高融点金属を用いた精密鋳造による複合鋳物の製品開発

阿部　裕之（岩手大学教育学部教授）
黒木美由季（岩手大学大学院生）

キーワード：三陸お土産品、銅合金、鋳ぐるみ複合化、セラミック

要　旨

本研究は、精密鋳造による複合鋳物製造技術（種別の異なる素材を複合化）を開発し、三陸地域のお土産品の多様化を図り、地域復興の支援を行うことを目的とした。そこで、基本技術となる錫合金と岩石の鋳ぐるみ複合化について、平成17年度、検討した。結果、錫合金による岩石の鋳ぐるみ複合化は幅広い条件の下で対応可能なことが分かった。それを参考に、平成18年度は高融点の銅合金と岩石の鋳ぐるみ複合化について技術開発した。結果、高融点の銅合金が黒御影石を損傷するかと思われたが、鋳ぐるみは可能だった。条件として、銅合金の流れる厚みと温度を満たせば、良好な鋳ぐるみ品ができた。そこで、銅合金の鋳ぐるみ技術を利用した、三陸お土産品の試作を行った。

1　研究背景

三陸地域は、地域の生産額が県全体の１／５と低調であること、および三陸鉄道の８年連続赤字などに示されるように地域産業が低迷しており、効果的な活性化策が必要とされている。

当研究室は美術鋳物の製作とデザイン開発、及びその教育に携わってきたため、精密鋳造など様々な形態に対応できるノウハウを持っている。一方、三陸には県央や他地域とは異なるステンレス鋳鋼、船舶用銅合金鋳物、精密鋳造鋳物などの特殊中小企業がある。これらの企業では、新技術の導入により業績を伸ばし雇用促進など地域振興に大きく貢献する可能性が高い。

また、平成17年度は錫合金と岩石の鋳ぐるみ複合化を検討し、幅広い条件の下で対応可能であることが分かった。その結果を基本技術として、高融点の銅合金と岩石の鋳ぐるみ複合化の技術開発が可能である。

ここでは、三陸地域の地域産業と当研究室の開発技術を活かし、地域製品として三陸お土産品の多様化を図り、地域振興を支援することを目的とした。

2　実験方法および調査方法

本研究では、高融点の銅合金と岩石の鋳ぐるみ複合化による製品開発を行う為に、平成17年度研究した、錫合金と岩石の鋳ぐるみ複合化の実験を基礎実験とした。基礎実験を参考に、油砂を鋳型に用いて、これに銅合金を鋳込み、黒御影石を鋳ぐるみ複合化して条件の検討を行った。その時の鋳ぐるみ方案例を図１に示した。このとき銅合金の体積、鋳込み温度、黒御影石の体積などを変化させ、銅合金と黒御影石との接合性や鋳造欠陥の有無などについて調べた。

また開発技術の早期応用化、地域での成果活用を踏まえて、錫合金複合化材による三陸お土産（美術鋳物）の開発試作を行った。試作は、実験を参考にして、ワックス中に石を配置し、脱蝋後に鋳込み、鋳ぐるみを活かした三陸お土産品を製作した。

