わが国における放射性廃棄物隔離の 地球科学上の問題

土井 和巳*

(1980年 1月31日 受理)

(1980年 4月1日 再受理)

Geo-Scientific Considerations on Evaluation of Possible Sites for Radioactive Waste Isolation in Japan

By Kazumi DOI

Japan is located on the "Circum-Pacific Arc", which is a geoscientifically difficult area for selecting sites suitable as repositories for isolating radioactive waste.

The writer has analyzed the problems relevant to radioactive waste isolation in this aqueous and active structural territory, with a view to examining the possibility of finding geological formations suitable for such repositories.

As a result, certain parts in Neogene sedimentary rocks and Palaeozoic calcarious rocks were found to present geological characteristics that appeared favorable for radioactive waste isolation, while, on the other hand, the study indicated that much difficulty would be foreseen in crystalline rocks such as are currently suitable in the U.S. and in Europe for high level radioactive waste isolation.

KEYWORDS: calcarious rock, crystalline rock, geoscience, Neogene, Palaeozoic, repository, sedimentary rock, site selection, geoscientific evaluations, radioactive waste storage, radioactive waste isolation, underground disposal

1. 序 言

原子力の研究・開発を行う国にとって、放射性廃棄物の処理・処分は必然の命題である。現在、低レベル放射性廃棄物の処分ないし貯蔵および高レベル放射性廃棄物の一時貯蔵は、発生国自国内で行うことが常識となっている。

現在、高レベル放射性廃棄物の処分方途はいずれの国でも未確定で、多くの国は一時貯蔵等の名のもとに、処分方途のつくまで貯蔵する方針をとっている。また、中ないし低レベル放射性廃棄物については、西ドイツの Asse II 岩塩鉱山における最終貯蔵場のほか、他の欧米諸国における陸上処分は、その多くが表土中にただ埋没するなど、概して安易な処理によって行われてきた。しかし、いくつもの事故を経験した¹⁾最近に至って、中ないし低レベルといえども放射性廃棄物は、より厳しい考え方が必要であると見直されてきている。

わが国では各レベルとも放射性廃棄物は、それぞれ

発生場所ないしその周辺等に暫定的に保管されている。現在、わが国で各発生場所等に保管されている放射性廃棄物は、低・中レベルのものだけで200 t ドラム缶として21万3,600本(1978年度末現在)²⁾、2000年には300万本に達するであろうと予測されている。

放射性廃棄物貯蔵において最も重要視されなければならない自然条件として、地下水および各種災害があげられているが³⁾⁴⁾、両要因ともに廃棄物貯蔵施設を地表に設置する場合、地下に設置する場合、いずれの場合もその地点および周辺の地質に大に関連する。ことに貯蔵空間を立体化して小面積で多量の貯蔵が可能であるなど、特にわが国において利点の多い地下貯蔵では、地質に対する充分な配慮が必要である。本稿は、わが国の自然条件ごとに地球科学的にみた特性と貯蔵のために必要な条件を要約し、その整合性を求めて検討を加えたものである。このため、以下第II章においては、放射性廃棄物貯蔵に必要な条件のうち、検

* 原子力環境整備センター(Radioactive Waste Management Center)

討することが必要と考えられるものを要約、これに対応するわが国の実態について検討を試みた。また第Ⅲ章においては、わが国の地質と、前記貯蔵に必要な条件との整合性について検討を試みた。なお、これらの検討にあたっては、低・中レベルの貯蔵および高レベルの一時貯蔵期間を一応100年前後と仮定して行なった。

低レベル放射性廃棄物の貯蔵および高レベル放射性廃棄物の一時貯蔵をわが国の自然条件下で行うことは可能と考えられる。しかし、地球科学的にみたわが国の環境は、決して理想的といえるものではなく、ことに高レベル放射性廃棄物、およびいわゆる α 廃棄物の最終処分場を国内ことにその陸上に求めることはきわめて困難である。一方、高レベルおよび α 廃棄物の処分適地を得られず、試行錯誤を繰り返しているのはわが国のみの事情ではなく、ほとんどの国々がこの悩みをかかえている。このため関係国間での国際協力が強く提唱されており、わが国も上述の状況にあることでもあり、今後より一層解決策の確立に向けて国際協力等の努力が必要と考えられる。なお当面、陸地においては処分より貯蔵が先行しなければならないと考えられるので、以下、用語は貯蔵場に統一する。

