



리스크 정보를 이용한 안전 관리

김 영 평

고려대 행정학과 교수 · 한국행정학회 회장



서 론

원자력 발전은 우리 나라 산업 발전의 원동력으로 자리 잡아 왔다. 앞으로도 화석 연료의 지구 온난화 효과 등의 이유로 원자력 발전이 안정적이고 공해가 적은 에너지 공급원으로 각광을 받을 것으로 전망된다.

그러나 원자력 에너지의 공과와 발전 방향을 말하기 이전에 원자력에서 안전 관리의 문제는 바로 원자력 발전의 사활과 직결되는 문제이

다. 안전이 보증되지 못한 원자력의 이용은 불가능하다.

그러나 안전 관리도 비용이 들고 가능하다면 능률적이고 합리적으로 추진하려고 한다. 합리적 안전 관리의 일환으로 리스크 정보를 이용한 안전 관리가 논제로 떠오르고 있다. 여기서는 리스크 정보를 이용한 안전 관리의 개념과 현안 문제, 그리고 활용상의 주의점 등을 논의하려 한다.

위험 관리의 접근 방법

1. 결정론적 위험 관리

위험 정보를 이용한 안전 관리는 지금까지의 원자력 규제에 대한 반성과 개선을 위해 제안된 새로운 관리 방식을 말한다.

중래의 원전 규제는 결정론적 해석(deterministic analysis)에 기반을 두고 위험을 관리하였다.

결정론적이라 함은 원전의 설

계·제작, 건설 과정에서 충분히 안전한 기준을 공학적 여유도와 품질 보증에 필요한 요건을 고려하여 설정하였다는 의미이다. 이 기준에 미달하는 설계·제작·건설·운영은 설계 기준 사고를 방지할 수 있는 안전 계통을 설치하거나, 아니면 허가를 부여하지 않는 원칙을 준수하였다. 한마디로 충분히 안전한 관리 기준을 설정하고 이유 없이 지키도록 강요하는 방식이었다.

이 방식은 기준을 분명하게 제시한다는 장점은 있다. 그러나 우선 위험 관리의 효율성이 떨어지고, 이 유가 분명치 않은 기준을 맹목적으로 준수해야 한다는 약점이 있다.

무엇보다도 원전 관리에서 얻는 경험으로부터 축적된 정보를 합리적으로 활용하지 못하기 때문에 과학적 관념과 상통하지 못한다.

2. 확률론적 위험 관리

위험은 개념적으로 사건이 나타



리스크 정보를 이용한 안전 관리는 위험도가 큰 항목에 집중적인 관심을 기울이고, 위험도에 비교적 작은 영향을 미치는 항목에 대해서는 안전 관리를 완화하는 방안이다.

리스크 정보를 이용한 안전 관리 현황

1. 국제적 동향

USNRC는 기존의 결정론적 규제를 보완하기 위하여 리스크 정보를 이용하는 규제 방안을 개발하여 현재 시행하는 단계에 있다.

리스크 정보는 주로 확률론적 안전성 평가(Probabilistic Safety Assessment: PSA)를 통해 전체 시스템에 영향이 큰 것으로 나타나는 계통 및 기기들을 중심으로 가동중 시험(In-service Testing) 또는 가동중 검사(In-service Inspection)를 강화하며, 리스크 정보에 의존하여 기술 지침(Technical Specification)을 작성하기도 한다.

우리 나라의 원자력 안전 규제에서도 USNRC의 규제 요건을 참고하는 경우가 많이 있으므로, 미국의 규제 요건 변화는 우리 나라 규제에도 상당한 영향을 주고 있는 것은 사실이다.

IAEA에서도 어느 특정 사건이 발전소 전체의 위험을 악화시키지 않도록 균형있는 설계를 위해 PSA를 수행하도록 설계 기준과 운영 기준에서 요구하고 있다.

그러나 이런 안전성 평가는 어디까지나 주기적 평가에서 기존의 결정론적 평가를 보완하기 위한 정보로 활용할 것을 강조하고 있다.

날 확률과 그 사건의 귀결로서의 피해를 결합시켰기 때문에, 확률을 무시한 위험 관리란 무의미하다.

결정론적 위험 관리는 충분히 안전한 상태를 확보하기 위하여 개별적인 사건의 확률에 크게 신경을 쓰지 않았다면, 확률론적 위험 관리에서는 전통적인 방법을 보완하기 위해 위험에 의미 있는 영향을 줄 설비와 활동에 관리를 강화하여 규제자원을 효율적으로 활용하려는 시도이다.

