原子力・放射線関連用語に対する連想語の頻度分布に 基づいた概念の関連性の考察

占 部 逸 正^{1*}

(2001年8月9日受理)
(2002年3月19日再受理)

Some Consideration on the Relevance of Concepts Based on the Probability Distribution of Words Reminded by Stimulus Terms Concerning Atomic Energy and Radiation Utilization

Itsumasa URABE^{*1}

The relevance of concepts brought to mind by stimulus terms concerning atomic energy and radiation utilization has been investigated to learn how people understand the present status of nuclear technology. The relevance of concepts was defined as the frequency distribution of words that came to mind immediately after seeing selected terms needed for present-day life as well as for nuclear engineering. An analysis of knowledge structure shows that (1) a concept of atomic energy has a close relation with that of electric power generation; (2) an understanding of nuclear power utilization may be promoted in relation to an understanding of energy and environmental problems because the concepts of energy, atomic energy, electric power generation, and natural environment have closer relations with one another; (3) a concept of radiation has various relations with harmful radiological health effects, but little relation with industrial, agricultural, and other beneficial uses except for nuclear power generation or medical applications. It also became clear from the investigation that studies on natural radiation may be important to promote an understanding of radiation utilization because a concept of the natural environment does not yet relate to that of natural radiation.

KEY WORDS: relevance of concepts, nuclear engineering, atomic energy, electric power generation, radiation, natural environment

I はじめに

原子力や放射線の利用に際して、これらの活動により生じる損害が、実際と大きく異なって評価された場合、予期しない重大な事態や ICRP の言う有益な行為に対する不当な制限が生じる可能性がある¹⁾。放射線の利用に伴う被ばくの人への損害の可能性は、他の有害な物質

に比べ高い確度で明らかにされているが、このことは危険な事態や不当な制限の生じる可能性を著しく少なくし、原子力や放射線の適切な利用を可能にする基礎となっている。しかし同時に、リスクや損害に関する情報が多くなることは、放射線の危険性に対する認識が深まることを前提としており、場合によってはその危険性に過剰な反応を生じる原因になる可能性も有している。

一般に、人の認知過程は、人に対する外界からの刺激を処理する過程とあらかじめ持っている知識などに基づいて解釈、推論し決定する過程の二つの側面を有してい

^{*1} 福山大学工学部；広島県福山市学園町1番地（〒729-0292）
School of Engineering, Fukuyama University; Gakuen-cho
1, Fukuyama, Hiroshima 729-0292, Japan.

る²⁾。つまり、原子力・放射線に関連する事柄の理解は、新たに学んだ情報のみならず、これまでの知識や経験あるいは期待によって決定される。したがって、これまでに安全性や危険性が偏って認識されていた場合、新たに提供された情報の理解にゆがみを生じ、実際に生じる利益や損害とはかけ離れて認知される可能性が高くなる。こうした歪みは、最終的には、認知構造の変化を経てしだいに共通の理解へと接近するが³⁾、こうした認知過程では知識情報、即ち意味記憶やエピソード記憶として保持されている記憶情報の在り方が重要な役割を果たすと考えられている⁴⁾。

記憶情報の単位である概念はこれの特徴づける重み付けされた多数の意味属性と関連づけられている⁵⁾。さらに、ある概念の意味属性は、それ自身が概念の単位となり意味属性の新たな集合を形成し、概念のネットワーク構造を形成する⁶⁾。人は身の回りの様々な事柄をこうした概念のネットワーク構造に基づいて理解しているが、原子力・放射線理解に関しても、関連する諸概念とそれらの関連性がその理解に深く関与していると考えられる。こうした視点から、本研究では、ある刺激語に対する連想語の頻度分布に基づいて、原子力・放射線の知識がどのような概念とどのように関連付けられているのか、その構造を明らかにすることを試みた。さらに、ここで得られた概念の関連性に基づいて、原子力・放射線に対する理解をより促す可能性のある概念の形成について考察した。

