

国際原子力人材育成イニシアティブ事業成果報告書

<課題名>

機関横断的な人材育成事業「福井の原子力資源を活用した廃炉本格化時代に向けた人材の育成」

<実施機関>

公益財団法人 若狭湾エネルギー研究センター

<連携機関>

- ・ 日本原子力発電敦賀総合研修センター
- ・ 福井大学附属国際原子力工学研究所
- ・ 日本原子力研究開発機構原子炉廃止措置研究開発センター
- ・ 日本原子力研究開発機構レーザー共同研究所

<実施期間・交付額>

27年度4,135千円、28年度3,187千円、29年度2,891千円

<当初計画>

1. 目的・背景

複数の商業炉の廃止決定により、安全かつ円滑な廃止措置を進めることが期待される一方、福島第一原発事故を受け、より安全性の高い原子炉の開発や原子力安全に関する基礎・基盤の技術継承が強く求められている。これらの要請は、従来とは異なる、原子力の廃止措置と原子力技術の発展・継承の両分野への人材供給が求められる「原子力新時代」の到来を意味している。

この「原子力新時代」に、原子力人材の維持・発展に寄与するため、様々なタイプの原子力関連施設が集積する福井県において、廃止措置等を工学的に研究する福井大学附属国際原子力工学研究所、原子力プラント教育シミュレータ等を有する日本原子力発電、廃止措置現場で研究開発に取り組む日本原子力研究開発機構原子炉廃止措置研究開発センター及び原子力設備の切断や除染に適用できるレーザー技術を開発している若狭湾エネルギー研究センターが連携し、高専生や大学生を対象に各研究所の施設等を効果的に活用した廃止措置の研修を実施することにより、原子力分野の将来を担う若手の研究者及び技術者等を育成する。

2. 実施計画

若狭湾エネルギー研究センターが連携機関の協力を得て、高専生や大学生を対象に廃止措置技術等の理解醸成を目指した廃止措置セミナーを各年度に1回実施し、将来を担う若手の研究者及び技術者等を育成する。

○廃止措置セミナー

テーマ：廃止措置に関する国内外の取り組み及び研究開発状況等、廃止措置現場等の見学、放射性廃棄物の処理処分等

受講生：福井県内及び全国（廃止措置を計画する原子力施設が立地する地域を中心として）の高専生、大学生、大学院生

講師：福井大学教授、連携機関講師等

期 間：5日間

体 制：若狭湾エネルギー研究センターが各機関と連携して実施

<実施状況>

本セミナーは、各施設の持つ設備および廃止措置現場や、廃止措置に関する技術等を、できるだけ体験、見学できるように工夫して実施した。また、座学のなかにもグループ演習を織り込むことにより、効果的に理解ができるように実施した。あわせて研修期間を通じてのグループ討議、最終日にはグループ発表を実施することにより、廃止措置に関する深い理解が得られたと考える。

また研修プログラム等については、高専および大学教員から評価をいただき、次年度以降の研修プログラムに反映させ、改善を図った。28年度からは、受講者から要望の高かった海外の廃止措置技術の紹介や廃止措置技術者との英語での意見交換を行い、廃止措置に関する理解醸成にあわせて国際性の向上も図った。

表1. カリキュラム内容（平成29年度例）

	場 所	内 容
1 日 目	日本原子力発電敦賀研修センター	<ul style="list-style-type: none">・原子力プラント主要設備の概要・シミュレータを用いたプラントの安全工学と運転制御・廃止措置概論、国内外の廃止措置の経験と最近の課題・グループ分け、発表テーマ選定
2 日 目	日本原子力発電敦賀研修センター	<ul style="list-style-type: none">・放射性廃棄物の処理処分、クリアランスレベルと再利用（演習含む）・福島第一の廃止措置・グループ意見交換等
3 日 目	日本原子力発電敦賀研修センター	<ul style="list-style-type: none">・廃止措置のプロジェクト管理、放射能評価、廃止措置の解体技術・原子力産業ロボット活用紹介と操作体験
4 日 目	日本原子力研究開発機構レーザー共同研究所 日本原子力研究開発機構原子炉廃止措置研究開発センター（ふげん）	<ul style="list-style-type: none">・レーザー技術と廃止措置への適用技術・レーザー等による切断実習・ふげん廃止措置現場見学
5 日 目	若狭湾エネルギー研究センター 福井大学附属国際原子力工学研究所	<ul style="list-style-type: none">・レーザー等による除染実習・大学の研究開発取り組み・グループ討論、発表、海外技術者との意見交換



