令和3年度
「国際原子力人材育成イニシアティブ事業」
成果報告会・シンポジウム

令和2年度終了課題成果発表
「原子炉および燃料に関するリスクとその制御を体得する研修」

2022年1月18日

日立ＧＥニュークリア・エナジー株式会社
本テーマ代表者　松井哲也

All Rights Reserved. Copyright © 2022, Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.

令和2年度終了課題成果発表
「原子炉および燃料に関するリスクとその制御を体得する研修」

Contents

１．本研修の狙いと概要
２．実施内容
３．実施結果（アンケート結果含む）
４．まとめ

All Rights Reserved. Copyright © 2022, Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.

2 本研修の狙いと２点の柱

HITACHI

今後の原子力人材にとっては、原子炉および燃料のリスクを正しく知るとともに、それが制御できるものであることを認識／体得しておくことが重要と考える。

リスクを正しく知るためには、そのリスクを出来るだけ体得しておくことが、貴重な力となる。同時に、その制御ができるということを認識しておくことも大変重要であり、リスクを自ら経験していることは重要なベースとなりうる。

また、原子炉のリスクを評価する確率論的リスク評価（PRA）は福島第一事故後、言うまでもなくより重要な評価手法として位置付けられ、更なる活用が期待されているところであり、今後の原子力人材にとっては、その基本概念から評価手法については認識しておくべき手法である。

そこで、本研修では以下の２点を柱とした。

①原子炉のリスクを評価し、リスクの低減策を認識すると共に、プラントシミュレータにより体得する研修

②燃料のリスクを知り、その対応策を体得する研修

All Rights Reserved. Copyright © 2022, Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.

3 実施体制

HITACHI

産学連携体制

日立GEニュークリア・エナジー
（事業取纏め）

運営委員会
（研修カリキュラム、テキスト、課題などの事前検討、
講義および実習の実施、結果の纏め）

参画機関：
（産）：日立GEニュークリア・エナジー、日本核燃料開発、
（学）：東京大学、茨城大学

- 日立GEニュークリア・エナジー（研修取纏め）
- 日本核燃料開発（研修取纏め）
- 東京大学（カリキュラム検討、講義実施、結果評価）
- 茨城大学（カリキュラム検討、結果評価）

All Rights Reserved. Copyright © 2022, Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.

4 研修カリキュラム

HITACHI

日程	研修カテゴリー	研修項目	特徴【実施場所】
1日目	確率論的リスク評価（PRA）の研修	1)BWR安全設備に関する講義	**弊社設計で使用しているPRAソフトを実際に使用し学習** 【日立GE】
		2) PRA＆リスクに関する講義 **（東京大学　山口彰　教授）**	
2日目		3)PRAの実習	
		4)リスク情報活用の実習	
3日目	プラントシミュレータによる研修	1)主要系統・設備の実習	**最新シミュレータとVRで事故事象等を体験** 【日立GE】
		2)過渡事象等の実習	
		3)過酷事故の実習	
4日目	燃料のリスクを知り、その対応策を体得する研修	1)燃料とそのリスクに関する講義 **（東京大学　阿部弘亨 教授）**	**1)ホットラボで未使用及び使用済燃料の放射線測定を体験** **2)外気を捕集し、自然放射線を実測** 【日本核燃料開発】
		2)未使用ウラン燃料の実習	
5日目		3)使用済みウラン燃料の実習	
		4)自然放射性核種検出の実習	

All Rights Reserved. Copyright © 2022, Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.

5 実施日程・参加者数など

HITACHI

No.	実施日程		応募者数	参加学生数	備考
1	平成30年度冬季	平成31年1月28日～2月1日	**10名**	10名	
2	平成31年度夏季	平成31年7月29日～8月2日	**21名**	10名	
3	平成31年度冬季	令和2年1月27日～31日	**14名**	10名	
4	令和2年度夏季	令和2年8月31日～9月4日	**101名**	8名	**オンライン研修**
5	令和2年度冬季	令和3年1月25日～29日	**47名**	12名	**オンライン研修**

オンライン化への対応
- **オンライン会議ツールの選定**
- **VDI*活用で使用ソフトなどのセキュリティ確保**
- **現場作業ビデオ化で臨場感確保**

＊VDI：Virtual Desktop Infrastructure (仮想デスクトップ環境)

