

2023년 4/4분기

산업안전 인적자원개발위원회(ISC) 이슈리포트 (ISSUE REPORT)

2023년 4분기

비파괴검사 전문 인력양성 방안



산업안전관리·산업보건관리·비파괴검사

산업안전 인적자원개발위원회

대표기관 : (사)대한산업안전협회

2023년 4/4분기

산업안전 인적자원개발위원회(ISC) 이슈리포트 (ISSUE REPORT)

비파괴검사 전문 인력양성 방안



산업안전관리·산업보건관리·비파괴검사

산업안전 인적자원개발위원회

대표기관 : (사)대한산업안전협회

목 차

2023년 4분기 이슈리포트

I 비파괴검사 개요

- | | |
|----------------------|---|
| 1. 비파괴검사의 정의 | 6 |
| 2. 비파괴검사의 적용 분야 및 활용 | 7 |

II 비파괴검사 관련 인력현황 및 자격인증 체계

- | | |
|-------------------------|----|
| 1. 국내 비파괴검사자 현황 | 9 |
| 2. 공인 민간자격과 검사인력 부족 현상 | 10 |
| 3. 미국의 자격인증체계 | 12 |
| 4. 국제표준(ISO-9712) 자격 체계 | 14 |
| 5. 국가기술자격과 ISO 자격의 차이점 | 15 |

III 최신 비파괴검사기술 관련 인력양성

- | | |
|--------------------------|----|
| 1. 비파괴검사기술의 발전 현황 | 17 |
| 2. 주목받는 새로운 검사기술들 | 18 |
| 3. PAUT의 국내 적용 확대 추세 | 19 |
| 4. 문제점 : 전문 검사인력 양성기관 부족 | 21 |

IV 맺음말

- | | |
|----------------------------|----|
| 1. 기술과 환경의 변화에 대응하는 NCS 관리 | 22 |
| 2. 중장기 개선방안 | 24 |

□ 본 보고서의 내용은 상업적 용도로 무단 사용할 수 없으며, 비상업적 용도로 내용을 인용 또는 전재 시 출처를 반드시 명시하여 주시기 바랍니다. 수록된 내용은 산업안전ISC 참여위원(한국비파괴검사협회 백민호 기술진흥팀장)이 작성하였습니다.

□ 본 보고서는 비파괴검사 분야를 중심으로 작성하였습니다.

□ 보고서 내용에 대한 문의는 아래의 연락처로 문의 바랍니다.

- 산업안전 인적자원개발위원회 사무국 담당자(02-6275-8657, jaeyoung@safety.or.kr)

□ 보고서 집필자: 백민호, 기술진흥팀장(한국비파괴검사협회)

□ 주요 현황 및 문제점

- 비파괴검사(NDT: Non Destructive Testing)는 “검사할 대상물을 손상시키지 않고 그 대상물에 존재하는 불안전성을 조사하고 판단하는 기술적 행위(비파괴법 제2조)”로 현재 국내에는 약 240개의 전문 검사업체가 있고 비파괴검사를 수행하는 검사자는 약 5천명 내외이다.
- 국내에서 비파괴검사를 수행하기 위해서는 기본적으로 국가기술자격을 보유해야 하며 현재 국가기술자격을 보유한 비파괴검사자는 기술사 57명, 기사 7,608명, 산업기사 2,107명, 기능사 6,895명(중복 취득 포함)으로 집계된다.
- 그러나 국가기술자격은 국제 통용성에 한계가 있어 미국 자격인 ASNT(미국 비파괴 검사학회) 자격과 ISO-9712에 의한 국제표준자격이 함께 활용되고 있으며 현재 국내에 ASNT 자격자는 약 1,430명 ISO-9712 자격자는 약 400명에 달하고 있다.

□ 기술의 발전에 따른 인력양성 필요성

- 비파괴검사기술은 산업의 발전과 연계해 지속적으로 첨단화, 고급화되는 추세이며 그중에서도 대중적으로 관심받고 있는 기술로 디지털 방사선 비파괴검사기술(CR, DR)과 위상배열 초음파기술(PAUT)이 있다.
- 특히 PAUT의 경우에는 정부의 방사선안전규제 강화에 따라 국내 모든 산업 분야로 그 적용이 확대되는 추세로 이에 따른 전문 인력양성이 중요한 해결과제이나, 현재 국내에는 해당 종목의 국가기술자격도 없고 비파괴검사 분야에 필요한 전문인력을 양성하는 교육훈련기관도 거의 전무한 실정이다.

□ 결론: 비파괴검사 전문 인력양성 방안

- 새로운 검사기술의 도입추세에 따라 국가기술자격을 신설하기 위해서는 해당 분야의 비파괴검사 NCS(국가직무능력표준) 개발이 선행되어야 하며, 이를 위해서는 현장의 요구에 대응하는 비파괴검사 NCS의 관리(개발, 개선)가 뒷받침되어야 할 것이다.
- 아울러 중장기 측면에서 전문 인력양성센터 구축, 국가기술자격의 국제 통용성 확보, 유관기관 협력체계 등 비파괴검사 전문 인력양성을 위해 국가적 차원에서 체계적 육성대책을 마련하는 한편, 모든 분야의 유기적 협력을 통해 이러한 문제점을 개선할 필요가 있을 것이다.

I

비파괴검사 개요

1 비파괴검사의 정의

○ 비파괴검사는 말 그대로 “파괴하지 않고 검사(Non Destructive Testing)”하는 것을 의미하며, 법률적 정의는 다음과 같다.

비파괴검사기술의 진흥 및 관리에 관한 법률

- ◆ 법 제2조(정의) 이 법에서 “비파괴검사”라 함은 물리적 현상의 원리를 이용하여 검사할 대상물을 손상시키지 아니하고, 그 대상물에 존재하는 불안전성을 조사하고 판단하는 기술적 행위로서 대통령령으로 정하는 것을 말한다.
- ◆ 시행령 제2조(비파괴검사의 방법) 「비파괴검사기술의 진흥 및 관리에 관한 법률」 제2조에서 “대통령령으로 정하는 것”이라 함은 다음 각 호를 말한다.
 1. 방사선 비파괴검사
 2. 초음파 비파괴검사
 3. 자기(磁氣) 비파괴검사
 4. 침투 비파괴검사
 5. 와전류(渦電流) 비파괴검사
 6. 누설 비파괴검사
 7. 그 밖에 비파괴검사관련 산업에서 활용할 수 있는 검사방법으로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 비파괴검사
 - 가. 음향방출 비파괴검사
 - 나. 육안 비파괴검사
 - 다. 열화상(熱晝像) 비파괴검사
 - 라. 중성자 비파괴검사
 - 마. 응력(변형력)측정 비파괴검사

○ 비파괴검사는 검사하고자 하는 대상물의 재질과 특성 등에 따라 다양한 검사기법을 적용하게 되며, 기본적으로 내·외부 결함검출을 포함해 손상 탐지, 두께 측정, 성분 분석 등 매우 다양한 목적으로 활용되고 있다.

