大量炊飯の調理学的研究(第1報)

Experimental Studies on Cooked Rice in a Mass Feeding (Part 1)

加水量の決定と温度管理について

On the Decision of the Rate of Water to Rice and the Temperature Control in the Cooking Process

(昭和45年4月11日受理)

岡 田 玲 子*
(Reiko Okada)

In order to standardize the cookery methods of rice in a mass feeding, experiments were made using a gas cooker in four different quantities of rice, 5 kg, 6 kg, 8 kg and 10 kg. The moisture content of the rice used in the experiments was 14.97%. The conditions in cooking should be compared with the result, that is, the qualitative evaluation of cooked rice.

(1) The rate of water to rice (weight percentage) was found to be 136%. This rate is closely similar to the theoretical rate (136.6%) which was calculated, taking into accounts a moisture content in rice, the amount of water contained in cooked rice and the amount of water evaporated in the cooking process.

(2) The gas rice cooker was kept warm from 130°C to 170°C, even 15 minutes after the turning off of the gas. So the medium heat treatment usually followed by that of the weak heat to finish the rice cooking can be omitted.

(3) Temperature control was very simplified. The cooking was started and finished always by the strong heat, only that the regulation of the time of heating was necessary in proportion to the quantity of rice. Namely the heating time was 18 minutes for 5 kg of rice, 19 minutes for 6 kg and 23 minutes for 8 kg. Each figure of time shows the time necessary for the middle layer of rice of respective amount to reach the temperature of 100°C and to continue the temperature for 2 minutes. After the turning off of the gas it was appropriate in all cases to allow the cooked rice to settle by its own heat for 15 minutes. This temperature control satisfied the conditions of keeping 98°C for 20 minutes which is necessary to gelatinize the rice.

緒 言

集団給食における炊飯は、家庭調理と異なり作業時間や作業能力など作業工程上の制約を受けるため、その調理法の標準化は重要なことと考えられる。小規模の炊飯に関しては多くの研究^{1)~4)}がなされているが、大量炊飯に関する研究はあまり見られない。近年土元ら⁵⁾は産業給食施設の調査において、その炊飯方法には一定の方式がなく、試行錯誤によって行なわれていると述べ、さらに三段式ガス堅型炊飯器による5kgの炊飯では、水容量比1.1、強火20分、中火5分、弱火5分、蒸らし20分による方法が最もよかったと報告している。著者は学内給食管理実習における体験から、大量炊飯の調理学的検討の

必要性を痛感し、本研究に着手した。今回は炊飯過程において最も基本的な問題とされる、加水量の決定ならびに温度管理について、大量炊飯におけるそれらの特徴を把握すると共に、食味良好な米飯を得んとし、水分分布の均一化を図るための実験も1, 2あわせて行なった

試料および実験方法

1. 試料米

42年新潟県産越路早生3等米(水分14.97%)で、約5°Cの冷蔵庫内に密封保存し、用時所定量秤取した。

2. 炊飯器

秋本調理機KK製三段式堅型ガス炊飯器GC20型30kg炊きを用い、実験は中段にて行なった。なお、炊飯器内の食缶(容量10kg)は蓋を施すと比較的気密になり、水蒸気の漏出を最小限に防止できる構造になっている。

* 新潟県立新潟女子短期大学

3. 測温方法

a. 炊飯器内の測温は図1の如く、食缶外側の側面、奥、上部、扉内側の各空間について、測温範囲0～1200℃の熱電温度計（飯尾電機KK製）を用いて行なった。

b. 食缶内の測温は図2の如く、食缶内蓋下空間中央と、米飯中央部の上、中、下層の4点について、測温範囲0～300℃の熱電温度計（飯尾電機KK製）を用いて行なった。なお、米飯の出来上りを予想して、上層は米飯表面より1cm下、下層は食缶底面より1cm上、中層は両者の中間とした。食缶内に熱伝対を設置するに際し、導線の被覆の耐熱性に制約があったため、何回か試作を重ねて、500℃に耐える導線を作り測定に用いた。

