本邦で生産された新しい鉄材に含まれるガンマ線放射核種[†]

広瀬妙子, 佐藤 純*, 佐藤和郎**

東京大学アイソトープ総合センター 113 東京都文京区弥生2-11-16

*明治大学工学部 214 川崎市多摩区生田5158

**東京大学地震研究所 113 東京都文京区弥生1-1-1

1978年7月27日受理

Key Words: contemporary steels, gamma-ray emitters, shielding material

1. 緒 言

γ 線スペクトロメータの検出効率を低下させずに、バックグラウンドを小さくするための遮蔽体には、鉛が有効である。しかし、 γ 線の測定を広いエネルギー領域に対して効果をあげようとする場合には、鉛のみによる遮蔽では、低エネルギー領域において、鉛からのX線が障害となる。このため、しばしば大量の鉄材が鉛遮蔽の内側に用いられる。

外部からの放射線が十分に遮蔽された段階では、検出器や遮蔽体を構成している材料に含まれる放射性不純物に由来する放射線が、バックグラウンドの主要なものとなる。遮蔽体の材料や、スペクトロメータの部品の放射能強度に関しては、欧米産のものについての報告例^{1),2)}はあるが、本邦で生産された材料について吟味された生データは、ほとんど発表されていないので、遮蔽体などを新たに製作する場合の参考資料はきわめて少ない。このような現状であるので、別報³⁾で報告する γ 線スペクトロメータの遮蔽体を製作するにあたって材料の鉄材を吟味するため、大手製鉄会社4社 (Table 1 では A-, B-, C-, D-として示されている)を選び、そこで、生産される鉄材について標本の提供を受け、それらに含まれる γ 線放核種の濃度の測定を行った。この報告は、測定の生データを示して、

今後遮蔽等の製作のさいの参考に供するものである。

2. 鉄材標本の測定

測定の目的は、遮蔽体の材料として使える程度の鉄材を入手する可能性を調べることにある。放射性不純物の濃度が、製鉄会社により、あるいは同じ製鉄会社の製品でも、ロットによりどの程度差異があるかを調査するために、A社からは、製造時期の異なる (1975年5月~1975年12月) 8種のロットについての標本 (A-1~A-8)の提供を受け、B, C, D社からは、それぞれ1種のロットについての標本の提供を受けて測定した。鉄材製品1つ1つの放射性不純物の濃度を、たとえ厳密に測定してもおそらく普遍的な資料とはなり得ないであろう。ここではロット全体に不純物が均一に分布していると仮定したうえで、そのおおよその値、あるいは上限値を求めることを主眼とした。

提供を受けた鉄材標本の大半は、5cm×5cm×2.5cmの形状で、重量は約500gである。この標本を60cm³ Ge(Li) γ 線スペクトロメータにより測定した。測定する標本は、検出器前面に密着させ、試料および検出器は1cm厚の3回蒸留の水銀と、1cm厚の無酸素銅板で覆い、その外側を鉛レンガにより10~15cm厚に囲った。1試料の測定時間は約2日である。

測定器の検出効率を求めるための標準物質には、化学試薬の塩化カリウムとNBL***が配布しているウラン含有量既知のリン鉱石標準試料(NBL-1)を用いた。このリン鉱石試料は、別の測定から、ウランとラジウムの放射平衡が成立していることがわかったので、²¹⁴Biの放出する多数の γ 線を検出器の効率曲線を作成するのに利用することができる。これらの標準物質を鉄材標本と同じ形状のプラスチック容器に充填して、標本検体と同様に測定し、測定系のその幾何学的

[†] Gamma-Ray Emitters in Contemporary Steel Produced in Japan. Taeko HIROSE, Jun SATO* and Kazuo SATO**: Radioisotope Centre, University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo 113, * Department of Industrial Chemistry, Meiji University, Ikuta, Tama-ku, Kawasaki 214, ** Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo 113.

*** New Brunswick Laboratory (アメリカ)

Fig. 1 (a) A part of the gamma-ray spectrum of the specimen B-1, where ^{60}Co is observed.

(b) A part of the gamma-ray spectrum of the specimen A-8, where ^{60}Co is not detected.

