7.6.4 経済性・技術面からの評価

(1) 概算工事費

Table 7.6.4-1 に示す主要諸元および Figure 7.6.3-1～7.6.3-3 に示す図面を基に工事数量を算出し、比較レイアウト案の概算工事費を算定した。

その結果、Waterway Type,（Left Bank Route）が最も経済的となった。

Table 7.6.4-1 Cost Summary of Layout Alternatives at Ayago Site

Unit:（x10^3US$）

Item	Dam and Waterway Type	Waterway Type		Note
		Left Bank Route	Right Bank Route	
1. Preparation and Land acquision	37,451	36,030	41,692	
(1) Access road	13500	13,500	13,500	100x10^3US$/km × 135 km
(2) Compensation & Resettlment	5,000	5,000	5,000	
(3) Camp & Facilities	18,951	17,530	23,192	(3. Civil work)× 2%
2. Environmental mitigation cost	47,379	43,825	57,979	(3. Civil work)× 5%
3. Civil work	947,574	876,494	1,159,589	
(1) Weir	77,114	28,613	28,613	
(2) Intake	19,531	19,531	19,531	
(3) Headrace	166,638	21,053	21,053	
(4) Penstock	5,060	5,060	5,060	
(5) Access tunnel	10,226	13,018	11,424	
(6) Powerhouse	77,226	78,520	77,226	
(7) Draft Pond	23,712	23,712	23,712	
(8) Tailrace tunnel	476,480	601,861	862,108	
(9) Outlet	5,444	5,444	5,444	
(10) Miscellaneous	86,143	79,681	105,417	
4. Hydraulic euipment	47,653	38,886	38,886	
5. Electro-mechanical equipment	255200	255,200	255,200	Installed Capacity 610 MW
6. Transmission line	28,000	29,000	25500	Ayago-Karuma
Direct cost	1,363,257	1,279,434	1,578,846	
7. Administration and Engineering servi	204,489	191,915	236,827	Direct cost × 15%
8. Contingency	136,326	127,943	157,885	Direct cost × 10%
Total cost	**1,704,071**	**1,599,293**	**1,973,557**	
Rating	**C**	**A**	**E**	

(Source: Study Team)

(2) 掘削ずりの廃棄処分量

比較レイアウト案の建設工事に伴う土砂及び岩盤掘削量を概略レイアウト図から算定した。これらの掘削ずりを工事に必要なコンクリート骨材及び近傍の道路改修に転用し、その残りを土捨場に廃棄処分することとし、掘削ずりの廃棄処分量を算定した。

その結果、Dan and Waterway Type の廃棄処分量が最も少なく、次いで Waterway Type,（Leftbank Route）、Waterway Type,（Rightbank Route）の順となった。

なお、掘削ずりの総量は掘削余堀及び膨み率を考慮し算定、コンクリートに必要な骨材量は一般的な配合及び比重を仮定し算定した。計算内訳は下表を参照。

Table 7.6.4-2 Disposal Volume of Layout Alternatives

Item	Dam-Waterway Type		Left Bank Route		Right Bank Route		Note
	Excavation (m^3)	Concrete (m^3)	Excavation (m^3)	Concrete (m^3)	Excavation (m^3)	Concrete (m^3)	
1. Dam / Weir	57,000	**80,460 *1)**	10,500	83,400	10,500	83,400	
2. Intake	433,500	25,700	433,500	25,700	433,500	25,700	
3. Headrace	557,400	195,500	80,800	25,600	80,800	25,600	
4. Penstock	26,000	13,100	26,000	13,100	26,000	13,100	
5. Access Tunnel	75,700	5,500	99,100	7,000	85,000	6,100	
6. Powerhouse	272,786	66,600	278,719	68,300	272,786	66,600	
7. Draft Tunnel / Pond	122,400	30,900	122,400	30,900	122,400	30,900	
7. Tailrace Tunnel	2,507,560	550,600	3,578,360	689,400	4,732,420	987,900	
8. Outlet	25,200	7,800	125,800	7,800	125,800	7,800	
Sub Total	4,077,546	976,160	4,755,179	951,200	5,889,206	1,247,100	
(a) Spoiled rock volume (m^3)	6,116,319		7,132,769		8,833,809		(a) = Excavation Volume x 1.5
(b) Concrete Aggregate (m^3)	864,183		842,086		1,104,043		(b) =Conc. Volume x 2.046/2.6x1.125
(c) Subbase (m^3)	150,000		150,000		150,000		(c) =0.3m×5m×100km
(d) Disposal Volume (m^3)	**5,102,136**		**6,140,682**		**7,579,766**		(d) = (a)-(b)-(c)
Rating	A		C		E		

(Source: Study Team)

*1) コンクリートダムのコンクリート打設は地下発電所及びトンネルの工事期間と重なり、全ての骨材を掘削ずりにより賄うことができない理由から、堤体コンクリート量の 30%の骨材を掘削ズリから賄うもととして土捨量を算定した。

(3) 原石山からの骨材採取量

ダム水路式レイアウト案のコンクリートダムのコンクリート量は約 270 千 m^3 と多く、施工時期も発電所及びトンネルの掘削時期と重なる為、ダムコンクリート骨材のすべてを掘削ずりから賄うことができない。従って、掘削工事とは別に原石山から骨材を採取する必要がある。

工事の初期掘削でコンクリート量の 30%に相当する骨材が流用可能であると仮定すると、残りコンクリート量 70%に相当する骨材を原石山から採取することになる。

原石山からの骨材採取量は Table 7.6.4-2 に示す骨材算定式より、

$$ConcreteAggregateVolume = 270{,}000 \times 0.7 \times 2.046 \div 2.6 \times 1.125 \approx 170{,}000 \quad m^3$$

となる。

なお、水路式レイアウト案は、コンクリート量が少ないもしくは掘削後にコンクリートを打設するので、極僅な量の高強度のコンクリートの骨材を確保する場合を除き、別途原石山から骨材を採取する必要はない。

Table 7.6.4-3 に原石山からの必要骨材採取量を示す。

Table 7.6.4-3 Concrete Aggregate Volume from Quarry Site

Item	Dam-Waterway Type	Left Bank Route	Right Bank Route
Volume of Aggregate from Quarry (m^3)	170,000	negligible	negligible
Rating	**E**	**A**	**A**

(Source: Study Team)

(4) 水路経過地の地質状況

航空写真判読、地形判読、現地踏査及び他地点のボーリング調査結果を基に比較レイアウト案の水路経過地における岩盤等級比率を推定した。Table 7.6.4-4 に推定結果を示す。

