

玄米の水分変化に関する情報・研究結果について（詳細版）

玄米は、保管環境の温度や湿度により水分が変化することに伴い、重量も変化するが、具体的な水分変化の幅について個別のケースにあてはめることが可能な一般的な計算方法が科学的に示されているわけではない。これは、玄米に含まれる水分の動向は、温度や湿度、包装形態といった保管条件に加えて、品種、保管開始時の水分、乾燥（放湿）過程か吸湿過程かなど様々な条件に影響を受けるためである。

また、厳密に言えば、実際の玄米の保管に際して、例えば「温度〇℃以下、湿度〇%以下」などの条件に従って管理が行われている場合でも、常時一定の温度や湿度に保たれている訳ではない。

このため、一定の温度・湿度や保管期間に対応した具体的な水分変化の幅や重量変化の幅の計算方法を示すことはできないが、参考となる情報・研究結果を整理した。

1. 水分変化と重量変化の客観的關係

玄米に含まれる水分が変化した場合の重量は、W1：当初の重量 W2：水分変化後の重量
a：当初水分率、b：変化後の水分率とすれば、その関係は次の式で示せる（（一社）全国食糧保管協会『米麦保管管理の手引き（2021年版）』）。

$$W1 \times (100 - a) / 100 = W2 \times (100 - b) / 100$$

$$\therefore W2 = W1 \frac{(100 - a)}{(100 - b)}$$

このとき、水分 15%、重量 30kg、1,080kg の玄米について、水分が増減した場合の重量変化を 0.1%刻みで示すと表 1 のとおりである。

表 1 水分別重量変化表

水分 15%、重量 30kg、1,080kg の玄米の水分が増減した場合の重量変化

水分変化	0.0%	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%	0.8%	0.9%	1.0%
重量変化 30kg	0g	40g	70g	110g	140g	180g	210g	250g	280g	310g	350g
重量変化 1,080kg	0kg	1.3kg	2.5kg	3.8kg	5.1kg	6.3kg	7.6kg	8.8kg	10.1kg	11.3kg	12.6kg

注 1：あくまで計算値であり、30kg での計算は 1 の位で、1,080kg での計算は小数点以下第 2 位で四捨五入している

注 2：（一社）全国食糧保管協会『米麦保管管理の手引き（2021年版）』p79 に基づき農林水産省にて作成

また、上記計算式及び表1の数値を利用して重量30kg、1,080kgなどの玄米の水分が15%から14%に乾燥（放湿）した場合の重量を0.1%刻みで示すと表2のとおり。

表2 水分別変化後重量早見表

○30kg、30.27kg、30.37kg

変化後の水分	15.0%	14.9%	14.8%	14.7%	14.6%	14.5%	14.4%	14.3%	14.2%	14.1%	14.0%
変化後の重量	30.00	29.96	29.93	29.89	29.86	29.82	29.79	29.75	29.72	29.69	29.65
(kg)	30.27	30.23	30.20	30.16	30.13	30.09	30.06	30.02	29.99	29.95	29.92
	30.37	30.33	30.30	30.26	30.23	30.19	30.16	30.12	30.09	30.05	30.02

○1,080kg、1,089kg

変化後の水分	15.0%	14.9%	14.8%	14.7%	14.6%	14.5%	14.4%	14.3%	14.2%	14.1%	14.0%
変化後の重量	1080.0	1078.7	1077.5	1076.2	1074.9	1073.7	1072.4	1071.2	1069.9	1068.7	1067.4
(kg)	1089.0	1087.7	1086.4	1085.2	1083.9	1082.6	1081.4	1080.1	1078.8	1077.6	1076.3

注1：あくまで計算値であり、30kgでの計算は1の位で、1,080kgでの計算は小数点以下第2位で四捨五入している。なお、1,089kgの四捨五入後の変化重量は、表1の1,080kgの変化重量とは異なる。

注2：数式に基づき農林水産省にて作成

2 玄米の平衡水分

玄米の水分は、温度と湿度に応じて乾燥（放湿）したり、吸湿したりするが、ある一定の温度及び湿度（相対湿度%）においては、平衡する性質がある。ただし、入庫時の水分（履歴効果）、米の種類などにより平衡水分は異なる（堤、永原「米の平衡水分と履歴効果」農林省食糧研究所研究報告（1969））ため、本表の数値はあくまで参考である。

（注）平衡水分を正確に言えば、一定の温度と湿度のもとで、玄米などにふくまれる水分の水蒸気分圧が空気中の水蒸気分圧と等しくなった水分のこと（（一社）全国食糧保管協会『米麦保管管理の手引き（2021年版）』p75より）。

表3 平衡水分早見表（水分14.84%の米の30℃における平衡水分）

相対湿度（%）	61.4	62.1	62.8	63.5	64.2	64.9	65.6	66.3	67.1	67.8
水分（%）	13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.6	13.7	13.8	13.9	14.0
相対湿度	68.5	69.3	70.1	70.8	71.6	72.4	73.3	74.0	74.8	75.6
水分	14.1	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	14.9	15.0
相対湿度	76.3	77.0	77.7	78.5	79.2	79.9	80.6	81.1	81.4	81.8
水分	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	16.0

注1：水分測定方法は、105℃恒量法（堤、永原1969（前出））

注2：（一社）全国食糧保管協会『米麦保管管理の手引き（2021年版）』p75から一部改変（なお、左記資料は内藤広「米穀の含有水分量と関係湿度との関係について」農林省食糧研究所研究報告（1955）が原資料）

