

# ペレット燃料自動供給装置の開発 —屋外サイロからペレットストーブ内蔵タンクへ—

きのこ部 主任研究員 由田茂一

## 1. はじめに

平成 20 年は石油価格の高騰などにより、ペレットストーブの普及が急速に進みました。ペレットストーブ購入者の多くは、石油暖房機よりも若干不便な点があることを承知で購入していることと思います。しかし、高齢に伴う体力低下やライフスタイルの変化などにより、ストーブに内蔵されているタンクへのペレット燃料（以下、ペレットとする）の運搬・投入に大きなストレスを感じるようになる可能性があります。

林産試験場では、20～22 年度に（株）イワクラと共同研究「住宅におけるペレット暖房システムに関する研究」を行っています。この中で、ペレットストーブの利便性向上のため、一般的な石油ストーブと同様に、屋外に設置したペレット貯蔵用サイロからペレットストーブ内蔵タンクへペレットを自動供給する方法も検討していますので紹介します（図 1）。

なお、一般に農産物や粉体等を貯蔵する容器と液体を貯蔵する容器が、それぞれサイロとタンクと区別されることから、ここでは屋外のをサイロと呼ぶことにします。ペレットストーブに内蔵されているものについては、石油ストーブのイメージから、ストーブ内蔵サイロでは違和感があるためタンクと呼ぶことにします。

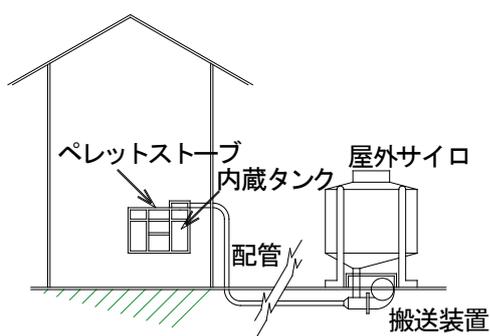


図1 ペレット供給方法のイメージ

## 2. 研究内容と目標

### (1) 自動供給装置

屋外サイロからペレットを供給する方法としては、既に円筒内でコイルスプリングを回転させることにより粉体等を運ぶしくみのバネコンがあります（写真

1）。この研究では、バネコンの場合よりも配管経路をフレキシブルにレイアウトできることやより長い距離まで対応できると考えられることから、空気による搬送方法（エアコンベア）に取り組んでいます。



写真1 バネコンの使用例（搬送距離は2～3m）

開発要件は以下としました。

- 搬送距離は、2m の立上がりを含む延長 10m 程度
- 搬送経路の途中に直角の曲がりがある箇所があっても搬送が可能
- ペレットの搬送能力は 1kg/分程度（1 回の搬送量が 7～8kg であれば、所要時間は 10 分以内/回）
- 林産試験場とサンポット（株）が共同開発した北海道型ペレットストーブに容易に取付けできること
- 搬送時の音が静かなこと
- 自動的に搬送されること
- ストーブの燃焼に危険や不都合を生じないこと

### (2) 屋外サイロ

搬送装置の上部に位置することになるサイロについては、以下の項目が要求されると思われました。

- 貯蔵中のペレットが安定した品質を保つこと
- 詰まり等を生じないこと
- ペレットの投入が容易なこと
- できるだけ安価なこと

ここでは特に a. の品質確保が重要と考えます。ここでの品質とは、強度低下や荷重（ペレットの自重）の集中等による粉化が少ないことです。粉化の原因としては、サイロ形状や内部構造のほかに結露が考えられます。サイロ形状や内部構造は今後の検討事項とし、まず結露の影響について検討しました。

### 3. これまでの成果と今後の予定

#### (1) 自動供給装置について

エアコンベアについては、製作コストを抑えることや大きな電気工事を伴わないことを念頭におき、単相100V電源で対応可能な比較的小型の送風機を使用した試験機を製作しました(写真2, 3)。基本的な性能確認と一定のデータ収集後、4月16日に旭川市で開催された「平成21年北海道森づくり研究成果発表会(木材利用部門)」で展示・実演しました。



写真2 試験機 (ペレット供給・送風側)



写真3 試験時の様子 (ストーブ側の立上がり2m)

目標のA. 2mの立上がりを含む搬送距離10m, B. 5箇所の曲がりがあっても搬送が可能なことについては、21年7月時点で2mの立上がりを含む延長7m程度まで可能です。これについては、さらに高性能な送風機とすることで距離の延長は可能ですが、コスト増になるため現在送風機を換えないで性能向上を目指しています。

