

# 우리나라의 비파괴 검사 기술 현황



박 대 영  
한국원자력연구소  
비파괴시험사업부장

비파괴 검사란 재료, 부품, 구조물 또는 용접부등 전산업 분야에 걸쳐 검사 대상물에 손상을 주거나 파괴하지 않고 그 재료의 건전성 여부나 물리적 성질을 추정하는 검사기술을 말한다. 이러한 비파괴 검사 기술은 선진 외국에서는 1920년대부터 시작하였으며 세계 제2차 대전을 전후하여 시험, 검사기술에 있어서 큰 발전을 이룩하여 1980년대에 들어와서 성숙기에 접어들었다고 할 수 있다. 우리나라에서는 1960년대초 한국 원자력 연구소에서 수행했던 6세기 신라 왕조시대 청동불상에 대한 결함 탐상에 착수한것이 기록된 보고상의 시초였으며 본격적인 산업에의 적용은 1970년대 후반기에 조선공업, 방위산업, 원자력 발전소 건설등으로 인한 비파괴검사에 대한 수요 증가와 원전 가동 안전성 확보등의 중요성등을 인식하기 시작하면서부터 이 분야에 대한 연구 및 기술개발이 추진되었다.

특히 원자력 발전소 설계, 건설의 국산화를 이루고자하는 우리나라로써는 가동 안전성확보의 핵심이랄수 있는 비파괴 검사 기술의 확립이 절실히 요구된다.

본 稿에서는 이러한 비파괴 검사 기술의 발전을 위해 현재 우리나라의 검사 기술현황과 장비 및 연구개발에 대하여 간략하게 소

개하기로 한다.

## 1. 방사선 투과 검사(RADIOGRAPHIC TESTING : RT)

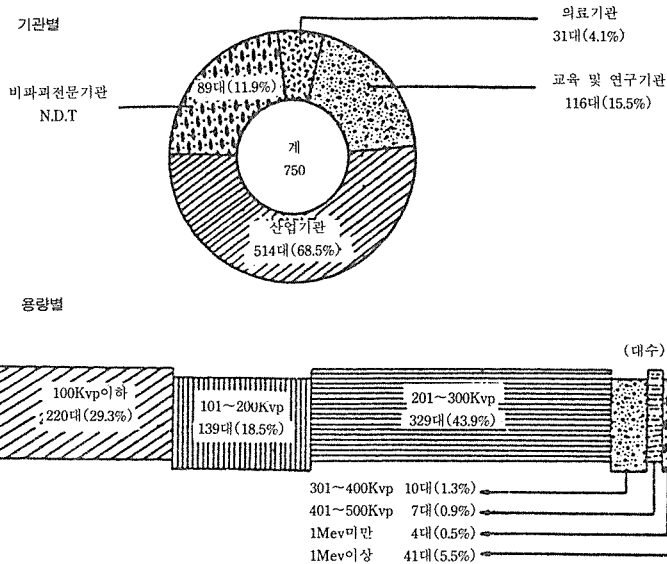
국내에서 적용중인 비파괴 검사 방법중 방사선 투과검사 분야가 전체의 80%이상을 점유하고 있으며<sup>1)</sup>(표1 참조) 이중 약 85%이상이 Ir-192 감마선을 이용하고 있다. 적용분야는 중화학 공업, 원자력등 에너지분야가 전체의 80%이상을 차지하고 있으며 검사 대상물은 용접부가 대부분이다.

