

## 超薄肉鑄鉄製羽釜・かまど「内匠」の開発

一次世代へ伝えたい「和食；日本人の伝統的な食文化」の担い手として一

川島 浩一 (株式会社マツバラ 技術員室, k\_hiro@k-matsubara.co.jp)  
 重野 勝利 (株式会社マツバラ 技術員室, shigenok@k-matsubara.co.jp)  
 松原 史尚 (株式会社マツバラ, fumi@k-matsubara.co.jp)  
 関口 理希 (山形大学 理工学研究科, tyt54047@st.yamagata-u.ac.jp)  
 赤間 未行 (山形大学 理工学研究科, twx99742@st.yamagata-u.ac.jp)  
 伊藤 智博 (山形大学 理工学研究科, tomohiro@yz.yamagata-u.ac.jp)  
 立花 和宏 (山形大学 理工学研究科, h9rbvq3x@yz.yamagata-u.ac.jp)

Hagama the kama with wing and Kamado the cooking stove made from ultra thin cast iron:  
 The inheritor of “Washoku; traditional dietary cultures of the Japanese” for next generation

Hirokazu Kawashima (Department of development, Matsubara Co., Ltd., Japan)  
 Kazutoshi Shigeno (Department of development, Matsubara Co., Ltd., Japan)  
 Fumitaka Matsubara (Matsubara Co., Ltd., Japan)  
 Masaki Sekiguchi (Department of engineering, Yamagata University, Japan)  
 Miyuki Akama (Department of engineering, Yamagata University, Japan)  
 Tomohiro Ito (Department of engineering, Yamagata University, Japan)  
 Kazuhiro Tachibana (Department of engineering, Yamagata University, Japan)

### 要約

鑄物羽釜は、禅と茶の湯の精神を受け継ぎ、日本の食文化になくしてはならない米を、美味しく炊き続けて800年ものあいだ生き残ってきた調理器具だ。そこで筆者らは、あえて鑄造品の鑄肌にこだわり、1合炊きの鑄鉄製羽釜に挑戦した。古来の鑪（たたら）溶解の流れをくむキューポラ溶湯と、新開発低臭気・低不良砂を使用したシェルモールドとを組み合わせることで、最少肉厚3 mm の鑄鉄製羽釜・竈（かまど）の鑄造に成功した。1合のご飯が固形燃料1つで炊き上がる。この羽釜が、素材の味わいを活かす、日本人の伝統的な食文化の新たな担い手となることを願っている。

### キーワード

鑄鉄, 羽釜, 和食, 精密鑄造, 薄肉

### 1. はじめに

#### 1.1 羽釜開発のきっかけ

「同じ釜の飯を食う」という表現がある。いっしょに暮らし、苦楽を共にした、親しい仲間であることを言う日本ならではの慣用句だ。日本の鑄物師として、何か後世に伝え残したいと思うとき、この慣用句の「釜」がひとつのモチーフとなることは、昔も今も変わらないだろう。

本稿で取り上げる羽釜の開発のきっかけは、採択された「平成24年度補正予算ものづくり補助金」で、筆者の所属する(株)マツバラがシェル成型機を導入したことだった。以前より、景気が悪くなると自社ブランド商品の開発の話はあった。しかし、どれも具現化されることはなかった。また別件で2011年度頃から低臭気シェル砂が軌道に乗り効果を上げていた(マツバラ, 2011)。そのような状況で、シェル成型機の導入が決まり、その補助金の成果品として自社ブランドである「内匠」の名を付けた羽釜の開発を試みることになった。

#### 1.2 鑄造の歴史

材料と素形材と何が違うか？材料は切ったり、削ったりで、量を定められても、形を定めることはできない。素形材は、その形と数を定めることができる。その形が機能と用途を与え、ヒトの生活を豊かにする。材料と製品の違いは、例

えば石と石器の違いだ。石器の発明がヒトをヒトにした。その石器を形作る技術を次世代に継承できたのがホモサピエンスであり、できなかったのがネアンデルタール人だ。形作る技術の継承が命運を分けたと言っていい。ヒトは世代を超えた継承を繰り返し、打製石器は磨製石器となり、青銅器となり、ついには鉄器となった。

