

世界原電 水化學 현황

일본원자력산업회의(JAIF)는 지난 4월 「원자력발전소 수화학국제회의」를 개최했다. 이 회의에는 「운전경험과 기술혁신을 위한 전략」을 주제로 국내외 발표자들로 부터 수화학 현황이 소개되었다.

선량감소과 신뢰성향상

회의 첫날에는 2가지 특별강연이 있었다. 미 전력연구소(EPRI)의 C. 우드박사는 최근의 미방사선방어위원회 권고에 따라 앞으로는 개인의 누적피폭선량당량을 “렘”으로 표시한 수치가 연령수를 초과하지 않도록 제한될 가능성이 많다고 지적하고 나서 이같은 피폭선량한도의 인가가 원자력발전소 운전관리에 미치는 영향을 설명하면서 미국에서는 82년 이후로 발전소에서의 피폭선량이 점차 감소돼 왔지만 앞으로로도 계속 선량경감 노력이 필요하다고 강조했다. 또 선량경감을 위한 기술개발현황을 검토해서 선택가능한 기술의 선택이 이루어지고 있다고 지적했다.

이어서 프랑스전력공사(EDF)의 P.H. 바즈씨는 PWR을 중심으로 기기·배관의 신뢰성향상에 기여해온 수화학기술을 높이 평가하면서 앞으로 계속 연구해야 할 과제로서 증기발생기의 인코넬-600튜브의 1차측 및 2차측에서의 응력부식 문제를 들었다. 또 수질시방은 달성가능한 범위내에서 엄격하게 할 것과 수술은 “은·라틴”으로 모니터할 것을 제창했다.

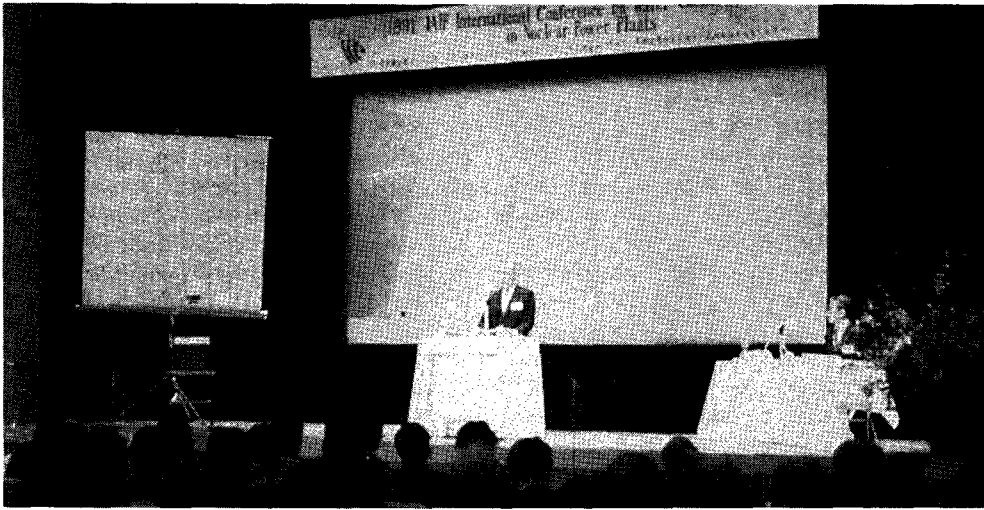
마지막으로 수화학은 발전소의 화학담당자만의 문제가 아니고 운전, 보수, 안전, 관리 등 모

든 분야의 사람들에게 관계되는 문제로 발전소의 수명 및 가동률의 향상, 이에 따른 발전원가에 직접 영향을 주는 것이라고 말하면서 그 중요성을 강조했다.

운전경험

운전경험에 관한 섯선에서는 각국의 현황이 보고되었다. BWR에 대해서는 일본의 보고가 많았는데 특히 발전소의 선량감소에 효과적이었던 鐵crud의 노심침입을 방지하기 위한 復水脫鹽器의 정비·관리방법과 급수계통의 니켈·鐵比制禦 실적이 소개되고 새로 가동된 시마네(烏根)-2호기의 첫 정기검사에서 피폭선량이 0.15인·시버트(15렘)로 억제된 것으로 나타났다는 보고가 있었다. 또 일본과 스웨덴 발전소에서는 피폭선량 감소뿐만 아니라 방사성폐기물 발생량을 줄이기 위해 復水脫鹽器 이온 교환수지의 長壽化와 非再生 운용 등 새로운 방식을 시도해 성공한 예도 몇가지 발표되었다.

