

## 파라핀 안정화 드럼 처리를 위한 분리 장치 개발

최영구, 김병태, 권기현, 김대환

선광원자력안전(주), 대전시 대덕구 신일동 1683-4번지

[choiyk09@gmail.com](mailto:choiyk09@gmail.com)

### 1. 서론

원자력발전소를 운영하면서 발생하는 액체폐기물은 폐액증발기를 통하여 증발된 후 안정화 과정을 거치게 된다. 파라핀 안정화의 경우, 제조과정에서 층 분리가 일어나 균질성 확보가 어렵고 내 침출 특성이 불량하여 중·저준위 방사성폐기물처분장 인수기준을 만족하지 못하고 있다. 따라서 한국수력원자력(주)는 파라핀을 대체할 새로운 농축폐액 건조분말 안정화 기술을 개발하기 위해서 노력하고 있다. 아울러 현재 각 원전에 저장되어 있는 약 3,600드럼의 파라핀안정화드럼을 분리 및 처리해서 최종적으로 방사성폐기물처분장으로 안전하게 인도하고자 한다.

본 연구의 목적은 현재 발전소에 저장되어 있는 파라핀 안정화 드럼을 처리하기 위해서 파라핀과 방사성 폐기물을 분리하고 분리된 파라핀을 자체처분 할 수 있도록 파라핀 안정화 드럼 처리를 위한 분리공정 및 장치를 개발하는데 있다.

### 2. 본론

#### 2.1 파라핀 안정화 드럼 발생 현황

Table 1. The occurrence of paraffin drums

구분	고리1	고리2	울진1	울진2	영광1	영광2	합계
1995	19	38	8	-	-	-	27
1996	27	77	45	-	116	84	349
1997	26	46	64	-	53	69	258
1998	22	50	45	-	78	22	217
1999	22	54	36	78	31	43	264
2000	14	28	65	88	47	59	301
2001	8	67	49	60	50	17	251
2002	13	45	59	41	37	40	235
2003	14	9	70	51	59	60	263
2004	6	70	90	42	58	40	306
2005	8	48	24	28	28	53	189
2006	9	72	40	20	77	52	270
2007	1	39	46	33	12	9	140
2008	7	28	47	18	44	57	201
2009	7	30	31	21	47	35	171
2010	7	31	36	11	42	16	143
합계	210	732	755	491	779	683	3,650

파라핀 안정화는 폐기물 발생량 저감 차원에서 1995년부터 도입되었으며 새로운 대체 기술이 확보 되지 못한 상태여서 현재까지 발전소에서 진행되고 있다. 표1은 2011년 1월 기준으로 원전별 파라핀 안정화 드럼 발생현황을 나타낸다. 총 3,650드럼 중에서 고리, 울진, 영광에 각각 942드럼, 1,246드럼, 1,462드럼이 저장되어 있다.

#### 2.2 농축폐액건조분말 방사능 농도

Table 2. Radioactivity of the dry powder radiowastes

핵종	농도(Bq/g)	비율(%)
Ag-110m	1.15E+00	0.20
Ce-144	2.11E+00	0.36
Co-57	6.16E+00	1.05
Co-58	3.56E+02	60.89
Co-60	5.47E+01	9.36
Cr-51	3.52E+00	0.60
Cs-134	3.07E+01	5.25
Cs-137	7.10E+01	12.14
Fe-59	1.08E+00	0.18
Mn-54	3.59E+01	6.14
Nb-94	1.21E-01	0.02
Nb-95	7.40E-01	0.13
Sb-125	2.07E+01	3.54
Zr-95	8.16E-01	0.14

파라핀 안정화 드럼의 폐기물 적재량은 부산농축폐액건조분말과 파라핀의 비율이 질량비로 각각 70%와 30%로 이루어져 있고 부산의 농도가 약 20,000ppm 이상에서 유지하도록 저장하였다. 파라핀 안정화 드럼 취급을 위해서 농축폐액건조분말의 방사선농도를 측정하였다. 표2는 고리1발전소에서 측정된 부산 농축폐액 건조분말의 방사능농도를 나타낸다. Co-58이 주 핵종으로서 60% 이상 존재하고, Cs-137과 Co-60이 상당량 존재하고 있음을 알 수 있다.

