第4世代地域熱供給とスマートエネルギー

バイオエネルギー熱利用の戦略 :産業部門での転換を中心として

Strategy for Bioheat Deployment: Focusing on transformation in industrial sector

相川高信*

1. はじめに

バイオエネルギーの熱利用は、有力な脱炭素化の技術オプションでありながら、十分にそのポテンシャルを発揮できているとは言い難い。このことは、世界的にも指摘されていることであるが、日本においてはその傾向がより顕著である。背景には、バイオエネルギーの特徴についての的確な理解と、需要の構造の把握とデータの不足がある。

本稿では、最初にバイオエネルギー熱利用の現状について、世界と欧州および日本の状況について概観した後、バイオエネルギーの特性を踏まえた戦略構築の方向性を示す。その例として、産業部門の高温熱需要への供給可能性について簡便な分析結果を示す、最後に、今後の課題を示してまとめとする。

2. バイオエネルギー熱利用の現状

2.1 世界の状況

現在、全世界のバイオエネルギーの供給量は55.6EJと推計されており、全世界の一次エネルギー供給のおよそ1割を占める^①. 再生可能エネルギーの中では最大の供給量である. 供給される燃料については、固体バイオマス(木質もしくは農業残渣など)がほとんどで86%程度を占めている. その他には液体バイオ燃料が7%、バイオガスが2%、残りが廃棄物系バイオマスとなっている. ただし、この中には、途上国における薪炭利用や、欧米諸国における暖炉など、エネルギー利用効率の低い伝統的利用(Traditional Biomass)も含まれており、これらの利用を効率的なものに転換していくことも重要な課題である.

このうち、伝統的利用を除く、現代的なバイオエネルギー(Modern Bioenergy)は、最終エネルギー消費段階で19.3EJと推計されている。その利用先

を見てみると、熱利用が 13.9EJ, 発電利用で 1.7EJ, 交通利用で 3.7EJ となっている (2). このように、世界的に見ると、現代的なバイオエネルギー利用のうち、7割以上が熱利用されていることがわかる.

2.2 欧州の状況

次に、バイオエネルギーの現代的利用で世界を牽引してきた欧州の状況を整理してみよう。欧州で使われている固体バイオエネルギーの利用先として発電部門が 123.9 TWh (446 PJ) であるのに対して、熱利用部門は 82.8 Mtoe (3,466 PJ) となっており、熱利用が $8 \text{ 倍弱多い}^{(3)}$. 熱利用の内訳は、業務・家庭部門での利用がおよそ 50%、産業部門が 25%、地域熱供給が 16% となっている (4) このように、地域熱供給も含めて、業務・家庭部門での熱利用が多いのが、欧州におけるバイオエネルギー利用の特長である。

2.3 日本の現状

日本の状況については、総合エネルギー統計で熱として利用されていると思われるバイオエネルギーの量を確認することができる。2018年の総合エネルギー統計のバイオマスエネルギーの項目を見ると、一次エネルギー供給量は403PJである。この内、熱利用されていると考えられるのは、エネルギー転換部門の自家用蒸気発生(179PJ)と地域熱供給(0.4PJ)、最終エネルギー消費部門の4PJ(ほぼ業務部門)となっている。自家用蒸気発生は、紙・パルプ製造業での利用がほとんどであり、統計上補足されているバイオエネルギーの熱利用の大部分を占めている。2012年のFiT制度開始以降、発電利用されるバイオエネルギーの量が急増しているが、総合エネルギー統計を見ると、2018年の発電に用いられたバイオエネルギーは事業用発電が95PJ、自家

^{*}公益財団法人自然エネルギー財団 上級研究員

用発電が97PJとなっており、自家発電の量が多い.

その他の関連統計として、ボイラ導入台数の統計があり、2018年現在、2,000台程度の稼働台数がある。これは主にホテルや温浴施設などの業務用の導入であるが、ここ5年程度頭打ちの状態が続いている⑤、なお、人口800万人ほどのオーストリアのボイラの累積導入台数が25万台(家庭部門を含む)を超える規模であることを考えると、日本の立ち遅れが目立つ

家庭部門については、ペレットストーブや薪ストーブを利用する家庭が一定程度あると思われる。ウェブアンケートを用いた調査によれば、薪を使用する機器を利用している世帯数が88万、ペレットストーブの使用世帯も10.4万あると推計されている⁶.

