

輕水爐高度化에 寄與하는 水化學技術

日本原産 水化學會議의 概要

지난 4월 19일부터 22일까지 일본원자력산업 회의가 주최한 「원자력발전플랜트 水化學에 관한 국제회의- 운전경험과 고도관리 기술」이 개최되었다. 다음은 이 國際會議에서 發表·論議된 內容의 概要이다.

이 會議의 目的은 최근 일본의 경수로 운전 상황이 매우 순조로운 추이에 있고, 이 순조로운 운전에는 水化學管理가 기여한 점이 매우 크며 또한 이 경험을 諸外國에 전하여 서로 한층 발전에 기여함과 동시에 각국 전문가와의 토론을 통해 水化學技術의 의의를 찾으려는 것이었다. 최근 일본 이외의 아시아諸國에서 가동중인 발전플랜트의 數도 점차 증가하고 있는 가운데 이 지역의 국가에서도 참가하여 한층 회의의 의의가 증가되었다.

開會세션에서 大島惠一 東大 명예교수는 강연을 통해 水化學技術은 水環境과 材料의 상호작용을 다루는 기본적인 기술로서 지금까지는 일본의 경수로기술 발전에 크게 기여해 왔으나 앞으로는 종래의 문제 解決型의 기술에서 탈피하여 포괄적이며 장기적인 시점에서 문제 豫測型의 예방보전적인 기술로 전환될 필요가 있다고 강조했다.

이어서 美國電力研究所(EPRI)의 마스톤씨는 최근 미국원자력계에는 미묘한 변화가 나타나고 있는데 발전소의 가동률과 중업원 피폭

등의 면에서 개선되고 있음을 볼 수 있으며, 이것이 원자력에 대한 여론조사에도 반영되고 있다고 지적한후 앞으로 5년간 이와 같은 상황이 계속 된다면 5년 후에는 電力界에서 새로운 원자력발전플랜트의 발주가 있을 수 있다고 예측하고, 그런 의미에서 향후 5년간이 제일 중요한 시기라고 강조했다.

輕水爐의 運轉經驗

水化學管理에 대한 견해는 PWR과 BWR, 그리고 PWR의 1次系統과 2次系統에서 각각 다르다.

PWR 2次系統에서는 증기발생기(SG)의 부식트러블과 그 대책이 최대 관심사이다. 지금까지 SG 2次側에서 여러가지 부식트러블을 각국 플랜트에서 경험해 온 것은 잘 알려져 있다. 그 대부분은 水化學管理方法의 개선에 의해서 해결되어 왔으나, 2次系統의 水質이 대폭 개선된 지금까지도 아직 粒界腐蝕어택(IGA) 또는 粒界應力腐蝕龜裂(IGSCC)이라 불리는 SG傳熱管材인코넬의 부식이 몇몇 플랜트에서 발생했다.

이것은 系統中の 微量不純物과 부식생성물이 틈부분 또는 支持板上에 농축·析出하기 때문에 발생된다고 생각되며, 그 대책으로서 농

축된 遊離알칼리를 中和하기 위한 붕소주입과 보다 엄격한 水化學管理의 有効성이 의론되었다. 또 2次系統에서의 불순물거동을 보다 정확히 파악할 필요가 있고, 불순물의 농축·析出過程과 그 再溶解過程을 實機에서 추적조사한 결과가 발표되어 주목을 받았다. 그리고 支持板上과 튜브부에 퇴적된 부식생성물과 불순물을 화학약제를 사용하여 용해제거하는 化學洗淨法의 개발이 추진되어 왔는데, 實플랜트에 적용된 두가지 例가 최초로 보고되었다.

PWR 2次系統에서의 에로존·코로존의 문제가 미국 Surry발전소에서의 사고예와 관련하여 보다 관심을 모았다. 종래 氣·液二相流系統에서의 에로존·코로존이 문제로 되어 있으며, 그 억제를 위해 미국과 일본을 중심으로 실시되어 온 암모니아와 히드라진에 의한 AVT처리 대신 모르폴린에 의한 처리가 프랑스 등에서 실시되었다.

