
平成28・29年度
新潟市もみ殻燃料モニター事業

温水地中配管による
切花用ビニールハウスにおける熱利用について

平成30年10月

作成者

新潟市 環境部 環境政策課
スマートエネルギー推進室

目次

1. 背景.....	3
2. 事業の目的.....	3
3. 事業の概要.....	4
3.1 もみ殻ボイラー仕様.....	4
3.2 事業実施環境.....	4
4. 検証方法.....	6
4.1 農業用ビニールハウスでの暖房エネルギーとしての利用.....	6
4.2 焼却灰の有効活用.....	6
4.3 モニター事業の採算性およびCO ₂ 削減の効果.....	6
5. 事業の結果.....	7
5.1 事業実施の概要.....	7
5.2 農業用ビニールハウスでの暖房エネルギーとしての利用.....	8
5.3 焼却灰の有効活用.....	8
5.4 モニター事業の採算性およびCO ₂ 削減の効果.....	10
6. モニター事業実施者の感想.....	11
7. もみ殻ボイラーの普及に向けた課題.....	11
8. まとめ.....	12

1. 背景

- 本市は本州日本海側唯一の政令指定都市である一方、農業産出額が政令指定都市で1位（全市町村中3位）※の「田園型政令指定都市」である。
※【出典】 農林水産省「平成 28 年市町村別農業産出額（推計）」
- 平成 25 年度に実施した様々な田園資源の賦存量、利用量、追加的利用可能量に関する調査の結果、もみ殻が活用の余地が大きなバイオマス資源であったことから、平成 27 年度に開催した「新潟市田園資源活用検討委員会」では、もみ殻をエネルギーとして活用することを中心に検討を行った。
- この委員会で出された意見などを踏まえ、平成 28 年 3 月に「新潟市田園資源活用推進方針」を策定し、この方針の中で、検討すべきもみ殻活用プロジェクトのひとつとして、「ビニールハウスの暖房（もみ殻の無加工活用）」を挙げている。
- もみ殻を燃料とするボイラー（以下、「もみ殻ボイラー」という。）によるビニールハウスでの暖房利用は、新潟県十日町市などで既に事業運用がなされ、化石燃料の使用量削減（CO₂排出量の削減）に繋がっているが、本市での運用実績はない。
- このたび、もみ殻のエネルギー活用の普及拡大に繋げていくため、農業用ビニールハウスにおいて、もみ殻ボイラーによる熱利用を行う「もみ殻燃料モニター事業」（以下、「モニター事業」という。）を実施するとともに、その運用実績などを示す。
- また、もみ殻は燃焼により大量の灰が発生するため、焼却灰の有効活用についても併せて検討する。

2. 事業の目的

- もみ殻活用プロジェクトのひとつである「ビニールハウスの熱利用（もみ殻の無加工活用）」としての有効性などを検証するため、平成 28 年度から 2 年間、モニター事業を実施。
- 市内の事業者（株式会社 ^{りむ} 緑夢環境）の協力を得て、冬期間これまで重油ボイラーで暖房を行っていた切花用ビニールハウス 1 棟を、もみ殻ボイラーで暖房するモニター事業を通して、バイオマス資源のひとつであるもみ殻に関し、次の 3 事項を調査するもの。
 - ① 農業用ビニールハウスでの暖房エネルギー利用資源としての可能性
 - ② もみ殻ボイラーの副産物である焼却灰の有効活用
 - ③ モニター事業の採算性（CO₂削減の効果）
- また、各調査項目に対する検証内容は次のとおり。
 - ① 作物の生育状況などから効果を確認
 - ② 新潟市衛生環境研究所の協力や分析機関への委託により、焼却灰の成分などを分析
 - ③ モニター事業の収支から事業採算性を算出（CO₂の削減効果を含む）
- 本モニター事業では、平成 29 年 3 月時点で全国 42 件の導入実績のある「もみ殻専用ボイラー」を用いることとした（詳細は次ページ「もみ殻ボイラー仕様」を参照）。

