



Radioactive Decontamination by Strippable Paint

Nanthavan Chantaraprachoom¹

Kazuyuki Mishima²

¹Office of Atomic Energy for Peace, Bangkok, Thailand.

²Japan Atomic Energy Institute, Oarai Establishment, Japan

ABSTRACT

The strippable paint, one of the adhesion method, is to decontaminate solid surface of materials or/and a large area. Two kinds of specimen planchet, SUS 304 stainless steel and polycarbonate plastic, contaminated with radioactive ¹³⁷Cs were studied under various conditions. It included surface bottom types, the flat and convex concentric circle type, normal condition at room temperature and overheat condition ($\sim 80^{\circ}\text{C}$). This method used coating paints which contains some elements to have a reaction with radioactive materials selectively. ALARA-Decon clear, Rempack-X200clear, JD-P5-Mrs.Coat and Pro-Blue-color guard were selected to use as the coating paints. The contaminated surface was coated by the strippable paint under the optimum time, followed by peeling the paint seal.

The Rempack-X200 showed the best result, the highest decontamination efficiency which are about 99-100 % for all conditions of specimens. The JD-P5 and ALARA-Decon showed good results, which are 98-99 % decontamination efficiency for the normal condition set of specimens and about 94-97 % for the overheat set of specimens. They can decontaminate polycarbonate specimens better than stainless steel specimens. The Pro-Blue-color guard showed the lowest decontamination efficiency of which 60 % for polycarbonate specimens at normal condition and 40%, 30% for stainless steel specimens at normal and overheat conditions respectively. There was no effects of surface bottom types significantly.

บทนำ

การชำระล้างความเปรอะเปื้อนทางรังสีหมายถึงกระบวนการชำระล้างสารกัมมันตรังสีที่เปรอะเปื้อนออกจากวัสดุ หรือพื้นผิวต่างๆ และหรือการกระทำเพื่อป้องกันการแพร่กระจายการเปรอะเปื้อนทางรังสีไปสู่คนทำงานหรือสู่สาธารณชนทั่วไป

การออกแบบบริเวณปฏิบัติการทางรังสีและการดำเนินการปฏิบัติงานทางรังสีควรจะมีการออกแบบและวางแผนการทำงานให้เหมาะสม เพื่อลดโอกาสการเปรอะเปื้อนทางรังสีให้เกิดขึ้นได้น้อยที่สุด เนื่องจากโดยทั่วไปการชำระล้างความเปรอะเปื้อนทางรังสีนั้นต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายเป็นอย่างมาก

วิธีการชำระความเปรอะเปื้อนทางรังสีสามารถแบ่งออกเป็น 3 วิธีใหญ่ๆ ได้แก่

1. การชำระความเปรอะเปื้อนโดยทางกายภาพ หรือ ทางกล (Physical or mechanical decontamination) ตัวอย่างเช่นวิธีการดูดฝุ่น(Vacuum cleaning) วิธีการขัดถูต่าง เช่น scrubbing, brushing, polishing, blasting วิธีการใช้น้ำและไอน้ำที่มีความดันสูง วิธีการทำให้เกิดการเกาะติด (adhesion)และ การใช้คลื่นความถี่สูง(ultrasonic decontamination)
2. การชำระความเปรอะเปื้อนโดยทางเคมี (Chemical decontamination) เช่นการชำระล้างความเปรอะเปื้อนโดยสารซักล้าง สารละลายกรด และสารประกอบเชิงซ้อน
3. การชำระความเปรอะเปื้อนโดยวิธีพิเศษ เช่น การหลอมละลาย(Melting) และElectropolishing

การชำระล้างความเปรอะเปื้อนโดยการลอกสีเป็นวิธีหนึ่งในวิธี adhesion โดยใช้วิธีการให้สีเคลือบติดกับพื้นผิวที่เปรอะเปื้อนสารกัมมันตรังสีแล้วทิ้งไว้ให้สารเคมีในสีทำปฏิกิริยากับสารกัมมันตรังสีจนสีแห้งเป็นเหมือนแผ่นฟิล์มแล้วจึงลอกดึงให้สารกัมมันตรังสีหลุดติดออกมา กับแผ่นสีเคลือบ

