

長崎大学
総合環境研究
第22巻 第1号

目 次

学術論文（査読無し）

ドイツの再生可能エネルギー人材育成カリキュラムの現状—バイエルン州ケンプティン大学の事例から

保坂 稔 1

学術資料（研究ノート）

高レベル放射性廃棄物の処分深度に関する覚書

菊池 英弘・西久保 裕彦 9

長崎大学環境科学部

2019年12月

ドイツの再生可能エネルギー人材育成カリキュラムの現状 —バイエルン州ケンプテン大学の事例から—

保坂稔*

The curriculum of universities in Germany that produce human resources
for renewable energy businesses:
A case study from Kempten University of Applied Sciences, Bavaria

Minoru HOSAKA

Abstract

Renewable energy business in Germany has become a major industry, generating many jobs. What is distinctive in German universities compared to Japanese universities is that internships occupy important positions. This article deals with the curriculum of universities in Germany that produce human resources for renewable energy businesses. It has become clear that environmental faculties in Germany tend to be established at the same time as Japan. It can be seen that the industry-academia partnership internships are working despite having a relatively short history.

Key Words: Industry-Academia Partnership, Renewable Energy Business, Internship

1. はじめに

ドイツの再生可能エネルギー関連事業は、一大産業となり、数多くの雇用を生みだしている。ドイツ緑の党党首クラウディア・ロート氏 (Claudia Roth) はテレビの取材に対し、再生可能エネルギー関連事業で 35 万人の雇用が生み出されたと主張し、「もう雇用は原子力産業にはない」と答えている⁽¹⁾。筆者はこれまで、ドイツのバイオエネルギー村を中心に、再生可能エネルギー事業についてインタビューを交え調査を実施してきたが、再生可能エネルギーをコーディネートする企業が事業として定着しつつあるなど、数多くの雇用が生み出されていることを

実感している。たとえば、バーデン・ヴュルテンベルク州のソーラーコンプレックス社 (solarcomplex) は、数多くの自治体発電事業を支援する企業として有名で、2000 年に 20 名で設立されたが、2007 年に株式会社化し、現在 1200 の株主がいるという⁽²⁾。また同州の市民電力連合協同組合(Bürgerwerke)は、ドイツ最大のエネルギー協同組合連合で、協同組合方式で自治体等に再生可能エネルギーの普及を促進している。

再生可能エネルギー事業が定着しつつあるということで、大学も再生可能エネルギー関連の学部や学科が増えている。再生可能エネルギー分野を学べる学科数は、2014 年から遡って過去 4 年で 2 倍に増え、関連学科（課程）でみると 300 以上あるという（ドイツ大使館、2014）。日本でも弘前大学で 2016 年に理工学部を改組し、「自然エネルギー学科」を開設

*長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科

受領年月日 2019 年 5 月 24 日

受理年月日 2019 年 10 月 30 日

したのが特筆されるだろう。国公立大学で「自然エネルギー」を冠した学科が登場したのは興味深い。

そして、日本の大学と比べドイツで特徴的なのは、インターンシップが充実していることである。これは、日本の大学とドイツの大学のシステムの差に起因しているともいえる。山田は、大卒者の就業経験について、日本型学生、イギリス型学生、ドイツ型学生といった3類型に分けている。日本型学生は、

「在学中に専攻分野と非関連の就業経験を体験している学生の割合が高い」（山田, 2008: 32）という特徴があるとし、日本のほかに、オランダやチェコが該当するという。イギリス型学生は、「在学中の就業経験を体験している学生の割合が専攻分野との関連・非関連に関係なく低い」（山田, 2008: 32）という特徴があり、イギリスのほかにベルギーやイタリアが挙げられるという。ドイツ型学生は「在学中に専攻分野と関連している就業経験を体験している学生の割合が高い」（山田, 2008: 32）という特徴があり、ドイツのほかにオーストリアが該当するという。ドイツ型では、在籍年数が欧州平均の5.0年に比して長い特徴があり、ドイツの場合は5.8年になる。日本の経済産業省の報告書でも、「ドイツでは、総合大学のほか専門大学やその他の職業別教育があるため、顕著な人材のミスマッチは起きていない」（経済産業省大学連携推進室, 2015）とその特色について触れる。そして「特に専門大学では基礎学問教育とOJTをカリキュラムとして組み込んでおり、産業界の需要があるところ（OJTを実施する機会を提供できる企業）が明確である」⁽³⁾と指摘している。

なお、ドイツの大学制度について、ここで少し触れておくことにしよう。ドイツ全体では約390校の大学があり、約200万人が学んでいる（ドイツ大使館, 2015）。日本は780校（うち国立86、公立90）の大学があり、約300万人の学生が学んでいる（文部科学省生涯学習政策局, 2018）。

ドイツの大学についてであるが、「Hochschule（大学）」という言葉は、現在では「Universität（総合大学）」、「Technische Universität（工科大学）」

「Fachhochschule（専門大学）」などをまとめた、上部概念である。総合大学では、理論研究や実証研究を重視している。博士号および教授資格の授与に加え、医学、教員養成課程、法学などの古典的履修課程は、総合大学ならではの特徴である（ドイツ大使館, 2015）。一方、専門大学は学術研究が主体の伝統的な総合大学に比べると、実践や応用を重視しており、自然科学の専門課程が置かれていることが多

い傾向がある（ドイツ大使館, 2015）。総合大学は100超であり、専門大学は200超となっている。

本稿は、環境先進国ドイツにあって、定着しつつある再生可能エネルギー事業業界に人材を輩出している大学のカリキュラムを取り上げ、再生可能エネルギー事業における产学連携の一形態を明らかにすることを目的とする。検討にあたっては、日本の大学の事例も適宜取り上げることとした。結論を先取りしていえば、再生可能エネルギーという比較的新しい分野でも、インターンシップなどで产学連携が日本に比して進んでいるように思われる。

以下、第2章で日本における専門職大学強化の動向について概観する。第3章でドイツの環境系学部・学科の現状に触れた後にケンプティン大学の事例について取り上げる。そして第4章でケンプティン大学のインターンシップについて、インタビュー調査を交え言及したい。なお本稿でいう環境系学部・学科とは、法学や工学といった従来の学問領域にとらわれず、学際的な視点から環境問題を考える学部もしくは学科を指すことにしたい。また、専攻・コースなどさまざまなカテゴリーが存在するが、本稿では一括して学部・学科と表記することにしたい。

本稿で取り上げるケンプティン大学は、専門大学である。本稿でケンプティン大学に着目するのは、筆者がバイオエネルギー村で調査をしている際（2016年9月）に、バイエルン州ジーレンバッハ村（Sielenbach）の風力発電に従事している同大学生の学生（S氏）にインタビューをすることができたことが大きい。このインタビューの経験を踏まえ、再生可能エネルギーとインターンシップといった関係でケンプティン大学を取り上げることにした⁽⁴⁾。

筆者によるインタビュー調査は、2016年9月から2018年11月にかけて実施されている。ケンプティン大学構内でのインタビュー調査は、2018年11月28日に実施され、教員2名、院生1名、卒業生2名に対して行われた。院生や卒業生はインターンシップ経験者である。加えて、インターンシップに従事中であった前述のS氏にもインタビューしている。この他にも、ソーラーコンプレックス社、市民電力連合協同組合関係者など、再生可能エネルギー事業関係者4人にもインタビューを実施した。

