

## 철재 방사성폐기물 자체처분을 위한 RESRAD-RECYCLE 코드 고찰

조현태, 이상태, 김창환, 김효철, 이의동  
 하나검사기술(주), 부산광역시 기장군 장안읍 고리216번지  
[amaworld@nate.com](mailto:amaworld@nate.com)

### 1. 서론

원자력발전소에서 발생하는 철재 방사성폐기물은 교육과학기술부 고시 제2009-37호 “방사성폐기물의 자체처분에 관한 규정 고시” 및 원자력발전소 운영절차서에 따라 수집, 분류, 절단, 제염, 방사선량률 및 오염도 측정, 감마핵종분석, 전알파·전베타 방사능 측정, 선량평가를 수행하여 한국원자력안전기술원에 자체처분계획서를 제출, 검토 및 승인 후 최종 처분한다. 특히, 철재 방사성폐기물은 소각, 매립, 재활용의 자체처분 방법 중 재활용으로 자체처분하며, 자체처분시 선량을 평가하기 위해서는 RESRAD-RECYCLE 코드를 사용한다.

본 논문에서는 처분제한치 미만의 철재 방사성폐기물을 RESRAD-RECYCLE 코드로 선량평가 시 그 운영방법에 따른 결과를 비교하여 RESRAD-RECYCLE 코드의 올바른 사용법 및 오류를 파악하고 자체처분 선량평가의 신뢰도를 높이고자 한다.

### 2. 본론

#### 2.1 실험

RESRAD-RECYCLE 코드의 Scrap Inventory 창의 조건을 변경하면서 결과를 비교한다.

첫 번째, 처리량 입력 후 **Adjust Population for Throughput** 버튼을 클릭했을 때 각 시나리오의 매개변수 값의 변경결과를 비교한다.

두 번째, 처리량 입력 후 **Reset Population to Default** 버튼을 클릭했을 때 각 시나리오의 매개변수 값의 변경결과를 비교한다.

세 번째, Throughput 입력필드에 처리량을 입력하고 곧바로 **Done** 버튼을 클릭했을 때 각 시나리오의 매개변수 값의 변경결과를 비교한다.

네 번째, Dilution Fraction for all scenarios의 값에 따른 각 시나리오의 선량평가 결과를 비교한다.

다섯 번째, Initial Decay Time for all scenarios의 값에 따른 각 시나리오의 선량평가 결과를 비

교한다.

여섯 번째, 원전 주요핵종인  $^{60}\text{Co}$  및  $^{137}\text{Cs}$  따른 각 시나리오의 선량평가 결과를 비교한다.

일곱 번째, Fig.1 Scrap Inventory와 같은 조건을 입력하고 선량평가를 수행하여 결과를 출력한다.

Fig. 1. Scrap Inventory

#### 2.2 결과

RESRAD-RECYCLE 코드는 폐기물 처리량을 100 ton 으로 가정하여 개발된 프로그램으로 모든 시나리오의 매개변수는 이를 기초로 설정되어 있으며 조건에 따른 결과는 다음과 같다.

첫 번째, Throughput 입력필드에 처리량을 입력하고 **Adjust Population for Throughput**(처리량에 따른 연간 피폭시간 및 피폭자 수 조정)을 클릭하면 고철운반, 철강용융, 강피운반, 초기가공, 최종가공, 생산품 유통(공작소작업자 제외) 시나리오의 연간피폭시간 매개변수 값은 처리량에 따라 선형적으로 변경되고 연간피폭시간이 2,000 시간 초과 시는 2,000 시간으로 고정되면서 피폭자 수가 선형적으로 변경된다. 그리고 소비재와 공공재, 공작소작업자 시나리오의 연간피폭시간 매개변수 값은 불변하고 피폭자 수만 변경된다. 제한적 재활용 및

재이용 시나리오의 연간피폭시간 및 피폭자 수의 매개변수 값은 처리량에 무관하게 불변한다.

두 번째, Throughput 입력필드에 처리량을 입력하고 **Reset Population to Default** 을 클릭하면 모든 시나리오의 매개변수 값이 100 ton 의 폐기물처리량 매개변수 값으로 변경된다.

