

チップの天然乾燥における置換効果

小澤雅之・伊原隆伸・櫻田尚人

Replacing Effect on Natural Drying of Fuel Chips

Masayuki OZAWA, Takanobu IHARA, Naohito SAKURADA

Summary : Regarding the natural drying method of chips used in biomass thermal boilers, the change in water content of wood chips was examined using a model in which chips were piled. When the pile of chips was the natural drying for 7 days, the overall moisture content decreased. However, there was a difference between the moisture content of the backside and the surface, with the surface being drier than the backside. Therefore, the surface and the backside were replaced and allowed to dry for three days. As a result, the moisture content decreased because the chips on the backside, which had a higher moisture content, were placed on the surface. On the other hand, when the dried chips of surface were replaced for the backside, the moisture content after drying for three days was increased. In order to efficiently dry the chips naturally, it is considered effective to maximize the contact with the outside air and to remove and separate the chips that have been dried to some extent from the system to expose the undried chips.

Key words: biomass thermal boiler, chip, natural drying

要旨 : バイオマス熱ボイラで使用されているチップの天然乾燥法について、チップを堆積させたモデルを用いて堆積塊内部でのチップの含水率変化について検討した。チップを堆積させたままで7日間天然乾燥させると、全体の含水率は減少するが、裏面部の含水率と表面部の含水率とでは差が生じ、裏面部は表面部ほど乾燥しない結果になった。そこで、乾燥3日後に表面と裏面とを置換して乾燥させたところ、それまで高い含水率であった裏面部のチップは表面部に配置されたことで含水率は低下したが、ある程度乾燥していた表面部のチップが裏面部に配置されたことで、乾燥7日後の含水率は増加した。チップを効率的に天然乾燥させるには、外気との接触を最大限にすること、ある程度乾燥したチップを系から除去・分離し未乾燥チップを露出させる循環などが有効であると思われる。

キーワード : バイオマス熱ボラ、チップ、天然乾燥

1 はじめに

再生可能エネルギーの需要と役割の拡大に伴い、各地に木質バイオマスを燃料とする熱供給施設や発電所などが設置されている。木質バイオマスエネルギーの利用の要となる伐採時に発生する未利用材由来の木質資源は、一般的に高含水率状態にあり、そのような燃料をシステムへ投入すれば、含有水分に伴う潜熱の発生、燃焼の不安定化とそれに伴う炉への負担増加が懸念される。これらを減少させるには、予め燃料となる木質資源の含水率を人工的あるいは自然環境下で乾燥させる必要がある。前者では短時間で目標含水率へ低減できるが、設備や外部エネルギー

を要し、エネルギー利用する前段階での負担が生じる。一方、後者では、時間を要し目標含水率の調整の難しさなどが懸念される。筆者(2017)はこれまで木質バイオマスのエネルギー利用を想定した簡易乾燥などを検討してきたが、本報では屋外における熱ボイラ用チップの効率的な天然乾燥とそのメカニズムについて検討した。

2 調査および試験方法

2.1 チップの天然乾燥法

伐採後に生じた枝葉等や小径木などの未利用材を移動式チップパによりチップ化し、実際に稼働中の熱ボ

イラへ投入している針葉樹チップを後述する堆積塊モデルを用いて天然乾燥させた。なお、前報(2020)と同一のチップにより破碎されており、目視で確認したところチップの形状等について差異は認められなかった。

前報ではチップ堆積塊の表層約2～3cm程度しか十分に含水率が低下しなかったことから、チップの堆積塊モデルとして、防水性ビニルシート(2.7×2.7m)を最底面に敷き、その上に1×1m、高さ3cmの枠を「田」の字状に配置し(計2×2m)、その枠内にチップが均質になるよう散布し、これを1層とした(写真1参照)。



写真1 チップの散布作業の様子

この層の直上に新たな防水性ビニルシートを敷き、前述と同様にチップを散布をし、合計で8層を積重ねたチップ堆積塊モデルを構築した(図1および写真2参照)。最上層のチップを1週間天然乾燥させ、天然乾燥前後の9カ所から任意にチップを採取し、全乾法により含水率を算出した。また、天然乾燥以外の各層についても任意に採取したチップを用いて含水率を算出した。なお、防水性ビニルシートについて、前報(2020)の堆積塊モデルでは、堆積塊表面数cmよりも下部・内部ではチップが乾燥しなかったことから、この防水性ビニルシートを用いることで、今回のモデルにおいても表層3cm以下の水分移動を強制的に妨げる役割を担わせた。

1週間後に最上部の第n層の天然乾燥させたチップとその直下の第n-1層との断絶に用いたビニルシートも除去し、新たに現出した第n-1層を改めて堆積塊モデルの最上層と見なし、1回目と同様に天然乾燥に供し、最上層と各層のチップの含水率を天然乾燥前後において計測した。これを計3回行った

