

平成28年度

低炭素社会実現のための都市間連携に基づく

JCM案件形成可能性調査事業委託業務

(エーヤワディの低炭素化に向けたJCM案件形成調査事業 (パティン・インダストリアル・シティにおける低炭素型廃棄物処理システムの導入可能性検討))

報告書

平成29年2月

株式会社三菱総合研究所

株式会社フジタ

目次

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	8
1.1 目的	8
1.2 調査項目	8
1.3 調査体制	8
1.4 都市間連携の背景と取組の概要	10
2. 対象地域の概況・ニーズ調査	14
2.1 ミャンマー・エーヤワディ管区の概況	14
2.2 パティン市とパティン・インダストリアル・シティの概況	16
2.3 ミャンマーにおける廃棄物処理の状況	20
2.3.1 廃棄物処理に関する政策・規制の状況	20
2.3.2 廃棄物処理に関する課題	21
2.4 電力セクターの概況	23
2.4.1 ミャンマーにおける電気料金	23
2.4.2 ミャンマーにおける電化政策	25
3. 活用する日本の経験・ノウハウ・技術の抽出	28
3.1 政策面	28
3.1.1 廃棄物処理に関する基本計画	28
3.1.2 廃棄物処理に関する啓発活動	28
3.2 取組事例	30
3.3 有望技術	31
4. JCM 案件化と実現可能性検討	32
4.1 JCM 事業化検討	32
4.1.1 事業概要	32
4.1.2 事業実施場所	32
4.1.3 事業における導入技術	32
4.2 GHG の削減量の検討	36
4.2.2 温室効果ガス削減以外の事業効果	39
4.3 事業提案、政策提案の検討	40
4.3.1 環境影響、社会影響の検討	40
4.3.2 事業化スキーム	42
4.3.3 実現に必要な施策	44
5. まとめと今後の展開に向けて	52

添付資料

添付資料Ⅰ：検討結果概要

添付資料Ⅱ：調査関連データ・関連資料集

添付資料Ⅲ：ワークショップ・現地調査等の実施概要・関連資料

添付資料Ⅳ：Pathein Industrial City 関連資料

添付資料Ⅴ：MRV 方法論（案）

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
kVA	キロボルトアンペア
MVA	メガボルトアンペア
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
m ²	平方メートル
m ³	立法メートル
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

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
ASEAN	Association of South - East Asian Nations	東南アジア諸国連合
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
DICA	Directorate of Investment and Company Administration	国家計画経済開発者・投資企業管理局
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
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
FIL	Foreign Investment Law	ミャンマー外国投資法
GHG	greenhouse gas	温室効果ガス
HPGE	Hydropower Generation Enterprise	ミャンマー発電事業者
IEA	International Energy Agency	国際エネルギー機関
IEE	Initial Environment Examination	初期環境審査
IFC	International Finance Corporation	国際金融公社
IFC EHS	International Finance Corporation Environmental Health and Safety	国際金融公社 環境・健康・安全ガイドライン
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
MCDC	Mandalay City Development Committee	マンダレー市開発委員会
MEPE	Myanmar Electric Power Enterprise	ミャンマー発電事業者
MIC	Myanmar Investment Commission	ミャンマー投資委員会
MOST	Ministry of Science and Technology	政府の科学技術省
MRV	Measurement, Reporting and Verification	（温室効果ガス排出量の）測定、報告及び検証
NLD	National League for Democracy	国民民主連盟
O&M	operation and maintenance	運用・保守
PCDC	Patheingyi City Development Committee	パティン市開発委員会
PV	Photovoltaics	太陽光発電
SIA	Social Impact Assessment	社会的影響評価
SPC	Special Purpose Company	特別目的会社
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	気候変動枠組条約
YCDC	Yangon City Development Committee	ヤンゴン市開発委員会
YESB	Yangon City Electric Enterprise	ミャンマー配電事業者（ヤンゴン）
3R	Reduce, Reuse, Recycle	リデュース、リユース、リサイクル

図の一覧

図 1.1	調査体制.....	9
図 2-1	エーヤワディ管区及びパティン市の位置.....	15
図 2.2	パティン・インダストリアル・シティの検討状況.....	17
図 2.3	パティン・インダストリアル・シティの現況図.....	19
図 2.4	ミャンマー電力・エネルギー省組織図.....	23
図 2.5	ミャンマーにおける発電量推移.....	25
図 2.6	セクター別エネルギー消費量予測.....	26
図 2.7	東南アジア諸国における人口あたり電力消費量の比較 (kWh/人)	26
図 3.1	わたしたちの福島 表紙.....	29
図 3.2	清掃活動支援の概要.....	30
図 4.1	発電システム (BTG) フロー.....	35
図 4.2	実施体制図 (案)	43
図 4.3	パティン市で検討中のビジョンの概要.....	45

表の一覧

表 2.1	ミャンマー・エーヤワディ管区概要	14
表 2.2	パティン市の概要	16
表 2.3	パティン・インダストリアル・シティのゾーン別の計画	17
表 2.4	パティン・インダストリアル・シティの概要	18
表 2.5	パティン・インダストリアル・シティでの電力料金（計画）	18
表 2.6	環境保全法における廃棄物処理に関する記述	20
表 2.7	環境保全施行規則における廃棄物処理に関する記述	21
表 2.8	ミャンマーにおける電力料金	24
表 2.9	オフグリッドの電源構成（2012-2013）	27
表 3.1	福島市一般廃棄物処理基本計画におけるごみ排出量等目標値	28
表 4-1	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）	36
表 4.2	排出削減量の算定結果（籾殻等バイオマス発電事業）	38
表 4.3	籾殻発電プラントにおける環境対策	41
表 4.4	事業スキーム	42
表 4.5	籾殻発電の仕様	42

エグゼクティブ・サマリー（日本語・英語）

エーヤワディの低炭素化に向けた JCM 案件形成調査事業 （パティン・インダストリアル・シティにおける低炭素型 廃棄物処理システムの導入可能性検討） エグゼクティブサマリー

1. 検討の経緯

エーヤワディ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「エーヤワディ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。具体的には、エーヤワディ管区パティン市及び福島市でのワークショップ、相互の都市訪問（現地視察等）、両都市での政策動向に関する意見交換等を通じ、エーヤワディ管区・パティン市の現状やニーズ把握、福島市での取り組み、関連技術の紹介を行い、廃棄物分野、水処理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・エーヤワディ管区

ミャンマーで最大農業エリア。近年は、産業振興のために新たな工業団地の開発を進めるなどの取り組みを行っている。今後急速な経済発展が見込まれる地方都市の一つであり、過去に高度経済成長を経験した日本の経験やノウハウの活用が期待される。

福島市

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」などに取り組み、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. 課題認識と低炭素化都市形成の実現に向けた方向性

「エーヤワディ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た。

<目指すべき地方都市の姿>

・廃棄物の増加、水質等の環境負荷の増大、エネルギー消費の増加、地域が有する豊かな自然環境の喪失等、経済発展に伴って起きる社会問題（公害、自然破壊等）を予防しつつ、先進的な技術やノウハウを最大限に活用し、地方の特色を生かした、活力あふれる低炭素型・環境配慮型の先端的な地方都市（「環境最先端都市 エーヤワディ」<仮称>）の実現を目指すことが重要である。

- ・行政、市民、事業者が一体となって環境保全・低炭素化に取り組むことが不可欠であり、「事業による展開」と「政策面での展開：事業展開を支える仕組み」の両輪により、まずは、モデル的な取り組みを行い、展開を広げていくことが重要である。
- ・モデル的な取り組みの具体化においては、都市間連携のプラットフォームである「エーヤワディ低炭素化推進パートナーシップ」の対話の下で、過去に高度経済成長を経験した日本の経験やノウハウの活用、JCMの枠組みの活用等を図ることが不可欠である。

特に、廃棄物・資源循環分野、水分野、エネルギー分野は、都市の発展において優先分野であり、今回議論した廃棄物分野においては、以下の方向を目指すことが重要である。

3. 個別分野での展開方向

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

<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>

- ・エーヤワディ管区は、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。
- ・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（管区の外都市・他の工業団地等）への展開を有機的に進め、エーヤワディ管区での「環境最先端都市」のモデル的な取り組みを具体化することが重要である。

【課題認識・展開方向・アクションプラン（案）の詳細】

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

- ・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。
- ・エーヤワディ管区は、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）

エーヤワディ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

FY2016 JCM Feasibility Study for Low-Carbon City in Ayeyarwady Region
(Study of a low-carbon waste treatment system in Patheingyi Industrial City)

Executive Summary

1. Background of the examination

A partnership was formed between Ayeyarwady Region and Fukushima City as the platform for a new city-to-city collaboration under the collaborative scheme (framework) between the two, and discussions were conducted among stakeholders from both parties. In concrete, the status quo and the needs of Patheingyi City in Ayeyarwady Region were studied and comprehended, various initiatives by Fukushima City and related technologies were presented as reference, and examinations were performed concerning the possibility of collaboration between both Cities, as well as the possibility of deploying the Joint Crediting Mechanism (JCM) for realization of a low-carbon township in Ayeyarwady Region, in the fields of waste treatment and water treatment, in particular, through joint activities such as the holding of workshops in both Patheingyi City in Ayeyarwady Region and Fukushima City, mutual visits by members of both Cities (including on-site investigations), and exchange of opinions concerning the policy trends of both Cities.

Ayeyarwady Region, Myanmar

Ayeyarwady Region is the largest agricultural area in Myanmar, and the Region has been promoting new initiatives in recent years, including the development of new industrial parks, in order to promote the industrialization of the Region. This Region is considered to be one of the local areas in Myanmar where a rapid economic development is anticipated towards the future, and accordingly, the experience and knowhow held by Japan that experienced a rapid economic growth in the past are expected to be positively utilized in the Region.

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. Awareness of the issues, and the direction towards the realization of a low carbon partnership

All members of the “Partnership”, through discussions thus far, came to share the awareness about the importance of building a sustainable, low-carbon-type, vigorous, well-advanced township in Ayeyarwady Region, and the direction (roadmap) towards the realization of such township, as stated below.

Goal Image of the Region

It is important to aim at realizing an “environmentally most advanced City of Ayeyarwady (tentative name)”, a city, which is full of vigor, yet low-carbonized and environmentally friendly, with its local features well preserved, by making the most of advanced technologies and knowhow, while preventing the occurrence of various social problems (environmental pollution, natural disaster, etc.) from the increase in the volume of waste materials, increase in the environmental load including deterioration of water quality, increase in the amount of energy consumption, loss of the rich natural environment of the Region and so forth, which could occur as a result of the economic growth.

It is indispensable for the administration, citizens and business operators to work together for the preservation of the environment and for the promotion of low-carbonization, and it is important to gradually expand the sphere of deployment, by firstly proceeding with a model-type approach based on a pair of wheels of “deployment by business operators” and “deployment of institutional efforts: i.e. creation of a proper mechanism to support business deployment”.

In bringing the model-type approach into practice, it is indispensable to utilize the experience and knowhow of Japan that experienced a rapid economic growth in the past, as well as the framework of the JCM, through discussions within the Partnership, which is the platform of the city-to-city collaboration.

The fields of waste treatment, recycling of resources, water treatment and energy sources, in particular, are the priority areas in the development of townships, and it is important to aim at the below-stated direction in the field of waste treatment (which were the discussion themes of this time).

3. Direction of deployment in individual fields

Field of waste treatment: Promotion of new treatment measures for waste materials, corresponding to the progress of the economic growth

Vision

It is important to convert our mind to technologies based on the concept of 3R (Reduce, Reuse, Recycle) and aim at creating a low-carbon, circular-type township, corresponding to the increase in the volume of waste materials associated with the economic growth.

Future Perspectives

We promote production of energy from waste materials by way of the rice-husk power generation as an appropriate treatment (effective utilization) of biomass-type waste materials such as rice husks, taking the advantage of Ayeyarwady Region being one of the leading rice-growing areas in Myanmar (We will here utilize Japan’s support systems such as the JCM). We promote collaboration among the administration, business operators and industrial

associations for creation of a proper mechanism to procure rice husks generated at rice polishing mills, as it is indispensable to stably procure rice husks on a long-term basis in order to perform stable rice-husk power generation for a long period of time.

