

I. 문제의 배경과 현주소

한 기 인

한국에너지연구소 · 원자력안전센터

미국 원자력규제위원회 (Nuclear Regulatory Commission)에 의하여 경수로 미해결안전성문제 (unresolved safety issue)로 지정되었고 다년간 논란의 대상이 되었던 ATWS(anticipated transients without scram) 문제가 마침내 해결되어 1984년 6월 26일에는 관련최종법령¹⁾(49 FR 26036)이 공포되었다. 본 법령에 규정되어 있는 경수로 ATWS에 대한 요구조건은 다음과 같다.

(1) 가압경수로에서 ATWS가 발생할 경우에는 이를 신속히 감지하여 보조급수계통을 자동기동시키고 터빈을 정지시킬 수 있는 설비를 설치해야 한다.

(2) CE(Combustion Engineering)와 B&W(Babcock & Wilcox)사가 설계한 가압경수로의 경우에는 원자로의 다중정지계통(diverse scram system)을 설치하여야 한다.

(3) 비등형경수로의 경우에는 보조제어봉삽입계통을 설치하여야 한다.

(4) 비등형경수로의 경우 SLCS(stand by liquid control system)를 추가로 설치하여야 한다.

(5) 비등형경수로에서의 ATWS 발생시 냉각수순환 펌프를 자동정지시킬 수 있는 설비를 설치하여야 한다

상기의 요구조건 이외에도 NRC는 전력회사에게 원자로정지계통의 신뢰도 분석 및 동 계통 운전이력의 지속적인 평가 등 일련의 자발적인 신뢰도 보증계획의 수립과 원자로정지계통에 대한 품질보증계획의 개발을 권고하였다.

ATWS에 관한 상기의 법령은 비안전등급 기기에 대한 품질보증지침이 확정된 지 180일이 경과한 후에 효력을 발생하게 되는데 1984년 11월 16일에는 품질보증지침안(49 FR 44337)이 발표되어 12월 10일까지의 논평기간을 거쳐 추후 확정될 예정이다.

본문에서는 미국 NRC가 미해결안전성문제 (task number A-9)로 지정한 ATWS란 무엇이고 이것이 왜 중요한 안전성문제가 되었으며 어떤 과정을 거쳐 해결되었는가를 가압경수로에 초점을 맞추어 알아보았다.

ATWS란 터빈트립, 제어뱅크의 인출 및 주급수상

실과 같이 원자력발전소 수명기간동안 비교적 자주(년 1, 2회) 발생한 것으로 예상되는 과도상태가 발생했을 경우 원자로가 자동정지되지 않는 심각한 사고를 말한다. 정상적인 경우 예상과도상태가 발생하면 원자로보호계통은 이를 감지하고 자동으로 제어봉을 삽입시켜 원자로심에서의 핵연쇄반응을 종식시킴으로써 원자로의 안전성을 확보한다. 만약 예상과도 상태가 발생하였을 경우 원자로보호계통의 기능이 상실되어 제어봉의 삽입이 실패되면 핵연쇄반응이 종식되지 않고 원자로 출력이 충분히 감소하지 않아 원자로의 각종 운전변수들이 안전허용한계를 초과할 수 있다. 즉 ATWS가 발생하면 원자로 냉각수의 온도가 상승하고 원자로 계통의 압력도 증가하여 압력경계의 파손을 초래할 수 있으며 아울러 온도상승에 의한 핵연료의 손상으로 과도한 방사능물질의 누출을 초래할 수도 있다. 따라서 ATWS에 대한 안전성 확보의 관건은 우선 예방조치로서 원자로보호계통의 신뢰도를 증가시켜 ATWS의 발생가능성을 최소로 하는 것과 만약 ATWS가 발생했을 경우 핵연료와 냉각수의 온도증가 및 원자로계통의 압력상승을 억제하여 압력경계의 파손과 방사능물질의 과도한 누출을 방지할 수 있도록 관련 계통의 설계개선이나 새로운 설비의 설치를 통하여 사고의 결과를 완화시키는 것이다.