2. 日本の大学における専門職大学強化の動向

日本では近年、大学と産業界の連携を強める政策として、専門職大学制度の導入が検討されている。2017年に文部科学省が通常国会に提出した「学校教

育法の一部を改正する法律案」の趣旨説明では、「職業の在り方や働き方も大きく様変わりすることが想像され……我が国が、成長・発展を持続していくためには、優れた専門技能等をもって、新たな価値を創造することができる専門職業人材の養成が不可欠」（文部科学省高等教育局, 2018）としている。

日本の大企業における大卒新卒採用時には、どのようなポストにつくか必ずしも明確ではないことから、柔軟に対応できる「ジェネラリスト」としての才能が評価される傾向がある（森, 2009、大高, 2014）。総合職として配属され、企業の中で教育され、さまざまな部署を経験することでキャリアアップしていくということを考えれば、どの部署に回しても通用する人材であるジェネラリストが企業が求める人材像になるという。

日本の産業界はこれまで、企業で必要な知識はOJTで身につけさせるという考え方を持っていました。ジェネラリスト採用という考え方からすれば、選考期間を長くし、OJTに堪えうる人材を見出す方が重要ということになる。選考期間が長期化し、問題視されて就活スケジュールが変わるもの、いわば大学と企業の綱引きともいえる。

日本の大学教育は、1年生は教養教育と専門科目の講義科目を中心とし、2年生で専門科目の比重が増え受講生の数も少なくなるが、専門ゼミに属するのは多くの場合3年生以降となる。卒業論文に向かた演習を3年生でしていると、実際に卒論を執筆するはずである4年生1年間の多くは、就職活動と重なる。2013年卒業生から2015年卒業生は3年生の12月に就職活動が解禁となっていたが、学業期間の充実ということで、2016年卒業生から2020年卒業生は4年生の3月が就活解禁日となっている⁽⁵⁾。現在の就職活動スケジュールで就職活動期間が3ヶ月間後倒されたことにより、3年生の夏休みを中心に大学の単位とは関係しない形の企業によるインターンシップが増えた。学生が興味を持った企業のインターンシップに申し込み、数日から数週間企業で働くことで、企業の業務内容や雰囲気を知るということが目的の一つとなっている。企業によっては、採用に直結するといった場合もある。夏期休暇期間に、働く場を知る機会が設けられることは、新卒者の離職率を考えれば、筆者は評価できる側面があると考えている⁽⁶⁾。雇用形態が流動化しつつあるとはいえ、現在の日本における新卒重視の採用形態では、転職が難しくなるケースもあり、企業への定着

方法や個人の技能促進を検討する余地があるだろう。アカデミックな学習意欲を持った学生以外も進学するような場合は、「大学入学後に目的意識や意欲を持って学習に取り組めないミスマッチの一因」

（竹田, 2018: 119）になる可能性があると竹田は指摘しているが、在学中にインターンシップを強化することは、ミスマッチを減らす可能性を秘めている。

以上のような経緯もあり、前述のように文部科学省は2019（平成31）年度より、実践的な職業教育を行う新たな高等教育機関として専門職大学の強化を主導している。即戦力としての学士を輩出するということで、より産業界の意向に沿った形態の大学といえる。

日本では始まったばかりの取り組みであるが、ドイツでは長らく大学の棲み分けは存在した。前述したように、専門大学（Fachhochschule）と総合大学（Universität）であり、専門大学はより実学志向である。

次章では、ケンプティン大学を事例として、ドイツの環境系学部・学科の現状について触れたい。

3. ドイツにおける再生可能エネルギーカリキュラムの現状

本章では、まず第1節でドイツにおける環境系大学・学科の登場について触れ、第2節でケンプティン大学のカリキュラムを取り上げる。第3節でインタビューを踏まえ、カリキュラムの特色について触れることにしたい。

本稿で取り上げているケンプティン大学の歴史であるが、設立は1977年で、比較的新しい大学である。学生数は3000人超で、専門大学としては平均的な規模である。学部は、「工学」「経営管理と観光政策」「社会と健康」「コンピューターサイエンス」がある。本稿で扱う学科（「エネルギーと環境」）は、工学部に所属し、取得できる学位は工学士である。

工学部には「電気電子工学」「エネルギーと環境」「食品および包装技術」「産業工学（ビジネスを伴う電気・メカトロニクス）」「産業工学（ビジネスを伴う機械工学）」「機械工学、メカトロニクス」といった学科がある。「経営管理と観光政策」学部には、「経営管理」「国際的経営」「観光政策」といった学科がある。「社会と健康」学部には、日本でいう社会福祉学部と同様の学科がある。

3. 1 環境系学部・学科の登場

ドイツの大学では、「はじめに」でも触れたように、再生可能エネルギーを履修できる大学が増えていっている。学生の需要があるといえるわけだが、学科名や課程名は次のようなものがある。「再生可能資源/バイオエネルギー学科」（ホーエンハイム大学）、「再生可能エネルギーシステム課程」（ベルリン工科大学大学院）などである。ホーエンハイム大学では、資源・エネルギー植物の栽培法から、エネルギー回収技術までを学ぶという。ベルリン工科大学大学院では、太陽光発電、風力エネルギー、再生可能資源の加工に関し学び、エネルギー関連企業、官公庁や研究機関が就職先として想定されている。

環境を専門とした学部・学科は、ドイツの大学ではいつ頃登場したのだろうか。日本では、長崎大学の環境科学部が、国立大学の学部としてははじめて1999年に設置されている。また環境社会学会のHPには、「1988および89年秋と2年間続いて日本社会学会で環境問題のテーマ・セッションが開催」とあり、環境社会学会が設立されたのは1992年である⁽⁷⁾。環境経済・政策学会の設立は1995年、環境法政策学会は1997年であり、日本における環境系学会は、1990年代の設立が多い。

ケンプティン大学のF教授によれば、1990年代当時、ドイツでも環境系の学部・学科は、ほとんど存在しなかったという。「わたしはもともと環境問題を扱える学科に入りたかったのですが、1996年に学生として大学に入学した頃は、勉強できるのがシュツットガルトとベルリンにある大学2つしかありませんでした」。

さて、長崎大学環境科学部は、旧教養部の改組組織であり、環境系を専門とした定員ができるということは、純増でない限り、他の定員を改組したということになる。ドイツの場合について、F教授は次のように語る。「いつの間にかなくなったというような学科はないですが、たとえば学科の名前の付け方とか、環境と資源みたいなものを付加的につける場合もありました」。日本の場合も小規模な改組が多いと思われるが、1992年の大学設置基準改正による教養学部改組というのは、環境系学部の創設に寄与しているように思われる。

環境系を専門とした学部や学科の創設は、時代の要請であるといえるだろうが、2011年の東日本大震災を受けてメルケル首相が原子力発電の段階的廃止を決めたことは、ドイツの環境系学部にとってどのような意義があるだろうか。「ドイツが原子力発電の段階的廃止を決めるということは、環境保護

の方向に動いていったことを示していると思います」とドイツの環境系学部・学科の増設に寄与したとF教授は語った。

3. 2 カリキュラム

日本の環境関連系学部（学科）では、学際志向があり、理系科目に加え文系科目の設置もみられる。たとえば、「はじめに」で触れた弘前大学の自然エネルギー学科のカリキュラムは文・理融合教育をうたっており、専門応用科目の中に「エネルギー環境経済学」といった文系科目が選択必修科目として開設されている⁽⁸⁾。他にも、経営管理論、ベンチャービジネス論などといった「マネジメント科目」が開設されており、専門科目としての文系科目は卒業単位数の中で10単位程度の履修を求めている。