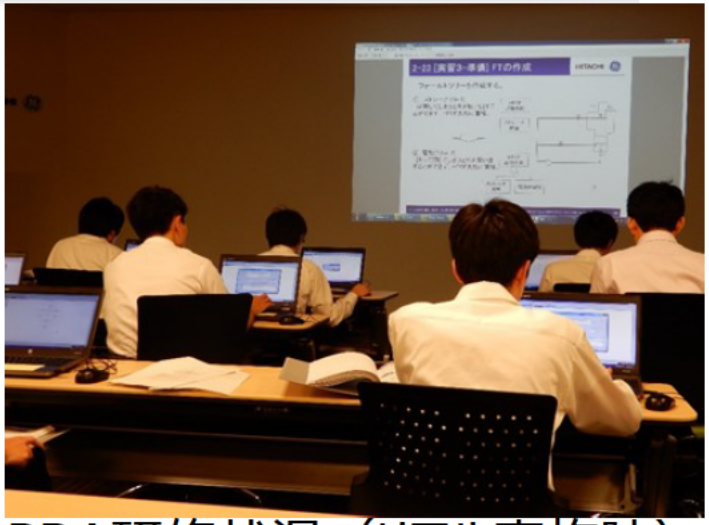
All Rights Reserved. Copyright © 2022, Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.

6 PRA研修の内容

HITACHI

PRAの基礎を身に付けた上で、
原子炉で想定される事象をリスク評価し、
リスク低減方法の検討を実習

使用ツール：PRAソフト
（オンライン時はVDI上で使用）



PRA研修状況（リアル実施時）

2-11 [実習] リスク情報の取得

HITACHI

- 実習内容
  代表的な起因事象の1つである「外部電源喪失」による炉心損傷頻度を定量化し，リスク情報を取得する。

実習1：外部電源喪失に対し，イベントツリーを作成する。
実習2：プラント損傷状態を分類する。
実習3：フォールトツリーを作成し，分岐の失敗確率を計算する。
実習4：炉心損傷頻度を計算する。
実習5：各安全機能の重要度(後ほど説明)を算出する。

PRAによる事象評価の例

東大 山口先生オンライン講義状況

All Rights Reserved. Copyright © 2022, Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.

