークの削減に用いる。灌漑揚水機は灌漑面積および用水量に基づき、必要分のみ供給する。

現灌漑区域内の流出量は10.47億 m^3 で、純需要量の21.5%、マスタープランの灌漑区全体での流出量は13.12億 m^3 で純需要総量の21.2%と見積もられている。

(単位：億 m^3)

区分 工種	都江堰現灌漑区			毘河灌漑区	多年平均合計	設計年 (1969年)
	平野灌漑区	丘陵灌漑区	計			
大・中型ダム	0.24	1.49	1.73	0.14	1.87	0.95
小型ダム	0.62	0.67	1.29	0.76	2.05	1.76
溜池	0.75	0.75	1.50	0.25	1.75	1.40
堰	-	0.41	0.41	0.34	0.75	0.90
揚水施設	0.14	0.83	0.97	1.16	2.13	2.72
井戸施設	4.57	-	4.57	-	4.57	4.57
計	6.32	4.15	10.47	2.65	13.12	12.30

出典：都江堰マスタープラン (76頁)

また、各種水利施設流出量（ネット）は以下のようである。

(単位：億m³)

代表年	保証率 (%)	現灌漑 区流出 量	平野部 水需要	丘陵部水需要				毘河 灌漑区 水需要	総計 水需要
				人民渠 5-7期	東風渠 5期	東風渠 6期	小計		
1969	90	9.55	6.32	1.92	0.62	0.69	3.23	2.75	12.30
1979	80	9.89	6.32	1.96	0.90	0.71	3.57	2.59	12.48
1965	50	10.82	6.32	1.92	1.01	1.57	4.50	2.55	13.36
多年平均		10.47	6.32	2.06	0.92	1.17	4.15	2.65	13.12

出典：都江堰マスタープラン（付表8）

(3) 水路の水利用係数

水路の水利用係数は、平野の自然灌漑区では頭首から直接灌漑区まで定め、丘陵灌漑区では頭首から灌漑区の入口または大きな貯水池までと、灌漑区入口から灌漑区までを別に定める。また、拡張灌漑区の内部の用水路の水利用係数は単独で計算する。水利用係数はいくつかの用水路の実測値を参考に、平野灌漑区の地下水や還元水を考慮し、修正を加えて決定される。各水路系の水利用係数を表-6.3.14に示す。

(4) ダム調節

都江堰マスタープランは紫坪鋪ダムとシャバ (Sha Ba) ダムの建設を前提に策定されている。近期の紫坪鋪ダムの調節の原則は、先ず農業と都市への給水を満足し、洪水防衛、発電等の総合利用も考慮する。長期計画のシャバ (Sha Ba) ダムの調節では、発電が主で、次に農業、都市用水等の総合利用を考慮する。紫坪鋪ダムは原則として12月～翌年5月を給水期とし、6月～11月を貯水期とする。

(5) 水収支計算

水収支計算には以下の4つがある。

- 頭首水収支計算
- 丘陵灌漑区水収支計算
- マスタープラン対象区水収支計算
- 毘河灌漑区水収支計算

1) 頭首水収支計算

都江堰頭首水収支計算の目的は平野灌漑区における水不足の分析と、岷江上流のダム建設後の最大給水能力で都江堰の合理的な最終規模を論証することにある。水収支計算は表-6.3.3に示す4ケースが設定されており、検討結果は以下の通りである。尚、外江水門、飛沙堰水門が完成している現在は既にケースIIの状況にあり、ケースIの記述は省略する。

ケース II：都江堰上流にダムがない場合の灌漑規模の検証。宝瓶口の流入量が480 m³/sに増加しても平野灌漑区の多年平均不足量は0.83億m³、基準年では2.22億m³不足し、このうち12月～5月の渇水期では1.76億m³不足する。設計灌漑面積1,086万ムー（72.4万ha）は達成出来ず、工業・生活用水も25 m³/sより増やせない。

ケース III：紫坪鋪ダムの完成により設計灌漑面積1,086万ムー（72.4万ha）のみでなく、岷河灌漑区を含めた1,400万ムー（93.3万ha）を達成出来る。工業・生活用水も50 m³/sまで増やすことが出来る。都市環境用水は保証率80%以下の年であれば12月～5月の間に25 m³/sが供給出来る。

ケース IV：紫坪鋪ダム、シャバ（Sha Ba）ダムの完成により灌漑面積1,400万ムー（93.3万ha）の他、工業・生活用水については70 m³/s、環境用水では30 m³/sの供給が可能となる。

2) 丘陵灌漑区水収支計算

頭首の水収支計算では平野灌漑区の水不足しか反映出来ない。都江堰の頭首では給水期の最大は丘陵灌漑区の設計流量の規模に合わせての配水しかできない。この流量が丘陵灌漑区の需要と必要とする貯水量を満足出来るか否かについては丘陵灌漑区内の第二次需給バランスを検討しなければならない。丘陵灌漑区の需給バランスは水需要量からその地の流出量のうち純供給量を差し引き、不足する水は都江堰の純供給必要量として必要給水量に換算し、更に都江堰が6～12月に灌漑区まで送水する純給水量をもってバランス計算をする。丘陵灌漑区の1～5月の用水はその地の流出量と貯水池の水を使用する。6～12月では主に都江堰からの供給で、それに加えて貯水池の水量によって翌年の給水を保証する。

丘陵灌漑区の基準年における貯水池容量（灌漑区の取水口までを換算）と現在の水路の流下能力から見た灌漑区の水不足の状況（都江堰頭首まで）を下表に示す。

（単位：億m³）

項目	平野自然灌漑区	人民渠5-7期	東風渠5期	東風渠6期	合計
灌漑区が必要とする貯水池容量	-	5.34	3.02	2.92	11.28
灌漑区の多年平均水不足量	0.83	2.68	0.25	0.48	4.24
基準年（1969年）水不足	2.31	4.46	0.13	1.52	8.42

出典：都江堰マスタープラン（86頁）

丘陵灌漑区の水不足の主な原因は、水路の通水能力が不足していること、年が連続

し丘陵灌漑区が必要とする水量が都江堰から充分供給されないことによる。水不足の解消策として以下のことが考えられている。

- ・丘陵灌漑区に設計上要求されている貯水池の容量が有るという前提で取水時間を延長し、渇水期の水供給量を増やす。またその地の流出と水源の回復で水不足を解消する。
- ・紫坪鋪ダム建設後、平野自然灌漑区の不足分2.31億 m^3 、即ち頭首バランス表の2.22億 m^3 （ここでは灌漑用水標準用量で計算）を満足できる。丘陵灌漑区の不足分2.81億 m^3 （東風渠5期：0.13億 m^3 、東風渠6期：1.52億 m^3 、人民渠5-7期：1.16億 m^3 ）、合計5.12億 m^3 、人民渠ではまだ3.3億 m^3 不足するが、これはその地における水源または周辺山岳地のダムで解決する。

3) 都江堰マスタープラン対象区の水需給バランス計算

都江堰マスタープラン対象区の水需給バランスは頭首の確率需給バランスをもとにしたうえで、対象区における各給水必要量を用いるものであり、都江堰頭首における実際の給水量ではない。また、対象区内の別の水源が供給する水量も計算に入れたものである。詳細は表-6.3.6に示す。

2000年の水需給バランス 対象区における供給可能量は1,400万 μ （93.3万ha）の灌漑用水、工業・生活用水および環境用水を満足させた上で、19.9億 m^3 の余剰があり、基準年（保証率90%）の水需給はバランスがとれている。2000年までに岷河取水施設が完成しているか否かに係わらず水源は保証されている。岷江の水の利用率は現状の35.7%から67.8%に上がり、地下水では利用率29.9%から47.8%に上がる。灌漑区の総合的用水需要を満たすため岷江の水以外に供給可能な水には地下水14.04億 m^3 （このうち成都市工業・生活用水1.35億 m^3 、平野部工業・生活用水8.12億 m^3 、灌漑4.57億 m^3 ）、周辺山岳地のダム3.5億 m^3 （このうち綿遠河等の河川から人民渠への補給水1億 m^3 ）、その他の水源2.5億 m^3 （岷河苟家灘区間の水）、都江堰の持つ潜在的水量4.2億 m^3 （管理強化による水路の水の利用率の向上係数0.05等）がある。

