

原子力關係 報告規定과 原電 事故·故障의 分類 및 發表



배 태 민
과학기술처 원자력실 사무관

원자력발전소에서 만약 고장이 나 사고가 전혀 없다면 그 안전성은 100% 보장된다고 말할 수 있다. 그러나 이것은 이론적으로도 현실적으로도 불가능하다. 다만 원자력발전소 내에서의 각종 크고 작은 고장을 줄이고 이에 따라 사고의 확률을 계속 낮추어 나간다면 충분히 만족할 만한 수준의 안전성에 도달할 수는 있을 것이다.

서 론

여기서 고장의 발생을 줄이는 방법은 크게 2가지로 나누어 볼 수 있다. 첫째가 일어날 가능성이 있는 모든 경우를 고려하여 어떠한

경우에도 작동에 실패가 없도록 완벽하게 시스템을 설계하고 기기를 제작하는 것이며, 둘째는 한 번 발생한 고장을 교훈으로 하여 유사사건의 재발이 없도록 시설이나 운전 방법 등을 개선시키는 것이다.

첫째의 방법은 현재 원자력발전소의 설계, 제작, 건설과정에서 주로 사용되어 안전성 확보에 중요한 역할을 하고 있으나 모든 가능한 경우를 예상하여 대비한다는 것은 비경제적일 뿐 아니라 실제로도 불가능하며, 특히 운전중인 발전소의 경우는 적용에 어려움이 있다.

그러나 두번째 방법은 가동중에 있는 발전소의 안전성과 가동률을 가시적으로 증진시키면서 첫째 방

법에 비해 사업자의 투자비용에 대한 부담도 크지 않다.

이러한 이유로 인하여 세계각국은 원자력발전소에서 발생하는 각종 고장이나 사고의 내용을 중요한 운전경험정보로 간주하여 이를 피드백시키기 위한 분석평가에 큰 관심을 가지고 있다. 특히 국제원자력기구(IAEA)에서 개발된 일련의 방법론 및 활동(OSIP, INES, IRS, ASSET)들은 데이터베이스 시스템의 운영 및 사고, 고장의 발생원인을 분석하는 체계적인 방법을 제시하고 있다.

운전경험의 원활하고 효율적인 피드백의 실질적인 수행자는 원자력발전소 운영자가 되어야 하지만 국민에 대하여 원자력의 안전을 책임지고 있는 규제기관에서도 각종 사고, 고장의 정보를 입수하여 현장조사를 포함한 체계적인 분석평가를 할 필요가 있다. 또한 신속한 정보입수는 장기적인 원자력안전성 제고와 더불어 사고시 규제기관의 대응능력을 향상시키고 국민들에게 사고내용을 조기에 알림으로써 피해를 최소화할 수 있는 효과를 가져온다.

그러나 우리나라의 보고제도는 원자력 관계법령에 포괄적으로 규정되고는 있지만 상세보고대상 및 방법에 관한 규정이 없기 때문에 운영기술지침서의 LER 만으로는 시행에 어려움이 많았다. 이에 따라서 과학기술처는 한국원자력안전기술원의 연구결과(KINS/AR037, KINS/AR084)를 바탕으로 원자력 관계시설의 사고, 고장에 대한 보고기준을 정하고 분석평가업무에

활용하기 위한 운영체제를 확립하기 위하여 92년 12월1일 「원자력관계 보고규정(과학기술처 고시 92-18호)」을 고시하였다. 아울러 뒤에서 별도로 자세히 설명되겠지만 원자력발전소에서 발생한 각종 사건을 안전성에 대한 중요도에 따라 등급을 분류하여 일반국민에게 쉽게 알리기 위한 「원전 사고, 고장등급 분류에 관한 지침」도 확정하였다. 동 보고제도와 등급분류 및 발표는 관련규정에 대한 교육 및 내부절차 수립 등을 위한 사업자의 준비기간을 거쳐 93년 3월부터 시행하게 된다.

