

生籾の乾燥貯留体系に関する研究

第1報 予備乾燥籾の貯留方法

加藤雄久・権藤昭博*

要 約

加藤雄久・権藤昭博*(1975) 生籾の乾燥貯留体系に関する研究。第1報 予備乾燥籾の貯留方法。広島農試報告 36: 1~16

生籾の予備乾燥一時貯留体系を前提とした未乾燥籾の密閉貯留方法について検討した。開放的貯留では著しい発熱や変質を伴う高水分籾でも密閉下では嫌気呼吸となって発熱せず、好気性菌類の繁殖による斑紋米の形成が抑制されて観察的な貯留可能日数が延長した。高水分籾では容器の温度が低下すると内壁に接する部分が吸湿して変質が早まるが、内壁との間に透間を作れば避けられ、空隙率が大き過ぎると効果が劣る。容器の材質は酸素を遮断するものならばよく、各種の袋に比べて鉄板タンクが強度の点で信頼できる。容器内の酸素不足に伴って好気代謝から徐々に嫌気代謝に移行し、炭酸ガス濃度が約10%を超える程度でも効果があった。しかし高水分籾は嫌気代謝によって発生するエタノールやアセトアルデヒドが玄米に吸着し、外観的正常米でも精白米に残り、食味や香りが劣化するから一時貯留には19~20%の水分が望ましい。堆積籾層の水分むらは日が経つと徐々に均等化するが、20日前後以降は期待できないので投入に当たっての均等混合が大切である。

I 緒 言

機械収穫生籾は変質しやすいので直ちに乾燥を必要とし、また高水分籾の乾燥は長時間を要するため乾燥機は1日に1回しか利用できず利用効率が劣る。そこで生籾や乾燥が不十分な籾を暫定的に貯留しておく方法があれば晴天日には乾燥能力を超えた収穫が可能であり、雨天日や収穫期後の乾燥作業も考えられる。堆積した生籾は発熱あるいは変質¹⁾、その程度は籾の含水率や温度の影響を受けて^{7, 8)}、斑紋の形成や種々の生化学的变化をもたらすことが知られ⁷⁾、その原因は収穫時の扱き歯による玄米表層の損傷個所に菌類が繁殖するのが誘因であり¹³⁾、この菌類を抑制するには薬剤散布やガス処理が有益であり²⁰⁾、また発熱を抑制するには適宜冷風を通気するか^{**} または密閉貯留することによって酸素不足下におき呼吸熱を抑制すれば有効なことが知られている^{***}。この密閉貯留方式は飼料穀類の貯蔵には既に利用されており、温度変化による気体の容積変化に対する工夫や酸の処理によって品質保持に好影響がある²⁾として、高水分籾を密閉貯留した場合には器内の水分むら

や気密程度、結露現象²²⁾が憂慮されるので高水分籾に利用した場合の具体的な貯留方法について検討したので報告する。

II 生籾貯留の密閉効果

大量の高水分籾を密閉容器に貯留した場合の発熱や変質の抑制効果について、金網タンクでの堆積と比較検討した。

1. 実験方法

1) 貯留容器

深さ、直径各120cmの円筒状で1,350ℓ入りの金網タンクと同形のゴム布袋をそれぞれ3基ずつ作り、各タンクには外周の6方向に深さ20cmごとに試料採取用の窓をとりつけた。窓にはゴム栓をし、一部にはゴム栓を通して温度計とガス採取用パイプを貫通し、これにゴムホームを接続してピンチコックで閉じておく。ゴム布袋は外形がくずれやすいので鉄帯で円筒状の枠を作って内側に袋を満たし、材料投入用鉄板ハッチを上面につけ、籾を充満させた後にテープを接着して目張りした。タンクの大きさは次の理由に基づいて決めた。籾層の発熱による最高温度は56°C前後でこれ以上になると自己の熱で籾や微生物が死に、その後低下する事実が認められている^{**}。

* 現草地試験場研究員 (1970年転出)

** 昭和38年度北陸農試作物第2研究室成績書12~13, 4~5

*** 昭和43年度同研究室成績書1~23 (現作物第3研究室)

水稲収穫期の外気温は一般に10~20°Cであるから籾層内部と外気との温度較差は最高の発熱でも30~40°C以内であると想定され、このような温度条件下での籾層内の温度勾配は10cmにつき約5~7°Cであることから**)、外側から中心部までに50~60cmの籾層があれば発熱が最高温度に達しても中心部の温度は外気による冷却の影響がごくわずかであると推定されるのでタンクの直径と深さを120cmとした。

2) 調査方法

温度測定および変質調査用試料の採取は原則として堆積後1, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30日目、以後10日ごとに行い、変質米の発生が著しいときは回数が少ない段階でも終了した。温度測定はアルコール温度計、湿度は鋭感湿度計を用い、籾含水率は135°C 15時間法によった¹⁵⁾。

3) タンク内測定位置の表示方法

温度および変質調査材料の採取位置の表示はタンク内籾層の深さをYとし、上面からの距離cmを右下につけ、水平方向をXとし、外層から中心に向う距離cmを右下につけた。例えばY₆₀X₀は深さ60cmの最外層でY₂₀X₆₀は深さ20cmの中心部である。

4) 変質米の分類基準

1963年度の農林省北陸農試で筆者の1人加藤が設定した基準に基づき次のようにした。

正常米：同一材料の稲架乾燥によるもののうち表面着色がなく、病斑もない、いわゆる良玄米と同じと判断されるもの。

着色米：玄米表面の光沢が減少し、淡茶色あるいは淡紫色となり、白紙上で正常米と明りように識別でき、且つ明らかな病斑が認められないもの。

斑紋米：玄米の表面に小さい円形あるいは不整形の斑紋およびその他の病斑を有し、病斑着色以外に着色していないもので侵蝕が玄米の表面から徐々に内層に及んでいく。

不透明米：玄米表面の一部あるいは全体が不透明となり、光沢がなく淡灰色あるいは白色を呈するもので腹白、心白米、死米は含まない。この状態が進行すると後に胚乳が白黄色の腐敗米となる。

腐敗米：病菌が進展して胚乳部の過半が変質し、外観は明らかに黒色、紫色、白黄色、褐色およびこれらの混合色を呈するもの。

以上の分類に基づいて計数し、各変質の合計粒数の百分率により変質米の発生率とした。調査用の試料は採取後直ちに乾燥して後日脱粒し標本ビンに密閉しておいた。

5) 貯留可能日数の認定

観察による腐敗米、斑紋米、不透明米の発生合計が5%以下で次の採取試料の変質が明らかに進行したと認められるような採取時点までを貯留可能期間とし、日数で示した。なお変質米の発生が少なくとも正常米に比べて光沢が著しく劣化した場合は考慮に入れた。貯留可能日数の認定に着色米を含めなかったのは、高水分状態で貯留しない場合でも着色米が認められることがあり、またこの発生原因が明らかでなく、貯留が原因と断定できないためである。

6) 籾の充てん方法

自脱型コンバインで収穫した中生新千本の生籾を循環型乾燥機に投入し、約2時間循環(1循環80分)した後目標の含水率になるまで乾燥し、送風停止後再度循環かくはんしてから各容器にスローを用いて投入した。同一含水率の材料を2基以上のタンクに充てんする場合は少しずつ各タンクに入れて区間の籾水分が均等になるよう留意した。

各タンクの充てん条件は次のとおりである。

	籾水分区	貯留期間 (1969年秋~1970年冬)
金網タンク	—低水分区 (16.8%)	9月29日~2月18日
	—中水分区 (20.1%)	9月26日~12月4日
	—高水分区 (22.1%)	9月24日~10月9日
密閉タンク	—低水分区 (16.8%)	9月29日~2月18日
	—中水分区 (20.1%)	9月26日~12月4日
	—高水分区 (22.1%)	9月24日~10月13日

貯留処理は発熱や変質が著しくなるまでの期間とした。

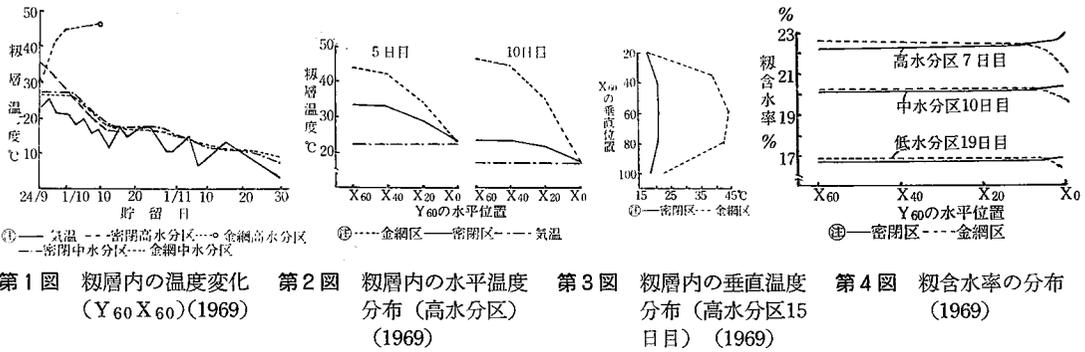
2. 実験結果

1) 籾層内の温度変化

タンク内での籾層温度の経過を各区の中心部(Y₆₀X₆₀)についてみると金網高水分区は貯留の初期から発熱現象が認められ、当初は32°Cであったのが6日後には45~46°Cに達した。これに対して同一含水率の籾を密閉タンクに貯留した場合は当初は乾燥の余熱が認められたが外気温の影響を受け、日時の経過に伴って低下した(第1図)。このことから金網タンクでは発熱しても密閉貯留すれば発熱の抑制作用があると認められた。他の中水分区、低水分区では明らかな発熱現象を認めなかった。

