

平成29年度
低炭素社会実現のための
都市間連携事業委託業務

エーヤワディ及びザガイン管区連携での低炭素型廃棄物処理システム及びマイクロ・グリッド・システムの導入可能性及び推進方策検討調査

報告書

平成30年3月

株式会社三菱総合研究所
株式会社フジタ

目次

単位・略称の一覧	i
図の一覧	iii
表の一覧	iv
エグゼクティブ・サマリー（日本語・英語）	1
1. 目的・実施体制等	10
1.1 目的	10
1.2 調査項目	10
1.3 調査体制	11
1.4 都市間連携の背景と取組の概要	12
2. 地域概況及び現地ニーズ	18
2.1 地域概況、現地の法制度及び許認可等の把握	18
2.1.1 対象地域の社会経済状況	18
2.1.2 対象地域における電力セクター状況	22
2.2 現地ニーズの把握	27
3. JCM 案件化と実現可能性検討	30
3.1 JCM 事業化検討	30
3.1.1 事業概要	30
3.1.2 事業実施場所	30
3.1.3 事業における導入技術	31
3.2 GHG の削減量の検討	35
3.3 事業提案、政策提案の検討	39
3.3.1 事業化スキーム	39
3.3.2 環境影響、社会影響の検討	41
3.3.3 事業効果（温室効果ガス削減以外）	43
3.4 計画策定、能力開発の支援	44
4. 今後の展開に向けて	50

添付資料

添付資料Ⅰ：検討結果概要

添付資料Ⅱ：ワークショップ・現地調査等の実施概要

添付資料Ⅲ：ワークショップ・現地調査等における発表資料

添付資料Ⅳ：参考資料

添付資料Ⅴ：JCM 方法論

単位・略称の一覧

本報告書では、以下のとおり単位、及び略称の統一を図る。

本報告書での表記	意味
t	トン
kg	キログラム
MJ	メガジュール
MW	メガワット
kW	キロワット
kWh	キロワットアワー
GWh	ギガワットアワー
TWh	テラワットアワー
MPa	メガパスカル
ha	ヘクタール
km	キロメートル
m ²	平方メートル
m ³	立方メートル
t-CO ₂	二酸化炭素排出量（トン）
kg-CO ₂	二酸化炭素排出量（キログラム）
MMK	ミャンマーチャット（Kyat）
USD	米ドル
JPY	日本円

本報告書での表記	正式名称	意味など
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
BTG	Boiler, Turbine, Generator	蒸気タービン発電（直接混焼発電）
CDM	Clean Development Mechanism	クリーン開発メカニズム
COP	International Conference of the Parties	第 21 回締約国会議
EIA	Environmental Impact Assessment	環境アセスメント（環境影響評価）
EIAP	Environmental Impact Assessment Procedure	環境影響評価手続
EMP	Environmental Management Plan	環境管理計画
EPC	engineering, procurement, construction	設計、調達、建設
EPGE	Electric Power Generation Enterprise	ミャンマー電力発電公社

ESE	Electricity Supply Enterprise	ミャンマー配電事業者（ヤンゴン以外の地域）
FAO	Food and Agriculture Organization	国際連合食糧農業機関
GHG	greenhouse gas	温室効果ガス
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit	ドイツ国際協力公社
IEE	Initial Environment Examination	初期環境審査
IFC	International Finance Corporation	国際金融公社
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
INDC	Intended Nationally Determined Contributions	約束草案
JCM	Joint Crediting Mechanism	二国間クレジット制度
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
LDC	Least Developed Country	後発開発途上国
MALI	Ministry of Agriculture, Livestock and Irrigation	ミャンマー農業畜産灌漑省
MESC	Mandalay Electricity Supply Corporation	マンダレー配電公社
MAPCO	Myanmar Agribusiness Public Corporation	ミャンマーにおける農業関連事業会社
MIC	Myanmar Investment Commission	ミャンマー投資委員会
MIMU	Myanmar Information Management Unit	ミャンマー現地情報管理ユニット
MRF	Myanmar Rice Federation	ミャンマー・イネ・コメ取引協会
MRV	Measurement, Reporting and Verification	（温室効果ガス排出量の）測定、報告及び検証
PV	Photovoltaics	太陽光発電
SIDS	Small Island Developing States	小島しょ開発途上国
SPC	Special Purpose Company	特別目的会社
YESC	Yangon Electricity Supply Corporation	ヤンゴン配電公社
UMFCCI	The Republic of the Union of Myanmar Federation of Chambers of Commerce and Industry	ミャンマー商工会議所連盟

図の一覧

図 1-1	調査体制.....	12
図 1-2	管区首相を交えての現地ワークショップ（2017年9月）.....	16
図 1-3	ミャンマー連邦共和国農畜産灌漑大臣への表敬（2018年2月）.....	16
図 1-4	現地ワークショップ（2018年2月）.....	16
図 1-5	検討全体図.....	17
図 2-1	ザガイン管区 人口ピラミッド.....	18
図 2-2	ザガイン管区、シュエボー県地図.....	19
図 2-3	2030年に向けたセクター別エネルギー需要（中位シナリオ、mtoe）.....	22
図 2-4	エネルギーキャリア別最終エネルギー消費量（中位シナリオ、mtoe）..	23
図 2-5	2030年に向けた電源構成の見通し（GW）.....	23
図 2-6	ミャンマーの電力供給に関連するアクター.....	26
図 2-7	現地での籾殻廃棄の状況（山積みされている様子）.....	27
図 2-8	現地での籾殻廃棄の状況（空港跡地での野焼きされている様子）.....	28
図 3-1	発電システム（BTG）フロー.....	33
図 3-2	実施体制図（案）.....	40
図 4-1	成果のポイントと今後の方針.....	54
図 4-2	籾殻発電が創造する新たな価値の展開図.....	54

表の一覧

表 1-1	エーヤワディ管区及びザガイン管区の概要.....	15
表 2-1	ザガイン管区 県別人口.....	19
表 2-2	穀物別収穫高.....	20
表 2-3	地域別の米生産量.....	21
表 2-4	ADB 支援によるミニグリッドプロジェクト	25
表 2-5	ミャンマーにおける小売電気料金.....	26
表 3-1	IEA データによるグリッド排出原単位の算定結果 (t-CO ₂ /MWh)	35
表 3-2	排出削減量の算定結果 (籾殻等バイオマス発電事業)	36
表 3-3	事業スキーム.....	39
表 3-4	籾殻発電の仕様.....	39
表 3-5	籾殻発電プラントにおける環境対策.....	42

エグゼクティブ・サマリー（日本語・英語）

エーヤワディ及びザガイン管区連携での低炭素型廃棄物処理システム及びマイクロ・グリッド・システムの導入可能性及び推進方策検討調査 エグゼクティブサマリー

エーヤワディ管区とザガイン管区との都市間連携の下に、低炭素型廃棄物処理システム（籾殻等の発電等）及びマイクロ・グリッド・システムの導入を検討するとともに、能力開発、事業の円滑な実施に資する計画の策定等の地域での廃棄物処理及び地域での地域分散自立型の電力供給のための取り組みを支援した。

1. 検討の経緯

エーヤワディ管区、ザガイン管区と福島市との都市間連携の下に、都市間連携のプラットフォームである「低炭素化推進パートナーシップ」を設置し、関係者間の対話を行った（2005年からエーヤワディ管区で始まり、2007年8月からはザガイン管区も加わった）。具体的には、ザガイン管区モンユワ市及びヤンゴン市でのワークショップでの政策動向に関する意見交換等を通じ、管区の現状やニーズ把握、福島市での取り組み、関連技術（廃棄物処理等）の紹介を行い、廃棄物分野、再生可能エネルギー分野での都市の低炭素化に向けた連携及びJCM展開の可能性に関して検討を行った。

【ミャンマー・ザガイン管区の概要】

ミャンマーの北西部に位置する管区で、米の生産が盛んである。管区の東部にあり、マンダレー（ヤンゴンに次ぐ第2の都市）の北北西に位置するシュエボー地区は、精米所が多数立地し、管区有数の精米所の集積地となっている。米の品質は、エーヤワディ管区より高く、精米所の企業経営も比較的良好であり、精米所の新設、規模拡大、設備更新等の取り組みも期待されている。今後、経済発展が期待される地方都市の一つである。

【福島市の概要】

市、市民、事業者が一体となり、再生可能エネルギーの導入を中心としながら、「地球温暖化防止と環境への負荷の少ない低炭素・循環型社会の構築」「原子力災害からの復興」「地域の活性化」「災害・非常時に強いまちづくりの推進」などに取り組む、将来的には、安全・安心なエネルギーによる地産地消が進んだ、活力あふれる「環境最先端都市 福島」の実現を目指す取り組みを行っている。

2. 課題認識の共有と低炭素化都市形成の実現に向けた課題

「低炭素化推進パートナーシップ」では、これまでの検討を通じ、持続的な低炭素型の活力あふれる先端的な地方都市の形成の重要性、その実現に向けた方向性（道筋）に関して認識を共有しており、その上で、その具体化に向け、管区内の工業団地を対象に、靱殻発電の事業化の可能性を検討した。

また、廃棄物処理、再生可能エネルギーに関する制度構築に関し、福島市での経験を紹介を行うとともに、エーヤワディ管区と福島市の政策対話の取り組み状況（マスタープラン作成、環境教育の取り組み等）を共有し、行政担当者や業界関係者（精米事業）の能力開発を行った。

項目	取り組みのポイント	成果と今後の課題
JCM 案件形成	候補地の検討 基本計画を作成し、関係者に提案。	<ul style="list-style-type: none"> ・事業化に向けた関係者（MRF、MAPCO）との展開方針の共有。 ・靱殻発電の事業化に向けた具体化。
政策対話等	ザガイン管区首相のリーダーシップのものでの管区側の検討体制の構築。 担当エネルギー大臣との関係構築。 現地 WS を通じ、工業団地や精米所の再編の開発における靱殻発電事業の重要性の共通理解を得た。	<ul style="list-style-type: none"> ・管区首相、管区担当大臣のみならず、連邦共和国農畜産灌漑大臣を始めとした政府関係者とも展開方向について認識共有した（精米事業の発展において、再エネによる電力確保の有効なアプローチ、二酸化炭素排出抑制や廃棄物による環境汚染防止も大事な取り組み）。 ・実務担当者への関係構築は今後の課題（JCM の案件化において、信頼構築が不可欠） ・マイクロ・グリッド・システムの導入、周辺地域開発の連携に向けた具体論は更なる政策対話が必要（管区大臣も課題認識を有している）
ビジネス交流&能力開発	現地 WS を通じ、 <ul style="list-style-type: none"> ・現地ビジネス関係者への福島市内等企業の取り組み（廃棄物処理等）を紹介。 ・ミャンマー国内企業と福島市内企業との連携可能性について意見交換 	<ul style="list-style-type: none"> ・低炭素化社会の実現のためには、政策形成とともに、ビジネスセクターでの事業化が重要な役割を担っていることへの理解を醸成した。 ・企業関係者にとっても、ビジネスチャンスとなることへの理解を得た（福島市での企業事例を通じた学び）。 ・現地の商工会議所・企業との対話は初の試みとなったが、日本企業への期待も高く、これを契機に交流の継続が重要との認識を共有した（政策対話を契機としたビジネス対話、更には、商

	<ul style="list-style-type: none"> ・具体化に向けたビジネス対話の重要性を相互に確認し、認識を共有 	工会議所の機能活用、低炭素型の地域社会の構築に貢献するビジネスへ)。
--	---	------------------------------------

3. 成果のポイントを踏まえた今後の展開

工業団地での籾殻発電の取り組み

(現地ニーズと事業の意義付け)

ザガイン管区は、先行して都市間連携での政策対話を行ったエーヤワディ管区同様、廃棄物の増加、電力消費の増加といった、経済発展に伴って起きる社会問題（公害、エネルギーアクセスの改善等）に直面しつつある。特に、籾殻の廃棄問題は、一部で大規模な野焼きが行われているなど、エーヤワディ管区より、より深刻な状況にあった。

籾殻発電事業（JCM 設備補助事業）は、廃棄されている籾殻の有効活用（廃棄物抑制）と電力生産という二つのベネフィットを得られる取り組みであり、管区関係者や精米事業者双方より高い関心が示された。また、精米事業においては、規模拡大や設備更新等により、生産コストの削減と米品質の向上等を図り、産業としての競争力を強化していくことが課題となっている。このような取り組みを進めるためには、安定的な電力の確保が精米事業者にとっても不可欠となっている。今後は、ナショナルグリッドからの電力供給のみに依存するのではなく、籾殻という資源を活用し自ら電力確保に向け、取り組むことが、ミャンマーにおける精米業界の生き残りにおいて有効なアプローチとなり得るとの意義付けもなされた。

(実現のための課題)

籾殻発電事業を具体化するためには、長期の安定的な籾殻調達が必要であるため、精米所で発生する籾殻の調達の仕組みづくりのための行政・事業者・業界団体の連携を図る必要がある、今後、具体化に向けた協議を進める方針である。

(籾殻発電事業の更なる発展モデルの構築)

籾殻発電では、電力の他、熱も発生しており、その有効利用の可能性が指摘された。具体的には、熱を利用し冷熱を生産し、工場や倉庫等の冷温水需要に活用するアイデアであり、温室効果ガスの削減の増や経済性の向上も期待できる。今後、具体的な案件を対象に、技術面、冷温水需要のニーズ面での詳細検討を行うなど、電力・熱併用型の籾殻発電のシステムの構築に向け、実現の可能性を吟味していく必要がある。

制度構築支援

(周辺地域への電力供給)

本対象地域での精米所での籾殻発電に関しては、管区の行政サイドでは、工業団地内で活用するのみならず、周辺地域の電化率向上や電力供給の安定化に貢献すること

への期待が高い。この実現ためには、電力を工業団地周辺に供給するためのマイクログリッド等の整備が必要となる。しなしながら、マイクログリッドの整備のためのコストを事業者が負うことは経済的に困難である。今回の政策対話では、日本では電力託送制度が整備されており、既存の配電網を利用し、バーチャルに電力を供給する仕組みとなっており、福島市での廃棄物発電は、この仕組みで実現していることを説明し、その可能性の検討を提案した。本候補である工業団地は、隣接地に電力サブステーションがあることから、このサブステーションを活用し、既存の配電網を活用した託送は、他地域へ需要家への電力供給のスキームとして解決策の一つになり得る可能性がある。ただし、技術的、制度的な状況を詳細検討する必要がある、託送システムのような方式により、工業団地周辺に電力供給する事業モデルが構築可能かどうかを、管区関係者との議論を深める必要がある。

(廃棄物政策の構築支援)

福島市とエーヤワディ管区との都市間連携の成果として、「経済発展に対応した新たな廃物対策の推進」(課題認識、課題解決に向けた展開方向、都市間連携に向けたアクションプラン案)について、ザガイン関係者に共有した。ザガイン管区の都市部では、エーヤワディ管区同様に、食品容器等の廃プラスチックなどのごみが散乱している状況が確認でき、今後は、都市部での廃棄物対策への対応が不可欠となる。

次のステップとして、管区関係者との政策対話を通じ、エーヤワディ管区で検討した展開方向、アクションプラン案をベースにしつつ、ザガイン管区の地域性を加味した検討を深めることが必要である。

能力開発 (ビジネス交流)

- ・福島商工会議所・会員企業と現地の商工会議所・企業とのビジネス交流に関しては、今後は具体的な案件での連携の可能性に関し、ビジネス対話を深めることが必要である。

Study on feasibility of a low-carbon waste treatment system and micro-grid system and promotion of activities under inter-regional collaboration in Ayeyarwady region and Sagaing region

Executive Summary

Under inter-regional collaboration in Ayeyarwady region and Sagaing region, JCM feasibility of a low-carbon waste treatment system (e.g. power plant projects using fuels such as rice husks) and micro grid system was studied. We also assisted efforts on creation of regional waste treatment system and local distributed self-reliance power system (e.g. capacity building, and planning support for facilitating the implementation of waste treatment project) in the regions.