紀元前4,000年頃、中央アジアメソポタミア地方で房や炊事用の炉で薪を燃やした際、偶然付近にあった銅鉱石が製錬され、溶銅が流れ出した。酸化銅が薪の一酸化炭素ガスで還元され純銅となり凝固点が下がり液体となったためである。人々は、早速石材を掘るなどして鑄型を作り、いろいろの器物を作った。これが鑄造の始まりだ。

鉄も同様に得られたが、鋼と呼ばれる純鉄は融点が1,500℃以上と高い。そのため液体にならなかった。そこで製錬時、炭素を加える。加炭された鉄は凝固点降下により1,200℃以下でも液体となる(図1)。これが鑄鉄である。鑄鉄という材料を鑄型に流し込んで形を作り、機能と用途を与えたものが鑄鉄製品である。

金属材料を3次元的な形状を持つ物に加工する方法には機械加工、鍛造、鑄造などの方法がある。このうち鑄造は、金属の可融性を利用して、作ろうとする製品と同じ形状に作られた空洞部に、溶かした金属を流し込んで固めて作る方法である。鑄造法の代表的な種類として砂型鑄造法、シェルモールド鑄造法、ロストワックス鑄造法、ダイカストなどがある。このうちシェルモールド鑄造法は、熱硬化性の合成樹脂を被

覆した鑄型砂を加熱した金型に吹き込み、硬化させて鑄型を作る寸法精度の高い方法である。

### 1.3 羽釜の歴史

平安時代、現代のご飯とほぼ同じ「姫飯(ひめいい)」が上流階級で食べられていた。それはまだ土鍋で炊かれていた。金属製の羽釜が作られるのは、鎌倉時代である。日本における臨濟宗の開祖、栄西が鎌倉時代の初期に宋から禅とともに茶を持ち帰り、博多の聖福寺を創建して茶の健康効果を布教した。その後、京都の建仁寺を中心に喫茶の習慣が日本全国に広まった。「お茶を濁す」という慣用語の由来との関係は定かではないが、青銅釜で沸かした湯より、鉄釜で沸かした湯の方がお茶の香りを損ねないと言う。お茶に含まれるタンニンとの反応で生成するコロイドの状態が、銅イオンと鉄イオンで異なるからであろう。鎌倉時代にお茶の香りを損ねない鑄鉄の茶釜が普及し、それを美味しいご飯を炊くのに流用して鑄鉄の羽釜が開発されたのは想像に難くない。

鑄物羽釜に使う鑄鉄には2%以上の炭素が含まれる。炭素に熱が加わると遠赤外線を放射し、それでご飯が美味しく炊ける。羽釜は、側面上部にツバがあり、本体は半球状である。羽釜を包み込むかまどとの組合せにより熱効率が上がり、さらに美味しさが増す。このように鑄物羽釜は、禅と茶の湯の精神を受け継ぎ、日本の食文化に無くてはならない米を、美味しく炊き続けて800年ものあいだ生き残ってきた調理器具だ。

### 1.4 鑄造の現在

1975年以降の日本の鑄物の生産量は、日本の基幹産業である自動車の生産台数にほぼ比例している(中江, 2013)。燃費向上のため自動車関連の鑄物部品は、鑄鉄からアルミニウム等軽合金に移行しつつある。強度を要求されるブレーキディスク等の部品や産業機械等は鑄鉄のままだ。原料の鉄やコークスが海外から調達されるなど、冶金と呼ばれる金属工学は、国内での継承が困難になりつつある。

