

파인세라믹분야의 국가직무능력표준 및 학습모듈

글 _ 오경식
국립안동대학교 신소재공학부

1. 국가직무능력표준의 배경

대학 등 교육기관의 교과목은 보통 하나의 과학적 주제에서 전개된 이론과 지식을 학습하도록 구성된다. 반면 실무는 다양한 교과목에서 다루는 지식을 필요로 하는데, 실제 필요한 지식은 교과목 전체의 내용 중에서는 극히 일부에 불과한 경우가 다반사이다. 실무에서 제기된 문제를 해결하는 입장에서 이는 그다지 효율적이지 않은 지식 공급체계로 볼 수 있다. 이에 실무에서 필요한 지식을 작은 모듈로 나눈 뒤 표준화하여 수요자에게 제공하는 시도를 할 수 있다. 국가직무능력표준(National Competency Standards: NCS)은 이러한 결과물로서, 한국직업능력개발원(KRIVET)에 따르면 NCS는 산업현장에서 직무를 수행하기 위해 요구되는 지식·기술·소양 등의 내용을 자격기본법 2조 2호에 따라 산업부문별·수준별로 체계화한 것이다. 이는 국가적 차원의 표준화된 규정의 의미를 갖는다.

산업이 고도화되면서 분야별 발전 과정과 성과물이 다양화하며 같은 현상을 분야별로 다르게 이해하는 경우도 생긴다. NCS에서는 분야별로 다양화가 진행되는 가운데 공통 과정을 정리하여 표준화함으로써 교육훈련, 자격증 부여, 경력개발에 드는 비용을 절감하고 분야별 인력 이동의 장벽도 낮추는 효과를 추구하였다. 고도의 기술이 집적된 제품일수록 부품을 모듈화하여 수리 과정을 간편하게 하는 추세이다. 지식의 수요와 공급에 대해서도 이러한 모듈화의 개념을 도입하여 필요한 지식을 표준화하

고 최소의 노력으로 해당 지식을 공급받을 수 있도록 하는 체계의 도입을 시도할 필요가 있다. 본 원고에서는 파인세라믹 제조에 대해 시도된 NCS의 구성을 소개하였으며 “국가직무능력표준” (2014) 및 “NCS 학습모듈” (2016)에서 주요 내용을 인용하였다.¹⁾

2. 국가직무능력표준의 구성

NCS에는 종사자의 직무를 작은 단위로 나누기 위한 분류체계가 있다.(Fig. 1) 모든 직무는 여러 개의 능력단위로 구성되며 각 능력단위에는 다시 복수의 능력단위요소가 있다. 각 능력단위요소는 특정 과업을 수행할 수 있는지 여부에 따라 성립된다. 따라서 직무종사자가 각 능력단위요소를 성취 가능한지 판단하기 위한 도구로서 수행준거가 제공된다. 결국 직무능력이란 특정 업무에 대한 종사자의 능력이 합쳐진 결과 구현되는 개념이며 특정업무의 능력은 객관적으로 정의된 준거를 수행할 수 있는



Fig. 1. NCS의 직무 구성

¹⁾ 2014년 발간된 국가직무능력표준 (고용노동부, 한국산업인력공단, 한국파인세라믹협회) 및 2016년 발간예정인 NCS 학습모듈에서 발췌

Table 1. NCS 구성 항목 및 내용

구 성 항 목	내 용
① 능력단위분류번호 (competency unit code)	• 능력단위를 구분하기 위하여 부여되는 일련번호로서 12자리로 표현
② 능력단위명칭 (competency unit title)	• 능력단위의 명칭을 기입한 것
③ 능력단위정의 (competency unit description)	• 능력단위의 목적, 업무수행 및 활용범위를 개략적으로 기술
④ 능력단위요소 (competency unit element)	• 능력단위를 구성하는 중요한 핵심 하위능력을 기술
⑤ 수행준거 (performance criteria)	• 능력단위요소별로 성취여부를 판단하기 위하여 개인이 도달해야 하는 수행의 기준을 제시
⑥ 지식·기술·태도(KSA)	• 능력단위요소를 수행하는 데 필요한 지식·기술·태도
⑦ 적용범위 및 작업상황 (range of variable)	• 능력단위를 수행하는데 있어 관련되는 범위와 물리적 혹은 환경적 조건 • 능력단위를 수행하는 데 있어 관련되는 자료, 서류, 장비, 도구, 재료
⑧ 평가지침 (guide of assessment)	• 능력단위의 성취여부를 평가하는 방법과 평가시 고려되어야 할 사항
⑨ 직업기초능력 (key competency)	• 능력단위별로 업무 수행을 위해 기본적으로 갖추어야 할 직업능력

능력단위요소들이 합쳐져 구성된다. 위의 설명에 사용된 용어들은 교육학적 배경에 따른 것으로 Table 1에 그 정의를 정리하였다.

