

稲わらの乾燥に関する研究

誌名	草地試験場研究報告
ISSN	03850196
著者	佐藤,純一, 中川,西弘之, 下名,迫寛,
巻/号	11号
掲載ページ	p. 172-180
発行年月	1977年12月

稲わらの乾燥に関する研究

—常温通風による貯蔵乾燥技術の開発—

佐藤 純一・中川西弘之・下名迫 寛

施設機械部機械化第2研究室

(昭和52年6月14日受理)

要 約

佐藤純一・中川西弘之・下名迫 寛 (1977): 稲わらの乾燥に関する研究—常温通風による貯蔵乾燥技術の開発. 草地試研報 11: 172—180.

稲わらの簡易な貯蔵乾燥技術を開発するため、稲わらの空気抵抗、結束長わらを堆積したときの常温通風乾燥法および稲わらの品質評価の項目について試験を行ない、次の結果を得た。1. 結束長わらの稈に平行通風をした場合、空気抵抗は切断わらに比べてきわめて小さく、通風層を長くすることができ、大量通風乾燥が可能である。2. 結束わら(含水率 67—68%)を堆積し、ビニールシートで覆い、初期水分風量比 $5/10000\text{m}^3/\text{kg}\cdot\text{s}$ で通風したところ、排風機の連続運転では 22 日、湿度 70% 以下でブローワが自動運転され低湿空気のみ通風すれば 20 日で、堆積わらの半量が含水率 20% 以下になった。3. 長期間(20—30 日)かけて貯蔵乾燥した稲わらの乾物消化率は 40% 前後で、家畜の飼料として利用しうる品質であった。

緒 言

我が国の大家畜飼養における粗飼料の自給率は多頭化の傾向と共に年々低下し、その不足分を補っている稲わらは粗飼料源として重要な位置を占めている。しかるに、稲わらの飼料仕向量は 1960 年 (380 万 t) 以降、年々減少し、1973 年には稲わら生産量の 15% (200 万 t) まで低下している。

この利用率低減の理由として、有畜農業の衰退による自家消費の減少、籾収穫後の農外就業増加による稲わら収集労力の不足、水稲収穫作業の機械化なかでも自脱型コンバインによる細断鋤込みや焼却増加などの点が指摘されている。1985 年には自脱型コンバインによる収穫面積が 55—60% になると予測されており、稲わら利用の一層の低下が懸念される。このような情勢から、機械収穫排わらの積極的な利用を推進することが必要と考えられている。

稲わらの飼料化にはサイレージと乾燥わらの二つが考えられるが、収集して乾燥すれば貯蔵性、流通取扱い性が高まり、さらに成形または化学処理した飼料化など広い用途がひらける。このようなことから、稲わらの形状物理性、収集方式などに適応した乾燥、貯蔵技術の開発が必要である。

イネの収穫作業は短期間に行なわれる傾向にあり、稲わらの乾燥もその期間内に処理をしなければならない。

したがって、従来の牧草乾燥機による施設乾燥ではきわめて大規模となる。また乾燥に必要な作業は籾収穫作業と競合する。架干し天日乾燥方式では、稲架資材の運搬、組立て取こわし、稲の架掛け作業などに多大の労力を必要とする。水田における稲わらの地干し乾燥は収穫時期と天候不順、湿田、早期降雪などから困難が多い。

したがって、稲わら乾燥技術の開発に当っては「省力化」と「繁忙期をずらせる作業」方法で、しかも「農家の手持ちの機械、資材を利用する」簡便で安価な技術開発が望ましいと考えた。

以上の視点に立ってこの研究は、結束生わらを堆積貯蔵し、常温通風を行ない、貯蔵中の発熱変敗を防ぎつつ乾燥を進める簡易貯蔵乾燥技術の開発を行なったものである。

試験方法

試験は基礎、乾燥、品質評価の 3 項目について行なった。基礎試験は結束わらの空気抵抗を他と比較し、通風特性を知るとともに、通風に必要な排風機諸元を得る資料とした。乾燥試験では貯蔵乾燥における堆積方法、排風機の運転方法、乾燥速度、乾燥むらなどを調べた。品質評価は長期貯蔵乾燥した稲わらの飼料価値を検討するため、同じ収穫条件の生わらを異なる乾燥条件下におき、各々の乾物消化率を測定した。

1. 稲わらの空気抵抗試験

1) 測定期日および場所

1975年10月—12月，草地試験場。

2) 測定装置

通風実験槽：直径550mmφ，容積0.2m³，スノコ床下より吸引通風，排風機：シロッコファン，風速範囲（風量を通風断面積で除した値）0.04—0.2m/s（図1参照）。

