

EAJ 報告書

東アジアにおけるバイオマスエネルギー の社会実装に向けた活動報告



平成29年（2017年）4月30日

公益社団法人日本工学アカデミー

『バイオマスアジア』プロジェクト

本報告は、公益社団法人日本工学アカデミー、バイオマスアジア・プロジェクトの活動結果を取りまとめ公表するものである。

公益社団法人日本工学アカデミー、バイオマスアジア・プロジェクト

(所属はいずれも 2016 年 3 月現在)

リーダー	西嶋	昭生	日本工学アカデミー会員、早稲田大学客員教授
幹事	佐村	秀夫	日本工学アカデミー会員、情報通信機構アドバイザー
幹事	佐伯	とも子	日本工学アカデミー会員、東京工業大学名誉教授
幹事	澤	一誠	三菱商事株式会社、地球環境・インフラ事業、環境エネルギー政策担当
委員	伊藤	叡	新日鐵化学(株) 常務執行役員
委員	神本	正行	日本工学アカデミー会員、弘前大学 学長特別補佐
委員	玖野	峰也	日本工学アカデミー会員、常務理事
委員	羽野	忠	日本工学アカデミー会員、大分大学顧問名誉教授
委員	山田	守	日本工学アカデミー会員、山口大学農学部長

要 旨

1 プロジェクトを立ち上げた背景

バイオマスエネルギーの導入促進は、地球温暖化対策やエネルギー・セキュリティの確保（石炭および石油依存度低減）の観点から有効な取組と期待されている。また、バイオマスエネルギーは、地域固有のエネルギー源として、農林漁業との連携を通じた地域経済の振興、雇用等の観点を踏まえて、地域の実情に即してその導入を進めていく必要がある。

近年、バイオマスエネルギーの導入は内外で政策的に進められたものの、原油価格の値下がり等もあり、輸送用燃料への導入は期待されたほどには進んでいない。一方、発電・熱利用は、再生可能エネルギーの導入促進を目指した FIT（固定価格制度、用語解説参照）等の導入もあり、内外で社会実装が進み始めている。

本バイオマスアジア・プロジェクトは、科学技術外交の一環として行われた省庁・産学官連携による国際政策対話〔東アジア諸国との科学技術協力のための『e-アジア国際シンポジウム』（日本工学アカデミーも共催）〕で提案された「アジアに豊富に賦存するバイオマスの利活用」の検討に応じて、日本工学アカデミーに設置されたものである。本プロジェクトでは ASEAN 諸国の専門家と協働し、低炭素社会構築を目指した COP21、パリ協定等の動向をふまえ、バイオマスエネルギーの社会実装に向けた検討を進めた。

2 プロジェクトチームの活動

プロジェクトチームは、以下の活動を行った。

- (1) 内外におけるバイオマスエネルギー導入状況の調査および課題の把握
 - ① 発電・熱利用の現状
 - ② 輸送用燃料の現状と課題
- (2) 内外へのバイオマスエネルギー導入に関わるプロジェクトチームからの提案
 - ① 我が国における発電・熱利用、輸送用燃料
 - ② ASEAN 諸国における発電・熱利用、輸送用燃料
- (3) JCM（Joint Crediting Mechanism、2 国間クレジット制度、用語解説参照）に関わる実行可能性調査に参画し、インドネシアでのバイオマス発電事業の検討
- (4) JST e-ASIA プログラム（用語解説参照）への応募（バイオマス利活用に関わる ASEAN 諸国との広域連携）への協力

3 プロジェクトチームの提案（要約）

なお、ASEAN 諸国への英文提案は参考資料を参照されたい。

- (1) 低炭素社会構築に向けて、化石燃料に依存するエネルギーの諸問題を改善することが強く求められており、再生可能エネルギーを最大限度導入する必要がある。とりわけ、アジアには多くのバイオマスが賦存しており、バイオマスエネルギーの導入を推進することが最も有効である。

(2) バイオマスエネルギーの導入としては、バイオマス発電・熱利用、輸送用バイオ燃料としての利用が有効であり、次の2つに大別される。

① バイオマス発電・熱利用では、経済性、社会受容性、環境影響負荷評価などを十分に行うことが必要である。今後、FIT等に頼らないバイオマス発電・熱供給システムの確立が必要であり、安価な出発原料（発電用燃料）の生産・安定供給体制の確立を図ることがまず必要である。

さらに、既設の石炭火力発電所において、バイオマス（木質チップ、ペレット）の混焼割合を向上させることで低炭素社会に資することができる。混焼割合の向上には、混焼率を高めることが可能なトレファクション（半炭化）技術の導入を推進すべきである。

② 輸送用バイオ燃料での利用では、バイオジェット燃料（用語解説参照）、第2世代のバイオエタノール（セルロースエタノール、用語解説参照）、バイオディーゼル燃料（BDF）等の導入が、今後、必要であり、既存の化石燃料への混合割合を増加すべきである。

近年、原油価格が低下しているため、ASEAN 諸国では輸送用バイオ燃料の導入が国の支援の下に進められているが、今後、さらなる輸送用バイオ燃料の導入に向けて、原料コスト低減のための技術革新、化学原料を併産するカスケード利用等を推進し、安価な輸送用バイオ燃料製造技術を確立し、輸送用バイオ燃料の導入を強力に進めることが必要である。

