159. BWR 用集合体燃料番号の ITV カメラ および超音波による映像化技術

岡村 隆^{*1}, 佐々木一美^{*2},
水谷 武^{*3}, 嶋田 篤^{*4}, 松井 三生^{*5},
水野 政明^{*6}, 妹尾 誠^{*7}, 佐々木正祥^{*8}

(1986年 7月15日 受理)

(1986年 10月14日 再受理)

Techniques of Fuel-Number Imaging with ITV Camera and Ultrasonic Waves for BWR's Loaded Fuel Subassembly

By Takashi OKAMURA, Kazumi SASAKI,
Takeshi MIZUTANI, Atsushi SHIMADA, Mitsuo MATSUI,
Masaaki MIZUNO, Makoto SENOO and Masayoshi SASAKI

An experimental investigation of automatic fuel-number imaging for BWR's fuel subassemblies has been carried out to reduce the time and the mental load of operators for fuel-number confirmation. The experiments have been conducted for clear imaging with lighting and industrial television camera, and with ultrasonic waves. Following points were clarified:

- (1) Clear binary-valued character patterns can be obtained by means of sequential two directional lighting and subsequent image processing, and the same lighting technique can be applied to new or old fuel subassemblies, since this technique is based on the geometrical features of the carved characters.
- (2) Fuel-number images can be obtained by scanning ultrasonic waves on the carved character surface, which is buried in thick cladding mud (such carved characters can be hardly imaged with ITV cameras).

KEYWORDS: *binary-valued image, BWR type reactors, cladding, fuel-number, fuel subassemblies, ITV camera, lighting technique, scanning, ultrasonic waves*

I. 緒 言

沸騰水型原子力発電プラントでは、年1回の定期検査期間中に炉心内の燃料交換作業を実施している。運転員は、この燃料交換作業が終了した時点で、燃料集合体が計画通りの位置や方向に装荷されていることを、水中 ITV(Industrial Television)カメラで撮ったテレビモニタ画面上の映像を見て、1体ずつ目視で確認している。この炉心確認作業では、1,100 MWe 級のプラントの場合、約 700 体余りの燃料集合体を確認する必要がある。また、燃料番号の映像の質が、新燃料(新しく装荷された燃料)と旧燃料(燃焼が進んだ燃料)とで大きく異なり、燃料番号映像を鮮明化するための照

明条件の調整が難しい。この燃料番号の目視確認作業を自動化すれば、炉心確認に要する時間の短縮と運転員の負担軽減が可能となる。

本報では、燃料番号の読取りを自動化するために不

^{*1} 東京電力㈱ (The Tokyo Elec. Power Co., Inc.)

^{*2} 東北電力㈱ (The Tohoku Elec. Power Co., Inc.)

^{*3} 中部電力㈱ (The Chubu Elec. Power Co., Inc.)

^{*4} 北陸電力㈱ (The Hokuriku Elec. Power Co., Inc.)

^{*5} 中国電力㈱ (The Chugoku Elec. Power Co., Inc.)

^{*6} 日本原子力発電㈱ (The Japan At. Power Co.)

^{*7} ㈱日立製作所エネルギー研究所 (Energy Res. Lab., Hitachi Ltd.)

^{*8} 日立設備エンジニアリング㈱ (Hitachi Setsubi Eng. Co.)

可欠な正確な文字パターンを得る手段として、①照明とITVカメラによる撮像および画像処理を用いる光学的方式、②超音波方式、の両方式について、実験的に検討した結果および実機への適用可能性を検討した結果について述べる。

Ⅱ. 燃料番号刻印文字の映像化方式

燃料番号の読取りを自動化するためには、Fig. 1に示す燃料集合体のタイプレート上部に刻印された文字を正確な文字パターンとして映像化することが必要となる。正確な文字パターンが得られれば、一般的な文字認識技術^{(1)~(4)}の適用が可能となり、自動的な燃料番号の読取りを実現できる。