3. バイオエネルギーの特性を踏まえた転換戦 略

3.1 熱利用の進んでいない日本

以上で概観したように、日本においては、FITの支援を受けた事業用発電を除いては、紙・パルプ製造業の蒸気・電気製造でバイオエネルギーがよく利用されているものの、他の産業部門や業務・家庭部門での熱利用はよく進んでいない。

具体的には、すでに述べたように、家庭部門では薪や木質ペレットを燃料とするストーブの、業務部門ではチップボイラを中心にバイオマス利用ボイラの導入が進められてきた。ただし、その導入コストは高止まりし、燃焼時のトラブルなども頻発したことから、理論と技術の整理と普及が求められている (7-9).

一方で、太陽光・風力などの自然エネルギー電力の価格が順調に低下していることに加え、ヒートポンプなどの熱生産機器の性能が向上していることから、熱利用における電化シナリオが勢いを増している (10,11) バイオエネルギーが熱利用部門での脱炭素化オプションとして、その役割を十分に発揮できるように、バイオエネルギーの特性に基づく、適切な戦略構築が必要である.

3.2 転換を行うレベルの見極め

他の自然エネルギーと比較した際に、バイオエネルギーは電気・熱・燃料の全ての種類のエネルギーキャリアの生産が可能であること、貯蔵・輸送ができることなど、いくつかの特徴的な点がある。加えて、エネルギー転換を考える上で、戦略的に捉えることができる重要な特徴として、機器やエネルギー

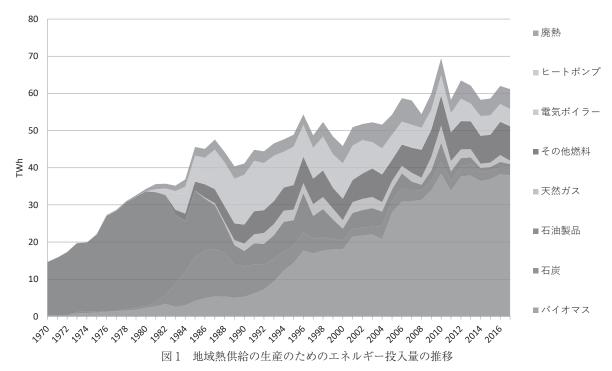
システムが化石燃料仕様であっても、必要な改造や調整だけで燃料レベルでの代替や転換が可能であるという点がある⁽¹²⁾.

太陽光・風力発電の場合、発電設備の新設だけで はなく、エネルギーシステムへの統合のために、送 電網などのハード整備や送配電に関わる制度的・技 術的システムのソフト面での改革が必要である. 一 方、バイオエネルギーの場合は、たとえば、ガソリ ン/ディーゼル自動車へのバイオ燃料の混合のよう に、電気自動車への転換・普及を待たずに、速やか に自然エネルギーへの転換が可能になるという特長 を持つ. 石炭火力発電所における木質ペレット混焼 についても、既存の発電所とその送配電設備を活用 できることから、初期段階における自然エネルギー の導入を容易にするという戦略的な意味を持つ. 一 方、バイオマス燃料専用のボイラや発電設備の導入 というかたちでの転換も可能であるが、発電設備や 周辺インフラの整備に時間と費用を要することか ら、分散型のエネルギーシステムへの転換の一環と して時間をかけて計画的に行われるべきものであ

さらには、地域熱供給の整備とともにバイオエネルギーを活用していくといった、エネルギーシステムのレベルでの転換戦略もあり得る。実際に北欧諸国では、地域熱供給網の整備が先行して始まり、次に熱源として用いられていた化石燃料をバイオエネルギーなどの自然エネルギーに転換させていくという歴史をたどっている。具体例としてスウェーデンを見ると、1970年代から地域熱供給による熱供給の成長が始まったが、当初は石油系燃料がほとんどであった(図1)。しかし、1990年代からバイオエネルギーの利用が急速に増加し、現在は総熱量の6割程度がバイオエネルギー由来となっている。なお、こうしたスウェーデンにおけるバイオエネルギーへの転換は、主として炭素税の導入に依っている。

