講演

ドラゴン計画

Dragon Project

C. A. RENNIE

(1962年8月21日 日本都市センターにおいて講演)

座長 吹田徳雄氏

I. ドラゴン計画の沿革

1950年頃、イギリスではすでに高温炉系について5年来の業績をもっていたが、開発上の種々の難点に遭遇して一応中止の状態にあった。しかるに、その頃コールダーホールが建設を終え、AGR 計画も進捗しており、そのつぎに来るべきものについて考慮しなければならぬ段階となり、第2回ジュネーブ会議に提出した資料にもあるとおり、高温ガス冷却炉には種々の利点があるので、再びこの系統の原子炉が注目されるに至った。その後、ヨーロッパ各国との間でこの型の炉の開発について話し合った結果、1959年高温ガス炉の研究開発を国際協力によって推進するドラゴン計画が確立された。

ドラゴン計画で取り上げた炉型の構想はそれまでイギリスで考えていた高温ガス炉と同じものであったが、以前技術的に困難な問題に思われたものも、その後の技術的な進歩で解決の見通しがついて来たものが多かった。

ドラゴン計画の設立された1959年頃、アメリカでは US. AEC と General Atomics の間で今日 HTGR あるいは Peachbottom 炉として知られている高温ガス炉が計画され、ドイツでは Pebble bed 炉、日本では平均質炉のような同じ系統の一連の構想が続々出現し、この時期は高温ガス炉の可能性が見直された時期といえる。

II. ドラゴン炉の特長

高温ガス冷却炉の特長としてあげられるものは、つぎのとおりである。

(1) 熱伝達の向上

燃料温度が高いので、フィンなどの特別な方法

によらないで充分の熱除去が確保できる。

(2) 燃料温度の向上

セラミック燃料を使うことによって、燃料温度の上限は問題とならなくなる。

(3) トリウム利用

ウランより資源的に豊富なトリウムを利用して ^{232}Th - ^{233}U サイクルが実現できる。 ^{233}U は燃料として性質がよい。

(4) 冷却材温度の上昇

液体冷却の場合のように冷却材の沸騰が問題にならないから、温度が上げられて熱効率を高めることができる。

(5) ^{235}U の需給

現在かなり需給関係が緩和されているので、 ^{235}U の利用については問題がなくなった。

(6) ガスタービンの利用

将来動力炉としてはガスタービンと直結させる可能性をもっている。

(7) 直接発電の利用

さらに将来直接発電の開発とあいまって超高温を必要とするこの方式に活用する可能性をもっている。

高温を実現するために採用された方策としては

(a) 冷却材にガスを使うこと。

(b) 燃料および減速材にセラミック材料を用いること。

(c) 構造材として金属を使わないこと。

高温に伴う問題点はすべての反応が促進されるために起るガスによる構造材の腐食あるいはウランやトリウムの黒鉛への拡散等である。

ドラゴンでは冷却ガスにヘリウムを用いることとした。ヘリウムは沸点がほとんどの元素より低いために

液化による精製が容易である。

構造材としてはまだ開発を必要とするベリリウム等を考えずに黒鉛を採用した。すなわち、ドラゴン炉は減速材として炭素、燃料として炭化物、冷却材としてヘリウム、という構想である。技術的にはこの構想による原子炉は今でも可能であるが、これを動力炉にした場合の経済性を判断するにはさらに資料を整える必要があり、このような資料の作成もドラゴン計画の任務の1つになっている。

一方、燃料についてもその加工方法、照射性能、再処理再加工等についても研究調査を進めなければならない。

Ⅲ. ドラゴン計画の組織および財政

ドラゴン計画はイギリス、スイス、オーストリア、ノルウェー、スウェーデン、デンマークの6カ国の他、ユーラトム(フランス、ドイツ、イタリア、ベルギー、オランダ、ルクセンブルグ)を加盟者とし、経費は12カ国が共に負担している。本部およびドラゴン実験炉をイギリスの Winfrith 研究所に併設し、イギリス原子力公社(UK. AEA)との契約で施設の利用・研究サービス・事務処理・法律問題の処理等を公社が代行している。このように公社の世話になってはいるが、経済的には全く独立していて、提供された業務に対してはすべてドラゴン計画から公社に対して代価が支払われている。一方、公社としては、ドラゴン計画にはその運営委員会の委員を通して意志を反映させる以外特別な権利は保有していない。

