

4-3. 環境社会配慮

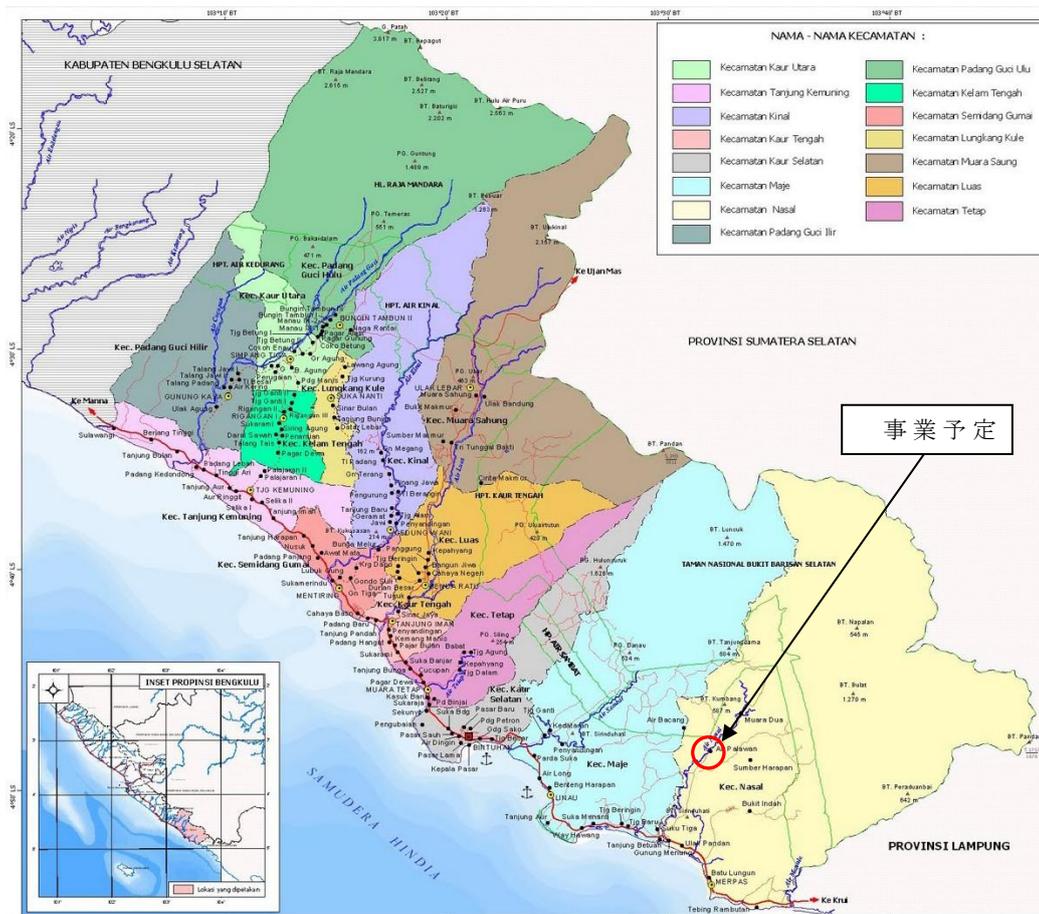
4-3-1. 環境社会配慮調査

4-3-1-1. 環境社会影響を与える事業コンポーネントの概要

Nasal 小水力発電所は、以下に立地予定である。

- Air Palawan village, sub-district Nasal, Kaur district, Bengkulu province, South Sumatra

Kaur district は Bengkulu 市から東へ約 250km 離れ、南緯 4°15'8.21" から南緯 4°55'27.77"、および東経 103°15'8.76" から東経 103°46'50.12" の間に位置し、約 256,000ha の面積の中に 15 の地区、191 の村落が分布する。当該事業予定地は、Kaur district の最南東部の Nasal sub-district 内の Nasal 川中流域に位置する。Nasal sub-district の面積は 59,937ha あり、17 の村落が存在する。



出典: FS 調査報告書³³

図 4-37 事業予定地周辺の地域境界

Nasal の事業コンポーネントは図 4-38 に示したとおりであり、流れ込み式・水路式の発電計画である。

取水堰（標高 131m）は近傍の道路から徒歩で林道に入り、林道途中からは森を抜けて行く。途中、樹木が生い茂り、アクセス道路の設置には伐採が必要となる。

取水堰から取水した発電用水は、沈砂池を経て、延長 2,875m（勾配：0.00043）の導水路で水槽（標高 125m）に導水される。水槽地点からは延長 135m の水圧管路により発電所（標高 49m）に導水される。

³³ Feasibility Study, PT. Indonusa Citra Lestari, 2012

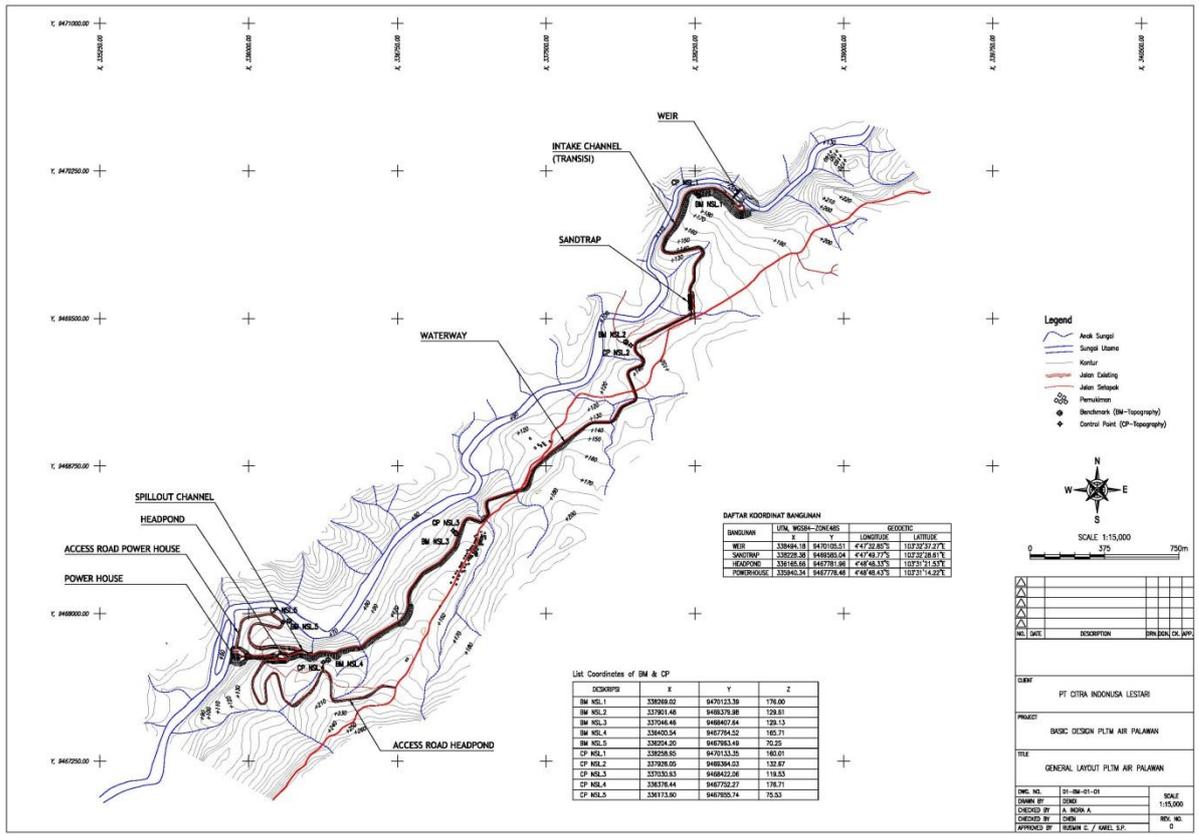


図 4-38 事業コンポーネント

4-3-1-2. ベースとなる環境及び社会の状況

(1) 地形、地質

1) インドネシア群島の地質

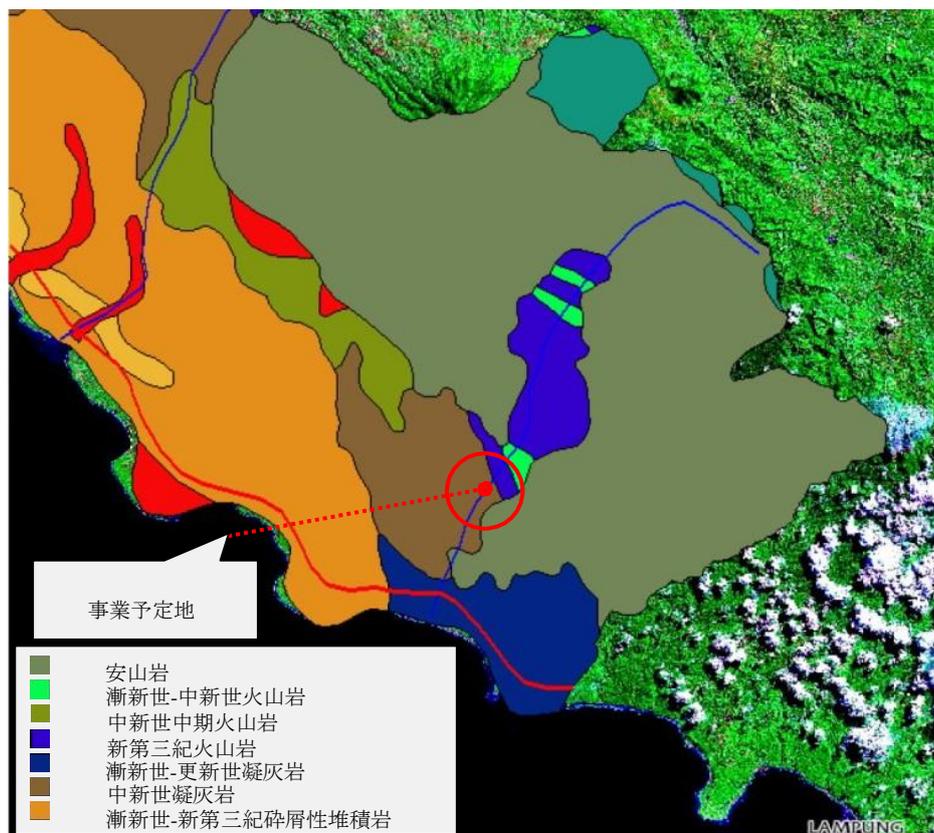
インドネシアは三つの大きな地表の運動（東アジアの構造運動、周辺の西部スダの構造、オーストラリア環太平洋移動）の合流点に位置し、地表のうち、最も複雑な構造の領域に位置する。

インドネシア群島の地質は4つの種類に分けることができる。安山岩、イグニブレイト（Tufa Toba）、河成堆積物、崖錐堆積物である。安山岩とイグニブレイトは鮮新世のものである。河成堆積物と崖錐堆積物は近代のものである。安山岩とイグニブレイトは河成堆積物と川沿いに不均一に位置し区別できる。

Bengkulu州の地質はBarisan山の岩盤に概ねおおわれており、形態としては、Bengkulu地帯、低地帯、波状丘陵地帯、高地帯、火山円錐丘帯の5つに分類される。

2) Nasal 小水力発電所計画地の地質

Center for Marine Survey of Natural Resources (PSSDAL), Coordinating Agency for Surveys and Mapping (BAKOSURTANAL)による地質図によれば、当該事業地の地質は、主に安山岩、漸新世-中新世火山岩、中新世中期火山岩、新第三紀火山岩、漸新世-更新世凝灰岩、中新世凝灰岩および漸新世-新第三紀碎屑性堆積岩からなる（図 4-39参照）。



出典：FS 報告書

図 4-39 事業予定地周辺の地質

図によると、当該事業予定地はの地質は主に凝灰岩であり、他の岩石層に比べて軟弱で、また

十分に固結していない凝灰岩層は地下水を含みやすく、地下水の通り道となって流動的になりやすい。そのため、しばしば地滑りの滑り面となる。従って、構造物を建てる前にはボーリング調査などによりその土地の地盤の硬さや地滑りの危険などを十分に把握しておく必要がある。

3) Nasal 小水力発電所計画地における地震のリスク

図 4-40 に事業予定地周辺の地殻構造を示す。図によれば、事業予定地点付近に断層が走り、その海岸線の沖合でプレートの沈み込みがある。このことから、事業開始前には、ボーリング調査などにより詳細な地質構造を把握し、地震等に備えた構造物の設計・検討が必要である。



出典：FS 報告書

図 4-40 事業予定地周辺の地殻構造

(2) 気象、水象

1) 気候

事業予定地に最も近い気象観測所 Baai Bengkulu における観測値（気温、湿度、風速、日照率）の統計値、および Cape of Good Hope (Semidang Gumay district)、Kanpil Linau (Maje district)、Diperta Kaur (South Kaur district) における雨量の観測値のそれぞれ平均を表 4-57 に示す。当該地は熱帯性気候地帯に属し、観測値によると、高温多湿で降水量は年間 2,500mm を超えている。月ごとの平均値（表 4-58）はその値に大きな違いはなく、一年を通して安定した気候と言える。

表 4-57 事業予定地周辺の気候

指標	単位	平均値	観測地点	観測年
最高気温	℃	30.7	Baai Bengkulu	2006-2010
最低気温	℃	23.6		
日照率	%	67.1		
湿度	%	84.1		
風速	km/時	4.76		
降水量	mm/ 年	2,592	Tanjung Harapan (Semidang Gumay district)	2001-2010
			Kanpil Linau (Maje district)	2006-2010
			Diperta Kaur (South Kaur district)	2007-2010

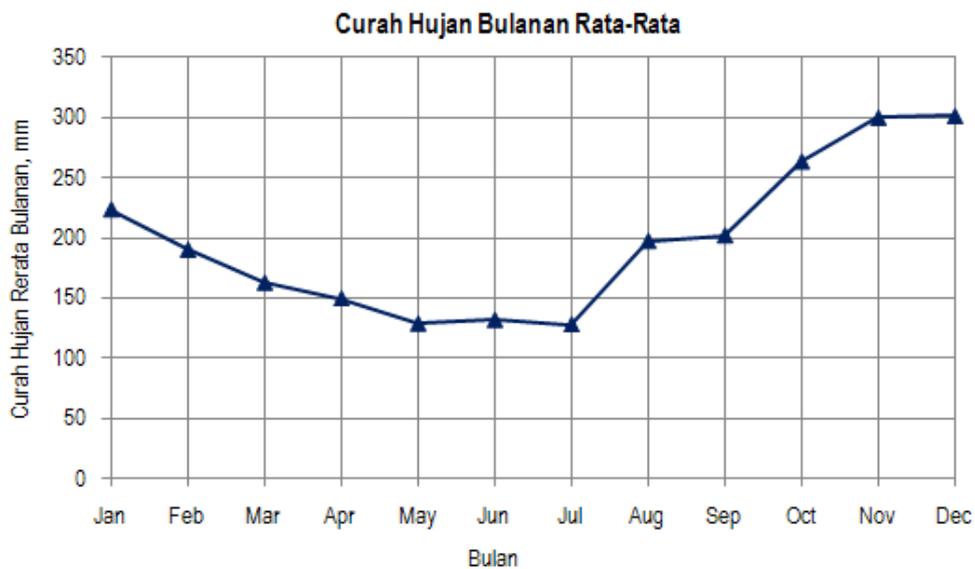
出典 :FS 報告書

表 4-58 事業予定地周辺の気候(月平均)

月	気温		湿度	日照率	風速
	最	最少			
単	℃	℃	%	%	km/時
Jan	30.16	23.50	83.74	52.60	4.14
Feb	30.82	23.66	82.36	59.60	4.62
Mar	30.66	23.52	84.24	62.40	4.64
Apr	30.94	23.94	84.02	71.40	4.88
May	31.46	23.90	83.92	75.20	4.90
Jun	31.06	23.84	85.00	72.80	4.94
Jul	30.84	23.36	83.60	73.00	3.94
Aug	30.84	23.14	82.80	77.20	4.70
Sep	30.36	23.38	83.60	70.20	5.22
Oct	30.68	23.54	84.40	66.00	5.24
Nov	30.48	23.70	85.00	60.40	4.68
Dec	30.28	23.64	86.20	64.40	5.16

出典 :FS 報告書

また、観測データを用い、計算による対象集水域での平均雨量の月ごとの変化を図 4-41 に示す。大きく分けて 8 月から 1 月の雨季と 2 月から 7 月の乾期に分かれるが、乾期においても月間平均雨量は 100mm を超えている。



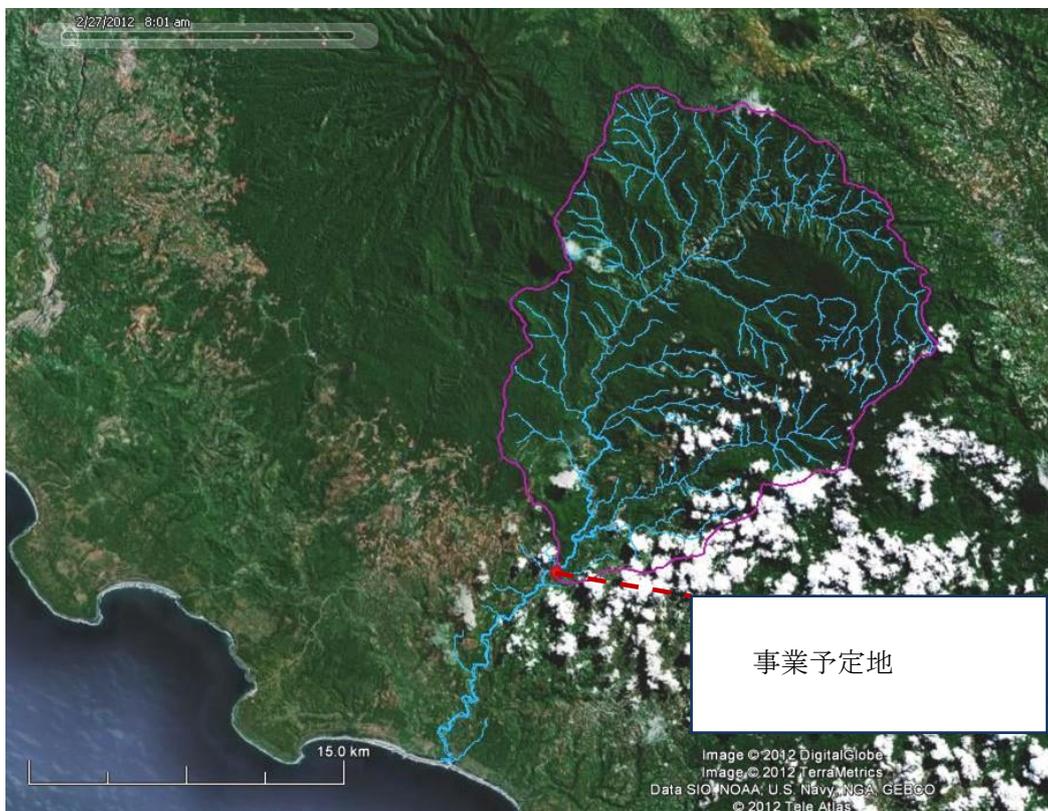
観測期間は表 4-57 参照

出典：FS 報告書

図 4-41 月平均雨量の変化

2) 流域

Nasal 川の流域と事業予定地について図 4-42 に示す。事業予定地での集水面積は 307.93km²である。

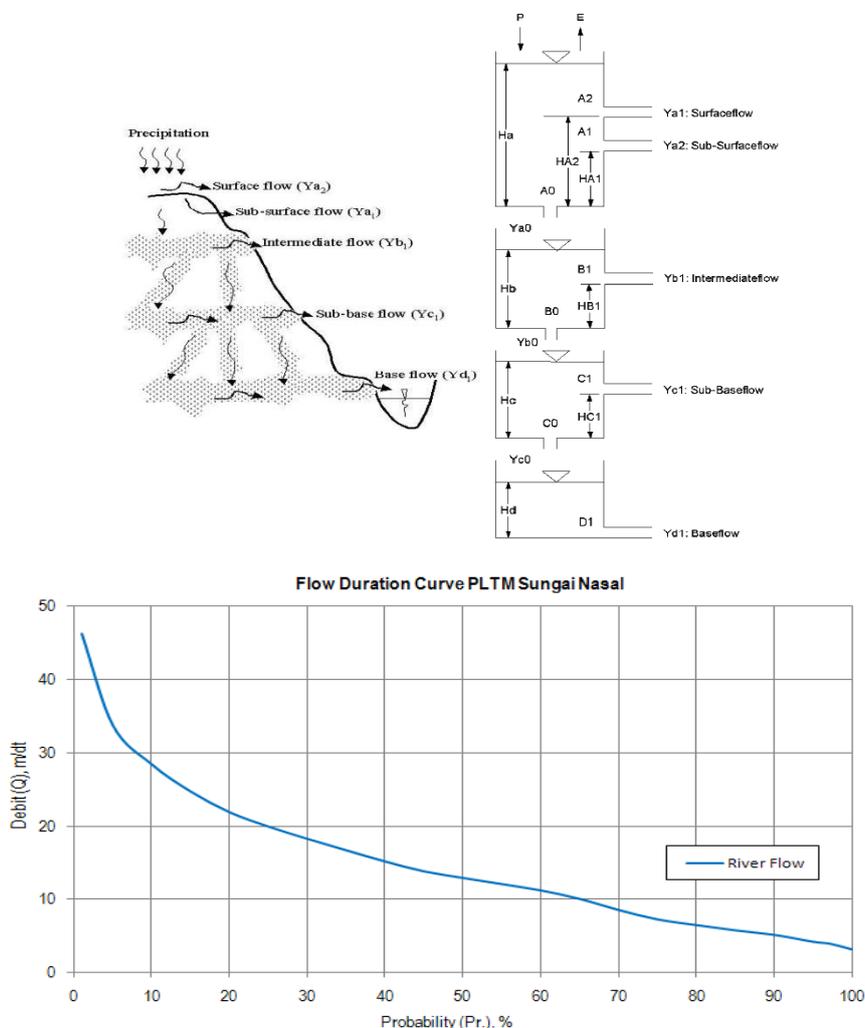


出典：FS 報告書

図 4-42 Nasal 川の流域と事業予定地

3) 水文

水文データは水力発電所の詳細設計において非常に重要である。FS 報告書では、上記 2) で得られた雨量データをもとに、降雨流出解析-タンクモデルを用い、Nasal 川の流量を 50 年確率で求めている。求められた流量は 50% 確率で $12.94\text{m}^3/\text{s}$ (集水面積 : 307.93km^2) であり、近隣の小水力発電所 Besai の $21.1\text{m}^3/\text{s}$ (集水面積 : 414km^2)、比較のために Nasal 地点の東側の集水域を対象として求められた $30.00\text{m}^3/\text{s}$ (集水面積 : 578km^2) と比較してもその妥当性が確認できる。



出典 : FS 報告書

図 4-43 タンクモデルの概念と求められた Nasal 川の流量確率

また、河川の生態系を維持するための最低流量 (ecological flow) を Montana(1976)の方法により求め、当該事業予定地の集水面積に対する最低流量として以下の様に算出している。

- Nasal 川の 2001-2010 年の平均流量 (雨量より算出) : $15.38\text{m}^3/\text{s}$
- 表 4-3-3 から求められる「Fair or degrading」に相当する 流量 $10\% \times \text{Annual flow}$ を用い、 $15.38\text{m}^3/\text{s} \times 10\% = 1.54\text{m}^3/\text{s}$
- また、日本工営(株)による方法では $0.3/100\text{km}^2 \cdot \text{集水面積}$ を用い、事業予定地の集水面積 307.93km^2 では、 $0.3\text{m}^3/\text{s} \times 307.93/100\text{km}^2 = 0.92\text{m}^3/\text{s}$
- 上記 2 つの流量を比較し、当該事業予定地の最低流量として小さいほうの値、 $0.92\text{m}^3/\text{s}$ を採用する。

表 4-59 生態系維持のための適切流量

Condition	Discharge
Optimum Range	60 – 80% x Annual flow
Outstanding	40% x Annual flow
Excellent	30% x Annual flow
Good	20% x Annual flow
Fair or degrading	10% x Annual flow
Poor	10% x Annual flow
Severe degradation	< 10% x Annual flow

出典：FS 報告書（Montana(1976)による方法）

この値は、図 4-43 で求められた 100%確率流量よりも小さいため、生態系を維持するための最低流量は確保されることになる。

事業予定地の取水用ダムに堆積する土砂量は 167m³/day と推定されており、排砂作業は二週間毎と計画されている。

(3) 人口

Bengkulu 市の統計による Kaur 地区の人口を表 4-60 に示す。Kaur 地区の面積は 255,600ha (2,556km²)あり、人口密度は 2009 年時点で 46.10 人/km²である。

表 4-60 Kaur 地区の人口

年	2009	2008	2006
男性（人）	60,660	59,761	55,950
女性（人）	57,161	55,407	51,523
合計（人）	117,821	115,168	107,473

出典：Bengkulu 市統計, 2010

Nasal サブ地区のうち、当該事業の直接影響をうける村落は Air Parawan village であり、275 世帯、1,530 人（男性 810 人、女性 720 人：2012 年統計値）が住んでいる。

(4) 生活・生計

1) 農業

事業予定地とその周辺では長期にわたって多目的なプランテーションが行われており、おもな作物は、コーヒー、ヤシ、ゴム、カカオ、胡椒等である。

土地は自己所有もしくは賃貸借用である。

2) 家畜

通常、農業以外の収入源として畜産があるが、現地調査では、収入源とするほどの規模の大きな家畜は見受けられなかった。現地調査で確認された家畜は、事業予定地内では、ヤギ、ブタ、

家禽（ニワトリ、アヒル）であった。

3) 教育・文化

Air Parawan village はイスラム教徒の村であり、そこには2つのモスク、1つの小学校、1つの中学校がある。助産師がいる診療所も1つあるが、いずれも事業による移転等の必要は生じない。

(5) 土地利用

事業予定地は農地に使用されている。

(6) 水利用

現地踏査及び事業者へのヒアリング結果によると、飲料水、灌漑水等は湧き水井戸から利用し、事業予定地の堰上流及び減水区間における灌漑用水、飲料水、生活用水等の利用はない。

(7) 文化遺産

事業予定地区周辺に文化遺産はない。

(8) 少数民族、先住民族

Air Parawan village の住民はイスラム教徒であるが、その上流部の村は少数のキリスト教徒(2012年調べで7名)が住む。2012年に開催された住民説明会では、用地取得等、事業による直接影響は受けないものの、その村からも代表者が出席し、事業説明を受けている。

4-3-1-3. 環境社会配慮制度・組織の確認

(1) 環境配慮(環境影響評価、情報公開等)に関連する法令や基準等

1) 環境影響評価制度

(A) 環境保護・管理法－2009年法律32号の環境管理法

2009年に制定された「環境保護・管理法」(Low No. 32/2009. Environmental Protection and Management)は1997年に制定された「環境管理法」(Low No. 23/1997 Environmental Management)を新しくするもので、第1条には法の目的とともに、環境に重大な影響をおよぼす可能性のある事業/活動には環境影響評価(EIA; インドネシア語で AMDAL)が必要となり、影響が重要でないものについては環境管理計画/環境モニタリング計画(UKL/UPL)が必要となることが規定されている。

なお、本件のEIAは小規模であるため、UKL/UPLでの手続きとなり、現地調査での事業者へのヒアリングでは、まもなくUKL/UPLが承認される予定とのことであった。2013年12月初めの追加ヒアリングでは2013年中に承認・取得予定とのことであったが、2014年1月初めでのさらなる追加ヒアリングでは、まだ承認されていないが、承認・取得予定との回答であった。

(B) 環境影響評価に関わる政令 No.27/1999

AMDALの手続きは、環境影響評価に関わる大統領令 No.27/1999(Government Regulation No.27/1999)により1997年環境管理法に基づき定められており、環境保護・管理法(2009年)が制定

後も有効である。

(C) AMDAL が必要な事業／活動に関わる環境大臣令(2006 年)

2006 年に制定された環境大臣令 (State Minister of Environment Decree No.11/2006, Type of Business and/or Activity Plan requiring AMDAL) では AMDAL が必要な事業または活動が定められており、ダム (堰) については、堤体の高さが 15m 以上で AMDAL が必要となる。

(D) 環境管理を実行するための環境管理・モニタリング方針および約束文書に係る環境大臣令(環境大臣令 No.13/2010)

UKL/UPL 文書の作成のためのガイドラインを規定している。

(E) 環境影響評価プロセスにおける住民参加と情報公開

環境影響評価に関わる大統領令 No.27/1999 の第 33-35 条に、住民に対する環境影響にかかわる情報の公開と、手続きなどが規定されている。また、環境管理庁長官令 No.8/2000 は「EIA (AMDAL) 手続きにおける住民参加と情報公開」について詳細に定められたものである。

(F) 関係組織

AMDAL に関係する組織は以下の組織がある。

- ・ 事業／活動の所管機関
- ・ AMDAL 委員会：国レベル、州レベル、県／市レベルで組織される。
- ・ 承認権者：国レベル (環境大臣)、州レベル(州知事)、県／市レベル(県知事／市長)

(G) 環境影響評価手続きフロー

環境影響評価手続きフローを図 4-44 に示す。

AMDAL 手続きの実施手順

(Regulation of the government of the republic of Indonesia Number 27 of 2012 を基に作成)

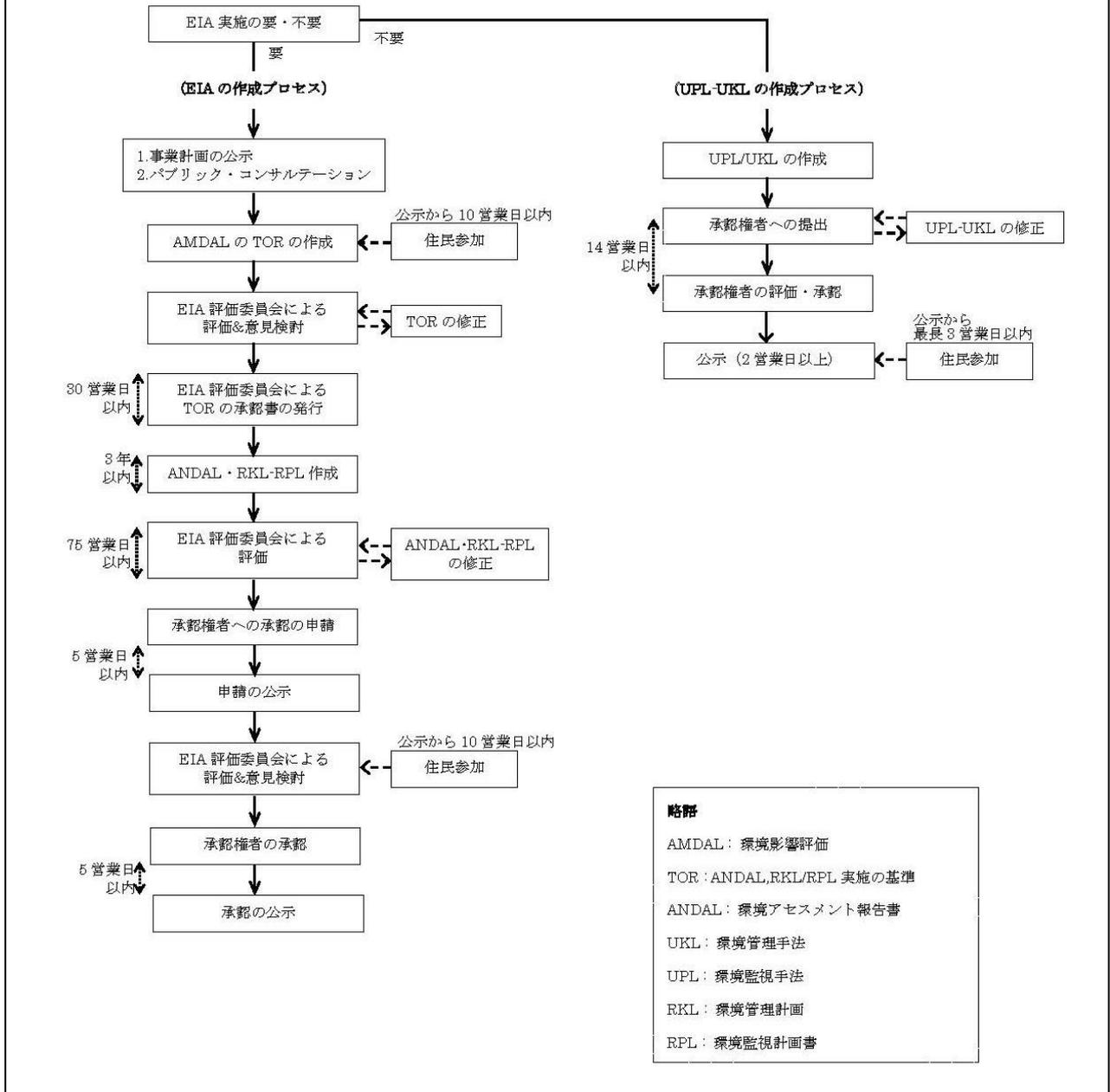


図 4-44 環境影響評価手続きフロー

(2) 用地取得・住民移転関連制度

1) 用地取得に関わる法令

(A) 大統領令 No.36/2005 「公共事業に係る用地取得について」

Presidential Regulation No. 36/2005 Land Procurement for Implementation of Public Interest

(B) 大統領令 No.65/2006 「大統領令 No.36/2005 の改定について」

Presidential Regulation No. 65/2006. Amendment of Presidential Regulation No.36/2005

(C) 国土庁(BPN) 令 No.3/2007 「大統領令 No.36/2005 および大統領令 No.65/2000 の実施のためのガイドライン」

Decree of the Head of National Land Agency (BPN) No.3/2007. Guidelines for Implementation of Presidential Regulation No.36/2005 on Land Procurement for Implementation of Public Interest as amended by Presidential Regulation No.65/2006

2) 用地取得委員会

公共施設の用地取得は市や郡の長の判断のもと用地取得委員会によって行われる。これは公共施設がひとつの自治体に属する場合である。自治体の用地取得委員会は下記に示す9名で構成される。

(BPN 令 No.3/2007 の 14 条より)

- ・ 知事/市長 (委託)
- ・ 地方政府の職員 (副委員長)
- ・ 地方政府の土地部局の長または職員 (委員)
- ・ 用地取得の実施に係る市/郡レベルの長または職員 (委員)
- ・ 公共施設がふたつの県/市/郡にまたがる場合には州知事が委員長を勤める。

(BPN 令 No.3/2007 の 15 条より)

プロジェクトのための用地取得委員会を組織するため、プロジェクトの実施者は知事と市/郡の長に要望書を提出する。要望書の提出は用地取得手続きの開始前に行う。

3) 土地の価値審査

土地の価値の審査は知事または市/郡の長の要望により土地価値審査局 (Land value appraisal agency) により行われる。土地の価値審査局がそれぞれの土地にない場合、知事または市/郡の長は下記の構成員からなる土地の価値審査チームを設立する。

(BPN 令 25 条および 26 条)

- ・ 建物または耕作地に関し責任のある機関の代理人
- ・ 国土に関し責任のある中央政府の代理人
- ・ 土地及び建物の税に関する代理人
- ・ 土地の価値審査の専門家または経験者
- ・ 土地、建物、耕作地、あるいは他の建造物の価値審査のできる学識者

土地の価値審査は公定価格 (Taxed-Object Selling Value ; NJOP)か、その年の NJOP を考慮した市場価格に基づいて行われる。また下記の項目も同様に参照される。

(BPN 規制 No.3/2007 の 28 条)

- ・ 土地の位置および地域
- ・ 土地の状態
- ・ 土地の権利 (entitlement)
- ・ 土地と既定の地域計画または都市計画との整合性
- ・ 利用可能な施設や基盤
- ・ その他の土地価格価値を上げる要因

建物および耕作地の価値審査は建物や耕作地、造園等を所管する地方政府の職員により行われる。

(大統領令 No.65/2006 の 10 条及び BPN 規制 No.3/2007 の 29 条)

4) 土地補償手続き

土地補償は用地取得委員会の主導または調整により下記の手続きにそって行われる。(大統領令 No.65/2006 大統領令 No.36/2005 の改定についての 7 条及び BPN 令 No.3/2007 の 14 条より)

- ・ 住民への説明と周知をおこなう。(パブリックカウンセリング)
- ・ 取得や引渡しが必要な土地、建物、耕作地、その他の建造物の権利について調査と目録作成を行う。(目録作成調査)
 - ・ 権利が取得される土地の法的状態とともに根拠となる資料を調査する。(土地の状態調査)
 - ・ 1)、2)の調査結果および目録について文書で告知する。(調査と目録の告知)
 - ・ 土地の価値審査の結果を土地の価値審査委員会/チームと建物、耕作地、その他の建造物の価値審査に責任のある政府職員から受け取る。(土地価値審査)
 - ・ 補償のやりかたや額についてプロジェクト実施者と土地所有者での話し合いを行う。(補償についての審議)
 - ・ 権利が放棄される土地の補償額について決定し文書として残す。(補償の決定)
 - ・ 土地所有者への補償の実施を確認する。(補償の支払い)
 - ・ 所有権の明け渡しと引渡しについて公的な報告書を作成する。(土地の権利の明け渡しの報告書の作成)
 - ・ 用地取得に関するすべての書類をとりまとめ、文書として記録し、土地を取得するプロジェクト実施者と市/郡の土地事務所に提出する。(土地の補償のとりまとめ及び記録)
 - ・ 話し合いによって合意が形成されなかった場合、用地取得委員会は問題についていくつかの解決策とともに関係の市/郡の長(県知事)に報告する。(解決に向けた裁定)

一方、州の用地取得委員会は下記のような手続きを主導あるいは実行する。

(BPN 令 No.3/2007 の 15 条)

- ・ 関係のある District への説明と周知をおこなう。
- ・ District における用地取得手続きを協調して行う。
- ・ 知事に対して関連の市/郡から提案された補償のやり方や額についての判断に関する意見を提出する。
- ・ 関係する市/郡での土地取得の手続きに対する管理、監督を行う。

・ 用地取得の手続きフロー

用地取得の手続きフローを図 4-45 に示す。

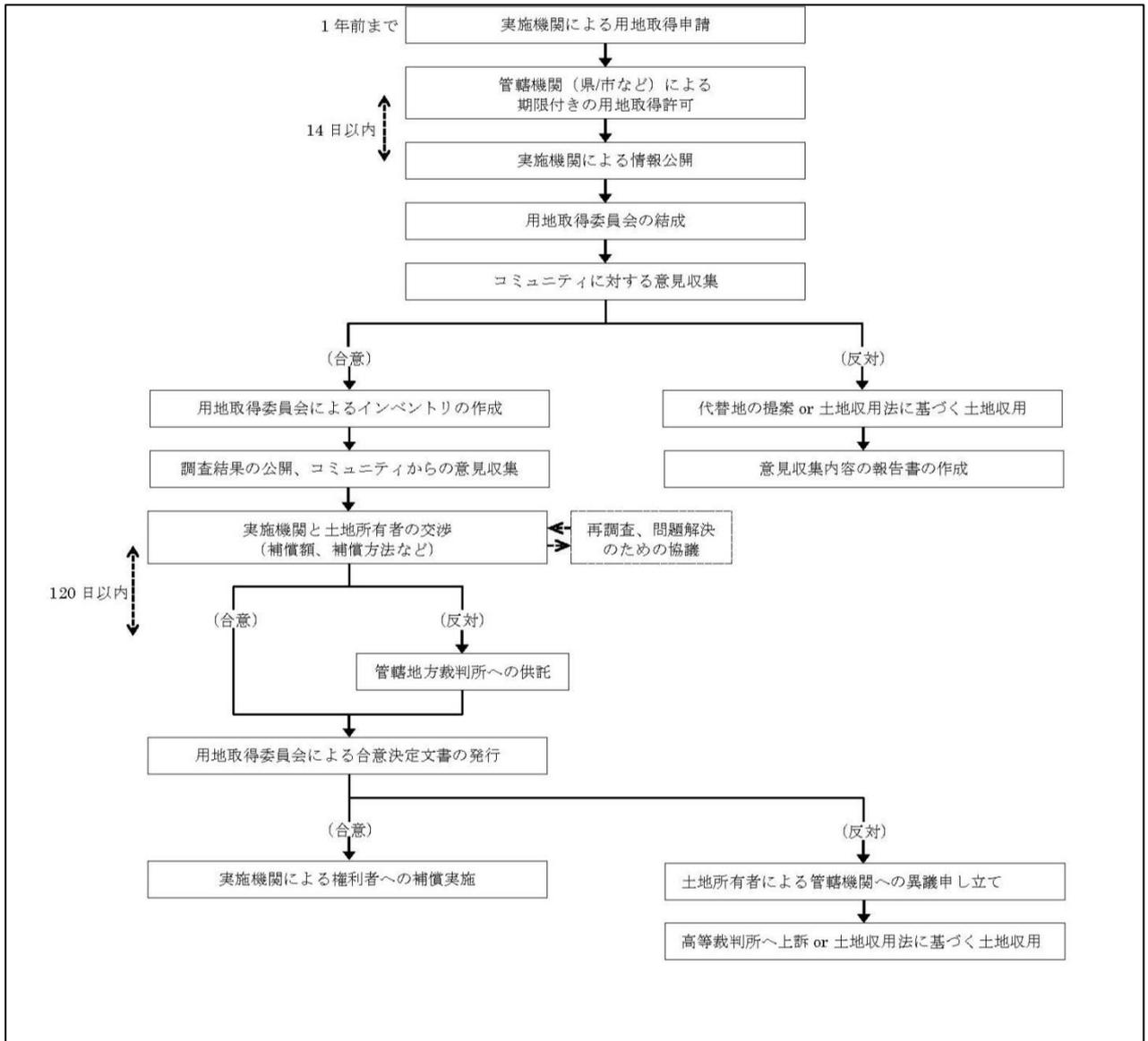


図 4-45 用地取得の手続きフロー³⁴

5) 国際協力機構環境社会配慮ガイドライン(2010年4月)との乖離

表 4-61 に J I C Aガイドラインとインドネシア国関係法令の比較を示し、表 4-62 にその乖離を埋めるための対応方針を示した。

表 4-61 JICA ガイドラインとインドネシア国関係法令の比較

項目	JICAガイドライン / OP4.12	インドネシア関連法令
移転計画の作成	PAPsの適切な参加に基づく RAPの作成。 RAPの作成にあたっては事前に十分な情報	国内法では、RAP作成に関する記述はなく、 RAP作成が事業実施者の責務という記述もな

³⁴ Presidential Decree No.36/2006. and Head of National Land Agency Decree No.3/2007

	が公開された上で、これに基づく影響を受ける人々やコミュニティとの協議が行われていなければならない。	い。 用地取得法2012年第2号（2012年1月施行）でLAPの作成が義務付けられたが、RAPの作成は義務付けられていない。
生計回復支援	相手国は、移転住民が以前の生活水準や収入機会、生産水準において改善または少なくとも回復できるように努めなければならない。これには、土地や金銭による（土地や資産の損失に対する）損失補償、持続可能な代替生計手段等の支援、移転に要する費用等の支援、移転先でのコミュニティ再建のための支援等が含まれる。	国内法では、特に記述はない。 用地取得法2012年第2号（2012年1月施行）でも同様である。
不法占拠者への支援	不法占拠者は移転に対する支援を提供されなければならない。	影響を受ける建物の法的所有者または宗教上の所有者は、損失に対する補償を受ける権利を有する。 用地取得法2012年第2号（2012年1月施行）でも同様である。
補償算定	可能な限り、再取得価格に基づき、事前に行われなければならない。	補償はNJOPまたは第三者的な土地評価者が算定する市場価格を基に算定。
社会的弱者への支援	女性、子ども、老人、貧困層、少数民族等社会的な弱者については、一般に様々な環境影響や社会的影響を受けやすい一方で、社会における意思決定プロセスへのアクセスが弱いことに留意し、適切な配慮がなされていなければならない。	国内法では、特に記述はない。 用地取得法2012年第2号（2012年1月施行）でも同様である。
住民参加	住民移転計画およびの生計回復のための計画、実施、モニタリングにおいて、影響を受ける住民およびコミュニティの適切な参加が促進されていなければならない。	事業概要と用地取得に関する情報を事業承認後14日以内に公開する。 加えて、用地取得の対象となる土地所有者に対する協議が必要であり、協議結果をホームページやメディアを通じて公開しなくてはならない。 用地取得法2012年第2号（2012年1月施行）では、事業開発段階の60営業日以内で住民参加が必要とされている。
苦情処理	影響を受ける人々やコミュニティからの苦情に対する処理メカニズムが整備されていなければならない。	国内法では、特に記述はない。 用地取得法2012年第2号（2012年1月施行）では、異議申立ては、14営業日以内に地方裁判所へ行うこととされている。

