

令和6年度環境省委託事業

令和6年度脱炭素社会実現のための都市間連携事業委託業務
(愛媛県・ゴロンタロ州都市間連携によるSDGs達成及び
持続可能な脱炭素社会形成支援事業)

報告書

令和7年3月

日本エヌ・ユー・エス株式会社

愛媛県

目次

1. 本事業の目的と背景.....	1
1.1. 目的.....	1
1.2. 背景.....	1
1.3. フェーズ1事業の成果.....	3
1.4. 実施体制.....	4
2. ゴロンタロ州の概要.....	5
2.1. ゴロンタロ州政府.....	5
2.1.1. 主たる政策・方針.....	5
(1) 国家中期開発計画（RPJMN）.....	5
(2) ゴロンタロ州中期開発計画（RPJMD）.....	8
2.2. ゴロンタロ州における環境問題.....	11
2.3. 都市間連携協力に係る覚書の締結.....	14
3. メタン発酵設備の普及検討分野.....	17
3.1. 導入技術の概要.....	17
3.1.1. メタン発酵設備の仕組み.....	17
3.1.2. (株)愛研化工機のメタン発酵技術の概要.....	19
3.1.3. 導入に向けた検討事項.....	21
3.2. メタン発酵設備導入ポテンシャルサイト調査.....	24
3.2.1. フェーズ1事業における調査結果.....	26
(1) ポテンシャルサイトの実態把握.....	26
(2) 設備設計・コスト積算.....	30
(3) 事業性検討.....	31
3.2.2. ポテンシャルサイトにおける導入協議・詳細情報収集.....	33
(1) PT. Trijaya Tangguh.....	33
(2) PT. Pabrik Gula.....	35
3.2.3. 導入効果の算定.....	39
3.3. 事業設計及び体制構築.....	42
3.3.1. 事業設計.....	42
(1) ファイナンススキームに係る情報収集.....	42
(2) ビジネスモデルの検討.....	45
3.3.2. 体制構築.....	50
4. グリーンホスピタル計画に係る総合インフラ整備支援分野.....	52
4.1. 導入技術の概要.....	52
4.1.1. 浄化槽の仕組み.....	52
4.1.2. PT. DAIKI AXIS INDONESIA の浄化槽の概要.....	54
4.1.3. 導入に向けた検討事項.....	57
4.2. 病院ポテンシャルサイト調査.....	59
4.2.1. ポテンシャルサイトにおける導入協議・詳細情報収集.....	59

4.2.2.	愛媛県内の事例調査.....	61
4.2.3.	導入効果の算定.....	65
4.3.	事業設計及び体制構築.....	66
5.	自治体間の政策共有	68
5.1.	ゴロンタロ州における廃棄物管理課題.....	68
5.2.	フェーズ1 事業までの検討結果	71
5.3.	導入効果の算定	73
5.4.	予算措置に向けた準備状況.....	76
6.	環境省主催の都市間連携セミナーへの参加.....	80
7.	まとめ.....	82

図目次

図 1	ゴロンタロ州の位置	1
図 2	都市間連携事業に係る MoU 締結式の様子	3
図 3	本事業の概要及び実施体制	4
図 4	ゴロンタロ州知事 Gusnar 氏（左）および副知事 Idah 氏（右）	5
図 5	中期開発計画（RPJMN）大統領指令および 7 つの開発課題	6
図 6	中期開発計画（RPJMN） 2020-2024 年のマクロ開発目標	7
図 7	ゴロンタロ州における環境課題と地理的状況	12
図 8	ゴロンタロ州における環境的な危機地域（ゴロンタロ州提供）	13
図 9	ゴロンタロ州の優先される環境課題（ゴロンタロ州提供資料を翻訳）	13
図 10	ゴロンタロ州政府へのヒアリングによる環境課題及びニーズ	13
図 11	PERATURAN MENTERI DALAM NEGERI REPUBLIK INDONESIA NOMOR 25 TAHUN 2020	14
図 12	メタン発酵システムの基本構成	18
図 13	EGSB 法システム概要	20
図 14	(株)愛研化工機の消化槽方式メタン発酵設備の導入事例	21
図 15	ココナッツ加工工場と製糖工場の位置	25
図 16	PT. Royal Coconuts との意見交換（2023 年 1 月）	26
図 17	PT. Royal Coconuts における排水処理フロー（(株)愛研化工機作成）	26
図 18	現在の排水フローと採水ポイント	27
図 19	PT. Royal Coconuts における採水の様子（令和 5 年度）	28
図 20	PT. Royal Coconuts における製造工程（愛研化工機作成）	29
図 21	提案システム（愛研化工機作成）	30
図 22	PT. Royal Coconuts 導入設備の設計条件（愛研化工機作成、2024 年 1 月）	30
図 23	設備設置場所（予定）	31
図 24	投資回収モデル（2024 年 1 月）	31
図 25	設備導入に係る関係者の役割と予算の流れ（PT. Royal Coconuts が初期投資）	32
図 26	設備導入に係る関係者の役割と予算の流れ（BUMD が初期投資）	32
図 27	PT. Trijaya Tangguh	33
図 28	2022 年 11 月時点の PT. Trijaya Tangguh における排水処理フロー	33
図 29	PT. Trijaya Tangguh での協議の様子（2024 年 6 月）	34
図 30	PT. Trijaya Tangguh の排水処理設備の様子（2024 年 6 月）	34
図 31	PT. Trijaya Tangguh への設備導入に係る試算結果（愛研化工機提供）	35
図 32	PT. Pabrik Gula における排水処理設備、協議の様子（2024 年 6 月）	36
図 33	PT. Pabrik Gula における設備導入場所	37
図 34	PT. Pabrik Gula への設備導入に係る試算結果（愛研化工機提供）	37
図 35	PT. Pabrik Gula へのヒアリング（2024 年 12 月）	38
図 36	Indonesia Environmental Fund との意見交換（12 月 11 日）	45
図 37	認証制度を活用したバイオガス販売モデル	47

図 38	PT Donggi-Senoro LNG のオーナーシップ構造	48
図 39	現在の Donggi-Senoro LNG プロジェクトのバリューチェーン	49
図 40	Donggi-Senoro LNG プロジェクトと連携したバイオガス販売モデル	49
図 41	エア・ウォーターのバイオガス輸送車	51
図 42	浄化槽の構成と処理原理	53
図 43	(株)ダイキアクシスの FRP 製浄化槽の構造と機能	55
図 44	PT. DAIKI AXIS INDONESIA の製品導入事例	56
図 45	アイヌン病院との協議（2024 年 6 月）	59
図 46	アイヌン病院新病棟建設計画書	60
図 47	アイヌン病院との協議（2024 年 12 月）	61
図 48	松山赤十字病院におけるサステナブル建築技術概要 ²⁷	62
図 49	非常時のエネルギー自立と省 CO2 実現の両立 ²⁷	64
図 50	日本国内の病院とのエネルギー消費量の比較 ²⁷	65
図 51	TPS にて分別される廃棄物とその販売価格	68
図 52	ゴロンタロ州における廃棄物回収・処理フロー	69
図 53	ゴロンタロ州における廃棄物発生量・区分（ゴロンタロ州提供）	69
図 54	最終処分場（TPA Talmelito）の概要図	70
図 55	最終処分場の様子	70
図 56	最終処分場浸出水処理設備概要図	71
図 57	(株)愛研化工機、ゴロンタロ州公共事業局との意見交換（2023 年 1 月）	71
図 58	水質検査における採水場所	72
図 59	膜分離活性汚泥法（MBR システム）（(株)愛研化工機提供）	73
図 60	ゴロンタロ州最終処分場への MBR システム導入計画	76
図 61	インドネシア地方政府予算申請スケジュール	77
図 62	設計図、フロー図と公共事業省向けレター表紙（2025 年 1 月）	78
図 63	調達局、財務局との協議（2024 年 12 月）	78
図 64	入札プロセス	78
図 65	最終処分場浸出水処理設備導入に係る検討経緯	79
図 66	愛研化工機、ダイキアクシス、三浦工業の訪問（2025 年 1 月 21 日）	80
図 67	愛媛県環境・ゼロカーボン推進課との意見交換（2025 年 1 月 22 日）	81
図 68	都市間連携セミナーにおけるワークショップの様子（2025 年 1 月 23 日）	81
図 69	本年度事業成果、実施課題、次年度計画	82

表目次

表 1	ゴロンタロ州 RPJMD におけるビジョン、ミッション、目標	9
表 2	メタン発酵技術の比較	18
表 3	(株)愛研化工機の EGSB 法による導入実績	21
表 4	メタン発酵設備導入に関する要件の具体的内容	22
表 5	ゴロンタロ州における産業	24
表 6	排水データの収集・分析	27
表 7	PT. Royal Coconuts における消費電力量と電気料金（2023 年 8 月実績）	29
表 9	ゴロンタロ州内ポテンシャルサイトにおけるメタンガス製造可能量	46
表 10	認証制度を活用したバイオガス販売モデルにおけるステークホルダーと課題	50
表 11	Donggi-Senoro LNG プロジェクトと連携したバイオガス販売モデルにおけるステークホルダーと課題	50
表 12	浄化槽の一般的な分類	53
表 13	PT. DAIKI AXIS INDONESIA の浄化槽の処理性能と インドネシアの生活排水基準	55
表 14	浄化槽導入に関する要件の具体的内容	57
表 15	松山赤十字病院が導入した環境配慮技術	62
表 16	グローバルサウス小規模実証事業申請に係る課題と対策	66
表 17	浸出水の水質基準値	72
表 18	愛研化工機排水処理設備による導入効果試算結果	73

略語表

略語	英語・インドネシア語	和訳
BAPPEDA	Badan Perencanaan Pembangunan Daerah	地方開発計画局
BAU	Business as usual	成り行きシナリオ
BUMD	Badan Usaha Milik Daerah	地域開発公社
COP26	The 2021 United Nations Climate Change Conference	国連気候変動枠組条約第 26 回締約国会議
C2P2	Clean City Partnership Program	クリーンシティパートナーシップ
DLHK	Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan	環境衛生局
DPRD	Dewan Perwakilan Rakyat Daerah	地方国民代表評議会
ESDM	Ministry of Energy and Mineral Resource	エネルギー鉱物資源局
GSS	Gas Solid Separator	三相分離装置
IPAL	Instalasi Pengolahan Air Limbah	排水処理設備
IPCC	The Intergovernmental Panel on Climate Change	気候変動に関する政府間パネル
JCM	Joint Crediting Mechanism	二国間クレジット制度
KLHK	Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan	環境林業局
NDC	Nationally Determined Contribution	自国が決定する貢献
PLN	Perusahaan Listrik Negara	インドネシア電力公社
POME	Palm Oil Mill Effluent	パーム油排水
PUPR	Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat	公共事業・国民住宅局
RAD-GRK	Rencana Aksi Daerah Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca	地方温室効果ガス排出削減行動計画
RAN-GRK	Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca	国家温室効果ガス排出削減行動計画
REDD	Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries	途上国の森林減少・劣化に由来する排出の削減
RKPD	Rencana Kerja Pemerintah Daerah	地方作業計画
RPJMD	Rencana pembangunan jangka menengah daerah	地方中期開発計画
RPJMN	Rencana pembangunan jangka menengah nasional	国家中期開発計画
RUED	Rencana Umum Energi Daerah	地方エネルギー総合計画
RUEN	Rencana Umum Energi Nasional 2015-2050	新国家エネルギー政策
RUPTL	Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik	インドネシア電力供給事業計画
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
JANUS	Japan NUS Co., Ltd.	日本エヌ・ユー・エス株式会社 (代表事業者)

1. 本事業の目的と背景

1.1. 目的

2022年に公表された気候変動に関する政府間パネル（The Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC）第6次評価報告書第3作業部会報告書によると、世界のGHG排出量の約7割が都市由来とされており、パリ協定で定める1.5度目標の達成に向けては、都市における気候行動の加速が必要不可欠である。日本は、国と都市が協働して、ゼロカーボンシティの実現に向けて、2021年6月に策定された地域脱炭素ロードマップの下、脱炭素先行地域を100か所以上創出し、全国に拡大する取組を進めている。

世界全体での脱炭素社会の実現に向けては、特に経済成長が著しく今後GHG排出量の増加が見込まれる途上国において、持続可能な脱炭素社会構築への動きを加速させることが必要であり、社会経済の発展を支える活動の場である都市の脱炭素化に向けて、国際的にも都市の取組を支援する動きが強化されている。

一例として、日本国環境省では世界の都市が直面する今日的課題に多角的に対処するため、本事業を軸として、2023年2月、JICAとともに、クリーン・シティ・パートナーシップ・プログラム（Clean City Partnership Program: C2P2）を立ち上げた。本プログラムは、日本の自治体や民間企業、金融機関と連携し、技術や資金の更なる動員を図り、パートナー都市における気候変動、環境汚染、循環経済、自然再興（ネイチャーポジティブ）を含む都市課題に対して包括的かつ相乗的な支援を提供するものである。また、G7をはじめとする同志国や国際開発金融機関を含む他の主要なステークホルダーとの連携を推進する。

上記を踏まえ、本事業では、日本の研究機関・民間企業・大学等の連携により、脱炭素社会形成に関する経験やノウハウ等を有する愛媛県とともに、インドネシア共和国ゴロンタロ州における脱炭素社会形成への取組及び脱炭素社会の形成に寄与する設備の導入を支援することを目的とし、事業を実施した。

1.2. 背景

応募事業の対象地域であるゴロンタロ州は、インドネシア共和国スラウェシ島北部に位置する。2000年に北スラウェシ州から分離独立し、5県1市から構成されている。ゴロンタロ州の年間経済成長率は年々増加しており、2020年には-0.02%だったが、2021年には2.41%、2022年には4.04%となっている。主要産業は農林水産業であり、2023年の事業分野別GDPの約38%を占めている¹。

著しい経済成長の一方で、貧困率はインドネシアで5番目に高く、インフラの未整備も課題である。特に上下水道インフラについては整備されておらず、人口



図1 ゴロンタロ州の位置

¹ BADAN PUSAT STATISTIK PROVINSI GORONTALO

<https://gorontalo.bps.go.id/indicator/154/53/1/pertumbuhan-ekonomi-tahunan.html>

増加に伴う河川や湖の水質汚染が深刻化している。また、電力インフラも停電が頻発する等脆弱であるほか、オフグリッド地帯も残されており、エネルギーインフラの開発も急務である。

また、農業を主とした GDP の成長は、丘陵地や山間部地の急斜面の開墾をもたらし、急速な森林減少を引き起こし、その結果、CO₂ 吸収源の消失だけでなく、森林の保水力の低下が土砂崩れや市街地の頻繁な洪水の原因となっている。また、急斜面の農耕地は浸食を受けやすく、ゴロンタロ県及びゴロンタロ市に位置するリンボト湖へ年間 1,500,000m³ に及ぶ土砂流入を引き起こしている²。土砂流入の影響は海岸部にも見られ、海水の汚濁やサンゴ礁の死滅といった影響を及ぼしている。さらに、生態系にも影響を与えており、河川から運ばれてきたと考えられる浮草のホテイアオイがリンボト湖において急激に繁殖し、観光資源の損失を引き起こしている。

発展基盤となるインフラ整備や、森林保全と両立した農業振興を進めるにあたって、ゴロンタロ州は脱炭素化の観点を盛り込む計画を積極的に検討してきた。例えば、2012 年に策定された温室効果ガス排出削減行動計画（Rencana Aksi Daerah Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca: RAD-GRK）においては、開発優先分野である農業、林業、エネルギー、産業、廃棄物管理の分野ごとに、アクション及び削減目標を設定している。しかしながら、目標実現のための具体的な施策への反映及び実行に至らず、目標達成への課題が指摘されている。今後、州の開発計画をはじめとする各種施策においても、脱炭素の観点を盛り込む意欲がある一方で、実効性のある取組へつなげる仕掛けが必要となっている。ゴロンタロ州としては、日本の支援・協力を期待しており、なかでも愛媛県との都市間連携による解決策の導出について高い関心を有しており、2021 年度より都市間連携事業（フェーズ1 事業）を活用し、政策的支援も併せ脱炭素技術導入の検討を進めてきたところである。

愛媛県とゴロンタロ州との関係は、2007 年の愛媛大学とゴロンタロ大学の「学術交流協定」締結を起点に進められてきた。2013 年にゴロンタロ大学及び北ゴロンタロ県、2016 年にゴロンタロ大学及びゴロンタロ州と「三者連携による共同研究及び人材育成に関する覚書」を締結するなど、県と共に産学官での地域間連携を進める推進役となっている。

また、元インドネシア国会副議長や尼日友好協会会長を務めるラフマツト・ゴーベル氏の尽力も大きい。同氏は一族のルーツがゴロンタロ州にあり、支持基盤ともなっている。同氏にとって愛媛県は、留学先である中央大学卒業後、当時の松下寿電子工業株式会社の愛媛県東温工場で実務研修を行った縁がある。現愛媛県知事とは 9 度の会談を重ねており、県内企業の技術を用いたゴロンタロ州の環境・産業の向上のための意見交換を行っている。愛媛県内企業によるインドネシア環境林業大臣への環境技術のプレゼンテーションや、県内企業とインドネシア企業のビジネスマッチングは、同氏が愛媛県内企業の環境技術に高い関心を有していたため、実現に至った経緯がある。応募事業においても、同氏よりゴロンタロ州を対象とした脱炭素社会実現に向けた支援の要請を得た経緯があり、事業実施にあたって全面的な支援の約束を得ている。

² Kasamatsu et al., 2020 “Prior Study for the Biology and Economic Condition as Rapidly Environmental Change of Limboto Lake in Gorontalo, Indonesia”
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/536/1/012005/pdf>

1.3. フェーズ1事業の成果

フェーズ1事業においては、開始当初から愛媛県とゴロンタロ州の都市間連携事業に関する MoU 締結の準備を進めてきた。MoU 締結に伴い、2022 年 9 月 23 日付で協力の意向表明書 (LoI) を締結し、更に LoI 及び MoU にて提示されている協力分野ごとにアクションプランを作成した。LoI 及び MoU に加え、アクションプランの内容についても内務省及び外務省の承認を受け、2023 年 1 月 19 日に、愛媛県知事をはじめ、県内企業、商工会メンバー等 38 名がゴロンタロ州を訪問し、愛媛県知事、ゴロンタロ州知事のほか、ゴーベル国会副議長も同席のもと、MoU 締結式の開催に至っている。



図 2 都市間連携事業に係る MoU 締結式の様子

アクションプランにおいては、ゴロンタロ州の脱炭素社会実現に向け、応募事業において事業化を検討中の案件についても記載がある他、ゴロンタロ州の脱炭素化計画策定支援についても、愛媛県による具体的な支援内容が記載されている。MoU の期間は 2027 年 9 月までの 5 年間となっており、愛媛県として本期間におけるアクションプランの記載内容へのコミットを約束している他、今後は姉妹都市連携を含めた更なる緊密な協力関係に向け、準備が進められている。

脱炭素技術の導入検討においては、“地域水インフラ整備分野”と“カカオ栽培による持続的な森林利用分野”の大きな 2 つのテーマを検討してきた。水インフラ整備においては、(株)愛研化工機のメタン発酵設備についてココナッツ加工企業への導入を目指して検討を進めてきた。JCM 設備補助事業への接続には至っていないものの、ココナッツ加工排水に合わせた設備設計、導入効果の算出、経済性評価、ビジネスモデルの構築等を実施し、ココナッツ加工企業の多いゴロンタロ州において、本件をモデルとした横展開をゴロンタロ州政府から強く要請されているところである。また、PT. DAIKI AXIS INDONESIA の浄化槽については、公共インフラであることから国及び自治体の予算に基づく整備が想定され、大規模な導入が難しいことから、まずはポテンシャルサイトにおける効果検証を実施する方針で検討を進めてきた。ゴロンタロ州政府においては、2024 年中に 3,500 件の戸建て住宅に対し浄化槽もしくは Septic Tank を導入する計画を有しているとのことであり、PT. DAIKI AXIS INDONESIA 製浄化槽の導入提案を歓迎するとのコメントを得ている。森林利用分野においては、兼松株式会社が 2011 年よりゴロンタロ州において実施している REDD+事業をゴロンタロ州全域への拡大を検討してきた。現在、対象とした地域へのカカオ農業の普及、農家へのキャパシティビルディングは完了しており、引き続きゴロンタロ州政府と連携し、森林伐採が発生しないようなモニタリングを継続することとなっている。さらに、フェーズ1事業を実施する中で、新たなニーズとしてゴロンタロ州内の病院における総合的なインフラ整備について支援要請を受けている。こうした都市間連携事業の枠組みのもとで事業実現に至る可能性のある案件が多く、ゴロンタロ州政府からは都市間連携事業の継続を強く要請されており、フェーズ2事業として本事業の提案に至った。

1.4. 実施体制

本年度の業務実施体制は、下図の通りである。都市間連携の枠組みの下、愛媛県とゴロンタロ州が協力協定を締結し、ゴロンタロ州地域開発企画庁（Badan Perencanaan Pembangunan Daerah: BAPPEDA）が窓口となり、脱炭素政策・計画策定に関するノウハウの共有や政策立案の支援に関する協議を実施した。

事業化の検討に際しては、“メタン発酵設備の普及検討分野”“グリーンホスピタル計画に係る総合インフラ整備支援分野”“自治体間の政策共有分野”の3つの分野で、愛媛県内企業として、浄化槽の設置・保守管理に実績がある株式会社ダイキアキス、排水処理や汚泥等のメタン発酵施設の設計・施工に実績のある(株)愛研化工機と連携した。日本エヌ・ユー・エス株式会社は、都市間連携にかかる情報収集、各調査支援、関連する機関や企業の連絡調整を含めた事業全体のマネジメントを担っている。



図 3 本事業の概要及び実施体制

2. ギロンタル州の概要

2.1. ギロンタル州政府

ギロンタル州は、2000 年 12 月 5 日に北スラウェシ州から独立した。独立当初は、ギロンタル県、ボアレモ県およびギロンタル市のみであったが、地域開発に伴い、2003 年にポフワト県、ボネ・ボランゴ県を設立し、2007 年に北ギロンタル県を設立した。新州化と自治体の新設が地域の活性化にも寄与した。現在、ギロンタル州は 5 県 1 市 77 郡 72 区 684 村で構成されている。

2025 年 2 月 20 日に、ギロンタル州知事は Gusnar Ismail 氏が、副知事は Idah Syahidah 氏が正式に就任し、2025 年から 2030 年までの期間を務めることとなった³。同知事は、2001 年から 2006 年までギロンタル州副知事を務めており、副知事に続き州知事に就任した初の事例である。Gusnar 知事は就任後のビジョンとして、人的資源の質向上、農業海事開発、零細・中小企業支援、観光業、インフラの改善に焦点を当てることを目指すとしている。



図 4 ギロンタル州知事 Gusnar 氏（左）および副知事 Idah 氏（右）

州知事、副知事の下には、地域事務局があり、地域事務局のもとに政治、経済、その他管理に関する 3 人のアシスタントと 7 つの局がある。州政府機関としては、地域事務局以外に、ギロンタル州地方国民代表評議会（Dewan Perwakilan Rakyat Daerah: DPRD）事務局に加え、法定規則及び地域のニーズに基づき、10 の地域技術機関、12 の事務所及び 5 つの地域組織があり、ギロンタル州における行政を担っている⁴。

2.1.1. 主たる政策・方針

ギロンタル州における主要な政策・方針は、地方中期開発計画（Rencana pembangunan jangka menengah daerah: RPJMD）に策定されており、最新の RPJMD の対象期間は 2017 年～2022 年となっている。これは、インドネシアにおける国家中期開発計画（Rencana pembangunan jangka menengah nasional: RPJMN）に則り、地方政府が策定を義務付けられているものである。インドネシアの最新の RPJMN は 2020 年から 2024 年のもので、現在 2025 年から 2029 年の RPJMN 策定に向けた準備期間であるため、2024 年までの RPJMN について次項にて詳説する。

(1) 国家中期開発計画（RPJMN）

インドネシア政府は、2020 年 1 月に新たな RPJMN を発表している。当該計画において、実質

³ Tribungorontalo.com “Profil Gusnar Ismail dan Idah Syahidah, Gubernur dan Wakil Gubernur Gorontalo Periode 2025-2030” 2025 年 2 月 20 日
<https://gorontalo.tribunnews.com/2025/02/20/profil-gusnar-ismail-dan-idah-syahidah-gubernur-dan-wakil-gubernur-gorontalo-periode-2025-2030>.