방사선 동위원소와 방사선 발생장치의 국내 이용기관을 살펴보면 그림 1, 2와 같으며 비파괴 검사가 차지하는 비율은 전체의 약

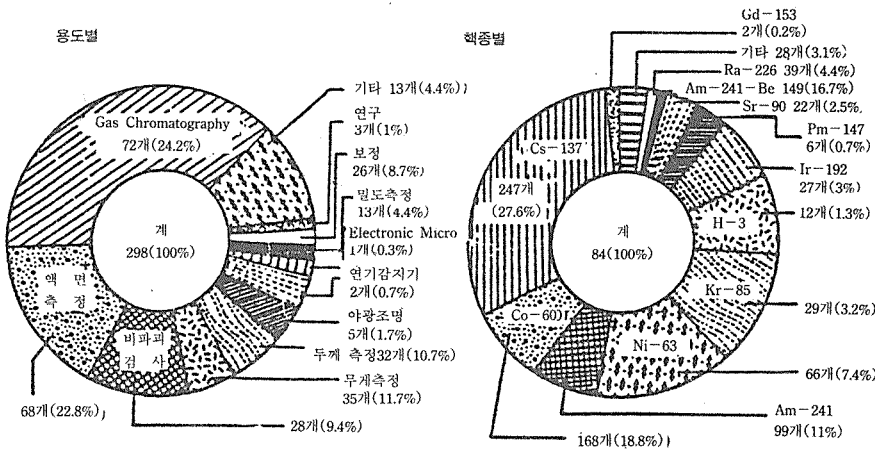
표1 비파괴 검사 방법별 점유율

검 사 방 법	점유율(%)
방 사 선 투 과 검 사 법	83
초 음 파 탐 상 검 사 법	7
자 분 탐 상 검 사 법	5
침 투 탐 상 검 사 법	4
기 타	1

주 : 1980년 일본 용접협회의 설문조사에 의한 검사 방법순위는 1) 초음파 검사 2) 방사선투과검사 3) 침투탐상 4) 자분검사의 순이다.



〈그림 1〉 방사선발생장이용기관



〈그림 2〉 방사성동위원소 이용기관(산업기관)

되고 있는 방사선 동위원소중 비파괴 검사에 가장 많이 이용되고 있는 Co-60와 Ir-192의 연도별 사용량과 특성은 표 2, 3<sup>4)</sup>과 같으며, 방사선동위원소 사용량은 2000년까지 원자력 발전소의 건설, 석유 화학 플랜트 및 항공산업의 성장과 함께 급증할 것으로 사료된다. 이와 더불어 방사선 투과 검사 종사자는

대략 1,500여명 정도이며 이들 방사선 투과 검사자들의 안전관리는 최근 발간된 관련 간행물에서 그간 불확실하였던 생물학적 자료등을 근거로 방사선 영향에 대한 위험도 재평가 결과로 연간 제한 선량을 방사선 작업 종사자의 경우, 연간 50mSv에서 5년간 100mSv(평균 20mSv)으로, 일반인은 연간 5mSv에서 1mSv로 하향 조정할 것을 권고하

□

표2 Co-60와 Ir-192의 연도별 사용량(단위 : Ci)

선원명	1988	1989	1990
Ir-192	19,030	19,411	25,183
Co-60	19,027	218,514	8,026

표3 방사선투과검사용 방사성동위원소의 특성

명칭	반감기	적용두께	에너지(MeV)
Ir-192	약75일	0.5인치-3인치	0.31, 0.47, 0.60
Co-60	5.3년	1.5인치-9인치	0.33, 1.17

였고<sup>5)</sup> 관련 방사선방어 개념을 재정립하였다. 비파괴 검사 전문 용역업체의 방사선 안전관리와 관련된 장비 현황을 보면 대략, Survey meter 400대, Aram Monitor 1,110대, Dosimeter 1,200대이며 film badge와 Aram Monitor를 작업자의 필수 지급 품목으로 선정함으로써 현장 안전관리가 개선되었다. 그러나 현재 방사선 관련 방어 장비는 거의 100% 외국산 장비로 충당되고 있는데, 이는 관련 기술의 낙후뿐만 아니라 국내 시장의 소규모성과 개발의지의 결여 때문이라 할수 있다. 지금이라도 관련 장비를 개발, 국산화하여 외화 절감은 물론 필요시 적기 적소에 장비를 공급하여 안전관리 업무가 원만히 수행될 수 있도록 힘써야 할것이다.

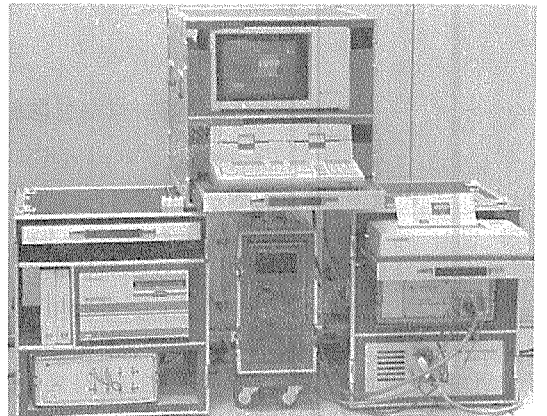
## 2. 초음파 탐상 검사(ULTRASONIC TESTING : UT)

