

バイオマス熱ボイラ炉におけるチップ含水率の影響

小澤雅之・伊原隆伸・櫻田尚人

Effect of Chip Moisture Content on Biomass Heat Boiler Furnace

Masayuki OZAWA, Takanobu IHARA, Naohito SAKURADA

Summary : The moisture content of chips used in a commercial biomass heat boiler was measured for approximately 27 months. The chips used were unused wood from clearcutting, but were not artificially dried, so the moisture content varied widely and unevenly. The minimum and maximum moisture contents of the chips provided were 6.5% and 135.0%, respectively. The average moisture content was 49.5%, with 40-60% moisture content accounting for about 40% of the total. The chips were naturally dried for one week by a net-rack drying system. After drying, the chips were fed into a commercial heat boiler to study the difference in combustion behavior from that of conventional unseasoned chips. The average oxygen concentration in the furnace during the time when the unseasoned chips were burning showed 10.7%. The average oxygen concentration in the furnace during the burning of dried chips was 11.8%. It was inferred that if chips with lower moisture content were fed, the furnace could burn stably even if the amount of oxygen fed to the furnace was reduced.

Key words : Biomass heat boiler, Moisture content, Chip, Net-rack drying system, Oxygen concentration in furnace

要旨 : 商用熱ボイラで使われているチップの含水率を約 27 ヶ月間測定した。使用されていたチップは皆伐で生じた未利用材であったが、人工乾燥していないため、含水率の変動が大きく不均一であった。提供されたチップの含水率の最小値は 6.5%、最大値は 135.0% となった。含水率の平均値は 49.5% となり、含水率 40～60% が全体の約 40% を占めた。網棚乾燥装置によりこのチップを 1 週間天然乾燥させた。乾燥後、商用熱ボイラに投入し、従来の未乾燥チップとの燃焼挙動の差異について検討した。未乾燥チップが燃焼していた時間帯の炉内酸素濃度の平均値は 10.7% を示した。乾燥チップが燃焼していた時間帯の炉内酸素濃度の平均値は 11.8% を示した。含水率のより低いチップを供給すれば、送り込む酸素量を減らしても炉内を安定的に燃焼させることができると推察された。

キーワード : バイオマス熱ボイラ、含水率、チップ、網棚乾燥、炉内酸素濃度

1 はじめに

英国グラスゴーで開催された COP26 において、石炭火力発電の通減（フェーズダウン）で合意（環境省 2021）し、今後各国は化石燃料の使用削減を図りながら脱炭素社会の構築に向けた具体的な行動が求められることとなった。

我が国の電力供給の約 7 割は、化石燃料由来の石炭火力発電に依存（環境エネルギー政策研究所 2022）しているにもかかわらず、そこから排出される二酸化炭素等の具体的な回収対策は進んでいない、また、産業・民生両部門とも熱供給に関しては未だ化石燃料が主流となっており、脱炭素化に向け

た再生可能エネルギーの開発および投入が著しく遅れている状況にある。

一方、木質バイオマスは燃えやすいという性質を活かし、熱供給に関しては化石燃料の有力な代替源として挙げられているが、不均一な含水率や安定的な確保など解決すべき課題が多い。本報では、皆伐地等から搬出された林地未利用材をチップ化し、熱ボイラへ投入し温水を供給する事業の事例から、ボイラ投入直前のチップ含水率やそれらの炉内へ影響等について検討した。

2 調査および試験方法

2.1 燃料用チップの含水率測定法

山梨県地域で事業として森林を伐採し、その際に発生した枝葉等や小径木などを移動式チップパによりチップ化し、実際に稼働中の商用熱ボイラへ投入している事業社から、炉内に送り込まれる直前にサンプル採取したチップを提供してもらい、常法によりチップの全乾含水率を測定した。なお、商用ボイラに投入しているチップの乾燥は普段から行われておらず、チップ化後に適時炉内へ投入されていた。なお、サンプル採取は約27ヶ月間毎日行った。

2.2 燃料用チップの天然乾燥法

商用ボイラで使われているチップ用いて、1×1mの木枠にプラスチック製網を底面に固定した網棚(写真1参照)を作製し、その網上にチップを高さ3cm程度になるよう堆積させ、1つの網棚乾燥とした。前報(小澤ほか2021)と同様の設備(写真2参照)で上下の網棚乾燥間の通気を十分確保し5段重ね、天然乾燥を1週間行った。この設備で天然乾燥させたチップを商用ボイラへ投入した。なお、冬場にはバイオマスチップの需要量が増大することを想定して、天然乾燥は冬場(11月下旬～1月)に行った。