ドイツの再生可能エネルギー関連学科でも同様の傾向がみられる。技術中心の再生可能エネルギーカリキュラムにあって、会社経営をしていく上で必要な経済学や、法律が含まれている。学部生のS氏によれば、ドイツでも訴訟や経営を扱う文系色の濃い環境系学部・学科もあるという。

ケンプティン大学のカリキュラムについては、図（次頁）で示した「企業経営的エネルギー供給」といった文系科目もみられる。7セメスターということで、卒業まで3年半以上を要し、クレジットポイント（日本の単位制の単位に相当）は毎年30を取得することが求められる（7セメスターの合計では210クレジットポイント）。1クレジットポイントあたり学修時間30時間に相当する。日本の大学は4年間で124単位以上が必要であり、1単位あたりの学修時間は45時間とされている⁽⁹⁾。

インターンシップは3年次（5セミスター）の半期が標準になり、25クレジットポイントが割り当てられている。インターンシップに向けての事前準備演習である「インターンシップ演習」の5クレジットポイントまで含めれば、5セメスター30クレジットポイントはすべてインターンシップ関連の内容となる。インターンシップのあとに、卒業研究を含め、1年間の授業がある。現場を見てから基礎科目をさらに受講する機会が設けられ、その後に卒業研究に至るという流れは、インターンシップで興味が促進されれば、学業意欲が高まったところでの授業となり、学習効果も高まるようと思われる。

ケンプティン大学の「エネルギーと環境」の学科案内で強調しているのは、エネルギー技術の急速な成長とエネルギー価格の高騰である。多くの企業が、

エネルギーの生産、流通、資源の経済的利用に関するエンジニアを必要としており、電気工学、物理学、コンピューター科学、経営管理、法学、マーケティングなどの幅広い分野の知識が求められるようになったと学科の意義をアピールしている。これらのディシプリンが強固に重なり合うことに基づき、学際的なアプローチ (interdisziplinärer Ansatz) を取得できるとしている⁽¹⁰⁾。

学位プログラムの目的にも、持続可能性、政治的および法的枠組みの条件など、包括的な側面について取り上げることが記されている。もっとも、元来が工学部ということもあり、求める学生像として技術への情熱や数学と物理学への興味を挙げている。

3. 3 教員と学生のカリキュラムのとらえ方

文系科目もカリキュラムに組み込み、さらに学際といった特色を持つドイツの環境系カリキュラムの特色について、M教授が特に意識しているのは、再生可能エネルギーだけではなく、資源の節約といった視点を取り上げる点であるという。

再生可能エネルギーだけに目を向けていたのではなく、たとえば技術者として会社で働く際に、今使っている機械などのエネルギー節約についても考えることが環境にとって大切だという考え方で説明しています。

昨今のドイツの事情を踏まえ、再生可能エネルギー中心という印象を持っていたが、「幅広い視点で資源の節約を取り上げている」とM教授は語った。

また「ドイツ国内だけでなく、グローバルな問題であることも踏まえ、海外事例を取り上げ、多方面から学生に語り掛けている」とF教授は述べた。

われわれが技術の話をする時は、技術だけでなく、周辺の話だったり、世界全体の環境の話をしています。たとえば、中国やインドには多数の石炭発電所がありますが、それをただ単に悪いということはできないといった説明をしています。インドは、ドイツと同じくらいの面積で電気がないですが、その中には病院もあれば幼稚園や老人ホームもあります。そういう所で電気がないということについて学生に考えてもらっています。

F教授は、再生可能エネルギーの講義時には、幅広い観点から説明するように心がけているという。再生可能エネルギーに集中したり、ドイツ国内だけでなくグローバルな視点でエネルギーについて考えさせる講義は、多方面からエネルギーの重要性を認識させることにつながっているように思われる。

M教授は、専門大学の置かれている状況を踏まえて、次のように教育方針について言及した。「学生

7セメスター	選択必修モジュール	選択必修モジュール	企業経済学	卒業演習	卒業研究
6セメスター	企業経営のエネルギー供給	自動化エネルギー工学システム	再生可能エネルギー技術	環境工学的装置と過程	プロジェクト研究
5セメスター	インターンシップ演習			インターンシップ	
4セメスター	比率、エネルギー変換 エネルギー変化	エネルギー経済とエネルギー分配	レシプロエンジンとターボ機械	制御工学と計測工学	環境工学原理
3セメスター	物理的モデル構築とシミュレーション	蓄電池エネルギー工学	熱と材料の抽出	工学的流体力学	プロセスシステム工学
2セメスター	数学2	情報学	工学的機械と材料力学2	製作と設備基礎、製造技術	C A D 工学的熱力学
1セメスター	数学1	物理学、電気工学	工学的機械と材料力学1	材料化学、化学 工学的記号	エネルギー工学的装置
CP(クレジットポイント)	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30				
	数学、情報学、シミュレーションに関する基礎科目			エネルギーと環境工学に関する応用科目	
	自然科学、工学に関する基礎科目			インターンシップ、プロジェクト研究、卒業研究	
	工学に関する専門科目			専門の応用に関する内容	

図 ケンプティン大学のカリキュラム履修モデル例（ケンプティン大学のカリキュラムより筆者翻訳）

が満足するだけでなく、学生が社会に送り込まれた時に周りの人にも満足してもらえるような人材を育てる考えを考えており、研究者ではなく実務や実践力のある人材になるように心がけています」。

学生にもカリキュラムについて聞いたところ、より実学的な志向が強い意見を持っていた。たとえば重要だと思った授業について聞いたところ、卒業生で研究員の T 氏は、ソーラーパネルの設置場所について検討するシミュレーションと答えた。都会ほどパネルを置く場所がなく再生可能エネルギー導入が難しいのが現状で、解決方法をシミュレーションしているとのことであった。卒業生でもあり、再生可能エネルギー企業を経営する G 氏は、再生可能エネルギーの発電をコントロールするシステム制御プログラムだと述べた。現場でのシステム導入や課題解決といった実践的な側面に興味がみられた。

文系科目的講義に関してだが、大学院生の H 氏は必要であるとの見解を示す。「発電技術のことだけではなくて、社会面でもさまざまな知識が必要ですし、経営面も知っていて悪くはないと思います」と H 氏は語った。逆に、法律や経済などの文系的な授業について、T 氏はあまり役に立たなかつたと述べた。もっとも T 氏は、実社会に出て再生可能エネルギープロジェクトに関わる際に、法律的に問題があるかどうかインターネットで調べる必要が出て来た際に、法律の知識は間接的に使っているということは述べていた。卒業生で現在再生可能エネルギー関係企業の経営者である G 氏は、文系科目には興味がなかったと述べた。文系科目に関しての印象は、以上のように人それぞれであるものの、再生可能エネルギー事業を進めて上で必要な場合もあり、大学のカリキュラムとして設置されている。

次章では、ケンプティン大学を例としてインターンシップの実際について取り上げることにしたい。

4. ケンプティン大学におけるインターンシップ

専門大学では、原則としてインターンシップが義務付けられているのが特徴である。総合大学との差別化という意味もあるが、産学連携や高度職業人の育成といった社会からの要請もあるだろう。日本でも、大学のカリキュラムの一環として導入している場合もあるが、数週間程度のインターンシップに加えレポートといった例もある。ドイツの専門大学におけるインターンシップ期間についていえば、学校や学科によって異なるが、ケンプティン大学は概ね 10 週間から 12 週間であり、長い大学では 6 か月も

