

放射線処理による穀物の貯蔵の研究

森 嶋 博・相 良 泰 行・細 川 明

Grain Storage by Radiation Treatment

Hiroshi MORISHIMA • Yasuyuki SAGARA • Akira HOSOKAWA

農 業 施 設 第11卷 第2号 (通巻第21号) 別 刷

昭 和 56 年 7 月

Reprinted from

The Journal of The Society of Agricultural Structures, Japan
Vol. 11, No. 2 (No. 21) Jul, 1981

放射線処理による穀物の貯蔵の研究*

森 嶋 博**・相 良 泰 行**・細 川 明**

Grain Storage by Radiation Treatment*

Hiroshi MORISHIMA**・Yasuyuki SAGARA**・Akira HOSOKAWA**

I. 研究目的

穀物、ことにコメの長期貯蔵の手段として γ 線照射を併用し、貯蔵効果を高めることの検討を目的とした。

II. 研究方法

1. 供試材料および試験区

供試材料は昭和52年度群馬県産水稻ウルチ米ニホンサリ、照射時の玄米水分は13.2~13.9% (平均13.4%) である。

試験区は、穀物の形態として粳と玄米、貯蔵方式として常温貯蔵と冷蔵を組合わせ、一方、線量として0, 30 Krad, 300 Krad, 1 Mrad を選んだ。なお、30 Kradは一応殺虫線量を、300 Kradは芽どめ線量を、1 Mradは殺菌線量を想定したものである。

2. 照射方法

供試材料は厚さ0.08mmのポリ袋を2重にしたものに密封し、粳は20kg、玄米は30kgを、30×40×25cmのダンボール箱に入れた上、 γ 線照射を行った。

γ 線照射は日本原子力研究所高崎研究所において実施した。10万キュリーのコバルト60線源による両面からの反転照射により、吸収線量が試験区で設定した値になるようにした。なお、最高最低線量比は2である。

3. 貯蔵方法

昭和52年12月1日の照射直後から貯蔵を開始した。常温貯蔵は東京大学農学部内、冷蔵は東京大学農学部多摩農場内で実施した。冷蔵温度は3~5℃である。貯蔵開始後、約1年間にわたり、1乃至3箇月に1回、サンプリングを行った。

4. 測定項目および試験方法

採取したサンプルについて、総菌数、菌の種別、糸状菌の検出率、発芽率などの測定のほか、一部については食味等を調査した。

総菌数の測定は Nutrient Agar 平板培地での30℃、72時間培養によった。各区とも、玄米はそのままを、粳は無菌的に脱粒したものを200粒とり、無菌的に粉砕し、50 ml の無菌水に加え、ホモジナイザで無菌的に処理し、無菌水で所定の濃度に稀釈し、0.1 ml を培地にとり、コンラディ棒で上げ、恒温槽で培養後、でてくるコロニ数をカウントした。

糸状菌の検出は、玄米にしたコメを Tween 20 の0.01%溶液で3回洗浄し、さらに無菌水で7回繰返し洗浄、各区100粒を Czapek Agar 平板培地に1枚20粒ずつ5枚に並べ、30℃、120時間培養し、生育した糸状菌の発生粒数を計数する、いわゆる全粒法によった。これらの試験については飯塚らの方法^{1)・6)}その他^{13)・14)}を参考とした。

発芽率は20℃の恒温槽で7日間に発芽した粒数から求めた。

食味試験は、無照射の冷蔵玄米を基準として、主として30 Krad 照射のものを中心に、食研の方式に準じて行った。

III. 実験結果

1. 線量と総菌数

総菌数は、1粒当り無照射時で 10^6 のオーダーであるが、照射直後には30 Kradで 10^5 、300 Kradでは 10^4 、1 Mradでは 10^3 のオーダーとなり、線量の増加と共に減少する(1図)。