3. 事業の概要

3.1 もみ殻ボイラー仕様

もみ殻ボイラー カタログ値			
製造元	日本パーク株式会社(福岡県大野城市)※特許移転により平成30年5月から秋田農販株式会社(秋田県大仙市)が製造	循環ポンプ	AC100V(50Hzまたは60Hz指定)
		定格電圧	単相AC100VおよびAC200V±10% 50/60Hz
型式	NPM-50	消費電力	点火時:約600W 点火後:約200W
用途	給湯・循環暖房		
点火方式	電熱ヒーター点火(自動点火)	重量	約350Kg
燃料	もみ殻	外形寸法 (本体寸法)	W620×D1,710×H2,052(mm)
ボイラー構造	無圧温水発生方式		
熱交換器容量	120L	安全装置	燃料制御装置(空だき防止)・過熱防止装置 モーター過負荷保護装置
最高使用圧力	98KPa		

※平成28年11月21日現在

3.2 事業実施環境

モニター事業実施者

株式会社 緑夢環境

本市と締結した運用協定に基づき、モニター事業を実施する事業者

- 所在地 新潟市南区中塩俵 1457
- 代表者 代表取締役 牧野宏樹
- 事業内容 造園業, 農業
- 主な作物 切花(チューリップ, アイリス, グラジオラス, ラナンキュラス)

農事組合法人 中塩俵米倶楽部

モニター事業で使用する燃料用のもみ殻を供給する事業者

- 所在地 株式会社 緑夢環境と同一事務所
- 主な作物 水稲 38ha(経営面積42ha)

モニター事業委託先

株式会社 秋田農販

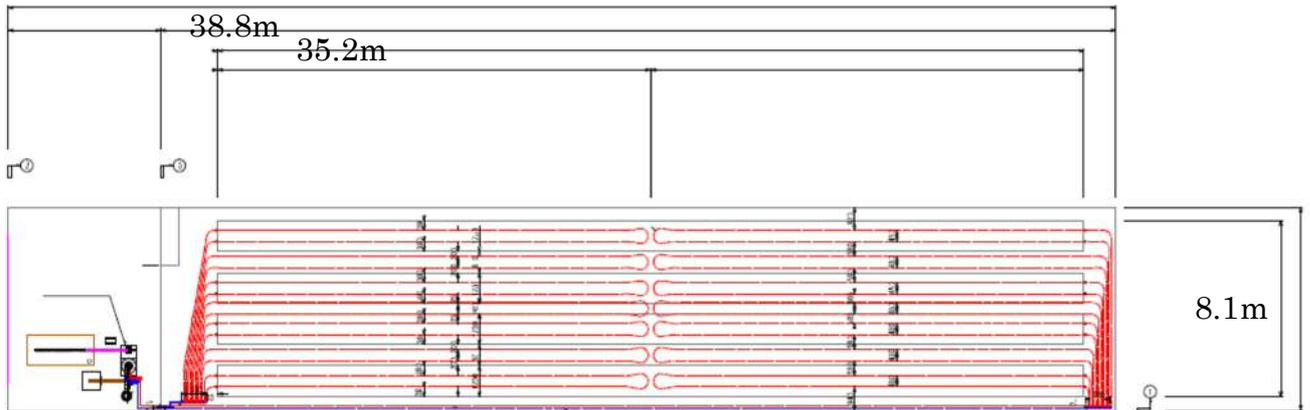
本市と締結した委託契約に基づき、もみ殻ボイラー設備の設置および貸与、運用支援並びに運用面での考察等を行う事業者

- 所在地 秋田県大仙市南外字悪戸野 147
- 代表者 代表取締役 高橋浩行
- 事業内容 ハウス内配管等農業土木設計および農産物並びに環境製品販売

事業実施施設（ビニールハウス）の概要

- 設置場所 新潟市南区中塩俵地内
- 総面積 $45\text{m} \times 8.1\text{m} = 364\text{m}^2$ (110坪)
- 配管総延長 615m (7路 \times 2系統。うち棚下4路 \times 2系統)
- 暖房面積 $38.8\text{m} \times 8.1\text{m} = 314\text{m}^2$ (95坪)
- 作物 チューリップ切花

<平面図>



△ビニールハウス外観



△ビニールハウス内部



◁もみ殻ボイラー（設置時）



△棚下配管



△地中配管

4. 検証方法

4. 1 農業用ビニールハウスでの熱エネルギーとしての利用

冬季間にチューリップ切花の栽培を行うビニールハウスにおける暖房を、従来の重油ボイラーによる空中加温から、もみ殻ボイラーによる地中加温に替えて実施し、作物の生育状況、もみ殻焼却灰の活用可能性、事業の採算性およびCO₂排出量の削減効果を検証する。