2) 籾層内の温度分布

籾層内の温度が高くなり、外気温が低い場合には上面、底面および外周の外気に接する部分では放熱し、外層部での勾配が最も大きく、内層ほどゆるやかになり、中心部に近い20cm間(X₄₀とX₆₀の間)での差はわずか



第1表 タンク内位置別の籾含水率と貯留可能日数 (1969)

試料採取位置	高水分区		中水分区		低水分区		高水分区		中水分区		低水分区	
	金網タンク		密閉タンク		金網タンク		密閉タンク		金網タンク		密閉タンク	
	籾含水率 %	貯留可能日数										
Y20 X0	19.0	15	22.3	15	16.3	70<	19.9	30				
Y20 X20	19.5	7	21.9	20	19.0	30	19.8	40				
Y20 X40	20.4	7	22.1	20	18.7	30	19.9	50				
Y20 X60	20.4	7	22.1	20	18.7	30	20.3	50				
Y60 X0	20.9	10	22.8	10	17.4	70<	20.3	30	16.5	80	17.5	80
Y60 X20	21.5	10	21.9	20	19.5	20	19.7	40	17.1	80	16.9	120
Y60 X40	21.7	7	21.8	20	19.5	20	19.6	50	17.1	70	17.0	100
Y60 X60	20.9	7	21.7	20	19.7	20	19.6	50	17.2	70	17.0	120
Y100 X0	20.4	15	22.7	15	17.4	70<	20.2	30				
Y100 X20	21.3	10	21.9	20	19.5	30	19.8	40				
Y100 X40	20.9	7	21.9	20	19.4	30	20.0	40				
Y100 X60	20.9	7	21.7	20	19.4	30	19.7	40				

注：籾含水率は貯留可能期間内での平均値である。

であった。垂直分布では中心部 (Y60) が最も高温となり、上層での高温程度は少なく、容器内 (金網) での熱の上層への集中は少ないと推定された (第2・3図)。

3) 籾含水率の変化

貯留籾の含水率は密閉タンクでは充てん時の水分がそのまま維持され、高水分区の外壁に接する部分では1%弱の吸湿傾向があり、低温時の温度低下による結露水が吸収されたものと推定された。中水分区や低水分区ではこの傾向が認められなかった。金網タンクでは最外層の籾が自然乾燥し、その程度は高水分区では22%から10日間で約2%乾き、外側から10cm以上の内部では乾かなかった。またこの傾向は充てん籾の含水率が低い場合は自然乾燥の程度も少なくなった (第4図)。

4) 変質米の発生状況

各タンクの中心部の垂直方向に深さ別に3カ所、Y60の深さで水平方向の最外層から20cmごとの4カ所から試

料をとり、先に示した分類基準で変質米を調査し、貯留の可能日数を認定した結果を第1表に示した。籾含水率と貯留可能日数の関係は既報の結果^{12, 8)}と同様に高含水率の籾は短期間に、低含水率の籾は長期間の貯留が可能であった。高水分区金網タンクの外周 (X0) では乾燥したため内層の籾に比べて変質が少なく、貯留可能日数が内層部分の7日に対して10日~15日に、中水分区では金網内層部分の20日~30日に対して70日に延長された。密閉タンクの高水分区では金網タンクに比べて明らかに変質が少なく、貯留可能日数では後者の中心部の7日に対し20日、中水分区では20日に対して40~50日に延長した。しかし密閉内壁では吸湿のため高・中水分区ともやや変質が早く、5~10日程度貯留可能日数が短縮した。

3. 考 察

高水分の籾を堆積しておけば発熱・変質することは緒

言で述べたとおりであり、また経験的にも知られるところであるが、本実験では高水分区(22%)は発熱し、中・低水分区では認められず、高水分区でも密閉した場合には発熱しなかった。この原因としては、高水分の籾は呼吸が著しく¹⁰⁾この呼吸熱と籾層内に介在する微生物の呼吸熱が蓄積されて発熱のエネルギーになるものと推定され、この実験のように密閉された場合には封入された空気中の酸素が消費されるまでは呼吸熱は発生するが、酸素がなくなった場合には無気呼吸に転じざるを得ないのであろう。酸素呼吸に比べて炭水化物を分解する無気呼吸での発生エネルギーは非常に少ないので^{18, 3)}、密閉下では発熱が少なかったものと推定される。また斑紋米の発生に関与する微生物は好気性の屋外菌類が多く²⁰⁾、酸素不足下ではこれらの有害菌類が減少したのであろう⁴⁾。密閉下における変質抑制を変質の種類別にみると斑紋米の減少が主として貢献し、不透明米にはあまり効果がないように見受けられたが、斑紋米は好気微生物の繁殖が原因であるという結果¹³⁾から見れば当然であり、乾燥が伴わないので生化学的变化が原因である不透明米の発生*)には効果がなかったと推定される。不透明米の進行は比較的徐々に起るので先発する斑紋米の抑制が貯留可能日数を延長させたことになっていた。

また密閉下の内壁部では外気温の変動に伴う結露若しくは高湿度化が籾の吸湿を促進している。米を密閉した場合の同様な現象が柳瀬氏ら²²⁾によって報告されているが籾でも高含水率の場合はあり得る。中水分区以下ではごくわずかしき吸湿しなかったのは飽和湿度との平衡含水率より低いこと¹⁴⁾が影響しているように推定された。これに対して金網タンクでは換気が自由であり、外層は自然乾燥による含水率の低下で変質が少なく、内層では乾かない上に酸素の供給があるため発熱も変質も可能な条件下にあり、ある程度の高温までは呼吸も菌類の繁殖も促進されるので発熱下では変質が著しくなるものと推定された。

4. 摘 要

金網およびゴム布密閉タンク(各1,350ℓ入)の中へ含水率が3段階(約22%, 20%, 17%)に異なるコンバイン収穫籾を充てんして発熱や変質の状況を調べ貯留性について検討した。

1) 金網タンクの含水率が22%の籾は32°Cから6日間46°Cに発熱して籾層の中心部が最も高温となり密閉区では発熱が認められず、外気によって低下し、密閉貯留

による発熱の抑制効果が認められた。

2) 貯留下における籾含水率は金網タンクでは外周部が自然乾燥し、高水分区の密閉タンクでは外気温の低下によって内壁に接する籾に吸湿現象が認められ、含水率が1%弱吸湿した。

3) 玄米の変質からみた籾の貯留可能日数は高水分籾(22%)では金網タンクでの7日に対して密閉タンクでは15日となり、20%の籾では20日に対して30日になった。各区における変質が早い個所は高水分密閉では内壁に接する吸湿個所であり、金網タンクでは乾燥し難い中心部であった。両種のタンクの変質が早い個所でみても高水分籾では密閉による変質抑制効果が認められた。

III 貯留容器の材質の検討

II実験で高水分籾の貯留には密閉による発熱と変質の抑制効果が認められたので密閉容器として適当な材質および構造を検討した。

1. 実験方法

容器は第2表に示したとおりであり、鉄板タンクは内壁からわずかに離れた金網の内筒を設けて籾と壁面の接触を避けた。塩化ビニール、ラミネートシート、麻の各材質を用いたものは袋状とし、タンクは97ℓ、袋は50ℓの内容積である。容積が少ないので発熱については区間差の判断に留め、変質を中心に検討した。

1) 供試材料

水稻中生新千本を用い、1970年10月10日に(成熟期)自脱型コンバインで収穫し、静置型試験用乾燥機で22%と19.5%の2段階の籾含水率に調整し、冷却後直ちに貯留を開始した。

2) 調査方法

籾層の温度、湿度、籾含水率、変質米の調査方法は先の実験と同じである。測定および試料の採取位置は各区のほぼ中心部とした。

炭酸ガス濃度はドレーゲルガス検知管CH251を用い、精度については10%の水酸化カリウムで検出した値と比較して第3表の結果を得たので検知管の誤差は0.5%程度に留まるものと判断された。

2. 実験結果

1) 籾層内の温度、湿度の変化

高水分籾(22%)の貯留当初は24°Cであり、麻袋では翌日から発熱して3日目には28°Cとなってその後は低下した。他の鉄板タンク、ラミネート、塩ビ袋は発熱現象が認められず、貯留後は室温とともに低下した。中水分