Ⅱ. 放射性廃棄物貯蔵場の 要因とわが国の実態

放射性廃棄物を貯蔵する場に必要となる条件を要約すれば、貯蔵された廃棄物中の放射性核種を必要な期間、生物社会から確実に隔離できることにある。このために必要な条件のうち、地球科学に関連するものとしては、放射性廃棄物に対する「物理的破壊」と「水による溶脱」が所定の期間内に起らず、したがって廃棄物中の放射性核種が散逸せず、確実に隔離しておける場ということとなる。高レベル放射性廃棄物の貯蔵においては、さらにその崩壊熱の放熱が重要な課題として加えられる。

わが国土は環太平洋列島弧の一部として、活動中の造山帯の一角に位置しており、火山・地震等を伴う各種の構造運動、すなわち物理的破壊に直結する現象が世界でも有数の頻度で発生する地域にある。また高い降水量に加えて表層地質の50%以上が、第三紀以降の若く、したがって粗しような岩石によって占められているため、全国ほとんどの地域で地下深部まで豊かな地下水に恵まれている。このほか各種の災害も多く、放射性廃棄物貯蔵場の立地に要求される条件からみると、わが国土は厳しい条件下にあるといわなければならない。

1. 構造運動・火山

放射性廃棄物貯蔵場の立地に不適当なものとして、現在、破壊、溶脱の可能性をもつ地点のほか、将来、地質学的変化等により、この可能性の出現するであろう地点も含まなければならない。しかし、地震を初め将来の地質学的変化を長期にわたって的確に予測することは、現在のわれわれの知見では不可能である。このため、科学的予測に代わるものとして、過去の地質現象の歴史をみて、その延長としての将来を予測することが地質学的変化予測の大半を占めており、火山、構造運動等についての予測の多くは、この歴史からの推測によっている。

(1) 断層、破碎帯

Fig. 1 に見るように、日本列島はフォッサ・マグナ (Fossa Magna) および中央構造線 (Median Dislocation Line) の名で呼ばれる2つの主要断層帯によって、大きく三分されており、両断層帯には数多くの随伴断層が認められている。また、この2断層帯以外にも多数の断層および破碎帯が発達しており、断層および破碎帯はわが国ではどこでも、ごく普通にみられる地質現象となっている。しかし断層の大部分は現在は動かない、すなわち断層の痕跡といえるもので、その一部のみが、現在も断層をはさんで両側の地質が転位する活断層といえるものである。したがって、放射性廃棄物貯蔵場の立地調査に際しては、候補地内の断層が活断層か、ないしは活断層にもどる可能性があるか否かが問題である。

Fig.1 Main tectonic line in Japan
(Compiled after "Geology of Japan", (1963)⁽¹⁵⁾)

なお、断層・破砕帯はともに岩石中の断裂として地下水の通路となる場合が多いが、この面の検討は第Ⅱ-3節にゆずる。

(2) 褶曲

前述のように、わが国土は活動中の構造帯の中にあり、断層・破砕帯と同様、褶曲もひんばんにみることのできる地質現象の一つである。褶曲も断層と同じく、活動中のものと過去のものがあるが、一般に褶曲は断層よりは“破壊”に直結するものは少ない。このため褶曲そのものは、特に活発な構造運動を行なっている場合以外は大きな問題を持つとは考え難い。しかし、褶曲には破砕帯、断層などを伴うのが普通で、この面については慎重な調査・検討が必要である。

(3) 火山および地熱

わが国の火山(Fig. 2 参照)および火山活動の影響を受けている地域は広大で、第三紀以降の火山岩の分布はわが国土全体の約23%に達している。しかし、現在活動中、およびその可能性のあるものはごく一部に限られ、本稿で検討している年限、すなわち100年前後の時限で考えれば、“破壊”に結び付くものは活火山のみとみて大過はないであろう。

