

## 連携記事

# 薄肉軽量球状黒鉛鑄鉄製キッチン用品の開発\*

Development of Thin and Lightweight Ductile Cast Iron Kitchenware

松本 誠 伊藤鉄工(株)  
技術部 課長

Makoto Matsumoto

## 1 はじめに

私たち伊藤鉄工株式会社は、創業より鑄物を通じて地域社会に貢献し、また素材や技術の可能性に挑み続けてきた。

昭和6年、ストーブの製造販売メーカーとして創業した当社は、昭和24年に排水用鑄鉄管の製造販売を開始。昭和30年以降の日本住宅公団の団地建設に伴い、公団仕様の建築用機材・設備用機器を多数開発し、公団仕様の全鑄鉄器材を製造。その技術は今日の製品の基礎となっており、更なる歳月を掛けて製品の開発・改良を進めている。

平成14年頃より、建物への負荷の低減（屋上緑化等による建物負荷の軽減）や設備施工作業者への労力の低減のニーズが高まり、継ぎ手部品等の建設用鑄鉄製器材として強靱な球状黒鉛鑄鉄（ダクタイル鑄鉄）を採用することにより、部品機能を損ねずに製品の肉厚を低減し軽量化を実現してきた。

本報告では、平成17年より経済産業省中小企業庁の施策「JAPANブランド育成支援事業」により、新ビジネスの育成と弊社で極めてきた究極の軽量化技術の具現化を目指し進めてきた「薄肉軽量球状黒鉛鑄鉄製キッチン用品の開発」の成果を紹介する。

## 2 薄肉軽量球状黒鉛鑄鉄製キッチン用品の開発

キッチン用品は、人が操作する、高温で使用される等使用環境は様々であり、軽量であることと同時に落下やサーマルショックにも高い安全性を有することなどが強く求められる。

またIHクッキングヒーターによる加熱においては速熱性や熱分布の均一性が求められる。そこで、このように厳しい使用環境にさらされるキッチン用品を対象に薄肉軽量化技術

の具現化に挑戦することにした。開発された肉厚2mmの超軽量球状黒鉛鑄鉄製フライパンおよび鍋を図1に示す。

### 2.1 球状黒鉛鑄鉄の溶湯成分と湯流れ性、チル防止について

今までに報告されている球状黒鉛鑄鉄の湯流れ性から以下の4成分について湯流れ性の評価を行った。

成分A…湯流れが良いといわれる共晶成分。

成分B…湯流れ性と化学成分の関係式から高炭素、高珪素とする。

$$I = 378.5CE + 2.29T - 3900$$

I：渦巻き試験片での流動長（mm） CE：炭素当量（%）

T：鑄込み温度



図1 肉厚2mmの超軽量球状黒鉛鑄鉄製フライパンおよび鍋

\*日本鑄造工学会「鑄造工学」第82巻（2010）12号掲載記事「薄肉軽量球状黒鉛鑄鉄製厨房器具の開発」を再構成して掲載。

成分C…CよりSiの方が湯の粘性を下げるということから超高珪素とする。  
成分D…片状黒鉛鑄鉄では、Pが高いと湯の流動性が増すということから高磷とする。  
それぞれの目標成分を表1に示す。

### 2.2 溶解・鑄造方法

溶解には高周波電気炉 (50kg) を用い、球状化処理はサンドイッチ法にて行った。球状化にはFe-Si-5%Mgを使用した。また、Fe-75%Siで2次接種を行った。  
溶解温度は1853~1873Kを狙い、注湯温度は高温1623Kとし、その時に流れた湯の距離を測定する方法を用いた。

### 2.3 湯流れ性の評価

渦巻き試験片を用いての湯流れ性試験結果は、成分D>成分B>成分A>成分Cとなった(図2)。  
この結果から、適度な高炭素、高珪素は湯流れを良くすることが確認された。また、高磷は湯流れを良くするが、材質が強度的に非常に脆くなるので本製品には向かないことも確認した。  
また、詳細は述べないが、チル防止の面からもSiは3%以上が必要であることもわかった。