숙련된 직무종사자의 능력단위요소는 자연히 점차 증가하게 된다. 능력단위요소가 많이 필요한 직무를 높은

숙련요구도를 갖는 것으로 표현할 수 있고 직무 별로 자연히 다른 숙련요구도가 규정된다. NCS에서는 각 직무에 대해 1~8의 숫자를 부여하여 숙련요구도를 표현한다. 숙련요구도 1은 가장 평이하며 8에 가까울수록 높은 숙련요구도를 의미한다. 각 직무에 대한 숙련요구도 평가는

Table 2. 직무의 숙련요구도 평가를 위한 수준 정의

수 준	직무수준 정의
8수준	- 해당분야에 대한 최고도의 이론 및 지식을 활용하여 새로운 이론을 창조할 수 있고, 최고도의 숙련으로 광범위한 기술적 작업을 수행할 수 있으며 조직 및 업무 전반에 대한 권한과 책임이 부여된 수준
	(지식기술) - 해당분야에 대한 최고도의 이론 및 지식을 활용하여 새로운 이론을 창조할 수 있는 수준 - 최고도의 숙련으로 광범위한 기술적 작업을 수행할 수 있는 수준
	(역량) - 조직 및 업무 전반에 대한 권한과 책임이 부여된 수준
	(경력) - 수준7에서 2-4년 정도의 계속 업무 후 도달 가능한 수준
4수준	- 일반적인 권한 내에서 해당분야의 이론 및 지식을 제한적으로 사용하여 복잡하고 다양한 과업을 수행하는 수준
	(지식기술) - 해당분야의 이론 및 지식을 제한적으로 사용할 수 있는 수준 - 복잡하고 다양한 과업을 수행할 수 있는 수준
	(역량) - 일반적인 권한 내에서 과업을 수행할 수 있는 수준
	(경력) - 수준3에서 1-4년 정도의 계속 업무 후 도달 가능한 수준
1수준	- 구체적인 지시 및 철저한 감독 하에 문자이해, 계산능력 등 기초적인 일반지식을 사용하여 단순하고 반복적인 과업을 수행하는 수준
	(지식기술) - 문자이해, 계산능력 등 기초적인 일반 지식을 사용할 수 있는 수준 - 단순하고 반복적인 과업을 수행하는 수준
	(역량) - 구체적인 지시 및 철저한 감독 하에 과업을 수행하는 수준

Table 3. 생체세라믹제조에 필요한 능력단위

능력단위
1. 생체세라믹재료원부자재관리
2. 생체세라믹재료원료합성
3. 생체세라믹재료성형
4. 탈지
5. 생체세라믹재료소결
6. 생체세라믹재료가공
7. 용융
8. 시험분석
9. 패키징
10. 품질관리
11. 생체세라믹재료환경안전관리

직무 수준에 대한 정의 및 지식, 기술 및 역량을 토대로 객관적으로 이루어진다. Table 2는 숙련요구도로 각각 8, 4와 1을 갖는 직무에 대해 정의한 내용이다. NCS 개발 중 해당분야 전문가를 대상으로 조사한 바에 따르면 파인세라믹 분야 직무의 숙련요구도는 2에서 6 사이에 분포하는데 전자, 내열 및 구조, 광학, 생체 등의 분야별로 숙련요구도 분포에는 다소 차이가 있다.

3. 파인세라믹 분야의 국가직무능력표준

NCS는 앞의 체계를 따라 분야별로 준비되는데 파인세라믹은 2014년에 국가직무능력표준 및 활용패키지가 완성된 바 있다. 또한 최근에는 표준 및 활용패키지를 뒷받침하는 학습모듈도 준비 중이다. 세라믹 분야는 대분류에서 '재료', 중분류에서 '요업재료', 소분류에서 '파인세라믹제조'로 분류되고 있다. 파인세라믹제조에는 전자재료 제조, 광학재료제조, 내열구조재료제조와 생체세라믹제조의 네가지 하위 분류가 구성되어 있으며 이들을 "세분류"로 지칭한다. 생체세라믹제조를 예로 들어 실제 구성을 소개하였다.

생체세라믹제조 직무의 경우 다음과 같이 정의하였다. "생체세라믹재료제조란 인체에 이식시 인간의 장기와 조직을 대체할 수 있는 특성을 가짐과 동시에 인체에 반응하여 부작용을 일으키지 않는 재료 및 인공장기, 인공뼈, 인공치아, 인공관절 등 인체의 장기 또는 조직을 대체할 수 있는 제품들을 효율적으로 생산 관리하는 일"