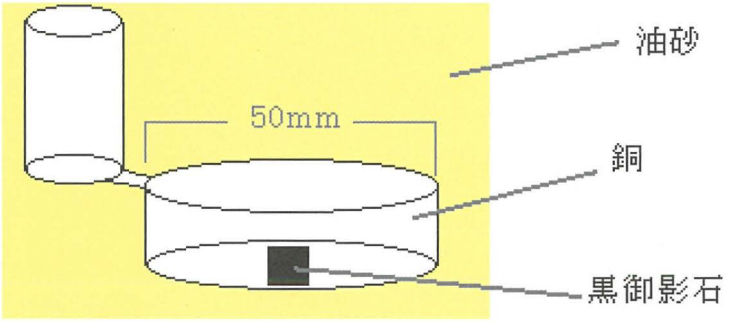


図1　黒御影石の鋳ぐるみ実験の基本的な形

3　結果および考察

油砂を鋳型に利用し、鋳込み前の黒御影石を配置した例を図 2 に示した。この時、御影石は油砂に押し当てることで固定した。

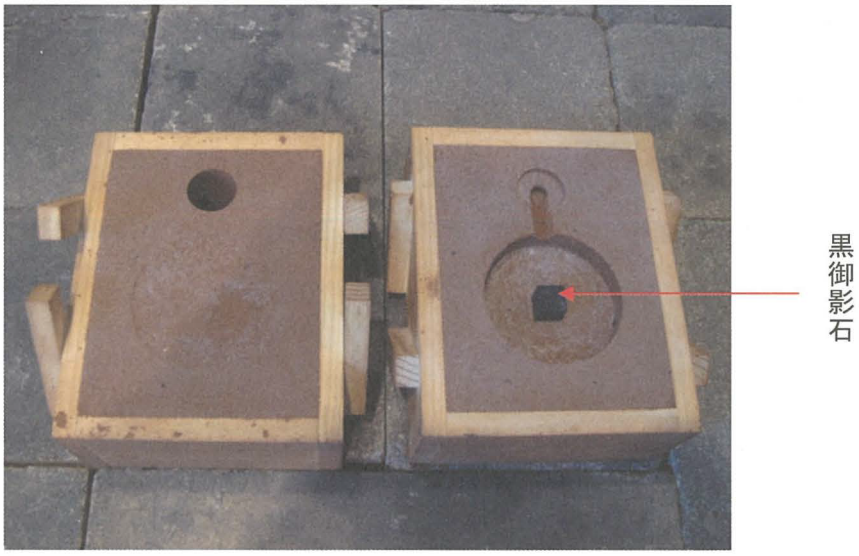
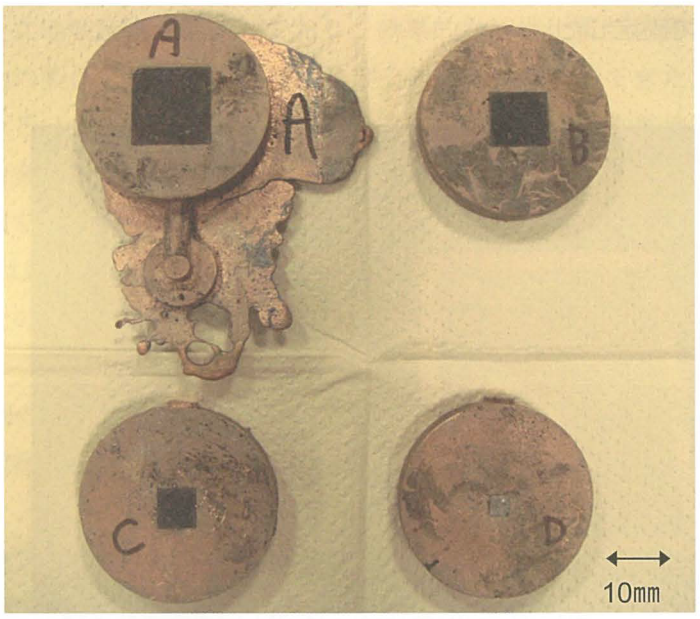