การทดลองนี้ใช้งานนับรังสีที่ทำให้เปรอะเปื้อนด้วยของเหลวกัมมันตรังสีซีเซียม 137 และสร้างเงื่อนไขให้สภาวะการเปรอะเปื้อนแตกต่างกันคือทดลองจากตัวอย่างต่างชนิดกัน และมีพื้นผิวที่แตกต่างกันคืองานนับรังสีชนิดเหล็กไร้สนิม(stainless steel) และ พลาสติกโพลีคาร์บอเนตที่มีความแตกต่างของพื้นผิว คือมีทั้งแบบผิวเรียบแบน และ ผิวเป็นลายนูนกันหอย และทดลองสภาวะอุณหภูมิที่ต่างกันคือที่อุณหภูมิห้องและโดยการให้ความร้อนเกินพอจาก hot plat

ความสามารถในการชำระล้างความเปรอะเปื้อนทางรังสีในการทดลองนี้ ประเมินผลโดยใช้ค่า DF (Decontamination factor) และ DR (Decontamination ratio) ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$DF = \frac{\text{ความแรงรังสีก่อนชำระล้าง}}{\text{ความแรงรังสีหลังการชำระล้าง}}$$

$$DR = 1 - (1/DF) \times 100 \quad \%$$

วัสดุและอุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี

1. สีเคลือบชนิดที่ลอกได้ (strippable coating paint) 4 ชนิด ได้แก่
 - ALARA-Decon
 - Rempack-X200 clear
 - JD-P5-Mrs.coat
 - Pro-Blue-color guard
2. จานนับรังสี (planchet) 4 แบบ ได้แก่
 - แบบ A เป็นเหล็กไร้สนิม SUS 304 ผิวเรียบ เส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มม สูง 10 มม
 - แบบ B เป็นเหล็กไร้สนิม SUS 304 ผิวไม่เรียบมีลายนูนลักษณะเป็นก้นหอย เส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มม สูง 5 มม
 - แบบ C เป็นพลาสติกชนิดโพลีคาร์บอเนต ผิวเรียบ เส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มม สูง 10 มม
 - แบบ D เป็นพลาสติกชนิดโพลีคาร์บอเนต ผิวไม่เรียบมีลายนูนก้นหอย เส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มม สูง 5 มม
3. สารละลายที่ปนเปื้อนด้วยซีเซียม-137 ความแรงรังสีประมาณ 400 Bq/ml.
4. เครื่องนับวัดรังสีหัววัดชนิด proportional counter แบบ sample changer.

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักจานนับรังสีทั้ง 4 ชนิดๆละ 16 ชิ้น (4x16 ตัวอย่าง)
2. หยดสารละลายที่ปนเปื้อนด้วยซีเซียม-137ปริมาณ 7 มิลลิลิตร ลงในแต่ละจานนับรังสี และชั่งน้ำหนักรวมของแต่ละจานนับรังสี
3. แบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ชุดใหญ่ จานนับรังสี 32 ตัวอย่าง ชุดแรก (4x8 ตัวอย่าง) ทิ้งให้แห้งโดยธรรมชาติในตู้ควัน ให้เป็นเงื่อนไขสภาวะปกติ
4. จานนับรังสี 32 ชิ้น ชุดที่สอง ทำให้แห้งในตู้ควันโดยให้ความร้อนจาก hot plat ประมาณ 80 องศาเซลเซียส ให้เป็นเงื่อนไขสภาวะให้ความร้อนเกินพอ
5. นำตัวอย่างจานนับรังสีทั้งหมดเข้าวัดรังสีในเครื่องนับรังสีแบบเปลี่ยนตัวอย่างอัตโนมัติ โดยวัดตัวอย่างละ 10 นาที

