☆

☆

1 解説

放射線照射の工業利用の現状と将来

(日本原子力研究所) 町 末 男

放射線照射の工業利用は約30年前に始まり、その後着実に進展して電線、タイヤ、発泡体、表面加工、熱収縮材料、複合材、分離機能膜、医療用具の滅菌などの分野では不可欠な技術として定着している。さらに今後の実用化を目指して廃水、上水原水、排ガス中の有害成分の除去、海水からのウラン回収などに有用な分離機能材、生物活性体の固定化、高性能磁気テープなどにおける放射線利用技術の開発が進められている。また、イオンビームを用いた新しい放射線高度利用計画が日本原子力研究所を中心に開始されたことが注目される。

☆

☆

I. 放射線照射利用の発展

いまから約30年前、Raychem 社がサンフランシスコの郊外のメロンパークに中古の電子加速器1台を設置し、電線被覆材の放射線橋かけ*を事業として始めたのが、最初の放射線照射の工業化である。その後 Raychem 社は急速に照射事業を拡大し、現在社員3,400人を越す放射線企業に発展した。そのほか W.R. Grace 社、Goodyear Tire and Rubber 社など多くの企業が放射線照射の工業利用を発展させた。

一方、我が国では、1964年ころ住友電気工業によって初めて製品化された電子線橋かけによる耐熱電線が

ユーザーの歓迎を受け、いまや家庭電気器具、自動車配線などに不可欠なものとなっており、ほとんどの大手電線メーカーが電子線により橋かけ電線を生産している。その他、わが国が独自に開発した電子線橋かけ発泡ポリエチレン、熱収縮性チューブ、表面加工等いろいろな分野での照射利用が工業化され、放射線照射工程が不可欠なものとなっている。日本での放射線利用の拡大を電子線加速器の台数の増加でみると、第1図のようになる⁽¹⁾。1台当りの出力(照射容量)が年々増加していることを考慮すると、その成長率は年間10~20%に達しており、他の産業に比べて大きいといえる。

第 1 図 わが国における照射利用のための電子加速器数の増加

世界にいくつの商業用照射プラントが存在するのか正確な統計は明らかでないが、300~400の電子線加速器と130ユニット以上の⁶⁰Co照射装置が世界で工業生産のために利用されていると推定される。

⁶⁰Coを利用した照射産業も、医療用具の滅菌、食品照射を中心に順調に拡大している。カナダ原子力公社

Current Status and Future of Industrial Applications of Radiation Technology: Sueo MACHI.

(1987年 5月7日 受理)

* 例えば、ポリエチレンのような高分子に放射線を照射すると、その作用で水素と炭素の間の結合が切断されて主鎖の炭素に活性点が生成し、これが結合して分子間に橋がかかる。これを橋かけ反応という。

(AECL) による⁶⁰Co線源の需要予測(第2図)に示されているように、今後かなりの伸びが予想されている。

第2図 照射用⁶⁰Co線源の需要予測

照射利用の工業化例を第1表に示したが、企業秘密のため公表されていないものなど、この表から漏れているものもかなりあると考えられる。

第1表 工業化されている放射線照射利用

利用例	実用化されている国	線源
電線被覆材の橋かけ	日本, 西独, 米国, 英国, ソ連, ユーゴスラビア, ブラジル	加速器
発泡ポリエチレン	日本, 米国, オーストラリア	〃
熱収縮性チューブ, シート	日本, 米国, ハンガリー, 英国	〃
木材-プラスチック複合材	米国	⁶⁰ Co
アクリル酸グラフトポリエチレン		
Alコーティング材	フランス	加速器
電池用隔膜	日本	〃
表面加工処理		
木材	米国, フランス	〃
屋根瓦	日本	〃
石膏タイル	〃	〃
鋼板	〃	〃
フロッピーディスク	〃	〃
印刷のオーバーコート	米国	〃
ウェット紙	〃	〃
界面活性剤	ソ連	⁶⁰ Co
接着性絶縁テープ	〃	〃
テフロン分解	日本, 米国	⁶⁰ Co, 加速器
高分子凝集剤	米国	⁶⁰ Co
水分吸収剤	〃	加速器
タイヤ用ゴムの橋かけ	日本, 米国, フランス	〃
歴史的文化財の保存	フランス	⁶⁰ Co
医療器具の滅菌	日本, 米国, フランス, 他多数	⁶⁰ Co, 加速器
食品照射	日本, ハンガリー, オランダ, ベルギー	⁶⁰ Co