세 번째, Throughput 입력필드에 실제 처리량을 입력하고 곧바로 **Done** 버튼을 클릭하면 입력 처리물량은 Default 처리량인 100 ton 으로 불변하고 모든 시나리오 매개변수 값이 변경되지 않는 오류가 발생한다.

네 번째, Dilution Fraction for all scenarios 및 Initial Decay Time for all scenarios의 입력필드에 적합한 값을 입력하고 **Reset** 버튼을 클릭해야 입력 값이 제대로 적용되며 그렇지 않을 경우 재이용 시나리오의 매개변수 값인 Surface Transfer Fraction 값이 입력 값이 아닌 0.01로 나타나는 오류가 발생한다.

특히, <sup>60</sup>Co 및 <sup>137</sup>Cs의 두 핵종을 입력한 경우에 **Reset** 버튼을 클릭하고 선량평가한 결과는 연간 개인피폭선량이 Building Reuse 시나리오 때 최대로 나타나고, 그렇지 않을 경우 Room/Office로 재활용될 때 최대로 나타나는 오류가 발생한다.

한편, Dilution Fraction for all scenarios의 값을 변경하면 각 시나리오별 선량평가 결과는 변경입력 값에 비례하여 변경된다.

다섯 번째, Initial Decay Time for all scenarios의 값을 변경하면 각 시나리오별 선량평가 결과가 변경되며 입력 값을 증가 시 피폭선량은 감소하고 조건에 따라 감소폭이 달라진다.

여섯 번째, 폐기물의 방사성핵종을 <sup>60</sup>Co로 한정하여 선량평가한 결과는 슬래그작업자 시나리오를 제외한 모든 시나리오에 대해 선량평가가 이루어지며, Room/Office로 재활용될 때 개인피폭선량이 최대가 된다.

<sup>137</sup>Cs 으로 한정하여 선량평가한 결과는 38가지 시나리오 모두를 선택한 경우 그 중 15가지 시나리오만 선량평가가 이루어지며 Building Reuse로 재활용될 때 개인피폭선량이 최대가 된다.

<sup>60</sup>Co 및 <sup>137</sup>Cs 을 동시에 입력하고 선량평가한 결과는 38가지 시나리오 모두를 선택한 경우 모든 시나리오에 대해 선량평가가 이루어지며 Building Reuse로 재활용될 때 개인피폭선량이 최대가 된다.

일곱 번째, 38가지의 모든 시나리오를 선택한 후 폐기물 종류, 폐기물처리량, 방사성핵종 및 그

농도, Dilution Fraction, Initial Decay Time을 Fig.1 Scrap Inventory와 같이 입력한 후 선량평가했을 때의 결과는 Fig.2 Dose Calculation Report 와 같다.