⁴ DINAS KOMINFO DAN STATISTIK PROVINSI GORONTALO 「BUKU PROFIL PROVINSI GORONTALO 2019」 2019 年 11 月

GDP の成長率は年平均 5.7～6.0 % で想定されており、当該目標の達成には約 35,000 兆ルピアの投資が必要となるとされている。また、国民 1 人当たりの国民総所得を、24 年時点で 5,810～6,000 ドルまで引き上げるという目標も設定している⁵。

RPJMN においては大統領の 9 つのミッション、5 つの指令が設定されており、このなかでは下記の通り 7 つの開発課題が示されている。開発課題においては、環境に配慮し、災害レジリエンスを向上させ、気候変動対策を考慮した開発が求められるとされている。

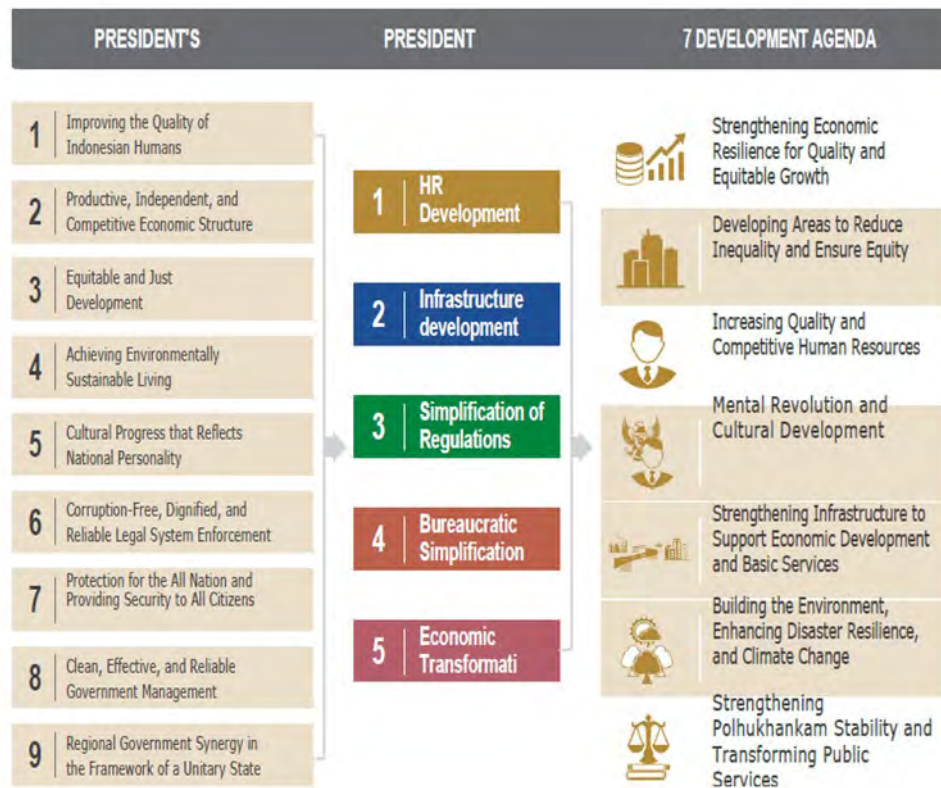


図 5 中期開発計画（RPJMN）大統領指令および 7 つの開発課題⁵

RPJMN のマクロ開発目標においては、GHG 排出削減目標についても言及されており、NDC で挙げられている 2030 年に BAU 比 29% の削減を達成するために、2024 年までに GHG 削減量 27.3 % を目標に掲げている。

⁵ インドネシア国家開発企画庁“Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2020-2024, Narasi（国家中期開発計画）”



図 6 中期開発計画（RPJMN） 2020-2024 年のマクロ開発目標⁵

エネルギーの開発計画では、化石燃料への依存が続いていることから、2018 年時点で 75%のエネルギー自給率は、2045 年に 28%まで減少すると見込まれている。これを賄うために、2015 年に策定された新国家エネルギー政策（Rencana Umum Energi Nasional 2015-2050: 以下 RUEN という）で掲げられている再生可能エネルギーの普及を進め、その割合を 2024 年までに 23%までに増加させることを目標としている。同計画はエネルギー開発に関して下記の方針を示している。

- ① 再生可能エネルギーの開発の加速
- ② バイオ燃料の供給量の増加
- ③ エネルギー確保および省エネの発展
- ④ 産業へのエネルギー供給の増加
- ⑤ NRE（新・再生可能エネルギー）の開発および産業界の支援

再生可能エネルギー増加目標の達成においては、油ヤシ由来の再生可能エネルギーの開発に注力することも明記されており、その投資額は2024年までに32兆ルピアを見込んでいます。

水インフラ整備に関する目標としては、排水処理設備を利用できる世帯を90%まで増加させることも明記されており、投資額は2024年までに140兆ルピアを見込んでいます。

脱炭素については、上述の RPJMN と共に、パリ協定に基づく NDC の動向も重要である。2021 年 7 月に、インドネシアはパリ協定に基づく最新の NDC として、2060 年までに温室効果ガス排出量を実質ゼロにする「カーボンニュートラル」を目指すことを宣言した。2024 年 11 月にアゼルバイジャンのバクーで開催された COP29 においては、当初第 2 次 NDC 文書の提出が予定されていたものの、プラボウォ・スビアント新政府の政策に合わせて文書を調整する必要があり、延期が発表されていた。その中で、Business As Usual (BAU) シナリオを 2010 年から 2019 年の排出量と設定し直している他、新たに 2040 年までに「廃棄物ゼロ」の目標を掲げ、2030 年以降の新たな埋立地

の建設禁止等を掲げている⁶。2025年2月現在、第2次NDCはプラボウォ新大統領の承認を待っているとのことであり⁷、最新動向を注視する必要がある。また、2024年11月20日にブラジルで行われたG20サミットにおいては、プラボウォ・スビアント新大統領が出席し、インドネシアはグリーンエネルギーへの移行に向け、バイオディーゼル燃料の使用増加や再生可能エネルギーへの転換などの取り組みを通じて、「(現在の政府目標から10年前倒しとなる)2050年までにネットゼロを達成する」と強調した⁸。こうしたNDCに係る動向や宣言を踏まえると、今後インドネシアにおいて脱炭素施策については、引き続き積極的な対策を取っていく方針が期待される。

(2) ゴロンタロ州中期開発計画 (RPJMD)

上述のとおり、インドネシアではRPJMNが策定されており、これに沿って各州においても州レベルのRPJMDが策定されている。ゴロンタロ州の最新のRPJMD(2017～2022)においては、以下5つの開発ミッションが掲げられており、これは2015年～2019年のRPJMNに則っている。

- ① 健全で持続可能な観光と天然資源の管理の実現：天然資源、特に観光、農業、漁業、海洋問題の管理を対象とし、環境と森林地域を保護するという原則を維持しながら、エネルギーと水の安全を維持する。
- ② 地域インフラの可用性の確保：基本的なインフラ設備、電気通信設備、輸送および輸送設備の可用性を高め、戦略的地域でのインフラ設備および都市部と農村部でのインフラ設備の提供を含む技術を開発する。
- ③ より公平で公正な地域福祉の向上：一人当たりGDP及び一人当たりの支出、所得分配の増加から、地域福祉を改善し、包括的で持続可能であることを保証する。
- ④ 人材の質の向上：ゴロンタロ州において質の高い人材を育成し、貧困を削減し、地域社会の基本的権利を実現するために、教育、健康、地域の文化開発の質を向上させる。
- ⑤ 優れたガバナンスとより多くのサービスの創出：創造的・革新的・競争力のある専門的な政府機関を創設し、地域の安全、秩序、政治的安定を維持する。

ゴロンタロ州RPJMDにおける開発ミッションと、ビジョン、ミッションの下に設けられた目標、目標達成の指標をまとめた表を以下に示す。なお、2025年以降の次期RPJMDについては、現在BAPPEDAが草案を作成し、新知事就任後6ヶ月以内に正式に策定される予定である。

⁶ Climate Action Tracker ”Indonesia’s new climate goals: positive developments but some red flags” 2024年8月30日

<https://climateactiontracker.org/blog/indonesias-new-climate-goals-positive-developments-but-some-red-flags/>

⁷ KOMPAS.com "Dokumen Janji Iklim Indonesia Tunggu Persetujuan Presiden Prabowo" 2025年2月14日

https://lestari.kompas.com/read/2025/02/14/110000286/dokumen-janji-iklim-indonesia-tunggu-persetujuan-presiden-prabowo#google_vignette

⁸ JETRO ビジネス短信「COP29の最終合意に失望の声明、G20でネットゼロ達成目標前倒し表明(インドネシア)」2024年12月11日

<https://www.jetro.go.jp/biznews/2024/12/75edfa41c9393edb.html>

表 1 ゴロンタロ州 RPJMD におけるビジョン、ミッション、目標

No.	ミッション	目的	目標	指標	初期状態 (2016)	目標 (2022)
ビジョン：先進的で優れ、繁栄したゴロンタロ社会の実現						
1.	経営の実現 環境にやさしく持続可能な観光と天然資源	観光	観光客の増加	国内外の観光客数	5,923	7,937
				諸島観光客数	566,398	759,023
				観光客の平均滞在期間	1.52	4
		強化 管理 社会福祉のための 天然資源	農業／プランテーション セクターの貢献の増加 GDP	農業部門の貢献割合 GRDP (兆ルピア)	11,916.05	14,228.39
				農民の為替レート	105.63	106.40
				為替レート 漁師／耕運機 (NTNP)	101.37	102.1
				PPH スコアの可用性	65.27	66.89
				消費 PPH スコア	76.3	85.5
				農民の為替レート 畜産サブセクター (NTPT)	102.62	104.42
		環境収容力の維持	森林資源 土地	品質指数 環境	71.06	73.61
		持続可能な天然資源	持続可能な海洋および沿岸地域と災害軽減	重要な土地面積	706,930 ha	700,930 ha
				災害リスク指数	0.66 - 1	0.3 - 0.65
2.	地域インフラの可用性 の確保	強化 持続性と経済活動 のための地域イン フラ	地域インフラの質と量の 向上	安定した道路状況 (%)	41.15 %	70%
				良好な状態の地方道路 網の長さの割合 (km)	209	278
				電子政府指数	3.75	3.85
3.	より公平で構成な地域 福祉の向上	強化 幸福	増加 包括的で公平な地域福祉	経済成長	6.52	7.27
				ジニ係数	0.42	0.36

		公衆		インフレ率 (%)	1.30	3.30
				一人当たり GRDP	27,654,339.50	28,155,865.91
				失業率	3.88	2.86
				収入	1.58	2.99
				未開発村	103	88
4.	人材の質の向上	品質改善 人事	アクセスと教育の質の向上	人間開発指数	66.29	69.62
				参加率 SMA/MA/SMK	76.13	78.00
				識字率	99.81	100
				平均スコア	7.12	7.9
			健康と栄養の向上	平均寿命	66.59	68
				合計特殊出生率	2.60	2.40
			文化の発展と Imtaq	取得した文化遺産 国内および国際的な認知	3	15
				人口単位当たりの礼拝 所（モスク）の比率	0.23	0.25
		貧困削減	貧困率の低下	貧困率	17.63	14.69
				貧困居住者（人）	203,831	185,391
			飲料水、適切な衛生状態、 住宅地へのアクセスの増加	適切な飲料水アクセス カバー率	71.59 %	83.02%
				適切な衛生状態へのア クセスの割合	56.27%	69.41%
				スラム地域の減少率	-	0%
5.	優れたガバナンスとよ り多くのサービス	より良い多くのサ ービス	メンテナンスの改善	改革指数	CC	B
				評価結果の価値 政府のパフォーマンス	CC	BB

2.2. ギロンタロ州における環境問題

ギロンタロ州においては、著しい経済成長の一方で、インフラの未整備が課題であり、特に上下水道インフラについては整備が全く追いついておらず、人口増加に伴う河川や湖の水質汚染が深刻化している。2018 年時点で下水道が整備されている都市は、スラウェシ島においてはマナド市のみであり、それも市域の一部範囲に留まっている。また、電力インフラは、インドネシア電力公社（Perusahaan Listrik Negara : 以下 PLN という）の「PLN STATISTICS 2019」によると、州別電化率が 97.1%⁹と報告されているものの、PLN 以外の電力会社については除外された割合であり、実際には未電化地域も残されている。また、電化されている地域も、停電が頻発する等、脆弱な電力インフラが開発の障壁となっている。

ギロンタロ州政府は、北スラウェシ州から独立した際、トウモロコシ農業を州の主要産業とする政策を採り、農家に対する補助政策を実施した。その結果、平野部だけでなく、丘陵地や山間部地の急斜面など、トウモロコシ栽培の非適地にまで栽培が拡大し、山間部では焼畑による開墾が進んだことから、急速な森林減少を引き起こすこととなった。この結果、CO₂ 吸収源の消失だけでなく、森林の保水力の低下が土砂崩れや市街地の頻繁な洪水の原因ともなっている。特に、人口密集地であるギロンタロ市は、中央盆地に位置し、丘陵や山岳地帯に囲まれているため、洪水に対して脆弱な地形であり影響は甚大である。また、農耕地の浸食や河岸浸食を受け、ギロンタロ県及びギロンタロ市に位置するリンボト湖へ年間 1,500,000 m³の土砂が流入していると推定されており、2030 年には土砂により湖底が埋没し、湖が消失するとの予測もある。土砂流入の影響は海岸部にも見られ、斜面から流入する土砂により、海水の汚濁やサンゴ礁の死滅といった影響を及ぼしている¹⁰。土砂の流入は、生態系にも影響を与えており、河川から運ばれてきたと考えられる浮草のホテイアオイが 2000 年頃からリンボト湖において急激に繁殖し、湖における漁業や他の植物の成長を妨げることから問題視されている。

⁹ PLN (2020 年 6 月)「PLN STATISTICS 2019」

(<https://web.pln.co.id/statics/uploads/2020/11/Statistik-Inggris-2019.pdf>)

¹⁰ Kasamatsu et al., 2020 “Prior Study for the Biology and Economic Condition as Rapidly Environmental Change of Limboto Lake in Gorontalo, Indonesia”

(<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/536/1/012005/pdf>)



図 7 ギロンタロ州における環境課題と地理的状況

こうした状況はゴロンタロ州政府も危惧しており、実態把握と影響の予測、対策検討に動き始めている。上図では、ゴロンタロ市周辺のみを示しているが、下図に示すように、上述の課題を抱える地域は州全域に広がっている。昨年度実施したワークショップにおいては、ゴロンタロ州政府から、森林破壊等により、森林保水力の低下、土砂の流入によるリンボト湖の縮小等が起こり、州内で危機的な地域が増加しているとの言及があった。また、主要な環境課題としては以下4点をあげ、愛媛県に対し、これら課題の解決を脱炭素化と併せて推進していく活動への支援を要請した。

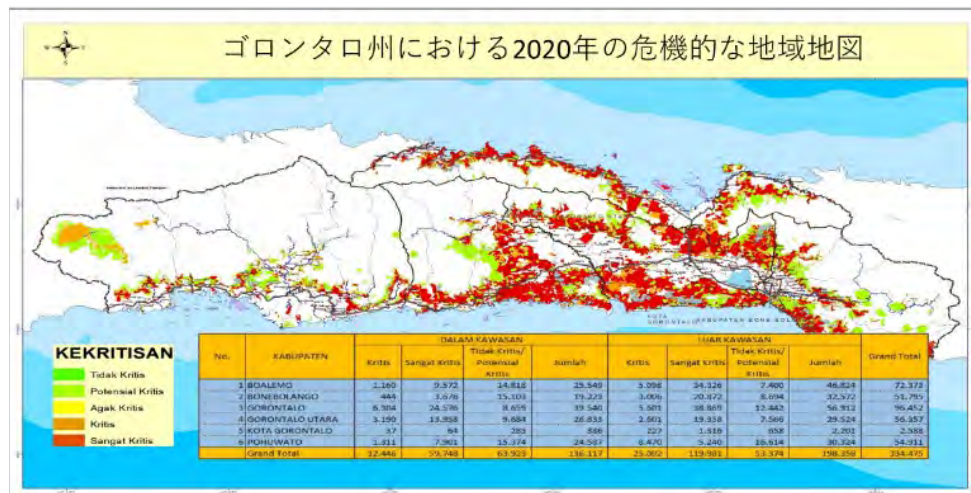


図 8 ギロンタロ州における環境的な危機地域（ギロンタロ州提供）



図 9 ギロンタロ州の優先される環境課題（ギロンタロ州提供資料を翻訳）



図 10 ギロンタロ州政府へのヒアリングによる環境課題及びニーズ

2.3.都市間連携協力に係る覚書の締結

インドネシアでは、2020年に内務省にて「インドネシア共和国内務大臣令 2020年第25号 海外の地方政府との地域協力および海外の機関との地域協力の手続きについて（PERATURAN MENTERI DALAM NEGERI REPUBLIK INDONESIA NOMOR 25 TAHUN 2020 "TENTANG TATA CARA KERJA SAMA AERAH DENGAN PEMERINTAH DAERAH DI LUAR NEGERI DAN KERJA SAMA DAERAH DENGAN LEMBAGA DI LUAR NEGERI “）」が発行され、海外自治体との協力の際し、計画書の提出、MOUの締結、内務大臣の許可等が求められるようになった。

本法令の第2章第6項(1)において、対象範囲を以下のように指定している。

- a. 姉妹州協力
- b. 姉妹都市／地区協力
- c. その他の協力

(2)においては、特定分野の協力の焦点を当てるため、インドネシアの地方政府が海外自治体と実施する協力についてはcに該当する旨が記載されている。そのうえで、第9項においては、以下手順で協力を実施することが要請されている。



図 11 PERATURAN MENTERI DALAM NEGERI REPUBLIK INDONESIA NOMOR 25 TAHUN 2020

第6条(1)で言及されている地域間協力（中略）は、次の段階を経て実行される。

- a. 構想
- b. 調査
- c. 協力の意向表明
- d. 協力計画の作成
- e. DPRD（地方開発計画）の承認
- f. 検証
- g. 協力文書草案の作成
- h. 協力文書の議論
- i. 大臣の承認
- j. 協力文書の署名
- k. 協力の実行

本事業においても、採択後のゴロンタロ州とのキックオフミーティングにて、本事業に関する愛媛県との MOU について言及があり、法令への対応に加え、今後の円滑な調査実施のため、締結する運びとなった。以下のとおり、ゴロンタロ州知事および愛媛県知事の署名を得て、2021 年 12 月 15 日付で締結に至った。加えて、内務省へ提出する計画書についてもゴロンタロ州とともに作成し、ゴロンタロ州より MOU 原本とともに提出され、承認に至った。

また、MOU 締結に伴い、協力の意向表明書 (LOI) についても、愛媛県・ゴロンタロ州・内務省・外務省の 4 者で内容について協議のうえ、2022 年 9 月 23 日付で締結に至った。

LOI 及び MOU は、環境管理、経済・産業開発、農業・林業、教育・訓練の 4 分野について協力の合意がされている。それぞれの分野において、本事業での検討事項を含む活動プログラムを設定し、期待される成果、実施機関、各機関の役割等を整理したアクションプランを作成し、外務省・内務省・ゴロンタロ州・愛媛県との協議を重ね、その内容について外務省及び内務省より承認されたところである。

アクションプランにおいては、ゴロンタロ州の脱炭素社会実現に向け、本事業において事業化を検討中の案件についても記載がある他、ゴロンタロ州の脱炭素化計画策定支援についても、愛媛県による具体的な支援内容が記載されている。ここでは、アクションプランにおいて記載されている、本事業に係る愛媛県とゴロンタロ州の協力の結果について、以下に示す。

環境管理

- ゴロンタロ州における温室効果ガスの主な排出源の特定と将来予測に関する情報
- リンボト湖浄化のためのデータ
- 最終処分場 (TPA Talmelito) の浸出水に対する排水処理技術導入に関する F/S の結果

経済・産業の発展

- 産業排水の多量排出事業者 (ココナッツ加工工場) に対する排水処理技術導入に関する F/S の結果
- エネルギー多量消費事業者 (ココナッツ加工工場) に対するバイオマス発電に関する F/S の結果
- 愛媛県とゴロンタロ州の企業の製品・技術に関する情報
- 両自治体における企業のビジネスマッチング活動の実施

農業・林業

- ゴロンタロ州における森林保全計画
- 森林及び重要な土地の保全に関する農民のエンパワーメント
- 傾斜地農業の在り方に関する F/S の結果

教育・訓練

- 水インフラシステムの維持・管理に関するステークホルダーへの教育
- ゴロンタロ州内企業や農家を対象としたカカオ農業に関するセミナーの実施
- ゴロンタロ大学を対象とした環境教育セミナーの実施

MOU の締結式は、愛媛県インドネシア経済交流ミッション団のゴロンタロ州渡航中であつた 2023 年 1 月 19 日に、愛媛県知事、ゴロンタロ州知事その他、ゴーベル国会副議長も同席のもと、実施された。

3. メタン発酵設備の普及検討分野

本項においては、フェーズ1事業に引き続き、(株)愛研化工機のメタン発酵設備導入を検討している。同社の設備は有機性廃棄物や工場排水等多様な原料を想定して導入検討が可能である。ゴロンタロ州においては、再生可能エネルギー資源の賦存量が豊富であり、発酵原料となる多様なバイオマス資源（ココナッツ加工排水、さとうきび残渣、農業廃棄物等）をフェーズ1事業において確認している。ゴロンタロ州の2021年地方政府作業計画（RKPD）によると、ココナッツ加工及び製糖については、ゴロンタロ州において特に発展した産業として具体的な企業名も挙げられていることから、こうした企業が導入検討対象となる可能性が高い。また、生産量の多いプランテーション作物として、サトウキビとココナッツが挙げられていることから、農業、加工産業の両面でゴロンタロ州政府として注力していることが伺える。また、これらの工場の設備導入ポテンシャルが高い理由として、原料の適性も挙げられる。ココナッツ加工製品化や製糖の過程で出る排水は糖度が高いため、微生物による発酵が活発になり、多くのメタンガスが発生し、より多くの電力を得ることが可能となる。ゴロンタロ州政府からも、ゴロンタロ州における再生可能エネルギー導入目標への貢献の観点において、排水処理課題の解決と発電の両立を可能とする(株)愛研化工機の設備導入が強く要請されている。

3.1. 導入技術の概要

3.1.1. メタン発酵設備の仕組み

メタン発酵プロセスは、嫌気性微生物反応によって有機性排水や下水汚泥、畜産廃棄物および生ごみ等の廃棄物系バイオマスからメタンを安全かつ効率的に回収するとともに、廃棄物となる汚泥の減容化を主目的としている。

一般的にメタン発酵設備は、受け入れ物のうち発酵に適さない異物を除去する必要があり、人手による選別や機械による破碎、選別、もしくは両方の組み合わせによる選別プロセスが必要となる。

その後、発酵を促進させるための前処理として可溶化プロセスを行う場合がある。前処理後のプロセスでは、有機物を発酵させるメタン発酵槽、生成されるバイオガスを発電利用するために必要な脱硫装置、ガスホルダー、発電設備、ボイラー、余剰ガス燃焼装置等が必要となる。発酵残渣については、用途に応じて導入設備が異なる。

例えば、発酵残渣を全量液肥として散布する事例もある。その場合に必要となる設備としては、液肥貯留槽や、事業者自らが液肥を散布する場合液肥運搬車、散布車が想定される。また、他の事例では、固液分離処理をし、固体部分は堆肥化、固形燃料化、または乾燥させた後産業廃棄物として焼却処理し、液体部分は排水処理後、下水放流といった処理を行っている施設もある。このように、発酵残渣の処理方法に応じて導入設備が異なる。以下にメタン発酵プロセスの基本的な構成を示した。

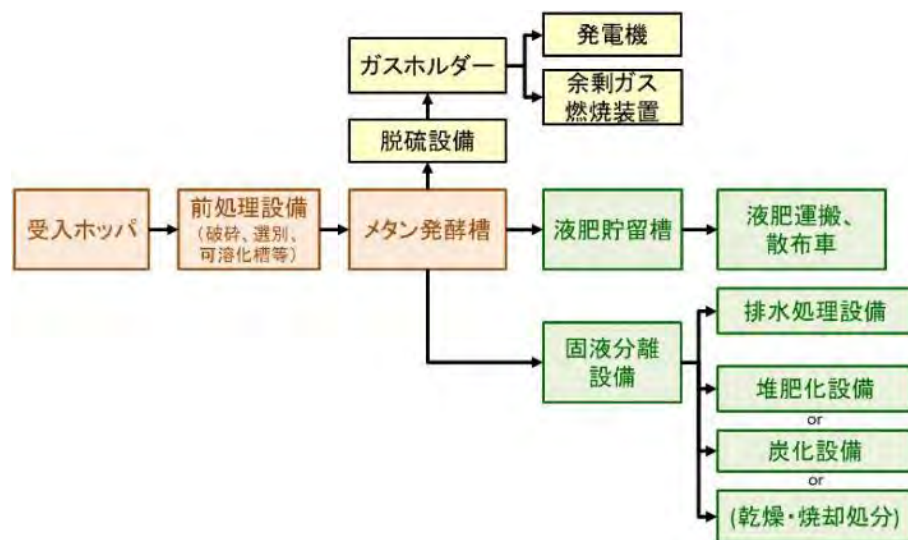


図 12 メタン発酵システムの基本構成¹¹

また、メタン発酵プロセスは、溶解性成分が主体の排水処理と固形物が主体の固形廃棄物処理により種類が異なる。排水処理については、濃縮汚泥のメタン発酵槽への返送（嫌気性接触法、ABR 法）や、生物膜の利用（嫌気性濾床法、嫌気性流動床法）、菌体の固定化（UASB 法、EGSB 法）等のメタン発酵槽における処理に応じて、分類される¹²。また、固形廃棄物処理については、基本的に発酵槽内の汚泥濃度により「湿式法」と「乾式法」の 2 種類に大別される。湿式法はメタン菌を低い汚泥濃度で浮遊させ処理を行う二相法、一相法に分かれ、中温発酵と高温発酵の 2 種類がある。一方、乾式法には横型、縦型の 2 種類があり、いずれも高温発酵の技術である。以下表に UASB 法・EGSB 法、湿式および乾式技術の概要をまとめた。

表 2 メタン発酵技術の比較¹³

	排水	固形廃棄物	
項目	UASB 法・EGSB 法	湿式	乾式
原料濃度	5～8 %	2～10 %	15～30 %
処理概要	メタン菌をグラニュー ル化し固定し低 SS 濃度	メタン菌を低い汚泥 濃度で浮遊させて処	メタン菌により高い 汚泥濃度で処理

¹¹ 環境省「平成 29 年度地域循環圏・エコタウン低炭素化促進事業報告書」、沖縄県、日本エヌ・ユー・エス株式会社、P101

¹² 野池達也編著（2009 年 5 月）「メタン発酵」、P85

¹³ NEDO（2021 年 4 月）「第 3 部メタン発酵技術に係る基礎知識」
<https://www.nedo.go.jp/content/100932093.pdf>

	排水を処理	理	
特徴	・ 高効率 ・ EGSB 法 : UASB 方よりも高負荷運転が可能 (流動床型の UASB 法が EGSB 法)	・ 運転管理が容易 ・ 消化液の処理が不要 (液肥利用する場合)	・ 固形物処理可能 ・ 原料単位重量当たりのガス発生量の増大
主な適用先	・ 食品排水	・ 事業系・家庭系生ごみ ・ 食品加工残さ ・ 家畜ふん尿 ・ 下水汚泥	・ 都市ごみ ・ 固形廃棄物
実績	国内で多数 (UASB 法)	国内で多数	国内で非常に少ない
不適合混合に対する許容	小さい (低 SS 濃度の液状廃棄物処理)	小さい	大きい
排水処理	放流基準によっては好気処理が必要	必要 (液肥処理しない場合)	不要 (原料条件によって異なる)
発酵槽のメンテナンス	適切な運転管理により、不要	定期的に必要	ほとんど必要ない
メタン菌と有機物の接触方法	排水の流速により接触させる	発酵槽内部にて攪拌	引抜汚泥と原料を混合し、発酵槽へ投入

本事業において対象とする原料は、上述の浄化槽から排出される汚泥を対象とする計画である。一方、経済性を考慮すると、より発酵効率の良い食品廃棄物等を主原料とし、メタン発酵ガス化による発電量を増加させることが望ましい。そこで、本事業においては、メタン発酵設備の原料として、食品廃棄物等のバイオマス資源を対象とし、売電による利益を得るとともに、原料として浄化槽汚泥を混合することで浄化槽汚泥の処理も検討する方針とした。

メタン発酵設備については、(株)愛研化工機の技術導入を検討する。同社は、愛媛県内企業であり、国内の食品工場において、農作物等の固形廃棄物を用いたメタン発酵を行っている。また、インドネシアにおいても 2020 年度 JICA 事業にて、同国の国営パーム油工場の排水 (Palm Oil Mill Effluent : 以下 POME という) を用いたメタン発酵のパイロット試験を実施し、性能 (回収エネルギー量、メタン濃度) 確認を行っている。同社のメタン発酵技術は、攪拌方法にて他社技術より競争力があり、高いガス回収率と安定除去の実績を有している。同社の技術について、次項にて詳説する。

3.1.2. (株)愛研化工機のメタン発酵技術の概要

(株)愛研化工機では、上述の EGSB 法による排水処理について、従来の EGSB 法との比較で、安定性・効率性・経済性を飛躍的に高め、外部エネルギーを全く必要としない

「完全自立型循環型排水装置」の開発に成功している。これにより、工場排水を処理しつつ、利益を得ることが可能な排水処理装置となり、バイオマスの有効活用およびエネルギーに乏しい新興国への最適な排水処理装置として高い優位性を有している。具体的には、従来のEGSB法との比較において、システム価格と投資回収期間が約2/3に低減した¹⁴。(株)愛研化工機のシステムの概要を以下に示す。