### 1.5 鑄造に使われる鉄

図1に鉄-炭素系平衡状態図を示す。鉄と炭素は相溶性が

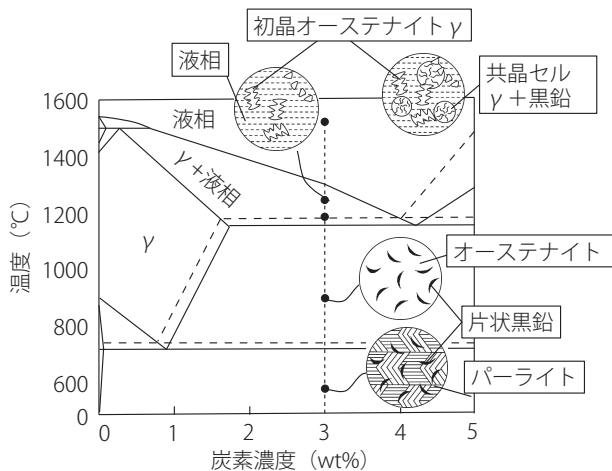


図1：鉄-炭素系平衡状態図

ある。Fe-C系合金(鑄造)でC%が2.1%(重量%)以下のものを鑄鋼、2.1%を超えるものを鑄鉄と呼ぶ。

図2に鑄鉄の種類と黒鉛(グラファイト)の組織形状を示す。黒鉛の形状により、片状黒鉛鑄鉄(FC材、ねずみ鑄鉄)と球状黒鉛鑄鉄(FCD材、ダクタイル鑄鉄)、その中間の芋虫状黒鉛鑄鉄(FCV材)がある。また、炭素分がグラファイト化せずFe<sub>3</sub>C(セメントライト)となっているものを白鑄鉄と呼ぶ。黒鉛組織は、冷却速度などの影響を受けるが(川島他, 2011)、本羽釜は、FC材に設計した溶湯を注湯しているので片状黒鉛鑄鉄になっていると思われる。

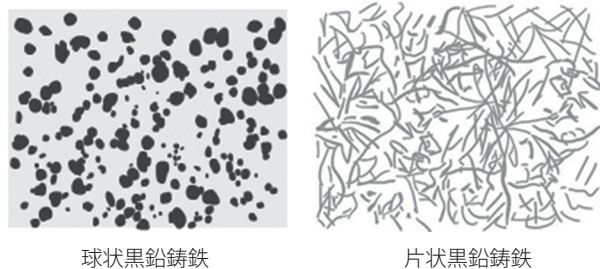


図2：鑄鉄の種類と黒鉛の組織形状

## 2. 羽釜の製造

### 2.1 鑄物の開発と製造工程

図3に鑄物の開発と製造工程を示す。鑄物は、鑄造方案を

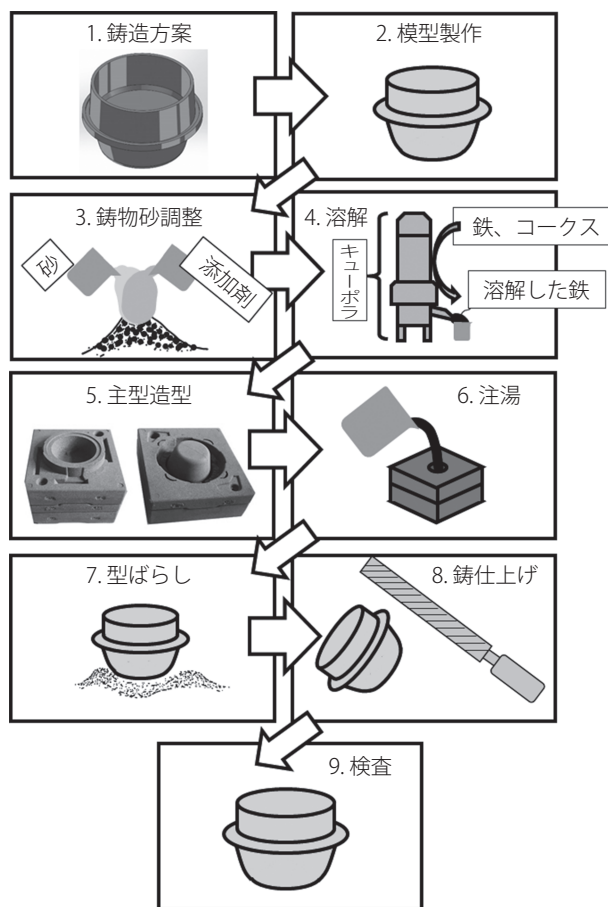


図3：鑄物の製造工程

練る、模型を作成する、鑄物の鑄型に使う砂を調整する、鑄鉄の溶解。鑄型の造型、注湯、型ばらし、仕上げ、熱処理(防錆)、検査などの工程を進める。鑄造方案の検討では、3D CADで形状設計を行い、鑄型の形状設計を行う。また鑄造シミュレーションで注湯条件を探る。