(a) View of fuel subassembly

X-X Cross Section

(b) Dimensions of fuel-number

Fig. 1 View of fuel subassembly and dimensions of fuel-number

実機の炉心内に装荷された燃料集合体の刻印文字部は、その溝部がクラッド等の堆積により浅くなるためITVカメラでは映像化が困難になることもある。このため、映像化方式としてはITVカメラを用いる光学的方式と、刻印文字の表面を超音波ビームを走査する超音波方式とを取り上げ、実験的検討を行なった。

1. 光学的方式

光学的方式は、照明条件を最適化して、燃料番号を水中ITVカメラ等の撮像装置で撮像し、画像処理に

より正確な2値化文字パターンとして得るものである。実機における燃料番号読取りも光学的方式を用いているが、照明方法として集合体上部からほぼ垂直に照明しているため、新燃料の場合は刻印面からの反射光のために映像にハレーションを生じることがある。一方、旧燃料の場合には刻印面が長時間高温にさらされることによる表面の酸化と刻印面へのクラッドの付着のために、刻印文字映像のコントラストが悪く文字の判読が難しい状況が生じることがある。このため、個々の燃料集合体ごとに照明条件を変更する必要がある、新・旧燃料の別なく同一の照明条件で刻印文字映像を得ることができるような最適な照明条件となっていないのが実状である。

(1) 1方向斜角照明法

この光学的方式による刻印文字の映像化では、従来法のように燃料の照射履歴によって照明条件を調整する問題点を解決するため、新・旧燃料の別に関係なく同一の照明条件によって鮮明な文字映像を得る方法を検討し、刻印文字の幾何学的形状に着目した斜角照明と画像処理を組み合わせた方法を考案した。本考案による刻印文字の映像化のポイントについて次に述べる。

BWR用燃料集合体に採用されている燃料番号刻印文字は、Fig. 1に示したように、タイプレート上部のハンドル上面に深さ0.9mm、幅1.6mmの台形状の溝によって刻まれている。よって、文字刻印面に対して浅い方向から斜角で照明すれば、文字部の大部分に陰を作ることができる。これを刻印面に対して垂直の方向からITVカメラで撮像すれば、新・旧燃料の別に関係なく(刻印文字溝部が完全にクラッド等で埋れた場合は光学的方式では文字映像化は困難)、コントラストの良い映像を得ることが期待できる。しかし、1方向のみからの斜角照明では、照明と反対方向の刻印文字側面に光が当り、文字画像を2値化処理した場合、文字パターンに欠けが生じることがわかる。

(2) 2方向順次照明と画像重ね合せ法

1方向からの斜角照明による文字パターンの欠けを解決する方法として、2方向順次照明と画像重ね合せ法を考案した。

2方向順次照明と画像重ね合せ法の原理をFig. 2に示す。この方法は、2方向から斜角で順次照明して得る2枚の画像を2値化し、その2枚の2値化文字画像を重ね合せて文字を復元するものである。ここで、本方法による文字復元の手順をFig. 2を参照して説明する。

(1) 方向D₁から斜角で照明し、1枚目の原画像

を得る。

(2) 方向 D_2 から斜角で照明し、2 枚目の原画像を得る。

(3) 手順(1),(2)で得た 2 枚の原画像を所定のしきい値で 2 値化した画像を P_1, P_2 とする。

(4) 2 値化画像 P_1, P_2 に対して、(1) 式の処理を施し、2 枚の 2 値化画像を重ね合わせる。

$$p_0(i, j) = \text{Min}\{p_1(i, j), p_2(i, j)\} \quad (1)$$

ここで、 $p_0(i, j)$: 重ね合せた結果の画素の濃度

$p_1(i, j), p_2(i, j)$: 2 値化画像の画素の濃度

i, j : 画像内の画素のアドレス

Fig. 2 Concept of multi-directional lighting and image processing

以上述べた照明方法および画像処理により、1 方向からの斜角照明のみでは 2 値化文字パターンに欠けが生じるという問題点の解決が期待できる。ただし、この方法は刻印文字の溝部の長さ方向の 50% 以上に陰影を作る必要がある。実機で用いられている Fig. 1 に示した刻印文字の溝の深さおよび文字の大きさを考慮すると、文字の長手方向から照明する場合、照明角度を約 $6^\circ \sim 10^\circ$ の範囲内に設定しなければならない。