図2　油砂を使った鋳ぐるみ実験の様子

まず、銅合金の温度を一定の 1200℃にし、黒御影石の体積を 250～4000mm^3 まで変化させた時の結果を図 3 に示した。黒御影石の体積に関係なく鋳ぐるみすることができた。また、高融点の銅合金を鋳込むことから、黒御影石の熱による破損が考えられたが、生じることはなかった。そこで、注湯温度は 1200℃と一定にし、図 4 には、母材の厚みを 15 ㎜、10 ㎜、5 ㎜と変化させて、鋳ぐるみ実験を行った結果を示した。母材が 15 ㎜、10 ㎜のものには、鋳ぐるみできたが、5 ㎜の試験片には上部の半分しか鋳ぐるみできず、鋳造欠陥が生じた。銅合金は錫より湯流れが悪い点と、銅合金を鋳込む際に、最低 4 ㎜の厚みを必要とすることから、5 ㎜の隙間に入る前に銅合金が黒御影石で冷やされ凝固したと思われる。次に、図 5 では、母材の直径を 50 ㎜、40 ㎜、30 ㎜、20 ㎜と変化させて、鋳ぐるみ実験を行った結果を示した。母材の直径が小さくなっても、黒御影石を鋳ぐるむことは可能だった。図 4 で、母材の厚みが 5 ㎜の場合は鋳ぐるみできなかったが、直系 20 ㎜の母材の場合は厚みが 10 ㎜あったので、鋳ぐるみ可能な結果になったと思われる。

