

原子炉用水處理의 現狀

—用水處理 國際會議概要—

현재의 원자력발전소는 冷却材로써 물을 사용하는 輕水炉가 主流로 되어있다. 이들 炉에서는 金属材料의 부식이나 炉의 制御와 관련해서 냉수의 水質을 어떠한 상태로 유지하는가, 또 冷却水系에서 어떤 現象이 일어나고 있는가를 化学的見地에서 파악하는 것이 원자력발전소의 안전운전상 중요한 과제로 되어있다.

이 글은 작년 10월에 英國에서 열린 「原子炉 시스템水化学國際會議」에서 論議된 內容을 要約한 것이다.

1次系統과 2次系統의 水化學

水炉冷却系의 水化学은 1次系와 2次系에서 그 內容이 다르다. 1次系의 水質管理에 대해서는 配管이나 燃料의 健全性 確保도 당연히 그 목적이기는 하나 현재로서는 각국 모두 被曝低減이 최대의 관심사이다.

爐心에 들어온 미량의 부식생성물이 爐心에서 放射化되어 배관표면에 부착한 결과 爐停止時의 配管線量率이 상승하는 현상은 放射能移行 혹은 蓄積이라 불려진다. 水質管理面에서는 방사능축적을 저감시키는 策을 확립하는 것이 주요한 연구테마의 하나이며 국제회의에서도 이 문제에 많은 시간이 充당되었다.

輕水炉를 보유하는 각국은 이 분야의 연구개발을 활발히 추진하고 있으며 그 성과를 플랜트에서의 總被曝量의 低減으로 평가하는 경향이 있다. 각국의 플랜트당의 年間平均被曝量을 보면

2, 3의 例外는 있으나 BWR쪽이 PWR보다 약간 높은 被曝量으로 되어 있다.

그러나, 어느 것이나 과거 수년간에 減少 경향이 보이는데 특히 BWR에서는 현저하다. 이것이 과거 10년여에 걸친 연구개발의 성과에 의한 것으로 평가되고 있다.

1次系統의 水質管理

1차계 수질관리的手法은 PWR과 BWR에서 크게 다르다.

PWR 1차계에서는 硼酸添加에 의하여 pH低下를 억제하고, 재료의 부식과 放射能移行을 억제하기 위해 水酸化리튬을 加하고 있는데 1차계의 pH를 어떻게 制御해야 하는가가 큰 문제이다. 1~2年前까지는 1차계의 pH를 6.9 ± 0.2 의 범위에서 일정하게 유지해야 한다는 것이 西歐型PWR에 공통된 인식이었다.

그러나, 최근 스웨덴의 링그탈스炉에서 pH를 더욱 올리는 “高pH運轉”이 시도되어 양호한 결과를 얻고 있는 것이 발표되었다. 이것은 水酸化리튬의 添加量이 종래의 上限值를 넘을 경우도 있을 수 있다는 점에서 議論을 일으키고 있는데 새로운 시도로서 주목된다. 앞으로의 메타 축적이 기대된다.

BWR에서는 새로 가동한 일본 플랜트에서의 被曝低減對策 실적이 발표되었다. 이것은 부식생성물의 발생을 억제하는 재료의 선택과 엄한 水質管理에 의한 부식생성물의 炉心侵入을 저감

하므로써 110萬KW 플랜트의 年間被曝量을 100人렘 以下로 억제한 것으로서 대단한 주목을 받으며 높히 평가되었다.

한편, 제네럴 일렉트릭(GE)社는 오래전부터 BWR의 放射能蓄積抑制에 亜鉛의 注入이 유효하다고 주장해 왔는데 이번에도 이 주장을 立証하는 데이터를 발표 하였다. 이것은 給水系에 미량의 아연을 注入함으로써 배관표면의 酸化物皮膜이 현저하게 安定化하여 코발트등의 放射性核種의 侵入이 억제된다는 것이다.