ある。途中で何度かレポートを出し、会社からも評価を受ける。「実務を積んで、もしその会社に気にいられたらそのまま就職につながるということもありますし、学生にとっても良い機会です」と H 氏は語る。

H 氏によれば、最低賃金は概ね税抜きで月額 450 ユーロ（1 ユーロ 130 円換算で 6 万円程度）で、交通費や宿泊費はケースバイケースだが多くの場合は支給されないという。H 氏の場合、賃金は月額 900 ユーロであり、たまたま実家が職場から近かったので、実家から通っているということだが、交通費は私費だという。

労働時間はケンプティン大学の場合、多くは 1 週間に 19 時間程度であり、残りは学校での勉強のことである。H 氏の場合、週 19 時間だと授業に差し支えるので、1 週間で 10 時間働き、残りは長期休暇期間での勤務に割り振っているという。

ケンプティン大学は 1 学部 1 学年で約 400 人の学生がいるが、インターンシップ先は HP を中心に学生が自分で探し、履歴書を書いて応募するシステムである。ケンプティン大学でもリストを作るが、参考程度の資料だという。外国を含め、遠距離のインターンシップ先もあるが、環境系の企業に就職できる可能性が高いという。

企業にとってのメリットは、M 教授によると、他の社員とほぼ同様の仕事をすることができる一方で、給料が安価（たとえば 3 割程度）な点だという。また、卒業生で現在再生可能エネルギー関係企業の経営者である G 氏は、「優秀な学生ならプラスで仕事を与え、最終的には会社に就職してもらうといったメリットがあります」と述べる。大学に提出する評価自体は、経営者である G 氏ではなく、担当者が行い、学生が書いたレポートは大学に提出するという。

インターンシップの意義について、卒業生で研究員の T 氏は自分の進路の方向性を考えるという点では役に立ったと述べる。同氏はまた、大学生活で一番役に立ったのもインターンシップであったとした上で、メリットについて具体的に次のように述べる。「社会ではじめて本格的に仕事をするので、社会人との関わり方や、何か問題が起こった時の解決法など、普通に学生をやっていたら学べないようなことをたくさん学べました」。

もちろん問題点もあり、学生にとって満足できない場合もあるという。企業側で受け入れ学生と関わることを面倒に思い、研修先の会社が学生を使わ

ず、中でも8時間座りっぱなしで何も仕事が与えられない例も聞いたことがあるという（G氏）。G氏によれば、学生と関わることを面倒に思う企業があるというのも納得できる点があるという。「研修生に仕事を与える時、学生の適性に合わせ、どのような仕事を与えるか考えるのは大変です」。

インターンシップには、学生、受け入れ企業とともに、メリットデメリットがあるものの、少なくともいえるのは専門大学には必要なカリキュラムであり、また環境系の大学でもこれまでのシステムを活用して、インターンシップ制度が成り立っている。

5. おわりに

ドイツで再生可能エネルギーは一大産業となっており、大学も参入している。文理融合はもちろんのこと、バイオエネルギー村でのインターンなど実学的な側面も色濃く持つ。ドイツの環境系学科にあっても、文系科目はカリキュラムに取り入れられ、その意義を認める社会で活躍している卒業生もいた。その一方で、文系科目の意義を必ずしも理解していない者もいたことから、より文系科目を実学志向にアレンジする努力も必要なかも知れない。

ドイツでも環境系の学部・学科は、ほぼ日本と同時期に開設されている傾向があり比較的歴史が浅いようだが、产学連携のインターンシップが定着している様子がうかがえる。そして、インターンシップをした後も講義等があり（前掲図参照）、現場体験を踏まえての教育機会が充実していることは注目していきたい。

もっとも、両国の大学システムの相違は大きく、ドイツの専門大学のメリットをそのまま日本に当てはめるのは無理があるようと思われる。日本の大学では、長期的な視点での知識習得を目指しており、山田はその効果について次のように指摘している。

第一に、日本の学卒者から得られた最も重要な知見は、学卒者のキャリア形成において大学教育が長期的に教育的な効果を発揮していること。第二に、職業への移行期において、在学中の専攻分野と関連した就業経験が教育的な効果を発揮しているということ。第三に、職業への移行期やキャリア形成期において、在学中の学習意欲が教育的な効果を発揮しているということ。（山田, 2008: 36）

日本の教育のメリットももちろんあるのであり、これまでの日本の発展に寄与してきたと筆者は考えている。しかし、大学進学率が5割を超える今日、すべての大学が同じようなシステムを取るのではなく、異なった取り組みをする大学を模索するのは悪くないのではないだろうか。まったく新しいことを始めるのは入学生にとってもリスクが高いため、ドイツのシステムは参考になるだろう。

実学志向はもちろんリスクも孕んでいる。「产学連携のインターンシップ」といった観点から、ケンプティン大学の事例を考えた場合、インターンシップ制度が充実していたり产学連携志向が強いというドイツの事情に加え、環境系の就職先が多いということも追い風になっているだろう。しかしこのことは、逆の側面からみれば就職先が少なくなった場合、大学で習得した技術が生かせなくなるというデメリットもあり、場合によっては大学の存在意義にもつながる問題になる可能性も秘めているといえるだろう。

文部科学省や経済産業省が検討している产学連携の重視という方向性を日本が取る場合は、ドイツの専門大学の事例は参考になると思われる。同時に、日本独自の取り組みも模索していく必要がある。たとえば、実学志向が就職マーケットに左右される可能性があるという専門大学のデメリットへの対策として、日本の大学教育の強みであるジェネラリスト教育を基盤としつつ、インターンシップを中心として产学連携カリキュラムを取り入れるという方法があるのではないか。ジェネラリストの素養を育むことで、実学志向の教育を就職してからも柔軟に発展することができる場面が増えるように筆者は考えたい。

【注】

- (1) TBS「報道特集」、2012/3/24。
- (2) ソーラーコンプレックス社パンフレット。
- (3) 前掲書。なお、OJTはOn-the-Job Trainingの略である。
- (4) 再生可能エネルギーとインターンシップといった場合、大学側で把握しているかどうかは担当教員次第であり、今回はジーレンバッハ村（Sielenbach）というインターンシップ先での筆者による調査（2016年9月14日）がケンプティン大学での調査につながっていったといえる。

- (5) 現在の就活スケジュールは、2016年卒を対象にした経団連の「採用選考に関する指針」であり、約1600社の会員企業が順守を求められている。政府もこの指針を各経済団体に周知しているが、実態はかなり異なっているといえるだろう。現在の3年生の就活スケジュールは見直しをされて、流動化している。ちなみに、いわゆる就職協定の歴史は古く、指針の前身は「倫理憲章」（1997年）、「就職協定」（1953年）である。
- (6) もちろん、3年の夏休みから企業でインターンシップをすることは、学生にさまざまな負担を強いており、問題点もある。
- (7) 環境社会学会 HP (<http://www.jaes.jp/about>) 最終閲覧 2019/9/5。
- (8) 弘前大学理工学部自然エネルギー学科 HP (<http://www.st.hirosaki-u.ac.jp/~dep06/>) 最終閲覧 2019/5/28。
- (9) ドイツの大学におけるクレジットポイントについては、寺澤（2011）に詳しい。
- (10) ケンプテン大学パンフレット (https://www.hs-kempten.de/fileadmin/fh-kempten/Austausch/Studiengangsflyer/ba_eu_flyer_energie_und_umwelttechnik_web.pdf) 最終閲覧 2019/5/27。

