

要旨

我々は ICRP 60 の導入に従って個人線量限度を引き下げ、発電所の継続運転による集団線量の増加を抑えることを望んでいるので、RCA（放射線管理区域）内の低線量の放出を減らすことを絶えず試みている。また、現在、韓国における処分コストが上昇しているため、放射性廃棄物を最小化することにも集中的に取り組んでいる。我々は高放射線機器と遮蔽に苦勞する小型配管に適した鉛ブランケットの製作を開始し、ハンビット原子力発電所で、鉛ベストから取り出した鉛プレートを用いて製作した鉛ブランケットで放射線を封じ込める。我々は配管のサイズに合わせてさまざまなタイプの鉛遮蔽材を作った。また、鉛ブランケットの遮蔽効率を高めるため、鉛プレートは格子状パターンになっている。その結果として、遮蔽効率は使用済みのベストから鉛プレートを再利用することによって向上した。これは高放射線エリアの線量率の減少による作業員の放射線被ばく線量の低減に寄与し、さらに鉛プレートの再利用によってコストを削減することができた。

1. はじめに

従業員の職業被ばくの大部分は総点検期間中に生じる。さらに、放射性の腐食生成物から放出されるガンマ線が主要な被ばく源として知られている。

次に、RCA内のガンマ線の効果的な遮蔽は放射線作業員の被ばく低減と放射線安全部に直接関係している。我々は被ばくの低減に継続的に取り組むつもりである。しかし、RCAには原子炉や蒸気発生器など、遮蔽が不可能なコンポーネントが存在する。また、小型配管の遮蔽が期待されるが、そのサイズと位置によって遮蔽を行うのはかなり難しい。そのため、ハンビット#2*の放射線安全部は特に小型配管に関する効果的な遮蔽の計画を検討した。既存の鉛ブランケットを用いると、配管の遮蔽に多くの時間と労力を要する。我々は総点検期間中に従業員の被ばく線量を低減するため、低線量の放出を最小限に抑えることに努めている。

* ハンビット#2は、ハンビット原子力発電所3号機と4号機。

2. 現状と問題点

ハンビット#2の格納容器建屋の各エリアには多数の配管があり、その一部はサイズが小さく、狭いスペースに設置されている。既存の鉛ブランケットを用いると、サイズが異なるため、遮蔽するのに予想していたよりも時間がかかった。以前の鉛ブランケットで配管を遮蔽したときには、作業スペースが狭いため、従業員は作業を行うのにも、エリアを通り抜けるのにも不便を感じた。一部の放射線遮蔽材はサイズの違いで配管に合わなかったため、遮蔽材を配管から取り除くということもあり得た。また、配管の外観も目障りだった。そこで、我々は効果的な遮蔽の方法を見つけようとした。さらに、新たな支出を招くよりはむしろ、既存の遮蔽材の再利用によって放射性廃棄物を減らそうとした。ハンビット#2の放射線安全部は、適切な形状の鉛遮蔽材を作り、高放射線と小型配管を効果的に隔離することができれば、低線量の放出を減らすことができると考えた。このチームはまた、鉛ベストの鉛プレートを再利用することで、廃棄物が削減されると考えた。

3. 小型配管に用いる鉛遮蔽材の製作プロセス

ハンビット#2には3つの異なるタイプの鉛ベストが保管されている。

表 1：ハンビット#2 に現在ある鉛ベスト




タイプ 分類	ネックレスタイプ	ショルダータイプ	一般タイプ
品目			
数量	25 着	41 着	95 着
処分数量	21 着	15 着	該当せず

表 1 に見られるように、我々はハンビット#2 の従業員の被ばく線量を低減するために主に一般タイプを使用し、たまに一般タイプが足りないときにショルダータイプを使用する。ネックレスタイプは最初に導入されたが、摩損と高汚染のためにはや使用されておらず、処分のために保管されているだけである。我々は既存の鉛ブランケットを小型配管の遮蔽に用いるのは難しいということもあって、鉛ベストは分解した後に処分されるはずであり、分解した鉛ベストの鉛プレートから適切なサイズに合わせた鉛遮蔽材を作ることができるのではないかと想定した。

