

글로벌프런티어사업  
1단계 실적 및 2단계 기획 보고서

2015. 7.

바이오나노헬스가드연구단



## < 목 차 >

<b>I. 사업개요</b> .....	<b>1</b>
1-1. 사업 개요 .....	1
1-2. 국내외 기술개발 현황(대내외 환경변화) .....	5
1-3. 연구 목표 .....	13
1-4. 연구개발 추진체계 .....	30
 <b>II. 1단계 연구단 실적</b> .....	 <b>37</b>
2-1. 연구목표 달성도 .....	37
2-2. 사업추진체계 및 세부과제 구성 .....	55
2-3. 연구수행 내용 및 결과 .....	56
2-4. 연구결과 활용 계획 및 파급효과 .....	90
 <b>III. 2단계 연구단 추진계획</b> .....	 <b>92</b>
3-1. 2단계 연구목표 .....	92
3-2. 세부과제 구성 .....	115
3-3. 사업 추진 및 연구단 운영관리 전략 .....	116
 <b>IV. 1단계 연구성과 자체평가 결과</b> .....	 <b>120</b>

# I. 사업 개요

## 1-1. 사업 개요

### ○ 배경

- 새로운 감염원인체나 돌연변이의 지속적 출현에 의해 인류생존이 위협을 받게 되고, 경제적인 피해에 대한 사회적 인식과 우려가 지속적으로 증가
  - \* 1997년 이후 반복적으로 발병되고 있는 조류독감(고병원성 H5N1), 2009년 발병하여 진화를 계속하고 있는 신종플루, 2010년 대대적으로 발병한 구제역과 같이 다양한 감염질환이 지속적이고 다발적으로 발생
  - \* 대표적 사례로 2009년 발병한 신종플루 H1N1을 들 수 있는데, 이로 인해 전 세계적으로 250 ~ 300억 달러에 달하는 경제적 피해가 발생
- 건강하고 안전한 미래사회 구현을 위하여 국가 재난형 바이오 유해물질의 신속한 현장 검출 및 모니터링 기술개발이 새로운 이슈로 등장
  - \* 국가 재난형 바이오 유해물질 : 신·변종 바이러스, 슈퍼 박테리아, 바이오 독소 등
- ☞ 전 세계 바이오 유해물질 진단 및 모니터링 시장은 연평균 12.5%의 증가율을 가지고 2013년 약 900억 달러에서 2016년 약 1,300억 달러로 성장할 것으로 예상

### ○ 필요성

- H-GUARD를 통해 국가 재난형 질병에 대한 조기 검출 시스템을 구축하여 안전한 미래사회 구축
  - 세계적으로 막대한 피해를 일으키고 있는 국가 재난형 질병이나 신종, 재출현 바이러스, 박테리아 등에 의한 미확인 질병 등을 조기에 검출, 확인이 가능한 H-GUARD 시스템을 구축하여 사회적 피해를 최소화하고 국민건강 증진과 그로 인한 행복한 삶의 영위에 실질적으로 기여
- H-GUARD와 관련된 신개념 원천기술 개발 및 사업화를 통해 글로벌 시장을 선점하고 신산업 창출
  - BT, IT, NT의 융·복합 연구 개발을 통해 H-GUARD 구축을 위한 창조 원천기술 및 지적 재산을 확보하고, 이를 사업화와 연계하는 “Platform Technology to Business Development”에 중점을 두어 국제적으로 경쟁력이 있는 기술 및 시스템의 확보와 글로벌 시장 개척

- 본 사업의 성공적 수행을 통해 다양한 분야로의 사업화를 이루어 기초 원천 연구에서부터 실용화에 이르는 연구개발 모델의 성공적인 방향을 제시

#### ○ 사업 목표

- 신·변종 바이러스, 슈퍼박테리아 등과 같은 국가 재난형 바이오 유해물질의 모니터링, 검출 및 조기진단을 위한 세계적 원천기술 개발과 이를 통합한 H-GUARD 시스템 구축

#### \* 헬스가드(H-GUARD)란?

(Health - Global Ubiquitous Autonomous Rapid Detection)

- 바이오 유해물질의 포집-전처리-검출-신호전송이 가능한 실시간 연동형 통합 시스템 및 네트워크
- 중요성과 시급성에 따라 언제든지 새로운 표적물질에 확대 적용이 가능하며 대중교통, 공공장소, 가정, 휴대용 등 모든 장소에서 설치 및 가동 가능

#### ○ 연구개발의 내용 및 범위

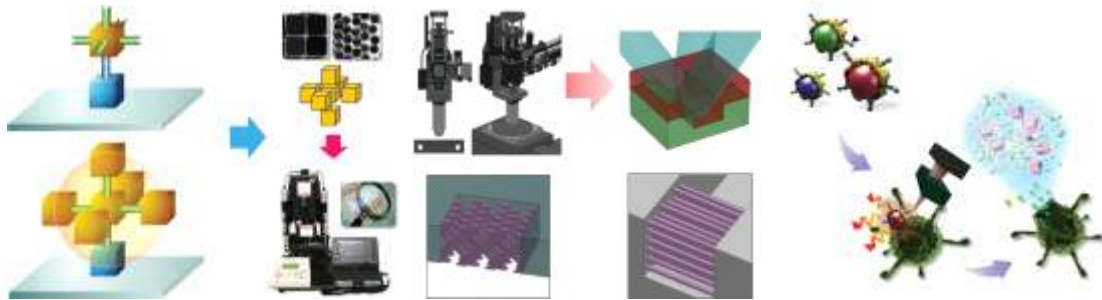
- 단계별 연구개발 내용 및 범위

: 3D 나노 구조체 제작기술(핵심1), 바이오 콘텐츠 발굴·설계·가공 기술(핵심2), 샘플 포집 및 전처리 기술, BT·NT 인터페이싱 기술, 실시간 연동형 센싱 시스템 기술(핵심3) 분야 등의 융·복합 연구를 추진



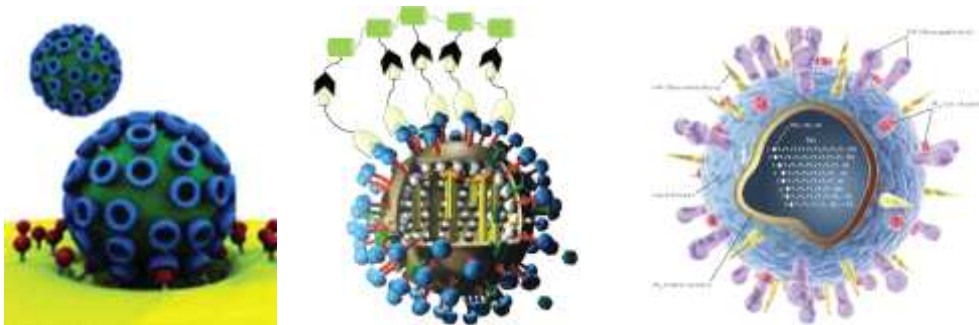
- (핵심과제 1) 나노헬스가드용 3D 나노-마이크로 구조체 제작 및 응용

- 바이오 유해물질(신·변종 바이러스, 슈퍼박테리아 등) 탐지 속도 및 감도를 획기적으로 향상시키는 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 개발 및 양산화·대면적화 원천기술 개발
- \* 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 : 수십 nm~수  $\mu$ m 크기의 구조체에 수 nm~수십 nm 크기의 기능성 바이오 소재 및 나노소재가 결합된 3차원 구조체로써, 광학적/전기적/전기화학적/물리적 검출이 계층적으로 가능



- (핵심과제 2) 유해물질 바이오 콘텐츠 예측·가공 및 헬스가드 시스템 적용 기술 개발

- 바이러스 항원 및 유사 바이러스와 같은 유해물질 특이적 바이오 콘텐츠를 발굴 및 가공하고, 바이오 인포매틱스(Bio Informatics)를 이용한 신·변종 바이러스의 발생 예측기술, BT/NT 인터페이싱 기술 개발
- \* 바이오인포매틱스 : 생물학 연구에 의해 생성된 데이터를 컴퓨터로 분석·정리·응용하는 기술



- (핵심과제 3) 3D 구조체 기반 실시간 연동형 전처리-센싱 통합 시스템 개발

- 탐지된 바이오 유해물질을 현장에서 신속하게 판단할 수 있는 실시간 연동형 전처리 기술과 고속 검출기술 개발
- \* 전처리 : 공기중의 유해물질을 포집/분류/고농축하여 적은 양으로도 높은 감지효율을 갖기 위한 처리 기술



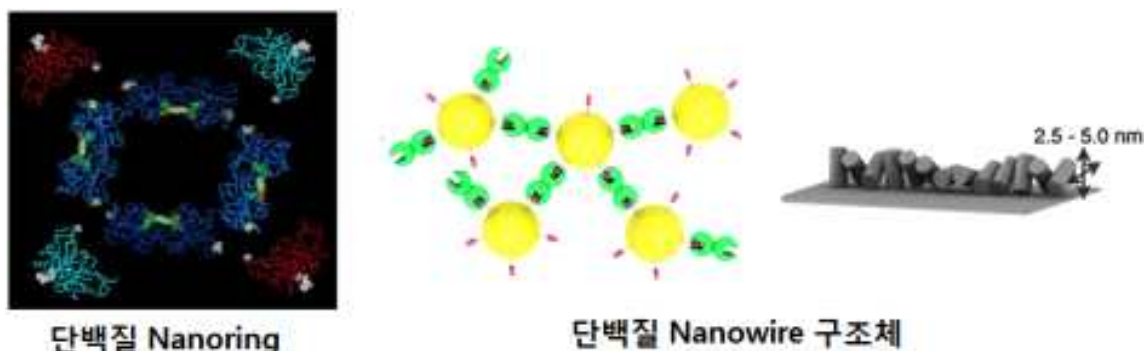


## 1-2. 국내외 기술개발 현황

- 최근 전 세계적으로 조류 인플루엔자, 신종 코로나 바이러스 등 인체의 감염이 우려되는 질병에 대한 관심이 높아지면서 이를 신속, 정확하게 조기 진단하려는 바이오센서 기술의 개발이 활발하게 진행되고 있음
- 현재 가장 많이 조류 인플루엔자 진단을 위하여 이용되는 시스템은 항원-항체반응을 이용한 시스템으로 AIPCON Biotech CO., Ltd, Secure Detect Co., Ltd, Shenzhen Lvshiyuan Biotechnology Co., Ltd 등 많은 회사들이 이러한 시스템을 이용한 제품을 생산 판매 중이다. PCR을 이용한 시스템은 SARS를 진단하는데 사용되면서 그 효용성을 입증하였으며, 조류 인플루엔자의 경우도 마찬가지로 효율적 진단을 할 수 있을 것으로 예상됨
- 바이러스나 박테리아와 같은 바이오 유해물질 특이 결합 인터페이싱 기술의 개발은 아직까지 미미한 상태이다. 특히 감염성 바이러스와 같은 바이오 유해물질의 경우 PCR이나 ELISA 형태의 분석법에 의존하고 있으며 유해물질의 컨텐츠 확보의 어려움으로 인해 특이적 인터페이싱 연구의 제한을 보임
- 최근 항체 기반의 다양한 검출시스템의 한계를 극복하기 위하여 새로운 종류의 리셉터의 개발이 이루어지고 있으며, 항체와는 다른 형태의 결합 리셉터의 개발이 중심을 이루고 있음
- 특히 유럽 Ablynx사는 기존의 항체에 비해 10배 이상 작은 크기에 더욱더 높은 안정성을 보이는 Nanobody를 개발하여 다양한 임상실험에 적용하고 있다. 역시 유럽 스위스의 제약회사인 Molecular Partners의 경우 scaffold 단백질인 DARPins을 이용하여 새로운 단백질 신약 플랫폼을 개발하고 있다. 그러나 이러한 Nanobody 혹은 DARPins등의 새로운 단백질 리셉터를 이용한 대부분은 연구는 신약 개발에 집중되어 있으며 고 안정성의 결합체를 이용한 검출시스템의 개발은 아직 미미함
- 다양한 생체분자를 이용한 초분자체 개발은 나노크기의 구조체로 많은 종류의 functional 그룹 도입이 가능하고 일정한 크기와 모양의 구조체를 제작할 수 있는 가능성이 있어 많은 주목을 받아옴
- 그러나 펩타이드나 DNA를 이용한 나노조립체 연구에 비해 단백질을 이용한 연구는 단백질의 복잡성으로 인해 상대적으로 어려움을 보이고 있다. 최근 일본의 Hayashi 그룹이나 미국 Wagner 그룹 등에서 단백질 조립체를



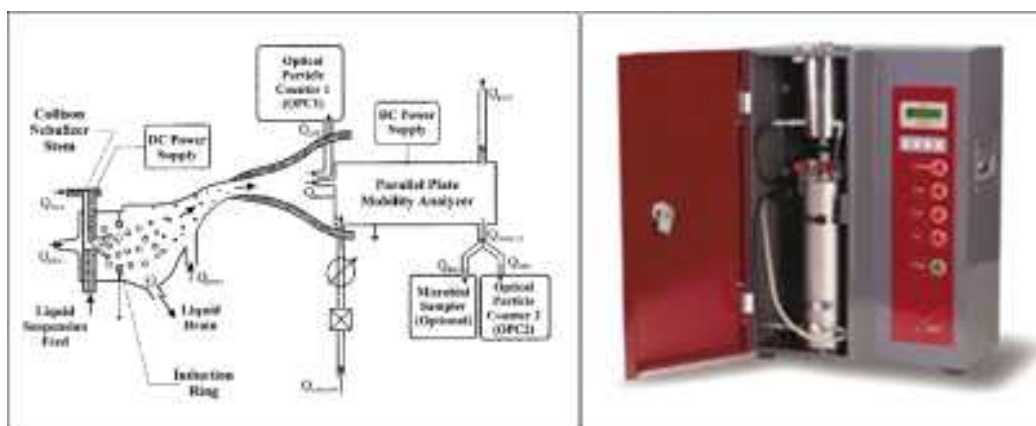
이용한 초분자체를 발표하였으며, Nanoring이나 나노와이어 등의 형태를 개발하였다. 그러나 이러한 구조체 제작은 매우 복잡한 단계를 요구하며, 특히 다중 결합체로써 이용에는 아직 많은 한계를 보이고 있음



< 그림 > 단백질 초분자 구조체

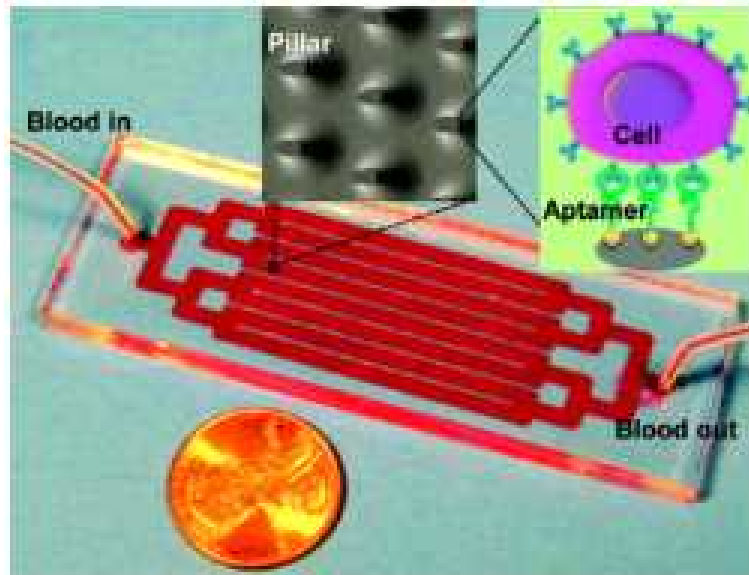
- 검출에 앞서 다양한 대기 중의 병원체의 포집에 관한 연구도 중요하게 진행되어 왔는데 기관 상에 항원-항체 반응을 이용한 방법 (Nanogen社, 미국), Assay 스테이션을 사용한 포집 (NTU Ventures社, 싱가포르) 등으로 연구가 진행되고 있음
- 신종 플루나 슈퍼 바이러스와 같은 감염성 질병의 경우 임상적 처치와 예후 확인을 위해서 sub-type 확인이 필요하므로 다중 타겟의 동시 검출이 필수적이다. 이를 구현하기 위해서 sub-type별로 반응하는 항체가 부착된 마이크로입자에 형광물질 (Luminex社, 미국) 혹은 홀로그램 (Illumina社, 미국)으로 바코딩한 뒤, 시료와 반응을 하는 방식으로 연구가 진행되고 있음
- 시료와 반응 후 마이크로 입자에 검출된 타겟은 ELISA로 검출하며, 동시에 레이저를 사용하여 바코딩된 신호를 판별하여 sub-type 별로 타겟 검출이 가능하나, 검출방법이 ELISA 기반이므로 민감도가 낮으며, 다종의 레이저가 필요하여 장비 구성이 복잡한 문제가 있음
- 핵산기반 기술을 이용한 감염성 병원균 및 바이러스를 측정하기 위해서는 적은 에너지로 신속하게 세포 내부 물질의 변형을 줄이고 높은 효율로 핵산을 추출하는 기술이 필요함 세포를 용해하기 위해서는 mechanical method, chemical method, laser lysis, sonication, thermal lysis, electroporation lysis 등의 여러 가지 방법이 개발됨
- Alza는 E-TRANS라는 electrophoration을 이용한 제품을 개발하고 있으며, 2003년 Carlo group에서는 날카로운 나노구조체를 이용하여 세포를 통과시켜 세포를 용해시키는 방법을 새롭게 개발하여 제품화를 위해 노력 중

- 이 밖에도 532 nm의 YAG 레이저 마이크로빔을 이용해 단일 세포를 용해시키는 방법이 고안되고 있다. 그러나 레이저 빔과 세포와의 반응이 완전히 이해되지 않은 상황에서 레이저에 의한 세포와의 물리화학적, 열적 반응의 연구가 진행 중임
- 미국의 Nanosphere사는 분자 질병 진단 시장의 새로운 플랫폼으로 Verigene System을 개발하였다. 이는 Northwestern University의 Dr. Robert Letsinger와 Dr. Chad Mirkin 연구실에서 개발된 기술 이전을 바탕으로 하는데, 환자의 DNA 및 RNA의 핵산과 생체 내 여러 가지 단백질을 다중 검출할 수 있음
- 글로벌 기업인 Life Technology사는 나노 실리카 비드를 이용한 검출 방법인 SOLiD 시리즈를 개발하였다. 이는 Emulsion PCR 과정 이후의 Ligation을 사용한 시퀀싱 방법으로 염기 서열을 검출 및 분석할 수 있게 함
- 미국 CDC-NIOSH, University of Cincinnati에서는 하전량에 따른 공기부유 박테리아와 일반 먼지의 거동차이에 관하여 연구를 진행하였고 핀란드의 Dekati사에서 ELPI (Electrical Low Pressure Impactor), 미국의 TSI사에서 DMA (Differential Mobility Analyzer) 등의 입경분류장치가 개발되어 사용 중임



< 그림 > 하전량에 따른 박테리아 거동 연구 (좌), ELPI 입경분류장치 (우)

- 미세유체칩 기반의 농축은 미국, 중국 등의 나라에서 활발한 연구가 진행되고 있다. 그 중 미세유체채널을 표적 물질에 특이적으로 반응하는 물질을 표지하여 표적 물질을 칩 내에 고정시켜 농축시키는 방법 또는 표적 물질과 비표적 물질의 물리적 성질의 차이를 기반으로 분리하여 농축하는 방법 등이 연구되고 있음



< 그림 > Aptamer와의 특이적인 결합을 이용한 enrichment 칩

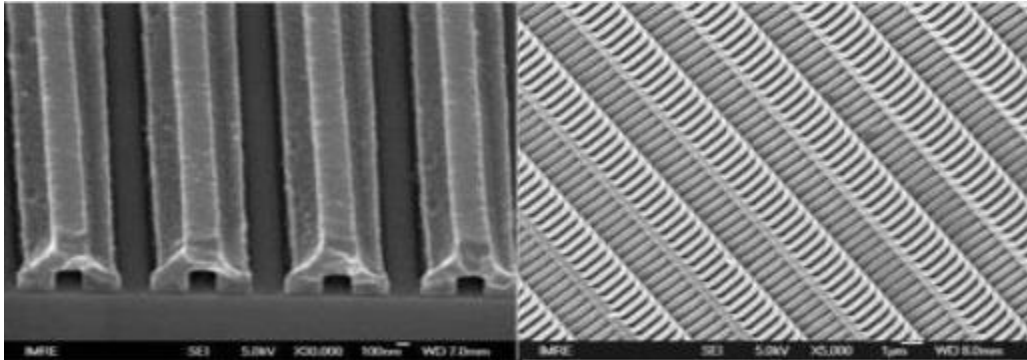
- 병원균 검출을 위한 미세유체칩 기반의 통합 분석 시스템 개발에 대한 활발한 연구 또한 진행되고 있음. 그 중 원심력을 이용한 미세유체칩인 Lab-on-a-disk를 개발하여 하나의 디스크칩에서 64개의 분석을 15분에 가능하게 하는 시스템이나 혹은 하나의 디스크칩에서 자동화된 시스템으로 30분 내에 우유로부터 DNA를 추출하여 Salmonella 분석까지 가능하게 하는 방법 등 소형화 및 자동화된 시스템으로 빠른 분석 결과를 얻을 수 있는 방법 등이 연구되고 있음



<그림> 원심력을 이용한 Lab-on-a-disk 칩

- 비대칭구조를 가지는 패터닝기술은 외국에서 연구되지 않고 있으며, 3D 구조 패터닝의 경우 미국 MII社에서 나노 임프린트 공정을 이용하여 계단구조의 스텝프를 기반으로 수십 nm 크기의 구조를 제작했으며, 나노 임프린트 기술을 이용하여 다층화된 나노소자를 제작하는 연구를 하고 있음

- 나노급 패턴 복제에 다양하게 응용되어 온 나노 임프린트 공정을 이용하여 다양한 3차원 나노구조 제작이 연구되고 있다. 다양한 희생층의 활용, 3차원 몰더를 이용한 방법 등이 연구되어 대면적 3차원 나노구조물 제작을 가능하게 하고 있음



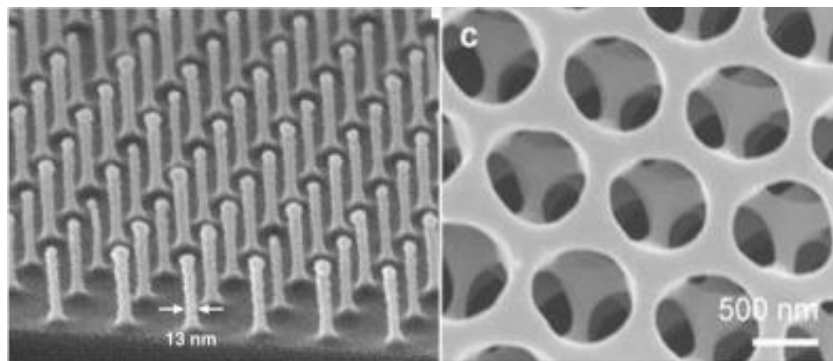
< 그림 > 나노 임프린트 공정을 이용한 microfluidic channel과  
2층 구조를 가진 polycarbonate hierarchical 구조 (IMRE, 싱가포르)

- 전기 수력학 기반 리소그래피 (EHL; Electro hydrodynamic lithography) 기술은 Ullrich Steiner 그룹에 의해 학술지 네이처 (Schäffer E., Thurn-Albrecht T., Russell T. P. and Steiner U., Nature, 403 (2000))에 소개되면서, 유체 박막에 전기장을 가하여 나노구조를 복제하는 방법으로 대면적 패턴을 낮은 비용으로 복제할 수 있는 가능성을 보였으며, 최근에는 이 방법을 이용해 산화물기반 초전도소자, 바이오소자 및 산화물 나노구조 합성연구가 진행되고 있음
- Nanoscribe사 (독일)는 펄스 레이저를 이용한 multi-photon absorption 현상을 이용하여, 3차원 rapid prototyping 장비를 개발함
  - 이 장비는 nanophotonics 패턴 제작을 위하여 개발된 후 메타재료, photonic crystals, 생물학 분야 등으로 확대되고 있음
  - 이 기술은 매우 정교하고 다양한 3차원 구조체를 제작할 수 있지만, 최소 선폭이 150 nm 그리고 작업 영역이 100 ~ 200  $\mu\text{m}$  이내인 단점을 가짐



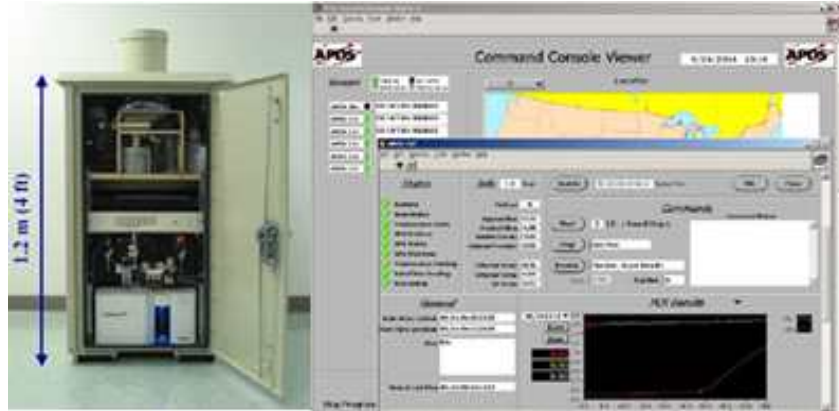
< 그림 > Nanoscribe 장비 및 3차원 마이크로 구조체 (Nanoscribe)

- 간섭 리소그래피 (Interference lithography) 기술은 전 세계적으로 가장 널리 이용되는 기술로서 레이저의 간섭성을 이용하여 2차원 또는 3차원 구조를 쉽게 제작할 수 있는 기술이다. 이 기술은 12인치 영역까지 패턴을 제작할 수 있지만 (MIT, Nanoruler), 레이저 파장에 국한된 주기적 패턴만을 제작할 수 있는 단점을 가짐
- 유무기 복합 필터에 대한 연구는 미국의 Lawrence Berkeley National Lab에서 진행 중에 있으나 다종의 물질을 필터링하는 기술은 아직 미비하며 다차원 채널을 만드는 기술은 아직 개발된 것이 없음



< 그림 > 100 nm주기의 나노 필라 (에칭공정을 통한 실리콘 패턴, MIT) 및 3중 간섭을 이용한 폴리머 (SU-8) 입체 구조 (펜실베이니아 대학)

- 플라즈모닉 나노구조에서 발생하는 근접장 광증폭 현상인 localized surface plasmon resonance (LSPR) 특성을 활용한 광학센서 연구의 선도그룹 중 하나인 Northwestern 대학의 R. P. van Duyne 그룹에서는 자기조립현상을 기반으로 제작된 Ag nanoparticle array를 이용하여, 알츠하이머 질환의 표지 물질 (ADDLs, amyloid-derived diffusible ligands)이나 전립선암의 표지 물질 (prostate cancer biomarker)의 검출과 같은 조기 질병 진단 연구를 수행하고 있음
- 2003년 NRL과 벤처기업인 NVE와 공동으로 64개 센서 어레이를 제작하고 DNA 분석용 휴대형 시작품을 제작하였으나, 측정민감도 및 소형화 관점에 개선이 필요함
- 미국의 Lawrence Livermore National Laboratory의 John Dzwnitis 연구 그룹에서는 병원체 측정 장비인 APDS (Autonomous Pathogen Detection System)을 2004년에 개발하였다. Biowatch의 개념으로 통신 네트워크를 구축하였으며, BASIS operation center가 분포된 APDS장비에서 실시간 측정된 결과를 모니터링 함