平衡水分は温度によって変化し、玄米の温度が高くなると低くなり、温度が低くなると高くなる性質があり、湿度 60%～80%付近においては、玄米の温度が 10℃異なると、放湿（乾燥）側で最大 0.8%程度変動することが示されている（表 4）。

**表 4 温度 20℃から 10℃、30℃に変化した場合の
同一品種における平衡水分の変動範囲（乾燥（放湿）時）**

温度\相対湿度	50%	60%	70%	80%
30℃ (20℃+10℃)	-0.7%	-0.8%	-0.8%	-0.9%
10℃ (20℃-10℃)	+0.7%	+0.8%	+0.8%	+0.9%

注 1：水分測定方法は、粒のまま常圧 135℃で 16 時間乾燥する方法

注 2：農林省食糧研究所『米の品質と貯蔵、利用』p62（1969）から一部改変

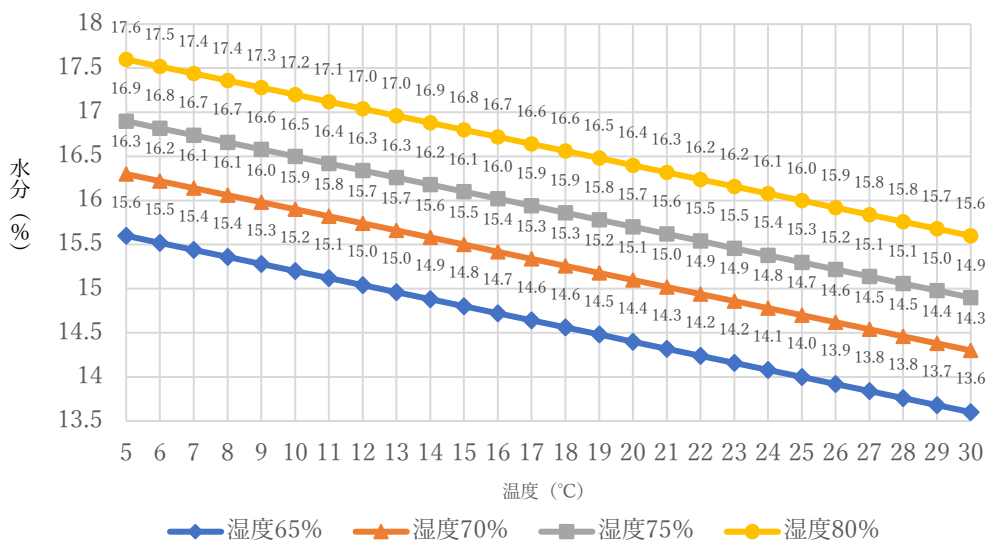
従って、湿度 60%～80%付近における平衡水分の温度による変動幅は、乾燥（放湿）時は 0.08/1℃程度の変動とみなし、表 3 の平衡水分を用いて、温度（5℃～30℃）による変動を機械的に計算したのが表 5 及び図 1 である。

表 5 温度による変動幅を反映した乾燥（放湿）時の玄米の平衡水分

温度\相対湿度	65%	70%	75%	80%
30℃	13.6%	14.3%	14.9%	15.6%
25℃	14.0%	14.7%	15.3%	16.0%
20℃	14.4%	15.1%	15.7%	16.4%
15℃	14.8%	15.5%	16.1%	16.8%
10℃	15.2%	15.9%	16.5%	17.2%
5℃	15.6%	16.3%	16.9%	17.6%

注：（一社）全国食糧保管協会『米麦保管管理の手引き（2021 年版）』p77 から一部改変し農林水産省にて作成

図1 相対湿度（65%~80%）毎の各温度における平衡水分（乾燥（放湿）時）



注：表3、表4の数値を用いて農林水産省にて作成

ただし、入庫時の水分、保管時の温度と湿度が同一であっても、その品種の違いによって平衡水分はさらに±0.2~0.3%程度の差を示す。また、入庫後に乾燥（放湿）のみ進んだ玄米と、一度乾燥（放湿）してから再び吸湿した玄米では平衡水分は異なり、前者に比べて後者の平衡水分値は低くなること（履歴効果）に注意が必要である（表6）。

表6 複数の国産玄米が示す平衡水分とその変動範囲

相対湿度	50%	60%	70%	80%
失湿（乾燥（放湿）時	13.0±0.3%	14.4±0.3%	15.8±0.2%	17.4±0.3%
吸湿時	12.0±0.4%	13.4±0.4%	14.8±0.4%	16.7±0.2%
失湿時と吸湿時の差	1.0%	1.0%	1.0%	0.7%

注1：失湿（乾燥（放湿））は収穫後水分20%の玄米、吸湿は5%まで脱水した玄米を用いて、温度20℃、湿度50%~80%の環境に置いた時に得た平衡水分であり、品種ごとの変動が見られる。また、失湿時と吸湿時の差（履歴効果による差）は、5%まで乾燥させた米を吸湿させていることから、あくまで最大の履歴効果を受けたときの差である。著者によれば、より一般的な条件である湿度70%で水分13%まで脱水された玄米を用いたときのその差は0.5%低くなる程度であった。

注2：水分測定方法は、粒のまま常圧135℃で16時間乾燥する方法

注3：農林省食糧研究所『米の品質と貯蔵、利用』p62（1969）から一部改変

（注）これまで紹介した実験で用いられている乾燥法による水分測定は、農産物検査法施行規則に基づく標準計測方法（平成13年農林水産省告示第332号）における常圧加熱乾燥法（105℃乾燥法）や、電気水分計での測定とは異なることに注意が必要。

