重大事故의 對策과 檢討

日本 原子力安全委員會 · 原子爐安全基準專門部會는 일본의 輕水爐를 대상으로 앞으로 있을 수 있는 중대사고에 대한 對策과 檢討를 종합 · 정리하였다. 다음은 중간보고서의 개요이다.

높은 日本의 安全性

이 중간보고서에서는 일본의 발전소 안전성은 충분히 높아 중대사고는 생각할 수 없다고 강조하면서도, 더 한층 안전확보를 위해서 확률론적 안전평가 등의 연구가 필요하다고 지적하고 있다.

원자로시설의 설치허가시 안전설계의 심사에서는 ① 이상의 발생 방지, ② 이상의 확대 방지와 사고로의 발전 방지, ③ 주변환경에 방사성물질의 이상 방출 방지라는 다중방어의 사상을 반영한 지침류에 근거하여 원자로시설의 기본설계 및 기본적 설계의 타당성을 확인한다.

이 확인을 위해 사용하는 설계기준사상, 해석방법 및 판단기준은 공학적으로 충분히 안전한 여유를 갖도록 정해져 있다. 예를 들면, 경수로에 대해서는 비상로심냉각계통(ECCS)이 충분한 기능을 갖는지 아닌지 평가하기 위해 설계기준사상으로서 원자로냉각재 압력바운더리의 배관이 순간적으로 파괴된다는 사상(냉각재상실사고=LOCA)의 발생을 상정하고 있다.

이 사상에 덧붙여 안전대책상 가장 중요한 효과를 초래하는 안전계통 기기의 하나가 고장나 작동하지 않고, 외부전원으로 부터의 給電도 없다는 어려운 상황을 상정한다.

이 사상의 결과를 평가하기 위한 해석방법 및 판단기준으로서 ECCS의 기능 및 성능의 평가결과가 충분히 안전한 여유를 갖는 것이 되도록 해석의 모델과 판단기준을 설정한다.

이와 같은 안전상 충분한 안전여유를 갖는 설계기준사상, 해석방법과 판단기준을 적용해도 노심이 큰 손상에 이르지 않고 장기에 걸쳐 충분히 냉각이 가능하며, 주변의 대중에 대해 현저한 방사선피폭의 위험을 주지 않는 것 등을 확인하여 원자로시설의 안전설계 타당성을 확인하고 있다.

중대사고는 단일 기기의 고장과 오조작으로 발생하는 것이 아니라, 기기의 고장과 인위적인 미스가 몇가지 겹쳐서 비로소 발생하는 것이고, 상기와 같이 충분한 안전확보대책이 실시되고 있는 일본의 원자로시설에서 현실적으로 중대사고가 발생하는 것은 공학적으로 생각할 수 없을 정도까지 안전성이 높아져 있다고 할 수 있다.

따라서 일본의 원자력발전소 설치허가, 공사계획의 인가, 사용전검사, 보안규정의 인가, 정기검사 등에 관한 현행 안전규제 인허가의 각종 기준 · 지침 등을 중대사고대책의 견지에서 현시점에서 개정할 필요는 없다고 본다.

PSA의 연구

공통문제간담회는 「중대사고에 관한 검토의 의의」를 근거로 하여 동 간담회를 포함해 정부, 연구기관, 산업계 등이 향후 검토해 가야 할 과제를 종합 · 정리했다.

▽ 대표적 플랜트에 대한 PSA 실시

동 간담회는 일본의 대표적 플랜트에 대한 레벨 1 확률론적 안전평가(PSA)의 실시결과에 대해 평가했다. 이번의 PSA가 대표적 플랜트에 대한 것임을 확인하고, 향후 국내 각 플랜트의 설치자는 각각의 플랜트에 있어서 기인사상 발생빈도, 기기의 고장확률 등의 특징을 근거로 대표적 플랜트의 PSA결과를 분석하여 그 결과를 운전관리, 교육 · 훈련, 사고관리 등에 활용해 가는 것이 바람직하다.

더우기 향후 이런 것을 발전시켜 노심의 일부손상에서 노심의 용융 나아가서는 격납용기 등 폐쇄기능의 건전성 상실에 이르는 확률, 시간적 여유, 그 경우 소스텀의 명확화 등 일본의 원자력시설 안전유도의 확인을 목적으로 하여 이들 기관에서 레벨 2 PSA를 실시하는 것이 바람직하다.

