

木質バイオマス混合燃料サイロ内挙動および 払出機性能に関する報告

Report of Confirmation of Woody Biomass Fuel Behavior in Silo and Discharge Machine's Performance.

八村伸博* 尾坂利幸* 今吉祐太**
Nobuhiro Hachimura Toshiyuki Osaka Yuta Imayoshi

近年急激に稼働件数が増加傾向にあるバイオマス発電では、燃料調達費が発電コストの大半を占めており、この調達コスト低減が収益の大きな課題となっている。これら燃料の安定調達と持続可能な確保の観点より、木質ペレット、PKS（パームヤシ殻）等海外からの輸入が急増しており、これら新たな燃料のハンドリング技術の確立が望まれる。特にこれら物性の異なる燃料を混合状態で取扱う場合について、装置の性能、容器内の挙動を把握することは設備設計を行う上で非常に有効である。実機サイズでの実証試験を行い、これらを確認したので報告する。

In recent years, biomass power generation which is rapidly increasing units is mainly consist of the power generation cost for the procurement of biomass fuel. It is necessary to reduce the procurement costs. From the point of view of stable procurement and sustainable obtaining of biomass fuel, import from overseas such as wood pellet and PKS are rapidly increasing. It is expected that the erection of the handling technology by biomass fuel. Especially, in case of handling the biomass fuel by mixing with different properties, it is highly effective that understanding the performance of device and the behavior of biomass fuel in silo in order to design. Therefore we report that we verified and confirmed the demonstration test as the actual size.

1 緒言

1.1 背景

バイオマス発電は安定的に供給を行うことが可能な電源となりうる地域活性化に資するエネルギー源とされる。しかしながら燃料調達費が発電コストの大半を占めており、この調達コスト低減が収益の大きな課題となっている。このような背景のもと、ハンドリングの容易性、高いエネルギー密度、安定供給の観点より、発電用燃料として木質ペレットやPKS（パームヤシ殻）等、海外からの輸入材の利用が進められている。

これらバイオマス燃料は、各燃料の物性が異なるために、一旦個別に保管される。その後別ラインで搬送後、ボイラ前バンカ内で混合し、ボイラ内に供給するフローが一般的に用いられる。しかしながら、このような燃料ごとの貯留・搬送では、発電所における敷地面積の増加、搬送設備ラインの複雑化等によるインシヤルコスト、メンテナンスコストの増加につながる事となり、発電所の事業採算性に大きく影響することとなる。これらの燃料を混合状態で貯留できれば、貯留・搬送設備の簡略化が可能となり、敷地面積の削減、事業コストの大幅低減につながる。

2 実証試験目的

木質ペレットは、嵩密度を上げ、ハンドリング性・輸送効率の向上を目的とし、木材を粉碎・乾燥後、圧縮成型により固形化したものである。このため水分による膨潤を防ぐ必要があり、一般に外気環境と隔離した大型サイロ内に貯蔵される。一方PKSは油を搾取したあとの殻を焼成したものである。水分による膨潤等の物性変化は少なく、屋外保管が可能であり、産地から船舶による海上輸送後、港湾もしくは発電所敷地内で野積み保管される。一般的な木質ペレット、PKSの物性値を表1に、木質ペレット外観を図1に、PKS外観を図2に示す。

表1 各燃料代表物性

項目	木質ペレット	PKS
見掛比重	0.65-0.75 (t/m ³)	0.50-0.60 (t/m ³)
安息角	30-40 (deg)	40-45 (deg)
水分	10 (wet%W.B.) 以下	25 (wet%W.B.) 以下
寸法	φ 10 × 25L (mm) 以下	30W × 30L × 30H (mm) 以下



図1 木質ペレット外観



図2 PKS外観

これら物性の異なる燃料は一般に個別に保管される。これらを混合した場合、特に木質ペレットがPKSの付着水分を吸収することで膨潤することが予想され、貯留サイロ内の閉塞や、払出機の能力の低下、払出不良を引起す要因となる。燃料同士を混合貯留した状態における払出時のサイロ内の燃料の挙動を実機レベルで確認することは、設備設計において非常に有効な手段である。そこで現時点で混合燃料の払出に最も適した形式と考えられる払出装置を用い、実機規模での性能確認ならびにサイロ内の実際の挙動を実証試験を行い確認した。