In parallel with the advanced efforts (i.e. rice-husk power generation), a change in the awareness of people in the local community about waste materials is important, and accordingly, we proceed with the measures to change the awareness of local people. (e.g. to promulgate the habit of sorting waste materials. As the educational approach is thought to be effective here, we will utilize the place of education for that purpose.)

Development in other areas

Hereafter, it is important to bring into practice a model-type approach of “environmentally most advanced township” in Ayeyarwady Region, by also proceeding with the deployment in related fields (e.g. promotion of renewable energy sources, recycling of resources, energy efficiency etc.) and in other regional areas (e.g. other townships in the Region, other industrial parks, etc.) in a well coordinated manner, by making good use of the approach from the city-to-city collaboration.

[Details of recognized issues, future perspectives and proposed action plan(draft)]

~Promotion of new measures for waste treatment corresponding to the progress of economic growth~

Recognition of issues

Thus far, in Ayeyarwady Region, municipal waste has been disposed of by way of sanitary landfills, but the amount of waste materials has been increasing in urban areas, corresponding to the progress of the economic growth. As a result, there is concern about the occurrence of such problems as shortage of final disposal sites and the scattering of waste in both urban and rural areas.

In the case of municipalities in Japan that experienced a rapid economic growth in the past, they have been converting their waste disposal method from the landfill-type to the incineration-type and/or enhancing the approach of 3R (Reduce, Reuse and Recycle). In proceeding with the 3R approach, the sorting of waste materials, in particular, is considered to be one of the most important matters.

It is necessary for Ayeyarwady Region to promote proper treatment measures and effective utilization of agricultural waste materials such as rice husks (e.g. realization of biomass power generation), in light of the fact that the Region is one of the leading agricultural areas in Myanmar.

Direction of deployment for the solution of the issue

For this reason, it is necessary to proceed with the examination of an action plan for the proper treatment of biomass-type waste materials such as rice husks (effective utilization), as well as that for the sorting of waste materials.

In parallel with the advanced technological approach, it is also important to change the awareness of people in the local community about the water preservation (As the educational approach is thought to be effective here, we will utilize the place of school education for this purpose.)

Action plan (draft)

For the action plan to promote new waste treatment measures corresponding to the progress of the economic growth of Ayeyarwady Region, it is important to (1) examine the feasibility of commercialization (business operation) of proper treatment measures (effective utilization) of biomass-type waste materials such as rice husks (energy production using waste materials by way of rice husk power generation), and (2) enhance institutional measures (guidance, etc.) and enlighten the awareness of local people (in order to gain their cooperation to the environmental education approach to promulgate the habit of sorting waste materials).

(1) Commercialization of proper treatment measures (effective utilization) of biomass-type waste materials such as rice husks.

- Deployment of rice husk power generation, utilizing the JMC.
- Creation of a mechanism for the procurement of rice husks (collaboration among the administration, business operators and industrial associations).

(2) Enhancement of institutional measures and enlightenment of people's awareness.

- Clarification of the vision about the treatment of locally generated waste materials (reference: Basic Plan of Fukushima City).
- Change of people's awareness towards the compliance with regulations (Reference: Study meetings conducted by commercial and industrial groups in Japan; enlightenment activities).
- Environmental education approach to promulgate the habit of sorting waste materials (Reference: Activities on the level of elementary schools).
- Waste-sorting and recycling activities with the participation of the administration, business operators, citizens (families), schools and communities.

1. 目的・実施体制等

1.1 目的

平成 27 年 7 月、日本は、国連気候変動枠組条約事務局に約束草案を提出した。本約束草案は、エネルギーミックスと統合的な実現可能な削減目標として、国内の排出削減・吸収量の確保により、2030 年度に 2013 年度比 26.0%減（2005 年度比 25.4%減）の水準（約 10 億 4,200 万 t-CO₂）にすることとしている。その中で、二国間クレジット制度（JCM: Joint Crediting Mechanism）については、温室効果ガス削減目標積み上げの基礎としていないが、日本として獲得した排出削減・吸収量を我が国の削減分として適切にカウントすることとしている。

また、同年 12 月、フランス・パリ近郊において開催された、国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会議（COP21）にて、すべての国が参加し、公平かつ実効的な新たな法的枠組みである「パリ協定」が採択され、都市や企業など国以外のステークホルダーの重要性が益々高まりつつある。

本事業は、低炭素社会形成のノウハウを有する本邦自治体とともに、都市間連携に基づいて、国外の都市・地域において、JCM クレジット獲得を目指し、多岐に渡る分野で継続的にエネルギー起源二酸化炭素削減を見込める案件形成を通じて都市の低炭素化を目指す事業を支援することを目的とする。本邦自治体が発関し、本邦研究機関・民間企業・大学等とともに日本の技術や制度を現地の実情に応じて調整、運営・維持管理体制を確立し、都市間連携関係のある都市や地域などで JCM 案件を形成するため、都市・地域に展開可能な事業を想定し都市の低炭素化実現のための JCM 案件形成可能性調査事業を実施した。

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・エーヤワディ管区パティン市で建設が進んでいる新規工業団地（パティン・インダストリアル・シティ）における低炭素型廃棄物処理システム（糞殻発電）を対象として、以下の調査を実施した。

- (1) 概況及び現地ニーズ調査
- (2) 活用する日本の経験・ノウハウ・技術の抽出
- (3) 実現可能性の検討
- (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（工業団地の開発会社等）とも連携しながら、エーヤワディ管区の協力を得て進めた。

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、具体的な事業案件の可能性を検討した。

福島市は、再エネ導入推進計画の策定、廃棄物処理基本計画（特に再資源化、廃棄物発電分野での展開を念頭においた、廃棄物処理制度・留意点、低炭素化のアプローチ等）、工業団地づくりの経験やノウハウを活かし、パティン市で計画中的新規 Pathein Industrial City の開発での低炭素化、さらには、周辺地域を含め「産業都市」のまるごと低炭素化を目指すための政策的なアプローチについて、関係自治体担当者に対し、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、福島市に拠点を有する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。

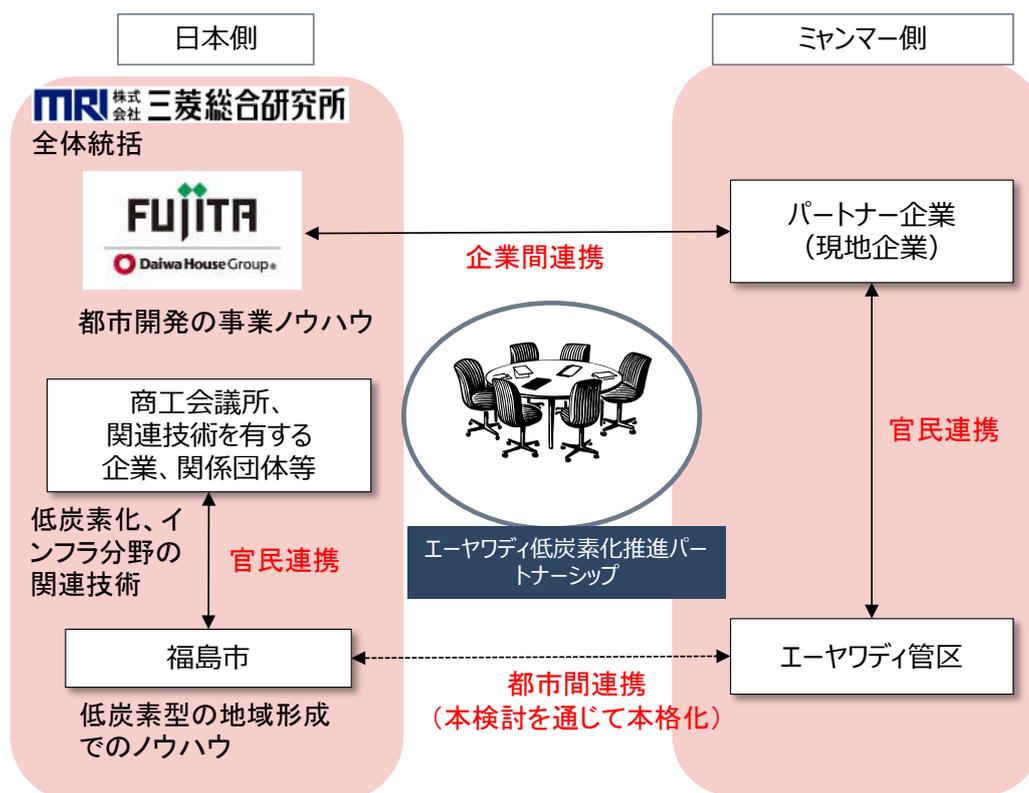


図 1.1 調査体制

1.4 都市間連携の背景と取組の概要

現在開発中の Pathein Industrial City を中心とした地域が、今後、総合的に発展を遂げるためには、安定的な電力供給や廃棄物処理等、克服すべき課題は多い。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、Pathein Industrial City 及びその周辺地域での特色ある開発が期待できる。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での協力要請書）。

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行くことを表明した。

このような取り組みを踏まえ、廃棄物分野、水処理分野での連携及び JCM 展開の可能性に関し検討を行うため、エーヤワディ管区、福島市、福島商工会議所等の協力の下に、ワークショップ、現地調査等で、エーヤワディ管区・パティン市の現状やニーズ把握、福島市での取り組み、関連技術の紹介を行い、政策面での具体的な展開の可能性、有望と考えられる JCM 事業の可能性を探った。

- ・第 1 回現地ワークショップの開催（2016 年 9 月、於：パティン市）
- ・福島市でのワークショップ等の開催（2016 年 10 月、於：福島市）
- ・日本訪問者との意見交換、関連施設の見学（2017 年 1 月、於：東京都内）
- ・第 2 回現地ワークショップの開催（2017 年 1 月、於：パティン市）

なお、このエーヤワディ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は、平成 28 年度低炭素社会実現のための都市間連携に基づく JCM 案件形成可能性調査事業委託業務での実施課題：エーヤワディの低炭素化に向けた JCM 案件形成調査事業である「パティン・インダストリアル・シティにおける低炭素型上下水処理システムの導入可能性検討」と「パティン・インダストリアル・シティにおける低炭素型廃棄物処理システムの導入可能性検討」で合同して実施した。

○福島市でのワークショップ及び現地視察の概要

2016年10月20日～22日に、エーヤワディ管区関係者が福島市を訪問し、福島市でのワークショップを開催した他、最終処分場施設、水処理施設を訪問し、福島市の取り組みについて視察を行った。

また、福島市長への表敬訪問、福島商工会議所の関係者との交流セミナーを行い、今後の連携に向けた意見交換を実施した。

ミャンマー・エーヤワディ管区関係者福島市長表敬訪問



福島市長との意見交換



福島市より記念品の贈呈



ミャンマーより記念品の贈呈



福島市、福島商工会議所関係者と写真

福島市での市担当者からの政策レクチャー



講義の様子

エーヤワディ低炭素化パートナーシップ・ミャンマーに関する交流会



副会頭による挨拶



Aung Min Naing 氏による挨拶

2016年9月（9月19日～23日）に、パティン市において、エーヤワディ管区関係者、日本側メンバー（三菱総研、フジタ）等が参加し、第1回現地ワークショップ及び現地調査を実施。現地ワークショップ（9月20日開催）では、管区首相に冒頭出席頂き、管区関係者が参加し実施した。また、現地調査において、管区開発部を訪問し、開発部長及び開発部担当者へのヒアリングを行い、現状及び今後の開発動向に関し最新の状況を把握した。この他、新規工業団地の状況、関連施設を訪問し取り組み状況等を把握しつつ、意見交換を行った。

第1回現地ワークショップ（2016年9月）



管区首相との意見交換



管区開発部局担当者との意見交換

第2回現地ワークショップ（2017年1月）



管区担当大臣との意見交換



ワークショップでの議論

○福島市での検討会等

エーヤワディ低炭素化推進パートナーシップの運営に際し、福島市関係者、福島商工会議所関係者との検討会、準備会合等を開催した。

- ・ 準備会合の開催（2016年4月、於：福島市内）
- ・ 準備会合の開催（2016年5月、於：東京都内）
- ・ 検討会の開催、商工会議所関係者との会合の開催（2016年7月、福島市内）
- ・ 準備会合の開催（2016年8月、於：東京都内）
- ・ 検討会の開催（2016年10月、於：福島市内）
- ・ 準備会合の開催（2016年12月、於：東京都内）
- ・ 検討会の開催（2016年12月、於：福島市内）
- ・ 取りまとめ会合の開催（2017年2月、於：東京都内）