鑄物の鑄型に使う砂には、新開発の砂、低臭気SGレジソコートサンドを使った。

## 2.2 鑄造方案の検討

まず図4に示すように3D CADで、羽釜と竈(かまど)を設計した。

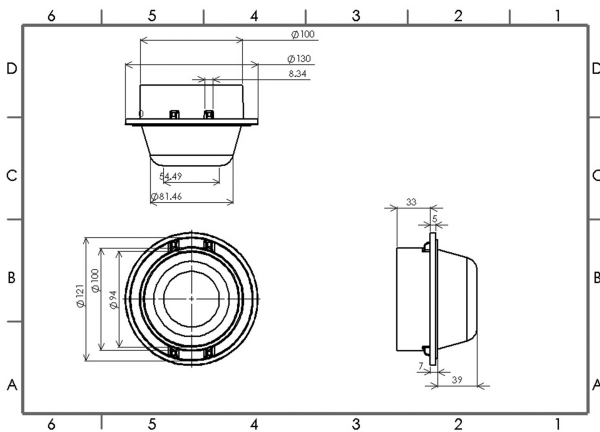


図4：3D CADを使った羽釜の形状設計

一般の鑄造品では一つの鑄型で一つの製品を作る。羽釜では、鑄型が大きくなり歩留りが悪くなる。そこでかまどの隙間に羽釜を配置した。これにより同じ体積の鑄型で羽釜とかまどとの両方が得られるようになった。反面、鑄型形状が複雑になった。図5に示すように3D CADを駆使し型割りや湯

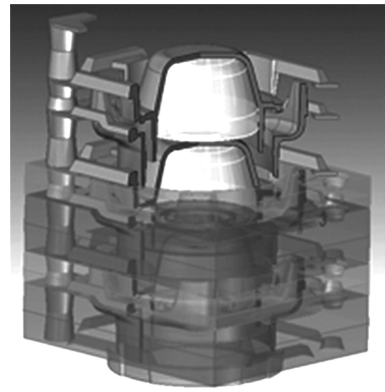


図5：3D CADを駆使し型割りや湯道

道の配置等をした。三次元迷路のようになり設計者自身が理解困難な鑄型となってしまった。

また、鑄造シミュレーションも使い設計段階で不具合を排除した。一般的に鑄鉄の肉厚は3 mm程度とされている。溶湯のモールド内での流れ方を方案と呼ぶ。注湯温度等、条件によっては途中で溶湯の流動が停止してしまう湯周り不良となる危険がある。設計段階で鑄造湯流れシミュレーションを実施することにより製品の細部まで溶湯が流れる方案を設計した。

## 2.3 低臭気シェル砂

図6に鑄型に使われる砂の種類を示す。一般的な鑄型の砂は、珪砂にバインダーとなる粘土鉱物のベントナイトを混合する。低臭気シェル砂(レジソコートサンド、以下RCSと略す)は、珪砂の周りに熱硬化性樹脂(以下、レジソと略す)をコーティングした鑄造用の砂だ。加熱(200~300℃)された金型にそのRCSを吹き込み熱硬化させることにより得られ

