

京都大学工学部 正会員 ○森澤真輔
京都大学工学部 正会員 井上稔輝
日本上下水道コンソシアム 大木哲史

1. はじめに

原子力発電所から発生する使用済核燃料や、使用済核燃料の再処理工場から発生する、放射性核種を多量に含むいわゆる高レベル放射性廃棄物の最終処分の方針はまだ決定されていないが、我国では地表面下数メートルの花崗岩層中に隔離処分する方法が有望であると考えられている。高レベル放射性廃棄物中には、例えは²³⁹Puの様な極めて半減期が長い放射性核種が含まれるため、処分の安全を確保するためには、これらの廃棄物を100万年の時間スケールで生物圏から隔離しておく必要がある。廃棄物の処分は極めて厳重に実施されるので、通常の条件下では処分した廃棄物が再び生物圏に戻ることは考えられない。しかし、100万年程度の長期間の内に予想外に生ずる事故が発生し、処分した廃棄物が生物圏に戻ることは考えられる。本研究では、高レベル放射性廃棄物を花崗岩層中に隔離処分する場合を想定し、事故が発生した場合の安全性を評価する方法について検討すると共に、環境に主要な影響をもたらす原因は何であるかを明らかにすることを試みる。

2. 安全性評価の手法と手順

まず、信頼度解析の手法を適用して、処分した廃棄物が再び生物圏に戻るような事故の発生確率を推定する。すなわち、廃棄物と生物圏へ放出される事故の形態別に、事故原因関連樹(ファールツーツー)を作成し、事故発生のメカニズムを同定する。事故に関連するファールの発生確率も過去の統計資料等から推定し、この推定値に基づいて当該事故の発生確率を評価する。ついで、当該事故が発生した場合に、処分した廃棄物の挙動と生物圏に戻るかを評価する。2つの評価結果を乗じ、得られた値を事故時のリスクとし、このリスクを安全性評価の指標とする。

すなわち、ここでは以下で定義されるリスクを用いる。このリスクは事故時の影響の確率的順序値に相当する。

(リスク)

≡(事故の規模)
×(事故発生確率)

本報告では、事故規模を事故発生時に生物圏へ漏れ出す放射性核種量(G)と当該核種の放射能 α と空気中許容濃度 β の比(一種の危険度

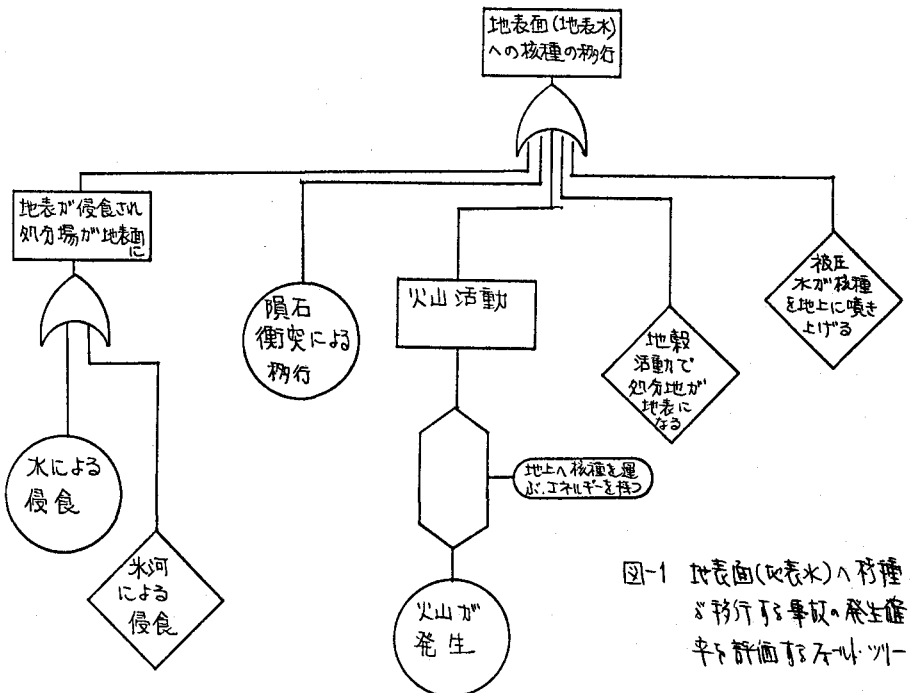


図-1 地表面(地表水)へ核種が移行する事故の発生確率を評価するファールツーツー

指数：当該汚染下許容濃度におおて減らすのに必要な希釈率の量）を指標としてリスクを定量化する。

3. T-ス・スタディ

評価の前提条件：我が国で国産2000年までに発生する高レベル放射性廃棄物をガラス固化し、キャスターと呼ばれる容器に収納し、地下700mの花崗岩層に埋蔵すると想定した。安全性の評価は、廃棄物中に含まれる放射性核種の内 ^{90}Sr （短半減期核種を代表）と ^{239}Pu （長半減期核種を代表）とによって実施した。 ^{90}Sr および ^{239}Pu の割合はそれぞれ $5.3 \times 10^{-2} \text{ Ci}$ および $2.6 \times 10^{-2} \text{ Ci}$ である。我が国の花崗岩地帯には地質に適合し、各処分処分場を立地する場合によって検討した。また、廃棄物と生物圏に及ぼす事故の原因事故としては、地震、火山活動（新火山の発生）、隕石の衝突、地表の侵食の4事故を考慮した。また、放射性核種が生物圏に及ぼす影響は、大気中へ移行する場合、地表水（地表水）へ移行する場合および地下水へ移行する場合を区別して考えた。