(3) バイオマスエネルギーの導入に当たっては、バイオマスが豊富に賦存する東アジア諸国を対象として、我が国が、二国間・広域地域（多国間）連携を構築し、バイオマス利活用を推進するための体制を早急に確立すべきである。

4 プロジェクトチームの今後の展望

プロジェクトチームでの一連の活動を基に、2017年4月からASEAN5か国（タイ、インドネシア、ベトナム、ミャンマー、ラオス）との共同研究（Feasibility Study on Social Implementation of Bioenergy in East Asia）が開始され、プロジェクトメンバーは、大学、産業界と連携し上記事業に参画している。

今後、20年後、30年後のあるべき姿を見据え、国内はもとよりASEAN各国（地域）の要望（工学人材育成も）をふまえ、経済性、社会受容性、環境影響負荷等を加味した低炭素社会構築に向けたより一層の努力が求められている。プロジェクトチームはASEAN 諸国、タイ工学アカデミー等とも連携を強化しバイオマス利活用の社会実装に向けて調査研究等の活動を今度とも進めていくことを予定している。

以上

<目次>

<用語の説明>	2
1 低炭素社会構築に向けたバイオマスエネルギーの導入	3
① 再生可能なエネルギー	3
② 貯蔵性と代替性	3
③ 莫大な賦存量	3
④ 多様な利用形態	3
2 東南アジアにおけるバイオマスエネルギーの導入動向と課題	3
① 導入動向	3
<タイ>	4
<インドネシア>	4
② 課題	5
3 バイオマスアジア・プロジェクトの検討内容	6
① プロジェクトチームの基本概念	6
② プロジェクトチームの提案	7
③ バイオマスエネルギーに関わる東アジア諸国との連携	9
④ JCM によるインドネシアでのバイオマス発電事業可能性調査	9
⑤ e-ASIA 事業への応募、e-ASIA 事業への参画	9
4. まとめ	11
<補足資料 1> A Policy Proposal for International Collaboration on Biomass Energy between ASEAN and Japan	12
<補足資料 2> JCM (2 国間クレジット制度) 可能性調査で得られたインドネシア諸事情	14
1. 電力事情	14
2. バイオマス発電事情	15
3. バイオマス燃料政策動向	15
4. パーム油産業事情	16

＜用語の説明＞

1. FIT (Feed-in Tariff)

エネルギーの買い取り価格（タリフ）を法律で定める方式の助成制度で、固定価格買い取り制度、フィードインタリフ制度、電力買い取り補償制度などとも呼ばれる。地球温暖化への対策やエネルギー源の確保、環境汚染への対処などの一環として、主に再生可能エネルギーの普及拡大と価格低減の目的で用いられる。

2. バイオジェット燃料

航空機からの CO₂ 排出の削減も求められており、従来の石油からのジェット燃料をバイオマスからのジェット燃料に転換することが必要不可欠になりつつあり、(エネルギー効率の良い新型機の導入のみでは対応不可能)、各国（各航空会社）で非可食性バイオマスを用いたバイオジェット燃料の研究開発が精力的に進められている（NEDO プロジェクト）。

3. 第2世代バイオエタノール

サトウキビやとうもろこしを原料とした第1代バイオエタノールでは、農作物の耕作地を求めてアマゾンの森林伐採や、穀物市場の高騰が懸念されている。このため、非可食部バイオマスからのバイオエタノール生産（第2世代バイオエタノール）の技術開発が進められている。

4. e-ASIA 共同研究プログラム

科学技術振興機構助成事業の一つで、アジア地域において、科学技術分野における研究交流を加速することにより、研究開発力を強化するとともに、アジア地域が共通して抱える課題の解決を目指すプログラム。

5. JCM (Joint Crediting Mechanism、2国間クレジット制度)

優れた低炭素技術、製品、システム、サービス、インフラの普及や緩和活動の実施を加速し、途上国の持続可能な開発に貢献し、温室効果ガス排出削減、吸収への日本国の貢献を定量的に評価するとともに、日本国の削減目標の達成に活用する制度。地球規模での温室効果ガス排出削減、吸収行動を促進することにより、国連気候変動枠組条約の究極的な目的の達成に貢献することを目的としている。

1 低炭素社会構築に向けたバイオマスエネルギーの導入

バイオマスは古くから利用されてきたエネルギーであり、薪炭という形で燃料（熱利用）として用いられてきたが、石炭さらには石油などの扱いやすいエネルギーに取って代われ、先進国ではほとんど利用されなくなった経緯がある。石油危機以降、化石燃料の枯渇、エネルギーの安定的な確保などの観点から新エネルギーとして検討が始まり、さらに近年では地球温暖化防止が叫ばれるようになり、低炭素社会構築を目指した再生可能エネルギーとして再び注目されている。バイオマスエネルギーは以下のような利点を有している。

① 再生可能なエネルギー

植物などの光合成により再生される。バイオマスの燃焼によって放出される二酸化炭素は再生時に吸収、固定され、利用量と再生量のバランスが取れていれば正味の二酸化炭素排出がない。

② 貯蔵性と代替性

バイオマスは有機性資源であり、原料として、または固体、液体、気体燃料として貯蔵することができ、石油や石炭などに代替することができる。

③ 莫大な賦存量

アジアにはバイオマスが豊富に賦存している。地球上には約 2 兆 t のバイオマスが賦存しており、世界の年間の燃料の 1/6 を供給している。バイオマスは、どの地域にも存在する再生可能な資源であるが、自然との調和を図りながら利用を推進すべきエネルギー源でもある。経済産業省資源エネルギー庁の調査では日本は 2600 万 kl（原油換算）のバイオマスポテンシャルを有している。