▽ 사고관리의 검토

사고관리에 필요한 절차와 설비에 관한 검토는 중대사고의 발생 방지를 기본으로 하는 안전규제상 요구되는 것은 아니지만, 안전확보에 만전을 기하는 관점에서는 매우 중요한 것이다.

이에 관한 검토는 현재 설치자가 하고 있으나, PSA 등을 통해 얻을 수 있는 지식을 근거로 이 검토를 착실히 추진하여 조기에 지침서 등을 작성함과 아울러 요원의 교육 · 훈련을 실시하여 사고관리를 실효성 있게 하는 것이 바람직하다.

▽ 국내 PSA데이터의 충실

이번에 평가한 PSA에서는 기인사상의 발생빈도 평가와 기기의 고장확률 등의 평가에 대해서는 일본의 운전경험이 적은 이유에서 일부 미국의 데이터를 참고로 하고 있다. 향후 이런 기인사상 발생빈도와 기기의 고장확률 등 국내데이터의 정리가 한층 충실해지면 PSA의 결과는 일본의 양호한 운전경험, 운전실적을 더 한층 현실적으로 반영한 것이 된다.

현재 국내 각 기관에서 이들 데이터의 정리를 하고 있으며, 앞으로도 지금까지의 노력을 계속해 국내 PSA데이터의 보다 나은 정리와 충실을 도모해 가는 것이 바람직하다.

▽ PSA 방법의 개량 · 개발 등 연구추진

레벨 1 PSA의 방법에 대해서는 이번에 평가한 결과 전술한 바와 같이 현시점에서는 타당한 것으로 판단했지만, 앞으로도 연구를 추진해 방법의 개량 · 개발에 노력해 가는 것이 중요하다. 또 레벨 2 PSA에 대해서는 현재 아직 불확실한 범위가 상당히 큰 현실에 입각하여 방법의 개량 · 개발 외에 사상의 이해를 더 한층 깊게 하기 위한 연구를 추진하는 것이 중요하다.

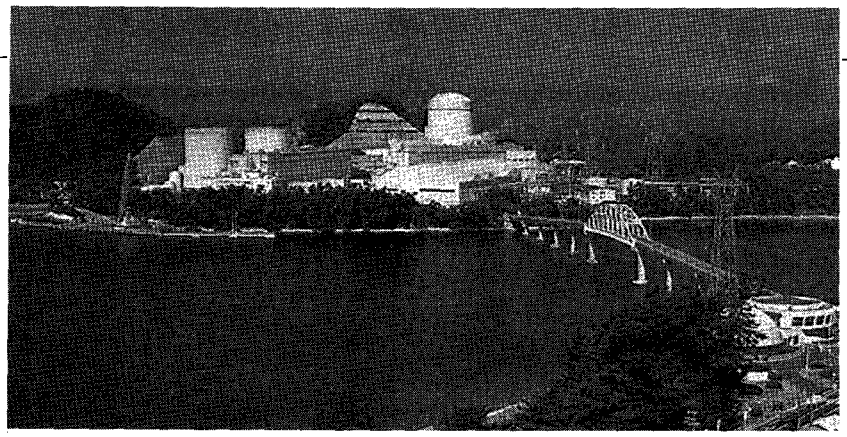
安全評價의 補完手段

▽ 확률론적 안전평가

이 PSA는 원자로시설의 이상고장 등 기인사고의 발생빈도, 사고가 미치는 영향을 완화하는 안전기능의 상실확률 및 사고의 진전 · 영향을 정량적으로 분석 · 평가함으로써 사고의 발생확률과 사고의 영향 또는 양자의 積(리스크)의 형태로 표출된 결과를 토대로 원자로시설의 안전성을 종합적으로 평가하려는 것이고, 안전확보대책을 체계적이고 정량적으로 평가하는데 유효한 방법이라고 생각된다. 특히, 발생확률이 매우 적어 사고진전시켄스가 광범하고 다기에 걸친 중대사고의 발생 방지와 영향완화 제대책의 효과를 종합적으로 평가하는데 유효한 방법의 하나이다.