< 그림 > (왼쪽) APSDS, (오른쪽) APDS communication network

- 2009년 미국의 PositivelD Corporation 사에서는 Microfluidics-based Bioagent Networked Detector (M-BAND)을 개발하였다. 이 장비는 sample collection, processing 및 detection등의 일련의 과정으로 구성되어 있으며, 400L/min의 Air collection rate을 통하여 10 mL of concentrated fluidic sample을 얻을 수 있음
- 바이러스와 같은 molecular 분석 시스템에서는 sample processing, fluidic handling 및 detection의 일련의 과정에 140분 (40 thermal cycle 기준)이 소요되며, 독소 분석에는 40분의 시간이 소요됨
- 주요 기술적 요소로는 Multiplex assays, cell lysis, nucleic acid purification, TaqMan® Real-Time PCR 및 Monoclonal antibody-based toxin detection 등이 사용되고 있다. 이 같은 장치들은 박테리아 및 바이러스의 측정 정밀도가 비교적 높다는 장점이 있으나, 크기가 비교적 커서 이동이 용이하지 않음



< 그림 > (왼쪽) Washington DC, (오른쪽) Boston 지하철에서 M-BAND

- 이와 더불어 Positive ID사에서는 2014년 Real-time PCR 기반의 소형화된 Firefly DX system을 개발하였음. 약 1000\$ 의제품으로 각 샘플당 5~25\$로 검출이 가능하고 자동화 시스템으로 쉽게 사용할 수 있는 장점이 있음





< 그림 > Positive ID 사의 소형 검출장비인 Firefly DX

- 미국의 Cepheid 사는 미세유체기반의 실시간 유전자 증폭 기술을 이용한 분자 진단 기술/장비 GeneXpert시스템을 개발함. 완전 자동화된 Real time PCR 장비인 GeneXpert 시스템은 기존의 분자테스팅 분야에서 다수의 과정을 거치며 상당한 시간을 요구하던 것을, 샘플 준비 단계부터 하나의 장비로 전 과정을 자동화시켜 분석 시험이 쉬워졌을 뿐만 아니라, 샘플 오염을 획기적으로 감소시켜 분석 신뢰도를 높여주어, 결핵균 검사를 위한 표준 장비로 지정되었음
- 미국 BioFire Diagnostics사에서는 패혈증, 설사, 수막염, 폐렴 등 체외진단 목적으로 BCID 패널을 이용하여 100개 이상의 병원체 검출이 가능한 진단 플랫폼 ‘필름어레이(FilmArray)’ 기술로 2013년 6월 미FDA 승인을 받았으며, 이외에 BioMerieux사는 2013년 6월 심장 갑상선에서 감염증 혈청검사에 사용되는 면역반응 진단시스템‘VIDAS’의 유럽 CE인증을 획득하였음



### 1-3. 연구 목표

#### ■ 전략 목표 및 성과목표

구 분	내 용		
전략목표	<b>바이오나노 융합 헬스가드 (H-GUARD) 시스템 (바이오 유해물질로부터 안전한 미래사회 구현)</b>		
성과목표	(1) 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작 리소그래피 기술 (2) 3D 유무기 하이브리드 소재기반 나노구조체 (3) 3D 조합 플라즈모닉 나노다면체 프로브 (4) 3D 복합기능성 미세유체칩 기반 센싱 플랫폼 기술 및 응용 기술 개발 (5) 생체분자 검출신호 제어를 위한 신개념 3D 나노구조체 설계 및 활용기술 개발 (6) 바이오나노 융합 헬스가드용 바이오컨텐츠 확보/가공/활용 및 분석원천기술 (7) 난배양성 슈퍼박테리아 진단기술 (8) Bioinformatics 기반 바이러스 변종 예측 및 검증기술 (9) 약물 저항성 바이오 유해물질 검출용 바이오 컨텐츠 설계 및 활용 기술 (10) 감염질환 진단 검사 평가를 위한 기반 시스템 구축 기술 (11) Nano-space 조절 및 다중결합을 이용한 고특이성/결합력 super 리셉터 (12) 입자의 공기역학 및 전기적 특성을 이용한 기상 병원균 선별적 분류/포집과 미세유체채널 기반 전처리 기술 (13) 신호증폭을 위한 3D 나노어레이 바이오 센서 (14) 신개념 현장응답형 실시간 유전자 분석기술 (15) 현장적용을 위한 H-GUARD 플랫폼 요소기술		
단계별 성과목표	1단계 ( 2013 ~ 2014 )	2단계 ( 2015 ~ 2017 )	3단계 ( 2018 ~ 2021 )
	<b>인프라 구축 및 원천기술 설계/개발</b>	<b>핵심 개발기술 검증 및 융합연구</b>	<b>바이오나노 헬스가드 시스템 개발 및 실용화</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오컨텐츠 / 나노 구조체 인프라 구축 및 운영</li> <li>• 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 설계</li> <li>• 전처리 / 나노센서 설계 및 검증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오컨텐츠 진단 / 예측 / 인터페이싱 기술 개발</li> <li>• 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작 및 적용</li> <li>• 연동형 전처리 / 나노센서 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H-GUARD 시스템 개발 및 유효성 평가</li> <li>• 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 (대면적) 제작 양산화</li> <li>• 현장응답형 바이오 센싱 시스템 개발</li> </ul>

## 전략목표 및 성과목표 설정 근거

### ① 전략목표

전략목표	바이오나노융합 헬스가드 (H-GUARD) 시스템 (바이오 유해물질로부터 안전한 미래사회 구현)
도출 근거	<input type="checkbox"/> 신·변종 바이러스, 슈퍼박테리아 등과 같은 국가 재난형 바이오 유해물질의 모니터링, 검출 및 조기진단을 위한 세계적 원천기술 개발과 이를 통합한 세계 최초의 H-GUARD 시스템 구축을 목표로 함

### ② 성과목표

성과목표 1	3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작 리소그래피 기술
세부내용	<input type="checkbox"/> 비대칭 및 3D 하이브리드 구조체 나노패터닝 기술 개발 <input type="checkbox"/> Localized Spatial 리소그래피 시스템 기술 개발 <input type="checkbox"/> 전기수력학기반 3D 리소그래피 및 응용개발
전략목표와의 부합성	<input type="checkbox"/> NT 분야와 관련한 기술개발로 타 핵심과제와 중복이 없으며, 기존기술과 다른 새로운 Top-down방식의 나노패터닝 기술이며, H-GUARD시스템을 개발하기 위하여 타 핵심/세부과제와 융합/연계하도록 성과목표를 설정

성과목표 2	3D 유무기 하이브리드 소재기반 나노구조체
세부내용	<input type="checkbox"/> 유무기 소재기반 나노안테나 나노입자 및 밴드갭이 제어된 유기 전도성고분자 나노입자 합성 기술 개발 <input type="checkbox"/> 유전자와 결합시 길이가 축소되는 역분자-광학지퍼 설계 <input type="checkbox"/> 유무기 나노하이브리드 구조체를 이용한 포집된 바이러스의 용균 및 다종의 유전자 실시간 검지
전략목표와의 부합성	<input type="checkbox"/> 나노안테나 어레이 나노구조체의 합성, 유전자 검지를 위한 분자 광학지퍼의 설계, 다양한 라만 염료 사용 및 이를 이용한 바이러스의 용균 및 유전자의 검지가 연구목표임

성과목표 3	3D 조합 플라즈모닉 나노다면체 프로브
세부내용	<input type="checkbox"/> 플라즈모닉 나노다면체 초정밀/고수율 양산 기술 개발 및 3D 조합 플라즈모닉 나노다면체 프로브 기반 초고감도 바이오물질 검지 센서 시스템 구축 <input type="checkbox"/> 플라즈모닉 나노-지질이중층 기반 암시야 검지 플랫폼 (DF-NLB) 구축 및 시스템 최적화를 통한 응용모듈 연구
전략목표와의 부합성	<input type="checkbox"/> H-GUARD 시스템에 적용하기 위한 플라즈모닉 나노다면체의 고수율/초정밀/대량 양산법 개발, 3D 조합 플라즈모닉 나노다면체 프로브 및 DF-NLB 시스템 기반 초고감도 바이오물질 검지 센서 플랫폼 구축은 진단/모니터링 분야에 있어서 학술/산업적으로 중요한 역할을 담당하며, 기존의 방법과 다른 새로운 나노다면체 합성법 개발 및 고효율의 센서 시스템 구축 과정을 통해 타과제와의 중복성을 방지하였음.

성과목표 4	헬스가드용 3D 복합기능성 미세유체칩 기반 센싱 플랫폼 기술 및 응용 기술
세부내용	<input type="checkbox"/> 신개념 바이오 유해물질 센싱용 3D 복합구조체 기능성 미세유체칩 구현 하이브리드 공정 기술 개발 <input type="checkbox"/> 바이오 유해물질 검출용 다계층 3D 복합구조체기반 기능성 미세유체칩 제작 플랫폼 기술 개발 <input type="checkbox"/> 유해바이오 물질 전처리 구현을 위한 3D 복합구조체기반 기능성 미세유체칩 제작 기술 개발
전략목표와의 부합성	<input type="checkbox"/> NT 분야와 관련한 기술개발로 타 핵심과제와 중복이 없으며, 기존기술과 다른 새로운 개념의 바이오 유해물질 3D 보합체 기반 센싱 플랫폼 기술이며, H-GUARD시스템을 개발하기 위하여 타 핵심/세부과제와 융합/연계하도록 성과목표를 설정했음

성과목표 5	생체분자 검출신호 제어를 위한 신개념 3D 나노구조체 설계 및 활용기술
세부내용	<input type="checkbox"/> 헬스가드용 나노구조체의 생물학적 성능 검토, 개선 및 활용기술 개발 <input type="checkbox"/> 생체분자 검출 신호 제어를 위한 신개념 나노구조체 원천기술 개발
전략목표와의 부합성	<input type="checkbox"/> H-GUARD 시스템을 개발하기 위한 나노구조체의 생물학적 성능 검토 및 개선은 NT/BT 분야의 융합연구를 통해서만 진행될 수 있으며, 또한 기존기술과 다른 새로운 나노구조체의 설계, 제작 및 활용기술 개발을 통해 타과제와의 중복성을 방지하였음
성과목표 6	바이오나노 융합 헬스가드용 바이오컨텐츠 확보/가공/활용 및 분석원천기술
세부내용	<input type="checkbox"/> H-GUARD용 바이오 컨텐츠/ 나노구조체 인프라 구축 및 운영 <input type="checkbox"/> H-GUARD 원천기술 유효성 평가 <input type="checkbox"/> H-GUARD용 한계돌파형 원천기술 개발 <input type="checkbox"/> H-GUARD용 실용화 연계기술 개발
전략목표와의 부합성	<input type="checkbox"/> 바이오 유해물질의 확보/가공이 가능한 인프라 구축은 H-GUARD 시스템 개발을 위해 반드시 선행되어야 하며, 타 과제와 독립적으로 H-GUARD 원천기술의 유효성을 평가하는 것은 매우 중요함 <input type="checkbox"/> 바이오 유해물질 검출용 바이오컨텐츠 개발은 헬스가드 시스템 개발을 위해 필수적이며, 동시에 3D 나노구조체 개발, 전처리, 및 센싱 부분의 과제들과 명확한 독립성을 보유함
성과목표 7	난배양성 슈퍼박테리아 진단기술
세부내용	<input type="checkbox"/> 병원유래 병원성 슈퍼박테리아 분석/진단기술 개발
전략목표와의 부합성	<input type="checkbox"/> 국민건강 증진을 위하여 현재 가장 위협적인 요인 중에 하나인 슈퍼박테리아를 효과적으로 진단하기 위하여 기존의 PCR기법과 배양 의존적 기법을 극복하면서 새로운 패러다임을 제시하면서 수월성 있는 결과를 산출하기 때문에 전체과제와 잘 부합함

성과목표 8	Bioinformatics 기반 신변종 바이러스 변종 예측 및 검증기술
세부내용	<input type="checkbox"/> 신·변종바이러스 유용 유전자원 확보 및 가공 <input type="checkbox"/> 바이러스 재조합 우선순위 결정요소 규명 <input type="checkbox"/> 인플루엔자 바이러스 재조합 패턴규명 및 병원성 재현
전략목표와의 부합성	<input type="checkbox"/> 신·변종 바이러스 및 국가재난형 바이러스 대응 유용유전자원 확보, Bioinformatics를 이용한 인플루엔자 재조합 바이러스의 패턴 및 재조합 우선순위 결정요소 규명을 통해 타과제와의 중복성을 방지함
성과목표 9	약물 저항성 바이오 유해물질 검출용 바이오 콘텐츠 설계 및 활용 기술
세부내용	<input type="checkbox"/> 바이오유해물질 검출을 위한 항체 개발 및 사업단 제공을 통한 항체 인프라 구축 <input type="checkbox"/> 약물 저항성 바이오 유해물질 검출용 바이오 콘텐츠 설계/개발 <input type="checkbox"/> 약물 유사체 기반 약물 저항성 바이오 유해물질의 검출 시스템 및 활용 기술 개발
전략목표와의 부합성	<input type="checkbox"/> H-GUARD 시스템 개발을 위하여 바이오 유해물질 검출용 항체는 반드시 필요함. 2-1세부에서 구축된 H-GUARD 리셉터 라이브러리, 면역 라이브러리, 항원 인프라 등의 활용 및 본 세부에서 항체 최적화를 통하여 사업단 전체에서 사용할 수 있는 바이오 유해물질 검출용 항체 인프라를 구축함.
성과목표 10	감염질환 진단 검사 평가를 위한 기반 시스템 구축 기술
세부내용	<input type="checkbox"/> 바이오 유해물질 검출법의 유효성 평가를 위한 임상검체 은행 구축 및 타과제 검증 자료 제공 <input type="checkbox"/> 중환자실 유래 임상검체를 이용한 H-Guard 시제품 임상평가 <input type="checkbox"/> WGS 규명된 CMV, 결핵균/ 다제내성 병원균 기탁 <input type="checkbox"/> CMV 등 바이러스 내성검출 및 평가 시스템 구축 <input type="checkbox"/> 결핵균 등 항산성 세균 신속진단, 내성 검출, 유전형 분석 및 평가 시스템 구축 <input type="checkbox"/> 침습성 진균증의 검출 및 평가 시스템 구축 <input type="checkbox"/> 감염 마커 검출능 및 임상 유용성 평가 체계 구축
전략목표와의 부합성	<input type="checkbox"/> 임상검체 및 균주 수집/ 분석 시스템 구축 사업으로 타 핵심과제와 중복이 없으며, 타 과제에서 개발되는 검출기술을 평가하기 위한 개방성 시스템 구축을 진행하도록 성과목표를 설정함

성과목표 11	Nano-space 조절 및 다중결합을 이용한 고특이성/결합력 super 리셉터
세부내용	<input type="checkbox"/> 단백질 초분자체 기반 다중결합 모듈 개발 <input type="checkbox"/> 나노공간 조절 및 안정화 기술 개발 <input type="checkbox"/> 유해물질 특이적 Super 리셉터 기술개발
전략목표와의 부합성	<input type="checkbox"/> 다중결합성을 가지는 새로운 개념의 리셉터의 개발을 목표로 하여 타 과제와의 중복성이 없으며, 단일 리셉터 바이오컨텐츠 및 센서/전처리 핵심과제들과의 연계를 통해 H-GUARD 시스템의 효율을 극대화 할 수 있는 기술을 제시함.
성과목표 12	입자의 공기역학 및 전기적 특성을 이용한 기상 병원균 선별적 분류/포집과 미세유체채널 기반 전처리 기술
세부내용	<input type="checkbox"/> 바이오에어로졸을 실시간으로 선별 분류해내는 기술 <input type="checkbox"/> 바이오에어로졸 하전 기술 및 고속 액상 포집 기술 <input type="checkbox"/> 액상 미생물 시료 고농도 농축 및 용해 기술 <input type="checkbox"/> 온 칩 핵산 추출 기술 및 다중 병원체 감별 기술
전략목표와의 부합성	<input type="checkbox"/> NT 분야와 관련한 기술개발로 타 핵심과제와 중복이 없으며, 기존에는 시도된 적이 없는 공기 중 병원균 선별적 전처리 기술이며, H-GUARD시스템을 개발하기 위하여 타 핵심/세부과제와 융합/연계하도록 성과목표를 설정했음
성과목표 13	신호증폭을 위한 3D 나노어레이 바이오 센서
세부내용	<input type="checkbox"/> 신호증폭 나노입자의 3D 어레이를 이용한 실시간 바이오 센서 개발 <input type="checkbox"/> 바이오 유해물질 검출용, 광학 나노다면체 기반 나노플라즈모닉스 래피드 센서 개발 <input type="checkbox"/> fM 분해능으로 다중 진단이 가능한, ring 구조의 PHE (Planar hall effect) 센서 기반의 바이오센서 플랫폼의 개발 <input type="checkbox"/> 전처리-센서가 연동된 통합센서 기술 개발
전략목표와의 부합성	<input type="checkbox"/> 통합형 바이오센서 개발을 위한 센서 요소기술을 개발하는 연구과제로서, 다른 핵심 및 세부과제와의 중복성이 없음 <input type="checkbox"/> 바이러스, 독신 등 다양한 유해물질/병원체를 검지해야하는 H-GUARD 구현을 위해서는, 전처리와 연동할 수 있는 센서 기술이 필수적이기에, 본과제의 연구는 사업단의 목표와 잘 부합된다고 할 수 있음

성과목표 14	신개념 현장응답형 실시간 유전자 분석기술
세부내용	<input type="checkbox"/> 등온 핵산 증폭 기술 개발 <input type="checkbox"/> 전기화학 신호/정전용량을 비롯한 전기 신호 기반 실시간 핵산 증폭기술과 고민감도 검출 플랫폼 기술 개발 <input type="checkbox"/> 등온 PCR이 통합된 시스템, 타겟 바이러스 발색 검출을 위한 lateral flow strip, 회전식 핵산 추출 시스템 개발 <input type="checkbox"/> 회전식 핵산 추출 시스템, 등온 PCR 기술 및 lateral flow 스트립이 통합된 일체형 유전자 분석 시스템 개발 <input type="checkbox"/> 회전식 등온 PCR-전기화학 검출 소자 통합 마이크로 디바이스 개발 <input type="checkbox"/> 회전식 등온 digital PCR 마이크로 디바이스 개발
전략목표와의 부합성	<input type="checkbox"/> 신개념 현장 응답형 실시간 유전자 분석 기술 개발을 위한 세부과제로서, 타 핵심과제나 세부과제와 중복성이 없음 <input type="checkbox"/> 본 사업단의 목표인 H-GUARD의 경우, 병원균의 유전자를 고속으로 분석하여 판별할 수 있어야 하기에, 본과제의 목표인 신개념 현장응답형 실시간 유전자 분석 기술은 본 사업단 목표에 잘 부합되는 핵심 기술임
성과목표 15	현장적용을 위한 H-GUARD 플랫폼 요소기술
세부내용	<input type="checkbox"/> 바이러스, 박테리아, 독소 등의 multi-sensing이 가능한 IT 융합 H-GUARD 시스템의 요소기술 및 system integration 기술 개발
전략목표와의 부합성	<input type="checkbox"/> 고감도 바이러스 검출을 목적으로 하는 DNA 기반 바이오 센서 기술의 현장적용을 위한 H-GUARD 플랫폼을 구성하기 위해 H-GUARD 용 Portable PCR 기술, multi-sensor 적용을 위한 부품 소형화 기술과 multi-sensor integration 기술은 본 과제의 최종 목표달성을 위한 핵심 기술임.



## 세부 연구목표

세부 연구목표명	목표			
	1단계 (‘13~’14)	2단계 (‘15~’17)	3단계 (‘18~’21)	최종목표
3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작 리소그래피기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 하이브리드 구조체 나노패터닝 공정 및 고세장비 몰드 제작</li> <li>Aberration-free 광학계핵심기술 및 응용 공정 기술 개발</li> <li>비접촉식 전기수력학기반 3D 구조 패터닝 공정 원천/기반 기술 개발</li> <li>나노패턴의 물리적 구조변조 및 화학적 표면 개질 연구</li> <li>전기적/자기적 특성을 이용한 3차원 구조체 형성 전구체 개발</li> <li>제작된 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체의 저잡음 기관으로서의 전사공정 개발 및 표면활성화 공정 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작을 위한 3D 리소그래피 핵심요소기술 개발</li> <li>Localized spatial 리소그래피 시스템 개발</li> <li>비접촉식 전기수력학 기반 코어셸-코어라인</li> <li>패터닝 리소그래피 공정 및 시스템기술 개발</li> <li>저잡음 기관에 전사된 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체의 원자층 증착법을 이용한 표면 활성화 및 능동형 소자 공정 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작을 위한 리소그래피 시스템 및 대면적화 기술 개발</li> <li>고생산성 localized spatial 리소그래피 상용화 기술 개발</li> <li>비접촉식 전기수력학 기반 다양한 재질을 이용한 기능성 코어셸-코어라인 구조응용 및 대면적화 기술 개발</li> <li>저잡음 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 기반의 multiplexing system 구현 및 특성평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>비대칭 및 3D 하이브리드 구조체 패터닝 기술 개발</li> <li>Localized spatial 리소그래피 시스템 기술 개발</li> <li>비접촉식 전기수력학 기반 3D 리소그래피 및 응용기술 개발</li> </ul>
3D 유무기 하이브리드 소재기반 나노구조체 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>금속 나노안테나가 어레이된 나노구조체 합성기술 개발 및 최적화</li> <li>금속 나노안테나가 어레이된 나노구조체의 구조 제어 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노패턴된 기관에 3D 나노구조체가 적층된 검지 시스템 개발</li> <li>분자-광학지퍼가 도입된 3D 나노구조체 기반 플라스모닉 바이러스 검지시스템을 통한 유전자 검지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이러스 검지 시스템을 위한 3D 나노구조체의 대량 합성기술 개발</li> <li>바이러스 검지 시스템을 위한 3D 나노구조체의 대량 합성기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 나노구조체 기반 바이러스 검지시스템의 개발을 통해 포집된 바이러스를 용균시켜 타겟 유전자의 농도를 신속한 분석 (10분 이내 8종 이상의 바이러스를 1000 copy 이상의 효율)이 가능하여 바이오 유해물질에 의한 사회/경제적 손실 최소화</li> </ul>

세부 연구목표명	목표			
	1단계 (‘13~’14)	2단계 (‘15~’17)	3단계 (‘18~’21)	최종목표
3D 유무기 하이브리드 소재기반 나노구조체 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다양한 모양의 금속 나노 구조체의 합성</li> <li>• 금속 나노안테나가 어레이된 나노구조체를 이용한 광열특성 평가</li> <li>• 3D 나노구조체 적층 기판의 연구</li> <li>• 유전자와 결합시 모양이 변하는 분자-광학지퍼 설계</li> <li>• (위탁) 3D 플라즈모닉 나노구조 기반 바이오센서의 요소기술 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (위탁) 3D 플라즈모닉 나노구조 어레이와 바이러스 리셉터를 이용한 병원체의 선택적 검지기술 확립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (위탁) 3D 플라즈모닉 나노구조 기반의 통합 나노광학칩 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고효율 감지 및 하나의 검지시스템에서의 신속한 분석 시스템 개발</li> <li>• 분자-광학지퍼 개발을 통하여 유전자 뿐 만아니라 단백질, 바이오 분자 등의 단분자 수준 검지로 응용</li> <li>• (위탁) 3D 나노구조 기반 통합 나노광학칩 (검지시간 30분 이내, 5종 이상 병원체 검지, 10 pM 감도)</li> </ul>
3D 조합 플라즈모닉 나노다면체 프로브 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 광증폭을 위한 나노다면체 고수율 합성 (수율 70 % 이상) 및 디자인 (3종이상) 확립</li> <li>• 3D 나노다면체 광학 신호 증폭 연구 (라만 증폭 <math>10^{10}</math> 이상)</li> <li>• DF-NLB 기본 시스템 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신개념 3D 나노다면체 (5종 이상) 초정밀 고수율 합성 (합성 수율 80 % 이상)</li> <li>• 초고감도 3D 나노다면체 광학 신호 증폭 연구 (라만 증폭 <math>10^{12}</math> 이상)</li> <li>• 3D 나노다면체 프로브 기반 생체 분자 검지 시스템 구축 (검지능: 단백질 기준 1 fM 이하 또는 핵산 기준 500 aM 이하, 3종 이상 다중검지)</li> <li>• DF-NLB 시스템 최적화 및 응용 모듈 개발 (바이오 콘텐츠 3종 이상 다중검지)</li> <li>• DF-NLB 시스템 시제품 개발, 휴대용 생체분자검지 카트리지를 개발 및 분석 프로그램 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신개념 3D 나노다면체 (5종 이상) 초정밀 고수율 합성 (합성 수율 80 % 이상) 및 대량 양산 시스템 구축 (100 mg scale/batch)</li> <li>• 3D 나노다면체 플라즈모닉 특성 관계 라이브러리 확보</li> <li>• 3D 나노다면체 프로브 기반 생체 분자 검지 시스템 구축 (검지능: 단백질 기준 100 aM 이하 또는 핵산 기준 50 aM 이하 단분자 수준 검지, 5종 이상 다중검지)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 플라즈모닉 나노다면체 디자인, 초정밀 합성 및 양산 시스템 구축 (5종 이상, 80 % 이상 수율, 100 mg scale/batch)</li> <li>• 플라즈모닉 나노다면체 광학 신호 증폭 연구 (라만 증폭 <math>10^{12}</math> 이상, 3D 나노다면체 플라즈모닉 특성 관계 라이브러리 확보)</li> <li>• 3D 나노다면체 프로브 기반 생체 단분자 검출 assay (생체 단분자 수준 검출법 개발, 초고감도 assay 실용화 여부, 검지능: 단백질 기준 100 aM 이하 또는 핵산 기준 50 aM 이하 단분자 수준 검지, 5종 이상 다중검지)</li> <li>• DF-NLB 분석 소프트웨어 개발, 바이오검지 카트리지를 제작, NLB 시스템을 사용한 바이오검지 (3종 이상 다중검지), DF-NLB 시제품 개발</li> </ul>

세부 연구목표명	목표			
	1단계 (‘13~’14)	2단계 (‘15~’17)	3단계 (‘18~’21)	최종목표
헬스가드용 3D 복합구조체 기반 센싱 플랫폼 기술 및 응용기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신개념 바이오 유해물질 센싱 플랫폼 기술 개발 -유해물질 모니터링 구현을 위한 3D 복합구조체 설계 기반 기술 확보 -3D 형상/디자인 제어 및 대면적 형성 기술 개발</li> <li>• 바이오 유해물질 검출용 다계층 3D 구조체 제작 기술 개발 -3D 나노/마이크로 혼복합 구조체 제작 기술 개발 - 혼복합 구조체 표면처리 기술 개발 -센싱 감도 향상을 위한 실리콘 기반 저항 제어 기술 개발</li> <li>• 바이오 유해물질 다중 분석용 다기능성 구조물 형성 기술 개발 -센싱 감도 향상용 2D/3D 혼복합 전극 구조체 패터닝 기술 개발</li> <li>• 바이오 유해물질의 고감도 검출을 위한 물리적·전기적 센싱 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오 유해물질 고감도/고선택 검출을 위한 구조물 설계 및 공정기술 개발 -바이오 유해물질 고감도/고선택 검출용 3D 구조체 설계 기술 개발 -혼합형 유해물질 추출 및 신호 검출을 위한 기반 기술 개발</li> <li>• 3D 복합구조체 기반 바이오 유해물질 센싱을 위한 기능성 미세유체칩 플랫폼 기술 개발</li> <li>• 고집적 어레이형 구조체 제작을 위한 설계 및 기반 공정 기술 개발</li> <li>• 3D 복합구조체 기반 기능성 미세유체칩 패키징 및 상용화를 위한 공정기술 개발 -구조체 고집적화/대면적화 기반 기술 개발</li> <li>• 유해물질 신호 증폭용 3D 복합구조체 성능평가 기술 개발 -구조체 기반 바이오 콘텐츠 센싱 구현 및 성능 평가 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3D 복합구조체 기반 기능성 미세유체칩 고기능화 실현을 위한 단위모듈 플랫폼 기술 개발 -3D 복합구조체 기반 전처리/반응/검출 단위모듈 대면적화/고집적화 생산 기반 기술 개발 -구조체 기반 센싱 플랫폼 구현 및 신호검출 최적화 기술 개발</li> <li>• 헬스가드용 3D 구조체 상용화를 위한 구조체 신뢰 안정성 향상 기술 개발 -상용화 기반 고 신뢰성 안정성 구조체 구현 기술 개발</li> <li>• 헬스가드 맞춤형 3D 구조체 시제품 및 상용화 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신개념 바이오 유해물질 센싱용 3D 복합구조체 구현 하이브리드 공정 기술 개발</li> <li>• 바이오 유해물질 검출용 다계층 3D 구조체 제작 플랫폼 기술 개발</li> <li>• 유해바이오 물질 전처리 구현을 위한 3D 구조체 제작 기술 개발</li> <li>• 유해바이오 물질 신호증폭을 위한 어레이형 구조체 형성 기술 개발</li> <li>• 대면적 나노구조기반 고감도 검출 3D 구조체 공정기술 개발</li> <li>• 다중 유해물질 동시 검출을 위한 유연성 3D 복합구조체 제작 기술 개발</li> <li>• 헬스가드 맞춤형 대면적 3D 구조체 제어 및 센싱 디바이스 플랫폼 구축 기술 개발</li> </ul>

