

大韓民國政府

建設部

長期多目的ダム開発計画
予備妥当性調査

第二次

主報告書

JICA LIBRARY



1048643[9]

1979年9月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 84. 8. 27	110
登録No. 13939	61.7 MPN

はじめに

国際協力事業団は、日本政府の海外技術協力事業実施機関として、大韓民国政府の要請に応え、長期多目的ダム計画予備妥当性調査を二次にわたり実施した。

第一次調査は1977年10月から1978年6月にかけて実施され、第二次調査は、久野一郎氏を団長とし、1978年7月から1979年9月の間、第一次調査の結果選定された10対象ダムの多目的開発の妥当性を予備的に検討することを目的として行なわれた。

国際協力事業団は農林水産省、通商産業省、建設省、福岡県、水資源開発公団の専門家によって構成された作業監理委員会（相原信夫委員長）を設置し、調査期間を通じて調査団に適宜助言を与えた。大韓民国政府は建設部を実施機関とし、現地調査期間中、カウンターパートの提供のほか、所要の便宜供与を行い、また、農水産部および関係諸機関は調査団に種々の協力を行った。

ここに提出された報告書は第二次調査の全成果をとりまとめたものである。私はこの報告書が日韓両国政府関係諸機関の見解をじゅうぶんに反映しているものと信ずる。また、この報告書が韓国の水資源開発に役立てられ、同時に韓国の社会経済発展に寄与するならば幸である。

おわりに本調査の任にあたられた調査団各位の労をねぎらうとともに、調査に協力された大韓民国政府関係者、在大韓民国日本大使館関係者、ならびに調査団派遣に御支援を頂いた外務省、農林水産省、通商産業省、建設省、水資源開発公団の関係者および作業管理委員会の各位に対し、感謝の意を表わすものである。

昭和54年9月

国際協力事業団

総裁 法眼晋作

伝 達 状

国際協力事業団

総 裁 法 眼 晋 作 殿

大韓民国長期多目的ダム開発計画予備妥当性調査第二次の最終報告書を提出致します。本報告書は、大韓民国政府がすすめている長期多目的水資源開発計画に寄与すべく作成致しました。作業監理委員会の助言と大韓民国政府のコメントはすべて本報告書に盛り込まれております。

第二次調査においては、10対象ダム計画を検討し、その結果、漢江ではバムソンゴル、洪川、達川、良峴、洛東江では臨河、蟾津江では住岩の6対象ダムが、各流域の水資源開発に大いに貢献し、かつ経済性も高いことを明らかに致しました。他方、麟蹄、九切、奉化、咸陽の各対象ダムは経済性にやや劣るものの、社会情勢の変化に対応してその必要度が高まれば、考慮の対象になり得ると判断致します。

多目的ダムが流域全体に及ぼす影響を考慮し、ダムのみならず、水資源開発に関連する諸分野について深く検討し、重要な結論を本報告書に取りまとめました。主な検討事項は、都市・工業用水需要と農地開発の規模の予測、水資源総合開発計画に不可欠な流域水収支解析、河川水文および関連洪水被害額算定、洪水調節による土地涵養便益算定、包蔵水力の有効利用等であります。

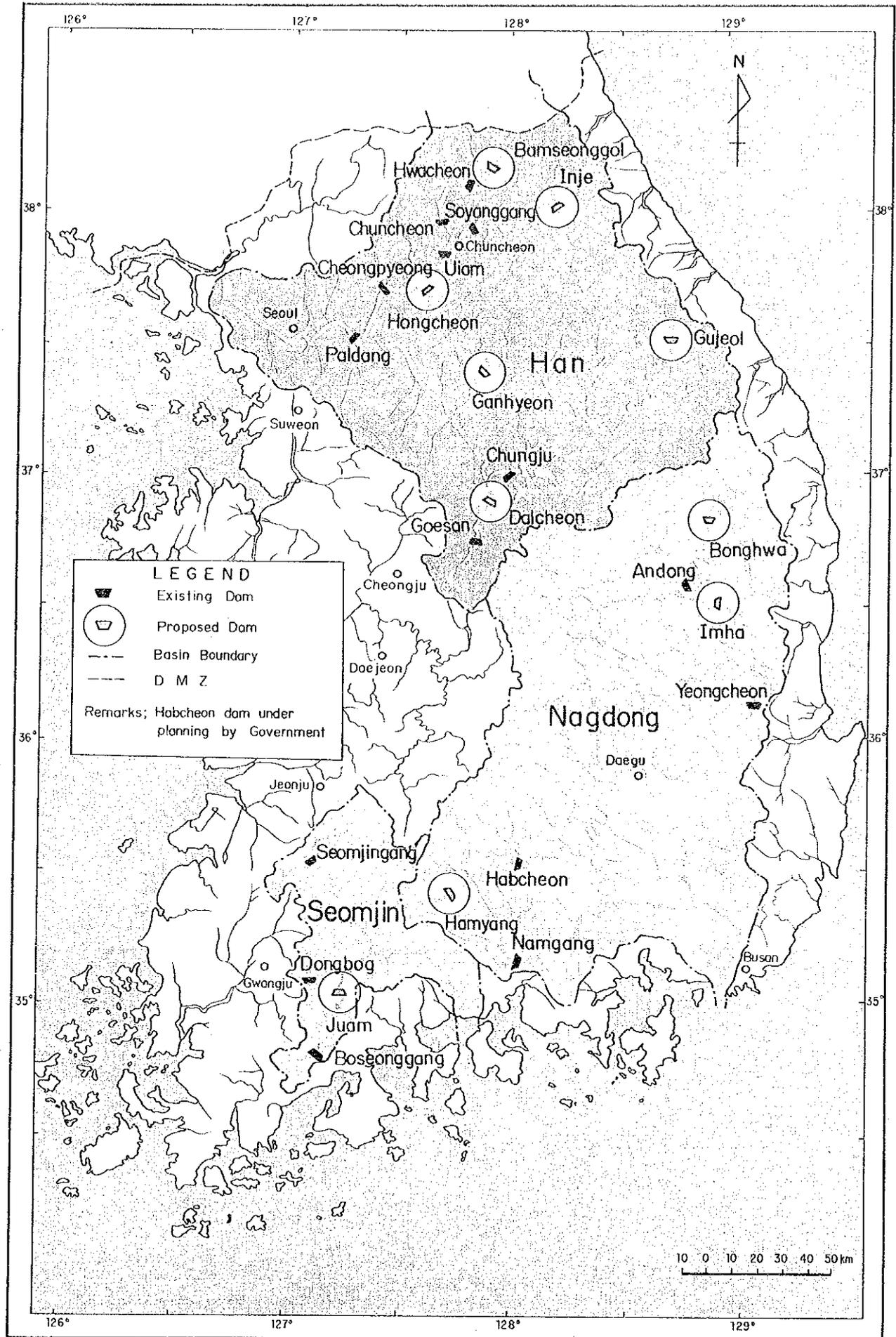
本報告書を提出するにあたり、現地調査および国内作業の間、多大な御協力と御支援を賜った貴事業団ならびに作業監理委員会、外務省、農林水産省、通商産業省、建設省、水資源開発公団関係者各位、在大韓民国日本大使館の方々、および大韓民国政府建設部、農水産部、関係政府諸機関各位に対し、心から感謝の意を表するものであります。

昭和54年9月

大韓民国・長期多目的ダム開発計画

予備妥当性調査 第二次

団長 久 野 一 郎



報告書の構成

- 第 1 卷 主報告書(英文)
- 第 2 卷 付属報告書(英文)
- A 一般経済
 - B 気象・水文
 - C 対象ダムサイトへの洪水流入量
 - D 対象ダムの洪水調節効果
 - E 土 壤
 - F 農 業
- 第 3 卷 付属報告書(英文)
- G 灌 漑
 - H 都市・工業用水供給
 - I 都市・工業用水供給用代替水源
 - J 電力市場
 - K 水収支計算
- 第 4 卷 付属報告書(英文)
- L 対象ダムサイトの地質
 - M 建設材料
 - N 対象ダムの洪水調節便益
 - O 補 償 費
 - P 設計および工事費積算
 - Q 経済分析
- 第 5 卷 図 面 集
- 主報告書(和文)

目 次

伝 達 状	
語彙・略語表	
単位・換算表	
ダムサイト名 英日訳対照表	
結論および提案の要旨	1
1. 序	11
1.1 予備妥当性調査	11
1.2 第一次調査	11
1.3 第二次調査	11
1.3 最終報告書	12
2. 事業の背景	13
2.1 国土と人口	13
2.2 韓国の経済	13
2.3 韓国の農業	14
2.4 公共施設	16
2.5 水資源開発	17
2.6 本調査の意義	18
3. 三流域の現況	19
3.1 水 系	19
3.2 気 象	20
3.3 水 文	20
3.4 土 壤	21
3.5 流域の農業現況	22
3.6 都市および都市・工業用水供給	23
4. 土地・水資源開発の将来予測	25
4.1 農地開発	25
4.2 作付体系および灌漑用水量	25
4.3 都市・工業用水需要予測	26
4.4 河川維持用水	27
4.5 電力市場	28
5. 水 収 支	31

5.1	方 法 論	31
5.2	設 定 条 件	31
5.3	流 域 の 分 割	33
5.4	流 量 記 録	33
5.5	結 果	33
6.	貯水池操作	35
6.1	操 作 方 法	35
6.2	既設ダム of 操作	35
6.3	対象ダム of 運転開始時期	37
6.4	対象ダム of 操作	37
6.5	計画目標年	38
7.	設計および工事費積算	39
7.1	比較規模の設定	39
7.2	設計基準	39
7.3	工事費積算基準	40
7.4	バムソングルダム	40
7.5	麟蹄ダム	42
7.6	洪川ダム	43
7.7	九切ダム	44
7.8	達川ダム	45
7.9	良峴ダム	46
7.10	奉化ダム	47
7.11	臨河ダム	48
7.12	咸陽ダム	49
7.13	住岩ダム	50
8.	農業便益	53
8.1	将来の作物収量	53
8.2	農業粗収入および純収益	53
8.3	灌漑工事費	54
8.4	純増加便益	55
8.5	農業生産の喪失	55
9.	対象ダムによる洪水調節	57
9.1	対象ダムサイトへの洪水流入量	57
9.2	対象ダムによる洪水調節効果	57

9.3	洪水調節便益	58
10.	都市・工業用水供給代替ダム費用	61
10.1	都市・工業用水代替ダム	61
10.2	都市・工業用水供給便益	61
11.	代替発電設備の費用	63
12.	経済分析	65
12.1	便 益	65
12.2	費 用	65
12.3	最適規模決定の原則	65
12.4	運転開始時期	65
12.5	洪水調節容量の最適規模	66
12.6	発電目的の妥当性	66
12.7	ダム規模の最適化	66
12.8	内部収益率	67
12.9	経済的内部収益率算定における仮定の説明	68
12.10	中間型放流方式	69
13.	計画ダムの優先順位の考察	71
	文 献	73

付 表 目 次

表- 1	第二次調査団員名簿	75
表- 2	中間報告書記載の対象ダム暫定計画(1 / 2)	76
表- 3	中間報告書記載の対象ダム暫定計画(2 / 2)	77
表- 4	特別市・道別人口	78
表- 5	主要経済指標	79
表- 6	主要農業指標	80
表- 7	既設発電用ダム概要	81
表- 8	既設多目的ダム概要	82
表- 9	気象資料	83
表- 10	本調査の流量資料算定根拠	84
表- 11	ダムサイトへの流入量算定基礎	85
表- 12	算定した年平均降雨量と流出量の一覧表	86
表- 13	農村振興庁概略土壌図の作図単位要約	87
表- 14	土壌分類別分布面積	88
表- 15	水稲多収穫新品種栽培に関する水田土壌分類基準	89
表- 16	水稲多収穫新品種栽培適性別水田土壌分布面積	90
表- 17	形態別土地利用可能面積	90
表- 18	三流域の主要農業指標	91
表- 19	水稲多収穫新品種作付状況	92
表- 20	三流域の作物別平均収量	92
表- 21	既設麗川・光陽工業用水道の概要	93
表- 22	灌漑施設別水田分類	94
表- 23	漢江流域の農地開発予測面積	95
表- 24	北部洛東江流域の農地開発予測面積	96
表- 25	中部洛東江流域の農地開発予測面積	97
表- 26	南部洛東江流域の農地開発予測面積	98
表- 27	蟾津江流域の農地開発予測面積	99
表- 28	算定した灌漑用水量	100
表- 29	漢江流域の予測給水人口	101
表- 30	洛東江流域の予測給水人口	102
表- 31	蟾津江流域の予測給水人口	103
表- 32	都市用水量算定基準	103

表-33	三流域に依存する都市・工業用水予測	104
表-34	漢江下流域における純損失水量の概算	105
表-35	洛東江の水質汚濁防止要水量	106
表-36	長期電力開発計画	106
表-37	年間純消費水量	107
表-38	算定した不足水量	108
表-39	忠州ダムの放水量	108
表-40	各対象ダムに想定した貯水池操作方式	108
表-41	貯水池操作検討結果(1/2)	109
表-42	貯水池操作検討結果(2/2)	110
表-43	模擬設計対象ダムの概要	111
表-44	工事費積算に用いた主要単価	112
表-45	住岩ダム付帯都市・工業用水パイプライン計画の概要(本流案)	113
表-46	住岩ダム付帯都市・工業用水パイプライン計画の概要(分水案)	114
表-47	水稲在来品種および多収穫新品種の収量変遷	115
表-48	水田土壌の生産力指数	115
表-49	灌漑条件別の水稲収量	116
表-50	耕地整理の実施効果	116
表-51	水稲予想収量	117
表-52	畑作予想作付体系	117
表-53	畑作物予想収量	118
表-54	農作物価格	118
表-55	農用資材価格	119
表-56	水稲の経済的生産費	119
表-57	灌漑畑作物の経済的生産費	120
表-58	非灌漑畑作物の経済的生産費	120
表-59	米作粗収入および純収益	121
表-60	畑作粗収入および純収益	122
表-61	灌漑施設の経済的工事費	122
表-62	貯水池灌漑による純増加便益	123
表-63	本流ポンプ灌漑による純増加便益	124
表-64	支流ポンプ灌漑による純増加便益	125
表-65	貯水池灌漑の純増加受益面積	126
表-66	本流ポンプ灌漑の純増加面積	127

表 - 67	支流ポンプ灌漑の純増加面積	128
表 - 68	漢江流域における灌漑純増加便益の5年間毎の合計額	129
表 - 69	洛東江流域における灌漑純増加便益の5年間毎の合計額	130
表 - 70	蟾津江流域における灌漑純増加便益の5年間毎の合計額	131
表 - 71	対象ダム水没地区内の農業生産喪失額	132
表 - 72	対象ダムサイトに対して算定したピーク洪水量	132
表 - 73	対象ダムによる100年確率洪水位の低下量	133
表 - 74	土地涵養便益算定に用いた純農業別益	134
表 - 75	算定した洪水調節便益(1/2)	135
表 - 76	算定した洪水調節便益(2/2)	136
表 - 77	都市・工業用水代替ダムの概要	137
表 - 78	竜溪ダム付帯都市・工業用水パイプライン計画の概要	138
表 - 79	算定した500MW専焼火力発電所の経済的建設単価の内訳	139
表 - 80	代替火力発電費用の構成	139
表 - 81	一定放流方式の場合の5時間ピーク発電の検討結果	140
表 - 82	一定放流方式の場合の18時間発電の検討結果	141
表 - 83	対象ダムの最適規模決定上の制約条件	142
表 - 84	一定放流方式の場合の対象ダム諸元(1/2)	143
表 - 85	一定放流方式の場合の対象ダム諸元(2/2)	144
表 - 86	需要対応放流方式の場合の対象ダム諸元(1/2)	145
表 - 87	需要対応放流方式の場合の対象ダム諸元(2/2)	146
表 - 88	算定した都市・工業用水原水単価	147
表 - 89	計画が成り立つ対象ダムの経済的内部収益率	148
表 - 90	代替施設費を都市・工業用水供給便益および発電便益として計上した場合の経済的内部収益率	149
表 - 91	代替施設の経済的内部収益率を変化させた場合の住岩ダム分水案Aルート計画の経済的内部収益率	149
表 - 92	住岩ダム計画本流案の貯水池操作法検討結果	150

付 図 一 覧 表

- 図－ 1 対象および既存ダムサイト位置図
- 図－ 2 地質図
- 図－ 3 山脈および水系概要図
- 図－ 4 三流域の等雨量線図
- 図－ 5 水文資料を利用した水位観測所およびダム位置図
- 図－ 6 貯水容量－放流量曲線
- 図－ 7 都市・工業用水需要地位置図
- 図－ 8 農地開発予測図
- 図－ 9 在来および将来の作付暦
- 図－ 10 洛東江河口付近の取水施設
- 図－ 11 算定した不足水量
- 図－ 12 漢江における供給水量および不足水量
- 図－ 13 洛東江高靈橋における不足水量
- 図－ 14 陝川ダム建設後の洛東江における供給水量および不足水量
- 図－ 15 河口堰建設後の洛東江における供給水量および不足水量
- 図－ 16 不足水量増加曲線
- 図－ 17 対象ダムによる用水供給（ 1 / 4 ）
- 図－ 18 対象ダムによる用水供給（ 2 / 4 ）
- 図－ 19 対象ダムによる用水供給（ 3 / 4 ）
- 図－ 20 対象ダムによる用水供給（ 4 / 4 ）
- 図－ 21 住岩ダム計画用不足水量増加曲線
- 図－ 22 住岩ダム付帯都市・工業用水パイプライン計画（本流系）
- 図－ 23 住岩ダム付帯都市・工業用水パイプライン計画（分水系）
- 図－ 24 集水面積と 1 0 0 年確率洪水の相関
- 図－ 25 洪水解析のために設定した流路区分
- 図－ 26 竜溪ダム付帯都市・工業用水パイプライン計画
- 図－ 27 対象ダム計画の年便益および年経費

略 語 表

ADB	アジア開発銀行
ADC	韓国農業振興公社
BOK	韓国銀行
DMZ	休戦ライン
EPB	韓国政府経済企画院
FAO	国際連合食糧農業機関
FLIA	韓国土地改良組合
HRBS	USAID/KOWACO 漢江流域合同調査団
IBRD	国際復興開発銀行(世界銀行)
IRRI	国際稲作研究所
ISWACO	韓国産業基地開発公社
JICA	国際協力事業団(日本)
KECO	韓国電力株式会社
KOWACO	韓国水資源開発公社(産業基地開発公社の前身)
MAF	韓国政府農水産部
MOC	韓国政府建設部
NACF	全国農業協同組合中央会(韓国)
OECE	海外経済協力基金(日本)
ORD	韓国政府農村振興庁
PORD	韓国政府道農村振興院
UNDP	国際連合開発計画
UNSF	国際連合特別基金
US/AID	合衆国国務省国際開発局
USBR	合衆国開拓局
USDA	合衆国農務省
KOR 13	UNDP/FAO 土壌調査事業
KOR 16	UNDP/FAO 洛東江流域土地・水資源開発計画
KOR 72	UNDP/FAO 洛東江流域デルタ計画
KOR 75	UNDP/FAO 洛東江流域開発計画妥当性調査

語 彙

行政単位

道	日本の県に相当
郡	道の下の行政区域 日本の郡に相当
面	郡の下の行政区域 日本の村に相当
里	面の下の行政単位 日本の大字に相当
邑	面と同格の行政区域 日本の町に相当
市	郡と同格の行政区域 日本の市に相当
特別市	道と同格の特別行政区域 日本の政令指定都市に相当
区	特別市の下の行政区域で郡と同格 日本の特別区に相当
洞	区あるいは市の下の行政区域で面もしくは邑と同格 日本の町に相当

單 位 • 換 算 一 覽

1) Length

mm = millimetre
 cm = centimetre
 m = metre
 km = kilometre

2) Areas

ha = 10^4 m^2 = hectare
 pyeong = 3.31 m^2
 danbo = 300 pyeong = 992 m^2
 jeongbo = 10 danbo = 0.992 ha

