

冷蔵庫の効果的な使用法について（報告）

1. はじめに

現代の生活において冷蔵庫は欠かせない存在であり、食品を新鮮に保つために常に稼働しているため、家庭内でも多くの電力を消費している。このため、冷蔵庫の使い方を工夫することは、エネルギーの節約に大きく貢献する。そこで本研究では、冷蔵庫の効率的な使用方法や庫内の温度分布について定量的に評価する。

【発信したい内容】

- （１）ドアが開いている時間や頻度による消費電力量や庫内温度変化について
- （２）十分に冷めていない食品を入れることによる消費電力量や庫内温度変化について
- （３）冷蔵庫の収納量や収納の仕方による消費電力量や庫内温度分布について

2. 実験設備と測定条件

室温 25℃・相対湿度 50%に制御した実験ハウス内に冷蔵庫（仕様：表 1、外観：図 1）を、壁面と約 10 cm の隙間ができるように配置した（図 2）。冷却負荷は水の入った 500 ml ペットボトルとし、冷蔵庫内に 0～90 本投入した（図 3）。庫内の温度は、扉のポケット（４点）、上段（９点）、中段（９点）、下段（９点）の計 31 点について熱電対により測定した（図 4）。

表 1. 冷蔵庫の仕様

メーカー	三菱電機
形名	MR-B46Z（2016 年製）
定格内容積	全体 ：455 L 冷蔵室：239 L 冷凍室：81 L
サイズ	幅 600×奥行 699×高さ 1821 (mm)
冷却設定	5 段階（弱・弱'・中・強'・強）
電動機定格消費電力	76 W
電熱装置定格消費電力	220 W



図 1. 冷蔵庫の外観



図 2. 実験ハウスの間取りと冷蔵庫の位置



図 3. 冷蔵庫に冷却負荷を投入した様子

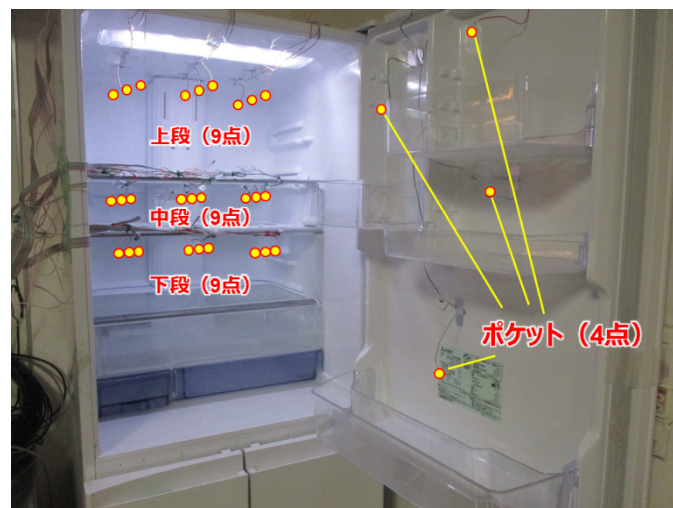


図 4. 冷蔵庫内の温度測定位置。なお、上中下段はそれぞれ、奥側 3 点・中央側 3 点・ドア側 3 点の計 9 点を測定位置とした。

3. 実験内容

(1) ドアの開閉による影響評価

- ・ 冷蔵庫内の内容量は 8 割、冷蔵庫の冷却設定を”中”条件とし、庫内温度と冷却負荷温度が安定するまで十分冷却させた。
- ・ 庫内温度と冷却負荷温度が安定したのちに、2 時間ドアの開閉を繰り返し、庫内温度と消費電力の測定を行った。
- ・ ドアを開く角度は 90 度とし、開いている時間は 10 秒・30 秒・60 秒とした。なお、ドアを開ききるまでの時間と開いた状態から閉じきるまでの時間はそれぞれ 2.5 秒で統一した。

(例) 開閉時間 10 秒：ドアを開ける時間 2.5 秒

＋ 開ききっている時間 5.0 秒

＋ ドアを閉じる時間 2.5 秒

- ・ ドアの開閉頻度は、ドアを開いている時間が 10 秒のときは 5・10・20 分おき、30 秒のときは 10 分おき、60 秒のときは 10・30 分おきとした。

