



JAEA-Review  
2008-068

## 放射性廃棄物処分研究の理解拡大と 次世代の人材育成活動に関する報告

Practices of Scientific Communication on Nuclear Waste Disposal  
towards the Future Generation

---

佐々木 康雄 沼田 良明 虎田 真一郎  
Yasuo SASAKI, Yoshiaki NUMATA and Shin-ichiro TORATA

地層処分研究開発部門  
Geological Isolation Research and Development Directorate

# JAEA-Review

February 2009

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。  
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。  
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)  
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課  
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2番地4  
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail: [ird-support@jaea.go.jp](mailto:ird-support@jaea.go.jp)

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency  
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to  
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,  
Japan Atomic Energy Agency  
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan  
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail: [ird-support@jaea.go.jp](mailto:ird-support@jaea.go.jp)

© Japan Atomic Energy Agency, 2009

## 放射性廃棄物処分研究の理解拡大と次世代の人材育成活動に関する報告

日本原子力研究開発機構  
地層処分研究開発部門、地層処分基盤研究開発ユニット

佐々木 康雄、 沼田 良明\*、 虎田 真一郎

(2008年 12月4日 受理)

原子力の利用に伴う廃棄物発生とその処分については、これまでの原子力利用にも増して社会の受容の視点を重視しつつ、処分施設の建設を柱とした計画推進をはかっているかなければならない。また、その計画推進に必要な期間が長期にわたるため、世代間の知識や意識の共有につとめ、技術情報を継承する人材の確保についても適切に対処していかなければならない課題といえる。

その方策の一助として、研究部門の研究者みずからが次世代を構成する学生世代を対象に、廃棄物処分に関連した研究成果について科学的解説や意見交換を行う機会をつくることが有効と考え、原子力や理科教育に関心が高いと思われる教育機関に向けて、研究者による講演と意見交換を呼びかけた。あわせて原子力や廃棄物処分についての講演や説明の内容理解をはかるためのコミュニケーションに資するよう、その反響や受け止められ方についてアンケートや意見聴取をもとに検討したので報告する。

---

核燃料サイクル工学研究所（駐在）：〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松 4-33

※ 技術開発協力員

## Practices for Scientific Communication on Nuclear Waste Disposal towards the Future Generation

Yasuo SASAKI, Yoshiaki NUMATA\* and Shin-ichiro TORATA

Geological Isolation Research Unit  
Geological Isolation Research and Development Directorate  
Japan Atomic Energy Agency  
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received December 4, 2008)

Nuclear waste disposal is still under discussion as one of the key issue while we continue to use atomic energy use, with much emphasis from the viewpoint of the social acceptance. Additional issues include the security of people in the future who will take charge of the disposal project and knowledge management between generations. To try to overcome these concerns, the current paper reviews the practices that have been tested towards the development of the next generation of students and researchers who will become involved in the waste disposal program. The results of the scientific opinion exchanged and communication with people in the educational institution are reviewed based on questionnaires, lectures and discussions at a practice of schooling at high schools and universities.

Keywords : Nuclear Waste Disposal, Scientific Communication, Lecture,  
Student

---

※ Collaborating Engineer

目次

1. まえがき	1
2. 実施内容	1
2. 1 原子力と廃棄物処分の研究についての説明、意見交換の呼びかけ	1
2. 2 理解拡大の視点での教育機関とのコミュニケーションと説明ツールの整備	3
2. 3 実施結果	4
3. 教育機関を対象とした、原子力と廃棄物をテーマの科学的理解拡大の 取組みと成果	8
3. 1 アンケートの集計と、講演や授業についての意見記述の解析	8
4. 今後の展開について	18
5. まとめ	19
謝辞	19
付録 原子力と地層処分の講演、講義に使用した説明用スライド資料の内容例	20

Contents

1. Introduction	1
2. Activities and Practices on the Scientific Communication for Nuclear Waste Technology	1
2. 1 Appeal about the Significance of Scientific Communication with the Young Generation	1
2. 2 Practices of the Lecture or Schooling at Educational Institutions	3
2. 3 Results of the Scientific Communication	4
3. Consideration and Analysis of the results	8
3. 1 Exchange of opinion and Analysis of Opinion Papers	8
4. Future Plans	18
5. Concluding Remarks	19
Acknowledgements	19
Appendix Example of the Viewgraphs for Lecture or Schooling	20

図表一覧

- 図-1 原子力とその廃棄物の地層処分研究に関連した学問分野
- 図-2 聴講後アンケート（選択式）の主要設問回答の傾向
- 図-3 聴講後アンケート（記述式）の主要設問回答の内容の傾向分布

- 表-1 学校教育機関への授業、講演活動の実施状況
- 表-2 アンケート（選択式）集計結果
- 表-3 アンケート（記述式）の回答内容と問題意識度分析結果
- 表-4 聴講者アンケート意見について JAEA から再質問し意見交換した一例

(付録) 原子力と地層処分の講演、講義に使用した説明用スライド資料の内容例

## 1. まえがき

放射性廃棄物の地層処分については、長年にわたり研究開発が行われ、わが国においても事業が開始される段階にきている。しかしながら、未だ事業の最初の段階で立地調査の候補地選定が進んでいない。これは、立地調査への応募の意思表示は社会(自治体)の側にあるとの考えに立つ現行法制度のもとで、どのような廃棄物、どのような技術であるかという基本的な知識が一般社会へ浸透していないことも一因となっている。(理解拡大)

また事業期間が何十年にわたるということを考慮すると、今後も処分への理解を拡大していく上で、処分の考え方や研究の背景などについての世代間の知識の継承も今後さらに重要となると予想される。原子力分野の人材確保や知識継承についても同様の課題が既に提起されており、知識や技術の世代間継承の重要性が唱えられているのと共通の問題といえる。(人材と知識継承)

国民の理解拡大の観点にたつて、総合資源エネルギー調査会原子力部会の放射性廃棄物小委員会報告(平成19年11月1日;放射性廃棄物小委員会報告書(中間とりまとめ))には研究開発の成果等について、国民が学習できる機会の充実の必要性が明記されていることから、国民の各階層に適切な形で理解拡大をはかっていく意義は研究に携わる側として認識すべきところである。

地層処分における上記のような課題解決への一つの取り組みとして、原子力機構の研究機関としての特徴踏まえ、次世代を構成する学生層に理工学など自然科学の側面から放射性廃棄物の処分研究の説明につとめ、社会的にも彼らを通じてより広く知識が広まることを企図して、授業や講義、見学実習の中から理解拡大を試みた。

具体的には、大学における自然科学や環境、エネルギー関連の講義やセミナーもしくは自主研究会なども対象に、原子力と廃棄物処分についての説明や意見交換の機会を設けて欲しい旨、担当教官に呼びかけた。高校については、まず茨城地域にあって、ある程度原子力情報に接する機会も多いと思われる水戸日立地域の高校高専の理科教員への呼びかけに着手した。具体的な相手先として、文部科学省のサイエンススクールプログラムや、経済産業省も加えた原子力教育振興プログラムに参画している地元高校について、機構の地域交流部門との連携のもとで、理科や自然科学教育の授業や見学に協力する形で、高校生徒への説明や意見交換の場を実現した。

本報告では、上記のように教育機関を対象に、原子力とりわけ廃棄物処分の研究についての理解を深めるべく行った活動の経緯と、次世代の社会構成員となる学生層との意見交換やアンケート記述を通じて得られた知見についてまとめる。

