

資 料 編

- ◎資料 1 地域エネルギー会社の事業内容
- ◎資料 2 地域エネルギー会社を早期スタートさせた場合の事業評価
- ◎資料 3 南部工場の温水プールの利用継続策
- ◎資料 4 熱を利用した農業の可能性

資料1 地域エネルギー会社の事業内容

ここでは地域エネルギー会社の行う事業内容について具体的な内容について、会社のスタート時から行われる電力供給事業から将来の熱供給事業まで、考え方を含めて簡単にまとめた。

また、自治体が地域エネルギー会社に関与する際に考慮される項目として地域の住民サービスがある。海外での先行事例としてドイツのシュタットヴェルケを取り上げ、圏域での実現の可能性にも触れた。

(1) 基本事業としての電力供給

地域エネルギー会社の事業として基本となるのは、電力の小売事業である。よって、設立された地域エネルギー会社は、小売電気事業としての登録を行った上で顧客を確保し、電力供給事業を行うことになる。

小売電気事業は巷間言われる様に薄利多売の商売である。一定規模の電力供給を前提として初めて事業が成り立つ。新規参入していく場合に2016年4月から自由化された一般家庭などの低圧顧客からターゲットにしていくのは、手間と結果としての事業性から考えて効率的とは言えない。

実際に登録を果たした多くの小売電気事業者は、低圧顧客は後回しにして、より大口の中高圧の顧客獲得に奔走しているのが現実である。一件当たりの電力供給量が多いことや負荷率が低く、切り替え効果が高い顧客がより多くその中に存在するからである。中でも、自治体の保有する公共施設は低い負荷率のものが多く、さらにまとまったの契約が見込めるため、より効率的とされている。中でも小中学校や公民館などの負荷率は大変低く、切り替えによる電気料金削減効果は高い。

今回の圏域のケースで見ても、すでに他の民間事業者が供給を行っている施設の多くは圏域内の小中学校などである。

よって、圏域内で地域エネルギー会社が立ち上がった場合も、最初は一定規模の圏域内の公共施設への電力供給からスタートさせるのが望ましい。その後事業が安定してきた時に、一般家庭への供給も行うというのが事業安定性の観点からも正しいと言える。

ただし、これまでの検討結果（本報告書の具体的な章）から、現在の民間事業者が扱っていない公共施設（7.8MW）だけの切り替えで充分事業性が見込めることがわかっているため、早い時期に圏域の住民サービスとしても一般家庭への電力供給が可能であると考えられる。

料金については、高圧は相対で料金を決めるため、それぞれの施設の負荷率に応じて料金提示を行っていくことになる。また、一般家庭に関しては、いくつかの料金設定の手法が考えられる。他の新電力にも多い、基本料金は広域の電力会社であ

る東北電力と同じにして従量料金で割引くやり方から kWh 単位で料金設定する方法などがある。

(2) エネルギー効率化事業

一方、電力供給以外に早めに取り組むべきなのは、省エネを含むエネルギーの効率化に関する事業である。特に、資本参加など自治体が比較的強く関与する場合には、より望ましい。

具体的には、地域エネルギー会社が主導する「エネルギー診断」から始めるビジネスと考えるのがわかりやすいであろう。自治体が行うエネルギー政策の大きな柱の一つに CO2 削減がある。これは、世界的に見ればパリ協定の実行という大きなテーマであり、その実効性は個別の地域の各事業者や家庭が行うことでしかないシンク・グローバル・アクト・ローカル (Think global, act local) の典型的な例である。実際には、自治体の要請で圏域内の事業者や住民に対して、エネルギーの診断を行った上で、エネルギーの使用量をどのように減らすことができるかのアドバイスを行う事業となる。

これは、エネルギーをただ我慢して使わないということではなく、より良い技術やノウハウを紹介しながら、快適な生活環境を保ちながら消費するエネルギーを減らすということである。電力だけでなく、特に、建築物の断熱などの熱に関することもここではたいへん重要になる。

エネルギー効率化が事業として成り立つには、CO2 削減を進めたい自治体との協力が鍵となる。また、例えば、屋根上の太陽光とシステムを組む蓄電池の導入など常に新しい技術を提供できるエンジニアリング機能を、地域エネルギー会社が積極的に持っている必要も出てくる。その結果、地域エネルギー会社がポータルとなってエネルギー診断を行った上で、断熱改築などを含むリフォームや蓄電池システムなどの導入を地域の民間企業と共に事業化するというのが、地域活性化に結び付く理想的な地域ビジネスモデルである。

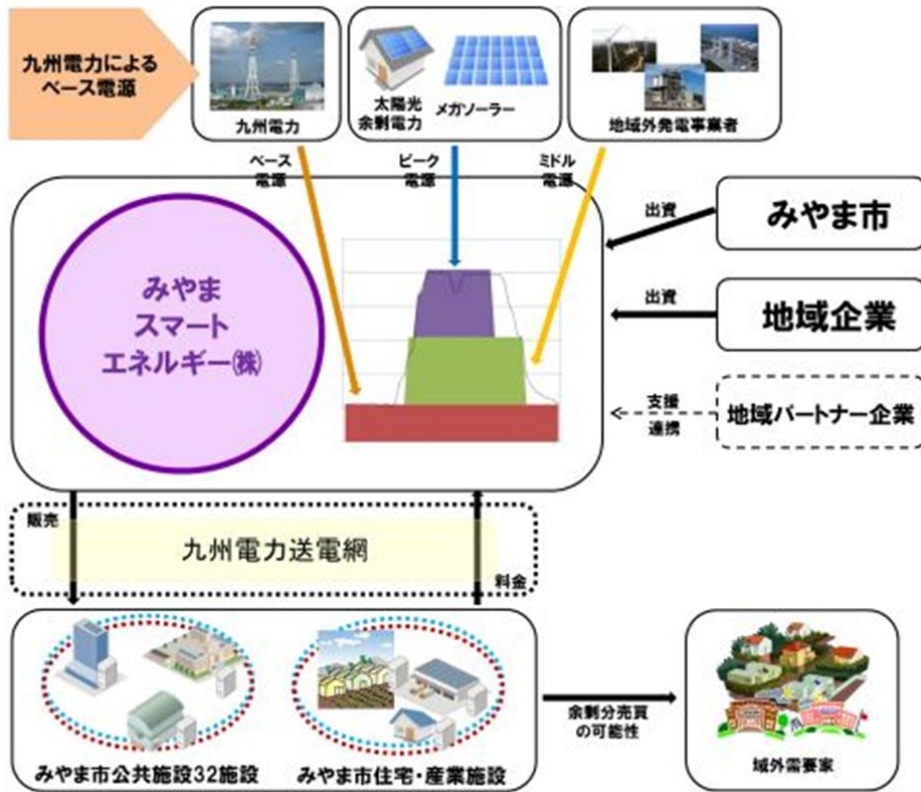
(3) 住民サービスなど付帯的なサービス

自治体が主体となっている既存の自治体新電力では、すでに住民に対するいくつかのサービスを行っているケースがある。

福岡県の有明海に面する人口 3 万人のみやま市には市が 55%を出資したみやまスマートエナジー(株)があり、市民サービスを取り入れたユニークな事業を行って全国からも注目されている。

みやまスマートエナジーは、前述のとおり資本の過半数をみやま市が持つという自治体関与が強い地域エネルギー会社である(詳細は、次図)。しかし、事業の実施は元大手家電メーカー出身の代表取締役が担っており、民間のノウハウを十分利

活用している。また、電力の需要先はみやま市の公共施設を中心に一般家庭にも及んでいる。一方、電源では、九州電力のバックアップの他に地元のメガソーラーからの電力供給も受けており、さらに自らが需給管理を行っている。



図：みやまスマートエネルギーの構成と電力の需給（出典：みやま市）

みやまスマートエネルギーが行っている市民サービスで特徴的なのはお年寄りの見守りサービスである。みやまスマートエネルギーから電気を購入している人向けのサービスで、電気の使用状況から対象者の無事を確認するシステムとなっている。

契約者には月に300円の料金がかかるが、300円分の地元振興券が戻ってくるので実際には無償と言っても良い。その他、買い物代行や地元特産品のネットでの販売などの地元経済振興アイデアも実行に移されつつある。

これらの住民サービスに関しては、自治体との連携が欠かせないため、今回の圏域での実施に際しては、事前の打ち合わせを行いながら実施に結び付ける必要がある。

(4) 熱供給事業の可能性

本報告書の他の項でも記載している様に、熱供給事業は欧州などとインフラの形態が異なる日本では事業性の担保するのが簡単ではない。

圏域の中心都市である弘前市でもこれまで総務省や経産省などの熱供給事業の

FS を行っているが、何れも採算性の確保の精査で時間を取られているのが現状である。

地域エネルギー会社が将来的には電気だけでなく熱も供給するのが理想であるが、やはり、その実施にはタイムラグがある。今回のケースでも電気事業が安定してから、熱に移るということになる可能性が高い。

熱供給の実現に際しては、3つのポイントがある。

一つは、熱源として再生エネにこだわり過ぎないことである。熱の遠距離運搬は効率性が低いため熱供給はもともと地域分散型である。そして、エネルギーの地産地消の観点から木質チップなどの地元産の原料が望ましい。しかし、供給量や価格の安定性、また使用技術の信頼性を考えた時には、再生エネの原料使用が必ずしも良い選択とは言えないケースが少なくない。総合的に考えて例えば、小規模のガスコジェネなどを検討することはまったく問題ない。結局、地域エネルギー会社として、安価な熱供給ができ事業性を保つことを優先すべきである。

二つ目は、供給先の熱利用の規模を前提にして、エネルギー施設の規模や場所などを決めることである。コスト決定で一番ナーバスなのは熱のインフラ部分であるため、熱利用を決めてから全体の施設計画を作る手順となる。熱利用に合わせて施設などを決めることで採算性が向上する可能性が高くなる。コジェネの場合でも先に熱ありきが熱供給実現の鍵であろう。

もちろん、すでに発生している熱の利用から検討することが最初である。今回の実証の対象では、廃棄物発電からの大量の排熱が一部温水プールなどで使われているだけである。これは、排熱量の大きさに比べて熱利用施設が近隣に無いために起きており、エネルギー施設の建設時点での利用計画が重要であることがよくわかる。

三つ目は、熱の貯蔵や融通、電熱変換という新しい考え方やシステムを適用していくことである。まだ、日本では技術的に開発要素が残ったり、コスト面での不安定性もあったりするが、一部海外では商用として実現している部分もあり、積極的な検討が求められる。

▲ 熱供給実現のポイント

- ・ 熱源として再生エネにこだわり過ぎないこと
- ・ 熱利用を前提として、エネルギー施設を設計すること
- ・ 熱の貯蔵や融通などの新しいシステムも検討すること

