解説

核燃料技術高度化の現状と展望

(東京大学) 山脇道夫

核燃料技術は原子炉体系の中核であり、その安全性と経済性を担うのみでなく、エネルギー資源の有効利用、放射性廃棄物の処理などでも重要な役割を持つ。軽水炉および高速炉の燃料技術高度化について論じるとともに、先進的核燃料リサイクル技術および新型核燃料技術についても現状を踏まえ今後の開発動向について展望する。本稿は、日本原子力学会「高度燃料技術」研究専門委員会(主査：東大・山脇道夫、活動期間1997年4月～2001年3月)の成果報告書「最新核燃料工学—高度化の現状と展望」(2001年6月刊)をもとにまとめられたものである。

本シリーズのテーマとしては、今回取り上げた「高速炉 MOX 燃料の開発状況と今後の見通し」のほか、「軽水炉燃料技術の高度化」、「先進的核燃料リサイクル技術開発」、「新型核燃料技術開発」を取り上げる予定である。

「核燃料技術高度化の現状と展望」シリーズ①

高速炉 MOX 燃料の開発状況と今後の見通し

(核燃料サイクル開発機構) 安部智之、浅賀健男

高速増殖炉サイクル技術のうち、最も開発の進んでいるものは、MOX 燃料とナトリウム冷却を基本とする技術である。なかでも、MOX 燃料の高燃焼度化は、燃料サイクルコスト低減、運転サイクル延長等を通じての経済性向上効果のほか、廃棄物量削減、資源の有効利用等の観点からの意義も大きく、燃料に対する最も重要な開発課題といえる。

I. はじめに

高速増殖炉サイクル技術は、エネルギーの長期的安定供給に向けた資源節約型技術の中で、潜在的可能性が最も高い選択肢の一つである。実用化段階においては、安全性の一層の追求と併せて軽水炉や他電源と比肩し得る経済性を達成することが求められている。高速増殖炉サイクル技術のうち、最も開発の進んでいるものは、MOX 燃料と Na 冷却を基本とする技術であり、他の選択肢との比較評価のベースともなるので、Na 冷却 MOX 燃料技術の評価を優先的に行うことが必要である¹⁾。

MOX 燃料の高燃焼度化は、燃料サイクルコスト低減、運転サイクル延長等を通じての経済性向上効果のほか、廃棄物量削減、資源の有効利用等の観点からの意義も大きく、燃料に対する最も重要な開発課題といえる。また、リサイクルシステム全体としての経済性向上には、再処理、燃料製造、原子炉での燃焼を通じたシステ

ム技術の高度化と最適化が必要である。本稿では、高速炉 MOX 燃料の高燃焼度化に関する技術の現状と開発動向を述べ、次にリサイクルシステムの総合的な経済性向上に向けた取組みと今後の開発の方向性を展望する。

II. MOX 燃料の高燃焼度化

高燃焼度化に関する我が国の開発レベルを炉心燃料取出平均燃焼度で表すと、高速実験炉「常陽」MK-II 炉心で70 GWd/t、原型炉「もんじゅ」高燃焼度炉心で80 GWd/tであり、実用化段階における目標燃焼度とされる150 GWd/tの半分程度である。これは、被覆管やラップ管材料のスエリングに起因する照射変形により燃焼度が制限されているためであり、耐照射安定性が格段に優れた高性能炉心材料の開発が燃焼度目標の実現に不可欠である。また、高燃焼度化において特に重要となる燃料挙動としては、照射変形による燃料要素束とラップ管との相互作用、燃料の熱的特性の燃焼に伴う変化、ギャップ部

Advances in Nuclear Fuel Technology—(1) Status and Perspectives for MOX Fuel for Fast Reactor: Tomoyuki ABE, Takeo ASAGA.