II. 放射線照射プロセスの特徴

放射線は、その高いエネルギーによって物質を励起またはイオン化する。反応の先駆体となる活性種は、励起分子の分解によって生成する。励起分子の分解の活性化エネルギーはゼロに近いので、低温でも分解反応が容易に起こる。初期過程に続いて起こる反応は、主としてイオンあるいはラジカル機構であり、熱や触媒によっても可能なものであるから、放射線法の特徴は活性種の生成過程、すなわち反応の開始にある。特に、広い温度範囲での反応開始、触媒の添加を必要とせず外部からの反応開始が可能であること、γ線の場合は透過力が大きく固相で均一な反応が可能など重要な点といえる。

また、常温での反応が可能で、電子線法の場合にはエネルギーの利用効率が高いことなどのために、従来の熱法に比べてエネルギー消費量が著しく少なく、数分の1に節約される場合が多い。

放射線法のもう1つの利点は、有害な添加物を必要としないプロセスであることである。従来の医療器具の滅菌法では酸化エチレンのガスを使用するが、ガスが医療器具に残留する可能性があり、その有害性が問題となる。食品保存期間の延長、防疫処理も化学薬品によって行われているが、同様にその残留が問題である。放射線照射処理法を利用することによって、これらの問題を回避することができる。

放射線照射プロセスの特徴をまとめて第2表に示す。

第2表 放射線照射プロセスの特徴

- (1) 低い温度を含む広い温度範囲で反応を開始できる。
- (2) 反応系の外部から反応を開始させるので触媒を添加する必要がなく反応生成法から触媒を除去する工程が不要で、生成物は触媒断片などで汚染されない。
- (3) 反応速度および生成物の品質の制御性が高い。放射線の強度の調節、on-offなどによって反応制御が容易にできる。
- (4) 固体中でも放射線は十分に透過するので触媒では困難な固相において均一な反応開始ができる。
- (5) 電子線加速器によって得られる高い線量率の電子線を利用することによって、極めて高速のプロセスが可能である。
- (6) 電子線の場合エネルギーを調節することにより、反応領域を必要な部分に限定できるとともに、エネルギーの損失を抑えることができる。
- (7) 医療用具、食品の殺菌、殺虫において有害ガスの使用を回避できる。

Ⅲ. 工業化照射プロセス

1. 電線被覆材の電子線橋かけによる耐熱化

高分子材料の照射効果に関する Charlesby 教授の広範な研究⁽³⁾などに基づいて、ポリエチレンの放射線橋かけを工業的に利用したのが、ポリエチレン電線被覆材の電子線橋かけによる耐熱化である。これによって、これまで困難であった細物電線の耐熱化が可能になった。

日本では、1964年に住友電工が初めてこの方法を企業化した。製品は安定した市場をもち、量は年々増加している。以前はポリエチレンのみが照射の対象材料であったが、多官能性モノマーを混入して橋かけ効率を高めたポリ塩化ビニル(PVC)緑縁材も工業規模で電子線によって橋かけされ、耐熱難燃性の電線が生産されている。商品質の耐熱電線は、エレクトロニクス製品、自動車、電話中継器、原子炉、家庭電気製品の一部など様々な用途に利用されている。現在では主要な電線メーカーがいずれも電子線法を生産ラインに組み込んでおり、電線橋かけ用の加速器は1985年日本だけでも32台に達している。この技術は開発途上国にも普及しつつあり、韓国、中国、ユーゴスラビア等で工業利用が進んでいる。

電子線の透過力が小さいこと、電荷蓄積による放電破壊などの問題のため、高圧用ケーブルの電子線橋かけの実用化は実現していない。

2. 熱収縮性材料

放射線橋かけしたポリエチレンはゴムと類似の構造をしているが、ガラス転移点が常温より高いのでゴム弾性を示さない。これを融点以上で延伸したのち温度を下げて固化して作った材料を、使用する時に融点以上に再加熱すれば、橋かけ構造によってゴムのような弾性を示し延伸する前の寸法まで収縮する。この原理(記憶効果)を利用して熱収縮性材料が商品化されている。

W.R.Grace 社が大規模に生産している熱収縮性の透明フィルムは、肉などの食品包装に広く使用されている。Raychem 社等が生産している熱収縮性のチューブやテープは地下埋設配管接合部の保護、電線接合部の絶縁などに広く使用されている。わが国でも住友電工、日東電工が同種の製品を生産している。