2030年の水需給バランス 水の需要量増加に伴い対象区では必要な水源施設を増すことで給水を確保しなければならない。上流にシャバ（Sha Ba）ダムを建設することで12~5月に5.11億 m^3 新たに増え、宝瓶口の取水規模は520 m^3/s にまで大きくなる。宝瓶口の多年平均取水増加量は3.34億 m^3 、地下水利用の増加4.08億 m^3 （主に平野部の工業・生活用水の増加分を満足させる）、周辺山岳地のダムの給水量4.15億 m^3 、このうち李家岩2.87億 m^3 、サンバ（San Ba）ダム（又は虹口、金塔、通江）1.28億 m^3 。その地における流出量の増加2.5億 m^3 、都江堰で継続して潜在力を発掘することで4.2億 m^3 の有効水量が増加する。これらの水源対策によってマスタープラ

ン対象区の多年平均では尚2.03億 m^3 の余剰水があり、基準年では基本的にバランスがとれている。岷江の水の利用率は76.8%に上がり、地下水の利用率は61.7%に上がる。岷江の水源利用率は四川省では高いレベルに達しているが、水資源の保護と合理的な利用の観点から、計画的な利用と節水を大規模に行う必要がある。特に工業用水の再利用率と農業用水路の水利用係数を引き上げることが必要である。また、別の河川の水資源を本対象区の補給源や補助水源として検討、開発を行う。

4) 岷河灌漑区の水収支計算および取水規模の決定

岷河灌漑区の水需給バランスは紫坪鋪ダムが完成後の都江堰頭首の水収支計算で、都江堰が在来の灌漑区の工・農・総合水需要を満足した上で内江の余剰分を岷河の取水量として計算する。次に、岷河灌漑区その地の流出量とのバランス後の、都江堰からの供給必要水量と第二次水需給バランス計算を行い、対象区の水需要を満足させるに必要な水量や、その需要量に達するにはどのくらいの流量が必要なのかを推算する。このようにして取水量の規模を決め、貯水池の容量を決定する。

施設設計保証率80%の基準年は1977年で灌漑区の必要給水量17.2億 m^3 、灌漑区の水取規模の基準年は1979年で取水量は100 m^3/s 、灌漑区の貯水池容量の基準年は1976年で貯水容量は7.83億 m^3 と決定されている。

6.4 節水の可能性検討

6.4.1 灌漑現況

(1) 消費水量

水稲および畑作の消費水量に関する原単位の情報は入手出来ないものの、各種灌漑試験の実施によりかなりの的確な数字を把握していると思われる。ただ水田の浸透量に関しては7.6 mmから0.9 mmというかなり低い値が示されており、試験方法に問題がなければ水田の質はあまり良くないと考えられる。また代掻き水量についてはかなり高めの値を示している。

畑作についての灌漑試験によれば、代表的作物である小麦、油菜の消費水量はそれぞれ0.97~1.9 mm/日、0.95~1.79 mm/日である。当地の気象条件、作期を考慮すれば妥当な範囲と考えられる。

(2) 有効雨量と純用水量

入手できた資料では、単位用水量はすでに年間の純用水量にまとめられたものだけであるため、計算に見込まれる有効雨量の概念が明確には理解出来ない。

水稲の純用水量についてみると、代掻き水量を除いた年間の純用水量は476 mmとなる。代掻き期間を除いた灌漑期間を100日として推定した有効雨量を加算し、水田の消費水量を推定してみる。有効雨量のモデルとして基準年相当にあたる1982年の府河望江楼の日雨量を用い計算した有効雨量は6月上旬から9月上旬の累計で402 mmとなる。平均年レベルでは有効雨量が15%増加するとすると462 mmとなる。従って、消費水量は938 mmとなり、日消費水量は平均約10 mm程度となる。また、水稲の生育期間中の平均作物消費水量を4 mm/日と仮定すれば浸透量は6 mm/日となる。

畑作物の純用水量についてみると、小麦の場合、灌漑期間が11月初旬から4月末までの6ヶ月間180日、平均消費水量1.2 mm/日程度とすると累積で216 mmとなる。一方、単位用水量は150 mmであることから、降雨量のほぼ100%近くを有効雨量としているように推定される。ちなみに、先の観測所における灌漑期間の累積雨量は63 mmである。

(3) 灌漑効率

灌漑効率の一般的な指標として日本国内の指標を参照すれば以下のようである。

- 水田 : 灌漑効率85~70 %
内訳：送水損失10~20 % (土水路)、配水管理損失5~10 %
- 畑作 : 灌漑効率60~50 %
内訳：地表灌漑の適用効率70 %、送水損失10~20 %

都江堰マスタープランには灌漑効率について特に記述はなく、水路の水利用係数が示されている。この水利用係数には水路の損失の他、平野灌漑区の地下水や還元水が考慮されている。平野灌漑区における水利用効率は0.749から0.587の間にあり、単純平均で0.67となる。一方、水田の灌漑面積に占める割合が86% (平野灌漑区)であることから、一般的な指標を用いた平均灌漑効率は74%となり、また、小春作物の時期では平均55%、通年での平均灌漑効率は65%となる。結果として、平均灌漑効率はほぼ等しいものとなり、地下水や還元水の利用割合がかなり低いか、あるいは水路の損失、配水管理損失がかなり高いのではないかと考えられる。

(4) 作付体系

作付体系については、春先の用水需要のピークを緩和するため小春作物の種類を分散する方が望ましいが、請負生産制により作付けの制約を受ける事情を考慮すれば、当面、現状維持も仕方ないと考えられる。

(5) 施設上の問題

都江堰は紀元前256年頃に建設されて以来灌漑区の拡張を続けてきた。特に、解放以後の拡張は急速であった。その結果、水路の老朽化、断面不足、漏水、取水制御施設の不備など様々な問題が生じている。これらに対し都江堰では、継続的・計画的に改善に取り組んでおり、その改善目標の一環として節水効果が期待できる水路のライニングや取水口水門の設置等が組み込まれている。

6.4.2 水源

(1) 還元水

還元水については現状でも配慮されているようであるが、具体的にどの程度配慮されているのかは不明である。マスタープランの論調からは、考慮はしてあるけれど積極的には見込んではいないようである。これは地下水との相関など解明しにくい性質のものであることに起因するものと考えられる。たしかに都江堰灌漑区の場合、都江堰を扇の要として水路が放射状に分散しており、また、平野部では浅層地下水の影響も強いいため、実測するのはかなり困難であると考えられる。ただ、“その地の流出”や、水路の水利用係数に係わる還元水は含まれていると考えられる。

都江堰灌漑区の平野の地下水位は扇状地の上位部で地表より10 m、中・下流部で2.5 mと比較的低く、また水田の浸透量も低いことから、還元率は浸透量等の0~70%の間、平均的にみて30%程度は期待出来るものと推定される。平野の末端部で湧水が発生しているような場所では、見かけ上の還元率は100%を超える。

丘陵部については地下水があまり豊富でないという以外、地形も含めて状況がよく分からないが、過去の事例等からみて還元率の30%という値は決して大きな値ではなく、この程度は期待してよいのではないかと思われる。

(2) 岷江本流

都江堰の外江水門、飛沙堰水門が完成している現在、取水可能量は左岸（内江）で約520 m³/s、右岸（外江）で沙黒河総一次水路の灌漑水門の設計流量120 m³/sは確保出来る状況となっており、既に長期計画における最大取水量を確保できる水準に達している。

流況の面からみると、最近12年間の月平均流量では12月~5月の乾季の最小流量で98 m³/s~229 m³/s、特に河川流量が枯渇する1月~3月の最小流量は98 m³/s~113 m³/sである。この時期の用水需要量は概ね88 m³/s~148 m³/s程度（表-6.3.9参照）となり、特に河川流量が枯渇する1月~3月では周辺の渓流水も殆ど期待出来ないことから、渇水年では一時期、水源の絶対量が不足すると考えられる。また、同期間の平均の河川流量でみても利用可能量は122 m³/s~140 m³/s程度で、用水需要を十分満たすほどではない。

(3) 支川流量

都江堰灌漑区で利用可能な主要支川の上流にはダム開発計画があり、短期、長期の計画水源として既に見込まれている（表-6.3.13参照）。また、ダムサイトとして開発に問題のあるジェンジャン（Jian Jiang）、石亭江では地区外受益地をそれぞれ15万ムー（10,000 ha）、9万ムー（6,000 ha）抱えており、乾季での余剰水はわずかしき期待できない。

(4) 貯水施設

既存貯水池の運転基準、運転実績については入手できず詳細は把握できないが、灌漑区内最大規模の貯水池である黒龍灘ダム管理站での聞き取り、ここ数年間の貯水位データを閲覧した限りでは無効放流の形跡は見当たらず、健全な運転管理がなされているようである。

また、紫坪鋪ダムをはじめとして、開発の可能性のある貯水池については殆ど予備調査が実施されており、その結果として実施可能なものは短期、長期計画のなかに取り込まれている。