또한 생체세라믹제조 직무의 능력단위로는 Table 3의

Table 4. 생체세라믹제조 능력단위요소

분류번호	능력단위(수준)	능력단위 요소	수준
1602010401_14V1	생체세라믹재료원부자재관리(5)	1.원자재선정하기	5
		2.원자재평가하기	4
		3.부자재선정하기	5
		4.부자재평가하기	4
1602010402_14V1	생체세라믹재료원료합성(4)	1.원료분말선정하기	4
		2.분말특성확인하기	3
		3.분쇄하기	2
		4.과립제조하기	4
		5.원료혼합하기	4
1602010403_14V1	생체세라믹재료성형(4)	1.사출성형하기	3
		2.프레스성형하기	3
		3.슬립캐스팅하기	4
		4.냉간정수압성형(CIP)하기	4
1602010404_14V1	탈지(2)	1.하소하기	2
		2.용매추출하기	2
		3.진공탈지하기	2
		4.대기탈지하기	2
1602010405_14V1	생체세라믹재료소결(3)	1.상압소결하기	2
		2.가압소결하기	3
		3.분위기소결하기	3
		4.진공소결하기	3
1602010406_14V1	생체세라믹재료가공(4)	1.연마하기	2
		2.기계가공하기	3
		3.CNC 가공하기	4
1602010407_14V1	용융(3)	1.배치설계하기	3
		2.용융성형하기	3
		3.결정화열처리하기	3
		4.후가공하기	3
1602010408_14V1	시험분석(6)	1.물리·화학시험하기	4
		2.성능시험하기	4
		3.생물학적 시험하기	6
		4.안정성 시험하기	5
1602010409_14V1	패키징(4)	1.세척하기	2
		2.포장하기	3
		3.라벨링하기	3
		4.멸균하기	3
		5.클린룸관리하기	4
1602010410_14V1	품질관리(5)	1.수입검사하기	3
		2.공정검사하기	5
		3.출하검사하기	3
		4.밸리데이션하기	5
1602010411_14V1	생체세라믹재료환경안전관리(5)	1.생산환경관리하기	5
		2.안전교육관리하기	5
		3.클린룸관리하기	4
		4.위험물관리하기	5

11개가 선정되었다.

각 능력단위에는 Table 4와 같이 분류번호, (복수의)

Table 5. “원료분말선별하기” 능력단위요소에 규정된 필요 지식 및 기술 분야

【지식】	【기술】
<ul style="list-style-type: none"> ○ 원료의 화학적 특성에 대한 기초지식 ○ 원료의 물리적 특성에 대한 기초지식 ○ 사내 수입검사 기준서에 대한 이해 ○ 제조공정에 대한 기초지식 ○ 검사방법에 대한 기초지식 ○ 원료의 성적서 분석능력 ○ 관련 물질안전보건자료(MSDS)에 대한 이해 ○ 원료공급처 및 원료제조사에 대한 정보 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 분석장비 작동기술 ○ 화학적 분석결과 이해능력 ○ 물리적 분석결과 이해능력 ○ 문서작성능력 ○ 컴퓨터 활용능력 ○ 기술문서 독해능력 ○ 수입검사기준서 작성기술

능력단위 요소와 더불어 업무의 숙련요구도인 수준값이 부여된다. 예를 들어 생체세라믹재료소결은 상압소결하기, 가압소결하기, 분위기소결하기, 진공소결하기의 4가지 능력단위요소로 구성되며 상압소결이 2수준이지만 나머지 소결공정은 3수준의 숙련요구도로 평가된다. 능력단위의 수준은 해당되는 능력단위요소 중 가장 높은 수준값에 의해 결정된다.

직무 종사자가 해당 능력단위를 갖추었는지 판단하기 위하여 수행준거가 필요하다. 수행준거란 “성취여부를 객관적으로 판단하기 위하여 개인이 도달해야하는 수행의 기준”으로 정의되므로 “~할 수 있다”의 동사가 사용된 문장의 형태이다. 예를 들어 “생체세라믹재료원료합성”이라는 능력단위에는 “원료분말선별하기”의 능력단위 요소가 있다. 이 능력단위 요소에 대한 수행준거에는 다음의 세 가지가 있다.

- ① 제품생산에 필요한 원료의 적합유무를 판단할 수 있다.
- ② 원료의 성적서를 읽고, 의미를 파악할 수 있다.
- ③ 원료의 수입검사를 토대로 하여 적절한 보고서를 작성할 수 있다.

또한 “원료분말선별하기”에 해당하는 능력단위 요소에는 수행준거 외에도 필요한 지식 및 기술분야가 있으며 이를 Table 5와 같이 규정하였다.

“생체세라믹재료원료합성” 능력단위에는 “원료분말선별하기”외에 “분말특성확인하기”, “분쇄하기”, “과립제조하기”의 능력단위 요소가 있다. 각 능력단위 요소마다 수행준거와 필요지식 및 기술 분야가 각각 정리되어 있다.

종사자의 직무 규정 내용을 바탕으로 평가 근거로도 활용할 수 있다. 평가가 필요할 경우 이론과 실기로 구성된 다양한 평가방법 및 평가도구를 고안할 수 있으며 가능한 예를 Table 6과 같이 제시하였다.

평가자는 수행준거 제시 내용의 성공적 수행에 초점을 두고 다음의 사항을 평가할 필요가 있다.

