

稲わらペレットを利用した地域循環システムの構築に向けて

～報告書～

平成26年3月

北海道 南幌町

目 次

第1 南幌町の農業系バイオマス燃料化の検討～稲わらペレット利用の背景～

1 はじめに	1
2 南幌町の概要	1
3 農業系バイオマス燃料化の検討	2
4 稲わらペレットを利用したバイオマス関係施設の導入について	4

第2 稲わらペレットを利用した地域循環システムの構築に向けて～報告～

1 稲わらペレットを利用したバイオマスボイラー等の安定的な運転に向けて	5
（1） 保管方法の確立、必要な熱量の供給についての確認	5
（2） ペレットボイラー等の運転方法	9
2 稲わらペレットを利用する地域循環システムの構築に向けて	9
（1） 未利用資源廃棄物の利用システムと生態系サービス評価	9
（2） 経済的要件についての検証	10
（3） 焼却灰の利用	11
3 町民、事業者の情報の共有と普及・啓発	12
（1） 児童・生徒対象新エネルギーに関する学習会	13
（2） 新エネルギー・シンポジウム	13
（3） 南幌町新エネルギー・フォーラム	14

第3 まとめ

1 稲わらペレットを利用したペレットボイラー等の安定的な運転に向けて	18
2 稲わらペレットを利用する地域循環システムの構築に向けて	18
3 地域循環システムの推進体制の構築に向けて	19
4 町民・事業者との情報の共有と普及啓発に向けて	19
5 課題について	19
6 最後に	20

参考文献

添付資料

稲わらペレットを利用した地域循環システムの構築に向けて～報告書～

第1 南幌町の農業系バイオマス燃料化の検討～稲わらペレット利用の背景～

1 はじめに

バイオマスの活用について国は、バイオマスを総合的に、最大限活用し、持続可能な社会「バイオマス・ニッポン」を実現することを目的とし、平成14年にバイオマス・ニッポン総合戦略が閣議決定されました。

また、平成21年には、バイオマスの活用に関する施策を総合的かつ計画的に推進することを目的として、バイオマス活用推進基本法が策定されました。この法律では、バイオマスの活用の推進は、地球温暖化の防止に資すること、循環型社会の形成を推進すること、エネルギーの供給源の多様化が図られるように行わなければならないとされています。

さらに、平成20年3月には「第2次循環型社会形成推進基本計画」（以下「基本計画」という。）が閣議決定され、「地域で循環可能な資源はなるべく地域で循環させ、地域での循環が困難なものについては循環の環を拡大させていく」といった考え方に基づく「地域循環圏」が示され、平成25年5月に閣議決定された「第3次基本計画」では、この「地域循環圏の高度化の検討が必要である。」とされました。

本町は、稲わら利活用の取組を推進することが、地球温暖化防止、循環型社会の構築及びエネルギーの多様化を地域から解決するひとつの手段となるものであり、基本計画による「地域循環圏」の概念に沿ったものであると考えます。

また、この取組が、同様の課題を抱えている地域の一助となればよいと考えています。

2 南幌町の概要

南幌町は、石狩平野の、ほぼ中央部に位置し、総面積が81.49km²、平成26年3月1日現在の人口は8,264人です。札幌圏から、車で約40分と近いにもかかわらず、自然が豊かな田園風景が広がる町であります。

地理的特色としては、山ひとつなく、平坦であり、年平均気温は6.9度です。降雪時期は、11月中旬から3月下旬で、積雪は95cm前後になります。1年を通じて晴天の日が多く、稲作に適した気象条件となっています。

経済的特色としては、基幹産業である農業は、平坦地と



しての有効性を最大限にいかし、水稻を中心とした大規模経営を展開しており、冷涼な気候を生かし、農薬の使用量を減らすなど、人や環境にやさしい、クリーン農業にも取り組んでいます。

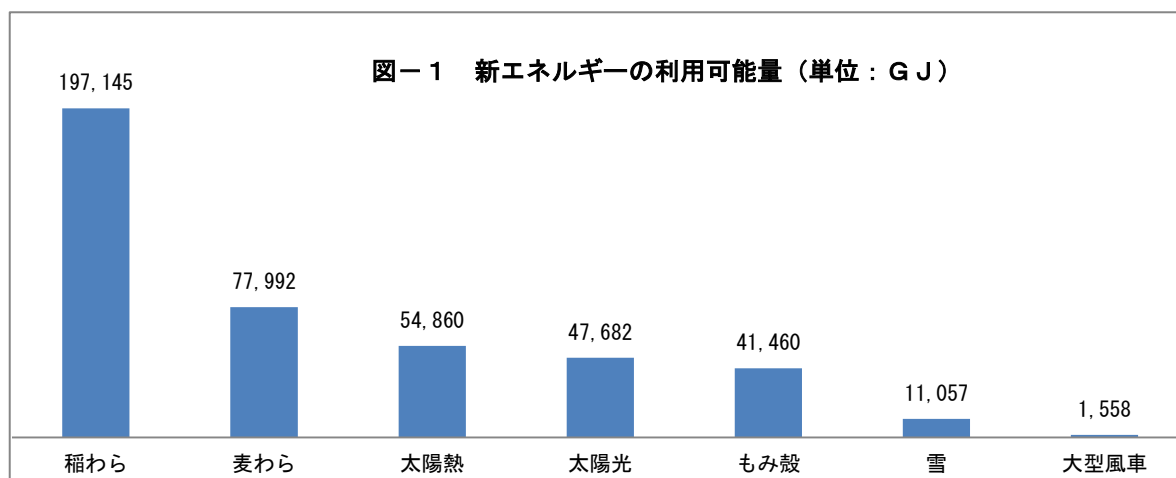
また、生でも食べられるトウモロコシ「ピュアホワイト」の生産をはじめとする、農業のブランド化や地元農産物を使用した「キャベツキムチ」などの加工品の生産にも力を入れています。

3 農業系バイオマス燃料化の検討

南幌町は、町の将来像を「緑豊かな田園文化のまち」とし、その実現に向けて「資源循環型のライフスタイルを育む環境づくり」を基本計画の施策のひとつに掲げ、「農業からの副産物である稲わらなどのバイオマス資源を有効活用し、化石燃料に代わる新エネルギーとして導入することで、二酸化炭素の削減と地域循環型農村社会の形成を目指す。」こととしています。

(1) 南幌町地域新エネルギービジョンの策定について（平成19年2月）

本町のエネルギーの多様化を図り、地域環境の保全と循環型社会の実現を図ることを目的に策定しました。その結果、農業系のバイオマス（稲わら、麦わら、もみ殻）の導入可能性が高いことが分かりました。



また、新エネルギー導入の基本方向として取り組む個別テーマを、「農業振興プロジェクト」、「環境エネルギープロジェクト」、「普及啓発プロジェクト」の3つのプロジェクトとして取りまとめました。

【農業振興プロジェクト】

基幹産業である農業から出る資源を農業関連施設に新エネルギーとして再利用を図る。そのことにより環境保全だけでなく、農業振興につなげる。

【環境エネルギープロジェクト】

町民が出入りする公共施設に農業系バイオマスを中心にした新エネルギーを導入し、体験する機会を提供する。

環境保全をより一層促進するため、一般家庭や民間企業に対して、農業系バイオマスを中心とした新エネルギー導入の支援策を検討する。

【普及啓発プロジェクト】

ビジョンを具体化していくために、町民に新エネルギービジョンを周知し、情報提供に努める。

(2) 地域新エネルギービジョン策定等事業重点テーマに係る詳細ビジョン

平成21年2月に「地域新エネルギービジョン策定等重点テーマに係る詳細ビジョン」を策定し、農業振興プロジェクトに基づく、稲わら、もみ殻、麦わらなどのエネルギーへの利活用について詳細な検討を行いました。

その結果、農業系バイオマスである、稲わら、もみ殻、麦わらを比較し、稲わらの利用可能量が最も多く、発熱量も最も高いこと、灰の発生率が低いことなどの総合的な評価から、利用対象としては稲わらを固形燃料の対象として選定することとしました。

表－1 稲わら、もみ殻、麦わらの利用可能性評価

	収集性	利用可能量	発熱量	灰発生率
稲わら	○	7,368～12,927t/年	15.7MJ/kg	11%
もみ殻	◎	2,720t/年	15.0MJ/kg	16%
麦わら	○	3,814～6,805t/年	14.5MJ/kg	10%

本町の産業振興課で行った調査では、稲わらの排出量は15,480トンで、現状において、堆肥化や飼料として利用する他、約8割以上が圃場に鋤き込みされています。

高冷地の圃場への鋤き込みについては、稲わらの腐敗が進まず、メタンガスが発生することなどから、鋤き込みをしない方が望ましいという見解もあります。

そのため、稲わらの鋤き込み量の全量、焼却量、その他を合わせた、12,927トンを利用可能量としました。

表－2 最大利用可能量（平成19年度（2007年度）稲作調査） 単位：t/年

稲わら排出量	利用形態							利用可能量
	秋鋤き込み	翌春鋤き込み	堆肥化	飼料	畜産敷料	焼却	その他	
15,480	10,289	2,345	1,957	596	0	17	276	12,927

また、詳細ビジョン策定時に行ったアンケート調査において、稲わらの鋤き込みを「有効に活用していると思っている」と回答した農家や農業法人もいることから、その分を利用可能量から除いた、7,368トンを利用最少可能量としました。

表－３ 最少利用可能量（詳細ビジョンアンケート調査） 単位：t/年

稲わら排出量	利用形態							利用可能量
	秋鋤き込み	翌春鋤き込み	堆肥化	飼料	畜産敷料	焼却	その他	
15,480	5,762	1,313	0	0	0	17	276	7,368

稲わら燃料を事業として成立させるための具体的な需要先の検討では、町内で熱需要の多い代表的な施設、農業施設では農業用ハウス、公共施設では役場庁舎と南幌温泉について、需要量の検討を行いました。

その結果、年間を通して需要がある、南幌温泉へのボイラーの導入が最適であると判断しました。

表－４ 熱需要想定施設の比較

	農業ハウス	役場庁舎	南幌温泉
重油・灯油使用量	7.7kL/年	28.9kL/年	532kL/年
使用熱量	281,379MJ/年	1,128,087MJ/年	20,773,810MJ/年
稲わらの必要量	18t/年	72t/年	1,323t/年

４ 稲わらペレットを利用したバイオマス関係施設の導入について

（１）稲わらペレット製造施設の導入について

平成２３年３月に、一村一炭素落とし事業の助成を受け導入し、ペレット製造機の運転を開始しています。

- 総事業費 31,561 千円（助成額 28,800 千円）
- 円盤型ダイス水平押し式
- 処理能力 150～200 kg/h
- ペレットサイズ 直径6mm、長さは任意（通常は20mm）



（２）稲わらペレットを燃料としたボイラーの導入について

平成２３年３月に、グリーンニューディール基金事業の助成を受け、稲わらペレットを燃料としたボイラーを導入し、ペレットボイラーの運転を開始しています。

なんぼろ温泉ハート&ハートは、平成３年に現在の本館部分で開館し、平成４年に本館部分を増設、平成７年には現在の新館部分を増設しており、本館既設部分、本館増設部分、新館部分それぞれに重油ボイラーを設置しています。

今回導入したペレットボイラーは、なんぼろ温泉ハート&ハートの本館増設部分の給湯設備（カラン、シャワーなど）にお湯を供給しています。なお、ペレットボイラーと併設している重油ボイラーは、本館増設部分の給



湯設備にお湯を供給しているほか、同部分の暖房及び泡風呂に熱を供給しています。
また、平成18年からは、施設の管理を指定管理者へ委託しています。

- 総事業費 90,048 千円（助成額 85,000 千円）
- 定格能力 35 万 K c a l / h
- 伝熱面積 35.6 平方メートル
- 設置基数 2 基

5 現在の稲わらの収集体制等について

南幌町内の稲わらは、3（2）にあるとおり、圃場から搬出して畜産業者へ有償譲渡されているもののほか、約80%が圃場へ鋤き込まれています。

平成23年度から25年度までの稲わらの収集については、稲わらを畜産業者へ有償譲渡している農業者の協力を得て、ペレット製造者が稲わらを購入しています。圃場からの搬出、稲わらの保管施設までの運搬を農業者が行い、ペレット製造者が保管施設からペレット製造施設まで運搬し、ペレットを製造しています。



第2 稲わらペレットを利用した地域循環システムの構築に向けて～報告～

稲わらペレットの製造機及びペレットボイラーの導入にあたっては、稲わらの成形サンプルの試作や燃焼試験などを行うことにより、稲わらペレットは燃料として使えることが分かっていますが、今回導入したペレットボイラー等を実際に運転するにあたり、新たな課題が見つかることが予想されます。このことから、導入してから3年間（平成23年度から25年度まで）は、稲わらペレットの利用についてペレットボイラーやペレット製造機の運転を行うことなどにより、地域循環システムの構築等について実証を行うこととしました。実証にあたっては、北海道大学、地方独立行政法人北海道立総合研究機構工業試験場の協力を得て行いました。

1 稲わらペレットを利用したバイオマスボイラー等の安定的な運転に向けて

(1) 保管方法の確立、必要な熱量の供給についての確認

ア 保管状況の確認、ペレット製造への支障の確認^(注1)

- 原料としての稲わらロールの含水率と造粒時の加水量が、歩留まり率と稲わら

ペレットの発熱量を管理するための重要因子となる。

- 発熱量ベースで重油・灯油価格に競争できるペレットの発熱量と含水率の関係を明らかにし、現状では製造コスト削減が必要であること、また将来重油・灯油価格が20円高騰した際には（重油105円、灯油110円）、現状で生産されている14～22%のペレット含水率で十分競争可能であることを示した。

イ ボイラーの発熱量等の確認^(注2)

- ペレットボイラー2基で入浴施設、温泉施設の暖房を含む全エネルギーを供給しようとした場合、ボイラーの供給可能熱量は木質ペレット50%、稲わらペレット50%、熱効率0.87（87%）として計算し、実際の熱供給量はA重油、木質ペレット、稲わらペレットの消費量から計算したところ、実際にはこの規模のボイラーであればホテル、入浴施設の暖房を含めた全エネルギーをペレット燃焼で供給することが可能である。
- 木質ペレットと農作物残渣ペレットの生産に係る電力測定を行い農作物残渣のエネルギーとして優位性を証明しようとしたところ、現施設の破砕機が能力不足であること、前年度の稲わらの自然乾燥の失敗により1日2時間程度の成型しかできず安定した電力測定が行えない状況にある。しかしながらこれまでの経験から、農作物残渣のセルロースは木質のそれよりも強度が低く成型しやすいことがわかっており、木質ペレットの場合より成型に要する電力は低くなると予想される。

ウ バイオマスボイラーの性能試験について

稲わらペレットを利用したボイラーは全国的にも例がないことから、このボイラーの燃焼率などを測定するなど、性能試験を行いました。

この試験は、地方独立行政法人北海道総合研究機構工業試験場（以下「道総研工業試験場」という。）の技術協力を得て行いました。詳細は別添「なんぼろ温泉ペレットボイラ性能試験結果」（別添北海道立総合研究機構工業試験場 平成25年9月参照。）。

(7) 試験期間

平成25年7月22日から7月25日まで

(イ) なんぼろ温泉ハート&ハートペレットボイラーの性能試験について

北海道立総合研究機構工業試験場の「短期実用化研究開発」による技術協力を得て、ペレットボイラーの熱効率等の測定を行いました。その結果の概要は次のとおりです。なお、性能試験を行ったときに、炉内を確認したところ、タール状の物質が熱交換器表面に付着していることや、空気を送る穴が焼却灰で埋まっているものが確認されています。

表－５ ペレットボイラー出力、熱効率

		入熱				出熱				熱効率
		燃料種類	発熱量	燃料消費率	入熱量	ボイラー 出口温度	ボイラー 入口温度	流量	出熱量	
		－	MJ/kg	kg/h	kw	℃	℃	L/min	kw	
H25.7.23	1号	木 P+稲 P	13.50	70.6	265	79.4	73.5	422	175	66.1
	2号	木 P+稲 P	13.50	70.6	265	78.0	72.2	414	166	62.9
	2号	木 P+稲 P	13.50	71.1	266	74.1	66.8	414	210	78.9
H25.7.24	1号	木 P+稲 P	13.50	70.6	265	74.4	68.2	422	181	68.4
	2号	木 P+稲 P	13.50	－	－	－	－	－	－	－
H25.7.25	1号	木 P+麦 P	14.59	70.9	287	72.1	65.5	422	194	67.5
	2号	木 P+麦 P	14.59	70.3	285	71.6	64.3	414	213	74.9

表－６ 重油ボイラー出力、熱効率

		入熱				出熱				熱効率
		燃料種類	発熱量	燃料消費率	入熱量	ボイラー出 口温度	ボイラー入 口温度	流量	出熱量	
		－	MJ/kg	kg/h	kw	℃	℃	L/min	kw	
H25.7.23		A 重油	41.90	16.6	193	71.5	21.9	66.4	74	38.4
H25.7.24		A 重油	41.90	16.1	187	72.8	22.1	66.4	73	39.2

【試験結果】

- ペレットボイラーの熱効率は66%～79%であった。熱効率の向上のためには、定格出力における性能試験の実施、およびボイラー熱交換器表面に付着した種火運転によると思われるタールの除去が必要であると思われる。
- 重油ボイラーの熱効率が38.4%から39.2%と低い場合では、重油価格が66円/Lより高い場合は、ペレット燃料を利用した方が経済的に有利であると思われる。なお、ペレットボイラー及び重油ボイラーがともに、一般的なボイラーの熱効率である85%から90%で計算すると、重油価格が120円から121円以上の場合、ペレット燃料を利用した方が経済的に有利となります。

(ウ) 煙道測定結果について

独立行政法人北海道立総合研究機構環境・地質研究本部環境科学研究センターの研究が行っている「大気中粒子状物質の健康影響に関する研究」による検

体採取にあわせて、排ガス中のばいじん等の測定を行いました。

表-7 ダスト及びPM_{2.5}濃度の測定結果

	測定項目	時刻		ダスト、PM _{2.5} g/m ³ N	ダスト、PM _{2.5} 酸素換算 g/m ³ N	NO _x ppm	NO _x 酸素換算 ppm	CO ppm	CO 酸素換算 ppm	O ₂ %
1	ダスト①	3:23 ~ 3:29	平均	0.15	0.25	118.3	190.7	556.0	896.2	11.7
			最高			120.5		622.4		12.5
			最低			115.1		492.3		11.3
2	PM _{2.5} ①	3:32 ~ 3:39	平均	0.22	0.36	107.0	174.7	1637.5	2674.7	11.8
			最高			119.7		5534.8		14.3
			最低			94.4		606.8		7.3
3	ダスト②	3:40 ~ 3:45	平均	0.17	0.26	98.6	149.7	1608.4	2440.8	11.1
			最高			109.3		3504.1		14.3
			最低			91.3		848.1		7.5
4	PM _{2.5} ②	3:47 ~ 3:52	平均	0.15	0.29	115.1	216.3	684.9	1286.7	13.0
			最高			128.5		810.5		13.5
			最低			103.2		596.8		12.5
5	ダスト③	3:55 ~ 4:02	平均	0.13	0.25	120.1	225.7	602.0	1131.4	13.0
			最高			123.0		641.8		13.5
			最低			116.8		552.5		12.5
6	PM _{2.5} ③	4:02 ~ 4:05	平均	0.74	1.27	137.6	237.6	2838.3	4900.2	12.3
			最高			152.8		9231.1		14.6
			最低			121.5		596.3		7.8



排ガス中のばいじん濃度は 0.26g/Nm³ と大気汚染防止法に基づく排出基準値の 0.30g/Nm³ を下回りましたが、同法に基づく届出書の添付書類「ばい煙発生施設の使用方法」では計画上は 0.11g/Nm³ となっており、それよりは高い結果となりました。

また、排ガス中の一酸化炭素の濃度が平均で約 800～4900ppm と高い数値であったことから、燃焼に必要な空気が供給されていないことが想定されます。

(イ) 稲わらペレット以外のバイオマスの利用について

稲わらは、1年のうち秋に発生します。この稲わらを収集する時期に雨が続くと、収集作業を行う機材が圃場に入ることができず、必要な量の稲わらを確保できないことも想定されます。

このことから、稲わら以外のバイオマスとして、麦わらを原料としてペレットを製造し、性能試験にあわせて燃焼試験を行いました。

試験の結果では、熱効率が、1号ボイラーでは木質ペレット+稲わらペレット燃焼時で 66.1%、68.4%、木質ペレット+麦わらペレット燃焼時で 67.5%、また、2号ボイラーでは木質ペレット+稲わらペレット燃焼時で 62.9%、78.9%、木質ペレット+麦わらペレット燃焼時で 74.9% で、稲わらペレットと麦わらペレットの燃料の違いによる熱効率の明確な差異は認められませんでした。

このことから、稲わらの代わりに麦わらをペレット原料として利用することは可能であると考えられます。

(2) ペレットボイラー等の運転方法

ア ペレットボイラー運転上の支障について

平成23年度のボイラーの運転管理は、ペレットボイラーの施工業者が行っていました。施工業者へ聞き取り調査を行ったところ、次のとおり運転管理の支障となる故障等があり、対策をとりました。

○ サーマルトリップ

稲わらペレット等の燃料をペレットボイラーのバーナーへ送るスクリーコンベアーが止まってしまう現象。

原因として考えられるのは、稲わらペレットに多くのケイ素が含まれているため、木質ペレットのみを送るより、スクリーコンベアーに負荷がかかることが考えられます。

現在、スクリーの部品等を交換するなどして対策をとったことから、良好に運転しています。

○ 焼却灰の固化

稲わらがペレットボイラーのバーナーに固まってしまう現象。

一時的な対応として、バーナーに発生する焼却灰とぶつかるように、焼却灰をロストル上に置くことにより対応をとりました。また、こまめにバーナー上の灰を落とす作業を行うなどの対応をとりました。

イ ペレットボイラーの維持管理について

なんぼろ温泉ハート&ハートに設置しているペレットボイラーの施工業者から、ボイラーの維持管理について聞き取りした結果、次の項目について定期的に整備等を行う必要があることが分りました。

- 水管部分の灰の清掃 2回/週
- 回転ロストルの清掃 2回/年
- 燃焼室の壁の清掃 2回/年
- 灰出し用ドラム缶の交換 随時
- 燃焼空気量の調整 随時
- 煙道の確認及び清掃 随時

2 稲わらペレットを利用する地域循環システムの構築に向けて

(1) 未利用資源廃棄物の利用システムと生態系サービス評価^(注3)

- 南幌町の人口動態や社会経済について、地球環境市民社会（グローバル化×自然志向）、グローバル・テクノトピア（グローバル化×技術志向）、里山里海ルネッサ

ンス（ローカル化×自然志向）、地域自立型技術社会（ローカル化×技術志向）の中長期将来シナリオを作成し、シナリオごとに異なるシステムを設定する。

- 土地利用を媒介として、バイオマス利用システムと生態系サービスとの関係を、バイオマス由来燃料生産量、エネルギーの地域自給率、GHG排出量、土壌炭素貯留量等を用いた評価項目として、バイオマス利用システムと生態系サービスとの関係を明らかにする。