モニタリング	環境管理計画、モニタリング計画など適切なフォローアップの計画や体制、そのための費用及びその調達方法が計画されていなければならない。モニタリング結果を、当該プロジェクトに係る現地ステークホルダーに公表するよう努めなければならない。	国内法では、特に記述はない。 用地取得法2012年第2号（2012年1月施行）では、用地取得の実施の評価及びモニタリングは政府によって行われること、用地の引渡しの結果の評価及びモニタリングは土地管理者によって行われることが定められている。
--------	--	--

表 4-62 JICA ガイドラインとインドネシア国の関係法令とのギャップへの対応方針

確認したギャップ	対応方針
RAP作成	事業者により用地取得計画の作成の理解を得る。
生計回復支援	用地取得が生計に及ぼす影響は小さいため、道路整備、電力供給など包括的な支援策を計画している。本事業では用地取得法に乗り取り、地方政府立会の下、代替土地の再取得価格、その斡旋、手続き料等を含む交渉がなされる予定である。また、事業者により苦情処理メカニズムが構築されることから、個別の要望が生じた際にさらなる生計回復策を検討する。
不法占拠者への支援	不法占拠者がいる場合には、基本的に不法占拠者への支援を提供する。
補償算定	補償額は土地使用者、地方行政機関との交渉で定めた価格で、市場価格とみなすことができる。
社会的弱者への支援	必要に応じて支援する。
住民参加	UKL&UPLの説明会および用地取得における住民協議を実施することにより住民参加を確保している。
不服申し立て	事業者が相談窓口を設ける。
モニタリング	UKL&UPLの環境モニタリング計画に基づくモニタリングを実施し、関係機関への報告と、専門コンサルタントからのアドバイスを得ることにより、透明性、確実性を確保する。

4-3-1-4. 代替案(ゼロオプションを含む)の比較検討

(1) 代替案

UKL/UPL の手続きにおいては、代替案の検討は義務付けられていないが、地理条件、居住者等を考慮して立地が検討された。

(2) ゼロオプション

本プロジェクトは、経済、開発分野活動のための電力需要に応えるため、電力供給量の増加に資するものであり、特に、Kaur 地域における開発のために不可欠なプロジェクトである。

- ・ 特に、Air Parawan 地域の住民の雇用機会の増大に資する。
- ・ 住民の生活水準を向上させ、Kaur 地域の経済成長及び開発に正の影響を及ぼす。

4-3-1-5. スコーピング及び環境社会配慮の TOR

(1) スコーピング

Nasal 小水力発電所建設事業による環境社会影響に係るスコーピング結果を表 4-63 に示した。

表 4-63 Nasal 小水力発電所建設に係るスコーピング結果

分類	影響項目	評価		評価理由
		工事前 工事中	供用時	
汚染対策	1 大気汚染	B-	B-	工事中 ：建設機械の稼働、工事車両の通行による排ガス、粉じんの発生が想定されるが、時期、場所は限定的である。 供用時 ：通行車両から排気ガスが排出される。
	2 水質汚濁	B-	B-	工事中 ：工事現場からの土砂流出、建設機材・工事車両等からの油分等の流出、工事用宿舍等からの排水等による影響が想定される。 供用時 ：堰の設置および取水に伴う滞留区間及び減水区間の形成が想定される。
	3 廃棄物	B-	D	工事中 ：建設残土や廃材の発生が想定される。 供用時 ：廃棄物が発生することは想定されない。
	4 土壌汚染	B-	D	工事中 ：工事車両、建設機械等からの油分流出による土壌汚染の可能性はある。 供用時 ：想定されない。
	5 騒音・振動	B-	B-	工事中 ：建設機材の稼働、工事用車両の通行による騒音・振動の発生が想定される。 供用時 ：発電所の稼働に伴い騒音が発生する。また、関係車両の通行により騒音・振動が発生する。
	6 悪臭	D	D	工事中・供用時 ：悪臭が発生することは想定されない。
自然環境	7 保護区	D	D	工事中・供用時 ：計画地には保護区は存在しない。計画地よりおよそ 6km のところに国立公園（Buki Barisan Selatan National Park）が存在する。
	8 生態系	C	C	工事中 ：工事活動による生態系への影響が想定されるが、現時点ではその程度は不明である。 供用時 ：通行車両からの騒音による、動物への影響が想定されるが、現時点ではその程度は不明である。
社会環境	9 住民移転	B-	D	工事前 ：発電所関連施設用地の取得に伴う、住民移転は想定されていない。
	10 貧困層	D	D	工事前・供用時 ：用地取得に伴う影響対象者に貧困層は含まれない。
	11 少数民族・先住民	D	D	事業対象地及びその周辺に、少数民族・先住民は居住しない。
	12 雇用や生計手段等の地域経済	B-/B+	B-/B+	工事前 ：用地取得に伴い生計手段の変更を余儀なくされ、用地取得に伴い収入の減少が想定される。 工事中 ：本事業実施による地元労働者が優先して雇用される。 供用時 ：用地取得に伴う、生計手段の喪失、減少による困窮の可能性はある。／維持管理のための雇用機会の増加が期待される。
	13 土地利用や地域資源利用	B-	B-	工事前・供用時 ：導水路等、施設の立地に伴う土地利用への影響の可能性はある。
	14 水利用	B-	B-	工事中 ：土砂が河川に流入することにより水利用への影響が想定される。 供用時 ：減水区間の形成や導水路建設に伴う水利用への影響が想定される。

分類	影響項目	評価		評価理由
		工事前 工事中	供用時	
	15 既存の社会インフラや社会サービス	B-	B-/B+	工事中 ：工事中の交通量増加が想定される。 供用時 ：交通量の増加が想定される。／地元への電力供給により社会インフラ・サービスの向上の可能性がある。
	16 社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	B-	D	工事前 ：補償に関する手続きにおいて地域の意思決定機関等への影響が想定される。 供用時 ：本事業の実施により社会関係資本の増加が想定される。
	17 被害と便益の偏在	B-	B-	工事前・供用時 ：用地取得を受ける住民にはある程度の損害が発生し、不公平感が発生する可能性がある。地域への電力供給は便益の増大をもたらすが、供給地域の偏在が発生する場合には不公平感が増大する可能性がある。
	18 地域内の利害対立	B-	B-	工事前・供用時 ：用地取得を受ける住民にはある程度の損害が発生し、用地取得のない住民との間に利害対立が発生する可能性がある。また、電力供給地域に偏在が発生する場合には利害対立が発生する可能性がある。
	19 文化遺産	D	D	計画地およびその周辺に歴史的、文化的、考古学的資産や遺産は存在しない。
	20 景観	B-	B-	工事中 ：樹木の伐採等により景観の変化が想定される。 供用時 ：関連施設の建設により景観の変化が想定される。
	21 ジェンダー	D	D	工事中・供用時 ：工事及び発電所立地に伴うジェンダーへの影響は想定されない。
	22 子どもの権利	D	D	工事中・供用時 ：工事及び発電所立地に伴う子供の権利への影響は想定されない。
	23 HIV/AIDS 等の感染症	B-	D	工事中 ：工事作業員の移入により、感染症が広がる可能性が考えられる。 供用時 ：感染症が広がる可能性は想定されない。
	24 労働環境(労働安全を含む)	B-	B-	工事中 ：事故発生の可能性があり、工事作業員の移入による伝染病の発生の可能性がある。 供用時 ：維持管理において事故発生の可能性がある。
その他	25 事故	B-	B-	工事中 ：工事活動における事故の発生とともに、工事関係車両による交通事故発生の可能性がある。 供用時 ：維持管理活動における事故と関係車両による交通事故発生が考えられる。
	26 越境の影響、及び気候変動	D	D	工事中 ：建設機材及び工事車両からのCO ₂ の発生があるが、一時的、局地的であり、気候変動に影響を与えることは想定されない。 供用時 ：発電に係るCO ₂ 発生は他発電方式に比較して小さく、気候変動に影響を与えることは想定されない。

A+/-: 重大な正/負の影響が想定される。

B+/-: ある程度の正/負の影響が想定される。

C+/-: 正/負の影響の程度は不明である（更なる調査が必要で、その過程で）影響の程度を予想することが可能である）。

D: 影響は想定されない。

(2) 環境社会配慮の TOR

環境社会配慮の TOR を表 4-64 に示す。

表 4-64 Nasal 小水力発電所建設に係る環境社会配慮の TOR

分類	環境項目		調査項目	調査手法
汚染対策	1	大気汚染	1)関連する環境基準等 2)気象状況 3)大気質の現況 4)交通量	①既存資料収集 ②現地踏査
	2	水質汚濁	1)関連する環境基準等 2)河川水質の現況	①既存資料収集 ②現地踏査 ③ヒアリング
	3	廃棄物	1)関連する環境基準等 2)廃棄物の処理方法	①既存資料収集 ②ヒアリング
	4	土壌汚染	1)関連する環境基準等 2)工事機械等の管理	①既存資料収集 ②ヒアリング
	5	騒音・振動	1)関連する環境基準等 2)騒音・振動の現況 3)交通量	①既存資料収集 ②現地踏査 ③ヒアリング
	6	悪臭	1)関連する環境基準等 2)悪臭の現況	①既存資料収集 ②現地踏査 ③ヒアリング
自然環境	7	保護区	1)関連する法令等 2)指定状況	①既存資料収集 ②ヒアリング
	8	生態系	1)生態系の現況 2)希少種の出現状況	①既存資料収集 ②現地調査 ③ヒアリング
社会環境	9	住民移転	1)関連する法令等 2)用地取得により影響を受ける住民の状況 3)影響を受ける資産	①既存資料収集 ②現地踏査 ③ヒアリング
	10	貧困層	1)影響住民の中での貧困層の有無	①既存資料収集 ②ヒアリング
	11	少数民族・先住民族	1)対象地域における少数民族、先住民族の状況	①既存資料収集 ②ヒアリング
	12	雇用や生計手段等の地域経済	1)地域経済の状況	①既存資料収集 ②ヒアリング
	13	土地利用や地域資源利用	1)土地利用の状況	①既存資料収集 ②現地踏査 ③ヒアリング。
	14	水利用	1)水利用の現況	①既存資料収集 ②現地踏査 ③ヒアリング
	15	既存の社会インフラや社会サービス	1)社会インフラの状況	①既存資料収集 ②現地踏査 ③ヒアリング
	16	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	1)社会関係資本、社会組織の現況	①既存資料収集 ②ヒアリング
	17	被害と便益の偏在	1)地域経済の状況 2)影響住民の生計	①ヒアリング
	18	地域内の利害対立	1)地域経済の状況 2)影響住民の生計	①ヒアリング

分類	環境項目		調査項目	調査手法
	19	文化遺産	1)文化遺産の状況	①既存資料収集 ②ヒアリング
	20	景観	1)景勝地の状況	①既存資料収集 ②現地踏査 ③ヒアリング
	21	HIV/AIDS 等の感染症	(なし)	(なし)
	22	労働環境(労働 安全を含む)	(なし)	(なし)
その他	27	事故	(なし)	(なし)
	28	越境の影響、 及び気候変動	(なし)	(なし)

4-3-1-6. 環境社会配慮調査結果

(1) 汚染対策生活環境(水質、廃棄物)

1) 大気・騒音

事業予定地における騒音の測定結果を表 4-65 に示す。

大気に関する情報は得られていない。

表 4-65 騒音測定結果

地点番号	測定場所	測定結果 (dBA)	環境基準値
1	建設予定地点	49	70 (産業)
2	居住区	52	55 (住宅地)

環境基準値 : Decree of the Minister of Environment No. Kep-48/MENLH/1996, 2006

出典 : UKL/UPL

2) 水質

UKL/UPL には掲載されておらず、事業者へのヒアリングによれば、水質データは収集していないとのことである。今後、その後のモニタリングに使用できるベースラインデータとして、工事開始前までに既存データ状況に応じて水質調査を実施し、情報を得ておく必要がある。

3) 廃棄物

この地域の廃棄物は地方政府により収集、処理されている。

(2) 自然環境

1) 国立公園

プロジェクト計画地に最も近い国立公園は Buki Barisan Selatan National Park であり、およそ 6km 離れている。



図 4-46 北スマトラの国立公園位置図

2) 保護区

保護区については Reproduced from Indonesia Protected Areas Map (The Department of Forestry, December 2001)に記載された保護区指定情報および保護区エリアマップ、ならびに現地踏査による地元住民を対象としたヒアリングにて確認した結果、プロジェクト対象エリア内に保護区がないことを確認している。

3) 自然保護林

プロジェクト計画地と自然保護林の位置関係を図 4-47 に示す。

プロジェクト計画地は自然保護林に該当しない。

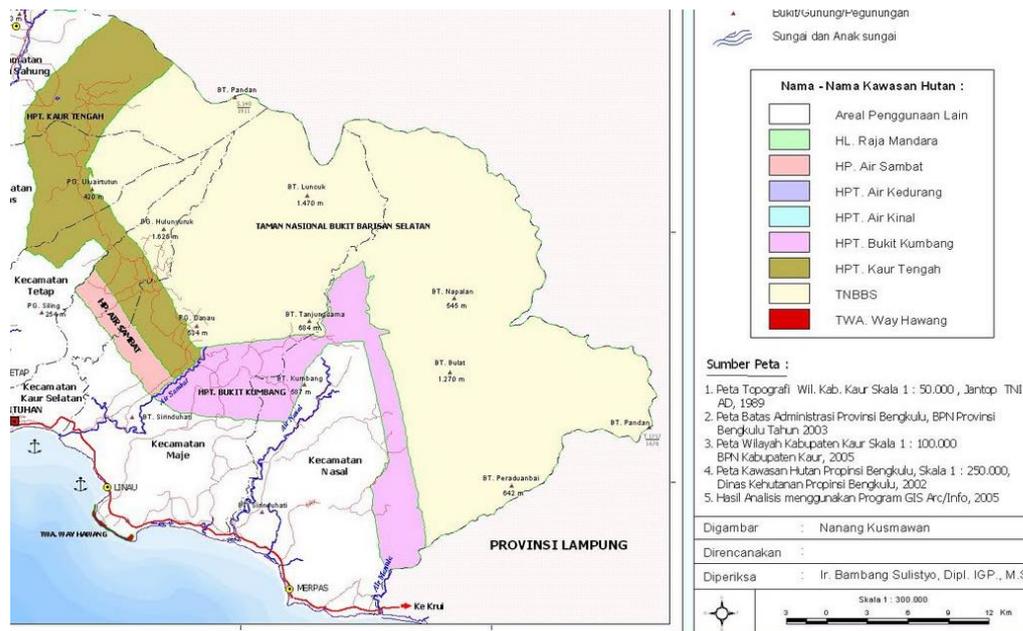


図 4-47 プロジェクト計画地と自然保護林の位置関係

4) 生態系

(A) 希少種

プロジェクト対象エリアにおいて、UKL/UPL 及び現地踏査（2013 年 3 月実施）による地元住民を対象としたヒアリングで確認できた種のうち、国内法(Government Regulation No.7/1999)または IUCN のレッドリスト掲載種に該当する希少種を、以下の表 4-66 に示す。

2013 年 3 月に実施した現地踏査で、フクロテナガザル *Symphalangus syndactylus* が目撃され、プロジェクトサイトの外側で、ブタオザルが目撃された。住民へのヒアリングでは、ブタオザル *Macaca nemestrina* やスマトラトラ *Panthera tigris* の目撃情報があった。スマトラトラについては、1 年に 1 回程度のきわめて低い頻度で足跡などの痕跡が確認されることがあるとの情報が複数の村人から得られた。

本プロジェクトサイトは二次林と耕作地で北と東を囲むように限定生産林が帯状に分布し、そのさらに 6km 北側および東側には国立公園が分布している。これらの希少種は主に国立公園に生息しており、広い行動圏を持つ種であるため³⁵、辺縁部の当プロジェクト予定地周辺で目撃されるものとかんがえられる。本プロジェクトの実施場所は二次林と耕作地であり、土地の改変は限定的なものであることから、プロジェクトの実施が希少種の生息に与える影響は軽微であると考えられる。

表 4-66 プロジェクト対象エリアに生息する希少種

No.	分類	学名	現地名	和名	区分
1	鳥類	<i>Nisaetus bartelsi</i>	Elang	ジャワクマタカ	IUCN ランク：EN 国内法保護種
2	哺乳類	<i>Panthera tigris</i>	Harimau	トラ（スマトラトラ）	IUCN ランク：CR 国内法保護種
3	哺乳類	<i>Helarctos malayanus</i>	Beruang	マレーグマ	IUCN ランク：VU 国内法保護種
4	哺乳類	<i>Symphalangus syndactylus</i>	Siamang	フクロテナガザル	IUCN ランク：EN
5	哺乳類	<i>Macaca nemestrina</i>	Beruk	ブタオザル	IUCN ランク：VU

出典：UKL/UPL

(B) 植生

プロジェクト対象エリアの植生は下記の5つのタイプに分けられる。周辺地域の大部分は、パラゴムノキ (*Hevea brasiliensis*)、コーヒーノキ (*Coffea canephora* var. *robusta*)、アブヤヤシ (*Elaeis* 属) 等の樹木が植栽された耕作地である。高木のゴムノキ、低木のコーヒーノキ、さらにゴムノキの樹皮につる植物であるコショウを植栽するなど多様な作物を同一の耕作地で栽培するアグロフォレストリー様の耕作地が大部分であり、いわゆるモノカルチャーのプランテーションは少ない。このため、一見すると自然度の高い様相を呈する耕作地が多く、実際に自然林と同様に多様な動物の生息の場所となっている。傾斜が緩やかな斜面では、陸稲の耕作も認められるが面積としては多くない。開放的な草地的環境には、カヤツリグサ科の仲間やマツヨイグサ属の植物が見られる。

プロジェクトエリアの最上流部の急峻な斜面を中心とした狭い範囲には、自然度の高い樹林があり、発達した林相を呈している。プロジェクトエリアの Nasal 川上流部の急峻な斜面を中心とした狭い範囲には、フタバガキ科の高木や木生シダ類が繁茂し、比較的的自然度の高い樹林帯を形成している。林内ではノボタン科の仲間、*Pandanus* 属の仲間、タケ亜科の仲間が見られる。河川沿いの植生には、出水時に攪乱を受けている痕跡が見られるが、礫河原のような環境はほとんどなく、河川に特異的な植生はほとんど存在しない。

集落等の居住地や道路沿いには、観賞用の美麗種の植栽が確認できるがきわめて限定的なもの

³⁵ Dolly Priatna, Yanto Santosa, Lilik B. Prasetyo and Agus P. Kartono. ome range and movements of male translocated problem tigers in Sumatra. *Asian Journal of Conservation Biology*, July 2012. Vol. 1 No. 1, pp.20-30.

³⁵ <http://pin.primate.wisc.edu/factsheets/entry/siamang>

³⁵ http://pin.primate.wisc.edu/factsheets/entry/pigtail_macaque

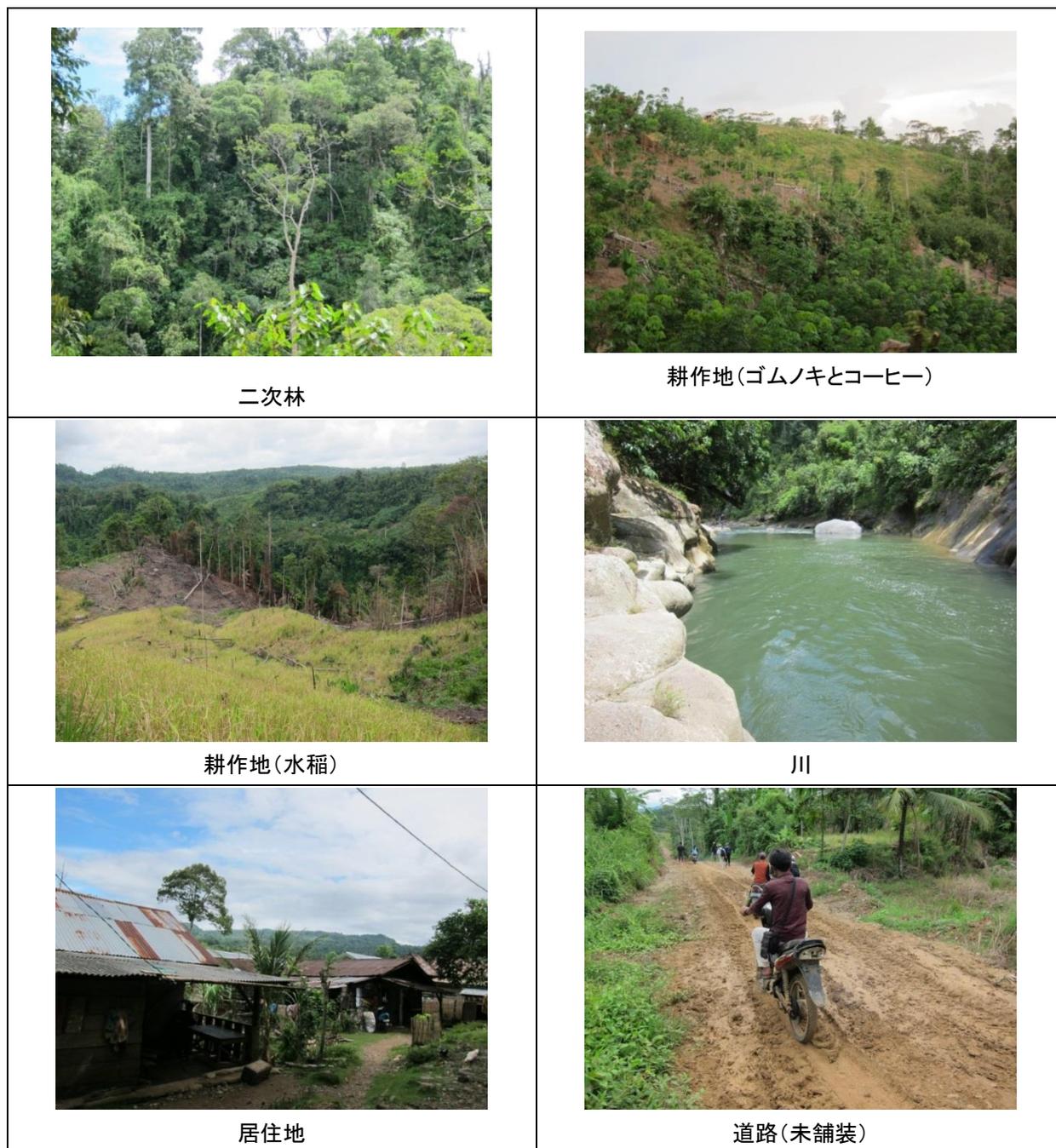


図 4-49 プロジェクト計画地周辺の概況



カヤツリグサ科 Cyperaceae の仲間



ケイトウ属 *Celosia* ノゲイトウの仲間



マツヨイグサ *Oenothera* 属の仲間



Allamanda 属の仲間



タケ亜科 Bambusoideae の仲間



イチジク属 *Ficus* の仲間

図 4-50 プロジェクト計画地周辺の植生



ノボタン科 *Melastomataceae* の仲間



Pandanus 属の仲間



コーヒー（ロバスタ種）*Coffea. canephora* var.
robusta



イネ *Oryza sativa*



コショウ *Piper nigrum*



アブラヤシ *Elaeis* 属



パラゴムノキ *Hevea brasiliensis*



バナナ (*Musa* sp.)

図 4-51 プロジェクト計画地周辺の植生

(C) 動物

(a) 哺乳類

現地調査(2013年4月実施)時に、野生動物としてフクロテナガザル *Symphalangus syndactylus*、カニクイザル *Macaca fascicularis*、ブタ *Sus scrofa* を目視により確認した。野生ブタは普通に生息しており、足跡やヌタ場などの痕跡が多く見られた。

住民への聞き取りによると、このほかにブタオザル *Macaca nemestrina* やスマトラトラ *Panthera tigris* が見られることがあるとのことであった。ブタオザルについては、現地調査の際にプロジェクトサイトの外側エリアで確認した。スマトラトラについては、1年に1回程度のきわめて低い頻度で足跡などの痕跡が確認されることがあるとの情報が複数の村人から得られた。

これら希少種は、本プロジェクトサイトの北側及び東側に分布する国立公園に生息するものが辺縁部で目撃されるもので、本プロジェクトの実施場所は二次林と耕作地であり、土地の改変は限定的なものであることから、プロジェクトの実施が希少種の生息に与える影響は軽微であると考えられる。



フクロテナガザル *Symphalangus syndactylus*



カニクイザル *Macaca fascicularis*



野生のブタの足跡



ブタ *Sus scrofa*

図 4-52 現地調査(2013年4月実施)で観察された哺乳類

(b) 両生類

現地調査（2013年4月実施）時に、集落付近のため池で、カエルの鳴き声を確認したが、種類は特定できなかった。

この地域には、重要な両生類は確認されておらず、聞き取りによればカエル類は普通に見かけるとのことであった。



図 4-53 現地調査(2013年4月実施)で観察されたカエルが生息する池

(c) 爬虫類

現地調査（2013年4月実施）では爬虫類は確認できなかった

聞き取りによると、スマトラコブラ *Naja sumatrana*、アミメニシキヘビ *Python reticulatus*、ミズオオトカゲ *Varanus salvator* が、普通に生息しているという情報があった。

(d) 鳥類

現地調査（2013年4月実施）時に、アナツバメの仲間（*Collocalia* sp.）が広範囲で普通に確認されたほか、林内ではチャノドコバシタイヨウチョウ (*Anthreptes malacensis*) やモリツバメ (*Artamidae* sp.) の仲間が見られた。また、Nasal 川沿いではササゴイ (*Buteorides striatus*) やカワセミの仲間 (*Alcedo* sp.) を確認した。

家禽としてはニワトリを飼育している。



ニワトリ



アナツバメ *Collocalia* 属の仲間



Brown-throated sunbird



カワセミの仲間と思われる排泄物痕

図 4-54 現地調査(2013年4月実施)で観察された鳥類

(e) 昆虫類

現地調査(2013年4月実施)時には、普通種であるカメムシ目(Hemiptera)、トンボ目(Odonata)、ハエ目(Diptera)、コガネムシ目(Coleoptera)、ハチ目(Hymenoptera)、チョウ目(Lepidoptera)やバッタ目(Orthoptera)が見られた。



バッタ目バッタ科 Acrididae の仲間



バッタ目バッタ科 Acrididae の仲間

図 4-55 現地調査(2013年4月実施)で観察された昆虫類



トンボ目イトトンボ亜目 Zygoptera の仲間



トンボ目サナエトンボ科 Gomphidae の仲間



チョウ目タテハチョウ科 Nymphalidae の仲間



ガムシ科 Hydrophilidae の仲間



ハチ目ハナバチ科クマバチ属 *Xylocopa* の仲間



コガネムシ目ヒョウタンゴミムシ亜科
Scaritinae の仲間

図 4-56 現地調査(2013年4月実施)で観察された昆虫類



チョウ目アゲハチョウ科 Papilionidae の仲間



ハチ目アリ科 Formicidae の仲間

図 4-57 現地調査(2013年4月実施)で観察された昆虫類

(f) 水生生物

現地調査(2013年4月実施)時に、アメンボ類やカゲロウ類などの水生昆虫、またカワニナ科の巻き貝を確認した。

また、住民への聞き取りによると、プロジェクト対象地域の周辺河川は急流で、魚類は少なく漁業も行われていないとのことであった。



アメンボ(カメムシ目 Hemiptera) の仲間



ヒラタカゲロウ亜目 Schistonota



カワニナ科 Pleuroceridae の仲間



ヒラタカゲロウ亜目 Schistonota の仲間

図 4-58 現地調査(2013年4月実施)で観察された水性生物類

(3) 文化遺産

プロジェクト計画地の情報収集と観察の結果、歴史的な建築物は存在しない。

(4) 景観

プロジェクト計画地周辺の景観を図 4-59、図 4-60 に示す。既存道路、集落からの景観は耕作地と二次林が広がっており、川面を見ることはできない。また、河道の両岸は急峻な二次林となっており、眺望は少ない。



図 4-59 事業予定地周辺の景観：取水堰に続く山道



(取水堰付近を上流部から望む)

図 4-60 プロジェクト計画地周辺の景観：河道の状況

(5) 労働環境

事業予定地とその周辺の住民の主な収入源は乾燥地での農業とプランテーションである。

(6) 先住民族の生活区域

現地調査（2013年3月実施）でのヒアリングによれば、先住民族・少数民族の生活区域や先住民族・少数民族にとって特別な社会的価値のある地域は存在しない。

4-3-1-7. 影響評価

環境影響評価結果を表 4-68 に示す。

表 4-68 Nasal 小水力発電所建設に係る影響評価結果

分類	影響項目		スコーピング時の影響評価		調査結果に基づく影響評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	工事前 工事中	供用時	
汚染対策	1	大気汚染	B-	B-	B-	B-	工事中 ：建設機械の稼働、工事車両の通行による排ガス、粉じんの発生が予想されるが、時期、場所は限定的であり、影響は軽微であると考えられる。 供用時 ：通行車両から排気ガスが排出されるが、通行量はわずかであり、影響は軽微であると考えられる。
	2	水質汚濁	B-	B-	B-	B-	工事中 ：工事は乾季に実施し、工事現場からの土砂流出を最小化する。建設機材・工事車両等からの油分等の流出がないよう管理指導を行う。工所用宿舎等からの排水はわずかであり、土壌浸透による処理する。このため、水質汚濁への影響は軽微であると考えられる。 供用時 ：堰の設置および取水に伴う滞留区間及び減水区間が生じるが、滞留区間は堰直上に限定され、減水区間は単調な河道であり、水質汚濁の影響は軽微であると考えられる。
	3	廃棄物	B-	D	B-	D	工事中 ：掘削土砂はできる限り埋戻しや盛土に利用し。残土が生じないようにすることや、廃棄物は地域の収集処理方向に則り適正に処理するため、影響は軽微であると考えられる。 供用時 ：発電所運転に係る廃棄物の日常的な発生はなく、維持管理においてわずかに発生する可能性があるが、適切に処理されることから影響は生じないと考えられる。
	4	土壌汚染	B-	D	B-	D	工事中 ：工事車両、建設機械等からの油分流出による土壌汚染の可能性があるが、車両、機材の管理指導を行うことから影響は軽微であると考えられる。 供用時 ：運転に伴う影響は予想されない。
	5	騒音・振動	B-	B-	B-	B-	工事中 ：建設機材の稼働、工所用車両の通行による騒音・振動の発生が予想されるがその期間、場所は限定的であり、影響は小さいと考えられる。 供用時 ：発電所の稼働に伴い騒音が発生するが、近隣に住居はなく、影響はほとんどない。

分類	影響項目		スコーピング時の影響評価		調査結果に基づく影響評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	工事前 工事中	供用時	
							と考えられる、また、関係車両の通行量はわずかであり、騒音・振動の影響は軽微であると考えられる。
	6	悪臭	D	D	D	D-	工事中・供用時 ：悪臭が発生することは想定されない。
	7	保護区	D	D	D	D	工事中・供用時 ：計画地近傍には保護区は存在しない。
自然環境	8	生態系	C	C	B-	B-	工事中 ： プロジェクト対象エリアにおいて、UKL/UPL および国内法 (Government Regulation No.7 1999) から確認できる情報、および現地踏査 (2013年4月実施) による地元住民を対象としたヒアリングでは、スマトラトラ、フクロテナガザル等の希少種の目撃情報があったが、土地の改変が限定的であること等から、工事による影響は軽微であると考えられる。また、河川域では遡河性の魚類は確認されておらず、出現種は少ないことなどから影響は軽微であると考えられる。 供用時 ：発電所、通行車両からの騒音による、動物への影響の可能性はある。プロジェクト対象エリアにおいて、UKL/UPL および国内法 (Government Regulation No.7 1999) から確認できる情報、および現地踏査 (2013年4月実施) による地元住民を対象としたヒアリングでは、スマトラトラ、フクロテナガザル等の希少種の目撃情報があったが、土地の改変が限定的であること等から、工事による影響は軽微であると考えられる。また、河川域では遡河性の魚類は確認されておらず、出現種は少ないことなどから影響は軽微であると考えられる。
	9	住民移転	B-	D	B-	D	工事前 ：発電所関連施設用地の取得に伴う住民移転は発生しない。
社会環境	10	貧困層	D	D	D	D	工事前・供用時 ：用地取得影響対象者に貧困層は含まれない。
	11	少数民族・先住民族	D	D	D	D	事業対象地及びその周辺に、少数民族・先住民族は居住しない。
	12	雇用や生計手段等の地域経済	B-/B+	B-/B+	B-/B+	B-/B+	工事前 ：用地取得に伴い生計手段の変更を余儀なくされ、収入の減少が想定される。 工事中 ：本事業実施による地元労働者が優先して雇用される。 供用時 ：用地取得に伴う、生計手段の喪失、減少による困窮の可能性はある。／維持管理のための雇用機会の増加が期待される。
	13	土地利用や地域資源利用	B-	B-	B-	B-	工事前・供用時 ：導水路等、施設の立地に伴う土地利用への影響の可能性はある。
	14	水利用	B-	B-	B-	B-	工事中 ：土砂が河川に流入することが予想されるが、その期間は限定的であり、影響は小さいと考えられる。 供用時 ：減水区間や導水路流域は急峻で水利

分類	影響項目		スコーピング時の影響評価		調査結果に基づく影響評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	工事前 工事中	供用時	
							用はないことから、影響はほとんどないと考えられる。
	15	既存の社会インフラや社会サービス	B-	B-/B+	B-	B-/B+	工事中： 工事車両の交通量が増加するが、運転手への安全教育等を徹底することにより影響を最小化する。 供用時： 関係車両による交通量の増加は軽微であると考えられる。／地元への電力供給により社会インフラ・サービスの向上の可能性はある。
	16	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	B-	D	B-	D	工事前： 補償に関する手続きにおいて地域の意思決定機関等への影響が想定される。 供用時： 本事業の実施により社会関係資本の増加が想定される。
	17	被害と便益の偏在	B-	B-	B-	B-	工事前・供用時： 用地取得を受ける住民にはある程度の損害が発生し、不公平感が発生する可能性がある。地域への電力供給は便益の増大をもたらすが、供給地域の偏在が発生する場合には不公平感が増大する可能性がある。
	18	地域内の利害対立	B-	B-	B-	B-	工事前・供用時： 用地取得を受ける住民にはある程度の損害が発生し、用地取得のない住民との間に利害対立が発生する可能性がある。また、電力供給地域に偏在が発生する場合には利害対立が発生する可能性がある。
	19	文化遺産	D	D	D	D	計画地およびその周辺に歴史的、文化的、考古学的資産や遺産は存在しない。
	20	景観	B-	B-	B-	B-	工事中： 樹木の伐採等により景観の変化が想定される。 供用時： 関連施設の建設により景観の変化が想定される。
	21	ジェンダー	D	D	D	D	工事中・供用時： 工事及び発電所立地に伴うジェンダーへの影響は想定されない。
	22	子どもの権利	D	D	D	D	工事中・供用時： 工事及び発電所立地に伴う子供の権利への影響は想定されない。
	23	HIV/AIDS等の感染症	B-	D	B-	D	工事中： 工事作業員の移入により、感染症が広がる可能性が考えられることから、衛生指導を徹底する。 供用時： 感染症が広がる可能性は想定されない。
	24	労働環境(労働安全を含む)	B-	B-	B-	B-	工事中： 事故発生の可能性があり、工事作業員の移入による伝染病の発生の可能性がある。 供用時： 維持管理において事故発生の可能性がある。
	25	事故	B-	B-	B-	B-	工事中： 工事活動における事故の発生とともに、工事関係車両による交通事故発生の可能性があることから、安全指導を徹底する。 供用時： 維持管理活動における事故と関係車両による交通事故発生の可能性があることから安全指導を徹底する。
Others	26	越境の影	D	D	D	D	工事中： 建設機材及び工事車両からのCO ₂ の発

分類	影響項目		スコーピング時の影響評価		調査結果に基づく影響評価		評価理由
			工事前 工事中	供用時	工事前 工事中	供用時	
		響、及び気 候変動					生があるが、一時的、局地的であり、気候変動に影響を与えることは想定されない。 供用時 : 発電に係るCO ₂ 発生は他発電方式に比較して小さく、気候変動に影響を与えることは想定されない。

A+/-: 重大な正/負の影響が予想される。

B+/-: ある程度の正/負の影響が予測される。

C+/-: 正/負の影響の程度は不明である（更なる調査が必要で、その過程で）影響の程度を予想することが可能である）。

D: 影響は予想されない。

4-3-1-8. 緩和策及び緩和策実施のための費用

環境緩和策は後述する「4-3-3-3 環境管理計画」に基づき実施される。

環境緩和策実施のための費用は、事業者が拠出する。

4-3-1-9. モニタリング計画

UKL/UPL においては、表 4-69 に概略したモニタリングが計画されているが、上記の環境影響評価結果および、後に示す環境管理計画をもとにすると、項目、頻度等は再考の余地があり、それらを変更し、別添資料 N4-6 に示すモニタリングフォームに提案した。

表 4-69 Nasal 小水力発電所における事業者によるモニタリング計画

環境項目	項目	地点	頻度	実施者
【工事前】				
社会環境	コミュニティの議論に基づくコンセンサス/合意	プロジェクトサイト周辺村	1回	事業者
	合意文書の発行	プロジェクトサイト周辺村	1回	事業者
	補償に関する住民意見	プロジェクトサイト周辺村	1回	事業者
	プロジェクトに関する住民の反対意見	プロジェクトサイト周辺村	1回	事業者
【工事中】				
大気質	PM, Nox, Sox	プロジェクトサイト周辺村	1回	事業者
騒音	騒音レベル	プロジェクトサイト周辺村	1回	事業者
生態系	動植物及び水生生物	プロジェクトサイト近傍の Nasar川沿い	1回	事業者
社会環境	地域雇用者数	プロジェクトサイト周辺村	1回	事業者
	プロジェクトに関する住民の反対意見	プロジェクトサイト周辺村	1回	事業者
【供用後】				
騒音	騒音レベル	プロジェクトサイト周辺村	1回	事業者
社会環境	雇用された地域住民数	プロジェクトサイト周辺村	1回	事業者
	住民の反対意見	プロジェクトサイト周辺村	1回	事業者

4-3-1-10. ステークホルダー協議

地域住民へ対する説明会は1回(2012/2/2)実施している。

4-3-2. 用地取得・住民移転

4-3-2-1. 用地取得・住民移転の必要性

プロジェクト計画地での用地取得については地方政府と中央政府の双方が土地計画について許可している。本事業により農地の取得が必要であるが、対象となるすべての土地に対する補償が行われる予定である。土地所有者は、再取得価格に基づく補償金により代替となる土地を購入可能であるが、その斡旋も事業者が行う予定である。

2014年1月中旬での事業者へのヒアリングによると、再取得価格に基づく用地取得価格、移転費用等については、事業者が既に手掛けている同じベンガル州での別の小水力案件の実績をもとに価格、費用を決定し、地権者と交渉中とのことである。

道路の維持管理は事業者の社会貢献事業（CSR）の取組みとして行われる。なお、建設段階における建設用途目的の車両による影響も考慮されるべきである。

事業による地域への正の影響として、地元住民の雇用、道路の維持管理、税金、地域経済の振興などが挙げられる。2013年12月初め現在で、地元住民とのMOU等の契約書にて明記はしていないが、プロジェクトを進捗させる上でも地元住民の雇用は可能な限り行う予定とのことである。

(1) 用地取得

計画用地の総面積は40haであり、計画の詳細については進行中である。用地取得に先立ち、土地所有者ごとの土地図を現在整備中である。

(2) 土地の保有と所有権

プロジェクト計画地の土地の所有の状態は以下の3つがある；(a)地元コミュニティにより慣習的に所有されている（adat）土地、(b)権利書のある土地、(c)権利書のない土地。

2013年12月初め現在での情報では、ほぼ全ての地権者は権利書を持たず、慣習による土地割当（勝手に住み着いた等）とのことである。

用地取得交渉に先立ち、事業者は、対象となる各土地の所有者とその面積を地方政府（District Land Office of Kaur）および土地所有者立会いのもとに算出し、それに基づく地方政府からの証明書発行作業を所有者に代わり、行う予定である。証明書発行費用等についても事業者が負担する予定である。

4-3-2-2. 用地取得・住民移転の規模・範囲

(1) 用地取得規模

当該事業予定地にかかる詳細設計は現在実施段階であり（2013年3月時点）、取得が必要とする用地のインベントリ調査はまだ実施されていないが、以下の手順で行われる予定である。

2014年1月中旬時点での事業者へのヒアリングでは、家屋、土地の配置図を用意し、インベントリ調査について現在計画中とのことである。なお、購入費については、同じベンガル州で実施中の別の小水力案件での実績に基づき、事業予定地40ha分の購入費6,000,000,000RPを積算しているとのことである。

- 場所の特定：詳細設計にもとづき、土地（所有者、面積）を特定する。
- 土地ごとのインベントリー調査（土壌、作物、建物、経済状態、水利用、電気需要）を事業者、土地所有者、地方政府の立ち会いのもと実施する。
- Air Parawan village 代表者がそれを承認する。
- 得られたインベントリーにもとづき、地方政府から土地所有者ごとの権利書が発行される。事業者がその費用を支払う。
- 地方政府指導のもと、当該地区の実勢価格をもとに土地所有者と作物、土地等の価格交渉を行う。
- 地方政府立会いのもと、事業者から土地所有者に取得価格が支払われる。

(2) 用地取得による影響

本事業の用地取得により、農地が失われるが、事業者により再取得価格に基づく土地購入費、手続き費用、失われる作物、樹木等の金銭補償、土地購入の斡旋等が行われる予定である。

(3) 住民移転

本事業の用地取得による住民移転は生じない。

(4) 影響を受ける世帯

土地のインベントリー調査はまだ未実施であり、用地取得の対象となる世帯数は未定である。対象はすべて耕作地であり、所有者は、他の土地を購入予定である。

(5) 影響を受ける樹木

用地取得の対象となるのは全て耕作地であり、作物ごとに損失金が保障される。

4-3-2-3. 補償・支援の具体策

政府の定める方法に従い、生活水準及び収入の向上を目的とした土地取得委員会が組織され補償が実施される。

具体的な手順は4-3-2-2に記した。

この補償金は土地利用者と事業者の協議によって決められたもので、市場価格すなわち再取得価格に相当する。なお、土地利用者は別の場所に耕作地を所得する予定であり、その費用は補償金によりまかなわれる。

4-3-2-4. 苦情処理メカニズム

苦情受付窓口が設置される計画である。

4-3-2-5. 実施体制

用地取得の対象となる土地は住民が耕作地として利用している。

このため、耕作地の放棄についての補償は地方政府の立会いの下、事業者の責任で実施することになっている。

4-3-2-6. 実施スケジュール(損失資産の補償支払い完了後、物理的な移転を開始)