II 方 法

1. 平均的個人による概念の表現

言語等によりある概念が刺激されると関連する概念が想起され、それらの関連性の強さに応じて事柄の理解が促される⁷⁾。しかし、人の持つ概念は多様であり個人によって異なる。また個人の概念はその重要性や想起の頻度により質的あるいは量的に変化し、相互の関連性の強さも時々刻々と変化している。ここでは「個人の概念は所属する集団の概念の多様性と特徴を反映する」⁸⁾と仮定し、ある集団に属する個々人を構成要素とする平均的個人を想定し、その集団の中に形成された概念の多様性と関連性から、平均的個人としての概念のネットワーク構造を推定することにした。こうした平均的個人の考え方を成立させるためには、集団の選択に関して、集団がひとまとまりである何らかの共通項を有し、その集団を特徴づける幾つかのパラメータが明確であり、意識されることの比較的少ない概念をある程度導き出しうる規模の

人数で構成されていることなどの条件を満たす必要がある。さらに、社会現象の諸相を抽出による意見分布に基づいて明らかにしようとする社会調査では、特に対象集団からの標本の採り方に偏りを生じないように注意する必要があるが⁹⁾、平均的個人を把握しようとする場合には選択された集団それ自身が調査の対象となるため、集団の構成員全員からの回答を得る必要があり、できるだけ多様性を損なわないよう留意することが重要になる。平均的個人はあるひとまとまりの集団の性質を示すもので、その結論は一般化の可能なものも含むが、多くは選択された集団が共有する特徴的な概念とその関連性を表現したものとなる。このことは、逆に、適当な集団を選択し平均的な個人を想定することで、ある集団の平均的な概念の構造と他の集団のそれとの比較検討を可能にするとともに社会現象と概念の構造変化との関連を明らかにできる可能性を有している。

2. 調査の方法

調査は、何らかの刺激語が提示された場合、関連性の高い典型的な連想語が最も早く想起されることから⁷⁾、ある刺激語を提示した後、最初に連想する用語を1個記述してもらう方法で行った。概念は必ずしも言語と一致しないが、ここでは一般になされる哲学上の定義「概念は言語とともに生れ、言語によって表現される」を前提にして「概念は連想語によって表現さる」ことを仮定した¹⁰⁾。最初の連想語のみを採用したのは、提示された刺激語に対し被験者どおしの相互作用の無い状態での連想語をできるだけ正確に把握することを考慮したものである。刺激語として提示した用語の一覧をTable 1に示す。この調査では、エネルギー、原子力、放射線に関連する連想語の相互の関連を知ることを目的とした。これらの刺激語を提示する際には、原子力や放射線に関連すると思われる用語と直接関連しない用語を複数個同時に提示することで、調査実施者の影響を緩和し、原子力・

Table 1 The terms prepared for the investigation on the structure of concepts concerning the use of atomic energy and radiation.

実 施	提示した用語
2000 年 10 月	地球, エネルギー, 経済, 発電, 輸送, 生命, 情報, 安全, 資源
2000 年 11 月	環境, 成長, 原子力, 車, インターネット, 医療, 文明, 宇宙, 技術
2001 年 1 月	太陽光, 遺伝子組み替え, ビタミン, 放射線, β カロチン, ストレス, X 線, アルコール, たばこ

放射線の調査を過度に強調したものにならないよう留意した。また、概念の関連をより詳細に得るために比較的意味の広い用語から次第に具体的なものになるよう考慮して選択した。調査は、1回目を2000年10月初旬に行い、前回調査との繋がりの効果を少なくするために、以後、1ヵ月半程度の期間をおいて2回目、3回目を実施した。

3. 対象集団

平均的個人を構成する集団として、ここでは福山大学及び近畿大学の工学系学生を選択した。これらの学生集団は、大学生一般や若者全般を表現するものでなく、平均的個人の概念の関連性を類推するためのひとつの単位として、また、集団の採り方によって同じ刺激語に対する連想語に違いが生じるかどうかの検討のために調査対象として選択した。福山大学は広島県東部に位置し、中国、四国地方出身の学生が多い。対象とした学科は電子電気工学科で、学年は3年生を中心とする約60名である。この学科の学生は一般教育課程を修了し電子電気工学の専門課程科目を履修中である。一方、近畿大学は大阪府東大阪市にあり、近畿地方出身の学生が多数をしめる。対象とした学生は原子炉工学科で、学年は2年生を中心とする約60名である。この学科の学生は専門課程科目と平行して一般教育課程科目履修中のものが大半である。両集団の構成員は殆どが男性で、数名の女性がいる点で共通している。