④ 多様な利用形態

バイオマスエネルギーの利用形態としては、輸送用燃料および発電・熱利用などの検討が進められており、さらにはカスケード利用として、化学原料、マテリアル等の多様な利用形態が期待される。

2 東南アジアにおけるバイオマスエネルギーの導入動向と課題

① 導入動向

日本および東南アジアの各国政府は、バイオ燃料（エタノール、ディーゼル）の導入拡大に向けて積極的に取り組んでいる。この背景には、CO₂ 排出削減に貢献するバイオ燃料を利用する事他に、自国で生産されるバイオマスから燃料を製造し、自国で消費することで、原油等の化石エネルギーの輸入を減らす狙いがある。各国のバイオ燃料化は多少の温度差はあるが、2020 年頃には 10～20%、2030 年頃には、ほとんどの国で 20%程度を代替するものと期待されている。

原油価格は、近年、一時期（2012-13 年：100US\$/バレル）に比べ安価（～40US\$/バレル）に推移しており、バイオ燃料の輸送用燃料への導入は期待されたほど進んでいない。しかしながら、インドネシア、タイ等では国の政策としてバイオエタノー

ルや BDF の輸送用燃料への導入が始まっている。

バイオマス発電は FIT もあり、各国で盛んに検討が進められている。我が国でも、バイオマス発電の導入が進められており数多くの建設計画が立てられている。このため、国内のバイオマスでは足りず、東アジアのバイオマスに注目が集まっている。

さらに、最近では、COP21、パリ協定を受けて、中国を含む東アジア各国でバイオマスエネルギーの社会実装が加速し始めている。

以下に、タイ、およびインドネシアでのバイオマスエネルギーの導入動向の一例を示す。

＜タイ＞

タイではすでに輸送用燃料としてバイオエタノールや BDF (Bio Diesel Fuel) 入りのガソリンや軽油が販売されており、今後、バイオ燃料の添加割合の増加が計画されている。

また、世界有数のサトウキビ産出国であるタイでは、サトウキビ搾汁後の搾りかすであるバガスがサトウキビ製糖工場内で大量に排出されている。このバガスの一部は発電用に燃やされているが、そのほとんどは未利用のままである。そこで、2016 年 8 月に、NEDO は、タイ王国科学技術省国家イノベーション庁(NIA)と共同で、バガスからバイオエタノールや高付加価値品の原材料となる有用物質の製造システム実証事業を開始することに合意し、基本協定書(MOU)を締結した。この事業では、東レ株式会社、三井製糖株式会社、三井物産株式会社が参加し、1,400 トン／年のセルロース糖製造能力(バイオエタノール換算 700kL／年)を持つ準商用規模のパイロットプラントを製造する。そして、日本の優れた高分子膜を利用することによって、従来の熱による糖液の蒸発濃縮法に対して、省エネルギー効果の 50%向上を目指して本システムの有効性を実証する。バガスは食用に出来ない農業廃棄物であり、トウモロコシなどの穀物を原料とするバイオエタノールとは異なり、食糧用途と燃料用途の競合が起ない利点がある。2022 までに実証事業を終え、その成果をタイ国内、ASEAN 諸国に普及させることを目指す。

＜インドネシア＞

赤道をはさんで横長に広がる国土を持つインドネシアは、そのほとんどが熱帯性気候で、米やトウモロコシの穀物が良く育つ。2010 年の穀物生産量は、パーム油 1,976 万トン（世界第 1 位）、ココナッツ 327 万トン（世界第 1 位）、天然ゴム 259 万トン（世界第 2 位）、米 6,641 万トン（世界第 3 位）、とうもろこし 1,833 万トン（世界第 8 位）、砂糖 269 万トン（世界第 17 位）で、農業はインドネシアにとって重要な産業である。この農作物の生産に伴い、毎年、膨大な農業廃棄物（バイオマス）が排出されている。これら農業系廃棄物が持つエネルギーポテンシャルは、6.147 億 GJ/年もある。更に森林及び製材所からの木質バイオマスは、1,577 万トン/年あり、そのエネルギーポテンシャルは 1.415 億 GJ/年となる。農業と森林の合計バイオマスは 7.561 億 GJ/年にも昇り、これは 24GW（1 秒間に 1 ジュールの仕事が行われるときの仕事率が 1 ワット）の発電設備容量に匹敵する。インドネシアの総発電設備容量が、30.32GW(2009 年末)なので、バイオマス発電により、国家の発電の 80%を賄うことができる。膨大なバイオマス資源があるが、利用しているのはわずか 3.25%でしかない。

インドネシアでは、バイオガス、太陽光や水力等の再生可能エネルギー事業には、税制等の優遇措置を設定している。政府は、今後も CO2 排出削減のために、再生可能エネルギーの開発に力を入れる方針であり、特にバイオマスでは「持続可能性」を考慮して利用率を高める。これら固体バイオマスの他にも、自治体から発生する生ごみ等が年間 1,800 万トン、牛や豚の家畜排泄物が年間 8,260 万トンある。ごみからの電力は、固定価格買取制度の適用は無いが、今後、政府は、Rp（ルピア）600/kWh（5 円 /kWh）の価格を設定することを予定している。