後、第4回目(第5層)からは、天然乾燥開始3日後に「田」の字の右2区画(1×2m)におけるチップ群について、大気に露出している表面側とビニルシートに近接した裏面部とを入れ替わるようにチップを置換した。残りの左2区画(1×2m)については乾燥終了時まで当初の状態を保持した。この置換を行った時と乾燥開始1週間後に各部の含水率を測定した。その後、前述と同様に最上層のチップおよびビニルシートを除去し、新たに現出した層について同様の手順により乾燥開始3日後にチップの置換を行い、これを計3回行った。なお、チップを採取した各カ所において、表面側と裏面側からサンプルを採取した。

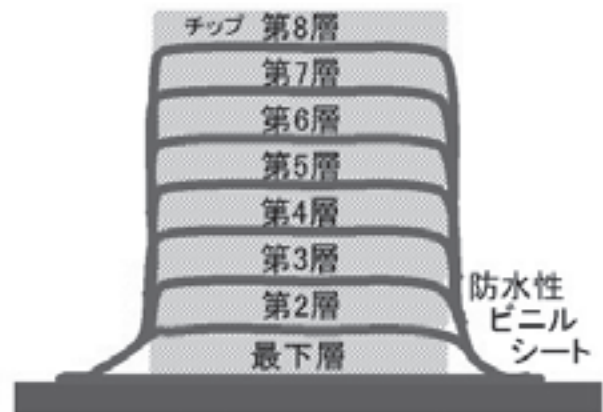


図1 チップ堆積塊モデルの概略



写真2 チップ堆積塊モデルによる乾燥試験

3 結果および考察

3.1 堆積させたチップ群の天然乾燥

表1にチップ堆積塊モデルにおいて、1週間天然乾燥させたチップ全体の含水率を示す。いずれの層にお

いても乾燥開始時の含水率は140%前後であったが、乾燥7日後には58～80%前後へと含水率の減少が認められた。今回の乾燥時期は前報(2020)のような夏場ではなかったため、急激な含水率減少には至らなかったが、写真3に示すように最上層の表面部はチップの乾燥が進行したにも関わらず、それよりも下の裏面部ではチップの乾燥は進展せず高含水率状態であった。このことは、小澤(2018)が乾燥装置モデルを用いた生材チップの乾燥において、無風状態では最低部に配したチップは表層部よりも乾燥し難かったとする結果と一致する。

表1 チップ堆積塊モデルにおける含水率

	乾燥開始	乾燥7日後
1回目	141.1	69.4
2回目	138.5	58.4
3回目	141.0	80.2

単位は%

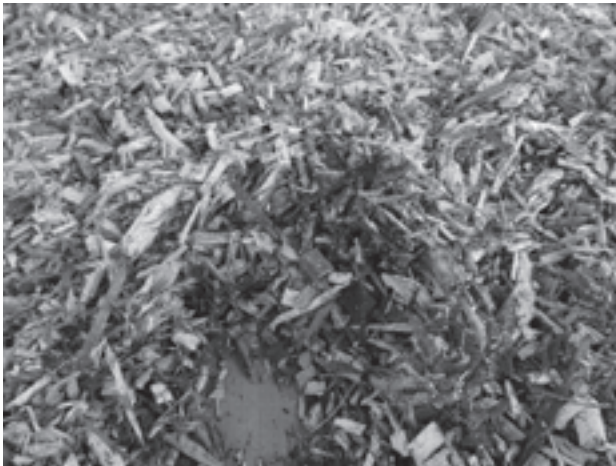


写真3 天然乾燥後のチップの状態

3.2 乾燥途中におけるチップの置換効果

表面部は乾燥しやすいが、それよりも下部では乾燥し難いことを踏まえ、表面部がある程度乾燥したところで、表面部よりも乾燥が進行していない裏面部と置換させ、チップ全体が効率的に乾燥するかについて検討を行った。写真4は乾燥開始3日後に堆積させた右半分のチップ群の表面と裏面とを置換させた直後の様子を示す。同じ乾燥期間であっても表面付近のチップと裏面付近のそれとは、明らかに乾燥具合が異なることが確認できる。各回に

表2 置換させずに乾燥した場合の各含水率

	乾燥開始		乾燥3日後	乾燥7日後
4回目	129.1	表面	57.1	30.9
		裏面	120.9	113.1
		全体	93.0	91.3
5回目	140.2	表面	48.7	44.4
		裏面	129.1	107.3
		全体	102.9	93.6
6回目	149.0	表面	88.9	37.9
		裏面	116.1	98.3
		全体	114.5	90.6

単位は%

において置換しないで乾燥させた場合の乾燥開始時の含水率、乾燥3日後の含水率および乾燥終了時の含水率を表2に示す。ただし、乾燥開始時は表面も裏面も含水率に著しい差はないものとした。