4. 2 焼却灰の有効活用

(1) もみ殻ボイラーの焼却灰の有効活用について検討するため次表の4項目の分析を行う。

分析項目	概要	分析目的
(1) 可溶性 ケイ酸	<ul style="list-style-type: none">✓ ケイ酸は、イネ科の作物が吸収すると、茎葉が丈夫な強い苗に育ち、朽ちた後も安定した腐植になる。✓ 水に溶けてから吸収される可溶性ケイ酸の含有率は、作物に吸収されるケイ酸定量の指標となる。	<ul style="list-style-type: none">• 射水市のもみ殻焼却灰などとの比較• 射水市は70%
(2) アルカリ分	<ul style="list-style-type: none">✓ 酸性やアルカリ性の強い土壌は、作物の生息を阻害するため、作物に適したpHに調節する必要がある。✓ アルカリ分の含有率は、土壌の酸性を中和することができる力の指標となる。✓ もみ殻灰は草木灰。薪の灰の場合は15~30%。	<ul style="list-style-type: none">• アルカリ資材の可能性
(3) 遊離ケイ酸	<ul style="list-style-type: none">✓ 遊離ケイ酸は、結晶性シリカとも言われ、細かな結晶性シリカはじん肺の原因となる。✓ 平均粒径 4μmの結晶性シリカ含有率を測定することで、作業環境の安全性の指標とする。	<ul style="list-style-type: none">• じん肺原因物質の把握• 少ないほど良い
(4) 平均粒径	<ul style="list-style-type: none">✓ もみ殻ボイラーの焼却灰を燐炭として活用する場合は、その粒径が燐炭と同程度である必要がある。✓ 土の粒度試験方法JIS-A1204を参考に、目開き75μmから2mmのふるいで質量分布を測定し、燐炭としての活用可否の目安とするもの。	<ul style="list-style-type: none">• 燐炭としての可能性• 燐炭と同等が良い

※なお、比較のため次の3検体についても分析を行い、モニター事業の焼却灰の有効活用を検証する。

- ① もみ殻ストーブ灰（以後「①ストーブ灰」）
- ② ホームセンターで販売されている中国製燐炭（以後「②HC 燐炭」）
- ③ カントリーエレベーター併設プラントの燐炭（以後「③CE 燐炭」）

(2) もみ殻焼却灰が小松菜の生育に及ぼす影響。

4. 3 モニター事業の採算性およびCO₂削減の効果

モニター事業の採算性

- (1) 事業を実施するにあたり投資したもみ殻ボイラーの初期設備経費を、燃料費の削減と焼却灰の売却利益により何年間で回収できるかを試算し、その回収期間の長さで評価する。
- (2) また、農業用ボイラーの税法上の耐用年数が7年間であるため、これを基準に評価する。

CO₂削減の効果

- もみ殻ボイラーの導入による重油の削減量からCO₂削減量を評価する。

5. 事業の結果

5.1 事業実施の概要

もみ殻ボイラー使用期間

平成 28 年度 : 平成 29 年 2 月 14 日から同年 3 月 12 日 (27 日間)
平成 29 年度 : ①平成 29 年 11 月 20 日から平成 30 年 1 月 6 日
②平成 30 年 3 月 25 日から同年 3 月 26 日 (47 日間)

- (1) チューリップの栽培期間で加温が不要な期間があるため、期間中連続使用にならなかった。
- (2) 平成 29 年度は加温が必要な時期に比較的天候が良かったため、もみ殻ボイラーの加温が不要な期間が増えた。
- (3) もみ殻ボイラー使用期間中は、重油ボイラーによる加温は不要であった。

もみ殻の投入

敷地内(ビニールハウス向い)のライスセンターにストックしていたもみ殻を、ホイールローダーでビニールハウス内に運び入れ、箕などでもみ殻箱へ投入。(1日30分程度。朝に作業)

- (1) もみ殻の使用量は約 120kg~160kg/日※で、
平成 28 年度 : 約 3 t
平成 29 年度 : 約 8 t
※燃焼設定により異なる

▷ホイール
ローダー



△もみ殻箱

- (2) 平成 29 年度もみ殻活用量
(モニター事業実施者の水稻面積 38ha に対する概算)
 - ① もみ殻燃料 約 8 t (約 21%)
 - ② もみ殻堆肥 約 20 t (約 53%)
 - ③ 暗渠資材 約 2 t (約 5%)
 - ④ 残り 約 8 t (約 21%)