【参考文献】

- 大高志帆、2014、「人事部が、のどから手が出るほど欲しい学生」『プレジデント Family 2014年5月号』(<https://president.jp/articles/-/12272>) 2019/5/21 最終閲覧。
- 経済産業省大学連携推進室、2015、「産業界の人材育成ニーズと大学等における教育に関する諸外国の状況」（http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/koutou/068/gijiroku/_icsFiles/afifile/e/2015/12/22/1365465_01.pdf#search=%27ojt+%E5%A4%A7%E5%AD%A6+++%E7%94%A3%E6%A5%AD%E7%95%8C%27） 2019/5/21 最終閲覧。
- 竹田浩樹、2018、「専門職大学創設にあたって——既存大学と専門職大学の併存する時代に求められるものは何か——」『人と教育：目白大学教育研究所所報』12、pp.117-121。
- 寺澤幸恭、2011、「ドイツにおける「実務型」高等教育に関する考察（4）ベルリン・ボイト工科大学の修学システム」『岐阜聖徳学園大学短期大学部紀要』43、pp.1-18。

- ドイツ大使館、2014、「エネルギー分野を学ぶ大学——将来有望な10の履修コース——」『Young Germany——ドイツ発ライフスタイル・ガイド——』 (<http://young-germany.jp>) 2019/5/21 最終閲覧。
- 、2015、「ドイツの大学の概要」『Young Germany——ドイツ発ライフスタイル・ガイド——』 (<http://young-germany.jp>) 2019/5/21 最終閲覧。
- 森健、2009、「就活って何だ——人事部長から学生へ——」、文春新書。
- 文部科学省高等教育部、2018、「専門職大学等の設置について」（http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/senmon/_icsFiles/afifile/2018/11/16/1410421_001_1.pdf#search=%27ojt+%E5%A4%A7%E5%AD%A6+++%E8%81%B7%E6%A5%AD%E4%BA%BA%E9%A4%8A%E6%88%90+%E7%94%A3%E6%A5%AD%E7%95%8C%E5%B0%82%E9%96%80%E8%81%B7%E5%A4%A7%E5%AD%A6%2） 2019/5/21 最終閲覧。
- 文部科学省生涯学習政策局、2018、「文部科学統計要覧（平成30年版）」（http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/002/002b/1403130.htm） 2019/5/21 最終閲覧。
- 山田裕司、2008、「大卒者の就業経験と初期キャリア形成——日本、イギリス、ドイツ学卒者の比較から——」『インターンシップ研究年報』11、pp.31-37。

高レベル放射性廃棄物の処分深度に関する覚書

菊池 英弘・西久保 裕彦*

Depth of high-level radioactive waste disposal zone in Japanese law

Hidehiro KIKUCHI and Hirohiko NISHIKUBO

Abstract

With respect to the final disposal of high-level radioactive waste in Japan, Designated Radioactive Waste Final Disposal Law was enacted in 2000. This law stipulated the disposal depth shall be deeper than 300 meters. However, the location of the final disposal of high-level radioactive waste has not yet been selected in Japan till the present day. The Japanese government is trying to earn public understanding in selecting the final disposal location, and in doing so, the government must give a reasonable explanation on the safety of the final disposal. The depth of final disposal is an important element in gaining public understanding. In this paper, we are analyzing the process of policy formation up until the finalization of the disposal depth stipulated in the law in chronological order, and conclude that the depth of deeper than 300 meters does not necessarily guarantee the safety of the disposal site in Japan.

Key words: high-level radioactive waste, Japanese policy making process

1. はじめに

わが国では、2019年3月現在、玄海、川内、大飯、高浜、伊方の各原子力発電所において、商業発電用の原子炉が稼働している¹。

政府は2015年、2030年時点の日本の望ましい電源構成として、原子力の比率を20～22%とする方針としているが、そのためには現在稼働を停止している発電用原子炉の再稼働等が必要となる。

一方、わが国においては、原子炉の運転により発生するいわゆる高レベル放射性廃棄物について、約18,000トン、既に再処理された分も合わせるとガラス固化体で約25,000本相当を保管中とされる²。

高レベル放射性廃棄物をわが国国内で最終的に処分する手法については、本稿で後述するように、すでに技術の研究開発が進められてきており、その成果に基づき最終処分場を設置する際に必要な法制度の整備も行われているが、制度創設以来15年以上を経過してもなお、処分地選定にも着手されていない³。

政府としては、法令に基づき、高レベル放射性廃棄物の最終処分を進める方針であり、地域の地下環境等の科学的特性を全国地図の形で示す「科学的特性マップ」⁴の作成、公表等を行っており、これを契機に国民や関係住民の理解を深めていく方針であるが⁵、そのためには最終処分の安全性について技術的な裏打ちのある、科学的に説得力のある説明が必要であろう。

特に、具体的な候補地を選定するに当たっては、高レベル放射性廃棄物を処分する深度（本稿では以下「処分深度」という。）がどの程度の深さとなるのか、その処分深度が高レベルの放射性廃棄物を安全に処分するために十分な深さなのか、という点は、国民や関係住民の理解を得るうえで極めて重要な論点となりえよう。

政府は、処分深度の設定に関する一般的な考え方として、技術的には、処分深度が深いほど人間環境との距離をとることができる等の利点がある一方、地圧、地温の上昇による制約等があるため、処分深度が深い方がよい要因と浅い方がよい要因のバランスで決まる、と説明をしている⁶。

一方で、法律に規定された処分深度は300メート

*長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科

受領年月日：2019年5月24日

受理年月日：2019年10月30日

ル以深とされており、本稿においては、この処分深度が技術的な根拠に基づくものであるかどうかに着目しながら、高レベル放射性廃棄物の最終処分に関する政策形成過程を振り返ることとする。

2. 1976 年の原子力委員会決定

原子力委員会は、原子力利用に関する政策に関すること等について企画、審議、決定する国の機関として、1956年（昭和31年）に設置された（本稿では以下、便宜のため、西暦と和暦を併記する。）。

同委員会は、1975年（昭和50年）から、放射性廃棄物の適正な処理処分を行うための検討を行った。1976年（昭和51年）10月8日には、「放射性廃棄物対策について」⁷の決定を行い、その中で高レベル放射性廃棄物については、「環境汚染を防止する見地から、半永久的に生活圈から隔離し、安全に管理する」ため、「安定な形態に固化し、一時貯蔵した後、処分」するものとし、処分に「必要な調査及び研究開発を推進する」との基本的な方針を示している。（なお、処分については、「長期にわたる安全管理が必要であること等から、国が責任を負うこと」としている。）

同年から、動力炉・核燃料開発事業団（当時の名称。本稿では以下「動燃事業団」という。）が地層処分の研究を開始している。

3. 累次の「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画」⁸

1978年（昭和53年）に原子力委員会が決定した「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画」においても、上記2.の基本方針が示されているが、その後の長期計画においては、内容がより具体化しており、動燃事業団における調査研究の成果を踏まえたものと思われる。

すなわち、1982年（昭和57年）の同計画は、上記2.の基本方針に加え、固化処理、貯蔵、処分の技術について研究開発の内容と目標年限を記述し、1987年（昭和62年）の同計画は、地下数百メートルより深い地層中に処分することを「地層処分」とし、①有効な地層の選定、②処分予定地の選定、③処分予定地における処分技術の実証、④処分施設の建設・操業・閉鎖」の4段階の手順を示した。