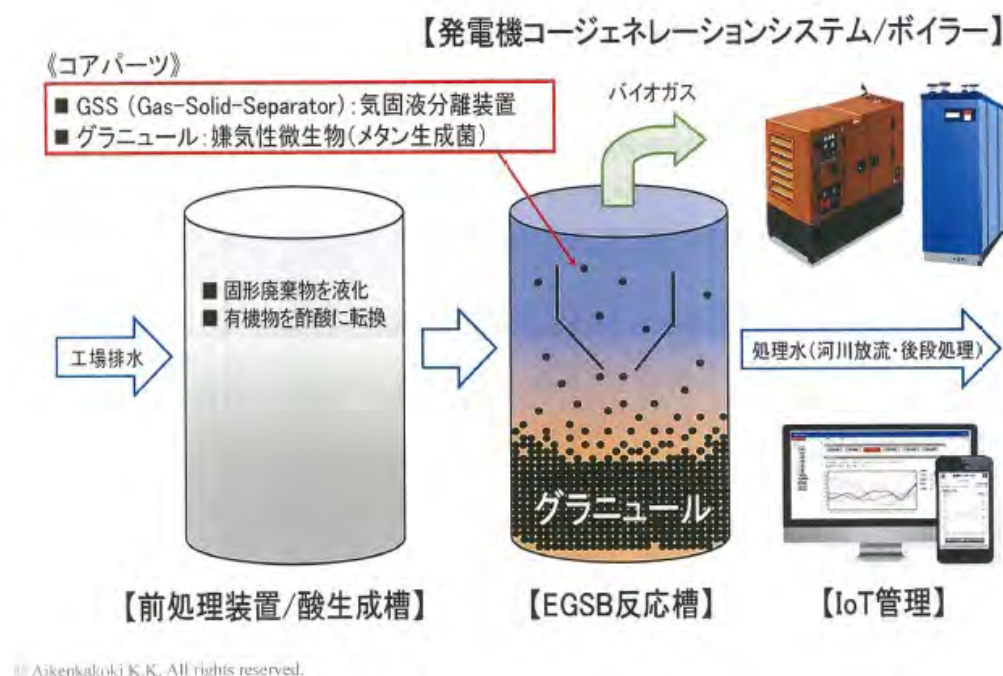


図 13 EGSB 法システム概要¹⁵

EGSB 法は、反応槽内の三相分離装置（Gas Solid Separator: 以下 GSS という）の構造次第で排水処理能力とバイオガス回収能力が大きく異なる。多くの企業が GSS の設計を外注している一方、(株)愛研化工機では自社開発していることから、GSS の設計ノウハウを蓄積しており、反応槽全体の仕様を踏まえた設計が可能である。その結果、バイオガスの回収率を高めることに成功し、他社製品よりも早く投資回収をすることが可能である¹⁶。また、設計から販売、保守メンテナンスまで一貫対応が可能なところも、価格面で高い競争力を有している。2005 年に第一号機を大手食品工場向けに納品後、2021

¹⁴ NEDO（2021 年 11 月）NEDO ベンチャービジネスマッチング会資料
（<https://www.nedo.go.jp/content/100939230.pdf>）

¹⁵ (株)愛研化工機提供資料

¹⁶ JICA（2020 年 6 月）インドネシア国パーム油工場でのバイオガス回収を伴う高濃度排水処理に係る案件化調査 業務完了報告書」、株式会社愛研化工機、P8

年時点で合計 21 基を導入している。同社の EGSB 法による処理実績を以下に示した。

表 3 (株)愛研化工機の EGSB 法による導入実績¹⁵

	水量	原水	処理水	回収エネルギー量		対象排水
	(m3/日)	COD (mg/l)	COD (mg/l)	(Nm3/日)	(kwh/日)	
1	600	5,800	580	1,378	3,740	農産物加工
2	1,000	8,000	1,200	2,992	8,120	製綿洗浄排水
3	650	4,300	430	1,107	2,817	総菜・菓子製造

また、(株)愛研化工機では、顧客からのニーズを踏まえ、食品廃棄物等の工場残渣を用いたエネルギー回収（消化槽方式によるメタン発酵）装置についても実績を有している。排水処理で蓄積したエネルギー効率等のノウハウを踏まえ、小型化・高効率化した実証設備を稼働し、技術評価を実施している。同社の消化槽方式によるメタン発酵設備の導入事例を以下に示す。

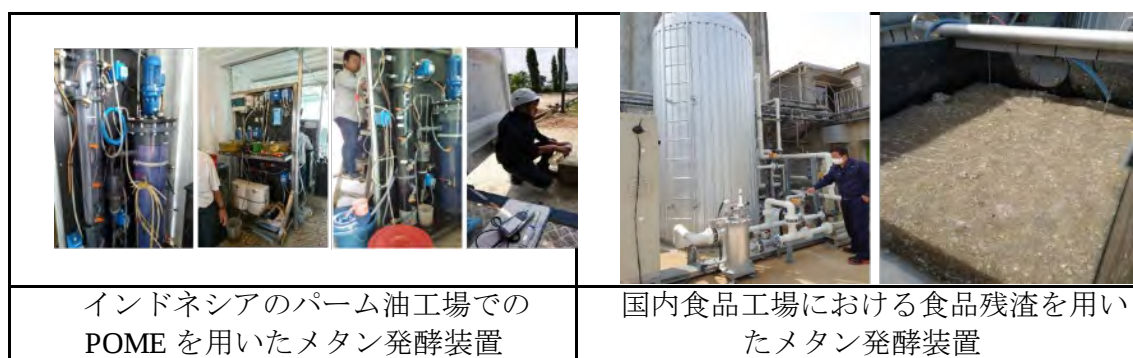


図 14 (株)愛研化工機の消化槽方式メタン発酵設備の導入事例¹⁵

3.1.3. 導入に向けた検討事項

メタン発酵設備導入に際しては、インプット及びアウトプットを明確に把握・設定したうえで、設備の技術的な検討に反映させ、システムとして導入可能性を検証する必要がある。上述のとおり、浄化槽汚泥に加え、他の有機性廃棄物も発酵原料と想定したうえで、以下のとおり、3段階それぞれについて要件を検討する¹⁷。

¹⁷ 古市徹監修 有機系廃棄物資源循環システム研究会編著（2006年3月）「バイオガスの技術とシステム」、P76

- インプット（有機性廃棄物の受入条件）

設備導入に際し、廃棄物処理の実態、プロセス及びアウトプットを考慮して設定される受入条件であり、「廃棄物の排出状況」「廃棄物の性状」「処理不適物の特定」「収集形態」等があげられる。

- プロセス条件（処理技術の設計条件）

設備の設計を行う際に必要な具体的条件であり、インプット、アウトプットを満たし、かつ規制基準や緊急時への対応まで考慮した設備の基本的性能を決定する。

- アウトプット（資源化物の利用条件）

処理の結果生成される資源化物やエネルギー（電力・熱）を利用するために必要な条件である。資源化物に求められる形状、性状、量のほか、利用先までの搬送方法、搬送ルートや需要量の季節変動等があげられる。

上記３段階の要件の具体的内容について、下表に整理する。

表 4 メタン発酵設備導入に関する要件の具体的内容¹⁸

要件区分	要件の内容	
インプット （廃棄物の 受入条件）	廃棄物の排出状況	浄化槽汚泥・有機性廃棄物の排出量・排出特性（日変動、季節変動、地域別排出形態）・排出源（一般家庭・商業施設等）
	廃棄物の性状	[浄化槽汚泥] pH、TSS、BOD、CODcr、NH ₄ -N、T-N、T-P、T-K、VS、C/N 比、栄養塩類、N-Hex（又は Oil&Grease）など [有機性廃棄物] 見かけ比重（t/m ³ ）、含水率（%）、pH、TSS、BOD、CODcr、NH ₄ -N、T-N、T-P、T-K、VS、C/N 比、栄養塩類 ごみ質変動の有無（季節変動等）
	処理不適物の特定	種類、混入率（%）、濃度（mg/L）
	収集形態	収集容器・袋の種類：袋、バケツ・コンテナ 収集日数・搬入日数（t/週）、年間搬入計画等 収集車両、搬入車両の仕様
プロセス条件 （処理技術 の設計条件）	建設予定地の 立地条件	主たる排出源からの距離、処理水放流先との距離および高低差 敷地面積、地形、地質、気候条件 法的規制、周辺環境、アクセス 電気、電話、水道などの引き込み状況
	処理能力	処理能力（t/日）

¹⁸ 古市徹監修 有機系廃棄物資源循環システム研究会編著（2006年3月）「バイオガスの技術とシステム」、P77

		年間稼働日数（日/年） 受入貯留設備容量（最大搬入量への対応）
	プロセス別の稼働時間	前処理、発酵設備他（時間/日）
	公害防止基準等	規制基準 周辺住民などの要請基準の有無
	前処理	前処理設備の要否と処理方式
	処理方式	EGSB、UASB、嫌気性発酵（メタン発酵：高温法・中温法） 処理副資材の要否と量
	処理設備の系列数	単系列、複数系列
	処理生成物（資源化物）の利用	生成物（バイオガス、堆肥、飼料、炭化物）の性状、発生量、利用法、利用量 余剰生成物の処理
	処理不適物の処分	処理不適物の処分方法
	消化液の処理	液肥としての利用の有無、放流の場合の放流先 放流水の性状：BOD、窒素濃度、塩類濃度
	電気計装仕様	中央監視制御項目（種類と項目数）現場操作項目（種類と項目数） 省力化のための自動運転制御の内容
アウトプット （資源化物の利用条件）	バイオガス利用	発電利用：給電先、給電方式、給電容量、売電（売電単価等） 熱利用：利用先、利用条件、供給熱量、供給媒体（温水、蒸気） 直接利用：供給条件、精製度、供給方式、供給量、供給単価
	消化液の利用（液肥利用）	利用先条件：利用先、利用形態、需要量、性状、需要量の季節変動、買取価格（有償、無償）
	資源化物の流通	資源化物の販路、搬送ルート、搬送方法等

3.2. メタン発酵設備導入ポテンシャルサイト調査

フェーズ1事業より、ゴロンタロ州からエネルギー源としての有機性廃棄物の活用に対する支援が期待されているところであり、ゴロンタロ州における活用可能なバイオマス資源について調査してきた。ゴロンタロ州における2021年地方政府作業計画(RKPD)によると、州内自治体ごとに以下のような産業が列挙されている¹⁹。

表 5 ゴロンタロ州における産業

自治体名	産業分類
ゴロンタロ県	ココナッツ加工、製糖、海藻加工
北ゴロンタロ県	貝殻工芸、魚加工、竹細工、刺繍、ヤシ繊維
ゴロンタロ市	食品加工、手工芸、アパレル

このうち、ココナッツ加工と製糖については、ゴロンタロ県において特に発展した産業として企業名も挙げられている。ゴロンタロ州において生産量の多いプランテーション作物として、サトウキビとココナッツが挙げられていることから、農業、加工産業の両面でゴロンタロ州として注力していることが伺え、メタン発酵設備導入に際して、ゴロンタロ州との連携や支援が期待できる。それぞれの工場の概要と立地場所について、以下に示す。

¹⁹ PROVINSI GORONTALO (2021 年 9 月)「BAB II GAMBARAN UMUM KONDISI DAERAH」(https://bappeda.gorontalooprov.go.id/institution/file_share/BAB-II_179_637.pdf)



図 15 ココナッツ加工工場と製糖工場の位置

また、これらの工場のメタン発酵設備導入ポテンシャルが高い理由として、原料の適性も挙げられる。ココナッツ加工製品化や製糖の過程で出る排水は糖度が高いため、微生物による発酵が活発になり、多くのメタンガスが発生し、より多くの電力を得ることが可能になる。日本においても、コロナ禍で稼働が落ちている食品工場において、上述の(株)愛研化工機のメタン発酵設備を導入し、貯めていた糖度の高い排水を処理することで発電・売電により利益を得ており、本業の収入が減る中、経営の助けになっているケースもある。ゴロンタロ州の電力需要や電力網にも依存するが、上述のシステムも検討が可能である。

フェーズ 1 事業においては、ココナッツ加工工場のうち、PT. Royal Coconuts 社を対象とした詳細調査を実施した。フェーズ 2 事業の初年度にあたる本年度は、もう 1 社のココナッツ加工工場である PT. Trijaya Tangguh、製糖工場である PT. Pubrik Gula を対象とした調査を実施したところである。フェーズ 1 事業における検討結果及び本年度調査結果を以下に詳述した。

3.2.1. フェーズ 1 事業における調査結果

上図の 3 社のうち、PT. Royal Coconuts において、排水処理及びエネルギー回収に関して非常に高い関心を得ていたことから、フェーズ 1 事業において詳細調査を実施した。

(1) ポテンシャルサイトの実態把握

PT. Royal Coconuts は、2007 年に設立し、様々なココナッツ加工製品を生産している。本社はジャカルタに位置し、事務所をスラバヤに、北スラウェシ州とゴロンタロ州に工場を構え、ゴロンタロ州の工場周辺の 66,800 ヘクタールのココナッツプランテーション林を有している。

同社の製品は、欧州、中東諸国を中心に輸出もされており、例えばココナッツ粉は 2020 年に約 50,000t を台湾、中国、オランダ、ポートランド、アフリカ、ロシア等に輸出し、2022 年 1 月～6 月までの半年で、約 3,000,000t の製品を輸出し、日本円で約 8 億円の収益を得ている。

ココナッツ加工量に対し 27%が排水になるとのことで、洗浄水と合わせ、排水は一日当たり約 350～400 m³発生している。現状の排水処理フローは以下のとおりである。



図 16 PT. Royal Coconuts との意見交換（2023 年 1 月）



図 17 PT. Royal Coconuts における排水処理フロー（(株)愛研化工機作成）

排水の分析も定期的実施されているが、日によって分析値に大きな変動があり、そ

の理由としては調整槽がなく、濃度が均一化されていない状態での採水分析が実施されているためと推察された。また、処理槽における排水の滞留時間が約 1 か月であることから、現在は、1 か月に 1 回の分析を実施しているとのことであり、ヒアリング及び現地視察により、現在は下図の Inlet と Outlet の 2 か所で採水し、分析を実施していることが明らかとなった。

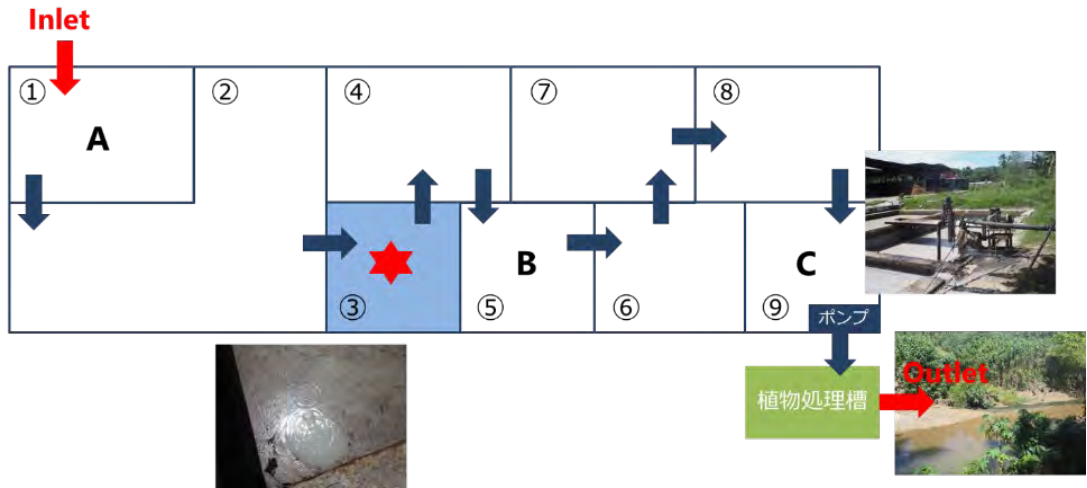


図 18 現在の排水フローと採水ポイント

一方、これらの分析データでは検査結果にバラつきがあり、より詳細な設備設計が困難であったことから、フェーズ 1 事業において、Inlet、Outlet の分析データに加え、排水が滞留する上図の★の箇所の採水を実施し、排水のデータを収集した。また、(株)愛研化工機の提案システムにおいては、排水の温度が 30 度以下となるとグラニュール菌の活性が落ちてしまうため、排水の温度についても測定した。

採水は、以下のとおり 4 回、時期、頻度、採水実施者および分析機関を変えて実施し、排水の濃度変動を確認した。

表 6 排水データの収集・分析

時期	頻度	採水場所	採水実施者	分析機関
6 月	1 週間 1 回： 16:00 頃	★	PT. Royal Coconuts	PT. WATER LABORATORY NUSANTARA INDONESIA
8 月	1 日 3 回： 10:00/13:00/16:00	★	JANUS	三浦工業株式会社
9 月	1 日 3 回： 10:00/13:00/16:00	A/B/C	愛研化工機	愛研化工機
11 月	1 日 3 回： 10:00/13:00/16:00	A/B/C	愛研化工機	愛研化工機



図 19 PT. Royal Coconuts における採水の様子（令和 5 年度）

メタン発酵においては、COD 濃度が回収可能なエネルギー量に寄与するため、COD 濃度を把握することが設計上重要となる。分析の結果、COD 濃度については、少々バラつきがあるものの、滞留後の濃度は約 12,000mg/L であることが明らかとなった。また、愛研化工機による採水・分析により、A および B においては懸濁物質濃度が高い一方、C の沈殿槽においては懸濁物質濃度が 1,000mg/L 以下であることから、愛研化工機による設備でそのまま処理を実施することが可能であることが予想される。装置の価格を低コストで抑えるため、懸濁物質除去を考慮する必要のない C の排水を処理することが適していると考えられた。また、グラニューール菌の活性に寄与する水温については、朝、昼、夕方 の 3 回の採水において全て約 30 度以上を保っていた。

PT. Royal Coconuts の工場の稼働状況については、日曜、祝日、年末年始を除き 24 時間稼働しており、年間を通して排水量に差はないとのことであった。同社では、主にココナッツオイルを製造しているが、受注生産方式でココナッツミルクを製造する期間もある。8 月の採水時にはココナッツミルクを製造していたが、それ以外のタイミングと比較して、COD 濃度に大きな差はなかった。PT. Royal Coconuts における製造工程は以下のとおりである。

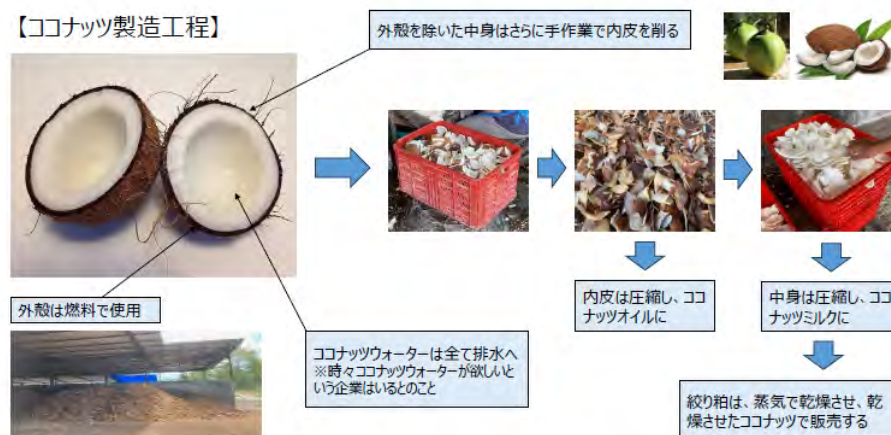


図 20 PT. Royal Coconuts における製造工程（愛研化工機作成）

PT. Royal Coconuts における消費電力量については、PLN への電気料金支払伝票から算出した。同社の 2023 年 8 月の伝票によると、ひと月当たりの消費電力量と電気料金は以下のように算出できる。単価はピーク時とオフピーク時で異なるが、合算するとひと月当たりの消費電力量は 274,120 kWh であり、電気料金は 329,662,386 Rp となった。同社からのヒアリングによると、電気料金はひと月当たり約 300 万円とのことであり、おおよそ合致している。

表 7 PT. Royal Coconuts における消費電力量と電気料金（2023 年 8 月実績）

	LWBP 22:00-18:00	WBP 18:00-22:00	Sum
Electricity consumption (kWh/month)	201,690	72,430	274,120
Unit price (Rp)	1,065.78	1,583.67	-
Sum (Rp)	214,957,168	114,705,218	329,662,386

なお、排水処理設備導入規模に関わる今後の事業計画についてもヒアリングを実施した。同社の社長が保有する未使用の土地が 30ha ほどあり、将来的に工場を増設し事業を拡大させたいとの意向があるものの、具体的な計画はまだないとのことであった。

(2) 設備設計・コスト積算

上記調査結果を踏まえ、PT. Royal Coconuts と協議を重ね、設備設計条件を以下のとおり設定し、(株)愛研化工機による詳細設計を実施した。

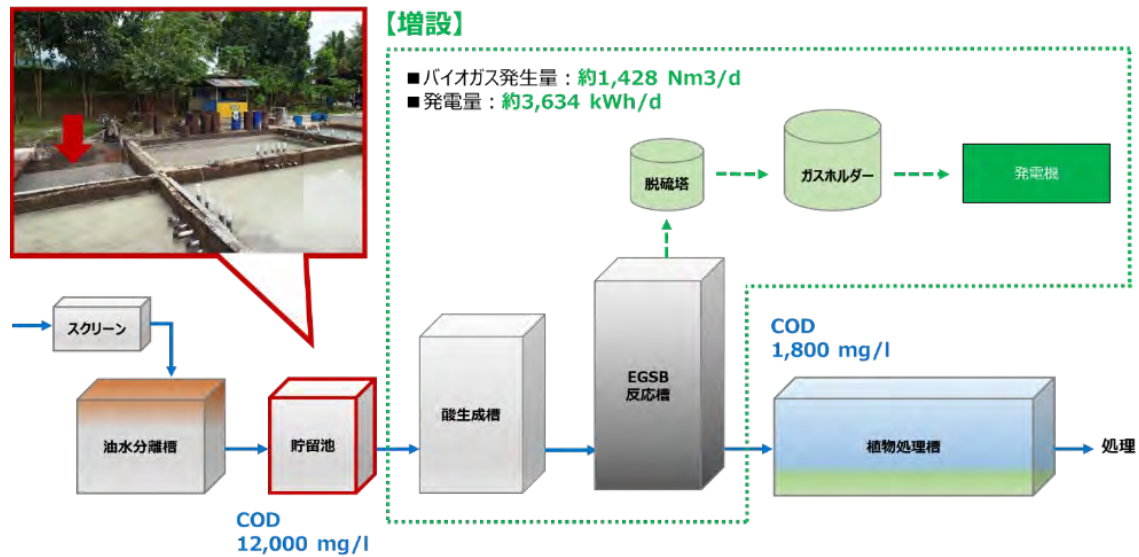


図 21 提案システム（愛研化工機作成）

非公開

図 22 PT. Royal Coconuts 導入設備の設計条件（愛研化工機作成、2024 年 1 月）

PT. Royal Coconuts へのヒアリング結果から、既存工場における排水処理設備を含む稼働電力量は 1 日当たり 9,137kWh であり、工場稼働電力の一部を愛研化工機の排水処理設備導入により賄うことが可能となった。

設備設置場所については、既存設備に増設をする形で、同社社長の意向も踏まえ、以下の場所を想定した。現在、既存設備で処理後に植物槽に接続しているが、その手前に

愛研化工機による提案設備を増設することを想定した。愛研化工機の設備による処理で COD 濃度を 1,800 mg/L まで下げ、その後植物槽における生物分解を通して放流をするシステムを提案した。



図 23 設備設置場所（予定）

(3) 事業性検討

検討開始当初、余剰電力は PLN へ売電するビジネスモデルを検討し、ゴロンタロ州エネルギー鉱物資源局やゴロンタロ州 PLN 事務所とも協議を重ねていたが、上述のとおり、PT. Royal Coconuts における消費電力量が愛研化工機の設備導入による発電量を上回ることから、同社が稼働電力の一部を自家消費する形となった。一方、PT. Royal Coconuts は 2024 年 1 月時点で PLN へひと月当たり約 300 万円の電気料金を支払っていることを確認しており、電気料金の一部が削減されることによる投資回収モデルを組むことが可能である。同社の消費電力量及び愛研化工機の設備導入による発電量から、年間 925,932,000 Rp、約 930 万円の電気料金削減が見込まれる計算となる。

愛研化工機による設備費の見積額から、JCM 設備補助事業にて半額が補助されたと仮定した場合の投資回収年数を算出した。

非公開

図 24 投資回収モデル（2024 年 1 月）

JCM 設備補助事業により設備費の半額補助を受けることができて、補助裏の初期投資を誰が負担するかが重要なポイントとなる。

PT. Royal Coconuts が初期投資を負担する場合の実施体制案を以下に示す。一方、この場合は PT. Royal Coconuts が発電事業者として各種手続きや発電事業を担う必要があり、事業実施に際し課題が生じる可能性も高い。そこで、ゴロンタロ州政府と協議し、ゴロンタロ州地域開発公社（Badan Usaha Milik Daerah: BUMD）が初期投資を負担する場合を検討した。BUMD は地域のインフラや電力事業を担う州営企業であり、ゴロンタロ州政府としても BUMD の活動を活性化させていきたいとの意向であった。この場合は、BUMD が初期投資を負担し、同社が電力事業者として投資回収を実施することとなる。PT. Royal Coconuts は BUMD から電気を購入することとなるものの、電気料金は PLN のグリッド価格より低く設定することで、現在よりも安価で電気購入が可能となるかつ無償で排水処理が可能なモデルとなる。

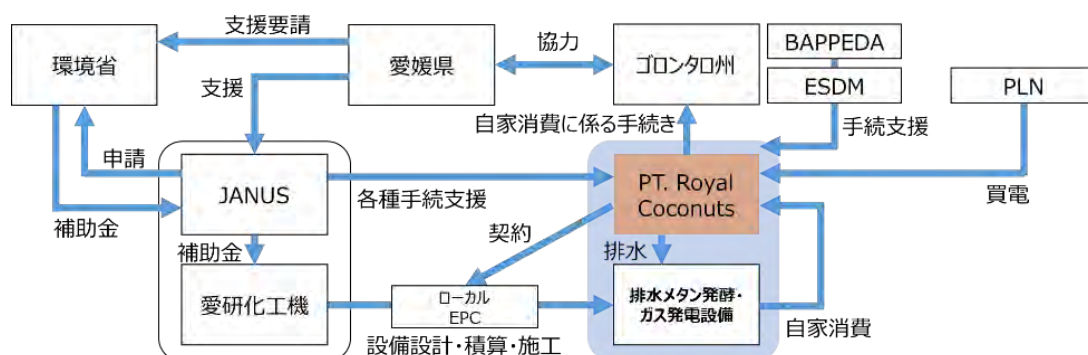


図 25 設備導入に係る関係者の役割と予算の流れ（PT. Royal Coconuts が初期投資）

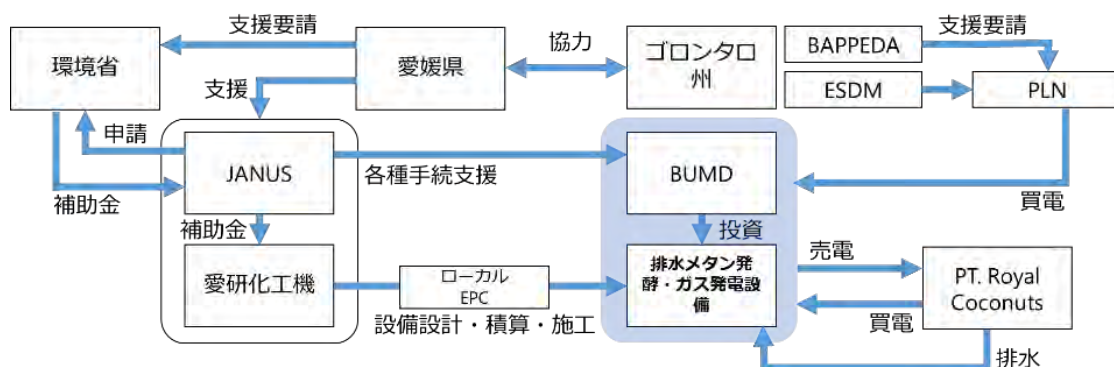


図 26 設備導入に係る関係者の役割と予算の流れ（BUMD が初期投資）

上記検討結果を踏まえた、設計システムや導入効果、実施体制について、2024 年 1 月渡航時に PT. Royal Coconuts への提案を実施したところ、同社は排水に関する周辺住民