(2002年 5月9日 受理)

FP 挙動があり、異常な過渡変事象時の燃料挙動への燃焼度効果も確認する必要がある。

1. 高性能炉心材料の開発状況

原型炉「もんじゅ」の炉心材料として開発された改良 SUS 316 ステンレス鋼 (PNC 316) は、JIS 規格では不純物扱いである Ti, Nb, P, B を 0.1 wt % の範囲内で微量添加し、20% 程度の冷間加工を施すことにより耐スエリング性と高温強度を改善した材料であり、これまでに燃料集合体として $21 \times 10^{26} n/m^2$ ($E > 0.1$ MeV) までの照射実績を有する²⁾。さらに、Ni 濃度を 20 wt % に増加した PNC 1520 の高照射試験や 25~40 wt % まで増加した改良オーステナイト最適化鋼、高 Ni 鋼の開発が実施されてきた³⁾。

取出平均燃焼度 150 GWd/t に相当する中性子はじき出し損傷量は 200~250 dpa であり、オーステナイトステンレス鋼の適用には限界がある。このため、オーステナイト鋼に代わる長寿命炉心材料として、耐スエリング性に優れたフェライト鋼の高速炉用炉心材料への適用が、一般産業界で使用実績のある 12Cr 系ボイラ用鋼をベースに進められてきた。フェライト-マルテンサイト鋼の高温強度はオーステナイト鋼に比べて劣り、これらの鋼種は温度条件の比較的緩やかなラップ管として使用されている。我が国では、W, Mo による固溶強化、Nb, V の炭窒化物析出強化を利用することにより、この種の材料としては、世界最高水準の高温強度レベルを有する 12Cr-Mo-W-Nb-V 鋼 (PNC-FMS) が開発されており⁴⁾、実用化段階のラップ管材料への適用が期待されている。

耐スエリング性に優れたフェライト鋼の特長を生かして、フェライト鋼に酸化物を微細分散して 700℃ 程度での高温強度の飛躍的な改善を図った ODS フェライト鋼被覆管の開発が進められている⁵⁾。これまで、ODS フェライト鋼は難加工性であるため、冷間圧延による被覆管への製管段階で割れが多発し、また製造した被覆管は燃料要素として重要な周方向の内圧クリープ強度が極端に低下し、かつ周方向延性にも乏しいという重大な技術的課題があった。そこで結晶粒の組織制御技術を独自に開発することにより、フェライト組織を有する 12Cr 系 ODS フェライト鋼被覆管とマルテンサイト組織を有する 9Cr 系 ODS フェライト鋼被覆管を開発している。

12Cr 系 ODS フェライト鋼については、冷間圧延で硬化した組織を軟化させるための回復・再結晶技術を開発して、冷間圧延による被覆管製造を可能としている。また、製造した 12Cr 系 ODS フェライト鋼被覆管では強度異方性を示すため、最終工程で被覆管に再結晶熱処理による結晶粒の粗大化・等軸化を施すことにより、粒界すべりを抑制して内圧クリープ強度の改善を図っている⁶⁾。

第 1 図 ODS フェライト鋼被覆管のリング引張強さ

第 2 図 ODS フェライト鋼被覆管のリング引張り一様伸び

9Cr 系 ODS フェライト鋼については、冷間圧延の途中で炉冷軟化処理を施すことにより、ピルガー圧延機による冷間圧延が実現されている。マルテンサイト組成で α/γ 変態を利用して AC1 点 (約 910℃) 以上の温度でオーステナイト化することにより、圧延方向に伸長した結晶粒組織を完全に等軸化でき、強度異方性を完全に消失できることが確認されている⁷⁾。

製造された 12Cr 系と 9Cr 系 ODS フェライト鋼被覆管の 700℃ での内圧クリープ破断強度はほぼ同等レベルであり、PNC-FMS に比べて長時間側での強度改善が顕著である⁸⁾。9Cr 系と 12Cr 系 ODS フェライト鋼被覆管の引張強さと一様伸びの温度依存性を第 1, 2 図に示す⁹⁾。フェライト組織とマルテンサイト組織ともに、強度と延性は PNC-FMS を上回り、特に高温 (700℃) において優れているのが分散強化の特長である。ODS フェライト鋼は、250 dpa までの耐照射性と高温強度の観点から、実用化被覆管材料として最も期待される材料であり、燃料要素としての実績を早期に蓄積していく必要がある。