② 課題

バイオマスエネルギーの社会実装には、入口戦略（安価な出発原料の生産と安定供給）、技術戦略（バイオマスの燃料への転換技術）、出口戦略（用途開発、経済性、環境影響負荷評価、社会受容性）を並行して進めることが必要となる。表 1 にバイオマス産業の構築に向けた我が国の基本政策を示す（農水省資料）。なお、本活動では、ASEAN 諸国等との情報交換（協議、日本側の発表等）に英文資料を用いたため和文資料がない場合は英文資料をそのまま用いることとする。

バイオマスエネルギーについては、今までに多くの研究開発がなされてきたが、その多くが技術戦略に関わる研究開発であり、今後、20 年後、30 年後のあるべき姿に向けて、安価な出発原料の生産と安定供給体制（スマートアグリ：IT 等の先進技術を活用して生産管理や品質、生産効率などの向上を実現する新たな農業の取り組み）を確立することが、まず必要になる。

出口戦略としては、FIT 等の積極的利用を進めるとともに、低炭素社会に向けて、マテリアル・薬品等の高付加価値製品の併産を目指す、新たなバイオマス産業やアジア・バイオマス・コンソーシアムの構築が期待されている。

また、地産地消型のバイオマス利活用を進め、経済性、社会受容性、環境影響負荷評価などを併せて推進することも必要となる。

さらに、技術戦略（バイオマス転換技術）において、化学原料等を含むバイオマスのカスケード利用や輸送に適したバイオマス燃料の製造技術（半炭化）などが課題といえる。

The Biomass Industrialization Strategy
Basic policies for biomass industrialization

1 Technological Strategy (Technological development)

- Accelerate development of Next-generation technologies such as liquid fuel (cellulosic ethanol fermentation) and solid fuel (torrefaction)
- Process optimization, Simultaneous production of fuels and chemicals

2 Exit Strategy (Creation of demand & market)

- Fully utilize Feed-in Tariffs scheme introduced in July first, 2012
- Tax reduction such as property and corporation tax
- Utilize carbon credit system
- Price reduction by downcycling
- Create biomass-related industries with high-value added goods such as carbon fiber and highly-functional resin

3 Entrance Strategy (Procurement of feedstock)

- Establish an agricultural and forest management system to supply biomass resources to manufacturers in a stable manner
- Establish an efficient and integrated biomass utilization systems
- Develop high-yield energy crops and plants
- Fully utilization waste-related biomass such as food, animal and human

表 1 我が国のバイオマス産業化政策
(<http://www.maff.go.jp/e/pdf/reference6-8.pdf>)

3 バイオマスアジア・プロジェクトの検討内容

プロジェクトチームは、上記、「東アジアにおけるバイオマスエネルギーの導入動向と課題」をふまえ、バイオマスエネルギーの社会実装に向けたさらなる検討を行った。具体的には、定期的に委員会を開催し、内外の動向を調査するとともに、内外へ向けたバイオマスエネルギー導入に関わる提言を行った。次いで賛同した ASEAN 諸国の大学、国の研究機関等と連携を深め、JCM の実現可能性調査を行った。さらには日－ASEAN 広域連携事業に応募し、2017 年 4 月から ASEAN 諸国（タイ、インドネシア、ベトナム、ミャンマー、ラオス）と e-ASIA プロジェクト（JST 事業）を推進している。

① プロジェクトチームの基本概念

プロジェクトチームの基本概念を表 2（バンコクでの発表資料）に示す。本プロジェクトでは、ASEAN 諸国との連携を円滑に進めるために、できる限り英語をベースに基本文書を作成することとした。表 2 は、ASEAN 国際会議での報告で使用したものである。

Basic Concept of Biomass Asia Project at EAJ

(Multilateral Collaboration on Biomass Utilization in East Asia towards Low Carbon Society)

Akio Nishijima, EAJ, Leader, Biomass-Asia Project Team

1. East Asia is an Engine of global economy.
2. East Asian countries share many common issues such as shortage of energy and environmental problems.
3. East Asia region is rich in biomass resources.
4. Biomass utilization is one of the most feasible approach toward sustainable development of the region.
5. While no single country can address these common issue alone.
6. So, bilateral and region wide collaboration on biomass utilization is essential for our sustainable development.
7. Human development of young researchers (engineers)
8. Policy proposal for international collaboration (2016)

表2 EAJ バイオマスアジア・プロジェクトチームの基本概念

② プロジェクトチームの提案

基本理念に基づき、発信すべき内容を提案の形で国内外に提示していくために、まず国内用の原案をまとめた。ついで、ASEAN 用の英文を別途作成し、ASEAN 諸国との連携の場で積極的に提示していくことにした。ここでは和文を示すが、実際に国際的に使った英文は、補足資料1で示す。

東アジアの低炭素社会構築のためのバイオマス活用 に関わるプロジェクトチームの提案

[説 明]

エネルギー自給率を高めるとともに、エネルギー起源の二酸化炭素量を減少させ、低炭素社会を構築するため、再生可能エネルギーであるバイオマスエネルギーの導入を推進する必要がある。

発電・熱利用、輸送用燃料のいずれの分野でも、世界的にバイオマスエネルギーの導入が進んでいる。

バイオマスの利活用に関して、次の点でその促進ができると考えられる。

＜バイオマス発電・熱利用での利活用＞

バイオマス発電は、次のメリットを有している。

- 1) 設備利用率の高い安定電源であること。

設備利用率:バイオマス発電 80%、太陽光発電 12%、風力発電 20%)