FS 調査による工程では、詳細設計終了後土地取得のプロセスが始まる予定である。2013 年 3 月に実施した現地での事業者へのヒアリングでは、2013 年中盤には土地取得のための交渉がはじめられそうとのことであった。2013 年 12 月初め現在、交渉はまだ続いているようである。

4-3-2-7. 費用と財源

(1) 用地取得

1) 補償費

FS 調査報告書および 2013 年 9 月受領の事業コストに関わる資料によれば、土地取得にかかる費用として、6,000 百万 RP (1 Ha あたり 150 百万 RP として 40Ha 分) が見込まれており、2013 年 3 月の現地調査での事業者へのヒアリングでは 2013 年に予算を執行すべく確保済みとのことであった。なお、2013 年 12 月初めの事業者へのヒアリングでは、補償費への充当原資は、エクイティファイナンス (新株、債券発行を伴う資金調達) でカバーしているとのことである。

2) 環境管理及びモニタリング費用

建中期間は自己資金と金融機関からの借入金を充当し建後は売電収入を充当する。

4-3-2-8. 実施機関によるモニタリング体制、モニタリングフォーム

事業者より入手した Nasal 小水力発電所にかかる環境管理計画では、工事前、工事中、供用後のそれぞれにおいて、工事による影響を分析し、それに対する環境管理計画とモニタリング計画を提示している。モニタリング体制としては、実施者として事業者、監督機関として Kaur 地方政府の環境、生活・健康、都市計画、交通、労働関連部署および周辺地区等を挙げている。モニタリングフォームは UKL/UPL に示されていないため、環境影響評価結果と環境管理計画をもとに、別添資料 N4-6 として提案した。

4-3-2-9. 住民協議

地域住民へ対する説明会は 1 回(2012/2/2)実施しており、事業の合意とともに土地取得実施についての合意を得ている。

2012 年 2 月 2 日に実施された説明会では、コミュニティリーダー、地域住民代表が参加した。用地取得については、合意形成の手続きについて質問がなされ、事業者より法に基づく用地取得の実施や十分な補償の提供について説明が行われた。コミュニティへの効果については、本事業

のコミュニティへの貢献について質問がなされ、事業者より地域労働力の活用について説明が行われた。

住民協議結果については、別添資料 N4-5 を参照。

4-3-3. その他

4-3-3-1. モニタリングフォーム案

- ・別添資料 N4-6 を参照

4-3-3-2. 環境チェックリスト

- ・別添資料 N4-7 を参照。

4-3-3-3. 環境管理計画

事業者から入手した環境管理計画では、工事前、工事中、供用後のそれぞれのフェーズにおいて工事による影響を分析し、それに対する環境管理とモニタリングを、主に地元住民の工事による精神的な影響への配慮を中心に計画されている。本報告書では、補足事項として、景観、廃棄物、土壌汚染等物理的な影響に対する管理計画および、費用責任を加え、新しい環境管理計画案をとして表 4-70 に提案する。

表 4-70 環境管理計画案

No	影響項目	潜在影響	基準	管理の取組み	実施機関	監督機関	費用責任
工事前							
9	住民移転	土地取得の実施にともなう人々の不満による苦情	1) 地価の補償の実現可能性 2) 円滑な土地取得の実施 3) 人々の苦情	1) 合意形成による価格設定 2) 土地取得手続きに関するガイダンスの実施 3) 面積、土地協定及び価格協定に基づいた補償 4) 多くの関係者を巻き込まない 5) 土地補償のために支払う	Project owner 土地取得委員会 地区、周辺村	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画関連部署 2) 周辺地区事務所	Project owner
12	雇用や生計手段等の地域経済	人々の収入の増加（地元の労働力）	対応の実現可能性（賃金）	1) 労働力の選定（地元の労働力を可能な限り活用する） 2) 専門技術にもとづく報酬	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画、労働関連部署 2) 周辺地区事務所	Project owner
13	土地利用や地域資源利用	土地所有権の変化	土地利用の変化	地方政府への報告	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画関連部署 2) 周辺村土地管理事務所	Project owner
16	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	土地取得手続きの際の地方行政官、地域住民との接触による、人々の考えの変化	----	適切な「土地取得計画」の作成	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画関連部署 2) 周辺村土地管理事務所	Project owner
17	被害と便益の偏在	住民、労働者、政府役人、地域政治家の間での	----	適切な「土地取得計画」の策定	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画、労働関連部署	Project owner

No	影響項目	潜在影響	基準	管理の取組み	実施機関	監督機関	費用責任
		偏在				2) 周辺地区事務所	
18	地域内の利害の対立	住民の認識の出現	日常の活動	事業目標の地域コミュニティへの説明	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画、労働関連部署 2) 周辺地区事務所	Project owner
工事中							
1	大気汚染	1) 工事による粉塵の発生 2) 建設機械及び機材の移動のための車両による排ガス	1), 2) - 大気質に関する現地基準 - IFC guideline values for ambient air quality (General/ 2007)	1)粉塵の予防 -乾期におけるアクセス道路への散水の -運搬経路の状況に応じて、トラックによる土壌の移動の際のカバーの利用。 2)排ガスの予防 -すべての建設機械及び車両の定期的な維持管理	--実施：請負業者/環境コンサルタント -監督：実施機関/監督コンサルタント	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画、交通関連部署 2) 周辺地区事務所	出費は請負業者との契約に含まれる
2	水質汚濁	1) 水質の低下 2) 水生生物への影響	1) 水質基準 2) 水生生物相についての住民の認識	1) 大雨量時の工種の考慮 2) 段階的な活動 3) 必要に応じた掘削および備蓄 4) 材料置き場の戦略的な配置 5) 排水設備	--実施：請負業者/環境コンサルタント -監督：実施機関/監督コンサルタント	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画、交通関連部署 2) 周辺地区事務所	出費は請負業者との契約に含まれる
3	廃棄物	1) 工事による工業廃棄物 2) 労働者による家庭ごみ 3) 有害廃棄物	1) - 3) 廃棄物管理規程	1), 2) 工事及び家庭廃棄物 通常廃棄物システムで廃棄適切な再生できない廃棄物の規程に従った処理 3) 廃棄物業者への委託	- 実施：請負業者/環境コンサルタント - 監督：実施機関/監督コンサルタント	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画、交通関連部署 2) 周辺地区事務所	出費は請負業者との契約に含まれる
4	土壌汚染	1) 建設活動に伴う油分及び化学物質の漏出 2) 不適切な廃棄物処理 3) 車両による排ガス及び粉塵	1), 2), 3) 土壌及び飲料水基準	1) 油分及び化学物質の適切な場所への貯留並びに地面への浸透の防止 2) 違法投棄の禁止 3) 土壌汚染があった際の既存の井戸を利用した地下水モニタリング	-実施：請負業者/環境コンサルタント - 監督：実施機関/監督コンサルタント	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画、交通関連部署 2) 周辺地区事務所	出費は請負業者との契約に含まれる

No	影響項目	潜在影響	基準	管理の取組み	実施機関	監督機関	費用責任
5	騒音・振動	1) 建設機械による振動及び騒音の発生 2) 機材及び労働者の輸送のための車両による騒音の発生	1), 2) - 騒音基準 - IFC guideline values for noise (General/ 2007)	1) 建設機械 - 建設スケジュールの最適化 - 建設工事の日中の実施(特に杭打ち) - 低騒音/低振動機材の最大限の利用 2) 動員 - ルート設定を含む交通整理計画の決定 - トラックの速度制限(特に居住域周辺)	- 実施： 請負業者/環境コンサルタント - 監督： 実施機関/監督コンサルタント	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画、交通関連部署 2) 周辺地区事務所	出費は請負業者との契約に含まれる
8	生態系	1) 植物相の損失 低木の植生 2) 水生生物への影響	1) 植物相の損失 2) 地滑り 3) 人々の苦情 4) 水生生物の変化	1) 樹木伐採は必要最低限にとどめる。 2) 濁った水は川に放流しない。 3) 対象地内で植生の変更・消失に対して可能な限り回復に努める 4) 地元へのインタビュー	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、都市計画、交通関連部署 2) 周辺地区事務所	Project owner
12	雇用や生計手段等の地域経済	地方の収入の増加(地元労働者)	労働者への報酬の実施可能性	地元労働者を可能な限り雇用する	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画、労働関連部署 2) 周辺地区事務所	Project owner
13	土地利用	アクセス道路、建屋建設による土地利用の変化		既存の等高線を変化させないよう配慮した建設	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画、交通関連部署 2) 周辺地区事務所	Project owner
14	水利用	下流の水利用者への影響	水利用者の日常の活動	1) 段階的な活動 2) 必要に応じた掘削および備蓄 3) 材料置き場の戦略的な配置 4) 排水設備	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画関連部署 2) 周辺地区事務所	Project owner

No	影響項目	潜在影響	基準	管理の取組み	実施機関	監督機関	費用責任
15	既存の社会インフラや社会サービス	1)美観の低下 2)交通インフラへの影響	1)人々の苦情 2)人々の流動性	1) 労働者へのプロジェクト地域及びキャンプ地の清潔に関するガイダンスの実施 2) 建設機材の設置 3)掘削機材の設置 4)アクセスロードの維持管理 5)地域コミュニティへの道路利用の機会の提供	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画、交通関連部署 2) 周辺地区事務所	Project owner
18	地域内の利害対立	社会交流への影響	社会的関係が保たれる	1)地域住民の優先 2)移入労働者に対する地域文化の尊重についてのガイダンスの実施	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画、交通関連部署 2) 周辺地区事務所	Project owner
20	景観	景観の低下	活動の適合性	掘削及び備蓄を最低限にとどめる。	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画関連部署 2) 周辺地区事務所	Project owner
23	HIV/AIDS 等の感染症	一時的な移入労働者の流入は感染のリスクは増加する恐れがある。	----	1)キャンプ地での臨時的の医療チームによる定期的な医療チェック 2)健康管理についての教育及び研修の実施	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画、労働関連部署 2) 周辺地区事務所	出費は請負業者との契約に含まれる。
24	労働環境（労働安全を含む）	1) 労働事故 2) 大気汚染、水質汚濁、建設工事による振動による病気	1) 労働事故 -重荷重の取り扱い - 高所の歩行 - 電気ショック 2) 環境汚染 - 大気汚染基準 - 騒音レベルの基準 - 廃棄物管理規程 - IFC guideline value for ambient air quality	1) 労働事故 - 安全教育や研修等の労働事故の防止に関するマニュアルの準備 - 工事内容に応じて労働者に対するヘルメット等の防具の提供 -火気使用場所での消火器の設置 -クレーン等の昇降装置の想定重量の確認 -	- 実施： 請負業者/環境コンサルタント - 監督： 実施機関/監督コンサルタント	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画、労働関連部署 2) 周辺地区事務所	出費は請負業者との契約に含まれる。

No	影響項目	潜在影響	基準	管理の取組み	実施機関	監督機関	費用責任
			(General/ 2007) and noise (General/ 2007)	昇降装置の十分なメンテナンス及び工事期間中の確認の実施 - 電気ショックに対する防護機材の利用 2) 環境汚染 - 関連基準の確認及びマスク、耳栓等の提供			
25	事故	- 交通事故	1) 陸上交通	1) 陸上交通 - 交通規制の確認、交通標識の設置及び安全運転教育 - 車両の安全運用の研修 - 周辺の村への車両のスケジュールの案内	- 実施： 請負業者/環境コンサルタント - 監督： 実施機関/監督コンサルタント	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画、交通関連部署 2) 周辺地区事務所	出費は請負業者との契約に含まれる。
供用後							
1	大気汚染	1) 資機材及び労働者の移動のための車両による排気ガス 2) 道路からの粉塵	1), 2) - 大気質基準 - IFC guideline values for ambient air quality (General/ 2007)	1), 2) - 制限速度の遵守 - 職員、作業員の教育による住民への配慮の徹底	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画、交通関連部署 2) 周辺地区事務所	Project owner
2	水質汚濁	水質の向上	水質基準	メンテナンスの最適化	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画関連部署 2) 周辺地区事務所	Project owner
5	騒音・振動	1) 発電所運転による騒音・振動の発生 2) 資材運搬による騒音・振動の発生	-----	1) 騒音及び振動レベルのモニタリング 2) ルート設定を含む交通整理計画の決定 トラックの速度制限（特に居住地周辺）	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画関連部署 2) 周辺地区事務所	Project owner
8	生態系	1) 植物相の損失	1) 植物相の損失	1) 樹木伐採は必要最低限に	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、都	Project owner

No	影響項目	潜在影響	基準	管理の取組み	実施機関	監督機関	費用責任
		低木の植生 2) 水生生物への影響	2)地滑り 3) 人々の苦情 4) 水生生物の変化	とどめる。 2) 濁った水は川に放流しない。 3) 動植物の定期的なモニタリングを実施し、影響が確認された場合には緩和策を検討し、実施する。 4) 地元へのインタビュー		市計画、交通関連部署 2) 周辺地区事務所	
12	雇用や生計手段等の地域経済	収入源の変化	労働状況 経済状況	労働の斡旋	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画、労働関連部署 2) 周辺地区事務所	Project owner
13	土地利用や地域資源利用	土地利用の変化	土地利用領域の変化	改善された交通機関は土地利用を維持する	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画関連部署 2) 周辺村土地管理事務所	Project owner
15	既存の社会インフラや社会サービス	1) 電力の増加 2) コミュニティの経済発展	1) 電力 2) コミュニティの生活パターン及び都市の発展	運用の最適化	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画、交通関連部署 2) 周辺村土地管理事務所	Project owner
17	被害と便益の偏在	住民、労働者、政府役人及び地域政治家の間での偏在	----	あらゆる苦情に対する相談窓口の設置	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画関連部署 2) 周辺地区事務所	Project owner
18	地域内の利害の対立	地元住民間での利害の対立	地域習慣の変化	- あらゆる苦情に対する相談窓口の設置	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画関連部署 2) 周辺地区事務所	Project owner
20	景観	インフラ整備及び発電所の建設	清潔さ及び周辺環境の美観の程度	資材及び掘削材料の戦略的な配置	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画、交通関連部署 2) 周辺地区事務所	Project owner
24	労働環境（労働安全を含む）	施設の運用の際の事故の可能性	施設の運用の際の事故件数	安全研修が実施される。	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画、労働関連部署 2) 周辺地区事務所	Project owner

No	影響項目	潜在影響	基準	管理の取組み	実施機関	監督機関	費用責任
25	事故	事故の可能性	事故件数	<ul style="list-style-type: none"> - 防護柵の設置 - 警告標識の設置 - 安全教育 - 関係車両通行予定の周知 	Project owner	1) Kaur地方政府、環境、生活・健康、都市計画、交通関連部署 2) 周辺地区事務所	Project owner

4-3-4. 排出削減量の定量評価分析

4-3-4-1. 温暖化ガス削減スキームの解説

(1) CDM

1) 目的

CDM は、ホスト国と呼ばれる途上国（非付属書 I 国）の持続可能な開発を達成し、京都議定書ならびに気候変動枠組条約の究極的な目的に貢献すること、及び付属書 I 国（排出量を設定された先進国）の数値目標の達成を支援することを目的としている。そのため、付属書 I 国が関与して、ホスト国において排出削減プロジェクトを実施し、その結果生じた排出削減量に基づいて CER と呼ばれるクレジットが発行される。

付属書 I 国は CER を京都議定書の数値目標の達成に活用することができる。クレジット化して流動性を高めていることにより、国際排出量取引の市場メカニズムの枠組みに適用できるため、目標達成のための全体費用を低下させることが可能となる。

2) 概要と仕組み

CDM には様々な条件や留意事項があるため、それらをプロジェクトの計画策定段階から考慮することが必要となる。また、CER 発行においても様々な審査が必要となり、第三者が関与して厳格に行われる。

プロジェクトの実施に当たって、参加者はプロジェクトに関する重要な技術的・構造的な情報を説明するプロジェクト設計書（PDD）を作成する。PDD の内容について、CDM として適格かどうか、排出削減量の計算が正しいかどうか等が評価・判断される。このプロセスを有効化審査（バリデーション）と呼び、バリデーションを通過したプロジェクトは CDM 理事会を通して適切な手順を経て登録される。プロジェクトの登録時においては、付属書 I 国の関与がなくとも可能であるが、承認プロセスは各国によって異なる。登録後、プロジェクト参加者は CDM プロジェクトを実施し、排出削減量の算定に必要なモニタリングを実施する。

モニタリング結果については、定期的な独立審査を行い、登録された CDM プロジェクトによる排出削減量を事後決定する。このプロセスをベリフィケーションと呼び、CDM 理事会認可の指定運営組織（DOE）が手順に従って実施し、検証結果に基づき、DOE が書面によって排出削減量を確認することで「認証」される。認証された排出削減量に相当する CER は、CDM 理事会により発行され、締約国及びプロジェクト参加者の登録簿内の口座に転送（分配）される。

3) CDM の実施状況

2012 年 12 月時点における CDM 案件のプロジェクト登録は 5,383 件に達し、世界約 74 か国のプロジェクトが登録されている。初期の CDM は、HFC の回収破壊や、炭鉱や廃棄物処分場からのメタンガスの回収など、温暖化係数の高い（クレジット獲得効率の良い）プロジェクトが主体であったが、最近では、省エネルギーや水力発電、風力発電などの再生可能エネルギーによる CDM 案件も多く形成されている。

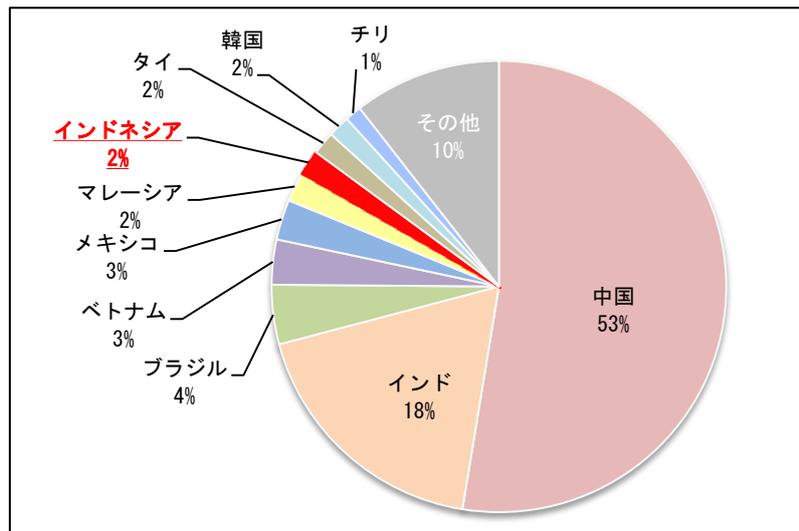


図 4-61 国連 CDM 理事会登録済みプロジェクト ホスト国別承認件数内訳

出典:OECC, 京都メカニズム情報プラットフォーム

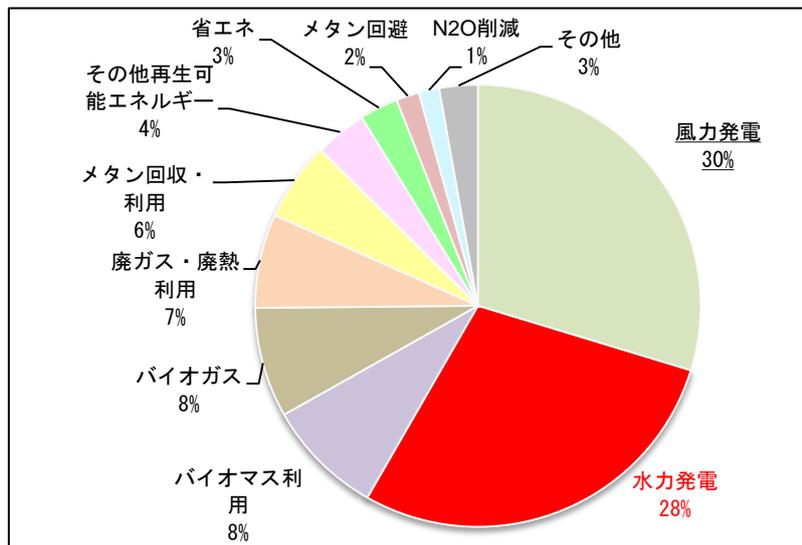


図 4-62 国連 CDM 理事会登録済みプロジェクト セクター別登録件数内訳

出典:OECC, 京都メカニズム情報プラットフォーム

また、CDM プロジェクトにおいては、様々な条件や留意事項があるため、有効化の審査を通過できない「有効化リスク」、CDM 理事会によって CDM として承認されない「登録リスク」等が存在する。また、技術的要因により予定通り排出削減が行われない「テクニカルリスク」、排出権購入契約の締結にも関わらず必要な量のクレジットが引き渡されないという「デリバリーリスク」等様々なリスクの考慮を要する。

(2) CDM 以外の排出権取引制度

現状、温室効果ガス削減スキームの主流は CDM であり、EU 市場で主に活用されている。しかし、欧州以外の国でも温室効果ガス削減スキームの導入は広まっており、下記の図は削減スキーム導入国の実施と検討状況を示している。また、2007 年 10 月、EU 主要国、米及びカナダの数州、

ニュージーランド等は国際炭素行動パートナーシップ（ICAP）を創設し、各国各地域の制度を国際的にリンクするためのルール作りを開始している。

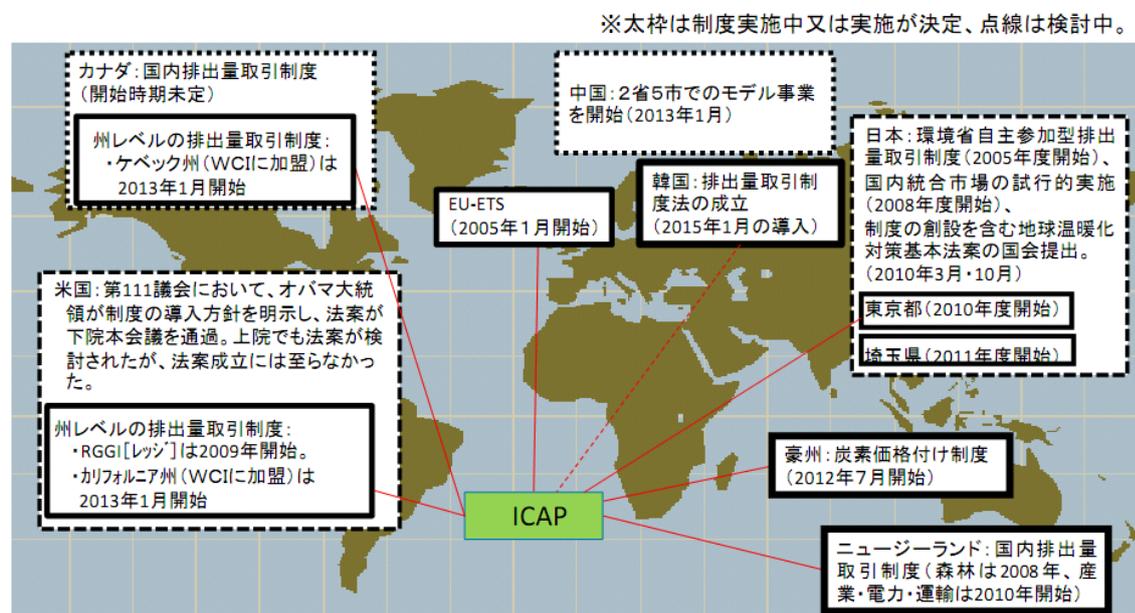


図 4-63 諸外国における排出量取引の実施・検討状況

出典：環境省「諸外国における排出量取引の実施・検討状況」

4-3-4-2. CDM の課題と JCM/BOCM 構築に対する期待

(1) CDM における課題

CDM 活用においては、多くの課題がこれまで指摘されており、インドネシアの小水力事業者、及び温暖化対策関係者においても下記のような課題が認識されている。

- ・ CDM 申請は複雑、かつコストと時間を要するため、小規模プロジェクトに適さない。
- ・ 時間とコストをかけて CDM を申請しても、現状の市場価格は非常に低いため、使いにくい制度である。
- ・ 国内 DOE の不在、及び外資 DOE も限られていることで、審査の順番待ちが発生。

(2) インドネシアでの CDM に対する問題意識

他方で、2011 年 9 月にインドネシア政府は、2020 年までに、特段の対策をとらなかった場合（business as usual）に比べて 26%の GHG 排出削減を目標に掲げた国家気候変動計画を策定した。同時に、国内の排出権取引等を検討するタスクフォースが設立される等、排出削減目標を達成するための取り組みが行われている。これらを踏まえると、CDM に代わる新たなメカニズムを構築することが必要とされていることが窺える。

(3) JCM/BOCM の活用の可能性

1) JCM の目的

日本として世界的な排出削減・吸収に貢献するため、途上国の状況に柔軟かつ迅速に対応した

技術移転や対策実施の仕組みを構築するべく、二国間でのオフセット・クレジット（JCM/BOCM）制度を提案している。

本制度は、途上国への温室効果ガス削減技術・製品・システム・サービス・インフラ等の普及や対策を通じ、実現した温室効果ガス排出削減・吸収への日本の貢献を定量的に評価し、日本の削減目標の達成に活用するものであり、現在日本とアジアの発展途上国を中心に二国間オフセット・クレジット制度を検討している。

2) JCM/BOCM への期待

インドネシアの小水力発電事業者には、JCM/BOCM において手続きが簡素化され、クレジットからの収益が得られるのであれば、非常にありがたいという意見もある。CDM に比べて手続きがシンプルになることが想定されている JCM/BOCM は、インドネシアの温暖化対策関係者、及び再生可能エネルギー事業者にとってもメリットのあるスキームとして認識されつつあるものと考えられる。

従って、温暖化対策を前進させたいインドネシア、日本の両国が Win-Win の関係を構築するためにも、現地事業者のニーズに則した現実的な JCM/BOCM スキームを構築する意義は高いと考えられる。

4-3-4-3. 本調査における 3 案件の温室効果ガス排出削減量の計算

(1) 温室効果ガス排出削減量の計算方法

JCM/BOCM はまだ確立していないスキームであるが、小水力発電の温室効果ガス排出削減量の計算については、CDM でも JCM/BOCM でも、ほぼ同じ考え方に基づくものと思われる。即ち、想定年間削減量は想定年間電力供給量とグリッドの排出係数の積によって求めることができ、下記の式で想定年間削減量は計算される。

$$\text{想定年間削減量} = \text{想定年間電力供給量} \times \text{グリッドの排出係数}$$

想定年間電力供給量は接続グリッドへの年間供給電力量とし、グリッド排出係数はインドネシア国政府が各グリッドに定める排出係数とする。尚、各グリッドの排出係数は下記のように、地域ごとに異なっており、プロジェクト実施の地域に合わせて、値を代入して用いればよい。

表 4-71 インドネシアの各グリッド排出係数

グリッド係数	2010 年度 排出係数
Sumatra	0.748
Minahasa-Kotamobagu	0.319
South and West Sulawesi	0.601
Jamali	0.741
Khatulistiwa	0.748

Barito	1.003
Mahakam	0.820
Batam	0.568

出典：YBUL「Supporters for CO2 Emission Baseline Calculation」

(2) Nasal 案件の温室効果ガス排出削減量の計算

Nasal 案件の発電電力量は 53,753MWh であり、グリッド排出係数は 0.748t-CO2/MWh である。このため、想定年間削減量は下記のように計算される。

$$40,207 \text{ トン} = 53,753\text{MWh} \times 0.748\text{t-CO}_2/\text{MWh}$$

想定年間電力供給量 (53,753MWh) とスマトラ島のグリッド排出係数 (0.748t-CO2/MWh) の積、40,207 トンの温室効果ガスを削減する見込みである。

4-3-4-4. 排出権の売却検討

(1) CDM 売却に関する懸念

CDM の買い手は、現在実質的に EU 諸国のみに限られる。加えて、現時点で登録されていない CDM からの CER は EU 諸国内のスキームでは償却ができない。一方、CER 価格は現状 1 トンにつき 0.3 ユーロを下回る水準で推移している。これらの理由により、CDM の枠組みを使っての排出権売買には多くの課題があり、CDM として本案件の排出削減量を売却することは難しい状況である。

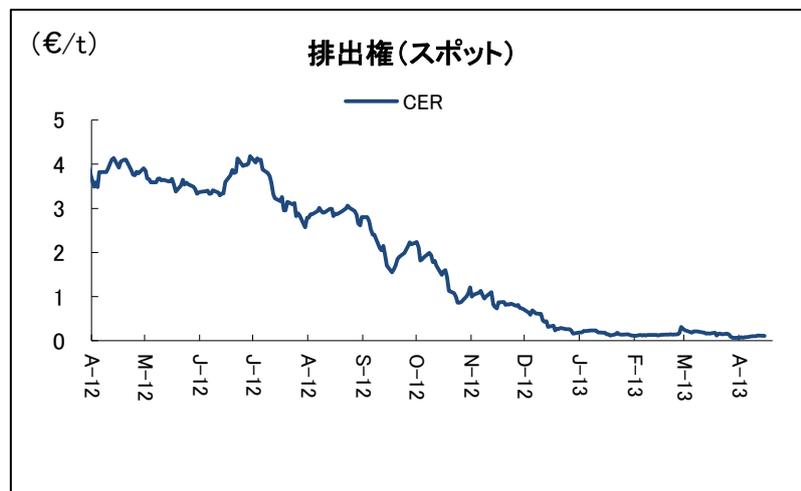


図 4-64 直近 1 年間の排出権価格の推移

出典：ブルームバーグ

(2) 新しい売却方法としての JCM/BOCM

今のところ、日本が提案している二国間の排出削減スキーム (JCM/BOCM) では、制度面や排出権の価格面も含めてまだ不確定要素が多いものの、二国間の枠組みであるためクレジット購入者は日本国政府と予想され、排出権売買の新しい形として期待されている。すでに日本国政府はモンゴル、バングラディッシュ政府と MOU を結び、二国間の排出権売買が導入される見込みが

高まっている。また、ベトナム、インドネシア、インドとも MOU 締結を検討している模様であり、これらの国々においても JCM/BOCM スキームが構築される可能性は高い。この二国間の排出権売買では、まとまった量での売却が見込まれており、インドネシアとの JCM/BOCM 制度の実施が実現されれば、本案件で生じる排出権の売却が可能になり、本案件の収益性の上昇に資する可能性がある。

4-3-5. まとめ

Nasal 小水力発電所は、南スマトラの南東部 Benkulu province, Kaur district, Nasal sub-district, Air Parawan village に位置する。Nasal 小水力発電所の計画地周辺は低木及び混合農業用地として使用されている。

計画地は Nasal 川の中流左岸に位置する。計画地は荒れた二次林及びコーヒーを主とする農業用地となっている。Nasal 小水力発電所の建設は2年以上継続すると推定されているおり、発電所の寿命は30年と見積もられている。

本事業により環境及び社会に負の影響が予想されるが、重大な影響は予想されない。用地取得は発生するものの、すべて合意の元に補償される。また、住民移転は生じず、地域コミュニティは予想される正の影響から、本事業を歓迎している。

用意された環境マネジメント計画及びモニタリング計画の適切な実施により、負の影響は軽減・最小化され、正の影響は最大化されると考えられる。

第5章 エネルギーファンドによる資金メカニズム実現に向けた条件及び課題 の整理

5-1. ファンドの設立目的・概要の整理

5-1-1. ファンドを活用する意義

5-1-1-1. 既存ファンドの整理

(1) インフラファンド、エネルギーファンドの定義について

本調査において、エネルギーファンドとは、インフラファンドの一種で、発電所を含むエネルギーアセットを投資対象とするものである。インフラファンドは、株式、債券、為替を投資対象とする伝統的な投資に対して、未公開企業株式、不動産等と並び、オルタナティブ投資の1つとして分類される。その特徴は、主に以下のとおりである。

- ✓ インフラ事業の特性から、安定的なキャッシュフローを基に、安定的なリターンが期待される
- ✓ 需要弾力性が比較的低く、伝統的資産（株式、債券等）との相関性が低い
- ✓ 案件の開発ステージにより、リスクが大きく異なる

表 5-1 インフラファンドの位置付け

	インフラファンド	ベンチャーファンド	バイアウトファンド	不動産ファンド
投資期間	超長期 (10年超)	3年程度	5~10年	5年程度
リターンの源泉	インカムゲイン	キャピタルゲイン	インカムゲイン + キャピタルゲイン	インカムゲイン + キャピタルゲイン
期待リターンの水準	比較的低位であるがインカム型の安定的なリターンが期待できる	上場できれば極めて高いリターンが期待できる(逆にリターンがゼロの確率も高い)	インカムとキャピタルゲインの組み合わせにより、相応のリターンが期待できる	比較的低位安定型であるがマクロ(景気循環、市場需給)の影響を受けやすい

インフラファンドは、安定的なキャッシュフローから得られるインカムゲインをリターンの源泉としており、10年を超えた超長期での投資が行われることが多い。他のオルタナティブ投資を行うファンドとの比較は、表 5-1 の通りである。

表 5-2 投資対象としてのインフラ資産

経済的インフラ	ユーティリティ	電力、再生可能エネルギー、ガスパイプライン、上下水道、通信 等
	交通	有料道路、橋梁、トンネル、空港、港湾、鉄道 等
	その他	倉庫設備、駐車場 等
社会的インフラ		教育機関、病院、刑務所、住宅設備 等

出典 OECD 資料³⁶

インフラファンドが投資対象とする資産は、表 5-2 にあるとおり大きく経済的インフラと社会的インフラに分かれる。エネルギーファンドは、経済的インフラのうち、ユーティリティのカテゴリーに属している電力、再生可能エネルギー、ガスパイプラインなどを投資対象とする。

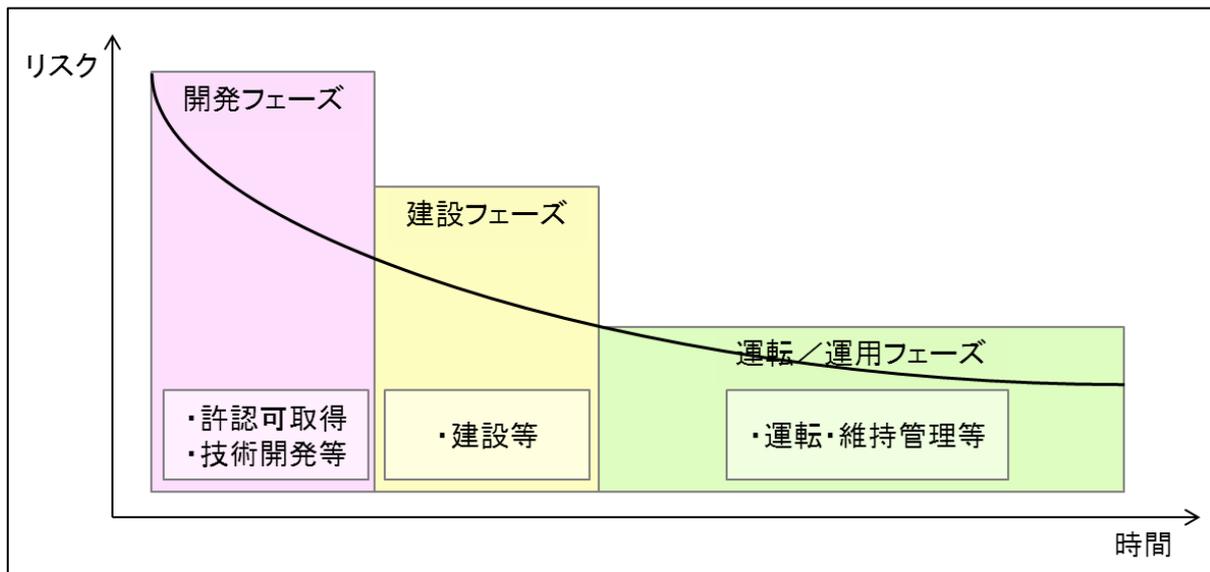


図 5-1 開発ステージとリスクの関係性

インフラファンド、エネルギーファンド、ともに投資においては開発ステージによりそのリスクが大きく異なる。開発フェーズでは、許認可が下りないリスク、技術が実用化されないリスクがあり、建設段階に移った場合には、完工リスクが存在する。無事完工して、運転、または運用が開始された場合には、リスクは相対的に低下するもののオペレーションリスクが存在する。

(2) 既存ファンドの整理

ファンドを活用する上では、戦略的に投資対象地域を特化する、他ファンドへの投資の有無、並びに投資対象を特化するという 3 つの軸が考えられる。そのため、既存のエネルギーファンドを整理する上では、同様の軸での整理を行う。

³⁶ Inderst, G. (2009), “Pension Fund Investment in Infrastructure”, OECD Working Papers on Insurance and Private Pensions, No. 32, OECD publishing, © OECD.

投資対象地域においては、グローバルに展開しているファンド、特定の複数地域を対象とするファンド、地域特化型ファンド、国特化型ファンドの4つに分類することができる。地域分けについては、以下の8地域での分類を行う。

- ・ アジア太平洋（インド・中国）
- ・ アジア太平洋（東南アジア）
- ・ アジア太平洋（韓国・豪州・その他）
- ・ 北米
- ・ 中南米
- ・ 欧州（ロシア含む）
- ・ 中近東
- ・ アフリカ

投資対象については、他ファンドへの投資を行う場合、出資者の側から見るとより分散が効いてくるが、出資した資金の投資先が見え難くなるというデメリットがある。投資先に対して戦略的な意図を有する場合、基本的に他ファンドへの投資が行われないファンドを選定する方が良いという考え方もある。

更に、投資対象については、エネルギー特化型か否かでの分類を行う。詳細に投資先を見ていくと、再生可能エネルギー、或いは技術開発も含めた新エネルギーに特化したファンドと、発電アセットへの投資を中心としたファンド等が存在しているが、必ずしも明確に分かれていない場合も多く、ここでは詳細な分類は行わない。なお、ファンドを活用するという視点に立った場合に、ファンドコンセプトに影響を与えるには、ファンド規模に対して相応の額の出資が必要となるため、今次調査では、ファンド総額が500億円以下で、2009年時点で既にファンド募集期間は終了しており、一定の投資活動が行われているファンドを調査対象とする。以下、地域毎に投資対象、対象地域での分類を行い、既存ファンドを整理する³⁷。

³⁷ 本調査において、調査対象とした既存ファンドのデータは、Tim Friedman, “The Preqin Infrastructure Review 2009”を基にしており、補足として具体的事例として後段にて紹介するファンドの情報も追加している

1) アジア太平洋(インド・中国)

表 5-3 アジア太平洋(インド・中国)のファンド整理

他ファンドへの投資	有	SOPEP Infrastructures (G, 345) Capital innovations FF (G, 143) Syndicated Access FF (G, 71) Koenig&Cie (M, 33)	HCP FF I (G, 43) HCP FF II (G, 48)
	無	Old Lane India (N, 475) IDFC Private Equity (N, 418) Macquarie Global II (G, 381) Macquarie Global III (G, 292) Asian Infrastructures (M, 234) India Development (N, 174) Pareto WW Offshore (G, 127) Israel Infrastructure I (G, 109) AIG Indian Sectoral (N, 105) AMPCI Infra (N, 97) IFC Infra (M, 95) Srei Venture (N, 9)	Reliance Energy India (N, 190) Mistral Energy II (G, 104)
		エネルギー非特化	エネルギー特化
投資対象分野			

凡例：＜対象地域＞(G) グローバル、(M) 複数地域、(R) 地域特化、(N) 国特化

注記：()内数字はファンド総額（単位：million USD）

今次調査対象範囲においては、インドに複数の国特化型ファンドが存在している。中でも、唯一エネルギーのみを投資対象とするファンドは、インドの総合インフラ会社である **Reliance Infrastructure** グループが組成した **Reliance Energy India**。投資対象は発電、送電、配電にかかる企業、及び事業としており、電力会社でもある **Reliance Group** 自らが組成し、10～30%程度のマイナー出資を原則として展開している。LPには、シンガポールの国営投資会社であるテマセクが入っている。

2) アジア太平洋(東南アジア)

表 5-4 アジア太平洋(東南アジア)のファンド整理

他ファンドへの投資	有	SOPEP Infrastructures (G, 345) Capital innovations FF (G, 143) Syndicated Access FF (G, 71) Koenig&Cie (M, 33)	HCP FF I (G, 43) HCP FF II (G, 48)
	無	Saratoga Asia II (R, 429) Macquarie Global II (G, 381) Macquarie Global III (G, 292) Asian Infrastructures (M, 234) Saratoga Asia I (R, 144) Pareto WW Offshore (G, 127) Israel Infrastructure I (G, 109) IFC Infra (M, 95)	Southeast Asia Strategic Assets (R, 150) Mistral Energy II (G, 104) Asia Clean Energy Fund (R, 85) Mekong Brahmaputra Clean Development Fund (R, 45) JAIC-IDI Asian Energy Fund (R, 10)
		エネルギー非特化	エネルギー特化
投資対象分野			

凡例：＜対象地域＞(G) グローバル、(M) 複数地域、(R) 地域特化、(N) 国特化

注記：()内数字はファンド総額（単位：million USD）

東南アジア地域は、他の地域と比較して地域特化のファンドが少なく、黎明期にあることが示唆されている。インフラの民営化が動いているのは比較的最近であることに加えて、インフラファンドの活動が進んでいる欧米からの距離が遠いことも背景にあることが想定される。

一方、注目に値するのは、マレーシアの CIMB グループが運営する Southeast Asia Strategic Assets が東南アジアのエネルギー特化型インフラファンドとして USD150m 規模で組成されていることである。

3) アジア太平洋(韓国・豪州・その他)

表 5-5 アジア太平洋(韓国・豪州・その他)のファンド整理

他ファンドへの投資	有	SOPEP Infrastructures (G, 345) Capital innovations FF (G, 143) Syndicated Access FF (G, 71) Koenig&Cie (M, 33)	HCP FF I (G, 43) HCP FF II (G, 48)
	無	Macquarie Korea Opportunities (N, 886) Korea Emerging Infrastructure (N, 423) Macquarie Global II (G, 381) Macquarie Global III (G, 292) Asian Infrastructures (M, 234) Macquarie Global (M, 230) Santander Infrastructure I (M, 185) Pareto WW Offshore (G, 127) Israel Infrastructure I (G, 109)	Mistral Energy II (G, 104)
		エネルギー非特化	エネルギー特化
投資対象分野			

凡例：＜対象地域＞(G) グローバル、(M) 複数地域、(R) 地域特化、(N) 国特化

注記：()内数字はファンド総額（単位：million USD）

韓国、豪州に地域を絞ったエネルギー特化型ファンドは見られず、実態としては複数地域、或いは国特化型のインフラファンドの投資対象のひとつとして、エネルギーアセットへの投資がなされているものと考えられる。

4) 北米

表 5-6 北米のファンド整理

他ファンドへの投資	有	SOPEP Infrastructures (G, 345) Capital innovations FF (G, 143) Syndicated Access FF (G, 71) Koenig&Cie (M, 33)	Sterling Stamos II (R, 475) UBS AFA Global (M, 345) Sterling Stamos I (R, 190) Tuckerbrook II (R, 143) Tuckerbrook I (R, 52) HCP FF I (G, 43) HCP FF II (G, 48)
	無	Innisfree PFI III (M, 540) Macquarie Essentia Assets (M, 414) Highstar Capital (R, 386) Macquarie Global II (G, 381) Macquarie Global III (G, 292) Macquarie Global I (M, 230) Santander Infrastructure I (M, 185) Pareto WW Offshore (G, 127) Israel Infrastructure I (G, 109) Infrastructure & Environment (N, 95)	URSG Power & Biofuels II (N, 451) Starwood Energy (G, 411) Energy Spectrum IV (N, 335) US Power (N, 238) Energy Spectrum II/III (N, 178) Energy Spectrum I (N, 133) Mistral Energy II (G, 104) DREAM Infrastructure (R, 95)
		エネルギー非特化	エネルギー特化
投資対象分野			