이번 회의에서는 모르폴린 이외에 아민, 예를 들면 3-히드로키실·키누크리진의 이용이 권장되었다. 에로존·코로존의 억제는 부식생성물의 SG로의 혼입을 저감시키고 SG의 건전성 유지에 대해서도 유효하다고 생각된다.

PWR 1次系統의 水化學管理는 放射화된 부식생성물의 축적에 의해 발생하는 배관표면의 방사능 축적억제가 최대의 관심사이다. 종래에는 1次系統에서의 부식생성물 이행을 최소한으로 억제하기 위해 系統의 pH를 6.9 ± 0.2 (300°C)로 제어하는 관리법이 권장되어 미국, 프랑스, 일본 등에서 실시되어 왔다.

이 pH制御의 이론적 근거는 마그네타이트의 PWR조건에서의 溶解데이터에 근거하고 있다. 그러나 PWR 1次系統의 부식생성물 주성분은 니켈페라이트이며, 니켈페라이트의 溶解度데이터의 측정이 추진된 최근에 와서는 제어해야 할 pH值를 7.3으로 하는 高pH운전을 주장하는 그룹도 나타나 활발한 논의가 있었다.

이번 회의에서는 高pH운전시의 상태가 양호

하여 이것을 채용하려는 움직임이 증대되고 있다. 그러나 리튬의 농도를 높이는데 대해서는 지르칼로이와 인코넬의 부식에 미치는 효과를 신중히 평가한 후 결정해야 한다는 의견이 강했다. 이와 관련하여 현재 사용되고 있는 붕산 중의 붕소10 同位體濃縮 제인은 매우 흥미로운 것이었다.

BWR의 水化學管理에서도 방사능 축적억제가 최대 과제였다. 최근 가동을 시작한 신규 플랜트에서는 엄격한 수질관리를 실시한 결과 현저한 線量低減이 달성되고 있으며, 앞으로의 과제는 舊플랜트의 線量を 어떻게 유효하게 저감시키느냐에 모아지고 있다. 미국에서는 앞으로 5년내에 중업원피폭을 50% 저감시키는 것을 목표로 개발을 추진하고 있다.

BWR에서 선량저감에 관해 주목을 받은 것은 給水系統으로의 亞鉛注入이다. 이것은 GE社에 의해 제창되어 온 것인데, 實플랜트에서의 시험결과가 이번 회의에서 처음으로 발표되었다. 新플랜트에서는 처음부터 주입된 Hope Creek와 舊플랜트에서는 도중에 주입된 Millstone 1호기의 예이다. 前者에서는 配管線量率이 아연주입을 하지 않았을 경우에 예상되는 수치의 1/2~1/3으로 저감되고, 後者에서는 아연주입과 함께 爐水中의 코발트60의 농도가 저감되기 시작했다고 하는데 앞으로 더욱 상세한 데이터가 기대되고 있다.

BWR에서 급수계통에 水素注入(HWC)을 하는 플랜트의 數는 미국을 중심으로 점점 증가하고 있다. HWC는 1次的으로 재순환배관 스테인레스鋼의 粒界應力腐蝕龜裂 抑制를 목적으로 하는 것인데, 이에 국한되지 않고 더 장기적인 관점에서 BWR의 장수명화로도 전망되는 것이 점차 확실해지고 있다.

BWR의 장수명화는 爐內構造물의 응력부식 균열이 중요한 因子가 될 가능성이 있으며, HWC가 이 점에서 유효하게 작용할 것이라는 전망에 근거하는 것이다. 이러한 관점에서 爐心部

에서 직접 채취한 爐水의 분석결과와 컴퓨터에 의한 평가해석의 비교결과가 보고되어 주목을 받았다. 또 관련된 문제로 노심에서의 방사선 분해생성물의 하나인 과산화수소의 거동에 대한 관심이 높아지고 있어서 몇몇 논문에서 이 문제가 다루어졌다.

