

粉碎機のえらび方②

目皿つき ハンマークラッシャー

遠藤 展

はじめに

前回の報告¹⁾では、粉碎機のえらび方として、目皿なしハンマークラッシャーについて、3つの数式を提案しました。その1つは、粉碎機の設備すべきモーターの大きさ、すなわち何kWのモーターをつければ良いかを求める式です。その式は、
$$P = F \times Dv \times (Dc \times R^2)^{2/3} \times K_1 \dots \dots \dots (1)$$
とあらわすことができます。

もう一つは、原料や粉碎物の大きさを定義した式です。その式は、

$$Dv = (\text{原料の体積} \times 6 \div \dots)^{1/3} \dots \dots \dots (2)$$

$$dv = (\text{粉碎物の体積} \times 6 \div \dots)^{1/3} \dots \dots \dots (2)$$

とあらわすことができます。

つぎは、粉碎に必要なエネルギーを求める式です。その式は、

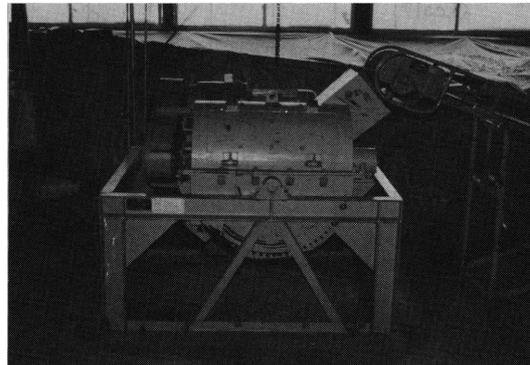
$$E = K_2 \times \left[\frac{Dv}{dv} - 1 \right] \dots \dots \dots (3)$$

とあらわすことができます。

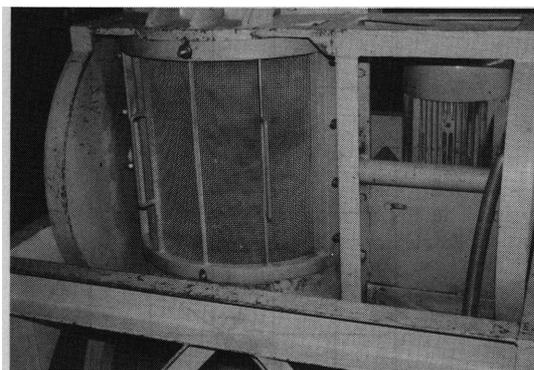
以上の3つの数式を用いて、粉碎物の大きさを一定にするための粉碎機の持っていない条件、また原料が変わった場合の粉碎物の変化、そして粉碎機の改造によってどの程度能力アップがはかれるか等について、実例をあげながら説明しました。今回の報告では、前回とほぼ同じことを目皿つきハンマークラッシャーについて述べます。

試験に用いた粉碎機

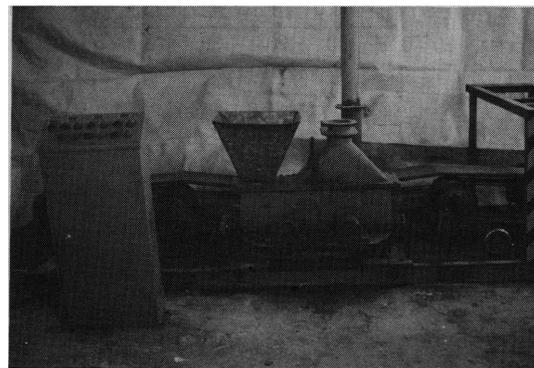
写真 ~ には、この試験に用いました目皿つきハンマークラッシャーを示しました。写真は、前回の報告で紹介しましたユニバーサルクラッシャーですが、図1に示しました様に、普通の状態(状態A)から、粉碎機の下部に目皿をつけ、さ