## 2. 実施内容

### 2.1 原子力と廃棄物処分の研究についての説明、意見交換の呼びかけ

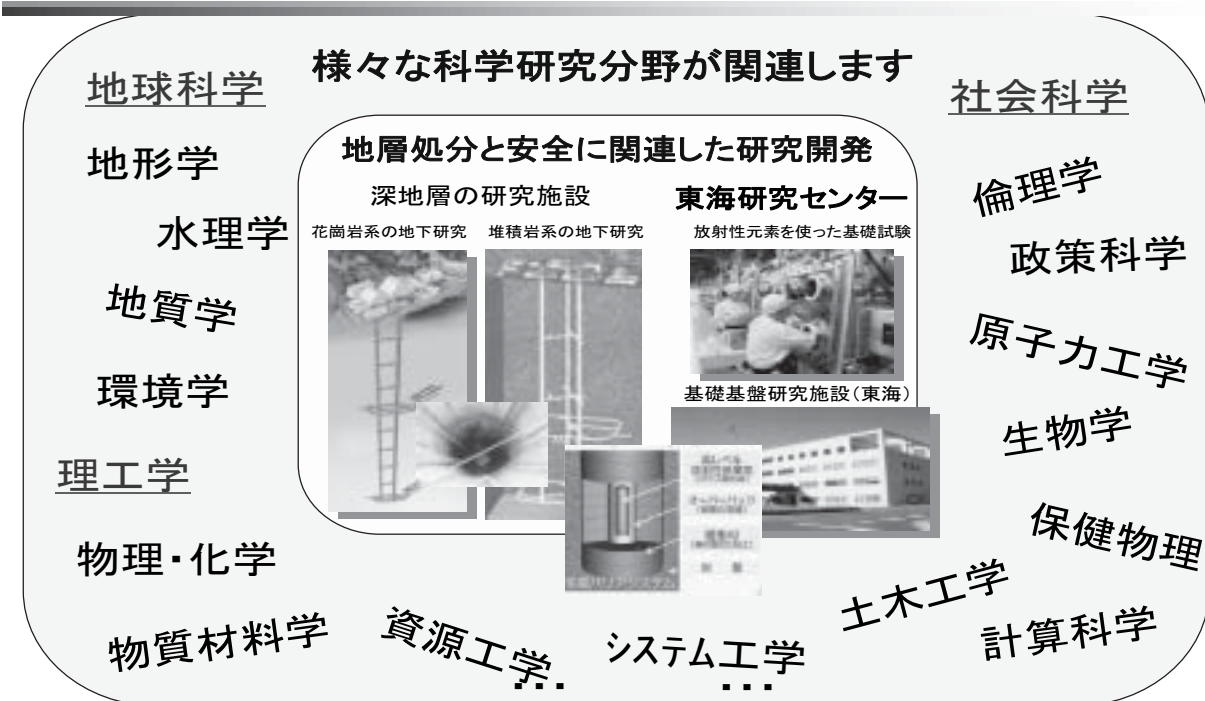
原子力機構の地層処分研究部門として理解拡大に向け、第一に地層処分のこれまでの研究成果を次世代層の学生に知ってもらうことを目的の意見交換の場をもつことが必要であった。ただし、大学のエネルギー関連学科を除いては、原子力自体の現状もどこまで知識として得ているか不明である。そのため、下のように原子力と地層処分についての解説よりも、それらが立脚する理工学の現状と、それらが原子力の実際の研究でどのように生かされているかの紹介を通じて、最終的に廃棄物処分の考え方を伝え、まずはその技術の概要とどのような感想を持っ

たかにつき把握することに重点を置いた。また教育機関への呼びかけの趣旨としては、科学への興味や知識教育の一環として、エネルギーや原子力における理工学の活用について現状を知り、将来の進路や研究課題の指導への反映活用という点を強調して、説明の機会を設けてもらえるよう次のように呼びかけた。

- ① 原子力の廃棄物対策、特に地層処分について、考え方や技術の裏づけをより広く理解し、かつエネルギーや環境に関する内外情勢も考えつつ前向きな議論ができる次世代実現への活動を目指す。そのため、高校・大学の理工学・自然科学に関連した見学、授業、講演の機会を設け説明に努めたい。
- ② 高校、大学の教育の場での科学ばなれ、理工学進学者の減少への対処が課題とされている中、研究機関の研究者の話を聴き、進路や実践的研究への参考とする機会として活用して欲しい。
- ③ 原子力技術や地層処分は理工学を集約した政策技術的な分野で、エネルギーや環境問題など現在世界的に議論されている問題とも密接な関連をもつことから、身近な社会問題も踏まえて考えて議論する教育課題としても適切である。また原子力機構として研究機関みずから次代の人材を早期に育成することにつとめ、次世代の原子力推進を担う人材確保を進めるといふ目的にも沿ったものである。

上記3点のような内容で、廃棄物処分研究の特徴を一覧できる図—1の資料などを提示しながら、機構と既に何らかの関係をもつ大学、高校に向けて、講義や授業または自主的なセミナーなどの機会に講演、説明の時間をもらえるよう呼びかけを行った。

## 放射性廃棄物地層処分に関連した科学・理工学の研究分野



図—1 原子力とその廃棄物の地層処分研究に関連した学問分野



## 2. 2 理解拡大の視点での教育機関とのコミュニケーションと説明ツールの整備

前節で記した、説明や意見交換の機会づくりの呼びかけとあわせて、原子力機構東海研究開発センターの研究施設への教育関係者や学生の見学者が多いことを踏まえて、30分程度の見学説明だけに終わることなく、別途授業や講演の機会を持ち、研究を構成する理工学技術の説明や理論解説を通じて科学教育や意識の向上に寄与しつつ、学生との意見交換も提案してきた。

その結果、大学からは原子力バックエンドの特定テーマのセミナーや自主勉強会での講演依頼を受けるようになり、原子力や資源などエネルギー系専攻分野に限らず、地質など理学系学科や環境、土木など工学系学科でも原子力とは関連薄い分野への講演活動も開始した。高校を対象としての活動は、特に理科教育に注目していると思われる学校で（理数科の設置や文部科学省のサイエンスハイスクール登録高校など）まず茨城地区を対象に、前記のような呼びかけをフォローする意味で、担当教員とのコミュニケーションをはかり授業などへの協力の形で理解拡大を進める方策を検討した。また、理科教育に関連して、東海研究開発センター管理部地域交流課への学校側からの協力依頼も近年多くなっていることに着目し、それら依頼に対しても地域交流課との連携で積極的に対応に努めた。その結果、東海研究開発センターへの見学実績をもつ高校、高専から講演含めた見学や体験学習、また出張授業などの依頼を受けて対応するとともに、従来は整備されていなかった高校生向けのエネルギーや廃棄物処理処分の解説資料や、意見感想を把握するためのアンケートなどの準備も行った。（それら準備資料の内容については、付録にまとめて示した。）

### 1) 大学・高校での廃棄物処分についての解説

事前に担当の教官の先生方との相談を通じて、理工学や理数系といっても原子力や放射線の基礎知識は多くはないこと、まして放射性廃棄物については皆無の学生に、数十分の講演のあいだに興味を持ち、かつ科学的に新しい知識として記憶に残るようなストーリーが必要との感触を得ていた。

そのため、身近な科学的話題として、環境とエネルギーの話題を導入に使い、原子力や処分の説明につながる地球生物の進化や化学元素の基礎知識も独自に加え、学校での理科の学習とのつながりにも配慮した。付録の資料として、高校・大学において説明に使用したスライドの標準的な構成を示す。基本は、わが国のエネルギーの現状、原子力とリサイクル、廃棄物の地層処分の3点が重点となるが、講演先の学部学科の専攻や講師の専門性も考慮して適宜自由な差し替えも行っている。

### 2) 実感体験を重視した説明のための工夫

地層処分基盤研究施設への見学者には公開している展示品であるが、廃棄物の地層処分ですでに使われる材料である、ガラス、ステンレス鋼（キャニスター）、粘土（ベントナイト緩衝材）などのサンプル、および地下深部のイメージを示す展示模型を垂れ幕式にして天井から下げて示すようにした写真などを用意した。また、必要に応じ、スーツケースに組み込んだ小型の処分場模型での説明も行った。また、地層処分材料のナチュラルアナログ研究素材である、

出土品や火山ガラスのサンプルなど、身近な調査研究対象との関連にも配慮した。ベントナイトの止水性や膨潤の特性については、水を使うだけで比較的短時間で見せられるため、時間の余裕をみながら実演も加えるよう考慮した。

### 2. 3 実施結果 (平成 20 年 3 月まで)

平成 18 年度下期から開始した前記のような教育機関への呼びかけと、東海の地層処分研究施設への学校関係の見学の機会をとらえての理解拡大への取り組みの結果、平成 19 年度に入って大学や高校からの依頼として、原子力や廃棄物処分の講演、授業の実施、特にこれまで少なかった出張授業や派遣講師の形での実施の機会を増やすことができた。

表一 1 に、今回の呼びかけ活動を契機として、地層処分の理解拡大目的での特段の活動(単に講演や見学でなく、研究も含めた科学的な解説や意見交換などのコミュニケーションに展開したもの)に発展させられた、教育機関への活動内容を一覧した。また派生的に、一般の社会人グループに向けても同様の内容で講演し、活動の拡大や経験の蓄積をはかったので、併せて示した。

表-1(1) 学校教育機関への授業、講演活動の実施状況 (2007.2~2008.5末現在)

学校分類 (高校、大学〈専攻〉)	対象とした学校数	生徒、学生数 (総計)
高等学校・高専	5	487
大学〈理学、土木・社会環境工学系〉	10	360
大学〈エネルギー・資源系〉	6	120
合計 (学校数、学生数)	21	867

表-1(2) 一般聴講者への同様の講演と意見交換の実施状況

対象グループ	対象としたグループ数	対象者数 (総計)
サイエンスカフェ (住民、有識者) 企業広報担当者、有志市民団体など	6	94



平成19年度 説明後アンケート (次の授業までに提出願います)