3 混合燃料貯留搬送システム

3.1 システム概要

図3に従来型のバイオマス発電所における燃料貯留搬送設備のフローを示す。木質ペレットは輸送ダンプトラックにより受入設備へ投入され、貯留サイロで一時貯留される。PKSは屋外ヤードから、ホイールローダにより木質ペレットとは別の受入設備に投入される。各燃料は各ラインの搬送装置で搬送され、投入コンベヤで集合し、ボイラ前バンカに投入される。バンカからボイラへは専用の供給装置を用い、必要量がボイラへ供給される。このように燃料毎の別ラインでは、各々受入設備、搬送

設備が必要となる。各燃料を混合して受入することができれば、図3中の【PKS貯蔵・搬送ライン】が不要となる。この場合、図3中の木質ペレット貯留サイロ以降について混合燃料を対象とした適切な設計が必要となる。

図4に混合燃料貯留搬送設備として、現在設計中の燃料貯留サイロの外形図を示す。

有効容量2,500m³、直胴部径12m、高さ36.5mの鋼板製自立型サイロであり、下部ホッパはコンカル形状となっており、底部に払出機（払出能力60t/h）を設置している。

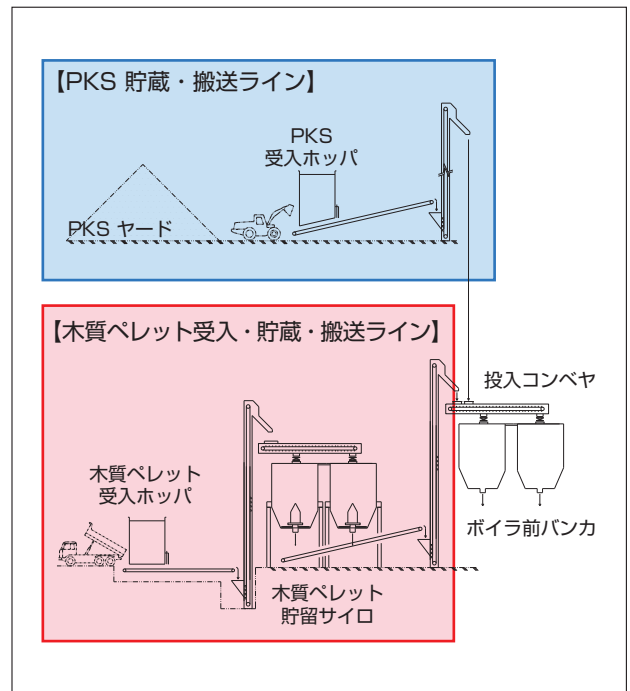


図3 燃料貯留搬送設備フロー

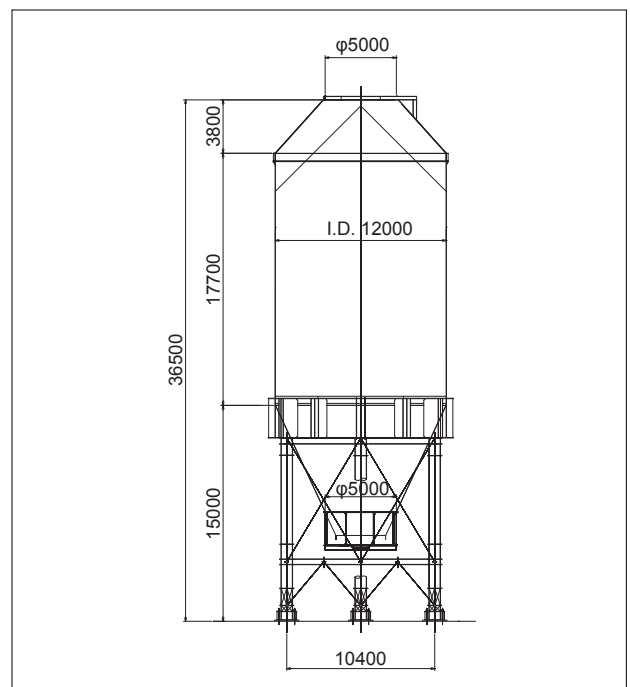


図4 燃料貯留サイロ外形図（単位：mm）

3.2 混合燃料払出機

混合燃料払出機はサークルフィーダ式を選定した。サークルフィーダについては専門メーカーである株式会社ヨシカワ製を採用することとし、本実証試験に共同で取り組むこととした。サークルフィーダの払出機構を図5に示す。サークルフィーダは燃料貯留サイロ下部に直接設置し、サイロに貯留する燃料の荷重を底面で直接受ける。底面には旋回する十字形状の羽根が設置されており、この羽根が回転することで燃料は装置外周に押出される。装置外周には流量調整ゲートが設置され、この部分で拘束された燃料はそれぞれの性状に応じた安息角で律速される排出効率に基づき定量排出される。

