

JAERI-M
5 3 6 0

低温化学照射装置(LTFL)の運転報告・III

(昭和46年度運転)

1973年8月

佐藤章一・森山 昇・池添康正・清水三郎・小林敏明
岡本次郎・浜ノ上熊男・徳永興公・山崎弥三郎・団野皓文

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

低温化学照射装置（L T F L）の運転報告・Ⅲ

（昭和46年度運転）

日本原子力研究所・高崎研究所・研究部

佐藤章一・森山 昇・池添康正

清水三郎・小林敏明・岡本次郎

浜ノ上熊男^{*}・徳永興公^{**}・山崎弥三郎^{***}

団野皓文^{****}

（1973年7月18日受理）

昭和46年度に、低温化学照射装置（L T F L）を11回運転し、55ヶのカプセルを照射した。内3回の運転は低温で行なった。いくつかの運転上のトラブルはあったが、適切な処置によりほとんどの運転を予定通り円滑に行うことができた。

本年度における照射目的として、(1)エチレン線量計による核分裂片線量測定法と計算法の開発、(2)L T F L内における原子炉から直接のバックグラウンド放射線線量率の測定、(3)核分裂片による窒素-エチレン系からのシアン化水素生成の測定および(4)反応生成物の汚染測定を実験した。これらについては独立に報告した。カプセルを照射試料別にすると、エチレン28カプセル(汚染実験用5カプセル、バックグラウンド測定用11カプセルを含む)、窒素-エチレン混合ガス25カプセル(バックグラウンド放射線による反応測定用11ヶを含む)および¹⁴N-¹⁵NO₂カプセルである。

ループ保守のために、第4四半期にヘリウム圧送機のオーバーホールと圧力、温度の記録、指示、警報系の点検校正を行った。

* 東海研究所・原子炉化学部

** 高崎研究所・開発試験場

*** 東海研究所・安全工学部

**** アイソトープ事業部・ラジオアイソトープ研修所

Operation Report on the Low Temperature Fissiochemical Loop (LTFL). III. Operations During the Period of April 1971 to March 1972.

Shoichi SATO, Noboru MORIYAMA, Yasumasa IKEZOE,
Saburo SHIMIZU, Toshiaki KOBAYASHI, Jiro OKAMOTO,
Kumao HAMANOUE*, Okihiro TOKUNAGA**, Yasaburo YAMAZAKI***
and Akibumi DANNO****.

Division of Research, Takasaki Radiation
Chemistry Research Establishment, JAERI.

(Received July 18, 1973)

Summary

The Low Temperature Fissiochemical Loop (LTFL) was operated eleven times, irradiating 55 capsules during the F.Y. 1971 - 1972 period. Three low temperature runs were included. The loop operation was satisfactory, except a few troubles dealt with suitable measures.

Irradiations were made for (1) fission fragment dosimetry with ethylene and evaluation of the dose rate calculation, (2) measurement of the background reactor radiation dose rates in the loop, (3) hydrogen cyanide formation in nitrogen-ethylene system by fission fragments and (4) measurement of the extent of the reaction product contamination with fission products. The experimental results have been reported separately. The number of capsules as classified by the reactants; 28 capsules

containing ethylene (including 5 capsules for the contamination study and 11 capsules for the background radiation dosimetry), 25 capsules containing mixtures of nitrogen and ethylene (including 11 capsules for the measurement of background reactor radiation reaction) and 2 capsules containing $^{14}\text{N}^{15}\text{NO}$ for dosimetry study.

For the loop maintenance, the helium compressor was overhauled and pressure gages and thermometers (recorders, indicators and alarms) were checked and calibrated in the last quarter of the F.Y.

*Division of Chemistry, Tokai Research Establishment.

**Pilot Scale Research Station, Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment.

***Division of Reactor Safety, Tokai Research Establishment.

****Radioisotope School, Radioisotope Center.

目 次

1.はじめに	1
2.照射運転	3
2.1 運転の概要	3
2.2 運転の経過	3
2.2.1 71-1 運転	3
2.2.2 71-2 運転	4
2.2.3 71-3 運転	4
2.2.4 71-4 運転	5
2.2.5 71-5 運転	6
2.2.6 71-6 運転	6
2.2.7 71-7 運転	6
2.2.8 71-8 運転	7
2.2.9 71-9 運転	7
2.2.10 71-10 運転	7
2.2.11 71-11 運転	8
2.3 本年度運転、照射実績	8
3.保守	11
3.1 ヘリウム圧送機オーバーホール	11
3.2 クラッチ関係改修	12
3.3 その他の保守	12
4.LTFLによる照射	13
4.1 LTFL内線量測定	13
4.2 核分裂片線測定法の開発	13
4.3 鎔素とエチレンの反応研究	14
4.4 生成物汚染測定	14
5.結論	15
6.謝辞	15
参考文献	15

1 はじめに

低温化学照射装置 (Low Temperature Fissiochemical Loop, LTFL) は、昭和 34 年頃からの原産における化学用原子炉に関する調査検討⁽¹⁾に始まり、原研での研究委員会活動で原研における具体的研究方針⁽²⁾として、LTFLを中心とした研究が提案されたことにより建設されることとなった。この提案にもとづき、概念設計⁽³⁾、詳細設計^{(4)~(9)}、建設、試験^{(10)~(12)}を行い、45 年度から試料照射のための運転⁽¹³⁾を開始した。45 年度における運転は、実質的に初年度であり、年度後半に定常運転が行われるようになったこともあって、装置内の線量測定⁽¹⁴⁾が中心となった。

46 年度は、前年末に初照射した核燃料入のカプセル照射が定常化し、無核燃試料と異なるところなく照射を行えるようになった。これによりエチレン線量計を中心とする核分裂片照射時の線量測定結果⁽¹⁵⁾が計算⁽¹⁶⁾と一致し、エチレン線量計の実用化が可能となった。また、核分裂片による化学反応研究の最初の対象として、 γ 線での研究が相当に進んでいる窒素-エチレン系⁽¹⁷⁾を選んだ。その他、エチレン中に放出された核分裂生成物の挙動を中心として、核分裂片照射反応時の生成物汚染の評価のための実験⁽¹⁸⁾と、總量測定法の開発のための¹⁵N を含む亜酸化窒素照射を行った。46 年度には低温運転 3 回を含んで 11 回の運転を行い、55 カプセルを照射した。試料別ではエチレン 28 カプセル（内、無核燃バックグラウンド測定用 11 カプセル、汚染測定用 5 カプセル）、窒素+エチレン系 25 カプセル（内、バックグラウンド測定用無核燃カプセル 11 ヶ）および¹⁴N¹⁵NO 2 カプセルとなる。窒素+エチレン系の反応については、本年度での一応の結論として核分裂片照射とガンマ照射で G(H₂O) 値は大差ない⁽¹⁹⁾ことが明らかになった。