2. 対象地域の概況・ニーズ調査

2.1 ミャンマー・エーヤワディ管区の概況

ミャンマーは、近年、経済成長が著しく、アジアにおいても注目される地域の一つである。ミャンマーの行政区分は7つの管区と7つの州から構成される。エーヤワディ（Ayeyarwady）管区は、ミャンマーの行政区画であり、エーヤワディ川（イラワジ川）のデルタ地域に位置する。ミャンマーの南部に位置し、北はバゴー地方域、東はヤンゴン地方域、北西はラカイン州に接する。南はベンガル湾に面する。コメ生産量の約3割を占め、国内随一の穀倉地帯である。

表 2.1 ミャンマー・エーヤワディ管区概要

	ミャンマー	エーヤワディ管区
面積	67万6,578平方キロメートル（日本の1.8倍）	3.5万平方キロメートル
気候	国土の大半が熱帯又は亜熱帯に属するが、気温や降水量は地域による差異が大きい。 1年を雨季（5月中旬～10月）、乾期（10～2月）、暑期（3～5月）の3つに分けることができる。	ミャンマーの南部に位置するデルタ地域。
人口	5,148万人（2015年5月29日発表、出典：ミャンマー入国管理・人口省暫定発表）	618万人
人口密度	74人/平方キロメートル	177人/平方キロメートル
世帯数	1,088万世帯	149万世帯
地域行政組織	行政区分は7つの管区（Division）と7つの州（State）から構成され、主に管区はビルマ族が多く居住し、州はそれ以外の少数民族が居住している。	州都：パティン市
最近の動向	2016年3月30日、ティンチョー氏が国会で宣誓を行い新たな大統領に就任した。 3月31日、国民民主連盟（NLD）によるティンチョー政権発足。閣僚の所掌業務についても承認された。 国民の大きな期待を背に国民民主連盟（NLD）による新たな政権運営が始まった。	新政権の下で管区首相、担当大臣等の任命が行われ、新たな体制がスタートしている。

出典）外務省「ミャンマー連邦共和国・基礎データ」（<http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/myanmar/data.html>）
ETRO 基本データ（<https://www.jetro.go.jp/world/asia/mmm>）等

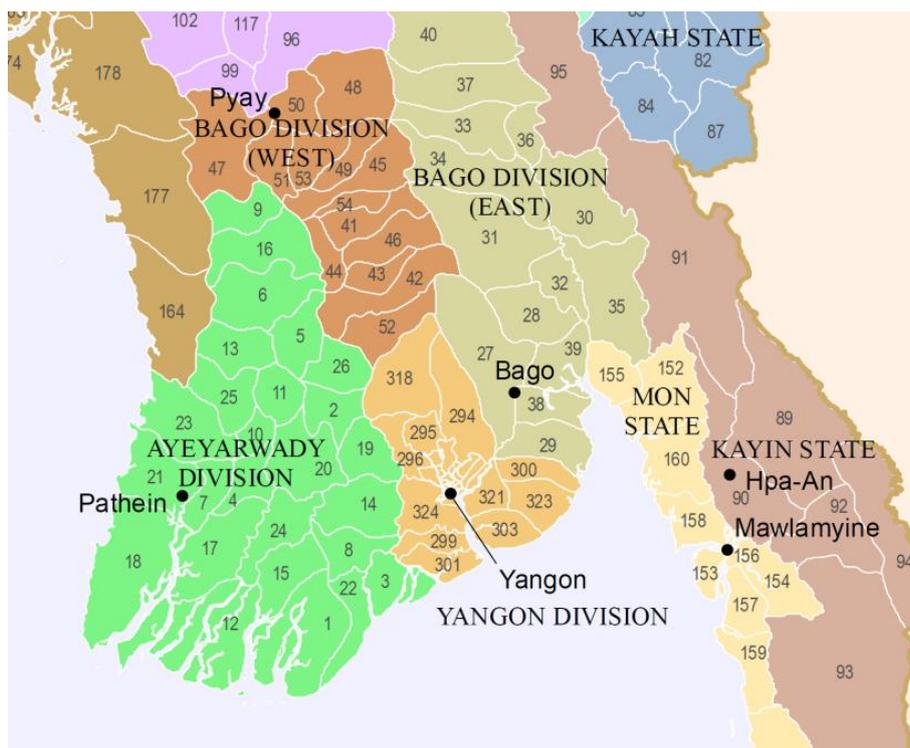


図 2-1 エーヤワディ管区及びパティン市の位置

出典) Myanmar Information Management Unit

2.2 パティン市とパティン・インダストリアル・シティの概況

本調査の対象となるパティン市は、エーヤワディ管区の首都であり、約 30 万人の人口を有し、そのうち約 14 万人が市の中心部に住んでいる。パティン市の面積は約 25.8 平方マイル、海拔高度は 11.53 フィートである。エーヤワディ川の支流であるパティン川のほとりに位置し、ヤンゴン港に次ぐミャンマー第 2 の港湾都市である。将来的には、大型船のアクセスが可能な深水港の開発が目指されているとともに、ヤンゴンからの道路整備、鉄道整備等が進みつつあるため、新たな開発エリアの拠点都市として注目されている。パティン市では、2040 年に向けたビジョンを策定しており、観光におけるハブ、物流におけるハブ、グリーン農業 (Agri-Green) の 3 つの方向性が志向されている。以下の表にパティン市の概要を示す。

表 2.2 パティン市の概要

面積	10,898 km ²
人口	1,636,716 人
人口密度	150/km ²
労働力率	61.9%
失業率	3.8%
識字率	93.8%
主な農産物	米、豆等
主な製造業	繊維業

出典) Pathein Industrial City 資料 (<http://www.patheinic.com/dev/>)

パティン市においては、既存の工業団地である Pathein Industrial Park (面積約 250 エーカー)、Hinthada Industrial Zone (面積約 86 エーカー)、Myaungmya Industrial Zone (面積約 58 エーカー) に加えて、さらなる産業振興を目指して、管区首相主導の下、新たな工業団地であるパティン・インダストリアル・シティ (Pathein Industrial City) の建設計画が進められている。

パティン・インダストリアル・シティにおける検討状況を以下に示す。

- ・ 2012 年 11 月に、管区からの支援を受けることが決まり、同月に FS 調査が開始された。
- ・ 2014 年 3 月には、土地収用が始まり、同年 11 月には、工業団地の設計に関する報告書が作成された。
- ・ 2015 年には、EIA (Environmental Impact Assessment)、SIA (Social Impact Assessment) に関する報告書が作成され、これを踏まえて MIC 申請が行われた。
- ・ 2016 年に、MIC 許可、起工
- ・ 2019 年 3 月にはフェーズの整備完了 (予定)



図 2.2 パティン・インダストリアル・シティの検討状況

注) その後の資料ではフェーズ整備完成は2019年3月予定となっている。

出典) Patheingyi Industrial City 資料 (<http://www.patheingyi.com/dev/>)

パティン・インダストリアル・シティは、ヤンゴンから車で4~5時間程度(新たな高速道路の建設が完成した場合には3時間程度)、パティン市から車で5分程度に位置する、開発面積約1,000haの工業団地である。ヤンゴンからの好アクセスや、大型港の整備予定があることから、本工業団地は今後エーヤワディ管区における経済発展の中心となることが期待されている。

パティン・インダストリアル・シティでは、工業団地を中核として、周辺に集合住宅や大規模商業施設、ホテルやレジャー施設等の関連インフラについても、一体的に開発することとしており、この地域を輸出拠点として発展させることを目指している。パティン・インダストリアル・シティでの発展に伴って、周辺地域における産業集積、雇用機会の創出、地域経済の発展、貧困削減等、経済的、社会的な様々な効果が期待されている。以下にパティン・インダストリアル・シティの基本情報を示す。

表 2.3 パティン・インダストリアル・シティのゾーン別の計画

ゾーン	区分	面積 (エーカー)
ゾーン A-1	販売区画	460.41
	ユーティリティ及び緑地	146.92
ゾーン A-2	販売区画	390.83
	ユーティリティ及び緑地	162.65
港湾エリア		48.82

出典) Patheingyi Industrial City 資料

表 2.4 パティン・インダストリアル・シティの概要

面積	1,770 エーカー
電力供給	106.5 MW (2017 年迄に)
給水量	24,000m ³ /日 (2018 年迄に)
排水量	22,000m ³ /日 (2019 年迄に)
幹線道路へのアクセス	21km (Papawaddy Main Road)
港へのアクセス	4km (パティン港)
鉄道へのアクセス	5km (パティン駅)
空港へのアクセス	10.9km (パティン空港)

出典) Pathein Industrial City 資料

表 2.5 パティン・インダストリアル・シティでの電力料金 (計画)

区分	料金 (MMK)
~500unit	75
501~10,000unit	100
10,001unit~50,000unit	125
50,001~300,000	150
300,001~	100

出典) Pathein Industrial City 資料

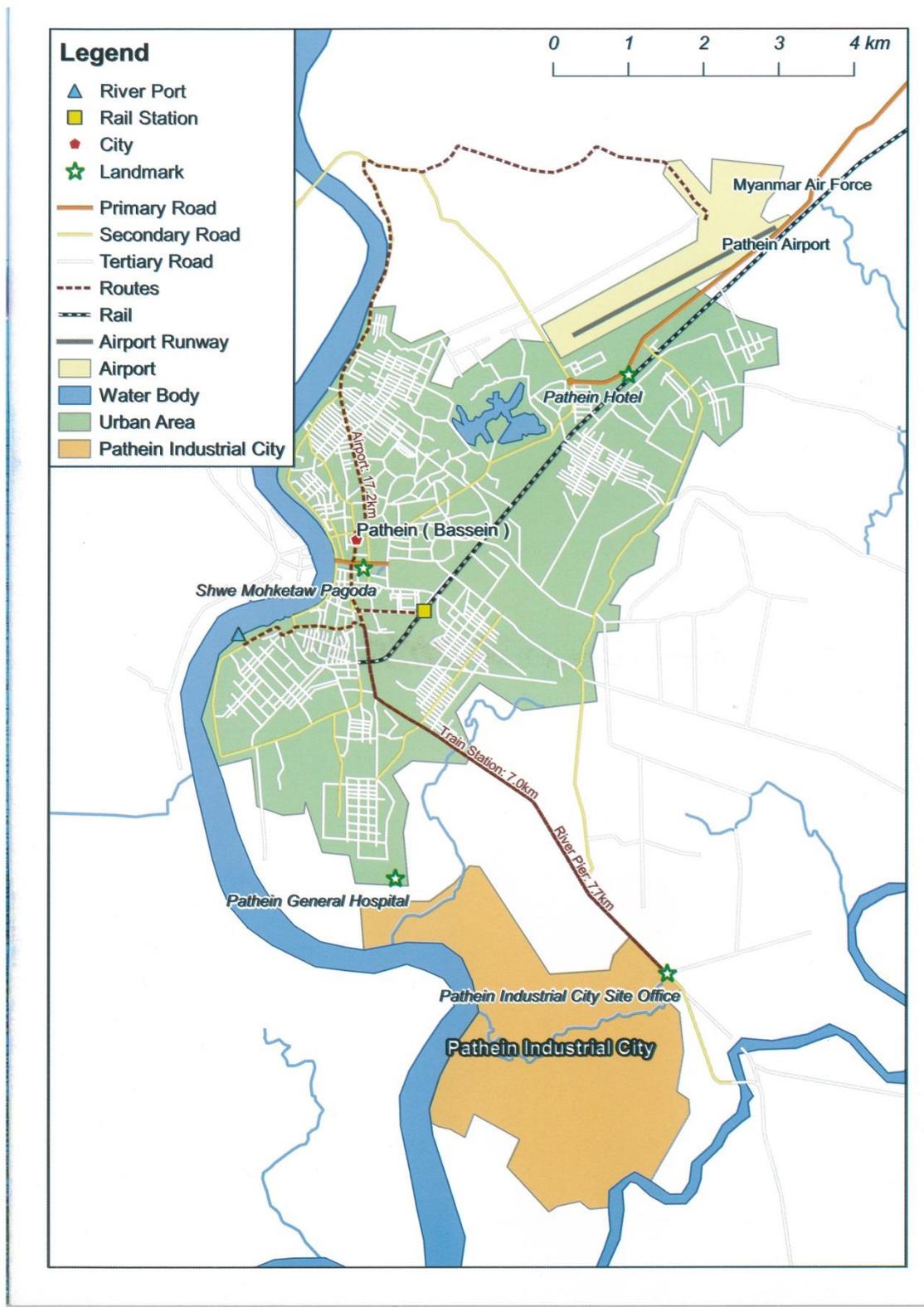


図 2.3 パティン・インダストリアル・シティの現況図
 出典) Patheingyi Industrial City 資料

2.3 ミャンマーにおける廃棄物処理の状況

2.3.1 廃棄物処理に関する政策・規制の状況

ミャンマーでは、国家環境保全委員会 (National Environmental Conservation Committee) が環境保全に関する取組を進めている。1994 年には、国家環境政策 (National Environmental Policy) が制定され、経済発展における環境配慮の重要性が述べられた。2012 年に環境保全法 (Environmental Conservation Law) が定められ、ミャンマーにおける環境保護政策が導入された。環境保全法では、環境保全に関する管理を行う環境保全委員会の設置や、省の義務と権限、環境基準、環境保全、都市環境管理、天然資源および文化遺産の保全、事業の事前許可、保険、禁止事項、違反及び罰則について記載されている。

