



原環センター研究成果報告書

RWMC-RRJ-04001

## 地層処分人材養成の基本的考え方

藤原 愛、坪谷 隆夫

平成 16 年 5 月

## 目 次

1. 背景.....	2
2. 本資料の位置づけ.....	3
3. 地層処分における人材養成の特徴.....	3
4. 地層処分に必要な人材タイプ.....	4
5. 地層処分に関連する知識・技術のレベル.....	5
6. 地層処分の事業実施のために必要な人材規模の想定.....	5
7. 地層処分事業に必要な人材ニーズ.....	6
8. 人材養成の方針.....	7
8.1 地層処分事業のコアとなる人材の養成.....	7
8.2 地層処分事業の実務に必要な人材.....	8
8.3 計画支援に必要な人材.....	8
8.4 国内外の人材養成・確保の方策の活用.....	9
9. 人材養成の方法.....	9
10. 人材養成の役割と責任.....	10
11. 人材確保の方策.....	11
12. あとがき.....	11

## 1. 背景

平成 12 年 10 月に、「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」（以下「最終処分法」という）に基づき設立された原子力発電環境整備機構（以下 NUMO）は、2 年余の準備の後、平成 14 年 12 月に、概要調査地区の公募を開始した。これは、我が国の地層処分が、研究開発中心の段階から、実施の段階に入ったことを示している。地層処分の研究開発の段階では、動力炉核燃料開発事業団（以下 PNC）・核燃料サイクル開発機構（以下 JNC）や民間企業のなかに人材が養成され、人材を含めたナレッジ・ベースで、NUMO に提供された。

地層処分の実施段階では、さまざまな機関・組織に、多様な人材が必要になると予測される。最終処分分野の人材養成については、原子力委員会高レベル放射性廃棄物処分懇談会報告書（「高レベル放射性廃棄物処分に向けての基本的考え方について」平成 10 年 5 月）において「処分の事業は、計画から実施・終了まで長期にわたるため、研究者や技術者を養成し確保する方策について検討しておくことが重要である」と言及されているとともに、最終処分法に基づき閣議決定された「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」（平成 12 年 9 月 29 日）において「国は、最終処分に関する研究者や技術者を養成し、確保する方策について、関係機関と協力しつつ、検討していくことが重要である」とされている。

しかし、地層処分事業は、長期にわたる事業であり、また、市場が明確でない事業であるため、総合資源エネルギー調査会原子力部会報告書（「原子力の技術基盤の確保について」平成 13 年 7 月）の指摘（「人材の確保・育成は、一義的には人材を必要とする組織が責任を有するものの、市場の見通しの不確かさが大きく、経済性の要求が強い今後の市場条件では過小状態が発生する可能性が少なくない。」）のように、民間企業の努力だけでは、十分な人材の養成と確保は困難と考えられる。

したがって、今後、地層処分に関与する様々な分野の人材を、地層処分事業の特徴を踏まえ、計画的に養成・確保する方策を準備することが、事業の実施だけでなく、国民の地層処分に対する信頼を獲得し、地層処分事業を円滑に推進するために重要であると考えられる。

## 2. 本資料の位置づけ

ここに示す「地層処分人材養成の基本的考え方」は、「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」などに対する具体的な提案を作成するための方向性をまとめ、今後、人材養成の方策や計画を検討する際の課題を明確にすることを旨としたものである。

## 3. 地層処分における人材養成の特徴

地層処分における人材養成とは、地層処分の事業実施段階における様々なニーズに照らして、現状の人材の持つ知識・技術の内容とレベルに対し、実際に必要な内容とレベルのギャップを認識した上で、それを研修等の手段によって埋めることである。その特徴としては、地層処分事業の特徴に対応して、以下のようなものがあると考えられる。