また、46 年度には保守作業として、始めてヘリウム圧送機のオーバーホールを行った。その他、運転操作の進行に伴い、リミットスイッチ類、クラッチ等の機械的動作を伴う部分と、一部の電気計器に経年故障が発生したが、簡単な修理で解決することができた。本報告は、46 年度の運転の経過を中心に、これと関連した事項、得られた実験結果の一部について述べたものである。LTFL フローシートを図 1 に示す。

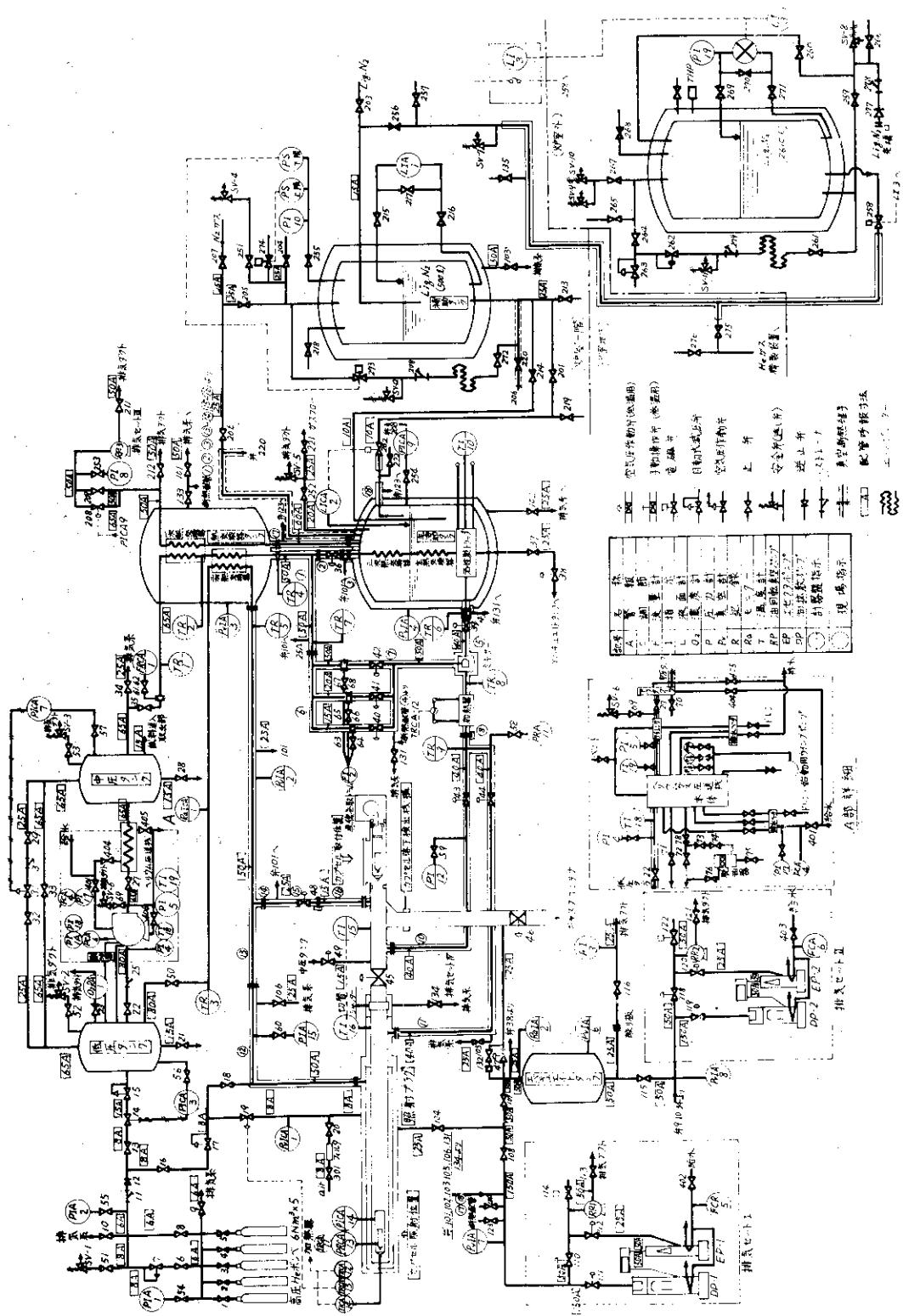


図1 LTLフローシート(45年3月設置の炉室外液体空素タンク(2610ℓ)を含む)

2 照射運転

2.1 運転の概要

昭和46年度は年度を通じて、ほぼJRR-3運転サイクル1回につきLTF-L運転1回を行ない、カプセル5ヶを照射する定常運転パターンが定着した。試料としては、窒素-エチレン系を初めて核分裂片照射し、常温および低温における線量効果と圧効果を中心に実験した。核分裂片線量測定はエチレン線量計を中心に行なめ、線量効果と圧効果を実験した。更にエチレン系では、生成物汚染評価のために照射後の気体生成物中、および容器壁上の核分裂生成物の分布についての予備実験を行なった。

以下に各運転について述べる。前年第2回運転から本年第2回運転までJRR-3炉出力は7MWであり、第3回運転以降は10MWである。また、第4, 6, 10回運転は低温運転であった。

2.2 運転の経過

2.2.1 71-1運転

(1) 概要

前回(70-6)運転において初めて核燃料入りエチレン線量計を照射したが、今回初めて核燃料入り反応系照射を行なった。本年度初め(4月)にリード線付コネクターの交換を行い、寸法精度のよいものになつたので、カプセルをコネクターに取付ける際の基準とする許容線量率⁽¹⁸⁾:

コネクター表面最大 3R/h

遮蔽蓋上最大 100mR/h

に従って取付ける作業は容易になつた。運転操作全体も円滑に進行し、常温照射が予定通り行なえた。

(2) 試料

ウラン-パラジウム合金箔⁽²⁰⁾はBNLで製造されたもので表1に示す性質の、ウラン合金を白金で被覆したものである。

表1 ウラン-パラジウム合金箔の性質^{(16), (20)}

組成	U-Pd合金	Pt被覆
	20重量% U-80重量% Pd U濃縮度 9.3.3%	100% Pt
融点	1400°C	1769°C
厚さ	2.1 μ 全厚 2.5 μ	0.2 μ(片面)
比重	1.2.8	2.1.4.5
核分裂片飛程	5.45(mg/cm ²)	4.23mg/cm ²
面密度	0.503mg ²³⁵ U/cm ² 0.538mg U/cm ² 2.69mg Alloy/cm ² 3.55mg foil/cm ²	0.858mg Pt/cm ²