平成19年度 説明後アンケート (次の授業までに提出願います)

今日の話を参考に、ご自分の感想として、1つでも2つでも書いてみてください。

質問事項 地球環境や原子力の廃棄物について、自分の将来との関係でどう感じましたか？

【心配な点、】

地球環境の変化への心配について；

エネルギーの確保； 電気をつくるエネルギー源をどうすべきでしょう

原子力の廃棄物；

放射性の廃棄物を地層に処分することへの心配は？；

【解決の道筋を考える】

地球環境を守るために、できること ； できれば、科学で考え説明してください

国、社会がやらなければならないことは？

自分にできそうなこと、どのような分野の仕事、研究に期待できると感じましたか

エネルギーと原子力について言いたいこと； 使わない／節約だけでなく、科学をふまえて

エネルギーや電気を使う社会に対して

技術や研究をしている人、機関に対して

社会の一員である、自分に対してはどうか

### 3 教育機関を対象とした、原子力と廃棄物をテーマの科学的理解拡大の取組みと成果

放射性廃棄物の地層処分技術に関して、その科学的背景や研究の現状の理解拡大を主眼に、高校や大学での講演、授業の機会をつくり、平成20年5月までの1年半の期間に17校 20学科(専攻)の延べ850名以上の学生、生徒への授業・講演活動を行った。

今回、原子力や廃棄物に関する学生や生徒との意見交換に至る取組みが実現した背景には、学校教育機関側と原子力機構側の置かれた状況の変化も関係している。

#### 学校教育機関側で今回のような機会づくりに至る社会情勢の変化

- ・科学、理科ばなれに対し、理数教育や自然科学全般への興味もたせる学校活動の必要性の高まり
- ・地球環境温暖化が世界的に議論されるという社会情勢にそった原子力エネルギー教育
- ・大学での実践的科学教育(インターンシップ)のニーズ踏まえた、社会情勢把握と知識の必要性

#### 原子力機構側における外部との教育コミュニケーションの必要性認識

- ・地域交流の視点で学校教育機関との連携の必要性
- ・研究成果のアウトリーチ活動への展開の要請が強まったこと
- ・原子力機構全体として、次世代の研究人材の育成、確保の必要性

上記のように教育機関側、機構側の両方で、理科や自然科学教育への必要性が認識された結果、当機構の講師による講演や授業の形での、学生生徒との直接の意見交換の場が実現したといえる。

#### 3.1 アンケートの集計と、講演や授業についての意見記述の解析

今回の取組みは、地層処分に関する単なる広報活動ではなく、科学的なコミュニケーションを重視しつつ、次世代を形成する生徒、学生を対象にした意見交換もとり入れるという前例も少ない試みのため、その反響や影響を把握し今後に資するために、可能な範囲でアンケートの記入を依頼した。

添付資料アンケート用紙の例のように、選択式により廃棄物処分の説明への印象感想を問うものと、エネルギーや環境へのかかわりも含めて、原子力とその廃棄物に自分はどうすべきと感じたかという、段階的な問いかけと自由記述のものを組み合わせて回答を得た。講義後の記入時間の余裕を考慮して、両方または片方だけの回答を依頼した。

対象とした大学の専攻や、高校それぞれの予備知識やバックグラウンドの程度の違いも考慮して、集計結果は一括した数字の統計とはせず、学校分野ごとに回答の内容を集計した結果として、表-2、 図-2 のようにまとめた。

表-2 アンケート(選択式)集計結果

(1) 聴講後アンケート(選択式)の傾向 (高校生)

	よく知っていた	すこし知っていた	言葉を聞いたことがある	全くしらなかった	
① 講演を聞く前に地層処分について知っていたか	4	<b>104</b>	51	78	
	講演会など	見学	新聞やテレビ	先生、親類、知人	その他
② どのようにして知った	33	11	53	15	9
	わかりやすい	まあまあ	わかりにくい		
③ 講師の説明	127	101	7		
	安全だと思う	まだ不安だ	まだよくわからない	その他	
④ 講演を聴いたあとの、地層処分のイメージは?	57	<b>127</b>	48	3	
	はい	すこし	ぜんぜん		
⑤ 地層処分について興味をもつことができましたか?	93	137	5		
	思う	思わない			
⑥ このような講演の機会は有益だと思いますか?	<b>225</b>	10			
	そのように感じた	感じられなかった			
⑦ 理科などの研究知識が役立っていると感じたか	<b>183</b>	45			
	はい	いいえ	どちらともいえない		
⑧ 将来、地層処分や原子力の仕事をしてもよいと思いますか?	18	107	110		

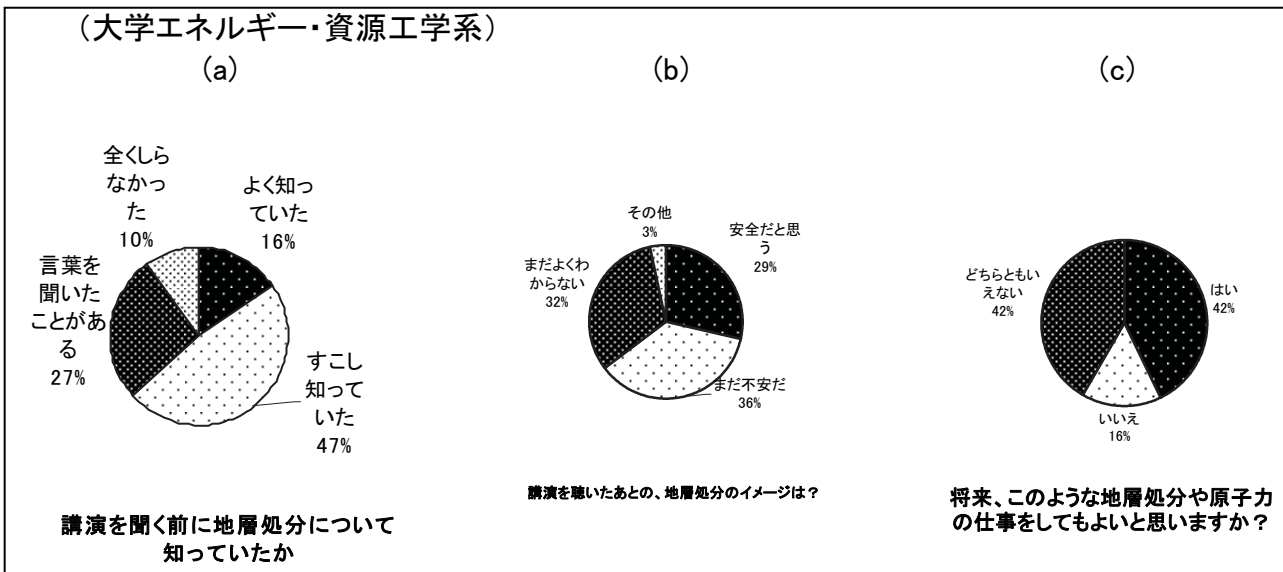
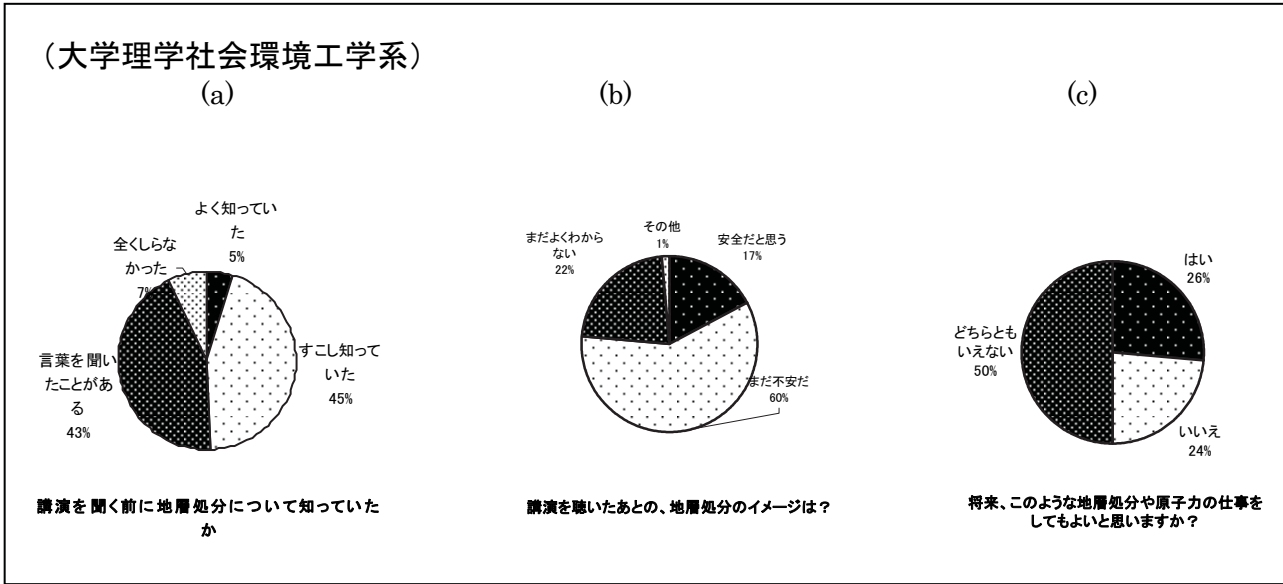
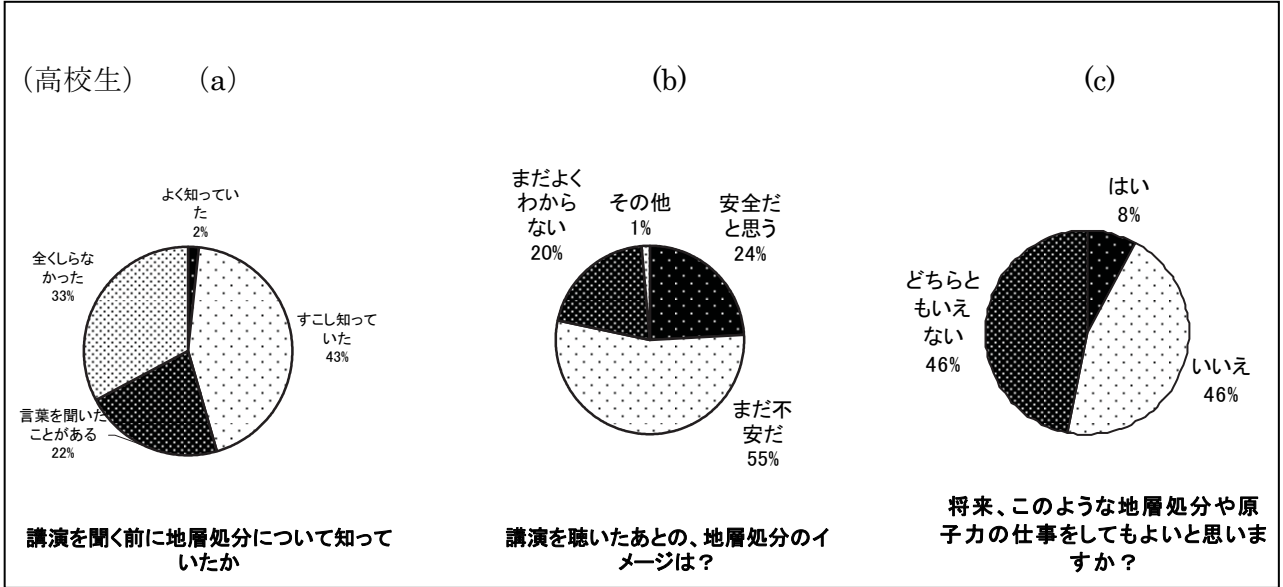
(2) 聴講後アンケート(選択式)の傾向 (大学理学社会環境工学系)