2. 超音波方式

刻印文字を映像化できる他の方式として、超音波を用いることが考えられる。超音波技術は非破壊検査のみならず産業分野で広く使用されており^{(6)~(7)}、応用範囲が広い。この超音波技術を刻印文字の映像化に適用する方法を検討した。

集束形の超音波探触子を用いれば、超音波ビームを 1 mm 以下に絞ることも可能である。設置された刻印文字の表面に超音波ビームの焦点が一致するように超

音波探触子を配置し、適当なピッチで探触子を走査することにより得られる反射波信号の振幅情報から刻印文字の映像化が可能である。新燃料の刻印文字に対して、細く絞った超音波ビームを走査した場合、刻印面と刻印溝底面からの反射波の振幅にはほとんど差が生じない。しかし、 60° の角度を持つ溝側面に当たったビームは直接探触子に戻らないので、超音波探触子で受信される反射波の振幅はゼロに近くなる。よって、新燃料の刻印文字を超音波によって映像化すると、幅 1.6 mm の刻印溝エッジ部が強調され、文字の輪郭のみが得られる。

一方、旧燃料の場合は刻印文字の表面にクラッド等が付着するため、溝部にクラッドが堆積していることが予想される。このような表面状態に対しても、刻印面と刻印溝部で超音波の反射特性に差が生じれば、超音波反射波信号の 2 値化レベルを最適に設定することにより、刻印文字の映像化を実現できる。

Ⅲ. 実験および結果の検討

上述した 2 方式による刻印文字の映像化が実際に実現できるか否かを確認するため、2 方式に関し実験を実施した。

1. 斜角照明と画像処理(光学的方式)

(1) 実験方法

光学的方式として検討した斜角照明と画像処理を組み合わせた実験では、実機で採用されている燃料番号と同一仕様の文字を刻んだ燃料集合体の上部(Fig. 1(a))を製作した。これを Fig. 3 に示すような透明なアクリル製の水槽内に設置し、水槽外部からハロゲンランプにより、刻印面に対して 10° の角度で照明する方法を用いた。刻印文字の映像は、刻印面から 60 cm の高さに設置した ITV カメラ(日立電子製 モデル HV-17WJ)により撮像して得るビデオ出力信号を、汎用画像処理装置(DEC 社製 CPU: LSI-11/02, メモリー: 24kW, OS: RT-11SJ)のビデオディジタイザに入力して画像処理した。

本実験で使用したビデオディジタイザで得られる画像は、 640×480 の空間的分解能と 8 ビット(256階調)の濃淡値分解能を持っている。

この実験では、2 方向順次照明と画像重ね合せによる 2 値化文字パターンの復元処理の有効性を確認することを主体に進めた。2 方向順次照明では、Fig. 3(b)で示したように、刻印文字に対して前方(照明方向 D_1)および後方(照明方向 D_2)、または左側(照明方向 D_3)および右側(照明方向 D_4)からの 2 種類の照明方法で

Fig. 3 Experimental set-up in two-directional lighting

の比較を実施することにした。

(2) 実験結果と考察

1方向のみからの斜角照明での2値化文字パターンの欠けを解決する1つの手法として考案した2方向順次照明と画像重ね合わせによる刻印文字の映像化の例をFig. 4(a), (b)に示す。Fig. 4(a), (b)は、実験方法で示したFig. 3における照明方向 D_1, D_2 および D_3, D_4 に対して得た結果の1例である。

照明方向 D_1, D_2 に対する映像化例Fig. 4の中のアルファベット“ABCDEFGH”の原画像に見られる文字の白く光っている部分は、 10° の角度からの照明によって直接照らされてきたものである。これらの原画像を最適な2値化レベルで2値化した画像から明らかなように、1方向のみからの照明では2値化文字パターンに欠けが生じている。この文字パターンの欠けは、数字の場合よりアルファベットの方が顕著である。この原因は、字体の差から生じるもので、アルファベットの方が数字の場合よりも直線部分が多いためといえる。