ATWS가 원자력발전소의 설계 및 안전성 평가에 있어서 미국내 원자로제작회사, 전력회사 그리고 원자력 규제기관 사이에 문제시되고 논란의 대상이 된 것은 비단 어제 오늘의 일이 아니고 과거 1969년 말까지 거슬러 올라간다. 그당시 미국의 원자력안전자문위원회(ACRS; Advisory Committee on Reactor Safeguards)는 만약 예상과도상태가 발생했을 경우 공통인자실패(common mode failure)에 의하여 원자로보호계통이 작동하지 않는다면 원자력발전소 안전성 확보에 매우 심각한 문제를 야기시킬 수 있는 가능성이 존재한다는 점을 지적하였다. 이와 같은 우려에 대한 규제요원과 ACRS위원들간의 회의결과 미국원자력위원회는 미국내 원자로제작회사로 하여금 예상과도상태가 발생했을 경

우 제어봉이 삽입되지 않을 확률과 본 사고의 심각성에 대하여 조사하도록 요청하였다. 본 조사결과 ATWS의 발생 가능성은 극히 희박하나 사고의 결과는 원자로 용기나 배관의 과압과 파손을 초래할 수도 있다는 결론에 도달하였으며 이에 근거하여 미국원자력위원회는 1973년 9월에 경수로의 ATWS에 대한 보고서 WASH-1270²⁾을 발간하였다.

WASH-1270의 골자는 공통인자실패의 가능성을 고려할 때 원자로정지제통의 신뢰도는 정확히 분석하기가 어렵고 또 전설 가동되는 원자로의 기수가 증가함에 따라 동 사고에 대하여 보다 높은 안전여유도를 확보해야 하기 때문에 ATWS를 원자력 발전소의 안전성분석을 요하는 설계기준 사고로 다루어야 한다는 것이다. 본 보고서에서는 1976년 10월 1일 이후에 전설허가가 승인될 후속 발전소에 대해서는 기존 원자로정지제통 이외에 독립된 또하나의 다른 정지제통을 추가해야 한다고 요구하고 있다. 그러나 1976년 10월 1일 이전 1968년 이후에 전설허가를 받은 발전소의 경우에는 ATWS가 발생할 경우 그 결과가 심각하지 않도록 하기 위하여 설계를 변경하는 등 필요한 조치를 취하도록 요구하고 있다.

WASH-1270이 발간된 후 원자로 제작회사는 원자력 규제위원회와 공동으로 ATWS의 정확한 분석을 위한 분석방법을 개발하기 시작하여 ANSI standard N661 조판을 발간하고 가압경수로에서의 ATWS에 대한 일반 분석지침을 제시하였다. 1976년 10월에 각 원자로제작회사는 그들이 설계, 제작하는 원자로에 대한 ATWS 분석방법을 기술한 보고서를 원자력규제위원회에 제출하였다. NRC는 제출된 보고서를 검토한 후 각 원자로 제작회사가 제시한 ATWS 분석방법은 계통의 고장에 대한 통계처리방법과 일부 계산변수의 처리방법을 제외하고는 대체로 타당하다고 인정하였다. 1976년 중반경 NRC는 원자력발전소 사업자에게 상기의 분석방법에 따라 각 발전소의 ATWS사고를 분석하도록 요구하였다. 그러자 전력회사와 원자로제작회사는 본 요구에 대하여 조건이 너무 보수적일 뿐아니라 분석자체가 불필요하다며 심한 반발을 나타냈다. 즉 그들의 입장은 기존 원자로보호제통의 신뢰도는 매우 높기 때문에 ATWS가 발생할 가능성이 극히 희박하여 ATWS를 설계기준사고로 처리할 필요는 없으며 설령 ATWS가 설계기준사고로 원자로 안전성평가를 위하여 필요하다 하더라도 NRC의 요구조건은 지나치게 보수적이라는 것이었고 이 같은 견해는 AIF(Atomic Industrial Form)와 EPRI(Electric Power Research Institute)등 여러 산업체의 지원을 받았다. 원자로제작회사들은 상기의

견해를 뒷받침할 수 있는 보고서를 추가로 제출하여 원자로보호제통 특히 제어봉구동장치의 공통인자실패에 대한 신뢰도 평가결과를 제시하였으며 EPRI는 원자로정지제통의 고장에 대한 구체적인 통계분석결과와 예상과도상태의 발생빈도를 수록한 일련의 보고서들을 제출하였다.