3 保管中の玄米の水分変化に関する研究結果

温度や湿度に対応した平衡水分が存在し、玄米の保管中にその水分は周囲の環境に応じて変化する。水分に影響を与える要因は、温度や湿度、包装形態といった保管条件に加えて、品種、保管開始時の水分、乾燥（放湿）過程か吸湿過程か、倉庫の形態、保管倉庫内の保管位置など多数考えられる。

従って、保管中の玄米の水分変化に関する研究は複数あるが、あくまで各実験における個別条件を反映した事例であり、玄米の水分変化に関する統一的な計算方法を示すものではない。また、水分の測定方法が実験により異なるため、水分値の単純な比較はできないことにも注意が必要である。

上記を前提とした上で、複数の研究結果から読み取れる傾向をあげると、次のとおり。

<水分変化の特徴>

- ・水分変化は、乾燥（放湿）への一方通行ではなく、乾燥と吸湿を繰り返すものであり、乾燥による重量減少だけでなく、吸湿による重量増加も発生しうる。
- ・水分率は、湿度の高い夏季に高く、乾燥した冬季に低くなる傾向を必ずしも示していない。

<温度との関係>

- ・温度と湿度を一定程度管理する低温保管における玄米の水分率は、常温保管に比べて高めに推移することが多い。一方で、水分変化の幅は低温保管の方が必ずしも小さくなる傾向ではなく、低温倉庫の質・管理方法の違いなどを考慮する必要がある。
- ・同一の品種・保管温度帯でも、毎年の水分変化は異なりうる。

(注1) 以降の図2-1～図6-2及び条件一覧表については、原資料を元に農林水産省にて作成。

(注2) 一般に低温保管とは穀温15℃以下、準低温保管とは穀温20℃以下に保持すること。

(1) 水稻玄米の過乾燥軽減技術の確立 (2006年) 茨城県農業総合センター農業研究所

産地・産年・品種：茨城県産 平成15(2003)年産、平成16(2004)年産コシヒカリ

調査期間：平成15年産 11か月 (03年10月～04年9月)

平成16年産 1年間 (04年9月～05年9月)

保管温度帯：常温、低温(15℃)にて紙袋

水分測定法：米麦水分計

(注) 低温倉庫は9月末～10月半ば、3月末～の2回に分けて温度と湿度の調整を実施

図2-1 茨城県産 平成15(2003)年産コシヒカリの水分変化

(調査開始時水分：14.6%)

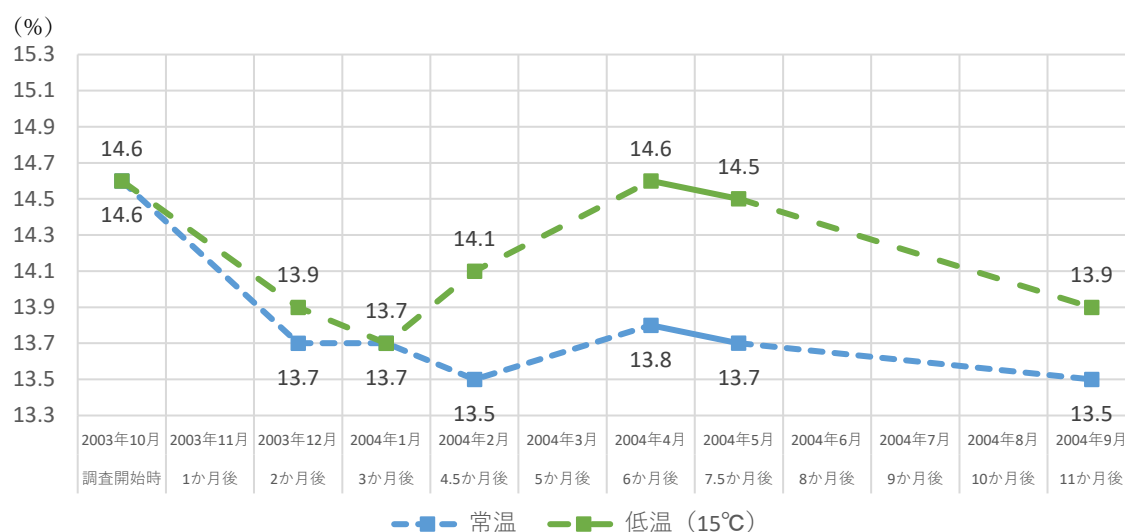


図2-2 茨城県産 平成16(2004)年産コシヒカリの水分変化

(調査開始時水分：13.8%)