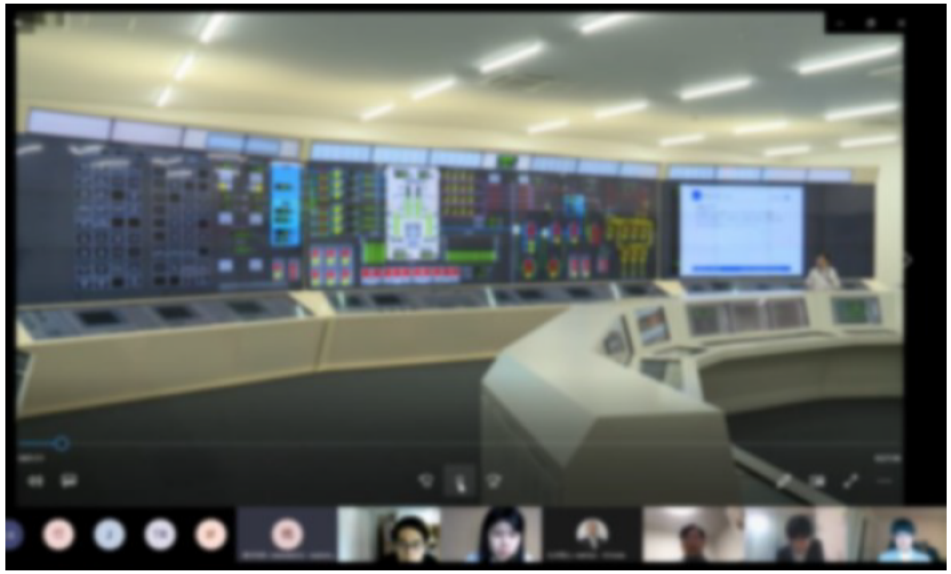
7 シミュレータ研修の内容

HITACHI

シビアアクシデントも模擬可能な
BWRシミュレータ、ＶＲプラントで
原子炉の動特性や事故時挙動を体験

使用施設：BWRプラントシミュレータ
使用ツール：VRプラントツール
（オンライン時はビデオとVDIを活用）

リアル時のVRプラント操作

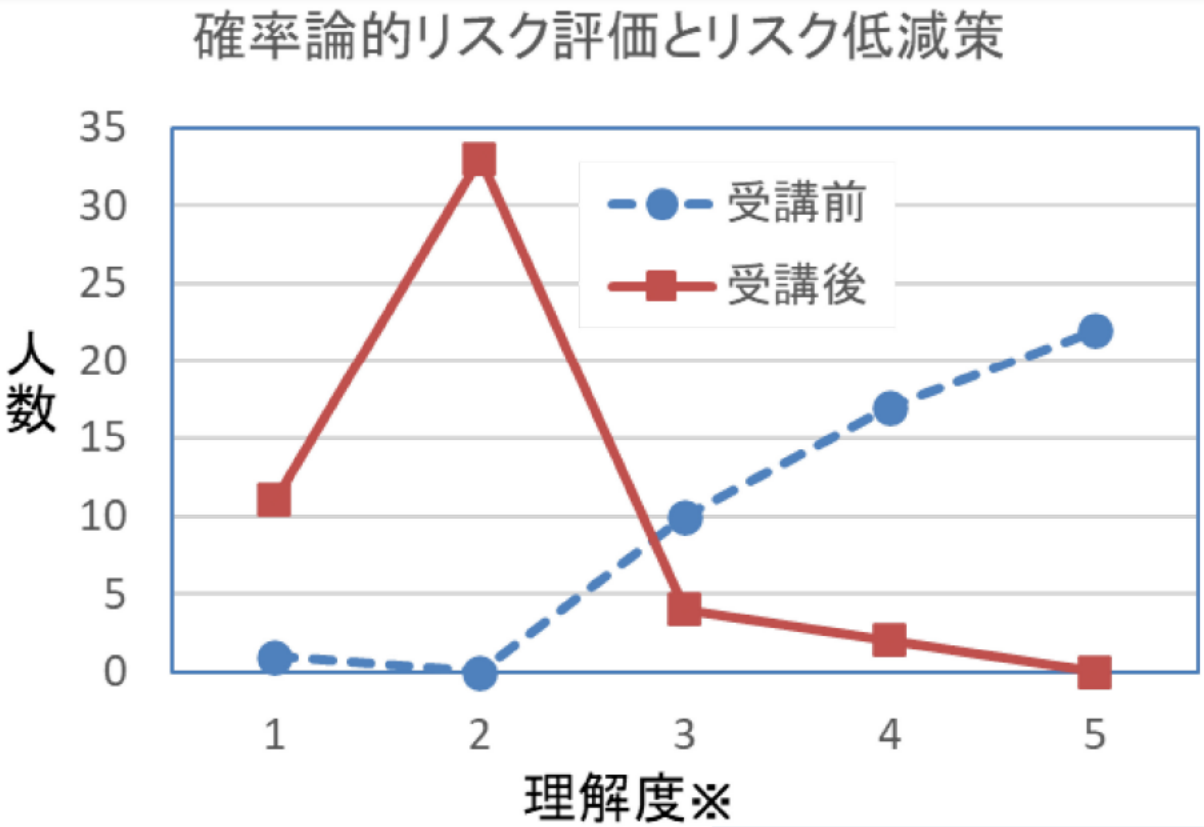


BWRシミュレータのビデオでオンライン講義

VDI上で学生それぞれVRプラントを操作

All Rights Reserved. Copyright © 2022, Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.