Table 7.6.4-4 Rock Classification Rate along the Waterway

Rock Classification	Dam-Waterway Type	Left Bank Route	Right Bank Route
B	42.7	55.9	49.5
CH	30.4	38.6	33.0
CM	17.1	3.3	5.6
CL to D and Portal	9.8	2.1	11.9
Rating	**E**	**A**	**C**

(Source: Study Team)

(5) 発電出力調整

水路式レイアウト案（左岸ルート及び右岸ルート案）は流れ込み式の発電方式である為、出力調整を行うことはできない。一方、ダム水路式レイアウト案は 20 百万 m^3 の調整容量を有するので、最大使用水量 $840m^3/s$ であるから、

$$\frac{20,000,000}{840m3/s \times 60\sec. \times 60\min.} \approx 6.6hours$$

となり、6 時間以上の尖頭出力運転が可能である。

Table 7.6.4-5 Peak Power Generation Control

Item	Dam-Waterway Type	Left Bank Route	Right Bank Route
Peak Power Generation Control	Available	Not Available	Not Available
Rating	**A**	**E**	**E**

(Source: Study Team)

(6) 工期

3 つのレイアウト案ともに、全体工程を支配するクリティカルパスは、発電所アクセストンネルー発電所掘削ーコンクリートー発電機器据付ー試運転の流れであり、3 案ともに発電所の緒元は共通であるため、所要工期も変わらない。

Table 7.6.4-6 に準備工事も含んだ所要工期を示す。

Table 7.6.4-6 Required Construction Term

Item	Dam-Waterway Type	Left Bank Route	Right Bank Route
Construction Term (month)	66	66	66
Rating	**A**	**A**	**A**

(Source: Study Team)

(7) 施工の不確実性（リスク）

水力発電所の工事は、一般に自然条件に大きく影響されるため、工期の延伸や工事費の増高を伴う例が多い。これら施工の不確実性は、主に事前に予測できない地質条件が関係する地下工事に起因することが多い。主な地下工事は、発電所とトンネルであるが、発電所は 3 案ともに共通であるため、Table 7.6.4-7 に示すとおり、トンネル延長の違いを比較要素とする。

Table 7.6.4-7 Construction Risk

Item	Dam-Waterway Type	Left Bank Route	Right Bank Route
Tunnel Length (m/line)	6,100	7,900	9,900
Rating	**A**	**B**	**C**

(Source: Study Team)

7.6.5 自然環境面からの評価

植物への影響評価は、以下のような観点から 5 段階の評価を行った。

Table 7.6.5-1 Criteria for rating of severity of impacts of flora and vegetation

Negligible Impacts	・ No noticeable or limited local effect upon the environment, rapidly returning to original state by natural action ・ Unlikely to affect resources to a noticeable degree ・ No noticeable effects on globally or regionally endangered species ・ No significant contribution to global air pollution problem ・ No increase of air/water/noise level legal requirements ・ No reported nuisance effects
Minor Impacts	・ Noticeable effects on the environment, but returning naturally to original state in the medium term ・ Slight local degradation of resources but not jeopardising further usage ・ Slight contribution to a known global environmental problem when compared with the industry world-wide ・ Disruption/disturbance to normal behaviour of a globally or regionally endangered species returning to normal in the short term ・ Single increase of air/water/noise level legal requirements ・ Infrequent localised nuisance

Moderate Impacts	・ Noticeable effects on the environment, reversible over the long term ・ Causing human injury. ・ Localised degradation of resources restricting potential for further usage ・ Small contribution to a known global environmental problem when compared with the industry world-wide ・ Sub-lethal effects upon a globally or regionally endangered species with no effect on reproductive fitness and/or resulting in disruption/disturbance to normal behaviour returning to normal in the medium term ・ Repeated increase in air/water/noise level legal requirements ・ Causing localised nuisance both on and off site
Major Impacts	・ Highly noticeable effects on the environment, difficult to reverse ・ Causing single human fatality or multiple injuries. ・ Widespread degradation of resources restricting potential for further usage ・ Significant contribution to a known global environmental problem when compared with the industry world-wide ・ Sub-lethal effects upon a globally or regionally endangered species compromising reproductive fitness and/or resulting in long-term disruption/disturbance to normal behaviour ・ Continual increase in air/water/noise level legal requirements ・ Periodic widespread nuisance both on and off site
Catastrophic Impacts	・ Highly noticeable, irreparable effect upon the environment ・ Causing multiple human fatalities ・ Significant, widespread and permanent loss of resource ・ Major contribution to a known global environmental problem with demonstrable effects causing mortality to individuals of a species classified as globally or regionally endangered ・ Major continual increase in level of air/water/noise legal requirements ・ Causing widespread nuisance both on and off site

魚類を除く動物への評価は、以下のような観点から 4 段階評価を行った。なお、魚類への評価は、減水区間の長さなどを基に評価を実施した。

Table 7.6.5-2 Criteria for rating of severity of impacts of animal groups

Negligible Impacts (score of 1)	・ No noticeable or limited local effect upon the environment, rapidly returning to original state by natural action ・ Unlikely to affect animal home ranges to a noticeable degree ・ No noticeable effects on globally or regionally endangered species ・ No significant impact on grazing grounds ・ No significant interference with movement patterns ・ Disruption of normal behaviour of the protected species in the park (due to movement of humans, machines etc)
Minor Impacts (score of 2)	・ Noticeable effects on the animal habitats, but with capacity to recover naturally to original state in the medium term ・ Low level impact on animal habitats but not limiting continued use of area by animals ・ Disruption/disturbance to normal behaviour of a globally or regionally endangered species but with potential to quickly reverting to normal in the short term ・ Accidental animal kills from operations in the project area from machinery or vehicles ・ Introduction of hazardous materials to animals into the park

Moderate Impacts (score of 3)	・ Clearance of a major section of animal's range but with possibility of recovery in the long term ・ Clearance of major animal resources (e.g. Lekking, preferred foraging and breeding grounds etc) but with capacity of recovery in the long term. ・ Introduction of invasive species of plants that could alter the ecology the animals' range and forage areas ・ Increased incidents of poaching due to increased human presence in the Park
Major Impacts (score of 4)	・ Highly noticeable effects on the environment, difficult to reverse ・ Soil compaction in camps sites, construction areas and roads leading to increased runoff and flooding of prime foraging, lekking (or otherwise) areas ・ Increased human presence in the park significantly affecting the normal behaviour of species of conservation concern. ・ Increased monitoring of illegal activities in the park due to increased presence of human activity within the park ・ Large scale and permanent destruction of preferred habitats for animals ・ Significant reduction in population and home range of species of conservation concern.