- 관련 장비의 작동기술에 대한 이해능력
- 관련 장비에 조립, 운전, 분해, 청소기술에 대한 이해능력
- 물리적·화학적 분석결과에 대한 이해능력
- 물리적 분석결과 이해능력
- 문서작성에 대한 이해능력
- 컴퓨터 활용에 대한 이해능력

Table 6. 피평가자의 과정평가 및 결과평가방법

평가방법	평가유형	
	과정평가	결과평가
A. 포트폴리오		
B. 문제해결 시나리오		
C. 서술형시험	√	
D. 논술형시험		
E. 사례연구	√	
F. 평가자 질문		
G. 평가자 체크리스트	√	√
H. 피평가자 체크리스트	√	√
I. 일지/저널		
J. 역할연기		
K. 구두발표		
L. 작업장평가	√	√
M. 기타		

Table 7. 채용·배치·승진 체크리스트 구성요소

구성요소	세부내용
목적	• 평가를 실시하는 방향이나 이유로 채용, 배치, 승진이 있음
직급명	• 해당 조직에서 일의 종류나 난이도, 책임도 등의 유사성을 기준으로 구분한 등급
인적사항	• 평가하고자 하는 예비근로자 및 근로자의 성명, 직위, 성별 등과 같은 개인적 특성
능력구분	• 평가하고자 하는 직급에서 요구되는 직업능력의 구분(직업기초능력, 직무수행능력)
평가영역	• 직업기초능력과 직무수행능력의 하위영역
평가문항	• 예비근로자 및 근로자의 지식이나 활동을 측정하기 위한 측정가능하고 구체적인 문항
답변기재란	• 평가자가 평가문항을 읽고 평가대상자의 행동과 일치하는 정도에 직접 표기하는 부분
평가결과	• 기재한 답변을 합산하여 점수를 산출하고 해석

- 기술문서 독해에 대한 이해능력
- 수입 및 공정검사기준서 작성에 대한 이해능력

4. 국가직무능력표준의 활용

NCS는 종사자의 직무를 능력본위로 규정하여 해석한 체계로서 다음의 목적으로 활용할 수 있다.

4.1 평생경력개발 경로제시

직무종사자의 경력개발, 채용·승진 등 인사관리를 위하여 NCS를 가이드라인으로 삼아 경력개발경로의 콘텐츠를 제시한다. 활용콘텐츠에는 평생경력개발경로 모형, 직무기술서, 채용·배치·승진체크 리스트, 자가진단도구 등이 있으며 사업체와 종사자가 모두 활용할 수 있다. 평생경력개발 콘텐츠의 내용과 사업체의 경력개발경로, 직무기술서 등을 비교·분석하여 콘텐츠의 내용이 사업체의 경력개발경로 등이 유사한 경우에는 개발된 콘텐츠

를 그대로 활용해도 좋고 사업체의 특성에 맞게 콘텐츠의 내용을 융통성있게 변경할 수 있다. 이러한 평생경력개발 경로가 현장직무중심의 인적자원에게 경력관리를 지원하고 사업자에게는 인력양성의 불활실성을 해소하는데 기여할 수 있다.

4.2 채용·배치·승진 관리용 체크리스트

종사자를 채용, 배치, 승진시키기 위하여 각 종사자에게 해당 직급에 요구되는 직업능력을 객관적으로 파악하고 현황을 인지하게 하는 진단도구로 활용할 수 있다. 이는 ① 목적, ② 직급명, ③ 인적사항, ④ 능력구분, ⑤ 평가영역, ⑥ 평가문항, ⑦ 답변기재란, ⑧ 평가결과로 구성되고 각 부분은 Table 7과 같은 역할을 담당한다.

Table 7에서 핵심적 내용은 평가문항으로 볼 수 있다. 평가를 위해 영역별로 복수의 평가문항을 제시하고 결과를 종합하여 종사자의 직무 능력 현황 평가에 사용한다. 예를 들어 직업 기초능력 중에는 의사소통능력, 기술능

Table 8. 종사자의 직업기초능력 중 의사소통능력에 대한 평가도구

평가영역	평가문항	매우 미흡	미흡	보통	우수	매우 우수
의사소통능력	직장생활에서 필요한 문서를 읽고 내용을 이해할 수 있다.	①	②	③	④	⑤
	직장생활에서 목적과 상황에 적합한 아이디어와 정보를 전달할 수 있는 문서를 작성할 수 있다.	①	②	③	④	⑤
	다른 사람의 말을 주의 깊게 듣고 적절하게 반응 할 수 있다.	①	②	③	④	⑤
	목적과 상황에 맞는 말과 비언어적 행동을 통해 아이디어와 정보를 효과적으로 전달할 수 있다.	①	②	③	④	⑤

Table 9. 종사자의 시험 분석 영역 중 안전성시험하기에 대한 평가도구

평가 영역	평가 문항	매우 미흡	미흡	보통	우수	매우 우수
안전성시험하기	• 생체재료의 우수제조 및 품질관리기준 (GMP)에 근거하여 안정성 시험의 종류와 규격을 파악할 수 있다.	①	②	③	④	⑤
	• 생체재료의 우수제조 및 품질관리기준 (GMP)에 근거하여 안정성 시험 시료를 준비할 수 있다.	①	②	③	④	⑤
	• 생체재료의 우수제조 및 품질관리기준 (GMP)에 근거하여 시험된 성적서의 적합 유무를 판단할 수 있다.	①	②	③	④	⑤
	• 생체재료의 우수제조 및 품질관리기준 (GMP)에 근거하여 기술문서를 작성할 수 있다.	①	②	③	④	⑤