스웨덴의 Forsmark-1, 2호기는 ABB사제의 100만kW BWR로 당초 순조롭게 운전되고 있었으나 88년경부터 2호기 爐水중의 니켈과 코발트 58의 농도가 오르기 시작하고 89년부터는 코발트 60의 농도도 높아졌는데 그 원인은



연료 스페이서에 사용되고 있던 인코넬 X750의 이상부식에 있었던 것으로 추정되었다. 그래서 일본에서 시행되고 있는 니켈·鐵比制御에 힌트를 얻어 90년3월부터 鐵分 주입을 시작했더니 1~2주일후부터 니켈과 코발트 58의 레벨이 낮아지기 시작해 결국 원상태로 회복되었다. 이것은 일본에서 개발된 기술이 해외의 발전소에서 적용돼 성공한 예로 크게 주목받았다.

미국으로 부터는 BWR의 선량감소의 효과적인 방법으로 알려져 있는 亞鉛注入에 관한 현황이 보고되었다. 미국에서는 이미 9기에서 아연주입이 실시되고 이외에 4기에서 준비중이라고 한다. 아연주입 결과 통상적인 수화학관리(NWC)를 하고 있는 발전소에서는 예상했던 대로 선량감소를 가져왔지만 수소주입(HWC) 발전소에서는 爐水中의 可溶性 코발트 60의 레벨이 낮아지고 수소주입으로 인한 과도현상이라고 볼 수 있는 不溶性 코발트 60 레벨의 불안정한 변동이 나타나 아연의 선량감소효과가 현저하지 못한 것으로 밝혀졌다. HWC가 방사능 이론에 미치는 역효과가 공식 발표된 것은 처음으로 아연주입 효과와는 별도로 주목을 받았다. 아연주입에 따른 아연 65의 영향을 줄이기 위해 주핵종인 아연 64를 5% 이하로 줄인 아연의 생산도 추진되고 있어 금년말까지는 상

업적으로 입수 가능하다는 것이었다.

PWR 셋션에서는 증기발생기 문제, 특히 2차계통 문제가 여전히 최대관심사였다. 수화학 관리방법으로는 지금까지 사용되고 있는 하이드라린·암모니아의 농도를 높이는 높은 PH의 AVT로의 移行 외에 morpholin 처리를 도입한 발전소가 많아져 미국에서는 74기중 27기에서 채택하고 있다는 소개가 있었다.

수화학관리를 강화해 불순물 침입이나 부식생성물 발생을 억제하는데는 한계가 있어 증기발생기 튜브플레이트상에 금속산화물이나 불순물 이온 析出에 의한 슬러지의 출력이 일어나는 것은 모면할 수 없다. 슬러지 축적부분은 비등농축에 의해 국부적으로 바람직하지 못한 화학환경의 장소를 마련하는 결과가 되므로 이 슬러지를 억제하는 것이 매우 중요하다는 인식이 높아져 있다. 축적된 슬러지를 제거하는 방법으로는 가스압력을 이용한 pressure pulse 세정법(PPC)같은 물리적방법 외에 화학약제를 사용해 슬러지를 용해제거하는 화학세정법이 이미 시험적으로 발전소에 적용되기 시작하고 있어 일본에서의 적용결과도 발표되었다.

응력부식 균열이 발생했는가 발생할 가능성이 있는 증기발생기 튜브는 보통 plugging해서 사용하지 않지만 이러한 튜브를 내부로부터 니켈로 전기도금해서 재사용할 수 있다는 프랑

스에서 개발된 기술도 발표되었다. 이 기술은 이미 실제로 적용돼 그후의 경과도 좋다고 하는데 매우 흥미있는 일이다.

선량감소를 위한 PWR 1차계통의 수화학관리는 발전소운전개시전, 정상운전중, 운전정지의 각단계에 따라 세밀하게 대응할 필요가 있다는 인식이 높아지고 있다. 발전소운전개시 직전의 溫態기능시험(HFT)중의 수화학관리방법의 개량이 도마리(泊)-1호기에 적용돼 좋은 결과를 얻었다는 발표가 있었다. 또한 爐정지시의 수화학관리에 대해서도 일본의 PWR 발전소에서 보통 시행되고 있는 방법에 관한 상세한 데이터가 보고되었다.