3) 供試材料

稲わら：平均切断長1.8cm，2.5cm，85cm（長いまま），含水率12%—65%（含水率は湿量基準で記す）。

牧草（対照区）：平均切断長2.5cm，含水率11%。

4) 測定項目および方法

床下静圧（傾斜マンノメータ），風量（ピトー管および熱線風速計），堆積比重量。

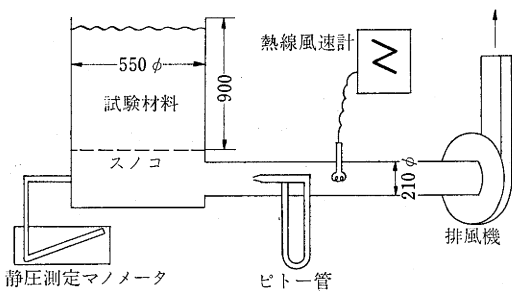


図1. 空気抵抗測定装置の概要

2. 簡易貯蔵乾燥試験

1) 期日および場所

1975年10月および1976年10月の2回行なった。

2) 供試材料

結束わら：収穫方法はノッタ付コンバインで脱穀し結束，大束（ノッタ結束の小束6個を人力で大束にした）。重量は平均10kg（乾物3.3kg），平均稈長は85cm，平均含水率は表1参照，品種はコシヒカリ。

3) 堆積通風方法

通風は吸引方式で行ない，排風機の運転は昼夜，晴雨連続して運転する連続運転と，最初5日間のみ連続し，その後は湿度スイッチによって大気の乾燥している時だけ

運転する自動（断続）運転の2方法とした。

堆積方法は大束わらを図2のとおり，横に5個，縦に5段積んだ状態を1列とし，4列（2列+2列）合計100束を堆積した。この稲わら堆積を1枚のビニールシートで覆い，両端を解放して空気流入口とした。左右2列の堆積中央は少し間隔をあけて堆積してあるので，ここから排風機で吸引して，堆積内を常温の空気が程と平行（横方向）に流れるようにした。空気流入口は運転方法により異なり，連続運転は両端全面，自動運転は堆積を覆っているビニールシートを延長して両端の上から2/3までカーテン状に下げて開口部を小さくした（図2参照）。

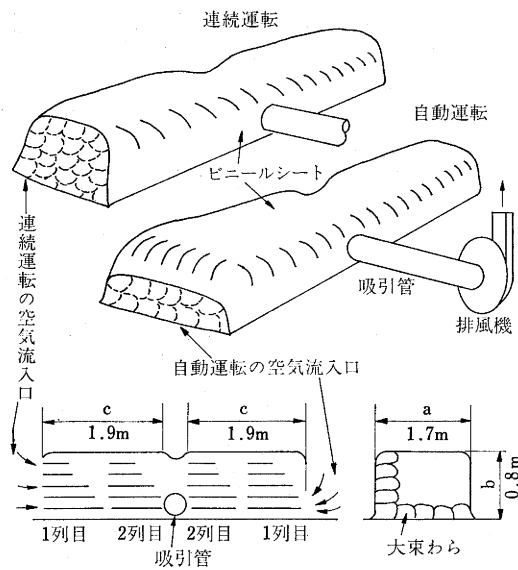


図2. 貯蔵乾燥試験における堆積通風方法

風量は長期貯蔵乾燥をねらいとするところから，米国における予乾された梱包牧草の貯蔵乾燥^{3,5)}を参考に，きわめて小風量の初期水分風量比5/10000m³/kg・sを目標とした。実験条件は表1に示すとおりである。

4) 供試装置

排風機：連続運転は25cmシロッコファン，最大風量

表1. 貯蔵乾燥試験の実験条件

	含水率 %	堆積量 kg	堆積比重量 kg/m ³		初期水分風量比 m ³ /kg・s	通風期間	備考
			湿潤	乾物			
① 連続運転	68	984	218	70	5.0/10,000	1975年 10月2日—11月7日	
② 自動運転	67	1060	205	68	4.6/10,000	1976年 10月26日—11月25日	湿度スイッチ 70%