(5) 地域エネルギー事業の将来像

地域エネルギー会社が行う事業の将来展望は、自治体の関与によって大きく違ってくる。

関与が強ければ、次項で取り上げるような日本版シュタットヴェルケを目指す道

が例として考えられる。一方で、資本参加が無く周辺からの支援が中心ということであれば、地域エネルギー会社は、あくまでもポータルとして考えることが現実的であろう。地域エネルギー会社自らがエネルギーに関連した事業、例えば、エネルギーの効率化ビジネスや各種のシステムの販売や設置、または住民サービスなどを行うのではなく、情報提供やビジネスのきっかけを作り出す役割を果たすことになる。

(6) 日本版シュタットヴェルケの実現可能性

① ドイツのシュタットヴェルケとは

シュタットヴェルケとは、ドイツのエネルギーの供給などを行う地域での事業者である。シュタットヴェルケはドイツ語で Stadtwerke と書く。Stadt は「都市」、Werke は「仕事（複数）」で、直訳すれば、都市の仕事ということになる。ほとんどのシュタットヴェルケにおいて、自治体が過半数または 100%の資本参加していることから、「都市公社」と訳されることもある。総務省は分散型エネルギー供給システム実証事業を進めているが、シュタットヴェルケをはっきりとお手本として挙げている。

シュタットヴェルケについて、しばしば日本で勘違いされている点が 2 つある。一つは、ドイツの電力自由化後に生まれた新しいシステムではなく、長い歴史があるということ。もう一つは、提供するサービスはエネルギー供給だけでは無いということである。

歴史は古い。最古のシュタットヴェルケは 250 年前であり、100 年前に設立されたものも多数存在する。現在、シュタットヴェルケの多くは、電気、熱、ガスなどのエネルギー以外に、上下水道、ごみ収集と処理、交通、住宅、図書館などの様々なサービスを行っている。日本の自治体が主として行っている住民サービスに、エネルギーの供給を加えたものと考えた方がすんなり理解できるかもしれない。

ドイツでは 1998 年の欧州指令で電力の自由化が進められた。それまで地域の顧客を独占していたシュタットヴェルケは、自由化の後、厳しい競争に巻き込まれ、保有していた配電網を大手の電力会社に売却するケースが各地で起きた。

ところが、同じ時期に FIT 制度が導入され、再生エネ電力が飛躍的に増えてエネルギーの分散化が進んだ。この結果、地域で生み出された電力を地域で使う「エネルギーの地産地消」が可能になり、シュタットヴェルケの存在意義が急速に上がったのである。シュタットヴェルケは FIT の追い風で生き返り、住民サービスの旗手として地域エネルギー供給の主役に戻ろうとしている。実際にいったん売った配電網を買い戻すケースが目立つ中で、シュタットヴェルケの数は増加傾向にある。現在総数でおよそ 900 とされている。

シュタットヴェルケの大きな特徴は地域密着型である。これは厳しい電力料金の

競争の中で、大きなアドバンテージとなっている。地元の顧客の多くがシュタットヴェルケに残っているのは、普段から顔の見えるサービスを行っていることから生まれる安心感だとも言われている。日本の地域エネルギー会社の目指すあり方として注目を集める理由はここにもある。

② 圏域での実現の条件

圏域で日本版シュタットヴェルケを目指すかどうかは、現在の住民サービスの実行主体である自治体の意向に大きく左右される。

最大の課題は事業性の考え方である。民間による収益事業として行われる小売電気事業と収益事業にはなりにくい住民サービスを同じ事業で行うことは簡単ではない。ドイツのシュタットヴェルケでは、電気や熱、ガスなどのエネルギー事業で稼いで全体の事業を安定化させたいうえで、その利益を住民サービスに回して運営するということが普通に行われている。

日本では、官民一体の事業が第三セクターとして数多く行われて来ているが、赤字を積み重ねて破たんするケースも多く、第三セクターと言う名自体が必ずしも良くない印象を持たれている。収益が期待されるエネルギー関連事業などと住民サービスの区分けは、慎重に組み立て実行される必要がある。

例えば、住民サービス部門では、システムの設計部分や窓口的な役割を地域エネルギー会社が受け持ち、実施は自治体が税金を投入して行ったり、他の専門の民間会社がアウトソーシングとして行ったりという方法が考えられる。また、地域エネルギー会社が行う住民サービスを自治体の肩代わりと考えて、用意されている一定の公費を投入するやり方もある。後者は、地域エネルギー会社が委託を受ける方式であるが、単純な委託とは違い、エネルギー事業の顧客ルートを利用したり、高齢者の見守りサービスの様に電力利用のデータを使ったりと効率化が図れることでコスト削減などの相乗効果が期待できる。

資料2 地域エネルギー会社を早期スタートさせた場合の事業評価

(1) 電力の需要側

① 想定される供給先

2020年度より前を想定して、現在の民間小売電気事業者が扱っている圏域内の自治体関連施設以外の施設のみに供給することを条件とする。

内容は、おおよそ以下の通りである。(詳細は、別添)

□供給先 合計 114 か所 契約電力合計 7.9MW
(同じ施設でも高低圧などの契約で複数か所とカウント)

- ◆弘前市関連 75 か所
公民館、公園、スポーツ文化施設など
- ◆大鰐町関連 24 か所
町役場関連、スポーツ文化施設など
- ◆藤崎町 8 か所
福祉施設、スポーツセンター
- ◆板柳町 7 か所
町役場、小中学校

② 概要と特徴

・施設の特徴

現在の廃棄物発電から電力を購入して、圏域の自治体に供給しているケースでは、圧倒的に小中学校(58校、特に弘前市内で48校)への売電が多くなっている。

これに対して、想定される需要では、公民館やスポーツ文化施設などが目立っている。

・高圧、低圧の区分

また、高圧、低圧の区分では、高圧が45か所、低圧が74か所で、低圧が高圧の1.5倍となっている。

・契約電力量

契約電力量の合計は、7.938MW とほぼ 8MW。契約電力 100kW 以上の比較的大きな施設は、合計 22 施設ある。合計契約電力量は、5.796MW で全体の 4分の3 と占

める。施設の種別では、スポーツ文化施設が 10 以上見られた。

・ 負荷率

事業性に大きく影響する各施設での負荷率は、平均で 16% となっている。事業性が厳しいとみられる 30% 以上の負荷率の施設は 19 か所あり、実際に供給を行うかどうかについては、全体の事業性を前提に検討する必要がある。

・ 電力料金

実際に支払われている電力料金は、全施設合計で年間 2 億 8 千万円あまりとなっている。

(2) 電力の供給

同様に 2020 年度より前に小売電気事業をスタートさせると仮定して検討する。このため、契約が残る廃棄物発電の電力は取り扱えない。

① 圏域の再生エネ電源

一方、その他の再生エネ発電については次のように考えて設定を行った。

主たる電源は太陽光発電で、確実であるのは現在もすでに稼働をしているメガソーラーとなる。圏域での太陽光発電はこの他は屋根上設置のものがほとんどで、弘前市内の小中学校に屋根置き太陽光パネルが存在する。しかし、発電能力は小さく、今回の事業算定の中では取り上げないこととする。

② 平川市の木質バイオマス発電と売電の仕組み

圏域での他の大型の再生エネ電源として、平川市の木質バイオマス発電がある。平川市が資本参加しているがわずか 3.3% にすぎない。

発電によって生まれた電気は、小売電気事業者を通じて、平川市の公共施設などへ供給される仕組みとなっている。ただし、現状の小売電気事業者は、域外会社の 100% 子会社であり、実質的な意味で地域エネルギー会社と言うことは難しい。

③ 太陽光発電

発電出力：1.5MW

敷地面積：49,300 m²

パネル枚：6900 枚

発電開始時期：2015 年 7 月

上記の通り、発電能力は 1.5MW であるが、ただし力率が 85% である。現在は東

北電力に売電を行っているが、これを切り替えて、圏域の地域エネルギー会社が扱うこととする。

・発電実績

上記の雪国対応型太陽光発電所の月別の発電状況は、下表の通りである（送電年報に基づいた）。なお、ここでは、正味の発電量から自家消費の電力量を差し引いた送電電力量を、便宜上発電量として計上した。

年	月	送電電力 kW	送電電力量 kWh
2015年	7月	272	195,400
	8月	261	191,300
	9月	228	159,900
	10月	184	135,000
	11月	121	86,300
	12月	64	47,200
2016年	1月	43	32,200
	2月	84	57,900
	3月	229	167,600
	4月	259	183,400
	5月	357	250,800
	6月	270	185,200
	7月	274	200,900
	8月	285	201,900
	9月	229	162,400
	10月	188	137,600
2015年7月～2016年6月までの 1年間の合計 (2016年7月以降の斜字部分を除く)			1,692,200

※正式には高圧系統送電電力（送電電力）、
高圧系統当日送電電力量（送電電力量）

2015年7月の開業以来1年間の累計発電量は169万2,200kWhであった。積雪地のため冬期間の発電量の確保が懸念されたが、上表のように一定の発電実績があることが実証されている。

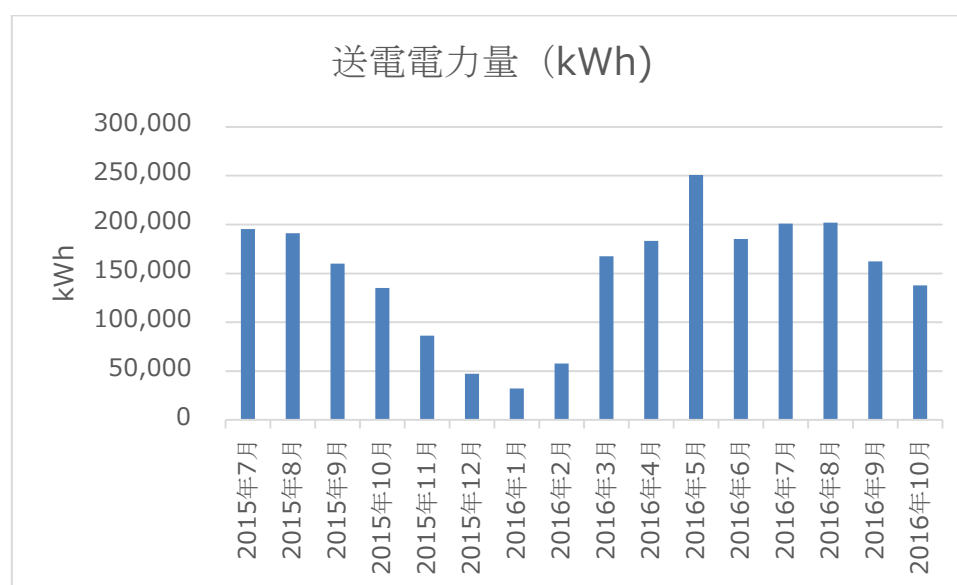
・ 評価

弘前市が公表した「弘前市雪国対応型メガソーラー発電所の1年間の成果について」（弘前市、2016年7月）によると、開業1年間の年間発電量実績は当初の計画値に対して116%となり、好調な滑り出しとなった。これは、約400世帯分の年間消費電力量に匹敵する。