3. タイヤ用ゴムシートの橋かけ

タイヤを製造するには構成する部分を軽度橋かけして、取扱い時に変形しないようにしておいてから、型に入れ熱によって最終的に橋かけ成形する。この前

段階の橋かけが、電子線照射によって行われている(第3図)。この方法によれば、各種の合成ゴムが容易に橋かけできるので、天然ゴムと合成ゴムの配合を幅広く選択できる。この技術は、米国の Goodyear Tire and Rubber 社、Firestone 社で開発、工業化された。日本でも主要なタイヤメーカーが生産ラインに組み込み、最近ではフランス最大のメーカーミッショラン社も採用した。

第3図 電子線を用いたタイヤ用ゴムシートの橋かけ装置

4. 発泡ポリエチレン

電子線照射を利用した発泡ポリエチレン製造の技術は、積水化学と東レが独自に開発したものである。

ポリエチレンに発泡を混練したのち、シートあるいはチューブ状に成形し、電子線で照射橋かけする。これを加熱して、ポリエチレンを熔融すると同時に発泡させる。ポリエチレンを適度に橋かけしておくことによって発泡時に泡を安定に保持することができ、また発泡最適温度範囲を広くとることができる。製品の発泡ポリエチレンは、断熱材、マット、救命胴衣など様々な用途に使われている。

5. 表面塗装、表面処理

電子線塗装法は、不飽和樹脂とモノマーの混合物に着色用の顔料を加えた塗料を基材に塗布したのち、これに電子線照射して重合反応を起し固化させて塗膜を作る方法である。電子線塗装法の利点は下記に要約される。

- (1) 高速処理: 100m/min程度のスピードは可能であり、塗装ラインはコンパクトになる。
- (2) 溶媒不要: モノマーが溶媒の役割をしているので、照射によってこれが固化し、溶媒の蒸発はない。したがって、大気汚染の心配もないクリーンなプロセスである。
- (3) 優れた表面硬度: モノマーが100%重合固化するので塗膜の固体含有率は高く、したがって塗膜の硬度は高い。
- (4) 省エネルギー: 常温のプロセスであり、また

溶媒の蒸発が不要なので大幅な省エネルギーとなる。

- (5) プラスチックなど高温で変形するものの塗装が容易である。

この技術は種々の素材の表面処理方法として広い応用の可能性を持っている。工業的に利用されている例を第3表に示す。また、開発中のものは、磁気テープ⁽⁴⁾、シリコン剝離紙への応用⁽⁵⁾などがある。

第3表 電子線照射による表面処理の実用化例

セメント製屋根瓦	中里工業
高級塗装鋼板	大日本エリオ
石膏タイル	アキレス
フロッピーディスク	TDK
紙の表面処理	米国
グラフィックアート	米国
印刷の表面処理	
合板、パーティクルボードの塗装	米国、フランス
自動車部品の塗装†	フォードモーターズ 鈴木自動車

†現在実施されていない。

6. 電池用隔膜

原研と湯浅電池とが共同して開発した酸化銀電池用の高性能隔膜は、新技術開発事業団の協力を得て実用化に到達した⁽⁶⁾。製造方法は第4図に示されている。原料であるポリエチレンシートを電子線照射して活性種を生成させておき、これにアクリル酸水溶液を接触させてグラフト重合させることにより、イオンの透過性を付与する。適正な物性値を有する膜を得るための最適条件の選定、平滑なグラフと膜を製造する装置の工夫などの開発を経て工業化に至った。得られた製品は従来のセルロース膜に比べて、①耐久性に優れている、②薄膜化が可能、③電気抵抗の制御が容易、などの利点があり、アルカリ水溶液を電解液とする1次および2次電池に使用されている⁽⁷⁾。

7. 複合材

木材中に液状モノマーを含浸したのち、放射線を照射して木材組織内で重合させる方法によって、木材とプラスチック複合材を作ることができる。美しい自然

第4図 放射線法による電池用隔膜の製造プロセス

の木目を残し、機械的強度、耐水性、耐摩耗性を改善できる優れた方法である。強く美しい床材として、教会、デパート、ホテル、飛行場のロビーなどに使用されている。価格は従来のパケットに比べ約2倍であるが、耐久性が良い、メンテナンスが容易などの利点を考えれば、長期間の経済性は優れている。

