

電極式炊飯器とその再現

長谷川 能三*

概要

現在の電気炊飯器はヒーターやIH方式によって加熱する方式となっているが、かつては炊飯器に入れた米と水に直接電流を流し、そのジュール熱によって加熱する炊飯器が存在した。しかしこのような炊飯器ではうまくご飯が炊けないと思われがちである。そこで、このような電極式炊飯器を再現したところ、普通の電気炊飯器で炊いたものと遜色のなく炊くことができた。そこで、この炊飯方式やその背景、問題点等について述べる。

1. はじめに

エネルギーの変換や電気抵抗の学習素材として、パン種に直接通電する「電気パン」と呼ばれる実験が行なわれることがある。これは、容器の内側に2つの電極を配して100V交流の電源につなぐという簡単なものであり、パン種に直接電流が流れ、パン種そのものが発熱することでパンが焼ける(蒸しパンのようなものができる)という実験である(例えば、[1][2]などで紹介されている)。パン種に水分が多い間は電流がたくさん流れ発熱量も大きいですが、水分が少なくなると電流がほとんど流れなくなり、パンが焼き上がる。

純粋な水は理論的には非常に電気抵抗が非常に大きく、ほぼ絶縁体である。しかし、水道水など実際に使われている水にはさまざまな電解質が溶け込んでおり、絶縁体とはいえない。これは、水に溶解した電解質がイオンとなり自由に移動することができるためである。このため、水がすべて蒸発し析出した電解質だけになったり、水が少なくなり何らかの理由でイオンが移動できなくなれば、電流は流れなくなる。しかし、パン種の場合にはいくら水分が多いとはいえ、イオンが移動するというイメージは持ちにくいのではないだろうか。

2. 電極式炊飯器

大阪市立科学館では、このように材料に直接電流を流し、その電気抵抗による発熱によって調理する炊飯器を所蔵・展示している。富士計器株式会社製の

「たからおはち」という商品で、木製のおひつ状の容器の底に、櫛の歯状の電極が2つ、櫛の歯が互い違いになるように取り付けられ、電極とつながったコードをコンセントに差すだけという簡単なものである。このような方式の炊飯器に、特に決まった名称はないようであるので、ここでは「電極式炊飯器」とする。

このような電極式炊飯器は、現在のソニーの前身である東京通信研究所が終戦直後(1945年秋)に試作したものの、「ご飯に芯があつたりお粥のようになってたり、うまく炊けるほうがまれというありさま」で、ソニーの「失敗作第一号」であるということが、ソニーの歴史の中で紹介されている^{[3][4][5]}。このため、電極式炊飯器と



写真1. 電極式炊飯器「たからおはち」

*大阪市立科学館 学芸員
hasegawa@sci-museum.jp



写真2.「たからおはち」内部の電極

いうものを知っていても、「この方式ではご飯はうまく炊くことができない」「このような炊飯器は試作されたが商品化されなかった」「このような炊飯器はソニー（東京通信研究所）が独自に考案した」と思われることが多いようである。[6]

そこでまず「たからおはち」を調べたところ、添付されていた説明書に「実用新案登録一四九五号」とあった。しかしこの番号は実用新案の登録番号ではなく、昭和21年の実用新案の願書番号1495号が該当する実用新案であった。この実用新案の出願は東京通信研究所の試作より後の1946年であるが、その内容は、電流を直接材料に流して炊飯することではなく、電極の形状を同形の楕円の歯型の電極2枚にすることにより電極の製作・取り付けを容易にすることであった。つまり、この炊飯方式そのものについては、当時、既知の技術だったのである。そこで、これ以前で炊飯方法に関する特許・実用新案を調べたところ、電極式炊飯器



