ナトリウム冷却高速炉におけるマルチレベル・シナリオシミュレーション技術開発 （9）ナトリウムーコンクリート反応基礎試験

Development of multi-level, multi-scenario simulation systems for sodium cooled fast reactor

(9) Fundamental experiment on sodium-concrete reaction

*菊地　晋[1]，古賀　信吉[2]，栗原　成計[1]，高田　孝[1]，大島　宏之[1]
[1]原子力機構，[2]広島大学

ナトリウム(Na)冷却高速炉(SFR)の安全基盤技術としてマルチレベル・シナリオシミュレーションシステムの開発を進めている。本報告では解析コードの V&V に資するため、SFR の固有事象であり、安全評価上重要となる Na－コンクリート反応に関する基礎試験の結果について述べる。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉、ナトリウムーコンクリート反応、熱分析

1. 緒言

ナトリウム(Na)冷却高速炉(SFR)の安全基盤技術としてマルチレベル・シナリオシミュレーションシステムの開発を進めている。このシミュレーションシステムの V&V を適切に実施するには、信頼性を確保した実験知見やデータベースの構築が必要不可欠である。本報告では、SFR 固有事象である Na－コンクリート反応現象を解明するため、高速炉構造コンクリート表層部に断熱材として敷設されるパーライトコンクリートの主成分であるカルシウム化合物と Na の反応に係る熱分析試験を実施した結果について述べる。

2. 実験方法

熱分析試験にはアルゴン(Ar)雰囲気で満たされたグローブボックス(GB)内に設置された SETARAM 社製の DSC（示差走査熱量測定）装置 DSC-111 を用いた。試料容器は Na との反応性を考慮して、SUS304L 製で内径 5mm、深さ 76mm のものを用いた。基準物質は融点の高いアルミナを、試料側には Ar 雰囲気の GB 内で調整した純度 99wt%の Na と炭酸カルシウム($CaCO_3$)を用いた。Na と $CaCO_3$ の割合は Na－コンクリート反応で想定される総括反応($4Na+3CaCO_3 \rightarrow 2Na_2CO_3+3CaO+C$)の量論比を参考に Na: $CaCO_3$=4:3 に設定した。試験は昇温速度 2.5～10K/min で室温から 1073K まで加熱し、反応温度を測定した。

3. 結果及び考察

図 1 に Na-$CaCO_3$ 反応を対象とした各昇温速度における DSC 曲線を示す。各昇温速度において、約 371K に Na の融点に対応する吸熱ピークが確認できる。その他、約 680～825K において 2 つの発熱ピークが確認でき、第 1 発熱ピークは昇温速度の上昇に伴い高温側へのシフトが見られ、速度論評価が可能な反応となっている。第 2 発熱ピークはピーク形状がシャープであるが、昇温速度による依存性はなく、出現温度にバラツキがあることが分かる。ここでは、第 1 発熱ピークが Na-$CaCO_3$ 反応に直接の寄与がある主要な反応（初期反応）であると考えられ、Kissinger 法[1]を用いた簡易的な速度論評価を実施した。評価の結果、活性化エネルギーや頻度因子の速度論パラメータについて、石灰岩系コンクリートの反応性評価において報告されている知見[2]と相違があるが、前述の反応温度領域では反応速度定数に有意な差がないことを確認した。

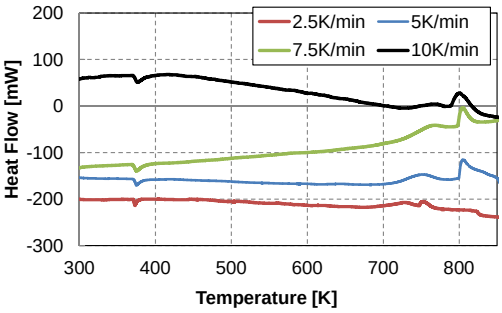

図 1　Na-$CaCO_3$ 反応の DSC 曲線

4. 結言

Na－コンクリート反応現象を解明するための基礎試験として、Na-$CaCO_3$ 反応を対象とした熱分析試験を実施した結果、約 680～825K において反応に伴う発熱ピークを確認した。また、簡易的な速度論評価を実施した結果、反応温度領域における反応速度定数は既往知見と同程度であることが分かった。

＊本報告は、エネルギー対策特別会計に基づく文部科学省からの受託事業として、原子力機構が実施した平成 29 年度「革新的ナトリウム冷却高速炉におけるマルチレベル・マルチシナリオプラントシミュレーションシステム技術の研究開発」の成果です。

参考文献

[1] Kissinger HE. ,Anal Chem 29 (11) (1957) 1702-1706.　[2] Suo-Anttila AJ.;NUREG/CR-3379 (1983).

*Shin Kikuchi[1], Nobuyoshi Koga[2],Akikazu Kurihara[1], Takashi Takata[1], Hiroyuki Ohshima[1]
[1]Japan Atomic Energy Agency, [2]Hiroshima University,