원자력관계 보고규정

본 고시의 시행에 앞서 원자력산업에 참여하고 있는 여러분들의 이해를 돕기 위해 기본개념과 대략적인 내용을 소개하고자 한다. 이 규정은 원전의 설계자를 제외한 거의 대부분의 원자력에 관련된 사업자에게 적용된다고 말할 수 있다. 한국전력공사, 한국원자력연구소 등의 원자로 설치, 운영자와 한국핵연료주식회사 등의 원자연료주기사업자, 한국중공업주식회사 등의 생산업자 그리고 방사성동위원소 사용자 및 폐기업자 등(이하 「원자력관계사업자」라 한다)이 그 적용대상이다. 보고대상 사건별로 적용대상 사업자와 보고방법은 다음과 같다(실제 고시를 요약하였으므로 업무에 바로 적용될 수 없으며 참고용으로만 사용하기 바란다).

1. 방사선비상보고

- (1) 적용대상
원자로 설치 및 운영자
- (2) 보고사건
방사선비상계획에 의한 비상을 발령한 때
- (3) 보고방법
 - ① 초기보고
상황발생 30분 이내에 구두보고(과기처 주재관이 있는 경우 주재관에 보고)한 후 다음 근무일 이내에 과기처에 서면보고
 - ② 후속보고
비상상황의 종료후 30일 이내에 보고

2. 원자로 및 관계시설의 사고, 고장 또는 재해발생시

- (1) 적용대상
원자로 설치 및 운영자
- (2) 보고사건
 - ① 운영기술지침서에 따라 요구되는 발전소 정지 시작
 - ② 공공의 안전을 위하여 취해진 운영기술지침서를 벗어난 비상조치 사항
 - ③ 원자로의 안전상태나 주요 안전방벽 기능의 심각한 저하
 - ④ 원자로의 안전에 위협을 준 자연현상이나 외부적 영향
 - ⑤ 소외대응능력 또는 통신능력의 상실
 - ⑥ 안전운전에 방해가 되는 화재, 방사성물질 등의 누출
 - ⑦ 원자로의 정지중에 발견된 안전기능의 저하상태
 - ⑧ 공학적 안전설비계통이 수동 또는 자동으로 작동
 - ⑨ 원자로정지, 잔열제거, 방사성물질 방출제한, 사고영향 완화

등을 방해하는 사건

- ⑩ 제한구역 외부로 최대허용농도 이상의 기체 또는 액체 방사성물질의 방출
 - ① 사용후연료 저장용기의 결함
 - (3) 보고방법
사건발생 1시간 이내에 구두보고(과기처 주재관이 있는 경우 주재관에 보고하고, 그 외는 한국원자력안전기술원장에 보고)한 후 다음 근무일 이내에 과기처에 서면보고

3. 방사선장해의 발생시

- (1) 적용대상
전 원자력관계사업자
- (2) 보고사건
 - ① 개인허용피폭선량을 초과한 방사선피폭의 발생
 - ② 최대허용농도의 500배를 초과하는 농도의 방사성물질의 방출
 - ③ 방사성물질에 오염된 사람의 소외 의리기관 호송
 - ④ 기타 언론보도 또는 정부에 통보예정인 피폭사건 또는 방사성물질의 방출
- (3) 보고방법
2.의 보고방법과 동일

4. 방사성물질의 도난 등 발생시

- (1) 적용대상
전 원자력관계사업자
- (2) 보고사건
방사성물질 등의 도난 및 분실, 운반 및 포장중 누설, 화재 및 기타 사고 발생시
- (3) 보고방법
2.의 보고방법과 동일

5. 사건보고서의 제출

- (1) 적용대상
전 원자력관계사업자
- (2) 보고사건

2. 내지 4.의 사건과 거의 동일
(일부 항목은 추가 또는 삭제)

- (3) 보고방법

사건의 주요 진행과정, 원인, 결과 및 재발방지조치 등을 기술하여 사건발생 30일 이내에 과거처에 제출

사고, 고장정보의 활용

보고규정에 의하여 수집된 사고, 고장정보는 규제기관의 정보관리체제를 통하여 활용하게 된다. 사고, 고장정보의 관리체제란 국가간 협력에 의한 외국 정보와 사업자로부터 보고된 국내 정보의 활용을 극대화하기 위한 다음과 같은 조직과 인력체계를 확립하고 분석방법을 개발하는 것이라고 할 수 있다.

