

요 약 문

1. 연구개요

1.1 배경 및 필요성

- 나노기술은 산업 전반에 걸쳐 응용되는 기반기술이자 융합기술로서 신산업·시장을 창출하는 지속적인 미래성장동력으로 주목받고 있음
- 나노융합산업은 유망 신산업으로 국가경제의 지속적 성장에 필요한 다양한 융합산업형태로 진화·발전
 - 세계 나노융합산업에 대한 시장은 대략 연평균 18% 수준으로 성장하고 있으며, 2020년에는 약 2.5조 달러 규모에 이를 것으로 전망
 - 2014년까지 일반제품의 4%, 전자 및 IT제품의 50%, 생명과학 제품의 16%가 나노기술 응용하고 1천만개 제조업 일자리 창출전망(Lux Research '04년)
 - 주요 글로벌 기업들은 나노기술을 차세대 성장 동력으로 채택하고 있고 나노기술에 대한 연구개발을 활발히 수행하고 있거나 사업화를 추진
 - Fortune 500대 기업 중 에너지 제조업 분야 기업의 50%가 나노기술을 채택(272개 중 135개 기업)하고 있는 것으로 조사
- 세계 나노기술개발 경쟁에서 선도적 위치를 차지하기 위해 인프라기관들의 효과적이고 실질적인 역할과 기능이 중요
- 기반적 성격이 강한 나노기술은 인프라 관점에서 접근해야 하며, 인프라를 통해 반도체, 생명공학, 바이오, 환경, 정보통신 등의 여러 분야에 활용 가능한 신개념의 융합기술 창출이 기대되는 분야임

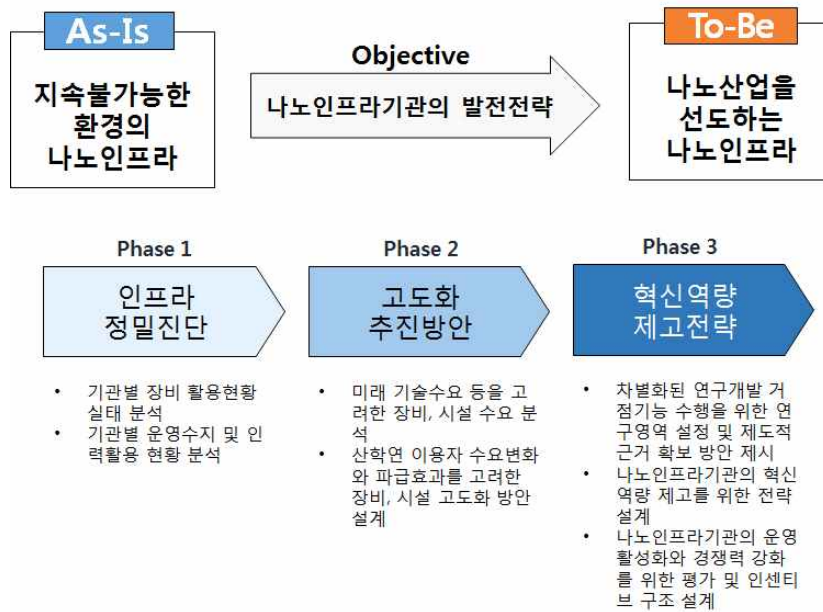
- 높은 기술 집약도를 요구하는 나노기술의 구현을 위해 필수 시설인 나노인프라 설비의 구축은 반드시 수반되어야 하며, 이를 통한 나노기술의 활성화로 기존 기술과의 융합화를 초래하여 경제적/기술적 파급효과를 통한 막대한 신규시장이 창출되는 결과를 얻을 수 있음

□ 나노기술이 국가의 산업경쟁력에 미치는 파급효과를 고려하여 나노인프라 기관이 설립되었으며, 미래를 대비하는 전략수립이 필요한 시기임

- 지난 10여간 나노인프라가 구축한 긍정·부정적 성과를 점검하고 미래 10년을 대비하는 지속가능한 전략을 수립할 필요가 있음
 - 나노 인프라 운영 활성화 및 서비스 고도화를 위한 전략 수립 필요
 - 개방형 운영 구조의 확대 및 나노인프라 연구개발 역량 강화 필요
 - 장비 노후화 및 기술환경 변화에 대응하기 위한 전략 수립 필요

1.2 연구목적 및 목표

- 본 연구는 정부의 거듭된 노력에도 불구하고 여전히 경영에 어려움을 겪고 있는 나노인프라기관들의 현황을 정밀하게 진단하여 기존의 개선책들이 실제 반영되지 않은 원인들을 파악하며, 미래지향적 발전방향을 현실에 맞게 제시하고자 함



<그림> 연구목표 및 연구 프로세스

1.3 기존연구와의 차별성

- 본 연구는 과거의 진단보고서들이 실제로 기관들의 운영에 어떻게 반영되었고, 기관들의 대응은 어떠했는지, 그동안 지적되었던 여러 가지 문제점들이 왜 개선되지 않고 있는지 정밀하게 진단하여, 실질적인 발전 전략을 제시하는데 목적이 있음
 - 기 수행된 연구들은 후속적으로 각 인프라 기관들의 운영에 활용하지 못한 문제점이 있었으므로 본 연구는 이를 방지하고 보다 실질적인 모니터링의 계기로 삼아야 함
 - 향후 나노분야의 수요는 지속적으로 증가할 것으로 예측되므로 인프라가 앞으로도 본래의 기능을 충실히 수행할 수 있도록 집중적으로 분석함
 - 발전방향은 수요자 중심에서 수익성과 공공성을 어떻게 달성해 나갈 것인지 새로운 임무를 부여하는 것이라 할 수 있음

- 수요자의 다양한 의견을 수렴하여 수요자 중심의 운영방법을 제시
- 과거대비 인력/장비에 관해 전수조사를 실시하여 역량분석 및 장비가동률을 구체적인 전략으로 제시
- 나노인프라 기능/역할의 명확한 수립을 통해 나노기술 및 산업발전의 목표를 달성하도록 전략 도출
- 나노인프라 기관 설립 10주년을 되돌아보며 향후 발전방안 분석

2. 국내·외 동향

2.1 나노인프라에 대한 주요국 동향

2.1.1 해외 정책동향

※ 『주요 선진국은 나노기술을 통한 첨단기술 개발, 산업경쟁력 강화 및 경제위기 극복을 위해 나노기술에 대한 투자 확대 및 상용화 정책을 추진 중』

- 주요 선진국은 2008년 글로벌 경제위기 이후 제조업 부흥을 장기 불황 타개, 신규 일자리 창출, 지속 경제발전의 돌파구로 재인식
 - 미국은 국가혁신, 첨단제조부활, 나노기술육성 정책간 종합적 연계 및 시너지 창출을 통해 지속가능한 경제발전을 이룩하는 청사진 공개
 - 유럽연합은 나노기술(NMP)을 ‘미래혁신을 위한 기술(KET)’ 중 하나로 설정하고 실질적인 가치창출로 지식기반 경제 구축 및 산업경쟁력 제고 추진
 - 6개 KET(나노기술, 바이오기술, 첨단재료, 광학, 제조, 마이크로/나노 소자) 연구 혁신을 통해 지식기반 경제 구축
- 나노기술의 상용화를 통해 사회적 문제 해결, 안전·안심 사회구축 등 국가 핵심산업의 발전을 전략적으로 추진
 - 미국은 나노분야 5대 국가핵심과제(NSI)를 집중 추진
 - ※ 5대 NSI : ①지속가능한 나노제조, ②차세대 전자제품, ③태양광 및 에너지, ④나노 지식인프라, ⑤나노센싱
- 유럽연합은 공공민간협력(PPP)을 통해 첨단기술 상용화를 위한 단일 파이프라인을 구축하고, 산업 및 글로벌 경쟁력 회복을 추진
 - ※ 3대 PPP 사업: ①미래의 공장(FoF, 제조업 부흥), ②고효율건축(EeB, 에너지 효율증대), ③그린카(GC, 저탄소운송수단 개발)