2. 燃料要素束とラッパ管との相互作用

Phenix, PFR, FFTF 等の海外の先行炉で得られた燃料集合体の照射挙動から、高燃焼度化に伴う燃料寿命制限因子として、燃料要素束(バンドル)とラッパ管との相互作用(Bundle Duct Interaction:BDI)の重要性が認識されている。

BDI は、温度条件の差等による被覆管とラッパ管の径方向寸法変化量の違いから、燃料バンドルの膨れ量がラッパ管の膨れ量を上回るため生じるもので、その干渉量が多い場合には、冷却材流路面積の減少により、当該燃料集合体を流れる Na の全体的な温度上昇や燃料要素とラッパ管の接触、燃料要素同士の接触による局所加熱、局部応力増加等の発生に至る可能性がある。

BDI 挙動を解明するため、模擬燃料バンドルを 6 枚の圧縮板により圧縮して X 線トモグラフィ画像を取得し、BDI 発生時の燃料バンドルの変形挙動を模擬した炉外バンドル圧縮試験が実施されている。この模擬試験の結果から、BDI 発生時の燃料バンドルの変形機構は燃料ピンの湾曲と被覆管断面の扁平化の両者に支配されることがわかってきた。サイクル機構では、このような知見に基づき BDI 発生バンドルの変形を予測する BDI 挙動解析コード「BAMBOO」を開発しており¹⁰⁾、上記炉外バンドル圧縮試験や Phenix 炉で照射され BDI が発生した燃料集合体の照射データを基に検証した。この BAMBOO コードによる解析では、炉内では燃料バンドルは照射クリープによる変形(ピンの湾曲、被覆管の扁平化)が主体となるため、厳しい BDI が発生し変形が進んでも、被覆管に加わる荷重は緩和され過大にはならないと予測されている。

3. 燃料の熱的特性の燃焼に伴う変化

燃料融点は、燃料設計基準の一つである燃料を溶融さ

せないという評価のベースとなるため、軽水炉に比べて高温で使用される高速炉燃料では特に重要な物性値である。MOX 燃料の融点は、Pu 濃度、O/M、燃焼度依存する。このうち MOX 燃料の燃焼度依存性に関しては、燃焼に伴う FP の蓄積によって融点がほぼ直線的に低下する傾向を示すことが、燃焼度約 124 GWd/t までの燃焼燃料による高精度な融点測定により明らかにされている(第 3 図)¹¹⁾。この結果から、製造時 Pu 富化度約 30 wt % の燃焼燃料の融点は、燃焼の初期から 10 GWd/t 当たり 5 K の割合で低下することが、最小二乗法による傾きから示されている。

また今後の高燃焼度化に対応して、未照射燃料や照射燃料に SrO、Y₂O₃、ZrO₂等を模擬 FP として添加した燃焼度模擬燃料を作製し、模擬燃焼度 50~250 GWd/t までの融点変化を評価する試みも行われており、燃焼度 170 GWd/t 相当以上では融点低下が飽和する傾向が見られている¹²⁾。

4. 高燃焼度におけるギャップ部 FP 挙動

金属状析出物中の Mo, Pd や揮発性 FP は、高燃焼度

第 4 図 高燃焼度燃料の燃料・被覆管ギャップ FP 析出層

第 3 図 高速炉 MOX 燃料による融点の燃焼度依存性

では燃料高温部から燃料-被覆管間ギャップ部等の低温部へ移動し、そこで新たなFP酸化物からなる析出層を形成することが観察されている^{13,14)}。

第4図に、局所燃焼度が23.2% h.a.のPFR中空燃料における燃料・被覆管間ギャップ部のFP析出層の金相写真を示す¹⁵⁾。このような現象は「常陽」やPhenix炉の高燃焼度燃料でも認められており、JOG(Joint Oxyde-Gaine:酸化物充填層)と呼ばれている。燃料断面組織の画像解析評価から、燃料と被覆管間のギャップにJOGの形成が認められる燃料でも被覆管の外径増加がほとんど生じず、ペレット径(面積)が製造時寸法から収縮していることが確認されている。また、燃料温度が低いペレット外周部ではCs, Mo, Xe濃度の低下が認められ、これらの元素のペレット外への移行がペレットの収縮と関連している可能性が示唆されている。これは、FPの蓄積によって燃料ペレットは燃焼度に比例して体積膨張するという、これまでの燃料スエリングの挙動モデルでは説明できないものであり、高燃焼度での燃料の熱的・機械的ふるまいを把握するうえで非常に重要な現象と考えられる。