年間計画発電量	142万8,326 kWh	
年間発電量実績	165万7,000 kWh	対計画値 116%

施設の設置にあたって雪対策として太陽光パネルの傾斜角を30度としたほか、架台を通常より高くして積雪の影響を受けにくくするなど工夫をおこなった。

雪対策の結果、降雪による影響は年間発電量の2.4%程度と少なかったことがわかった。このため弘前のような豪雪地帯でも冬期間に一定量の発電量が確保することが可能だと考えている。



④ その他の供給電力

その他の電力供給は、JEPXと東北電力の常時バックアップを利用する。

(3) 需給バランス

① 需要のまとめ

需要に関しては、(1)で示したとおりであるが、ここで必要な情報について、

まとめておく。

◆契約電力	合計	7,938kW
	低圧	812kW
	高圧	7,126kW
	特別高圧	0kW
◆地点数		114 地点
◆常時 BU		1,200kW
◆最大電力量		2,089kWh
◆最小電力		462kWh

② 供給のまとめ

(2) の通りである。

FIT 電源は、メガソーラー (1.5MW) のみで、加えて、JPEX と東北電力の常時バックアップで需給バランスの調整を行う。

③ 需給バランス

・最大電力量への対応

想定される最大電力量は、前記の通り 2,089kWh である。この電力量への対応、つまり、小売電気事業者に義務付けられる供給力確保義務を適切に遂行するために、この最大電力量に対応する電力の調達をどう行うかを設定し、その際の調達コストを計算した。

具体的には、常時バックアップ+FIT 電源(太陽光発電)+JEPX で対応するが、調達コストを最大で見るために、さらにインバランスが全時間帯で 3% 出たとして計算した。

原価 15.88 円+託送料 6.06 円=21.94 円となる。

この数字は、後述する収支シミュレーションでの 8 月の参考販売単価 25.98 円を下回り、最大電力量時でも利益が出ることがわかる。

以下の項は、この 8 月 24 日の最大需要時を想定して、需給バランスを検討したものである。

・常時バックアップ

東北電力からの常時バックアップは、全体の需要カーブを推定し、24 時間のベースをカバーできるように考えた。その結果、契約電力を 1,200kW とした。実際には、常時バックアップの契約電力の 80% 程度を常時利用することを考えて

いる。これは、電力需要の変動に対しての余裕をみたものである。

- ・ 太陽光発電

ここでの太陽光発電の供給曲線は、既存の太陽光発電のデータをベースに想定したものである。当然ではあるが、太陽の出る時間だけの発電となり、その時間帯しか需要をカバーできない。およそ 6 時から 18 時までを想定している。

- ・ JEPX の利用

需要を考えた時に、8 時以降は常時バックアップと太陽光発電では足りなくなる。不足する量は変動するが、基本的には 22 時まで続くと考えられる。よって、ここでは、JEPX からの電力の利用を想定する。

単価は、8 時から 22 時までの JEPX の平均単価(2016 年の実績)としているが、実績がまだない 2016 年の 12 月、2017 年の 1 月、2 月、3 月についてはこれまでの平均の 11.59 円とした。

- ・ 電力供給のシミュレーション

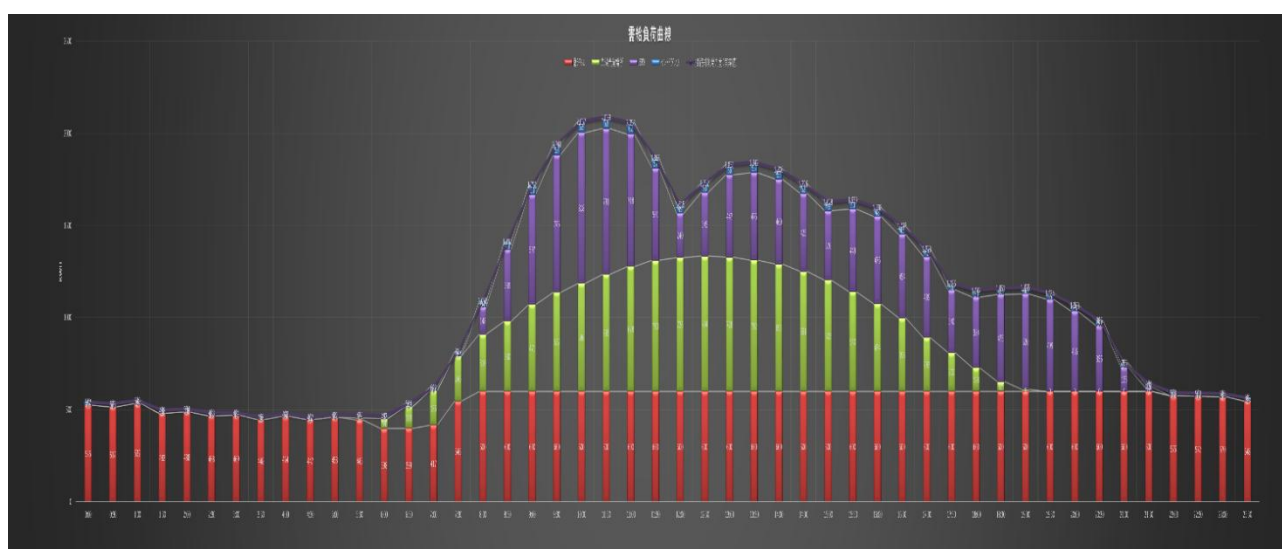
次図は、最大需要を想定した 8 月 24 日の 1 日の電力供給のシミュレーションをグラフ化したものである。

横軸の左端が 0 時で 30 分ごとに 24 時間分の供給量を刻んでいる。

紫： JEPX

緑： 太陽光発電 1,500kW

赤： 常時バックアップ 1,200kW



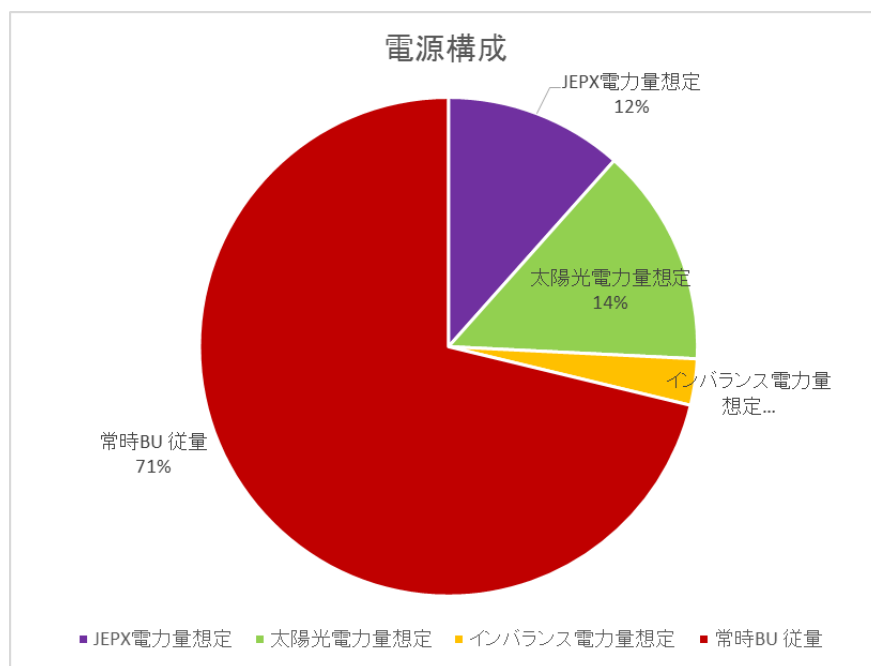
④ 評価と課題

細かい収支シミュレーションは次項に任せるが、需給バランスの最大の評価は、収支が赤字にならず利益を生むことができるかにかかっている。この点については、十分な評価が得られると考える。

また、JEPX、FIT 電源（太陽光発電）、常時バックアップもそれぞれの特徴を生かしたバランスの良い需給が達成できていると言える。

・電源別の電力供給量

年間の電源別の電力供給量、いわゆる電源構成は以下のようなになる。



年間での電源構成のデータは、以下の通りである。

JEPX	137 万 kWh (11.6%)
太陽光発電 (FIT 電源)	168 万 kWh (14.2%)
インバランス	35 万 kWh (3.0%)
常時バックアップ	841 万 kWh (71.2%)
合計	1,181 万 kWh (100.0%)

・地産率

ここでは、地域エネルギー会社としての電力の地産率を計算した。

地元で発電を行う FIT 電源に関しては、日本では再生エネ電力やグリーン電力などと呼ぶことはできないが、エネルギーの地産地消ということは認められている。よって、ここでの太陽光発電による電力は、地産電力とカウントされる。全体の電力供給量に対する割合は、地産率や FIT 電源の割合ということが可能であ

る。

前項の電源別の数字から、地産率（FIT 電源の割合）は 14.2%となる。

一方、先に示した一日の需給シミュレーション（最大需要の 8 月 24 日を仮定）での電力の供給量の電源別構成を再度以下に示す。

紫：JEPX	1 万 2,454kWh (22.7%)
緑：太陽光発電（FIT 電源）	1 万 5,842kWh (28.9%)
赤：常時バックアップ	2 万 6,568kWh (48.4%)
合計	5 万 4,854kWh (100.0%)

この場合の地産率は、28.9%と倍増する。

これは、需要が増えた場合には、太陽光発電（FIT 電源）によってカバーできる需要が増えるということであり、その結果、地産率が上昇していることを示している。

・地消率

今回の需給シミュレーションでは、余剰電力の売電は無いという計画である。よって、地域エネルギー会社が扱う電力としての地消率は、100%となる。

(4) 事業収支シミュレーション

前述した通り、需給バランスの評価は、事業収支がプラスになって初めて成立する。また、収支の予想が良ければ、早期に小売電気事業の登録を行って、地域エネルギー会社をスタートさせることが現実となる可能性がある。

① 算定のための諸元

ここでは、事業収支を算定するのに必要なデータなどの条件をまとめることとする。

・契約電力

負荷率が 30%を越える自治体関連施設もあるが、ここでは現在まとめているすべての施設に電力を供給することを前提とする。総計は 8MW 弱の規模となる。

総計	7,938kW
電灯標準	586kW
動力標準	226kW

・負荷率

前述のように負荷率の高い施設も含めるが、月ごとの平均負荷率は、13%台から最大 22%台となっている。最も低いのが 7月の 13.05%で、最も高いのが 11月の 22.48%となっている。20%台はこの 11月だけになっている。

- ・ 接続供給電力量

対象施設に供給する販売電力量を示す。

総電力量は、およそ 1,111 万 kWh となる。月別の供給量では、最も少ないのが 7月のおよそ 77 万 kWh で、最も多いのが 11月の 120 万 kWh となっている。当然だが、月の平均負荷率の高低とリンクしている。