- 2) 発電量を主体的にコントロールすることが可能であるため、太陽光発電、風力発電のバックアップ電源になり得る。
- 3) 使用する燃料を輸送することができ、太陽光発電や風力発電のように、必ずしも限られた地域（バイオマスの生産現場）に発電設備を建設する必要がない。

バイオマス（木質チップ、ペレット）の石炭との混焼発電では、既存の微粉炭ボイラーを利用できるため、専焼発電と比して新規設備のための投資が不要であり、発電効率も 15%程度高い。その中で、現在約 3%である石炭との混焼割合を 30-40%に向上させる目標に適用可能な方法としてトレファクション（半炭化）ペレットがある。

その特徴は、

- 1) 良好な粉碎性（既存の火力発電所への対応力向上）
- 2) 高エネルギー密度（輸送・貯蔵効率の向上）
- 3) より高い耐水性（燃料としての取扱容易性向上）

である。これを利用することにより混焼割合の大幅な向上が図れる。

そこで、このトレファクションペレットの技術開発や実施体制を整えることが有効である。

<輸送用バイオ燃料としての利活用>

バイオエタノール、バイオディーゼル燃料（BDF）、バイオジェット燃料の混合割合を向上させることにより低炭素社会の構築に寄与することができる。草本や農業廃棄物等のセルロース系バイオマスを原料にできる第2世代バイオエタノール、非食糧系の植物を原料にする BDF、バイオジェット燃料は、食料との競合を回避することができる。これらは、原料、製造のコストが高いため、特に、バイオエタノールについては製造コスト低減のため発酵や蒸留等のセルロース系バイオマス変換に関する技術革新、非食糧系植物の栽培技術の改良が必要であり、原料の安価で安定的な確保が求められる。

アジア諸国にはバイオマスが豊富に賦存している。そして、アジア諸国はグローバル経済の担い手であるとともに、エネルギーや環境問題で解決すべき課題の多くが共通しており、これら共通の課題に対応することは一国では困難である。

したがって、二国間、多国間を含めアジアにおける地域連携でバイオマス利活用を推進することが必要である。なかでも、ASEAN 諸国が連携して、バイオマスオープン研究センター（BORC）の立ち上げを検討することになっており、技術に積極的に取り組み、人的交流も容易な国々との連携を進めるべきである。

【提 案】

1. エネルギー起源の二酸化炭素量が多いというような、エネルギーに関する諸問題を改善し、低炭素社会を構築するため、再生可能エネルギーを最大限度導入する必要がある。とりわけバイオマスエネルギーの導入を推進することが有効である。
2. バイオマスエネルギーの導入としては、バイオマス発電・熱利用での利用、バイオマスの輸送用バイオ燃料としての利用が有効であり、次の2つに大別される。

2-1 バイオマス発電・熱利用では、既設の石炭火力発電所において、バイオマス（木質チップ、ペレット）の混焼割合を向上させることで低炭素社会に資することができ、これは最も有効な手段である。混焼割合の向上には、混焼率を高めることが可能なトレファクション（半炭化）技術の導入を推進すべきである。

2-2 輸送用バイオ燃料での利用では、第2世代のバイオエタノール（セルロースエタノール）、バイオディーゼル燃料（BDF）等の導入が必要であり、既存の化石燃料への混合割合を増加すべきである。

これらについては、原料、製造のコスト低減のための技術革新、原料の安価で安定的な確保のための体制、バイオ燃料の混合割合向上に向けた体制が必要である。

3. バイオマスエネルギーの導入に当たっては、バイオマスが豊富に賦存するアジア諸国で、二国間、多国間の広域地域連携でバイオマス利活用を推進するための体制を早急に構築すべきである。

③ バイオマスエネルギーに関わる東アジア諸国との連携

ASEAN 諸国へのバイオマスエネルギーの社会実装に関わる提案では、ASEAN の多くの研究機関、大学等からの賛同を得ることができた。そこで、ASEAN 諸国（タイ、インドネシア、ベトナム、ミャンマー、ラオス）の研究機関、大学、産業界と情報共有を進め、日 ASEAN 広域連携に向けたネットワークの構築を推進した。

特に、ASEAN 諸国の中でバイオマス利活用の検討が進んでいるタイ国とは、関連する工学人材育成を含め、タイ工学アカデミーとの連携強化も視野に入れることとした。

⑤ JCM によるインドネシアでのバイオマス発電事業可能性調査

プロジェクトチームは「インドネシア国バイオマスを使用した半炭化システムによる JCM プロジェクト実現可能性調査」（経済産業省平成 27 年度(2015 年度)地球温暖化対策技術普及等推進事業：以下、JCM 可能性調査）に参加し、パーム残渣を用いたバイオマス発電、発電用固体燃料製造に関する日-インドネシア JCM 事業の可能性について調査、検討した。

本 JCM 可能性調査では、プロジェクトチームのメンバー（4 名）が 2 度にわたり、インドネシアを訪問し現地調査を行うとともに、インドネシア JCM 事務局、電力会社、企業（パーム油抽出工場他）、BPPT（技術応用庁）、National Energy Council、エネルギー鉱物資源省等との打ち合わせを行った。

JCM 可能性調査に関わる、インドネシアの電力事情、インドネシアのバイオマス発電事情、インドネシアのバイオマス燃料政策動向、インドネシアのパーム油産業事情について、本報告書の補足資料 2 として示す。