2.1.2 해외 나노인프라 현황

<표> 각 기관의 특성

구분	NNIN (미국)	ANC* (미국)	IMEC (벨기에)	MINATEC (프랑스)
소속	해당대학/NSF	SUNY** at Albany	독립	독립
재정원천	NSF/사용료	기업/주정부	기업/주정부	정부/기업
주요이용자	소속대학/외부학술 연구자	입주기업/소속대학	기업/소속연구자	기업/소속연구자/ 지역 전문가
정부와의 관계	- NSF를 통한 재정지원 - 일부 주정부의 지원 - 일부정부교육사업 연계지원	주정부의 지원 정부R&D와 연계	주정부의 지원 (초기 50%, 현재 17%)	정부 전담지원
목표	공공성, 학술연구지원	입주기업에게 최선의 서비스 제공	기업수요를 선도하는 연구	최첨단 연구시설과 더불어 숙련된 연구인력 지원
주요네트워크	14개 사이트 (대학내 인프라)	장비업체, 패키지업체의 연계촉진	IMEC 중심으로 기업을 연계	지역 기업
대학원교육과 의 연계	대학내에 위치	대학내에 위치	PhD 프로그램 운영 및 인근대학과 협력	자체 교육 프로그램 운영 (컨설팅 포함)

<표> 각 기관의 재정, 교육, 지원 프로그램 세부 내용 비교

항목		내용
재정 구조 안정	운영비 지원	<ul style="list-style-type: none"> - 인프라 시설 운영비에 대한 정부 보조 * NNIN : 약 30-40% 지원, ANC : NY 주정부 지원, IMEC : 약 20% 지원, MINATEC : 국가 지원(총 수입의 40%) - 건설비용은 주정부 및 재단 등에서 지원(NNIN, ANC, MINATEC)
	사용료 수입	<ul style="list-style-type: none"> - NNIN : 사용료는 경제적이나 정부지원금 수준의 사용료 수입 - ANC : 공용장비 사용료 수입 및 임대수입(입주기업) - IMEC : 기업과의 R&D협력, 교육훈련 등으로 전체 수입의 약 80% 창출 - MINATEC : 기업 및 계약자금을 통해 전체 수입의 약 60% 창출
인프라 시설 내 R&D 추진 주체	대학원 수준 연구 및 교육가능	<ul style="list-style-type: none"> - NNIN : 대학에 위치, 절반 이상이 해당 대학연구자로 구성 - ANC : SUNY-Albany의 나노과학기술대학과 밀접히 연계되어 있음 - IMEC : 자체 Ph.D 프로그램을 보유하고 있음 - MINATEC : 산업체 및 학생연구자 상주, 연구인력(약 1,200명) 보유
다양한 정부지 원 프로그 램	연구개발 사업의 참여 및 연계	<ul style="list-style-type: none"> - NNIN : 코넬대는 인프라를 토대로 NSF의 나노기술연구센터, 재료연구센터 사업과 연계 - ANC : NSF 및 에너지부의 연구센터 지원 사업/연구 개발사업에 참여 - IMEC : 유럽연합의 FP7 중 나노전자 분야에서 주도적인 역할 수행 - MINATEC : 9개의 연구플랫폼을 구성, 지역 전문가와 융합연구 추진
기타	교육활동 지원	<ul style="list-style-type: none"> - 나노기술에 대한 일반적인 교육을 위해 초중고 및 지역사회에서 수행 - 대학생/대학원생들에 대한 기술교육에 중점을 두고 있으며, 특히 NSF의 경우 독립적인 프로젝트를 통해 지원하고 있음
	홍보	<ul style="list-style-type: none"> - 인프라 시설 홍보를 통해 관련 기업으로부터 장비 기부 - 최신장비의 성능을 홍보하는 목적으로 저렴한 가격에 장비 구매

2.2 한국 나노인프라 현황

2.2.1 국내 정책동향

- 2013년도 국가나노기술발전 시행계획은 기초·원천연구 강화 및 기존 연구성과의 사업화 발굴 가속화, 부처 및 학연산간 협력 및 연계 강화를 통한 성과확산 시너지화, 나노기술의 사회적·윤리적 책무성 강화, 나노인프라의 활용성 극대화 및 운영 효율화, 창조경제 실현을 뒷받침하기 위한 정책 및 제도개선 추진 등을 기본 방향으로 하고 있음
 - 이에 따른 6개 중점 추진과제는 △나노기술기반 융합신산업 창출 및 산업경쟁력 제고, △글로벌 경쟁력 기반 제공을 위한 기초·원천연구 개발 강화 및 인력양성 추진, △나노기술의 사회적·윤리적 책무성 강화, △나노기술에 특화된 전문인력 양성 추진, △나노인프라의 활용성 극대화 및 운영 효율화 추진, △창조경제 실현을 뒷받침하기 위한 정책 및 제도개선으로 구성되어 있음
 - 정부는 2013년도 나노기술 분야에 전년 대비 88.2% 증가한 총 5,245억 원을 투자할 계획이며 부처별로는 미래창조과학부가 33%(1,733억원), 산업통상자원부 502억(10%), 환경부 143억(3%) 순임
 - 부문별로는 연구개발이 4,692억원(98.5%), 인프라 210억(4%), 인력양성 344억(6.6%) 순임

□ 기초원천과 상용화를 연계하는 ‘나노융합 2020사업’

- ‘나노융합 2020사업단’은 상용화 기술 수요조사와 사업 공고, 평가 등을 거쳐 사업 첫 해 과제로 나노유연소자, 고효율에너지변환 등의 분야에서 총 10개 과제를 선정
 - 선정된 10개 과제는 일상 생활용품에서부터 차세대 스마트 전자기기의 핵심부품까지 나노기술 기반의 다양한 제품과 분야를 포괄하고 있으며 3년 이내 상용화 가능한 과제

2.2.2 국내 나노인프라 현황

○ 나노인프라 현황

- 국내 6개 나노인프라의 총 구축비는 7,505억원으로, 미래부 소관 2개 인프라는 4,491억원(정부 1,661억원, 지자체 및 민간 2,830억원), 산업부 소관 4개 인프라는 3,014억원(정부 1,140억원, 지자체 및 민간 1,879억원)이 투입됨