(2) 庫内温度以上の被冷却物投入による影響評価

- ・ 冷蔵庫内の内容量は 8 割、冷蔵庫の冷却設定を”中”条件とし、庫内温度と冷却負荷温度が安定するまで十分冷却させた。
- ・ 庫内温度と冷却負荷温度が安定したのちに、鍋に 40℃および 70℃の水 1 ℓを入れた被冷却物を冷蔵庫内の上段に投入した。
- ・ 被冷却物（鍋）投入後は、ドアの開閉を一切行わず、約 24 時間、庫内温度と消費電力の測定を行った。

(3) 冷却負荷の量と配置による影響評価

- ・ 冷蔵庫内の内容量を 0 割、5 割、8 割、10 割、冷蔵庫の冷却設定を”中”もしくは”強”条件とし、それぞれ庫内温度と冷却負荷温度が安定するまで十分冷却させた。
- ・ 庫内温度と冷却負荷温度が安定したのちに、ドアの開閉等を行わずに、庫内温度と消費電力の測定を約 24 時間行った。
- ・ 内容量を 8 割とした条件では、冷気吹出口の前を開けず冷気循環が悪くなる配置についても試験を実施した。

4. 実験結果

(1) ドアの開閉による影響評価

ドアを開いている時間や頻度を変えた時の、庫内最大温度や1分粒度の庫内平均温度、1時間あたりの消費電力量についてまとめたものを表2に示す。なお、基準条件としてドアの開閉を一切行わなかった時の各種測定結果についても示した。また、各条件における庫内温度の経時変化を図5に示す。

- ・ドアを開いている時間や頻度が増加しても、1時間あたりの消費電力量に大きな差は生じなかった。
- ・基準条件を見ると、ドアの開閉をしていない状態の庫内最大温度は、上段が9.5℃と最も高く、中段および下段は5.3℃、5.4℃と上段に比べて約4℃低くなる。これは、冷気が下にたまりやすい性質をもつことと関係があると思われ、庫内で吹き出した冷気が冷蔵庫内下方にたまったことが影響していると推測される。
- ・基準と他の条件の比較により、ドアの開閉をすることで庫内温度は上昇することが分かる。ポケットと上段の庫内最大温度の上昇幅が大きく、10秒の開閉を10分おきに繰り返すと、ポケットで8.4℃、上段で6.9℃上昇する。
- ・条件1,2,3の比較をすると、ドアの開閉頻度が増えることで庫内平均温度と庫内最大温度は高くなる傾向がある。開閉頻度が高いと、次回開閉までに庫内温度が冷え切らないことが推測され、5分に1回の頻度でドアを開けた場合、20分に1回の頻度の時と比べて、上段の最大温度が約0.8℃高くなる。
- ・条件2,4,5の比較をすると、ドアを開いている時間が長くなることで庫内空気の入れ替わり量が多くなるため、庫内温度は高くなり、60秒の開閉では上段の最大温度が約22℃まで上昇する。
- ・条件1,6の比較をすると、1時間でドアを開けている時間が同じでも、庫内温度に差が生じることが分かる。ドアを開いている時間を短くすることで庫内の最大温度は低くなるが、ドアを開く頻度が増えることで庫内平均温度は高くなる。

表 2. ドアの開閉時間および頻度を変えた際の各種測定結果

	開閉時間	開閉頻度	1時間あたり 開閉回数	1時間あたり 開閉時間	1時間あたり 消費電力量 (Wh)	最大温度 (°C)				平均温度 (°C)			
						ポケット	上段	中段	下段	ポケット	上段	中段	下段
基準	—	—	—	—	57.3	7.3	9.5	5.3	5.4	5.9	7.9	4.5	4.4
条件 1	10秒	5分おき	12回	120秒	56.1	16.2	17.0	8.9	10.5	7.9	10.0	5.6	5.4
条件 2	10秒	10分おき	6回	60秒	55.8	15.7	16.4	8.8	11.0	7.1	9.2	5.1	5.1
条件 3	10秒	20分おき	3回	30秒	55.4	15.5	16.2	8.7	11.0	6.7	8.7	4.9	4.8
条件 4	30秒	10分おき	6回	180秒	55.8	17.6	19.9	11.4	11.8	8.1	10.3	5.7	5.5
条件 5	60秒	10分おき	6回	360秒	55.9	19.1	22.1	13.3	13.4	9.6	12.3	7.1	6.9
条件 6	60秒	30分おき	2回	120秒	55.3	19.2	21.0	12.7	14.0	7.4	9.4	5.3	5.2