### 2.4 方案の検討

実際に薄肉鍋の模型を製作し、鑄造実験を行った。製作した模型のデザインを図3に示す。寸法は、底面の径φ

表1 目標成分 (%)

	T.C	Si	Mn	P	S	Mg
成分A	3.6	2.1	0.18	0.08	0.03	0.03
成分B	3.9	3.5	0.18	0.08	0.03	0.03
成分C	3.9	4.5	0.18	0.08	0.03	0.03
成分D	3.9	3.5	0.18	0.15	0.03	0.03

200mm、開口φ223mm、高さ100mm、肉厚は2.0mmとした。

実験の結果、複数の堰から湯を入れると鑄型内で湯先が接触し、十分に溶け合わないことが湯境の発生する原因になることがわかった。また、落とし込み方案では鑄型内で湯が分流してしまい、湯境が発生してしまう(図4)。

よって、薄肉鑄鉄鍋製作の方案では、製品下方に堰を設け、湯を押し上げるような一定方向から静かに湯を入れる方案が好ましいことが確認された。

## 3 開発品の評価

対象とする製品の外観を図5に示す。何れも主要な肉厚は2.0mmの薄肉軽量鍋である。強靱な球状黒鉛鑄鉄とはいえ2.0mmという薄さであるので、使用時に発生するトラブルを想定し製品の評価を実施した。また、従来のねずみ鑄鉄製(肉厚4.0mm)との性能評価も行った。

- 1) 強度試験
- 2) 空焚き試験
- 3) 急冷試験
- 4) 速熱性および保温性

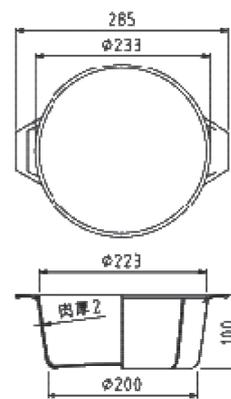


図3 鍋デザイン

	成分A	成分B	成分C	成分D
写真				
流動長 (mm)	1778	1791	1620	1893

図2 湯流れ性実験結果

### 3.1 強度試験

鑄鉄製のキッチン用品は、使用中に誤って製品を落とし破損させるという事故が想定される。したがって、製品には容易に割れないことが求められる。そこで大きいほうの丸鍋（直径φ250mm、高さ125mm、重さ2100g）を使い、球状黒鉛鑄鉄（FCD450相当）と、比較のため同じ模型を使ってねずみ鑄鉄（FC200相当）を作り、圧壊試験を行った。

試験結果を表2に示す。球状黒鉛鑄鉄の鍋は16200Nの圧縮力で30.0mm潰れても亀裂が入らず、これ以上の試験は危険と判断し試験をやめた。潰れた状況を図6に示す。

一方、ねずみ鑄鉄の鍋は、3700Nの荷重で10.3mm潰れたところで亀裂が発生した（図7）。



図4 湯境発生部



図5 薄肉球状黒鉛鑄鉄製鍋

表2 圧壊試験結果

	荷重 (N)	潰れ (mm)	
球状黒鉛鑄鉄	16200	30.0 <sup>※</sup>	試験中止
ねずみ鑄鉄	3700	10.5	亀裂発生

### 3.2 空焚き試験

このようなキッチン用品は、往々にして空焚きしてしまうことがある。そこで、家庭用ガスコンロにのせ加熱し、鍋内部の表面温度を温度計で測定した。温度が823Kになるとそれ以上は温度が上がらなくなった。60s経過後、火から下ろして空冷し、その後目視で観察したが異常は認められなかった。

### 3.3 急冷試験

空焚きをしたときに、あわてて水を入れてしまうことが考えられる。そこで、前の実験と同様に823Kまで加熱し、水に浸し急冷した。その結果、異常は認められなかった。また、表面処理の珪瑯にも異常は認められなかった。

### 3.4 昇温性および保温性

鍋に一定量の水を入れ、IH加熱による水温の上昇速度および加熱を止めてからの水温の低下の状況を調査した結果を示す。従来のねずみ鑄鉄製（肉厚4mm）に比較し、開発した球状黒鉛鑄鉄製の鍋（肉厚2mm）は、優れた昇温性能（約10%の時間とエネルギーの削減）を持ち、保温性においても同等の性能を維持していることがわかった（図8、図9）。