[표 1] 비파괴검사 방법별 검사목적 및 적용대상

검사방법	검사목적	적용대상	검사장비
방사선(RT)	결함검출	강재, 철강부품, 구조물 등	X선 발생장치, 감마선조사기
	두께측정		X선, 감마선 두께측정기
	조성분석		X선 분석기
	형상측정		X선 투과장치, CT장치
초음파(UT)	결함검출	금속재료 및 제품, 세라믹, 플라스틱 등	초음파검사장비
	치수측정		초음파두께측정기
	경도측정		초음파경도계
자기(MT)	결함검출	강자성체 및 제품	Yoke, 블랙라이트
	두께계측	자성체	자기막두께측정기
	이물검사	비강자성체	철편검출기
침투(PT)	결함검출	금속재료, 플라스틱, 세라믹재료 및 제품	침투제, 세척제, 현상제
와전류(ECT)	결함검출	금속재료 및 제품	와전류검사장비
누설(LT)	손상탐지	강자성재료 및 제품	누설검사장비
열화상(IRT)	손상탐지	고체재료 및 구조물	적외선열화상카메라
	두께측정		적외선 온도계, 카메라

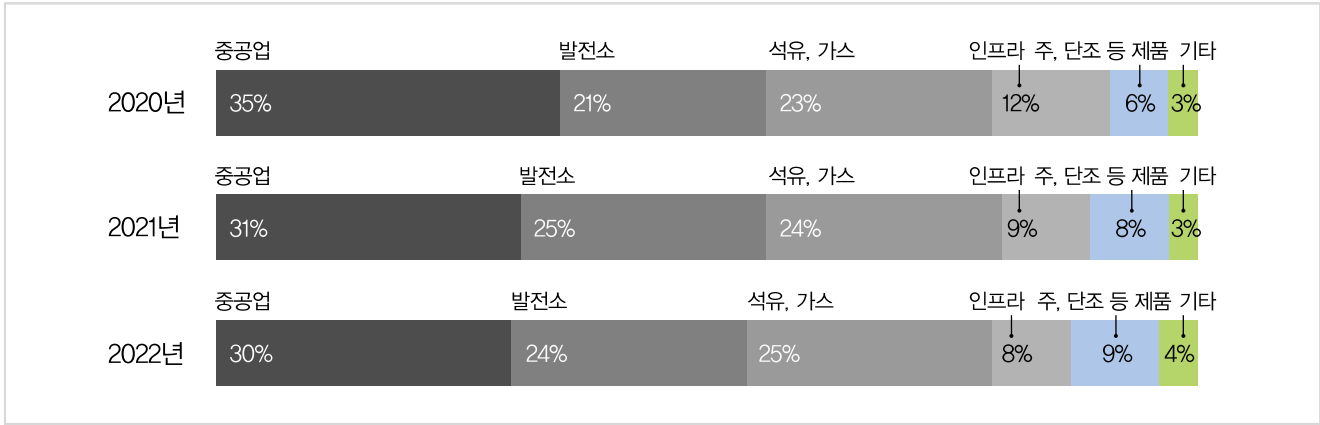
2 비파괴검사 적용 분야 및 활용

○ 현재 국내에서 비파괴검사는 안전과 품질확보를 위한 목적으로 원자력, 발전, 조선·중공업, 가스, 석유화학 등 다양한 분야에 적용되고 있고, 우주/항공 및 첨단 기술의 발전과 연계해 그 적용 범위가 지속적으로 확대되는 추세에 있다.



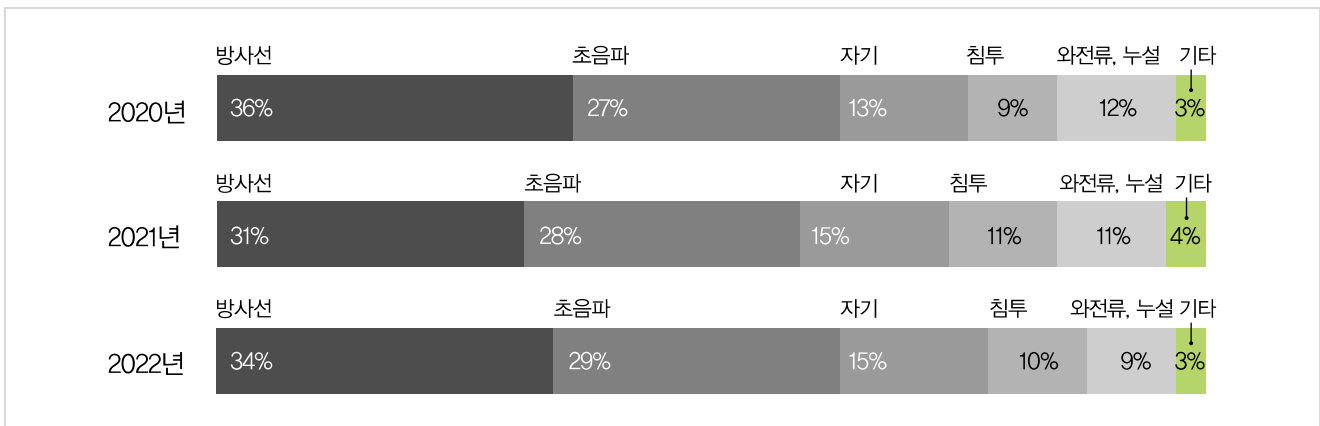
<그림 1> 비파괴검사기술 적용 / 파급 분야

○ 2023년 11월 현재, 국내에서 비파괴검사를 수행하는 검사업체는 240개사이며 국내 비파괴 검사 서비스 시장의 규모는 약 5천억원 규모로 추산된다. 또한, 국내에서 비파괴검사가 가장 많이 적용되는 분야는 중공업(30%)과 발전소(24%) 분야이며 가장 많이 활용되는 검사방법은 방사선 비파괴검사로 약 34%의 비중을 차지한다.



〈그림 2〉 국내 비파괴검사 적용 분야

* 출처: 한국비파괴검사협회



〈그림 3〉 국내 비파괴검사 방법별 적용 비중

* 출처: 한국비파괴검사협회

II

비파괴검사 인력 현황 및 자격인증 체계

1 국내 비파괴검사자 현황

○ 현재 국내 비파괴검사업체에 근무하는 종사자는 약 6천명 이상이고, 그 가운데 비파괴검사를 수행하는 검사자는 약 5천명 정도이다. 아래 최근 현황에서 주목되는 것은 책임자의 수는 계속 증가하고 있으나 검사자의 수는 상대적으로 지속 감소하고 있다는 점으로 이는 신규 검사자의 유입이 지속해서 감소하고 있음을 나타내고 있다.