からの苦情により対応を迫られているものの、将来的な工場拡張計画なども有しており、意思決定には時間を要するとの回答を得ており、現在まで具体的な回答を得られていない。そこで、引き続き PT. Royal Coconuts への設備導入も見据えつつ、本年度事業においては他ポテンシャルサイトであるココナッツ加工工場及びゴロンタロ州政府から提案のあった製糖工場等を対象とした設備導入検討を進めた。

3.2.2. ポテンシャルサイトにおける導入協議・詳細情報収集

(1) PT. Trijaya Tangguh

PT. Trijaya Tangguh は、PT. Royal Coconuts と並ぶ、ゴロンタロ州における 2 大ココナッツ加工工場である。PT. Royal Coconuts とほぼ同時期の 2006 年に設立し、本社はスラバヤに位置し、ゴロンタロ州に工場を構え、主にココナッツミルクとココナッツウォーターを製造している。PT. Royal Coconuts と同様、同社の製品も、欧州、中東諸国を中心に輸出もされている。



図 27 PT. Trijaya Tangguh

排水は一日当たり約 500 m³発生しており、毎月の使用電気料金は約 500 万円とのことである。現状の排水処理フローは、PT. Royal Coconuts と同様であり、以下のとおりである。



図 28 2022 年 11 月時点の PT. Trijaya Tangguh における排水処理フロー
((株)愛研化工機作成)

排水の分析も定期的には実施されているが、PT. Royal Coconuts と同様、日によって分析値に大きな変動があり、その理由としては調整槽がなく、濃度が均一化されていない

状態での採水分析が実施されているためと推察される。

2022 年に愛研化工機が同社を訪問し技術提案を実施したところ、設備導入への関心を確認していたため、昨年 6 月に再訪し、現在の処理方法の確認、必要なデータの収集を実施した。

現地確認の結果、2022 年 11 月時点から処理方法に変化はなく、また欧州への製品輸出があり脱炭素化・低炭素化への取り組みは顧客から求められているとのコメントがあった。



図 29 PT. Trijaya Tangguh での協議の様子（2024 年 6 月）



図 30 PT. Trijaya Tangguh の排水処理設備の様子（2024 年 6 月）

2022 年 11 月の訪問に引き続き、設備導入に対する関心が確認できたため、同社より排水量、排水濃度、温度等の必要データの提供を依頼し、受領後、愛研化工機による概略設計、導入効果算定、概算見積を実施した。以下に試算結果を示す。

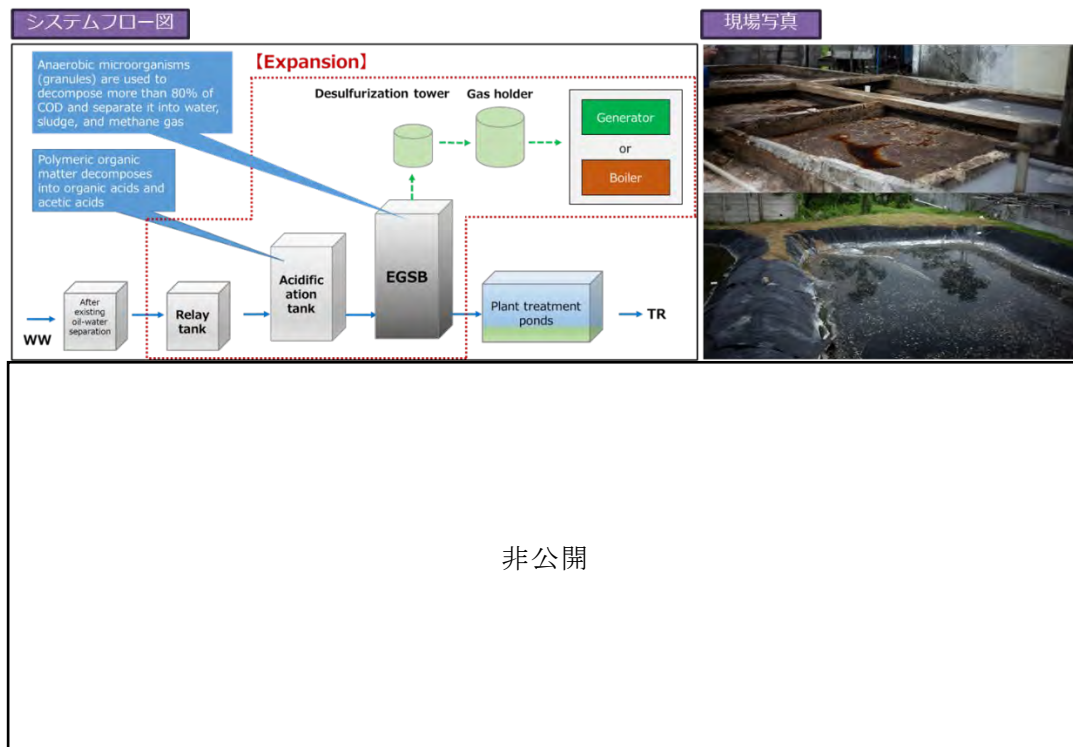


図 31 PT. Trijaya Tangguh への設備導入に係る試算結果（愛研化工機提供）

(2) PT. Pabrik Gula

PT. Pabrik Gula はゴロンタロ州政府からの紹介により、2024 年 6 月、12 月に（株）愛研化工機とともに訪問した。同社は、サトウキビを利用した国内向けの砂糖製造、製糖過程で発生するアルコールの原料となる廃糖蜜の輸出を実施している。砂糖に関しては、1 日当たり 8,000～10,000t の生産量を有している。一方、10 月～2 月はオフシーズンであり工場が稼働停止する。従業員は 1,200 名程度、原料供給に関わるサトウキビ生産農家は約 4,000 名である。ISO9001、14001 を取得しており、環境意識は高いことが見受けられる。工業排水処理課題はあり、処理後排水を有効活用できるような技術提案を望むとのコメントがあった。製糖に利用したサトウキビ殻（バガス）を利用したバイオマス発電により、7MW の発電を実施している。工場稼働電力は満たしていないため、PLN から買電しており、愛研化工機の設備導入による発電のメリットはあり、前向きに導入を検討したい旨コメントがあった。

現在所有している排水処理設備は他企業と同様のラグーン方式であり、排水量が多いため 10 か所以上の溜池を経由し、河川に放流されている。

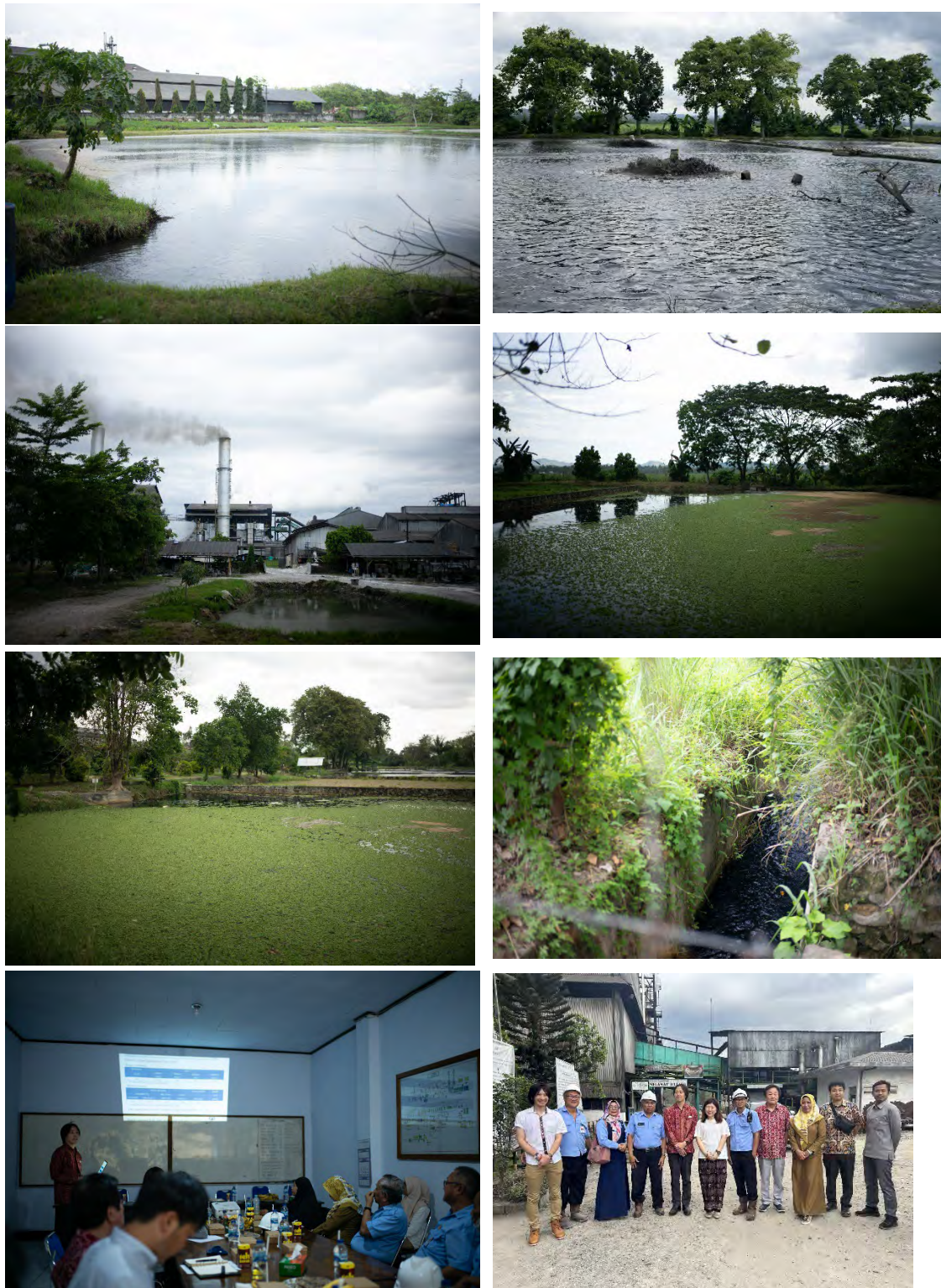


図 32 PT. Pabrik Gula における排水処理設備、協議の様子（2024 年 6 月）

PT. Trijaya Tangguh 同様、設備導入に対する関心が確認できたため、同社より排水量、排水濃度、温度等の必要データの提供を依頼し、後日受領後、（株）愛研化工機による

概略設計、導入効果算定、概算見積を実施した。以下に試算結果を示す。

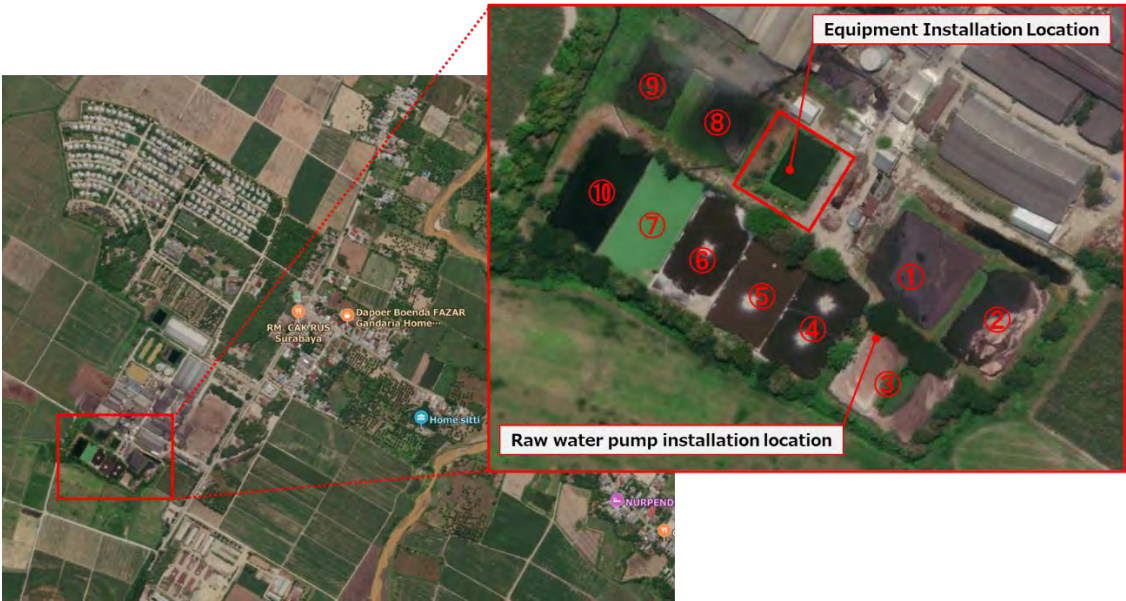


図 33 PT. Pabrik Gula における設備導入場所

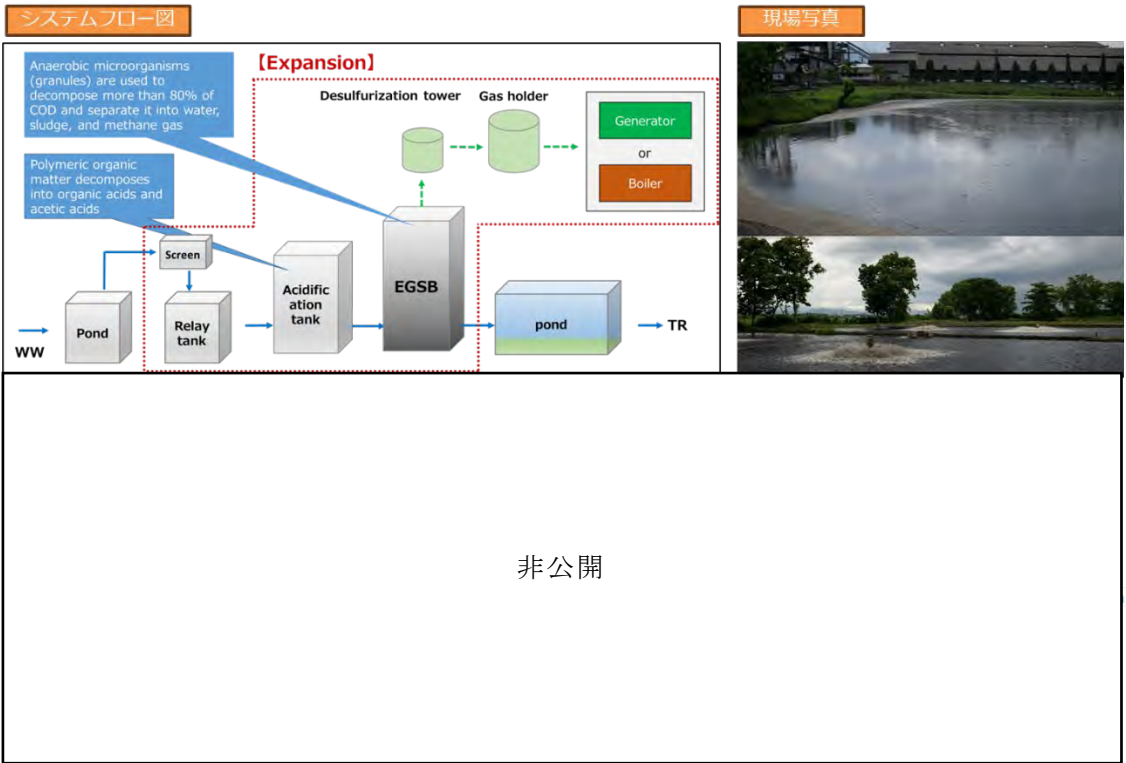


図 34 PT. Pabrik Gula への設備導入に係る試算結果（愛研化工機提供）

加えて、排水量が非常に多く濃度変動による導入効果、エネルギー回収量への影響が

大きいため、より詳細に検討を進めるため 2024 年 12 月に再訪し、必要な追加データを収集した。ヒアリングの結果、排水量については 6 月のヒアリング結果と同様であり、年間の温度変動、濃度変動に関して追加のデータを確認し、現在より詳細な検討を（株）愛研化工機により実施中である。

Data COD dan Debit Air Limbah Periode Januari sd November 2024			
No	Bulan	Parameter	
		COD Inlet	Debit Inlet
1	Januari	103	16
2	Februari	177	920
3	Maret	3680	1884
4	April	2830	965
5	Mei	2560	1900
6	Juni	2440	1637
7	Juli	2520	1854
8	Agustus	4990	2025
9	September	1370	1871
10	Oktober	4220	1013
11	November	1060	32
12	Desember	-	-



図 35 PT. Pabrik Gula へのヒアリング（2024 年 12 月）

3.2.3. 導入効果の算定

現在、複数のポテンシャルサイトを特定しており、フェーズ1事業において検討したココナッツ加工企業である PT. Royal Coconuts に加え、同規模の製造量であるもう1社のココナッツ加工企業である PT. Trijaya Tangguh 及び製糖企業 PT. Pabrik Gula の3社を対象とした削減効果を算出する。削減効果の算定に用いた各種値を以下に示す。一日当たりの消費電力量について、PT. Trijaya Tangguh と PT. Pabrik Gula のデータは収集中であるため、フェーズ1事業において把握した PT. Royal Coconuts のひと月当たりの消費電力量から、負荷量（排水量×流入原水 COD 濃度）に比例すると仮定し、算出した。

項目	PT. Royal Coconuts	PT. Trijaya Tangguh	PT. Pabrik Gula
工場排水量	400m ³ /日	500m ³ /日	2,250 m ³ /日
流入原水 COD 濃度	12,000mg/L	6,030mg/L	11,335 mg/L
現在の消費電力量	8,843 kWh/日	*5,554 kWh/日	*46,983 kWh/日

*仮定値

株式会社愛研化工機によると、メタン発酵設備導入により、PT. Royal Coconuts の高濃度排水 COD12,000mg/L を 1,800mg/L まで処理することが可能となる。加えて、一日当たり 400 m³ の排水から、3,634 kWh/日の発電が可能である。装置の必要動力が 1,520 kWh/日であることから、PT. Royal Coconuts へ供給可能な電力としては、2,114 kWh/日となる。回収したエネルギーは、ボイラー燃料としても活用が可能だが、PT. Royal Coconuts ではボイラーはココナッツ殻を燃料にしていることを確認していることから、工場稼働電力の一部を自家消費するモデルを検討する。

現在、有機性廃棄物の嫌気性処理とバイオガスの利用に関する MRV 方法論としては、ベトナムホーチミンにおける事例「卸売市場における有機廃棄物メタン発酵及びコジェネレーション」の MRV 方法論（VN_AM004）があるものの、対象とする有機性廃棄物は固形廃棄物である。そのため、排水処理によるメタン発酵に関する登録プロジェクトはなく、事業組成にあたっては MRV 方法論を開発する必要がある。

さて、メタン発酵設備の導入による低炭素効果は、従来であれば、有機物を多く含んだ排水が河川等に放出され、自然分解により発生していた温室効果ガスの削減である。この削減量算定方法は、環境省がとりまとめた温室効果ガス排出・吸収量算定方法のうち、環境省がとりまとめた温室効果ガス排出・吸収量算定方法のうち、「5.D.2 産業排水の自然界における分解」²⁰が参考になる。当該方法論では、2006 年 IPCC ガイドライン「Chapter6 Wastewater treatment and discharge」を参照しており、産業排水の自然界に

²⁰ 環境省「5.D.2 産業排水の自然界における分解」

https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg-mrv/methodology/material/methodology_5D2_3_2020.pdf

おける分解に伴うメタン排出量は、以下の計算式で算出できる。

$$E = EF \times (A_1 + A_2)$$

- E : 産業排水の自然界における分解に伴う CH₄ or N₂O 排出量 [kg-CH₄] or [kg-N₂O]
 EF : 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト排出係数 [kg-CH₄/kg-BOD] or [kg-N₂O/Kg-N]
 A_1 : 産業排水処理施設から公共用水域に直接排出される未処理排水中の有機物量もしくは窒素量 [kg-BOD] or [kg-N]
 A_2 : 産業排水処理施設から公共用水域に直接排出される処理後排水中の窒素量 [kg-N]

メタン変換係数として同ガイドライン Table 6.3 の「Untreated system」の「Sea, river and lake discharge」のデフォルト値 0.1 を用いると、CH₄ 排出係数は 0.06 [kg-CH₄/kg-BOD] と算定される。

また、産業排水処理施設から公共用水域に直接排出される未処理排水中の有機物量又は窒素量 (A_1) は、食料品製造業のデフォルト値の 5.5 [kt-BOD] (2022 年) を参照し、産業排水処理施設から公共用水域に直接排出される処理後排水中の窒素量 (A_2) は、検討ケースにおいては未処理のまま公共用水域に直接排出されると想定されることから、計算から除外する。PT. Royal Coconuts における排水量は、一日当たり約 400m³、年間約 146,000t となる。この数値を適用すると、メタン発酵設備導入による CH₄ 排出削減量は 48,180,000 kg-CH₄/年となり、CO₂ 排出削減量に換算すると (CH₄ の温暖化係数 : 25)、年間合計 1,204,500 t-CO₂eq/年が削減可能と試算され、これがリファレンス排出量にあたる。

プロジェクト排出量については、PT. Royal Coconuts へのヒアリングより、既存工場の排水処理施設を含む消費電力量が 8842.5 kWh/日であることから、年間の消費電力量は 3,227,512 kWh/年となる。インドネシアにおける電力グリッド排出係数 0.533 t-CO₂/MWh をかけると 1,720 t-CO₂/年となる。

株式会社愛研化工機の排水処理設備導入に伴う発電量及び消費電力量から、PT. Royal Coconuts へ供給可能な電力量、年間の CO₂ 排出削減量を算出した。

法定耐用年数 12 年 (「上水道又は下水道業用設備」) を適用すると、償却期間排出削減量として 14,438,292 t-CO₂が見込まれる。PT. Trijaya Tangguh と PT. Pabrik Gula についても同様に試算した結果、3 社の償却期間の総排出削減量として 113,703,593 t-CO₂が見込まれる。

上述の試算は食料品製造業のデフォルト値を参照しているため、各社の COD 濃度を用い、2006 年 IPCC ガイドライン「Chapter6 Wastewater treatment and discharge」におけるメタン排出の以下計算式を引用して算出した。

EQUATION 6.4
TOTAL CH₄ EMISSIONS FROM INDUSTRIAL WASTEWATER

$$CH_4 \text{ Emissions} = \sum_i [(TOW_i - S_i) EF_i - R_i]$$

Where:

- CH₄ Emissions = CH₄ emissions in inventory year, kg CH₄/yr
- TOW_{*i*} = total organically degradable material in wastewater from industry *i* in inventory year, kg COD/yr
- i* = industrial sector
- S_{*i*} = organic component removed as sludge in inventory year, kg COD/yr
- EF_{*i*} = emission factor for industry *i*, kg CH₄/kg COD for treatment/discharge pathway or system(s) used in inventory year
If more than one treatment practice is used in an industry this factor would need to be a weighted average.
- R_{*i*} = amount of CH₄ recovered in inventory year, kg CH₄/yr

IPCC ガイドラインによると、Si のスラッジ除去のデフォルト値および Ri のメタン回収量のデフォルト値は 0 となっているため、計算から除外する。PT. Royal Coconuts でのメタン発酵設備導入による CH₄ 排出削減量は 105,120 kg- CH₄/年となり、CO₂ 排出削減量に換算すると (CH₄ の温暖化係数: 25)、年間合計 2,628 t-CO₂eq/年が削減可能と試算され、これがリファレンス排出量にあたる。PT. Trijaya Tangguh と PT. Pabrik Gula においても同様に試算した結果、年間のプロジェクト総排出削減量は 9,710 t-CO₂、償却期間の総排出削減量として 116,520 t-CO₂ が見込まれる。

上述のどちらも IPCC ガイドラインの算出式に則った試算となっているが、より保守的な値として COD 濃度を用いた排水中の有機物量の算出値を引用する。

JCM 設備補助事業においては、当該国にて 1 件目の案件については、CO₂ 排出削減に寄与する設備の 50%か、排出削減コスト目安の 4,000 円/t-CO₂ のいずれか低い値が適用される。各社の設備費については現在検討中であることから、CO₂ 排出削減量を元に JCM 設備補助事業において期待されている費用対効果の値 (4,000 円/t-CO₂) から補助対象設備コストの規模を逆算する。116,520 t-CO₂ に費用対効果 4,000 円/t-CO₂ を乗じると、この排出削減量に基づく 補助上限額は、4 億 6,607 万円となる。メタン発酵設備はインドネシアにおいて 1 件目となることから、補助率上限は 50%となる。補助金額 4 億 6,607 万円を 50%で割り戻した対象費用は 9 億 3,215 万円となるため、3 社併せた JCM 設備補助対象設備の範囲を 9 億 3,215 万円以内とするシステムの実現可能性を本事業において検討する。

3.3. 事業設計及び体制構築

フェーズ1 事業での検討結果から、設備導入に際し、現地企業はファイナンスが不足しており、JCM 設備補助事業等を活用しても補助裏の初期投資の負担、加えて投資回収年数の長さが課題となり合意形成が難しいことが明らかとなっていた。そこで、本年度事業においては、国際機関を含めた様々なファイナンススキームの活用可能性とビジネスモデルについて調査を実施した。

3.3.1. 事業設計

(1) ファイナンススキームに係る情報収集

まずは日系企業の海外展開を支援する内閣官房海外ビジネス投資支援室（GBIS 室）との意見交換を実施したところ、アジア開発銀行（Asia Development Bank: ADB）の資金活用可能性について助言を受けたため、2025 年 1 月 9 日に ADB 本部水・都市開発インフラセクターとの意見交換を実施した。ADB のファイナンススキームへのアプローチとして、まずは地方政府が中央政府に ADB の資金活用について申請することが必要であり、その後各国の ADB 事務所を通じて各国政府へ ADB 本部からアプローチをする流れになるとのことであった。一方、ADB は個別企業への支援ができないため、地方政府が導入設備を保有しオペレーション・メンテナンス等を実施する体制の構築が必要となる。個別企業の課題解決ではなく、現地の地域課題の解決が叶うことを重視するとのコメントもあった。フェーズ1 事業実施を通じて、ゴロンタロ州政府とは良好な関係を構築しており、(株)愛研化工機の技術導入に際し、今後上述のような体制構築も検討のうえ、ADB ファイナンススキームの活用についても引き続き検討を進める予定である。

ADB 以外の資金調達先候補となるファイナンススキームについては、2024 年 11 月に参加した COP29 にて情報収集を行った。各国パビリオンの視察や面談によって、今後連携可能性があると考えられた団体やファイナンススキームは以下の 6 つである。本項では、各スキームの調査結果について以下に記載する。

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">① Global Methane Hub② GAIA (Global Alliance for Incinerator Alternatives)③ OPEC FUND for international Development④ Indonesia Environmental Fund⑤ World Biogas Association⑥ GWOPA (Global Water Operators' Partnerships Alliance) |
|--|

