

## 金属硼化物とステンレス鋼の高温反応

High temperature reaction between metal borides and stainless steel

\*橋爪 健一<sup>1</sup>, 城戸 佑介<sup>1</sup>, 後藤逸平<sup>1</sup>, 坂本 寛<sup>2</sup>

<sup>1</sup>九州大学, <sup>2</sup>日本核燃料開発

熱分析等により 4 族金属硼化物と SUS との高温での共存性と SUS 予備酸化の影響を調べた。粉末試料を用いた熱分析では、4 族金属硼化物でも  $B_4C$  の場合と同様共晶反応による熔融反応がみられ、酸化の影響はほとんどなかった。一方、表面酸化した SUS 板材上では、 $B_4C$  では熔融反応が進行するが、4 族金属硼化物では酸化皮膜の保護により SUS の融点まで熔融は進行しない可能性があることが分かった。

**キーワード**：4 族金属硼化物、 $B_4C$ 、SUS、制御棒、シビアアクシデント、高温反応

### 1. 緒言

沸騰水型軽水炉では、 $B_4C$  を制御材、その被覆材としてステンレス (SUS) が使用されてきた。この  $B_4C$ -SUS 系では、Fe-B、Fe-C の共晶反応のため、それぞれの融点からはかなり低い 1100~1200°C で制御棒が熔融することが知られており、冷却水喪失事故のような過酷事故の際、燃料より先に熔融し炉心下部へ落下する可能性がある。本研究の目的は、 $B_4C$  の代替となる SUS との共存性の良い硼素化合物を探索することであり、前報告 (H28 秋の大会) で、代替材としての 4 族金属硼化物の可能性を紹介した。図 1 は、模擬制御棒(a)を不活性雰囲気中で加熱したものであり、 $B_4C$ (b)では 1200°C 付近で模擬制御棒全体が熔融したが、4 族金属硼化物  $TiB_2$ (c)では、SUS 熔融 (約 1450°C) 後も充填した  $TiB_2$  は形状をとどめた。本報ではさらに 4 族金属硼化物と SUS との共存性ととも、熔融反応に対する SUS の表面酸化の影響を報告する。

### 2. 実験

$B_4C$  粉末、4 族金属硼化物 ( $TiB_2$ 、 $ZrB_2$  及び  $HfB_2$ ) 粉末と SUS304 粉末を用い、その混合粉末を試料として、Ar 雰囲気中で熱分析 (TG-DTA) を行った。混合粉末をアルミナ容器に充填し、昇・降温速度を 10°C/min、1400°C まで加熱した。また、各粉末は 600°C で 1 時間、大気中で酸化し、酸化の影響を調べた。次に、SUS304 板材に  $B_4C$  粉末、4 族金属硼化物粉末を載せ、Ar 雰囲気中で 1400°C まで加熱し、熔融反応の進行を調べた。また、SUS 板材についても 600°C で 1 時間、大気中で酸化し、酸化の影響を調べた。

### 3. 結果と考察

TG-DTA 測定の結果、酸化の有無によって DTA ピークに若干の変化は見られるものの、共晶による熔融反応に大きな変化は見られなかった。一方、SUS 板材を用いた加熱反応実験では、図 2 に示すように、 $B_4C$  粉末の場合、SUS 板の酸化の有無にかかわらず熔融反応が進行し球状となり、 $TiB_2$  をはじめ 4 族金属硼化物でも、未酸化 SUS 板では熔融が進むものの、予備酸化した SUS 板では熔融は進行しなかった。これは、 $B_4C$  では還元力が強く SUS 酸化皮膜が還元され熔融反応は進行し、また、4 族金属硼化物でも粉末状の SUS のように酸化皮膜が不完全と思われる状態では熔融反応が進行するものの、板材に形成した酸化皮膜は比較的強い保護性を示し熔融反応を妨いだと結果と思われる。結果として、図 1 の模擬制御棒の熔融状況の差は、SUS 管内面の酸化 (溶接時あるいは残留大気による) と充填粉末の還元力の差の影響と考えられる。

### 4. まとめ

$B_4C$  あるいは 4 族金属硼化物と SUS との高温での共晶熔融反応の進行に対して、SUS の表面酸化の影響を調べた。 $B_4C$  に対しては SUS の表面酸化の影響は見られず熔融が進むが、4 族金属硼化物に対しては SUS の酸化皮膜が共晶反応の進行による熔融を抑える可能性があることが分かった。

\*Kenichi Hashizume<sup>1</sup>, Yusuke Kido<sup>1</sup>, Ippei Goto<sup>1</sup>, Kan Sakamoto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kyushu Univ., <sup>2</sup>NFD.

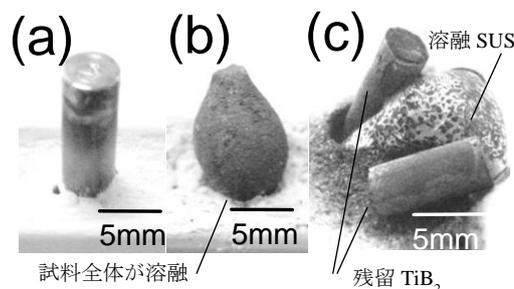


図 1 1500°Cでの模擬制御棒加熱試験  
(a)加熱前制御棒, (b) $B_4C$  充填, (c) $TiB_2$  充填

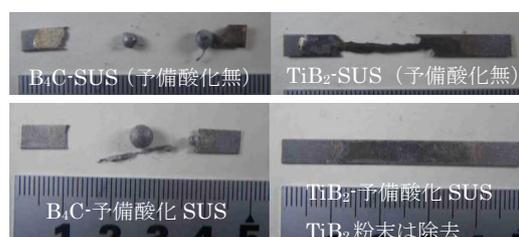


図 2  $B_4C$  (左) と  $TiB_2$  (右) に対する SUS 板材の 1400°C 加熱実験結果