[표 2] 최근 5년간 비파괴검사자 현황

구분	비파괴검사자(명)				
	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년
검사자	2,371	2,293	2,316	2,102	1,873
검사책임자	1,800	1,958	2,150	2,356	2,495
준하는 자격	492	455	483	462	487
합 계	4,663	4,706	4,949	4,920	4,855

- 검사자 : 비파괴검사 기사 5년 미만, 산업기사 8년 미만, 기능사

- 책임자 : 비파괴검사 기술사, 기사 5년 이상, 산업기사 8년 이상

- 준하는 자격 : ISO 9712 자격자, 방사선 비파괴검사(RI 면허자 또는 원자력안전법 제106조에 따른 교육 이수자)

* 출처: 한국비파괴검사협회

○ 국내에서 비파괴검사를 수행하기 위해서는 기본적으로 국가기술자격증을 보유해야 하며 국가기술자격증 발급 대비 국내 검사자의 비율은 기술사 59.4%, 기사 40.5%, 산업기사 21.4%, 기능사 14.5%로 하위 자격일수록 그 활용도가 비교적 낮음을 확인할 수 있다.

[표 3] 비파괴검사 국가기술자격증 발급 대비 비파괴검사자 현황 비교

자격	기술사			기사			산업기사			기능사		
	전체 발급 현황	검사자 현황	비율 (%)	전체 발급 현황	검사자 현황	비율 (%)	전체 발급 현황	검사자 현황	재직 비율 (%)	전체 발급 현황	검사자 현황	비율 (%)
RT	96	57	59.4	3,376	1,313	38.9	1,441	313	21.7	13,614	1,746	12.8
UT				2,207	1,063	48.2	1,038	356	34.3	6,705	1,386	20.7
MT				4,121	1,789	43.4	2,570	647	25.2	10,800	1,751	16.2
PT				6,893	2,286	33.2	4,805	791	16.5	16,272	2012	12.4
LT				1,192	653	54.8	-	-	-	-	-	-
ECT				1,016	504	49.6	-	-	-	-	-	-
합 계	96	57	59.4	18,805	7,608	40.5	9,854	2,107	21.4	47,391	6,895	14.5

* 누설비파괴검사 및 와전류비파괴검사의 산업기사, 기능사 자격 취득현황은 각 시험의 폐지로 제외

** 자격증 발급 현황-2022년 12월 31일 기준(한국산업인력공단) / 자격증 등록 현황-2023년 8월 8일 기준(한국비파괴검사협회)

2 공인 민간자격과 검사인력 부족 현상

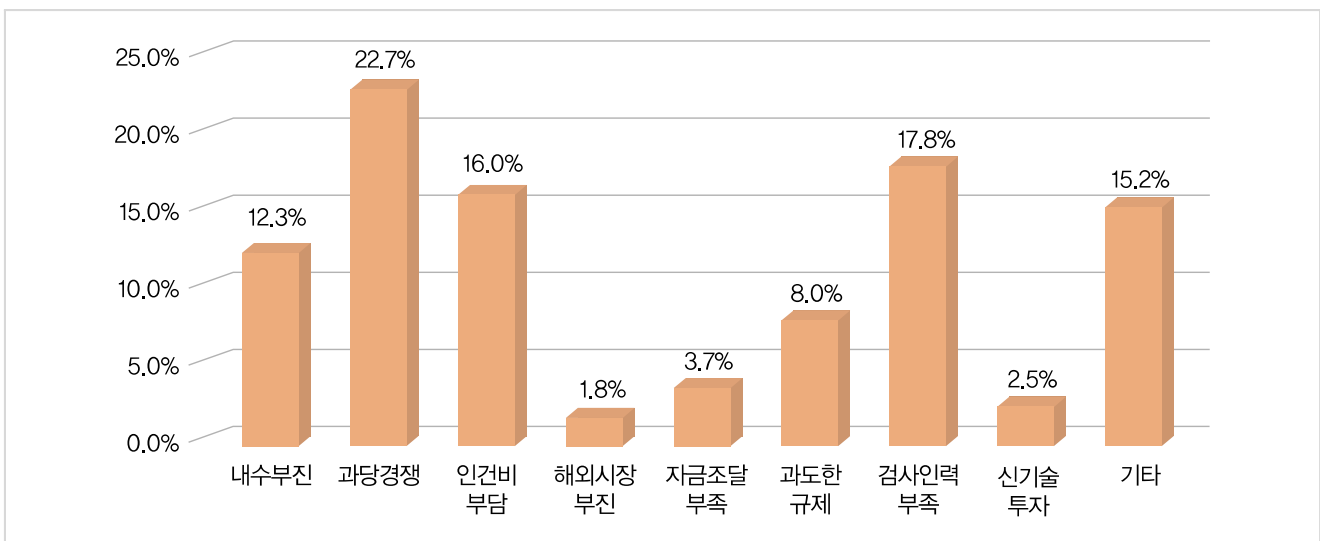
○ 다양한 비파괴검사방법 대비 국가기술자격증은 가장 많이 활용되고 있는 6개 검사방법 (방사선, 초음파, 자기, 침투, 와전류, 누설)에 한해 시행되고 있기 때문에, 이러한 문제점을 보완하기 위한 방안으로 현재 국내에는 미국 자격인 ASNT와 국제표준인 ISO-9712에 따른 KPCN 자격제도가 도입되어 운영 중에 있다.

[표 4] (최근 3년간) 국내 공인 민간자격 현황

종목(등급)	소관 부처	최근 3년간 자격발급 수			
		누계	'20년	'21년	'22년
ASNT Level III	미국비파괴검사학회	299	149	103	47
KPCN(ISO 9712)	한국비파괴검사학회	144	45	63	36

* 출처: 한국비파괴검사학회

- ASNT Level III 시험은 미국비파괴검사학회(ASNT)에서 시행하는 것을 한국비파괴검사학회(KSNT)에서 대행하고 있는 것으로 1980년부터 현재까지 약 43년간 시행 중에 있으며, 현재 국내 자격보유자는 약 1,430명이다. 또한 이러한 자격보유자가 보유하고 있는 과목별 자격 개수는 약 4,400개에 달하고 있다.
- 한편 한국비파괴검사학회에서는 2014년 ISO 9712 자격인증센터를 설립하여 자격자를 배출하고 있으며 현재까지 해당 자격을 보유한 인원은 약 400명에 이르고 있다. 동 자격을 취득하기 위한 교육센터로는 현재 한국비파괴검사협회, 한밭대학교 산학협력단 용접접합센터, 나우(주)가 있다.
- 현재 국내 비파괴검사업체들은 지속적으로 검사인력의 부족 현상을 문제점으로 호소하고 있다. 한국비파괴검사협회의 실태조사 결과, 검사업체의 가장 큰 애로사항으로 검사인력 부족 현상을 제시하는 비중이 약 17.8%로 이는 전년 대비 약 7% 증가한 수치이다.