더우기 중대사고의 연구에서는 발생확률을 근거로 하는데 그 사상, 영향을 알기 위한 연구가 실시되는 것이 중요하기 때문에 중대사고의 연구를 계획하여 종합적으로 평가하기 위한 방법으로서 PSA의 이용이 중요한 것으로 되어 있다.

PSA는 그 내용에 따라 시스템신뢰성평가 및 노심손상 확률평가까지를 실시하는 레벨 1 PSA, 손상노심 및 핵분열생성물(FP)을 환경으로 방출



할 때의 거동평가까지 실시하는 레벨 2 PSA, 환경영향평가까지 실시하는 레벨 3 PSA 등 3단계로 나누어진다. 기인사고의 상정에 대해서는 내부사고만을 대상으로 하고 있는 것이 많다.

현시점에서는 PSA는 아직 데이터와 방법 자체에 불확실한 점이 많아 그 결과를 이용함에 있어서는 거기에 이용되고 있는 데이터 등의 불확실함과 해석방법과 모델에 관한 제약조건 등을 올바로 인식하는 것이 필요하지만, 전문가 사이에서 안전성을 논의할 때에 원자로시설에 관한 현행 결정론적 안전평가방법을 보완하는 유익한 정보를 제공하는 하나의 수단으로서 생각된다.

예를 들면, 원자로시설 개개의 안전기능의 신뢰성평가에서 확률론적 견해를 부분적으로 채택하여 판단의 참고로 하거나, PSA에 의해 안전확보대책의 상대적 평가를 실시하여 그 유효성을 비교·검토하는 등 현행 안전규제의 참고가 될 수 있는 여러가지 사용법을 생각할 수 있다. 따라서 PSA 방법에 대해 적극적인 검토의 추진과 중대사고의 연구에 따라 PSA의 불확실함을 감소시키는 노력이 중요하다.

體系的 檢討가 必要

▽ 사고관리

이 간담회는 사고관리의 의의를 인식하여 지금까지 내외에서 실시된 PSA의 결과, 다른 사고와 비교해 상대적으로 큰 노심손상확률을 주는 사고시켄스로서 BWR에 대해서는 장시간에 걸친 全交流電源喪失事故, PWR에 대해서는 소파괴 LOCA시에 ECCS가 작동하지 않는데 따른 사고를 선정하여 내외에서 사고관리를 평가한 예를 검토했다.

선정한 BWR의 전교류전원상실사고는 외부전원이 상실되고, 더우기 다중성, 독립성을 가진 비상용 디젤발전기가 장시간에 걸쳐 모두 작동하지 않는 극단적인 사고지만, 이런 경우에도 직류전원(축전지)의 이용에 의해 원자로격리시 냉각계통 등에 의해 노심냉각을 도모해 외부전원 또는 비상용 디젤발전기의 복구, 可搬式 디젤발전기 또는 축전지의 반입, 복수의 플랜트가 설치되어 있는 사이트에 있어서는 다른 플랜트의 디젤발전기 등에서 緊急給電 등의 노력을 함으로써 노심손상에 이르기 전에 사고를 수습할 수 있는 것으로 생각되고 있다.

한편 선정한 PWR의 소파괴 LOCA의 경우는 1차냉각계통의 배관파괴에 추가하여 다중성, 독립성을 가진 설계임에도 불구하고 ECCS계통의 몇가지가 기능을 하지 못하는 사고, 예를 들면 ECCS 중 2계통이 있는 고압주입계통이 모두 고장나 노내의 압력이 높은데 따른 축압주입계통과 저압주입계통이 기능을 하지 못할 경우인데, 운전원이 주증기배출밸브를 강제로 조작함으로써 2차계통의 보조급수펌프에 의한 증기발생기에의 급수와 함께 노내압력을 저하시켜 기능하지 못했던 축압주입계통과 저압주입계통을 작동시킴으로써 중대사고의 발생을 방지할 수 있을 것으로 생각되고 있다.

간담회는 이상의 검토결과 사고관리의 관점에서 리스크의 감소에 유효한 많은 방법이 생각된다고 결론을 내렸다.

그러나 이상의 사고관리는 예시로서 나타난 것이며 이것을 실제로 실시할 경우에는 각 조치가 갖는 이해득실에 대해 더욱 체계적이고 면밀한 검토가 필요하다고 생각된다.