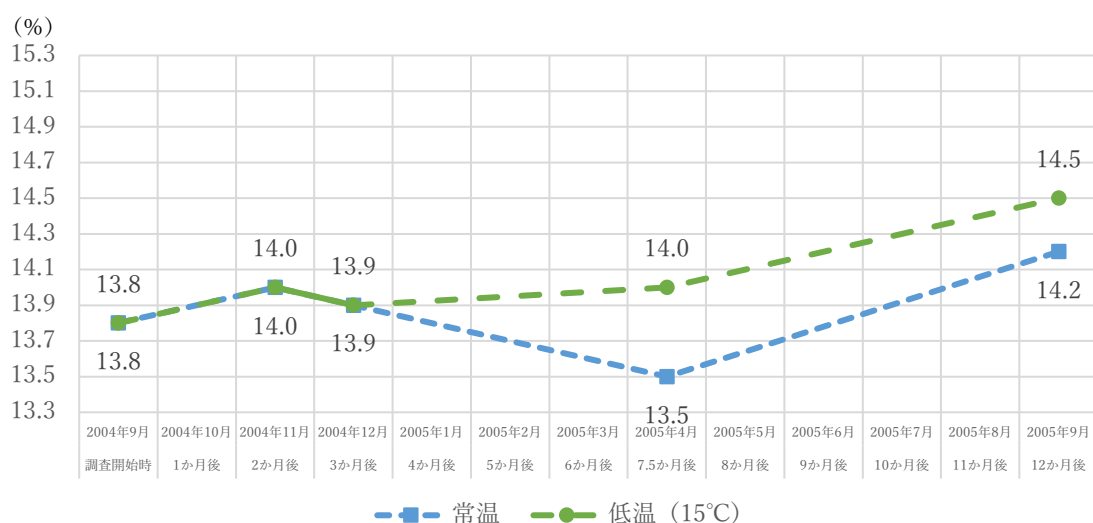
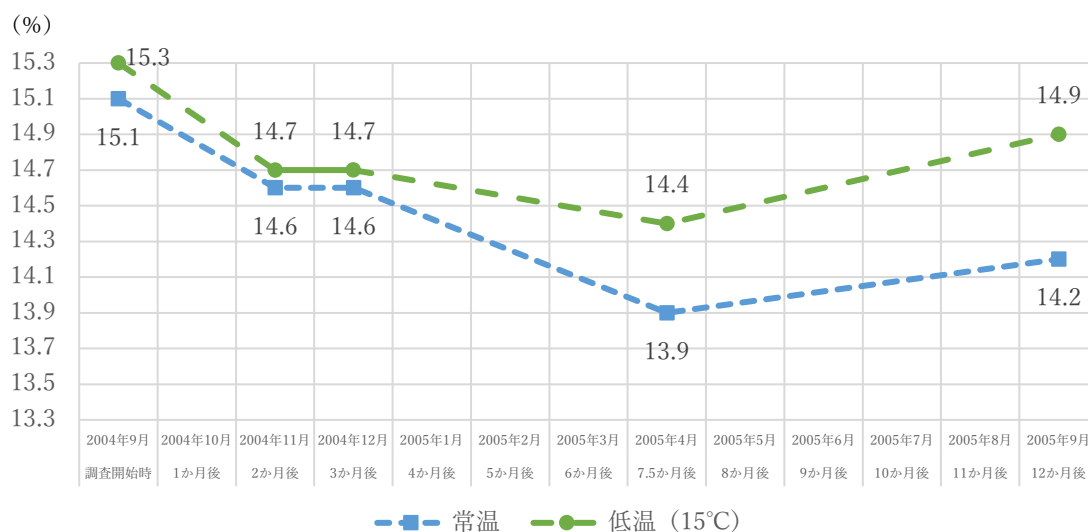


図2-3 茨城県産 平成16(2004)年産コシヒカリの水分変化

(調査開始時水分：15.1%、15.3%)



(2) 冷蔵蓄熱倉庫-米を保管して- (1991年) 中田富美雄、沼田宏、古田島清彦

(試験は(株)丸三米穀の依頼により、財団法人・日本穀物検定協会神戸協会が実施)

①同一品種の単年度変化に関する実験(3年間実施)

産地・産年・品種：富山県産 昭和53~55(1978~1980)年産コシヒカリ

調査期間：8ヶ月又は9ヶ月

(79年4月~80年1月、80年4月~81年1月、81年5月~82年1月)

保管温度帯：常温、低温(15°C)、低温(10°C)、低温(5°C)

水分測定法：食糧庁標準計測法(105°C、5時間乾燥法)

図3-1 富山県産 昭和53(1978)年産コシヒカリの水分変化

(調査開始時水分：13.9%)

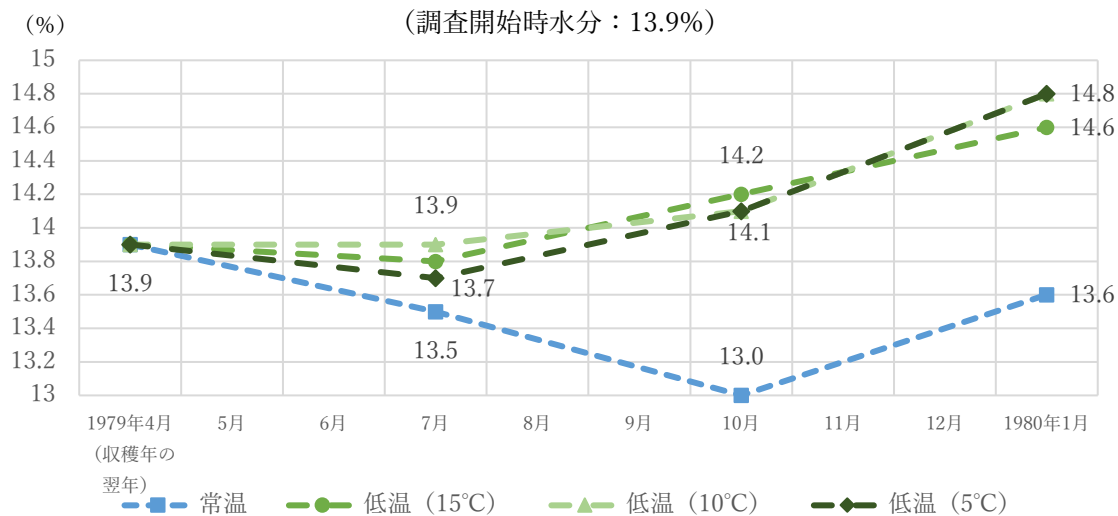


図 3-2 富山県産 昭和 54 (1979) 年産コシヒカリの水分変化

(調査開始時水分：13.9%)