	よく知っていた	すこし知っていた	言葉を聞いたことがある	全くしらなかった	
① 講演を聞く前に地層処分について知っていたか	7	68	66	11	
	講演会など	見学	新聞やテレビ	先生、親類、知人	その他
② どのようにして知った	9	7	41	25	5
	わかりやすい	まあまあ	わかりにくい		
③ 講師の説明	<b>94</b>	53	3		
	安全だと思う	まだ不安だ	まだよくわからない	その他	
④ 講演を聴いたあとの、地層処分のイメージは?	26	<b>90</b>	34	2	
	はい	すこし	ぜんぜん		
⑤ 地層処分について興味をもつことができましたか?	76	74	1		
	思う	思わない			
⑥ このような講演の機会は有益だと思いますか?	<b>151</b>	1			
	そのように感じた	感じられなかった			
⑦ 理科などの研究知識が役立っていると感じたか	<b>106</b>	42			
	はい	いいえ	どちらともいえない		
⑧ 将来、地層処分や原子力の仕事をしてもよいと思いますか?	40	36	<b>76</b>		

(3) 聴講後アンケート(選択式)の傾向 (大学エネルギー・資源工学系)

	よく知っていた	すこし知っていた	言葉を聞いたことがある	全くしらなかった	
① 講演を聞く前に地層処分について知っていたか	14	<b>43</b>	24	9	
	講演会など	見学	新聞やテレビ	先生、親類、知人	その他
② どのようにして知った	6	3	19	9	5
	わかりやすい	まあまあ	わかりにくい		
③ 講師の説明	35	47	7		
	安全だと思う	まだ不安だ	まだよくわからない	その他	
⑤ 講演を聴いたあとの、地層処分のイメージは？	26	33	29	3	
	はい	すこし	ぜんぜん		
⑥ 地層処分について興味をもつことができましたか？	46	43	2		
	思う	思わない			
⑦ このような講演の機会は有益だと思えますか？	<b>88</b>	1			
	そのように感じた	感じられなかった			
⑧ 理科などの研究知識が役立っていると感じたか	<b>62</b>	28			
	はい	いいえ	どちらともいえない		
⑨ 将来、地層処分や原子力の仕事をしてもよいと思えますか？	38	14	37		





図—2 聴講後アンケート(選択式)の主要設問回答の傾向

地層処分についての予備知識の程度、資料やサンプルを用いた講演のわかりやすさ、受講後に廃棄物処分のイメージはどうか、学問／科学を背景とした処分研究への興味程度について、高校生の回答と、大学については専攻ごと（エネルギー・資源工学など原子力に近い専門と土木・社会環境工学、地質地学など理学部系など遠い分野に分けて）に分けて傾向を把握している。

概略の傾向として、エネルギーと原子力の廃棄物についての説明は理解されていると思われるが、地層処分のイメージとはして不安は残るとの回答がいずれの高校大学においても大半である。（図－2のグラフ（b）参照）

しかしながら理科や自然科学との関連で話を聴いて、有益であるとの感想も多く、科学的な研究解説の話題として廃棄物処分の説明が学生、生徒に興味をもたせられる内容に資料構成できているとの感触も得られた。（表－2 ⑤、⑥の設問回答）

将来の職業として、処分や原子力の進路への質問については、理系大学生は進路選択の視野に現実的にとらえているとみられるが、高校生ではまだ職業としては不安なものという印象もあることが見てとれる。（図－2の グラフ(C) の比較）

自由記述式のアンケート結果については、設問のキーワードにどこまで興味と具体性をもって回答しているかの観点で、先と同様に高校生の回答と、大学については原子力エネルギー工学に近い学科と学問分野的には遠い工学系および理学部系に分類して回答の分布を集計した。

記述式アンケートにおける設問は、①環境問題、②エネルギーや原子力への見解、③国や社会への見方、④科学技術研究（特に原子力）への期待度、⑤社会の一員としての受講学生の意識について、講義講演を聴いてどこまで意見が具体的にまとまったかという観点で回答を分類した。今回については各設問に関して、一般的なメディア通じた情報レベルで回答できると思われるものを中間レベルとし、今回の講演通じて意識が高まった記述がみられるものは内容が原子力に批判的でも肯定的でもプラスとカウントした。漠然とした不安や懸念で記述が曖昧なものは今回はマイナスにカウントしている。

表－3、 に設問ごと、また高校、大学の分野に分けて回答の傾向を示した。表中の数字はそれぞれの項目について、回答の割合を算出した結果で、図－3 に円グラフとして図示した。回答総数がそれぞれ異なるため、比較の観点から割合として換算して図示している。

アンダーライン付太字は、結果の割合のうち回答からみられる意識の程度が、有意に（片方に10ポイント以上）集中している結果となっている項目を特記したものである。

地球環境変化に関しては近年、マスコミその他の情報が盛んにとりあげており、高校生大学生を問わず意識関心は高く、その科学的背景も同じく理解されていることが回答分布からわかる。エネルギーと原子力に関する記述回答では、既にエネルギー工学系を進路選択している大学生の関心については当然としても、それ以外の大学・高校生の回答では漠然と不安を記した回答の割合が多いことが特徴である。（図－3 グラフ（a）の比較）

科学や原子力に関する技術、研究についての関心や期待度という視点での回答分析でも、エネルギー系選択学生の関心は高いが、同程度に高校生の回答が肯定的な記述が多いという結果となった。（図－3 グラフ（b）の比較）一方、自然科学を専攻していても理学や社会環境工学系の学生では期待度や関心という点ではやや低い結果となっている。（図－3 グラフ（b）参照）この一因として、アンケート対象の高校がサイエンスハイスクールの指定校であって、科学教育に力をいれているということも理由となっていると思われ、エネルギーや環境のテーマを科学と関連させて理解するというとりくみの効果という点でも、引き続き影響に注目すべきところである。