収穫直後、照射前において、菌はいわゆる^{1)・2)・3)} Chromogenic group の Pseudomonas および Fluorescent group の Pseudomonas を主とするのに反し、300 Krad

* 昭和53年5月農業施設学会講演

** 東京大学農学部

** Faculty of Agriculture, The University of Tokyo

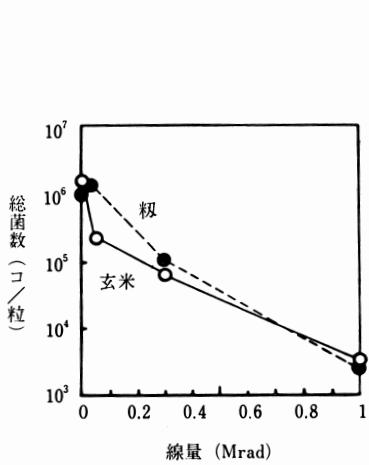


図1 線量と総菌数

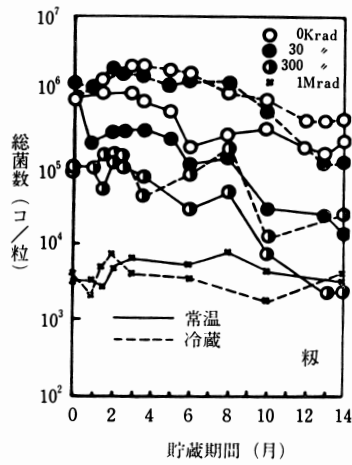


図2 貯蔵期間と総菌数(粳)

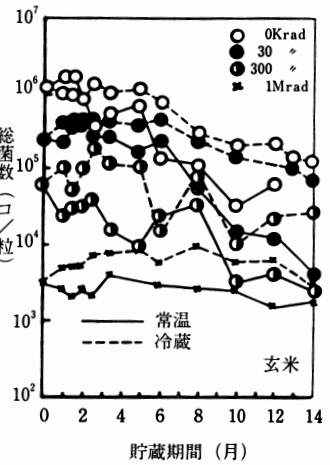


図3 貯蔵期間と総菌数(玄米)

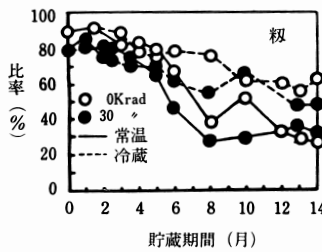


図4 二つのgroupの Pseudomonas が総菌数に占める比率(粳)

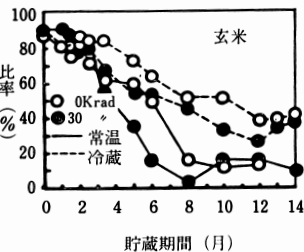


図5 二つのgroupの Pseudomonas が総菌数に占める比率(玄米)

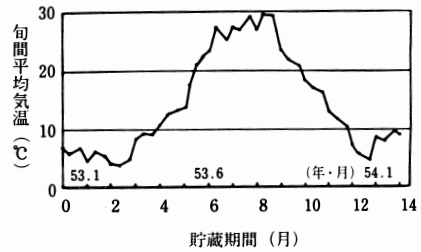


図6 常温貯蔵における室内温度の推移

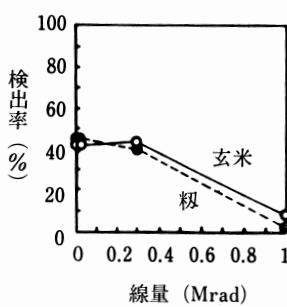


図7 線量と糸状菌検出率

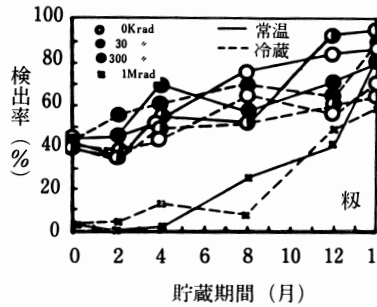


図8 貯蔵期間と糸状菌検出率(粳)