- i) 地層処分事業は、最終処分施設建設地の選定までに 20～30 年を要する長期にわたる事業である。したがって、人材間の世代交代が起こりうるので、世代間の知識、技術等の伝承が円滑に行われるような枠組みが必要である。また、長期にわたる事業であるため、関連する知識や技術が変遷することが予想される。したがって、同一世代であっても、最新の知識・技術を習得させるための再研修が必要になると考えられる。
- ii) 地層処分事業は、多分野に関連する事業であるため、マルチデスプリナリーな（社会科学を含めた多くの学問分野に関連のある）人材が必要である。このニーズに対応するための養成を考慮する必要がある。例えば、地質的考察とコンピュータシミュレーションができる人材や社会科学的な知識をもつ土木技術者を養成することが必要となる場合も考えられる。
- iii) 地層処分事業の進展には不確実性がともなっており、地層処分の人材養成には、その不確実性に対応できる柔軟性のある枠組みを考慮しておくことが必要である。
- iv) 国民の地層処分事業に対する信頼性は、NUMO 及び安全規制機関に対する技術的信頼性によるところが大きい。このためには、地層処分事業展開の初期の段階から安全規制機関にも地層処分の安全に関して十分な知識を有する人材が、育成・

確保される必要がある。

#### 4. 地層処分に必要な人材タイプ

地層処分事業に関連して、人材を必要とする分野は、政策、安全規制、事業実施、研究開発及び計画支援（地元、大学他）の 카테고リーに区分できる。

これらの機関・組織等で必要な人材は、地層処分に関する広い知見（地層処分に関するナレッジベース）を持つ人材のタイプと地層処分事業に関連する専門的な知識・技術を持つ人材のタイプに大別できる。

前者は、地層処分事業のコアになる人材で、上記のいずれの 카테고リーにおいても中核として活動し、地層処分の全体像に対する世代間の伝達者となることが期待される。このような人材には、地層処分に関する最新で、高いレベルの知識・技術や地層処分のステークホルダーや国民一般と十分なコミュニケーションができる能力を持つことが求められる。

一方、後者は、地層処分事業の実務に必要な人材で、事業ニーズに応じて養成され、事業規模に応じて、その規模が増減されることとなる。このような人材についても、地層処分の幅広い基本的な知識・技術<sup>注1)</sup>を持つとともに、地層処分事業の実務に必要なマルチディスプリナリーな専門性を持つ「T型」や「II型」<sup>注2)</sup>であることが望まれる。

注1) 地層処分に関連する知識・技術の例

- 放射性廃棄物の発生および最終処分方策
- 地層処分の倫理
- 地層処分の安全概念・安全確保策
- 地層処分の制度
- 性能評価・安全評価
- 地層処分の安全規制に関わる制度
- サイト調査及びサイト特性調査
- 地層処分場の設計・施工
- 地層処分の制度的管理
- 社会コミュニケーション

- ナチュラル・アナログ
- セーフティケース

注2) 科学技術・学術審議会人材委員会の提言「世界トップレベルの研究者の養成を目指して」(平成14年7月19日)では、専門性のみを持つ人材を「I型」、幅広い知識とひとつの専門性を持つ人材を「T型」、幅広い知識と複数の専門性を持つ人材を「II型」と区分している。今後特に必要になるのは、高い専門性と変化への柔軟な対応力を持つ人材として、幅広い知識と専門性を併せ持つ(真の専門性)人材が必要であると提言している。

## 5. 地層処分に関連する知識・技術のレベル

人材養成の方法・手段を検討するための目安として、地層処分事業に貢献する人材が持つべき地層処分に関連する知識・技術(注1に示した)のレベルを以下のように区分する。

- 3+ : 全般的に極めて優れている(地層処分の知識は相当の経験および背景知識に裏打ちされている)。
- 3 : 全般的に優れている。
- 2 : 部分的に不十分な知識がある(3により近い)。
- 1 : 部分的な知識がある(0により近い)。
- 0 : 特定の専門分野の知識・技術のみを持つ。

それぞれの人材に必要なレベルの地層処分に関連する知識・技術を習得させることが、人材養成の目標になる。

## 6. 地層処分の事業実施のために必要な人材規模の想定

地層処分の事業実施のために必要な人材を、職能により、マネージャークラス、エンジニアクラス、ワーカークラス<sup>注3)</sup>に区分し、必要な人材規模を想定した。調査サイトの数等の不確定な事項はあるものの、これらの人材規模が、地層処分の技術者・研究者の養成の方策・計画を検討する際の基礎データとして目安になると考えられる。