① Global Methane Hub

組織概要	2021年に設立された、メタン排出量の削減を目的とした非営利組織
目標	世界のメタン排出量を2030年までに2010年比で35%、2050年までに50%削減
役割	ネットワーキング、資金提供、教育、提唱によりシステムレベルでの変化を促進する
活動分野	農業／エネルギー／廃棄物／国際連携
資金提供	設立以来、3億ドル以上の資金を調達 ▼資金提供の目的 ・メタン削減の障壁の排除（能力/データ/市民参加の不足等） ・メタン排出の追跡・測定・削減に資する研究と技術開発 ・メタン削減のパイロットプロジェクトに対する技術的支援 ・メタン排出の影響を受けやすいコミュニティの保護とエンパワーメント ▼資金提供先 政府機関/研究機関/市民団体・コミュニティ/企業/非営利団体

② GAIA (Global Alliance for Incinerator Alternatives)

組織概要	90か国以上、800以上の草の根団体、NGO、個人からなる、焼却炉のない世界を目指す国際ネットワーク（2023年設立）
目標	廃棄物と汚染の解決策を推進する草の根の社会運動を強化することにより、環境正義への世界的なシフトを促進すること
役割	キャンペーンの実施、政策提言、資金提供、研究、地域社会のエンパワーメントなど
活動分野	ゼロウェイスト推進/焼却炉反対運動/使い捨てプラスチック削減政策の推進/循環型経済の推進/再エネ導入と電化
資金提供	・会員組織に対して年間2.6百万ドルを提供。 ▼資金提供の目的 プラスチックの生産削減、循環型経済の促進、環境正義の実現に向けたシステム改革を目指すプロジェクト等を支援 ▼資金提供先 地域コミュニティ、アドボカシー団体/研究機関/市民団体

③ OPEC FUND for international Development

概要	OPEC（石油輸出国機構）が提供する資金提供プログラム。OPEC 基金。
目標	OPEC 加盟国と途上国の財政面での協力を強化し、OECD パートナー国（主に発展途上国）の技術、能力開発を促進すること
役割	OECD パートナー国（主に発展途上国）に対して、低金利融資または無償資金協力をを行う
活動分野	健康/農業/教育/エネルギー/廃棄物、衛生/産業/輸送/通信/ファイナンス
資金提供	4種類の資金提供スキームがある。 -Public sector lending (USD 19,765million) -Private sector & Trade finance (USD 4,158million) -Grants (USD 645million)（技術支援、キャパシティビルディング、特別

	開発イニシアティブ -Special initiatives（その他：奨学金、表彰制度 等）
--	---

④ Indonesia Environmental Fund

概要	世界銀行による支援プロジェクト（有効期間は2021年～2025年9月末）
目標	オペレーションシステムと能力を強化し、インドネシアの環境問題および気候変動を管理すること
活動分野	気候変動緩和、環境政策・制度/インフラ整備/ICT/データ収集とキャパシティビルディング/市民参加
プロジェクト予算	-合計金額 USD2.10 million -調達した基金の管理と実行をマネジメントする公的機関(BLU)として、環境基金管理機関 BPD LH を設立。当機関が様々なドナーから受け取った資金を管理し、ドナー側とインドネシア側のニーズのマッチングを行うなど、効果的で意義のある資金の活用に取り組む。

⑤ World Biogas Association

組織概要	バイオガス、埋立により発生するガス、嫌気性発酵セクターの国際貿易協会
目標	世界規模でのバイオガス導入の促進により、再生可能エネルギーの生産と経済成長を実現しながら環境問題や公衆衛生の問題に対処すること
役割	バイオガス産業に携わるすべての組織*の代表を目指しており、政策提言、教育やノウハウ共有、研究・レポートニングを実施。 （*国、バイオガス事業者/開発者、機器プロバイダー、水道会社、農業セクター、廃棄物処理事業者、研究機関）
活動分野	バイオガスに関するあらゆる分野
資金提供	資金提供スキーム無し

⑥ GWOPA (Global Water Operators' Partnerships Alliance)

組織概要	水道事業者間の協力を促進し、サービス向上を支援する非営利の国際イニシアティブ。UN-Habitat の元で活動しており各国政府や水道事業者、NGO、地域団体と協力。
目標	SDG 6「すべての人に清潔な水と衛生を提供する」の達成に向け、水道事業者間の協力を促進し、能力を強化すること。
役割	水道事業者とのパートナーシップの締結と能力強化支援、キャパシティビルディング、知識共有
活動分野	水管理に関するあらゆる分野
資金提供	資金提供スキーム無し （GWOPA として調達した資金が、パートナー国/組織の能力開発に活用されるイメージ）

これらのうち、最も活用可能性があると考えられた Indonesia Environmental Fund (IEF) について、2024 年 12 月 11 日にジャカルタにてヒアリングを実施した。ヒアリングの結果、GCF、NORWAY、World Bank など、バイオガス事業に活用できる可能性のあるプロジェクト予算はあるものの、現在申請可能な状態にあるのは REDD+関連事業しかなく、すぐにバイオガス事業に活用できる予算はないことが明らかとなった。REDD+については、合計で 400,000USD 程度の予算があるものの、ヒアリング時点で 4 自治体しか活用していないとのことで、応募の余地はあるとのことだった。

すぐに応募できる予算がない状況ではあるが、IEF は様々なドナーから受け取った資金を管理し、ドナー側とインドネシア側のニーズのマッチングを行う役割を担うため、本事業の進捗を報告し、都度情報提供を受ける意義は十分にある。本都市間連携事業および COP29 への参加により当該組織との関係性構築ができたことは大変意義深く、今後も連携を図るとともに、活用可能なファンドについて適宜情報提供依頼を行う予定である。



図 36 Indonesia Environmental Fund との意見交換（12 月 11 日）

(2) ビジネスモデルの検討

認証制度を活用したバイオガス販売モデルについて

本事業においては、ココナッツ加工工場または製糖工場に、(株)愛研化工機のメタン発酵設備を導入することを検討している。ビジネスモデルとしては、工場排水処理の過程で発生するメタンを回収し、バイオガス発電による売電収入を得るモデルを想定し、現地企業との協議を進めてきた。しかし、過年度の調査において、JCM 設備補助事業を活用してもなお、現地企業にとって初期投資の負担は大きく、投資回収年数が長いこともあり、事業化目前にして実現に至らなかった経緯があった。

そこで、本章においては、回収したメタンをバイオガス（バイオメタン）に精製し、都市ガスとして販売するモデルを検討する。

現在のポテンシャルサイト 3 か所それぞれの MMBTU 換算でのバイオガス製造可能量は下表のとおりで、これらバイオガスの規模で後述のビジネスモデルの事業性評価を検討する必要がある。単位換算には株式会社 INPEX の原油・天然ガス等単位換算表の値を活用した。

表 8 ゴロンタロ州内ポテンシャルサイトにおけるメタンガス製造可能性

社名	メタンガス (Nm ³ /日)	メタンガス (MMBTU/日)
PT. Royal Coconuts	1,428	48.72
PT. Trijaya Tangguh	618	21.09
PT. Pabrik Gula	5,223	178.21
計	7,269	248.02

なお、このバイオガスは、従来適切な処理をなされていなかった工場排水を適正処理することによって得られたバイオ燃料であることから、持続可能性および GHG 排出量基準について認証を受け、環境価値を付与して販売することで、より高い収益を得られる可能性が高い。よって以下では、本案件に適用可能な認証制度について調査し、バイオガスそのものの販売のみならず、環境価値の販売を取り入れたビジネスモデルについて検討する。

インドネシア国内でも、特に日系企業においてバイオガス導入により Scope1 の CO₂ 排出削減ニーズが高いことを確認している。例えば、日揮ホールディングス株式会社 (JGC)、大阪ガス株式会社、株式会社 INPEX、インドネシア国営石油会社プルタミナの子会社で天然ガス供給事業を手掛ける PT Perusahaan Gas Negara Tbk (PGN) の 4 社で、バイオメタン製造・販売ビジネスの検討を開始している事例がある²¹。当該事例では、POME から現状大気放散されているメタンガスを回収したうえで、バイオメタンとして精製し、PGN 社の既存の天然ガス導管を利用してインドネシア国内の需要家に環境価値を付与した供給を検討している。2025 年のスマトラ島南部でのバイオメタン製造開始を目指し、サプライチェーン構築やバイオメタン製造・供給に関する技術的な検討を実施している。JGC へのヒアリングによると、バイオガスを含むバイオマスの利用促進を目的として国際的に活用されている認証スキームである International Sustainability and Carbon Certification PLUS (ISCC PLUS) 認証を用いた環境価値の付与を検討しているとのことであり、天然ガス導管が届かない場所での取引が可能かどうかは現在も調査中とのことであった。ISCC PLUS 認証のバーチャルな取引が可能である場合は、ガス導管の通っていないスラウェシ島においてもバイオメタン製造・販売事業の拡大が可能となるため、JGC による調査結果も踏まえ、本ビジネスモデルの検討を進めていく。

上述のとおり、ゴロンタロ州が位置するスラウェシ島から、エネルギー消費地であるジャワ島には、ガスパイプラインが通っていないため、ISCC PLUS 認証の取引は Book & Claim (B&C) 方式と呼ばれる販売方式を検討する。B&C 方式とは、非化石証書のよ

²¹ 大阪ガスグループプレスリリース「インドネシアにおけるバイオメタン供給事業に関する詳細検討の開始について」(2023 年 9 月 25 日)
https://www.osakagas.co.jp/company/press/pr2023/1766547_54087.html

うに燃料自体の価値と環境属性とを切り離し、環境属性の部分のみを証書化して取引する手法である。ゴロンタロ州のようにサプライチェーン体制が未整備で直接の調達困難な場合でも、消費者は認証生産者を直接的に支援することが可能となり、脱炭素化を活性化するシステムとして近年注目されている。

国際的に活用されている持続可能性認証スキームは、パーム油・パーム核油を対象とするものも多いが、バイオガスを含む全てのバイオマスに適用可能なものとしては、上述の ISCC と Roundtable on Sustainable Biomaterials (RSB) とがある。認証スキームごとに、認証の種類や運用方法が異なるため、それぞれの特徴を理解したうえで、認証を目指す製品の性質、想定する販売方法などに適した認証スキームを選定する必要がある。RSB は Book & Claim (B&C) 方式を認めている一方で、現時点で ISCC では公式には認められていないことから、本件においては、RSB が適していると考えられる。認定制度別の特徴や申請方法等の詳細は、本報告書の末尾に添付した補足資料を参照いただきたい。ここでは、認証制度を取得し、環境価値の販売を切り売りした際のビジネスモデルについて、以下整理する。

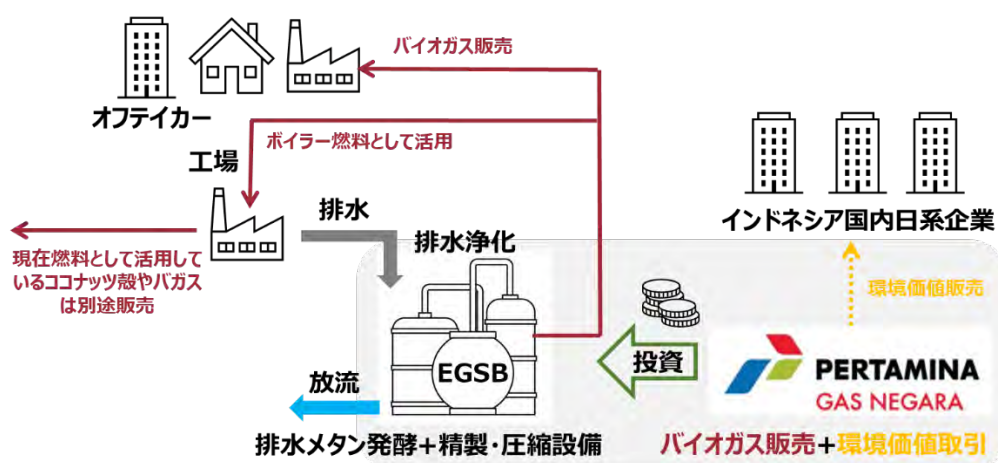


図 37 認証制度を活用したバイオガス販売モデル

PGN 社が(株)愛研化工機の EGSB に加え、メタン精製・圧縮設備に投資をし、設備オーナー兼バイオガス製造・販売事業者として事業に参画する。同社は設備導入先の製糖工場もしくはココナッツ加工工場からの排水を処理し、回収したメタンガスを精製し、ゴロンタロ州内のオフテーカーに対しバイオメタンを製造・販売しつつ、バイオメタンの環境価値はインドネシア国内の日系企業へ販売する。製糖工場もしくはココナッツ加工工場は、排水処理を PGN 社が実施することとなるため、既存の排水処理設備の稼働電力分の電気代削減が見込める他、現在ボイラー燃料として活用しているココナッツ殻もしくはバガスの代替としてバイオメタンを活用することができ、別途ココナッツ殻もしくはバガスの販売収入が得られる。EGSB 装置の初期投資は、JCM 設備補助事業の活

用により減らすことができる。JGC へのヒアリングによると、現在のガス価格に環境価値を付与し、約 3 倍の価格での販売を検討しているとのことで、この価格帯での事業性評価を実施する必要がある。

Donggi-Senoro LNG プロジェクトと連携したバイオガス販売モデルについて

バイオメタンのオフテイカーについて、ゴロンタロ州周辺で情報収集を実施したところ、中央スラウェシ州の Banggai 県にある PT Donggi-Senoro LNG プロジェクトとの連携も検討が可能である。同社は、周辺の油田から天然ガスを購入し、LNG に冷却・貯蔵後、LNG タンカー船で国外に輸送、販売する、インドネシア初の LNG プロジェクトを手掛けている²²。2007 年に Pertamina Energy Services Pte.Ltd.が 29%、PT Medco LNG Indonesia が 20%、三菱商事株式会社が 51%の持株合弁会社として設立後、2011 年以降は PT Pertamina Hulu Energi、PT Medco LNG Indonesia、Sulawesi LNG Development Ltd.の 3 社に変更された。

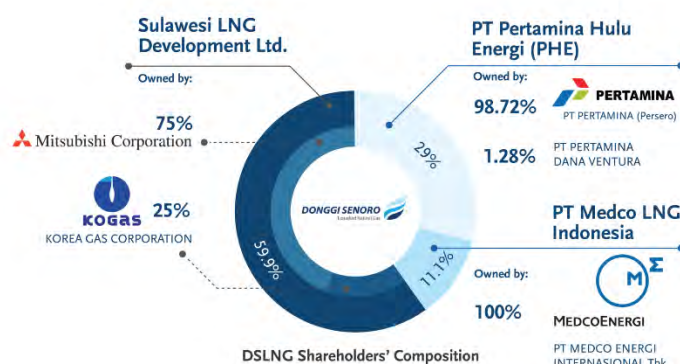


図 38 PT Donggi-Senoro LNG のオーナーシップ構造²³

LNG 販売先は、韓国と日本の九州電力株式会社と JERA 株式会社であり、日本での需要家が増えれば、LNG 原料であるバイオメタンの需要は更に高まると見込まれる。

製糖工場もしくはココナッツ加工工場が(株)愛研化工機の EGSB に投資し、排水処理設備の所有者となり、バイオメタンを PT Donggi-Senoro LNG に販売することでの投資回収モデルとなる。EGSB 装置の初期投資は JCM 設備補助事業の活用により減らすことができる。

²² PT Donggi-Senoro LNG Web ページ "project design"

<https://dslng.com/dslgn-project/dslng-project>

²³ PT Donggi-Senoro LNG Web ページ "ownership structure"

<https://dslng.com/about-us/ownership-structure>

DSLNG Value Chain Rantai Nilai DSLNG

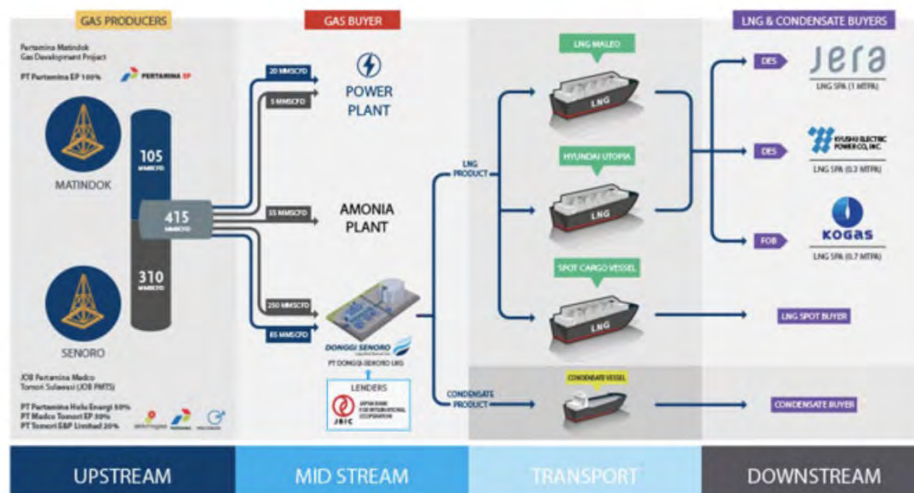


図 39 現在の Donggi-Senoro LNG プロジェクトのバリューチェーン²⁴

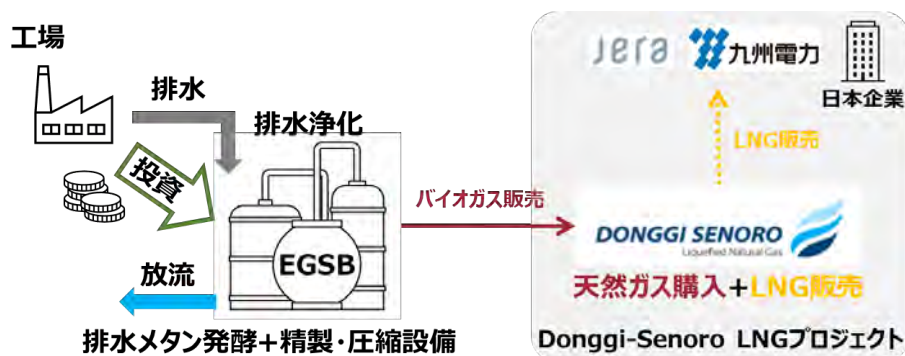


図 40 Donggi-Senoro LNG プロジェクトと連携したバイオガス販売モデル

²⁴ PT Donggi-Senoro LNG Web ページ "gas suppliers"
<https://dslng.com/dslngn-project/gas-suppliers>

3.3.2. 体制構築

3.3.1 にてあげた 2 つのビジネスモデルについて、それぞれステークホルダー、課題、調査事項を整理し、下表に示した。

認証制度を活用したバイオガス販売モデルについて

表 9 認証制度を活用したバイオガス販売モデルにおけるステークホルダーと課題

関係事業者	・ 事業オーナー（PGN 社が候補） ・ 設備導入先工場 ・ バイオガスオフテイカー ・ バイオガス運搬事業者
課題	・ ゴロンタロ州におけるバイオガスオフテイカーの有無 ・ ゴロンタロ州におけるガス運搬方法、価格 ・ 事業オーナー、設備導入先の合意形成 ・ 認証制度取得、環境価値の価格設定

課題としては、ゴロンタロ州内に大規模な産業がなく、バイオガスオフテイカーの有無が懸念される他、ガスパイプラインが通っていないため、バイオガス供給サプライチェーンの構築が必要となる。また、認証制度取得についても、国際機関への承認手続きとなることから、時間を要することも予想される。

2024 年 9 月に Pertamina Gas 本社を訪問し、本事業について紹介したところ、ゴロンタロ州でのバイオメタン製造事業について関心があるとのコメントを得ている。次年度、上述の課題に挙げた事項について情報収集のうえ、より詳細なビジネスモデルを策定し、PGN 社への提案を検討する。

Donggi-Senoro LNG プロジェクトと連携したバイオガス販売モデルについて

表 10 Donggi-Senoro LNG プロジェクトと連携したバイオガス販売モデル
におけるステークホルダーと課題

関係事業者	・ バイオガス購入先（PT Donggi-Senoro LNG） ・ LNG 購入先（日本企業等） ・ 設備導入先工場 ・ バイオガス運搬事業者
課題	・ Donggi-Senoro でのバイオメタン需要の有無 ・ 日本での LNG 需要の有無 ・ ゴロンタロ州から Donggi-Senoro へのバイオガス運搬方法、価格 ・ 事業オーナー、設備導入先の合意形成

課題としては、ゴロンタロ州から Donggi-Senoro へのバイオガス運搬方法があげられる。上述のとおり、ゴロンタロ州にはガスパイプラインが無く、ガス供給サプライチェ

ーの構築が必要となる。バイオメタンの輸送に関しては、国内で技術開発・実証事業が進んでいる。エア・ウォーター株式会社による「未利用バイオガスを活用した液化バイオメタン地域サプライチェーンモデル実証事業」²⁵において、バイオガスを吸蔵し輸送できる容器の開発を実施しており、令和 5 年度に実用化レベル



図 41 エア・ウォーターのバイオガス輸送車

に到達している²⁶。こうした技術の導入検討も含め、ゴロンタロ州でのバイオメタン製造可能量で経済性を担保できるか検討を進めていく。

次年度、まずは PT Donggi-Senoro LNG 及び三菱商事等のステークホルダーとの協議のうえ、より詳細なビジネスモデルの策定を実施する。

²⁵ エア・ウォーター株式会社プレスリリース（2021 年 5 月 25 日）

<https://www.awi.co.jp/ja/business/news/news-3290437807113658611/main/07/teaserItems1/0/link/87684efe8d6426c37dd74d55d7ab2652d01c9c53.pdf>

²⁶ 環境省地域共創・セクター横断型カーボンニュートラル技術開発・実証事業ウェブページ

https://www.env.go.jp/earth/ondanka/cpttv_funds/pdf/db/306.pdf

4. グリーンホスピタル計画に係る総合インフラ整備支援分野

ゴロンタロ州においては、インドネシアの中で5番目に妊産婦および5歳未満児死亡率が高く、衛生課題を抱えている。州政府としてもこうした状況を危惧し、州立病院であるアイヌン・ハビビ病院の拡張およびサービス向上の計画を有しており、フェーズ1事業を通じて愛媛県への支援要請を得ている。愛媛県としては、フェーズ1事業期間中に3台の救急車の寄贈を実施したが、それに加え、病院施設に関わる県内企業技術の導入および愛媛県内病院との連携によるゴロンタロ州の衛生課題へのアプローチに高い関心を有している。

アイヌン・ハビビ病院とは、フェーズ1事業開始当初より意見交換を実施しており、主に排水処理設備の導入検討を進めてきた。同病院は、再生可能エネルギーの最大限の利用を含め“グリーンホスピタル”の方針を有していることから、愛媛県内企業の高効率で省エネルギーな技術導入を希望している。そこで、愛媛県内企業による排水処理設備、太陽光発電、熱源ボイラー等の総合的なインフラ整備を検討している。

4.1. 導入技術の概要

上述のとおり、排水処理設備、太陽光発電、熱源ボイラー等のインフラ導入を検討しているが、ここでは本年度特に検討を進めてきたPT. DAIKI AXIS INDONESIAの浄化槽について後述する。

4.1.1. 浄化槽の仕組み

浄化槽は、我が国で開発された分散型（オンサイト型）の生活排水処理技術・施設であり、固液分離機能と微生物処理機能によってし尿及び生活雑排水を浄化する装置である。

浄化槽の一般的な処理の流れとしては、まず、沈殿分離槽にて流入汚水中の浮遊物・固形物を沈殿させ、続いて嫌気ろ床槽にて嫌気性微生物により有機物の一部を分解および担体流動槽から返送された硝化液を脱窒、その後、担体流動槽に送風機（ブロワ）で空気を送り込み、好気性微生物により有機物を分解しアンモニアを硝化、沈殿槽にて処理水を汚泥と上澄水に固液分離し、最後に消毒槽にて塩素消毒をして放流する。浄化槽の基本的な構成を以下に示す。

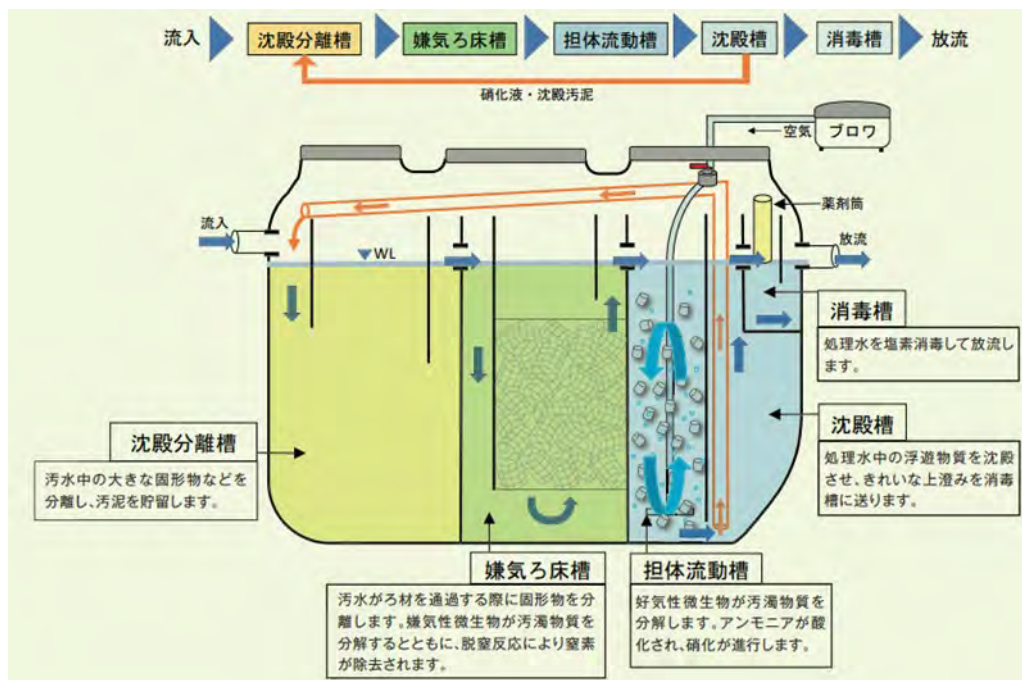
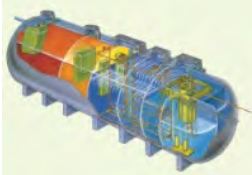


図 42 浄化槽の構成と処理原理²⁷

また、浄化槽は、建物の建築用途、処理対象汚水の量と質、放流先の水質規制状況などに応じて、大きさ、処理方式、浄化槽本体の材質などが選択可能で、処理能力の大きさに応じて、以下のように分類されている。

表 11 浄化槽の一般的な分類²⁷

分類	概観	概要
小型浄化槽		戸建て住宅、および 50 人槽（日平均汚水量では 10 m ³ /日）以下の小規模な排水処理に使用され、通常、FRP（繊維強化プラスチック）または DCPD（熱硬化性樹脂）のプラスチック製の工場生産品。
中型浄化槽		51 人槽以上 500 人槽（日平均汚水量では 100 m ³ /日）までの中規模な排水処理に使用され、通常、FRP 製の工場生産品と、鉄筋コンクリート製（RC 製）の現場設置型がある。

²⁷ 環境省（2019 年 3 月）「日本におけるし尿処理・分散型生活排水処理システム」
http://www.env.go.jp/recycle/jokaso/basic/pamph/pdf/wts-jp_full.pdf