세부 연구목표명	목표			
	1단계 (‘13~’14)	2단계 (‘15~’17)	3단계 (‘18~’21)	최종목표
생체분자 검출신호 제어를 위한 신개념 3D 나노구조체 설계, 제작 및 활용 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노구조체의 바이오컨텐츠 적용 적합성 평가</li> <li>고효율 바이오컨텐츠 도입기술 개발</li> <li>바이오컨텐츠 적용 나노구조체 개발</li> <li>바이오컨텐츠 적용 나노구조체를 이용한 생체분자 검출 적용</li> <li>고방향성, 고편광성, 신호증폭 등 특성을 갖는 신개념 나노구조체 설계</li> <li>신개념 나노구조체의 생체분자 검출신호 조절 효과 분석 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 나노구조체의 바이오컨텐츠 적용 적합성 평가</li> <li>고효율 바이오컨텐츠 도입기술 개발</li> <li>나노구조체의 바이오컨텐츠 고효율 도입을 통한 생체분자 검출 성능향상 연구</li> <li>신규 나노바이오 인터페이싱 기술 개발</li> <li>바이오컨텐츠 적용 나노구조체 기반 바이오유해물질 검출센서 개발</li> <li>나노구조체-바이오컨텐츠 융합 구조체 기반 바이오유해물질 검출 플랫폼 개발</li> <li>3D 나노구조체 기반 바이오유해물질 검출 플랫폼 성능 평가 및 최적화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 나노구조체의 바이오컨텐츠 적용 적합성 평가</li> <li>신규 나노바이오 인터페이싱 기술 개발</li> <li>바이오컨텐츠 적용 나노구조체 기반 바이오유해물질 검출센서의 헬스가드 적용</li> <li>나노구조체-바이오컨텐츠 융합 구조체 기반 바이오유해물질 고감도 다중검출센서 개발</li> <li>나노구조체-바이오컨텐츠 융합 구조체 기반 바이오유해물질 검출센서 헬스가드 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노구조체의 바이오컨텐츠 적용 적합성 평가 및 고효율 도입기술 개발</li> <li>바이오컨텐츠 적용 나노구조체 기반 생체분자 검출 원천기술 개발</li> <li>나노바이오 인터페이싱 기술을 통한 3D 나노구조체의 헬스가드 활용</li> <li>나노구조체-바이오컨텐츠 융합 구조체 설계 및 활용기술 개발</li> <li>신개념 나노구조체의 생체분자 검출신호 조절 효과 분석 연구</li> <li>나노구조체-바이오컨텐츠 융합 구조체 기반 생체분자 고감도, 다중검지 원천기술 개발 및 헬스가드 활용</li> </ul>
바이오나노 융합 헬스가드용 바이오컨텐츠 확보/가공/활용 및 분석원천기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오유해물질 검출용 바이오컨텐츠/나노구조체 인프라 구축 및 운영</li> <li>바이오컨텐츠/나노구조체 인터페이싱 원천기술 개발</li> <li>H-GUARD 원천기술의 유효성 평가를 위한 TEST-BED 구축 및 운영</li> <li>H-GUARD 한계 돌파형 원천기술 및 실용화 연계기술개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>H-GUARD용 바이오컨텐츠/나노구조체 인프라 활용기술 개발</li> <li>바이오유해물질 검출을 위한 바이오컨텐츠/나노구조체 인터페이싱 원천기술 확보 및 적용기술 개발</li> <li>세부과제 간 컨넥트 프로그램을 통한 원천기술 확보</li> <li>확보된 핵심 원천기술의 유효성 평가를 통한 실용화 연계 지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오유해물질 진단 및 모니터링을 위한 다양한 핵심원천기술 실용화기술개발</li> <li>바이오유해물질 H-GUARD 통합시스템 개발 및 현장적용 기술개발</li> <li>다양한 형태의 H-GUARD 시스템(H-GUARD <i>Diagnosis</i>, H-GUARD <i>Public</i>, H-GUARD <i>Portable</i> 등) 유효성 평가/검증 및 실용화 기술개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오유해물질 관련 생체분자 타겟 발굴, 비감염성 유사바이러스(killed virus) 확보 및 이들에 대한 리셉터(항체, 압타머 등) 라이브러리 구축 및 활용기술개발</li> <li>바이오유해물질 검출/모니터링을 위한 다양한 나노구조체 제조기술 확보를 통한 나노구조체 라이브러리 구축 및 활용기술개발</li> <li>타겟 특이적 검출을 위한 바이오컨텐츠/나노구조체 인터페이싱 원천기술 개발 및 사업단에서 개발되는 다양한 원천기술들의 유효성 평가를 통한 실용화 연계 시스템 구축</li> <li>H-GUARD 한계 돌파형 원천기술 및 실용화 연계기술 개발 및 타 세부과제들과의 컨넥트 프로그램(connect program) 운영을 통한 대형 원천기술 확보 및 실용화 촉진</li> </ul>

세부 연구목표명	목표			
	1단계 (‘13~’14)	2단계 (‘15~’17)	3단계 (‘18~’21)	최종목표
메타지놈 기반 난배양성 슈퍼박테리아 분석기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 병원/환경 유래 난배양성 슈퍼박테리아 분석 플랫폼 확보</li> <li>• 병원 환자/병원 환경 유래 슈퍼박테리아 다제내성 유전자 대량 확보</li> <li>• NGS기반 원인 미상 감염병의 원인 규명</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 메타지놈 기반 환자 검체 유해 슈퍼박테리아 내성 결정인자 12개 개발</li> <li>• 메타지놈 기반 환자 검체 유래 병원성 세균 종류 및 병원성 결정인자 개발(6개 이상)</li> <li>• 인체 마이크로바이옴 기반 슈퍼박테리아 감염 바이오마커 개발(1종 이상)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 병원 유래 병원성 슈퍼박테리아 결정 인자 DB 구축 및 신규 결정인자 확보(20종 이상)</li> <li>• 원인균에 맞는 최적 항생제 예측 프로그램 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 메타지놈 기반 병원내 환자 검체 유래 슈퍼박테리아 결정인자 개발을 통한 진단 및 DB 구축</li> <li>• 인체 마이크로바이옴 기반 슈퍼박테리아 감염 바이오 마커 개발</li> </ul>
Bioinformatics 기반 바이러스 변종 예측 및 검증기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신·변종바이러스 유용 유전자원 확보 및 가공 (3종 이상)</li> <li>• 바이러스 재조합 우선순위 결정요소 규명 (3종 이상)</li> <li>• 인플루엔자 바이러스 재조합 패턴규명 및 병원성 재현 (3종 이상)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신·변종 바이러스, 국가 재난형 바이러스 유용 유전자원 확보 및 가공 (5종 이상)</li> <li>• 신·변종, 국가재난형 바이러스 대응 유용 항원 및 항체 후보물질들의 효능 기전 규명 (5종 이상)</li> <li>• 인위조작 재조합 인플루엔자 바이러스 합성 및 병원성 결정기 규명 (6종 이상)</li> <li>• Bioinformatics기반 신·변종 바이러스 선제적 탐색 및 특성 규명을 통한 신종 바이러스성 감염병 발생 예측기반 마련</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신·변종 바이러스, 국가재난형 바이러스 유용 유전자원 가공 (백신후보주, antiviral agent 개발 2건 이상)</li> <li>• 바이러스의 종간전파 결정기 규명 및 검증(3건 이상)</li> <li>• Bioinformatics 접목 재조합 시뮬레이션 기술 개발 및 신·변종 바이러스 출현 예측 모델 확립과 실제적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신변종, 대유행, 국가재난형 바이러스에 대한 유용 유전자원 확보 및 가공</li> <li>• 신변종 인플루엔자 바이러스의 돌연변이 및 재조합 패턴화, 병원성 재현 및 규명</li> <li>• 돌연변이 및 대유행 바이러스 예측프로그램의 기본 구축</li> </ul>

세부 연구목표명	목표			
	1단계 (‘13~’14)	2단계 (‘15~’17)	3단계 (‘18~’21)	최종목표
약물 저항성 바이오 유해물질 신속 검출을 위한 바이오 콘텐츠 설계 및 활용기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오 유해물질 검출용 항체 개발 및 사업단 제공을 통한 항체 인프라 구축</li> <li>약물 저항성 바이러스 검출을 위한 바이오 콘텐츠 개발</li> <li>미래 출현 가능 약물 저항성 바이러스 예측/확보 및 변종 출현 대비 검출용 바이오 콘텐츠 개발</li> <li>약물-표적 단백질 결합력 기반 약물 저항성 바이러스 검출 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오 유해물질 검출용 항체 개발 및 사업단 제공을 통한 항체 인프라 구축</li> <li>약물 저항성 바이오 유해물질 검출용 바이오 콘텐츠 개발 및 최적화 기술 개발</li> <li>미래 출현 가능 약물 저항성 바이오 유해물질 예측/확보 및 특이적 항체 개발을 통한 변종 출현 대비 검출용 바이오 콘텐츠 인프라 구축</li> <li>확보된 바이오 콘텐츠 유효성 평가를 통한 다양한 진단 활용기술 개발[2-1 세부와 협력 연구]</li> <li>약물-표적 단백질 결합력 기반 약물 저항성 바이오 유해물질의 고효율 검출/진단 시스템 개발 및 활용기술 개발(사업단내 타세부와의 협력연구)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오 유해물질 검출용 항체 개발 및 사업단 제공을 통한 항체 인프라 구축</li> <li>확보된 다양한 약물 저항성 유해물질 검출용 바이오 콘텐츠 기반 고효율 검출 시스템의 H-GUARD 적용 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오 유해물질 검출용 항체 개발 및 사업단 제공을 통한 항체 인프라 구축</li> <li>약물 저항성 바이오 유해물질 검출용 바이오 콘텐츠 개발 및 인프라 구축</li> <li>약물 저항성 바이오 유해물질 검출용 나노소재를 이용한 검출 시스템 개발 및 H-GUARD 시스템 적용</li> </ul>
감염질환 진단검사 평가를 위한 기반 시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>무균검체에서 분리된 세균의 데이터 베이스 구축</li> <li>신속 세균 동정 및 내성 검출법 개발</li> <li>바이러스 검체 확보</li> <li>CMV 전유전체 분석</li> <li>결핵 균주 및 호흡기 검체 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>무균검체에서 분리된 세균의 데이터 베이스 구축</li> <li>균종별 항균제 치료 지침 및 보고전산시스템 개발</li> <li>바이러스 검체 확보</li> <li>CMV 전유전체 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>무균검체에서 분리된 세균의 데이터 베이스 구축</li> <li>세균 결과 보고 전산 시스템 상용화</li> <li>바이러스 검체 확보</li> <li>항바이러스제 내성 CMV 검출법 개발</li> <li>결핵 균주 및 호흡기 검체 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오 유해물질 검출법의 유효성 평가를 위한 임상검체 은행 구축 및 타과제 검증 자료 제공</li> <li>병원균 동정· 항균제감수성 결과 보고 전산시스템 및 평가 시스템 구축</li> </ul>

세부 연구목표명	목표			
	1단계 (‘13~’14)	2단계 (‘15~’17)	3단계 (‘18~’21)	최종목표
감염질환 진단검사 평가를 위한 기본 시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sequencing 및 NGS를 이용한 결핵균 특성 연구</li> <li>침습성진균증 환자의 진균 및 검체 확보 protocol 수립</li> <li>진균의 특이 항원 검사법 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>항바이러스제 내성 CMV 검출법 개발</li> <li>결핵 균주 및 호흡기 검체 확보</li> <li>Real time PCR, Sequencing, NGS 및 MALDI-TOF MS를 이용한 결핵균 특성 연구</li> <li>침습성 진균증 환자에서 유래된 진균 및 검체 확보</li> <li>진균의 특이 항원 검사법 개발</li> <li>항진균 감수성 검사 개발</li> <li>개발 감염 마커/측정법의 성능 및 임상 유용성 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>결핵균의 신속 진단 및 내성 검출</li> <li>침습성 진균증 환자에서 유래된 진균 및 검체 확보</li> <li>침습성진균증의 진단 및 치료효과모니터링 검사</li> <li>개발 감염 마커/측정법의 성능 및 임상 유용성 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CMV 바이러스 내성검출 및 평가 시스템 구축</li> <li>결핵균 신속진단 및 내성 검출 및 평가 시스템 구축</li> <li>결핵균 유전형 분석 및 평가 시스템 구축</li> <li>침습성진균증의 검출 및 평가 시스템 구축</li> <li>개발 감염 마커/측정법의 성능 및 임상 유용성 평가</li> </ul>
Nano-space 조절 및 다중결합을 이용한 고특이성/결합력 super 리셉터 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>자기조립 기반 단백질 초분자체 합성</li> <li>신규 자기조립 단백질 결합 쌍 개발 및 생체분자 초분자체 기반 다중결합 조절 기술 개발</li> <li>거대생체분자 안정화를 위한 단백질 표면개량 연구</li> <li>단백질 초분자체 기반 기능성 단백질 display 및 나노공간 조절 전략 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고특이성/결합력 super 리셉터 플랫폼 개발</li> <li>유니버설 아비딘 단백질 초분자체 기반 다중결합 모듈 개발</li> <li>단백질 초분자체 고체상 합성법 개발</li> <li>Folding engineering을 통한 super stable 생체분자 개발</li> <li>나노공간 및 flexibility 조절을 위한 생체분자 링커 개발</li> <li>초분자체 기반 단백질 다중결합 특성 연구</li> <li>생체분자 초분자체 기반 결합력 향상 리셉터 개발(Kd &lt; 100 pM)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>유해물질 특이적 super 리셉터 개발 및 H-GUARD 시스템 적용</li> <li>다중결합 및 나노공간 조절이 가능한 단백질 초분자체 scaffold 라이브러리 구축</li> <li>Heat/dry/time 안정성 향상 super 리셉터 개발</li> <li>유해물질 결합분자 다중 결합 및 나노공간 조절 적용</li> <li>유해물질 고 특이적 리셉터 개발 및 적용(Kd &lt;10 pM)</li> <li>super 리셉터 H-GUARD 디바이스 적용 및 타겟 유해물질 다양화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>유해물질 특이적 super 리셉터 개발 및 H-GUARD 시스템 적용</li> </ul>



세부 연구목표명	목표			
	1단계 (‘13~’14)	2단계 (‘15~’17)	3단계 (‘18~’21)	최종목표
입자의 공기역학 및 전기적 특성을 이용한 기상 병원균 선별적 분류/포집과 미세유체채널 기반 전처리 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>공기역학적 수치해석을 이용한 분류기 설계, 제작 및 수치해석결과와 실제 성능평가 결과비교</li> <li>다중해석 모델을 이용한 하전기 설계, 제작 및 성능평가</li> <li>미세유체 채널 설계 및 광열효과를 통해 병원균 내 핵산 추출과 실제 박테리아를 이용한 농축 실험</li> <li>박테리아 감별 고탄성 나노구조체 구조변형 측정기술 개발 및 자성나노입자의 자성을 이용한 병원체 정밀 감별</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>포집기 설계 및 제작</li> <li>센서부와 연결 될 미세유체 장치 제작</li> <li>분류기, 하전기, 포집기 통합장치 구축</li> <li>나노구조체의 stretching을 통한 병원체 정밀 감별</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>분류기, 하전기, 포집기 통합장치 구축 성능평가</li> <li>통합적 미세유체 장치 최적화 및 성능평가</li> <li>구조변형 측정기술과 핵산추출기술을 연계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상 병원균 크기별 분류 및 하전 후 선별적 포집</li> <li>병원균 농축 및 핵산 추출</li> <li>나노구조체 구조변형 측정기술을 통한 병원균 감별</li> </ul>
신호증폭을 위한 3D 나노어레이 바이오 센서 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 신호증폭 나노입자 어레이를 이용한 전기/광학식 고속 바이오 센서 구조 디자인 및 기본 Analyte 측정</li> <li>FDTD 시뮬레이션 기반 3D 플라즈모닉 나노구조 설계 및 제작</li> <li>3D 신호증폭 나노입자 어레이 기반 센서를 이용한 병원체 검지 기술 개발</li> <li>고감도 나노플라즈모닉스 래피드 센서용 substrate 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 신호증폭 나노입자 어레이 기반 재사용 가능한 고속 바이오 센서 최적화 및 실제 시료 적용</li> <li>3D 신호증폭 나노입자 어레이 기반 센서의 노이즈 저감 구조 개발</li> <li>2차원 바이오센서 모듈 제작</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>전처리 시스템-3D 신호증폭 나노입자 어레이 기반 통합 센서 기술 구현</li> <li>미세유체 칩과 2차원 플랫폼을 결합 한 3D 통합 플랫폼 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>전처리 시스템에서 처리된 시료를 고속으로 검지할 수 있는 3D 나노구조 기반 통합 센서 플랫폼 구현</li> <li>3D 신호증폭 나노구조 어레이 기반 고속 고감도 바이오 센서 플랫폼 개발</li> <li>fM 분해능으로 다중 진단이 가능한, ring 구조의 PHR (Planar hall effect) 센서 기반의 바이오센서 플랫폼의 개발</li> </ul>

세부 연구목표명	목표			
	1단계 (‘13~’14)	2단계 (‘15~’17)	3단계 (‘18~’21)	최종목표
신호증폭을 위한 3D 나노어레이 바이오 센서 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 나노플라즈모닉스 래피드 센서 substrate의 감도 및 재현성 평가</li> <li>• 나노플라즈모닉스 래피드 센서 substrate를 이용한 인플루엔자 바이러스 면역분석</li> <li>• 유효 표면적 증가 표면 구조 개발</li> <li>• 3차원 구조의 자기센서 성능평가</li> </ul>			
신개념 현장응답형 실시간 유전자 분석기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 등온 핵산 증폭 기술의 반응 조건 확립</li> <li>• 등온 핵산 증폭 기술의 민감도 및 특이도 확보</li> <li>• 핵산에 의한 정전용량 신호 발생 메커니즘 설계 및 확립</li> <li>• 정전용량 신호 기반 실시간 핵산 증폭 모니터링 기술 개발</li> <li>• 등온 PCR 마이크로 칩 디자인 및 유전자 증폭 기술 개발</li> <li>• 등온 PCR을 위한 회전 및 온도 제어 시스템 구축</li> <li>• Lateral flow 스트립 검출 기술 개발</li> <li>• 인플루엔자 바이러스 타겟 라이브러리 구축 및 프라이머 설계</li> <li>• 다중 타겟 검출을 위한 스트립 기반 검출 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전기화학적 핵산 검출 신호 모델 확보</li> <li>• 전기화학 신호 기반 실시간 핵산 증폭 모니터링 기술 개발</li> <li>• 나노 구조 기반 검출 전극 개발</li> <li>• 전극이 탑재된 검출 플랫폼 개발</li> <li>• 3D 구조체 기반의 회전식 핵산 추출 모듈 개발</li> <li>• 등온 PCR - 스트립 기반 통합 시스템 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전기적/전기화학적 실시간 핵산 증폭 기술의 적용이 가능한 진단 칩 개발</li> <li>• 소형 온도 조절 모듈 개발</li> <li>• 전기적/전기화학적 신호 측정 모듈 개발</li> <li>• 전기적/전기화학적 진단 통합 시스템 개발</li> <li>• 회전식 핵산 추출 - 등온 PCR - 스트립 기반 검출 통합 시스템 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 등온 핵산 증폭과 전기적/전기화학적 증폭 모니터링이 가능한 통합 진단 시스템 구축 (분석 소요 시간 30분 이내, 통합시스템 크기 3 kg 이하, 검출 한계 10 copy)</li> <li>• 회전식 핵산추출 - 등온 PCR - 스트립이 모두 통합된 현장진단형 유전자 분석 시제품 구축 (신뢰도 95%, 최소 3 종 다중 유전자 분석 1시간 이내 수행)</li> </ul>

세부 연구목표명	목표			
	1단계 (‘13~’14)	2단계 (‘15~’17)	3단계 (‘18~’21)	최종목표
현장적용을 위한 H-GUARD 플랫폼 요소기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microfluidic pump/valve 소자 제작</li> <li>• Multi-sensor interface 설계</li> <li>• 통합형 microfluidic droplet device 제작</li> <li>• 환경유해물질 고감도 trace analysis</li> <li>• 3차원 나노구조체 substrate 개발</li> <li>• 소형 laser/detector 도입</li> <li>• Laser와 detector의 integration 모듈 설계 및 개발</li> <li>• 미세 유체 칩 설계 및 제작</li> <li>• 마이크로 heater 제작</li> <li>• 고정밀 온도센서 제작</li> <li>• Portable RT-PCR system 제작</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Portable RT-PCR 시스템의 소형화</li> <li>• Portable RT-PCR 시스템의 유효성 평가</li> <li>• dPCR feasibility 평가/시스템 제작</li> <li>• dPCR micro fluidic chip 개발</li> <li>• dPCR 유효성 평가</li> <li>• RT-PCR의 효율적인 유동제어를 위한 미세 유체펌프 및 measuring 소자 개발</li> <li>• RT-PCR 시스템 및 일회용 미세 유체칩 제작</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dPCR 시스템의 소형화</li> <li>• 전처리/multi-sensor 플랫폼 기술개발</li> <li>• 센싱 모듈의 통합화 및 integration을 위한 interface 개발</li> <li>• IT 융합 전처리/멀티 센서 test bed</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RT-PCR 및 분석기술을 개발</li> <li>• Fluidic 소자 개발 및 Portable PCR 시스템의 소형화</li> <li>• 전처리/Multi-sensing 기반의 portable test-bed 개발</li> </ul>

## 1-4. 연구개발 추진체계

### ■ 사업관리 및 연구개발 추진체계

#### ○ 연구단 사업관리 체계

- 전주기적인 연구 사업관리 체계를 구축하여 효율적인 연구환경을 조성



### ■ 연구단 세부과제 구성

구분	연구목표 및 내용	비고
(세부1-1) 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작 리소그래피기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비대칭 및 3D 하이브리드 구조체 패터닝 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3D 하이브리드 구조체 나노패터닝 공정 및 고세장비 몰드 제작</li> <li>- 나노패턴의 물리적 구조변조 및 화학적 표면 개질 공정개발</li> <li>- NEMS/MEMS Si 마스터몰드 제작 및 특성평가 : 패턴크기 300 nm, 8 in 웨이퍼</li> </ul> </li> <li>• Localized spatial 리소그래피 시스템 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aberration-free 광학계 원천 및 공정기술 개발</li> <li>- Periodic 방식 패턴크기 : 300 nm</li> <li>- Complex 방식 패턴크기: 700 nm</li> </ul> </li> <li>• 비접촉식 전기수력학 기반 3D 리소그래피 및 응용기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전기수력학 기반 3D구조 패터닝 공정 원천기술 개발</li> <li>- 전기적/자기적 특성 기반 구조체 형성공정기술 개발</li> </ul> </li> </ul>	
(세부1-2) 3D 유무기 하이브리드 소재기반 나노구조체 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (1 단계) 포집된 바이러스의 용균 및 바이러스 유전자 검지를 위한 기반 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 화학물의 분자진동에 의하여 발생하는 플라즈모닉 신호를 증폭된 신호로 검지가 가능한 금속 나노안테나 어레이의 합성 및 나노안테나 어레이의 플라즈모닉 증폭 특성 확인 및 나노안테나 구조의 최적화를 통한 최대 증폭효율을 (<math>10^6</math> 이상) 갖는 구조 설계</li> <li>- 나노안테나 어레이의 광열효과로 포집된 바이러스를 레이저 조사시 용균이 되어 바이러스 유전자를 용출하는 즉각 용균 기술 개발</li> <li>- 고감도 플라즈모닉 나노구조체로 개질된 3D 나노구조체 기반 플라즈모닉 바이러스 검지시스템의 설계</li> <li>- 바이러스 유전자와 결합시 구조적 변형이 일어나서 플라즈모닉 신호를 발생하는 분자-광학지퍼의 설계</li> </ul> </li> <li>• (2 단계) 4종의 바이러스 유전자의 검지를 위한 3D 나노구조체 기반 플라즈모닉 바이러스 검지시스템의 최적화               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 나노구조체의 광열효과로 용균된 바이러스 유전자와 결합하여 고민감도 정성분석이 가능한 3D 나노구조체 기반 플라즈모닉 바이러스 검지시스템의 개발</li> <li>- 다종 분자-광학지퍼가 도입된 3D 나노구조체 기반 플라즈모닉 바이러스</li> </ul> </li> </ul>	

구분	연구목표 및 내용	비고
(세부1-2) 3D 유무기 하이브리드 소재기반 나노구조체 개발	<p>검지시스템으로 다종의 바이러스의 동시 검지 (4 종) 여부 확인</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (3 단계) 3D 나노구조체 기반 바이러스 검지시스템을 이용한 포집된 바이러스의 용균 및 8종의 바이러스 유전자 (1000 copy 이상의 바이러스)의 신속한 (10분 이내) 검지 기술의 상용화</li> <li>- 플라즈모닉 바이러스 검지시스템을 구성하는 3D 나노구조체의 대량 생산 공정 개발</li> <li>- 포집된 바이러스의 용균 및 동시에 8종 이상의 유전자의 신속한 검지 기술 상용화</li> </ul>	
(세부 1-3) 3D 조합 플라즈모닉 나노다면체 프로브 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 나노다면체 초정밀 합성/양산법 확보 (플라즈모닉 나노다면체 초정밀 합성법 개발 및 합성 프로토콜 확립)</li> <li>• 광증폭을 위한 나노다면체 합성 디자인 확립 (유용한 플라즈모닉 특성을 갖는 단일 나노다면체 디자인 및 전자기 증폭 효과 분석, 플라즈모닉 나노다면체의 구조적-광학적 특성 라이브러리 구축)</li> <li>• 나노다면체 3D 조합 및 초고감도 플라즈모닉 나노다면체 프로브 개발 (플라즈모닉 나노다면체 간 3D 조합법 구축, 자기조합된 구조체의 전자기 증폭 효과 분석 및 광학 신호 증폭 효과 규명)</li> <li>• 3D 조합 나노다면체 프로브 기반 생체 단분자 검출법 상용화 (생체물질 타겟을 초고감도로 다중검지하여 신호를 낼 수 있는 플랫폼 개발, 재현성 확보를 통한 단분자 수준 초고감도 생체물질 검지법 확립 및 상용화)</li> <li>• DF-NLB 시스템 기반의 생체물질 동시다중검지 플랫폼 개발 (DF-NLB 최적화를 통한 분석 응용 모듈개발, 바이오검지 카트리지 제작, NLB 시스템을 사용한 바이오컨텐츠 다중검지, DF-NLB 시제품 개발)</li> </ul>	
(세부1-4) 헬스가드용 3D 복합구조체 기반 센싱 플랫폼 기술 및 응용기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신개념 바이오 유해물질 센싱용 3D 복합구조체 구현 하이브리드 공정 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 나노/마이크로 하이브리드 구조 확보 (500nm 이하, 50μm이하)</li> </ul> </li> <li>• 바이오 유해물질 검출용 다계층 3D 복합구조체 기반 기능성 미세유체칩제작 플랫폼 기술 개발</li> <li>• 기능별 단위모듈별 3D 구조체 제작 및 기능성 미세유체칩 패키징 기술 개발</li> <li>• 바이오 유해물질 신호증폭을 위한 어레이형 3D 복합구조체 형성 기술 개발</li> <li>• 대면적/고집적 나노구조기반 고감도 검출 3D 복합구조체 공정기술 개발</li> <li>• 다종 유해물질 동시 검출을 위한 유연성 3D 복합구조체 제작 기술 개발</li> <li>• 헬스가드 맞춤형 대면적 3D 복합구조체 제어 기술 개발을 통한 센싱 디바이스 구현 기술 개발</li> <li>• 헬스가드 한계 돌파형 3D 복합구조체기반 기능성 미세유체칩 플랫폼 기술 구축 및 상용화 기술 개발</li> </ul>	
(세부1-5) 생체분자 검출신호 제어를 위한 신개념 3D 나노구조체 설계, 제작 및 활용 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 헬스가드용 나노구조체 생물학적 성능 검토 및 개선 연구 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 나노구조체의 바이오컨텐츠 적용 적합성 평가 및 고효율 도입기술 개발</li> <li>- 바이오컨텐츠 적용 나노구조체 기반 생체분자 검출 원천기술 개발</li> </ul> </li> <li>• 나노바이오 인터페이싱 기술을 통한 3D 나노구조체의 헬스가드 활용</li> <li>• 생체분자 검출 신호 제어를 위한 신개념 나노구조체 설계 및 활용기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 나노구조체-바이오컨텐츠 융합 구조체 설계 및 활용기술 개발</li> <li>- 신개념 나노구조체의 생체분자 검출신호 조절 효과 분석 연구</li> <li>- 나노구조체-바이오컨텐츠 융합 구조체 기반 생체분자 고감도, 다중검지 원천기술 개발 및 헬스가드 활용</li> </ul> </li> </ul>	