4. 概念の関連付けの方法

それぞれ提示された刺激語に対する連想語に近い意味を有する概念に分類した後、頻度分布として整理し、そ

の頻度の大きさに刺激語と連想語の関連性の強さを評価した。また、一般には概念のネットワーク構造は多くの階層を有する複雑な構造になると言われているが、ここでは概念相互の関連性の有無とそれらの強さを表現するものとして、刺激語に対する連想語を平面的に配置し、関連性に強さを線の太さで表現した。なお、刺激語に対する連想語が共通の概念を有する場合、これらの用語の配置には立体性を考慮した。

III 結 果 と 考 察

1. 生命や環境に関連する概念

原子力や放射線と直接関係のない用語によって集団がどのような概念をどのように形成しているかを見るために、「生命」および「環境」の刺激語によって想起された連想語のうち上位17個の頻度分布をFig. 1, Fig. 2にそれぞれ示す。縦軸は60名程度の対象者による想起頻度を%で示した。Fig. 1の「生命」から想起される用語は、「動植物」、「人間」、「誕生」や「いのち」などであり、「大切な」という意識も強く表れている。また、生命は「医療」、「保険」の頻度が比較的高くなっており命を守るためのシステムとの関連が示されている。また、Fig. 2の「環境」では「森」「地球」「自然」などあるがまの自然の姿が用語として想起されるとともに「汚染」「破壊」「環境問題」「温暖化」などの環境破壊と関連した用語が強く想起されている。これら二つの刺激語により想起された連想語の頻度分布から、まず、Fig. 1での「赤ちゃん」と「誕生」を類似のものと考え、Fig. 1の「動植物」、「海」、Fig. 2の「ダイオキシン」を別にする

Fig. 1 The concepts reminded by the stimulus term of life.

Fig. 2 The concepts reminded by the stimulus term of natural environment.

Fig. 3 The concepts reminded by the stimulus term of energy.

と、それぞれ想起される連想語の種類と頻度分布に両学科学生に類似の傾向を見ることができる。即ち、対象とした二つの集団は概念の関連性について類似の構造をもつ可能性があり、「生命」や「環境」については、ある命題に対して似通った判断を下す可能性を示唆している。一方、頻度分布の相違が顕著であった「動植物」と「海」および「ダイオキシン」に関連して、前者の二つの概念は福山大学が比較的海岸に近く自然の多い環境に立地していることを反映し、後者は近畿大学が東大阪市でとり上げられたダイオキシン問題を身近な話題として理解している可能性を示している。こうした考察が両者の相違を全て説明しているとは言えないので、頻度分布の

相違の有意性を判断するのは大変難しいが、ここでは5%程度を超える頻度分布の相違には何らかの要因が作用している可能性が考えられる。

2. エネルギー、発電、原子力に関連する概念

「エネルギー」、「発電」、「原子力」によって想起された概念を Fig. 3～Fig. 5 にそれぞれ示す。「エネルギー」では、「石油」、「原子力」、「太陽」等のエネルギー資源、あるいは利用形態としての「電気」や資源の「消費」による「枯渇」と「有限性」が、更には人の持つ「生命力」としてのエネルギーが高い頻度で想起されている。両学科学生の比較では、原子炉工学科の学生が資源としての「原子力」を強く想起するのに比べ、電子電気工学科の

Fig. 4 The concepts reminded by the stimulus term of electric power generation.

Fig. 5 The concepts reminded by the stimulus term of atomic energy.

学生が資源としては「石油」や「太陽」を強く想起し、さらに利用形態としての「電気」を強く想起するのは学科の違いを反映したものと思われる。また、原子炉工学科の学生が「消費」、「枯渇」、「有限」等の概念を想起するのは、原子力の問題が環境問題と関連付けて議論される機会が多いことに起因すると考えられる。「発電」では、発電のための資源（原子力、火力など）や発電技術（発電所、発電機、電線など）に関連する用語が想起され、更には社会（文明の象徴、安定供給など）や環境（リサイクル、環境など）との関わりに関連する用語がわずかながら想起されている。「発電」に関連して特長的なのは原子炉工学科学生とともに電子電気工学科学生

の約半数が「原子力」と答えていることである。このことは、「発電」と「原子力」の関連が学生の専門性に関わりなく強く関連付けられていることを示し、その他の集団でもこの関連性については期待できると考えられる。また、「発電」が「太陽」と関連付けられる頻度が原子炉工学科の学生で比較的高くなっているのは、以下に見るように、彼らが原子力の否定的な側面について多くの知識を得たことを反映した可能性も考えられる。「原子力」では、電子電気工学科学生には「発電」、「発電所」、「エネルギー」などの電力としての「原子力」が強く想起されるが、原子炉工学科の学生には同時に「放射能」のイメージも強く表れている。また、原子力は「可能性」

Fig. 6 The concepts reminded by the stimulus term of medical service.