- その結果、次のことが明らかになった。

- ① 南幌町では、稲わらを軸とした未利用バイオマス利用が展開され、このことを通して、資源循環型であると同時に低炭素型の地域社会形成が図られている。
- ② 南幌町では、賦存稲わら燃料化率が最も高い「グローバル・テクトピア」シナリオ（燃料化率30%）において、稲わら19,500ロールが必要となり、その燃料化による重油代替と稲わらのすき込み回避によるメタン発生量の削減によって、GHG排出量の収支は約6,000t-CO₂等量/年の削減になること、これは南幌町における民生部門のエネルギー消費に伴う炭素排出量の12%に相当することを明らかにした。
- ③ 稲わらのような有機物施用にあたっては、有機物施用による年間炭素貯留量増加、その施用に伴うメタン発生量の双方を考慮する必要があるほか、稲わらペレットを重油燃料代替とすることによるGHG削減効果と、稲わらロールの収集・燃料化の過程で排出されるGHG排出量をカウントする必要がある、これらを定量化した結果、土壌炭素貯留まで考慮した場合には、稲わら燃料化によるGHG削減効果は限定的になりうることが示唆された。
- ④ 南幌町のような都市近郊の稲作中心の農村地域では、稲わらの燃料化を軸とする未利用バイオマスによる資源循環圏形成という観点では、対象地域を隣接市町村までに広域化させるよりも、まずは南幌町の中で地域エネルギー自給率向上や炭素削減率削減を進めていくことが望ましい。

(2) 経済的要件についての検証

ア バイオマスボイラーやペレット製造に係る経済的要因に関する課題の整理

平成23年4月から平成24年3月までの、なんぼろ温泉ハート&ハートの燃料使用量及び燃料単価の実績から、重油とペレットの燃料使用料と、ペレットで使用した量を重油に置換えたときの燃料使用料を比較しました。

【燃料の使用料実績】

- 重油の使用料（Ph）

$$= (4 \text{ 月の使用量} \times 4 \text{ 月の単価}) + \dots + (3 \text{ 月の使用量} \times 3 \text{ 月の単価})$$

- 稲わらペレットの使用料（Pr）

$$= (4 \text{ 月の使用量} \times 4 \text{ 月の単価}) + \dots + (3 \text{ 月の使用量} \times 3 \text{ 月の単価})$$

○ 木質ペレットの使用料 (P_w)

$$= (4 \text{ 月の使用量} \times 4 \text{ 月の単価}) + \dots + (3 \text{ 月の使用量} \times 3 \text{ 月の単価})$$

$$\text{燃料の使用料実績 (P)} = P_h + P_r + P_w = 31,172,500 \text{ 円}$$

【ペレットを重油に置換えた費用の計算】

○ 重油の発熱量 (c_h) 39.11 MJ/kg (詳細ビジョン)

○ 稲わらペレットの発熱量 (c_r) 15.18 MJ/kg (道総研工業試験場研究論文)

○ 木質ペレットの発熱量 (c_w) 17.73 MJ/kg (道総研工業試験場研究論文)

$$c_h/c_r = 2.57, c_h/c_w = 2.20$$

ペレットを重油に置換えた使用量 (X)

$$= (\text{稲わらペレット使用量} / 2.57) + (\text{木質ペレット使用量} / 2.20)$$

ペレットを重油に置換えた使用料 (P_t)

$$= (X_{4 \text{ 月}} \times 4 \text{ 月の重油の単価}) + \dots + (X_{3 \text{ 月}} \times 3 \text{ 月の重油の単価})$$

$$= 30,094,920 \text{ 円}$$

【計算結果】

$$P - P_t = 1,077,580 \text{ 円} \dots \textcircled{1}$$

燃料費はペレットを利用した場合より重油のみを使用した方が①の金額だけ割高となる。なお、ペレットを利用した場合の方が有利となる重油の価格は、年平均 81.57 円/L 以上です。

なお、この計算にはボイラーの運転管理に必要な人件費や電気料金などの費用は含まれていません。

(3) 焼却灰の利用

ア 肥料・土壌改良剤としての性状、法規制の整理

稲わらペレットを燃料としたバイオマスボイラーから排出する焼却灰は、肥料取締法第 22 条第 1 項（肥料生産業者）及び第 23 条第 1 項（肥料販売業者）の届出を行い、肥料（融雪剤）として販売・利用することとしました。なお、届け出にあたっては、有害成分の含有量等の検査を行い、肥料取締法に基づく汚泥肥料等の基準を超えるものはないことを確認しています。



【届出状況】

○ 届出者

株式会社アンビックス（なんぼろ温泉ハート&ハート指定管理者）

○ 届出の受理年月日及び受理番号

平成24年3月7日 第6185号

平成23年度の実績は、肥料取締法の届出が受理されるまでに排出した焼却灰については産業廃棄物として委託処理していました。届出を受理されてから排出したものについては、稲わらの供給を受けている町内の農業者に販売しました。

イ 放射性セシウムの検査について

ペレットボイラーから排出する焼却灰は、融雪剤として利用することとしていましたが、平成24年4月18日付け農林水産省生産局農産部技術普及課長通知により、「特殊肥料である「草木灰」について、肥料等のセシウム濃度の暫定許容値（400ベクレル/kg）以下であることを検査等により確認した上で出荷すること。」と取り扱いが通知されました。

このことから、1（1）ウの性能試験により発生した焼却灰を、北海道立衛生研究所に依頼し、検査を行ったところセシウムは不検出でした。

表－8 試験結果

放射性核種	セシウム-134 (Cs-134)	セシウム-137 (Cs-137)	放射性セシウム (Cs-134+Cs-137)
放射能(Bq/kg) (検出限界)	不検出 (11)	不検出 (12)	不検出 (23)

表－9 検体概要（広教資材(株)で製造した稲わらペレット及び木質ペレットの焼却灰）

検体採取日時	検体採取地	検体重量(g)	供試料(g)	試料高さ(cm)	検体密度 (g/cm ³)
2013年7月25日 1:19	なんぼろ温泉ハ ート&ハート	328	41.0	4.95	0.458

3 町民、事業者の情報の共有と普及・啓発

平成24年度は、新エネルギーに関すること及び稲わらペレットの利活用について、町民等へ紹介することにより、この取組への理解を深めてもらい、この取組が地域一体となることを目的に児童・生徒対象新エネルギーに関する学習会及び新エネルギー・シンポジウムを開催しました。

また、平成25年度は、稲わらペレットの利活用に関する今後の方向性、この取組

を地域活性化へ結びつけるために必要なことについて、地域住民が有識者の助言を受けながら意見交換を行うことにより、この取組が地域一体となり推進されるために、南幌町新エネルギーフォーラムを開催しました。

なお、この他に、南幌町の広報誌「広報なんぽろ」により町民へ情報提供を行うとともに、町外からの視察を受け入れるなど、稲わらペレットの取組について広く周知を行っています。

(1) 児童・生徒対象新エネルギーに関する学習会

南幌町立南幌小学校児童及び南幌町立南幌中学校生徒を対象に、新エネルギーに関する学習会を開催しました。

ア 開催年月日

平成24年6月29日（金）

イ 開催時間及び場所

開催時間	対象児童生徒	開催場所
10時40分～11時25分	南幌小学校児童3、4年生	南幌小学校 音楽室
11時30分～12時15分	南幌小学校児童5、6年生	南幌小学校 音楽室
13時25分～14時15分	南幌中学校全生徒	南幌中学校 体育館

ウ 参加人数

(ア) 南幌小学校 241名

(イ) 南幌中学校 261名

エ 講師

東京大学大学院 教授 橋本和仁氏

オ 内容

新エネルギーに関することや橋本和仁教授が研究している人工光合成、光触媒についての講義を行いました。



(2) 新エネルギー・シンポジウム

町民等を対象に新エネルギーに関するシンポジウムを開催しました。

ア 開催年月日

平成24年11月18日（日）

イ 開催場所

南幌町保健福祉総合センター あいくる

ウ 来場者数

約80名

エ 内容

(ア) 稲わらペレット製造施設及びペレットボイラーの見学会

町民等を対象に、広教資材株式会社に設置しているペレット製造施設及びなんぼろ温泉ハート&ハートに設置しているペレットボイラーの見学会を行いました。

(イ) 講演会

東京大学大学院橋本和仁教授を講師に迎え、最新の新エネルギーの研究に関する講演を行いました。

北海道大学大学院古市徹教授を講師に迎え、南幌町の再生可能エネルギーの展望について講演を行いました。

(ウ) シンポジウム

南幌町の担当者から、稲わらペレットの取組について報告しました。

南幌町新エネルギー事業運営会議のアドバイザーである、北海道大学大学院石井一英准教授をコーディネーター、稲わらペレットを利用しているなんぼろ温泉ハート&ハートの渡部貴司支配人、稲わらペレットを製造している広教資材株式会社の押岡昌志社長、南幌町三好富士夫町長をパネラーとし、南幌町の稲わらペレットの取組についてのパネルディスカッションを行いました。

(エ) 展示会

住宅用太陽光発電パネルやペレットストーブの展示を行うとともに、電気自動車の展示及び試乗会を行いました。



(3) 南幌町新エネルギー・フォーラム

このフォーラムは、参加者がリラックスした環境で自由に意見を出し合い、おたいの考え方などについて探求し、相互理解を深めるために、ワールドカフェの手法を用いて行いました。

参加者は、前半は3班に分かれ、パネラーがテーブルホストとなり意見交換を行った。後半は、コーディネーターの進行で全体討議を行い、稲わらペレットの利活用について多くの意見を参加者が共有しました。

ア 開催日時

平成25年8月25日（日） 13時30分から15時30分まで

イ 開催場所

南幌町保健福祉総合センター あいくるロビー

ウ 参加人数

19名

エ コーディネーター及びパネラー

(ア) コーディネーター

北海道大学大学院 准教授 石井一英氏

(イ) パネラー

大成建設株式会社環境本部開発資源循環開発室 次長 五十嵐正氏

公益社団法人北海道環境財団 専務理事 柴田真年氏

北海道空知総合振興局地域政策部地域政策課 課長 池田和明氏



オ 参加者の主な意見

(ア) 稲わらの収集について

- ・ 稲わらを圃場から搬出する作業は天候に左右される。雨が続けば圃場に機材を入れることができない。また、この場合、搬出される稲わらの量も少なくなる。
- ・ 秋口は農作業が忙しい時期である。この時期に稲わらを圃場から搬出する作業の優先順位は低い。他の人が作業を行ってもらえるのであれば、稲わらを持って行ってもよい。
- ・ 稲わらを圃場から出す作業には費用がかかり、それを誰が負担するのかなどの問題がある。

(イ) 稲わらペレットの利用について

- ・ 稲わらペレットを家庭で利用するために、役場にあるペレットストーブで稲わらペレットを利用して、町民に見てもらおうとよい。
- ・ 南幌町の全体の公共施設で使うとよい。
- ・ ビニールハウスなどの農業施設で、灯油ボイラーの補助的なものでもよいので利用してはどうか。

(ウ) 農業に関することについて

- ・ 稲わらを圃場から出したいのは確かである。
- ・ 南幌町の米の食味を維持・向上させたい。

(エ) 経済的な要件について

- ・ 稲わらペレットは灯油などに比べるとコストが高い。コストを下げるた

めには、稲わらペレットを大量に製造して、大量に利用する必要がある。

- ・ 課題はあるが、みんなで力を合わせて進めるべきである。何かを始めるためにはお金がかかるものである。お金のことを考えていたら何もできない。

(オ) 地域の取組に関することについて

- ・ 町民みんなで、新しいエネルギーを利用するような形に変えていく取組みを行うとよい。
- ・ この取組は、農業者だけで完結するものではない。一般の方にもメリットがあるようにするとよい。そのために、行政の助成があるとよい。
- ・ 強い気持ちを持って取り組むべきである。

(カ) 情報発信について

- ・ 稲わらの利用は、日本でも先進的な取組みであるので、農業と合わせて発信するべきである。
- ・ 稲わらペレットの取組は、一般の方は知らないと思うので、もう少しPRした方がよい。

(キ) その他の意見について

- ・ 稲わらをエネルギーとして利用するだけでなく、色々な利用方法があってもよい。
- ・ 稲わらをペレットとして使うことが、誰にでも使えるようなシステムになればよい。
- ・ 稲わらペレットだけでなく、色々なものが燃料として利用できるような技術を開発すればよいのではないか。

カ パネラーの意見

- ・ お金のことばかりを考えていては何もできない。みんなでやろうという気持ちが、何らかの奇跡を起こすことも国内的に実例としてあると思う。
- ・ それぞれの地域の方が、それぞれの地域で考えなければ問題は解決しない。
- ・ 地域資源とは自然資源と地域資源があり、この資源をうまく利用して、地域にあったやり方を考える。そのためには、このように集まって、議論しながら自分たちが今までやってきたルールなり、生き方なり、経済活動の中でどのようにやっていくか、考えるのが一番いいのではないかと。
- ・ 稲わらペレットの取組は、先進的な取組みであるので、ぜひ頑張っていたきたい。
- ・ 情報発信としては、空知総合振興局のエコ空知の取組としても発信していくことが重要であると考えている。

- ・ なんぼろ温泉に入ると、環境によいという発信をすることにより、利用者が増えるようにすればよい。
- ・ 他の地域でも、もみ殻をブリケットにして利用する取組が進まない例があった。しかし、最近は新エネルギーを重視しているので、今は、南幌町の取組みがうまくいように思われる。
- ・ 空知総合振興局の他の市町でも、環境にやさしい取組を進めたいと思っている。そのため、コストがかかるなどの問題を解決したい。
- ・ 稲わらの利活用を町の発展に、どのようにつなげていくかが、大きな課題だと思っている。
- ・ 稲わらをエネルギーだけではなく、何かの材料として使っていく方法を考えることも必要だと思う。
- ・ 農業、一般の方の間で、コストも資源もすべてがうまく循環するような社会というものを作っていく。このような取組みに関して南幌町が日本の先駆けになればいいと思う。

キ コーディネーターの意見

- ・ 稲わらペレットの利活用について、町民の皆さんに身近なものとして知ってほしい。身近とは、稲わらが自分たちの生活のためのエネルギーになっている、そのような実感を持つ取組みとなったらよい。それは、一般家庭が使うということだけではなく、例えば、なんぼろ温泉や公共施設で利用することもあるのではないかなと思う。
- ・ 稲わらを出す農業者、稲わらペレットの製造者・利用者がどのくらいの費用がかかるのか、それに対する助成はあるのかなど、コストの関係も議論した方がよい。また、町で稲わらを利用する量はどのくらいあるのか、それに対して稲わらはどのくらい必要なのかなど、皆さんで情報を出し合って、話し合いを持たれるとよい。
- ・ 地球温暖化という問題からは、稲わらを圃場に鋤き込むとメタンガスが発生する。メタンガスは二酸化炭素よりも約21倍も地球温暖化に影響がある。このため、鋤き込みをやめるだけで地球温暖化の防止になる。それを燃料に利用すると、化石燃料を使わないので、1つの行為が何倍も地球温暖化の防止になる。そういったことから、稲わらを圃場に鋤き込まないで利用することは、非常に地球環境によいことをしている。南幌町がそういった町になればいいと思っている。

第3 まとめ

1 稲わらペレットを利用したペレットボイラー等の安定的な運転に向けて

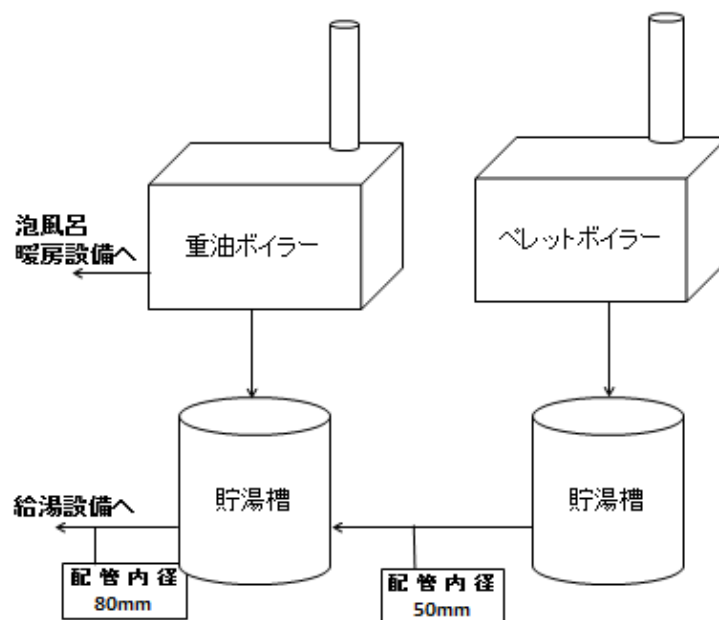
ペレットボイラーは計算上も性能試験の結果を見ても、ペレットボイラーがお湯を供給している本館増設部分の給湯施設へ、並列して設置している重油ボイラーの代わりに熱を供給する能力があることは分かりました。

しかし、ペレットボイラーは重油ボイラーの補助的に利用するよう施工されていることから、ペレットボイラーより重油ボイラーを優先的に稼働するよう設定されています。

また、本館の重油ボイラーは、給湯設備へ送る系統とは別に、本館増設部分の暖房や泡風呂にお湯を送る系統もあり、この配管の系統へはペレットボイラーは接続していません。

ペレットボイラー性能試験のまとめにあるとおり、ボイラーの熱交換器にタールが付着していることが原因で熱効率が66%~79%と低くなったことなどについて、ボイラーの燃焼状態を良好にし、ボイラーの熱効率を上げ、定格出力を維持するためには、ボイラーの維持管理を徹底する必要があります。そのためには第2の1(2)イにある項目について維持管理を行う必要があると考えられます。

図-2 ペレットボイラーと重油ボイラーの配管



2 稲わらペレットを利用する地域循環システムの構築に向けて

稲わらペレットの利活用については、温室効果ガスの発生量の削減となることが分かりました。なお、当面は南幌町の中で地域エネルギー自給率向上や温室効果ガスの削

減を進めることが望ましいです。

経済的要件については、平成 23 年度の重油、ペレットの使用実績から計算したところ、重油を使用するよりペレットを利用した方が割高になります。ただし、重油価格が年平均で 81.57 円/L 以上となれば、ペレットを利用した方が割安となるほか、ペレットボイラー性能試験結果では、重油ボイラーの熱効率が 38.4% から 39.2% と低い場合では 66 円/L より高い場合はペレットの方が経済的に有利であるという結果でした。なお、ペレットボイラー及び重油ボイラーがともに、一般的なボイラーの熱効率である 85% から 90% で計算すると、重油価格が 120 円から 121 円以上の場合、ペレット燃料を利用した方が経済的に有利となります。

なお、経済性の検討については、設定する条件によりペレット燃料が有利になる重油価格が変わります。このことについては、今後の取組を進めることにより実証されていくことが期待されます。

焼却灰の利用については、肥料取締法の届出を行い融雪剤として利用できるようになっています。また、放射性セシウムの濃度が不検出であり、農林水産省から示されている暫定許容値（400 ベクレル/kg）以下であることを確認しています。

3 地域循環システムの推進体制の構築に向けて

稲わらペレットの利活用の取組については、平成 22 年度に南幌町新エネルギー事業運営会議を設置し、協議してきました。平成 26 年度からは、この会議を発展的解消し、南幌町バイオマス利活用促進協議会（仮称）を設置し、取組みについて協議していくこととしています。

4 町民、事業者との情報の共有と普及啓発へ向けて

平成 24 年度に学習会やシンポジウムを開催したことにより、稲わらペレットの利活用についての町民への周知が行われました。

平成 25 年度に開催したフォーラムでは、参加者から多くの意見が出されました。

米の食味の維持・向上のため、農業者は圃場から稲わらを出したいが、天候に左右される作業であることや、秋は他の作業が忙しいこと、搬出することに費用がかかることなどから、搬出できない状況であり、農業者からは、他の者が搬出作業を行ってほしいという意見がありました。

また、稲わらペレットが重油より割高となっているので、大量に生産して利用する必要があり、利用先については、公共施設や農業施設で利用する他、役場のペレットストーブで利用して、町民に見てもらうこともよいという意見がありました。

5 課題について

なんぼろ温泉ハート&ハートに設置しているペレットボイラーは性能試験の結果、給湯施設にお湯を供給する能力はあるが、ペレットボイラーを重油ボイラーの代わりに使

うためには、ペレットボイラーと重油ボイラーの運転方法など、各ボイラーの運用についての見直しや、配管系統を見直すなどの検討の必要があります。

ペレットボイラーは重油ボイラーに比べて維持管理に手間がかかるので、その維持管理体制を構築する必要があります。

経済的には、重油に比べて稲わらペレットは割高になるという結果ですが、稲わらペレットを大量に製造して利用するなど、その価格を下げるような対策が必要であると考えられます。

また、稲わらペレットを大量に使用するためには、稲わらの収集方法等の構築が必要であり、現在は農業者がその作業を行っていますが、稲わらが発生する時期は農作業が忙しいことや天候に左右される作業であることから、農業者以外の者による収集についても検討する必要があると考えられます。

現在は、稲わらを畜産業者へ有償譲渡している農業者の協力を得て、ペレット製造者が稲わらを購入していることから、初期費用が高くなっています。このことから、圃場の稲わらを鋤き込まずに収集してペレットの原料とする取組みが必要となります。

また、稲わらを収集する時期に雨が続くと、圃場に機材を入れることができないため、稲わらの収集作業ができず、必要な稲わらを確保できないことが想定されます。そのため、稲わらが確保できない場合に対応するため、他のバイオマスの利用についても検討する必要があります。

6 最後に

平成23年度から3年間稲わらペレットを利用した地域循環システムの構築をめざし、取り組んできました。

その結果、まだまだ解決しなければならない課題がありながらも、1年間の稲わらの利用量が120ロール(約24t)という規模ですが、稲わらの収集体制がとれたこと、稲わらペレットを燃料としたペレットボイラーは実用に耐え得る熱量を確保できること、焼却灰は融雪剤として利用できることなど、稲わらペレットを利用した地域循環システムを構築することができたと考えています。

このことは、国が進めているバイオマスの利活用の推進に寄与するとともに、農業から排出する副産物の処理などに課題を抱えている地域への、課題解決の一助となるものではないかと考えています。

来年度以降は、この地域循環システムを広げていくとともに、より良いものとなるような様々な取組みを行っていきたいと考えています。

【参考文献】

- (注1) 「南幌町の稲わらペレットの発熱量に影響を及ぼす因子の実プラントによる検討」
友川 悠・古市 徹・石井 一英・金 相烈・翁 御棋
第40回環境システム研究論文発表会講演集, pp. 81-88, 2012
- (注2) 上出 光志：稲わらペレットの燃焼条件の最適化に向けた検討
古市徹：環境研究総合推進費補助金研究事業研究報告書「バイオマスの利活用を
基軸とした地域循環圏のモデル化と普及方策に関する研究」,
pp142-148, 2012. 3
- (注3) 齊藤修：未利用廃棄物（木質系，農業残渣）の利活用システムと生態系サービス
評価
古市徹：環境研究総合推進費補助金研究事業研究報告書「バイオマスの利活用を
基軸とした地域循環圏のモデル化と普及方策に関する研究」,
pp149-165, 2012. 3

参 考 文 献

「南幌町の稲わらペレットの発熱量に影響を及ぼす因子の実プラントによる検討」

友川 悠・古市 徹・石井 一英・金 相烈・翁 御棋

第 40 回環境システム研究論文発表会講演集, pp. 81-88, 2012

「稲わらペレットの燃焼条件の最適化に向けた検討」

上出 光志

古市徹：環境研究総合推進費補助金研究事業研究報告書「バイオマスの利活用を
基軸とした地域循環圏のモデル化と普及方策に関する研究」,
pp142-148, 2012. 3

「未利用廃棄物（木質系，農業残渣）の利活用システムと生態系サービス評価」

齊藤修

古市徹：環境研究総合推進費補助金研究事業研究報告書「バイオマスの利活用を
基軸とした地域循環圏のモデル化と普及方策に関する研究」,
pp149-165, 2012. 3

南幌町の稲わらペレットの発熱量に影響を及ぼす因子の実プラントによる検討

友川 悠¹・古市 徹²・石井 一英³・翁 御棋⁴・金 相烈⁵

¹非会員 北海道大学修士 大学院工学研究科 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: tomokawa@kanri-er.eng.hokudai.ac.jp

²正会員 北海道大学教授 大学院工学研究科 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: t-furu@eng.hokudai.ac.jp