「自分は」というキーワードを使った問いかけに対する回答の傾向として、一般的なエネルギー節約や理解に努力という回答は中間レベルと判断し、一歩積極的にみて研究を

したい、又は関連の仕事に携わるという行動意識を肯定とする集計結果でもかなり積極的な記述が得られた。(図-3 グラフ(c) 参照) 国や社会、研究機関に加えて、自分には何ができるかという重ねた問いかけをした結果、傍観するのではなく、積極的に考える意識を持った回答につながったとみることができるのではないか。

表—3 アンケート(記述式)の回答内容と問題意識度分析結果

聴講後アンケート(記述式)の傾向について (高校生) [回答割合]

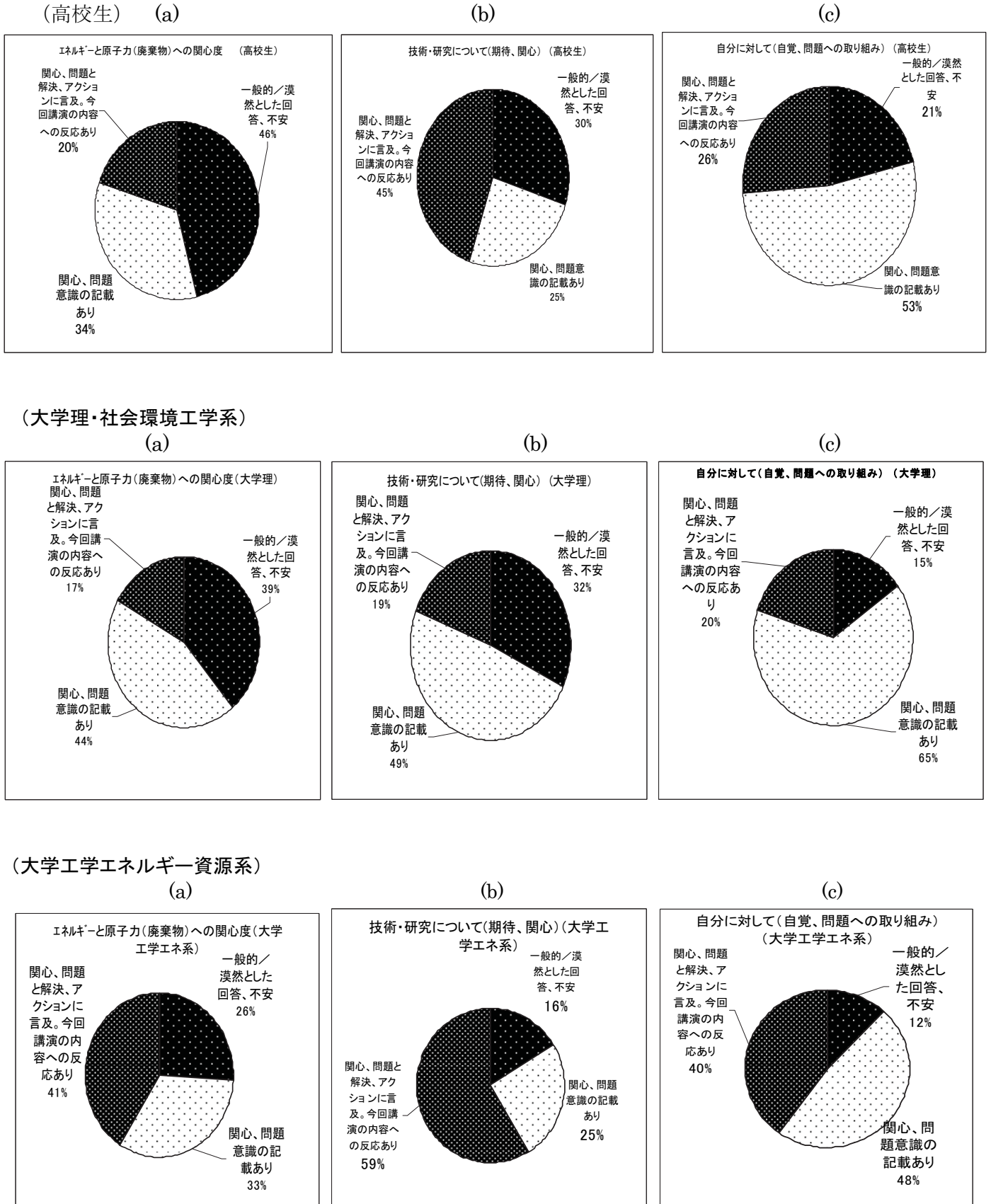
設問 \ 記述の分析	一般的／漠然とした回答、不安	関心、問題意識の記載あり	関心、問題と解決、アクションに言及し、今回講演の内容への反応あり	記入総数
環境変化への関心度 (高校生)	0.29	0.38	<b>0.38</b>	16
エネルギーと原子力(廃棄物)への関心度 (高校生)	<b>0.46</b>	0.34	0.2	35
国・社会のあり方への意見、関心度 (高校生)	0.08	0.49	<b>0.43</b>	39
技術・研究について(期待、関心) (高校生)	0.3	0.25	<b>0.45</b>	20
自分に対して(自覚、問題への取り組み) (高校生)	0.21	0.53	0.26	19

聴講後アンケート(記述式)の傾向について (大学理社会環境工学系) [回答割合]

設問 \ 記述の分析	一般的／漠然とした回答、不安	関心、問題意識の記載あり	関心、問題と解決、アクションに言及。今回講演の内容への反応あり	記入総数
環境変化への関心度 (大学理)	0.17	0.69	0.14	29
エネルギーと原子力(廃棄物)への関心度(大学理)	<b>0.39</b>	0.44	0.17	62
国・社会のあり方への意見、関心度 (大学理)	0.2	0.53	0.27	64
技術・研究について(期待、関心) (大学理)	<b>0.32</b>	0.48	0.19	31
自分に対して(自覚、問題への取り組み) (大学理)	0.15	0.65	0.2	59

聴講後アンケート(記述式)の傾向について (大学工学エネルギー資源系) [回答割合]

設問 \ 記述の分析	一般的／漠然とした回答、不安	関心、問題意識の記載あり	関心、問題と解決、アクションに言及。今回講演の内容への反応あり	記入総数
環境変化への関心度 (大学工学エネ系)	0.19	0.52	<u>0.29</u>	41
エネルギーと原子力(廃棄物)への関心度(大学工学エネ系)	0.26	0.33	<b>0.41</b>	<b>98</b>
国・社会のあり方への意見、関心度(大学工学エネ系)	0.04	0.48	<b>0.48</b>	58
技術・研究について(期待、関心)(大学工学エネ系)	0.16	0.25	<b>0.58</b>	31
自分に対して(自覚、問題への取り組み)(大学工学エネ系)	0.12	0.48	<b>0.40</b>	25



図—3 聴講後アンケート(記述式)の主要設問回答の内容の傾向分布

またこれまで大学生や高校生とは1回の講演と意見交換に終わっており、同じ学生のグループに再度意見や感想を交える機会は持っていないが、地域交流の視点で継続的に会合している一般市民のグループに対しては、アンケートに記述された意見に関して、再度その理由や感想について研究者技術者から問いかける機会をもつことができた。

表—4 に一部紹介するように、見学や講演を通じてネガティブなイメージが変わったというアンケート記述に、何を見て、聴いて変わったかという点を再度問いかけ、今後の見学、講演説明の重点をいくつか明確にすることができた。また、感覚的に不安懸念が解消される事例もあり、技術者特有の理詰めの説明でなく、一般の目線で感覚的にとらえて理解が進むというコミュニケーションの進め方も、今後、研究者技術者がどのように理解拡大に貢献するかを考える上で、留意すべき点であるといえる。