특히 1975년에 발표된 원자로안전성연구보고서 WASH-1400³⁾은 PRA 결과에 의하면 ATWS가 원자력발전소의 안전성에 미치는 영향은 크지않다고 주장함으로써 전력회사와 원자력산업체의 입장을 옹호해 주었고 또한 원자력산업체는 NRC가 요구하는 수준의 ATWS 완화제통의 설치에 경제적 부담이 지나치게 커서 타당성이 결여되었다는 점에 의견을 같이 하였다. 이에 NRC는 각 원자로제작회사에게 ATWS 완화제통의 설치에 필요한 예산을 추정해 보도록 요구하였다.

앞에서 기술한 바와 같은 전력회사 및 원자력산업체의 견해와 자체 연구결과를 근거로 NRC(Division of Systems Safety)는 1978년 4월 경수로에서의 ATWS라는 제목의 보고서⁴⁾ NUREG-0460, Volume 1과 2를 발간하였다. 본 보고서는 과거 10년동안 개발되고 수집된 ATWS에 관한 제반 자료에 대한 NRC의 검토, 평가결과보고서로서 본문과 17편의 부록으로 구성되어 있다. 본문에서는 ATWS의 발생이 원자로의 안전성 확보에 미치는 영향과 ATWS의 발생 확률을 다루고 있으며 이값을 원자로 안전성 확보를 위하여 요구되는 제한치와 비교하여 보여줄 뿐 아니라 ATWS 발생 빈도를 요구치 이하로 줄이기 위해 필요한 방법도 제시하였다. 또한 ATWS의 평가에 적용하는 NRC의 평가 기준을 제시하고 끝으로 NRC의 요구조건을 만족시키기 위한 계통의 설계변경에 따른 예산과 효과에 대하여 다루고 있다. 부록에서는 ATWS에 관련된 특별한 사항에 대하여 좀더 구체적인 자료를 추가적으로 제시하였다.

NUREG-0460, volume 1과 2의 발간에 이어서 NRC는 1978년 12월에 volume 3⁵⁾을 발간하였다. Volume 3에서는 ATWS의 발생 빈도를 줄이고 결과의 심각성을 경감시키기 위한 계통의 설계변경에 따른 여러가지 대안(alternatives)이 제시되었다. NRC는 본 보고서에서 각 대안의 적용이 안전성 제고에 미치는 영향을 평가하였으며 발전소의 설계조건과 가동년수에 따라 서로 다른 설계변경 요건을 제시하였다. 본 보고서에 기술된 대안은 모두 4가지로서 대안 1은 전혀 설계변경이 없이 기존의 설계를 유지하는 것이며 대안 2는 가동해수가 이미 오래된 발전소에 적용되는 방안으로써 ATWS의 발생 빈도를 감소시키는 방향으로 설계를

변경하도록 유도한다. 가동년수가 오래된 발전소는 그 설계특성이 독특하므로 부차적인 설계변경의 필요여부를 결정하기 위하여 각각의 발전소에 대한 분석을 요구한다. 대안 3은 가동년수가 짧은 발전소와 1978년 1월 1일 이전에 건설허가를 받은 발전소에 적용되는 대안으로서 대안 2에서 요구되는 사고 예방조치 이외에 ATWS에 대한 완화능력의 제시를 요구한다. 즉 가압경수로의 경우 대안 2에서 요구하는 계통의 설치 이외에 기존원자력발전소가 이미 보유하고 있는 계통으로서 ATWS사고결과의 완화에 사용될 수 있는 계통의 능력을 분석을 통하여 입증하도록 요구하고 있다. 끝으로 대안 4는 신규건설될 원자력발전소와 1978년 1월 1일 이후에 건설허가를 받은 발전소에 적용되는 대안으로서 대안 2나 3에서와 같이 ATWS의 예방조치는 요구치 않고 오직 완화계통의 능력강화와 이에 대한 구체적인 분석을 요구한다. 이상과 같이 volume 3은 ATWS에 대한 여러가지 대안을 제시하는 이외에 ATWS에 대한 규정을 제정하기전에 보다 포괄적인 안전분석을 수행하여야 한다고 제안하고 있다. 상기와 같은 포괄적인 안전분석의 목적은 본 보고서에 제시된 대안의 적용으로 ATWS의 발생 빈도가 감소되고 사고결과의 심각성도 완화된다는 것을 확인하는 데 있었다. 이어서 1979년 2월 15일 NRS는 대안 3과 4의 적용에 관련한 전반적인 질문사항에 대한 답변과 관계자료의 제출을 요구하는 내용의 편지를 원자력산업체에 발송했다. 동 편지에 대한 답변과 관련자료는 원래 4월까지 제출될 계획이었으나 1979년 3월에 발생한 TMI 사고로 ATWS에 관한 NRC의 업무는 모두 중단되었을 뿐 아니라 산업체에서의 업무도 대부분 정지되거나 연기되었다. 따라서 추후 NRC에 제출된 원자력산업체의 답변과 관련자료는 NRC가 요구하는 수준에 훨씬 못미치는 정도였다.