일본 플랜트에서의 운전경험은 종합하여 하나의 세션으로 발표되었다. PWR에서는 1次系統·2次系統으로 분류하여 水化學管理의 경위와 現狀의 개요가 설명되었다. 한편, BWR에서는 방사능 축적저감으로 문제를 좁혀 지금까지 新規플랜트에서 달성된 양호한 성과와 그것을 달성하기 위한 要素技術로서 復水脫鹽機의 개량, Ni/Fe比 制御, 배관의 前酸化처리 등 實플랜트에서의 경험이 상세히 발표되었다.

水化學과 基礎技術

영국 중앙전력청의 갠지씨는 기초강연에서 水化學管理는 사용되고 있는 재료와 기기의 相違 및 局所的인 화학환경의 변동 등에서 발생하는 여러가지 상이한 요구에 대해 최적화시킬 필요가 있고, 그것을 위해서는 現象의 깊은 기초적 이해에 근거한 선택이 필요함을 강력하게 주장했다.

이러한 기초적 이해를 깊게 하는데 중요한 역할을 하는 것은 모델시험과 모의실험이다. 부식생성물의 방출과 부착과정을 해명하기 위한 루프시험의 결과가 몇가지 보고되었다. 각 시험에 의해 얻어진 확실한 지식의 集積이 이해의 향상에 매우 중요하다. 복잡한 현상의 이해를 돕는 또 하나의 방법은 컴퓨터에 의한 시뮬레이션이다. 水化學과 관련하여 1차계통에서 부식생성물의 거동을 기술하는 컴퓨터프로그램과 BWR에서 爐心の 방사선분해를 시뮬레이션하는 것이 있다. 이와 같은 계산코드는 現象의 파악이 추진됨에 따라 코드의 기본을 이루는 개념의 수정과 대상으로 하는 事象의 개량

이 필요하며, 이 점에 관한 발표가 있었다.

컴퓨터시뮬레이션의 신뢰성은 기본이 되는 現象모델의 견해에 의존함은 물론이지만, 입력하는 데이터·베이스에 크게 의존하는 것이 때로는 간과되기 쉽다. 컴퓨터시뮬레이션과 관련한 高温熱學과 高温水系 放射線化學에 관한 발표가 있었는데, 이런 기초데이터를 작성하려는 움직임이 표출된 것은 보다 확실한 진보를 지향하는 것으로서 바람직한 것이다.

除 染

除染技術은 1970년대 후반부터 피폭저감기술의 새로운 분야로 대두되어 한때 새로운 제염제의 개발과 그 유효성을 실증하는 논문이 多數 발표되는 시기도 있었다.

그러나 이번 회의에서는 前처리방법과의 조합과 2차폐기물량의 최적화 또는 제염에 부수된 부식의 검토 등에 관한 연구성과가 발표되었다. 이것은 기술경쟁의 대상이 제염효율 그 자체가 아니라 제염을 實플래트에 적용할 때의 엔지니어링으로 이행되고 있음을 의미하는 것이다. 즉, 미국을 중심으로 한 과거 수년간의 적용경험을 거쳐 제염기술이 확실한 발전의 단계에 이르렀음을 나타내는 것이다.

이중에서 EPRI가 모델플랜트를 대상으로 하여 全系統除染의 기술적 타당성과 그 경제성을 평가한 논문은 앞으로의 방향을 지향하는 것으로서 주목을 받았다.