20×20×10
(4000)mm^3

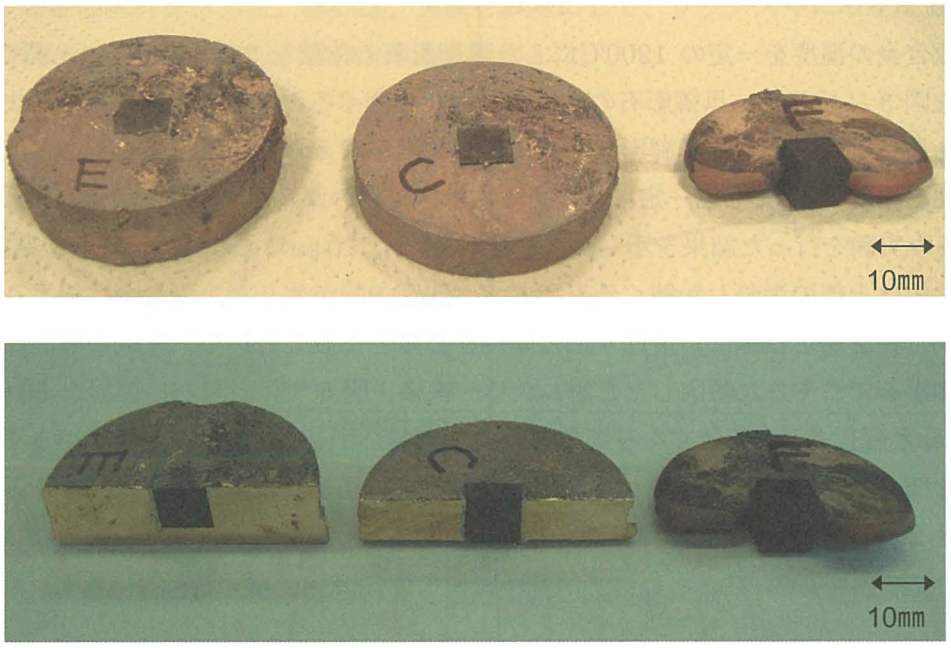
15×15×10
(2250)mm^3



10×10×10
(1000)mm^3

20×20×10
(4000)mm^3

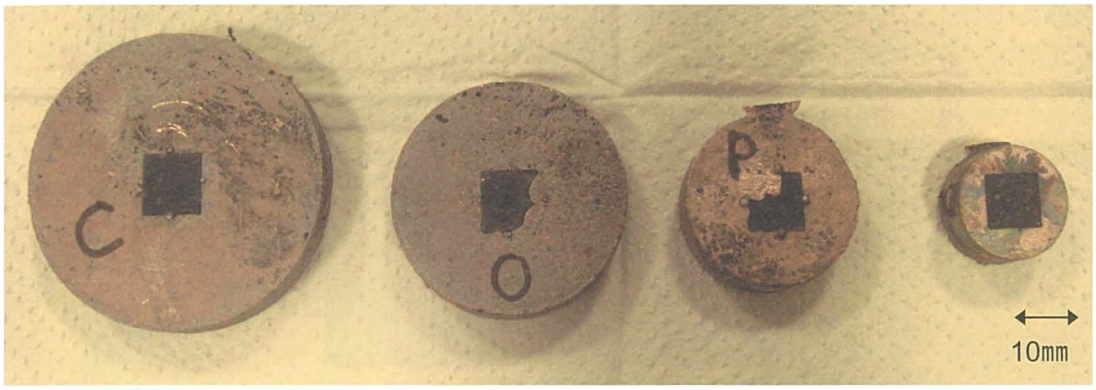
図3　　鋳ぐるみに及ぼす黒御影石の体積の影響



母材の厚み　　15 mm　　10 mm　　5 mm

黒御影石　　10 ×10 ×10 mm^3

図4　鋳ぐるみに及ぼす母材の体積の影響



Φ50mm　　Φ40mm　　Φ30mm　　Φ20mm

図5　鋳ぐるみに及ぼす母材の体積の影響

そして次に、図６は銅合金の注湯温度を 1200℃、1125℃、1050℃と変化させて鋳ぐるみ実験を行った。注湯温度 1200℃、1125℃の場合は鋳ぐるみできたが、1050℃は鋳ぐるみできなかった。注湯温度が低いため湯流れが悪くなり、鋳ぐるむことができなかったと思われる。そこで、鋳ぐるみ可能だった注湯温度、1200℃、1125℃の鋳込み温度による銅合金と黒御影石の接着強度の関係を調べた。ここでは鋳ぐるみ後の試験片の黒御影石にだけに万能試験機で直接荷重を加え、黒御影石と銅合金が剥離する荷重を調べたその結果を図７に示した。これにより 1200℃で鋳込みしたものの方が、荷重が高くなった。錫合金、銅合金、鉄に黒御影石を鋳ぐるみした試験片を、図７と同じように万能試験機で荷重を加えた結果を図８に示した。高融点の順で鉄、銅合金、錫の荷重が高くなることから、図７の結果も注湯の温度が高い 1200℃の試験片の荷重が高くなったと思われる。そこで、図３の C の試験片の断面を研磨し、電子顕微鏡で黒御影石と銅合金の接合界面の組織観察と EDS 分析を行った。結果を図９に示した。図９の左側が銅合金で右側が黒御影石である。銅合金と黒御影石の接合界面に反応層は見られず、銅合金と黒御影石は、ただ機械的に接しているだけであることがわかった。

注湯温度　1200 ℃　　1125 ℃　　1050 ℃

黒御影石　10×10×10㎜

図6　鋳ぐるみに及ぼす注湯温度の影響

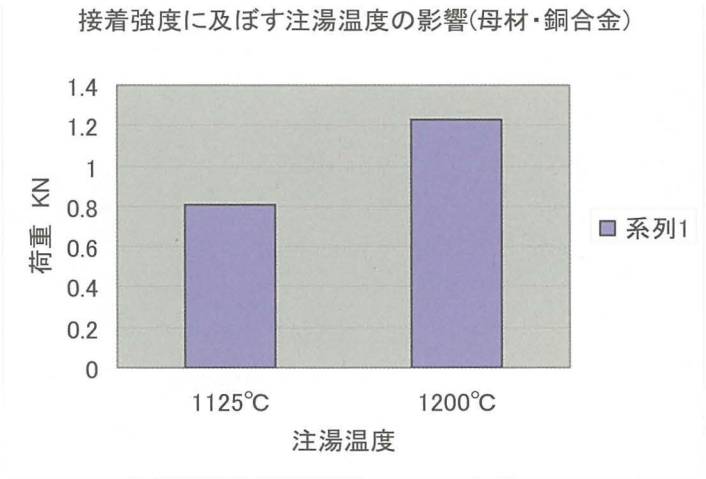


図７　接着強度に及ぼす注湯温度の影響(母材　銅合金)