NRC에 제출된 원자력산업체의 답변과 산업체의 ATWS에 관한 전반적인 입장을 요약하면 다음과 같다

(1) 기존 원자로의 설계로도 일반공공의 안전을 위협하는 ATWS의 발생가능성은 매우 낮아서 기존 설계의 변경이나 다른 보호조치는 필요치 않다.

(2) 만약 ATWS의 예방조치로 설계변경이 꼭 수반되어야 한다면 volume 3에 있는 대안 2의 예방조치만이 필요할 것이다. 물론 이 조치가 꼭 필요하지는 않지만 본 조치로 소요되는 경비는 크게 높지 않을 것으로 예상된다.

(3) 만약 원자력산업체의 주장에도 불구하고 NRC가 제기나 logic의 변경 이외에 ATWS 완화조치를 추가로 요구한다면 대안 3에서의 요구 조건은 받아들일 용

의가 있다.

(4) 원자력산업체는 대안 3 이상의 설계변경에는 동의할 수 없다는 입장을 확실히 한다. 아울러 현재까지의 분석결과는 대안 3의 타당성을 입증했으며, 대안 4는 투입되는 예산에 비하여, 얻는 이득은 별로 크지 않을 것으로 예상된다.

이상과 같은 원자력산업체의 답변에 대한 NRC의 평가는 대체로 부정적이었다. 가압경수로에 대한 NRC의 평가내용을 요약하면 다음과 같다.

(1) ATWS의 근간이 되는 모든 예상과도 현상들이 분석되지 않았으며 동력구동릴리프밸브(PORV)가 고장 개방되는 사고의 분석결과도 정확치 못하다.

(2) 원자로의 장기정지에 대한 분석내용이 충분치 않으며 특히 초기 압력증가 후 원자로에서 생성된 기포의 효과와 원자로 냉각수펌프의 정지시점등에 대한 설명이 결여되어 있다.

(3) CE사가 제출한 자료에 의하면 일부 계기는 원자로의 압력증가로 그 기능을 상실할 것이라 평가했는데 Westinghouse와 B&W사의 자료에는 이에 대해 언급하지 않았다. 실제로 ATWS가 발생하면 일부 계기는 고압조건에서 기능을 상실한 것으로 예상된다.

(4) ATWS 발생시 PORV가 차단될 경우 이것이 발전소 거동에 미치는 영향이 충분히 분석되지 않았다.

(5) BOP (balance of plant) 부품에 대한 응력해석이 수행되지 않았다.

(6) ATWS의 예방 및 완화계통에 대한 설계자료가 충분치 못하다.

(7) 만약 원자로계통의 압력이 HPSI(high pressure safety injection) 설계압력 이상인 상태에서 HPSI가 작동되었다고 가정할 때 HPSI가 제대로 동작하며 건전성을 유지할 것인가 의문시 된다.

(8) Volume 3에서 고려된 3,400내지 3,500 psi 이상의 압력이 계통의 거동에 미치는 영향을 충분히 평가하지 않았으며 특히 안전 및 릴리프밸브의 건전성 및 성능보장에 대한 자료가 결여되어 있다.

(9) 격납용기가 ATWS 발생 후 곧 차단되지 않을 경우 방사능물질의 누출에 대한 평가결과에 많은 의문점이 있다.

(10) 가동중인 CE 발전소에서 ATWS가 발생했다는 가정하에서 계산된 원자로계통의 최고압력은 4,000 psi를 초과하며 동 계통내 여러부품들의 응력도 ASME service level "C"를 초과한다.