次に、照明方向の違いによる2値化文字パターンを比較すると、Fig. 4(a)に示す照明方向 D_1, D_2 によるものよりも、Fig. 4(b)に示す照明方向 D_3, D_4 による重ね合わせた結果の方が復元した2値化文字パターンが正確である。これは、文字を左右から照明した場合、文字の前後から照明した場合に比べて、文字が左右よりも

前後方向の幅が小さいために、刻印溝部の陰の部分の割合が多くなるためと考えられる。斜角照明の際の照明角度 θ を充分小さくすれば、照明方向による2値化文字パターンの差異は小さくなることが期待できる。しかし、 θ をあまり小さくすると、照明装置と他の燃料集合体上部との機械的干渉が発生し、実用化上の障害となる。

斜角照明の場合、刻印面の平滑程度が2値化文字画像の処理結果に微妙な影響を与えることがFig. 4(a)の結果からわかる。Fig. 4(a)の“2456789”の刻印文字の映像化結果に見られるように、数字“2”から“7”にかけて発生している線状のノイズは、刻印面のわずかな凸状の傷によって発生したものである。このように、斜角照明の場合は、刻印面の状態が画像処理結果に影響を与える恐れがあるが、Fig. 4(b)の同一の刻印文字に対する画像処理結果には凸状の傷による影響がほとんど見られない(原画像には若干影響が認められる)。このことから、刻印文字に対する水平方向の照明角度を適当に選定すれば、刻印表面の状態にほとんど依存しないようにすることが可能である。

実機プラントでは、燃料集合体は所定の規則に従って整然と配列されており、燃料番号刻印文字の配列方向は水中ITVカメラの走査方向に対して 45° または 225° となっている。よって、Fig. 3に示した照明方向 D_1, D_2 または D_3, D_4 の互いに直交する方向から得た画像のうち、結果の良い方を選択する方法も実用上可能である。

以上述べたように、2方向順次照明と画像重ね合わせ法を適用すれば、正確な2値化文字パターンが得られることを示した。実験では、新燃料についての結果を示したが、この光学的方式は刻印文字の幾何学的な形状に着目したものであるため、2方向順次照明と画像重ね合わせ法は新・旧燃料の別に関係なく有効な手法であるといえる。

2. 超音波法

(1) 実験方法

この実験では、映像化の対象として模擬新燃料と旧燃料を選定した。模擬旧燃料は実機でのクラッドの付着を模擬するためにベンガラ(Fe_2O_3 粉末)を刻印面および刻印溝部に堆積させる方法をとった。

実験装置としては、超音波探触子(パナメトリックス社製 共振周波数5MHz, 有効口径12.7mmφ, 焦点距離25.4mm), 走査装置(X方向ピッチ0.125mm, Y方向ピッチ0.141mm)およびデータ処理装置(HITAC-20)を使用した。刻印文字映像化のためのデータは、

Fig. 4(a), (b) Examples of images by two-directional lighting (in directions D_1, D_2 and D_3, D_4)

水中に設置した燃料番号刻印文字の真上 25.4 mm の位置に探触子を設定し、文字の並びの方向に 0.125 mm のピッチで走査しながら、超音波反射波を適切なしきい値で2値化することにより得た。この超音波反射波の2値化データと探触子の位置データとからデータ処理装置により文字を映像化して表示した。

(2) 実験結果と考察

超音波ビームを刻印面に対して垂直に走査した場合に得られる超音波エコーの特性の1例を示したものが

Fig. 5 である。この実験結果は、新燃料に相当する刻印文字に対する結果の1例で、表面波からのエコーのみを検出するように時間軸に対して約 $1 \mu s$ の窓を設けて得たものである。このような信号処理法を用いれば、刻印表面と溝部を明確に分離できることがこの図からわかる。新燃料に対しては、刻印文字の輪郭だけでなく、エコー信号の処理の仕方によっては、刻印面からの信号を“1”、溝部からの信号を“0”とする超音波エコー信号の2値化映像を得ることも可能である。