3) Volume

lit = $1,000 \text{ cm}^3$ = litre
 Seok = Volume containing
 100 kg unhulled rice
 144 kg polished rice
 105 kg barley
 138 kg naked barley
 141 kg polished barley
 138 kg wheat
 114 kg unhulled millet
 124 kg polished millet
 142 kg rye
 135 kg corn
 135 kg soybeans

4) Weight

mg = milligramme
 g = gramme
 kg = kilogramme
 ton = 1,000 kg = ton
 gwan = 3.75 kg
 geun = 0.16 gwan = 600 g

5) Time

s = second
 min = minute
 h = hour
 d = day
 yr = year

6) Money

\$ = US dollar
 W = Won
 \$ = W 485, 1978 price level
 mill = \$ 10^{-3}

7) Electrical Measures

V = Volt
 A = Ampere
 H = Hertz (cycle)
 kV = Kilovolt
 W = Watt
 kW = Kilowatt
 MW = Megawatt
 kWh = Kilowatt hour
 MWh = Megawatt hour
 GWh = Gigawatt hour
 Ohm = Resistances
 mho = Micromhos = conductance

8) Other Measures

ppm = parts per million
 % = per cent
 o/oo = per thousand
 PS = Horse power (75 mkg/s)
 pH = scale for acidity
 °C = degree centigrade
 10^3 = thousand
 10^6 = million
 10^9 = billion (milliard)

9) Derived measures are based on the same symbols:

m^3/s = cubic metre per second
 ton/ha = ton per hectare
 kWh/yr = kilowatt hour per year
 kVA = kilovolt ampere

10) Technical Terms

BOD = Biochemical oxygen demand
 dia. = Diameter
 El. = Elevation above mean sea level
 H = Height or water head
 HWS = Reservoir high water surface
 K = Potassium
 LWS = Reservoir low water surface
 N = Nitrogen
 P = Phosphorus
 PVC = Polyvinyl chloride
 TSP = Triple superphosphate
 TWS = Tailwater surface of turbine

ダムサイト名 英日訳対照表

調査対象ダム

Bamseonggol	dam	バムソンゴル	ダム
Inje	dam	麟 蹄	ダム
Hongcheon	dam	洪 川	ダム
Gujeol	dam	九 切	ダム
Dalcheon	dam	達 川	ダム
Ganhyeon	dam	良 峴	ダム
Bonghwa	dam	奉 化	ダム
Inha	dam	臨 河	ダム
Hamyang	dam	咸 陽	ダム
Juam	dam	住 岩	ダム

既設ダム (計画中を含む)

Hwacheon	dam	華 川	ダム
Chuncheon	dam	春 川	ダム
Soyanggang	dam	昭 陽 江	ダム
Euiam	dam	衣 岩	ダム
Cheongpyeong	dam	清 平	ダム
Chungju	dam	忠 州	ダム
Goesan	dam	槐 山	ダム
Paldang	dam	八 堂	ダム
Andong	dam	安 東	ダム
Yeongcheon	dam	永 川	ダム
Habcheon	dam	陝 川	ダム
Nangang	dam	南 江	ダム
Seonjingang	dam	蟻 津 江	ダム
Boseonggang	dam	宝 城 江	ダム
Daecheong	dam	大 清	ダム

結論および提案の要旨

経緯

1. 大韓民国政府は、1960年代後半以来、昭陽江、安東、大清、忠州等の大多目的ダムを建設してきたが、今後も工業化を急速に展開し、土地の高度利用を推進し、食糧供給を安定化していくためには、近い将来にさらに多くのダムが必要になると想定される。
2. 日韓両国政府の合意に基づき、水質源総合開発の見地に立ち、将来開発すべきダムの選定を目的として、1977年より国際協力事業団（JICA）は長期多目的ダム予備妥当性調査を実施してきた。
3. 1978年6月に完了した第一次調査では、24対象ダムから10ダムを第二次調査の対象として選定した。すなわち、漢江流域のバムスンゴル、麟蹄、洪川、九切、達川、良峴ダム、洛東江流域の奉化、臨河、咸陽ダムおよび蟾津江流域の住岩ダムである。第二次調査ではこれら10ダムに関し、より詳細な調査検討を行い、その結果を本報告書に取りまとめた。

検討内容

4. 水稻の多収穫新品種が導入された1972年以来、韓国における米穀収穫高は目覚ましく増加し、1977年には600万tonを記録して米穀自給をほぼ達成した。将来の農業基盤整備は、食糧生産をいっそう安定させるための灌漑施設の拡充、農業機械化、労力節減および合理的な水管理の実現を目標とする耕地整理推進の方向をとるものと考えられる。本調査では、農業基盤整備事業の伸びを次記のように予測した。

年次	漢江		洛東江		蟾津江	
	1976	2001	1976	2001	1976	2001
耕地 総面積	344	342	479	473	98	100
水田 総面積	159	162	285	287	64	65
水田灌漑面積	102	135	206	258	39	52
水田耕地整理 施工済み面積	18	98	76	185	7	34
畑地 総面積	185	180	175	186	33	35
畑地 面積	-	16	18	47	-	2

5. 漢江流域の都市・工業用水需要は、大部分がソウル-仁川首都圏に集中している。近く完成する首都圏上水道事業により、首都圏の大部分は八堂ダムから用水供給を受けることになっている。洛東江流域内における都市・工業用水の主な需要地は大邱市と亀尾市であるが、隣接海岸地帯にある釜山，蔚山，浦項，馬山等の諸都市のほらが、さらに大量の水を洛東江から取水している。蟾津江は、光州市と麗川市の湖南化学工業基地へ都市・工業用水を供給している。麗川を含む光陽湾沿岸で開発中の工業団地は、将来都市・工業用水大消費地となるであろう。本調査では、116都市と21工業地帯における都市・工業用水需要を検討し、下記のとおり需要予測を行った。

年次	漢江		洛東江		蟾津江	
	1976	2001	1976	2001	1976	2001
都市人口(百万人)	9.8	15.8	6.3	10.8	0.3	1.0
都市用水年間需要(百万 m^3)	777	2,238	333	1,429	18	86
工業用水年間需要(百万 m^3)	209	1,474	201	1,085	5	444
年間都市・工業用水需要 (百万 m^3)	986	3,712	534	2,514	23	530

6. 都市・工業用水需要，農業用水需要，および河川維持用水を考慮して水収支を検討した結果，本流に対する水需要が大幅に増大し，一方，支流域の水需要は本流で利用可能な水を減少させる傾向にあることが明らかになった。水不足は渇水時に起こり，この渇水は冬季ばかりでなく夏季にも発生する。特に夏季には灌漑用水量が大きいから，水不足も顕著に現われる。漢江の昭陽江ダムと

忠州ダムおよび洛東江の安東ダムからの放流がないと仮定して、各流域におけるピーク不足水量の伸びを下記のように算定した。

単位：毎秒 m^3

	1986	1991	1996	2001
漢江流域	71	85	104	132
洛東江流域	143	159	169	179
蟾津江流域	13	17	19	22

7. 漢江において不足水量がピークに達する時期のダム放出量を、昭陽江ダムは毎秒 $55.5 m^3$ 、忠州ダムは毎秒 $119.5 m^3$ と算定した。合計放流量毎秒 $175 m^3$ は漢江流域の不足水量を2008年まで充足できる。安東ダムは、ピーク不足水量毎秒 $142.5 m^3$ をまかなえるが、これは洛東江流域における1985年のピーク不足水量に相当する。このことは新しいダムの建設準備を開始すべき時期にきていることを示している。韓国政府は、洛東江に陝川ダムあるいは河口堰の建設を計画中である。陝川ダムの純供給水量は毎秒 $13.8 m^3$ 、河口堰では毎秒 $24.1 m^3$ と算定された。河口堰の着工以前に、追加調査を要し、大邱と亀尾の汚水処理施設整備にも時間を要するから、両者のうち安東ダムに続く事業として陝川ダムが建設されるものとした。安東、陝川ダムに続く新規ダムは1990年に必要となる。蟾津江流域においては、現在の需要量でも、すでに渇水年には水不足が発生している。

8. 通常の発電用ダムのように、水需要と無関係に一定放流をとる貯水池操作方式（一定放流方式）と、安東ダムのように水需要に対応して放流量を変動させる貯水池操作方式（需要対応放流方式）を仮定して対象ダムの開発水量を検討し、計画供給目標年を設定した。漢江流域では、昭陽江ダムと忠州ダムが供給の限界に達した以後は、水不足が生ずる日数は限られていると予想されるから、需要対応放流方式が特に有効となる。洛東江流域では、安東ダムがすでに不足水量のピーク部分に対処しているが、やはり需要対応放流方式のほうがいくぶ

ん有利である。蟾津江流域については、漢江流域と同様のことがいえる。需要対応放流方式は純供給水量を最大にし、一方、一定放流方式は発電を最大にする。両者の折衷型として中間型放流方式が考えられる。この方式では、水不足の発生しない期間にもできるだけ大きい放流量を維持し、ピーク水不足期間には放流量をさらに増大させることにより、発電と用水供給双方を有利にする。

9. 対象ダムを建設することにより発電が可能な場合は、一定放流方式を検討した。需要対応放流方式は、対象ダムの下流に大貯水池があり、このダム操作法の効果が発揮されない場合以外について検討した。蟾津江の対象住岩ダム計画では、本流案と分水案を検討した。本流案では、ダムの貯水をダム直下流に放流し、需要者が蟾津江から取水する。分水案では、ダムの貯水の大部分を分水トンネルとパイプラインで蟾津江流域に隣接した南海岸を經由して消費地へ送水する。三つの分水案を検討したが、ルート A は主要消費地と仮定した光陽湾沿岸地帯と計画貯水池を結ぶ最短経路、B ルートは南海岸でのダム建設を含み、ルート C は途中の農業用水需要に対応可能と思われる経路を選んだ。

10. 対象ダム計画は都市・工業用水供給、農業用水供給、洪水調節および発電を目的として検討した。都市・工業用水供給便益は費用最低の代替ダムの経費として算定した。算定した原水単価は割引率 8 % で m^3 当り 0.9 ないし 3.9 セントである。農業用水供給便益は対象ダム運転開始時点から供給目標達成年の間に増加する純農業収益から灌漑施設費を差引いたものとした。洪水調節便益は、1967 年から 1976 年までの洪水被害統計額に基づいて算定した。算定した便益は、直接被害減少額と、洪水頻度が減少した土地において、より収益性の高い作物が栽培可能になるために増加する土地涵養便益から成る。発電便益は代替火力の経費として算定した。算定した年経費単価は、割引率 8 % の場合、kW 当り 68.73 ドル、kWh 当り 2.287 セントである。他の便益や費用との整合性をはかり、C 重油価格を 1978 年 7 月の工場渡し価格（リッター当り 46 ウォン、すなわち 9.5 セント）として kWh 価格を算定したが、最近の石油価格高騰を勘

案し，上記の価格が倍増した場合についても検討した。対象ダムの貯水池水没地区における農業生産の喪失額を，地区内農業純収益の損失として算定した。

結 論

11. 対象ダムの経済的最適規模の検討は，便益と費用の差（ $B - C$ ）を最大ならしめる純便益最大化の原則によって行った。算定した便益および費用はすべて年等価価値に換算した。割引率は韓国における水資源開発事業で認め得る最低値と考えられる8%と定めた。その結果，6対象ダムについて作成した合計12案の計画が経済的に成り立ち，残りの4対象ダム計画は経済性が低いことが判明した。各対象ダム計画の概要は次表のとおりである。

経済的に成り立つと判定されたダム計画(1)

ダム名	バムスゴル	洪川	洪川
水系	北漢江	北漢江	北漢江
貯水池操作法	一定放流型	一定放流型	需要対応型
満水位 (標高 m)	305	120	120
有効貯水量 (百万 m^3)	368	954	954
ダムの高さ (m)	105	80	80
純供給水量 (毎秒 m^3)	10.0	18.1	93.0
発電設備容量 (MW)	50	73	—
投資額 (百万\$)	125	169	136
ダム運転開始年	2008	2008	2008
供給目標達成年	2010	2011	2025
経済的便益(B) (百万\$)	12.03	13.57	22.95
経済的費用(C) (百万\$)	11.43	12.42	8.22
$B - C$	0.60	1.15	14.03
B / C	1.1	1.1	2.8
内部収益率 (%)	8.5	8.8	14.8
B / C kWh 価値倍増	1.4	1.4	2.9

経済的に成り立つと判定されたダム計画(2)

ダム名	達川	良
水系	南漢江	南漢江
貯水池操作法	需要対応放流型	需要対応放流型
満水位 (標高 m)	117	111.4
有効貯水量 (百万 m^3)	540	540
ダムの高さ (m)	57	50
純供給水量 (毎秒 m^3)	81.3	79.7
発電設備容量 (MW)	-	-
投資額 (百万\$)	150	95
ダム運転開始年	2008	2008
供給目標達成年	2023	2022
経済的便益(B) (百万\$)	17.47	18.20
経済的費用(C) (百万\$)	5.75	3.52
B - C	11.72	14.68
B / C	3.0	5.2
内部収益率 (%)	15.3	20.3
B / C kWh 価値倍増	3.1	5.2

経済的に成り立つと判定されたダム計画(3)

ダム名	臨河	臨河	住岩本流案	住岩本流案
水系	洛東江	洛東江	蟾津江	蟾津江
貯水池操作法	一定放流型	需要対応放流型	一定放流型	需要対応放流型
満水位 (標高 m)	192	185	120	111
有効貯水量 (百万 m^3)	920	583	780	448
ダムの高さ (m)	87	81	69	60
純供給水量 (毎秒 m^3)	15.6	22.0	17.7	27.2
発電設備容量 (MW)	48	-	8	-
投資額 (百万\$)	155	113	169	126
ダム運転開始年	1990	1990	1986	1986
供給目標達成年	1997	2000	1993	2009
経済的便益(B) (百万\$)	13.01	9.78	13.32	17.81
経済的費用(C) (百万\$)	11.82	7.55	9.58	7.61
B - C	1.19	2.23	3.74	10.20
B / C	1.1	1.3	1.4	2.3
内部収益率 (%)	8.8	9.8	10.8	14.5
B / C kWh 価値倍増	1.3	-	1.5	-

経済的に成り立つと判定されたダム計画(4)

ダム名	住岩分流案		住岩分流案
	ルート A		ルート B
水系	蟾津江		蟾津江
貯水池操作法	需要対応型 放流型		需要対応型 放流型
常時満水位	120		114
有効貯水量	780		530
ダムの高さ	69		62
純供給水量	24.4		21.2
発電設備容量	-		-
投資額	146		133
ダム運転開始年	1986		1986
供給目標達成年	2005		1999
経済的便益(B)	16.82		13.12
経済的費用(C)	8.75		8.01
B - C	8.07		5.11
B / C	1.9		1.6
内部収益率	12.8		12.5
B / C kWh 価値倍増	-		-

経済性が低いものと判断されたダム計画

ダム名	麟蹄	九切	奉化	咸陽
	北漢江	南漢江	洛東江	洛東江
貯水池操作法	一定放流型			
満水位 (標高 m)	315	747	267	392
有効貯水量 (百万 m ³)	376	67	269	251
ダムの高さ (m)	98	66	97	94
純供給水量 (毎秒 m ³)	1.6	-	1.4	4.6
発電設備容量 (MW)	75	46	40	13
投資額 (百万\$)	156	73	106	101
ダム運転開始年	2008	1986	1990	1990
供給目標達成年	2008	1986	1990	1991
経済的便益(B) (百万\$)	9.33	5.40	5.67	6.51
経済的費用(C) (百万\$)	15.34	7.44	9.90	10.05
B - C	-6.01	-2.04	-4.23	-3.56
B / C	0.6	0.7	0.6	0.6
B / C kWh 価値倍増	0.9	1.0	0.8	0.8

12. 漢江流域で経済的に成り立つと判断された対象ダムは、バムソンゴル（一定放流方式）、洪川ダム（両放流方式）、達川ダム（需要対応放流方式）、および良峴ダム（需要対応放流方式）である。需要対応放流方式をとるダム計画は、いずれも用水供給効果が高く、また経済性に優れている。一方、一定放流方式をとるダム計画は、経済性において多少劣るとはいえ、水力を最大限に開発することができる。これらの結果からみて、忠州ダムの次の事業として、需要対応放流方式の洪川、達川または良峴ダムを建設することが望ましい。洪川ダムは用水供給のみならず、もし中間型放流方式などの発電に有利な他の操作方法を導入すれば大規模な水力開発も可能となるので、多分このダムがまず取り上げられることになるだろう。
13. 洛東江の臨河ダムは、貯水池をいずれの方式で操作しても計画が成り立つ。したがって、このダムは、発電設備を併設し、用水供給と発電双方の目的に柔軟に対応できるように建設すべきである。
14. 今回調査したかぎりでは、住岩ダムは、蟾津江流域において唯一の大規模貯水計画となると考えられる。住岩ダムは、主として蟾津江流域に隣接する南海岸地域へ都市・工業用水を供給することとなる。検討した計画案はすべて経済的に成り立つと判定された。そのうちでも、需要対応放流方式による本流案が最も高い経済性を示す。ここに仮定したとおり、光陽湾沿岸地帯が主な用水需要地であるならば、この計画を取り上げるべきである。その場合、小規模であるとはいえ、中間型放流方式などを取り入れて電力の開発も行うべきである。都市・工業用水や灌漑用水の需要が光陽湾以西で生ずるか、蟾津江河口付近の水質汚濁が深刻化するならば、本流案より分水案のほうが重要であると考えられる。

15. 麟蹄，奉化，九切，咸陽の各対象ダムは，流域の用水供給にほとんど寄与しないので，計画は成り立たないと判定した。将来，水力発電の重要性が増せば，これらのダム計画も採用されるであろう。たとえば，火力発電用の燃料費が他の物価と比べてかなり上昇すれば，九切ダムの計画も成り立つと判定できる。

提 案

16. 調査期間中，利用可能な水文資料は必ずしもじゅうぶんではなかった。主要観測所における水文観測，特に流量測定を充実させること，および，有望なダムサイト付近に観測所を新設することを提案する。

17. 今回の調査では，河川維持用水量については既往報告書の値を用いたが，流域によって検討内容の精度に差がある。この点に関連して，特に漢江流域における水質汚濁と海水遡上の解析に対する注意を促したい。将来，河川維持用水量が今回の仮定を大幅に超えることになれば，今回予測したよりも早い時期に新しいダムが必要となる。

18. 今回の予備妥当性調査では，需要対応放流方式をとる場合の発電便益は検討していない。次の調査段階には，この貯水池操作方式の下でも，中間型放流方式，あるいは下流の水需要が生じた時のみの発電，もしくは安東型の揚水発電を検討することを提案する。

1. 序

1.1 予備妥当性調査

日本政府は、1977年に日韓両国政府が合意したScope of Workに基づき長期多目的ダム開発計画予備妥当性調査の実施を国際協力事業団に指示した。国際協力事業団は本調査業務を日本工営株式会社および電源開発株式会社を構成員とする共同企業体に委託した。本計画に関する大韓民国政府の主管官庁は建設部である。

1.2 第一次調査

予備妥当性調査は、第一次・第二次の二期に分けて実施された。

第一次調査で対象とした開発計画は、建設部/産業基地開発公社による1973年の包蔵水力調査の結果選定された21ダム計画、およびUSAIDが1971年に漢江流域調査で検討した3ダム計画である。第一次調査は、多目的水資源開発の観点から、これらの計画を再検討のうえ、優先ダムを選定することを目的とし、1977年10月から1978年6月にわたり行われた。現地調査結果ならびにその後の解析と検討結果をもとに、10多目的ダム計画を第二次調査の対象として選定した。

対象ダムは、漢江水系のバムソンゴル、麟蹄、洪川、九切、達川、良峴、洛東江水系の奉化、臨河、咸陽、および蟾津江水系の住岩であり、各計画地点の位置は図-1に示すとおりである。

1.3 第二次調査

第二次調査は対象ダム計画の予備妥当性を検討するため、下記項目に重点を置いて行われた。

- (1) ダムサイトの地形・地質調査
- (2) 洪水調節および用水供給効果の検討
- (3) 概略設計
- (4) 多目的ダム計画としての最適規模の決定
- (5) 事業費積算
- (6) 事業諸便益の見積