図1 炊飯器内の熱伝対配置図（側面図）

図2 食缶内の熱伝対配置図（正面図）

4. 米飯の品質評価

a. 米飯の水分：105℃、5時間の乾燥法によった。

b. 米飯粒の形態：米飯を並べたガラス板を感光紙上におき、光源150 W、照射距離31 cm、照射時間5～7秒で感光させた印画について、長径は粒の縦の最も長い径を、短径は粒の横の中央部をそれぞれ計測し、さらに、長径と短径を乗じて仮の面積を求めた。各実測値について、生米粒を対照とする比率を算出した。

c. 官能検査：所定の炊飯方法で炊飯した米飯を試食に供した。官能検査は本学の給食管理実習における喫食者150名を対象とするアンケート法と、食品学並びに調理学研究室員4名のパネルによる方法を適宜用いた。評

価項目⁹⁾は光沢、外形、香り、粘り、硬さおよび総合的食味の6項目とした。なお、実験期間中の平均気温23℃、平均湿度72%、および平均水温21℃であった。

5. 炊飯方法

a. 洗米：水圧式洗米機にて3分洗米した。

b. 加水量：食味良好な米飯の水分量⁹⁾より逆算して試料米の炊飯に必要な水の量を求めた。これに予め決定しておいた蒸発量を加算して、重量比で135～140%の各加水率を設定し、それぞれ米飯の品質評価に対比することにより、適切な加水率を求めた。

c. 浸漬時間：予備実験により60分とした。

d. 温度管理：炊飯規模の大小にかかわらず、炊飯理論は同一であると仮定して、白米のα化に要する温度と時間⁷⁾（98℃、20分）を確保し、さらに、熊田ら⁸⁾の炊飯条件（点火後12～15分の間に沸騰させ、その後は焦げない程度に高温を保ちながら、蒸らし過程に入り約30分で炊飯を完了する）に準じて、種々の加熱方法を設定した。それぞれ米飯の品質評価ならびに作業管理上の難易等の比較により、適切な温度管理の方法を選定した。

実験結果ならびに考察

1. 加水量の決定

炊飯量5kgにおいて、135～140%の各加水率で炊飯したところ、食味の最も良好な加水率は136%であり、炊飯中の蒸発量は少量炊飯の場合⁹⁾よりやや少なく、平均8.3%であった。この適切な加水率は、次のようにして算定した理論値ともほぼ一致することが認められた。

$$\begin{aligned} & \text{①米飯の重量膨張率} 2.29 \text{倍} \\ & \text{②米飯水分量(中層)} 62.6\% \\ & \text{③米の水分量} 14.97\% \\ & \text{④炊飯中の蒸発量} 8.3\% \end{aligned} \quad \left\{ \begin{aligned} & (\text{①} \times \text{②} - \text{③}) + \text{④} \\ & = (2.29 \times 0.626 - 14.97) \\ & \quad + 8.3 = 136.6 (\%) \end{aligned} \right.$$

表1 加熱方法別による炊飯器内食缶外側奥の温度経過

時間(分)	0	5	10	15	20	25	30	35
加熱方法	℃							
A	20	265	335	365	270	190	150	120
B	20	270	330	360	274	200	176	148
C	20	270	328	360	275	204	174	147

註：1. 炊飯量5kgの場合である。

2. A 強火16分(食缶内中層が沸点に至る迄)→中火5分→弱火5分→消火後蒸らし過程に入る
 B 強火16分(食缶内中層が沸点に至る迄)→中火5分→弱火5分→消火後蒸らし過程に入る
 C 強火16分(食缶内中層が沸点に至る迄)→中火5分→弱火5分→消火後蒸らし過程に入る

図 3 炊飯器内ならびに食缶内の温度分布

2. 炊飯器内の温度分布とその保温性

表 1 に示す如く、加熱方法の相違により、炊飯器内(食缶外側奥)(図 1 の②)の温度分布に若干の差がみられるものの、その差は米飯の出来上りに、直接影響を及ぼす程のものとは考えられない。したがって、常法の中火および弱火加熱を省略して、C の如く強火加熱のみの温度管理でも差支えなく、しかもこの方法は、作業管理上からも有利であると考えられる。