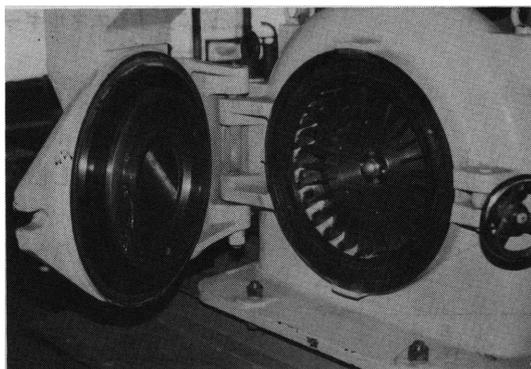
ユニバーサルクラッシャー



ユニバーサルクラッシャーの目皿部



ノロローターミル



ウルトラフレックス

らに出口をしめ、この目皿部のみから粉砕物が排出される様な形(状態B)に変更しております。この状態を写真に示しました。写真は、ノボローターミルという、パーティクルボード製造等に用いられる、小型の目皿つきハンマークラッシャーです。この粉砕機は、ハンマーのシャフトを左右2本もち、このシャフトにとりつけられたハンマーが、お互い向かいあう方向へ回転して原料

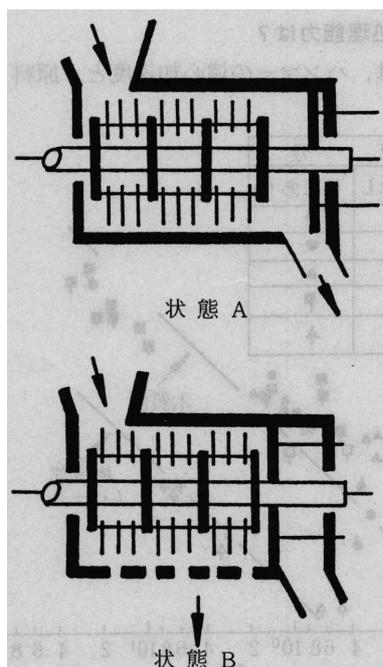


図1 ユニバーサルクラッシャーの内部

を粉砕する仕組みになっています。写真は、ウルトラフレックスという目皿つきハンマークラッシャーで、ハンマーの回転数が7000回転と高く、さらに用いることのできる目皿の大きさが0.2mmと、主に微粉砕に用いる粉砕機です。

目皿の大きさをどのように決めるか？

まず、目皿つき粉砕機で問題となるのは、用いた目皿の大きさと粉砕物の大きさとの関係です。

図2には、目皿の大きさ S_d (mm) と粉砕物の大きさ d_v (mm) との関係を示しました。この図の目盛り方はあまりみかけないものだと思います。この図は、両対数グラフといえます。このグラフについて説明しますと、大きい目盛りは10倍ずつ大きくなっています。たとえば1, 10, 100というぐあいにです。また、小数点以下では、0.01, 0.1, 1.0というぐあいです。このグラフではこれらの値を、 10^0 , 10^1 , 10^2 , そして 10^{-2} , 10^{-1} , 10^0 という表現をしています。さて、このグラフの2, 4, 6, 8という数字ですが、これは、たとえば 10^1 (すなわち0が1つ, 10のこと) と 10^2 (すなわち0が2つ, 100のこと) の間であれば20, 40, 60, 80のことです。

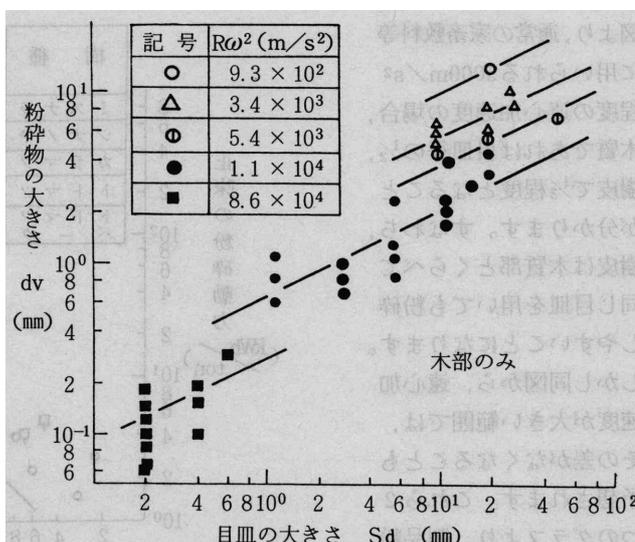


図2 目皿の大きさと粉砕物の大きさの関係 (sは秒をあらわす)