6.4.3 節水の可能性

(1) 都江堰マスタープランの節水計画

今回の調査では、調査団独自に現状の施設、配水組織のもとでの節水の可能性が検討出来るだけの資料は入手できなかった。しかし、都江堰マスタープランでは今後必要な試験研究として以下の3点を掲げ、一部の試験はすでに開始している。

- a. 灌漑用水試験
- b. 還元水の研究と利用
- c. 地下水の大量取水による環境への影響評価

また、2000年以後の事業構想として、“平野灌漑区で節水のための措置をとり、灌漑区に4.2億 m^3 を提供し、現地の流出をさらに2億 m^3 増やす”としている。直接的な記述はないが、これは主に工業用水の再利用率と灌漑用水路の水利用係数の引き上げによるものとみられ、すでに水収支計算の水源量としても見込まれているようである。

(2) その他の節水方法

その他の節水の可能性を探るとすれば以下のような方法があろうが、農民の経営状態（平均耕地面積：成都大辞典によれば約700 m^2 ）、灌漑地区の規模、財政を考慮すれば、洪水防御と連携可能な水管理システムの自動化以外は現実性に欠けると判断される。

1) 永久畑構想

長期計画も含めて水供給量の面から水田に出来ない耕地を永久畑と位置付け、節水灌漑方式を取り入れ、灌漑効率を高める。一般に地表灌漑に比べ適応効率が10～20%上昇する。反面、施設費、動力費が必要となり、輪換畑へは施設導入が難しい。

2) 送水施設のパイプライン化

水路の損失は一般に土水路で15%～20%、ライニング水路で10%、管水路で5%が日本での標準である。特に末端水路まで管路化すると節水効果は大きく、また浸透性の高い地盤上でも節水効果が顕著である。更に、施設の維持管理も容易で、配水組織の水管理システムの自動化も図りやすい。反面、全線パイプライン化では還元水の利用面で不利となり、管路の規模も直径3,000 mmで約20 m³/s程度の送水能力であるから、幹線規模の水路では大口径で多条数のパイプラインとなり、施設整備の費用が高額となる。

3) 水管理システムの自動化

配水管理損失は水路形式、管理組織、管理労力、施設の装置化の程度、水田の分散状況等に影響を受けるが、一般的に5～10%程度が標準で、見かけ上、節水効果は多くは望めない。しかし、用水管理という面からみれば、受益地内へ均等な水を配分するということは基本であるとともに従来から最も困難な課題で、“水争い”は常につきまとうものである。特に都江堰灌漑区の場合、水路は灌漑用水の送水路と洪水の流下河道の両方の側面をもつため相反する制御をタイムリーに行わなければならない。さらに巨大灌漑区ゆえ膨大な数の灌漑水路、分水施設、地区内水源施設を有し、これらは相互の関係を調整しつつ制御を行わなければならない。従って、少なくとも主要施設については一元的な管理を行い、水資源の有効活用、農地保全を含めた防災に努めるべきであろう。

(3) 節水の利用

節水への取り組みについては前述の通り都江堰が先行しており、また短期・長期計画に基づいて既実践の過程にある。

- a. 都江堰の水利用は灌漑用水が最優先に位置付けられており、食料増産という目標のもと如何にして水源を確保し、節水し、灌漑水需要を満たすかについてたゆまぬ研究を続けている。
- b. 丘陵灌漑区では現状でも絶対的な用水の不足がうかがえる。紫坪鋪ダムが建設された後も給水保証率は80%（平野灌漑区は90%に設定）しか確保出来ない。また、

現状で水稲と畑作の比率が平野部の9：1に対し、丘陵部ではほぼ拮抗しており、用水が確保出来ればさらに水田の比率を高めることができる。

- c. マスタープラン作成時点では、都江堰の水利用の優先順位において環境用水の位置付けが低いように思われる。
- d. 営農の近代化（圃場整備、農作業機械の大型化、水田の乾田化等）が進めば灌漑用水の需要もさらに増加する。

これらの状況を考えたとき、環境用水を確保する手段として、紫坪鋪ダムからの給水、工業・生活排水の再利用以外に、以下の項目について検討する必要がある。

- a. 環境用水の重要性の認識と、水利用の優先順位の上位への位置づけ
- b. 2000年以後の計画に見込まれている“その他総合利用水（5億 m^3 ）”との調整
- c. 独自の水源開発（長期計画に予定されている貯水池、地下水）
- d. 近期の暫定手段として灌漑予備用水（灌漑用水の5%）の転用および余剰水の分配

(4) 節水効果

都江堰マスタープランに示された内江平野灌漑区の水路の水利用係数は0.587～0.749の範囲にあり、6主要一次用水路の平均では0.65となる。また、都江堰頭首から丘陵灌漑区の入口までの水利用係数は0.728～0.832の範囲にあり、平均では0.8となる。

平野灌漑区の主要水路のライニング効果を算定するためには、都江堰頭首からライニングを行う主要水路区間の損失と、主要水路分水地点から末端圃場までの水利用係数（管理損失も含まれた）を分割する必要がある。今、頭首から丘陵灌漑区入口までの水利用係数を主要水路の損失に等しいと仮定すれば、平野灌漑区の主要水路分水以降の水利用係数は平均で0.813となる。

一般に、土水路の水の搬送損失は土質や地下水位、搬送距離に左右されるが概ね20%前後、一方、コンクリート水路の損失は10%程度が目安とされ、ライニングした場合の効果は約10%程度と推定される。従って、主要水路ライニング後の平野灌漑区の水利用係数は0.732に改善され、当初の粗用水量に対し、平均で約11%の節水が期待出来る。また丘陵灌漑区への送水量においても、灌漑区入口までの損失が10%軽減されれば、保証率を現状のままで考えた場合、同様に平均で約11%の節水が期待できる。

6.5 水管理システム

都江堰誌によると、1977年より都江堰灌区管理部門は適時・的確に水位を測定し合理的に分水を行うために、集中管制システム、水位データ測定システム、水門自動制御システムからなる水管理システムを導入した。しかし、水管理システムの中核をなす集中管制システムは機器・設備の製作段階で問題が発生し、現在は中断した状態にある。水位データ測定システムおよび水門自動制御システムはそれぞれ数ヶ所で稼働しているようである。

水管理システムの整備は灌漑面積が1,000万 μ m²（約66.9万ha）を超えた現在、さらに灌漑面積の拡大が見込まれる将来にむけて、増大する灌漑用水やその他の用水量の確保、また各灌漑区への合理的で適切な給水を実現するために、近代的でより高密度の管理が不可欠となる。一般に、水管理システム導入の目的、効果は以下のものであるが、都江堰灌漑区の場合はその地域特性から多大な効果が見込まれ、システム導入の意義は大きい。

- | | | |
|---------------|---|--|
| a. 水の有効利用 | : | 必要量の確実な取水、水管理損失・無効放流の軽減、降雨の有効化、必要な貯水量の確保、水源利用順位の規制、複数水源の利用調整 |
| b. 合理的配分 | : | 使用割合の維持、時期的需要量の変動への対応、地域的需要量変動への対応 |
| c. 施設の保全と災害防止 | : | 施設、機器などの異常の早期発見と保護 |
| d. 管理費節減 | : | 動力費の節減、管理労務費の節減 |
| e. その他 | : | 連絡、通報の即応性など |

提案の水管理システムの基本計画は以下の通りである。

6.5.1 水管理システムの整備方針

本システムは現在の主水源である都江堰、将来の主水源となる紫坪鋪ダムを基軸とし、補助的な水源である貯水池、溪流、湧水、あるいはそれに準ずる有効雨量、還元水を連係して利用することにより、これらの利用率の向上を図り、さらに、送配水路が用排水兼用水路であることから洪水防御の機能を強化するものであることが望ましい。

用水管理を主目的とする水管理システムでは、分水量把握率は70%以上、末端の管理規模は50ha程度が望ましいとされる。しかし、都江堰灌漑区の場合、多種・多様な水源、広大な受益範囲、膨大な管理対象施設を有しているため現在の技術水準では末端まで直接的な一元管理を行う実用レベルのシステムの構築は困難である。また、広大な受益範囲を1つの制御系統で処理することは機器の故障時等の危険が大きく、危険分散を図る必要もある。

都江堰灌漑区のように受益地が広大で、用水の供給量に余裕がなく、水路が開水路系の供給

主導型のシステムでは配水管理が重要となる。

システムの整備は設備導入に多大な経費がかかること、システムの運営・管理を行う高度な技術を持った人材が必要であること、用水計画を確立すること等が必要であり、段階を追って実施することが現実的である。