図6 潰れた球状黒鉛鑄鉄製鍋



図7 10.3mm潰れたところで亀裂が入ったねずみ鑄鉄製鍋

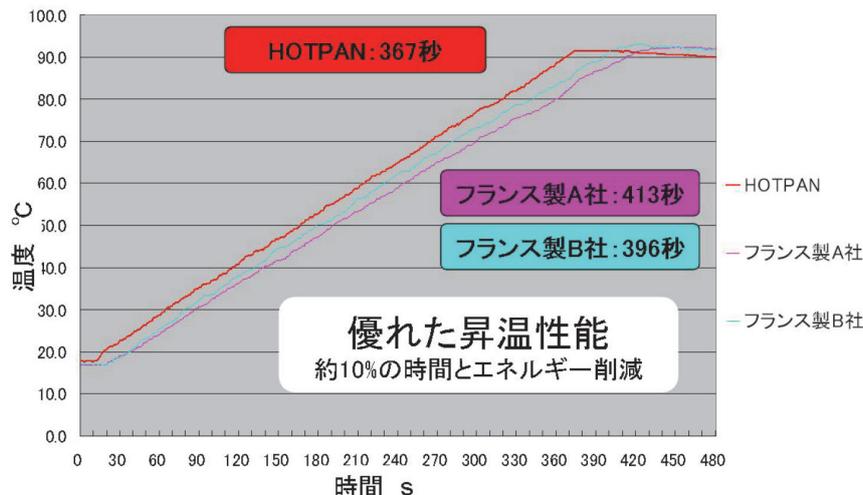


図8 水の昇温性

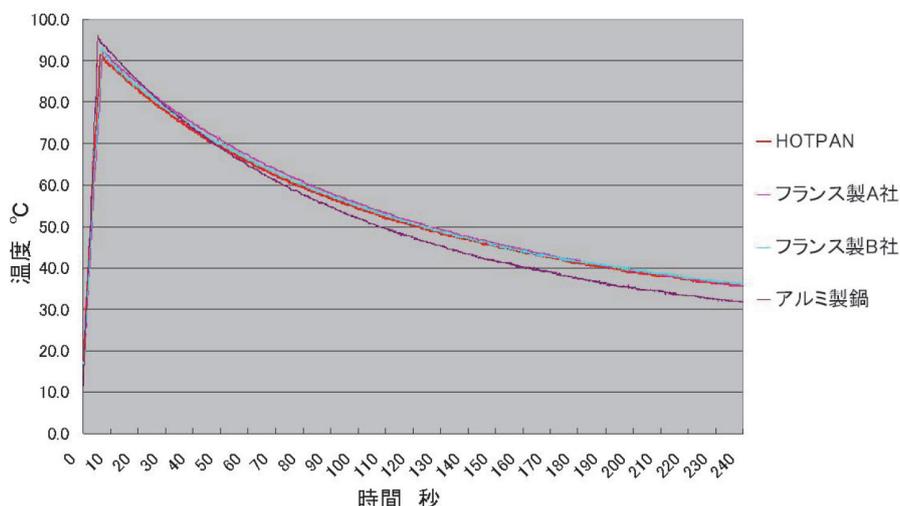


図9 水の保温性

## 4 製品アイテムの拡大

今までに作り上げてきた薄肉鋳物製造技術を適用し、軽量鋳物鍋の種類を増やし、鍋のみならずフライパンの製造も開始した。

1次開発品である2種類の鍋に加え、図10に示すような鍋およびフライパンの開発を行った。また、IHクッキングヒーターにおけるSGマーク（財団法人製品安全協会の定めた認定基準に合格した安全な製品であることを示すマーク“Safety Goods”の略）を取得する際に問題になったのは底面の平面度で、面においたときにガタツキの出ない対策が求められた。