表—4 聴講者アンケート意見について JAEA から再質問し意見交換した一例

聴講者のアンケート意見感想	意見感想受けての再質問	聴講者の再度の回答、意見
これまで「地層処分＝お墓」のイメージだったが大きく変わった。	廃棄物のかたまりや花崗岩など、やはりお墓的ではあると思うのですが、何のイメージがどのように変わったのか、何をみて聞いて変わったのかについて、再度聞かせていただきたい	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シミュレーションを見て、「未来へのタイムマシーン」のイメージが強かった。お墓はそこで終わりだが、シミュレーションを見ていると、地層処分はその後も続いている感じをうけた。</li> <li>・見学して最先端技術の利用の感じを受けた。</li> <li>・説明者が明るかった。</li> <li>・自分たちも含め、多くの人は地層処分に対する理解が足りないと思う。これまで、廃棄物の処理や処分は、生ゴミの処理に毛がはえた程度にしか考えていなかった。(正直言ってこのような研究がされているとは知らなかった。)</li> </ul>
人がウランを土から掘り出したものだから土に戻すことが自然なことだと伝えたい。市民グループでの原子力ボードゲームの検討時、処分場がゴールになることが嫌だったが、見学して処分場がゴールでも良いという気持ちになった。	この心境の変わりかたも、できれば教えていただきたい。研究者は、とにかく理詰めで、こうだからこうなってこうですという説明を好むのですが、社会の大半の人々は感性でとらえて、自然と同じようになるよう、不必要に難しい複雑な技術でないというとらえかたのほうに納得できるかもしれません。地層処分は、自然のしくみの中に廃棄物を「念のため何重か容器に入れて」戻すようにしようとの見方になったのは、見学講演のどこがきっかけでしょうか	<ul style="list-style-type: none"> <li>・廃棄物というと、今までは「捨てる」というふうに思っていたが、見学をして「土に戻す」というふう変わった。(どこを見たからというわけではない。) こう解釈すれば、前向きにとらえられ、地層処分も明るいイメージになる。</li> <li>・人が生まれて死ぬとお墓に入るように、ウランも使命をまっとうしたあと、感謝の気持ちを込めて地面に葬ると考えられるという気持ちから。 <b>(「廃棄物＝ゴール」に反対の意見)</b></li> <li>・有効利用するため、掘り出す可能性もあるから、地層処分はゴールではないと思う。 (廃棄物には放射能も残る。)</li> </ul>

今のところ限られた知見ではあるが、専門知識を伝える側とそれを受ける一般の聴き手側のコミュニケーションで留意すべき点を今後の展開に資するため整理した。

(用語、言葉について)

- 1) 専門的に硬く、難しい説明は避けるよう努力する
- 2) アウトリーチ活動でも指摘されるように、厳密、網羅的に説明する意識を排除してポイントを易しく説明する努力
- 3) 相手の使ったことば、用語を引き取って使用することで、コミュニケーションの継続がはかれる。

(雰囲気や感覚について)

- 1) 論理を組み合わせた説明から脱し、感覚的に伝える工夫も必要と認識すること。
- 2) たとえ話、相手の目線にあわせて説明を行う。 学術知識と伝える知識との違いを考慮すること。



#### 4. 今後の展開について

本報告でまとめた内容は、地層処分研究開発部門の研究者みずから行う科学技術に関連した理解活動であり、他機関では行い難いものである。研究の紹介を踏まえた廃棄物処分への理解拡大をめざして、今後も学校教育の場における講演と意見交換を通じて、科学的コミュニケーションの取り組みをより広く続けることとする。

近郊地域の高校を対象にした地域交流、協力の一環としては、出張授業や施設への見学受け入れにあたって処分研究を含めた講演で、多くの生徒にエネルギーや処分の考え方、理化学的なバックグラウンドについて実感としてとらえてもらうため、これまでに整備した資料やサンプル模型など説明ツールの活用をはかる。

大学以上の世代層については、連携大学や国（文部科学省）の原子力人材育成プログラム採択校など、既存のチャンネルでこれまでの取り組みに着手したことに加えて、原子力(エネルギー)分野以外に幅をひろげ、部門内研究者の出身分野である地球科学、土木材料、システム工学分野にもつながりを持てるよう活動の拡大に努めたい。地層処分研究開発部門に勤務する研究者の出身学科は、地層処分が関連する学問分野（図—1）にわたっており、出身大学への今年度同様の案内と出張講演の機会づくりを継続することにより、より広い分野への展開が出来ると考えられる。

今後は、活動の対象拡大に向けて新規の呼びかけを行うと同時に、既に見学、講演を実施した教育機関に対しても、再度踏み込んだ理解のための活動を試み、その過程でどのように廃棄物処分についての見方が変えられたかについても、科学的コミュニケーションについての経験蓄積という観点からアンケートや意見の把握を行い、今後の取り組みに反映させていくこととする。また、本報告において記述式アンケートの内容と記入者の意識の程度について、講演や設問のキーワードをどの程度意識したか、自分の行動として考える意識がみてとれるかなどを分析した手法を今後さらに展開し、聴講者やその専門分野も考慮した効果的な解説、説明手法の検討などにも反映させる予定である。



## 5. まとめ

地層処分研究開発部門の研究職員みずからが、大学、高校の学生に原子力とその廃棄物処分に関する講演を通じ、意見交換することで、次世代層への廃棄物処分の理解拡大をはかる目的の今回の試行は、約1年半の期間で17校20学科(専攻)の約850名の学生を対象に実施した。

その結果として、次のような知見を得ることができた。

1) 原子力やその研究成果についての現状を科学的に情報提供し意見交換するなど、教育機関への取り組みは、事業主体や科学広報機関、民間の技術情報機関よりも、国の下での原子力研究開発機関である機構の研究者が研究成果のアウトリーチ活動として主体的に行うことが適切である

2) 次世代層のエネルギーや原子力と廃棄物処分への関心理解は、環境問題やエネルギー経済も含め、広い視点で考えることが、将来の意思決定において必要とされる。教育機関での知識学問だけでなく関係機関の協力のもとでの経験学習や見学等での実体験を踏まえた学習、理解が、科学技術の社会的課題を解決する上で必要であり、研究機関と教育機関のつながり接点をつくる努力が重要である。

3) 廃棄物処分への理解関心の拡大という意味では、アンケート記述や、講演説明後に意見交換することによって、単なる一方向の情報伝達でなく、互いの立場や科学の眼で客観的に見ながら(目線を同じくするという表現が一般に使われる)コミュニケーションがはかれた。

4) 環境やエネルギー問題と連動する原子力とその廃棄物の処分の意義について、科学的に理解を深める中で、関心を持ち意識を高めるという反響が、アンケートの回答分析から把握できつつある。学生層の批判的意見はむしろ歓迎すべき反応でもあり、無関心がもっとも危険、好ましからざる反応であると受け止めて、関心をひきだすような対話コミュニケーションのありかたをさらに試行していくよう努める。

以上のように1年半の試行の結果、次世代に向け廃棄物処分の研究の理解拡大への試行を通じて、学校や教育機関に向けた活動のありかたについて、知見を得ることができた。これらを踏まえてさらに継続して活動を進めていくこととしたい。

### 謝辞

本活動を進めるにあたり、日本原子力研究開発機構/地層処分基盤研究開発ユニットの研究職員有志には、教育機関における講師講演を分担して、活動の幅をひろげるために協力いただいたことに謝意を表します。

