

## 4 事業化プロジェクトの内容

### 4-1 家畜排せつ物エネルギーの有効活用

家畜排せつ物等を原料として生成されたバイオガスを熱利用など燃料として積極的に活用し、ガス生成後の消化液は良質な有機質肥料とする事業を、阿寒農業協同組合が中心となり推進します。

現在堆肥センターである「有機質肥料活用センター」において収集し好気性発酵により堆肥化されている家畜排せつ物を、メタン発酵させてバイオガスを生成します。

そのガスを、熱利用や発電の燃料として積極的に活用し、ガス生成後の消化液を良質な有機質肥料として活用することで地域循環型農業が一層進むよう、草地への液肥利用に向けた調査・研究と植生改善を進めていきます。こうした取り組みにより、大規模酪農地帯の課題である家畜排せつ物の処理を解決するとともに、安全・安心で高品質な農産物の生産とエネルギー自給率向上を図ります。

近年、気候変動・災害などにより、原子力や化石燃料主体のエネルギー生産に代わり太陽光やバイオマスを利用した自然エネルギーの活用が注目されています。既存の家畜排せつ物処理施設と比較し、臭気削減、完熟した液体肥料の圃場還元が見込まれることから、地域環境保全に大きく貢献できるものと考えます。

### 4-2 平成26年度に具体化する取組

#### 4-2-1 事業概要

家畜排せつ物を主原料とするメタン発酵施設の整備・運営事業とし、表に事業概要を示します。

表 4-1 事業概要

項 目	内 容
導 入 技 術	中温メタン発酵技術（乳牛の堆肥）
施 設 整 備	メタン発酵施設、固液分離装置、液肥貯留設備
原 料 調 達 先	酪農家から乳用牛 2,000 頭の家畜排せつ物収集
製 品 販 売 先 1	液肥は草地へ散布、分離固分の敷料利用
製 品 販 売 先 2	バイオガスは工場ボイラ等のエネルギー利用

#### 4-2-2 製品・エネルギー利用計画

##### (1) 農地での液肥利用（発酵消化液）

液肥は、草地へ還元し化学肥料費を削減します。また、本構想では、バイオガスプラントへ投入する家畜排せつ物に混在する敷料から、メタン発酵処理後の消化液の固液分離を

行い、再生敷料として循環利用し、バイオマスの有効利用を促進します。

### (2) バイオガスのエネルギー利用

メタン発酵技術で発生したバイオガスは、食品工場でのボイラ等のエネルギーとして利用します。

また、輸送車輛の燃料としての有効利用を検討します。

### (3) 余剰熱の有効利用

バイオガス発生時における余剰熱、およびメタン発酵後の消化液からの熱を回収し、冬期における凍結した原料の溶解や、施設内設備の加温、再生敷料生産時の水分蒸発熱量などとして有効利用を行います。

## 4-2-3 システム概要

### (1) システム概要

本システムは、家畜排せつ物中に介在する微生物群を活用し、排せつ物中に含まれる有機分（脂肪、蛋白質等）を嫌気状態（酸素が介在しない状況）でメタンと二酸化炭素まで分解させます。この過程で、排せつ物臭の主成分となる酢酸・蟻酸等の低級脂肪酸が分解されることにより、臭気が削減されます。好気発酵と比較すると発酵過程で発熱が無いため、微生物活性保持のための保温・加熱が必要となります。微生物群の最適な温度域としては低温（22.0℃）・中温（38.0℃）・高温（55.0℃）があり、本システムにおいては中温発酵を採用しております。微生物活性保持のために必要な熱源は、発生したバイオガスを燃焼させ、温水配管を介し発酵槽内の温度維持を図ります。また、温度維持により原料中に含まれる雑草種子や大腸菌を減少させることができます。嫌気発酵においては発酵過程で大気と接触がないため、排せつ物中に含まれる肥料成分（窒素・リン酸・カリ等）が大気に放出されることがありません。これにより肥料成分は消化液中に容存されるため、原料中の肥料成分量が保持されたまま、有用な有機肥料として活用することができます。