³正会員 北海道大学准教授 大学院工学研究科 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: k-ishii@eng.hokudai.ac.jp

⁴非会員 北海道大学助教 大学院工学研究科 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: weng@eng.hokudai.ac.jp

⁵非会員 北海道大学助教 大学院工学研究科 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: sykim@eng.hokudai.ac.jp

日本では稲わらの約7割が鋤き込みされている。稲わらの鋤き込みは、作物生育障害の発生やメタン排出量増加が懸念されていることから、稲わらの有効利用が望まれている。本研究では、全国で唯一稲わらペレットを実プラントで製造し、温泉で熱利用している南幌町を対象とし、稲わらペレット製造の歩留まり率及びペレットの発熱量の影響因子を明らかにし、また、重油や灯油との熱量あたりの取引価格から算出したペレット価格について考察を行った。その結果、歩留まり率及びペレット発熱量の影響因子として、原料となるロール状態での稲わら含水率とペレット造粒工程での加水量が重要な因子であることを示した。また、発熱量ベースで重油や灯油と競争できる稲わらペレット価格と含水率の関係を明らかにすることができた。

Key Words : rice straw pellets, heating value, yield rate, water content, addition of water

1. 研究背景と目的

我が国では、21世紀環境立国戦略が閣議決定され、持続可能な社会を形成するための手段の一つとして、バイオマス利活用の推進が求められている。しかし、バイオマスの中でも特に農業残渣などの未利用バイオマスは、利活用が進んでいない。国内の農業残渣の中では、稲わらの発生量が年間約900万トンで最も多く、稲わらの有効利用を図ることが重要である。しかし、稲わらの約70%が鋤き込みされている。稲わらの鋤き込みに関しては、温室効果ガスであるメタンの発生が大きいとする指摘がある。また、窒素肥沃度の高い水田や透排水性の悪い水田における稲わらの鋤き込みは、移植後の稲わらの分解に伴う、土壌の還元化や生育阻害物質を生成させ、初期生育を不良とする原因になると言われている。さらに、生育後半において窒素が無機化されタンパク含有率を高める原因になるという見解もある。基本的には鋤き込みをせずに堆肥化してから施用するのが基本であり、

鋤き込みをする場合でも、透排水性の良い乾田を対象にしている場合が多い。

このような事情から、畜産と脱穀農業の需給バランスが取れた地域については、最近ではわらを鋤き込みせずに家畜の飼料やたい肥の水分調整剤として使うために、リサイクルに取り組む農家が増えてきている。しかし、飼料などのマテリアル利用ができない地域もあり、そのような地域ではエネルギー資源としての利用を進めていくべきと考える。

本研究では、稲わらの有効利用方法として、低コストで燃料を製造できる固形燃料化（ペレット化）に着目した。本研究では、全国で唯一稲わらのペレット化を実規模の事業として実施している南幌町に焦点を当てる。

稲わらのペレット化は全国的に見ても前例が無く、データ整備が進んでいない。特に、実プラントで製造された稲わらペレットの歩留まり率や発熱量に関するデータは無く、重油や灯油と熱量ベースの価格比較も行われていない。さらに、発熱量に影響を及ぼす因子も明らかで

はないため、良い品質の稲わらペレットを製造するノウハウも十分ではない。

そこで、本研究では、以下を研究目的とする。

- ①実プラントで製造された稲わらペレットの歩留まり率及び発熱量とそれらの影響因子を明らかにし稲わらペレットの製品管理のための指標を検討する。
- ②重油や灯油との熱量あたりの取引価格から求められる発熱量について考察する。

2. 南幌町稲わらペレット事業の現状と課題

(1) 南幌町の概要

南幌町は北海道の中央部よりもやや西南端の石狩平野、空知支庁南部に位置し、幌向原野が広がっていた土地を開拓者が基盤の目状に農地整理した田園地帯である。低地土、泥炭土が広く分布し、台地には重粘な土壌が分布し、稲作のほか畑作が行われており、地域全体で稲作から排出されるもみ殻、稲わら等の農業系バイオマスが存在する。南幌町の総面積は約82km²であり、そのうち67%が田である。

南幌町の稲わら賦存量は約13,500t/年であり、これを熱量換算すると、197,145GJとなる。稲わら賦存量のうち、現在約80%が鋤込み等として処理されている^{1,2)}。

(2) 南幌町稲わらペレット事業の概要

南幌町は、稲わらを活用したペレット(固形燃料)の製造、バイオマスボイラーの導入によるエネルギーの地域内循環システムを目指している。農家のほ場で稲わらがロール化され、そして保管施設まで運搬され、ペレット事業者によりペレット成形され、町内の温泉にて熱利用される。そして燃焼後の灰を融雪剤として利用するという事業である。

詳細は、図-1に示すように、秋に稲刈り後、農家さんがほ場に放置された稲わらをレーキ(集草機)で乾燥させ、ロールベアラにてロール化し、ほ場から搬出する。その後、トラックを用いて、広教資材(株)が所有する保管施設(ビニールハウス)へ運ぶ。保管施設では長期間ロールが保管される。次に広教資材(株)が稲わらロールを乾燥、破碎し、ペレタイザ(造粒機)を用いてペレットに成形する。同時に、木質チップもペレット化し、木質ペレットと稲わらペレットをそれぞれ、南幌温泉に提供する。南幌温泉では、ペレットボイラを用いてペレットを燃焼している。燃焼後の灰は融雪剤としての利用が検討されている。

2006年12月から事業の検討が開始され、2010年の秋には、収集・保管した稲わらロールのペレット化が開始された。そして、南幌温泉のボイラーにて、稲わらペレ

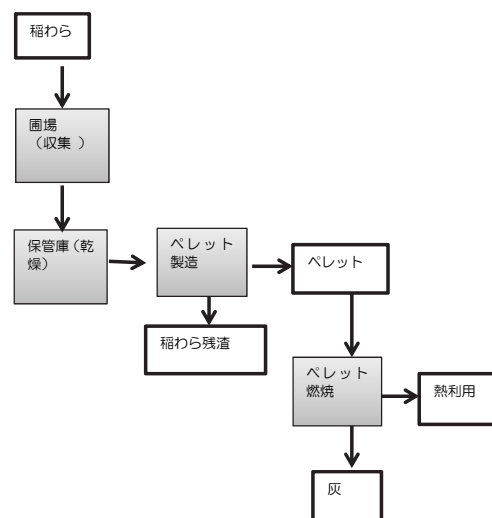


図-1 稲わら利活用フロー図

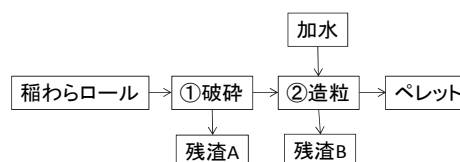


図-2 ペレット製造工程

トと木質ペレットの混合燃焼が行われている。次節からさらに詳細に説明を加える。

(3) 稲わらの収集・運搬・保管工程

a) 収集工程

稲の刈り取りはコンバインを使用し、稲わらは一定の長さで裁断されて放出される。次に、テッダーレーキを使って攪拌、乾燥させてから、ロールベアラでロールにされる。ロールの収集単位は、直径120cm、幅100cm、重量200kgである。

b) 運搬工程

ロール化された稲わらを圃場から搬出して、2tダンプトラックに積み込み、保管庫まで運ぶ。

c) 保管工程

稲わらロールは、ビニールハウス内で保管する。乾燥を促進するために、天気の良い日は入り口を開放し、風通しを良くしている。保管方法が燃料としての質を大きく左右する。インプットの発生が稲刈りの時期である秋に集中する一方で、アウトプットであるペレットは年間通してほぼ定量ずつ利用されるので、秋口に大量に発生した稲わらを通年にわたり、いかに含水率を調整し品質を劣化させずに保管するかが重要なポイントになる。

(4) 稲わらの収集・運搬・保管工程

稲わらペレットの製造プロセスは、図-2のように破

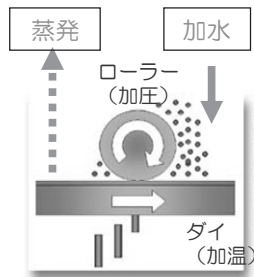


図-3 ペレタイザ

砕、造粒の順になされる。

a) 破碎工程

手作業でロールから稲わらをはがし、さらに泥砂を払い落としながら剪断機に入れ、稲わらを所定の長さに切断する。収集時コンバインでカットされた稲わらはここでさらに1.5cmになる。

b) 造粒工程

まず、切断された稲わらは成形するために加水される。含水率が高い稲わらの場合には加水しなくても成形が可能な場合もある。

そして、水分調整された稲わら粉碎物が上部より供給される。図-3のように放射状に取り付けられた3個のローラーが公転しながらディスク・ダイとの摩擦によって回転する。原料である稲わら粉碎物は固定されたダイと回転ローラーに挟まれ加圧されながらダイ孔に押し込まれ、加圧と摩擦熱の作用で固まり、円筒状のペレットとなって排出される。原料の質によって押し出し時の圧力を調整する。そして排出される際、カッターで適当な長さにカットされる。ペレットの寸法は、直径6mm長さ20mmである。

また、成形直後のペレットは高温・多湿でありもろいため、この状態のままでは膨潤したり、形くずれを起こす恐れがあるので、空気で冷却する。冷却工程は稲わらの化学成分であり、接着剤の役割をするリグニンを硬化させるためでもある。

(5) 収集・運搬・保管工程における課題

収集段階における課題として、長雨など稲わら収集時期の天候条件の悪化による稲わらの含水率や泥砂などの不純物の増加が上げられる。事業が始まった2010年度の秋は天候条件が良かったが、翌年の2011年度の秋は、稲刈り後の長雨の影響で収集された稲わらの品質が悪かった。このインプット条件の差異は、ペレット製造やペレットの品質、ボイラーでの燃焼にまで影響を与える。

また、収集に協力してくれる農家が少ない（手間、重機の問題）という課題もある。農家が鋤込みをやめ、本事業に参加するメリットを感じていないためである。農家の協力不足、人手不足の影響で、収集は農業法人に委託しているため、事業を運営するための収集コストが

高くなっている。現在、飼料用として3500円／ロールで収集している稲わらをペレット用に購入しているが、目標：2000～2500円／ロールを大きく上回り、結果的にペレット価格が重油価格よりも高い。

保管に関しては、現在ビニールハウスにて約200ロールの保管が可能であるが、保管スペースが限られているため、十分な乾燥期間を確保できない可能性も出てきている。

(6) ペレット製造における課題

製造時の運転パラメータに関する知見が不足している。特に、原料の稲わらの泥砂や含水率の影響を明らかにする必要がある。また、ペレット製造時の物質収支や歩留まり率、製造されるペレット性状（灰分、発熱量など）とその変動状況やその要因を把握し、発熱量が高く、品質の高いペレットの製造方法に関する知見を蓄積していく必要がある。

(7) ボイラーでのペレット燃焼における課題

南幌温泉は、現在重油の代替燃料として稲わらペレットを35円/kgで購入している（ボイラーを補助金で整備していたため割高で購入していると解釈）。今後、稲わらペレットの発熱量を明らかにし、重油や灯油と比較した熱量ベースでの価格も議論していく必要がある。

また、稲わらペレットは燃焼後の灰分が14～18%と多く、クリンカの生成が良好な燃焼の阻害要因と処理等手間の増加につながる。クリンカの状況によっては、塊を粉碎する設備の必要性も検討されている。ペレットの燃焼後の灰の利用方法も問題であるが、現在融雪剤としての利用に目処がつつきつつある。また、ボイラーで発生した熱の有効利用方法も模索されている。

3. 実プラントによる稲わらペレット製造試験方法

(1) 試験材料

試験材料に用いた稲わらロールは全部で3つである。表-1に示すNo.1とNo.5は1ロール全部、No.2, 3, 4は同じ1つのロールを部分的に崩して用いた。No.1は2010年に収集された稲わらであり、収集期間の天候が良かったものである。さらに約1年間保管していたため、含水率は8%と非常に乾燥していた。一方、No.2からNo.5のロールは、2011年に収集した稲わらで、収集期間の天候が悪かった。さらに、保管期間も短かったため、含水率は高かったことから、No.2から4は、乾燥機で強制的に乾燥させることで、含水率を段階的に調整して用いることにした。

表－1 試験材料

稲わら ロール	含水率 (%)	重 量 (kg)	ペレット化し た日付	収集年	保管期間	乾燥方法
No. 1	8.0	154	2011 年 11/17	2010 年 11 月	約 1 年	自然通気
No. 2	11.7	22.1	2011 年 1/20	2011 年 11 月	約 2 ヶ月	強制乾燥
No. 3	17.0	31.5	2012 年 1/20	2011 年 11 月	約 2 ヶ月	強制乾燥
No. 4	18.8	33.2	2012 年 1/20	2011 年 11 月	約 2 ヶ月	強制乾燥
No. 5	25.0	177	2011 年 12/20	2011 年 11 月	約 1 ヶ月	自然通気

(2) 測定項目とその設定根拠

まず、稲わらロール（Rと表記）単位重量当たりから得られる発熱量（MJ/kg-R）は、稲わらペレット（Pと表記）の歩留まり率(kg-P/kg-R)とペレット単位重量当たりの発熱量（MJ/kg-P）の両方で決定されることから、稲わらロール（約150～170kg-R）から製造される稲わらペレット重量（kg-P）を求め、歩留まり率(kg-P/kg-R)を測定した。

次に、発熱量は、バイオマス中に含まれる水分、灰分、固定炭素、揮発分の割合に影響されるため、製造された稲わらペレットの発熱量、及び発熱量に大きく関係すると考えられる含水率、揮発分、灰分、固定炭素量を測定した。

(3) 測定方法

a) 歩留まり率に関わる測定項目と測定方法

稲わらペレット製造工程において、原料の稲わらロール、稲わらを破碎する工程で生じる土砂などの残渣（残渣A）及び造粒工程で固まらなかった残渣（残渣B）及び製品として稲わらペレットの各重量を測定した。また、ペレット造粒に必要な加水量も測定した。

b) 含水率の測定

5条件の含水率の稲わらロールと、成形されたペレットについて、含水率を測定した。まず、乾燥容器の質量測定後、ペレット約300gを乾燥容器に入れ、再度質量を測定する。100℃で恒量になるまで乾燥後、質量を測定した。含水率は次の式によって求めた。

c) 灰分量の測定

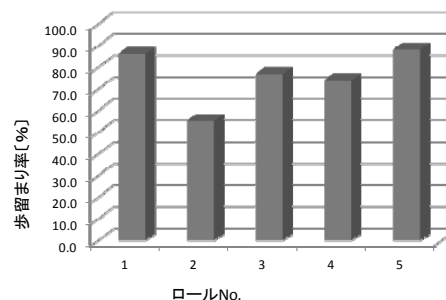
まず含水率の測定が終了した乾燥ペレットを灰化しやすいように、かつ均質化するために粉碎する。そのうち約5gをるつぽに入れて秤量し、強熱（600℃）で8時間加熱しては灰化させた後、灰分重量を測定した。測定数は1条件につき3回とし、絶乾試料重量に対する絶乾灰分重量の割合を灰分（%）とした。

d) 工業分析

JISM8812に準拠し、ペレットの固定炭素、揮発分を定量した。

e) 高位発熱量の測定

JISM8814に準拠し、自動ボンブ熱量計（IKA C7000）を用いてペレットの高位発熱量を測定した。1回の発熱



図－4 歩留まり率

表－2 歩留まり率と残渣割合

		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
稲わらロール (原料)	重量 (kg)	154.0	22.1	31.5	33.2	177.0
	含水率 (%)	8.0	11.7	17.0	18.8	25.0
加水	加水量 (kg)	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0
稲わらペレ ット(製品)	重量 (kg)	132.7	12.2	24.2	24.6	156.0
	含水率 (%)	11.7	10.7	12.7	14.1	24.6
残渣A	重量 (kg)	1.0	0.3	1.4	1.1	4.2
残渣B	重量 (kg)	10.9	6.4	2.3	2.2	2.1
残渣A 割合	(%)	0.6	1.5	4.5	3.4	2.4
残渣B 割合	(%)	7.1	29.0	7.3	6.6	1.2
歩留まり率	(%)	86.2	55.2	76.8	74.1	88.1

量測定で、約0.5gの粉末ペレットを秤量して供試し、試料1条件につき2回の測定を行った。

3. 結果と考察

(1) 歩留まり率と残渣

図－4に歩留まり率を示す。また、表－2に残渣A及び残渣Bの割合を示す。これより、歩留まり率は、加水せず成形に失敗したNo.2を除くと、74.1%～88.1%で、平均81.3%であった。

表－2に示すように、残渣A割合（＝残渣A重量/ロール重量）は、No.1のロールが0.6%と最も低かった。破碎工程で排出される残渣Aは主に収集の際に混入した泥砂の固まりである。No. 1 のロールは2011年の稲刈りから収集期間まで天候が良かった時期に収集された。一方、No.2～5のロールは、2011年度に収集されたもので、稲刈り後の長雨により、ロールの乾燥が不十分であったため、収集時に泥砂が稲わらロールに付着した。その結果、No.2～5のロールは残渣A割合が1.5～4.5%と高かったと考えられる。

図－5に示すように、造粒機から排出される粉状の稲わらくずである残渣Bの割合（＝残渣B重量/ロール重量）は、No.2が高く29%であった。ペレットの成形性は水分（ロールの初期含水率と加水量）と成形温度、圧力の3つの要因に支配され、このバランスが崩れると残渣

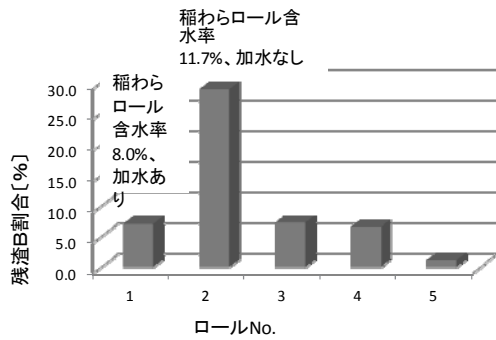


図-5 残渣B割合の加水による違い

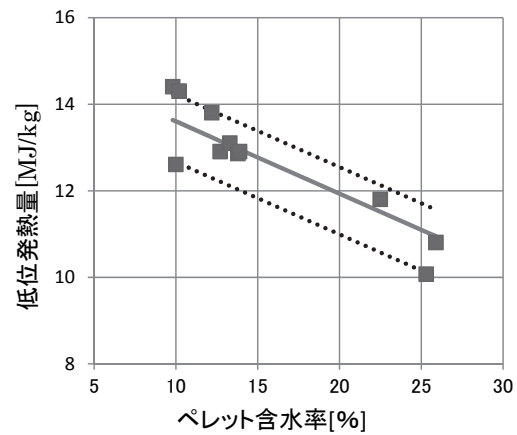


図-6 ペレット含水率と発熱量の関係

表-3 発熱量とその影響因子の測定値

ペレット	発熱量[MJ/kg]	含水率[%]	灰分[%]	固定炭素[%]	揮発分[%]
No.1	14.4	9.8	14.4	14.8	70.8
No.2	12.6	10.0	18.3	16.2	65.0
No.3	14.3	10.2	14.4	15.6	70.0
No.4	13.8	12.2	14.6	15.8	69.6
No.5	12.9	12.7	15.7	15.3	69.0
No.6	13.1	13.3	15.0	15.2	69.8
No.7	12.9	13.8	15.1	17.3	67.5
No.8	12.9	13.9	15.3	14.9	69.8
No.9	11.8	22.5	15.1	15.2	69.7
No.10	10.1	25.3	17.8	16.1	65.0
No.11	10.8	25.9	18.8	13.8	67.4
平均	12.7	15.4	15.9	15.5	68.5

Bが発生する。以上より、No.2は成型時の接着剤の役割を果たす水分が少ないにも関わらず、加水をしなかったもので、ペレット状に固まらずに、残渣Bの割合が大きくなったと考えられる。

この結果から、ロールの含水率に応じた適切な加水が必要であるといえる。

(2) ペレット発熱量と含水率の関係

表-3に示すように、ペレット11検体の発熱量は10.1～14.4MJ/kg、含水率は9.8～25.9%、灰分は14.4～18.8%、揮発分は65.0～70.8%、固定炭素分は13.8～17.3%の範囲になった。

ペレット11検体は、前述したNo.1～No.5の稲わらロールから製造されたペレット群からそれぞれ抽出した。したがって、含水率など成分の差異は、原料となる稲わらロールの違いと、同一ロールにおける不均一性に由来している。

発熱量への影響因子を明確にするために、発熱量を従属変数とし、独立変数を含水率、灰分、固定炭素、揮発分から抽出し、重回帰分析を行った結果、含水率と揮発分の2つを独立変数とする組み合わせが自由度調整済み寄与率0.955の最も高い重回帰式が得られた。含水率の標準偏回帰係数は、-0.757、揮発分の標準偏回帰係数は、0.399、重回帰式は、 $(\text{発熱量}) = -0.167 \times (\text{含水率}) + 0.268 \times (\text{揮発分}) - 3.089$ となった。この重回帰式に

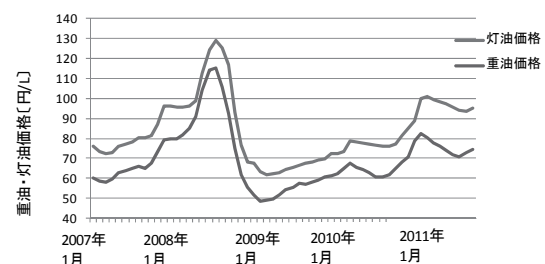


図-7 重油・灯油価格の変動⁹⁾

揮発分の平均値68.5を代入することで、発熱量と含水率の関係式である、 $(\text{発熱量}) = -0.167 \times (\text{含水率}) + 15.27$ が得られた。この直線を図-6に示す。点線は、それぞれ揮発分の最大値、最小値を代入したものになっている。

(3) 重油や灯油との熱量あたりの取引価格から求められる発熱量の条件

南幌温泉のような温泉施設のボイラーには一般にA重油を燃料として用いるが、A重油の価格は過去数年の間で大きく変動している(図-7)。2007年から2008年9月までは大きく増加しており、特に2008年のピーク時では灯油、重油それぞれ129円、115円と最も低いときの2倍以上の価格となっている。

一方で、現行で取引されている稲わらペレットの単価は約35円/kg程度である。

図-6の稲わらペレット発熱量と含水率の関係をを用いて、熱量ベースで重油、灯油に競争可能なペレット価格とペレット含水率の関係を求める。まず式(1)を用いて、熱量ベースで灯油・重油価格と等価になるように稲わらペレット価格を算出する。

$$\begin{aligned} \text{稲わらペレット価格 (円/kg)} = & \\ & (\text{灯油} \cdot \text{重油価格 (円/L)} \div (\text{灯油} \cdot \text{重油の発熱量 (MJ/L)}) \\ & \times \text{稲わらペレットの発熱量 (MJ/kg)} \quad \dots (1) \end{aligned}$$

式(1)の灯油・重油価格には、現行の灯油価格90円/L、現行の重油価格85円/L、灯油の将来想定される価格110円/L、重油の将来価格105円/Lをそれぞれ代入し、灯油、重油の発熱量⁴⁾には36.7MJ/L、39.1MJ/Lを代入、稲わらペレットの発熱量には、先に求めた発熱量と含水率の関係式を代入することで、ペレット価格とペレット含水率の関係式が得られる。その関係を図-8に示す。

ペレットの価値は含水率と重油・灯油価格の2つのパラメータによって大きく変化する。たとえば、重油・灯油価格が高騰することで、熱量ベースで換算された稲わらペレット価格は上昇し、さらに、ペレットの含水率を低減することで、ペレット価格は上昇する。現状の稲わらペレット取引価格は35円/kgであることから、現行の灯油価格90円、重油価格85円と比較したペレット価格を考えた場合、含水率を10%まで低減させても、灯油なら約2円、重油なら6円ほど乖離している。稲わらペレットの利用を促進するためには、製造コストの削減等をはかり、この差を縮める努力が必要である。