(1) 短期（2010年）目標

短期目標の整備は、a) 紫坪鋪ダム、都江堰、主要分水工の集中監視・制御システムの構築による各灌漑ブロックへの合理的な配水体系の確立と、b) 主要地点の水路情報の監視による水資源の有効利用と洪水防御情報の収集、c) 主要な大・中規模貯水池の貯水情報の収集による灌漑区全体の用水概況の把握、d) 水利用、水管理の最適化を図るための用水データベース構築に必要な情報の蓄積を目的とした灌漑区全体の水管理の骨格を形成するシステムとする。

(2) 長期目標（将来構想）

長期目標の整備は先ず各灌漑区へ副管理所を設置し、短期目標の整備に含まれない一次用水路および二次用水路の監視・制御システム、大・中規模貯水池の監視・制御システムの整備を優先し、さらに最終段階の目標としては三次用水路、小規模貯水池までの監視・制御システムを構築する。中央管理所は全ての副管理所の重要な情報を監視・蓄積して総合水管理システムを完成する。

本マスタープランではプロジェクトの目標である2010年に向けてのシステム整備案を提案するが、水管理システムを構築するには必要な情報が絶対的に不足しているので、概略の計画案を示すものである。

6.5.2 水管理システムの構成

(1) 水管理システムの方式

水管理システムの中核として都江堰管理局に中央管理所を設置し、必要な情報の収集、監視、処理、記録と、水配分の制御を一括して行う。ただし、都江堰灌漑区の主たる水源である紫坪鋪ダムと都江堰は多目的な大型施設で情報量も多く、また危険分散のためにもそれぞれが独立した管理機構を持つべきであり、システム構成の中では副管理所と位置づける。中央管理所と副管理所は相互に必要な情報の交換を行うが、一部、沙黒河の取水門は中央管理所からの集中管理・制御対象とするのが望ましい。

灌漑区のシステムは各用水ブロックへの適正で合理的な配水を行うため、15ヶ所の主要分水工に子局を設置して、中央管理所から集中制御する。また、主要地点の水路情報、貯水池情報の収集のためにそれぞれ4局、6局の子局を設置し、常に状態の監視を行なう

とともに記録を蓄積し、短・長期の配水計画の修正や見直し、洪水への迅速な対応を行う。

図 - 6.5.1に都江堰灌漑区水管理システム計画図を示す。

(2) 管理項目および機能

提案する水管理システムの管理項目および機能を表 - 6.5.1に示す。

(3) 水管理システムの構成

水管理システムの構成概要図を図 - 6.5.2に示す。本システムは都江堰管理局の中央管理所に、紫坪鋪ダムと都江堰の2ヶ所の副管理所、15ヶ所の分水工監視制御局、4ヶ所の水路監視局および6ヶ所貯水池監視局から構成されるシステムである。その位置を図 - 6.5.3に、モニタリングシステムの回線構成を図 - 6.5.4に、システムの設備概要を図 - 6.5.5に、システムのデータ収集伝達フローを図 - 6.5.6に示す。また、本システムは、水利情報収集システム、水利情報処理システム、情報伝達システムの3つのサブシステムから構成される。都江堰管理局に設置される中央管理所の設備配置図を図 - 6.5.7に示す。

6.6 灌漑計画等に関する提案、勧告

都江堰灌漑区は、解放以後の短期間に急激な受益地の拡張を遂げたため、十分な灌漑計画がなされているとは言い難い面がある。かつての用水供給量に余裕のあった時期から、国内の急激な成長過程にある現在では多種・多様な水利用の形態が生じ、用水の需要量も飛躍的に増加して水不足の状況を呈するなど、水環境は大きく変化してきている。1980年代に作成された都江堰マスタープランは、都江堰灌漑区の全体概要を明らかにし、将来の開発計画を示すものであるが、用水供給量が逼迫した状況下ではさらに精度の高い水利用計画を作成する必要がある。水利用のなかでも特に重要な位置を占める灌漑計画では、以下のような点についてさらに調査・検討の余地がある。

- a. 灌漑需要量の根拠となる作物消費水量や土壌調査、水田浸透量などの基礎的・実証的研究や調査を強化し、科学的な根拠に基づいた灌漑計画の基礎諸元の確立する。
- b. 水の搬送や管理などの損失量、渓流水、還元水、湧水、有効雨量など利用可能な補助水源量の適正な評価。
- c. 都江堰灌区で進められている節水灌漑についての取り組みを強化し、実践、普及を促進するとともに、これを反映した灌漑計画を作成する。
- d. 基準年や保証率など一貫性のある水収支の検討と、この結果に基づく灌漑計画の作成。

また、灌漑区の将来計画としては近代的な管理体制・組織への転換が必要であり、さらに、環境への配慮を一層強めた計画とするべきであろう。

- a. 環境保全を重視した水利用計画
- b. 水管理システムの整備とそれに伴う管理体制の再編
- c. 用水データベースの構築と水利用、水管理の最適化の研究

第7章 利水計画・水需要予測

7.1 対象地域

利水計画・水需要予測の対象地域は成都市の内の岷江成都地区である。水需要予測量を推算するにあたり、成都市全体の需要および後述する岷江成都地区の需要を明確にするため、成都市を下記の都江堰内江地区、都江堰外江地区、沱江地区の3地区に分ける。岷江成都地区は都江堰内江地区と都江堰外江地区よりなる。

(単位：km²)

地区名	都江堰内江地区*	都江堰外江地区	沱江地区	成都市全体
面積	2,901	5,491	3,998	12,390

注：*都江堰市白沙河流域を含む

7.2 水需要予測

調査対象地区の現在および将来（2010年）の水需要はすでに成都市水電局、四川省水電庁で推算されているようであるが、その資料が入手できないので、本検討では主として都江堰マスタープランに記載の資料を基に推定する。水需要予測項目として灌漑用水、畜産用水、生活用水、工業用水、河川維持用水の5項目を考える。

7.2.1 灌漑用水

(1) 灌漑面積

本検討の対象となる灌漑区は都江堰灌漑区であり、都江堰マスタープランによると紫坪鋪ダムが竣工した後に灌漑面積が現在の1,003万ムー（66.9万ha）から1,080万ムー（72万ha）になるとしている。紫坪鋪ダムが2007年に竣工すると仮定すると、都江堰灌漑区の将来灌漑面積は下記の通りになる。

(単位：万ムー)

地区	1994年	2000年	2005年	2010年
灌漑面積（合計）	1,003	1,003	1,003	1,080
都江堰内江地区	886	886	886	963
都江堰外江地区	117	117	117	117
沱江地区	-	-	-	-

注：調査対象地域である岷江成都地区は灌漑用水を岷江のみに頼っている。したがって、沱江地区は除外する。

(2) 単位用水量

都江堰灌漑区における灌漑用水量は、都江堰マスタープランにおいて検討されているが単位用水量が不明である。期別用水量は基準年(1969年)のものが記載されている(3.7節節水検討表-3.7.7参照)。しかし、用水量は内江、外江それぞれの総量で記されているため、単位用水量が不明である。本検討は1982年を渇水代表年としており、入手した1982年の気象資料を基に算定した灌漑用水量と灌漑管理所管轄地区別灌漑面積から単位用水量を下記のように確定した。

(単位：m³/s/万ムー)

灌漑区	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
東風渠	0.11	0.15	0.24	0.18	0.26	0.80	0.41	0.50	0.02	0.10	0.23	0.11
人民渠	0.11	0.15	0.24	0.18	0.27	0.84	0.43	0.53	0.01	0.08	0.23	0.11

(3) 灌漑用水需要予測

前記の灌漑面積と単位用水量を用いて、現況および将来の灌漑用水需要を予測した。表-7.2.1に灌漑管理所別灌漑用水需要量を示す。水需要量を地区別に示せば以下の通りである。

(単位：億m³/年)

地区	1994年	2000年	2005年	2010年
対象地域全体	81.9	81.9	81.9	88.0
都江堰内江地区	72.0	72.0	72.0	78.1
都江堰外江地区	9.9	9.9	9.9	9.9

7.2.2 畜産用水

(1) 畜産頭数

四川省は畜産、特に養豚が盛んである。1994年における成都市における畜産別頭数は下記の通りである。

(単位：万頭)

豚	牛	羊	鶏	アヒル	ガチョウ	兎
1,105	32	29	4,097	1,963	1,509	1,018

出典：支川省畜牧食品局生産化学教育処の提供資料

畜産の将来計画については公表されたものはない。畜牧食品局での聞き取り調査によれば、養豚場は規模が拡大する傾向にあり、養鶏場は1990年以降急速に成長を遂げたと

のことである。

上記の現況飼育頭数から、畜産用水の大半は養豚が占めるものと考えられるので、本検討における畜産用水としては養豚に対する用水のみを考える。将来頭数については農業生産の増加率（1994～2000年は4.3%/年および2000～2010年は4.6%/年）と同じ増加率を用い推定した。成都市統計年鑑によると、1994年末の豚飼育頭数は532.9万頭である。これから各年における予測頭数は以下のように推定される。