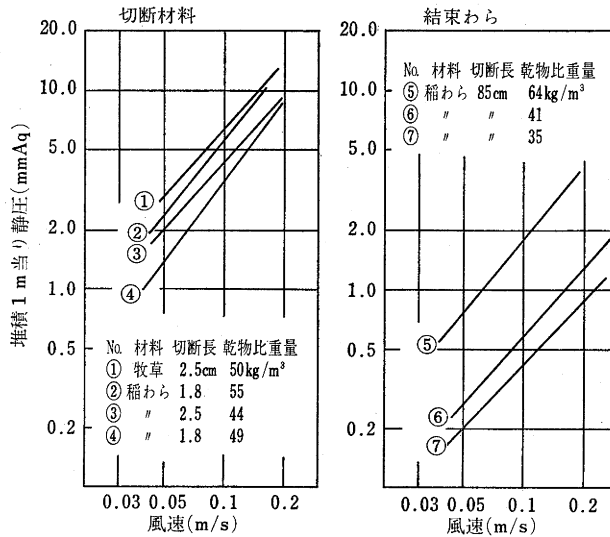


図3. 風速と空気抵抗の関係

0.47 m³/s, 自動運転は 35 cm シロッコファン, 最大風量 0.82 m³/s, いずれもダンパ調節で所要の風量とした。

排风管: 直径 210 mm φ塩ビパイプ。

被覆シート: パイプハウス用ビニールシート, 厚さ 0.1 mm。

湿度スイッチ: 作動範囲は相対湿度 20%—80%, 感湿部はナイロンリボン。

通風に必要な風量および動力は次式により算出した。

$$\text{風量 } Q = q \cdot T \cdot M / 100 \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{風速 } V = Q / S \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{正味動力 } G_N = V \cdot P \cdot H \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{排風動力 } G_F = G_N + G_L \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{所要電力 } E = 9.8 G_F / e_1 \cdot e_2 \cdot e_3 \dots\dots\dots(5)$$

q(m³/kg·s): 初期水分風量比, Q(m³/s): 風量, V(m/s): 風速, T(kg): 稲わら堆積重量, M(%): 稲わら初期含水率, S(m²): 通風断面積, P(mm Aq/m): 通風層 1 m 当りの静圧, H(m): 通風層の長さ, G_N(kg-m/s): 正味動力, G_F(kg-m/s): 排風動力 G_L(kg-m/s): 管路損失動力, e₁: モータ効率, e₂: 伝導効率, e₃: 排風機の効率, E (Watt): 所要電力。

5) 測定項目および方法

気温 (測温抵抗体), 相対湿度 (測温抵抗体による乾湿球測定およびアスマン通風乾湿計), 堆積内温度 (測温抵抗体および熱電対), 静圧, 風量, 稲わら含水率 (実験途中は 1 列目堆積わらを空気流入側から任意に小量 (約 200 g) 抜き取り, 終了時は堆積内各部をサンプリングし 100°C 24 時間法で測定した)。

3. 品質評価試験

1) 期日および場所

1976 年 10 月—11 月, 栃木県大田原市の水田から供試材料を収集し, 乾燥は草地試験場で行なった。人工消化率の測定は家畜部粗飼料利用研究室に依頼して行なった。

2) 供試材料

稲わら: 貯蔵乾燥自動運転試験の供試稲わらと同一圃場で同じ日に刈取った。刈取り 10 月 26 日, 品種コシヒカリ。

3) 乾燥処理区

無処理 (刈取直後), 熱風 65°C 乾燥 (6 時間), 結束状態で圃場放置 (2 日), 常温通風乾燥 (4 日), 架干し天日乾燥 (21 日), 簡易貯蔵乾燥の乾燥仕上がり部分 (22 日) と乾燥不良部分 (31 日)。

4) 測定項目および方法

乾燥時間, 含水率, 乾物消化率 (インビトロ)。

実験結果

1. 空気抵抗

切断長, 含水率の異なる供試材料の通風時における空気抵抗を床下静圧で測定した結果, いずれの条件においても, 風速 V, と堆積高さ 1 m 当りの静圧 P, との関係は両対数グラフでほぼ直線となり (図 3 参照), 風速の増加で空気抵抗が急激に増加する傾向を示した。この関係を近似的に $P = aV^r$ とした場合, 風速 0.04—0.2 m/s の間で r の値は 1.2—1.4 と渡辺ら⁶⁾ の結果よりやや小さい値となった。a の値は切断した牧草や稲わらで 52—97 を示したのに対し, 結束わらの稈に平行通風した場合