しかし、将来の重油・灯油価格が20円高騰した場合には、現行のペレット取引価格でもペレット含水率を、14%（重油と代替）～22%（灯油と代替）にコントロールすることで、ほぼ競争できるようになる。

(4) 稲わらペレット含水率の低減方法

図-9に、稲わらペレット含水率と原料として用いた稲わらロールの含水率の関係を示す。点線は、投入されるロール含水率とペレット含水率と同じ場合を表している。ロール含水率の最も低いNo.1は、唯一加水を行ったために、ペレット含水率がロール含水率よりも高い値となっているが、No.2から5は、加水を行わなかったため、加温されたダイからの蒸発の影響で、ペレット含水率の方が若干低減されているのがわかる。

稲わらロールの含水率が15%程度以下であれば、この蒸発の効果を利用し、ペレット含水率を低減させることが可能である。しかし、含水率の高い稲わらロールについては、蒸発による含水率の低減効果は微量であること、蒸発量を正確に調整することは困難であることから、蒸発による効果のみでは厳しい。従って、保管期間を十分に設けたり、あるいは収集期間の天候条件に注意を払い、稲わらロールの含水率を低減することが優先であると言える。

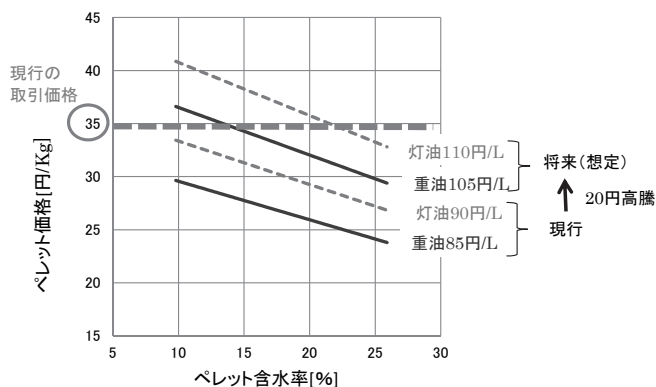


図-8 ペレット含水率とペレット価格の関係

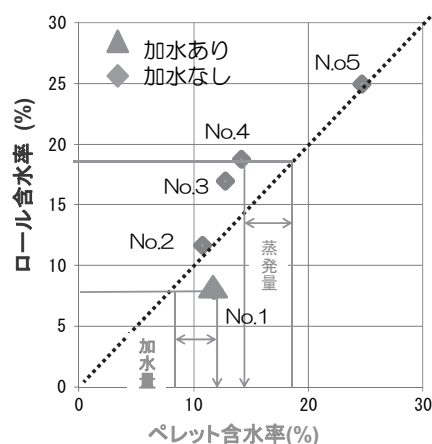


図-9 ペレット含水率と稲わらロール含水率の関係

4. 結論と今後の課題

①唯一実プラントで製造された稲わらペレットの歩留まり率と発熱量を測定した結果、以下の知見が得られた。

- 1) 稲わらペレット発熱量と含水率の関係を明らかにした
- 2) 歩留まり率及び稲わらペレットの発熱量は、原料となる稲わらロールの含水率と造粒過程での加水量により決定される
- 3) 従って、原料としての稲わらロールの含水率と造粒時の加水量が、歩留まり率と稲わらペレットの発熱量を管理するための重要因子となることを示した。
- ②発熱量ベースで重油・灯油価格に競争できるペレットの発熱量と含水率の関係を明らかにし、現状では製造コスト削減が必要であること、また将来重油・灯油価格が20円高騰した際には、現状で生産されている14～22%のペレット含水率で十分競争可能であることを示した。

本研究では、発熱量や歩留まり率に影響を及ぼす因子の究明に重点を置いた。本研究の知見をペレット製造現場に生かすためには、その影響因子を制御し、目標のペレット

含水率を実現する具体的方法まで考える必要があるが、本研究ではそこまで考慮できていない。以下を今後の課題としたい。

- ・目標ペレット含水率を設定する基準として、木質ペレットの成形性とは異なることが推測されるので、稲わらペレットが成形性を保てる限界の最低の含水率を正確に把握する必要がある。
- ・稲わらロール含水率と加水量、蒸発量、ペレット含水率の関係性をより正確に把握するためのデータを蓄積する必要がある。
- ・保管時の稲わらロール含水率の低減効果を把握する
- ・蒸発量とその影響因子と考えられるダイ温度、ローラー回転速度、ダイ孔の直径などの関係性を把握する

謝辞

本研究の調査にご協力いただいた南幌町担当者、ペレット製造業者に感謝する。なお、本研究の一部はH23年度環境省環境研究総合推進費補助金により行われた。

参考文献

- 1) 北海道南幌町 南幌町稲わら・もみ殻・麦わらの有効利用の具体化検討調査
- 2) 北海道南幌町 南幌町地域新エネルギービジョン
- 3) 財団法人 日本エネルギー経済研究所 石油情報センター HP
- 4) <http://oil-info.ieej.or.jp/>

(2012. 7. 18 受付)

STUDY ON INFLUENCE FACTORS ON THE HEATING VALUE OF RICE STRAW-MADE PELLETS AT THE ACTUAL PLANT IN NAMPORO TOWN

Yu TOMOKAWA, Toru FURUICHI, Kazuei ISHII, Yu-chi WENG and San-Yul KIM

In Japan, 70 percent of rice straw is left out in paddy field and is naturally degraded in the paddy soil, which is undesirable because it might cause barrier to growth and increase methane emission. Therefore, rice straw is expected to be used effectively. This study targeted at Namporo town, which is the first case, where rice straw-made pellets are produced at an actual plant and are used as heat sources at a public bath house with hot spring. I identified influence factors on the heating value of rice straw-made pellets and yield rate of pellet production, and investigated the relationships in the price between the rice straw-made pellets and heavy oil or kerosene based on their heating values. As a result, the influence factors of the heating value of rice straw-made pellets and the yield rate included the water content of rice straw as raw materials and addition of water in the pelletization process. In addition, I revealed the relationship between the water content and the price of rice straw-made pellets by comparing with heavy oil or kerosene price per unit heat quantity.

5. 3 稲わらペレットの燃焼条件の最適化に向けた検討

(研究分担者 道総研工業試験場 上出 光志)

5. 3. 1 研究目的

農作物残渣の燃料化は化石燃料など他の燃料と比較してエネルギー密度が低く経済性が低いと言われている。しかしながら農業地帯が集中し、広大な耕作地が存在する北海道においては燃料化が可能である。その対象となる残渣は地域によって大きく異なり、豆殻、稲わら、粃殻、タマネギ鬼皮、トマト茎葉など様々である。ペレット燃料の原料となる条件として、第一に地域に多く賦存し(収集し易い)、他に用途がなく処理に苦慮していること、第二に自然乾燥が可能であることが上げられる。また、さらには消費地の近傍にペレット生産工場が存在すれば経済的に既存化石燃料に対抗できる条件となる。

農作物残渣の燃料化とくにペレット化は北海道を除いて国内で取り組まれている事例はない。この要因として前述のように多量の残渣を収集できないこと、発熱量が低く、灰分が多く、クリンカーを生じやすく燃料としての質が低いと考えられているためと推測できる。

また、エネルギーの多様化、自給率の向上を考えると、地域で排出されるバイオマスをその地域で消費するエネルギーの地産地消は、これまで域外へ流出してきたエネルギーマネーをできる限り地域内で循環させようとする試みで、地域の発展にとっても新たな産業が生まれるなど有効な手段といえる。

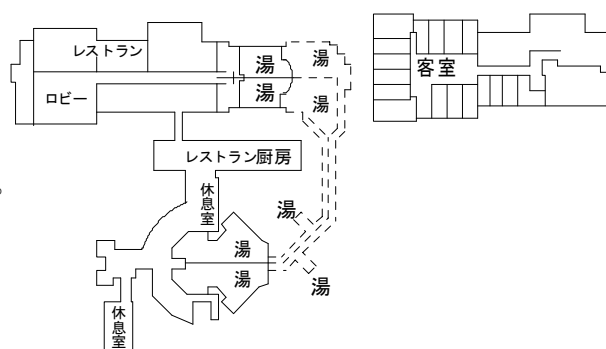
前年度の研究では稲わらペレットと木質ペレットを混焼すれば全く問題のないこと、クリンカー障害を大きく軽減する燃焼する手法を明確にした。本年度は自治体(南幌町)が推進するバイオマスの熱利用、農作物残渣の燃料化を技術面から支援することを目的とし、同町内の南幌温泉ハート&ハートでの加温用ボイラーを使用した実燃焼試験、同町内の広教資材(株)での稲わらペレット製造試験を行い、それぞれの設備の最適な運転条件を提案する。

5. 3. 2 温泉の設備概要及びペレット生産工場の設備概要

(1) 南幌温泉の設備概要

1) 建屋

南幌温泉は図Ⅱ-5.3-1 に示したように1F はレストラン、温泉(大浴場2箇所、中浴場2カ所、露天風呂4カ所)レストラン2カ所、厨房、休息施設2カ所で構成されている。2Fは客室である。この施設で必要とされる熱エネルギーは、客室、レストラン、厨房への給湯と沸かし湯の加温、浴場への給湯、天然温泉の加温(温泉温度の変動が大きく加温が必要なときもある。)で、館内の暖房は重油ボイラーでまかなわれている。

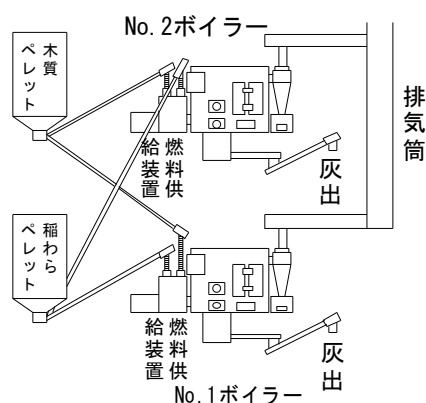


図Ⅱ-5.3-1 南幌温泉建屋

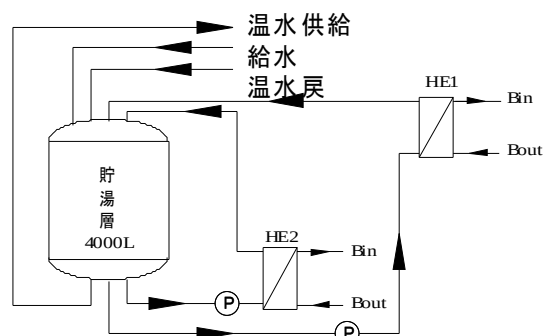
2) ボイラー設備

給湯、温泉加温は出力 350,000kcal/h のペレットボイラー2基、重油ボイラーで行われている。

図Ⅱ-5.3-2 は施設の設置、図Ⅱ-5.3-3 は温水配管を示す。屋外の燃料タンクから稲わらペレットと木質ペレットは同時にそれぞれの燃焼機手前のリザーブタンクに 50:50 で送られ、そこで混合されて 95kg/h の速度で燃焼室へ供給される。560L/min の温水がボイラーからプレート式熱交換器へ送られ、加温された給湯水は容量 4000L 貯湯槽で貯蔵される。また、貯湯槽は重油ボイラーとも連結されており、必要に応じて運転されている。ボイラーの熱出力はボイラーの給水と排水の温度差に通水量 560L/min を乗じて得た。このボイラーの熱効率は燃焼量 95kg/h、木質ペレット発熱量 17.73MJ/kg(表Ⅱ-5.3-1 参照)、ボイラー出力 350,000kcal/h から計算するとボイラー効率は連続燃焼で 87%と計算される。



図Ⅱ-5.3-2 ボイラー2基のシステムズ



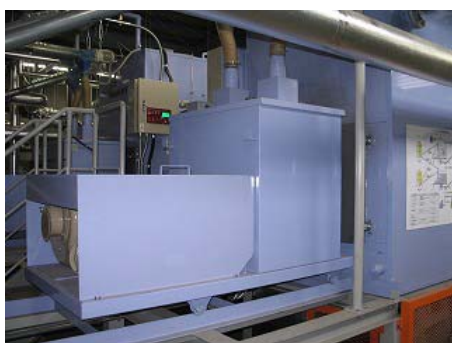
図Ⅱ-5.3-3 配管概略図



写真Ⅱ-5.3-1 燃料タンク (10m³)



写真Ⅱ-5.3-2 リザーブタンク



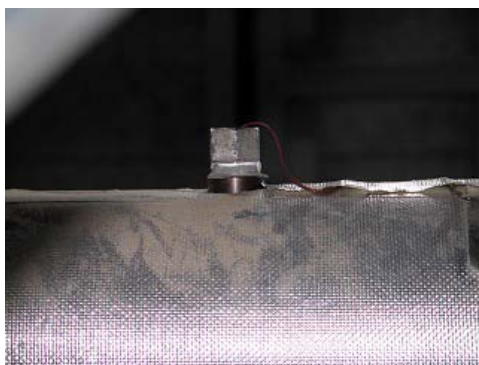
写真Ⅱ-5.3-3 燃料供給装置



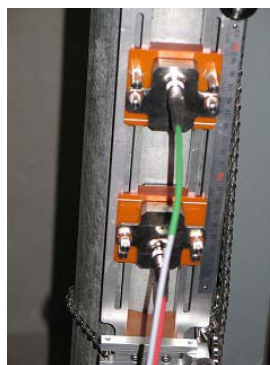
写真Ⅱ-5.3-4 ボイラ



写真Ⅱ-5.3-5 排気筒



写真Ⅱ-5.3-6 温水温度測定



写真Ⅱ-5.3-7 超音波による
流量測定

広教資材(株)で生産され、温泉で消費されているペレットの分析値を表Ⅱ-5.3-1に示す。稲わらペレットの特徴は木質ペレットと比較して灰分が30～40倍多く、発熱量は15%程度低い。

木質ペレットはオガ粉、カンナ屑、端材を原料として製造したものである。そのため原料は針葉樹、広葉樹がランダムに変化する。成型性の悪い広葉樹を原料としたペレットは時間とともに膨張し粉化率が高くなったと考えられる。道内のペレット工場で生産される製品はカラ松などの針葉樹が主体で粉化率は概ね2%以下である。

表Ⅱ-5.3-1 燃料の分析値及び物性値

	単位密度 g/cm ³	粉化率 %	水分 %	灰分 %	揮発分 %	固定炭素 %	総発熱量 MJ/kg
稲わらペレット 100%	1.27	2.0以下	7.4	12.7	63.7	16.2	15.18
木質ペレット 100%	1.22	7.1	7.1	0.4	78.3	14.2	17.73
混合ペレット	—	—	7.3	6.6	71.0	15.2	16.46

(2) ペレット生産工場の設備概要

1) ペレット生産設備

広教資材(株)所有のペレット生産設備はきわめてコンパクトな設計のもと建設された工場である。木質ペレット生産のための設備は一次粉碎機(写真Ⅱ-5.3-8)、二次粉碎機(写真Ⅱ-5.3-9)、

《木質ペレット生産用設備》



写真Ⅱ-5.3-8 一次粉碎機
(19, 25kW)



写真Ⅱ-5.3-9 二次粉碎機
(15.0kW)



写真Ⅱ-5.3-10 成型機
(11.0kW)

成形機(写真Ⅱ-5.3-10)、ペレット移動用小型コンベアー、バケットコンベアで、稲わらペレット生産のための設備は粉碎機(写真Ⅱ-5.3-11)、ペレタイザー(写真Ⅱ-5.3-12)、ペレット移動用小型コンベアー、バケットコンベアである。そのほか自動計量袋詰機(写真Ⅱ-5.3-13)、冷却装置が設備されている。ペレット生産工場の通常設備にはこれらの機械設備のほかに乾燥用キルン、原料移動用のコンベアがあり通常の工場と比較するときわめて消費電力の低い省エネ工場といえる。その要因として、自社で排出する木質はすでに十分に乾燥されている物で、稲わらは自然乾燥しているため乾燥用キルンの必要がない。また、工場がコンパクト設計されているため原料の移動距離が短く、ペレット原料は粉碎機の排気で移動が可能のためコンベアの設置は最少で幅15cm、長さ1m程度の小型のものが二台設置されているのみである。

《稲わらペレット生産用設備》



写真Ⅱ-5.3-11 粉碎機
(5.5kW)



写真Ⅱ-5.3-12 成型機
(37kW)



写真Ⅱ-5.3-13
自動計量袋詰機

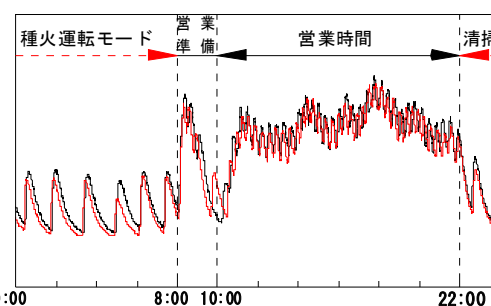


写真Ⅱ-5.3-14
製品

5. 3. 3 燃焼実験及び成形実験

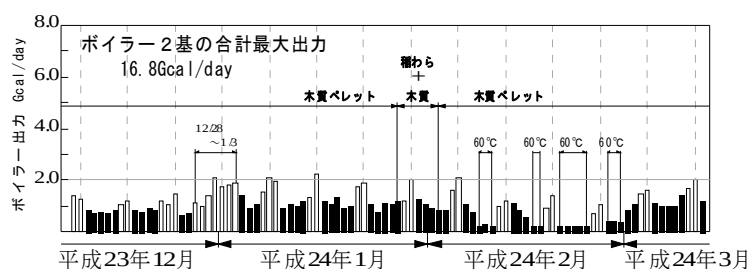
(1) 南幌温泉のボイラーでの燃焼実験

温泉施設での燃焼実験は南幌温泉所有の2基のバイオマスボイラーで行った。この温泉施設ではホテル、温泉施設を含む館内の給湯を主制御されているA重油ボイラーと従制御されている2基のバイオマスボイラーでまかなっている。バイオマスボイラーの運転モードは2基とも図Ⅱ-5.3-4の制御で運転されている。午前8時から午前10時までは厨房の清掃、客室の清掃などの営業準備、温泉の営業時間は午前10時から午後10時までの12時間でこの間はボイラーはon-off運転を繰り返す。設定温度は通常80℃である。それ以外の時間は種火運転モードで1時間30分毎に3分間燃料供給を行っている。



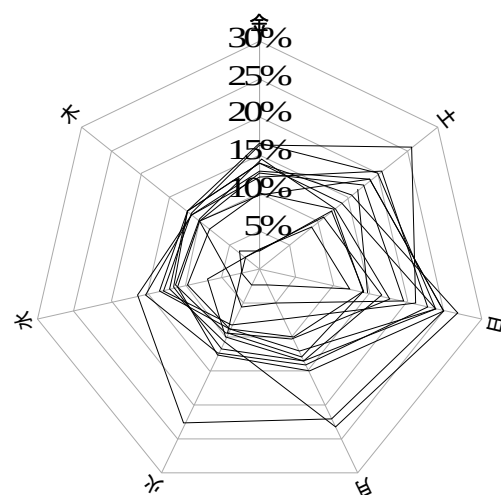
図Ⅱ-5.3-4 ボイラーの運転モード

図Ⅱ-5.3-5 は近傍3ヶ月のボイラーの運転状況である。ボイラー2基の最大可能熱供給量は1日あたり16.8Gcal



図Ⅱ-5.3-5 近傍3ヶ月のボイラー運転状況

である。図中の白抜きは休日で熱需要が高くなっている。日帰り入浴客が増加するためである。図中の60℃とあるのは貯湯槽の設定温度を意味している。この設定では熱応答性の悪いバイオマスボイラが本格稼働する前に主ボイラである重油ボイラが温水を加温してしまうためバイオマスボイラーはほとんど稼働していないのがわかる。図Ⅱ-5.3-5に示したように2月下旬から1週間、木質ペレット50%、稲わらペレット50%の燃料で通常運転したところこの程度の稲わらペレと混合燃焼では、熱供給、クリンカー障害に全く問題がないことが明確になった。



図Ⅱ-5.3-5 バイオマスボイラー稼働率

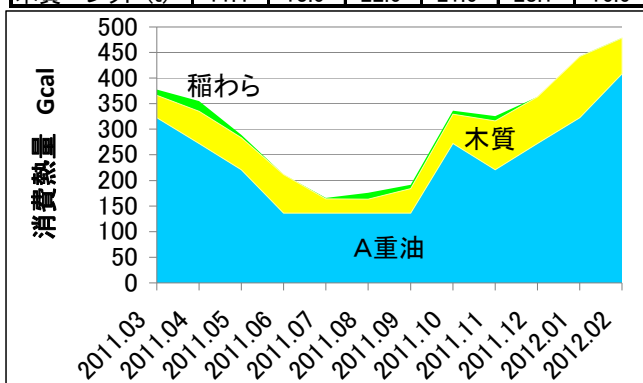
図Ⅱ-5.3-5はこの間のボイラ稼働率を曜日ごとに整理した結果である。この図から明らかなように、土日祝日に熱需要が高まっているのがわかる。しかしながら、稼働率は最高でも25%程度で平均では15%ときわめて低い状況にある。ボイラ二基を有効に活用するには、コントロールの主をバイオマスボイラに変更し、重油ボイラーをバックアップに設定する必要がある。

表Ⅱ-5.3-2は平成23年3月からの月別燃料消費量である。夏場のA重油消費量は冬場の50%程度になる。ペレットとくに稲わらペレットの消費が伸びない理由にはいくつかあり、ひとつは稲わら燃料を燃焼した後に排出される燃焼灰が非常に多いことが一因である。木質ペレットとの

表Ⅱ-5.3-2 月別燃料消費量

日時	H23.3	H23.4	H23.5	H23.6	H23.7	H23.8
A重油 (kL)	38	32	26	16	16	16
稲わらペレット (t)	3	5.5	1.5	0	0.5	3.5
木質ペレット (t)	10.3	15.0	14.8	17.8	6.7	6.5
日時	H23.9	H23.10	H23.11	H23.12	H24.1	H24.2
A重油 (kL)	16	32	26	32	38	48
稲わらペレット (t)	2	2	2.437	0	0	0
木質ペレット (t)	11.4	13.6	22.6	21.6	28.1	16.6

混焼では排出される灰分は混合燃料1tあたり75kg程度である。このため灰を処理しきれなくなった。また、成型工場に設置した粉砕機的能力が低く稲わらペレットの生産が滞りがちなこと、そしてもっとも大きな要因は重油価格が安いことにある。この温泉の重油購入価格はおよそ70円/L、ペレットの購入価格は40円/kgであった。重油1Lと同等の熱量を得ようとしたとき必要なペレット量は2kgである。すなわち、重油1Lの熱量を得ようとするとき10円損失を出す計算になる。現時点での熱量基準のペレット利用率は14~36%となっている。この利用率を改善す



図Ⅱ-5.3-6 消費エネルギーの割合

表Ⅱ-5.3-3 月別のペレット利用率(熱量基準)

日時	H23.3	H23.4	H23.5	H23.6	H23.7	H23.8
ペレット利用率 (%)	14.00	22.83	22.90	34.89	17.67	22.23
日時	H23.9	H23.10	H23.11	H23.12	H24.1	H24.2
ペレット利用率 (%)	28.26	16.68	31.38	24.52	26.27	14.26

施設、ホテルの給湯・温泉加温、全施設の暖房に消費された量を表す。

(2) ペレットボイラ稼働率の向上

表Ⅱ-5.3-2にある燃料消費量にそれぞれA重油、木質ペレット、稲わらペレットの総発熱量を乗じて必要エネルギー量を求める。ペレットボイラの熱効率を0.8、24時間定格出力で稼働したとする。また、重油ボイラの熱効率は0.85とする。これらの条件で全消費エネルギーのうちペレットで供給されたエネルギーの割合はⅡ-5.3-3のように計算され、全消費エネルギーに占めるペレットエネルギーの割合は月平均23%程度と低くなっている。この理由としてA重油の価格が平均70円と低価格であったためと考えられる。