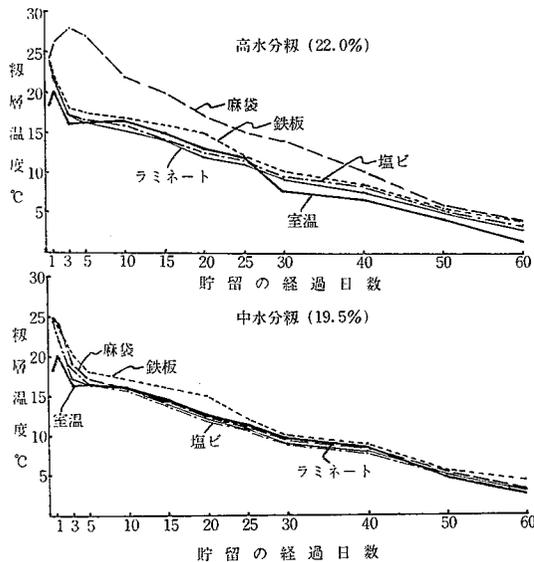
*) 筆者未発表

第2表 試験区 の 構成 (1970)

材 質	容 積	形 状	当初籾含水率%	備 考	
鉄 タ ン ク	97 ㍓	円柱状	高水分区	22.0	内径40cm, 高さ77cmの円柱タンクの内面壁から1.5cm離れる金網の内筒を入れ試料採取用の窓をつけゴム栓をした。
			中水分区	19.5	
塩化ビニールシート	50 ㍓	袋	高水分区	22.0	袋の中腹に試料採取用パイプを接着し, 通常はピンチコックで閉じ, ガス採取口はパイプを貫入して採取した。
			中水分区	19.5	
ラミネートシート	50 ㍓	袋	高水分区	22.0	構造は上と同じ。材質はポリエチレン60 μ , 二軸延伸ポリプロピレン22 μ , 塩化ビニリン2 μ の三重ラミネートで CO ₂ 透過が少ない。
			中水分区	19.5	
麻 袋	50 ㍓	袋	高水分区	22.0	非密閉のため試料採取用の装置はない。
			中水分区	19.5	

第3表 検知管の精度検定 (1970)

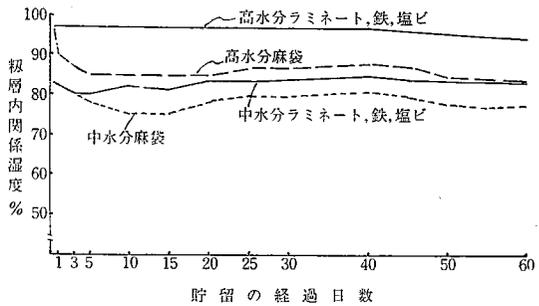
供 試 気 体	検知管 %	KOH %	
呼 気	1	1.0	1.3
	2	6.0	6.5
CO ₂ ガスと 空気の混気	1	18.5	18.3
	2	25.0	24.6



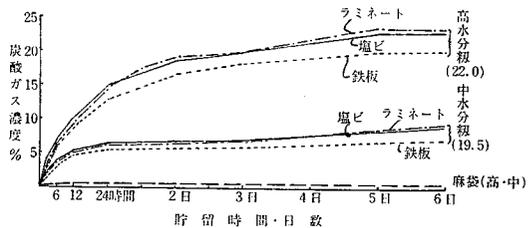
第5図 貯留容器の材質と籾層の温度 (中心部, 1970)

の籾 (19.5%) では各材質の容器および麻袋でも発熱は認められず, 材質による温度への影響の差も明らかでなかった。

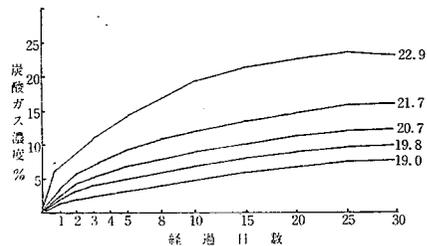
容器内の関係湿度は高水分区での麻袋を除く3材質では97%以上の飽和状態で経過し, また麻袋では85~87%の間であり, これは外気湿度の影響を受けたと推定され



第6図 貯留容器の材質と籾層の湿度 (中心部, 1970)



第7図 貯留容器の材質と籾層内炭酸ガス濃度 (1970)



① 右側の数字は籾含水率%を示す。

第8図 貯留籾の含水率と炭酸ガス濃度の関係 (デンシェータ実験, 1972)

た。中水分区の密閉3材質は80~87%でほぼ同程度に、麻袋は80%以下であった(第5・6図)。

2) 貯留容器内の炭酸ガス濃度

麻袋では高・中水分区分とも籾層内の炭酸ガスは0.5%以下の低濃度で経過したのに対して、密閉された3種の容器では炭酸ガス濃度が高くなり、とくに高水分籾では著しく、中水分籾ではやや低かった。その程度は密閉後数時間で蓄積が明らかになり、数日にわたって濃度が増加し続け、以降は停滞したが、高水分籾では20%を超え、中水分籾でも7~8%に達した。材質が異なる容器の間ではラミネートシートと塩ビシートの間には差が認められず、鉄板ではわずかに蓄積が少なかった(第7図)。鉄板タンクは第2表に示したように円筒型タンクの内側に

間隔を保った金網の内筒を入れてあるから、籾層以外の空間が約10%あり濃度が低くなったと考えられる。

貯留玄米の含水率が高いと呼吸が活発になり炭酸ガス発生量が多くなること¹⁰⁾は認められているが籾含水率と呼吸量の関係については詳しい資料が得られていないので、19%から23%の数段階に異なる籾をデシケーター内に充満させて室温下(11~15℃)での炭酸ガス濃度の変化を測定した。内容積が11.05ℓのデシケーターの中へ見かけの容積が9.4ℓの籾を入れたから、籾層の固体容積率を50%とすれば正味は4.7ℓで器内の籾容積率は42.5%となる。その結果は第8図のように含水率が高いほど炭酸ガス濃度が早くから高くなり、最高は21%を超える。大量貯留とは温度が異なるから絶対値については比較で

第4表 異なる材質の容器に貯留した半乾籾の変質状況(1970)

材 質	変 質 米 種 類	高 水 分 籾					平均籾 含水率 %	貯留可 能日数 II
		貯留日数別変質米発生率%						
		5日	10日	15日	20日	30日		
鉄 板	不透明米	1.5	2.2	3.0	4.2	5.0	22.1	20
	斑紋米	0.3	0.5	0.4	0.4	0.5		
	合 計	1.8	2.7	3.4	4.6	5.5		
塩 化 ビル	不透明米	1.7	2.3	2.5	3.4	5.0	21.9	20
	斑紋米	0.3	0.2	0.5	0.8	0.8		
	合 計	2.0	2.5	3.0	4.2	5.8		
ラミネート シ ー ト	不透明米	1.6	2.0	2.7	3.5	4.8	22.2	20
	斑紋米	0.5	0.5	1.5	1.2	1.3		
	合 計	2.1	2.5	3.2	4.7	6.1		
麻 袋	不透明米	1.5	2.1	3.2	4.0	—	21.1	5
	斑紋米	3.0	6.1	6.2	6.5	—		
	合 計	4.5	8.2	9.4	10.5	—		
材 質	変 質 米 種 類	中 水 分 籾					平均籾 含水率 %	貯留可 能日数 II
		貯留日数別変質米発生率%						
		5日	10日	15日	20日	30日		
鉄 板	不透明米	2.0	2.1	2.4	2.9	3.2	19.4	30
	斑紋米	0.4	0.5	1.1	1.2	1.5		
	合 計	2.4	2.6	3.5	4.1	4.7		
塩 化 ビル	不透明米	1.7	2.0	2.3	2.6	2.5	19.5	30
	斑紋米	0.4	0.7	1.1	1.4	2.3		
	合 計	2.1	2.7	3.2	4.0	4.8		
ラミネート シ ー ト	不透明米	1.6	1.9	2.1	2.4	2.8	19.5	30
	斑紋米	0.6	0.9	0.9	1.4	2.2		
	合 計	2.2	2.8	3.0	3.8	5.0		
麻 袋	不透明米	1.8	2.0	2.3	2.4	2.6	18.4	20
	斑紋米	0.6	1.6	1.7	2.5	4.2		
	合 計	2.4	3.6	4.0	4.9	6.8		

きないが、別の実験では含水率19.5%の籾が秋の常温密閉下に30日においても3.5%しか蓄積せず、その籾は刈りおくれた材料であったことからみて、材料の活力等の条件により炭酸ガスの蓄積程度も異なるようである。

3) 貯留下の玄米変質状況

麻袋高水分区(当初22%→21.1%自然乾燥)の貯留可能日数が5日間であったのに対して、他の3密閉区では20日間となって明らかに変質の抑制効果が認められた。同様に中水分区(19.5%)では麻袋の20日間に対して他の3区は30日間となった。

両水分籾における麻袋貯留に対して密閉による変質米の減少は斑紋米であり、IIの実験で観察した結果を確認し不透明米での差はなかった(第4表)。この変質抑制効果は高水分状態で大きいのが、観察的には正常でも生化学的に変化がないかどうか検討すべき課題と考えられる。この実験で用いた3種類の容器については密閉状態が保持されれば材質による効果の差がなく、また鉄タンクでの内層と外層の間にも含水率や変質程度にも差が認められなかった。