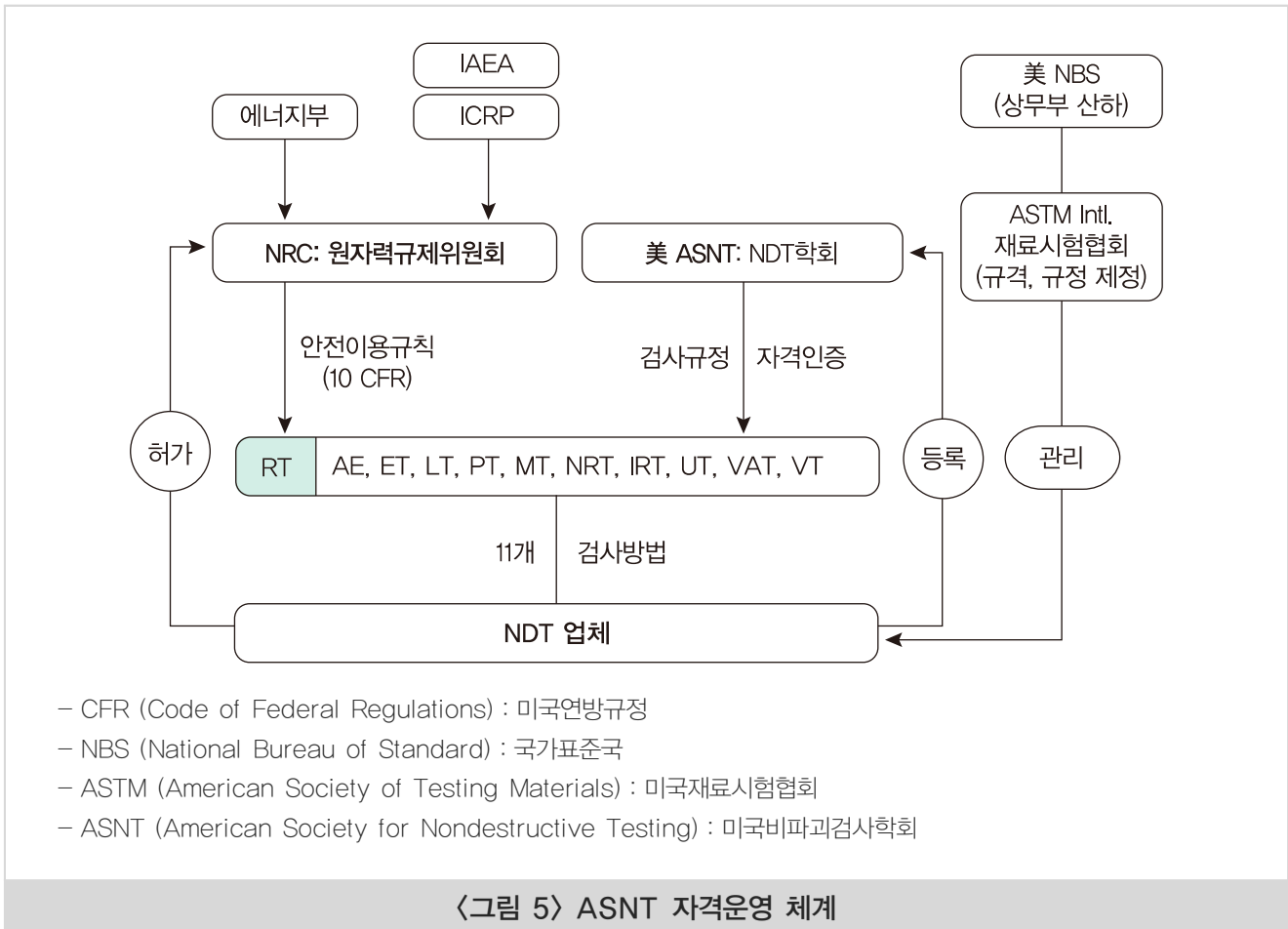


〈그림 4〉 국내 비파괴검사업체의 애로사항(2023년)

* 출처: 한국비파괴검사협회

3 미국의 자격인증 체계

○ 국내에서 활용되고 있는 해외 기술자격 중에 미국의 자격제도인 ASNT(미국 비파괴검사학회)는 ASNT에서 직접 자격 프로그램을 운영하고 있으며 기본적인 운영체계는 다음과 같다.



* 출처: ASNT 홈페이지(<https://www.asnt.org/>)

○ ASNT 자격 프로그램은 SNT-TC-1A 규정과 ACCP 규격에 따라 11개 검사방법에 대해 Level 3, 2, 1으로 자격을 부여하고 있다.

[표 5] ASNT 자격 프로그램

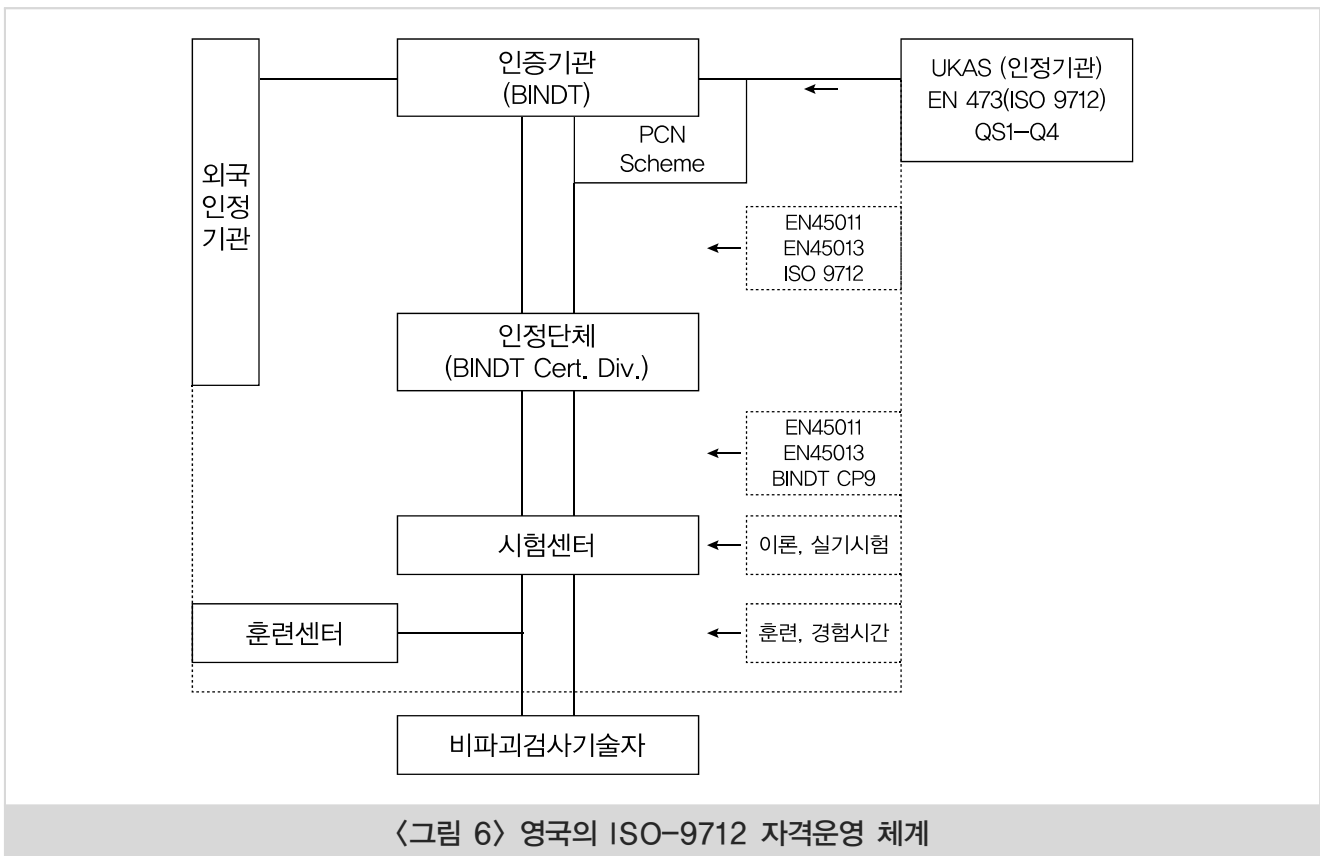
등급	응시자격	응시방법	시험과목 및 최소문항 수
Level III	가. 이공계 4년 졸업 후 Level II 1년 경력 나. 전문대 2년 졸업 후 Level II 2년 경력 다. Level II 4년 경력	Basic (공통기초)	SNT-TC-1A : 20문항
			재료·설비·생산기술 : 20문항
			NDT 방법 : 20문항
		Method (이론)	기초·원리 : 30문항
			기술·절차 : 15문항
			기준·규격·판독 : 20문항
Specific (전문기술)	실무에 적용할 시방서·장비·기술·절차의 응용 : 20문항		
Level II	Level I 9개월 이상 경력자로 다음 교육 이수자 가. 고졸은 40시간 교육 나. 대학 2년 이상은 35시간 교육	General (일반)	응용법의 기본 원리 : 40문항
		Specific (전문기술)	장비·절차서 적용·NDT기술·규격·판독 : 20문항
Level I	경력 3개월 이상인 자로 다음 교육 이수자 가. 고졸은 39시간 교육 나. 대학 2년 이상은 29시간 교육	Practical (실습)	10문항

