

表 10-2 流域別地下水ポテンシャル(再生可能地下水)

Hydrogeology	River basin	Area of unit basin	Groundwater potential	
		(km ²)	(mm)	MCM/y
	Total of Sassandra and surrounding basin	119,744	148	17,752
	Total and average of Bandama and surrounding basin	111,714	56	6,2465
	Total and average of Comoe and surrounding basin	82,150	54	4,437
Total or average of Discontinuous aquifer		313,608	91	28,434
Total General aquifer		8,392	334	2,803
Grand total		322,000	97	31,238

Modified from the "Carte de planification des ressources en eau de Cote d'Ivoire" 1978

11. 水利用と水需要

11.1 概要

現在と目標年 2015 年の水需要の概要を表 11-1 に示す。現在から 2015 年に向かって水需要は、平年で 8 億 5000 万 m³ から 56 億 5100 万 m³ へ、5 年確率渇水年で 9 億 8300 万 m³ から 62 億 3600 万 m³ へと約 6 倍に増大すると予測される。

表 11-1 現在及び 2015 年のセクター別水需要

水利用	現在 (MCM/yr)			2015 (MCM/yr)		
	表流水	地下水	計	表流水	地下水	計
年平均						
農業用水	653	51	704	4,726	181	4,907
生活及び工業用水	25	121	146	324	420	744
計	678	172	850	5,050	601	5,651
5 年確率渇水年						
農業用水	742	95	837	5,152	340	5,492
生活及び工業用水	25	121	146	324	420	744
計	767	216	983	5,476	760	6,236

11.2 農業用水需要量

(1) 現況の農業用水需要量

a) 灌漑、養殖における単位用水量

灌漑作物と養殖池の平年と 5 年確率渇水年の単位用水量を表 11-2 に示す。単位用水量は作物が生育するのに必要な水量あるいは養殖池から蒸発する水量のうち降雨で不足する単位面積当たりの水量をいう。従って、降雨が少ない渇水年では平年に比較し単位用水量は増大する。また、年間を通して水を確保しなければならない養殖池の単位用水量が最大で、水稻の二期作の単位用水量が次いでいる。

表 11-2 灌漑作物と養殖池の単位用水量

作物・養殖	平年 (mm)				5年確率渇水年 (mm)			
	降雨 (R)	有効雨量 (Re)	有効雨量 比(Re/R)	単位用水 量 (IR)	降雨 (R)	有効雨量 (Re)	有効雨量 比(Re/R)	単位用水 量 (IR)
水稻二期作	1,298.8	725.0	56%	2,895.8	1,116.9	621.0	56%	3,055.6
水稻一期作	1,298.8	478.5	37%	1,220.8	1,116.9	410.3	37%	1,325.5
野菜類 (Tomato + Lettuce)	1,298.8	673.6	52%	270.8	1,116.9	573.8	51%	424.2
サトウキビ	1,298.8	902.8	70%	553.1	1,116.9	747.8	67%	791.2
バナナ	1,298.8	821.0	63%	642.6	1,116.9	686.2	61%	849.4
パイナップル	1,298.8	785.5	60%	503.9	1,116.9	674.9	60%	673.3
養殖池	1,298.8	1,157.3	89%	4,278.2	1,116.9	954.0	85%	4,590.6

b) 現況の農業用水需要量

現況の農業用水需要量は表 11-2 の単位用水量に基づき、現在の灌漑面積 52,400ha(表 6-1)、養殖池面積 350ha(表 6-2)及び家畜の飲料水を考慮して算定した。また、野菜 27,000ha(表 6-1)は村落給水施設の井戸で灌漑されているのが一般的であるため、地下水利用として算定した。現況の農業用水需要量は平年で 704MCM、5 年確率渇水年では 837MCM と算定される。

表 11-3 現況の農業用水需要量

年	表流水				(Unit: MCM/year)	
	灌漑	養殖	畜産	計	地下水	計
平 年	619.0	14.6	19.7	653.3	50.6	703.9
5 年確率渇水年	706.3	15.9	19.7	741.9	94.9	836.8

(2) 2015 年の農業用水需要量

2015 年の農業用水需要量は表 9-1 に示す各作物の生産フレーム、約 2 倍に拡大する畜産、35,000ha に拡大する養殖池の水消費量に基づき算定した。2015 年の農業用水需要量は平年で 4,907MCM、5 年確率渇水年では 5,402MCM と算定される。

表 11-4 2015 年の農業用水需要量

年	表流水				(Unit: MCM/year)	
	灌漑	養殖	畜産	計	地下水	計
平 年	3,199.4	1,485.0	41.6	4,726.0	181.1	4,907.1
5 年確率渇水年	3,510.9	1,599.5	41.6	5,152.0	340.3	5,492.3

11.3 上水・工業用水需要量

(1) 現況の上水及び工業用水需要量

1998 年の地域単位での単位給水量は大きく異なり、マラホウエ地域の 7.56 l/c/d からラグネス地域の 59.9 l/c/d にわたっている。全国平均は 30.75 l/c/d であり、アビジャンは全給水量の 66% を消費する。この給水原単位 30.75 l/c/d は、推定した「象」国での基本生活用水量 65 l/c/d と比べても大幅に低い。

(2) 2015 年の上水、工業用水の給水原単位

都市給水の基礎的生活用水量原単位を下記のように推算した。これは都市部での家族構成数、現地状況等を考慮して算出している。

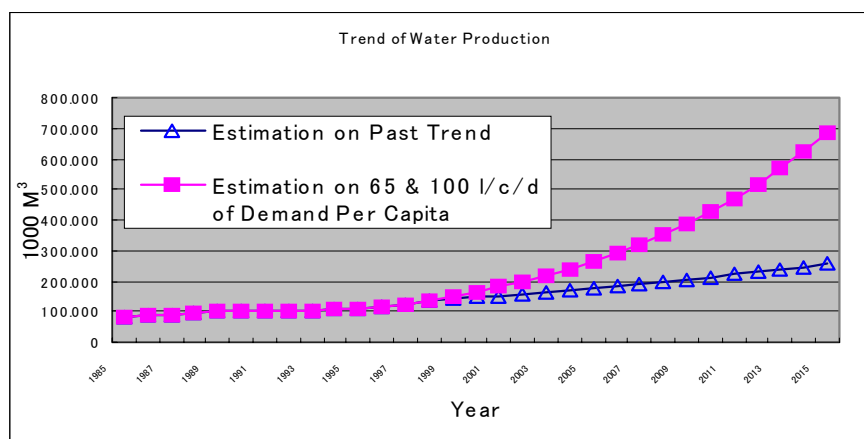
表 11-5 「象」国基礎的生活用水原単位

用途	使用水量 (l/c/d)
炊事用水	11
洗濯用水	11
洗面用水	6
シャワー	15
トイレ	20
その他	2
計	65

1970 年代、「象」国政府は 1980 年を目標年にした都市用水の単位給水量を 65 l/c/d にするべく政府目標を設定した。しかし、現在においても単位給水量は、この 65 l/c/d に遠く及ばず 30 l/c/d 程度、また全国的な給水率は 20%程度である。従って、1998 年の国家水計画（2000～2015）の中で記載されている都市単位給水量 100 l/c/d は全国的には無理であり、今回の 2015 年を目標年とした給水原単位は、首都アビジャンおよびヤムスクロ等の地方 3 都市の水需要の多い市に対してのみ 100 l/c/d を採用し、その他の地域においては 65 l/c/d を採用した。また給水率は全国一様に 100%とした。その結果、2015 年の総需要量は 582MCM で、それに必要な生産量は 685MCM となる。

2015 年の予測需要水量を、現在の年間水需要増加率約 3.8%の割合から算出し、下記のグラフに示した。その結果、上記需要量は、現況の増加率で計算される量の約 2.5 倍程度である。この数値は、都市給水の 2015 年までのあるべき状態の反映であると考え、2015 年の需給のバランスを見るのに採用した。

図 11-1 2015 年までの水需要の増加予測の比較



11.4 水力発電の水需要

(1) 総設備出力と需要現況

現在までに設置された水力、火力発電所の総発電能力は約 1,150MW であるが、ピーク需要は 565MW で、設置能力の半分程度で十分な能力がある。しかしながら現状は上記の設備能力に拘わらず下記の理由で十分とは言えない。

- a) フル稼働のための水量と水頭が取れない。
- b) 近隣諸国への電力 200MW の輸出計画。
- c) 実稼働状況は大きな変動があり、これは流入水の減少、低水頭によってもたらされている。

現状の諸ダムの発電状況はブヨダムを除き計画発電量を大きく下回っている。特にコスダムは異常な低さである。

表 11-6 既存発電所の 1997 年、1998 年の発電量と設備稼働率及び水利用率

		Buyo	Kossou,	Taabo	Ayame 1	Ayame 2
Year Of Construction		1980	1972	1979	1959	1975
Installed Cap.	MW	165.00	174.00	210.00	20.00	30.00
Design Discharge	m³/s	555.00	152.00	154.00	114.00	104.00
Design Head (m)	Max.	36.10	49.50	59.00	25.00	32.40
Design Head (m)	Min.	22.60	27.50	54.00	17.50	24.00
1997						
Annual Production	(GWh)	809,366.00	224,278.00	695,007.00	148,945.00	
Water use for Generation	x 106 m3	9,810.60	3,615.00	4,967.90	1,135.80	1,389.50
Inflow	x 106 m3	12,101.00	2,667.20	9,184.60	1,406.10	1,406.10
Water Utilization factor		0.81	1.36	0.54	0.81	0.99
Plant Utilization Factor		0.56	0.15	0.38	0.85	
1998						
Annual Production	GWh	849,246.00	92,026.00	349,556.00	26,540.00	52,500.00
Water Used for Generation	x 10 ⁶ m³	10,613.53	1,674.08	2,482.71	680.74	675.40
Inflow	x 106 m3	13,462.00	3,639.53	2,681.15	1,014.60	1,014.60
Water Utilization factor		0.79	0.46	0.93	0.67	0.67
Plant Utilization Factor		0.59	0.06	0.19	0.15	0.20
Water Utilization Factor	Since the Start	0.87	0.66	0.97	0.85	0.91

(2) 2015 年の水力発電用水需要

GDP と電力需要の関係は 1 次式で表した。2015 年の GDP は 12,285 Billion FCFA と推算され、それに基づき電力量 10,116GWh が算定される。1998 年の電力生産量が 4,022GWh なので、更に約 6,100GWh の増加が必要である。

表 11-7 GDP と発電電力量との関係

	1994	1995	1996	1997	1998	2015
GDP(B.FCFA)	4,000	4,990	5,630	6,047	6,410	12,285
GWh	2,160	2,950	3,270	4,030	4,022	10,116

2015 年での水力の負担電力量を全体の 40%とすると、約 4,100GWh となる。現在の設備で設計電力量は最大 2,532GWh、最小 2,050GWh である。しかし過去のデータから実際には、流量の減少を含めたところの 1,880GWh から 2,000GWh が限度と考えられる。従って更に 2,200GWh を発電する設備が必要となる。この電力量は新規発電計画の中で賄える範囲であるが、現況に合わせた諸要素、発電量の見直しが必要である。

12. 水収支

12.1 河川表流水の水収支

(1) 2015 年における年間河川表流水の水収支

将来（2015 年）における水需要と 1/10 渇水年の河川表流水が全て使えたとした場合の水収支を表 12-1 に示す。この結果によれば、1/10 確率年の河川表流水の利用率は以下の通りである。

- a) バンダマ川水系は概ね 100%
- b) ブボ水系ボロ川は概ね 100%
- c) アグネビー川水系は約 50%
- d) ササンドラ川水系ニゾー川及びダボ川は約 20%
- e) ニゼール川水系は約 40～50%
- f) その他は 10%程度

(2) 2015 年における月別河川表流水の水収支

水資源管理の代表的河川の月別水収支は表 12-2 に示す。

各流域の 2015 年における月別水収支は以下の通りである。

- a) ササンドラ上流域及びサンペドロ川流域
この地域のみ乾期でも需要を満たす十分な水がある。
- b) ニジェール川
8、9、10 月及び 1 月の 4 ヶ月のみ需要を満たす水があるが、その他の 8 ヶ月は水供給不足となる。

c) バンダマ川上流域

9、10 月の 2 ヶ月のみ需要を満たす水があるが、その他の 10 ヶ月は水供給不足となる。

d) アグネビー川

6、7 月の 2 ヶ月のみ需要を満たす水があるが、その他の 10 ヶ月は水供給不足となる。

e) コモエ川

コモエ川は 7～10 月の 4 ヶ月は豊富な水があるが、他の 8 ヶ月は河川水は非常に少ない、特に 2、3 月の記録は 0 となっている。

12.2 2015 年における地下水収支

表 12-3 に地下水ポテンシャルと 2015 年の地下水需要量を示すが、「象」国のほとんどを占める亀裂系帯水層の地下水ポテンシャルは低く平均で 91mm である。亀裂系帯水層に依存する都市給水の地下水需要量は平均的にみたとき 0.42mm と十分低いが、都市給水の井戸の分布は集中しており、局所的に継続的な地下水位の低下を引き起こす恐れがある。都市給水の井戸の揚水量は 1 本当たり年間 36mm～76mm/km² (36,000～73,000m³/yr) となることから、井戸間隔は少なくとも 1km 以上とする必要がある。村落給水は分散しており、需要量は 0.11mm と地下水ポテンシャルに比較し十分安全な範囲である。また、野菜を中心とした農業用水は村落給水に付随し分散しており、その需要量は 0.99mm とポテンシャルに比較して十分に低く安全の範囲である。