現在、米国で3社が生産しており、Perma Grain 社が80%のシェアを持っており、日本にも輸出している。製造方法は、水中に反応器を沈めて⁶⁰Coを照射するユニークな方式がとられている。木材プラスチックで成功したPerma Grain 社は、同様の技術を応用して、レンガと木材の複合材を開発して市販している⁽⁸⁾。

8. 医療用具の滅菌

世界的にみて、開発途上国も含め、最も広く普及している放射線利用は医療用具の滅菌である。

1958年米国エチコン社が、腸線縫合糸の滅菌に放射線照射を初めて利用したことによって、放射線滅菌の産業利用が始まった。高温殺菌の不可能な多くのプラスチック製の使い捨て医療器具、例えば注射筒、注射針、人工腎臓透析器、輸液セットなどの滅菌には、放射線は欠かせないものになりつつある。世界での滅菌用照射施設は開発途上国を含めて急速に増えている。

日本では現在6つの商業用照射装置が稼働しており、使い捨て医療用具の約30%が放射線で滅菌されている。従来のエチレンオキシドガスを使用する方法は、医療用具に少量残留するガスの有害性、滅菌の不完全性などが問題となっており、次第に放射線法に置き換えられてゆくと考えられる。

Ⅳ. 環境保全への放射線利用技術

1. 排ガスからの亜硫酸ガスとチッ素酸化物の除去

石油や石炭など硫黄を含む化石燃料は、依然として重要な1次エネルギー源であるが、これを燃焼すると、亜硫酸ガスやチッ素酸化物が発生し大気汚染の原因となる。最近とくに国際問題化している酸性雨問題も石炭利用による汚染の増大に関係があるといわれている。

原研と荏原製作所とで共同開発した電子線を利用した排煙処理法は、触媒を用いない単純な乾式の同時脱硫脱硝技術であり⁽⁹⁾、この方法の有用性は鉄鉱焼結炉排煙処理におけるパイロット試験によって実証されている。この方法の原理は簡単で、亜硫酸ガスとチッ素酸化物を放射線的作用によって酸化し、さらに微量のアノニアを添加することによって、酸化生成物を硫酸アンモニウム、硝酸アンモニウムの粉末に変えて集

塵器で捕集する。

鉄鉱窒素酸化物除去技術研究組合は、この方法に基づいて、新日鉄八幡製鉄所に処理ガス量、 $3,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ (最大ガス量 $10,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$) 規模のパイロットプラントを建設し、1年間にわたる試験によって、鉄鉱焼結炉排煙中の SO_2 、 NO_x は乾式で同時にそれぞれ95%と80%除去されることを実証した¹⁰⁾。

最近、米国 DOE が、この電子線照射法に注目し、石炭燃焼煙の処理への適用性を明らかにするため、エバラインターナショナルと契約を結んで、処理排煙量 $24,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 規模のパイロットプラント(写真1)を石炭火力発電所に設置して約1年間運転し、予期した通りの優れた脱硫脱硝率を得ている。その結果は、昨1986年10月 IAEA 主催の本技術の技術検討会議で報告された⁽¹¹⁾。また、西独のカールスルーエ原研、電力会社でもパイロットプラントによる研究が実施されていることが注目される。

写真1 電子線照射による石炭火力発電所の排ガス処理パイロットプラント(米国)

2. 下水汚泥の電子線殺菌とコンポスト化

日本の下水道の普及率は年々増加し、昭和60年には36%に達している。下水を処理すると発生する余剰汚泥は陸地埋立てなどで処分されているが、埋立地の確保が困難になってきている。むしろ、汚泥は肥料として緑地や農地に還元するのが、資源の有効利用の観点からも有利であると考えられている。しかし、下水汚泥中には病原菌が含まれており、また腐敗により悪臭源となるので、使用前に殺菌してコンポスト化(堆肥化)しておくことが必要である。

原研で、電子線照射によって汚泥を効率的に殺菌した後、短期間にコンポスト化を完了するという新しい技術が開発された⁽¹²⁾。汚泥をコンベア上で電子線照射して連続的に殺菌した後コンポスト菌を加え、菌の活動の最適温度である50℃で1~3日間保つと、微粒

状コンポストが得られる。この方法の特徴は、

- (1) 殺菌が完全で、作業時、輸送時の安全衛生上有利
- (2) コンポスト期間は従来法の $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{4}$ と短縮できるので関連施設の建設費と敷地が少なくて済むことなどである。

