4．工事工程および工事費

4.1　工事工程

本計画の運開年を上部計画は1999年、下部計画は1996年とすると概略下記スケジュールで着工準備を行う必要がある。

i）上部計画

1989－2 ～	1990－12	Prefeasibility Study	(1 year and 9 month)
1991－7 ～	1992－ 6	Feasibility Study	(1 year)
1992－7 ～	1993－12	Definite Design	(1.5 year)
1994－1 ～	1995－ 6	Finance	(1.5 year)
1995－1 ～	1995－ 6	Preparation Works	(0.5 year)
1995－7 ～	1999－12	Construction	(4.5 year)

ii）下部計画

1989－2 ～	1990－12	Feasibility Study	(1 year and 9 month)
1991－2 ～	1992－ 7	Definite Design	(1.5 year)
1991－1 ～	1993－ 6	Finance	(2.5 year)
1992－1 ～	1993－ 6	Preparation Works	(1.5 year)
1993－7 ～	1996－12	Construction	(3.5 year)

本計画の建設工事は気象，地形，工事規模，建設材料，構造物の配置，準備工事等を考慮した結果、上部計画約 4.5年，下部計画約 3.5年の工期が必要と考えられる。上部計画，下部計画の工事工程を Fig.11，Fig.12 に示す。

4.2　工　事　費

本計画の工事費は、現時点で期待される技術水準による設計・施工方法および材料，製品を適用するものとした。さらに、計画地点の地質条件，地形条件および工事規模等を考慮して積算した。

総工事費は、内外貨に分けて積算し、アクセス道路，キャンプ施設，環境対策費，送電線，開閉所，エンジニアリングフィー，管理費および建中利子も含んでいるが、インフレーションは含んでいない。積算時点は、1989年６月とした。（交換レート

140Tsh/1US$)

本計画の工事費の内訳をTable 3 に示す。

Table 3 Construction Cost

Unit: 1,000 US$

	Upper Kihansi			Lower Kihansi			Total		
	F.C	L.C	Total	F.C	L.C	Total	F.C	L.C	Total
1. Preparatory Works									
1-1 Access Road			0	15,280	3,820	19,100	15,280	3,820	19,100
1-2 Camp Facility & Others	3,600	1,000	4,600	10,100	3,200	13,300	13,700	4,200	17,900
Sub-total	3,600	1,000	4,600	25,380	7,020	32,400	28,980	8,020	37,000
2. Compensation & Others	1,695	5	1,700	1,698	2	1,700	3,393	7	3,400
3. Civil Works									
3-1 Diversion & Coffer Dam	2,059	641	2,700	160	40	200	2,219	681	2,900
3-2 Dam & Spillway	107,801	33,599	141,400	7,631	2,169	9,800	115,432	35,768	151,200
3-3 Intake	3,621	1,079	4,700	1,087	313	1,400	4,708	1,392	6,100
3-4 Headrace Tunnel	1,733	567	2,300	2,253	747	3,000	3,986	1,314	5,300
3-5 Penstock	1,698	502	2,200	7,364	2,836	10,200	9,062	3,338	12,400
3-6 Powerhouse & Switchyard	4,436	1,264	5,700	9,880	2,720	12,600	14,316	3,984	18,300
3-7 Tailrace Tunnel	1,878	622	2,500	1,203	397	1,600	3,081	1,019	4,100
3-8 Tailrace Outlet	610	190	800	390	110	500	1,000	300	1,300
Sub-total	123,836	38,464	162,300	29,968	9,332	39,300	153,804	47,796	201,600
4. Hydraulic Equipment	2,000	500	2,500	5,760	1,440	7,200	7,760	1,940	9,700
5. Electro-mechanical Equipment	10,700	3,400	14,100	27,700	8,700	36,400	38,400	12,100	50,500
6. Transmission Line	80	40	120	12,700	6,200	18,900	12,780	6,240	19,020
7. Total Cost (1+2+3+4+5+6)	141,911	43,409	185,320	103,206	32,694	135,900	245,117	76,103	321,220
8. Engineering & Administration	11,134	2,783	13,917	8,114	2,029	10,143	19,248	4,812	24,060
9. Physical Contingency	20,648	6,314	26,962	13,173	4,087	17,260	33,821	10,401	44,222
10. Interest during Construction	24,476	10,325	34,801	29,858	12,839	42,697	54,334	23,164	77,498
11. Grand Total (7+8+9+10)	198,169	62,831	261,000	154,351	51,649	206,000	352,520	114,480	467,000