⑥ e-ASIA 事業への応募、e-ASIA 事業への参画

早稲田大学環境総合研究センター（環境総研）は産業技術総合研究所（産総研）、企業等と協働し、バイオマス利活用に関わる日-ASEAN（日タイ）の国際研究協力

(SATREPS 事業他)を進めている。

プロジェクトチームは早稲田大学、産総研、企業等と連携し、ASEAN 各国、地域の要望や動向を把握するとともに、広域ネットワーク構築、ASEAN 諸国との共同研究に向けた打ち合わせを行った。ついで、早稲田大学、産総研と一緒に JST の e-ASIA 事業（申請代表者は早稲田大学環境総合研究センター、勝田センター所長）に応募した。

この結果、前述したように今年 4 月から、バイオマスエネルギーの社会実装に関わる広域連携プロジェクト（Feasibility Study on Social Implementation of Bioenergy in East Asia）が始まっている。参加国は、タイ、インドネシア、ベトナム、ミャンマー、ラオス、日本の 6 か国である。なお、プロジェクトチームのリーダー（西嶋）、幹事 2 名（佐村、澤）が早稲田大学環境総研に所属している。

表 3 および表 4 に本 e-ASIA プロジェクトの成果目標とその進め方を示す。

Feasibility Study on Social Implementation of Bioenergy in East Asia (Goal)

1. Database and priority setting for social implementation of bioenergy in East Asia
2. Feasibility study (economic evaluation LCA and social acceptability) on bioenergy
3. Region wide networking for the utilization of biomass in East Asia
4. Understanding of local needs and sustainability supply of feedstocks
5. Optimization of local production for local consumption and international market

表 3 e-ASIA プロジェクトの目標
(ASEAN 諸国メンバーとの打ち合わせで提示)

Feasibility Study on Social Implementation of Bioenergy in East Asia (Approach)

1. Discuss and exchange information regarding research potential of each organization in the field of biomass utilization
2. Identify significant specific research areas to be jointly examined in light of future utilization in the ASEAN region
3. Form international research groups among six countries according to the research potential for meaningful results
4. Jointly confirm the progress chart of the consultation process of the groups in order to identify the critical paths and issues, thereby to make agreed modification in the activities
5. Arrange to foster young researcher's activities through the participation of this Program.

表 4. e-ASIA プロジェクトの進め方
(ASEAN 諸国メンバーとの打ち合わせで提示)

4. まとめ

EAJ のプロジェクトチームは 1・2 か月に 1 回程度の委員会を開催し、内外（主として我が国と ASEAN 諸国）のバイオマス利活用に関わる動向の把握を試みるとともに、関連する ASEAN 諸国の研究機関等との情報交換、ネットワーク構築を推進した。ついで、内外（ASEAN 諸国と日本）へバイオマス利活用の促進、社会実装に向けた提案を行った。また、有志メンバーが企業等と連携してバイオマスエネルギーの導入に向けたフィジビリティスタディ（実行可能性調査）をインドネシアで行った。さらに、早稲田大学、産総研とも連携し、JST の e-ASIA プログラムや経産省事業の調査研究などに寄与した。

2017 年 4 月から ASEAN5 か国（タイ、インドネシア、ベトナム、ミャンマー、ラオス）研究機関等との共同研究（e-ASIA プロジェクト）が開始され、プロジェクトメンバーは、早稲田大学、産総研、産業界と連携し上記事業に参画している。

今後、低炭素社会構築を目指し、20 年後、30 年後のあるべき姿を見据え、国内はもとより ASEAN 各国（地域）の要望（工学人材育成も）をふまえ、経済性、社会受容性、環境影響負荷等を加味したバイオマス利活用の社会実装に向けて、より一層の努力が求められている。プロジェクトチームは ASEAN 諸国における研究者、研究機関等、例えばタイ工学アカデミー等とも連携を強化し、バイオマス利活用の社会実装に向けて調査研究等の活動を今度とも進めていくことを予定している。

< 補足資料 1 > A Policy Proposal for International Collaboration on Biomass Energy between ASEAN and Japan

January, 2016
The Biomass-Asia Project Team
The Engineering Academy of Japan

Preface

It is necessary to promote the introduction of renewable biomass energy in order to increase the energy self-sufficiency, reduce the carbon dioxide amount of energy sources origin, and build a low-carbon society.

East Asia (ASEAN) is an Engine of global economy. East Asian (ASEAN) countries share many common issues such as shortage of energy and environmental problems. East Asia (ASEAN) region is rich in biomass resources. Biomass utilization is one of the most feasible approach toward sustainable development of the region. While no single country can address these common issues alone.

Thus, bilateral and region wide collaboration on biomass utilization is essential for our sustainable development.

Among them, the ASEAN countries work together to consider the launch of Biomass Open Innovation Centers, and the countries that work on technology actively and are easy in people exchanges, should promote cooperation with each other.

Engineering Academy of Japan (EAJ) set up the study group (10 members) for accelerating social implementation of biomass energy in East Asia (the Biomass-Asia Project Team) in Nov. 2013.

Summary

The study group has focused on the ASEAN countries among the Asian countries. ASEAN is now integrating economically and trying to strengthen its S&T capacities to achieve sustainable growth. Since ASEAN countries have a lot of biomass resources, they show a great interest in biomass energy. ASEAN started its economic integration in 2015.

Japan should participate in the development of biomass energy in ASEAN countries as an equal partner by promoting regional innovation based on region wide collaboration and accelerating the cross-border movement of human resources between ASEAN and Japan.