Fig. 5 Ultrasonic wave scanning and echo output signal characteristic

上述したように、超音波エコー信号の時間軸に対して窓を設けて刻印表面と刻印溝部とを弁別する方法のほかに、超音波エコー信号の振幅に2値化のためのしきい値を設定して映像化することも可能である。

Fig. 6は、刻印面および刻印溝部を完全にベンガラで覆った(刻印面のベンガラの厚さは約0.3mm)刻印文字に対して得られる超音波エコー信号を種々の2値化しきい値で映像化した結果を示したものである。この結果によれば、適切な2値化しきい値を設定することにより正確な2値化文字映像を得ることができ、その許容される2値化しきい値の幅も比較的広い(刻印面からのエコー信号の電圧を約1Vとした場合、0.2~0.3V)ことがわかる。

実機プラントでは、炉心内に装荷された燃料は新燃料と履歴の違い旧燃料が混在しており、これらの種々の表面状態の燃料番号刻印文字に対する超音波による映像化の可能性を確かめるため、①新燃料、②刻印溝部のみがクラッドで埋まった状態、③刻印面および溝

(b) Binary images for various threshold levels

Fig. 6 Examples of binary images for Fe_2O_3 powder sprayed test fuel-number

部がクラッドで完全に覆われて光学的方式では燃料番号が確認できない状態、の3種類の刻印文字表面状態に対して映像化を試みた。刻印文字の表面状態の模式図と各表面状態に対する映像化の1例をFig. 7に示す。この実験では、超音波エコー信号の時間軸に対しては刻印面と溝部底面からのエコーを検出するような時間に対して窓を設け、刻印面からの反射エコー信号の電圧を約1Vとした。また、映像化の2値化しきい

Fig. 7 Binary images obtained with various surface condition for test fuel-number

値はすべての場合に対して一定な 0.5 V を設定した。このような条件では、Fig. 7(a)に見られるように、文字の輪郭が映像化されることがわかる。新燃料に対しても Fig. 7(b), (c)の映像と同様な 2 値化文字パターンを得るには、刻印面からの超音波エコーの時間に対して窓を設けると同時に、この窓に入った信号に対しても 2 値化しきい値を設定すればよい。

上述の実験結果で示したように、超音波法は光学的方式では燃料番号の映像化が困難な状態の集合体に対しても映像化の可能性が高い、という特徴を有することがわかった。このように、光学的方式では映像化が困難な程にルーズなクラッドが堆積した刻印文字に対しても超音波法が有効なのは、水と水を含んだクラッドの音響インピーダンスの差がほとんどなく、超音波が減衰を受けないで刻印文字表面まで容易に透過するためと考える。

Ⅳ. 実機適用上の比較評価

以上述べたように、燃料番号刻印文字の映像化は照明と画像処理を組み合わせた ITV による方法と、超音波走査による方法とのいずれによっても技術的には可能である。しかし、実機プラントへの適用を考えると、映像化に要する時間、信頼性、等の点で比較評価し、どの方式を適用すべきかを検討する必要がある。

以下、両方式に対して、(1)映像化所要時間、(2)信頼性、の観点で評価してみる。

1. 映像化所要時間

ITV 法と超音波法を映像化所要時間という観点で比較してみると、次のようになる。

照明と画像処理を組み合わせた ITV 法の場合、燃料番号の映像化に要する時間は、①照明、②画像取込み、③画像処理、の 3 段階の処理時間によって決定される。2 方向順次照明と画像重ね合せによる映像化の場合、照明の切替えと画像の取込みに要する時間は照明の手段としてストロボを使うことにより約 1/30 s の画像取込み時間だけで済ませることが可能である。2 方向順次照明の場合、2 方向からの照明による 2 枚の画像取込みが必要になるので、これに要する時間は約 1/15 s である。画像処理に要する時間は、2 値化、ノイズ除去、画像重ね合せの各処理に要する時間の合計となり、最近の高速画像処理装置（日立製 HIDIC-IP/10 または 20）を用いれば 1 s 以内の処理が可能である。よって、ITV カメラを用いた映像化の場合、1 体の燃料集合体当たり約 1 s 以内の時間で燃料番号の映像化が可能である。