Fig. 11-5 Construction Schedule (Upper Kihansi)

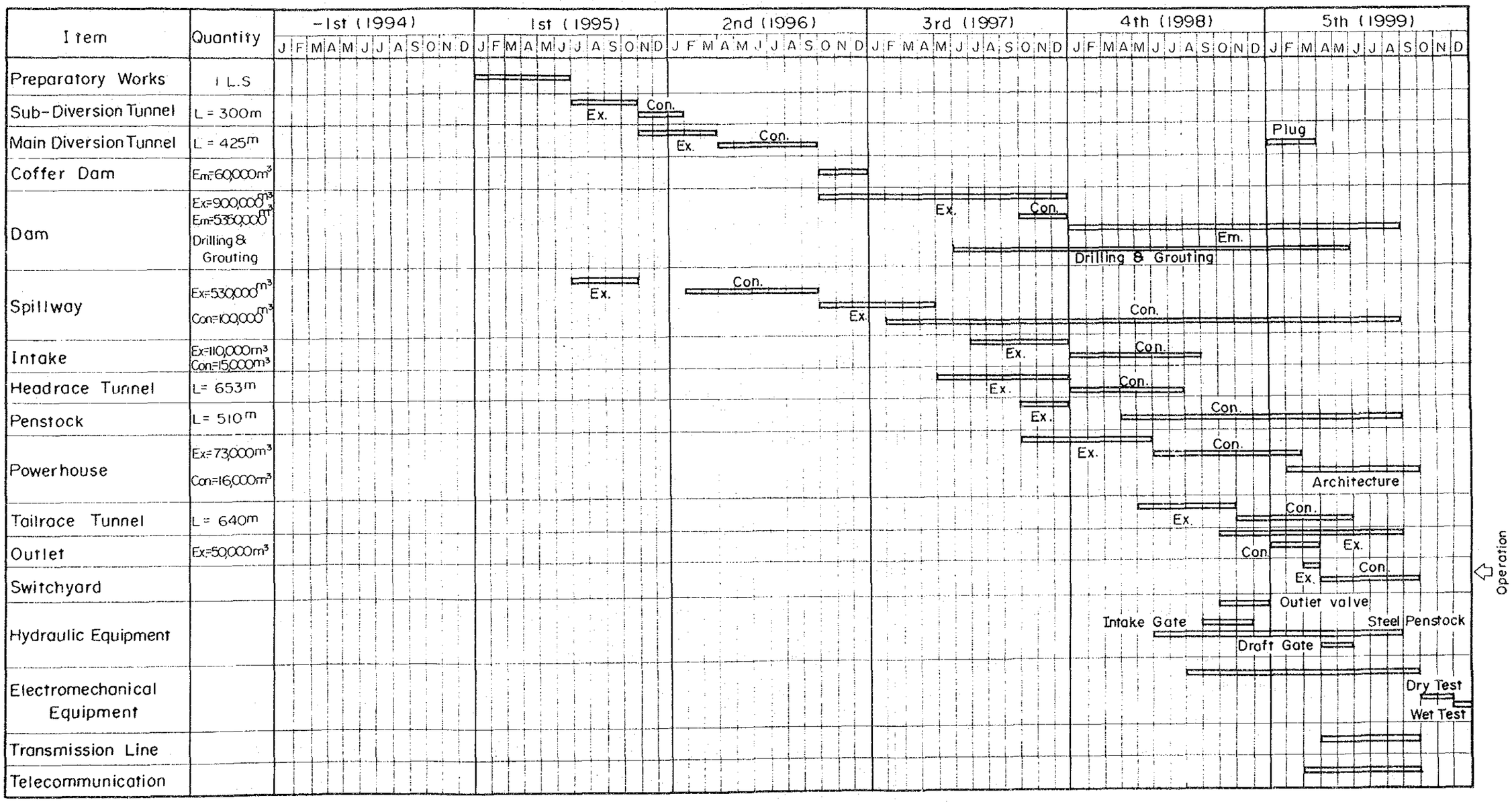
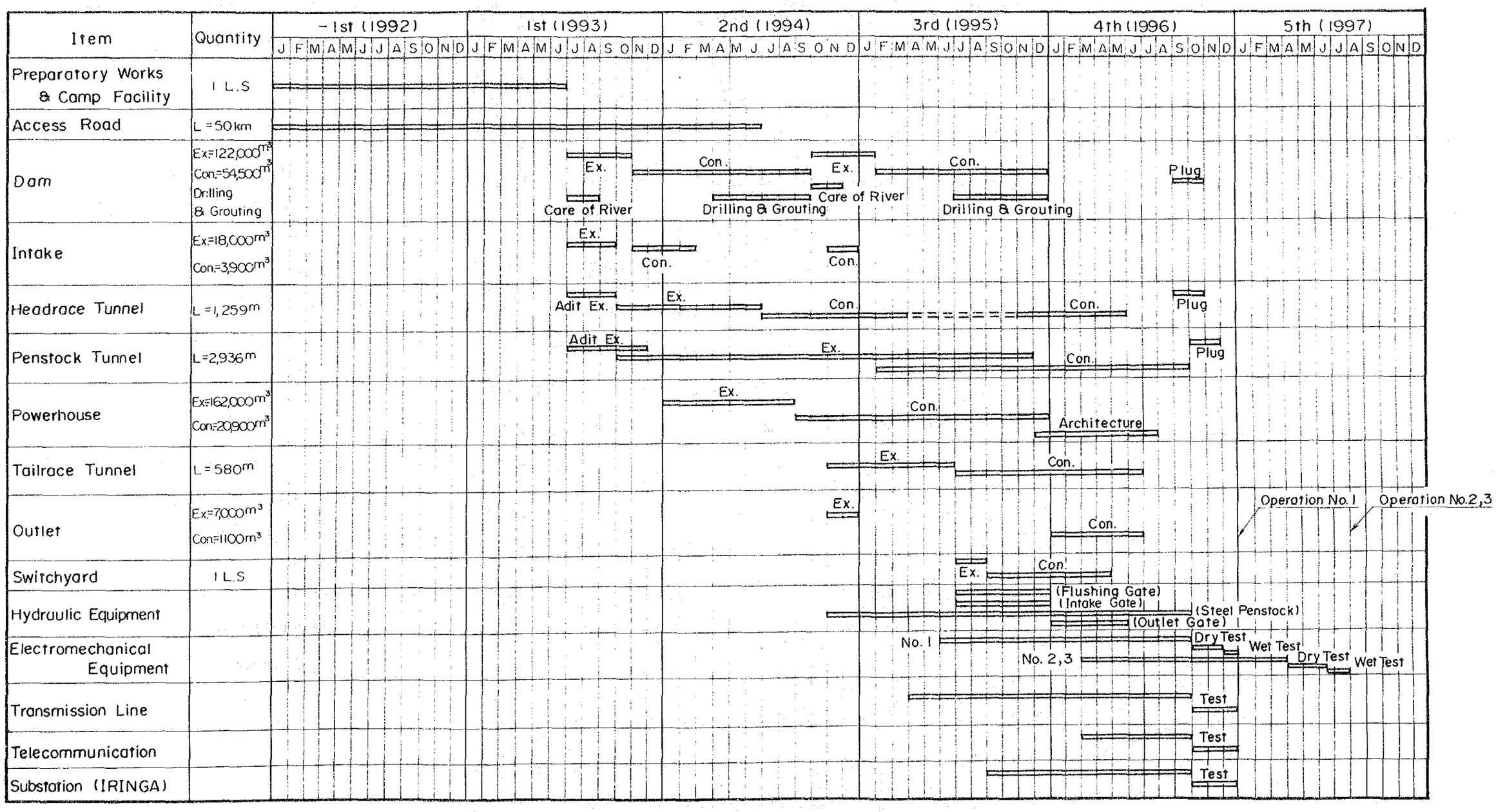