PRA研修の習得状況



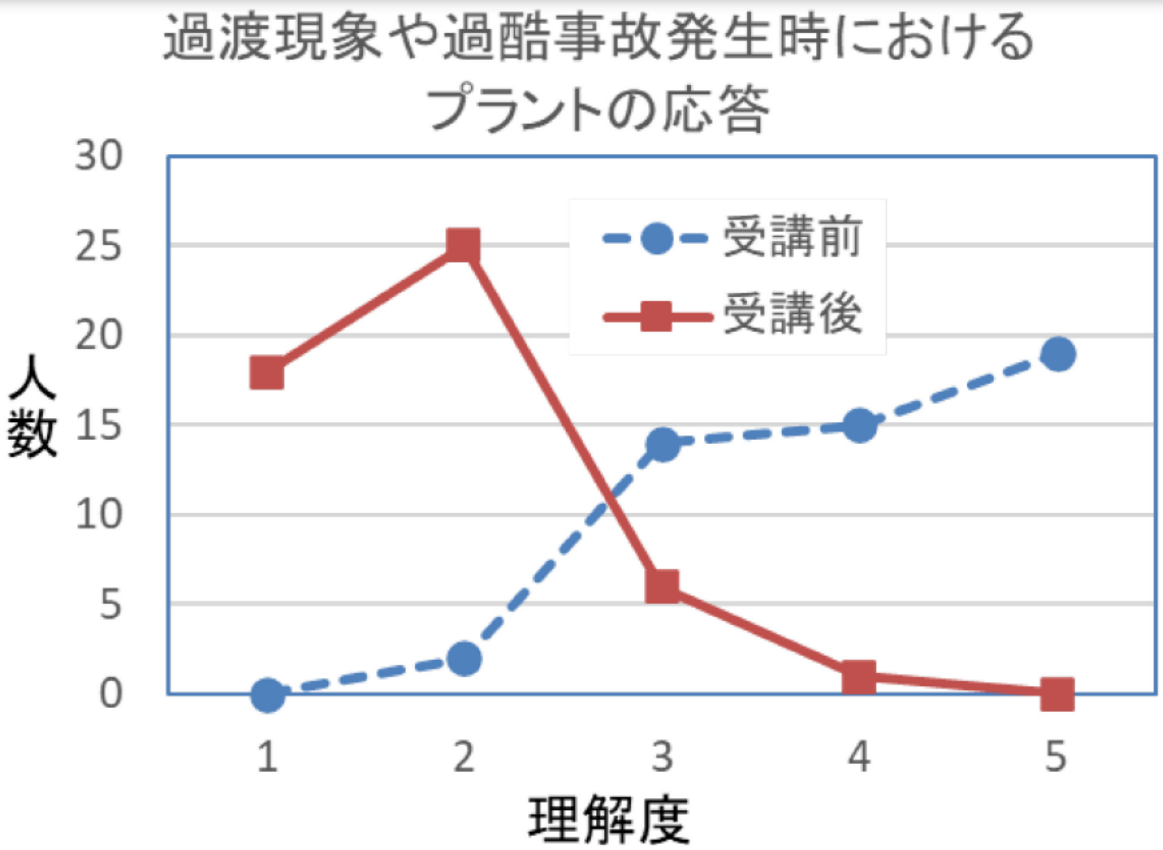
※理解度

1．よく理解し、人に説明することができる。
2．よく理解している。
3．ある程度理解している。
4．部分的に理解している。
5．ほとんど知識がない。

All Rights Reserved. Copyright © 2022, Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.

シミュレータ研修の習得状況

HITACHI



※理解度

1．よく理解し、人に説明することができる。
2．よく理解している。
3．ある程度理解している。
4．部分的に理解している。
5．ほとんど知識がない。

All Rights Reserved. Copyright © 2022, Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.

10 記述式のアンケートの抜粋（研修終了時）

HITACHI

(質問１)ＰＲＡの実習や、プラントシミュレータやVRプラントでの体験を通じ、過渡事象や過酷事故に対する認識がどのように深まりましたか。

- 様々なリスク評価や制御システムが働いている中でも、過酷事故が起きないとは限らず、考えられる全ての状況を想定したと過信してはいけないなと改めて感じました。
- 安全という言葉を再度考えさせられた時間でもありました。私たちの主観が入ることなく事実を住民の皆さんに適切に伝える重要性と難しさを感じました。更に住民の方の目線に立った説明や伝え方という部分も技術者としての大切な素養であると感じました。
- 私は決定論的安全評価に関しては、ある程度知っていたのですが、PRAに関してはこのインターシップを通して、その概念がどういうものなのかを初めて知ることができました。データが無いとリスク評価できないというのではなく、データが無いからこそ確率を用いてリスク評価をするのだという先人たちの発想にとても感心しました。