- 1. 사고, 고장정보 담당자 지정
- 2. 사고, 고장정보의 저장 및 검색
- 3. 사고, 고장내용의 분석 및 평가
- 4. 시정조치 및 운전경험의 반영
- 5. 사고, 고장정보의 국제교류

1. 사고, 고장정보 담당자 지정

기관간 사고, 고장정보를 행정적으로 원활하게 처리하기 위하여는 창구역할을 수행하는 전담부서 및 담당자가 지정되어야 한다. 참고로 과학기술처는 원자력검사과, 한국 원자력안전기술원은 원전운전분석실이 담당부서로 정하여져 있으며 각 사업자도 이와같은 담당자 지정

이 업무의 효율적인 추진에 유리할 것으로 판단된다.

2. 사고, 고장정보의 저장 및 검색

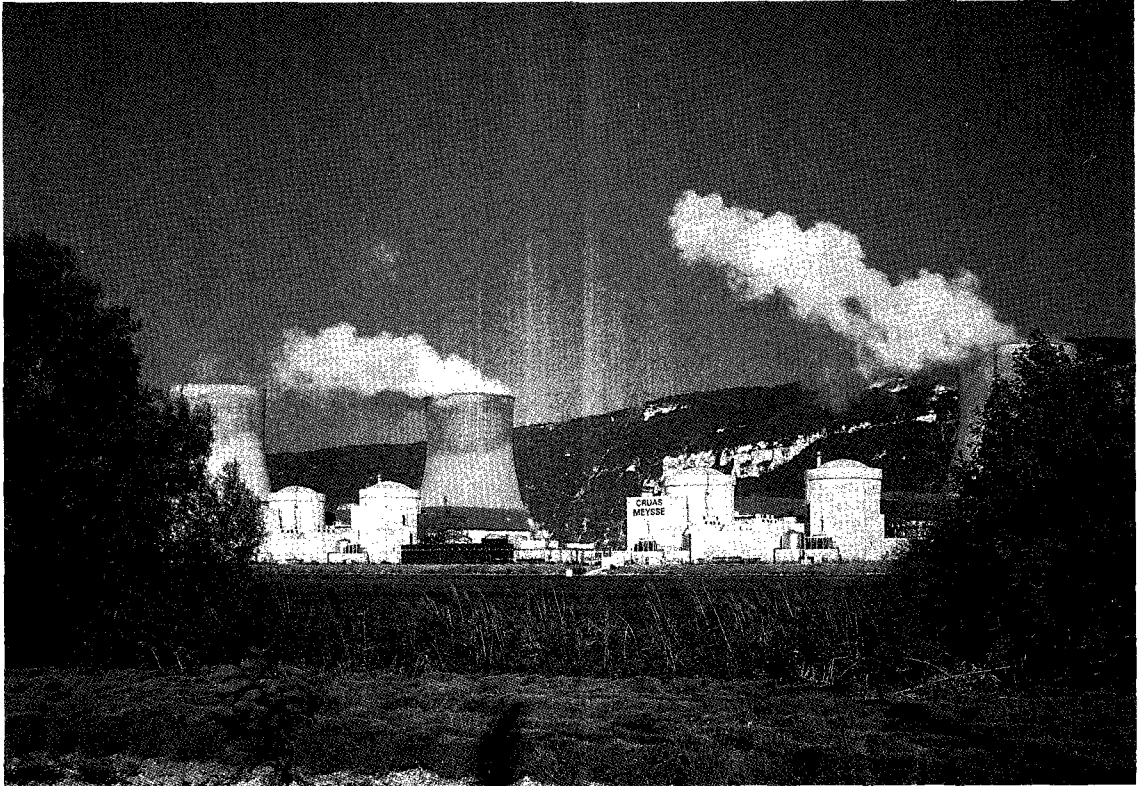
국내외로부터 수집되는 방대한 양의 자료를 문서로 보관할 경우 상당한 공간과 훼손방지를 위한 시설이 요구되며 정보의 검색도 용이하지 않다. 따라서 체계적인 정보의 저장과 검색을 위해 데이터베이스의 구축이 절대적으로 요구되며 이를 위해 지속적인 연구, 검토가 수행될 것이다.

3. 사고, 고장내용의 분석 및 평가

사고, 고장을 발생케 한 원인을 분석하기 위하여는 사건의 진행과정에 대한 상세한 분석을 통하여 사고, 고장을 직접적으로 일으키거나 차후 단계로 진행하게 하는 직접 원인을 기기결함, 종사자결함, 절차결함으로 구분하여 도출한다. 그리고 이 직접원인으로부터 <표 1>과 같이 신뢰도, 주위여건 및 작업조건 등의 관점에서 분석하여 제도상의 문제점을 포함한 근본원인을 규명하게 된다.