3. 考 察

鉄タンク、塩化ビニール袋、ラミネート袋の3種類の材質を用いた密閉容器では換気が可能な麻袋に比べて籾層内の炭酸ガス濃度が顕著に高くなり、密閉効果があると判断された。貯留籾の呼吸内容についてみると、高水分籾（22%）は4日目で21%を超えており、空気中の酸素濃度を21%¹⁷⁾としてもそれ以上の炭酸ガスの蓄積があったことになり、これは籾の無気呼吸が介在したことを意味する。また麻袋の水分22%の区が発熱しても同水分の密閉区では炭酸ガス濃度が少ない時期（1.5日以内）でも低温になったことからみて、酸素がなくなってから無気呼吸に移行するのではなく、酸素不足状態のときから始まり、不足程度に応じて徐々に無気呼吸へと移行するのであろう。

変質の抑制効果は前述のように好気菌類の繁殖抑制の形で表わされているが、不透明米は酸素不足下でも進行しているから、その原因が酸素を必要としない変化なのか、わずかな酸素でも進行するかのどちらかであろう。他の実験では成熟した穂は収穫処理の有無にかかわらず高水分状態が続けば不透明米となり、乾物がやや減少することからみて生化学的変質と推定される（筆者未発表）。したがって密閉貯留の効果は発熱抑制と、好気性菌類の繁殖抑制による斑紋米の減少にあるとみられる。この立場からみると、高水分籾の貯留下における初期の主要な変質は菌類による斑紋米の発生であるから^{11,13)}、高水分籾の暫定的な品質保持に役立つであろう。その効果は呼吸の激しい高水分ほど顕著で、20%程度の水分でも効果があり、また完全な無酸素状態でも酸素不足状態でも効果があるから実施段階では利用しやすいと考えられる。容器の材質については供試範囲での差はなく、密閉状態が保たれればよいようであり、その点強度上信頼できる鉄タンクがよからう。

4. 摘 要

高水分籾を密閉貯留するに当って容器の材質を鉄板タンク、塩化ビニール袋、ラミネート袋を用い、発熱、炭酸ガスの蓄積、変質状況から貯留下での品質保持効果の差をみるため、換気が自由な麻袋と比較検討した。

1) 高水分籾（22%）を貯留した場合、麻袋での明らかな発熱に対して3材質の密閉貯留では発熱せず、抑制効果があった。水分19.5%の籾は麻袋でも密閉でも発熱が認められなかった。

2) 炭酸ガスの蓄積は密閉貯留下で著しく、高水分籾では空気中に21%を超えて無気呼吸があったと推定さ

れ、水分19.5%の籾では濃度が10%以下であり、別に籾含水率と炭酸ガス濃度の関係についての数値を得たが籾の活力によって差があるように推定された。酸素不足状態になると酸素呼吸から徐々に無気呼吸へ移行するようである。

3) 変質米の発生は密閉貯留によって減少するが、その原因は斑紋米の抑制であり、その程度は籾水分が多いほど顕著であり、19.5%の水分籾でも効果があった。

4) 発熱、変質に対する密閉効果での容器の材質間差は認められず、強度上信頼できる鉄板タンクがよいように判断された。

IV 実用的密閉タンクの構造の検討

Ⅲの実験では密閉貯留における容器の材質による効果の差が少なく、丈夫さでは鉄タンクがよいと判断され、またⅡの実験ではゴム布容器の内面に結露あるいは高湿度による籾の吸湿現象が認められたのでこの影響を避けるようなタンクを試作して実用性を検討した。

1. 実験方法

1) タンクの構造

第9図に示すような鉄板製タンクを製作し、本体は上部に籾投入口を有する円筒状で下部は漏斗状をなし、下端に排出口とシャッターを設け、Aタンクは本体内壁の周囲と底部にスリット多孔板を張設して本体内壁との間に間隙を形成し、また外殻構成の各部の接着にはゴムパッキンを介してビスで締め空気もれを防いだ^{*}。BタンクはAの内設多孔板がない一重のものであり、Ⅱ実験で用いた金網タンクをCとした。各タンクにはCと同様に円筒部の外側に深さ20cmごとに標本抽出用の窓を設け貯留中はゴム栓をした。温度、湿度の測定や空気採取もⅡ実験と同様である。

Aタンクを多孔鉄板との二重張にしたのは外周部の籾が壁面に接して吸湿するのを避けようとしたものである。

第5表 試験構成（1971）

記号	容量	構造	籾含水率	貯留期間
A	827 ^l	円筒二重張	19.7%	10月15日—12月5日
B	916	円筒一重張	19.7	同上
C	1,350	円筒金網	19.7	10月15日—11月15日

注：タンク容量にはふたの部分、二重張では間隙部分を含まない。

*）実用新案請求 (昭)実開昭48—47733

2) 試験区の構成

第5表に示すとおりである。

3) 供試材料およびその取扱い方法

水稻品種サトミノリを用い、1971年10月14日にコンバイン収穫し、循環型間断通風乾燥機で予備乾燥し、15日の朝各タンクに充てんした。張込みに当っては循環後粒を交互に振り分けて区間の均一性に留意した。

4) 調査方法

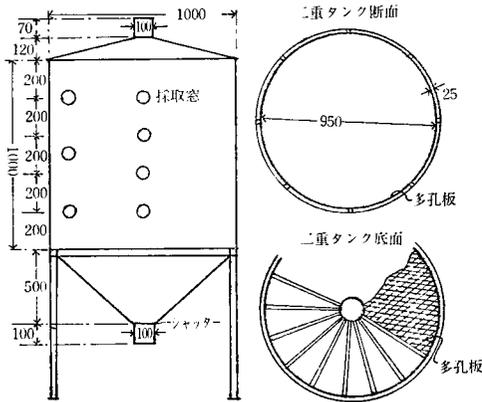
温度、湿度、炭酸ガス濃度、籾含水率、玄米の変質の測定調査方法および測定位置の表示方法はこれまでの実験と同じである。

°Cであったがその後A・Bタンクは温度が低下し、Bがやや早く冷えた。これに対してCタンクはⅡ・Ⅲ実験と同様に発熱の傾向があったためか13~14日目まで低下せず、その後徐々に冷えたが20日過ぎまでA・Bタンクとの差があった。Cの籾層厚さがA・Bより大きいために冷却がおくれたとも考えられる(第10図)。籾層内の湿度は充てん当初は95%前後で飽和状態に近く、その後は徐々に低下した。充てんの籾含水率が19.7%でこれに平衡する湿度は飽和に近いので¹⁴⁾温度が高い間は籾層全体に湿気が充満していたが、低下するにつれてBタンクでの壁面付近(2~3cm)は高湿度状態で残る傾向があり、

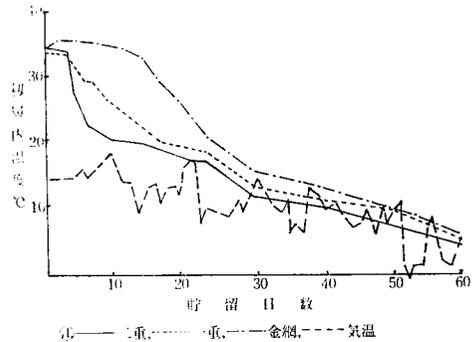
2. 実験結果と考察

1) 籾層内の温度・湿度の変化

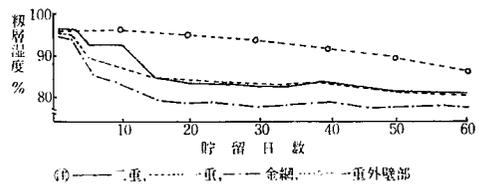
籾層温度の経過をそれぞれのタンクの中心部についてみると籾を充てんしたときは予乾処理での熱が残り、34



第9図 A貯留タンクの構造 (mm) (1971)



第10図 タンク籾層内温度 (Y₅₀X₅₀) (1971)



第11図 タンク籾層内湿度 (Y₅₀X₅₀) (1971)

第6表 籾層内の炭酸ガス濃度 (Y₅₀X₅₀)

タンク	経過時間				経過日数								
	2.0	4.0	6.0	15.0	1	3	6	10	21	30	41	50	60
A 二重	1.5	2.5	3.2	5.5	6.2	5.5	5.0	5.0	4.0	3.5	3.0	3.0	2.5
B 一重	2.0	3.0	4.0	6.0	7.0	12.0	10.3	9.5	8.0	6.5	5.0	4.5	3.0
C 金網	0.5	—	0.5	—	0.5	—	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

第7表 タンク内の空間、籾固相容積比

タンク	気相容積		籾固相容積		最高CO ₂ 容積		籾1ℓ当りCO ₂
二重	534 ℓ	56.4 %	413 ℓ	43.6 %	33 ℓ	6.2 %	80cc
一重	489	51.6	458	48.4	59	12.0	120cc
金網	675	50.0	675	50.0	3.4	0.5	5cc