〈표〉 나노인프라 현황

소관	기관명(지역)	특화분야	사업비	기관형태	비고
미래창조과학부	나노종합기술원(대전)	실리콘계 CMOS 일괄공정	총 2,876억 -정부 1,180 -지자체 280, 민간 1,416	KAIST 부설기관	독립채산제
	한국나노기술원(경기)	화합물반도체 일괄공정, 에피기술센터, 차세대반도체	총 1,615억 -정부 481, -지자체 981,민간 153	독립재단법인	
산업통상자원부	나노융합기술원(포항)	차세대반도체, 디스플레이(OLED), 나노소재	총 1,129억 -정부 425 -지자체 203, 민간 501	POSTECH 부설기관	非독립채산제
	나노기술 집적센터(전북)	차세대 디스플레이, 패턴링, 유연·인쇄전자	총 747억 -정부 236 -지자체 343, 민간 168	KETI 조직일부	
	나노기술 집적센터(광주)	광, 에너지 / 디스플레이	총 795억 -정부 261 -지자체 109, 민간 425	KITECH 조직일부	
	나노융합 실용화센터(대구)	나노기술응용 복합소재 및 부품기술	총 343억 -정부 218 -지자체 122, 민간 8	대구TP 조직일부	

* 기관약자 - NNFC(나노종합기술원), KANC(한국나노기술원), NINT(나노융합기술원)

- 국내인프라는 철저한 사전수요조사에 따른 단계적 설립이 아니고 동시다발로 설립을 시작하였고('02년 NNFC, '03년 KANC, '04년 산업부 4개 인프라), 결과적으로 초기 장비구축 시 기술수요를 반영한 순차적 구축이 이루어지지 못함
- 당초 정부계획안은 종합팹(NNFC)을 구축·운영 후 단계적으로 특화팹

(KANC)을 설립하는 것임

- 하지만 미래부는 종합팹을 설립 후 일년 만에 특화팹을 설립하였고, 산업부도 산학연의 수요가 반영되지 않은 채로 3개의 집적센터 및 실용화센터를 설립하여 전반적인 공급과잉 문제를 초래

〈표〉 연도별 장비구축 현황

기관	구분 / 년도	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	계
NNFC	대수	110	33	21	11	19	11	17	11	1	234
	금액(억원)	546	137	52	62	84	52	79	14	0.8	1,027
KANC	대수	118	37	29	-	20	3	6	4	4	221
	금액(억원)	345	69	131.7	-	29.6	12.1	3.3	9.1	26.2	626
NINT	대수	5	37	36	36	28	-	15	3	-	160
	금액(억원)	6	49	156	102	22	-	502	6	-	843

* 고정자산대장 기준 분류(기증장비 포함, 시설/전산장비 등 제외)

- 우수한 하드웨어(연구장비 및 시설)을 기반으로 지속적으로 산학연 연구자들의 수요를 충족시키기 위해서는 이들에게 장비 활용 제공이외에 관련 분야 기술컨설팅부터 불량분석까지 토탈서비스를 제공해야 하나, 인력구성상 절대 부족하고, 연구지원 전문인력 정원을 재정상 이용자 요구증대에 부응할 수준으로 증대하기 어려움

〈표〉 인력현황(2014년 4월 기준)

기관	구분	인원(명)			평균근무 (근속)경력	
		정규직	비정규직	소계	정규직	비정규직
NNFC	연구기술직	60	72	132	7.5	1.7
	행정직	12	12	24	7.6	1.8
	합계 / 평균	72	84	156	7.5	1.8
KANC	연구직	1.36	5	41	5.8	2
	기술직	9	1	10	7.3	9
	행정직	15	3	18	7.5	3.3
	합계 / 평균	60	9	69	7	4.8
NINT	연구직	32	-	32	4.5	-
	기술직	4	-	4	2.1	-
	행정직	7	-	7	3.3	-
	합계 / 평균	43	-	43	3.7	-

□ (구축당시) 정부 기본방침 및 운영방향 - 미래부

〈표〉 나노인프라 기능 및 역할 변화 요약

기관	구축당시 기능 및 역할	현재 기능 및 역할	변경 사유
NNFC	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공정서비스 제공 ○ 인력양성 ○ 연구성과 산업화 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공정서비스 제공 ○ 인력양성 ○ 연구성과 산업화 ○ 유관기관 협력기반 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유관기관과 협력기반 구축을 통한 선진 기술 및 시스템 벤치마킹 ○ 협력 기반을 통한 공동 연구 촉진
KANC	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구장비 및 시설 공동 활용과 연구성과 실용화 ○ 전문인력양성 ○ 기업의 창업지원 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 구축당시 기능 및 역할 포함 ○ 산학연 화합물반도체분야의 연구개발의 거점 역할 수행 강화 ○ 에피기술센터 구축 ○ 창업지원 기능 강화 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 보다 수준 높은 문제해결형 서비스 기능을 강화하고 창조경제 시대 창의적 지식생산의 거점 기능 수행
NINT	<ul style="list-style-type: none"> ○ 산학연 나노기술관련 서비스 체계 개발, 제공 ○ 교육훈련 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 나노기술 산업화 전문지원기관 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기업지원 기술개발과, 인력양성 등의 나노융합기술 토탈솔루션 개발

□ 지원예산 및 운영현황

- 연도별 미래부 및 산업부 지원현황을 보면 구축사업 종료 후 나노인프라는 간접지원 형태(인프라 측면: 선행공정, 인력양성, 상용화 플랫폼 이용자 측면 : 나노팜활용지원사업)로 꾸준히 지원을 받았으며, 2014년부터는 나노종합기술원이 직접지원 형태의 기관고유 목적사업비(공정고도화)를 받고 있음

<표> 미래부 및 산업부 지원사업 (2009년 ~2014년)

(단위 : 억원)

구분		'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	계
기관명	사업명														
NNFC	장비구축	250	250	150	137	65	92	47	67	65.5	65.5	-	-	-	1,189
	인력양성	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3.6	3.6	3.6	3.6	17.4
	선행공정	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	5	15
	나노팜활용 지원사업	-	-	-	-	-	-	-	4.9	4.5	4.5	4.5	4.4	5	27.8
	기관고유 목적사업비	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	30
	소 계	250	250	150	137	65	92	47	71.9	73	73.6	13.1	13	43.6	1,279.2
KANC	장비구축	-	100	100	130	90	61	-	-	-	-	-	-	-	481
	인력양성	-	-	-	-	-	-	-	-	4	3.6	3.6	3.6	3.6	18.4
	선행공정	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	5	15
	나노팜활용 지원사업	-	-	-	-	-	-	-	4.1	4.5	4.5	4.5	4.7	4.5	26.8
	소 계	-	100	100	130	90	61	-	4.1	8.5	8.1	13.1	13.3	13.1	541.2
NINT	장비구축	-	-	-	49	109	118	67	81	-	-	-	-	-	424
	인력양성	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	7	15
	상용화 플랫폼	-	-	-	-	-	-	-	-	13	12	12	12	12	61
	소 계	-	-	-	49	109	118	67	81	13	12	16	16	19	500

* 자체구축 및 지자체 등 지원비 제외

- 각 인프라 기관별 현황을 연구장비 대수, 정규직 인력 및 예산을 통하여 살펴보면 나노종합기술원, 한국나노기술원, 나노융합기술원 순으로 나노종합기술원과 한국나노기술원 대비 나노융합기술원의 규모가 상대적으로 취약

<표> 기관별 운영현황 (2014년 기준)

구분	NNFC	KANC	NINT
연구장비 대수(금액)	234(1,027억원)	221(626억원)	160(843억원)