將來의 技術

장래에 확실히 이용될 기술이 하나로 부식반응을 억제하여 방사성核種의 생성과 부식생성물의 방출을 저감시키기 위한 배관과 기기표면의 前酸化처리가 있다. 최근 수년동안 각종 조건하에서 前酸化처리방법이 제안되어 왔는데, EPRI에 의한 각종 방법의 종합비교평가시험의

결과가 이번 회의에서 발표되어 유력한 방법이 한 두가지로 좁혀졌으며, PWR에서는 BWR 만큼 酸化前處理가 유효하지 않음도 확인되었다. 또 새로운 표면처리방법으로 팔라듐코팅法이 PWR, BWR 어느 배관에도 매우 효과적임이 발표되어 주목을 받았다.

최근 급속한 개발이 추진된 水化學과 관련된 엑스퍼드·시스템에 관한 발표도 몇가지 있었다. 앞으로 爐水와 給水의 수질을 보다 정확하게, 보다 상세히 파악하여 평가해야 한다는 요구가 강해질 것으로 생각되는데 새로운 분석방법과 모니터링 및 진단기술 등을 日常作業에

적극적으로 도입해 가는 것이 필요하며, 이 분야의 한층 더 기술적인 발전이 기대된다. 엑스퍼드·시스템은 아직 개발의 궤도에 오르기 시작했을 뿐이며, 현단계에서는 미숙한 감이 있음을 부정할 수 없으나 앞으로의 진전이 크게 기대되는 새로운 분야이다.

경수로의 장수명화는 향후 달성해야 할 경수로의 중요한 기술과제 중의 하나이며, 水化學이 완수해야 할 큰 역할을 담당한 분야이기도 하다. 이번 회의에서는 기술개발의 절차와 그 중에서 水化學이 해야 할 역할을 논한 논문의 발표가 參加者들의 관심을 끌었다.

科學常識

核分裂發見에서 부터 50年

금년 연말에는 역사를 크게 바꾼 사건—核分裂發見—의 50주년을 맞는다.

핵분열의 탄생에 관해 많은 사건이 있었지만, 1938년 12월 17일에 베르린에서 오토·한과 프리츠·슈트라스만이라는 두사람의 독일 과학자가 우라늄의 원자핵을 분열시키는 실험을 실시했던 것이 일반적으로 역사의 시작이라고 말하고 있다.

영국의 역사가 R·크라크가 「지구상의 최대의 힘」속에서 서술하였듯이 한과 슈트라스만 두사람은 이 실험의 중요성에 대해 며칠간은 몰랐다. 그후 이것을 알아차렸을 때 두사람은 결과보고에 대해 매우 신중했다.

12월 22일 「自然科學」誌에 보낸 실험에 대해 설명한 과학논문에서 이 결과는 「核物理에 있어서 지금까지의 모든 실험과 크게 다르므로 이상한 우연이 겹쳐 잘못된 결과를 얻었을 가능성이 있다」는 단서를 마지막에 붙였다. 현실적으로 이 연구성과는 세계를 크게 변화시키는 것이었다.

한의 前同僚인 L·마이트너와 오토·프리슈가 베르린에서의 무한한 실험의 영향력을 인정한 최초의 사람이라고 한다. 히틀러에게서 도망쳐온 유대인이었던 마이트너와 프리슈는 1938년 12월에 코펜하겐의 닐스·보어연구소에서 근무하고 있었을 때 한으로부터 편지를 받고 핵분열을 에너지생산에 이용하는데 대한 이론적 가능성에 대해 의론을 시작했다.

아인슈타인의 유명한 $E=mc^2$ 式을 사용하여 우라늄 1g의 원자핵을 분열시키면 석탄 3톤分の 에너지를 생산할 수 있음을 알았다.

한과 슈트라스만의 논문을 게재한 「自然科學」誌는 즉시 미국에 보내졌다. 그러나 2~3명의 과학자는 1939년 1월에 뉴욕항에 도착한 보어로 부터 이 중대한 뉴스를 들었다. 보어는 이 유럽에서의 사실을 과학분야의 동료에게 전했다. 그후 1월 26일에는 워싱턴의 과학회의에서 보고했다. 이 회의 후 며칠 사이에 워싱턴의 카네기연구소와 콜롬비아大學에도 보고되었다.