구분	연구목표 및 내용	비고
(세부2-1) 바이오나노 융합 헬스가드용 바이오컨텐츠 확보/가공/활용 및 분석원천기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오유해물질 검출용 바이오컨텐츠/나노구조체 인프라 구축 및 운영               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오유해물질 검출용 항원(25종 이상) 및 슈퍼박테리아 결정인자(5종 이상) 개발/확보/공급</li> <li>- H-GUARD용 고다양성/고선택성 리셉터 라이브러리 구축 및 활용(&gt;10<sup>10</sup> 항체라이브러리)</li> <li>- 바이오유해물질 검출용 나노구조체 제조기술 확보(2건 이상) 및 나노구조체 라이브러리 구축 및 활용</li> </ul> </li> <li>• 바이오컨텐츠/나노구조체 인터페이싱 원천기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이オリ셉터/나노구조체 고효율 인터페이싱 기술 개발(2건 이상)</li> <li>- 바이オリ셉터 고정화를 위한 나노구조체 표면처리기술 개발</li> <li>- 나노 공간 조절 및 다중결합 이용 슈퍼 리셉터 개발</li> </ul> </li> <li>• H-GUARD 원천기술의 유효성 평가를 위한 TEST-BED 구축 및 운영               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 세부과제별 핵심 원천기술의 유효성 평가(10건 이상)를 위한 TEST-BED 운영</li> <li>- H-GUARD 원천기술의 기술이전 및 실용화 촉진을 위한 허브시스템 구축 및 운영</li> </ul> </li> <li>• H-GUARD 한계 돌파형 원천기술 및 실용화 연계기술개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대형결과 창출을 위한 H-GUARD 한계 돌파형 원천기술 발굴 및 지원</li> <li>- 단기간 실용화 연계가 가능한 H-GUARD 원천기술 발굴 및 지원</li> <li>- 실용화 촉진을 위한 세부과제 간 컨넥트 프로그램 운영</li> </ul> </li> </ul>	
(세부 2-2) 메타지놈기반 난배양성 슈퍼박테리아 분석기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 메타지놈 기반 병원내 환자 검체 유래 슈퍼박테리아 결정인자 확보               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 중환자실 환자 유래 검체로부터 메타지놈 분석을 통한 슈퍼박테리아 결정인자 20종 개발</li> </ul> </li> <li>• 메타지놈 기반 병원내 환자 검체 유래 병원성 세균 종류 및 병원성 결정인자 6개 확보               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 병원유래 검체에서 병원성 세균의 병원성 인자 개발 기술 확보 및 모델 동물 검정</li> </ul> </li> <li>• 인체 마이크로바이옴 기반 슈퍼박테리아 감염 바이오마커 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 중환자실 환자의 마이크로바이옴 분석을 통한 환자의 임상적 특성, 항생제 사용력, 예후 연관관계 규명</li> <li>- 중환자실 환자의 마이크로바이옴 분석을 통한 환자의 바이오 마커 1종이상 개발</li> </ul> </li> </ul>	
(세부2-3) Bioinformatics 기반 바이러스 변종 예측 및 검증기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• universal antigen, antibody, 대유행 후보주를 포함한 유용 유전자원 확보/가공.</li> <li>• Canine H3N2 influenza virus 와 pandemic H1N1 간의 재조합 바이러스 우선순위 결정 규명</li> <li>• pandemic H1N1 influenza virus 와 canine H3N2 influenza virus의 <i>in vitro</i> 재조합을 통한 바이러스간 재조합 우선순위 결정하여 M gene의 재조합 dominance 규명</li> <li>• canine H3N2 influenza virus와 equine H3N8 influenza virus, 또한 seasonal H3N2 infleuzna virus와 canine H3N2 influenza virus 간의 인공 혼합감염을 시도하고 이에 대한 재조합 바이러스를 확보 및 유전정보 분석</li> <li>• Bioinformatics를 접목한 재조합바이러스의 pattern의 시뮬레이션 구축. 재조합 canine H3N2 인플루엔자바이러스의 기원 및 계통 분석</li> </ul>	

구분	연구목표 및 내용	비고
<p>(세부2-4)</p> <p>약물 저항성 바이오 유해물질 신속 검출을 위한 바이오 컨텐츠 설계 및 활용기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오 유해물질 검출용 항체 개발 및 사업단 제공을 통한 항체 인프라 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기 구축(2-1세부)된 H-GUARD용 항체라이브러리 및 표적 항원 인프라 활용, 유해물질 검출용 항체 개발/확보(13종 이상) 및 사업단 제공</li> </ul> </li> <li>• 약물 저항성 바이러스 검출을 위한 바이오 컨텐츠 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 약물 저항성 바이러스(RSV, 인플루엔자) 항원 발굴 및 재조합 항원 4종 설계 및 확보</li> <li>- 약물 저항성 바이러스 특이적 항체 후보군 확보 및 엔지니어링 (2-1세부 리셉터 라이브러리 활용)</li> </ul> </li> <li>• 미래 출현 가능 약물 저항성 바이러스 예측/확보 및 변종 출현 대비 검출용 바이오 컨텐츠 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실험 진화 기반 약물 저항성 바이오 유해물질 예측 기술 개발</li> <li>- 단백질-약물 결정구조 모델링 기반, 바이러스 약물 저항성 결정기 규명</li> <li>- 분자 재설계 및 엔지니어링을 통한 바이러스 약물 저항성 재현</li> </ul> </li> <li>• 약물-표적 단백질 결합력 기반 약물 저항성 바이러스 검출 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 약물 유사체 후보군 5종 확보</li> <li>- 약물-표적 단백질 결합력 기반 약물 저항성 바이러스 고효율 검출 플랫폼 2종 개발</li> </ul> </li> </ul>	
<p>(세부2-5)</p> <p>감염질환 진단검사 평가를 위한 기반 시스템 구축</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오 유해물질 검출법의 유효성 평가를 위한 임상검체 은행 구축 및 타과제 검증 자료 제공 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 무균 검체(혈액, CSF)에서 분리되는 세균 빈도확인</li> <li>- 주요 병원균의 항균제 감수성 패턴 확인</li> <li>- 세균 및 검체 은행 구축을 위한 표준 protocol 정립</li> <li>- 잔여검체확보를 위한 IRB 승인 획득</li> <li>- 혈액 분리 세균 120균주/년 수집</li> <li>- CSF 분리 세균 60균주/년 수집</li> </ul> </li> <li>• 병원균 동정· 항균제감수성 결과 보고 전산시스템 및 평가 시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- MALDI-TOF MS 등 신기술을 이용한 세균의 신속동정</li> <li>- 혈액배양 양성검체에서 6시간 이내에 세균을 동정하는 기술 개발</li> <li>- 2개 이상의 세균 신속검출 및 해석법 제안</li> <li>- 혈액배양 양성검체에서 24시간 이내에 내성세균 검출 업무 흐름 개발</li> </ul> </li> <li>• CMV 바이러스 내성검출 및 평가 시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이러스 및 검체 은행 구축을 위한 표준 protocol 정립</li> </ul> </li> <li>• 인체에서 유래한 CMV 바이러스 DNA 120개/년 수집</li> <li>• 바이러스 양성 잔여 검체 총 120개/년 수집 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 잔여검체확보를 위한 IRB 승인 획득</li> </ul> </li> <li>• NGS 장비를 이용한 바이러스 50주의 전유전체 염기서열 분석</li> <li>• 결핵균 신속진단 및 내성 검출 및 평가 시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 결핵균 및 검체 은행 구축을 위한 표준 protocol 정립</li> <li>- 각각 50 결핵균 및 객담 검체/년 수집</li> <li>- 내성 결핵균 50개/년 이상 수집</li> </ul> </li> </ul>	



구분	연구목표 및 내용	비고
(세부2-5) 감염질환 진단검사 평가를 위한 기반 시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 잔여검체 확보를 위한 IRB 승인 획득</li> <li>• 결핵균 유전형 분석 및 평가 시스템 구축               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 항결핵제 내성, 감수성 결핵균 총 10주의 WGS 분석을 통한 약제 내성 유전자 확인 연구</li> <li>- 국외 유입 결핵균을 확인할 수 있는 유전형 분석법 개발</li> <li>- 항결핵제 내성, 감수성 결핵균의 약제 내성 유전자 확인 연구 (INH와 RFM의 주요 내성 유전자 돌연변이)(50주)</li> <li>- 분석한 정보를 바탕으로 환자에서 직접 결핵균/내성결핵균을 검출할 수 있는 검사법 개발 (1개)</li> <li>- MALDI-TOF를 이용한 결핵균의 특성 분석(예비연구)(10균주)</li> </ul> </li> <li>• 침습성진균증의 검출 및 평가 시스템 구축               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 침습성 진균 감염 균주 및 검체 은행 구축을 위한 표준 protocol 정립</li> <li>- 잔여검체 확보를 위한 IRB 승인 획득</li> <li>- 침습성진균증 환자에서 유래한 진균 및 검체 (혈액, 호흡기) 각각 12개/년 수집</li> <li>- 신속 항진균 감수성 검사법 개발</li> <li>- 침습성진균증 환자의 진단에 이용할 수 있는 바이오 마커 3개 이상 발굴</li> </ul> </li> </ul>	
(세부 2-6) Nano-space 조절 및 다중결합을 이용한 고특이성/결합력 super 리셉터 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 단백질 자기조립을 위한 고안정성 단백질 결합 쌍 발굴 (2종 이상)</li> <li>• 단백질 자기조립 기반 생체분자 초분자체 합성 전략 개발 (5mer 이상 초분자체 합성)</li> <li>• 신규 자기조립 형광 단백질 및 개량 모노아비딘 단백질 개발</li> <li>• 세포내 합성 초분자체 정제 및 분리 기술 개발</li> <li>• Discrete 결합수 조절을 통한 다중결합 단백질 모듈 개발 (다중결합 &gt; 10)</li> <li>• 단백질 표면 supercharge 도입을 통한 안정성 향상 연구 개발</li> <li>• super-hydrophilic 표면 개량법 개발</li> <li>• 단백질 초분자체 fusion을 통한 기능성 결합 단백질 display</li> <li>• 생체분자 다중결합에 의한 결합력과 특이성 변화 조사</li> <li>• 다양한 모양의 초분자체 개발 및 나노공간 조절을 위한 펩타이드 링커 pool 확립</li> <li>• 생체분자 초분자체 기반 결합력 향상 리셉터 개발 및 나노공간 및 flexibility 조절을 위한 생체분자 링커 개발 (리셉터 Kd &lt; 100 pM)</li> <li>• 다양한 유해물질에 대한 고특이적/고안정성 super 리셉터 개발 및 이를 이용한 H-GUARD 시스템 적용 기술 개발 (리셉터 Kd &lt; 10 pM)</li> </ul>	

구분	연구목표 및 내용	비고
<p>(세부 3-1)</p> <p>입자의 공기역학 및 전기적 특성을 이용한 기상 병원균 선별적 분류/포집과 미세유체채널 기반 전처리 기술</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상 병원균 크기별 분류 및 하전 후 선별적 포집               <ul style="list-style-type: none"> <li>분류입경:                   <ul style="list-style-type: none"> <li>박테리아 1 - 1.5 <math>\mu\text{m}</math>, 바이러스 0.3 - 0.5 <math>\mu\text{m}</math></li> </ul> </li> <li>평균하전수:                   <ul style="list-style-type: none"> <li>박테리아 150가 이상, 바이러스 0.4가 이상</li> </ul> </li> <li>박테리아 포집효율: 90 % 이상</li> <li>바이러스 포집효율: 90 % 이상 달성</li> </ul> </li> <li>병원균 농축, 용해 및 핵산 추출               <ul style="list-style-type: none"> <li>추출효율 90 % 이상</li> <li>용해효율 80 % 이상</li> <li>농축 30분 이내 10배 이상 달성</li> </ul> </li> <li>나노구조체 구조변형 측정을 통한 병원균 감별               <ul style="list-style-type: none"> <li>박테리아와 바이러스 감별 효율 95 % 이상</li> <li>3종 이상의 다중 병원균 동시 감별 달성</li> </ul> </li> </ul>	
<p>(세부 3-2)</p> <p>신호증폭을 위한 3D 나노어레이 바이오 센서 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>전처리 시스템에서 처리된 시료를 고속으로 검지할 수 있는, 3D 나노구조 기반 통합 센서 플랫폼 구현               <ul style="list-style-type: none"> <li>3D 신호증폭 나노구조 어레이 기반 재사용 가능한 고속 고감도 바이오 센서 플랫폼 개발 (총 검지시간 30분 이내, 5종 이상의 병원체 선택적 검지, 감도: 단백질/DNA 기준 10 pM 이하, 실제 시료에서의 반복적 검지 구현 및 연속 모니터링 기술 개발)</li> <li>fM 분해능으로 다중 진단이 가능한, ring 구조의 PHR (Planar hall effect) 센서 기반의 바이오센서 플랫폼의 개발 (자기센서 분해능 1 pT/<math>\sqrt{\text{Hz}}</math> 분해능, 상용화된 장비들을 사용하는 실험실 수준에서 바이오 분자 분해능 <math>\sim 0.1</math> fM 수준, 휴대용 제품화의 경우 <math>\sim 10</math> fM 분해능, 20분 내에</li> </ul> </li> </ul>	
<p>(세부 3-3)</p> <p>신개념 현장응답형 실시간 유전자 분석기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>등온 핵산 증폭 기술 및 전기적/전기화학적 실시간 핵산 증폭 모니터링 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>핵산효소 기반 등온 핵산 증폭 기술 개발</li> <li>전기적/전기화학적 실시간 핵산 증폭 모니터링 기술의 신호 발생 메커니즘 설계</li> <li>전기적 등온 실시간 핵산 증폭 모니터링 시스템 및 비표지 다표적 핵산 검출 시스템 개발</li> <li>등온 PCR 마이크로 칩 디자인 및 유전자 증폭 기술 개발</li> <li>등온 PCR을 위한 회전 및 온도 제어 시스템 구축</li> </ul> </li> <li>현장응답형 통합 유전자 진단 시스템 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>전기적/전기화학적 실시간 핵산 증폭 기술의 적용이 가능한 진단 칩 개발</li> <li>전기적/전기화학적 진단 통합 시스템 모듈 확립</li> <li>등온 핵산 증폭 기술을 적용한 실시간 핵산 증폭 시스템 구현</li> <li>항온 온도조절 모듈과 측정 모듈이 결합된 통합 진단 시스템 설계/ 최적화 및 제작</li> <li>통합 시스템 운용 소프트웨어 구현 및 테스트</li> <li>사용자 인터페이스 구현 및 테스트</li> <li>통합 진단 시스템 기술 사업화</li> </ul> </li> <li>회전식 핵산 추출, 등온 PCR 기술 및 lateral flow 스트립 기반 검출 통합 시스템 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>등온 PCR 마이크로 칩 디자인 및 유전자 증폭 기술 개발</li> <li>등온 PCR을 위한 회전 및 온도 제어 시스템 구축</li> <li>Lateral flow 스트립 검출 기술 개발 (신뢰도 90%)</li> <li>다중 타겟 검출을 위한 스트립 기반 검출 기술 개발</li> </ul> </li> </ul>	

구분	연구목표 및 내용	비고
(세부 3-3) 신개념 현장응답형 실시간 유전자 분석기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3D 구조체 기반의 회전식 핵산 추출 모듈 개발 (80% 핵산 추출 효율, 30분 이내)</li> <li>- 등온 PCR - 스트립 기반 통합 시스템 구축 (직경 12 cm 이내, 1시간 이내 유전자 분석)</li> <li>- DNA 증폭 시 증폭 효율을 저해하는 요인 분석 및 최적화된 반응 구축</li> <li>- 회전식 핵산 추출 - 등온 PCR 마이크로 디바이스 개발 (직경 12 cm 이내, 1시간 이내 유전자 분석)</li> <li>- 회전식 핵산 추출 - 등온 PCR - 스트립 기반 검출 통합 시스템 개발 (직경 12 cm 이내, 1시간 이내 유전자 분석)</li> <li>- 인플루엔자 A 바이러스 3가지 종 (H1N1, H3N2, H5N1)에 대한 유전자 분석 수행</li> </ul>	
(세부3-4) 현장적용을 위한 H-GUARD 플랫폼 요소기술 개발	<p>[1단계]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• H-GUARD용 Portable PCR 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- RT(real time)-PCR용 일회용 미세 유체 칩 개발</li> <li>- RT-PCR용 온도 제어를 위한 마이크로 heater 및 고정밀 온도센서 개발</li> <li>- Portable RT-PCR system 제작을 통한 실용화 기술 개발</li> </ul> </li> <li>• H-GUARD 용 portable multi-sensor 적용을 위한 부품 소형화 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Microfluidic pump/valve 소자 개발</li> </ul> </li> <li>• H-GUARD 용 multi-sensor integration 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- multi-sensor 플랫폼 개념 설계</li> </ul> </li> </ul> <p>[2단계]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• H-GUARD용 Portable PCR 시스템 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Portable RT-PCR 시스템의 소형화</li> <li>- 고속 thermal cycler 및 고정밀 측정기술 개발</li> <li>- dPCR용 micro fluidic chip 개발</li> </ul> </li> <li>• H-GUARD 용 portable multi-sensor 적용을 위한 부품 소형화 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- RT-PCR의 효율적인 유동 및 제어를 위한 미세 유체펌프 및 measuring 소자 개발</li> </ul> </li> </ul> <p>[3단계]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• H-GUARD 용 portable multi-sensor 적용을 위한 부품 소형화 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- dPCR 시스템의 소형화</li> </ul> </li> <li>• H-GUARD 용 multi-sensor integration 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전처리/multi-sensor 플랫폼 핵심기술</li> <li>- 센싱 모듈의 통합화 및 integration을 위한 interface 개발</li> <li>- IT 융합 전처리/멀티 센서 test bed (세균/virus 5종 검출)</li> </ul> </li> <li>• 고감도 바이러스 검출을 위하여 DNA 기반의 바이오센서 기술이 필요함에 따라 초소형 실시간 마이크로 중합효소 연쇄반응 (RT-PCR, dPCR) 및 분석기술을 개발</li> <li>• H-GUARD 용 portable multi-sensor 적용을 위해서는 부품의 소형화 기술이 요구되므로, RT-PCR의 효율적인 유동 및 제어를 위한 미세 유체펌프 및 measuring 소자를 개발하고, Portable RT-PCR 시스템의 소형화함.</li> <li>• H-GUARD 용 multi-sensor integration을 위한 플랫폼 기술개발을 위하여 나노 소자와의 system interface 기술 개발함으로써 전처리/Multi-sensing 기반의 portable test-bed 개발</li> </ul>	

## II. 1단계 연구단 실적

### 2-1. 연구목표 달성도

#### ■ 1단계 연구성과 목표 및 실적 (MECE/SMART)

세부연구 목표	목표	실적	달성도	측정방법
(1) 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작 리소그래피 기술 개발	3D 하이브리드 구조체 나노패터닝 공정 및 고세장비 몰드 제작	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 하이브리드 구조체 나노패터닝 기술               <ul style="list-style-type: none"> <li>고세장비 Si 나노스텝퍼와 SOG를 이용한 투명 나노스텝퍼 복제공정기술 및 전도성 표면개질 기술 개발</li> <li>롤 나노임프린트장비 기반의 용액전사 공정으로 3D 하이브리드 구조체 (나노메쉬) 나노패터닝 수행</li> </ul> </li> <li>내용 작성               <ul style="list-style-type: none"> <li>KrF Scanner 노광 기술을 이용한 8인치 대면적 상에 300 nm 급 나노패턴 형성</li> <li>고종횡비(3:1급) 3차원 나노패턴 형성을 위한 Deep Silicon Etching 기술 개발</li> <li>Deep silicon etching 조건 튜닝과 박막 증착을 통한 수직면 Spacer 형성의 하향식/상향식 공정 기술 개발</li> </ul> </li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>SEM 측정에 의한 형상 검증</li> </ul>
	Aberration-free 광학계 응용 공정 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>Localized Spatial 리소그래피를 위한 Test-bed 제작 및 공정               <ul style="list-style-type: none"> <li>Localized Spatial 리소그래피 공정 수행을 위한 Aberration-free 광학계 설계</li> <li>NA 가변 및 Defocus 측정이 가능한 Test-bed 구현</li> <li>Localized Spatial 리소그래피 검증을 위한 공정 Test 수행</li> </ul> </li> <li>간섭 리소그래피 광학계에 기반을 둔 Periodic 나노 패터닝 시스템 설계               <ul style="list-style-type: none"> <li>회절격자를 이용한 소형·경량화된 간섭 리소그래피 프로브 설계/제작</li> <li>간섭 리소그래피 공정 수행을 통한 주기적 홀 패턴 제작</li> </ul> </li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>광학 및 SEM 측정에 의한 형상 검증</li> </ul>
	비접촉식 전기수력학기반 3D구조 패터닝 공정기반 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>전기수력학 기반 3D 구조 패터닝 기술               <ul style="list-style-type: none"> <li>코어와 셸이 다른 물질로 구성되어 바이오-나노 센서 제작에 활용될 수 있는 코어셸 또는 셸 형태의 패턴을 제작</li> <li>3D 마이크로/나노 복합패턴 제작 및 해석하는 시뮬레이션 제작</li> <li>자성유체가 자기장 하에서 보여주는 거동을 표면에너지를 통해 제어하여 수 um 크기의 친환경적 자성패턴 제작</li> </ul> </li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>X-ray 회절 분석 및 라만 분광법을 통한 물질 분석</li> <li>전자현미경 및 AFM을 통한 마이크로 및 나노 패턴 크기 측정</li> </ul>

세부연구 목표	목표	실적	달성도	측정방법
(1) 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작 리소그래피기 술 개발		<ul style="list-style-type: none"> <li>응용 가능성이 높게 평가받는 물질들의 전구체를 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>TiO<sub>2</sub>, ZnO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, VO<sub>2</sub> 등의 전구체 물질을 제작하였으며, 이를 전기수록학 기반 리소그래피에 도입하여 bio-compatibility가 높으면서도 다양한 전기적/광학적 특성을 가진 나노 구조체 제작</li> <li>생물체에 무독하여 바이오-나노 소자 제작에 널리 활용될 수 있는 ZnO 나노와이어의 선택적 위치로의 성장 기술 개발</li> </ul> </li> </ul>		
	3D 나노구조의 물리·화학적 형성/ 변조 및 소자 적용 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>물리적 구조변조               <ul style="list-style-type: none"> <li>100 nm 이하급 패턴의 구조변조율 300% 내외 달성</li> <li>300 nm 패턴 구조변조율 200 % 내외 달성</li> <li>단일기판 내 대략 300~150 nm 크기로 점차 변화하는 크기 기울기 형성</li> </ul> </li> <li>화학적 특성변조               <ul style="list-style-type: none"> <li>친수/소수 특성 변화 차이 150도 달성</li> <li>단일기판 내 접촉각이 대략 160~5도 크기로 점차 변화하는 습윤성 기울기 형성</li> <li>표면처리를 통한 바이오물질 선택부착 양상 조절 달성 (비부착성 표면/부착성 표면 모두 형성)</li> </ul> </li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>SEM, AFM 측정을 통한 패턴 크기 확인</li> <li>접촉각 측정을 통한 습윤성 확인</li> </ul>
	제작된 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체의 저잡음 기판으로의 전사공정 개발 및 표면활성화 공정개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>멀티나노홀소자의 신뢰성 있는 제작공정 확립               <ul style="list-style-type: none"> <li>나노임프린트 기술로 형성한 고분자 나노패턴의 저잡음 기판으로의 건식식각(dry-etch) 전사 공정 확립</li> <li>저잡음 기판에 형성된 멀티나노홀 구조를 free-standing 멤브레인 구조로 만들기 위한 습식식각(wet-etch)공정 확립</li> </ul> </li> <li>바이오물질 필터로서 멀티나노홀 구조의 특성 확인               <ul style="list-style-type: none"> <li>바이오물질(BSA단백질)의 농축 효과를 확인</li> </ul> </li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>단백질이 멀티나노홀 소자를 경계로 전기영동을 이용하여 sample 구역에서 반대쪽 buffer 구역으로 단위 시간당 얼마만큼 옮겨가는지를 buffer 구역에서 단백질(BSA)의 정량을 Spectrophotometry를 통해 확인</li> </ul>