現在の設備されているペレットボイラ2基で入浴施設、温泉施設の暖房を含む全エネルギーを供給しようとした場合、ボイラの供給可能熱量は木質ペレット50%、稲わらペレット50%、熱効率0.87として計算し、実際の熱需要量はA重油、木質ペレット、稲わらペレットの消費量から計算し、ボイラの供給余力を計算した結果が表Ⅱ-5.3-4である。この表からわかるように、季節変化（気温の上昇）に伴い熱需要量は減少する。現時点ではペレット燃焼による熱エネルギーは給湯、入浴施設でしか利用されていないが、実際にはこの規模のボイラであればホテル、入浴施設の暖房を含めた全エネルギーをペレット燃焼で供給することが可能である。しかしながら、ペレットボイラの場合急減な熱需要に対する応答性が悪いと考えられ、大きな蓄熱層の設備し蓄熱量を増大させれば熱不足は解消できると考えられる。しかしながら、実営業をしている施設での安易な研究展開は難しく、石油価格の動向、ホテル、自治体の意向を踏まえた進め方を検討する。

表Ⅱ-5.3.4 ペレットボイラの能力

	単位	2011年3月	2011年4月	2011年5月	2011年6月	2011年7月	2011年8月
施設の熱需要	【GJ】	1415	1328	1080	787	622	659
ペレットボイラー出力 木質50%、稲わら50%、熱効率0.87	【GJ】	2024	1959	2024	1959	2024	2024
供給余力	【%】	30.1	32.2	46.6	59.8	69.2	67.4
	単位	2011年9月	2011年10月	2011年11月	2011年12月	2012年1月	2012年2月
重油の燃焼熱量	【GJ】	714	1260	1214	1358	1651	1793
ペレットボイラー出力 木質50%、稲わら50%、熱効率0.87	【GJ】	1959	2024	1959	2024	2024	1894
供給余力	【%】	63.5	37.7	38.0	32.9	18.5	5.3

(3) ペレットの成形試験

これまでに木質ペレット工場の生産効率（EPR など）を測定した例は数多くあるが農作物残渣について測定した例はない。本研究では木質ペレットと農作物残渣ペレットの生産にかかる電力測定を行い農作物残渣のエネルギーとして優位性を証明するものである。一般にペレット製造にかかるエネルギーは大分すると乾燥、粉碎、成形の三要素になりほぼ同等のエネルギーを必要としている。今回稲わらを成形する工場は原料移動のためのエネルギー、乾燥のためのエネルギーをほとんど要しない仕組みとなっている。表Ⅱ-5.3-5は木質ペレットの生産にかかる、連続する6日間の消費電力、生産量を示す。この結果、この工場での木質ペレット生産は生産されたペレットの総発熱量と生産のための消費電力のエネルギー比はおよそ12.6と計算され、極めて高いエ

エネルギー効率があることがわかった。これは乾燥機を使用していないこと、コンベアなどの搬送機をほとんど使用しないことに起因している。なお、直接の比較は難しいが通常のペレット工場のEPRは最大で5程度である。

表Ⅱ-5.3-5 木質ペレット生産に要する電力

消費電力 (kW)				ペレット生産量(kg)
一次粉碎機	二次粉碎機	成型機	小 計	
32.209	16.267	41.386	89.862	258.64
27.259	15.125	37.400	79.784	220.81
24.672	1.947	34.846	61.465	212.01
36.658	18.056	34.945	89.659	244.71
68.884	35.694	46.886	151.464	326.95
60.795	25.097	44.975	130.867	286.37

稲わらペレット製造は、現有設備の粉碎機が能力不足であること、前年度の稲わらの自然乾燥の失敗により1日2時間程度の成型しかできず安定した電力測定が行えない状況にある。しかしながらこれまでの経験から、農作物残渣のセルロースは木質のそれよりも強度が低く成型しやすいことがわかっており、木質ペレットの場合より成型に要する電力は低くなると予想される。稲わらの成型電力測定は現在も進めており消費電力はいずれ明確にする。

バイオマスの利活用を機軸とした地域循環を考える場合、既存のペレット工場のように中規模、大規模工場を建設し、トラック輸送で原料の搬入、製品の搬出をするよりも、コンパクトで消費電力の少ない小工場で、地場の原料を利用した燃料製造が効率的な工場の運営が可能であることが明確になった。

5. 3. 4 燃焼灰の利活用

農作物残渣は灰分が高いため燃焼灰の処理は大きな問題の一つである。灰の利用方法には建材化などいろいろあるが、できる限り町内で処理できる低コストな方法として特殊肥料化を進めてきたが表Ⅱ-5.3-6のように肥料成分がほとんどなく、融雪促進剤として利活用を進めることとした。

表Ⅱ-5.3-6 燃焼灰の成分

窒素全量	0.086	%
リン酸全量	0.71	%
カリウム全量	2.75	%
カルシウム	7.74	%
マグネシウム	1.23	%
アルカリ分	8.91	%
ケイ酸全量	47.3	%
水銀	0.002	mg/kg
ヒ素	1.1	mg/kg
カドミウム	0.7	mg/kg
ニッケル	34.4	mg/kg
クロム	65.5	mg/kg
鉛	6.6	mg/kg

5. 4 未利用廃棄物（木質系、農業残渣）の利活用システムと生態系サービス評価

（研究分担者 国際連合大学 学術研究官 齊藤 修）

5. 4. 1 研究目的

2008年3月に閣議決定された第二次環型社会形成推進基本計画¹⁾では、新たに「地域循環圏」の概念が導入されたほか、循環型社会づくりにおいて、低炭素社会だけでなく、自然共生社会形成との統合的な取組の推進が強調されている。例えば、資源採取に伴う自然破壊の防止、再生可能な資源の活用にあたっての生物多様性の保全などがそうした取組みにあたる。しかしながら、循環型社会と自然共生社会の統合的な展開については具体的な事例に乏しい。本研究は、地域循環システムの構築に伴う「生態系サービス」（生態系から人間が得ている恩恵の総称）への影響を評価することを介して、生態系保全と調和した地域循環圏形成のあり方と方法論を提示することを試みる。

研究初年度である2010年度は、「生態系サービス」概念とその分析枠組みを介した自然共生社会と循環型社会形成の連携・協調について理論的な整理を行ったうえで、木質系及び農業残渣系の未利用廃棄物に関係する生態系サービスのインベントリデータを構築した。次に、北海道内にケーススタディ地域（市町村）を設定し、当該地域の人口動態や社会経済についての複数の中長期シナリオのもとで、未利用バイオマス資源の利活用システムと生態系サービスへの影響について初期評価を試みた。

研究二年目の2011年度は、ケーススタディ地域の農業残渣系の未利用バイオマス資源を検討素材として、未利用バイオマス資源の利用することが、生態系サービスの向上・維持にもつながるような事業方法、その有効性や成立条件を明らかにすることを目的として研究を行った。

5. 4. 2 方法

（1）対象地域

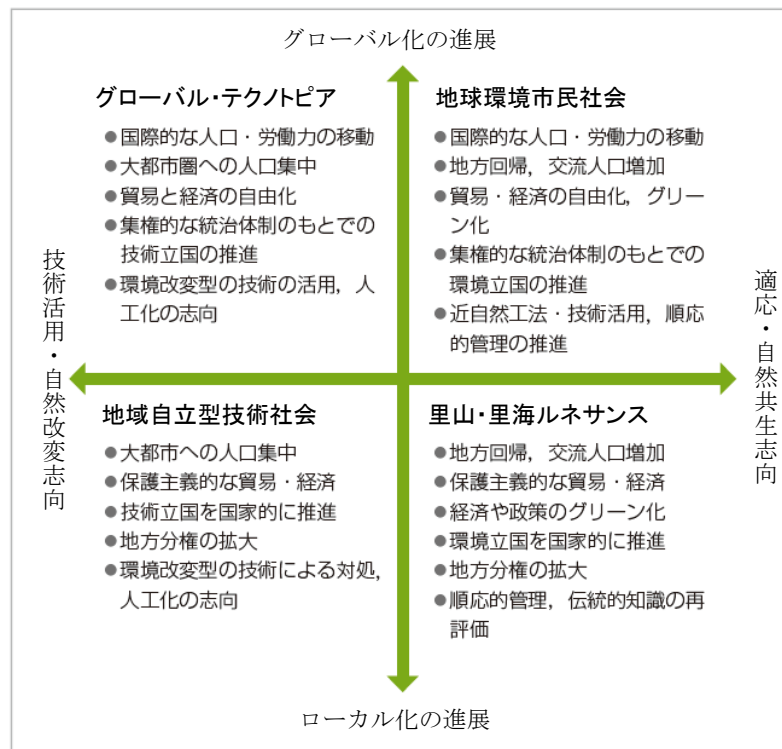
前年度に引き続き、北海道空知総合振興局管内南部にある南幌町を研究対象とした。

同町では、農業粗生産額494千万円（2006年）のうち、49%が水稻であり、ついで野菜が25%、麦類が17%を占める²⁾。

2010年世界農林業センサス³⁾によると、南幌町の総農家数は284戸であり、内訳は販売農家210戸、自給的農家74戸となっている。経営耕地面積は、計4,044haであり、そのほとんどは販売農家の耕地であり、自給的農家の耕地面積は13haに過ぎない。また、同センサスによると同町の耕作放棄地面積は4haである。

（４）将来シナリオ

シナリオとは、もっともらしい将来の選択肢をあらわし、特定の仮定のもとで起こり得る結果を示すものである。ミレニアム生態系評価(MA)では、シナリオ分析は、生態系が将来たどるであろう変化の様々な方向性や可能性を議論し、検討するために使われた。MAのサブグローバル・アセスメントとして実施された日本の里山・里海の生態系評価（JSSA, 2010）⁴⁾では、日本の里山・里海のありうる将来像として、「地球環境市民社会」、「グローバル・テクノトピア」、「地域自立型技術社会」、「里山・里海ルネサンス」という４つの将来シナリオが提示されている。これらは、生態系の保全・管理を自然志向・適応重視で行うか、それとも技術志向・自然改変重視で進めるか（横軸）、また、ガバナンスや経済開発に関してローカル化を進めるか、それともグローバル化を進めるか（縦軸）、の２つの軸で区別される４象限に対応する（図Ⅱ-5.4-2）。



図Ⅱ-5.4-2 JSSAによる里山・里海の4つの将来シナリオの位置づけ

シナリオは、社会的選択や公共政策を議論するための土台となるものである。ただし、それは里山・里海の望ましい将来像を描こうとしているのではなく、図Ⅱ-5.4-2に示した二軸で位置づけられる一定の傾向を所与として導き出されるもっともらしい社会像をシナリオとして示しているにすぎない。

南幌町では稲わらを軸とした未利用バイオマス利用が展開され、このことを通して循環型であると同時に低炭素型の地域社会形成が図られている。ただしその際、地域の人口変化、稲作農家数、水稻作付面積がいかに変化するかによって、利用対象とする稲わら発生量も変化する。また、地域が有する生態系サービスをどのように扱うかによつて、導入する政策オプションは異なりう

る。同時に、グローバル化（市場開放、自由主義経済等）を所与とするか、ローカル化（地産地消、保護主義等）を志向するかも政策オプションは異なると考えられる。

そこで、JSSA（2010）の各シナリオのストーリーラインに基づいて、各シナリオにおける稲わら発生量の変化を検討した。具体的には、各シナリオ下において人口、農家数、水稻作付面積、稲わら発生量が2035年までにどのように変化しうるか、表Ⅱ-5.4-1に示した想定・前提で設定した。

表Ⅱ-5.4-1 将来シナリオを南幌町の事例研究に適用する際に用いた想定・根拠

項目		想定・根拠
人口		2010年までは各市町村の人口統計データに基づく。 2015年から2035年については、国立社会保障・人口問題研究所『日本の市区町村別将来推計人口』（平成20年12月推計） ⁵⁾ に基づく。
世帯数		2010年まで各市町村の人口統計データに基づく。 2015年から2035年については、2010年時点での平均世帯人員数（人/世帯）を市町村別に計算し、その平均世帯人員で将来推計人口を割り戻して世帯数を求めた。
稲作農家数		2000年、2005年、2010年の農林業センサス、都道府県別報告書（北海道） ⁶⁾ に基づく。
水稻作付面積(ha)		2000年、2005年、2010年の農林業センサス、都道府県別報告書（北海道） ⁶⁾ に基づく。
シ ナ リ オ	グローバル・テクノトピア	2010年の水稻作付面積の水準で維持された場合（現状維持）
	地球環境市民社会	2010年以降は、2000年比で水稻作付面積が1%ずつ減少すると仮定（-1%減）
	地域自立型技術社会	2010年以降は、2000年比で水稻作付面積が2%ずつ減少すると仮定（-2%減）
	里山里海ルネッサンス	2010年以降は、2000年比で水稻作付面積が3%ずつ減少すると仮定（-3%減）
稲わら発生量(kg/ha)		稲わら発生原単位：5,410 kg/ha（バイオマス賦存量及び利用可能量の全国市町村別追加推計とマッピングデータの公開に関する報告書（平成19年3月，NEDO・電中研） ⁷⁾
事業所数		H13年度、H18年度の事業所・企業統計調査 ⁸⁾ 及びH21年経済センサス ⁹⁾ に基づく。
シ ナ リ オ	グローバル・テクノトピア	2010年の事業所数が当該自治体内で維持された場合（現状維持）
	地球環境市民社会	2010年以降は、2000年比で事業所数が1%ずつ減少すると仮定（-1%減）
	地域自立型技術社会	2010年以降は、2000年比で事業所数が2%ずつ減少すると仮定（-2%減）
	里山里海ルネッサンス	2010年以降は、2000年比で事業所数が3%ずつ減少すると仮定（-3%減）
民生部門エネルギー消費量		北海道における1世帯あたり、1事業所あたりのエネルギー消費原単位を用いて計算（北海道経済産業局，2007） ¹⁰⁾
民生家庭部門		59.5GJ/世帯
民生業務部門		532.1GJ/事業所
民生部門炭素排出量		北海道における1家庭あたり、1事業所あたりの炭素排出量原単位を用いて計算。（北海道経済産業局，2007） ¹⁰⁾
民生家庭部門		24.4g-C/MJ
民生業務部門		26.5g-C/MJ

次に、政策目標と政策オプション案を表Ⅱ-5.4-2に示した。

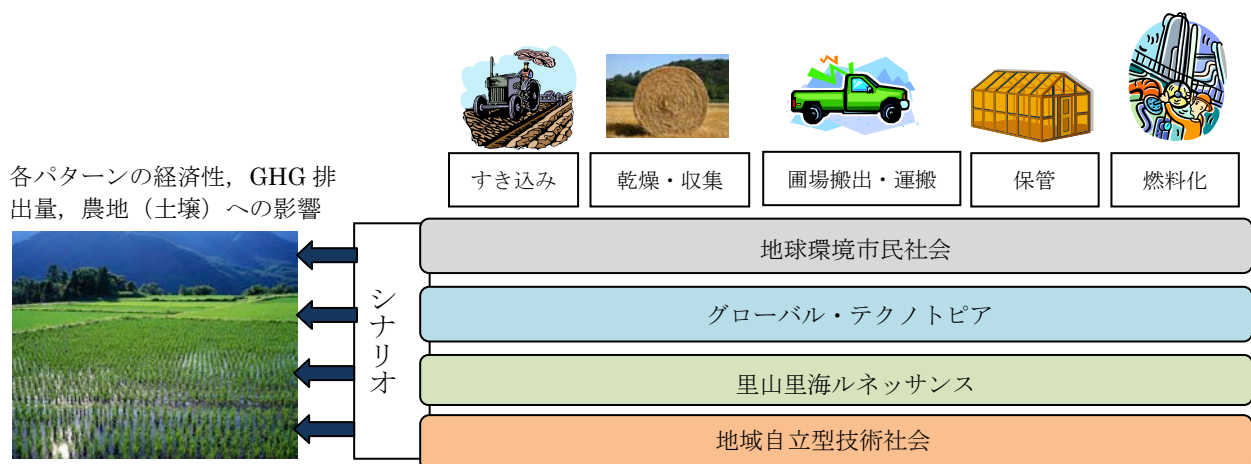
例えば、自然志向かつローカル化を進めるのが「里山・里海ルネッサンス」シナリオであり、そのシナリオ下では、環境直接支払い、吸収源カーボンクレジット、生物多様性オフセット制度の導入、生態系サービス活用型ビジネスの拡大（エコツーリズム等）、事業化支援策の導入・強化、

地域コミュニティの再生と強化，地域社会やNGO，NPO，市民団体の活動・連携の拡大，多様な主体連携による自然再生・生態系管理，再生エネルギーの買い取り制度の導入等の政策オプションが考えられる。

これに対し，グローバル化と技術活用・自然改変を志向する「グローバル・テクノトピア」シナリオ下では，再生可能エネルギー技術導入目標の強化，技術開発R&D支援策強化が重視されると同時に，農林水産業の復興にあたっては民間企業の参入，生産地の集約化，生産・管理等の機械化や技術の高度化を促す政策が重点的に進められることになると考えられる。

表Ⅱ-5.4-2 4つの将来シナリオ下で想定される政策目標と政策オプション案

	地球環境市民社会 (グローバル化×自然志向)	グローバル・テクノトピア (グローバル化×技術志向)	里山里海ルネッサンス (ローカル化×自然志向)	地域自立型技術社会 (ローカル化×技術志向)
政策目標	○南幌町とその隣接市町村における未利用バイオマス資源(稲わら)の利用最大化 ○生態系サービス保全による地域自然再生と環境影響の最小化	○南幌町とその隣接市町村における未利用バイオマス資源(稲わら)の利用最大化 ○技術による地域生態系への環境影響の最小化	○おもに南幌町の未利用バイオマス資源(稲わら)の利用最大化 ○生態系サービス保全による地域自然再生と環境影響の最小化	○おもに南幌町の未利用バイオマス資源(稲わら)の利用最大化 ○技術による地域生態系への環境影響の最小化
定量的な目標案				
南幌町	稲わら賦存量 約 13,000t/年のうち, 15%を燃料化 (⇒稲わら 1,950t/年の燃料化)	稲わら賦存量 約 13,000t/年のうち, 30%を燃料化 (⇒稲わら 3,900t/年の燃料化)	稲わら賦存量 約 13,000t/年のうち, 10%を燃料化 (⇒稲わら 1,300t/年の燃料化)	稲わら賦存量 約 13,000t/年のうち, 20%を燃料化 (⇒稲わら 2,600t/年の燃料化)
南幌町とその隣接市町村(岩見沢市, 江別市, 北広島市, 長沼町)	稲わら賦存量 約 63,500t/年のうち, 15%を燃料化 (⇒稲わら 9,525t/年の燃料化)	稲わら賦存量 約 63,500t/年のうち, 30%を燃料化 (⇒稲わら 19,050t/年の燃料化)	稲わら賦存量 約 63,500t/年のうち, 10%を燃料化 (⇒稲わら 6,350t/年の燃料化)	稲わら賦存量 約 63,500t/年のうち, 20%を燃料化 (⇒稲わら 12,700t/年の燃料化)
政策オプション	規制的手段	・生態系管理のための市場形成・誘導策整備	・再生可能エネルギー技術導入目標の強化	・保護, 安全, 規制 ・生態系管理のための規制や誘導策整備
	経済的手段	・環境直接支払い ・吸収源カーボンプレジット ・生物多様性オフセット制度 ・生態系サービスの回復・保全のための市場アプローチの導入	・重点化・技術の高度化による競争力強化 ・技術開発 R&D 支援策強化 ・農業法人への優遇措置 ・高度化設備導入支援策の強化 ・生産地の集約化支援	・環境直接支払い ・吸収源カーボンプレジット ・生物多様性オフセット制度の導入 ・生態系サービス活用型ビジネスの拡大(エコツーリズム等) ・事業化支援策の導入・強化
	連携手段	・都市-農村の広域連携, 農林漁業者と都市住民の連携・協定による自然再生・生態系管理 ・外資企業との積極的な連携	・都市-農村の広域連携 ・農林水産業への民間企業(外資を含む)の参入促進 ・農業者と商工事業者の連携強化	・地域コミュニティの再生と強化 ・地域社会や NGO, NPO, 市民団体の活動・連携の拡大 ・自然再生・生態系管理
	コミュニケーション・情報的手段	・森林認証, 製品認証(カーボンプットプリント等)の制度導入 ・ICT によるサプライチェーン管理, トレーサビリティ確保の拡大 ・生産・管理等の機械化, 技術の高度化, 低環境負荷 ・技術者・専門家の育成強化	・地場産物の差別化・ブランド化 ・生態系サービスの価値に関する情報キャンペーン, 教育等	・地場産物の差別化・ブランド化 ・ICT によるサプライチェーン管理, トレーサビリティ確保の拡大 ・生産・管理等の機械化, 技術の高度化, 低環境負荷 ・技術者・専門家の育成強化
	購買的手段	・認証製品, 再生可能エネルギーの買い取り制度の導入・強化	・認証製品, 再生可能エネルギーの買い取り制度の導入・強化	・公共・福祉施設だけでなく, 施設園芸, 家庭等における稲わら燃料の買い取り制度の導入



図Ⅱ-5.4-3 南幌町でのシナリオ分析の評価枠組み

（５）生態系サービス評価

①供給サービス： バイオマス由来燃料生産量，エネルギーの地域自給率

供給サービスとしては，稲わらのペレット化による燃料生産量を算定するだけでなく，地域内での燃料生産による民生部門のエネルギーの地域自給率を，将来シナリオ作成の段階で求めた民生部門エネルギー消費量の推計結果（5.4.3, (2) 参照）を用いて算出した。

表Ⅱ-5.4-3 南幌町の稲わら 1 ロールあたりの重量，収集面積，発熱量，稲わらによる GHG 削減

	計画数量	単位
稲わら重量	200	kg/ロール
稲わら収集面積	0.5	10a(反)/ロール
稲わらの発熱量(MJ)	3.14	GJ/ロール
稲わらの発熱量(重油換算)	80.3	L/ロール
稲わら利用による GHG 削減(A 重油代替による二酸化炭素換算)	217.6	kg-CO ₂ 等量/年

②調整サービス： 気候調整（GHG 排出削減）

稲わらのすき込みによるメタン発生量の推計にあたっては，表Ⅱ-5.4-4 の原単位のうち，泥炭土のものをを用いた。なお，メタンのCO₂等量換算にあたっては，メタンの地球温暖化係数である 21 を用いた。

表Ⅱ-5.4-4 間欠灌漑水田（中干し）のCH₄排出係数¹⁸⁾

土壌種	わら施用 [gCH ₄ /m ² /年]	各種堆肥施用 [gCH ₄ /m ² /年]	無施用 [gCH ₄ /m ² /年]
黒ボク土	8.50	7.59	6.07
黄色土	21.4	14.6	11.7
低地土	19.1	15.3	12.2
グライ土	17.8	13.8	11.0
泥炭土	26.8	20.5	16.4

稲わらの収集工程の詳細は表Ⅱ-5.4-5に示すとおりだが、将来シナリオ別の分析にあたっては、昨年度の稲わらロールの受け入れ実績（南幌町聞き取り調査結果）を踏まえて費用を設定した。また、南幌町における稲わらペレット化事業の既存調査報告書や南幌町新エネルギー事業運営会議の資料を適宜参照して、表Ⅱ-5.4-6のとおり、1ロールあたりの原単位を設定した。