図 3 は強火加熱 18 分で消火し、その後 180 分まで観察した際の温度分布を示したものである。炊飯器内では、加熱中の部位による温度差が著しく、18 分には最低 300 (扉内側) ~ 最高 450°C (側面) に至り、消火後は急速に降温するものの、蒸らし終了時には 130~170°C を呈し、以後降温は緩慢となり、60 分頃より 100°C を下り、180 分には 60°C 前後を示した。この時の米飯内各層の温

度は 70 分まで 100°C を保持しており、180 分には 83°C であった。したがって、消火後密閉しておく限り、この炊飯器の保温性は極めて高く、余熱で米でん粉の α 化に要する熱量の供給は、十分であることが確認された。

なお、180 分経過後の米飯の食味は極めて良好であり、食缶内壁に「おこげ」は生じなかったにもかかわらず、淡黄赤色の着色が観察された。この現象を測色色差計にて測定したところ、表 2 に示す結果を得た。

3. 加熱時間と温度経過

強火加熱のみで炊飯を行なう場合の、適切な加熱時間を見出すために、加熱時間と温度経過について検討した。ここでは、加熱時間に蒸らし時間を加算したものを炊飯時間とした。まず炊飯量 5kg の場合について総括したのが図 4 である。98°C 20 分継続の条件に大略添うよう炊飯時間はいずれも 33 分とし、消火後の残余時間を蒸らし時間とした。米飯層の昇温経過をみると、上層においては加熱 1 分以後沸点到達まで、三層中常に最も高温を示しているが、中層および下層では加熱 3 分、7 分および 11 分において、それぞれ両者の温度曲線が交錯しており、対流の仕方が経時的に変化することが認められる。沸点到達時間は上層 14 分、中層 16 分、下層 15 分であり、熊田ら⁹⁾の理論にはほぼ一致するものであった。中層の沸点到達時に消火した場合と、さらに加熱を継続した場合とでは、米飯層の内部温度に変化は認められないが炊飯器内および食缶内蓋下空間の昇温にみられる如く、米飯をとりまく環境が漸次高温となるために、米飯の出来上りに種々の変化をもたらしことを観察した。すなわ

表 2 炊飯器内に保温中の米飯の着色状況

経過時間	色 差	感覚的な差	肉眼による観察
60分	0.7 NBS	slight	わずかに淡いクリーム色を帯びる
120分	1.3 NBS	slight	淡いクリーム色にやや赤味が加わる
180分	2.0 NBS	noticeable	淡いうす黄赤色を帯びる

注：東京電色 K K 製ユニフォーム測色色差計 TYPE TU-1 を用いて測定す。対照は所定の炊飯方法により炊飯した米飯である。

図 4 強火加熱時間の長短による温度分布と米飯の品質(5 kg の場合)

図 5 炊飯量と温度経過

表 3 炊飯量と炊飯時間および積算ガス使用量

炊飯量 (kg)	炊飯時間(分)			沸点に到達する時間(分)			積算ガス 使用量 (m ³)	米 1kg を炊飯するに要する積算 Cal 量
	強火加熱	蒸らし	合計	上層	中層	下層		
5	18	15	33	14	16	15	1.02	1670
6	19	15	34	16	17	16	1.14	1653
8	23	15	38	20	21	20	1.38	1501
10	26	15	41	24	23	20	1.56	1357

注：1. 実験日の平均室温25°C，湿度71%，水温23°C
2. 強火加熱のガス流量 0.06m³/min，1 m³=8700 Cal

ち、沸点到達直後消火した場合は、米粒内水分移行が不十分でいわゆる水っぽく、芯のある米飯になる。さらに1～2分加熱を継続した場合は美味な米飯となり、3分では底部が少々焦げ始めるが、極めて良好な米飯が得られた。しかしながら、4分ではかなり焦げが進み、焦げ