정규직 인력	72명	60명	43명
예산	303억원	231억원	125억원

* 고정자산대장 기준 분류

2.2.3 나노인프라 추진성과 및 시사점

□ 나노인프라 추진성과

○ 주요 활용성과 분석

- 팹활용 이용건수 및 수입에서 나노종합기술원(111,563건, 674억원)이 한국나노기술원(67,892건, 367.2억원), 나노융합기술원(58,812건, 190억원)대비 활성화되어 있으나, 전문인력양성 및 기술개발/특허 건수에서는 한국나노기술원이 가장 우위를 나타냄

<표> 2007년~2013년 누적활용성과

구분	NNFC	KANC	NINT
나노팹 활용건수	111,563건	67,892건	58,812건
나노팹 활용수입	674억 원	367.2억 원	190억 원
전문인력양성	1,253명	5,862명	1,018명
핵심공정(소자) 기술개발건수	52건	97건	6건
특허(논문)	32(199)건	25(70)건	50(198)건

○ 이용성과에 따른 공공성 분석

- 하단의 이용건수 및 이용자수는 나노인프라의 공공성을 나타내는 지표이며, 나노인프라는 이용자들이 의해 매우 효과적으로 운영되고 있음을 알 수 있음
- 2013년 3개 인프라의 이용건수는 총 42,918건(118건/일 지원)으로 나노인프라는 공공성에 의한 Open Access 기관으로 자리매김 하고 있음
- 매년 이용건수 및 이용자수는 지속적인 공공성이 확대되는 성장을 가

져왔으나, 2013년부터 장비의 추가적인 도입이 이루어지고 있지 않아 향후는 포화상태에 이를 것으로 판단됨(이용건수 기준 2012년은 전년 대비 9.2% 증가했으나, 2013년은 전년 대비 0.8% 감소)

- 따라서 지속적인 공공성 확보를 위하여 추가적인 장비도입이 이루어져야 지속적인 이용자 확대, 공공성의 역할 증대가 기대됨

〈표〉 나노인프라 이용건수

(단위 : 건, 명)

구 분		'07년	'08년	'09년	'10년	'11년	'12년	'13년	비고
NNFC	이용건수	12,119	13,687	15,109	14,233	16,937	19,544	19,934	
	이용자수	산 2,789(중 1,510, 대 1,279), 학 3,524, 연 1,278							
KANC	이용건수	5,485	7,734	10,099	10,237	11,132	11,516	11,689	
	이용자수	산 3,198(중 2,558, 대 640), 학 678, 연 224							
NINT	이용건수	1,431	4,117	7,689	10,519	11,547	12,214	11,295	
	이용자수	산 560(중 458, 대 102), 학 1,875, 연 239							

* 중복은 '1' 로 산정, NNIT는 이용자는 2010~2013년까지 합계

○ 장비가동률에 따른 수익성 분석

- 나노인프라는 이용자수의 확대, 장비가동률이 높아지면 상대적으로 공공성은 높아지지만, 운영에 따른 소요예산이 확대되어 경영수지는 악화되는 현상이 초래
- 가동률은 이용수입과 비례하는 특징이 있으나, 가동률은 소요비용과의 분석에 의해 가동률 50~60%가 경영적 측면의 운영한계가 발생함
- 장비가동률 70%이상을 달성하기 위해서는 이용자의 직접사용 등으로 비용감소 효과를 기대하는 방향으로 운영이 필요함
- 나노인프라의 장비가동률의 확대에 따라 장비이용료 수입도 증대되지만, 향후 포화될 것으로 판단됨
- 또한, 지속적인 가동률 확대, 장비이용료 수입확대를 위해서 추가적인 장비도입이 이루어져야 지속적인 장비이용료 수입확대, 장비가동률의 증대가 기대됨

〈표〉 나노인프라 장비가동률

(단위 : %, 억원)

구 분		'07년	'08년	'09년	'10년	'11년	'12년	'13년	비고
NNFC	가동률	41.5	50.5	55.9	53.6	54.5	57.4	54.1	
	이용수입	53	74	80	104	107	125	131	
KANC	가동률	23	33.3	43.5	52.8	57.1	59	60.8	
	이용수입	24.1	30.1	46.2	59.3	66.9	68.4	72.2	
NINT	가동률	29.9	22.1	25.4	50.1	55.7	55.5	64.4	
	이용수입	2.6	9.9	15.3	28.4	38.7	43.3	51.8	

□ 나노인프라 활용도에 따른 시사점

- 2013년 기준으로 각 나노인프라별 활용도가 포화상태로 성장한계점 도달하였으며, 나노인프라의 기술축적 미흡과 나노산업시장의 변화 등으로 이용자 수요에 대응하지 못함
- 향후 인프라가 우수한 연구장비 및 시설을 기반으로 지속적으로 산학연 연구자들의 수요를 충족시키기 위해서는 이들에게 장비활용 제공 이외에 지식 파급효과를 제공해야 하는데 단기적으로는 인력구성과 재정상 자체적으로 이용자 요구수준 부응은 어려움
- 나노인프라 자체 연구역량 제고와 연구조직 연계성 강화추진
 - 인프라의 자체 연구역량 제고 없이는 R&D 서비스 수준 향상, 신규 R&D 서비스 개발 등이 이루어지지 않고, 단순 측정, 분석 역할 수행만 반복하며, 이는 대규모 투자가 이루어진 집적 시설의 효용성을 저하시키는 결과 초래
 - 인프라 자체 연구조직 확대를 유도하되, 기존 기초·원천기술 수행 연구개발 조직과의 충돌을 회피하기 위해 공정기술 관련 R&D에 집중하도록 추진

- 아울러 나노기술개발촉진법 제11조(연구시설 등의 확충)상 나노팹의 미션인 ①연구장비 및 시설의 공동활용, ②전문인력의 양성, ③연구성과의 실용화, ④기업의 창업지원 중 그동안 별다른 지표와 성과가 없는 인프라 기반의 기출창업 집중지원으로 소수 스타기업 육성 등 특화된 모델로 기관별 대표성과 창출 필요

〈그림〉 1인 나노분야 창조기업 지원센터, 나노융합 시니어 기술창업 플라자 등(한국나노기술원)

기술 창업 전주기 지원	기술개발관점 성 공	기술개발 각 단계별 성공지원 (아이디어-실험-실체화-상품화)	기존 정부 및 지자체 창업지원 집중 부문 + 향후 인프라 기반 개방형 강소기업 육성 플랫폼 구축
	사업화 관점 성 공	매출 발생 정도가 아닌 순이익 발생지원(기업수명 관점)	
	강소기업 관점 성 공	누적비용과 이에 대한 기회비용을 상쇄할 충분한 수익창출 지원	

□ 나노인프라 기능 및 역할에 따른 시사점

- 미래 연구 트렌드를 선도하기 위한 연구장비 지원서비스 대응역량은 부족
 - 미래수요를 예측한 지속적인 선행공정 개발을 위해 맞춤형 공정개발에 대한 정부의 지원책 확대가 시급
- 일몰형 정부지원으로 설립 당시의 목적과 기능의 지속적인 유지 곤란
 - 2012년 이후 순차적으로 정부지원이 중단되어 당초 계획대로 인프라 기능이 유지되기 어려운 현실(자립화 및 공공성 요구의 딜레마)
 - 자립화 요구 : 자립을 강조하면 공공성 유지 곤란(수익에 집중)
 - 공공성 요구 : 공공성을 강조하면 자립곤란 및 서비스의 질적저하
 - ※ 국내외 공공인프라 기관 중 자립화를 성공한 사례는 없음
 - 지속적인 형태의 지원프로그램을 통해 설립 목적에 맞는 공공서비스를 제공할 수 있도록 정부의 지원대책이 필요
- 당초 설립 목적에 따라 기관이 운영되고 있으며, 구축단계 활용단계를