Fig. 11-6 Construction Schedule (Lower Kihansi)



5．経済財務評価

(1) 経 済 評 価

本計画の経済評価にあたっては、本計画とこれに対する代替火力発電所の経済費用を積算し、評価する代替設備アプローチ法を採用している。上部・下部計画全体の経済費用に基づく便益および費用のフローは、Table 4 に示すとおりであり、経済的内部収益率（EIRR），超過便益（B-C）および便益・費用比率（B/C）は以下のとおりである。

	EIRR	B－C	B／C
上 部 計 画	11.26%	9,221×10³US$	1.07
下 部 計 画	45.94%	129,236×10³US$	2.32
全 体 計 画	39.31%	146,347×10³US$	1.76

本計画（上部および下部計画）の経済性をB-CおよびB/Cから判断すると、本計画を建設し運用することは、同等のサービスを提供しうる代替火力発電所を設置するよりも、費用面ではるかに優位であり、また資本の機会費用を反映する社会的割引率が39.31%に達するまでこの優位性が維持されると言える。

(2) 財 務 評 価

本計画の財務評価にあたっては、総投下資本から見た財務評価すなわち財務的内部収益率（FIRR）を算定することによって実施している。

上部計画および下部計画のFIRRは、各々6.49%，12.47%であり、全体計画としては Table 5 に示すとおり、12.07%となる。

従って上部計画を単独に考えた場合の財務的健全性については、この財務評価のために採用した電気料金水準では問題があるが、全体計画で判断した場合には財務的に健全なプロジェクトであると結論できる。

Table 4 Cost and Benefit Flow of Sensitivity Analysis of Kihansi Project (Upper and Lower) (Benefit from Fuel Cost is zero)