2.3 炉内酸素濃度の測定法

今回用いた熱ボイラ炉には、炉内酸素濃度値を常時モニタリングできるシステムとなっており、事業社からそれらデータの提供を受け、今回の解析に用いた。

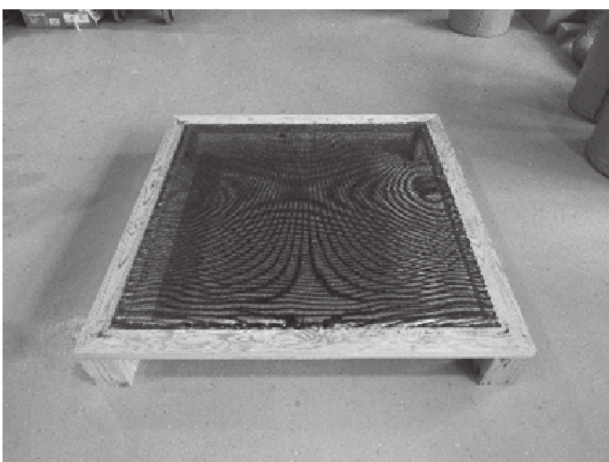


写真1 天然乾燥に用いる網棚



写真2 網棚による天然乾燥の様子

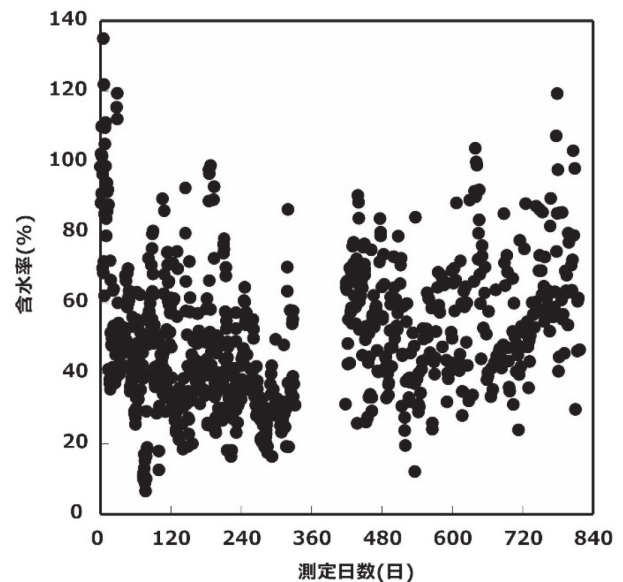


図1 炉内投入直前のチップ含水率

3 結果および考察

3.1 炉へ投入される直前のチップの含水率

図1に27ヶ月間測定した炉内投入直前のチップ含水率の推移を示す。途中に空白期間があるが、これはボイラ休止期間である。炉内に投入されるチップの含水率は測定期間中一定ではなく、大きく変動していることが認められた。そこで、含水率の出現数を図2に示す。含水率の最小値は6.5%、最大値は135.0%となった。また平均値は49.5%となり、含水率40～60%が全体の約40%を占め、含水率が100%超も1.8%存在した。このことについて、事業社に聞き取り調査したところ、伐採現場からの未利用材がボイラ施設に搬入され次第、施設内でチッ

チップ化し、そのまま炉へ投入あるいは投入時までコンテナ等で一時保管するなど特に人工乾燥等は行われていなかった。また、未利用材についても、しばらく伐採現場やチップ破碎現場に堆積させ、必要に応じて材をチップ化するなど、未利用材からチップ化までの期間は特に定められておらず、材の保管についても雨避けや天然乾燥など行っていないとのことであった。そのため、材やチップの含水率管理がなされていないため、炉に投入されるチップの含水率が大きく異なり不均一だったと思われる。