3.3 近年の状況変化のチャンス

一方日本では、地域熱供給については、都市部における業務部門向けを除いて発達してこなかったため、理論や技術、市場が未熟である。バイオエネルギーなど自然エネルギーを利用した地域熱供給は、更に技術的な難易度を上げることにつながり、実例自体が限られている。その一方で、地域におけるエネルギーシステムのスマート化、地域内経済循環の強化の観点から、地域熱供給の導入に関心を持つ自治体が多いのも確かである。したがって、北海道ニセコ町のように、エネルギー消費密度の高いエリア



出典) Swedish Energy Agency, Energy in Sweden 2019

を中心に、まずは熱導管などのインフラ整備に注力し、時間をかけて熱源の脱炭素化を進めていくという戦略も参考にしつつ、着実に実績を積み上げていく必要がある⁽¹³⁾.

加えて、世界的に石炭利用に対する風当たりが強くなる中で、日本においても、低効率の石炭火力発電 100 基を 2030 年までに廃止するという政府方針が出された。日本においても、太陽光・風力など他の自然エネルギー電力の供給力が高まってくることで、売電用の石炭火力の大部分は代替されると予測される (14) 。同時に、イギリスやデンマークなどで行われてきたように、日本の発電所においてもバイオマス燃料の混焼、もしくは転換がありえる。しかし、日本の一般炭の使用量が年間 1.3 億 t(3,426PJ)と膨大であるのに対して、持続可能なバイオエネルギー燃料の供給可能量を考慮すると、このすべてをバイオマスに転換することは難しい。そのため、バイオエネルギーへの転換を行うのであれば、対象を慎重に検討する必要がある。

廃止の検討対象となる石炭火力発電所の中には、 鉄鋼、セメント、化学、製紙工場の自家用発電も含まれている。この中で、製紙工場などでは、熱電併給設備を有しており、電気だけではなく製造工程で必要な高温熱、特に蒸気の生産も行っている。そのため、バイオエネルギーなどへの燃料転換により、 熱生産を脱炭素化していくというオプションが検討 されていく可能性がある.

4. 産業用熱利用部門の脱炭素化に果たすバイ オエネルギーの役割

4.1 2050年の電化後の残余需要の推定

実は産業部門は、完全な脱炭素化が極めて難しいと考えられている部門である。特に、鉄、セメント、プラスチック、紙などの、いわゆる素材産業は、製造に高温の熱を必要とすることに加え、原材料からの CO_2 排出(鉄鉱石の還元など)も大きい。そのため、サーキュラー・エコノミーへの移行を通じて、リユース・リサイクル率の向上や素材使用量の削減など、総合的な対策を講じていく必要がある (15) 加えて、日本においては、CLT やセルロースナノファイバーなどが注目を集めているが、使用する素材をバイオマス由来のものに転換していくというバイオエコノミーというビジョンも重要な役割を果たしていくと考えられている (16) .

その上で、産業部門が必要とする熱エネルギーを 供給するオプションとして、電化、水素や合成燃料、 そしてバイオエネルギーという3つの技術が考えら れている。電化は主にヒートポンプを中心に、高く ても120℃程度までの熱を供給し、それ以上の温度 帯については、バイオネルギーもしくは再エネ由来

	1 7.88		+1/r/r 1+/4°			
温度帯	部門		対策技術			
	産業	業務 · 家庭	再エネ電気利用 (電化)	再エネ熱利用		
高 (1,700°C未満)	0		電気炉	バイオマス (工業炉での直接燃焼) 水素 (再エネ由来)		
中 (200°C未満)	0		電気炉 ヒートポンプ (120°C未満)	バイオマス (蒸気ポイラー)		
低 (100°C未満)	0	0	ヒートポンプ	排熱・未利用熱 地中熱ヒートポンプ 太陽熱 バイオマス		
			地域熱供給			

図 2 部門ごとの需要温度帯と脱炭素化対策技術 出典) 筆者作成

の水素を用いた燃焼系の技術が利用される可能性が ある(図2).

