

燃料用チップの天然乾燥

小澤雅之

Natural Drying of Fuel Chips

Masayuki OZAWA

Summary : The natural drying method of the chips used in the heat boiler was examined in the state of the branches and leaves before crushing, in the flexible container bag in which the chips were sealed, and in the state where the chips were deposited. As a result, the mass was reduced when naturally dried in the state of branches and leaves, but the mass did not decrease in the state of being placed in a flexible container bag. In addition, in the case of being enclosed in a flexible container bag and in the state where chips were deposited, the surface was dried but the inside was not sufficiently dried. Furthermore, when the deposited chips were naturally dried in the summer, the chips naturally dried within a few days up to about 30 mm of the deposited surface, but the inside was hardly dried. Therefore, it is considered that the contact with the outside air is more important than the temperature in drying the material naturally.

要旨 : 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、破碎前の枝葉の状態、チップを封入したフレコンバックおよびチップを堆積させた状態で検討した。その結果、枝葉等の状態で天然乾燥させると、質量は減少したが、フレコンバックに入れた状態では質量は減少しなかった。また、フレコンバックに封入した場合およびチップを堆積させた状態では、いずれも表面は乾燥したが、内部は十分に乾燥しない結果になった。さらに、堆積させたチップを夏期に天然乾燥させたところ、堆積させた表面の30mm程度までは数日で乾燥するが、内部はほとんど乾燥しない結果となった。従って、チップや未利用材を天然乾燥させるには、気温よりも外気との接触が重要であると考えられる。

1 はじめに

2015年12月に開催されたCOP21において、気候変動に関する国際的な枠組みとしてパリ協定が採択され、我が国の環境白書にも世界共通の長期目標として、産業革命前からの地球の平均気温上昇を 2°C より十分下方に抑えるとともに、 1.5°C に抑える努力を追求することなどが設定された(環境省2018)。しかし、2019年開催のCOP25では、先送りされてきた二酸化炭素ガスの排出源取引などに関する実施ルール作りの合意を断念するなど課題が残された。また、我が国では特に2011年に発生した福島第一原子力発電所事故以来、全国の原子力発電所が運転停止となり、それを補うために大規模石炭火力発電が基軸電源化するとともに、その技術を積極的に海外へ売り込む政策を行った。しかし、世界の潮流になろうとしている脱化石資源と大きく乖離

することから、COP25の会場において環境活動団体等から厳しい批判を受けた。

我が国の2019年2月における発電電力量のうち、火力発電は81.5%を占め、そのうち32.2%は石炭火力であり(えねるみくす2019)、脱化石を進めて行くには新たな電源開発が急務となるばかりでなく、持続可能なものでなければ自国において十分に必要な電源を将来にわたり確保することが困難になるであろう。

幸い、我が国の国土の $2/3$ は森林であり、この森林資源をエネルギー源として利用することが可能である。また、我々が家庭で必要としているエネルギーの大半は熱であり、これを利用するために電気や化石燃料が用いられているが、この熱源として効率よく木質資源を活用することができれば、化石燃料の代替化、地域における炭素循環さらには植林・育林・伐採による持続可能な森林資源の活用が可能となる。

そこで、木質バイオマスを利用した再生可能エネルギーを普及させていく中で、筆者はチップによる熱ボイラ設置事業会社らとともに効率的な運用について検討を重ねてきた。ボイラを高効率に運用するにはチップの品質が求められ、特にチップの含水率は燃焼効率に大きな影響を及ぼす (Donald L. Klass 1998)。伐採直後の木材は、樹体内に大量の水分を保持しており、それらをチップ化しても高い含水率状態を維持するので、木材が有するエネルギーを十分に発現させるには予め低含水率状態にすることが求められる。そこで、外部エネルギーを必要としないチップの天然乾燥法を開発するために、高含水率状態におけるチップの天然乾燥のメカニズムに関して検討を行った。

2 調査方法

2.1 未利用材の入手方法

ヒノキ人工林の主伐地 (東京都奥多摩町) で伐採され、用材には適さない小径木や枝条などを、実際に稼働中の熱ボイラ用燃料と同様に、移動式チップパでチップ状に粉砕し (以後、チップ群と呼称) フレコンバックに詰めた。また、同上の小径木や枝条等 (以後、未利用材群と呼称) を長さ 3m 程度に切断し俵状に針金で結束させた。両者とも質量約 0.5t になるよう用意し、現地から山梨県森林総合研究所まで陸送した。