一方、未固結堆積岩系帯水層の地下水ポテンシャルは 334mm と亀裂系帯水層に比較し大きく、地下水需要量はその 10%程度の 33.67mm と算定される。しかし、地下水需要はアビジャン市に集中しており、アビジャン市周辺の地下水ポテンシャルは 132MCM/年と算定されるのに対し、2015 年のアビジャン市の水需要は 242MCM と算定される。従って、アビジャン市の水源対策は最優先課題である。

表12-1 表流水の水収支 (AD2015)

Basin Name	River Name (Control Point)	Catchment Area (km ²)		Average Potential (mm)	Available Water Use		Urban Demand (MCM)		Irrigation (mm)	Agriculture Demand (MCM)			Total Demand (mm)	Balance (%)
		Basin	River		1/10 Prb.	1/5 Prb.	(MCM)	(mm)		Live Stock	Fishery	Sub-total		
					(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(6)+(7)+(8)	(10)	(11) = (5)+(10)
SASSANDRA	Sassandra (Gaoulou pont)	63,700*5	70,750*1	173	139	152	124,071	0.176	608.66	606.68	2.838	1218.178	17,394	12.51
CAVALLY	Cavally (Tate)	14,800	28,800*2	523	285	342	5.34	0.019	112.85	119.88	0.277	233.007	15,744	5.58
SAN PEDRO	Dodo		649	469	414	476	0	0.000	5.32	6.34	0.034	11.694	18,018	4.35
	Nero		1,266	410	308	354	3.099	0.245	4.92	5.92	0.033	10.873	8,588	2.87
	San Pedro		3,320	334	321	369	15.879	0.478	23.51	29.15	0.156	52.816	15,908	5.10
	Total	5,300	5,235	369	264	304	18,978	0.723	33.75	41.41	0.223	75.383	14,225	5.66
BANI NIGER	Kouroukell		1,990	285										
	Kouroukele		1,490	211	150	183	0.009	0.001	7.46	2.98	0.117	10.557	7,085	4.72
	Baoule		3,970	151	110	134	3.32	0.084	21.01	7.93	0.331	29.271	7,373	6.78
	Kankelona		5,550	132	48	59	0	0.000	75.98	12.4	1.537	89.917	16,201	33.75
BANDAMA	Bagoé (papara)		8,952*3	148	66	97	6.099	0.068	211.5	31.74	4.285	247.525	27,725	42.01
	Total	18,000*6	19,962	147	78	85	9,428	0.152	315.95	55.05	6.27	377.27	20,959	27.07
	Bandama (Tiassale)	101,800*7	99,150	88	26	52	128,366	0.129	1808.47	504.16	18.117	2330.747	22,896	88.56
BOUBO	Bolo		1,330	69	10	12	0	0.000	4.48	8.87	0.052	13.402	10,077	100.77
	Boubo		4,702	63	55	64	0	0.000	6.51	35.92	0.217	42.647	9,070	16.49
	Niouniourou		2,112	195	140	164	0	0.000	2.02	13.94	0.098	16.058	7,603	5.43
	Total	8,200	8,144	98	65	76	0	0.000	13.01	58.73	0.367	72.107	8,794	13.53
COMOE	Comoe	67,700*8												
AGNEBY	Abadinou		74,350*4	47	19	28	37,376	0.050	409.34	65.38	8.954	483.674	7,144	37.86
	Agneby		7,361	58	25	41	14,809	0.201	45.16	31.26	0.431	76.851	10,440	42.57
	Me		2,458	198	173	282	5.873	0.239	12.25	6.34	0.353	18.943	7,707	4.59
	Ira		444	189	169	275	0	0.000	1.93	0.42	0.125	2.475	5,574	3.30
BIA	Total	10,300	10,263	97	57	93	20,682	0.440	59.34	38.02	0.909	98.269	9,541	16.64
VOLTA NOIRE	Bia	10,100*9	6,800	88	60	98	0.781	0.011	0.38	0.42	0.009	0.809	0.080	0.15
	Kontodouo	2,100	2,097	69	67	89	0	0.000	8.62	2.97	0.572	12.162	5,800	8.66
TOTAL														
Annual Volume		302,000	325,551	144	82	98	324.34	0.996	3311.03	1454.68	37.627	4803.337	14,753	19.21
		for		43.5	24.8	29.6	0.324		3.311	1.455	0.038	4.803	4,800	

*6 Total = 19,962 - 2,000 = 17,962 km²

*7 = II - C1

*8 III - C1 - *4 = 77,687 - 10,000 = 67,687 km²

*9 = VIII - C2

*10 = Area in out of Control Points

*1 Including Guinée (6,850 km²)

*2 Including Liberia (about 14,000 km²)

*3 Including some part of Burkina Faso (about 2,000 km²)

*4 Including Burkina Faso (about 10,000 km²)

*5 I - C1 - Guinée = 70,550 - 6,850 = 63,700 km²

Basin = 28,800 - 14,000 = 14,800 km²

for 322,000 km²

≈ 18,000 km²

≈ 67,700 km²

表 12-2 月別水収支 (AD 2015)

(Unit: MCM)

Control Point	Control River Basin	Classification of Item	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual Average
Sassandra	I -C4 I -A9	Surface Water Runoff	78.7	44.5	46.9	77.5	150.8	233.5	540.0	1,441.0	1,970.2	1,200.7	467.3	189.9	6,441.0
		Water Demand	16.9	12.7	22.8	18.2	44.4	37.0	11.3	7.3	13.4	17.9	24.5	25.3	251.6
		1/10 Probability Runoff	89.8	59.0	32.1	38.8	91.3	138.9	182.6	477.8	870.9	381.4	160.7	77.4	2,597.5
	I -C1 I -A1 I -A6	Surface Water Runoff	947.6	892.4	987.5	950.5	958.3	1,074.1	881.2	975.5	1,231.7	1,952.8	1,391.9	1,071.1	13,314.6
		Water Demand	16.9	13.3	18.8	13.4	40.1	28.5	11.4	10.5	12.4	13.1	16.4	20.2	215.1
		1/10 Probability Runoff	1,000.7	929.0	1,015.6	738.2	413.5	792.1	651.4	495.0	800.4	977.1	966.3	580.7	9,389.3
Bandama	II -C5 II -A5	Surface Water Runoff	9.4	2.4	2.1	6.2	17.4	27.2	84.4	391.8	735.9	393.5	126.7	27.3	1,824.3
		Water Demand	16.9	17.5	27.7	20.3	21.4	14.3	4.4	2.5	7.7	11.1	22.0	24.9	190.5
	II -C12 II -A12, II -A13, II -A14, II -A15	1/10 Probability Runoff	11.5	4.8	7.6	12.0	29.1	29.8	60.9	85.6	230.1	142.3	13.4	8.7	633.7
		Surface Water Runoff	5.9	2.4	4.0	7.5	14.2	22.0	67.0	255.3	622.3	409.5	115.6	21.4	1,547.1
	II -C8 II -A8, II -A9, II -A10, II -A11	Water Demand	14.6	10.7	26.7	23.6	37.7	30.9	10.8	7.2	15.4	18.8	26.4	28.6	251.3
		1/10 Probability Runoff	11.2	0.4	0.0	0.0	9.5	29.9	8.9	2.0	104.4	106.9	24.1	4.2	301.1
Comoé	III -C3 III -A3	Surface Water Runoff	1.9	1.0	1.9	3.6	8.6	15.3	68.3	283.9	445.8	344.4	104.5	17.1	1,296.3
		Water Demand	28.0	19.2	46.7	45.4	61.6	51.6	21.9	13.7	30.4	35.0	49.6	51.9	455.2
		1/10 Probability Runoff	1.8	0.6	0.1	0.0	16.0	6.2	1.4	2.6	180.5	71.6	4.7	1.7	288.1
	VI -C4 VI -A4	Surface Water Runoff	9.1	2.2	3.5	4.9	28.9	57.3	180.0	552.6	1,419.4	893.0	200.9	37.5	3,389.3
		Water Demand	16.5	13.5	12.7	10.5	10.3	5.9	2.5	1.6	3.3	5.1	12.5	13.0	107.5
		1/10 Probability Runoff	2.9	0.0	0.0	13.4	45.4	48.0	150.1	229.5	307.3	166.9	19.5	9.2	986.3
Bani-Niger	VI -C2 VI -A2	Surface Water Runoff	3.7	1.5	0.8	0.3	0.8	1.3	16.1	118.4	221.4	158.0	63.0	13.9	599.2
		Water Demand	1.7	1.3	3.5	3.0	4.2	3.4	1.1	0.7	1.8	2.3	3.3	3.7	30.0
		1/10 Probability Runoff	2.1	0.6	0.2	0.1	0.2	0.3	9.4	83.9	135.5	95.2	24.6	5.9	351.4
	IX -C4 IX -A5	Surface Water Runoff	5.6	2.4	1.6	3.1	2.1	2.3	22.5	183.2	344.2	184.5	64.0	14.2	829.7
		Water Demand	7.5	4.9	19.7	19.0	20.7	16.4	6.1	3.6	10.6	12.7	18.6	20.6	160.3
		1/10 Probability Runoff	10.6	4.0	2.0	1.1	1.3	1.3	1.7	80.9	232.5	51.9	12.5	3.9	404.4
Agneby	X -C2 X -A2	Surface Water Runoff	0.3	0.2	0.8	2.1	9.4	27.5	38.3	8.6	14.5	35.1	14.0	1.6	152.4
		Water Demand	12.7	7.9	3.7	2.0	8.3	5.9	2.3	2.4	2.3	2.4	4.4	8.9	63.2
		1/10 Probability Runoff	0.1	0.1	0.1	0.4	1.7	22.9	25.1	0.0	0.1	0.2	1.5	3.7	4.7
	XI -C1 XI -A1	Surface Water Runoff	1.9	1.2	3.7	7.8	25.7	64.0	61.3	35.9	36.8	57.3	28.5	9.6	333.7
		Water Demand	3.8	3.0	2.9	1.2	8.4	5.8	1.8	1.9	1.6	1.8	2.5	3.5	38.2
		1/10 Probability Runoff	0.8	0.4	0.3	0.1	3.1	6.8	35.1	4.8	0.2	2.1	0.1	7.5	125.8
San Pedro	XI -C1 XI -A1	Surface Water Runoff	31.9	42.3	42.9	50.5	92.9	219.8	146.0	76.1	99.3	142.5	110.7	52.8	1,107.7
		Water Demand	3.0	2.4	3.6	2.8	6.6	4.8	2.2	2.0	2.5	2.6	3.1	3.7	39.4
		1/10 Probability Runoff	52.7	62.9	20.7	25.9	69.4	146.2	38.6	46.9	55.8	42.2	48.7	43.7	657.1

表12.3 地下水の水収支 (AD 2015)

Hydrogeology	River basin	Area of unit basin	Groundwater potential		Ground water (AD 1998)						Groundwater demand (AD 2015)				Ratio of demand (2015) for Potential *		
		(km2)	(mm)	MCM/y	Urban	Rural	Agri	Total	Urban	Rural	Agri	Total	Urban	Rural		Agri	Total
					(mm)	(mm)	(mm)	MCM/y	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
	Total and average of Sassandra and surrounding basin	119,744	148	17,752	0.016	0.09	0.25	42	0.354	0.42	0.18	0.89	178	1.49		1.00	
	Total and average of Bandama and surrounding absin	111,714	56	6,245	0.002	0.04	0.31	40	0.360	0.35	0.07	1.13	173	1.55		2.75	
	Total and of average of Comoe and surrounding basin	82,150	54	4,437	0.058	0.03	0.26	29	0.356	0.50	0.06	0.95	124	1.51		2.79	
Total or average of Discontinuous aquifer area		313,608	91	28,434	0.022	0.06	0.28	112	0.357	0.42	0.11	0.99	475	1.52		1.67	
Total and average of General aquifer area		8,392	334	2,803	11.333	0.10	0.99	104	12.417	30.25	0.11	3.30	283	33.67		9.87	
Grand total		322,000	97	31,238	0.317	0.06	0.29	216	0.671	1.19	0.11	1.14	758	2.35		2.40	

Note: Modified from the "Carte de planification des ressources en eau de Cote d'Ivoire" 1978

* Balance between Potential and demand (2015) = 100 * (Groundwater demand 2015 / Groundwater potential)

13. 水資源管理計画の基本構想

水資源管理計画に対する基本構想は「象」国政府によっても立てられている。その結果は「水資源総合管理に対する国家政策と戦略（1999）」および「水資源管理に関する 2000-2015 の国家水計画（1999）」としてまとめられており、その内容は水資源総合管理計画に対して十分適応出来るものであり、JICA 調査団の基本構想も基本的には概ね同じであると言える。したがって、本スタディはこれらの政策・戦略に基づいて水資源総合管理計画を立案した。