Fig. 2 Main active volcano in Japan
(Compiled after "Rikansenpyoo", (1979)⁽⁶⁾)

火山岩分布の中および近傍には、多くの地熱地帯ないし温泉がある。これらの多くは貯蔵施設および貯蔵される放射性廃棄物に対して、酸化などの変質を促進する可能性が大きい。

2. 岩質

放射性廃棄物貯蔵においては、岩質に関する要検討項目として次の4点があげられよう。

(1) 岩石の強度

貯蔵場およびその内容を支持しうる強度が必要なことは当然であるが、貯蔵施設が、構築物としてはかなり長期間である100年間に於いて風化、圧密等によって形状が変化した場合、これが破壊に結び付くことも考えられる。また、単に岩石としての強度のみでなく、岩壁のくずれ難さ、すなわち崩落に対する特性は、ことに地下貯蔵場にとっては重要な検討課題である。

(2) 透水性

地下水ことに移動ないし循環する地下水は、貯蔵中の放射性核種散逸に直結するものとして、廃棄物とは確実に隔離することが必要である。また、移動ないし循環する地下水は、岩石、構築物に対して風化等の変質を促進する。したがって、岩質としての透水性のみならず、地下水の動きに関連をもつ岩石の断裂など、地質構造に対しても十分な調査、検討が必要である。

(3) 吸着能力

現在、わが国で計画されている各種の放射性廃棄物貯蔵においては、廃棄物を地下水と隔離することが基本概念となっており、地下水によって廃棄物中の放射性核種の溶脱が容易に起るとは考え難い。しかし万一不慮の災害等が貯蔵場を破壊し、廃棄物と地下水が接触し、このため放射性核種の地下水中への散逸が起った場合、貯蔵場周辺の岩石に高い吸着能力が備わっていれば、貯蔵場を修復するまでの期間、溶脱された核種もごく限られた周辺のみへの拡散にとどまる。すなわち、自然の障壁によって散逸が限定され得る。このため、貯蔵場周辺の岩石が吸着能力の高いものであることは望ましい。

(4) 熱特性

高レベル放射性廃棄物の貯蔵においては、崩壊熱に対する放熱の問題は重要な課題である。このため、その地点の岩石に放熱能力が備わっていることは望ましいことである。また、高レベル放射性廃棄物貯蔵場においては、崩壊熱によって起る温度上昇のため、変形強度の低下、変質の促進等も予測されうるので、この点についても関連して検討に加えるべきである。

3. 水理地質

放射性廃棄物は、一般に固化され、容器に封入されて貯蔵されることとなっているが、長期にわたる貯蔵の間に地下水等と接触した場合、固化された廃棄物が溶解されて放射性核種が地下水等の移動に伴って散逸

することが考えられる。しかし、地下水の移動、ことに地層中における動きはその正確な実態把握が非常に困難である。したがって、一たん溶解、散逸した物質を回収することは不可能に近いほど困難である。このため放射性廃棄物の貯蔵にあたっては、天水、地下水ともに、水と廃棄物との接触を断つことが最も重要な条件となっている。この点から、貯蔵施設を過去長期間にわたって水の影響をうけていない岩塩、硬石膏等の中に設置するという考えが重用されている。

(1) 降水量

Table 1 のように、わが国の降水量は多く、例えば国内で最低の網走の雨量が、世界の中間値であるトロントの場合より 90 mm/yr も多く、またわが国 80 地点の平均値は世界 440 地点平均の 1.8 倍に達している。

Table 1 Annual precipitation in Japan (1941~1970) and other countries (1931~1960 *et al.*)

	Annual precipitation (mm)	Locality
Japan (sample: 80)		
Maximum	4,158	Owase, Mie Pref.
Median	1,689	Ohita, Ohita Pref.
Minimum	848	Abashiri, Hokkaido
Average	1,777	
Other countries (sample: 440)		
Maximum	7,140	Quibdo, Columbia
Median	760	Toronto, Canada
Minimum	2	Aswan, Egypt
Average	993	

Compiled after "Rikantenpyoo", (1979)⁽⁶⁾.