環境保全法の中では、固形廃棄物について、政府として環境品質基準を設ける権限を有すること (第 6 章 10 項)、有害物質を含む廃棄物取扱い等を政府が定める場合においてモニタリングシステムを導入すること (第 7 章 13 項)、事業者の責務 (第 7 章 16 項) が述べられている。このような責任は、国内事業、投資事業の双方に課される。

表 2.6 環境保全法における廃棄物処理に関する記述
(関係個所の抜粋)

第 6 章 10 項	The Ministry may, with the approval of the Union Government and the Committee, stipulate the following environmental quality standards: ... (h) solid wastes standards
第 7 章 13 項	The Ministry shall, under the guidance of the Committee, maintain comprehensive monitoring system and implement by itself or in co-ordination with relevant Government departments and organizations in the following matters: ... (d) transport, storage, use, treatment and disposal of pollutants and hazardous substances in industries
第 7 章 16 項	A person or organization operating business in the industrial estate or business isn the special exonomix zone or category of business stipulated by the Ministry: (a) is responsible to carry out by contributing the stipulated cash or kind in the relevant combined scheme for the environmental conservation including the management and treatment of waste

出典) Environmental Conservation law

一方、強制力を有する環境基準は、国家レベルで制定されていないのが現状である。2015 年に定められた国家環境 (排出) ガイドライン National Environmental Quality (Emission) Guidelone はあくまで参考値としての扱いであり、強制力を有さない。一方、本ガイドラインは国際金融公社 (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としている。

環境保全法に続いて、2014年には環境保全施行規則（Environmental Conservation Rules）が定められた。環境保全施行規則では、有害物質を含む廃棄物を発生させる特定事業業種を政府として定めること（第9章41項）、またそのような事業者について自身で廃棄物処理設備を用意すること、建設を求める可能性があることやこれを確認する検査を政府が行うこと（第9章42項）が述べられている。有害物質を含む廃棄物以外の固形廃棄物全般についても、処理・貯蔵・輸送方法の向上に関する施策の指導・導入を政府が行うこと（第9章43項）が述べられている。

表 2.7 環境保全施行規則における廃棄物処理に関する記述
（関係個所の抜粋）

第9章41項	The Ministry shall specify categories and classes of hazardous wastes generated from the production and use of chemicals or other hazardous substances in carrying out industry, agriculture, mineral production, livestock and fisheries, waste disposal and other activities in coordination with the relevant Government department and Government organization.
第9章42項	The Ministry, to enable to promote the establishment of necessary facilities or centers for the treatment of solid waste, liquid waste and gas emissions which contain poisonous and hazardous substances, shall cooperate with the relevant Government departments, Government organizations and experts: (a) May cause certain categories of business which release solid waste, liquid waste and gas emission containing prescribed amount of poisonous and hazardous substances to carry out treatment by establishing its own waste treatment factory or waste treatment station, or combined waste treatment factory or waste treatment station ... (c) May assign duty to the Department to inspect and report whether the business concerned comply with the waste treatment under sub-section (a).
第9章43項	The Ministry: ... (c) May adopt necessary measures for improvement of destruction, storage, placement and transportation of solid waste in coordination with the relevant Government departments and Government organizations;

出典) Environmental Conservation Rules

2.3.2 廃棄物処理に関する課題

パティン市及び福島市でのワークショップでは、今後廃棄物処理に関する取組を進めるにあたって、ハード面での課題（処理施設等の整備）、ソフト面での課題（規制の整備と徹底）が挙げられた。

パティン市においては、毎日約68トンのごみが発生している。このうち、回収されているのが53%程度であり、回収に用いられている車両は全部で9台である。回収されたごみは、面積約5.4エーカーのNan Thar Kone最終処分場に蓄積されている。家庭ごみについては、集積車が毎日回収に来る一方で、産業・商業廃棄物の回収については、

その都度連絡が必要となる。

上記の Nan Thar Kone 最終処分場は、近い将来、容量がいっぱいになってしまうことが見込まれており、今後新たに 20 エーカー相当の最終処分場を補充予定である一方、同時により適切な廃棄物の処理方法の検討の必要性が認識されている。加えて、回収に用いられている車両が古いものであり、中には故障したトラックが最終処分場に置き去りにされてしまっている場合もある。

上述のように、現状パティン市で発生したごみは、市の特定区画にトラックで輸送され、積み上げられたままである。このようなごみを適切に処理するための施設整備が必要になると考えられる。

また、適切な廃棄物処理を住民や事業者に要求する規制も必要となる。加えて、規制の整備にとどまらず、これをどのように徹底するかという検討が非常に重要となる。パティン市や福島市で開催されたワークショップにおいては、この点に関する懸念がマンマー政府関係者から多く寄せられた。整備された規制を実際に施行するにあたっては、住民への啓発と十分な説明、徹底するための動機づけ等が重要となる。

2.4 電力セクターの概況

ミャンマーにおける電力・エネルギー関係の政策は、Ministry of Electricity and Energy（電力・エネルギー省）が主担当となっている。電力・エネルギー省は、電力の担当部署と、エネルギーの担当部署に大きく分かれる。

電力に関する担当部署としては、旧 Ministry of Electric Power（電力省）での下部組織であった部署が主となっている。Department of Electric Power Planning では、電力政策・計画を担当し、Department of Electric Power Transmission and System Control では、送電や系統運用に関する業務を担当している。電源開発に関する担当部署としては、Department of Hydropower が挙げられる。発電については、Electric Power Generation が担当し、配電については Electricity Supply Enterprise が担当している。ただし、ヤンゴン・マンダレー地域における配電事業は、Yangon City Electricity Corporation と、Mandalay City Electricity Corporation が担当している。

一方、エネルギーに関しては、Myanmar Oil and Gas Enterprise・Myanmar Petrochemical Enterprise, Myanmar Petroleum Products Enterprise が担当している。以下に組織図を示す。

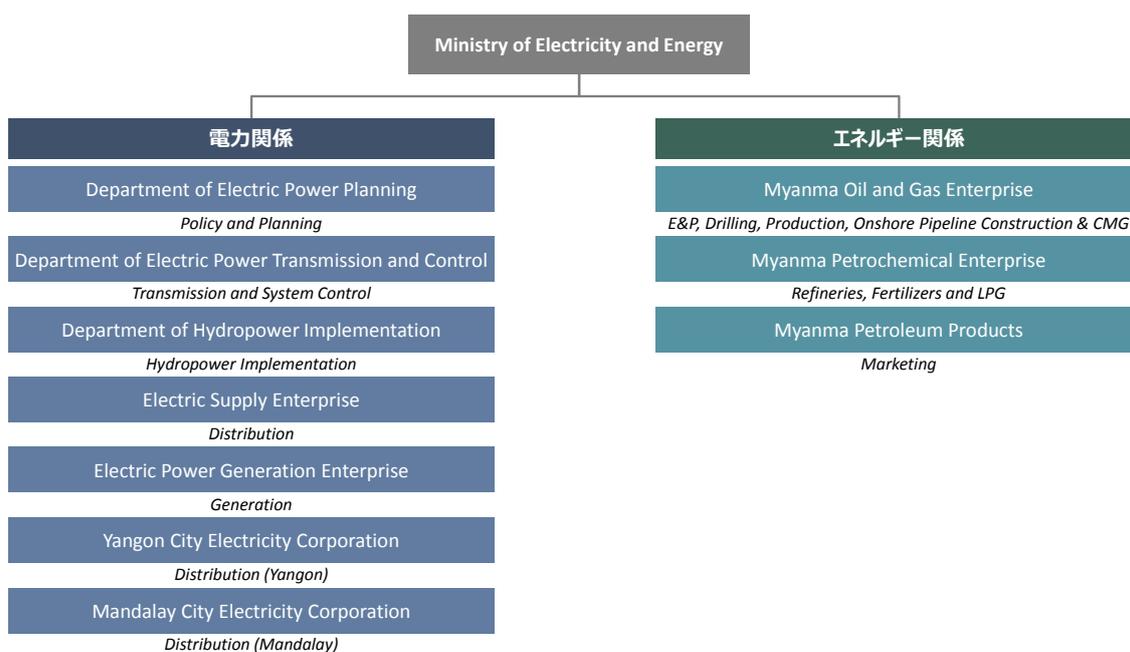


図 2.4 ミャンマー電力・エネルギー省組織図

出典) Current Status & Opportunities for Myanmar Electricity and Energy Sector

2.4.1 ミャンマーにおける電気料金

前政権下では多くの住民による反対があったものの、赤字続きであった電力事業の黒字化を目指し、2014年4月に電力料金の値上げが実施された。これは2012年1月以来、約2年ぶりの値上げとなる。この値上げにおいて、現政権は家庭用電力料金を15%、工業用電力料金を40%引き上げた。現在の料金体系は、以下のようになっている。

表 2.8 ミャンマーにおける電力料金

区分	電力消費量 kWh/month	電力単価 MMK/kWh
家庭用	1 ~ 100	35
	101 ~ 200	40
	201 ~	50
工業用	1 ~ 500	75
	5,001 ~ 10,000	100
	10,001 ~ 50,000	125
	50,001 ~ 200,000	150
	200,001 ~ 300,000	125
	300,001 ~	100

出典) 現地政府関係者へのヒアリングより情報収集

家庭用電力料金については、現在の料金体系に基づく、最も電力消費量が少ない家庭（月の電力使用量 1~100 kWh）において、電力単価は 2.8 円/kWh（0.08MMK/円）となっており、月額電力料金は、140~280 円程度になる。このような電力使用量は、すなわち 1 日あたりの電力消費量が 3kWh 以下であり、低所得者層の家庭にあたりと考えられる。

日本における電力消費量と比較すると、日本の一家庭あたりの電力消費量が約 20 kWh/日であるため、ミャンマーの電力消費量は日本の 1/6 以下であることが分かる。また、電力料金を比較すると、ミャンマーにおける富裕層（1 室 1 台エアコンを装備しているような住環境）についても、その電力料金は 4 円/kWh 程度である。日本の電力料金が約 13~20 円/kWh であることを踏まえると、非常に低廉な電力料金設定がなされていることが分かる。

一方、日本では工業用の大口需要家に対して単価が低く抑えられているのに対して、ミャンマーにおいては比較的大きな需要家の負担が重くなっている。エーヤワディ管区における精米事業者を例に考えると、400kW 程度の比較的小規模な事業者（電力消費量 288,000 kWh/月を想定）については、電力料金表の中で 2 番目に高い、10 円/kWh（125 MMK/kWh）の電力単価が課されている。これより小さな規模の精米事業者については、約 12 円/kWh（150 MMK/kWh）が課されており、事業性の観点から大規模事業者に淘汰されてしまう可能性がある。

上記のような取組の結果、電力事業が黒字化したかについて、政府としての公式発表はなされていない。電力需要の増加に対応し、持続的な経済発展を達成するためには、電力料金の再値上げ、もしくは料金体系等の見直しが不可欠だろう。

2.4.2 ミャンマーにおける電化政策

ミャンマーにおける発電量の推移を示す。年々発電量が増えており、2010年度には8,625 GWhだった発電量が、2014年度には14,156 GWhにまで増加している。