(1) 植物への影響

ダム案、左岸、右岸案が、植物相と植生へ与える影響を、工事中、供用後、総合的な相対影響に分けて評価した。その結果、植物への影響は左岸案が最も少なく、ダム案が最も大きいという結果になった。

Table 7.6.5-3 Assessment of significance of impacts on flora and vegetation (without mitigation)

	Dam-Waterway Type	**Left Bank Rpute**	**Right Bank Route**
Construction impacts			
Vegetation loss due access road construction, dam construction etc	major	minor	moderate
Loss of habitats & sensitive riverine vegetation types	major	minor	moderate
Loss of globally threatened species	major	minor	moderate
Increase in erosion and decreased stabilization of river banks	major	minor	moderate
Proliferation of invasive species	moderate	moderate	moderate
Operation impacts			
Human presence, visual intrusion and waste	minor	moderate	moderate
Habitat fragmentation	minor	minor	minor
Proliferation of invasive species	moderate	moderate	moderate
Illegal logging	moderate	moderate	moderate
General relative assessment of the dam options/layouts			
Reduction of most important vegetation	high	low	medium
Reduction of important flora	high	low	medium
Impacts of Invasive alien plant species	medium	medium	medium
Illegal logging activities	medium	medium	medium
Overall rating	**C**	**A**	**B**

A: Relatively minimal loss of sensitive habitats, plant communities and globally threatened species over a given area
B: Relatively modest loss sensitive habitats, plant communities and globally threatened species over a given area
C: Relatively large loss of sensitive habitats, plant communities and globally threatened species over a given area