2.2 チップの粒度分布

現地で用いた移動式チップパは、刃物により切削するタイプで、切削後の排出口に設置されたスクリーンの網目は 50mm であった。そこで、このチップパで製造されたチップの粒度分布を調べるために、全乾状態にしたチップを振動式ふるいにより分級し、全乾質量を測定して粒度分布を算出した。

2.3 天然乾燥の方法

チップを詰めたフレコンバックと針金で結束させた枝条をそれぞれ山梨県森林総合研究所内の露天に冬期 (1月～6月) の間そのまま静置し天然乾燥試験に供した。両者の質量を定期的に測定したが、その際グラップルにひずみ計を取り付け、それに懸垂させることで質量を算出した。また、フレコンバックについて、その内部に詰め込まれたチップの表面付近と表面から深さ 30cm 付近からサンプルチップを

3つ採取し、常法によりチップの含水率を計測した。

2.4 天然乾燥の進行に関する試験

フレコンバックに封入されたチップ群を、山梨県森林総合研究所内敷地に全て開封し、チップを山状に露天堆積させた。チップ群の東南斜面表面に 15×30cm の標準地を設定し、表層部の乾燥したチップを堆積塊内部の湿潤したチップが現出するまで、堆積塊の傾斜に沿って取り除いた。標準地内に湿潤したチップを完全に露呈させた状態で放置し、再び自然環境下で天然乾燥を行った。標準地内の湿潤したチップが乾燥したら、前述と同様の方法で、直下の明らかに湿潤したチップが現出するまで乾燥したチップを除去し、新たに現出した湿潤チップを天然乾燥させた。除去した乾燥チップは、堆積厚を測定するために、標準地と同じ寸法の木箱内に全体が均一になるよう層状に散布し、その 15カ所の厚さを計測し、平均値を算出した。

3 結果及び考察

3.1 チップの粒度分布

全乾状態のチップをふるいによって分級した結果を表 1 に示す。6mm 以上のものが全体の 42.4% を占めたが、長軸方向が長くアスペクト比が 1 よりも大きくなる繊維状のものも含まれていた。一方、3mm 以上 6mm 未満および 1mm 以上 3mm 未満の割合を併せると 53.4% となり、1mm 未満の微細な埃状のようなものも 4.1% 含有していた。製造されたチップは一般的なパルプ用チップよりも体積が小さいが、実際にボイラ用熱源として使用されており、ボイラ側を制御することにより実務上の支障は生じていない。

表 1 破碎チップの粒度分布

	<1mm	1mm～3mm	3mm～6mm	6mm<
質量割合%	4.1	19.4	34.0	42.4

3.2 未利用材およびチップの天然乾燥

年間を通じて熱需要が著しく増加する冬期での安定的な供給を想定し、冬期にフレコンバックに封入したチップ群と、未利用材群の天然乾燥における質量の推移を図 1 に示す。