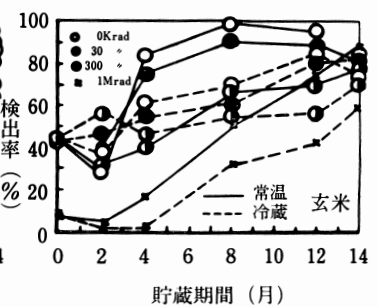


図9 貯蔵期間と糸状菌検出率(玄米)

1 Mrad と線量が増加するにつれてこれらは減少し、1 Mrad においてはこれらは殆んど死滅し、飯塚、伊藤らのいう⁵⁾、いわゆる Red Pseudomonas なる耐放射線菌のみが認められるようになった。

貯蔵期間の経過に対する総菌数の推移を図2、3、に示した。これらを概観していえることは、無照射のコメについては、総菌数は収穫直後が最も多く、貯蔵日数の

経過と共に減少する傾向がある。照射したコメについては、30 Krad および 300 Krad でもこれとほぼ同様な傾向がみられるが、1 Mrad についてはそうでなかった。

無照射と30 Krad 照射のものについて、Chromogenic group の Pseudomonas と Fluorescent group の Pseudomonas が総菌数に対して占める比率を示したものが図4、5である。貯蔵日数の経過につれて、これらの

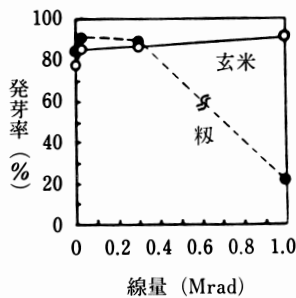


図10 線量と発芽率

(1 Mradの粃の発芽率の意義については本文参照)

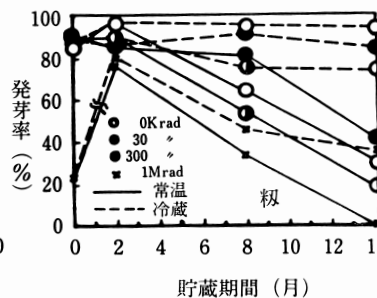


図11 貯蔵期間と発芽率(粃)

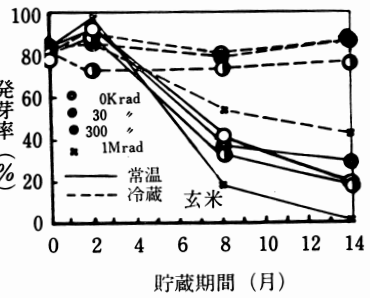


図12 貯蔵期間と発芽率(玄米)

group の *Pseudomonas* の数および占める比率が減少してゆく。

冷蔵と常温貯蔵の差については、冷蔵区の方が総菌数が多く、また上記2 group の *Pseudomonas* の比率も高い値を示した。

粃と玄米については、前者がやや総菌数多く、上記2 group の *Pseudomonas* 比率も高い傾向がうかがわれた。図6に常温貯蔵の室内温度の旬別推移を示した。なお昭和53年夏は高温の日が続いている。

2. 糸状菌の検出率

図7に線量と糸状菌検出率の関係を示した。

線量が大きくなると糸状菌の検出率は減少するが、ことに殺菌線量と考えた1 Mrad 照射区において著しい。

貯蔵日数の経過に伴い、全体として検出率が大きくなる傾向がみられるが、ことに常温貯蔵区においてそれが著しい(図8, 9)。

粃と玄米の差については、玄米でやや値が高く、冷蔵と常温貯蔵では後者が高い傾向にある。なお、この試験方法は極めて敏感な方法であり、いわゆる「カビ」の発生した粒の検出という概念とは程遠い。各区共、乾燥良好な試料であって、貯蔵中、目で見てわかるような菌糸が発生した粒は全く認められない。