JICA 調査団立案の水資源総合管理計画のフレームワークは図 13-1 に示す通りのツリーで表される。これによると、水資源管理計画の最終目標(GOAL)は持続发展的水利用にある。そしてその管理計画は「河川管理」「流域管理」「地下水管理」「その他の管理」からなり、それらの水資源管理を効果的に行う為には新たな水資源開発が不可欠条件となる。

河川管理対象は「水量」「水質」「河川環境」「水文気象ネットワーク」であり、それらの管理はツリーの手法として示す項目が対象となる。水量管理では河川維持流量の設定が最も重要な要素であり日本ではツリーの下での注書きにあるような 9 項目の検討を基として決めているが、国際的にはメコン川委員会で採用している月平均最小流量を採るのが適切と考える。又河川管理にあたり水文気象ネットワークの整備は重要な項目である。

流域管理対象は「廃水規制」「森林保護」「土壌保全」であり、廃水規制は「象」国では既に一部分行われているが、実質的には無いに等しく特に首都圏アビジャンのラグーンへの廃水流入は激しくラグーンの水質は極めて悪い。早急な廃水規制の実施が望まれる。又、植林の実施も早急に行わないと水資源の涵養が極めて難しくなり、流域の荒廃、濁流による河口・ラグーンの閉塞が急速に進行していることに注目すべきである。

地下水の中で特に首都圏アビジャンの井戸の水位・水質は現在も測定されているがこれらの継続的モニタリングが絶対に必要である。

その他の管理では貯水池の運用ルールを早急に定め、経済的・安定的な水供給が極めて重要である。又既設の水資源供給施設の保守管理は大規模ダムについてはしっかり行われているが小規模ダムの保守管理は非常に悪い。本調査で提案している流域開発管理公団の実現によってこれらの問題が解決されるものと考えられるので早急な流域公団の実現が待たれる。

水資源開発に関しては 15 章で詳説するが、基本的に効果的・効率的且つ経済的な管理をする為には多目的開発が必要である。その為に本調査で提案している多目的ダム法の制定を急がなければならない。

14. 水利用コントロール

14.1 水利用コントロールの必要性和目的

西部のササンドラ川及びその周辺流域は降雨が多く比較的豊富な水量が乾期でもあるが、中部から東部のバンダマ川及びコモエ川流域・周辺流域の乾期の水量は極めて少ない。現在でも

乾期は極端な節水で何とか水不足を凌いでいる状況であり、2015 年までの水需要の伸びを考えると西部のササンドラ川及びその周辺流域を除いて「象」国の乾期における水不足は深刻な問題となる。従って、既存のダム・貯水池に加えて新規のダム・貯水池開発計画も含めた水利用コントロールが「象」国の重要課題である。

適切かつスムーズな水利用コントロールを行う上で施しなければならない事項は次のように集約される。

- a) 水位・水量をモニターするための基準点の確立
- b) 適切な水収支及び水配分バランスの評価
- c) 適切な貯水池運用ルール及び分水計画の確立
- d) 水利権の確立

14.2 水利用コントロール

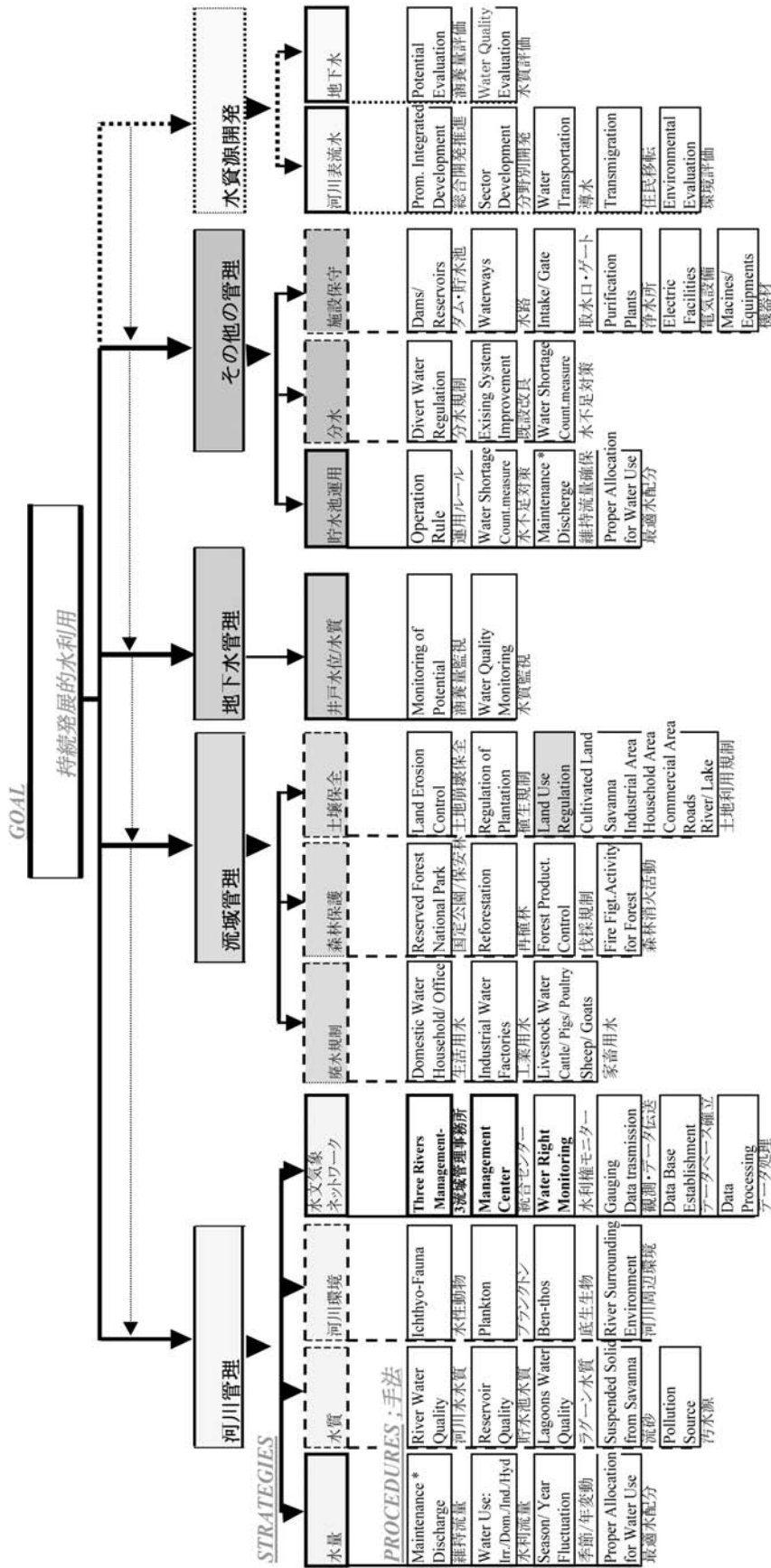
(1) 水需給バランスの評価と課題

コモエ川・バンダマ川・ササンドラ川及び周辺流域の水需給バランスと課題は表 14-1～14-3 に示す通りである。

(2) 河川管理の課題

- a) 河川事業の為の基準とマニュアルの作成
調査/計画/設計編からなる基準とマニュアルで、その内容は河川事業推進のためのテキストとして利用する。
- b) 水利権審査の為のマニュアル作成
その主要項目として利水基準年、維持用水、基準点、利水安全度、既存水利権、流域外貯留等がある。
- c) 水文気象ネットワークシステムの確立（データ観測、伝送及び処理）
ネットワークシステムは水利権モニタリングの為の不可欠事項である。
- d) 河川システムに沿った河川台帳及び流水系統図の作成
その内容として流域面積、河川延長、河川勾配、流況（平均・渇水・豊水）堆砂量等を含む。

図13-1 水資源管理計画のフレームワーク



Legend:

Water Authorityによる直接管理
Water Authorityの間接管理
(各分野の管理の支援)

河川維持用水: 流水の正常な機能維持 (9項目)

* Maintenance Discharge 舟運/漁業/景観/塩害防止/河口閉塞防止/河川管理施設保護/地下水位維持/植生・動物保護/流水の清浄維持
The discharge which has been stipulated to be maintained even at the time of low flow, upon overall consideration of
boat transportation/ fishing/ picturesque scenery/ prevention of salt injury/ prevention of blocking of estuary/ protection of
river control facilities/ maintenance of groundwater level/ protection of plants・animals/ maintenance of clearance of river flow.

14.3 基準点の利用

コントロールポイントは下記の目的のために利用する。

- a) 水文解析、水収支計算、水量・水質のモニターリング
- b) 水位・流量観測によって流域の流況の把握
- c) 水位・流量観測によって水供給量の判定
- d) 河川維持流量のモニターリング

14.4 水利権

(1) 利水の安全度

フランス、日本の利水安全度を参考にして「象」国の利水の安全度を検討した結果、生存に係わる生活用水は基本的に 10 年に一回の渇水を対象とするのが適切と思われる。しかし、農業用水は利水安全度を高めるとコストが高くなり、発展途上国では開発のスピードを押さえることになる。5 年に一回程度の利水安全度を設定しておけば、10 年に一回程度の渇水でも生産の落ち込みを緩和することができる。従って、農業用水に対しては 5 年に一回の渇水を対象にする。また水力発電に対しては 10 年以上の水文資料に基づく平均とする。

(2) 河川維持流量

舟運、漁業、景観、塩害防止、河口閉塞防止、河川管理施設保護、地下水位維持、植生・動物保護、流水の清潔維持の 9 項目に対する検討を行い数値目標としては、メコン川委員会の基準である月平均自然最低流量を基に計画基準年（1983 年）の値を「象」国に適用すると約 $0.01\text{m}^3/\text{s}/100\text{km}^2$ となる。(表 5-5 参照)

(3) 開発水量の決定

開発水量は上記利水の安全度及び河川維持流量等に配慮して決定する。

また、十分な利水の安全度を確保出来ない場合の対策として下記の事項を検討する。

- a) 流域内の支流域から分水
- b) 流域外から広域的分水
- c) 計画規模の縮小
- d) 比較案の検討

表14-1 コモエ管理流域における水需要/供給バランスと課題：2015年目標

Item 項目	Unit単位	Water Demand 水需要			Water Supply 水供給			
		Comoe Main River	Agneby River	Bia Area	Comoe Main River	Agneby River	Bia Area	
		Source	Quantity	Source	Quantity	Source	Quantity	
Domestic water 生活用水 A・Urban water 都市用水	m ³ /day							
	m ³ /day		570,000					
	m ³ /day		58,600					
	m ³ /day	124,000		27,900	River+Ground	124000?		
	m ³ /day	8,400	2,800	2,700	Underground	8,400	Underground	
B・Rural water 村落用水	m ³ /day							
	mm	7			River-1/5*0.2	7		
	mm	8			River-1/5*0.2			
	mm	11			River-1/5*0.2			
Agricultural water 農業用水	mm	10						
	mm							
	mm							
	mm							
Hydroelectric Power 水力発電	1) Ayame-1	計画満水位	Planning HWL: 90	貯水量	Reservoir capacity	900 MCM	実績満水位 Actual HWL: 88-90m	
	計画落差	Planning Head: 25m					実績発生電力量: 概ね計画通り	
2) Ayame-2	計画満水位	Planning HWL: 69	貯水量	Reservoir capacity	69 MCM			
計画落差	Planning Head: 30m							
Issues 課題								
1) Domestic water 生活用水		①・アビジャン市の給水は現在全て地下水 (現況使用量約220,000m ³ /日) で行われている。 ・2015年での需要は消費量100 l/day per-capita、人口伸び率 3.9%として推定すると約570,000m ³ /日となる。 ・一方アビジャン地域の地下水可能揚水量は約380,000m ³ /日と推定されるので、約19万m ³ /日の不足が想定される。 ・上記は消費量100 l/dayとして推定したものであるが、現実には諸外国の主要都市の消費量は300 l/day以上が殆どである。 従って、300 l/dayとした場合 日量130万m ³ 以上の不足を生じることになり、極めて深刻な水飢饉となることが予想される。 ② その他の地方都市では地下水と雨期に河川から堰による取水で賄うことになっているが、日量何万トンもの地下水の揚水は北部においては困難であり、従ってコモエ川上流域の地方都市で乾期には供給不足が想定される。 ③ 村落用水はper-capitaの消費量を25 l/dayとした場合地下水で供給可能。 ④ コモエ川の水利用率は1/5確率流出量の約20%とBandama川に比してやや低い。 ⑤ アダネビー/ピア等沿岸地域(Coastal area)の雨量は多いので、ポテンシャルとしては十分な河川表水があるが、乾期には雨量が殆どないので水供給は不足となり、農業生産に支障を来す。 ⑥ アヤムダムは段階的に1～2と築造され、上流のNo.1で調節した水を下流のNo.2で有効に利用しているが、未だ30m以上の有効落差が残されているのでNo.2の下流の再開発が望まれる。 ⑦ アダネビー川の中流の中心都市アグボヴィレにおいて毎年洪水浸水に見舞われ深刻な状況にある。						
2) Agricultural water 農業用水								
3) Hydroelectric power 発電用水								
4) Flood Inundation 洪水氾濫								