- Level III: 5년마다 Recertification, Level II & Level I: 3년마다 Recertification

* 출처: ASNT 홈페이지(<https://www.asnt.org/>)

4 국제표준(ISO-9712) 자격 체계

○ 국내에서 활용되는 또 하나의 해외 자격인 ISO 자격은 국제표준인 ISO-9712에 따른 자격인증체제로 미국을 제외한 대부분의 국가들이 이와 유사한 자격인증 체계를 2001년부터 운영하고 있다. 대표적으로 영국의 비파괴검사 자격인증체계는 다음과 같다.



〈그림 6〉 영국의 ISO-9712 자격운영 체계

* 출처: 출처: 영국비파괴검사학회 홈페이지(<https://www.bindt.org/>)

○ 인정기관(Accreditation Body)은 BINDT(영국 비파괴검사학회)로 영국의 유일한 비파괴검사 자격인증기관이다. BINDT는 비파괴검사 기술자격 프로그램인 PCN(Personnel Certification in NDT)의 운영에 대하여 UKAS(United Kingdom Accreditation Service)의 인정을 받아 수행하고 있다.

○ BINDT는 자격인정기관(Qualification Body)으로 역할을 수행하면서 동시에 시험센터(Examination Centers) 또한 운영하고 있다. 영국을 포함해 싱가포르 등에 10개의 시험센터를 운영하고 있으며 시험센터는 CB(certification Body)인 BINDT의 감사를 통해 3년마다 다시 지정된다.

5 국가기술자격과 ISO 자격의 차이점

- 국내에서 이렇게 많은 해외 기술자격이 활용되고 있는 것은 기본적으로 국가기술자격 종목이 활용도가 높은 6개 검사방법에 한해서 시행되고 있는 것과 함께 다음과 같은 문제점이 있기 때문이다.
- 국내에서 운영되고 있는 국가기술자격체계는 기본적으로 국가가 주관하며 이를 산업인력공단에서 전담해 운영하고 있다. 이와 달리 국제표준 자격인 ISO 자격의 경우 자격인정기관(AQB)을 중심으로 인증기관(CB)과 시험센터(EC) 등이 분산되어 있는 등 보다 세분화된 운영 형태를 가지고 있다.

[표 6] 국가기술자격제도와 ISO-9712 운영 체계 비교

비교 요소	국가기술자격제도	ISO-9712
1) 자격 부여기관(자격증 부여)	• 주무부 장관(한국산업인력공단)	• 인증기관(CB)
2) 시험제도 등 체계관리 및 발전	• 고용노동부(한국산업인력공단)	• 인증기관(기술위원회)
3) 관련기구 등 조직·통제관리	• 고용노동부(필요시 대행)	• 인증기관(CB)
4) 자격시험의 관리·통제	• 한국산업인력공단(주관기관)	• 자격인정기관(AQB)
5) 자격시험 등 시행주체	• 한국산업인력공단(전담기관)	• 시험센터(EC)
6) 자격자 관리, 기록(또는 재인증)	• 재인증 없음	• 인증기관(CB)

- 세부 자격프로그램을 살펴보면 전반적인 항목에서 많은 차이점을 확인할 수 있으며, 특히 재인증이 필요하다는 점에서 가장 큰 차이점이 있다. 국가간 자격의 상호인증을 위해서는 서로 유사한 자격체계를 가지고 비슷한 자격 프로그램이 운영될 필요가 있으나 국가기술자격과 ISO-9712 자격을 비교하면 상당히 많이 차이점을 가지고 있음을 확인할 수 있으며, 이러한 현상은 수출 산업이 중요한 국내 특성상 국가기술자격증 외에도 많은 해외 기술자격이 국내에서 활용되는 가장 큰 이유로 작용하고 있다.