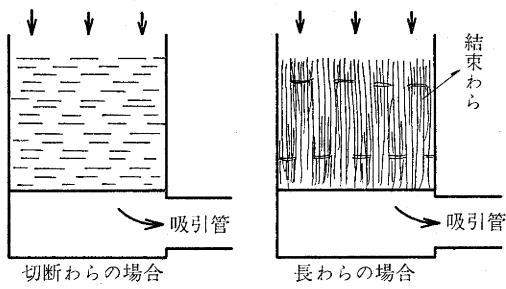


図4. 空気抵抗測定実験における稲わら堆積状態

(図4参照), きわめて小さい4-9の値を示した。風速0.1 m/sの静圧を比較した場合, 結束わらの空気抵抗は切断わらの約1/6と小さかった。

2. 簡易貯蔵乾燥試験

1) 連続運転

通風は平均風量0.34 m³/s, 堆積内平均風速0.13m/s, 通風層の長さ(上下通風の堆積高さに相当)1m当り平均静圧2.05 mm Aqで行なわれた。両端空気流入口に近い1列目に堆積した稲わら(全堆積量の1/2)の含水率は通風開始から22日目(通風約480時間)にほぼ20%に下がった。なおこの実験期間は天候がやや不順で, 22日間に8日が雨天(時々小雨の曇天も含む)だった。その後通風を継続したが, 1列目の含水率は平均20%より乾燥が進まなかった(図5参照)。37日目に通風を終了して堆積各部の含水率を測定したところ, 1列目平均22.4%,

2列目平均33.8%となり, 空気流入口より, 空気流出側に堆積された稲わらの乾燥は不十分であった。1列目の空気流入側と流出側の水分差はほとんどないが, 2列目は流出側が流入側に比べ3%-15%高かった。また, 堆積の上層と下層の乾燥むらも大きく, 下層の水分が高かった(図7参照)。通風中の堆積内部温度は外気温度以上には上昇せず, 実験開始後1週間(発熱変敗が最も心配される期間)の堆積内最高温度は19℃(外気温23℃)であった。実験期間中の平均気温は12.4℃, 平均相対湿度71.2%であった。

2) 自動運転

相対湿度70%以下で稼動する湿度スイッチ利用の自動運転の結果, 平均風量0.32 m³/s, 堆積内平均風速0.12 m/s, 通風層長さ1m当り平均静圧1.95 mm Aqで行なわれた。1列目の稲わら含水率は通風開始から20日目(排風機運転約300時間)に平均20%以下になった。31日目に通風を終了し水分を測定したところ, 1列目は15.4%, 乾燥の遅い2列目は29.5%の含水率になった(図6参照)。堆積上下の乾燥むらを見ると, 1列目は乾燥むらがなく, 2列目は一部高水分のところが残った(図7参照)。堆積内部の温度は3℃-19℃の範囲がほとんどあったが, 雨天で長期間通風が停止した時に堆積の一部分の温度は最高31℃まで上昇した。運転終了時における稲わらの状態は腐敗臭やサイレージ臭がなく, 黄色い枯葉色であった。