表Ⅱ-5.4-5 南幌町の稲わら収集工程別の使用機材、作業時間、経済性、燃料¹¹⁾

作業工程		使用機材	作業時間		経済性				燃料		
			単位作業時間 (分/a もしくはロール)	必要作業時間 (時間)	単価 (円)	単位	費用 (万円)	備考	燃料種	距離/10a	燃費 (km/L)
稲わら収集工程	乾燥作業	トラクターレーキ	20	250	630	円/10a	47.3	JA なんぼろコントラクタの作業料金単価	軽油	1km	3
	収集作業	自走ロールベアラ	10	125	2,835	円/10a	212.6	JA なんぼろコントラクタの作業料金単価	軽油	1km	3
	ロール巻き紐				208	円/ロール	31.2				
	圃場搬出	トラクターフォーク	20	167	80	円/ロール	12.0	3ロールを2tダンプトラックに積み込む時間を20分と設定。	軽油	1km	3
	積み込み	トラクターフォーク	↑	↑	60	円/ロール	9.0		軽油	0.3km/3ロール	3
	運搬	2t ダンプトラック	20	167	500	円/ロール	75.0	JA なんぼろコントラクタの作業料金単価	軽油	20km(往復)	7
	荷降ろし	トラクターフォーク	3	75	60	円/ロール	9.0	1ロール3分として作業時間を計算	軽油	0.3km/3ロール	3
合計				783	2,581	円/ロール	387.1				
従来	すき込み作業	トラクター	40	500	1,375	円/時間	68.8	2時間/30a, 作業費 11,000 円/日 = 1,375 円/時間	軽油	1km	3

表Ⅱ-5.4-6 稲わら1ロールあたりの各工程別の費用とGHG排出量の原単位

	費用 (円/ロール*)	GHG 排出量 (kg-CO ₂ 等量/ロール*)
稲わらの農地へのすき込み工程	458	-109.2**
稲わら収集・輸送工程	3,500	5.5
稲わら燃料化（ペレット化）工程	3,300	16.0
ペレット燃料製品	-6,000 (販売価格 30 円/kg とした場合)	-217.6 (重油代替CO ₂ 削減量)

* 稲わら1ロールあたり 200kg, 水分量 20%以下

**わら施用（泥炭土）281.4kg-CO₂等量/ロール - 無施用（泥炭土）172.2kg-CO₂等量/ロール = 109.2kg-CO₂等量/ロール

③基盤サービス：農地土壌中の炭素貯留増加量（稲わらの土壌のすき込みの影響）

本研究では、稲わらの燃料化による重油代替のGHG削減効果（①）と稲わらのすき込みによるメタン発生量（②）を考慮しているが、さらに稲わらすき込みによる炭素貯留増加量についても考慮する。なぜなら、稲わらのすき込みによってメタンが発生し、稲わらの燃料化によってこのメ

タン発生増加が回避できるが、その一方で、稲わらのすき込みによって土壌中の炭素貯留量の増加や陽イオン交換容量の増加による施肥量の低減といった効果が期待できるからである（農林水産省生産局環境保全型農業対策室，2007）¹²⁾。日本全体の農地土壌の炭素収支の計算においても、有機物施用による年間炭素貯留増加量と有機物施用に伴うメタン発生量の双方が考慮されている。具体的には、水田では炭素貯留増加量が 850 千t-C/年（A）、有機物施用に伴うメタン発生量が 168～274 千t-C/年（B）であり、その収支（A-B）は 576～682t-C/年と試算されている（農林水産省，2008）¹³⁾。すなわち、全国総量ベースでは、炭素貯留増加量がメタン発生量の 3、4 倍にのぼるのである。

以下の表に水田におけるたい肥施用と稲わらすき込みの評価を示す（農林水産省生産局環境保全型農業対策室，2007）¹²⁾。

表Ⅱ-5.4-7 水田におけるたい肥施用と稲わらすき込みの評価¹²⁾

評価項目	冷害年の収量 (生産の安定化) ※1	陽イオン交換容量 (保肥力の向上) ※2	年間炭素貯留量増 加量(炭素の貯留) ※3	メタン純発生量 ※4
化学肥料単用	—	100	—	—
稲わらすき込み	30kg 未満/10a (稲わら全量すき 込み)	102 (稲わら 0.6t/10a)	0.309t-C/ha (稲わらすき込み 0.7t/10a)	0.441t-C/ha/年 ※5
たい肥施用	480kg/10a (たいきゅう肥 0.5t/10a)	116 (稲わらたい肥 1.0t/10a)	0.546t-C/ha (稲わらたい肥 1.0t/10a) 1.107t-C/ha (稲わらたい肥 2.0t/10a)	0.166t-C/ha/年 ※5

※1 「冷害と稲作技術～平成 5 年の低温等による稲作被害と今後の技術・営農対策～」農林水産省秋田県鷹巣町の事例（稲わらすき込み経営体の平均収量 450kg/10a，たい肥施用経営体の平均収量 570kg/10a）

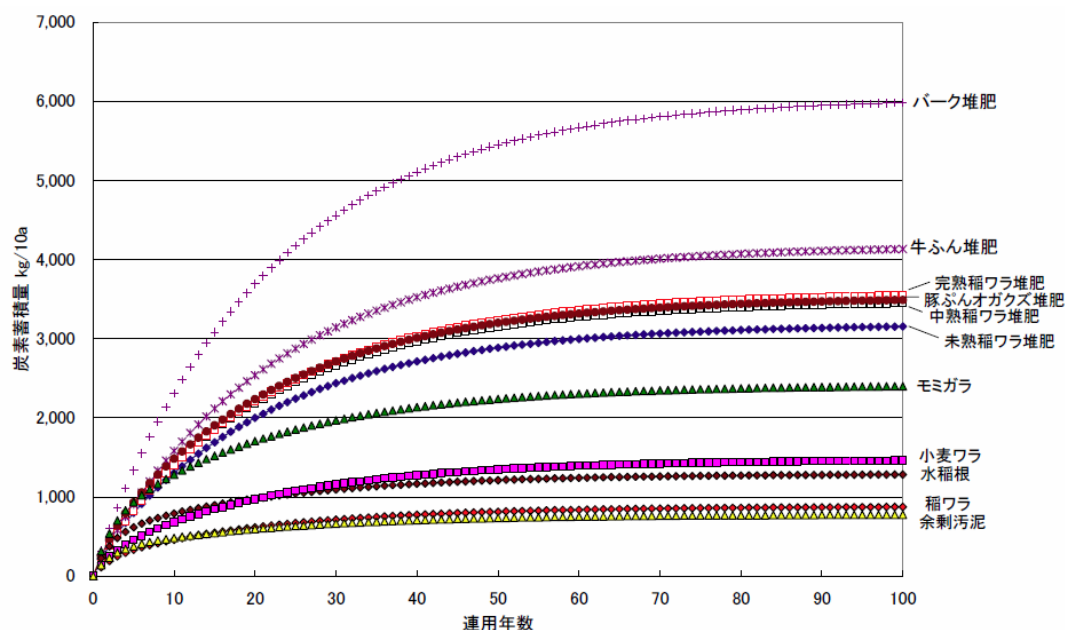
※2 土壌環境基礎調査（基準点調査）：広島県農試の灰色低地土に対する有機物連用試験（1977～1996 年）の 1994～1996 年の化学肥料単用区の CEC の値（3 か年平均）を 100 とした場合の値。

※3 土壌環境基礎調査（基準点調査）：熊本県農試（八代）グライ土に対する有機物連用試験のデータを用いて、作土を 30cm として試算。

※4 環境保全機能向上土壌・施肥管理技術確立事業（1992～1994 年，農林水産省農産課）メタン発生は平成 13 年度温室効果が排出削減定量化法調査報告書（平成 14 年 3 月，(財)農業技術協会）

※5 炭素換算した数値。注：稲わらすき込み 500kg/10a は稲わらたい肥 1000kg/10a に相当するものとして評価。

上記のような評価には不確実性があるほか、炭素の土壌への年間貯留量が多い期間（連用期間 20 年以内）の場合の推計結果であり、連用期間を延長してゆくと、年間貯留量が漸減することに留意する必要がある（図Ⅱ-5.4-4）。また、堆肥の連用を中止すれば、土壌の炭素貯留量が減少し、その分が二酸化炭素となって大気中に放出され、土壌からの二酸化炭素発生が増加するおそれがあり、土壌中の貯留量について過大評価にならないように注意する必要がある。



資料：「各種有機物の水田土壌における分解過程と分解特性に基づく評価」（志賀ら 1985）を基に作成

注：旧鴻巣農業試験場の水田土壌における 5 年間のガラス繊維ろ紙法による分解の実測値から、パラメーターを算出し、内田らの予測式を使って有機質資材を連用した場合の炭素蓄積量を予測。

図 II-5.4-4 水田に有機質資材を毎年乾物 1t/10a ずつ施用したときの連用にとともなう有機質資材炭素蓄積量の推移の予測（農林水産省，2008）¹³⁾

5. 4. 3 結果と考察

（1）将来シナリオ別の稲わら発生量

2000年から2035年までの 5 年間隔の人口と稲わら発生量を図 II-5.4-5 に示す。

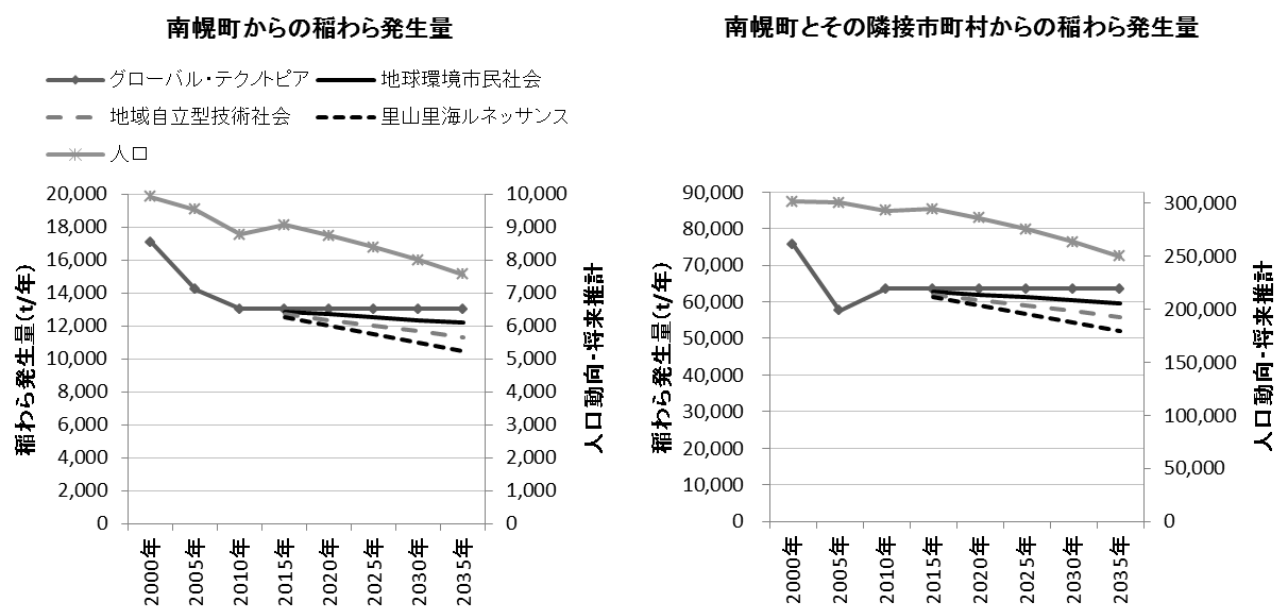
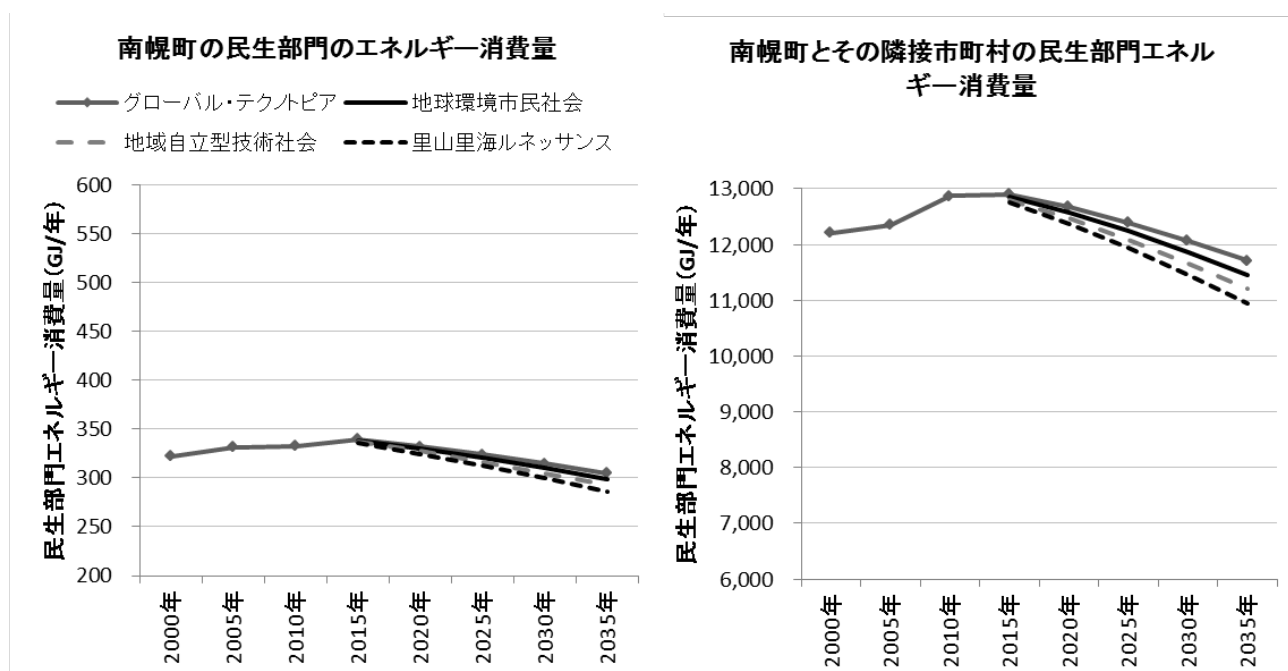


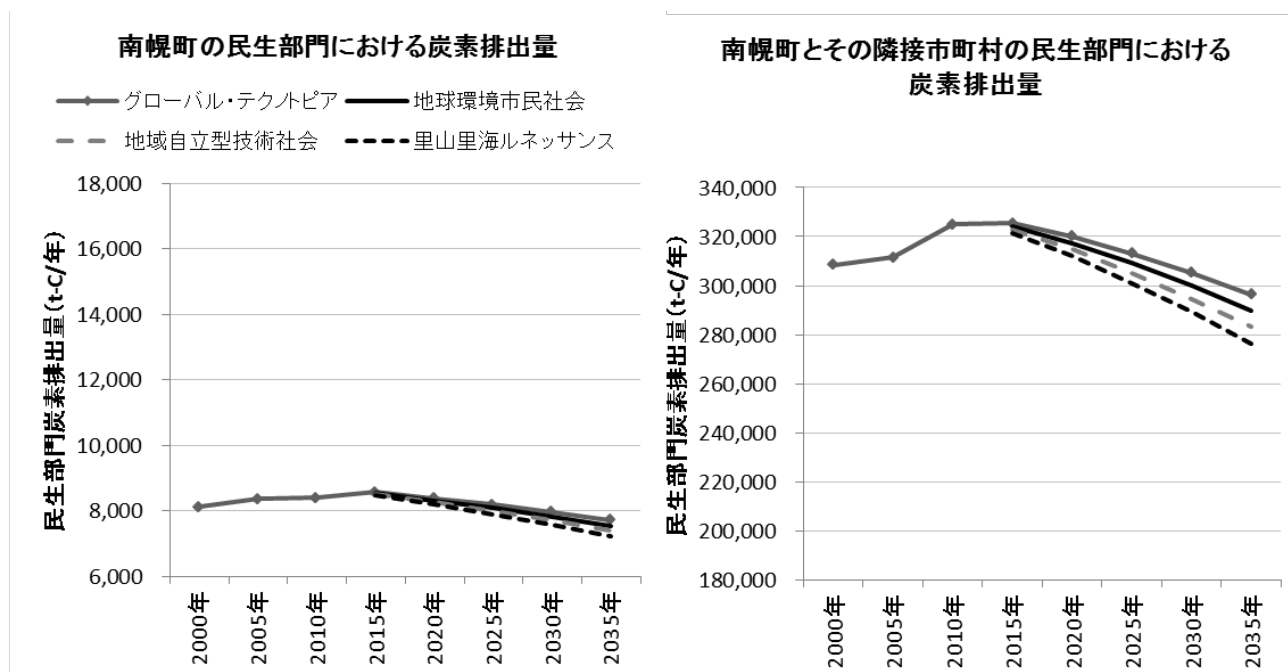
図 II-5.4-5 南幌町及びその隣接市町村の人口と将来シナリオ別の稲わら発生量

（２）将来シナリオ別の民生エネルギー消費量と炭素排出量

2000年から2035年までの5年間隔の対象地域の民生部門のエネルギー消費量を図Ⅱ-5.4-6、民生部門炭素排出量を図Ⅱ-5.4-7に示す。



図Ⅱ-5.4-6 南幌町及びその隣接市町村の将来シナリオ別の民生部門エネルギー消費量



図Ⅱ-5.4-7 南幌町及びその隣接市町村の将来シナリオ別の民生部門炭素排出量

（３）将来シナリオ別の生態系サービス評価

将来シナリオ別の費用，GHG 排出量，地域エネルギー自給率，炭素排出量削減率について，南

幌町のみを対象とした結果を表Ⅱ-5.4-8、隣接市町村にまで拡張した場合の結果を表Ⅱ-5.4-9に示した。

それによると、南幌町では、賦存稲わら燃料化率が最も高い「グローバル・テクノトピア」（燃料化率 30%）において、稲わら 19,500 トンが必要となり、その燃料化による重油代替と稲わらのすき込み回避によるメタン発生量の削減によって、GHG排出量の収支は約 6,000t-CO₂等量/年の削減になることがわかった（表Ⅱ-5.4-8）。この削減量は、同町における民生部門のエネルギー消費に伴う炭素排出量の 12%に相当する。

一方、燃料化率を最も低く設定した「里山里海ルネッサンス」（燃料化率 10%）では、稲わら 6,500 トンが必要になり、GHG排出量の収支は約 2,000t-CO₂等量/年の削減になること、この削減量は同町の民生部門のエネルギー消費に伴う炭素排出量の 4%に相当する。

また、南幌町では、稲わらを燃料化することで、2015 年の民生部門エネルギー需要の 6～18%、2035 年には同需要の 7～20%を町内で自給しうることが示された。経済性については、稲わらのロールの農家からの買い取り価格、燃料化したペレットの販売価格の設定によるところが大きい。現状の設定ではいずれのシナリオにおいても収益を見込むのは難しいことが示された。

表Ⅱ-5.4-8 南幌町の将来シナリオ別の費用，GHG 排出量，地域エネルギー自給率，炭素排出量削減率

	地球環境市民社会 (グローバル化×自然志向)		グローバル・テクノトピア (グローバル化×技術志向)		里山里海ルネッサンス (ローカル化×自然志向)		地域自立型技術社会 (ローカル化×技術志向)	
政策目標 (仮)	稲わら賦存量 約 13,000t/ 年のうち, 15%を燃料化		稲わら賦存量 約 13,000t/年のうち 30%を燃 料化		稲わら賦存量 約 13,000t/ 年のうち, 10%を燃料化		稲わら賦存量 約 13,000t/年のうち, 20%を燃 料化	
稲わら賦存量 (t/年) (2010 年)	13,000		13,000		13,000		13,000	
燃料化率 (%)	15%		30%		10%		20%	
利用する稲わら重量 (t/年)	1,950		3,900		1,300		2,600	
稲わらロール数	9,750		19,500		6,500		13,000	
稲わら収集面積 (ha)	488		975		325		650	
稲わらの発熱量 (GJ)	30,615		61,230		20,410		40,820	
	費用 (万円)	GHG排出量 (t-CO ₂ 等 量)	費用 (万円)	GHG排出量 (t-CO ₂ 等 量)	費用 (万円)	GHG排出量 (t-CO ₂ 等 量)	費用 (万円)	GHG排出量 (t-CO ₂ 等 量)
稲わらの農地へのすき 込み回避によるメタン 発生量削減効果	-447	-1,065	-893	-2,129	-298	-710	-595	-1,420
稲わら収集工程 (乾燥 3 回)	3,413	54	6,825	107	2,275	36	4,550	72
稲わら燃料化 (ペレッ ト化) 工程	3,218	156	6,435	312	2,145	104	4,290	208
ペレット燃料製品	-5,850	-2,122	-11,700	-4,243	-3,900	-1,414	-7,800	-2,829
収支	333	-2,977	667	-5,953	222	-1,984	445	-3,969
同量の稲わらを農地に すき込んだ場合の土壌 炭素貯留増加量		3,156		6,312		2,104		4,208
民生部門エネルギー消 費量(TJ/年)	2015 年	2035 年	2015 年	2035 年	2015 年	2035 年	2015 年	2035 年
	340	305	338	299	337	292	336	286
民生部門炭素排出量 (t-C/年)	8,562	7,716	8,529	7,554	8,496	7,386	8,463	7,221
地域エネルギー自給率	9.0%	10.0%	18.1%	20.5%	6.1%	7.0%	12.2%	14.3%
炭素排出量削減率	-6.1%	-6.8%	-12.2%	-13.8%	-4.1%	-4.7%	-8.2%	-9.6%

南幌町とその隣接市町村では，賦存稲わら燃料化率が最も高い「グローバル・テクノトピア」(燃料化率 30%)において，稲わら 95,250 ロールが必要となり，その燃料化による重油代替と稲わらのすき込み回避によるメタン発生量の削減によって，GHG排出量の収支は約 29,000t-CO₂等量/年の削減になることがわかった (表Ⅱ-5.4-9)。この削減量は，同地域における民生部門のエネルギー消費に伴う炭素排出量の 1.6%に相当する。

一方，燃料化率を最も低く設定した「里山里海ルネッサンス」(燃料化率 10%)では，稲わら 31,750 ロールが必要になり，GHG排出量の収支は約 9,700t-CO₂等量/年の削減になること，この削減量は同町の民生部門のエネルギー消費に伴う炭素排出量の 0.5%に相当する。

また，南幌町とその隣接市町村では，稲わらを燃料化することで，2015 年の民生部門エネルギー需要の 0.8～2.3%，2035 年には同需要の 0.9～2.6%を地域内で自給しうることが示された。南幌町の隣接市町村は札幌市近郊で都市化が進んでいる地域も含まれ，稲わら利用量に比して民生部門のエネルギー需要がはるかに大きくなることから，南幌町の場合と比較すると，稲わら利