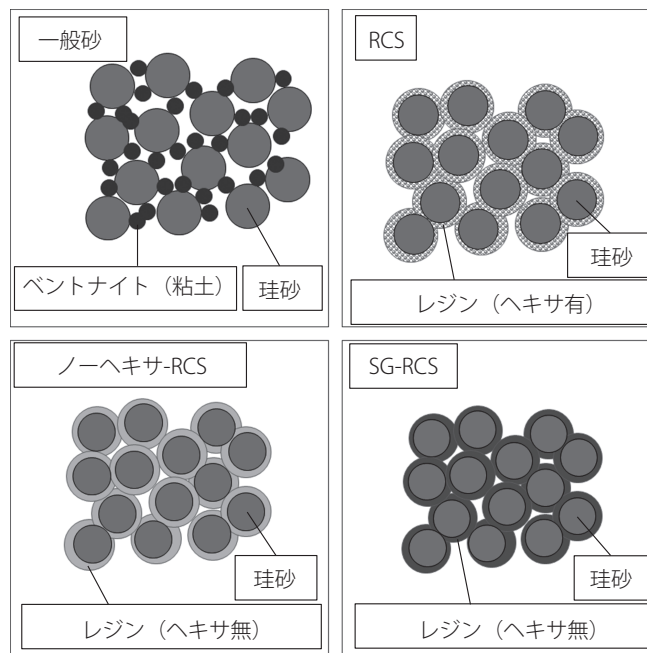


図6：一般砂と各種レジソコートサンド

た鋳型をシェル型と呼ぶ。

一般にレジン熱硬化させる硬化剤にヘキサメチレンテトラミン(C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>N<sub>4</sub>、以下ヘキサと略す)が使用される。このヘキサが熱分解されて、臭気の原因となるアンモニアガス(NH<sub>3</sub>)やホルムアルデヒドを発生させる。

そこで低臭気シェル砂は硬化剤にヘキサを使用せずに熱硬化する。ヘキサを使用しない(ノーヘキサ)タイプの樹脂は、硬化が遅いため生産性が悪く、強度も低い。

(株)マツバラと(株)瓢屋で共同開発した低臭気SGレジンコーテッドサンド(以下、SG-RCSと略す)は、低臭気シェル砂の生産性と強度を改良したものだ。SG-RCSは、注湯時のアンモニアガスを1/3、ホルムアルデヒドを1/10に低減させ作業者の負担を軽減し、工場環境を向上させつつ、同時に製品品質も向上した。その結果、羽釜のような薄物鋳物にもガス欠陥等の不良がなくなった。

## 2.4 鋳型の造型

造型法には、ライン生産で作る生型造型法でのワレ等のリスクを避け、バッチ生産で作るシェルスタック造型法を採用した。

前述のSG-RCSに中子(なかご)とシェルの両方に使い、複数の鋳物をスタックで生産したシェルスタック鋳物にC's(シーズ)鋳物と名づけ、2017年度日本鋳造工学会「Castings of the Year」を受賞した。

シェル中子は、全てシェルメーカーより購入している。鋳

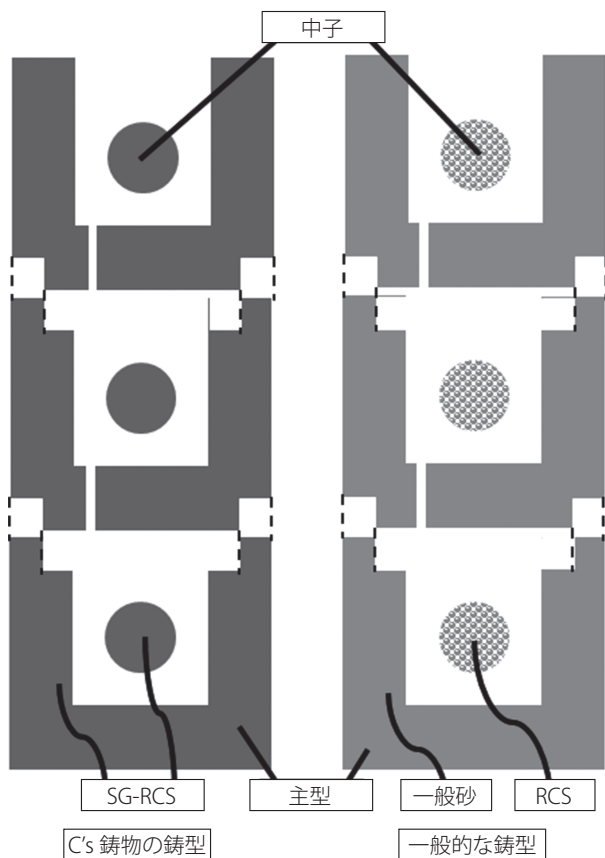


図7：C's(シーズ)鋳物の鋳型

造欠陥の中で中子起因の欠陥も多く発生しているが、社内シェルに対する知識・経験が少なく対策が思うように進まなかった。そこでシェル造型機を社内導入し実際に自分たちで造型することで、知識を深め迅速な不良対策ができるようになった。