제염과 폐기물감소

기기·배관 같은 부분제염은 지금은 피폭감소를 위한 일상적인 방법이 되고 있지만 그 효과는 증기발생기 교환 같은 대형 보수작업때 가장 크다. 프랑스로 부터는 Dampierre-1호기 증기발생기교체시의 제염기술개발과 이의 적용결과가 보고되었다. 제염방법으로는 稀薄溶液化學除染法과 電解研磨法이 사용되어 이를 비교검토했다. 현재 증기발생기 교체예정인 발전소가 세계에 몇기 있는데 작업피폭감소를 위해 앞으로 널리 제염기술이 이용될 것이 예상된다.

1차계통의 전계통 화학제염은 경수로에서는 아직 실시된 일이 없다. 미국에서는 93~94년에 BWR와 PWR에 대해 전계통 화학제염을 시험적으로 실시할 예정이어서 이에 대한 준비가 진행중이다. 처음에는 모두 연료가 장전되지 않은 상태에서 실시할 예정이지만 장래에는 연료가 장전된 상태에서 제염을 시행할 가능성도 감안해 연구개발이 진행되고 있다.

제염에 따르는 2차폐기물량을 극력 감소시키는 일이 최근에 와서 각국에서 엄격해진 폐기물처분상황을 반영해 중요한 기술과제로 대두되었다. 폐기물감소 차원에서 제염제와 제염폐액처리방법이 재검토되고 있다.

수화학관리를 위한 과학기반

최근 냉각재중의 미량의 陰이온 불순물이 재료의 건전성 특히 BWR에서의 응력부식균열에 미치는 영향에 관심이 높아지고 있는데 이와 관련된 발표가 있었다.

BWR 발전소에서 실제로 냉각재중에서 검출된 음이온으로는 지금까지 문제시돼 왔던 鹽素이온 외에 硫酸이온, 硝酸이온, 有機酸 등이 있는데 이들 불순물 이온의 發生源, 발전소운전시의 爐水中 농도의 측정치, 각 이온하에서의 부식시험결과 등이 보고되었다. 이들 음이온의 대부분은 복수탈염기 이온 교환수지의 분해유출에서 온다. 그중에서도 유산 이온은 0.1ppm 정도의 미량으로 수소주입(HWC) 조건하에서도 여전히 균열진행속도를 증가시키는 효과가 있는 것으로 나타나 지금까지 하고 있는 것과 같이 전기전도도와 같은 큰 양으로 불순물 레벨의 지표로 삼는 것은 불충분하다는 지적도 있었다.

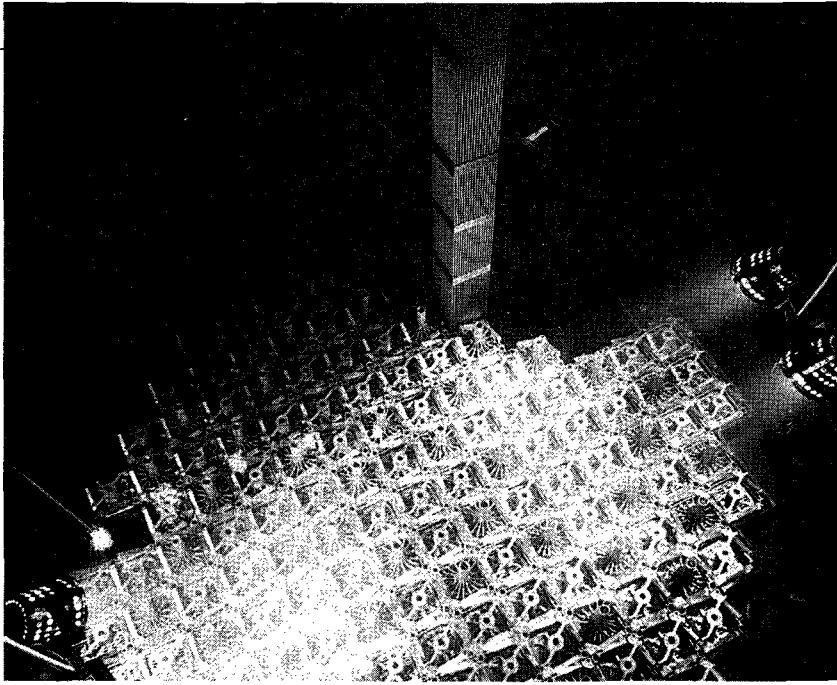
高温水の 방사선분해에 관해서는 지금까지 기초데이터를 정리, 보충하는 것이 중요하다고 강조돼 왔는데 각국에서 이 분야의 연구가 활발히 진행된 결과 고온에서의 물의 방사선분해에 의한 초기생성물의 G值나 고온에서의 관련된 반응이 속도定數의 측정 등, 상당한 데이터의 축적이 이루어지고 있다는 보고가 있었다.