예컨대, 발전 사업자는 위험이 크게 나타나는 안전 관리 활동이나 계통/기기 등에 투자를 집중함으로써 안전성 향상을 꾀할 수 있을 것

이다.

원자력 규제 기관은 위험이 큰 계통/기기 등에 규제 활동을 집중함으로써, 규제 활동의 효율성을 높일 수 있다.

확률론적 위험 관리는 원전 운용과 규제에서 얻은 정보와 지식을 이용하기 때문에 합리적인 규제 기준에 합의할 수 있어서 규제자와 피규제자 간에 갈등의 소지를 줄일 수 있다.

더 중요하게는 원전에 대한 경험 이 늘어가면서 위험 관리에 학습 효과를 도입할 수 있어 점진적 개선이 가능하다.



2. 국내 현황

우리 나라에서는 1994년 9월에 발표된 원자력안전정책성명에서 PSA를 이용한 원전의 종합 안정성 평가와 비용 효과를 고려한 합리적 안전 규제의 실시를 선언하고 있다. 그리고 2001년 8월에 원자력안전 위원회에서 2006년까지 원전 종합 안전성 평가를 완료할 것을 요구하고 있다.

그러나 이러한 정책 의지에도 불구하고 원전 운영과 관련된 리스크 정보가 완전하게 축적되어 있지 않고, 그것을 위한 법적 근거도 확실하게 마련되어 있지 못한 상태이다.

현재 리스크 정보를 이용한 위험 관리는 주로 연구 개발 단계에 있고, 한정적으로 두서너 가지 규제 활동에서 보완적으로 활용하고 있다.

국내의 리스크 정보 이용과 관련된 연구 개발 현황을 보면 다음과 같다.

① 원자력연구소(KAERI)에서는 PSA를 수행하기 위한 각종 도구를 개발하고 있으며, 동시에 각종 리스크 정보 활용 안전 관리 방안을 개발하고, 리스크 모니터 개발에 관한 연구를 수행중에 있다. 이 중에서 상당한 연구 결과는 미국 등지에 수출하는 업적을 쌓기도 하였다.

② 원자력안전기술원(KINS)에서는 리스크 정보 규제 활용 일반 원칙을 세우기 위한 중장기 연구를 수

행중이며, 이 연구 결과로 리스크 기준 규제 검사, 리스크 정보 활용 허용 기준 설정 지침, 기타 각종 규제 지침을 개발하고 있다.

③ 한전 전력연구원(KEPRI)에서는 리스크 정보를 활용한 가동중 검사 방안을 개발중이며, 개발 결과를 이용하여 인허가 변경 신청을 제안할 예정이다.

④ 한국전력기술(주)(KOPEC)는 PSA 평가 도구 개발을 위한 연구를 수행중에 있다.

3. 리스크 정보를 이용한 안전 관리에서 제기되는 현안 문제들

가. 리스크 평가 기술의 불확실성

이미 밝혔듯이 리스크 정보는 PSA를 통해 얻을 수 있다. PSA는 event tree와 fault tree를 구성하고, 각각의 가지에 고장 확률을 배정한다.

확률의 설정은 과거의 사건 기록 통계에서 얻을 수 있기 때문에, 기기/계통의 검사 기록이나 발전소의 운전 이력으로부터 자료를 수집하여 분석한 결과를 이용한다.

Event tree에서 초기 사건 발생 빈도와 그것이 연계된 각 계통(A)와 계통(B)가 고장날 때 노심 손상과 같은 사고의 발생 확률을 확정할 수 있다.

(노심 손상 확률 = 초기 사건 발생 빈도 × 계통 A 고장 확률 × 계통

B 고장 확률)

Event tree에서 각 부품이나 계통의 고장 확률을 정확하게 알지 못하고는 PSA는 허구에 불과하다.

그러나 원전의 운전 경험이 충분하지 않고, 노형이나 원자력 발전소의 형상(configuration)이 서로 다르기 때문에 리스크 평가에 불확실성을 내포하고 있다.

리스크 평가 기술의 발전에 힘입어 불확실성을 정량화하고 저감하는 방안이 개발되고 있으나, 이론적으로 완전한 방법은 구할 수 없다.

따라서 안전 관리는 기존의 결정론적 접근 방법을 기본으로 하고, 리스크 정보로 보완하는 수준을 넘어서 과감하게 이용하는 데에는 한계가 있다.

더 나아가서 리스크 평가는 항상 그 방법의 적합성에 대한 논쟁의 대상에서 벗어나기 어렵다. 예컨대, 동일한 유형의 사건에 대해 event tree 및 fault tree 구성이 다를 수 있고, 어떤 자료를 이용하여 사건 확률을 계산하고, 어떤 모델을 채용하느냐에 따라 결과는 다르게 나타날 수 있음을 회피할 수 없다.