JOGの化学的状態はまだ特定できていないが、存在量が多いCs, Moの複合酸化物モリブデン酸セシウム(Cs_2MoO_4)を想定した熱伝導度測定試験では、 Cs_2MoO_4 の熱伝導特性がHe等のガスよりも優れていることを示しており¹⁶⁾、JOGの存在により高燃焼度燃料の熱的挙動が緩和されている可能性が高い。前述のPFR高燃焼度燃料の燃料温度解析では、JOGによる固体熱伝達を想定しないと燃焼末期の組織変化状態を説明できない結果となっている¹⁵⁾。

高燃焼度では、低～中燃焼度での燃料挙動の延長では説明できない現象が現われてくることが十分予想されるため、今後さらに高燃焼度領域へ照射試験を拡充し、固体状FPの挙動やJOGについての挙動を解明することが重要である。

5. 異常な過渡変化事象における燃料挙動

異常な過渡変化事象における燃料挙動を扱う場合に考慮すべき事象は、1次冷却系ポンプトリップに代表される除熱能力低下型事象(LOF事象)と制御棒誤引抜きに代表される反応度挿入型事象(Slow TOP事象)とに大別できる。

LOF型事象では、被覆管の熱膨張が燃料ペレットのそれに比べて大きいことから、被覆管に生じる応力は主としてプレナムガス圧力による。このような応力負荷条件での被覆管破損は、温度上昇による被覆管強度低下に支配されるので、高燃焼度化には前述の長寿命被覆管材料の開発とプレナムガス圧力抑制の対応策が必要である。

Slow TOP事象においては、過渡変化中の燃料ペレツ

ト挙動に起因する被覆管応力の増加が顕著となり得る。これまでのCABRIやTREATでの試験結果では、スミア密度が85%以下の燃料の破損限界は燃焼度によらず極めて高く、燃料断面溶融割合が70%を超える範囲まで非破損となっている¹⁷⁾。これは、これら中低スミア密度燃料の大きな中心空孔が固相燃料膨張による燃料と被覆管との機械的相互作用(FCMI)を緩和するため、FCMIによる被覆管応力増加のみでは燃料破損には至らず、被覆管温度上昇に伴う強度低下が破損限界の支配因子となっているためと考えられる。このような既存データから推定すると、低スミア密度燃料は今後の開発目標とする高燃焼度領域においても、十分に高い破損限界が期待できるが、既存データの燃焼度範囲が限られている現状を踏まえると実験的な確認が必要になる。一方、90% TD程度の高スミア密度燃料については、EBR-II TOPI-1BおよびTOPI-1C両試験結果からFCMIによる被覆管への負荷はスミア密度および燃焼度に依存して増加する傾向が見られており¹⁸⁾、今後の開発目標とする高燃焼度領域においては、破損限界の低下が考えられる。

低スミア密度燃料は、何らかの原因で被覆管が破損しても、大きな中心空孔の存在により溶融領域の圧力上昇が相対的に抑制される。このため、燃料溶融が限定的なものであれば、開孔部からの溶融燃料の放出、急激なガス放出が防止し得ることがCABRI RB1試験で確認されており¹⁹⁾、万一の燃料破損時における影響に関しても望ましい特性を有している。今後、高燃焼度領域でも同様の特性を保持することを炉内試験により確認する必要があるが、スミア密度を調整することにより高燃焼度化による異常時燃料挙動への影響を防止することが可能と考えられる。