비파괴 검사 방법중 선진 외국에서 가장 활발히 연구 개발되고 있는 초음파 탐상 기술은 검사 수행시 인체에 해를 전혀 미치지 않는 신기술로써 국내 연구소와 대학 및 기업체에서 많은 연구를 수행중이고, 국내 산업분야에서의 초음파 검사는 1979년 한국원자력연구소가 미국 Southwest Research Institute(SwRI)와 공동으로 고리 원자력발전소 1호기 1차 가동중검사의 수행을 시발로 본격화되기 시작하여 1985년 이후는 순수 국내 기술진에 의해 전 원자력 발전소에 대한 초음파 검사가 수행되고 있으며 원전 이외의 산

업 분야에서는 기계연구소((KIMM), 표준과학연구원(KRISS) 및 한국과학기술원(KAIST) 등에 의하여 연구를 곁해 수행되고 있으나 아직까지 산업 전반적인 분야에서는 그 적용범위가 미미한 실정이다. 초음파 검사의 대상물은 용접부가 거의 대부분이나 중공업 분야에서는 모재의 판상 결함 검출 또는 재료의 열처리 상태등을 검사하는 데도 이용하고 있다. 최근 외국에서 검사 기술개발의 초점은 검사 보정에서부터 데이터 결과의 분석에 이르기까지 모든 과정을 전산화하는 것과 검사 장치의 조정을 T.V의 CRT나 COMPU-



〈그림 3〉 ISI-2 Inservice Inspection System



〈그림 4〉 Ultrasonic Imaging System

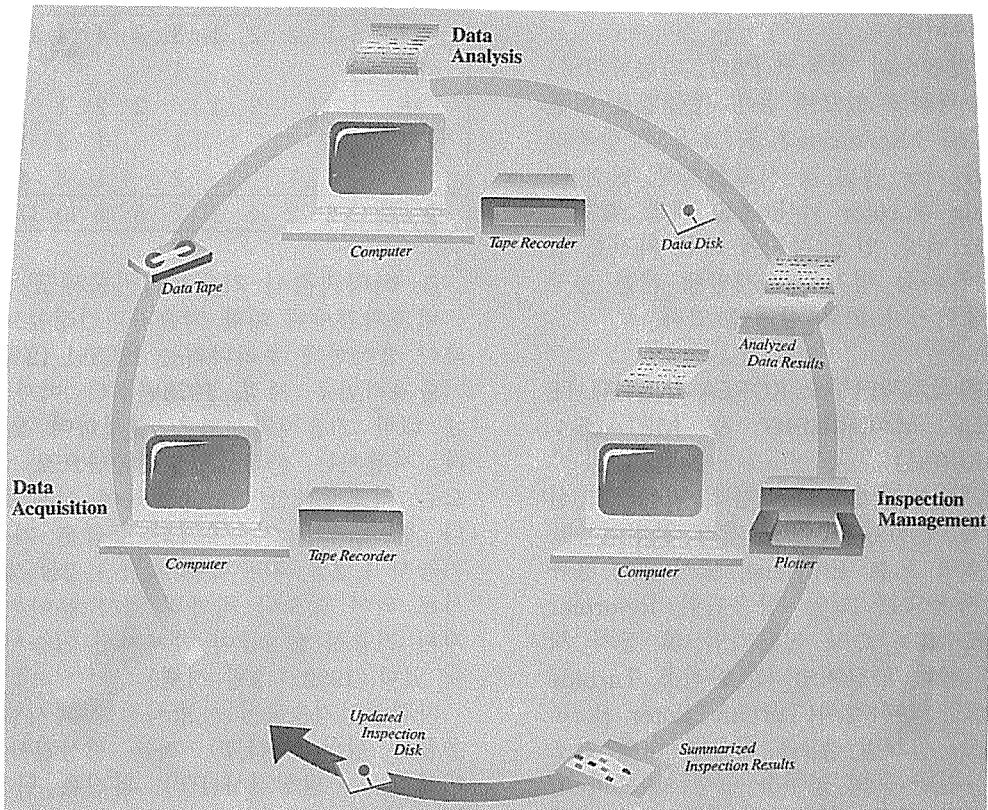
TER DISPLAY를 보면서 원격 조정하는 등 자동화되어 가고 있으며 예로써는 한국원자력연구소가 보유하고 있는 SwRI 제품 ISI-2 Inservice Inspection System(그림 3) 1 set와 AMDATA사의 I-300 System(그림 4) 등을 들수있고 국내에서는 한국원자력연구소와 대우중공업 중앙연구소에서 컴퓨터 제어식 5축 자동 초음파 장비를 개발한 것으로 알려져 있다.<sup>6, 7)</sup>