3.2 チップ含水率と炉内酸素濃度の関係

網棚で天然乾燥させたチップ約 200kg を商用熱ボイラ施設のチップサイロへ搬入した。この際、燃焼時に乾燥チップと判別しやすくなるよう、予めチップサイロ内で従来の未乾燥チップと分けけて投入した。ただし、サイロ内のチップは搬送ロータにより炉内へ送り込まれる構造のため、その過程でチップが混合されてしまう。図3に炉内酸素濃度の経時変化と炉へ投入される直前のサンプルチップの含水率を示す。測定開始 12 時間後付近におけるサンプルチップの含水率は 98.1%、その前後 2 時間における炉内酸素濃度の平均値は 9.7% であった。一方、測定開始 48 時間後付近におけるサンプルチップの含水率は 29.7%、その前後 2 時間における炉内酸素濃度の平均値は 10.6% であった。測定開始 48 時間ごろに乾燥チップが投入され始めた頃であり、図3からこの時間帯以降、炉内酸素濃度が他の時間

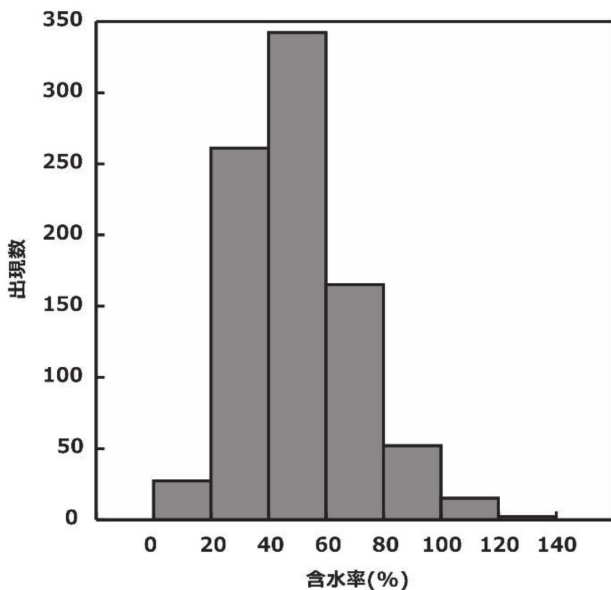


図2 チップ含水率の出現数

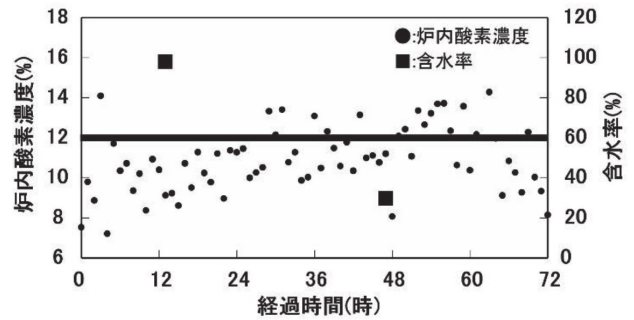


図3 炉内酸素濃度と含水率の推移

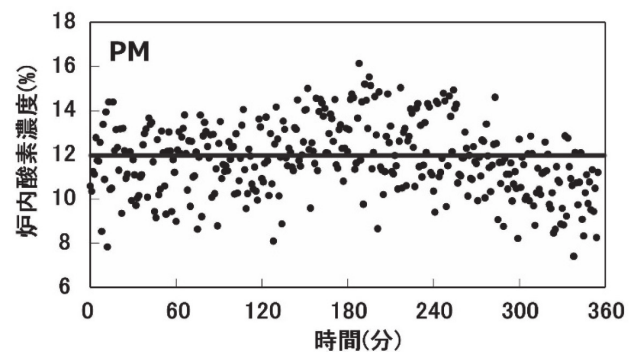
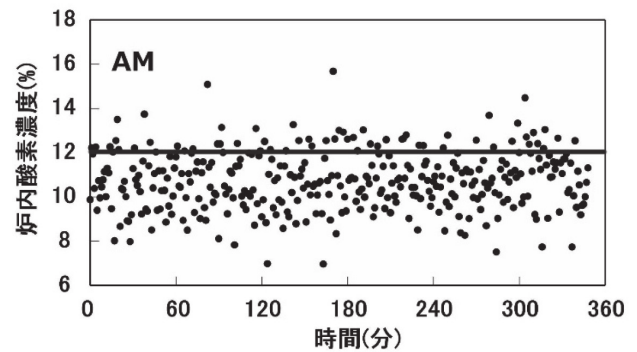