Ⅲ. 高速炉サイクルシステムの経済性向上

軽水炉技術に比肩し得る経済性を達成するには、抜本的なコスト低減が必要であり、高燃焼度化実現のほか、燃料サイクルシステム全体の経済性向上が必要である。

1. 高燃焼度に適合したMOX燃料設計

燃料サイクルで処理すべき核燃料量は、取出平均燃焼度に反比例して減少するので、経済性向上に関する高燃焼度化の潜在的効果は非常に大きい。高燃焼度化による経済性の大きな向上を実現するには、長寿命材料の開発等、上述の燃料材料開発が必要であるほか、高燃焼度化に伴うコスト増加要因を抑制するため、高燃焼度化に応じた炉心燃料設計が必要である。すなわち、一般に高燃焼度化は、新旧燃料出力ミスマッチ、出力ピーキングの増加等により炉心性能を低下させる。また、燃焼による反応度低下を補償するためには、燃料の核分裂物質濃度を高める必要があり、内部転換比低下や燃料加工単価増加の原因となる。このような高燃焼度化によるマイナス

要因を抑制しつつ高燃焼度を達成する燃料として有望な概念は、太径中空燃料である。太径化による燃料体積率の増加により中性子経済の向上が可能であり、炉心性能の低下を最小限に抑えることができる。さらに中空燃料は、溶融線出力が高く、また、高燃焼度において問題となる FCMI に関しても、内径を調整することで容易にスミア密度調整を行える。

2. MOX 燃料製造技術

高 Pu 富化度、細径の高速炉燃料ペレットの製造においては、発熱による粉末特性変化の最小化、被ばく抑制、粉末調整、ペレット成型等に対策、技術が必要である。「常陽」、「もんじゅ」燃料加工を通じて、熱除去技術、遠隔・自動でのペレット取扱技術、密度降下剤の改良と混合・成型・焼結条件の調整、粉末飛散防止設備、飛散粉末回収装置および高精度非破壊分析装置が開発・適用され、高速炉 MOX 燃料を安全かつ安定的に量産する技術は確立したといえる。一方、このような対策は加工コストを引き上げる原因であり、燃料集合体当りの核燃料物質量が少ない集合体構造とも相まって、単位重量量当りの加工単価は軽水炉 MOX 燃料に比べて高い。

燃料製造単価低減方策の主なものとして、燃料製造設備の高度化、機能の複合化による設備費の低下、検査の合理化、部材コスト低減、プロセスの合理化がある。第 5 図に示す改良型仕上げ検査設備は、その一例であり、ペレットの外周研削、外径密度選別、外観検査の機能を

複合化することにより設置スペースを従来の 1/3 に低減している²⁰⁾。また、中空ペレットを低コストで量産するための製造機器や検査技術の開発が進められている²¹⁾。部材のコストは、部材の点数でほぼ決まるので、燃料の太径化や燃料有効長の増加により燃料棒当りの重金属量が増加すれば部材コストは低下する。したがって、高燃焼度用太径中空燃料は部材コスト低減の面でも有利である。

3. 簡素化燃料サイクル

燃料サイクルコストの抜本的な削減には、プロセスの削除あるいは簡素化が必要である。先進湿式法による再処理では、精製系の削除等により大きな経済性向上効果が期待でき、ペレット製造プロセスの簡素化は、粉末取扱い、ペレット製造工程が大幅に簡素化され、燃料製造プラントの建設、運転費がほぼ半減すると評価されている²²⁾。

このような燃料サイクルの大幅簡素化と高燃焼度化により、抜本的な経済性向上を達成する燃料サイクル概念を第 6 図に示す。精製系の削除により、得られる再処理製品の除染係数は低下し、燃料製造における被ばく等の問題の原因となり得るが、粉末を取り扱う工程の大部分が削除される簡素化製造プロセスでは、除染係数を適切に設定し、被ばく対策を強化することにより、この問題を解決できると考えられる。また高速炉では、燃料中の不純物の炉心特性に与える影響は小さく、実現性の高い

第 5 図 改良型仕上げ検査設備の概略図

第6図 高経済性高速炉 MOX 燃料サイクル

燃料サイクルであるといえる。

Ⅳ. 今後の展望

高燃焼度化，経済性向上のための高速炉 MOX 燃料技術開発を進めるにあたっては，燃料開発を支える試験技術の高度化と「もんじゅ」を使った燃料性能の実証が必要である。

