

# 원전 배출물의 환경 규정 준수와 노력

나나우미

ORGANO(주) 전력사업부 과장

## 서언

일반적으로 PWR형 원자력발전소의 증기발생기나 냉각재 배관과 같은 계통의 부식 방지를 위하여 암모니아나 하이드라진 등의 약품을 사용하고 있다. 하지만 최근 몇몇 발전소의 경우에는 암모니아의 증발도나 농도 제어의 어려움 때문에 모노에탄올아민이나 몰포린과 같은 아민류를 사용하기도 한다.

2차 계통을 순환하는 냉각수는 복수 탈염 설비의 이온 교환 장치에 의해 주기적으로 불순물을 제거시키고 재생이 된다. 그러한 불순물은 외부로 방출이 되는데 이때 MEA나 하이드라진, 암모니아 같은 부식 방지제 역시 같이 방출이 된다.

수백~수천 농도의 이 화합물은 질소를 함유하고 있으며 COD로 발현이 된다. 이렇게 발현되는 COD는 환경 기준치를 초과하기까지 하는데 재생 과정에서 다른 물질들을

오염시키기까지 한다. 따라서 이러한 유출물은 공공 수역이나 기타 외부로 방출되기 전 어떠한 처리가 요구된다.

## 실제 처리 과정

원자력발전소에서 발생시키는 오염 물질은 화력발전소에 비해 극히 적다. 따라서 대다수의 경우 단순한 응집 침전과 필터에 의한 부유 물질 제거 및 PH 제어 과정만 거쳐 외부로 방출된다. 질소의 경우 상대적으로 그 배출 기준이 엄격하지 않아 위의 단계를 통해서도 그다지 문제가 되지 않았으나 질소 배출 기준 및 그 적용 사업장이 엄격해짐에 따라 위와 같은 설비로서는 적절한 처리를 담보할 수 없게 되었다.

이러한 상황에서 총량 규제를 받는 몇몇 지역의 발전소에서는 질소가 오염원으로서 대두가 되었고 제거의 과정을 거쳐야만 하게 되었다.

하지만 인의 경우는 복수 탈염 설비 및 다른 계통에서 배출되는 농도가 극히 작아 기준을 맞추는 데는 문제가 없다.

따라서 우리는 지금 일본의 배출물 규제에 따라 질소의 처리 기술을 개발하고 적용하여야 할 것이다.

## 일본의 배출물 규제

### 1. 규제 기준의 역사

메이지 유신 이후 산업화와 함께 오염 물질의 양과 종류 모두 증가하였다. 이러한 현상은 특히 수질 오염에서 더 뚜렷하였는데 일본의 여러 지역에서 나타났다.

1958년 환경부(일본)는 「수질관리에 대한 Former Tow법」을 공포하여 수질 오염을 법적으로 규제하였다. 그러나 이 법은 지역적인 한계와 엄격하지 않은 통제로 인하여 늘어가는 환경 보존의 필요성에 충분히 대응하지 못하였다.

**<표> Major transition of Effluent Standards for Nitrogen, Phosphorus and COD**

FY	EVENT
1970	Water Pollution Control Law, enacted. Uniform National Effluent Standards, established. - Permissible limit to COD : 160mg/l(Daily Ave. 120mg/l)
~1979	The 1st stage of Total Water Pollutant Load Control focusing on COD, applied
~1986	The 2nd stage of Total Water Pollutant Load Control focusing on COD, applied
1989	Expansion of Uniform National Effluent Standards: - Permissible limit to Nitrogen : 120mg/l (Daily Avg.60mg/l) - Permissible limit to Phosphorus : 16mg/l (Daily Avg.8mg/l) * Added standards are applied only to effluents discharged into sea areas designated by MOE, and effluents discharged into such public water areas that flow into those sea areas.
~1991	The 3rd stage of Total Water Pollutant Load Control focusing on COD, applied
~1996	The 4th stage of Total Water Pollutant Load Control focusing on COD, applied
2001	Expansion of Uniform National Effluent Standards : - Permissible limit to sum total of Ammonia-N times 0.4, Nitrate-N, and Nitrite-N : 100mg/l
~2004	The 5th stage of Total Water Pollutant Load Control focusing on Nitrogen, Phosphorus as well as COD, applied