세부연구 목표	목표	실적	달성도	측정방법
(2) 3D 유무기 하이브리드 소재기반 나노구조체 개발	금속 나노안테나가 어레이된 나노구조체 합성기술 개발, 최적화 및 구조제어 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>금속 나노안테나가 어레이된 나노구조체의 합성에 성공함               <ul style="list-style-type: none"> <li>나노구조체의 크기 : 120 nm</li> <li>나노안테나의 크기 : 7 nm</li> <li>합성 효율 : 반응 당 100 mg 확보</li> <li>합성 수율 : 70 %</li> </ul> </li> <li>다공성 나노구조체의 반응 속도를 조절하여 나노구조체의 길이를 제어함               <ul style="list-style-type: none"> <li>구형 / 타원형 / 막대기형으로 구조 제어 기술 개발</li> <li>나노구조체의 길이는 약 120 nm ~ 2000 nm</li> </ul> </li> <li>나노구조체 합성 때 사용된 유기 템플레이트의 충분한 제거를 통해 특정 분자 (ex. organic dye) 가 있을 경우에만 강한 플라즈모닉 신호를 나타냄을 확인함</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>전자현미경을 활용한 나노구조체의 합성 확인</li> <li>EDX 및 라만 기기를 활용한 유기 템플레이트 존재 유무 확인</li> <li>ICP-OES (inductively coupled plasma optical emission spectrometry)를 이용한 검지</li> </ul>
	고민감도 정성검지가 가능한 다공성 캔틸레버의 개발 (추가 달성)	<ul style="list-style-type: none"> <li>기판 위에 전기화학적으로 금/은 합금 구조체를 설계 후 선택적으로 은 구조체만을 식각하여 고민감도 정성분석이 가능한 나노캔틸레버를 합성함               <ul style="list-style-type: none"> <li>전구체로 쓰이는 금 이온의 양이 12.5 % 일 때 표면적이 최대화</li> <li>늘어난 표면적으로 인하여 기존 상용 센서에 비해 <math>10^4</math> 배의 증가된 민감도</li> </ul> </li> <li>라만 염료 분자의 검출 한계 = 약 1 nM</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>전자현미경을 활용한 나노구조체의 합성 확인</li> <li>라만 기기 및 AFM resonator를 통한 반응 물질 분석</li> </ul>
	다양한 모양의 금속 나노 구조체의 합성	<ul style="list-style-type: none"> <li>꼭지점이 더 뾰족한 정육면체 모양의 금 나노 구조체               <ul style="list-style-type: none"> <li>크기 : 15 nm</li> </ul> </li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>전자현미경을 활용한 나노구조체의 합성 확인</li> </ul>
	금속 나노안테나가 어레이된 나노구조체를 이용한 광열특성 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>합성된 나노안테나 어레이 구조체는 600 nm 이상대의 파장에서 높은 흡광을 가짐</li> <li>레이저 조사시 (<math>30 \text{ W/cm}^2</math>) 3분내 <math>91^\circ\text{C}</math> 이상 온도 상승 효과 확인</li> <li>나노구조체의 광열효과를 이용하여 1분내 98 % 이상의 바이러스를 용균시키는데 성공함</li> <li>레이저 없이 플라즈모닉 나노구조체만 처리하였을 경우 바이러스 표면 단백질이 유지된 상태로 바이러스의 감염도가 떨어지는 것을 확인</li> <li>실시간 현장 검증에 적합한 신규 바이러스 불활화 기술 가능성 확보</li> <li>플라즈모닉 나노구조체만을 사용하였을 경우 농도별, 시간별 실험 결과 모든 조건에서 단백질이 유지된 상태로 바이러스의 감염도가 떨어짐을 확인함 (재현성 테스트 완료)</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>Thermostat을 이용한 온도 상승 효과 확인</li> <li>HA titer / PCR을 통한 바이러스 용균 효과 확인</li> <li>UV-Vis spectorscopy를 통한 흡광도 확인</li> <li>전자현미경을 통한 나노입자의 모양 확인</li> </ul>

세부연구 목표	목표	실적	달성도	측정방법
(2) 3D 유무기 하이브리드 소재기반 나노구조체 개발		<ul style="list-style-type: none"> <li>플라즈모닉 나노구조체와 바이러스 감염도 저하에 대한 기작을 규명하는 연구가 진행중이며 바이러스 불활화 device 로 응용 가능함</li> <li>효율적 바이러스 전처리 기술 개발을 위하여 넓은 범위 파장대에서 흡광을 가지는 나노구조체 (<math>Cu_{1.96}S</math>) 의 합성 및 광열 효과 확인에 성공함</li> <li>이에 더하여 <math>Cu_{1.96}S</math> 나노구조체의 광열효과를 활용하여 바이러스 전처리 실험을 해본 결과 전 조건에서 바이러스가 lysis 되는 것을 확인함.</li> </ul>		
	3D 나노구조체 적층 기판의 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노패턴된 기판 위에 3D 나노구조체의 적층 밀도 확인 (<math>1\text{ mm}^2</math> 당 <math>1 \times 10^6</math> 개 이상 나노입자 적층 확인, 목표 대비 20배 향상된 실적을 보임)</li> <li>3D 나노구조체의 적층으로 인한 기판에서의 <math>10^7</math> 배 신호 증폭능 확인 (목표 대비 10배 이상 성능 효과 확인)</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>대형결과 창출을 위한 H-GUARD 한계 돌파형 원천기술 발굴 및 지원 여부</li> </ul>
	유전자와 결합시 모양이 변하는 분자-광학지퍼 설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>특정 유전자 물질이 있을 경우 형태변화를 일으켜 플라즈모닉 신호변화를 유도하는 분자-광학지퍼의 설계를 통한 선택적 바이러스 핵산 검출에 성공함 (target : SARS virus 의 primer sequence)</li> <li>분자-광학지퍼를 활용하여 10 nM 의 SARS 바이러스의 프라이머를 1시간 내 검출이 가능함을 확인함</li> <li><math>T_m</math> 온도 이상의 온도를 가하여 Primer 의 흡/탈착이 진행되어도 신호가 나타남을 확인함.</li> <li>추후 높은 안정성 및 재현성으로 Kit 제작에 적합함을 확인함</li> <li>이에 더하여 SARS 바이러스에 실험하기전, 그보다 덜 독성이 약하며 안전한 PEDV-K (Porcine Epidemic Diarrhea Virus, 돼지 설사 바이러스) 바이러스를 활용하여 실험을 해본 결과 재현성이 나타나며 시간에 따라서 바이러스 검지 효율이 나오는 것을 확인함.</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>형광 (FRET 현상)을 통한 분자-광학지퍼의 형태 변화 및 바이러스 핵산 검지 효율 확인</li> </ul>
	(위탁) 3D 플라즈모닉 나노구조 기반 바이오센서의 요소기술 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>FDTD 시뮬레이션을 기반하여 3차원 플라즈모닉 나노디쉬를 설계하고, 나노공정기술을 이용하여 대면적 제작함</li> <li>3D analyte의 크기에 맞게 3차원 나노디쉬의 크기를 다변화하고, 바이러스 모사 실험을 통하여 1 attomole 수준의 검지능 확인</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>3차원 나노디쉬의 공진주파수 변화량 최적화 여부 및 나노디쉬 제작 여부</li> <li>나노디쉬를 이용한 바이러스 검출 모사 실험 여부 및 결과</li> </ul>

세부연구 목표	목표	실적	달성도	측정방법
(3) 3D 조합 플라즈모닉 나노다면체 프로브 개발	광증폭을 위한 나노다면체 고수율 합성	<ul style="list-style-type: none"> <li>플라즈모닉 금속재료(금,은)를 이용하여, 큐브형, 막대형, 코어/셸형 등 다양한 종류의 나노다면체를 고수율로 합성 (나노다면체 3종 이상, 합성 수율 70 % 이상)</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>TEM, SEM, EDS 등의 분석 장비를 이용하여 플라즈모닉 나노다면체의 형상, 크기, 조성, 합성 수율 등을 분석</li> </ul>
	3D 나노다면체 광학 신호 증폭 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노다면체 및 3D 조합 나노다면체 구조의 광학 신호 증폭 효과 확인 및 정량적 분석 (라만 증폭 <math>10^{10}</math> 이상)</li> <li>나노다면체의 조합에 따른 광학 증폭 효과 이론적 계산 수행</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>Raman spectroscopy를 이용하여 나노다면체 및 3D 조합 나노다면체 구조의 광학 신호 증폭 효과를 확인</li> </ul>
	DF-NLB 기본 시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노입자 counting, RGB 분석, 분석 응용모듈을 이용한 실시간 나노입자 결합 분석 방법 등 DF- NLB 플랫폼용 다양한 분석 방법을 개발 하였으며, 바이오 카트리지를 제작</li> <li>DF-NLB 시스템을 이용하여 탄저균 타겟 물질의 정량적 검지능을 확인 (검지한계: 420 copies)</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>DF-NLB 기본 시스템을 구축함에 있어, 결과 분석 프로그램의 활용, 카트리지의 개발 여부, 탄저균 타겟 물질의 정량적 검지능을 확인.</li> </ul>
(4) 헬스가드용 3D 복합구조체 기반 센싱 플랫폼 기술 및 응용기술 개발	신개념 바이오 유해물질 센싱 플랫폼 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>유해물질 모니터링 구현을 위한 3D 구조체 설계 기반 기술 확보(1종이상)</li> <li>3D 형상/디자인 제어 및 대면적 형성 기술 개발 (200 mm급, 구조물 50<math>\mu</math>m 이하, 500nm 이하)</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오 유해물질 (바이러스, 세균 등) 검출을 위한 3D 구조체 설계 도면 구축 여부</li> <li>3D 복합구조체 형상 및 디자인 제어 형성 기술 개발 여부</li> </ul>
	바이오 유해물질 검출용 다계층 3D 구조체 제작 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 나노/마이크로 혼복합 구조체 제작 기술 개발(구조물 50<math>\mu</math>m 이하, 500nm이하 구조물 동시 구현)</li> <li>혼복합 구조체 표면처리 기술 개발</li> <li>센싱 감도 향상을 위한 실리콘 기반 저항 제어 기술 개발 (접촉각 150도 이상과 접촉각 10도 이하)</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 나노/마이크로 혼복합 구조체 제작 기술 개발 여부</li> <li>나노구조체 표면처리기술 개발 여부</li> </ul>
	바이오 유해물질 다중 분석용 다기능성 구조물 형성 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>센싱 감도 향상용 2D/3D 혼복합 전극 구조체 패터닝 기술 개발 (1종 이상)</li> <li>바이오 유해물질의 고감도 검출을 위한 물리적·전기적 센싱 기술 개발 (1종이상)</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 복합구조체를 적용하여 바이오 센싱 구현 여부</li> <li>광학적, 전기적 센싱기술 개발 여부</li> </ul>



세부연구 목표	목표	실적	달성도	측정방법
(5) 생체분자 검출신호 제어를 위한 신개념 3D 나노구조체 설계, 제작 및 활용 기술	헬스가드용 나노구조체 생물학적 성능 검토 및 개선 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 나노필라 구조체 표면 개질 최적화 (I-1 세부과제 협동연구)</li> <li>• 금 전극 나노구조체 표면 개질 최적화 (I-4 세부과제 협동연구)</li> <li>• 바이오유해물질 검출을 위한 세포막 적용 나노구조체 개발</li> <li>• 바이오키나 인터페이싱 기술 적용 나노프로브를 이용한 바이오유해물질 검출 (II-4 세부과제 협동연구)</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 나노구조체의 바이오컨텐츠 적용 적합성 평가 여부</li> <li>• 바이오컨텐츠 적용 나노구조체를 이용한 생체분자 검출 적용 여부</li> </ul>
	생체분자 검출 신호 제어를 위한 신개념 나노구조체 설계 및 활용기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 광결정 나노구조체의 색 변화를 이용한 바이오유해물질 검출 원천기술 개발 : 실리카 역오팔 3D 나노구조체를 이용한 바이오유해물질 검출</li> <li>• SU-8 역오팔 나노구조체를 이용한 바이오유해물질 검출</li> <li>• 수직 성장 실리콘 나노선의 색 변화를 이용한 바이오유해물질 검출 원천기술 개발</li> <li>• 투과 빛의 변화를 이용해 바이오유해물질 검출이 가능한 나노 그레이팅 구조체 설계</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신개념 나노구조체(2종 이상) 설계 여부</li> </ul>
(6) 바이오키나 융합 헬스가드용 바이오컨텐츠 확보/가공/활용 및 분석원천기술 개발	바이오유해물질 검출용 바이오컨텐츠/ 나노구조체 인프라 구축 및 운영	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 참조용 바이오유해물질 자원 확보 및 사업단 내 분양 파이프라인 구축</li> <li>• 국내유행 계절형 독감바이러스 بانک 구축 및 각 대표 strain 특성 규명</li> <li>• 검출기술 적용을 위한 비감염성 바이러스 확보</li> <li>• 바이오유해물질 검출용 표적항원 및 재조합 항원 25종 확보</li> <li>• 바이오유해물질 검출용 결정인자 6종 및 항체 15종 확보</li> <li>• H-GUARD용 항체 라이브러리 구축 및 활용(&gt;10<sup>11</sup> synthetic antibody library)</li> <li>• 바이오유해물질 검출용 나노구조체 라이브러리 구축 및 운영</li> <li>• (나노구조체 라이브러리 소개 홈페이지 운영)</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오유해물질 (바이러스, 세균 등) 검출용 항원, 슈퍼박테리아 (MRSA 등) 결정인자 개발/확보 및 제공 여부(25종 이상)</li> <li>• 진단 항체 제작을 위한 재조합 항원 설계 여부(5종 이상)</li> <li>• 항체(15종 이상) 개발 및 확보 여부</li> <li>• 비감염성 바이러스 확보 여부(5종 이상)</li> <li>• 거대 리셉터 라이브러리 구축 여부(&gt;10<sup>10</sup> synthetic antibody library)</li> <li>• 국내 유행 계절형 독감바이러스 بانک 구축 및 대표 strain 특성 규명 여부</li> <li>• 나노검출 기술 적용 비감염성 바이러스 확보 여부</li> <li>• 면역 cDNA 라이브러리 구축을 위한 각 항원면역 여부</li> </ul>

세부연구 목표	목표	실적	달성도	측정방법
(6) 바이오나노 융합 헬스가드용 바이오키펜츠 확보/가공/활용 및 분석원천기술 개발				<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오유해물질 고감도 검출 및 모니터링을 위한 다양한 나노구조체 제조기술 확보 및 나노구조체 라이브러리 구축 여부</li> </ul>
	바이오키펜츠/ 나노구조체 인터페이싱 원천기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다당 고분자인 레반 이용 self-assembled 나노구조체 제조 기술 개발</li> <li>• 나노-바이오키펜츠 인터페이싱 기술 라이브러리 구축</li> <li>• 나노 공간 조절 및 다중결합을 이용한 슈퍼 리셉터 설계</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 나노구조체별 바이오키펜츠 고효율 인터페이싱 기술 개발 여부</li> <li>• 나노구조체 표면처리기술 개발 여부</li> <li>• 나노 공간 조절 및 다중결합을 이용한 슈퍼 리셉터 설계 여부</li> </ul>
	H-GUARD 원천기술 유효성 검증 및 TEST-BED 구축 및 운영	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H-GUARD 원천기술 유효성 평가를 위한 TEST-BED 구축</li> <li>• H-GUARD 원천기술 기술이전 위한 산업체 컨소시엄 구성</li> <li>• H-GUARD 용 나노바이오센서 플랫폼기술 성능평가를 위한 표준기준 제시</li> <li>• 열대성 감염 질병의 진단 기술 유효성 평가 시스템 구축</li> <li>• CNT 기반 FET 센서를 이용한 바이러스 검출 유효성 평가</li> <li>• Raman diagnostics 기술을 위한 나노소재들의 합성 및 양산 기술 유효성 평가</li> <li>• H-GUARD 적용 가능한 항체의 유효성 평가</li> <li>• 공기 이온을 이용한 미생물 용해 장치에 대한 유효성 평가</li> <li>• 병원미생물 농축 시스템의 유효성 평가</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세부과제별 핵심 원천기술 검증을 위한 TEST-BED 구축 및 유효성 평가 진행 여부</li> <li>• H-GUARD 원천기술의 기술이전을 위한 사업단내 허브 시스템 구축 여부</li> <li>• H-GUARD 용 나노바이오센서 플랫폼기술 성능평가 및 검증시스템 구축 여부</li> <li>• 세부과제별 핵심 원천기술 유효성 평가 및 검증 여부(9건 이상)</li> </ul>

세부연구 목표	목표	실적	달성도	측정방법
(6) 바이오나노 융합 헬스가드용 바이오컨텐츠 확보/가공/활용 및 분석원천기술 개발	H-GUARD 한계 돌파형 원천기술 및 실용화 연계기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>H-GUARD briefcase 모듈 핵심기술 개발               <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 공기 중 샘플 포집 및 액화모듈</li> <li>2) 미세유체 칩 기반 휴대용 면역검사 시스템</li> <li>3) H-GUARD 시스템 인터페이싱 및 패키징용 미세유체 원천기술 (국내특허출원 10-2014-0191622)</li> <li>4)현장시료로부터 효율적 핵산 추출 기술</li> <li>5)H-GUARD Briefcase를 위한 휴대용 PCR 시스템 개발</li> </ol> </li> <li>Digital Diagnostics (디지털 진단)을 위한 모듈 기술 개발               <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 마이크로웰 기반의 디지털 진단칩 기술 (국내특허출원 10-2015-0033951)</li> <li>2) 구조물의 변형특성을 활용한 구조물 내부에서의 ordered pairing 기술 (국내특허출원 10-2014-0152405, 10-2014-0153165)</li> </ol> </li> <li>항체 엔지니어링 기반 바이러스 진단기술 모델 정립</li> <li>올리고뉴클레오타이드 신호 조합을 이용한 세균 동정 모델정립</li> <li>특이적 효소 감응형 나노소재 기반 항생제 내성 세균 신속 검출 모델 정립</li> <li>나노캡-나노물질 복합 구조체 기반의 비표지 고감도 전기적 바이오센서 기술 개발 (국내특허출원 10-2014-0193008)</li> <li>선형 업컨버전 형광 기반의 저비용, 고감도 바이오검출기술 (국내특허출원 10-2015-0067872)</li> <li>발색반응 및 전기화학적 센서를 활용한 나노섬 기반 진단 기술 (국내특허출원 10-2015-0026556)</li> <li>형광 바이오/나노소재 기반 미생물 오염 검출 기술 (국내특허출원 10-2015-0049601, 10-2015-0049614)</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>H-GUARD briefcase 모듈(공기/현장 샘플 포집 및 전처리 모듈, 1차 신속 진단 모듈, 2차 정밀 PCR 진단 모듈)별 핵심기술개발 여부</li> <li>Digital Diagnostics 기술 개발을 위한 나노구조체 기반 밸브제어 기술, 마이크로웰 어레이 기술 개발 여부</li> <li>한계 돌파형 원천기술 개발 여부</li> <li>: 항체 엔지니어링 기반 바이러스 진단기술 개발 여부</li> <li>: 올리고뉴클레오타이드 조합을 이용한 바이오 진단기술 개발 여부</li> <li>: 특이적 효소 감응형 나노소재 기반 바이오유해물질 신속 검출 시스템 개발 여부</li> <li>: 나노캡-나노물질 복합 구조체 기반의 비표지 고감도 전기적 바이오센서 기술 개발 여부</li> </ul>

세부연구 목표	목표	실적	달성도	측정방법
(7) 메타지놈기반 난배양성 슈퍼박테리아 분석기술개발	병원/환경 유래 다제내성유전자 대량확보 및 배양가능 다제내성 슈퍼박테리아 세균 종류분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 금강유역 9개 지점에서 4가지 항생제에 대한 저항성 세균분리 및 저항성 유전자 DNA 확보</li> <li>• 분리된 세균의 16s rRNA 서열을 기반한 세균 동정</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10종 이상의 항생제 내성 유전자 확보 여부</li> </ul>
	병원/환경으로 부터 메타지놈 유전체를 추출하여 항생제 저항성 관련 유전자 탐색 병원/환경 샘플의 미생물 군집 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 병원/환경으로부터 직접적으로 유전체를 추출하여 1~3kb shot-gun library 제작 및 항생제 저항성 유전자 확보</li> <li>• 환경유래 fosmid(&gt;35kb) 유래 항생제 저항성 유전자 확보</li> <li>• 병원환경 샘플의 미생물 군집 분석과 배양 가능한 환경 유래 항생제 저항성 세균을 비교하여 다제내성 세균의 군집 및 분포 비교</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 난배양성 및 배양가능한 슈퍼박테리아 분석 플랫폼 50% 확립 여부</li> <li>• 20종 이상의 항생제 내성 유전자 확보 여부(신규 3종 이상의 유전자 확보)</li> </ul>
	슈퍼박테리아 타깃 유전자를 진단할 분자와 나노입자의 결합기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 형광 실리카 나노입자와 probe을 결합 기술 개발</li> <li>• 아민기로 노출된 실리카 표면에 NHS-Biotin을 결합 시킨 후 streptavidin을 고정시켜 Biotin을 갖는 probeDNA를 결합 시킴.</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FISH기반 한 나노입자와 유전자의 결합을 통한 진단 가능성 확인</li> </ul>
	병원유래 슈퍼박테리아의 다제내성 유전자 및 병원성 결정인자 대량 확보	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개발된 플랫폼을 이용하여 병원 환자/병원 환경유래 슈퍼박테리아 다제내성 유전자 70종 확보(신규 다제내성 유전자 3종 확보)</li> <li>• 병원환자/병원환경유래 다제내성 세균의 항생제 내성 유전자 확보와 항생제 저항성 기작 규명</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다제내성 유전자 3종이상 확보 유무</li> <li>• 다제내성 유전자 기능분석유무</li> </ul>
	NGS기반 원인 미상 감염병의 원인 규명	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원인미상 감염병(패혈증등) 환자의 시기별, 검체별(서혜부,액와, 구강, 비강등) 메타지놈 샘플링을 통해 미생물 군집 분석</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미생물 군집분석 유무</li> <li>• 원인미상 감염병의 원인 미생물 속 분석 유무</li> </ul>

세부연구 목표	목표	실적	달성도	측정방법
(8) Bioinformatics 기반 바이러스 변종 예측 및 검증기술 개발	신·변종바이러스 유용 유전자원 확보 및 가공 (3종이상)	<ul style="list-style-type: none"> <li>3종 이상의 신·변종바이러스 유용 유전자원 확보 및 가공 및 universal antigen, antibody, 대유행 후보주를 포함한 유용 유전자원 확보/ 가공</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>universal antigen, pandemic 후보주 확보여부</li> </ul>
	바이러스 재조합 우선순위 결정요소 규명 (3종이상)	<ul style="list-style-type: none"> <li>3종 이상의 인플루엔자 바이러스 재조합 우선순위 결정요소 규명</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>인플루엔자 바이러스 재조합 우선순위 결정요소 규명 여부</li> </ul>
	인플루엔자 바이러스 재조합 패턴규명 (3종이상)	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>in vitro</i> 재조합을 통한 바이러스간 재조합 패턴규명 및 병원성 재현</li> <li>Bioinformatics를 접목한 재조합바이러스의 pattern의 시뮬레이션 구축. 재조합 canine H3N2 인플루엔자바이러스의 기원 및 계통 분석</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>최근 유행 인플루엔자 바이러스의 재조합 패턴 규명 여부 및 실제 동물 모델의 입증여부</li> </ul>
(9) 약물 저항성 바이오 유해물질 신속 검출을 위한 바이오 콘텐츠 설계 및 활용기술 개발	바이오 유해물질 검출용 항체 개발 및 사업단 제공을 통한 항체 인프라 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>H-GUARD용 항체라이브러리 및 표적 항원 인프라(2-1세부)를 활용한 유해물질 검출용 항체(13종 이상) 개발/확보 및 사업단 제공</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>항체 개발 여부</li> <li>사업단에 항체 제공 여부</li> </ul>
	약물 저항성 바이러스 검출을 위한 바이오 콘텐츠 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>약물 저항성 바이러스(RSV, 인플루엔자 등) 항원 발굴/재조합 항원 4종 설계</li> <li>약물 저항성 바이러스 특이적 항체 후보군 3종 확보</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>항원 발굴/설계 여부</li> <li>항체 후보군 확보 여부</li> <li>단클론 항체 후보군 도출을 위한 실험동물 대상, 항원 면역 여부</li> </ul>
	미래 출현 가능 약물 저항성 바이러스 예측/확보 및 변종 출현 대비 검출용 바이오 콘텐츠 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>약물 표적 항원 라이브러리 설계/제작을 통한 약물 저항성 예측 플랫폼 기술 개발</li> <li>단백질-약물 결정구조 모델링 기반, 바이러스 약물 저항성 결정기 규명</li> <li>분자 재설계 및 엔지니어링을 통한 바이러스 약물 저항성 재현</li> <li>실험 진화 기반 약물 저항성 바이오 유해물질 예측 기술 개발</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>모델링 기반, 바이러스 약물 저항성 결정기 규명 여부</li> <li>분자 재설계 및 엔지니어링을 통한 바이러스의 약물 저항성 재현 여부</li> </ul>
	약물-표적 단백질 결합력 기반 약물 저항성 바이러스 검출 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>약물 저항성 바이러스 검출용 약물 유사체 후보군 확보</li> <li>약물 유사체 기반, 약물 저항성 바이러스 검출 플랫폼 개발</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>검출용 약물 유사체 후보군 확보 여부</li> <li>플랫폼 기술 개발 여부</li> </ul>

세부연구 목표	목표	실적	달성도	측정방법
(10) 감염질환 진단검사 평가를 위한 기반 시스템 구축	무균검체에서 분리된 세균의 데이터 베이스 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>잔여검체 확보를 위한 IRB 승인 획득</li> <li>무균 검체(혈액, CSF)에서 분리되는 세균 빈도확인</li> <li>주요 병원균의 항균제 감수성 패턴 확인</li> <li>세균 및 검체 은행 구축을 위한 표준 protocol 정립</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>잔여검체 확보를 위한 IRB 승인 획득 여부</li> <li>무균 검체(혈액, CSF)에서 분리되는 세균 빈도 확인 여부</li> <li>주요 병원균의 항균제 감수성 패턴 확인 여부</li> <li>세균 및 검체 은행 구축을 위한 표준 protocol 정립 여부</li> </ul>
	신속 세균 동정 및 내성 검출법 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>MALDI-TOF MS 등의 신기술을 이용한 세균의 신속동정</li> <li>혈액배양 양성검체에서 6시간 이내에 세균을 동정하는 기술 개발</li> <li>2개 이상의 세균 신속검출 및 해석법 제시</li> <li>혈액배양 양성검체에서 24시간 이내에 내성세균 검출 업무 흐름 개발</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>MALDI-TOF MS 등의 신기술을 이용한 세균의 신속동정 여부</li> <li>혈액배양 양성검체에서 6시간 이내에 세균을 동정하는 기술 개발 여부</li> <li>2개 이상의 세균 신속검출 및 해석법 제시 여부</li> <li>혈액배양 양성검체에서 24시간 이내에 내성세균 검출 업무 흐름 개발 여부</li> </ul>
	바이러스 검체 확보	<ul style="list-style-type: none"> <li>잔여검체 확보를 위한 IRB 승인 획득</li> <li>바이러스 및 검체 은행 구축을 위한 표준 protocol 정립</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>잔여검체 확보를 위한 IRB 승인 획득 여부</li> <li>바이러스 및 검체 은행 구축을 위한 표준 protocol 정립 여부</li> </ul>
	CMV 전유전체 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>NGS 장비를 이용한 바이러스주 2주의 전유전체 염기서열 분석</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>NGS 장비를 이용한 바이러스주 2주의 전유전체 염기서열 분석 여부</li> </ul>

세부연구 목표	목표	실적	달성도	측정방법
(10) 감염질환 진단검사 평가를 위한 기반 시스템 구축	결핵 균주 및 호흡기 검체 확보	<ul style="list-style-type: none"> <li>잔여검체 확보를 위한 IRB 승인 획득</li> <li>결핵균주 및 객담 확보 protocol 수립</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>잔여검체 확보를 위한 IRB 승인 획득 여부</li> <li>결핵균주 및 객담 확보 protocol 수립 여부</li> </ul>
	Sequencing 및 NGS를 이용한 결핵균 특성 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>약제 내성 균주 포함 총 2균주 이상의 결핵균 염기서열 분석</li> <li>결핵균 내성을 조사 및 항균제 감수성 패턴 확인</li> <li>결핵균 약제 내성 유전자 확인 (문헌조사)</li> <li>항결핵제 내성, 감수성 결핵균의 약제 내성 유전자 확인 연구 (예비연구)</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>약제 내성 균주 포함 총 2균주 이상의 결핵균 염기서열 분석 여부</li> <li>결핵균 내성을 조사 및 항균제 감수성 패턴 확인 여부</li> <li>결핵균 약제 내성 유전자 확인 (문헌조사) 여부</li> <li>항결핵제 내성, 감수성 결핵균의 약제 내성 유전자 확인 연구 (예비연구) 여부</li> </ul>
	침습성진균증 환자의 진균 및 검체 확보 protocol 수립	<ul style="list-style-type: none"> <li>잔여검체 확보를 위한 IRB 승인 획득</li> <li>침습성진균증 환자에서 유래한 진균 및 검체 (혈액, 호흡기) 각각 6개 이상 수집</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>잔여검체 확보를 위한 IRB 승인 획득 여부</li> <li>침습성진균증 환자에서 유래한 진균 및 검체 (혈액, 호흡기) 각각 6개 이상 수집 여부</li> </ul>
	진균의 특이 항원 검사법 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>침습성진균증 환자에서 분리 동정한 진균의 특이 항원 발굴 연구</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>침습성진균증 환자에서 분리 동정한 진균의 특이 항원 발굴 연구 여부</li> </ul>