臭が感じられた。この結果より、適切な加熱時間は米飯中層が沸点到達後、さらに強火継続2分を加算した時間であり、したがって、蒸らし時間は15分と自ら定められることとなった。なお、加熱終了時点においては、いわゆる米飯の芳香が漂い初め、また炊飯器の扉を瞬間開放して食缶を引き出すならば、食缶の蓋の間隙より水蒸気の漏出をみる事ができた。さらに、試みに食缶内を覗くならば、炊飯水は米に吸収され、ほとんど消失していることなども観察することができた。

次に、6～10kgの各炊飯量において、上記の温度管理の原則を適用した結果を図5に示した。炊飯量の増加に伴い、米飯各層の沸点到達時間が延長され、6 kgでは16～17分、8 kgでは20～21分、10kgでは20～24分となった。ここで注目すべきは、いずれも所定の強火加熱時間(最も遅く沸点に到達した米飯層の時間+2分)と蒸らし15分の炊飯時間の中で98°C 20分継続の条件を充足していることである。しかしながら、その温度経過は炊飯量の増加と共に複雑となり、特に、10 kgでは米飯各層の沸点到達順序が前二者と逆になるなど、食缶容量通りの炊飯では対流に著しい差を生ずることを知った。

なお、1 kg 当りの炊飯に要する使用ガス積算熱量は表3に示す如く、炊飯量の増加に伴い若干減少している。

4. 炊飯量と米飯の品質について

表4および図6に示す如く、米飯の膨張率については各炊飯量間にほとんど差はないが、水分量および米飯粒形においては差が明瞭である。水分量はいずれも上層に少なく、下層に多く、中層はその中位でありこの現象については土元ら³⁾の報告と一致した。この水分分布に関連して米飯粒形の変化が認められ、中層を基準にした比較では、いずれも上層は小、下層は大でありその差は炊飯量の増加に伴い顕著になっている。なお、長径の伸長度が短径のそれに比べ、いずれも大であることは、注目される現象である。

米飯の食味についてはいずれも中層が最も良好で、上層はやや硬く、下層は軟かい。特に 10kg では下層の米飯粒は崩壊し易い状態であり、8kg でもこの傾向は多少認められる。したがって、食缶容量通りでは品質の均一な米飯は得難く、比較的可能な炊飯量は容量の80%以下といえよう。また、容量の60%の炊飯においても、米飯各層の品質の差が認められることから、食缶内の水分分

栄 養 と 食 糧

表 4 炊飯量と米飯の品質

炊飯量 (kg)	重 量 膨 張 率	容 積 膨 張 率	米飯層の 高 (cm)		水分含有量 (%)	米飯粒の形態 (生米粒に対する比)			官 能 検 査
						長 径 (%)	短 径 (%)	面 積 (%)	
6	2.29	2.38	9.3	上 層	58.0 (93)	156 (98)	103 (94)	161 (93)	少し硬いが、良好
				中 層	63.1 (100)	158 (100)	110 (100)	173 (100)	最も良好
				下 層	64.6 (104)	170 (107)	113 (103)	193 (111)	少し軟い
8	2.29	2.42	12.5	上 層	57.9 (91)	154 (95)	107 (97)	165 (92)	やや硬いが、良好
				中 層	63.2 (100)	162 (100)	110 (100)	178 (100)	最も良好
				下 層	67.5 (107)	190 (114)	113 (103)	215 (120)	少し軟く、米飯粒は崩れ 易い
10	2.28	2.40	14.8	上 層	58.3 (91)	156 (94)	107 (95)	166 (88)	良 好
				中 層	63.8 (100)	166 (100)	113 (100)	188 (100)	少し軟いが、良好
				下 層	69.7 (110)	196 (118)	120 (106)	235 (125)	軟く粘り、米飯粒は崩れ 易い