この3つのオプションが、どのようなタイミングで、どの程度採用されていくかについては、今後の各技術のコストや供給体制の発展など、複合的な要因で決まってくるため、現時点では予測が難しいただし、ヒートポンプへの代替による電化については、(一財) ヒートポンプ・蓄熱センターが2017年に発表した調査レポートにおいて、2050年までのシナリオ分析を行っている(17)。これを用いて、電化されずに残る需要を中心に、将来のバイオエネルギーの需要量を計算することができる。本稿では、以下にその簡便な計算結果の概要を示したい。

4.2 推計方法

推計の開始時点は2020年とする. 開始時点の業種別の熱需要は,エネルギー消費統計調査の2018年データを用いる. 熱需要の内訳については,ヒートポンプ・蓄熱センターが把握した用途の割合(工場空調,加温,低温乾燥,高温)を乗じて,各用途の熱需要を計算した. なお,すでに熱利用されている電力はそのままとし. 推計に含めていない.

2050年までには、さらに省エネが進展するとともに、人口減少に従って活動量(生産量)も減少することが予想される。省エネについては、いわゆる省エネ法が求める毎年1%の改善が期待されるが、本推計では2050年までに合計で20%のエネルギー効率の改善を見込む。活動量の指標である将来人口については、総務省の人口推計などに基づき、同じく20%の減少を見込んだ。以上の省エネの進展と人口減少により、各用途のエネルギー需要量が一律に36%減少するとした。

ヒートポンプへの代替率(電化率)は、(一財)ヒートポンプ・蓄熱センターの高位シナリオを採用した. 高温用途以外については、全業種で一律の代替率となっており、空調80%、加温70%、低温乾燥70% となっている。高温用途については、業種ごとに代替率が異なる。現在、120℃以上の熱風や蒸気を生成できるヒートポンプの技術開発も進められているが、より高温の熱需要が中心である業種として、鉄鋼業、化学工業、石油製品・石炭製品製造業、パルプ・紙・紙加工品製造については、代替率をゼロとしている。一方、その他の業種については、60~80%の代替率を設定している。

以上の手順で、2050年の産業部門の熱需要量を 計算し、さらに電化されずに残る高温熱需要量を推 計した。

4.3 推計結果

2050年の産業部門の総熱需要は、省エネと人口減少の效果により、2018年の1,647PJから約600PJ減少し、1,054PJと計算された。このうち、ヒートポンプにより389PJの熱が供給されるが、例えば平均でCOP5.0が達成されるとすれば、必要な電力量は78PJ程度で済む計算になる。太陽光や風力由来の電力が活用されれば、一次エネルギー消費は更に削減され、日本のエネルギーシステム全体のスマート化が進展する。

次に高温用途を見ると,2018年の需要量1,023PJは655PJに減少する(表1).この中で,120℃までの需要についてはヒートポンプによる電化が行われるが,561PJが電化されずに残ることになる.なお,鉄鋼業などでは電炉の利用などヒートポンプ以外の技術により電化が進展する可能性があるが,本推計には含めていない.また,再エネ電気由来の水素も活用可能であるため,バイオエネルギーによる熱供給は,他の低炭素燃料のオプションとの関係性の中で決まることになる.

4.4 バイオエネルギー転換部門の特定

一方,2050年においても2018年時点と同量のバイオエネルギー供給が確保されれば,産業部門全体で122PJと,高温需要の21.8%の熱供給が可能である.

今回の推計結果のうち、2018年のバイオエネルギー供給量に基づき、業種ごとのバイオエネルギーの供給可能量・比率を計算すると、パルプ・紙・紙加工品製造業(113PJ、76.9%)以外にも、窯業・土石製品製造業(5.8PJ、40.7%)、木材・木製品製造業(1.6PJ、56.4%)、飲料・たばこ・飼料製造業(0.8PJ、129.0%)など、バイオエネルギーによる供給割合がすでに高い産業もある。この中で、木材産業や食品産業などは、バイオマス系残材や廃棄物が発生するため、バイオエネルギー利用を進めやすい業種で