Note:
River-1/5*0.2 = Controlled ration (Reservoir capacity / river runoff) of 20% for the river surface water with probability 1// 9 = 供給可能性疑問
River-1/5*0.2 = 1/5確率河川表流水に対する20%の調整率 (貯水容量/河川流量) // River+Ground=河川表流水+地下水 (River surface water+ underground)

表14-2 バンダマ管理流域における水需要/供給バランスと課題：2015年目標

Item 項目	Unit単位	Water Demand 水需要			Water Supply 水供給		
		Bandama Main River	Nzi River	Boubo Area	Bandama Main River	Nzi River	Boubo Area
		Source	Quantity	Source	Quantity	Source	Quantity
Domestic water 生活用水 A・Urban water 都市用水							
1) Korhogo・Ferreke・Yamoussoukro	m ³ /day	51,500					
2) Bandama main river other cities	m ³ /day	162,300					
3) Nzi (II-C8): Cities in Nzi river	m ³ /day		137,900				
4) Boubo (X-C2): Cities in Boubo	m ³ /day						
B・Rural water 村落用水	m ³ /day	12,500	2,700	40,300 6,300			
Agricultural water 農業用水							
1) Bandama upstream (II-C5)	mm	52					
2) Marahoue (II-C12): Up-Biouafle	mm	12					
3) Nzi (II-C8): Up-Confluence	mm	14					
4) Boubo (X-C2): Up-Grand Lahou	mm	10					
Hydroelectric Power 水力発電							
1) Kossou ダム		計画平均流入量 計画満水位	Planning average inflow: 152m ³ /s Planning HWL: 195 m				
2) Taabo ダム		計画平均流入量 計画満水位	Planning average inflow: 154m ³ /s Planning HWL: 124m				
Issues 課題							
1) Domestic water 生活用水		① コロゴ・フェルケ及びヤムスクロ市はダムによる調整した水で概ね需要に見合う安定供給が可能。 Urban water supply for Korhogo/Ferreke/Yamoussoukro cities could be carried out by controlled water of dams. ② その他の地方都市では地下水と雨期に河川から堰による取水で賄うことになっているが、日量何万トンもの地下水の揚水は北部においては困難であり、従って地方都市で乾期には大量の供給不足が想定される。 It is very difficult to supply the steady water for other cities in dry season. Because, the big amount of underground water couldn't be supplied in northern area. Therefore, the big amount shortage of urban water supply in local cities would be generated in the future. ③ 村落用水はper-capitaの消費量を25 l/dayとした場合地下水で供給可能。 The rural water supply could be possible by underground water in case of the water demand of 25 l/day per-capit. ④ ダムを十分に築造して調整率(貯水容量/流入量)50%にしても不足する事になる。 Even if the controlled ration (reservoir capacity/Inflow) of 50% with adequate dams construction could be kept, the big amount of shortage of agricultural water supply would be generated in the future. ⑤ コスダムへの流入量が少ないのでコス発電所の発生電力量が計画に比しかなり少ない(半分以下)。 The power production of Kossou power station is considerably small compared to the planning due to small inflow in to the dam.					
2) Agricultural water 農業用水							
3) Hydroelectric power 発電用水							

Note:

River-1/5*0.5 = Controlled ration (Reservoir capacity / river runoff) of 50% for the river surface water with probability 1/5
River-1/5*0.5 = 1/5確率河川表流水に対する50% の調整率(貯水容量/河川流量)
・? = 供給可能性疑問

表14-3 ササンドラ管理流域における水需要/供給バランスと課題：2015年目標

Item 項目	Unit単位	Water Demand 水需要			Water Supply 水供給			
		Sassandra River	San Pedro River	Bani-Niger Area	Sassandra River	San Pedro River	Bani-Niger	
Domestic water 生活用水 A・Urban water 都市用水 1) Man (I-C8) 2) San Pedro (X I-C1) 3) Sassandra river other cities (I-C1) 4) Bani-Niger (VI-C1/C3/C4/C5)	m ³ /day	17,000			Weir intake River-1/10			
	m ³ /day		37,000					
	m ³ /day	340,000			River+Ground	Dam-Reservoir		
	m ³ /day			52,000			River+Ground	52,000
	m ³ /day	45,000	4,700	600	Underground	Underground	Underground	600
B・Rural water 村落用水 Agricultural water 農業用水 1) Sassandra river (I-C1) 2) San Pedro (X-C1/C2/C3) 4) Bani-Niger (VI-C1/C3/C4/C5)	mm	18						
	mm	15			River-1/5		Dam-Reservoir	渇水期(年平均) 10(120)
	mm	20				渇水期(年平均) 140(400)		
Hydroelectric Power 水力発電		計画満水位 Planning HWL : 200 貯水量 Reservoir capacity 8,300 MCM 計画落差 Planning Head: 36 m						
Issues 課題		① マン市の給水は河川からの取水で賄うことになっているが、乾期には計画取水量の1/10以下の流量しかないので安定給水の為に貯水設備の築造が不可欠である。 The domestic water of Man city is supplied from a river surface water, but since the river runoff in dry season is less than 1/10 of the planning supply water, the storage facilities are essential for the steady water supply. ② その他の地方都市では地下水と雨期に河川から堰による取水で賄うことになっているが、ササンドラ流域は河川表流水が豊富なので問題ないものと考ええる。 Although the domestic water in other local cities are supplied from underground water and river surface water in rainy seasons, it seems to be no problem in sassandra basin since the river is plenty of surface water. ③ 村落用水はper-capitaの消費量を25 l/dayとした場合地下水で供給可能。 The rural water supply could be possible by underground water in case of the water demand of 25 l/day per-capit. ④ 河川表流水は豊富であるが乾期には計画値の半分程度の流量しかない。従って、カカオ、バナナ等比較的水使用量の少ない作物の生産を主とする農業となる。 Although the rivers are plenty of surface water, since the surface water in dry season is about half of average. Therefore the agriculture are limited products such as cacao, banana etc which are low water consumption. ・地方電化の促進 ・To promote the rural electrification ⑤ プヨダムで調節された水が有効利用されていない。従って下流に逆調整池も兼ねたダムの建設が望まれる。 The controlled water by Buyo dam is not using effectively in down stream, therefore it is recommended to construct new dams which is also a re-regulation dam in down stream.						
2) Agricultural water 農業用水								
3) Hydroelectric power 発電用水								

Note: River-1/5=River surface water with probability of 1/5

: River-1/5=離率1/5河川表流水

(4) 基準渇水年

従来から「象」国の利水計画渇水年は 1983 年を用いている。JICA 調査団は 1980 – 1996 の水文データを基に 1983 の生起確率を検討した。

結論として計画地点の開発水量は次式によって求めることとした。

- ・ $1/10$ 渇水対象開発水量 = 1983 年の流量資料で求めた開発水量 $\times$ Ad.

Ad. = 1983 年の生起確率と $1/10$ 確立の生起確率比

14.5 渇水期における貯水池運用基準設定の必要性和手法

渇水期における渇水被害を最少に喰い止め効率的な貯水池運用の為に、貯水池運用基準の設定が不可欠である。手法として「確率ダイナミック法」が実用的であると考えている。

15. 水資源開発計画

水資源開発計画の必要性として渇水期に大幅な節水のみによって水不足を凌いでいる現在の状況を改善するため、有効水利用量の増量及び持続発展的な安定水利用確保を図ることが求められる。現況施設のみを有効利用して渇水被害を多少軽減することはできても、絶対的な水不足は開発計画抜きでは改善され得ないということを深く認識しなければならない。

水需給バランスの課題に対する対策と提案した開発計画を表 15-1 に示す。また、その開発計画の実施工程を図 15-1 に示す。

16. 水質管理

16.1 目的及び必要な試験、調査

水質管理の目的は、清浄で安全な表流水及び地下水を、都市と地方住民の生活用水、家畜の飲料水として、また、水域の魚類へ供給することと、腸チフス、住血吸虫、マラリアなどの水関連の疾病を根絶することにある。

上記の目的を達成するためには、以下の試験、調査及び対策を河川水、貯水池、地下水、汚濁水を対象に行う必要がある。

- a) 表流水と地下水の定期的な水質の監視
- b) 多量の堆砂負荷と高い濁度を持つ河川の流域及び水路の調査
- c) 乾期における貯水池及び湿地の、生殖力のある水草、動物、水関連の疾病調査
- d) 都市の生活排水処理施設及び工場での工業排出物処理施設の設備設置と、定期的な査察
- e) 都市近郊へのゴミ処理場の設置

(4) 基準渇水年

従来から「象」国の利水計画渇水年は 1983 年を用いている。JICA 調査団は 1980 – 1996 の水文データを基に 1983 の生起確率を検討した。

結論として計画地点の開発水量は次式によって求めることとした。

- ・ $1/10$ 渇水対象開発水量 = 1983 年の流量資料で求めた開発水量 $\times$ Ad.

Ad. = 1983 年の生起確率と $1/10$ 確立の生起確率比

14.5 渇水期における貯水池運用基準設定の必要性和手法

渇水期における渇水被害を最少に喰い止め効率的な貯水池運用の為に、貯水池運用基準の設定が不可欠である。手法として「確率ダイナミック法」が実用的であると考えている。

15. 水資源開発計画

水資源開発計画の必要性として渇水期に大幅な節水のみによって水不足を凌いでいる現在の状況を改善するため、有効水利用量の増量及び持続発展的な安定水利用確保を図ることが求められる。現況施設のみを有効利用して渇水被害を多少軽減することはできても、絶対的な水不足は開発計画抜きでは改善され得ないということを深く認識しなければならない。

水需給バランスの課題に対する対策と提案した開発計画を表 15-1 に示す。また、その開発計画の実施工程を図 15-1 に示す。

16. 水質管理

16.1 目的及び必要な試験、調査

水質管理の目的は、清浄で安全な表流水及び地下水を、都市と地方住民の生活用水、家畜の飲料水として、また、水域の魚類へ供給することと、腸チフス、住血吸虫、マラリアなどの水関連の疾病を根絶することにある。

上記の目的を達成するためには、以下の試験、調査及び対策を河川水、貯水池、地下水、汚濁水を対象に行う必要がある。

- a) 表流水と地下水の定期的な水質の監視
- b) 多量の堆砂負荷と高い濁度を持つ河川の流域及び水路の調査
- c) 乾期における貯水池及び湿地の、生殖力のある水草、動物、水関連の疾病調査
- d) 都市の生活排水処理施設及び工場での工業排出物処理施設の設備設置と、定期的な査察
- e) 都市近郊へのゴミ処理場の設置

表 15-1 課題に対する対策と提案プロジェクト

流域	No	課題	対策及び提案プロジェクト
コモエ管理流域	①	アビジャン都市用水	・短期的対策-1): アグネビー川総合開発: $Q = 120,000\text{m}^3/\text{日}$
			・短期的対策-2): ラグーン河口湖開発(MIE検討中): $Q \approx 120,000\text{m}^3/\text{日}$
			・短期的対策-3): 地下水開発 (上限 $380,000\text{m}^3/\text{日}$)
			・長期的対策: コモエ川総合開発 $Q = 110\text{m}^3/\text{s}$ (約950万 $\text{m}^3/\text{日}$)
	②	コモエ川上流域の地方都市用水	・個別の地方都市毎に地下水開発及び貯水池開発の詳細な調査が必要。
	③	村落用水	・未整備の村落に対する地下水開発の継続。
	④	コモエ川の低い水利用率の向上	・コモエ川総合開発: $Q = 110\text{ m}^3/\text{s}$ (概ね100%水利用率) 最大電力出力 = 224.5 MW 年間発生電力量: 815 GWH (既存全水力発生電力量の61%)
バンダマ管理流域	⑤	沿岸地域の乾期の水不足	・コモエ川総合開発により解消される (米作の2耗作が出来る)
	⑥	アヤマNo.1ダム調節流量の有効利用	・アボイン水力電源開発(アヤマNo.2下流): $P = 6,400\text{ KW}$
	⑦	アグボヴィレ市洪水氾濫	・アグネビー川総合開発: 洪水ピークカット = $330 \rightarrow 100\text{m}^3/\text{s}$
	①	コロゴ・フェルケ・ヤムスコ主要都市用水	・既設ダム・貯水池の運用ルールを作成
	②	バンダマ川上流域の地方都市用水	・マラウイ河川総合開発: バフレ等の都市に安定水供給が可能
			・ニズイ川中流域総合開発 (ミバハクロ/ボカンダ他13ダムの建設) 下記農業用水計画ダムに地方都市用水も含み多目的開発
	③	村落用水	・未整備の村落に対する地下水開発の継続。
ササンドラ管理流域	④	農業用水の大きな不足	・ニズイ川中流域総合開発 (ミバハクロ/ボカンダ他13ダムの建設)
			・マラウイ川総合開発: 開発水量 $Q = 5.2\text{ m}^3/\text{s}$
			・規模の縮小/コモエ川流域への移転
	⑤	コスダムの流入量不足	・マラウイ川総合開発: コスダムへの流入量増 $Q = 34\text{m}^3/\text{s}$ (40%増) 発生電力量増: 99GWH(90%増)
	①	マン市都市用水	・マン市都市用水貯留施設計画。
	②	ササンドラ川上流域の地方都市用水	・個別の地方都市毎に需給バランス及び水源の詳細な調査をする事が望まれる。
	③	村落用水	・未整備の村落に対する地下水開発の継続。
ササンドラ管理流域	④	渇水期の農業用水不足及び地方電化の促進	・デウヌ川総合開発: $Q = 0.70\text{m}^3/\text{s}$ (700ha): 小水力発電 $P = 34\text{KW}$ (0.3 GWH)
			・乾期に消費水量の少ない農作物の生産促進
	⑤	ブヨダム調節流量の有効利用	・ソブレ及びブルガ水力電源開発(ブヨダム下流): $P = 27,000\text{ KW}$ (218 GWH) and $30,000\text{ KW}$ (239 GWH)