地層処分の事業実施のために必要な NUMO 内部と外部の民間企業の人材数は、概要調査地区選定段階で、マネージャークラスが 30 名程度、エンジニアクラスが 90 名

程度で、精密調査地区選定段階では、それぞれ、30名程度、300名程度となると想定できる（調査対象のサイト数により変動）。

注3) 人材の職能区分

マネージャー：業務（研究開発を含む）の管理及びその他の高度な業務を行う人材

エンジニア：自分自身で又はワーカーを使用して業務（研究開発を含む）を行う人材

ワーカー：エンジニア等の指示により業務を行う人材

## 7. 地層処分事業に必要な人材ニーズ

地層処分事業に必要な人材ニーズを、4, 5, 6で検討した人材タイプ、地層処分に関連する知識・技術のレベル、事業実施と研究開発を想定した職能区分等に関連づけると、下表のように整理できる。

地層処分のコアになるタイプの人材の地層処分に関連する知識・技術のレベルとしては、最高のレベル3+が必要と考えられる。このような人材は、関連する機関・組織を合計して、常に10名程度の規模を確保しておく必要があると考えられる。また、事業実施や研究開発を想定した職能区分では、マネージャークラス以上となると考えられる。

地層処分事業の実務（事業実施・研究開発）に必要なタイプの人材の知識・技術レベルは、マネージャークラスで、レベル2以上が、エンジニアクラスでは、担当分野・業務に応じて、レベル0から3が、ワーカークラスでは、レベル1までの知識・技術が必要になると考えられる。

事業実施や研究開発以外にも、政策、安全規制、計画支援（地元、大学他）のための人材も必要である。これらについても、同様に、必要な地層処分に関連する知識・技術のレベルを想定することが必要である。

表－1 人材タイプ、地層処分に関連する知識・技術のレベル、職能区分等の関連

人材タイプ	期待される主な能力	知識・技術のレベル	職能区分（事業実施・研究開発を想定）	事業実施の想定人材規模（人）
地層処分事業のコアとなる人材	<ul style="list-style-type: none"> <li>地層処分の全体像に対する世代間の伝達</li> <li>地層処分のステークホルダー等とのコミュニケーション</li> </ul>	3+	マネージャークラス以上	10～20
地層処分事業の実務に必要な人材	<ul style="list-style-type: none"> <li>地層処分事業に関わる各種の実務（研究開発を含む）の実施</li> </ul>	2～3	マネージャークラス	30
		0～3	エンジニアクラス	90 <sup>*1</sup> 300 <sup>*2</sup>
		0～1	ワーカークラス	— <sup>*3</sup>

\*1 概要調査地区選定段階の規模

\*2 精密調査地区選定段階の規模（調査サイト数5を想定）。

\*3 ワーカークラスの人材規模は、想定から除外。

## 8. 人材養成の方針

上記のような人材ニーズを満たすために行う人材養成の方針は、以下のとおりになると考えられる。

### 8.1 地層処分事業のコアとなる人材の養成

地層処分のコアとなる人材には、地層処分の全体像に対する世代間の伝達や地層処分に関する幅広いコミュニケーションの実施が期待される。このような人材は、地層処分に関係する広範囲で高度な知見とともに、国民全般・地元住民を含むステークホ

ルダーと地層処分事業について、対話できる能力を持っていないなければならない。

このような人材は、地層処分の知識・技術については、極めてすぐれている3+のレベルであることが必要で、各機関・組織における豊富な実践経験とともに、国内外の学会・会議等への出席などを通じた最新知識の習得、さらには、地層処分に関連するマルチディスプリナリーな専門知識の取得によって養成されると考えられる。このような人材は、我が国全体として、常に10名程度の一定規模を確保する必要がある。現時点では、この規模に達していないと考えられ、今後、各機関・組織等で、このようなタイプの人材の計画的な養成に着手することが必要である。