(単位：万頭)

項目	1994年	2000年	2005年	2010年
豚飼育頭数	532.9	768.0	964.0	1,206.0

(2) 単位用水量

ピ (Pi) 県用水志 (1981年) によると、養豚の単位用水量は50ℓ/日/頭であり、また、日本の標準的な養豚の単位用水量も20～50ℓ/日/頭であることから50ℓ/日/頭を用いる。

(3) 畜産用水需要予測

上記の将来予測頭数と単位用水量より、養豚で代表した成都市全体の畜産用水需要および各地区別畜産用水需要 (面積比より推定) は以下のように予測される。

(単位：万m³/日)

地区	面積 (km ²)	1994年	2000年	2005年	2010年
成都市全体	12,390	26.6	38.4	48.2	60.3
都江堰内江地区	2,901	6.2	9.0	11.3	14.1
都江堰外江地区	5,491	11.8	17.0	21.4	26.7
沱江地区	3,998	8.6	12.4	15.6	19.5

7.2.3 生活用水

(1) 現在人口と将来人口の予測

「成都市国民経済と社会発展の第9次5ヵ年計画と2010年定量目標の要旨 (案)」によれば成都市全体の将来人口 (2000年および2010年の計画人口) は以下の通りである。

(単位：万人)

項目	1995年	2000年	2005年	2010年
予測人口	971.6	1,020	*	1,100

出典：「成都市国民経済と社会発展の第9次5ヵ年計画と2010年定量目標の要旨(案)」

同要旨(案)においては年平均人口増加率は1990年～1995年1.1%、1996年～2000年0.98%、2000年～2010年0.76%としている。但し、将来人口については各区、市、県の内訳が示されていない。そこで、1994年の成都市の全体人口に対する各区、市、県の人口比率を用いて各区、市、県の将来人口を予測した。表-7.2.2に各区、市、県別の予測人口を示す。

(2) 単位用水量

生活用水原単位を推定するにあたり、成都市を1) 浄水場からの給水区域である成都市区5区、2) 生活用水の大半を地下水にたよっているその他の県(市)および3) 都市部は浄水場からの給水があるが農村部は生活用水の大半を地下水にたよっている龍泉驛区および青白江区の3地域に分け、さらに、各地域とも都市部と農村部に分けた。また、年度毎の水量の増加も見込んで単位用水量を想定する。

成都市区5区については、成都市人民政府公用局における聞き取り調査において得た単位用水量を使用した。その他の県(市)における単位用水量は、青白江区水電局および環境保護局、金堂県自來水公司および環境保護局、都江堰市節水弁公室、P(市) 県自來水公司、双流県への聞き取り調査結果を考慮した結果、都江堰市節水弁公室における聞き取り調査の単位用水量が妥当だと判断、使用した。使用した単位用水は以下の通り。

(単位：ℓ/人/日)

地区	1994年	2000年	2005年	2010年
成都市区5区農村部	140	165	189	213
成都市区5区都市部	221	250	265	280
県・市 農村部	60	80	85	100
県・市 都市部	100	120	130	140
龍泉驛区・青白江区 農村部	60	80	85	100
龍泉驛区・青白江区 都市部	221	250	265	280

成都市区5区の都市部における単位用水量をアジア地域の他の大都市と比較すると以下の通りである。

項目	単位	ハノク	北京	テリ	タカ	ジャカルタ	カラチ	マニラ	ソウル	東京	成都
人口	百万人	7.0	11.0	10.0	5.0	8.8	10.0	9.0	11.0	12.0	9.7
原単位	ℓ/人/日	240	190	225	120	157	124	116	180	580*	221

注：1) 出典 Managing Water Resources to Meet Megacity Needs, ADB, 1993

Water Utilities Data book, ADB, 1993 他

2) *東京の生活用水単位用水量は給水量および夜間人口から算出。

上表より生活用水単位水量は最低でマニラの116 ℓ/人/日、最高で東京の580 ℓ/人/日となり、成都5区都市部の現在の単位用水量である221 ℓ/人/日および2010年の280 ℓ/人/日は妥当な値であると考えられる。

(3) 生活用水需要

上記の予測人口および単位用水量を基に成都市各市、県、区における生活用水需要を算定した。結果を表-7.2.3に示す。同表より都市部、農村部別の生活用水需要量は以下のようになる。ただし、生活用水の再利用は考慮しないこととする。

(単位：万m³/日)

地区	1994年	2000年	2005年	2010年
成都市区5区農村部	6.1	6.9	7.2	7.4
成都市区5区都市部	39.1	48.1	54.1	60.8
県・市 農村部	33.7	44.8	46.4	52.9
県・市 都市部	9.8	16.7	23.5	31.5
龍泉駅区・青白江区 農村部	3.8	5.1	5.3	6.0
龍泉駅区・青白江区 都市部	3.6	5.4	7.3	9.3

また、上記の生活用水需要量は地区別には下記の通りである。

(単位：万m³/日)

地区	1994年	2000年	2005年	2010年
成都市全体	96.1	127.0	143.8	168.0
都江堰内江地区	53.8	67.1	74.8	82.6
都江堰外江地区	18.4	26.5	30.8	39.2
沱江地区	23.9	33.3	38.2	46.2

7.2.4 工業用水

(1) 工業生産高

工業用水需要は本来であれば、各業種別の工業用水使用量から算定すべきであるが、成都市各区、県、市の業種別工業生産高等の資料が入手できなかったため、四川年鑑、成都年鑑等より各区、県、市別の総工業生産高を引用し工業用水需要を予測した（現在の工業生産高および2000年、2005年、2010年の工業生産高予測の詳細は2.3章-経済開発計画を参照。）。成都市における現況および将来の工業生産高は以下の通りである。

(単位：億元)

項目	1994年	2000年	2005年	2010年
成都市工業生産高	761	1,603	2,533	4,000

注：1995年価格

(2) 単位用水量

工業水の単位用水量および再利用率（再利用水量／水使用量）は成都市公用事業局での聞き取り調査の結果をもとに以下の値を使用した。

(単位：m³/万元)

項目	1994年	2000年	2005年	2010年
工業水単位用水量	83.4	80.0	78.0	75.0
再利用率 (%)	48.0	52.0	58.0	65.0

一方、日本の工業水再利用率は以下の通りである。

(単位：%)

項目	1965年	1975年	1985年	1988年
再利用率	36.6	67.0	74.6	75.3

注：出典 水開発利用と水質保全、国土開発調査会1992

日本における工業水再利用率と比較して、成都市の現在の工業水再利用率である48%および2010年の工業水再利用率65%は妥当な値であると考えられる。

(3) 工業水需要

将来の工業水需要量は上記の各区、県、市別工業生産高と単位用水量より表-7.2.4に示すように予測される。同表より生活用水と同様に3地区に分けた場合の工業水需要量は以下の通りである。

(単位：万 m³/日)

地区	1994年	2000年	2005年	2010年
成都市区5区	35.0	82.4	118.9	173.9
龍泉驛区、青白江区	18.7	43.4	63.0	97.7
その他県・市・区	120.2	225.7	359.3	550.4

また、上記の工業用水需要量は地区別には以下の通りである。

(単位：万 m³/日)

地区	1994年	2000年	2005年	2010年
成都市全体	173.9	351.5	541.2	821.9
都江堰内江地区	70.0	150.1	230.6	342.8
都江堰外江地区	40.3	70.8	113.4	177.6
沱江地区	63.6	130.6	197.2	301.5

7.2.5 河川維持用水

河川維持用水として景観用水、生態系保全用水、水質改善保持用水の3種類を考える。但し、沱江地区および外江地区については河川断面資料、流量資料等が入手できないので対象外とする。なお、舟運用水については現在の舟運は場所が限定されており、自然流量に従い、流量の豊富な季節だけに行なわれているので、現状を維持する程度にとどめるものとし、舟運用水は計上しないこととする。同様に漂流用水も、漂流区間は都江堰宝瓶口から蒲柏水門を通り柏条河経由で府河洞子口までであり、漂流の期間はおよそ5月から10月までで、渇水期は漂流の為に灌漑河川は使われていない状況にあるので漂流用水は計上しないこととする。