최근의 연구는 노심의 핵반응에 의해 생성되는 질소 16이나 질소 13 등의 핵종의 작용과 관련해 純水계통만이 아닌 질소를 함유한 수용액의 고온방사선 분해에 까지 확대되고 있다. 그러나 질소산화물계통의 화학은 매우 복잡해 올바르게 이해되기 위해서는 앞으로 더 많은 기초데이터의 축적이 필요할 것이다.

고도의 기술

원자력발전소에서의 수화학관리를 앞으로 더욱 고도화시키기 위해서는 적극적으로 첨단기술을 도입할 필요가 있다.

냉각계통의 화학환경을 정확히 파악하기 위



해 수질 모니터링의 고도화가 지적돼 왔는데 고온수 모니터링에 관한 논문이 이번에 집중적으로 발표되었다. 지금까지 PH치는 대상을 실내온도까지 냉각시킨 다음에 측정해 왔지만 최근에는 고온에서 직접 측정이 가능한 電極의 개발이 진행되고 있다.

그러나 장기안정성 등에 문제가 있어 여러가지 개선된 측정시스템에 관한 발표가 있었다. 이미 핀란드의 Loviisa발전소(PWR)에서는 1차냉각계통의 PH치를 고온 그대로 온라인으로 모니터해 데이터를 수집하고 있어 주목을 받았다.

BWR 냉각계통의 고온에서의 전기화학 Potential(ECP)의 측정도 수소주입과의 관계로 매우 중요하다. 스웨덴의 Ringhals-1호기(BWR)에서는 직접 배관의 어딘가에 電極을 설치해서 ECP를 측정한다. 샘플링 라인이나 autoclave를 통한 후에 측정한 경우와 상당히 다른 결과가 나왔다고 보고되었다. 過酸化水素의 작용에 대한 관심이 높아짐에 따라 고온에서 과산화수소와 산소를 구별하는 센서의 개발도 시도되고 있다.

수질데이터를 토대로 한 이상진단이나 expert system의 개발이 BWR와 PWR 모두 각국에서 진행되고 있어 그 현황이 발표되었다.

패널토론

최종일에는 「지금 수화학은 무엇을 할 수 있는가」라는 주제로 회의를 마무리하는 패널토론이 있었다. 각국을 대표하는 연사들로 부터 수화학기술의 현황과 기술과제에 대한 의견이 발표되었다.

마지막으로 의장은 폐회사를 통해 다음과 같이 말했다. 「수화학기술은 지금 새로운 국면을 맞이하려고 하고 있다. 지금까지의 “문제해결형”에서 “예방보전형” 기술로 탈피할 필요가 있으며 하나의 지표로 수렴하려는 획일화·기준화의 방향에서 각발전소의 특징·개성을 감안한 관리방향으로 전환할 필요가 있다. 기술적으로는 각발전소의 상황을 신속, 정확하게 파악하기 위한 모니터링 기술의 고도화와 진단시스템의 신뢰성 향상 등이 중요하며 현상을 올바르게 이해하기 위해서는 과학기반을 강화해야 하며 특히 열역학 데이터베이스의 보완과 colloid界面科學, 방사선화학, 腐蝕電氣化學 등의 기초적인 접근을 강화할 필요가 있다. 또한 PWR와 BWR 관계자들이 한자리에 모여 의논할 수 있는 이러한 국제회의는 매우 유익한 것이다」.