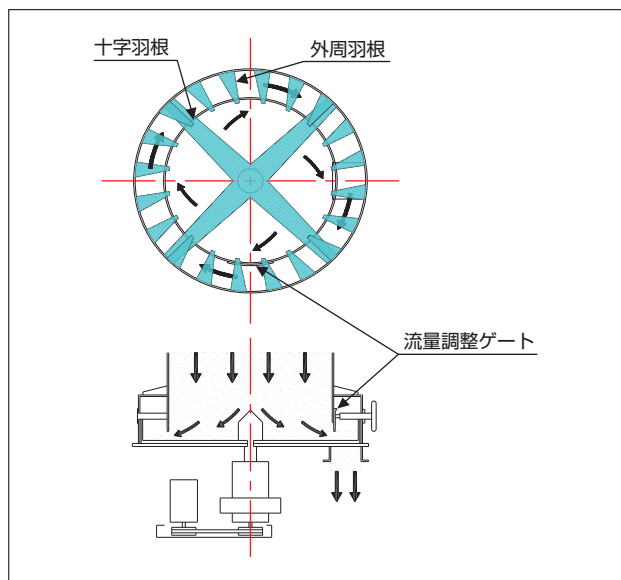


図5 サークルフィーダ払出機構概念図

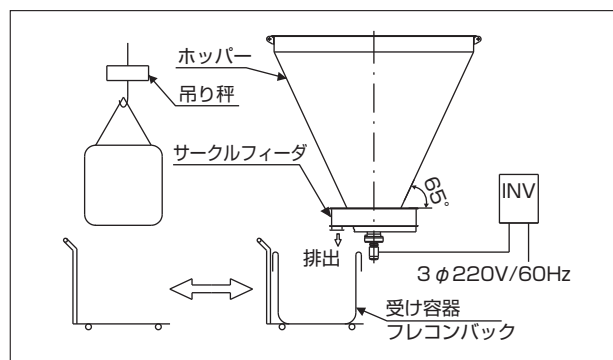


図6 試験設備装置構成図



図7 試験設備外観写真

4 払出実証試験

4.1 試験設備概要

木質ペレットとPKSの混合燃料を実機規模のサイロ内に貯留した状況下で、払出装置の性能確認と装置稼働時のサイロ内での混合燃料の挙動を目視確認することを目的とし、燃料貯留サイロ払出部を実機サイズで製作し、実際に払出試験を行った。図6に試験設備の構成、図7に実際の試験設備外観写真を示す。試験設備のサイズは図4に示した実際に設計中の燃料貯留サイロ排出部および払出機の1/2スケールとした。この試験設備を用い、燃料条件、払出条件を各種変更し、サイロ内の燃料の挙動ならび払出機排出性能を計測することとした。

4.2 試験方法

試験方法として、各燃料単独、また混合状態で試験用サイロに投入したのち、払出機により全量が排出される時間を計測する。排出された燃料は一旦フレコンバックにて回収し、重量および払出に要した時間により払出性能を評価する。また払出時の状況を目視し、サイロ内の挙動を確認した。

試験確認項目を表2に示す。燃料の含水率が払出時の燃料の挙動および払出機の性能におよぼす影響を確認するために、事前準備として、木質ペレットは入荷時水分6wet%W.B.を20wet%W.B.に加湿し、同様にPKSは25wet%W.B.に加湿した。また燃料バンカ内部での粉体圧力を極力再現するため、図8に示すとおり、燃料投入後に上面に6tonのウェイトを乗せ、一定時間この状態を維持した。