세부연구 목표	목표	실적	달성도	측정방법
(11) Nano-space 조절 및 다중결합을 이용한 고특이성/결합 력 super 리셉터 개발	자기조립 기반 단백질 초분자체 합성	<ul style="list-style-type: none"> <li>Split 형광단백질 기반 단백질 자기조립 기술 개발</li> <li>모노아비딘 바이오틴 결합 기반 결합 쌍 개발</li> <li>10mer 이상 세포내 형광단백질 자기조립 혼합체 제작</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>고안정성 단백질 결합 쌍 발굴 여부 (2종 이상)</li> <li>5mer 이상 초분자체 합성 여부</li> </ul>
	신규 자기조립 단백질 결합 쌍 개발 및 생체분자 초분자체 기반 다중결합 조절 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>단분산 형광단백질 폴리곤 제작 및 TEM 기반 구조적 검증 (2-10 mer)</li> <li>단분산 선형 형광단백질 폴리머 제작 (2-15 mer)</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 mer 이상의 discrete 단백질 초분자체 제작 여부</li> </ul>
	거대생체분자 안정화를 위한 단백질 표면개량 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>표면 전하 (super-negative) 개량을 통한 거대 단백질 안정화 기술 개발</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>표면 및 수용액상에서의 거대 생체분자 안정화 여부</li> </ul>
	단백질 초분자체 기반 기능성 단백질 display 및 나노공간 조절 전략 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>단백질 조립체 나노공간 조절을 위한 선형 및 구형 단백질 조립체 개발: 선형 형광단백질 폴리머 및 구형 모노아비딘 ferritin 복합체</li> <li>다중성 증가에 따른 protein G-항체 결합 분석</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>기능성 결합 단백질의 나노공간 배열 조절 여부</li> <li>다중결합에 의한 결합력변화 조사 여부</li> </ul>
(12) 입자의 공기역학 및 전기적 특성을 이용한 기상 병원균 선별적 분류/포집과 미세유체채널 기반 전처리 기술	공기역학적 수치해석을 이용한 분류기 설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>수치 해석을 이용한 공기 역학적 입자 분류기 설계 및 제작(목표치 달성) <ul style="list-style-type: none"> <li>박테리아 분류 입경 1.5 <math>\mu\text{m}</math>,</li> <li>바이러스 분류 입경 0.5 <math>\mu\text{m}</math></li> </ul> </li> </ul>	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>분류입경 <ul style="list-style-type: none"> <li>박테리아 경우: 1 - 1.5 <math>\mu\text{m}</math></li> <li>바이러스 경우: 0.3-0.6 <math>\mu\text{m}</math></li> </ul> </li> </ul>
	분류기 제작 및 수치해석결과와 실제 성능평가 결과비교	<ul style="list-style-type: none"> <li>공기 역학적 입자 분류기 성능 평가(목표치 달성) <ul style="list-style-type: none"> <li>바이러스 모사 입자 (0.5 <math>\mu\text{m}</math>) 내부 손실 13 %</li> <li>박테리아 모사 입자 (1.5 <math>\mu\text{m}</math>) 내부 손실 19 %</li> </ul> </li> </ul>	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>분류기 내부 입자 손실 30 % 이하 <ul style="list-style-type: none"> <li>박테리아 경우: 1 <math>\mu\text{m}</math> 기준</li> <li>바이러스 경우: 0.5 <math>\mu\text{m}</math> 기준</li> </ul> </li> <li>분류기의 수치해석결과와 실제 성능평가 결과의 오차범위 30 % 이하</li> </ul>



세부연구 목표	목표	실적	달성도	측정방법
(12) 입자의 공기역학 및 전기적 특성을 이용한 기상 병원균 선별적 분류/포집과 미세유체채널 기반 전처리 기술	미세유체 채널 설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>Herringbone 구조의 미생물 농축 미세 유체 채널 개발(목표치 달성)</li> </ul>	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Herringbone 구조의 미세유체 채널 내 세포의 거동 분석을 통한 최적의 칩 형상 결정</li> </ul>
	실제 박테리아를 이용한 농축 실험	<ul style="list-style-type: none"> <li>박테리아 (S. aureus, E. coli, P. aeruginosa)를 이용한 성능 평가(목표치 달성)</li> <li>- 10분 농축 시 농도 6배 상승</li> </ul>	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>농축 2배 이상</li> </ul>
	박테리아 감별 고탄성 나노구조체 구조변형 측정기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노 필러의 구조 변형 측정 기술 개발 (목표치 달성)</li> <li>- 10 nm 구조 변형 및 수 nN의 운동력 측정</li> </ul>	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노구조체 중심 이동거리 최소 100 nm; nano newton급 힘</li> </ul>
	다중해석 모델을 이용한 하전기 설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>코로나 방전을 이용한 바이오에어로졸 하전 특성 연구 및 하전기 개발</li> </ul>	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>평균하전수</li> <li>- 박테리아: 150가 이상</li> <li>- 바이러스: 0.4가 이상</li> </ul>
	하전기 제작 및 성능평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>부유 바이러스 (bacteriophage MS2), 박테리아 (S. aureus, S. epidermids, E. coli)를 이용한 성능 평가(목표치 달성)</li> <li>- 바이러스 하전수 7, 바이러스 내부 손실 20 %</li> <li>- 박테리아 하전수 700, 박테리아 내부 손실 20 %</li> </ul>	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>내부 입자손실 30 % 이하</li> </ul>
	광열효과를 통해 병원균 내 핵산 추출	<ul style="list-style-type: none"> <li>박테리아 (S. aureus, E. coli, P. aeruginosa)를 이용한 성능 평가(목표치 달성)</li> <li>- 15분 용해 시 90% 이상의 박테리아에서 핵산 추출</li> </ul>	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>추출효율 90 % 이상</li> </ul>
	자성나노입자의 자성을 이용한 병원체 정밀 감별	<ul style="list-style-type: none"> <li>황색 포도상구균 (S. aureus) 인장력 1-10 nN , 용혈성 대장균 (E. coli; O157) 인장력 20 - 90nN, 일반 대장균 인장력 0 nN로 3종의 박테리아에 대해 감별 효율 100 %</li> </ul>	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>박테리아 감별 효율 95 % 이상</li> </ul>

세부연구 목표	목표	실적	달성도	측정방법
(13) 신호증폭을 위한 3D 나노어레이 바이오 센서 개발	3D 신호증폭 나노입자 어레이를 이용한 전기/광학식 고속 바이오 센서 구조 디자인 및 기본 Analyte 측정	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노 Pore, 나노홀, 나노입자 등의 3D 나노구조를 활용한 전기/광학식 (2종 이상) 3D 신호증폭 나노입자 어레이 기반 바이오 센서 디자인</li> <li>항원-항체 반응을 활용한 전기/광학식 2종 이상의 3D 신호증폭 나노입자 어레이 기반 바이오 센서의 기본 Analyte 확인</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>전기/광학식 고속 바이오 센서 디자인 여부 (2 종 이상)</li> <li>전기/광학식 고속 바이오 센서를 이용한 기본 Analyte 측정 여부 (2 종 이상의 고속 바이오 센서 사용)</li> </ul>
	FDTD 시뮬레이션 기반 3D 플라즈모닉 나노구조 설계 및 제작	<ul style="list-style-type: none"> <li>FDTD 시뮬레이션을 통한 3D nanodish 구조의 높이, 직경, 두께 등의 변화를 통하여 플라즈모닉 공진주파수의 변화량 최적화</li> <li>나노임프린트 리소그래피 공정과 진공 증착 공정을 이용하여 3D nano-dish 어레이를 10 x 10 mm<sup>2</sup>에 성공적으로 구현</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이러스 검지를 위한 공진주파수 변화값 최적화 여부</li> <li>3D 나노구조 어레이의 대면적화 여부</li> </ul>
	3D 신호증폭 나노입자 어레이 기반 센서를 이용한 병원체 검지 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>형광, Plasmonics, ELISA, 전기식 등의 2종 이상의 바이오센서를 활용하여 H1N1, IL13, IL10 등의 2종 이상의 바이오 반응을 검지하였으며, 10nM 이하의 감도로 검지</li> <li>자성 나노입자를 이용하여, 센서를 재사용하는 기술 개발</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>2종 이상의 3D 구조의 고속 바이오 센서를 이용한 병원체 검지 (2종 이상의 병원체, 단백질 기준 검지 감도 10 nM 이하)</li> </ul>
	고감도 나노플라즈모닉 스 래피드 센서용 substrate 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>고감도 나노 플라즈모닉스 신호용 기능성 나노입자 제작 및 물성평가</li> <li>나노 플라즈모닉스 래피드 센서 제작 및 fast mapping을 이용한 고신뢰도 측정 기술 개발</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>기능성 나노입자 물성평가 (주사전자현미경, UV-Vis, DLS) 측정결과 확인</li> <li>래피드 센서 플라즈모닉스 신호 검증</li> </ul>
	나노플라즈모닉 스 래피드 센서 substrate의 감도 및 재현성 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D gold pillar substrate 제작 및 식중독균 독소를 이용한 ppb 수준의 고감도 정량분석 구현</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 나노구조체 물성평가 (SEM, 플라즈모닉스 신호 mapping)</li> <li>3D 나노구조체 기반 정량분석 검증</li> </ul>
	나노플라즈모닉 스 래피드 센서 substrate를 이용한 인플루엔자 바이러스 면역분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>고감도 POC/나노플라즈모닉스 검용 래피드 센서 제작기술 개발</li> <li>H1N1/H3N2 인플루엔자 바이러스 검출용 항체 스크리닝 및 최적 pair 조건 확립</li> <li>H1N1, H3N2 타겟으로 한 인플루엔자 바이러스 검출용 나노플라즈모닉스 래피드 센서 개발 및 정성분석</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노플라즈모닉스 래피드 센서와 기존 검출법 간의 민감도 평가</li> <li>항체 스크리닝 ELISA 결과</li> <li>래피드 센서 제작 여부 및 On/Off test 검증</li> </ul>
	유효 표면적 증가 표면 구조 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노임프린팅을 통한 유효 표면적이 증가된 3D-PHR 센서 제작</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>이론적인 수치 계산</li> </ul>
	3차원 구조의 자기센서 성능평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>원뿔구조 디자인 센서 사용을 통한 민감도 20%, 출력전압 25% 향상</li> <li>높이/반지름 비율과 구조물 간격에 따른 고효율 표면적 증가 조건 확인</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 비교대상과 상대비교</li> </ul>

세부연구 목표	목표	실적	달성도	측정방법
(14) 신개념 현장응답형 실시간 유전자 분석기술 개발	등온 핵산 증폭 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>DNA 중합효소의 치환 활성과 nicking enzyme 활성의 최적화를 통한 증폭 효율 최적화</li> <li>핵산효소 기반 등온 핵산 증폭 기술의 반응조건 확립</li> <li>다양한 DNA polymerase 및 nicking enzyme 중 최적의 증폭 효율을 보이는 효소 선별</li> <li>등온 핵산 증폭을 위한 DNA probe 및 primer 설계</li> <li>DNA primer 5' 말단을 nicking enzyme이 인식 반응하는 서열로 수식화</li> <li>민감도 및 특이도 확보 (100 copy numbers 이하 및 non-specific genomic DNA 구분 성능)</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>등온 핵산 증폭을 위한 DNA polymerase 및 nicking enzyme 선별: 전기영동을 통한 증폭 성공 여부</li> <li>등온 핵산 증폭을 위한 primer 간의 간섭을 최소화하기 위한 probe 서열 선정 및 설계 후 전기영동을 통한 증폭 성능 검증</li> <li>동작 온도 70℃ 이하 및 증폭 시간 1시간 이내 증폭 후 전기영동을 통한 증폭 확인</li> </ul>
	전기적 등온 실시간 핵산 증폭 모니터링 및 비표지 다표적 핵산 검출 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>다양한 전극소재 중 생체 분자의 정전용량 측정에 가장 적합한 금속 또는 합금 전극 소재 선정</li> <li>선정된 전극 소재의 박막 코팅 기술 개발을 통한 검출 전극 개발</li> <li>비특이적 신호 최소화를 위한 전극 표면 처리 조건 최적화</li> <li>교류 전압을 이용한 double layer capacitance 모델 또는 직류 전압을 이용한 plate capacitor 모델 등 다양한 신호 모델 검증/개선을 통한 생체 물질 검출에 최적의 신호 모델 확보</li> <li>생체 물질 측정 전해질 물질 조성 최적화</li> <li>정전용량 신호 모델을 실시간 핵산 증폭 모니터링 기술에 적용</li> <li>정전용량 신호 측정을 위한 온도, 시간, 및 효소 농도 등 증폭 조건 최적화</li> <li>다양한 길이의 핵산을 전기적인 측정방법으로 분석</li> <li>핵산의 농도와 길이 간의 관계를 확립하고 실험 결과를 토대로 상수 값을 구하여 관계식 정립</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>각종 소재의 전극에서 핵산 농도 변화에 따른 정전용량 신호 변화 측정</li> <li>다양한 기법의 정전용량 측정 방법 테스트를 통한 신호 모델 검증</li> <li>정전용량 기반 실시간 핵산 증폭 모니터링 시스템 성능 검증: 핵산 증폭과 동시에 정전용량 신호 변화 측정</li> <li>전기적 신호를 기반으로 핵산 길이와 농도를 측정 및 분석</li> </ul>
	등온 PCR 마이크로 시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>정확한 온도 구배를 위한 metal heat block 및 insulator 제작</li> <li>LabVIEW 프로그램을 통한 자동화 시스템의 최적 scheme 확립</li> <li>다중 PCR reactor가 포함된 등온 PCR 칩 제작 및 다중 타겟 동시 증폭 수행</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>온도제어 및 회전제어 정확성 평가 (standard 값과 비교)</li> <li>등온 PCR 마이크로 칩에서의 증폭 효율 측정</li> </ul>
	초고속 lateral flow 기반 검출기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nitrocellulose membrane에 발색반응 검출을 위한 항 헵텐 (anti-hepten) 고정화</li> <li>RT-LAMP product의 효과적인 검출을 위한 primer modification 방법 개발</li> <li>Strip 상에서의 다중 타겟 검출 기술 개발</li> <li>인플루엔자 바이러스 3 종 타겟 동시 검출 30분 이내 수행</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>RT-LAMP product의 헵틴과 스트립 상의 항-헵틴과의 접합능력 측정</li> <li>Strip 상에서의 검출 한계 및 민감도 측정</li> <li>Strip을 이용하여 최소 3 종의 유전자 분석 가능 여부 확인</li> </ul>

세부연구 목표	목표	실적	달성도	측정방법
(15) 현장적용을 위한 H-GUARD 플랫폼 요소기술 개발	RT(real time)-PCR용 일회용 미세 유체 칩 제작 및 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parylene-C 코팅과 pre-stressed passive를 밸브를 이용하여 Sample loss를 감소시킬 수 있는 RT(real time)-PCR용 일회용 미세 유체칩 제작 (Sample loss &lt; 5%)</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>Portable PCR system에 적합한 최적의 칩 제작</li> </ul>
	마이크로 heater 제작	<ul style="list-style-type: none"> <li>RT-PCR의 온도 제어를 위한 마이크로 heater 설계, 제작 및 기초 평가 (Ramping time: 7°C/s)</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>Thin film 두께에 따른 온도센서 민감도 평가 <math>\pm 0.5^{\circ}\text{C}</math> 이내의 온도 균일도를 가지는 heater 확보</li> </ul>
	고정밀 온도센서 제작	<ul style="list-style-type: none"> <li>Micro RT-PCR에 필요한 Thin Film Thermocouple (TFTC) thermal sensor 제작 (온도 균일도: <math>\pm 0.5^{\circ}\text{C}</math>, 선형성: 2%, 민감도: <math>40\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}</math>)</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>온도 센서의 <math>\pm 0.5^{\circ}\text{C}</math> 이내 온도 측정 정확성 확보</li> </ul>
	Portable RT-PCR system 제작 및 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>System 구성을 위한 플랫폼 설계</li> <li>Portable RT-PCR system 제작을 위한 Integration 기술 확보</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>14x14x5 cm<sup>3</sup> 크기의 시스템 제작</li> </ul>
	Microfluidic pump/valve 소자 제작 및 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>Leakage barrier를 이용하여 효율적인 valve기능을 수행할 수 있는 bidirectional micro fluidic Pump 소자 제작</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>제작 및 성능 평가 양방향 펌프 구동 여부 역류량: 1.0 <math>\mu\text{l}/\text{min}</math> 이하 (@-400Pa) 유량: 1.0 <math>\mu\text{l}/\text{min}</math> 이상</li> </ul>
	dPCR feasibility 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>Portable digital PCR system에 대한 feasibility 평가</li> <li>Portable digital PCR system 구성을 위한 플랫폼 설계</li> <li>Sample loss를 줄일 수 있는 미세 유체 칩을 설계 및 제작 (sample loss&lt;14%, sample loading time&lt;1min)</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>Portable digital PCR system에 대한 feasibility 평가</li> <li>Portable digital PCR system 구성을 위한 플랫폼 설계</li> <li>Sample loss를 줄일 수 있는 미세 유체 칩을 설계 및 제작</li> </ul>

## 1단계 성과지표 및 실적 (4G 관리지표)

----- 공통필수

구분		1단계			가중치	측정산식 또는 측정방법
		목표	실적	달성도		
Global	연구비 대비 SCI 논문 생산성	1.0	1.04	104%	0.1	1억원당 SCI 논문수
	국제공동연구수	2	8	400%	0.05	국제공동연구 (인력교류, 파견 등)를 통해서 공동으로 게재한 논문수
	국제학술활동	-	-	-	0.025	초청강연, 조직위원회활동, 국제학술회의 개최, 학회 수상 등
	글로벌 협력 네트워크 구축	5	7	140%	0.025	해외 연구기관과의 인력 교류(MOU, 자문, 초청, 파견 등), 국제자문 등
Ground Breaking	해당분야 세계 최고 수준 논문 게재 실적	17	30	176%	0.05	분야별 상위 5% 이내 논문 건수(mrnIF 95 이상 논문수)
	분야별 논문 영향력 지수	77	82	106%	0.05	표준화순위보정 지수 (mrnIF값) 평균값
	연구비 대비 특허출원 생산성	0.4	0.51	128%	0.075	1억원당 특허 출원수
	연구비 대비 특허등록 생산성	-	0.06	100%	0.1	1억원당 특허 등록수
	글로벌 특허 등록	-	-	-	0.05	미국, 일본, 유럽, 중국 중 2개국 이상 국제특허 등록수
	등록특허의 질적수준	-	-	-	0.05	K-PeG + 전문가 질적수준 평가이용, 특허평가 A등급 비율(%)
	High-risk high-return 과제 수행(단장 주도)	1	1	100%	0.025	도전적 연구과제 수행 유무
Group Approach	융합연구를 통한 시너지 성과 도출 여부	20	9	36%	0.1	핵심/세부과제간 공동연구 논문 및 특허 건수
	인프라 통합 구축 및 활용	1/10	1/12	120%	0.025	공동연구시설 구축 / 인프라 활용 건수
Growth & Sustainability	기술이전 건수	-	7	100%	0.1	기술이전 건수 합계
	기술료	-	3.1	100%	0.1	정액기술료 및 징수된 경상기술료의 합계)
	중소기업 협력연구	2	19	100%	0.025	중소기업과 협력 건수 및 MOU 건수
기타	연구단 홍보	25	27	108%	0.05	방송사/신문사 홍보, 전시회 참가, 기고 등 회수
합계					1	-

## 2-2. 사업추진체계 및 세부과제 구성

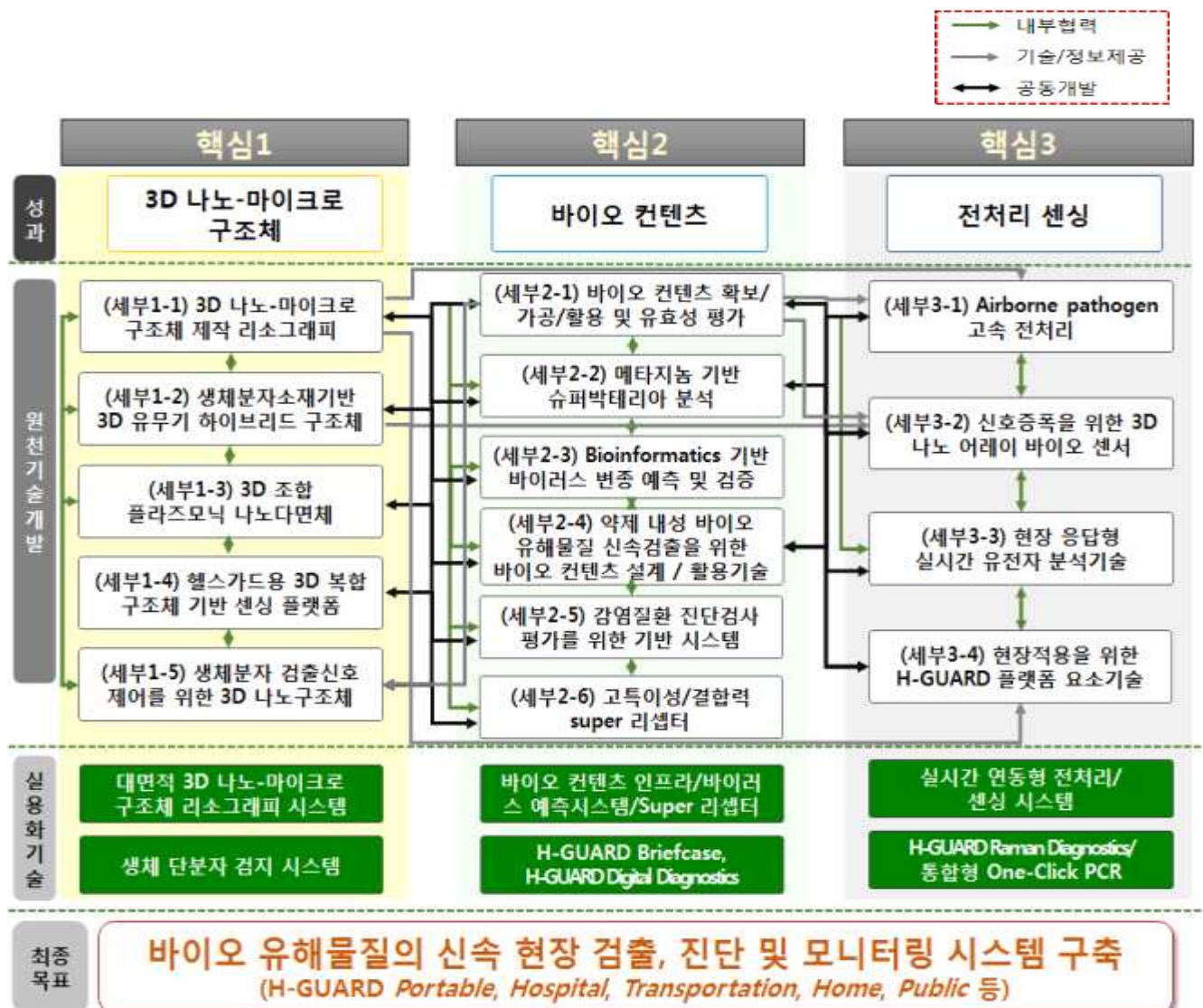
### ■ 사업추진체계

#### ○ 1단계 과제구성 체계

- 연구개발의 효율성 증대와 사업목표 달성을 위해 3개의 핵심과제, 15개의 세부과제가 유기적으로 연계·융합하는 협력연구체계를 구축하여 운영
- 연구단 우수 원천기술 실용화를 위한 MD와의 협력연구 추진

#### ○ 추진과제간 연계성

- 글로벌프론티어사업의 4G 철학에 따라 연구단 핵심 연구분야의 세계적 수준의 연구 역량을 지닌 전문가를 세부과제 연구책임자로 선정하여 사업을 추진함
- 세부과제가 유기적으로 연계·융합하는 협력연구체계를 구축하여 운영



## 2-3. 연구수행 내용 및 결과

### 정량적 실적

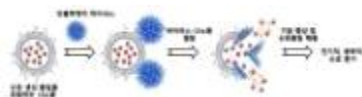
년도	논문(SCI급)		특 허						기술이전		연구단 기술료 징수액
			출원			등록					
	건수	mrnIF	국내	국외	계	국내	국외	계	건수	계약액(억원)	
1차 년도	51	79	16	2	18	-	-	-	-	-	
2차 년도	79	84	40	8	48	4	3	7	7	3.01	0.33
합계	130	82	56	10	66	4	3	7	7	3.01	

### 정성적 실적

 <p>Complete Genome Sequences of Noncoding Regions of Korean Equine H3N8 Influenza Virus</p> <p>대장균을 이용한 PCV2 유용항원 개발</p> <p>PCV2 유용항원 기반 백신 제작 및 축산물 품질 향상</p> <p><b>[말 인플루엔자 유용항원 제작 기술]</b></p> <p><b>[돼지췌코바이러스의 유용항원의 개발]</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한국생명공학연구원</li> <li>○ 주요성과 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주요내용 : 국내에서 최초로 말 인플루엔자 유용항원 제작 기술 및 돼지의 전신성소모성 질병 증후군 (PCV2) 표면 단백질을 대장균을 이용 대량생산기술 개발</li> <li>- 기존 지식/기술 대비 성과의 차별성 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 한국 분리주를 이용한 한국형 말 인플루엔자 유용항원을 개발</li> <li>· 안전성이 확보된 돼지췌코바이러스 유용항원의 대량 생산 가능 기술개발</li> </ul> </li> <li>- 세계최고 수준의 성과와 비교 : 2012년 국내에서 최초로 말 인플루엔자를 분리하여 학계에 보고 및 기 PCV2상용화 백신 제품보다 면역활성능 (항체 생성능)이 우수</li> <li>- 기대효과 및 향후계획 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 연속적인 반려동물 및 말에 대한 유용항원의 기술이전 및 국산화 기술 개발이 완결됨으로써 "ONE HEALTH"의 개념이 중요한 인플루엔자 대응기반 구축이 기대</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>▶ 학술지 게재 : Complete Genome Sequences of Noncoding Regions of Korean Equine H3N8 Influenza Virus (Journal of microbiology and Biotechnology, 2014)</li> <li>▶ 국내 특허 등록(1) : 10-1490292</li> <li>▶ 기술이전 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 : "말 인플루엔자 백신용 유용 항원제작기술", (주)녹십자수의 의약품, 선급 6천만원 + 연간매출액 8% (2015.2.4.)</li> <li>- 국외 : "돼지 소모성질환 유용항원 제작기술", RTD회사(베트남, <a href="http://rtd.vn/eng/">http://rtd.vn/eng/</a>), 선급 \$100,000</li> </ul> </li> </ul>
--	--







[나노솜을 이용한 인플루엔자 바이러스 검출 기술 모식도]



· 바이러스 현장 신속 검출 시스템 개발

[현재 제작중인 시제품 가상도]