▷もみ殻箱と
もみ殻ボイラー



焼却灰の回収

- 搬出口から排出された焼却灰が、バネコンで持ち上げられて回収箱にセットされた4つのビニール袋に入り、毎日ビニール袋を取り換える。(1日30分程度。夕方に作業)



△焼却灰搬出口



◁灰回収箱と
ビニール袋



△取り出した焼却灰

5.2 農業用ビニールハウスでの暖房エネルギーとしての利用

もみ殻の暖房エネルギー利用に問題はなく、チューリップの生育状況も順調

- (1) 平成28年度モニター事業では、実施者からは、隣接する重油ボイラーのビニールハウス内で栽培したチューリップに比べ、もみ殻ボイラーのビニールハウス内で栽培したチューリップの方が、出荷時期が5日ほど早かったとの報告があった。
- (2) また、平成29年度モニター事業で、棚下配管の一部で温水循環を止めたところ、その部分では出荷時期が3日ほど遅かったとの報告があった。
- (3) モニター事業では、温水配管で地下部(根部)を加温することによって、生育を早めることができたものと推察される。

5.3 焼却灰の有効活用

焼却灰の成分分析結果

もみ殻ボイラーの焼却灰を含む5検体における成分分析の結果は次表のとおり。

項目	モニター事業		①ストーブ灰	②HC 燻炭	③CE 燻炭	
	平成28灰	平成29灰				
(1) 可溶性ケイ酸	62%	45%	44%	26%	43%	
(2) アルカリ分	0.56%	0.34%	0.58%	0.55%	0.33%	
(3) 遊離ケイ酸	検出せず	1%未満	1%未満	— (未分析)	検出せず	
(4) 平均粒径	D10	0.13mm	0.12mm	0.29mm	0.27mm	0.29mm
	D30	0.32mm	0.25mm	0.55mm	0.54mm	0.54mm
	D50	0.52mm	0.35mm	0.75mm	0.73mm	0.72mm
	D60	0.62mm	0.42mm	0.90mm	0.84mm	0.82mm

「HC」・・・ホームセンター、「CE」・・・カントリーエレベーター

各項目について

- (1) 可溶性ケイ酸含有率について、平成28年度のもみ殻ボイラー焼却灰は、他の検体に比べ高く、62%であったが、平成29年度はやや高い程度であった。もみ殻の状態によって焼却灰の生成に影響があるものと推察される。
- (2) アルカリ分の含有率は全ての検体で1%未満であり、草木灰として期待される15~30%よりかなり少なかった。
- (3) 遊離ケイ酸は、労働安全衛生法の作業環境測定に関連する項目であり、作業空間に飛散している粉じんの濃度が問題となる。