一方、超音波法の場合、燃料番号の映像化に要する時間のほとんどが超音波ビームの走査にかかる時間と考えてよい。本報で述べた刻印文字の映像化実験の場合、超音波探触子の走査装置として X および Y 方向走査ピッチが 0.125 および 0.141 mm、走査速度が X, Y 両方向とも 50 mm/s のものを用いた。この走査条件で燃料番号 6 文字を映像化するには約 3 min を要する。実機に適用する場合には、Y 方向の走査ピッチは 0.5 mm 程度まで大きくとることが可能であるが、それでも 1 min 弱の走査時間を要することになる。この走査時間をさらに短縮するためには、同時に複数の燃料集合体の走査が可能な装置とすることが必要となる。

以上述べたように、燃料番号の映像化に要する時間という観点のみで両方法を比較した場合には、明らかに ITV による映像化が優れている。しかし、超音波法では ITV によっても映像化できないほどのクラッド等が刻印面に付着した場合に対しても映像化ができる可能性がある。

2. 信頼性

実機プラントでは、炉心内の燃料集合体の番号は水中 ITV カメラによって撮像した TV モニタ上の映像によって確認しており、耐放射線性のある光学系を備えた装置を用いている。照明についても水中で使用可能なハロゲンランプを使用しており、ITV カメラによる撮像装置の信頼性は高いものが期待できる。

一方、超音波法による映像化装置の場合、超音波の走査装置を燃料集合体上部に固定した上で走査する必要があり、水中での走査機構と固定機構の動作信頼性が課題となる。超音波探触子の耐放射線性については、高レベルγ線量下での使用実績⁽⁵⁾⁽⁶⁾もあり、実用上の問題はない。よって、水中での走査機構の信頼性の問題を解決する手法として、2 次元アレイ超音波センサの使用が可能な段階となれば、センサの固定の問題を除いて信頼性の点でも ITV カメラによる方法に匹敵するような映像化装置の実現も期待できる。

Ⅴ. 結 言

BWR の炉心内装荷燃料集合体の燃料番号を映像化する方法として、斜角照明と画像処理を組み合わせた光学的方式と、超音波を走査する音響的方式とを取り上げ、実験的にその実用性を検討した。模擬燃料集合体を用いた両方式の実験を行なった結果、以下の結果を得た。

- (1) 2 方向順次照明と画像重ね合せ法により、1 方向のみの斜角照明で問題となる 2 値化文字パ

ターンの欠けの生じない正確な2値化文字映像を得ることができた。また、この方法は刻印の幾何学的な形状に着目したものであるため、新旧燃料の別に関係なく同一の照明法を適用できる。

- (2) 燃料番号刻印面に対して垂直な方向から超音波を入射して得られる超音波エコー信号を適切なレベルで2値化することにより、新旧燃料の別に関係なく良好な2値化文字映像を得ることができる。また、この方法によれば、ITVカメラでは映像化困難なほど刻印面にクラッド等が付着した状態に対してもほぼ完全な2値化文字を映像化できる見通しを得た。

本研究は、東京電力(株)、東北電力(株)、中部電力(株)、北陸電力(株)、中国電力(株)、日本原子力発電(株)の6電力会社および(株)東芝、(株)日立製作所の共同研究の一環として