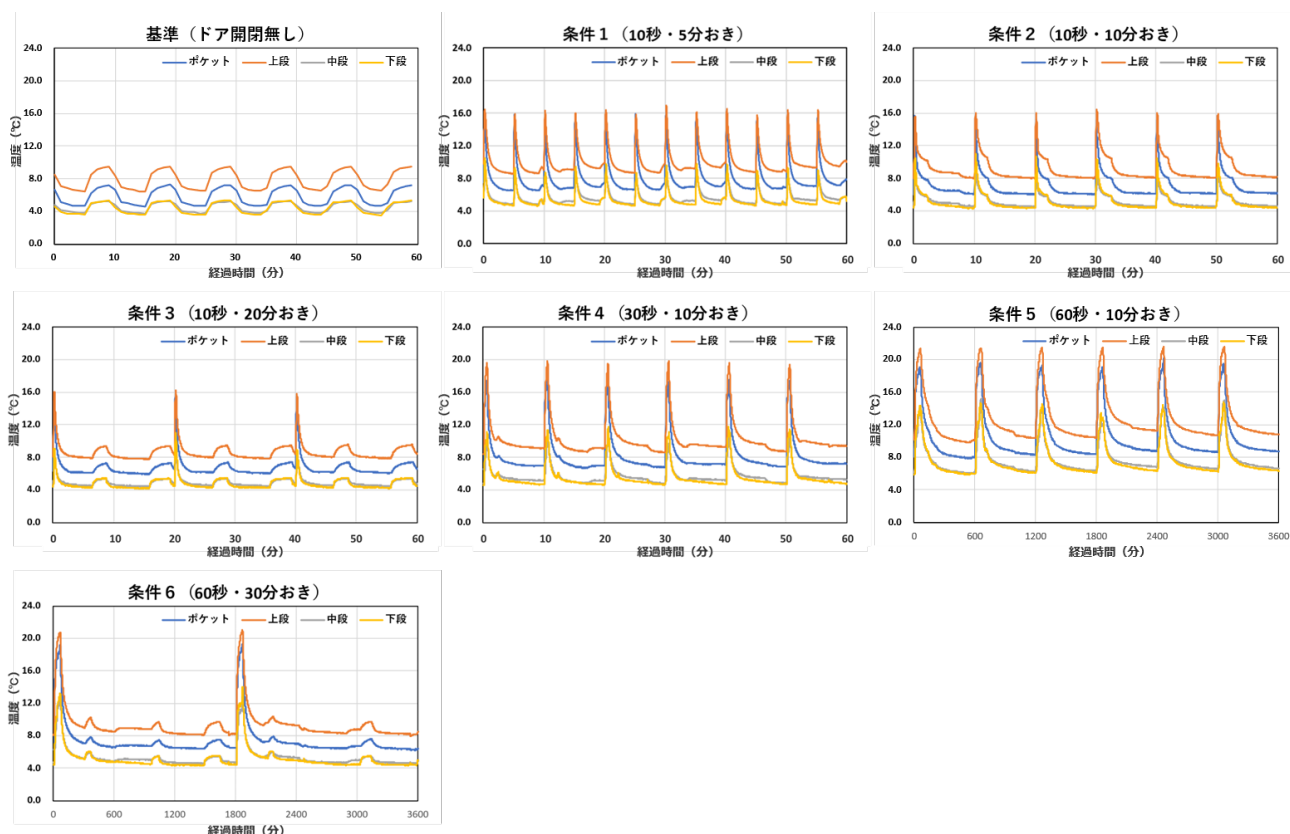


図 5. 各条件における庫内温度の経時変化

(2) 庫内温度以上の被冷却物投入による影響評価

冷蔵庫の上段に、40℃および70℃の水1ℓが入った鍋を入れた時の、冷蔵庫の1時間当たりの消費電力量や最大温度、庫内の温度復帰時間（基準条件での平均温度+1.0℃以下になるまでと設定）を表3に示す。また、庫内温度の経時変化を図6に示す。