註：()は中層を100とした場合の比率を示す。

図 6 炊飯量と米飯粒の形態

炊飯量 6 Kg の場合

炊飯量 8 Kg の場合

炊飯量 10 Kg の場合

註：左端は生米粒である

布の均一化を図ることが、大量炊飯では特に必要であると考えられる。

5. 米飯水分の均一化への一試み

上記の現象の改良策として、蒸らし時間中に食缶を反転（飯盒炊飯で常用される方法）する場合と、飯櫃に米飯の上層が下になり、下層が上になるようにして移す場合について、その成績を図7～9に示した。いずれにおいても米飯水分の移動に伴い、米飯粒形の変化も若干認められた。前者は消火後4～6分経て食缶を反転し、引き続き11～9分間蒸らす方法が望ましく、後者は金属製では結露により容器壁の米飯粒の膨潤がみられるが、木製ではこれを防止でき、経時的に中層の品質に近づく。しかしながら、60分経過では幾分乾燥してくるので、適当

な時間に喫食することが望ましい。

要 約

集団給食における炊飯方法を標準化する目的で、堅型ガス炊飯器を用いて、5～10kgの各炊飯量における炊飯条件を検討した、主な結果は次の通りである。

(1) 加水率は重量比で136%が適切であった。これは米の水分量、米飯の水分量および炊飯中の蒸発量より算定した理論値の136.6%にほぼ近似する数値であった。

(2) 炊飯器内の温度分布は各部位による差が著しく、点火後16～18分で300～450℃に達し、消火後は急速に降温するものの、蒸らし終了時は130～170℃を保持している。したがって密閉して蒸らす限り保温性が高いの

図 7 米飯の水分分布を均一にするための工夫(その 1)
消火後蒸らし時間の途中で反転する場合

図 8 米飯の水分分布を均一にするための工夫(その 2)
米飯を金属製の飯櫃に移す場合(65°C の恒温槽に放置す)

図 9 米飯の水分分布を均一にするための工夫(その 3)
米飯を木製飯櫃に移す場合

で常法の中火および弱火加熱を省略することができる。

(3) 温度管理は強火加熱のみでよく、炊飯量によって加熱時間を加減する。すなわち、5 kg では 18 分、6 kg では 19 分、8 kg では 23 分であり、いずれも食缶内米飯の中層(大体において上、下、中層の順に昇温する)が沸点到達後、さらに 2 分加熱を継続した時間である。なお、蒸らし時間は 15 分が適切であった。

(4) 温度管理を可及的に望ましい状態に維持しても、食味良好な中層の米飯に比して、上層は水分量少なく、粒形は小さくひきしまっており、下層は水分量多く軟かすぎ、粒形の伸長が認められる。この傾向は炊飯量に比例して顕著になるので、この場合は、食缶容量の 80% 以下が比較的可能な炊飯量といえよう。

(5) 食缶内米飯水分の均一化を図るため、蒸らし時間の途中で食缶の反転操作を施すとか、また、木製の飯櫃に米飯を移すなどの改良策は効果的であった。

終りに臨み、本研究に終始ご懇篤なご指導ならびにご校閲を賜りましたお茶の水女子大学の松元文子教授ならびに本学の原沢久夫教授に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 奥田富子, 中浜信子, 田原都久子: 家政学雑誌, 9, 86 (1958)
- 2) 加藤寿美子: 家政学雑誌, 14, 323 (1963)
- 3) 山崎清子, 島田キミエ: 調理と理論, 同文書院 (1967)
- 4) 松元文子, 関千恵子, 津田真由美: 家政学雑誌, 18, 158 (1967)
- 5) 土元喜美子, 高橋貴美子: 栄養学雑誌, 24, 29 (1966)
- 6) 斎藤昭三: 新潟県食品研究所研究報告(特別号) 72 (1962)
- 7) 桜田一郎, 北野登志雄, 淵野桂六: 理研彙報, 14, 361 (1935)
- 8) 熊田ムメ, 平野マサミ, 和泉公美子: 広島女学院大学論集, 第 17 集, 167 (1967)