1978年7月から1979年3月まで現地調査を実施した。主な調査内容は、社会・経済調査、水文調査、ダムサイト地形・地質調査、洪水被害調査、都市・工業用水需要調査、農業現況調査、農業経済調査、土壌調査、農業基盤整備事業調査、電力需要調査である。設計作業および水収支計算は東京で実施した。

第二次現地調査団員は表-1に示す24名であった。調査団に対し、建設部よりカウンターパート、資料、車両および事務室が供与された。また、建設部はダムおよび付属構造物予定地点の地形測量、ダム予定地点の地質ボーリング調査ならびに水没補償調査を直接実施した。こ

これらの建設部の便宜供与以外に、農水産部、農村振興庁、産業基地開発公社、農業振興公社、韓国電力株式会社およびその他の関係諸官庁より、第二次調査団に対し、資料の提供や助言があった。

第二次調査団は、1978年12月に作業進捗状況および主要判明事項を取りまとめたプログレスレポートを作成し、建設部に提出した。

1979年3月、現地調査が完了した時点において、暫定的計画と概略的結論を中間報告書として取りまとめ提出した。当時の各対象ダム計画の概要を表-2、表-3に示した。

中間報告書提出後、調査団は東京において現地調査結果にさらに検討を加え、その成果に基づいて1979年7月に最終報告書草案を作成、提出した。

最終報告書草案に対する両国政府のコメントを勘案のうえ、最終報告書を1979年9月に提出して第2次調査は完了した。

1.4 最終報告書

最終報告書には、長期水資源開発に関連して検討した各計画の計画最適規模、最適開発時期、事業費規模の概算結果を記述してある。

本報告書の部門別検討結果および基礎資料は付属報告書3分冊および図面集として取りまとめ、1979年7月に提出した。

英文主報告書の巻末補遺には、主報告書草案提出後実施した補足検討結果を、追録および訂正としてまとめている。

2. 事業の背景

2.1 国土と人口

大韓民国は、ほぼ北緯33度から39度、東経124度から131度の間に位置し、韓半島の南半分および周囲の島々からなり、その国土面積は98.8千km²である。

冬は大陸性気団の影響を受け寒く乾燥し、夏は太平洋気団の影響の下で高温多湿である。年平均降雨量1,200mmのうち、大部分は7月と8月に集中する。

図-2の地質図に示すように、韓国の地殻構造は、北東-南西の方向に走っており、南漢江上流域では古世紀の石灰岩および炭層を含んだ海洋性・非海洋性の堆積岩（水成岩）が、洛東江流域の大部分では、中世紀（白亜紀）の非海洋性堆積岩（水成岩）が、それぞれ先カンブリアン紀の花崗片麻岩を覆っている。中世紀（白亜紀）後期に貫入した花崗岩が帯状に連続あるいは断続して分布している。第3紀系の岩石はきわめてまれである。

東海岸の不均衡な隆起に起因すると思われる太白山脈を除き、韓国の山脈は前述の地殻構造帯と同方向に走っている。太白山脈の東側は東海（日本海）に面して急傾斜であるが、西側は黄海に向って緩やかに傾斜している。韓国のほとんどの川は、西に向って流れているが、洛東江と蟾津江の流路は南下している。韓国の水系および山脈は図-3に示すとおりである。

韓国の行政区分は、2特別市（首都ソウルおよび釜山直轄市）9道からなり、全道はさらに合計138郡と34市に分割されている。郡は邑、面に分かれ、最小単位は里である。

1975年の国勢調査によると、総人口は3,471万人、人口増加率は2%、人口密度は35.1人/km²である。人口の都市集中化が顕著であり、総人口に対する都市人口の割合は、1966年には32%であったものが、1975年には47%に増加している。最近の国勢調査による特別市および各道の人口は表-4のとおりである。

2.2 韓国の経済

韓国における経済成長率は、1955年から1961年までの年率はわずか4%、1961年の国民総生産は2,970億ウォン、1人当たり87ドルにすぎなかった。韓国政府は1962年以來、4次にわたる経済開発5ヶ年計画を実施しており、現在は第4次5ヶ年計画（1977-1981年）の途上にある。韓国の注目すべき経済成長は、5ヶ年計画で一貫して推進してきた重化学工業を主体とする輸出指向の工業化政策がもたらした成果である。1979年1月に発表された韓国銀行の概算によると、1978年の国民総生産は22.256兆ウォン、1人当たり1,242ドルまで増加し、1961年からの年平均成長率は10.2%の高水準を維持している。

韓国の経済構造は、急速な工業の発展により大きく変化している。1961年から1978年までの18年間に国民総生産に占める鉱工業部門の比率は15.3%から28.2%に上昇し、

その一方、農林水産業部門は40.2%から21.2%に減少した。

輸出額は、1966年には2.5億ドルであったものが、年率40%の高成長率で増えつづけ、1977年には100億ドルに到達した。韓国銀行の概算によれば、1978年の輸出額は120億ドルを達成した。主要輸出品目は、衣類、繊維、織物、電気機器類、雑貨、はき物、鉄鋼、船舶、水産物および水産加工品である。

輸入額は、1966年の7.2億ドルから、1977年には108億ドルへと年率28%で増加した。主要輸入品目は、石油製品、運搬用器機類、化学原料および合成品、鉄鋼、木材、合板、織物、繊維である。

工業化によって誘発された原材料および製品の需要増大を反映し、常に輸入超過である。したがって、国際収支は赤字であるが、最近徐々に改善されつつある。

外貨保有高は、1966年には2.5億ドルにすぎなかったが、1977年現在43億ドルを確保している。債務返済比率は、1971年には18.7%に達したが、近年10%以下に減少している。

1977年の就業人口は1,290万人であり、1966年から1977年までの11年間に年平均4%の割合で増加した。同期間の就業人口に対する鉱工業部門の比率は11%から22%に上昇し、農林水産部門は58%から42%に減少した。

主要経済指標は表-5に示すとおりである。

詳細はANNEX Aに述べた。

2.3 韓国の農業

1977年現在の韓国における農業人口は1,230万人で、総人口の34%を占めている。農家戸数は234万戸、1戸当り平均構成員数は5.3人である。1戸当り所有耕地面積は平均0.95haであり、全農家戸数のうち、所有耕地面積0.5haから1.5haまでのものが53%を占め、34%が0.5ha以下である。全就業人口の約42%に相当する540万人が農業に従事している。

韓国の耕地面積は1977年時点で223万ha、このうち129万haが水田、94万haが畑地である。主作物は米であり、大麦と小麦が水田裏作または畑地の主作物として栽培されている。その他に薯類、豆類および野菜類が作付けされている。桑畑および果樹園が畑地の19%を占め、耕地利用率は140%である。

農業部門と非農業部門間の経済的不均衡に起因して農村から都市へ人口が流出し、農業人口は1967年の1,610万人が、1977年には1,230万人に減少した。総人口に対する比率も53%から34%に下降した。さらに、農耕地は公共施設の建設や都市地域の拡大によって転用され、1967年に231万haあった耕地面積が、1977年には223万haまで減少した。

農村振興庁（ORD）が担当している試験研究および指導普及業務は農業生産の拡大に大きな役割を果たしてきた。

農村振興庁の作物試験場が中心となり、1967年以来、水稻の多収穫新品種の開発が推進されてきた。1972年には、ユーカーと台中1号の交雑種にIR8を交配した三元交雑種「統一」が実用化された。それ以降、多数の多収穫新品種が開発されている。1977年には全国の水田の55%に多収穫新品種が作付けされた。米の生産は1972年以前には400万tonの水準にとどまっていたが、多収穫新品種の導入によって急増し、1977年には600万tonを生産して自給を達成した。他の農作物の生産量に顕著な増加は見られない。1972年から1977年の6年間の年平均主要作物生産量は下記のとおりである。

米	穀	470万ton	薯	類	60万ton
大麦・小麦		160万ton	野	菜	290万ton
豆	類	30万ton	果	実	60万ton

養蚕と畜産は、通常農家の副業として行われている。1977年の家畜数は、韓牛150万頭、豚150万頭、鶏3,000万羽、乳牛11万頭である。養蚕を兼業している農家は全農家数の20%を占める。

大部分の灌漑施設は、土地改良組合（FLIA）あるいは伝統的な農民共同組織が管理している。土地改良組合は受益地区内の農民が20名以上参画して設立を申請し、農水産部長官の認可を受けて活動を開始することができる。政府は、灌漑事業に対し最高70%までの建設費を補助し、また残りの30%については、金利3.5%、据置5年、償還30年の融資が利用できる。1976年には全国127の土地改良組合に701,292の組合員が加入し、灌漑事業の地区数は1,376、その総受益面積は464,442haに達している。農業振興公社（ADC）が土地改良組合の新規事業計画の妥当性を確認し、さらに事業実施に際しても設計・工事管理を担当する。

1967年から1968年にかけての早魃による被害ははなはだしく、米の生産量は、1967年には360万ton、1968年には320万tonにとどまり、平年作よりそれぞれ10%および20%減産した。この緊急対策として可搬式ポンプ、堰、井戸、集水暗渠等を多数新設し、灌漑施設の改善をはかったが、その多くは応急的処置であったため、現在では容量が不十分であったり、老朽化してしまっている。水利改善に対する努力は引続きとられており、1977年には1,440地区の中小規模灌漑事業（総受益面積6.4万ha）に対し352億ウォンが投融資され、さらに進捗中の大単位農業開発事業には419億ウォンが投下された。現在85%の水田が水利安全田、また23%の水田が耕地整理済みと見なされている。

農業協同組合中央会（NACF）は肥料・農業資材取扱い、農業金融業務および生産物の販売を担当している。農協中央会は短期営農資金として肥料代の25%までを貸付け、その利息は年8.5%、元利の大部分を生産物で現物返済することを認めている。さらに、農業機械の購

入資金の70%を限度とし、据置期間5年、利息9%で貸付ける制度もある。政府は大部分の主穀類を買上げ、NACF販売センターを通じ小売業者に売却している。

農村近代化のためのセマウル運動は、1971年に政府が主唱して開始され、その後、農閑期の労働力を利用した生活および耕作の近代化のための村落単位の農民運動として全国に広がった。1977年までに、政府は農道、村落簡易水道、公共施設、小規模灌漑施設の改善に対し3,060億ウォンを投資した。過去7年間のセマウル運動の結果、農道43,060km、小橋梁63,927個所、小規模溜池9,518個所、小規模堰20,085個所、灌漑導水路4,002kmが建設され、この他に植林40.6万ha、家屋改築270万戸、簡易水道18,921個所および農業倉庫建設34,665棟が実施された。

主要農業指標は表-6に要約したとおりである。

詳細はANNEX Fに述べた。

2.4 公共施設

1977年現在の全国道路延長は、高速道路1,200kmを含め45,600kmである。国道延長8,200kmのうち約50%、地方道延長36,200kmのうち約70%は、ともに未舗装である。陸上交通は1960年代後半から建設された高速道路により大幅に改善された。1991年までに、高速道路網は延長1,700kmに達する予定である。

鉄道網はよく発達しており、主要都市を結んでいる。1977年現在の延長は5,710kmで、そのうち14%が電化されている。

国内航空路はソウルと地方8都市を結んでおり、金浦、釜山、済州は国際空港である。

通信施設として、全国に1,980の郵便局、50の電信・電話局が設けられている。

韓国電力株式会社(KECO)は、全国に電力を一元供給しており、1977年現在の発電設備(総出力5,781MW)の内訳は次のとおりである。

石炭または石油火力	72%
ガスタービン等	16%
水力	12%

1978年には出力587MWの古里原子力発電所が韓国で初めて営業運転を開始した。現在、清平揚水発電所が建設中であり、1979年には1号機200MWが運転開始、2号機200MWも1980年までに完成の予定である。1977年に韓国電力が供給した電力量は、22,833GWhであった。

全国181都市の上水道の総給水能力は、1976年の時点で、日量440万 m^3 であった。給水量は1971年から1976年の5年間に年平均15%の割合で伸びている。都市用水の被給水人口は1,790万人で、総人口の50%に相当する。一日当り給水量は390万 m^3 、すなわち1人一日当り220 l である。給水量の50%以上が首都ソウルに振り向けられており、

ソウルにおける普及率は94%、1人一日当たり供給量は304ℓに達している。近年、工業用水道の建設が建設部や地方自治体により進められている。現在、15箇所の産業基地に対し日量合計74.7万 m^3 の工業用水道が整備されている。

下水道も逐次整備され、1976年にはソウル市内の約21%に下水道が完備されたが、その他の都市においては、まだ普及率は低い。

2.5 水資源開発

韓国の灌漑開発は長い歴史をもち、1976年には15,708箇所の貯水池で41.3ha、1,322箇所の揚水場で11万ha、14,014箇所の堰で12万haが、それぞれ灌漑されている。この他の灌漑施設を含め、全国で108万haの水田が灌漑されている。韓国政府は労働力の節減および適切な水管理を目的として耕地整理事業を推進している。上述の貯水池の中には、容量不足あるいは老朽化したものが含まれ、農業用水源の不安定なものについては、今後とも問題となるであろうし、他方、多収穫新品種の栽培にはより緻密な水管理が必要である。

停滞前線および台風による洪水は、毎年被害をもたらす。建設部の統計によれば、最近10年間の洪水被害額は、年額8,000万ドルにのぼる。法定河川総延長30,300kmのうち、20,600kmが要改修河川と見なされているが、1977年までに、このうちの5,900kmが改修済みである。建設部は、大河川の広範囲な河川改修計画を立案しており、洛東江については、すでにADBの借款を導入し、大規模な改修工事に着手した。

水力発電開発は、1960年代のエネルギー不足に対処するべく、積極的に推進された結果、春川、衣岩の発電所が完成し、華川、清平発電所の設備が増強された。近年は、多目的ダム開発の一環として実施されている。水力発電ダムの概要は表-7に示すとおりである。

韓国政府は、将来の経済発展のために、土地および水資源の計画的開発に意を用いてきた。1971年には国土総合開発計画が、大統領令第26号として公布され、水資源開発はその重要な構成要素となっている。

1966年から1971年にかけて、国際機関の協力のもとに、漢江、洛東江、錦江、榮山江の流域調査が実施された。南江多目的ダムは1970年に竣工した。1970年代に竣工した大貯水池をもつ多目的ダムすなわち昭陽江ダム、安東ダム、永川ダム、建設中の大清ダム、忠州ダムはいずれもこれら流域調査の成果をふまえ、水資源の最大利用を意図したものである。韓国政府は、IBRDの借款を導入し、洛東江に陝川ダムあるいは河口堰を建設する予定である。多目的ダムの建設と管理は産業基地開発公社（ISWACO）が担当している。多目的ダムの概要を表-8に示す。

2.6 本調査の意義

韓国では、これからも水需要を充足するために、多種多様な手段が引続きとられていくであ

る。ある流域のある地点で水需要が増加すれば、それより下流域において、大なり小なり河川水に依存した水需要に影響を及ぼすことは明らかである。そのうえ、下流域では工業用水の大幅な需要増加が見込まれ、既設ダムもいずれ需要に対応できなくなるであろう。将来予測される水不足に対処するには、計画的な貯水池の建設を要する。

河川沿いの土地が高度に利用されるようになったため、洪水調節がますます重要視されてきた。ダムを適切に配置すれば、河川改修と内水排除の効果も相乗し、洪水調節に大いに寄与するであろう。

韓国におけるエネルギー需要は、将来も主として化石燃料に依拠せざるをえないであろう。この観点からも、ダム建設に付随して可能となる水力発電の開発は欠くべからざるエネルギー代替手段と考えられる。

本調査の目的は、水資源開発に関する最新の予測に基づき、将来のダム建設の時期および適正規模を明らかにすることにある。

3. 三流域の現状

3.1 水系

臨津江流域を除く漢江の流域面積は26,200 km²あり、周辺の広州山脈、太白山脈、小白山脈が分水嶺となっている。車嶺山脈が流域内を北東から南西の方向に走っている。流域の一部は休戦ライン以北にまたがっている。

漢江は北漢江、南漢江および合流点以下の漢江下流とからなる。

北漢江は太白山脈中、標高約1,200 m地点に源を発し、ほぼ188 km南へ流下し、休戦ラインを横切って水入川と合流する。標高1,000 mから1,250 mの山間部を南南西へ向って133 km流下し、北・南漢江の合流点に達する。北漢江の主な支流は昭陽江と洪川で、両河川とも西流している。北漢江の流域面積は10,698 km²である。北漢江水系には、北漢江の華川(放水位103 m)、春川(放水位74 m)、衣岩(放水位54 m)、清平(放水位26 m)、および昭陽江の昭陽江ダム(放水位81 m)の5既設ダムがある。

南漢江の最上流は、太白山脈に源を発する幾つかの支流に分かれている。南漢江は車嶺、小白-盧嶺山脈に属する標高1,200 mから1,600 mの山間部を南西へ流れ、その間に酒川江と合流する。忠州ダムサイトにおける水源からの河川延長は284 km、河川標高は55 mである。忠州ダム下流12 kmの地点の左岸で達川が合流する。そこからおおむね北西の流路をとり、車嶺山脈を横切って北漢江と合流する。南漢江の流域面積は12,318 km²、河川延長は396 kmである。

漢江下流は、北・南漢江の合流点から河口まで、西北西に流下し、河川延長は92 kmである。合流点の少し下流に八堂ダムが位置し、その放水位は10.6 mである。

洛東江の流域面積は23,656 km²、太白山脈、小白山脈、大韓海峡沿岸の丘陵地帯が分水嶺を形成し、全般的に標高は平均230 mと低い。小白山脈南端で高度が増し、智異山では標高が1,915 mとなる。

洛東江は、太白山(標高1,549 m)の近くに源を発し、170 km南流して安東ダムに達する。安東ダムの河床標高は92 mと低い。ここから河口までの河川延長は342 kmある。洛東江は安東ダム下流2 kmの地点で、左岸から流れ込む半辺川と合流し、さらに西へ66 km流下して乃城川と合流する。その後、洛東江は南下し、この間、左岸から渭川、琴湖江、右岸から北川、甘川、黄江および南江等の大きな支流が合流する。洛東江は、河床標高0 mの南江との合流点から東に向い、ついでふたたび南へ流下し、河口に到達する。河川延長は512 kmで河口付近の金海平野は面積約1.5万 haの三角州である。

蟾津江の流域面積は4,897 km²で、小白山脈南端部、南海岸および西海岸沿いの丘陵地帯、盧嶺山脈が分水嶺を形成している。流域内はおおむね丘陵性山地となっている。

蟾津江は、源を八公山(標高1,151 m)に発し、87 km西南西に流れ蟾津江ダムに達す

る。その後、76 km 南々東に流れ宝城江と合流する。この宝城江の流域面積は1,319 km²、河川延長は126 kmである。宝城江との合流点から蟾津江は東へ向い、さらに南下し光陽湾に達する。河川延長は225 kmである。

3.2 気 象

韓国では季節の境目がはっきりしている。11月から3月までが北-北西の季節風が吹く寒く乾燥した冬、4月から5月までが暖かな南風が吹くものの大気はまだ乾燥したままの春、6月から9月中旬までが南-南西の風が吹く高温多湿な夏、9月中旬から10月までが冷涼な北風の吹く秋となっている。

建設部の降雨資料(文献1,2)に基づき、各流域における1962年から1976年までの15年間の年平均降雨量を下記のとおり算出した。

漢 江	(71雨量観測所)	1,272 mm
洛 東 江	(71雨量観測所)	1,168 mm
蟾 津 江	(13雨量観測所)	1,403 mm

三流域の等雨量線図を図-4に掲げた。

調査地区は、南北400 kmにおよぶので、農業気象の地域差を考慮に入れる必要が生じ、調査地区を次の5地区に分けた。すなわち、漢江流域、北部洛東江流域、中部洛東江流域、南部洛東江流域、蟾津江流域である。