シミュレータ操作体験



廃止措置の概論



グループ演習（L3 廃棄物処理処分）



グループ討議



廃止措置の解体技術講義



原子力産業ロボット活用紹介（原子力緊急事態支援センター見学）



レーザー切断実習



ふげん廃止措置現場見学



レーザー除染実習



グループ発表



米国での廃止措置と廃棄物管理



海外廃止措置技術者との意見交換

表 1. 育成対象及び人数（結果）

実施項目	実施プログラム	育成対象者	育成人数		
			27年度	28年度	29年度
廃止措置セミナー	廃止措置の国内外の取り組み及び研究開発状況等、ふげん廃止措置現場等の見学、放射性廃棄物の処理処分等	福井県内及び全国 (廃止措置を計画する原子力施設を立地する地域を中心として)の高専生、大学院生、大学生	26人	29人	24人
		(参考指標) 交付額/育成人員	159 千円/人	110 千円/人	120 千円/人

表 2. 実施スケジュール（結果）

項目	27年度 (四半期毎)				28年度 (四半期毎)				29年度 (四半期毎)			
廃止措置セミナー				□				□				□

<成果と評価>

福井県及び全国の高専生、原子力専攻以外の大学生、原子力専攻の1, 2年生を中心とした学生が次の点等を達成することを目標として廃止措置セミナーを実施した。

- ①原子力に関する安全工学や運転制御等に対する概要理解
- ②廃止措置の計画、工程（全体シナリオ）
- ③放射性廃棄物処理処分、クリアランスレベル等の概要理解
- ④解体技術等の概要理解、原子力産業ロボット技術の廃止措置への適用性の理解と操作体験等を通じた魅力醸成
- ⑤レーザー技術による原子力設備の切断や除染への適用性の理解と操作体験等を通じた魅力醸成

受講生のアンケートによる5段階評価（5：よく理解できた～1：まったく理解できなかった）は下記のとおり。

講義名	27年度	28年度	29年度
①原子力プラント主要設備の概要、シミュレータを用いたプラントの安全工学と運転制御	4.2	3.8	4.3
②廃止措置のプロジェクト管理、放射能評価	3.9	4.0	4.1
②廃止措置の概論、国内外の廃止措置の経験と最近の課題、福島第一発電所の廃止措置	4.1	4.1	4.1
③放射性廃棄物の処理処分、クリアランスレベルと再利用（グループ演習含）	3.9	4.1	4.5
④廃止措置の解体技術、原子力産業ロボットの活用紹介	4.2	4.0	4.3
⑤レーザー切断の適用技術と体験実習	4.1	3.8	3.8
⑤レーザー除染の適用技術と体験実習	4.0	3.8	4.1
原子炉廃止措置研究開発センター（ふげん）廃止措置現場見学	4.5	4.4	4.8
平均	4.1	4.0	4.2

上記のとおり、ほとんどの項目で4.0を上回っておりそれぞれの講義について十分に理解できたと評価する。講義別でみるとふげんの廃止措置現場見学が各年度とも最高評点となっており、やはり現場を見ることの重要性が表れている。また放射性廃棄物の処理処分講義では、28年度からL3廃棄物処理処分について、それぞれの立場（行政、事業者、地元住民、地元以外住民）に分かれたグループ討議を実施したことにより飛躍的に理解度が向上した。これも演習を通じて、自ら考えながら理解することの重要性が表れている。レーザー切断、除染については他の講義と比較すると多少難しい傾向があったが、ふげんでの見学等を通じながら補完してレーザー技術について理解は深められた部分はあると考える。

またグループ討議・グループ発表には、アンケートでは評点はつけていないが、自由記述等で多くのコメントがあり、様々な立場の人との意見交換やグループ討議が非常に有効であったとの評価であった。評価者からは、グループ討議を通じて廃止措置への理解醸成が強く図れたとの評価をいただいている。特に28年度からは、海外の廃止措置研究者や技術者との意見交換および英語でのプレゼンテーションを実施した。これらは受講生、評価者からも非常に効果的であったとのコメントも多く、廃止措置の多様性の理解や国際性向上にも寄与できたと考える。

あわせて本研修を通じて育成した学生が将来的に次のように活躍することを目標としてきた。

- 大学や研究機関において廃止措置技術等を開発する研究者・技術者
- プラントメーカーや電力事業者等において廃止措置作業等を担う技術者
- 大学等において次代を担う人材の育成者・指導者