[표 7] 국가기술자격제도와 ISO-9712 자격 프로그램 비교

주요 항목	국가기술자격제도	ISO-9712
1) 자격부여 주체의 성격	국가자격제도로 운영	자율적인 민간단체자격
2) 자격부여 종류(방법)	6가지 방법	11가지 방법
3) 자격 수준별 등급	4단계(기술사 및 기사 등)	3단계(Level 3, 2, 1)
4) 등급별 업무범위	검정수준으로 능력설명	행위범위 및 한계를 명시
5) 시험방법 및 과목	<ul style="list-style-type: none"> - 과목별 40점 이상 평균 60점 이상 - 필기시험 및 실기(면접) (원리, 검사표준, 컴퓨터 활용, 금속 재료학, 용접일반 등) 	<ul style="list-style-type: none"> - 출제항목 수 지정 및 70점 이상 • 필기시험(2종류) ※ 분야별 • 실기시험(절차서 작성법 포함)
6) 자격 취득 요건	학력별 현장경력(1년)조건	훈련·경력(시간/개월수)을 명시
7) 자격관리 및 재인증	없음	재인증(5년 마다)

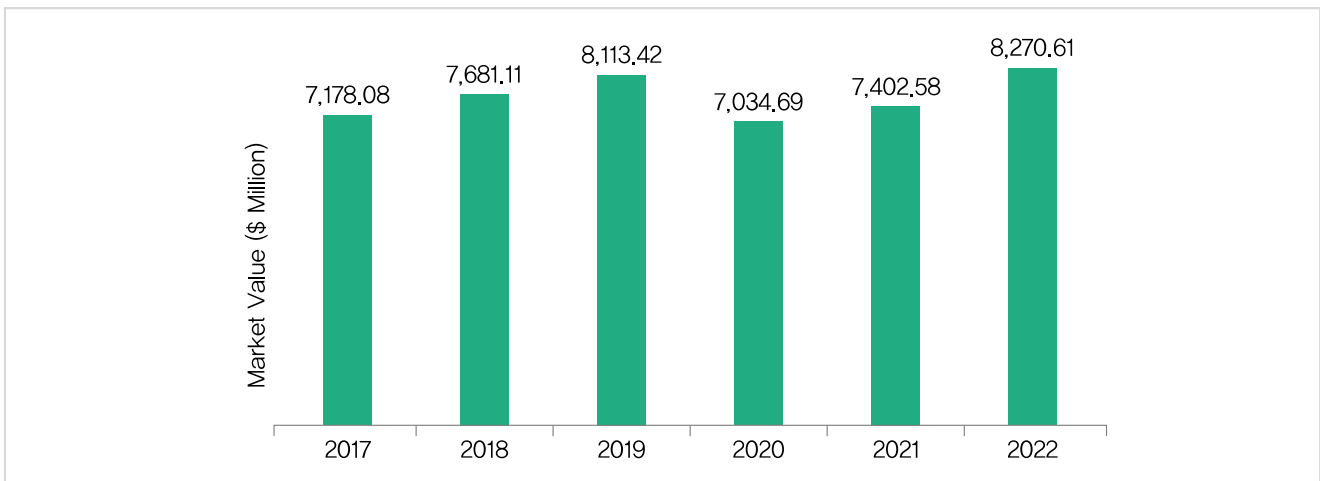
Ⅲ

최신 비파괴검사기술 관련 인력양성

1 비파괴검사기술의 발전 현황

○ 세계 비파괴검사 시장은 2017년 \$7,178 million에서 2022년에는 \$8,270 million 으로
연평균 2.9% 성장했고, 향후 지속 성장이 예상되며 주요 성장요인들은 다음과 같다.

- 신흥 시장(특히 개발 도상국)의 경제 성장
- 항공 우주 산업분야의 비파괴검사 활용 증가
- 기존 시장인 석유 및 가스 산업분야에 비파괴검사의 수요 증대



〈그림 7〉 세계 비파괴검사 시장

* 출처: The Business Research Company(2023)

○ 비파괴검사기술 또한 지속적으로 발전하면서 점차 첨단화, 고급화되는 추세에 있으며 기술 발전의 주요 요인들로 다음과 같은 사항들이 주목받고 있다.

- 신재료 개발 : 복합 및 스마트 재료의 개발(자동차, 우주 항공, 군사 등)
- 항공산업의 발전 : 복합재 적용(디지털 기술의 선도적 적용)
- 장치의 소형화 : 마이크로 전자와 소프트웨어의 통합
- 센서의 발전 : 무선 센서의 개발(무인, 원격검사 가능)
- 컴퓨터, 전자, 재료과학 기술분야의 발전과 연계(결함 검출능과 신뢰성 향상)
- 합병과 매수 : 기술기업 합병을 통한 기술경쟁력 증가

○ 이러한 비파괴검사기술의 발전에 대응하는데 가장 중요한 것은 무엇보다 숙련된 기술자격자의 확보이며, 이것이 향후 비파괴검사 시장에서 중요한 성장 전략으로 작용될 전망이다. 향후 비파괴검사 시장 발전의 저해 요인으로는 다음과 같은 사항들이 지목되고 있다.

- 검사를 수행하기 위한 숙련자 및 자격자 인력 부족
- Covid-19 영향으로 인한 산업활동 중단
- 러시아 우크라이나 전쟁(경기침체, 인플레이션) 기업 투자 감소 등
- (자동화 검사장비, 최신 장비 등) 높은 장비 교체 비용 등

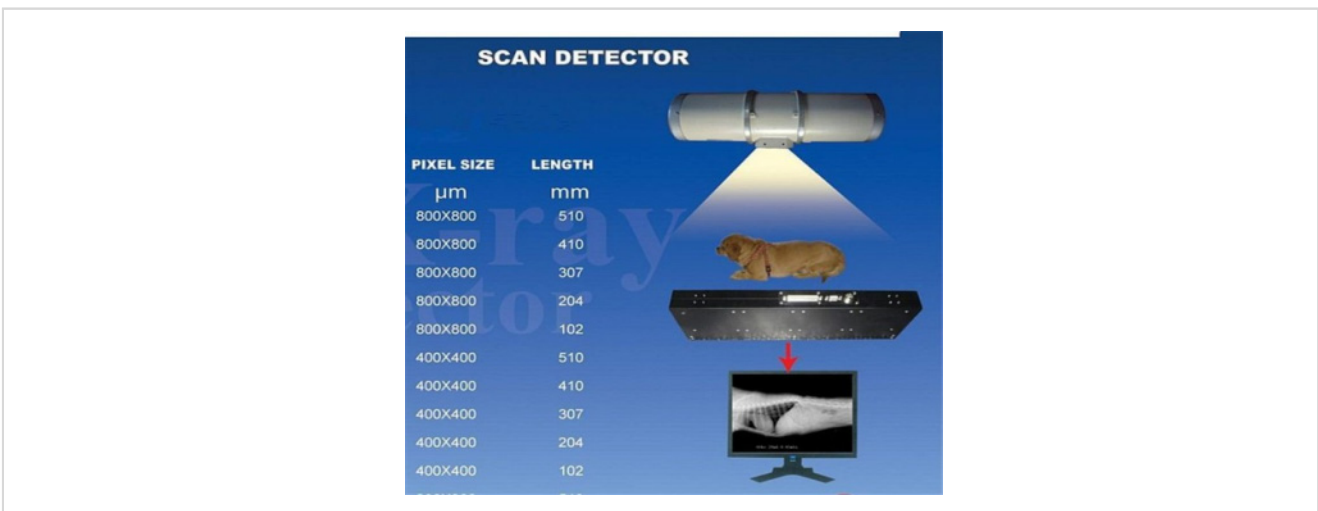
2 주목받는 새로운 검사기술들

○ 국내에도 당연히 새로운 비파괴검사기술의 현장 적용이 필수적인 과제로 대두되고 있다. 특히 가장 주목받고 있는 기술은 디지털 방사선 비파괴검사기술(CR, DR)과 위상배열 초음파기술(PAUT)이다.