貯留初期には壁面内側がわずかにぬれていた。Aタンクでは壁面と籾との間に空間(2.5cm)があり、測定器を差込む際に外気が混入するため大気に近い値となって測定

が困難であった。しかしBタンクのような壁面がぬれた状態は認められなかった(第11図)。

2) 籾含水率と炭酸ガス濃度

第8表 貯留下における変質状況と籾含水率(1971)

タンク	位置	変質種類	貯留日数別変質状発生率%					貯留可能日数	可能期間の平均籾含水率%
			15	20	25	30	35		
A	Y ₂₀ X ₅₀	不透明米	1.2	2.8	3.8	3.5	4.0	25	20.1
		斑紋米	2.4	1.2	1.2	4.0	4.6		
		合計	3.6	4.0	5.0	7.5	8.6		
	Y ₄₀ X ₅₀	不透明米	0.8	2.0	2.4	4.0	4.2	25	19.8
		斑紋米	2.4	2.8	2.8	3.2	4.2		
		合計	3.2	4.8	5.2	7.2	8.4		
	Y ₄₀ X ₀	不透明米	1.2	2.4	2.4	3.6	4.0	25	20.0
		斑紋米	2.6	2.0	2.2	3.2	4.2		
		合計	3.8	4.4	4.6	6.8	8.2		
	Y ₈₀ X ₅₀	不透明米	1.2	2.2	2.4	2.7	3.0	25	19.7
		斑紋米	3.6	2.0	2.2	3.6	4.0		
		合計	4.8	4.2	4.6	6.3	7.0		
B	Y ₂₀ X ₅₀	不透明米	1.2	2.4	2.4	2.6	4.2	30	19.8
		斑紋米	2.6	2.2	2.2	2.4	4.0		
		合計	3.8	4.6	4.6	5.0	8.2		
	Y ₄₀ X ₅₀	不透明米	1.2	2.0	2.4	2.6	3.6	30	19.8
		斑紋米	2.8	2.2	2.0	2.2	2.8		
		合計	4.0	4.2	4.4	4.8	6.4		
	Y ₄₀ X ₀	不透明米	1.6	2.6	2.6	2.6	4.0	25	20.6
		斑紋米	2.8	2.0	2.4	3.2	4.0		
		合計	4.4	4.6	5.0	5.8	8.0		
	Y ₈₀ X ₅₀	不透明米	1.2	2.6	2.4	2.8	3.0	30	19.4
		斑紋米	2.4	2.4	2.4	2.2	2.8		
		合計	3.6	5.0	4.8	5.0	5.8		
C	Y ₂₀ X ₅₀	不透明米	1.4	2.2	2.4	2.6	3.0	20	19.7
		斑紋米	2.2	2.4	3.6	4.6	5.0		
		合計	3.6	4.8	6.0	7.2	8.0		
	Y ₄₀ X ₅₀	不透明米	1.2	2.3	2.4	2.8	3.4	20	20.1
		斑紋米	2.2	2.8	3.8	4.7	4.6		
		合計	3.4	5.1	6.2	7.5	8.0		
	Y ₄₀ X ₀	不透明米	1.6	2.0	2.1	2.4	3.0	35	17.5
		斑紋米	2.2	2.2	2.6	2.3	2.0		
		合計	3.8	4.2	4.7	4.7	5.0		
	Y ₈₀ X ₅₀	不透明米	1.4	2.2	2.4	2.6	3.2	20	19.8
		斑紋米	2.6	2.5	3.6	4.8	4.7		
		合計	4.0	4.7	6.0	7.4	8.5		

注：合計数字の下線は貯留可能期間を示す。

変質調査からみて貯留が可能とみられる期間での平均含水率を位置別に第8表に示した。測定個所により多少の変動はみられるが、Aタンクでは内層と壁面で位置間の差が認められず、BタンクはY₄₀X₀での内壁に接する部分でやや吸湿してこれまでと同様な結果となり、Cタンクの外層は明らかに自然乾燥が認められていた。したがって多孔板を張設して鉄板と離れたことにより吸湿防止効果があったと考えられる。

炭酸ガス濃度はA・Bの密閉区では蓄積が早く、3日目にはAが5.5%、Bは12%で最高値となり、その後徐々に低下した(第6表)。Aが低かったのは空隙率が多かったためと考えられ、各区の単位籾量当りの炭酸ガス量は第7表のとおりであった。ガス濃度が高まると無気呼吸が多くなり、相乗的に炭酸ガス濃度が高くなることもあるのかも知れない。

3) 変質米の抑制状況

金網タンクCの内層部に比べて密閉タンクではこれまでと同様に斑紋米の発生が抑制され、貯留可能日数は延長されている。A・Bタンクの構造差による壁面部(Y₄₀X₀)の変質状態は一重Bタンクでは中心部より壁面での変質が早く貯留可能日数が短く(25日間)になっているが、二重Aタンクでは内層部との差が認められず、壁面での吸湿による欠点は克服できたと考えら

れる。しかし空隙の存在によって炭酸ガス濃度が低かったためかタンク全体の抑制効果が一重タンクより劣る結果となった。このときの炭酸ガスの濃度はAで最高6%、Bでは約12%であった。したがって壁面の抑制効果を保ちつつ密閉効果も向上させるには空隙率の少ない構造にすることが大切であろう。あるいは気温の変化によって壁面部に結露や高湿度となる危険が少ないように、飽和湿度との平衡含水率を下まわる約19%程度以下の含水率の貯留に限るかの何れかが安全と考えられる(第8表)。

3. 摘要

半乾籾を密閉下で貯留すると斑紋米と発熱の抑制効果があり、鉄タンクでは外気温の低下による壁面部での吸湿が認められたので、鉄板と籾層の間に空隙を有する密閉二重タンクを作り、密閉一重および金網タンクに含水率19.7%の籾を充てんして比較検討した。

1) 籾層温度は各区とも昇温がなく、金網より密閉タンクが早く冷え、籾層湿度は密閉タンクでは飽和状態から徐々に低下するが、一重タンクの壁面部では湿度が高く籾の吸湿があったが、二重タンクではこの現象がなかった。

2) 籾層内の炭酸ガス濃度は密閉タンクでは充てん直後から蓄積し、一重タンクでは3日目まで最高で12%となったが、二重タンクでは空隙が多いためか6.2%に留まり金網タンクは0.5%前後であった。

3) 密閉により斑紋米の発生が抑制されて金網タンクの内層部より貯留可能日数が延長した。また壁面部での吸湿による変質は二重化によって解決したが、空隙の存在によって炭酸ガス濃度が低いためか二重タンク全体の発熱抑制効果が低下し、一重タンクと同等になった。

4) 半乾籾の密閉貯留には空隙率が少ない容器にするか、あるいは飽和湿度と平衡する含水率より低い水分で貯留するのが安全であろう。

V 予乾密閉貯留籾の品質への影響

予乾籾を密閉貯留すると好気性菌類の繁殖を抑制して観察的な変質や発熱の防止に役立つことをこれまでの実験で述べてきたが、高水分籾では発酵臭を伴う場合があったので揮発物質の有無や食味への影響について検討した。

1. 実験方法

1) 供試材料

1974年に稚苗移植標準栽培した水稻品種アキツホの成

熟籾を10月17日にコンバイン収穫し、静置型試験用乾燥機で籾含水率を生籾(27%)、中水分(20%)、低水分(17%)の3段階に規制した材料を用いた。乾燥機の熱源は電熱ヒーター、送風温度は35°Cで約2時間ごとにかくはんし、着臭や胴割れがないように留意した。

2) 貯留処理方法

水分規制後常温に冷した籾をデンケーター内に封入し、横口のゴム栓を介して空気の採取や温度の測定を行い、容器は常温下の室内においた。デンケーターの内容積は11.08ℓでこの中へ10ℓの籾を入れた。貯留期間はこれまでの実験経験からほぼ貯留が可能と思われる日数と、これを明らかにし、まわる日数の2とおりにした。

3) 測定方法

下記を除いてはこれまでと同じである。

食味評価：昭和43年度食糧庁通達「米の食味試験実施要領」にしたがった。

ガス分析：水分規制処理籾および乾燥精白米を3角フラスコ(籾は1,000cc、精白米は200cc入り)に封入し、ゴム栓を介したゴムホースから注射針でヘッドスペースの空気を採取してガスクロマトグラフにかけた。品温は50°Cで約1日、ガスクロ器内温度は50°C、カラム径3mm、長さ2mにPEG 1,500を充てん、キャリアガスはヘリウムとし、成分は推定される標準物質を流過させて保持時間から推定した。

2. 実験結果および考察

1) 密閉貯留下における温度と炭酸ガス濃度

籾層温度はこれまでと同様に各区とも発熱はなかった。炭酸ガス濃度は水分27%の生籾では5日目に30%に達し、中水分区は10日目に14%、低水分区は7日目に8%となってそれぞれが最高値となり、その後徐々に濃度が低下した。