配置における全エネルギー吸収ピークの検出効率曲線を求めた。鉄材標本の比放射能を求めるための自己吸収の補正は計算による。

この測定で注目した γ 線は

- 1) ウラン系列核種: ^{214}Pb (0.352 MeV), ^{214}Bi (0.609 MeV)
- 2) トリウム系列核種: ^{208}Tl (0.583 MeV), ^{228}Ac (0.911 MeV)
- 3) ^{40}K (1.46 MeV)
- 4) ^{60}Co (1.33 MeV)
- 5) 放射性降下物: ^{137}Cs (0.662 MeV)

である。

Fig. 1 に今回測定した標本のなかで, ^{60}Co の含有量の多いもの (B-1) と少ないもの (A-8) の γ 線スペクトルを示す。B-1 には ^{60}Co の 1.33 MeV の γ 線がはっきりと観察される。

3. 測定結果

鉄材標本の測定結果をTable 1に示す。わが国では、戦艦陸奥の鉄材など古鉄材が遮蔽材料として利用され効果をあげているのでTable 1 には、鉄材標本と同じ形状に成形された陸奥の鉄材を同様に測定した結果を比較のために掲げてある。Table 1 に示された上限値は測定時間の長さなどの測定条件の差異により多少異なっている。また、測定誤差は、放射能計測に付随する統計誤差 (1σ) をとっている。

戦後に精錬された鉄材には ^{60}Co が含まれていることが知られている。その含有量には 1 pCi/g (1×10^{-6}

Table 1 Gamma-ray radioactivities of contemporary steels (10^{-8} Ci/ton)

Nuclide Material	^{60}Co	^{137}Cs	U-series		Th-series		^{40}K
			^{214}Pb	^{214}Bi	^{228}Ac	^{208}Tl	
Steel of Mutsu (a battleship)	<0.2	0.2 ± 0.2	<0.4	<0.4	<0.8	<0.6	<2
A-1	<0.2	0.3 ± 0.2	<0.6	<0.5	1.2 ± 0.9	<0.8	<2
A-2	0.3 ± 0.2	0.5 ± 0.2	<0.5	<0.5	<1.0	<0.7	<3
A-3	0.3 ± 0.2	0.2 ± 0.2	<0.5	<0.4	<0.8	<0.6	<2
A-4	<0.2	<0.2	0.8 ± 0.5	<0.4	<0.8	<0.6	<2
A-5	<0.2	0.2 ± 0.2	<0.5	<0.4	<0.8	<0.7	<2
A-6	0.9 ± 0.2	<0.2	<0.3	0.5 ± 0.4	<0.7	<0.6	<2
A-7	0.9 ± 0.2	<0.2	<0.4	0.5 ± 0.4	<0.7	<0.6	<2
A-8	<0.2	<0.1	<0.4	<0.3	<0.6	<0.5	<2
B-1	1.3 ± 0.3	0.2 ± 0.2	<0.5	<0.5	<1.0	<0.8	<3
C-1	0.3 ± 0.2	0.4 ± 0.2	—	<0.4	<0.8	<0.6	<2
D-1	0.8 ± 0.3	0.4 ± 0.3	0.7 ± 0.7	<0.6	<1.2	<0.9	4 ± 3

Ci/ton)に及ぶものもある。NBS Handbook²⁾に引用されている DeVoe の報告によると、種々の鉄材中の ^{60}Co の濃度は $5\sim 20\times 10^{-8}$ Ci/ton の範囲にある。Table 1 の結果をみる限りでは、本邦で生産された新しい鉄材に含まれる ^{60}Co の濃度は 1×10^{-8} Ci/ton 以下であり DeVoe の報告した数値よりかなり小さい。そして ^{137}Cs 、ウラン系列核種、トリウム系列核種の含有量は、それぞれ 1×10^{-8} Ci/ton 以下であることがわかった。

今回適用したような簡単な測定法でも、遮蔽材料の吟味にある程度有効で、この測定結果を見る限りでは、新しく生産された鉄でも、不純物の含有量の小さいものが多く、新しい鉄材でも遮蔽材として陸奥の鉄材に匹敵するような性能を有するものを入手できる可能性は大きいと考えられる。また、標本数は多くないが、鉄材に含まれる放射性不純物の含有量の製鉄会社別のバラツキは、1 製鉄会社のロット別のバラツキと同程度とみられる。

測定した鉄材の標本等は本遮蔽体を製造した芳沢機

工務を介して提供をうけた。また、NBL 標準試料は工業技術院地質調査所の金谷弘氏から提供をうけた。

文 献

- 1) D.E. Watt and D. Ramsden: High Sensitivity Counting Techniques, Pergamon Press (1964); 田中重男, 坂本浩, 高木仁三郎訳: 微弱放射能測定技術, p.35—41, コロナ社, 東京 (1968); 新実験化学講座 7, 基礎技術 6, 核・放射線 I, p.220—227, 丸善, 東京 (1975)
- 2) N.B.S. Handbook, No.86, "Radioactivity Recommendations of the International Commission on Radiological Units and Measurements" (1963); J.R. DeVoe: Radioactive Contamination of Materials Used in Scientific Research, NAS-NRC-pub-895 (1961)
- 3) 広瀬妙子, 佐藤純, 佐藤和郎; *Radioisotopes*, 28, 163—65 (1979)