凡例：＜対象地域＞(G) グローバル、(M) 複数地域、(R) 地域特化、(N) 国特化

注記：()内数字はファンド総額（単位：million USD）

北米には、エネルギー特化型を含めてインフラファンドが多数存在する。これは、インフラファンドの活用が早いタイミングから開始されてきた経緯が影響しているものと考えられる。米国では、制度設計上の理由もあり、発電資産の流動性が高いことがエネルギー特化型のファンドが育つ環境要因となっているものと思われる。なお、エネルギー特化型ファンドにおいては、欧州にみられるような新エネへの偏在は見られない。

5) 中南米

表 5-7 中南米のファンド整理

他ファンドへの投資	有	SOPEP Infrastructures (G, 345) Capital innovations FF (G, 143) Syndicated Access FF (G, 71)	HCP FF I (G, 43) HCP FF II (G, 48)
	無	Macquarie Global II (G, 381) AG Angra (Brazil) (N, 349) Macquarie Global III (G, 292) Macquarie Global I (M, 230) Santander Infrastructure I (M, 185) Darby Brazil (N, 194) Darby Latin America (R, 186) Pareto WW Offshore (G, 127) Israel Infrastructure I (G, 109) IFC Infra (M, 95)	Latin Power III (R, 372) Latin Power II (R, 149) Mistral energy II (G, 104) Latin Power I (R, 95)
		エネルギー非特化	エネルギー特化
投資対象分野			

凡例：＜対象地域＞(G) グローバル、(M) 複数地域、(R) 地域特化、(N) 国特化

注記：()内数字はファンド総額（単位：million USD）

中南米では、Conduit 社が GP として管理する Latin Power3 ファンドが当該地域に特化したエネルギーファンドとして存在する。当社は、同地域におけるエネルギーファンドを管理する GP として特出した存在となっている。

Conduit 社のファンドが対象とする投資規模は、プロジェクト総額で USD 60M～1B 程度。地場、その他のスポンサーとの共同投資が多く、出資比率は 51%以上を志向している。投資対象の案件ステージとしては、グリーンフィールド案件の開発、または買収による稼働中アセットの取得が行われている。基本的に、政情が安定しており、大きな経済成長が見込まれる地域において、信用力のあるオフテイカーに対する長期の PPA があるプロジェクトを志向している。

6) 欧州

表 5-8 欧州のファンド整理

他ファンドへの投資	有	SOPEP Infrastructures (G, 345) Capital innovations FF (G, 143) Syndicated Access FF (G, 71) Koenig&Cie (M, 33)	UBS AFA Global (M, 345) HCP FF I (G, 43) HCP FF II (G, 48)
	無	Innisfree PFI III (R, 540) Innisfree PFI Continuation II (R, 525) AIG Emerging Europe Infra (R, 499) NIBC European Infra (R, 399) Innisfree M&G PPP (R, 338) Innisfree PFI Continuation I (R, 338) AIG Brunswick Millenium (R, 334) Macquarie Global II (G, 381) Macquarie Global III (G, 292) Macquarie Global I (M, 230) Innisfree PFI II (N, 225) Santander Infrastructure I (M, 185) Great Circle Fund (M, 181) DG Infra + (N, 155) PPP Italia (N, 138) Innisfree PFI I (128) Pareto WW Offshore (127) Barclays UK (110) Israel Infrastructure I (109)	Fortis Clean Energy (M, 460) European Clean Energy (R, 407) Ampere Equity (R, 368) Hg Renewables Power (R, 345) Englefield Renewables (N, 230) DIF Renewables (R, 155) Impax New Energy Investors (N, 144) EnerCap Power (G, 113) Eolia Mistral (G, 109) Enfia Infrastructure I (N, 104) Mistral Energy II (G, 104) Taiga inversiones (N, 85)
		エネルギー非特化	エネルギー特化
投資対象分野			

凡例：＜対象地域＞(G) グローバル、(M) 複数地域、(R) 地域特化、(N) 国特化

注記：()内数字はファンド総額（単位：million USD）

北米同様に、多くのエネルギー特化型のインフラファンドが組成されている。これは、早期（1990年代以降）からインフラ投資が行われると同時に、エネルギー業界において M&A も比較的活発であることが背景にあるものと想定される。北米と異なる特徴としては、エネルギー特化型ファンドのうち、新エネ事業を投資対象として限定しているファンドが多い点である。

7) 中近東

表 5-9 中近東のファンド整理

他ファンドへの投資	有	SOPEP Infrastructures (G, 345) Capital innovations FF (G, 143) Syndicated Access FF (G, 71)	HCP FF I (G, 43) HCP FF II (G, 48)
	無	Macquarie Global II (G, 381) Macquarie Global III (G, 292) Alcazar Capital Partners (M, 285) Zanes Corp Infrastructures (N, 250) Macquarie Global (M, 230) Santander Infrastructure I (M, 185) Great Circle Fund (M, 181) Pareto WW Offshore (G, 127) Israel Infrastructure I (G, 109)	GCC Energy Fund (R, 345) Mistral Energy II (G, 104)
		エネルギー非特化	エネルギー特化
投資対象分野			

凡例：＜対象地域＞(G) グローバル、(M) 複数地域、(R) 地域特化、(N) 国特化

注記：()内数字はファンド総額（単位：million USD）

中近東では、近年のインフラ整備の活発化を受けて、資金の受け皿としてインフラファンドが組成されてきたものと想定される。しかし、中東の地域に特化したファンドは少なく、その殆どがアフリカ、或いはアジアへの投資と合わせて扱われることが多いものと考えられる。例えば Alcazar Capital Partners は、中近東に加えて、サブサハラアフリカ、CIS 諸国なども対象地域としている。

8) アフリカ

表 5-10 アフリカのファンド整理

他ファンドへの投資	有	SOPEP Infrastructures (G, 345) Capital innovations FF (G, 143) Syndicated Access FF (G, 71)	HCP FF I (G, 43) HCP FF II (G, 48)
	無	AIG African Infrastructures (N, 388) Macquarie Global II (G, 381) Macquarie Global III (G, 292) Alcazar Capital Partners I (M, 285) Macquarie Global I (M, 230) Pareto WW Offshore (G, 127) Israel Infrastructure I (G, 109) Moroccan Infra (N, 100) IFC Infra (M, 95)	GCC Energy Fund (M, 345) Mistral Energy II (G, 104)
		エネルギー非特化	エネルギー特化
投資対象分野			

凡例：＜対象地域＞(G) グローバル、(M) 複数地域、(R) 地域特化、(N) 国特化

注記：()内数字はファンド総額（単位：million USD）

アフリカを投資対象に含む地域特化型のインフラファンドは、それほど数は多くないものの複数存在している。ただし、大半は「アフリカ特化」ではなく、中近東や、その他新興国と合わせたかたちで投資対象に組み入れている模様である。全体的なカントリーリスクの高さが、インフラファンドという比較的ローリスクな特徴を有するものと相いれにくいことが原因になっているものと考えられる。

ただし、南アフリカなど、比較的カントリーリスクが低い国へのインフラ投資に特化したファンドは数少ないながらも組成されている。このように、アフリカにおいてインフラ投資の対象は限られた国・地域になっており、まだ端緒についたばかりであると想定される。

以上のとおり、エネルギー特化型のファンドが数多く見られるのは、北米・欧州であり 500 億円程度以下の中小規模のファンドサイズまで数多く組成されている。一方、中東・アフリカ、東南アジア等の新興市場においても、数は限られているものの地域特化・エネルギー特化の中小規模ファンドが組成され始めており、規制緩和の動きを受けた投資機会を捉えての試みと考えられる。

投資対象で特徴的な点は、欧州では新エネの導入を推進している政策を背景に、新エネに特化したファンドも多数見られる。また、東南アジアのファンドの中には、ベトナムのメコン川流域での水力案件開発に特化しているファンドもあり、当該国、或いは国際社会の開発政策に影響を受けているものと想定される。

新興国においても、地域を特化し、エネルギーのみを投資対象とした中小規模のファンドも組成され始めている。このようなファンドは、規制緩和により生まれる新たな投資機会を捉えて、

独自のネットワークから案件ソーシングを行っているものと考えられる。こうした案件は「クラブディール」の側面が強く、地場におけるネットワークが必須である上、大型案件と比較するとスポンサーリスクも高い。一方で「相対」案件とすることでより競合を排除し高い収益性を狙う機会もあるものと思われる。

5-1-1-2. 欧州系／米系／東南アジア諸国などのファンド先行事例

(1) Taiga Mistral(欧州系)

欧州において、エネルギーの中でも投資対象となるプロジェクト種別を限定し、非先進国の特定の国に特化したファンドをマネージしているファンド管理会社に、Taiga Mistral 社がある。同社は、2007年に風力専門ファンド運営会社として設立され、これまでポーランド風力特化型ファンド (Taiga Poland I)、スペインの風力・太陽光に特化したファンド (Taiga III) を立ち上げている。現在、約 EUR200 百万の資産運用をしており、190MW 以上の風力アセットを保有している。当社のエネルギーファンドは、「国特化」という点に加えて、「マネジメントのネットワーク・ノウハウ活用」という点で特徴的である。

現在は当ファンドを離れているが、欧州大手風力事業者の Gamesa Energie 社にてポーランド、ブルガリア、ルーマニアのマーケティングを担当していた Marta Fernández 氏、及び同じく欧州大手風力事業者の Acciona Energia 社にてポーランド統括を担当していた Mikel Garay 氏が当社の立ち上げから主要メンバーとして入っていたことから、既にポーランド国内のネットワークを有していたものと考えられる。

表 5-11 Taiga Mistral 社主要メンバーについて

氏名	バックグラウンド
Antonio Tuñón	OMEL 等の電力会社の取締役、CVC (投資ファンド) 会長を経て Taiga Mistral を創業
Mikel Garay	Acciona Energia S.A (欧州大手風力事業者) ポーランド統括を経て Taiga Mistral に参画
Cristina Tuñón	UBS Wealth Management (アセット管理会社) を経て Taiga Mistral に参画

出典: Taiga Mistral 社ウェブサイト

また、金融バックグラウンドよりも事業者経験を有するマネジメントを擁することにより、発電プロジェクト開発に関する知見・ノウハウを生かして、プロジェクトの価値向上を目指している。

“Once Taiga Mistral is in charge of the management and administration of a farm, the management team must carry out an initial study and analysis of the situation and its background. Taiga Mistral will carry out a comprehensive analysis of the wind farm's operation contracts with the dual aim of optimising costs and controlling the scope of all the services provided to the farm, and will make use of the economies of scale to join suppliers and lower costs wherever possible,

thus improving the project's expected profitability.³⁸

(下線部和訳：Taiga Mistral 社は、コストの最適化、及び風力ファームに提供されているすべてのサービスの業務範囲を管理するため、運転に関する契約について総合的に分析を行い、規模の経済が働くようサービス提供者との交渉を実施、コスト削減を行うことで、プロジェクトの期待利益を向上させる)

投資方針として、運転開始前のグリーンフィールドを投資対象としており、これまで 41.4MW の Kobylnica 案件、8MW の Radostowo 案件が運転開始を迎えている。ポーランドにおいて着実にグリーンフィールドの風力案件を運転開始させている実績を踏まえて、現在 Taiga Poland II のファンドレイズでは欧州復興開発銀行 (EBRD) がファンド総額の 20% の出資を行うことをコミットしている。EBRD としては、ポーランドにおける当ファンドのソーシング能力を活用し、ファンド出資を通じて同国における風力発電プロジェクトの開発促進を図ることをはじめとして、投資先プロジェクトへの技術移転等多様な目的をファンドを介して達成することを企図しているものと想定される。

Project Description

The EBRD is considering making an equity investment of up to €20 million in Taiga Poland II SICAR ("TP II" or the "Fund"), a private equity investment fund to be registered as a partnership limited by shares under the laws of Luxembourg.

*The Fund will seek equity and equity-related investments in the development and construction of wind power projects in Poland, with the aim to bring such projects to successful commissioning of operation. TP II will have a similar investment focus to the precedent fund, Taiga Poland I, and will benefit from the already existing platform and pre-identified potential target projects.*³⁹

(下線部和訳：当ファンドは、ポーランドにおける風力発電プロジェクトの開発・建設に対するエクイティ投資を実施し、成功裏に運転開始させることを目的とする。当ファンドは、先行ファンドである Taiga Poland I と同様の投資フォーカスを有しているため、既存のプラットフォーム、既に特定された投資対象候補プロジェクトを有するという利点が存在する。)

Transition Impact

The transition impact and demonstration effects of the proposed project are expected to be achieved by the:

(a) support of the development of the private equity for the energy sector, particularly for the renewable energy sector in Poland;

(b) expansion of the financial intermediation for the Polish energy and renewable energy sectors;

(c) transfer of the relevant technical and operational skills set to the investee projects;

*(d) promotion and enhancement of high standards of corporate governance and integrity in the investee projects*⁴⁰

³⁸ Taiga Mistral 社ウェブサイトより抜粋

³⁹ EBRD ウェブサイトより抜粋

⁴⁰ EBRD ウェブサイトより抜粋

(下線部和訳：(a) ポーランドにおけるエネルギーセクター、特に再生可能エネルギーセクターに特化したプライベートエクイティの成長サポート、(b) ポーランドのエネルギー、再生可能エネルギーセクターにおける金融仲介機能の拡大、(c) 投資先プロジェクトへの技術面、運営面でのスキルの移転、(d) 投資先プロジェクトにおけるコーポレートガバナンスと企業倫理向上)

(2) Energy Spectrum (米系)

米国では、国特化型のエネルギー特化型ファンドが複数存在する。その中でも、専門性の生かし方に特徴のあるファンド管理会社として Energy Spectrum Capital 社を取り上げる。同社は、1996年に米国における中流及び下流のエネルギーアセットを投資対象とするプライベートエクイティ運用会社として、設立された。現在 230 億ドルの資産を管理しており、中規模の石油・ガスの精製・生産並びに貯蔵・輸送設備を中心的な投資対象とするエネルギーファンド。投資案件 1 件当たり、USD25～100 百万を目安としている。案件ステージとしては、成長性を有する新設案件、或いは増設案件を投資対象としており、プライベートエクイティとしてキャピタルゲインも狙うことのできる案件をターゲットとしていることが分かる。

Energy Spectrum Capital 社が特徴的なのは、石油・ガスに特化したエネルギー専門ファンドとしてのノウハウの生かし方である。Energy Spectrum Capital 社の創業メンバーは、上流のエネルギーアセットを投資対象とする Energy Trust Partners、及びアドバイザー会社の Energy Spectrum Advisors 社を設立している。つまり、現在の Energy Spectrum Group は 1 つのアドバイザー会社と 2 つのプライベートエクイティ運用会社により構成されていることになる。

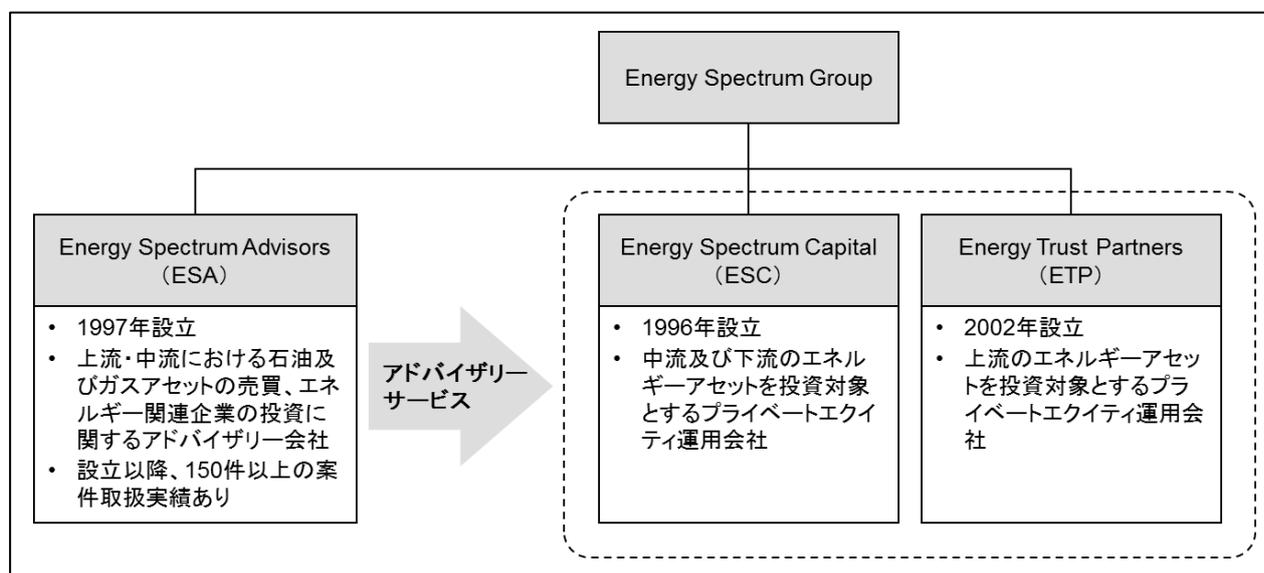


図 5-2 Energy Spectrum Group のビークル

3 社の中で、マネジメントの職が兼務されている場合もあり、グループとして共同での運営がなされているものと思われる。Energy Spectrum Capital 社及び Energy Trust Partners 社の投資及び投資後の追加アセット買収、或いは売却において Energy Spectrum Advisors 社が関与しているものと想定される。Energy Spectrum Capital 社のマネジメントは、石油・ガス業界に精通した人物がいるものの、アドバイザー会社を作ることにより、より広くディールを捕捉し、知見・ノウハウを

貯めていくことが考えられている。

表 5-12 Energy Spectrum Capital 社主要メンバーについて

氏名	バックグラウンド
Thomas O. Whitener, Jr.	InterFirst Bank Dallas、Dean Witter Reynolds、R. Reid Investments を経て Energy Spectrum を設立。長期に渡りエネルギー事業者向けの投融資において実績有。
James P. Benson	InterFirst Bank Dallas 、R. Reid Investments を経て、Energy Spectrum を設立。Whitener 氏同様にエネルギー事業者向けの投融資、M&A において実績多数。
James W. Spann	CIGNA Private Securities を経て、Energy Spectrum を設立。主に石油、ガス事業者向けの投融資・M&A 業務において実績・知見を蓄積。
Leland B. White	R. Reid Investments、 InterFirst Bank Dallas を経て、Energy Spectrum を設立。Spann 氏同様、石油、ガス業界における投融資、M&A において多数実績有。
Peter W. Augustini	Metropolitan Life Insurance、Atlantic Richfield、McKinsey & Company を経て、2004 年に参画。投資先の戦略策定・モニタリング業務に従事。
Benjamin H. Davis	R. Reid Investments を経て、2006 年に参画。石油・ガス業界の営業担当として業界におけるネットワークを保有。

出典:Energy Spectrum Capital 社ウェブサイト

このように、機能・目的別に3つのエンティティに分かれているものの、共通のマネジメント、プラットフォームを通じて実態としては一体運営を行うことが、Energy Spectrum Capital 社の投資における案件の目利き、投資後のビジネス拡張によるバリューアップに貢献しているものと思われる

(3) South East Asian Strategic Assets Fund (SEASAF) (東南アジア系)

東南アジアにおけるエネルギー特化型のファンドで、地域も特化している先として SEASAF が挙げられる。マレーシア金融グループの CIMB グループと南アフリカ系金融機関の Standard Bank が JV として 2006 年に South East Asian Strategic Assets 社を設立。2007 年には Employees Provident Fund of Malaysia を共同出資者として South East Asian Strategic Assets Fund (SEASAF) を設立している。更に、2009 年にはアジア開発銀行 (Asian Development Bank : ADB)、2011 年には、CIMB グループが Standard Bank のシェアを買収し、2012 年には、Rohatyn グループに 60% を売却したこ

とにより CIMB グループと Rohatyn グループの JV として、CapAsia に名前を変えている。

投資対象としては、エネルギー、インフラ、天然資源の 3 分野。投資対象地域としては、マレーシア、インドネシアを中心として、シンガポール、タイ、ブルネイ、ミャンマー、ラオス、フィリピン、カンボジア、ベトナムをターゲットにしており、同地域の中で新興国としての地位を既に築いている国と、今後の成長が見込まれる国のバランスを取っているものと考えられる。基本的に、安定的、かつ確実にキャッシュフローを生み出す稼働中のアセットを主な投資対象としており、開発リスク、建設リスクなどを限定化しつつ、一部の国においてはグリーンフィールドも手掛けることとしている。

5-1-1-3. ファンドを活用した場合の意義・効果

ファンド先行事例では、EBRD がポーランドの風力発電に特化した Taiga Mistral に出資をコミットしている。既述のとおり、EBRD としてはポーランド国内の風力発電案件の開発推進のため、風力発電案件のソーシング能力、開発サポート、運営サポートを行うための知見、ノウハウを有するファンドであることを評価していると考えられる。

再生可能エネルギー案件の多くは中小規模であり、投資銀行、大手ファンドがアプローチしない、或いはできない案件を対象とすることで、競争を経ない相対交渉に持つていける余地がある。スポンサーの信用リスクは相対的に高いケースが多いが、競争を経ない（＝相手にも選択肢が少ない）からこそ、相手のニーズを把握することで、株式取得価格の抑制、投資先への関与を行い得るものと考えられる。この規模の案件は、クラブディールの中から生まれるため、ファンドのソーシング能力が非常に重要になると考えられる。高いソーシング能力を発揮するには、当該国、または地域における特定事業分野において相応のネットワークを有していることが必須と考えられる。Taiga Mistral の例においても、ポーランドの風力発電案件を複数ソーシングしている 1 号ファンドの実績があること、既存のネットワークが構築されており、既に案件パイプラインを有していることから、EBRD が当ファンドに資金サポートを行うことを決めたものと考えられる。このように、中小規模案件のクラブディールにアクセスできるファンドを活用することにより優良な案件に効率的に投資をすることが出来るようになると考えられる。

ファンド活用の意義、効果として、Taiga Mistral の例にみられるとおり、案件への投資後の開発サポート、運営サポートを行う知見、ノウハウ、或いは人材をファンドが有することにより、当該案件が完工し、安定的に運転を行うことができる可能性が高まるものと考えられる。つまり、資金供与を行い、財務的なモニタリングを行うだけでなく、事業に関わり、事業者をサポートできるようなファンドが活用されている。特に途上国における案件開発においては、資金だけでなく、技術も必要とされていることが多いため、ファンドを活用することにより、資金提供機能だけではなく、技術や事業ノウハウの移転、或いは技術や事業ノウハウを背景とした事業支援機能により、事業リスクが低減されることが期待されていると考えられる。

5-2. 運用方針・投資対象の整理

5-2-1. 運用方針・投資対象

5-2-1-1. 発電種別／事業規模

インドネシア政府は、10MW以下の再生可能エネルギーに対して既にFITを導入しており、開発する地域、接続する系統の電圧によって価格を変えることで導入が進むようインセンティブを付与している。また、PLNとの価格交渉なしで、長期の売電契約を結ぶことが可能となっている。

表 5-13 現行 FIT の水準

系統	水力・風力・太陽光等 (10MW以下)		バイオマス(10MW以下) (※1)		地熱
	中圧 (Rp/kWh)	低圧 (Rp/kWh)	中圧 (Rp/kWh)	低圧 (Rp/kWh)	高圧 (USD/kWh)
ジャワ, マドゥラ, バリ (買取価格をAとする)	656	1,004	975	1,325	10~18.5cent
スマトラ, スラウェシ (買取価格はA×1.2)	787.2	1,204.8	1,170	1,590	
カリマンタン, ヌサテンガラ (買取価格はA×1.3)	852.8	1,305.2	1,268	1,723	
マルク, パプア (買取価格はA×1.5)	984	1,506	1,463	1,988	

出典：The Regulation of Ministry of Energy and Mineral Resources No. 31 Year 2009

(※1)ごみゼロ技術、最終処分技術を使用した場合は価格が異なる

地下資源リスクが伴う地熱は米ドル建てで、買取価格は他の発電種別に比べて優遇されている。小規模が対象となる水力、風力、太陽光、バイオマスの中では、表 5-14 にあるとおおりポテンシャルが高いにも関わらず開発が進んでいないバイオマスには優遇された価格が適用されている。

小水力においては、FIT 価格の水準はバイオマス、地熱と比べて低いものの、これまでの水力全体の開発実績は比較的高く、バイオマスに比べて燃料コストがかからない分発電単価が安いこと、地熱に比べて開発リスクが低いことが影響していると考えられる。

表 5-14 インドネシアにおける再生可能エネルギー開発余地(2011年時点)

NO	NEW/RENEWABLE ENERGY	RESOURCES (RS)	INSTALLED CAPACITY (IC)	IC/RS RATIO
1	2	3	4	5 = 4/3
1	Hydro	75,670 MW	6,654,29 MW	8,79 %
2	Geothermal	29,038 MW	1,226 MW	4,22 %
3	Mini/Micro Hydro	769,69 MW	228,983 MW	29,75 %
4	Biomass	49,810 MW	1,618,40 MW	3,25 %
5	Solar	4,80 kWh/m ² /day	22,45 MW	-
6	Wind	3 – 6 m/s	1,87 MW	-
7	Uranium	3,000 MW (e.g. 24,112 ton) for 11 years ¹⁾	30 MW	1,00 %

出典：Directorate General of New Renewable Energy and Energy Conservation

水力発電は電源構成の中でも原子力と同様に 24 時間稼働するベースロードとして活用することが出来るため、需要規模的に周辺に大規模火力発電所の建たない地域などでの電力供給源として期待される。以上を踏まえると、本調査が対象とする小水力発電プロジェクトは、FIT 制度により長期売電契約を結ぶことができ、開発ポテンシャルが高く、安定的な電源として社会的な意義も高いことから、エネルギーファンドの投資対象として適当であると考えられる。

事業規模としては、小水力発電は現状 10MW 以下であれば FIT 適用による長期の売電契約を PLN と締結することが出来るため、10MW 以下が主な投資対象規模になると考えられる。長期固定価格の売電契約を締結することができれば、機器の故障等で発電所が長期停止しない限り、安定的なキャッシュフローを確保することが可能である。また、電化率の低いスマトラ島やスラウェシ島では河川が豊富にあるため、周辺地域の電力を補うためにも小水力発電の普及をファイナンスの面からサポートすることは意義があると考えられる。故に、インドネシアにおけるエネルギーファンドの運用方針としては、案件として取り組みやすい 10MW 以下の小水力発電への投資を中心に運用を行い、より大規模な水力、或いはその他の再生可能エネルギーである地熱発電所、バイオマス発電所などへの投資は付加的に検討することが望ましいものとする。

5-2-1-2. 開発段階

開発段階は、既述のとおり、大きく分けて「開発フェーズ」、「建設フェーズ」、「運転／運用フェーズ」の 3 つに分けられる。各開発段階によるメリット・デメリットは、下表のとおり整理される。

より後期の案件に入れば、リスクは抑えられるものの、案件の買収コストは高くなるため、一般的にリターンは下がり、ローリスク・ローリターンの投資となる。逆に、早期の案件に入れば、案件が途中でとん挫するリスクが高くなる分、エクイティであれば額面価格での参入も場合によっては可能となることから、ハイリスク・ハイリターンの投資となる傾向にある。

表 5-15 開発段階によるメリット・デメリット

開発段階	メリット	デメリット
開発フェーズ	投融資機会が多い 買収コストが比較的低い リターンを高め設定可能 開発プロセスへの関与余地が大きい	許認可取得等により案件が途中でとん挫するリスクが比較的高い
建設フェーズ	建設・エンジニアリングへの関与余地	完工リスクがあり、案件がとん挫することやコストオーバーランが発生するリスクが存在
運転／運用フェーズ	完工、運転開始しているため案件がとん挫するリスクは低い	リスクが低い分買収コストは比較的高い

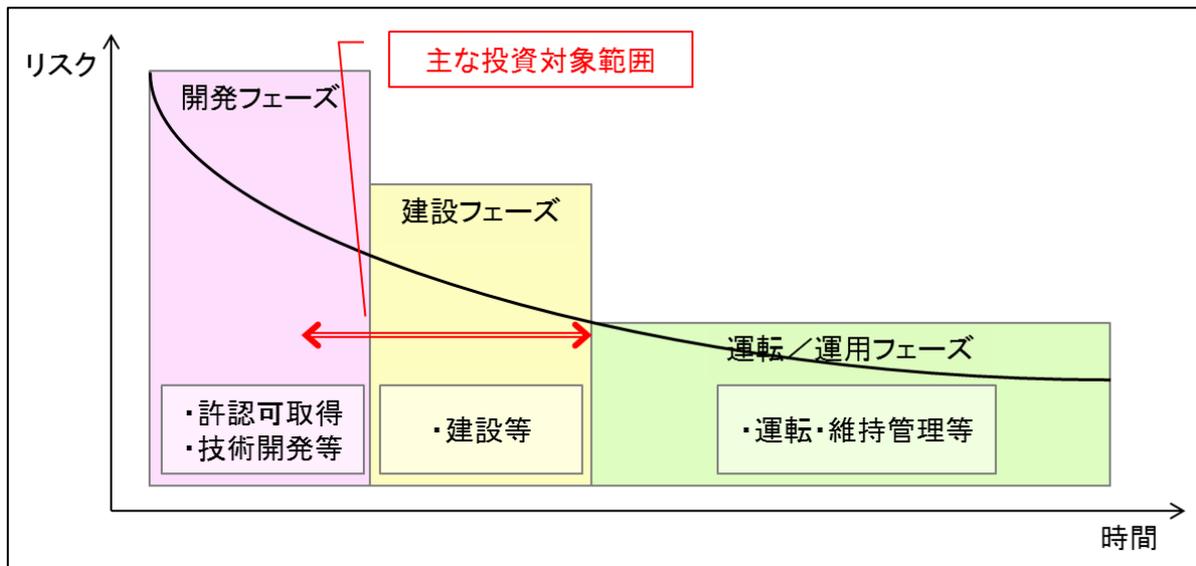


図 5-3 開発ステージと主な投資対象範囲

FIT 制度が適用され、小規模な再生可能エネルギー案件の開発が進み出したのは主に 2012 年頃からであり、現状殆どの案件が開発フェーズにあると想定される。エネルギーファンドの活用においては、当該国の案件開発を支援することが使命の一つと考えられるため、開発フェーズにある案件が主な投資対象になると考えられる。開発フェーズの中でも、事業者が Pre-FS 等を行うための調査許可証、選定した候補地にて小水力発電事業を行うための事業許可証等の主要な初期許認可は基本的に取り終えており、PLN との売電契約に関する MOU が結ばれている段階の案件であれば、リスクはある程度抑えられるため、検討対象として望ましいと考えられる。ただし、具体的な資金提供の検討を行う段階では、既に PLN との売電契約が締結されていることは必要条件になると考えられる。

更に、今後は建設途中まで案件が進んでいるものの、コストオーバーランが起きており、資金不足で止まってしまう案件、特に技術的な問題を抱えている案件が出てくる可能性もある。こうした案件を、日系エンジニアリング会社が技術面でサポートし、エネルギーファンドがファイナンス面でサポートするというスキームも検討に値するものと考えられる。

5-2-1-3. 開発地域

インドネシアでは、特定の地域・島に小水力発電のポテンシャルが偏っていることはなく、広く分布している。ただし、投資対象として開発地域を検討する上では、表 5-13 に記載したとおり、FIT により設定されている買取価格を考慮する必要がある。ジャワ・バリでは、買取価格が Rp.656/kWh と低く、キャッシュフローが回る案件に仕立てることは容易でないケースがある。他方、スマトラ・スラウェシでは、流量等から良質な案件が多数存在しており、買取価格もジャワ・バリ地域よりも 20% 高いことから、ポテンシャルは高い。カリマンタンやパプアも包蔵水力は豊富であり、FIT による買取価格も豊富であるものの、あまり開発案件が進んでいる実績がなく、当面はスマトラ・スラウェシを開発地域の対象とすることが現実的と考えられる。ただし、案件の状況、採算性を考慮して取り組み可能であれば、インドネシア全土が検討対象となる。

5-2-1-4. 事業者条件

投資検討において、投資候補先となる事業者の条件として、本来は小水力事業の経験があることが望ましい。しかし、小水力事業の経験を有する事業者は必ずしも多くないため、小水力事業に通ずるノウハウや経験を有している事業者に、エネルギーファンド側で蓄積しているノウハウによりサポートを行うことが現実的と想定される。

インドネシアでは、建設事業、鉱業関連事業、プランテーション事業等により財を成し、FIT導入を機に、水力開発に参入する地場企業が多数存在している。本業の事業開発において、住民とのリレーションが既に築かれていることから、土地取得等において比較的問題なく進めることができるという強みを有する事業者もいる。

また、発電プロジェクトにおいて建設業務を担うのみであった建設会社が、プロジェクトオーナーとして案件開発を進めるとともに、建設業務を行うことを企図していると想定されるケースが散見される。小水力事業における完工リスクは大きいことから、仮に自社グループで建設業務を行わない場合においても、建中にリスクが顕在化した際のバックストップとなることからリスク軽減を図ることができると考えられる。

他方、運転開始後の事業ノウハウの面では、発電事業の運営実績を有する事業者は運転、維持管理の面で強みを生かすことができると考えられる。石炭火力発電の経験を有する石炭関連事業者や、バイオマス発電の経験を有するプランテーション事業者等が小水力事業開発に参入している例も散見される。こうした発電事業経験を有することは、小水力事業者の選定においてもプラスの材料となる。

以上のとおり、事業者を選定する上では、小水力事業に関連するノウハウを有していることが望ましい。例えば、水力事業の建設業務などのコントラクター業務のノウハウ、鉱業、プランテーション事業等での許認可取得のノウハウ、並びに石炭火力発電、バイオマス発電等の発電事業のノウハウ等を有していれば、小水力事業においても応用が利き、各種リスクを低減できるものと考えられる。

5-2-1-5. まとめ

前項までの整理を基に、投資対象となる具体的な小水力案件のスコープとしては、以下が想定される。

表 5-16 投資対象となる小水力案件のスコープ整理

1. 事業の規模	✓ FIT 適用の対象範囲である 10MW 以下の案件が基本的には検討対象。
2. 開発段階	✓ 調査許可証、事業許可証、PLN との MOU は前提条件と考える。しかしながら、本格的なファイナンス検討のタイミングとしては PLN との PPA があることが前提条件。
3. 開発地域	✓ 案件の状況、採算性を考慮して取り組み可能であれば、インドネシア全土にて検討。 ✓ 初期は、スマトラ、スラウェシが中心になると想定。
4. 事業者の条件	✓ 小水力事業においてノウハウを有していることが必要。また、水力事業におけるトラックレコードもしくはコントラクター業務や発電事業に精通していることが望ましい。

また、小水力以外の再生可能エネルギーへの投資としては、地熱発電やバイオマス発電が考えられる。地熱発電は一案件あたりの投資規模も 50MW 以上となるケースが多く小水力発電所と比較すると大規模になるため、ポートフォリオのバランスが地熱発電に偏重し過ぎぬ様注意が必要となる。バイオマス発電は小水力と同規模であり 10MW 以下の規模が一般的である。インドネシア国政府もバイオマスに対するインセンティブを検討していることもあり、今後同分野への投資チャンスも増加していくものと考えられる。

5-2-2. ポートフォリオ構築の考え方

エネルギーファンドのポートフォリオを構築する上で、事業規模、開発段階、開発地域、事業者の切り口において、以下のように考えることができる。

5-2-2-1. 事業規模

小水力事業においては、基本的に規模の経済が効くことから、敢えて 10MW 以下の事業規模の中でポートフォリオを分散させる必要性はあまりないと考えられる。5MW 程度以下の小規模案件の場合、ソーシングにおいては競争が少ないと考えられ、こうした案件を低いプロジェクトコストで組成できるのであればターゲットにもなりうると想定されるが、基本的に投資効率が低いことから、10MW に近い規模の案件が望ましい。

5-2-2-2. 開発段階

開発段階については、「開発フェーズ」、「建設フェーズ」、「運転／運用フェーズ」の 3 つの段階のうち、主なターゲットは開発フェーズ後期の案件になり、状況によっては建設フェーズにあり、資金ニーズが発生している案件も投資対象になると考えられる。

ただし、エネルギーファンドのコンセプトを決める上で、投資家がより低リスク・低リターン

での安定的なインカムゲインを求めており、既に稼働している案件がある程度流動化してくれば、エネルギーファンドのポートフォリオとして、「運転／運用フェーズ」にある案件を買収することにより、ポートフォリオとしての開発リスク、完工リスクを低減することも考えられる。

5-2-2-3. 開発地域

開発地域については、既述のとおりインドネシアでは広く小水力のポテンシャルが存在するため、一定の分散を利かせることも可能となる。地域分散によるメリット・デメリットは、下表のとおり整理される。地域の分散により、案件ソーシングの難易度、モニタリングコスト、開発の難易度に影響が出ると想定される。

表 5-17 開発地域によるメリット・デメリット

	メリット	デメリット
同一地域	モニタリングコスト低減 地方政府・県知事、PLN 地方局とのリレーション活用が可能	限定的なソーシング機会
複数の地域	豊富なソーシング案件	モニタリングコスト増加 地盤のない地域における開発では、当該地域の地場パートナーを新たに見つける必要が生じる可能性

5-2-2-4. 事業者

インドネシアの小水力事業には、多数の新規参入事業者が存在している。ポートフォリオにおける事業者の分散が持つ留意点は、下表のとおり整理される。事業者の分散により、デューデリジェンス（DD）コスト、パートナーリスクに影響が出ると想定される。複数の事業者の案件に融資を行いつつ、当該事業者による後続案件開発をサポートすることで、DD コストを抑えつつ、良質な案件パイプラインを確保することができると考えられる。

表 5-18 事業者分散によるメリット・デメリット

	メリット	デメリット
単一事業者	パートナーDD コスト低減	パートナーリスクの集中
複数事業者	パートナーリスク分散	パートナーDD コスト増加

5-3. ファンド運営体制の検討

5-3-1. GP、LP の設定

ファンドの運営体制を決めるには、ファンドを組成、投資候補先をソーシングし、投資実行、モニタリング、イグジット、投資家への報告を行う等、ファンドの運営、管理を行う GP を設定する必要がある。

GP は、ファンドのコンセプト等を決めて、所在国における必要な届出を済ませた後、投資家となる LP を募集する。ファンドを活用して、本業の拡大を図るような投資家を戦略的投資家と呼び、エネルギーファンドであればファンドの投資先事業に関与することを狙うエネルギー企業、エンジニアリング企業、メーカー、或いは融資を行う金融機関等が候補となる。ファンド組成に当たり、初めにファンドへの出資をコミットする投資家を、アンカー投資家と呼ぶ。アンカー投資家が出資を行えば、ファンドとして正式に事業を行うことが可能となるため、アンカー投資家の存在は重要となる。そのため、GP もアンカー投資家とは状況に応じて柔軟にファンドコンセプトを調整する可能性がある。

LP は、ファンド投資における目的を明確にする。本業とのシナジー、純粋なリターン等、ファンド投資の目的により、投資対象となるファンドも異なってくる。許容できるリスク、期待するリターンを明確にした上で、それに合致するファンドを探すか、または合致するファンドを組成してくれるよう、GP と調整する必要がある。既述のとおり、ファンド組成初期にあり、アンカー投資家がついていないファンドの GP は、ファンドコンセプトを調整する柔軟性を有する場合が多いため、ファンドレイズ中の GP との議論を重ねることが望ましい。

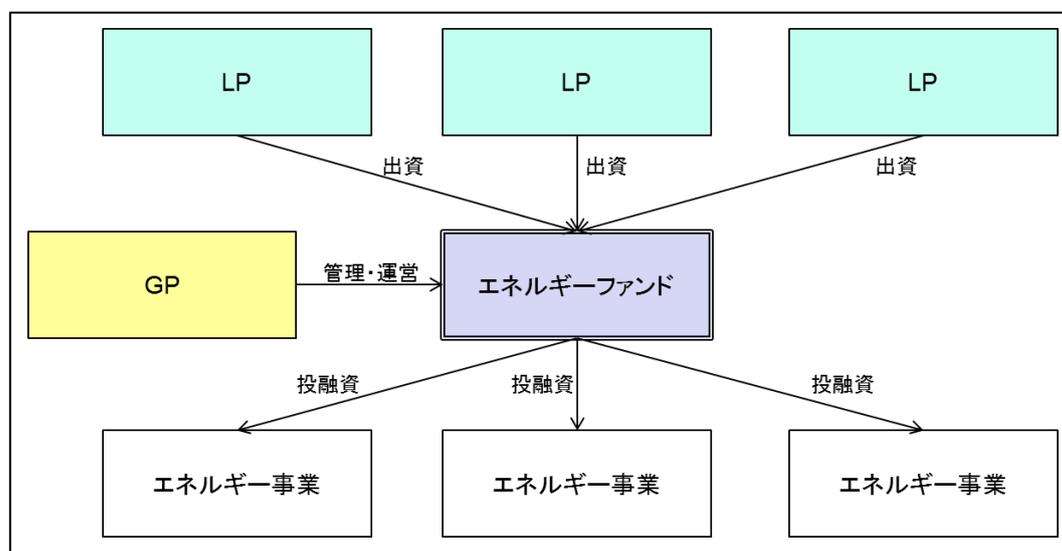


図 5-4 ファンドの一般的なストラクチャー

5-3-2. 投資委員会の設定

GP は、ファンドからの投資を決める上で、投資委員会を開催して投資の是非を諮る必要がある。通常、投資委員会には GP からの代表者が参加し、状況に応じてアドバイザーや外部有識者などが参加することがある。

投資委員会での決定に基づき、デューデリジェンスのコスト負担や、投資決定、イグジットが行われるため、ファンドの運営において極めて重要な役割を果たす。なお、LP は投資委員会にオ

ブザーバーとして参加することを許される場合もあるが、投資委員会の委員として参加することは一般的ではない。LP はファンドに出資し、投資決定を含めた運営・管理を GP に任せることがファンドとしての一般的なスキームである。

投資委員会での意思決定方法は、メンバーによるコンセンサス方式、多数決、2 つの組み合わせ等が一般的に用いられる。意思決定方法は、ファンド組成時に結ばれる「投資事業有限責任組合契約 (Limited Partnership Agreement: LPA)」等において定められる

5-3-3. 諮問機関の設定

ファンドの運営、管理において、必須ではないものの、外部専門家等による諮問機関を活用することがある。投資委員会だけでは検討が難しい、専門性を要する問題について精査するため、専門家を集めて諮問委員会を開催したり、諮問機関を指定して、検討を依頼したりすることができる。

投資対象の検討において、高度な専門性を要する場合などには、諮問機関を事前に設定しておくことで、LP のファンドに対する信頼度が高められ出資検討を行い易い、という効果も期待される。

5-3-4. ファンド運営方針・規模

ファンドの運営方針は、GP が LP を募集する際に作成する目論見書 (Private Placement Memorandum : PPM) に規定される。投資期間、投資対象先、投資 1 件当たりの規模、モニタリング方法、イグジット、期待リターン、投資委員会での意思決定方法等、ファンドの運営方針は、ファンドコンセプトや、ファンド規模によっても異なってくると考えられる。

あるファンドコンセプトで組成されたファンドが、後続ファンドにおいてファンド規模を拡大した場合に、1 号ファンドと同様の投資 1 件当たりの規模、モニタリング方法等では、非効率が生じる可能性もある。投資対象先の 1 件当たりの投資規模がより大きくならなくては、ポートフォリオ構築における必要な投資案件数が多くなり、デューデリジェンス、モニタリングにかかる人的コストが負担になってしまう。そのため、巨大なファンドの中には効率的に投資先の分散を図るため、他ファンドに投資を行うファンドオブファンズも存在する。