나. 국내 리스크 기술 인프라의 미완성

리스크 정보의 가치는 그것을 수집하는 자료의 충실성과 초기 사건 빈도의 총수(population)의 크기에 의존한다. 그렇기 때문에 원전의 리스크 정보를 얻기 위해서는 충실

한 데이터 베이스가 확보되어 있어야 한다.

그러나 국내에서는 이를 위한 법적 제도적 장치가 수립되어 있지 않았고, 현실적으로 표준화된 PSA 평가 기술이 채택되지도 않았기 때문에, 믿음만한 확률을 계산해 낼 수 있는 데이터 베이스가 부족한 상태이다.

이미 앞에서 밝힌 바와 같이 정책 성명어로 그 필요성과 정책 의지를 발표하고 추진 단계에 있다. 바라기로는 전 원전에 대한 PSA 정보가 확보되는 2006년쯤에는 본격적인 리스크 정보가 안전 관리에 이용할 수 있을 것으로 예상된다.

다. 리스크 정보 이용에 대한 국민 수용성

리스크 정보를 이용한 안전 관리는 위험도가 큰 항목에 집중적인 관심을 기울이고, 위험도에 비교적 작은 영향을 미치는 항목에 대해서는 안전 관리를 완화하는 방안이다.

그렇기 때문에 일반 국민이나 반핵 단체들에게는 안전 규제와 완화로 비칠 수 있다.

그렇지 않아도 의구심을 가지고 원자력의 안전 관리를 바라보는 사람들에게 리스크 정보를 이용한 안전 관리는 더 심각한 반대의 빌미를 제공할 수 있다.

안전 관리의 효율성은 안전 관리의 신뢰성과 서로 상충하는 측면이 있는 것도 사실이다. 그러므로 이를

이용하기 위해서는 사회적 수용성에 대한 고려가 필요하다.

리스크 정보를 이용한 안전 관리에 대한 철학적 논쟁

1. 리스크 정보 생산의 문제

PSA를 통해 타당성을 가진 위험 정보를 확인할 길이 없다는 것은 이미 논의하였다. 이것이 가능하다 하더라도 이 일을 위한 작업이 정당성을 얻기 위해서는 데이터 베이스에서 얻은 정보의 가치가 그것을 생산하는 비용을 초과해야 한다.

정보를 생산하고 관리하는 데에도 방대한 비용이 소요된다. 예컨대, TMI 사고 이전에도 라스무센 보고서가 있었다. 원전에 대한 위험 평가가 있었지만 TMI 사고를 막지 못했다.

오히려 추정치로는 TMI 사고와 같은 사고는 수만 reactor year에 나타날 수 있는 사고라고 보았다. 그래서 오히려 그런 사고에 대비하지 않았다.

사고가 나타나지 않을 때까지는 아무 일도 없는 것이 위험의 세계이기 때문에 위험에 대한 정확한 정보보다 위험 관리의 orientation이 더 중요하다는 것을 TMI 사고는 우리에게 가르쳐 주고 있다.

위험 관리는 효율성보다 신뢰성이 더 중요한 덕목이어야 한다. 위험의 세계에서는 확률이 더 큰 사건

이 먼저 나타나는 것은 아니다. 그러나 위험 관리의 세계에서는 당장 나타날 위험에 먼저 대응해야 한다.

따라서 정확한 리스크 정보를 생산 관리하려는 노력에 어느 정도 비용을 들여야 할 것인가하는 질문은 언제나 철학적 논쟁으로 전환할 수밖에 없다.

2. 리스크 정보 이용의 문제

타당하고 신뢰할만한 리스크 정보를 확보하였다 하더라도, 그것을 누가 어떻게 활용해야 할 것인가의 문제는 또 다른 철학적 논쟁의 대상이다.

엄격하게 말해서 위험 관리는 관심의 관리(management of attention)이다. 수많은 기기와 계통의 연결성, 운전자와 기계의 interface, 그리고 제도적 역학 관계 속의 정치적 소송돌이 등이 모두 위험 관리에서 적절한 관심을 받아야 한다.

종국적으로 안전이 지켜지는 것은 특정 개인이나 개별 조직만의 노력이 아니라 안전 관리 체계의 종합적 결과이다.

그렇기 때문에 모든 안전 관리 당사자들이 동일한 리스크 정보에 의존한다면 비슷한 결론에 도달할 가능성이 크다. 예컨대, 발전 사업자와 규제 기관이 동일 정보에 의하여 비슷한 위험 관리 전략을 마련하였다면, 동일한 허점과 오류에 빠질

가능성이 크다.