1) 景観用水

河川における主要景観を維持するために、河川が確保すべき水面幅等の水理条件を満足し得る流量を景観用水量とする。

第4章 河川環境整備事業計画での検討の結果、必要景観用水量は以下の通りである。

河川	水質基準点	河川幅 (m)	平均勾配 (‰)	景観用水量 (m ³ /s)
府河	大安街渡口	45.0	1	8.2
府河	永安大橋	41.0	1	7.5
府河	華陽鎮	42.5	0.97	7.7
府河	順河鎮	50.0	0.95	8.9
南河	安順橋	50.0	1	9.2
沙河	成仁橋	25.0	1.25	5.1
江安河	鶴林鎮	30.0	2.5	8.7

2) 生態系保全用水

第13章 生態系・環境影響評価でも述べられている通り、指標魚類の体高を最大20 cmと想定し、生態系保全のための必要生態系保全用水量を求めると以下の通りとなる。

(単位：m³/s)

基準点	大安街渡口	永安大橋	華陽鎮	順河鎮	安順橋	成仁橋	鶴林鎮
生態系保全用水量	3.2	4.0	4.0	3.4	3.2	1.3	対象外

3) 水質改善浄化用水

水質改善計画において勧告された水質改善のための必要浄化用水量は以下の通りである。

(単位：m³/s)

基準地点	大安街渡口	永安大橋	華陽鎮	順河鎮	安順橋	成仁橋	鶴林鎮
水質改善浄化用水量	6.4	27.8	40.0	58.8	15.1	11.3	11.3

以上の3項目より河川維持流量を水質基準点ごとにまとめると以下の通りである。また、調査対象地域内河川の河川維持用水は3.4節に述べる通りである。

(単位：m³/s)

河川	水質基準点	景観	生態系保全	水質改善	河川維持用水
府河	大安街渡口	8.2	3.2	6.4	8.2
府河	永安大橋	7.5	4.0	27.8	27.8
府河	華陽鎮	7.7	4.0	40.0	40.0
府河	順河鎮	8.9	3.4	58.8	58.8
南河	安順橋	9.2	3.2	15.1	15.1
沙河	成仁橋	5.1	1.3	11.3	11.3
江安河	鶴林鎮	8.7	対象外	11.3	11.3

注：河川維持用水は景観、生態系保全、水質改善をすべて満足する流量とする。

また、成都市環境保護局によると成都市の環境用水については、中華人民共和国水利部の文献「水規（1991）13号」および国家環境保護局の文献「（1991）環監字150号」の規定に基づき、紫坪鋪ダム完成後には成都市府南河総合整備計画における環境用水需要量を満足することを保証することとなっている。これに基づき、渇水期（12月から5月まで）に成都市に対し20 m³/sの環境用水を提供することが国家規則に基づき決定されている（成都市環境保護局1996年7月5日）。

また、府南河総合整備が終了（1997年末予定）し、紫坪鋪ダムができるまでの間は都江堰より5 m³/sの環境用水が配水される予定である。

岷江成都地区における主要河川の維持用水量を図-7.2.1にまとめる。

7.2.6 総水需要

上記の灌漑用水、畜産用水、生活用水、工業用水および維持用水の水需要予測をまとめると成都市全体においては以下の通りである。

(単位：億 m³/年)

項目	1994年	2000年	2005年	2010年
灌漑用水	81.90	81.90	81.90	88.00
畜産用水	0.97	1.40	1.76	2.20
生活用水	3.50	4.62	5.23	6.11
工業用水	6.33	12.79	19.70	29.92
河川維持用水*	12.55	14.30	15.12	18.10
合計	111.20	119.21	127.09	144.73

注：*府河 順河鎮地点（58.8 m³/s）

また、岷江成都地区においては以下の通りである。

(単位：億 m³/年)

項目	1994年	2000年	2005年	2010年
灌漑用水	72.00	72.00	72.00	78.10
畜産用水	0.23	0.33	0.41	0.51
生活用水	1.96	2.45	2.73	3.01
工業用水	2.56	5.48	8.41	12.51
河川維持用水*	18.50	18.50	18.50	18.50
合計	95.25	98.76	102.05	112.63

注：*府河 順河鎮地点 (58.8 m³/s)

一方、2010年の成都市における水資源賦存量と利用可能水量は以下の通りである。

(単位：億 m³/年)

水資源の種類	成都市行政区域内 水資源賦存量	利用可能水量
I. 地区外の水資源	184.0	73.1
岷江上流区表面流出	153.4	59.8
龍門山区表面流出	19.0	5.2
耶峽山区表面流出	11.6	8.1
II. 地区内の水資源	60.9	43.2
地区内表面流出	39.4	27.6
地区内地下水	21.5	15.6
合計	244.9	116.3

注：地区内表面流出からの利用可能水量は水資源賦存量の70%とした。

上記の利用可能水量116.3億 m³/年は前述した2010年の成都市全体の水需要量144.7億 m³/年を28.4億 m³/年下回っており、水需要の大半を占める灌漑用水を削減して水受給のバランスを保つことになる。また、上記の水収支には岷江主流金馬河の維持用水は含まれておらず、金馬河の維持用水および灌漑用水の不足を補うためには岷江中上流域および沱江流域での水資源開発が急務である。

7.3 調査地域内利水施設

7.3.1 給水施設

現在の成都地区における既設浄水場は下表に示す6浄水場で、合計給水能力は108.3万 m³/

日である（1996年7月現在）。図-7.3.1に第一、二、五および六浄水場の位置を示す。給水範囲が明確ではないが、表-7.2.4に示すように成都市区5区および龍泉驛区の都市生活・工業用水を給水している（龍泉驛区および建設委員会での聞き取り調査）。1995年の総給水量は2億8,274万 m^3 であった（成都市公用局による）。

既設浄水場	設計給水能力（万 m^3 /日）	水源
第一浄水場	7.3	府河および地下水
第二浄水場	23.0	沙河
第五浄水場	15.0	沙河
第六浄水場	60.0 ^(*)	柏条河、徐堰河
龍泉驛区第一浄水場	1.0	獅口湖
龍泉驛区麻石橋浄水場	2.0	東風渠
合計	108.3	

注：*第三期拡張工事20万 m^3 /日を含む

出典：岷96-138、成都市都市給水の初歩計画（概略）他

7.3.2 既存給水計画

成都地区の経済発展に伴い増大する工業用水、生活用水需要に対処するため、成都市では2000年、2005年、2010年の3期に分け、第六浄水場4期、5期、6期拡張計画、龍泉驛麻石橋浄水場拡張計画および岷江自來水浄水場の新設を計画している。

上記の浄水場が建設された場合には、各計画年における給水能力は以下のように増強される。

（単位：万 m^3 /日）

浄水場	1996年	2000年	2005年	2010年
第一浄水場	7.3	7.3	7.3	7.3
第二浄水場	23.0	23.0	23.0	23.0
第五浄水場	15.0	15.0	15.0	15.0
第六浄水場（1～3期）	60.0	60.0	60.0	60.0
第六浄水場（4期）	-	40.0	40.0	40.0
第六浄水場（5期）	-	-	40.0	40.0
第六浄水場（6期）	-	-	-	60.0
龍泉驛区第一浄水場	1.0	1.0	1.0	1.0
龍泉驛区麻石橋浄水場	2.0	2.0	2.0	2.0
龍泉驛区麻石橋浄水場（拡張）	-	18.0	18.0	18.0
岷江自來水浄水場（新設）	-	20.0	20.0	20.0
合計	108.3	186.3	226.3	286.3

出典：岷96-138 成都市都市給水の初歩計画（概略）他

7.3.3 水需給状況

上記の浄水場の給水範囲の資料は入手できなかったが、給水範囲を成都市区5区への生活・工業用水、龍泉驛区への都市部生活用水・工業用水および双流県双流鎮付近の新規工業地帯への工業用水とすると以下のような需給状況となる。

(単位：万 m³/日)

項目	1996年	2000年	2005年	2010年
成都市区5区生活・工業用水	80.1	137.3	180.4	242.2
龍泉驛区都市生活・工業用水	9.7	24.0	30.9	46.0
双流県都市生活・工業用水 ^(*)	4.3	8.7	13.2	20.1
合計需要量	94.1	170.0	224.5	308.3
合計給水量	108.3	186.3	226.3	286.3
不足量	0.0	0.0	0.0	22.0

注：*双流県東弁鎮工業地帯への工業用水は県全体の工業用水需要の20%として推定した。

表を基に岷江成都地区の浄水場水需給状況を図-7.3.2に示す。図から分かるように、給水量が需要量を上回るのは2000年と2005年前後であり、大半の期間は不足している。2010年においては第六浄水場6期拡張工事が終了しても22万m³/日の不足量がある。よって、既存の浄水場建設計画を早めるとともに、2010年においては第六浄水場7期拡張または新規浄水場の建設が必要となる。