写真5 有機質肥料活用センターと排せつ物運搬トラック

(2) メタン設備及び構成機器

表 4-2 設備及び構成機器

設備名称	装置機器名称	内容
発酵処理	発酵槽	ふん尿を気密雰囲気下で加熱保持して嫌気発酵させ、消化液とバイオガスを生成させる。高温及び中温の二段階発酵を行うことにより、ふん尿中に含まれる有機成分の分解向上を図る。断熱材で覆い放熱を抑え、温水コイルヒーターで加熱させて液温を保持。消化液は、熱交換槽で原料加温の後スラリータンクに排出され、ガスは改質装置へ流出する。
	攪拌装置	槽内へ移送されたふん尿と消化液を攪拌させ、沈降や堆積を防ぐ。メタン菌をはじめとする各種菌や微生物を拡散させるほか、ヒーターの熱も拡散されることで液の温度ムラを防止し、発酵を促進させる。
バイオメタン貯留	除湿装置	生成ガスに含まれる水分を、凝縮と遠心分離で除去。
	脱硫装置	生成ガス中に含まれる硫化水素を、吸着剤で除去。
	ガスパック	精製されたバイオメタンを、ボイラ等の燃焼装置へ供給させるために一次貯留する。
エネルギー利用	温水供給装置	温水ポンプや膨張タンクなどの機器をユニット化した装置で、温水を発酵槽のコイルヒーターへ供給。
制御	制御盤	プラント全体の各種機器の状態を表示し、各種設定を行う。
	操作盤	原料槽付近に設置され、日常の通常作業では原料槽に原料投入後にこの操作盤の操作のみで、運転が完了する。
	発酵槽温度制御	発酵槽の液温を検出してボイラで製造された温水の供給を自動制御する。

4-2-4 施設の概要

(1) 建設地

北海道釧路市

(2) プラント規模

参加予定農家数 25 戸

乳用牛 2,000 頭規模 30 日発酵

原料数量 130 t/日

(3) 原料条件

乳用牛 1 頭当たりの処理量を下記の通りとします。

表 4-3 乳用牛 1 頭当り処理量

発生量		含水率	
排せつ物	糞	50.0 kg/頭	86.0%
	尿	15.0 kg/頭	100.0%
	小計	65.0 kg/頭	89.2%
夾雑物	敷料他	1.0 kg/頭	40.0%
	洗浄水	10.0 kg/頭	100.0%
	小計	11.0 kg/頭	94.5%
合計		76.0 kg/頭	90.0%