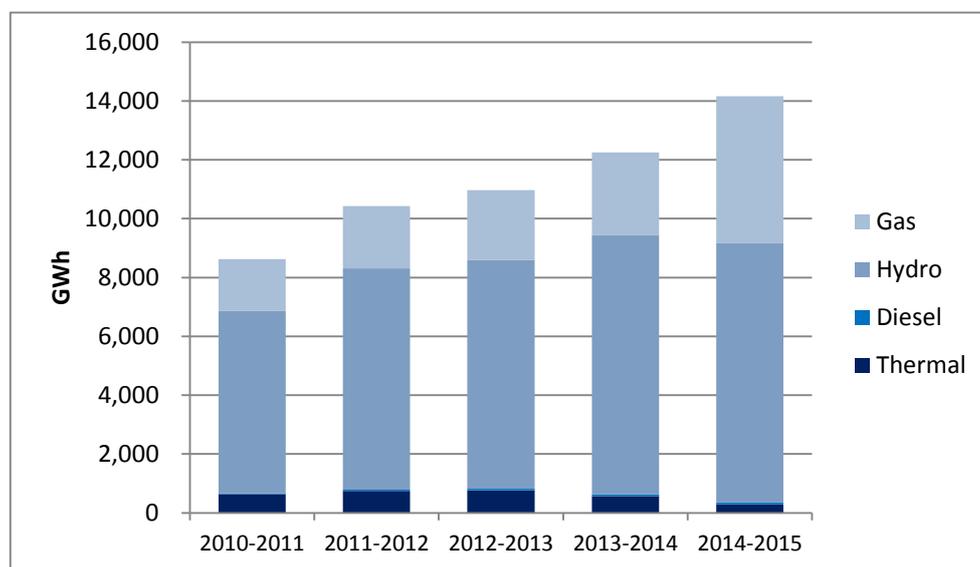


図 2.5 ミャンマーにおける発電量推移

出典) Central Statistical Organization

また、ミャンマーにおいて水力は全発電量の大きな割合を占めるものの、その割合は年々減少している。雨季においては、水力発電を用いてピーク需要に対応することができているものの、乾季となる夏の間は、水力発電の発電量が減少するため、ピーク需要への対応が厳しくなり、商業用・産業用の電力需要を抑制するという方策が取られている。

ミャンマーにおける経済成長に併せて、その電力需要の大幅な増加が今後想定される。持続的な経済成長を達成するためにも、このような電力需要の増加に対して電力が適切に供給されることは重要である。以下に、セクター別のエネルギー消費量予測を示す。

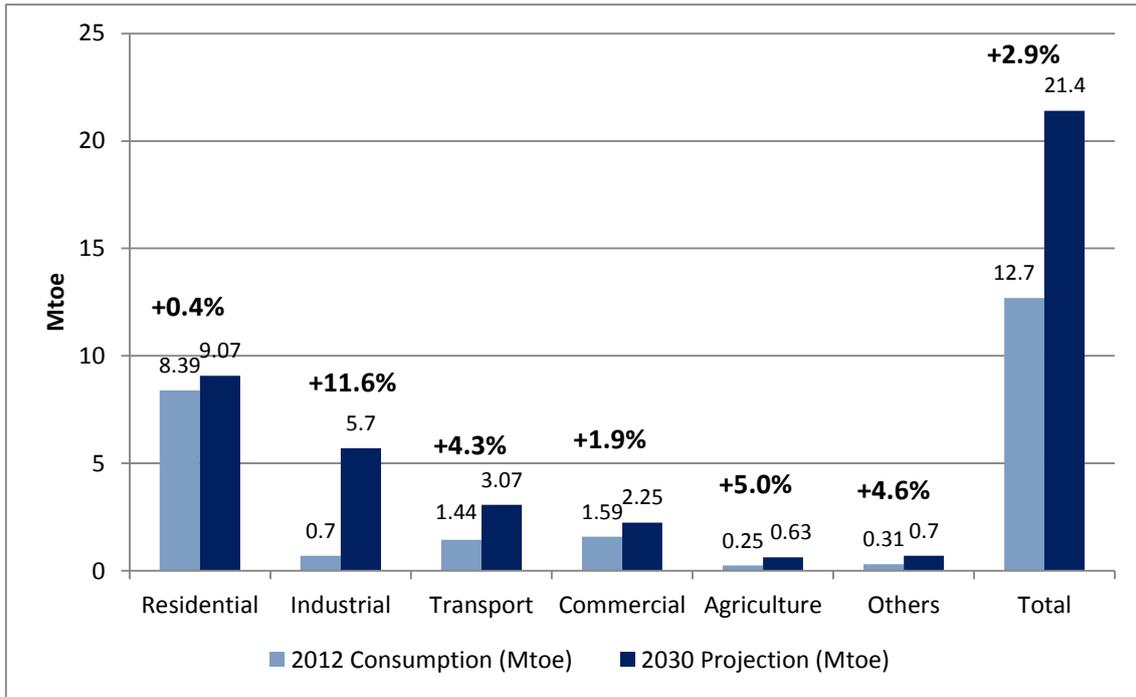


図 2.6 セクター別エネルギー消費量予測

出典) Central Statistical Organization

上述のように電力需要の増加が見込まれる一方、ミャンマーにおける電化率は、他東南アジア諸国と比較しても著しく低い。特に、地方部における電化率はミャンマーでも課題として認識されており、世銀等の支援によって電化率の向上に向けた計画が作成された（National Electrification Plan）。この計画では、2030年までに電化率100%の達成を目標としている。

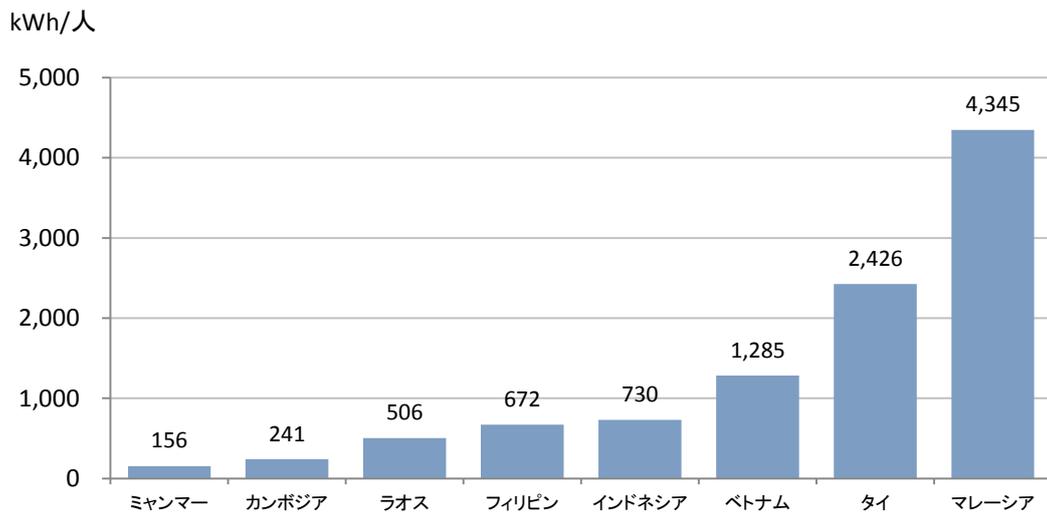


図 2.7 東南アジア諸国における人口あたり電力消費量の比較 (kWh/人)

出典) ADB Economics Working Paper Series “Power Sector Development in Myanmar” (October 2015)

ミャンマーにおける National Electrification Plan の方針にもあるように、国土全体に電力供給を行き渡らせるために、中央の電力系統を拡張する一方、都市部から離れた地方では、当面はオフグリッドでの電力供給を強化することとなっている。オフグリッドの電源構成は現在主にディーゼル電源と小水力であるが、National Electrification Plan では、さらに太陽光システム等も活用することによって、オフグリッド供給を充実させる狙いがある。

表 2.9 オフグリッドの電源構成 (2012-2013)

	Installed Capacity (MW)	Generation (GWh)
Diesel Generator	78.999	50.743
Small Hydropower	33.33	44.114

出典) National Energy Policy (2014)

3. 活用する日本の経験・ノウハウ・技術の抽出

廃棄物処理のための基本計画の策定等の政策面の経験、取り組み事例、有望技術に関し抽出した。

3.1 政策面

3.1.1 廃棄物処理に関する基本計画

福島市では、福島市総合計画、福島市環境基本計画の下位計画として、「福島市一般廃棄物処理基本計画」が定められている。同計画では、一般廃棄物（産業廃棄物は対象外）の適性処理と減量の推進を目的としており、3つの基本方針が述べられている。それらは、①廃棄物の発生抑制、再使用、再生利用を基本とした3R運動の推進による循環型社会の構築、②廃棄物の適性処理の推進による安全で快適な生活環境の確保、③市民、事業者、行政の協働による環境保全である。

基本方針に加えて、2014年度から2020年度におけるごみの減量を推進するため、ごみ排出量の目標値も設定している。以下の表に22年度実績と32年度目標値を示した。

表 3.1 福島市一般廃棄物処理基本計画におけるごみ排出量等目標値

	22年度実績	32年度目標
1人1日あたりごみ排出量(g/人・日)	1,109	890
ごみ総排出量(t)	117,971	91,600
資源化率(%)	16.1	26.0以上
最終処分量(t)	12,983	9,000

出典) 福島市一般廃棄物処理基本計画

3.1.2 廃棄物処理に関する啓発活動

福島市内では、基本計画や数値目標を定めるだけでなく、これを着実に達成するため、教育活動、事業者への情報提供、地域への啓発活動を行っている。

(1) 環境教育

福島市では、「わたしたちの福島」という教科書を用いて、環境教育を行っている。座学による教育活動だけでなく、環境学習として様々な取組を実施し、この結果を発表するイベント等を設けている。

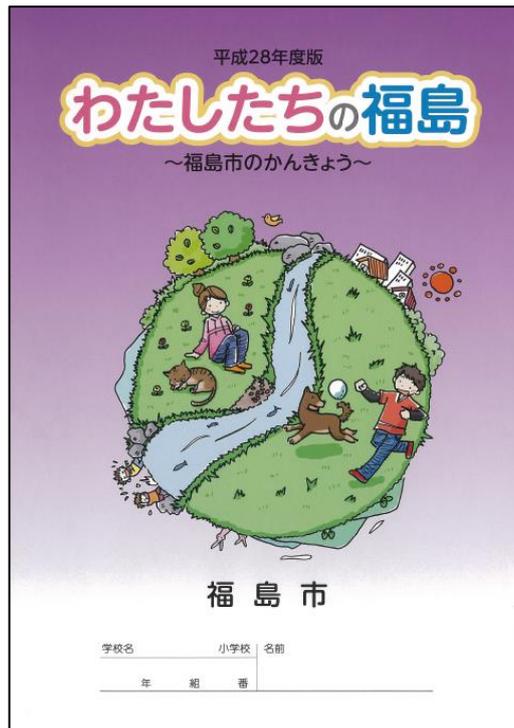


図 3.1 わたしたちの福島 表紙
出典) 福島市資料「わたしたちの福島」

たとえば、福島市内の小中学校では、ごみの分別や廃棄物の減量に関する取組を行っている。環境教育の活動として、ごみ処理施設を見学し、廃棄物処理の流れ等を学習する。廃棄物処理の流れや課題について自ら学び、学校や家庭において発生するごみの捨て方・減量とその対策について自ら発表を行っている。

他にも、牛乳パック等の回収活動を通じて、分別回収に関する学習を行っている学校もある。このような紙パックの分別回収に参加した小学校・中学校は、平成 27 年度において約 40 校、回収された紙パックの総量は 5,264 kg であった。

(2) 事業者・地域への啓発

環境教育のみならず、市と事業者・地域が一体となって、廃棄物処理に関する意識を高める様々な取組が行われている。

地域への啓発活動として、市民同士での清掃活動推進方法として、市民自身を「福島市環境衛生パトロール員」に任命して、地域を巡視、汚損箇所について適切に処理・指示したり、汚損行為を行う者に対して適切に指導している。

加えて、資源回収活動を行う団体に対する報奨金交付制度も整っている。自主的に古紙・衣類・ビン類等の資源回収活動を行う PTA や町内会に対して、報奨金を交付することにより、資源回収活動を奨励し、資源の再利用・ごみの減量化に努めている（2015 年度における登録団体数：315 団体）。