Unit:1,000us$

Serial Number	No. after Completion	Cost				Benefit					B - C
		Investment Cost	O&M Cost	Total	Total (N.P.V.)	Investment Cost	O&M Cost	Fuel Cost	Total	Total (N.P.V.)	
0		0.0		0.0	0.0	0.0			0.0	0.0	0.0
1	(92)	13303.0		13303.0	12093.6	0.0			0.0	0.0	-13303.0
2	(93)	13974.0		13974.0	11548.8	0.0			0.0	0.0	-13974.0
3	(94)	17644.0		17644.0	13256.2	19049.4			19049.4	14312.1	1405.4
4	(95)	42252.0		42252.0	28858.7	38098.8			38098.8	26022.0	-4153.2
5	(96)	54784.0		54784.0	34016.6	96791.4			96791.4	60099.8	42007.4
6	1	34506.0	1141.1	35647.1	20121.9	81153.9		0.0	81153.9	45809.3	45506.8
7	2	69225.0	1190.4	70415.4	36134.3	42964.0	4706.3	0.0	47670.3	24462.4	-22745.1
8	3	53950.0	1190.4	55140.4	25723.4	16111.5	4706.3	0.0	20817.8	9711.7	-34322.6
9	4		2211.9	2211.9	938.1		7928.6	0.0	7928.6	3362.5	5716.7
10	5		2211.9	2211.9	852.8		7928.6	0.0	7928.6	3056.8	5716.7
11	6		2211.9	2211.9	775.3		7928.6	0.0	7928.6	2778.9	5716.7
12	7		2211.9	2211.9	704.8		7928.6	0.0	7928.6	2526.3	5716.7
13	8		2211.9	2211.9	640.7		7928.6	0.0	7928.6	2296.6	5716.7
14	9		2211.9	2211.9	582.5		7928.6	0.0	7928.6	2087.9	5716.7
15	10		2211.9	2211.9	529.5		7928.6	0.0	7928.6	1898.0	5716.7
16	11		2211.9	2211.9	481.4		7928.6	0.0	7928.6	1725.5	5716.7
17	12		2211.9	2211.9	437.6		7928.6	0.0	7928.6	1568.6	5716.7
18	13		2211.9	2211.9	397.8		7928.6	0.0	7928.6	1426.0	5716.7
19	14		2211.9	2211.9	361.7		7928.6	0.0	7928.6	1296.4	5716.7
20	15		2211.9	2211.9	328.8		7928.6	0.0	7928.6	1178.5	5716.7
21	16		2211.9	2211.9	298.9		7928.6	0.0	7928.6	1071.4	5716.7
22	17		2211.9	2211.9	271.7		7928.6	0.0	7928.6	974.0	5716.7
23	18		2211.9	2211.9	247.0		7928.6	0.0	7928.6	885.5	5716.7
24	19		2211.9	2211.9	224.6		7928.6	0.0	7928.6	805.0	5716.7
25	20		2211.9	2211.9	204.1		7928.6	0.0	7928.6	731.8	5716.7
26	21		2211.9	2211.9	185.6		7928.6	0.0	7928.6	665.3	5716.7
27	22		2211.9	2211.9	168.7		7928.6	0.0	7928.6	604.8	5716.7
28	23		2211.9	2211.9	153.4	19049.4	7928.6	0.0	26978.0	1870.7	24766.1
29	24		2211.9	2211.9	139.4	38098.8	7928.6	0.0	46027.4	2901.5	43815.5
30	25		2211.9	2211.9	126.8	66909.9	7928.6	0.0	74838.5	4288.9	72626.6
31	26		2211.9	2211.9	115.2	51272.4	7928.6	0.0	59201.0	3084.3	56989.1
32	27		2211.9	2211.9	104.8	42964.0	7928.6	0.0	50892.6	2410.4	48680.7
33	28		2211.9	2211.9	95.2	16111.5	7928.6	0.0	24040.1	1035.1	21828.2
34	29		2211.9	2211.9	86.6		7928.6	0.0	7928.6	310.3	5716.7
35	30		2211.9	2211.9	78.7		7928.6	0.0	7928.6	282.1	5716.7
36	31		2211.9	2211.9	71.6		7928.6	0.0	7928.6	256.5	5716.7
37	32		2211.9	2211.9	65.0		7928.6	0.0	7928.6	233.2	5716.7
38	33		2211.9	2211.9	59.1		7928.6	0.0	7928.6	212.0	5716.7
39	34	18261.0	2211.9	20472.9	497.6		7928.6	0.0	7928.6	192.7	-12544.3
40	35	34810.0	2211.9	37021.9	818.0	29881.5	7928.6	0.0	37810.1	835.4	788.2
41	36	3289.0	2211.9	5500.9	110.5	29881.5	7928.6	0.0	37810.1	759.5	32309.2
42	37	5184.0	2211.9	7395.9	135.1		7928.6	0.0	7928.6	144.8	532.7
43	38	9824.0	2211.9	12035.9	199.8		7928.6	0.0	7928.6	131.6	-4107.3
44	39		2211.9	2211.9	33.4		7928.6	0.0	7928.6	119.7	5716.7
45	40		2211.9	2211.9	30.3		7928.6	0.0	7928.6	108.8	5716.7
46	41		2211.9	2211.9	27.6		7928.6	0.0	7928.6	98.9	5716.7
47	42		2211.9	2211.9	25.1		7928.6	0.0	7928.6	89.9	5716.7
48	43		2211.9	2211.9	22.8		7928.6	0.0	7928.6	81.7	5716.7
49	44		2211.9	2211.9	20.7		7928.6	0.0	7928.6	74.3	5716.7
50	45		2211.9	2211.9	18.8		7928.6	0.0	7928.6	67.5	5716.7
51	46		2211.9	2211.9	17.1		7928.6	0.0	7928.6	61.4	5716.7
52	47		2211.9	2211.9	15.6		7928.6	0.0	7928.6	55.8	5716.7
53	48		2211.9	2211.9	14.2		7928.6	0.0	7928.6	50.7	5716.7
54	49		2211.9	2211.9	12.9		7928.6	0.0	7928.6	46.1	5716.7
55	50		2211.9	2211.9	11.7		7928.6	0.0	7928.6	41.9	5716.7
56		371006.0	107481.3	478487.3	193491.8	588338.0	382058.0	0.0	970396.0	231203.0	491908.7

