

粗大物資取扱作業の合理化に関する研究

涌井 学・山崎 稔

(東北農試)

1. ま え が き

養畜労働において、牧草、サイレージ、ワラ、堆肥などいわゆる粗大物資の取扱は主として人手に頼っている。乳牛1頭当り年間飼料給与量が約20トンにも及び、しかも個々の飼料が取出し、移動、貯蔵に際して数回の反覆取扱を受けていることを考えると、その総取扱量は莫大なものである。多頭羽飼育が進展するにつれて、これら粗大物資取扱作業の合理化は一層要望されてきているといえよう。

粗大物資取扱作業合理化の研究は、

1. 取扱作業環境(養畜施設)の研究
2. 取扱作業方法(人間中心)の研究
3. 取扱手段(機械、器具、装置)の研究
4. 取扱対象物資(粗大物資の特性)の研究

に四大別されると考えられる。これらは互に密接な関係にあるが、特に3と4の関係は深い。本研究は粗大物資取扱手段開発のための資料を得るために、まず取扱対象物資の基礎的力学性を明らかにすることを目的としてはじめられたものである。

粗大物資はその特徴として重量に比して容量が大きいこと、他の物資にくらべ流動性が低いことがあげられよう。この二つの性質が運搬、移送作業の能率を低いものとしているし、またこの作業の機械化を妨げる原因にもなっている。従つて、物資からみた合理化の方向としては、一つは粗大物資の密度(*Bulk Density*)を高めること、もう一つは流動性(*Flowability*)をもたせるように粗大物資の形質を人為的に変えることが考えられる。

以上述べた観点に立つて、まず粗大物資を切断することによる密度の増加傾向及び切断された粗大物資の圧縮特性について簡単な実験を行なつたので報告する。

2. 試 験 方 法

1. 密度の測定

(1) 供試物資

(i) 稲わら, (ii) オーチャード干草, (iii) チモシー干草, (iv) チモシー青草, (v) デント・コーン・サイレージ

以上の各々について、3～5段階の切断長さのものを供試した。

(2) 測定操作

木箱の中にできるだけ静かに供試物資を入れ、その重量を測定して、単位体積当り重量に換算する方法を採つた。なお、切断長さ30 cm以下のものについては0.125 m³ (0.5 m×0.5 m×0.5 m)の木箱を、30 cm以上のものには、1 m³ (1 m×1 m×1 m)の木箱を使用した。

2. 圧縮試験

(1) 供試物資

物 資 名	率	切 断 長
稲 ワ ラ (水分) 13.4%	1	2.5 cm
	2	5.0
	3	11.4
オーチャードグラス (干 草) 14.7%	1	2.2
	2	5.5
	3	10.2
チモシーグラス (干 草) 13.1%	1	2.2
	2	4.2
	3	10.2
チモシーグラス (半 湿) 47.3%	1	2.4
	2	6.8
	3	11.4
チモシーグラス (青 草) 68.0%	1	2.4
	2	6.8
	3	11.4
デントコーンサイレー ージ 83%		1.7

(2) 圧縮量測定

A 断面34.5 cm×34.5 cm、高さ49.0 cmの鋼鉄製圧縮槽及び加圧板(34.0 cm×34.0 cm)をもつ荷重台を使用した。重錘は鋳鉄製円盤及びトラクターのホイール・ウェイトを使用した。加圧操作は、サイレージでは14段階(4.2～520 g/cm²)、その他の物資では18段階(0.58～347 g/cm²)とした。

B 荷重台上に重錘を載せ、1分後に荷重台台脚(4本)に取付けられた目盛板を読むことにより圧縮量を算出した。

3. 実験結果及び考察

1. 切断長さとの関係(第1表参照)

粗大物資の密度は細断するほど大きくなる。試料と木箱側壁との間に摩擦力を生ずるため、普通の堆積状態における密度よりも低く、その差は切断さが大きくなるほど著しいと推察される。試料充填方法及び計量の時刻の決定方法が測定値に大きく影響するが、圧縮梱包という

手段を用いずとも、切断することによつて数倍の密度を得ることができるのは注目し値しよう。

第1表 Bulk Density 測定値

物資名	長さ(cm)	重量(Kg/m ³)	備考(%)は含水率)
稲ワラ	2.5	49.5	(13.4%)
	5.0	34.1	
	11.4	17.1	
オーチャード グラス (干草)	2.2	48.1	(14.7%)
	4.2	29.6	
	5.5	25.2	
	10.2	13.8	
	65.5	5.3	
チモシー・ グラス (干草)	2.2	58.5	全長 (13.1%)
	4.2	32.2	
	5.5	24.2	
	10.2	12.5	
	30.2	6.4	
チモシー・ グラス (青草)	78.0	3.8	全長 (68%)
	2.4	147.0	
	6.8	90.0	
	11.4	57.0	
	1.1	280.0	
デントコーン サイレージ	1.7	400.0	サイロ詰込時踏圧(83%)