羽釜の思い出を伝え残せるように、文字やロゴを入れられるよう鋳型を工夫した。多様な文字やロゴ入れに対応するため、そこだけハメ変え可能な型にした(金型の「入れ子」)。また生産数量の少ないものについてはシェル砂型を凹にし、そこに別途、砂で転写した文字を入れた(砂型の「入れ子」)。これにより文字やロゴ入れを単品から対応可能となった。将来は砂型3Dプリンターの利用も考えている。

## 2.5 鋳造

工場建屋の奥まったところに黒々と聳え立つキューポラ。オペレータがキューポラに続く前炉と呼ばれる容器を回転させて取鍋(とりべ)に鉄を注ぐ。あたり一面にうわっと火の粉が飛び散り、溶けた鉄はオレンジ色に光り輝く一条の帯となって取鍋に流れ込む。取鍋の重量は200キログラム程度だ。慎重にホイストクレーンを操り、取鍋を造型されたシェルスタックモールドの上に移動する。いよいよ注湯である。再び火の粉が飛び散り、オレンジ色の光が、鋳型の湯口へと吸い込まれる。そのまま待つこと2、3時間。鋳型に含まれるレジン溶けた鉄で既に焼け飛んでいる。ハンマーで叩くと冷えた鋳型はいとも簡単に割れた。中からいよいよ鋳物が顔を出す(図8)。最後に湯道をハンマーで叩き壊す。複数鋳込んだ羽釜と竈の出来上がりだ。

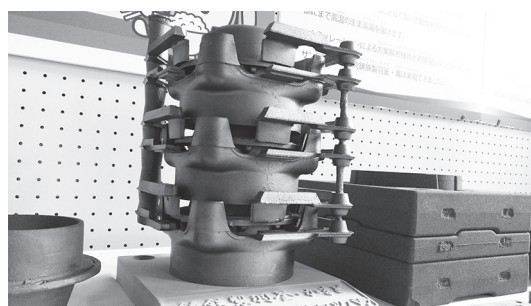


図8：シェルスタックから取り出された鋳物

## 3. 試作された羽釜

### 3.1 試作した羽釜

図9に試作した超薄肉鋳鉄製羽釜・かまどを示す。手に取ると、ずしりとした心地よい重量感と、ざらざらした鋳造品の鋳肌を実感できる。

試作された羽釜は、2015年5月2日(土)～6日(水)に東京・上野の国立科学博物館で開催した「山形から未来を照らすサイエンス」に、「先端技術で蘇る羽釜」として出展した(東原, 2015)。開発は、このイベントに間に合うように急ピッチで進められ、山形大学のロゴマーク入りの羽釜を間に合わせることができた。

ブランド名である「内匠」は、(株)マツバラの創業者である

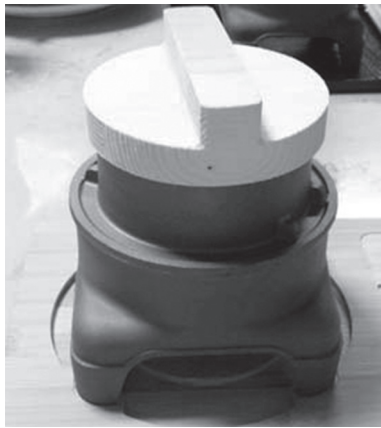


図9：試作した超薄肉鑄鉄製羽釜・竈

松原家の初代の名前「松原内匠」からとった。戦国時代に豊臣秀吉が墨俣一夜城を急ピッチで作り上げたエピソードで、松原内匠は築城に大きく貢献したと語られている。

### 3.2 超薄肉鑄鉄製羽釜・竈の仕様

表1に試作した超薄肉鑄鉄製羽釜・竈の仕様を示す。この羽釜は、固形燃料(25g)一つで1合のご飯が炊ける鑄鉄製羽釜だ。蓋にもこだわっている。国産桧30mm厚品を使い炊飯時蓋の自重で適度の圧をかけ、ご飯がおいしく炊ける。