(2) 地質と地下水

地下水の通路、帯水層などは必ずしも透水性の高い岩石の中だけに形成するものではない。断層、破碎帯、さらに岩石の風化した部分などにも多量の地下水の存在が知られている。わが国の表層地質は一般に透水性の高い岩石の分布が多く、さらに節理、破碎帯等が発達しているため、多量の降水量と相まって地下水が多く、かつ流動性に富むものが多くなっている。

(3) 水 質

わが国が酸性火成岩分布の多いこと等の理由から、地下水も酸性のものが多く (Table 2)。

一般に、放射性廃棄物ことに中・低レベルのものは鋼製ドラム缶中に、主としてセメントで固化した形をとっている。この点からも

Table 2 pH of groundwater on some plain area in Japan

District	Number of samples	pH		
		Highest	Lowest	Median
Hokkaido	53	7.7	4.8	6.7
Tohoku	357	9.2	3.9	6.7
Kanto	269	8.8	5.9	7.2
Chyubu	720	8.4	5.2	6.8
Kinki	61	7.3	5.9	6.7
Chyugoku	241	8.4	4.9	6.7
Shikoku	218	7.9	5.3	6.4
Kyushyu	205	8.5	5.3	7.1

This statistics are made by the data mainly on plain area, that these values are assumed to be human influence. No contaminated groundwater will be lower pH than this value.

(Compiled after *Geol. Surv. Japan*, Rep. No. 196, (1962)⁽⁷⁾)

わが国にあっては、とくに地下水と放射性廃棄物を確実に隔離することが必要である。

4. その他

以上のほか、放射性廃棄物貯蔵の場として検討の必要ある地球科学上の問題点として下記があげられる。

(1) 地震

Fig. 3 に見るとおり、わが国は世界でも最も高い頻度で地震の起る地帯にあり、また Fig. 4 に見るとおり、長期的にみた地震分布は全国に遍りなく分布している。したがって、国内において地震の可能性の少ない地域をあげることはできない。このため放射性廃棄物貯蔵場は下記をみたすものであるべきであろう。

- (1) 地震によって地質の破壊(断層など)の起る可能性のより低い場所、すなわち活動中の構造線上(断層、破碎帯および褶曲)およびその周辺はこの面からも避けるべきである。
- (2) 過去の記録から想定される規模の地震に耐え

Depth <100 km, Magnitude ≥ 4 , (1961~1967)

Fig. 3 Distribution of earthquake in the world (Compiled after "Rikantenpyoo", (1979)⁽⁶⁾)

Magnitude >7, (1874~1974)

Fig. 4 Distribution of earthquake in Japan and the vicinity

(Compiled after "Rikansenpyoo", (1979)⁽⁶⁾)

うる施設中の貯蔵

(2) 台風

わが国周辺を襲う台風も地震同様、その影響外の地域を求めることは困難である(Fig. 5)。したがって、施設の面でこれを防ぐより方策はない。

(3) 津波

わが国を襲った津波の記録はTable 3のとおりで、主として太平洋岸がその被害地となっているが、沿岸地域においては前項同様、襲来の可能性のない地域をあげることは困難である。津波の破壊力を考えると、標高が記録にある最大波高以下の地点に貯蔵場を設置すべきではない。

(4) 地り、洪水、冠水

いずれも大きな破壊力をもつものの一つではあるが、地形および地質構造上これら災害の起りうる地点は、十分に慎重な検討をすれば予知することができる。台風、地震時などをも考慮に入れた検討を行い、地り、洪水および冠水の可能性のない地点を選択すべきである。

Ⅲ. わが国の地質と放射性廃棄物貯蔵

Name	Struck date
① Isewan	Sep. 26, 1959
② Makurazaki	Sep. 17, 1945
③ Muroto	Sep. 21, 1934
④ Kathleen	Sep. 15, 1947
⑤ Toyamaru	Sep. 26, 1954

Ordered by these calamity

Fig. 5 Course map of big typhoon, struck to Japan (1930~1979)

(Compiled after "Rikansenpyoo", (1979)⁽⁶⁾)