1. Background of the project

Through city to city collaboration between Ayeyarwady Region, Sagaing Region and Fukushima City, "Partnership for Low-Carbon Initiative (with Ayeyarwady region: starting from 2015, and with Sagaing Region: starting from Aug. 2017)" was established. Under the initiative, workshops were held in Monywa, Sagaing Region and Yangon, in which through discussions on policy trends, current situation and local needs of the region, activities in Fukushima City, and relevant technologies (e.g. waste treatment) were introduced. Possibility for JCM project formulation and collaboration for low-carbon development in waste treatment and renewable energy area was discussed.

<Overview of Sagaing Region, Myanmar>

Sagaing Region is located in the north western part of Myanmar, with large amount of rice production. Large number of rice mills exist in Shwebo District, located in the eastern part of the region and in the north western part of Mandalay (the second largest city after Yangon), making the district one of the most populated area of rice mills in the region. The quality of rice is higher than that of Ayeyarwady Region; rice mill business management is well done in the area, with construction of new rice mills, expansion and renewable of rice mills expected in the future. The area is one of the most promising rural regions for future economic development.

<Overview of Fukushima City>

Fukushima City, while putting the utmost importance on the introduction of renewable energy sources through cooperation among the municipal governments, citizens and business operators, has also been engaged in various initiatives and activities such as "creation of a low-carbon, circular-type society with effective global-warming preventive measures and low burden on the environment", "restoration from nuclear disaster", "revitalization of local areas" and "promotion of the building of townships resistant to disasters and emergencies", aiming at making "Fukushima" a vigorous and environmentally most advanced city, based upon well advanced local production and consumption features, as well as safe and secure energy sources, in the future.

2. Current Situation and Challenges for Low-Carbon Development

Through Partnership for Low Carbon Initiative, importance of developing a sustainable, low-carbon, circular-type, vigorous and environmentally advanced region, and measures for such development (roadmap) have been shared among the participants. With such shared understanding, feasibility of a rice husk power plant in a new industrial zone within the region has been considered.

Additionally, regarding waste treatment and renewable energy, experiences of Fukushima City have been shared, and current situation of policy dialogue between Ayeyarwady Region and Fukushima City (creating a masterplan, environmental education, etc.) was shared, as part of capacity building for government officials and other stakeholders (rice mill business industry) has been conducted.

Item	Key activities	Outcome and future tasks
JCM Project Formulation	<p>Examination of candidate sites</p> <p>Basic plan was created and proposed to stakeholders</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Development plans for project formulation with stakeholders (MRF (Myanmar Rice Federation) and MAPCO (Myanmar Agribusiness Public Corporation)) ● Specific plans for rice husk power plant project
Policy dialogue	<p>Forming consideration group in the region under the leadership of Chief Minister of Sagaing Region</p> <p>Building relationships with counterpart Minister of Energy</p> <p>Through the workshop in the region, common understanding was obtained on the</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Share recognition on expansion with not only the chief executive and the responsible minister of the region but other relevant parties including Minister of Agriculture, Livestock and Irrigation of the Union of Myanmar. (Securing electricity by renewable energy is an effective approach to the development of rice milling business; and controlling CO2 emissions and preventing environmental pollution caused by waste are important.) ● Policy dialogue was conducted on specific measures for low-carbonization concept in the developing Myaung Mya Industrial Zone (the regional minister counterpart has high interest in promotion of local electrification using renewable energy.)

	<p>importance of rice husk power plant for restructuring of industrial complexes and rice mills.</p>	<p>Direction of discussion has been already shared and now is the phase for specific policy development). Relationship building with working-level officials will be left as future task (it is essential to acquire trust from them for JCM formulation)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● More policy dialogue is needed for implementation of micro-grid system and specific measures for collaboration with neighboring area development. (Such issues have been shared with the Chief Minister of the region.)
<p>Business exchange and capacity building</p>	<p>Through the workshop in the region,</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Activities of companies in Fukushima City (waste treatment, etc.) were introduced to relevant business parties. ● Opinions were exchanged on the possibility of cooperation between companies in Myanmar and Fukushima City. ● Importance of dialogue to embody businesses was confirmed and 	<ul style="list-style-type: none"> ● It was understood that not only policy formation but project creation in the business sector has an important role in realizing a low-carbon society. ● It should be understood that not only policy formation but project creation in the business sector has an important role in realizing a low-carbon society. ● It should be understood that not only policy formation but project creation in the business sector has an important role in realizing a low-carbon society. ● Dialogue with Chamber of Commerce and companies in Myanmar was a new attempt. They have high expectations on Japanese companies. Because of this, we share the recognition that continued exchange is important. (From business dialogue triggered by policy dialogue to the utilization of functions of the Chamber of Commerce, and further to business that will contribute to establish a low-carbon community)

	recognition was shared.	
--	-------------------------	--

3. Further Project Development

Rice Husk Power Plant Activities in Industrial Zone

<Local needs and significance of the project>

As with Ayeyarwady Region, for which a policy dialogue was conducted previously in an intercity cooperation, Sagaing Region is facing social problems to be solved such as increase in waste and power consumption (environmental pollution, access to energy, etc.) that follow economic development. In particular, problems related to disposal of rice husks are more severe in Sagaing Region where open-air burning of husks is performed on a large scale, compared to Ayeyarwady.

The rice husk power generation project in Ayeyarwady Region (JCM subsidiary project on facilities) is an activity providing two benefits, i.e., effective use of rice husks that are disposed of (i.e., waste reduction) and power generation. Relevant parties in the region and rice milling enterprises are both interested in the project. In rice milling businesses, a challenge is to reduce production costs and enhance the quality of rice for improved competitiveness as an industry by increasing the scale of businesses and replacing facilities. To promote this activity, it is essential for rice milling enterprises to secure electricity stably. For survival of the rice milling industry in Myanmar, it has been recognized as an effective approach to use rice husks as a resource and take measures to secure electricity independently, not relying on power supply from the national grid only.

<Tasks for Realization>

Because the stable and long-term procurement of rice husks is indispensable to realize a rice husk power generation project, cooperation must be established among the government, business enterprises and industry groups to create a mechanism of procuring rice husks generated at rice mills. Discussion for realization will be made hereafter.

< Establishment of a model for further development of rice husk power generation projects>

As heat is produced in addition to electricity in rice husk power generation, it was pointed out that the heat might be used effectively. Specifically, this is an idea of producing cold energy using the heat and applying it to the cold energy demand in factories and depositories. Reduction in greenhouse effect gas emissions and increase in economic efficiency are also expected by it. We have to examine the feasibility of this idea hereafter to establish a cogeneration type rice husk power generation system through detailed discussion on its technological aspect and needs of cold/hot water, considering specific cases.

<Power supply to neighboring regions>

For the rice husk power generation at rice mills in this region targeted, the regional government has great expectation on not only the use of electricity in the industrial complex but also contribution to improvement in electrification rates and stability of power supply. To realize this,

development of microgrids, etc., are necessary to supply electricity to the regions surrounding the industrial complex. However, it is economically difficult for business enterprises to bear the costs of developing microgrids. During this policy dialogue, we explained that the wheeling service of electricity, which was a mechanism to supply electricity virtually through existing power distribution networks, had been developed in Japan, and the power generation using waste was realized in Fukushima City with this mechanism. We proposed that Myanmar examined the feasibility of this mechanism. Because there is a substation at a site adjacent to the industrial complex, which is the main candidate site, wheeling service using this substation and existing distribution networks may become a solution as a power supply scheme for consumers of other regions. However, detailed technical and institutional conditions have to be examined. Discussion with relevant parties in the region should be deepened on whether or not a business model of supplying power to the regions adjacent to the industrial complex can be established with a method like wheeling service.

<Support for Policy Development Regarding Waste Treatment>

The outcome of city-to-city collaboration between Fukushima City and Ayeyarwady Region, “promotion of new measures for waste treatment in correspondence with economic development,” was shared with the Sagaing Region stakeholders. In the urban area of Sagaing Region, like Ayeyarwady Region, faces large amount of abandoned waste (e.g. plastic waste from food containers), and waste treatment measures in the urban area will be essential in the future.

Based on the development plans and action plans considered in Ayeyarwady Region, measures for Sagaing Region with respect to its regional characteristics will need to be considered.

<Capacity Building (Business Interactions)>

As for business interactions between Fukushima Chamber of Commerce and Industry, its members and the local Chamber of Commerce and its members, in-depth business dialogue will be needed for possible future collaboration in specific business projects.

1. 目的・実施体制等

1.1 目的

平成 27 年 12 月にフランス・パリで開催された国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会議（COP21）には全ての国が参加し、2020 年以降の公平で実効的な気候変動対策の法的な枠組であるパリ協定が採択された。パリ協定では、地球の気温上昇を産業革命前に比べて 2℃よりも十分低く抑え、さらには 1.5℃未満に抑えるための努力を追求することが掲げられ、脱炭素に向けた取組の促進が求められている。また COP21 では、都市を含む非国家主体の行動を認知すること、そして全ての非政府主体（都市その他地方公共団体等）の努力を歓迎し、そのスケールアップを招請することが決定された。

平成 28 年 11 月にモロッコ・マラケシュで開催された COP22 において、採択された「気候及び持続可能な開発のためのマラケシュ行動宣言」でも、気候はかつてない割合で温暖化しており、対応する緊急の義務があることが改めて強調されるとともに、政府だけではなく自治体を含むグローバルな行動、また経済の転換が更なる繁栄と持続可能な開発の積極的な機会であると認識された。

都市は社会経済の発展を支える活動の場であり、多くの人が居住している。世界の全土地面積の 2%にも満たない都市に、世界人口の約 50%が居住し、その割合は 2050 年までの 70%にまで増加すると予想されている。2006 年時点で世界の CO2 排出量の 70%以上が都市から排出されていると推定されており、都市が気候変動の緩和に果たす役割は大きく、周辺都市部における気候変動対策の着実な実施、温室効果ガス排出量の削減がパリ協定の目標の達成のために重要となっている。

本事業では、日本の研究機関・民間企業・大学等が、低炭素社会形成に関する経験・ノウハウ等を有する日本の自治体とともに、都市間連携に基づいて途上国の都市による低炭素社会の形成を支援した。また、低炭素化社会の形成促進のために、日本の自治体が関与することによる、途上国の都市に対する能力開発についても推進した。

1.2 調査項目

上述の背景を踏まえて、本調査はミャンマー・ザガイン管区で建設が進んでいる新規工業団地における低炭素型廃棄物処理システム及びマイクロ・グリッド・システムについて以下を検討した。

- (1) 地域概要及び現地ニーズの調査
- (2) JCM 事業化検討
- (3) 低炭素社会の形成支援
- (4) 現地調査、ワークショップの開催、その他会合への対応

1.3 調査体制

本調査は、三菱総合研究所（以下「三菱総研」という。）が代表提案者となり、共同実施者であるフジタ、福島市、福島商工会議所と連携して実施した。実施に当たっては、現地企業とも連携しながら、ザガイン管区、エーヤワディ管区の協力を得て進めた。

<日本側>

三菱総研は、日本での国・自治体レベルでの政策導入、計画策定支援、JCM 検討のノウハウを活かし、全体統括を行う他、関係情報の収集、ワークショップの事務局運営、JCM 化方策の検討、福島市と現地自治体（ザガイン管区）との政策対話の支援等を行った。

フジタは、国内外での工業団地・都市開発・地域開発のノウハウと事業経験、事業化のノウハウを活かし、具体的な事業案件（靱殻発電）の可能性を検討した。

福島市は、廃棄物処理計画、再エネ導入推進計画の策定、環境意識の醸成（学校での環境教育の取り組み）での経験やノウハウを活かし、廃棄物処理、再生可能エネルギーの普及等、低炭素化・環境にやさしい地域を目指すための政策的なアプローチについて、ザガイン管区の関係者に対し、日本での経験を紹介しつつ、政策対話を行った。福島市においては、環境部が中心となって検討を行った。

福島商工会議所は、傘下の会員企業と連携し、企業の有する技術や事業化の知見やノウハウを紹介するとともに、福島市に拠点を持つ企業や福島県下の企業の有する技術移転の可能性を探った。

<ミャンマー側>

現地パートナー企業としては、MAPCO 社（Myanmar Agribusiness Public Corporation）と連携し、検討を行った。

ザガイン管区においては、管区大臣（電力・産業・道路・運輸担当：Minister of Electricity, Industry, Road & Transportation、Regional Government Republic of the Union of Myanmar）をヘッドに、関係部局担当者の参画を得て、検討を行った。

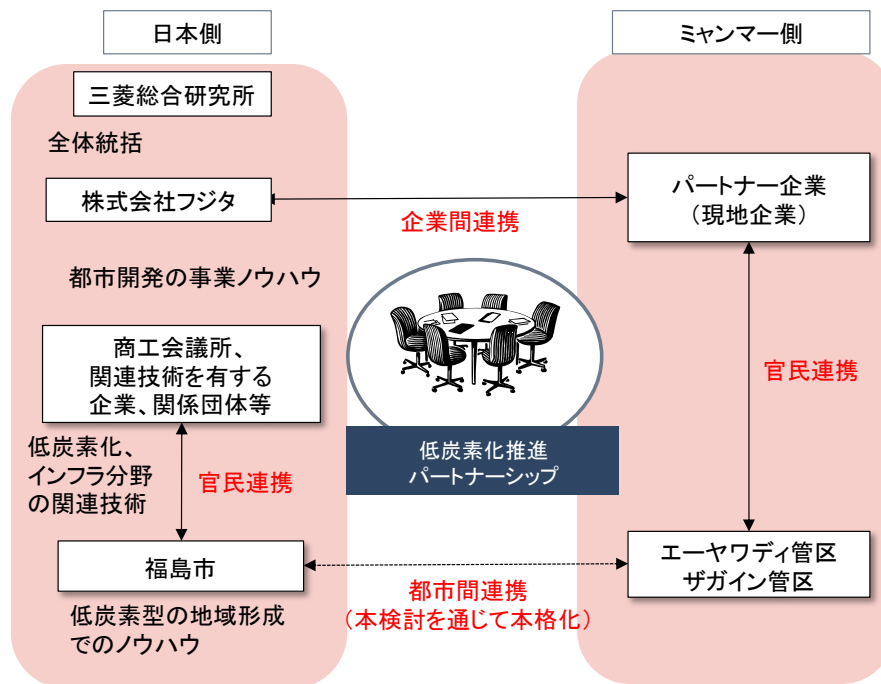


図 1-1 調査体制

1.4 都市間連携の背景と取組の概要

稲作の主産地であるエーヤワディ管区は、大量に発生する籾殻の処理に苦慮している（稲作が盛んな地方においては最大の廃棄物が籾殻）。また、経済成長とともに、電力不足や環境問題（廃棄物、水質保全等）の顕在化への対応は、ミャンマーの地方都市において最重要課題となっている。

日本の自治体や企業の有する経験や知見を、これらの課題解決に活用することで、低炭素で環境にやさしい新規工業団地の実現が期待できる。また、企業集積・産業育成を進める上でも、このような特色ある地域開発を進めることが重要である。

過去に高度経済成長を経験した日本が有する経験・技術に対して、ミャンマー側の寄せる期待も大きい。2015年4月下旬にエーヤワディ管区首相が来日した際、福島市の省エネ・再生可能エネルギーに関する取組に触れたことが契機となり、同年6月に管区首相より福島市長に対して、Pathein Industrial City 開発での協力要請（都市間連携の下での持続可能な低炭素型都市形成に向けた協力）が行われた（管区首相から福島市長宛ての協力要請書）。