B - C 37711.147
B / C 1.1948978
E D R 0.2328895

Table 5 Cost Flow and Flow of Revenue of Kihansi Project (Upper and Lower)

Unit:1,000us$

Serial Number	Year	Cost			Revenue	B - C
		Investment Cost	O&M Cost	Total		
0	1991	0.0		0.0		0.0
1	1992	17493.0		17493.0		-17493.0
2	1993	20438.0		20438.0		-20438.0
3	1994	27808.0		27808.0		-27808.0
4	1995	64030.0		64030.0		-64030.0
5	1996	86701.0		86701.0		-86701.0
6	1997	64921.0	1575.9	66496.9	20742.1	-45754.8
7	1998	99160.0	1869.0	101029.0	33941.6	-67087.4
8	1999	86449.0	1869.0	88318.0	33941.6	-54376.4
9	2000		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
10	2001		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
11	2002		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
12	2003		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
13	2004		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
14	2005		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
15	2006		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
16	2007		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
17	2008		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
18	2009		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
19	2010		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
20	2011		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
21	2012		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
22	2013		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
23	2014		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
24	2015		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
25	2016		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
26	2017		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
27	2018		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
28	2019		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
29	2020		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
30	2021		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
31	2022		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
32	2023		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
33	2024		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
34	2025		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
35	2026		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
36	2027		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
37	2028		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
38	2029		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
39	2030	24849.8	3384.0	28233.8	68992.0	40758.3
40	2031	49151.8	3384.0	52535.8	68992.0	16456.3
41	2032	10003.0	3384.0	13387.0	68992.0	55605.0
42	2033	7010.8	3384.0	10394.8	68992.0	58597.3
43	2034	13824.3	3384.0	17208.3	68992.0	51783.8
44	2035		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
45	2036		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
46	2037		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
47	2038		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
48	2039		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
49	2040		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
50	2041		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
51	2042		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
52	2043		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
53	2044		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
54	2045		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
55	2046		3384.0	3384.0	68992.0	65608.0
		571839.5	164361.9	736201.4	3331249.3	2595047.9

