ナトリウム－水反応によるセルフウェステージ現象における階層的要因分析

Hierarchical Analysis on factors related to self-wastage phenomenon in sodium-water reaction

*張　承賢，山口　彰
東京大学

ナトリウム冷却高速炉の蒸気発生器内で生じるナトリウム－水反応によるセルフウェステージ現象には、多数の要因が関係しており、要因間の関係は定まっていない。本研究では統計的な手法を用いて要因間の関係について階層的な分析を行い、セルフウェステージについての新しい評価式の導出を検討する。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉、ナトリウム－水反応、セルフウェステージ現象、要因分析、DEMATEL 法

1. 緒言　ナトリウム冷却高速炉の蒸気発生器内の伝熱管に生じたき裂から水蒸気が漏えし、ナトリウム－水反応に伴い、初期き裂が自己損耗により拡大するセルフウェステージ現象が起こる。セルフウェステージ現象にはナトリウム温度、水蒸気温度、初期漏えい率などの様々な要因が関係しており、その要因間の関係が定まっていない。本研究では現象における支配的な要因の抽出及び要因間の関係についての定量的な評価を目指す。

2. 要因間影響度分析　セルフウェステージ現象における要因間の関係を評価するために、２つの要因間の影響度を定量化する。本研究では、日本原子力研究開発機構にて行われた SWAT-2 装置を使ったセルフウェステージに関する試験から取った１４個の要因（５５サンプル）を用いて要因間の影響度を評価した。要因間の疑似相関による影響を除くため、偏相関係数を用いて２つの要因間の影響度を０～３と定義した。要因間の影響をもとに、DEMATEL 法を用いてセルフウェステージ現象における支配的要因の抽出を行なった。図１に DEMATEL 法による評価結果を示す。横軸は重要度であり、大きい重要度を持つ要因は、現象において重要なパラメータであることを意味する。縦軸は原因度であり、正の原因度を有する要因は、他の要因に影響を与える原因パラメータであることを意味し、負の原因度を有する要因は現象における結果パラメータである。

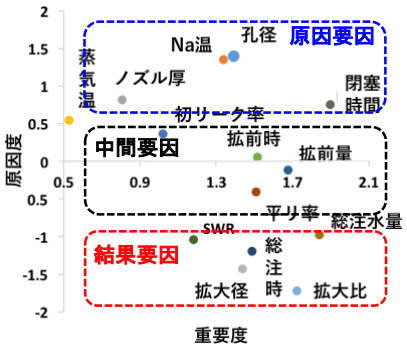

図１ DEMATEL 法による要因分析図

結果からわかるように１４つのパラメータは原因度を基準に初期孔径、Na 温度のような原因要因、平均リーク率、リーク量のような中間要因、拡大孔径のような結果要因に分けることが可能である。従ってセルフウェステージ現象おける要因間には階層的な関係を有することが分かる（図 2）。既存の研究では平均リーク率と Na 温度を用いて直接的にセルフウェステージ率に関しての評価式を導出した。しかし、要因間には階層的な関係を持つと予想されるため、本研究の結果を踏まえ、重要度の高い総注水量、平均リーク率、閉塞時間を用いてセルフウェステージ率を評価する式を導出し、評価式によるセルフウェステージ率を予測した結果、既存の評価式の誤差は 17.5 倍であるに対し、本研究の評価式の誤差は２.７倍と予測式の精度が改善されたことが確認できる。

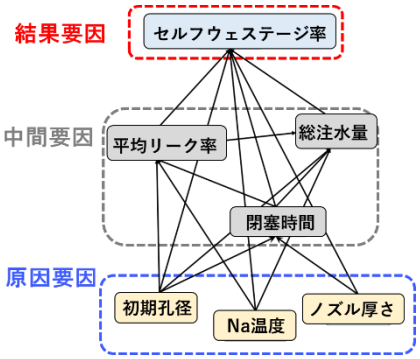

図２ セルフウェステージ率に関する要因関係

3. 結論　本研究ではセルフウェステージ現象における要因間の複雑な相関関係について偏相関係数を用いて要因間の影響度を定量化し、DEMATEL 法を用いて要因間の関係について評価を行なった。評価の結果、要因間には原因要因、中間要因、結果要因のように階層的な構造を有することがわかった。階層的な構造を持つよう、現象における重要度の高い要因を用いてセルフウェステージ率の評価式を導出した結果、既存の評価式より著しい精度の改善が確認できた。

参考文献

[1] 張承賢、ナトリウム－水反応におけるセルフウェステージ現象の要因分析、2016 年春の年会、1D04、2016

*Sunghyon Jang, Akira Yamaguchi
The University of Tokyo