本協力要請を受け、福島市・福島商工会議所・三菱総研・フジタが連携し、都市間連携のプラットフォームとして「エーヤワディ低炭素化推進パートナーシップ」を設置し、都市間連携の取り組みを進めることとし、2015年度には、エーヤワディ管区パティン市及び福島市等でのワークショップ、現地調査等を通じ、政策対話、JCM 案件の可能性を検討し、2016年2月には福島市関係者が現地訪問した際には、協力要請に対する福島市長からの返書をエーヤワディ管区担当大臣に手渡し、パティン市の低炭素かつ強靱（レジリエント）で持続可能な都市の実現のため、福島市でのこれまでの経験を踏まえ、再生可能エネルギー分野や廃棄物処理分野にのみならずマスタープランの策定等必要

とされる様々な分野で協力していくことを表明した。

<経緯及びこれまでの取り組み>

【2015年度】

- 2015年6月 エーヤワディ管区首相より福島市長に対して協力要請
- 2015年10月 エーヤワディ管区関係者が福島市を訪問
- 2016年2月 福島市関係者（環境部次長他）が現地訪問した際には、協力要請に対する福島市長からの返書をエーヤワディ管区担当大臣に手交。

【2016年度】

- 2016年9月 現地ワークショップ（管区首相出席）
- 2016年10月 エーヤワディ管区都市開発局長他が福島市を訪問
- 2017年1月 現地WS（エーヤワディ管区大臣出席）で展開方向案を議論（福島市より環境課長他が参加）

このような状況の中で、中央政府において、地域分散型電力システムの政策展開の議論が行われる中で、ミャンマーでのJCM 粳穀発電1号案件（Myung Mya PJ、フジタ・MAPCO）について、中央政府関係者からエーヤワディ管区以外の横展開に関し、現地パートナーであるMAPCOに検討要請がなされ、具体的な検討候補地としてザカイン管区（Shwebo 地区が挙げられた）が提示された。

これを受け、MAPCOが独自に現地調査を行うとともに、6月にフジタ関係者が現地での準備調査を行った。その後、以下の分野に関し、ザカイン管区とエーヤワディ管区の管区連携の下での発展的な協力の要請があった（福島市長宛ての管区担当大臣からの公文での発出された）。

- ・廃棄物処理対策の推進（地域での粳穀発電事業を含む）
- ・地域での再生可能エネルギーによるマイクログリッドシステムの推進

このため、福島市、福島商工会議所とも対応を協議し、低炭素化パートナーシップの取り組みを進展させ、ザカイン管区との都市間連携に拡大することとした。

<今年度の取り組み>

- 2017年7月 管区大臣より福島市長に対し、ザカイン管区とエーヤワディ管区の区連携の下での発展的な協力要請
- 2017年9月 現地ワークショップ（於：ザカイン管区モニョワ市、管区首相出席）
- 2018年2月 現地ワークショップ、現地調査等（於：ヤンゴン市）
- 2018年2月 福島市での検討会
- 2018年3月 現地での都市間連携の取り組み発表（於：ネピドー）

なお、低炭素化推進パートナーシップを通じた都市間連携の取り組みの一部は、平成29年度低炭素社会実現のための都市間連携事業（「エーヤワディにおける太陽光発電及

び併設型の低炭素型水処理システムの導入可能性及び推進方策検討調査」及び「エーヤワディ及びザガイン管区連携での低炭素型廃棄物処理システム及びマイクロ・グリッド・システムの導入可能性及び推進方策検討調査」で合同して実施した。

(2月の現地での政策対話の主な成果)

エーヤワディ管区、ザガイン管区関係者等との都市間連携ワークショップは、2月6日、午後3時からヤンゴン市内の会議室で行われた。エーヤワディ管区、ザガイン管区関係者等との都市間連携ワークショップでは、日本側が10名、ミャンマー側からは18名の方々に出席を頂いた。

エーヤワディ管区、ザガイン管区関係者のみならず、ミャンマー連邦商務省やヤンゴン管区の農業部、ミャンマー米連盟、MAPCOの関係者など、様々な組織の、多くの方々に出席頂いた。福島市における関連政策をはじめ、あらかわクリーンセンターのごみ発電電力の地産地消事業などの紹介をした。籾殻発電については、すでにミャンマーエーヤワディ管区のミャウミャ地区において、建設が進んでいることもあり、非常に関心の高い事業であり、活発な議論が行われた。

農畜産灌漑大臣への表敬訪問では、同席したミャンマー米連盟事務局長から、大臣に、エーヤワディ管区、ザガイン管区との都市間連携の取り組みについて説明したほか、電力需要に対応することは重要だが、二酸化炭素排出抑制や廃棄物による環境汚染防止も大事な取り組みであり、このプロジェクトは有効であること、福島市は観光資源や農産物が豊かな都市であり、これまでの都市間交流の中で様々な支援をもらっていることを説明頂いた。

農畜産灌漑大臣からは、これまでの福島市の支援に対する感謝の意が表され、環境にやさしい「籾殻発電」の実現に向けた取り組みは、国にとって有益であり、推進すべきであること、福島市との交流の継続により、米を活用した優れた食品加工技術について有益な関係構築を望んでいるとの発言をいただいた。

表 1-1 エーヤワディ管区及びザガイン管区の概要

	ミャンマー	ザガイン管区	エーヤワディ管区
面積	68 万 km ² (日本の 1.8 倍)	9.4 万 km ²	3.5 万 km ²
人口	5 千万人	5 百万人	6 百万人
地域概要	行政区分は 7 つの管区 (Division) と 7 つの州 (State) から構成される	ミャンマーの北西部に位置し、カチン州、シャン州、マンダレー地方域、マグウェ地方域、チン州、インドのナガランド州及びインドのマニプル州に接する。 州都：ザガイン (Sagaing) 市	ヤンゴン管区の西部に隣接する行政区であり、エーヤワディ川のデルタ地帯に位置する。 州都：パティン (Patheingyi) 市
経済動向	アジア最後のフロンティア。日系企業の進出も拡大中。	稲作が盛んであり、米の品質はエーヤワディより高い。	国内随一の穀倉地帯 (米の他、大豆、トウモロコシ等の生産が盛ん) 新たな開発エリアとして注目されている



図 1-2 管区首相を交えての現地ワークショップ (2017年9月)



図 1-3 ミャンマー連邦共和国農畜産灌漑大臣への表敬 (2018年2月)



図 1-4 現地ワークショップ (2018年2月)

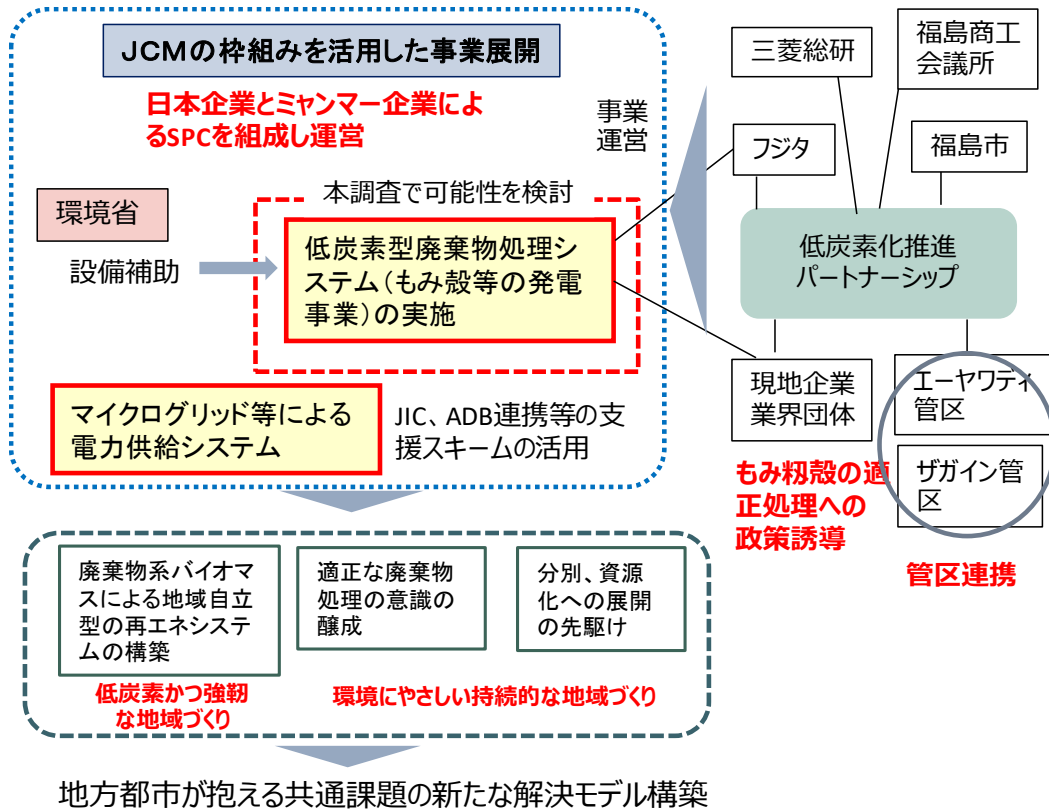


図 1-5 検討全体図

2. 地域概況及び現地ニーズ

2.1 地域概況、現地の法制度及び許認可等の把握

ザガイン管区の社会経済状況について整理した。

2.1.1 対象地域の社会経済状況

ザガイン (Sagaing) 管区は、ミャンマーの中で二番目に大きい管区 (最大規模を誇るの
はシャン地区) となっており、その州都はエーヤワディ側沿いに位置している。面積
は9.3万/km²であり、全部で8つの District、37の Township、1の Self Administered Zone
によって構成され、人口は500万人強となっている。人口構成はミャンマー全体とさほ
ど乖離しておらず、人口の増加傾向が見られる。

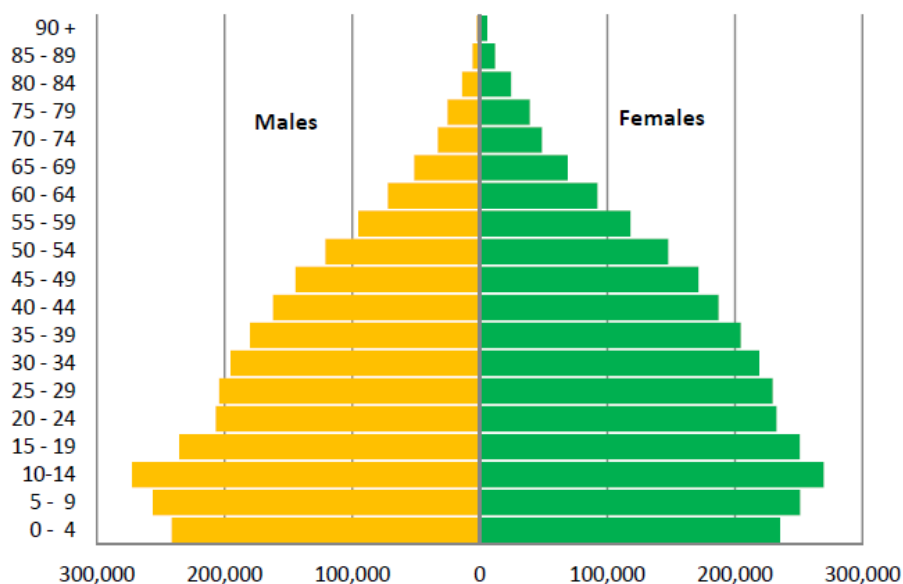


図 2-1 ザガイン管区 人口ピラミッド

出所) Department of Population, Ministry of Immigration and Population “The 2014 Myanmar Housing and Population Census: Sagaing Region”

<https://reliefweb.int/report/myanmar/2014-myanmar-population-and-housing-census-sagaing-region-census-report-volume-3-e>

(最終アクセス：2018年3月6日)

管区内には2本の主要な川 (Ayeyarwady River, Chindwin River) が流れているため、主要産業は精米産業であるが、その他穀物類の栽培も盛んである。農業以外にも、当管区では金・石炭・石油等の資源に恵まれているため、ミャンマーの中では比較的生活水準も高くなっている。ただし、管区内での格差も顕著であり、平坦な土地が中心となった南部地域が栄えている一方で、山がちな北部地域は貧困が深刻である等の課題も抱えている。

本調査の対象となっているシュエボー (Shwebo) 県は、同管区の中でも最も人口を有する県となっており、150万人弱の人口となっている (下表参考)。

表 2-1 ザガイン管区 県別人口

State/Region/District	人口
Sagaing (全体)	5,350,299
Sagaing	520,399
Shwebo	1,431,450
Monywa	757,092
Katha	860,360
Kalay	508,015
Tamu	144,827
Mawlaik	163,896
Hkamti	423,283
Yinmarpin	508,015

出所) Department of Population, Ministry of Immigration and Population “The 2014 Myanmar Housing and Population Census: Sagaing Region”

<https://reliefweb.int/report/myanmar/2014-myanmar-population-and-housing-census-sagaing-region-census-report-volume-3-e> (最終アクセス：2018年3月6日)

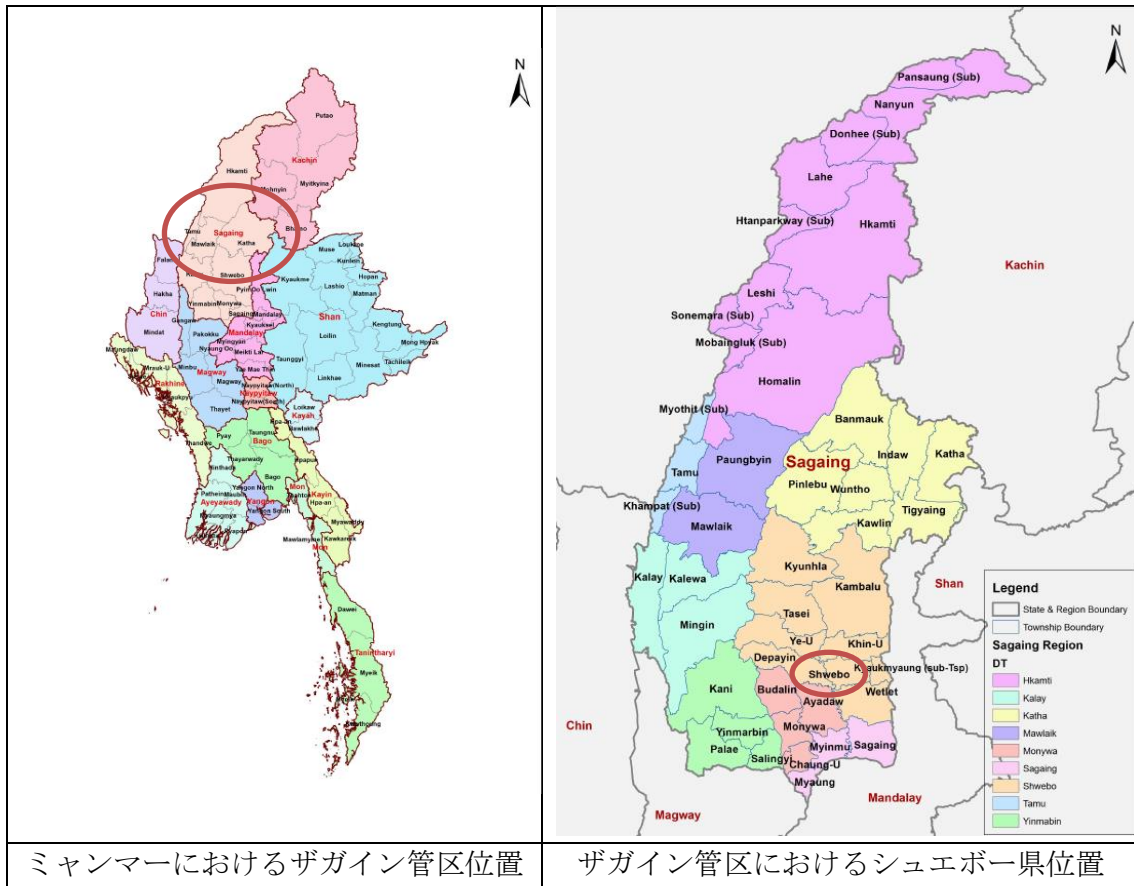


図 2-2 ザガイン管区、シュエボー県地図

出所) Department of Population, Ministry of Immigration and Population “The 2014 Myanmar Housing and Population Census: Sagaing Region”