2) 貯留籾の外観的変質

貯留による変質米の発生はごく少なく、生籾区の6日目では観察的変質の許容限界を超えていたが、他の区では悪影響を認めず、正常米と判断された(第9表)。

3) 食味評価の結果

所定の期間貯留した材料を試験用乾燥機で14%まで仕上げ乾燥し、予乾燥と同様に着臭や胴割れがないように留意した。籾を布袋に入れて保管し、同年11月下旬に第10表に示す条件で精白米とし食味評価に供した。同じ栽培稲の収穫直後乾燥材料を標準米とした処理区の官能テストの結果は第11表のとおりであった。

項目別にみると粘りと硬さでは各区とも差がなく、外観はある程度の日数貯留した方がよかった。また中水分

区の6日貯留は味もよいと判定され、信頼区間の上下数値では中・低水分区の短日数貯留区は味がよい傾向がうかがわれた。これに対して生籾状態では3日でも香りや味が劣り、総合でもよくなかった。この結果からみると発熱も外観の変質も何ら認められなくても高含水率の籾は3日間でも密閉状態に貯留すべきではなく、17~19%の籾はある程度の貯留によってむしろ良好な面があるようである。

4) 一時貯留籾および精白米の揮発性物質

予備乾燥籾の密閉貯留では多量の炭酸ガスの発生がみられ、生籾ではその体積率が21%を超えたことからみて炭水化物の分解に基づく嫌気呼吸があったと推定される(空气中の酸素は20.9%, 炭酸ガス0.03%¹⁷⁾)。嫌気呼吸下では各種揮発物質の発生が予想されるので密封材料のヘッドスペースを分析したクロマトグラムの例は第12図に示したとおりであり、得られた各ペングラフのピーク面積から各成分の量を比較した。貯留処理と同水分の籾を封入したエタノール濃度は低水分

区は20ppm以下に経過し、中水分区は10日頃まで濃度が高まって140ppmに達してその後は低下し、生籾区には著しい発生があり10日目には4,000ppmを超え、15日以後は減少した(第13図)。この材料は密閉継続中であるから、発生したエタノールが減少したのは内蔵物の何れかに吸着されたと推定される。生籾区は開封すると明らかな発酵臭が感じられ、中水分区はごくわずかな芳香があり、低水分区では感じられなかった。したがって適量のエタノールは炊飯米に好影響を及ぼすのかも知れない。また精白した米を三角プラスチックに封入し、食味評価と同時期にヘッドスペースの空気を抜き取り分析し、GLCの保持時間から検出気体はアセトアルデヒド、アセトン、エタノール、メチルエチルケトン、メタノールおよびN-プロピルアルコールと推定される物質と判定された。各含水率で籾を密閉貯留後14%に乾燥した精白米にまで後作用が残り、生籾区では多量のエタノールを認め、3日より6日貯留の区が明らかに多く、このため発酵臭があったと考えられる。中水分区では18日で標準米や低水分区よりわずかに多いが差は明らかでなかった。アセトアルデヒドは生籾区に多く、中・低水分区は標準区並であった。アセトンは3水分区とも標準区よりやや多いが差は少な

第9表 貯蔵籾の変質状況(1974)(%)

	標準米	低水分区		中水分区		生 籾	
		18日	30日	6日	18日	3日	6日
斑 紋 米	0.5	0.4	0.3	0.5	0.7	0.7	1.1
不 透 明 米	0.2	0.8	1.0	1.5	2.5	2.8	4.2
合 計	0.7	1.2	1.3	2.0	3.2	3.5	5.3
籾含水率	貯蔵前	14.4	17.4	19.6	27.1		
	貯蔵後	14.3	17.5	20.0	27.5		

第10表 食味評価材料の精白条件(1974)(%)

	標準米	低水分区		中水分区		生 籾	
		18日	30日	6日	18日	3日	6日
玄米含水率	14.3	14.6	15.1	14.2	14.6	14.5	14.3
精白歩留	92.1	91.7	91.4	91.7	92.0	92.1	92.3

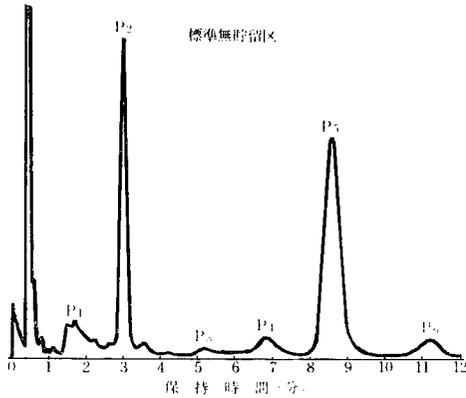
第11表 食 味 評 価 表 (1974)

処 理 区 別	総 合	外 観	香 り	味	粘 り	硬 さ	
信 頼 区 間 上 下	低水分18日	+0.850	+0.756*	+0.335	+0.793	+0.703	+0.319
		-0.066	+0.160	-0.501	-0.043	-0.037	-0.485
信 頼 区 間 上 下	低水分30日	+0.100	+0.423	+0.210	+0.210	+0.495	+0.069
		-0.684	-0.173	-0.626	-0.626	-0.245	-0.735
信 頼 区 間 上 下	中水分6日	+1.284*	+1.173*	+0.479	+0.918*	+0.703	+0.194
		+0.400	+0.577	-0.357	+0.082	-0.037	-0.610
信 頼 区 間 上 下	中水分18日	+0.017	+0.298	+0.085	+0.585	+0.328	+0.110
		-0.767	-0.298	-0.751	-0.251	-0.412	-0.694
信 頼 区 間 上 下	生 籾 3 日	-1.108*	+0.881*	-1.832*	-0.661*	+0.370	+0.485
		-1.892	+0.285	-2.668	-1.501	-0.370	-0.319
信 頼 区 間 上 下	生 籾 6 日	-1.525*	+0.256	-2.207*	-1.165*	+0.4630	+0.444
		-2.309	-0.340	-3.043	-2.001	-1.203	-0.360

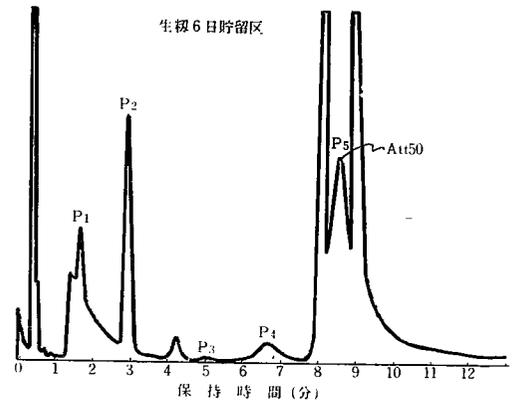
第12表 精白米密封空気的气体分析(1974)

処理区別	エタノール	アセトアルデヒド	アセトン	N-プロピルアルコール*	
標準米	0.20	0.07	0.15	0.41	
低水分区	18日	0.15	0.03	0.22	0.01
	30日	0.12	0.02	0.42	0.01
中水分区	6日	0.18	0.04	0.26	0.21
	18日	0.23	0.07	0.37	1.60
生籾区	3日	9.61	0.34	0.30	0.76
	6日	50.00	0.76	0.29	0.04

注：数字はペングラフのピーク面積cm²(att5) *推定



第12図 精白米のヘッドスペースガスクロマトグラム (1974)



P₁. Acetaldehyde, P₂. Acetone, P₃. Methyl ethyl ketone, P₄. Methanol, P₅. Ethanol, P₆. 不明 Att50⁵.

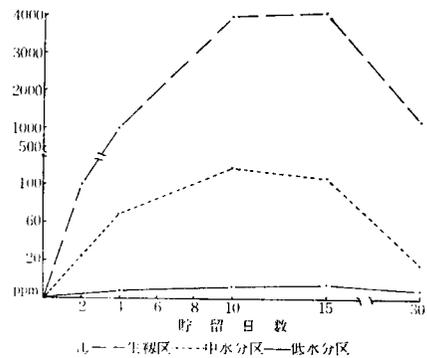
く、N-プロピルアルコールと推定される物質は区間差があったが傾向は明らかでなかった。臭気は揮発性物質の濃度だけに比例することは限らないであろうが、綾野ら¹⁾は古米の炊飯米からN-カプロアルデヒド、アセトアルデヒドを多量に検出し、臭気の原因とみており、ここでの結果からは生粳区に多かったエタノールとアセトアルデヒドの存在が食味評価の香りや味に悪影響があったと推定され、また中水分区に検出された程度の各気体の濃度では官能的に影響がないか、あるいは好感があると推定された。

これまでの実験で高水分籾の貯留には発熱、変質の抑制からみて密閉が効果的と判断して各種の実験を進めてきたが、揮発性物質の発生からみてある限度以上の高水分籾を貯留するのは不適当との結論に達した。その限度とは呼吸量の急激な増加と飽和湿度に平衡する籾含水率(約20%弱^{14,19)})と推定され、能率的予備乾燥における胴割れの危険性^{*)}や、本稿での食味保持からみて19~20%の含水率で貯留するのが適当と考えられる。