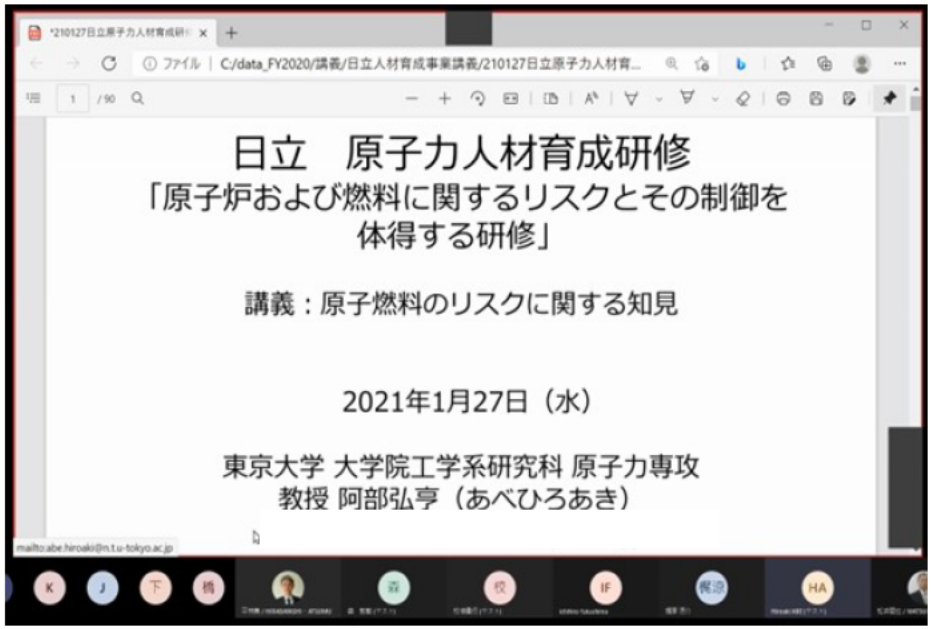
All Rights Reserved. Copyright © 2022, Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.