各地区の代表気象観測所の観測記録は表-9に示すとおりである。年平均気温は、最低が漢江流域の11℃、最高は南部洛東江流域の14℃である。最低気温は通常1月、最高気温は8月に観測される。全地域間の1月の月平均気温の差異は6℃である。年平均相対湿度は67%から74%の間で上下している。計器蒸発量は1,109 mmから1,361 mmの間にあり、中部洛東江流域で高くなる傾向が見られる。年間降雨量は1,014 mmから1,477 mmの間に分布し、中部洛東江流域において少なくなっている。降雨は6月から9月に集中する。日照時間は5.8時間から6.3時間であるが、4月から6月が最も多く、7月から9月が最も少ない。平均風速は毎秒2.2 mから4.4 mである。降霜期は一般的に10月中旬から4月中旬であり、北部ほど長い。

3.3 水 文

韓国の水文観測施設は、建設部が管理し、観測記録は毎年公刊されている(文献1,2)。

1976年現在、三流域内に合計102箇所の水位観測所が稼働しており、その中、31箇所が漢江流域、59箇所が洛東江流域、12箇所が蟾津江流域に設置されている。一部の観測所では1906年以来観測が続けられているが、大部分の観測所の記録は、期間が短いか、あるいは欠測期間を含んでいる。流量測定記録は、水位流量曲線の作成に支障を来たすぐらい貧弱

である。ただし、洛東江流域の少数の観測所では、1967年以來、産業基地開発公社が綿密な水文観測を継続している。

対象ダムへの流入量ならびに水収支解析に係る水位観測所地点の流出量を算定するために水文調査を実施した。既設ダムへの流入量については、対象ダムの評価に必要な場合には算定した。

1962年から1976年までの15年間を水文解析の対象期間とした。この期間の資料が整っており、比較的精度が高いことを考慮した。建設部刊行の水文統計年報および産業基地開発公社提供の資料を、記録の確度と連続性という見地から解析し、選択した。短期間の欠測記録は、他の観測所との相関あるいは降雨量と流出量との相関に基づいて補足した。その結果、9観測所の算定流出量を採択した。韓国電力発行の電力年鑑に掲載されている既設4ダムの月別流入量記録も、やや信ぴょう性にとぼしい点はあるが採用した。図-5に上記9観測所と4ダムの位置を示し、表-10には各観測所およびダム地点における流量の算定根拠を掲げた。

採択した観測所の流出量記録を、流域平均降雨量の比によって、対象ダムサイトの流出量に換算した。換算関係は表-11に示すとおりである。

水収支解析のための基準観測所を設定した。漢江では高安および旌善、洛東江では倭館、倉里および津洞、蟾津江では鴨緑を基準観測所とした。

1967年10月から1968年9月までの1年間を水収支解析の基準湯水年と定めた。その理由は、上記の各基準観測所におけるこの1年間の算定流出量が、1962年から1976年までの15年間で最小となっているからである。

採択観測所、既設および対象ダムの流域面積、流域平均年雨量、年平均流出量を表-12に示した。詳細な水文解析および15年間の月別流量表はANNEX Bに掲載した。

算定した流出量記録をもとに流量マスカープを求め、第6章で述べる貯水池操作の検討に利用するとともに、図-6に示した貯水容量-放流量曲線の作成に用いた。図-6には、KOR-16で提案された半理論曲線もあわせて示した。貯水容量-放流量曲線は長期の流量記録から作成し、任意の貯水容量に対応した放流量を求めるために使用する。

3.4 土 壤

農村振興庁は1964年から1969年にかけて、UNDP/FAOの協力を得て、概略土壌調査(KOR-13)を実施した。その結果を取りまとめ、全土を対象に縮尺1/50,000の概略土壌図を作成し1971年に刊行した。概略土壌図においては、全国の土壌を19の作図単位に分類し、さらに52の作図小単位に再分類している。この小単位は数種の土壌統(Soil Series)からなるSoil Associationに該当している。表-13に調査地区内に分布する作図単位を示した。各図単位ごとの分布面積を漢江流域では19小流域、洛東江流域では26小流域、また蟾津江流域では5小流域ごとに算定した。その結果を表-14に要約した。

水稻多収穫新品種は、近い将来、韓国における最大普及品種になるものと見なされているが、この水稻新品種の収量は水田土壌の保肥力や水分状態に左右されやすい。

農村振興庁は1976、1977の両年に各地で実施した全国連絡標準栽培試験成績の結果に基づき、水稻多収穫新品種栽培の適性および生産性を考慮に入れて表-15に示す水田土壌分級基準を作成した(文献3,4)。同表の未熟水田の土壌は珪酸質結晶に富み、土性が粗く、層位も未分化である。この水田は主に山間地帯に分布している。この基準に基づく水田土壌の分類面積を5農業調査地区に分けて表-16に要約した。

農村振興庁は全国265万haを対象に1975年から精密土壌調査を実施中で、1978年末までに67%が完了、残りは1979年中に調査を終える予定である。農村振興庁は、USBRの基準(文献5)に準拠して精密土壌調査の成果を活用するための土地分級基準を作成した。今回の調査では、これらの基準を適用して各小流域における形態別土地利用の可能性を評価した。この結果は表-17に要約するとおりである。

3.5 流域の農業現況

5農業調査地区別の農業指標を表-18に示した。1976年現在の3流域の農村人口は510万人、農家戸数は93万戸で、双方とも全国総数の40%に相当する。漢江、北部洛東江、蟻津江流域の平均家族数は5.6人、中部、南部洛東江流域では全国平均と同様5.3人である。1戸当たり平均耕地面積は漢江流域で1.17ha、北部洛東江流域で0.99ha、中部洛東江流域で0.90ha、南部洛東江流域、蟻津江流域で0.85haとなっている。全戸数の50%以上の農家が0.5haから1.5haの耕地を所有している。

三流域全体の耕地面積は91.4万ha、その内訳は水田50.5万ha、畑地40.9万haである。

水田の裏作は普通大麦か小麦である。水田の土地利用率は、南部地域では1.65-1.66と高いが、北部洛東江流域では1.32、漢江流域では1.17と低下している。畑作の主作物は大麦、小麦、豆類である。畑地の土地利用率の最高は、南部洛東江流域の1.58、最低は漢江流域の1.06である。

水稻の多収穫新品種の作付面積は表-19に示すとおり増えており、1976年には北部、中部洛東江流域では50%の水田で栽培された。

三流域における1972年から1976年までの5年間の平均収穫高は表-20に示すとおりである。これは全国年間収穫高の30-40%に相当する。内訳は下記のとおりである。

米	172万ton	薯類	62万ton
大麦・小麦	69万ton	野菜類	127万ton
豆類	15万ton	果物	30万ton

詳細はANNEX Fに述べた。

3.6 都市および都市・工業用水供給

都市・工業用水の需要地を図-7に示す。

漢江流域には九つの都市があり、1976年におけるこれらの都市人口は合計960万人で、流域人口1,190万人の80%に相当する。首都ソウルの人口は730万人で、年増加率5.4%であった。ソウル・仁川の首都圏にはソウル、仁川(83万人)、安養(15万人)および水原(24万人、流域外)の各都市が存在している。首都圏には石油、火力、重機械等の重工業が仁川地区に、繊維、電機、食品加工等の軽工業がソウル、水原、安養地区に発達している。議政府、城南、富川等の衛星都市がソウルを囲んでいる。春川市は江原道々庁所在地で、北漢江中流に位置している。原州、忠州市は南漢江流域の商業の中心地である。工場地帯の地方分散政策に基づき、第4次5ヶ年計画の下で、半月面に軽工業・化学工業を中心とした工業都市の建設が進められている。

水原市を含めた漢江流域の給水人口は870万人で1976年の都市用水給水量は日量240万 m^3 であった。永登浦工業水道は、ソウルの工業地区である永登浦に対し1976年に日量11万 m^3 を供給し、1977年には給水能力が日量13万 m^3 に拡張された。水原/安養工業用水道は1974年に建設され、その給水容量は日量10万 m^3 である。ほとんどの都市・工業用水需要が、漢江下流に集中しており、汚染問題が深刻化してきている。現在、日量120万 m^3 の給水容量をもつ首都圏広域上水道計画が、1978年末完成を目ざして建設途上にあり、さらに、1981年までには日量140万 m^3 が追加される。北漢江・南漢江合流点直下の八堂貯水池から取水し、この計画で建設中のパイプラインによりソウル、仁川、富川、水原、安養、城南、半月等の都市に給水される予定である。

1976年における洛東江流域内5都市の人口は180万人で、流域人口の600万人の30%に相当した。慶尚北道の道庁所在地である大邱市は人口140万人、繊維等の軽工業を主軸とする商業の中心地である。亀尾市は電子工業と繊維工業を中心とした新産業基地である。洛東江流域に隣接した臨海地帯には、東海岸に釜山直轄市(人口260万人)、蔚山市(27万人)および浦項市(15万人)、南海岸には馬山市(43万人)、鎮海市(10万人)、三千浦市(6万人)および忠武市(7万人)の7都市が存在している。釜山直轄市は慶尚南道の道庁所在地でもあり、造船、化学、車輛組立、電子工業、ゴムおよび食品加工等の工業が発達している。蔚山市は古い港湾都市であるが、1968年以来、石油精製、石油化学、肥料、繊維、造船、火力および車輛組立等の重化学工業が発達している。浦項市は新しい鉄鋼業の中心であり、1973年に年産100万tonの製鉄所が竣工し、1978年末には年産550万tonまで拡張された。浦項製鉄所は最終的には年産1,000万tonに拡張される予定である。馬山市には軽工業を中心とする自由輸出地域が存在する。鎮海市の主な工業は、肥料、食用油脂、スレートおよびPVCである。三千浦市はもとは漁港であったが、近年、食品加工、機械、繊維等の軽工業が増えてきた。

臨海地帯の大都市は、都市・工業用水を洛東江に依存し、蔚山、釜山両市は洛東江の河口付近の勿禁から取水、馬山市も洛東江から導水している。浦項市は、建設部が洛東江の支流である琴湖川に建設中の永川ダムから取水を予定している。洛東江に依存している給水人口は1976年現在490万人で、その給水量は日量94万 m^3 に達した。同年の釜山市および大邱市に対する給水量はそれぞれ人口240万人に対し日量55万 m^3 、人口130万人に対し日量26万 m^3 であった。大邱市の工業用水道は小規模な貯水池を水源としているため、給水量が不足しており、都市用水や専用の井戸に依存している工場が多い。亀尾市の工業用水道は、現在、日量5万 m^3 の給水能力をもつが、市当局では、1991年の工業用水需要が日量15.5万 m^3 に達すると予測している。釜山市でも工業用水道の給水能力が日量と5千 m^3 と極めて小さいため、大部分の工場が都市用水を使用している。洛東江から導入している馬山市工業用水道は馬山、鎮海、昌原に給水している。日量45万 m^3 の給水能力をもつ蔚山工業用水道は、1977年に建設され、取水口は洛東江の勿禁にある。永川ダムを水源とする浦項工業用水道は日量22万 m^3 の給水能力をもち、1979年に完成の予定である。

蟾津江の流域人口は、1976年現在で87万人である。流域内には大都市や工業地帯は存在しない。蟾津江の西側に隣接する榮山江流域の光州市（人口62.5万人）は、蟾津江支流の同福ダムから都市・工業用水を取水している。光州市への給水量を日量10万 m^3 から35万 m^3 に増加させるために、1979年から同福ダムの拡張工事が開始される予定である。麗川石油化学工業基地は蟾津江河口のある光陽湾の南東海岸にあって、一連の石油化学プラント、精油所、肥料工場、火力発電所および石油化学関連工業の工場地帯となっている。

麗川は現在、麗川／光陽工業用水道（日給水量25万 m^3 ）のパイプライン（延長56 km）を經由して水魚ダムから都市・工業用水の供給を受けているが、水需要は現パイプラインの限界容量にほぼ等しくなっている。水魚ダムの集水面積はわずか49 km^2 しかなく、蟾津江の河床標高3.5 m地点から水魚ダムへポンプ揚水しなければならない。この工業用水道施設の概要を表-21に示す。麗川の北側、光陽地区では総面積3,570 haの鉄鋼、石油化学工業基地が計画中である。光陽湾沿いに展開する麗川および光陽工業団地をあわせて湖南化学工業基地と呼ぶ。蟾津江流域に隣接した南海岸には順天、麗水の二つの市がある。建設部の長期計画（文献13）によれば、南海岸地域への都市・工業用水の水源として、麗川／光陽工業水道の拡張、伊沙川に集水面積133 km^2 をもつダム建設、住岩ダム計画のある宝城江からの分水等を想定している。この長期計画は同時に麗水および光陽地区への都市用水供給も対象としている。

詳細はANNEX Hに述べた。

4. 土地・水資源開発の将来予測

4.1 農地開発

近年水田や畑地面積の増加はほとんど認められない。この傾向は、地形的制約ならびに社会的趨勢を考慮すれば、将来とも続くものと見込まれる。将来の農地開発は (1)安定した米生産を維持するために水田灌漑の信頼度を高め、(2)稲作機械化、労働力節減、水管理合理化を促進するために水田耕地整理を実施し、(3)畑作安定化のため畑地灌漑を導入する方向をとるものと考えられる。

文献6および7に基づいて過去の実績を分析し、三流域の各小流域ごとに、将来の灌漑および耕地整理面積の伸びを予測した。流域水資源の消費形態を配慮し、耕地を灌漑施設別に表-22に示す5種類に区分した。既存の灌漑計画も考慮に入れた。畑地灌漑は、現在、洛東江流域の林檎園の一部で実施されているにすぎないが、2001年においては都市近郊では畑地の10%から15%、その他の地域では5%程度まで伸びるものと仮定した。耕地整理は、まだ開発初期の段階にあるので、地表勾配3%以下の全水田を2001年までの施工対象とした。対象ダム地点下流域で河川から取水する水田(以下河川掛り水田と称す)面積については農業振興公社提供の資料から求めた。この資料は最大揚程を40mと仮定して作成されている。

各農業調査地区の農地開発予測検討結果を表-23から表-27に要約し、また図-8に示した。詳細はANNEX Gに述べた。

4.2 作付体系および灌漑用水量

韓国の二毛作は、水稻の裏作として主に大麦や小麦を栽培している。一期作に対する二毛作の割合は、農業調査地区の気候条件に対応した上限に達しているものと考えられるので、将来もこの割合が続くものと仮定した。表-16の水田土壌分類に基づき、多収穫新品種は、各農業調査地区とも原則として水田土壌等級1から4までの合計面積まで作付けされるものと仮定した。ただし、多収穫新品種の害虫や病害に対する抵抗性を考慮し、病虫害の常習地帯である蟾津江流域では作付面積をやや下げて考えた。水田における過去および将来の作付体系を図-9に示した。

第3章第3節に述べたように、1967年10月から1968年9月までの1年間を水収支解析の基準渇水年と定めたので、この期間の気象条件に基づき灌漑用水量を算定した。主要な設定条件は次のとおりである。

- (1) 水稻消費水量は計器蒸発量記録から算定した。蒸発散係数は多数の試験結果に基づいて作成されたKOR-16(文献8)の数値を用いた。多収穫新品種の蒸発散係数は在来品種と同一と仮定した。

- (2) しろかき用水は150 mmと仮定した。
- (3) 有効降雨は日別水分収支を下記条件で算定した。日減水深は、5月が8 mm、6月および7月が9 mm、8月が11 mm、9月が9 mmとした。日雨量が60 mmを超えるか5 mm以下の場合は無効とし、10月は無降雨と仮定した。
- (4) 浸透量はKOR-16の調査結果に基づき5月と6月は一日当たり5 mm、7月から10月までは一日当たり4 mmと仮定した。
- (5) 水田の場合の灌漑効率、搬送効率を90%、適用効率を72%とし、全体で65%と仮定した。
- (6) 畑地灌漑用水量は永年果樹園を対象として求めた。蒸発散量はペンマンの公式に基づいて求めた。有効降雨は日別水分収支法を用い、灌漑効率を55%と仮定して算出した。算定した灌漑用水量を表-28に要約した。この灌漑用水量は特定事業の設計に適用するために求めたのではなく、1967年10月から1968年9月までの基準渇水年を対象として算出したことを注記しておく。

4.3 都市・工業用水需要予測

都市・工業用水を三流域に依存しているか、あるいは将来依存することとなる116都市の人口を予測した。過去の人口増加傾向は1955年、1960年、1966年、1970年および1975年の各国勢調査をもとに分析した。予測方法は原則として比率法を用いたが、各市当局が行った予測はできるだけ尊重した。人口予測の結果は表-29から表-31に要約した。漢江の給水人口は1976年の1,000万人から、2001年には1,600万人まで増加するであろう。洛東江では同期間に600万人から1,100万人に増加するであろうが、人口増は流域外のほうが顕著であると考えられる。蟾津江の流域内人口は漸減するであろうが、流域外の順天、光陽、麗水、麗川で大幅な人口増加が予想され、全体として蟾津江の給水人口は徐々に増えるであろう。上述の各都市人口以外に、非給水地区人口も、将来の水需要予測では考慮に入れた。

将来の都市用水需要量の予測は表-32を標準とした。これは1971年および1976年の実績をもとに、建設部の設定した都市人口規模別の給水普及率と一人当たり給水量(文献9)に若干の修正を加えたものである。

計画中の地区を含む21工業地区の工業用水需要は過去の実績、将来の拡張計画、既存報告書の予測に基づいて算定した。拡張計画がある場合の工業用水需要は、工場敷地ha当りの工業用水原単位に基づいて推定した。

三流域の都市・工業用水需要予測結果を表-33に要約した。漢江における都市・工業用水の年間需要量は、1976年の10億 m^3 が年率5.4%で増加し、2001年には37億 m^3 に達するものと予測した。このうち都市用水は60%、工業用水は40%を占める。工業用水の増加率

は8.1%と算定された。洛東江における都市・工業用水の年間需要量は、1976年の5億 m^3 が年率6.4%で増加し、2001年には25億 m^3 になると予測した。この中、72%は流域外の需要である。蟾津江における都市・工業用水の年間の需要量は、1976年の2,000万 m^3 が2001年には5.3億 m^3 に増加すると予測した。流域外の工業用水需要は全体の84%を占める。

詳細はANNEX Hに述べた。

4.4 河川維持用水

河川維持用水の必要量は従来の調査結果に基づいて算定した。ただし、これまでの各流域で実施された個々の調査は、いずれも内容がまちまちで、調査の精度に差がある。

1971年のHRBSの調査結果(文献10)では、漢江下流域の塩害防止には、八堂における流量が少なくとも毎秒32.6 m^3 必要であると推定している。八堂と漢江河口間の純損失水量を概算し、その結果を表-34に示した。

漢江下流域における灌漑取水量と都市・工業用水量の合計は、基準渇水年である1968年の毎秒68 m^3 から1981年には毎秒92 m^3 に増え、2001年には毎秒118 m^3 に達する。しかし、同流域の純損失水量は、逆に1968年の毎秒43 m^3 が1981年には毎秒42 m^3 、2001年には毎秒31 m^3 まで減少する。これは首都圏上水道計画によって大量の都市・工業用水が八堂貯水池から漢江下流域へ分水されるからである。したがって、1968年に塩害防止に必要なであった最低水量が将来も変わらないとすれば、漢江下流域の塩害は将来も発生することはないものと考えられる。流域面積2,336 km^2 の漢江下流域から灌漑期間中に流出する最小流量は毎秒25 m^3 から30 m^3 と見積もられる。したがって、HRBSの推測根拠が正しければ、上記残流域最小量と八堂貯水池からの都市・工業用水取水量の合計量から1968年の純損失量を差引いた残水量は毎秒15 m^3 から20 m^3 となり、これが海水遡上防止のために必要な水量ということになる。しかし、この数値は小さすぎると思われる。

ソウル市当局が1977年に実施した漢江水質調査結果によれば、漢江下流域はソウルの下水および漢江支流から流入する工場廃水によって汚染が進行していることが明らかになった。永登浦の上水道取水地点では、BOD(生物化学的酸素要求量)の値が1973年には7ppmだったものが、1977年には8.5ppmに増加した。HRBSの推定した毎秒32.6 m^3 の値は、八堂における最小自然流量とほぼ一致するが、この量だけを河川維持用水として確保しても、漢江下流の水質汚染を阻止することにはならないだろう。

これらの点を勘案すれば、毎秒32.6 m^3 の河川維持用水量は過小評価といえ、より詳細な調査ならびに分析に基づいて修正を加える必要がある。しかし、他にこれという推定値がないので、今回の検討では一応この数値を用いることとした。この点に関しては、第6章第1節で改めて議論する。