- ・ 接続対象電力量

送電の際の電力ロス（送電時に失われる電力量）を計算して、接続供給電力量に託送供給約款が定める損失率を加えたものである。

こちらは年間で 1,181 万 kWh となり、5%分のおよそ 70 万 kWh が実際の対象施設への供給量にプラスされている。

- ・ JEPX の電力価格

前述のように、JEPX は 8時から 22時まで利用することを前提としている。JEPX の平均単価（8時から 22時までのマーケットの平均単価）は、2016年の実績を使っている（1月から 11月まで）。実績がまだない 2016年 12月、2017年 1月、2月、3月については、2016年のこれまでの平均の 11.59 円としている。

- ・ 常時バックアップ

前述のように、契約電力を 1,200kW とした。実際には、常時バックアップの契約電力の 80%程度を常時利用する。

- ・ 燃料調整費

東北電力の燃料調整費額に連動させている。常時バックアップに含めている。

② 収支シミュレーション用の各コスト要素

収支を計算するに当たって、以下のような具体的なコストを考える。

具体的かつ詳細なデータは、別添の収支シミュレーションのシートで示すこととする。

重要な点をここで示しておく。

売上げについては、現状の東北電力と同じ料金プランに基づく電気料金を使っている。つまり、東北電力との料金の差は無い。まず、この料金体系で、どの程度の経常利益を生むことができるかを求めることになる。

その後で、計算された経常利益のうち、どの程度の額を料金の値下げに回すかを検討することになっている。

○売上げ

総売り上げは、およそ 2 億 8,154 万円となっている。

売上げに占める高圧、低圧の内訳は、およそ 9 対 1 と、圧倒的に高圧の売上げが多い。

ちなみに、販売単価は 1kWh あたり平均で 25.35 円となった。

○売上原価

前述のように、原則として電力の仕入れにあたる。つまり、JEPX、FIT 電源（太陽光発電電力）、常時バックアップの 3 種類である。以下に、個別のコストを示す。

売上原価は、合わせておよそ 2 億 3,408 万円である。これは売上げに対しておよそ 83%となる。

・ JEPX への支払い

常時バックアップでは、カバーできない部分の不足電力を電力卸売市場(JEPX)から仕入れる。

一方、太陽光発電の支払いに関しては、以下のようなルールに替わっており、単価は、JEPX からの仕入れとほぼ同じである。

よって、ここでは、JEPX と FIT 電源を合わせてカウントしている。

*すでに、FIT 電源に関しては、固定の回避可能原価は無くなっている（一部例外的に 2016 年 3 月末までの契約で 5 年に限って激変緩和措置が取られている。）。単価は、マーケット（JEPX）に連動するので、JEPX への支払い単価とほぼ同額である。このため、同一計上している。

また、インバランスの単価も JEPX にほぼ連動するためにここに含まれている。JEPX などへの年間の支払いは、3,952 万円となっている。全売り上げに対して占める割合は 14%となる。

・ 常時バックアップ料金

常時バックアップの料金を構成するのは、基本料金、従量料金、燃料調整費となっている。

合計の年間料金は、1 億 724 万円で、全売り上げの 38%の割合となる。

・ 託送料金

いわゆる送電線の使用量である。

現状では、「高圧」、「電灯標準」、「動力標準」の3つのカテゴリーがあるが、最近、電力自由化が進む中での制度変更で議論されているのが、2つの重要な事項である。

ひとつは、発電事業者も託送料を負担すべきであるという議論、もうひとつは、電力の需給地点が近接している場合に託送料を減額すべきという議論である。これは、エネルギーの地産地消と大きく関わることであり、後述する地域エネルギー会社の意義や収益にも影響を及ぼすことになる。

さて、料金は3つのカテゴリーに対して、それぞれ基本料金と従量料金がある。託送料金の合計は8,732万円で、売上げ比は31%である。

○粗利

繰り返しまとめるが、売上げは、およそ2億8,154万円で、売上原価が、2億3,408万円で、原価率はおおよそ83%となっている。

よって、粗利額は4,746万円で粗利率はおおよそ17%となる。

○販売管理費

販管費を構成するのは、ここではざっと分けて、人件費、業務委託費、その他の経費とした。業務委託費は、委託事業者が需給管理業務を行い、同社の料金徴収のシステムを利用したとして、概算で示している。また、他の人件費などは、あくまでも簡単な想定をしたものである。

個別の数字は、以下に述べるが、販管費全体としては年間1,965万円となった。これは、売上げ比でおおよそ7%となる。

・人件費

仮に、月額20万円の従業員を3名雇用したと想定している。

月額合計60万円で、年間720万円となる。

・業務委託費

需給と料金徴収などの基本的な管理をアウトソーシングするとして、計算を行った。今回の委託費用は、地域エネルギー会社が契約した電力kW単位で決めている。契約電力kW当たり、1か月おおよそ108円弱という計算式である。

契約電力は7.938kWなので、1か月おおよそ85万7千円で、年間1,027万円となる。

・その他の経費

事務所や通信費などその他の費用を算定している。

人件費の3割として、月に18万円、年額で216万円とした。

○営業外費用

営業外費用として、FIT納付金がある。年間1,673万円で、売上げ比は6%であった。

○経常利益

最終的な経常利益は1,108万円で、対売上げ比で4%である。

前述したように、この中から、電力需要者（自治体関連施設）に対する電力料金の値引き分をねん出することになる。

③ 収支シミュレーションの概略

◎収支シミュレーション		金額(円)	対売上げ比(%)
○売上げ			
高圧		252,124,713	89.55
低圧		29,412,679	10.45
	売上げ合計	281,537,392	100.00
○売上げ原価			
	JEPX、太陽光発電	39,521,451	14.04
	常時バックアップ	107,235,936	38.09
	託送料金	87,320,755	31.02
	売上げ原価合計	234,078,141	83.14
○売上げ粗利		47,459,251	16.86
○販売管理費			
	人件費	7,200,000	2.56
	業務委託費	10,287,648	3.65
	その他経費	2,160,000	0.77
	販管費合計	19,647,648	6.98
○営業外費用			
	FIT納付金	16,731,654	5.94
	営業外費用合計	16,731,654	5.94
○経常利益			
	営業利益合計	11,079,949	3.94

資料3 南部工場の温水プールの利用継続策

今回の高度化達成時の熱利用の懸案の一つは、乾式メタン発酵による発電設備が環境整備センターで行われ、南部清掃工場が閉鎖された場合に、南部清掃工場の熱利用で成り立っている温水プールをどうフォローするかである。

現状の温水プールは年間稼働しているため、熱利用としては望ましい需要先である。また、住民の健康増進にも大きな役割を果たしている。全国での最短命県（平均寿命が一番低い青森県）からの脱却を目指している地元としては、重要な施設だと考えられる。

移転後は熱源を失うことになるが、再生可能エネルギーを含む排熱利用を行っている施設を化石燃料で継続させるのは時代に逆行するため、再生可能エネルギーによる熱供給方法の検討を行った。地域資源を前提にすると、木質バイオマスの利用が望ましく、バイオマスガス化によるコージェネによる熱供給の提案について事業性を含めて検討した。

① 温水プールの地元での必要性

温水プールは健康増進や冬期間の運動不足解消策として効果があることが近年明らかになり、自治体によっては長期的な視野から介護福祉予算の軽減や健康効果を考慮して既存プールの改修の際に温水プール仕様に改める動きも出ている。しかし、寒冷地の場合は、冬期間暖房や温水維持に係る燃料費の負担も重く、建設費に加えて運転コスト負担で拡大がなかなか進んでいない。

そのような条件で見ると、温水プール石川は隣接する南部清掃工場の排熱を利用する事業計画に基づいて設置されたことから、排熱以外に補助燃料の用途は実質皆無な状態である。これは、毎年需給状況で変動を余儀なくされる重油や灯油などの化石燃料と比較してコスト面や収支の安定性で優位性がある。

さらに、前述したように当圏域は冬期間の積雪が多く、屋内に閉じこもりがちになり、運動不足を招いている。青森県はさらに塩分の取得も多く、様々な要因が絡むものの短命県日本一という男女ともに平均寿命が全国で最も短いことが知られている。既に行政も短命県返上のために啓蒙活動を強化しているところである。

ちなみに、2010年の調査で女性の平均寿命が84.2歳と全国で最も短い市町村となった青森県階上町は、その原因が確定しているわけでないが、公衆衛生面や健康福祉面で課題を抱えていると言われる。それは同町の高齢者の肥満度が同世代と比較して高く、骨密度も低下している結果が出るなど（八戸大学紀要第45号）、日常的に特に冬期間の運動不足が原因とみられる。直接的な因果関係は不明であるが、同町には町民プールがあるが、断熱不足の建物のため冬期間は休業せざるを得ず、運動不足解消のニーズに応えきれていない。

ちなみに、高齢者の健康増進を兼ねた運動不足解消策として負担の少ないプールでの水中歩行が

励行されている。水中歩行の励行は屋内プール活用で超高齢化社会を支えることを目指す全国プール情報の管理サイト運営の「水夢王国」によると、通年型の屋内プールを整備して健康増進に努めれば健康寿命が延び、結果として医療費や介護費負担が低減され、少子高齢化社会の財政難に有効という。

幸い、圏域内の市町村の平均寿命は県内では劣位な状況でなく、現時点で著しく憂慮すべきものでない。しかし、先程の階上町の事例と比較すると圏域内は積雪が深く、冬期間の運動不足の度合いは大きいとみられる。その一方で、全国水準と比較すると短命傾向であることは変わらず、引き続き短命県返上をめざすには、温水プールの活用、特に冬期間の利用拡大が必須である。

圏域の場合、まず冬場でも利用可能な温水プールがあるという利点があり、これを存続させて65歳以上の利用比率拡大と、冬期間落ち込む利用促進が期待される。また、環境整備センターの排熱を利用する温水プールを圏域の北側で開設することも長期的には健康増員と福祉予算負担の一助となる可能性がある。

青森県内市町村別平均寿命（青森県平成22年）

市町村	平均寿命（歳）	県内順位	市町村	平均寿命（歳）	県内順位
弘前市	77.7	7位	藤崎町	86.4	2位
西目屋村	77.5	11位	大鰐町	86.0	7位
藤崎町	77.5	11位	板柳町	86.0	7位
板柳町	77.4	17位	弘前市	85.7	12位
大鰐町	76.9	35位	平川市	85.4	16位
平川市	76.7	38位	西目屋村	85.2	24位
青森県平均	77.3		青森県平均	85.4	
全国平均	79.6		全国平均	86.4	