### 3. 와전류 탐상 검사(EDDY CURRENT TESTING : ECT)

배관 및 평면의 결함 탐상, 박막 두께측정 및 재료의 물성 측정등에 이용되고 있는 와전류 탐상검사(ECT)는 현재 원자력발전소 증기 발생기전열관, 원자로의 중성자속 검출설비, Turbine Blade, Chiller Condenser, 항

공기, 동 pipe 및 방위 산업 부품에 대하여 적용되고 있다. 이중 원자력 발전소에 대한 와전류 탐상 검사 장비로는 1984년까지는 단일 주파수를 사용하는 EM-3300을 사용하여 왔으나, 1985년 이후부터는 다중 주파수 와전류 검사 장비인 미국 Zetec사의 MIZ-18 Digital Data Acquisition System과 DDA-4 Digital Data Analysis System에 의해 수행되고 있다(그림 5 참조).

컴퓨터 제어에 의한 원자력 발전소 증기 발생기 전열관에 대한 와전류 신호는 최근에 Unix 운영체계를 기초로한 work station급의 컴퓨터에서 신호 수집 및 평가를 수행하는 시스템이 개발되어 현장에서 사용될 예정인데 신호 기록 매체로는 600MByte급의 광자기 디스크(Optical Disk)를 사용하여 대용량의 데이터를 고속처리하는 장점이 있다. 한



〈그림 5〉 와전류 검사 Data 수집 및 평가 흐름도

편 증기 발생기 와전류 탐상의 신뢰도를 높이고 검사 이력 자료의 효율적 관리 및 이용을 위하여 인공 지능 기술의 하나인 전문가 시스템을 와전류 탐상법에 적용하여 와전류 신호의 평가 자동화 연구가 수행되고 있다.

#### 4. 연구개발(Research & Development : R&D)

비파괴 검사 기술에 대한 연구개발은 주로 정부 출연 기관인 한국원자력연구소(KAERI), 한국 기계연구소(KIMM), 한국표준과학연구원(KRISS)에서 비파괴 시험, 검사 및 평가와 관련된 연구 개발을 수행하고 있다. 상기 연구소에서 기 수행하였거나 수행중인 연구 내용은 다음과 같다.

##### 4. 1 한국원자력연구소(KOREA ATOMIC ENERGY RESEARCH INSTITUTE : KAERI)

원자력발전소의 가동전(PSI), 가동중(ISI) 검사를 수행하고 있으며 음향 방출법을 이용한 On-Line Monitoring 기술, 초음파 탐촉자 성능 평가 기술 개발 및 시제품제작, 원전 터어빈 blade 및 rotor 검사 기술 개발, 결함의 평가 기술 개발, 인공 지능에 의한 와전류 탐상 신호의 자동 평가 기술개발에 관한 연구를 수행중이거나 완료 상태에 있다.

##### 4. 2 한국기계연구소(KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & METALS : KIMM)

석유화학, 발전설비, 도료등의 비원자력 설비의 산업 안전과 관련된 기기 감리업무를 하고 있으며 도료, Ethylene, 도시 gas, 정유공장에 사용되는 고압 반응기인 Reformer Tube(HK-40), 손상 진단기법 및 장치 개발, 발전 설비 진단기법 및 발전용 Turbine Rotor 중심공 검사장치(Turbine Rotor Bore-sonic System) 개발, AE를 이용한 대형 건조물의 손상진단 등의 연구를 수행하였으며 현재 섬유강화 복합 재료(CFRP)에 대한 비파괴 검사기법에 관한 연구를 수행중에 있다.

##### 4. 3 한국표준연구소(KOREA RESEARCH INSTITUTE OF STANDARD AND SCIENCE : KRIS)

비파괴 검사 기법 및 시험장치의 표준화, 자동화에 관련된 연구로써 와전류 탐상 시험용 probe 개발, 초음파 탐촉자(transducer) 및 EMAT 장치 개발등의 연구과제를 수행중에 있는 것으로 알려져 있다.

그밖에 한국과학기술원, 한양대학교, 국민대 등의 대학원에서 Ultrasonic, Acoustic Emission 등의 일부 분야에서 연구를 수행하고 있다. 1980년도 한국 비파괴 학회(KOREA SOCIETY FOR NONDESTRUCTIVE TESTING : KSNT) 창립이래 학회지에 발표된 논문수는 표 4와 같다.