5-4. JICA 海外投融資を含めた資金調達方法の検討

5-4-1. JICA 海外投融資プログラムでのエネルギーファンド出資を通じた小水力発電プロジェクトへの投資について

既述の通り、現状インドネシアにおける小水力発電案件は、FIT の適用制限があるため最大でも発電規模が 10MW であり⁴¹、小水力発電プロジェクト単体では JICA 海外投融資プログラムの対象として案件規模が小さ過ぎる可能性がある。また、複数の案件に直接投融資していくことで、事業者との対応、案件を管理する手続きが煩雑になることが想定される。そのため、同プログラムを活用したエネルギーファンドへの出資を行い、ファンドを運営する GP に執行業務を委託することで、効率的に投融資を行うことも一案と考える。

具体的には、インドネシアを含む東南アジア地域においてエネルギー投資を行っている 5-7-1 に示すような GP と新たにファンドを設立する、或は、IFC 等の他ドナーが出資、活用している既存ファンドに出資することも想定しうる。5-3-1 にて述べたとおり、新たにファンドを設立し、アンカー投資家として出資する場合には、ファンドコンセプトについてはある程度影響力を発揮することができるという利点を有する。一方で、既存ファンドの場合にはファンドコンセプトへの影響を与えることが難しい反面、早期に投資実行を実現することができるという利点を有する。

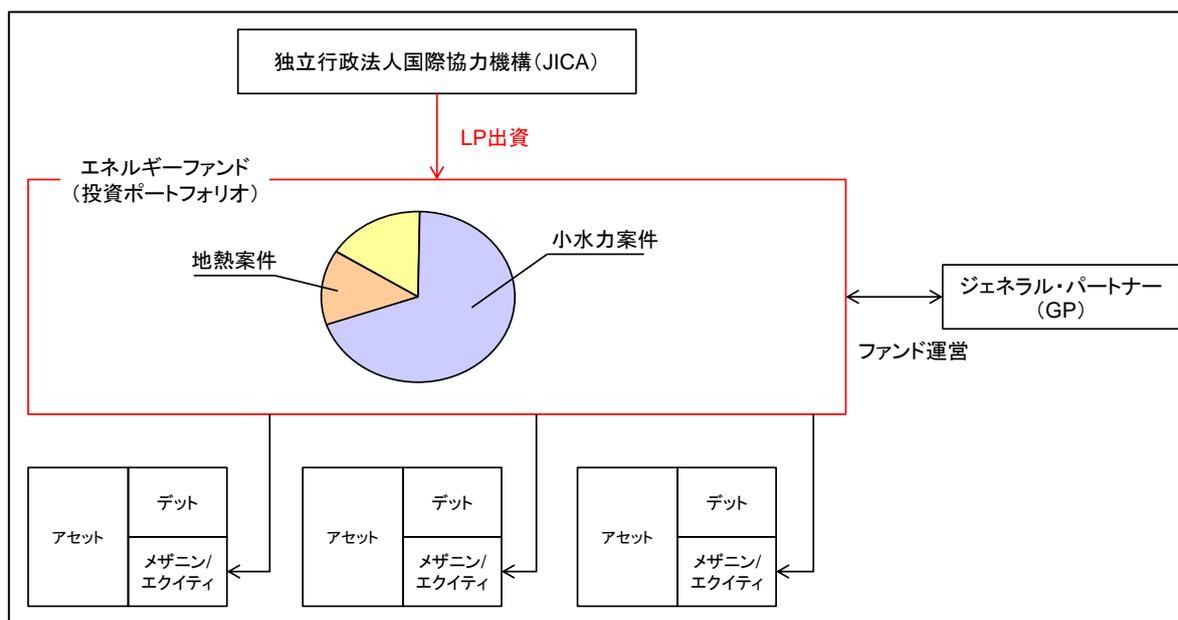


図 5-5 エネルギーファンドを活用したファイナンスストラクチャーイメージ

JICA 海外投融資プログラムによるエネルギーファンドへの出資を検討する際には、ファンドマネジメント (GP) とのミスマッチを防ぐためにも事前に次項のような留意点について確認・調整が必要である。

⁴¹ 小水力発電プロジェクトの規模は 10MW を超えていても、PLN による買取義務が発生するのは売電契約において想定されている、10MW での発電量となり、それ以上の発電量については、PLN 側で需要がある場合に買取を行うというケースも散見される。

5-4-1-1. ファンド出資における留意点

(1) ファンドマネジメント側との調整における留意点

1) GP のポートフォリオ戦略

(A) 投資対象地域

投資対象地域がインドネシアのみであるか、タイ・ベトナム・フィリピン等も含むアセアン諸国なのか、もしくは日本や中国を含むアジア全域なのか、GP の投資対象エリアを確認する必要がある。また、其々の国に対して投資配分をどのように考えているのか、1ヶ国における投資金額の上限・下限の有無に関しても事前に確認が必要である。

(B) 投資対象種別

投資対象となる発電種別につき、再生可能エネルギーのみとするか、石炭・ガス火力などの化石系プロジェクトも含まれるか、また、プロジェクトのみへの投資か、事業会社への投資も検討可能かにつき確認する必要がある。更に、プロジェクトステージに関し、グリーン案件（新規案件）への投資が可能か、もしくはブラウン案件（既存案件）のみが対象となるかに関する確認も必要である。

(C) 投資形態

投資形態が普通株式によるエクティ投資のみか、メザニンローンや種類株式によるメザニンファイナンスも検討可能か投資形態を確認する必要がある。

(D) ファンドのリターン目線

インフラファンドとは、「長期的且つ安定的な CF を収益の源泉」とするファンドであり、基本的にはローリスク・ローリターンの投資として位置づけられる。そのため期待リターンとしては10%程度が一般的である。例えば、発電所への投資においては建中期間を除き、商業運転開始後に急激に資産価値が向上するということはなく、運転開始後は長期の売電収入をベースとして、調達した資金の返済を長期で行う安定的なビジネスモデルである。リスクも限定される代わりに得られるリターンもリスクに見合った水準となる。

(2) 他の投資家との調整における留意点

エネルギーファンドへの出資を検討する際には、他の LP 投資家と GP との間において投資対象案件に対する優先交渉権付与の有無に関し確認する必要がある。投資案件は通常、極めて守秘性が高くまた迅速に意志決定を行う必要があるため投資判断は GP に一任されている場合が多いが、優先交渉権が付与されている LP 投資家が存在した場合、投資案件に対して特定の LP 投資家の意向が反映される可能性がある。

5-5. ファンドによるエグジットまでの計画策定

インドネシアの小水力事業者は中小規模のケースが多いため、エクイティもしくはメザニンによるファイナンスニーズは旺盛である。以下に、エクイティ及びメザニンローンで投資した場合を想定してエグジットの例を記載する。

5-5-1. IPO もしくは M&A 等による第三者への株式売却によるエグジット(普通株式の売却)

案件を複数有している事業者であれば将来的に IPO を実現させることにより、ファンドから出資した普通株式の売却が可能となる。その場合、IPO 時の市場環境次第ではあるが、アップサイドのリターンを得られる可能性が高い。一方で IPO 出来ないリスクも存在するため、事前に事業者が具体的な将来案件を有しており、且つ IPO 時期もある程度予測が出来うる状況であることが重要である。また、IPO を企図しない場合でも事業者が M&A 等で第三者に保有株式を売却する場合があるので、事前に事業者と買戻し条項を締結しておくことにより優先的に保有株式の売却権利を有することも出来る。第三者への売却は偶発的な事象に依存することになるものの、発電所に大きなトラブルが無い限り、後続案件の立ち上がりやデット金額の減少により企業価値はファンドにて投資した時点よりも向上している可能性が高く、当初ファンドで購入した株価より高値で保有株式を売却出来ることが想定される。

5-5-2. 収益弁済によるエグジット(メザニンローンの償還)

シニアレンダーと同様の返済期間で毎年のローンをプロジェクトから得られる収益により償還していくことになる。返済期間は通常は建設期間の 2 年間は元本返済据置であり、商業運転開始後約 5 年から 7 年間で返済するスケジュールが想定される。つまり、投資実行後約 7 年から 9 年間で元利金を回収することになる。通常小水力事業は PLN と 20 年間の PPA を締結しているため、当初の想定通り発電所が安定的に稼働すれば、策定した返済スケジュール通りのリターンを確保することが可能である。

5-5-3. 地場銀行、アセアン大手金融機関のリファイナンスによるエグジット(メザニンローンの期限前弁済)

建設期間が終了して商業運転開始が確認された後に、地場金融機関もしくはアセアンの大手金融機関等が低い金利でシニアローンを提供する場合、メザニンローンを償還してリファイナンスするケースが想定される。その場合は、メザニンローンの一部もしくは全額を期限前弁済して回収することが可能である。通常は期限前弁済を実行した場合ペナルティ条項が付記されているケースが多く、インフラファンドとしては設定している金利以上のリターンを確保することが可能である。しかしながら、当初予定していた返済スケジュールよりも早期に弁済が実施されるため、ペナルティ金額次第では、当初想定していた金利収益による実額が減少する可能性もあるため注意が必要である。

5-6. ファンドによる投資実行後の個別案件に対するサポート体制の検討

投資実行後は事業価値を向上させリターンを最大化させるために、個別案件のモニタリングだけでなく、中長期的な事業計画の中で事業者のバリューアップに資するサポート体制を構築することが重要となる。

5-6-1. 個別案件のモニタリング

投資実行後は建中期間及び建後期間に分けて考えられる。建中期間は建設工期が遅延しないよう定期的に現地視察を実施し、トラブルにつながる可能性のある点を事業者を確認する必要がある。実際に遅延が発生した場合は契約書に沿ってEPCコントラクターと協議をすることになるが、インフラファンドでEPCコントラクター業務に精通している人材を有しているケースもあり、事業者がコントラクターと契約を締結する前の段階より事業者に対してアドバイスを行うことも可能である。

一方で、建後期間は発電所の運用に主眼が置かれることになる。インフラファンドから投資先のSPCに取締役を最低1名選任することにより、タイムリーに発電所の稼働データ（流量、発電量、稼働時間、等）を毎月受領し、発電所の最適運用に関する確認、また場合により、事業者に対するアドバイスの提供も出来得るものとする。

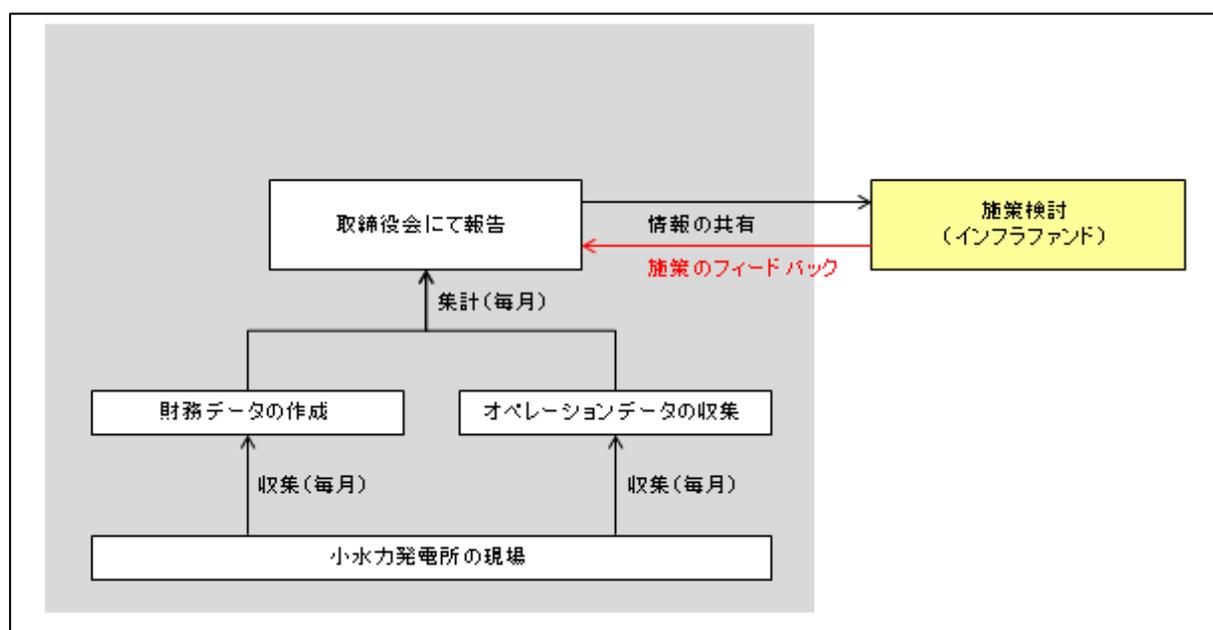


図 5-6 モニタリングの流れ

5-6-2. 事業者のバリューアップ

事業者は個別の案件だけでなく複数のパイプラインを保有しているケースが多いため、将来的なIPOを見据えた成長戦略に沿ったサポート体制が必要と思われる。そのためには発電所運営や経営に精通した人材をファンド内に抱え事業者の経営陣をサポートする従来のファンド機能に追加して、ファンドのネットワークを活用した資金調達のためのアドバイザー機能やコンサルテ

イング機能を活用したサポートも重要となる。

5-6-2-1. アドバイザリー機能によるサポート

複数のプロジェクトを並行して開発していくには、多額の資金調達が必要であり、プロジェクトの初期段階で発生する開発コストの対応や個別プロジェクトに拠出するエクティ負担の対応のために、戦略的な投資家の招聘が必要な場合も考えられる。事業者の趣向に合わせて各種資金調達に際して戦略投資家や金融機関を招聘するサポートは重要である。

5-6-2-2. コンサルティング機能によるサポート

一例としては、今後の政府間の交渉、契約締結に依存するが、小水力事業を日本政府とインドネシア政府間で締結される二国間スキーム事業として申請することにより、排出権クレジットの創出をサポートすることも考えられる。申請に当たっては、第三者機関によるバリデーション、申請書類作成、モニタリングの実施、第三者機関によるベリフィケーション等、事業者が独自で対応することが難しい場合も想定される。そのため、申請における第三者機関の紹介、一連の申請作業、モニタリングの実施方法に関するノウハウの提供等が想定される。

5-7. ファンド構築に必要な条件及び課題の整理

5-7-1. 既存類似ファンドの詳細分析(投資対象、投資方針、実績)

東南アジアを主な投資対象地域として、再生可能エネルギーを含むエネルギーファンドの例としては、以下の3つが挙げられる。

- ・ Asia Clean Energy Fund (Armstrong Asset Management 社)
- ・ Mekong Brahmaputra Clean Development Fund (Dragon Capital 社)
- ・ JAIC-IDI Asian Energy Fund (Asian Energy Investments 社)

各ファンドの概要、投資対象、投資方針、並びに実績について、以下に整理する。

5-7-1-1. Asia Clean Energy Fund(Armstrong Asset Management 社)

英国を出自とするファンドマネージャーがシンガポールに立ち上げたクリーンエネルギーファンドである Asia Clean Energy Fund は、小水力案件についてグリーンフィールドを含め投資検討を行っている模様である。GP である Armstrong Asset Management 社の概要は以下のとおり。

表 5-19 Armstrong Asset Management 社の概要整理

概要	東南アジアの再生可能エネルギーを投資対象とするプライベートエクイティファンドを管理する投資マネジメント会社 欧州投資銀行 (EIB)、ドイツ投資開発会社 (DEG)、IFC 等が LP として出資している
沿革	2011 年 Armstrong Asset Management 社設立 2012 年 8 月 ファーストクローズ (USD65m) を、EIB のファンドオブファンズ「Global Energy Efficiency and Renewable Energy Fund」、DEG 等の出資コミットにより迎える 2013 年 5 月 IFC からの USD20m の出資を受け、セカンドクローズ
マネジメント経歴	Andrew Affleck 氏, Managing Partner クリーンエネルギーファンドの Low Carbon Investors 社 CEO、同社の前はファンドマネジメント会社の Devonshire Capital 社の共同創設者としてアジアを中心に活動し、Armstrong Asset Management 社を設立 Stephen Mahon 氏, Partner 地球物理・惑星物理学博士。Low Carbon Investors 社にて多数の投資先低炭素技術企業の Director として事業価値向上に努めた後、Armstrong Asset Management 社に参画 Edward Douglas 氏, Investment Director Siemens 社、Cummins Power 社、SP International 社、Temasek Holdings 等を経て、再生可能エネルギーを投資対象としたプライベートエクイティファンド

	の FE Clean Energy Group にて Senior Investment Director として投資業務に従事
--	--

特定のクリーンエネルギー系ファンドの流れをくむマネジメントに、エンジニアリングバックグラウンドのある投資マネージャーを招くことで、再生可能エネルギー投資に対する専門性の高いチームを構成している。

Asia Clean Energy Fund の投資対象は、対象分野、対象地域、投資ステージの3つにおいて以下のとおり整理される。

表 5-20 Asia Clean Energy Fund の投資対象整理

対象分野	再生可能エネルギー発電事業 <ul style="list-style-type: none"> - 風力、太陽光、水力、バイオマス、ごみ発 - 10MW までの小規模 省資源 <ul style="list-style-type: none"> - 上水供給、ごみリサイクル、省エネルギー
対象地域	東南アジア（インドネシア、フィリピン、マレーシア、タイ、ベトナムを中心とする）
投資ステージ	開発フェーズ（許認可取得前）、グリーンフィールド（許認可取得後）、稼働中の3フェーズ

投資方針としては、ファンド期間を10年として、1件当たり USD5m~12m の投資案件を、10~15件実行し、IRR20%以上のリターンを目指す。具体的な方針は、以下の通り。

- ✓ 力強い経済ファンダメンタルズに支えられた、明確な市場ニーズがあること
- ✓ 社会的、環境的にポジティブな影響があること
- ✓ 小規模プロジェクトのポートフォリオを組むことによるリスクの最小化を行うこと
- ✓ 技術リスクは取らないこと
- ✓ 早期にキャッシュフローを生み出すことができること
- ✓ 投資において競合不在により低い価格での参入を行うこと
- ✓ 現地での業務経験者による競争優位を生かすこと
- ✓ 明確なイグジット戦略を持つこと

20%以上の IRR を目指しており、キャッシュフローを早期に生み出すことができる稼働中の案件に加えて、許認可取得前の開発フェーズの案件も投資対象とすることで、低い価格での参入を行い、アップサイドを狙っていると想定される。また、技術リスクは取らないことにより、一定のリスク限定化を図っている。

投資実績としては、2013年5月に香港の Symbior Energy 社の子会社で、エネルギーディベロッパーの Symbior Solar Siam 社との戦略的協力関係を締結し、同社子会社で太陽光案件を開発、運営

する Symbior Elements 社の 60%株式を取得することを公表している。当社を通じて、タイの中央部、及び北東部における太陽光発電案件を合計 30MW 開発する予定。今年中に小水力発電プロジェクトを含め 3、4 件の投資実行を予定しているが、現状では、まだ実績の評価は難しい。

5-7-1-2. Mekong Brahmaputra Clean Development Fund(Dragon Capital 社)

ベトナムの地場金融機関である Dragon Capital 社が東南アジアのエネルギー特化型ファンドを組成しており、GP である同社の概要は以下の通り。

表 5-21 Dragon Capital 社の概要整理

概要	Dragon Capital 社は、ベトナムの地場金融機関 ベトナムを中心とする東南アジア地域に特化したファンドを複数立ち上げており、2010 年 7 月にエネルギー特化型ファンドを組成している LP として、FMO (オランダ)、BIO (ベルギー)、Finnfund (フィンランド)、ADB が出資している
沿革	1994 年 Dragon Capital 設立 1995 年 Dragon Capital として第 1 号となる Vietnam Enterprise Investments (アイルランド証券取引所に上場) を設立 2005 年 日本の投資家からの出資により Vietnam Dragon Fund (アイルランド証券取引所に上場) を設立 2010 年 エネルギーに特化した Mekong Brahmaputra Clean Development Fund を設立 (7 月設立)
マネジメント経歴	Dominic Scriven 氏、CEO M&G (英国)、シティコープ社 (香港)、Sun Hung Kai 社 (香港) を経て、ベトナムに移住し、1994 年に Dragon Capital 社を創設 Alex Pasikowski 氏、Deputy CEO Morgan Stanley に入社後、ロンドン、ニューヨーク、東京、香港にて勤務し、豪州・パシフィック、東南アジアの自己勘定取引の責任者となった。その後、Swiss Bank 社、Lehman Brothers 社、ドイツ証券を経て、2001 年より Dragon Capital グループに参画。

Dragon Capital は、元々ベトナムの地場金融機関であることから、金融のバックグラウンドを有するマネジメントを中心にメンバーが構成されている。Mekong Brahmaputra Clean Development Fund の投資対象は、対象分野、対象地域の 2 つにおいて以下のとおり整理される。

表 5-22 Mekong Brahmaputra Clean Development Fund の投資対象整理

対象分野	再生可能エネルギー発電事業、省エネルギー、水処理・ごみ処理
対象地域	ベトナム、タイ、ラオス、カンボジア、ネパール、ブータン、バングラデシュ、スリランカ

投資対象地域は、ベトナムを中心に、スリランカを除き、陸続きの近隣国を対象としており、インド、中国といった巨大な市場は対象としていない。

投資方針としては、トリプルボトムラインと呼ばれる、企業の経済的側面、社会的側面、環境的側面の原則を満たし、各投資案件が環境にポジティブな影響をもたらし、持続的発展に貢献することを目指している。経済的側面の具体的な投資方針としては、10年間の投資期間において、投資案件1件当たりUSD1m～7mの投資規模、IRR15%以上のリターンを目指している。

本ファンドは、これまで以下の3件の投資実績を有する。

表 5-23 Mekong Brahmaputra Clean Development Fund の投資実績

プロジェクト/会社名	場所	種別	規模	備考
Hoa Phu 水力発電プロジェクト	ベトナム	水力発電	29MW	Vietcombank よりデット調達
Electricite du Laos Generation Plc.	ラオス	発電事業者	—	ラオスの国有電力 EdL の発電子会社
Phnom Penh Water Supply Authority (PPWSA)	カンボジア	水供給	330,000m/day	

5-7-1-3. JAIC-IDI Asian Energy Fund (Asian Energy Investments 社)

日本のベンチャーキャピタルである日本アジア投資株式会社 (JAIC 社) と、みずほグループの子会社でエネルギーと環境に特化しているアドバイザー会社の株式会社インダストリアル・ディジジョンズ (IDI 社) は、東南アジアのエネルギーファンドを組成しており、同ファンドは現在日系ファンドマネジメント会社の Asian Energy Investments 社 (AEI 社) が引き継いでいる。同社の概要は以下の通り。

表 5-24 Asian Energy Investments 社の概要整理

概要	Asian Energy Investments 社は、エネルギーに特化した日系のファンドマネジメント会社 シンガポールを拠点として、金融とエネルギーのバックグラウンドの人材が集まり、東南アジア地域に特化したファンドを保有しており、現在は石炭ファンド、再生可能エネルギーファンド、新エネルギーファンドのファンドレイズを行っている
沿革	2008年 JAIC 社と IDI 社で JAIC-IDI Asian Energy Fund (JIAEF) を設立 2011年 タイのバイオマス発電事業者に投資 2011年 インドネシアの小水力発電プロジェクトに投資 2012年 GP 機能を Asian Energy Investments 社に移管
マネジメント経歴	河田一郎氏、Managing Director

	<p>日本アジア投資にて、タイに1年、インドネシアに4年、シンガポールに7年駐在し、当地の事業への投資実績、当地金融機関との共同ファンド設立の実績等を有する。</p> <p>笠原崇広氏、Director</p> <p>日本興業銀行を経て、IDIに入社。これまでに3つのエネルギーインフラファンドを設立しており、金融セクター、ファンド投資等に10年以上の経験を有する。</p>
--	---

AEI社は、JAIC-IDI Asian Energy Fundの流れを継いでおり、東南アジア、金融、エネルギーを軸とした人材がマネジメントを行っている。JAIC-IDI Asian Energy Fundの投資対象は、対象分野、対象地域の2つにおいて以下のとおり整理される。

表 5-25 JAIC-IDI Asian Energy Fundの投資対象整理

対象分野	再生可能エネルギー発電事業を中心としたエネルギープロジェクト、もしくはエネルギー関連企業
対象地域	日本を除くアジア地域

投資方針としては、アジア諸国の経済成長を背景に、環境・エネルギーの切り口でポートフォリオを構築。ハンズオンで事業者のサポートを行い、価値向上を目指す。本ファンドは2件の投資を実行し、現在は運用期間に入っている。

本ファンドは、これまで以下の2件の投資実績を有する。

表 5-26 JAIC-IDI Asian Energy Fundの投資実績

プロジェクト/会社名	場所	種別	規模	備考
バイオマス発電事業者	タイ	バイオマス発電	6MW+3.5MW	—
小水力発電プロジェクト	インドネシア	小水力発電	7.5MW	グリーンフィールド

5-7-2. 関連法規に関する条件及び課題⁴²

日本法に基づきエネルギーファンドを組成、運用する場合には、主に投資事業有限責任組合契約に関する法律、並びに金融商品取引法に基づいた手続きが必要となる。投資事業有限責任組合の組成、及び運用は、金融商品取引法第63条第2項に定める適格機関投資家等特例業務として行われることが多い。ファンドの組成、運用のそれぞれについて、以下の点を充足することが必要となる。

<ファンド組成時>⁴³

⁴² 経済産業省「投資事業有限責任組合モデル契約」平成22年11月

- ① 組成時に、有限責任組合員が 500 名未満であること⁴⁴
- ② 組成時に、有限責任組合員に不適格投資家⁴⁵がないこと
- ③ 組成時に、有限責任組合員に 1 名以上の適格機関投資家がいること
- ④ 組成時に、適格機関投資家以外の有限責任組合員が 49 名以下であること⁴⁶
- ⑤ 組合員となった日において適格機関投資家であった有限責任組合員が保有する組合持分について、適格機関投資家に譲渡する場合以外の譲渡が、組合契約において禁止されていること⁴⁷
- ⑥ 組合員となった日において適格機関投資家以外の者であった有限責任組合員が保有する組合持分について、他の一の者に一括して譲渡する場合以外の譲渡が、組合契約において禁止されていること⁴⁸

<ファンド運用時>

- ① 運用期間中継続して、不適格投資家が有限責任組合員とならないこと
- ② 運用期間中継続して、有限責任組合員に 1 名以上の適格機関投資家がいること
- ③ 運用期間中継続して、適格機関投資家以外の有限責任組合員が 49 名以下であること⁴⁹

上記の点については、出資を検討するファンドの GP に確認が必要となり、具体的には投資事業有限責任組合契約に関する法律に基づいて作成される投資事業有限責任組合契約等で担保することができる。

出資を検討しているファンドがオフショアの私募ファンドである場合においても、日本の投資家が出資を行う場合には、同様に金融商品取引法が適用される。オフショアファンドに出資を検討している日本の投資家が適格機関投資家ではなく、かつ、他に適格機関投資家がない場合、ファンド GP は金融商品取引業者（第二種金融商品取引業、投資運用業）の登録を行わなくてはならない。そのため、適格機関投資家を招へいするか、既存投資家が適格機関投資家の申請を行うことにより、オフショアファンドの GP が適格機関投資家等特例業務の届け出を行うパターンが散見される。以上は、形式的な要件としてのファンドの条件となる。

他方で、実務的にどのようにファンドの投資意思決定等に関与し、ファンドを活用するかも、重要な課題のひとつである。基本的に、LP 投資家は GP に投資判断を委ねることとなり、投資決定が行われる投資委員会に委員として参加はしない。しかし、可能な限り意思決定に影響を及ぼすことを希望する投資家、及び投資案件の情報を入手し、共同投資の検討等を行いたい戦略投資家は、アドバイザー委員会などの諮問機関の設立を GP に求めることがある。このような投資家は、アドバイザー委員会を通じて GP に対して意見を述べることで、一定の影響力を確保することを企図している。ただし、諮問機関への参加は、通常一定規模以上の出資額を有する投資

⁴³ 金融商品取引法第 63 条第 1 項第 1 号

⁴⁴ 金融商品取引法第 2 条第 3 項第 3 号、同法施行令第 1 条の 7 の 2。但し、④に該当することを要する。

⁴⁵ 金融商品取引法第 63 条第 1 項第 1 号イからハまでのいずれかに該当するものをいう

⁴⁶ 金融商品取引法施行令第 17 条の 12 第 1 項及び第 2 項

⁴⁷ 金融商品取引法施行令第 17 条の 12 第 3 項第 1 号

⁴⁸ 金融商品取引法施行令第 17 条の 12 第 3 項第 2 号イ

⁴⁹ 金融商品取引法施行令第 17 条の 12 第 1 項及び第 2 項

家⁵⁰に限られることが一般的であり、参加資格については組合契約により規定されているため、留意が必要である。このような取り組みは、ファンド組成の初期段階において調整しなくては、他LPも含めたステークホルダーとの調整が難しくなってしまう。そのため通常は、ファンド組成時の投資事業有限責任組合契約に織り込むことが必要となる。

5-7-3. その他の課題の整理

エネルギーファンドによる投資実績が豊富な欧米と比べると、東南アジア地域に特化したエネルギーファンドは、まだ緒に就いたばかりである。一般的に、エネルギーインフラは長期安定的なキャッシュフローを生み出すことから、潜在的には年金等の機関投資家の投資対象となりうると考えられる。しかしながら、エネルギーアセットが流動化していない市場においては、開発フェーズにある案件への投資が中心となり、開発リスク、建中リスクを取る必要が出てくる。こうしたリスクをエネルギーファンドが積極的に取ることは、開発を促進する社会的意義がある一方で、投資家がつき難いというジレンマを抱えることとなる。

本調査において例示してきたように、既に相応の規模に達している東南アジアのエネルギーファンドは、開発金融機関のサポートを得ている。開発金融機関の出資サポートがシードマネーとなり、他の機関投資家も参画可能となれば、エネルギーファンドも相応の規模のプロジェクトに複数投資可能となり、安定的なポートフォリオを構築しやすくなるということのみならず、エネルギーマーケットの活性化にも資するものと考えられる。

⁵⁰ Cornerstone Limited Partner 等と呼ばれることがある

第6章 まとめ

インドネシアでは増大する電力需要を背景に、政府は「第二次クラッシュプログラム」を策定、電力供給量の強化を目指している。従来は石炭を中心とする電源開発が主軸であったが、今次プログラムでは小水力発電を始めとする再生可能エネルギーにも焦点を当てている。具体的には、FIT 制度の導入により、小規模の水力、風力、太陽光、バイオマス、並びに規模には制限のない地熱案件においては、PLN との交渉なしで長期固定価格の PPA を締結することが可能となっている。

再生可能エネルギーの中でも、水力の開発ポテンシャルは 75GW 程度と大きく、かつ他の発電種別に比べて開発の実績を有する。更に、小水力発電案件の開発は、組成については初期投資額が小さく、また組成期間も短いというメリットも存在する。以上のとおり、制度、ポテンシャルの両面においてインドネシアの小水力発電案件の開発が進む条件が揃っており、再生可能エネルギーの普及、また電源開発という 2 つの観点からも非常に有用な手段であることが、これまでの調査において明らかとなっている。

しかしながら、小水力発電案件開発は必ずしも順調に進んでいるとは言えず、①事業者の信用力、②地場金融機関によるプロジェクトのリスク評価能力、③事業者の技術・エンジニアリング面軽視などが散見され、課題も有している。そのため、開発案件の検討においてはファイナンス面だけでなく、技術面、環境社会面など、多面的な確認が重要となっている。

本調査では、許認可取得、PLN との PPA 締結に向けた Prequalification Process Status に関するレターを取得済みといった面で実現性の高い案件を選定した上で、技術面、環境社会面、ファイナンス面において調査を実施した。本調査において明らかになった、Nasal 地点における小水力発電事業準備調査における技術面、環境社会面、及びファイナンス面としての事業スキーム・資金調達方法に関する調査結果のまとめと課題は以下の通りである。

第一に技術面の調査では、有効落差は損失落差の計算を行い確認したところ、計画緒元値 80.8m よりも低い 69.0m となったため、最大出力は 12,000kW ではなく 10,000kW となった。導水路の通水能力については、水理計算の結果、十分通水可能であることが分かった。水槽規模についても、十分な容量を確保できている。事業採算性評価では、最大出力 10,000kW と 8,000kW のケースを比較したところ、8,000kW の方が土木・電気機械費用が減少することからより採算性が良い結果となった。これらの技術レビュー、事業採算性評価の結果について事業者と協議したところ、事業者としてはポートフォリオで発電規模及び売り上げを拡大していく事業戦略を有しており、本案件の最大出力を 10,000kW とする方向で詳細検討を進めることとした。

一方、主要な課題点として、以下の点が挙げられる。①雨量データを流量データに換算するモデルの精度及び妥当性の評価のため、流量について計画地点での簡易な実測を行い、データの信頼度を確認することが望ましいこと、②経済性評価は構造物の設計についての検討、施工計画も考慮した積算を行い、精度の高い工事費算定を行う必要があること、③水車設置標高が放水位よ

り低い位置にあるため、発電所の常時、洪水時の洪水対策に留意する必要があること、などである。今後の投融资検討においては、詳細設計にて以上のような点に関する再検討結果を確認することが必要となる。

第二に環境社会配慮に関する調査では、汚染対策面では、工事中の大気汚染、水質汚濁、廃棄物、土壌汚染、騒音・振動が考えられるが、影響は軽微であると想定される。自然環境面では、プロジェクト対象エリアにおいて、UKL/UPL および国内法(Government Regulation No.7 1999)から確認できる情報、および現地踏査(2013年4月実施)による地元住民を対象としたヒアリングでは、スマトラトラ、フクロテナガザル等の希少種の見撃情報があったが、土地の改変が限定的であること等から、工事による影響は軽微であると考えられる。ただし、緩和策として、①大径木の連続性を考慮し、工事による分断を最小化する、②工事中に希少種が出現した場合には、一時的に工事を中断する(様子を見る、いなくなるまで待つ)③工事中の見撃例が多い場合には、専門家に対応策を相談する、④ロードキルの注意喚起のための看板の設置をする、⑤地域住民による見撃等の情報集約体制を整備する(情報が集約できる場所や人を作る)⑥関係者及び住民に対する保全のための啓発資料の作成、関係者の研修を実施する。また、河川域では遡河性の魚類は確認されておらず、出現種は少ないことなどから影響は軽微であると考えられる。社会環境面では、地域住民に対する説明会は1回実施されており、今後始まる補償についての合意を得ている。本プロジェクトにより、用地取得は発生するものの、すべて合意の元に行われる予定である。なお、事業による住民移転は発生しない。地域コミュニティは予想される正の影響から、本事業を歓迎している。今後の環境マネジメント計画、及びモニタリング計画の適切な実施により、負の影響は軽減・最小化され、正の影響は最大化されるものと考えられる。

事業スキーム・資金調達方法に関しては、技術レビュー、事業採算性評価の結果を踏まえた事業者との協議により、最適発電規模として継続検討されることとなった10,000kWをベースに資金調達の試算を行った。その結果、現在手続きが進められているFIT価格の上昇、エクイティ拠出額の増加、等を前提として事業性を評価すると、PLNからの売電収入を原資としてシニア・メザニンレンダーへの借入金返済が可能となることが確認出来ており、本案件の事業性は満たされるものと考えられる。

今後の課題としては、制度に依存することになるものの、新FIT制度の導入(現FIT価格より約20%上昇)、本案件のリスクをシェアする新規投資家の招聘、事業化に向けた発電諸元の確定と精緻なEPCコスト試算等が挙げられる。

以上のとおり、本案件を実現していく上での課題、留意点が本調査において明らかとなった。今後は、以下のような課題をクリアして、適切なストラクチャーを組成することが求められる。

<技術面の課題>

- ・ 雨量データから流量データに換算するモデルの精度及び妥当性の評価
- ・ 詳細設計、施工計画を考慮した上でのプロジェクトの精緻化

<環境社会面の課題>

- ・ 環境マネジメント計画、及びモニタリング計画の適切な実施

<ファイナンス面の課題>

- ・ EPC 等のコストの確定／根拠の確認
- ・ 事業者による確実な資金拠出の確認とリスクをシェアする新規投資家の招聘

今後も、実績を有す日本の技術コンサル会社による FS レビュー等による案件への関与、及び JICA 海外投融資、日系エネルギーファンド等を含めた本邦資金の活用検討を行うことにより、プロジェクトの実現性向上が可能となり、インドネシア国における小水力発電案件の開発を促進させ得るものと考えられる。

別添資料 N4-1
損失落差計算書 (Nasa1地点)

第1章 損失落差の計算

第1節 取水口における損失落差

1. 流入による損失落差

$$h_e = f_e \cdot \frac{V_2^2}{2g} + \left(\frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \right)$$

ここに h_1 : 流入による損失落差 (m)
 f_e : 流入損失係数 0.1
 V_1 : 流入前流速 (m/s)
 V_2 : 流入後流速 (m/s)

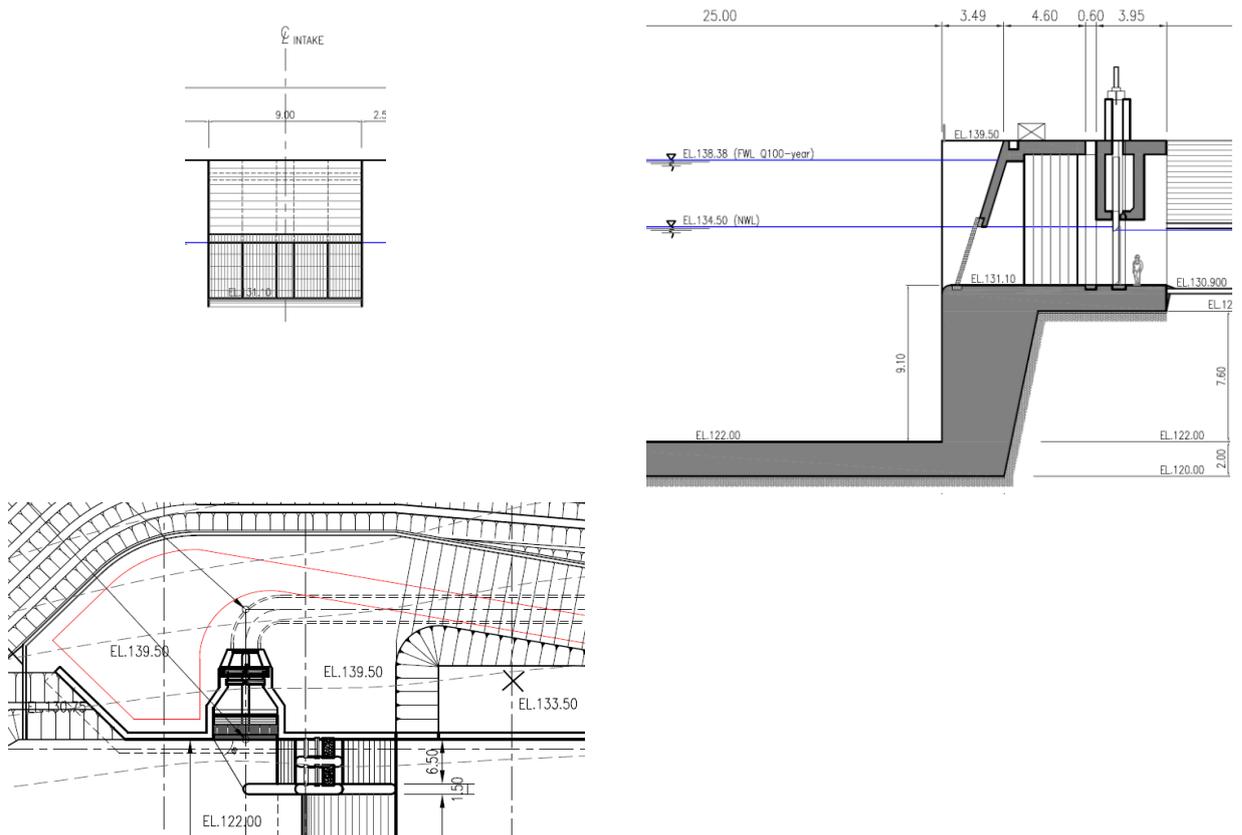
いま、 $V_1=0$ とみなせるから次式に変形できる。

$$h_e = (1+f_e) \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

流入による損失落差は次表のとおりである。

項目	上流水位 $WL_1 (m)$	下流水位 $WL_2 (m)$	取水口数 $Z_2 (m)$					
最大	134.500	134.480	131.100					
常時	134.500	134.496	131.100					

項目	流量 $Q (m^3/s)$	取水口全幅 $B (m)$	下流水深 $H_2 (m)$	流入後流速 $V_2 (m/s)$	速度水頭 $V_2^2/2g$	損失係数 $1+f_e$	損失落差 $h_1 (m)$	
最大	17.360	9.000	3.380	0.571	0.017	1.170	0.020	0.000
常時	7.850	9.000	3.396	0.257	0.003	1.170	0.004	0.000



2. スクリーンによる損失落差

$$h_2 = f_r \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \left(\frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \right)$$

- ここに
- h_2 : スクリーンによる損失落差 (m)
 - f_r : スクリーンによる損失係数
 - V_1 : スクリーン上流側流速 (m/s)
 - β : スクリーンバー形状による係数 2.34
 - θ : スクリーンの傾斜角 75.0 (°)
 - t : スクリーンバーの厚さ 12 (mm)
 - b : スクリーンバーの純間隔 88 (mm)

$$f_r = \beta \cdot \sin \theta \cdot (t/b)^{4/3}$$

$$= 2.34 \times \sin(75.0) \times (12/88)^{4/3}$$

$$= 0.159$$

各使用水量時のスクリーンによる損失落差は次表のとおりである。

項目	上流水位 $WL_1 (m)$	上流敷 $Z_1 (m)$	上流水深 $H_1 (m)$	上流有効幅 $B_1 (m)$	下流水位 $WL_2 (m)$	下流敷 $Z_2 (m)$	下流水深 $H_2 (m)$	下流有効幅 $B_2 (m)$
最大	134.480	131.100	3.380	9.000	134.477	131.100	3.377	9.000
常時	134.496	131.100	3.396	9.000	134.496	131.100	3.396	9.000

項目	流量 $Q (m^3/s)$	上流側流積 $A_1 (m^2)$	上流側流速 $V_1 (m/s)$	速度水頭 $V_1^2/2g$	下流側流積 $A_2 (m^2)$	下流側流速 $V_2 (m/s)$	速度水頭 $V_2^2/2g$
最大	17.360	30.420	0.571	0.017	30.393	0.571	0.017
常時	7.850	30.564	0.257	0.003	30.564	0.257	0.003

項目	損失係数 f_r	損失落差 $h_2 (m)$					
最大	0.159	0.003	0.000				
常時	0.159	-	-0.000				

3. ピアーによる損失落差

$$h_3 = \frac{Q^2}{2g} \left[\frac{1}{C^2 B_2^2 (H_1 - h_3)^2} - \frac{1}{B_1^2 H_1^2} \right]$$

ここに

- h_3 : ピアーによる損失落差 (m)
- Q : 流量 (m^3/s)
- C : ピアーの形状による係数 0.92 (m/s)
- B_1 : ピアー直前の水路幅 9.00 (m)
- B_2 : 水路幅からピアー幅総計を控除した幅
- t : ピアー1基の幅 1.00 (m)
- H_1 : ピアー上流側の水深

いま、 $h_3/H_1=0$ と仮定して、 h_3 を次式で求める。

$$h_3 = \left\{ \frac{1}{C^2} \left(\frac{B_1}{B_2} \right)^2 - 1 \right\} \frac{V_1^2}{2g}, \quad V_1 = \frac{Q}{B_1 H_1}$$

これを第1近似値として両辺が一致するよう試算する。
各使用水量時のピアーによる損失落差は次表のとおりである。

項目	上流水位 WL_1 (m)	取水口敷 Z_1 (m)	上流水深 H_1 (m)	直前水路幅 B_1	控除水路幅 B_2	ピアー係数 C	$C^2 B_2^2$	$B_1^2 H_1^2$
最大	134.477	131.100	3.377	9.000	8.000	0.920	54.170	923.733
常時	134.496	131.100	3.396	9.000	8.000	0.920	54.170	934.158