世界的に運転中の高速炉が減少し，燃料の照射場，試験設備の重要性がますます高まっている。特に，燃料の高燃焼度化，また，これに必要な長寿命炉心材料の開発を迅速かつ効率的に行うためには，照射場の性能向上，試験測定技術の迅速化，精度向上が求められる。高速実験炉「常陽」では，照射性能向上のため MK-III 炉心への改造が行われており，炉心の高速中性子束は1.3倍に増加し，2倍以上の照射スペースが得られる。「常陽」に隣接する照射後試験施設では，X 線 CT 装置による燃料集合体の詳細検査により，高燃焼度燃料集合体で問題となる BDI に関する詳細な情報や燃料ペレットの中心空孔形成に関する情報が一括して得られるようになり，今後の燃料開発への適用が期待できる。

Na 冷却 MOX 燃料の技術評価には，「もんじゅ」での性能実証が不可欠である。燃料製造，もんじゅの運転，炉サイトでの燃料検査，ホットラボでの照射後試験，再処理と連携して，Pu リサイクルを原型炉規模で実証し，取出平均燃焼度80 GWd/t までの炉心・燃料性能，増殖比，燃料健全性の確認，さらには燃料照射挙動データの蓄積が第1の役割である。次いで，高燃焼度化，経済性向上を図った燃料を順次もんじゅ炉心燃料に適用して，炉心・燃料サイクルの高度化を実証するとともに，MA 燃焼，長寿命 FP 核変換に関する試験を実施する照射場としての機能も期待されている。

— 参考文献 —

- 1) 原子力の研究，開発及び利用に関する長期計画，平成12年11月24日，原子力委員会。
- 2) S. Ukai, T. Yoshitake, N. Akasaka, *et al.*, *ANS Trans.*, Nov., (1998).
- 3) 鹿倉 栄，鵜飼重治，佐藤義則他，原子力誌，36[5]，441 (1994)。
- 4) A. Uehira, S. Ukai, T. Mizuno, *et al.*, *J. Nucl. Sci. Technol.*, 37[9]，780 (2000)。
- 5) 鵜飼重治，サイクル機構技報，No. 7，p.83 (2000)。
- 6) S. Ukai, S. Mizuta, T. Yoshitake, *et al.*, *J. Nucl. Mater.*, 283-287, 702 (2000)。
- 7) S. Ukai, T. Nishida, T. Okuda, *et al.*, *J. Nucl. Sci. Technol.*, 35[4]，294 (1998)。
- 8) 鵜飼重治，水田俊治，吉武庸光，他，第4回超鉄鋼ワークショップ，金属材料技術研究所，2000年1月12日，C-15. (2000)。
- 9) S. Ukai, S. Mizuta, T. Yoshitake, *et al.*, The Six Japan-China Symposium on Materials for Advanced Energy Systems and Fission & Fusion Engineering, Kyushu Uni., Dec. 4 ~ 6, 2000.
- 10) 上羽智之，水野朋保：JNC TN 9410 97-067, (1997)。
- 11) K. Yamamoto, T. Hirokawa, K. Yoshikawa, *et al.*, *J. Nucl. Mater.*, 204, 85 (1993)。
- 12) K. Konno, T. Hirokawa, *J. Nucl. Sci. Technol.*, 35[9]，494 (1998)。
- 13) K. Maeda, T. Mitsugi, T. Asaga, *Int. Workshop on Interfacial Effects in Quantum Engineering Systems*, Aug. 21 ~ 23 1996, Mito, (1996)。
- 14) M. Tourasse, M. Boidron, B. Pasquet, *et al.*, *J. Nucl. Mater.*, 188, 49 (1993)。
- 15) M. Naganuma, S. Koyama, T. Asaga, *et al.*, IAEA-SM-358/24, (1999)。
- 16) T. Ishii, T. Mizuno, *J. Nucl. Mater.*, 247, 82 (1997)。
- 17) G. Heusenener, D. Struwe, T. Butland, *et al.*, *Proc. Int. Fast Reactor Safety Meeting*, Snowbird, Vol. II, 209 (1990)。
- 18) H. Tsai, L. Neimark, T. Asaga, *et al.*, *Trans. 11th Int. Conf. on Structural Mechanics in Reactor Technology*, Tokyo, Vol. C, 179 (1991)。
- 19) 深野義隆，佐藤一憲，野中 信之，原子力学会「1998春の年会」要旨集 I-27, (1998)。
- 20) 出口守一，山口俊弘，鈴木良宏，原子力工業，43[6]，45 (1997)。
- 21) 皆川 進，川崎隆夫，塙 幸雄，サイクル機構技報，No. 7，p.19 (2000)。
- 22) 水津祐一，坂田文夫，菊野 浩，他，原子力学会「2000秋の大会」予稿集，M 28, (2000)。