Scenario	(Unit: 4 persons-yr)					
	Individual		Collective		Cumulative	
	Dose	Rank	Dose	Rank	Dose	Rank
Scrap Delivery: Scrap Cutter	7.62E-05	38	2.63E-10	32	2.63E-10	55
Scrap Delivery: Scrap Loader	1.22E-04	30	2.49E-10	34	2.49E-10	55
Scrap Delivery: Scrap Truck Driver	1.04E-04	31	3.21E-10	26	3.21E-10	26
Scrap Smelting: Scrap Processor	5.52E-05	52	2.97E-10	23	2.97E-10	22
Scrap Smelting: Smelter Yard Worker	7.94E-04	17	7.94E-09	16	7.94E-09	16
Scrap Smelting: Smelter Loader	3.10E-04	26	1.53E-09	23	1.53E-09	24
Scrap Smelting: Furnace Operator	7.18E-04	19	2.14E-09	21	2.14E-09	22
Scrap Smelting: Refractory Worker	4.42E-04	23	4.42E-09	23	4.42E-09	23
Scrap Smelting: Ladinary Worker	6.74E-04	20	2.02E-09	22	2.02E-09	23
Scrap Smelting: Ingot Caster	2.32E-04	28	4.64E-10	27	4.64E-10	27
Scrap Smelting: Small Objects Caster	1.07E-02	10	2.14E-06	16	2.14E-06	15
Scrap Smelting: Slag Worker	3.71E-04	24	3.71E-10	29	3.71E-10	29
Ingot Delivery: Ingot Loader	1.23E-04	29	2.46E-10	33	2.46E-10	34
Ingot Delivery: Ingot Truck Driver	2.77E-04	27	1.38E-09	24	1.38E-09	25
Initial Fabrication: Scrap Yard Worker	4.53E-04	21	4.53E-09	18	4.53E-09	18
Initial Fabrication: Sheet Meler	1.95E-09	36	2.38E-10	35	2.38E-10	36
Initial Fabrication: Coil Maker	7.75E-04	14	7.75E-11	37	7.75E-11	37
Final Fabrication: Sheet Handler	1.94E-09	37	3.13E-10	30	3.13E-10	31
Final Fabrication: Coil Handler	6.21E-03	13	3.11E-06	14	3.11E-06	14
Product Distribution: Product Loader	1.23E-04	16	2.50E-09	19	2.50E-09	20
Product Distribution: Product Truck Driver	4.45E-04	22	2.21E-09	20	2.21E-09	21
Product Distribution: Sheet Assembler	3.15E-04	25	6.30E-09	17	6.30E-09	17
Product Distribution: Warehouse Worker	5.33E-08	12	4.17E-08	13	4.17E-08	13
Consumer Product: Parking Lot	1.42E-02	8	3.63E-06	9	3.63E-06	10
Consumer Product: Home/Office	5.10E-01	3	4.61E-05	4	4.61E-05	5
Consumer Product: Appliances	1.35E-01	9	1.45E-05	6	1.45E-05	6
Consumer Product: Automobile	4.15E-01	5	8.31E-05	4	8.31E-05	4
Consumer Product: Office Furniture	2.85E-01	6	4.18E-04	2	2.48E-03	2
Consumer Product: Home Furniture	4.45E-01	4	6.76E-04	1	4.01E-03	1
Consumer Product: Frying Pan	8.94E-09	11	9.22E-04	3	1.44E-04	3
Public Product: Sewerage	1.47E-09	15	3.74E-06	11	3.74E-06	11
Public Product: Building with Rebars	1.33E-01	7	4.49E-06	8	4.49E-06	9
Public Product: Bridge	2.15E-08	14	8.62E-06	7	7.04E-05	7
Controlled Products: Shield Block	7.22E-04	18	7.22E-10	22	4.28E-09	19
Controlled Products: Radiance Container	1.14E-04	25	2.56E-11	38	1.17E-10	35
Reuse Product: Tool Reuse	6.73E-01	2	6.73E-07	12	6.48E-06	12
Reuse Product: Building Reuse	9.41E-01	1	3.77E-06	10	5.68E-06	8
Scrap Transportation: Public Exposure	0.02E03	38	1.14E-10	36	1.14E-10	37

Fig. 2. Dose Calculation Report

### 3. 결론

RESRAD-RECYCLE 코드를 이용한 선량평가 시 오류를 예방하고 올바른 결과를 얻기 위해서는 먼저 적절한 시나리오를 선택하여야 할 것이며, 또 하나는 Scrap Inventory를 다음과 같은 방법으로 운영하는 것이다. 첫 번째, 폐기물 종류 및 처리량 입력 후 처리량에 따른 연간피폭시간 및 피폭자 수 조정을 위해 **Adjust Population for Throughput** 버튼을 클릭한다. 두 번째, 방사성핵종 및 농도를 입력한다. 세 번째, Dilution Fraction for all scenarios 및 Initial Decay Time for all scenarios 값을 입력 후 **Reset** 버튼을 클릭한다. 마지막으로 **Done** 버튼을 클릭한다.

위와 같은 방법으로 RESRAD-RECYCLE 코드를 운영한다면 프로그램 및 사용자에 따른 선량평가 오류를 예방하고 평가결과의 신뢰도를 높이는 데 도움이 될 수 있을 것이라 사료된다.

### 4. 참고문헌

[1] RESRAD-RECYCLE 프로그램 도움말  
 [2] 방사성폐기물 규제해제요건 개발(KINS/RR-144).