C. 搬送能力1kg/分程度, D. 取り付けが容易なことは要件を満たしています(写真4, 5)。



写真4 レシーバ (左:動作確認用, 右:小型化したもの)



写真5 レシーバ (北海道型ペレットストーブに仮設)

E. 動作音については、ストーブ内蔵タンクでのペレットの衝突や落下により発生する音対策を図っているため音はほとんどしません。実演でもこの部分への指摘はありませんでした。しかし、送風機自体の動作音が大きいとのご意見がありました。当初、雨じまいの囲いを行うことから屋外での騒音は小さくなると思っていたが、防音を考慮した構造の囲いや地中への設置の必要性が示唆されました。

F. 自動搬送については、実演時は手動でしたが、その後、自動化して動作を確認しました。今後は、ストーブ内蔵タンク内におけるペレットの残量検知が適切に行われるよう、取り付け位置等を検討します。

G. 燃焼時の安全性については、現在搬送能力の向上を検討中であり、実演時に開発要件にはない内容についてもご指摘をいただいたことから、これらを併せて検討・改造した後で検証する予定です。

なお、改造前の装置での搬送による粉化については、搬送前後のペレットの形態等を比較したところ、特に問題は発生していません。

#### (2) 屋外サイロについて

#### 7. サイロの材質

屋外サイロについては、(株)イワクラの敷地内(苫小牧市)に4種類のサイロを設置し(写真6, 7)、19年10月からサイロ内部および外気の温・湿度を60分毎に自動計測しています。サイロの違いは、それぞれ

(a) 鋼コルゲート製(内張等なし), (b) 鋼コルゲート製(除湿材を内張り), (c) 鋼コルゲート製(内部にポリウレタン吹きつけ), (d) FRP製(内張等なし)です。21年2月までの測定では、サイロ内部の温度については、鋼コルゲート製の場合は外気温とほぼ同等かそれ以上ですがFRP製の場合は冬季に外気温より低くなるがありました。湿度については、鋼コルゲート製の場合はいずれも外気以下でしたが、FRP製の場合外気に近くなる傾向が示されました。



写真6 屋外サイロ（鋼コルゲート製）



写真7 屋外サイロ（FRP製）

#### イ. 結露の影響検討（シミュレーションの条件設定）

測定結果を参考に結露の可能性とその影響をシミュレーションしました。サイロ内部の空気条件は表1のように設定しました。すなわち、1) 8月のサイロ内部の最高気温は40.1℃であったことから内部温度は40.1と45℃の2種類、2) この時の相対湿度は35%RHであったことから35%RHおよび更に厳しい50と70%RHの3種類、3) ペレットの初期含水率は當場での測定結果から9.0%としました。また、4) サイロ形状は、火災予防条例で再生資源燃料\*1は1000kg未満の保存であれば規制がないことから0.8×1.3×1.0mとしました（図2）。この場合、内容積は1.04m<sup>3</sup>となり、満充てんした場合のペレット重量は600kg程度となります。ここで、5) ペレットの充てん量は内容積の2割程度、すなわち底面から20cmの高さまでとし上部80cmは空間としました。結露は、この空間に含まれる水蒸気の一部が凝縮することなので、空間が大きいほど厳しい条件となります。設定した各温・湿度条件に対する露点温度は表1に示したとおりです。ここで真夏の暑い日（内部が降雨前の設定条件）にサイロに雨が降り、6) サイロの内壁温度が一気に各露点温度以下になったとします。そして、最後の条件として、7) 凝縮した水分は4方向の垂直の壁面を伝って壁に接しているペレットにのみ全て吸収されるものとしました（図2参照）。

\*1 ペレットは再生資源燃料扱いとなることが多いですが、市町村で異なることがあります

表1 結露の影響検討（シミュレーション）

	設定項目	条件1	条件2	条件3
降雨前	サイロ内温度 °C	40.1	45	
	サイロ内湿度 %RH	35	50	70
	露点温度 °C	21.7	32.1	38.2
	ペレットの含水率 %	9.0		
降雨後	サイロ内壁温度 °C	20	31	36
	ペレットの含水率 %	10.1	10.3	12.2