「出典：家畜糞尿処理・利用の手引き（財畜産環境整備機構）より引用」

(4) 環境条件（外気温・ふん尿温度）

表 4-4 温度条件

	外気温	原料温度
夏期間	22.5℃	22.5℃
冬期間	-12.8℃	0℃

「気象庁データ（1981～2011 年月平均値の最高・最低値）」

(5) システムブロックフロー

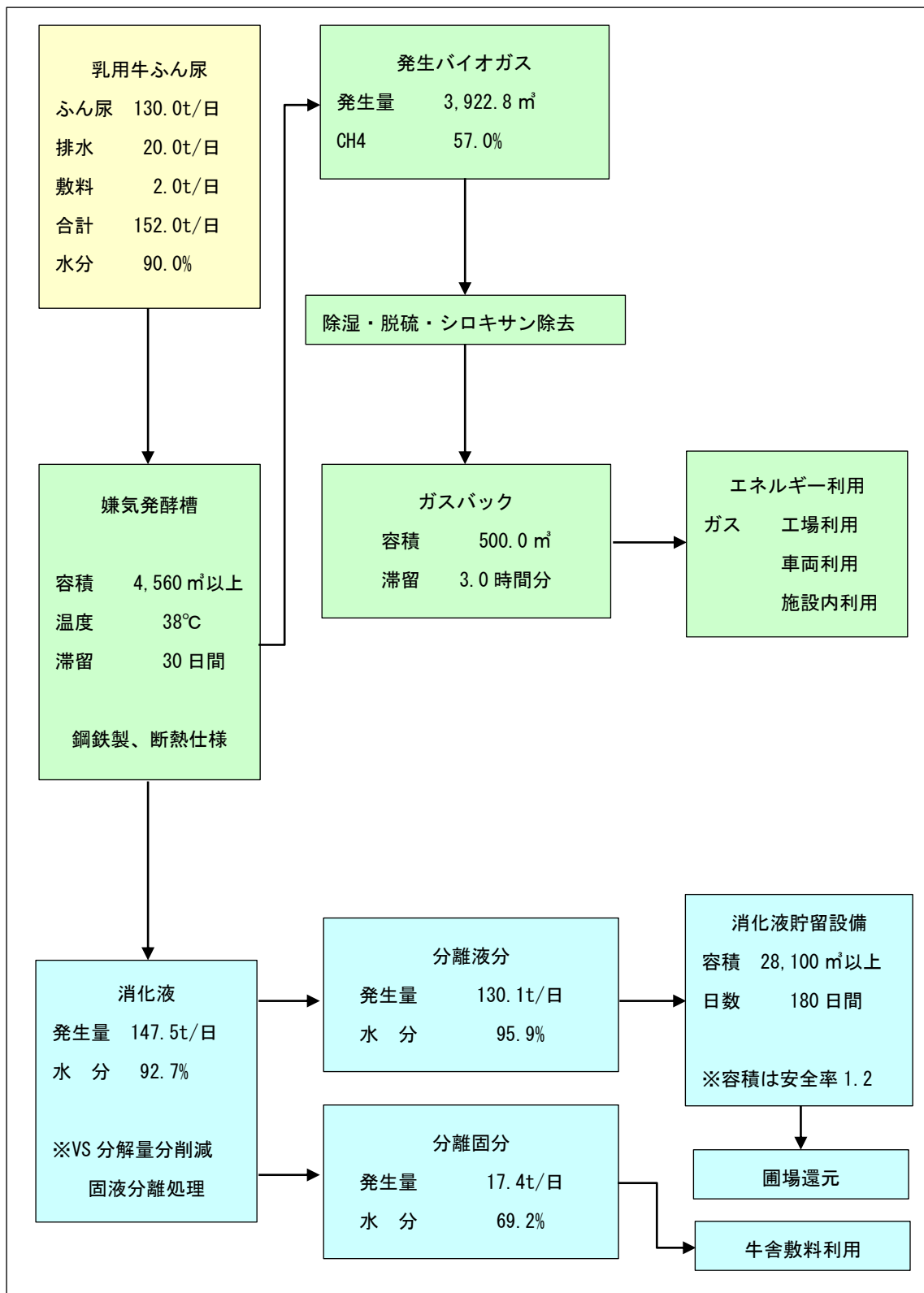


図 4-1 システムフロー図

(6) 熱収支

1) 発生熱量計算

表 4-5 発生熱量一覧

	項目	数値	単位	備考
①	排せつ物投入量	130.0	t / 日	乳用牛ふん尿のみ
②	固分含有量 (TS)	10.8	%	
③	固分中有機分含有率 (VS)	86.1	%	
④	VS 分解率	37.1	%	
⑤	VS t 当りのメタン発生量	500.0	m <sup>3</sup> /VS t	
⑥	バイオガス中メタン濃度	57.0	%	
⑦	メタン総発熱量	9,600.0	Kcal/m <sup>3</sup>	
A	発生バイオガス量	3,922.8	m <sup>3</sup> /日	①×②×③×④×⑤÷⑥
B	バイオガス中メタン濃度	2,236.0	m <sup>3</sup> /日	A×⑥
C	発生熱量	21,465,763.2	Kcal/日	B×⑦
D	日発生量 (kcal)	19,319,186.9	Kcal/日	C×発熱効率
	日発生量 (kw)	22,464.2	Kw/日	日発生 (kcal) ÷ 860kcal/kw
	時間当り発生量	936.0	Kw/時	日発生 (kw) ÷ 24 時
E	損失熱量	2,146,576.3	Kcal/日	C-D
F	エネルギー効率	90.0	%	D÷C

2) 熱収支計算

表 4-6 熱収支一覧

	項目	数値	単位	備考	
①	原料投入量	152.0	m <sup>3</sup> /日	夾雑物を含む全体量	
②	外気温	夏期	22.5	°C	
		冬期	-12.8	°C	
③	原料温度	夏期	22.5	°C	
		冬期	0.0	°C	
④	発酵温度	38.0	°C	設定値	
A	原料加熱熱量	夏期	2,356,000.0	Kcal/日	① × 1,000 kg × (④ - ③)
		冬期	5,776,000.0	Kcal/日	
B	発酵槽損失熱量	夏期	175,098.5	Kcal/日	発酵槽表面損失熱量
		冬期	573,871.3	Kcal/日	
C	消費熱量	夏期	2,531,098.5	Kcal/日	A+B
		冬期	6,349,871.3	Kcal/日	
D	余剰熱量	夏期	16,788,088.4	Kcal/日	上記 E-C
		冬期	12,969,315.6	Kcal/日	