清掃ボランティアに対する支援制度も存在する。一定区画の公共の場所において、年 3 回以上の清掃美化活動を 1 年以上継続的に行っている団体は市に登録され、ホームページ上での団体及び活動紹介を行うことが可能となる。また、当該活動に対する保険の

加入も可能となる。現在、全 273 団体が上記プログラムに登録している。このような支援制度の概要を以下に示す。

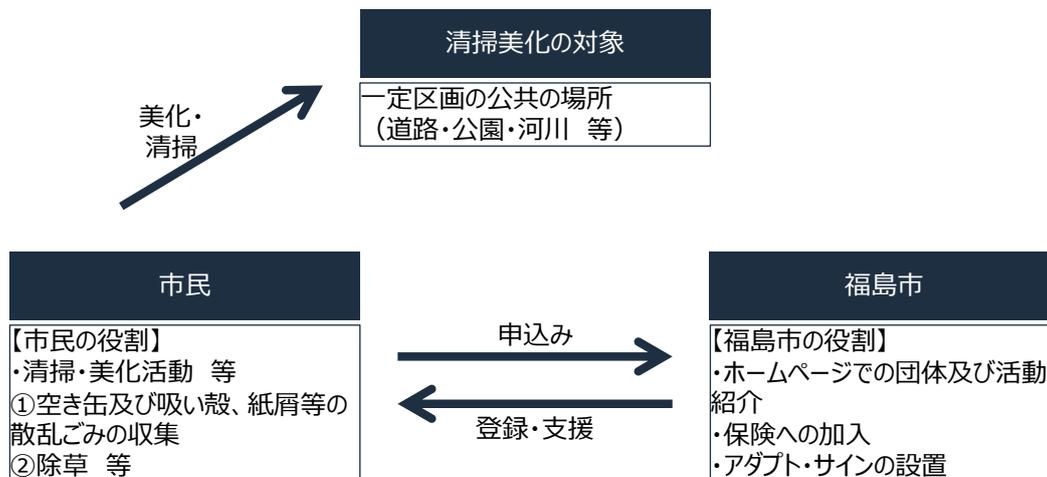


図 3.2 清掃活動支援の概要

また、商工会議所における部会や業界団体では、法改正等が行われるにあたって、対応策について会合を行ったり、勉強会において講師を招き、互いに情報収集・交換を行っている。

3.2 取組事例

福島市では、廃棄物の有効利用にあたって、廃棄物を用いたバイオマス発電事業等が行われている。福島市の廃棄物処理施設であるあらかわクリーンセンターでは、廃棄物処理にあたって発生した熱を用いたバイオマス発電を行っている。2008年に建設が完了し、最大出力 5,100 kW、年間発電量が 28,599,000 kWh 程度となっている。発電した電力は当該施設の焼却炉やリサイクルプラントにおいて使用されるのみならず、余剰電力については地域の小中学校等の施設に供給される。発電した電力の利用だけでなく、発生した熱を利用して、近隣福祉施設における暖房や給湯にも用いられている。

廃棄物処理施設における発電事業だけでなく、食品工場においてもバイオマス発電が行われている。福島市内の食品工場では、醤油や味噌等を製造する際に出る排水を、酸素のない状態で処理することで、発生するメタン発酵ガスの熱を利用し、発電機のエンジンを動かして発電している。この施設は 2014 年 9 月に運用を開始し、発電出力は 25 kW、年間発電量は 144,000 kWh 程度となっている。

3.3 有望技術

エーヤワディ管区・パティン市において活用可能な低炭素型廃棄物処理システムに関する本邦の有望技術について述べる。

これまでの調査結果から、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。先述の通り、エーヤワディ管区は農業地域であり、籾殻の発生量も多く、パティン市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。

パティン市においては、都市ごみの分別回収ニーズがある一方、住民においてその必要性に関する意識が浸透しているとは言えず、大規模な分別回収の実施は難しいことが想定される。

そこで、廃プラスチックの拠点回収を行い、籾殻発電に混焼させることで、既に発生している籾殻を適正に処理しつつ、分別回収に関する取組をスタートさせることができる。回収拠点としては、集めやすさや教育的観点から、学校や寺院を想定している。特に学校で行う場合、福島市の知見も活用しながら、環境教育に関する取組を行うことも可能である。

このように、籾殻発電に一部廃プラを混焼させるというJCM 案件は、比較的短期で実施が可能である点や、分別回収を前提とした今後の案件形成へもつなげられるという観点から、メリットが大きいと言える。

4. JCM 案件化と実現可能性検討

4.1 JCM 事業化検討

パティン・インダストリアル・シティ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。

4.1.1 事業概要

パティン・インダストリアル・シティ内において、工場入居に先行し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（2019 年度）運転開始を目指す。

4.1.2 事業実施場所

本事業の実施場所として、パティン・インダストリアル・シティの開発会社によって計画されている、精米所の新規立地場所等の隣接エリアを想定している。

パティン・インダストリアル・シティでは、広大な敷地において多くの生産施設の誘致を計画しており、大規模な電気需要量が見込まれる。ミャンマーにおける電力供給は、北の山岳地帯を中心に行われている水力発電が主体であるものの、エーヤワディ管区はミャンマーの中でも最も南に位置しているため、電力システムの末端となっている。

加えて、同管区は水田が多いデルタ地帯であるため、電化率が相対的に低く、電力系統からの電力供給のみでは、パティン・インダストリアル・シティの電気需要は充足されない可能性が高い。したがって、同工業団地の開発会社が、独自の発電施設の建設を計画している。計画中の発電設備の燃料は、船による輸送が主体となると想定されることから、河川港湾付近に計画されている。

一方、現在の開発計画において、工業団地内に精米事業者が入居する予定はないため、本エリアで籾殻発電を実施する場合、籾殻を各精米所から集荷する必要がある。精米所の多くは、古くから籾の輸送手段が船であったことから、河川沿いに立地していることが多い。これより、籾より生成する籾殻の輸送手段としても、船が想定されるため、籾殻発電設備の実施場所についても、河川沿いが有力候補と考えられる。

上記観点と、送電網整備計画を加味すると、開発会社が計画している発電施設に隣接したエリアが、籾殻発電の最適な建設候補地といえる。

4.1.3 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) パティン・インダストリアル・シティにおける電力需要量、(3) 発電方式、

及び(4) 混焼するペットボトルの分量の観点に着目し、本事業における導入技術を検討した。

(1) 粃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、粃殻発電の場合は、燃料の安定確保と燃料価格の適性水準維持が、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粃殻発電の失敗事例の多くは、粃殻の購入価格が高騰し、粃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」で粃殻を集荷することが挙げられる。

このような観点から、粃殻賦存量について検討を行った結果を以下に示す。

・パティン地区での総粃殻発生量

精米量から推計すると 112,400 ton/年

・利用可能量の検討

但し、これら全てが粃殻発電において利用可能な量とはならない。

パティン地区の場合

精米工程で発生した粃殻の 90%近くが、ボイラー燃料と自作の小型ガス化発電燃料に利用されている。このうち、ボイラー燃料とする場合は、熱と蒸気を確保する二つの方法がある。熱は粃乾燥用であるが、蒸気はパーボイル米を作るためと、蒸気機関でピストン運動を回転運動に変換してダイナモ発電を行うものとに区分される。乾燥用とパーボイル米用の粃殻需要の変動は少ないと思われるが、ダイナモ発電用は発電効率の低さから、今後急速に需要は低下すると見られている。

したがって、ボイラー燃料は各精米所で今後も個別に利用され続ける可能性があるものの、既述のように、自作の小型ガス化発電は、環境規制や効率の低さのために、今後 25%程度が電力系統利用等に転換されると仮定できる(現地協力者もほぼ同意できる範囲の仮定)。この場合、余剰粃殻が発生するため、現状の未利用分と併せて利用可能な将来の粃殻は約 25,300 ton/年と試算でき、3.5 MW の発電が可能に相当する。

・現状 $112,400 \times 10\% = 11,240$ ton/年、予測 $112,440 \times 90\% \times 25\% = 25,300$ ton/年

・合計 36,540 ton/年 (=3.5MW 規模)

(2) パティン・インダストリアル・シティの電力需要量

一方、パティン・インダストリアル・シティの電力需要に対して、主要な電力供給は電力系統と、同工業団地開発会社が整備予定の発電施設となる。各企業の操業時には、これらが電力供給源となることが想定される。しかし、投資効率や電力系統の整備優先

順位等から、工業団地の開発初期に、工業団地における電力需要の100%がこれらの供給源で賄えるとは言い難い。

また、パティン・インダストリアル・シティ建設時にも電力不足が想定される。通常、工場は鉄骨造がほとんどであるため、その建設にあたっては溶接等、電気を多く使う工事が必要となる。日本のように電力が安定供給される国でさえ、工事期間は工事側が自家発電機を持ち込むことがほとんどである。ましてミャンマーにおいては、その傾向が強まる。工事側にとっては、安定した電力確保と安定した発電機の燃料確保が重要となる。

そこで、パティン・インダストリアル・シティにおける企業入居時期等を想定して、電力需要を推定した。各種データから条件を設定し試算したところ、3 MW の電力供給によって、全体を通して電力需要の50%以上が確保可能と試算された。また、発電量が余剰になった場合は、その需要先の確保が必要であるため、地方政府と周辺集落への送電の協議を開始した段階である。

(3) 発電方式

靱殻発電には、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。

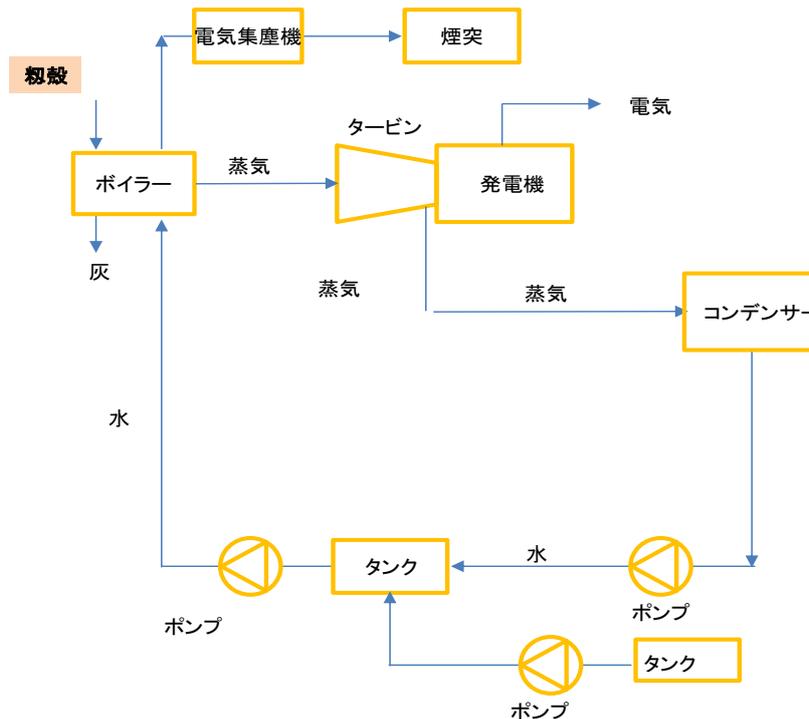


図 4.1 発電システム (BTG) フロー

なお、このような発電事業は、エーヤワディ管区の他地域やミャンマーの他の稲作地帯、更には他アジアの稲作地域等、他の地域への横展開が期待できる。

(4) ペットボトル混焼の可能性検討

本発電事業において混焼するペットボトル量の試算値について述べる。なお、前提として、本発電事業は、あくまで籾殻発電が主眼であるため、組成・物理性等が異なるものを混焼することで建設費や維持管理費が増加することは、極力避けたい。

<算定の考え方>

ペットボトルの回収を想定した際、現地では、リユース（洗浄後別容器として利用）として 1L ペットボトルの回収が一部行われていることに留意する必要があるものの、パティン市では一般的には分別やリサイクルが行われていない。したがって、回収可能量については、人口や世帯数からある程度類推可能と考えられる。

<算定での設定条件>

- ・パティン地区の人口：36 万人
- ・世帯数：約 76,600 世帯
- ・1 世帯当たり約 4.7 人
- ・パティン地区の小学校は 1,481 校、小学生数は、493,650 人。