最初に計測した質量を 1 とすると、乾燥日数の増加に伴い、未利用材群は 1 を下回る結果となった

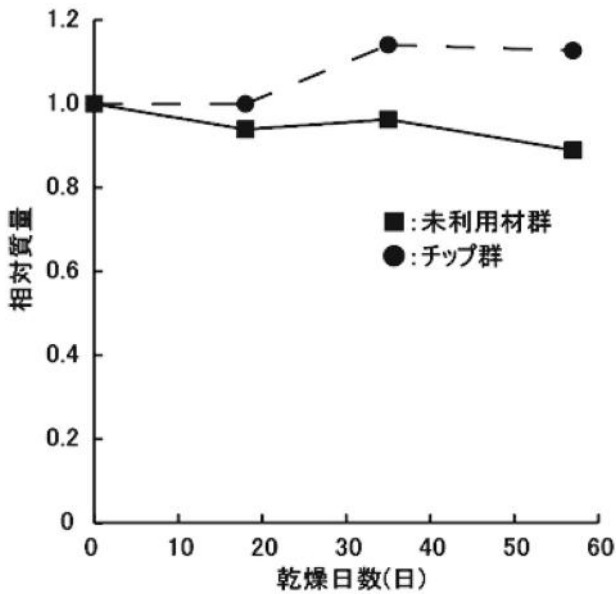


図1 未利用材群とフレコンバックの質量変化率

が、チップ群の相対質量は1を下回らなかった。また、チップ堆積塊とフレコンバック内のチップの含水率について結果を表2に示す。両者から得られた含水率の平均値を初期値とした。乾燥開始18日後には、フレコンバック内部の含水率を除いては含水率が減少した。また、乾燥開始35日後では、全体的に含水率は減少傾向にあるものの、いずれも表面と内部とでは減少率に差があることが認められる。また、乾燥開始57日後では、堆積塊およびフレコンバック表面の含水率はほぼ15%前後にまで含水率が減少したにもかかわらず、内部の含水率は高いままであった。これらのことから、チップを破碎しフレコンバックに封入し静置しても、全体の含水率は低下せず、破碎せずに未利用材の状態に残置しておく方が含水率は低下することが認められた。また、フレコンバックから解放し、自然環境下で静置させても、表面は乾燥するもの、内部までは乾燥しにくいことも認められた。チップは前述のとおり粒状に近く、これらを堆積させると相互に圧密着しあうため、自身の外気に接触できる表面積が減少するとともに、内部への通気経路が閉塞してしまう。一方、未利用材群は個々に不定型であり、相互に圧密着させても、枝条等が反発しあうため、空隙が生じやすく、未利用材群内部まで通気経路が確保されるため、枝条全体に外気が接触することが可能になる。従って、チップなどの乾燥には外気との接触が必要で、冬期のような気温が低い条件でも外気との接触面積が多いほど乾燥が容易になると考えられる。

表2 堆積塊とフレコンバックにおける含水率変化

乾燥期間(日)		0	18	35	57
堆積塊	表面	56.5	18.5	36.1	14.1
	内部	56.5	46.7	56.1	60.6
フレコンバック	表面	56.5	39.8	104.5	15.9
	内部	56.5	101.8	70.7	78.0

単位は%

3.3 天然乾燥の進行

チップ堆積塊の表面に設置した標準地を設け、明らかに乾燥したチップ層を除去し、明らかに湿潤したチップを採取した。前者および後者の含水率と、明らかに乾燥したチップを採取して再現したチップ層厚を表3に示す。表面のチップ含水率は14.2%で湿潤したチップは89.8%と明らかに含水率に差異が認められ、乾燥したチップ層厚は12.5mmであった。湿潤したチップを自然環境下で改めて天然乾燥させ、3日後に確認したところ、前回湿潤していたチップは明らかに乾燥した状態になった。前述と同様に含水率を測定したところ、乾燥チップの含水率は14.1%、その直下に新たに現出した湿潤したチップのそれは77.5%、乾燥チップ層厚は31.1mmとなった。

このことは含水率89.8%であったチップが3日間の天然乾燥により表面から深さ31.1cmまでの層におけるチップを平均含水率14.1%まで乾燥させられるが、それより以上の深度では天然乾燥がおよばないことを示している。

表3 チップ堆積塊の表面および内部の含水率変化

	初回	2回目	3回目
表面含水率 ^{*1}	14.2	14.1	22.0
内部含水率 ^{*1}	89.8	77.5	102.6
チップ層厚 ^{*2}	12.5	31.1	20.3

*1：単位は%

*2：単位はmm

表面含水率：チップ堆積塊表面の乾燥したチップ層の含水率

内部含水率：チップ堆積塊表面の乾燥したチップ層の直下に現出した湿潤チップの含水率

チップ層厚：明らかに乾燥したチップ層の厚さ

これらのことから、堆積魂では表面のチップは夏期であればほぼ3日程度で十分乾燥させられるが、内部までは乾燥しないことが認められた。宮田ら(2008)はチップの天然乾燥において、無風状態よりも風速2.8m/秒以上の送風の効果が大きいことを示している。また、市原ら(2010)は、スギ丸太のはえ積み方法の差異による乾燥特性を検討し、表層部と内部との含水率の低下に差異が認められたことについて丸太の当たる太陽光線と風の影響を示唆している。このように前述の露天させたチップを堆積させたとしても、内部は外気に触れることがないため、日射量が多く、気温が高かったとしても乾燥させることが難しいと考えられる。なお、チップ層厚の結果に差が生じているが、これは標準地からチップを採取するときに堆積させたチップの粒度が小さく、堆積魂が砂山のような状態で十分な注意を払っても標準地以外の斜面からのチップ流入や傾斜角があるため、チップを正確に直方体として採取できなかったことなどが原因と考えられる。

引用文献

- 環境省(2018)平成30年度環境白書
えねるみくす(2019)98,5:573
Donald L. Klass(1998) Biomass for renewable Energy, Fuels, and Chemicals
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,90,2:75-83
市原孝志,高野定雄,山崎敏彦,政岡尚志,板井拓司,野地清美,松岡良昭,小畑篤史,鈴木保志,藤原新二(2010)木質チップボイラの燃料に用いる林地残材のはえ積み天然乾燥.日林誌,92,4:191-199