大型浄化槽		501 人槽以上の大型集合処理に使用され、通常、鉄筋コンクリート製（RC 製）で、設置現場で建設される。
-------	---	--

我が国では、浄化槽法第三条により、下水道もしくはし尿処理施設を使用しない場合、浄化槽によってし尿及び生活雑排水を処理することが義務づけられている。令和元年度末時点においては、全国で約 760 万基の浄化槽が設置済である²⁸。また、2020 年に策定された「インフラシステム海外展開戦略 2025」²⁹においても、分野別アクションの一つに浄化槽を掲げ、東南アジア地域における公衆衛生及び水環境保全のため、中小企業を含めた浄化槽の海外展開を支援しているところである。

なお、インドネシアにおいては、家庭由来の排水は簡易な腐敗槽が一般的であり、浄水機能はほぼ期待できないものとなっている。年間を通して温暖な熱帯多雨林気候にあるため、人口圧が少ない農村等においては、こうした簡易な設備、または未処理の排水であっても、生態系の分解能力により自然浄化が期待できる一方、都市部については熱帯生態系の豊富な有機物分解能力を以てしても汚染負荷が高いことから、浄化槽等による排水処理が不可欠な状況にあると言ってよい。現在主流となっている腐敗槽については、Septik tank と呼ばれ、浄化槽とは区別される。

4.1.2. PT. DAIKI AXIS INDONESIA の浄化槽の概要

本事業では、PT. DAIKI AXIS INDONESIA 製浄化槽の導入について検討する。

PT. DAIKI AXIS INDONESIA は、愛媛県に本社を設置する(株)ダイキアクシスのインドネシア法人であり、(株)ダイキアクシスは、業界に先駆けて軽量で丈夫な FRP 製浄化槽を開発して以来、低コストで効率の良い製品を開発し続けている。例えば、2014 年 1 月には、日本環境協会エコマーク事務局が主催する“エコマークアワード 2013”にて、同社の家庭用浄化槽 XE 型が浄化槽では初めてエコマーク認証を取得している。環境省基準値のマイナス 46 %を達成し、省電力性能と安定した排水処理能力を実現するとともに、リサイクルが可能なポリプロピレンを用いて、従来品に比べ総容量を約 85 %までに削減し、現場の作業軽減とコスト削減に貢献する製品である。同社の FRP 製浄化槽の構造と機能を以下に示す。

²⁸ 環境省（2021 年 2 月）報道発表資料

<https://www.env.go.jp/press/109154.html>

²⁹ 首相官邸（2021 年 6 月）インフラシステム海外展開戦略 2025（令和 3 年 6 月改訂版）

<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keikyou/pdf/infra2025.pdf>

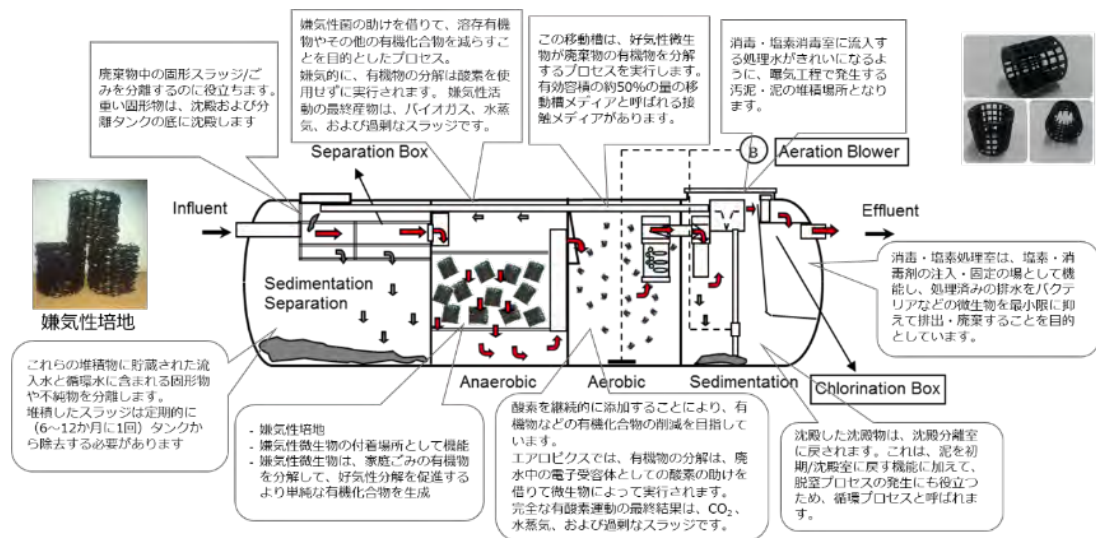


図 43 (株)ダイキアキシスの FRP 製浄化槽の構造と機能³⁰

また、同社はインドネシアに関連会社を有しており、上述のインドネシアの法令に則した浄化槽導入事業をジャカルタ中心に展開していることから、現地の課題に対応した浄化槽導入に関し、技術的優位性が高い。表 3-1 に示したインドネシアの生活排水基準と同社の浄化槽の処理性能を以下に示す。

表 12 PT. DAIKI AXIS INDONESIA の浄化槽の処理性能と
インドネシアの生活排水基準³⁰

パラメータ	単位	流入	放流BA (LHKの基準に 該当しないもの)	放流BJ (LHKの基準に 該当するもの)	基準*
pH	[-]	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9
BOD	[mg / L]	300	20	20	30
COD	[mg / L]	400	100	80	100
TSS	[mg / L]	240	30	20	30
アンモニア	[mg / L]	50	-	10	10
油脂	[mg / L]	40	10	5	5
総大腸菌数	【数/ 100ml】	-	3000	3000	3000

同社のインドネシアにおけるビジネスについては、2021 年 1 月に我が国とインドネシア共和国環境林業省が主催した日本・インドネシア環境ウィークにおいても報告された³¹。

³⁰ (株)ダイキアキシス提供資料

³¹ 日本・インドネシア環境ウィーク発表資料（2021 年 1 月）Introduction of Decentralized Small Scale Waste Water Treatment Technology in Indonesia
https://www.oecd.or.jp/jprsi/event/envweek/program/files/20210114_sem_2-6_pt_daiki_axis.pdf

同社は、病院を含む様々な規模の設備への導入実績を有しており、導入事例の一部を以下に示す。



図 44 PT. DAIKI AXIS INDONESIA の製品導入事例 ³⁰

また、本事業においては、脱炭素化の観点から、浄化槽の稼働に必要な電力を太陽光発電によって得るシステムを検討している。太陽光発電システムについては、太陽光パネルをインドネシアにおいて調達し、施工から管理まで PT. DAIKI AXIS INDONESIA が一貫して担う参入形態を検討する。本事業は公共的性格を有するため、設備は公共調達となる可能性が高く、価格に課題があるものの、JCM 設備補助事業の活用や、PT. DAIKI AXIS INDONESIA の一括請負・施工実績から同社による導入において有利な競争環境を形成することが可能である。なお、同社は、国内の山間地域等で太陽光発電設備による浄化槽の設計・施工に実績を有している。

4.1.3. 導入に向けた検討事項

浄化槽導入に際しては、インプット及びアウトプットを明確に把握・設定したうえで、適切な規模の製品の選択に反映させ、システムとして導入可能性を検証する必要がある。以下のとおり、3段階それぞれについて要件を検討する³²。

● インプット（排水の受入条件）

設備導入に際し、排水処理の実態、プロセス及びアウトプットを考慮して設定される受入条件であり、「排水の排出状況」「排水の性状」「処理不適物の特定」「受入形態」等があげられる。

● プロセス条件（処理技術の設計条件）

製品の規模や設置を検討する際に必要な具体的条件であり、インプット、アウトプットを満たし、かつ規制基準や緊急時への対応まで考慮した設備の基本的性能を決定する。

● アウトプット（浄化槽汚泥の利用条件）

処理の結果生成される浄化槽汚泥を利用するために必要な条件である。浄化槽汚泥の性状、量のほか、利用先までの搬送方法、搬送ルートや量の季節変動等があげられる。

上記3段階の要件の具体的内容について、以下表にまとめた。

表 13 浄化槽導入に関する要件の具体的内容

要件区分	要件の内容	
インプット （排水の受入 条件）	排水の排出状況	排水の排出量・排出特性（日変動、季節変動、地域別排出形態）・排出源（一般家庭・商業施設等）
	排水の性状	pH、TSS、BOD、COD _{cr} 、NH ₄ -N、TN、TP、N-

³² 古市徹監修 有機系廃棄物資源循環システム研究会編著（2006年3月）「バイオガスの技術とシステム」、P76

		Hex（又は Oil&Grease）など 性状変動の有無（季節変動等）
	処理不適物の特定	種類、混入率（%）、濃度（mg/L）
	受入形態	搬入方法：世帯等からの配管方法
プロセス条件 （処理技術の 設計条件）	建設予定地の 立地条件	主たる排出源からの距離および高低差 処理水放流先との距離および高低差 敷地面積、地形、地質、気候条件 法的規制、周辺環境、アクセス 電気、水道などの引き込み状況
	処理能力	処理能力（m ³ /日） 年間稼働日数（日/年） 受入貯留設備容量（最大搬入量への対応）
	公害防止基準等	規制基準 周辺住民などの要請基準の有無
	前処理	前処理設備の要否と処理方式
	処理方式	分離接触ばっ気方式、嫌気ろ床接触ばっ気方式、 脱窒ろ床接触ばっ気方式、リン除去・脱窒ろ床接 触ばっ気方式等 処理副資材の要否と量
	排水の処理	放流先 放流水の性状：BOD、窒素濃度、塩類濃度
	電気計装仕様	中央監視制御項目（種類と項目数）現場操作項目 （種類と項目数） 省力化のための自動運転制御の内容
アウトプット （汚泥の利用 条件）	汚泥の発生状況	発生量（m ³ /日 or m ³ /月）
	汚泥の性状	pH、TSS、BOD、COD、NH ₄ -N、TN、TP など 見かけ比重（t/m ³ ）、含水率（%） 性状変動の有無（季節変動等）
	汚泥の搬出方法	汚泥の搬出：頻度、量、搬出ルート、距離 年間搬出計画等、管理・メンテナンス体制 搬出方法、搬出車両の仕様
	汚泥の利用先	利用先条件：利用先、利用形態、需要量、性状、 量の季節変動、買取価格（有償、無償）

4.2. 病院ポテンシャルサイト調査

4.2.1. ポテンシャルサイトにおける導入協議・詳細情報収集

アイヌン・ハビビ病院とは、本年度事業において、6月と12月の2回協議を実施した。6月訪問時には、同病院の新病棟建設に係る計画についてヒアリングを実施したほか、既存病棟における課題についても把握した。

既存病棟については、病床数が122床で、病院機能としては、ICU、結核病棟を有し、人工透析等への対応も可能とのことであった。排水処理に関しては、病棟由来の生活排水が80m³、医療排水が20 m³、結核病棟からの排水が3 m³とのことであった。既存病棟における課題として、電力供給が不安定であることと排水処理が不十分であることが挙げられた。

新病棟については、5階建てで病床数は78床で、既存病棟と併せて200床規模にする計画とのことであった。排水処理に関しては、生活排水が50 m³、医療排水が10 m³を予定しており、屋根面積は約5,000m²で太陽光発電導入も希望するとのことであった。アイヌン病院から受領した新病棟建設計画書を下図に示す。



図 45 アイヌン病院との協議
(2024年6月)

**PEMBANGUNAN GEDUNG RAWAT INAP
RSUD dr. HASRI AINUN HABIBIE
Provinsi Gorontalo
2024**

RSUD dr. Hasri Ainun Habibie Provinsi Gorontalo

Gambaran Umum

Nama Rumah Sakit	: RSUD Dr. Hasri Ainun Habibie Provinsi Gorontalo
Kode Rumah Sakit	: 7502034
Alamat Rumah Sakit	: Jln. Kusno Tongodu No. 149 Kel. Dutulanas Kec. Limboto Kab. Gorontalo
Nomor Telepon	: (0435) 880008
Nomor Fax	: (0435) 880008
Jumlah Tempat Tidur	: 122 Tempat tidur
Kelas Rumah Sakit	: C
Akreditasi	: Paripurna (tahun 2023)
Status Penggunaan	: Non Pendidikan
Status Pengelolaan	: RSU Provinsi
Nama Direktur	: dr. Fitriyanto Rajak
Pemilik Rumah Sakit	: Pemerintah Provinsi Gorontalo
Tahun Operasional	: 2013
Luas Bangunan	: 6192,052 M ²
Luas Lahan	: 6.4 Ha
Jumlah Bangunan	: 9 Bangunan

01

Lokasi Perancangan

RSUD dr. Hasri Ainun Habibie terletak di Jl. Ahmad A. Wahab, Limboto, Kab. Gorontalo, Provinsi Gorontalo.

02

TEMA RANCANGAN

ARSITEKTUR NEO VERNAKULAR

Seluruh bangunan di dalam kawasan RSUD dr. Hasri Ainun Habibie direncanakan untuk menampilkan karakter modern dengan bentuk masa bangunan yang simple. Ekspresi arsitektural pada Gedung Rawat Inap harus dapat memsimplikan kearifan lokal berbentuk elemen Karawo bermotif Puhungga pada elemen fasadnya.

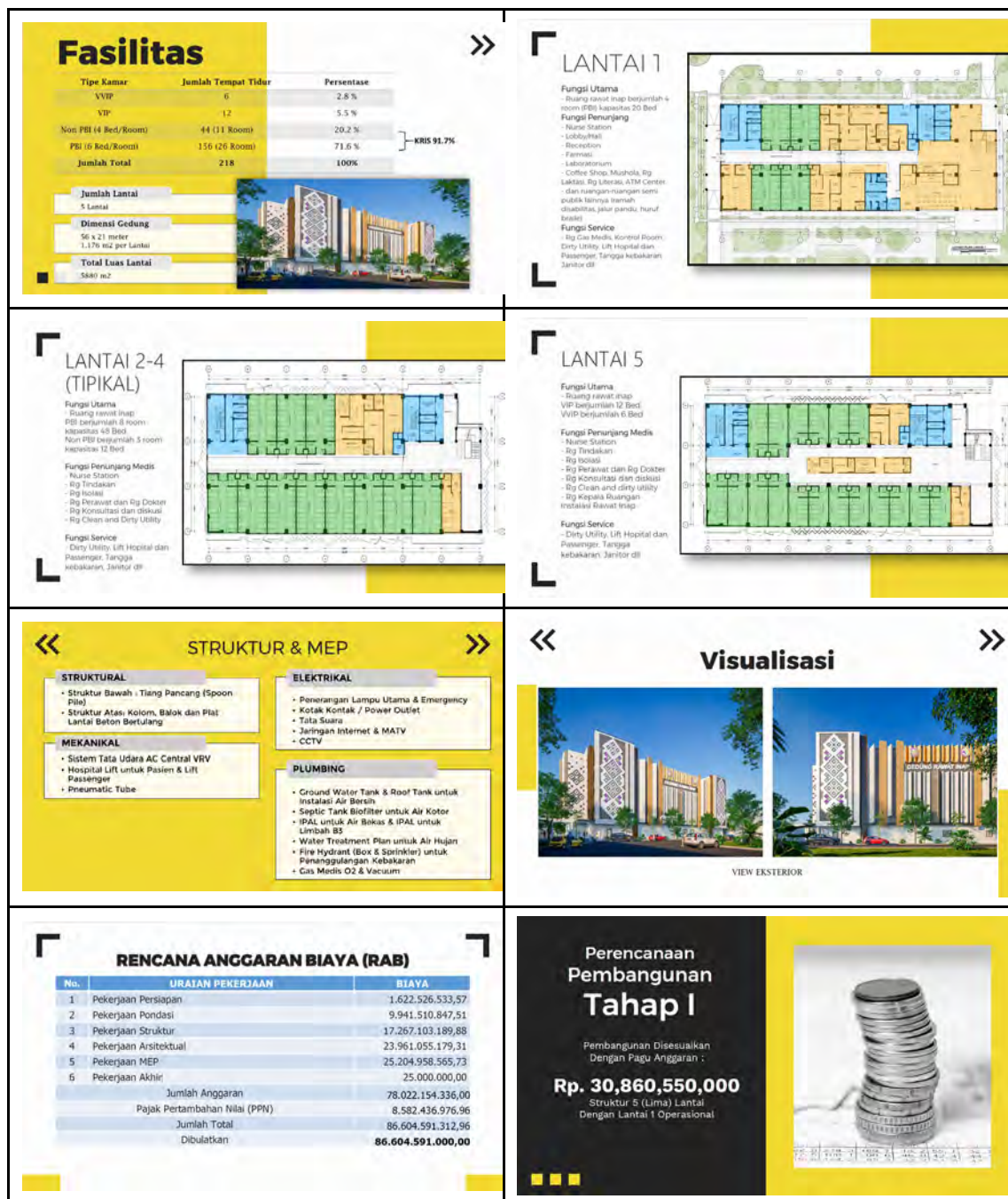


図 46 アイヌン病院新病棟建設計画書

2024 年度予算の中で排水処理設備に係る予算 3,600 万円を申請済であるとのことであつたため、PT. DAIKI AXIS INDONESIA を同病院へ紹介した。

一方、その後アイヌン病院から PT. DAIKI AXIS INDONESIA へのコンタクトはなか

ったため、12月渡航時に再訪し設備導入検討状況について再確認した。アイヌン病院によると、排水処理設備導入に係る予算については、申請額よりも減額されたため、コストが合わず PT. DAIKI AXIS INDONESIA の浄化槽導入を断念したとのことであった。現在は 2026 年予算獲得のための計画策定を実施しているため、引き続き浄化槽導入を検討したいとの意向を確認したため、再度 PT. DAIKI AXIS INDONESIA へ接続し、同社からの営業を開始して

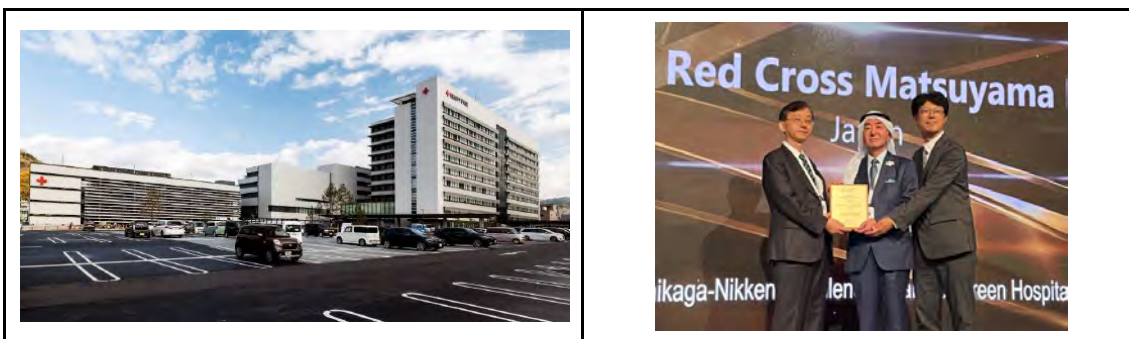


図 47 アイヌン病院との協議
(2024 年 12 月)

いる。また、太陽光発電についても、新病棟への屋根置き太陽光発電導入を検討したいとの意向であったため、次年度愛媛県内の太陽光発電事業者との接続と JCM 設備補助事業の活用可能性について検討を実施する。

4.2.2 愛媛県内の事例調査

本事業の参考となる愛媛県内の事例として、松山赤十字病院が挙げられる。松山赤十字病院は、新病院整備に際し、基本方針の一つに「環境に優しい病院」を掲げ、「自然風・自然光の活用」、「最新のエコ技術」、「災害に強い水の有効利用」、「屋上緑化」による省エネ・省 CO₂ を推進し、持続可能な開発目標（SDGs）への促進を図る様々な環境技術を取り入れている。これらの環境技術を有効活用することで、省エネルギー率 25%以上（国内の平均的な病院比）（全国の病院平均エネルギー消費量 約 2,962MJ/m²・年に対して、松山赤十字病院 2021 年実績 約 2,245 MJ/m²・年）を達成したこと等が評価され、IHF アワード 2022 「Ashikaga-Nikken Excellence Award for Green Hospitals」³³ において最優秀賞である Gold Award を受賞した。



³³ 医療関連組織の世界的な団体である IHF（International Hospital Federation）が病院や医療機関を称える最高の賞プログラム。7 項目の賞カテゴリーがあり、松山赤十字病院が受賞したグリーンホスピタル賞は、自然エネルギーの有効利用等により省エネ・省 CO₂ 等を推進し、環境配慮への促進と支援が評価される賞である。

病院外観 ³⁴	授賞式の様子 ³⁵
出典： https://www.kenken.go.jp/shouco2/pdf/ppt/H27-1/02kanryou.pdf	

松山赤十字病院が所在する松山市は「環境モデル都市」に選定されており、松山赤十字病院の取組は、地域連携により、松山市全体、愛媛県全体に環境活動が広く普及・波及することを期待して計画されている。また、患者およびスタッフの快適性および非常時のエネルギー自立と、省CO₂の実現を両立していることも、グリーンホスピタル化技術として非常に優れた点であるといえる。

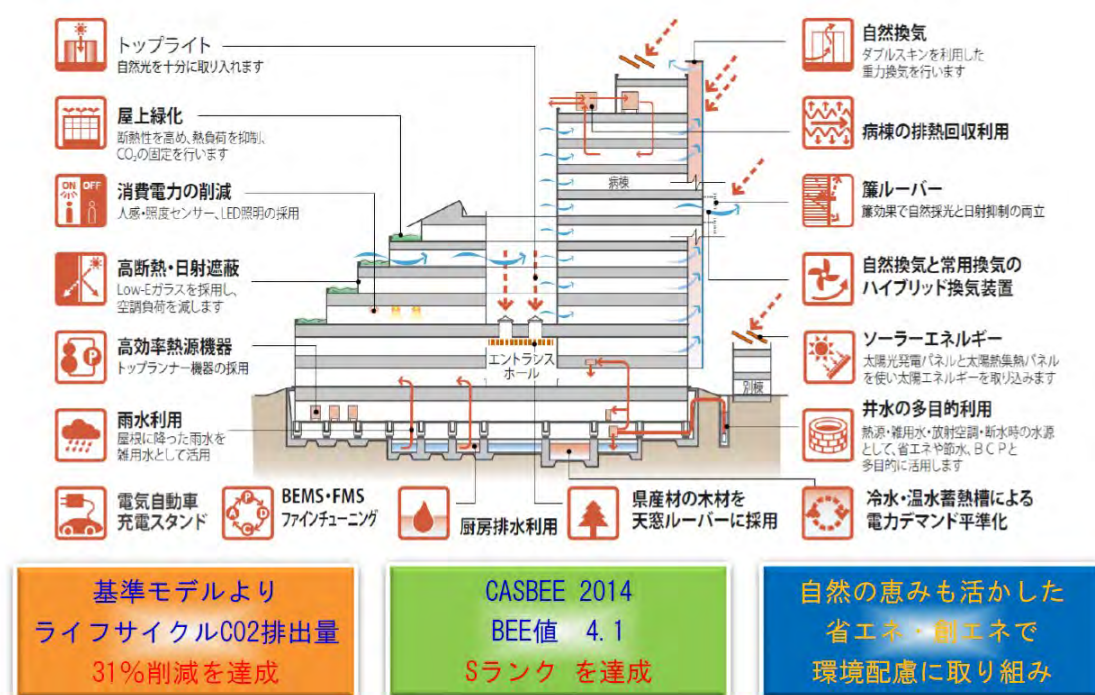


図 48 松山赤十字病院におけるサステナブル建築技術概要³⁴

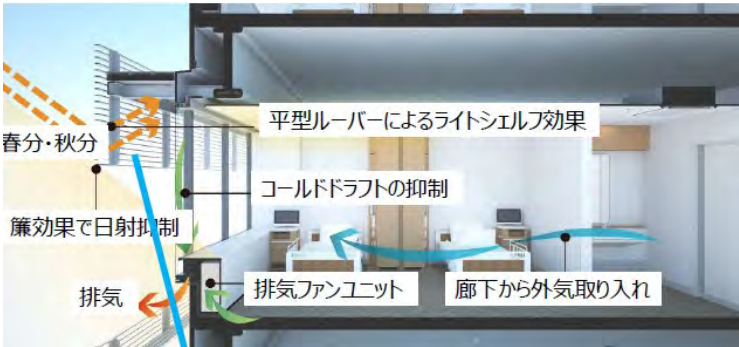
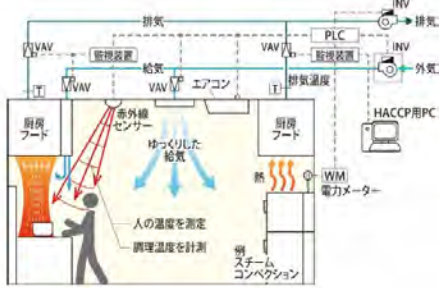
以下に、松山赤十字病院の具体的な取組みを紹介する。

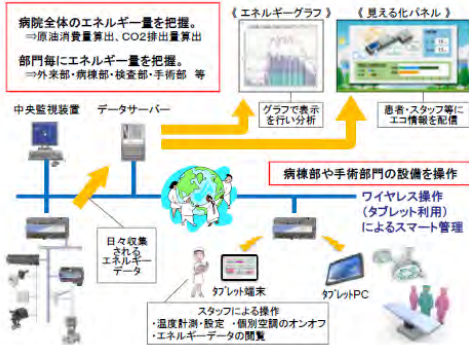
表 14 松山赤十字病院が導入した環境配慮技術

効果	取組み
省エネ	● 日射を活用した自然換気 ● 自然採光と日射負荷抑制を利用した外観デザイン ● 太陽熱温水設備の導入

³⁴ <https://www.kenken.go.jp/shouco2/pdf/ppt/H27-1/02kanryou.pdf>

³⁵ <https://www.matsuyama.jrc.or.jp/news/52558/>

	● 太陽光発電の導入 ● 井水等の未利用熱の利用 ● 病室のハイブリット換気（窓開けとファンの組み合わせ） ● 最新のセンシング技術の導入による省エネ（厨房空調・換気エネルギーの削減により、約 35%の省エネを実現） ● 温度成層型水蓄熱槽の利用 ● 病棟換気に顕熱回収コイルを導入 ● 治療空間への VACV（可変風量風速一定）型吹き出し口の採用（快適性と省 CO2 の実現）
	 日射を利用した自然換気  太陽熱給湯  自然光と自然換気を利用し、省エネと患者の快適性を実現  蓄熱槽  厨房施設におけるセンシング技術活用
資源循環	● リサイクル材活用

	● 地産地消材料利用 ● 井水利用設備（災害時のトイレ洗浄水と飲料利用） ● 排水リサイクル 
啓発活動	● Web 対応型 FMS（維持管理ツール）と BEMS（ビルエネルギー管理システム）を融合。エネルギー利用量等を病院内にパネル表示し、スタッフ・外来患者の環境意識向上を目指す。  「広めるエコ」実現のシステム概念図

「国土交通 平成 27 年第 1 回 サステナブル建築物等先導事業（省 CO₂ 先導型）完了プロジェクト紹介 松山赤十字サステナブルプロジェクト」³⁴より日本エヌ・ユー・エス株式会社作成

◆非常時のエネルギー自立と省CO₂の実現を両立する取り組み

1) 非常時の建物の機能維持に関わる基本的な考え方、目標

電力設備	過去の震災例から3日程度電力停止を想定。 発電機を設置し、約5日程度自立が可能
飲料水設備	受水槽と備蓄倉庫にペットボトルを保管：約3日程度自立が可能
雑用水・排水設備	過去の震災例から下水本管は2週間利用不可を想定。 排水リサイクルと非常用汚水貯留槽と合わせ、20日程度自立が可能。
都市ガス設備	耐震性の高い中圧ガス管を引き込み