<試算結果>

- ・1 世帯当たり、1 週間に 1 本回収するとした場合、約 10,200 本/日が回収可能との試算になる。
- ・1 人 1 ヶ月に 1 本拠点回収に参加したとして、日平均約 16,000 本が回収可能との試

算になる。

500ml ペットボトルを 1 日約 10,600 本拠点回収し、発電施設内で粉碎して籾殻ボイラーで混焼する計画とした。ペットボトルの混焼重量比率は 0.5% であり、ボイラー等に設計変更が加わることはない。但し、通常の日本製ペットボトル粉碎機での粉碎サイズは 7~10mm 程度であり、籾殻の 4mm 程度とは異なるため、混合方法に工夫が必要であるといえる。

なお、ペットボトル回収のモデル実施の候補となる小学校について現地調査を実施した結果、ペットボトルの他、プラスチックカップ（例：食品容器）等が散乱している現状にあったことから、ペットボトル以外のプラスチックごみについても混焼することが考えられ、技術的には、ペットボトル同様に混焼してもボイラー等に設計変更が加わることはない。

4.2 GHG の削減量の検討

新規工業団地（パティン・インダストリアル・シティ）において有望と考えられる 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 Pathein Industrial City 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。算定結果は以下の通り。

表 4-1 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	0.219
2013	0.956	0.825	0.729	0.195
2014	0.969	0.848	0.729	0.280
平均原単位 (2009~2013)	-	-	-	0.215
平均原単位 (2010~2014)	-	-	-	0.230

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、従来通りの天日干しでの籾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及び廃プラの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。但し、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通り。

表 4.2 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	0.230	t-CO2/MWh
リファレンス排出量	4,968	t-CO2/年
原料籾殻の輸送量	30,900	t/年
混焼廃プラの輸送量	79	t/年
プロジェクト排出量	0（注）	t-CO2/年
排出削減見込量	4,968	t-CO2/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 実施に向けた検討結果

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、各パラメータごとに、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。

4.2.2 温室効果ガス削減以外の事業効果

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は以下の通り。

(1) 経済面での効果

● 工業団地建設フェーズからの電力供給

当該事業が位置する工業団地の周辺では既に籾殻の有効活用ニーズが発生しており、工業団地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。本事業による発電量は、その付加価値分を勘案して通常よりも高価格で送配電会社から購入されるため、その経済的なメリットを工業団地建設段階から享受することができる。

● 新たな事業機会の獲得

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・水産物の乾燥への利用等、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) 社会面での効果

上述の通り、パティン市では廃棄物の収集回収システムは存在するが、ゴミ分別がうまくできている状態ではない。本事業では廃プラ混焼が可能な技術を導入予定であり、ごみ分別スキーム導入の第一歩として、定常的な廃プラ収集体制を構築することを一つの目標として掲げている。そのため、廃プラ分別を通じて、ごみ分別回収に関して住民の理解と行動を促し、中長期的なごみ分別収集スキームを構築させていくことが期待される。

4.3 事業提案、政策提案の検討

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。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。検討に当たっては、籾殻の安定調達、売電方法、事業参画企業の特定・確認（参画条件、信頼性等）、焼却灰の処理方法、廃プラスチックの地域での拠点回収（学校等）及び混焼の可能性、都市間連携を通じた支援策について考慮した。

4.3.1 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、外国投資法（Foreign Investment Law）・規則（Foreign Investment Rules）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、これはあ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 の特定業種の内、「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 4.3 籾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	籾殻成分に窒素、硫黄成分は少ないため、特別な処理は不要
	ダイオキシン	本来籾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籾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 (籾殻焼却灰は約 90% のシリカが含有)。

なお、籾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いう。

4.3.2 事業化スキーム

本事業のスキームを以下に示す。

表 4.4 事業スキーム

導入場所	工業団地内（精米所立地予定地または発電設備区画の隣接地）
規模	中規模（2～3 MW 規模、粃殻の調達量を踏まえ決定）
原料	粃殻＋廃プラ（学校、寺院等で拠点回収） ※廃プラの拠点回収：福島市でのノウハウを活用
導入技術	ボイラータービン（バイオマス発電）
電力	工業団地内でオフグリッド供給
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

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

表 4.5 粃殻発電の仕様

出力	3,333	kW
自家消費分	333	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
粃殻量	4	t/h
	96	t/day
	28,800	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

設備費（概算）は 670 百万円（発電容量 Gross3.3MW。設備補助対象設備のみ）。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

本導入技術の事業実施体制は、パティン・インダストリアル・シティ開発の全体インフラ整備の一環として位置付けられるため、パティン・インダストリアル・シティ開発会社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。従って、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。

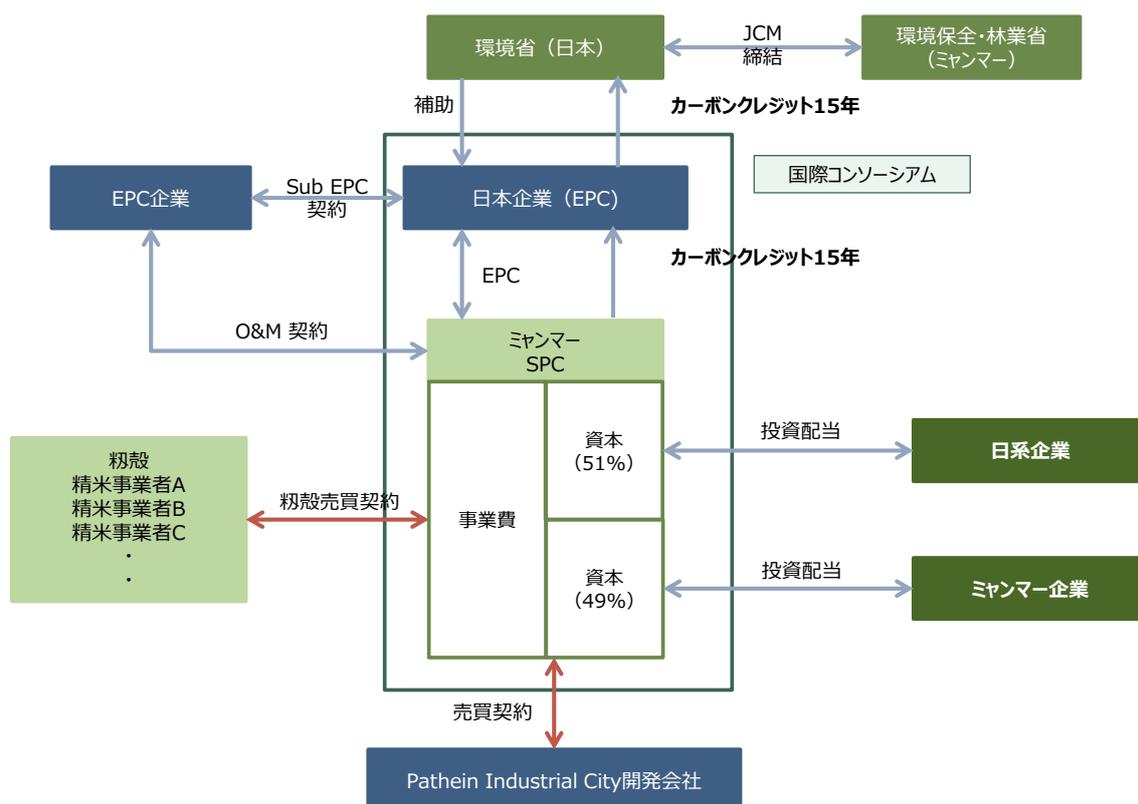


図 4.2 実施体制図 (案)

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

全量をパティン・インダストリアル・シティ開発会社に対して、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、以下の3社である。

- 1.本計画予定地である工業団地の開発会社の親会社のAH社
- 2.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
(Myanmar Agribusiness Public Corporation Ltd)
- 3.独立した精米事業者が、輸出米販売の目的で組成しようとしている新会社(10事業主で構成)

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行くべきであるが、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。

本モデルにおいては、籾殻発電そのものに加えて、廃プラスチックの拠点型分別回収がモデルの一部として計画されている。籾殻発電建設のための手続きを進めながら、廃プラ拠点回収モデルの可能性を検討し、適切なモデルを構築する必要がある。

現在拠点として想定されているのは、小学校や寺院である。小学校において回収を行う場合は、分別回収やリサイクルの意義等を教えながら回収することが求められ、福島市の経験が重要となる。地域特性を十分踏まえた上で、どのような環境教育が有効なのか、吟味していく必要がある。

また、拠点回収を成功させるためには、拠点回収を実施する学校側にもインセンティブを付与する必要がある。インセンティブとしては、教材提供や金銭提供等の選択肢が考えられるが、学校教育の向上・環境意識の向上に最も資する形のインセンティブを検討していくことが求められる。

実際に回収可能な量はどれくらいなのかを見極めるためにも、先行的に数か所を抽出して実験的に実施することになると考えられる。また、本モデルを実施しながら、廃プラ以外の分別回収が可能かについても検討を行っていく。

4.3.3 実現に必要な施策

パティン市、管区での低炭素かつ強靱(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、個別の事業(JCM案件)の実現とともに都市間連携を通じた「政策による展開」が重要である(「事業者による展開」と「政策による展開」の両輪)。特に、JCM等を活用した個別事業を長期間にわたり着実に展開していく上で、官民連携(行政、事業者、市民)による取り組みの推進が不可欠である。日本においては、国・自治体レベルで総合的な地域開発計画(いわゆる「基本計画」「マスタープラン」)を策定し、その基本戦略にそって、個別の実施計画が立案される仕組みが整っている。このような枠組み(地域開発のグランドデザイン)の下で個別の事業を展開していくことで、長期的な視点に立った取り組みが促進され、先進的な取り組みも加速化する。

本調査で対象としたパティン市においては、地域の目指すべき姿（ビジョン）の検討が行われており、都市開発のビジョンとして「vision for Pathein in 2022」（to become “The Clean City”、“No waste, more resources” 等の内容）が打ち出され、今後、このビジョン実現に向けた取り組みの具体化が行われるタイミングにある。

<p style="text-align: center;">VISION</p> <p style="text-align: center;">“Pathein 2022 - The Clean City” No Waste More Resources</p>  <p style="text-align: center;">パティン市のビジョン</p>	<p style="text-align: center;">OBJECTIVES</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Recovery of the resources up to 70% by 2022 and 100% by 2025 ● Separation of the waste at the source up to 75% by 2022 and 100% by 2025 ● Cleansing Department to become financially self sufficient by 2022 ● Enhancing the living condition of the informal waste collectors. <p style="text-align: right;">設定目標</p>
--	--

図 4.3 パティン市で検討中のビジョンの概要

出典) 管区資料 (1月現地ワークショップ)

現地ワークショップ、福島市でのワークショップ等での政策対話を通じ（エーヤワディ低炭素化推進パートナーシップでの議論）、エーヤワディ管区の低炭素化都市形成における連携の方向性について取りまとめ、共通の理解を得た。

【エーヤワディ低炭素化推進パートナーシップでの議論を通じて得た方向性に関する共通理解（1月の現地ワークショップでの議論で取りまとめ）】

エーヤワディ管区の低炭素化都市形成における連携の方向性について

エーヤワディ低炭素化推進パートナーシップ

1. 検討の経緯

エーヤワディ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「エーヤワディ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。具体的には、エーヤワディ管区パティン市及び福島市でのワークショップ、相互の都市訪問（現地視察等）、両都市での政策動向に関する意見交換等を通じ、エーヤワディ管区・パティン市の現状やニーズ把握、福島市での取り組み、関連技術の紹介を行い、廃棄物分野、水処理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・エーヤワディ管区

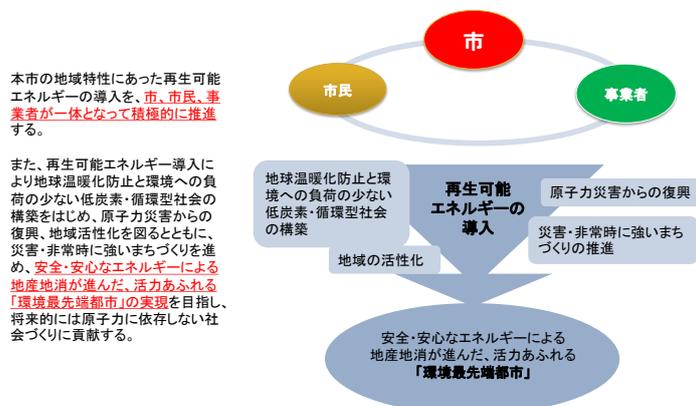
ミャンマーで最大農業エリア。近年は、産業振興のために新たな工業団地の開発を進めるなどの取り組みを行っている。今後急速な経済発展が見込まれる地方都市の一つであり、過去に高度経済成長を経験した日本の経験やノウハウの活用が期待される。