	2018年		2050年			
業種	総需要	バイオエネルギー 供給分(A)	総需要(B)	電化分(C)	残余需要(D=B-C)	バイオエネルギー 供給可能比率(A/D)
鉄鋼業	165.5	0.2	105.9	0.0	105.9	0.2%
化学工業	413.4	0.1	264.6	0.0	264.6	0.1%
化学工業	233.9	0.1	149.7	0.0	149.7	0.1%
石油製品・石炭製品製造業	179.6	0.0	114.9	0.0	114.9	0.0%
窯業・土石製品製造業	55.7	5.8	35.7	21.4	14.3	40.7%
パルプ・紙・紙加工品製造業	230.5	113.4	147.5	0.0	147.5	76.9%
食品飲料	37.0	1.1	23.6	18.9	4.7	22.9%
食料品製造業	32.0	0.3	20.5	16.4	4.1	6.5%
飲料・たばこ・飼料製造業	5.0	0.8	3.2	2.5	0.6	129.0%
繊維業	10.8	0.1	6.9	5.5	1.4	8.0%
非鉄金属(金属製品含む)	12.6	0.0	8.0	5.1	3.0	0.0%
非鉄金属製造業	9.0	0.0	5.8	3.5	2.3	0.0%
金属製品製造業	3.6	0.0	2.3	1.6	0.7	0.0%
機械製造業	5.2	0.0	3.3	2.6	0.7	0.8%
はん用機械器具製造業	0.5	0.0	0.3	0.3	0.1	0.0%
生産用機械器具製造業	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0%
業務用機械器具製造業	0.4	0.0	0.3	0.2	0.1	0.0%
電子部品・デバイス・電子回路製造業	0.9	0.0	0.6	0.5	0.1	0.0%
電気機械器具製造業	0.4	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0%
情報通信機械器具製造業	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	147.6%
輸送用機械器具製造業	2.7	0.0	1.7	1.4	0.3	0.3%
その他製造業(木製品、印刷、プラスティック、ゴム、革、その他含む)	92.8	1.6	59.4	40.2	19.2	8.2%
木材・木製品製造業(家具を除く)	14.5	1.6	9.3	6.5	2.8	56.4%
家具・装備品製造業	0.3	0.0	0.2	0.2	0.1	1.5%
印刷・同関連業	1.6	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0%
プラスチック製品製造業(別掲を除く)	64.1	0.0	41.0	28.7	12.3	0.0%
ゴム製品製造業	11.5	0.0	7.4	4.4	2.9	0.0%
なめし革・同製品・毛皮製造業	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0%
その他の製造業	0.6	0.0	0.4	0.3	0.1	1.2%
合計	1,023.4	122.4	654.9	93.7	561.3	21.8%

表 1 2050年の産業部門の高温熱需要とバイオエネルギー供給量の推計結果

ある. 加えて、セメント製造などを含む、窯業・土石製品製造業は、焼成工程で大量の高温熱を必要とすることから、バイオエネルギーの利用が有望視される業種である (18).

なお化学工業においては、副産物を燃料利用している場合も多いと思われるが、今後、原材料自体が化石燃料からバイオマスに置き換わっていく可能性がある。リファイナリー設備も大きく変化することが予想され、その中でバイオエネルギーも含めたエネルギー転換が進んでいくと考えらえるため、別途詳細な検討が必要である。

その他に、バイオエネルギーへの転換が有望視される業種の特定については、バイオマスボイラの運転特性を考慮し、ボイラの年間平均稼働率の高い業種を選定していくことも有効である⁽¹⁹⁾.

バイオエネルギー熱の利用拡大に向けた今後の課題

5.1 持続可能な燃料調達の見極め

2050年の産業部門の高温熱需要において,2018年のバイオエネルギー供給の水準が維持された場合,残りの需要は439PJ程度になる。すでに述べたように、この全てがバイオエネルギーによって賄われるものではないが、バイオエネルギーの転換に適

した業種を中心に、さらなる利用拡大も検討できる. その際に重要なのは、持続可能に調達できる燃料量の見極めである.