## 8.2 地層処分事業の実務に必要な人材

地層処分の実務(事業実施・研究開発)に必要な人材としては、エンジニアクラスの人材の養成が最も重要であると考えられる。このクラスの人材を養成するためには、職業キャリアのない人材(大学から供給される)については、OJTや研修による知識・技術を習得させることにより、また、職業キャリアを持つ人材(特定の専門性を持つ)については、地層処分に関連する幅広い知識・技術を取得させることにより、養成できると考えられる。すなわち、このような人材の養成とは、「I型」<sup>注2)</sup>の人材を地層処分の幅広い知識を持つ「T型」<sup>注2)</sup>に、さらには地層処分に係る複数の専門性を持つ「II型」<sup>注2)</sup>に育成していくことと考えられる。現状では、地層処分に関する幅広い知識・技術を持つこのクラスの人材が、十分な規模でないと考えられるので、トレーニングセンター等における適切な研修プログラム等を準備することが必要である。

また、地層処分事業の実務に必要なマネージャークラスの人材は、エンジニアクラスの人材に、よりレベルの高い地層処分に関連する知識・技術、各種業務(研究開発を含む)を統括する能力に加えて、社会とのコミュニケーション能力を習得させることにより、養成することができると考えられる。

## 8.3 計画支援に必要な人材

地層処分事業の計画を幅広い立場から支援するための人材として、オピニオンリーダーや地域アドバイザーが考えられる。これらの人材の養成には、地元大学の教官などに地層処分に関する知識や理解を取得して貰うことが必要である。このためには、これらの人材の専門性が活かせるような、地層処分の知識・技術に関する研修プログ

ラムを準備することが必要であると考えられる。

#### 8.4 国内外の人材養成・確保の方策の活用

地層処分の人材養成には、国内の共通点を持つ他分野（環境問題など）の人材養成・確保の方策及び地層処分事業を推進している諸外国や EU、IAEA など国際機関での人材養成の方針、計画、方法等との整合ならびに原環センターが設立に参画し、平成 15 年 4 月に設立した「最終処分国際研修センター(International Training Centre School of Underground Waste Storage and Disposal)」(ITC、スイス)の活用を考慮することが必要である。

### 9. 人材養成の方法

従来、地層処分にかかわる人材の養成は、大学から供給された人材を、オン・ザ・ジョブトレーニング(OJT)を中心として、国内外の関係機関への派遣研修などを組み合わせて実施されてきた。

今後、オン・ザ・ジョブトレーニング(OJT)や国内外の関係機関への派遣研修は有効な手段と考えられる。しかし、一定レベル、一定規模の技術者・研究者を、より効率的に養成するためには、国内外のトレーニングセンターにおける研修を考慮すべきであると考えられる。トレーニングセンターでの研修内容については、地層処分に関する世界共通の最先端の知識・技術については、国外のトレーニングセンターで、我が国の地層処分に固有の知識・技術については、国内のトレーニングセンターで、研修を受けることが、より効果的であると考えられる。

人材養成の方法は、目標とするレベルによって多様である。地層処分に関する全般的な知識について極めて優れているレベル(レベル3+)や優れているレベル(レベル3)の人材には、実際の業務、研究・開発、国内外の会議等への参加などの実践を通じて、養成する方法が必要である。一方、地層処分に関連する知識・技術のうち一部について不十分なレベルの人材(レベル1~2)やほとんど無いレベルの人材(レベル0)には、トレーニングセンターの適切な研修プログラムを受講させることによって、効率的に、知識・技術レベルの向上を達成させる方法が考えられる。

上記に述べた地層処分に関連する知識・技術レベルの段階をあげるための方法の要点は、以下とおりとなる考えられる。

3→3+ : 3からさらに多くの実践を積みせる。

2→3 : 実践を積みせるとともに、不足する知識について、高度な研修を行う。

1→2 : やや高度な研修を行う。

0→1 : 幅広い基礎的な研修を行う。

その他、地層処分のすそ野を広げるための幅広い分野の人材を養成するための方法として、e ラーニング、派遣講師による講義、放送大学などの遠隔講義、通信教育などが考えられる。地層処分事業に必要な多様な人材に、多様な知識・技術を取得させるためには、これらの方法の柔軟で、効率的な組み合わせを検討することが必要である。