(付録) 原子力と地層処分の講演、講義に使用した説明用スライド資料の内容例

07.11 @ ATOMM

## 放射性廃棄物の地層処分

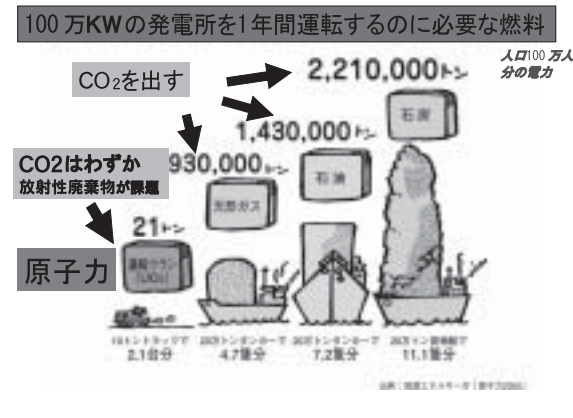
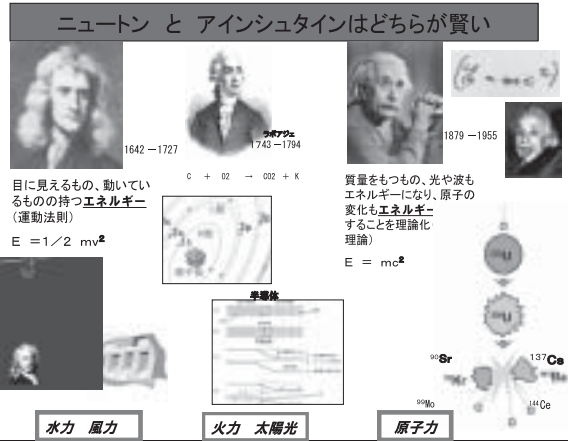
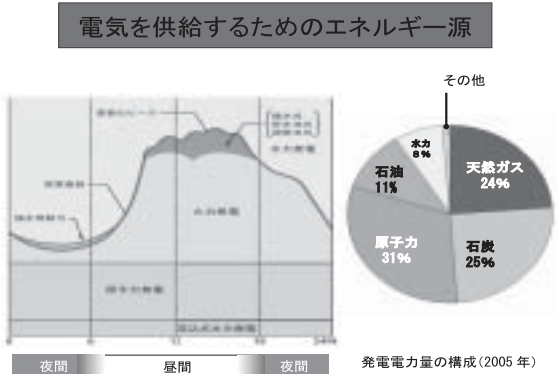
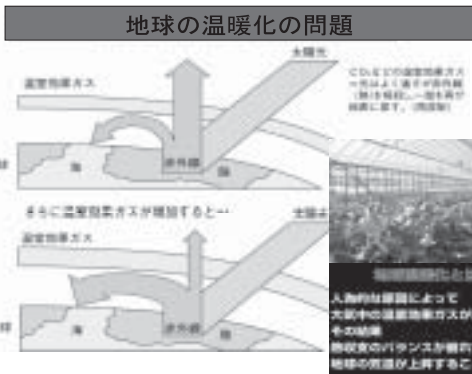
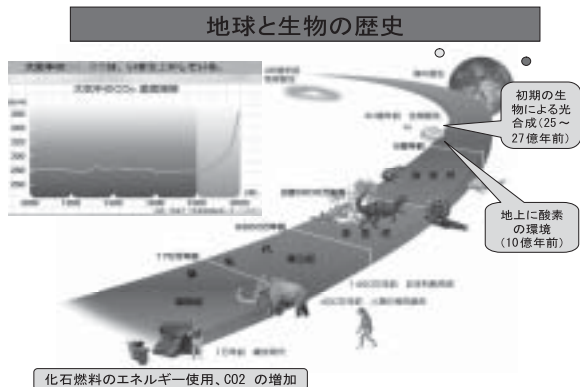
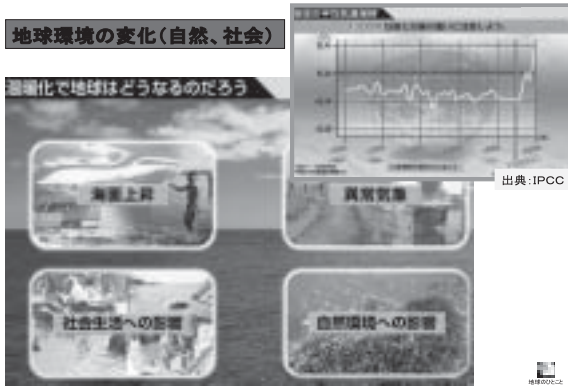
—地球環境問題と原子力について—

日本原子力研究開発機構  
地層処分研究開発部門

## 今日お話しすること

1. エネルギー(電気)の確保と地球環境
2. 原子力はリサイクルと、廃棄物の安全対策への努力
3. 放射性廃棄物は地下の岩の中に処分(地層処分)
4. 数万年の将来を予測した安全対策
5. 放射性廃棄物の処分に関連した、科学的基礎研究

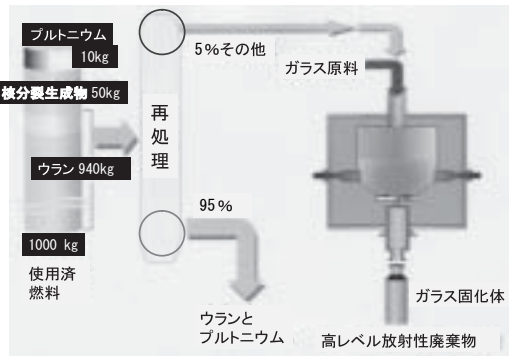
(東海サイクル工学研究と地層処分研究施設見学)



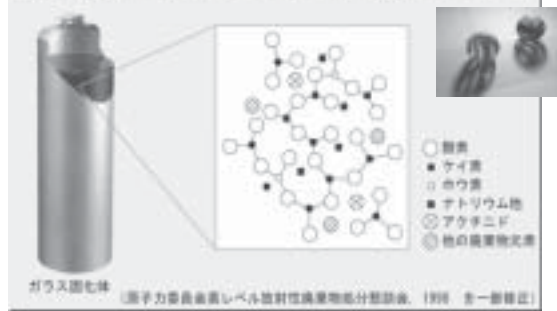




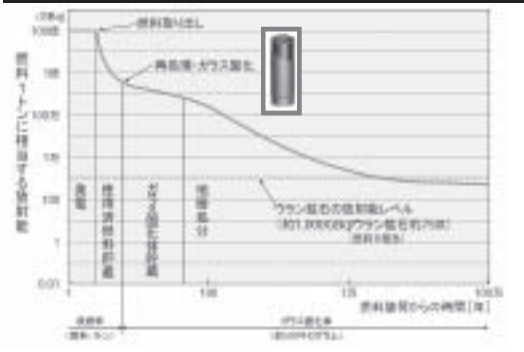
**再処理とガラス固化**



**分子構造レベルでみたガラス網目構造中の廃棄物元素の存在状態**



**ガラス固化体の放射能時間変化**



**廃棄物が人間に影響を及ぼさないようになぜ地層に処分なのか**

**制度的管理**

長期管理貯蔵

- ・現状施設で対応可能
- ・無期限には困難
- ・いずれ処分が必要

**永久隔離**

処分

宇宙空間

海洋底下

条約で制限

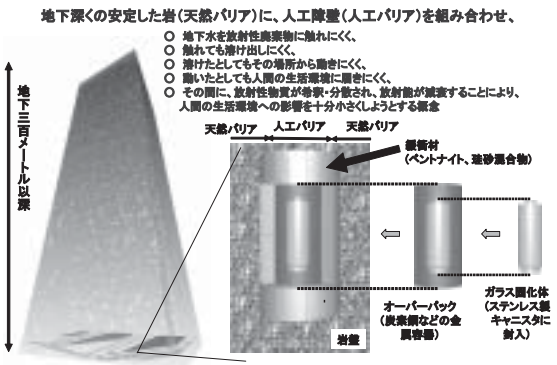
地層中

極地の氷床

**廃棄物の地層処分研究**



**高レベル放射性廃棄物の地層処分のしくみ (多重バリアシステム)**



**地層処分のしくみと考え方について**

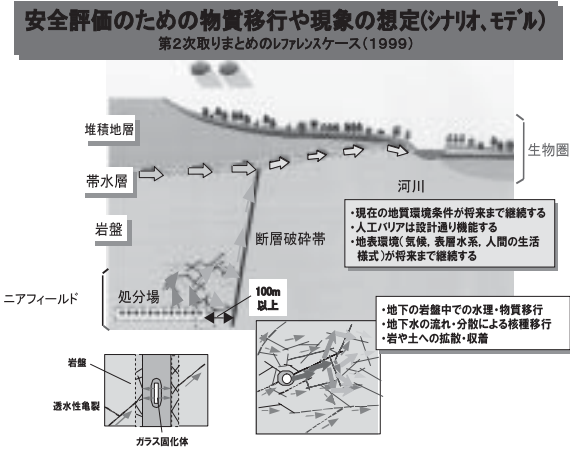
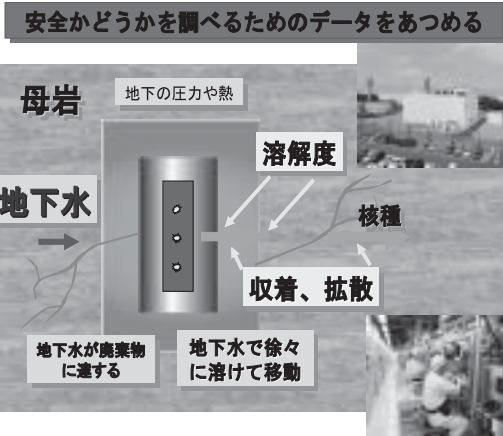
原子力の廃棄物は、ガラスとともに固型化し、多重の容器に収めて、地下数百メートルの深さの岩にトンネルを掘り、埋め込んで処分します。地下の環境のもとで、ガラスと容器は1000年間廃棄物を閉じ込めるよう、その構造、材料が選定されます。

1000年以上、閉じ込めが破れたとしても、緩衝材や岩盤、地質環境の働きで廃棄物の移動は抑制され、地上への到達には極めて長期間を要すると予測されます。(安全評価研究)

~2030年までの廃棄物  
廃棄物 4万本  
断面積2km X 2km

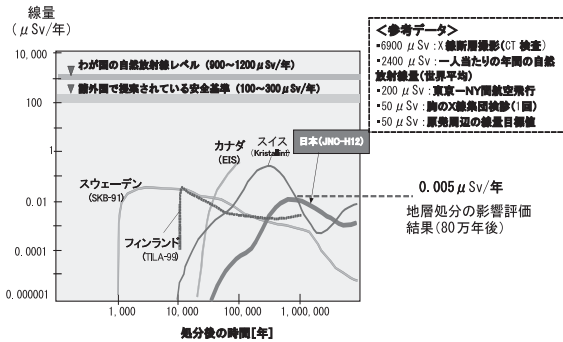
**廃棄物とバリアの寸法模型**





### 各国の安全研究結果の比較

(地下に処分した廃棄物の影響)