図 15-1 開発計画実施工程表

図 15-1 開発計画実施工程表

Project Name	Feasibility Study Detailed Design Construction															
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Group-A																
① Agneby River Integrated Development																
② Dounou River Integrated																
③ Integrated Rural Development in the San-Pedro Plain																
④ Karaougou-Womo Dam Irrigation																
⑤ Expansion Irrigation at Tiassel																
⑥ Aboiso Hydropower																
Group-B																
① Marahoue River Integrated																
② Comoie River Integrated																
③ Middle Valley of NZI River																
④ Development Rice Irrigation in the Centre/ Centre Nord																
⑤ Marabadissa Sugarecane • Catiola																
⑥ Serebou Sugarecane • M'buliakro.																
⑦ Man Domestic Water Supply																
⑧ Bouake Domestic Water Supply																
⑨ Abidjan Domestic Water Supply																
⑩ Soubre Hydropower																
⑪ Louga Hydropower																

16.2 水質管理の実施

(1) 河川水

ササンドラ、バンダマ、コモエ川には、水質監視のために合計 28 カ所の観測点が現存する。引き続き、定期的な監視を行い自浄能力の予知、魚繁殖の可能性の維持、富栄養化現象の克服を図る。

支川の水質は農業と都市の発展によって、将来悪化することが危惧される。以下の問題点に配慮する必要がある。

- a) かんがい農業の拡大による多くの支川での乾期における水の不足
- b) 農業用化学資材の使用増大と家畜飼育の拡大
- c) 生活、工業排水

(2) 貯水池

貯水池の水は、元来河川から供給される。以下の条件にある貯水池に配慮する。

- a) 水深が浅く、水量の少ない貯水池は、乾期には容易に貯留水を失い、水草の繁殖と集積によって水質を変化させる。
- b) 荒廃した流域にある貯水池は、高い濁度物質の流入と多量の泥土の沈殿をもたらす。
- c) いくつかの水因性疾病が、浅い水深の貯水池及び沼地で発生する。

(3) 地下水

アビジャン地域の地下水は、最近海水の侵入による塩類問題に直面している。したがって十分な監視井戸を設置して、水質及び地下水位を監視し、地下水位を回復しながらアビジャン地域の地下水取水量を制御する必要がある。

(4) ラグーン

エブリエラグーンの水質は、ラグーン沿いに無処理の生活排水、アビジャン市の生ゴミ、工業排水によって相当汚染されている。ラグーンは海岸線への連絡出口が小さく、上流域からの流入が少ないために、水質汚染は年々加速している。

したがって、汚水を制御し処理する特別の対策が、ラグーンの水質を改善するために緊急に必要とされる。また、ラグーンの底質にある汚染集積した泥土を浚渫する必要がある。

16.3 水質管理の提案

現在、水質観測点が主要河川に 28 カ所、海岸線に 9 カ所、エブリエラグーンの中央部に 10 カ所設定されている。これらの地点での水質監視を継続して行う。

測定項目は、pH、溶存酸素、電気伝導度、塩類度、硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、リン酸、アンモニア態窒素、重金属、大腸菌などの生物的指標、化学的酸素要求量、生物化学的酸素要求量などとする。

分析効率の向上のために、水質分析計、生物化学的性質を把握するための諸機器の整備が必要である。

17. 流域管理

17.1 流域管理の必要性と目的

(1) 流域関連の問題点

- a) 流出率が非常に小さい
 - ・ササンドラ川： 13%
 - ・カバリー川： 26%
 - ・バンダマ及びコモエ川： 4.5%～5%
- b) 渇水期（12月～5月）の降雨は年降雨量の20%以下
- c) バンダマ川、コモエ川の比流量は非常に小さい

表 17-1 流域別比流量

(m³/s/100km²)

流域	長期間平均 (1980年－1996年)	渇水期間年 (1983年)
コモエ川	0.14	0.03
バンダマ川	0.40	0.07
ササンドラ川	0.73	0.53
カバリー川	1.68	0.70

(2) 流域管理の要素

流域管理は長期的視野に立つて行う必要があるが、その内容としては下記の事項を考慮する。

- a) 流域の保水能力の向上
- b) 人工的降雨減少傾向の防止
- c) 水質汚染防止
- d) 人工的土壌浸食防止
- e) 降雨の地下浸透の増強

17.2 流域管理の提案

流域管理の最重要項目は森林保護である。「象」国政府においても、過去は無秩序伐採によりかつて国土の 50% あった森林が 20%～25% に減少している現状に鑑み、森林保護計画を 10～15 年前より進めている。

「象」国政府の森林保護戦略と上記の要素に基づき、以下の流域管理計画を提案する。

(1) 森林面積拡大のための有効な管理

流域および水資源保全に重要な役割を果たす森林を保全・拡大する方策として、つぎのことが考えられる。

- a) 現存の森林の優先保全。
- b) 保安林の増強。
- c) 自然林伐採の制限と管理。
- d) 森林へ負荷をかけている周辺住民への代替燃料供給などの政策的支援。
- e) 地域住民による苗木育成と植林の継続的な実施と管理。
- f) 森林インベントリー調査の実施と既存森林管理の見直し。

(2) 灌漑による農作物の増産

灌漑によって土地生産性を上げ、農地の拡大を押さえ森林への圧迫を緩和する。その方策としてつぎのことが考えられる。

- a) 開発可能な灌漑ポテンシャル地区のインベントリー調査と評価。
- b) 小規模灌漑事業の開発。
- c) 灌漑施設とシステムの改良。
- d) 灌漑用の水資源開発。
- e) 灌漑に対する政策と戦略の確立。

(3) 適正な土地利用計画による管理

「象」国には流域の保全を目指した土地利用計画は現在準備されていない。しかし、流域保全の観点から適正な土地利用計画を準備する必要がある。その土地利用計画の内容としてつぎのことを考える必要がある。

- a) なるべく上流域の水保全を優先した植林などによる土地利用計画。
- b) 河川水の水利用率を緩和する土地利用計画。(利水が特定地域に集中しないようにする。)
- c) 利用率の低い土地の利用度を高め、土地の生産性を高める土地利用計画。
- d) 水域と水辺地域の環境を保全する土地利用計画。
- e) 土地利用データベースの作成。

- f) 流域管理に有効と考えられる土地利用規制の強化。

18. 水調節施設の維持管理

18.1 水調節施設の効果的維持管理に対する必要性和目的

水供給及び施設の維持管理のための組織の管轄は下記の様になっている。

- a) 農業用水： 企業、個人、農協及び農業動物省
- b) 村落用水： 経済インフラ省水利局村落給水部
- c) 都市用水： 水道公社（SODECI）
- d) 水力発電： 電力公社（CIE）

一般的に都市用水や水力発電の施設の維持管理は良好であるが、農業用水や村落用水は、資金不足、能力不足等の理由で維持管理状況は良くない。

18.2 水調節施設の維持管理に対する提案

水調節施設を下記の様に分類する。

- 灌漑
- 水力発電
- 漁業
- 水運
- 水供給
- 洪水調節
- 観光
- 水質保全／改良

効果的維持管理の手法／計画の提案は図 18-1 に示す。

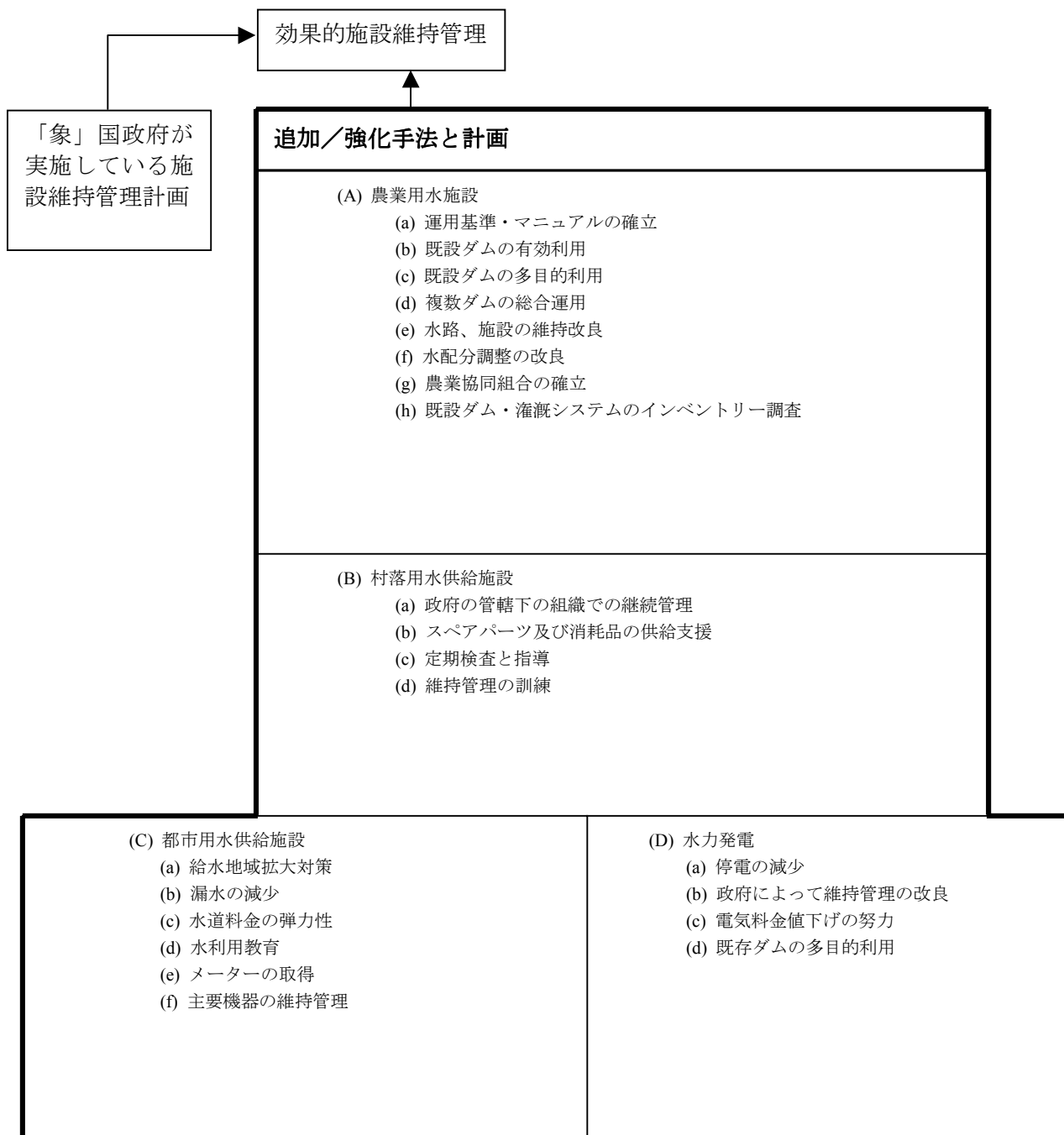


図 18-1 水調節施設の効果的維持管理手法と計画の提案

19. 水文気象および水文地質ネットワーク

19.1 水文気象ネットワーク

(1) 水文気象ネットワークの必要性和目的

既設の気象、水文観測はそれぞれ気象庁(SODEXAM)及び経済インフラ省水利局水文部が管理している。今後の水資源管理に当たってこれらを統合して一括管理し、最新のデータ収集・処理を行うことが望まれることから、水文気象ネットワークシステムの構築を提案する。このシステムによるテレメータ雨量・流量観測所としてはメインコントロールポイントの 23 ヶ所を考える。

水文気象ネットワークシステム構築の主目的は水利権のモニタリングであるが、その実際の業務は以下の通りである。

- a) 最新の雨量・流量データを収集
- c) 河川表流水の利用量のモニタリング
- d) 定められた基準で水質のモニタリング
- e) 流砂量のモニタリング
- f) 人為的な観測エラーを減らす