1960년대의 급속한 경제 성장과 더불어 수질 오염 문제는 더 확산이 되었고 그 심각성도 증가하게 되었다. 1970년에는 소위 「환경오염 물질 줄이기」 법률을 제정하여 환경오염 통제 체계의 본질적인 개선을 꾀하였다. 그 후 위에 언급된 「수질 관리에 대한 Former Tow 법」은 모든 공공 수역에 따른 배출 기준을 포함하는 수질 오염 제한법으로 새롭게 개정되었다. 현재는 총량 규제 개념으로 모든 수역에 적용이 되었고, 배출 허용 기준도 좀더 엄격하게 시행되고 있다.

**2. 원전 배출물에 대한 법과 규정**

원자력발전소와 관련된 규정은 국가의 배출물 허용 기준보다 더 엄격한 지역 자치 규정에서 정해진 기준에 의해 지역 자치 단체와 산업체 간에 절른지어진다.

더 엄격한 지역 자치 단체의 규정은 국가에서 정한 허용 기준으로는 해당 지역단체의 조건을 만족시킬 수 없을 때 적용된다.

모든 원자력발전소는 관련 지역 자치 단체와 오염 물질 통제에 대해 협의를 한다. 이때 협의된 기준은 통상 국가에서 정한 기준보다는 훨씬 더 엄격하게 정해진다.

**3. COD, 질소, 인과 관련된 규제의 동향**

협만이나 내해와 같은 곳은 농도

를 기준으로 정해진 국가의 오염 물질 기준으로는 COD 측면에서의 환경에 미치는 질적인 영향을 만족시킬 수 없는 관계로 총량 규제 체계로 적용된다. 도쿄만, 이세만 그리고 세토 내해와 같이 인구 밀집 지역이나 산업 활동이 활발한 곳이 대표적이다.

물에 둘러싸여 있는 이러한 지역은 오염 물질의 부하를 축적시킬수 있으니만큼 반드시 오염 물질의 총량을 줄이는 방향으로 초점이 맞추어져야 한다. 따라서 오염 물질의 농도와 오염 물질 총량의 곱으로 표현되는 총오염 물질이 바로 규제의 목표가 되는 것이다.

총오염 물질 처리 단계는 1984, 1989, 1994년 그리고 1999년도에 순차적으로 적용이 되어졌고 COD 측면에서는 점점 강화되어졌다.

최근에 질소와 인을 포함하는 물질에 의한 영양소의 만성적인 부하

로 인한 부영양화 문제가 심각해짐에 따라 그들 지역에 총오염 물질 통제의 5단계인 질소, 인 제어 단계가 적용되기 시작했다.

질소와 인은 적조를 일으키는 식물성 플랑크톤에 영양소로 작용한다. 따라서 질소, 인 부하 감소는 적조를 없애는 효과적인 방법이다.

2002년 7월 각 지방 자치 단체들은 오염 물질의 부하를 줄이는 계획 아래 점차적으로 총오염 물질 규제 방법을 강구하고 있다.

**환경 규제에 대응하기 위한 노력**

질소·COD의 허용 기준을 만족시키기 위한 원자력발전소 기타 발전소에서 암모니아·하이드라진·모노에탄올아민의 전형적인 처리 방법은 아래와 같이 나타낼 수 있다. 인을 포함하는 배출물에 대한 처리 과정은 위에 언급한 이유로 생

략하였다.

처리 과정은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째가 물리·화학적 처리이고, 둘째는 생물학적 처리이다.

### 1. 물리-화학적 처리 과정

- 화학적 산화 과정 (제어 물질 :  $N_2H_4$ , MEA)

$N_2H_4$  나 MEA는 강력한 산화제로 혼합시켜 산화시킨다(과산화수소·차아염소산 소다)

- 암모니아 탈기 처리(제어 물질 :  $NH_4^+$ )

배출물내의  $NH_4^+$ 는 배출물의 PH를 높이고 공기나 증기와 접촉 시켜  $NH_3$ 가스로 기화시킨다.