1994年（平成6年）の同計画は、高レベル放射性廃棄物を安定な形態に固化し、30～50年間の冷却のために貯蔵した後、地下の深い地層中に処分することを基本の方針として掲げ、2000年（平成12年）を目安に処分事業の実施主体の設立を図ることが適

当であり、2030年代から遅くとも2040年代までの操業開始を目指すとのスケジュールを示した。また同計画は、地層処分の研究開発については、動燃事業団を中核推進機関として進めるとの方針も示した。

この後、1997年（平成9年）、原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会は「高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発等の今後の進め方について」⁹と題する報告書を公表し、深部地質環境の科学的研究の重点課題として、深度1000メートル程度までの地質構造等を対象とした調査研究を行うことを謳い、深部地質環境の科学的研究のための主要施設として、当時動燃事業団が計画中であった岐阜県瑞浪市、北海道幌延町の研究施設の活用する考えを示している。

4. 地層処分に関する技術的信頼性の評価

動燃事業団は、1998年（平成10年）に「核燃料サイクル開発機構」へ組織変更されることとなったが、地層処分の研究開発は継続して行われている。

上記3.の報告書を受けて、核燃料サイクル開発機構は、1999年（平成11年）「我が国における高レベル放射性廃棄物処分の技術的信頼性-地層処分研究開発第2次取りまとめ」（本稿では以下「第2次取りまとめ(1999)」という。）¹⁰を原子力委員会に報告した。

同報告書は、地層処分に適する地質環境を考慮して、人工バリアと処分施設から構成される処分場の概念を示し、処分深度としては、硬質系岩盤で1000メートル、軟質系岩盤で500メートルを設定し、人工バリア、処分施設のそれぞれについて詳細な仕様の検討を行ったうえで、これまでの研究開発により、地層処分の条件を満たす地質環境がわが国に広く存在し、幅広い地質環境条件に対して人工バリアや処分施設を適切に設計・施行する技術が開発されたとしている。

5. 地層処分に関する社会的・経済的観点を含む検討

原子力委員会は、上記4.のような地層処分に関する技術的検討と並行して、高レベル放射性廃棄物処分について社会的・経済的観点を含めて検討するために、1995年（平成7年）に「高レベル放射性廃棄物処分懇談会」を設置し、検討を行っていた。

1998年（平成10年）には、「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」¹¹の報告書をとりまとめた。

同報告書は、関係機関に対して施策の提言を行うこと、および国民にこの問題の周知を図り議論を深めることを目的とし、高レベル放射性廃棄物処分について議論をする必要性、情報公開の在り方、資金確保や実施主体の設立など、信頼性と透明性のある制度の整備等について検討し、法律の制定を含めて、今後関係機関が進めるべき具体的な方策に向けた基本的な考え方等について提言を行っている。

6. 総合エネルギー調査会原子力部会による中間答申

動燃事業団等による技術的検討、原子力委員会の検討・提言を受けて、1998年（平成10年）9月、経済産業省の諮問機関「総合エネルギー調査会」原子力部会（本稿では以下「原子力部会」という。）による検討が開始された。

原子力部会は、1999年（平成11年）3月、「総合エネルギー調査会原子力部会中間報告—高レベル放射性廃棄物処分事業の制度化のあり方—」¹²をとりまとめている。

この中間報告は、高レベル放射性廃棄物処分事業の制度化に向けて、特に、事業の資金確保と実施主体の設立のあり方を中心に審議を行っている。

（1）処分費用については、上記4.の研究開発の成果等に基づき、軟岩系（堆積岩）の場合には500メートル、硬岩系（花崗岩）の場合には1000メートルの深度に人工バリアを設計・施工するものとして、11の試算ケースを設定し、処分費用（技術開発費、調査費及び用地取得費、設計及び建設費、操業日、解体及び閉鎖費、モニタリング費、プロジェクト管理費）を試算し、その結果は、約2.7兆円から3.1兆円とされている¹³。

これらのケースごとの試算額の変動に関し、岩種、処分深度等の物理的特性による変動は最大で約6%であり、代表的なケースを平均した値を制度の基本となる見積りとすることが適当とした。（その作業は、動燃事業団、事業者の検討を踏まえて、追って行うこととされた。）

処分に係る費用は、原子力発電を行う電気事業者が、原子力発電に係る費用として計上し、手当することとされた。

（2）処分の実施主体については、国が法的に定める制度の下で設立されるべきものとされ、①技術的能力、②経理的基礎、③合理的かつ効率的な経営、

④非営利性、⑤解散に対する歯止め、の5つの要件を法的に担保することが必要とされた。

また、これらの踏まえて、実施主体に対する国の関与が必要とされ、その具体的な法人形態は爾後の検討事項とされた。

7. 法案の提出までの審議

原子力部会における審議は、上記6の中間報告の後も継続して行われている¹⁴。

同部会においては、法制的には、中間答申で提言した事業の資金確保と実施主体の設立については次期通常国会に新法を提案し、高レベル放射性廃棄物処分の安全規制については核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和32年法律第166号）等の改正で対応する方針とされた¹⁵。

処分費用については、上記6.(1)の11の試算ケースの中から、軟岩系（深度500メートル）、硬岩系（深度1000メートル）それぞれからひとつのケースを選び、中間答申後にとりまとめられた動燃事業団による技術的検討（第2次取りまとめ(1999)）、電気事業者による技術的検討を踏まえて費用を推計した結果、約3兆円の事業費が必要であり、処分単価は1kwhあたり約14銭とされた^{16 17}。

8. 高レベル放射性廃棄物の最終処分に関する法律の制定

通商産業省は、原子力部会の中間報告及び中間報告後の審議を踏まえて、「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」（本稿では以下「最終処分法」という。）の政府案をとりまとめ、同法案は2000年（平成12年）3月に国会に提出された¹⁸。

同法案は、特定放射性廃棄物、最終処分等の定義規定を置くほか、通商産業大臣による基本方針及び最終処分計画の策定、概要調査地区・精密調査地区・最終処分施設建設地の選定、発電用原子炉設置者の拠出金納付義務、最終処分の実施、最終処分の実施主体となる原子力発電環境整備機構の設立等を規定したものである。

同法案は、衆議院における修正を経て、2000年（平成12年）5月可決され、翌6月に公布された（平成12年法律第117号）¹⁸。

9. 処分深度に関する最終処分法の規定

最終処分法第2条第2項は、同法における最終処分について、「地下300メートル以上の政令で定める深さの地層において、特定放射性廃棄物及びこれに

よって汚染された物が飛散し、流出し、又は地下に浸透するがないように必要な措置を講じて安全かつ確実に埋設することにより、特定放射性廃棄物を最終的に処分することをいう」と規定している。

また、特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律施行令（平成12年政令第462号）第1条は、上記の「政令で定める深さの地層」について地下300メートル以上とする旨を規定しており、最終処分法と同じ深度としている。

これらの法律および政令の規定により、わが国における高レベル放射性廃棄物の地層処分は、300メートル以上の深さの地層において行われるものとなった。

10. 処分深度を300メートル以深とする根拠

上記9.のように、法令が規定した300メートルの深度は、上記4.の動燃事業団における技術的検討においても、上記6.の原子力部会における審議においても、言及されていないものであり、原子力部会の議事録によれば、政府部内の最終処分法案の作成過程において、政府の判断によって地層処分の定義規定中に定められたものと見られる¹⁹。