<https://reliefweb.int/report/myanmar/2014-myanmar-population-and-housing-census-sagaing-region-census-report-volume-3-e> (最終アクセス：2018年3月6日)

シュエボーはザガイン管区の中でも特に稲作が盛んな地域であり、穀物を中心とした農業が活発に行われている。中でも、ミャンマーにおいてブランド米として流通している Shwebo Paw San 米の栽培に力を入れている。シュエボーにおける、作物種別の収穫量を以下に示す。

表 2-2 穀物別収穫高

Crop Name	Monsoon		Summer/Winter		Total	
	Yield (Basket/acre) (ton/ha)	Production (basket) (ton)	Yield (Basket/acre) (ton/ha)	Production (basket) (ton)	Yield (Basket/acre) (ton/ha)	Production (Basket) (ton)
Paddy	85	67,913,946	94	28,319,798	88	96,233,744
	4.39	1,419,401	4.85	591,884	4.54	2,011,285
Black gram	17	250,800	19	1,617,004	18	1,867,804
	1.37	8,201	1.54	52,876	1.45	61,077
Green gram	16	2,697,369	18	775,615	17	3,472,984
	1.29	88,204	1.45	25,363	1.37	113,567
Sesame	12	441,133	17	3,070,269	16	3,511,402
	0.73	10,808	1.03	75,222	0.97	86,029
Groundnut	42	5,560,480	65	10,482,663	55	16,043,143
	1.18	63,389	1.83	119,502	1.55	182,892

出所) JICA (2016) “Preparatory Study for Intensive Agriculture Promotion Program in the Republic of the Union of Myanmar”

http://open_jicareport.jica.go.jp/807/807/807_104_12250759.html

(最終アクセス：2018年3月6日)

ミャンマーの地域別の米の生産量を以下に示す。エーヤワディ管区はデルタ地域での最大の米生産地である一方、ザガイン管区は乾燥地域での最大の米の生産地である。

表 2-3 地域別の米生産量

		2004/05 - 2008/09			2009/10			2010/11			2011/12		
		雨季	乾季	合計	雨季	乾季	合計	雨季	乾季	合計	雨季	乾季	合計
デルタ地域	エーヤワディ管区	5,563	2,303	7,866	5,944	2,563	8,507	5,944	2,563	8,507	5,972	2,510	8,482
	バゴ管区	4,259	585	4,844	4,790	791	5,581	4,790	791	5,581	4,803	630	5,433
	ヤンゴン管区	1,625	283	1,908	1,709	333	2,042	1,709	333	2,042	1,710	320	2,030
	小 計	11,447	3,171	14,618	12,443	3,687	16,130	12,443	3,687	16,130	12,485	3,461	15,946
乾燥地域	ネピドー連邦地区	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	34	34	287	43	329
	マグウェ管区	1,162	271	1,433	1,467	262	1,729	1,501	322	1,823	1,524	332	1,856
	マンダレー管区	1,401	435	1,836	1,298	346	1,644	1,307	369	1,675	993	331	1,324
	ザガイン管区	2,746	751	3,497	3,131	874	4,005	3,179	865	4,044	3,109	745	3,855
	小 計	5,309	1,457	6,766	5,896	1,482	7,378	5,986	1,590	7,577	5,913	1,451	7,364
沿岸地域	モン州	1,213	181	1,394	1,278	222	1,500	1,278	222	1,500	1,294	206	1,500
	ラカイン州	1,638	31	1,669	1,825	31	1,856	1,825	31	1,856	1,697	29	1,726
	タニンダーリ管区	534	43	577	544	24	568	544	24	568	510	25	535
	小 計	3,385	255	3,640	3,647	277	3,924	3,647	277	3,924	3,501	260	3,761
山岳地域	チン州	103	*	103	120	*	120	120	*	120	127	*	127
	カチン州	680	27	707	925	45	970	925	45	970	945	18	963
	カヤー州	123	15	138	137	17	154	137	17	154	140	17	157
	カレン州	595	173	768	721	215	936	721	215	936	755	217	972
	シャン	2,099	171	2,270	2,394	160	2,554	2,394	160	2,554	2,409	154	2,563
	小 計	3,600	386	3,986	4,297	437	4,734	4,297	437	4,734	4,374	407	4,781
合 計		23,742	5,269	29,010	26,283	5,883	32,166	26,373	5,991	32,365	26,273	5,579	31,852

出所) Myanmar: Capitalizing on rice export opportunities, The World Bank, Report number 85804 dated 28 February 2014.

<http://documents.worldbank.org/curated/en/570771468323340471/Myanmar-Capitalizing-on-rice-export-opportunities>

(最終アクセス : 2018 年 3 月 6 日)

2.1.2 対象地域における電力セクター状況

(1) 電力関連主要政策

ミャンマーにおける電力セクター関連の主要政策は大きく分けて3つある。ミャンマーエネルギーマスタープラン（Myanmar Energy Master Plan）、国家電力マスタープラン（National Electricity Master Plan）、国家電化計画（National Electrification Plan）である。

ミャンマーエネルギーマスタープランは、ADB 支援の下に策定され、様々な一次エネルギーリソースの効率活用及び最適エネルギー構成を 2030 年に向けて分析している。その中で、セクター別（家庭・商業・産業・農業）のエネルギー需要の試算も行われている（下図参照）。

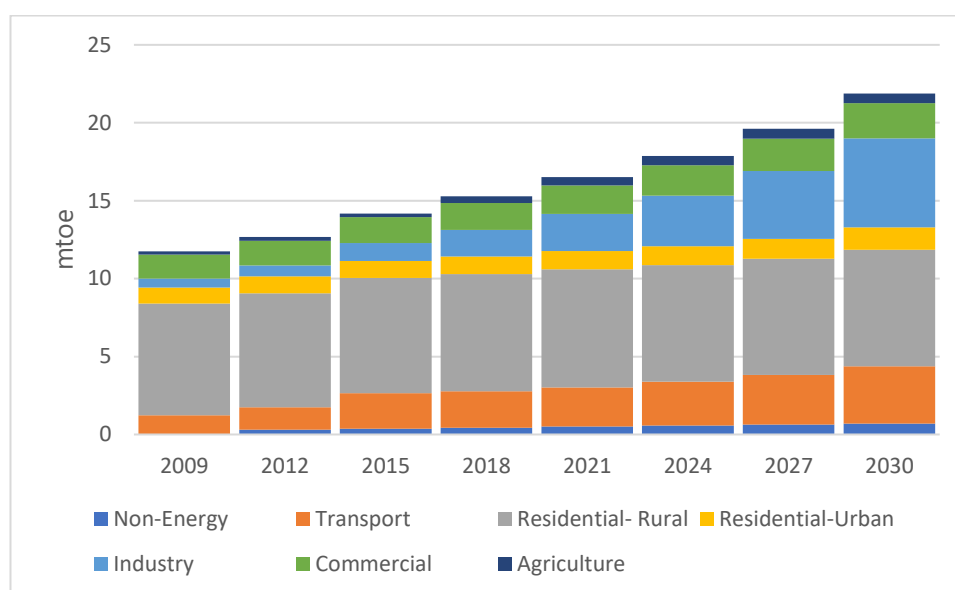


図 2-3 2030 年に向けたセクター別エネルギー需要（中位シナリオ、mtoe）

出所) Myanmar National Energy Master Plan

http://www.burmalibrary.org/docs22/2015-12-Myanmar_Energy_Master_Plan.pdf

（最終アクセス：2018 年 3 月 6 日）

上記見通しからもわかるように、経済発展とともにエネルギー需要の著しい伸びが見込まれている。特に産業セクターにおける伸び率も大きい。最終エネルギー消費量を、エネルギーキャリア別に以下に示す。

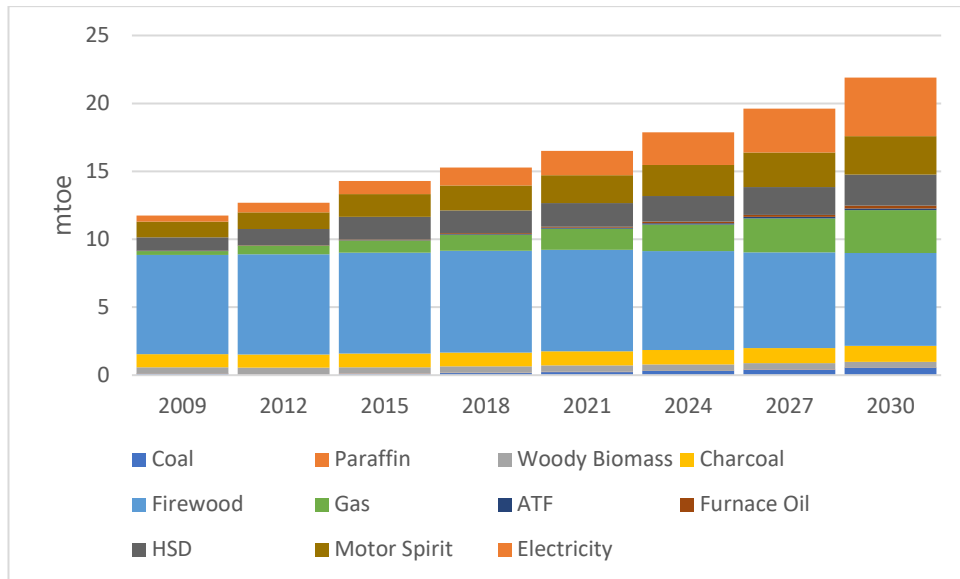


図 2-4 エネルギーキャリア別最終エネルギー消費量（中位シナリオ、mtoe）

出所) Myanmar National Energy Master Plan

http://www.burmalibrary.org/docs22/2015-12-Myanmar_Energy_Master_Plan.pdf

（最終アクセス：2018年3月6日）

電力需要は、棒グラフの一番上にオレンジ色で示されているが、その他エネルギーキャリアと比較しても、2030年に向けて伸びが大きいことがわかる。国家電力マスタープランは、JICAの支援の下に策定され、2030年に向けた電力供給の見通しと電源構成の在り方を検討している。マスタープランに示されている、2030年に向けた電源構成を以下に示す。

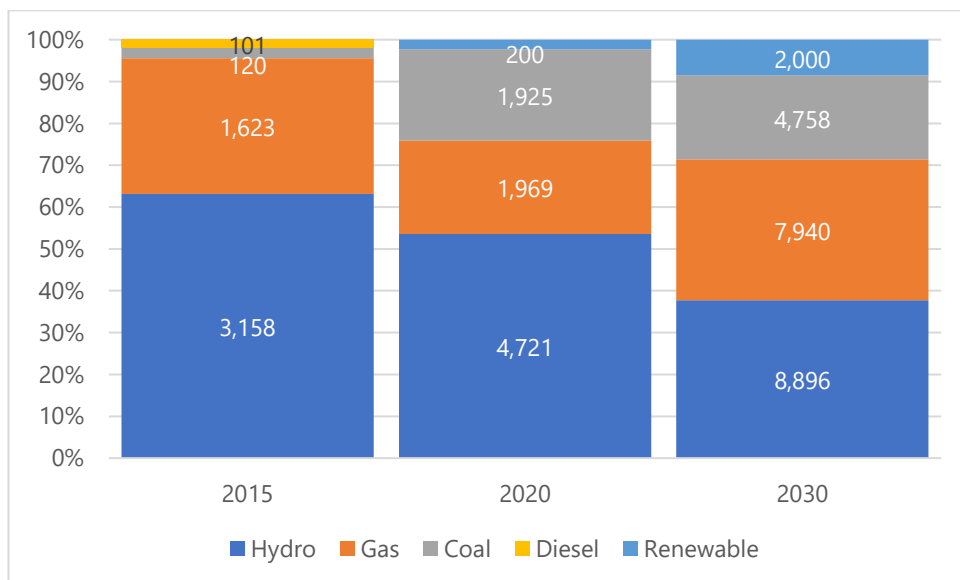


図 2-5 2030年に向けた電源構成の見通し（GW）

出所) Power Development Opportunities in Myanmar

<http://www.myanmarinvestmentforum2017.com/themes/demo/assets/download/Power%20Development%20Oppourtunities%20in%20Myanmar.pdf>

（最終アクセス：2018年3月6日）

ミャンマーは、豊富な水資源に恵まれていることもあり、2015 年における設備容量の 6 割以上は水力発電によるものであり、ガス火力が 3 割強を占め、残りを石炭火力とディーゼル発電によって賄っているような状況であった。このような電源構成における課題として、水力発電は雨季と乾季で発電量が大きく異なってしまうという点が挙げられ、2030 年に向けた見通しでも、水力発電への依存度を軽減させる見込みであることが示されている。2030 年における電源構成では、水力発電 8,896 MW (38%)、石炭火力 7,940 MW (33%)、ガス火力 4,758 MW (20%)、その他再生可能エネルギー 2,000 MW (9%) が見込まれている。

長期的な電力需給見通し及びマスタープランがミャンマーにおいて策定されている一方で、足元のミャンマーの電化率は全国平均で 30% 台に留まり、地域によっては更に低い電化率となっている。このような状況を踏まえ、ミャンマー政府は、2030 年に向けて電化率 100% を達成することを目標に掲げ、そのためロードマップを世界銀行の支援の元策定された国家電化計画において示している。計画では、99% の世帯を中央系統からの送電によって電化する一方で、系統の末端に位置する地域においては、より迅速に電化を推し進めるために、オフグリッド(ミニグリッドや家庭用太陽光システムを活用)での電化を想定している。中央系統からの電力供給を実現するための所管は電力エネルギー省 (Ministry of Electricity and Energy) である一方で、ミニグリッドプロジェクトに関する所管は農業畜産灌漑省 (Ministry of Agriculture, Livestock and Irrigation) となっており、現在海外機関 (世界銀行、ADB、ドイツ GIZ 等) より、ミニグリッドに関する技術支援が提供され、仕様や水準策定が進められている。

ADB による資金提供 (設置費用の 80% 相当) を受けたミニグリッドプロジェクトを以下に示す。ベンダーは SolaRiseSys と Zaburitz Pearl であり、入札を経て選定された。ベンダーは、3 年間の維持管理責任を負い、3 年経過後はシステムに設置された蓄電池を更新する必要がある。

表 2-4 ADB 支援によるミニグリッドプロジェクト

Township	世帯数	人口	PV 容量 kW	蓄電池容量 kWh	コスト総額 USD	種類
Magway 管区						
Thayet	197	931	7.2	57.6	73,350	Stand-alone
Sinbaungwe	270	2,170	8.7	63.3	82,368	Stand-alone
Minbu	89	336	4.9	57.6	44,100	Diesel hybrid
Yenangyaung	330	1,654	130	92.2	102,300	Stand-alone
Salin	143	625	6.5	38.4	50,832	Stand-alone
Pauk	157	836	6.0	46.1	50,856	Stand-alone
Mandalay 管区						
Kyaukse	317	925	10.8	86.4	98,580	Grid ready
Nyaung-U	200	977	9.8	115.2	75,000	Stand-alone
Kyaukpadaung	103	484	4.9	57.6	87,980	Stand-alone
Taungtha	110	654	4.9	57.6		Stand-alone
Sagaing 管区						
Sagaing	170	569	6.0	46.1	102,770	Stand-alone
Khin-U	165	668	7.0	61.4		Stand-alone