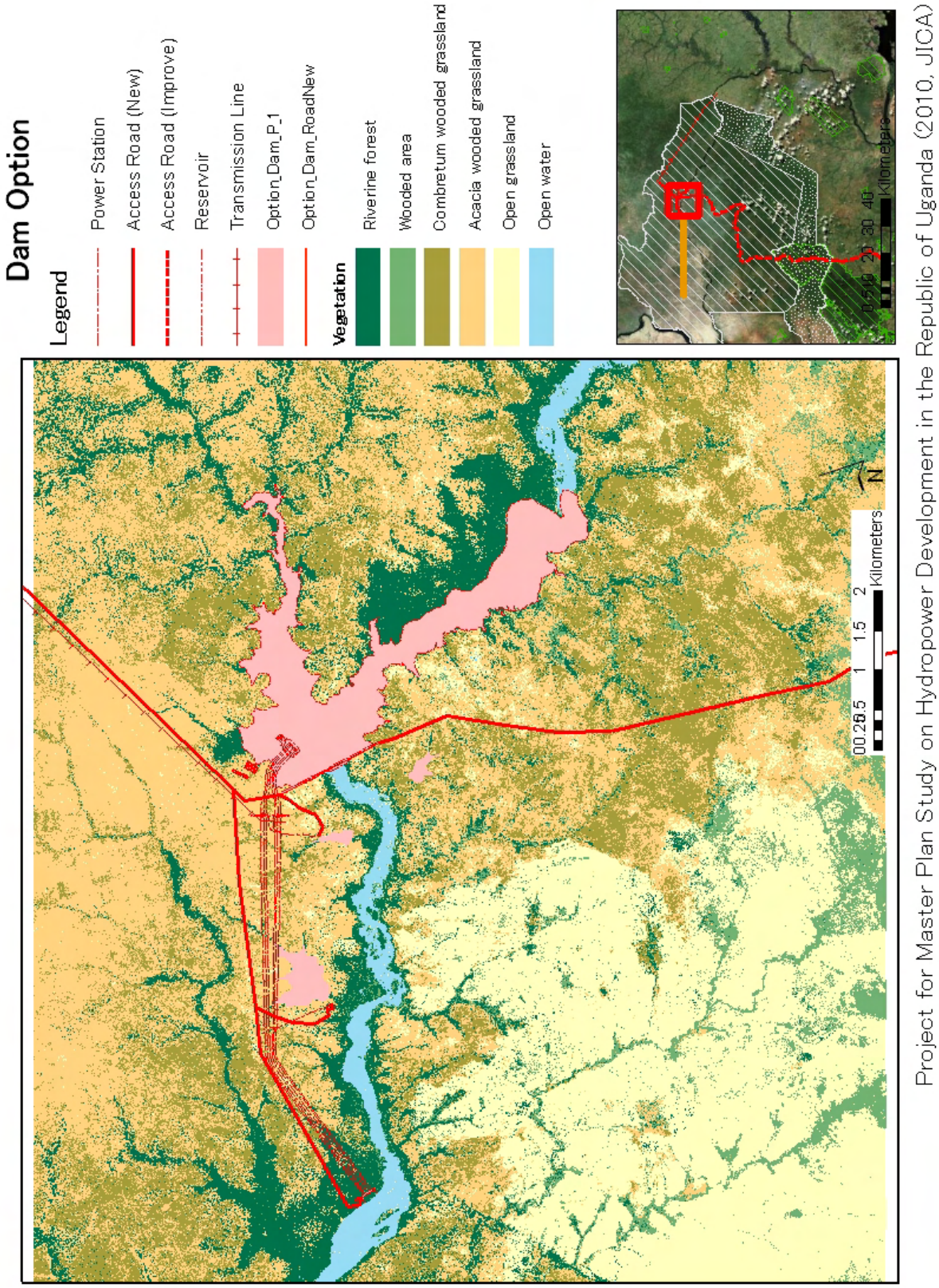

Figure 7.6.5-1 Dam Waterway Type and Vegetation

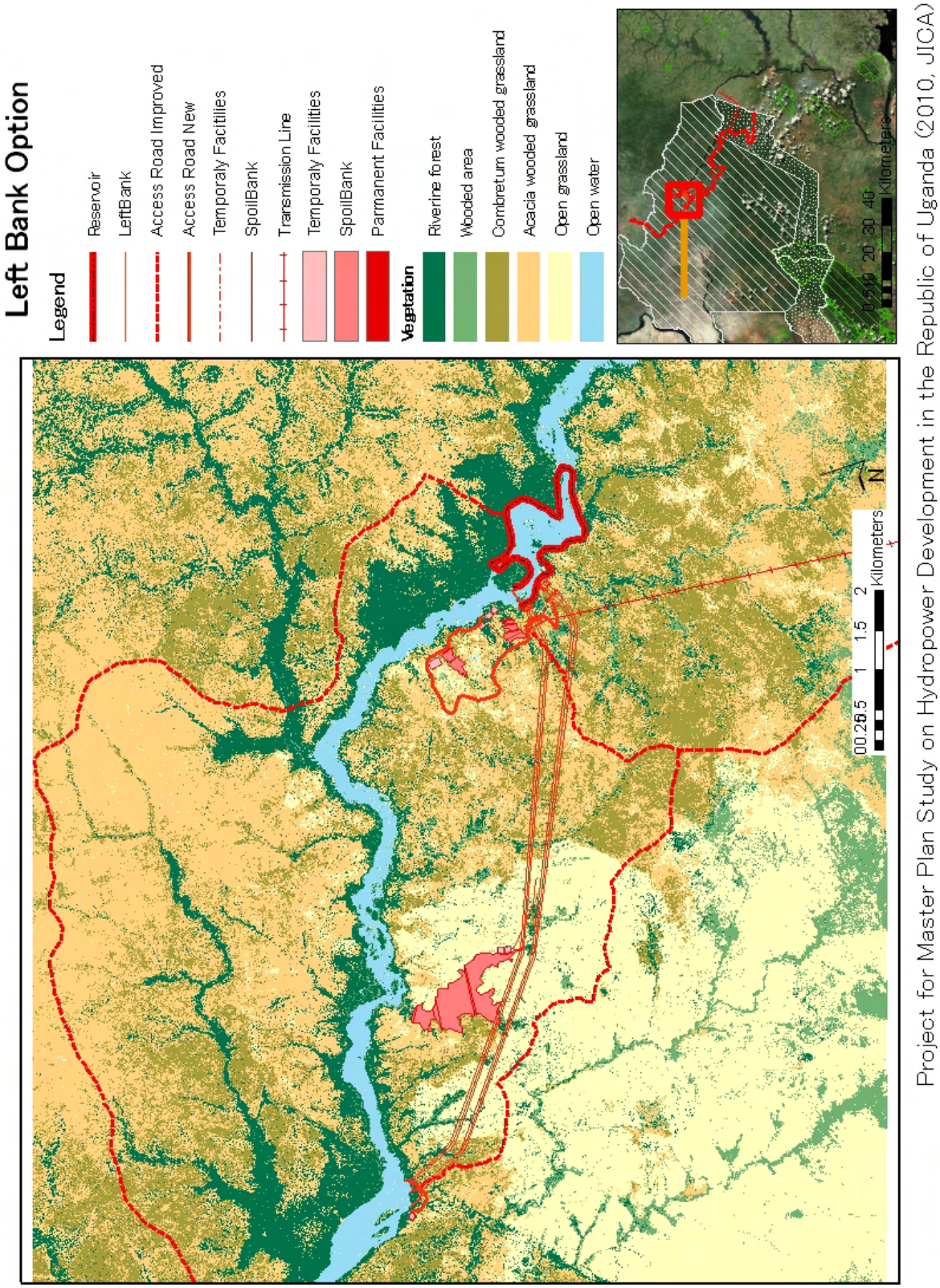

Figure 7.6.5-2 Left Bank Route and Vegetation (WGS_1984_UTM_Zone_36N)

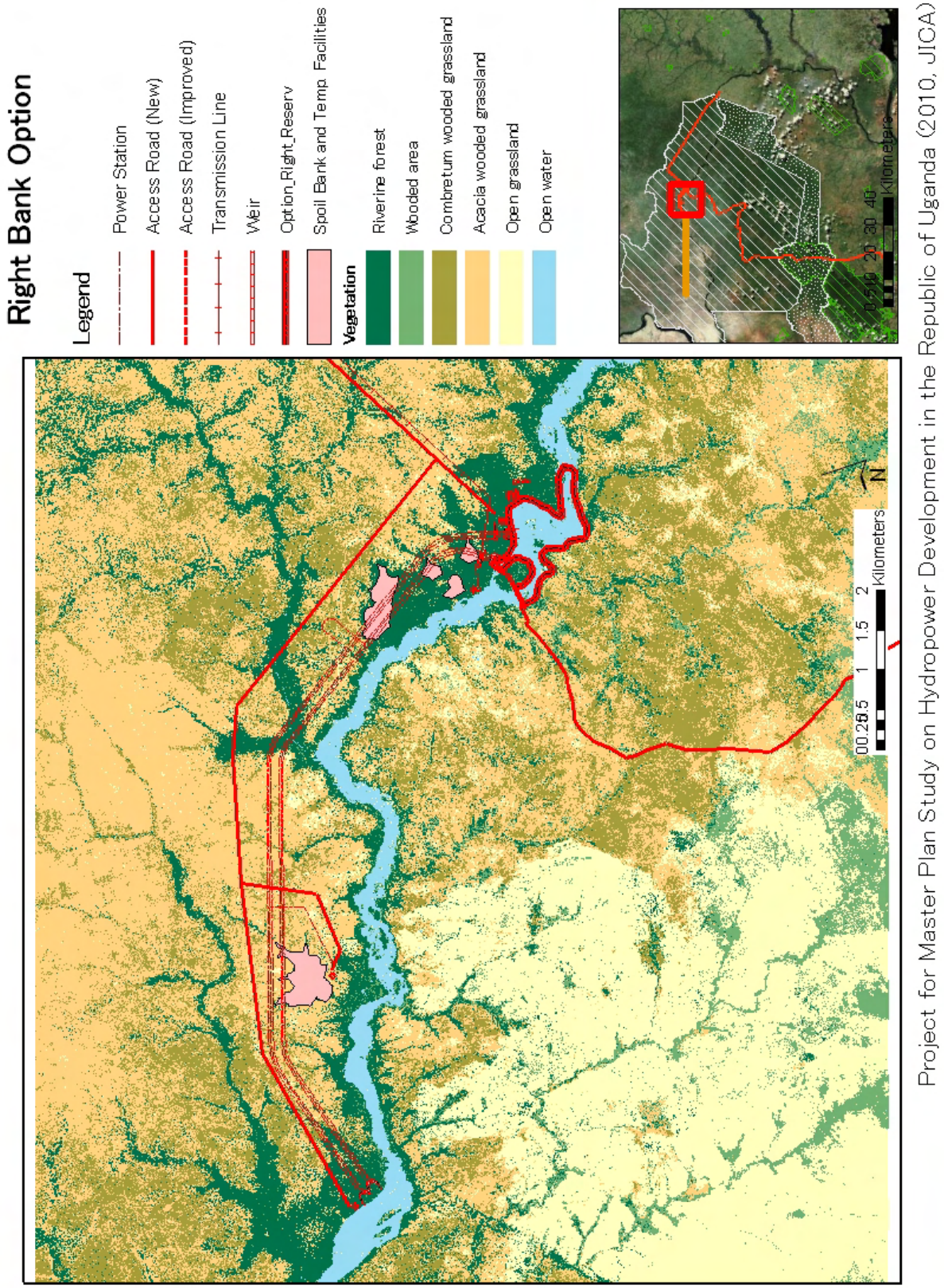

Figure 7.6.5-3 Right Bank Route and Vegetation (WGS_1984_UTM_Zone_36N)

