

弗化物溶融塩高速増殖炉の成立性と効用

(vi) 分離プルトニウムの大間 MOX-ABWR と MSFBR によるハイブリッド利用

Feasibility and Use of Fluoride Molten Salt Fast Breeder Reactor

(vi) Hybrid Utilization of Plutonium in the Ohma MOX-ABWR and MSFBR

*三田地 紘史¹, 廣瀬 保男¹, 島津 洋一郎²

¹なし, ²福井大学

分離プルトニウムを利用するプルサーマル炉の下流に弗化物溶融塩増殖炉を配置し、プルサーマル炉が排出する使用済燃料中の超ウラン元素を有効に利用し、減損ウランを消費し尽くす方策を検討する。

キーワード: 溶融塩炉, 弗化物塩, 超ウラン元素, プルトニウム増殖, 高速中性子炉, 減損ウラン

1. 緒言

我が国が保有する分離プルトニウム (Pu) の内 36.3 トンが英仏両国に保管されており、今後運転開始する国内再処理分を含めてプルサーマル燃料に加工して利用することになっており、大間原子力発電所は大きな役割を担うと期待される。しかし、MOX 燃料は現行の湿式法で再処理できないための議論があり、国民の理解が進んでいない。本研究では、プルサーマル専用改良型沸騰水型原子炉 (MOX-ABWR) の下流にブランケットのない弗化物溶融塩高速増殖炉 (MSFBR) を配置して、早急に分離 Pu の消費を MOX-ABWR で実現し、次に MOX 使用済燃料に専用の弗化物揮発法と酸化物選択沈殿法を組合せた乾式再処理法¹⁾を適用して得られるウラン (U)・超ウラン元素 (TRU) 混合物で下流に配置した MSFBR を起ち上げ、減損ウラン (U) を消費するハイブリッド利用を提案する。

2. MOX 燃料装荷の沸騰水型原子炉

大間原子力発電所所で建設が進む 出力 1.383GWe (3.926GWth) の全炉心 MOX 燃料装荷の MOX-ABWR について、原子炉設置申請書²⁾と安藤・高野の計算³⁾に基づき炉心性能を想定した。燃料集合体の取出し燃焼度を 33GWD/t とし稼働率 0.89 の平衡炉心を想定すれば、1 年あたりに投入すべき燃料は 38.65 トンとなり、このうちプルトニウム (Pu) は 1.8 トンとなる。従って海外保管分離 Pu 36.3 トンは大間 MOX-ABWR 平衡炉心の投入燃料 20 年分 (=36.3/1.8) に相当する。一方 取出し燃料として、20 年間の合計で 減損 U (Uf/U=0.001) 719.4 トンと TRU (MA/Pu=0.092) 27.62 トンが核分裂生成物 (FP) を含んで排出される。

3. 弗化物溶融塩高速増殖炉

出力 1.5GWe (3.2GWth) の MSFBR を考える。炉心の直径が 3.08m、高さが 2.85m で、外側に厚さ 0.4m の反射材を置く。燃料塩は三弗化物が溶解することを前提とした NaF-KF-UF₄-TRUF₃ の弗化物混合溶融塩とする。ここで U および TRU は上述の大間 MOX-ABWR の使用済燃料を 5 年冷却した後に得られる減損 U と TRU とする。炉特性の解析には SRAC の PIJ-BURN を用い、核データは JENDLE-3.3 を使用する⁴⁾。初装荷燃料塩の組成は NaF(0.444)-KF(0.191)-UF₄(0.282)-TRUF₃(0.083) とし、毎日 21.2t の燃料塩 (全容積の 1500 分の一) を 1 次系より取出し、U と TRU を酸化物として沈殿させ、FP を含む担体塩を除去してから TRU と U の混合物として補給または引抜き、弗化物として担体塩に溶解したあと、1 次系に戻すことを想定した。これは高レベル廃棄物の潜在的放射毒性が 500 年で減衰するための条件である。

表 1 に運転 40 年間の物量収支を示す。初期炉に U を 71.09 トン装荷し、運転 40 年間に 41.31 トン追加補給する。40 年間に 41.48 トン燃焼して炉内に 70.92 トン残留する。TRU の初装荷量は 21.09 トン、同位体組成変化を補償するため 15 年間に 3.94 トン追加補給する。16 年以降の余剰 TRU 量は 0.74 トンとなり、40 年後の炉内には 23.83 トンの TRU が残留する。40 年後 (準平衡炉心) に燃料塩組成は NaF(0.440)-KF(0.189)-UF₄(0.278)-TRUF₃(0.093) となった。

4. 分離 Pu の MOX-ABWR と MSFBR によるハイブリッド利用

1.383GWe 大間 MOX-ABWR の運転 20 年間に排出される TRU 27.62 トンと減損 U 719.4 トンは海外保管分離 Pu を原料とする MOX-ABWR 燃料に起因する。これ等は 1.5GWe MSFBR が増殖炉になるまでに投入すべき TRU 25.03 トンと減損 U 86.69 トンより多く、いずれ処分が必要となる余剰減損 U 632.7 トンは、一旦 増殖炉となった 1.5GWe MSFBR を 600 年程度 (=632.7/1.04) 運転できる量に相当する。これは我が国のエネルギー資源確保および軽水炉使用済燃料の蓄積問題解消の観点より極めて有意義である。なお、MSFBR にはブランケットが無く、Pu は常に MA と U との混合物として取扱われるので核拡散抵抗性を向上させ、発電所の搬入物は減損 U のみであり、搬出物は高レベル廃棄物であるため核テロの危険性は低い。

参考文献

- [1] Y. Hirose, et al., ANS2015IHLWM#12671 (2015).
 [2] 内閣府「大間原子力発電所設置許可申請の概要 (2008).
 [3] 安藤, 高野, JAERI-Research 99-0004 (1999).
 [4] K. Okumura, et al., JAERI-Data/Code 2007-0004 (2007).

表1 運転40年間の物量収支 (U=71ton, 1500efpd)

	初装荷	補給	投入	残留	引抜
	[ton]	[ton]	[ton]	[ton]	[ton]
U	71.09	41.31	112.40	70.92	0.00
Pu	19.31	3.61	22.92	21.91	0.68
MA	1.77	0.33	2.10	1.92	0.06
TRU	21.09	3.94	25.03	23.83	0.74

*Koshi Mitachi¹, Yasuo Hirose¹ and Yoichiro Shimazu²

¹non, ²Fukui Univ.