圏域人口と面積

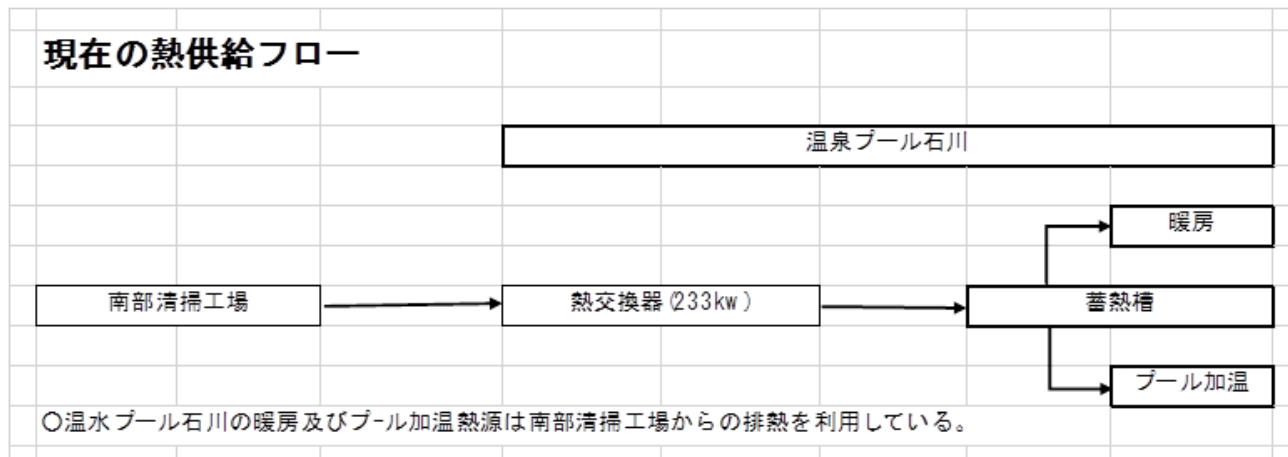
市町村	人口（人）	面積（km ² ）
弘前市	175,545	524.20
平川市	22,893	326.94
大鰐町	10,219	163.43
藤崎町	9,272	22.01
板柳町	14,271	41.88
西目屋村	1,404	246.05

合計	233,604	1,324.51
----	---------	----------

(2016年3月31日時点、弘前市HPより)

② 必要熱量などの前提条件

南部清掃工場から供給されている熱量は最大 233 kW であるため、移転後はこの熱量を補う設備を設置する必要がある。既設設備として、定格出力 581kW 灯油補助ボイラが存在するため、この設備を常時稼働させる手段も考えられる。



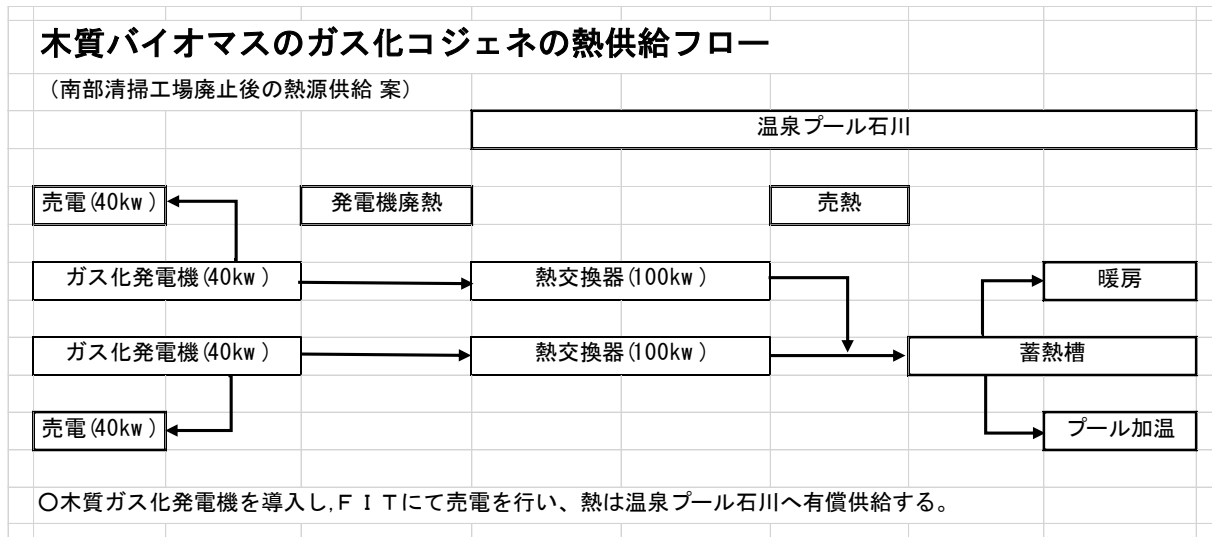
③ 温水プールに対する熱供給技術と採算性

上記②で示した必要熱量の代替熱源としての熱供給技術は、以下の様なものが考えられる。

ア. 木質バイオマスボイラ

高度化後にこれまでの排熱が見込めない状況の中で今回検討したのは、木質バイオマスのガス化技術の適用によるコジェネである。小型の木質バイオマスのガス化技術は、欧州などでもやっと実用化の段階に入っているレベルであるが、この1~2年に日本にも導入された欧州の技術を適用した場合をシミュレーションした。

後述するが、実質的な発電量が 45kW、熱量が 100kW とかなり、小さなコジェネプラントである。



小型の木質バイオマスを燃料としたガス化コジェネであり、熱量計算を行った結果、2台の導入が必要となった。導入の採算性を考えた場合、発電した電力はFIT制度によって売電し、熱も温水プール石川に有償供給する必要があると考える。

木質バイオマスガス化コジェネの仕様	
項 目	仕 様
発電機メーカー	ボルター
型式	Volter 40 Indoor
最大出力(電気)	40kW
最大出力(熱)	100kW
出力調整範囲	30~100%
最大年間稼働率	7800時間
チップ消費量(WB15%)	41.5Kg/h
年間消費量(1台)	323.7t/年
年間消費量(2台)	647.4t/年

上図が、木質バイオマスガス化施設の仕様である。

④ 採算性計算のためのデータ

○売熱単価

売熱の価格算出のために、灯油換算を行って以下の数字を作った。単価は、MJあたり2円としている。

コジェネによる熱供給と売熱の金額算出

月	稼働日数	熱供給時間	予想使用熱量			灯油換算	灯油金額換算	売熱単価
	日	時間	kW/時間	kW/月	MJ/月	34.9MJ/L	@ 70円/L	@ 2円/MJ
4月	27	12	160	51,840	186,624	5,347	374,317	373,248
5月	27	12	140	45,360	163,296	4,679	327,528	326,592
6月	27	12	120	38,880	139,968	4,011	280,738	279,936
7月	27	12	100	32,400	116,640	3,342	233,948	233,280
8月	27	12	100	32,400	116,640	3,342	233,948	233,280
9月	27	12	120	38,880	139,968	4,011	280,738	279,936
10月	27	12	160	51,840	186,624	5,347	374,317	373,248
11月	27	16	200	86,400	311,040	8,912	623,862	622,080
12月	28	22	200	123,200	443,520	12,708	889,582	887,040
1月	28	24	200	134,400	483,840	13,864	970,453	967,680
2月	25	24	200	120,000	432,000	12,378	866,476	864,000
3月	28	20	180	100,800	362,880	10,398	727,840	725,760
	325	190	1,880	856,400	3,083,040	88,339	6,183,748	6,166,080

○原油単価が上昇傾向にあるため、2017年1月以降の単価を使用している。

○灯油単価2014年は約100円、2016年は約55円であった。

○木質バイオマス燃料の計算

木質チップの種類別の売電金額算出

月	稼働日数	運転時間	発電量(kWh)		未利用材	一般木質	建設廃材
	日	時間	40kw X 2台	月間	@ 40円	@ 24円	@ 13円
4月	27	24	80	51,840	2,073,600	1,244,160	673,920
5月	27	24	80	51,840	2,073,600	1,244,160	673,920
6月	27	24	80	51,840	2,073,600	1,244,160	673,920
7月	27	24	80	51,840	2,073,600	1,244,160	673,920
8月	27	24	80	51,840	2,073,600	1,244,160	673,920
9月	27	24	80	51,840	2,073,600	1,244,160	673,920
10月	27	24	80	51,840	2,073,600	1,244,160	673,920
11月	27	24	80	51,840	2,073,600	1,244,160	673,920
12月	28	24	80	53,760	2,150,400	1,290,240	698,880
1月	28	24	80	53,760	2,150,400	1,290,240	698,880
2月	25	24	80	48,000	1,920,000	1,152,000	624,000
3月	28	24	80	53,760	2,150,400	1,290,240	698,880
合計	325	288	960	624,000	24,960,000	14,976,000	8,112,000

木質バイオマスのエネルギー事業で最も重要な費用要素が燃料代である。まず、FIT 制度による木質バイオマスの種類別の売電価格を算出した。

続いて、種類別の燃料代の算出を行った。

木質チップ別の燃料代の算出

月	稼働日数	運転時間	燃料消費量	燃料代の金額（乾燥チップ）		
	日	時間	t/月	未利用材	一般木質	建設廃材
4月	27	24	53.8	806,760	699,192	376,488
5月	27	24	53.8	806,760	699,192	376,488
6月	27	24	53.8	806,760	699,192	376,488
7月	27	24	53.8	806,760	699,192	376,488
8月	27	24	53.8	806,760	699,192	376,488
9月	27	24	53.8	806,760	699,192	376,488
10月	27	24	53.8	806,760	699,192	376,488
11月	27	24	53.8	806,760	699,192	376,488
12月	28	24	55.8	836,640	725,088	390,432
1月	28	24	55.8	836,640	725,088	390,432
2月	25	24	49.8	747,000	647,400	348,600
3月	28	24	55.8	836,640	725,088	390,432
合計	325	288	647.4	9,711,000.0	8,416,200.0	4,531,800.0

金額の基礎となる木質チップの価格は以下の通りである。

木質チップの価格（t/円）

木質チップ種類	含水率	未利用材	一般木質	建設廃材	発熱量
生チップ（t/円）	50% (WB)	9,000	7,000		7.0M J
乾燥チップ（t/円）	15% (WB)	15,000	13,000		14.2M J
建設廃材（t/円）	15% (WB)			7,000	14.2M J

使用する木質チップの条件であるが、まず、未利用材・一般用材は、切削チップで、含水率 WB 50% 以下のものとなっている。また、切削チップの場合は、形状及び厚みが一定しているもので、含水率 WB 15% 以下まで乾燥を行ってから、ガス化発電に使用する。

建設廃材の場合は、含水率 WB 15% という条件は問題ないが、通常は粉砕チップのため形状及び厚みは不揃いである。従ってガス化発電には適さない。ただし、建設廃材を切削チップで使用でチップ加工を行えば使用は可能である。

○設備金額と運転経費

あくまでも参考であるが、設備の金額と運転経費は以下の様になっている。

設備金額			
項目	数量	単価 (円)	金額 (円)
木質バイオマスガス化コジ	2台	35,000,000	70,000,000
附帯設備	1式		13,000,000
工事費	1式		12,000,000
設備合計金額	1式		95,000,000

運転経費	
項目	金額
設備メンテナンス費 (5円/kW h)	3,120,000
運転作業人件費	4,200,000
運転諸経費	1,200,000
運転経費合計	8,520,000