Table 10. 자가진단도구의 구성요소

구성 요소	세 부 내 용
번호체계	• 직업능력 자가진단도구를 분류하기 위하여 직업능력별로 부여된 번호
진단항목	• 진단하고자 하는 직업능력명
지시문	• 진단문항을 읽고 답변을 기재하는 방법에 대한 안내문
진단영역	• 진단하고자 하는 직업능력을 구성하는 하위영역과 세부영역
진단문항	• 근로자(응답자)의 지식이나 활동을 측정하기 위한 측정가능하고 구체적인 문항
답변기재란	• 근로자(응답자)가 진단문항을 읽고 자신의 상황이나 생각과 일치하는 정도에 직접 표기하는 부분
진단결과	• 기재한 답변을 합산하여 점수를 산출하고 해석

력, 정보능력, 직업윤리, 조직이해능력 등이 있다. 그중에서 의사소통 능력을 평가하기 위하여 Table 8과 같은 평가도구를 사용할 수 있다.

또한 종사자 직무능력 중 시험분석 영역은 물리화학적 시험하기, 성능시험하기, 생물학적시험하기, 안전성시험하기로 구성된다. 이중 안전성시험하기에 대해서도 Table 9와 같은 도구를 사용해 평가할 수 있다.

력을 스스로 비교·점검해 볼 수 있는 도구의 역할을 하며 Table 10과 같은 ① 번호체계, ② 진단항목, ③ 지시문, ④ 진단영역, ⑤ 진단문항, ⑥ 답변기재란, ⑦ 진단결과로 구성된다.

Table 10의 핵심은 진단문항으로 볼 수 있다. ‘하소하기’라는 업무 영역에 대해 종사자가 자가진단을 수행할 경우 Table 11을 활용할 수 있다.

4.3 자가진단도구

성공적 업무 수행에 요구되는 능력과 종사자 자신의 능

4.4 훈련기준

종사자에게는 직종별로, 또한 단계별로 체계적이고 효

Table 11. 종사자의 자가 진단 문항 시안

진단영역	진 단 문 항	매우 미흡	미흡	보통	우수	매우 우수
하소하기	1. 나는 제품생산에 필요한 원료의 하소처리를 위한 적합유무를 판단할 수 있다.	①	②	③	④	⑤
	2. 나는 원재료의 성적서를 파악하고, 하소처리 기준을 파악할 수 있다.	①	②	③	④	⑤
	3. 나는 로트별 원재료 분말의 특성을 파악하고, 하소공정 투입여부를 검토할 수 있다.	①	②	③	④	⑤
	4. 나는 원재료의 특성에 따라 하소처리 온도, 시간 및 분위기를 설정할 수 있다.	①	②	③	④	⑤

Table 12. 3수준 파인세라믹생산 종사자의 표준직무와 선택직무로서의 훈련내용

자격종목	훈련모듈		구분
	표준직무	명칭	
3수준(대리)	용융	배치설계하기	필수
		용융성형하기	
		결정화열처리하기	
		후가공하기	
	생체세라믹재료 소결	상압소결하기	선택
		가압소결하기	
		분위기소결하기	
		진공소결하기	

과적인 직업능력개발을 위한 훈련이 필요하다. 훈련의 목표, 교과내용 및 시설·장비와 교사 등에 대해서는 훈련기준(근로자 직업능력개발법 제38조)의 적용을 받는다. 훈련기준은 훈련의 목표, 교과목 및 그 내용, 시설 및 장비, 훈련기간 및 훈련시간, 훈련방법, 훈련교사 등으로 구성된다. 업무를 성공적으로 수행하는데 요구되는 능력과 종사자의 보유 능력을 비교·점검해 볼 수 있는 도구

가 ① 번호체계, ② 진단항목, ③ 지시문, ④ 진단영역, ⑤ 진단문항, ⑥ 답변기재란, ⑦ 진단결과로 구성되어 제시된다. 활용대상은 「근로자 직업능력개발법」에 따른 직업능력개발 훈련이나 기타 직업교육훈련이며 국가직무능력표준에 따라 제시한 능력단위별 훈련기준을 조합하여 훈련기준으로 활용한다. 파인세라믹생산의 경우 3수준(대리)에 해당하는 훈련내용은 표준직무와 선택직무로 구분하여 Table 12와 같이 규정하였다.

수준별, 그리고 과목별로 훈련 이수체계를 구성한다면 분야별로 Fig. 2와 같은 훈련단계를 규정할 수 있다.