3. 水の放射線処理

工業廃水、生活廃水も従来の方法だけでは処理が困難になっている。このような場合、放射線照射によって水の汚濁物質を分解し除去することができる。また、従来の方法と放射線照射の組合せによって効率的に水処理を行うこともできる。

原研では、放射線とオゾンの併用によって、効果的に水の汚濁物質を除去できることを見出し、この方法の利用研究を進めている⁽¹³⁾。上水中の有害物質であるトリハロメタンの生成原因となるフミン質を除去するため、上水原水の処理、汚泥脱離水の処理技術の開発が進められている。

V. 研究開発の進展

民間会社および原研、大学などで放射線照射利用の開発を進めており、すでに述べたように新しい製品が生まれている。研究開発の代表的な分野と課題を第4表にまとめて示す。

生体親和性材料の開発や薬品、生物活性体の放射線重合による固定化技術の開発では、徐放性の制がん剤の開発でよい結果を得ている。同様の技術は酵素の固定化や、抗体、抗原にも利用でき応用範囲は広い。

機能材料の開発も重要な分野で、テトラフルオロエチレンとエチレンの共重合体繊維に、アクリロニトリルを放射線グラフト重合したのち、シアノ基をアミドキシム化して得た材料を用いた海水ウラン捕集技術の開発が原研を中心に進められている⁽¹⁴⁾。

磁気テープ、フロッピーディスクの製造に低エネルギー加速器を利用する研究が日本の数社で進められている。新しい線源として、SORを利用した超大規模集積回路(VLSI)の開発も注目されている⁽¹⁵⁾。

資源の有効利用の分野では、わら、もみがら、古紙、木くずなどを加水分解してグルコースにし、さらに発酵させてアルコールを得る技術、バームオイル製造の際の廃棄物の動物飼料への転換などの研究が進められている。

照射技術の分野では、電子線をタングステンなどの金属に照射して制動放射X線に変換させて、 ^{60}Co の代りに利用する技術の開発が進められている。また、線

第4表 放射線利用の研究開発分野と課題

1. 生体・医療材料
 - 生体親和性材料
 - 薬品, 抗体, 酵素などの固定化
 - 高分子ゲル, 人工筋肉
 - 移植用生体材料の殺菌
2. 機能材料
 - 選択吸着, 分離材料(海水よりのU, Liの分離回収)
 - 多孔膜(中性子照射トラックの利用)
 - 電池用隔膜, イオン交換膜
3. エレクトロニクス
 - SOR リソグラフィによる VLSI 用超微細加工
 - 磁気テープ, フロッピーディスクの加工
 - イオン注入による半導体開発
4. 環境・資源
 - 排ガスの脱硫・脱硝等有害成分の除去
 - 廃水処理
 - 上水・原水処理
 - 下水汚泥の殺菌と有効利用
 - 未利用農業資源の有効利用
5. 耐放射線性材料
 - 原子力・宇宙・核融合用材料(絶縁材料, 半導体デバイス, 光ファイバ, 構造材, その他)
6. 照射技術
 - 制動放射X線源
 - 小型・低価格電子線加速器
 - 線量測定技術

量測定技術の分野では, 測定範囲が極めて広く, 精度のよいアラニン線量計が原研で開発され⁽¹⁶⁾, 最近実用化に至っている。

Ⅶ. イオンビーム利用の研究計画

すでに述べてきたように, これまでの放射線照射利用は, 主に ^{60}Co よりの γ 線, 加速器からの電子線を線源としている。

一方, イオンビームの照射利用の重要性が新たに注目されており, 原研に多目的イオンビーム研究施設を建設することが決まり, 62年度を初年度とする6年計画で第5図に示すような4台のイオン加速器からなる照射施設を完成する。

イオンビームは, 電子を剥ぎとられた原子の高速の流れであり, 物質に与える作用の特徴は, ①高いエネルギー付与密度, ②一定距離のところでエネルギー付与が鋭いピークを示す, ③弾性衝突して原子のはじき出し, 変位を起こす, ④イオン原子の物質への注入ができる, ⑤核反応によるアイソトープの製造が可能, などである。