고병원성 H5N1 중동물 (개) 감염 비말검체 확보



용접을 통한 가시화 연구  
virus buffer only

○ (재)바이오나노헬스가드연구단 / 연세대학교

### ○ 주요성과

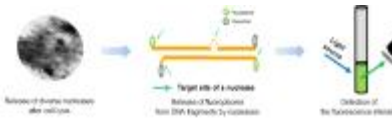
- 주요내용 : 나노솜을 이용한 인플루엔자 바이러스의 신속 검출 방법 확립
- 다양한 신호 (전기적 신호, 색 변화, 형광 등) 생성 물질을 포함하는 나노 크기의 리포솜 합성 및 정제 기술 개발
- 최소 진단 시간, 최대 감도를 보일 수 있는 나노솜과 인플루엔자 바이러스의 결합 조건 확인
- 고/저병원성 인플루엔자 특이적 효소를 이용한 인플루엔자 병원성 진단 기술 개발 및 실제 고병원성 인플루엔자에 감염된 동물 검체로부터 유효성 검사
- 기존 지식/기술 대비 성과의 차별성 : 기존 인플루엔자 신속 진단 키트는 인플루엔자에 결합하는 항체를 사용하여 바이러스 종류에 따라 performance가 일정하지 않은 문제점이 있음. 본 연구에서 개발된 인플루엔자 검출 기술은 나노사이즈의 리포솜을 이용하여 인플루엔자가 세포에 감염되는 과정을 모방함으로써 바이러스 strain에 상관없이 검출 가능함. 또한 고/저병원성 특이적 효소를 이용한 바이러스 전처리를 통해 기존 신속진단키트로 알기 어려운 고/저병원성 인플루엔자를 선별진단
- 세계최고 수준의 성과와 비교 : 세계시장에서 판매되는 많은 신속진단키트는 대부분 진단의 검출한계가  $10^4$  TCID<sub>50</sub>/mL 이상으로 낮은 편임. 본 연구에서 개발된 키트는 전기적 신호 생성물질 등을 이용하여 반응시간은 짧으면서도 검출감도가 100 배 이상 우수한 것으로 판단
- 기대효과 및 향후계획 : 기존 진단 키트 대비 고감도를 보이는 나노솜 기술을 활용하는 시스템의 가치창출 효과가 기대되며, 인플루엔자 신속 진단으로 국가 재난형 신종플루 등의 감염병을 효과적으로 대처하여 이로 인한 경제적 손실을 최소화

- ▶ 국내특허출원(4 건) : 10-2015-0082788, 10-2015-0026556, 10-2015-00626485, 10-2015-0002793
- ▶ 시제품 제작 중 (2015년 內 완료예정)

○ (재)바이오나노헬스가드연구단

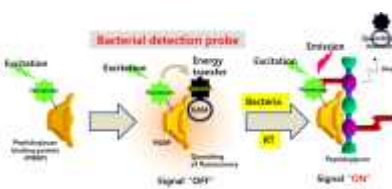
○ 주요성과

- 주요내용 : 형광입자를 결합시킨 바이오분자를 활용한 오염 미생물 검출 기술 개발. 기존의 ATP 측정기반 오염 미생물 검출 측정법의 한계점(보관성 증대, 생존균 측정 및 진균과 구별하여 세균만 검출 가능)을 극복할 수 있음을 제시함



[환경 시료로부터 오염 미생물 검출 측정 기술 개요도]

↓ 시제품 제작 중



[식품 및 바이오제품으로부터 세균 오염 검출 측정 기술 개요도]

↓ 시제품 제작 중

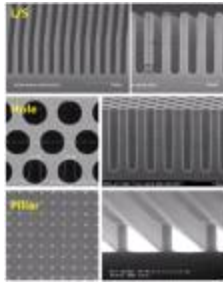


- 기존 지식/기술 대비 성과의 차별성 : 기존 오염 미생물 검출 기술은 미생물 배양 등의 다소 복잡한 과정을 거치거나 생존균/사멸균 또는 세균/진균을 구별하지 않고 측정되었음. 또한, 효소 제품으로 보관성이 용이하지 않았음. 본 기술은 이러한 한계점을 극복하는 데 성공

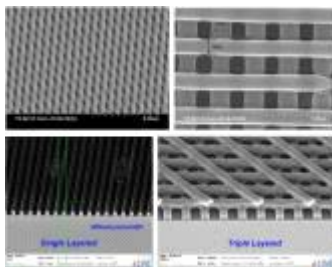
- 세계최고 수준의 성과와 비교 : 최근 세계시장에서 상용화된 제품은 ATP 측정 기반 발광 효소를 활용한 제품으로 단순하고 신속하다는 장점이 있으나, 신호가 지속되지 못하며, 보관성이 용이하지 않고 미생물의 구분성이 부족하였음. 본 기술은 이를 뛰어 넘는 것으로 세계 수준에 근접

- 기대효과 및 향후계획 : 현재 시장에 알려진 위생 검사와 비교하여 단순하고 보관성이 용이한 제품을 양산하는 데 유효한 기술임. 이를 활용하여 기존의 ATP 측정 기반 시장을 대체하는 효과를 가져올 수 있을 것으로 판단

- ▶ 국내특허출원(2건) : 10-2015-0049614, 10-2015-0049601
- ▶ 시제품 제작 중 (2015년 內 완료 예정)



[HAR nanostructure]



[Multi-layer nanotsructure (Nanomesh)]



[Localized Spatial 리소그래피 시스템]

○ 한국기계연구원

○ 주요성과

- 주요내용 : 나노임프린트 및 광학식 리소그래피 시스템 기술을 기반으로 3D 하이브리드 구조체 나노패터닝 공정을 개발하여 고종횡비 및 나노메쉬 구조체를 제작

- 기존 지식/기술 대비 성과의 차별성 : 용액전사공정을 이용한 롤 기반의 나노임프린트 기술, Localized Spatial 리소그래피 기술을 이용한 3D Mesh 구조 제작 기술 등은 기존 공정의 한계성 극복이 가능한 기술

- 세계최고 수준의 성과와 비교 : 롤 나노임프린트 기반의 용액전사공정 장비 및 관련 공정 기술은 세계최고 수준

- 기대효과 및 향후계획 : 기존의 2D 기반 패터닝 기술과 이를 이용한 응용기술에서 벗어나 새로운 형태의 Application에 대한 경제적 수요 예상

▶ 국내특허등록(1건) : 1486205

▶ 국내특허출원(4건) : 2014-0066683, 2015-0018360, 2015-0018422, 2015-0014868

▶ 학술지 게재 : Fabrication of hybrid structures using UV roll-typed liquid transfer imprint lithography for large areas (Microelectronic Engineering), Micropillar arrays enabling single microbial cell encapsulation in hydrogels (Lab on a Chip, 2015)

▶ 기술이전 : "나노임프린트응용 대면적 홀로그램 원판제조기술", ANMT, 선급 5천만원 + 경상 총매출액의 2% (2015.06.03.)

▶ 미래부 장관상 수상(Nano Korea 2015, '15. 7. 1)

○ 서울대학교

○ 주요성과

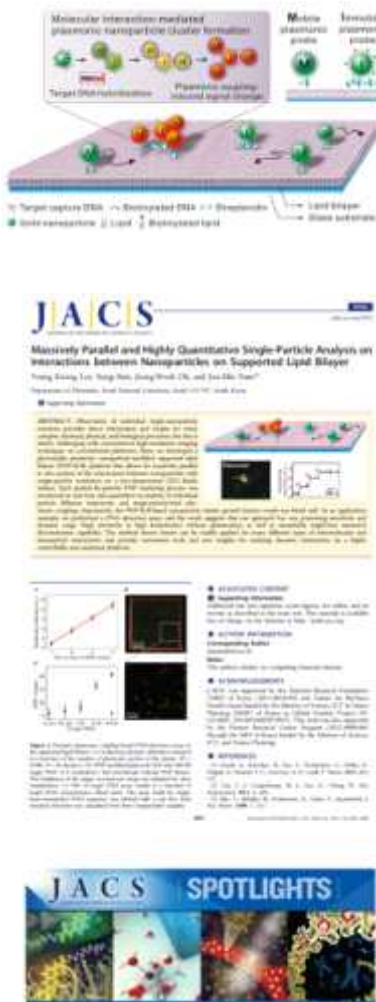
- 주요내용 : 플라즈모닉 나노입자에 결합한 리간드를 조절함에 따라 나노입자의 유동성이 조절 가능하며 나노입자 사이의 상호작용을 암시야 현미경을 통하여 실시간으로 관찰 가능 하며이를 통해 탄저균 DNA를 정량적으로 30 fM의 낮은 농도까지 검지

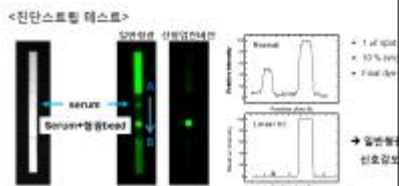
- 기존 지식/기술 대비 성과의 차별성 : 기존의 형광 신호는 빛 깜빡임, 빛 바램 등의 단점을 가지지만 플라즈모닉 나노입자는 빛의 산란 신호를 안정적으로 오랜 시간 관찰 가능

- 세계최고 수준의 성과와 비교 : 2차원 표면 상에서 나노입자들이 자유롭게 운동하며 일으키는 상호작용을 실시간으로 관찰가능

- 기대효과 및 향후계획 : 나노입자 표면에 다양한 생화학 분자들을 도입하여 바이오컨텐츠를 검지할 수 있는 플랫폼으로 응용이 가능하며 정량적으로 낮은 농도까지 타겟 물질을 검지할 수 있는 센서로 현재 연구 개발 중

- ▶ 국내특허출원(1 건) : 특허출원번호 10-2014-0001466
- ▶ 해외특허출원(1 건) : 특허출원번호 PCT/KR2015/000121
- ▶ 학술지 게재 : Massively Parallel and Highly Quantitative Single-Particle Analysis on Interactions between Nanoparticles on Supported Lipid Bilayer (Journal of American Chemical Society, 136, 4081 (2014))
  - \* JACS Spotlight 논문으로 선정
- ▶ 매일경제외 14개 국내 언론사 보도





[ 제작 완료된 시제품 ]

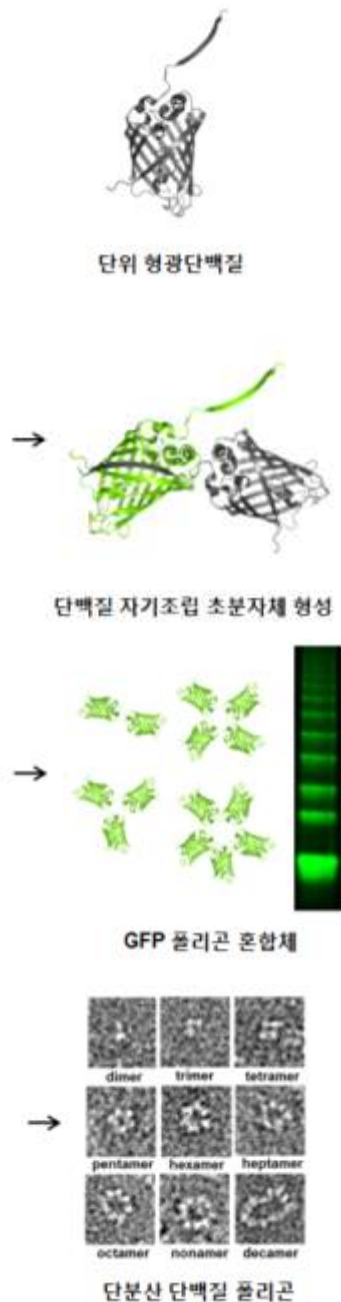
○ (재)바이오나노 헬스가드 연구단 / KIST

### ○ 주요성과

- 주요내용 : 선형 업컨버전 형광 특성을 가지는 형광체를 포함한 선형 업컨버전 형광 나노입자를 활용하여 Rapid Kit 관련 기술 개발
- 시료의 별도 전처리 없이 신속 정확한 판단을 위한 진단시스템에 활용가능성 제시
- 기존 지식/기술 대비 성과의 차별성 : 선형 업컨버전을 활용함으로써 이러한 noise를 제거할 수 있었으며, 이로 인하여 높은 민감도 분석이 가능
- 세계최고 수준의 성과와 비교 : 세계시장에서 생산되는 많은 rapid 진단 키트는 형광 및 발색반응을 활용하여 이루어지고 있으며, 민감도를 높이기 위하여 luciferin과 같은 발광 물질을 이용하지만 이러한 luciferin은 생산 단가 및 제품의 유지에 용이하지 못함. 본 연구에서 개발된 키트는 이를 뛰어넘는 것으로 세계최고의 수준에 근접
- 기대효과 및 향후계획 : 현재 시장에서 알려진 형광 기반의 소재등과 비교하여 시료 자체의 형광 신호를 최소화하고 바이오 진단분야 고감도 기술을 활용하는 시스템의 가치창출 효과가 기대되며, 안정성 및 감도가 향상된 정성 및 정량분석용 래피드 키트개발 및 제작으로 시장성 확보 기대됨

- ▶ 국내특허출원(1 건) : 10-2015-0067872
- ▶ 시제품 제작 완료 (기술이전 추진예정)





○ 한국과학기술원

### ○ 주요성과

- 주요내용 : 형광 단백질의 세포 내 합성을 통해 다양한 크기의 단백질 나노 조립체를 제작하고 단백질 조립체의 표면 전하 개량을 통해 거대 생체분자의 안정성을 향상 시켰을 뿐 아니라 다양한 크기의 단백질 조립체를 분리할 수 있는 방법을 개발

- 기존 지식/기술 대비 성과의 차별성 : 자기조립 형광단백질을 이용하여 세포내 단백질 자기조립을 가능하게 하였고, 단백질 표면전하 개량방법을 도입하여 거대 단백질 조립체의 안정성을 확보하면서 동시에 다중성에 따른 단분산 조립체의 분리를 가능

- 세계최고 수준의 성과와 비교 : 2개부터 10개까지 다중성을 가지는 단분산 단백질 조립체를 최초로 제작하였으며 이들의 정확한 구조적 정보를 제공

- 기대효과 및 향후계획

· 기능성 단백질 조립체는 다중결합에 대한 기초적인 연구 및 활용가능성을 제시

· 새로운 다중 단백질 조립체와 함께 새로운 분리기술을 제안하여 이들 거대 단백질의 시장개척을 위한 선도 기술을 제시

▶ 국내특허출원(1 건) : (10-2015-0031892) 단백질 초분자 조립체의 제조방법

▶ 학술지 게재 : Green fluorescent protein nanopolygons as monodisperse supramolecular assemblies of functional proteins with defined valency

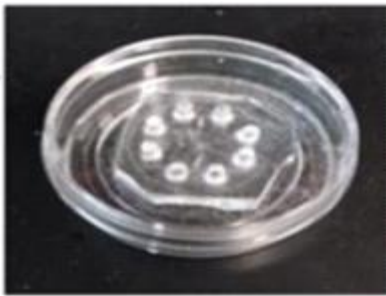
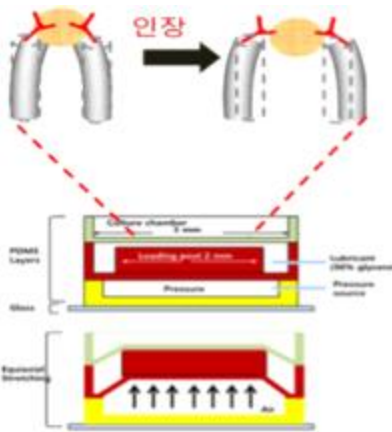
Nature Communications(2015) 6:7134 doi:10.1038/ ncomms 8134

○ 성균관대학교

○ 주요성과

- 주요내용

- 매우 말랑한 강도를 지닌 실리콘 고분자를 이용해 나노필라를 제작하여 공기압을 인가하여 멤브레인을 360도 방향으로 인장시킬 수 있는 스트레칭 기기를 제작하여 세균결합력을 측정하는 데 사용할 수 있는 초민감도 기계센서



- 기존 지식/기술 대비 성과의 차별성 :

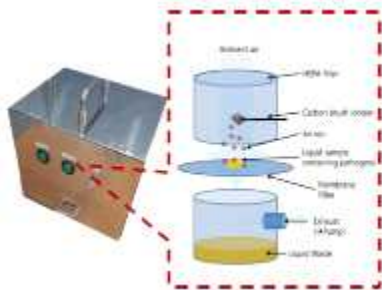
연성나노필라는 휨성이 좋아 병원체들의 결합력 힘을 측정하는 데 적합하며 또한 멤브레인을 자유롭게 360도 방향으로 열발생이나 진동 없이 당길 수 있기에 기계적 인장에 의해 병원체를 장기간 모니터링하는 데 적합

- 세계최고 수준의 성과와 비교 : 세계시장에서 생산되는 많은 인장기기들은 열발생 및 소음으로 인해 장시간 사용할 수 없으며 힘을 측정하는 기능을 지니고 있지 않음. 본 기계센서는 공기압을 이용해 인장하며 인장정도, 인장빈도와 속도를 자유롭게 조절 가능

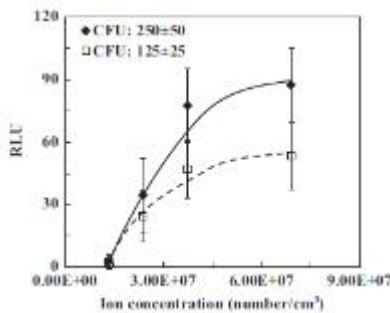
- 기대효과 및 향후계획

- 세계시장에서 생산되는 많은 인장기기들은 열발생 및 소음으로 인해 장시간 사용할 수 없으며 힘을 측정하는 기능을 지니고 있지 않음. 본 기계센서는 공기압을 이용해 인장하며 인장정도, 인장빈도와 속도를 자유롭게 조절할 수 있음

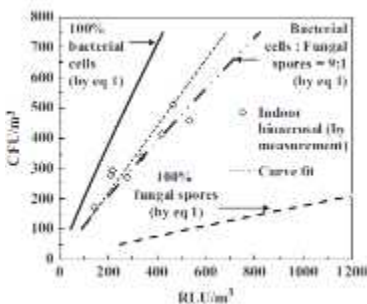
▶ 학술지 게재 : "Cyclic stretching of soft substrates induces spreading and growth" Nature Communications (2015) 6:6333 doi: 10.1038/ncomms7333



[공기이온을 이용한 세포 용해장치]



[이온 조사 농도에 따른 미생물 용해]



[실내 환경 내에서의 배양법과 제한하는 방법의 부유 미생물 농도 측정비교 결과]

○ 연세대학교

○ 주요성과

- 주요내용

- 공기 중 부유 미생물을 필터에 포집한 후, 포집 된 미생물을 공기 이온을 이용하여 미생물을 용해함
- 용해된 미생물에 ATP 생물 발광 시약 (Luciferin, Luciferase)를 도포하여, 발생하는 빛의 양을 광도계를 이용하여 측정, 측정된 빛의 양을 배양법으로 얻어진 부유 미생물 농도로 환산, 부유 미생물 농도를 40분 내로 측정하며 또한 박테리아와 곰팡이 포자의 ATP 함유량 비를 이용하여, 공기 중의 박테리아 곰팡이 포자의 비를 예측

- 기존 지식/기술 대비 성과의 차별성 : 일반적으로 공기 중 부유 미생물 농도를 측정하기 위해서는 배양법을 이용하지만 배양법은 결과를 알기까지 48시간(환경부 고시 기준)이 필요, 본 연구에서는 40분 이내에 실내 부유 미생물 농도 추정 가능

- 기대효과 및 향후계획

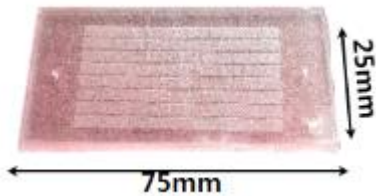
- 부유 미생물의 위험 농도를 빠르게 감지함으로써, 환기, 제균 등의 빠른 대응을 가능 하도록 하며 이를 통해 질병을 예방할 수 있고, 질병으로 인한 사회적 비용을 감소시킬 수 있을 것으로 기대

▶ 국내특허출원(1건) : 10-201-0091413

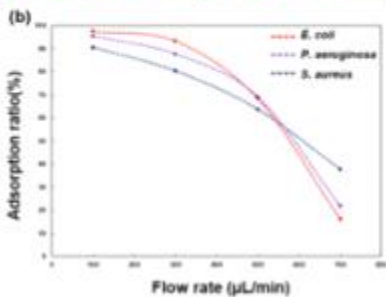
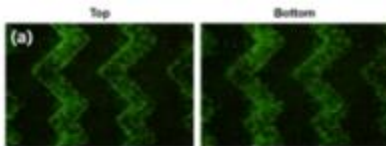
▶ 학술지 게재 : Real-time monitoring of bioaerosols via cell-lysis by air ion and ATP bioluminescence detection (Biosensors and Bioelectronics 52, 2014)

- Global Medical Discovery에 Key Scientific Article로 선정 (2014.5.13)

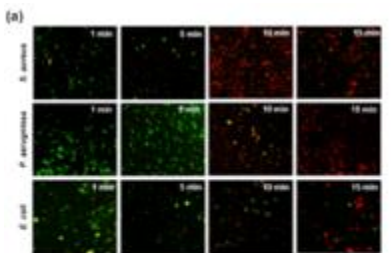




[미세 유체 칩]



[미생물 흡착 효율]



[미생물 용해 및 유전자 추출 효율]

○ 연세대학교

## ○ 주요성과

### - 주요내용

· 헤링본 구조를 가지는 미세유체 칩을 금 나노 입자가 함유되어 있는 PDMS를 재료로 제작하여 공기 중 미생물을 비특정적으로 모두 미세유체 칩 내부에 흡착시켜 연속적으로 농축 시킨 후 532nm 레이저를 미세 유체 칩에 조사하여 유발되는 금 나노 입자의 광열 효과로 흡착된 미생물의 유전자를 추출 하는 장치

- 기존 지식/기술 대비 성과의 차별성 : PDMS는 미생물과 hydrophobic 결합을 이용해 항원-항체 결합과 같은 특별한 처리 없이도 모든 미생물과 결합할 수 있어 일회용 카트리지에 매우 적절하며 광열 효과 또한 PDMS에 금 나노 입자가 삽입되어 있기 때문에 따로 샘플에 금 나노 입자를 함께 주입할 필요가 없으며 필요 단가도 매우 절감

- 세계최고 수준의 성과와 비교 : 헤링본 구조의 미세유체 칩을 사용하였을 때 3종류의 박테리아 기준 약 95%의 흡착 효율을 가지고 있으며 연속적으로 레이저를 이용한 유전자 추출에서는 3종 모두 80% 이상의 추출률을 가지고 있음

### - 기대효과 및 향후계획

· 미세유체 칩 표면과 미생물간의 결합력을 이용하여 항원-항체 처리 없이도 95% 이상의 흡착률을 보이기 때문에 고비용의 항원-항체 구매 필요가 매우 감소되며 또한 금 나노 입자도 일회용칩에 아주 소량만 들어가기 때문에 장비 제작에 있어서 원가 절감 측면으로 기대

▶ 국내 특허 등록, 세포 용해 미세 유체 장치 및 이를 이용한 세포 용해 방법, 10-1515394, 2015

▶ 기술이전 계약 : "세포 용해 미세유체 장치 및 이를 이용한 세포 용해 방법" (주)코젠바이오텍과, 선급 2천만원+경상 총 매출 3.5%, 2015년 6월

○ 한국과학기술원

## ○ 주요성과

### - 주요내용

· 전도체의 접촉을 입력신호로 받아들여 디스플레이 화면에 출력하는 표면정전용량 방식의 터치스크린을 이용하여 표적물질을 검출하는 방법에 관한 것으로 보다 구체적으로 결합 여부에 따라 전기전도도가 변하는 표적물질의 특성과, 표면정전용량 방식의 터치스크린의 두 지점을 동시에 접촉하였을 때 두 지점 사이에 나타나는 접촉 신호 위치가, 두 지점에 접촉한 물질의 전기전도도가 다를 경우 전기전도도가 더 높은 지점 쪽으로 이동한다는 특성을 이용하여 시료 내에 표적물질의 존재 유무 및 그 농도를 검출하는 방법

- 기존 지식/기술 대비 성과의 차별성 : 기존 방법은 본 발명과 달리 검출하고자 하는 프로브를 일일이 터치패널에 고정화해야 하므로, 제작에 많은 시간과 노력이 들어가는 단점이 있음

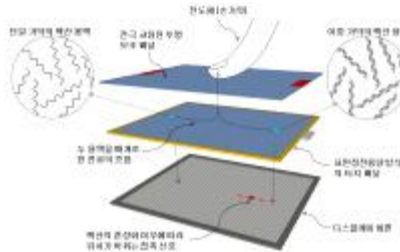
- 세계최고 수준의 성과와 비교 : 간편하고 효율적인 유전자 현장 진단 시스템 개발을 위해, 저렴하고 간편한 표면정전용량 방식의 터치스크린을 검출 플랫폼으로 이용하여 표적물질의 검출방법을 제공

### - 기대효과 및 향후계획

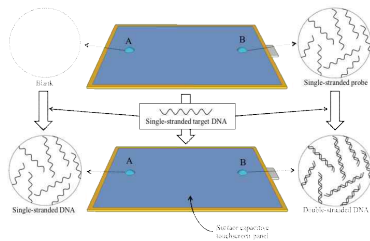
· 본 발명에 따른 표적 핵산의 검출방법은 현재 기술이 완성되어 대량 생산이 가능하고 가격이 저렴한 표면정전용량 방식의 터치스크린을 이용 가격이 저렴하고 분석시간이 짧은 검출 시스템을 구현하는데 이용 가능

▶ 국내특허출원(1건) : 출원번호: 10-2015-0065412

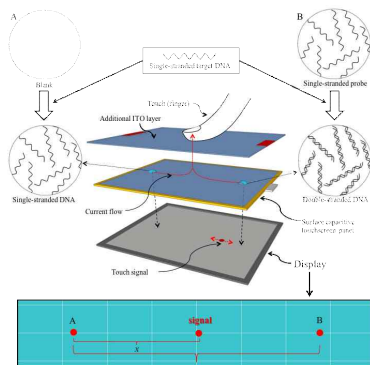
▶ 미래부 장관상 수상(Nano Korea 2015, '15. 7. 1)



**[A지점과 B지점의 정전용량에 따른 터치스크린 신호발생위치변화]**



**[A지점(버퍼), B지점(프로브DNA)에 표적 핵산을 적용시켰을 때 B지점에 생기는 이중가닥 핵산]**



**[표적 핵산을 적용시켰을 때 A지점과 B지점의 정전용량 변화에 따른 터치스크린 신호발생]**

## 세부과제별 연구내용 및 결과

### ○ (핵심 1) 나노헬스가드용 3D 나노-마이크로 구조체 제작 및 응용기술 개발

-(세부1-1) 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작 리소그래피기술 개발

구 분		내 용	비 고
1 단 계	목 표	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 하이브리드 구조체 나노패터닝 공정 개발</li> <li>Aberration-free 광학계 핵심기술 개발</li> <li>비접촉식 전기수력학기반 3D구조 패터닝 공정 원천 기술 개발</li> <li>나노패턴의 물리적 구조변조 및 화학적 표면개질 연구</li> <li>NEMS/MEMS기반 마스터 몰드 제작</li> </ul>	
	1차 년 도  실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>고세장비 Si기반 나노스텝퍼를 기반으로 Spin-on-glass (SOG)를 이용하여 투명한 재료의 나노스텝퍼 복제공정기술 및 전도성 표면개질 기술 개발하였으며, 나노임프린트와 레이저를 이용하여 나노/마이크로 복합 패터닝 수행</li> <li>굴절광학계를 이용한 대물렌즈 형 간섭 리소그래피 프로브 개발 및 수치 분석을 수행하였고, NA 가변 및 Defocus 측정이 가능한 집광빔 형성 광학계 및 시스템 설계</li> <li>새로운 전기수력학적 리소그래피를 통해 <math>TiO_2</math>, ZnO, <math>VO_2</math> 등의 다양한 무기물을 100 nm 미만의 작은 크기로 패터닝 성공하였고, 이 과정을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 정확히 해석하고 예측하였으며, 이종 물질을 사용하여 코어셸 구조를 제작하고 코어 부분만 선택적으로 제거하여 셸 부분만 남겨 복합적인 나노 구조 제작 가능</li> <li>다양한 재료와 모양의 패턴에 식각을 진행하였고, 시간에 따라 패턴 크기의 감소를 관찰하였고, 화학적 작용기 치환이나 항체의 고정여부 등도 확인했으며, 단일 칩 내에서 연속적으로 변형된 패턴 제작</li> <li>3:1 이상 고종횡비 8인치 대면적 300 nm 패턴 개발하였으며, 박막 증착을 통한 상향식 공정과 다양한 하향식 식각 공정 개발</li> </ul>	
	2차 년 도  목 표	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 하이브리드 구조체 나노패터닝 공정 및 고세장비 몰드 제작</li> <li>Aberration-free 광학계 응용 공정기술 개발</li> <li>비접촉식 전기수력학기반 3D구조 패터닝 공정기반 기술 개발</li> <li>나노패턴의 화학적 표면개질 및 번조를 통한 바이오물질 고정 기술개발</li> <li>전기적/자기적 특성을 이용한 3차원 구조체형성 전구체 개발</li> <li>저잡음 기판으로의 전사공정 개발 및 표면 활성화 공정개발</li> </ul>	