政府は、この点について、最終処分法案の国会審議において、米国等諸外国の処分計画における処分深度が地下300メートルより深いこと等を理由として、「地下300メートルを最低限必要な深さと定義した」と説明している²⁰。

諸外国の処分深度に関しては、前出6.の1999年の原子力部会・中間報告の資料²¹には、「海外の高レベル放射性廃棄物処分計画」の一覧が掲載されており、それによれば、その当時の各国の処分深度（岩種）は、米国が約350メートル（凝灰岩）、フランスが400～1000メートル（花崗岩または粘土層）、スウェーデンが約500メートル（花崗岩）、カナダが500～1000メートル（花崗岩）、ドイツが660～900メートル（岩塩）、スイスが約800メートル（堆積岩）または約1000メートル（花崗岩）とされている。

上記資料の情報から見る限り、最終処分法の規定は、当時各國で計画されていた地層処分について、それぞれの処分計画の対象地域の岩種とは関係なく深度だけに着目して、米国のような比較的浅い処分深度の事例を参考にして定められたもの、ということになろう。なお、国会における参考人の意見陳述において、「ベルギーでは200メートルぐらいの深さを考えております」²²との指摘もあるため、世界各国のなかで一番浅い処分深度をとったとは言えない

ようではある。

政府は、一方で、1.に前述したように、処分深度の設定は、深度が深い方がよい要因と深度が浅い方がよい要因とのバランスで決まる⁶としたうえで、花崗岩及び堆積岩の硬度の違いを加味してこのバランスを検討した結果、第2次取りまとめ(1999)においては標準的なケースの深度として500メートル（堆積岩）、1000メートル（花崗岩）を採用したが、具体的な処分地に応じて適切な深度とする必要がある旨を述べている²³。

なお、原子力委員会は、動燃事業団から提出された前出4.の第2次取りまとめ(1999)に対する検討を行い、最終処分法の制定後の2000年(平成12年)10月、同第2次取りまとめが、高レベル放射性廃棄物の地層処分に対する技術的信頼性、処分予定地の選定及び安全基準の策定に資する技術的拠り所を示していると判断した²⁴。

11. 若干の検討

最終処分法及び同法施行令に定められた300メートルという処分深度の下限は、当時、外国で想定されていた処分深度を参考にしたものであり、技術的・科学的な検討に基づくものではない。

例えば、最終処分法案の国会審議の過程でも何度か言及されている米国ユッカマウンテンの例にしても、ユッカマウンテンでは地下水層の上に埋設することとしているため、放射性物質の漏出に関しては地上からの雨水浸透に着目しているのに対し、日本では地下水層の下に埋設することとしているため、検討対象とする地下水の挙動は異なる。技術的・科学的に共通点や相違点を検討することなしに、単純に他国の処分深度を参考にすることが適切と言えるのか、疑問もありうる²⁵。少なくとも、300メートルという処分深度の下限は、わが国で最終処分を行う場合の技術的信頼性を担保するものとは言い難い。

むしろ、今後わが国において具体的な候補地の検討が行われる際には、わが国における地層処分の技術的検討が、500メートル（堆積岩）及び1000メートル（花崗岩）を処分深度とすることを前提として行われてきていること、また、制度的にもこれらの深度を前提にして処分費用を算定していたことからすれば、これらの深度を一般的な指標としつつ、さらに具体的な候補地の地質構造等に応じて、深度が深い方がよい要因、浅い方がよい要因のバランスを考慮するという検討手順が採られることが適切ではないかと思われる。

前出4.の第2次取りまとめ(1999)以降の技術的検討を踏まえて2018年(平成30年)11月に原子力発電環境整備機構が公表した「包括的技術報告：わが国における安全な地層処分の実現－適切なサイトの選定に向けたセーフティケースの構築－」²⁶においても、岩種の特徴に応じて、新第三紀堆積岩類について500メートル、先新第三紀堆積岩類及び新第三紀深成岩類について1000メートルを設計深度として地質環境モデルを構築している。

12. おわりに

筆者らは、2018年(平成30年)、岐阜、北海道で行われている地層処分の調査研究施設を見学する機会を得て、地下数百メートルの実地で説明を受けることができた。

現地での展示物、担当者による説明、現場見学を終えた後、現地における技術的・科学的検討は、極めて丁寧に行われている印象が強く残った。

わが国での実証実験は現在でも進行中であり、今後得られる新たな知見に基づく必要があり、また、具体的な処分候補地の地質条件が最も重要なファクターとなろう。

法令上に規定された処分深度はアприオリなものではなく、技術的・科学的検討に裏打ちされた処分深度を設定する必要があり、政府としてはそのうえで国民や関係住民の理解を得る努力をするべきであろう。

【付記】

本稿は、平成30年度(2018年度)科学研究費助成事業(基盤研究(C)(一般)、課題番号18K11755)の支援を受けて行った研究成果の一部である。

¹ 日本国内の原子力発電所の運転状況については、以下の(一般社団法人)原子力安全推進協会のホームページを参照。

<http://www.gengikyo.jp/db/fm/plantstatusN.php> (last visited on May 21, 2019)

² エネルギー基本計画(平成30年7月)閣議決定

³ 2007年(平成19年)に高知県東洋町から処分地選定のための文献調査について応募がなされたが、直後に撤回された。それ以来、調査に応募する自治体はない。

東洋町における政治的紛争の経緯については、西郷貴洋・小松崎俊作・堀井秀之(2010)「高知県東洋町における高レベル放射性廃棄物処分地決定に係る紛争の対立要因と解決策」社会技術研究論文集7巻87-98頁を参照。

⁴ 経済産業省資源エネルギー庁ホームページから以下のURLの科学的特性マップ公表用サイトを参照。https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/kagakutekitokuseimap/ (last visited on May 21, 2019)

⁵ 政府の方針として、「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」(2015年(平成27年)5月22日閣議決定)において、最終処分事業を進めるうえで、関係住民の理解と協力を得ること、及びその前提として国民の理解と協力を得ることが極めて重要としている。

⁶ 2000年(平成12年)5月23日参議院経済・産業委員会会議録第17号11頁における興直孝政府参考人(科学技術庁原子力局長)答弁を参照。

「…技術的には、処分深度は深度が深い方がよい要因と深度が浅い方がよい要因とのバランスで決められるものでございます。深度が深い方がよい要因といたしましては、例えば人間環境と処分場の距離を稼ぐことによりまして天然バリアの効果を大きくすることができるということ。他方また、オーバーパックの腐食低減及び核種移行抑制の観点から好ましい周囲の環境を確実に確保できること。さらに第二次取りまとめの成果によりますと、堆積岩で深度百数十メートルよりも深いところ、さらには花崗岩で深度五百メートルよりも深いところでは還元状態となる実測例が示されているところでもございます。また、人間が近づく可能性を排除できることなどがございます。

また、深度が浅い方がよい要因といたしましては、一般的に深度が深くなるほど地圧が上昇し、処分場を建設するための空洞の力学的な安定性が得られなくなる。また、一般的に深度が深くなるほど地温が上昇し、高温になると施設の操作性が低下するとともに、人工バリアの性能を損なうことがございますし、深度にはおのずと制限があり、また深度が深いほど経済的なコストは高くなるものと考えてございます。」(下線は、筆者が付した)