Biomass energy for power generation, heat utilization, and transportation fuel is being introduced worldwide. Utilization of biomass can be further promoted in the following ways.

Policy Proposal 1. Utilization in Biomass Power Generation and Heat Utilization

Biomass power generation has the following advantages.

1) It is a stable power supply with a high equipment utilization rate.

(Equipment utilization rate: biomass power generation 80%, solar power generation 12%, wind power generation 20%)

- 2) Since the output power of biomass power generation can be flexibly controlled, it is usable as a backup power source of the solar and the wind power generations.
- 3) Since biomass is transportable, its power plant does not require to be constructed in the vicinities of the fuel and energy feed as in cases of solar and wind power generation.

Existing pulverized coal boilers can be used for the co-firing power generation of biomass (wood chips, pellets) with coal. Investment for new equipment is not always required and the power generation efficiency is about 15%, which is higher than the dedicated biomass power plant. Torrefaction (semi carbonization) pellets can improve the mixing ratio with coal in the co-firing plant from the current 3% to 30-40%.

The features of the torrefaction pellets are as follows:

- 1) Good grindability (improvement of applicability to the existing thermal power plants),
- 2) High energy density (improvement of transportation and storage efficiency),
- 3) Higher water resistance (improvement of handling easiness as a fuel)

These features can significantly improve the co-firing percentage.

In order to realize the co-firing with high percentage of biomass, it is effective to establish the structure for technology development and implementation of Torrefaction pellets.

Policy Proposal 2. Utilization as a Transportation Biofuel

Improving the mixing ratio of Bioethanol and Biodiesel fuel (BDF) in liquid transportation fuels can contribute to the creation of low-carbon society. The second-generation Bioethanol uses cellulose-based biomass such as herbaceous and agricultural waste as raw materials, and BDF uses the non-food plant as a raw material. They can avoid conflicts with food. Due to the high cost of their raw materials and the manufacturing, bioethanol in particular requires innovation regarding cellulosic biomass conversion, such as fermentation and distillation, and improvement of cultivation techniques for non-food vegetable. Inexpensive and stable supply of the raw materials is also required.

Policy Proposal 3. Establishment of Regional Open Innovation Centers for Biomass Utilization in ASEAN

To promote regional innovation, it is essential to collect and share regional knowledge and experience. Japan should cooperate with the ASEAN countries in establishing the regional open innovation center based on university-industry-government collaboration. The regional open innovation centers can also promote human development and cross-border movement of human resources and can be innovation hubs offering posts to talented researchers who work abroad.

Recommendations

1. In order to solve the problems related to energy, such as the high amount of carbon dioxide from energy sources, and to build a low-carbon society, it is necessary to attain maximum limit of renewable energy. It is effective, in particular, to promote the incorporation of biomass energy.

2. As to the incorporation of biomass energy, the use of biomass in power generation and heat utilization, and utilization of biomass as the transport biofuel are effective. They are roughly classified into two.
 - 2-1) In the biomass power generation and heat utilization, improvement of the co-firing ratio of biomass (wood chip, pellet) in existing coal-fired power plant would contribute to a low-carbon society, and this is the most effective means. The improvement of the co-firing ratio should be promoted by the introduction of Torrefaction (semi carbonization) technology that can improve the co-mixing ratio.
 - 2-2) As to the use in transport biofuel, it is necessary to introduce the second-generation Bioethanol (cellulose ethanol) and biodiesel fuel (BDF), and to increase their mixing ratio in the existing fossil fuels.

For these, there is a need for technology innovation for cost reduction in raw materials and manufacturing, a system for cheap and stable supply of raw materials, and systems aimed at the mixing ratio improvement of bio-fuel.
3. In the incorporation of biomass energy, a system to promote biomass utilization in the wide regional collaboration of bilateral and multilateral parties among ASEAN countries where biomass is abundant should be immediately built.

“Biomass Asia” Project Team in the Engineering Academy of Japan

Dr. Akio Nishijima, Chair of the project team

Dr. Hideo Samura, Coordinator of the project team

Dr. Tomoko Saiki, Coordinator of the project team

Mr. Issey Sawa, Coordinator of the project team

<補足資料 2> JCM (2 国間クレジット制度) 可能性調査で得られたインドネシア諸事情

なお、この補足資料 2 の記載事項は、経済産業省「JCM 可能性調査」プロジェクトで得られた成果の一部をまとめたものである。担当機関（株式会社大和三光製作所）と「情報開示に関する協議」に関する合意書を取り交わし、それに基づき、担当機関と事前協議を行い、本報告書記載事項は営業秘密には当たらないとの確認を得て掲載している。

1. 電力事情

電力セクターに関わる行政組織の 1 つであるエネルギー・鉱物資源省（MEMR）が PLN（旧インドネシア国営電力公社）を監督し資源エネルギー分野全般を担っている。PLN を所有、管理しているのは、国営企業国務大臣府である。PLN が一貫して発電・送電・配電事業を行ってきたが、1992 年に民間電力事業者（IPP: Independent Power Producer）制度、その後 2009 年の電力法（2009 年法律第 30 号、通称：新電力法）に基づき PPU (Private Power Utility) 制度が導入された。PPU 制度により需要家への直接小売が可能となり、現在は PLN が設備容量の 8 割強を占め、残りを民間電力事業者（IPP、PPU）、自家発電事業者が補完している