合金箔は、3 mmまたは5 mm幅に切り、両端に穴をあけて、ステンレス鋼製箔ホルダー^{(13), (16)}にかけ、カプセル中央に固定した。これまでの経験で箔はかなり裂けやすいので穴のあけ方は注意したが、3 mm幅のものはホルダーに僅かな力がかかるて引っぱられても切れやすいので、今後は5 mm幅のものを標準とすることとした。エチレンはポンベ入り高純度品（純度99.8%）窒素+エチレン混合ガス（5.25%エチレン）も高純度品（窒素ガス純度99.9995%）の混合物でポンベ入り、两者共高千穂化学の製品である。実験にはそのまま使用した。試料の充填法について検討の結果、封入装置の改造により排気性能を向上させる（これは71-3運転以後使用）と共に、排気を充分に行い、また仮締め後のノズルの銀ロウ付けを手早く行うようにして、空気の混入を充分押えることができるようになった。

2.2.2 71-2運転

(1) 概要

今回照射した試料は前回（71-1運転）の経験により、3 mm幅から5 mm幅の核燃料を使用するようにしたので、全体に照射時間を短かめにとった。炉出力はやはり7 MWであった。

運転は常温であり、カプセル熱電対とストレンゲージの指示不良または接触不良があった（各1件）他は予定通り操作が行われた。ストレンゲージでは数 K g/cm²に相当するドリフトが照射開始後に見られるが、これは照射時の温度変化とゲージ接着剤が有効期限に近いことによると考えられる。

今回運転で照射された核燃入りエチレンカプセルのうち2ヶを用いてラジオガスクロマトグラフィーと波高分析計による放射能測定を行った。この結果については後に述べる。

2.2.3 71-3運転

(1) 概要

今回以降炉出力は10 MWに復帰した。今回は前回運転で実験されたエチレンの核分裂生成物汚染実験の追加として2ヶの核燃入りカプセルの3および5時間照射を行った。

今回運転2発目（2日目第1発）では、照射後の試料取出操作時にカプセル落下機構のリミットスイッチ作動不良によるトラブルが生じたが、3時間程度の遅れを生じたのみであった。

(2) 特記事項

今回運転2発目のカプセル引戻し後キャスクコンテナに落下収納した時、同時に行われるシーケンス操作である落下機構の復帰が異常を生じた。即ち、正常位置に止らず(1)落下機構操作用グラフィックパネル(G.P.)ランプ付押ボタンが青灯、白灯共点灯したままとなり、現場では落下機構駆動用モーターがロックし過熱状態にあった。このため(2)同モーター駆動回路リレーMC-16, MC-17へ通じるヒューズCF-13(2P3A)を抜いた。(3)試料取扱部付近の線量率が低下してから(約4時間後)遮蔽蓋を開けて内部を観察した結果、復帰位置でモーター停止の信号を発するリミットスイッチ(LS)が作動していないことを確かめ、LSのアームを少し曲げて作動正常となった。(試験3回)。このトラブルは45年度にも試料送入操作で起こり、リード線断線に至った事故と同様、LTFL休止時に押えられた位置にあるLSが、経年的にアームが曲り、弾性が低下したことによる。手が届くところにあるものはよいが、届かないLSは保守上問題である。今回のトラブルを生じたLSはアームには手が

届くが交換はできない位置であるので改良を考えることとした。

これまで1班3名で早番、遅番に分けて運転を行ってきたが、71-3運転から1班2名の運転にした。昼間で研究棟などに応援を頼める状態であれば、現場に2名いれば全く問題ない。夜間は操作が不慣れなものを含むときは3名とする。

2.2.4 71-4運転

(1) 概要

今回は初めての核燃料入りカプセルの低温照射運転である。照射温度は-145°Cを目標とした。

運転では液体窒素自動補給系統の警報誤作動により3発目のカプセルの照射位置がズレた。他のカプセルでも照射条件には影響をかかったが、同じ誤信号にもとづく操作上のトラブルとその小トラブルが生じた。しかし、全体的には1カプセルを除いては予定通りの照射条件で低温照射が行われた。

(2) 温度制御

エチレン蒸気圧の温度曲線から、25°Cで1気圧充填した $N_2 + 5.25\% C_2H_4$ 混合気体の液化温度は-149°Cと求められた(3気圧で-138°C, 0.5気圧で-154°C)。一方、プラグ入口温度(TI-16)とプラグ先端温度の差を1°C、プラグ先端温度と内カプセル温度の差を3°Cと見て、カプセル内で液化が起きないように多少の安全度を見込んで、運転時のTI-16の設定目標を-150°Cとした。バイパスヘリウム流量とプラグ入口温度の関係⁽²¹⁾から、バイパス流量(FI-2)=168m³/hを目標にして温度制御した。最終的にはプラグ先端温度(TRCA-13)による電熱器加熱制御を行って、FI-2=153m³/h(読み)、TRCA-13温度調節目盛43.5%，TI-16=-150°C、内カプセル温度(TRCA-11)=-148°Cで安定した。温度調節操作は特に問題はなかった。

(3) 特記事項

(1) 今回運転2発目のカプセルが予冷位置にあるとき、補助タンクから主冷却タンクへの液体窒素自動補給系統の電磁弁(V-202)が開いて、液体窒素の補給が開始されると同時に警報一段(ブザーが鳴るだけの注意信号)抜きに二段(L2, カプセル自動引戻しがかかる二段目の警報)が出た。補助タンク内圧が高すぎたかと考え、低く(0.8→0.2kg/cm²G)した。しかし、3発目のカプセル照射開始前にも、カプセル予冷位置で同様に警報二段がいきなり出て自動的にカプセル引戻しがかかった。このため、LICA-2制御盤内スナップスイッチをOFF-ONしてリセットし、自動引戻し信号を消して、V-221を開き主冷却タンク内圧を0とした。以上にもかかわらず、3発目照射開始後26分(2時間照射予定のところ)でV-202開と同時に警報二段が入りカプセル自動引戻しが始った。誤信号であることが確かであったので、試料挿入引戻停止ボタン(制御盤)を押しつづけカプセル停止、照射継続をはかった。しかし、この間カプセル位置は約20cm後退した。4発目の照射に先立ち、液体窒素補給時に補助タンク液位計LIA-1の減少と主冷却タンク液位計LICA-2の浮き子液位計の観察により、LICA-2のH1(液位高警報一段、注意信号のみ)が正常に作動することを確かめ、V-202を手動で開き続けて液体窒素をH1の出るまで補給する(1回5~10分を要した)ことを2時間の照射中30分置きに行った。これによりL2は必ず一応予定通りの

照射ができた。以上のLICA-2の誤動作は液位計炭素抵抗の経年変化によるアンバランスであることが明らかになり、第2回目の低温運転(71-6運転)では、ゲイン調節等で再発しなくなつた。

(b) 試料取扱部はカプセル取付け後15分～25分かかるて～0.2 Torrまで排気してからヘリウムを導入する手順になっている。今回照射では2発目から排気困難となり30分排気で約1 Torr(2発目), 2.5 Torr(3発目)となつたところで次の手順に移つた。第4発目では排気開始時には2 Torrであったものが約20分後に約6 Torrにかえつて悪化したので、2回のページ後にヘリウムを導入した。この現象はHe循環系と取扱部の間の仕切弁であるV-43, 45, 48, 49のいずれかがリークしていることが原因と考えられる。第2日目, 5発目の常温照射時および第2回目の低温運転時にはこのトラブルはほとんど無かつたことからみて、恐らく、上記のいずれかの弁に霜つきが起きたことが原因と考えられる。