出所) ADB “Developing Renewable Energy Mini-Grids in Myanmar: A Guidebook”

<https://www.adb.org/documents/developing-renewable-mini-grids-myanmar-guidebook>

(最終アクセス: 2018年3月6日)

注) Stand-alone とはオフグリッド型のシステム、Diesel hybrid とはディーゼル+PV のハイブリッド型システム、Grid Ready とは系統連系可能となっているシステムを指す。

(2) 電力セクターの財務状況

上述のとおり、今後ミャンマーの電力セクターでは多額の新規設備投資が見込まれるものの、ミャンマーにおける電力セクターは財務的な観点から深刻な赤字状況が続いている。

ミャンマーにおける発電事業は、民間発電事業者と公営の Electric Power Generation Enterprise (EPGE) によって賄われており、発電された電力（系統に流す場合）は一旦全て EPGE が買い取り、送配電事業者（地域によって異なるが、Electric Supply Enterprise (ESE)、Yangon Electricity Supply Corporation (YESC)、Mandalay Electricity Supply Corporation (MESCC)）によって買い取られ、需要家に供給される。電力アクセスの向上のためにも、需要家の生活水準を踏まえて電気料金が設定されている（下表参照）が、これは発電・電力購入・送配電コストを賄うには十分な水準の電気料金となっておらず、ミャンマーの電力セクターは深刻な赤字状態（2017年度は3770億チャット程度の赤字見通し）となっている。赤字を補填するために、政府による補助金が拠出されており（2017年度はKs.22.66/unit見通し）、電力エネルギー省における予算の1割弱を占める規模となっている。

表 2-5 ミャンマーにおける小売電気料金

Households		Industrial user	
Up to 100 units:	Ks. 35/unit (USD 0.03)	Up to 500 units:	Ks. 75/unit (USD 0.06)
101-200 units:	Ks. 40/unit (USD 0.03)	501-10,000 units:	Ks. 100/unit (USD 0.07)
200+ units:	Ks. 50/unit (USD 0.04)	10,001-50,000 units:	Ks. 125/unit (USD 0.09)
		50,001-300,000 units:	Ks. 150/unit (USD 0.11)
		300,001+ units:	Ks. 100/unit (USD 0.07)

出所) Lincoln Legal Services (Myanmar) “Legal and Tax Considerations when Investing in Myanmar’s Renewable Energy Sector with a Focus on Electricity Tariffs”
<https://www.lincolnmyanmar.com/wp-content/uploads/2017/08/Green-Energy-Summit-Lincoln-Myanmar.pdf>
 (最終アクセス：2018年3月6日)

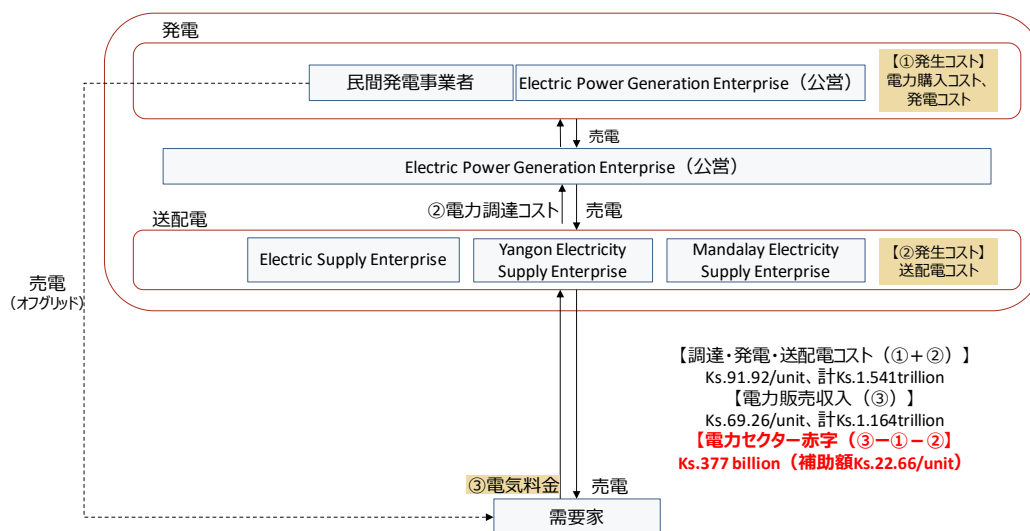


図 2-6 ミャンマーの電力供給に関するアクター

出所) Lincoln Legal Services (Myanmar) “Legal and Tax Considerations when Investing in Myanmar’s Renewable Energy Sector with a Focus on Electricity Tariffs”より三菱総研作成
<https://www.lincolnmyanmar.com/wp-content/uploads/2017/08/Green-Energy-Summit-Lincoln-Myanmar.pdf>
 (最終アクセス：2018年3月6日)

このような大規模発電所の建設や、系統増強計画に加えて、ザガイン管区では、分散電源を活用した電力供給の可能性が検討されている。前述のとおり、同管区においては米の収穫量が多いため、精米過程における廃棄物である、籾殻も豊富であり、バイオマス発電のポテンシャルが高い。ADB によって示されている、同地域におけるバイオマスリソース (米) 量及び日射量を示す。本調査の対象地域であるシュエポーは濃緑色となっているが、これはすなわち 2500 トン/ha 以上の米の収穫量が記録されている地域である。

2.2 現地ニーズの把握

ザガイン管区は、先行して都市間連携での政策対話を行ったエーヤワディ管区同様、廃棄物の増加、電力消費の増加といった、経済発展に伴って起きる社会問題（公害、エネルギーアクセスの改善等）に直面しつつある。特に、籾殻の廃棄問題は、一部で大規模な野焼きが行われているなど、エーヤワディ管区より、より深刻な状況にあった。

（籾殻の廃棄物の問題）

大量の籾殻が発生しており、大半が廃棄されている。



図 2-7 現地での籾殻廃棄の状況（山積みされている様子）

出所) MAPCO 提供

Disposing of Rice Husk From Rice Mills from Shwebo Industrial Zone For Burning, at the Run-way of Old Airport.



図 2-8 現地での籾殻廃棄の状況（空港跡地での野焼きされている様子）
出所）MAPCO 提供

（電力供給へのニーズ）

上述のとおり、ミャンマーでは 2030 年に向けた電化率 100%の達成に向けて系統拡大及びオフグリッドによる電力供給が検討されていることに加えて、系統による電力供給が行われている地域においても、特に系統の末端に近い地域では、電力供給が安定しておらず、自家発電を設置する必要があるのが現状である。このような課題を早期に解決する方法として、マイクログリッドによる地産地消の電力供給に対する関心が高まっている。しかし、ミャンマーにおけるマイクログリッド普及を促進するためには、解決すべき課題も残る。

電化政策の中でもマイクログリッド・ミニグリッドによる電力供給が想定され、国による補助金が投入されている一方、マイクログリッド・ミニグリッドの定義や満たすべき要件・水準については現時点で定められていない。また、これらと系統との連系方針についても定められておらず、これらの規定を今後定めていく必要がある。

制度的な課題以外にも、事業性の観点からも課題が残っている。中小規模のマイクログリッドにおいては、発電設備として再生可能エネルギーを中心とした分散電源（太陽光発電やバイオマス発電等）が有効技術である一方で、再生可能エネルギーの発電コストの水準を考えると、現在ミャンマーにおいて大規模火力発電に適用されている売電価格水準では、事業性成立が困難となっている。しかし、小売電気料金への補助額拠出に

よる深刻な財務赤字を抱えるミャンマーの電力セクターにおいて、再生可能エネルギー発電向けに更なる補助を拠出することは非常に難しいこと、また、再生可能エネルギー向けの特別な売電価格設定が法規制上行われていないことから、系統に対して売電する事業モデルのマイクログリッドは事業性の観点から実現が難しい。自営線を用いたマイクログリッドを構築し、マイクログリッド内で電力供給を行う場合、マイクログリッドの中での価格設定が可能であり、現行の規制制度においても事業を行うことが可能となっている。しかし、自営線を新たに構築するのはコストが高い点や、インフラの二重投資となり非効率的であることから、現実的なビジネスモデルとは言い難い。その他に考えられるマイクログリッドのビジネスモデルとしては、既存の系統インフラを借りながら、マイクログリッド需要家内に電力供給を行うというモデルである。このような、インフラを借りる分のコストは、通常先進国では託送料金のような形でコスト回収が行われるが、現時点でミャンマーにおいてこのようなコストに関する価格設定が行われていないため、事業成立に向けては現地政府との更なる検討が必要となる。

また、再生可能エネルギープロジェクトを実施する場合の、資金調達もミャンマーにおいては課題の一つとして捉えられている。ローカルの銀行は再生可能エネルギー案件への融資経験を有さないため、リスク評価等が非常に困難となっている。外資の銀行を活用するにも、結局はローカルの銀行との調整が必要となるため、利率が高くなりがちである。

3. JCM 案件化と実現可能性検討

3.1 JCM 事業化検討

低炭素型廃棄物処理システムにおける有望技術は、籾殻発電技術と言える。先述のとおり、ザガイン管区シュエボー地区は農業地域であり、籾殻の発生量も多く、シュエボー地区における最大の廃棄物が籾殻であり、不適正処分による環境問題と共にその有効活用が求められている。特に、籾殻の廃棄問題は、一部で大規模な野焼きが行われているなど、エーヤワディ管区より、より深刻な状況にある。

ザガイン管区シュエボー地区において有望と考えられる低炭素型廃棄物処理システム（籾殻発電）に関し、JCM プロジェクトとして有望な案件の特定と実施場所を特定し、導入技術について検討を行った。

3.1.1 事業概要

ザガイン管区シュエボー地区の工業団地、精米工場において、整備する発電設備として、日本企業とミャンマー企業による SPC を組成し、籾殻を原料とした、3 MW 規模バイオマス発電事業の早期運転開始を目指す（2018 年度後半～2019 年度設前半の備補助申請におり、2021 年度運転開始）。

3.1.2 事業実施場所

本事業の実施場所として、シュエボー地区内の工場団地内及び大規模精米所の隣接エリアを比較検討した。

シュエボーは、精米所が 120 か所あり、十分収集可能。特に Shwebo Industrial Zone では 100 か所の精米所があり、集中している。平均 20 トン/日の精米設備と仮定すると、全体で 2,000 トン/日の精米量となり、籾殻は 400 トン/日発生する、3MW 規模の発電設備は 100 トン/日必要であり、6MW 規模で 200 トン/日必要で十分調達可能である。

特に、精米所が集積する工業団地と大規模精米所(ワレット地区)が有望と考えられ、比較検討を行った。

シュエボー工業団地の状況の検討結果

357 区画のうち、80%が既に工場で埋まっており、内 50%が精米所である（精米所の集積エリア）。未利用の籾殻が大量に発生している。電力はグリッドであるが、不足時にはディーゼル発電で対応しており、電力の安定確保が重要課題となっている。

大規模精米所（ワレット地区）の状況の検討結果

現在 150 トン/日の精米設備を有し、30 トン/日の籾殻が発生している。今年度に 100 トン/日の精米設備増設予定でありこの精米所だけで 50 トン/日の籾殻発生見込み。現状

電力はグリッドであるが、不足時にはディーゼル発電で対応しており、電力の安定確保が重要課題となっている。今後は、周辺の経済発展によりやや不透明。籾殻の利用先がないため、広大な空き地で野焼きしている。

この結果、事業的には、単一の精米事業者が行っている大規模精米所が、籾殻調達の体制の観点から、有望であるが、管区としては、複数の精米事業者にメリットがある工業団地での導入を優先する意向であった。

このため、工業団地での導入を優先し、その後の展開として、大規模工業団地への展開を考える方針とした。なお、大規模工業団地での展開に関しては、管区に対し、事業効果を説明するための工夫が課題となる。

3.1.3 事業における導入技術

籾殻発電を継続的に運用可能とするための観点として、(1) 燃料である籾殻の集荷可能量、(2) 発電方式、及び(3) 籾殻の調達の観点に着目し、本事業における導入技術を検討した。

(1) 籾殻集荷可能量からの検討

発電システムの規模は大きい方が、発電事業観点からのメリットは大きい。しかし、籾殻発電の場合は、燃料の安定確保と燃料価格の適正水準維持が、事業成否の大きなポイントの一つとなる。東南アジアにおける籾殻発電の失敗事例の多くは、籾殻の購入価格が高騰し、籾殻の安定確保が困難になったことに起因している。

JCM スキームを活用する上では、法定耐用年数期間におけるプロジェクトの安定的経営が求められる。本事業において、安定的経営を長期にわたって達成する手段の一つに、「目の届く範囲」で籾殻を集荷することが挙げられる。

このような観点から、籾殻賦存量について検討を行った結果を以下に示す。

・総籾殻発生量

シュエボアの工業団地：精米量から推計すると 85,7000 ton/年

$357 \text{ 区画} \times 80\% \times 50\% \times 20\text{t/d} \times 50\% \times 20\% \times 300\text{d/y} \doteq 85,700\text{t/y}$

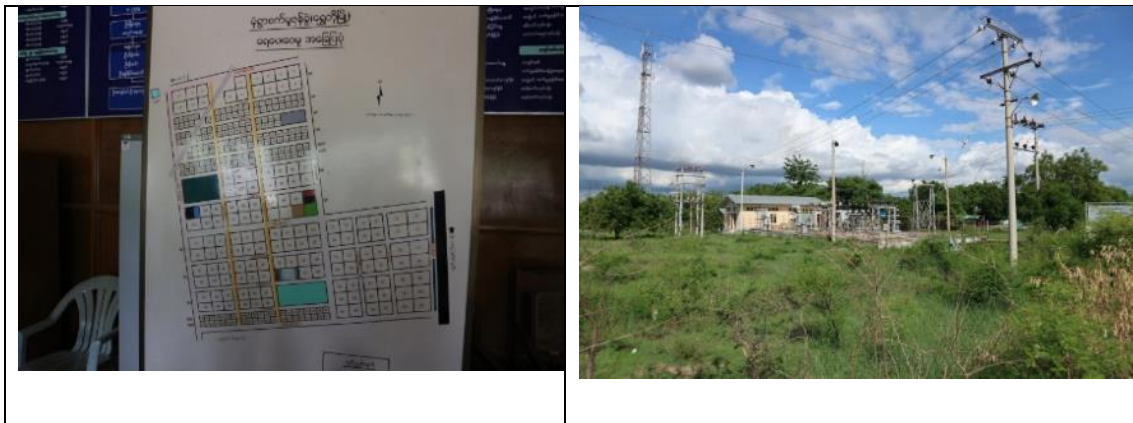
・利用可能量の検討

シュエボ地区では、エーヤワディ管区と異なり、ガス化発電等の自家発電設備を使っているところは極めて少ない。

利用可能な籾殻は、団地内精米業者の約 50%を組織化したとして約 42,900ton/年と試算でき、4MW 以上の発電が可能な量に相当する。

(2) 電力需要量、現状の電力供給

シュエボー工業団地は、357 区画のうち、80%が既に工場で埋まっており、うち 50%が精米所である（精米所の集積エリア）。サブステーションが隣接しており、電力はグリッドであり、グリッドの電力不足時にはディーゼル発電で対応しており、未利用の籾殻が大量に発生している。電力の安定確保とともに、未利用籾殻の野焼き問題が重要課題となっている。



(3) 発電方式

籾殻発電には、大別してガス化発電と直接混焼発電（Boiler Turbine Generator: BTG）の二つがある。小規模発電においては、直接燃混焼発電は一般的に効率が低く、ガス化発電が有利と言われているが、ガス化発電はタール発生等の環境問題も内包している。

事業性及び GHG 削減量を確保する上では、数 MW 規模といった比較的小規模なボイラータービン発電システムにおいて、高い発電効率の実現とコスト削減がキーとなる。そこで、小規模においても高い発電効率を実現可能な本邦技術を活用する。