과학의 역사를 보면 서로 다른 시각들이 상호 비판하였기 때문에 발전하였다. 민주주의의 핵심은 비판을 제도적으로 허용하는 데서 찾을 수 있다. 자본주의의 발전도 시장의 경쟁에서 찾고 있다.

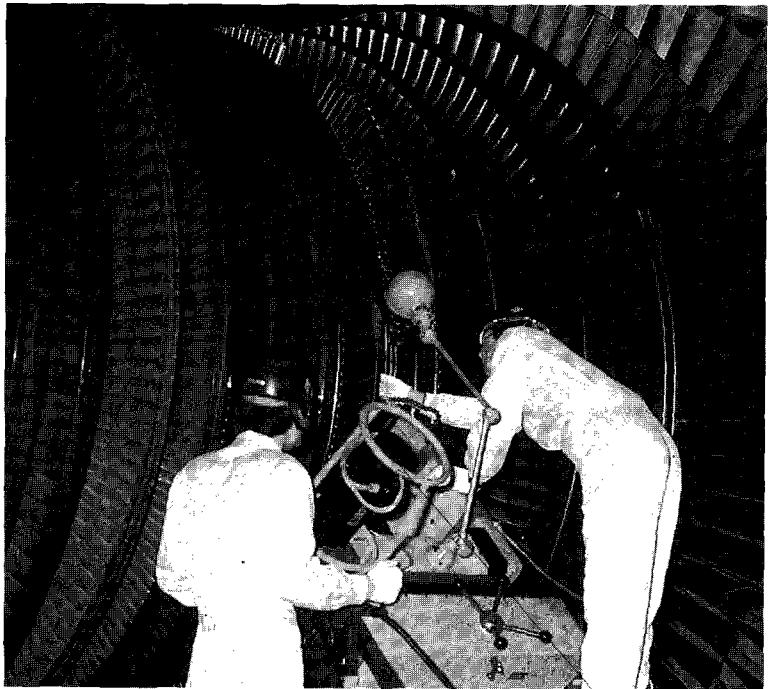
이와 비슷하게 안전의 관리도 서로 다른 시각과 관심이 비판하고 경쟁할 때에 성공과 발전을 얻을 수 있을 것이다.

발전 사업자는 태생적으로 능률성을 추구하는 기관이기 때문에 리스크 정보를 이용하여 위험 관리를 전략적으로 추진할 수 있다면, 오히려 규제 기관은 안전의 신뢰성을 확보해야 할 기관이기 때문에 리스크 정보보다는 체제 분석적 접근이 더 유용할 것이다.

위험의 원천은 기기/시스템의 설계적 요인에만 있는 것이 아니다. 운전자의 실수도 중요한 위험의 원천이며, 테러리스트의 의도적 공격도 위험의 원천이다.

이런 것들을 종합적으로 보아야 하기 때문에 위험 관리에서는 제도적 견제와 균형이 이루어질 수 있는 것이 더 중요하다.

이런 맥락에서 동일(또는 비슷한) 리스크 정보를 모든 위험 관리 관계자가 일제히 활용하는 것은 오히려 안전 관리의 오류를 발견하기 어렵게 만들 수 있다.



위험 관리는 관심의 관리(management of attention)이다. 수많은 기기와 계통의 연결성, 운전자와 기계의 interface, 그리고 제도적 역할 관계 속의 정치적 소용돌이 등이 모두 위험 관리에서 적절한 관심을 받아야 한다.

3. 리스크 정보 해석의 문제

원자력발전소는 인간이 만든 기계 중에서 가장 복잡한 메커니즘 중의 하나이다. 복잡성의 중심 개념은 다양한 부분(또는 부품)들간의 상호 의존성이다.

각 부품들의 사고 위험 확률을 결합하여 전체적 체계의 실패(예컨대 노심 손상) 확률을 계산하는 방법에서 복잡성과 상호 의존성을 어떻게 이해하느냐에 따라 리스크 정보의 해석은 전혀 다르게 나타날 수 있다.

PSA에서는 [노심 손상 확률=초기 사건 발생 빈도 × 계통 A 고장

확률 × 계통 B 고장 확률]의 공식에서 보듯이 각 계통들의 고장 확률이 독립적으로 결정된다고 가정하고 있다.

한마디로 계통 A와 계통 B가 각 독립적으로 고장이 날 것이며, 동시에 고장이 나면 노심 손상으로 이어질 것이라고 보고 있다.