(2) 中･大型哺乳類への影響

中･大型哺乳類への影響は、生息可能性のある主な種に対し、三つの案の影響の程度を比較した。比較的大きな影響を受ける種としては Black & White Colobus、Leopard、Hippopotamus が挙げられる。

Table 7.6.5-4 Potential species specific impacts due to the different option

Name			Relative Impact Assessment		
Family	**English name**	**Scientific name**	**Dam Waterway**	**Left Bank**	**Right Bank**
Cercopithecidae	Olive Baboon	*Papio anubis*	1	1	1
	Black & White Colobus	*Colobus guereza*	3	2	3
	Pata's Monkey	*Cercopithecus patas*	1	1	1
	Vervet Monkey	*Cercopithecus aethiops*	1	1	1
	Red-tailed Monkey	*Cercopithecus ascanius*	2	1	2
Felidae	Leopard	*Panthera pardus*	3	2	2
	Lion	*Panthera leo*	1	2	2
Herpestidae	Egyptian Mongoose	*Herpestes ichneumon*	1	1	1
Mustelidae	(African) Spot-necked Otter	*Lutra maculicollis*	2	1	1
Viveridae	East African Civet	*Civettictis civetta*	1	1	1
Hyenidae	Spotted Hyena	*Crocuta crocuta*	1	1	1
Hippopotamidae	Hippopotamus	*Hippopotamus amphibius*	4	3	3
Suidae	Bush Pig	*Potamochoerus porcus*	2	1	2
Suidae	Common Warthog	*Phacochoerus africanus*	2	1	1
Bovidae	African Buffalo	*Syncerus caffer*	2	2	2
	Bushbuck	*Tragelaphus scriptus*	1	1	1
	Sitatunga	*Tragelaphus spekii*	1	1	1
	Common (Bush) Duiker	*Sylvicapra grimmia*	1	1	1
	Hartebeest	*Alcelaphus buselaphus*	1	1	1
	Uganda Kob	*Kobus kob*	1	1	2
	Oribi	*Ourebia ourebia*	1	1	1
	(Defassa) Waterbuck	*Kobus ellipsiprymnus*	1	1	1
Giraffidae	Giraffe	*Giraffa camelopardalis*	1	2	2
Elephantidae	African Elephant	*Loxodonta africana*	2	2	2
Manidae	Giant Pangolin	*Smutsia gigantea*	1	1	1
Hystricidae	Crested Porcupine	*Hystrix cristata*	1	1	1
Scuiridae	Striped Ground Squirrel	*Euxerus erythropus*	1	1	1
Thryonomidae	Savannah (Common) Cane Rat	*Thryonomys swinderianus*	1	1	1
Orycteropodidae	Aardvark (Ant Bear)	*Orycteropus afer*	1	1	1
Total			**42**	**37**	**41**
Rating			**C**	**B**	**C**

A: Smaller impact B: Middle impact C: Bigger impact

哺乳類全体への影響を、工事中と供用後別に評価したところ、哺乳類生息密度の相対的に低い左岸案の影響が最も少なく、右岸案、ダム案の与える影響が比較的大きいという結果になった。評価表を以下に示す。

Table 7.6.5-5 Assessment of significance of impacts on middle and large mammals (without mitigation)

Items	Dam Waterway	Left Bank	Right Bank
CONSTRUCTION IMPACTS			
Loss of Habitat	4	3	3
Habitat alteration	4	3	3
Reduction of Home range	2	2	2
Reduction extent of feeding ground	2	3 (for Hippos)	3
Disruption of routes	3	3 (for Hippos)	3 (for Hippos)
Reduction of lekking grounds	1	1	3
Destruction of wallows	2	1	3
Introduction of invasive species	2	2	2
Introduction of hazardous materials	3	2	2
Increasing Extinct risk	1	1	1
OPERATION IMPACTS			
Loss of Habitat	4	3	3
Habitat alteration	4	3	3
Reduction of Home range	4	2	3
Reduction extent of feeding ground	3	3	3
Reduction of lekking grounds	1	2	3
Destruction of wallows	1	1	3
Introduction of invasive plant species	2	2	2
Introduction of hazardous materials	2	2	2
Increasing Extinct risk	1	1	1
Total Points	**46**	**40**	**45**
Rating	**C**	**B**	**C**

A: Smaller impact B: Middle impact C: Bigger impact

(3) 鳥類への影響

鳥類全体に与える影響を、工事中と供用後に分けて評価したところ、鳥類の重要な生息環境である樹林域の改変面積の少ない左岸案と右岸案の影響が小さく、ダム案の影響が相対的に大きい結果となった。なお、送電線計画に対する影響については次期 F/S において検討することが望まれる。

Table 7.6.5-6 Assessment of significance of impacts on birds (without mitigation)

Items	Dam Waterway	Left Bank	Right Bank
CONSTRUCTION IMPACTS			
Loss of Habitat	3	2	2
Habitat alteration	3	2	3
Reduction of Home range	2	1	1
Destruction of nesting grounds	3	2	2
Introduction of invasive plant species	2	2	2
Introduction of hazardous materials	2	2	2
Increasing Extinction risk	1	1	1
OPERATION IMPACTS			
Loss of Habitat	3	2	2
Habitat alteration	3	2	2
Reduction of Home range	2	1	1
Introduction of hazardous materials	1	1	1
Increasing Extinction risk	1	1	1
Total Score	**26**	**19**	**20**
Rating	**C**	**B**	**B**

A: Smaller impact B: Middle impact C: Bigger impact

(4) 両生類･爬虫類への影響

両生類･爬虫類への影響を工事中と供用後に分けて評価したところ、両生類･爬虫類にとって重要な生息環境である河畔林の減少が少ない左岸案と右岸案の影響が小さく、河畔林の減少が大きいダム案の影響が比較的大きい結果となった。

Table 7.6.5-7 Assessment of significance of impacts on amphibians and reptiles (without mitigation)