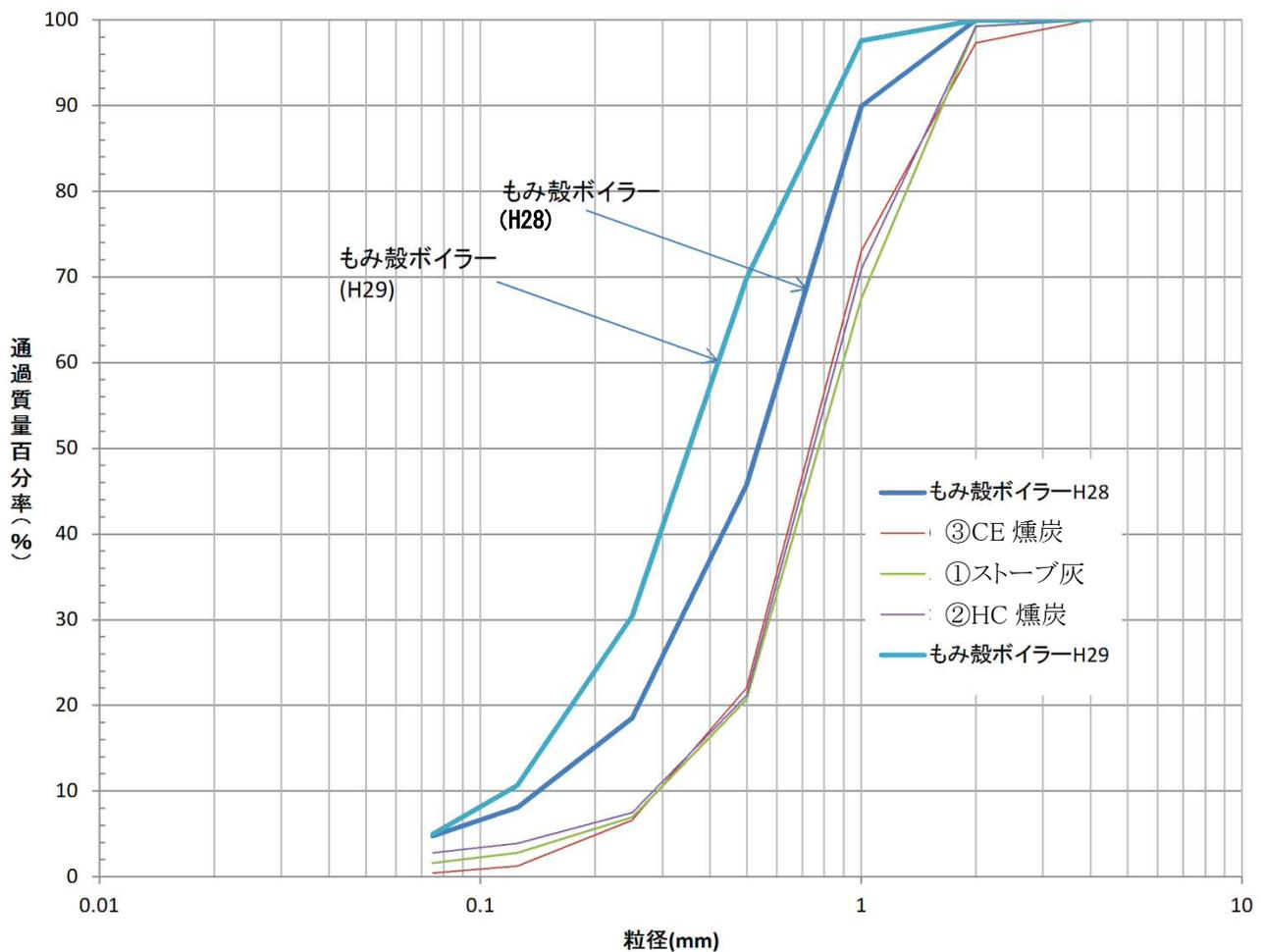
なお、分析結果の「1%未満」は、微量で定量できないが、存在は確認されたことを示し、「検出せず」は、検出限界以下で、存在が確認されなかったことを示す。

遊離ケイ酸は上記の結果だったが、平成28年度のモニター事業で実施した作業環境測定の結果、焼却灰の回収作業中における粉じん濃度が高かったことから、焼却灰の排出口を封鎖するなど物理的に飛散を防ぐほか、作業時にマスクを着用するなどの対策を取ることが必要となる。

(4) 平均粒径は、粒径 1mmにおける通過質量を比較したところ、もみ殻ボイラーの焼却灰は 90%以上、他の 3 検体は約 70%前後であり、もみ殻ボイラーの焼却灰は燐炭などよりも細かいことを示す。この原因として、次の 2 点が考えられる。(【図1】粒径加積曲線を参照)

- ① 燐炭製造とは違い、熱エネルギーを取り出すのが目的であるため、他の検体に比べ有機物が消費されていると思われる。このため、もみ殻の形状を支える有機物がなくなり形状を維持できなかった。
- ② 炉から出た焼却灰を螺旋状のバネコン装置で搬送した際、焼却灰が更に砕けた。

【図 1】 粒径加積曲線



生育に及ぼす影響の確認

- もみ殻焼却灰が小松菜の生育に及ぼす影響について、新潟市農業活性化研究センターに発芽と育成状態の調査を依頼したところ、育成阻害などの障害は確認されなかった。

もみ殻ボイラー
焼却灰▷



◁小松菜の
育成試験

燻炭としての市場流通の可能性

- モニター事業の焼却灰について、市内の大手ホームセンターに商品化の相談をしたが、もみ殻ボイラーが1台では、安定供給ができない上、急な納品要請に応えられないことから、現時点での商品化は難しいとの結論に至った。
- ただし、今後もみ殻ボイラーの普及が進めば、供給体制の確立が可能となると考えられる。その際、「燻炭」として販売するためには、燃焼、排出の過程で焼却灰が砕けないようにし、粒径を保つことが望ましい。