6. นำตัวอย่างงานนับรังสีทั้งหมดมาเคลือบด้วยสี โดยใช้สีประมาณ 2 กรัมต่อหนึ่งตัวอย่าง โดยทำการเคลือบสี 4 ชนิดลงบนพื้นผิวตัวอย่างที่สภาวะความเปราะเปื้อนแตกต่างกัน โดยทดลองแต่ละเงื่อนไข 2 ตัวอย่างซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ย
7. ทิ้งไว้ให้แห้งโดยธรรมชาติในตู้ควันเป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยชั่งน้ำหนักก่อน และหลังจากแห้งแล้ว
8. ทำการลอกสีที่เคลือบออกจากตัวอย่างงานนับรังสี โดยลอกให้เป็นแผ่นคล้ายกับแผ่นฟิล์มบ้าง
9. นำตัวอย่างงานนับรังสีไปนับวัดค่าความแรงรังสีหลังจากการลอกสีแล้ว
10. บันทึกผลและคำนวณหาค่า DF และ DR

ผลการทดลอง

ผลการทดลองหาค่า Decontamination ratio(%DF) ที่สภาวะปกติ ณ อุณหภูมิห้อง จากการลอกสี 4 ชนิดของตัวอย่างงานนับรังสีทั้ง 4 แบบ คือ แบบ A B C และ D แสดงใน Fig.1.

ค่า %DR จากการลอกสีของตัวอย่างงานนับรังสีในสภาวะให้ความร้อนเกินพอ เมื่อให้ความร้อนประมาณ 80 องศาเซลเซียสแก่ตัวอย่างงานนับรังสีทั้งสองชนิด ปรากฏว่างานนับรังสีชนิดพลาสติกโพลีคาร์บอเนตไม่สามารถทนทานต่อความร้อนได้เกิดการละลายจึงไม่สามารถนำมาทดลองการลอกสีที่สภาวะให้ความร้อนเกินพอได้ จึงทดลองกับงานนับรังสีแบบ A และ B โดยผลการทดลองแสดงไว้ใน Fig.2.

จากผลการทดลอง ได้ค่า DF, %DR และ % Solid content of coating paint ที่ทดลองกับตัวอย่างงานนับรังสี 4 แบบ ดังแสดงใน TABLE 1-4 สามารถสรุปได้คือสีทั้ง 4 ชนิดที่ใช้ในการทดลองนี้ มีประสิทธิภาพดี จนถึงดีมากในการชำระล้างความเปราะเปื้อนทางรังสีโดยสังเกตได้ว่าสี Rempack-X มีประสิทธิภาพในการชำระล้างความเปราะเปื้อนทางรังสีได้ดีที่สุด ประมาณ 99 ถึง 100% และใช้ได้กับทุกเงื่อนไขของงานนับรังสีทั้งชนิดเหล็ก ไรซินิมและพลาสติกและไม่ว่าจะเป็นพื้นผิวแบบเรียบ หรือเป็นลายนูนลักษณะกันรอยก็ตาม รวมทั้งในสภาวะที่ให้ความร้อนเกินพอซึ่งเป็นเงื่อนไขหนึ่งในความแตกต่างของรูปแบบการเปราะเปื้อนจากสภาวะปกติก็สามารถชำระล้างความเปราะเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพดีมาก

สี ALARA-decon และ สี JD-P5 มีประสิทธิภาพในการชำระล้างความเปราะเปื้อนประมาณ 95-97 เปอร์เซ็นต์สำหรับตัวอย่างงานนับรังสีชนิดเหล็ก ไรซินิมทั้งสภาวะปกติและสภาวะให้ความร้อนในการเปราะเปื้อน และ มีประสิทธิภาพถึง 99 % สำหรับพลาสติกโพลีคาร์บอเนต ที่ทุกสภาพพื้นผิวที่สภาวะปกติ และ 96 เปอร์เซ็นต์