バイオマスバランス表の手法で推計した。日本国内の2000年の残渣系バイオマス資源の究極可能量は1.7EJだったが、実際的に利用可能なのは925PJ程度とされている⁽²⁰⁾.総合エネルギー統計上すでに403EJが利用されているので、残り利用可能なのは500PJ程度であると考えられる。そのため量的には、産業部門の高温熱需要の残りの全量を賄うことができる。

一方で,既存の石炭ボイラの転換などを考えると,燃料の質や搬送の観点から、木質ペレットが選択される可能性が高い。現状の日本の国内生産量が限られていることから、輸入燃料も視野に入れて検討することになるが、持続可能な範囲での調達可能性の見極めが必要である。例えば、木質ペレットの低位発熱量を18GJ/t、変換効率を90%としても、439PJの熱需要を賄うためには、木質ペレット換算で2,700万t以上が必要となる。2018年時点で、全世界のペレット生産量が5,500万t、日本の生産量が12万tで輸入量が160万tであることを考えると、この必要量は相当に大きいものになる。したがって、水素など他の技術オプションとの相対的な関係を考えな

がら、持続可能性が担保されるように利用を進めていく必要がある.

5.2 地域資源の利用とその基礎としてのデータベース

このように、産業部門なども含めて、国全体でエネルギー転換を図り、脱炭素化を実現しようとすると、有限な資源であるバイオエネルギーをどの部門のどの用途に振り向けていくか、真剣に検討する必要が出てくることが分かる。特に、高温の熱需要を持つ産業部門は、バイオエネルギーを大量に必要とする可能性がある。実際にドイツの産業界は、水素などの他のオプションを外して考えた場合、現在業務・家庭部門で使われている資源についても、将来的には産業部門での利用に振り向ける必要があるという主張を行っている(21)。

一方で、中山間地域の市町村レベルで見た場合、バイオマス資源は潤沢にあり、地域のエネルギー需要を十分に賄うこともできる地域も多い⁽²²⁾. 人口減少下での内部経済循環の強化、気候変動に起因した自然災害に対するレジリエントな分散型エネルギーシステムの構築といった総合的な観点からは、バイオマスも含めた地域のエネルギー資源について地域利用が優先される必要がある.

ただし、その検討の基盤となる地域レベルでの資 源の賦存・利用可能量データと需要データが存在し ないことが、地域における検討を難しくしている. 日本では、2011年より NEDO が、市町村別もしく は 1km メッシュで入手可能な「バイオマス賦存量・ 有効利用可能量の推計」データベースを公開してい たが、2019年頃に公開が終了している、環境省は、 2020年春に再生可能エネルギー情報提供システム (REPOS) を公開し、太陽光、風力、中小水力、地熱、 地中熱、太陽熱についての導入ポテンシャルデータ を提供しているが、こちらもバイオエネルギーは対 象から外れている⁽²³⁾.加えて,地域レベルでバイ オエネルギーの利用, 特に熱利用を進めるためには, 熱需要密度のマップも必要である. 地域資源の利用 の基盤として、このようなデータ整備の整備が必要 である.

5.3 政策的枠組みの早期確立

このように、バイオエネルギーの特性を踏まえながら、特に熱利用部門におけるエネルギーシステムのスマート化と脱炭素化を進めていくためには、強固な政策的な枠組みの確立を急ぐ必要がある。実は日本のエネルギー政策においては、バイオエネルギーなどの再生可能エネルギー熱の利用は、省エネ

施策の一部となっており、EU や欧州諸国のように、 再生可能エネルギー熱利用の目標設定が行われていない.加えて、導入を促進するための経済的インセンティブについても、再エネ電力に対する FIT 制度のような数兆円規模のものはないし、諸外国のように化石燃料との競争を促すためのカーボンプライシングも非常に低い水準に留まっている.したがって、2021 年度に予定されているエネルギー基本計画の改定に先立つこのタイミングで、産官学をまたいだ総合的な議論が必要である.