- 건조 촉매 산화 처리(제어 물질 :  $NH_4^+$ )

배출물내의  $NH_4^+$ 는 건조공기속의  $NH_4^+$ 와 혼합하여 산화시킬 수 있다. 암모니아 탈기 과정과 병행하면  $NH_4^+$ 는  $N_2$  가스로 전환된다.

- 습식 촉매 산화 처리(제어 물질 :  $N_2H_4$ , MEA,  $NH_4^+$ )

배출물내의  $N_2H_4$ , MEA,  $NH_4^+$  성분은 가열, 가압 조건에서 공기와 접촉시켜 산화시킬 수 있다.

- 전기분해-촉매 산화 처리(제어 물질 :  $N_2H_4$ , MEA,  $NH_4^+$ )

$N_2H_4$ , MEA,  $NH_4^+$ 를 포함하는 배출물을 전해질로 이용하여 촉매 산화시킨 후 활성탄 탑을 거친 후 제거시킨다(상온·상압에서 행하며, 반응 속도는 상대적으로 느리

다).

- 연소 (제어 물질 : MEA)

MEA를 함유하고 있는 배출물을 농축시킨 후 가열하여 태운다. 이 과정은 매우 다양한 종류의 유기 오염 물질의 처리에 사용된다. 또한 보조 연료의 처리 과정도 필요하다.

### 2. 생물학적 처리 과정(제어 물질 : MEA, $NH_4^+$ )

배출물내에 있는 me, mh는 박테리아에 의해 분해될 수가 있다. 이 처리 과정은 오염 물질내의 박테리아의 증식 때문에 최소한의 화학 물질과 소비 에너지의 조건하에서 이루어진다. 그러나 새로운 박테리아 관계로 슬러지의 양이 증가한다.

### 3. 처리의 예

① 전기 분해-촉매 산화처리법에 의한 복수 탈염 설비 재생 폐수의 처리

거의 모든  $N_2H_4$ , MEA,  $NH_4^+$ 가 전해질 셀내에서 산화가 되어 질소와 이산화탄소로 방출된다. 산화되지 않고 남아있는 성분은 촉매 산화로 인해 산화된다.

\* 제거 효율 : COD 99.5%, 질소 87%

② 암모니아 탈기법과 건조 촉매 산화 처리의 병행 처리

탈기 칼럼내에서 암모니아 성질소는 암모니아 분자로 기화되며 그때 칼럼 상부로 방출된다. 아울러

암모니아 가스는 촉매 산화에 의해 질소와 물로 재구성된다.

\* 제거 효율 : 암모니아성 질소 98%

### 요약

복수 탈염 설비의 재생 과정에서 배출되는 오염원(COD, 질소)은 몇 가지 처리 과정을 병행하여 실시하면 배출물 허용 기준을 만족시킬 수 있다. 그러나 각 처리 과정은 각각 특정한 이점과 장점을 가지고 있다.

따라서 오염물 처리 시스템을 도입하는 데 있어서 가장 중요하게 고려되어야 할 부분은 오염물의 양, 배출 주기, 배출 농도, 설치 지역 및 유지 보수 비용 등 해당 발전소의 특정한 필요성이다.

최근 환경부는 6단계 총오염 물질 제거 계획을 도입하고, 물에 둘러싸여 있는 지역에 대해서 더 강화된 환경 규제를 할 것으로 보인다.

게다가 오염 물질 배출 기준 역시 인간 중심의 생활 환경 보존 및 사람의 건강의 관점에서 고려될 뿐만 아니라 수중내의 생태계의 보존 관점에서 역시 고려되어 강화될 전망이다. 지금부터는 법적 규제의 경향과 그에 따른 보다 더 엄격한 배출물 통제를 준비하여야 할 것이다. 즉 제어하는 오염 물질의 종류를 보다 더 늘리고 기준 준수 역시 엄격하여야 할 것이다. ☻