3. 発芽率

発芽に対する線量の影響のうち、芽の形態については、30 Krad では無照射と変化がないが、300 Krad では芽がやや矮性に、1 Mrad では極端な矮性となった。

図10に照射直後の発芽率の値を示してある。

玄米においては、線量による発芽率の変化はさほど顕著ではない。粃においては30 Krad, 300 Krad では無照射との差ははっきりしないが、1 Mrad では発芽率が激

減しているようにみえる。この場合も粃殻を除いてみると、一応の発芽をみていることがわかるが、粃殻を破って外に芽が伸長することができぬものが多いので、図のような傾向となったものである。また、粃殻の外への発芽をみても、それ以上の生育には至らない*。これらから1 Mrad の場合の発芽率の値の有用性には疑問があることを述べておく。

発芽率の経時変化の様子を図11, 12に示した。

常温貯蔵では、各区共、貯蔵期間の経過と共に発芽率が低下し、1年後には50%以下の値となる。冷蔵ではこの傾向はみられず、1 Mrad の区を除いておおむね当初の値を保つことが知られた。

粃と玄米の差については、前者の方がやや良い値を保つ傾向がうかがわれた。

4. 食味

食味については、無照射・玄米・冷蔵のものを基準品として、相対比較法により検討してある。

高線量の区については、試験の対象外としてあり、ここでは最も実用性が高いと思われる30 Krad のものを中心に比較してある。表1にその結果を示す。

総合的にみて、照射直後は食味が低下する。すなわち、外観においてやや黄色味を帯びることがみられ、香りも独特な照射臭が残る。味はやや落ち、粘りは少くなり、硬さも増す。

一方、10箇月以上経過したものについては、その差が少くなり、ことに粃で冷蔵したものについては、基準品とくらべ少くも食味が劣るということはない。この回復現象は、梅田氏その他によって指摘^{7)-9), 11)} され

* なお、TTCによる胚の活性度については1 Mrad においても玄米と粃の差はなく、90%前後の値を示していた。

表1 食味試験結果

経過月数(月)	3						12							
	0			30			0			30				
照射線量(krad)	冷蔵		室温	冷蔵		常温	冷蔵		常温	冷蔵		常温		
貯蔵条件	籾	玄米	籾	玄米	籾	玄米	籾	玄米	籾	玄米	籾	玄米		
穀物形態	籾	玄米	籾	玄米	籾	玄米	籾	玄米	籾	玄米	籾	玄米		
外観	-0.3	-0.5	-0.2	-0.6	-0.3	-0.4	-0.2	0.2	-0.5	-1.0	0.5	0.0	-0.1	-0.8
香り	0.2	0.3	1.1	-0.8	-0.1	-0.7	-0.1	0.0	-0.2	-0.5	0.2	-0.1	-0.2	-0.2
味	-0.2	-0.2	-0.4	-1.0	-0.6	-0.6	-0.5	0.0	-0.1	-0.4	0.1	-0.1	-0.1	-0.2
粘り	-0.2	-0.4	-0.3	-0.9	-0.7	-0.9	-0.4	0.1	0.0	-0.2	0.0	-0.1	-0.1	-0.3
硬さ	0.3	0.2	0.4	-0.7	-0.1	-1.1	-1.2	-0.1	-0.3	0.1	0.1	-0.1	-0.2	-0.5
総合	0.1	-0.1	0.2	-0.7	-0.3	-0.5	-0.8	0.1	-0.3	-0.5	0.3	-0.1	-0.1	-0.5