図-10に示したように、洛東江の河口付近には重要な取水口がある。すなわち、勿禁には、

釜山、蔚山地区への都市・工業用水取水口、月村、大東には金海平野への灌漑用水取水工がある。乾期に大東取水工が閉鎖された場合でも、金海平野の全灌漑用水量を月村取水工から取水できる。

KOR-72の電算機解析によれば、海水遡上防止のための所要水量は、許容塩分濃度を都市・工業用水については200 ppm、灌漑用水については1,200 ppmと仮定した場合、月村直下流は5月から10月までの半年間に毎秒44 m³、勿禁直下流では10月から4月までの半年間に毎秒38 m³と算定されている。(文献11)。またKOR-72では、洛東江の溶存酸素量を調査し、水質汚染源は大邱市および亀尾市であると結論した。さらに、浄化効率90%の下水処理場が将来大邱および亀尾両市に設置されるという仮定のもとに、水質汚濁防止に必要な最低流量を表-35に示すごとく推定した。本調査では、これら2種の所要水量のうち、不足水量が大きくなるほうを、その時期における河川維持用水とした。

蟾津江の塩分濃度を150 ppm以下に維持するための所要水量は、松亭で毎秒5.5 m³、河東で毎秒20 m³という推定がある。(文献12)。この数字に基づいて、蟾津江の水収支を計算すれば、同流域は既に深刻な水不足となっているという結果となり、実情に反すると思われる。他方、麗川/光陽工業用水道の取水口は、河東上流6.5 kmの地点に建設されている(第3章第6節参照)。この取水口はその直下流の河川維持用水を毎秒4 m³として設計されている。今回の検討には、この数値を採用することとした。

4.5 電力市場

韓国電力の電力系統では、1977年現在の総発電量が26,587 GWh、尖頭負荷が4,187 MWであった。年間のピーク需要は通常12月に発生するが、近年は7月から8月にかけての需要が増加しつつある。年間の電力需要増加率は次第に減少してきているが、現在でもなお18%の高水準にある。電力需要の構成比率は、電灯用が13.1%、99 kW以下の動力用が8.8%、100 kW以上の動力用が77.5%、農業用が0.6%となっている。1978年に韓国電力は、電力需要が1977年から1996年の間に年率12.7%で成長し、1996年の尖頭需要が40 GWを超えるものと予測している。

韓国政府は1978年1月に、1977年から2000年までの長期電力開発計画を策定した。その骨子は表-36に示すとおりで、2000年における韓国電力の設備容量を80 GWに引上げることを目ざしている。主な発電設備は、原子力発電所41箇所、火力発電所21箇所である。これらの発電設備は2000年における全設備容量の86%を占めることになる。これらの設備はベース・ロード発電所である。揚水発電所(12%)および水力発電所(2%)をピーク・ロード発電所として建設することになっている。

水力発電は省エネルギー型資源開発という観点に立てば、もっとも経済的な手段である故、

包蔵水力の乏しい韓国においては、何らかの目的でダムが建設されるならば、水力発電施設を付加することが望ましい。

5. 水 収 支

5.1 方法論

漢江では、水力発電の開発可能性が比較的高く、かつ大貯水池の建設適地が多いので、将来予想される水需要の大半が都市工業用水となるので、主として渇水期の最小流量の増加が重要視されてきた。HRBS(1967年-1971年)でも、渇水期の最小流量の増加が通年水利用を可能にするという観点をとった。昭陽江、忠州両多目的ダム事業もこの観点に立脚して計画された。

洛東江では、農業用水の需要が多いため、田植時期に需要のピークが発生し、また、流況も不安定であり大貯水池建設適地に乏しい。KOR-16(1967-1971年)の水収支検討では、流域の水消費の季節的変動を勘案し、灌漑期に集中的な水不足が生ずると結論した。安東ダム多目的開発事業はKOR-16の水収支に基づいて計画、実施された。

HRBSでとられた方法は、需要が年間を通じて一定である場合にのみ適用できる。一方、KOR-16の方法は需要の季節変動の有無にかかわらず有効である。今回の調査では対象三流域の水収支を統一的に取扱うこととし、KOR-16の方法に従った。

5.2 設定条件

ある土地の自然植生を草地と仮定する。草地への降雨量から蒸発散量と浸透水を差引いた残りが表流水となる。浸透水はある期間を経た後、表流水となるから、浸透水の初期流出分を、降雨のうち地表から直接河川に流入する分と同様に有効と見なし、還元水(Return flow)とする。したがって草地への降雨が寄与する河川流量は下記のごとく示される。

$$q = R - E - PL + RF \dots\dots\dots(1)$$

q : 流量

R : 降雨量

E : 蒸発散量

PL : 浸透量

RF : 還元量

降雨量が河川流量になる過程で失なわれる総水量を消費水量(Withdrawal)と呼ぶこととする。上記の場合、消費水量(W)は次のように表わされる。

$$W = R - q = E + PL - RF \dots\dots\dots(2)$$

河川掛り水田の場合は、粗用水量が河川流量から取水されるが、無効降雨量と還元水量分は河川へ戻る。水路および田面における水管理損失水量の一部も還元水量となる。

$$g = R - (E - ER + PL + CL) - ER + RF$$

$$W = R - g = E + PL + CL - RF \dots \dots \dots (3)$$

ER: 有効降雨量
 CL: 水管理損失水量

式(3)は貯水池掛り水田の場合も取水口以下に適用できる。貯水池では蒸発散量と貯水量が正、放流量が負の消費水量となる。

地下水灌漑水田の場合、地下水面の変動は貯水池水面の変動と類似している。地下水灌漑水田の面積は僅かであるから、貯水池掛り水田と同一の消費水量が発生すると考える。

補給灌漑水田、灌漑畑地も公式(3)を適用することができる。天水畑地の消費水量は草地の場合と同一と考える。

河川掛りの水田や畑地の場合、河川にじゅうぶん水があれば、蒸発散量も浸透量も計算どおりの値となると考えられるが、その他の水田では、おのずから水源に何らかの制約があるから、土壌水分の枯渇によって蒸発散量と浸透量が減少することがあり得る。したがって河川掛り水田を除く消費水量は渇水年の気象条件を想定し、5日毎の水分収支計算によって決定した。水分収支計算のために設定した条件は、次のとおりである。

- (1) 草地には他からの流入量はない。
 圃場容水量 300 mm, 萎凋点 100 mm
- (2) 補給灌漑水田の場合の集水面積は圃場面積の3倍。
 湛水深 100 mm, 圃場容水量 150 mm, 萎凋点 50 mm
- (3) 貯水池掛り水田の場合は、ANNEX Gで述べた既設ダムの資料に基づき、農業調査地区の地域差を考慮して、集水面積は受益面積の3.9倍から7.3倍、および受益面積に対する貯水容量の割合は280 mmから510 mmと仮定した。
- (4) 耕地整理施工済みの水田の浸透量は、耕地整理未施工の水田より10%多く見込み、灌漑効率も5%下げて60%とした。この仮定によって耕地整理の粗用水量は未整理水田に比べて15%から20%増加することになるが、消費水量の増加は5%から6%程度となる。

還元水量は、草地では浸透量の50%、耕作地では水管理損失量の70%と仮定した。都市工業用水の還元水量は、KOR-16に従い、流域内需要量の70%とした。

草地と耕地の消費水量の差異を純消費水量と呼ぶこととする。仮りに、現存耕作地をすべて草地、都市・工業用水供給をゼロと想定した場合の河川流量を自然流量と称する。水位観測所の既往流量資料がある場合、自然流量は、当該年の耕地の純消費水量と都市・工業用水の消費水量に観測流量を加えることによって得られる。

対象年の水不足量は対象年における耕地の純消費水量と、都市・工業用水の消費水量の合計から自然流量を差引いたものに相当する。もし、支流において、水不足が生じた場合には、本流も水が無い状態にあると考える。

5.3 流域の分割

水収支計算に際して、水需要動向と水位観測所の位置を考慮し、三流域を幾つかに分割した。漢江流域の水収支は、八堂貯水池直下流地点を基準に計算した。中間報告書で、北漢江、南漢江に分割して計算した結果、支流域ではほとんど水不足が発生していないことが判明しているため、漢江流域をさらに分割することはしていない。

洛東江流域は、高霊橋上流、高霊橋-南江、南江、南江-月村の4流域に分割した。河口付近の下端(地名)を水収支計算の最下流基準地点とした。

蟾津江流域は一括して取扱い、河口の河東を基準地点とした。

計算の便宜上、昭陽江ダム、忠州ダム、安東ダムの各大貯水池の集水面積からは流入がないと仮定した。永川ダム、蟾津江ダム、同福ダムの集水面積も、各ダムの放流量が全量流域外へ分水されているので、除外した。

5.4 流量記録

基準水位観測所として、漢江では高安、洛東江では倭館と津洞、蟾津江では鴨緑を採択した。各観測所の5日平均の自然流量は、集水面積比あるいは流域雨量比を用い、各分割流域の最下流地点における5日流量に換算した。華川ダムにおける流入量と流出量の差異は、いったん高安の流量からこの差異分を減じ、次いで、忠州、昭陽江両ダムの集水面積からの流入量がないものと仮定して算定した流量に加えた。南江ダムについても同様に検討し、洛東江との合流点における南江の流量に含めた。宝城ダムについては、南海岸地域へ分水されていることを考慮し、ダム越流水のみ含めた。

計算対象期間は、1962年から1976年までの最渇水期間、すなわち1967年10月から1968年9月までの一年間をとった。

5.5 結 果

年間消費水量を2001年まで5年毎に表-37に示した。都市・工業用水の純消費水量は、年間を通じて一定であるが、農業用水の純消費水量は、ANNEX FおよびKに述べたように、季節的に変動する。河川維持用水は、漢江、蟾津江では通年一定であるとしたが、洛東江では第4章第4節に述べたように、季節的に変動し、経年的に増加するものと仮定した。

漢江流域における都市・工業用水の消費水量は、現在でも相当な量に達しているが、今後も急

速に増えるであろう。洛東江流域においては、支流沿いの農業用水消費水量が2001年までの間大半を占めるが、本流に依存する都市・工業用水の消費水量は伸び率において農業用水の消費水量を上まわるであろう。蟾津江流域では、都市・工業用水の消費水量の伸びが大きく、近い将来農業用水の消費水量を追い抜くであろう。

算定した不足水量の、年量および年間ピークを表-38に要約した。

漢江においては、昭陽江ダムおよび忠州ダムの集水面積からの流入量がないものと仮定すれば、八堂ダム直下流における不足水量は、1986年には2.62億 m^3 、2001年には12.41億 m^3 となり、最大不足水量は、1986年の毎秒71 m^3 から2001年には毎秒132 m^3 へ増加するものと予測される。最大不足水量の発生時期は7月1日から10日の間になる。

洛東江流域の不足量は、安東ダムと永川ダムの集水面積からの流入量がないものと仮定すれば、1986年には8.94億 m^3 、2001年には15.05億 m^3 となり、最大不足水量は毎秒143 m^3 から毎秒179 m^3 に増加するものと予測される。一般に海水遡上防止に要する水量が河川維持用水として必要な水量となるが、大邱下流の高霊橋地点で水質汚濁防止に要する水量が大副に不足する時がある。計算では、7月21日から25日までと、8月11日から15日までの期間には、高霊橋地点の不足水量のほうが、河口での不足水量より大きいという結果となった。最大不足水量は6月16日から20日の間に発生するものと考えられる。

蟾津江流域の不足量は、1986年の7,200万 m^3 が2001年には、2.38億 m^3 となり、最大不足水量は毎秒13 m^3 から毎秒22 m^3 へ増加するものと予測される。最大不足水量は6月16日から20日の間に発生するであろう。

水収支計算は、対象九切ダムと忠州ダム貯水池上流端の間、および対象咸陽ダムと南江ダムの間についても行ったが、2001年までの間に水不足は生じないという結果になった。

5日毎の水不足量計算結果を図-11に示した。

詳細は、ANNEX Kに述べた。

6. 貯水池操作

6.1 操作方式

ダム下流への放流量を得るために、貯水池へ流れ込む水は、いったん貯留される。もし、ダムからまったく放流しなければ、下流の不足水量はダムへの流入量に相当する分だけ増えるので、総不足水量を充足するに要する放水量は、ダムが無い時の不足水量と貯水池への流入量の和となる。そこで、任意の時点における放流量からそのときの流入量を差し引いた残水量を、ダム建設による開発水量と呼ぶこととする。第5章に記述した水収支検討結果によれば、水不足量は一定でなく、また、年間の限られた時期にしか発生しない。水不足が生じない期間には、下流における流量は常に用水需要量を上廻っている。あるダムの年間いついかなる時期の開発水量も、そのときの不足水量を賄い切れるならば、水需要が通年継続するとしても、ダムからの放流量と河川流量によって水需要を完全に満たすことができる。

ダムによる開発水量は不足水量を賄うために利用されるが、その時点に不足水量が生じて初めて利用されるのである。最大不足水量発生時のダムの開発水量が、その時の不足水量に等しく、かつその時以外は開発水量が不足水量を下廻らない場合に、最大不足水量に等しい開発水量をダムの純供給水量と呼ぶことにする。

対象ダムが着工される以前に、同一河川に既設ダムがあれば、既設・対象両ダムによる純供給水量から既設ダムのみによる純供給水量を差し引いた残りを対象ダムの純開発水量とみなす。

発電用ダムからの放流量は通常年間を通じてほぼ一定である。この種の操作方式を一定放流方式と呼ぶこととする。一定放流方式の場合、ダムの開発水量は豊水期より渇水期のほうが大きくなるから、不足水量の供給という点に関して好都合な傾向をもつといえるが、全開発水量が活用されるには至らない。

不足水量の大小に応じてダムからの放流量を変動させる操作方式を需要対応放流方式と呼ぶこととする。需対応放流方式の場合、水不足の生ずる時期には不足水量とダムへの流入量の和をダムから放流し、それ以外の時期には、1967年10月から1968年9月までの基準渇水年に生じた最低の月平均流量を放流することとした。すなわち、常に必要最小限度の放流を行うから、与えられた有効貯水量で最大限の需要に対応可能となる。ただし、この方式では、水不足の発生しない時期の放流量が非常に小さく、発電には都合が悪い。

6.2 既設ダムの操作

昭陽江ダムを一定放流方式として、図-17に示したごとく、その放流量を毎秒55.5 m^3 と算定した。忠州ダムでは下流域の水需要を勘案して、需要対応放流方式が採用される。最近算定された渇水年における忠州ダムからの放流量を表-39に示した。図-12に示すように漢江流域においては、昭陽江ダムと忠州ダムからの放流量は2001年の不足水量を上廻っている。

漢江の不足水量は、両ダムの集水面積からの流入量がないものと仮定して算定されているから、両ダムの放流量を開発水量と見なすことができる。昭陽江ダムと忠州ダムがあれば2001年の水需要を満たすことができるわけである。さらに先の時点になって、7月1日から10日の間、水不足が現われ、以後、年々この期間は長くなってゆくものと考えられる。

将来に対して算定した年最大不足水量(7月1日-10日)の経年変化を図-16に示した。外挿法で求めた最大不足水量と昭陽江、忠州両ダムからの供給量を比較すれば、両ダムによって2008.6年までの不足量を賄えることがわかる。八堂直下流で毎秒32.6 m^3 と仮定した河川維持用水は、第4章第4節で述べたとおり、海水遡上防止には過小評価と見られ、また多分将来の水質汚濁防止には少なすぎる。八堂地点における7月の自然流量は洪水量を除いて、毎秒約70 m^3 である。7月中の海水遡上および水質汚濁防止のために維持されるべき水量がこの自然流量程度であるとするれば、図-16に示した不足水量増加曲線は毎秒37.4 m^3 (=70-32.6)だけ上方へ移動することになる。そうなれば、2002年からは既設ダムの供給力だけでは不足することになる。

安東ダムは、放流の必要のない時期には発電所が揚水式発電所として運転され、需要対応放流方式が採用されているから、洛東江の不足水量のピーク部分をまかなうことができる。図-19に示すごとく、安東ダムは、ダムからの放流量がないものとして算定した不足水量のうち、毎秒142.5 m^3 のピークをもつ7.4億 m^3 の不足水量に対応できる。

図-16によれば、洛東江流域では安東ダムの次のダムが1985年ごろから必要となるとみられるから、新たなダムの建設準備を速やかに開始する必要があると考えられる。

韓国政府は、安東ダムに続く事業として陝川ダム、あるいは河口堰を計画中である。現計画によれば陝川ダムは一定放流方式を採り、その有効貯水量は5.43億 m^3 である。マスカープにより陝川ダムからの放流量は毎秒18.1 m^3 と算定した。陝川ダムの開発水量はこの放流量からダムへの流入量を差引いた量である。陝川ダムは高靈橋下流で流入する支川に予定されており、高靈橋地点の不足水量が河口の不足水量より大きくなる時期があるから(図-13参照)、陝川ダムが賄える不足水量には限界がある。これらの点を考慮して陝川ダムの純供給水量を毎秒13.8 m^3 と算定した。2001年における安東ダムと陝川ダムを組合せた場合の用水供給の状況を図-14に示した。

河口堰は海水遡上防止に必要な用水量を節約する機能を持つ。その節水量は水質汚濁、漁業地下水および生態環境の諸問題への影響を考慮に入れて決定されるであろう。日本の利根川河口堰の例では、河川維持用水を毎秒50 m^3 から毎秒30 m^3 に節減することにより、毎秒20 m^3 の都市・工業用水と灌漑用水を開発した。河口堰建設後は、海水遡上防止のための水量はまったく不要となり、水質汚濁防止のみの目的で河川維持用水量が決定されるという仮定のもとで水収支計算を行い、河口堰は純供給水量を5.6億 m^3 、ピーク時毎秒24.1 m^3 節減できるという結果を得た。安東ダムと河口堰を組合せた場合の用水供給状況を図-15に示した。

6月16日から20日の間の不足水量のピークに基づいて作成した洛東江についての不足水量

増加曲線は図-16に示すとおりである。同期間には、安東ダムと陝川ダムを組合わせた場合には1990.1年まで全不足水量を充足でき、安東ダムと河口堰の組合わせの場合には1994.7年まで全不足水量を充足できることになる。

蟾津江流域の水収支計算では、既設ダムの影響は既におり込んである。図-16に蟾津江の最大不足水量増加曲線を示した。外挿法によってこの曲線から蟾津江では1977年から水不足が発生していることが推定される。

6.3 対象ダムの運転開始時期

対象ダムは都市・工業用水と農業用水を目的から除外すると成り立たなくなるから、対象ダムの運転開始時期は、既設ダムがその流域の水不足に対処できなくなる時点となる。

漢江流域における対象ダムの運転開始時期は遅くとも2008.6年であるが、その時期は、所要水量によっては、それよりも早くなるかもしれない。

洛東江流域においては、陝川ダムが先行した場合は遅くとも1990.1年、河口堰が先行した場合は遅くとも1994.7年が対象ダム運転開始時期となろう。KOR-72の検討によれば、もし大邱、亀尾市に工場排水・汚水処理施設が整備されない場合には、水質汚濁が深刻な問題となると推定されている。河口堰は、その物理的・社会的影響について詳細な調査を実施し、かつ上流にじゅうぶんな処理能力をもつ工場排水・汚水処理場が建設された後に実施されるべきであって、着工までにまだ相当の年月を要するものと考えられる。この点に鑑み、陝川ダムの建設が先行するものと想定し、対象ダム運転開始時期は1990.1年とした。

蟾津江流域では、渇水年にはすでに自然流量が水需要を充足できなくなっているため、可及的速やかなダム建設が必要である。そこで、建設に要する期間を考慮して、対象ダムの運転開始時点を1986年とした。

6.4 対象ダムの操作

対象ダムの操作方法は、各ダムの特性を考慮し、表-40に示すように定めた。対象ダムの純供給水量と、これに関連する流入量と流出量のマスカーブを図-17から図-20に示した。