著 者 紹 介

安部智之(あべ・ともゆき)

1982年京都大学大学院原子核工学修士課程修了。核燃料サイクル開発機構にて新型転換炉および高速炉の燃料，炉心の開発・設計に従事。現在，東海事業所プルトニウム燃料センター設計評価グループリーダー。

浅賀健男(あさが・たけお)

1976年東北大学工学部金属工学科卒業。核燃料サイクル開発機構にて高速炉の燃料および炉心材料の研究開発に従事。現在、大洗工学センターシステム技術開発部核燃料工学グループリーダー。

山脇道夫(やまわき・みちお)

1969年東京大学大学院工学系研究科博士課程(原子力工学専攻)修了,工学博士。同年,東京大学助手,次いで助教授を経て1987年教授。原子力材料学,核燃料工学,核融合工学の研究教育に従事。日本原子力学会核燃料部会長,同材料部会長,関東・甲越支部長などを務める。

□教 官 公 募□

東京工業大学原子炉工学研究所

募集人員 助教授1名

(任期10年,評価により任期5年(2度)の再任可)

所 属 エネルギー工学部門

専門分野 広義で原子力に関連した原子核科学/工学, エネルギー・環境科学/工学

応募資格 博士の学位を有すること

採用予定 決定後なるべく早い時期

提出書類 ①履歴書, ②研究業績(査読付論文誌, 国際会議録, その他の論文, 著書, 特許その他, に分類し, 査読付論文誌は発行年の古い順に全著者名, 論文題目, 雑誌名, 発表年, 頁を記載), ③代表的な学術論文の抜刷5編, ④現在までの研究の内容と成果(研究業績, とくに代表的な学術論文と対応させてA4判2頁以内), ⑤採用された場合の研究・教育に関する抱負(A4判3頁以内), ⑥推薦状があれば添付

応募締切 7月8日(月) 必着

書類送付先 152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1
東京工業大学原子炉工学研究所事務長
(「教官応募書類」と表記の上簡易書留で郵送のこと)

問合せ先 東京工業大学原子炉工学研究所教授 吉澤善男
TEL/FAX 03-5734-3075
E-mail: yyoshiza@nr.titech.ac.jp

京都大学大学院エネルギー科学研究科

所 属 エネルギー社会・環境科学専攻社会エネルギー科学講座エネルギー経済分野

職名・人員 教授1名

研究領域 エネルギー経済(社会経済システムのエネルギー経済的側面の研究)

担当科目 エネルギー経済関連の講義, 演習および研究指導
応募資格 ①博士の学位を有し, 大学院博士後期課程の指導ができる方, ②着任時点で満年齢が54歳以下の方, ③平成15年4月1日以前のなるべく早い時期に着任の可能な方

応募締切 8月31日(土)

提出書類 ①履歴書, ②健康診断書, ③研究業績リスト(著書, 原著論文, 総説・解説論文, 国際会議論文等に区別して記載), ④主要論文の別刷(最大10編), ⑤研究業績説明書(既往の研究業績を, A4用紙2~3枚程度に, ジャンル別に要約したもの), ⑥研究計画書(A4用紙で2枚程度), ⑦着任可能な時期と連絡先(選考過程で, 本学において面接試問をする場合があります), ⑧本人について意見を述べられる方の氏名と連絡先

問合せ先 京都大学大学院エネルギー科学研究科
エネルギー社会・環境科学専攻
専攻長 吉川榮和
TEL 0774-38-4400
E-mail: yosikawa@energy.kyoto-u.ac.jp