(11) B&W 발전소에서의 최고압력 계산에는 비보수적인 가정을 사용하였다. 만약 좀더 보수적인 가정을 사용하여 최고압력을 계산했다라면 몇가지 부품들의

응력은 service level "C"의 제한치를 초과했을 것이다. 위에서 언급한 바와 같이 NRC는 volume 3에서의 요구조건에 대한 원자력산업체의 답변이 불충분하다고 결론짓고 1980년 3월에는 NUREG-0460의 최종volume인 volume 4⁹⁾를 발간하였다. 본 책자에는 NRC가 volume 3에서 제시한 ATWS예방과 완화를 위한 요구조건(대안)에 대한 수정안과 단계별 추진계획이 기술되어 있다. 상기의 요구조건들은 volume 3의 조건들에 비하여 더 보수적인 것으로 평가되었는데 수정안을 제시한 주요 이유는 volume 3에 제시된 가동중 또는 건설의 마지막 단계에 있는 발전소에 적용되는 대안3의 타당성이 증명되지 않았기 때문이며 ATWS의 예방 및 완화조치의 시행을 단계적이며 효율적으로 추진하자는 데 있었다.

Volume 4에 제시된 수정된 요구조건은 다음과 같다

(1) 가동년수가 오래된 원자력발전소(11개발전소)는 대안 2A(대안 2의 수정안)를 1981년 7월 1일 까지 충족시켜야 한다.

(2) 그 이외의 운전중인 타발전소와 곧 가동될 발전소는 대안 3A를 충족시키되 전기계통은 1981년 7월 1일까지 배관의 변경은 1982년 7월 1일까지 완료하여야 한다.

(3) 가동년수가 오래된 발전소를 제외한 모든 발전소는 1984년 1월 1일 까지 대안 4A를 충족시켜야 한다

대안 2A는 volume 3의 대안 2에 비하여 ATWS의 발생과 진행에 따른 발전소 거동을 추가로 분석토록 요구하고 있으며 운전원의 사고 수습능력을 제고시킬 수 있도록 관련 절차를 수정하고 운전원 교육을 강화시키도록 요구하고 있다. 특히 Westinghouse발전소의 경우는 기존 원자로정지제통의 설계개선을 요구하고 있다.

대안 3A는 대안 3과 비슷하나 시설의 설계변경을 강제한 수정안으로서 격납용기 차단계통의 logic 변경과 ATWS의 조건에서도 견딜 수 있는 계기의 설치를 요구한다. 그러나 대안 3에서 요구하는 사고분석은 의무화 하지 않고 ATWS의 예방 및 완화제통의 조속한 설치를 요구하고 있다. 즉 본 대안의 의도는 복잡한 사고분석 때문에 ATWS 예방 및 완화조치가 지연되는 것을 방지하고 필요한 안전계통을 조속히 설치함으로써 안전성을 제고시키자는 데 있었다. 그러나 대안 3A의 적용은 일시적인 조치로 종국적으로는 대안 4A를 적용하도록 요구하고 있다.

대안 4A는 대안 4와 비슷하나 가장 중요한 차이점은 원자로정지제통의 전기적 공통인자실패 확율을 줄이도록 설계변경을 요구한 점이다. 대안 4A는 ATWS

예방과 완화에 관련하여 NRC가 제시한 최선책으로써 본 안의 적용으로 ATWS에 관한 문제가 해결되고 안전성이 크게 제고될 것으로 평가되었다. 표 1은 가압경수로 ATWS에 대한 원자로 제작회사별 NRC의 요구조건과 수정요구조건을 보여주고 있다.

NRC는 1980년 9월 ATWS문제를 입법절차를 통하여 해결할 것을 제안하였으며⁷⁾ 동 시기에 20개의 전력회사들도 ATWS문제에 대한 입법화를 NRC에 청원하였다.⁸⁾ 1981년 6월 17일 당시 NRC위원장이었던 Joseph Hendrie는 ATWS문제를 신뢰도공학에 근거하여 해결하여야 한다는 새로운 방법을 제안하였다.⁹⁾ 이어서 동년 11월 NRC는 ATWS에 대한 상기의 세가지 제의법안을 발표하였다. 위의 세가지 법안을 요약하면 다음과 같다.

(1) NRC (staff) 안

본 법안은 NUREG-0460 volume 4의 대안 3A와 비슷하며 ATWS에 대한 광범위한 분석과 실험 및 안전등급 예방/완화제통의 설치를 요구한다.