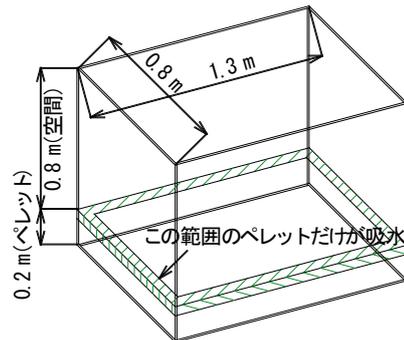


図2 結露検討に用いたサイロ形状

#### ウ. 結露の影響検討（シミュレーションの結果）

結露の可能性は、降雨前の条件から急激に露点温度以下になるかということになりますが、今回の測定間隔は60分毎のため、急激な変化を測定できたわけではありません。データがないため現在のところ感覚的な推定になりますが、断熱材等の内張りのない熱伝導の良い鋼製サイロは、真夏に条件3の可能性があると仮定します。この場合、初期含水率9%のペレットの含水率は12.2%になると計算されます。林産試験場ではペレットの含水率の増加に伴う強度低下を試験しており、初期含水率8.9%の時に圧壊強度49.4N/mmのものが、11.2%時には39.6N/mmに、14.7%時には24.2N/mmになるとのデータを得ています。これらの結果から比例的に含水率12.2%時の圧壊強度を求めると34.6N/mmとなり、初期強度の約70%を保持している可能性があります。ここで前述の含水率14.7%時の圧壊強度24.2N/mmは初期強度の49%程度ですが、この値を感覚的な例で言い換えると、男性が指で強く挟むと潰れそうですが、静置状態ではおが粉に分解しない状態です。

この推定結果および製作時のコスト増や長期使用によるはく離の懸念から、サイロ内に除湿材や断熱材の内張りは不要と考えます。ただし、サイロ内部を常にペレットで満たしておかなければ多少なりとも結露の

可能性があることから、鋼製の場合には防錆対策を施す方が安全と言えます。また、ここでは夏場の条件でシミュレーションを行いました。実測データを考慮した他の結露が懸念される条件でも試す必要があると考えています。なお、類似研究として、平成 20 年度林野庁補助事業木質エネルギー技術高度化事業「木質ペレット貯蔵タンクの景観向上・低コスト化および搬送機の低騒音・低コスト化（矢崎資源（株）」\*<sup>2</sup> がありますが、この中でも屋外サイロを用いた温・湿度測定の結果などから、結露の可能性はあるが大きな問題とはならないだろうと報告されています。

\*<sup>2</sup>（参考 HP）<http://www.mori-energy.jp/koudoka/koudoka-seika20.html>

#### I. サイロの内部構造

サイロ内部の詰まりについては、補強を兼ねて鋼板で内部を分割する等により、荷重の集中を防止することが可能となります。今後の参考とするため写真 2 の装置最上部にあるホッパ内部に鋼板製の仕切と遮板を設けました（写真 8）。これまでにホッパが変形する等の不具合は発生していません。また、この効果とは断定できませんが、詰まりも発生していません。サイロ形状については、現在（株）イワクラが内容積 1m<sup>3</sup> 程度のものを数種類試作し、投入のしやすさや低価格化を考慮し検討を進めています。

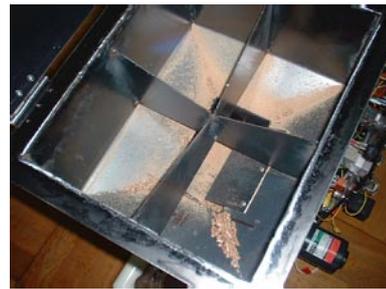


写真8 ホッパ内部の様子

#### 4. おわりに

現在、原油価格は平成 17 年度並みになっていますが\*<sup>3</sup>、年末近くにはまた変動するかもしれないという予想もあります。ペレットストーブ購入者には木質ペレットの利用は決して石油価格だけに左右されるべきではないと考える方もいると思います。鳩山首相が表明した日本の温室効果ガス削減中期目標「2020 年までに 1990 年比で 25%削減」の一助として、また地球環境を意識した生活パターンが当たり前となるきっかけとして、あちこちで木質ペレットや木質燃料による暖房等が目に見えるようになることを期待しています。そのためには、持続的経営や生物多様性などを考慮した森林づくりから、原料の安定供給のための未利用資源のより効率的な収集・回収方法、そして木質材料のリユース・リサイクルまで、樹木のライフサイクル全体の利用変動状況を見つめた取組みが必要と考えます。

\*<sup>3</sup>（参考 HP）<http://www.paj.gr.jp/statis/trade.html>