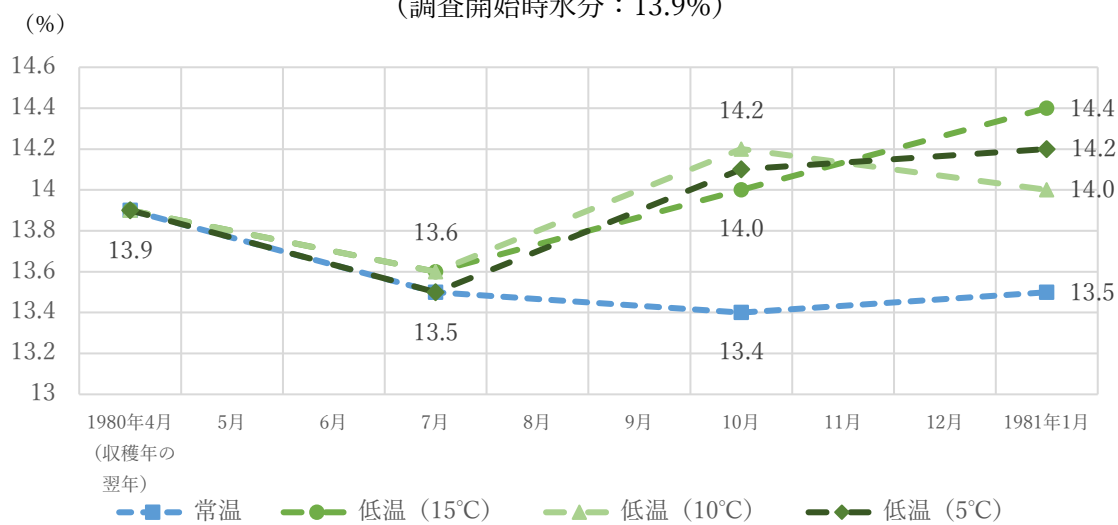
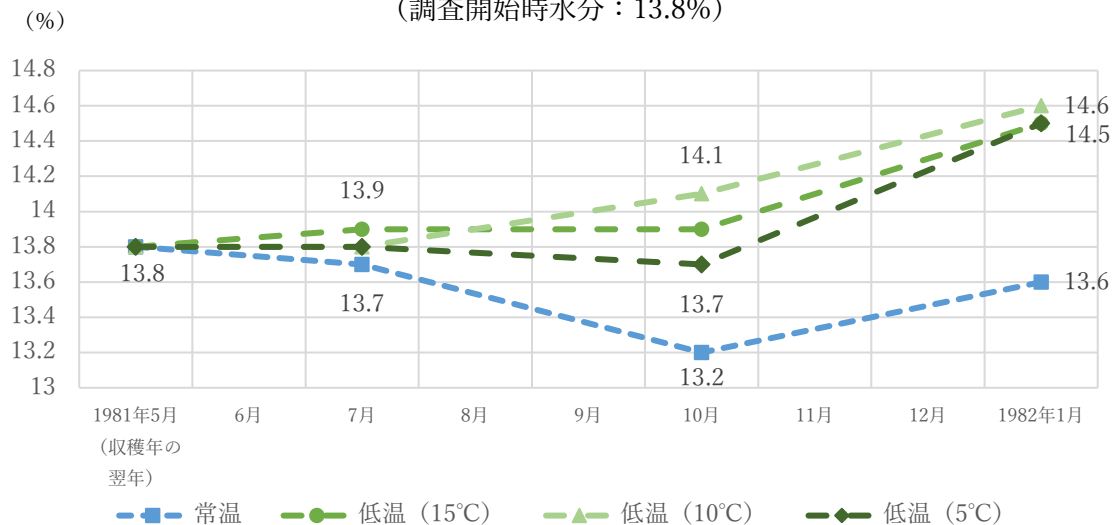


図 3-3 富山県産 昭和 55 (1980) 年産コシヒカリの水分変化

(調査開始時水分：13.8%)