バムソンゴル、麟蹄、奉化、咸陽の各ダム計画地点は、大規模貯水池をもつ既設ダムの上流に位置している。対象ダムを需要の変動に応じて操作しても、既設ダムの供給水量には何らの効果も及ぼさないため、これらの対象ダムは、すべて一定放流方式を採用するものとした。既設ダムの放流量は流量マスカーブにより、対象ダム計画を実施した場合と実施せぬ場合について算定した。そのうえで、対象ダムの純供給水量を、対象ダム建設前と建設後の既設ダム放流量の差として算定した。

洪川、達川、良峴、臨河の各計画ダムについては、一定放流方式と需要対応放流方式の両者

を検討した。放流可能量は流量マスカーブによって算定した。漢江流域の対象ダムの純供給水量は、不足水量が最大となる7月1日から10日の間のダムへの流入量を放流量から差し引いた水量である。洛東江の臨河ダムの場合は、安東ダムが需要対応放流方式を採用しているから、水不足期間に開発水量の全量が有効利用される。臨河ダムの需要対応放流方式の純供給水量は、水不足期間中の放流量ができるだけ一定に保たれるようにして定めた。

蟾津江の住岩ダム計画については、第7章で述べる二つの案を想定した。第一案は本流案で、住岩ダムから津江にいったん全量を放流した後、蟾津江下流で全所要水量を取水する。第二案は分水案で、住岩ダム貯水池と直結した分水トンネルにより、蟾津江流域外の南海岸地帯にある都市・工業用水需要地へ送水する。分水する水量は、流域外の都市・工業用水需要量から既設の麗川/光陽工業用水道が取水する日量25万 m^3 を除いたものとし、残りの水需要は津江本流から取水するものとした。本流案で用いた不足水量は、住岩ダムの集水域からの流出が無い状態で水需要が全部発生するものとして計算した。分水案の場合、本流で充足すべき不足量は、住岩ダムからの流出がないものとして都市・工業用水総需要から分水供給量を差し引いた量を用いて算定した。住岩ダムからの全放流量は、こうして求めた蟾津江の不足水量と都市・工業用水分量との合計を供給することになる。住岩本流案については、一定放流方式と需要対応放流方式の両方を検討した。分水案では、貯水池と都市・工業用水需要地間の落差は全部分流した水の搬送に利用され、また、本流への放流量はわずかであるから発電は期待できない。したがって分流案では一定放流方式のみを仮定した。

九切ダム計画はある程度の開発水量を見込めるが、将来とも下流に水不足が発生しないと考えられるので、純供給水量は無いことになる。したがって、発電に有利な一定放流方式のみを検討し、運転開始時期を1986年とした。

6.5 計画目標年

用水供給計画の目標年は、対象ダムによる用水供給量が最大に達し、それ以降は新たなダムが必要となる時点に設定した。すなわち、図-16に示した不足水量増加曲線に基づき、不足水量のピークが対象ダムの純供給水量を超えようとする時期として決定した。蟾津江流域の住岩ダム計画については、図-21に示す住岩ダムの集水域からの流入がないものとして計算した。不足水量増加曲線と不足水量プラス分水量増加曲線に基づき、開発目標年を設定した。

表-41と表-42に対象ダムごとの規模別貯水容量、放流量、純供給水量、運転開始年次、計画目標年を要約した。

漢江流域の不足水量が、昭陽江・忠州ダムの純供給水量を超えたあとの水不足継続期間は短いから、同流域内対象ダムは需要対応放流方式をとることによって、かなり大きな水需要に対処しうる。洛東江流域にあっては、すでに安東ダムが不足水量のピーク部分を受持っているか

ら、対象ダムの放流方式の違いはそれほど重要ではない。蟾津江の住岩ダム本流案では、漢江の場合と同様、需要対応放流方式のほうが一定放流方式より純供給水量が大きい。分水案では分流する水量は年間一定であるが、純供給水量は本流案よりも小さくなる。

7. 設計および工事費積算

7.1 比較規模の設定

中間報告書では対称ダムの開発規模を広い範囲に設定して設計を行い、工事費を積算した。特別な制約条件がないかぎり、開発規模は各ダムとも4段階の有効貯水量、すなわち年間流入量の40%、60%、80%、100%相当として設定した。水文解析の結果の出る前にこれを行ったため、第一次調査の結果算定した値を年間流入量として用いた。発電所の最大出力は、設備容量利用率20.8%、31.3%、41.7%に相当する3段階の規模を仮定して定めた。

今回、これらの検討結果のうちロックフィルダムの建設単価および発電所出力について修正を加えたりえ利用した。各開発規模別ダムおよび発電設備の建設費は、費用曲線としてANNEX Pに取りまとめた。

ダムサイト比較地点の取捨選択を次のように行った。バムソゴル下流サイトおよび奉化上流サイトでは、地滑りの可能性があること、麟蹄下流サイトは、上流サイトに比べて建設費が高くつくこと、咸陽下流サイトは、現地踏査の許可が得られず、調査が不可能であったことのために、それぞれ除外した。

設計図は図面集として編集してあるが、その内容は予備設計と模擬設計に分かれている。予備設計は、経済的に成り立つものと判定したバムソゴル、洪川、達川、良峴、臨河、住岩の各対象ダムについて、表-84と表-87に示した最適規模について行った。経済性の低い麟蹄、九切、奉化、咸陽の各対象ダムについては、中間報告書添付の図面に手直しを加え、模擬設計として取りまとめた。なお、咸陽ダム計画については一部設計変更をした。これらの対象ダムについては、必ず最適規模ではなく、任意の規模を表-43のごとく定め模擬設計を行った。

設計図、地質図、ボーリング柱状図および弾性波走時曲線は図面集に編集した。地質踏査、ボーリング、物理探査に関するその他の結果はANNEX Lに述べた。建設材料の調査結果および試験結果はANNEX Mに取りまとめた。

7.2 設計基準

建設期間中の河川付替え水路の計画洪水は、ロックフィルダムの場合、既往最大洪水と50年確率洪水のいずれか大きい方に、コンクリート重力式ダムの場合、2年確率洪水に相当する量を想定した。

余水吐には、貯水池の調節機能を見捨て、コンクリート重力ダムでは200年確率洪水、ロックフィルダムでは200年確率洪水の1.2倍の規模の洪水にそれぞれ対処しうる容量をもたせた。

ダムの高さには、計画洪水位に対し、コンクリート重力式ダムでは2 m、ロックフィルダムでは3 mの余裕高を見込んだ。コンクリート重力式ダムの断面は、上流面は下部にフレットをもつ鉛直、下流面は1 : 0.8と仮定した(模擬設計の上流面は1 : 0.1としてある)。ロックフィルダムは、中心コア型を想定し、堤頂幅を10 m、上流面の勾配を1 : 2.4、下流面の勾配を1 : 2.0とした。

貯水池の低水位は、原則として100年堆砂面上に、水路径の2.5倍を加えたものとした。

コンクリート重力式ダムとロックフィルダム双方の建設費を比較してダム型式を選定した。バムソンゴル、麟蹄、奉化、咸陽、住岩ダムについては、双方の建設費の差異が15%以内なので、将来、より詳細な比較検討が必要であろう。

発電所は、一定放流型の貯水池操作を行う計画ダムについてのみ検討した。需要対応放流方式をとるダムには、下流に水需要が発生した時のみ運転する発電所か、安東型の揚水発電所が適するかと考えられるが、この点の検討は妥当性調査にゆだねることとする。バムソンゴル、麟蹄、九切(分水案)、洪川、奉化および臨河の各対象ダムに対する一定放流方式の計画は、5時間ピーク運転として、すなわち設備容量利用率を20.8%と定めて発電目的を含めたほうが有利となる。他方、達川、良峴、咸陽、住岩各対象ダムの一定放流方式の計画では、18時間運転、すなわち設備容量利用率75%の小容量発電所を設けることが有利と判定された。各ダム計画の設計に際しては、上述の結果を考慮に入れた(表-8-1と表-8-2参照)。

7.3 工事費積算基準

工事費の内訳は、直接工事費、水没補償費、技術費、管理費、予備費からなっている。

直接工事費は、土木工事費、ゲート、鉄管類製作据付け費、送電線および変電所建設費の合計額である。土木工事費、ゲート、鉄管類の費用は、昭陽江、安東、大清各多目的ダムの実績単価を1978年価格に修正して見積もった。忠州ダムの見積単価も参照した。主要工事費単価は表-4-4に示した。発電設備、送電線および変電所の費用は、国際価格に基づいて見積もった。

水没補償費は、土地に対する補償費とその他の道路付け替え費、移転費等について、建設部が見積もり、詳細はANNEX Oに述べた。

技術・管理費は、直接工事費の10%と見積もった。

予備費は、直接・間接費合計の20%と仮定した。

全費用は、1978年価格水準で見積もり、将来の価格上昇は見込んでいない。建設期間中の金利も含めていない。

7.4 バムソンゴルダム

バムソンゴルダムサイトは、北漢江と水入川合流点から西へ14 km 水入川溪谷に位置する。

これより約4km下流の比較ダムサイト一帯は、地質踏査の結果、地滑り地帯であることが判明したので計画から除外した。対象ダムサイトの下流約5km地点が、満水位181mの華川貯水池上端となる。ダムサイトの北北東約1.8km地点に休戦ラインがあるため、貯水池の最高水位は約305mに制限される。

今回の調査で算定した水文資料は下記のとおりである。

集水面積	583 km ²
年間降雨量	1,276 mm
年間流入量	5.09 億 m ³
既往最大洪水量	毎秒3,000 m ³
2年確率洪水量	毎秒 650 m ³
50年確率洪水量	毎秒2,500 m ³
200年確率洪水量	毎秒3,400 m ³

ダムサイトの地質図を図面集第001図に示した。基岩は粗粒状の堅い新鮮な花崗片麻岩で、亀裂がある。河床標高はほぼ210m、河床の幅は約80mである。ダムサイト左岸側は勾配30°の堅い花崗片麻岩で、多くの露頭が認められる。標高240m以下は崖錐堆積物に覆われた段丘である。これらの表層堆積物の深さは、コア・ボーリングDH1地点で12mと推定された。弾性波探査によると、表層堆積物もしくは岩のゆるんでいる層の厚さは5mから8mあり、標高が高くなると層が浅くなる。地表より10mないし20mまでの岩石は風化しているものと推定される。左岸基部に厚さ5m程度の堆積物があり、濁水期の流路は右岸に偏っている。堅く新鮮な岩盤が右岸の水ぎわに露頭している。右岸側の斜面は平均40°で凹凸がある。表層堆積層の厚さは1mから5mあり、その下の風化した岩層の深さは8mから15m程度である。

ダムサイトから南東550mの地点に、長さ300m、幅50mの鞍部があり、その頂高は310mである。頂上部には亀裂の入った花崗片麻岩が露頭し、かなりゆるんでいるように見られるので、おそらく遮水処理が必要であろう。

計画原石山は、ダムサイトの上流500m地点で右岸側から合流する支流の両岸一帯にあり、塊状の花崗片麻岩からなる丘陵地で、薄い表層堆積物に覆われている。運搬距離は1kmないし2km程度である。不透水性材料は、ダムサイト上流1.8km地点の右岸側緩傾斜丘陵から得られる。採取可能量は約60万m³と推定される(ANNEX M参照)。さらに、ダムサイト上流約1km地点の左岸でも約26万m³が採取できる。ダムサイト上流0.5km地点から2.5km地点の右岸側堆積物から約120万m³の砂・砂利が採取可能である。また、ダムサイト下流1.5km地点の左岸でも、60万m³の砂・砂利が採取可能である。

バムソンゴルダムと発電所の予備設計を図面集第101図、第102図に示した。貯水池の

常時満水位を標高305 m, 最低水位を標高264 mとして, 有効貯水容量を3.68億 m^3 と設定した。計画洪水水位を満水位より1 m高くとり, 洪水調節容量は1,600万 m^3 とした。延長550 mおよび660 m, 直径12 mの仮排水トンネルを左岸側に2本掘削する。堤高105 m, 堤体積520万 m^3 のロックフィルダムを築造し, 堤体基礎は, 風化基岩の上層部におき, 遮水コアの基礎は同じ基岩のさらに深い部分まで下げる。左岸側に延長2,200 m, 直径5 mの導水トンネルを掘削し, 調圧水槽を設置する。延長210 mの水圧鉄管路は花崗片麻岩の尾根に敷設し, 発電所は水入川左岸に建設する。放水水位は標高184 mとなり, 地形的制約により華川ダム貯水池満水位より3 m高くなっている。

有効落差は96.4 m, 最大使用水量は毎秒61.4 m^3 である。発電機は25 MW2台である。総工事費は, 1.25億ドルとなる。

7.5 麟蹄ダム

麟蹄ダムサイトは, 昭陽江の支流内麟川の溪谷に位置している。4km下流の比較地点は, 地質条件は良好であるが, 建設費が高くなるので計画から除外した。対象ダムサイトの河床標高は222.5 mで, 昭陽江ダムの満水位192 mより30.5 m高い。

今回の調査で算定した水文資料は下記のとおりである。

集水面積	1,043 km^2
年間降水量	1,200 mm
年間流入量	8.57 億 m^3
既往最大洪水量	毎秒5,000 m^3
2年確率洪水量	毎秒 900 m^3
50年確率洪水量	毎秒5,400 m^3
200年確率洪水量	毎秒7,500 m^3

ダムサイトの地質図を図面集第004図に示した。ダムサイト付近は幅30 mから40 mの狭い谷で急流となっている。兩岸の山腹は険しい。左岸の河岸には基岩が連続して露出し, その上部斜面は薄く崖錐堆積物に覆われている。右岸は険しい岩山で, 浅い沢に岩層が堆積している。基岩は表面に亀裂が入った堅固で粗粒な花崗岩である。コア・ボーリングDH1地点では, 表層が深さ1 mの土混じりの岩屑, 次層が厚さ2.6 mの風化した基岩となっている。弾性波探査の結果, 厚さ1 mないし5 mの表層堆積物の下に, 厚さ1 mから15 mの3.5km/s層が存在することが判明したが, この3.5km/s層は, 部分的に亀裂の入った基岩と推定される。

原石山はダムサイト上流1.3km地点で合流する支流の左岸と, ダムサイト下流1.5km地点で合流する支流の右岸の2箇所が対象となろう。両原石山の基岩はきわめてコンクリート骨材に適している。不透水性材料は, ダムサイト付近には少なく, 5km以上離れた地点にある。砂・

砂利はダムサイトより5kmから8kmの間に点々と堆積しており、全部合わせてもわずか100万 m^3 程度で、コンクリートダムを建設するには材料が不足する。

図面集第103図に麟蹄ダムの模擬設計を示した。貯水池の常時満水位を標高344 m、最低水位を標高300.6 m、有効貯水容量を9.7億 m^3 と設定した。満水位上に洪水調節容量をとった。延長440 m、直径9.8 mの仮排水トンネルを左岸側に掘削する。高さ128 m、堤体積170万 m^3 のコンクリート重力式ダムを、前述3.5 km/s層の上にダム基礎を置いて築造する。水門付きの余水吐を設け、直径7 m、延長5.4 kmの導水トンネルを左岸側地山に掘削する。調圧水槽、水圧鉄管路および発電所は花崗片麻岩の稜線上に建設する。この花崗片麻岩は満水位標高192 mの昭陽江貯水池付近では真砂化しており、その層厚は20 m程度と推定される。放水位の標高は190 m、有効落差は127 m、最大使用水量は毎秒114.5 m^3 である。発電機は2基据付け、各出力は61 MWとなる。総工事費の見積額は2.46億ドルとなった。

7.6 洪川ダム

洪川ダムサイトは、北漢江と洪川の合流点から、上流11 km地点にある。洪川の町を水没させないためには、貯水位を標高125 m以下におさえる必要がある。

今回の調査で算定した水文資料は、下記のとおりである。

集水面積	1,473 km^2
年間降雨量	1,340 mm
年間流入量	13.51 億 m^3
既往最大洪水量	毎秒7,100 m^3
2年確率洪水量	毎秒1,900 m^3
50年確率洪水量	毎秒6,800 m^3
200年確率洪水量	毎秒9,000 m^3

ダムサイトの地質図を図面集第007図に示した。基岩は、珪岩、片岩およびこれらの互層となっている。河床は片岩からなり、河床標高は約49 m、河幅は120 mである。ダムサイト左岸は幅の広い尾根の東斜面である。片岩がところどころで珪石に貫入している。この斜面は、標高100 mまで険しいが、それ以上はゆるやかになる。弾性波探査の結果、厚さ4 mから10 mの1 km/s層、厚さ5 mから12 mの1.9 km/s層、厚さ5 mから12 mの3.5 km/s層が、それぞれ5.4 km/s層を被っていることが判明した。4.5 km/s層に低速度帯の存在が認められた。右岸基部に砂洲が発達している。右岸は片岩の狭い尾根で、頂上の標高は170 mである。基盤の弾性波速度は、4.3 km/sから4.7 km/s、1 km/s層の層厚は1 mから6 m、1.9 km/s層の層厚は2 mから12 m、3.5 km/s層の層厚は3 mから8 mである。2本の断層があると想像され、1本はおそらく左岸の河岸の珪岩と片岩との間に沿って走っており、他の1本は、標高130 mでダム軸付近を通過しているものと推定される。しかし、これらの断層はよく締まっていると思われる。

ダムサイト上流左岸側、約2.5 kmの地点に珪岩からなる丘陵があり、原石山の可能性はあるが、岩が堅くかつ巨塊である。ダムサイトの南南東3 km付近の丘陵は、片麻岩および片岩でできており、ロック材はじゅうぶんに調達可能だが、運搬距離が多少長い。不透水性材料はダムサイト上流1 kmから2 km付近の段丘で90万 m^3 以上見込める。材料は、片麻岩を母材とする埴壤土および砂質埴土である。砂・砂利はダムサイト近くに豊富にある。

洪川ダムの予備設計を図面集第104図に示した。貯水池の常時満水位を標高120 m、最低水位を標高93 m、有効貯水容量を9.54億 m^3 と設定した。洪水調節容量は満水位に1 m上乘せした5,200万 m^3 である。右岸に延長280 m、直径1.22 mの仮排水トンネルを掘削する。高さ80 m、堤体積83万 m^3 のコンクリートダムを建設し、ダム基盤は1.9 km/s層の下部に置く。中央溢流式ゲート付き洪水吐を設ける。一定放流方式の場合、発電所の建屋は洪水吐に隣接して建設する。発電機は2台、各容量は36.5 MW、有効落差は53.5 m、最大使用水量は毎秒162.2 m^3 である。需要対応放流方式の場合は、発電所建屋のかわりにバルブ室を設ける。最大通水容量は毎秒109 m^3 である。総建設費は一定放流方式の場合1.70億ドル、需要対応放流方式の場合1.36億ドルである。

7.7 九切ダム

九切ダムサイトは、南漢江の支流、松川溪谷に位置している。貯水池の最高水位は、ソウル-江陵高速道路の水没を避けるため、標高750 m以下に制限される。

今回の調査で算定した水文資料は次のとおりである。

集水面積	101 km^2
年間降雨量	1,186 mm
年間流入量	7,900 万 m^3
既往最大洪水量	毎秒 450 m^3
2年確率洪水量	毎秒 80 m^3
50年確率洪水量	毎秒 600 m^3
200年確率洪水量	毎秒 900 m^3

九切ダムサイトの地質図を図面集第008図に示した。河床標高は691.3 m、河床の幅は30 mである。左岸は標高800 mまで30°の勾配が連続し、それ以上はゆるくなる。右岸は45°の岩壁になっており、非常に堅い砂岩である。左岸の下部には斜面堆積物が存在する。弾性波速度0.3 km/sから1.4 km/s層の厚さは2 mないし10 mあり、その下に、亀裂の多い風化岩盤と思われる2 km/s層が存在し、その厚さは5 mから15 mある。左岸の河岸部分に低速度層が存在する。

ダムサイト上流300 m地点で合流する支流左岸の丘陵が原石山候補地である。ダムサイト

上流 1.2 km 地点の右岸側段丘で 70 万 m^3 程度の不透水性材料が採取可能である。砂・砂利の堆積はダムサイトを起点に 3.5 km から 5.5 km の間に点在しているが、推定採取可能量は 15 万 m^3 である。