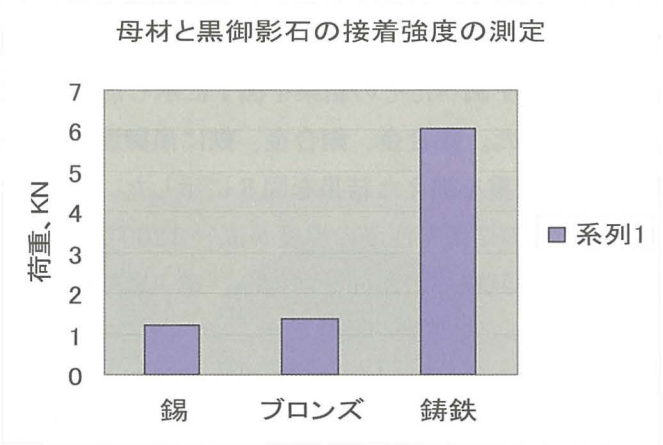


図８　接着強度に及ぼす注湯温度の影響
(母材　錫・銅合金・鋳鉄)

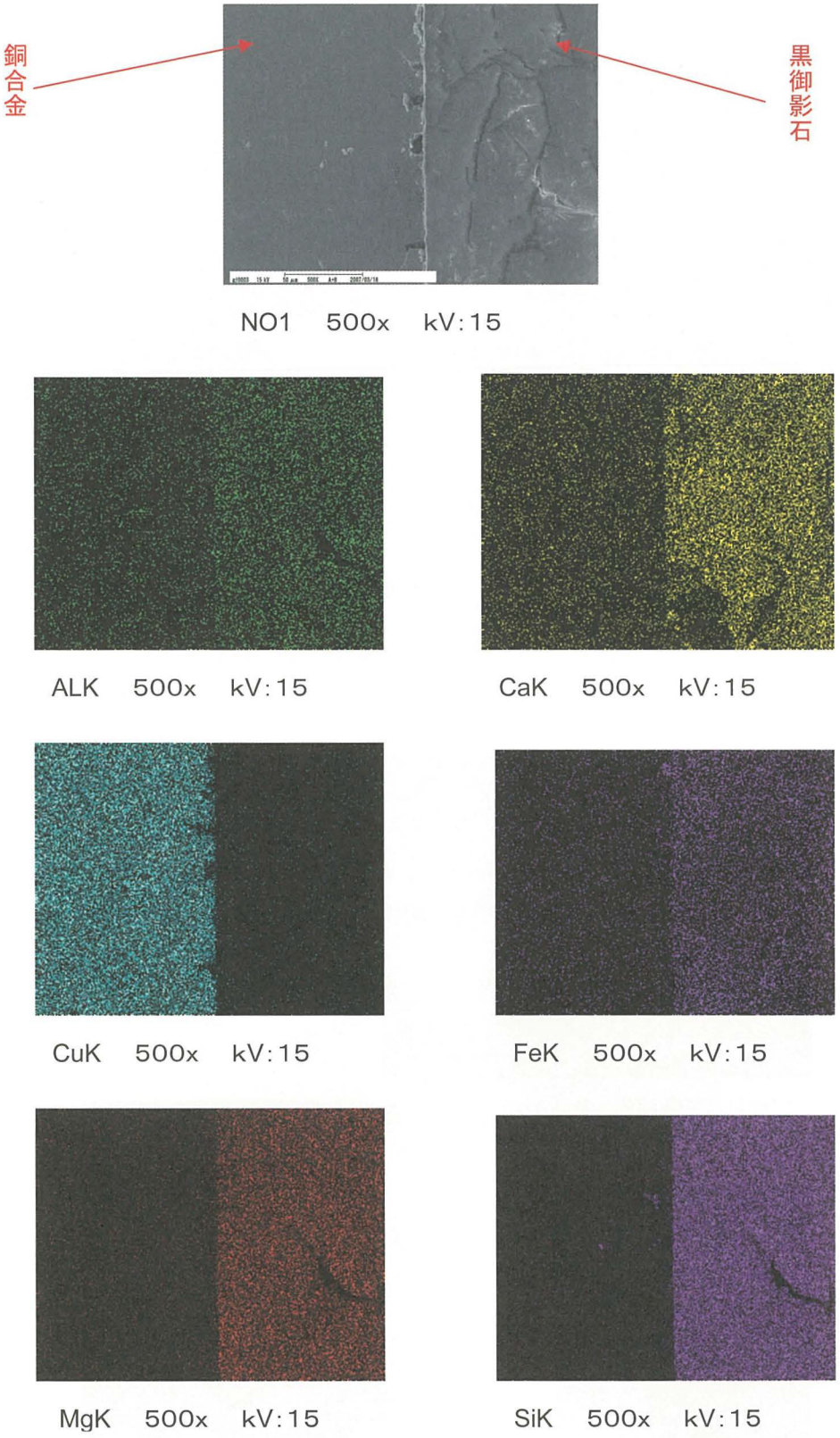


図９　接合界面の電子顕微鏡による分析結果

4　銅合金複合化材による三陸お土産品の試作

これまでの実験で銅合金による黒御影石の鋳ぐるみ性をについて調べた。その結果、銅合金が流れるための、厚みと温度を満たせば、良好な鋳ぐるみ複合材料が得られた。そこで、地域での成果活用を踏まえて、三陸お土産品（美術鋳物）の開発試作を行った。三陸お土産品試作のため、形となるモチーフを三陸が容易にイメージされるものとして、秋刀魚をモチーフに選択した。ここでは三陸お土産品の広いバリエーションを活かすため、形状の選択が容易なロストワックス法を用いた試作を行った。ロストワックス法による三陸土産試作品の工程は以下の通りである。

①．原型を作る。
②．原型をシリコンでぬく。
③．シリコンの型に黒御影石等を入れて、ワックスを流す。
④．原型を石膏埋没。
⑤．脱蝋。
⑥．銅合金を鋳造。
⑦．仕上げ。

通常、図に示した秋刀魚のように、銅合金の厚みが最大２㎝もある場合、銅合金が冷える際ひけが生じてしまう。しかし、黒御影石があることで、冷やし金の役目を果たし、ひけが生じることはなかった。