② 3年間継続保管実験

産地・産年・品種：青森県産 昭和55（1980）年産アキヒカリ

佐賀県産 昭和55（1980）年産レイハウ

調査期間：35ヶ月（81年5月～84年4月）

保管温度帯：常温、低温（15℃）、低温（5℃）

水分測定法：食糧庁標準計測法（105℃、5時間乾燥法）

図4-1 青森県産 昭和55（1980）年産アキヒカリの水分変化

（調査開始時水分：14.5%）

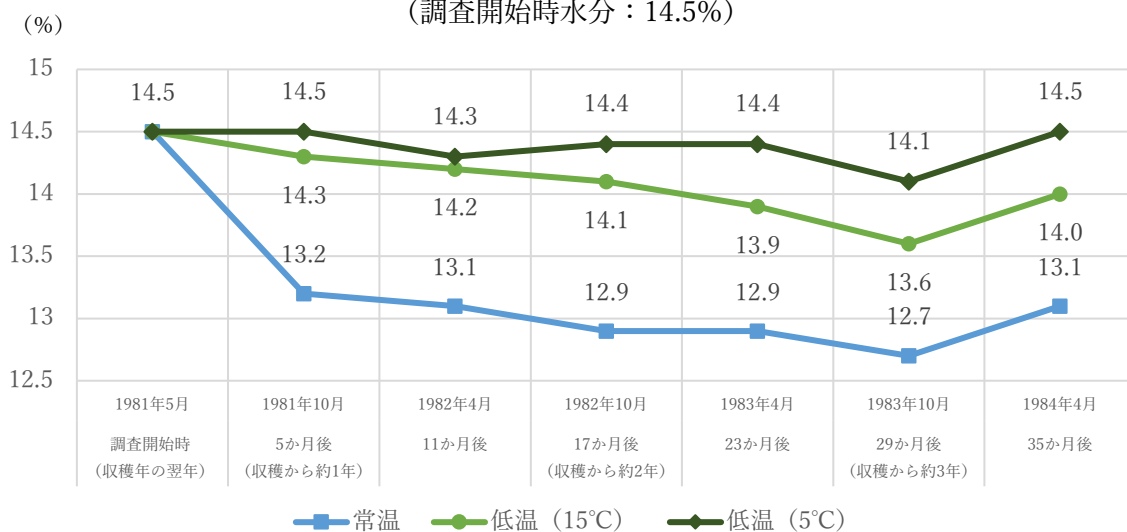
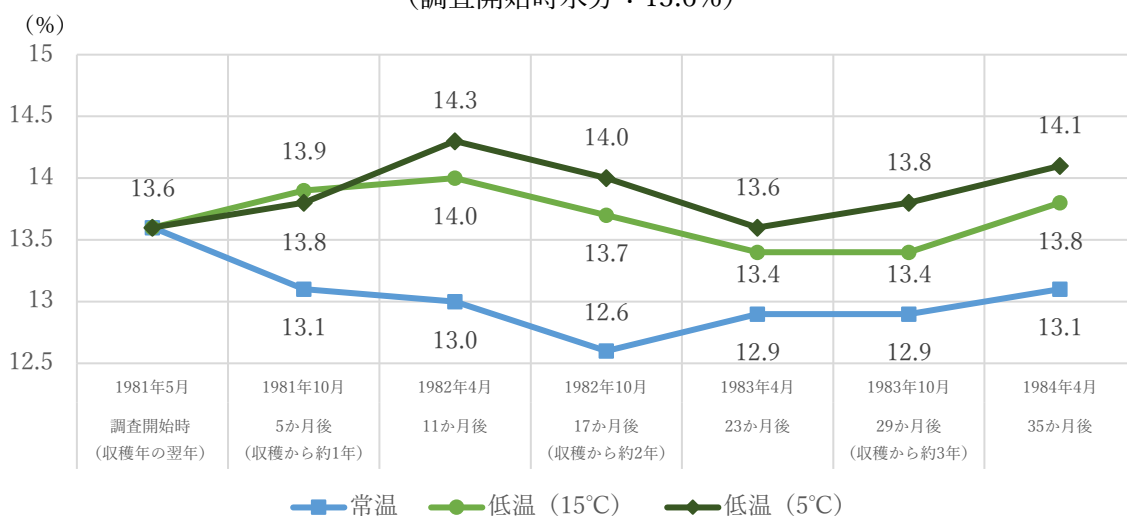


図4-2 佐賀県産 昭和55（1980）年産レイハウの水分変化

（調査開始時水分：13.6%）



(3) 米穀の品質保全のための保管技術究明試験結果(1982年) 食糧庁

産地・産年・品種：栃木県産 昭和54(1979)年産アキニシキ

調査期間：2年5ヶ月(79年11月～82年3月)

保管温度帯：常温、準低温、低温にて紙袋

水分測定法：食糧庁標準計測法(105℃、5時間乾燥法)

図5-1 アキニシキの水分変化 一倉庫移動なし

(調査開始時水分：14.3%、場所：栃木)

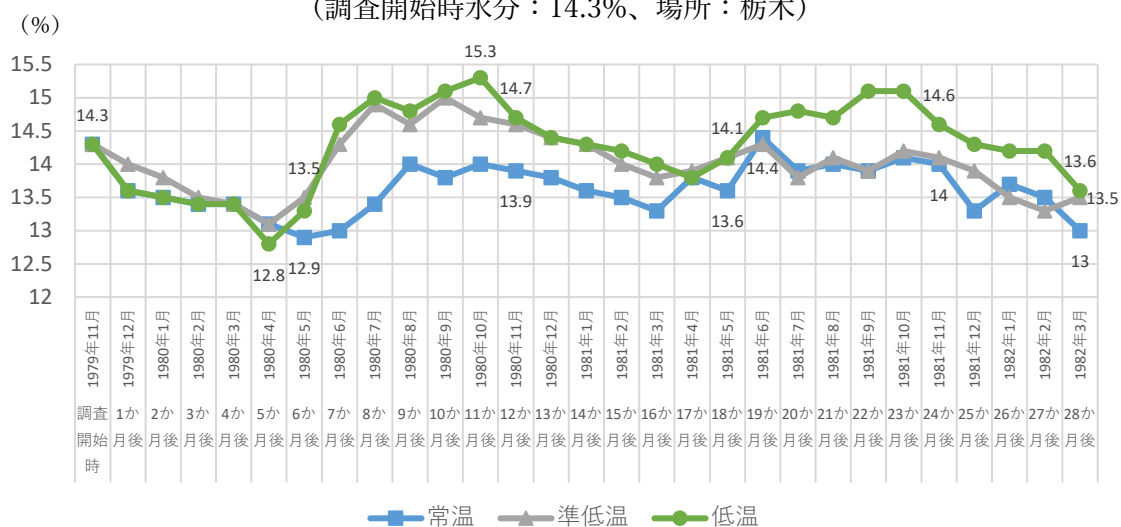
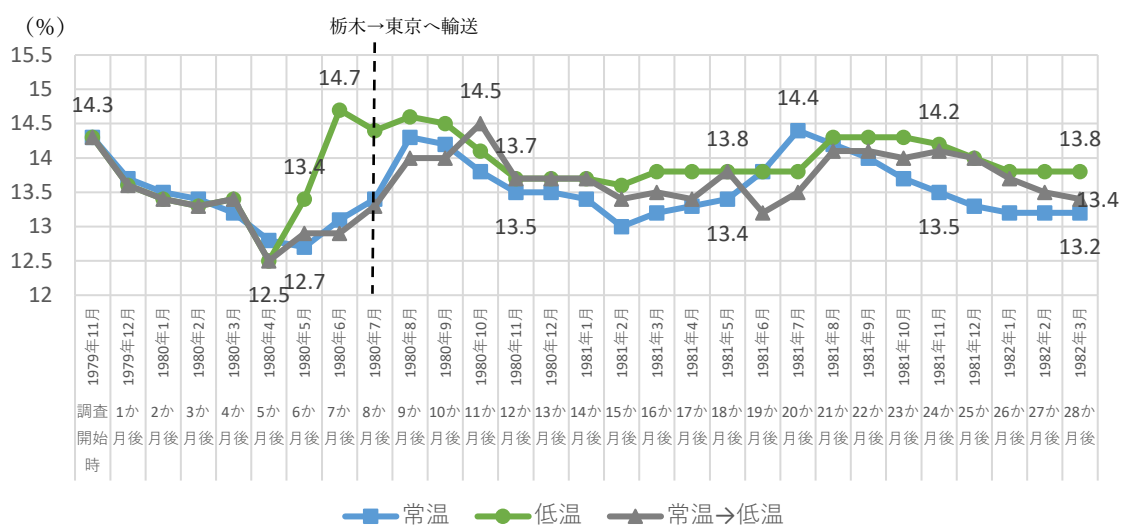