⑤

木質チップの種類別の事業収支 (20年間)	
チップ種類	事業収支 (円)
未利用材	91,345,017
一般木材	-34,686,973
建設廃材	-94,278,973

一般木材や建設廃材を利用した場合の事業収支は、大幅なマイナス収支で事業化は出来ないと考えてよい。

一方で、未利用材を使った場合は、利益がある程度見込めることがわかった。ガスコジェネの設備を誰が所有するかによって、収益をどう使うかを考えることになる。

課題は、安定した乾燥チップ (WB15%) の技術的な供給システムと長期的な供給体制を整える必要があることである。

イ. トランスヒートコンテナによる熱輸送

温水プール石川に供給する手段の一つとして、環境整備センターで発生した余剰な熱を、トランスヒートコンテナによって輸送するシステムがあげられる。トランスヒートコンテナとは、潜熱蓄熱材をコンテナに貯蔵し、コンテナ車により広範囲に熱を供給する技術である。潜熱蓄熱材は、液体-固体間で相変化する際に発生する融解熱を利用したものであり、顕熱蓄熱材と比べ高密度に蓄熱が可能である。コンテナ内には蓄熱材に加え、蓄熱材に熱を伝達するための熱媒油循環ラインが通っており、コンテナ外部の熱交換器で、排熱源側から熱媒油を介して蓄熱材に熱を蓄積する。次に、コンテナをトラックで移送し、蓄熱時と同様にコンテナ外部の熱交換器で、熱媒油を介して熱交換することにより、熱利用側に熱を供給することが出来る。

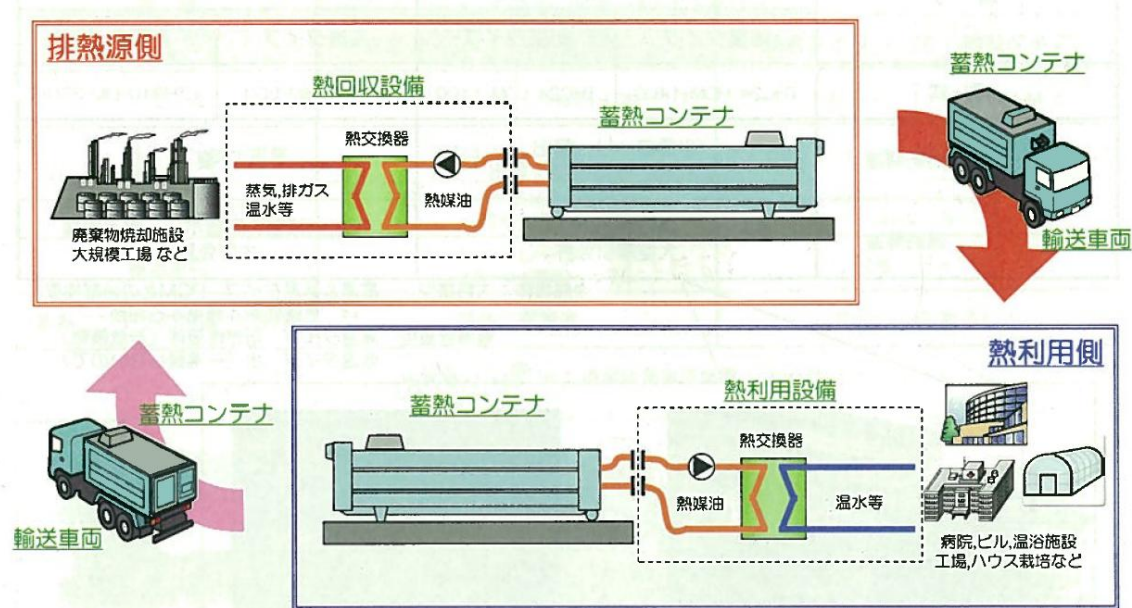


図. トランスヒートコンテナシステムの熱輸送フロー

本システムの導入事例として、廃棄物の焼却熱を、アワビ稚貝水槽の加温や病院の冷暖房・温浴施設・トマトハウスの空調等に活用した例がある。

本システムを温水プール石川の熱供給に利用した場合、環境整備センターから発生する熱をトランスヒートコンテナに蓄えた後、コンテナを温水プール石川までトラックで輸送し、蓄熱材に蓄えられた熱をプールに供給するフローとなる。

コンテナを2台導入した場合の初期投資額・ランニングコスト・CO2削減効果を次表に示す。

イニシャルコスト (概算)

項目		単価	個数	合計	備考
排熱源	熱回収設備	30,000 千円	1	30,000 千円	○見積りに含む範囲(図2に示す範囲) 配管(熱媒油)・機據基礎・機器据付・電気(二次側)・計装工事 試運転調整
熱利用	熱利用設備	30,000 千円	1	30,000 千円	
熱輸送	蓄熱コンテナ	21,000 千円	2	42,000 千円	○見積りに含まない 図2の範囲外の配管・ダクト等・搬入道路・電源(一次側)工事
	車両	0 千円	1	0 千円	
合計				102,000 千円	廃棄物収集業者保有の既存車両を活用することとした。

ランニングコスト (概算)

収入 (既設ボイラ燃料削減費)

項目		単価	量 設備全体	金額 設備全体	備考
<燃料>	A重油	80 円/L	35,750 L/年	2,860,000 円/年	既設ボイラ使用燃料削減分
合計				2,860,000 円/年	

支出 (維持費・経費)

項目		単価	量 設備全体	金額 設備全体	備考
<動力>	排熱源	15 円/kWh	7,330 kWh/年	110,000 円/年	熱媒油ポンプ
	熱利用	15 円/kWh	7,330 kWh/年	110,000 円/年	熱媒油ポンプ
	小計		14,660 kWh/年	220,000 円/年	
<消耗品・検査>	排熱源	60,000 円/式・年	1.0 式	60,000 円/年	カップリング交換部品他
	熱利用	120,000 円/式・年	1.0 式	120,000 円/年	カップリング交換部品他
	車両維持	700,000 円/式・年	0.17 式	119,000 円/年	本事業の使用時間÷12時間とした
	コンテナ	520,000 円/式・年	1.0 式	520,000 円/年	1年平均(熱媒油交換5年毎、カップリング他)
	小計			819,000 円/年	
<輸送>	軽油	120 円/L	3,300 L/年	396,000 円/年	輸送車両
	運転手	2,000 円/時間	660 時間/年	1,320,000 円/年	
	小計			1,716,000 円/年	
合計 円/年				2,755,000 円/年	

CO2 削減効果試算例

供給台数/日	2	3	4
削減量 (t-CO ₂ /年)	97	145	194
増加量 (t-CO ₂ /年)	17	25	34
差引 (t-CO ₂ /年)	80	120	160

コンテナ2台と熱を取り出す設備及び熱を充填する設備一式を想定した場合、初期投資は約100百万円である。

既設ボイラで化石燃料を消費する場合と比べた場合の利益は、前提条件によるが0.

1 百万円/年程度であり、単純に利益だけを考慮した場合は、本システムの採用は現実的ではないという結果となった。

CO2 削減効果は、80～160 トン/年となった。

ウ. 既設補助ボイラの利用

既設補助ボイラを利用して不足熱量を補う場合、年間 124 kL の灯油を消費することになる（添付一8）。仮に灯油価格を 64 千円/kL とすると、1 年当たりの燃料コストは 7.9 百万円となる。初期投資がないため、コストメリットはあるが、現状再生可能エネルギーを含む排熱利用を行っている施設を今後化石燃料で継続させることになる。

(3) 将来的な熱供給実現に向けた課題

① 熱供給事業の採算性

東北地方では特に最終エネルギーの 6 割ほどが熱の形で使われている。エネルギー問題の解決、また、地域から流出するエネルギー費を抑えるためにも熱をどう地元に賄うかが大変重要となっている。日本では、既存の熱供給インフラが大きく欠けることから、採算性を上げるのは難しいところも多いが、地域エネルギー事業会社が挑戦する価値は高いと考える。

そのためには、安定した技術と事業性とマッチしたコストの確保が前提となる。

選択肢としては、温水プールへの適用を検討した小型の木質バイオマスのガス化による電熱利用や天然ガスのコージェネなどがまず考えられる。また、必要なインフラとして、熱導管などのコスト低減策も重要な要素となる。いずれにせよ、今後とも、安定した技術の選定、採算性を上げるための方策について検討を続けていく必要がある。

② その他の技術

前述したように、熱の需要と供給のずれは、利用に当たっての大きな障害要素である。廃棄物発電ネットワーク内の熱を効率的に使うためには、熱貯蔵の検討も考える。例えば、夏季の熱を冬に融雪に使用するなどの可能性もあり得る。ヨーロッパでは、季節を越えた大型の熱貯蔵施設が現実となっている。

熱貯蔵技術として、潜熱蓄熱以外では、化学蓄熱と、その蓄熱を化学エネルギーに変換した後、必要に応じて所定の温度で取り出すケミカルヒートポンプが有力で

ある。

化学蓄熱・ケミカルヒートポンプは、顕熱蓄熱や潜熱蓄熱と比較して、

- ・蓄熱密度が大きい。
- ・放熱ロスがほとんどなく長期間蓄熱が可能である。
- ・利用できる温度の範囲が広い。

等の利点を持つ。しかし、蓄熱材について、

- ・繰り返し反応耐久性
- ・反応活性・選択性
- ・熱伝導性

等の技術的課題があり、いまだ市場を形成するまでには時間を要する。

ケミカルヒートポンプにおける熱の輸送方式は、現状の潜熱蓄熱によるコンテナ輸送と同じであるが、上述のように蓄熱密度、蓄熱期間、利用可能温度範囲に優れるため、今後の研究開発の進展に期待したい。

ケミカルヒートポンプの運転モードには、

- ・昇温
(排熱の中間温度の熱源から吸熱し、これをより高い温度で放熱・利用する。)
- ・増熱
(高温と低温の排熱から吸熱し、中間温度で放熱・利用する。
低温排熱源に大気を用いれば熱利用量が増えることになる。)
- ・蓄熱
(吸熱と放熱を同じ温度で行う。)

の3つがある。また、蓄熱材により、反応温度と圧力の関係は異なる。従って、排熱の温度と放熱・利用したい温度により、最適な蓄熱材と運転モードを選択の上、運転温度・圧力を決める必要がある。

資料4 熱を利用した農業の可能性

清掃工場の排熱を利用した農業の事例は全国的にもあまりないようである。これは、もともと清掃工場の立地の時点で農業との共生を企図していたものでなかったことに起因するところが大きいと思われる。即ち、個々の事業の展開を主眼に複数事業の共同展開やネットワーク化の発想がなかった。残念ながら、本調査の対象となる南部清掃工場、環境整備センターも前述の通りで、南部清掃工場が排熱を隣接の温水プールと敷地内道路の消雪に、環境整備センターも建物内利用程度に留まっている。

このため、これら熱源の周辺に排熱利用の新たな農業施設を設けるのは用地確保など熱効率を確保するための相応の初期投資は避けられない。ここでは、事業可能性を探るために、どのような形態の事業が最も適しているのかを検討してみる。