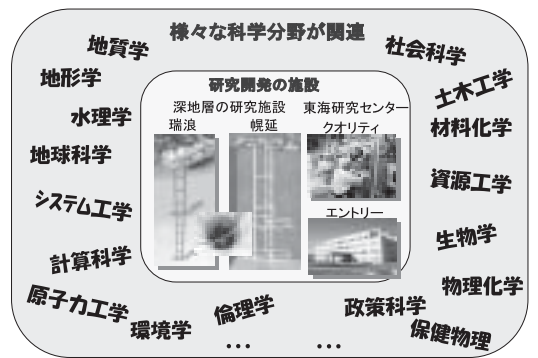


### 考古学の知識に学ぶ。鉄(容器)の長期保存の例

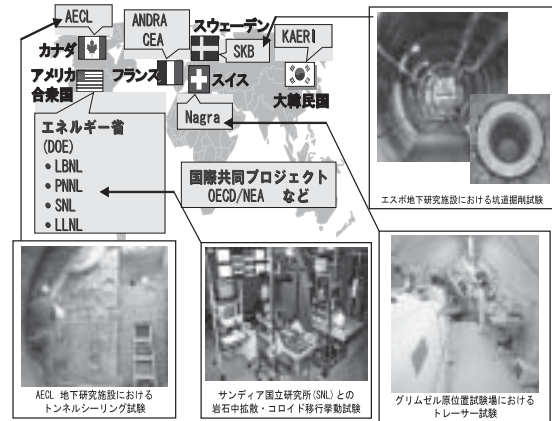


今日の話のまとめ

### 地層処分研究に必要なさまざまな知識



### 海外諸国とも協力して研究を行う



### 海外でも社会の理解を深めつつ処分を進める



This is a blank page.

# 国際単位系 (SI)

表1. SI基本単位

基本量	SI基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m <sup>2</sup>
体積	立方メートル	m <sup>3</sup>
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s <sup>2</sup>
波数	毎メートル	m <sup>-1</sup>
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m <sup>2</sup>
比体積	立方メートル毎キログラム	m <sup>3</sup> /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m <sup>2</sup>
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
質量濃度 <sup>(a)</sup> , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m <sup>3</sup>
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m <sup>2</sup>
屈折率 <sup>(b)</sup>	(数字の)	1
比透磁率 <sup>(b)</sup>	(数字の)	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) とよばれる。  
 (b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI組立単位		他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
	名称	記号		
平面角	ラジアン <sup>(b)</sup>	rad	1 <sup>(b)</sup>	m/m
立体角	ステラジアン <sup>(b)</sup>	sr <sup>(c)</sup>	1 <sup>(b)</sup>	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
周波数	ヘルツ <sup>(d)</sup>	Hz	s <sup>-1</sup>	s <sup>-1</sup>
力	ニュートン	N		m kg s <sup>-2</sup>
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m <sup>2</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>
電荷, 電気量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
静電容量	ファラド	F	C/V	m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>4</sup> A <sup>2</sup>
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-2</sup>
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V	m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>3</sup> A <sup>2</sup>
磁束	ウェーバ	Wb	Vs	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
磁束密度	テスラ	T	Wb/m <sup>2</sup>	kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>
セルシウス温度	セルシウス度 <sup>(e)</sup>	°C		K
光照度	ルーメン	lm	cd sr <sup>(c)</sup>	cd
放射線量	グレイ	Gy	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
放射線量, 比エネルギー分与, カーマ	シーベルト <sup>(g)</sup>	Sv	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
放射性核種の放射能 <sup>(f)</sup>	ベクレル <sup>(d)</sup>	Bq	s <sup>-1</sup>	s <sup>-1</sup>
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト <sup>(g)</sup>	Sv	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
酸素活性	カタール	kat	s <sup>-1</sup> mol	s <sup>-1</sup> mol

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。  
 (b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。  
 (c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。  
 (d) ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ用いられる。  
 (e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。  
 (f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。  
 (g) 単位シーベルト (PV,2002,70.205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI組立単位		SI基本単位による表し方
	名称	記号	
粘り	パスカル秒	Pa s	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-1</sup>
力のモーメント	ニュートンメートル	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>
表面張力	ニュートン毎メートル	N/m	kg s <sup>-2</sup>
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	m s <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup>
角加速度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s <sup>2</sup>	m s <sup>-1</sup> s <sup>-2</sup> s <sup>-2</sup>
熱流密度, 放射照度	ワット毎平方メートル	W/m <sup>2</sup>	kg s <sup>-3</sup>
熱容量, エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s <sup>-3</sup> K <sup>-1</sup>
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	m kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m <sup>3</sup>	m <sup>-3</sup> s A
表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> s A
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>4</sup> A <sup>2</sup>
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> mol <sup>-1</sup>
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup>
照射線量 (X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg <sup>-1</sup> s A
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	m <sup>2</sup> s <sup>-3</sup>
放射線強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m <sup>4</sup> m <sup>-2</sup> kg s <sup>-3</sup> = m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m <sup>2</sup> sr)	m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> kg s <sup>-3</sup> = kg s <sup>-3</sup>
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m <sup>3</sup>	m <sup>-3</sup> s <sup>-1</sup> mol

表5. SI接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10 <sup>24</sup>	ヨタ	Y	10 <sup>1</sup>	デシ	d
10 <sup>21</sup>	ゼタ	Z	10 <sup>2</sup>	センチ	c
10 <sup>18</sup>	エクサ	E	10 <sup>3</sup>	ミリ	m
10 <sup>15</sup>	ペタ	P	10 <sup>6</sup>	マイクロ	μ
10 <sup>12</sup>	テラ	T	10 <sup>9</sup>	ナノ	n
10 <sup>9</sup>	ギガ	G	10 <sup>12</sup>	ピコ	p
10 <sup>6</sup>	メガ	M	10 <sup>15</sup>	フェムト	f
10 <sup>3</sup>	キロ	k	10 <sup>18</sup>	アト	a
10 <sup>2</sup>	ヘクト	h	10 <sup>21</sup>	ゼプト	z
10 <sup>1</sup>	デカ	da	10 <sup>24</sup>	エクソ	y

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	1ha=1hm <sup>2</sup> =10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
リットル	L, l	1L=1l=1dm <sup>3</sup> =10 <sup>3</sup> cm <sup>3</sup> =10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
トン	t	1t=10 <sup>3</sup> kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI単位で表される数値
電子ボルト	eV	1eV=1.602 176 53(14)×10 <sup>-19</sup> J
ダルトン	Da	1Da=1.660 538 86(28)×10 <sup>-27</sup> kg
統一原子質量単位	u	1u=1 Da
天文単位	ua	1ua=1.495 978 706 91(6)×10 <sup>11</sup> m

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100kPa=10 <sup>5</sup> Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 <sup>-10</sup> m
海里	M	1 M=1852m
バイン	b	1 b=100fm <sup>2</sup> =(10 <sup>-12</sup> cm) <sup>2</sup> =10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的な関係は、対数量の定義に依存。
ベベル	B	
デジベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 <sup>-7</sup> J
ダイン	dyn	1 dyn=10 <sup>-5</sup> N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm <sup>-2</sup> =0.1 Pa s
ストークス	St	1 St=1cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> =10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>
スチルブ	sb	1 sb=1cd cm <sup>-2</sup> =10 <sup>4</sup> cd m <sup>-2</sup>
フォト	ph	1 ph=1cd sr cm <sup>-2</sup> 10 <sup>4</sup> lx
ガリ	Gal	1 Gal=1cm s <sup>-2</sup> =10 <sup>-2</sup> ms <sup>-2</sup>
マクスウェル	Mx	1 Mx=1G cm <sup>2</sup> =10 <sup>8</sup> Wb
ガウス	G	1 G=1Mx cm <sup>-2</sup> =10 <sup>4</sup> T
エルステッド <sup>(c)</sup>	Oe	1 Oe <sub>SI</sub> =(10 <sup>3</sup> /4π)A m <sup>-1</sup>

(c) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「=」は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 <sup>10</sup> Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 <sup>-4</sup> C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 <sup>-2</sup> Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 <sup>-2</sup> Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 <sup>-9</sup> T
フェルミ	f	1フェルミ=1 fm=10 <sup>-15</sup> m
メートル系カラット		1メートル系カラット=200 mg=2×10 <sup>-4</sup> kg
トル	Torr	1 Torr=(101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm=101 325 Pa
カロリ	cal	1cal=4.1858J (「15°C」カロリ), 4.1868J (「IT」カロリ), 4.184J (「熱化学」カロリ)
マイクロン	μ	1 μ=1μm=10 <sup>-6</sup> m