(7) バイオガスプラントの導入効果

1) 消化液土壌還元による化学肥料の削減

バイオガス由来の消化液を圃場還元することにより、化学肥料の消費量が削減されます。

ここでは削減される化学肥料量を金額的に比較するため、一般的に販売されている単肥価格から各肥料成分の単価を試算します。本試算で使われている単価は道東地域での一般価格であり、購入地域により価格が変わります。

表 4-7 化学肥料単価の試算

単肥名	供給成分	含有量	袋当含有量 20.0 kg/袋当 (kg/袋)	袋単価 (円/袋)	単肥価格 (円/kg)
尿素	窒素	46.00%	9.2	900	97.8
重過石	磷酸	40.00%	8.0	1,722	215.3
硫化カリ	カリウム	50.00%	10.0	1,300	130.0

単価試算から、必要面積に全量化学肥料で行った場合と消化液散布による肥料成分の不足分を試算し、想定される化学肥料削減費用を試算しました。

表 4-8 化学肥料の削減効果

	全量化学肥料 (円/年)	消化液散布の不足分 (円/年)	削減効果 (円/年)
窒素	10,748,220	2,322,085	8,426,135
リン酸	18,929,176	14,291,786	4,637,390
カリウム	25,716,600	0.0	25,716,600
合計	55,393,996	16,613,871	38,780,125

本試算においては、3,878万円の化学肥料購入費が削減されると想定されます。

## 2) 消化液固液分離による固分敷料利用

畜産業が盛んな北海道では、様々な家畜敷料が用いられています。現在、敷料は不足状態にあると言われていますが、平成11年に「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」が施行されたこと、酪農経営の大規模化などにより、今後さらに不足することが予想されます。

プラント事業者の資料では、おが屑等の敷料の代替として嫌気性発酵処理施設から排出される消化液からの分離固分の活用、および敷料としての利活用可否についての調査を実施しており、その調査では敷料としての活用が可能との結果であることから、有効利用について検討を図ります。



(8) バイオガス施設整備事業費

1) プラント建設事業費

表 4-9 プラント建設事業費

設備機器	設備主内容	金額 (千円)
原料受入設備	原料槽攪拌機他	40,070
発酵処理設備	原料ポンプ他	193,880
固液分離設備	固液分離機、搾液ポンプ他	16,800
ガス貯留設備	脱硫装置、除湿装置他	73,170
消化液貯留設備	貯留槽、汲み上げポンプ他	116,000
制御関係設備	温水ボイラ、制御盤他	90,720
バイオメタン装置	圧縮機、膜、貯蔵・移動タンク他	114,650
設計・諸経費		72,200
立上げ運転調整費		76,300
土木・建築工事費		259,050
合 計		1,052,840

2) プラント年間収支計画

表 4-10 プラント年間収支計画

	内容	金額 (千円)
収 入	バイオガス販売	61,955
	再生敷料販売	63,510
	家畜排せつ物処理料	40,000
	計	165,465
支 出	人件費	7,000
	原料回収・消化液散布費	45,000
	減価償却	31,785
	維持管理費	22,531
	租税公課他	27,800
	計	134,116
収 支		31,349

### 4-3 5年以内に具体化する取組

平成26年度に事業化するプロジェクトにおいて、発酵槽への原料投入立ち上げ運転開始を平成27年10月に予定、本格稼働によるバイオガス供給販売は平成28年4月を予定します。

#### 製品・エネルギー利用計画

- 1) 農地での液肥利用（発酵消化液）
- 2) 消化液の固液分離を行い土壌改良材として、近隣地区も含め広域的に利用
- 3) バイオガスの食品工場ボイラ等へのエネルギー利用（車輛燃料として有効利用の検討）

### 4-4 10年以内に具体化する取組

#### 4-4-1 家畜排せつ物によるエネルギー有効活用の拡充

バイオガスを活用した発電事業と、肉用牛排せつ物の燃焼発電事業に取り組みます。肉用牛の排せつ物は乳用牛に比べて水分が少なく、メタン発酵がしにくいいため、直接ボイラで燃焼させ、蒸気タービン発電による売電を行います。