○栽培方法の形態

農作物の栽培方法はだまかに野外の露地で行う場合と、温室や温床などの施設を利用するハウス栽培に大別することができる。一般にハウス栽培は年間で複数回収穫可能な高付加価値作物が対象となっている。つまり、その分施設のコストに加えて、温度が低下する冬期間の熱利用のコストも吸収できることが前提となる。ちなみに、弘前市周辺の津軽地区の基幹農業であるリンゴ、水稲はこれまで屋外の露地栽培を主としてきたが、最近は冬期間ハウスによるトマトや花卉などの栽培も行われるようになっている。

ここでは、熱利用の視点で栽培の可能性を下記の表で改めて比較して見た。それによると、ハウスはコスト高であるが、そのコストを吸収できる作物であれば可能ということが伺える。

栽培方法による熱利用可能性

栽培方法	メリット	デメリット	熱利用の可能性
露地	施設などのコスト不要 規模拡大が容易	温度や日照等によって栽培期間が限定 天候や害虫の影響を受けやすい	熱が発散して一定場所に留まりにくく、効果期待は難しい
ハウス	温度調整等で栽培時期をコントロール可能 (市況に対応した生産出荷可能) 天候や害虫の影響を受けにくい	施設などのコストがかかる 規模拡大にコストの制約 施設内温度維持のためのコスト(特に冬期間)がかかる	一定空間内に熱が留まるため保温効果など期待可能、また方法によっては温度調整も可能

一方、一口にハウス栽培と言っても、平地や山間地、積雪地などでは条件が異なる。夏期は屋外で30℃近くまで昇温するが、冬期の朝晩は氷点下の気温になる。1月～2月は多い時で1mほどの積雪となることもあり、ハウスは雪が落下しやすく、相応の積雪重量に耐えられる構造が求められる。

弘前市の1月の平均降雪量は248 cm、最新積雪61 cm、2月は同208 cm、同81 cmである。平均日照時間は1月57.0時間、2月78.5時間、年間合計1597.5時間である。

弘前市の気象データ

	平均気温	日最高気温	日最低気温	日照時間h	降雪深さ 合計cm	最深積雪 cm
1月	-1.8	1.5	-5.0	57.0	248	61
2月	-1.3	2.2	-4.8	78.5	208	81
3月	1.9	6.3	-2.2	126.1	131	62
4月	8.5	14.5	3.1	183.3	11	
5月	13.8	19.8	8.3	201.4	0	0
6月	17.9	23.5	13.3	175.0	0	0
7月	21.7	26.9	17.6	160.8	0	0
8月	23.5	28.9	19.1	181.8	0	0
9月	18.9	24.5	14.3	146.2	0	0
10月	12.5	18.2	7.6	141.4	0	0
11月	6.1	11.0	1.8	89.1	20	8
12月	0.9	4.5	-2.4	58.0	142	29
年平均	10.2	15.2	5.9	1597.5	748	83

(気象庁データ 1981年～2010年統計)

弘前市の栽培作物

作物	経営体数	栽培方法
① リンゴ	5,491	露地
② 水稲	4,034	露地
③ トマト	438	ハウス、露地
④ キュウリ	398	ハウス、露地

⑤	ナス	387	ハウス、露地
⑥	ハクサイ	291	露地
⑦	ダイコン	291	露地
⑧	エダマメ	289	露地
⑨	キャベツ	271	露地
⑩	ダイズ	265	露地

(出典：農業センサス 2010 年)

農業センサス 2010 年の調査によると弘前市内で最も多い経営体で栽培されているのはリンゴで、次いで水稲であった。それ以外の野菜類ではトマト、次いでキュウリ、ナスが多かった。これらの栽培方法はハウスもしくは露地両方で可能である。また、上記にランクされていないが、ハウスで可能な野菜類としてハウレンソウ、ミツバ、コマツナなど、果実類ではキウイ、メロンなどが挙げられる。

○ハウスで栽培する作物の選定

熱を利用してハウス内で一定温度を維持して栽培効率を上げることが効果的な作物の選定を検討して見る。

ハウス型の農業としてトマト栽培は最近ニーズ拡大によって栽培も増加しており、弘前市内でも事業展開している業者も出ています。しかし、短期間で事業として軌道に乗せるには難易度が高い。特に、消費者の嗜好に合わせた品種の対応や、あらかじめ一定の販路を確保する必要など乗り越えなければならない点も多い。

一方、ミツバは養液を培地とする水耕栽培の技術が確立されていて最大年間 8 回収穫可能であることなど効率的なこと、八戸市内の食品メーカーがフリーズドライ商品の具材確保のため生産者を求めているという具体的な需要が見えていることなどの点から最終的にミツバ（通称糸ミツバ）を選定した。なお、弘前市から需要先のメーカーとの距離が離れており、一定価格で買い上げる仕組みであるため、価格競争に常に追われる市場向け出荷とは異なる。また、冬期間は八戸までの集荷リスクが残るが、交通網に大きな懸念は生じない見込みである。

各作物の比較

作物	栽培留意点	事業としての可能性
トマト	栽培増加、嗜好に随時対応、販路の確保が課題	△
キュウリ、ナス	大規模化に難、栽培の手間かかる	△

ハウレンソウ	栽培増加、販路の確保が課題、大規模なハウスは不要	
コマツナ	販路の確保が課題	
ミツバ	青森県内では販路が固定可能、水耕栽培の技術が確立され、栽培が効率化可能	○

契約栽培のメリット、デメリット

メリット	デメリット
市況変動を受けず計画的生産が可能	契約栽培のため出荷(販売)価格が市場向けの1/2程度に抑えられ、大幅な増収は期待できない
市場出荷の煩雑な準備作業(洗浄、包装)が不要になり、作業時間圧縮	出荷(販売)価格が抑えられているため収益改善は内部コスト圧縮に依存
市場向けのような歩留まり(ロス)少ない	償却前利益を確保できるが損益改善に長期間要する
作業の大半は比較的単純	
補助事業として初期投資の1/2程度の助成金受領が可能(営農者)	

温室を伴うハウスは以下の条件を想定している。

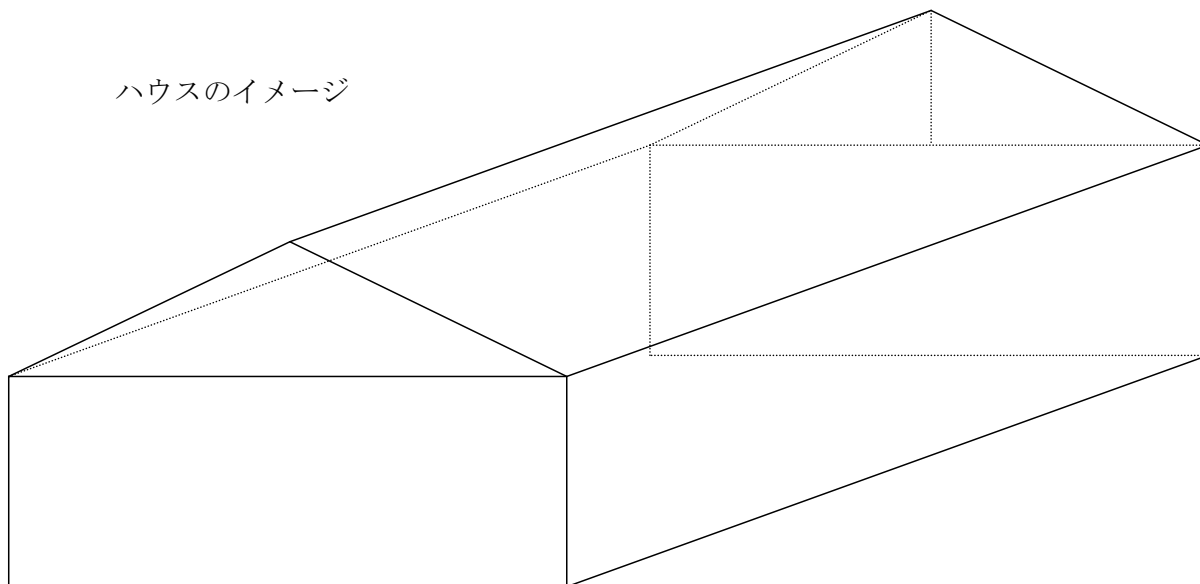
ハウス設置の条件

設置場所	環境整備センター周辺1km圏内の耕作放棄地等を借用
規模	敷地2500㎡、建物2棟延2000㎡(開口部20m、奥行50m、側面高1.8m、屋根高1.2m、表面積1283㎡(屋根勾配1.2/10で積雪時の屋根からの落下に対応))
断熱仕様	2重空気膜(2重ポリエチレンフィルム間に空気を吹き込む)
設置コスト	1棟につきハウス3000万円、水耕栽培養液培地システム600万円(1000㎡あたり3600万円)※2棟で7200万円

熱源	環境整備センターの排熱、太陽光
熱導入方法	基本的に熱導管

(「北海道における養液栽培パッケージモデル(太陽光利用型)、平成26年9月、北海道農政部、北海道型施設園芸高度化推進協議会」を参考)

ハウスのイメージ



○ミツバの栽培方法

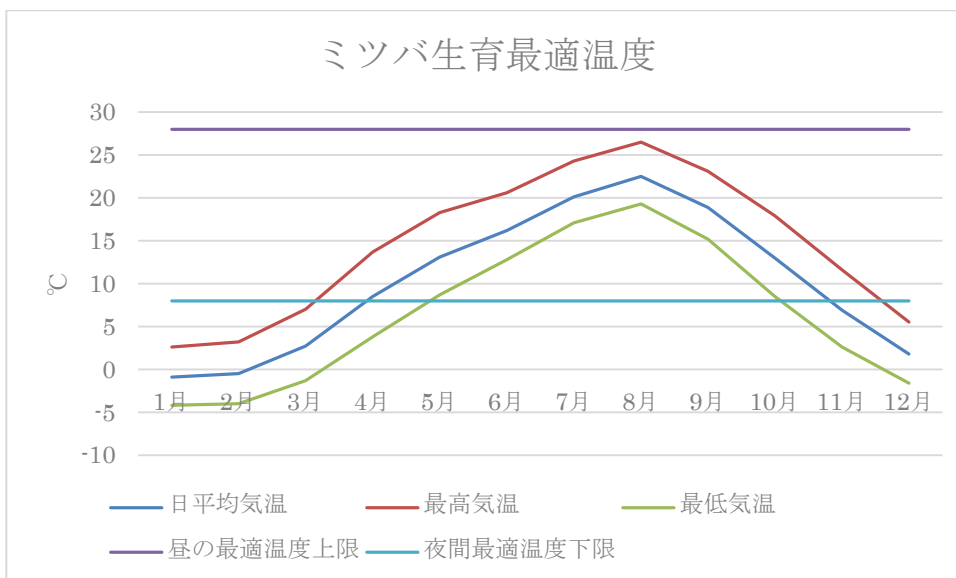
ミツバは露地もしくは水耕栽培で通年収穫できる作物である。日当たりや明るい日陰を好み、生育適温は昼間が25℃～28℃、夜間は8℃～12℃、培地は20℃とされる。栽培方法は種を播くなどの浸種、播種を行い、次に芽が出たものを培地に移し替える定植を行い、育成後に収穫するサイクルをとっている。収穫までの時期は成長が早い春秋は約30日、夏期40日、冬期50～60日で、温室内で栽培する場合最大年8回収穫可能である。なお、水耕栽培の場合の培養液はpH5～6、酸素不足にならないように培養液の1/2～1/3が交換されるようにポンプ循環が必要である。