거쳐 기관별 지원 서비스의 특성화 및 다양화가 추진되고 있음

- 정부 정책에 따라 기업지원 확대, 선행공정 개발, 공동연구 등을 수행

- 기술변화의 트렌드에 따라서 각 기관별 고도화 전략에 따라 기존 공정 및 서비스의 개선과 선행공정 개발 등의 노력이 병행

※ 구축당시(최근) 주요 서비스 기술은 별첨

- 그간 각 기관별 자율적으로 기술변화에 대응해 왔으나 최근 미래부-산업부 공동 나노융합확산협력전략을 마련하여 부처간 협력을 통해 기능강화를 모색

- 향후 나노인프라는 산학연의 연구개발의 긴밀한 협조체계 구축과 거점역할 수행을 위해 ‘나노기술전문연구소 지정’ 추진 필요

3. 나노인프라 현황진단

3.1 진단결과 종합

<표> 나노인프라 종합진단 결과 요약

분석범위	분석지표	진단결과
양질의 서비스	장비·시설 인프라	<ul style="list-style-type: none"> - 수요자의 요구나 산업 환경에 대응된 투자가 이루어지지 못함 - 부분적 반도체의 일괄공정 라인의 장비는 산학연의 R&D에 적합하지 않음 - 향후 중소기업 등의 추가 수요가 있는 8인치 장비를 일부 추가 구축할 필요성 있음
	인력현황	<ul style="list-style-type: none"> - 인력규모의 비대칭으로 고비용구조 형성 - 다양한 수요대응을 위한 지식이나 경험 부족 - 그간 축적된 공정기술 등 노하우의 경쟁력이 높지 않음, 즉 현재 이용자들에게 제공되는 서비스는 단순측정·분석·공정개발 위주로

분석범위	분석지표	진단결과
		되어 있어 질 좋은 서비스 제공과 나아가 창의적 지식생산의 거점기능을 수행에 취약함
	제공서비스 수준 (장비이용, 가동률, 산학연 이용, 수요창출 역량 등)	<ul style="list-style-type: none"> - 가동률은 초기보다 많이 개선되었으나, 외국의 유관 Fab(가동률 80%)보다는 미흡 - 향후 공공서비스 강화를 위해 대기업보다 중소기업의 다품종소량 공정 등에 우선순위를 부여할 필요성 있음 - 신규 수요창출 역량의 한계, 향후 기술컨설팅 등 고부가가치 서비스 제공 역량 강화 필요
	고객만족도	<ul style="list-style-type: none"> - 가격, 품질, 납기 등에 모두 불만사항이 많고, 특히 공공서비스 정신이 미흡함 - 서비스가 안 되는 공정이 많아 외국의 유사기관을 이용하는 경우가 있음
정부정책 부합성	정부투자(지원금)	<ul style="list-style-type: none"> - 정부는 그간 장비 및 시설을 구축하였고, 다양한 프로그램에 의해 운영유지비를 지원함 - 인프라는 모든 기술개발 투자에서 일순위로 투자되고 있으나, 나노인프라는 동시 다발적으로 지역별로 설립되어, 전국적 6개 인프라는 수요에 비해 너무 많은 편임 * 향후 수도권, 중남부권의 각각 1개로 구조 조정하는 것이 적절
	정부정책부합	<ul style="list-style-type: none"> - 나노인프라는 융합산업 발전과 나노산업 발전에 기여함 - 향후 산학연의 국가 R&D 수행을 위해서 나노인프라의 지원은 필요하므로, 나노인프라는 나노기술개발촉진법, 나노기술종합발전계획, 국가나노기술지도 상의 정책(방향)과 부합성을 높여 나가야 함
	기관정체성	<ul style="list-style-type: none"> - 초기 NNIN 모델로 공공성을 목적으로 하였으나, 수익성을 추구하면서 정체성이 모호함 - 나노인프라는 한 차원 진보된 산학연의 긴밀한 협조체제와 공공서비스를 제공하기 위해서는 독립성과 자율성을 확보해야 함 - 아울러 나노기술개발촉진법 제11조상의 정부구축과 운영이라는 거버넌스 체계 확립

분석범위	분석지표	진단결과
나노기술 산업발전 기여도	연구개발 및 상용화기반	<p>필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 나노인프라 자체적 연구개발과 상용화 실적은 미진 - 산학연의 국가 R&D 수행에 많은 도움이 되었으나, 연구결과의 상용화 등에는 미흡함 - 따라서 향후 산학연의 연구개발과 상용화 기반을 확대하기 위해서는 공용인프라로서의 역할을 확대해야 함 * 공용인프라 비중을 산출하여 정부지원과 평가기준으로 활용 필요
	산학연 파급효과와 매출기여도	<ul style="list-style-type: none"> - 대학연구자의 나노팹시설활용지원사업(미래부)을 통해 연구소외계층인 신진, 여성, 정부과제 없는 지방대 연구자 등의 학술지원에 핵심적 역할 수행 - 현재 산학연의 협력체제 구축은 미흡하나, 인프라의 중소기업 매출 기여가 큼
	전문인력양성	<ul style="list-style-type: none"> - 전문인력 양성규모는 크나, 산업체와 연계 측면은 미흡 - 향후 더욱 현장중심의 고급 및 전문인력양성과 산업연수프로그램으로 지속가능한 인력양성과 일자리 창출시스템 구축필요
재무건전성	이용수가	<ul style="list-style-type: none"> - 이용수가가 원가대비 55% 정도이므로 재무건전성 측면에서 문제가 발생할 수 있음 - 감가상각비를 포함한 원가수준보다는 낮게 형성되어 있음에도 불구하고, 고비용 구조로 인하여 외국 유관기관에 비해 비싼 편이라는 의견이 있음
	최근 3년간 예산수지	<ul style="list-style-type: none"> - 장비노후화와 인프라기관의 특성상 유지보수비 증가로 인하여 운영유지비가 증가 - 자본적 지출(장비 및 시설부문)로 인하여 자체수입의 예산수지는 마이너스 수준임
	최근 3년간 재무제표	<ul style="list-style-type: none"> - 인프라 기관의 특성상 대규모 감가상각비로 인하여 당기순이익은 마이너스 수준임 - 감가상각비를 제외한 free cash flow은 플러스