### 3.3 アルミニウム釜・機械切削釜との比較

アルミニウム製の羽釜もある。鑄鉄はアルミニウムに較べて熱伝導が悪い。故に鑄鉄の肉厚を3mm程度まで薄くしないと実用に耐えない。切削加工を併用すれば2mm以下の薄肉を実現できるが、鑄造品の鑄肌は失われる。ホーロー加工等を施すと鉄分の補給もできない。やはり鑄造品の鑄肌にこだわりたい。

### 3.4 羽釜のこれから

本稿執筆時点で、羽釜はほぼ一つ一つ手作りだ。丁寧に作り、さらに付加価値を付ける方向で発展させたい。

観光地でその土地のブランド米が1合で売られている。し

かし1合では高級炊飯器で炊いても美味しくない。これら1合売りのブランド米と羽釜をタイアップして世界に向けて羽釜と日本の文化を発信したい。

2013年12月、「和食；日本人の伝統的な食文化」がユネスコ無形文化遺産に登録された。これは「自然を尊ぶ」という日本人の気質に基づいた「食」に関する「習わし」を消失の危機から保護し、次世代へ伝えていくための国際条約である。

米は、和食に無くてはならない食材である。本稿で紹介した超薄肉鑄鉄製羽釜とかまどが、その素材の味わいを活かす、日本人の伝統的な食文化の新たな担い手となることを願っている。

## 4. 終わりに

本稿執筆時点で、開発第一号の羽釜は、山形大学米沢キャンパスにある重要文化財の旧米沢高等工業学校本館の中に展示されている。その展示物の取り扱いについては、さまざまな思いが錯綜し、さらに管理コストの問題もあいまって、常に流動的である(小林他, 2014)。たとえ博物館に展示されているとはいえ、モノの宿命として、いつか廃棄されないと限らない。

展示されている羽釜に刻まれた文字と、本稿の紙に記された文字と、果たしてどちらが後世に生き残るか。消失の危機から保護し、次世代へ伝えていく難しさは、「和食；日本人の伝統的な食文化」に限ったことでは無い。少なくとも21世紀のある期間に確かに超薄肉鑄鉄製羽釜が実在していたこと



図10：山形大学米沢キャンパスに展示してある開発第一号

表1：超薄肉鑄鉄製羽釜・竈の仕様

項目	
材質	鑄鉄(FC材)
寸法	縦129mm、横129mm、高さ79mm(羽釜部分)
重量	862g(羽釜部分)
最小肉厚	3mm
機械切削加工	なし
ホーロー加工等	なし
防錆表面加工	熱処理
鑄型砂	レジンコーテッドサンド
蓋	国産桧30mm厚品
炊き上がり	1合(180mL)
燃料	固形燃料1個(25g)

---

を記して、本稿を締めくくる。

#### 引用文献

- 鑄鉄の生産技術教本編集委員会 (1998). 鑄鉄の生産技術 改訂第1版. (財)素形材センター.
- 川島浩一・重野勝利・立花和宏 (2011). 鑄鉄鑄物における共晶最終凝固部の冷却速度と黒鉛組織. 鑄造工学, Vol. 83, No. 1, 3-6.
- 株式会社マツバラ (2011). 低臭気RCSによる鑄物工場環境改善—低臭気と強度・生産性を両立したシェル中子—. SOKEIZAI, Vol. 52, No. 1, 21.
- 中江秀雄 (2013). 鉄鑄物の技術系統化調査. 技術の系統化調査報告, 国立科学博物館・北九州産業技術保存継承センター, Vol. 6, March, 5-80.
- 小林卓巨・伊藤智博・立花和宏・奥山澄雄・仁科辰夫・鈴木利雄・山崎洋一郎 (2014). 東日本大震災被災後の保存修理工事に向けた旧米沢高等工業学校本館展示品のデータベース化. 科学・技術研究, Vol. 3, No. 1, 73-80.
- 東原智哉 (2015). 国立科学博物館展示について・科博企画展「山形から未来を照らすサイエンス～見る・聞く・感じるイノベーション」を終えて. 米沢工業会誌, Vol. 152, 6-7.

(受稿：2017年11月12日 受理：2017年12月11日)