たことと傾向的にはおおむね一致した。

籾・玄米間の差は、常温貯蔵区で10箇月以上経過のものでは明らかで、前者のスコアが高い傾向がある。

常温貯蔵、冷蔵の差についても10箇月経過の時点では明らかであり、当然、後者のスコアが高い。

IV. 考 察

貯蔵手段としての放射線処理のうち、低線量での殺虫効果については、青木氏や三井氏らによるもの¹⁰⁾¹¹⁾ほか、幾つかの報告があり、農薬を用いぬ防除方法として有効なことがすでに明らかにされているので、ここでは深くはふれない。発芽率は、一般に穀物が生きたままの状態では保存されている証拠とされるが、これに対しては、30Krad程度の線量では全く影響がない。照射がマイクロフローラに与える影響の評価については、今後の解明にまつべきところが大きであるが、この程度の線量においては、健全で新鮮なコメに寄生する二つの *Pseudomonas* の group に対しては、これらを減少させる方向に働き、糸状菌に対しては、殆んど影響を与えないといえる。貯蔵結果の良否の具体的な現われとしての食味については、一旦、評価のスコアが落ちるが、今回の貯蔵試験では照射後10箇月以上経過後には、無照射のものと変わらないところまで回復する。他の報告¹⁰⁾より回復所要日数が大となったのは、今回の試験の方の線量がやや多目であったことに起因すると思われる。

芽どめ線量と考えた 300 Krad については、今回の試験では、必ずしも芽どめ効果は十分ではなかった。また、バレイショや玉ネギなど、高水分の青果物とは異なり、乾燥したコメでは芽どめがただちに貯蔵効果につながるとはいえない。「何とならばこの場合主な呼吸は胚

芽でなくて寄生している微生物によってなされる」と考えられるからである。この点については別報する。呼吸の源たる微生物については、照射前とはマイクロフローラがかなり変り、菌数は減るが、コメの劣化に対し最も問題と考えられる糸状菌については、必ずしもその効果が十分ではない。粒の着色や照射臭は搗精後も残り、食味は著しく劣る。この限りでは、この線量の貯蔵に対する利用は難かしいとの予想がえられよう。

殺菌線量と考えた 1 Mrad については、芽どめ効果がよく現われたほか、殺菌効果もかなりあったといえる。殆んど菌はなくなり、耐放射線菌たる *Red Pseudomonas* のみが残り、糸状菌の減少も著しい。食味試験は実施していないが、着色や臭いは 300 Krad より著しい。しかし、貯蔵手段としてのこの線量は、密閉した包装貯蔵と組み合わせ、味を度外視した長期備蓄の目的には、何らかの利用価値があるかも知れない。この場合、健全性の検討や栄養学的な分析が必要なのはいうまでもない。

全体を通し、籾貯蔵と玄米貯蔵の差は、発芽、糸状菌の検出率、食味などから前者がややまさるといえる結果がえられている。試験項目外のことであるが、保存中の虫害の点から常識的に有利であるといえよう。

冷蔵と常温貯蔵の差は極めて顕著であり、品質上、すべての点において冷蔵がまさる。

総括すると次のことがいえると思われる。長期にわたるコメの貯蔵を行う場合、よく乾燥することと低温に保蔵することの2点に要約される長年の貯蔵技術はやはり正道を行くものであり、単に放射線処理をすれば上記2点はどうでもよいというものではない。放射線処理は、例えば農薬を使わぬ昆虫の駆除というような、貯蔵の補助手段として利用されるべきものと考えられる。

なお、穀温を低温に保つ手段としては、必ずしも現在の方式の低温貯蔵庫が必要とは限らないと思われる。粳の大量バラ貯蔵と組み合わせ、地域の気候条件を利用し、秋・冬季の自然低温により穀温を十分冷し、自らの熱容量と断熱性により、それを次年の夏まで持越す方式もその一つであろう。この場合、粳貯蔵は断熱性と若干の防虫効果の上で玄米貯蔵にまさると思われる。これらの検討については別途報告する。