Items	Dam Waterway	Left Bank	Right Bank
CONSTRUCTION IMPACTS			
Loss of Habitat	1	1	1
Habitat alteration	3(for crocodiles)	2(for crocodiles)	2(for crocodiles)
Reduction of Home range	1	1	1
Destruction of breeding grounds	3	1	1
Introduction of invasive plants and microbe species	3(for amphibians)	3(for amphibians)	3(for amphibians)
Introduction of hazardous materials	1	1	1
Increasing local Extinction risk	2	2	2
OPERATION IMPACTS			
Loss of Habitat	1	1	1
Habitat alteration	3(for crocodiles)	2(for crocodiles)	2(for crocodiles)
Reduction of Home range	1	1	1
Reduction extent of breeding ground	3	1	1
Introduction of invasive plants and microbe species	3(for amphibians)	3(for amphibians)	3(for amphibians)
Increasing local Extinction risk	2	2	2
Total	**27**	**21**	**21**
Rating	**C**	**B**	**B**

A: Smaller impact B: Middle impact C: Bigger impact

(5) 蝶への影響

蝶類への影響を工事中･供用後の別に検討したところ、鳥類の好む樹林域の減少の大きいダム案の与える影響が大きく、左岸案右岸案の影響が相対的に小さい結果となった。

Table 7.6.5-8 Assessment of significance of impacts on butterflies (without mitigation)

Items	Dam waterway	Left Bank	Roght bank
CONSTRUCTION IMPACTS			
Loss of Habitat	3	2	3
Habitat alteration	3	2	3
Reduction of Home range	2	1	2
Reduction extent of foraging ground	2	1	1
Introduction of invasive species	2	2	2
Increasing Extinction risk	1	1	1
OPERATION IMPACTS			
Loss of Habitat	3	2	2
Habitat alteration	3	2	2
Reduction of Home range	2	1	1
Reduction extent of foraging ground	2	2	2
Introduction of invasive species	1	2	2
Increasing Extinction risk	1	1	1
Total Score	**25**	**19**	**22**
Rating	**C**	**B**	**B**

A: Smaller impact B: Middle impact C: Bigger impact

(6) 魚類への影響

魚類への影響を、減水区間の長さ、流域面積の大きな沢への影響、堰の高さ、改変面積、希少な魚種への影響などから総合的に評価した。評価の結果、堰の高さが比較的小さく、改変面積の比較的少ない左岸案と右岸案の影響が小さく、ダム案の影響が相対的に大きい結果になった。

Table 7.6.5-9 Assessment of significance of impacts on fishes (without mitigation)

Options	Dam Waterway	Left Bank	Right Bank
Length of recession	B 6.6 km	C 9.7 km	C 10.0 km
Impact on big basin	C Big size basin will be seriously affected.	B Middle size basin will be affected.	C Big size basin will be affected a bit.
Height of the barrier	C 45m	B 15m	B 15m
Inundation area and facility area	C 470 ha	B 140 ha	B 142 ha
Impact on rare fish fauna	C Big impact on Ayago river	B Middle impact on small tributary	B Middle impact on small tributary
Rating	**C**	**B**	**B**

A: Smaller impact B: Middle impact C: Bigger impact

7.6.6 社会環境面からの評価

(1) 用地取得

用地取得は、土捨場用地、仮設工事エリア、湛水エリア、送電鉄塔エリア、送電線下の土地利用に必要な面積を基に評価した。土捨場用地、仮設工事エリア、湛水エリアは、どの案においても国立公園内のため新たな用地の取得は必要ない。住民の居住する国立公園外の送電鉄塔エリア、送電線下の土地利用面積が広い左岸案の影響が大きい結果になった。

Table 7.6.6-1 Assessment on land acquisition

Options	Dam Waterway	Left Bank	Right Bank
Area for transmission tower (m^2)	800	3300	800
Area for ROW for transmission line (ha)	11	49	11
Area for spoil bank (m^2)	0	0	0
Area for temporary facility (m^2)	0	0	0
Area for inundation (m^2)	0	0	0
Rating	B	C	B

A: Smaller impact B: Middle impact C: Bigger impact

(2) 水没面積

水没面積は、湛水面積と貯水面積を基に評価した。貯水面積はどの案も同じであるが、湛水面積の大きいダム案の影響が相対的に大きい結果となった。

Table 7.6.6-2 Assessment on flooding area

Items	Dam Waterway	Left Bank	Right Bank
Riverbed area (ha)	417.9	0.1	0.1
Reservoir area (ha)	419.0	419.0	419.0
Rating	C	B	B

A: Smaller impact B: Middle impact C: Bigger impact

(3) 影響を受ける人々

影響を受ける人の数は、移転の可能性、送電線から 200m圏内に住む推定人口、既存道路または新設道路から 500m圏内に住む推定人口によって評価した。事業計画地は国立公園内のため、移転対象の住民はいない。しかしながら、公園外の送電線と道路沿いでは、建物や家畜、農地などの移転の可能性が全くないとは言えない。また、既存道路や新設道路の交通量が増え、交通事故などの影響の可能性も考えられる。左岸案では送電線と道路が居住エリアを通過するため、僅かな移転の可能性があり、また送電線から 200m圏内に住む人口も他の案より多いため、結果は C となった。

Table 7.6.6-3 Assessment on Number of Affected People

Items	Dam Waterway	Left Bank	Right Bank
Possibility of resettlement along transmission line and roads	None	23	None
Number of affected people within 200m from transmission line	134	497	134
Number of people within 500m from the existing and new roads	4040	1431	4040
Rating	B	C	B

A: Smaller impact B: Middle impact C: Bigger impact

(4) 農業への影響

農業への影響は、事業計画地およびその周辺 1km 圏内にある農地の面積、送電線から 100ｍ圏内にある農地の面積、既存道路および新設道路から 100ｍ圏内にある農地の面積によって評価した。より広い農地へ影響を与える可能性のある右岸案が C となった。

Table 7.6.6-4 Impact Assessment on Agriculture

Items	Dam Waterway	Left Bank	Right Bank
Agricultural area within 1km buffer from the project area (ha)	81,089	41,453	81,089
Agricultural area within 100m from transmission line (ha)	37	7,651	37
Agricultural area within 100m from the existing and new roads (ha)	293	10,619	8,771
Total agricultural area affected (ha)	81,419	59,723	89,897
Rating	B	A	C