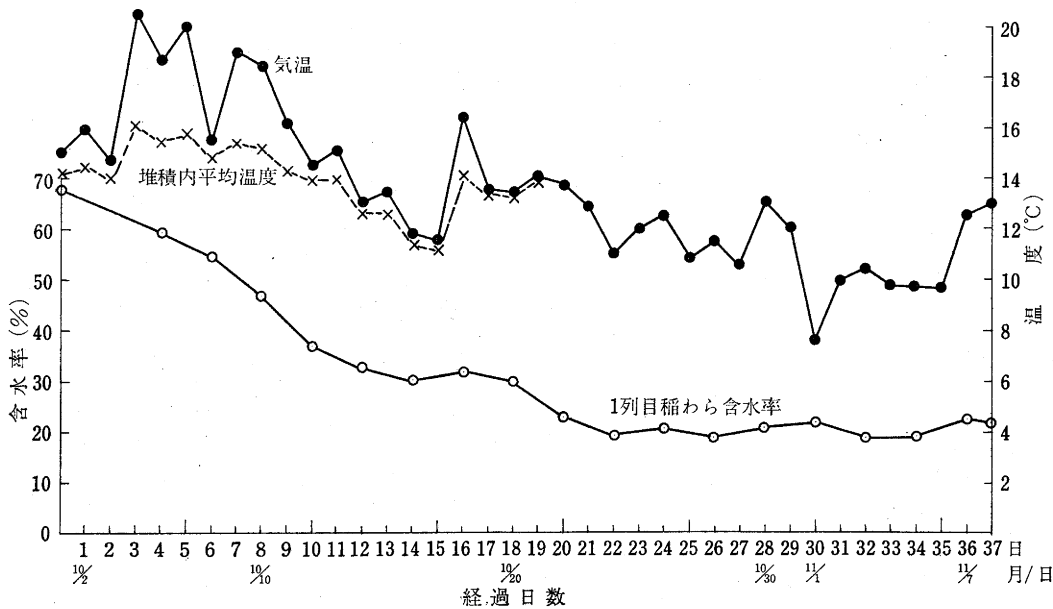


図5. 連続運転における経過日数と稲わら含水率などの関係

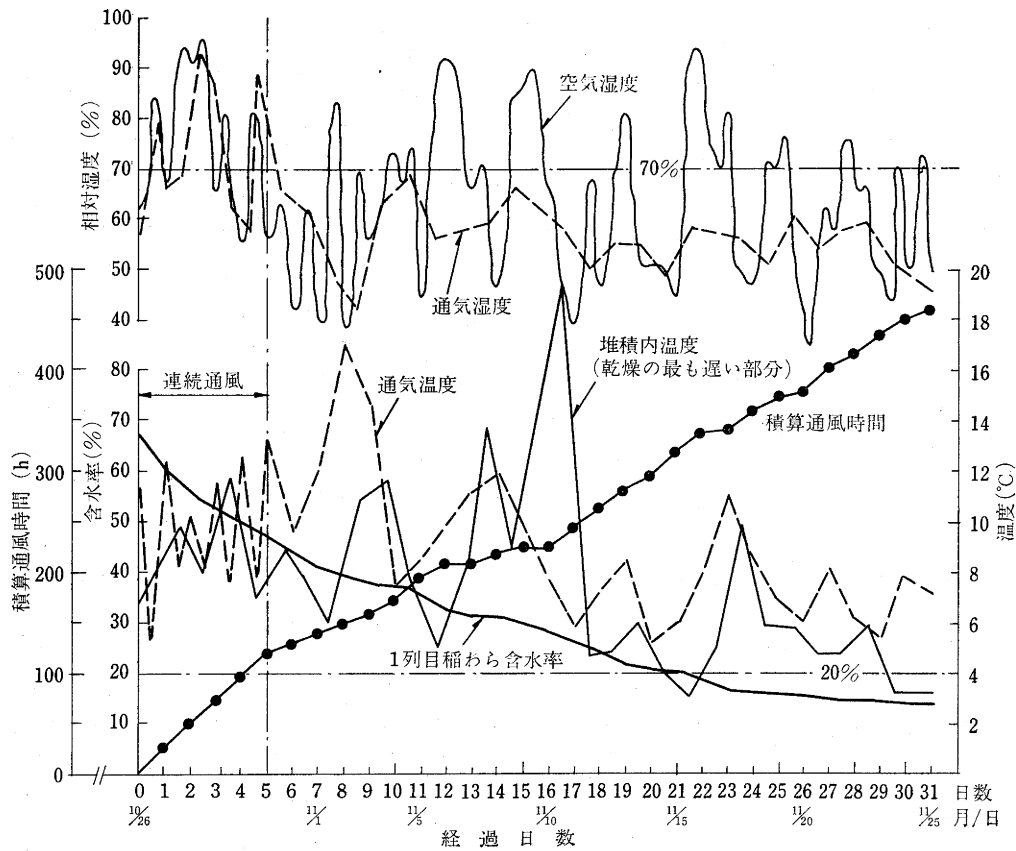


図 6. 湿度スイッチによる自動運転の経過日数・気温・湿度と稲わら含水率の関係

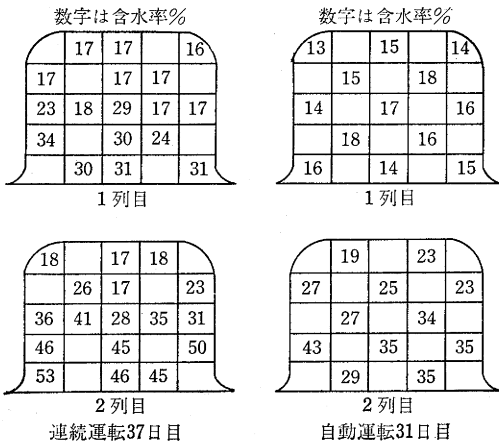


図 7. 貯蔵乾燥実験の通風終了時の乾燥むら

相対湿度 70% セットによる自動運転の時間は1日平均 12.4 時間となった。スイッチの作動状態は湿度が増加して off になる場合, 77.5%, 湿度が下がって on にな

る場合, 平均 61.0% と設定湿度よりややずれた。それで晴天の場合 7 時頃から 21 時頃まで運転され, それ以後の夜間はほとんど停止した。また雨天は完全に停止し, 最長停止時間は 44 時間であった。空気が乾燥して排風機が運転されている時の通風空気の平均相対湿度は 58.5% であり, 実験期間中 (排風停止時も含む) の平均湿度は 68.5%, 平均気温は 8.5°C であった。

3. 品質評価試験

稲わらの乾物消化率は刈取直後区, 65°C 熱風 6 時間乾燥区および常温通風 4 日区の 3 処理区がほぼ同じ高い値を示した。結束圃場放置 2 日区は短時間で消化率が低くなっている。架干し 21 日区および自動運転 (22 日) 常温通風貯蔵乾燥区は等しい消化率を示し, 自動運転 (31 日) 貯蔵乾燥, 含水率 40% 区の消化率は 39.4% とやや低い値となった (表 2 参照)。