2) エネルギー自立と省CO₂技術

追加設備	災害時における主な機能	省CO ₂ への貢献
井水利用設備	災害時のトイレ洗浄水と飲料水利用	未利用エネルギーの井水熱を空調へ利用し省CO ₂ を実現。
自然エネルギー	太陽熱温水・発電、自然換気、自然光を利用し非常時に電力に頼らない室内環境を実現。	平常時の消費エネルギー低減。
排水リサイクル	通常時は厨房除害設備、災害時は中水処理設備へ転用させ院内汚水をトイレ洗浄水へ利用。	厨房除害設備を中水処理性能の多機能化により節水を実現。

図 49 非常時のエネルギー自立と省 CO₂ 実現の両立³⁴

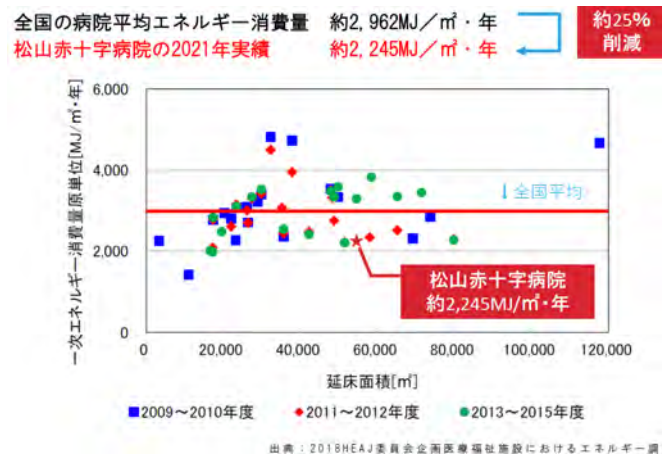


図 50 日本国内の病院とのエネルギー消費量の比較³⁴

4.2.3. 導入効果の算定

本章においては、排水処理設備、太陽光発電、熱源ボイラー等をパッケージとした総合的なインフラ整備を検討する予定である。日本製の排水処理設備および熱源ボイラー等の導入、転換により省エネルギー効果が見込めるが、それについては次年度事業の中で検討することとし、本項においては、アイヌン・ハビビ病院の新病棟屋根に太陽光発電システムを導入した場合の削減効果を算出した。

新病棟のパネル設置可能面積については、アイヌン・ハビビ病院へのヒアリング結果から、約 5,000m² である。太陽光発電 1kW あたりに必要な面積は、約 10～15m² とされているため、5,000m² が全て設置可能と仮定した場合、太陽光パネルの設置可能容量は 333 kW となる。これによる太陽光発電量は、発電効率を約 15 % と想定した場合 333 kW×15%×24 時間×365 日＝437,562 kWh/年と推計される。ディーゼル発電をリファレンスと想定し、インドネシアにおけるグリッド排出係数は「令和 5 年度二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金（二国間クレジット制度資金支援事業のうち設備補助事業）公募要領 別添 4」によれば、0.533 t-CO₂/MWh であるため、年間の CO₂ 削減量は約 233 t-CO₂/年となる。耐用年数は太陽光パネルシステムとして 17 年間で適用されるため、耐用年数期間の CO₂ 排出削減量は約 3,965 t-CO₂ となる。

費用対効果については、太陽光パネルの設置地点の状況、必要なシステム構成に応じて大きく変動することから、現時点でコスト積算することは難しい。よって、上記 CO₂ 排出削減量を元に JCM 設備補助事業において期待されている費用対効果の値（4,000 円/t-CO₂）から補助対象設備コストの規模を逆算する。3,965 t-CO₂ に費用対効果 4,000 円/t-CO₂ を乗じると、この排出削減量に基づく補助上限額は、1,586 万円となる。太陽光発電設備はインドネシアにおいて 4 件目以降となることから、補助率上限は 30% となる。補助金額 1,586 万円を 30% で割り戻した対象費用は 5,287 万円となるため、JCM 設備補

助対象設備の範囲を 5,287 万円以内とするシステムの実現可能性を本調査において検討する。

太陽光発電のみでは JCM 設備補助事業の規模としては小規模であるが、温熱利用等も利用することに加え、病院全体のエネルギーマネジメントによる排出削減可能性も視野に、今後 JCM 設備補助事業等の日本政府予算を活用したモデルの検討を行う。

4.3. 事業設計及び体制構築

アイヌン病院へのインフラ導入としては、太陽光発電のみならず、排水処理設備、太陽光発電、熱源ボイラー等の愛媛県内企業技術をパッケージとした総合的なインフラ整備を検討する予定である。こうしたパッケージでのインフラ導入に活用可能な予算として、令和 5 年度の経済産業省補正予算による「グローバルサウス未来志向型共創等事業補助金」が挙げられる。同事業は、グローバルサウス諸国（ASEAN、インド、中東、アフリカ、中南米、太平洋島嶼国等）を対象とした事業で、インフラ等プロジェクトの具体的案件組成や受注・事業化に向けた FS 事業と実証事業の 2 種類が設定されている。実証事業においては、実地に適用可能な段階にある技術・システム・制度などを、グローバルサウス対象地域において、その有効性や経済性などを確認することを目指す事業である。補助額は上限 5 億円であり、補助率は 1/2 以内、中小企業の場合は 2/3 以内となっているため、補助額はアイヌン病院による拠出（ゴロンタロ州政府予算）を検討する。

一方、事業申請上の課題として、資産が幹事法人に帰属し基本的に資産処分ができないこと、事業実施期間は 1 年でありその期間内に完工する必要があること、事業実施期間中に入札公示が行われる場合は事業対象外となることの主に 3 点が挙げられる。一つ目の課題については、“事前に承認を受けることにより取得財産等の処分も可能”との文言もあり、事前に条件を確認する必要がある。また、事業実施期間の短さについては、事業申請タイミングを十分に事業者と協議する必要がある。入札公示については、補助金を自治体予算で拠出する場合避けることができないが、ゴロンタロ州政府からは指名競争入札が可能な条件についても確認している。

表 15 グローバルサウス小規模実証事業申請に係る課題と対策

No	課題	対策
1	資産は幹事法人に帰属し、基本的に資産処分ができない。	事前に承認を受けることにより、資産処分も可能。資産処分可能な条件を確認する必要がある。
2	事業実施期間は 1 年であり、その期間内に完工する必要がある。	事業者へ確認する必要がある。申請前に FS 調査を都市間連携事業で実施。
3	事業実施期間中に入札公示が行われる場合は事業対象外となる。	インドネシア国内に無い技術・特許等については事業者の指名競争入札が可能。

経済産業省へのヒアリングによると、令和6年度補正により令和7年度も公募はある可能性が高いとのことであり、JCM設備補助事業に加え本事業についても視野に入れ、これら対策についても次年度検討し、適切な予算確保による技術導入を検討していく。

5. 自治体間の政策共有

フェーズ1事業開始当初より、廃棄物管理課題、特に廃棄物最終処分場からの浸出水について、ゴロンタロ州政府より処理技術提案に関する支援要請を得ており、愛媛県による廃棄物管理施策の共有と併せ、“自治体間の政策共有”のテーマの中で、(株)愛研化工機の排水処理設備導入に向けた準備を進めてきた。最終処分場における浸出水の排水処理設備については、公共インフラに該当するため、国及び自治体の予算に基づく導入を検討しており、検討状況について以下に詳述する。

5.1. ゴロンタロ州における廃棄物管理課題

ゴロンタロ州の最終処分場 TPA Talmelito はゴロンタロ県に位置しており、ゴロンタロ市（70%）、ゴロンタロ県（20%）、ボネ・ボランゴ県（10%）からの廃棄物を受け入れている。

まず、ゴロンタロ州における廃棄物回収フローについて述べる。各家庭はゴロンタロ州の環境局が運営する一次選別所（TPS）へ回収費用（5,000Rp/月）を支払い、支払った家庭は TPS による回収が実施され、リサイクル可能なプラスチックや段ボール等の廃棄物が TPS にて分別され、それ以外の廃棄物が最終処分場へ運搬されている。TPS で分別されている廃棄物は、以下のとおりである。

種類	価格
PET1（厚め）	4000Rp/kg
PET2	3000Rp/kg
Aqua（飲料水Aquaのペットボトル）	4000Rp/kg
Splite（緑色のペットボトル）	3000Rp/kg
AleAle（ジュースカップ）	3000Rp/kg
Ingect（オイル容器）	3500Rp/kg
バケツ（エンジンオイル容器）	3000Rp/kg
PP（硬質プラ）	3000Rp/kg
Sembur（ペットボトルキャップ）	3000Rp/kg

図 51 TPS にて分別される廃棄物とその販売価格

一方、回収費未納の家庭についても一定数存在しており、それらの家庭を含む大通りに位置する家庭については、ゴロンタロ州環境局が所有するトラックによって、各家庭の前に出された廃棄物は回収され、そのまま最終処分場へ運搬されている。

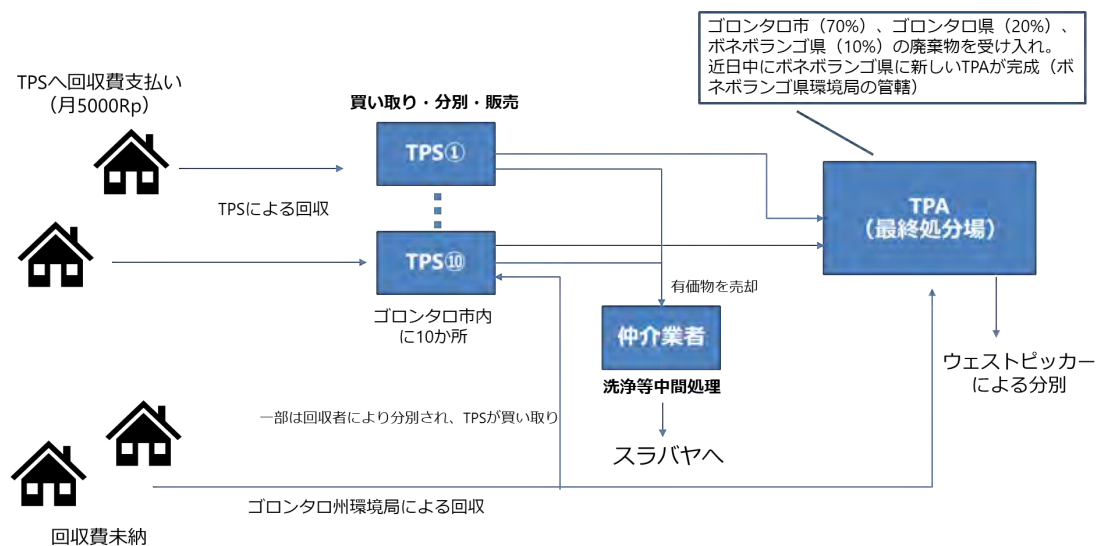


図 52 ギロンタロ州における廃棄物回収・処理フロー

ゴロンタロ州環境局及び公共事業局へのヒアリングによると、回収費用の回収が不十分で TPS は 3 か月で資金難になり、機能していないサイトも多いとのことであり、上述のシステム外で未回収の廃棄物も多く存在している実態であることが想定される。ゴロンタロ州環境局の統計データによると、2020 年時点で、ゴロンタロ州における廃棄物発生量は 1 日当たり 543 トンであり、年間 198,032 トンに達すると推計されている。州内自治体ごとの廃棄物発生量と州全体の廃棄物区分を以下に示す。

県/市	総廃棄物 生産量/日	総廃棄物 生産量/年	家庭ごみ	75%	148,524t/year
ゴロンタロ県	157t	57,408t	有機ごみ	65%	128,721t/year
ゴロンタロ市	143t	52,320t	無機廃棄物	35%	69,311t/year
ボネ・ボランゴ県	67t	24,379t	プラスチックごみ	11%	21,783t/year
ポフワト県	64t	23,208t	オフィス系ごみ	1%	1,980t/year
ポアレモ県	60t	22,035t			
北ゴロンタロ県	51t	18,682t			

図 53 ギロンタロ州における廃棄物発生量・区分 (ゴロンタロ州提供)

下図のように、全部で 5 つの埋立処分地 (セル 1~5) を有しており、セル 1~4 は既に満杯となり使用停止されている。現在はセル 5 のみ利用されている状況と聞いていたものの、2024 年 12 月に訪問した際にはセル 5 がひっ迫しつつあるため、セル 3 及び 4 が再び使用される可能性が高いとのことであった。

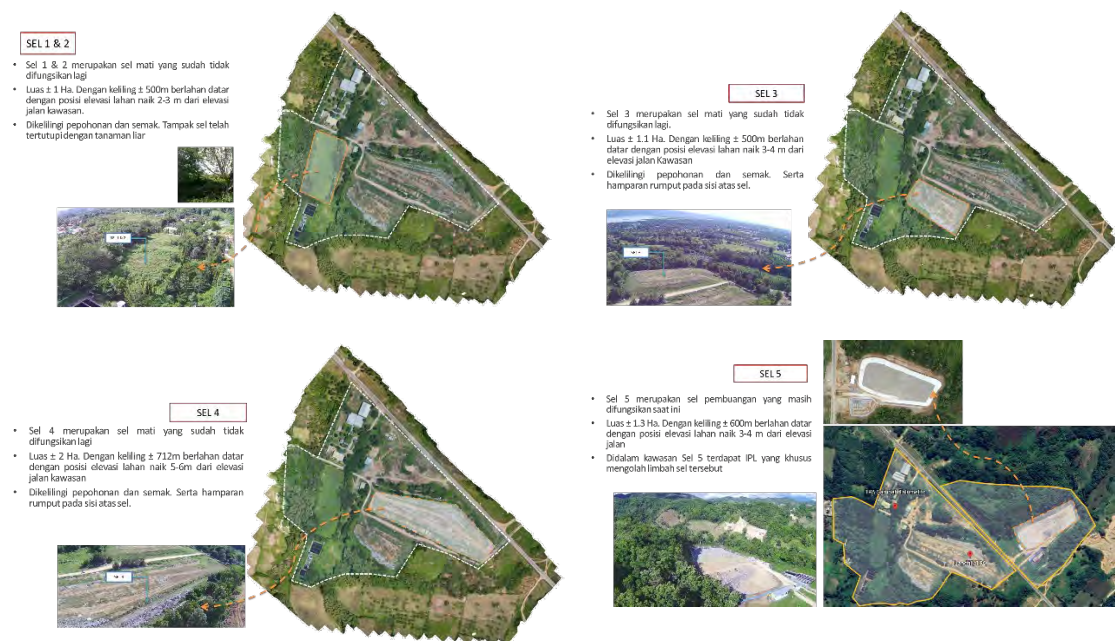


図 54 最終処分場（TPA Talmelito）の概要図

最終処分場へ運搬される廃棄物量は一日当たり約 100t であり、3 年間使用可能な設計の埋め立てエリアが使用開始 1 年に満たず一杯になっている状況とのことである。2022 年 8 月に訪問した際には、セル 5 の 8 割程度が埋まっている状態だったものの、2023 年 1 月訪問時には、溝が埋まりほぼ満杯の状態となっていた。2024 年 12 月訪問時には、更に高く積まれており浸出水が直接漏れているような様子も見られ、喫緊の対策が必要な状況となっている。



図 55 最終処分場の様子

もう一つの大きな課題としては、2021 年 11 月以降使用停止されている埋め立て処分場 4 か所からの浸出水である。ゴロンタロ州公共事業局へのヒアリングによると、嫌気槽の深さが十分でなく嫌気性条件が満たされていないことや、曝気槽のエアレーションが故障もしくは電気の供給が不安定であることなどの課題が山積しており、処理が不十

分なまま、河川に放流される。また、降雨時にも未処理のまま溢れて河川に流出し、周辺の生態系の破壊や家畜の死亡などの被害が出ている。一日に発生する浸出水の量は52m³である。



図 56 最終処分場浸出水処理設備概要図

5.2. フェーズ1事業までの検討結果

2022年11月10日に、(株)愛研化工機がゴロンタロ州公共事業局から支援要請を受け、初めて最終処分場を訪問し、浸出水の水質・処理槽の構造等を確認した。その結果、同社技術を用いて適正な処理が可能と判断し、2023年1月20日再訪し、最終処分場へ導入可能なシステムについて提案を実施した。

同社の提案する膜分離活性汚泥法（MBRシステム）については、膜を設置し、1/2,500ミリの濾過を実施する技術である。水銀などが含まれている排水の処理は不可能であるため、埋立処分場において、水銀を含む電灯や電池などの廃棄物の分別が求められる。そこで、上述のシステムの適合可能性を検討し、設備設計を実施するため、浸出水の分析データを確認した。

水質検査は以下5か所で年に2～3回実施し、採水してから24時間以内にマナドまでサンプルを送付して分析を依頼しているとのことである（先述のPT. Royal Coconutsと同じ分析機関を利用）。BOD、COD、TSS濃度全ての基準値を超過する分析結果となっている。



図 57 (株)愛研化工機、ゴロンタロ州公共事業局との意見交換（2023年1月）

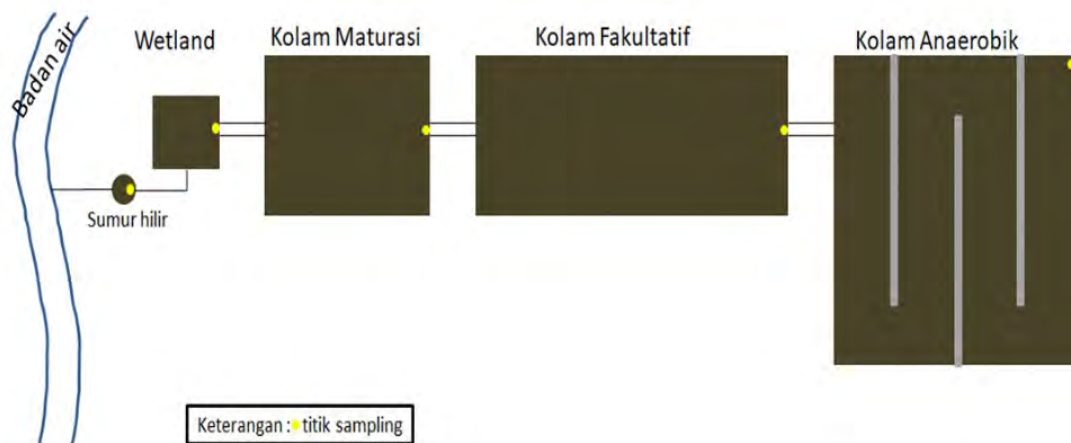


図 58 水質検査における採水場所

浸出水の水質基準は、環境林業大臣令第 59 号 2016 年「最終廃棄物処理場の事業および/または活動の浸出水基準について」³⁶において定められており、以下 7 項目の検査を年間 3 回実施する必要がある。

上述の環境規制と併せて、ゴロンタロ州公共事業局より浸出水の計量証明書を収集し、その値を設計条件として採用することとした。水銀やカドミウム等については、定期的に分析を実施しているものの、基準値を超える値はほとんど検出されていないことから、これらの除去については考慮せず、設計を実施することとなった。

表 16 浸出水の水質基準値

Parameter	Kadar Paling Tinggi	
	Nilai	Satuan
pH	6-9	-
BOD	150	mg/L
COD	300	mg/L
TSS	100	mg/L
N Total	60	mg/L
Merkuri	0,005	mg/L
Kadmium	0,1	mg/L

同社の提案システムフロー図について以下に示す。

³⁶ <https://peraturan.bpk.go.id/Details/168713/permen-lhk-no-59-tahun-2016#:~:text=Peraturan%20Menteri%20Lingkungan%20Hidup%20Dan%20Kehutanan%20Nomor%2059,Sampah%20T.E.U.%20Indonesia%2C%20Kementerian%20Lingkungan%20Hidup%20dan%20Kehutanan>

非公開

図 59 膜分離活性汚泥法（MBR システム）（(株)愛研化工機提供）

5.3. 導入効果の算定

導入効果

現在の浸出水濃度（2023 年 5 月 18 日採水）と、ゴロンタロ州公共事業局より取得した浸出水の計量証明書の数値から算出した、愛研化工機の排水処理設備導入後の濃度は以下のとおりである。なお、流入水濃度より放流水濃度が高い測定結果となっているが、愛研化工機によると、現在の設備ではこのような結果が起こりうるということで、そのような場合を踏まえた設備の提案としているとのことであった。

表 17 愛研化工機排水処理設備による導入効果試算結果

項目	現在の流入水濃度	現在の放流水濃度	設備導入後の濃度	単位
pH	7.32	8.09	6-9	-
BOD	155	886	10	mg/L
COD	259	1,450	50	mg/L
TSS	54	80	5	mg/L
N Total	280	355	40	mg/L
Hg	0.00046	0.00030	0.0037	mg/L
Cd	0.0007	0.0005	0.0005	mg/L

CO2 削減効果

上述の技術は、CO2 排出削減には繋がらないものの、設備導入に係る電力は太陽光発電で賄う等、ゼロエミッションな装置としてパッケージでの導入を検討する予定である。加えて、CO2 削減に係る設備については、JCM 設備補助事業の活用を視野に検討

を進める考えである。

さて、排水処理設備の導入による低炭素効果は、従来であれば、有機物を多く含んだ最終処分場浸出水が河川等に放出され、自然分解により発生していた温室効果ガスの削減である。一方、最終処分場浸出液の処理に伴う CH₄ 及び N₂O 排出に関する我が国の研究事例はなく、我が国独自の排出量算定方法を設定するには至っていないことから、2006 年 IPCC ガイドラインに基づき、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルトの排出係数及び算定方法を用いて CH₄ 及び N₂O 排出量を算定する。この削減量算定方法は、環境省がとりまとめた温室効果ガス排出・吸収量算定方法のうち、「5.D.2.- 産業排水（最終処分場浸出液の処理）」³⁷が参考になる。当該方法論では、2006 年 IPCC ガイドライン「Chapter6 Wastewater treatment and discharge」を参照しており、最終処分場浸出液の自然界における分解に伴うメタン排出量は、以下の計算式で算出できる。

$$E = EF \times A$$

- E : 最終処分場浸出液の処理に伴う CH₄ or N₂O 排出量 [kg-CH₄] or [kg-N₂O]
 EF : 最終処分場浸出液の処理に伴う CH₄ or N₂O 排出係数
[kg-CH₄/kg-BOD] or [kg-N₂O/kg-N]
 A : 最終処分場浸出液中の有機物量・窒素量 [kg-BOD] or [kg-N]

メタン変換係数として同ガイドライン Table 6.3 の「Treated system」の「Anaerobic reactor」のデフォルト値である 0.8 を用いると、CH₄ 排出係数は 0.48 [kg-CH₄/kg-BOD] と算定される。

また、最終処分場浸出水中の有機物量・窒素量（A）は、「平成 21 年度 廃棄物分野の温室効果ガス排出係数正確化に関する調査（環境省循環型社会推進室）」に基づき、最終処分された有機性廃棄物中の有機分及び窒素分が浸出液中に移行する量の割合（F）に、各年度の有機性一般廃棄物及び産業廃棄物の最終処分量（W）及び最終処分場浸出液が生物処理される割合（T：同出典より 87.6%と設定）を乗じて算定する。なお、本算定式は、算定対象年度に最終処分された有機性廃棄物から将来的に排出される BOD 及び TN 量を算定対象年度に一括して計算する方法であり、浸出液処理施設において実際に処理される BOD 及び TN 量とは異なる点に留意が必要である。

$$A = F \times W \times T$$

- F : 最終処分された有機性廃棄物中の有機分及び窒素分が浸出液中に移行する量の割合
[kg-BOD/t] or [kg-N/t]
 W : 有機性廃棄物の直接最終処分及び処理後最終処分量 [t（排出ベース）/年]
 T : 最終処分場浸出液が生物処理される割合 [-]

³⁷ 環境省「5.D.2.- 産業排水（最終処分場浸出液の処理）」

https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg-mrv/methodology/methodology_5D2_2_2019.pdf

現在使用されている最終処分場の埋立地には、日量約 100 t の廃棄物が搬入されている。今回対象とする最終処分場浸出水については、現在使用されていない埋立地も含むが、同量の約 100 t、そのうちの有機性廃棄物量をゴロンタロ州の廃棄物組成データから 65%と仮定すると、一日当たりの有機性廃棄物の直接最終処分量は 65 t となり、年間 23,725 t となる。この数値を適用すると、活動量 A は CH₄ については 3,907 kg-BOD、N₂O については 5,278 kg-N となる。この値を上述の排出量算定式に引用すると、CH₄ 排出削減量は 1,875 kg-CH₄/年となり、N₂O 排出削減量は 41 kg- N₂O /年となる。CO₂ 排出削減量に換算すると（CH₄ の温暖化係数：25、N₂O の温暖化係数：298）³⁸、年間合計 59,093 t-CO₂/年が削減可能と試算され、これがリファレンス排出量にあたる。

プロジェクト排出量については、既存設備に代わる設備導入となるため、既存設備の消費電力量のデータが必要となるが、詳細なデータがまだ得られていない。また、(株)愛研化工機の設備稼働電力量についても検討中であるため、ここでは導入予定の MBR システムについて、日本下水道事業団が過去実施した一般評価試験の結果³⁹を用いて算出を試みた。MBR システムの消費電力量は 0.46 kWh/m³ であることから、処理水量 52 m³ の場合、消費電力量は 23.92 kWh/日となり、年間 8,730 kWh となる。インドネシアにおける電力グリッド排出係数 0.533 t-CO₂/MWh をかけると 4.6 t-CO₂/年となる。

すなわち、プロジェクト総排出削減量は、

新規排水処理設備の消費電力量 4 t-CO₂/年－大気放散によるメタン抑制効果分の
59,093 t-CO₂/年＝－59,089 t-CO₂/年

であり、法定耐用年数 12 年（「上水道又は下水道業用設備」）を適用すると、償却期間排出削減量として 709,068 t-CO₂が見込まれる。

³⁸ 環境省（平成 29 年 3 月）「温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン Ver. 1.0」

https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/data/guideline.pdf

³⁹ <https://www.mlit.go.jp/common/000146907.pdf>

5.4. 予算措置に向けた準備状況

フェーズ1事業における2024年1月のゴロンタロ州公共事業局との協議の結果、予算を毎年申請し、設備を段階的に導入する計画にて合意形成を行った。そこで本年度においては、フェーズ1事業にて策定した計画に則り、州政府予算獲得に向けた検討を実施した。フェーズ1事業にて合意した導入計画を下図に示した。



図 60 ゴロンタロ州最終処分場への MBR システム導入計画

現在の最終処分場の浸出水処理に関する最大の課題は、降雨の際に既存の貯留池からオーバーフローし、浸出水が未処理のまま河川に流入することにより、周辺の生態系や井戸水への悪影響が見られていることであった。そのため、提案システムのうち、まずは貯留池のオーバーフローが発生しないよう制御弁を導入する対策を少額で実施する計画を策定していた。ゴロンタロ州政府によると、毎年6月が翌年の予算申請及び予算見直しのタイミングであるとのことであり、まずはそのタイミングを見据えた予算措置を検討していた。

2024年6月渡航時に再度補正予算申請スケジュールについて確認したところ、まだ予算申請が済んでいなかったものの、喫緊の対策が必要な事項であることから、公共事業局の補正予算による予算確保について準備を実施した。設備全体のTOR、見積書、オーバーフロー対策の見積書の作成依頼があり、書類提出〆切であった8月頭に提出したものの、ゴロンタロ州全体の予算収支が悪く、優先順位を検討した結果予算確保ができなかった。ゴロンタロ州へのヒアリングを踏まえた地方政府予算申請スケジュールを下図に示す。