Table 3 Tidal waves (>10 m) struck to Japan in 416~1979

Struck date	Maximum wave (m)	Struck area
Nov. 29, 684	10~20	Southern Shikoku
July 13, 869	>30	Northern Tohoku, Pacific coast
Aug. 26, 887	10~20	Southern Kinki
Aug. 3, 1361	10~20	Eastern Shikoku
Sep. 20, 1498	10~20	Tokai, Pacific coast
Feb. 3, 1605	30	Western half of Japan, Pacific coast
Dec. 2, 1611	>30	Northern Tohoku and Hokkaido, Pacific coast
Nov. 4, 1677	10~20	Central Japan, Pacific coast
Dec. 31, 1703	10~20	Kanto, Pacific coast
Oct. 28, 1707	26	Western half of Japan, Pacific coast
Aug. 28, 1741	10~20	Northern half of Japan, Japan sea coast
Apr. 24, 1771	40	Southern Kyusyu
May 21, 1792	10~20	Western Kyusyu
Dec. 23, 1854	10~20	Tokai, Pacific coast
Dec. 24, 1854	>30	Western half of Japan, Pacific coast
June 15, 1896	>30	Northern Tohoku, Pacific coast
Mar. 3, 1933	25	Northern Tohoku, Pacific coast
Dec. 7, 1944	10~20	Tokai, Pacific coast
July 21, 1946	10~20	Western half of Japan

(Compiled after "Rikansenpyoo", (1979)⁽⁶⁾.)

わが国土および周辺の地球科学的条件の多くは、長期間の貯蔵を必要とする放射性廃棄物の生物社会からの隔離に対して適しているとはいえないものであることは前述のとおりである。このような条件下のわが国土で、貯蔵場はどのような地質の中に受け入れることができるか、各地質单元ごとに検討を試みた。

わが国の地質構成の概要は Table 4 に見るとおり

Table 4 Geological outline of Japan, lithology and distribution

Geological era and age	years ×10 ⁶	Distribution (km ²)	(%)	Lithology†	
Cenozoic {	Quaternary sedimentary rock	0~ 2	76,500	20.7	ss, m, c, s, ga
	Tertiary sedimentary rock	2~ 65	69,900	18.9	ss, m, c, sh
Mesozoic sedimentary rock		65~230	34,400	9.3	ss, sh, sl, c
Palaeozoic sedimentary rock		230~440	45,200	12.2	ss, sl, t, l, c
Cenozoic volcanic rock		0~ 65	75,400	20.4	a, b, r, t
Acidic plutonic rock			49,300	13.3	gr, q
Basic plutonic rock			5,800	1.6	g, d
Metamorphic rock			13,300	3.6	gn, sc
Total			369,800	100	

† a: andesite, b: basalt, c: conglomerate, d: diabase, g: gabbro, ga: gravel, gn: gneiss, gr: granite, l: limestone, m: mudstone, q: quartz porphyry, r: rhyolite, s: sand, sc: crystalline schist, sh: shale, sl: slate, ss: sandstone, t: tuff and tuff breccia

(Compiled after "Chigakujiten", (1970)⁽⁴⁾, et al.)

1. 新生代堆積岩(Cenozoic Sedimentary Rock)

わが国の新生代においてはその下部、古第三紀(2,500万~6,700万年)の堆積岩は少なく、第三紀上部の新第三紀(200万~2,500万年)および第四紀(0~200万年)のものが新生代堆積岩の大部分を占めている。

第三紀、第四紀ともにその構成する岩石の大部分に火山活動の影響が認められ、ことに泥岩の多くは、凝灰質泥岩と呼ぶべきものとなっている(凝灰岩など火山活動に直接関与した岩石は第Ⅱ-3節)。

新生代の砂岩、礫岩は堆積年代が浅いため、一般に透水性が高く、ことに第四紀のものはその大部分が固結度も浅いため、岩石強度の面でも問題のあるものが多い。第三紀の泥岩はその主要構成鉱物として、粘土、フッ石など広義にいう粘土鉱物を多量に含み、一般に岩石自身の含水率は高いが、その岩石としての透水性が低いため、地層中における地下水の流動は少ない。またこの泥岩類は、構成鉱物の特性から放射性核種等に対する吸着能力も高く、貯蔵場立地として有利な点が多い。このような好条件を備えたものの例として、福島県下に分布する多賀層群のシルト岩などがあげられる。