5.4 モニター事業の採算性およびCO₂削減の効果

- モニター事業の実施事業者である農業法人からの聴き取りによると、例年、重油ボイラーで使用している重油量について、モニター事業によって以下の削減効果があった。

平成28年度：約1,600L

平成29年度：約3,000L

今回のモニター事業における初期投資経費の回収期間は約8年

- モニター事業で使用したもみ殻ボイラーの採算性を以下の条件で計算する。
 - ① 平成29年度の実績を用いる。
 - ② もみ殻ボイラーの初期投資費用の回収を化石燃料の費用軽減で行う。
 - ③ 補助率30%の公的補助金を活用する。

○初期投資

もみ殻ボイラー一式(※)	2,394,360円
公的補助(補助率30%)	△ 665,100円(消費税除外)
実質負担額	1,729,260円

○コスト削減額

重油 73円/L × 3,000L(削減量) = 219,000円

○初期投資回収期間

1,729,260円 ÷ 219,000円/年 = 7.89年 ≒ 8年

(上記費用に配管設備費、設計費は含まれていない)

農業用ボイラーの税法上の耐用年数は7年であるが、今年度の運用で初期投資を回収する場合、回収期間は約8年であった。さらに採算性を高めていく必要がある。

※内訳

もみ殻ボイラー本体
循環ポンプ
煙突
サイクロン集塵機
不凍液(18L)
煙突T笠
ボイラー燃焼試験費
燻炭搬送機
運搬費

2年間でのCO₂削減効果は約12t(燃料費削減効果は約32万円)

- 重油の二酸化炭素排出係数を2.710kg/L、重油単価を平成28年度64円/L、平成29年度73円/Lとして、モニター事業におけるCO₂削減量と燃料費削減額を算出すると以下の通り。

年度	CO ₂ 削減量	燃料費削減額
平成28年度	約4t(≒1,600L×2.710kg/L)	約100,000円(≒64円/L×1,600L)
平成29年度	約8t(≒3,000L×2.710kg/L)	約220,000円(≒73円/L×3,000L)
合計	約12t	約320,000円

6. モニター事業実施者の感想

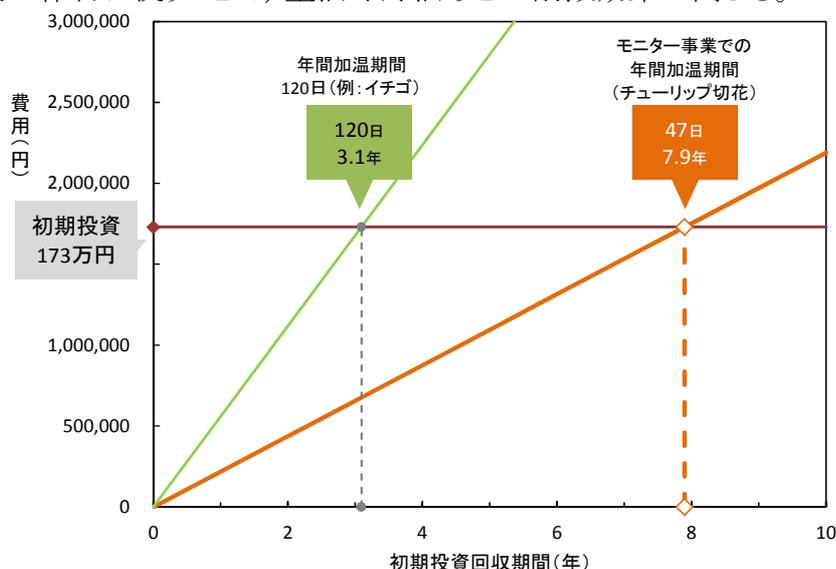
- モニター事業終了後、実施者である株式会社緑夢環境から以下の感想をいただいた。
 - チューリップは地中加温によって十分に生育したため、年内に出荷することができた。12月など外気温が低くなるほど有効性を増すと思う。地下配管がマッチするようなイチゴ、葉物野菜など、ほかの作物に取り入れると、なお効果的だと思う。
 - 今回実施した110坪ではボイラーの性能に余力があった。温湯暖房のメリットを活かし、さらに大きい面積で実施することで、より性能を発揮することができる。
 - もみ殻の燃焼時間を短縮することで燻炭の質が向上すると考えられる。そのためには、大量のもみ殻をスムーズに供給できる大きさや形状のもみ殻箱(ホッパー)が必要となる。
 - コメの品種によってもみ殻や燻炭の質も変わってくると考えられ、品種ごとの燻炭の質のデータを集めることも必要になる。