A: Smaller impact B: Middle impact C: Bigger impact

(5) 歴史・文化遺産への影響

歴史・文化遺産への影響は、事業計画地と新設道路沿い周辺の歴史・文化遺跡の有無とそれらへの影響によって評価した。ダム案では湛水面積の広さからより多くの遺跡に影響を与える可能性があるため、結果が C となった。

Table 7.6.6-5 Impact Assessment on Historical and Cultural Properties

Items	Dam Waterway	Left Bank	Right Bank
Disturbance to cultural/ historical and archaeological sites within project area	XXX	XX	X
Disturbance to cultural/ historical archaeological sites along newly constructed road	XX	XX	X
Rating	C	B	A

A: Smaller impact B: Middle impact C: Bigger impact

(6) 密猟への影響

国立公園内の密猟への影響は、道路建設や補修の結果、密猟（動物、魚）や不法農地侵食が増加する可能性によって評価した。頻繁に密猟が行われてきた場所に道路建設が計画されている左岸案が C となった。

Table 7.6.6-6 Impact Assessment on Poaching Activities in Murchison Falls Protected Area

Items	Dam Waterway	Left Bank	Right Bank
Increase in hunting wildlife	XX	XXX	XX
Increase in illegal fishing	X	XX	X
Increase in case of encroachment for cultivation	X	XX	X
Rating	B	C	B

A: Smaller impact B: Middle impact C: Bigger impact

(7) 観光業への影響

観光業への影響は、事業計画地や新設または補修道路の周辺で将来計画されている観光アクティビティ（スポーツフィッシング、ラフティング、徒歩のサファリ）への影響可能性によって評価した。より多くの観光アクティビティと計画地が重なるダム案の結果が C となった。なお、景観への影響については、次期 F/S において検討することが望まれる。

Table 7.6.6-7 Impact Assessment on Tourism

Items	Dam Waterway	Left Bank	Right Bank
Disturbance to potential sports fishing area	XX	X	XX
Disturbance to potential white water rafting area	XXX	X	X
Disturbance to potential walking safari area	XX	XX	X
Disturbance to existing and future game drive roads by newly constructed and improved roads	XX	XX	XX
Rating	C	B	B

A: Smaller impact B: Middle impact C: Bigger impact

7.6.7 総合評価・最適レイアウト案の決定。

最適レイアウトの評価は、経済･技術面からの評価結果、環境面からの評価結果、社会面からの評価結果を基に、多基準分析を行った。

(1) 最適レイアウト評価のスクリーニング基準

レイアウト案の比較評価は、多基準分析の手法を用いて行った。比較に用いたクライテリアは、開発コスト、アクセス道路の長さなどの経済・技術項目、植物や哺乳類などの環境項目、観光や景観への影響などの社会項目、計 19 項目である。これら 19 項目に A から E(環境･社会は A から C の 3 段階)の評価を与えた上で、A に 5 点 E に 1 点（環境･社会は A に 2 点、C に 1 点）を割り当て、重みを掛け合わせた上でレイアウトごとの合計点を算出

した。重み付けのパターンは、平等ケース、環境重視ケース、経済重視ケースの 3 パターンを用いた。評価項目一覧と重み付けの値は以下のとおりである。

Table 7.6.7-1　Evaluation Items and Weighting

	Even Case		Environment weighting case		Economic Weighting Case	
Construction Cost	36	5	29	4	43	6
Disposal Volume		5		4		6
Concrete Aggregate Volume		5		4		6
Rock Classification Rate		6		5		6
Peak Power Generation Control		5		4		7
Construction Term		5		4		6
Construction Risk		5		4		6
Flora and Vegetation	33	7	40	8	26	6
Mammal		8		9		7
amphibians and reptiles		6		8		5
butterflies		6		7		4
Fishes		6		8		4
Land acquisition	31	5	31	5	31	5
Flooding area		5		5		5
Number of resettlement/ affected people		4		4		4
Impact on agriculture		4		4		4
Impact on historical/cultural property		5		5		5
Impact on poaching activities		3		3		3
Impact on tourism		5		5		5

(Source: Study Team)

(2)　レイアウト案の総合評価

各評価項目の評価値に重みを掛け合わせ、レイアウト案ごとに集計した結果を Table 7.6.7-2 に示す。

現調査段階における評価では、経済優先案、環境優先案、平均案とも、全て左岸ルート案が優位であることから、本調査では左岸ルート案についてプレフィージビリティ調査を実施する。

しかしながら、現調査レベルでは不明な事項も多々あり、本件調査の結果のみで比較レイアウト案を確定することはできない。従って、次期フィージビリティ調査にて更に詳細な調査を実施し、比較レイアウト案の最終的な評価を行う必要がある。

Table 7.6.7-2 Result of Evaluation

		Weight (even)	Dam-Waterway Type	Left Bank Route	Right Bank Route
Economic and technical	Construction Cost	5	2	3	1
	Disposal Volome	5	3	2	1
	Concrete Aggregate Volume	5	1	3	3
	Rock Classification Rate	6	1	3	2
	Peak Power Generation Control	5	3	1	1
	Construction Term	5	3	3	3
	Construction Risk	5	3	3	2
Environmental	Flora and Vegetation	7	1	3	2
	Mammal	8	1	2	1
	amphibians and reptiles	6	1	2	2
	butterflies	6	1	2	2
	Fishes	6	1	2	2
Social	Land acquisition	5	2	1	2
	Flooding area	5	1	2	2
	Number of resettlement/ affected people	4	2	1	2
	Impact on agriculture	4	2	3	1
	Impact on historical/cultural property	5	1	2	3
	Impact on poaching activities	3	2	1	2
	Impact on tourism	5	1	2	2
General Evaluation	Even Case		161	218	188
	Environment weighting case		152	215	188
	Economic Weighting Case		172	218	187

(Source: Study Team)

7.7 最適規模の検討

最適規模の決定方法として、投下資金の効率を重視する場合は、便益費用比(B/C)が最大となる規模を最適とし、開発資金に制約を設けず、水力資源の有効利用を重視する場合は年間超過便益(B-C)が最大となる規模を最適とすることが一般的である。

ここでは、Ayago 水力の最適開発方式である流れ込み式・左岸水路式レイアウトにて 100MW から 800MW までの 7 ケースについて、便益費用比(B/C)、年間超過便益(B-C)並びに電力単価(Cent/kWh)を指標に経済性の比較を行った。比較検討の結果を Table 7.7-1 および Figure 7.7-1 に示す。