- ・温まっている鍋を冷蔵庫に入れると、1時間あたりの消費電力量は僅かに増加したが、大きな変化は見られなかった。
- ・庫内温度以上の内容物を投入すると庫内温度は上昇し、置いた場所の近く（上段）の温度が最も温度上昇しやすいが、離れた場所（下段）でも庫内の温度は上昇した。温度上昇が最も大きかった上段では、基準条件における平均温度と比較して、40℃の水1ℓを入れることで、5.5℃、70℃の水1ℓを入れることで、11.0℃の温度上昇が確認された。
- ・庫内温度が復帰するまでの時間は、投入物の温度が高いほど長い傾向にある。

表 3. 庫内温度以上のものを投入した際の各種測定結果

	鍋温度 (℃)	1時間あたり 消費電力量 (Wh)	基準条件：平均温度 (℃) 条件1, 2：最大温度 (℃)				庫内温度復帰時間 (分)			
			ポケット	上段	中段	下段	ポケット	上段	中段	下段
基準	—	57.3	6.4	8.3	4.9	4.8	—	—	—	—
条件1	40	60.9	11.1	13.8	8.0	6.7	4	4	7	3
条件2	70	61.2	15.4	19.3	9.4	7.9	30	43	58	2

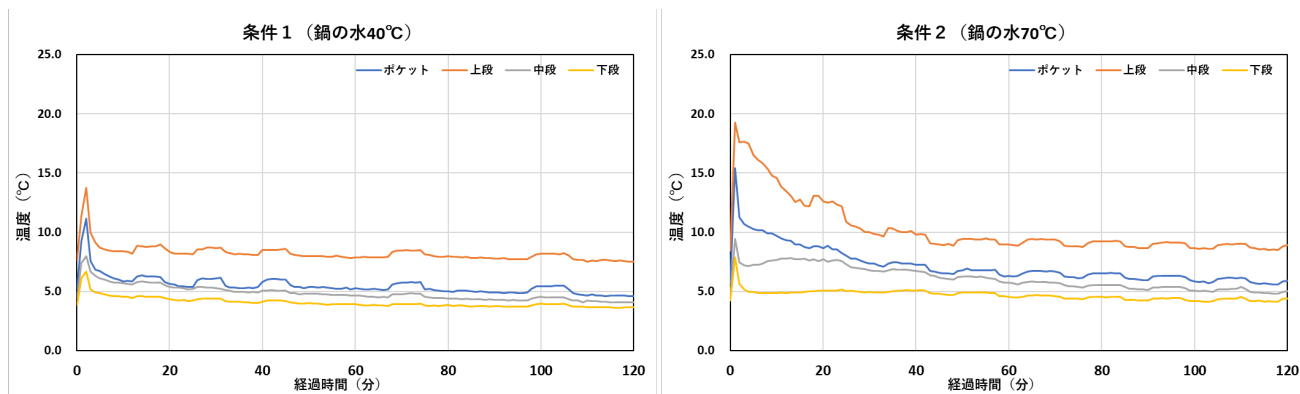


図 6. 各条件における庫内温度の経時変化

(3) 冷却負荷の量と配置による影響評価

冷蔵庫の内容量ごとの庫内温度と 1 時間あたりの消費電力量を表 4 に示す。また、内容量を 8 割とし、冷氣吹出口をふさぐように配置した場合と、内容量を 10 割とし、冷却設定を”強”とした場合の庫内温度と 1 時間あたりの消費電力量もあわせて表 4 に示した。

- ・ いずれの条件においても、上段、ポケット、中段、下段の順に温度が低くなる傾向にある。
- ・ 条件 1,2,4,5 を比較すると、庫内の内容量が多いほど庫内平均温度は高い傾向にある。
- ・ 条件 2,3 を比較すると、同じ内容量でも冷氣吹出口をふさぐように置いた場合の方が、庫内の平均温度が 0.6°C~1.1°C 高くなった。庫内の内容量が多い場合や、冷氣循環が悪くなるような配置にした場合、庫内全体に冷氣が行き届かなかったため、庫内温度が高くなったと推測される。
- ・ 条件 1,6 を比較すると、冷蔵庫の内容量 10 割で冷却設定を”強”にすることで、庫内温度は低くなるが、1 時間あたりの消費電力量は 15.7 Wh (27.2%) 増加する。
- ・ 以上から、冷蔵庫にはモノを詰めすぎず冷氣が循環するような配置にすることで、冷却の設定レベルを高くすることなく効率よく庫内を冷やせることが期待される。