写真3.「たからおはち」の説明書

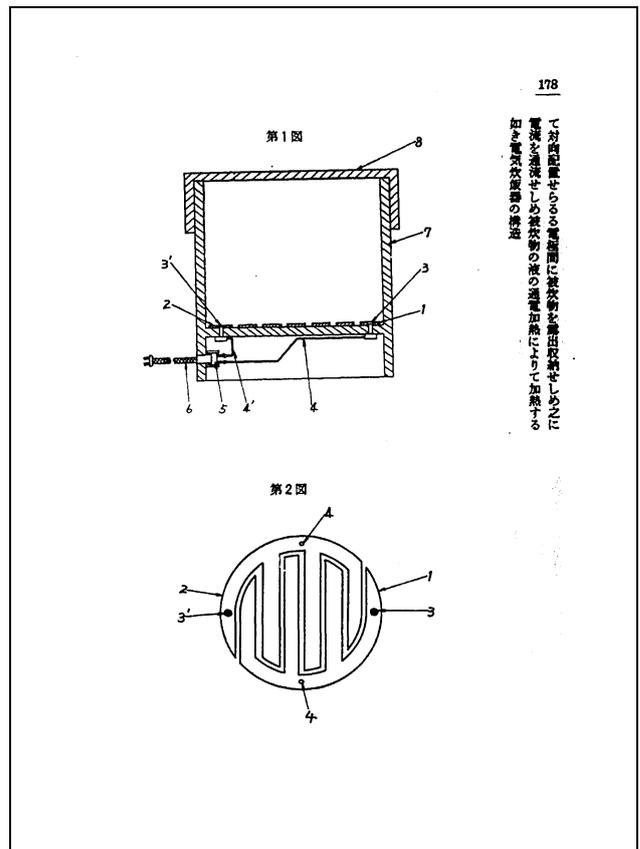
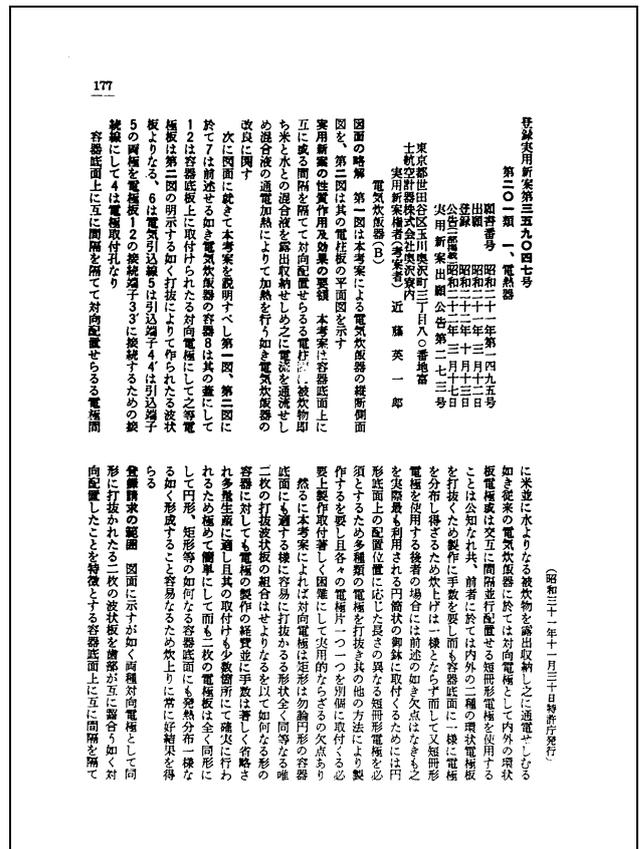