## 10. 人材養成の役割と責任

人材養成は、「人材の確保・育成は、一義的には人材を必要とする組織が責任を有する」（「原子力の技術基盤の確保について」平成13年7月）と考えられる。しかし、地層処分事業のように、長期にわたり、市場が明確でない事業に関与する民間企業の技術・研究人材については、経済性の要求が強い今後の市場条件では、過小状態が発生する可能性が少なくないと考えられる。したがって、これらに対し、適切に人材が養成される枠組み（組織、資金）を準備しておくことは重要である。また、地層処分事業を中立的な立場から支援する人材についても、計画的に育成する枠組みを準備しておくことが重要である。

人材養成は、地層処分に関係する機関・組織が有機的に働くことによって、効率的に行うことができると考えられる。例えば、以下のような役割が考えられる。

- JNC は、地層処分の研究開発を実施するだけでなく、その過程で養成された人材を、地層処分の事業実施等に提供できると考えられる。
- NUMO は、地層処分事業を進めることで、自らの人材を養成するだけでなく、民間企業の人材が OJT で養成されて行くことに貢献することができると考えられる。
- 国は、その資金による研究開発を通じて、諸機関・組織に、人材が養成されていくよう図るとともに、トレーニングセンター等における研修などに援助を与えることにより、民間企業の技術者・研究者の養成を支援することが期待される。

る。

- 大学等は、次世代の人材の供給元として、地層処分が必要と考えられる専門領域でありながら、しだいに衰退しつつある分野（例えば、放射線学、地質学、地球科学など）の基礎学力を身につけた人材であって、かつ事業ニーズに即したマルチデスプリナリーな知識を持つ人材を提供することが期待される。しかし、原子炉や核燃料サイクルに最適化されていると考えられる原子力工学のような工学体系では、地層処分事業のニーズに即することは困難と考えられる。今後は、「技術社会システム（東北大学）」や「知の構造化プロジェクト（東京大学）」に立脚した地層処分に適した新しいマルチデスプリナリーなカリキュラムを持つ例えば「廃棄物管理工学」の創成などにより、地層処分の基礎的学問知識を有する人材を供給することが期待される。

その他、地層処分事業以外の放射性廃棄物事業が着実に進展することによっても、実践経験が豊富な地層処分事業へ貢献する人材が養成、確保されることに貢献すると考えられる。

## 11. 人材確保の方策

人材を養成することとともに、養成した人材確保の方策を検討しておくことが重要である。人材確保の方策として、事業実施（地層処分事業以外の放射性廃棄物事業も含む）が、最も大きな役割を果たすが、併せて、継続的な研究開発の実施も、優秀な人材を確保するために有効であると考えられる。人材の確保には、機関・組織がそれぞれに応じた責任を継続的に果たすことが重要であるとともに、機関・組織間の有機的な交流により、我が国全体としての視点で人材を確保する枠組みが必要である。

また、このような交流を、効率的に行うために、地層処分人材のデータベースを作成しておくことも有用と考えられる。

## 12. あとがき

本報告書では、要員的に大きな比重を占める事業実施及び研究開発に必要な人材に関する記述が大きな部分を占めている。しかしながら、既に指摘したように地層処分事業の全体的な推進には、安全規制機関にも NUMO と同等の知識レベルを持つ人材

が求められている。このような人材の育成には、NUMO と安全規制機関が「地層処分の安全性に関する知識ベースの共有」が重要であることが指摘されていることに留意しておく必要がある。また、その他にも、政策、計画支援の分野における人材の育成・確保も不可欠である。特に、地層処分事業のコアとなる人材については、育成までにかかなりの期間を要すると考えられるため、このような分野での計画的な人材育成・確保の枠組みを早急に検討しておくことが重要であろう。これらのことは今後の検討課題としたい。

#### 謝辞

本資料を取りまとめるにあたって、ご協力を賜った原子力発電環境整備機構及び核燃料サイクル開発機構の関係各位に、厚く御礼申し上げます。