評価結果：放射性核種が生物圏に及ぼす影響の内、地表水（地表水）へ及ぼす場合によって構成したファクト・ツリーを図1に示す。また、事故原因として想定した4事故の内、地震および火山発生の確率の推定結果を表1に示す。表1に示す地震の発生確率は、マグニチュード7.4以上の地震を処分場を直撃して断層が形成し、地下水と廃棄物とが接触する事故の発生確率として推定した値である。一方、火山発生の確率は、処分場より半径1.2km以内の地域に新火山が発生し、処分場の廃棄物と大気中に噴出する事故の発生確率として推定した値である。隕石の衝突して、処分場の廃棄物と接触する確率は $1 \times 10^{-14} (\text{1/yr})$ 、また地表の侵食によって地下700mの花崗岩層中に処分場の廃棄物が浸透するまでに約300年が経過すると推定した。

地震および火山によるリスクを評価した結果を、処分場を第11処分場とする場合によって整理して表2に示す。地震の場合は放射性核種は地下水へ、火山の場合は大気中へそれぞれ漏れ出すと想定している。すでに述べたリスクの定義により、表2中の数値はそれぞれ地震、火山による地下水、大気中に放出される ^{90}Sr 、 ^{239}Pu の放射性物質および大気中の最大許容濃度におおて希釈するに必要な希釈率および空気中の量の確率的期待値を表わし、その単位は m/yr である。 ^{90}Sr 、 ^{239}Pu の放射性物質および空気中の最大許容濃度としては国際放射線防護委員会（ICRP）の勧告を用いた。

4. 結論

本研究で用いた、安全性の評価手法は高レベル放射性廃棄物処分場の事故時の安全性を評価する手法として有効であると考えられる。ただし、現状は最終的なリスクの評価値と得るまでに多くの仮定を設ける必要があり、事故の発生確率を推定するための基礎的な資料が乏しいこと等のため、リスクの絶対値の信頼度が低くなる。リスクの評価値は相対的な比較の目的に限って利用すべき段階にあるといえる。本研究の前提条件下で得られた主要な結論は以下の通りである。すなわち、①地震により廃棄物と生物圏に及ぼす影響は地域的な変動を大々（ $10^{-2} \sim 10^{-1} \text{ 1/yr}$ ）と、火山発生の確率は地震活動に比べて（平均 $4 \times 10^{-8} \text{ 1/yr}$ ）。②隕石の衝突、地表の侵食の影響は地震および火山による影響に比較して小さい。③高レベル放射性廃棄物処分場の安全性は、初期には ^{90}Sr により、その後500年以降は ^{239}Pu によって支配される。④処分場は、火山の危険性地震の危険性より大きい地域であり、しかも火山帯に属しない地域に立地させることを望ましい。

表-1 地震、火山の発生確率(1/yr)

処分場番号	地震	火山
1	5×10^{-5}	4×10^{-9}
2	6×10^{-6}	2×10^{-8}
3	5×10^{-4}	4×10^{-9}
4	2×10^{-10}	7×10^{-8}
5	8×10^{-5}	4×10^{-9}
6	5×10^{-5}	7×10^{-8}
7	1×10^{-8}	2×10^{-8}
8	1×10^{-4}	2×10^{-8}
9	1×10^{-4}	4×10^{-9}
10	2×10^{-5}	4×10^{-9}
11	2×10^{-9}	4×10^{-9}
12	2×10^{-6}	4×10^{-9}
13	2×10^{-5}	2×10^{-8}

表-2 リスクの評価結果（第11処分場の場合）

原因事故 核種 事故発生時刻	地震		火山	
	^{90}Sr	^{239}Pu	^{90}Sr	^{239}Pu
0 年以内	1.3×10^{-4}	1.2×10^{-1}	1.4×10^{-9}	4.5×10^{-7}
500 年以内	5.5×10^{-2}	1.5×10^{-1}	5.9×10^{-3}	6.4×10^{-7}
1000 年以内	2.3×10^{-1}	1.9×10^{-1}	2.5×10^{-4}	8.2×10^{-7}
1 万年以内	0	5.1×10^{-1}	0	2.7×10^{-8}
10 万年以内	0	7.8×10^{-2}	0	4.1×10^{-7}