1. 組織

ドラゴン計画の職員は加盟各国から出向の形で勤務している。これに対し、ドラゴン計画は代償を払う代わりに派遣元では俸給を出向職員に支給している。このような形式をとったのは出向職員が派遣元に籍を残しておいて、ドラゴン計画解散の時にのおの復帰できる道を開いておくためである。

(1) 運営委員会(Board of Management)

構成はイギリス・ユーラトム各3名、他の加盟国各2名計16名で年3回の開催で政策的な問題が決定される。私はこの運営委員会の決定事項の実行について責任を負うものである。

(2) 専門委員会(General Purposes Committee)

構成員はユーラトムおよび単独加盟各国のおの1名計7名の原子力の分野における専門家で、運営委員会に対して技術的な事項に関する諮問機関である。年4回開かれる。私は形式的には運営委員会に対して責

任をもつものであるが、実務上は技術的な事柄についてはあらかじめ専門委員会の意向を確かめている。専門委員会はまた財政上の問題の処理についても審議する。

2. 財政

財政面について述べれば、計画設立当初1959年4月～1964年3月の5ヵ年間に約£1,360万支出される計画であった。その後計画の変更で実際は5ヵ年計画の終りまでに約£1,500万の総額(年間平均約£300万)となる見通しである。最近ドラゴン計画を1967年4月まで3年間延長する話合いが加盟各国間で行なわれている。延長が決定すれば予算も当初5年間と同程度の年間支出額を基礎に増額される見通しである。

これだけの財政支出の代償として加盟各国は一般的な報告を発表する以外にはドラゴン計画から得られた資料は公表せずこれを独占する意向である。

資金の支出の手続としては加盟各国の研究機関や業者に対する契約を通じて行なわれる。機関や業者の選定にあたっては関係国から出向している職員からも情報をとって参考にしてはいる。機器の供給契約は加盟各国の業者の競争入札により適格な応札のうち最低価格のものにきめられる。この原則を適用した結果としては注文は加盟各国に案外公平に分布された。契約の内容は比較的簡単な部分品の注文生産から、かなりの研究開発を伴う複雑な機器まであらゆる種類を含んでいる。研究開発を伴う注文は加盟各国の業者のうち特にその分野に実績をもつ会社を選んで契約する。このような特殊技術をもつ業者はオーストリア・オランダ等の小国にも存在している。

Ⅳ. ドラゴン実験炉の経過と現状

1. ドラゴン実験炉の仕様要目 (第1図)

燃料ウラン1kg 当り約1MW となり実用炉とほぼ同じである。この数値をこれにより非常に大きくしよ

PRINCIPAL DATA		PRESSURE VESSEL	
FUEL	Thermal Homogeneous U-235 Th. 232 in the Di-carbide form	Material	MARWE 426 MA Steel
MODERATOR	Graphite	Plate Thickness	38" 1"
CAPACITY	20 MW Thermal	Overall Height	11' 6"
URANIUM LOADING	28 kg	Maximum Dia.	48 tons
POWER DENSITY	14 MW/m ²	Operating Temp.	320°C approx.
CARBON/U	Atomic Ratio 2.100	SHIELDING	
COOLANT	Helium	Internal Shield	2" steel
	Pressure 20 atm. Inlet Temp. 350°C Outlet Temp. 750°C Mass Flow 21 lb./sec. Pressure Drop 3 p.s.i.	Thermal Shield	Water-filled Steel Tanks Main Shield— Portland Con- crete
CIRCULATORS	Gas Bearing, Single Stage, Cen- trifugal.	Secondary Shield	5' 9"
No.	6 in Parallel	Concrete	2' 0"
Speed	12,000 r.p.m.	CONTAINMENT	
Drive	3 phase Induction Motor (100 h.p.)	Steel Inner Shell	66' dia. 81' above G.L. 25' below G.L. 10 p.s.i. internal 3 p.s.i. external
Speed Control	Variable frequency supply from Ward-Leonard driven alternator.	Design Pressure	110' O/D 88' above G.L. 39' below G.L. to bottom of foundation 1 p.s.i. internal 3 p.s.i. external
HEAT REMOVAL	Primary Circuit Helium to Forced Circulation Boiling Water Secondary Circuit to Forced Circulation Pressurized Water Tertiary Circuit to Atmosphere via Forced Draught Pinned Cooler. Mean heat flux at fuel element surface: 24 watts/cm ²	Outer Concrete Building	