供試した稲わらは刈取時には葉部のほとんど, 茎の一部が緑色を示していた。乾燥処理によるこの色の変化を見ると, 65°C 6 時間区および常温 4 日区の乾燥仕上が

表 2. 乾燥処理別の稲わら含水率と消化率

乾燥処理区	刈取後の経過時間	稲わら含水率 (%)	乾物消化率 (%)
刈取直後	1時間	70	48.0
熱風 65°C 乾燥	6時間	37	48.5
結束状態で圃場放置	2日	63	44.7
常温通風乾燥	4日	31	48.4
架干し天日乾燥	21日	21	42.4
貯蔵乾燥の乾燥仕上がり部分	22日	16	42.4
貯蔵乾燥の乾燥不良部分	31日	43	39.4

りわらは緑色が多く残っていた。圃場放置2日区は結束内側の葉部がやや黄変していた。架干し21日区、自動22日区、自動31日区はいずれも緑色はほとんどなく、黄色い枯葉色（普通の乾燥わらの色）になった。

考 察

1. 空気抵抗と通風方法

堆積材料に通風した場合、空気抵抗は堆積高さに1次式で比例するが、比重量には3次式で比例する⁶⁾。そこで従来通風乾燥に多く行なわれている上下方向通風方式の場合、大量処理で堆積高さを大きくすると、自重による圧密で下方の比重量が大きくなり、空気抵抗が急増する。それに対し、結束わら程に平行通風した場合の空気抵抗は非常に小さく、この実験で試みた横方向通風は大量処理のため通風層長さを増加しても空気抵抗の増加が比較的少ない（1次に比例）。また、空気抵抗が小さいことから通気が無駄に抜けることを避けるためにも、通風層長さを長くとり、通気が有効に稲わらと接触する方式がよい。その際、吸引式の通風方法は堆積を被覆したビニールシートを堆積わら表面に密着させる作用をし、シートと稲わらとの間を空気が素通りできなくなる。

2. 乾燥むら

通風終了後の堆積各部の水分を測定したところ、大きく2方向に水分傾斜があった。

一つの水分傾斜は空気流入口に近い所から奥（空気流出側）に向かって高くなっている。静置型通風乾燥では空気流入方向から乾燥が進む^{4,5)}から、この場合もさらに通風を続けることにより空気流出側の乾燥が進み、水分差は小さくなると思われる。

他の一つは堆積上層部から下層部に向かって水分が高くなっていた。この原因は、堆積された稲わらの乾物比重量が図8に示すように自重で下層ほど大きくなっている

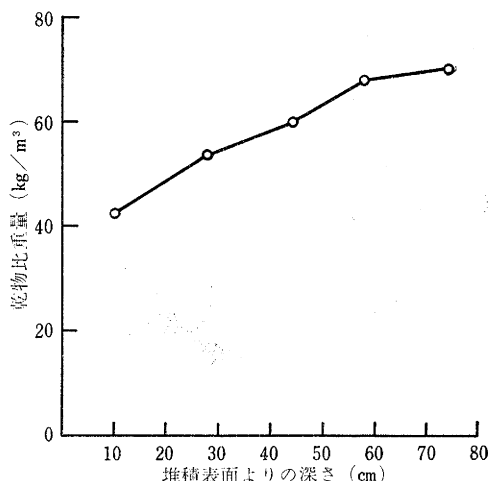


図 8. 結束わらの堆積時の乾物比重量

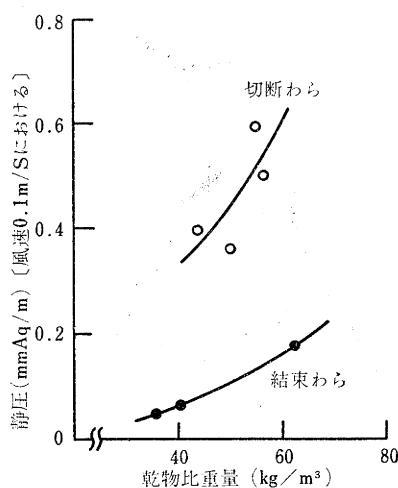


図 9. 乾物比重量と風速 0.1 m/s の静圧

ことと、空気抵抗の測定試験から、一定風速における空気抵抗は乾物比重量の増加で急激に大きくなることから（図9参照）、貯蔵乾燥試験の堆積わらの上層部と下層部では、ほぼ2.5倍の空気抵抗差があったと思われる、その結果が通風量の差となって下層部の乾燥が遅くなったと考えられる。