このような特徴を利用して, 原研では産・学・官の協力で次のような新分野の研究を推進する計画である。

- (1) 宇宙環境材料: 人工衛星, 宇宙基地などで用いられる半導体素子の宇宙放射線による劣化, シングルイベント効果の研究に重点を置く。
- (2) 核融合材料: 構造材料, ブランケット材料, 超電導磁石用有機絶縁材料の損傷の研究をそれぞれの環境を模擬した条件下で行う。
- (3) バイオ技術, 医学利用: 新しい細胞加工技術の開発, 突然変異, 耐環境性遺伝子源の開発などを進めるとともに, 医学の研究に有用な短寿命アイソトープの製造研究を進める。
- (4) 新機能材料: 金属, セラミック, 高分子などについて新物質の創成の研究を生成過程, 機能発現機構を解明しつつ基礎的に進める。

— 参 考 文 献 —

- (1) 日本ハイボルテージ社資料, 私 信, (1986).
- (2) OUWERKERK, T.: *An Overview of the Most Promising Industrial Applications of Gamma Processing*, AECL社資料(1982).

第5図 原研に設置されるイオンビーム照射施設

- (3) CHARLSBY, A.: "Atomic Radiation and Polymers", (1960), Pergamon Press.
- (4) 中島 薫: 放射線プロセスシンポジウム講演要旨集, 61, (1985).
- (5) 能代篤三: 同上, 67.
- (6) ISHIGAKI, I., MACHI, S., et al.: *Radiat. Phys. Chem.*, 18[5~6], 899, (1985).
- (7) 丹宗紫朗: 放射線と産業, No. 35, 19 (1986).
- (8) WITT, A.: *Proc. Industrial Application of Radioisotopes and Radiation Technology*, 119, (1982), IAEA.
- (9) KAWAMURA, K., MACHI, S., et al.: *Radiation for Clean Environment Proc. of Symp.*, p.621 (1975), IAEA.
- (10) KAWAMURA, K.: *Environ. Sci. Technol.*, 14, 288 (1980).
- (11) 町 末男: 原子力誌, 29[4], 297 (1987).
- (12) 橋本昭司: 水, 29[1], 396 (1987).
- (13) 作本彰久, 新井英彦: *Radioisotopes*, 34, 570 (1985).
- (14) SUGOU, T., OKAMOTO, J.: *Separation Sci. Technol.*, 20 [2~3], 163 (1985).
- (15) 北山豊樹: エレクトロニクス, No. 6, 73 (1984).
- (16) 小島拓治: 文 献(4), 9.

科学と技術のための核データ国際会議

Int. Conf. on Nuclear Data for
Science and Technology

主 催 日本原子力研究所
協 賛 動燃事業団, 理研, 電事連, 電機工業会, 原産
後 援 科学技術庁, OECD/NEA, IAEA, 日本物理学会, 本会
会 期 1988年5月30日(月)~6月3日(金)
会 場 水戸プラザホテル(茨城県水戸市)

○トピックス○

核分裂炉用の核データ, 核融合炉用の核データ
核データの測定施設・装置および測定方法
核データの解析および評価
核物理理論および実験, 核構造・崩壊データ
核燃料サイクルおよび廃棄物処理用の核データ
線量測定および照射損傷研究用核データ
医学および工業用の核データ, その他。

- 仮参加申込締切 1987年9月15日
○アブストラクト締切 1987年11月5日
○参加費 一般 25,000円, 学生 10,000円

問合せ先 (〒319-11) 茨城県東海村 (0292-82-5480)

原研物理部 核データセンター 五十嵐 信一

OANS Topical Mtg. on Nuclear Power Plant Life Extension

1988年7月31日~8月3日(Utah, USA)

Topics

1. Life Extension Decision-Making Issues and Institutions
 2. Development of Plant Life Extension Programs
 3. Equipment Degradation Processes and Evaluation of Useful Remaining Life
 4. Techniques for Enhancing Continued Operation
 5. Equipment Refurbishment
 6. Codes and Standards
- 申込締切(アブストラクト100語, コピー4部) 1987年9月30日
○本論文締切 1988年6月4日
送付先 D. D. Carlson, Technical Program Chairman
Division 6513, Sandia National Lab.,
Albuquerque, New Mexico, 87185

本会よりの代表委員は三島良績氏(東大名教授)です。
"Call for Papers" は在本会事務局。

☆原子炉構造材の照射損傷評価と線量測定☆

「原子炉照射線量評価」・「中性子照射データ評価」研究専門委員会

1985年5月30日発行。

B5判タイプオフセット印刷, 376頁, 会員 5,000円(定価8,000円)(〒350円)
(10部以上まとまれば, 送費無料です)

◎ご希望の方は学会事務局へ。(内容の詳細は「本誌」, 27[8], 711(1985)を参照。)