### 2.3 분리 공정 개발

파라핀 안정화 드럼에 있는 파라핀 안정화체의 용해를 위해서 전기가열식 물증탕 용기에 파라핀 드럼을 넣고 용매를 첨가하면서 85℃의 온도로 가열한다. 용해된 파라핀과 방사성 폐기물을 분리시키기 위하여 적절한 용매를 주입하여 혼합하면 밀도차이에 의해서 층 분리가 일어나므로 용매 층은 임시저장 용기에 저장하고, 파라핀 층은 깨끗한 물을 사용하여 세척한다. 그림1은 파라핀안정화 드럼처리를 위한 분리 및 안정화 공정도이다. 임시 저장된 용매 층은 증발기로 이송해서 용매를 증발시키고 방사성폐기물 분말은 새로운 안정화를 위해서 중간저장 용기에 저장된다. 증발기에서 증발된 용매는 응축해서 재사용될 수 있도록 설계하였다.

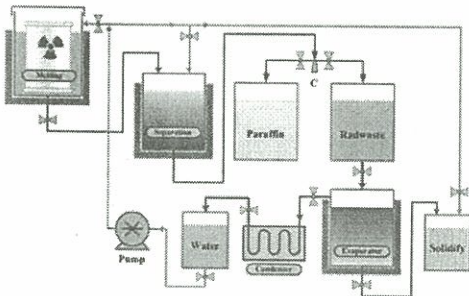


Fig. 1. Separation Processes of the paraffin drum

### 2.4 파라핀 분리

자체처분이 가능한 파라핀으로 분리하기 위해서 실험실 조건에서 모의 농축폐액을 사용하여 파라핀 안정화 생성물을 만들고 이것을 분리하여 파라핀의 방사성 오염도를 측정하였다. 100ml 파라핀용액에  $8.2 \times 10^5 \text{Bq/l}$  방사능 농도를 첨가하여 모의시료를 만들었다. 파라핀 모의 시료를 분리한 후 파라핀에 존재하는 방사능이 자체처분 기준을 만족할 수 있는지를 알아보기 위해서 세척용액의 양에 따른 세척효과를 실험하였다.

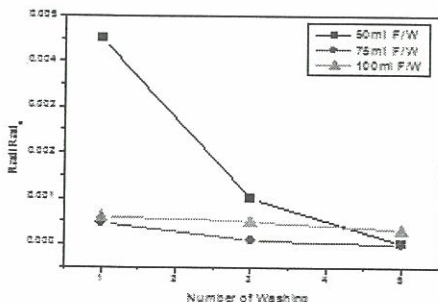


Fig. 2. Radioactivity of the cleaning solution

그림2는 분리된 파라핀의 세척 용액의 농도와 세척횟수에 따른 방사능 농도변화를 나타낸다. 세척용액의 농도는 각각 50ml, 75ml, 100ml를 사용하여 실험했으며, 각각의 세척용액에 대해서 5회씩 세척을 수행하였다. 50ml 세척용액을 사용하여 파라핀을 세척할 경우 1회 세척할 경우 세척용액의 방사능 농도는  $3,700 \text{Bq/l}$ 를 나타냈으며 3회와 5회 세척할 경우 각각  $820 \text{Bq/l}$ 과  $1 \text{Bq/l}$ 를 나타내었다. 70ml 세척용액의 경우 1회, 3회, 5회 세척함에 따라서 세척용액의 방사능 농도는 각각  $370 \text{Bq/l}$ ,  $70 \text{Bq/l}$ ,  $1 \text{Bq/l}$ 를 나타내었다. 100ml 세척용액의 경우 1회, 3회, 5회 세척함에 따라서 세척용액의 방사능 농도는 각각  $475 \text{Bq/l}$ ,  $400 \text{Bq/l}$ ,  $250 \text{Bq/l}$ 를 나타내었다.

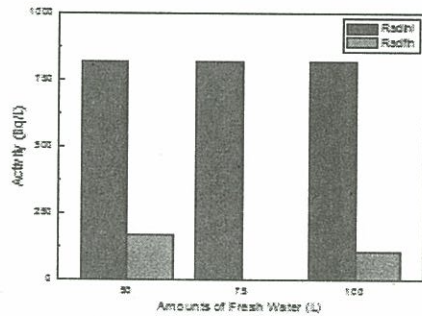


Fig. 3. Radioactivity of the paraffin

그림 3은 분리된 파라핀의 세척 후 방사능 농도를 측정된 값이다. 100ml 파라핀의 경우 75ml 세척용액을 사용하여 3회 정도 세척할 경우 자체 처분 기준을 만족함을 알 수 있었다.

### 3. 결론

원전에 저장된 파라핀 안정화 드럼을 처리하기 위해서 파라핀과 농축폐액 건조분말의 분리를 위한 개념을 정립하고, 필요한 실험실 조건에서 기초적인 실험을 수행하였다. 파라핀과 농축폐액분말은 밀도 차이를 이용하여 분리하고자 하였으며 분리된 파라핀의 자체처분 기준을 만족할 만한 세척용액의 양과 세척 횟수를 결정하였다.