写真 1 に見られるように、我々は鉛ベストの中の鉛プレートを引き出し、除染を行った。我々は処分される物質の量を最小にすることを約束している。ショルダータイプとネックレスタイプのベストには 1 着当たり約 45 枚の鉛プレートが用いられている。

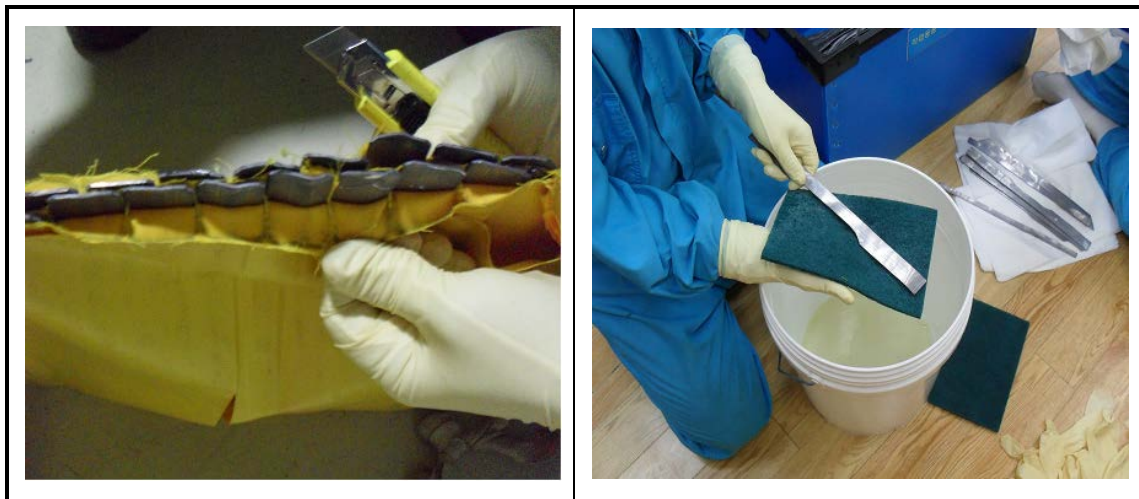


写真 1：鉛ベストから切り離され除染される鉛プレート



写真 2：引き出された鉛プレート

引き出された鉛プレートを写真 2 に示す。その仕様は次のとおりである；
幅 31cm、高さ 2.5cm、厚さ 0.2cm、重さ 0.12kg。再利用できないプレートを除き、再利用のために 1,450 枚の鉛プレートが引き出された。

表 2：引き出された鉛プレートの量

区分 タイプ	総数	使用可能な数
ネックレスタイプ	945 枚	853 枚
ショルダータイプ	675 枚	597 枚
総数	1,620 枚	1,450 枚

4. 小型配管用の鉛遮蔽材の製作

新たに製作された鉛遮蔽材は小型配管のサイズと長さにかかわらず、弛まないように設計された。また、長期間使えるようにも設計された。鉛遮蔽材の外側のカバーは不燃性の除染が容易な防水布を用いて設計され、さらに、鉛プレートを差し込む二重縫いの鞘（袋）は遮蔽効率を高めるため、格子状パターンに配列された。この鞘と鉛プレートの隙間は 2mm 以内だった。鉛プレートと内部の部品を固定した後、鞘の弛みを最小にするように外側のカバーで密封された。さらに、鉛プレートのエッジは鉛遮蔽材を運ぶときや、取り付けるときの事故を防ぐため、球状に設計された。

表 3：鉛遮蔽材の設計



区分	既存の鉛遮蔽	改良された鉛遮蔽
比較		
詳細	サイズ (cm) : 110×40 重さ (kg) : 12.46	①小サイズ (cm) : 40×35 重さ (kg) : 4.2 ②中サイズ (cm) : 60×35 重さ (kg) : 6.3 ③大サイズ (cm) : 80×35 重さ (kg) : 8.0