図4 午前および午後における炉内酸素濃度

帯よりも高く推移していることが認められる。そこで、その日の主に未乾燥チップが燃焼していたと思われる午前6時から正午までと主に乾燥チップが燃焼していたと思われる正午から午後6時までの炉内酸素濃度の変化を分単位で図4に示す。午前中の炉内酸素濃度の平均値は 10.7%、午後のそれは 11.8% とやや高い値を示した。次に、午前および午後における炉内酸素濃度値の相対度数を図5に示すが、炉内酸素濃度 12% を境に午前より午後の方が高い値を示す割合が多いことが認められた。

この商用熱ボイラでは投入するチップの含水率管理をしていないため、高含水率チップが予期せず投入されると炉内の燃焼挙動が不安定になり、運転トラブルに発展することがしばしば発生した。そこで、これを回避するために、空気を炉内に送りこ

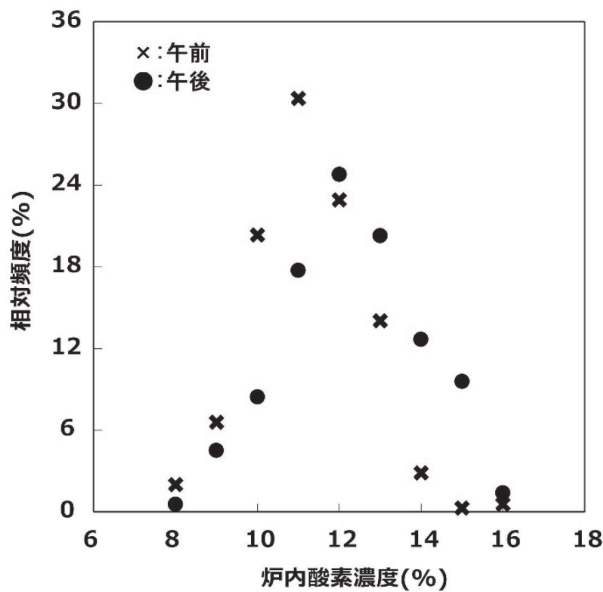


図5 炉内酸素濃度の相対頻度

み、燃焼に必要な酸素濃度を予め高める運転を行っていた。

木材を表す分子単位を $(C_6H_{12}O_6)_n$ とするならば、これを完全燃焼させるには $6n$ 倍の酸素分子が必要なる。チップは水分を含んでいるため、チップ含有水分の蒸発にも酸素が必要となるため、チップ含水率が高いとより多くの酸素を消費する。そのため、含水率が高くなれば、それに応じて炉内の酸素が必要になり、不足すれば、それに伴い炉内の完全燃焼状態が不安定化することになる。さらに、燃焼物の保有する水分の潜熱が大きくなると熱損失も大きくなる (清水・田中 2007)。そこで、そのような事態を防止するために、予め酸素を外部から送り込み酸素濃度を高めに維持する必要があるが、酸素の送り込み量を多くすると、炉への負荷や炉内の送風量が多くなり炉内温度低下の一因にもなる。今回の結果から、低含水率チップを投入したところ、炉内酸素濃度値が上昇したことから、含水率のより低いチップを供給すれば、送り込む酸素量を減らしても炉内を安定的に燃焼させることができると推察される。

また、網棚を用いた天然乾燥によるチップについて、含水率管理をしていないチップよりも含水率は低くなり、今回の商用熱ボイラにおいても十分な燃焼実績を示すことができた。一方、この乾燥には1週間を要したが、冬場でも外部エネルギーを投入することなく含水率を低減させることができた。今回の商用熱ボイラ施設では、チップ化しても在庫

として一時保管しているだけで、投入までの期間も定まっていない。そこで、網棚による天然乾燥を用いることで、保管と外部エネルギーを使わない乾燥とを同時並行的に行うことができ、結果としてシステム全体のエネルギー効率が現状よりも高まるものと思われる。

引用文献

- 環境省 (2021) グラスゴー気候合意 (環境省暫定訳).
<https://www.env.go.jp/content/000049858.pdf>
- 環境エネルギー政策研究所 (2022) 2021 年の自然エネルギー電力の割合 (暦年・速報).
<https://www.isep.or.jp/archives/library/13774>
- 小澤雅之・伊原隆伸・櫻田尚人 (2021) チップの天然乾燥における置換効果. 山梨県森林総合研究所研究報告 40: 17-20
- 清水剛生・田中豊和 (2007) 流動床ガス化溶解炉での設備改善事例報告. クリモト技報 56: 17-24