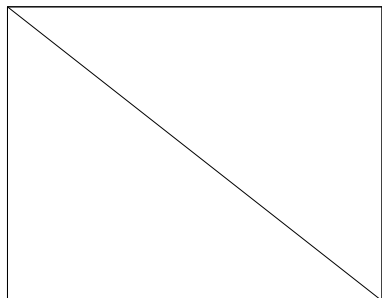
분석범위	분석지표	진단결과
		수준이며, 자산 및 부채수준은 양호함

3.4 진단결과 종합 및 SWOT 분석

- SWOT 분석에 따른 전략방향 도출

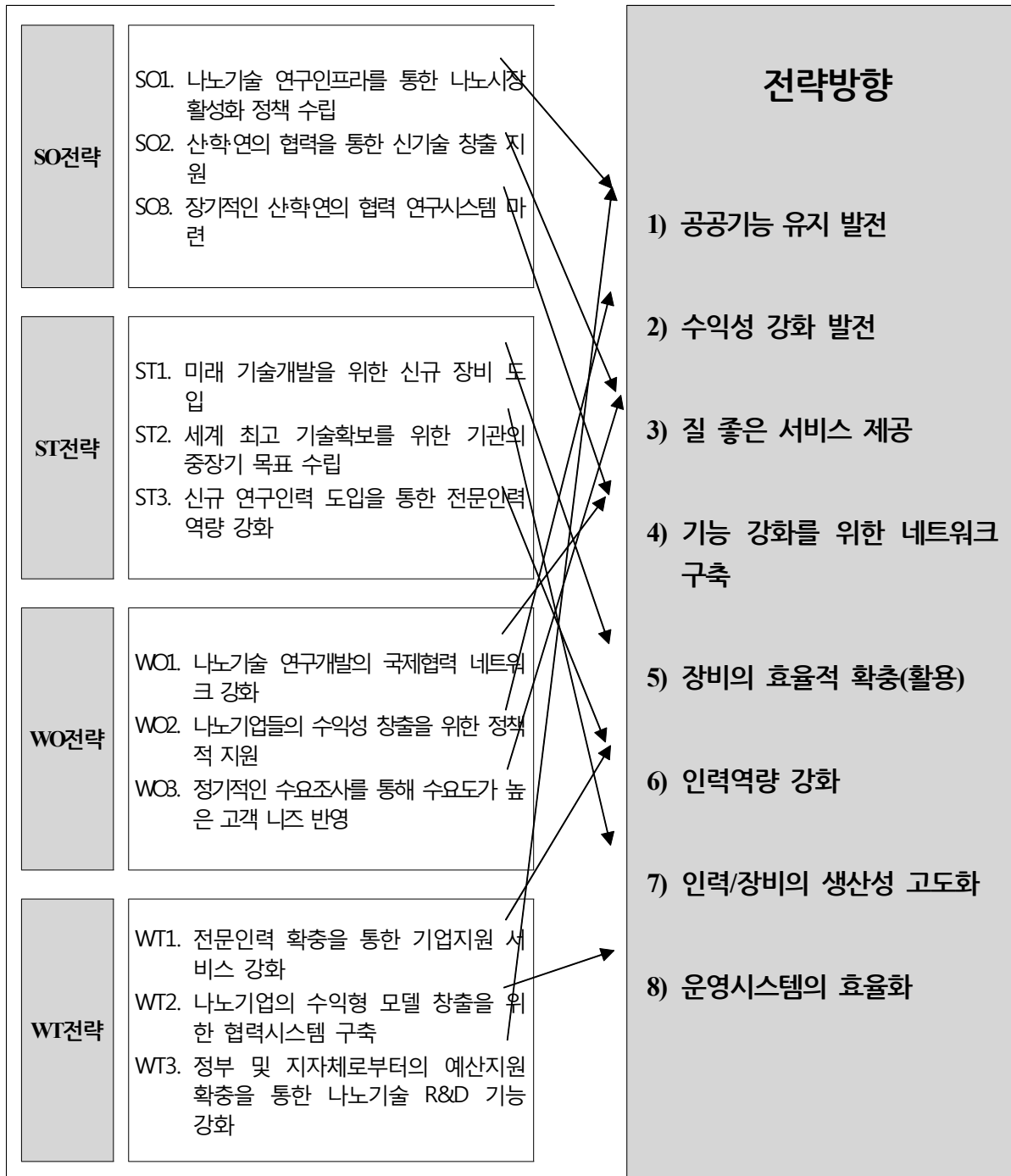
□ 전략적 추진방향

- 나노인프라기관의 내부역량 진단과 해외유사기관 벤치마킹, 미래기술발전 전망 등을 통해 강점과 약점, 기회와 위협 요인을 도출하여 SWOT Matrix를 작성함

	<p style="text-align: center;">강점(S)</p> <p>S1. 나노기술 인프라 첨단시설 확보</p> <p>S2. 나노인프라의 공공성 확보</p> <p>S3. 국가차원의 정책 수립</p> <p>S4. 산·학·연의 허브 역할</p>	<p style="text-align: center;">약점(W)</p> <p>W1. 기관의 경영상의 어려움 발생</p> <p>W2. 장비의 노후화</p> <p>W3. 기관의 정체성 혼란</p> <p>W4. 내부 전문인력 역량 부족</p>
	<p style="text-align: center;">기회 (O)</p> <p>O1. 이용실적의 지속적인 증가</p> <p>O2. 세계 선두권 수준의 나노기술 확보</p> <p>O3. 나노기술 국내 연구인력의 증가</p>	<p style="text-align: center;">SO 전략 (강점과 기회를 이용해 시너지 창출)</p> <p>SO1. 나노기술 연구인프라를 통한 나노시장 활성화 정책 수립</p> <p>SO2. 산학연의 협력을 통한 신기술 창출 지원</p> <p>SO3. 장기적인 산학연의 협력 연구시스템 마련</p>
<p style="text-align: center;">위협 (T)</p> <p>T1. 타 국가 나노인프라기관 대비 협력 국제네트워크 부족</p> <p>T2. 국내 나노기업들의 영세화로 인한 수입 창출 기반 약화</p> <p>T3. 이용자들의 서비스에 대한 불만 요인 발생</p>	<p style="text-align: center;">ST 전략 (강점을 활용해 위기를 최소화)</p> <p>ST1. 나노기술 연구개발의 국제협력 네트워크 강화</p> <p>ST2. 나노기업들의 수익성 창출을 위한 정책적 지원 수립</p> <p>ST3. 정기적인 수요조사를 통해 수요가 높은 고객니즈 반영</p>	<p style="text-align: center;">WT 전략 (약점과 위협요인 극복)</p> <p>WT1. 전문인력 확충을 통한 기업지원서비스 강화</p> <p>WT2. 나노기업의 수익형 모델 창출을 위한 협력시스템 구축</p> <p>WT3. 정부 및 지자체로부터의 예산지원 확충을 통한 나노기술 R&D 기능 강화</p>