本研究において処理をしたコメの一部は、3年間貯蔵し、あらためて長期貯蔵の見地から検討する予定である。

本研究は昭和52・53年度文部省科学研究費助成金一般研究Cの補助をうけて実施したものである。御指導・助言を頂いた東京大学放射線微生物学講座矢野圭司教授、日本原子力研究所高崎研究所伊藤均氏らに篤くお礼を申し上げます。

V. 摘 要

1. 粳と玄米、冷蔵と常温貯蔵、0, 30Krad, 300Krad, 1Mradの線量を組合わせた貯蔵試験を行った。線源はコバルト60である。
2. 総菌数は無照射時1粒当たり 10^6 , 30Kradで 10^5 , 300Kradで 10^4 , 1Mradで 10^3 のオーダーとなった。
3. 貯蔵日数の経過と共に総菌数は減少する傾向がある。また健全粒に多く存在する Chromogenic group と Fluorescent group の Pseudomonas の占める比率も減少する。減少する割合は冷蔵と粳貯蔵で少い。
4. 糸状菌の検出率は1Mradの照射で著しく減ずる。どの区でも貯蔵日数が経過すると増える傾向がある。冷蔵区では増加がやや少い。

5. 300Kradではわずか、1Mradでは極端に芽が矮性になる。発芽率は常温貯蔵では貯蔵日数の経過につれて低下する。冷蔵では1Mradを除き殆ど変化しない。
6. 30Kradのものについて、照射直後は食味の低下があるが、貯蔵日数が経過すると食味は回復する。
7. 放射線処理は、乾燥と保冷を組合わせた穀物貯蔵技術の補助手段として活用すべきものと考えられる。

(原稿受理 昭和55年9月13日)

参 考 文 献

- 1) 飯塚広ら：穀類の微生物に関する研究(3), 農化誌37(2), p. 71, 1963
- 2) 同：同(4), 37(2), p. 77, 1963
- 3) 同：同(5), 37(3), p. 137, 1963
- 4) 同：同(6), 37(2), p. 701, 1963
- 5) 同：同(9), 41(1), p. 578, 1967
- 6) 伊藤均ら：同(10), 43(1), p. 773, 1967
- 7) 梅田圭司ら：米の放射線処理(1), 食工誌15(10), p. 452, 1968
- 8) 川嶋浩二ら：同(2), 食研報告(25), p. 17, 1970
- 9) 高野博幸ら：同(3), 同(27), p. 17, 1972
- 10) 三井英三ら：貯蔵害虫の放射線殺虫(2), 食工誌17(9), p. 379, 1970
- 11) 青木章平ら：サイロ型中規模米麦照射装置による米の殺虫と照射米の官能試験, 食工誌 23(7), p. 283,
- 12) 農林省食糧研究所：米の品質と貯蔵, 利用, 1969
- 13) 長谷川武治ら：微生物の分類と同定, 学会出版センター, 1975
- 14) 微生物研究法懇談会：微生物学実験法, 講談社サイエンティフィック, 1975

Synopsis

A series of storage tests is conducted comparing paddy with brown rice, cold storage with ambient temperature one, under the dose of 0 krad, 30 krad, 300 krad and 1 Mrad irradiation by Co-60.

Overall count of survived bacteria for a grain is at the order of 10^6 with non-irradiated grain, on the other hand 10^5 with 30 krad, 10^4 with 300 krad and 10^3 with 1 Mrad irradiated one respectively, although the count decreases as the storage period increases in any cases. The decreasing rate of bacteria is less in case of paddy and cold storage than that of brown rice and ambient temperature storage. Mold disinfected grain decreases absolutely under the dose of 1 Mrad, and it increases in any cases as the storage period prolongs.

Germination ratio does not show significant change in cold storage, however, it decreases evidently as the storage period goes by in ambient temperature storage.

Significant deterioration of organoleptic evaluation is observed at 30 krad irradiated rice, but it recovers after the storage 10 months.

The irradiation technique may be useful as a supplement of common grain storage method which applied drying and storing in low temperature.