図5-2 アキニシキの水分変化 一倉庫移動あり

(調査開始時水分：14.3%、場所：1980年7月中旬に栃木から東京へ輸送)



注：常温→低温とは、調査開始時は栃木にある常温倉庫に保管し、東京へ輸送した1980年7月中旬以降は低温倉庫に保管した場合である。

(4) 米の低温貯蔵法の研究 (1980年) 河野常盛

産地・産年・品種：秋田県産 昭和33(1958)年産米(1~3等)

山形県産 昭和33(1958)年産米(1~3等)

調査期間：5ヶ月(59年4月~9月)又は6ヶ月(59年3月~9月)

保管温度帯：常温、低温

水分測定法：Kett式検定器

図6-1 秋田県産 昭和33(1958)年産米の水分変化

(調査開始時水分：16.1%)

(%)

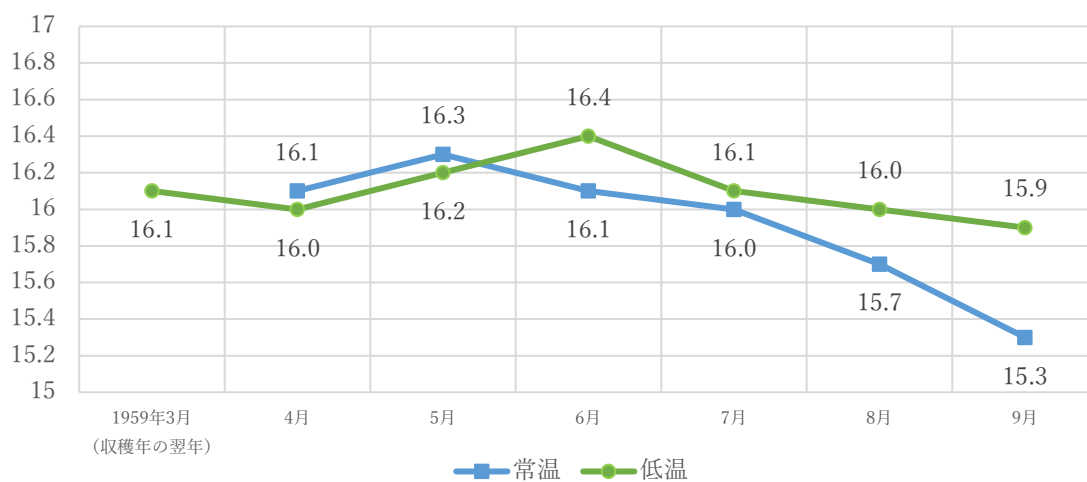
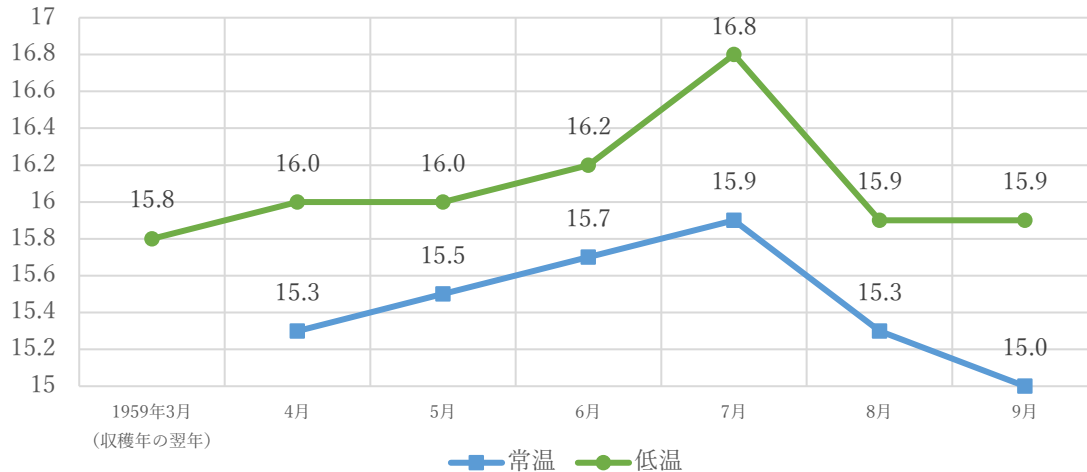