参考文献

- 1) World Bioenergy Association "Global Bioenergy Statistics" (2019)
- 2) REN21 "Global Status Report, Renewables" (2020)
- 3) EUROBSERV'ER "Solid Biomass Barometer" (2019)
- 4) Bioenergy Europe "Statistical Report, Biomass for Heat" (2019)
- 5) 林野庁「木質バイオマスエネルギー利用動向調査 」https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/mokusitu_biomass/index.html(2020 年 8 月 8 日アクセス)
- 6) 根本和宣,中村省吾,森保文,家庭向け木質バイオマス燃焼機器の普及と燃料消費量,林業経済研究,63(3),82-91(2017)
- 7) 相川高信, 木質バイオマス事業 林業地域が成功する条件とは何か, pp.1-144 (2014), 全国林業改良普及協会, 東京
- 8) (一社) 日本木質バイオマスエネルギー協会編, 地域ではじめる木質バイオマス熱利用, pp.1-200, (2018) 日刊工業出版,東京
- 9) (特非) 農都会議編, バイオマス熱利用の理論 と実践, pp.1-170 (2020), 日刊工業出版,東京
- 10) 戸田直樹, 脱炭素社会実現の鍵を握る産業の電化 特集にあたって, 太陽エネルギー, 46 (3), 35-36 (2020)
- 11) 相川高信, 脱炭素社会の実現に向けたバイオマ スの貢献, えねるみくす, 99, 108-113 (2020)
- 12) 自然エネルギー財団、日本のバイオエネルギー 戦略の再構築 バイオエネルギー固有の役割発 揮に向けて (2018)
- 13) ニセコ町, 第2次ニセコ町環境モデル都市アクションプラン, https://www.town.niseko.lg.jp/resources/output/contents/file/release/910/

- 26784/actionplan.pdf(2020年8月8日アクセス)
- 14) 自然エネルギー財団, 2030 年エネルギーミックスへの提案 (第1版) 自然エネルギーを基盤とする日本へ (2020)
- 15) IRENA, Global energy transformation: The REmap transition pathway (Background report to 2019 edition), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi (2019)
- 16) 自然エネルギー財団,脱炭素社会へのエネルギー戦略の提案 2050 年 CO_2 排出ゼロの日本へ (2019)
- 17) (一財) ヒートポンプ・蓄熱センター, ヒート ポンプの将来像分析及び普及見通し調査 (2017)
- 18) IEA, Technology roadmap, low-carbon transition in the cement industry, Paris (2018)
- 19) (一社) 日本木質バイオマスエネルギー協会, 木質バイオマス熱利用実態調査 (2017)
- 20) 山本博巳, 基礎からわかるバイオマス資源, pp.53-160 (2020), エネルギーフォーラム,東京
- 21) The Boston Consulting Group and Prognos, Climate Paths for Germany (2018)
- 22) Goh, C.S., Aikawa, T., Ahl, A. et al. Rethinking sustainable bioenergy development in Japan: decentralised system supported by local forestry biomass. Sustain Sci (2019). https://doi.org/10.1007/s11625-019-00734-4

23) 環境省, 再生可能エネルギー情報提供システム, http://www.renewable-energy-potential.env. go.jp/RenewableEnergy/(2020 年 8 月 8 日 アク セス)

著者紹介



2016年より現職. 専門は, バイオエネルギー政策. 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティングにおいて, 森林・林業分野の調査・コンサルティングに従事. 東日本大震災を契機に, 木質系

を中心にバイオエネルギーのプロジェクトに多数関わるようになる。京都大学大学院農学研究科修了(森林生態学・修士). 2016年に北海道大学大学院農学研究院より、森林・林業分野の人材育成政策をテーマに博士(農学)を取得、著書に『木質バイオマス事業 林業地域が成功する条件とは何か』『先進国型林業の法則を探る』(全国林業改良普及協会)など.

自然エネルギー財団では、提言「日本のバイオエネルギー戦略の再構築:バイオエネルギー固有の役割発揮に向けて」(2018年)、提言「バイオエネルギー発電に関する FiT 制度へのコメント:燃料の持続可能性確保と適切な発電技術へ」(2017年)、報告書「木質系バイオマス発電に関する FIT 制度見直しの提言:持続可能なバイオエネルギー利用実現のために必要な軌道修正を」(2016年)などの執筆や、自治体との連携を担当.