項目	流量 Q (m^3/s)	$Q^2/2g$	損失落差 h_3	下流水深 H_2	下流水位 WL_2 (m)	h_3'	$h_3 - h_3'$
最大	17.360	15.376	0.008	3.369	134.469	0.008	0.000
常時	7.850	3.144	0.002	3.394	134.494	0.002	0.000

4. 取水口ゲートによる損失落差

$$h_4 = WL_1 - h_1 - h_2 - h_3 - WL_2$$

ここに

- h_4 : 取水口ゲートによる損失落差 (m)
- h_1 : 流入による損失落差 (m)
- h_2 : スクリーンによる損失落差 (m)
- h_3 : ピアーによる損失落差 (m)
- WL_1 : 取水口水位 (m)
- WL_2 : 取水路始点水位 (m)

項目	取水口水位 WL_1	流入 h_1	スクリーン h_2	ピアー h_3	導水路始点水位 WL_2	損失落差 h_4		
最大	134.500	0.020	0.003	0.008	133.828	0.641		
常時	134.500	0.004	-	0.002	132.575	1.919		

5. 取水口における損失落差の合計

$$h_1 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5$$

ここに h_1 : 流入による損失落差 (m)
 h_2 : スクリーンによる損失落差 (m)
 h_3 : ピアーによる損失落差 (m)
 h_4 : 取水口ゲートによる損失落差 (m)
 h_5 : 余裕 (m)

取水口における損失落差は次のとおりである。

損失箇所、種類	記号	損失落差	
		最大	常時
流入	h_1	0.020	0.004
スクリーン	h_2	0.003	0.000
ピアー	h_3	0.008	0.002
取水口ゲート	h_4	0.641	1.919
余裕	h_5	0.000	0.000
計	h_I	0.672	1.925

取水路始点における水位は次のとおりである。

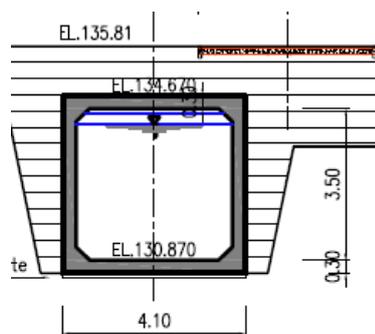
使用水量ケース	最大	常時
取水口始点水位	134.500	134.500
取水口損失落差	0.672	1.925
取水路始点水位	133.828	132.575

第2節 取水路における損失落差

1. 取水路の水面追跡計算

取水路における損失落差は、始点水位と終点水位（沈砂池水位）の差分とする。
取水路始点水位は沈砂池からの背水計算により算定する。

名称	測点 SP. m	区間延長 m	水路勾配		始点数高 EL. m	終点数高 EL. m
取水路始点	0.00	1060.00	1/1666.67	0.0600%	130.900	130.264
沈砂池始点	1060.00				130.264	
合計		1060.00				



水路底幅	$B:$	3.500 m
水路高	$H:$	3.500
粗度係数	$n:$	0.015

2. 取水路における損失落差

$$h_{IV} = WL_1 - WL_2$$

WL_1 : 取水路始点水位 (m)

WL_2 : 取水路終点水位（水槽水位） (m)

取水路における損失落差は次のとおりである。

損失箇所、種類	記号	損失落差	
		最大	常時
取水路始点水位	WL_1	133.828	132.575
取水路終点水位（沈砂池水位）	WL_2	133.237	132.129
計	h_{IV}	0.591	0.446

導水路水面追跡計算

$$\left(\frac{\alpha_2 Q^2}{2gA_2^2} + h_2 + z_2\right) - \left(\frac{\alpha_1 Q^2}{2gA_1^2} + h_1 + z_1\right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{Q^2}{K_1^2} + \frac{Q^2}{K_2^2}\right) (L_2 - L_1)$$

水路幅 B : 3.500 m
 水路高 H : 3.500 m
 粗度係数 n : 0.015
 水路勾配 i : 0.0006
 補正係数 α : 1.000

最大時流量 Q : 17.360 (m^3/s)

No	水路延長 L (m)	追加距離 dL (m)	水深 h (m)	流積 A (m^2)	径深 R (m)	流速 V (m/s)	水位 H (m)	管路敷高 Z (m)	比EG E	通水能 K	摩擦損失 h_f (m)	
1	0.00		2.9733	10.4064	1.1016	1.6682	133.237	130.264	133.3792	739.993		
2	50.00	50.0	2.9705	10.3969	1.1012	1.6697	133.265	130.294	133.4068	739.148	0.0275	0.000
3	100.00	50.0	2.9679	10.3875	1.1009	1.6712	133.292	130.324	133.4344	738.321	0.0276	0.000
4	150.00	50.0	2.9653	10.3784	1.1005	1.6727	133.319	130.354	133.4620	737.511	0.0277	0.000
5	200.00	50.0	2.9627	10.3694	1.1002	1.6742	133.347	130.384	133.4897	736.718	0.0277	0.000
6	250.00	50.0	2.9602	10.3607	1.0998	1.6756	133.374	130.414	133.5174	735.941	0.0278	0.000
7	300.00	50.0	2.9577	10.3521	1.0995	1.6770	133.402	130.444	133.5452	735.181	0.0279	0.000
8	350.00	50.0	2.9553	10.3437	1.0991	1.6783	133.429	130.474	133.5731	734.436	0.0279	0.000
9	400.00	50.0	2.9530	10.3355	1.0988	1.6797	133.457	130.504	133.6009	733.708	0.0280	0.000
10	450.00	50.0	2.9507	10.3274	1.0985	1.6810	133.485	130.534	133.6289	732.994	0.0280	0.000
11	500.00	50.0	2.9486	10.3199	1.0982	1.6822	133.513	130.564	133.6569	732.331	0.0281	0.000
12	550.00	50.0	2.9465	10.3126	1.0979	1.6834	133.540	130.594	133.6850	731.686	0.0281	0.000
13	600.00	50.0	2.9444	10.3055	1.0976	1.6845	133.568	130.624	133.7132	731.057	0.0282	0.000
14	700.00	100.0	2.9405	10.2919	1.0971	1.6868	133.625	130.684	133.7697	729.847	0.0565	0.000
15	800.00	100.0	2.9366	10.2780	1.0965	1.6890	133.681	130.744	133.8261	728.619	0.0567	0.000
16	900.00	100.0	2.9331	10.2658	1.0961	1.6911	133.737	130.804	133.8830	727.536	0.0569	0.000
17	1,000.00	100.0	2.9298	10.2542	1.0956	1.6930	133.794	130.864	133.9400	726.510	0.0570	0.000
18	1,060.00	60.0	2.9279	10.2475	1.0953	1.6941	133.828	130.900	133.9743	725.920	0.0343	0.000
19												
20												
計	1,060.00						133.828				0.5958	

常時流量 Q : 7.850 (m^3/s)

No	水路延長 L (m)	追加距離 dL (m)	水深 h (m)	流積 A (m^2)	径深 R (m)	流速 V (m/s)	水位 H (m)	管路敷高 Z (m)	比EG E	通水能 K	摩擦損失 h_f (m)	
1	0.00		1.8651	6.5278	0.9029	1.2026	132.129	130.264	132.2029	406.523		
2	50.00	50.0	1.8529	6.4852	0.9000	1.2105	132.147	130.294	132.2217	403.016	0.0188	0.000
3	100.00	50.0	1.8411	6.4437	0.8972	1.2182	132.165	130.324	132.2408	399.606	0.0191	0.000
4	150.00	50.0	1.8295	6.4034	0.8944	1.2259	132.184	130.354	132.2602	396.295	0.0195	0.000
5	200.00	50.0	1.8183	6.3642	0.8918	1.2335	132.202	130.384	132.2800	393.080	0.0198	0.000
6	250.00	50.0	1.8075	6.3261	0.8891	1.2409	132.221	130.414	132.3000	389.962	0.0201	0.000
7	300.00	50.0	1.7969	6.2891	0.8866	1.2482	132.241	130.444	132.3204	386.939	0.0204	0.000
8	350.00	50.0	1.7867	6.2533	0.8841	1.2553	132.261	130.474	132.3411	384.010	0.0207	0.000
9	400.00	50.0	1.7767	6.2186	0.8816	1.2623	132.281	130.504	132.3620	381.175	0.0211	0.000
10	450.00	50.0	1.7671	6.1849	0.8793	1.2692	132.301	130.534	132.3833	378.433	0.0214	0.000
11	500.00	50.0	1.7578	6.1524	0.8770	1.2759	132.322	130.564	132.4049	375.781	0.0217	0.000
12	550.00	50.0	1.7489	6.1213	0.8747	1.2824	132.343	130.594	132.4268	373.253	0.0220	0.000
13	600.00	50.0	1.7404	6.0913	0.8726	1.2887	132.364	130.624	132.4491	370.817	0.0223	0.000
14	700.00	100.0	1.7241	6.0342	0.8685	1.3009	132.408	130.684	132.4944	366.184	0.0454	0.000
15	800.00	100.0	1.7090	5.9816	0.8646	1.3123	132.453	130.744	132.5409	361.925	0.0465	0.000
16	900.00	100.0	1.6952	5.9330	0.8611	1.3231	132.499	130.804	132.5885	357.997	0.0476	0.000
17	1,000.00	100.0	1.6824	5.8883	0.8578	1.3332	132.546	130.864	132.6370	354.385	0.0486	0.000
18	1,060.00	60.0	1.6752	5.8632	0.8559	1.3389	132.575	130.900	132.6667	352.362	0.0296	0.000
19												
20												
計	1,060.00						132.575				0.4644	

マンニングの式を満足する水深を求める。

$AR^{2/3} = \frac{Qn}{\sqrt{I}} \dots\dots①$	等流水深	: h_o	(m)
	使用水量	: Q	(m^3/s)
	水路勾配	: $I=$	0.0006
	マンニング粗度係数	: $n=$	0.0150
	水路幅	: B	3.500 (m)
	水路高	: H	3.500 (m)
	流積	: A	(m^2)
	潤辺	: S	(m)
	径深	: $R=A/S$	(m)

項目	流量 $Q (m^3/s)$	右辺 $Q \cdot nI^{0.5}$	等流水深 $h_o (m)$	流積 $A (m^2)$	潤辺 $S (m)$	径深 $R (m)$	左辺 $AR^{2/3}$	左辺-右辺
最大	17.360	10.631	2.872	10.053	9.245	1.087	10.631	0.000
常時	7.850	4.807	1.561	5.464	6.622	0.825	4.807	0.000

・限界水深の算定

$$\frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{A^3}{T} \dots\dots②$$

限界水深	: hc	(m)
使用水量	: Q	(m^3/s)
流速分布補正係数	: $\alpha =$	1.0
重力加速度	: $g=$	9.8 (m^2/s)
水路幅	: $B=$	3.5 (m)
側壁勾配	: $m=$	0.0 (矩形)
流積	: $A=(B+m \cdot hc)hc$	(m^2)
水面幅	: $T=B+2m \cdot hc$	(m)

平均流速： $V=Q/A$ 、水力水深： $D=A/T$ を②式に代入すると、以下のとおりとなる。

$$\alpha \frac{V^2}{2g} = \frac{D}{2} \dots\dots③$$

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots④$$

$$D = \frac{A}{T} \dots\dots⑤$$

③に④、⑤を代入すると

$$\alpha \frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{T} \dots\dots⑥$$

となるので、⑥式を満足する h を hc とする

項目	流量 $Q (m^3/s)$	限界水深 $h_c (m)$	水路幅 $B (m)$	補正係数 α	流積 $A (m^2)$	左辺 $\alpha Q^2/g$	右辺 A^3/T	左辺-右辺
最大	17.360	1.359	3.500	1.000	4.757	30.752	30.752	0.000
常時	7.850	0.801	3.500	1.000	2.802	6.288	6.288	0.000

第3節 沈砂池における損失落差

1. 断面変化による損失落差

沈砂池の流入部では、漸拡により流入後流速 $V_2 < 流入前流速V_1$ となることから、速度水頭差がマイナスになる。また、流速が遅く漸拡による断面変化損失水頭も無視できるので

・損失落差 ≈ 0

とする。

2. 流入による損失落差

沈砂池から導水路へ流入する箇所の損失落差を計上する。

$$h_e = f_e \cdot \frac{V_2^2}{2g} + \left(\frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \right)$$

ここに h_1 : 流入による損失落差 (m)
 f_e : 流入損失係数 0.2
 V_1 : 流入前流速 (m/s)
 V_2 : 流入後流速 (m/s)

いま、 $V_1=0$ とみなせるから次式に変形できる。

$$h_e = (1+f_e) \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

流入による損失落差は次表のとおりである。

項目	上流水位 $WL_1 (m)$	下流水位 $WL_2 (m)$	水路敷 $Z_2 (m)$					
最大	133.237	133.064	130.113					
常時	132.129	132.046	130.113					

項目	流量 $Q (m^3/s)$	導水路幅 $B (m)$	下流水深 $H_2 (m)$	流入後流速 $V_2 (m/s)$	速度水頭 $V_2^2/2g$	損失係数 $1+f_e$	損失落差 $h_1 (m)$	
最大	17.360	3.500	2.951	1.681	0.144	1.200	0.173	
常時	7.850	3.500	1.933	1.160	0.069	1.200	0.083	

沈砂池における損失落差は次のとおりである。

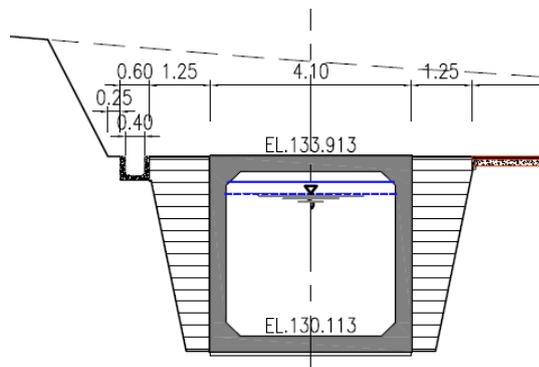
損失箇所、種類	記号	損失落差	
		最大	常時
断面変化	h_1	0.000	0.000
流入	h_2	0.173	0.083
余裕	h_3	0.000	0.000
計	h_I	0.173	0.083

第4節 導水路における損失落差

1. 導水路の水面追跡計算

導水路における損失落差は、始点水位と終点水位（水槽水位）の差分とする。
導水路始点水位は水槽からの背水計算により算定する。

名称	測点	区間延長	水路勾配		始点数高	終点数高
	SP. m		m			EL. m
導水路始点	0.00	3108.33	1/1666.67	0.0600%	130.113	128.248
水槽始点	3108.33				128.248	
合計		3108.33				



水路底幅	<i>B</i> :	3.500 m
側壁勾配	<i>H</i> :	3.500
粗度係数	<i>n</i> :	0.015

2. 導水路における損失落差

$$h_{IV} = WL_1 - WL_2$$

WL_1 : 導水路始点水位 (m)

WL_2 : 導水路終点水位（水槽水位） (m)

導水路における損失落差は次のとおりである。

損失箇所、種類	記号	損失落差	
		最大	常時
導水路始点水位	WL_1	133.064	132.046
導水路終点水位（水槽水位）	WL_2	131.508	131.508
計	h_{IV}	1.556	0.538

導水路水面追跡計算

$$\left(\frac{\alpha_2 Q^2}{2gA_2^2} + h_2 + z_2\right) - \left(\frac{\alpha_1 Q^2}{2gA_1^2} + h_1 + z_1\right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{Q^2}{K_1^2} + \frac{Q^2}{K_2^2}\right) (L_2 - L_1)$$

水路幅 B : 3.500 m
 水路高 H : 3.500 m
 粗度係数 n : 0.015
 水路勾配 i : 0.0006
 補正係数 α : 1.000

最大時流量 Q : 17.360 (m^3/s)

No	水路延長 L (m)	追加距離 dL (m)	水深 h (m)	流積 A (m^2)	径深 R (m)	流速 V (m/s)	水位 H (m)	管路敷高 Z (m)	比EG E	通水能 K	摩擦損失 h_f (m)	
1	0.00		3.2600	11.4100	1.1387	1.5215	131.508	128.248	131.6261	829.481		
2	100.00	100.0	3.2428	11.3498	1.1366	1.5295	131.551	128.308	131.6702	824.090	0.0441	0.000
3	200.00	100.0	3.2262	11.2917	1.1346	1.5374	131.594	128.368	131.7148	818.882	0.0447	0.000
4	300.00	100.0	3.2101	11.2355	1.1326	1.5451	131.638	128.428	131.7599	813.854	0.0452	0.000
5	400.00	100.0	3.1946	11.1813	1.1306	1.5526	131.683	128.488	131.8056	809.003	0.0458	0.000
6	500.00	100.0	3.1798	11.1293	1.1288	1.5598	131.728	128.548	131.8519	804.361	0.0463	0.000
7	600.00	100.0	3.1655	11.0794	1.1270	1.5669	131.774	128.608	131.8988	799.894	0.0468	0.000
8	800.00	200.0	3.1385	10.9848	1.1235	1.5804	131.867	128.728	131.9939	791.451	0.0952	0.000
9	1,000.00	200.0	3.1136	10.8975	1.1203	1.5930	131.962	128.848	132.0910	783.665	0.0972	0.000
10	1,200.00	200.0	3.0906	10.8172	1.1173	1.6049	132.059	128.968	132.1900	776.503	0.0991	0.000
11	1,400.00	200.0	3.0695	10.7434	1.1146	1.6159	132.158	129.088	132.2908	769.935	0.1008	0.000
12	1,600.00	200.0	3.0503	10.6759	1.1120	1.6261	132.258	129.208	132.3932	763.927	0.1025	0.000
13	1,800.00	200.0	3.0326	10.6142	1.1097	1.6355	132.361	129.328	132.4971	758.447	0.1040	0.000
14	2,000.00	200.0	3.0166	10.5581	1.1075	1.6442	132.465	129.448	132.6025	753.461	0.1055	0.000
15	2,200.00	200.0	3.0020	10.5070	1.1055	1.6522	132.570	129.568	132.7093	748.916	0.1068	0.000
16	2,400.00	200.0	2.9887	10.4605	1.1037	1.6596	132.677	129.688	132.8172	744.795	0.1081	0.000
17	2,600.00	200.0	2.9767	10.4185	1.1021	1.6663	132.785	129.808	132.9264	741.064	0.1092	0.000
18	2,800.00	200.0	2.9658	10.3804	1.1006	1.6724	132.894	129.928	133.0365	737.693	0.1103	0.000
19	3,000.00	200.0	2.9561	10.3464	1.0993	1.6779	133.004	130.048	133.1478	734.676	0.1112	0.000
20	3,108.33	108.3	2.9513	10.3294	1.0986	1.6806	133.064	130.113	133.2084	733.169	0.0606	0.000
計	3,108.33						133.064				1.5833	

常時流量 Q : 7.850 (m^3/s)

No	水路延長 L (m)	追加距離 dL (m)	水深 h (m)	流積 A (m^2)	径深 R (m)	流速 V (m/s)	水位 H (m)	管路敷高 Z (m)	比EG E	通水能 K	摩擦損失 h_f (m)	
1	0.00		3.2600	11.4100	1.1387	0.6880	131.508	128.248	131.5321	829.481		
2	100.00	100.0	3.2083	11.2290	1.1323	0.6991	131.516	128.308	131.5412	813.270	0.0091	0.000
3	200.00	100.0	3.1570	11.0494	1.1259	0.7104	131.525	128.368	131.5507	797.217	0.0095	0.000
4	300.00	100.0	3.1060	10.8710	1.1193	0.7221	131.534	128.428	131.5606	781.305	0.0099	0.000
5	400.00	100.0	3.0554	10.6940	1.1127	0.7341	131.543	128.488	131.5709	765.538	0.0103	0.000
6	500.00	100.0	3.0052	10.5183	1.1060	0.7463	131.553	128.548	131.5817	749.925	0.0107	0.000
7	600.00	100.0	2.9555	10.3441	1.0992	0.7589	131.563	128.608	131.5928	734.472	0.0112	0.000
8	800.00	200.0	2.8573	10.0004	1.0853	0.7850	131.585	128.728	131.6167	704.080	0.0239	0.000
9	1,000.00	200.0	2.7610	9.6635	1.0711	0.8123	131.609	128.848	131.6427	674.421	0.0260	0.000
10	1,200.00	200.0	2.6669	9.3342	1.0566	0.8410	131.635	128.968	131.6710	645.562	0.0283	0.000
11	1,400.00	200.0	2.5752	9.0133	1.0419	0.8709	131.663	129.088	131.7019	617.577	0.0309	0.000
12	1,600.00	200.0	2.4862	8.7018	1.0271	0.9021	131.694	129.208	131.7358	590.545	0.0338	0.000
13	1,800.00	200.0	2.4002	8.4007	1.0121	0.9344	131.728	129.328	131.7728	564.551	0.0370	0.000
14	2,000.00	200.0	2.3174	8.1111	0.9971	0.9678	131.765	129.448	131.8132	539.681	0.0405	0.000
15	2,200.00	200.0	2.2383	7.8340	0.9821	1.0020	131.806	129.568	131.8575	516.029	0.0443	0.000
16	2,400.00	200.0	2.1631	7.5708	0.9674	1.0369	131.851	129.688	131.9059	493.682	0.0484	0.000
17	2,600.00	200.0	2.0922	7.3226	0.9529	1.0720	131.900	129.808	131.9588	472.727	0.0529	0.000
18	2,800.00	200.0	2.0258	7.0904	0.9389	1.1071	131.954	129.928	132.0164	453.241	0.0576	0.000
19	3,000.00	200.0	1.9643	6.8752	0.9255	1.1418	132.012	130.048	132.0789	435.289	0.0625	0.000
20	3,108.33	108.3	1.9331	6.7658	0.9185	1.1603	132.046	130.113	132.1148	426.197	0.0360	0.000
計	3,108.33						132.046				0.5829	

マンニングの式を満足する水深を求める。

$AR^{2/3} = \frac{Qn}{\sqrt{I}} \dots\dots①$	等流水深	: h_o	(m)
	使用水量	: Q	(m^3/s)
	水路勾配	: $I=$	0.00060
	マンニング粗度係数	: $n=$	0.015
	水路幅	: B	3.500 (m)
	水路高	: H	3.500 (m)
	流積	: A	(m^2)
	潤辺	: S	(m)
	径深	: $R=A/S$	(m)

項目	流量 $Q (m^3/s)$	右辺 $Q \cdot nI^{0.5}$	等流水深 $h_o (m)$	流積 $A (m^2)$	潤辺 $S (m)$	径深 $R (m)$	左辺 $AR^{2/3}$	左辺-右辺
最大	17.360	10.631	2.872	10.053	9.245	1.087	10.631	0.000
常時	7.850	4.807	1.561	5.464	6.622	0.825	4.807	0.000

・限界水深の算定

$$\frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{A^3}{T} \dots\dots②$$

限界水深	: hc	(m)
使用水量	: Q	(m^3/s)
流速分布補正係数	: $\alpha =$	1.0
重力加速度	: $g=$	9.8 (m^2/s)
水路幅	: $B=$	3.500 (m)
側壁勾配	: $m=$	0.000 (矩形)
流積	: $A=(B+m \cdot hc)hc$	(m^2)
水面幅	: $T=B+2m \cdot hc$	(m)

平均流速： $V=Q/A$ 、水力水深： $D=A/T$ を②式に代入すると、以下のとおりとなる。

$$\alpha \frac{V^2}{2g} = \frac{D}{2} \dots\dots③$$

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots④$$

$$D = \frac{A}{T} \dots\dots⑤$$

③に④、⑤を代入すると

$$\alpha \frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{T} \dots\dots⑥$$

となるので、⑥式を満足する h を hc とする

項目	流量 $Q (m^3/s)$	限界水深 $h_c (m)$	水路幅 $B (m)$	補正係数 α	流積 $A (m^2)$	左辺 $\alpha Q^2/g$	右辺 A^3/T	左辺-右辺
最大	17.360	1.359	3.500	1.000	4.757	30.752	30.752	0.000
常時	7.850	0.801	3.500	1.000	2.802	6.288	6.288	0.000

第5節 水槽における損失落差

1. 急拡による損失落差

$$h_{se} = f_{se} \cdot \frac{V_2^2}{2g} + \left(\frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \right)$$

$$f_{se} = \left\{ 1 - \left(\frac{A_1}{A_2} \right) \right\}^2$$

ここに

h_{se} : 断面急拡による損失落差 (m)

f_{se} : 急拡損失係数

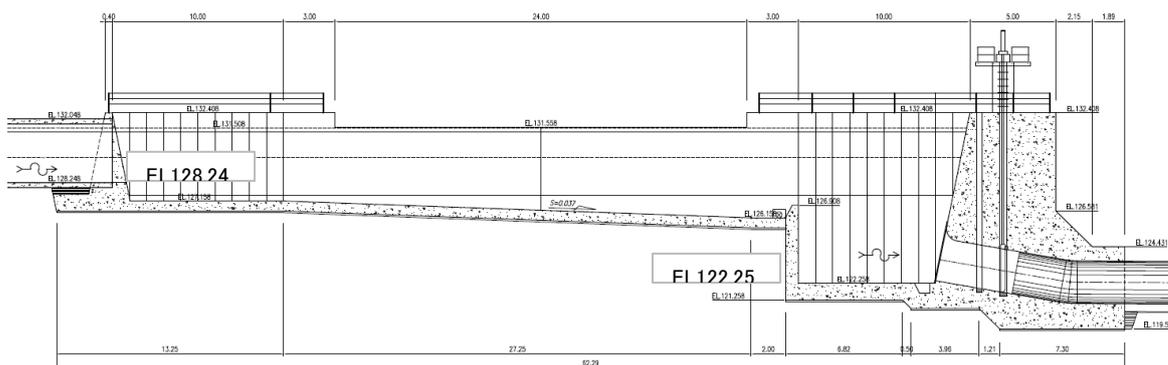
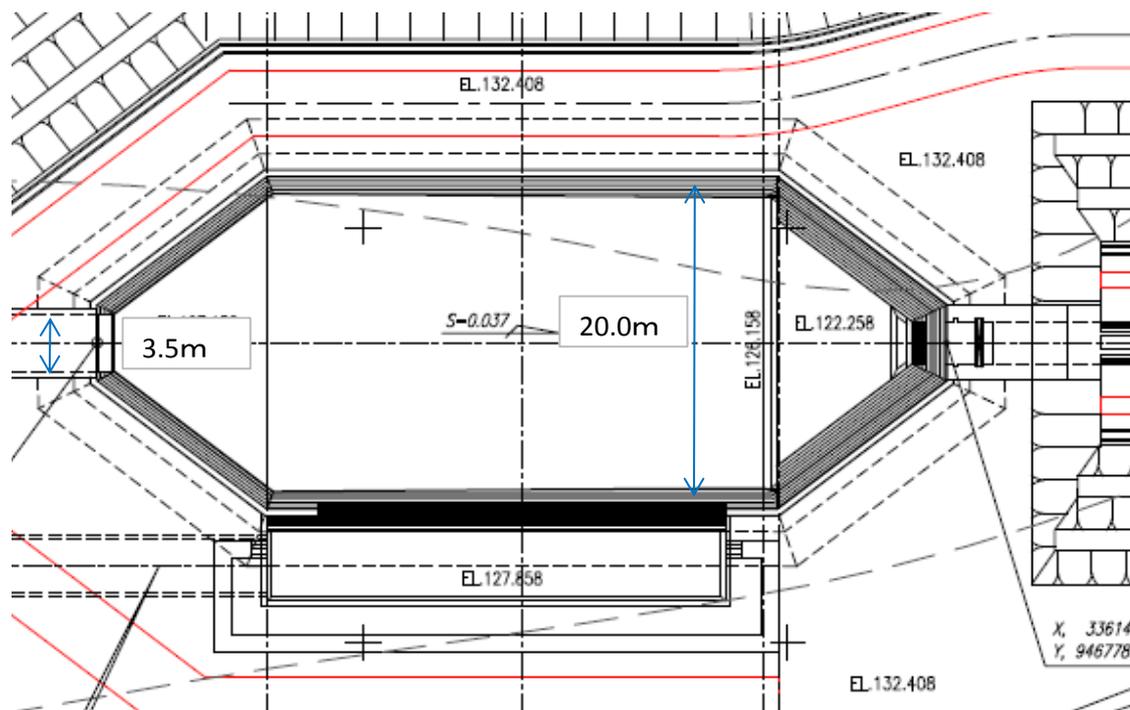
V_1 : 急拡前の流速 (m/s)

V_2 : 急拡後の流速 (m/s)

$V_2 < V_1$ により、速度水頭差がマイナスになるので、損失落差に計上しない

項目	上流水位 WL_1 (m)	上流敷 Z_1 (m)	上流水深 H_1 (m)	上流有効幅 B_1 (m)	下流水位 WL_2 (m)	下流敷 Z_2 (m)	下流水深 H_2 (m)	下流有効幅 B_2 (m)
最大	131.508	128.248	3.260	3.500	131.508	122.258	9.250	20.000
常時	131.508	128.248	3.260	3.500	131.508	122.258	9.250	20.000

項目	流量 Q (m ³ /s)	流速 V_1 (m/s)	速度水頭 $V_1^2/2g$	流速 V_2 (m/s)	速度水頭 $V_2^2/2g$	損失係数 f_{se}	損失落差 h_{se} (m)	$WL_1 - WL_2 - h_2$
最大	17.360	1.521	0.118	0.094	0.000	0.880	-0.118	0.118
常時	7.850	0.688	0.024	0.042	0.000	0.880	-0.024	0.024



2. 水槽における損失落差の合計

$$h_v = h_1 + h_2$$

ここに h_1 : 断面急拡による損失落差 (m)
 h_2 : 余裕 (m)

水槽における損失落差の合計は、次表のとおりである。

損失箇所、種類	記号	損失落差	
		最大	常時
断面急拡	h_1	0.000	0.000
余裕	h_2	0.000	0.000
計		0.000	0.000

第6節 水圧管路における損失落差

1. 流入による損失落差

$$h_1 = f_e \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

ここに h_1 : 流入による損失落差 (m)
 f_e : 流入損失係数 0.050 ベルマウス
 V_2 : 流入後流速 (m/s)
 D : 管路直径 (m)
 A : 管路断面積 (m²)

各使用水量時の流入による損失落差は次表のとおりである。

項目	流量 $Q(m^3/s)$	管路直径 $D(m)$	管路断面積 $A(m^2)$	流入後流速 $V_2(m/s)$	速度水頭 $V_2^2/2g$	損失係数 f_e	損失落差 $h_1(m)$
最大	17.360	2.550	5.107	3.399	0.589	0.050	0.029
常時	7.850	2.550	5.107	1.537	0.121	0.050	0.006

2. 摩擦による損失落差

$$h_2 = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

ここに h_2 : 摩擦による損失落差 (m)
 f : 摩擦損失係数
 V : 管内流速 (m/s)
 D : 管路直径 (m)
 L : 管路延長 (m)

円形断面水路の摩擦損失係数は次式で計算する。

$$f = 124.5 \cdot n^2 / D^{1/3} \quad \text{ここに } n: \text{マンニングの粗度係数}$$

ここに n : マンニングの粗度係数 0.012

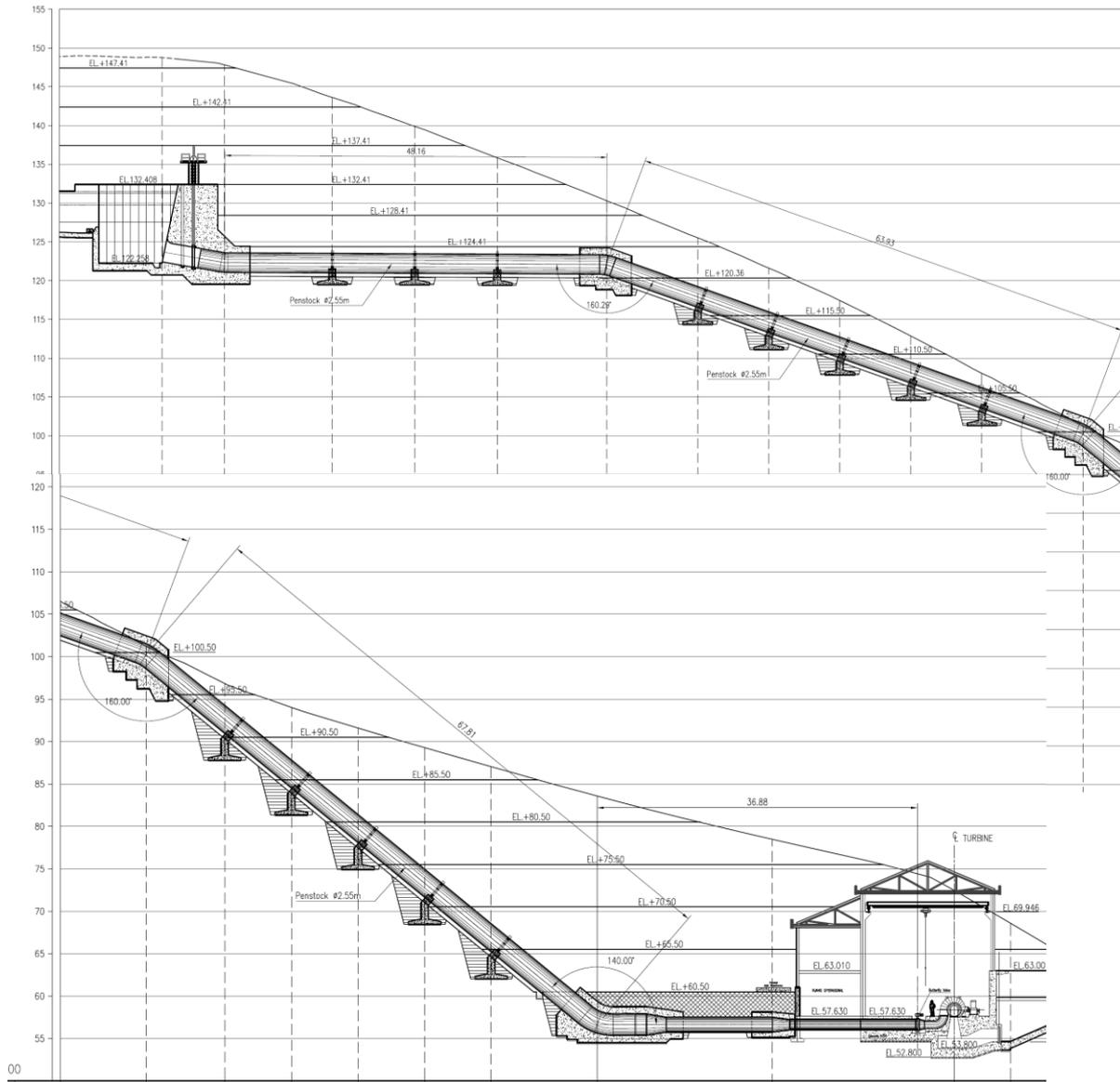
各管径における摩擦損失係数は次表のとおりである。

区間	管路直径 $D(m)$	管路延長 $L(m)$	管路断面積 $A(m^2)$	粗度係数 n	損失係数 f	$f \cdot L / D$
P1-分岐	2.550	194.37	5.107	0.012	0.0131	0.999
分岐-AB4	1.800	15.64	2.545	0.012	0.0147	0.128
AB4-漸縮	1.800~1.20	2.00	3.132	0.012	0.0142	0.014
漸縮-入口弁	1.200	14.71	1.131	0.012	0.0169	0.207

各使用水量時の摩擦による損失落差は次表のとおりである。

区間	最大使用水量 $Q = 17.360$			常時使用水量 $Q = 7.850$		
	管内流速 $V(m/s)$	速度水頭 $V^2/2g$	損失落差 $h_2(m)$	管内流速 $V(m/s)$	速度水頭 $V^2/2g$	損失落差 $h_2(m)$
P1-分岐	3.399	0.589	0.588	1.537	0.121	0.121
分岐-AB4	3.411	0.594	0.076	3.084	0.485	0.062
AB4-漸縮	5.543	1.568	0.022	2.506	0.320	0.004
漸縮-入口弁	7.675	3.005	0.622	6.941	2.458	0.509
計		$h_2 =$	1.308		$h_2 =$	0.696

※最大使用水量時は、2台運転であり、分岐下流は1/2流量で流速を算定



3. Y分岐による損失落差

$$h_3 = f_B \cdot \frac{v^2}{2g}$$

ここに

h_3 : Y分岐による損失落差 (m)

D : 水路径 2.550 (m)

f_B : 損失係数 0.5

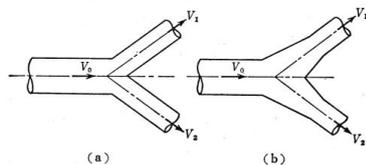
各使用水量時の対称Y分岐による損失落差は次表のとおりである。

項目	流量 $Q(m^3/s)$	流積 $A_0(m^2)$	流速 $V_0(m/s)$	速度水頭 $V_0^2/2g$	損失係数 f_B	損失落差 $h_3(m)$
最大	17.360	5.107	3.399	0.589	0.500	0.295
常時	7.850	5.107	1.537	0.121	0.500	0.061

普通の対称 Y 分岐 {第 3・33 図 (a)}

$f_B=0.75$

分岐管の始部を円錐状に漸縮した対称 Y 分岐 {第 3・33 図 (b)} $f_B=0.50$



第 3-33 図 水圧管 Y 分岐

4. 曲がりによる損失落差

$$h_4 = f_{b1} \cdot f_{b2} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

ここに h_4 : 曲がりによる損失落差 (m)
 f_{b1} : 曲がりの曲率半径 ρ と管径Dによって決まる損失係数
 f_{b2} : 任意の曲がりの中心角 θ の場合の損失と90° の場合の損失の比
 V : 管内流速 (m/s)

損失係数 f_{b1} および f_{b2} は、次式を用いて算出した

$$f_{b1} = 0.131 + 0.1632 \left(\frac{D}{\rho} \right)^{7/2} \quad f_{b2} = \left(\frac{\theta}{90} \right)^{1/2}$$

各箇所の曲がり損失係数は次表のとおりである。

位置	管路直径 D (m)	曲率半径 ρ	D/ρ	損失係数 f_{b1}	角度 θ	損失比 f_{b2}	$f_{b1} \cdot f_{b2}$
P2	2.550	10.000	0.255	0.132	0.13°	0.0385	0.0051
AB1	2.550	10.000	0.255	0.132	19.52°	0.4657	0.0615
AB2	2.550	10.000	0.255	0.132	20.00°	0.4714	0.0622
AB3	2.550	10.000	0.255	0.132	40.00°	0.6666	0.0880

各使用水量時の曲がりによる損失落差は次表のとおりである。

管路直径 D (m)	管路断面積 A (m ²)	最大使用水量 $Q = 17.360$			常時使用水量 $Q = 7.850$		
		管内流速 V (m/s)	速度水頭 $v^2/2g$	損失落差 h_3 (m)	管内流速 V (m/s)	速度水頭 $v^2/2g$	損失落差 h_3 (m)
2.550	5.107	3.399	0.589	0.003	1.537	0.121	0.001
2.550	5.107	3.399	0.589	0.036	1.537	0.121	0.007
2.550	5.107	3.399	0.589	0.037	1.537	0.121	0.008
2.550	5.107	3.399	0.589	0.052	1.537	0.121	0.011
計			$h_4 =$	0.128		$h_4 =$	0.027

5. 断面漸縮による損失落差

$$h_5 = f_{gc} \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

ここに

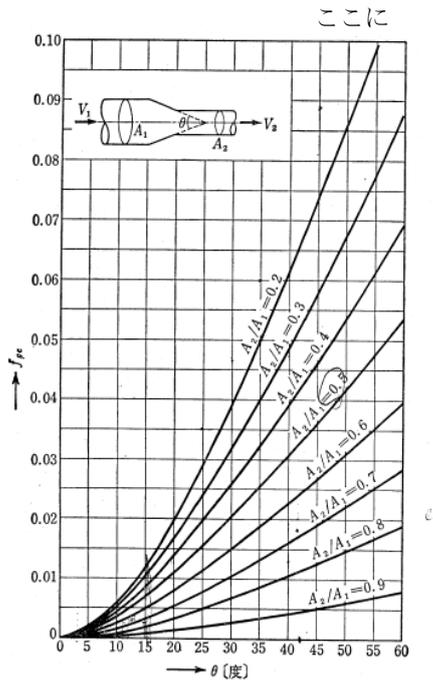
h_5 : 断面漸縮による損失落差 (m)

f_{gc} : 漸縮損失係数

V_2 : 漸縮後の流速 (m/s)

各箇所の漸縮損失係数は次表のとおりである。

管路直径 D (m)	漸縮前面積 A_1 (m ²)	漸縮後面積 A_2 (m ²)	延長 L	A_2/A_1	漸縮角 θ	損失係数 f_{gc}
1.80~1.20	2.545	1.131	2.000	0.444	17.100	0.01



D : 管路直径 (m)

A_1 : 漸縮前断面流積 (m²)

A_2 : 漸縮後断面流積 (m²)

θ : 漸縮角 = $\tan^{-1}(((A_1/\pi)^{0.5} - (A_2/\pi)^{0.5})/L) \times 2$ (°)

各使用水量時の漸縮による損失落差は次表のとおりである。

No.	最大使用水量 $Q=$ 17.360			常時使用水量 $Q=$ 7.850		
	管内流速 V (m/s)	速度水頭 $V^2/2g$	損失落差 h_4 (m)	管内流速 V (m/s)	速度水頭 $V^2/2g$	損失落差 h_4 (m)
1	15.349	12.020	0.120	6.941	2.458	0.025
計		$h_5 =$	0.120		$h_5 =$	0.025

6. 水圧管路における損失落差の合計

$$h_{\text{v}} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6$$

ここに	h_1 : 流入による損失落差	(m)
	h_2 : 摩擦による損失落差	(m)
	h_3 : Y分岐による損失落差	(m)
	h_4 : 曲がりによる損失落差	(m)
	h_5 : 断面漸縮による損失落差	(m)
	h_6 : 余裕	(m)

水圧管路における損失落差の合計は、次表のとおりである。

損失箇所、種類	記号	損失落差	
		最大	常時
流入	h_1	0.029	0.006
摩擦	h_2	1.308	0.696
Y分岐	h_3	0.295	0.061
曲がり	h_4	0.128	0.027
断面漸縮	h_5	0.120	0.025
余裕	h_6	0.000	0.000
計	h_{v}	1.880	0.815

第7節 放水路における損失落差

1. 瀬堤による損失落差・・・本間による台形せきの越流式

$$Q = C' \cdot B \cdot H_2 \cdot (H_1 - H_2)^{1/2} \quad \dots\dots \text{もぐり越流時}$$

ここに Q : せきの越流量 (m^3/s)
 C : 完全越流時の流量係数
 C' : もぐり越流時の流量係数
 H_1 : せき頂を基準とした上流測水深 (m)
 H_2 : せき頂を基準とした下流測水深 (m)
 B : せきの越流幅 (m)
 W : せきの高さ (m)

堰の形状は、下流面勾配5/3以上、上流面0~4/3として、越流係数は次式で算定する。
 各使用水量時の越流領域は、もぐり越流領域である。

$$C = 1.37 + 1.02 \frac{H_1}{W}$$

$$C' = C \times 2.6$$

B : せきの越流幅 $12.000 (m)$
 W : せきの高さ $0.500 (m)$
 瀬堤天端標高 $59.000 (m)$

各使用水量時の瀬堤による損失落差は次表のとおりである。

項目	流量 $Q (m^3/s)$	上流水位 WL_1	上流水深 H_1	下流水位 WL_2	下流水深 H_2	H_2/H_1	領域判定	
最大	17.360	59.666	0.666	59.500	0.500	0.750	>0.7	もぐり越流
常時	7.850	59.541	0.541	59.500	0.500	0.924	>0.7	もぐり越流