法人経営など「有機質肥料活用センター」利用者以外の乳用牛排せつ物についても、バイオガスプラント化を検討し、地域全体の排せつ物処理についてメタン発酵を目標とします。

釧路市周辺地域は、広範囲な酪農地帯として多数の乳用牛が飼養されており、近隣町村との連携について検討を図ります。

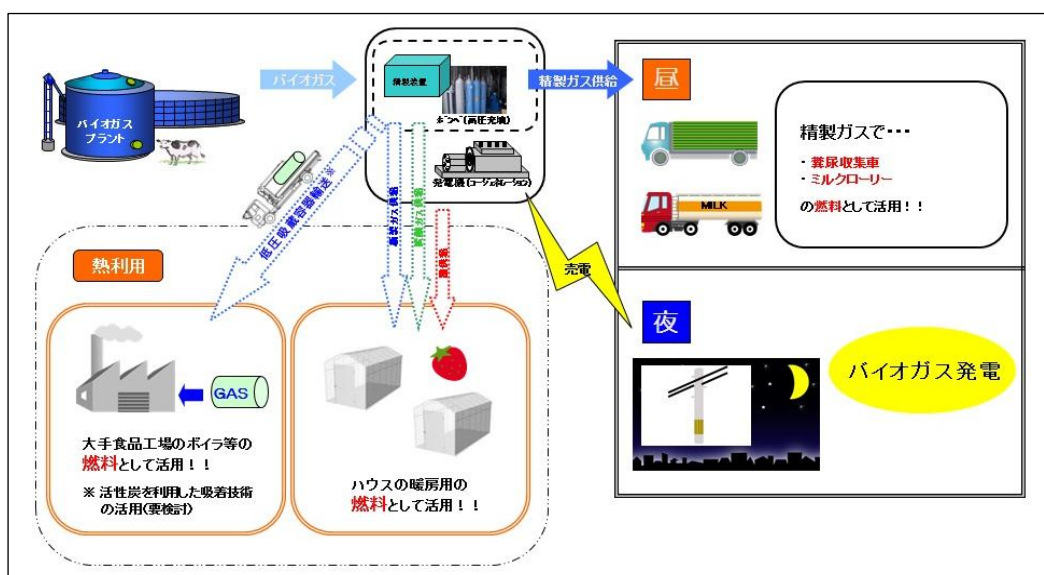


図 4-2 バイオガスの利活用イメージ

#### 4-4-2 地域調和型エネルギーシステム推進事業

農業地区において、個別農家から出る家畜排せつ物については、現在、大型の堆肥センターに集約され、肥料として活用されていますが、エネルギーとしてその多くは有効活用されていない状況にあります。このため、主として家畜排せつ物をはじめ食品残渣や水産系廃棄物を原料に、これらの高含水率の有機性廃棄物から、メタン発酵によるエネルギーを生み出していきます。そして、このエネルギーを熱量に変え、個別農家の自家用電力、家庭やビニールハウスの暖房に利用してまいります。

こうした一連の施設をオンサイト型にすることにより個別農家で発生する家畜排せつ物を、大型の堆肥センターの集積場へ運搬する必要がなく、個別農家と大型の堆肥センターとを使い分けることにより、効率的なバイオマス処理に取り組んでまいります。

このほか、個別農家でのバイオガス発生装置については、地元ものづくり業界と連携し、地域内で開発及びメンテナンスを完結することにより、域内循環を高め地域経済の振興を図ってまいります。

実施体制（想定）としては、平成25年7月に設立された民間団体の釧路環境エネルギー活用研究会（代表幹事：地元の電気設備事業者）が、その構成メンバー（釧路地域の電気設備業界、建設業界、金融機関、研究機関、行政等）を中心に、阿寒農業協同組合やものづくり業界等との連携のもと、適宜、事業化に向けた調査・研究、試作品開発、実証実験、実用化に向けた取組を進めていくものであります。