(c) 計装エア圧がJRR-3での操作、特に気送管使用時に低下して警報が数回出た。この点はLTFL操作上トラブルになり得るので、炉側に要請し、コンプレッサーのアンローダー作動の設定点を上げてもらって後に解消した。

2.2.5 71-5運転

(1) 概要

核燃料入りエチレン線量計の常温照射を中心とした運転であった。第2日の運転開始時に、放射線モニター用の高圧電源が作動しなくなつたので、安全上問題があると考へ臨時補修を行つて、1日おいて照射を行つた。照射は予定通りに進行した。

(2) 特記事項

(d) 放射線モニター用電源が作動しなくなつた原因は、始動の時限装置となつてゐるサーマルリレーが故障しているためであることが判つた。この系統をショートし、入力ONの後1分以上の時間をとつて高圧電源ONとする手動操作で使用できるので、第3日目にはこの方法で運転を行つた。

(e) 3発目のカプセル取付時にクラッチ切離しがロックしたような状態で手動困難となつた。結局は油切れと機械的な摩耗によるガタのためで、油差しと調整で作動可能となつた。

2.2.6 71-6運転

(1) 概要

71-4運転に継いで本年度第2回の低温照射を行つた。前回は低温運転1日と常温運転1日で行つて意外に長時間運転となつたので、今回は低温2日、常温1日の運転を行つた。

(2) 温度制御等

71-4運転(-145°C照射)に続いて、-100°C照射を行つた。バイパスヘリウム流量(FI-2)と温度の関係⁽²¹⁾から、FI-2 = 268m³/h(読取値)を運転開始時の目標として、結局、全流量が380～390m³/hとやや低かつたためか、FI-3 = 250m³/hで、カプセル温度(TRCA-11)-100°Cとなつた。

前回運転でトラブルとなつた主冷却タンク液体窒素液位計は調整により、正常に動作した。また取扱部排氣も正常であった。

2.2.7 71-7運転

(1) 概要

今回初めての試みとして JRR-3 の 1 サイクルの運転中に 2 回の L T F L 運転を試みた。これは 2 回共、常温照射であり、特に 71-7 運転では短時間 (7 分 2 カプセル, 20 分, 1 時間, 4 時間各 1 カプセル) 照射のものが多かったことで可能となった。

(2) 特記事項

(1) 前回 71-5 運転において故障し応急修理してあった高電圧電源は、今回運転前に故障していたサーマルリレー真空管 (RGA-30) を交換し、正常であったので 71-7 運転に入ったが再び電圧が出なくなった。原因はマグネットリレーのコイル接触不良と判り、コイルを交換して以後作動正常となった。

(2) カプセル引戻し時にクラッチ接続が不充分で、(カプセルに送入時には正常だったが、気送にさからって、抵抗の多いリード線巻き戻し時に)巻取ドラムのモーターのみ回転し、ドラムが回転しないトラブルが 2 回あり、3, 4 発目のカプセルでそれぞれ 25 秒, 40 秒の照射予定時間超過が生じた。これはモーターの運動をドラムに伝達するクラッチ (機械式、手動ハンドル操作) 関連機構が全体的にガタが多くなって滑りに至ったためと考えた。クラッチ操作に充分注意すればかなり避けられるトラブルであるが、機構の改良、改修が必要となった。

2.2.8 71-8 運転

(1) 概要

前回 71-7 運転に続いて同じ炉運転サイクル内のループ運転である。常温でもあり、特に照射予定に影響するトラブルはなかったが、1 日 3 ケ、最終試料 4 時間照射後 14 時間で第 2 日目の 1 発目の照射を行ったときはコネクター表面で 1 R/h, 2 日目第 2 発目の取付けは約 4 時間放射能減衰を待って 3 R/h (2.2.1(3) 参照) という基準ぎりぎりで行った。短期間に照射を行う場合は、コネクターの残留放射能が律速になる。

2.2.9 71-9 運転

(1) 概要

JRR-3 の第 9 サイクルは中止されたが、約 4.6 時間の定格出力試験運転が行われたのでこの期間に本サイクルで予定されていた照射を行った。前回 (71-8 運転, 46-10-21, 22) 以後ヘリウム圧送機のオーバーホール (47-1-10~15) と試料送入引戻機構のクラッチ、クラッチシフターなどの交換、改良を行ったので、運転開始前にカプセル送入引戻試験を行った。運転開始後は特にトラブルはなく、(計装エア圧低下が多かったが) 照射は予定通りに進行した。

(2) 特記事項

今回は運転開始前に空試験を行ったが、その時、71-3 運転で起きたと同様な試料落下機構復帰のリミットスイッチが作動しないトラブルが生じ、前回同様リミットスイッチのアームを曲げ調整した。

2.2.10 71-10 運転

(1) 概要

今年度第 3 回目の低温 (-190°, -150°, -100°C) 照射運転を行った。前回 (71-9 運転) 以後、全温度計、圧力計の点検、校正と、全プラグインリレーの交換を行っているの

で、運転開始前に前回と同様、予冷位置までのカプセル送入引戻試験を行った。また、運転前日に活性炭再生処理を行った。温度調節にやや困難があったが、照射は予定条件通りに行つた。

(2) 低温運転での予定条件と実際の条件は表2のようである。最低温度照射のときは、主冷却タンク内の窒素排気ポンプR P - 3を運転し、R P - 3入口圧 - 200mmHg、主冷却タンク内圧 - 120mmHgまで減圧され、照射時間が20分と短かかったので、この間に液体窒素補給による昇圧がないように操作でき、多少効果があったようである。その他、プラグ先端温度計(T R C A - 12, 13)の温度調節指示作用が異常になり温度調節を手動併用としたため、一定値に保つのはやや困難であった。

表2 71-10運転での温度制御

カプセル No.	予定条件		安定条件			
	温度 (°C)	バイパス流量 (m³/h)	バイパス流量 (m³/h)	全流量 (m³/h)	カプセル温度 (°C)	プラグ温度 (°C)
R-21	-190	0	0	380	-192.5	-195
R-23	-100	270~255	250	395	-100	-102
R-22	-150	150	150	400	-150	-152
R-25	-150	150	〃	400	-	-158

* TICA-14読み

2.2.11 71-11運転

(1) 概要

常温照射であり、照射は予定した条件で行われた。

装置としては、真空計Pv I A - 7, 8の指針のブレとカプセル圧力計P R C A - 13, P I C A - 14が全体にバランスがとりにくい現象があった。これらは、運転終了後、前者はチャッパー不良、後者は可変抵抗器損耗による接触不良によることが判り、それぞれ交換により正常になった。