写真4 右半分の表面と裏面とを置換させた状態

乾燥3日後における表裏併せたチップ全体の含水率は、93～115%といずれの回においても開始時の含水率よりも低下したことが認められた。次に乾燥3日後における各回の表面および裏面の含水率について、表面の含水率は49～89%を、裏面のそれは117～130%を示し、裏面は乾燥開始時よりも低い値を示したが、表面の含水率よりも高い値を示した。特に表面は全体の含水率よりも低く、前述の写真3で示すとおり、明らかに乾燥が進行しているといえる。その後、乾燥7日後の全体の含水率は、91～94%と乾燥3日後よりもさらに乾燥が進行した。

一方、表面部における含水率は31～45%まで減少したことが認められたが、裏面部の含水率は99～113%と表面と比較すると著しく高い値を示した。

次に、乾燥3日後に置換した場合の含水率について検討する。表3に各回における乾燥3日後の置換後に相当する含水率および乾燥7日後の表面および裏面の含水率について示す。なお、置換後に相当する含水率とは、置換前に測定した表面の含水率を置換後の裏面の含水率と見なし、置換前に測定した裏面の含水率についても同様に見なした。乾燥7日後の全体の含水率は、85～92%となり、乾燥3日後よりもさらに低下した。また、置換しない場合と比較しても全体の含水率低下が認められた。

表3 置換させた乾燥した場合の各含水率

	乾燥開始		乾燥3日後 乾燥7日後	
4回目	129.1	表面	120.9	22.2
		裏面	57.1	98.0
		全体	93.0	84.5
5回目	140.2	表面	129.1	34.5
		裏面	48.7	106.0
		全体	102.9	89.8
6回目	149.0	表面	116.1	42.5
		裏面	88.9	107.9
		全体	114.5	91.6

単位は%

一方、表面の含水率は22～43%を示し、含水率の低下が認められた。第6回目では置換しなかった場合よりも含水率が高くなったが、それ以外では置換しなかった場合よりも低い値を示した。一方、置換した裏面の含水率は98～108%を示し、含水率が減少したチップを配置したにも関わらず、低含水率状態を維持することなく乾燥3日後より含水率が増加する結果になった。また、置換しなかった場合と比較しても裏面の含水率はほぼ同程度の値を示した。このことは、繊維飽和点以上の含水率領域において、一度含水率が減少したチップであっても含水率は容易に増加へと転じやすく、前報(2020)のように表面の乾燥した低含水率のチップを取り除くことで、それよりも下部の高含水率状態のチップの乾燥を進展させられたことも、今回の結果から次のように説明することができる。

表面部の下側にはチップが堆積しているものの、最上面は外気との接触が十分確保された開空間が存在している。一方、裏面部の下側・最底辺は防水性ビニルシートで遮蔽され、その上側も表面部へと連なる密接したチップで空間はほぼ閉塞されている。従って、表面部のチップに含まれている水分は、外気へと拡散するとともに、下側へも移動することで乾燥が進行していくことが考えられるが、裏面部のチップに含有された水分は自立的に拡散することができない状態が維持されるため、含水率低下が表面部よりも遅延あるいは延滞すると思われる。そのような環境下において、ある程度乾燥したチップが乾燥途上のチップと表裏面間で置換されると、それまで乾燥していたチップが上側へと置換された高含水率状態のチップから拡散してきた水分の受け皿として機能してしまい、乾燥したチップの吸湿により再び含水率が増加に転じることが推察される。このことについて、宮田ほか(2008)は、コンテナ内におけるチップの自然乾燥について、攪拌による乾燥速度の増加を報告している。また、竹倉・薬師堂(2018)は、網目状になったネットフレコンに1m3スギ生木切削チップを入れ、送風温度100℃であれば580分で乾燥させられることを報告しており、いずれも外気との接触の寄与が示されている。従って、堆積させたチップを効率的に天然乾燥させるには、外気との接触を最大限にすること、ある程度乾燥した表面部のチップを系から除去・分離し、それまで外気との接触が不十分であった未乾燥チップを露出させる循環を作り、段階的に乾燥させるなどが有効と思われる。

引用文献

- 小澤 雅之 (2017) 市販暖房器具を流用した木質ペレット用木粉の小規模簡易乾燥. 第67回日本木材学会大会発表要旨集, 福岡: 263
- 小澤 雅之 (2018) 除湿空気におけるチップ材の乾燥. 山梨県森林総合研究所研究報告, 37: 10-15
- 小澤 雅之 (2020) 燃料用チップ材の天然乾燥. 山梨県森林総合研究所研究報告, 39: 29-32
- 竹倉憲弘, 薬師堂謙一 (2018) スギ切削チップの静置送風乾燥. 農業施設, 49: 18-23
- 宮田大輔, 鈴木保志, 小畑篤史, 後藤純一, 板井拓司, 政岡尚志, 吉井二郎 (2008) 木質チップの自然乾燥における攪拌の効果. 日林誌, 90:75-83