#### 4-4-3 チップボイラー発電事業

チップ化された製材工場残材は、現在クリーニング工場のバークボイラーの燃料として活用されており、重油や灯油、ガスなどの代替として実用化が認められています。現在、北海道電力の主力発電所の燃料は石炭と重油であることから、燃焼効率の向上を研究することにより、木質チップによる発電事業の可能性は十分です。原材料は、林地残材・製材工場残材のほか、都市部からの建設廃材など、産業廃棄物の中で最も廃棄量が多く、処分に苦慮しているものについても受け入れることにより、循環型社会の構築に寄与してまいります。

##### （1）事業化検討

その他の既存の化石燃料に比して、チップがどの程度優位性があるかを検討した場合、日本木材乾燥施設協会の「木材乾燥ミニハンドブック」によると、石炭が最も1kcal当たりの単価が安く（表4-11参照）、その次はチップとなっています。石炭は、市内でも入手できるだけでなく、国外炭を港で受け入れた後、専用のコンベアで運ぶルートができていう利便性があることも優位性があります。しかしながら、林地で発生する未利用間伐材の収集運搬コストの低減化だけではなく、都市部で発生する建設廃材（産廃の16%が発生）も燃料として受け入れ、燃料の回収コストを削減することで、チップが石炭に対抗

できる可能性があります。

表 4-11 木質バイオマスと化石燃料の単位発熱量当たり価格の比較

	単位価格	単位発熱量
石炭	9.9 円/kg	6,200 kcal/kg
チップ	9.9 円/kg	1,890 kcal/kg
A重油	68.8 円/ℓ	9,300 kcal/ℓ
灯油	84.0 円/ℓ	8,900 kcal/ℓ

「出典：森林・林業白書（平成 23 年版）」

1kcal 当たり価格比較： 一般炭 < チップ < A重油 < 灯油



図 4-3 チップボイラ発電事業のイメージ

#### 4-4-4 林地残材のペレット化事業

林地残材については、発生場所から受け入れ先までの効率的な収集運搬方法が確立されていないことから、今後、林業関係者と研究を重ね、効率的かつ安定的な供給システムの構築を図ってまいります。

今後は、障がい者福祉施設以外に、林業関係者の参画も促し、市内のペレットストーブユーザー全戸に釧路産の木質ペレットを全量供給できるよう、市が安定的なペレット産業への生産体制の確立に向けた側面支援を行い、環境と産業が連携した形で取り組みを進めてまいります。

##### (1) 事業化検討

一般家庭における冬期間の木質ペレット消費量は平均 2.5 t。現在、釧路市内の木質ペレ

ットのユーザーは約 80 戸であることと、今後も環境への配慮や灯油等の高騰に対応するため、木質ペレットストーブに切替えるユーザーが微量ながら増加することを考慮し、将来のユーザーを 100 戸と想定した場合、 $2.5 \text{ t} \times 100 \text{ 個} = 250 \text{ t}$  が釧路市内で一般家庭に供給するために最低限必要な木質ペレット量となります。

しかしながら、木質ペレットの普及には以下の課題に取り組む必要があることから、生産体制を整備していきながら、課題解決に向け関係機関と連携し検討します。

#### 1) 未利用林地残材の効率的な収集運搬体制の確立

未利用林地残材の搬出・利用が進まない第一の理由なコストがかかることです。また、卸価格も低いことも利用の進んでいない大きな要因の一つとなっています。未利用林地残材の利用促進には、収取運搬コストやチップ製造コストの削減等により、低コストでの収集運搬体制を確立し、安定的な供給システムを整備することが重要です。

#### 2) 各種制度の活用と燃料供給に見合った需要の開拓

現在有効とされる低炭素社会形成に対応した国等の制度（国内クレジット制度・再生可能エネルギー固定買取制度等）を最大限に活用した上で、木質バイオマスによるエネルギーの安定供給システムを創るために、燃料供給に見合ったエネルギー需要を確保していくことが必要です。

#### 3) 燃焼設備の導入コストの低減

木質バイオマス燃料の単位発熱量当たりの価格は化石燃料より優位な場合がありますが、燃焼設備の導入コストが灯油やガスなどの燃焼機器に比してはるかに高額であることが、木質バイオマス燃料の普及を阻んでいる理由の一つとなっています。そのため、燃焼設備の低価格化など、導入時のコスト低減を図ることが重要です。