2.3 本年度運転、照射実績

本年度の照射、運転の実績をまとめると表3のようになる。

表3 照射試料と運転

LTFL 照射運転 番号	JRR-3 サイクル (炉出力)	年月日	ガラスセル番号	試 料		U-Pd箔 (atm) [cm×cm]	位置*1 [cm]	照 射 条 件	
				反応 気 体	圧力 (atm)			室温	時間[h]
71-1	46R3-01 (7MW)	46-5-26 " " " "	R-6 D-26 D-13 R-5 " " " "	N ₂ +5%C ₂ H ₄ C ₂ H ₄ C ₂ H ₄ N ₂ +5%C ₂ H ₄ C ₂ H ₄	1 atm " " " " 0.3×5 0.3×5	0 cm " " " " 0 cm " " " " 0 cm	室温 "	1 h " " 5 h 20 min " " 10 min " " 30 min " " 5 h	
71-2	46R3-02 (7MW)	46-6-9 " " " " 46-6-10 " " " "	R-7 D-27 R-8 D-28 D-14	N ₂ +5%C ₂ H ₄ C ₂ H ₄ N ₂ +5%C ₂ H ₄ C ₂ H ₄ C ₂ H ₄	1 atm " " " " 0.5×5 0.5×5 0	0 cm " " " " 0 cm " " " " " " " "	室温 "	10 min " " 30 min " " 5 h	
71-3	46R3-04 (10MW)	46-7-21 46-7-22 " " " " 46-7-23 " " " "	D-29 R-1 D-39 R-2 D-40	C ₂ H ₄ N ₂ +5%C ₂ H ₄ C ₂ H ₄ N ₂ +5%C ₂ H ₄ C ₂ H ₄	1 atm " " " " 0.5×5 0.5×5 0.5×5	0 cm " " " " 0 cm " " " " 0 cm	室温 "	4 h 2 h 3 h 2 h 5 h	
71-4	46R3-05 (10MW)	46-8-17 " " " " 46-8-18 " " " "	R-9 R-10 R-3 R-4 D-30	N ₂ +5%C ₂ H ₄ N ₂ +5%C ₂ H ₄ N ₂ +5%C ₂ H ₄ N ₂ +5%C ₂ H ₄ C ₂ H ₄	1 atm " " " " 0 cm " " " " 0 cm	0 cm " " " " 0 cm " " " " " " " "	室温 -147° -148° -149° 室温	7 min 20 min 26 min 1 h 34 min 2 h 4 h	
71-5	46R3-06 (10MW)	46-9-7 " " " " 46-9-9 " " " "	D-37 D-38 D-41 D-42 D-31	C ₂ H ₄ C ₂ H ₄ C ₂ H ₄ C ₂ H ₄ C ₂ H ₄	2 atm " " " " 1 0.5 1	0 cm " " " " " " " " " " " " 0	室温 "	7 min 20 min 7 min 7 min 4 h	

L.T.F.L 照射運転 番号	JRR-3 サイクル (炉出力)	年月日	ガラスセル番号	試験 反応気体	圧力 (atm)	U-Pd 管 [cm×cm]	位置 [cm]	照射条件		
								室温	温度	時間 [h]
71-6	46R3-07 (10MW)	46-9-28	R-11	N ₂ + 5%C ₂ H ₄	1 atm	0.5×5	0 cm	n	n	7 min
		"	R-12	N ₂ + 5%C ₂ H ₄	"	0	"			1 h
		46-9-29	R-14	N ₂ + 5%C ₂ H ₄	"	0.5×5	"			2.0 min
		"	R-13	N ₂ + 5%C ₂ H ₄	"	0	"			2 h
71-7	46R3-08 (10MW)	46-9-30	D-32	C ₂ H ₄	"	0	"	n	n	4 h
		46-10-13	R-17	N ₂ + 5%C ₂ H ₄	2 atm	0.5×5	0 cm			7 min
		"	R-19	N ₂ + 5%C ₂ H ₄	1	"	"			n
		"	R-15	N ₂ + 5%C ₂ H ₄	2	0	"			1 h 25 sec
71-8	46R3-08 (10MW)	46-10-14	R-18	N ₂ + 5%C ₂ H ₄	"	0.5×5	"	n	n	20 min 40 sec
		"	D-33	C ₂ H ₄	1	0	"			4 h
		46-10-21	D-45	C ₂ H ₄	1 atm	0.5×5	0 cm			20 min
		"	D-46	C ₂ H ₄	"	"	"			40 min
71-9	46R3-09 (10MW)	46-10-22	D-48	C ₂ H ₄	"	"	"	n	n	3 h
		"	D-47	C ₂ H ₄	"	"	"			1 h
		"	D-34	C ₂ H ₄	"	0	"			4 h
		47-2-5	D-44	C ₂ H ₄	0.5 atm	0.5×5	0 cm			30 min
71-10	46R3-10 (10MW)	47-2-6	D-49	C ₂ H ₄	1	"	"	n	n	10 min
		"	D-43	C ₂ H ₄	0.5	"	"			15 min
		"	R-20	N ₂ + 5%C ₂ H ₄	1	"	"			20 min
		47-2-7	D-35	C ₂ H ₄	1	0	"			4 h
71-11	46R3-11 (10MW)	47-2-22	R-21	N ₂ + 5%C ₂ H ₄	1 atm	0.5×5	"	n	n	-19.3°
		"	R-23	N ₂ + 5%C ₂ H ₄	"	0	"			20 min
		47-2-23	R-22	N ₂ + 5%C ₂ H ₄	"	0.5×5	"			2 h
		"	R-25	N ₂ + 5%C ₂ H ₄	"	0	"			-15.0°
71-12	46R3-12 (10MW)	47-2-24	D-50	C ₂ H ₄	1 atm	0	0 cm	n	n	-15.0°
		"	R-56	N ₁₄ N ₁₅ O	"	0	"			1 h
		"	D-57	N ₁₄ N ₁₅ O	"	0	"			2 h
		47-3-8	R-16	N ₂ + 5%C ₂ H ₄	2	0	"			2 h
71-13	46R3-13 (10MW)	"	D-51	C ₂ H ₄	1	0	"	n	n	4 h
		"	"	"	"	"	"			30 min

3. 保 守

3.1 ヘリウム圧送機オーバーホール

(1) 概 要

L T F Lのヘリウム循環ポンプとなっている圧送機（日本製鋼，K 80-1A型コンプレッサー）は、本装置炉外試験（昭和43年1月より3月まで）⁽¹⁰⁾において使用されて以後、分解点検が行なわれていないので、今年度オーバーホールを行なった。内容は以下に記す通りであるが、大きな問題はなく、一部の部品交換を行なって、今後1～2年、または1000時間程度の運転が充分に行なえるようになった。また次回交換の可能性ある部品も判ったので、今後1年間でそろえておくように考えた。これは、故障時交換部品の納期が長いもので6～10ヶ月になるためである。