図8 燃料上部ウェイト積載状況

表2 試験確認項目

確認項目		確認方法
払出時燃料 挙動確認	燃料のサイロ内流れ 状況の確認	目視
	サイロ側壁への付着 の有無確認	目視
	払出機排出状況の 確認	目視
排出燃料 水分測定	—	水分計（kett 社製赤外線 式水分計）実測
排出後燃料 高密度測定	—	1L 容器中の重量実測
払出機 排出能力測定	流量調整ゲート高： 160 mm	払出機回転数毎の時間排 出量実測
	流量調整ゲート高： 80 mm	払出機回転数毎の時間排 出量実測

4.3 試験結果

4.3.1 試験確認結果および燃料挙動の説明

試験確認項目に基づく結果を表3に示す。

試験時燃料挙動について、目視での確認結果を以下に説明する。

表3 試験確認結果

試験 No. 項目	RUN1	RUN2	RUN3	RUN4
使用燃料 (%)	木質ペレット 100	PKS100	木質ペレット50 PKS 50	木質ペレット50 PKS 50
燃料混合 方法	—	—	層状分布 ^{*1}	混在分布 ^{*2}
ウェイト有無 放置期間	加湿後ウェ イト積載 2日間維持	—	ウェイト積載 一晚放置	ウェイト積載 一晚放置
水分実測 (wet%W.B.)	12～27 Ave.21.7	21～22 Ave.21.7	Ave.13.5	Ave.13.3
高比重 (t/m ³)	0.30～0.50 Ave.0.37	0.58～0.63 Ave.0.61	0.58～0.66 Ave.0.61	0.56～0.62 Ave.0.58
払出状況	良好	良好	良好	良好
ブリッジ発生	無	無	無	無

※1 層状分布：木質ペレットとPKSを層状に分布した状態

※2 混在分布：木質ペレットとPKSを攪拌、おおよそ均一に分布した状態

1) RUN1

木質ペレットの水分を20wet%W.B.に加湿したことで、燃料が膨潤し、ペレットの形状が破壊され、一部粉化が確認された。サイロ内流れの挙動は払出直後から完了まで終始ラットホール状態を形成し、中心部が先行して排出される傾向にあり、周囲が部分的な崩壊を繰り返しながら最終的には全量排出に至った。図9に排出時のサイロ内の状況写真を示す。サイロ内部の付着、ブリッジの発生による排出不良は確認されなかった。



図9 RUN1サイロ内状況写真

2) RUN2

PKSの水分を25wet%W.B.に加湿したことで表面上付着水が顕著に確認できた。サイロ内流れの挙動は、比較的浅めのすり鉢状であり、一般的なファンネルフローを形成、安定的な排出を継続し、完全排出に至った。図10に排出時のサイロ状況の写真を示す。サイロ内部の付着、ブリッジの発生による排出不良は確認されなかった。



図10 RUN2サイロ内状況写真

3) RUN3

水分未調整6wet%W.B.の木質ペレットとRUN2で排出されたPKSを層状にサイロ内に投入（層状分布状態）し、一晚ウェイトを乗せて放置したあと排出試験を実施した。図11に排出時のサイロ状況の写真を示す。

PKSからの水分移行によるものと示唆される木質ペレットの粉化が一部確認できた。サイロ内流れの挙動は、RUN2よりも深めのすり鉢状態を形成、木質ペレットの層が若干流れにくい状況ではあったが、PKSの流動性に引きずられながら、最終的には完全排出に至った。サイロ内部の付着、ブリッジの発生による排出不良は確認されなかった。



図11 RUN3サイロ内状況写真

4) RUN4

RUN3で排出された混合燃料をそのままサイロ内に投入（混在分布状態）し、一晚ウェイトを乗せて放置したあと排出試験を実施した。図12に排出時のサイロ状況の写真を示す。PKSからの水分移行によるものと示唆される木質ペレットの粉化による細かい粒子が多く含まれており、燃料の色彩からも混合状態が確認できる。サイロ内流れの挙動はラットホールとすり鉢状態があわさったようなフローを形成しており、一部切立つような状況も確認されたが、ラットホールまでは至らず、最終的には完全排出に至った。サイロ内部の付着、ブリッジの発生による排出不良は確認されなかった。