4.5 출제기준

각종 자격시험에 활용하기 위해 출제기준(시안)으로 사용할 수 있다. 이는 국가기술자격법에 따른 국가기술자격, 개별법령에 따른 국가전문자격, 자격기본법에 따른 공인민간자격, 민간자격, 고용보험법에 따른 사업 내 자격에 적용될 수 있다. Table 13은 파인세라믹산업기사 자격증에 대한 평가 기준안이다.

6수준	임원				시험분석
5수준	부장차장	전기' 소결 설비관리	원료관리	생산관리	생체' 원부자재관리 생체' 품질관리 생체' 환경안전관리
		전기' 환경안전관리	결정성장	내열' 환경안전관리	
		전기' 원부자재관리	광학' 용융	내열' 혼합	
4수준	과장	전기' 성형	광학' 가공	내열' 성형	생체' 성형
		후처리	어닐링	내열' 소결	생체' 가공
		검사·조립	광학' 성형	내열' 품질관리	패키징
			광학' 품질관리		
3수준	대리	전기' 원료합성처리	광학' 혼합 포장	내열' 원부자재관리	생체' 소결 생체' 용융
2수준	주임				탈지
		직업기초능력			
수준	직종	전기전자재료제조	광학재료제조	내열구조재료제조	생체세라믹재료제조

Fig. 2. 직종 및 수준 별 훈련 단계 시안

Table 13. 파인세라믹산업기사 자격증에 대한 평가 기준안

능력단위	탈지	능력단위 수준	2
분류번호	1602010404-14v1		
능력단위 정의	탈지란 생체 세라믹재료의 제품 형상 제조를 위한 분말과 성형물에 존재하는 바인더를 제거하기 위해 하소, 용매추출 및 대기탈지 및 진공탈지 공정을 수행하는 능력이다.		
평가 방법	지필평가: 선택형, 단답형	시 간	5분
	실무평가: 수행평가	시 간	10분
평가 내용	능력단위 요소 (세부항목)	수행준거 (세세항목)	
	1602010404_14V1.1 하소하기	1.1 제품생산에 필요한 원료의 하소처리를 위한 적합유무를 판단할 수 있다. 1.2 원재료의 성적서를 파악하고, 하소처리 기준을 파악할 수 있다. 1.3 로트별 원재료 분말의 특성을 파악하고, 하소공정 투입여부를 검토할 수 있다. 1.4 원재료의 특성에 따라 하소처리 온도, 시간 및 분위기를 설정할 수 있다.	
	1602010404_14V1.2 용매추출하기	2.1 사출성형체에 존재하는 바인더 제거를 위한 진공탈지 적합유무를 판단할 수 있다. 2.2 바인더의 성적서를 파악 및 분석하고, 진공탈지 기준을 파악할 수 있다. 2.3 진공탈지 공정이 완료된 성형체의 탈지율을 측정하여 소결 공정의 투입여부를 검토할 수 있다. 2.4 바인더의 특성에 따라 진공탈지를 위한 진공탈지로의 온도와 시간 등을 설정할 수 있다. 2.5 진공탈지가 완료된 탈지체의 결합여부를 판단할 수 있다.	
	1602010404_14V1.3 진공탈지하기	3.1 사출성형체에 존재하는 바인더 제거를 위한 용매추출 적합유무를 판단할 수 있다. 3.2 바인더의 성적서를 파악 및 분석하고, 용매추출 기준을 파악할 수 있다. 3.3 용매추출 공정이 완료된 성형체의 용매추출율을 측정하여 열탈지공정의 투입여부를 검토할 수 있다. 3.4 바인더의 특성에 따라 용매추출을 위한 용매의 종류 및 용매추출 온도와 시간 등을 설정할 수 있다. 3.5 용매추출 공정이 완료된 용매체의 결합여부를 판단할 수 있다.	
	1602010404_14V1.4 대기탈지하기	4.1 사출성형체에 존재하는 바인더 제거를 위한 대기탈지 적합유무를 판단할 수 있다. 4.2 바인더의 성적서를 파악 및 분석하고, 대기탈지 기준을 파악할 수 있다. 4.3 대기탈지 공정이 완료된 성형체의 탈지율을 측정하여 소결 공정의 투입여부를 검토할 수 있다. 4.4 바인더의 특성에 따라 대기탈지를 위한 대기 탈지로의 온도와 시간 등을 설정할 수 있다. 4.5 대기탈지가 완료된 탈지체의 결합여부를 판단할 수 있다.	
관련 지식	<ul style="list-style-type: none"> - 원료분말의 화학적 특성에 대한 기초지식 - 원료분말의 물리적 특성에 대한 기초지식 - 하소처리를 위한 열처리로의 운용에 대한 지식 - 하소 공정조건에 대한 기초지식 - 하소처리 완료후 처리된 원료의 물리적 화학적 검사방법에 대한 기초지식 - 원료분말과 하소처리된 분말의 성적서 분석능력 - 관련 물질안전보건자료(MSDS)에 대한 이해 - 원료분말의 공급처 및 원료제조사에 대한 정보 - 바인더의 물리, 화학적 특성에 대한 기초지식 - 용매추출 공정을 위한 용매의 물성 및 화학적 성질에 대한 기초지식 		
평가시설 장비	<ul style="list-style-type: none"> - 대기탈지로 - 진공탈지로 - 용매추출기 - 컴프레서 - 탈취후드 - 전자저울 		