[그림] SWOT 매트릭스

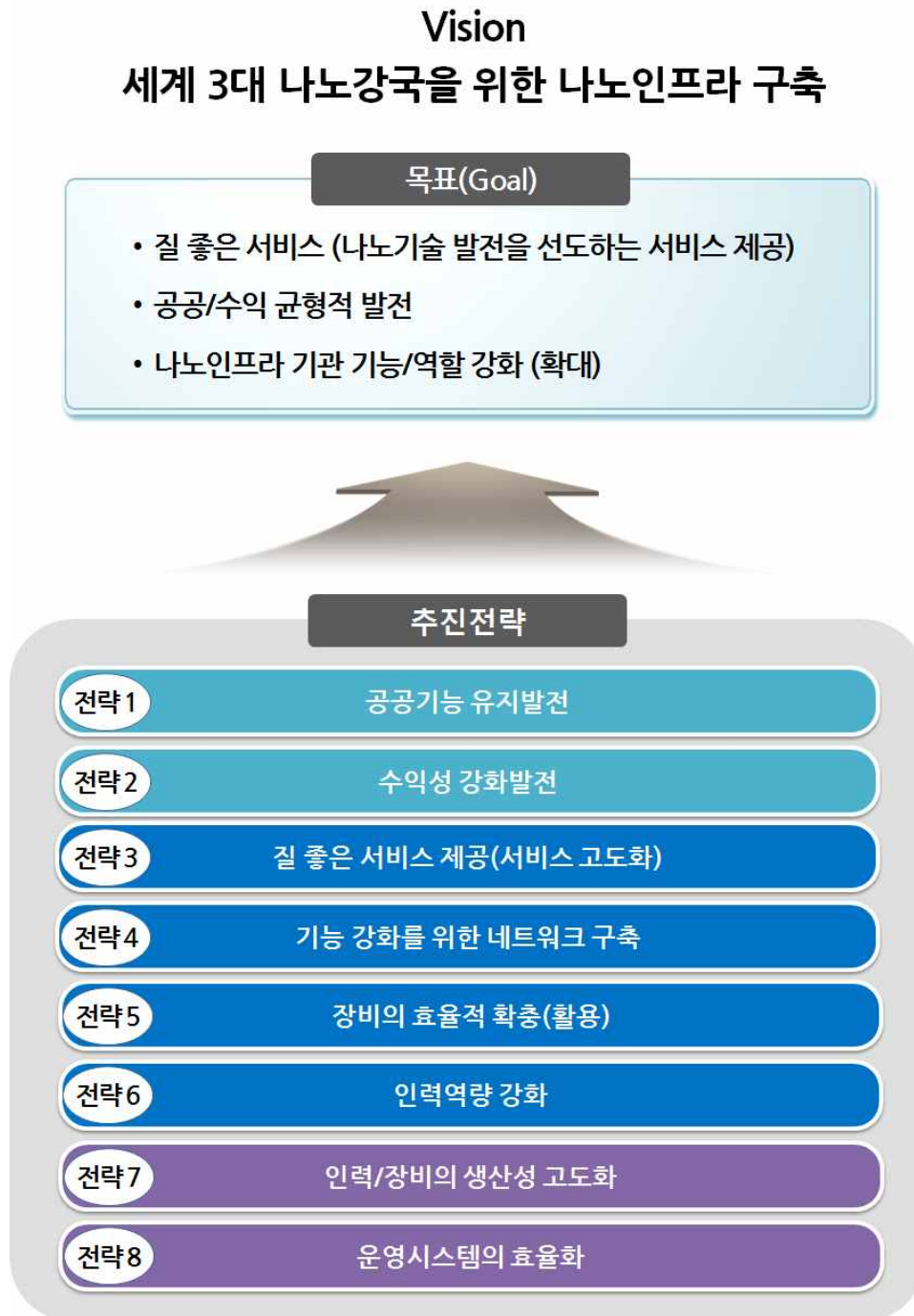
○ SWOT 분석에 따른 전략방향 도출



<그림> SWOT 분석을 통한 전략방향 도출

4. 나노인프라 발전방안

4.1 비전 및 목표



〈그림〉 비전 및 추진전략

4.2 추진전략별 세부계획

4.2.1 추진전략 및 체계

- 추진전략의 기본 골자를 수요자가 요구하는 인프라 구축과 운영에 두고자 함. 즉 장비구축, 새로운 기능부여, 질 좋은 서비스 제공을 위한 제도·조직·운영 등은 수요자의 요구와 정부정책에 의해 시기와 방법을 결정하는 것이 적절함
- 추진전략의 우선순위도 수요자의 요구에 의해 질 좋은 서비스가 우선 선행되어야 하고 이를 위해 공공기능, 수익기능 균형이 필수적이나, 구축 및 운영을 시작한지 10여년이 지났기 때문에 일정부분 수익성에 좀더 비중을 두는 것이 적절함
- 아울러 본장은 전장의 진단에서 도출된 문제점을 해결하는 방향을 제시하는데, 목적이 있고 구체적인 안을 필요시 세부 기획이 요구됨
- 추진전략은 아래와 같이 질 좋은 서비스, 공공/수익 균형적 발전, 나노인프라 기관 기능 및 역할 강화를 위하여 8개 분야의 중점추진과제와 18개 세부추진과제로 도출됨

〈표〉 나노인프라 발전을 위한 추진전략별 추진과제

중점추진과제	번호	세부 추진과제
1. 공공기능 유지발전	1-1	공공서비스의 정부지원 확대유지
	1-2	공통서비스 체계화
2. 수익기능 유지발전	2-1	특화서비스와 플랫폼 서비스로 나노클러스터 구축
	2-2	인프라 기반 연구역량 강화 및 창업허브 구축

3. 질 좋은 서비스 제공(서비스 고도화)	3-1	선행·심화공정기술개발을 통한 공통·특화서비스 체계화
	3-2	기술컨설팅 서비스 제공을 위한 역량 강화
4. 기능 강화를 위한 네트워크 구축	4-1	나노인프라 발전을 위한 기능강화 모델 제시
	4-2	이해 관계자간의 연계강화
5. 장비의 효율적 확충(활용)	5-1	선행·심화기술 지원 장비 구축
	5-2	퇴출장비의 효율적 활용
	5-3	개방형 서비스 강화(NNIN 모델)
6. 인력 역량 강화	6-1	선행심화공정기술 확보와 operator 교육
7. 인력/장비의 생산성 고도화	7-1	장비성능 활용 극대화(재배치 포함)
	7-2	operator 생산성 고도화를 위한 제도 확립
	7-3	서비스 마케팅 강화
8. 운영시스템의 효율화	8-1	주기적 고객 만족도 평가 수행
	8-2	선순환 모델 확립을 위한 고부가가치 공정기술 확보
	8-3	경영합리화를 통한 자구노력방안 수립

4.2.3 세부추진과제의 우선순위별 전략

□ 기관별 특화목표 정립

- 나노인프라 기관이 나노기술 상용화라는 기술혁신을 위한 필요조건이지만, 국외 나노기술 기관들은 공공성 또는 수익성의 기관 특성을 세우고 그 역할을 수행중임
 - 우리나라는 특성상 공공성/수익성을 하나 정해서 추진할 수 없으며, 기관에 따라서 비율을 적절히 조절해야 할 것임
 - 비율을 조절하는 기준은 인프라 기관의 주변환경 또는 수요자의 요구에 따라서 비율을 정해야 할 것임
- 세부추진전략별 우선순위를 논의하기 전에, 기관별 특화분야의 목표를 설정하여 각 기관의 성격을 명확히 한 후 공통적으로 적용이 가능한 세부전략을 단계적으로 추진해야 함
 - ※ 단계적 추진은 장비/인력의 재배치, 신규 시스템/장비 구축(서비스 체계화, 고도화) 등을 말함

<표 12> 기관별 특화분야 제언

기관명 (위치)	As-is		To-be		수요자 요구	기관특성
	공공	수익	공공	수익		
나노종합 기술원 (대전)	○	△	●	△	- 출연연구소 및 대학, 연구기관 등의 요구가 많음 - 지리적 이점으로 인해 기업의 요구도 존재	- 실리콘 베이스 반도체 - 일반적 연구지원
한국나노 기술원 (경기)	△	○	●	△	- 나노관련 기업 다수	- Epi 위주의 화합물 반도체
나노융합 기술원 (포항)	-	○	-	●	- 연구기관 다수	- 전력용 반도체 - 측정