これらを検証するために、本セミナー受講者の進路の確認を行った結果は下表のとおり。

総受講人数 (A)	進路	人数	区分	人数 (B)	比率 (B/A)
79	就職	28	原子力関係	15	19.0%
			原子力以外	13	16.5%
	進学	33	原子力関係	12	15.2%
			原子力以外	21	26.6%
	在学中・未定	18	—	18	22.8%

総受講人数79人の進路を確認したものであるが、就職した28人のうち15人が原子力関係の進路を選んだことが確認できている。また同様に進学した33人のうち12人が原子力関係の進路を選んだ。総受講人数の3割以上が原子力関係の進路を選んだということであり、在学中の受講生も18人おり、そこから原子力関係への進路を選ぶ人数を加えると更に人数は増えることから、本セミナーの原子力関係の進路へ効果は相当程度高かったと評価している。

また原子力関係への進路選択者のうちで、直接、廃止措置に関係する進路を選択した人数は5人であった。内訳は就職のうちで2名、進学で3名となっている。

例を挙げると、より高度な内容の廃止措置技術セミナー（経産省委託事業により実施）にも参加し、明確に廃止措置に関する就職を希望している者や、同じく本セミナー受講者が廃止措置研究のため海外に留学している者等であり、廃止措置に関する魅力醸成が確実に図れたと評価している。

<今後の事業計画・展開>

原子力施設が多く存在し、原子力人材育成に必要な基盤が集中しているという福井県の強みを最大に活かし、産・官・学の連携を通じた継続的な原子力人材の育成に道筋をつけることができたと考えている。

今後は、将来の優秀な原子力人材確保の裾野を拡げることとなる本事業の趣旨を広くPRし、事業者等に対して、継続実施を働きかけていく。また本事業でプログラム構築した「廃止措置セミナー」カリキュラム内容については、廃止措置作業の進展や受講生のニーズの推移に合わせてプログラムに変更を加え、経産省の人材の育成委託事業や原子力関連従事者研修等といった社会人向け研修への応用展開を図っていく。

また廃止措置に関するDVDを作成したので、本DVDを利用して、福井県内のSSH指定校を対象に行っている科学実験研修等の機会を利用して、高校教員への廃止措置への理解醸成も行っておりこれを継続実施していく。

〈整備した設備・機器〉

「廃止措置の概論」講義DVDの作成

「廃止措置の概論」講義を撮影のうえDVDを作製し、平成27年度～29年度に廃止措置セミナーに参加いただいた7高専、10大学に対して配布し、研究や講義等での活用を図っている。また当センターにもDVDを保管しており、希望者に対して貸出し、高校教員等への活用の態様を行う。

〈その他特記すべき事項〉

特になし

〈参考資料〉

(1) 添付資料

- 1) 研修テキスト抜粋「平成29年度 廃止措置セミナー」

(2) 事業成果の公開事例、関連する文献

- 1) 資源エネルギー庁主催「原子力発電所の廃止措置に関する国際ワークショップ」ポスターセッションに展示出展（平成29年6月30日）

http://www2.convention.co.jp/haishi/pdf/leaflet_j.pdf

- 2) 若狭湾エネルギー研究センターホームページ内 (<http://www.werc.or.jp/>)

エネ研ニュース 第119号の記事（平成29年度 廃止措置セミナーの開催）

<http://www.werc.or.jp/enenews/pdf/NN119.pdf>

第106号の記事（平成28年度 廃止措置セミナーの開催）

<http://www.werc.or.jp/enenews/pdf/NN106.pdf>

第95号の記事（平成27年度 廃止措置セミナーの開催）

<http://www.werc.or.jp/enenews/pdf/NN95.pdf>

- 3) 「廃止措置の概論」講義DVDの配布、貸出

「廃止措置の概論」講義を撮影のうえDVDを作製し、平成27年度～29年度に廃止措置セミナーに参加いただいた7高専、10大学に対して配布し、研究や講義等での活用を図っている。また当センターにもDVD保管しており、希望者に対して貸出し、高校教員等への活用の態様を行う。

評価項目に係る事項について

①課題の達成度
(採択時の審査
評価委員会所見
への対応を含
む。)