2. 古期堆積岩(中生代 Mesozoic, 古生代 Palaeozoic)

わが国の中生代、古生代堆積岩の主な岩質は、砂岩・

である。わが国および周辺地域の特徴は、比較的若い地質、すなわち第三紀、第四紀の火山岩および堆積岩の分布が、全体の60%を占めていること、また日本列島を三分する断層帯(Fig. 1 参照)を中心に、多くの断層、破碎帯が刻まれていることから明らかなように、構造運動が繰り返されていること等々があげられる。

頁岩・粘板岩・珪岩・石灰岩・凝灰岩・礫岩およびこれらの変成岩類である。一般にこれらの古期堆積岩類は、度重なる構造運動の影響をうけて、ほとんどの岩石に熱ないし動力変成がみられ、この結果、節理・片理等が発達している。また構造運動に伴って行われた火成岩の活動——その代表的なものが中生代末、ないし第三紀始に進入した酸性深成岩類(主として花崗岩類)——によって古期堆積岩類の多くが各種の変成作用をうけている。

放射性廃棄物貯蔵場立地の見地から古期堆積岩類をみると、これらの岩石は岩質として本来、十分な強度、低い透水性をもっている。しかし、その多くが構造運動等による各種の変成作用をうけているため、本来透水性のきわめて低い頁岩・粘板岩等ですら、節理・片理など地下水の通路となるものを伴っているため、多くの地域において地下深部まで地下水が浸透しているなど、数々のマイナスの要素が認められる。

わが国の古生層上部に主として発達する石灰岩は、岩質緻密、したがって透水性も低く、かつ十分な岩石強度を持っている。しかし、石灰岩が水に容易に溶解するため、断層・節理等地下水の通路となった部分は、水の通過とともに拡大、移動して、今日鐘乳洞等として見られるような巨大な空洞をも形成している。しか

し、この現象は逆に地下水の動きを集約化することともなっている。また、石灰岩を形成している炭酸カルシウムの再沈殿による断裂等の充填などもあるため、いくつかの岩体では低い透水性、本来の岩石強度等が保たれ、貯蔵場立地に必要な条件を満たしている。さらに石灰岩地域の地下水は、一般に塩基性よりのものが多く、セメントによる固着を多用している放射性廃棄物にとっては、水質の面でも好ましいものである。

3. 新生代火山岩(Cenozoic Volcanic Rock)

わが国では20%以上の地域が、この比較的若い火山に伴う噴出物およびこれに由来する凝灰岩類におおわれており(Table 4)、その一部は活火山として現在も火山活動を続けている。

岩質は安山岩が最も多く、石英粗面岩、玄武岩およびそれぞれの凝灰岩よりなっている。また、それぞれ噴出時の形態に応じて各岩質とも緻密な本来の火山岩のほか、気孔をもつ各種熔岩、集塊岩、凝灰角礫岩等々となっている。堆積岩の一種でもある凝灰岩、凝灰角礫岩には、しばしば火山活動の特性から、堆積岩としては異常堆積といえるものが見られ、この場合、岩体としての均質性に欠ける。

放射性廃棄物貯蔵場立地の見地から新生代火山岩を見た場合、活火山および周辺地域を除いても、熔岩・集塊岩はその成因から気孔、空洞、節理が多く、このため地下水の浸透が早く、かつ複雑な経路で移動するケースが多い。したがって、廃棄物との確実な隔離を必要とする地下水対策上好ましくないものが多い。グリーンタフおよびその他の凝灰岩類は、一般に広義の粘土化が激しく、岩質としては低い透水性、必要な岩石強度を備えており、ともに貯蔵場を受け入れることは可能である。しかし、その一部は前述のように地質構造が不均質であり、このため地下水の移動経路も複雑、同時に岩石強度も不均質である。緻密、均質な火山岩(安山岩・石英粗面岩・玄武岩等)においても、一般に冷却に伴う節理の多くが地下水の通路となって、深部まで、かつ急速な地下水の浸透が行われているケースが多い。したがって、節理、破碎帯のない火山岩体、ないし乱堆積のない凝灰岩類においては、貯蔵場適地を求めることは可能であるが、このような状態にある火山岩は少ない。