⁷ 「原子力委員会月報」21巻10号(1976)。以下のURLの内閣府原子力委員会のホームページを参照。<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/ugoki/geppou/V21/N10/197603V21N10.html> (last visited on May 21, 2019)

⁸ 累次の同計画については、以下のURLの内閣府原子力委員会のホームページを参照。

http://www.aec.go.jp/jicst/NC/tyoki/tyoki_back.htm (last visited on May 21, 2019)

⁹ 以下のURLの内閣府原子力委員会のホームページを参照。

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo97/siryo26/siryo32.htm> (last visited on May 21, 2019)

¹⁰ 以下のURLの国立研究開発法人日本原子力研究開発機構のホームページを参照。

<https://www.jaea.go.jp/04/tisou/houkokusyo/dai2jitoimate.html> (last visited on May 21, 2019)

¹¹ 以下のURLの内閣府原子力委員会のホームページ

ージを参照。

<http://www.aec.go.jp/jicest/NC/senmon/old/waste-manage/sonota/sonota12/siryo1.htm> (last visited on May 21, 2019)

¹² 国立国会図書館インターネット資料収集保存事業ホームページにて、以下の URL の中間報告を参照。

<http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/285403/www.meti.go.jp/report/data/ggebc00j.html> (last visited on May 21, 2019)

¹³ 前掲注 12)のホームページにて、以下の URL の中間報告資料 14 を参照。

<http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/285403/www.meti.go.jp/downloadfiles/ggebc22j.pdf> (last visited on May 21, 2019)

¹⁴ 原子力部会における当時の審議については、前掲注 12)のホームページにて、以下の URL から議事録を参照。

http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/1003665/www.meti.go.jp/committee/oldgizi_0000012.html (last visited on May 21, 2019)

¹⁵ 1999 年（平成 11 年）7 月 28 日の原子力部会議事録を参照。

¹⁶ 1999 年（平成 11 年）11 月 24 日の原子力部会議事録を参照。費用の推計に当たっては、前掲注 13) の中間報告資料 14 のケース 2（軟岩系）、ケース 7（硬岩系）を前提としている。

¹⁷ 高レベル放射性廃棄物の最終処分のための積立金は、平成 29 年度末で、約 1 兆 163 億円に上る。以下の URL の（公益財団法人）原子力環境整備促進・資金管理センターのホームページを参照。

<https://www.rwmc.or.jp/financing/final/financing4.html> (last visited on May 21, 2019)

¹⁸ 衆議院ホームページより、以下の URL の議案審議経過情報を参照。

http://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_gian.nsf/html/gian/keika/1CE44FA.htm (last visited on May 21, 2019)

¹⁹ 平成 12 年 1 月 18 日の原子力部会議事録を参照。同部会において最終処分法案の概要が事務局（資源エネルギー庁原子力産業課長）から説明された際、事務局から、地層処分という用語について、「例えば地下どの程度以下のところの地層に処分をするとか、そういうように具体的に書かなければいけないのではないか」というふうに思っていました、今その条文の作業をやっています。」との説明がなされている。

（下線は、筆者が付した）

²⁰ 2000 年（平成 12 年）5 月 23 日参議院経済・産業委員会会議録第 17 号 11 頁における河野博文政府参考人（資源エネルギー庁長官）答弁を参照。

「…」「最終処分」とは、地下三百メートル以上の政令で定める深さの地層」という表現を使わせていただいております。これは原子力委員会等におきましても地層処分を地下数百メートルより深い地層に

処分するというふうに考えを示されておられます。また、米国等諸外国の処分計画におきましても、処分を行う深度は地下三百メートルよりは深いという状況でございますので、本法案において地下三百メートルを最低限必要な深さと定義したわけでございます。」（下線は、筆者が付した）

²¹ 前掲注 12)のホームページにて、以下の URL の中間報告資料 9 を参照。

<http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/285403/www.meti.go.jp/downloadfiles/ggebc17j.pdf> (last visited on May 21, 2019)

²² 2000 年（平成 12 年）5 月 10 日衆議院商工委員会議録第 17 号 2 頁 地圏空間研究所代表 東京大学名誉教授 小島圭二参考人の陳述を参照。詳細は後掲注 25)。

²³ 前述注 6)の興政府参考人は、前述注 6)に続けて、以下の答弁を行っている。

「第二次取りまとめにおきまして、花崗岩及び堆積岩の硬度の違いを加味しながら上述のバランスを考えました結果、標準的なケースの深度といたしまして、花崗岩のような硬岩系では深度一千メートル、堆積岩のような軟岩系では深度五百メートルをこの報告書では採用しております。このことはそれぞれの深度でなければならないということではございませんで、実際には具体的な処分地に応じまして、上記のバランスを満たす範囲内で適切な地質が存在している深度に処分場が選ばれることが可能であり、またその必要性があるものと考えてございます。」

（下線は、筆者が付した）

²⁴ 原子力委員会「我が国における高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術的信頼性の評価」（2000 年（平成 12 年）10 月）。以下の URL の（公益財団法人）原子力環境整備促進・資金管理センターのホームページを参照。

<https://www.rwmc.or.jp/law/file/2-13.pdf> (last visited on May 21, 2019)

²⁵ 前掲注 22)の小島参考人の以下の陳述を参照。

「…法律案の定義の中で、最終処分というところで、地下三百メートル以上の深いところにという定義がされております。従来の表現では、これは地下数百メートルより深いという表現になっていたのですが、確かに明快になってよろしいのでございますが、深さについては、その下にも、世界の国々ではいろいろな条件によって浅いところもあり深いところもございます。」

ベルギーのモルでは二百メートルぐらいの深さを考えておりまし、アメリカのユッカマウンテンでは、地下水位が三百メーターぐらいですからそれより上にしようというようなことで、比較的浅い。それに關して、地殻変動や氷河による削剥というもの

が大きいイスでは、できるだけ深いところに入れておこうというような発想があります。というよう に、特定されたサイトではこういうことを考えながら現にいろいろな研究開発を行っているという点で、やはり具体的な地域が選定されて、それからその際に深さを選定していく、こういうようなやり方のほうが地区選定や施設設計に柔軟性が出てくるだろうといふことで、ちょっと気になる数字でございま す。」（下線は、筆者が付した）

²⁶ 以下の URL の原子力発電環境整備機構のホームページに掲載された報告書を参照。

<https://www.numo.or.jp/topics/201818112113.html>(last visited on May 21, 2019)

「総合環境研究」第22巻 第1号

編集委員

渡邊 貴史（委員長）

竹下 貴之

重富 陽介

中川 啓

高辻 俊宏

2019年12月 1日発行

発行者 長崎大学環境科学部

「総合環境研究」編集委員会

〒852-8521 長崎市文教町1番14号

電話 095-819-2713

FAX 095-819-2716

**JOURNAL OF
ENVIRONMENTAL SCIENCE,
NAGASAKI UNIVERSITY
Vol. 22, No.1**

CONTENTS

The curriculum of universities in Germany that produce human resources for renewable energy businesses: A case study from Kempten University of Applied Sciences, Bavaria

Minoru HOSAKA 1

Depth of high-level radioactive waste disposal zone in Japanese law

Hidehiro KIKUCHI and Hirohiko NISHIKUBO 9

**FACULTY OF ENVIRONMENTAL SCIENCE
NAGASAKI UNIVERSITY
NAGASAKI, JAPAN
DECEMBER 2019**