図1.「たからおはち」の実用新案

そのものについては、「電気に依る炊飯法」として昭和9年に特許出願、昭和11年に特許取得されている。この特許では、電極の形状として同心円状の円形の電

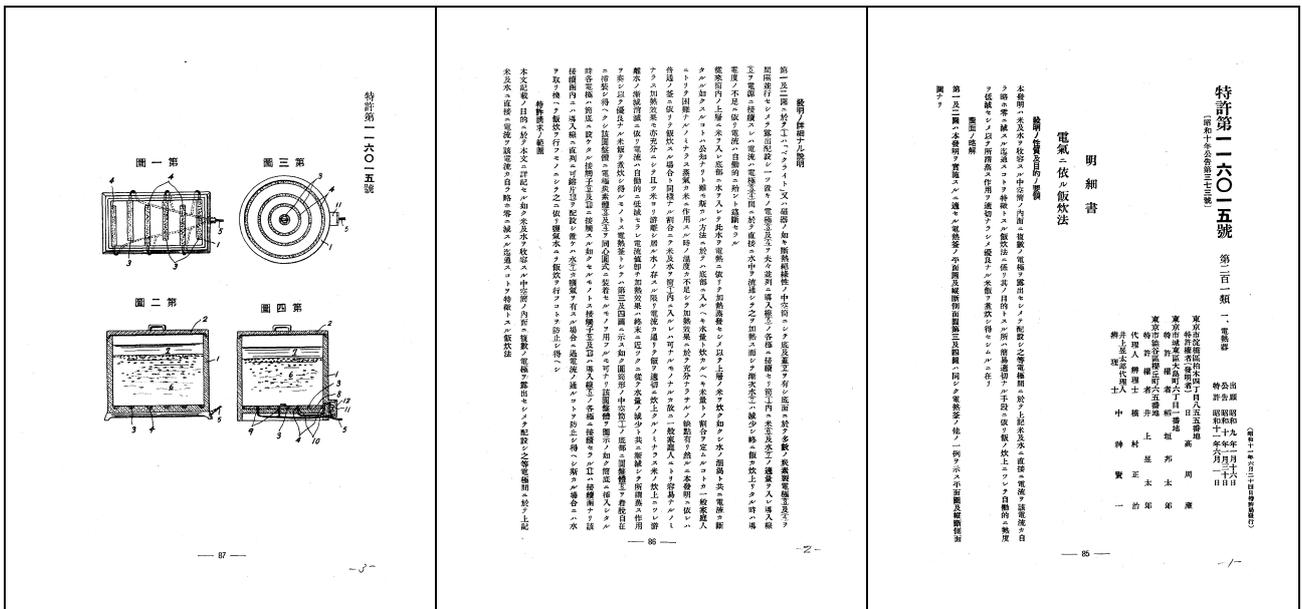


図2.「電気ニ依る炊飯法」の特許

極、もしくは短冊形の電極を並べるようになっており、「たからおはち」の実用新案で公知とされている電極の形状とも一致する。また、この頃には他にも食材に直接電流を流すことにより煮炊きする調理器具やパン焼き器など、特許や実用新案に登録されているものが多い。これらのことから、電極式炊飯器はソニー（東京通信研究所）が独自に開発したものでないことは明らかである。

3. 電極式炊飯器の再現

電極式炊飯器の再現にあたっては、簡単のため、容器は「たからおはち」に近い大きさの市販の木製のおひつを用いた。電極は、0.1mm厚のステンレス板を「たからおはち」の電極の形状をまねて切り抜き、おひつの底の内側に木ねじで固定した。また、両電極から各1ヶ所、おひつの底を貫通するようにボルトを通し、おひつの裏側で電線をつないだ。この電線には、ブレーカーを介しプラグを取り付けた。



写真4. 再現した電極式炊飯器

お米は普通のお米1合を研いで30分程水に浸したものを使用し、水の量は一般的な電気炊飯器で炊く場合と同じ量にした。これをおひつを改造した電極式炊飯器に入れ、100V交流の電源につないだところ、最初は70W程度の電力消費であった。その後、図3のとおり消費電力は200W程度まで増えたが、非常に増減が激しく不安定となった。これは中の水が沸騰し、電極に水蒸気の泡がつくなどしたからではないかと考えられる。その後20分を過ぎた頃から消費電力は落ち、やがて30Wを切るようになった。そこで、炊き始めからおよそ30分後に電源を切り、5分ほど蒸らした。蓋を開けてみると、きれいにご飯が炊けており、少し固めであったが、芯が残ったりお粥のようなご飯にはならなかった。ただ、電極の先端に接していた部分で、少し黒く焦げたご飯粒があった。

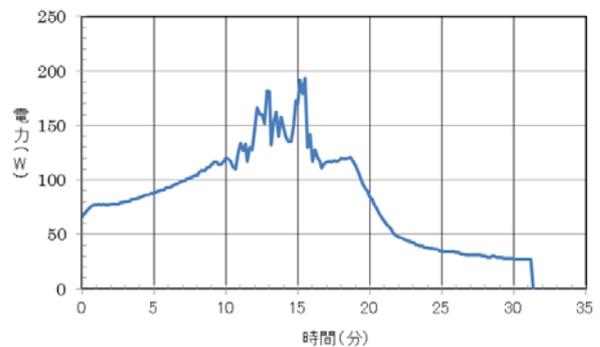


図4. 炊飯中の消費電力の変化

炊きあがったご飯が少し固めであったことから、少し水を多めにして同じように炊いたところ、問題なく炊きあがった。また、お米の量を2合にしても、同様にうまく炊くことができた。

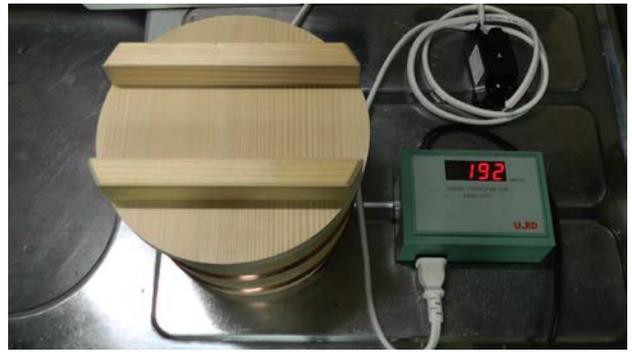


写真5. 炊飯中の様子(左上は炊飯前、右上は炊飯中で消費電力最大の頃、下2枚は炊きあがり)