○ 디지털 방사선 비파괴검사기술(CR, DR)

- 기존의 필름 촬영을 대신하여 나온 장비로 검사는 기존 방식대로 수행하되, 기존의 필름 대신 IP(Image Plate)를 사용하거나 Detector(검출기)를 사용해 영상 이미지를 얻는 방사선 비파괴검사기술

- ※ CR(Computed Radiography) : IP(Image Plate) 사용
- DR(Digital Radiography) : Detector(검출기)를 사용



〈그림 8〉 Detector를 이용한 디지털 방사선검사 개념

○ PAUT(Phased Array Ultrasonic Testing): 위상배열 초음파검사기술

- 기존의 아날로그 신호 검출방식 초음파검사 방식에서 다중배열 탐촉자를 이용해 수집 신호를 전자적으로 처리하고 이를 통해 실시간 영상을 획득하는 새로운 초음파 비파괴검사기술



〈그림 9〉 기존 초음파검사 영상(좌)과 PAUT 검사 영상(우) 비교

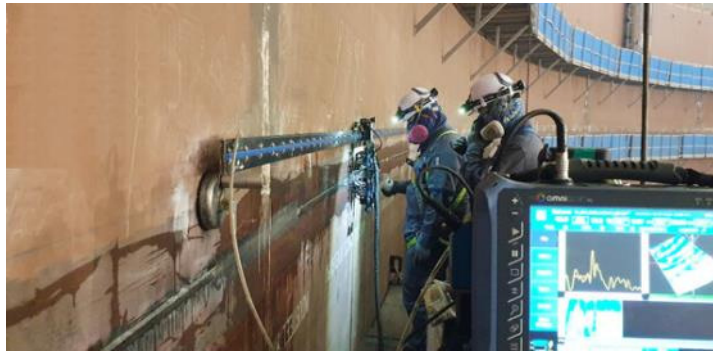
3 PAUT의 국내 적용 확대 추세

- 정부 규제기관인 원자력안전위원회는 종사자의 방사선 피폭 방지를 위해 이동 가능한 검사 대상물의 경우 야외작업을 금지하는 등 2014년부터 방사선 규제를 지속적으로 강화하고 있으며 이에 따른 대응방안으로 위상배열 초음파기술(PAUT)의 적용이 많은 분야에 계속해서 확대되는 추세에 있다.
- 국내의 경우 새로운 검사방법의 적용을 위해서는 필수적으로 검사대상별 관련 법령이 개정되어야 하고, 국내에서 가장 먼저 PAUT가 적용된 분야는 열공급 배관으로 2015.3.30.에 관련 규정이 정비되었고, 2차로 2021.1.1.에 적용 대상을 배관 두께 8mm에서 6mm로 확대하여 재개정하였다.

집단에너지사업법(열공급시설의 검사기준)

제19조 (비파괴검사) ① 열수송관의 용접이음부분은 전체 용접부위(용접한 원둘레 전체)에 대하여 방사선 투과시험 또는 위상배열 초음파시험을 실시하여야 한다. 단 위상배열 초음파시험의 경우는 지역냉난방 열수송관 두께 6mm 이상에 한하여 실시하여야 한다.

- 위험물 안전관리법에서도 방사선 비파괴검사와 함께 영상초음파시험(PAUT)을 병행할 수 있도록 관련 규정이 개정(2015.5.6.)되어 현재 그 활용이 확대되는 추세이다.
- 국내 발전 분야도 PAUT 적용 타당성을 검토하고자 2018년부터 서울과기대 주관으로 “방사선투과검사(RT) 대체용 최신 비파괴 체적검사(UT+PAUT) 실증기술 개발” 과제가 수행되어 2022년 4월에 마무리되었다. 이 과제는 발전설비 대상 RT와 PAUT 비교검증(Round Robin Test)을 통해 PAUT 적용 가능 여부를 판단하고 실제 제작, 설치 및 가동중검사에 활용할 수 있는 PAUT 표준검사 절차서 개발하는 과제로 현장 유용성 검증을 마치고 국내 산업기술기준을 개정하여 곧 시행될 예정이다.
- 또한, 국내 가스 분야는 앞서 2020년, 한국가스공사 보령 LNG 터미널에 PAUT 현장실증실험을 수행하고 RT 대체 가능 여부를 확인한 바 있다. 그리고 금년부터 본격적으로 LNG 저장탱크 용접부 검사에 PAUT를 적용하고 있으며 향후 가스 공급 배관 적용을 목표로 검사기준 개정 및 절차서 개발을 추진하고 있다.



〈그림 10〉 LNG 탱크 PAUT 적용 사례

* 출처: 한국가스신문

4 문제점 : 전문 검사인력 양성기관 부족

- 새로운 검사기술의 적용 확대와 함께 반드시 병행되어야 하는 것이 전문 검사인력의 양성일 것이다. 그러나 현재 국내의 비파괴검사 전문인력 양성은 근본적으로 한계점을 가지고 있다.

[표 8] 국내 비파괴검사 교육훈련기관 현황

구분	계	기관명
특수대학	1	한국폴리텍대학(순천캠퍼스)
직업훈련기관	4	아세아항공직업전문학교 한국항공직업전문학교 서울특별시 북부기술교육원 광주공과대학원
특성화고	3	전남공업고등학교(산업설비검사과) 경기기계공업고등학교(신소재과) 대구서부공업고등학교(금속재료과)

- 현재 국내에서 비파괴검사 관련 교육훈련기관은 특수대학인 한국폴리텍대학(순천캠퍼스)과, 직업훈련기관 중 고용노동부의 승인을 받아 설립한 아세아항공직업전문학교, 한국항공직업전문학교 및 서울특별시에서 운영하는 북부기술교육원이 있다. 고등학교에서는 전남공업고등학교에서 비파괴검사를 주요 교육과정으로 수업을 하고 있고, 경기기계공업고등학교, 대구서부공업고등학교에서는 신소재, 금속재료 등과 관련된 하나의 교육과정으로 비파괴검사 교육을 실시하고 있다.
- 이 외에도 비파괴검사라는 학과 명칭을 사용하지는 않지만, 실질적으로 비파괴검사를 교육하는 대학 및 전문학교 등이 다수 존재한다. 대학에서는 주로 산업설비, 기계(정비), 용접, 신소재, 금속 및 방사선 관련 학과에서 비파괴검사를 전공과목 중 일부로 채택하여 교육을 실시하고 있으며 이러한 인력들은 졸업 후에 주로 연구 및 안전관련 분야로 배치되는 경향이 있다.
- 결국, 국내 교육훈련기관은 대부분 취업을 목적으로 국가기술자격증을 취득하기 위한 교육프로그램을 운영하고 있으며, 새로운 검사기술을 대비해 그에 적합한 전문 검사인력을 양성하는 기관은 현재 전무한 실정으로 이에 대한 대응책이 절실한 시점이라고 할 수 있을 것이다.