이와같은 사고방식은 炉心으로의 부식생성물의 침입을 철저히 저감시키는 입장을 취하고 있는 일본같은 나라에서는 높은 평가를 얻지 못하고 있으나 미국에서는 Hope Creek爐에서 實証實驗을 행한다는 것이다.

BWR의 水素注入

BWR 1次系の 水素注入은 미국, 스웨덴 兩國에서 시험하는 플랜트數가 착실하게 增大하고 있으며 지금에 와서는 BWR水質管理에 새로운 큰 흐름이 되어가고 있다. 3년후에는 미국에서의 모든 BWR플랜트가 수소주입을 할 것이라고 예측하는 사람도 있다.

1970년대, 세계적으로 BWR가 스텐레스製 配管의 粒界應力腐食갈라짐(SCC)에 의한 부식트러블에 고심한 사실은 기억에도 새롭다. 水素注入은 粒界應力腐食을 誘發하는 主要因인 爐水中的 酸素濃應를 저감시키려는 것이다. 일본에서는 新型轉換爐「후겐」에서 長期注入試驗이 현재도 계속중에 있다.

水素注入試驗을 실시하는 플랜트數가 증가하면서 有効水素注入量이 플랜트에 따라 현저하게 差異가 있음이 눈에 띄게 되었다. 당초, 이 差異는 jet pump의 有無등 設計parameter의 차이에 의한 것이라고 생각되었다. 그러나, 단순히 이것만으로는 설명할 수가 없어서 水質의 差異에 의한 것으로 대체로 설명되고 있기는 하나 앞으로의 연구과제일 것이다.

스웨덴의 Forsmark爐에서는 水素注入時와 無注入時에 爐水中의 過酸化水素의 測定을 하였다. 水素注入을 하지 않았을 때는 상당량의 과산화수소가 爐水中에 존재하나 수소주입을 하더라도 과산화수소는 유효하게 低減되지 않는다는 결과가 얻어져 주목을 모았다. 이들은 수소의 有効注入量이 현재 생각되고 있는 정도로서는 너무 낮은 것이 아닐까라는 새로운 문제를 제기하고 있다.

이들의 결과는 計算機시뮬레이션에 의해서 예측되고 있기는 했으나 데이터로서 확인된 것은 뜻이 크다. 다만 이번에 발표된 데이터는 상세한 것이 되지못해 定量評價를 하는 데는 불충분하다. 앞으로 다른 플랜트를 포함해서 데이터가 축적될 것이 크게 요망된다.

PWR에서의 AVT法 再檢討

PWR의 2次系에 대해서는 蒸氣發生器의 健全性の 확보가 최대의 관심사이다. 그전에 PWR 2次系에 磷酸소다添加를 했던 시기가 있었는데 이것이 원인이 되어 伝熱管의 応力腐食과 減肉등 트러블이 發生한 일은 잘 알려져있다. 그 후 磷酸소다處理는 암모니아와 hydrazine에 의한 揮發性品處理(AVT)法으로 바뀌어졌고 현재로는 이 방법이 널리 사용되고 있다. 그러나, 이 방법을 도입한 후에도 denting 등의 트러블이 일어나고 있는 플랜트가 있어 AVT法을 재검토해 보려는 움직임이 나오고 있다.

配管腐蝕表面에 축적한 放射性核種을 화학약제에 의해서 溶解除去하는 化学除染技術에 대해서는 PWR, BWR 다같이 개발과 시험의 시기를 지나 착실하게 실용화의 단계가 되었다는 인상을 받았다. 미국에서는 除染의 실시에 의해서 84년 1년간에 1萬人 렘 이상의 被曝低減效果가 있었다고 한다.

앞으로의 기술개발목표는 CANDU爐등에서 이미 행해지고 있는 것 같아 輕水爐에서도 燃料를 裝填한 채 1次系 전체를 除染하려는 것인데

美国電力研究所 (EPRI) 를 중심으로 개발이 추진되고 있다.