表 3：設計された鉛遮蔽材はその後、改良が加えられた。鉛遮蔽材は配管のサイズと配管サイズの違いによる適切な使用方法に基づいて、3タイプが設計された。

5. 小型配管での鉛遮蔽材の使用

新たに製作された遮蔽材がハンビット#2 の 4 号機の総点検期間中に作業場所で使用された。写真 3～7 は改良前後を示している。

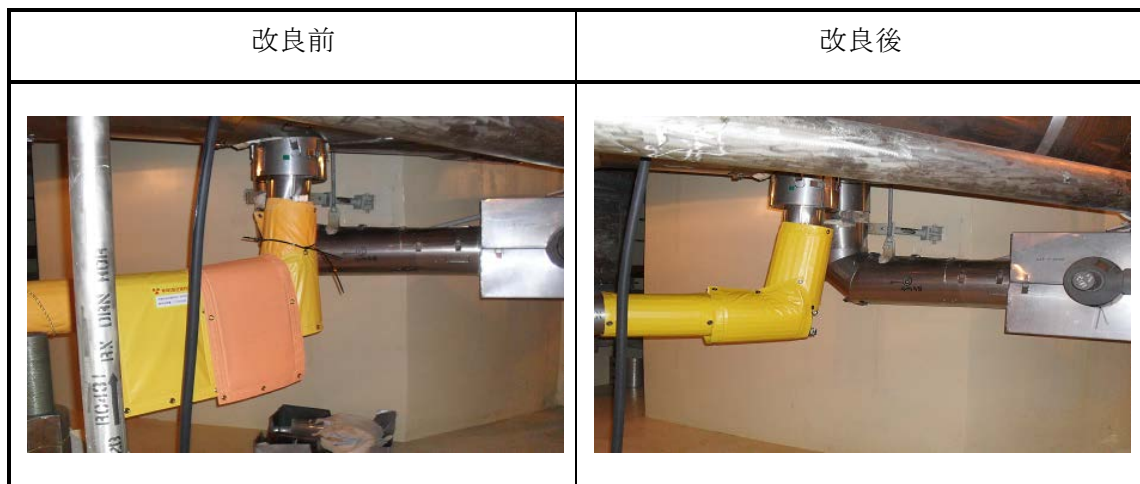


写真 3：RCB 86'の内壁に設置されている S/G C/L 配管から RDT 小型配管へ



写真 4 : RCB 86'の内壁に設置されているキャビティファンの廻りの配管を遮蔽

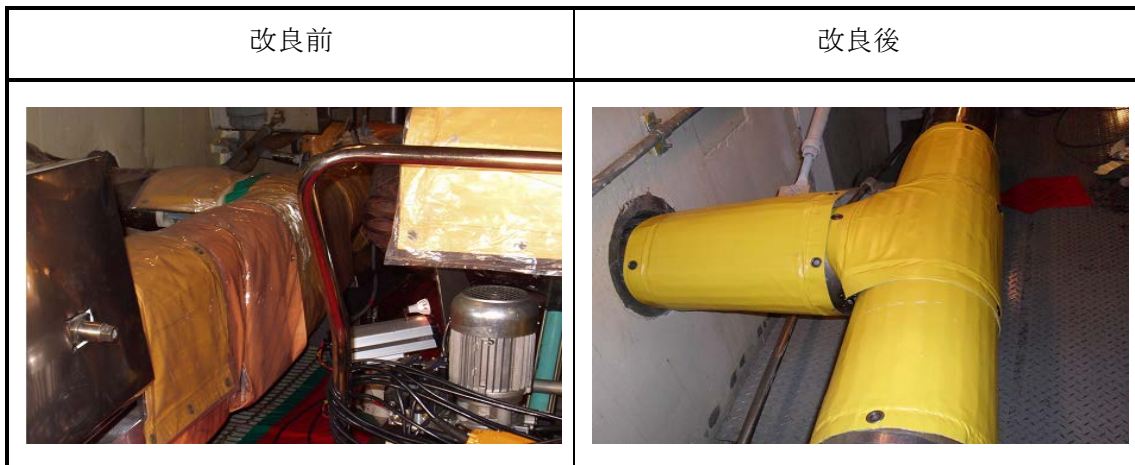


写真 5 : RCB 86'の内壁に設置されている S/G #2 コールドレグのマンウェイの廻りの高放射線配管を遮蔽

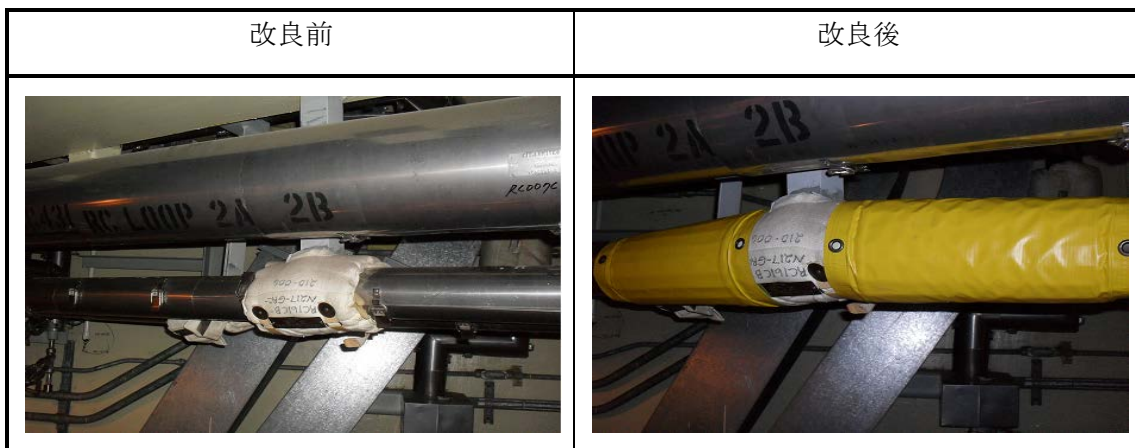


写真 6 : CV 10'RC ループ 2A ; PZR 廻りの高線量配管



写真 7 : SAB 10'レットダウン内の 441-201Q の高線量配管

写真 3～7に見られるように、高線量の小型配管をサイズと形状に合わせて鉛遮蔽材で遮蔽することによって、遮蔽機能、配管の健全性、環境条件が改善された。また、配管の廻りの線量率の変化をチェックするため、我々は配管から 30cm 離れた所で改良前後の線量率を測定した。

表 4 : 遮蔽改良後の線量率の変化

遮蔽エリア	線量率 (mSv/時)		低減率 (%)