※電力計の誤差により、電力を使用していなくても1~2Wの表示となる



写真6. 炊きあがったごはん
(写真上部に少し焦げたご飯粒がある)

4. 課題

このように、電極式炊飯器は、ソニーのオリジナルのものではなく、実際に商品化もされており、ご飯を炊く

ことのできるものであった。

東京通信研究所の試作で炊飯に失敗した理由としては、「米や水の入加減が難しく、また、当時は電圧が不安定だった」とある^{[3][4][5]}。しかし、今回の再現で簡単にご飯をうまく炊くことができたのは、実際に商品として販売されていた「たからおはち」の電極をまねたことが大きいと思われる。電気パンの実験では、牛乳等の1Lの紙パックを底から数cmの高さにカットし、向かい合った2つの側面に電極を取り付けた容器が使われることがある。そこで今回、この容器でも炊飯を試みたが、電極間の距離が長いので電気抵抗が大きく、炊飯するだけの熱量とはならなかった。このことから、電極間の距離は非常に重要である。

しかし、今回の再現で問題点も明らかとなった。簡単に再現するために市販のおひつを用いたが、おひつは炊いたご飯を入れるためのものであり、水を入れることを考えては作られていない。そのため、数回使用すると、底板にゆがみが生じ、水漏れを起こすようになってしまった。また、電極として薄いステンレス板をカットして使用したが、このステンレス板とおひつの底板との間に隙間ができ、炊いたご飯が入り込んだため、清掃が難しかった。そこで、2回目以降の炊飯では、中にガーゼを敷いて電極とお米が接触しないようにした。このことにより、ご飯粒が少し黒く焦げることも防ぐことができた。

また、電極式炊飯器だけでなく電気パンにも共通した2つの問題点がある。

まず、100V交流の電源を用いることから、感電や漏電・ショートを起こさないように対策する必要がある。今回、電源との間にブレーカーを取り付け、ショートや漏電により過電流が流れた場合には電流を遮断するようにした。しかし、通電中に2つの電極に触れるなどして感電した場合の対策とはなっていない。直接電極などに触れられないような構造にするなどの対策だけでなく、通電中は水に手を入れるなどもしないように注意が必要である。

また、今回は簡単のために電極にステンレス板を使用した。試食を行なう場合には電極の素材にも注意しなければならない。食品衛生法に基づく「食品、添加物等の規格基準」^[7]では、「電流を直接食品に通ずる装置を有する器具の電極は、鉄、アルミニウム、白金及びチタン以外の金属を使用してはならない。ただし、食品を流れる電流が微量である場合にあっては、ステンレスを電極として使用することは差し支えない。」とな

っている。しかし、この炊飯において食品を流れる電流が微量であるとはいえない。上記基準では鉄やアルミニウムの電極の使用も認められているが、イオンの溶け出し、清潔性、価格等を考えると、電極にはチタンを使用する必要があるであろう。

このように、今回の再現ではいくつかの問題点があるが、電気パンと比べて食品の状態と電気抵抗の関係を理解しやすいと考える。つまり、液体の水に電解質が溶けた状態では電流が流れ、見た目に液体の水がなくなれば電流はあまり流れなくなる。さらに、醤油等を入れた炊き込みご飯では電流がどのように変化するかを調べてみるのもおもしろい。

また、炊飯方式としてこの方式はエネルギーのロスが少ない。このことから、チタン電極を用いて、通常の電気炊飯器のようにマイコン制御といったことができれば、IH方式よりも簡単に効率の良い炊飯器となる可能性も考えられる。

【参考文献】

- [1] 杉原和夫「電気パン焼き器」,『理科おもしろ実験・ものづくり完全マニュアル』(左巻健男 編著), p21, 東京書籍(1993)
- [2] もりの小学校 webサイト「電気パン」
<http://www.morinogakko.com/classroom/rika/jikken/denkipan/index.htm>
- [3] ソニー広報部『ソニー自叙伝』, ワック株式会社(2001)
- [4] 江戸東京博物館 板谷敏弘・益田茂『本田宗一郎と井深大 ホンダとソニー、夢と創造の原点』, 朝日新聞社(2002)
- [5] ソニー株式会社webサイト「Sony History 第1章 焼け跡からの出発」
<http://www.sony.co.jp/SonyInfo/CorporateInfo/History/SonyHistory/1-01.html>
- [6] 柏木博・長沼行太郎・内田青蔵・大竹誠・唐澤平吉・中野照子『CONFORT 5月増刊 につぼん家事録』, 建築資料研究社(2002)
- [7] 厚生労働省「厚生省告示第370号 食品、添加物等の規格基準」
<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/kigu/dl/4.pdf>