(2) 作 業

オーバーホール時には、案内軸受、クロスヘッドピン、クロスヘッドピンペアリング、その他の部品と脱油器のモレキュラーシープ、グラスワール、本体の潤滑油の交換を行なった。また、主軸受、クランクピン軸受、クロスベッド、クロスヘッドピン軸受、ピストン案内軸受、ピストン、ラビリンス等のクリアランス、ギャップ点検調整、ならびに軸封装置、油切りリング、脱油器、オイルフィルター、クランクケース、アフタークーラー、サイレンサーの分解点検、清掃を行なった。以上の分解、交換、調整等を行なって組立て後に、次の順序で試験運転を行なった。(1) 空気による試験運転：吐出弁をしほって吐出圧0.5, 1.0, 15 kg/cm²で最長1時間、各部の温度上昇、圧力、異音等を点検しつつ運転した。(2) ヘリウムによる試験運転：本体と管路、計測系等を復旧接続し試運転した。

(3) 結 果

摩耗等のため、案内軸受（1ヶ、後日メタル修理、予備品とする）、クロスヘッドピンペアリング（2ヶ）、カーボンパッキンリング（6ヶ）、油切りリングとバネ（4組）、油切止リングとバネ（2組）を交換した。その他次回点検時交換の必要が生じる可能性ある多少摩耗した部品として、主軸受とクランクピンメタルが指摘された。

機械部品の摩耗についてはまだあまり問題あるものはなかつたし、またオイルフィルター、オイルミストの脱油器のよごれも多少余裕がある感じであった。しかし、アフタークーラー、本体水冷ジャケット部などの冷却水回路はスケール、鉄サビの発生が多かつた。このことはL T F L運転休止時に水を止めていたためであろうと考えられたので、以後、圧送機の水は流し放しにするようにした。オーバーホール後の71-9運転以後、圧送機ヘッドの洗滌と冷却水流量調整により、クロスヘッドの冷却水温は、これまで数時間の運転で最高60°Cになる場合があつたが、最高50°C、通常の場合45°C以下におさまるようになった。油圧系統では吸込圧0.4～0.7 kg/cm²が0.1～0.2 kg/cm²に低下したが理由は明らかでない。その他電流、吐出量などの値には大差なかつた。

以上により今後1～2年または1000時間程度の運転の安全性は充分確保され、不時の破損の可能性に対しても、大きなものには部品の準備を約1年（2年度）でととのえること

ができた。

3.2 クラッチ関係改修

(1) 概要

71-5運転での手動困難や、71-7運転で2回起きたクラッチすべりのようなトラブルを防止するため、カブセル送入引戻し機構のうちクラッチ関係の改修を行なった。

(2) 作業

クラッチ（機械式多板クラッチ：摩耗）、同センターシャフト（多少曲りを生じたほか、傷もついた）、クラッチシフター（ギア摩耗、ギア部を長くし荷重を減らすように改造）、同作動軸（同じ理由でねじ長を長く改造）、クラッチとドラム手動ハンドル系統のユニバーサルジョイント（4ヶが摩耗）の各部品の交換を行なった。予備テスト及び71-9運転以後の結果からこの系統でのトラブルは解消したとみられる。

3.3 その他の保守

1. ブラブルと処置

装置の運転の定常化に伴ない部分的な故障等が幾つか起きた。生じたトラブル等とその処理を列挙すれば次のようになる。

- (1) 計装空気圧低下～設定点変更を依頼。
- (2) 収扱部排気困難～一時的なトラブルで、原因不明のまま正常にもどった。その後の低温運転でも再発していない。
- (3) 計器関係～指示ズレ、不安定等がみられるようになつたため温度計、圧力計関係は全面的に校正、点検を行なつたほかブレーキインリレー交換、イオニカゲージのチョッパー交換などを行なつた。また温度記録計1ヶを交換した。
- (4) 落下機構リミットスイッチ異常～前述のようにアームの曲げで応急的に修理できること、スイッチ自体は交換不可能な取付けになつてゐることのため、充分検討して次年度（47年10月末）に交換、点検容易な新位置にスイッチをつけ、旧スイッチは回路から切り離した。その間は注意して運転を行なつた。
- (5) リード線コネクター～45年度の運転で使用した2ヶのコネクターのソケット部のピン位置の寸法が共に不良でトラブルが多く、46年度にこの点を改良してから問題がなくなつたが、チャック部バネ、リード線取付部等に不満が残つた。この点の改良試作品を46年度に工作工場で製作し試験した後、一部手直しして47年度から使用されるようになつた。

2. 保守の方向

今年度は前年度後半より定常運転化した状態であつたので、運転の進行に伴なつた経常的な補修必要部分が生じたといえる。炉外試験で運転開始して以来充分な点検ができていなかつた圧送機のほか、リレー、真空管類の交換等ができたことは保守のために良い結果をもたらしたと考えられる。

前年度から使用している運転チェックシート等でかなり明らかであるが、圧送機のオーバー

ホールを機に、これと R P - 1, - 2 の 2 台の真空ポンプの保守の基礎データとして運転時間積算計の取付けを検討している。

4. L T F L による照射実験

L T F L を用いて本年度幾つかの実験を行なった。それぞれの詳細については別に報告が行なわれるが、主な内容について大略を記す。尚、実験は年度をまたいだものが多いが、照射が 4 6 年度に行なわれたものという基準で分けることにする。

4.1 L T F L 内線量測定 (14)

L T F L 照射位置での線量率の測定は、照射の基本条件として早急に知る必要があった。このため L T F L の 4 5 年度運転開始時より、4 6 年度前半に至るまで、亜酸化窒素、エチレンおよび炭酸ガス線量計⁽²²⁾と¹⁹⁷Au と⁵⁹Co の (n, γ) 放射化を利用する熱中性子束モニターを用いて照射プラグ内の線量測定を行なった。

実験結果から照射プラグ内の最先端照射位置で得られる熱中性子束は $10^{11} n/cm^2 sec$ 、ガンマ線線量率は $10^8 rad/h$ のオーダーであった。この実験期間は原子炉出力が 7 MW であったときに対応している。ガンマ線線量率については照射物質の組成が吸収線量に影響する。その後の実験結果からいえば、実験(照射)毎の線量率、線束の変動は 10 % 前後であり、特に同一サイクル内では 5 % 以内の変動となっていて、リード線長で照射位置をきめるという、あまり厳密でない照射ではあるが照射実験として充分意味のある条件が得られることになった。また、今後の照射にあたっては必ずコバルトペレットを 1 カブセルに 2 ケつけること、1 サイクルに 1 回は無核燃のエチレン線量計によるバックグラウンド線量測定を行なうことをルーチン化した。

4.2 核分裂片線量測定法の開発 (15), (16), (23)

前節の測定は L T F L におけるバックグラウンド放射線であるが、本装置の目的となる核分裂片による化学(Fission chemistry)の研究には、核分裂片の照射線量の測定が必要である。この点についての計算⁽¹⁶⁾、および実測^{(15), (23)}による検討を行なった。