3. 摘 要

半乾籾を外観的変質や発熱がない程度に密閉貯留した場合の食味への影響についてパネルによる官能テストと籾および精白米の密封空気をガスクロマトグラフィーで分析し、各種ガスと官能との関係を調べた。籾含水率は生粳が約27% (3日と6日)、中水分籾が約19% (6日と18日)、低水分籾が17% (18日と30日)の水分3段階と貯留期間各2とおりの日数とした。

1) 観察的変質や発熱がない状態の貯留下において生



第13図 半乾燥籾の密閉貯留におけるエタノールの発生 (1974)

粳区では30%に及ぶ炭酸ガスと4,000ppmのエタノールの発生を認め、中水分区は約16%, 140ppm, 低水分区は9%, 20ppmを認め、生粳区では嫌気代謝があったと推定された。

2) 半乾籾を密閉貯留した各区と収穫後直ちに乾燥した標準米との食味について比較評価した結果では粘りと硬さには差がなく、外観は同等か若しくは貯留した方がよく、香りと味は生粳区が劣り、中水分区は同等かややよいと判定された。

3) 精白米の密封ヘッドスペースには標準米のそれに比べて生粳区では50~100倍のエタノールと約10倍のアセトアルデヒドがあり、発酵臭の原因とみられ、中・低水分区は標準との差が少なく、他にアセトン等があったが区間差が少なかったため官能への悪影響は少ないと推定された。

4) 以上の結果から密閉貯留は発熱と斑紋米発生の抑

*) 筆者未発表

制には効果的だが、劣悪揮発物質の発生からみてある限度以上の高水分籾は貯留すべきでないとの結論に達した。

VI 籾堆積下における水分むらの均等化

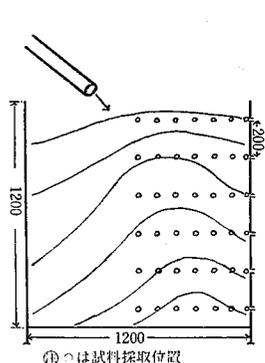
予備乾燥した半乾籾を一時貯留した場合、変質米の発生程度は籾含水率と密接な関係にある^{8,12)}ので堆積層内の水分が均等であることが望ましい。しかし静置型乾燥機を用いたり、異なるときに乾燥した籾を重ねてタンクに投入した場合には部分的に水分むらが生じる。外気に接する堆積籾層での内層の籾含水率に及ぶ距離は3~5cmであることが知られているが⁶⁾、厚い堆積層内での均等化の様相は明らかでない。そこで水分むらの状態がどの程度に存在し、かつ残るかを調べた。

1. 実験方法

静置立型乾燥機で層別にむら乾きした状態のまま、下部から落下させ、スロワーで金網タンクに投入し、タンク内の各部における率含水のむらを経時的に調査した。タンクは金網製の円筒形で深さ、直径各120cmで深さ20cmごとに籾の採取窓をつけてある。この窓から試料採取器を差し込み、外層から10cmごとの位置から試料をとり、1回に42カ所からとった。籾含水率の測定はこれまでと同じである。また別の実験では乾燥機の熱風吹込み側に墨汁で染めた黒染籾を厚さ2cmに配置し、この黒い籾が投入されたタンク内での分布についても調べた。無染籾に対する黒染籾の容積率は約5%に相当した。

2. 結果および考察

スロワーからパイプを通じてタンクに投入するため、籾が堆積する際は中央が山高に崩れ落ちる形で積み上が



第14図 投入タンクの形状と籾層 第15図 乾燥機の断面 (1970) (mm)



り、その模様を第14図に記入した。

1) 投入前の籾含水率の分布

乾燥機内では熱風側はよく乾き、吹き抜け側は水分が多いがその状態は第13表のとおりであった。最も乾いた部分は約12%、多湿個所は17~19%で平均15.4%であった。このような部分的に水分むらのある籾を下部の排出口から流下させ、スクリウコンベアで横に送り、スロワーで吹き上げ、パイプを通じて投入したが、タンクとパイプの口との関係位置は第14図に併記した。

2) 投入後の籾含水率の分布とその推移

1カ所からの試料採取は直径約3cmの範囲と推定され、各所から15~20gをとり出しているので数値は試料籾の平均含水率である。投入直後の水分むらの分布は高含水率の籾は中心部、やや深層の壁面に近い位置、最深層の最外層に偏在し、乾いた籾は中央の上層、側面、最深層に入った。投入のたびにこのような分布になるかどうかは疑問であるが乾いた籾は流れやすいので山形に投入されれば周囲に散りやすく、湿った重い籾は中央部に残りやすいのであろう。また乾燥機内の落下順位によってタンクでの上下関係が形成されるであろう。各位置における含水率の逆正弦偏差を示し、日時を経ることによる偏差の推移を第15表に示した。

投入当初の偏差は0.508が認められ、日数の経過に伴って偏差が減少し、18日目までは明らかな減少があったが、30日目以降には変化が少なく、水分むらの均等化はこの頃からはほとんど進まないことがわかった。このことから深さ20cm、横10cmごとの単位でみた水分むらの均等化は投入後20日程度まででその後はあまり期待できないように推定され、また湿度に籾含水率が平衡状態になるのは3日~4日であること⁹⁾、および籾含水率と貯留の可能日数からみて¹²⁾高含水率籾が偏在するのは非常に危険であると考えられる。この対策としては投入時の籾飛散装置や、堆積籾のローテーション¹⁶⁾、あるいは籾の流れる順序を混合させるような方法の導入が有益であると推定される。また黒染籾の分布からみると一応全採取個所に存在しているがその粒率に著しい差がみられるので試料の平均値としては調査結果のような分布になるが粒ごとにみれば試料内でのむらがあり、実際は複雑な様相になっていることが推定できる。

3. 摘要

静置立型乾燥機でむら乾きさせた材料を円筒型のタンクに投入して堆積後の位置別の水分分布とその推移を追跡し、むらの均等化状態を検討した。

1) 投入前の層位間に12.5%から19.3%にいたる水分

第13表 乾燥機内での位置別籾含水率(1970)(%)

位置	上5	上15	上25	上35	平均
籾含水率	12.5	15.3	17.6	19.3	15.4
位置	下5	下15	下25	下35	
籾含水率	12.0	13.5	15.6	17.6	

注：上は籾層上面から40cm, 下は80cm, 右の数字は送風側の網からの距離cm。

第15表 部分籾含水率の逆正弦偏差 (1970)

	当	初	5日目	18日目	30日目	53日目	黒梁籾
逆正弦	\bar{x}	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	11.4
	s	0.508	0.415	0.324	0.319	0.328	2.011
	n	42	42	42	42	42	35
籾含水率	\bar{x}	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	3.9
レンジ	Δ	2.2	2.0	1.5	1.5	1.5	5.2

むらがあった籾層を下部から落下させスローでパイプを通じてタンクに投入した結果、当初は平均含水率が15%でレンジ2.2%, 標準偏差0.508を認め、その後徐々に偏差が減少して水分の均等化が進むが、18日目で降の調査では均等化がほとんど進まなくなった。

2) 乾いた籾は最初と終りに排出され、タンク内では下層と周囲に多く寄り、湿った籾は中央に寄る傾向があるので、堆積に当っては均分、籾排出順序のかくらん等の対策が望まれる。

VII 論 義

貯留ビンに有する施設での高水分籾の乾燥貯留方式としては、(1)原料を一貫してビンで貯留乾燥する。(2)原料をビンで予乾燥したのち乾燥機で仕上げ乾燥する。(3)原料を乾燥機である程度干してからビンで貯留乾燥する。(4)ビンによる貯留乾燥と乾燥機による乾燥を交互にする方式があげられている¹⁵⁾。生籾を原料とした場合、(1)は乾燥能率が劣ってビンを多量に要し、(2)は堆積籾の含水率によって品質保持上の最低の風量を確保しなければならぬ⁵⁾、これには送風機の能力からみた堆積籾の高さに限界がある¹⁶⁾。しかし最盛期には多量の籾が搬入されて堆積高さの限界を守りきれないのが実情であろう。高水分籾は発熱しなくても時間が経てば変質するが、その貯留可能期間は含水率が22%で1日以内であるから²⁾、それまでに乾燥過程に移される保障は十分とはいえない。この場合での無通気あるいは微量通気堆積籾層内ではV実験で述べた食味劣化が起り得る。したがって安

第14表 投入当初の籾含水率の分布 (1970) (%)

	X ₆₀	X ₅₀	X ₄₀	X ₃₀	X ₂₀	X ₁₀	X ₀
Y ₁₀	14.7	14.7	14.5	15.3	15.4	14.9	14.7
Y ₃₀	14.1	14.1	13.8	14.2	14.5	14.7	15.2
Y ₅₀	15.2	15.5	15.2	15.2	15.3	15.2	14.1
Y ₇₀	14.4	14.9	15.4	15.6	15.9	15.9	15.4
Y ₉₀	15.4	15.4	15.8	15.8	16.0	15.8	15.2
Y ₁₁₀	14.4	14.3	14.0	14.1	14.9	15.3	15.9