5. 국가직무능력표준과 학습모듈

NCS는 직무를 능력단위별로 정의하여 능력단위기술서를 수행준거, 지식, 기술로서 규정한 내용이다. 이에

NCS 능력단위를 바탕으로 교육 및 직업 훈련시에 활용할 수 있도록 구성된 교수학습 자료가 학습모듈이다. 따라서 NCS와 학습 모듈은 필요 능력 규정 부분과 필요 능력에 대한 학습 내용 제공 부분이 적합성을 가지도록 Fig. 3과 같이 구성되어 있다.

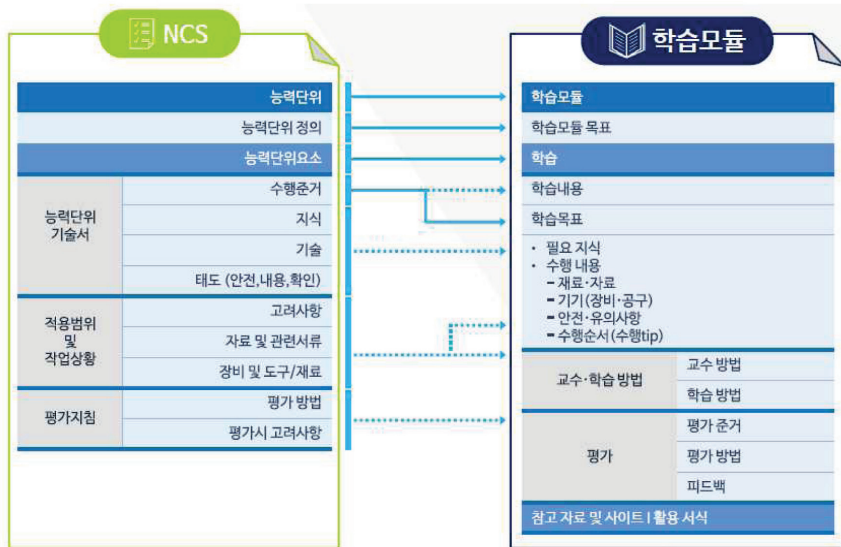


Fig. 3. NCS와 학습 모듈 정합성²⁾

아래에 현재 제작 중인 파인세라믹 중 생체재료 중에서 “용융” 능력단위에 포함되는 “생체활성 이해하기”를 위한 학습모듈의 일부를 소개하였다.

〈수행 내용 3〉 생체활성 이해하기

재료·자료

- An Introduction to Bioceramics Chapter 3~7, World Scientific 1999, Singapore

기기(장비·공구)

- Phosphated Buffer Solution, 의사체액 준비, 향온 향습기, 주사전자현미경, 표면코팅, FT-IR

안전·유의 사항

- 해당사항 없음

수행 순서

- 생체유리의 조성과 생체활성의 관계를 알아본다.
 - 생체유리에서 생체활성 표면층을 유도하는 성분의 필요성을 이해한다.
 - 생체유리의 수식산화물을 알아본다.
 - 생체유리의 망목산화물 종류를 알아본다.
 - 생체유리의 망목산화물과 자연골의 화학성분을 비교하고 공통원소를 찾아본다.

²⁾ 2016 NCS 학습모듈개발가이드

(다) 자연골과 비교해 생체유리에만 있는 원소가 있는지 알아본다.

(라) 생체유리가 자연골과 유사한 성분을 갖도록 하기 위해 첨가되는 원소가 수식산화물의 역할을 할 수 있는지 알아본다.

2. 표면을활성과 망목유지를 모두 만족시키는 조건을 알아본다.

(가) 망목 수식이온의 이온 반경 범위를 확인한다.

(나) 반지름이 작을수록 망목에 강하게 결합하는 이유를 토의한다.

(다) 이온의 원자기가 높을수록 망목의 빈자리에 강하게 결합하는 이유를 토의한다.

(라) 강하게 결합하는 망목수식이온일수록 유리의 형성에 기여하는 이유를 설명한다.

2. 표면활성과 망목유지를 모두 만족시키는 조건을 알아본다.

(1) 표면 활성 성분을 첨가한다.

(가) Bioglass와 소다석회유리의 성분을 비교하여 차이를 확인한다.

(나) Bioglass에만 있는 성분 및 함량을 알아본다.