美國에서 指針策定の 움직임 메이커들도 重要性認識

미국에서는 EPRI가 이 분야에서의 연구개발에 적극적이며 수많은 프로젝트를 精力的으로 추진함과 함께 현재 미국原子力規制委員會 (NRC) 나 電力会社, 플랜트 메이커와의 협력하에서 水質管理에 관한 가이드라인을 책정할 예정이다.

한편, 플랜트 메이커는 maintenance産業으로서의 살아남기 戰略下에 서비스部門의 충실을 도모하고 있으며 이 분야의 중요성을 인식하여 힘을 기울이고 있다.

예를들면, GE社는 水素注入과 亞鉛添加를 강력하게 추진함과 함께 水質모니터技術의 개발에도 적극적이다. 웨스팅하우스 (WH)社는 플랜트에서의 水質을 온라인으로 모니터한 결과를 同社의 데이터 센터에 直結, 새로이 개발한 expert system에 의해 집중력으로 診斷·管理하는 시스템이 이미 일부 가동되기 시작했다.

유럽에서는 英國하우웰原子力研究所가 腐蝕關係 데이터 베이스의 개발을 현재 진행중에 있으며 會員制로 実需要者를 모집하여 데이터 베이스의 유지를 도모할 계획이라 한다.

프랑스의 프라마톱社나 서독의 KWU社에서의 討論은 모두 PWR에 관한 것이 중심인데 兩社는 모두 일본을 라이벌로 보고 있으며 상당히 높은 수준의 議論이었다. 이들은 모두 2次系의 水質管理를 독자적인 사고방식으로써 추진하고 있으며 프랑스에서는 모든 플랜트에서 암모니아·히드라진處理에서 몰포린處理로 변경했다. 서독에서도 일본이나 미국보다 높은 pH로서의 운전이 erosion (侵食)·corrosion (腐食)을 억제하여 蒸氣發生器로의 부식생성물의 侵入을 저감하는데 있어서 바람직하다고 한다.

전체를 통해서 최선의 水質管理手法이 어떻게 해야 하는가에 대해서는 아직도 議論의 餘地가 있으며 앞으로 試行錯誤를 겪칠 필요가 있기는 하나 尖端技術을 도입한 보다 高度의 管理技術을 向해서 각국 모두 꾸준한 노력이 계속되고 있다.

〈토막상식〉

가정에서도 할 수 있는 라돈 温泉

우리나라에서도 라돈温泉이 몇 군데 있다. 물론 이들 온천은 天然의 라돈온천이다. 즉, 地下의 바위 속에 포함된 라돈이 熱水에 녹아서 나오는 것이다. 라돈이라는 것은 라듐에서 생기는 氣體狀의 自然放射性元素로서 라듐만 있으면 라돈은 얻을 수가 있다.

최근에는 도시 한가운데 라돈温泉이라는 이름의 沐浴湯이 생겨 짝잘한 재미를 보고 있다. 이것은 보통의 浴湯에 라돈發生裝置를 붙여서 人工的으로 라돈을 포함한 목욕물을 만들고 있는 것이다. 라돈발생장치란 라듐을 포함하는 鑛石이나 라듐化合物을 상자속에 넣어둔 것으로 여

기서 발생하는 라돈가스를 목욕물 속에 넣으면 되는 것이다.

그래서 간단한 가정용의 라돈발생기도 팔고있고 이것을 가정의 목욕탕 속에 넣기만 하면 바로 가정에서 라돈탕에 목욕할 수가 있다.

이 라돈이라는 氣體狀의 방사성동위원소는 자세히 말하면 라듐226(Ra)에서 생기는 라돈222(Rn)으로 半減期는 3.8日로 짧으며 이것이 粒子狀의 몇가지 방사성동위원소로 변해간다. 이들 粒子狀의 것은 라돈을 吸入한 사람의 肺속에 沈着하고 거기서 알파線을 내서 肺의 放射線被曝을 가져온다. 라돈은 일상생활에서도 大地나 콘크리트벽에서 언제나 발생하고 있어서 우리들은 그것을 吸入하고 있다.