	前	後	
RCB 86'の S/G C/L→RDT 小型配管	0.62	0.51	17.7↓
キャビティファンの廻りの高放射線エリア	0.81	0.65	19.6↓
S/G #2C/Lの M/W 廻りの高放射線配管	0.58	0.56	3.5↓
RC ループ 2A→PZR 廻りの高放射線配管	0.72	0.18	75↓
レットダウン内の 441-201Q 廻りの高放射線エリア	3.10	2.80	9.7↓

表 4 に見られるように、‘高線量率エリアと小型配管’の遮蔽を改良した後に、配管廻りの放射線量率はかなり下がっており、従業員の被ばく線量の低減に寄与すると考えられる。前に述べたように、配管の廻りの環境がはっきりと分かるように整えられたので、従業員は安定したメンタルヘルスを維持することができ、保守の品質向上とともに、目に見えない効果が得られるように思われる。

6. 結論

結論として、配管を効果的に遮蔽し、配管廻りの線量を低減し、さらに従業員の被ばく線量を低減するために、処分される鉛ベストの鉛プレートを‘高線量率と小型配管’の遮蔽に再利用することができる。また、鉛プレートの再利用は放射性廃棄物の発生量を削減し、処分コストを引き下げるのに役立つだろう。以前の鉛遮蔽の弱点を補うことによって、例えば、遮蔽性能の向上、配管の健全性、従業員の精神的な安定など、原子力プラントの運転に無形の利益がもたらされるだろう。一方で、RCA 内の高線量率の配管、設備、複雑な構造物の遮蔽にはまだ深刻な問題が残されており、これらの問題を解決するために継続的な取り組みと研究が必要である。