実施したものである。本研究の推進に当り、有益なご助言を頂いた関係各位に感謝の意を表する。

—参考文献—

- (1) GREANIAS, E.C., et al.: The recognition of handwritten numerals by contour analysis, *IBM J. R&D*, 7[1], 14 (1963).
- (2) FUJIMOTO, I., et al.: Recognition of handprinted characters by nonlinear elastic matching, *Proc. 3rd Joint Conf. on Pattern Recognition*, p.113 (1976).
- (3) CASEY, R., NAGY, G.: Recognition of printed chinese characters, *IEEE Trans.*, EC-15[1], 91~101 (1966).
- (4) HOLWITZ, L.P., SHELTON, G.L.: Pattern recognition using autocorrelation, *Proc. IRE*, p.175 (1961).
- (5) 杉山 栄, 成瀬明輔: BWR 発電所における自動超音波探傷システムの概要, *機械誌*, 87[783], 60~65 (1984).
- (6) SUGIYAMA, S.: *Proc. Int. Conf. on NE in Nucl. Industry*, (1981).
- (7) 高橋文信: 非破壊検査, 29[1], 2~10 (1980).
- (8) 杉山 千, 他: 核燃料再処理工場溶解槽の遠隔補修ロボット, *日立評論*, 66[10], 63~66 (1984).

○原研 RI・原子炉研修所○

研修生・受講生募集

○第214回基礎課程

目的 RI・放射線の利用あるいは安全管理に従事しようとする研究者、技術者を主な対象とし、RI・放射線に関する一般知識、安全取扱方法および利用のための基礎技術を講義・実習を通して習得させる。

期間 11月30日(月)~12月23日(水)

受講料 75,000円(定員各32名), 締切 10月17日(土)

○第13回指定講習 第1種作業環境測定士(放射性物質)

目的 「作業環境測定法」に基づき、作業環境測定士登録の資格を習得しようとする者に対して実施する。

資格 第1種作業環境測定士試験(放射性物質)合格者および作業環境測定法施行規則第17条の試験免除者すでに「労働衛生管理の実務」および「デザインおよびサンプリングの実務」の講習を修了している者。

期間 昭和63年1月11日(月), 12日(火)

受講料 70,000円(定員32名), 申込みは定員次第締切。

申込先 (〒113)東京都文京区本駒込2-28-49 (03-944-4311)

原研 RI・原子炉研修所(RI研修部門)

○第18回核燃料工学短期講座

目的 原子核燃料に関する全般的な知識を比較的短期間に習得、理解させる。

授業レベル (1)原子力について基礎的知識を有する者,
(2)実務上の経験を通じて原子力関係の知識のある程度習得した者。

期間 11月4日(水)~20日(金)

受講料 35,000円(定員40名), 締切 10月2日(金)

申込先 (〒319-11)茨城県東海村 (0292-82-5667)

原研 RI・原子炉研修所(原子炉研修部門)

昭和62年度東京工業大学公開講座

テーマ: 原子力開発と先端技術

日程 第1回 昭和62年10月27日(火) 13:00~18:00
第2回 10月28日(水) 10:00~17:00

場所 東京工業大学講義室(目黒区大岡山)
(東急・目黒線、大井町線とも大岡山駅下車)

対象者 成人一般

講師 東京工業大学原子炉工学研究所・教官他

教授 藤家 洋一 教授 井関 孝善

〃 新井 栄一 助教授 高橋 亮一

〃 井上 晃 助 燃 高橋 忠男

〃 岡本 眞實 原 研 太田 允

講義内容 原子力エネルギーは人類の今後の長年にわたる重要なエネルギー源であり、積極的な研究・開発が必要である。本講では以下を内容とする。

①次世代型原子力施設、核融合炉などに関する研究・開発の現状を紹介する。

②それらの理想型を追及する上で加速器、レーザーなどを中心とした先端技術との係わり合いを例示し、原子力開発に内包される夢を講述する。

③原子力先進国となった我が国の今後の原子力開発における大学の役割を展望する。

定員 100名, 費用 3,000円

申込方法 10月12日(月)までに往復葉書で、下記宛に申し込んで下さい。

問合せ先 (〒152) 目黒区大岡山 2-12-1

東京工業大学 教務課総務掛

(03-726-1111, 内線 2044 教務課・総務掛

内線 3052 原子炉工学研究所・庶務掛)