

高速炉用制御棒材料および制御棒の開発に関する専門家会議に出席して

植松 邦彦*

表題に関するIAEA主催の専門家会議がソ連邦のディミトロヴグラード市において開催され、出席したので、その技術的内容について報告する。

本会議は、昭和48年6月4日から8日までの5日間、ディミトロヴグラード原子炉研究所の見学も含めて開催された。ソ連邦の世相、生活の現状、ソ連邦における原子力開発の実情とそのレベルなどについては、訪ソ原子力事情調査団が同じ時期にソ連邦を訪問していることでもあり、他にゆずることとしたい。

専門家会議は、その名の示すごとく、特定の狭い専門分野について、IAEAのIWGFR参加各国からごく少数の代表者の参加を求めて、各国における開発の現状認識と意見交換を行ない、現時点でわかっていること、問題点、将来の開発方向を整理し、IAEAに報告することにある。

今回の会議は、制御棒材料および制御棒設計に問題をかぎってあったが、これは、高速炉の制御棒に関して、日本のみでなく、世界各国が苦慮していることのあらわれと受取れる。各国からの参加者は米国2、英国3、フランス3、ドイツ1、イタリア2、ソ連邦7、日本2、IAEA1の総計21名の他、オブザーバーとしてソ連邦数名、チェコスロバキア数名の参加であり、総勢約30名程度で討議された会議であった。

討議された主要項目は、 B_4C の照射前後の特性、Ta制御棒、 Eu_2O_3 制御棒材料、制御棒の設計であった。以下に、それらが討議されて得られた結論と、それに関連して交された議論の重要な部分についてまとめて報告する。

1) B_4C の照射前後の特性

B_4C 制御棒材料については参加各国とも、相当の開発試験および実用試験の経験が蓄積されており、活発な討議が行なわれた。その結論としては次のものがあげられる。

- B_4C の製法、照射前特性については現状で十分のデータがあるといえる。
- 照射により、 B_4C の熱伝導率はわずかの照射で急激に低下する。低下の割合は B_4C の密度が小さいほど、照射温度が低いほど著しい。通常の B_4C に対して、照射材は未照射材の $\frac{1}{2}$ 程度となってしまう。
- B_4C の照射損傷は密度が2.1~2.3g/ccのとき最小である。
- Heガスの放出率は照射温度が400°C以下ではごくわずかであり、10%をこえる値は測定されていない。1000°Cまでは実測値は60%をこえるものはない。1600°Cでは70%という値も測定されている。
- B_4C のスエリングは燃焼度および温度の関数である。スエリングは燃焼度の増大とともに増加するが、その温度依存性については定説がまだ得られていない。温度依存性については、米国、ソ連邦の実験事実の間に全く逆の結論がでており、深く討議されたが、専門家会議としての統一見解が得られず、さらに照射試験を続行することが必要であるとの結論になった。
- B_4C とステンレス鋼との間の共存性については、600°C以下では全く問題がなく、650°C以上になると共存性は著しく悪くなる。また、Naの存在は共存性をさらに悪化させる。 B_4C 中に含まれるフリーの炭素を

*動力炉・核燃料開発事業団高速増殖炉開発本部

きびしく低下させることが重要である。

2) Ta制御棒

- a) Taは製造上も、炉外性質も全く問題がない。
- b) Taの発熱は大きいので、その冷却法について炉設計上の配慮が必要である。米国はFFTFには炉設計上の配慮がないので使用しないが原型炉以降では使用を考えている。英国はPFR以降に実用する。フランスはラブソディフォルチシモに一部使用しておりフェニックスにも一部使用予定。ソ連邦も実用の経験を持っている。
- c) Taとステンレス鋼との間の共存性は全く問題がない。
- d) TaはB₄Cの代替品として、炉中で長期間使用することが可能である。

3) Eu₂O₃制御棒材料

- a) Eu₂O₃はその製造法、照射前の性質について、まだ情報不十分である。特にEu₂O₃の相的安定化が重要課題である。
- b) Eu₂O₃とステンレス鋼との間の共存性については、データ不足であるが通常使用温度ではあまり問題ない。しかし、750°CでNaが存在した場合、相当の反応相が認められている。
- c) Eu₂O₃は炉物理計算値と臨界実験値との間に相当のくいちがいがある。
- d) Eu₂O₃はHeを発生しないので、大きい利点がある。B₄Cの代替品として十分有望である。米国、英国、ドイツは実用化を目指して炉内、外試験を実施中であり、特にソ連邦はBOR-60炉にすでに4本の制御棒を使用し実用試験中である。

4) 制御棒設計

- a) 制御棒の設計に当り、重要な因子は制御棒材料の照射スエリング、Heガス放出率、被覆材との共存性である。
- b) ベント型制御棒は各国において開発試験実用化試験、実用が行なわれている。特に、フランスはラブソディフォルチシモに実用しており、ソ連邦でも実用化試験が非常に進んでいる。ベント方式は各種方式が試験

されているが、フランス方式、ソ連方式ともNaの浸入が認められていた。

- c) Naボンド方式の制御棒設計はソ連邦など一部の国で実用されているが、いまだ一般的でない。
- b) B₄Cよりのトリチウム発生については、炉設計上特に考慮されていない。
- e) 安全棒などには将来とも濃縮ボロンが使用されることが考えられるが、調整棒などは天然ボロンを使用して設計される傾向にある。

以上のような結論のほか、各国での開発、実用化試験の進行状況からして、昭和50年に高速炉用制御棒に関するシンポジウムを開催すべきであるとIAEAに答申することとなった。

次に、制御棒開発の一般的意欲についてであるが、現在まで案外知られていなかったソ連邦が実用面での経験、新材料特にEu₂O₃の積極的な実用化試験などの面で第一流であったことに驚きを感じさせられた。また、フランスもラブソディフォルチシモにベント型制御棒を採用し、すでに一年余の運転経験を持っているなど、その先進国ぶりを会議で披露していた。英国は照射試験などその件数はきわめて多く、実に着実にPFRからCFRへの道をたどっていると感じられた。ドイツはSNR-300を主体に開発試験が進行しているが、ベント方式の開発、Eu₂O₃材料の開発などまことに意欲的なところを示していた。しかし、ドイツも日本同様、その緒についたばかりと考えられた。イタリーは制御棒に関するかぎり、未だしの感であった。米国は、FFTFに集中していることが明白に読取れたが、原型炉以降に関しても着実な研究開発姿勢があるといえる。最後に、日本であるが、ドイツ同様に実験炉用、原型炉用の開発試験に集中しており、ベント方式の開発、Ta制御棒についての試験の積上げ、Eu₂O₃材料の開発など、将来を見こした開発の内容が未だ不十分であるとの感を深くした。今回の専門家会議からは、実験炉原型炉の制御棒設計に直接反映できる貴重なデータを学びとることが出来たと同時に、開発課題への姿勢についても多くの教唆を受けた。

最後に、文末ではあるが、専門家会議に出席

して、種々御協力をいただいた三菱金属鉱業の秋元氏および、日本側の発表に必要な貴重な最新データを御提供いただいた東京工業大学鈴木弘茂教授に厚く御礼を申し上げる次第である。

本専門家会議に提供された各種文献は動燃において整理されており、使用の便をはからうことができると同時に、本年末頃にはIAEAより討議の詳細を含めた会議議事録が出版される予定であることを附記します。