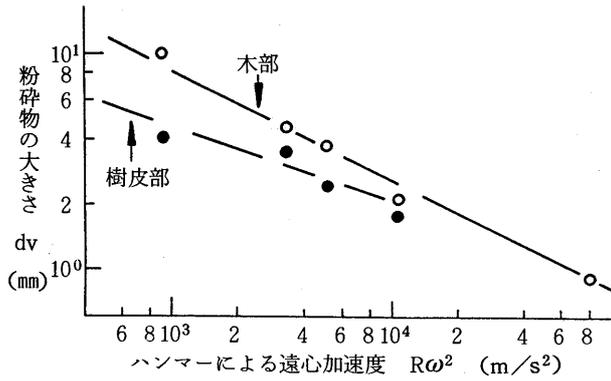


図3 ハンマーによる遠心加速度と粉碎物の大きさの関係
(目皿の大きさ: Sdが10mmの場合)

粉碎に要するエネルギーについて

前回の報告において、粉碎に要するエネルギーについて、目皿なし粉碎機の場合(3)式によって求められることを明らかにしました。そこで、図4には、目皿を用いた場合と、目皿を用いない場合の2つについて、その粉碎比と粉碎正味動力と

さて、説明を本論に戻します。横軸の目皿の大きさ Sd についてですが、目皿の形は正方形、長方形、円形といろいろあります。そこで目皿の大きさは、その目皿の面積と同じ面積を持つ円の直径にきめました。それが Sd です。図から明らかなのは、たしかに、用いた目皿の大きさが大きくなるほど粉碎物は大きくなりますが、同じ目皿を用いてもハンマーの遠心加速度 $R^2 (m/s^2)$ によって粉碎物の大きさが異なっていることです。そこで、図3には、用いる目皿の径を10mmにした場合の、ハンマーの遠心加速度と粉碎物の大きさの

関係を示しました。この図から、たしかに目皿を用いた場合の方が粉碎比が大きい、すなわち細かく粉碎することができますが、目皿のある・なしにかかわらず、ほぼ同様な傾向にあることが分かります。したがって、必要とされるエネルギーは目皿のある・なしによらず、(3)式によってその粉碎に必要な動力を求めることができることとなります。

最大の処理能力は?

図5には、ハンマーの遠心加速度と、原料 1kg

関係を示しました。この図より、通常の家畜敷料等に用いられる $5000 m/s^2$ 程度の遠心加速度の場合、木質であれば目皿径の $1/2$ 、樹皮で $1/3$ 程度となることが分かります。すなわち、樹皮は木質部とくらべて同じ目皿を用いても粉碎しやすいこととなります。しかし同図から、遠心加速度が大きい範囲では、その差がなくなることも予想されます。これら2つのグラフより、製品粉碎物の大きさがほぼ推定できることとなります。