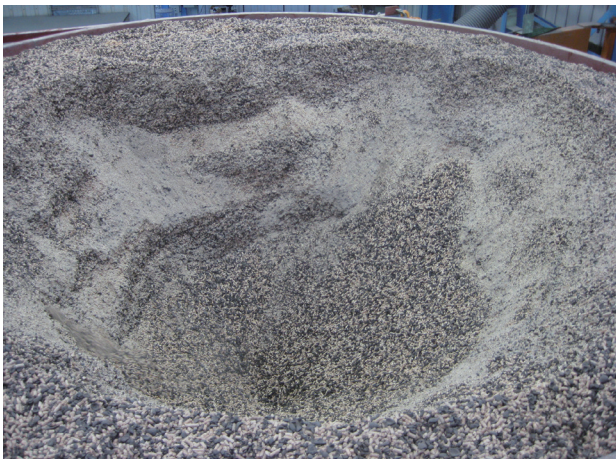


図12 RUN4サイロ内状況写真

RUN1～4までのサイロ内流れの挙動について模式図を図13～図16に示す。すべての試験条件において、サイロ内でのブリッジや閉塞、払出機排出不良等は確認できず、現在設計中のサイロ形状およびサークルフィーダタイプの払出装置が実機に適用できることが確認できた。

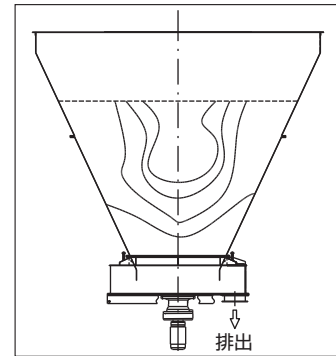


図13 RUN1 サイロ内流れ挙動模式図

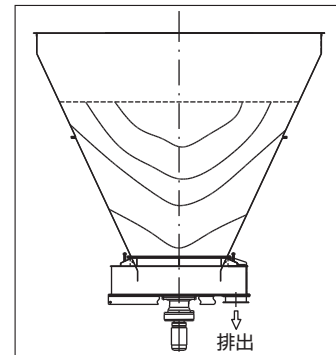


図14 RUN2 サイロ内流れ挙動模式図

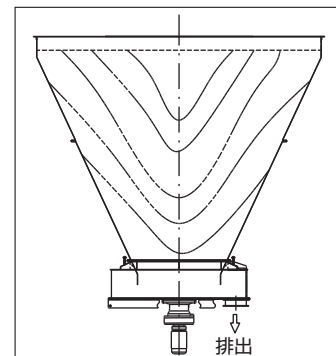


図15 RUN3 サイロ内流れ挙動模式図

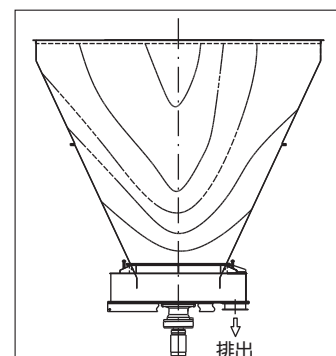


図16 RUN4 サイロ内流れ挙動模式図

4.3.2 払出機排出能力測定結果

各試験条件ごとの払出機の排出能力測定結果を図17～図20に示す。

すべての試験条件において払出機羽根回転速度（電動機周波数）と払出機排出量の関係に線形性が確認できた。またこの傾向は払出機の流量調整スリットの高さを変えても同様に線形性が確認できた。今回選定したサークルフィーダタイプの払出機では、水分を20wet%W.B.に加湿し、膨潤・粉化の見られた木質ペレット単独から木質ペレットとPKSの混合燃料まで、広い範囲の燃料物性に対し、安定した払出性能を発揮できることが確認できた。