IV

맺음말

1 기술과 환경의 변화에 대응하는 NCS 관리

○ 현재 국내 비파괴검사 NCS는 다음과 같이 8개 세분류 58개 능력단위로 개발되어 있으며 대체로 현재 운용되고 있는 국가기술자격 종목에 집중되어 있다.

[표 9] 비파괴검사 NCS 현황

비파괴검사(5)	방사선 비파괴검사(8)	초음파 비파괴검사(7)	자기 비파괴검사(8)
검사비용 산정	방사선안전관리	초음파 장비 점검	자기 비파괴검사 장비 점검
검사계획 수립	방사선 장비 운용	초음파 두께 측정	자기 비파괴검사 탐상제 점검
산업안전보건관리	맞대기 용접부 방사선 촬영	맞대기 용접부 초음파 스캔	직접 통전 자기 비파괴검사
육안 비파괴검사	원둘레 용접부 방사선 촬영	필릿 용접부 초음파 스캔	간접 통전 자기 비파괴검사
고객 요구사항 검토	필릿 용접부 방사선 촬영	곡률 용접부 초음파 스캔	프로드 통전 자기 비파괴검사
	주조품 방사선 촬영	가공제품 초음파 스캔	코일 통전 자기 비파괴검사
	필름 현상	초음파 지시 평가	요크 통전 자기 비파괴검사
	방사선 투과사진 판독		자분 지시모양 평가

침투 비파괴검사(7)	와전류 비파괴검사(8)	누설 비파괴검사(8)	특수 비파괴검사(7)
침투 비파괴검사 장비 점검	와전류 비파괴검사 장비 운용	누설 비파괴검사 장비 교정	음향방출 비파괴검사
침투 비파괴검사 탐상제 점검	표면형 와전류 비파괴검사	직접가압 기포누설 검사	열화상 비파괴검사
수세성 침투 비파괴검사	내삽형 와전류 비파괴검사	진공상자 누설 검사	응력측정 비파괴검사
친수성 후유화 침투 비파괴검사	관통형 와전류 비파괴검사	할로겐 누설 검사	디지털 방사선 장비 운용
친유성 후유화 침투 비파괴검사	볼트홀 와전류 비파괴검사	헬륨 질량분석검출기 누설 검사	디지털 방사선 영상 판독
용제 제거성 침투 비파괴검사	전도도 측정	압력변화 누설 검사	위상배열 초음파(PAUT) 비파괴검사
침투 지시모양 평가	도막두께 측정	암모니아 누설 검사	회절파 시간측정(TOFD) 비파괴검사
	와전류 지시 평가	누설 지시 평가	

- 현재 디지털 방사선 비파괴검사 관련 비파괴검사 NCS는 특수 비파괴검사에서 디지털 장비 운용과 영상판독 2개의 능력단위가 개발되어 있고, 앞서 언급한 위상배열초음파기술(PAUT)과 관련해서는 단 하나의 능력단위만 개발되어 있다. 현재 해당 기술들의 국가기술자격이 부재함에 따라 해외 자격 필요성이 증가하고 있는 상황으로 이 문제를 해결하기 위해서는 먼저 해당 능력단위를 세분류로 상향해 개발할 필요성이 있다.
- 아울러 열화상 비파괴검사와 같이 100여개 전문 검사업체가 배전설비에 대해 검사를 수행하고 있으나 국가기술자격이 없어 해외 기술자격자로 검사를 수행하는 등의 문제점 또한 존재하는 상황으로 기술의 발전 및 환경의 변화에 대응하는 비파괴검사 NCS 관리 및 개선이 꾸준히 이루어져야 할 것이다.

2 중장기 개선방안

○ 국내 비파괴검사 분야의 체계적인 전문 인력양성 방안을 다음과 같이 제시하고자 한다.

○ 첫째. 비파괴검사 전문 인력양성센터 구축

끊임없이 변화하고 발전하는 비파괴검사기술의 특성상 관련 전문 인력양성을 전담하는 교육훈련센터 구축이 필수적이다. 이를 바탕으로 선진국과 지속적인 기술협력을 통해 관련 지식을 습득하고 이를 토대로 국내 전문 인력양성에 활용할 수 있도록 체계적인 교육훈련 시스템이 마련될 필요가 있다.

○ 둘째. 국가기술자격의 국제 통용성 확보방안 마련

앞서 언급한 바와 같이 국가기술자격은 국내에서만 한정적으로 적용되고 해외에서는 활용되지 못하며 국내에서도 해외 수출품 검사에 있어서는 그 적합성을 인정받지 못하는 상황에 있다. 이로 인해 이중으로 기술자격을 취득해야 하는 문제점을 개선하기 위해서는 국가기술자격제도의 개편을 포함해, 자격의 국제 상호인증을 위한 다양한 방안이 논의되고 시행될 필요가 있다.

○ 셋째. 비파괴검사 관련 유관기관 협력체계 구축

비파괴검사 관련 전문 인력의 확보는 단순히 검사업체에 국한되는 문제가 아니라 검사를 의뢰하는 발주기관을 포함해 비파괴검사기술을 활용하는 연구기관 등 모두에게 공통적으로 해결되어야 하는 문제로 이를 해결하기 위해서는 모든 유관기관이 서로 소통하고 상호 협력할 수 있는 체계가 마련될 필요가 있다. 특히 이를 위해 비파괴검사협회와 비파괴검사 학회를 중심으로 산·학·연 및 발주기관이 긴밀히 연계하는 협력체계가 조성될 필요가 있다.

○ 결론적으로 비파괴검사기술은 국가 주요 산업과 국민의 안전에 필수적인 기술이므로 국가적 차원에서 체계적 육성대책이 수립되고 이를 바탕으로 관련 단체와 산·학·연 모두가 함께 발전을 위해 협력하는 등의 노력이 필수적이다. 향후 본문에서 제시한 문제점들이 하나하나 해결되면서 점차 국내 비파괴검사기술이 선진국 수준으로 발전되는 한편, 국제적 수준의 고급 전문인력이 충분히 확보될 수 있기를 기대한다.

참고문헌

- 비파괴검사 실태조사(2023). 한국비파괴검사협회
- The Business Research Company(2023). Non-Destructive Testing(NDT) And Inspection Global Market Report 2023
- ‘PAUT’ 현장 애로기술은 무엇이죠?. 한국가스신문(2022. 10. 20.)
- 한국비파괴검사협회(NDT통합정보센터). <https://www.ndtis.kr/>
- 한국비파괴검사학회. <https://ksnt.or.kr/>
- 한국산업인력공단(국가직무능력표준). <https://www.ncs.go.kr/>
- ASNT(The American Society for Nondestructive Testing). <https://www.asnt.org/>
- BINDT(The British Institute Non-Destructive Testing). <https://www.bindt.org/>