11 燃料のリスクに関する研修の内容

HITACHI

日本核燃料開発（NFD)の核燃料使用施設を用い、ウラン燃料（使用前と使用済）の放射線測定や自然放射線の測定などを体験

オンライン時：現場作業のビデオで可能な限り臨場感を持たせて実施



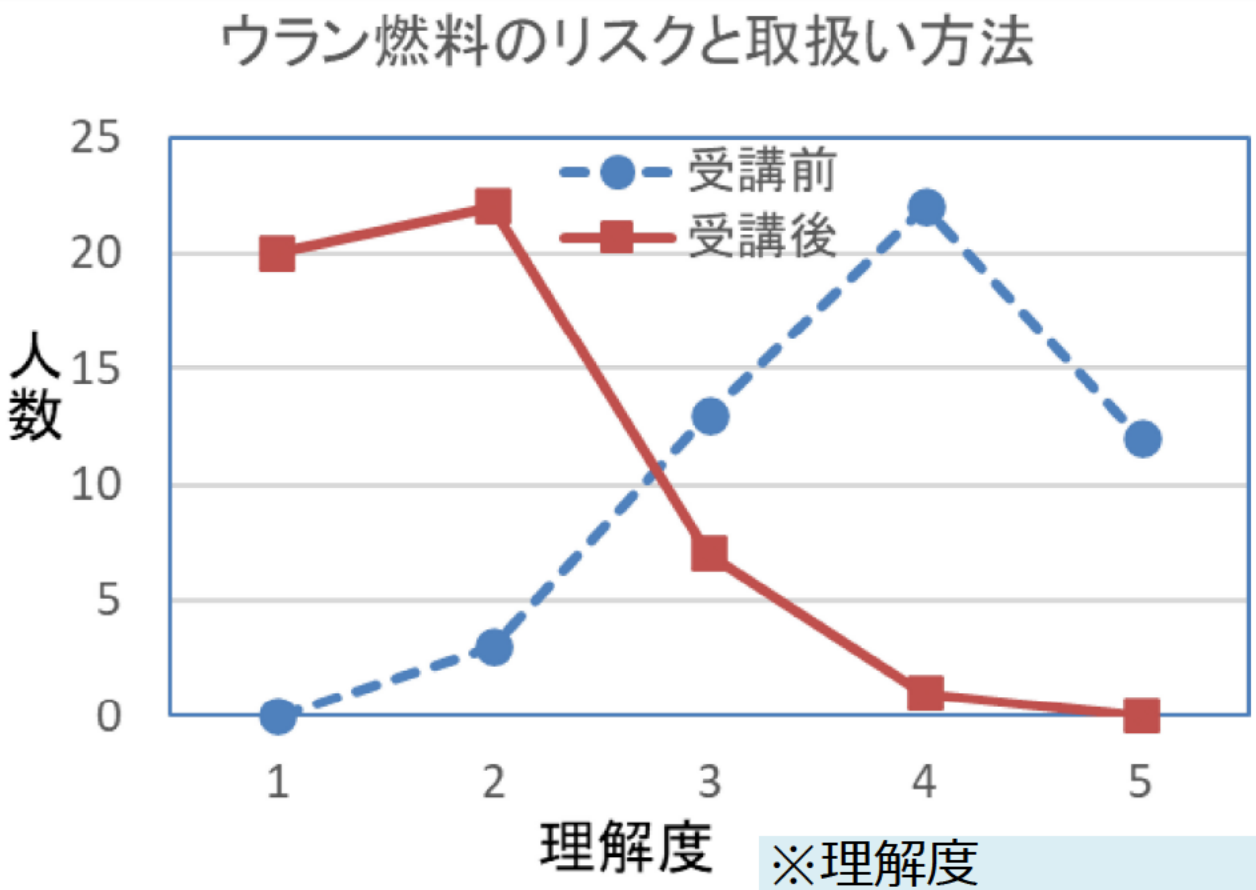
東大阿部先生のオンラインご講義状況

オンライン時の使用済燃料の線量測定

All Rights Reserved. Copyright © 2022, Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.

燃料のリスクに関する研修の内容

HITACHI



※理解度

1．よく理解し、人に説明することができる。
2．よく理解している。
3．ある程度理解している。
4．部分的に理解している。
5．ほとんど知識がない。

All Rights Reserved. Copyright © 2022, Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.

13 記述式のアンケートの抜粋（研修終了時）

HITACHI

(質問２)未使用および使用済ウラン燃料の放射線測定を行うことにより、どのような点に興味を持てましたか。

・最初はウランに対して何となく危険な物質で近寄ったらすぐ被曝するといったイメージを持っていたが、使用前のウランから放出されるα線は紙一枚で防げるということを知ってとても驚いた。しかし、ウランの使用前と使用後では放射線の強さが相当違うことを知り、使用済みウラン燃料の扱いの難しさを痛感した。