F I R R 0.120664

6．結　論

本計画はタンザニア共和国中南部に位置し、インド洋に注ぐ同国最大のルフィージ河の支流キハンシ川に建設されるキハンシ水力発電開発計画である。調査団はこの水力発電開発計画のうち、上流部に位置する上部計画に関するプレフィージビリティ調査とその下流に位置する下部計画に関するフィージビリティ調査を実施した。この調査の結果、両計画は技術的，経済的および環境の観点から十分フィージブルであるとの結論を得た。以下に結論の内容について述べる。

i）タンザニア共和国の電力需要は、1985年まで経済の停滞を反映し、年5.9%の伸びであったが、1986年～1988年は世銀の援助を受けた経済計画により経済が好調に推移した結果、10.3%と急に伸びが大きくなった。今後1990年から2005年の電力需要の伸び率は年率6.2%と予想される。従って、2005年のピーク需要は707MWになり、その間廃止される火力発電所分をも考慮すると、520MW以上の新しい設備が必要となる。

ii）タンザニア共和国のエネルギー資源として石炭と天然ガスが確認されているが、開発と輸送に多額の費用を要する。一方、この国の包蔵水力は3,800万kWと推定され既開発分は１%にも満たず、水力は重要な将来のエネルギー資源として位置づけられている。

iii）マスタープランに提案されているキハンシ川の開発計画を再検討し、開発時期，開発規模およびレイアウトの適正な選定を行った。また開発順序は第１期に下部計画，第２期に上部計画とする事が適当であるとの結論を得た。

両計画の運転開始は電力需要予測の結果、下部計画を1996年に、上部計画は1999年に運転を開始することが妥当である。

iv）両計画の建設費は1989年６月時点で期待される技術水準による設計，施工方法および材料と製品を適用されるものとし、計画地点の地質条件，地域条件および工事規模等を考慮した工事単価で輸入税，建中利子を含めて積算した。

建設費は内・外貨分を含め、上部計画が261百万US＄，下部計画が206百万US＄，合計467百万US＄である。

v）両計画の経済性は単独でも代替火力設備と比較して経済的に優位であり、特に下部計画のkWh当りの建設単価は0.37US$とタンザニア共和国で最も安い電源である。両計画の費用と収入を算定し、現在価値に割引いた経済内部収益率（EIRR）は39.3%となる。この値は、国際金融機関の限界収益率をはるかに越えており、本プロジェクトが国民経済の立場からフィージブルなプロジェクトであることを示している。

vi）上部ダムの型式は地形，地質，建設材料，工事費等を考慮に入れてフィルダムを採用し、下部ダムにはコンクリート重力式ダムを採用した。又両地点とも経済的な半地下式発電所とすることが可能で、特に下部発電所は高落差であることからペルトン型の水車が採用され、水路の設計が単純化されている。両計画とも建設の実現に支障をきたすような問題はなく、技術的にフィージブルである。

vii）本計画の水没予定湛水池内には居住者は無く、わずかに焼畑があるものの、その他道路や公共建造物等の補償物件はまったく無い。

viii）キハンシ川の水質は表層土壌，焼き畑耕作等の影響により酸性が強く、また貧栄養であること、河床に岩が露出する急流であることから、魚類等の水生生物はほとんど見られない。また湛水池予定地内は焼き畑耕作地および休耕地であり、これらの区域では大型の野性動物の生息は確認されていないが、貯水池又は減水区域に有害植物，昆虫等の発生には注意する必要があり、そのモニタリング設備を含め妥当な額の環境対策費を工事費に計上している。

ix）本開発計画は、周辺の自然，社会環境に与える影響は小さいものと評価され、電力の安定供給に大いに資すると同時に、地域社会の発展に寄与する事が期待される。

7. 勧　告

キハンシ川水力発電開発計画は、技術的および経済的にフィージブルであり、タンザニア国の電源開発計画では下部計画を1996年に電力系統に投入し、上部計画を1999年に電力系統に投入すると位置づけられるので、実施するよう勧告する。

本計画を遂行するためには、以下の事項を実施する必要がある。

i）上部計画のフィージビリティ調査を実施する必要がある。

ii）下部計画の実施設計および入札書類の作成等、建設に必要な諸準備を実施する必要がある。

iii）下部計画の実施設計を行うためには、最終報告書第14章“今後の調査”に示すような項目について追加調査および試験を行い、その結果は実施設計に十分反映されなければならない。