(2) 観測設備の設置

- a) レーダー雨量・水位計

メインコントロールポイント 23 ヶ所にレーダ雨量・水位計を設置する。

- b) 自記水位計及び量水標の設置

上記以外の測水所には自記水位計が設置する。また、レーダ水位計及び自記水位計の設置箇所には必ず量水標を設置する。

- c) サンプルング機器の常設

水質、流砂量等の把握・モニタリングの為のサンプルング機器を常設する。

(3) データ処理と管理

データ処理システムはデータ収集システム処理・保存システム及び利用システム等からなる。収集・処理・保存すべきデータは以下の通りである。

- 雨量
- 水位・流量
- 水質
- 流砂量

a) データバンクとデータベース（データ処理・安全保存システム）

アビジャン本部での情報は系統的にデータを処理する。

オリジナルデータ、処理データ、その他情報はアビジャン本部に年毎に整理・保存する。オリジナルデータは原型のままでファイリングし倉庫等に保存し、処理データはデータベースとしてコンピュータの CD、MO 等に保存する。

b) 地理情報システム(GIS)

水資源管理に関する全ての地理情報及びデータは GIS に構築し、公表される体制を作る。公表の手段として、FD, CD, MO 等が考えられる。

(4) アビジャン本部と地方の管理事務所の役割

a) アビジャン本部

アビジャン本部の管理事務所に求められる役割は以下のとおりである。

- ・ 各地域、コントロールポイントから伝送された資料収集
- ・ データ処理
- ・ データバンク確立
- ・ データ利用システム確立

b) 管理事務所

アビジャン本部を柱に、地方にも総合的な管理事務所を設置する必要がある。データ収集や伝送等に必要なシステムの構築の他、地方事務所は以下の役割を果たすことが望まれる。

- ・ 雨量・水位観測
- ・ 観測資料をアビジャン本部に伝送
- ・ 施設の管理運用

19.2 水理地質データネットワーク管理

(1) 水理地質データネットワーク管理の必要性和目的

「象」国の地下水の最重要課題は、アビジャン市の上水として利用される地下水涵養及び管理である。また、地方都市においても、井戸数過多等による地下水位の低下が生じており、定期的な地下水位、水質のモニタリングを行うことが望まれる。

したがって、長期間にわたる地下水に関するデータを分析し、降雨、地下水、表流水の関係を明らかにし、将来の地下水の動向を予測する必要がある。

(2) 必要な観測システム

上記の問題を踏まえ、必要な観測システムとして提案できるのは次表のとおりである。

表 19-1 地下水観測システム

Item	Interval	Country Level	Urban	Water	Long-term QWL Data	Remarks
			Abidjan Area	Provincial Urban		
Borehole inventory		18,190	72	318	17,800	AD 1999
Groundwater exploitation		506	72	318	116	
Observation borehole						
New construction			10	10	16	
Rehabilitation			50	0	0	
sub-total			60	10	16	
Groundwater level						
Recording gauge			16	10	10	
Pumping station	1/month		40	0	0	
Whole basin	2/year		100	0	0	
Sub-total			156	10	10	
Water quality						
Conductivity profile	1/month		120			
Periodical measurement	3/year		27			
Lagoon conductivity	3/year		10			
River water quality	1/month		4			
Full item SODECI	1/year			220		
Main item rural water supply	1/year				16	

(3) データ処理とモニターリング

村落給水に利用されている井戸のインベントリを更新し、それを GIS のシステムに入れモニターリングする必要がある。また、村落に限らず、都市部のすべての井戸についても、総合的なデータ管理が必要である。特に重点課題であるアビジャン市の井戸については水位低下のシミュレーションによって揚水量の限度を推定しなければならないので、少なくとも4～5カ所の地下水のモニターリングを継続的に実施しなければならない。

20. 河川データベースの確立

20.1 河川データベース確立の必要性と目的

現在、河川データ収集が困難であるがその理由として、

- a) 河川縦断、横断等の河川に関するデータが少ない
- b) 関連レポートの多くが紛失している
- c) 多くの既存データが個人ファイルされている

- d) データの精度の確認のためのバックデータがない
- e) 技術関連資料を部外省へ提供することに極めて消極的である
- f) 地形図等基本的資料の在庫がない
- g) 最近整理されたデータが見つけ難い

河川データベースの利用目的としては、

- a) 河川及び水資源管理
- b) 水資源開発計画
- c) 国家及び地域開発計画
- d) 教育及び訓練
- e) 情報、資料の公表

河川データベースの確立は限られた水資源の管理と開発の為である事はもとより多くの他の分野にとっても不可欠である。

20.2 河川台帳の作成

河川改修計画、水利権の許認可、河川環境保全などの河川管理および水資源開発計画の策定に当り河川台帳の作成は不可欠である。河川台帳記載事項としては下記の事項が含まれる。

- a) 流域（本川、支川）
- b) 河川概要（管理区分、水系名、河川延長、流域面、行政区、基本高水流量配分、河道計画、流出特性）
- c) 河川構造物、施設（水資源開発施設：ダム・堰等）
- d) 水利権（発電、上工水、かんがい、その他）
- e) 気象・水文（雨量、気温、水位、流量）
- f) 河川環境（水質、崩壊状況、流出土砂）

表 20-1 にバンダマ川水系ニズイ川を例にとった河川台帳概要を示す。

表 20-1 河川台帳概要例（バンダマ川水系ニズイ川）

項目	単位	参考例（バンダマ川水系ニズイ川）	参照 No.	備考
流域番号		II-T1		バンダマ川最大支流
河川番号		II-T1		
河川名		N'Zi		
主要河川番号		II		99,700 km ² （バンダマ全流域面積）
主要河川名		バンダマ川		
合流点	km	河口から約 70km		
等級		A		
主要支流名と番号		添付資料参照	No.1 参照	
位置（行政上）		同上	No.2 参照	第5州
位置図		同上	No.3 参照	
流域面積	km ²	35,500		
河川延長	Km	725		
河川縦断		添付	No.4 参照	平均河川勾配 = 1/2000
河川横断		—		5 年以内に実施されることが望まれる
河川変遷		—		
浸食状況と位置		—		
水源地		フェルケ周辺		最高標高 643m
河口状況		バンダマ合流		
河床材料		—		
河川構造物／施設		添付資料参照	No.5 参照	
基準点		同上	No.6 参照	4 基準点
河川システム図		同上	No.7 参照	1/200,000 1/50,000
河川システム模式図		同上	No.8 参照	
流量資料		同上	No.9 参照	4 測水所
河川維持流量		—		
水利権		—		
年平均流量	m ³ /s	64.4		ジェノア測水計（1980-1996）
年平均比流量	m ³ /s/100km ²	0.18		同上
最大月平均流量月		10 月		
最大月平均流量	m ³ /s	200.2		同上
最低月平均流量月		2 月、3 月		
最小月平均流量	m ³ /s	0.4		同上
参照図表		添付資料参照	No.10 参照	
その他情報・資料		同上	No.11 参照	MIE、経済インフラ省水利局水文部

注：この表は将来河川台帳を作成するための参考例であり、完成されたものでない。

21. JICA 調査団により作成された GIS

GIS（地理情報システム）は水資源開発および管理に当って非常に有効な手段である。「象」国ではバンダマ川水系で既に GIS の作成に着手していたが、本調査で他の二大流域ササンドラ、コモエについても GIS を作成した。これによって表 21-1 と表 21-2 に示される「象」国全体の情報を GIS システムにインプットし、「象」国全体のデータベースを完成した。今後はこのデータベースをアップデートし、水資源関連分野だけでなく、広範な分野で情報処理の有効な手段として利用することができる。GIS の情報は大きくつぎの 2 種類に分類される。

- a) 多角形、線、点で図上に表示（自然状況、行政区、道路、鉄道、市町村名 等）
- b) 加工された情報を表等で表示（気象・水文、開発計画、生産高、人口、行政システム 等）

表 21-1 GIS リスト（自然状況）

情報形	表示	縮尺
行政区分		
隣接国	多角形	1:500,000
州域	多角形	1:500,000
県域	多角形	1:500,000
郡域	多角形	1:500,000
行政点		
州都	点	1:500,000
県都	点	1:500,000
郡都	点	1:500,000
村	点	1:500,000
流域界		
主流域界	多角形	1:500,000
支流域界	多角形	1:500,000
基準点流域界	多角形	1:500,000
河川	多角形	1:500,000
河川システム	線	1:500,000
隣接国河川システム	線	1:2,000,000
主要道路、鉄道	線	1:500,000
船運		
フェリー	点	1:1,000,000
ラグーン航路	線	1:500,000
ラグーン航路港	点	1:500,000
植物	多角形	1:1,000,000
森林	多角形	1:500,000
保全域	多角形	1:500,000
水理地質データ		
岩相区分	多角形	1:1,000,000
主断層	線	1:1,000,000
顕著な破碎帯	多角形	1:1,000,000
有効雨量等値線	線	1:1,000,000
取水可能地下水ポテンシャル図	多角形	1:1,000,000
気候区分	多角形	1:4,000,000
気流	点	1:1,000,000
井戸位置	点	1:500,000
ダム・堰位置	点	1:500,000
かんがい位置	点	1:500,000
基準点	点	1:500,000
地下水基準点	点	1:500,000
測水所位置	点	1:500,000
水供給位置	点	1:500,000
基準区水質	点	1:500,000
水力発電ダム	点	1:500,000
等高線	線	40 meter Interval

表 21-2 GIS リスト (加工データ)

情報	情報区分
社会・経済 GDPのインベントリー 人口のインベントリー	行政(州県郡) 行政(州県郡)
法・制度 支部・地方事務所インベントリー	行政(州県郡)
地形・地質、水理地質 井戸インベントリー	行政(州県郡)
気象・水文 雨量インベントリー 流量インベントリー	観測所 基準点、測水所
河川構造物 ダム・貯水池インベントリー	ダム・貯水池位置
土地利用 地域開発インベントリー	行政(州県郡)
環境・水質 水質インベントリー 農業インベントリー 灌漑インベントリー 家畜生産インベントリー 漁インベントリー	基準点水質 行政(州県郡) かんがい区域 行政(州県郡) 行政(州県郡)
上上水 都市用水インベントリー	郡の主都
水力発電他 水力発電インベントリー その他(船運)	水力発電用ダム位置 船運データ
水需要及びポテンシャル 農業家畜用水需給インベントリー 生活用水需給インベントリー 表流水現況、将来(2015) 月別表流水バランスインベントリー 地下水バランスインベントリー 地下水既存量のインベントリー	基準点の境界域 基準点の境界域 基準点 基準点 基準点 基準点 一般地下水(沖積層)の基準点の境界域

22. 水資源管理組織及び任務に関する提案

22.1 フレームワーク

水法にもとづく水資源管理組織のフレームワークはつぎの三組織を創設し、水資源管理行政を進める計画になっている。

- 水局 (Water Authority) の創設。(水法第 1 条)
- 3 流域水公団 (Basin Water Agency) の創設。(水法第 57 条)
- 国家レベル及び流域レベルでの水管理委員会 (水局、流域水公団の業務監査組織) の創設。(水法第 9 条)

水法及び調査団が作成した水資源開発管理計画に基づいて、水局及び 3 流域水公団の任務はつぎのよう提案される。

22.2 国家レベルの組織に関する提案

(1) 水局の任務

水局は水法第 1 条に基づき水資源管理の国家レベルの実務組織として創設し、つぎの任務を遂行する。水局の組織は図 22-1 に示す。

- a) 水法の施行に必要な関連法規の草案作成。
- b) 国家レベルでの水配分計画の作成。
- c) 水利権の許認可。
- d) 水資源に関するデータの収集・管理。
- e) 河川台帳の管理。
- f) 河川維持流量の管理。
- g) 2 国間、多国間との水資源管理及び活用の協力促進。
- h) 水法の条項違反の確認、証拠収集、違反者調査。
- i) 流域公団の監督

(2) 国家レベルの水管理委員会

水法第 9 条に基づき、水局の諮問機関として国家レベルの水管理委員会を創設する。委員会は、計画立案者（政府関係者、議員、有識者 等）、技術オペレーター（政府関係者、民間企業等）、そして利用者（個人、企業）の 3 部門のメンバーで構成し、水局は委員会の事務局として参加する。

(3) 各省委員会

従来の各省による縦割の水資源開発と利水行政を改め、多目的な水利用を図るため、水セクターに関連する各省の計画を調整するための各省委員会の設立を提案する。各省委員会は各省の代表者によって構成し、横割の組織とする。水局は各省委員会の事務局として参加する。

22.3 流域公団の組織

各流域で一元的な水資源管理をするために、水法第 57 条に基づきササンドラ、バンダマ、コモエの 3 大流域別に流域公団（Basin Water Agencies）を創設する。流域公団は水局によって監督され、以下の役割を果たす。