福島市

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」などに取り組み、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。

(参考) 日本での経験：福島市での将来像

再生可能エネルギー分野: 福島市が目指す将来像



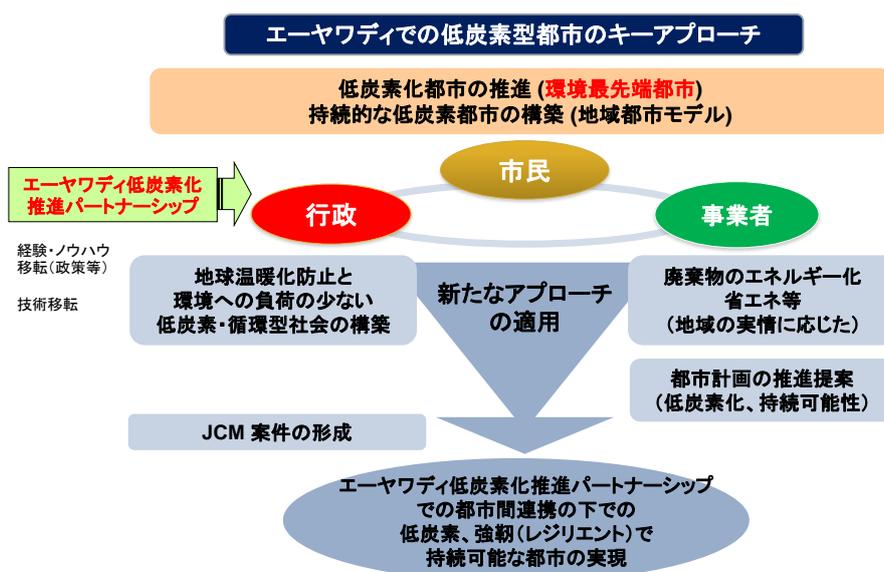
出典：福島市再生可能エネルギー導入推進計画

2. 課題認識と低炭素化都市形成の実現に向けた方向性

「エーヤワディ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た。

<目指すべき地方都市の姿>

- ・ 廃棄物の増加、水質等の環境負荷の増大、エネルギー消費の増加、地域が有する豊かな自然環境の喪失等、経済発展に伴って起きる社会問題（公害、自然破壊等）を予防しつつ、先進的な技術やノウハウを最大限に活用し、地方の特色を生かした、活力あふれる低炭素型・環境配慮型の先端的な地方都市（「環境最先端都市 エーヤワディ」<仮称>）の実現を目指すことが重要である。
- ・ 行政、市民、事業者が一体となって環境保全・低炭素化に取り組むことが不可欠であり、「事業による展開」と「政策面での展開：事業展開を支える仕組み」の両輪により、まずは、モデル的な取り組みを行い、展開を広げていくことが重要である。



- ・ モデル的な取り組みの具体化においては、都市間連携のプラットフォームである「エーヤワディ低炭素化推進パートナーシップ」の対話の下で、過去に高度経済成長を経験した日本の経験やノウハウの活用、JCMの枠組みの活用等を図ることが不可欠である。

特に、廃棄物・資源循環分野、水分野、エネルギー分野は、都市の発展において優先分野であり、今回議論した分野においては、以下の方向を目指すことが重要である。

3. 個別分野での展開方向

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

<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>

- ・エーヤワディ管区は、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）、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、エーヤワディ管区での「環境最先端都市」のモデル的な取り組みを具体化することが重要である。

【課題認識・展開方向・アクションプラン（案）の詳細】

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

- ・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。
- ・エーヤワディ管区は、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。

(参考) パティン市での廃棄物処分場の現状

- ・パティン市では廃棄物を埋め立て処理しているが、本都市間連携での政策対話を契機に、担当行政部門の分別への意識が高まり、現在、ゴミの山に重機を入れて、ゴミを掘り返し、その中からペットボトル、ビン、缶、段ボールといったものを取り出している。



廃棄物処分場の外観



最終処分場での分別に着手している様子

(参考) 日本での経験：福島市での廃棄物処理分野での政策の変遷

年代	福島市の取組	社会目標
1950年～	・焼却場が建設されはじめる	
1970年～	・ゴミ箱の廃止 ・ポリバケツを設置し、定日収集制度を開始 ・可燃物と不燃物の分別回収開始	
1990年～	・集団資源回収報奨金制度実施 ・事業系一般廃棄物の有料化実施 ・コンポスト容器購入助成制度実施 ・資源物の分別回収開始 ・福島市リサイクルプラザ業務開始	
2000年～	・資源物の分別回収(現在、12品目9分別) ・福島市環境基金条例公布 ・各種リサイクル法に伴う取組開始	

出典) 2016年度 福島市清掃事業概要

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)。

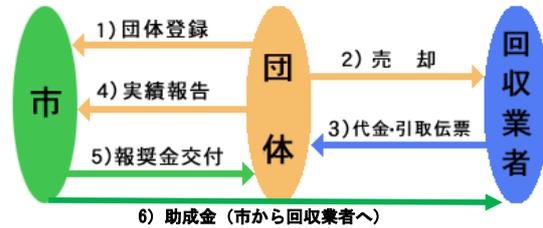
(参考) 日本での経験：福島市での行政・市民、事業者の連携の取り組み事例
集団資源回収団体報奨金交付制度



大型トラックが新聞紙、本、アルミ缶などでいっぱい

行政－市民－民間業者での協力の仕組み

自主的に古紙・衣類・びん類等の資源回収活動をするPTAや町内会に対し、報奨金を交付することにより、資源回収活動を奨励し、資源の再利用・ごみの減量化に努めている。
 (2015年度登録団体数:315団体)



出典) 福島市資料

(参考) 日本での経験：福島市での環境教育の取り組み事例

意識啓発 ～福島市市内の小学校での環境教育の事例～

牛乳パックのリサイクル



ゴミの分別の学習



出典) 福島市資料

都市間連携を活かしたアクションプラン (案)

エーヤワディ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

ンプランとして、1) 糶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（糶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) 糶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 を活用した糶殻発電事業の展開
- ・ 糶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

（参考）パティン市の小学校での関係者との意見交換（1月現地訪問時）

- ・ 福島市立小学校での環境教育の取組事例を現地の校長先生に紹介。今後、小学校として、環境教育、分別化の取り組みへの関心を得られた。



現地小学校の外観



現地小学校での環境教育教材



現地小学校裏庭での廃棄物処理状況



福島市での環境教育教材の説明

5. まとめと今後の展開に向けて

このため、個別の事業（JCM 案件）、都市間連携での今後の展開方針として、以下を整理した。

「パティン市でのビジョンとの連携の具体化」

- ・ Pathein Industrial City 内での有望な JCM 事業案件について、現地関係者との連携の下にその具体化を図る。その際には、管区が検討している都市開発のビジョン「vision for Pathein in 2022」(to become “The Clean City” “No waste, more resources” 等の内容)との連携を図り、「事業者による展開」と「政策による展開」の両輪での JCM 展開を目指す。

「地方都市（福島市）とミャンマーの地方都市（エーヤワディ管区）の都市間連携との特徴を活かした都市・地域まるごとの低炭素化への展開」

- ・ Pathein Industrial City での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（管区の外都市・他の工業団地等）への展開を有機的に進め、エーヤワディ管区での低炭素型の都市開発のモデル的な取り組みの横展開の可能性を検討し、多岐に渡る分野、面的な広がりを持った都市・地域まるごとの低炭素化の実現を図る。特に、「エーヤワディ低炭素化パートナーシップ」は、日本の地方都市（福島市）とミャンマーの地方都市（エーヤワディ管区）の都市間連携との特徴を活かし、地域の特徴を活かした地方中核都市での低炭素型の地域発展（経済発展、生活の質の向上、温暖化対策、環境対策でバランスのとれた発展モデル）のモデルとなることを目指す。

JCM の枠組みを活用した事業展開

～民間連携でのアプローチ～

- ・ 具体策の実現において、JCM スキームは、経済性の向上（設備費用への支援）、日本企業と現地企業の連携、日本の技術やノウハウの活用を進める上で、極めて有効な手法となる。2015 年 9 月には、二国間クレジット制度に関する二国間文書の署名が行われ、日・ミャンマー間の低炭素成長への取組の推進のための JCM の創設が合意された。
- ・ 本検討では、Pathein Industrial City 内での JCM 事業案件として、以下の案件が有望であることを特定し、事業化のための展開方策を検討した。

【廃棄物分野での JCM 事業の候補】

籾殻等の廃棄物発電事業（3MW 規模）：Pathein Industrial City 内において、先行整備する発電設備として、籾殻を原料としたバイオマス発電事業を展開する。

JCM 事業の事業化及び運用段階での都市間連携の枠組みの重要性

エーヤワディ管区の経済発展に対応した新たな環境保全対策の推進のための政策の強化が必要であり、政策面での対策強化（指導等）、意識啓発が優先課題である。JCM を

活用した事業者の取り組みを成功させ、取り組みを普及拡大する上でも、市、市民、事業者が一体となって積極的に推進することが不可欠である。都市間連携での枠組みを活用し、日本の自治体での政策経験やノウハウを活用しつつ、「事業者による取り組み」と「政策による展開」の両輪での展開が重要である。

・対策強化（指導等）

環境対策に関しては、規制の順守に向けた指導の強化を行い、事業者の取り組みを誘導することが重要である。このような事業者への誘導方策に関しては、指導対策、関係団体を通じた啓発活動など、日本での環境対策強化の経験・ノウハウの移転などが有効であり、政策対話を通じその具体化を図ることが重要である。

・意識啓発活動との連携

先進的な取り組みとともに、環境保全（廃棄物の適正処理や有効活用、排水処理）に対する地域社会（事業者、住民）での意識改革が重要であり、取り組みを進めるためには、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）。

JCM 案件の具体化及び関連分野での政策推進のアクションプラン（案）

<事業化の背景となる現地ニーズ>

周辺精米所においては、ナショナルグリッドからの電力供給のインフラの整備も計画されており、精米所での電力用に使用されている籾殻の有効活用へのニーズもある。管区政府関係者からも、電力需要が増加する中で電力の確保は最優先課題であり、籾殻という農業系廃棄物から電力生産する取り組みに対し、高い期待が表明されている。管区はクリーンな都市目指す将来ビジョンを検討しており、廃棄物対策の強化が行政課題となっている。

<事業化の基本コンセプト>

- ・籾殻等の廃棄物発電事業は、籾殻の適正処理・有効活用と工業団地での電力供給の確保の両面において、現地ニーズに合致する事業とする。
- ・将来的な都市廃棄物対策（3R 推進等）の展開を見据え、都市ごみの分別の可能性を探るため、廃プラ（ペットボトル等）の拠点回収を学校等でモデル的に試行し、分別に関する環境教育の場とする。

<事業計画の概要>

- ・導入場所：工場団地の発電設備区画の横
- ・規模：中規模（2～3MW 規模：籾殻の調達量を踏まえ確定）
- ・原料：籾殻＋廃プラスチック（周辺の学校等で拠点回収）、廃プラの拠点回収、廃プラの回収活動を通じた環境教育：福島市でのノウハウを活用する。
- ・導入技術：ボイラータービン（バイオマス発電）
- ・電力：(当面) 工業団地建設時の電力に供給＋余剰分はグリッドに販売する。(将来的) 工業団地内でオフグリッド供給する。

- ・事業スキーム：SPC（例：日本企業＋現地パートナー等）を想定する。JCM 設備補助を活用する。

<政策連携の方向性>

- ・精米工場での適正な廃棄物処理を進めるための規制指導などの取り組みとの連携を図る。このような規制強化のアプローチとともに、粃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）を行い精米事業者の取り組みを誘導する。
- ・廃棄物に対する地域社会での意識改革が重要であり、学校教育の場の活用し、容器等の廃プラスチックの拠点回収の試験実施とその活動を通じた環境教育の取り組みを行う。
- ・具体化に当たっては、管区が検討しているクリーンな都市を目指す将来ビジョンの取り組みとの連携を図る。