項目	越流係数 C	越流係数 C'	$C' \cdot B \cdot H_2 \cdot (H_1 - H_2)^{1/2}$	$h_1 = H_1 - H_2$			
最大	2.729	7.096	17.360	0.166			
常時	2.474	6.433	7.850	0.041			

2. 断面変化による損失落差

$$h_2 = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

ここに h_2 : 断面変化による損失落差 (m)
 V_1 : 摩擦損失係数 (m)
 V_2 : 管内流速 (m)

項目	上流水位 WL_1	上流敷 Z_1	上流水深 H_1	上流幅 B_1	下流水位 WL_2	下流敷 Z_2	下流水深 H_2	下流幅 B_2
最大	59.905	54.646	5.259	20.000	59.666	59.000	0.666	12.000
常時	59.616	54.646	4.970	20.000	59.541	59.000	0.541	12.000

項目	流量 $Q (m^3/s)$	上流断面 A_1	下流断面 A_2	上流流速 V_1	下流流速 V_2	損失落差 h_2	$WL_1 - WL_2 - h_2$
最大	17.360	105.188	7.995	0.165	2.171	0.239	0.000
常時	7.850	99.391	6.496	0.079	1.208	0.074	0.000

3. 吸出管出口による損失落差

$$h_3 = f_o \cdot \frac{V_1^2}{2g}$$

ここに h_3 : 断面急拡による出口損失落差 (m)
 f_o : 出口損失係数 1.0
 V_1 : 急拡前の流速 (m/s)

$$f_o = \left\{ 1 - \left(\frac{A_1}{A_2} \right) \right\}^2$$

f_o は、急拡損失係数の算定式において、 $A_2 = \infty$ として算定した。
 Q は、1機当りの流量とする。

形状 矩形
 B : 水路幅 3.000 (m)
 H : 水路高 1.000 (m)

項目	流量 $Q (m^3/s)$	急拡前流積 $A_1 (m^2)$	急拡後流積 $A_2 (m^2)$	急拡前流速 $V_1 (m/s)$	速度水頭 $V_1^2/2g$	損失係数 f_o	損失落差 $h_3 (m)$
最大	8.680	3.000	105.188	2.893	0.427	0.944	0.403
常時	3.925	3.000	99.391	1.308	0.087	0.941	0.082

4. 放水路における損失落差の合計

$$h_{VII} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$$

ここに h_1 : 溺提による損失落差 (m)
 h_2 : 断面変化による損失落差 (m)
 h_3 : 吸出管出口 (m)
 h_4 : 余裕 (m)

放水路における損失落差の合計は、次表のとおりである。

		損失落差	
		最大	常時
溺提	h_1	0.166	0.041
断面変化	h_2	0.239	0.074
吸出管出口	h_3	0.403	0.082
余裕	h_4	0.000	0.000
計	h_{VII}	0.808	0.198

第8節 損失落差の合計

取水口から放水路までの損失落差の合計は次表のとおりである。

項 目	最大	常時
取水口	0.672	1.925
取水路	0.591	0.446
沈砂池	0.173	0.083
導水路	1.556	0.538
水槽	0.000	0.000
水圧管路	1.880	0.815
放水路	0.808	0.198
その他余裕	0.320	0.095
合 計	6.000	4.100

第9節 有効落差の計算

項 目	単位	最大	常時
使 用 水 量	m^3/s	17.360	7.850
取 水 位	m	134.500	134.500
放 水 位	m	59.500	59.500
総 落 差	m	75.000	75.000
損 失 落 差	m	6.000	4.100
有 効 落 差	m	69.000	70.900

第2章 理論水力，発電力の計算

第1節 理論水力の計算

$$P_e = 9.8 \cdot H_m \cdot Q_m$$

ここに P_e : 理論水力 (kW)

H_m : 有効落差 (m)

Q_m : 使用水量 (m^3/s)

1台あたり

項目	単位	最大	常時
使用水量: Q_m	m^3/s	8.680	7.850
有効落差: H_m	m	69.000	70.900
理論水力: P_e	kW	5,869	5,454

第2節 発電力の計算

$$E = P_e \cdot \eta_1 \cdot \eta_2$$

ここに E : 発電力 (kW)

P_e : 理論水力 (kW)

η_1 : 水車効率

η_2 : 発電機効率

項目	単位	最大	常時
理論水力 : P_e	kW	5,869	5,454
合成効率 : η_2		0.853	0.870
発電力 : E	kW	5,000	4,745

×2		10,000	
----	--	--------	--

別添資料 N4-2
取水堰の安定計算書 (Nasa1地点)

(1) 設計条件

1) 準拠基準及び参考図書

- ① 建設省河川砂防技術基準(案)同解説 設計 平成 9年 日本河川協会
- ② 構造力学公式集 平成 9年 土木学会
- ③ Feasibility Study Basic Engineering Design 2011年8月

2) 材料条件

コンクリート				
単位体積重量	γ_c	kN/m ³	24.0	図書③
石積ブロック				
単位体積重量	γ_s	kN/m ³	22.0	図書③
設計基準強度	σ_{ck}	N/mm ²	-	
許容曲げ圧縮応力度	σ_{ca}	N/mm ²	-	
許容せん断応力度	τ_a	N/mm ²	-	

3) 自然条件

(a) 土質条件 (堆砂土)				
単位体積重量 (湿潤)	γ_t	kN/m ³	17.65	図書①
単位体積重量 (水中)	γ_s	kN/m ³	9.81	図書①
(b) 基礎地盤				
圧縮強度	q_u	kN/m ²	9810	図書①
許容支持力(常時)	σ	kN/m ²	588	図書①
許容支持力(地震時)		kN/m ²	883	図書①
内部摩擦角	ϕ	°	35.0	図書①
粘着力	C	kN/m ²	0.0	図書①
(c) 設計水平地震度				
標準設計震度	κ_o		0.20	図書①
地域別補正係数	γ_1		1.00	図書①
地盤別補正係数	γ_2		1.20	図書①
設計水平震度	κ_h		0.24	図書①
割増係数 (常時)	α		1.00	図書①
割増係数 (短期)	α		1.50	図書①
(d) 設計水位				
ダム天端高	EL	m	134.50	図書③
設計洪水位時	WL	m	139.83	図書③
常時満水位時	WL	m	134.50	図書③
設計堆砂位 (堆積なし)	EL	m	122.00	図書③
設計堆砂位 (満砂時)	EL	m	134.50	図書③
ダム基礎岩盤標高	EL	m	122.00	図書③
			常時満水位時 (地震時)	設計洪水位時 (常時)
風による波浪	h_w	m	-	- 図書①
地震による波浪	h_e	m	0.63	- 図書①
設計震度	κ_h		0.24	- 図書①
地震周期	τ		1.00	1.00 図書①
貯水池水深	H_o		6.90	11.10
設計水位 (上流側)	WL	m	135.35	139.83 図書①
設計水位 (下流側)	WL	m	122.00	122.00 図書③

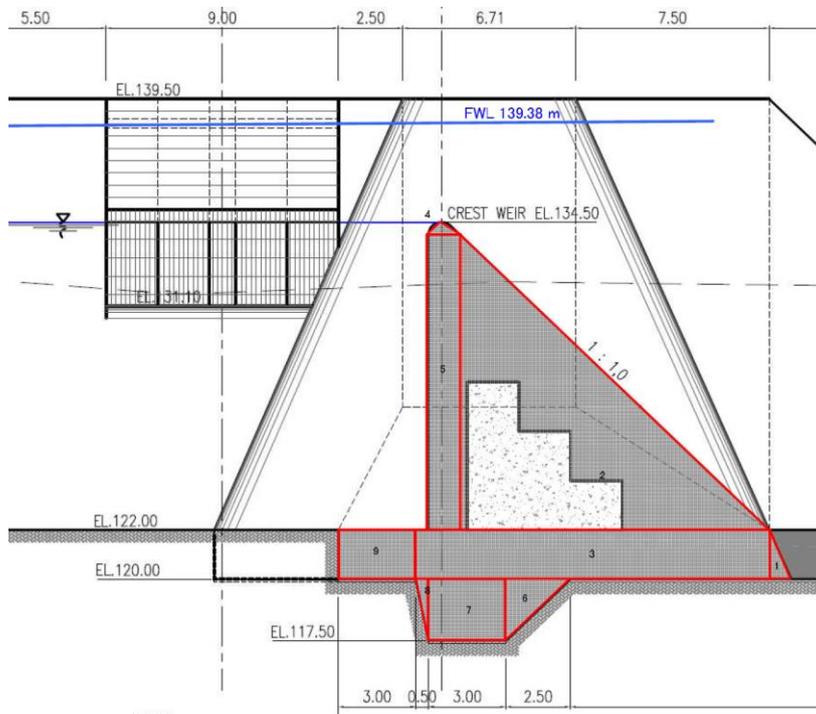
4) 荷重条件

			常時満水位時 (地震時)	設計洪水位時 (常時)	
(a) 自重	W	kN/m ²	3179.83	3179.83	
(b) 土重及び水重					
(c) 地震時慣性力					
堤体自重による慣性力	P _f	kN/m ²	763.16	-	図書①
(d) 静水圧 (上流側)					
水面から深さ h における静水圧	P _{w'}	kN/m ²	130.96	174.91	図書①
水面から深さ h までの全静水圧	P _w	kN/m ²	874.18	1,559.34	図書①
水の単位堆積重量	γ _w	kN/m ³	9.81	9.81	
水面からの深さ	h ₁	m	13.35	17.83	
静水圧 (下流側)					
水面から深さ h における静水圧	P _{w'}	kN/m ²	-	52.29	図書①
水面から深さ h までの全静水圧	P _w	kN/m ²	-	139.35	図書①
水の単位堆積重量	γ _w	kN/m ³	9.81	9.81	図書①
水面からの深さ	h ₂	m	-	5.33	
(e) 揚圧力 (浮力)					
上流端揚圧力	P _u	kN/m ²	4.45	9.50	図書①
下流端揚圧力	P _{u'}	kN/m ²	-	1.78	図書①
揚圧力係数	μ		0.3333	0.3333	図書①
(f) 泥圧					
堆砂面から深さ d における水平方向泥土圧	P _{e'}	kN/m ²	-	-	図書①
堆砂面から深さ d までの全水平方向泥土圧	P _e	kN/m ²	-	-	図書①
泥圧係数	C _e		0.5	0.5	図書①
堆砂土の単位体積重量 (水中)	W ₁	kN/m ³	9.81	9.81	図書①
堆砂面からの深さ (堆積なし)	d		-	-	
堆砂面からの深さ (満砂時)	d		12.50	12.50	
(g) 地震時動水圧					
水面から深さ h における動水圧	P _{d'}	kN/m ²	27.50	-	図書①
水面から深さ h までの全動水圧	P _d	kN/m ²	244.77	-	図書①
水の単位堆積重量	γ _w	kN/m ³	9.81	9.81	図書①
設計水平震度	κ _h		0.24	-	図書①
水面から基礎地盤までの水深	H	m	13.35	17.83	
水面からの深さ	h	m	13.35	17.83	

5) 安定条件

			常時満水位時 (地震時)	設計洪水位時 (常時)	
(a) 滑動に対する安定					
底版下面における全鉛直荷重	ΣV				
底版下面における全水平荷重	ΣH				
ダム底版と支持地盤の間の摩擦係数	f		0.70	0.70	図書①
岩盤のせん断強度	τ_B		618	411	図書①
擁壁底版と支持地盤の間の摩擦角	ϕ_B	°	35.0	35.0	図書③
擁壁底版と支持地盤の間の粘着力	C		0.0	0.0	図書③
許容支持力	σ		883	588	図書③
ダム底面幅 (越流部)	L		16.71	16.71	図書③
(b) 転倒に対する安定					
合力Rの作用点の擁壁底版つま先からの距離	d				
ダム基盤つま先回りの抵抗モーメント	ΣM_r				
ダム基盤つま先回りの転倒モーメント	ΣM_o				
ダムに作用する荷重の鉛直成分	V_i				
ダム基盤つま先と V_i の作用点との水平距離	a_i				
ダムに作用する荷重の水平成分	H_j				
H_j の作用点のダム基盤からの高さ	b_j				
ダム底面幅 (越流部)	L		16.71	16.71	図書③
(c) 支持地盤の支持力に対する安定					
地盤の許容支持力度	q_a				
地盤反力度	q_1				
地盤反力度	q_2				

6) 荷重計算モデル



(2) 安定計算 (堆積無し-満水位-地震時)

1) 荷重計算

(a) ダム自重

荷重項目	分割断面形状	鉛 直 力			アーム x (m)	抵抗モーメント V・x (kN・m)	
		計 算 式		V (kN)			
1	三角 W1	24	$\times 1.000$		24.000	-0.333	-8.000
2	三角 W2	24	$\times 72.000$		1,728.000	8.000	13,823.862
3	矩形 W3	24	$\times 27.420$		658.080	6.855	4,511.138
4	三角 W4	24	$\times 0.303$		7.272	12.605	91.664
5	矩形 W5	24	$\times 14.520$		348.480	12.605	4,392.590
6	三角 W6	24	$\times 3.125$		75.000	9.877	740.749
7	矩形 W7	24	$\times 7.500$		180.000	11.710	2,107.800
8	三角 W8	24	$\times 0.625$		15.000	13.377	200.650
9	矩形 W9	24	$\times 6.000$		144.000	15.210	2,190.240
小 計					3,179.832		28,050.693

(b) 水重または泥重

荷重項目	分割断面形状	鉛 直 力			アーム x (m)	抵抗モーメント V・x (kN・m)	
		計 算 式		V (kN)			
A	矩形 WA	9.81	$\times 43.750$		429.188	14.960	6,420.652
小 計					429.188		6,420.652

(c) 静水圧による水平力

荷重項目	圧力分布	水 平 力			アーム y (m)	転倒モーメント H・y (kN・m)	
		計 算 式		H (kN)			
上流側	三角形(H1)	9.81	$\times 13.350^2 \times 0.5$		874.181	4.450	3,890.105
下流側		9.81	$\times 0.000^2 \times 0.5$		0.000	0.000	
小 計					874.181		3,890.105

(d) 揚圧力

荷重項目	分割断面形状	鉛 直 力			アーム x (m)	抵抗モーメント V・x (kN・m)	
		上流端 (kN/m ²)	下流端 (kN/m ²)				V (kN)
底面	三角形(U1)	-4.450	0.000	→	-37.180	5.570	-207.093
	矩形	0.000	0.000	→	0.000	8.355	
小 計					-37.180		-207.093

(e) 泥土圧による水平力

荷重項目	圧力分布	水 平 力			アーム y (m)	転倒モーメント H・y (kN・m)	
		計 算 式		H (kN)			
上流側	三角形(D1)	$0.5 \times 9.81 \times$	$0.0^2 \times 0.5$		0.000	0.000	
下流側	無し						
小 計					0.000		0.000

(f) ダム自重・慣性力 (kh= 0.24)

荷重項目	分割断面形状	鉛直力	水平力	アーム	転倒モーメント
		V (kN)	H (kN)	y (m)	H・y (kN・m)
1	三角 W1	24.000	5.760	-1.333	-7.680
2	三角 W2	1,728.000	414.720	4.000	1,658.714
3	矩形 W3	658.080	157.939	-1.000	-157.939
4	三角 W4	7.272	1.745	12.167	21.231
5	矩形 W5	348.480	83.635	6.000	501.810
6	三角 W6	75.000	18.000	-2.833	-51.000
7	矩形 W7	180.000	43.200	-3.250	-140.400
8	三角 W8	15.000	3.600	-2.833	-10.200
9	矩形 W9	144.000	34.560	-1.000	-34.560
小計			763.159		1,779.976

(g) 動水圧による水平力

荷重項目	圧力分布	水平力		アーム	転倒モーメント
		計算式	H (kN)	y (m)	H・y (kN・m)
上流側	Westergaard	$(7/12) \times 9.81 \times 0.112 \times 13.350^2$	244.771	5.340	1,307.077
下流側		$(7/12) \times 9.81 \times 0.112 \times 0.000^2$	0.000	0.000	0.000
小計			244.771		1,307.077

(h) 作用荷重合計

荷重項目	鉛直力	抵抗モーメント	水平力	転倒モーメント
	V (kN)	Mr (kN・m)	H (kN)	Mo (kN・m)
ダム自重	3,179.832	28,050.693	—	—
水重または泥重	429.188	6,420.652	—	—
静水圧(水平力)	—	—	874.181	3,890.105
揚圧力	-37.180	-207.093	—	—
泥土圧	—	—	0.000	0.000
自重慣性力	—	—	763.159	1,779.976
動水圧	—	—	244.771	1,307.077
合計	3,571.840	34,264.252	1,882.111	6,977.158

2) 安定性の照査

(a) 滑動に対する安定性の照査

滑動に対する安全率 F_s は、Hennryの式により算出する。

$$F_s = \frac{f \cdot \Sigma V + \tau \cdot L}{\Sigma H} = \frac{0.7 \times 3571.840 + 617 \times 16.710}{1882.111} = 6.81$$

ここで、 ΣV : 底版下面における全鉛直荷重 (= 3571.840 kN/m)

ΣH : 底版下面における全水平荷重 (= 1882.111 kN/m)

f : 擁壁底版と支持地盤の間の摩擦係数

$$f = \mu = \tan \phi_B = 0.7$$

τ : 岩盤のせん断強度 (kN/m²)

本検討では、「 $C_B=0$ 、 σ = 許容支持力度」としてクーロン式から推定する。

$$\tau = (C_B + \sigma \cdot \tan \phi_B) \times 1.5 = 617$$

B : 滑動の照査における底面幅 (= 16.710 m)

よって、滑動に対する安定性の照査は、

$$F_s = 6.81 \geq 1.2 \quad (\text{地震時必要安全率})$$

となり安定である。

(b) 転倒に対する安定性の照査

合力 R の作用点の擁壁底版つま先からの距離 d は、

$$d = \frac{\Sigma Mr - \Sigma Mo}{\Sigma V} = \frac{34,264.252 - 6,977.158}{3,571.840} = 7.640 \quad (\text{m})$$

ここで、 ΣMr : 擁壁底版つま先回りの抵抗モーメント (= 34,264.252 kN・m)

ΣMo : 擁壁底版つま先回りの転倒モーメント (= 6,977.158 kN・m)

合力 R の作用点の底版中央からの距離 $|e|$ は、

$$|e| = |(B/2) - d| = |(16.710 / 2) - 7.640| = |0.715| = 0.715 \quad (\text{m})$$

ここで、 B : 転倒の照査における底面幅 (= 16.710 m)

よって、転倒に対する安定性の照査は、

検討ケース : 地震時

$$\left\{ \begin{array}{l} |e| = 0.715 \leq B/6 = 2.785 \quad (\text{m}) \cdots \cdots \text{常時における照査式 (参考値)} \\ |e| = 0.715 \leq B/3 = 5.570 \quad (\text{m}) \cdots \cdots \text{地震時における照査式 判定 : OK} \end{array} \right.$$

となり安定である。

(c) 基礎地盤の支持力に対する安定性の照査

合力 R の作用点が、底版中央から底版幅 $1/3$ (ミドルサード) の中にあることから、

地盤反力度は 台形分布 となり次式で表される。

$$q_1, q_2 = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right)$$

よって、本設計では地盤の許容支持力度を常時において 588 (kN/m²) とすることから、基礎地盤の支持力に対する安定性の照査は、

$$\left\{ \begin{array}{l} q_1 = 268.632 \leq 882 \quad (\text{kN/m}^2) \\ q_2 = 158.877 \leq 882 \quad (\text{kN/m}^2) \end{array} \right.$$

となり安定である。

(3) 安定計算 (堆積無し-設計洪水位時-常時)

1) 荷重計算

(a) ダム自重

荷重項目	分割断面形状	鉛 直 力			アーム x (m)	抵抗モーメント V・x (kN・m)
		計 算 式		V (kN)		
1	三角 W1	24	$\times 1.000$	24.000	-0.333	-8.000
2	三角 W2	24	$\times 72.000$	1,728.000	8.000	13,823.862
3	矩形 W3	24	$\times 27.420$	658.080	6.855	4,511.138
4	三角 W4	24	$\times 0.303$	7.272	12.605	91.664
5	矩形 W5	24	$\times 14.520$	348.480	12.605	4,392.590
6	三角 W6	24	$\times 3.125$	75.000	9.877	740.749
7	矩形 W7	24	$\times 7.500$	180.000	11.710	2,107.800
8	三角 W8	24	$\times 0.625$	15.000	13.377	200.650
9	矩形 W9	24	$\times 6.000$	144.000	15.210	2,190.240
小 計				3,179.832		28,050.693

(b) 水重または泥重

荷重項目	分割断面形状	鉛 直 力			アーム x (m)	抵抗モーメント V・x (kN・m)
		計 算 式		V (kN)		
A	矩形 WA	9.81	$\times 43.750$	429.188	14.960	6,420.652
小 計				429.188		6,420.652

(c) 静水圧による水平力

荷重項目	圧力分布	水 平 力			アーム y (m)	転倒モーメント H・y (kN・m)
		計 算 式		H (kN)		
上流側	三角形(H1)	9.81	$\times 17.830^2 \times 0.5$	1,559.343	5.943	9,267.175
上流側	三角形(控除)	9.81	$\times -4.200^2 \times 0.5$	-86.524	11.700	-1,012.331
下流側		9.81	$\times 0.000^2 \times 0.5$	0.000	0.000	
小 計				1,472.819		8,254.844

(d) 揚圧力

荷重項目	分割断面形状	鉛 直 力			アーム x (m)	抵抗モーメント V・x (kN・m)	
		上流端 (kN/m ²)	下流端 (kN/m ²)				V (kN)
底面	三角形(U1)	-5.943	0.000	→	-49.654	5.570	-276.573
	矩形	0.000	0.000	→	0.000	8.355	
小 計					-49.654		-276.573

(e) 泥土圧による水平力

荷重項目	圧力分布	水 平 力			アーム y (m)	転倒モーメント H・y (kN・m)
		計 算 式		H (kN)		
上流側	三角形(D1)	0.5	$\times 9.81 \times 0.0^2 \times 0.5$	0.000	0.000	
下流側	無し					
小 計				0.000		0.000

(f) 作用荷重合計

荷重項目	鉛直力	抵抗モーメント	水平力	転倒モーメント
	V (kN)	Mr (kN・m)	H (kN)	Mo (kN・m)
ダム自重	3,179.832	28,050.693	—	—
水重または泥重	429.188	6,420.652	—	—
静水圧(水平力)	—	—	1,472.819	8,254.844
揚圧力	-49.654	-276.573	—	—
泥土圧	—	—	0.000	0.000
合 計	3,559.366	34,194.772	1,472.819	8,254.844

2) 安定性の照査

(a) 滑動に対する安定性の照査

滑動に対する安全率 F_s は、H e n n y の式により算出する。

$$y \frac{f \cdot \Sigma V + \tau \cdot L}{\Sigma H} = \frac{0.7 \times 3559.366 + 411 \times 16.710}{1472.819} = 6.35$$

ここで、 ΣV : 底版下面における全鉛直荷重 (= 3559.366 kN/m)

ΣH : 底版下面における全水平荷重 (= 1472.819 kN/m)

f : 擁壁底版と支持地盤の間の摩擦係数

$$f = \mu = \tan \phi_B = 0.7$$

τ : 岩盤のせん断強度 (kN/m²)

本検討では、「 $C_B=0$ 、 σ =許容支持力度」としてクーロン式から推定する。

$$\tau = C_B + \sigma \cdot \tan \phi_B = 411$$

B : 滑動の照査における底面幅 (= 16.710 m)

よって、滑動に対する安定性の照査は、

$$F_s = 6.35 \geq 1.5 \quad (\text{常時必要安全率})$$

となり安定である。

(b) 転倒に対する安定性の照査

合力 R の作用点の擁壁底版つま先からの距離 d は、

$$d = \frac{\Sigma Mr - \Sigma Mo}{\Sigma V} = \frac{34,194.772 - 8,254.844}{3,559.366} = 7.288 \quad (\text{m})$$

ここで、 ΣMr : 擁壁底版つま先回りの抵抗モーメント (= 34,194.772 kN・m)

ΣMo : 擁壁底版つま先回りの転倒モーメント (= 8,254.844 kN・m)

合力 R の作用点の底版中央からの距離 $|e|$ は、

$$|e| = |(B/2) - d| = |(16.710 / 2) - 7.288| = |1.067| = 1.067 \quad (\text{m})$$

ここで、 B : 転倒の照査における底面幅 (= 16.710 m)

よって、転倒に対する安定性の照査は、

検討ケース : 常時

$$\left\{ \begin{array}{l} |e| = 1.067 \leq B/6 = 2.785 \quad (\text{m}) \cdots \cdots \text{常時における照査式} \quad \text{判定 : OK} \\ |e| = 1.067 \leq B/3 = 5.570 \quad (\text{m}) \cdots \cdots \text{地震時における照査式} \quad (\text{参考値}) \end{array} \right.$$

となり安定である。

(c) 基礎地盤の支持力に対する安定性の照査

合力 R の作用点が、底版中央から底版幅 $1/3$ (ミドルサード)の中にあることから、地盤反力度は台形分布となり次式で表される。

$$q_1, q_2 = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right)$$

よって、本設計では地盤の許容支持力度を常時において 588 (kN/m²)とすることから、基礎地盤の支持力に対する安定性の照査は、

$$\left\{ \begin{array}{l} q_1 = 294.617 \leq 588 \quad (\text{kN/m}^2) \\ q_2 = 131.400 \leq 588 \quad (\text{kN/m}^2) \end{array} \right.$$

となり安定である。

(4) 安定計算 (満砂時-常時満水位時-地震時)

1) 荷重計算

(a) ダム自重

荷重項目	分割断面形状	鉛 直 力			アーム x (m)	抵抗モーメント V・x (kN・m)	
		計 算 式		V (kN)			
1	三角 W1	24	$\times 1.000$		24.000	-0.333	-8.000
2	三角 W2	24	$\times 72.000$		1,728.000	8.000	13,823.862
3	矩形 W3	24	$\times 27.420$		658.080	6.855	4,511.138
4	三角 W4	24	$\times 0.303$		7.272	12.605	91.664
5	矩形 W5	24	$\times 14.520$		348.480	12.605	4,392.590
6	三角 W6	24	$\times 3.125$		75.000	9.877	740.749
7	矩形 W7	24	$\times 7.500$		180.000	11.710	2,107.800
8	三角 W8	24	$\times 0.625$		15.000	13.377	200.650
9	矩形 W9	24	$\times 6.000$		144.000	15.210	2,190.240
小 計					3,179.832		28,050.693

(b) 水重または泥重

荷重項目	分割断面形状	鉛 直 力			アーム x (m)	抵抗モーメント V・x (kN・m)	
		計 算 式		V (kN)			
A	矩形 WA	9.81	$\times 43.750$		429.188	14.960	6,420.652
小 計					429.188		6,420.652

(c) 静水圧による水平力

荷重項目	圧力分布	水 平 力			アーム y (m)	転倒モーメント H・y (kN・m)	
		計 算 式		H (kN)			
上流側	三角形(H1)	9.81	$\times 13.350^2 \times 0.5$		874.181	4.450	3,890.105
下流側		9.81	$\times 0.000^2 \times 0.5$		0.000	0.000	
小 計					874.181		3,890.105

(d) 揚圧力

荷重項目	分割断面形状	鉛 直 力			アーム x (m)	抵抗モーメント V・x (kN・m)	
		上流端 (kN/m ²)	下流端 (kN/m ²)				V (kN)
底面	三角形(U1)	-4.450	0.000	→	-37.180	5.570	-207.093
	矩形	0.000	0.000	→	0.000	8.355	
小 計					-37.180		-207.093

(e) 泥土圧による水平力

荷重項目	圧力分布	水 平 力			アーム y (m)	転倒モーメント H・y (kN・m)	
		計 算 式		H (kN)			
上流側	三角形(D1)	$0.5 \times 9.81 \times$	$12.5^2 \times 0.5$		383.203	4.167	1,596.807
下流側	無し						
小 計					383.203		1,596.807

(f) ダム自重・慣性力 (kh= 0.24)

荷重項目	分割断面形状	鉛直力	水平力	アーム	転倒モーメント
		V (kN)	H (kN)	y (m)	H・y (kN・m)
1	三角 W1	24.000	5.760	-1.333	-7.680
2	三角 W2	1,728.000	414.720	4.000	1,658.714
3	矩形 W3	658.080	157.939	-1.000	-157.939
4	三角 W4	7.272	1.745	12.167	21.231
5	矩形 W5	348.480	83.635	6.000	501.810
6	三角 W6	75.000	18.000	-2.833	-51.000
7	矩形 W7	180.000	43.200	-3.250	-140.400
8	三角 W8	15.000	3.600	-2.833	-10.200
9	矩形 W9	144.000	34.560	-1.000	-34.560
小計			763.159		1,779.976

(g) 動水圧による水平力

荷重項目	圧力分布	水平力		アーム	転倒モーメント
		計算式	H (kN)	y (m)	H・y (kN・m)
上流側	Westergaard	$(7/12) \times 9.81 \times 0.112 \times 13.350^2$	244.771	5.340	1,307.077
下流側		$(7/12) \times 9.81 \times 0.112 \times 0.000^2$	0.000	0.000	0.000
小計			244.771		1,307.077

(h) 作用荷重合計

荷重項目	鉛直力	抵抗モーメント	水平力	転倒モーメント
	V (kN)	Mr (kN・m)	H (kN)	Mo (kN・m)
ダム自重	3,179.832	28,050.693	—	—
水重または泥重	429.188	6,420.652	—	—
静水圧(水平力)	—	—	874.181	3,890.105
揚圧力	-37.180	-207.093	—	—
泥土圧	—	—	383.203	1,596.807
自重慣性力	—	—	763.159	1,779.976
動水圧	—	—	244.771	1,307.077
合計	3,571.840	34,264.252	2,265.314	8,573.965

2) 安定性の照査

(a) 滑動に対する安定性の照査

滑動に対する安全率 F_s は、H e n n y の式により算出する。

$$F_s = \frac{f \cdot \Sigma V + \tau \cdot L}{\Sigma H} = \frac{0.7 \times 3571.840 + 617 \times 16.710}{2265.314} = 5.66$$

ここで、 ΣV : 底版下面における全鉛直荷重 (= 3571.840 kN/m)

ΣH : 底版下面における全水平荷重 (= 2265.314 kN/m)

f : 擁壁底版と支持地盤の間の摩擦係数

$$f = \mu = \tan \phi_B = 0.7$$

τ : 岩盤のせん断強度 (kN/m²)

本検討では、「 $C_B=0$ 、 σ = 許容支持力度」としてクーロン式から推定する。

$$\tau = (C_B + \sigma \cdot \tan \phi_B) \times 1.5 = 617$$

B : 滑動の照査における底面幅 (= 16.710 m)

よって、滑動に対する安定性の照査は、

$$F_s = 5.66 \geq 1.2 \quad (\text{地震時必要安全率})$$

となり安定である。

(b) 転倒に対する安定性の照査

合力 R の作用点の擁壁底版つま先からの距離 d は、

$$d = \frac{\Sigma Mr - \Sigma Mo}{\Sigma V} = \frac{34,264.252 - 8,573.965}{3,571.840} = 7.192 \quad (\text{m})$$

ここで、 ΣMr : 擁壁底版つま先回りの抵抗モーメント (= 34,264.252 kN・m)

ΣMo : 擁壁底版つま先回りの転倒モーメント (= 8,573.965 kN・m)

合力 R の作用点の底版中央からの距離 $|e|$ は、

$$|e| = |(B/2) - d| = |(16.710 / 2) - 7.192| = 1.163 \quad (\text{m})$$

ここで、 B : 転倒の照査における底面幅 (= 16.710 m)

よって、転倒に対する安定性の照査は、

検討ケース : 地震時

$$\left\{ \begin{array}{l} |e| = 1.163 \leq B/6 = 2.785 \quad (\text{m}) \cdots \cdots \text{常時における照査式 (参考値)} \\ |e| = 1.163 \leq B/3 = 5.570 \quad (\text{m}) \cdots \cdots \text{地震時における照査式 判定 : OK} \end{array} \right.$$

となり安定である。

(c) 基礎地盤の支持力に対する安定性の照査

合力 R の作用点が、底版中央から底版幅 $1/3$ (ミドルサード) の中にあることから、

地盤反力度は 台形分布 となり次式で表される。

$$q_1, q_2 = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right)$$

よって、本設計では地盤の許容支持力度を常時において 588 (kN/m²) とすることから、基礎地盤の支持力に対する安定性の照査は、

$$\left\{ \begin{array}{l} q_1 = 303.017 \leq 882 \quad (\text{kN/m}^2) \\ q_2 = 124.492 \leq 882 \quad (\text{kN/m}^2) \end{array} \right.$$

となり安定である。

(5) 安定計算 (満砂時-設計洪水位時-常時)

1) 荷重計算

(a) ダム自重

荷重項目	分割断面形状	鉛 直 力			アーム x (m)	抵抗モーメント V・x (kN・m)
		計 算 式	V (kN)			
1	三角 W1	24×1.000	24.000		-0.333	-8.000
2	三角 W2	24×72.000	1,728.000		8.000	13,823.862
3	矩形 W3	24×27.420	658.080		6.855	4,511.138
4	三角 W4	24×0.303	7.272		12.605	91.664
5	矩形 W5	24×14.520	348.480		12.605	4,392.590
6	三角 W6	24×3.125	75.000		9.877	740.749
7	矩形 W7	24×7.500	180.000		11.710	2,107.800
8	三角 W8	24×0.625	15.000		13.377	200.650
9	矩形 W9	24×6.000	144.000		15.210	2,190.240
小 計			3,179.832			28,050.693

(b) 水重または泥重

荷重項目	分割断面形状	鉛 直 力			アーム x (m)	抵抗モーメント V・x (kN・m)
		計 算 式	V (kN)			
A	矩形 WA	9.81×43.750	429.188		14.960	6,420.652
小 計			429.188			6,420.652

(c) 静水圧による水平力

荷重項目	圧力分布	水 平 力			アーム y (m)	転倒モーメント H・y (kN・m)
		計 算 式	H (kN)			
上流側	三角形(H1)	$9.81 \times 17.830^2 \times 0.5$	1,559.343		5.943	9,267.175
上流側	三角形(控除)	$9.81 \times -4.200^2 \times 0.5$	-86.524		11.700	-1,012.331
下流側		$9.81 \times 0.000^2 \times 0.5$	0.000		0.000	
小 計			1,472.819			8,254.844

(d) 揚圧力

荷重項目	分割断面形状	鉛 直 力			アーム x (m)	抵抗モーメント V・x (kN・m)	
		上流端(kN/m ²)	下流端(kN/m ²)				
底面	三角形(U1)	-5.943	0.000	→	-49.654	5.570	-276.573
	矩形	0.000	0.000	→	0.000	8.355	
小 計					-49.654		-276.573

(e) 泥土圧による水平力

荷重項目	圧力分布	水 平 力			アーム y (m)	転倒モーメント H・y (kN・m)
		計 算 式	H (kN)			
上流側	三角形(D1)	$0.5 \times 9.81 \times 12.5^2 \times 0.5$	488.281		4.167	2,034.667
下流側	無し					
小 計			488.281			2,034.667

(f) 作用荷重合計

荷重項目	鉛直力	抵抗モーメント	水平力	転倒モーメント
	V (kN)	Mr (kN・m)	H (kN)	Mo (kN・m)
ダム自重	3,179.832	28,050.693	—	—
水重または泥重	429.188	6,420.652	—	—
静水圧(水平力)	—	—	1,472.819	8,254.844
揚圧力	-49.654	-276.573	—	—
泥土圧	—	—	488.281	2,034.667
合 計	3,559.366	34,194.772	1,961.100	10,289.511

2) 安定性の照査

(a) 滑動に対する安定性の照査

滑動に対する安全率 F_s は、H e n n y の式により算出する。

$$F_s = \frac{f \cdot \Sigma V + \tau \cdot L}{\Sigma H} = \frac{0.7 \times 3559.366 + 411 \times 16.710}{1961.100} = 4.77$$

ここで、 ΣV : 底版下面における全鉛直荷重 (= 3559.366 kN/m)

ΣH : 底版下面における全水平荷重 (= 1961.100 kN/m)

f : 擁壁底版と支持地盤の間の摩擦係数

$$f = \mu = \tan \phi_B = 0.7$$

τ : 岩盤のせん断強度 (kN/m²)

本検討では、「 $C_B=0$ 、 σ =許容支持力度」としてクーロン式から推定する。

$$\tau = C_B + \sigma \cdot \tan \phi_B = 411$$

B : 滑動の照査における底面幅 (= 16.710 m)

よって、滑動に対する安定性の照査は、

$$F_s = 4.77 \geq 1.5 \quad (\text{常時必要安全率})$$

となり安定である。

(b) 転倒に対する安定性の照査

合力 R の作用点の擁壁底版つま先からの距離 d は、

$$d = \frac{\Sigma Mr - \Sigma Mo}{\Sigma V} = \frac{34,194.772 - 10,289.511}{3,559.366} = 6.716 \quad (\text{m})$$

ここで、 ΣMr : 擁壁底版つま先回りの抵抗モーメント (= 34,194.772 kN・m)

ΣMo : 擁壁底版つま先回りの転倒モーメント (= 10,289.511 kN・m)

合力 R の作用点の底版中央からの距離 $|e|$ は、

$$|e| = |(B/2) - d| = |(16.710 / 2) - 6.716| = |1.639| = 1.639 \quad (\text{m})$$

ここで、 B : 転倒の照査における底面幅 (= 16.710 m)

よって、転倒に対する安定性の照査は、

検討ケース : 常時

$$\left\{ \begin{array}{l} |e| = 1.639 \leq B/6 = 2.785 \quad (\text{m}) \cdots \cdots \text{常時における照査式} \quad \text{判定: OK} \\ |e| = 1.639 \leq B/3 = 5.570 \quad (\text{m}) \cdots \cdots \text{地震時における照査式} \quad (\text{参考値}) \end{array} \right.$$

となり安定である。

(c) 基礎地盤の支持力に対する安定性の照査

合力 R の作用点が、底版中央から底版幅 $1/3$ (ミドルサード) の中にあることから、

地盤反力度は 台形分布 となり次式で表される。

$$q_1, q_2 = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right)$$

よって、本設計では地盤の許容支持力度を常時において 588 (kN/m²) とすることから、基礎地盤の支持力に対する安定性の照査は、

$$\left\{ \begin{array}{l} q_1 = 338.366 \leq 588 \quad (\text{kN/m}^2) \\ q_2 = 87.651 \leq 588 \quad (\text{kN/m}^2) \end{array} \right.$$

となり安定である。

(6) 安定計算結果

1) 堆積なし

断面			常時満水位時	設計洪水位時
			地震時	常時
越流部	作用力	鉛直力 (kN)	3,571.840	3,559.366
		水平力 (kN)	1,882.111	1,472.819
		抵抗モーメント (kN・m)	34,264.252	34,194.772
		転倒モーメント (kN・m)	6,977.158	8,254.844
	滑動	安全率	6.810	6.350
		必要安全率	1.200	1.500
		判定	OK	OK
	転倒	偏心距離 (m)	0.715	1.067
		照査基準値	5.570	2.785
		判定	OK	OK
	支持力	作用応力度 (kN/m ²)	268.632	294.617
		許容支持力 (kN/m ²)	882.000	588.000
		判定	OK	OK

2) 満砂時

断面			常時満水位時	設計洪水位時
			地震時	常時
越流部	作用力	鉛直力 (kN)	3,571.840	3,559.366
		水平力 (kN)	2,265.314	1,961.100
		抵抗モーメント (kN・m)	34,264.252	34,194.772
		転倒モーメント (kN・m)	8,573.965	10,289.511
	滑動	安全率	5.660	4.770
		必要安全率	1.200	1.500
		判定	OK	OK
	転倒	偏心距離 (m)	1.163	1.639
		照査基準値 (m)	5.570	2.785
		判定	OK	OK
	支持力	作用応力度 (kN/m ²)	303.017	87.651
		許容支持力 (kN/m ²)	882.000	588.000
		判定	OK	OK

別添資料 N4-3
水圧管路の圧力および管胴本体の計算 (Nasa1地点)

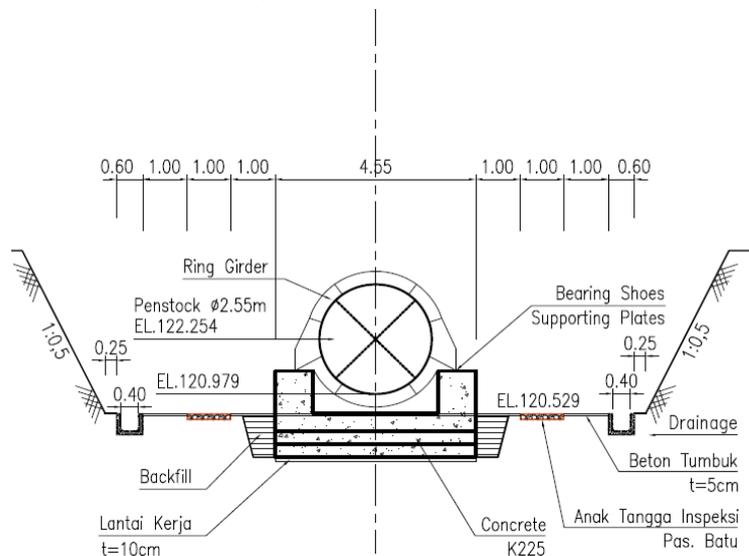
(1) 設計要領

発電用水力設備の技術基準および水門鉄管技術基準を基に計算を行う。

- 型 式 : 露出管及びコンクリート被覆埋設管
- 条 数 : 1 条
- 管 内 径 : 2.550 m
- 使 用 管 厚 : 14~16 mm
- 管 延 長 : 226.720 m (水圧鉄管始点から入口弁までの曲線長)
- 最 大 静 水 頭 : 74.984 m (水槽水位WL 131.508 mから入口弁中心EL 56.524 mまでの水頭)
- 最 大 水 撃 圧 水 頭 : 18.000 m (入口弁中心)
- 襲 波 水 頭 : 0.000 m
- 最 大 設 計 水 頭 : 92.984 m (入口弁中心)
- 最 大 流 量 : 17.360 m³/s
- 水 車 閉 塞 時 間 : 4 sec
- 余 裕 厚 : 1.5 mm
- 外 圧 対 する 安 全 率 : 1.5 以上
- 温 度 変 化 : 20 °C

材 質	板 厚 (mm)	引張応力 (N/mm ²)	圧縮応力 (N/mm ²)	せん断応力 (N/mm ²)	支圧応力 (N/mm ²)
ISO E275 A-D	t ≤ 16	150	150	85	255
	16 < t ≤ 40	145	145	80	245
	40 < t ≤ 63	140	140	80	235

- 鋼 の 弾 性 係 数 : 206 kN/mm²
- 鋼 の 線 膨 張 係 数 : 1.2 × 10⁻⁵ /°C
- 鋼 の ポ ア ソ ン 比 : 0.3
- 溶 接 効 率 : 工場 0.85 現場 0.80



(2) 設計水頭の計算

(a) 記号

- T : 閉塞器の閉鎖時間 = 4.0 sec (想定値)
 L : 管路の長さ = 226.720 m (水槽始点から入口弁中心までの曲線長)
 Q : 最大使用水量 = 17.36 m³/s
 α : 圧力波の伝播速度 = 868 m/s
 H_0 : 水車端における閉塞器全閉後の静水頭 = 74.984 m
 (水槽水位WL 131.508 m - 入口弁中心EL 56.524 m)
 V_0 : 管内平均流速 (m/s)
 h_0 : 水撃作用による閉塞器位置における上昇水頭 (m)
 T_1 : 圧力波が管内を往復する時間
 = $2L/\alpha = 0.52 < 4.0 \text{ sec}$: 緩閉塞である