### 4.1 鋳鉄鍋のラインアップの充実

1次開発品のφ230およびφ150に、その中間のφ190を加えた。また、これらの径で今までの各々深さ121.5mm（φ

230）、106.5mm（φ190）、91.5mm（φ150）というシリーズに加え、深さ76.5mm（φ230）、61.5mm（φ190）、56.5mm（φ150）という浅いシリーズを開発した。これらは今までよりサイズが小さく、あるいは深さが浅くなるものであったので、鋳造は簡単になり、従来技術の延長で大きな問題はなかった。

### 4.2 フライパンの開発

フライパンには長い柄がついており、この部分に湯境、チルが出るのが必至でこの対策が必要である。湯境防止としては、注湯温度の下限を厳しく管理するだけの防止は困難であり、鋳造方案について検討した。すなわち、長い柄の部分をおこの鋳造方法である垂直割り縦型鋳造において、柄を上にするのか、下にするのか、横にするのか、また、早く注湯するために何処にどのような堰にするかを検討し、試験鋳造に



図10 拡大したアイテム

より確認した。結論は、柄の部分を中心に、先端にガス抜きをつけることにした。

柄は肉厚2.0~3.0mm、幅が20mm前後で容量が少なく、凝固が早くチルが出る。対策はSiの下限を3%とし、しかも注湯流接種を十分にすることとしたがこれだけでは解決できず、製造工程途中で柄が折れるという問題も発生した。そこで図11のように柄の周囲に玉縁をつけることにした。

これによって、チルの発生が抑えられ、折れ防止ができ、この部分の湯境不良もなくなった。

#### 4.3 平面度の改良

薄肉であるため、鑄造後のショットブラスト作業でショット時間が長いと変形し、またブラスト内で鑄造品が多いとその衝突で変形する。これについてはショット時間の短縮、数量の制限、投射材の大きさ等を決めることで解決した。

しかし、珙瑯時の空焼き、その後のショットブラスト、珙瑯焼付け時等の変形があることも分かり、各々の工程について置き方を考えるなど作業の改善を行い、これを解決した。

## 5 まとめ

本実験の結果から、球状黒鉛鑄鉄の薄肉化における鑄造条件として以下のことがわかった。

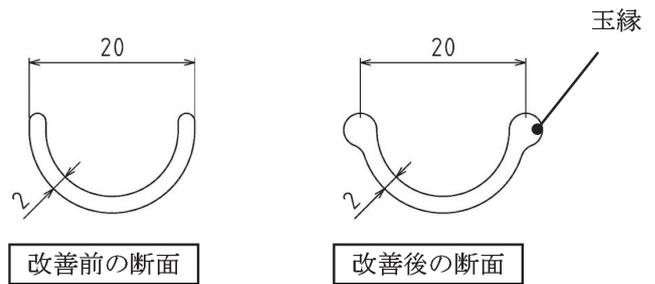


図11 チル防止の断面形状

- ・ 溶湯成分は、CE値を高くし湯流れ性を上げ、チル防止をはかる。
- ・ 方案は、堰の数を少なくし、下方からのむくりあげ方案が良い。

この条件を用いて薄肉軽量球状黒鉛鑄鉄製キッチン用品を鍋7種類、フライパン3種類、計10種類の開発に成功した。開発したキッチン用品は、軽量であると共に、昇温性・保温性・安全性にすぐれた省エネルギー商品である。また、底面の平面度において、薄肉、しかも珙瑯という高熱にさらされるという処理で苦労したが、IHクッキングヒーターで利用できるキッチン用品（鍋6種類、フライパン3種類）に財団法人製品安全協会のSG (Safety Goods) マーク認定を受けることができた。

また、平成22年にはグッドデザイン賞を受賞、さらに平成26年には、『新・現代日本のデザイン100選』に選ばれるなど実用性だけでなく、デザイン性も高い評価を得ている。歴史と伝統を誇る鑄物への更なるこだわりと、洗練されたデザインが融合した商品となった。

当社は創業以来、鑄物メーカーとして様々な製品で人々の住生活を支えてきた。今後はこの薄肉軽量球状黒鉛鑄鉄製キッチン用品で、食生活も支えていきたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) 伊藤光男, 来栖直樹, 松本誠: 鑄造工学, 82 (2010) 12, 798.

(2019年11月14日受付)