7. もみ殻ボイラーの普及に向けた課題

- モニター事業を通じ、本市での普及のためには次のような課題があることが分かった。
 - ① 初期投資費用の確保と投資回収
 - ② 燃料となるもみ殻の投入や焼却灰の回収に伴う人的作業負担
 - ③ 秋に集中して出るもみ殻の保管場所の確保※このうち、初期投資費用の回収について考察する。

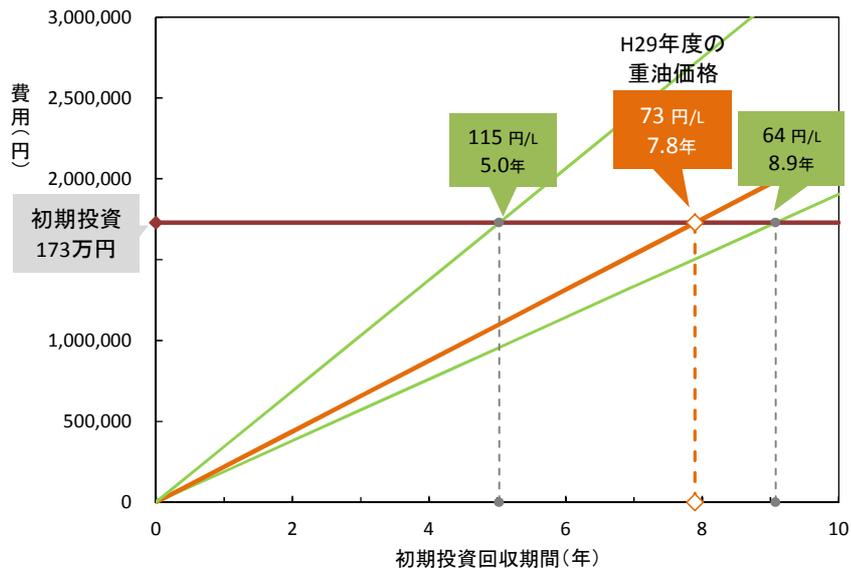
ボイラー導入の初期投資費用の回収について

- チューリップ切花では加温期間が短く耐用年数期間内での初期投資費用の回収が難しい。
- 要因として、次のことが考えられる。
 - ① 重油価格の低下(最も高騰した平成20年7月は114.6円/L。過去5年間で最も安かった平成28年3月は64円/L。平成29年は73円/L)
 - ② 稼働日数の少なさ(平成28年度は27日。平成29年度は47日)
 - ③ もみ殻灰の売却収入が得られなかったこと
- 対応策として最も有望なのは②稼働日数である。イチゴやトマトなど、年間の加温日数が比較的長い作物に使うことで、重油や灯油などの削減効果が高まる。



【図2】年間加温期間による初期投資回収期間(重油価格73円/L)

ボイラーによる加温期間が2.5倍になると、初期投資回収期間はおおよそ半減する。



【図 3】重油価格による初期投資回収期間（加温期間 47 日）

重油価格が高いほど初期投資回収期間は短縮され、平成 20 年 7 月の 115 円/L の場合では、5 年となる。

● 例として

- 150 坪のイチゴハウス。年間加温日数 120 日
- 設備費に対する本市の補助制度あり(補助率 30%)
- 灰は一袋(70L)700 円で販売(1シーズン 600 袋販売)
- 重油 88 円/L ⇒ 重油代は半減

として計算すると、3 年程度で初期投資の回収は可能である。(今回のモニター事業でを使用した配管や設計費などを含めた場合は約 6 年)

8. まとめ

- モニター事業で使用したもみ殻ボイラーは、温水配管による地中加温をベースとするものであり、それにより作物の生育促進効果が得られた。
- モニター事業では、もみ殻ボイラーの使用期間中は重油ボイラーを稼働する必要がなく、重油使用量および CO₂ 排出量の削減につながった。
- 今後、重油価格が高騰する状況も想定されるが、本市でもみ殻ボイラーを普及させるには、初期投資回収期間の短縮が必要であり、そのためには加温日数が長い作物の選定や、焼却灰の販路を確保していくことが重要といえる。