Fig. 7 The concepts reminded by the stimulus term of radiation.

であり「夢」であるとともに「事故」,「危険」,「チェルノブイリ」等の事故に伴う危険性も想起されている。原子力はエネルギー源として有効であり期待の持てるものであるが重大事故による放射能汚染が長期にわたることも強く印象に残されていることが伺われる。

3. 医療, 放射線に関連する概念

「医療」,「放射線」によって想起された用語を Fig. 6, Fig. 7 にそれぞれ示す。「医療」では「病院」,「医者」,「看護婦」,「薬」そして「手術」,「発達」,「がん治療」等の医療技術のほかに「信頼」,「人命」,「医療ミス」,「事故」などの用語が想起されている。「医療」に関して特長なことは、「医療ミス」が両学科の学生に共通に高

頻度で想起されることで、医療ミスや「悪徳」医師の話題が全国的に増え、医療に対する従来の信頼が大きく崩れつつある現実を示した可能性もある。「放射線」では「原子力」や「原子力発電」の他に「治療」や「レントゲン」が比較的高頻度で想起される以外には「がん」,「有害」,「危険」などの身体への悪影響に関連する用語がよく想起されている。また、原子力工学科では基礎的な概念としての「 α 線」や「原子核」、自然放射線としての「宇宙線」が想起されるのも特徴的である。これらの結果から、原子炉工学科学生が原子力や放射線の基礎的事項（原子炉, α 線, 原子核など）に関する用語を比較的多く回答する反面、放射線に対する危険意識も同時

Fig. 8 A relevance of the concepts reminded by stimulus terms concerning energy, atomic energy, and radiation.

に強いことが明らかである。このことは、これまでとも言われてきたように、専門的知識の量の増加が必ずしも安全や危険の判断に結びつかないことを示している¹¹⁾。こうした傾向を明らかにするには科学的リテラシーの高さやコミュニケーションの在り方と理解度の促進との関連性についてさらに詳しく検討する必要がある。また、「放射線」では電子電気工学科の場合、「原子爆弾」との関連性が見られるが、太田も指摘するようにここでも放射線被ばくと原爆の関連性が認められる¹²⁾。全般的に、「放射線」では有益性よりも有害性に関連する反応語の方がより強く想起されるが、この原因としては放射線の有用性に関する情報より放射線の危険性がマスコミ等で頻繁に取り上げられることとも関連していると考えられる。X線撮影の受容性は便益性を教えることで改善されることが明らかにされており¹³⁾、放射線の理解にはその有用性を宣伝することが極めて重要と思われる。

4. 刺激語と連想語およびそれらの関連性

刺激語とその結果想起された連想語（連想概念）の幾つかを Fig. 8 に示した。ここでは特に「エネルギー」、「原子力」、「放射線」によって想起された概念とそれらの関係を示した。図中で、調査のために提示した概念は太い線で囲っている。また、刺激語と連想語の関連性の高さはそれぞれの概念を結ぶ線の太さ（頻度の高さ）で

示している。今回の調査では、「エネルギー」、「原子力」、「発電」の概念が相互に深く関わり、特に「原子力」と「発電」が相互に強い関連性を有していること、「原子力」は「エネルギー」と「発電」の両方の概念を経由して環境とも深い関連を有していること、さらに、「放射線」は「原子力」や「発電」のみならず「治療」の概念を経由して「医療」「生命」などの概念と結びついていることなどが明らかである。一方で、「放射線」の概念は、「原子力」、「レントゲン」「治療」以外では「危険」、「有害」、「ガン」との関連性が強く、危険なものとして理解される傾向が他に比べ著しいこと、さらに、身近な放射線としての自然放射線は「宇宙線」が想起されているが、「環境」によって想起される概念にも自然放射線に関連する概念が見られないことから自然放射線が調査対象学生に充分理解されていないことが伺われる。