이와 대조적으로 Perrow의 '정상 사고(Normal Accident)' 이론은 복잡한 기계는 상호 의존성이 높기 때문에, 부품 1과 부품 2가 서로 연계되어 있으며 앞의 고장이 뒤의 고장으로 전환된다고 보고 있다.

그렇게 계통간의 고장 확률이 결

합된다면 [노심 손상 확률=초기 사건 발생 빈도 × (계통 A 고장 확률 + 계통 B 고장 확률)]로 계산하여 복잡하면 복잡할수록 사고 확률도 커지고, 그것을 수정할 수 있는 가능성도 낮아진다고 주장하고 있다.

Perrow에 의하면 따라서 원자력 발전은 인류에게 재앙을 필연적으로 줄 것이고, 그것이 정상적인 예정 노선이기 때문에 모두 폐쇄해야 한다고 주장한다.

Perrow처럼 극단적인 주장은 아니더라도, 복잡성의 사고 확률을 해석하는 방법은 PSA와 전혀 다른 시각이 있을 수 있다.

아직도 인간들의 복잡성에 대한 이해는 아주 낮은 단계에 머물러 있기 때문에 어느 해석이 타당하다고 단언하기는 이른 실정이다. 그렇다면 위험 확률의 해석은 다시 철학적인 논쟁의 대상에서 벗어날 수 없을 것이다.

**리스크 정보에 의존한
위험 관리의 적절한 활용 방안**

리스크 정보에 의존한 위험 관리의 개념적 수준에서 보면 합리성을 증진하는 것으로 보인다. 그러나 그 합리성에는 정보의 생산에 불확실성이 없다는 가정이다.

위에서 살펴보았듯이 PSA에는 아직도 해결하지 못한 수많은 불확실성이 도사리고 있다. 그래서 이것

을 활용하고 있는 선진국에서도 전통적인 결정론적 접근법을 아직도 근간으로 하면서 확률론적인 접근법을 참조하는 수준을 벗어나지 않고 있다.

우리는 자칫 선진국에서 새로운 관리 기법이 개발되어 사용되고 있다는 사실만 가지고 그것에 대한 타당성을 맹신하려는 우를 범하기 쉽다.

그러나 새로운 가설이 언제나 더 개선된 가설이 아니다. 리스크 정보에 의존한 위험 관리는 아직도 그 효용성이 부분적으로 나타나기 시작하는 새로운 관리 기법이다.

따라서 안전 관리에서 활용할 수 있는 여러 가지 기법 중의 하나이지, 기존의 관리 방식을 송두리째 대체할 수 있는 것은 아니다.

오히려 안전 관리에서 리스크 정보의 이용은 진화적 합리성을 원용하는 것이 적절하다고 보여진다. 생물학에서 진화 이론은 돌연변이의 적응력에 의해 자연 선택이 이루어진다고 주장한다.

리스크 정보에 의존한 다양한 관리 방식을 여러 가지 분야에서 실험적으로 응용하여 보고, 좋은 결과를 얻은 부분에 대해서만 국가적 정책으로 채택할 필요가 있다.

안전 관리에서도 진화가 더 잘 일어날 수 있는 조건을 만들어 주는 것이 결과적으로 더 우수한 안전 관리로 이끌어줄 것이다.

다만 정보 인프라가 없이는 PSA를 얻을 수 없기 때문에 관련 데이터 베이스를 구축하는 일은 확실히 추진할 필요가 있다.

요즈음 시대적 특성을 지식 기반 사회라고 지칭하고 있다. 이런 표현이 아니더라도, 인간의 지식 활용을 더 강화하는 조치는 언제나 인류에게 더 큰 편익을 생성하게 하였다.

그것이 언제 어떤 형태의 정보로 가공될는지 모르지만, 훌륭한 데이터 베이스는 리스크 정보를 생산할 수 있는 전제이기 때문에 필수적이다.

민주주의 사회에서는 아무리 좋은 제도나 방식이라 할지라도 국민의 이해와 수용이 없으면 추진할 수 없다.

더구나 PSA에 불확실성이 크게 남아 있기 때문에 리스크 정보에 의존한 안전 관리가 안전성 저하 또는 규제 완화로 비쳐질 가능성이 적지 않다.

그렇기 때문에 새로운 제도의 도입에는 투명성과 객관성을 높이고 일반 국민들이 이해할 수 있는 방식으로 전개되어야 한다.

특히 원자력 산업에서 국민 수용성은 중요하게 다루어야 할 가치이기 때문에, 새로운 관리 기법의 채용도 국민 수용성을 증진할 수 있는 것이거나, 아니면 그것을 증진할 수 있는 방향으로 추진되어야 할 이유가 분명하다. ☞