- a) 流域ごとの水管理改善に関する方針を打ち出す。
- b) 流域ごとの水資源管理改善のアクションプランを策定する。
- c) 気象・水文データの観測及び監視システムの構築。
- d) 気象・水文等に関するデータのネットワークシステムの構築。
- e) 水文データの情報処理。

f) 水利権の管理

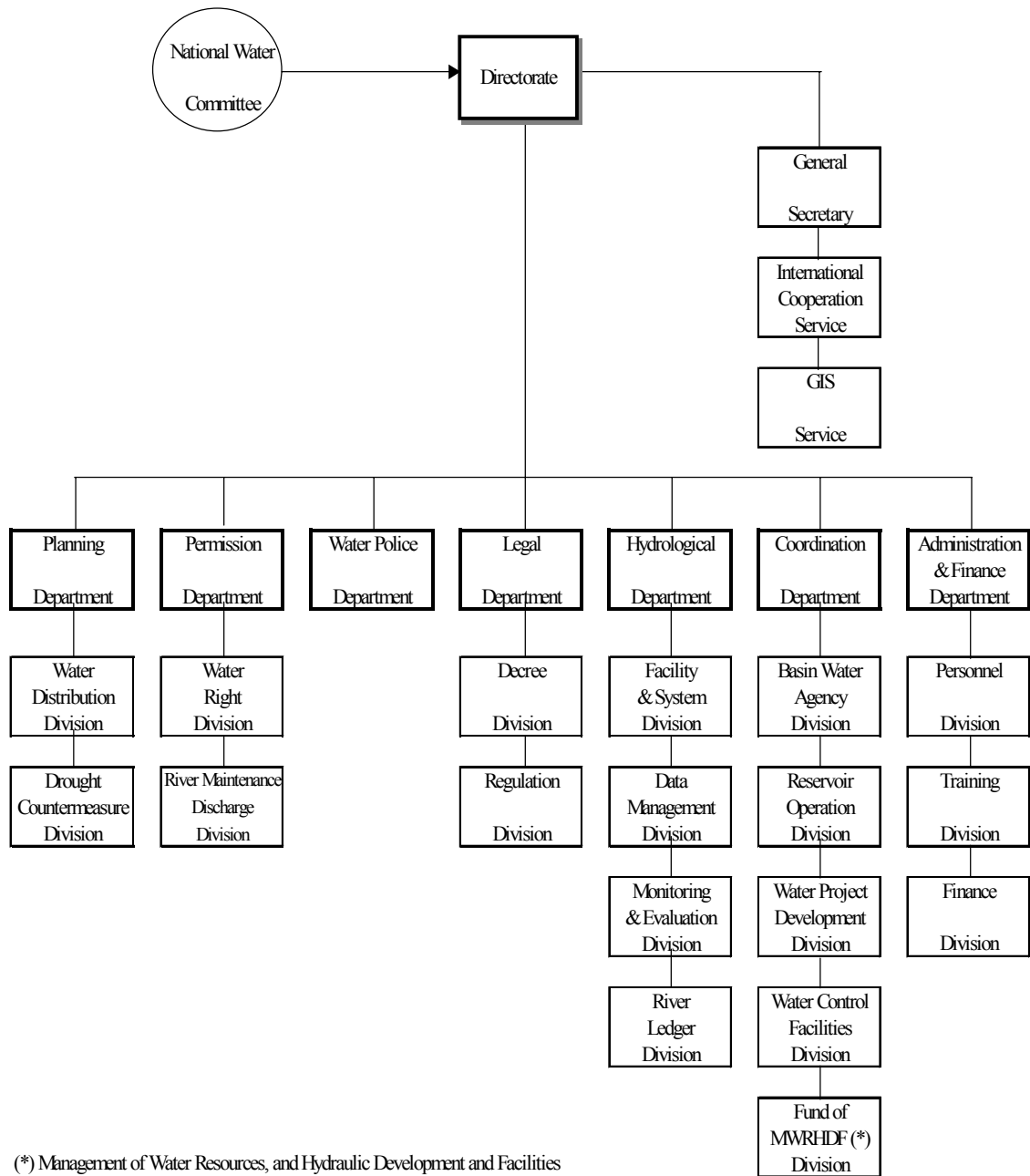


図 22-1 水局組織図

23. 水資源管理の法体系の整備

23.1 水法関連大統領令

水法の条項のなかには、具体的基準、条件、任務等は大統領令で定めるとされているので、水法施行のためには幾つかの大統領令を作成する必要がある。しかし、すべての大統領令が作成されたとしても、それだけでは満足のいく水法の施行には至らない。関連省庁によって更に具体化した制令規則基準を作成することが望まれる。

23.2 水資源開発・管理関連の法律体系整備

水資源開発・管理を十全に行うためには、水法以外の関連法律も整備・作成する必要がある。

主な項目は以下の通りである。（括弧内は該当する日本の法律名。）

(1) 環境関連

- a) 下水道の整備を図り、都市の健全な発達及び公衆衛生の向上に寄与するとともに、公共用水域の水質の保全に資することを目的とする法律。（下水道法）
- b) 工業用水の合理的な供給を確保するとともに、地下水の水源の保全を図ることにより、工業の健全な発達と地盤の沈下の防止に資することを目的とする法律。（工業用水法）

(2) 水利用関連

- a) 産業の開発・発展及び人口の増加に伴う水の供給を確保するため、水資源の総合的な開発及び利用の合理化を図ることにより、国民経済の成長と国民生活の向上に寄与することを目的とする法律。（水資源開発促進法）
- b) 多目的ダムの建設及び管理に関し、ダム使用权（多目的ダムによる一定量の流水の貯留を一定の地域において確保する権利）を創設することにより、多目的ダムの効用を十分に発揮させることを目的とする法律。（特定多目的ダム法）
- c) 電源の開発及び送電変電施設の整備をすみやかに行うことにより、電気の供給を増加し、産業の発展に寄与することを目的とする法律。（電源開発促進法）
- d) 農用地の改良、開発、保全を適正かつ円滑に実施するための事項をさだめて、農業生産の基盤の整備及び開発を図ることにより、農業の生産性の向上、農業総生産の増大及び農業構造の改善に資することを目的とする法律。（土地改良法）
- e) ダム等の建設によりその基礎条件が著しく変化する地域についてダム貯水池の水質の汚濁を防止し、又は生活環境、産業基盤を整備することで関係住民の生活の安定と福祉の向上を図ることにより、ダム等の建設を促進し、水資源の開発と国土の保全に寄与することを目的とする法律。（水源地域対策特別措置法）

23.3 水利権の確立

水利用者に水の利用権（水利権）を公正にかつ安全に与えることは水資源管理のうえで最も重要な事項であり、水資源の経済面からも重要課題である。したがって、水利権の審査・付与を実施するために、少なくとも以下の項目を盛り込んだ水利権に関する基準マニュアルを作成する必要がある。

- ・ 公共用水の範囲
- ・ 計画基準令
- ・ 水文データの精度
- ・ 河川の正常な機能の維持の為に流量（河川維持用水）
- ・ 制限流量（取水、貯留等）
- ・ 計画基準点
- ・ 暫定水利権
- ・ 利水安全度
- ・ 既得水利権の評価
- ・ 豊水水利権
- ・ 流域外貯留
- ・ 基準渇水流量の基準
- ・ 河川構造物検査基準
- ・ 水利用検査基準
- ・ 広域水・供給基準

24. 財務及び実施計画

2000 年～2015 年の実施内容は、水資源管理に必要な組織作りおよび管理に必要な調査を中心とした“水資源管理計画”と、経済活動に必要な“水資源開発計画”の二本柱で構成される。水資源管理計画は 222 億 9800 万 FCFA (35 億円)、水資源開発計画は 6,797 億 8100 万 FCFA (1,067 億円)が必要で、全体予算は 7,020 億 7900 万 FCFA (1,102 億円)と算定される。従って、水資源開発計画が全体予算の 97%を占め、水資源開発計画への投資額は大きくなる。(1 FCFA = 0.157 円)

表 24-1 に全体の財務・実施計画を示すが、“水資源管理計画”は 2005 年までに完了し、水資源管理に必要な組織および情報・基準・マニュアルの整備を完了する必要がある。一方、“水資源開発計画”は 2005 年から投資が急拡大し、水資源開発計画が本格化する。

表 24-1 年別財務・実施計画

(百万 FCFA)

年	水資源管理計画	水資源開発計画	合計
Year 2001	2,586	1,580	4,166
Year 2002	4,450	3,820	8,270
Year 2003	6,760	3,550	10,310
Year 2004	8,110	15,010	23,120
Year 2005	392	75,490	75,882
Year 2006	0	109,070	109,070
Year 2007		113,870	113,870
Year 2008		99,350	99,350
Year 2009		88,065	88,065
Year 2010		5,190	5,190
Year 2011		13,631	13,631
Year 2012		51,275	51,275
Year 2013		55,880	55,880
Year 2014		44,000	44,000
合計	22,298	679,781	702,079

(35 億円)

(1,067 億円)

(1,102 億円)

尚、詳細な投資・実施計画を表 24-2 に示す。水資源管理計画のうち、流域、水利施設調査は 2002 年までに完了し、中核となる水局の設立と基準・マニュアル整備は 2004 年までに完了する必要がある。河川台帳等はマニュアルの整備を待って 2005 年に完了し、水資源管理体制・組織が整備される。一方、水資源開発計画は緊急課題のアビジャン導水と関連するアグネビ川およびコモエ川、コスダムの有効利用を可能にするマラウイ川といった多目的な総合開発計画を優先的に実施し、緊急課題に対応すると共に広範な受益を生み出すことに努める。農業を中心とした総合地域開発計画は 2015 年までの後半の実施が中心となる。そのうち、多目的ダムによって既に水源が確保されており、受益効果の高いサンペドロ平原総合地域開発計画は早期に実施する。

表 24-2 財務・実施計画

単位:百万 FCFA

年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total
水資源管理計画	流域管理計画調査	1,305	345	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,650
	森林面積増加管理計画調査	515													515
	灌漑農業生産増量計画調査	330	345												675
	効果的土地利用計画調査	460													460
	水利施設維持管理調査	670	966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,636
	農業施設	400	390												790
	村落用水供給施設	270													270
	都市用水供給施設		221												221
	水力発電施設		355												355
	河川台帳作成	0	0	480	588	392	0	0	0	0	0	0	0	0	1,460
	現地調査			480											480
	河川台帳作成				588	392									980
	水質材料	161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	161
	水文気象ネットワーク確立		1,630	2,450	2,440	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,520
	水局の設立	0	609	2,030	3,732	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,371
	建物		609	2,030	2,030										4,669
	器機				1,702										1,702
水資源開発計画	基準・マニュアルの整備	450	900	1,800	1,350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,500
	河川事業	450	900	900	450										2,700
	水利権			900	900										1,800
	小計	2,586	4,450	6,760	8,110	392	0	0	0	0	0	0	0	0	22,298
	総合開発計画	290	1,400	1,450	8,290	44,400	78,080	87,170	95,990	83,280	1,120	1,120	1,100	0	403,690
	アグネビー川	180	300	150	2,730	2,730	2,740								8,830
	ドナウ川							40	80	40	1,120	1,120	1,100		3,500
	マラウイ川	110	200	200	100	12,670	12,670	12,680	12,670						51,300
	コモエ川		900	1,100	4,100	27,640	61,340	61,340	61,340	61,340					279,100
	ニズイ川				1,360	1,360	1,330	13,110	21,900	21,900					60,960
	総合地域開発計画	110	230	110	2,180	2,250	2,170	1,620	3,360	4,785	3,210	10,781	46,105	52,650	171,201
	サンペドロ平原	110	230	110	2,110	2,110	2,100								6,770
	カログ・ウォモ									35	70	35	645	650	2,075
	ディアセル				70	140	70	1,250	1,250	1,220					4,000
	北部中心域米作灌漑							370	750	750	360	9,326	11,000	11,000	33,556
	マラバディアサ製糖								500	1,050	1,050	550	13,650	15,000	46,800
	セレボウ製糖								860	1,730	1,730	870	20,810	26,000	78,000
水資源開発計画	水力発電	200	400	200	3,740	3,740	3,720	0	0	0	860	1,730	4,070	3,230	24,250
	アボイソ	200	400	200	3,740	3,740	3,720								12,000
	ソブレ										860	1,730	1,730	870	5,190
	ルガ											2,340	2,360	2,360	7,060
	アビジャン導水	980	1,790	1,790	800	25,100	25,100	25,080	0	0	0	0	0	0	80,640
	小計	1,580	3,820	3,550	15,010	75,490	109,070	113,870	99,350	88,065	5,190	13,631	51,275	55,880	679,781
	合計	4,166	8,270	10,310	23,120	75,882	109,070	113,870	99,350	88,065	5,190	13,631	51,275	55,880	702,079

25. 評価

(1) 経済評価

本調査の結果、表 24-1/2 に示すように、水資源管理計画に約 35 億円、水資源開発計画に約 1067 億円の財務・実施計画を提案した。水資源管理計画の 35 億円は、表 24-2 に示すように 15 項目に亘る水資源管理に係る調査計画を実行するためであり、これらの内容の調査計画には最小限の投資金額と思われる。