4. 酸性深成岩類(Acidic Plutonic Rocks)

わが国の酸性深成岩類とされているものの多くは、中生代末ないし新生代始に侵入した花崗岩ないし閃緑岩である。またその規模が比較的小さいものであるため、被侵入岩との接触の結果、侵入岩体そのものが変

成岩、混成岩等で形成されているものも稀ではない。

一般に花崗岩類は風化に弱く、地表付近など地下水に接する機会の多い部分では、長石の粘土化等の変質が進んでいる。さらに酸性深成岩類においても、度重なる構造運動の結果として、節理、破碎帯、断層等が発達しており、この部分に沿って浸透した地下水による風化、これによってさらに進む地下水の浸透の繰り返しの結果として、わが国の酸性深成岩類では一般に風化などの変質がごく深部にまで及んでいる。

酸性深成岩類は元来、緻密、堅硬で強度も充分持っており、放射性廃棄物貯蔵場の立地条件からみて、好ましい岩石の一つである。ことにその大部分を占めている花崗岩の新鮮なもの(変質、断裂等のないものは)、貯蔵場のためには理想的な岩石の一つといえる。しかし、わが国の花崗岩類の場合、節理、変質が上述のように著しく、貯蔵場設置にあたってはこの点についての十分な検討が必要である。花崗岩質岩石は、わが国全土の13%余の分布をもっており(Table 4 参照)、貯蔵場立地に適した地質の少ないわが国で貴重なものといえるが、貯蔵場に必要なかなりの大きさにおいて、断裂、風化のない花崗岩体が求めうるか否か疑問である。

5. その他

基性深成岩類(Basic Plutonic Rocks)の分布はわが国では少ない(Table 4)。さらにその多くもまた構造運動によって破碎をうけ、変質して蛇紋岩等となっている。このため地下水の浸透、移動は速やかで、かつその経路は不規則であり、一般に貯蔵場立地として好ましい岩体は少ない。

変成岩類(Metamorphic Rocks)でわが国に分布する主なものとしては、各種の結晶片岩および片麻岩がある。このうち結晶片岩は中央構造線(第Ⅱ-1(1)項参照)沿いの地域等各地に広い分布をもっている。各地の結晶片岩類は、いずれも強い動力変成をうけて片理構造をもっており、さらに断層、褶曲が発達している。このため岩石としての強度、透水性ともに不均質で、結晶片岩中に貯蔵場立地を求めることは困難と考えられる。

片麻岩は飛騨地方など、いくつかの限られた地域に分布が認められる。その岩石としての性質は花崗岩に近い緻密、堅硬で、貯蔵場にとっては本来好ましい性質を持っている。しかし、わが国においては構造運動の影響が大きく、節理、破碎等が著しいため、第Ⅲ-4節同様、地下水の浸透、風化等が深部にまで及んでいるケースが多く、新鮮な好ましい本来の性質そのま

まの片麻岩体を国内に求めることは容易ではない。

Ⅳ. 結 言

地球科学の面からみたわが国土は、放射性廃棄物貯蔵場立地として厳しい面が多いことは上述のとおりである。しかし、放射性廃棄物貯蔵場に必要の条件と、わが国の実態との間にはいくつかの接点があり、貯蔵場を受け入れることのできる地質も2,3あげることができる。

地下水の豊富なわが国では、ほとんどの岩体がそれぞれ岩質(主として空隙率)に応じて許容されうる最大量に近い水を持っているといっても過言ではない。したがって、水による放射性核種の溶脱を避けなければならない放射性廃棄物貯蔵場立地として、わが国ではただ単に地下水のない地点を求めるのではなく、地下水があってもこの溶脱が起らない条件下にある地点を求めることがより現実的であろう。このような条件を備えたものとして次の2つの場合が考えられる。