近年、3 MW 以下の発電システムでも 20%の発電効率を確保できる直接混焼発電システムが構築されたため、これを活用することで、環境への配慮と効率性を両立させる想定である。

具体的には、コア技術となる「タービン系技術」に関しては、小規模においても高い発電効率を実現可能な本邦企業の技術を活用する予定である。「ボイラー系技術」に関しては、採用予定のタービン系技術諸条件に適合することを確認の上、地域性、コストを考慮し、採用企業を選定する方針である。発電システムの概要を以下に示す。

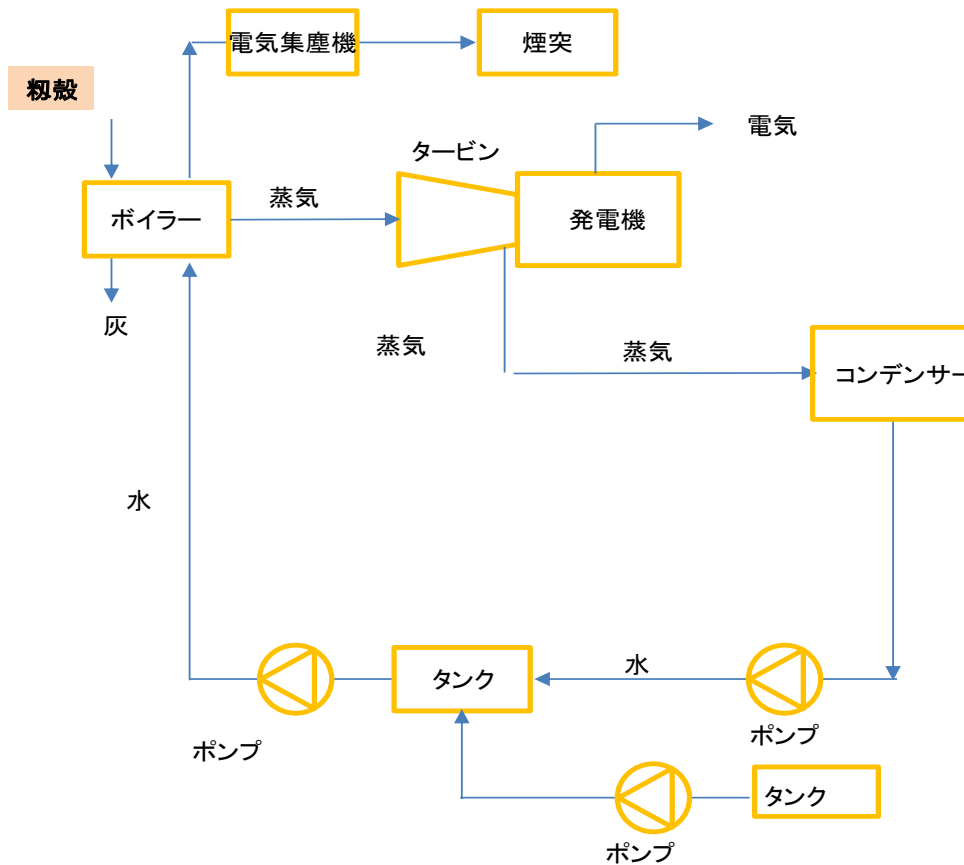


図 3-1 発電システム (BTG) フロー

籾殻発電には、ガス化発電と直接混焼発電 (Boiler Turbine Generator: BTG) がある。小規模発電の場合は、直接燃焼発電は一般的に効率が低く、ガス化発電が有利とされている。しなしながら、最近、日本のエンジニアリング会社により、3MW 以下の発電システムでも 20%の発電効率を確保できるシステムが構築されたため、これを活用することで、環境への配慮と効率性を両立させることとする。

なお、本システムについては、エーヤワディ管区ミャウミャ地区でのフジタと MAPCO の 1 号案件 (JCM) で活用しており、システムをベースに部分的な手直しを行い、地域の実情にあったより最適なシステムを構築する方針である。

1 号案件での経験を踏まえつつ、最適なシステムを構築 (設備コスト、発電効率の両面から) する。

先行するエーヤワディミャウミャの 1 号案件との違いを以下に示す。

1 号案件での経験を踏まえつつ、最適なシステムを構築
(設備コスト、発電効率の両面から)

【共通】

- ・近接して大きな河川がなく、地下水をくみ上げることは稲作に影響を与える可能性も懸念される。農業関係当局と地下水還元に関しては十分協議した上で、実施する

が、状況によっては、蒸気の冷却を空冷式に変更する。

- ・イニシャルコストはアップするが、1号案件の設備見直しでイニシャルコストを抑える検討をする
- ・地盤は1号案件より良好と想定されるために建設費のアップは抑えられると想定
- ・余剰電力の売電先の検討

【候補地：シュエボー地区】

- ・必要量の粳殻を安定的に確保するために、中小の精米事業者を粳殻供給会社として組織化する必要がある。
- ・事業参画のメリットの明確化を行う必要がある。

3.2 GHG の削減量の検討

有望と考えられる JCM プロジェクトを実施した場合のエネルギー起源二酸化炭素削減量及び温室効果ガス排出削減量について検討を行うこと。また、経済面の効果（直接、間接）、社会面の効果（直接、間接）等、温室効果ガス削減以外の事業効果について検討を行った。これについて以下に示す。

(1) リファレンス排出量

発電された電力は工業団地内での電力需要を満たす。工業団地はナショナルグリッドへ接続されているため、リファレンスでは、系統による電力供給を想定する。ミャンマーのグリッド排出原単位は、政府より公表されたものがなく、また、系統に接続する発電所データの入手も現段階では困難であるため、CDM 手法でも定められている IEA データを活用した算定方法によりグリッド排出原単位を算出した。算定結果は以下のとおり。

表 3-1 IEA データによるグリッド排出原単位の算定結果 (t-CO₂/MWh)

	石炭	石油	ガス	系統平均
2009	1.055	0.864	0.729	0.202
2010	1.057	0.786	0.729	0.265
2011	0.979	0.853	0.729	0.192
2012	0.961	0.826	0.729	0.218
2013	0.956	0.825	0.729	0.195
2014	0.969	0.848	0.729	0.280
2015	0.973	0.825	0.729	0.304
平均原単位 (2009～2013)	-	-	-	0.214
平均原単位 (2010～2014)	-	-	-	0.230
平均原単位 (2011～2015)	-	-	-	0.238

また、ミャンマーではガス火力発電の導入が検討されており、現在の水力主体から火力主体への電源構成へ変化していくため、グリッド排出原単位も増加していくことが見込まれる。そのため、本事業による削減効果もそれに伴い増大することが見込まれており、グリッド排出原単位の設定は事後推計 (ex post) とする。

発電電力量については、所内電力を差し引いた系統への電力販売量を適切に把握できるようなモニタリングポイントを設定しなければならない点に留意が必要である。また、熱供給も行う場合には、熱供給先で現在使用されているボイラーやミャンマーにおいて普及している最高効率のボイラーを代替すると想定する。他方で、従来どおりの天日干しでの靱乾燥工程を代替する場合には排出削減にはならないため対象外とする。

(2) プロジェクト排出量

1) 輸送起源の二酸化炭素排出量

- ・発電に使用する籾殻輸送時の燃料消費起源の排出量を算定する。
- ・保守性の観点から CDM ツールのデフォルト値（軽車両）である 245g-CO₂/t-km を用いることも想定する。
- ・JCM においては、「Joint Crediting Mechanism Guidelines for Validation and Verification」の 8.1.4 Materiality（裾切り）の記載に基づき、排出削減量の 5%以下の少量排出源については、算定から除外することが可能である。このため、近隣からの輸送のみの場合などで、少量排出源とみなされる場合には、算定から除外する。

2) 所内消費燃料

- ・非常用電源等により当該籾殻発電所の補機等への電力供給がある場合には、その電源の燃料消費起源の排出量を勘案しなければならない。
- ・基本的には当該燃料の購入伝票によりモニタリングを行う。

(3) その他排出源の取り扱い

- ・籾殻処理起源のメタン発生

籾殻を利用することにより、本プロジェクトが実施されなければ野積み等で廃棄されていた可能性のある籾殻処理起源のメタン排出を回避したとみなすことが可能である。ただし、ミャンマーでの籾殻の廃棄形態は必ずしも野積みとは言えず、比較的好氣的な投棄方法が用いられている可能性があるため、保守性の観点から削減効果の対象外とした。

- ・排出削減量の推計結果

以上より、排出削減量を推計すると以下のとおり。

表 3-2 排出削減量の算定結果（籾殻等バイオマス発電事業）

発電容量 (Net)	3.0	MW
年間発電電力量 (Net)	21,600	MWh/年
グリッド排出原単位	0.238	t-CO ₂ /MWh
リファレンス排出量	5,141	t-CO ₂ /年
原料籾殻の輸送量	30,900	t/年
プロジェクト排出量	0 (注)	t-CO ₂ /年
排出削減見込量	5,141	t-CO ₂ /年

(注) プロジェクト排出量に関しては、籾殻の約半分は隣接する精米所から調達、残りの半分も近隣の精米所から調達する契約であり少量排出と考え、削減量の算定では考慮しないものとした。

(4) その他 JCM 実施に向けた留意事項

モニタリング計画での留意事項

適切なモニタリングポイントの設定：

- ・本案件におけるモニタリングポイントで注意が必要なのは、発電電力量（グリッドへの売電量）のモニタリングポイントである。
- ・これは、料金メーターのような電力計の値を使用することになるが、その設置場所の確認が必要となる。例えば、発電所の定期点検等の休止の際に、所内にある補機や管理棟などでの電力消費が発生する場合には、その量を適切に除外しなければならない。そのため、発電電力量と所内電力量を適切に測定できるようなポイントに位置しているかの確認が必要となる。

計測器の精度管理：

- ・モニタリングに使用する計測器はそれぞれがどのように精度を確保されているのかを確認しなければならない。
- ・例えば、最も精度が高い基準としては、「国家標準（国家計量標準）」があり、世界中の国家計量標準機関と国際比較・相互認証がされている機関からの承認が必要となる。
- ・また、国家計量標準機関として、国家計量標準システムの維持やトレーサビリティを確保するための管理体系についても別途確認する必要がある。

モニタリングデータをエビデンスとして記録・収集する方法：

- ・発電電力量については、発電所側（電力販売側）での測定記録での確認に加えて、送配電側（電力購入側）からのエビデンスも必要となる。これは、電力購入に購入量が把握できるものや定期的に発電所から送配電会社に送付されるレポートのようなものでも良い。その際には、当該レポートがどのようなフローで提出され、内容の確認がされているのかを確認する必要がある。
- ・所内燃料消費量及び輸送時の燃料消費量については、前述の通り、燃料会社からの購入量にてモニタリングすることが最善策である。その際に、購入伝票において燃料消費量が記載されていなければならない。
- ・また、モニタリング期間に応じて、適切に全ての購入伝票を収集して保管されていなければならない。管理簿等で購入量を把握している場合においても、厳密にはその購入を実際に行ったことを示す購入伝票の確認が必要となる。

品質保証／品質管理（QA/QC）：

- ・JCM のモニタリングガイドライン（正式名称：PDD and Monitoring Report Guidelines ver01.0）の要求事項において、計測方法や手順の QA/QC を説明するが規定されている。そのため、各パラメータについて、測定器の精度レベル、測定の情報（頻度、測定の日付、有効性）の詳細情報をモニタリングレポートにおいて説明しなければならない。

- ・また、説明の他に、モニタリングポイントや排出源、エネルギー（燃料、電力）のインプット／アウトプットのフロー図を PDD 上で示すことで、データの適切な収集・記録に加えて、QA/QC を行う体制も構築しやすくなる。

3.3 事業提案、政策提案の検討

事業化スキームの検討（設備要件の検討、資金面、実施体制等）、JCM プロジェクトとしての事業実現化のための施策の検討を行った。また、事業に伴う環境影響、社会影響の可能性、対策に関し、現地関係法令等を参考に検討した。

3.3.1 事業化スキーム

本事業のスキームを以下に示す。

表 3-3 事業スキーム

導入場所	ザガイン管区シュエボー地区の工業団地内
規模	3MW 規模
原料	籾殻
導入技術	ボイラータービン（バイオマス発電）
電力	精米所での所内利用し、余剰分は周辺コミュニティ、工業団地内の他工場で利用（マイクログリッドによる配電）
事業スキーム	SPC（例：日本企業＋現地パートナー等）を想定 JCM 設備補助の活用

(1) 設備要件の検討

籾殻供給量や工業団地における電力需要を考慮して、本調査で提案する籾殻発電事業は以下に示す仕様と想定する。

表 3-4 籾殻発電の仕様

出力	3,360	kW
自家消費分	360	kW
売電分	3,000	kW
稼働時間	24	hrs/day
	300	days/year
発電量(売電分)	72,000	kWh/day
	21,600,000	kWh/year
籾殻量	4	t/h
	103	t/day
	30,900	t/year
(参考) 混焼ペットボトル量	0.011	t/h
	0.264	t/d
	79.2	t/year

(2) 資金面の検討

土建工事費を除く、設備費（概算）は 689 百万円（発電容量 Gross3.3MW。）。事業投資資金として、SPC の資本持分に応じたものを立案する方針である。

(3) 実施体制の検討

<工場団地での実施>

本導入技術の事業実施体制、MAPCO の全体インフラ整備の一環として位置付けられるため、MAPCO が事業実施体制であるべきと考えられる。しかしながら、これまでのミャンマーの民間企業の発展経緯を考えると、本事業においても、経験ある企業との合弁事業とするのが最適と考えられる。したがって、JCM スキームを活用することも考慮して、日本企業とミャンマー企業による SPC を組成することを立案中である。国際コンソーシアム体制を以下に示す。

【国際コンソーシアム体制図(案)】

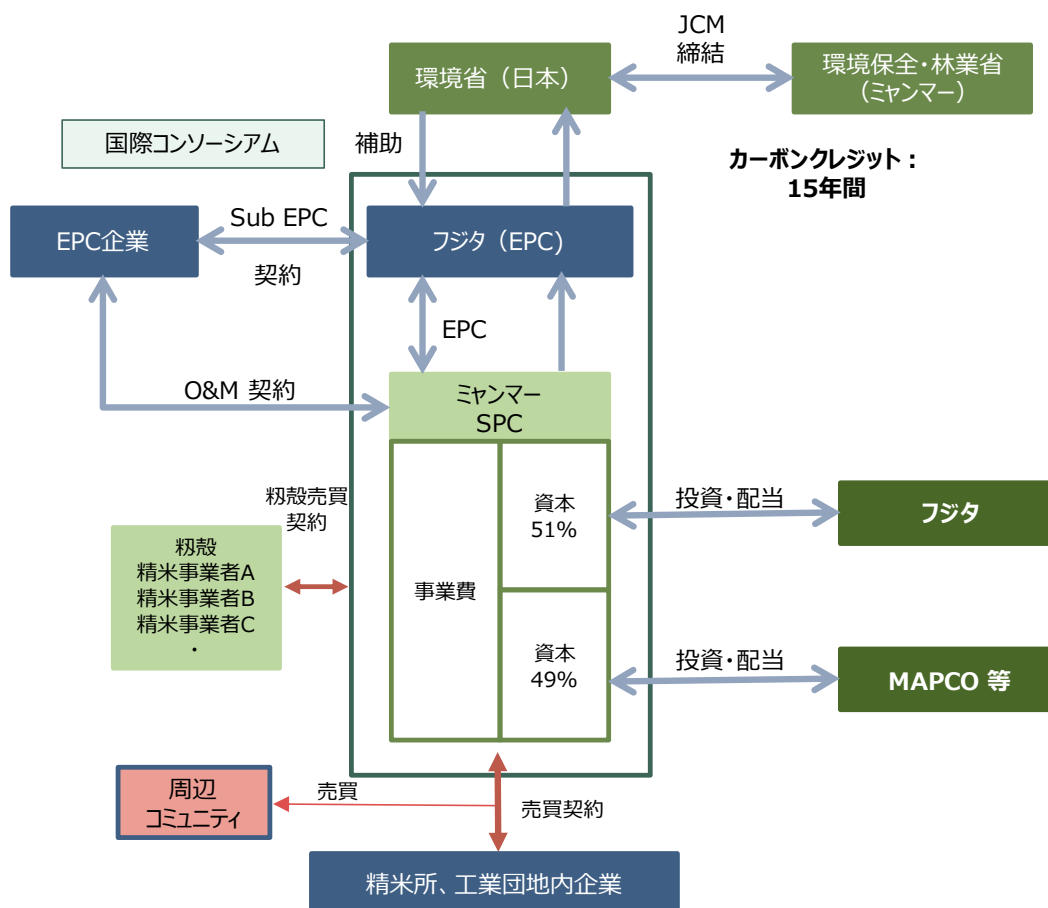


図 3-2 実施体制図 (案)