<표 1> 원인분석체계

직접적인 원 인	분석대상	잠재적 문제점	비 고
기기결함	기기의 신뢰도 불충분	운전성, 성능유지, 성능한계	보수유지 및 QA, Surveillance Program 관점에서 잠재적인 문제점 도출
	외적요인에 의한 영향	보조 및 지원계통의 조건, 물리적인 환경, 운전지원 상태	
기기 성능 불충분	시운전, 보수유지시험, 제작, 저장, 설치, 사양 및 설계		
종사자결함	신체적, 정신적 불안정	조심성 결여, 신체적 및 정신적 부적절, 자신의 능력 자각 결여	
	외적요인에 의한 영향	지시전달사항의 결여, 물리적인 환경 미흡, 안전문화 태도 결여	
	자격유지 불충분	경험부족, 해당작업에 대한 훈련 불충분, 교육적인 배경 부족	
절차서결함	관리 부적절	적합성, 개정관 활용, 적용 범위 한계	
	작업조건의 반영 불충분	적용모드, 형식 및 체계, 환경	
	내용 및 확인 불충분	작업적합성, 내용의 적합성, 참고문서와의 일치성	



4. 시정조치 및 운전경험의 반영
 사고, 고장에 대한 원인분석 결과 도출된 잠재적인 문제점을 토대로 시정조치방안을 다음과 같이 기기의 품질개선, 종사자 업무능력 개선, 절차서 개선, 관리적 측면 개선 등의 분야에 대해 강구하여 사업자에 조치한다.

- (1) 기기의 품질개선
 - ① 설계, 제작, 설치분야
 - ② 기기성능시험분야
 - ③ 주기기시험분야
- (2) 종사자의 업무능력 개선
 - ① 작업투입기준분야
 - ② 훈련, 재훈련, 면허분야
 - ③ 업무능력평가시험분야
- (3) 절차서의 적합성 개선

- ① 내용 및 형식분야
- ② 유효성 확인(Validation)분야
- ③ 주기적인 검토확인분야
- (4) 관리적 측면 개선
 - ① 품질보증프로그램분야
 - ② 보수유지프로그램분야
 - ③ 서베일런스프로그램분야

5. 사고, 고장정보의 국제교류
 수집되고 분석된 국내 정보는 IAEA-IRS를 통하여 외국의 규제기관에 제공되고, 외국의 사고, 고장정보도 국내 정보와 같이 분석 평가되어 필요시 국내 유관기관과 사업자에 조치, 통보된다.

원전 사고, 고장등급 분류에

관한 지침

1. 개 요

원자력의 안전성을 이야기할 때 통상적으로 2가지 방법이 사용된다. 원자력발전의 초기에는 공학적으로 예상되는 최악의 조건을 가상하여 가장 보수적으로 결과를 평가하여 어떠한 경우에도 충분한 신뢰도를 가지고 원자력이 안전함을 입증하여 왔다. 그러나 TMI 사고 이후 이러한 결정론적 방법은 복잡한 원전사고를 예측하는데 한계가 있음이 지적되어 확률론적인 안전성의 개념을 도입하고 원전의 안전성을 $10^{-5}/Rx \cdot Yr$ 등으로 표현하여 왔다. 이러한 원자력의 안전성

대한 설명은 기술적, 공학적으로는 타당성이 있지만 일반인들이 이해하기에는 너무 어렵고 특히 빈번하고 있는 원자로의 불시정지 등 각종 고장에 대한 막연한 불안감을 해소시키기에는 설득력이 부족하였다.

세계각국은 원자력발전소에서 발생하는 각종 사건을 일반인에게 쉽게 설명하기 위한 방법을 모색해 왔으며 리히터(Richter) 지진계와 유사한 안전등급개념을 도입하게 되었다. 리히터 지진계란 지진 강도를 기술적으로 어려운 가속도 개념으로 설명하지 않고, 예를 들어 0.00086G 이하의 사람이 느낄 수 없는 지진은 2등급, 0.082~0.20G의 벽에 균열이 생길 정도의 지진은 6등급 등으로 나타내어 일반인들도 큰 거부감을 느끼지 않고 지진의 강도에 대해 이해할 수 있게 했다. 즉 5~6등급을 기준으로 그 미만은 약한 지진, 이상은 강한 지진이라는 것을 누구나 인식하게 했다.