สี Pro-Blue มีประสิทธิภาพประมาณ 60% สำหรับตัวอย่างชนิดพลาสติกโพลีคาร์บอเนต ที่สภาวะอุณหภูมิปกติ สำหรับตัวอย่างเหล็กไรสนิมมีประสิทธิภาพ 40% และ 30% ที่สภาวะปกติ และสภาวะให้ความร้อน ตามลำดับ

สรุป วิจัย ผลการทดลอง

ตามปกติพื้นผิวของวัสดุมีผลอย่างมากในการชำระล้างความเปรอะเปื้อนทางรังสี พื้นผิวที่ง่ายต่อการชำระล้างความเปรอะเปื้อนมักมีลักษณะ เรียบ มัน ไม่มีรูพรุน ทนทานต่อความร้อน สารเคมี รังสี และการขจัดได้ดี จากผลการทดลองดังกล่าวพบว่าวิธีการชำระล้างความเปรอะเปื้อนโดยวิธีการลอกสีมีประสิทธิภาพสูงมาก ถึงแม้ว่าสภาพพื้นผิวที่เปรอะเปื้อนจะยากในการชำระล้าง ก็ไม่มีผลกระทบต่อความสามารถในการชำระล้างได้

เหล็กไรสนิม และ พลาสติกโพลีคาร์บอเนตเป็นพื้นผิวที่มีความหนาแน่นของเนื้อวัสดุสูงจนไม่ยอมให้สารกัมมันตรังสีซึมผ่านได้ และเหล็กไรสนิมทนทานต่อความร้อนและการขจัดได้ดี ดังนั้นการชำระล้างความเปรอะเปื้อนจึงกระทำได้ง่าย ส่วนพลาสติกโพลีคาร์บอเนตทนทานต่อความร้อนได้ไม่มากนัก แต่ในกรณีการลอกสีสังเกตได้ว่าพลาสติกโพลีคาร์บอเนตมีประสิทธิภาพในการชำระล้างความเปรอะเปื้อนสูงกว่าเหล็กไรสนิม อาจอธิบายได้ว่าการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีโดยการเกิดพันธะเคมีระหว่างสีกับโพลีคาร์บอเนต

และจากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าสีที่มีค่า % Soild content สูงจะมีประสิทธิภาพในการชำระล้างความเปรอะเปื้อนทางรังสีได้ดีกว่าสีที่มี ค่า % Soild content ต่ำ

การชำระล้างความเปรอะเปื้อนทางรังสีโดยวิธีลอกสีสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการชำระล้างพื้นผิววัสดุขนาดใหญ่ๆ ได้เช่น พื้นห้อง กำแพง เเท็งค์น้ำ และอื่นๆ ตามความเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Decommissioning of Nuclear*

Facilities: Decontamination, Disassembly and Waste Management,

TECHNICAL REPORTS SERIES No.230, IAEA, Vienna (1983).

Mishima K, *Decontamination Technique*, Oarai Research Establishment, Japan Atomic Energy Research Institute, Japan (1995).

ปฐม แหยมเกตุ และ คณะ, *การชำระล้างความเปรอะเปื้อนทางรังสี*, การฝึกอบรมหลักสูตรการป้องกันอันตรายจากรังสีระดับ 2, สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ, มิถุนายน 2539.