当初の目標である下記事項についての理解度の詳細は以下のとおり

講義名	27年度	28年度	29年度
①原子力プラント主要設備の概要、シミュレータを用いたプラントの安全工学と運転制御	4.2	3.8	4.3
②廃止措置のプロジェクト管理、放射能評価	3.9	4.0	4.1
②廃止措置の概論、国内外の廃止措置の経験と最近の課題、福島第一発電所の廃止措置	4.1	4.1	4.1
③放射性廃棄物の処理処分、クリアランスレベルと再利用（グループ演習含む）	3.9	4.1	4.5
④廃止措置の解体技術、原子力産業ロボットの活用紹介	4.2	4.0	4.3
⑤レーザー切断の適用技術と体験実習	4.1	3.8	3.8
⑤レーザー除染の適用技術と体験実習	4.0	3.8	4.1
原子炉廃止措置研究開発センター（ふげん）廃止措置現場見学	4.5	4.4	4.8
平均	4.1	4.0	4.2

①原子力に関する安全工学や運転制御等に対する概要理解

→各年度ともおおむね4.0程度の理解度であり理解はなされている。28年度にシミュレータ作業が難しかったとのコメントが多かったため、PWRとBWRの重複を見直した事等により29年度は理解向上が図れた。

②廃止措置の計画、工程（全体シナリオ）

→各年度ともおおむね4.0程度の理解度であり理解はなされている。初日に廃止措置の概論を実施する等のカリキュラム変更を行なったが、各年度とも理解度に大きな変動はなかった。

③放射性廃棄物処理処分、クリアランスレベル等の概要理解

→座学だけでは理解が難しい部分もあることから、28年度からL3廃棄物の演習を実施した。4グループを事業者、行政、地元住民、地元以外住民に分け、それぞれの立場でのL3廃棄物処理について発表し、議論するものであったが、これが非常に効果的であったとのアンケートコメントも多く、飛躍的に理解が向上したと思われる。

④解体技術等の概要理解、原子力産業ロボット技術の廃止措置への適用性の理解と操作体験等を通じた魅力醸成

→東海発電所での解体技術に関する座学と、原子力緊急事態支援センターでの見学や操作体験で構成している。一部に操作体験や見学を含むことから理解度や評価も比較すると高くなっている。28年度には、ロボットに関してメーカーからの講義を織り込んだが、講義内容が難解になったため、29年度は、メーカー部分は紹介にとどめ、興味のある学生には、別途で情報提供するようにし、効果的に理解向上できたと考える。

	<p>⑤レーザー技術による原子力設備の切断や除染への適用性の理解と操作体験等を通じた魅力醸成</p> <p>→レーザーを利用した切断および除染に関する座学と、実習であるが、内容が困難となってしまう、一部の興味の薄い学生の興味を起こさせるには至らなかった。年度ごとに実習の見せ方や説明方法を変えながら実施したが、あまりアンケートでの理解度の向上にはつながらなかったが、ふげんでの見学等を通じながら補完してレーザー技術について理解は深まった部分はあると考える。</p> <p><u>ふげん廃止措置現場見学</u></p> <p>→各年度とも最高評点となっており、やはり現場を見ることの重要性が表れている。28年度までは、受講生一斉に見学していたが、より詳細に廃止措置工事や工事現場の説明を行うため、29年度については2班に分けて、少人数で見学を実施し、更なる理解度向上につながった。燃料のある状態では、行くことのできない炉心上部まで立ち入ることができ、受講生からは非常に貴重で勉強になったとのことが多く聞かれた。</p> <p><u>グループ討論・グループ発表</u></p> <p>→アンケートでは評点はつけていないが、アンケートにて自由記述等で記入を求めた。非常に多くのコメントがあり、大半が様々な立場の人との意見交換やグループ討議が非常に有効であったとの評価であった。評価者からは、グループ討議を通じて廃止措置への理解醸成が強く図れたとの評価をいただいている。</p> <p>特に28年度からは、前年のアンケート等で要望の強かった海外の廃止措置研究者や技術者との意見交換および英語でのプレゼンテーションを実施した。グループ発表資料を英語版もあわせて作成し、それを海外講師に説明、意見交換するというもので、28年度にはスカイプにてカールスルーエ工科大学マーチン先生を相手に実施した。29年度には米国エネルギーソリューション社コリン上席副社長による米国の廃止措置工事の講義を実施し、同様のプレゼンテーション発表と意見交換も実施した。これらは受講生、評価者からも非常に効果的であったとのコメントも多く、廃止措置の多様性の理解や国際性向上にも寄与できたと考える。</p>
<p>②特記すべき成果</p>	<p>特になし</p>
<p>③事業の継続状況・定着状況</p>	<p>原子力施設が多く存在し、原子力人材育成に必要な基盤が集中しているという福井県の強みを最大に活かし、産・官・学の連携を通じた継続的な原子力人材の育成に道筋をつけることができたと評価している。</p> <p>今後は、将来の優秀な原子力人材確保の裾野を広げることとなる本事業の趣旨を広くPRし、事業者等に対して、継続実施を働きかけてい</p>