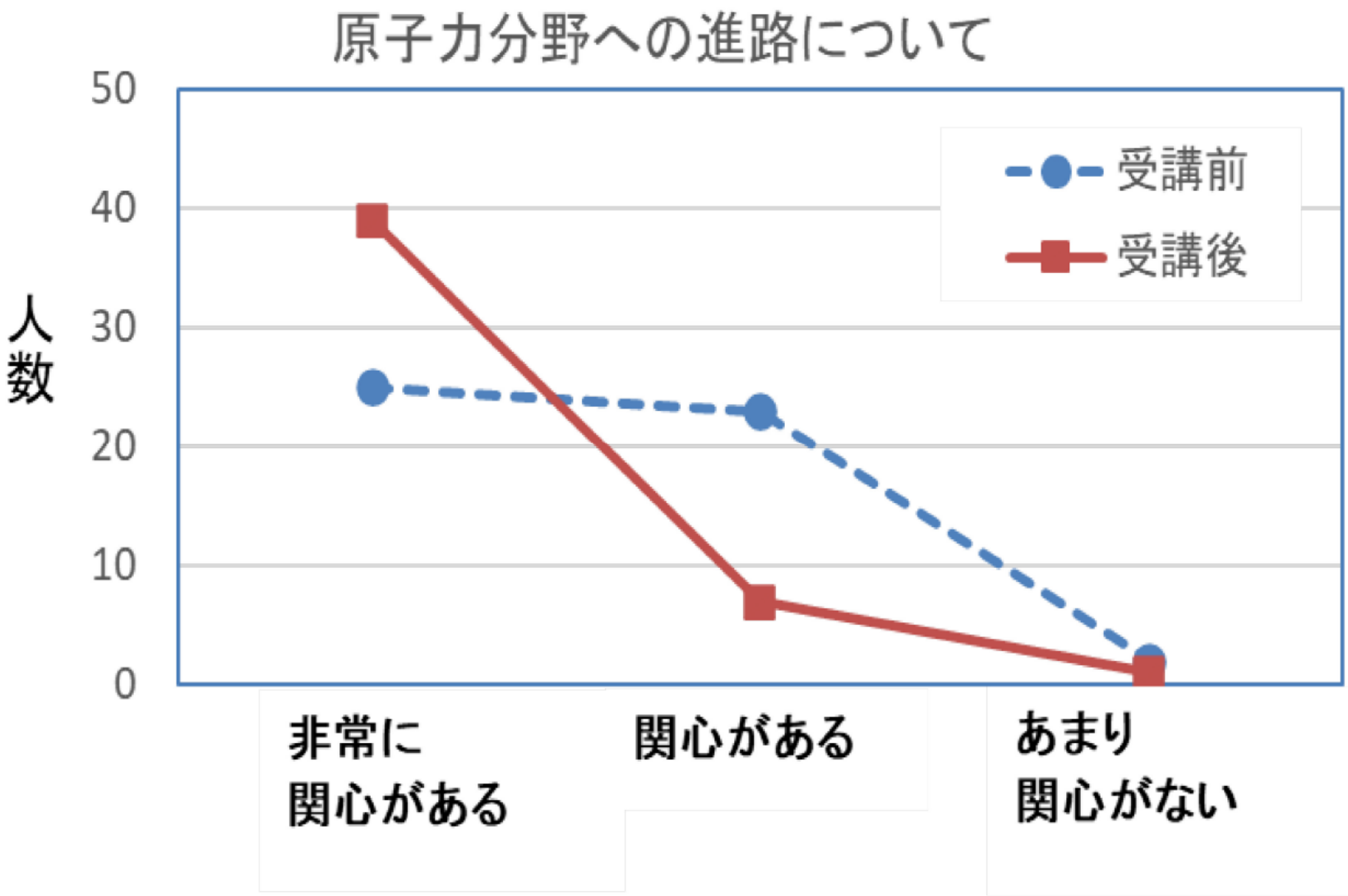
・使用済み燃料になると一気に放射線量が増え、危険性も高まるという点から、核燃料物質への正しい理解がどれだけ重要か学びました。未使用と使用済みでの放射線量の差がこんなにも大きいのかという驚きを忘れずにいたいと思いました。

・ウラン燃料を人が近くで扱うことにとても恐怖感がありました。しかし、NFDの皆さんはそのリスクを誰よりも知っているのに、正しく恐れて運用しているところを見て、感銘しました。

All Rights Reserved. Copyright © 2022, Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.

原子力分野への進路についてのアンケート結果

HITACHI



All Rights Reserved. Copyright © 2022, Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.

まとめ１

HITACHI

文部科学省「国際原子力人材育成イニシアティブ事業」において平成30年度～令和2年度の3年間、原子力人材育成のための研修を実施した。

研修目的は、原子炉および燃料のリスクを正しく知るとともに、それが制御できるものであるとの認識を身に付けることとし、PRA研修、プラントシミュレータによる研修、そしてウランおよび自然放射線の測定研修を実施した。

3年間で5回の研修を実施し計50名の学生が参加した。最終年度はコロナ禍でオンラインで対応し、仮想PCやビデオ実習などを活用することで、実際に近い研修になるよう工夫を計った。参加した学生の皆さんはそれぞれ研修の主旨をよく理解して頂けたと考えている。

All Rights Reserved. Copyright © 2022, Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.

まとめ２（その後の展開）

HITACHI

その後の展開：

2021年度は、日立GEでの社内インターンシップ内に本研修内容を取り込み、オンラインで継続実施中である。

具体的には、PRAやシミュレータ研修を取り込むとともに、新たに

１）福島デブリ取り出しへのアイディア検討

２）「原子力の過去・現在・未来」と題し、原子力の歴史を俯瞰しつつ、現在の課題を示し、未来への展望を論ずる取組み

などを加えて、学生の原子力への理解をより深めて頂く取り組みを継続している。

All Rights Reserved. Copyright © 2022, Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.

END

国際原子力人材育成イニシアティブ事業
令和2年度終了課題成果発表
「原子炉および燃料に関するリスクとその制御を体得する研修」

2022/1/18

日立GEニュークリア・エナジー株式会社
松井哲也

All Rights Reserved. Copyright © 2022, Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.

HITACHI