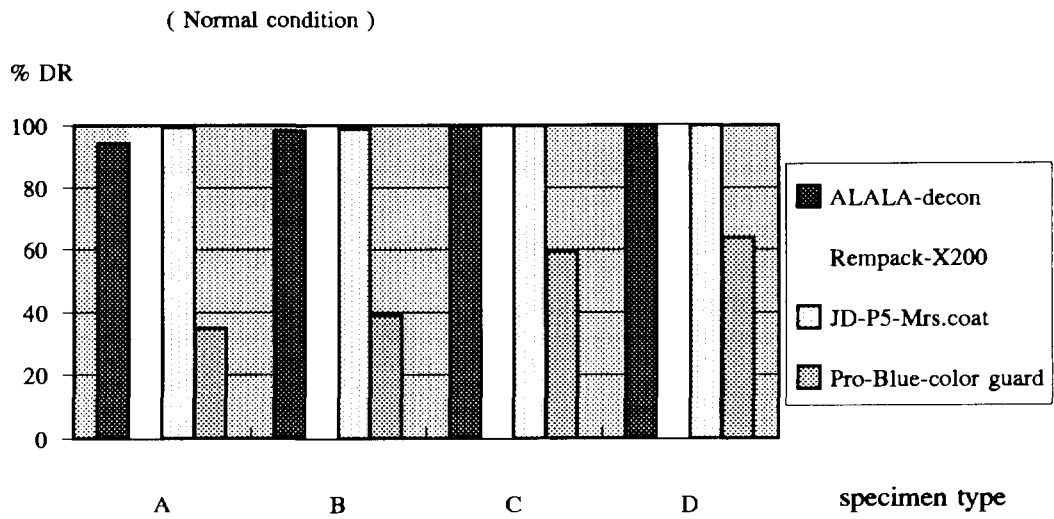


Fig.1 The comparison of various strippable paint at normal condition.

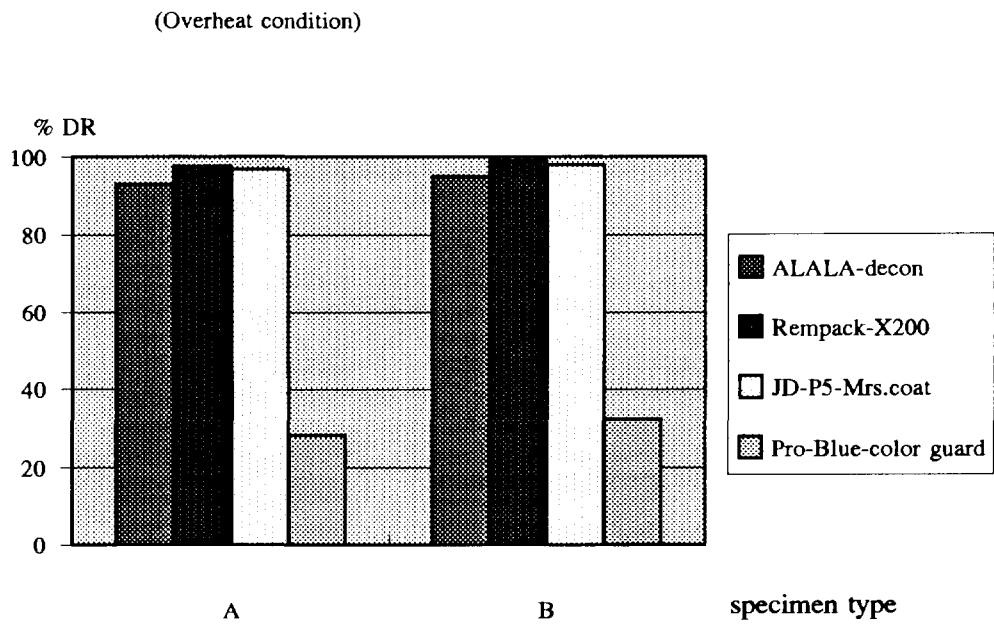


Fig.2 The comparison of various strippable paints at over-heating condition.

Table 1. The decontamination of A-Type (stainless steel,flat) specimens by using various kinds of strippable coating pain

No.	Activity (Bq)		DF Average	%DR Average	Type of strippable coating paint	% Solid Content of coating paint
	before Decon	after Decon				
A-1	2851	150	17	94.1	ALALA-decon	48.5
A-2	2836	186				
A-3	2940	15	125	99.2	Rempack-X200	53.2
A-4	2781	51				
A-5	2903	15	153	99.3	JD-p5-Mrs.coat	52.5
A-6	2720	24				
A-7	2857	1890	1.5	33.4	Pro-Bluc-color guard	28.5
A-8	2766	1777				
A-9	2815	242	15	93.4	ALALA-Decon	48.5
A-10	2949	157				
A-11	2837	46	46	97.8	Rempack-X200	53.2
A-12	2820	92				
A-13	2817	87	30	96.7	JD-P5-Mrs.coat	52.6
A-14	2875	100				
A-15	2868	2155	1.4	28.6	Pro-Blue-color guard	48.5
A-16	2774	1894				

Note: A1-A8 under room temperature condition.