표4 한국비파괴학회지에 발표된 연구논문

분야	년도	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
UT		1	2	2	1	3	3	4	4	12	10	4
RT						1						
AE				2	1		2	2	1		2	2
ECT						1		1	2	1	1	4
기타		1	1			2		1	3	4	4	1
총 계		2	3	4	2	7	5	8	10	17	17	11

##### 5. 비파괴검사 기술자격인증제도

비파괴검사에 대한 기술자격인증제도는 각국이 상이한데 우리나라는 1973년 12월 국가 기술자격법을 제정, 1978년부터 비파괴검사에 대한 기술자격시험을 실시하여 오고 있다. 시행처는 한국직업훈련공단으로 국내의 모든 기술자격시험을 총괄하여 실시하고 있다. 현재 제반 기술자격의 등급은 기능계에 기능사 1, 2급, 기술계에 기사 1, 2급 및 기술사로 되어 있으나 비파괴 검사 분야는 기능계의 기능사 1, 2급이 합쳐져서 기능사로 되어 있다.(1992년 3월 시행).

자격인정기술분야는 방사선 투과시험(RT), 초음파 탐상검사(UT), 자분 탐상검사(MT), 액체 침투 탐상검사(PT), 와전류 탐상검사(ECT) 및 누설검사(LT) 등 6개 분야에 대하여 실시하고 있으며 응시자격은 학력과 경력

에 따라 다르다. 또한 자격증을 취득한 자의 사후 관리로 매 5년마다 보수교육을 이수하게 하여 자격증을 경신하고 있다. 원자력발전 설비를 비롯한 각종 플랜트 건설시방이 미국 규격을 적용하는 경우 이 규정에서 요구하는 SNT-TC-1A에 의한 자격인정방법이 활용되고 있다. 비파괴검사 전문용역회사를 비롯하여 원자력설비, 방위산업, 해양구조물 등 각종 제조회사에서 자사 규정을 만들어 고용주 책임하에 자격을 인정하는 미국의 자격인정 제도인 것이다.

다음 표5는 우리나라와 미국의 비파괴 검사 자격을 비교한 도표이다.

표5 우리나라와 SNT-TC-1A와의 자격인정비교

우리나라의 국가자격 인정제도	SNT-TC-1A
NDT Technician (기능사)	Level I+Level II
Professional Technician(기능장)	Level II (+much professional experience)
2nd Grade NDT Engineer(기사 2급)	Level II (+experience)
1st Grade NDT Engineer(기사 1급)	Level III
Professional Engineer(기술사)	Level III (+much professional experience)

## 6. 결 언

우리나라의 비파괴검사기술은 역사가 짧을 뿐만아니라 제도적 뒷받침의 부족, 사회적

인식 부족등에 기인하여 비파괴 본연의 기능을 못하고 있다고 사료된다. 각종 산업 설비 및 제품의 건전성을 확보하기 위한 방안으로 비파괴 검사가 수행되는데 여기에는 계획에서부터 검사수행에 이르기까지 많은 시간과 인력을 요하며 실제 검사에는 우수한 인력을 확보하고 질을 높이기 위한 꾸준한 노력과 투자가 뒤따라야 한다.

이를 위해서는 정부 관련 부처 및 유관 기관에서 연구개발을 위한 연구비의 적극 지원 및 관련 검사 업체에 대한 검사자의 병역면제와 같은 적극적인 지원등 활성화 대책이 강구되어야 할 것이다.

## 참고문헌

1. 이해, “방사선의 산업적 이용”, 한국비파괴검사학회지, Vol.12, No.1, 1992
2. “원자력 연감”, 한국원자력산업회의, 1992, p517~519
3. “비파괴 검사 현황”, 일본 용접학회(1980)
4. “원자력 연감”, 한국원자력산업회의, 1991, p509~515
5. “원자력 연감”, 한국원자력산업회의, 1991, p156~163
6. 허형, 박치승, 홍순신, 박종현, “컴퓨터 제어에 의한 자동초음파 탐상장치에 관한 연구”, 한국비파괴검사학회지, Vol.9, No.1, 1989
7. 김영수, 김재준, 박종해, 김낙인, “컴퓨터 제어식 5축 자동 초음파 탐상장치의 개발”, 한국비파괴검사학회지, Vol.10, No.2, 1990