用による地域エネルギー自給率は大幅に低下することがわかった。

表Ⅱ-5.4-9 南幌町とその隣接市町村の将来シナリオ別の費用、GHG 排出量、地域エネルギー自給率、炭素排出量削減率

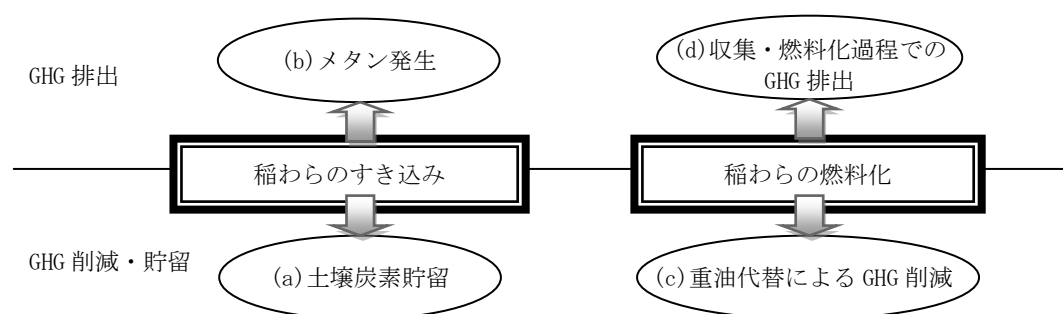
	地球環境市民社会 (グローバル化×自然志向)		グローバル・テクノピア (グローバル化×技術志向)		里山里海ルネッサンス (ローカル化×自然志向)		地域自立型技術社会 (ローカル化×技術志向)	
政策目標 (仮)	稲わら賦存量約 63,500t/ 年のうち、15%を燃料化		稲わら賦存量約 63,500t/ 年のうち、30%を燃料化		稲わら賦存量約 63,500t/ 年のうち、10%を燃料化		稲わら賦存量約 63,500t/ 年のうち、20%を燃料化	
稲わら賦存量(t/年)	63,500		63,500		63,500		63,500	
燃料化率(%)	15%		30%		10%		20%	
利用する稲わら重量 (t/年)	9,525		19,050		6,350		12,700	
稲わらロール数	47,625		95,250		31,750		63,500	
稲わら収集面積(ha)	2,381		4,763		1,588		3,175	
稲わらの発熱量(GJ)	149,543		299,085		99,695		199,390	
	費用 (万円)	GHG排出量 (t-CO ₂ 等 量)	費用 (万円)	GHG排出量 (t-CO ₂ 等 量)	費用 (万円)	GHG排出量 (t-CO ₂ 等 量)	費用 (万円)	GHG排出量 (t-CO ₂ 等 量)
稲わらの農地へのすき 込み回避によるメタン 発生量削減効果	-2,181	-5,201	-4,362	-10,401	-1,454	-3,467	-2,908	-6,934
稲わら収集工程 (乾燥 3回)	16,669	262	33,338	524	11,113	175	22,225	349
稲わら燃料化 (ペレッ ト化) 工程	15,716	762	31,433	1,524	10,478	508	20,955	1,016
ペレット燃料製品	-28,575	-10,363	-57,150	-20,726	-19,050	-6,909	-38,100	-13,818
収支	1,629	-14,540	3,258	-29,080	1,086	-9,693	2,172	-19,387
同量の稲わらを農地に すき込んだ場合の土壌 炭素貯留増加量		15,417		30,834		10,278		20,556
	2015 年	2035 年	2015 年	2035 年	2015 年	2035 年	2015 年	2035 年
民生部門エネルギー消 費量(TJ/年)	12,901	11,709	12,850	11,456	12,800	11,204	12,749	10,954
民生部門炭素排出量 (t-C/年)	325,571	296,491	324,232	289,792	322,892	283,094	321,552	276,395
地域エネルギー自給率	1.2%	1.3%	2.3%	2.6%	0.8%	0.9%	1.6%	1.8%
炭素排出量削減率	-0.8%	-0.9%	-1.6%	-1.8%	-0.5%	-0.6%	-1.1%	-1.2%

(4) 稲わらの農地へのすき込みによる影響評価

稲わらのような有機物施用にあたっては、(a)有機物施用による年間炭素貯留増加量と(b)その施用に伴うメタン発生量の双方を考慮する必要がある。さらに、稲わらには、(c)稲わらペレットを重油燃料代替とすることによる GHG 削減効果がある一方で、(d)稲わらロールの収集・燃料化の過程で排出される GHG 排出量があり、それらもカウントする必要がある(図Ⅱ-5.4-8)。ここで難しいのは、稲わらの燃料化によってすき込みに伴って発生するメタン発生(b)を回避できるが、その一方で稲わらを燃料化して水田にすき込まないことで、土壌炭素貯留増加量(a)が見込めなくなる、という点の扱いである。

本年度の調査では、南幌町やその隣接市町村での土壌炭素貯留増加量のデータが得られなかったため、全国の平均的な値で計算したが、その結果、燃料化にまわしたのと同様の稲わらを農地にすき込んだ場合の土壌炭素貯留増加量(a)は、図Ⅱ5.4-9の(b)、(c)、(d)の和よりもわずかに

上回ることが示された（表Ⅱ-5.4-8，表Ⅱ-5.4-9）。土壌炭素貯留増加量の推定結果に不確実性があるため断定はできないが，水田土壌の炭素貯留効果まで考慮した場合には，稲わらの燃料化による GHG 削減効果は限定的になりうることが示唆された。

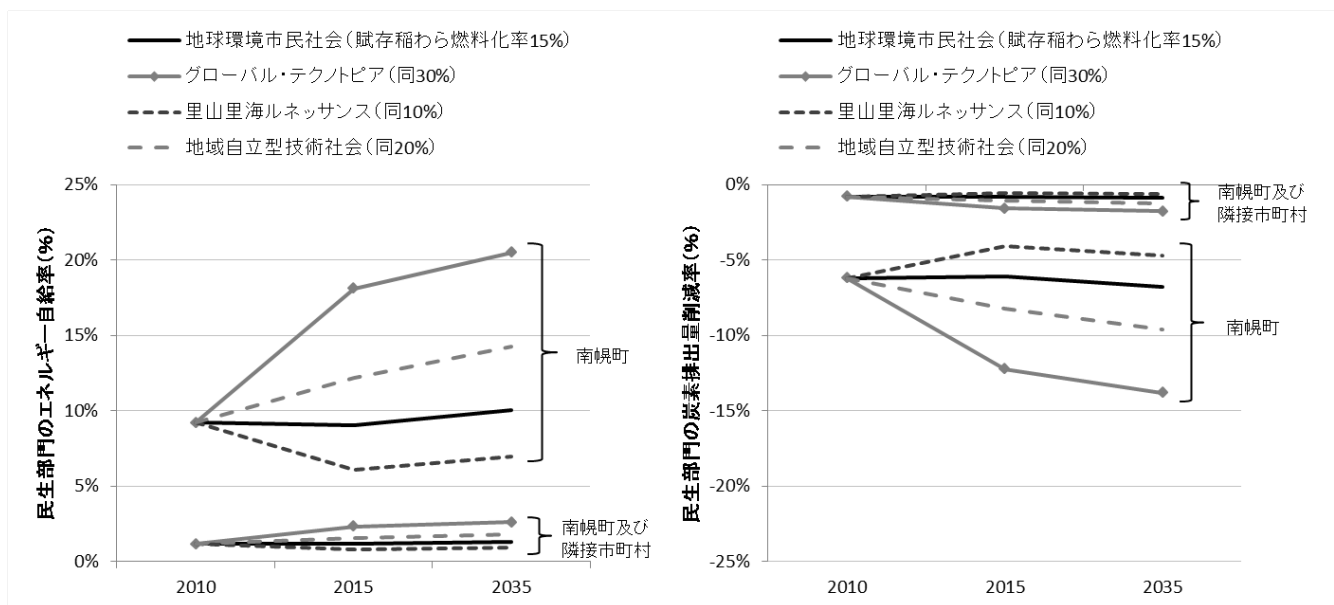


図Ⅱ-5.4-8 稲わらのすき込みと燃料化に係る温室効果ガスの収支の模式図

（５）隣接市町村との連携による規模拡大の可能性と課題

南幌町では，稲わらを燃料化することで，2015 年の民生部門エネルギー需要の 6～18%，2035 年には同需要の 7～21%を町内で自給しうるのに対し，南幌町とその隣接市町村では，稲わらを燃料化しても民生部門エネルギーの地域自給率は 2015 年で 0.8～2.3%，2035 年で 0.9～2.6%にしかならなかった（図Ⅱ-5.4-9）。南幌町の隣接市町村は札幌市近郊で都市化が進んでいる地域も含まれ，稲わら利用量に比して民生部門のエネルギー需要がはるかに大きくなることから，南幌町の場合と比較すると，稲わら利用による地域エネルギー自給率は大幅に低下することがわかった。

同様に，民生部門の炭素排出量削減率でも，南幌町では 5%から 15%の比較的高い削減率が見込めるが，隣接市町村を含んだ場合には，稲わらの燃料化率を大幅に増やさない限り，削減率は数%以下にしかならないことが示された。



図Ⅱ-5.4-9 南幌町とその隣接市町村の将来シナリオ別の地域エネルギー自給率（左図）と炭素排出量削減率（右図）

5. 4. 4 まとめ

第二次循環型社会形成推進基本計画では、循環型社会づくりにおいて、自然共生社会形成との統合的な取組の推進を強調している。本研究では、生態系から人間が得ている恵みである生態系サービスをめぐるトレードオフやシナジーといったインターリンケージに着目し、地域循環圏の構築が複数の異なる生態系サービスにどのような影響を及ぼしうるかを評価するための方法論を検討した。そのうえで、北海道の南幌町とその隣接市町村を対象とした事例研究を行った。

今年度の研究結果に基づいて、地域循環圏形成を生態系サービス管理と調和的に進めるための論点と政策的なインプリケーションを考察すると、以下のようになる。

- ① 南幌町では稲わらを軸とした未利用バイオマス利用が展開され、このことを通して資源循環型であると同時に低炭素型の地域社会形成が図られている。ただしその際、地域の人口変化、稲作農家数、水稲作付面積がいかに変化するかにによって、利用対象とする稲わら発生量も変化することを4つの将来シナリオを用いて定量化するとともに、地域が有する生態系サービスをどのように扱うかにによって、導入する政策オプションは異なりうることを示した。
- ② 供給サービスとしては、稲わらのペレット化による燃料生産量を将来シナリオ別に算定するだけでなく、地域内での燃料性生産による民生部門のエネルギーの地域自給率を同地域の民生部門エネルギー消費量の推計結果を用いて算出した。その結果、南幌町では、賦存稲わら燃料化率が最も高い「グローバル・テクノトピア」シナリオ（燃料化率 30%）において、稲わら 19,500 ロールが必要となり、その燃料化による重油代替と稲わらのすき込み回避によるメタン発生量の削減によって、GHG排出量の収支は約 6,000t-CO₂等量/年の削減になること、これは同町における民生部門のエネルギー消費に伴う炭素排出量の 12%に相当することを明らかにした。

- ③ 稲わらのような有機物施用にあたっては、(a)有機物施用による年間炭素貯留増加量と(b)その施用に伴うメタン発生量の双方を考慮する必要があるほか、(c)稲わらペレットを重油燃料代替とすることによる GHG 削減効果と、(d)稲わらロールの収集・燃料化の過程で排出される GHG 排出量をカウントする必要がある。(a)から(d)までを定量化した結果、土壌炭素貯留(a)まで考慮した場合には、稲わらの燃料化による GHG 削減効果は限定的になりうることが示唆された。したがって、燃料化する稲わらの収集にあたっては、水田の土壌診断に基づいて土壌炭素貯留に悪影響がでない水田を対象としたり、収集する水田をローテーションさせていくなどの対策を講じることが望ましいと考えられる。
- ④ 南幌町では、稲わらを燃料化することで、2015 年の民生部門エネルギー需要の 6～18%、2035 年には同需要の 7～21%を町内で自給しうるのに対し、南幌町とその隣接市町村では、稲わらを燃料化しても民生部門エネルギーの地域自給率は 2015 年で 0.8～2.3%、2035 年で 0.9～2.6%にしかならなかった。南幌町の隣接市町村は札幌市近郊で都市化が進んでいる地域も含まれ、稲わら利用量に比して民生部門のエネルギー需要ははるかに大きくなることから、南幌町の場合と比較すると、稲わら利用による地域エネルギー自給率は大幅に低下することがわかった。そのため、南幌町のような都市近郊の稲作中心の農村地域では、稲わらの燃料化を軸とする未利用バイオマスによる資源循環圏形成という観点では、対象地域を隣接市町村にまで広域化させるよりも、まずは南幌町のなかで地域エネルギー自給率向上や炭素削減率削減を進めていくことが望ましいだろう。

参考文献

- 1) 中央環境審議会：第 2 次循環型社会形成推進基本計画，5．4 pp., 2008.
- 2) 南幌町：統計・産業「農業生産額」．Available at http://www.town.nanporo.hokkaido.jp/cyousei/machinituite/toukei/toukei_003.jsp
- 3) 農林水産省：2010 年世界農林業センサス 第 1 巻 都道府県別統計書 林業編 01 北海道，2012.
- 4) 日本の里山・里海評価：里山・里海の生態系と人間の福利：日本の社会生態学的生産ランドスケープ— 概要版—，国際連合大学，東京，2010.
- 5) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の市区町村別将来推計人口（平成 20 年 12 月推計），2008. Available at <http://www.ipss.go.jp/pp-shicyoson/j/shicyoson08/t-page.asp>
- 6) 農林水産省：2000 年・2005 年農林業センサス 第 1 巻 都道府県別統計書 林業編 01 北海道，2002, 2007. Available at <http://www.maff.go.jp/j/tokei/census/afc/index.html>
- 7) NEDO・電力中央研究所：バイオマス賦存量及び利用可能量の全国市町村別追加推計とマッピングデータの公開に関する報告書（平成 19 年 3 月），2007.
- 8) 総務省統計局：平成 13 年度，平成 18 年度事業所・企業統計調査．Available at <http://www.stat.go.jp/data/jigyoku/2006/index.htm>
- 9) 総務省統計局：平成 21 年経済センサス—基礎調査．Available at <http://www.stat.go.jp/data/e-census/2009/index.htm>
- 10) 北海道経済産業局：北海道のエネルギー消費動向について（平成 19 年 6 月 15 日），2007.

Available at http://www.hkd.meti.go.jp/hokpp/hkd_doukou/doukou.pdf

- 11) 南幌町（2009）平成 20 年度地域新エネルギービジョン策定等事業重点テーマに係る詳細ビジョン：南幌町稲わら・粃殻・麦わらの有効利用の具体化検討調査.
- 12) 農林水産省生産局環境保全型農業対策室：農地土壌が有する多様な公益的機能と土壌管理のあり方（3），「今後の環境保全型農業に関する検討会」（第 4 回）配布資料 1（平成 19 年 12 月），2007. Available at http://www.maff.go.jp/j/study/kankyo_hozen/04/pdf/data1.pdf
- 13) 農林水産省：「今後の環境保全型農業に関する検討会」報告書（平成 20 年 3 月），2008. Available at http://www.maff.go.jp/j/study/kankyo_hozen/pdf/h2004_report.pdf

添 付 資 料

「なんぼろ温泉ペレットボイラ性能試験結果」

地方独立行政法人北海道総合研究機構工業試験場

『「稲わらペレットを利用したボイラーの運用試験」時における微粒子状物質（PM_{2.5}）等測定結果について』

地方独立行政法人北海道総合研究機構 環境・地質研究本部環境科学研究センター

なんぽろ温泉ペレットボイラ 性能試験結果

平成25年9月

北海道立総合研究機構
工業試験場

1. 概 要

南幌町では、なんぼろ温泉にペレットボイラを導入し、稲わらペレットの導入推進及び稲わらペレットを燃料とするボイラの導入促進に資するために「稲わらペレットを利用したペレットボイラの運用試験」を実施した。その中で、主にペレットボイラ及び重油ボイラの出力、熱効率等の測定を行ったので報告する。

2. 対象施設

(1) 場所：なんぼろ温泉ハート&ハート 空知郡南幌町南9線西15番地

(2) 対象施設：ペレットボイラ1号、2号、重油ボイラ

(3) 施設仕様

各ボイラの仕様は以下の通り。

①ペレットボイラ1号、2号

表1 ペレットボイラ仕様

製造者	二光エンジニアリング	
形式	無圧開放式	
型番	RE35N	
熱出力	407	kW
伝熱面積	25.6	m ²
最高使用圧力	無圧	

②重油ボイラ

表2 重油ボイラ仕様

製造者	昭和鉄工株式会社	
形式	昭和SVヒーター	
型番	SV-6504-WH	
熱出力	756	kW
伝熱面積	14.6	m ²
最高使用圧力	0.5	Mpa
最大流量	367	L/min(暖房)
	700	L/min(給湯)

3. 試験期間および内容

平成25年7月22, 23, 24日

7月22日 1,2号ボイラ同時運転試験、2号ボイラのみ運転試験。

燃料：木ペレット：稲わらペレット＝1：1

7月23日 1号ボイラのみ運転試験。

燃料：木ペレット：稲わらペレット＝1：1

7月24日 1号ボイラのみ運転試験、2号ボイラのみ運転試験

燃料：木ペレット：麦わらペレット＝1：1

4. 試験方法

(1) 測定項目

測定項目を表3に示す。また、測定箇所を図1に示す。

水温度、ガス温度については熱電対で、電気使用量については電力計で計測し、そのデータをロガーにて1分間隔で記録した。水流量については変化しないものと考え、試験期間中に超音波流量計を用いて、それぞれ一度計測した。燃料使用量は、予め袋に10kgずつ量り取り、試験期間中に投入した袋の数および試験時間から算出した。焼却灰はフライアッシュ、ボトムアッシュを試験終了後に回収し、重量を測定した。

(2) 分析項目

燃料およびフライアッシュ、ボトムアッシュについて高位発熱量、工業分析（水分、灰分）、元素分析（水素）の分析を行った。ボトムアッシュについては、一部の項目（高位発熱量、水素）で分析不能あるいは分析していない場合がある。なお、低位発熱量は高位発熱量、水分、水素から計算で求めた。

表3 測定項目一覧

	測定項目	測定箇所	測定方法	備考
水温度	PB1号出口	1	T熱電対	PB=ペレットボイラ
	PB1号入口	2	T熱電対	
	PB2号出口	3	T熱電対	
	PB2号入口	4	T熱電対	
	HB出口	5	T熱電対	HB=重油ボイラ
	HB入口	6	T熱電対	
	PB貯湯槽入口(HEより)	7	T熱電対	HE=熱交換器
	PB貯湯槽出口(HEへ)	8	T熱電対	
	PB貯湯槽出口(給湯へ)	9	T熱電対	
	PB貯湯槽入口(給湯より)	10	T熱電対	
	排水(HB貯湯槽出口)	11	T熱電対	
	給水(PB貯湯槽)	12	T熱電対	
水流量	PB1号循環水	1	超音波流量計	
	PB2号循環水	3	超音波流量計	
	HB循環水	5	超音波流量計	
ガス温度	ペレットボイラ1号	13	K熱電対	
	ペレットボイラ2号	14	K熱電対	
燃料 使用量	ペレットボイラ1号	—	事前に重量計測	
	ペレットボイラ2号	—	事前に重量計測	
	重油ボイラ	—	積算流量計	
焼却灰 重量	フライアッシュ	—	回収し、重量計測	
	ボトムアッシュ	—	回収し、重量計測	
電気 使用量	ペレットボイラ1号	制御盤	電力計	
	ペレットボイラ2号	制御盤	電力計	

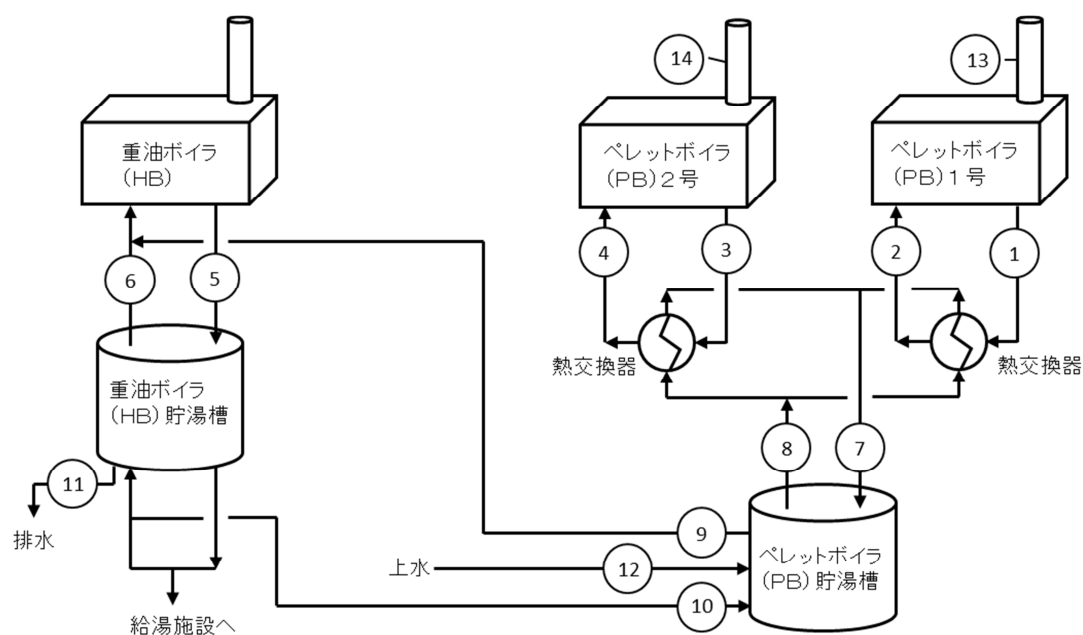


図 1 測定箇所

(3) 試験方法

試験はボイラが起動停止せず、連続した安定状態を一時間以上継続させる必要があるため、通常営業の時間帯を避け深夜に行った。

まず、重油ボイラを停止させ、ペレットボイラのみ運転する状態とした。ペレットボイラを連続運転させるために、ボイラ入り、切りの温度設定値をそれぞれ 80℃、75℃とした。貯湯槽の温度を維持するため、重油ボイラ（本館）貯湯槽あるいはペレットボイラ貯湯槽から温水を排水し、ペレットボイラ貯湯槽に冷水を供給した。

燃料は、試験開始時に予め決められたホッパのレベルまで投入しておき、試験中は、予め重量を計測し、袋詰めにされたペレットを一袋単位で入れ、試験終了時に同じレベルになるまで投入した。

なお、重油ボイラの試験は、ペレットボイラの試験後通常の営業時間帯（9：00から24：00）において行った。重油使用量は、重油ボイラ運転中に積算流量計および計測時間から算出した。

5. 試験結果

(1) 運転記録

試験期間中の運転記録を表 4 に示す。

表 4 運転記録

南幌温泉ペレットボイラ燃焼試験		試験日時	H25.7.24
試験日時		燃料	木ペレット: 稲わらペレット=1:1
燃料		1号ボイラのみ燃焼試験	
1, 2号ボイラ同時燃焼試験		1:21 1号ボイラ運転開始	
運転経過		2:16 2号ボイラ種火運転	
1:21 1, 2号ボイラ運転開始		2:24 1号ボイラ温度高による停止	
1:29 1号ボイラ停止、～1:34、4分間		3:13 1号ボイラ運転再開	
2:12 2号ボイラ停止		4:27 1号ボイラ排ガス温度熱電対測定点移動	
2:16 1号ボイラ停止		4:40 1号ボイラ排ガス温度熱電対測定点復旧	
2号ボイラのみ燃焼試験		4:43 1号ボイラ運転停止	
3:07 2号ボイラ運転開始			
3:41 1号ボイラ種火運転(180sec)			
4:48 2号ボイラ停止			
試験日時		H25.7.25	
燃料		木ペレット: 麦わらペレット=1:1	
2号ボイラのみ燃焼試験		0:28 2号ボイラ運転開始	
0:28 2号ボイラ運転開始		2:06 1号ボイラ種火運転	
2:06 1号ボイラ種火運転		2:35 2号ボイラ停止	
2:35 2号ボイラ停止		1号ボイラのみ燃焼試験	
1号ボイラのみ燃焼試験		2:37 1号ボイラ運転開始	
2:37 1号ボイラ運転開始		4:04 2号ボイラ種火運転	
4:04 2号ボイラ種火運転			

(2) 燃料使用量

表 5 に燃料使用量 (ペレットボイラ) を示す。なお、重油ボイラ燃料使用量は 1.0 L/min であった。

表 5 燃料使用量 (ペレットボイラ)

		燃料投入量 kg	燃焼時間 min	燃料消費率 kg/h	備考
H25.7.23	1号	60	51	70.6	1, 2号ボイラ同時運転
	2号	60	51	70.6	
	2号	120	101	71.1	
H25.7.24	1号	180	153	70.6	
	2号	—	—	—	
H25.7.25	1号	150	127	70.9	
	2号	150	128	70.3	