A9-A16 under over-heating. condition.

Table 2. The decontamination of B-type (stainless steel, convex circle) specimens by using various kinds of strippable coating paint.

No.	Activity (Bq)		DF Average	%DR Average	Type of strippable coating paint	% Solid Content of coating paint
	before Decon	after Decon				
B-1	3068	31	75	98.7	ALALA-decon	48.5
B-2	2957	56				
B-3	2978	19	228	99.56	Rempack-x200	53.2
B-4	2991	10				
B-5	2891	23	94	98.93	JD-P5-Mrs.coat	52.6
B-6	2904	47				
B-7	2881	1192	2	50.0	Pro-Blue-color guard	28.5
B-8	2995	1665				
B-9	2975	217	24	95.8	ALALA-decon	48.5
B-10	3008	85				
B-11	3005	22	112	99.1	Rempack-x200	53.2
B-12	3031	35				
B-13	2843	61	47	97.9	JD-P5-Mrs.coat	52.6
B-14	2985	60				
B-15	2912	1993	1.5	33.4	Pro-Blue color guard	48.5
B-16	3018	2020				

Note: B1-B8 under room temperature condition.

B9-B16 under over-heating condition.

Table 3. The decontamination of C-type (polycarbonate,flat) specimens by using various kinds of strippable coating paint.

No.	Activity (Bq)		DF Average	%DR Average	Type of strippable coating paint	% Solid Content of coating paint
	before Decon	After Decon				
C-1	1947	4.4	418	99.8	ALALA-decon	48.5
C-2	2055	5.2				
C-3	2222	1.2	168	99.4	Rempack-X200	53.2
C-4	1966	1.3				
C-5	2121	1.5	1270.0	99.9	JD-P5-Mrs.coat	52.6
C-6	2030	1.8				
C-7	2079	930	2.4	58.3	Pro-Blue-color guard	28.5
C-8	2217	876				
C-9	-	-	-	-	-	-
C-10	-	-	-	-	-	-
C-11	-	-	-	-	-	-
C-12	-	-	-	-	-	-
C-13	-	-	-	-	-	-
C-14	-	-	-	-	-	-
C-15	-	-	-	-	-	-
C-16	-	-	-	-	-	-

Note: C1-C8 under room temperature condition

C9-C16 under over-heating condition(could not be tested because the carbonate planchets were melted).

Table 4. The decontamination of D-type (polycarbonate, convex circle) sperimens by using various kinds of strippable coation paint.

No.	Activity (Bq)		DF Average	%DR Average	Type of strippable coating paint	% Solid Content of coating paint
	before Decon	after Decon				
D-1	2174	1.7	1467	99.9	ALALA-decon	48.5
D-2	2154	1.3				
D-3	2007	1	1981	99.9	Rempack-X200	53.2
D-4	1956	1				
D-5	2050	1.8	908	99.8	JD-P5-Mrs.coat	52.6
D-6	2103	3.1				
D-7	1893	795	2.7	62.9	Pro-Blue-color guard	28.5
D-8	1952	651				
D-9	-	-	-	-	-	-
D-10	-	-	-	-	-	-
D-11	-	-	-	-	-	-
D-12	-	-	-	-	-	-
D-13	-	-	-	-	-	-
D-14	-	-	-	-	-	-
D-15	-	-	-	-	-	-
D-16	-	-	-	-	-	-

Note: D1-D8 under room temperature condition.

D9-D16 under over-heating condition (could not be tested because the carbonate
planchets were melted)