Table 7.7-1 Optimization Study on Development Scale of Ayago Hydropower Project

Item	Unit	Description						
Installed Capacity	MW	100	200	300	400	500	600	800
Maximum Power Discharge	m^3/s	140.4	280.8	421.2	561.6	702	842.4	1122.8
Firm Discharge	m^3/s	467						
Min imum Amenity Flow	m^3/s	50						
Firm Power Discharge	m^3/s	140	280	417	417	417	417	417
Firm Capacity	MW	100.0	200.0	297.1	297.1	297.1	297.1	297.1
Annual Total Energy Production	GWh	876	1,740	2,592	3,285	3,830	4,244	4,800
Annual Firm Energy Production	GWh	876	1,740	2,568	2,568	2,568	2,568	2,568
Annual Incremental Total Energy Production	GWh		864	853	692	546	413	556
Annual Plant Factor	%	100	99	99	94	87	81	68
Station Services use	%	1.00						
Annual Forced Outage	%	0.50						
Annual Scheduled Outage	%	2.00						
Effective Total Capacity	MW	96.50	193.00	289.50	386.00	482.50	579.00	772.00
Effective Firm Capacity	MW	96.50	193.00	286.70	286.70	286.70	286.70	286.70
Effective Annual Total Energy	GWh	845	1,679	2,502	3,170	3,696	4,095	4,632
Effective Annual Firm Energy	GWh	845	1,679	2,478	2,478	2,478	2,478	2,478
Total Construction Cost	10^3US$	386,635	619,491	848,478	1,113,403	1,355,527	1,599,293	2,130,475
Total Annual Cost	10^3US$	46,365	74,258	101,683	133,335	162,301	191,439	254,835
Unit Firm Energy Price	Cent/kWh	5.48	4.42	4.10	4.92	5.71	6.54	8.12
Annual Surplus Benefit	10^3US$	65,216	147,479	228,634	277,146	311,319	329,890	330,468
Benefit Cost Ratio		2.41	2.99	3.24	2.93	2.70	2.49	2.08

Note: Unit Firm Energy Price is combined price of hydropower firm energy price and thermal power energy price

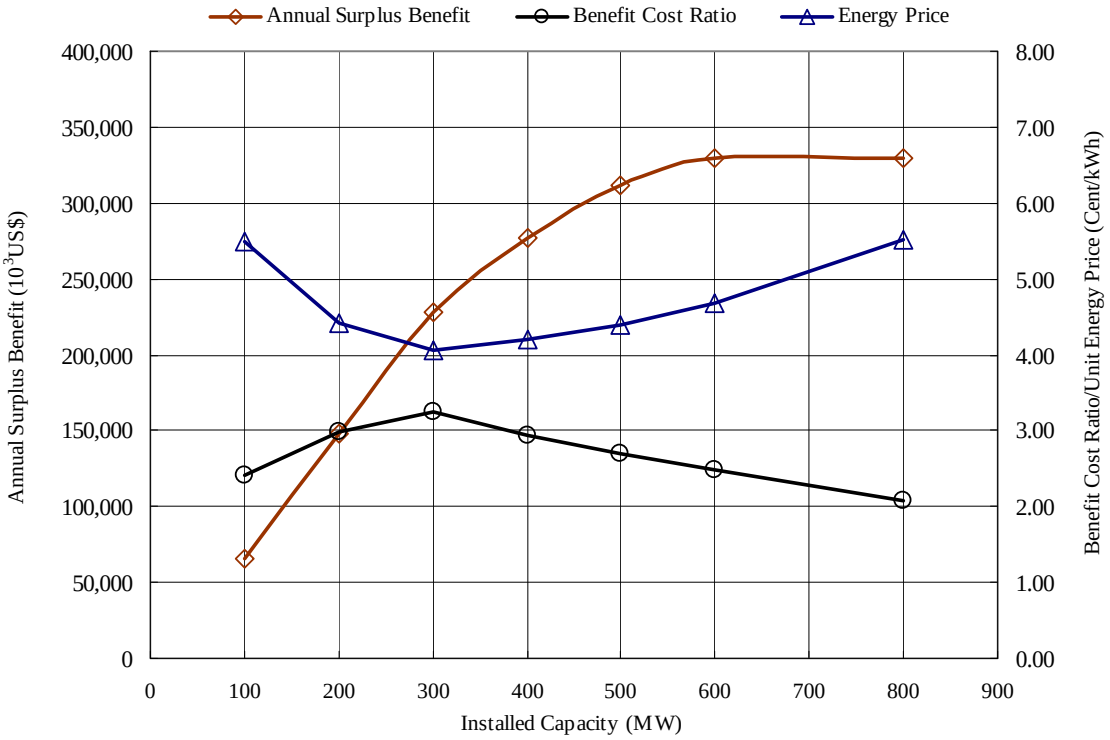

Figure 7.7-1 Optimization Study on Development Scale of Ayago Hydropower Project

検討の結果、電力単価は開発規模 300MW の場合 4.1Cent/kWh と最低となり、便益・費用比(B/C)も同じく 300MWで 3.24 と最高となる。一方、年間超過便益(B-C)は 600MWまでは規模

に連れて増加するが 600MW以降は増加しない。よって、資金の効率性重視の場合は 300MW、水力資源の有効利用の観点からは 600MW が最適規模と言える。

ここで、6.4.1 で述べたとおり、Ayago 水力の出力は年間 90%の稼働を保証する保証出力 300MW と、水量の多い時にのみ発電可能な二次電力に分かれる。一般に、火主水従の供給能力をもつ系統では、二次電力は、既設火力の燃料たき減らしの効果があるが、水主火従であるウガンダのような系統では、降雨量に左右される二次電力は信頼性が低く、国内の電源開発計画には組み込めない。

従って、Ayago 水力の開発にあたっては、最終開発規模を 600MW とするが、当面 2020 年代前半までは 300MW を最適開発規模とし、300MW 以降の開発については、以下の条件が整った時に開発を開始することを提案する。

1) ナイル川の流量を長期間継続して測定した結果、保証流量が 300MW に相当する 417m^3/s より多く期待できることが判明した場合

2) ケニアとの輸出協議が整い、Ayago 水力の二次電力によりケニアの火力発電所の焚き減らしが可能となった場合

3) 長期的にウガンダにおいてベース火力発電所が建設され、Ayago 水力の二次電力が火力発電所の焚き減らしに効果があると判明した場合

なお、ここでは経済性の面から最適規模の検討を行ったが、開発規模の増大は設計／仕様と直接関係することから、環境社会へも大きな影響を与える。したがって、次期 F/S 時においては、環境社会面への影響についても十分検討した上で最適開発規模を決定する必要がある。