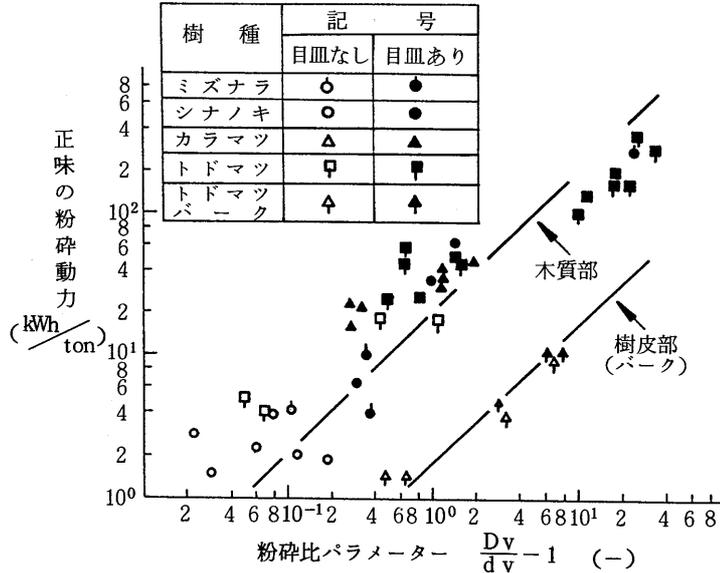


図4 粉碎比パラメーターと正味の粉碎動力の関係

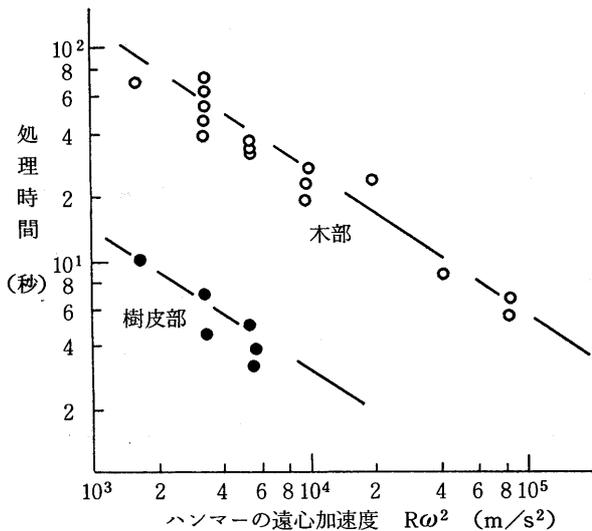


図5 ハンマーの遠心加速度と、原料1kgを1/2まで粉碎するのに必要な時間との関係

をその $1/2$ の大きさまで粉碎するのに必要な時間との関係を示しました。当然のことですが、遠心加速度が大きくなればなるほど短い時間で粉碎できること、また樹皮は木質部の約 $1/10$ の時間しかかからない、すなわち樹皮を粉碎する時は木質部の10倍多く処理できることなどがこの図より分かります。このような関係を示したのが下の数式(4)です。

$$F = K_3 \times \left[\frac{Dv}{dv} - 1 \right]^{-1} \times (R^2)^{2/3} \dots \dots \dots (4)$$

Fは、数式(1)においては、原料の供給速度でしたが、目皿つき粉碎機においては粉碎機の形によって最大供給可能量がきまりますので、この場合は最大供給可能量、すなわち処理能力をあらわします。単位はkg/hです。K₃は定数で、粉碎機の形、原料が木質部か樹皮かによってきまる値です。本報告でとりあげた粉碎機の場合、木質部粉碎で0.288、樹皮部(トドマツ)で2.52程度の値になります。さて、つぎに実際の場合を仮定して計算してみましょう。

粉碎機のえらび方

原料の大きさDvが10mm、粉碎物の大きさを3mm程度にしたいが、どのような粉碎機をえらべば良

いか?

まず、目皿つき粉碎機にするか?それとも目皿なし粉碎機にするかですが、通常目皿なし粉碎機で得られる粉碎比は約2、すなわち $1/2$ 程度の大きさまでしか細かくすることができませんので、この場合は目皿つき粉碎機をえらぶべきでしょう。ハンマーの遠心加速度を 5400 m/s^2 程度としますと、用いる目皿の径は図2から約6mm程度とすれば良いことになります。

どれだけ処理できるか?

さて、このように目皿の径と遠心加速度がきまりましたら、最大の処理能力が図5および式(4)から求めることができます。式(4)に、 $Dv = 10 \text{ mm}$, $dv = 3 \text{ mm}$, $R^2 = 5400 \text{ m/s}^2$ を代入して、 $K_3 = 0.288$ としますと、1時間当たり40kg程度処理できることが計算できます。

モーターの大きさは?

粉碎に必要なエネルギーは、式(3)から得られます。式(3)へ、 $Dv = 10 \text{ mm}$, $dv = 3 \text{ mm}$, $K_2 = 20$ と代入しますと、粉碎に必要なエネルギーは原料1トン当たり47kWh、すなわち47kWh/tです。最大の処理能力が40kg/hなので、設備すべきモーターは2kW程度で良いことになります。空転動力は5kW程度と考えられるので、全体で7kW程度のモーターが必要となります。

おわりに

今回は、目皿つき粉碎機について目皿の大きさの決め方、それにもとづく最大処理能力、そして設備すべきモーターの大きさ等について、実例を加えながら説明しました。

文献

- 1) 粉碎機のえらび方 目皿なしハンマークラッシャー：本誌，1984年6月号，遠藤展

(林産試験場 繊維板試験科)