当初検討した九切ダムの計画は松川計画と呼ばれるものであって、九切ダムサイトと松川上流に選定した発電所地点の間に延長 1.4 km の導水路トンネルを掘削して、350 m の落差を得ようとするものである。しかし、後にこの計画は、九切ダムサイトと東海岸の南大川の間の落差 630 m を利用して発電を行う分水案に変更した。

九切ダム分水案の模範設計を図面集第 105 図に示した。貯水池の常時満水位標高を、748 m、最低水位を 723 m、有効貯水容量を 7,320 万 m^3 と設定した。満水位上に洪水調節容量をとる。延長 450 m、直径 7.8 m の仮排水トンネルを左岸に掘削する。高さ 68 m、堤体積 110 万 m^3 のロックフィルダムを 2 km/s 層の上に建設し、不透水性コアはこの層の中に基礎を置く。ゲート付き溢流頂をもつ洪水吐を左岸に設ける。

対象九切ダムサイト北北東約 1.5 km 地点の新鮮で固い砂岩上に取水口を設ける。延長 8 km の導水路トンネルを砂岩、花崗岩、粘板岩、珪岩からなる地山に掘削する。岩盤がよく固結しているので、湧水はほとんど生じないと思われる。調圧水槽と延長 2,300 m の水圧鉄管路を珪岩、砂岩および粘板岩からなる切り立った尾根に建設する。発電所は最高水位 118 m 貯水容量 370 万 m^3 の灌漑用貯水池の左岸に設ける。この灌漑用貯水池は江陵平野へ流下する南大川上流にある。発電機は 29.5 MW 2 台とし、最大使用水量毎秒 11.5 m^3 、有効落差 603.5 m である。九切分水計画の総工事費を 8,300 万ドルと見積もった。

7.8 達川ダム

達川ダムサイトは、南漢江との合流点より 1.1 km 上流の達川にあって、槐山の町の水没を避けるには、貯水位の最高水位を標高 117 m に抑える必要がある。

今回の調査で算定した水文資料は下記のとおりである。

集水面積	1,348 km^2
年間降雨量	1,106 mm
年間流入量	9.32 億 m^3
既往最大洪水量	毎秒 3,700 m^3
2 年確率洪水量	毎秒 1,500 m^3
50 年確率洪水量	毎秒 4,900 m^3
200 年確率洪水量	毎秒 6,400 m^3

達川ダムサイトの地質図を図面集第 012 図に示した。河床標高は 70 m、河床幅は 100 m である。基岩は花崗岩および片岩である。河床の基岩上に砂礫が堆積し、その厚さは数 m ある。ダムサイト左岸は、部分的に風化した花崗岩の急な斜面である。塊状の片岩が不規則に分布し

ており、表層堆積物の厚さは3 m以内と推定される。右岸は左岸に比べ勾配がゆるやかで、風化層もやや厚くなっている。河床から標高135 mまでは花崗岩の斜面で、その上部は片岩が主体となる。弾性波探査によれば、表層堆積物の下の風化層の厚さは5 m、亀裂の入った基岩の厚さは2 mから15 mと推定される。

ダムサイト上流1.5 km地点の右岸にある計画原石山で堅い黒雲母片麻岩を採取できる。不透水材料はダムサイトから1.5 km以内に豊富に存在する。また、砂・砂利も同じくダムサイトから1.5 km以内の河床堆積物から94万 m^3 を採取可能である。

達川ダムの予備設計を図面集第106図に示した。貯水池の常時満水面を標高117 m、最低水位を標高101 m、有効貯水容量を5.4億 m^3 と設定した。満水面上1 mの高さに5,300万 m^3 分の洪水調節容量を見込んだ。延長380 m、直径13 mの仮排水トンネルを左岸に掘削する。高さ5.7 m、堤体積41万 m^3 のコンクリート重力式ダムを亀裂の入った岩盤下部に築造する。中央越流式ゲート付き洪水吐を設ける。最大通水容量毎秒90.3 m^3 のバルブ室を余水吐の右側に建設する。総建設費見積額は1.5億ドルである。

7.9 良峴ダム

良峴ダムサイトは、南漢江と蟾川の合流点上流26 km、蟾川峡谷に位置する。原州市市街地の水没を避けるには、貯水池の最高水位を115 m以下にとどめる必要がある。

今回の調査で算定した水文資料は下記のとおりである。

集水面積	1,180 km^2
年間降雨量	1,349 mm
年間流入量	9.45 億トン
既往最大洪水量	毎秒5,400 m^3
2年確率洪水量	毎秒1,400 m^3
50年確率洪水量	毎秒5,800 m^3
200年確率洪水量	毎秒7,800 m^3

ダムサイトの地質図を図面集第013図に示した。基岩は、細粒かつ非常に堅硬な緑色石英斑岩である。河床は平坦で、河床幅100 m、新鮮な岩盤の露頭が多数見られ、砂礫の堆積層は薄い。左岸の勾配は30°で、標高約140 m付近に小段がある。右岸の勾配は40°あり、岩盤は非常に堅い。

原石山は、ダムサイト下流500 m地点で、蟾川右岸に合流する支流の右岸を予定し、この地点には中程度の割れ目の入った堅硬で新鮮な片麻岩および石英斑岩が露出している。ダムサイトの南東側鞍部を越えた地点にある真砂が不透水性材料となり、ダムサイトまでの運搬距離は0.5 kmから1.5 kmである。右岸の0.5 kmから1.2 km地点の段丘に砂・砂利の堆積層があり、採

取可能量は87万 m^3 と推定される。

良峴ダムの予備設計を図面集107図に示した。貯水池の常時満水面を標高111.4 m 、最低水位を標高91 m 、有効貯水量を5.4億 m^3 と設定した。洪水調節容量は満水位上2 m の間に9,200万 m^3 を見込んだ。延長280 m 、直径5.3 m の仮排水トンネルを左岸に掘削する。高さ50 m 、堤体積18万 m^3 、ゲート付き中央越流式洪水吐をもつコンクリート重力式ダムを建設する。最大通水量毎秒89.1 m^3 のバルブ室を洪水吐の左側に設ける。総建設費を9,500万ドルと見積もった。

7.10 奉化ダム

奉化ダムサイトは、安東ダムの上流26 km 付近の峡谷に位置する。満水位標高160 m の安東ダム貯水池上流端は、奉化ダムサイトの下流13 km 地点となる。比較ダムサイトは対象ダムサイトの3 km 上流にあったが、厚い岩層が存在し、右岸の切り立った斜面には、大きい亀裂の入った岩盤の露頭や崩落の恐れがある岩塊などがあり、地滑りの可能性が多分に認められるので、計画対象から除外した。

今回の調査で算定した水文資料は下記のとおりである。

集水面積	: 1,135 km^2
年間降雨量	: 1,033 mm
年間流入量	: 6.95 億トン
既往最大洪水量	: 毎秒3,800 m^3
2年確率洪水量	: 毎秒1,000 m^3
50年確率洪水量	: 毎秒4,400 m^3
200年確率洪水量	: 毎秒5,900 m^3

奉化ダムサイトの地質図を図面集第015図に示した。河床標高は178 m 、河幅は50 m 、河床の基岩は固く締った砂岩、礫岩および粘板岩の互層で、砂礫が1 m から2 m の厚さで堆積している。2本の小断層が河床を横切っている。左岸は、標高250 m まで勾配35°の斜面が続く。この部分の表層堆積物の厚さは5 m 、転石を含んでいる。堆積物の下にある亀裂の入った岩層の厚さは6 m から12 m 程度で、河床部での厚さも同様である。標高250 m 以上は切り立った崖となっている。右岸は標高250 m までが、急斜面、その上部は勾配がゆるくなる。表層堆積物の下の風化層は厚さが5 m ある。この下にある亀裂の入った岩層は、下部のほうで厚さ5 m 、標高が高くなるにつれて厚さを増し、上部では20 m と推定される。地形的制約で貯水池の満水位は標高301 m 以下となろう。

原石山はダムサイト上流0.5 km と1.5 km 地点の左岸にあり、良質な砂岩および礫岩が得られるが、地形上、搬出に多少の困難が伴うであろう。ロックフィルダムの場合には、不透水性材料が不足するであろう。砂・砂利の堆積物はダムサイトから11 km 地点で採取でき、その採取

可能量は14万 m^3 程度となる。

奉化ダムの模範設計を図面集第108図、第109図に示した。貯水池の常時満水位を標高297m、最低水位を標高259m、有効貯水容量を6.81億 m^3 と設定した。満水位の上に洪水調節容量をとる。延長410m、直径10mの仮排水トンネルを左岸に掘削する。高さ129m、堤体積170万 m^3 のゲート付き中央越流型コンクリート重力式ダムを建設する。ダムの右アバット上部は、尾根に沿って上流に曲げた形になる。取水口は、ダムサイト上流500m地点の右岸に設け、調圧水槽、水圧鉄管および発電所は、よく固結した砂岩からなり、険しいが安定した尾根に建設する。放水水位は標高173.2mとなる。出力36MWの発電機を2台設置し、最大使用水量は毎秒83.5 m^3 、有効落差は102.6mである。総建設費の見積額は2億ドルとなった。

7.11 臨河ダム

臨河ダムサイトは、洛東江と半辺川の合流点上流26km付近の半辺川峡谷に位置する。今回の調査で算定した水文資料は下記のとおりである。

集水面積	1,230 km^2
年間降雨量	995 mm
年間流入量	7.25 億 m^3
既往最大洪水量	毎秒2,700 m^3
2年確率洪水量	毎秒1,100 m^3
50年確率洪水量	毎秒3,500 m^3
200年確率洪水量	毎秒4,500 m^3

臨河ダムサイトの地質図を図面集第016図に示した。河床標高は113m、河床幅は50mである。基岩は花崗岩で、河床や兩岸の斜面下部に露出している。斜面の中部および上部は風化した花崗岩で覆われ、厚さは左岸で20m、右岸で5mと推定される。河床基岩には破碎帯らしきものは認められず、ところどころに砂礫が堆積している。ボーリングおよび弾性波探査の結果によれば、コア・ボーリングDH1地点を横切る破碎層の存在が推定される。貯水池の満水位は、地形的制約から標高195m以下に抑えられる。

ダムサイト上流1.4km地点の左岸と、上流2km地点の右岸に有望な原石山があり、前者ではいくぶん亀裂の入った珪岩、後者では珪岩、砂岩、貫入閃緑岩が得られる。不透水性材料はダムサイトから5.5km以内で得られ、その母材は花崗岩、閃緑岩、珪岩等である。砂・砂利はダムサイトから上流6km地点までの間に点在する河床堆積物から95万 m^3 程度採取可能である。

一定放流方式を採用した場合の臨河ダムの予備設計を図面集第110図と第111図に示した。貯水池の常時満水位を標高192m、最低水位を標高158m、有効貯水容量を9.2億 m^3 と設定

した。洪水調節容量は、計画洪水位を満水位より2 m高くとり、1億 m^3 を見込んだ。延長460 m、直径1.1 mの仮排水トンネルを左岸に掘削する。高さ8.7 m、堤体積7.3万 m^3 のゲート付き中央越流型コンクリート重力ダムを建設する。余水吐の右側に発電所を設ける。放水位の標高は112.9 mとなる。発電機は出力2.4 MWのものを2台据え付け、最大使用水量は毎秒92.6 m^3 、有効落差は6.1.2 mとする。逆調整池用ゲート付きコンクリートダムを本ダム下流6 km地点の花崗岩岩盤上に築造する。総建設費を1.55億ドルと見積もった。

需要対応放流型を採用した場合の予備設計を図面集第112図に示した。貯水池の常時満水位を標高185 m、最低水位を標高158 m、有効貯水容量を5.83億 m^3 と設定した。洪水調節容量は満水位上3 m、1.14億 m^3 を見込んだ。ダムの高さは8.1 m、堤体積は6.1万 m^3 である。最大通水量毎秒26.8 m^3 のバルブ室を発電所の代わりに設け、逆調整池用ダムは不要となる。総建設費を1.13億ドルと見積もった。

7.12 咸陽ダム

咸陽ダムサイトは、南江と臨川江の合流点から上流約20 km地点、臨川江支流の萬寿川に位置する。ダムサイトは、全羅北道と慶尚南道の境にある。

今回の調査で算定した水文資料は下記のとおりである。

集水面積	264 km^2
年間降雨量	1,422 mm
年間流入量	2.76億 m^3
既往最大洪水量	毎秒1,850 m^3
2年確率洪水量	毎秒300 m^3
50年確率洪水量	毎秒2,050 m^3
200年確率洪水量	毎秒2,800 m^3

咸陽ダムサイトの地質図を図面集第017図に示した。河床標高は304.8 m、河床幅は70 mである。ダムサイトの基岩は閃緑岩である。左岸の斜面は厚さ2 mから3 mの土被りがあり、部分的に転石が見られる。山腹は急傾斜で、基岩が露出している。河床にも基岩の露出が見られるが、ところどころが開口している。右岸は急斜面で、厚さ5 mの転石や強度の風化岩石で覆われている。これら表層堆積物の下には亀裂の入った基岩があり、その厚さは左岸で7 mから20 m、河床では非常に薄く、右岸では3 mから12 mと推定される。

原石山はダムサイト下流700 mの左岸に閃緑岩の丘があり、ここから採掘可能である。不透水性材料として、ダムサイト直上流の左岸で風化した閃緑岩、上流3 kmの左岸で風化した花崗岩が得られる。砂・砂利の採取可能量は少なく、わずか15万 m^3 である。

最終報告書草案提出後修正した咸陽ダムの模擬設計を英文最終報告書巻末補遺の第116図、

第117図に示した。貯水池の常時満水位を標高392m、最低水位を339m、有効貯水容量を2.51億 m^3 と設定した。洪水調節容量は満水位上1mに800万 m^3 を見込んだ。延長730m、直径12mの仮排水トンネルを左岸に掘削する。高さ94m、堤体積438万 m^3 のロックフィルダムを、転石や著しく風化した岩層を取り除いて建設し、遮水コアは亀裂の入った岩層の下部に基礎をおく。ゲート付きシュート式洪水吐を左岸に設置する。取水口はダム軸より、400m上流の左岸側に設け、そこから延長8.4km、直径2.0mの導水トンネルを閃緑岩、花崗片麻岩、花崗岩地帯に掘削する。発電所はダムサイト13km下流の臨川江に建設する。水圧鉄管路と調圧水槽は上部が著しく風化した花崗岩の細尾根上に設ける。発電所における放水水位は162.1mである。発電設備容量は13MW1台、最大使用水量は毎秒9.3 m^3 、有効落差は161.1mである。総建設費を1.104億ドルと見積った。

7.13 住岩ダム

住岩ダムサイトは蟾津江と宝城江の合流点上流28kmの宝城江に位置する。計画ダムサイトの上流には、宝城、同福の2個所に既設ダムがある。宝城ダムの集水面積は275 km^2 あり、南海岸へ流域変更しているため、宝城江本流への年間放流量は1.85億 m^3 と推定される。同福ダムの集水面積は187 km^2 あり、光州市への都市・工業用水供給のため、このダムが極く近い将来再建された後は、ダムへの流入量の全量を光州市へ分水することになるであろう。

今回の調査で算定された水分資料は下記のとおりである。

集水面積	1,010 km^2
年間降雨量	1,382 mm
年間流入量	7.01 億 m^3
既往最大洪水量	毎秒4,000 m^3
2年確率洪水量	毎秒1,800 m^3
50年確率洪水量	毎秒4,900 m^3
200年確率洪水量	毎秒6,200 m^3

住岩ダムサイトの地質図を図面集第019図に示した。河床標高は61m、河床幅は130m、基岩は花崗片麻岩で、その上に砂礫が堆積している。左岸は厚さ5mの崖錐堆積物に覆われた緩斜面で、基岩は花崗片麻岩、亀裂の入った部分の層厚は斜面基部で5m、標高125m地点で15m程度と推定される。右岸も花崗片麻岩の急斜面で、厚さ5mから10mの風化物で覆われている。

原石山はダムサイト上流350m地点で宝城江に合する支流のさらに800m上流で、左岸側の丘陵地斜面から花崗片麻岩の材料を採取できる。不透水性材料はダムサイトから4km以内に散在している堆積物から180万 m^3 程度を期待できる。砂・砂利はダムサイト下流2km

地点で24万 m^3 採取可能であるが、ロックフィルダム築造には不足する。

住岩ダム計画の本流案は、住岩ダムに貯留した宝城江の水をダム直下流で放流し、蟻津江で取水することを目的として策定した。

一定放流方式の場合の住岩ダム計画本流案の予備設計を英文主報告書巻末補遺第118図に示した。貯水池の常時満水位を標高120m、最低水位を85m、有効貯水容量を7.8億 m^3 と設定した。洪水調節容量は満水位上1mに4,800万 m^3 を見込んだ。半川縮切り工法を採用し、堤体内仮排水渠を設ける。左岸には、幅30mの仮排水路を掘削する。高さ69m、堤体積61万 m^3 のコンクリート重力式ダムを、部分的に亀裂の入った基岩上に基礎を置いて築造する。余水吐はゲート付き中央越流式とする。発電所は余水吐の右側に建設する。発電機は8MW1台とし、最大使用水量毎秒23.6 m^3 、有効落差39.4mである。放水位は標高61.4mである。見積工事費は1.52億ドルである。

需要対応放流方式の場合の住岩ダム計画本流案の予備設計を図面集第114図に示した。貯水池の常時満水位を標高111m、最低水位を標高85m、有効貯水容量を4.48億 m^3 と設定した。洪水調節容量は満水位上1mに3,000万 m^3 を見込んだ。ダムの高さを60m、堤体積を46万 m^3 とし、発電所の替わりに最大通水量毎秒27 m^3 のバルブ室を設ける。その他の施設の基本概要は一定放流方式と同様である。建設費見積額は1.26億ドルである。

住岩ダム計画は光陽湾沿岸工業地帯への都市・工業用水供給を主目的としている。都市・工業用水の取水口地点は、河東付近にある麗川・光陽工業用水道の既設取水口近辺となる。住岩ダム計画本流案に付帯する将来のパイプラインの計画概要を図-22と表-45に示した。

住岩ダムのもうひとつの計画案として分水案を検討した。この案は、住岩ダムで貯留した水の大部分をトンネルで南海岸に分水し、さらにパイプラインで都市・工業用水需要地へ送水するものである。今回の検討結果では、この分水案は本流案よりやや経済性に劣るものの、水質汚濁の恐れがなく、また、光陽湾沿岸より西に農業用水や都市・工業用水を供給するようになれば、本流案より経済性が高くなる点を考慮して、住岩ダム分水案を一案として検討した。図

図-23に示したように、3本の分水経路を検討した。Aルートは、住岩貯水池と伊沙川の間延長11kmのトンネルを設け(比較3ルート中、最短の分水トンネル)、伊沙川河畔に水位標高70mの掘込み式調整池を設ける。この調整池から光陽湾沿岸まで延長33kmのパイプライン4本と光陽湾沿岸に一次処理場を設置する。Bルート案は伊沙川流域の開発も含むもので、伊沙川に常時満水位標高89mの龍溪ダムを設け、住岩貯水池と龍溪貯水池とを延長13.5kmの圧力トンネルで結ぶ。龍溪ダムから光陽湾沿岸まで延長26kmパイプライン4本と光陽湾沿岸に一次処理場を設ける。本案では龍溪ダムから日量17.3万 m^3 を取水できる。Cルートは住岩貯水池と筏橋の間に延長14kmのトンネルを設け、筏橋に満水位標高67mの調整池を設ける。この筏橋調整池から光陽湾沿岸まで中継加圧ポンプ場1箇所を含む延長45kmのパ

イブライン4本と光陽湾沿岸に一次処理場を設ける。本ルートは、南海岸地帯の農業用水手当に最適である。

分水案では、住岩ダムに貯留した水の大部分が恒常的に南海岸へ分水され、かつ、住岩ダムと需要地との標高差は分流水を需要地へ送水ためにじゅうぶんに活用される。本流への放流量はわずかであり、発電計画を具体化するには至らず、また、本流への変動放流が分水案において検討された。