(3) 循環水量、給水量

表 6 循環水量、給水量

循環範囲		水量	
		m ³ /h	L/min
1号ボイラ	熱交換器	25.3	422
2号ボイラ	熱交換器	24.8	414
熱交換器	PB貯湯槽	7.90	132
PB貯湯槽	重油B貯湯槽	4.60	76.7
重油ボイラ	重油B貯湯槽	3.99	66.4
給水		8.49	142

PB: ペレットボイラ、B: ボイラ

(4) 各部温度

①ペレットボイラ

表 7-1 各部温度 (ペレットボイラ)

		温水温度										排ガス温度	
		PB1号 出口①	PB1号 入口②	PB2号 出口③	PB2号 入口④	PB貯湯 槽入口 (HEより) ⑦	PB貯湯 槽出口 (HEへ) ⑧	PB貯湯 槽入口 (給湯へ) ⑨	PB貯湯 槽出口 (給湯よ り)⑩	排水⑪	給水⑫	PB1号⑬	PB2号⑭
		°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
H25.7.23	1, 2号	79.4	73.5	78.0	72.2	72.7	45.8	70.0	64.5	63.3	22.5	190.9	188.7
	2号のみ	37.8	37.5	74.1	66.8	52.2	33.6	54.2	67.5	56.6	22.2	43.1	209.7
H25.7.24	1号のみ	74.4	68.2	39.2	39.3	53.2	38.4	29.1	33.2	33.9	22.2	193.4	36.8
	2号のみ	33.1	33.0	71.6	64.3	48.7	30.5	27.3	32.2	67.3	22.7	34.4	223.4
H25.7.25	1号のみ	72.1	65.5	36.2	36.0	50.1	33.7	29.6	31.5	37.4	22.4	220.9	50.3

PB:ペレットボイラ、HE:熱交換器

②重油ボイラ

表 7-2 各部温度 (重油ボイラ)

		重油ボイラ温水温度	
		ボイラ出口⑤	ボイラ入口⑥
		°C	°C
H25.7.23	9～23時	71.5	21.9
H25.7.24	7～23時	72.8	22.1

(5) 灰排出量

表 8 灰排出量

灰排出量		単位:g		
		フライアッシュ	ボトムアッシュ	備考
H25.7.23	1号	1346	5096	1回目
	2号	2503	15381	1回目+2回目
H25.7.24	1号	992	12311	
	2号	515	—	種火のみ
H25.7.25	1号	636	3341	
	2号	1089	6418	

(6) 消費電力

表 9 消費電力

		1号ボイラ	2号ボイラ
		W	W
H25.7.23	1, 2号	1800	2040
	2号のみ	0	2096
H25.7.24	1号のみ	1778	0
H25.7.25	2号のみ	0	2126
	1号のみ	1729	0

(7) 燃料、灰の発熱量、工業分析、元素分析

表 10 燃料分析結果

	水分	灰分	水素	高位 発熱量	低位 発熱量
	%	%	%	MJ/kg	MJ/kg
木ペレット	7.09	0.21	6.17	16.94	15.37
稲わらペレット	11.16	14.89	5.22	13.08	11.63
麦わらペレット	7.89	6.52	5.85	15.32	13.81

なお、A 重油の低位発熱量は 41.9MJ/kg、比重は 0.86（文献値）を用いた。

表 11 灰分分析結果

			水分	灰分	水素	高位 発熱量	低位 発熱量
			%	%	%	MJ/kg	MJ/kg
フライアッシュ	H25.7.23	1号	5.17	60.32	1.31	4.96	4.54
		2号	4.25	60.54	1.37	4.78	4.37
	H25.7.24	1号	3.15	75.29	0.90	2.77	2.49
		2号	4.23	65.29	1.10	4.42	4.07
	H25.7.25	1号	1.13	79.23	0.77	3.01	2.81
		2号	2.02	64.54	1.30	4.01	3.67
ボトムアッシュ	H25.7.23	1号	1.91	86.17	—	2.53	—
		2号	1.5	92.03	—	—	—
	H25.7.24	1号	1.69	91.21	—	—	—
		2号	—	—	—	—	—
	H25.7.25	1号	2.45	79.37	—	4	—
		2号	1.63	90.89	—	—	—

(8) ボイラ出力、熱効率

表 12-1 ボイラ出力、熱効率（ペレットボイラ）

		入熱				出熱				熱効率
		燃料種類	発熱量	燃料 消費率	入熱量	ボイラ出 口温度	ボイラ入 口温度	流量	出熱量	
		—	MJ/kg	kg/h	kW	°C	°C	L/min	kW	
H25.7.23	1号	木：稲＝ 1：1	13.50	70.6	265	79.4	73.5	422	175	66.1%
	2号	木：稲＝ 1：1	13.50	70.6	265	78.0	72.2	414	166	62.9%
	2号	木：稲＝ 1：1	13.50	71.1	266	74.1	66.8	414	210	78.9%
H25.7.24	1号	木：稲＝ 1：1	13.50	70.6	265	74.4	68.2	422	181	68.4%
	2号	木：稲＝ 1：1	13.50	—	—	—	—	—	—	—
H25.7.25	1号	木：麦＝ 1：1	14.59	70.9	287	72.1	65.5	422	194	67.5%
	2号	木：麦＝ 1：1	14.59	70.3	285	71.6	64.3	414	213	74.9%

表 12-2 ボイラ出力、熱効率（重油ボイラ）

		入熱						出熱				熱効率
		燃料種類	発熱量	運転時間	運転回数	燃料消費率	入熱量	ボイラ出口温度	ボイラ入口温度	流量	出熱量	
		—	MJ/kg	min	回	kg/h	kW	°C	°C	L/min	kW	
H25.7.23	9～23時	A重油	41.9	270	103	16.6	193	71.5	21.9	66.4	74	38.4%
H25.7.24	7～23時	A重油	41.9	299	105	16.1	187	72.8	22.1	66.4	73	39.2%

6. 考察

（1）ペレットボイラ熱出力、熱効率について

ペレットボイラの熱効率は63～79%であり、70%以下で推移した場合が多かった。ペレットボイラの定格熱出力は407kWに対して、今回の試験での熱出力は166～213kWで、定格出力の4～5割の出力における試験となった。一般的に定格出力時の熱効率が最も良いとされており、部分負荷での熱効率は定格よりも低くなる傾向にある。また、今回の試験を行う前まで、継続して種火運転モードとなっていた。種火運転モードでは、未燃ガスが発生しガス中のタールがボイラ内壁に付着しやすいことが考えられる。炉内を確認するとタール状の物質が熱交換器表面に多量に付着しているのが確認された。熱交換器表面にタールが付着すると、熱交換が阻害され、熱効率の低下の要因となる。今回の試験で、熱効率がやや低めであったのは、上記の2つの要因によると思われる。熱交換器へのタールの付着による熱交換の阻害については、通常運転を継続すれば熱によってタールが除去され、熱効率が改善されると思われる。

1号ボイラの熱効率は木ペレット+稲わらペレット燃焼時で66.1%、68.4%、木ペレット+麦わらペレットで67.5%、また、2号ボイラでは木ペレット+稲わらで62.9%、78.9%、木ペレット+麦わらで74.9%であった。このことから、稲わらペレットと麦わらペレットの燃料の違いによる熱効率の明確な差異は認められなかった。

（2）重油ボイラの熱出力、熱効率について

重油ボイラの熱効率は約39%と低い値となった。

重油ボイラの運転状況を見ると、7/23 9:00～23:00の14時間のうち実際に運転した時間は270分（=4.5時間）、運転回数は103回であるので、1回あたりの運転時間は2分半強であった。1サイクルの所要時間は約8分であり、2分半運転、5分半運転休止を繰り返していた。これは、ボイラの能力に対して負荷が非常に小さいため、運転開始後すぐにボイラの設定温度に到達するために、このような運転状態になると思われる。オンオフ運転は一旦暖まった缶体をボイラ停止時に冷やすことになり、次の運転時に冷えた缶体を再び暖めるためのエネルギーが必要となる。また、重油ボイラの定格出力は756kWに対して今回の試験での出力は74kWと10%以下に留まった。ボイラ効率を向上させるためには（1）と同様にボイラの定格に近い出力で、連続的に運転することが重要である。そのためには、出力の比較的小さなボイラを複数台用意し、負荷に対してボイラの運転台数をコントロールする方法が有効と思われる。

(3) 灰の未燃損失について

フライアッシュ、ボトムアッシュの灰分はそれぞれ 60～80%、80～92% (=灰中未燃分 40～20%、20～8%) であった。一方、灰の発生割合はフライアッシュ：ボトムアッシュ＝15:85 であり、ボトムアッシュが圧倒的に多かった。

発熱量はボトムアッシュでは計測されないことが多く、可燃物とは言えないので、フライアッシュのみで未燃損失を算出してみると (表 13)、フライアッシュの未燃損失は 0.1～0.8% であり低い値であった。

表 13 フライアッシュ未燃損失

		フライアッシュ 発生量	運転時間	フライアッシュ 発熱量	フライアッシュ 未燃損失量	ペレットボイラ 入熱量	フライアッシュ 未燃損失	備考
		g	min	MJ/kg	kW	kW	%	
H25.7.23	1号	1346	51	4.54	2.00	265	0.8	1回目
	2号	2503	152	4.37	1.20	266	0.5	1回目+2回目
H25.7.24	1号	992	153	2.49	0.27	265	0.1	
	2号	515	—	4.07	—	—	—	種火のみ
H25.7.25	1号	636	127	2.81	0.23	287	0.1	
	2号	1089	128	3.67	0.52	285	0.2	

(4) ペレット燃料の優位性について

ペレット燃料について燃料自体の費用、灰処理にかかる費用、電力料金から単位発熱量 (1GJ) 当たりの単価を計算した (表 14-1、14-2)。

表 14-1 ペレット燃料使用時の単価 (1GJ 当たり)

	燃料価格	低位発熱量	燃料単価 (1GJ当たり)	ボイラ効率	燃料単価 (1GJ当たり、ボイラ効率加味)	灰処理費用	消費電力 (1、2号平均)	ボイラ運転時間 (1GJ当たり)	消費電力量 (1GJ当たり)	電力料金 *(1GJ当たり)	燃料+灰処理 +電力費用 (1GJ当たり)
	円/kg	MJ/kg	円/GJ	%	円/GJ	円/GJ	kW	h	kWh	円/GJ	円/GJ
木ペレット	40	15.37	2602	0.7	3730	4	1.93	0.001	0.002	0.03	3734
稲わらペレット	35	11.63	3010	0.7	4315	388	1.93	0.001	0.002	0.03	4704
麦わらペレット	38	13.81	2752	0.7	3946	143	1.93	0.001	0.002	0.03	4089

*高圧6000V受電、14.15円/kWh

表 14-2 灰処理費用 (1GJ 当たり)

	発熱量当たり燃料量	灰分	フライアッシュ/全アッシュ	フライアッシュ灰分	ボトムアッシュ灰分	フライアッシュ水分	ボトムアッシュ水分	フライアッシュ量(含水、含未燃分)	ボトムアッシュ量(含水、含未燃分)	灰合計(含水、含未燃分)	灰処理単価	灰処理費用
	kg/GJ	%	%	%	%	%	%	kg/GJ	kg/GJ	kg/GJ	円/t	円/GJ
木ペレット	65.0	0.21	14.5	67.5	87.9	3.3	1.8	0.0	0.1	0.2	25000	4
稲わらペレット	86.0	14.89	14.5	67.5	87.9	3.3	1.8	2.9	12.7	15.5	25000	388
麦わらペレット	72.4	6.52	14.5	67.5	87.9	3.3	1.8	1.1	4.7	5.7	25000	143

1GJ 当たりの燃料単価はボイラ効率を平均で 69.8% とすると木ペレット、稲わらペレット、麦わらペレットそれぞれ 2,602 円/GJ、3,010 円/GJ、2,752 円/GJ であった。また、灰処理費用は同様にそれぞれ、4 円/GJ、388 円/GJ、143 円/GJ であった。電力料金はともに 0.03 円/GJ で無視できる値であった。合計すると 1GJ 当たりの単価は、同様にそれぞれ

3,734 円/GJ、4,704 円/GJ、4,089 円/GJ であった。

3 種のペレットの中で最も高い稲わらペレットの単価を基準に、重油ボイラの効率 (38.8%) から A 重油の価格を計算すると 66 円/L となった。つまり、A 重油価格が 66 円/L よりも高い場合は、ペレット燃料を利用した方が経済的に有利であることを示している。これは、重油ボイラの効率が低いことが大きな要因であると考えられる。今回の重油ボイラの効率は 7/24(水)、7/25(木)の午前 9 時～午後 23 時までのデータから計算されたものであるが、最も入浴客の多い時期における重油ボイラの効率を計測し、経済的に有利な運転形態を検討することが重要であると思われる。

7. まとめ

南幌町温泉に導入されたペレットボイラ、既設重油ボイラについて性能試験を行った結果、以下のことが分かった。

- ペレットボイラの熱効率は 66～79%であった。熱効率の向上のためには、定格出力における性能試験の実施、およびボイラ熱交換器表面に付着した種火運転によると思われるタールの除去が必要であると思われた。
- 稲わらペレット、麦わらペレット使用時の燃料による明確な熱効率の差異は認められなかった。
- 重油ボイラの熱効率は約 39%であった。熱効率向上のためには、熱出力の比較的小さなボイラを複数台設置し、負荷に応じたボイラの台数制御が有効であると思われた。
- 現状では重油価格が 66 円/L より高い場合は、ペレット燃料を利用した方が経済的に有利であると思われた。

「稲わらペレットを利用したペレットボイラーの運用試験」時における 微小粒子状物質（PM_{2.5}）等測定結果について

（地独）北海道立総合研究機構 環境・地質研究本部
環境科学研究センター

1. 対象施設及び燃料の種類

南幌温泉ハート&ハート（南幌町南 9 線西 15 番地）

ペレットボイラー1 号炉

燃料：木質ペレットと稲わらペレットの混合（1：1）

2. 測定項目及び測定方法

- ① ダスト（JIS8808 による測定方法に準拠）
- ② PM_{2.5}（発生源用 3 段型カスケードインパクトを用いた分級採取）
- ③ ガス状成分（一酸化炭素（CO）、酸素（O₂）、窒素酸化物（NO_x））
- ④ 水分
- ⑤ 温度

3. 測定日

平成 25 年 7 月 24 日

4. 測定結果の概要

表 1 にダスト及び PM_{2.5}、ガス状成分の測定結果を示す。また、ボイラー作動時のガス状成分濃度の変化について、図 1、2 に示す。

PM_{2.5} 濃度のばらつきが非常に大きい結果となったが、これは CO 濃度の変化から燃焼状態が非常に不安定な状態の時に採取時刻が重なり、PM_{2.5} の採取量に変化が生じているものと推察される。また、ダスト濃度と比較し、PM_{2.5} 濃度が高い結果を示したが、これは採取方法の違いによる影響が大きいと推察される。ダストは採取部がダクト内であるのに対し、PM_{2.5} は採取部がダクト外であったことから、温度低下により凝縮性の粒子が生成し、PM_{2.5} 濃度がダスト濃度よりも高い結果になったと推察される。

表1 ダスト及びPM_{2.5}濃度の測定結果

測定項目	時刻		ダスト、PM _{2.5} g/m ³ N	ダスト、PM _{2.5} 酸素換算 g/m ³ N	NO _x ppm	NO _x 酸素換算 ppm	CO ppm	CO 酸素換算 ppm	O ₂ %
1 ダスト①	3:23 ~ 3:29	平均	0.15	0.25	118.3	190.7	556.0	896.2	11.7
		最高			120.5		622.4		12.5
		最低			115.1		492.3		11.3
2 PM _{2.5} ①	3:32 ~ 3:39	平均	0.22	0.36	107.0	174.7	1637.5	2674.7	11.8
		最高			119.7		5534.8		14.3
		最低			94.4		606.8		7.3
3 ダスト②	3:40 ~ 3:45	平均	0.17	0.26	98.6	149.7	1608.4	2440.8	11.1
		最高			109.3		3504.1		14.3
		最低			91.3		848.1		7.5
4 PM _{2.5} ②	3:47 ~ 3:52	平均	0.15	0.29	115.1	216.3	684.9	1286.7	13.0
		最高			128.5		810.5		13.5
		最低			103.2		596.8		12.5
5 ダスト③	3:55 ~ 4:02	平均	0.13	0.25	120.1	225.7	602.0	1131.4	13.0
		最高			123.0		641.8		13.5
		最低			116.8		552.5		12.5
6 PM _{2.5} ③	4:02 ~ 4:05	平均	0.74	1.27	137.6	237.6	2838.3	4900.2	12.3
		最高			152.8		9231.1		14.6
		最低			121.5		596.3		7.8

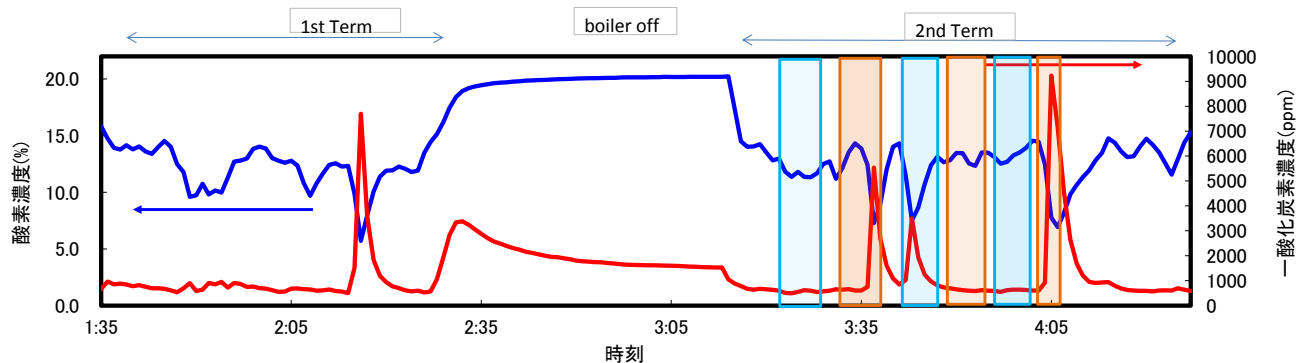


図1 O₂及びCO濃度の変化

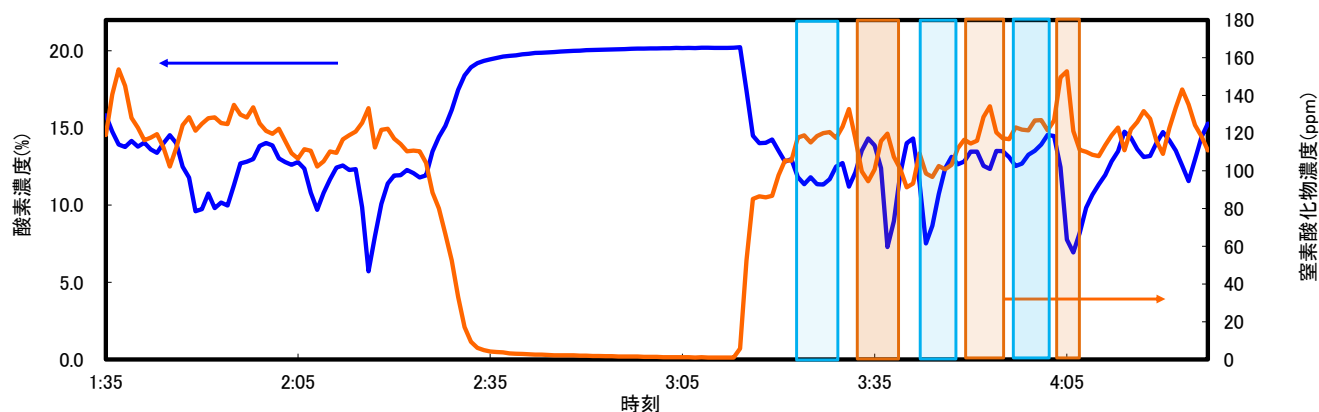


図2 O₂及びNO_x濃度の変化

その他測定結果については以下のとおりである。

水分：7.6%

温度：209℃

流速：3.8m/sec

用語解説

○ エネルギーに関すること

- ・ 化石燃料

石油、石炭、天然ガスなど地球に埋蔵されている再生産のできない有限性の燃料資源。

- ・ 再生可能エネルギー

「エネルギー供給高度化法」に定められている、非化石エネルギー利用源のうちエネルギー源として永続的に利用できると認められるもの。

- ・ 新エネルギー

「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法」に定める、太陽光、風力、その他非化石エネルギー利用等のうち経済性の面における制約から普及が十分でないものであって、その促進を図ることが非化石エネルギーの導入を図るために特に必要なもの。

- ・ バイオマス

生物 (bio) の量 (mass) のこと。再生可能な生物由来の有機性エネルギーや資源（化石燃料は除く。）

- ・ ペレット

おがくずや木くずなどに圧力を加えて固めた固形燃料のこと。ペレットストーブなどの燃料として利用し、バイオマスエネルギー源のひとつとして注目されている。木材などを原料としているためカーボンニュートラルと見なすことができ、地球温暖化防止に有効とされる。

- ・ ブリケット

いわゆる豆炭と呼ばれる、石炭粉などを固めてつくる燃料のこと。報告書に記載されているブリケットは、稲わらを圧縮・成型して製造したもの。

○ 地球温暖化に関すること

- ・ 地球温暖化

人間の活動の拡大により二酸化炭素（ CO_2 ）をはじめとする温室効果ガスの濃度が増加し、地表面の温度が上昇すること。

- ・ GHG

温室効果ガス (greenhouse gas) のこと。二酸化炭素やメタンなどが該当する。

- ・ 二酸化炭素

温室効果ガスのひとつ。常温で無色、無臭の気体で、水に溶けて炭酸となり弱い酸性を示す。石油、石炭、天然ガス、木材など炭素分を含む燃料を燃やすことにより発生する。

- ・ メタンガス

無色の可燃性気体。天然ガスの主成分であり、有機物が腐敗、発酵するときに生じる。温室効果ガスのうち、原因の約6割を占める二酸化炭素に次いで、約2割の影響を及ぼす。また、温室効果は二酸化炭素の約20倍と大きい。

- ボイラーに関すること

- ・ 熱効率

投入した熱エネルギーが仕事や電力などに変換される割合。この報告書では、ボイラーの入熱量に対する出熱量の割合のこと。

- ・ 煙道

ボイラーで燃やした煙が煙突から出るまでの部分

- ・ ばいじん

ボイラー等の施設から出るすす状の物質のこと。大気汚染防止法により排出基準が定められている。

- その他

- ・ 放射性セシウム

原子番号55のアルカリ金属元素。報告書に記載されている施肥等のセシウム濃度の暫定基準は、同位体であるセシウム134とセシウム137を合算したもの。

- ・ 人工光合成

植物の光合成を人工的に行ったもの。

- ・ 光触媒

光を照射することにより触媒作用を示す物質の総称。

- ・ 歩留まり

原料の投入量に対して、実際に得られた製品生産数（量）の比率

- ・ 融雪剤

雪や氷を溶かす剤のこと。報告書では、春先に農地などに散布し、太陽熱を吸収することにより、雪を溶かす炭状のもの。

- ・ ケイ素

原子番号14の元素。イネ科の植物の体内にケイ酸として取り入れられている。

- ・ ワールドカフェ

カフェのようなリラックスした雰囲気の中、少人数に分けたテーブルで自由な対話を行う。また、他のテーブルとシャッフルすることで、参加者全員の意見や知識を集めることができる会議。

【問合せ先】

南幌町まちづくり課企画情報グループ

電話番号 011-378-2121 E-mail g-kikaku@town.nanporo.hokkaido.jp