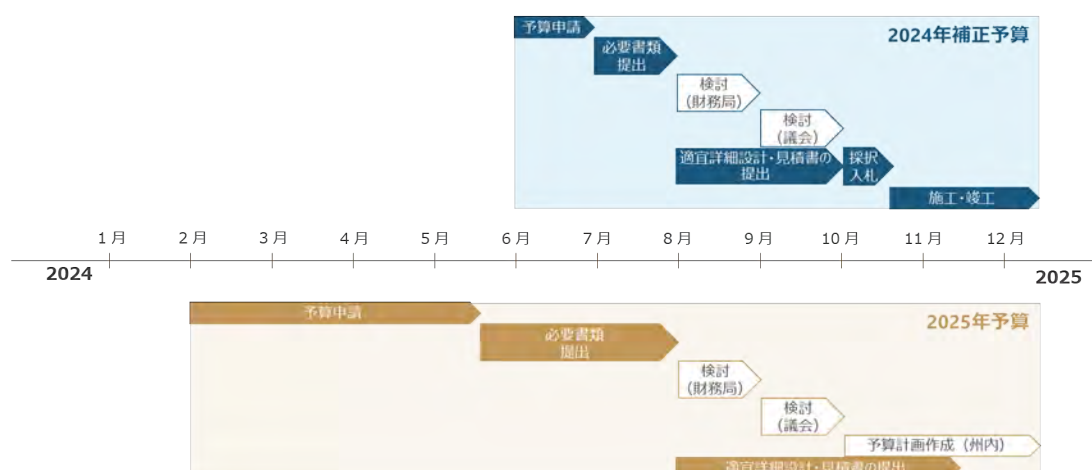


図 61 インドネシア地方政府予算申請スケジュール

2024年9月渡航時に、これまでの検討経緯を地方長官（ゴロンタロ州事務方トップ）及び公共事業局長に直談判し、再度ゴロンタロ州政府予算活用可能性について検討を依頼したところ、公共事業省下部組織である BPPW 予算活用可能性について地方長官より提案があった。そこで、ゴロンタロ州 BPPW 事務局と協議を実施したところ、BPPW 予算にて最終処分場浸出水対策として、浸出水処理槽を拡張する計画を有することが明らかとなったため、ゴロンタロ州地方長官、公共事業局長、BPPW 局長、愛媛県の協議の場を設定し、処理槽の拡大では一過性の対策に過ぎないこと、改めて愛研化工機による提案システムの技術、MBR システムと上述のオーバーフロー対策により喫緊の課題対策と浸出水の適性処理が共に実現することを説明し、関係者の理解が得られた。2024年10月には、ゴロンタロ州公共事業局から BPPW の予算を愛研化工機の設備に活用するとの連絡があり、再び設計図、全体の見積書、オーバーフロー対策の見積書の提出依頼があったため、11月に再度書類の提出を実施した。

しかし、2024年12月渡航時に、予算申請の手続きミスがあり BPPW の予算確保ができていなかったことが発覚したため、愛媛県、愛研化工機とともに、ゴロンタロ州知事代理へ直談判した。知事代理は事態を深刻に受け止め、本件に関するタスクフォースチームを横断的に作ること、ゴロンタロ州政府として予算確保に全力を尽くすことを約束し、知事代理から中央政府公共事業省予算申請について提案があった。そのため、再度愛研化工機による現地 EPC と連携したコストダウンの検討、詳細見積の作成を実施し、2025年1月に下図のとおり公共事業省へのレターを提出したところである。



非公開

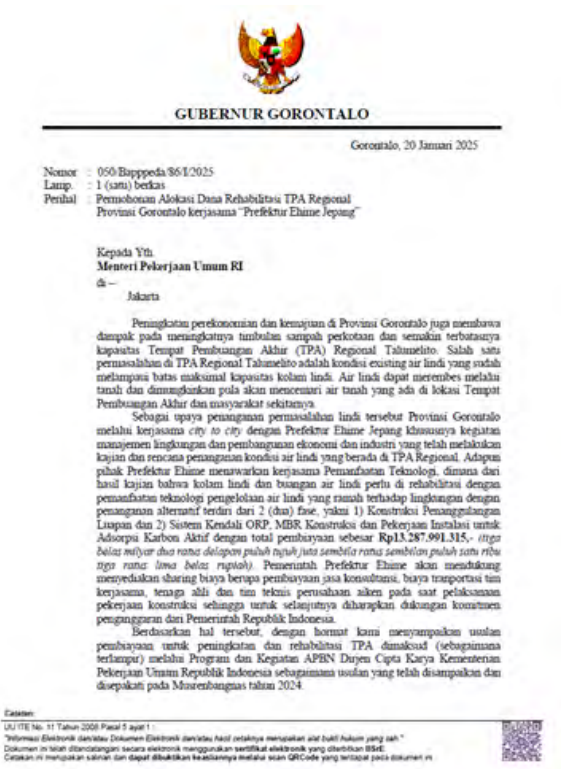


図 62 設計図、フロー図と公共事業省向けレター表紙（2025 年 1 月）

公共事業省の予算が得られた場合、工事に係る事業者選定は入札を経ることとなる。そのため、入札プロセス、入札に係る必要書類について、12 月渡航時にゴロンタロ州財務局、調達局に確認した。入札のプロセスを下図に示す。



図 63 調達局、財務局との協議（2024 年 12 月）

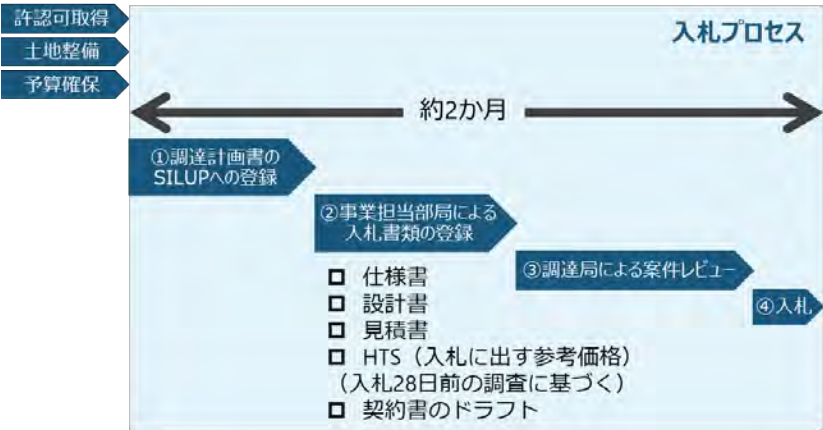


図 64 入札プロセス

入札プロセスには、許認可取得、土地整備、予算確保が必要である。今回最終処分場浸出水処理設備の導入については、敷地内の工事であり、既に最終処分場として環境影響評価（AMDAL）の取得、土地整備も済んでいることから、予算確保次第、入札書類準備のうえ、入札プロセスに入ることが可能である。

調達計画書の提出から入札による事業者選定まで約2か月かかる。今回の事業担当部局は公共事業局となり、入札書類は公共事業局が準備をする。

これまでの検討経緯を下図に示す。

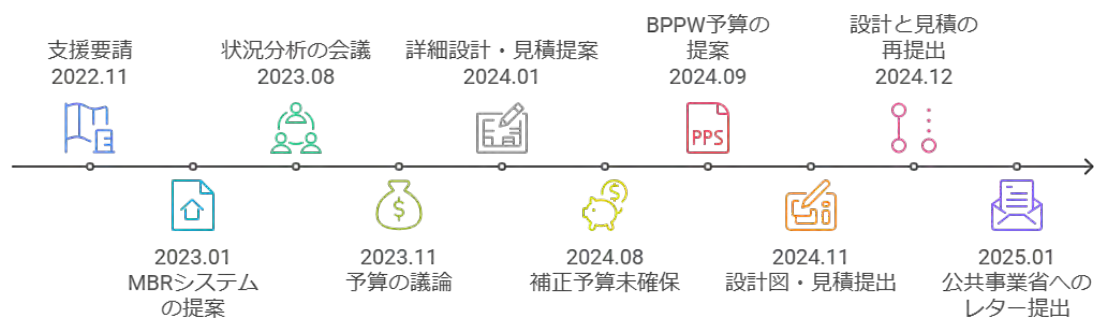


図 65 最終処分場浸出水処理設備導入に係る検討経緯

6. 環境省主催の都市間連携セミナーへの参加

2025 年 1 月 23 日および 24 日に大阪にて開催された都市間連携セミナーへ、ゴロンタロ州地域開発計画局局長である Wahyudin 氏およびゴロンタロ州環境局課長 Nasrudin 氏が参加した。また、セミナー参加前の 21 日および 22 日には愛媛県を訪問し、県内企業の視察および愛媛県環境・ゼロカーボン推進課との意見交換を実施した。

愛媛県においては、(株)愛研化工機、(株)ダイキアクシス、三浦工業株式会社を訪問し、各社技術を紹介し、現在進んでいるプロジェクトの促進について依頼した。



図 66 愛研化工機、ダイキアクシス、三浦工業の訪問（2025 年 1 月 21 日）

また、愛媛県環境・ゼロカーボン推進課との意見交換については、愛媛県が実施するもう 1 件の都市間連携事業パートナー都市である、ベトナムベンチェ省の関係者と合同で実施した。まず愛媛県から 2024 年 1 月に改定した「愛媛県地球温暖化対策実行計画」の内容および県のカーボンニュートラル社会実現に向けた取組みについて紹介をした。その後、ゴロンタロ州参加者からは、同州のカーボンニュートラルに向けた現状、課題について紹介があり、愛媛県の立地企業への脱炭素・低炭素化の取り組みの働きかけや、計画から施策策定のプロセス等について、目標実現のための具体的な施策の反映及び実行に向けて参考としたい旨のコメントがあった。こうした現地からの期待を踏まえ、愛

媛県の役割として、県内企業及び愛媛大学と共にゴロンタロ州の課題を把握し、脱炭素社会の実現を図る都市計画の作成支援、それに係る施策の策定・実行支援、実現のための技術普及検討及び人材育成を引き続き検討していく。

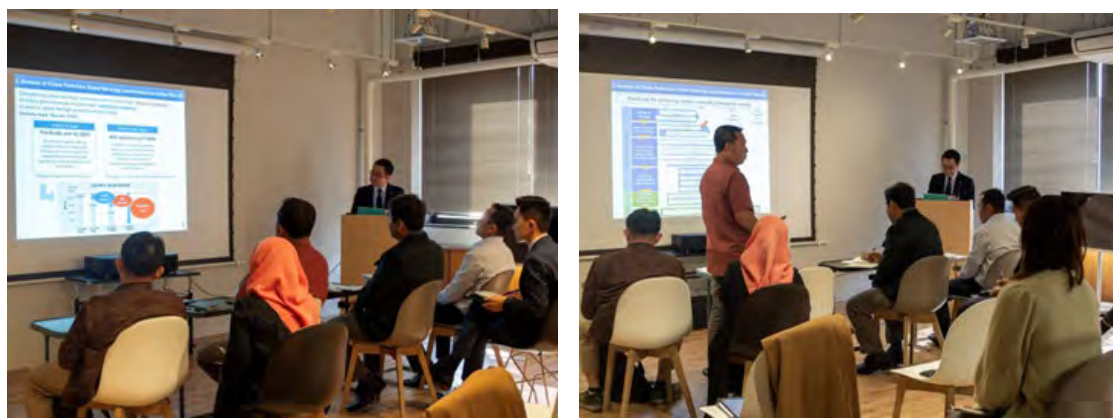


図 67 愛媛県環境・ゼロカーボン推進課との意見交換（2025 年 1 月 22 日）

その後 23 日に開催された、環境省主催の都市間連携セミナーにも参加した。ゴロンタロ州の 2 名の参加者からは、都市間連携事業の内容、他都市の取り組み等についての理解促進に繋がったとのコメントがあった。また、インドネシア国内の他都市参加者とも交流を深めており、本事業を契機とした横断的な取り組みに繋がるよう働きかけていく。



図 68 都市間連携セミナーにおけるワークショップの様子（2025 年 1 月 23 日）

7. まとめ

フェーズ2事業の初年度にあたる本年度は、愛媛県とゴロンタロ州の強固な関係のもと、引き続きの連携を見据えつつ、事業化に向けた詳細検討、今後の事業化に向けた課題について、現地政府や関係者と認識の共有をすることができた。一方、州政府予算、中央政府予算獲得に向けた作業、手続き等については、正確な情報や現状把握が難しい場面が多く見られた。対策として、これまで地域開発計画局のみをゴロンタロ州政府の窓口としたやり取りを実施していたところ、プロジェクトごとに関係者全員に連絡をし、情報共有を実施するような体制で実施している。

本年度は、JCM 設備補助事業等他予算への接続を含め、事業化に向けた課題に直面した一方、愛媛県、県内企業、ゴロンタロ州政府等の関係者間での協議を重ね、こうした課題や対策について認識を共有することができた。次年度以降は、本年度特定した課題を踏まえ、事業化に向け、より詳細な設備導入計画を検討する方針とする。

以下に、成果のまとめを示す。

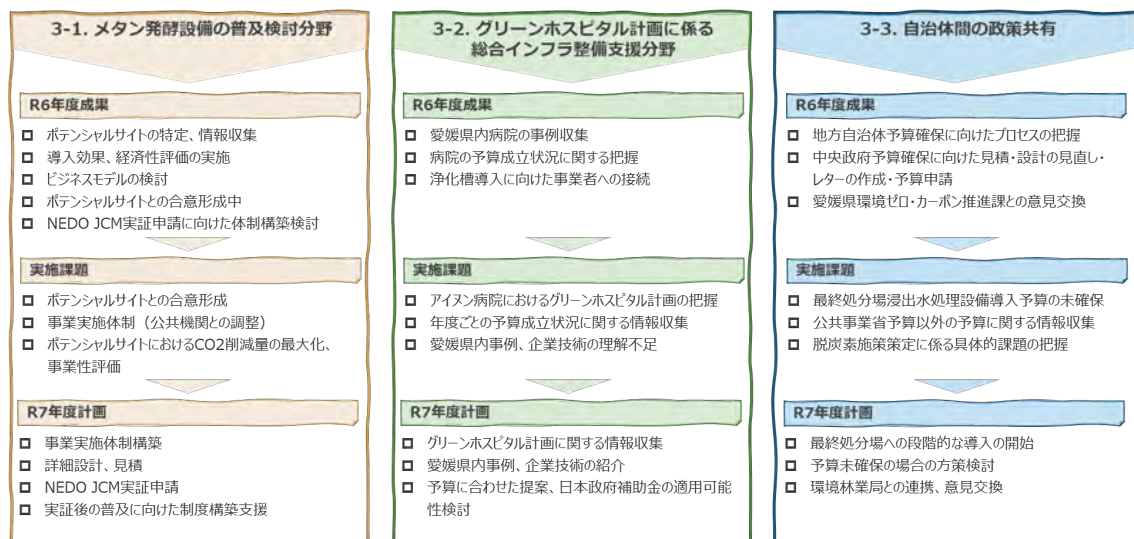


図 69 本年度事業成果、実施課題、次年度計画

補足資料

- 補足資料 1 愛媛県とゴロンタロ州の都市間連携事業に係る MOU（非公開）
- 補足資料 2 脱炭素社会実現に向けたゴロンタロ州と愛媛県の協力アクションプラン案
（インドネシア語版）（非公開）
- 補足資料 3 環境価値認証制度について
- 補足資料 4 環境省中間報告資料（非公開）
- 補足資料 5 環境省最終報告資料（非公開）

補足資料 3

（補足）環境価値認証制度について

「3.2.1(2) ビジネスモデルの検討」にて述べた、メタン発酵設備で発生したメタンの環境価値を切り売りするビジネスモデルについて、今後取得を検討する認証制度に関する調査結果を以下に補足する。

① 各種認証制度の整理

下表に各スキームの基礎情報を整理する。今回のバイオガス販売モデルでは、Book and Claim 方式での認定が必要であるため、当該方式を認めている RSB が適していると考えられる。よって、以下では RSB について詳細に調査し、工場排水をメタン発酵施設にて処理して発生するバイオガスについて、RSB の取得可能性について整理する。

表 RSB および ISCC の基本情報

		RSB Roundtable on Sustainable Biomaterials	ISCC International Sustainability and Carbon Certification
● 基本情報		- WWF 及びバイオ燃料/原料生産者のパートナーシップが 2007 年に設立 - 本部はスイス 2011 年に持続可能性 - 基準策定、2013 年に対象を全てのバイオマテリアルに拡大 - EU RED における持続可能性基準の運用に際し適用可能と認められた認証スキーム	100 以上の団体がメンバーとなり管理する認証スキーム - 本部はドイツ - EU RED における持続可能性基準の運用に際し適用可能と認められた認証スキーム
認証の対象	種類	全てのバイオマス	全てのバイオマス
	地域	全世界	全世界
Book and Claim 方式承認可否		認める (Scope1,2,3 の GHG 排出量削減に証書を使用可能)	認めない

【参考】サプライチェーン認証の区分

- Identity Preserved (IP)

完全分離方式。認証された単独の農園から最終製品製造者に至るまで完全に他の製品と分別管理される。認証製品を生産した農園を特定することが可能。

- Segregation (SG)

分離方式。認証製品と非認証製品が分別管理される。異なる生産地由来の認証製品は混合しうる。

- Controlled Blending Model (Content Ratio Accounting)

認証製品と非認証製品が混合しうるが、最終生産物における混合割合が特定される方式。

- Mass Balance (MB)

管理混合方式。認証製品と非認証製品が混合しうるが、取引量が監視されサプライチェーンにおける認証製品の数量は保証される。

- Book & Claim (B&C)

台帳方式。認証製品のクレジットが生産者と最終製品製造者・販売者との間でオンラインで取引される。実際に流通する製品は非認証製品の可能性があるが、クレジットを購入することで認証生産者を支援可能。

(引用：「バイオマス発電に用いる燃料の 持続可能性及び GHG 排出量基準 に関する調査」(平成 31 年度、三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング)、RSB 文書 RSB Procedure for Traceability of RSB Certified Material (RSB Chain of Custody Procedure))

② RSB 認証取得手順

RSB 認証取得までの手順は、RSG ウェブサイト ⁴⁰に記載がある。また、詳細な手順については、公式文書「A GUIDE TO RSB CERTIFICATION」⁴¹に整理されている。これらを参照し、以下に申請手順を整理する。



⁴⁰ <https://rsb.org/certification/get-certified/>

⁴¹ https://rsb.org/wp-content/uploads/2020/06/RSB-Certification-Guide-2020-update_compressed.pdf



図 RSB 認証取得手順
(引用：RSB ウェブサイト⁴¹より抜粋)

(ア) RSB 認証スキームの選択

RSB (Roundtable on Sustainable Biomaterials | 持続可能なバイオマテリアルに関する円卓会議規格) は、バイオマス、廃棄物、残渣から作られる持続可能な燃料や材料に関する規格である。認証対象別に9つのスキームがあり、認証取得においてはまずどの認証スキームを申請するかを選択する。本件において取得が必要な認証は、RSB Global Fuels Certification である。

表 RSB の9つのスキーム

RSB Global Fuels Certification	一般的なバイオマス燃料
RSB Global Advanced Products Certification	非エネルギー製品向けの認証
RSB EU RED Fuel Certification	EU RED 適合燃料
RSB CORSIA Certification	CORSIA 適合燃料
RSB Japan FIT (Biomass) Certification	日本の FIT 制度に対応したバイオマス発電燃料
RSB Book & Claim Trader Certification	Book&Claim 方式で航空燃料を登録したい事業者が取得する認証（船舶燃料も準備中）
RSB Certification for Smallholder Groups	小規模農家グループ向け認証
RSB Non-GMO Cultivation	遺伝子組み換え生物不使用の証明
RSB Low ILUC Risk Biomass Module	間接的土地利用のリスクが低いことに対して任意で取得する認証

(イ) オンライン申請

申請する認証スキームが決まったら、RSB ウェブサイト上の申請フォーム⁴²にて、申請する旨を届け出る。申請フォームは、自由記入/選択式となっており、一般的な内容（申請事業者の基本情報、申請スキームの種類、オペレーター種別、原料と最終製品の種別、製造量、製造場所、参加合意書への合意の意思）を入力する。

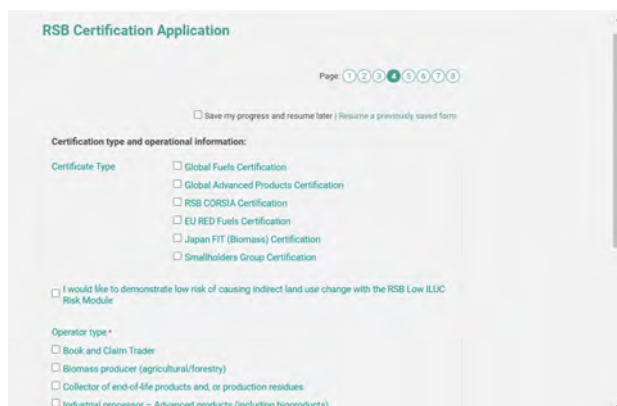


図 申請フォーム（例：認証スキーム種別の選択画面）

また、申請フォームの1ページ目⁴²（各手順は下記枠内に記載）によると、オンライン申請後に受信するメールによって申請が確定し、審査に必要な書類のリストが送付される。また、オンライン申請後7日以内に申請料500USDの申請がある。これは監査費用とは別途必要な費用である。その後、RSBのウェブサイトには申請情報（事業所の名称と所在地、原料の種類、最終製品、申請する認証スキームの種類）が公表され、利害関係者協議のプロセスとしてパブリックコメントの募集が2週間行われる。

【申請手順】

- ① 認証スキームの選択
- ② オンライン申込み
- ③ 申請料（500USD）の支払い（申請後7日以内に請求される）
- ④ パブリックコメント期間（2週間）
- ⑤ RSB 認定認証機関への審査の申込み
- ⑥ 審査の準備
- ⑦ 認証の取得

(ウ) 認証機関の選択と審査依頼

RSB 認証は、第三者認証スキームを採用しており、認証機関が認証書を発行する。

⁴² <https://rsb.org/certification/apply-for-certification/>

RSB の認証機関は、2025 年 2 月現在、SCS Global Service (アメリカ合衆国)、SGS Tecnos (スペイン) の 2 つである。申請事業者は、認証機関に直接問い合わせ、必要に応じて各社から見積りをとるなどして機関を選定した後、審査を依頼する。

(エ) 審査に向けた準備

審査に向けた準備については、先述の公式文書「A GUIDE TO RSB CERTIFICATION」⁴¹に概要が、「RSB Certification: Preparing for an RSB」⁴³に詳細が整理されている。

審査に向けては、下記①～⑦の事前作業が必要である。RSB 認証の認証区分によって、必要事項は異なり、認証区分と各作業の要否を下表に整理した。

【審査に向けた事前作業】

- | | |
|------------------------|---|
| ① Risk Assessment の実施 | ⑤ Environmental and Social Management Plan (ESMP) の策定 |
| ② Self -evaluation の実施 | ⑥ Chain of Custody Procedure |
| ③ Screening Tool の記入 | ⑦ Claim Procedure |
| ④ GHG 排出量の計算 | |

⁴³ <https://rsb.org/wp-content/uploads/2023/08/23-08-16-Preparing-for-an-RSB-Audit.pdf>

表 RSB による認証区分と審査に向けた作業の要否

認証区分	概要	本件における認証対象	審査に向けた作業						
			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
Biomass Producer	農作物や木質材料の生産を含む特定の活動に対して認証を申請する組織	—	○	○	○	○	○	○	○
Points of Origin	使用済み製品、生産残渣、その他の廃棄物の発生源	ココナッツ加工工場／製糖工場		○				○	
First Collectors	“Points of Origin” から最終製品、副産物または生産残渣を受け入れる事業者	ガス会社	○	○		○		○	○
Industrial Operators	原料加工および／または中間製品・燃料等の製造を含む特定の活動に対して認証を申請する組織		○	○	○	○	○	○	○
Mechanical Operator	機械的または物理的な加工のみを行う Industrial Operator のサブグループ		○	○		○		○	○
Trader	原料または製品の売買を含む特定の活動に対して認証を申請する組織	商社	○	○		○		○	○

引用：CORSIA 適格燃料登録・認証ガイド（国土交通省、2024 年）、RSB 文書（RSB Cetification: Preparing for an RSB Audit）より
日本エヌ・ユー・エス株式会社作

① Risk assessment の実施

RSB Risk Assessment tool を使用し、リスク評価を実施する。本ツールは、すべての申請者に対して使用が求められている。Excel を用いたツールであり、事業におけるリスクを特定しマネジメントに活用する他、このツールにより導出されたリスクレベルにより、認証の有効期限が決定する。

② Self-evaluation の実施

RSB の基準を遵守できているかどうかのセルフチェックを行う。本作業については RSB 公式のツールはないが、認証機関から提供されるチェックリストにより実施することが推奨されている。基準を確認することで、認証取得に向けた改善点を特定することができる。

③ Screening Tool の記入

RSB が提供するツールにより、RSB の原則と基準の順守に向けた実施事項を特定する。この作業により、RSB の求める基準と現状のオペレーションのギャップを明らかにし、より厳格な監視が必要な取り組みや、認証取得に向けてどのような調査や評価が必要かが分かる。ツールは、Excel をベースに作成されており、RSB のウェブサイト⁴⁴からダウンロード可能である。Biomass Producer と Industrial Operator (Mechanical operator を除く) に対応しており、それ以外の認証区分には対応していない。

④ GHG 排出量の計算

GHG 排出量の計算は、すべての事業者に要求される。RSB が開発した GHG Calculation Tool を無料で使用できるが、他の方法論の使用も認められている。

⑤ Environmental & Social Management Plan (ESMP) の策定

Environmental & Social Management Plan (ESMP) とは、RSB 認証の重要な構成要素であり、ベースライン調査や影響評価、緩和策、管理、モニタリング、評価計画をまとめた中心的な文書である。すべての Biomass producer と Industrial Operator は ESMP を策定する必要がある。フォーマットは自由であるが、RSB 文書 (RSB Impact Assessment Guideline⁴⁵) でもひな形が提供されている。

⑥ Chain of Custody の開発

Chain of Custody の開発は、すべての事業者に要求される。Chain of Custody とは、製品の製造から使用までに関連する情報が、サプライチェーンの各段階を通過する際に伝達、監視、管理されるプロセスであり、サプライチェーン全体にわたって製品のトレーサビリティを確保することである。RSB では、上述のとおり下記の Chain of Custody が認められている。:

1. Identity Preserved
2. Product Segregation
3. Mass Balance

⁴⁴ <https://rsb.org/wp-content/uploads/2020/06/21-08-18-RSB-Screening-Tool- v3.0.xlsx>

⁴⁵ <https://rsb.org/wp-content/uploads/2020/06/RSB-GUI-01-002-01-RSB-Impact Assesment 3.0.pdf>

4. Content Ratio Accounting

5. Book & Claim

6. Attribution (RSB Global Advanced Products Certification のみ)

⑦ RSB Claim の開発

RSB 認証の取得後、RSB 認証取得製品を販売する際、RSB 文書（RSB Communications & Claims Procedure⁴⁶）のルールに従い、すべての事業者が RSB Claim を開発する必要がある。当該文書は、一般的な要求事項、製品ラベルや商標の使用ルール等が定められている。

⁴⁶ https://rsb.org/wp-content/uploads/2024/06/RSB-PRO-50-001-Procedure-for-Claims_-3.6.pdf