7.3.4 河川施設

本節においては、主に次節に続く水収支計算に必要な現況河川施設としては以下の14ヶ所の堰・水門がある。これらの施設は都江堰灌漑区河川/用水路の流量を制御する重要な施設である。

また、表-7.3.1に水収支対象地域内の主要水路概況を示し、表-7.3.2に各灌漑河川における平均流量を示す。

(1) 都江堰 宝瓶口

図-7.3.3に都江堰概要図を示す。都江堰灌漑区の内江水系は全て宝瓶口を経て内江の主要灌漑用水路である蒲陽河、白糸河、走馬河、江安河へと続く。宝瓶口の設計流量が明記された資料はないが、1996年の都江堰灌漑区の配水計画では東風渠灌漑区および人民渠灌漑区へ457 m³/s送水する計画となっている。

(2) 蒲柏水門（蒲陽門）

宝瓶口からの流入水はその下流 1,078 m（仰天窩水門の下流 292 m）の蒲柏水門において蒲陽河および柏条河へ分配される。蒲陽河の蒲柏水門における設計流量は 200 m³/s である。蒲柏水門7門のうち蒲陽河用が4門、柏条河用が3門である。水門底部の標高 720.74 m である。

(3) 蒲柏水門（柏条門）

蒲柏水門からはまた柏条河が分岐する。府河への水源の一つとなっている柏条河の蒲柏水門における設計流量は 80 m³/s、河川延長は 44.76 km である。

(4) 走江水門

仰天窩水門の下流にある走江水門からは、走馬河および江安河が分岐する。江安河は下流で分岐する楊柳河の流域内の灌漑用水および牧馬山灌漑区における灌漑用水の水源でもあり、重要な灌漑用水門となっている。走江水門の江安河部分の設計流量は 70 m³/s であり、走馬河部分の設計流量は 220 m³/s である。

(5) 江安河青龍咀水門および楊柳河略哉渠水門

走江水門にて分岐し江安河はその下流にある楊柳河接口略哉渠水門において楊柳河が分岐する。略哉渠水門の設計流量は 20 m³/s、河川延長は 52.31 km である。一方、青龍咀水門は江安河への分水を担当する。

(6) 牧馬山水門

青龍咀水門の下流にある牧馬山水門（双流県金花橋）において、江安河より牧馬山灌漑用水路が分岐する。牧馬山水門地点における用水路の設計流量は 10m³/s である。

(7) 聚源水門

走江水門において江安河と分岐した走馬河はその下流にある聚源水門において徐堰河が分岐する。聚源水門地点における徐堰河の設計流量 180 m³/s を持つ。徐堰河の河道延長は 35.14 km である。

(8) 兩河口水門

聚源水門において徐堰河と分岐した走馬河は、その下流にある兩河口水門において沱江河が分岐する。沱江河の兩河口水門地点における設計流量は 30 m³/s である。一方、兩河口水門地点より走馬河は清水河と名称を変更し、37.40 km 下流の龍爪堰まで続く。清水河の兩河口水門地点における設計流量は 40 m³/s である。

(9) 龍爪堰水門

兩河口水門を始点とする清水河は龍爪堰水門にて南河および龍爪堰用水路に分れる。武侯区を北南に流れ、双流県華陽鎮上流にて府河と合流する龍爪堰用水路は、龍爪堰水門下流にある42,728ムーの耕地の灌漑用水路として、また武侯区内の農村生活用水と工業用水排水路として使用されている（四川省東風渠管理处灌漑管理科での聞き取り調査）。よって、渇水期においても龍爪堰水門での流量の大半が優先的に龍爪堰用水路へ配分され、残流量が南河に配分される（東風渠管理处での聞き取り調査）。

(10) 石堤堰水門

柏条河および徐堰河は石堤堰水門において合流した後、再び毘河と府河に分岐する。石堤堰における毘河の設計流量は130 m³/s、府河の設計流量は125 m³/sである。

(11) 東風渠取水門

府河は石堤堰下流にある東風渠取水門において東風渠全灌漑区の灌漑用水を分水する。東風渠取水門の設計流量は80 m³/sである。

(12) 洞子口水門

府河は東風渠取水門下流において沱江河と合流した後、洞子口水門において成都中心区の生活・工業用水の源のひとつである沙河と府河本流に分岐する。

(13) 人民渠取水門

蒲陽河は蒲柏水門より下流24.5 kmに位置する人民渠取水門において人民渠（一期から七期灌漑区の用水路）と清白江に分れる。人民渠取水門の設計流量は135 m³/sである。

(14) 沙黒総河取水門

沙黒総河取水門は外江灌漑区の取水口であり、岷江主流の右岸から直接取水を行う。沙溝河、黒石河、三合堰、西河への灌漑用水および外江灌漑区の生活・工業用水を取水している。設計流量は120 m³/sである。

7.4 水収支計算**7.4.1 対象地域**

岷江成都地区の水収支計算は成都三河（府河、南河、沙河）の将来水量見通しを検討することを主眼とし、都江堰内江灌漑区水系を中心に対象地域を設定した。本検討の水収支計算対象地域を図-7.4.1に示す。

7.4.2 流域分割

提供された都江堰灌漑区域図および成都市全図（1:170,000）を用いて、対象地域を図-7.4.2に示すように河川流域ごとに18流域（11河川流域および府河の7分割流域）に分割した。各分割流域の面積を表-7.4.1に示す。対象地域の面積は2,386.2 km²であり、対象地域内の灌漑面積は1,029.2 km²である。

外江水系内の水収支は直接的には成都三河の水環境には影響を及ぼさないので、詳細検討は不要と判断し、全体を1単位として取り扱うことにした。同様に、人民渠灌漑区および東風渠灌漑区も1単位として取り扱う。

7.4.3 水収支計算網

流域分割を基に作成した水収支計算網を図-7.4.3に示す。水収支計算はこの計算網を基に行う。

7.4.4 利用可能水量

(1) 渇水代表年

表-7.4.2に宝瓶口の流量資料を示す。同表の年平均流量が示すように1976年から1985年の近年10ヵ年の第一位渇水年は1982年である。したがって、本水収支計算における渇水代表年として、1982年を選定した。ちなみに、都江堰マスタープランでは1969年が採用されているが、流量資料が入手できなかった。

(2) 流量

1) 岷江流量

本水収支計算における主水源は岷江本川の流量である。計算の出発点となる都江堰の流量は紫坪鋪ダムサイト流量と白沙河楊柳坪水文観測所地点の流量の合計である。内江灌漑区への流入量は都江堰宝瓶口流入量で表わされ、水収支計算網出口の流量は岷江彭山観測所の流量で検証する。1982年の上記3水文観測所における月平均流量は以下の通りである。

(単位：m³/s)

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
都江堰	148	128	139	189	382	813	1,004	522	925	581	301	185
宝瓶口	111	108	107	137	268	406	381	357	329	276	168	114
彭山	51	55	52	72	74	537	916	503	1,250	479	284	194

2) 灌漑区河川流量

水収支計算に組み込む灌漑区河川は江安河、走馬河、蒲陽河、柏条河、徐堰河、楊柳河、沱江河、清水河、南河、府河、沙河、牧馬山灌漑用水路、龍爪堰灌漑用水路である。人民渠、東風渠、清白江、昆河への配水量も水収支計算に組み込む。これらの河川、水路のうち、1982年の月別流量が入手できたのは表-7.3.2に示す河川、水路である。

(3) 自流域流出量

自流域の降雨の内、灌漑区域の降雨は灌漑用水需要量に含まれていることから、本水収支計算における自流域からの流出量としては、非灌漑区域の降雨量からの流出量のみを考える。

都江堰マスタープランによると、成都平野全体(面積11,545 km²)の多年平均年降雨量は1,013.4 mmであり、流出量は341.4 mmである。流出率は0.34である。また、成都平野のうち水収支計算対象地域を含む平野区においては0.33の流出率となっている。したがって、本水収支計算においては流出率として0.3を採用した。各分割流域面積および各分割流域内の灌漑面積、非灌漑面積を表-7.4.1に示す。降雨量は望江楼観測所の1982年の日降雨量を使用した。

(4) 地下水利用水量

調査対象地域(2,386.2 km²)内における生活用水、工業用水および畜産用水の需要量は以下の通りである。

(単位：億m³/年)

項目	1994年	2000年	2005年	2010年
生活用水				
・成都5区および龍泉驛区	1.55	1.86	2.05	2.25
・県・市	0.46	0.61	0.70	0.79
工業用水				
・成都5区および龍泉驛区	1.12	2.79	3.96	5.74
・県・市	1.30	2.45	4.06	6.12
畜産用水				
・調査対象地域全体	0.18	0.26	0.33	0.41