図6-2 山形県産 昭和33(1958)年産米の水分変化

(調査開始時水分：15.3%、15.8%)

(%)



○条件一覧表

資料	(1) 水稲玄米の過乾燥軽減技術の確立		(2) 冷蔵蓄熱倉庫-米を保管して-				(3) 米穀の品質保全のための保管技術究明試験結果			(4) 米の低温貯蔵法の研究				
実験者 著者	茨城県農業総合センター農業研究所		中田富美雄、沼田宏、古田島清彦 財団法人・日本穀物検定協会神戸支部が試験(丸三米穀(株)より依頼)				食糧庁			河野常盛				
発表年	2006		1991				1982			1980				
倉庫構造	スレート		鉄筋コンクリート				栃木県:石 東京都:鉄筋コンクリート			木骨モルタル				
水分量の 計測方法	米麦水分計(K社ライスタム)		食糧庁標準計測法 (105℃、5時間乾燥法)				食糧庁標準計測法 (105℃、5時間乾燥法)			kett式検定器				
場所	茨城県		兵庫県西宮市				・栃木県小山市 ・栃木県小山市→東京都江東区 (1980年7月中旬に輸送)			東京都八王子市				
産地 産年 品種	茨城県産コシヒカリ ・平成15(2003)年産 ・平成16(2004)年産		富山県産コシヒカリ ・昭和53(1978)年産 ・昭和54(1979)年産 ・昭和55(1980)年産		・青森県産アキヒカリ 昭和55(1980)年産 ・佐賀県産レイホウ 昭和55(1980)年産		栃木県産アキニシキ 昭和54(1979)年産			・秋田県産 昭和33(1958)年産 ・山形県産 昭和33(1958)年産				
包装形態	紙袋						紙袋							
調査期間	11か月又は1年		8ヶ月又は9ヶ月				35ヶ月			2年5か月				
保管時期	平成15年産 2003年10月～2004年9月 平成16年産 2004年9月～2005年9月		昭和53年産 1979年4月～1980年1月 昭和54年産 1980年4月～1981年1月 昭和55年産 1981年5月～1982年1月		1981年5月～1984年4月		1979年11月～1982年3月			常温 1959年4月～9月 低温 1959年3月～9月				
調査開始 時水分	13.8%、14.6%、15.1%、15.3%		13.8%、13.9%				13.6%、14.5%			14.3%				
温度帯	常温	低温(15℃)	常温	低温(15℃)	低温(10℃)	低温(5℃)	常温	低温(15℃)	低温(5℃)	常温	準低温	低温	常温	低温
倉庫内 温度	12～3月:2.2～14.4℃、 6～10月:16.2～29.5℃ ※紙袋内	12～3月:5.8～14.0℃、 6～10月:13.2～19.7℃ ※紙袋内	7～33.6℃ ※庫外温度	10.5～ 15℃	10～ 12.6℃	5.0～ 8.5℃				栃木: 4.9～26.4℃ 東京: 5.4～28.4℃	栃木: 4.5～18.9℃	栃木: 4.9～14.5℃ 東京: 5.1～15.5℃	15.9～28.3℃	8.1～14.7℃
湿度	12～3月:38～74% 6～10月:62～85% ※紙袋内	12～3月:63～75% 6～10月:63～73% ※紙袋内	45～82% ※庫外湿度	62.5～75%	65.5～77%	67.5～79%				栃木: 68～81% 東京: 64～82%	栃木: 67～81%	栃木: 68～81% 東京: 68～82%	67～81%	75～88%
備考	9月末～10月半ば、3月末～温度 と湿度の調整を実施		温度及び湿度は 全て1979年4月～12月の数値							・東京の温度と湿度は1980年7月以降の数値 ・温度は保管場所(上段か下段か)によって、栃木で最大1.0℃(常温)、1.1℃(準低温)、1.5℃(低温)、東京で最大1.8℃(常温)、1.0℃(低温)の上・下段温度差が生じた		温度及び湿度は4 月上旬～9月中旬 の数値 ・5月～10月に温度 調整		

※ 不明箇所は空白

○参考文献一覧

- ・一般社団法人全国食糧保管協会『米麦保管管理の手引き（2021年版）』p75-79（2021）
- ・堤忠一、永原太郎「米の平衡水分と履歴効果」食糧研究所研究報告 19号、p194-201（1969）
- ・内藤広「米穀の含有水分量と関係湿度との関係について」食糧研究所研究報告 10号、p41-52、農林省食糧研究所（1955）
- ・農林省食糧研究所『米の品質と貯蔵、利用』p61-63（1969）
- ・茨城県農業総合センター農業研究所「水稻玄米の過乾燥軽減技術の確立」（2006）
- ・中田富美雄、沼田宏、古田島清彦『冷蔵蓄熱倉庫－米を保管して－』p38-54、p161-197、丸三米穀株式会社（1991）
- ・食糧庁買入課『米穀の品質保全のための保管技術究明試験結果（昭和54年度～昭和56年度試験）』p1-6、p19-22、p38-39、p42-43、p50-51（1982）
- ・河野常盛『米の低温貯蔵法の研究』p149-153、p156、p168-172、美顕プリンティング出版部（1980）