本導入技術は、専門的な知識・経験が必要であるため、維持管理については、EPC を請負う企業に一括して委託する方式とすることで立案する方針である。

(4) 売電方法

全量を MAPCO 経由で販売する予定。販売先は、MAPCO 関連施設及び近隣工場を想定) に対して、オフグリッドで売電とする予定。

(5) 事業参画企業の特定・確認

ミャンマー企業として事業参画を想定しているのは、本工業団地の区画を購入し、精米所建設を計画している MAPCO 社である。

水平展開していくためには、日本企業の出資比率を段階的に少なくしていくべきであるが、まだ、ミャンマー経済の水準では、1 社の資金で事業参画するにはハードルが高いため、3 社程度の出資を想定している。

3.3.2 環境影響、社会影響の検討

籾殻発電に伴う環境影響（例、大気汚染、水質汚染等）の可能性と対策の可否、環境影響評価の有無・手続き、立地に伴う社会影響の可能性と対策等に関し、現地関係法令等を参考に検討した。

外国からの民間投資の際は、ミャンマー投資法に従い、ミャンマー投資委員会（MIC : Myanmar Investment Committee）における投資認可手続きが必要となる。

MIC における投資認可を受けるためには、環境影響評価手続（EIAP : Environmental Impact Assessment Procedures）に規定される業種・規模要件に該当する事業については、環境影響評価（EIA）または初期環境審査（IEE）の実施、あるいは環境管理計画（EMP）の策定・承認が必要となる。

EIAP において IEE または EIA が必要とされる業種として特定されているのは、①議会・内閣によって執行が決まったプロジェクト、②エネルギー、③農業、④製造業（食品産業・縫製業・林業・化学産業・建材・金属/機械/電子）、④廃棄物処理、⑤水供給、⑥インフラ・サービス開発、⑦交通、⑧鉱業である。

EIA において参照する環境数値については、強制力を伴ったものが存在しないのが現状である。2015 年末に、国家環境（排出）ガイドライン（National Environmental Quality (Emission) Guideline）が国際金融公社（IFC : International Finance Corporation）において定められている Environmental Health and Safety ガイドラインを参照に作成されたものの、これは飽くまで参考値としての扱いとなる。したがって、現時点では、国際基準（JICA 環境社会配慮ガイドライン、IFC Performance Standards、ADB Safeguard Policy Statements 2009 等）に準拠した検討が必要となる。

本調査で提案した 3MW 規模の籾殻発電事業については、EIAP の特定業種のうち、

「廃棄物による発電プラント (Power Plants from Waste Products)」に該当する。この業種については、設備容量 50MW 以上のプラントが IEE 対象、政府によって指示されたプロジェクトが EIA 対象と定められている。したがって、本案件は IEE、EIA 対象外と想定される。

個別の環境基準である、周辺大気質、大気排出、産業廃水、汚水、騒音に関しては、IFC EHS (International Finance Corporation Environmental Health and Safety) ガイドライン (火力発電) 及び IFC EHS ガイドライン (一般) のうち、小規模燃焼施設¹排ガスガイドラインに準拠することとする。また、発電システムを設定どおりに運用するために設備の維持管理棟に係る現地サポート体制を構築する。以下に発電プラントにおいて取るべき環境対策を示す。

表 3-5 糲殻発電プラントにおける環境対策

排気ガス	粒子状物質	サイクロン集塵機処理
	NOx 及び SOx	糲殻成分に窒素、硫黄成分は少ないため、特別な処理は不要
	ダイオキシン	本来糲殻成分そのものには塩素がほとんど含まれないが、土壌中ダイオキシンを吸収して糲殻に移行していることが想定される (本ガイドラインに基準なし)。
灰	飛灰	排気ガス中飛灰は、バグフィルターもしくは電気集塵機の導入を検討。
	主灰	飛灰と併せて、精製シリカを抽出して付加価値の高い原料 (タイヤ及び化粧品等) 利用を検討 (糲殻焼却灰は約 90% のシリカが含有)。

なお、糲殻発電に伴う焼却灰については、現時点では、焼却灰の埋め立てに関する規制がないが、必要に応じて、重金属等への対応など、環境負荷が発生しないような埋め立て基準の検討等、管区関係機関と連携していくことが重要となる。

¹小規模燃焼プロセスとは、燃料の種類に関係なく、総計で定格熱入力容量が、熱出力 3 MW~50 MW の範囲にある電力あるいは機械力、蒸気、熱、またはこれらの組み合わせを供給するために設計されたシステムを言う。

3.3.3 事業効果（温室効果ガス削減以外）

(1) 経済面での効果

- ・ 廃棄物である籾殻の有効利用と経済的なメリット
当該事業が位置する工業団地の周辺では籾殻の有効活用ニーズが強く、籾殻の有効利用は精米事業者にとって経済的なメリットが生まれる。
- ・ 工業団地での電力供給
工業団地はグリッドからの建設時の電力需要に対しても電力供給することが可能である。これにより工業団地での安定的な生産が進むことが期待できる。
- ・ 工業団地へのグリーン電力の供給と災害に強い自立分散型電源の確保
ミャンマーの地方都市は雨季に大規模な洪水が発生するなど防災面での対応が課題。自立分散型電源は災害時にも電力供給が可能となり、地域の強靱（レジリエント）化に寄与する。
- ・ 新たな事業機会への展開
経済発展に伴い、地域での産業振興が課題となる中で、新規の産業（米の加工品、農産物の加工、水産物の流通等）の育成が重要となっている。本事業の籾殻発電設備は工業団地への電力供給の他に、熱供給も可能である。熱利用の方法として、例えば籾乾燥への利用による品質向上やその他豆類・水産物の可能への利用等、様々な熱源として利用することも考えられ、新規産業の創出に繋げていくことが期待される。

(2) 地域社会への貢献効果

- ・ 地域コミュニティでの電力アクセスの改善
エネルギーアクセスの推進及び廃棄管理の諸問題は、ミャンマーにおいて最重要課題となっている。籾殻発電事業について、ミャンマーの多くの地域での普及拡大が期待できる新たな解決策として期待される。ミャンマー中央政府は、電力供給を抜本的に改善するため、分散型の電力システム（再エネ、マイクログリッド等）を積極的に活用する方針に転換しつつある。本事業は、このような政府の方針を具体化する事業モデルとして期待できる。

3.4 計画策定、能力開発の支援

(1) 政策立案支援

ザカイン管区での現地 WS（9 月、モンユワ市で開催）においては、都市間連携を通じた廃棄物対策の制度構築支援の観点から、福島市での廃棄物処理対策として、福島市では、一般廃棄物の適正な処理と減量を推進するため、「福島市一般廃棄物処理基本計画」を策定し、以下の 3 つの基本方針を打ち出していることを説明した。

- ・ 廃棄物の発生抑制、再使用、再生利用を基本とした 3 R 運動の推進による循環型社会の構築
- ・ 廃棄物の適正処理の推進による安全で快適な生活環境の確保
- ・ 市民、事業者、行政の協働による環境保全

現地 WS（2 月、ヤンゴンで開催）では、福島市の再生可能エネルギー導入推進に関する政策等を紹介するとともに、ミャンマーでの低炭素型廃棄物処理システム（籾殻発電）や太陽光発電導入の可能性等関連するエネルギー政策について議論を行った。ミャンマーは電力不足の状況にあるが、必要とする電力については環境にやさしい再生可能エネルギーを活用することが非常に意義ある取り組みであり、具体化に向け都市間連携をベースに官民一体で進めていくことを確認した。

紹介した福島市における政策を以下に示す。

- 福島市再生可能エネルギー導入推進計画の位置付け
- 福島市が目指す将来像
- あらかわクリーンセンター ごみ発電電力の地産地消事業
- 再生可能エネルギー発電設備等の導入
- 太陽光発電システム設置助成事業
- 再生可能エネルギー等施設整備資金利子補給事業

また、ミャンマー連邦共和国農畜産灌漑大臣への表敬訪問を行い、エーヤワディ管区及びザカイン管区との都市間連携の取り組みを紹介するとともに、福島市の観光や農業、農産物加工食品（米粉を使用した食パン、日本酒など）について紹介した。大臣からは、これまでの福島市の支援に感謝するとともに、低炭素型廃棄物処理システム（籾殻発電）実現に向け取り組んでいく旨の発言を頂いた。

WS を通じ、工業団地や精米所の再編の開発における再エネ活用の重要性の共通理解を得た。管区首相、管区担当大臣のみならず、連邦共和国農畜産灌漑大臣をはじめとした政府関係者とも展開方向の認識共有（精米事業の発展において、再エネによる電力確保の有効なアプローチ）した。

○エーヤワディ管区及びザガイン管区との都市間連携ワークショップの概要

日 時	2月6日(火) 15:00 ~ 17:00
会 場	ヤンゴン市内会議室
出席者 28名	<p>【日本側 10名】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・福島市環境部次長、環境部環境課環境企画係長 ・福島商工会議所副会頭、事業推進部長 ・(株)三菱総合研究所環境・エネルギー事業本部主席研究員 ・(株)フジタ海外開発事業部長、ヤンゴン支店所長外3名 <p>【ミャンマー現地関係者 18名】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ザガイン管区チーフ・エンジニア、エーヤワディ管区マウビン地区エンジニア外2名 ・ミャンマー連邦商務省ミャンマー貿易振興局貿易情報・研究部長 ・ヤンゴン管区農業部主任スタッフ ・ミャンマー米連盟(MRF)事務局長 ・MAPCO関係者 他
内 容	<ul style="list-style-type: none"> ・福島市の再生可能エネルギー導入推進に関する政策等を紹介するとともに、ミャンマーでの低炭素型廃棄物処理システム(粃殻発電)や太陽光発電導入の可能性等関連するエネルギー政策について議論を行った。 ・ミャンマーは電力不足の状況にあるが、必要とする電力については環境にやさしい再生可能エネルギーを活用することが非常に意義ある取り組みであり、具体化に向け都市間連携をベースに官民一体で進めていくことを確認した。

○ミャンマー連邦共和国農畜産灌漑大臣への表敬訪問の概要

日 時	2月7日（水） 13：30 ～ 14：00
会 場	ミャンマー商工会議所連盟会議室
出席者 15名	<p>【日本側 10名】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・福島市：環境部次長、環境部環境課環境企画係長 ・福島商工会議所：副会頭、事業推進部長 ・(株)三菱総合研究所環境・エネルギー事業本部主席研究員 ・(株)フジタ海外開発事業部長、ヤンゴン支店所長外3名 <p>【ミャンマー側 5名】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アウン・トゥ ミャンマー連邦共和国農畜産灌漑大臣 ・ゾウ・ミン・ウイン ミャンマー商工会議所連盟会長 ・チッ・カイン ミャンマー米連盟（MRF）会長 ・イエ・ティン・トゥ ミャンマー連邦共和国農畜産灌漑省 農業局長 ・イエ・ミン・アウン ミャンマー米連盟（MRF）事務局長
内 容	<ul style="list-style-type: none"> ・ミャンマー連邦共和国農畜産灌漑大臣への表敬訪問を行い、エーヤワディ管区及びザガイン管区との都市間連携の取り組みを紹介するとともに、福島市の観光や農業、農産物加工食品（米粉を使用した食パン、日本酒など）について紹介した。 ・大臣からは、これまでの福島市の支援に感謝するとともに、低炭素型廃棄物処理システム（籾殻発電）実現に向け取り組んでいく旨の発言を頂いた。

(2) ビジネス交流

2月のヤンゴンでの現地ビジネス関係者とのネットワークミーティングでは、現地ビジネス関係者への福島市内等企業の取組みとして、株式会社こんの：古紙リサイクル、内池醸造株式会社：排水のバイオガス発電、加藤鉄工株式会社：環境保全と産業の活性化の両立を図る自社開発品の製造等を紹介した。

ミャンマー国内企業と福島市内企業との連携可能性について意見交換、具体化に向けたビジネス対話の重要性を相互に確認し、認識を共有した。低炭素化社会の実現のためには、政策形成とともに、ビジネスセクターでの事業化が重要な役割を担っていることへの理解の醸成を図った。企業関係者にとっても、ビジネスチャンスとなることへの理解を得た（福島市での企業事例を通じた学び）。

現地の商工会議所・企業との対話は初の試みとなったが、日本企業への期待も高く、これを契機に交流の継続が重要との認識を共有した（例：MAPCO との連携の具体化。MAPCO はミャンマー有数の農業関連事業会社であり、連携が期待できる）。

○ミャンマー商工会議所連盟並びに企業関係者他との意見交換の概要

日 時	2月7日（水） 14：00 ～ 16：00
会 場	ミャンマー商工会議所連盟会議室
内 容	・現地ビジネス関係者とのネットワークミーティングでは、福島商工会議所から福島市内等企業の取り組みを紹介するとともに、ミャンマー国内企業と福島市内企業との連携可能性に関し意見交換を行った。具体化に向けたビジネス対話を行うことの重要性を相互に確認し、認識を共有した。
出席者 26名	<p>【日本側 10名】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・福島商工会議所：副会頭、事業推進部長 ・(株)大善ミャンマーマネージングディレクター ・福島市：環境部次長、環境部環境課環境企画係長 ・(株)三菱総合研究所環境・エネルギー事業本部主席研究員 ・(株)フジタ海外開発事業部長、ヤンゴン支店所長外3名 <p>【ミャンマー側 16名】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ミャンマー商工会議所連盟副会長 ・ミャンマー米連盟（MRF）室長 ・現地企業関係者（水産会社社長、MAPCO 関係者他）他

(3) 能力開発

現地 WS（2月、ヤンゴンで開催）において、福島市とエーヤワディ管区との都市間連携の成果として、「経済発展に対応した新たな廃物対策の推進」（課題認識、課題解決に向けた展開方向、都市間連携に向けたアクションプラン案）について、ザガイン関係者に共有した。

廃棄物分野：経済発展に対応した新たな廃棄物対策の推進の方向性は以下のとおり。

<目指す姿>

経済発展に伴う廃棄物の増加に対応し、3R（リデュース、リユース、リサイクル）への転換を図り、低炭素・循環型の都市づくりを目指すことが重要である。

<展開方向>

- ・ミャンマー有数の米産地であることを活かし、籾殻等のバイオマス系廃棄物の適正処理（有効利用）として、籾殻発電事業による廃棄物のエネルギー化の取り組みを推進する（JCM等の日本の支援制度を活用する）。長期にわたり安定的な籾殻発電事業を行う上で、長期の安定的な籾殻調達が不可欠であるため、精米所で発生する籾殻の調達の仕組みづくりのための行政・事業者・業界団体の連携を図る。
- ・先進的な取り組み（籾殻発電）とともに、廃棄物に対する地域社会での意識改革が重要であり、取り組みを進める（例：分別を定着させるためには、環境教育の取り