(b) 管内平均流速の計算

- V_0 : 有効平均流速 (m/s)
 Q : 流量 (m³/s)
 A_0 : 有効平均断面積 (m²)
 D_n : 各管内径 (m)
 L_n : 各管に対する管路長 (m)
 A_n : 各断面積 = Q/V_n (m²)
 { 漸縮管に対して $V_n = \frac{V_{n+1} + V_{n-1}}{2}$ }

n	D _n	A _n	Q _n	V _n	L _n	V _n ・L _n
1	2.550	5.107	17.360	3.399	7.970	27.090
2	2.550	5.107	17.360	3.399	48.160	163.696
3	2.550	5.107	17.360	3.399	63.930	217.298
4	2.550	5.107	17.360	3.399	67.810	230.486
5	2.550	5.107	17.360	3.399	6.500	22.094
6	1.800	2.545	8.680	3.411	15.640	53.348
7	1.200	1.131	8.680	7.675	16.710	128.249
Σ					226.720	842.261

$$V_0 = \frac{\sum (V_n \cdot L_n)}{\sum L_n} = \frac{842.261}{226.720} = 3.715 \text{ m/s}$$

(c) 圧力波の伝播速度の計算

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{\frac{W}{g} \left(\frac{1}{K} + \frac{1}{E} \cdot \frac{D}{t} \right)}}$$

ここに、 α : 圧力波の伝播速度 (m/s)

D : 管内径 (m)

t : 管厚 (m)

W : 水の単位重量 = 1 t/m³

g : 重力の加速度 = 9.8 m/s²

K : 水の体積弾性係数 = 200,000 t/m²

E : 鋼の弾性係数 = 21,000,000 t/m²

n	Dn	t (mm)	α	Ln	$\alpha \cdot Ln$
1	2.550	14	847	7.970	6,751
2	2.550	14	847	48.160	40,792
3	2.550	14	847	63.930	54,149
4	2.550	14	847	67.810	57,435
5	2.550	14	847	6.500	5,506
6	1.800	14	939	15.640	14,686
7	1.200	14	1,039	16.710	17,362
Σ				226.720	196,681

$$\alpha = \frac{\Sigma (\alpha \cdot Ln)}{\Sigma Ln} = \frac{196,681}{226.720} = 868 \text{ m/s}$$

(d) 水撃圧の計算

水撃作用による閉塞器位置での上昇水圧（水頭）を計算する。

ここで、当該箇所は制水機のない場合とし、Allievi式により計算するものとする。

① Allieviの管路定数

$$\rho = \frac{\alpha V_0}{2 g H_0} = \frac{868 \times 3.715}{2 \times 9.8 \times 74.98} = 2.194$$

② 閉塞器の閉鎖時間定数

$$\theta = \frac{\alpha T}{2 L_0} = \frac{868 \times 4.0}{2 \times 226.720} = 7.657$$

③ 管路定数と閉塞時間定数の比

$$n = \frac{\rho}{\theta} = \frac{2.194}{7.657} = 0.287$$

④ 水撃圧の計算

Allieviの管路定数： $\rho = 2.194 > 1$

となることから、「水門鉄管技術基準」より、次式を用いて水撃圧を算出する。

$$\begin{aligned} \frac{h_0}{H_0} &= \frac{2n}{1 + n(\theta - 1)} = \frac{2 \times 0.287}{1 + 0.287(7.657 - 1)} \\ &= 0.197 \end{aligned}$$

$$\therefore h_0 = 0.1970 \times 74.98 = 14.77 \approx 15.00 \text{ m}$$

⑤ 水撃圧の割増

水撃作用による上昇水圧の実測値は水車特性の影響により計算値と相違することが多いので、水撃圧水頭は20%の余裕を見込むものとする。

$$\therefore h_0 = 14.77 \times 1.2 = 18.00 \text{ m}$$

(e) 設計水頭

設計水頭は、次式により算出する。

$$\text{設計水頭} = \text{静水頭} + \text{襲波水頭} + \text{水撃圧水頭}$$

静水頭は、水槽水位 (WL 131.508 m) から鉄管中心高までの水頭とする。

襲波水頭は、本検討では余水吐越流水深を考慮していないことから 0 とする。

水撃圧水頭は、水車中心において最大、水槽で0とし、途中は管長に比例して直線変化するものとする。水撃圧水頭は次式により算出する。

$$H_3 = h_0 \times \frac{L_i}{L_0}$$

ここに、 h_0 : 最大水撃圧水頭 = 18.00 m

L_i : 水槽より各検討位置までの管長 (m)

L_0 : 水槽より入口弁中心までの管長 = 226.720 m

各検討断面の設計水頭

No.	検討断面	管長 L_i (m)	静水頭 H_1 (m)	襲波水頭 H_2 (m)	水撃圧水頭 H_3 (m)	設計水頭 H (m)
1	D=2.55 t=14	7.970	9.254 (E L 122.254)	0.000	0.633	9.89
2	D=2.55 t=14	47.160	9.531 (E L 121.977)	0.000	4.377	13.91
3	D=2.55 t=14	63.930	31.681 (E L 99.827)	0.000	9.453	41.13
4	D=2.55 t=14	67.810	74.609 (E L 56.899)	0.000	14.837	89.45
5	D=2.55 t=14	6.500	74.984 (E L 56.524)	0.000	15.353	90.34
6	D=1.8 t=14	15.640	74.984 (E L 56.524)	0.000	16.595	91.58
7	D=1.2 t=14	15.640	74.984 (E L 56.524)	0.000	17.837	92.82

()は管中心高

(3) 管厚の計算

(a) 最小板厚の計算

最小板厚は、次式により算出する。

$$t_0 = \frac{D_0 + 800}{400} \quad (\text{ただし、6mm以上})$$

ここに、 t_0 : 余裕厚を含んだ管胴最小板厚 (mm)

D_0 : 内径 (mm)

管内径 D_0 (mm)	最小板厚 t_0 (mm)	使用板厚 t (mm)	判定
1800	6.50	14	$\geq 6\text{mm}$ OK

(b) 許容水頭

内圧をすべて管胴で負担する場合の各材質・板厚に対する許容水頭は、次式により算出する。

$$H_a = \frac{2000 \cdot \sigma_a \cdot \eta (t_0 - \varepsilon)}{g \cdot (D_0 + \varepsilon)}$$

ここに、 H_a : 許容水頭 (m)

σ_a : 許容応力 (使用鋼材：ISO E275)

= 150 N/mm² ($t \leq 16\text{mm}$)

= 145 N/mm² ($16\text{mm} < t \leq 40\text{mm}$)

η : 溶接効率 = 0.80 (現場溶接)

ε : 余裕厚 = 1.5 mm

t_0 : 使用板厚 (mm)

D_0 : 管内径 (mm)

No.	管内径 D_0 (mm)	使用板厚 t_0 (mm)	余裕厚 ε (mm)	材質	許容応力 σ_a (N/mm ²)	溶接効率 η	許容水頭 H_a (m)
1	2550	14	1.5	ISO E275	150	0.80	119.98
2	2550	14	1.5	ISO E275	150	0.80	119.98
3	2550	14	1.5	ISO E275	150	0.80	119.98
4	2550	14	1.5	ISO E276	150	0.80	119.98
5	2550	14	1.5	ISO E277	150	0.80	119.98
6	1800	14	1.5	ISO E276	150	0.80	169.93
7	1200	14	1.5	ISO E277	150	0.80	254.78

(4) 管軸方向応力の計算

(a) 温度応力

$$\sigma_{21} = \pm \alpha \cdot E \cdot \Delta T$$

ここに、 σ_{21} : 温度応力 (N/mm²)

α : 鋼の線膨張係数 = 1.2×10^{-5} /°C

E : 鋼の弾性係数 = 206000 N/mm²

ΔT : 温度変化 = 20 °C

No.	線膨張係数 α (/°C)	弾性係数 E (N/mm ²)	温度変化 ΔT (°C)	温度応力 σ_{21} (N/mm ²)
1	0.000012	206000	20	49.4
2	0.000012	206000	20	49.4
3	0.000012	206000	20	49.4
4	0.000012	206000	20	49.4
5	0.000012	206000	20	49.4

(b) ポアソン効果による応力

$$\sigma_{22} = \nu \cdot \sigma_r$$

ここに、 σ_{22} : ポアソン効果による応力 (N/mm²)

ν : 鋼のポアソン比 = 0.3

σ_r : 円周方向応力 = σ_1 (N/mm²)

No.	ポアソン比 ν	円周応力 σ_r (N/mm ²)	ポアソン応力 σ_{22} (N/mm ²)
1	0.3	9.9	3.0
2	0.3	13.9	4.2
3	0.3	41.1	12.3
4	0.3	89.5	26.9
5	0.3	90.4	27.1

(d) 管を梁と考えた時の曲げ応力

$$\sigma_{25} = M/Z$$

ここに、 σ_{25} : 管を梁と考えた時の曲げ応力 (N/mm²)

Z : 断面係数 (mm³)

$$Z = (\pi/32) \cdot \{(D_0 + t_0 - \varepsilon)^4 - (D_0 + \varepsilon)^4\} / (D_0 + t_0 - \varepsilon)$$

M : 応力を求めようとする位置の曲げモーメント (N・mm)

本検討では、検討を簡略化するため承支台間を支間長とし、単純梁として、支間中央の曲げモーメントを用いる。

$$M = P \cdot L^2 / 8$$

L : 支間長 (m)

$$L = 10.000 \text{ m}$$

P : 管軸直角方向荷重

$$P = (W_p + W_w) \cdot \cos \theta$$

θ : 管軸と水平面とのなす角度 (°)

本検討では、各範囲内の平均角度とした。

W_p : 1m当りの管自重 (kN)

$$W_p = \gamma_p \cdot (\pi/4) \cdot \{(D_0 + t_0)^2 - D_0^2\}$$

γ_p : 管の単位体積重量

$$\gamma_p = 7.850 \text{ t/m}^3$$

W_w : 1m当りの管内水重

$$W_w = \gamma_w \cdot (\pi/4) \cdot D_0^2$$

γ_w : 水の単位体積重量

$$\gamma_w = 1.000 \text{ t/m}^3$$

g : 重力加速度

$$g = 9.8 \text{ t/m}^2$$

D_0 : 管内径

t_0 : 使用板厚

ε : 余裕厚

$$\varepsilon = 1.5 \text{ mm}$$

No.	管内径 D_0 (m)	使用板厚 t_0 (mm)	傾斜角 θ (°)	支間長 L (m)	軸直角方向荷重 P (kN/m)	曲げモーメント M (kN・m)	断面係数 Z (mm ³)	曲げ応力 σ_{25} (N/mm ²)
1	2550	14	9.2	10.000	57.969	724.613	64,229,439	11.3
2	2550	14	27.3	10.000	52.183	652.288	64,229,439	10.2
3	2550	14	22.6	10.000	54.215	677.688	64,229,439	10.6
4	2550	14	23.6	10.000	53.812	672.650	64,229,439	10.5
5	2550	14	24.6	10.000	53.394	667.425	64,229,439	10.4
6	1800	14	0.0	10.000	31.076	388.450	32,085,786	12.1
7	1200	14	0.0	10.000	15.192	189.900	14,323,015	13.3

(f) 管軸方向応力合計

温度上昇時 $\sigma_2 = -\sigma_{21} + \sigma_{22} + \sigma_{23} - \sigma_{24} + \sigma_{25}$

温度下降時 $\sigma_2' = +\sigma_{21} + \sigma_{22} + \sigma_{23} - \sigma_{24} + \sigma_{25}$

No.	温度応力 σ_{21} (N/mm ²)	ポアソン応力 σ_{22} (N/mm ²)	局部応力 σ_{23} (N/mm ²)	傾斜応力 σ_{24} (N/mm ²)	曲げ応力 σ_{25} (N/mm ²)	管軸方向応力合計	
						σ_2 (N/mm ²)	σ_2' (N/mm ²)
1	49.4	3.0	—	0.1	11.3	-35.3	63.6
2	49.4	4.2	—	1.3	10.2	-36.4	62.5
3	49.4	12.3	—	2.6	10.6	-29.1	69.8
4	49.4	26.9	—	4.1	10.5	-16.2	82.7
5	49.4	27.1	—	4.3	10.4	-16.2	82.7
6	0.0	0.0	—	0.0	12.1	12.1	12.1
7	0.0	0.0	—	0.0	13.3	13.3	13.3

(軸方向力は、引張方向を正とする。)

(5) 等価応力による照査

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 + 3\tau^2)}$$

ここに、 σ_{eq} : 等価応力 (N/mm²)

σ_1 : 円周方向応力 (N/mm²)

σ_2 : 管軸方向応力 (N/mm²)

τ : 管軸に垂直方向のせん断応力 (kgf/cm²)

No.	円周応力 σ_1 (N/mm ²)	管軸方向応力合計		せん断応力 τ (N/mm ²)	等価応力		許容応力 σ_a (N/mm ²)	判定
		σ_2 (N/mm ²)	σ_2' (N/mm ²)		σ_{eq} (N/mm ²)	σ_{eq}' (N/mm ²)		
1	9.9	-35.3	63.6	2.6	41.4	59.5	120	OK
2	13.9	-36.4	62.5	2.3	45.1	57.0	120	OK
3	41.1	-29.1	69.8	2.4	61.2	60.9	120	OK
4	89.5	-16.2	82.7	2.4	98.7	86.4	120	OK
5	90.4	-16.2	82.7	2.4	99.6	86.9	120	OK
6	0.0	12.1	12.1	1.9	12.5	12.5	120	OK
7	0.0	13.3	13.3	1.4	13.5	13.5	120	OK

以上より、当該地点の水圧鉄管は、日本の手法を用いても安定であることが確認される。

(6) 水頭および応力照査結果

No.	管内径	使用板厚	管延長	管胴板厚			内圧		
				設計水頭	許容水頭	判定	円周応力	許容応力	判定
	D_0 (mm)	t_0 (mm)	L_n (m)	H (m)	H_a (m)		σ_l (N/mm ²)	$\eta \cdot \sigma_a$ (N/mm ²)	
1	2550	14	7.970	9.89	119.98	OK	9.90	120.00	OK
2	2550	14	48.160	13.91	119.98	OK	13.90	120.00	OK
3	2550	14	63.930	41.13	119.98	OK	41.10	120.00	OK
4	2550	14	67.810	89.45	119.98	OK	89.50	120.00	OK
5	2550	14	6.500	90.34	119.98	OK	90.40	120.00	OK
6	1800	14	15.640	90.34	169.93	OK	63.80	120.00	OK
7	1200	14	16.710	91.58	254.78	OK	43.10	120.00	OK

No.	管内径	使用板厚	管延長	管軸方向応力			判定
				等価応力		許容応力	
	D_0 (mm)	t_0 (mm)	L_n (m)	σ_{eq} (N/mm ²)	σ_{eq}' (N/mm ²)	σ_a (N/mm ²)	
1	2550	14	7.970	41.40	59.45	120	OK
2	2550	14	48.160	45.10	56.99	120	OK
3	2550	14	63.930	61.20	60.88	120	OK
4	2550	14	67.810	98.70	86.40	120	OK
5	2550	14	6.500	99.60	86.89	120	OK
6	1800	14	15.640	12.50	12.54	120	OK
7	1200	14	16.710	13.50	13.52	120	OK

以上より、上記の設定管厚の基、日本の手法を用いて計算した結果、安定であることが確認される。

別添資料 N4-4
概算工事費 (Nasal地点)

No.	工 種	単位	容量	第1案		第2案	
				出力 8MW (2 x 4MW)		出力 10MW (2 x 5MW)	
				単価 (Rp)	合計 (Rp)	単価 (Rp)	合計 (Rp)
1	準備工事						
1.1	着工準備 - 仮設備撤去工事	Ls	1.00		800,000,000		800,000,000
1.2	ダムサイトまでのアクセス道路	km	0.95	2,000,000,000	1,900,000,000	2,000,000,000	1,900,000,000
1.3	水槽サイトまでのアクセス道路	km	1.27	2,000,000,000	2,530,000,000	2,000,000,000	2,530,000,000
1.4	発電所サイトまでのアクセス道路	km	0.83	2,000,000,000	1,650,000,000	2,000,000,000	1,650,000,000
1.5	土砂場までのアクセス道路	km	1.50	800,000,000	1,200,000,000	800,000,000	1,200,000,000
1.6	設備等の建設 (600 m ²)	Ls	1.00		2,500,000,000		2,500,000,000
1.7	土地の取得	Ha	40.00	150,000,000	6,000,000,000	150,000,000	6,000,000,000
	小 計 1				16,580,000,000		16,580,000,000
2	本工事 (土木)						
2.1	締切り-排水、河川切回し	Ls	1.00		524,194,000		650,000,000
2.2	取水堰、取水口、取水路工事	Ls	1.00		36,262,693,000		44,965,739,000
2.3	沈砂地	Ls	1.00		5,344,498,000		6,627,177,000
2.4	導水路	Ls	1.00		65,993,048,000		81,831,379,000
2.5	水槽・非常用洪水吐	Ls	1.00		9,860,580,000		12,227,119,000
2.6	管理道路・側溝 L = 2000 m	Ls	1.00		1,272,327,000		1,577,685,000
2.7	水圧鉄管支承、アンカーブロック工事	Ls	1.00		4,082,680,000		5,062,523,000
2.8	発電所、放水路	Ls	1.00		4,530,627,000		5,617,977,000
2.9	ゲート工事	Ls	1.00		3,701,815,000		4,590,250,000
2.10	水圧鉄管工事 取付・設置	Ls	1.00		11,014,554,000		13,658,047,000
	小 計 2				142,587,016,000		176,807,896,000
3	本工事 (電気)						
3.1	発電設備	MW		4,694,920,000	37,559,360,000	4,694,920,000	46,949,200,000
3.2	送電線 20 kV - 35 km	km	35.00	400,000,000	14,000,000,000	400,000,000	14,000,000,000
	Sub Total 3				51,559,360,000		60,949,200,000
A=1+2+3	合 計				210,726,376,000		254,337,096,000
B	エンジニアリング費用				2,000,000,000		2,000,000,000
A+B	総工事費				212,726,376,000		256,337,096,000

別添資料 N4-5
住民協議結果 (Nasal地点)

住民協議の際の合意書

BERITA ACARA RAPAT
HASIL RAPAT SOSIALISASI OLEH PT. CITRA INDONUSA LESTARI, PEMDA KAUR
DAN MASYARAKAT AIR PALAWAN DI KABUPATEN KAUR

Pada hari ini Kamis, Tanggal Dua Februari Dua Ribu Dua Belas, bertempat di Kantor Camat Nasal, Kabupaten Kaur, Propinsi Bengkulu yang dihadiri oleh Kepala Desa, Perangkat Desa, Pemda Kaur, Masyarakat Desa Air Palawan dan Perwakilan PT. Citra Indonusa Lestari telah mengadakan acara sosialisasi secara langsung kepada masyarakat Desa Air Palawan dalam rencana pembangunan PLTM Sungai Nasal.

Demikian Berita Acara ini dibuat dengan sebenarnya dan daftar hadir musyawarah terlampir.

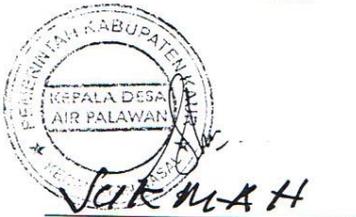
Desa Air Palawan, 02 Februari 2012

Pimpinan Rapat

K. J. A. P. I. C. W. S. G. I.

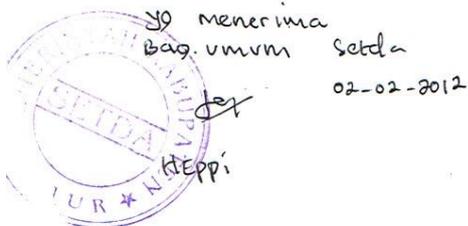
Mengetahui

Kepala Desa Air Palawan


SUKMAH

Kepala Desa Muara Dua

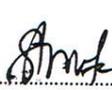

SOBRI

SD menerima
Bag. umum Setda
02-02-2012

KEPPI

DAFTAR HADIR RAPAT SOSIALISASI
PEMBANGUNAN PLTM SUNGAI NASAL

No	Nama	Alamat / Jabatan	Tanda Tangan
1	SUKMAH	AIR PALAWAN KADES.	
2	SARPIDI		
3	NETEN MURTIANA	AIR PALAWAN BPD	
4	ROS MALANI		
5	SAHIDIN		
6	NUDIMAN	-	
7	A. ICADIR		
8	SEDIANTO		
9	SADARMAN		
10	JENGI		
11	SOBRI		
12	SEKARMIN		
13	fauzi		
14	ANDI		

DAFTAR HADIR RAPAT SOSIALISASI
PEMBANGUNAN PLTM SUNGAI NASAL

No	Nama	Alamat / Jabatan	Tanda Tangan
15	Ferdi	M. Dua	
16	ARDAN	M. Dua	
17	Jamudin	->	
18	Abu Bakar	man	
19	HERLIZAN	- 11 -	
20	Sadarman -	- 11 -	
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			

別添資料 N4-6
モニタリングフォーム (Nasa1地点)

Nasal プロジェクト モニタリングフォーム

ーモニタリングは、環境レビューによって JICA によるモニタリングが必要と判断された項目について、プロジェクト実施主体者が測定値等を JICA に定期的に提出することで行うが、提出にあたっては、以下モニタリングフォームを必要に応じ参照する。

ーモニタリング項目、頻度、方法等を定めるにあたっては、プロジェクトのフェーズあるいはライフサイクル（建設フェーズと操業フェーズなど）に留意する。

1. 工事前

1.1. 社会環境

モニタリング項目	報告期間中の状況	地点	頻度
土地所有状況		プロジェクト サイト	1回/6ヶ月
生活・生計/収入		プロジェクト サイト	調査期間中に 1回
住民からの苦情		プロジェクト サイト	用地取得期間 中に1回

1.2. 水質

モニタリング項目	現地基準との比較	地点	頻度
pH、SS、COD、DO、全窒素、 全リン、重金属、油分		プロジェクト サイト内 Nasal 川：2 点	工事前1回

2. 工事中

2.1. 水質

項目	測定値 (最小、最大、平均値)	方法	現地基準 との比較	地点	頻度
水温				プロジェクトサイト 上流部：1点 プロジェクトサイト 内：2点 導水路：2点 プロジェクトサイト 下流部：1点	1回/1ヵ月
濁度					1回/1ヵ月
pH					1回/6ヵ月
SS(浮遊物質)					1回/6ヵ月
COD					1回/6ヵ月
DO					1回/6ヵ月
全窒素					1回/6ヵ月
全磷					1回/6ヵ月
重金属					1回/6ヵ月
油分					1回/6ヵ月

2.2. 大気

モニタリング項目	現地基準との比較	地点	頻度
粉じん、NOx、SOx		住居地区：2点	1回/6ヵ月

2.3. 廃棄物

モニタリング項目	状況	地点	頻度
種類、量、廃棄の方法		プロジェクトサイト	1回/月

2.4. 生態系

モニタリング項目	報告期間中の状況	地点	頻度
植生	下表に記入	プロジェクトサイト	1回/3ヶ月
水生生物	下表に記入	プロジェクトサイト及び最近隣の居住地	1回/3ヶ月
野生生物	下表に記入	プロジェクトサイト及び最近隣の居住地	1回/3ヶ月

万が一、貴重種が確認された場合、以下表に記入してください。

(日付：)

学名	現地名	英名	個体数	保護種指定		備考
				IUCN	現地 RL	

2.5. 騒音

項目 (単位)	測定値 (平均値)	測定値 (最大値)	現地基準	世界保健機関ガイドライン (1 時間等価騒音レベル LAeq (dBA))	備考 (測定場所、頻度、方法等)
騒音レベル			55dB (住居及び居住)	昼間 7:00-22:00 55dBA 夜間 22:00-7:00 45dBA (住宅地域、公共施設、教育施設)	工事種類が変わる毎に 1 回

2.6. 地形・地質

モニタリング項目	報告期間中の状況	地点	頻度
地形変化		プロジェクトサイト	1 回/6 ヶ月

2.7. 社会環境

モニタリング項目	報告期間中の状況	地点	頻度
労働安全		プロジェクトサイト	1 回/6 ヶ月
人口統計/社会相互作用		プロジェクトサイト及び最近隣の居住地	1 回/6 ヶ月
住民の収入		最近隣の居住地	1 回/6 ヶ月
生活・生計/収入		プロジェクトサイト	1 回/6 ヶ月
公共施設		アクセス道路沿い	1 回/6 ヶ月
コミュニティの不満		プロジェクトサイト下流の川沿いの定住地近傍	1 回/6 ヶ月
美観		プロジェクトサイト	1 回/3 ヶ月

3. 供用時

3.1. 水質

項目 (単位)	測定値 (最小、最大、平均値)	方法	現地基準 との比較	地点	頻度
水温				プロジェクトサイト 下流の川沿いの 定住地近傍：2点	1回/6ヶ月
濁度					
pH					
SS (浮遊物 質)					
COD					
DO					
全窒素					
全磷					
重金属					
油分					

3.2. 生態系

モニタリング項目	報告期間中の状況	地点	頻度
植生	下表に記入	プロジェクト サイト	1回/6ヶ月
水生生物	下表に記入	プロジェクト サイト及び最 近隣の居住地	1回/6ヶ月
野生生物	下表に記入	プロジェクト サイト及び最 近隣の居住地	1回/6ヶ月

万が一、貴重種が確認された場合、以下表に記入してください。

(日付：)

学名	現地名	英名	個体数	保護種指定		備考
				IUCN	現地 RL	

3.3. 騒音

項目 (単位)	測定値 (平均値)	測定値 (最大値)	現地基準	世界保健機関ガイドライン (1 時間等価騒音レベル LAeq (dBA))	備考 (測定場所、頻度、方法等)
騒音レベル			55dB (住居及び居住)	昼間 7:00-22:00 55dBA 夜間 22:00-7:00 45dBA (住宅地域、公共施設、教育施設)	1 回/6 ヶ月

3.4. 社会環境

モニタリング項目	報告期間中の状況	地点	頻度
労働安全		プロジェクトサイト	1 回/6 ヶ月
土地利用		プロジェクトサイト	1 回
生活・生計		プロジェクトサイト	雇用計画満了後、1 回

3.5. その他

モニタリング項目	報告期間中の状況	地点	頻度
電力			1 回

別添資料 N4-7
チェックリスト (Nasal地点)

別添資料N4-7 環境チェックリスト：3. 水力発電・ダム・貯水池（1）

Nasal

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/Noの理由、根拠、緩和策等)
1 許認可・説明	(1) EIAおよび環境許認可	(a) 環境アセスメント報告書（EIAレポート）等は作成済みか。 (b) EIAレポート等は当該国政府により承認されているか。 (c) EIAレポート等の承認は付帯条件を伴うか。付帯条件がある場合は、その条件は満たされるか。 (d) 上記以外に、必要な場合には現地の所管官庁からの環境に関する許認可は取得済みか。	(a) Y (b) N (c) N (d) N	(a) 本事業は、EIAレポート（AMDAL）の作成の必要はなく、環境管理・環境モニタリング方針書（UKL/UPL）の作成が求められ作成済である。 (b) 2014年に承認取得予定である。 (c) UKL/UPL承認に係る付帯条件があれば遵守する。 (d) UKL/UPL承認の他に、地方政府からの開発基本許可および妨害許可（Interference Permit）、地元からの建設許可等を取得する予定。
	(2) 現地ステークホルダーへの説明	(a) プロジェクトの内容および影響について、情報公開を含めて現地ステークホルダーに適切な説明を行い、理解を得ているか。 (b) 住民等からのコメントを、プロジェクト内容に反映させたか。	(a) Y (b) Y	(a) 地域住民に対する説明会は1回（2012/2/2）実施しており、事業についての合意、ならびに用地取得についての基本的合意を得ている。 (b) 基本的に住民は本事業を歓迎している。事業による既存道路の整備、地元への電力供給が期待されている。
	(3) 代替案の検討	(a) プロジェクト計画の複数の代替案は（検討の際、環境・社会に係る項目も含めて）検討されているか。	(a) Y	(a) UKL/UPLの手続きにおいては、代替案の検討は義務付けられていないが、地理条件を前提に居住者、環境への影響の程度を考慮してサイトが選定された。
2 汚染対策	(1) 水質	(a) ダム湖/貯水池の水質は当該国の環境基準等と整合するか。動植物プランクトンの異常発生する恐れはあるか。 (b) 放流水の水質は当該国の環境基準等と整合するか。 (c) 試験湛水前の樹木の伐採などダム湖/貯水池の水質悪化防止のための対策が計画されるか。 (d) 下流の河川流量が低下することで、水質が悪化し、環境基準を下回る区間が生じるか。 (e) ダム湖/貯水池の底部からの放水（通常表面水より水温が低い）による下流域への影響を考慮した計画か。	(a) Y (b) Y (c) - (d) N (e) -	(a) 水質について公式データは得られていないが、水質汚濁の要因は少ないと考えられる。 (b) 堰から越流する水質は上記と変わらないと考えられる。 (c) 適用外 (d) 減水区間を含む対象域の河道は急峻で狭く、岩盤に囲まれているため、水位低下があっても滞流域は生じにくく、水質悪化への影響は小さいと考えられる。 (e) 適用外
	(2) 廃棄物	(a) 掘削により発生した土砂は当該国の規定に従って適切に処理・処分されるか。	(a) Y	(a) 掘削により発生した土砂は、計画地内の埋戻し、盛り土に使用する計画である。

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/Noの理由、根拠、緩和策等)
3 自然 環境	(1)保護区	(a) サイトは当該国の法律・国際条約等に定められた保護区内に立地するか。プロジェクトが保護区に影響を与えるか。	(a)N	(a) 本プロジェクトエリア内に保護区は存在しない。
	(2)生態系	(a) サイトは原生林、熱帯の自然林、生態学的に重要な生息地（珊瑚礁、マングローブ湿地、干潟等）を含むか。 (b) サイトは当該国の法律・国際条約等で保護が必要とされる貴重種の生息地を含むか。 (c) 下流域の水生物、動植物及び生態系への悪影響はあるか。生態系への影響を減らす対策はなされるか。 (d) ダム等の構造物により遡河性魚類（サケ、マス、ウナギ等、産卵のため河川と海の間を移動する種）の移動を妨げる恐れはあるか。これらの種への影響を減らす対策はなされるか。	(a)N (b)Y (c)N (d)N	(a) プロジェクト計画地周辺の大部分は耕作されゴムノキ、コーヒーノキからなる林、果樹園、陸稲耕作地等として利用されている。比較的自然度の高い森林はNasal川沿いの急な傾斜地域にごく一部が存在するが、生態学的に重要な生息地は含まれない。 (b) プロジェクト対象エリアにおいて、UKL/UPLおよび国内法(Government Regulation No.7 1999)から確認できる情報、および現地踏査(2013年4月実施)による地元住民を対象としたヒアリングでは、スマトラトラ、フクロテナガザル等の希少種が生息していることが確認されているが、土地の改変が限定的であること等からプロジェクトの実施による影響は軽微であると考えられる。ただし、緩和策として、①大径木の連続性を考慮し、工事による分断を最小化する、②工事中に希少種が出現した場合には、一時的に工事を中断する(様子を見る、いなくなるまで待つ)③工事中の目撃例が多い場合には、専門家に対応策を相談する、④ロードキルの注意喚起のための看板の設置をする、⑤地域住民による目撃等の情報集約体制を整備する(情報が集約できる場所や人を作る)⑥関係者及び住民に対する保全のための啓発資料の作成、関係者の研修を実施する。 (c) 対象域は急峻で河道が岩盤であるため、魚類の生息に適さないといわれている。導水路において林道との交差点や崩落防止のためにカルバート及び覆いを設置する予定であり、これらは小型動物の移動分断防止に有用であると考えられる。 (d) 遡河性の魚類の生息は確認されていない。
	(3)水象	(a) 堰等の構造物の設置による水系の変化に伴い、地表水・地下水の流れに悪影響を及ぼすか（特に流れ込み式水力発電の場合）。	(a)N	(a) 導水路においては適宜カルバートを設置し、導水区間での地表水の流れへの影響は最小化される。また、導水路の深さは4.0mで、地下水に与える影響は小さいと考えられる。
	(4)地形・地質	(a) ダム湖による土砂等の捕捉により、下流域への土砂流入量が減少し、河床低下、土壌侵食等が生じるか。また、ダム湖への土砂の堆積による貯水池の容量減少、上流域の河床上昇、土壌堆積が生じるか。これらの可能性について調査され、必要な対策が講じられるか。 (b) プロジェクトにより計画地周辺の地形・地質構造が大規模に改変されるか（特に流れ込み式水力発電）。	(a)N (b)N	(a) 取水用ダムに堆積する土砂量は167m ³ /dayと推定されており、それに基づく対策として、排砂作業は二週間毎と計画されている。このことにより、下流域への土砂流入量は保たれ、土壌侵食等の影響は最小化されるものと思われる。 (b) 取水堰は河道の岩盤を利用して建設し、発電所も河道わきの岩盤を利用して建設する予定であり、地形・地質の大規模な改変はない。導水路は閉渠で急峻部には崩落防止策が施工される予定であり、幅4.0m、深さ4.0mの計画で地形・地質に及ぼす影響は小さい。水槽は平坦な台地上の地形を利用して設置され、水圧管路は傾斜地の地表部に設置されることから、地形・地質構造の大規模な改変はない。

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/Noの理由、根拠、緩和策等)
	(1) 住民移転	(a) プロジェクトの実施に伴い非自発的住民移転は生じるか。生じる場合は、移転による影響を最小限とする努力がなされるか。 (b) 移転する住民に対し、移転前に補償・生活再建対策に関する適切な説明が行われるか。 (c) 住民移転のための調査がなされ、再取得価格による補償、移転後の生活基盤の回復を含む移転計画が立てられるか。 (d) 補償金の支払いは移転前に行われるか。 (e) 補償方針は文書で策定されているか。 (f) 移転住民のうち特に女性、子供、老人、貧困層、少数民族・先住民等の社会的弱者に適切な配慮がなされた計画か。 (g) 移転住民について移転前の合意は得られるか。 (h) 住民移転を適切に実施するための体制は整えられるか。十分な実施能力と予算措置が講じられるか。 (i) 移転による影響のモニタリングが計画されるか。 (j) 苦情処理の仕組みが構築されているか。	(a)N (b)Y (c)- (d)Y (e)Y (f)- (g)- (h)Y (i)Y (j)Y	(a) 本プロジェクトでは非自発的住民移転は生じない (b) 1 回目の住民説明会において事業の説明と、用地取得に関する合意がなされた。今後、用地取得の対象農地の所有者ごとに地方政府立会いのもと、事業前に再取得価格に基づいた交渉が行われる。 (c) 本プロジェクトに伴う住民移転は生じないが、プロジェクト計画地内にある農耕地の用地取得が必要であり、再取得価格に基づく補償、斡旋、登録料の補償等、取得後の生活基盤の回復を考慮し、各土地の所有者ごとに価格交渉が進められる。 (d) 用地取得対象の土地所有者に対しては補償が行われる。 (e) 用地取得の対象農地の所有者ごとに地方政府立会いのもと工事前に、取得価格、補償等の交渉が行われ、明文化される。 (f) 適用外 (g) 住民移転は発生しない。用地取得の対象農地の所有者ごとに地方政府立会いのもと移転前に、取得価格、補償等の交渉が行われる。 (h) 用地取得には、地方政府の立会い等を含む適切な体制が整えられる。事業者は地方政府の協力のもとに十分な実施能力を備え、用地取得のための予算措置が講じられている。 (i) 工事開始前に用地取得の影響についてのモニタリングが計画されている。 (j) 苦情受付窓口を設置予定である。
4 社会 環境	(2) 生活・生計	(a) プロジェクトによる住民の生活への悪影響が生じるか。必要な場合は影響を緩和する配慮が行われるか。 (b) プロジェクトにより周辺の地域利用が変化して住民の生計に悪影響を及ぼすか。 (c) 関連施設が住民の既存水域交通及び周辺の道路交通に悪影響を及ぼすか。 (d) 他の地域からの人口流入により病気の発生（HIV等の感染症を含む）の危険はあるか。必要に応じて適切な公衆衛生への配慮が行われるか。 (e) 下流の水利用維持のための最低流量は供給されるか。 (f) 下流水の流量の変化、あるいは海水浸入により、下流の水利用や土地利用に影響が生じるか。 (g) 水を原因とする、もしくは水に關係する疾病（住血虫症、マラリア、糸状虫症等）は発生する恐れはあるか。 (h) 河川等における漁業権、水利権、山林入会権等が阻害されることはあるか。	(a)N (b)N (c)N (d)N/Y (e)Y (f)N (g)N (h)N	(a) 住民の生活への悪影響は生じないと考えられる。プロジェクトの地域に対する正の影響として、地元住民の雇用、道路の維持管理、税収、地域経済の振興などが挙げられる。事業者は建設期間中にできる限り地域から労働者を雇用する計画である。 (b) 道路の新設や新たな施設の立地を伴うものではなく、用地取得も生計手段の転換をもたらすものではないことから、住民の生計に悪影響を及ぼすことはないと考えられる。 (c) 対象地域は河道が急峻で水域交通の利用はない。また、地形が急峻で住民が容易に近づけるどころではなく、導水路が林道と交差する箇所ではカルバートが設けられることなどから、関連施設による道路交通に悪影響を及ぼすことはない。さらに事業者はCSRとして発電所にいたるアクセス道路の維持管理を実施する。 (d) 危険性を否定できないが、工事中の労働者への教育と衛生管理に努める。 (e) 最低流量が定められている。 (f) 減水区間及び下流域での水利用はない。 (g) 滞流域の出現など水質に影響を及ぼす要因の発生はほとんどなく、本川の水利用はほとんどないことから、水を原因とするあるいは水に關係する疾病の発生可能性が高まる恐れはない。 (h) 現地踏査（2013年3月実施）の際の地元住民を対象としたヒアリングによれば、プロジェクト対象地域の周辺河川において漁業は行われていない。生活水は、湧き水用の井戸から取水しているため、水利権等への影響も生じない。

別添資料N4-7 環境チェックリスト：3. 水力発電・ダム・貯水池（4）

Nasal

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/Noの理由、根拠、緩和策等)
	(3) 文化遺産	(a) プロジェクトにより、考古学的、歴史的、文化的、宗教的に貴重な遺産、史跡等を損なう恐れはあるか。また、当該国の国内法上定められた措置が考慮されるか。	(a)N	(a) プロジェクト計画地の情報収集と観察の結果、歴史的な建築物は存在しない。工事中に見られた際には適切に対処する。
	(4) 景 観	(a) 特に配慮すべき景観が存在する場合、それに対し悪影響を及ぼすか。影響がある場合には必要な対策はとられるか。	(a)N	(a) 本プロジェクトサイト内には特段配慮すべき景勝地等は存在しない。
	(5) 少数民族、先住民族	(a) 当該国の少数民族、先住民族の文化、生活様式への影響を軽減する配慮がなされているか。 (b) 少数民族、先住民族の土地及び資源に関する諸権利は尊重されるか。	(a)N/A (b)N/A	(a) , (b) 現地調査（2013年3月実施）でのヒアリングによれば、先住民族・少数民族の生活区域や先住民族・少数民族にとって特別な社会的価値のある地域は存在しない。
	(6) 労働環境	(a) プロジェクトにおいて遵守すべき当該国の労働環境に関する法律が守られるか。 (b) 労働災害防止に係る安全設備の設置、有害物質の管理等、プロジェクト関係者へのハード面での安全配慮が措置されるか。 (c) 安全衛生計画の策定や作業員等に対する安全教育（交通安全や公衆衛生を含む）の実施等、プロジェクト関係者へのソフト面での対応が計画・実施されるか。 (d) プロジェクトに関係する警備要員が、プロジェクト関係者・地域住民の安全を侵害することのないよう、適切な措置が講じられるか。	(a)Y (b)Y (c)Y (d)Y	(a) 事業者はコンプライアンスとCSRに貢献することを確約しており、当該国の関係法令は遵守する。 (b) 管理施設の防護フェンスの設置、警告標識の設置等安全対策が計画されている。 (c) 労働者への衛生、地元社会への配慮等の教育を行う計画である。 (d) 地元での採用をできる限り行い、移入労働者には地域社会の文化に敬意を払うよう指導する。
	(1) 工事中的影響	(a) 工事中的の汚染（騒音、振動、濁水、粉じん、排ガス、廃棄物等）に対して緩和策が用意されるか。 (b) 工事により自然環境（生態系）に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。 (c) 工事により社会環境に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。	(a)Y (b)N (c)N	(a) 工事量を最小化する、工事時期を雨の少ない時期に計画する、などの措置をとる。 (b) 対象地は二次林もしくは二次林の中での耕作地、果樹園等であり、地形も急峻であるため、自然生態系への影響は小さいと考えられる。 (c) 悪影響を及ぼさないよう労働者の指導・教育に努める。建設期間中の交通量増加による影響についても考慮する。

別添資料N4-7 環境チェックリスト：3. 水力発電・ダム・貯水池（5）

Nasal

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/Noの理由、根拠、緩和策等)
5 そ の 他	(2) 事故防止対策	(a) ダムからの放水時における下流部への警報体制は整備されるか。	(a) -	(a) 適用外
	(3) モニタリング	(a) 上記の環境項目のうち、影響が考えられる項目に対して、事業者のモニタリングが計画・実施されるか。 (b) 当該計画の項目、方法、頻度等はどのように定められているか。 (c) 事業者のモニタリング体制（組織、人員、機材、予算等とそれらの継続性）は確立されるか。 (d) 事業者から所管官庁等への報告の方法、頻度等は規定されているか。	(a) Y (b) Y (c) Y (d) Y	(a) 事業者による以下のモニタリングが計画されている。 ・ 工事前：社会環境（土地所有状況、生活・生計/収入、住民からの苦情）、水質（pH、SS、COD、DO、全窒素、全磷、重金属、油分）、 ・ 工事中：水質（pH、SS、COD、DO、全窒素、全磷、重金属、油分）、廃棄物（種類、量、廃棄の方法）、生態系（植生、水生生物、野生生物、希少種）、騒音（騒音レベル）、地形・地質（地形変化）、社会環境（労働安全、人口統計/社会相互作用、住民の収入、生活・生計/収入、公共施設、コミュニティの不満、美観） ・ 供用後：水質（pH、SS、COD、DO、全窒素、全磷、重金属、油分）、生態系（植生、水生生物、野生生物、希少種）、騒音（騒音レベル）、社会環境（労働安全、土地利用、生活・生計/収入、その他（電力）） (b) モニタリングフォームにおいて、項目、頻度が定められている。 (c) 環境管理計画で組織、資金等を計画している。 (d) UKL/UPLの環境管理計画で、工事前、工事中、供用後のそれぞれにおいて報告頻度を示している。新しい管理計画に基づき、モニタリングフォームを変更し、頻度を改定した。
6 留 意 点	他の環境チェックリストの参照	(a) 必要な場合は、林業に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること（山間地のダムについて大規模な伐採を伴う場合等）。 (b) 灌漑、上水、工水等への利用を目的としたダム・貯水池については、必要に応じて農業、上水道に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること。 (c) 必要な場合には送变电・配電に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること（送变电・配電施設の建設を伴う場合等）。	(a) - (b) - (c) -	適用外
	環境チェックリスト使用上の注意	(a) 必要な場合には、越境または地球規模の環境問題への影響も確認する（廃棄物の越境処理、酸性雨、オゾン層破壊、地球温暖化の問題に係る要素が考えられる場合等）。	(a) -	適用外

注1) 表中『当該国の基準』については、国際的に認められた基準と比較して著しい乖離がある場合には、必要に応じ対応策を検討する。
 当該国において現在規制が確立されていない項目については、当該国以外（日本における経験も含めて）の適切な基準との比較により検討を行う。
 注2) 環境チェックリストはあくまでも標準的な環境チェック項目を示したものであり、事業および地域の特性によっては、項目の削除または追加を行う必要がある。