

中性子遮蔽向けコンクリートの放射化実験

Activation experiment for neutron shielding materials

奥野功一¹⁾ 松江秀明²⁾ 宮田 賢²⁾

Koichi OKUNO Hideaki MATSUE Satoru MIYATA

¹⁾ハザマ技術研究所 ²⁾原子力機構

(概要)

高性能な中性子遮蔽材料は、原子力・放射線施設における施設建設において遮蔽の経済性、コンパクト化に大きな役割を果たす。当該材料を実設計で用いるには、当含有元素と含有量を調べる必要があり、放射化量を検討するため微量元素含有量も把握する必要がある。そのため放射化分析を用いて元素分析を行った結果、高性能中性子遮蔽用材料は照射直後の線量が極めて低いが、一方で⁶⁰Coのピークが観察された。

キーワード：中性子、コンクリート、遮蔽

1. 目的

高性能な中性子遮蔽材料は、原子力・放射線施設における施設建設や、装置に係る遮蔽の経済性、遮蔽のコンパクト化に大きな役割を果たす。新しい遮蔽材料を実設計で用いるには、各々のケースにおいて、その遮蔽性能を解析で求める必要があり、解析を行うには当該材料に含まれている元素の種類と含有量を求める必要がある。また中性子遮蔽の場合、材料の放射化の問題が生じる恐れがあり、施設解体時等における廃棄物処理の影響、人体への被曝等が懸念される。この量を求めるには、前記に加え当該材料に含まれる微量元素の種類・量も把握する必要がある。そこで、放射化分析を用いて元素分析を行った。

2. 方法

実験は、研究用原子炉 JRR3 の放射化分析装置 Pn3 を用いて実施した。用いた試料は、普通コンクリート（骨材：砂岩）、普通コンクリート（骨材：石灰岩）、ベントナイトおよび、高性能中性子遮蔽材料としてホウ素入りコンクリートである。

粉砕したこれらの試料を 100mg 程度準備し、試料の重量測定後、ポリエチレンシートに 2 重封入し、さらに気送用ポリエチレンキャプセルに封入した。照射時間は、生成放射能量やマシンタイムの制限から各試料とも 30 秒（総熱中性子照射数： $4.5 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2$ ）とした。

測定は Ge 検出器を用い、照射直後および 51 日後にスペクトル測定、及び Kayzero 法による核種同定を行った。また、照射直後において、GM サーベイメータを用いた試料の線量測定も実施した。

3. 研究成果

表 1 に、GM サーベイメータで測定した照射直後の線量を示す。また、図 1、図 2 に現在までに測定した普通コンクリート（石灰岩）及びホウ素入りコンクリートの γ 線スペクトルを示す。さらに、図 1 のスペクトルを元に同定した核種を表 2 に示す。