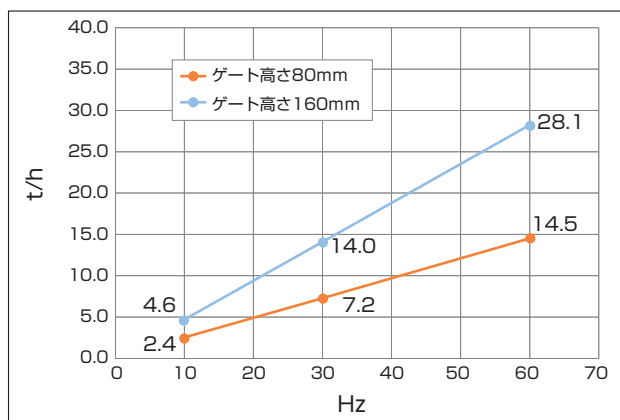


図17 RUN1 回転速度－排出量グラフ

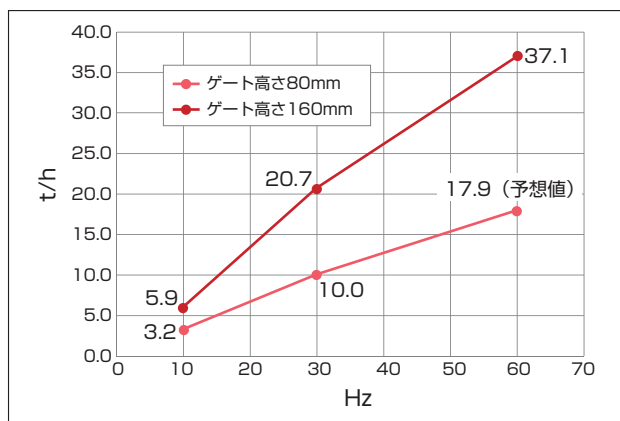


図18 RUN2 回転速度－排出量グラフ

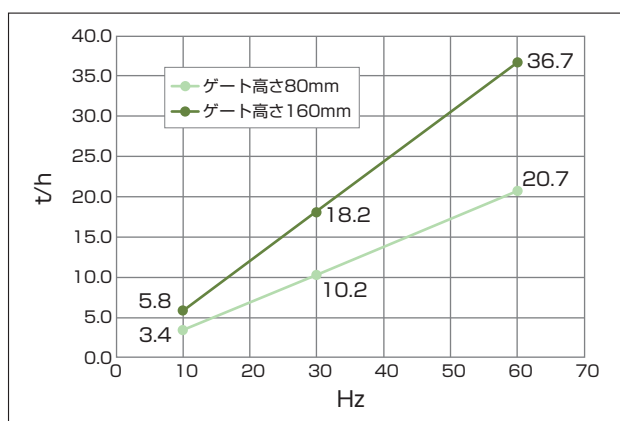


図19 RUN3 回転速度－排出量グラフ

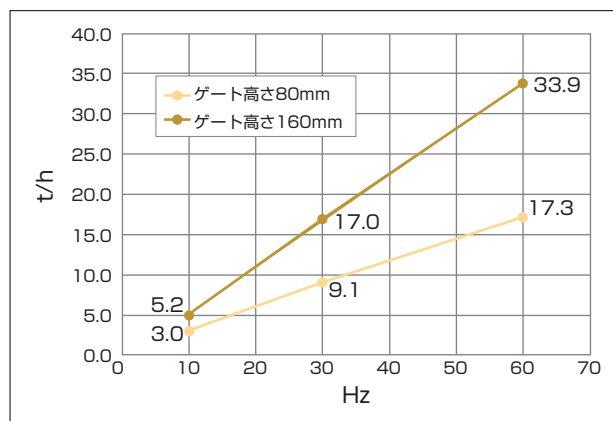


図20 RUN4 回転速度－排出量グラフ

5 まとめ

以上の結果より、得られた知見を以下にまとめる。

- 木質ペレットとPKSとの混合燃料について、現在設計中のサイロの形状ならび払出機の形式の採用において問題なく安定した稼働が可能である。
- 払出機の排出能力測定結果より、払出機の排出効率を算定することができ、装置能力、サイズ、動力等の仕様選定が可能となる。
- 混合燃料のハンドリングに関し、PKSの水分が木質ペレットに移行することで、ブリッジや閉塞を引起こし、排出不良等が生じることが懸案されたが、混合することで逆に燃料物性の均一化が図られることが確認できた。

6 結言

本実証試験により、木質ペレットとPKSを混合した燃料の燃料サイロ内での払出時の挙動・特性を確認することができ、サイロ、払出機、その他搬送設備の設計に有効なデータを収集することができた。これにより現在設計中の案件への適用を図るとともに、バイオマス発電所建設コスト低減に向けた混合燃料ハンドリング設備の提案を行うことで、さらなるバイオマス発電所の収益性向上に貢献する所存である。

執筆者：

八村伸博

2018年入社

プラント設計に従事



尾坂利幸

2018年入社

プラント設計に従事



今吉祐太

株式会社ヨシカワ