自動運転では、上下層の乾燥むらをなくするための簡易な通風量調節方法として、前述の様に空気流入口を両端の全面でなく、下方1/3のみにして空気抵抗の少ない上層への空気流入を制限したところ、1列目の乾燥むらは解消し、2列目も上下の水分差は少なくなった。なお2列目で43%という高水分の所も一部あったが、その原因は排风管側壁に接触し通風が悪くなる堆積時の不注意と

思われる。

3. 乾燥速度

高水分の生わらに対して、初期水分風量比 $5/10000\text{m}^3/\text{kg}\cdot\text{s}$ という少風量の貯蔵乾燥実験であったことから、その乾燥速度と品質が最も注目される。ここではまず乾燥速度について述べる。

連続、自動運転において1列目の平均含水率が20%に達する必要な日数は22日と20日であり、慣行の架干し乾燥期間と同じと見てよい。両実験における排風機の運転時間を比較すると、連続運転約480時間に対し自動運転はその62%、約300時間と少なくなっている。この運転時間の差に影響した要因として、自動運転では前記のように空気流入口を調節して乾燥むらを解消したことや、天候の差(平均湿度および降雨期間から見て自動運転実験期間のほうが乾燥によい天気であった)も挙げられるが、主な原因は湿度スイッチにより高湿度時に運転が停止していたためである。

稲わらの常温通風乾燥において、空気の相対湿度が80%以上の時は稲わら含水率が35%以下の場合、吸湿するかもしくは乾燥がほとんど進まない現象も見られる⁴⁾ことから、湿度スイッチによる自動運転は低湿空気の通風のみをして無駄な運転を行わない結果となるため、運転経費の軽減に効果的である。

自動運転31日目終了時で2列目は十分乾燥していなかった(含水率29.5%)。ここを乾燥するためさらに通風を続け1列目が29.5%となった以降と同様の乾燥経過をたどると仮定するならば、あと95時間の通風で含水率を20%以下に乾燥できると推定される(稲わらの乾燥仕上がり水分目標を20%としたのは、実態調査から農家が収納する架干し乾燥わらの安全貯蔵水分の目安が秋から冬にかけての収納シーズンにおいて20%であったからである。貯蔵条件、天候条件の違いによる検討はさらに必要と思われる)。

4. 空気の湿度条件と自動運転

湿度スイッチのセット湿度は過去の気象データより、晴天日の日中、8時—17時頃までの10時間通風を目標にして70%とした。結果は例年より早く冬型の乾燥した天気となったことや、スイッチの作動遅れなどが原因して運転時間が長くなったと考えられる。

湿度スイッチによる自動運転方法は雨天、高湿度が続く、排風機の運転が長時間停止した場合、発熱温度上昇による稲わらの変敗が心配される。供試条件下では停止時間が33—35時間になると堆積内の一部が20℃を越える経過を示し、実験中の最長停止時間は44時間で、最高31℃に達した(この時の外気温度は10℃)。このような

温度上昇を止め、放熱するためにはたとえ雨天時の高湿度空気であっても通風が必要である。停止時間が30時間になった時点で4—5時間の通風を行なうことにより放熱すれば、高温による変敗を予防できる。この操作は湿度スイッチにタイマーを併用することで自動のまま行なうことが可能である(図10参照)。

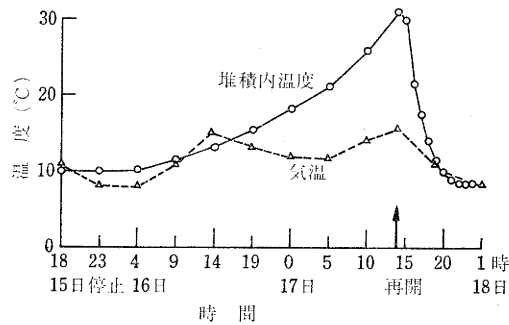


図10. 排風機停止期間の温度変化

5. 貯蔵乾燥した稲わらの品質

貯蔵乾燥した稲わらを、約20日で仕上がったものと、1カ月を経て、まだ未乾燥のものに分けて考えると、前者は架干し乾燥わらと同じ品質となり問題はない。後者は31日目ではまだ含水率40%もあり、長期間高水分状態に置かれていたことから、やや消化率が低くなったが、腐敗はしていない。一般に利用されている乾燥わらの乾物消化率が40%前後という線を標準にすれば、いずれもこの標準に合う。すなわち実験したような貯蔵乾燥方法で長期の乾燥を行なった稲わらは一般の乾燥わらと同様に家畜の飼料として利用することができる。