全を期するならば、揮発物質が発生する恐れのない含水率まで予備乾燥してからビンに貯留する方が無通気下での貯留をしても食味の劣化がなく、通気があれば多少なりとも乾燥が進んで好ましい。この研究の結果からは含水率20%の籾は有害揮発物質の発生が少なかったことからみて、これ以下の含水率が一時貯留に耐え得ると考えられる。また密閉下にあった20%や17%の籾は食味が好評であることからみても貯留中の風量を気にせず、高い堆積を行えばビンの有効利用が可能である。ビンに籾を一杯にした場合は微量通気下での風路の形成によってむら通気があったり^{*)}、酸素呼吸の促進も考慮され、むしろ交互重点通風の方がよいかも知れないが本実験だけでは結論が困難であり、大規模施設での検討をまちたい。

謝 辞

この研究の実施に当っては矢田研究員、水城研究員、木村研究員^{**)}の協力に負うところが多く、また大量籾を供試するに当って業務課員諸氏の御協力に感謝する。またガスクロマトグラフの分析は広島農業短期大学真部助教授の懇切な御指導と協力によるものであり、深く謝意を表する次第である。

引用文献

- 1) 綾野雄幸・古橋樹雄：1971. 米飯の揮発性カルボニル化合物について、千葉大報告 18: 53~59
- 2) CULPIN C.: 1969. Air tight storage of high moisture grain. Agr. Mech 38: 1~15
- 3) CONN E. E; P. K. STUMPE: 田宮信雄・八木達雄訳：1974. 生化学. 99
- 4) DOROTHEA. J., TEUNISSON: 1954. Influence of storage without aeration on the microbial population of rough rice. Cereal Chem 31: 6. 462~474
- 5) 長谷川一男・諸橋準之助・遠藤武弘・高野幸雄・

*) 滋賀農試施設機械係1974昭和49年度試験成績書

**) 現果樹試験場研究員

勝野留雄：1970. 籾の通気貯蔵乾燥に関する研究，新潟農試報告 20：29～40

6) 北陸農試作物第3研究室：1965. 堆積籾の粒別含水率の推移，農林水産技術会議研究成果 48：83，94

7) HOUSTON. D. F.; R. STRAKA; I. R. HUNTER; R. L. ROBERTS AND E. B. KESTER：1957 Changes in rough rice of different moisture content during storage at controlled temperatures. Cereal Chem 34：6. 444～455

8) 石倉教光・升尾洋一郎：1969. 生籾の一時貯蔵に関する研究，第1報籾水分ならびに貯留温度が籾の変質に及ぼす影響，日作紀38：137～142

9) 加藤雄久・山崎信蔵：1968. 生籾の貯蔵性に関する研究，第4報生籾の含水率の粒別変異とその推移について，日作紀 37：2 講演要旨

10) 菊池三千雄・内藤 広：1962. 玄米の呼吸量に関する研究（第1報），食研報告 16：68～71

11) 北村英一・加藤雄久・小山懸雄・宮崎脩一：1967. 生籾の貯蔵性に関する研究，第1報堆積下における生籾の変質について，日作紀 36：2 講演要旨

12) ————・—————・宮崎脩一：1967. 生籾の貯蔵性の関係，第2報 生籾の含水率と貯蔵性の関係，日作紀 36：2 講演要旨

13) ————・—————：1967. 生籾の貯蔵性に関する

研究，第3報貯蔵生籾の変質と玄米表層の機械的傷害との関係，日作紀 36：2 講演要旨

14) KARON M. L.; MABELL E. ADAMS：1949. Hygroscopic Equilibrium of rice and rice fractions. Cereal Chem. 26：1. 1～8

15) 永原太郎・提 忠一：1959. 乾燥法による米の水分定量，食研報告 14：77～82

16) 農林省農産園芸局. 1973. 貯蔵乾燥方式による穀類共同乾燥調製施設の設置運営上の指導について，48農蚕第4662号

17) 理化学辞典第3版：1973. 岩波書店. 345

18) 坂村 徹：1954. 植物生理学上. 579～583

19) 提 忠一・小泉英夫・谷 達雄：1969. 日本産籾・玄米および精白米の平衡水分値の比較，食研報告 24：1～8

20) 山口富夫・加藤雄久・倉本孟：1969. 生籾の病変とその抑制方法，北陸病害虫研究会報 17：69～74

21) 山崎信蔵・加藤雄久・小山懸雄・宮崎脩一：1968. 生籾の貯蔵性に関する研究，第5報大量堆積生籾の貯蔵性，日作紀 37：2 講演要旨

22) 柳瀬 肇・新倉正子・竹生新治郎・谷 達雄：1974. 米の貯蔵容器内の結露生起と雰囲気の変化，食品総研報告 29：1～8

Studies on Drying and Storage Work System of Rough Rice.

1 Storage methods of half dried rough rice.

Kazuhisa KATO and Akihiro GONDO

Summary

In the temporary storage of high moisture rough rice, using an air tight container was an effective method to control heat and deterioration in the bulk storage of rough rice. Then, we did research on the method of storage without change of these qualities by the materials and the construction of tanks, moisture content of rough rice, and distribution of moisture in a tank.

1 In this experiment, 3 moisture content levels (22%, 20% and 17%) of rough rice were piled in to the wire net tanks and air tight tanks (1350 liter) by the gum sheet. In the wire net tank, moisture content 22% plot was heated to 46°C from 30°C for 6 days, but the same moisture content rice in the air tight tank was cooled to room temperature. The moisture content of the rice attached to the cooled sheet wall increase about 1%, and the part in contact with the wire net was dried by room air, but the rice of the center part in each tank did not change in moisture.

The moisture content of 20%, 17% plot of air tight tanks did not increase in part of contact with the sheet or each center part.

The safety time limit without deterioration of brown rice was 15 days in the air tight tank compared with 7 days in the wire net tank of 22% moisture plot, whereas 20% moisture plot

was 30 days in the air tight tank compared with 20 days in the wire net tank. Consequently, there was effective control of heat and deterioration in high moisture content rough rice by air tight storage.

2 On the materials of air tight tanks, this experiment was examined regarding heat, deterioration, concentration of carbon dioxide (CO₂) gas in bulk storage rough rice, by the steel tanks, bags of vinyl chloride sheet, bags of laminate sheet, and bags of hemp yarn.

Control of heat had the same result as experiment No 1, and the concentration of CO₂ gas density was above 21 % at moisture content 22 % plot, and 19.5 % plot concentration of 10 % of CO₂, then it was seen anaerobic respiration. The concentration of CO₂ gas was different percent by the vitality of rough rice, it seemed that respiration was changed to anaerobic from aerobic as the oxygen decreased.

The low density of oxygen controlled the deterioration of the brown rice by the decrease of aerobic microbes, and its effect was more remarkable on the high moisture content rough rice than on the rice in the 19.5 % plot in air tight storage. The difference of effect by materials of tank was nothing, then confidence in steel tank at the strength.

3 In order to keep from dampness and dew on the inside wall of the steel tank, a double wall tank was made which has clearance between the steel plate and bulk of rough rice by a slitted steel plate. The dampness of high moisture content rough rice was not increased at inside wall of double tank, but same moisture rice became damp at single wall tank. The concentration of CO₂ gas was grown to 12 % for 3 days in the single tank, and grown to 6.2 % in the double tank, each moisture content of rough rice was 22 %. These differences were caused by difference of space rate between single and double tank.

The concentration of CO₂ gas controlled the spot brown rice (it was caused by the propagation of microbes), but the storable term by observation was the same in the single and double tank. Its cause was as follows, the single tank rice was changed by high humidity by the inside wall, and the concentration of CO₂ gas was too small in the double tank rice. The double tank must make this small space rate as enough room.

4 The head space of milled rice, which was temporarily air tight stored in 3 moisture content levels rough rice (27 %, 19 %, and 17 %), was analyzed of volatility gas by gas chromatographic method, and done sensory test a panel consisting of 24 members. The difference of cooking qualities between the stored rice without change by observation and dried rice as soon as harvested (standard rice), has the same qualities in viscosity and hardness as each other.

But moisture content 27 % plot was bad, moisture content 19 %, 17 % plot was the same compared with the standard plot in odor and taste of cooking quality. In the head space of milled rice, 27 % plot had ethanol of hundred times and acetaldehyd of ten times, and 19 %, 17 % plot had same quantity compared with standard plot. As the result, high moisture content rough rice should not have air tight storage. It will be about 19 %.

5 The half dried rough rice, which had dried to inequality (13-19%) in part by the repose type drier, was thrown into the wire net tank from the drier, and studied with deviation of moisture, and its condition of equilibrate. There was more dried grain at the circumference and bottom than at other parts of the tank, there was more damp grain at the center part. The standard deviation of arcsin moisture contents of 42 parts in the tank was decreased for 18 days from the initial day, since it was seen it did not greatly decrease.

As a result, we could not expect a homogeneous distribution of moisture after about 3 weeks.