(2) Hendrie안

NRC의 ATWS에 대한 해석적 접근방법보다는 다소 현실적이나 원자로 보호계통의 신뢰도 분석 수행과 동계통의 신뢰도를 정기적으로 추적할 수 있는 감지제통의 설치를 요구하고 있다.

(3) 전력회사의 안

본 안은 1980년 9월에 20개의 전력회사가 ATWS 문제의 해결을 위해 입법화를 청원하면서 제시한 법안으로 Westinghouse발전소를 제외하고는 NUREG-0460, volume 4의 대안 2A와 유사하다. 본 대안의 요지는 ATWS의 구체적인 분석을 피하고 가격/이익 분석에 근거하여 필수적인 예방/완화계통만 설치하겠다는 것이다. Westinghouse 발전소의 경우는 AMSAC(ATWS mitigation systems actuation circuitry)의 설치를 제안했는데 본 계통은 만약 ATWS가 발생할 경우 원자로 보호계통과는 독립적으로 터빈을 정지시키고 보조급수 계통을 작동시키는 기능을 갖고 있어야 한다.

상기 법안에 대하여 NRC와 원자력산업체간에 다각적인 의견교환과 연구가 있었으며 1982년도 중반기에 와서는 NRC의 입장도 전력회사가 제안한 법안을 지지하는 쪽으로 바뀌게 되었다. 이 같은 NRC 입장의 변화에는 ATWS에 대한 가격/이익 분석결과의 역할이 지배적이었다. 그러나 1983년 2월 Salem발전소에서 발생한 ATWS사고는 NRC의 ATWS에 관한 최종해결안을 수정케 하는 계기가 되었다. 동년 4월에는 Salem ATWS사고에 대한 조사보고서 NUREG-0977¹⁰⁾이 발간되고 5월에는 Salem ATWS사고의 교훈을 내용으로

표 1. 가압경수로 ATWS 각대안에 대한 비교

Vendor	Alt. 2 (Vol. 3)		Alt. 3 (Vol. 3)	Alt. 3A	Alt. 4 (Vol. 3)	Alt. 4A
B&W	BUSS ¹ AMSAC ²	BUSS ¹ AMSAC ² Analysis ³	BUSS ¹ AMSAC ² Analysis ¹	BUSS ¹ AMSAC ² Cont. Isol. ⁵ Inst. ⁶	AMSAC ² Add safety valves Analysis ⁴	BUSS ¹ AMSAC ² Safety Valves Analysis ⁷ OPT ⁸ Cont. Isol. ⁹ Inst. ⁶
CE	SPS ¹ AMSAC ²	SPS ¹ AMSAC ² Analysis ³	SPS ¹ AMSAC ² Analysis ⁴	SPS ¹ AMSAC ² Cont. Isol. ⁵ Inst. ⁶	AMSAC ² Add safety valves Analysis ⁴	SPS AMSAC Safety Valves OPT ⁸ Analysis ⁷ Cont. Isol. ⁹ Inst. ⁶
W	AMSAC ²	AMSAC ² MSS ¹ Analysis ³	AMSAC ²	AMSAC ² MSS ¹ Cont. Isol. ⁵ Inst. ⁶	AMSAC ² Analysis ⁴	AMSAC ² MSS ¹ Analysis ⁷ Cont. Isol. ⁹ Inst. ⁶

¹ A system that is diverse and independent from RPS, meeting IEEE-279 and acting as backup to the electrical portion of the current scram system.

² ATWS mitigating system actuation circuitry satisfying criteria in Appendix C, Volume 3.

³ Analysis of Alt. 2A plants to decide if mitigation capability exists or is necessary in overall safety context.

⁴ Analysis remains to be performed and reviewed to confirm expected mitigation capability as described in Sections 2.2 and 2.3 of Volume 3.

⁵ Provisions to close containment isolation valves quickly if fuel failure should occur.

⁶ Providing instruments necessary for shutdown that can withstand the ATWS peak pressure.

⁷ Analysis of Alt. 4A plants to verify adequacy of plant modifications.

⁸ Optimization study for Alt. 4A plants where full implementation is not practicable (Alt. 3 1/2).

⁹ A system satisfying the criteria in Appendix C, Volume 3, that isolates containment quickly in the event of ATWS fuel failure.