ここでは気候的に類似する多雪および少雪寒冷地での水耕栽培等の発表データ(「北海道における養液栽培パッケージモデル(太陽光利用型)平成26年9月、北海道農政部、北海道型施設園芸高度化推進協議会」)を参考に温室内でのミツバの水耕栽培を行うことを想定してみた。

下写真はミツバ栽培イメージ（出典：種苗会社ホームページ）



次に上記の温室で実際に養液栽培を行う場合に、ミツバの生育に適する環境すなわち適温を温室内で確保できるか、温室の熱収支から検討してみた。



上記の気温は最寄りの弘前市の月平均気温、最高気温、最低気温データ（気象庁：1981年～2010年）である。昼の最適気温（25℃～28℃）の上限を28℃とすると、露地栽培の場合は7月～8月は支障ない。同じく夜間最適温度下限（8℃～12℃）を8℃とすると10月後半から4月までは不適な結

果となる。また、最低気温が 12℃以上となる 6 月後半～9 月までも適しにくい。下表のように露地栽培の場合は昼夜ともに最適温度帯を同時に満たすことができず、栽培に適さない。

露地栽培の場合の最適温度から見た栽培可能性

	可能	不可能
昼間 (25℃～28℃)	7～8 月	1 月～6 月、9 月～12 月
夜間 (8℃～12℃)	5 月～6 月前半、9 月後半～10 月前半	1 月～4 月、6 月後半～9 月、10 月後半～12 月

しかし、温室栽培では温室内に適量の熱量を確保することにより、昼夜の最適温度を維持できる可能性がある。また、温室内に外気を取り込むことにより上昇し過ぎた室温調整も行われている。

前述の建物面積 1,000 m²の温室 1 棟について、適温による生育環境を維持する場合の温室の月別の熱収支を試算してみた。つまり、温室がミツバ生育に必要な熱量である。

ミツバ栽培用ハウスの月別熱収支

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
日照時間	57.0	78.5	126.1	183.3	201.4	175.0	160.8	181.8	146.2	141.4	89.1	58.0
昼 MJ	355	346	291	181	110	60	15	-12	47	131	228	315
夜 MJ	174	171	137	66	-4	-71	-129	-149	-84	5	83	139
1 日 MJ	264.5	258.5	213.6	123.2	52.9	-5.4	-56.9	-80.4	-18.8	68.3	155.4	227
同上 kwh	73	72	59	34	15	-1	-16	-22	-5	19	43	63

※日照時間は弘前市データ、単位：時間（気象庁：1981 年～2010 年）

※温室 1 棟、ポリエチレンフィルム 2 重空気膜、熱貫流率 2.9

※昼は昼 12 時間の 1 時間あたりの必要熱量（昼間の平均気温と最適温度差から試算）

※夜は夜 12 時間の 1 時間あたりの必要熱量（夜間の平均気温と最適温度差から試算）

※1 日は昼 12 時間、夜 12 時間の平均値

上表は日照による昇温等を考慮していないが、昼間晴天で太陽光を確保できれば温室効果により室温が容易に上昇する。なお、積雪地のため冬期間の 12 月～2 月の間は日照時間が減少するため日照による昇温効果はあまり期待できず、この間は熱による昇温もしくは保温の需要が高い。ちなみ

に、温室ハウス 1,000 m²の規模の場合、年間で最も寒く積雪の多い1月の1日の1時間あたりの必要熱量は 264.5MJ (73kwh) と試算される。実際の環境整備センターの排熱量はこの水準を大きく超過しているため、供給側に支障はない。

したがって、冬期間の栽培が温室では可能となり、夏場の7月～8月を除けば1月～6月まで、9月下旬～12月までは栽培に適することになる。なお、7月～8月も室温を夜の適温にヒートポンプ等で降温できれば、通年栽培できる可能性が高い。ちなみに、上表の熱量表示のマイナスは、暖房等の熱が不要ということの意味する。

ハウスへの熱供給は導管等を利用し、吹出し口を複数設置してそのままハウス内に循環するようにする。導管を経由してきた排熱は温度が一定であることが予想されるため、日照状況と合わせてハウス内で加温、降温できるような仕組みを作っておく必要がある。さらに、培地の温度維持のために、排熱を温水化させ夜間はホース等で培地周囲に張り巡らせて補助暖房的な機能も持たせることも用意すべきである。

○ミツバ栽培の事業性検討

ハウス内で前述の条件でミツバ栽培が可能となるが、実際に市場に出荷する場合に、事業性の有無についても投資規模や収支状況から検討してみる。ここでは、前述の多雪および少雪寒冷地での水耕栽培等の発表データ（「北海道における養液栽培パッケージモデル（太陽光利用型）平成26年9月、北海道農政部、北海道型施設園芸高度化推進協議会」）の収支モデルを引用して試算した。

ミツバ栽培の収支モデル（北海道農政部）

対象面積 m ²	1,000
実面積 m ²	650
栽培方法	N F T
本圃生育日数 日	38～55
年間作付回転数 回	8
労働時間 h	4,287
労働単価 円/h	800
粗収益 千円	11,080
労働時間当たり粗収益 円/h	2,584
販売量 袋	184,661
販売量 kg	9,233
単価 円/袋	60
単価 円/kg	1,200

経費 千円	11,093
減価償却 千円	3,225
種苗費 千円	155
肥料費 千円	429
雇用労賃 千円	3,430
出荷資材費 千円	1,715
農業所得 千円	-13

上表によると、温室1棟の建設コスト（養液栽培システム等含む）は1㎡あたり3.6万円として、10年減価償却分を加えて初年度に最終的に手元に残る農業所得は1万3千円の赤字である。2年目以降は作業効率向上などから市況価格に変動がなければ、黒字転換が可能である。なお、この場合、市場向け出荷（販売）価格をkgあたり1,200円、雇用者の時給（労働単価）を800円に想定している。

今回、敢えて需要が安定的で栽培が計画的にできるメリットに着眼した。これは、栽培されるミツバが農協など市場向けでなく、大手食品メーカーとの契約栽培を行った場合を前提としている。契約栽培では出荷価格は市況の変動を受けず一定である反面、市況の1/2に設定されている。ちなみに、詳細な市況日報が公表されていないが、東京大田市場では需要期の2016年12月にkg単価1,099円をつけた以降は値下がり傾向に転じ（例年の動き）、2017年1月は同725円、2月に入っては420円程度で推移している。なお、価格は年間通じて変動しており、需要期の12月に一気に上昇する傾向が続くが、年間平均で見ると800円前後と思われる。今回設定した契約栽培では出荷価格は年間平均価格の1/2とした。また、時給（労働単価）を青森県が設定した最低賃金716円とした。

以下に、北海道農政部の上記のような標準モデルを含めて収穫回数、作業効率等を変数に5つのケースの収支状況を試算してみた。

ミツバ栽培の収支構造

	I	II	III	IV	V
	北海道農政部 標準モデル	北海道農政部 標準モデル	契約栽培	契約栽培	契約栽培
年収穫回数	8	5	5	7	7
年販売収入 千円	11,080	4,617	2,308	3,232	3,232
袋あたり単価 円	60	40	20	20	20
kgあたり単価 円	1,200	800	400	400	400
販売袋量	184,661	115,413	115,413	161,578	161,578

販売重量 kg	9,233	5,771	5,771	8,079	8,079
労働時間 時	4,287	2,679	1,876	2,626	2,363
労働単価 円	800	716	716	716	716
経費合計 千円	11,094	8,039	5,747	6,430	6,242
減価償却 千円	3,225	3,225	3,225	3,225	3,225
雇用労賃 千円	3,430	1,918	1,343	1,880	1,692
光熱動力費 千円	794	496	0	0	0
その他経費 千円	3,645	2,399	1,179	1,325	1,325
償却前利益 千円	3,211	▲197	▲214	26	214
業所得 千円	▲14	▲3,422	▲3,439	▲3,199	▲3,011

契約栽培の初年度をⅢのケースとすると、年収穫回数 5 回では販売収入は 230 万円程度にとどまる。また、損益は償却前で 21 万円の赤字、最終的には 343 万円の赤字となる。その後、作業効率が 10%程度向上したⅤのケースでは年収穫回数は 7 回まで増加するため販売収入は 323 万円となり、償却前利益は 21 万円に黒字転換する。なお、償却後の最終損益は 301 万円の赤字であった。償却負担が重い場合黒字転換には償却期間を過ぎた 10 年以上を要する計算である。助成金を活用して償却負担を軽減すると、収益構造はやや改善される。また、温室は 2 棟設置するため、収入高や経費および損益は上記の 2 倍規模となる。

なお、冬期間の室温維持に係る光熱費は環境整備センターの排熱を導管を用いて無償で利用することを前提とするためゼロと設定している。また、導管設置費用は考慮していないが、工事費を含めた費用を 40 万円/m とすると 1 km 敷設する場合は 4 億円を要する。補助金を活用したとしても、ハウス事業者が負担するには重く、これら費用を含めば事業性は著しく劣ることになる。

○ミツバ栽培の事業性

契約栽培は安定した需要確保に有効であるが、価格が低めに抑えられる。このため、販売規模の拡大が難しく、事業参入に伴う初期投資負担が重く収益好転まで多くの時間を要する。今回は販路確保を優先してミツバの栽培に焦点を絞ったが、初期投資負担もあって事業性を十分確保できる状況とは言い難い。ミツバ以外の作物で検討して見ても、市場確保の問題がつきまとい、投資負担も加わってミツバ以上に懸念される可能性が高い。したがって、ミツバはまだ事業性改善の余地が残されていると見てよく、今後は下表のような改善策も絡めて創意工夫が必須となろう。

事業性確保のため改善策

契約栽培と市場向け出荷の併用
契約栽培先以外に別途安定した納入先の確保
作業効率の改善
初期投資の圧縮（熱利用関係のハード部門の負担除外）
福祉関係の雇用活用による経費圧縮
補助金の有効活用

このほかに、環境整備センター周辺の既存のハウス栽培業者への熱供給も検討の余地があるが、個別対応となり、さらに熱供給方法もコスト負担問題が浮上する可能性があり、現時点では現実味に乏しい。当然、需要側はコスト負担を回避したいと思うだろうし、供給側も全面的にコスト負担が可能か、どこまでどのように負担を分かち合えるのか議論は必要であろう。