核分裂片は特に LET の大きな放射線であることを考えると前節で用いた線量計 3 種類のうち、発熱反応である亜酸化窒素の分解は問題があると思われる。⁽²³⁾ また、炭酸ガス線量計は実際には再現性という点では極めて使いやすい系ではない。この意味と、エチレンからの水素生成は二次的反応に影響されないと考えられる反応であることから、エチレンを核分裂片の線量測定に用いて、満足すべき結果を得た。計算とのよい対比ができるような実験は次年度に続けられたが、4 6 年度の照射により、核分裂片照射時のエチレン線量計の線量依存性、圧力依存性の一部が明らかになった。

ホールを機に、これと RP-1, -2 の 2 台の真空ポンプの保守の基礎データとして運転時間積算計の取付けを検討している。

4. L T F L による照射実験

L T F L を用いて本年度幾つかの実験を行なった。それぞれの詳細については別に報告が行なわれるが、主な内容について大略を記す。尚、実験は年度をまたいだものが多いが、照射が 46 年度に行なわれたものという基準で分けることにする。

4.1 L T F L 内線量測定 (14)

L T F L 照射位置での線量率の測定は、照射の基本条件として早急に知る必要があった。このため L T F L の 45 年度運転開始時より、46 年度前半に至るまで、亜酸化窒素、エチレンおよび炭酸ガス線量計⁽²²⁾と ¹⁹⁷Au と ⁵⁹Co の (n, γ) 放射化を利用する熱中性子束モニターを用いて照射プラグ内の線量測定を行なった。

実験結果から照射プラグ内の最先端照射位置で得られる熱中性子束は $10^{11} \text{ n/cm}^2 \text{ sec}$ 、ガンマ線線量率は 10^8 rad/h のオーダーであった。この実験期間は原子炉出力が 7 MW であったときに対応している。ガンマ線線量率については照射物質の組成が吸収線量に影響する。その後の実験結果からいえば、実験(照射)毎の線量率、線束の変動は 10 % 前後であり、特に同一サイクル内では 5 % 以内の変動となっていて、リード線長で照射位置をきめるという、あまり厳密でない照射ではあるが照射実験として充分意味のある条件が得られることになった。また、今後の照射にあたっては必ずコバルトベレットを 1 カブセルに 2 ケつけること、1 サイクルに 1 回は無核燃のエチレン線量計によるバックグラウンド線量測定を行なうことルーチン化した。

4.2 核分裂片線量測定法の開発 (15), (16), (23)

前節の測定は L T F L におけるバックグラウンド放射線であるが、本装置の目的となる核分裂片による化学(Fission chemistry)の研究には、核分裂片の照射線量の測定が必要である。この点についての計算⁽¹⁶⁾、および実測^{(15), (23)}による検討を行なった。

核分裂片は特に LET の大きな放射線であることを考えると前節で用いた線量計 3 種類のうち、発熱反応である亜酸化窒素の分解は問題があると思われる。⁽²³⁾ また、炭酸ガス線量計は実際には再現性という点では極めて使いやすい系ではない。この意味と、エチレンからの水素生成は二次的反応に影響されないと考えられる反応であることから、エチレンを核分裂片の線量測定に用いて、満足すべき結果を得た。計算とのよい対比ができるような実験は次年度に続けられたが、46 年度の照射により、核分裂片照射時のエチレン線量計の線量依存性、圧力依存性の一部が明らかになった。

4.5 窒素とエチレンの反応研究 (19)(24)

この系に関してはガンマ線による反応研究⁽¹⁷⁾が進んでいるので、最初の核分裂片照射実験の対象とした。結論としては、注目する生成物であるシアン化水素生成のG値は、炉内の高速中性子、ガンマ線による場合(線量率~3 Mrad/h)と核分裂片による場合(線量率10~20 Mrad/h)とで同程度であった。また、照射温度の効果についても予備的な結果が得られ、常温付近から液体窒素温度付近までの範囲で温度の影響がないことが明らかになった。これはエチレンの蒸気圧を考えると説明が難しいが、活性窒素の長寿命であることと関係づけられるかもしれない。

4.4 生成物汚染測定 (14)(18)

エチレン中に核分裂片が放出された場合、放射性ヨウ素の化合物としてヨウ化エチルなどのヨウ化アルキルが生成することは容易に予測される。エチレンを核分裂片照射した後、気体中および器壁(核燃料表面も含む)上にある核分裂生成物の放射能測定を、気体についてはラジオガスクロマトグラフィーと波高分析、器壁上の核分裂生成物(0.1 N 塩酸洗浄液)と核燃料中の残留物(王水溶解、希釀液)については波高分析を行なった。

照射後7日を経た気体中には、波高分析により¹⁸²Xeによるとと思われる0.1 MeV付近のピークが僅かに認められたのみで、ラジオガスクロマトにより¹³¹Iを含むよう化アルキルは認められず、気体の汚染は殆んどないことが判った。一方、器壁と核燃料中の核分裂生成物の検出量については照射条件から予測される値に一致し、結局、核分裂片照射後の気体反応生成物中には核分裂生成物の汚染は極めて少ないと結論された。この点に関しては反応系、照射温度、圧力等の条件も関係することが予測されるが今後も検討の必要がある。

5. 結 論

本年度は前年度後半より定常化したLTF-L運転が安定して継続され、原子炉運転サイクル毎にLTF-L照射運転を行なうことがほぼ完全に行なわれた。11回の運転が行なわれ、55ヶのカプセルが照射されたが、この実績は装置の設計目標に達したものといえよう。

運転の定常化に伴ない、保守作業も行なわれ、特に圧送機のオーバーホールと計測系の点検較正が重要であった。運転上のトラブルはいくつか発生したが大部分は処理され、後まで悪影響を及ぼすものはなかった。性能の安定化という意味では、落下機構のリミットスイッチとコネクターの改良が検討を進められつつ次年度に繰り越した。

実験結果としては、核分裂片線量率の測定と計算法の開発^{(15), (16), (23)}、バックグラウンドの炉内放射線線量率測定⁽¹⁴⁾、窒素とエチレンから核分裂片によるシアン化水素生成反応⁽¹⁹⁾⁽²⁴⁾および反応物の核分裂生成物による汚染評価の問題^{(14), (18)}について、照射が行なわれ、有意義な成果が得られた。

6. 謝 辞

本研究は、低温化学照射装置による化学用原子炉開発を主目的とする核分裂片照射実験のうち、装置運転に直接関係した部分を中心にまとめたものである。この研究の進行にあたって所内外の多くの方の支持があった。本研究を可能ならしめた高崎研究所の歴代所長（宗像英二現理事長、沢柳正一氏、本島健次現アイソトープ事業部長、大久保一郎現監事および望月勉現所長）、東海研究所研究炉管理部その他の多くの部課、および研究方針全般に関する検討をいたいた高崎研究所放射線化学研究委員会化学用原子炉分科会（分科會長大島恵一東京大学教授）の委員の方々に感謝する。また、46年6月より47年3月までIAEA留学生として李漢榮氏（韓国原子力庁）が滞在し、LTF-L運転等、特に核分裂生成物汚染の研究に参加した。使用した核燃料を贈られた米国BNLのB. Manowitz, M. Steinberg両氏等関係者の好意に感謝する。原稿整理等に研究部東悦子夫人に努力していただいた。