○ : 강함, △ : 보통, ● : 매우 강함

□ 공통추진 우선순위

- 기관의 특성이 정립되면, 공공/수익성의 균형에 따른 인력/장비 재배치, 장비 확충 등이 후속적으로 이루어져야 함
 - 본 연구의 우선순위는 시급성 위주로 선정할 수 있으며 다음과 같이 제안함

<표 13> 중점추진과제별 우선순위 제언

중점추진과제	번호	우선순위	세부 추진과제
1. 공공기능 유지발전	1-1	순차적	공공서비스의 정부지원 확대유지
	1-2	우선적	공통서비스 체계화
2. 수익기능 유지발전	2-1	순차적(기관별)	특화서비스와 플랫폼 서비스로 나노클러스터 구축
	2-2	순차적(기관별)	인프라 기반 연구역량 강화 및 창업허브 구축
3. 질 좋은 서비스 제공(서비스 고도화)	3-1	우선적(시급)	선행·심화공정기술개발을 통한 공통·특화서비스 체계화
	3-2	순차적	기술컨설팅 서비스 제공을 위한 역량 강화
4. 기능 강화를 위한 네트워크 구축	4-1	순차적	나노인프라 발전을 위한 기능강화 모델 제시
	4-2	우선적	이해 관계자간의 연계강화
5. 장비의 효율적 확충(활용)	5-1	순차적	선행·심화기술 지원 장비 구축
	5-2	우선적(7-1과 연계)	퇴출장비의 효율적 활용
	5-3	우선적(시급)	open lab 형태의 개방형 서비스 강화(NNIN 모델)
6. 인력 역량 강화	6-1	우선적	선행·심화공정기술 확보와 operator 교육
7. 인력/장비의 생산성 고도화	7-1	우선적(5-2와 연계)	장비성능 활용 극대화(재배치 포함)
	7-2	우선적	operator 생산성 고도화를 위한 제도 확립
	7-3	우선적	서비스 마케팅 강화
8. 운영시스템의 효율화	8-1	지속적	주기적 고객 만족도 평가 수행
	8-2	순차적	선순환 모델 확립을 위한 고부가가치 공정기술 확보
	8-3	지속적	경영합리화를 통한 자구노력방안 수립

※ 선행기술 및 심화공정 기술개발의 달성은 자연스럽게 질 좋은 서비스로 연계 가능

5. 맺음말

- 본 연구는 미래부 나노인프라 기관의 운영현황을 정밀진단하고, 장비, 시설 고도화 사업 추진방안을 도출하였으며, 기술, 산업, 정책 환경변화에 대응하는 나노인프라기관의 역할 설정 및 혁신역량 제고 방안을 도

출함

- 기관별 최신 데이터를 확보하여 인력 및 장비, 운영수지에 대해 정확한 분석을 수행하였음
- 기관별로 장비 및 만족도 조사를 수행하여 미래 기술 수요 및 장비수요, 산학연 이용자 수요변화를 예측하였음
- 나노분야 현황 및 기관 데이터, 이용자 수요를 반영하여 기존 기획보고서들과 차별화된 전략 및 경쟁력 강화 방안을 정리하였음

○ 본 연구의 메시지는 다음과 같이 정리할 수 있음

- (기본정신) 나노인프라는 공공기능과 수익기능을 균형있게 추구해야 하며, 수요자중심으로 장비구축과 서비스를 제공해야 함
 - 기능 및 역할은 수요자의 요구와 정부의 정책에 따라 시기와 방법을 결정하며, 우선적으로 질 좋은 서비스를 하여 수요층을 넓히고 고부가가치 서비스를 하기위한 자체역량을 강화하는 것이 필요함
- (공공서비스 중요성) 나노인프라는 현재 공용인프라로서 공공서비스에 따른 정확한 정부지원 비율과 평가기준이 부재하고, 아울러 이해관계자의 인식차이로 공공서비스의 중요성이 반감되고, 결과적으로 공공성이 훼손되고 있으므로, 향후 공공서비스 제공에 따른 정부지원 확대유지와 평가기준 설정이 필요함
- (질 좋은 서비스 추구) 나노인프라는 수요자 중심으로 선행 및 심화공정을 개발하여 공통 및 특화서비스로 체계화하고, 궁극적으로 플랫폼화하여 질 좋은 서비스 제공해야 함
 - 이에 따른 조직은 대외적으로는 질 좋은 서비스를 제공하는 공공성/수익성 균형발전 단계에서는 네트워크를 통한 협력관계를 유지하고 특성화가 단계에서는 나노인프라기관을 하나의 조직체로 운영하는 것도 고려할 필요가 있음
 - 또한 내부에서는 공통적인 측정·평가와 특화 서비스를 주로 하는 조직으로 이원화하기 위한 준비를 하여 특성화가 실현되는 단계에서는 이원화하는 것도 필요함
- (개방형 연구환경) 나노인프라는 Open lab 기반의 산학연 연구협력센터(산학연 미션연구소) 등 개방형 場을 만들어 노하우 축적해야 함

※ 모든 장비를 일반수요자들에게 개방하여 자유롭게 사용할 수 있도록 시스템 구축

필요

- (장비확충의 방향) 나노인프라는 향후 장비확충 시 공공기능과 수익기능에 따라 수요자 수요를 반영하여 선행 및 심화공정과 플랫폼에 필요한 기반으로 구축해야 함
- (역량강화) 나노인프라는 구축된 장비를 효율적으로 이용하고 성능을 극대화하기 위해 Operator의 능력을 제고하고, 특성에 따른 선행·심화공정 역량을 강화해야 함
 - 새로운 나노산업 기술 개척을 위한 심화, 선행 공정 기술개발이 필요
 - 더불어 각 나노인프라 기관마다 특화분야 플랫폼을 만들어 수익성을 높이고 기관의 특화된 분야의 전문성 확보가 필요함
 - 나노종합기술원과 한국나노기술원은 공공서비스와 특화서비스 기능을 모두 유지하고, 나노융합기술원은 최소한의 공통적인 서비스와 플랫폼 기능을 갖는 독립기관으로 발전하는 방향이 고려되어야 함
- (새로운 기능부여) 나노인프라는 연구시설지원기관에서 새로운 기능을 확대할 수 있으나, 수요자의 요구와 인프라의 역량을 고려해야 하므로 단계적으로 추진해야 하며, 나노기술전문연구소도 동일한 관점에서 접근해야 함
 - 나노기술전문연구소는 수요의 측면에서 시급성과 필요성에 대한 의견이 분분하여 당장 지정하거나 설립하는 것은 불필요하며, 이해관계자들과 충분한 공감대를 조성하면서 단계적으로 추진하는 것을 권장함
- 본 연구는 주관연구책임자가 다양한 이해관계가 얽힌 연구주제를 풀기 위해 나노분야 각 이해당사자들을 직접 면담하며 나노인프라 발전방안에 대한 아이디어를 수집하고, 또한 본 연구의 내용을 전달하면서 이해를 돕는 등 협의가능한 교집합을 도출하였다는 점에 의의가 있으며, 각 세부전략은 향후 구체적인 추진을 위한 프로토타입 시나리오가 될 것으로 봄