注 長さは、試料中より任意に抽出した100本を物指して実施した結果から算出した平均値を示す。

2 圧縮特性

(1) 試料充填量と圧縮性との関係

試料充填量が圧縮性に及ぼす影響を知るため、各物資について充填量を3段階にかえて実験を行なった。その結果、充填量が少ないほど圧縮率は高く、その差は圧力0.1Kg/cm²までの範囲で著しい。これは充填量が多いほど側壁との摩擦が大きく、また加圧力が上層部で吸収され、滲透しないためであると考えられる。

(2) 切断長さとの関係

切断長さによつて圧縮率は大いに影響を受けるが、その度合いは、試料充填量によるものよりもはるかに大きい。これは切断長さにより試料中に作られる大空隙量が著しく左右される結果、圧縮性に著しい差を生ずるものと思われる。

(3) 各粗大物資の圧縮特性

粗大物資の圧縮試験を行なう場合、試料充填量よりも切断長さが圧縮性に及ぼす影響が大きいことが明らかにされた。従つて、本実験では、粗大物資の各切断長さについて試料充填量を8~4段階にかえて圧縮実験を行ないその平均圧縮量を算出した。チモシーを例にとつて、圧縮率、密度、間隙比と圧力との関係を第1図に示す。また各物資について、圧力間隙比曲線実験式を求め第2表に示す。稲わら、牧草はいづれについても、切断長さが大きいほど圧縮率は高い。これは、圧縮がまず大空隙を埋めるように作用するからである。圧縮は圧力の0.1Kg/cm²までの間に急速に行なわれ、それ以上では緩徐である。これは大空隙が埋められたあとは、圧縮の内容が弾性変形に移行していることを示している。事実、荷重を

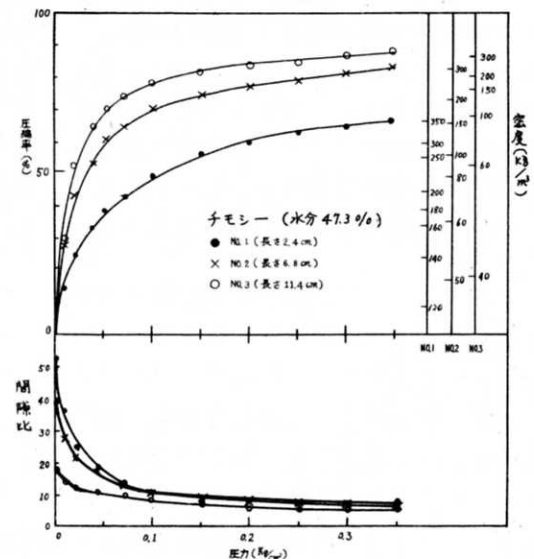
除去する若干の回復を認めた。サイレージの圧縮は比較的緩やかに行なわれる。それは大空隙が埋められた後、自由水がしぼり出されるため圧縮が継続するからである。

圧力と密度との関係をみると、一般に一定圧力のもとでは、切断長さの大きいほど密度は小である。しかし、圧力が大きくなるほど、密度の差は小さくなる。間隙比は物質内部の圧縮状態を示すものであるが、圧力との関係はいづれも指数曲線で表わされる。水分の異なるチモシーをみると、切断長さのいかに拘らず、半湿(47.3%)では間隙比が小さい。特に、圧力0.1Kg/cm²以下では顕著である。これは青草、干草が半湿草にくらべ大空隙を埋める作用への抵抗力が大きいことを示している。すなわち、半湿草は青草ほど細胞水分が充実しておらず、反面干草ほど硬度をもたないため、空隙を埋めるように配置、変形の流動を起しやすいためであると思われる。本実験結果から、圧縮力の伝播性及び流動性を明らかにすることが今後の問題となろう。

第2表 圧力間隙比曲線実験式係数一覧

実験式 $y = ae^{bx} + ce^{dx}$
 y : 間隙比, a, b, c, d : 係数, x : 圧力(g/cm²)

品名	No.	a	b	c	d
稲ワラ	1	14.29	-0.00178	10.94	-0.0425
	2	18.05	-0.00198	23.56	-0.0621
	3	21.36	-0.00259	9.36	-0.0563
オーチャード	1	12.22	-0.00119	2.04	-0.0338
	2	15.70	-0.00127	8.90	-0.0499
	3	21.57	-0.00232	9.42	-0.0437
チモシー (干)	1	13.54	-0.00161	3.12	-0.0463
	2	19.30	-0.00131	7.24	-0.0214
	3	21.55	-0.00190	5.81	-0.0672
チモシー (半湿)	1	9.29	-0.00160	2.15	-0.0360
	2	13.83	-0.00240	4.47	-0.0512
	3	12.71	-0.00211	12.74	-0.0176
チモシー (青)	1	12.39	-0.00129	2.98	-0.0437
	2	18.80	-0.00209	5.48	-0.0448
	3	20.35	-0.00138	8.21	-0.0566
	4	35.49	-0.00239	9.81	-0.0240
サイレージ		18.38	-0.00127	5.19	-0.0235



第1図 圧縮率・密度・間隙比と圧力との関係