型作り　石膏埋没

蝋原型　黒御影石部分拡大

蝋原型

図１０　三陸お土産試作品の制作過程

三陸お土産試作品　サンマ

三陸お土産試作品　サンマ　黒御影
石部分　拡大

図１１　三陸お土産試作品

地域振興への展開

- 三陸地域の産業は、水産・林業に代表されるが、この地域にはかつて富士製鉄－新日本製鉄(釜石市)や川崎製鉄(久慈市)などの製鉄産業も盛んであった。現在は、この分野で存続している業種はステンレス鋼鋳物・船舶用銅合金鋳物・精密鋳造技術など特殊な鋳造業のみであるが、三陸地域住民の金属関連産業に関する理解度は高い。従って、本事業の成果は地域の産業振興に大きく貢献する可能性は高い。

- 開発技術によるお土産品開発と併せて三陸振興に貢献すると確信する。

  錫と岩石の鋳ぐるみ実験から、錫合金は非常に鋳ぐるみ易いことが分かり、お土産品開発も容易に取り組むことができると考える。

  錫と被鋳ぐるみ材の鋳ぐるみについての特許を出願したことで、三陸独自のお土産品開発が可能になり、三陸地域の個性化が期待できる。

- この実験結果により錫だけではなく、銅合金などの高融点合金におけるお土産品開発にも可能性として取り組むことができると考える。