第 1 図

うとすればプロトアクチニウム等断面積の大きい生成物が問題になる。 14 MW/m^3 の出力密度は相当高い。Atomic ratio はかなり低くこの炉は中速炉といえる。熱除去の方式は効率よりも簡単安全を第1としてこのような3段方式を採用した。圧力容器の材料は軟鋼の一種で放射線損傷による脆性点の上昇を考えて運転温度を最低 320°C とした。格納容器からのもれは1日当り 0.1% におさえる。

2. 実験炉内部配置 (第2図)

第 2 図

3. 実験炉中心部断面 (第3図)

炉心タンク上部には燃料取替装置(charge-machine)がみえる。斜めの位置にみえる腕が上下および回転して任意の位置の燃料棒をつかみ出し、左の燃料取出弁(main entry valve)を通して炉外に燃料を送り出す。制御棒(absorber rods)は炉心と反射体の間の環状の空間に配列されて円筒状の膜を形成する。制御棒は上から吊られて右上にみえるモータ(absorber rod drives)によって上下する。

第 4 図

第 3 図

4. 実験炉関係建物模型 (第4図)

制御室は炉室と別に右側にみえる建物内に収められる。左側にみえるのは非常電源その他補助機械を収めた建物である。

5. 燃料出入弁(Main Entry Valve) (第5図)

第2図で述べた燃料出入弁の拡大図で弁を開いた時は燃料が通過できる大きさの通路となり、回転部分が

第 5 図

第 10 図

第 13 図

第 11 図

第 14 図

第 12 図

第 15 図

される炉の上から燃料粒を落下させるとアルゴン気流に支えられ浮遊状態になったところにメタンガスを通じ炭素被膜を付着させる。

12. PLUTO 炉に装備した燃料照射試験ループ(第12図)

ドラゴン用燃料をできるだけ実際の炉内条件に近い状態で照射試験することを目的とした。系統図(第13図)は非常に複雑な実際の系統の要点だけを取り出したものである。

ドラゴン計画ではこの他にも加盟諸国に研究炉を利用した各種照射試験を委託している。

つぎにドラゴン実験炉建設中の写真について2, 3述べよう。

第14図は製作工場における圧力容器であるが、つき出てみえる太い管が冷却水出入口で細い方の管は計測系統の出入口である。圧力容器全体の高さは約4mである。

第15図は圧力容器を組立て現場で吊り下げているところである。

◇質疑応答◇

問 ドラゴン計画とアメリカのHTGRとの関係はどうか。

答 HTGRを開発している General Atomics ではドラゴンに匹敵する規模の仕事をしているので、US. AEC との協定で相互に情報を交換することになっている。ドラゴン実験炉はやや基礎的な資料を得ることを目的としているのに対し、HTGRは発電を行なうより実用的な面をねらっているので、両者は相補う関係にある。

問 ドラゴン計画で発電試験炉を建設する計画はないか。

答 詳細な設計資料は作成するが、実際に炉を建設することはドラゴン計画に含まれていない。計画は発電炉建設に必要な資料と実験炉運転の経験を加盟国に提供することにとどまる。

問 ドラゴン実験炉でプルトニウム燃料を試験する計画があるか。

答 その可能性を検討はしている。プルトニウム燃料の経済性についてはさらに資料を集める必要があるが、今のところ経済性ではウラン燃料におとるものではないかと思う。

問 燃焼率(burn up)はどうか。

答 ドラゴン炉では燃焼率をあげることは特に問題としていないが、中心部の燃料の一部を長時間残して3年間に100%に近い燃焼率まで試してみようと考えている。

『原子力シンポジウム報文集』

割引頒布

第2回報文集(定価 4,800円)

第3回報文集(定価 4,000円)

本会々員には2割引で頒布しております。
ご希望の方は事務局へお申し込み下さい。

本誌専用

合本ファイル

本誌1年分12冊を、簡単な操作で自由に
入れ替えできるファイルがあります。

B5判布装幀で、金文字の会誌名が入った
美麗・堅牢なもので大変便利で好評です。

1冊 ￥150円(〒80円)