附属報告書Qの検討結果によれば、住岩ダム計画分水案の最適水位は、ルートAとルートCでは標高120m、ルートBでは標高114mとなる。図面集第115図に示した住岩ダム計画分水案の予備設計はルートAかルートCが採択された場合に適用しうる。ダムおよび貯水池の諸元は本流案一定放流方式の場合と同じであるが、バルブ室の最大通水量は毎秒9.4m³となる。AおよびCルート案の建設費見積額は1.46億ドルとなり、Bルート案の建設費は1.33億ドルと見積もった。

8. 農 業 便 益

8.1 将来の作物収量

1976, 1977の両年に実施された全国連絡標準栽培試験成績調査によれば、水稻多収穫新品種の収量は、品種間の相違はあるものの、ha当り5.1 tonから5.9 ton, 多収穫水田では6.2 tonから8.4 tonを記録した。各道農村振興院の試験圃場における標準栽培試験の収量はha当り5.8 tonから7.2 tonであった。農村振興庁では、水利施設, 耕地整理の済んだ水田の全国平均収量をha当り6 tonの水準に到達させることを当面の目標としている。表一47に示すように、1977年の全国平均収量はha当り5.5 tonであった。本調査では、水稻多収穫新品種の収量を、最良の条件で平均5.6 tonと仮定した。

農業調査地区別的水稻生産性指数を、表一15の水田土壌分級基準から推定した。その結果に基づき、表一48に示した地区別の収量を算定した。

灌漑用貯水池の受益地区は、貯水池の建設費がかさむため、経済的観点からみて一般的に土地生産性の高い地帯に設定されているので、本調査においても、貯水池掛り水田の収量を河川掛り水田より5%多く見積もった。

支流沿いの河川掛り水田は、水不足が生じてても、対象ダムから直接不足水量の補給を受けることができないので、本流掛り水田の収量より10%減じた。

水稻在来品種の収量は、表一47に示したように、新品種の収量を25%程度下まわることが多いので、多収穫新品種の平均収量の75%と定めた。

補給灌漑水田の収量は、表一49を参考にして、支流掛り水田の在来品種の80%相当とした。

水田耕地整理の効果は、表一50に示したように、営農費節減あるいはha当り収量の増加というかたちで現われる。これを基準に、耕地整理実施後は10%増収するものと見込んだ。

以上の検討に基づいて各農業調査地区における将来の収量を想定し、表一51に要約した。天水および灌漑畑地の代表的作付系を表一52, 想定収量を表一53に示した。

8.2 農業粗収入および純収益

表一54に、1978年不変価格で算定した各作物の経済的農家庭先価格を要約した。米と大豆の価格は、IBRDが1978年不変価格で推定した1990年の国際市場価格から算定した。他の農産物庭先価格については、1976年の国内市場価格に、その後の物価上昇率を乗じて1978年価格に調整した。

主要農業資材の農家庭先価格の算定結果は表一55に示すとおりである。尿素, 重過石, 塩化カリについては、IBRDが1978年不変価格で推定した1990年の国際市場価格

から算定し、ton当り肥料成分価格で表示した。農薬は、1976年の輸入価格を、物価上昇分調整し、1978年価格とした。その他の資材は国内市場価格に基づいた。労賃は、自家労賃を日給2,500ウォン(5.15ドル)、雇用労賃を日給3,600ウォン(7.42ドル)と算定した。

農業粗収入および生産費は、上述の算定価格を用いて求めた。農業資材投入量は農村振興庁の標準量(文献17)に準拠し、労働力所要量は農水産部の調査結果を引用した。生産費の内訳を、水稻については表-56、灌漑畑作物については表-57、非灌漑畑作物については表-58に示した。

農業粗収入、生産費、純収益を、各農業調査地区の灌漑条件に対比させて検討し、表-59に水稻、表-60に畑作物の算定結果を要約した。

8.3 灌漑工事費

貯水池およびポンプ灌漑の工事費は、1977年に竣工した農業振興公社所管の事業実績に基づいて算定した。参照した実績は、貯水池灌漑の場合は5地区、総受益面積641ha、工事費合計額26.27億ウォンで、支出時期は1976、1977の2年間である。この工事費を1978年の価格水準に換算すると31.24億ウォン、ha当りの単価は487万ウォンとなる。ポンプ灌漑の場合は4地区、総受益面積404ha、工事費合計7.64億ウォンで、支出時期は同じく1976、1977の2年間である。この工事費単価を1978年の価格水準に換算すると、ha当り224万ウォンとなる。ポンプ灌漑の受益地区は、年毎に立地条件が悪化し、種々の条件に制約されながら施工を強いられるようになり、工事費も割高となってきた。この点を勘案し、予備費44%を加算して、工事費単価をha当り340万ウォンと見積もった。

耕地整理の工事費単価については、土地改良組合連合会から提供された16地区の詳細設計資料を参照した。全地区2,872haの工事費総額の1978年価格換算額は50.2億ウォン、ha当り単価175万ウォンである。これに予備費を20%加え、ha当り工事費単価を210万ウォンと算定した。

農業振興公社が設計し、ADBから借款を得て建設中の南江地区開発計画およびKOR-75で算定された干拓工事費単価は、いずれも耕地整理工事費単価より5%から7%高めである。干拓工事費の単価はha当り230万ウォンと算定した。

上述の南江地区開発計画によれば、畑地灌漑の末端施設工事費を5.51億ウォンと算定している。これを1978年価格に換算すると7.05億ウォン、すなわちha当り270万ウォンとなる。今回の調査では、これに20%の予備費を加算し、畑地灌漑施設費単価をha当り320万ウォンと見積もった。

経済的費用は、上記の単価から土地買収費、振替支払額を差引いたものとし、割引率8%で年等価費用に換算した。運転維持管理費は、土地改良組合の組合費を参考にして、年固定費用

と動力費の合計額とした。算定結果は表-61に要約した。

8.4 純増加便益

現在の補給水田を対象に、灌漑設備が新設され、水利条件の安定化がはかれるであろう。現在の畑地の一部は水田に転換され、また一部は畑地灌漑施設が新設されよう。耕地整理は現在未施工水田を対象に実施されることになる。ha 当り純増加便益を、灌漑、耕地整理、開田および畑地灌漑の各事業毎に算定し、これを灌漑水源別に表-62から表-64に要約した。

第4章第1節で述べた農用地開発面積予測の結果を分析して、灌漑施設が改善・転換される耕地面積を算出した。その結果は5年毎の事業別増加受益面積として灌漑水源別に表-65から表-67に要約した。同表に示された分類は表-62から表-64に掲げたものと一致しているから、表-62から表-64のha 当り農業便益を表-65から表-67の増加面積に乗ずることによって、各流域における5年毎の農業便益増加量を計算することができる。計算結果を表-68から表-70に示した。表-65から表-70までの数値は、水収支解析の際考慮した面積について求めてある(第5章第3節参照)。

農業便益は、貯水池掛り水田および支流沿いの河川掛り水田の開発が進み、本流の自然流量が減少しても、対象ダムから本流にじゅうぶんな用水供給を行うものと仮定して算定した。

8.5 農産物の喪失

対象ダムの貯水池地区内で現在収穫されている農産物は、対象ダムが竣工し、貯水池の湛水が開始された後は、永久に失われる。農産物の喪失額は、対象ダムの水没地区内に含まれる水田、畑地、樹園地における1966年から1976年の間の関係郡の平均収量に基づいて表-71に示すとおり算定した。

対象ダム建設に伴って発生する便益喪失額はANNEX Oに述べたとおり種々の貯水池水位に対応して算定した。

9. 対象ダムによる洪水調節

9.1 対象ダムサイトへの洪水流入量

対象ダムの集水地域内に設置された建設部所管雨量観測所の年間最大豪雨の継続日数につき検討した結果、3日降雨が大多数を占めた。そこで、対象ダムサイトのへ洪水流入量は3日豪雨量に基づいて算定した。

各対象ダムの集水地域における豪雨は、集水地域内および集水地域近傍にある1ないし4個所の雨量観測所を選定し、それらの3日雨量を加重平均して算定した。選定した雨量観測所の雨量記録はいずれも19年以上ある。欠測データは近隣の観測所の雨量記録との相関を求めて補った。1965年から1977年までの期間について年間最大洪水が発生した時期の降雨量を年間最大豪雨量と見なした。1965年以前の日雨量記録がない場合は、年間最大3日地点雨量の加重平均を年間最大流域雨量と仮定した。各ダムサイトの集水地域における確率豪雨量は、年間最大雨量に対数正規分布を仮定して算定した。各流域ごとに、数個の洪水に対応する時間雨量記録から代表的無次元豪雨ハイエトグラフを作成し、これを適用して確率豪雨ハイエトグラフを作成した。

対象ダムサイトの確率洪水ハイドログラフは、確率豪雨ハイエトグラフから貯留関数法により算定した。貯留関数法の貯留係数、その他の定数は、文献18および19に掲載のものに若干の修正を加えて使用した。対象ダムサイトについて算定した確率洪水の最大流量を表-72に示す(ハイドログラフはANNEX N参照)。対象ダムサイトにおける算定100年確率洪水流量と既往報告書所載の計画洪水量との比較を図-24に示した。

詳細はANNEX Cに述べた。

9.2 対象ダムによる洪水調節効果

図-25に示すように、対象ダムサイト下流の洪水被害地区を代表水位観測所をもつ18区域に分けた(漢江の最下流部の2区域はともに人道橋観測所で代表した)。

水位流量曲線は、17個所の観測所のうち、12個所について入手した。2個所の観測所の水位流量曲線は、本調査で新たに推定した。残りの3個所については、水位および流量の代わりに、3日流域雨量を洪水調節効果の指標として採択した。

ダムの最大流入量に対する最大流出量の比率(以後、ダムサイトにおける洪水減少比率と呼ぶことにする)は、定率・定量方式を仮定した。今回の調査では、貯水池の洪水調節容量は、100年確率洪水が生じた場合、洪水調節操作を開始してから流入量が流出量と等しくなるまでの間に貯留される水量と等しくなるように定めた。

代表観測所地点における、ダム操作をする場合の洪水ピーク流量と、ダム操作をしない場合の洪水ピーク流量との比率(ここでは観測所地点における洪水減少率と呼ぶ)は、下記の等式により算定した。この等式は、集水面積と洪水ピーク流量の関係にMyers-Garrisの式が成り

立つと仮定し、KOR-16が提案したものである。

$$K = \sqrt{1 - \sum a (1 - m^2) / A}$$

K : 観測所地点における洪水減少率

a : ダムの集水面積

m : ダムサイトにおける洪水減少率

A : 観測所地点の集水面積

Σ : 観測所上流のすべてのダムに対する合計

水位流量曲線のない観測所については、ダムの洪水調節容量のうち洪水を減少させるために使われた分が、その観測所の流域3日豪雨量から差引かれるものと見なした。

対象ダムによる洪水調節効果を示すため、代表観測所地点における算定100年確率洪水位の減少量を表-73に要約した。

詳細についてはANNEX Dに述べた。

9.3 洪水調節便益

洪水調節便益は直接洪水被害額の減少および土地涵養便益として算定した。商工業、交通、通信活動が中断途絶して生ずる間接被害は無視した。

1967年から1976年までの10年間の建設部洪水被害額統計資料に基づき、各代表観測所における水位-被害曲線を作成した(文献20)。水位-流量曲線がない観測所については、3日豪雨量-被害曲線を作成した。統計資料の被害項目は建物、船舶、農耕地、公共施設、その他である。船舶および公共施設のいくつかの項目は、対象ダムの効果とは無関係なので、今回の調査では除外した。対象ダム下流の被害地区を18区域に分けたが、各区域はいくつかの市または郡の一部で構成されている。各区域における被害と、当該市または郡全体の被害の割合を、農耕地、農作物、灌漑施設については1/50,000の地形図から求めた平坦地の比率、その他の項目については家屋と施設の密集度に基づき、それぞれ推定した。

ある超過確率をもつ被害は、ダムの影響の有る場合と無い場合について、水位-被害曲線を用いて確率水位から求められる。最確洪水被害減少額は、対象ダム計画が実施された場合とされない場合の洪水被害額の差異を、超過確率で積分して算定した。

土地涵養便益は、洪水調節で冠水頻度が減少した結果、より収益性の高い作物が作付けできるようになるという見地に立ち、その際の純農業収益の増加として算定した。

水田と畑地の水位-浸水面積曲線は、前述各区域ごとに、水位-被害曲線と同じ手法で作成した。この曲線を確率洪水位と関連させ、対象ダムの効果として現われる浸水頻度が低い面積の増加分、ならびに浸水頻度の高い面積の減少分をそれぞれ算定した。面積が増加すれば、純農業収益(要すれば、それから灌漑費用を差引いたもの)が増加したことになり、面積が減少す

れば、純農業収益が減少したことになる。この純農業収益の増加額と減少額の差を土地涵養便益として算定した。土地涵養便益の ha 当り単価は、冠水による作物減収額と、洪水の被害をより頻繁にうける土地ほど、その土壌が一般的に砂質であるという点を考慮し、下記の土地利用を想定して求めた。

- (1) 洪水頻度 $1/10$ 以下の場合には耕地整理済み灌漑水田、水稻多収穫新品種が育成され、その収量は表-51の96%相当量。畑地は無灌漑のまま、表-53に示した収穫量。
- (2) 洪水頻度 $1/10 - 1/5$ の場合は補給灌漑水田のまま、水稻在来品種を育成。収量は表-51の80%相当量。畑地は無灌漑のまま、収量は表-53の85%相当量。
- (3) 洪水頻度 $1/5 - 1/3$ の場合は補給灌漑水田のまま、水稻在来品種を育成。収量は表-51の収量の75%相当量。畑地は無灌漑のまま、収量は表-53の75%相当量。
- (4) 洪水頻度 $1/3 - 1/2$ の場合は補給灌漑水田のまま、水稻在来品種を育成し、収量は表-51の収量の50%相当量。畑地は無灌漑のまま、収量は表-53の50%相当量。
- (5) 洪水頻度 $1/2$ 以上は耕作不能。

土地涵養便益単価は、表-74に示すとおりである。

対象ダム洪水調節容量を変化させて算定した洪水調節便益を表-75と表-76に要約した。

詳細はANNEX Nに述べた。

10. 都市・工業用水供給代替ダム費用

10. 1 都市・工業用水供給代替ダム

た。検討した19個所の貯水可能地点から、費用最低で対象ダムと類似の供給能力をもつ9地点を選択し、表-77に示した。都市・工業用水代替ダムの有効貯水容量は開発水量が流入量の80%程度となるように選んだが、もし何らかの制約がある場合には、その限度内とした。需要対応放流方式を仮定して、各代替ダムの開発水量を算定した。その結果、漢江流域の純供給水量は毎秒7.4 m³から44.4 m³、洛東江流域では毎秒4.3 m³から19.2 m³となった。蟾津江流域の代替ダムは竜溪地点しかなく、その純供給量は毎秒6.2 m³と算定された。

10. 2 都市・工業用水供給便益

参考のために、各都市・工業用水代替ダムの用水単価を表-77に示した。この単価は、割引率8%、評価期間50年として求めた代替ダムの等価年経費を純供給水量の年量で割った値である。

都市・工業用水の供給便益は代替ダムの経費、およびその付帯施設すなわち取水口、導水管路、浄水場等の経費から対象ダムの付帯施設費を差引いた残額とした。これは、対象ダムの山元における便益を算定したためである。蟾津江流域の竜溪ダムを除き、代替ダムと対象ダムは、いずれも貯水池からいったん河川に放流し、需要地でこれを河川から取水するという方式になるから、両者の付帯施設の規模は同じとなり、したがって、便益は代替ダム本体の建設費用と一致することになる。

対象ダムによる都市・工業用水供給目標量は、対象ダムによる用水供給が開始されてから最終目標年次までの間に増加していく都市・工業用水の純消費水量に相当するものと仮定した。ただし、住岩ダムについては、水不足が始める1977年からダム運転開始時期までの純消費水量も供給対象とした。支流域の水不足量は必ずしも全量が対象ダムによって充足されないので支流域における純消費水量を半分にした。都市・工業用水代替ダムの開発水量は対象ダムの都市・工業用水供給目標量に常に一致するとはかぎらない。対象ダムの開発水量に近い純供給水量をもつ代替ダムの中から費用最低のものを選択し、開発水量と供給目標量との比率によって、都市・工業用水代替ダムの費用を調整した。対象ダムの目標供給量が、どの代替ダムの供給量よりもはるかに大きい場合には、数個の代替ダムを都市・工業用水の純消費水量の増加に応じて順次建設するものと仮定した。

蟾津江に隣接した伊沙川の竜溪ダムを蟾津江の都市・工業用水代替ダムとして想定した。竜溪ダムに付帯する都市・工業用水送水施設は対象住岩ダムのそれとは異なるものとなる。竜溪ダムの貯水池操作につき二案を検討した。すなわち、第一案は通年の需要を充足するため、一定放流方式をとる案、第二案は蟾津江の水量がじゅうぶんある場合はこれに依存し、水量が不

足する期間にのみ竜溪ダムから供給する需要対応放流方式案である。一定放流方式の第一案では、竜溪ダムと需要地の間には一系統の導水路があればよいが、ダムの純供給水量は毎秒 2.1 m^3 にすぎない。一方、需要対応放流方式の場合は、竜溪ダムと給水地区および蟾津江と給水地区の間にそれぞれ別系統の導水路が必要となるが、ダムの純供給水量は毎秒 6.2 m^3 に増加する。表-78に示すとおり、需要対応放流方式の第二案の方が一定放流方式の第一案より経済的であることが判明したので、竜溪ダムの貯水池操作はこの方法で行うものと仮定した。竜溪ダムは、蟾津江の都市・工業用水代替水源の中で実現性のある唯一のものとして採択したが、その純供給水量は住岩ダムの目標供給量の $1/5$ から $1/2$ にすぎない。そこで住岩ダムの都市・工業用水便益を算定するにあたり、竜溪ダムと同規模で、建設費用も同じダムを想定し、それを必要数だけ順次建設するものと仮定した。水文資料によって既設麗川／光陽工業用水道に利用できる蟾津江の流量を見積もると、蟾津江流域に貯水ダムが建設されなければ、乾期には日量 15.6 万 m^3 、すなわち毎秒 1.8 m^3 しか確保できない。したがって、都市・工業用水代替ダムによって充足される需要量は、目標年次の需要量と蟾津江の乾期流量毎秒 1.8 m^3 との差として計算した。竜溪ダムに付帯する都市・工業用水供給施設の概要は、図-26と表-78に示すとおりである。

11. 代替発電設備費用

対象ダムの発電便益は、代替火力発電所の経費で算定した。石油専燃火力・石炭火力・原子力の各発電所を検討して、石油専燃火力を代替発電設備として選定した。その理由は、割引率を10%から20%として比較した場合、石油専燃火力の発電コストが石炭専燃火力発電所よりいくぶん安くなり、かつ原子力発電所は費用が将来もきわめて不確定と見なされるからである。

韓国電力株式会社作成の長期電力設備拡張計画(1978年8月1日改訂)によれば、今後建設される火力発電所の単機容量は50万kWである。同社提供の資料によれば、容量50万kWの石油専燃火力発電所の建設費単価は1978年価格でkW当り422ドルとなっている。この単価に脱硫装置の価格を加え、工事中の金利と諸税を差引き、経済的建設費単価をkWあたり481ドルと見積った。その内訳を表-79に示す。水・火力の電力損失の関係から設備容量補正係数は1.225と見積られる。

従って水力発電所と同等の効用をもつ代替火力の費用はkW当り589.25ドルとなる。代替火力設備の年経費は保険料と保守費用を含む固定費と変動費、即ち燃料費からなる。年固定費は投資額に対する通常の百分率によりkW当り11.79ドルと算定した。

年変動費は1978年6月のC重油の工場渡し価格リッター当り9.5セントを用いてkWhあたり2.153セントと算定した。この年変動費を水・火力電力量補正係数1.039により換算してkWhあたり2.287セントとした。30年毎の設備更新費を残存価値を差引いて、初期投資額の90%をとりkW当り530.30ドルとした。

算定した代替火力設備の費用の構成を表-80にまとめてある。代替火力設備の資本経費と年固定経費をkW価値、年変動経費をkWh価値ということにする。表-80より割引率8%でkW価値は68.73ドル、kWh価値は2.287セントと算定した。

詳細はANNEX Jに載せた。