組みが効果的であり、学校教育の場の活用等が考えられる)。

その他関連分野での展開

今後は、都市間連携の取り組みを活かしつつ、関連分野（例：再生可能エネルギーの推進、資源循環、省エネルギー）、他地域（管区の他都市・他の工業団地等）への展開を有機的に進める。

【課題認識・展開方向・アクションプラン（提案）】

廃棄物分野 ～『経済発展に対応した新たな廃棄物対策の推進』～

課題認識

- ・地方都市においても、都市ごみは、埋め立て処分により対応している状況であるが、都市部では経済発展に伴い廃棄物が増加しており、最終処分場のひっ迫や都市部や農村部でのごみの散乱などの問題の発生が危惧されている。
- ・高度経済成長を経験した日本の自治体においては、埋め立て処理から焼却処理への転換、3R（リデュース、リユース、リサイクル）の取り組みの強化を進めている。特に、3Rを進める上で、分別が最も重要な取り組みの一つとなっている。
- ・ザガイン管区は、ミャンマー有数の農業エリアであることを踏まえ、籾殻等の農業廃棄物の適正処理と有効利用（バイオマス発電等）を進めることが必要である。

課題解決に向けた展開方向

- ・このため、日本の経験と現地の実情を踏まえつつ、籾殻等のバイオマス系廃棄物の適正処理（有効利用）、分別の取り組みのためのアクションプランの検討を進めることが必要である。
- ・先進的な取り組みとともに、廃棄物に対する地域社会での意識改革が重要であり、分別を定着させるためには、環境教育の取り組みも効果的である（学校教育の場を活用等）。

都市間連携を活かしたアクションプラン（案）

ザガイン管区の経済発展に対応した新たな廃棄物対策の推進のためのアクションプランとして、1)籾殻等のバイオマス系廃棄物の適正処理（有効利用）の事業化（籾殻発電事業による廃棄物のエネルギー化）の検討、2)政策面での対策強化（指導等）・意識啓発（分別を定着させるための環境教育の取組への協力等）が重要である。

1)籾殻等のバイオマス系廃棄物の適正処理（有効利用）の事業化

- ・JCMを活用した籾殻発電事業の展開
- ・籾殻の調達のための仕組みづくり（行政、事業者、業界団体の連携）

2)政策面での対策強化・意識啓発

- ・地域の廃棄物処理のビジョンの明確化（参考：福島市の基本計画）
- ・規制の順守に向けた意識改革（参考：日本での商工会議所での勉強会、啓発活動）
- ・分別を定着させるための環境教育の取り組み（参考：小学校での取り組み）
- ・行政、事業者、市民（家庭）、学校、地域の参画による分別・リサイクル活動

4. 今後の展開に向けて

検討の成果のポイントを踏まえつつ、今後の展開に関し検討を行なった。

課題	検討結果	今後の方針
事業性の吟味	<p>日系企業 3 社と機器調達及び O&M 等に関する協議</p> <p>発電設備の規模確定</p> <p>展開計画の吟味 (第 1 段階は、シュエボ地区の工業団地での 3M 規模での展開を想定)</p>	<p>関係者のうち、MRF 及び MAPCO は 3MW 以上の籾殻発電を実施する方向は合意しており、今後具体化に向け協議予定</p>
地域開発との調整	<p>政策誘導の方策を立案</p> <p>発電設備規模の確定</p> <p>合同WSにおいて政策誘導の方策を議論 <政策誘導の方向性></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 籾殻の適正処理の政策誘導 ・ 廃棄物のエネルギー化 (地産地消型) ・ 周辺地域での電化促進への貢献 ・ マイクログリッドの展開アイデア 	<p>工業団地のみならず、周辺地域を含めた展開の姿の具体化 (精米事業は、農村地域の基幹産業であり、地域の発展との共生の視点が重要)</p>
売電先との調整	<ul style="list-style-type: none"> ・ 管区電力省大臣との認識共有 ・ MRF (ミャンマー米連盟) 及び MAPCO との協議 ・ 関連省庁実務者との協議 ・ 精米事業の発展において、再エネによる電力確保の有効なアプローチ、二酸化炭素排出抑制や廃棄物による環境汚染防止も大事な取り組みであり、籾殻発電は有効との認識を共有) ・ マイクロ・グリッド・システムの導入可能性議論 (議論の導入段階) 	<p>系統連系、マイクログリッド等、電力供給方針に関しては、中央政府との調整も必要なため、メリット、ディメリット等を具体的に整理していく方針 (具体的な政策論、技術論へ)。</p>
事業参画企業との調整	<ul style="list-style-type: none"> ・ 管区政府との連携で検討 ・ 基本的に 2 ヶ所 (シュエボー及びワレット) に絞り協議 (シュエボーを優先する方針) ・ MAPCO との事業計画議論 ・ 現地 (シュエボー) 個人事業者の組織化 (籾殻供給組織) 	<p>工業団地内の実際の中小精米事業者の組織化に関しては、3月に再度議論予定。</p>

建設用地の調整	<ul style="list-style-type: none"> ・管区政府との連携で検討 ・基本的に2ヶ所（シュエボー及びワレット）に絞り協議 ・MAPCOの事業計画との擦り合わせ（シュエボー） ・個人事業者（ワレット）の事業計画の再確認 	事業の具体化する中で詳細協議
許認可手続き	<ul style="list-style-type: none"> ・基本的な許認可手続きはエーヤワディ管区と同様 ・細部の手続きに関しては関係部局のヒアリング 	<ul style="list-style-type: none"> ・事業の具体化する中で詳細協議 ・管区側の関係者との関係構築は不可欠（管区大臣～実務者）
都市間連携による支援策の具体化	<ul style="list-style-type: none"> ・9月のザガイン管区での現地WSでは、管区首相以下、関係者の出席の下、本事業の意義、実施方針に関し理解を得た。 ・1月の福島市でのWSにはザガイン管区の担当大臣に参加いただくことで調整を完了し、市長表敬・市議会議長表敬・WS・商工会議所との交流会・視察を予定していたが、ミャンマー国内での事情によりビザ発給が認められず、開催を中止。 ・2月の現地ワークショップに関しては、エーヤワディ管区、ザガイン管区関係者が参加する共同実施とすることで、管区間の連携、経験の共有を図った。 ・他管区での都市間連携、JCM事業化の経験を踏まえた政策対話は、有効なアプローチ。 ・マイクログリッド展開に関しては、託送の仕組みなどを紹介。 	<ul style="list-style-type: none"> ・実務担当者への関係構築は今後の課題（JCMの案件化において、信頼構築が不可欠：部長クラス、投資審査、環境規制当局） ・特に有望と考える実施サイトである精米工場が集積した既存の工業団地での低炭素化モデルの確立（エーヤワディ管区での1号案件は新規工業団地であり、本件は既存の工業団地での展開モデルとなる） ・更には、周辺地域を巻き込んだ低炭素型の地域開発モデルへの発展（マイクログリッド、託送スキーム等の具体化：政策論と技術論の両面） ・両管区のみならず、中央政府からも取り組みへの期待が高まっている。

工業団地での靱殻発電の取り組み

（現地ニーズと事業の意義付け）

ザガイン管区は、先行して都市間連携での政策対話を行ったエーヤワディ管区同様、廃棄物の増加、電力消費の増加といった、経済発展に伴って起きる社会問題（公害、エネルギーアクセスの改善等）に直面しつつある。特に、靱殻の廃棄問題は、一部で大規

模な野焼きが行われているなど、エーヤワディ管区より、より深刻な状況にあった。

籾殻発電事業(JCM 設備補助事業)は、廃棄されている籾殻の有効活用(廃棄物抑制)と電力生産という二つのベネフィットを得られる取り組みであり、管区関係者や精米事業者双方より高い関心が示された。また、精米事業においては、規模拡大や設備更新等により、生産コストの削減と米品質の向上等を図り、産業としての競争力を強化していくことが課題となっている。このような取り組みを進めるためには、安定的な電力の確保が精米事業者にとっても不可欠となっている。今後は、ナショナルグリッドからの電力供給のみに依存するのではなく、籾殻という資源を活用し自ら電力確保に向け、取り組むことが、ミャンマーにおける精米業界の生き残りにおいて有効なアプローチとなり得るとの意義付けもなされた。

<具体的な方向性(案)>

- ・精米事業者の競争力強化の視点からの事業モデルの検討(再生可能な電力を利用した米加工品の生産)
- ・籾殻という廃棄物が電力生産に寄与し、その電力を活用し新たな事業を創造する事業モデルの確立

(実現のための課題)

籾殻発電事業を具体化するためには、長期の安定的な籾殻調達が必要であるため、精米所で発生する籾殻の調達の仕組みづくりのための行政・事業者・業界団体の連携を図る必要があり、今後、具体化に向けた協議を進める方針である。

<具体的な方向性(案)>

- ・精米業界団体(MRF等)を通じた組織化の検討
- ・行政からの政策誘導

(籾殻発電事業の更なる発展モデルの構築)

籾殻発電では、電力の他、熱も発生しており、その有効利用の可能性が指摘された。具体的には、熱を利用し冷熱を生産し、工場や倉庫等の冷温水需要に活用するアイデアであり、温室効果ガスの削減の増や経済性の向上も期待できる。今後、具体的な案件を対象に、技術面、冷温水需要のニーズ面での詳細検討を行うなど、電力・熱併用型の籾殻発電のシステムの構築に向け、実現の可能性を吟味していく必要がある。

<具体的な方向性(案)>

- ・籾殻発電事業周辺での冷熱需要の把握
- ・電力と熱の併用型のシステムの検討(経済性、技術面での詳細検討)

制度構築支援

(周辺地域への電力供給)

本対象地域での精米所での籾殻発電に関しては、管区の行政サイドでは、工業団地内で活用するのみならず、周辺地域の電化率向上や電力供給の安定化に貢献することへの期待が高い。この実現ためには、電力を工業団地周辺に供給するためのマイクログリッド等の整備が必要となる。しなしながら、マイクログリッドの整備のためのコストを事業者が負うことは経済的に困難である。今回の政策対話では、日本では電力託送制度が整備されており、既存の配電網を利用し、バーチャルに電力を供給する仕組みとなっており、福島市での廃棄物発電は、この仕組みで実現していることを説明し、その可能性の検討を提案した。本候補である工業団地は、隣接地に電力サブステーションがあることから、このサブステーションを活用し、既存の配電網を活用した託送は、他地域へ需要家への電力供給のスキームとして解決策の一つになり得る可能性がある。ただし、技術的、制度的な状況を詳細検討する必要がある、託送システムのような方式により、工業団地周辺に電力供給する事業モデルが構築可能かどうかを、管区関係者との議論を深める必要がある。

<具体的な方向性(案)>

- ・託送システムを活用した電力供給の可能性検討(管区の電力部門関係者との政策対話)
- ・工業団地周辺の配電網の整備状況の把握
- ・地域電化政策の具体化

(廃棄物政策の構築支援)

福島市とエーヤワディ管区との都市間連携の成果として、「経済発展に対応した新たな廃物対策の推進」(課題認識、課題解決に向けた展開方向、都市間連携に向けたアクションプラン案)について、ザガイン関係者に共有した。ザガイン管区の都市部では、エーヤワディ管区同様に、食品容器等の廃プラスチックなどのごみが散乱している状況が確認でき、今後は、都市部での廃棄物対策への対応が不可欠となる。

次のステップとして、管区関係者との政策対話を通じ、エーヤワディ管区で検討した展開方向、アクションプラン案をベースにしつつ、ザガイン管区の地域性を加味した検討を深めることが必要である。

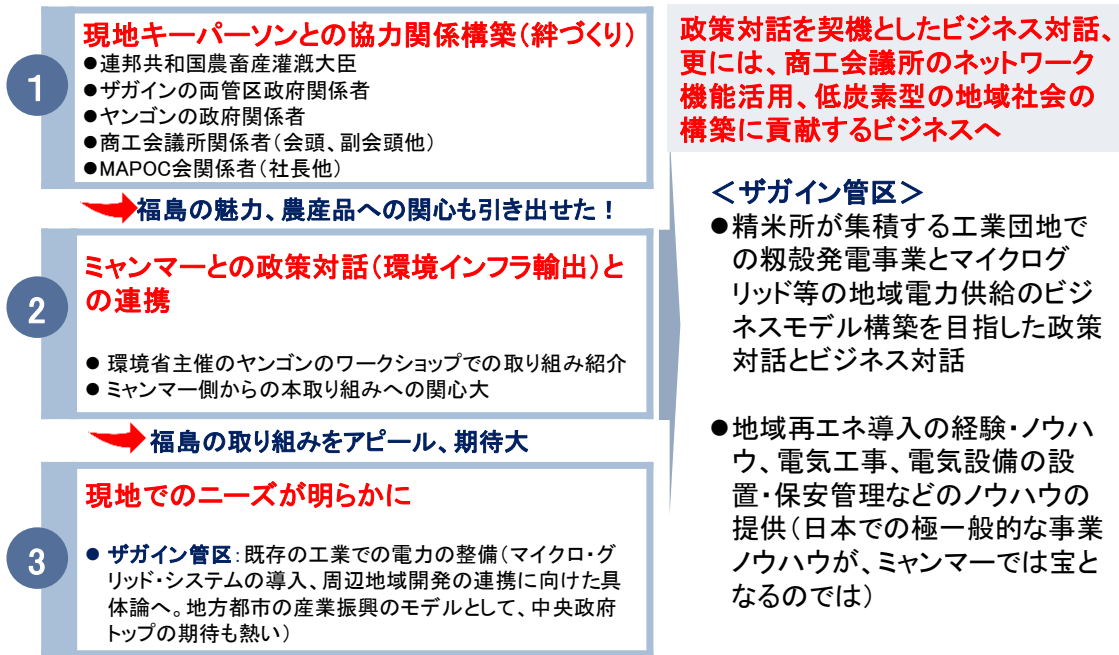


図 4-1 成果のポイントと今後の方針

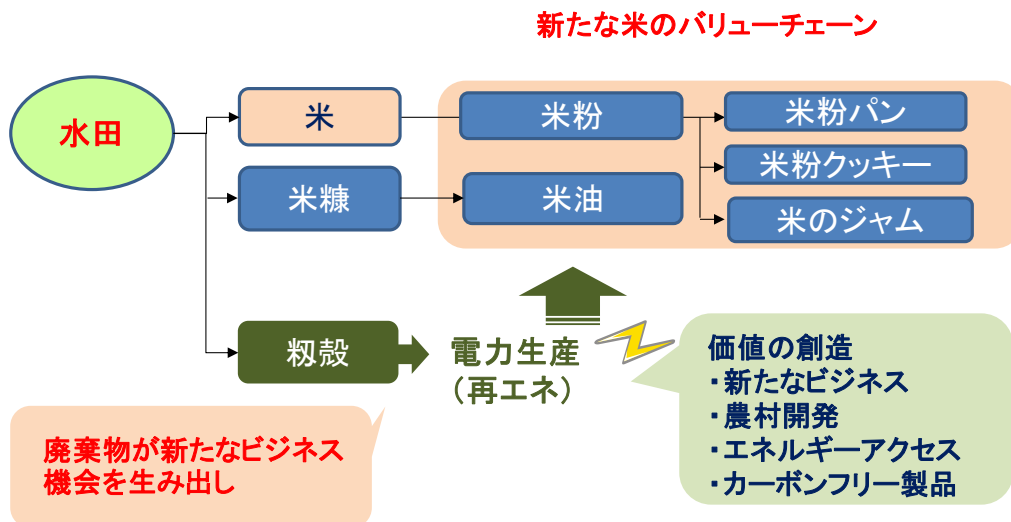


図 4-2 籾殻発電が創造する新たな価値の展開図