한 NUREG-1000¹¹⁾이 발간되었다. Salem사고에 대한 조사결과에 따라 NRC는 ATWS에 대한 최종안에 원자로보호계통의 신뢰도 확보계획안을 추가시키도록 권고했으며 Westinghouse발전소에 대해서도 타원자로제작회사의 경우와 같이 다음의 근거에 의하여 원자로다중정지계통(diverse scram system)의 설치를 요구하게 되었다.

(1) 현재까지의 경험에 의하면 Westinghouse사가 설계한 원자로보호계통의 신뢰도가 가장 낮았다.

(2) 원자로정지계통의 기능은 높은 신뢰도를 보유하여야 한다.

(3) 현재까지의 경험에 비추어 불패 공유모드고장이 계통기능상실의 주원인이었으며 설계 다중화가 공유모

드 고장의 가능성을 크게 감소시키는 방법이다.

ATWS에 대한 각계에서의 의견취합과 NRC위원들 간의 의견 불일치로 최종법의 공포가 지연되다가 서두에 언급한 바와 같이 1984년 6월 26일 최종법이 공포되었다. ATWS에 관한 최종법중 가압경수로에 대한 요구항목을 자세히 살펴보면 다음과 같다.

(1) 가압경수로에는 ATWS증상을 나타내는 운전조건이 감지될 경우 보조급수계통을 자동기동시키고 터빈을 정지시킬 수 있는 감지기(sensor)에서부터 최종기동장치(final actuation device)까지가 기존 원자로정지계통으로 부터 독립된 보조완화계통기동회로를 설치하여야 한다.

(2) CE 와B&W 경수로는 감지기 출력에서 부터 제

어봉 구동전원 차단지점까지 기존의 원자로정지제통과 독립된 또 하나의 다른 원자로 다중정지제통을 설치하여야 한다.

상기의 법에는 Westinghouse원자로에 다중정지제통의 설치를 요구하는 조항은 포함되지 않았으며 이에 대한 해결을 위하여 NRC는 독립적인 법안을 제의하였으나 12월 3일 NRC위원회의 투표에 의하여 3대 2로 부결되었다. ATWS에 관한 최종법은 비안전등급 기기에 대한 품질보증지침이 확정 발표된 후 180일이 경과한 후에 효력을 발생하도록 되어 있으며 현재 품질보증지침서가 확정발표되기를 기다리고 있는 상태이다

참 고 문 헌

1. U.S. Nuclear Regulatory Commission, "Final Rule Reduction of Risk from Anticipated Transients With Scram (ATWS Events from Light Water Couled Nuclear Power Plants). 49 FR 26036, June 26, 1984.
2. U.S. Nuclear Regulatory Commission, "Technical Report on Anticipated Transients Without Scram for Water Cooled Reactors", WASH-1270, September 1973.
3. U.S. Nuclear Regulatory Commission, "Reaclor Safty Study-An Assessment of Accident Risks in US Commercial Nuclear Power Plants." WASH-1400, NUREG-75/014, Oct. 1975.
4. U.S. Nuclear Regulatory Commission, "Anticipated Transients Without Scram for Light-Water Reactors," Vol. 1 and 2, NUREG-0460, Apr. 1 1978.
5. U.S. Nuclear Regulatory Commission "Anticipated Transients Without Scram for Light-Water Reactors," Vol. 3, NUREG-0460, December 1978.
6. U.S. Nuclear Regulatory Commission, "Anticipated Transients Without Scram for Light-Water Reactors," Vol. 4, NUREG-0460, March 1980.
7. U.S. Nuclear Regulatory Commission, "Proposed Rulemaking to Amend 10 CFR 50 Concerning ATWS Event" SECY-80-409, Sep. 4, 1980.
8. Ut, lities," Electric Utilities Petition for Rulemaking on ATWS," Utility Group on ATWS (20 Utilities), September 16, 1980.
9. Letter, from Commission Chairman Joseph M. Hendrie to Commissioners Gilinky, Bradford and Ahearne, "ATWS," June 9, 1981.
10. U.S. Nuclear Regulatory Commission, "NRC Fact-Finding Task Force Report on the ATWS Event at Salem Nuclear Generating Station, Unit 1, on Feb. 25, 1983," NUREG-0977, Morch 1983.
11. U.S. Nuclear Regulatory Commission, "Generic Implications of ATWS Events at the Salem Nuclear Power Plant," NUREG-1000, Vol. 1, April 1983; Vol. 2., August 1983.