이들 국가들 중 프랑스는 가장 먼저 1988년 4월 Event Scale을 수립하였으며, 일본은 1989년 7월 프랑스의 Scale을 토대로 사고, 고장등급척도를 수립하였고, IAEA는 이들을 토대로 1990년 2월 국제간의 공통적인 척도를 목표로 INES(International Nuclear Event Scale)를 수립하여 약 2년의 시험운용을 한 바 있다. 이 시험운용에 우리나라도 참여하여 몇 차례의 기술위원회 참석 및 국내 제도화를 추진하여 왔다. 그리고 급변 보고 규정의 고시와 병행하여 사고, 고

장등급 분류의 국내 지침화 및 운영관리제도를 확정하였다. 이에 따라 93년 3월부터는 원자력발전소에서 발생한 각종 사건은 안전성에 대한 등급을 분류하여 그 결과를 일반국민에게 공개하게 된다.

2. 원전 사고, 고장등급분류 세부 지침

현재 IAEA는 INES를 전 원자력시설에 적용하도록 권고하고 있으나 우리나라는 당분간 원자력발전소만 적용키로 하였다. 그 운영 결과에 따라 향후 연구용 원자로와 원자연료주기시설 등에도 확대할 예정이다.

원자력발전소에서 발생하는 각종 사건(구체적으로는 원자력관계보고 규정에서 정한 원자로 및 관계시설의 사고, 고장 또는 재해발생시, 방사선장해의 발생시, 방사성물질의 도난 등 발생에 해당됨)은 사업자가 자체적으로 0등급부터 7등급까지 8단계로 등급을 분류하여 과학기술처에 보고하여야 한다. 특히 그 사건이 1등급 이상이거나 원자로의 불시정지 등 국민 관심사항에 대해서는 다음 근무일 이내에 사업자가 대중매체를 통하여 사고, 고장의 내용 및 등급을 발표하여야 한다.

사고, 고장에 대한 등급분류는 원자력 또는 방사선안전 측면에서의 영향을 기초로 하여 다음과 같은 기준에 따라 평가한다(세부내용 생략).

(1) 소외에 미친 영향

핵분열생성물이 발전소 외부로 누출된 양과 공중의 피폭 정도에

따라 3~7등급

(2) 소내에 미친 영향

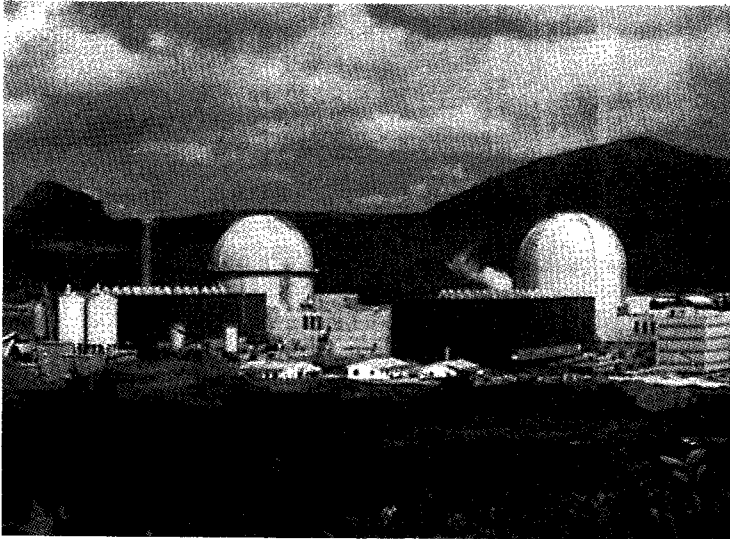
노심의 손상 등으로 인하여 방사성물질의 발전소 내부로의 누출 또는 종사자 피폭량에 따라 2~5등급

(3) 심층방어기능에 미친 영향

소내외로 방사성물질의 방출을 방지하기 위한 안전계통의 고장 정도에 따라 0~3등급

위의 3가지 기준에 따라 등급이 분류된 후 최종 등급은 이 중 가장 높은 등급을 택하게 된다. 그리고 공통원인고장 또는 안전문화 결여 등의 추가요인이 있을 경우 1등급 상향으로, 안전운전의 재개를 위한 시정조치가 신속하였을 경우 1등급 하향으로 조정할 수 있다.