表 1 GM サーベイメータで測定した照射直後の線量

試料名	照射直後線量(mSv)
普通コンクリート(砂岩)	17
普通コンクリート(石灰岩)	6
ベントナイト	31
ホウ素入りコンクリート	3

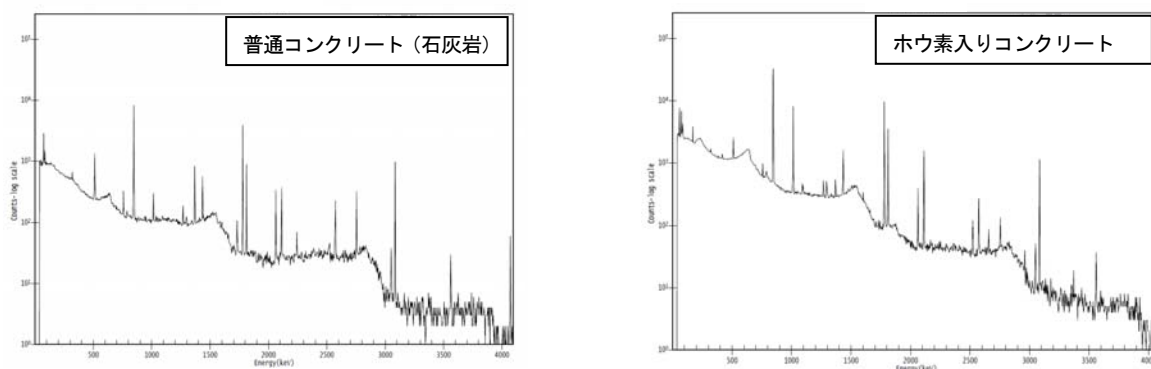
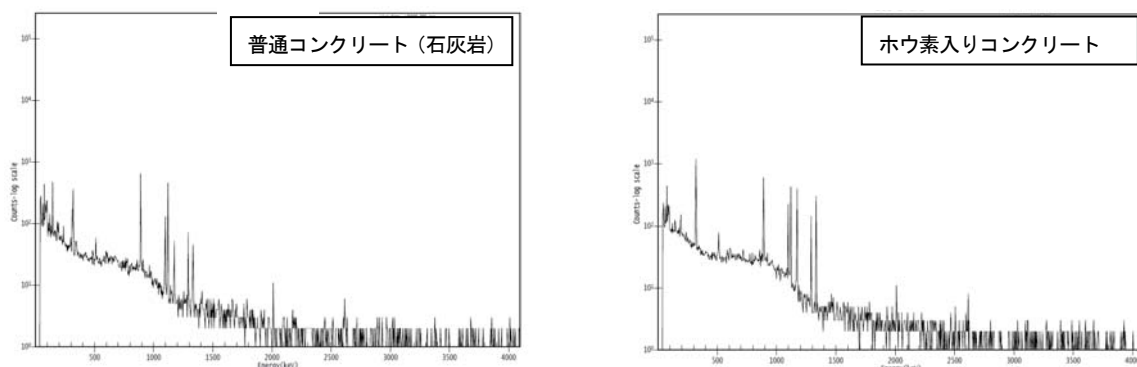
図 1 照射直後の γ 線スペクトル図 2 照射 51 日後の γ 線スペクトル

表 2 照射直後の核種同定結果

元素	普通コンクリート(砂岩)		普通コンクリート(石灰岩)		ベントナイト		ホウ素入りコンクリート	
	濃度[ppb]	標準偏差[%]	濃度[ppb]	標準偏差[%]	濃度[ppb]	標準偏差[%]	濃度[ppb]	標準偏差[%]
Na	1.29E+07	0.69	5.23E+06	2.22	1.95E+07	0.90	5.63E+05	6.82
Mg	9.17E+06	2.61	1.30E+07	3.00	1.22E+07	4.02	1.36E+08	0.34
Al	4.24E+07	0.50	2.35E+07	0.76	7.63E+07	0.94	7.34E+06	0.49
K	1.55E+07	13.13	N.D.		N.D.		N.D.	
Ca	9.76E+07	1.44	2.76E+08	1.35	1.34E+07	7.53	8.29E+07	1.22
Ti	1.41E+06	7.00	1.05E+06	16.21	N.D.		4.76E+05	12.98
V	3.48E+04	3.62	5.01E+04	3.30	N.D.		2.77E+04	1.91
Mn	3.20E+05	0.44	4.94E+05	0.62	5.95E+05	0.53	6.38E+05	0.30
In	N.D.		N.D.		N.D.		4.02E+02	17.23
Ba	3.57E+05	13.06	N.D.		7.75E+05	14.71	N.D.	

4. 結論・考察

表 1 より、ベントナイトでは短半減期核種生成量が多いことが予測され、高レベル放射性廃棄物処分場における設計、線量評価など放射線安全管理上十分な注意が必要であることが予想される。また、普通コンクリートにおいては骨材の体積が約 7 割を占めるため、骨材が変わると線量は大きく変わる。ホウ素入りコンクリートはホウ素成分として B_2O_3 が 4% 入っているコンクリートであり、照射直後の線量が低いことはホウ素の効果が大いと考えられる。

表 2 より、照射直後の線量に大きく寄与している核種は Al、Ca であると考えられる。また、図 2 より ^{60}Co のピークが認められた。 ^{60}Co は半減期 5.27 年であるため、原子炉など非常に多くの中性子が発生する施設では、適用場所や照射条件にもよるが施設解体時に放射性廃棄物として処理される可能性が示唆されることが判った。これについては、今回の実験では詳細検討が出来ないため、Pn 1 や JRR4 等を用いた長半減期核種の分析を行う必要がある。

5. 引用(参照)文献等

無し