IPP は、新電力法第 19 条（2）に基づき、電気事業ライセンスを得る必要がある。

PLN への全量売電が必須で、25 年間等の長期契約が前提であり、この PLN との長期売電契約（Power Purchase Agreement: PPA）の優先交渉権は、PLN が実施する入札に基づき獲得される。PLN への全量売電が必須のため、需要家への売電は必然的にできない。

PPU も IPP と同様に電気事業ライセンスを得る事が必要である。PLN がその電力を必要とすることを要件として、PLN への売電が可能である。WU（Wilayah Usaha：事業区域）を取得すれば、発電・送電・配電・小売を統合的に行うことも、配電及び（又は）小売を行うことも可能である。この WU 取得には、PLN の了解と MEMR の許可が必要である。

インドネシアの経済成長に見合う電力需要を満たすにはインドネシア全体で 59.5GW の追加の発電供給能力が必要である。PLN の電力供給事業計画（RUPTL）では、PLN 及び IPP の両方で 16.9GW（28%）及び 25.5GW（43%）の電力供給を開発することとなっているが、残りの 17.1GW（29%）は開発者と出資者の見通しがたっていない状況である。発電所システムとしては、新石炭火力発電を 37.9GW（全体の 63.8%）と計画している。

エネルギー政策を踏まえた総合的な電力開発計画である国家電力総合計画（RUKN）として、2015 年 7 月にエネルギー鉱物資源省電力総局は、国家電力総合計画（RUKN2015-2034）のドラフトを発表したが、2015 年 5 月に大統領が発表した総計 35GW の発電所新設計画に沿った内容と考えられる。

2. バイオマス発電事情

インドネシアバイオマスの消費は 2000 年から 2012 年まで 0.33%成長しているものの、エネルギーミックスへの貢献度としては、同じ期間において着実に下っている。バイオマスエネルギーのポテンシャルは、約 30,000MWe であるが、うち PLN に電力供給されているのは、200MWe であり、これはポテンシャルの 0.67%にすぎない。

バイオマス発電の FIT 制度は、エネルギー鉱物資源省（MEMR）省令 No.27/2014 で制定されており、不定期に改訂される。

3. バイオマス燃料政策動向

再生可能エネルギー買取制度（2012 年 6 月 2 日制定、対象：バイオエネルギー、水力等）、再生可能エネルギー普及のための法制度［バイオ燃料の生産、利用促進（大統領令 No.1/2006、エネルギー鉱物資源省令 No.32/2008）］のように利用促進政策が採用されている。

政府は、大統領令 No.5/2006 と No.1/2006 を基に、2006 年から、B5（バイオディーゼルを 5%混合したディーゼルオイル）と E5（バイオエタノールを 5%混合したガソリン）を導入した。さらに、2012 年に輸送用燃料に対しバイオディーゼルの混合率を 7.5%とする B7.5 の導入を開始し、2014 年には、バイオディーゼルの混合率を 7.5 から 10%に引き上げ、発電所には 20%混合するよう命じた。

さらに政府は、2015 年 2 月、国内のバイオ燃料生産者保護のため、バイオ燃料補助金を増額すると発表し、これにより世界的な低額の原油価格により生じるレギュラーディーゼ

ルとバイオディーゼルの価格差に対して国内生産者に補償を与えようとしている。

バイオ燃料への投資促進のため、バイオエタノールとバイオディーゼルの利用義務と補助金支給が確立されたが、政府がいかにその義務を強制するかが明らかではなく、このインセンティブが実際にその目的を達成できるかどうかは明らかでない。

国営企業のプルタミナ社が、2006年に輸送燃料に用いるバイオディーゼルを開発し、民間等の企業は2005年からバイオディーゼルの生産を開始した。2014年時点ではバイオディーゼル産業全体として540万KLの生産能力を有している。

MEMRは、新バイオ燃料義務プログラムが成功すれば、インドネシアは2016年からバイオディーゼル供給不足になると予測し、毎年58.7億リットルである現在の生産能力レベルを拡大するよう産業界を鼓舞している。バイオディーゼル生産の著しい成長は、消費成長と輸出のペースを上回ってきているので、インドネシアではその備蓄が2010年から2013年に増大しており、さらに、増大し続けるであろう。

4. パーム油産業事情

インドネシアとマレーシアの2国で世界中の全パーム油生産量の約85～90%を占め、現在インドネシアは、世界最大のパーム油生産国、輸出国である。インドネシアは、2011年には全世界の粗パーム油生産量の48.8%を占め、2012年には、2800万トンを生産した。

パーム油は、インドネシアの輸出額における第3位であり、乾燥地全体の31.6%がパーム油の作付けに当てられている。現在800万ヘクタールのパームヤシプランテーションは、2020年までに1300万ヘクタールまで増大することが期待されている。

インドネシアのパームヤシプランテーションのほぼ70%は、スマトラに位置しており、残りの約30%は、カリマンタン島にある。インドネシアのパーム関連企業の40%は、スマトラにあり、500近い工場がある。

謝辞：補足資料2の公開をお認めいただいた株式会社大和三光製作所に感謝の意を表します。

【政策提言小委員会審議経過】

2017年4月30日 受付。

2017年7月24日 政策提言小委員会にて、査読後、修正版を審議了。

プロジェクト名での公開を可とする。

2017年7月26日 企画・運営委員会にて審査結果を報告し、了承される。

2017年8月24日 理事会にて報告、承認。