- (1) 岩石自身の含水率は高いが、水はほとんど動かず、したがって流動する地下水が廃棄物に接して放射性核種の溶脱を起す可能性がごく低い地域。
- (2) 流動ないし循環する地下水はあっても、その経路が集約されており、地下水の流れを人工的に誘導するなどの施設を施せば、必要なスペースにおいて流動する地下水の存在しない部分を作り出すことのできる地域。

わが国に分布する地質としてこの条件に合致するものの代表的なものとしては、(1)については新生代の泥岩および一部の凝灰岩(第Ⅲ-1節および第Ⅲ-3節参照)があげられ、また(2)については古生代の石灰岩(第Ⅲ-2節参照)および石灰質堆積岩があげられる。

岩石の断裂および不均質性(特に弱線など)は活断層の可能性をもつだけでなく、地下水の通路、ないし将来通路となりうる可能性をもっている。わが国土が活動中の造山帯の一角に位置していることから、断裂等が多いという現実の一つの宿命といえよう。しかし、

新生代の粘土鉱物等を多く含む岩石、すなわち泥岩類、一部の凝灰岩類は、岩質としての可塑性から構造運動等から生ずる歪みも断裂等を起すまでに至っていないものが多く、他の岩石に比較して断裂、弱線等は少ない。ただし、第四紀の岩石では固結度が浅いため、必要な岩石強度に達していないものも多い。また石灰岩はその主成分である CaCO_3 の再沈殿等によって断裂等が充填されている場合が多く、他の岩石に比較して空隙を伴った断裂等は少ない。

以上総合すると、新生代中の第三紀、泥岩類および古生代の石灰岩類等は、わが国に分布する主な岩石の中では貯蔵場立地に必要な条件をみたしている岩体の多いものといえよう。

一方、多くの海外諸国で、高レベル放射性廃棄物貯蔵場立地の検討対象となっている花崗岩など完結質岩石を中心とした火成岩は、わが国では構造運動をまともうけて節理・破砕帯などが多く、特に花崗岩ではこれらの断裂沿いに風化が進んでいる場合がしばしばみられる。このため、わが国の火成岩中で貯蔵場に必要のスペースにおいて断裂のない岩体を発見することは容易ではない。

— 参 考 文 献 —

- (1) 例えば、MEYER, G.L.: Preliminary data on the occurrence of transuranic nuclides in the environment at the radioactive waste burial site Maxy Flats, Kentucky, transuranic nuclides in the environment, IAEA-SM-199, (1976).
- (2) 科学技術庁: 原子力ポケットブック, (54年度版), (1980).
- (3) IAEA: Site selection factors of repositories of solid high level and alpha-bearing wastes in geologic formations, IAEA Tech. Rep., Ser. No. 177, (1977).
- (4) US. AEC: High level radioactive waste management alternatives, WASH-1297, (1974).
- (5) TAKAI, F., MATSUMOTO, T., TORIYAMA, R.: "Geology of Japan", (1963), Univ. of Tokyo Press.
- (6) 東京天文台: 理科年表(昭55), (1979).
- (7) 蔵田延男: 地質調査所化学分析成果表Ⅱ(地下水1951~1961), 地調報告, No.196, (1962).
- (8) 地団研地学辞典編集委員会: 地学辞典, (1970), 平凡社.

○第8回核融合炉材料研究会○

主催 日本金属学会, 協賛 本会, 日本鉄鋼協会
日 時 10月17日(金) 13:00~16:30
会 場 九州大学中央図書館視聴覚室(九大理学部玄関前)

○ プ ロ グ ラ ム ○

開会の辞 企画世話人(東大)井形直弘
座長 (九大応力研)北島一徳
核融合炉材料研究の現況。 (東理大)橋口隆吉
第10回 ASTM 材料照射国際会議報告。 (東芝)島田将之

第6回超高压電顕国際会議報告。 (北大)竹山太郎
座長 (九大)北島貞吉
ヨーロッパにおける核融合炉材料研究の現況。
(京大炉)吉田博行
九大タンデム加速器の現況とその材料照射への応用。
(九大)磯矢 彰
閉会の辞 企画世話人(北大)竹山太郎
連絡先 (〒113)東京都文京区本郷7-3-1 (Tel. 03-812-2111, 内7133)
東京大学工学部 金属材料学科 井形直弘・宮原一哉