一方、熱風などを利用した短期間乾燥は高い消化率を示すが、大規模な乾燥施設が必要となり、またその運転経費も多く必要で、費用面からの実用性が乏しいと思われる。

6. 結束わら方式による実用化

以上の結果および考察から、この貯蔵乾燥方法は結束わらの特性に適応した乾燥技術であり、個別農家でも対応できる簡易な技術と考えられる。

すなわち、この技術は次のような特長を持っている。

- (i) 切断わらに比べ空気抵抗が小さく、処理量を大きくしても(通風層を長く)通風が比較的容易にできる。
- (ii) 稈の方向を定めて積み上げる作業は容易である。
- (iii) 稈と平行な横方向通風が可能で、スノコ床などの施設が不要である。簡易な資材(ビニールシートと排風機)のみで、施設費が少ない。
- (iv) 取扱い運搬が容易

な形状であり、貯蔵時の容積効率も高い。(v) 慣行の稲収穫方法(手刈り、バインダ利用)に適応でき、最近では自脱型コンバインにノッタが取付けられるから、農家が容易に対応できる。(vi) 小風量の通風(初期水分風量比 $5/10000 \text{ m}^3/\text{kg}\cdot\text{s}$)があれば相当長期間でも稲わらの飼料価値への影響は少ないから、堆積量に比較して小型の排風機でよい。(vii) 積込み、送風さえすれば労力はかからず繁忙期を避けることが可能になる。(viii) 湿度スイッチ利用で効率的な運転ができ、常温通風であることから火災の心配も少なく、運転管理が容易である。

一方、残された問題点として、この乾燥技術を実用化する場合に堆積量(処理量)の増大要求が予想される。その対策として、①堆積の幅(図2の寸法a)を広くする方法、②堆積の列を多くする、すなわち通風層長さ(図2のc)を長くする方法、③堆積高さ(図2のb)を高くする方法などが挙げられる。しかし③の方法では高さを1.5m以上にするとその積み上げ労力が多くなることから、積み上げ方法について、また上下層の通風量を

等しくするための空気流入口の大きさ、位置などについてさらに十分な検討が必要であり、当面は①②の方法による対応が望ましいと考えられる。

引用文献

1. 井口賢三(1950): 畜産飼料学. p. 245—246. 養賢堂, 東京.
2. 岡村俊民・高崎康夫(1964): 簀子型常温通風乾燥機に関する試験結果について. 農機誌 26: 201—206.
3. Richy, C.B., Jacobson, P. & Hall, C.W. (1961): Agricultural engineers' handbook. p. 668—685. McGraw-Hill, New York.
4. 佐藤純一・中川西弘之・下名迫寛(1977): 稲わらの乾燥に関する研究—常温通風による乾燥特性. 農機学会第36回講演要旨.
5. 東京大学農業工学教室編(1966): 農業機械実験便覧. p. 347—379. 養賢堂, 東京.
6. 渡辺鉄四郎・小川浄寿・福田正光・吉水昭・伴撰三(1953): 常温通風乾燥法に関する研究. 関東東山農試研報 4: 38—58.
7. 山内撰雄・中精一(1974): 牧草用静置式乾燥機の性能と効率的利用法. 東北農試研究速報 17: 67—79.

SUMMARY

Study on Drying Rice Straw Development of the Drying Storage Technique

Junichi SATO, Hiroyuki NAKAGAWASAI and Hiroshi SHIMONASAKO

*Grassland Engineering Division, National Grassland Research Institute
Nishinasuno, Tochigi, 329-27 Japan*

Received June 14, 1977

In order to develop a drying storage technique of rice straw, resistance of straw to air flow, methods of drying storage of straw which was bound by the Japanese traditional method followed by piling, and the quality of the dry-stored straw were studied.

The results obtained were as follows:

1. Resistance of bound non-chopped rice straw to air flow parallel to stalk of rice was much lower than that of chopped straw.
2. Bound rice straw harvested by a Japanese combine harvester with a binding equipment was piled up and covered with vinyl sheet furnished with opening for forced air-ventilation. The straw was slowly dried by forced air blast through the opening with moisture ratios of $5/10000 \text{ m}^3/\text{kg}\cdot\text{s}$.
3. Two operating systems of blower were tried: one was a continuous operation system for day and night, and the other was automatic operation system with the humidity switch working at

70% of humidity. The latter required less operating time and less time for drying the piled straw than the former. In the automatic operation system the blower run only in daytime of non-rainy day.

4. The rice straw dried slowly for 20—30 days in this drying storage method possessed dry matter digestibility of about 40% which is a quality enough for use by cattle.

Bull. Natl. Grassl. Res. Inst. 11: 172-180. (1977)