上記の内、給水施設から配水される成都5区および龍泉驛区は地表水を水源としている。一方、その他の県、市は地下水に頼っている。

また、灌漑用水の地下水に対する需要量は都江堰マスタープランでは灌漑面積1,400万ムー(93.3万ha)に対して、4.57億m³と推定されている。これより、本調査の各年における地下水に対する灌漑用水需要量を灌漑面積比により以下のように推定した。

(単位：億m³/年)

項目	1994年	2000年	2005年	2010年
生活・工業・畜産用水	1.94	3.32	5.09	7.32
灌漑用水	3.27	3.27	3.27	3.53
地下水需要量	5.21	6.59	8.36	10.85

調査対象地域(2,386.2 km²)における地下水開発可能量は総量12.03億m³と推定され、上記の需要量を満たすとすると、2010年においては利用率90%となる。調査対象地域内においては、現況の地下水利用の増加のみを考えれば2010年までの需要量を満たすことは可能である。したがって、本水収支計算では地下水量は考慮しない。

7.4.5 水収支計算方法

(1) 水収支計算概要

岷江成都地区水収支計算は大きく分けて、以下の項目から構成されている。

- a. 分水点分水比の算定
- b. 各基準点における分水量算定
- c. 分割流域内における自流域流出量の算定
- d. 分割流域内における灌漑用水量と還元水量の算定

- e. 分割流域内における生活・工業用水量と還元水量の算定
- f. 各基準点における計算配分量と実測値の比較（同定作業）
- g. 残流域流入量の算定

上記により各計画年の低水流量配分図を確定する。水収支計算の要となる分水地点分水ルール、分割流域内各用水取水・排水量と取水・排水地点および各用水還元率について以下に述べる。

(2) 分水点分水比

分水地点の水門操作規定の資料が入手できなかったため、本検討では1982年の各水門の実測流量資料より分水比を求めた。実測流量資料のない水門については必要分水量を灌漑用水需要量等から推定した。表-7.4.3に同定作業の結果得た月別分水地点分水比を示す。

(3) 分割流域内各用水取水・排水量と取水・排水地点

本水収支計算においては灌漑用水、生活用水および工業用水を水収支計算の需要量とする。畜産用水については、都江堰マスタープランでは成都市における畜産用水需要の1.4%を都江堰で賄うとしているが、その水量は極めて少なく、98.6%は地下水で賄われている。畜産用水の水源を地下水に頼るのは今後も続くと思われる。したがって、水収支計算には畜産用水需要は含めない。

灌漑用水

分割流域内の灌漑用水量は単位用水量と分割流域内の灌漑面積を用いて算出した。表-7.4.4に月別分水地点分水比の同定作業に使用された1982年の分割流域別灌漑用水需要量および各計画年の分割流域別灌漑用水需要量を示す。

水収支対象地域内の灌漑用水の取水地点はその分割流域の始点直下流とした。一方、排水地点は都江堰灌漑区域図(1:200,000)、灌区渠系図(都江堰MP添付図)、成都市全図(1:170,000)および現地踏査の結果に基づき決定した。(図-7.4.3水収支計算模式図参照)。

生活用水

各分割流域内における生活用水需要量および生活排水量は各分割流域内における行政区面積および人口密度をもとに算定した。生活排水は各分割流域の末端にて河川に戻るものと仮定した。また徐堰河流域のように成都地区浄水場の取水地点がある流域においては、その取水量を分割流域内の生活・工業用水(下記参照)とは別にその流域から他流域への送水量として計算した。これらの浄水場は給水人口、給水面積がはっきりしていないため、成都市区5区内にて還元するものと仮定した。(図-7.4.3水収支計算模式図参照)。

成都地区の浄水場への供給ルートは走馬河～徐堰河～府河に限定した。また、都江堰分水計画（都江堰管理局）にもあるように、内江への総流入量から浄水場への供給量をまず確保し、残りの流量を設定した分水比で各河川に分配するものとした。

工業用水

生活用水需要と同様に、各分割流域内における行政区分面積および工業生産高密度（人/民元/km²）から各分割流域の工業用水需要量および工業排水量を算定した。

(4) 各用水還元率

各用水の還元率の資料は入手できなかったため、一般に採用されている以下の還元率を使用した。

- a. 灌漑用水還元率 30%
- b. 生活用水還元率 40%
- c. 工業用水還元率 40%

7.5 水収支

7.5.1 現況利水施設での水収支

図-7.5.1に1982年の灌漑、生活、工業用水需要および実測流量を使用した水収支シミュレーションから得た渇水期平均流量と1982年における分水地点の実測値（渇水期平均流量）を示す。また、四大灌漑区河川（江安河、走馬河、蒲陽河、柏条河）分水地点および成都三河各基準地点（石堤堰、東風渠取水口、大安街渡口、洞子口、安順橋、望江楼）における月別計算値と実測値の比較を図-7.5.2に示す。

7.5.2 将来水量予測

岷江成都地区の将来水量予測として以下の3ケースについて将来流況を検討した。

(1) 現況利水施設による水収支

1982年の水収支シミュレーションによって得られた各水門分水比を渇水代表年における分水比とし、現況利水施設のみを考えた場合、すなわち紫坪鋪ダムなしの場合、の2000年、2005年、2010年における主要水質基準地点の流況を検討した。

図-7.5.3に主要水質基準地点における各年の流況、図-7.5.4に主要地点の渇水期（12月～5月）平均流量を示す。

(2) 紫坪鋪ダム完成後

本調査では与件として取り扱う紫坪鋪ダムは2007年に完成の予定となっている。そこで、紫坪鋪ダム有りの場合の2010年の水収支計算を行なった。提供された紫坪鋪ダムからの放流量資料は1975/76年の貯水池操作計算の結果(月別)のみであることから、渇水代表年(1982年)の紫坪鋪ダムからの放流量は灌漑用水需要をもとに推定した。

また、都江堰での分水比は1982年の都江堰における外江、内江および金馬河への分水比を入手済の日別流量資料より算出した。この分水比で、紫坪鋪ダム建設後の都江堰の流量を配分した。内江への配分量が灌漑用水需要と比べて不足する場合は、分水比を変化させ再配分した。

図-7.5.5に推定した紫坪鋪ダム放流量および宝瓶口における紫坪鋪ダム建設後の流入量を示す。

渇水期(12月~5月)における紫坪鋪ダムよりの環境用水 $20\text{ m}^3/\text{s}$ の配分を府河 $2\text{ m}^3/\text{s}$ 、南河 $9\text{ m}^3/\text{s}$ 、沙河 $9\text{ m}^3/\text{s}$ と想定した場合の2010年の主要水質基準地点の流況を図-7.5.6に、主要地点の渇水期(12月~5月)平均流量を図-7.5.7に示す。

(3) 灌漑用水節水

紫坪鋪ダムのみでは十分な環境用水を確保できないことから、灌漑用水の節水を考える。節水率は15%とする(節水量検討の詳細については6章-灌漑参照)。節水量は水需要量ではなく配水量の15%とした。内江水系灌漑用水配水量の15%節水によって得られる各月の流量と紫坪鋪ダム建設により得られる環境用水 $20\text{ m}^3/\text{s}$ を合せて再配分可能流量として図-7.5.8に示す。

上記配分可能量を水質改善計画に基づき、再配分した後の2010年の主要水質基準地点の流況を図-7.5.6に、主要地点の渇水期(12月~5月)平均流量を図-7.5.9に示す。

7.6 利水計画・水需要予測に関する勧告

前節の利水計画・水需要予測の内容については以下の点についてさらに検討の余地がある。

(1) 水需要予測

灌漑用水、畜産用水、生活用水、工業用水、河川維持用水ともに不十分な資料に基づき需要予測を行なわざるを得なかった。年間総量としては中国側の資料に記載の需要予測におおむね似通ったものとなっているが再検討が必要である。

(2) 取排水地点および取排水量

生活用水と工業用水の給水現状および給水計画における給水範囲、取水地点、排水地点および取排水量の資料が提供されなかったため、水収支計算は想定で行なわざるを得なかった。計算の精度を上げるためにはこれらを明確にする必要がある。

(3) 紫坪鋪ダムよりの放流量

紫坪鋪ダム完成後の流況予測のためには紫坪鋪ダムの貯水池操作ルールが必要であるが、資料が提供されなかったため、本検討では代表渇水年（1982年）の紫坪鋪ダムよりの放流量は推測値となっている。

紫坪鋪ダムへの流入量および貯水池操作ルールに基づき、代表渇水年（1982年）の紫坪鋪ダムよりの放流量を求める必要がある。