	<p>く。また本事業でプログラム構築した「廃止措置セミナー」カリキュラム内容については、廃止措置作業の進展や受講生のニーズの推移に合わせてプログラムに変更を加え、経産省の人材の育成委託事業や原子力関連従事者研修等といった社会人向け研修への応用展開を図っていく。</p> <p>また廃止措置に関するDVDを作成したので、本DVDを利用して、福井県内のSSH指定校を対象に行っている科学実験研修等の機会を利用して、高校教員への廃止措置への理解醸成も行ってこれを継続実施していく。</p>
<p>④成果の公開・共有の状況</p>	<p>事業成果の公開状況</p> <p>1) 資源エネルギー庁主催「原子力発電所の廃止措置に関する国際ワークショップ」ポスターセッションに展示出展（平成29年6月30日） http://www2.convention.co.jp/haishi/pdf/leaflet_j.pdf</p> <p>2) 若狭湾エネルギー研究センターホームページ内 (http://www.werc.or.jp/) エネ研ニュース 第119号の記事（平成29年度 廃止措置セミナーの開催） http://www.werc.or.jp/enenews/pdf/NN119.pdf 第106号の記事（平成28年度 廃止措置セミナーの開催） http://www.werc.or.jp/enenews/pdf/NN106.pdf 第95号の記事（平成27年度 廃止措置セミナーの開催） http://www.werc.or.jp/enenews/pdf/NN95.pdf</p> <p>3) 「廃止措置の概論」講義DVDの配布、貸出 「廃止措置の概論」講義を撮影のうえDVDを作製し、平成27年度～29年度に廃止措置セミナーに参加いただいた7高専、10大学に対して配布し、研究や講義等での活用を図っている。また当センターにも保管しており、希望者に対して貸出をしている。</p>
<p>⑤参加した学生数、原子力関係機関への就職状況、公的資格取得者数</p>	<p>本研修を通じて育成した学生が将来的に次のように活躍することを目標としてきた。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○大学や研究機関において廃止措置技術等を開発する研究者・技術者 ○プラントメーカーや電力事業者等において廃止措置作業等を担う技術者 ○大学等において次代を担う人材の育成者・指導者 <p>これらを検証するために、本セミナー受講者の進路の確認を行った結果は下表のとおり。</p>

総受講 人数 (A)	進路	人数	区分	人数 (B)	比率 (B/A)
79	就職	28	原子力関係	15	19.0%
			原子力以外	13	16.5%
	進学	33	原子力関係	12	15.2%
			原子力以外	21	26.6%
	在学中・未定	18	—	18	22.8%

総受講人数79人の進路を確認したものであるが、就職した28人のうち15人が原子力関係の進路を選んだことが確認できている。また同様に進学した33人のうち12人が原子力関係の進路を選んだ。総受講人数の3割以上が原子力関係の進路を選んだということであり、在学中の受講生も18人おり、そこから原子力関係への進路を選ぶ人数を加えると更に人数は増えることから、本セミナーの原子力関係の進路へ効果は相当程度高かったと評価している。

また原子力関係への進路選択者のうちで、直接、廃止措置に関係する進路を選択した人数は5人であった。内訳は就職のうちで2名、進学で3名となっている。

就職する時点で廃止措置を希望する学生は事業者への就職でも多くはないため、本セミナー受講者のうち2名が廃止措置を明確に希望して就職していることは、相当程度の効果があったものと評価できる。また進学先で廃止措置を研究する3名についても、同様に本セミナーの効果が高かったと評価できる。

なお、5名の進路は以下のとおり。

- ・ 事業者就職（福島の研究分門として採用される）
- ・ 事業者就職（廃止措置を希望）
- ・ 大学院で廃止措置を研究
- ・ 大学院で廃止措置を研究（廃止措置研究のためイタリア留学中）
- ・ 廃止措置関係の就職を明確に希望（本セミナー受講後に、より高度な内容の廃止措置技術セミナー[経産省委託事業にて実施]にも参加）