参考文献

- (1) 原子力産業会議；化学用原子炉分科会報告書（'35年）
- (2) 放射線化学研究委員会；化学用原子炉分科会報告書（'38年10月）
- (3) 高崎研研究部；低温化学照射装置概念設計書、JAERI-memo № 3027（'43年2月）
- (4) 大島、山崎、下沢、佐藤、森山、平田、石井；低温化学照射装置の設計計算、JAERI-memo № 2833（'42年）
- (5) 大島、山崎、下沢、佐藤、森山、平田、石井；低温化学照射装置の設計計算、I. カプセルの気送力について、JAERI-memo № 3010（'43年2月）
- (6) 大島、山崎、下沢、佐藤、森山、平田、石井；低温化学照射装置の設計計算、II. 圧力損

5. 結 論

本年度は前年度後半より定常化したLTFL運転が安定して継続され、原子炉運転サイクル毎にLTFL照射運転を行なうことがほぼ完全に行なわれた。11回の運転が行なわれ、55ヶのカプセルが照射されたが、この実績は装置の設計目標に達したものといえよう。

運転の定常化に伴ない、保守作業も行なわれ、特に圧送機のオーバーホールと計測系の点検較正が重要であった。運転上のトラブルはいくつか発生したが大部分は処理され、後まで懸念を及ぼすものはなかった。性能の安定化という意味では、落下機構のリミットスイッチとコネクターの改良が検討を進められつつ次年度に繰り越した。

実験結果としては、核分裂片線量率の測定と計算法の開発^{(15), (16), (23)}、バックグラウンドの炉内放射線線量率測定⁽¹⁴⁾、窒素とエチレンから核分裂片によるシアン化水素生成反応⁽¹⁹⁾⁽²⁴⁾および反応物の核分裂生成物による汚染評価の問題^{(14), (18)}について、照射が行なわれ、有意義な成果が得られた。

6. 謝 辞

本研究は、低温化学照射装置による化学用原子炉開発を主目的とする核分裂片照射実験のうち、装置運転に直接関係した部分を中心にまとめたものである。この研究の進行にあたって所内外の多くの方の支持があった。本研究を可能ならしめた高崎研究所の歴代所長（宗像英二現理事長、沢柳正一氏、本島健次現アイソトープ事業部長、大久保一郎現監事および望月勉現所長）、東海研究所研究炉管理部その他の多くの部課、および研究方針全般に関する検討をいたいた高崎研究所放射線化学研究委員会化学用原子炉分科会（分科会長大島恵一東京大学教授）の委員の方々に感謝する。また、46年6月より47年3月までIAEA留学生として李漢榮氏（韓国原子力庁）が滞在し、LTFL運転等、特に核分裂生成物汚染の研究に参加した。使用した核燃料を贈られた米国BNLのB. Manowitz, M. Steinberg両氏等関係者の好意に感謝する。原稿整理等に研究部東悦子夫人に努力していただいた。

参考文献

- (1) 原子力産業会議；化学用原子炉分科会報告書（35年）
- (2) 放射線化学研究委員会；化学用原子炉分科会報告書（38年10月）
- (3) 高崎研研究部；低温化学照射装置概念設計書、JAERI-memo № 3027（43年2月）
- (4) 大島、山崎、下沢、佐藤、森山、平田、石井；低温化学照射装置の設計計算、JAERI-memo № 2833（42年）
- (5) 大島、山崎、下沢、佐藤、森山、平田、石井；低温化学照射装置の設計計算、I. カプセルの気送力について、JAERI-memo № 3010（43年2月）
- (6) 大島、山崎、下沢、佐藤、森山、平田、石井；低温化学照射装置の設計計算、II. 圧力損

5. 結 論

本年度は前年度後半より定常化した L T F L 運転が安定して継続され、原子炉運転サイクル毎に L T F L 照射運転を行なうことがほぼ完全に行なわれた。11回の運転が行なわれ、55ヶのカプセルが照射されたが、この実績は装置の設計目標に達したものといえよう。

運転の定常化に伴ない、保守作業も行なわれ、特に圧送機のオーバーホールと計測系の点検較正が重要であった。運転上のトラブルはいくつか発生したが大部分は処理され、後まで悪影響を及ぼすものはなかった。性能の安定化という意味では、落下機構のリミットスイッチとコネクターの改良が検討を進められつつ次年度に繰り越した。

実験結果としては、核分裂片線量率の測定と計算法の開発^{(15), (16), (28)}、バックグラウンドの炉内放射線線量率測定⁽¹⁴⁾、窒素とエチレンから核分裂片によるシアン化水素生成反応⁽¹⁹⁾⁽²⁴⁾および反応物の核分裂生成物による汚染評価の問題^{(14), (18)}について、照射が行なわれ、有意義な成果が得られた。

6. 謝 辞

本研究は、低温化学照射装置による化学用原子炉開発を主目的とする核分裂片照射実験のうち、装置運転に直接関係した部分を中心にまとめたものである。この研究の進行にあたって所内外の多くの方の支持があった。本研究を可能ならしめた高崎研究所の歴代所長（宗像英二現理事長、沢柳正一氏、本島健次現アイソトープ事業部長、大久保一郎現監事および望月勉現所長）、東海研究所研究炉管理部その他の多くの部課、および研究方針全般に関する検討をいたいた高崎研究所放射線化学研究委員会化学用原子炉分科会（分科會長大島惠一東京大学教授）の委員の方々に感謝する。また、46年6月より47年3月まで I A E A 留学生として李漢榮氏（韓国原子力庁）が滞在し、L T F L 運転等、特に核分裂生成物汚染の研究に参加した。使用した核燃料を贈られた米国 B N L の B. Manowitz, M. Steinberg両氏等関係者の好意に感謝する。原稿整理等に研究部東悦子夫人に努力していただいた。

参考文献

- (1) 原子力産業会議；化学用原子炉分科会報告書（35年）
- (2) 放射線化学研究委員会；化学用原子炉分科会報告書（38年10月）
- (3) 高崎研研究部；低温化学照射装置概念設計書、JAERI-memo № 3027(43年2月)
- (4) 大島、山崎、下沢、佐藤、森山、平田、石井；低温化学照射装置の設計計算、JAERI-memo № 2833 (42年)
- (5) 大島、山崎、下沢、佐藤、森山、平田、石井；低温化学照射装置の設計計算、I. カプセルの気送力について、JAERI-memo № 3010 (43年2月)
- (6) 大島、山崎、下沢、佐藤、森山、平田、石井；低温化学照射装置の設計計算、II. 圧力損