表 4. 庫内の容量や配置の仕方を変えた際の各種測定結果

	内容量	冷却設定	負荷配置	1 時間あたり 消費電力量 (Wh)	平均温度 (°C)				最大温度 (°C)			
					ポケット	上段	中段	下段	ポケット	上段	中段	下段
条件 1	100%	中	通常	57.7	7.1	9.2	5.6	5.8	8.5	11.2	6.4	6.8
条件 2	80%	中	通常	57.3	6.4	8.3	4.9	4.8	7.9	10.1	5.9	6.0
条件 3	80%	中	吹出口を ふさぐ	54.6	7.5	9.4	5.7	5.4	8.5	10.8	6.6	6.7
条件 4	50%	中	通常	60.6	6.2	8.7	4.8	4.7	8.3	11.4	5.8	5.9
条件 5	0%	中	通常	57.4	5.2	7.8	4.7	4.3	9.1	11.4	7.4	6.3
条件 6	100%	強	通常	73.4	5.5	7.7	3.6	3.4	7.2	10.3	4.7	4.5

5. まとめ

本実験では、冷蔵庫のドアの開閉時間・頻度や、内容物の温度・量・配置が、庫内温度や消費電力量に及ぼす影響について評価し、冷蔵庫の上手な使用法に関して以下の知見を得た。

(1) ドアの開閉による影響評価

- ・開閉時間や開閉頻度が増加しても、1 時間あたりの消費電力量に大きな差は生じなかった。
- ・ドア開閉による庫内温度の上昇はポケットや上段で大きい傾向にあり、10 秒の開閉を 10 分おきに繰り返すと、庫内最大温度は基準よりもポケットで 8.4℃、上段で 6.9℃上昇する。
- ・ドアの開閉頻度が増えると次回開閉までに庫内温度が冷え切らず、5 分に 1 回の頻度でドアを開けると、20 分に 1 回の頻度の場合と比べて、上段の最大温度が約 0.8℃高くなる。
- ・1 時間あたりの延べ開閉時間を 120 秒とした場合、1 回あたりの開閉時間を短くすることで庫内の最大温度は低くなるが、開閉頻度が増えることで庫内平均温度は高くなる。逆に 1 回あたりの開閉時間を長くすると庫内平均温度は低くなるが、庫内最大温度は高くなる。

(2) 庫内温度以上の被冷却物投入による影響評価

- ・庫内温度以上のものを投入すると、庫内温度は上昇する。投入物の位置に近い箇所ほど、温度上昇しやすいが、投入物から離れた箇所も僅かに温度上昇する。
- ・基準条件における平均温度と比較して、40℃の水 1ℓを入れることで、最大 5.5℃、70℃の水 1ℓを入れることで、最大 11.0℃の温度上昇が確認された。
- ・庫内温度が復帰するまでの時間は、投入物の温度が高い傾向にある。

(3) 冷却負荷の量と配置による影響評価

- ・庫内の内容量が多いほど庫内の平均温度は高い傾向にあり、内容量 10 割の場合、内容量 8 割の場合よりも庫内各場所で 0.7℃～1.0℃高くなる。
- ・冷氣吹出口をふさぐような配置にした場合、そうでない場合と比べて庫内の平均温度は庫内各場所で 0.6℃～1.1℃高くなる。
- ・冷蔵庫の内容量 10 割で冷却設定を“強”にすることで、庫内温度は低くなるが、1 時間あたりの消費電力量は 15.7 Wh (27.2%) 増加する。
- ・冷蔵庫にはモノを詰めすぎず冷氣が循環するような配置にすることで、冷却の設定レベルを高くすることなく省エネに庫内を冷やせることが期待される。

定量的な結果については、外部環境や冷蔵庫の仕様、測定手法などの条件によって変わってくる。今回の結果は、当社の設定条件下で試行した一例である。