이렇게 결정된 각 등급의 성격 및 예시는 <표 2>와 같이 크게 사고, 고장, 경미한 고장으로 분류할 수 있다. 여기서 사고는 공중의 안전에 영향을 미친 사건으로서 발전소 외부로 방사성물질이 방출된 경우이며, 고장은 문제점이 발전소 내부에 국한되어 발전설비 또는 안전기기의 기능상실이나 비정상적인 운전상태를 유발한 경우이다. 따라서 원자력에 대한 전문지식이 없는 일반인들은 발전소에서 발생한 사건이 사고에 해당될 경우 방사선에 의한 피해 우려가 있으나 고장에 해당될 경우는 발전소 외부로는 아무 영향이 없고 인근주민들이 안심하여도 좋은 상태임을 쉽게 알 수 있다. 물론 0등급의 경미한 고장인 경우는 발전소의 안전성에 아무 영향이 없는 정상운전의 일부이므로 발전소 외부는 물론 내부에도 아무 문제가 없는 상태이다.



3. 운영관리제도

사업자에 의해 분류된 등급은 앞에서 기술한 바와 같이 대국민 발표를 하고, 과학기술처에 보고된 후 분기별로 한국원자력안전기술원에서 구성, 운영하는 원전 사고, 고장등급평가위원회에서 검토하게 된다. 그리고 그 결과는 과학기술처 장관을 통해 종합 발표케 된다. 또한 2등급 이상이거나 국제적 중요성이 인정되는 사고, 고장의 경우에는 INES를 통하여 국제원자력 기구에 제공될 예정이다.

결 론

원자력시설의 사고, 고장의 보고 및 분석평가는 근본원인을 알아내고 그에 적합한 시정조치를 취하여 원자력의 안전성 및 신뢰성을 향상시키기 위한 것이다. 또한 원전 사고, 고장의 등급분류 및 그 결과의 발표는 난해한 원자력의 안전성을 일반국민에게 쉽게 설명하고 관련 전문가간의 공동 이해 및 국가간의 정보교환의 효율성을 증진하기 위한 제도이다.

따라서 동 제도가 정착될 시 운전중인 원전의 안전성 증진 뿐만 아니라 PA 측면에서도 바람직한 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 이를 위해서 한국전력공사를 비롯한 여러 사업자의 적극적인 참여와 관련기관 및 전문가 여러분들의 이해와 관심이 절실히 필요하며 아울러 규제기관에서도 데이터베이스의 구축 및 제도의 지속적 보완, 발전을 계속해 나갈 예정이다. ▣

〈표 2〉 원전 사고, 고장등급 분류체계

분 류	등 급	성 격	대표적인 사고
사 고	7	한 국가 이외의 광범위한 지역으로 방사능피해를 주는 대량의 방사성물질 방출사고	옛 소련의 체르노빌 원전 사고(86)
	6	방사선비상계획의 전면적인 시행이 요구되는 정도의 방사능피해를 주는 대량의 방사성물질 방출사고	
	5	방사선비상계획의 부분적인 시행이 요구되는 정도의 방사선피해를 주는 제한된 양의 방사성물질 방출사고	영국의 윈드스케일원전 사고(57), 미국의 드리마일아일랜드원전 사고(79)
	4	연간 허용제한치 정도로 일반인이 피폭받을 수 있는 비교적 소량의 방사성물질 방출사고로서 음식물의 섭취제한이 요구되는 사고	프랑스의 세인트라우렌트원전 사고(80)
고 장	3	사고를 일으키거나 확대시킬 가능성이 있는 안전계통의 심각한 기능상실	스페인의 반델로스원전 화재(89)
	2	사고를 일으키거나 확대시킬 가능성이 없지만 안전계통의 재평가가 요구되는 고장	
	1	기기고장, 종사자의 실수, 절차의 결함으로 인하여 운전요건을 벗어난 비정상상태	
경미한 고 장	0	정상운전의 일부로 간주되는 안전성에 영향없는 고장	