新規プロジェクトとして提案された水資源開発計画について経済評価した結果は次の通りである。

表 25-1 新規提案プロジェクトの経済評価

プロジェクト名	費用 (C) M. FCFA	便益 (B) M. FCFA	B/C	開発計画内容
多目的開発プロジェクト				
アグネビ川総合開発	3,620	11,222	3.1	$P_{\max}=160\text{KW}$ Energy Prod.=1.3 M.kwh Urban water=170,000 m ³ /day
マラウイ川総合開発	3,200	7,255	2.3	$P_{\max}=1,700\text{KW}$ Energy Prod.=99 M.kwh Urban w.=23,000 m ³ /day, Irrigation=4,900 ha
コモエ川総合開発	11,800	67,649	5.7	$P_{\max}=30,00\text{KW}$ Energy Prod.=239 M.kwh Urban w.=200,000 m ³ /day, Irrigation=98,000 ha
デウヌ川総合開発	175	413	2.4	$P_{\max}=34\text{KW}$ Irrigation = 700 ha
サンペドロ平原総合地域開発	339	1086	3.2	Irrigation = 965 ha,
ニズイ川中流域総合開発	3,048	5,218	1.7	Irrigation = 4,638 ha
農業開発プロジェクト				
ティアサレポンプ灌漑拡張	175	340	2.0	Irrigation = 300 ha
カラウグ・ウオモダム灌漑開発	104	150	1.4	Irrigation = 133 ha
中部・中北部水田水田灌漑開発	1,678	2,420	1.4	Irrigation = 2,151 ha
マラパデイサ砂糖キビ灌漑開発	2,340	3,375	1.4	Irrigation = 3,000 ha
サブレ砂糖キビ灌漑開発	3,900	5,625	1.4	Irrigation = 5,000 ha
水力発電開発プロジェクト				
アボイソ水力発電開発	600	1,237	2.1	$P_{\max}=6,400\text{KW}$ Energy Prod.=27 M.kwh
ソブレ水力発電開発	3,900	9,480	2.4	$P_{\max}=27,00\text{KW}$ Energy Prod.=218 M.kwh
ルガ水力発電開発	5,300	10,400	2.0	$P_{\max}=30,00\text{KW}$ Energy Prod.=239 M.kwh

注: 1)都市用水供給事業は経済インフラ省が他のドナーの協力で計画を進めており、調査期間中のデータ入手が困難であったため、経済評価は行なわれていない。

2)上記便益には洪水調節及び灌漑の野菜等にたいする物は含まれていないので実際の経済性は上記より高いと言える。

経済評価は割引率 (Discount rate) 5%として便益/費用比(Benefit-Cost ratio)を求めて行った。この結果を見ると全て B/C は 1.0 を上回っており経済的に優れたプロジェクトと言える。特にアグネビ及びコモエ川の経済性はかなり高い。

上記プロジェクトの中で、経済性の高いアグネビ及びコモエ川プロジェクトは首都圏アビ

ジャンに対する中長期的水供給の為に重要であり、又マラウイ川プロジェクトはこの 2 者には多少劣るが十分経済的であり且つ非常に非効率な運転を強いられているコスダムを回復させエネルギー供給不足を緊急に補うものとして、優先的に事業を進める必要がある。

ちなみに、これら優先三事業のアグネビ川、マラウイ川、コモエ川総合開発計画の内部収益率(IRR)を算定してみると、それぞれ 14%、9%、19%と評価され、アグネビ川とコモエ川総合開発計画の IRR は 10%を大きく上回っている。マラウイ川総合開発計画の IRR も 10%に近く、経済的に妥当な事業と言えることから、多目的水資源開発を念頭においた総合開発計画を優先させた事業計画は妥当なものと判断される。

(2) 財務評価

国際市場におけるカカオの価格の下落で税収が落ち込み、加えて支出の約 20%を債務利子に当てなければならぬ為に財政事情は厳しい状況におかれているが、下表に示すように水関連の料金収入は一般会計歳入の 1 割強と「象」国にとって重要な財源となっている。その為水資源関連分野は国家政策の重要課題として位置付けられており、統括開発管理を推進する旧水利高等弁務官事務所(HCH)では常駐 20 名のスタッフを擁し年間約 3 億 FCFA(約 6 千万円)の予算が確保されていた。

表 25-2 国家歳入と水関係料金収入及び旧 HCH 予算

項目	金額(FCFA billion)	備考
<u>歳入（一般会計）</u>	<u>1,328.1</u>	<u>（日本円約 2 千 7 百億</u>
<u>税収</u>	1,112.9	<u>円）</u>
非税収	215.2	歳出は合計約 2,200
<u>プロジェクト収入（グラント）</u>	<u>44.1</u>	（内約 450 債務利子）
<u>合計</u>	<u>1,372.2</u>	
<u>水関連料金収入</u>	<u>136.7</u>	
上工水供給料金収入	21.8	
水力発電料金収入	114.9	
旧 HCH 年間予算 (スタッフ＝約 20 名)	0.3	

他方、プロジェクトの開発資金の大半は当面 2 国間及び国際機関の援助に依存しなければならないが、「象」国側実施機関のスタッフ給与/諸経費は国家の通常予算に組み込まれており、また維持管理費は都市用水＝水道料金、発電用水＝電気料金で十分賄うことが出来、村落用水及び米作灌漑用水等は中央行政の指導・支援で結成されている組合組織を通じて受益者負担で支弁されるため水資源管理に係る内貨分の自立発展性は高いと判断される。

水資源開発に当たって、国際機関支援、2 国間援助、クレジットサプライヤー等ドナーの確保は重要課題であるが、これら支援を期待しつつかつ自国の財政負担を増加するためには、

コーヒー、砂糖、バナナ、パイナップルといった輸出農産物の増産による外貨収入に加えて、電力の外国売電等による収入増強化政策の実行が不可欠である。そのために 2006 年までに水資源管理制度・組織の確立と、外貨収入増強と首都圏水資源確保を優先事業として本調査で提案した水資源管理・開発の為に財政計画は必要不可欠なものであり、本計画の実施については支援国の理解を得られるものと考えられる。

(3) 組織評価

水資源管理を一元化し効果的な水資源管理を図るために、国家レベルの水資源管理を行う“水局”、三大流域単位に水資源管理を行う“流域水公団”、水局の諮問機関としての“水管理委員会”の設立を「象」国水法に基づき提案した。また、従来の各省による縦割りの水資源開発を改め、多目的で効率的な水資源開発を目指すために“各省委員会”の設置を提案した。これらの組織の中核を成す水局は 2004 年までに設立・整備される予定である。水局の前身となるべき水利高等弁務官事務所（HCH）は先の政変で首相府から開発計画省（現在は水資源森林省）へ移管されたとはいえ、機能に変化はなく、水局設立に向け準備が進んでいる。従って、提案された組織は法的な裏づけに基づくものであり、人的資源確保/政令・規則の整備等準備作業も的確に進行しており、国家政策/法的整備/国民のニーズ/人的資源確保等の面から判断すると組織設立後は十分に機能を発揮するものと評価される。

また併せて、水資源開発管理に当たり、水質/地下水保全のような環境関連及び水資源総合開発/多目的ダム/大規模電源開発/農業構造改善/ダム開発地域の生活環境整備等により合理的な水利用を行う為に、水法以外に次に示すような関連法律の作成を提案した。これらはどれも水資源開発管理に当たり非常に重要な法律であると評価される。

1) 環境関連

- a) 下水道法（水質保全）
- b) 工業用水法（地下水水源保全）

2) 水利用関連

- f) 水資源開発促進法（総合開発・利用の合理化）
- g) 特定多目的ダム法（多目的ダム開発でコスト・アロケーション）
- h) 電源開発促進法（特定資本で大規模開発）
- i) 土地改良法（農業の生産性向上・構造改善）
- j) 水源地域対策特別措置法（ダム等開発地域の生活環境整備）

(4) 技術評価

水文・気象を中心とする自然関連のデータと人口センサス、経済統計、農業統計を始めとする社会・経済データに基づき、生活・工業用水を所轄するインフラ省水利局、農業用水に関連する農業動物資源省計画局および国家米計画局など水利関連機関と共に技術的検討を加え、水資源ポテンシャルの解析、人口および経済フレームの構築、それに基づく水需要予測、水資源ポテンシャルと水需要予測値に基づく水収支バランスの検討を行い、課題の抽出、優先度の検討、水資源開発計画の策定を行った。プロジェクト開始当初先方の関連機関の同意が得難く資

料の入手に手間取ったが最終的には先方 C/P も理解の上、スタデーに必要なデータは殆ど入手出来、満足のいくスタデーが行われた。具体的には、水資源ポテンシャルの解析のもととなる流量データは提案した殆どのコントロールポイントで 1980～1996 の日流量が整備され、水需要も 1998 年のセンサス、「象」国農業マスタープラン(1992-2015)及び国家米計画(2005)等信頼出来るデータベースに基づくものであり、これらを全て本調査で全国を網羅した GIS に組み込んで解析が実施された。同時に、これらの作業を通じた C/P への技術援助の結果、「象」国独自で相当程度技術的に実施できると判断できることから、技術的に実施可能と評価できる。なお、本計画調査で解析された水資源ポテンシャル、構築された GIS、人口および経済フレーム、水需要予測値は「象」国の水資源計画だけでなく、土地利用計画、森林保全計画、農業計画、地域計画などいろいろな分野で利用可能であり、「象」国側 C/P も同利便性を理解している。

(5) 環境影響評価

本計画は水資源管理を通して、健全な水資源を維持し、その安全で公正な利用を図ることを目的としており、環境面で負のインパクトは少なく、むしろ正のインパクトが期待される。しかし、将来水資源利用の増大にともない、貯留水質の悪化、汚濁物質の混入、貯水池あるいは沼地周辺での水因性疾病の発生、生活排水の増大による貯水池あるいはラグーンの富栄養化が懸念される。したがって、本計画では、健全な水資源を維持する観点から水質管理も同時に提案しており、全国レベルの水質監視ネットワークを構築することを提案している。

特に注目される評価項目として、 1)森林と生物多様性回復への寄与 2)土砂流失への寄与 3)河川・湖沼での水質低下防止と湿地帯保全への寄与 4)都市部における有害廃棄物影響軽減への寄与等について、現状のコスダム、ブヨダム、コモエ川流域、バンダマ上流域、ササンドラ中西部、ラグーンについて初期環境評価を行った結果、プロジェクトによって寄与する項目の中で 1)森林と生物多様性回復及び 2)土砂流失の 2 項目への寄与は大きく、3)水質低下防止に対しては部分的に寄与することが想定されるが都市部における有害廃棄物影響軽減には殆ど寄与しないものと思われる。

(6) 社会評価（間接便益）

本計画での社会的評価でいろいろな分野の間接便益が期待できるが、その主な便益はつぎのようにまとめることができる。

- 国全体での利水安全度が高まることにより、均衡した地域開発が可能になり、極端な産業の偏在、人口の過度な集中など地域格差の増大、都市のスラム化などを緩和する効果がある。
- 安全で安定した水資源開発によって産業の健全な発展が期待でき、経済が活性化し、国民の生活レベルの向上が期待できる。
- 生活用水の安定供給を通して水因性の疾病が減少する。

26. 提言

組織・制度

- (1) 水局(Water Authority)と 3 流域の流域水公団の設立は「象」国水資源管理にとって重要事項でありその為の早期の財政措置が切望される。
- (2) インフラ省水利局の水文部はその役割から考えて、水局へ移管されるべきである。
- (3) 水資源管理の財政措置は水法に基づき準備され、経済財務省によって管理されるべきである。
- (4) 分野別水資源開発計画は、各々の関係機関が実施する。その中で水局は多目的水資源開発計画の実施にかかる先導役を果たす。
- (5) 河川事業及び水利権の基準並びにマニュアルの作成は急務である。

水文・水収支

- (6) 基礎データの提供の観点から、水文気象年鑑の発行はぜひとも必要である。
- (7) 水文気象ネットワークシステムの改良は優先事項であり、早期の実施が望まれる。
- (8) アビジャン市の地下水利用は限界に近づいており、地下水の保全は緊急課題である。2015 年のアビジャン市の都市用水確保のために、アギエン (Aghien) ラグーンからの取水を含めた代替水資源開発が急務である。
- (9) 地方都市用水は 2015 年にも大きく地下水に依存することになるが、地下水ポテンシャルが低いと判断される地域では表流水の利用も考えるべきである。
- (10) 地下水データネットワークの確立は、総合的な地下水観測データ管理に必要である。

河川・流域管理

- (11) 水資源管理の基礎情報を包含した河川管理台帳を作成する必要がある。
- (12) 流域保全の観点から、1)森林の拡大に有効な管理及び手段の採用 2)灌漑に基づく土地生産性の向上による流域での農業負荷の軽減 3)流域保全に有効な土地利用の採用。
- (13) 利水分野別の施設維持管理体制の確立。
- (14) 国立公園や保全林は水資源涵養に重要な役割を果たしており厳重に管理する必要がある。
- (15) 表流水、地下水の水質を監視する全国レベルの水質監視ネットワークを構築するべきである。
- (16) GIS のデータベースを常に更新することが必要である。

主要開発

- (17) アグネビー(Agneby)、コモエ (Comoe) 及びマラウイ (Marahoue) 川総合開発計画に関する調査が早急に実施されるべきである。