(다) Bioglass에는 없고 소다석회유리에 있는 성

- 분을 확인한다.
- (라) 유리에서 P_2O_5 가 증가하고 SiO_2 가 감소할 때 특성 변화를 예측한다.
 - (마) Na_2O 가 수식 산화물로 첨가될 때 용점 및 용해도와 관련한 변화를 추정해 본다.
 - (바) Na_2O 와 CaO 가 함께 첨가할 때 유리의 용점 및 작업성에 대한 변화를 예측해 본다.
 - (사) Bioglass의 조성을 택했을 때 일반 유리와 비교해 용해도에서 어떤 변화가 나타날지 추정해 본다.
 - (아) 용해 후 재석출 과정에서 저결정성의 탄산 아파타이트 층이 생성될 경우 생체활성에 대해 어떤 변화가 나타날지 알아본다.
- (2) 생체 유리의 성분과 생체활성의 관계를 알아본다.
- (가) Bioglass의 구성성분 SiO_2 , CaO , Na_2O , P_2O_5 중에서 P_2O_5 의 함량은 2.6%로 고정하고 SiO_2 , CaO , Na_2O 의 삼성분계 상태도를 그려본다.
 - (나) 상태도에서 해당 조성이 보여주는 생체와의 반응 특징에 따라 영역을 구분해 본다.
 - (다) 뼈와의 결합이 일어나는 조성영역을 찾아본다.
 - (라) 활성이 너무 낮아 결합이 발생하지 않는 영역을 추정해 본다.
 - (마) 과도한 분해 속도로 인해 결합이 발생하지 않는 영역을 알아본다.
 - (바) 유리가 생성되지 않는 영역을 확인해 본다.
 - (사) 생체활성을 얻기 위해서는 SiO_2 , CaO , Na_2O 의 함량비를 면밀히 제어해야 함을 설명해 본다.
- (3) 생체활성영역의 조성을 약칭기호로 표현해 본다.
- (가) SiO_2 , CaO 와 Na_2O 성분 비율에 따라 Code 명으로 조성을 표현해 본다.
- (4) 생체활성의 발현과정을 학습한다.
- (가) 생체활성의 의미를 학습하여 정의해 본다.
 - (나) 생체활성의 발현에 핵심적 역할을 하는 세

- 포가 있는지 알아본다.
- (다) 조골 세포(Osteoblast)가 증식 및 이동하는데 유리한 조건이 무엇인지 알아본다.
 - (라) 조골세포의 부착에 중요한 역할을 하는 수용체에 대해 학습한다.
 - (마) 자연골과 인공아파타이트의 구성 성분을 찾아보고 비교한다.
 - (바) 자연골 중에서도 치밀골과 에나멜에서 유기물의 함량을 비교한다.
 - (사) 인공수산화아파타이트와 자연골을 Ca/P의 비율 및 탄산기의 함량에서 비교하고 차이점을 알아본다.
 - (아) 인공수산화아파타이트와 에나멜에서 CO_3^{2-} 이온의 함량 차이를 확인한다.
 - (자) 자가골 대체(autograft)가 무엇인지 알아보고 경조직 재생에 널리 사용되는 이유를 알아본다.
 - (차) 탄산기가 없는 수산화아파타이트도 용해 및 재석출 과정에서 표면에 탄산기를 가진 층이 생길 수 있는지 조사한다.
 - (카) 탄산 아파타이트 층과 조골세포의 활성 관계를 알아본다.
 - (타) 생체유리의 표면에서 용해 후 생체활성층의 출현 보고가 있는지 조사해 본다.
 - (파) Na_2O 및 CaO 의 함량 변화에 따라 용해도가 변화하여 생체활성이 나타나는 배경을 이해한다.

수행 tip

- 생체활성의 의미를 요약한다.
- 생체활성과 관련된 세포와 그 역할을 설명한다.
- 자연골과 인공골의 화학적, 구조적 차이를 설명한다.
- 경조직 재생 세포가 자연골에 잘 흡착하는 이유를 이해한다.
- 저결정 탄산아파타이트가 생체활성을 갖는 배경을 정리한다.
- 생체유리에 저결정성 아파타이트가 생길 수 있는 이유를 요약한다.

6. 요약

본 글에서는 업무 종사자에게 실무에서 필요한 지식을 효과적으로 공급하기 위한 목적으로 지식을 실무의 관점에서 작은 모듈로 분해한 뒤 표준화하여 수요자에게 제공하는 체계인 국가직무능력표준(National Competency Standards: NCS)을 소개하였다. 파인세라믹 분야에 대해 개발된 NCS의 구성을 간략히 소개하였으며 활용될 수 있는 분야를 알아보았다. 또한 NCS에 대해 정합성을 갖춘 지식 제공 체계인 학습모듈의 구성을 소개하였다. 이와 같은 NCS 및 학습모듈의 활용을 통하여 지식의 수

요와 공급에 대해서도 모듈화의 개념을 적용하고 필요한 지식이 효율적으로 유통되는 체계를 추구하였다.

◎◎ 오경식



- 1995년 : 서울대학교 무기재료공학 박사
- 1995년 ~ 1997년 : ESPCI(프) Post Doc.
- 1999년 ~ 2001년 : Pennsylvania State Univ.(미) Research Associate
- 2001년 ~ 2005년 : 세라믹기술원 선임연구원
- 2005년 ~ 현재 : 국립안동대학교 신소재공학부 교수