#### 4) 木質ペレットの安定供給システムの整備

木質ペレットは、運搬や貯蔵が容易であるため、ストーブ燃料として有効ですが、原料の調達が難しく（場所が散在・発生時期にばらつきあり）、海外の安価なペレットとの競争が強まる可能性もあります。そのため、原料の安定的な調達先を確保し、海外のペレットに対抗できるような安定的な木質ペレット供給システムを整備する必要があります。

#### 5) 機器の購入・設置、ペレット配達等一連の窓口体制の整備

一般の消費者が木質バイオマス燃料を利用しようとする場合に、灯油やガスのように、どこか一カ所が窓口となり、機器の購入から設置、ペレットの配達など全ての手続きができるようなサービス体制を構築することが重要です。

#### 4-4-5 溶解パルプ製造時の酸加水分解液の利用

日本製紙釧路工場では、平成 25 年から溶解パルプの生産体制を確立し、製造時に発生する酸加水分解液の高度利用検討の一環として、バイオガス製造テストプラント（メタン発酵法）を設置しました。これを重油代替として利活用することにより、二酸化炭素排出量の低減につなげることができれば、世界で初めての溶解パルプ酸加水分解液の木質バイオマス活用技術となります。

##### （1）事業化検討

平成 25 年度から開始した溶解パルプは衣料用レーヨンの原料となり、現在実証試験を実施しており、段階的に年間 3 万トン規模まで生産を拡大する見通しです。その生産ラインの過程で発生する酸加水分解液が重油の代替燃料となることが見込まれていますが、試験段階であるため、精製量や発熱量などの詳細なデータは蓄積中です。

#### 4-4-6 廃食用油の BDF（バイオディーゼル）化の拡充

現在、一般家庭の廃食用油を中心に夏期の BDF 利用が進められていますが、今後は、冬期における粘度の安定化、近隣自治体との連携による回収 BOX の設置増、精製技術の高度化など、研究と展開を加速度的に進め、バイオマス産業都市構想全事業における、バイオマス資源とバイオマス資源から作り出される製品の収集運搬全車両の燃料としての活用を目指します。

##### （1）事業化検討

###### 1) 現状

表 4-12 釧路市内における廃食用油の現状

釧路市内における回収量（年平均）	38,900ℓ
釧路市内における精製量（年平均）	29,000ℓ

「釧路市調べ」

###### 2) 今後の展開

###### ① 釧路市内の賦存量

184,000ℓ

※釧路市地域エネルギービジョンより引用

###### ② 釧路地域（釧路総合振興局管内）の賦存量

239,936 人 × 0.98ℓ ≒ 235,000ℓ

※人口は平成 25 年 4 月 1 日現在住民基本台帳

※一人当たり賦存量は「BDF 実証実験のまとめ（平成 21 年 3 月釧路 BDF 研究会）」より引用

### ③釧路地域における廃食用油の回収量及び BDF 精製量の推計

- ・廃食用油回収量

$$\text{釧路市内回収量} \times \frac{\text{管内賦存量}}{\text{市内賦存量}} \doteq 49,7000$$

- ・BDF 精製量

$$\text{釧路市内精製量} \times \frac{\text{管内賦存量}}{\text{市内賦存量}} \doteq 37,0000$$

### ④ごみ収集車（パッカー車）使用実績

3 台合計（2 カ年）：11,2530 ⇒ 1 台当たり使用量：1,8700/台

### ⑤BDF 精製量÷1 台当たり使用量 ≐ 20 台

ごみ収集車による推計ではありますが、今後、釧路地域で発生する廃食用油を現在の回収率で試算した場合、約 20 台の軽油の代替燃料として活用できると想定されますが、冬期にも使用する場合には約 10 台となります。

また、回収率を向上していけば、更に増台の可能性が広がるものと考えられます。

平成 25 年度のごみ収集車向け BDF 契約単価が、131.250 円であることから、夏期使用 20 台全量分を購入すると、釧路地域全体の一般家庭から発生する廃食用油から精製された BDF の売り上げは約 500 万円（131.250 円×37,0000）が見込まれます。

以上の推計より、本事業は単体で取り組むには採算ベースに乗せることは難しい状況ですが、今後、原油の高騰が続いた際には、軽油に対抗し得る再生可能エネルギーとして利活用が求められていくものであると想定されることから、現在の仕組みから発展させるために解決すべき課題を行政・研究機関等と取り組むことが重要です。