以上の概念の関連性の検討から、環境を論じながら原子力を理解することと環境を論じながら放射線を理解することには隔たりがあり、前者にはエネルギー利用という便益の明らかな概念が前提になるのに対し、後者にはこれらを介在する概念に欠け、例えば、「原子力施設周辺で施設に起因する放射線の線量は自然放射線の変動の範囲以内である」と言う説明も、「CO₂削減対策のために原子力利用は有効である」との説明ほど説得力をもたな

い可能性が考えられる。放射線を理解するには幅広い知識が必要となるが、自然放射線が「環境」と「放射線」を理解する掛け橋になる可能性が高いことから、少なくとも「自然放射線」の概念を形成すべく身近な放射線について、日ごろからよく情報を提供しておくことが重要と思われる。

IV おわりに

原子力・放射線関連用語による刺激語と連想語の関連性を検討した結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 原子力は「発電と言えば原子力」と言えるほど発電との関連性が強い。
- (2) 原子力、エネルギー、発電、環境、の諸概念は相互に深い関連を有している。したがって、エネルギーや環境問題と関連して原子力の理解を促すことは可能である。
- (3) 放射線は原子力や医療と深い関連を有するが、人への影響に関しては否定的な概念との関連が強く、有益な利用についてよく理解されているとはいえない。また、放射線に関連する基礎的事項を多く知ることが安全や危険の判断に直接結びついている可能性は小さい。
- (4) 自然放射線に関連する概念は、放射線とのつながりで「宇宙線」が想起されるが、多くの自然放射線については日常的に接する身近な概念として形成されるには至っていない。

本調査を実施するに当たって、近畿大学理工学部原子炉工学科小川喜弘講師にご協力頂きました。記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) ICRP; 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publ. 60, *Ann. ICRP*, **21**(1-3) (1991).
- 2) 御領 謙, 菊池 正, 江草浩幸; “最新認知心理学への招待”, pp. 49-72 (1998), サイエンス社, 東京.
- 3) 小嶋恵子; スキーマによる理解と学習, 波多野誼余夫編; “認知心理学講座 4 学習と発達”, pp. 27-40

(1986), 東京大学出版会, 東京.

- 4) E. TULVING; “Elements of episodic memory,” (1983), Oxford Univ. Press, Oxford.
- 5) E.E. SMITH, E.J. SHOBBEN and L.J. RIPS; Structure and process in semantic memory: A featural model for semantic decisions, *Psychol. Rev.*, **81**, 214-241 (1974).
- 6) A.M. COLLINS and M.R. QUILLIAN; Retrieval time from semantic memory, *J. Verb. Learn. Verb. Behav.*, **8**, 240-247 (1969).
- 7) A.M. COLLINS and E.F. LOFTUS; A spreading activation theory of semantic processing, *Psychol. Rev.*, **82**, 407-428 (1975).
- 8) 鈴木裕久, 堀 洋造; 社会的認知, 岡部慶三, 竹内郁郎, 鮑戸 弘編; “社会心理学”, (1988), 新曜社, 東京.
- 9) 谷岡一郎; “「社会調査」のウソ リサーチリテラシーのすすめ”, (2000), 文芸春秋, 東京.
- 10) 森 宏一; 哲学辞典, (1972), 青木書店, 東京.
- 11) 吉川肇子; 安全目標とリスクコミュニケーション, 第33回原子力安全研究総合発表会講演論文, 原子力安全研究協会, pp. 23-36 (2000).
- 12) 太田勝正; 放射線や被ばくという言葉から看護学生は何を連想するか, *Quality Nursing*, **6**(7), 585-590 (2000).
- 13) 梅崎典良, 中村綾子, 坂本弘巳, 宮川照生, 小野博志, 松本晴生, 森田誠一郎, 早瀬尚文; 教育による放射線に対する認識の変化, 日本放射線技術学会雑誌, **55**(4), 385-391 (1999).

占部 逸正 (うらべ いつまさ)

1949年広島県生れ。1974年名古屋大学大学院工学研究科修士課程修了。1975年京都大学原子炉実験所入所。同所講師, 福山大学助教授を経て, 1994年より同教授。この間, 主に自然及び作業環境放射線の計測と線量評価の研究に従事。

E-mail: urabe@fuee.fukuyama-u.ac.jp