구 분	내 용	비 고
	<div data-bbox="292 1126 352 1160" data-label="Text">실적</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 3D 하이브리드 구조체 나노패터닝 공정 및 고세장비 몰드 제작 (III-1 세부과제 협동연구, 국내특허등록 10-1486205, 기술이전 ANMT 선급 50,000천원 + 경상 2%)</li> <li>▪ 3D 하이브리드 구조체의 무잔류층 패턴 전사 기술 개발 (국내특허출원 10-2015-0018360, 10-2015-0018422)</li> <li>▪ Localized Spatial 리소그래피 공정 수행을 위한 Aberration-free 광학계 설계 및 Test-bed 구현 완료 (국내특허출원 10-2015-0014868)</li> <li>▪ Localized Spatial 리소그래피 공정 수행을 통한 시스템 검증 및 700 nm의 최소 선폭을 가지는 패턴 제작 완료</li> <li>▪ 회절격자를 이용한 소형 · 경량화된 간섭 리소그래피 프로브 설계/제작</li> <li>▪ 간섭 리소그래피 공정 수행을 통한 주기적 홀 패턴 제작</li> <li>▪ 코어와 셸이 다른 물질로 구성되어 바이오-나노 센서 제작에 활용될 수 있는 코어셸 형태의 패턴을 제작하였고 코어 부분을 선택적으로 제거하여 셸 형태의 패턴 또한 제작가능 (국내특허출원 10-2014-0195403)</li> <li>▪ 3D 마이크로/나노 복합패턴 제작 및 해석하는 시뮬레이션 제작</li> <li>▪ 자성유체가 자기장 하에서 보여주는 거동을 표면에너지를 통해 제어하여 수 um 크기의 친환경적 자성패턴 제작</li> <li>▪ TiO<sub>2</sub>, ZnO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, VO<sub>2</sub> 등의 전구체 물질을 제작하였으며, 이를 전기수력학 기반 리소그래피에 도입하여 bio-compatibility가 높으면서도 다양한 전기적/광학적 특성을 가진 나노 구조체 제작 (SCI논문게재 ACS Applied Materials &amp; Interfaces vol.7 pp.3676-3683)</li> <li>▪ 생물체에 무독하여 바이오-나노 소자 제작에 널리 활용될 수 있는 ZnO 나노와이어의 선택적 위치로의 성장 기술 개발</li> <li>▪ 임프린트 패턴 위 반응성 기울기 형성을 통한 습윤성 기울기 형성 및 바이오물질 부착 양상 조절 (SCI논문게재 Thin Solid Films vol. 567 pp.54-57)</li> <li>▪ 멀티나노홀 구조 저잡음 멤브레인의 특성을 BSA단백질 농축기능을 통해 확인함으로써 바이오물질 나노필터 제작공정 개발 (II-3 세부과제와 협동연구, 국내특허출원 예정)</li> </ul>	

-(세부 1-2) 3D 유무기 하이브리드 소재기반 나노구조체 개발

구 분			내 용	비 고
1 단 계	1차 년 도	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 금속 나노안테나가 어레이된 나노구조체 합성기술 개발</li> <li>▪ 금속 나노안테나가 어레이된 나노구조체의 구조 제어 기술 개발</li> <li>▪ 금속 나노안테나가 어레이된 나노구조체를 이용한 광열특성 및 바이러스 용균능 평가</li> <li>▪ (위탁과제) 3D 플라즈모닉 나노구조 설계 및 제작</li> </ul>	
		실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 7 mm 크기의 나노안테나가 어레이된 약 130 nm 크기의 나노구조체 합성에 성공함</li> <li>▪ 합성된 나노구조체는 반응당 100 mg 이상의 나노구조체를 합성할 수 있으며 합성 수율 또한 70 %를 넘어 매우 고효율적 합성 방법임</li> <li>▪ 합성된 나노구조체는 강한 플라즈모닉 신호를 나타내고 분자별 다른 신호를 나타내어 추후 고민감도 정성분석으로 응용이 가능함</li> <li>▪ 나노안테나 어레이 구조체를 합성하는데 사용된 유기물질의 깨끗한 정제를 통하여 특정 분자 (ex. organic dye)가 있을 때에만 강한 플라즈모닉 신호를 나타냄을 확인함.</li> <li>▪ 금속 나노구조체의 형태를 구형 / 타원형 / 오뚜기형 / 막대기형의 구조체의 다양한 모양으로 형태 제어에 성공함</li> <li>▪ 이에 따라 나노구조체의 길이도 120 nm ~ 1200 nm 의 크기로 길이를 조절 할 수 있음</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 금속 나노안테나가 어레이된 나노구조체를 활용하여 광열효과를 내어 수용액의 90 ℃ 이상 온도 상승 효과를 확인함</li> <li>▪ 나노구조체의 광열효과를 통하여 1 분내 98 % 이상의 바이러스를 용균시키는데 성공함</li> <li>▪ 포집된 바이러스 내 핵산을 분석하기 위한 기반 기술 개발에 성공함</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기판위 나노다공성 공진센서를 설계하여 고민감도 정성 분석이 가능한 나노캔틸레버를 제작하는데 성공함</li> <li>▪ 다공성 나노구조체로 인하여 강한 표면증강 라만 산란 신호 생성 및 이를 활용한 정성적 분석의 성공</li> <li>▪ 제작된 나노캔틸레버는 기존 상용 센서에 비해 10<sup>4</sup>배 의 증가된 민감도를 나타냄 (2014 Nature Communications 지 등재)</li> <li>▪ (위탁과제) 3D Au nanodish를 FDTD 시뮬레이션을 기반으로 설계하고, 하향식 나노공정기술(nanoimprint, oblique-angle deposition)을 이용하여 구현하였음.</li> </ul>	

구 분		내 용	비 고
2차 년 도	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 금속 나노안테나가 어레이된 나노구조체의 최적화</li> <li>▪ 다양한 모양의 금속 나노 구조체의 합성</li> <li>▪ 3D 나노구조체 적층 기판의 설계</li> <li>▪ 유전자와 결합시 모양이 변하는 분자-광학지퍼 설계</li> <li>▪ (위탁과제) 3D 플라즈모닉 나노구조 기반 바이오센서의 요소 기술 구축</li> </ul>	
	실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 레이저 없이 플라즈모닉 나노구조체만 처리하였을 경우 바이러스 표면 단백질이 유지된 상태로 바이러스의 감염도가 떨어지는 것을 확인</li> <li>▪ 실시간 현장 검증에 적합한 신규 바이러스 불활화 기술 가능성 확보 (2-3 세부과제 협동 연구)</li> <li>▪ 플라즈모닉 나노구조체만을 사용하였을 경우 농도별, 시간별 실험 결과 모든 조건에서 단백질이 유지된 상태로 바이러스의 감염도가 떨어짐 (재현성 테스트 완료) (2-3 세부과제 협동 연구)</li> <li>▪ 플라즈모닉 나노구조체와 바이러스 감염도 저하에 대한 기작을 규명 연구가 진행 중이며 바이러스 불활화 device로 응용 가능</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 나노안테나의 밀도를 조절하여 가장 조밀하게 안테나가 응집된 형태의 나노구조체의 제작에 성공함 (나노구조체 당 <math>10^3</math> 개 ~ <math>10^4</math> 개)</li> <li>▪ 단일 나노 구조체의 신호증폭능 분석을 통하여 신호 증폭이 <math>10^7</math>배가 되는 것을 확인하였고 이는 목표 대비 10 배의 효율을 나타냄</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 면조절(facet-controlled)된 나노구조체의 반응 선택성을 이용해 다양한 구조의 나노입자를 합성 (뾰족한 정육면체 모양의 금나노구조체)</li> <li>▪ 모든 나노구조체는 530 nm 부근에서 SPR 신호가 관측됨.</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 나노 패턴된 기판 위에 3D 나노구조체의 적층 밀도 확인 (<math>1\text{mm}^2</math> 당 <math>1 \times 10^6</math> 개 이상 나노입자, 이 수치는 목표 대비 20 배의 향상된 실적을 보임)</li> <li>▪ 또한 3D 나노구조체의 적층으로 인한 기판에서의 <math>10^7</math>배 신호 증폭능 확인 (목표 대비 10배 이상 성능 효과 확인)</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 효율적 바이러스 전처리 기술을 위하여 넓은 범위 파장대에서 광열효과를 가지는 나노구조체 (<math>\text{Cu}_{1.96}\text{S}</math>) 의 합성 및 광열효과 확인</li> <li>▪ <math>\text{Cu}_{1.96}\text{S}</math> 나노구조체를 가지고 바이러스 광열효과를 본 결과 5 <math>\mu\text{g/mL}</math> 이상의 조건에서 모두 광열효과를 통한 바이러스 전처리 효과를 확인함</li> </ul>	

구 분	내 용	비 고
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 특정 유전자 물질이 있을 경우 형태변화를 일으켜 플라즈모닉 신호변화를 유도하는 분자-광학지퍼의 설계를 통한 선택적 바이러스 핵산 검출에 성공함 (target : SARS virus 의 primer sequence)</li> <li>▪ 분자-광학지퍼를 활용하여 10 nM 의 SARS 바이러스의 프라이머를 1시간 내 검출이 가능함을 확인함</li> <li>▪ Tm 온도 이상의 온도를 가하여 Primer의 흡/탈착이 진행되어도 신호가 나타남을 확인하여 추후 높은 안정성 및 재현성으로 Kit 제작에 적합함을 확인함</li> <li>▪ 이에 더하여 SARS 바이러스에 실험하기전, 그보다 덜 독성이 약하며 안전한 PEDV-K (Porcine Epidemic Diarrhea Virus, 돼지 설사 바이러스) 바이러스를 활용하여 실험을 해본 결과 재현성이 나타나며 시간에 따라서 바이러스 검지 효율이 나오는 것을 확인함. (2-3 세부과제 협동 연구)</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 숙주세포 모방형 나노입자(FluSome)을 이용한 고병원성 인플루엔자 바이러스 검출기술 개발 (2-3 세부과제 협동 연구)</li> <li>▪ 저비용으로 단시간 내에 효율적으로 인플루엔자 바이러스를 검출하는 방법의 개발을 진행함.</li> <li>▪ 자기-소광된 염료를 내부에 포함하고 친수성 고분자 및 소수성 고분자로 이루어진 양친성 입자 및 바이러스의 헤마글루티닌을 특이적으로 분해하는 효소를 포함하는 나노좀을 개발함.</li> <li>▪ 나노입자(Fluosome)을 사용한 고병원성 인플루엔자 바이러스 검출 방법은 개체로부터 수득한 시료 및 바이러스의 헤마글루티닌을 특이적으로 분해하는 효소를 접촉하는 제1단계; pH 4 내지 pH 6의 산성 조건 하에서, 자기-소광된 염료를 내부에 포함하고 친수성 고분자 및 소수성 고분자로 이루어진 양친성 입자를 접촉하는 제2단계; 및 형광 강도의 변화를 측정하는 제3단계로 이루어진 방법임.</li> </ul>	

-(세부1-3) 3D 조합 플라즈모닉 나노다면체 프로브 개발

구 분		내 용	비 고
1 단 계	1차 년 도	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 나노다면체: 2종 이상</li> <li>▪ 합성 수율: 70 % 이상</li> <li>▪ 라만 신호 증폭: <math>10^8</math> 이상</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 나노다면체: 3종 (구형, 큐브형, 막대형 코어 구조를 기반으로 코어/셸 형, 코어/갭/셸 형 등 다양한 종류의 금-은 기반 나노다면체 합성)</li> <li>▪ 합성 수율: &gt; 75 %</li> <li>▪ 라만 신호 증폭: 약 <math>2.5 \times 10^8</math> (금나노큐브 물질을 이용하여 라만 신호 증폭 효과 확인)</li> <li>▪ 나노 입자 간 상호작용 실시간 분석 및 타겟검지 실험 수행 (해외논문게재 JACS, 136, 4081 (2014))</li> <li>* 2차년도 연구내용에 대한 선행연구 관련 연구 성과임.</li> </ul>	
	2차 년 도	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 나노다면체: 3종 이상</li> <li>▪ 합성 수율: 75 % 이상</li> <li>▪ 라만 신호 증폭: <math>10^{10}</math> 이상</li> <li>▪ DF-NLB 기본 시스템 구축</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 나노다면체: 3종 (구형, 큐브형, 막대형 코어 구조를 기반으로 코어/셸 형, 코어/갭/셸 형 등 다양한 종류의 금-은 기반 나노다면체 합성)</li> <li>▪ 합성 수율: &gt; 75 %</li> <li>▪ 라만 신호 증폭: 약 <math>2.5 \times 10^8</math> (금나노큐브 물질을 이용하여 라만 신호 증폭 효과 확인)</li> <li>▪ 나노 입자 간 상호작용 실시간 분석 및 타겟검지 실험 수행 (해외논문게재 JACS, 136, 4081 (2014))</li> <li>* 2차년도 연구내용에 대한 선행연구 관련 연구 성과임.</li> </ul>	



-(세부 1-4) 헬스가드용 3D 복합구조체 기반 센싱 플랫폼 기술 및 응용 기술 개발

구 분			내 용	비고
1 단 계	2차 년 도	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 신개념 바이오 유해물질 센싱 플랫폼 기술 개발</li> <li>▪ 바이오 유해물질 검출용 다계층 3D 구조체 제작 기술 개발</li> <li>▪ 바이오 유해물질 다중 분석용 다기능성 구조물 형성 기술 개발</li> </ul>	
		실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 유해물질 모니터링 구현을 위한 3D 구조체 설계 기반 기술 확보 (I-1 세부과제 협동연구)</li> <li>▪ 3D 형상/디자인 제어 및 대면적 형성 기술 개발 : 8인치 기반 나노구조물 대면적 구조제어 및 형성 (국내특허출원: 10-2015-0049909, 10-2015-0067350)</li> <li>▪ 3D 나노/마이크로 혼복합 구조체 제작 기술 개발 : 8인치 기반 500nm 이하 나노구조물과 50<math>\mu</math>m 이하 혼복합 구조물 제어 및 제작 (III-1 세부과제 협동연구)</li> <li>▪ 복합구조체 기반 바이오 유해물질 분리기반 기술 확보 (국내특허출원: 10-2014-0172015, 기술이전)</li> <li>▪ 혼복합 구조체 표면처리 기술 개발 : 접촉각 150이상 초소수성, 10도이하 초친수성 표면특성 조절 구현 : 바이오물질 선택적 고정화 플랫폼 기술 개발</li> <li>▪ 센싱 감도 향상용 2D/3D 혼복합 전극 구조체 패터닝 기술 개발 : 바이오 유해물질 검출 센싱 기반기술 확보</li> <li>▪ 바이오 유해물질의 고감도 검출을 위한 물리적·전기적 센싱 기술 개발 : 항원 항체 반응을 이용한 광학적 바이오 센싱 구현</li> </ul>	

-(세부 1-5) 생체분자 검출신호 제어를 위한 신개념 3D 나노구조체 설계 및 활용기술 개발

구 분			내 용	비고
1 단 계	2차 년 도	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 헬스가드용 나노구조체 생물학적 성능 검토 및 개선 연구</li> <li>▪ 생체분자 검출 신호 제어를 위한 신개념 나노구조체 설계 및 활용기술 개발</li> </ul>	
		실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 나노필라 구조체 표면 개질 최적화 (I-1 세부과제 협동연구)</li> <li>▪ 금 전극 나노구조체 표면 개질 최적화 (I-4 세부과제 협동연구)</li> <li>▪ 바이오유해물질 검출을 위한 세포막 적용 나노구조체 개발</li> <li>▪ 바이오테라피 인터페이싱 기술 적용 나노프로브를 이용한 바이오유해물질 검출 (II-4 세부과제 협동연구)</li> <li>▪ 광결정 나노구조체의 색 변화를 이용한 바이오유해물질 검출 원천기술 개발 : 실리카 역오팔 3D 나노구조체를 이용한 바이오유해물질 검출 : SU-8 역오팔 나노구조체를 이용한 바이오유해물질 검출</li> <li>▪ 수직 성장 실리콘 나노선의 색 변화를 이용한 바이오유해물질 검출 원천기술 개발</li> <li>▪ 투과 빛의 변화를 이용해 바이오유해물질 검출이 가능한 나노 그레이팅 구조체 설계</li> </ul>	

○ (핵심 2) 바이오나노 융합 헬스가드용 바이오컨텐츠 확보 및 활용기술개발

-(세부 2-1) 바이오나노 융합 헬스가드용 바이오컨텐츠 확보/가공/활용 및 분석원천기술개발

구 분			내 용	비 고
1 단계	1차 년도	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 바이오유해물질 검출용 바이오컨텐츠/나노구조체 인프라 구축 및 운영</li> <li>▪ 바이오컨텐츠/나노구조체 인터페이싱 원천기술개발</li> <li>▪ H-GUARD 원천기술 유효성 평가를 위한 TEST-BED 구축 및 운영</li> <li>▪ H-GUARD 한계 돌파형 원천기술 및 실용화 연계 기술개발</li> </ul>	
		실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 바이오유해물질 검출용 항원 및 재조합 항원 15종 확보</li> <li>▪ H-GUARD용 고다양성, 고선택성 리셉터 라이브러리 구축</li> <li>▪ 국내유행 계절형 독감바이러스 بانک 구축 및 각 대표 strain 특성 규명 연구 (II-3 세부과제 협동연구)</li> <li>▪ 검출기술 적용을 위한 비감염성 바이러스 확보 (II-3 세부과제 협동연구)</li> <li>▪ 실험동물 대상, 면역 cDNA 라이브러리 구축을 위한 각 항원 면역 연구</li> <li>▪ 바이오유해물질 검출용 나노구조체 라이브러리 구축 (I-3 세부과제 협동연구)</li> <li>▪ 나노 공간 조절 및 다중결합을 이용한 슈퍼 리셉터 설계</li> <li>▪ 다당 고분자인 레반 이용 self-assembled 나노구조체 제조 기술 개발</li> <li>▪ 나노-바이오컨텐츠 인터페이싱 기술 라이브러리 구축</li> <li>▪ H-GUARD 원천기술 유효성 평가를 위한 TEST-BED 구축</li> <li>▪ CNT 기반 FET 센서를 이용한 바이러스 검출 유효성 평가 (III-2 세부과제 원천기술)</li> <li>▪ H-GUARD 원천기술 기술이전 위한 산업체 컨소시엄 구성</li> <li>▪ H-GUARD 실용화 연계기술 (III-1, III-3 세부과제 협동연구)               <ol style="list-style-type: none"> <li>1) H-GUARD Briefcase 시스템 설계</li> <li>2) H-GUARD Digital Diagnostics 시스템 설계</li> </ol> </li> <li>▪ H-GUARD 한계 돌파형 원천기술               <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 항체 엔지니어링 통한 신개념의 바이러스 진단 기술 설계</li> <li>2) 올리고뉴클레오타이드 조합을 이용한 종 진단 개념 설계</li> <li>3) 나노구조체를 이용한 바이오유해물질 검출 원천기술 개발</li> </ol> </li> </ul>	

구 분		내 용	비 고
2차 년도	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 바이오유해물질 검출용 바이오컨텐츠/나노구조체 인프라 구축 및 운영</li> <li>▪ H-GUARD 원천기술의 유효성 검증 및 TEST-BED 운영</li> <li>▪ H-GUARD용 실용화 연계기술 개발</li> <li>▪ H-GUARD용 한계 돌파형 원천기술 개발</li> </ul>	
	실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 참조용 바이오유해물질 자원 확보 및 사업단 내 분양 파이프라인 구축 (II-2, II-3, II-5 세부과제 협동연구)</li> <li>▪ 바이오유해물질 검출용 표적항원 및 재조합 항원 10종 확보</li> <li>▪ 바이오유해물질 검출용 결정인자 6종 및 항체 15종 확보 (슈퍼박테리아 결정인자 II-2 세부과제 협동연구)</li> <li>▪ H-GUARD용 항체 라이브러리 구축 (<math>&gt;10^{11}</math> synthetic antibody library) 및 타 세부 활용</li> <li>▪ 바이오유해물질 검출용 나노구조체 라이브러리 운영 (나노구조체 라이브러리 소개 홈페이지 운영)</li> <li>▪ H-GUARD 용 나노바이오센서 플랫폼기술 성능평가를 위한 표준기준 제시 (II-3 세부과제 협동연구)</li> <li>▪ 열대성 감염 질병의 진단 기술 유효성 평가 시스템 구축</li> <li>▪ Raman diagnostics 기술을 위한 나노소재들의 합성 및 양산 기술 유효성 평가 (I-3 세부과제 원천기술)</li> <li>▪ H-GUARD 적용 가능한 항체의 유효성 평가 (II-4 세부과제 원천기술)</li> <li>▪ 공기 이온을 이용한 미생물 용해 장치에 대한 유효성 평가 (III-1 세부과제 원천기술)</li> <li>▪ 병원미생물 농축 시스템의 유효성 평가(III-1 세부과제 원천기술)</li> <li>▪ H-GUARD briefcase 모듈 핵심기술 개발               <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 공기 중 샘플 포집 및 액화모듈 (III-1 세부과제 협동연구)</li> <li>2) 미세유체 칩 기반 휴대용 면역검사 시스템</li> <li>3) H-GUARD 시스템 인터페이싱 및 패키징용 미세유체 원천기술 (국내특허출원 10-2014-0191622)</li> <li>4) 현장시료로부터 효율적 핵산 추출 기술</li> <li>5) H-GUARD Briefcase를 위한 휴대용 PCR 시스템 개발 (III-4 세부과제 협동연구)</li> </ol> </li> </ul>	

구 분	내 용	비 고
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Digital Diagnostics (디지털 진단)을 위한 모듈 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>1) 마이크로웰 기반의 디지털 진단칩 기술 (국내특허출원 10-2015-0033951)</li> <li>2) 구조물의 변형특성을 활용한 구조물 내부에서의 ordered pairing 기술 (국내특허출원 10-2014-0152405, 10-2014-0153165)</li> </ul> </li> <li>▪ 항체 엔지니어링 기반 바이러스 진단기술 모델 정립</li> <li>▪ 올리고뉴클레오타이드 신호 조합을 이용한 세균 동정 모델정립</li> <li>▪ 특이적 효소 감응형 나노소재 기반 항생제 내성 세균 신속 검출 모델 정립</li> <li>▪ 나노갭-나노물질 복합 구조체 기반의 비표지 고감도 전기적 바이오센서 기술 개발 (국내특허출원 10-2014-0193008)</li> <li>▪ 선형 업컨버전 형광 기반의 저비용, 고감도 바이오검출기술 (국내특허출원 10-2015-0067872)</li> <li>▪ 발색반응 및 전기화학적 센서를 활용한 나노좀 기반 진단 기술 (국내특허출원 10-2015-0026556)</li> <li>▪ 형광 바이오/나노소재 기반 미생물 오염 검출 기술 (국내특허출원 10-2015-0049601, 10-2015-0049614)</li> </ul>	

-(세부 2-2) 메타지놈 기반 난배양성 슈퍼박테리아 분석기술 개발

구 분			내 용	비 고
1 단 계	1차 년 도	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 환경유래 난배양성 슈퍼박테리아 분석 플랫폼 확립</li> <li>▪ 배양가능 환경유래 슈퍼박테리아 유래 다제내성 유전자 대량 확보</li> <li>▪ 슈퍼박테리아를 검출하기 위한 나노입자 합성 및 분석</li> <li>▪ 슈퍼박테리아 타깃 유전자를 진단할 분자와 나노입자의 결합기술 개발</li> </ul>	
		실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 난배양성 슈퍼박테리아분석 플랫폼 확립 난배양성기반 17개 genus확보 (배양성기반 4개 genus확보)</li> <li>▪ 배양가능 슈퍼박테리아 유래 다제 내성 유전자 10종 확보</li> <li>▪ 슈퍼박테리아 검출 위한 나노입자 합성</li> <li>▪ 슈퍼박테리아 타깃 유전자 진단 분자와 나노입자 결합한 프로브 개발</li> </ul>	
	2차 년 도	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 병원유래난배양성/배양성 슈퍼박테리아 분석 플랫폼 확립</li> <li>▪ 병원유래 (병원환자/병원환경) 난배양성/배양성 슈퍼박테리아 유래 다제내성 유전자 확보</li> <li>▪ NGS기반 원인미상 감염병의 군집 분석</li> </ul>	
		실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 병원유래 난배양성/배양성 슈퍼박테리아 분석 라이브러리 제작 (<math>6 \times 10^{10}</math> cfu/ml, sample)</li> <li>▪ 병원유래 다제내성유전자 61종 확보</li> <li>▪ NGS기반 원인미상 감염병의 원인세균31종 확보 (배양기반 14종 확보) <ul style="list-style-type: none"> <li>- NGS 기반에서만 검출된 세균 : <i>Faecalibacterium</i>, <i>Granulicatella</i>, <i>Gemella</i>, <i>Legionella</i>, <i>Oscillibacter</i>, <i>Rothia</i>, <i>Ruminococcus</i>, <i>stenotrphomoma</i>, <i>Veillonella</i>, <i>Lanchnospiracea</i>, <i>Parabacteroides</i>, <i>Phascolarctobacterium</i>, <i>Blautia</i></li> <li>- NGS / 배양기반 모두 검출된 세균: <i>Acinetobacter</i>, <i>Chryseobacterium</i>, <i>corynebacterium</i>, <i>Elizabethkingia</i>, <i>Enterococcus</i>, <i>Eschericia</i>, <i>Shigella</i>, <i>Klebsiella</i>, <i>Pseudomonas</i>, <i>Serratia</i>, <i>Staphylococcus</i>, <i>Stenotrophomona</i></li> <li>- 배양기반 검출 세균은 모두 NGS로 검출</li> </ul> </li> </ul>	

-(세부 2-3) Bioinformatics 기반 바이러스 변종 예측 및 검증기술 개발

구 분			내 용	비 고
1 단 계	1차 년 도	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>신·변종바이러스 유용 유전자원 확보 및 가공 (1종이상)</li> <li>바이러스 재조합 우선순위 결정요소 규명 (1종이상)</li> <li>인플루엔자 바이러스 재조합 패턴규명 (2종이상)</li> </ul>	
		실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>1종 이상의 신·변종바이러스 유용 유전자원 확보 및 가공 및 universal antigen, antibody, 대유행 후보주를 포함한 유용 유전자원 확보/ 가공</li> <li>1종 이상의 인플루엔자 바이러스 재조합 우선순위 결정요소 규명</li> <li>in vitro 재조합을 통한 바이러스간 재조합 패턴규명 및 병원성 재현</li> </ul>	
	2차 년 도	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>신·변종바이러스 유용 유전자원 확보 및 가공 (2종이상)</li> <li>바이러스 재조합 우선순위 결정요소 규명 (1종 이상)</li> <li>인플루엔자 바이러스 재조합 패턴규명 및 병원성 재현 (1종 이상)</li> </ul>	
		실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>2종 이상의 신·변종바이러스 유용 유전자원 확보 및 가공 및 universal antigen, antibody, 대유행 후보주를 포함한 유용 유전자원 확보/ 가공               <ol style="list-style-type: none"> <li>돼지소모성질환제어기술 해외기술이전 (베트남, RTD 회사, 기술료: \$10,000)</li> <li>말인플루엔자 백신제조기술 국내기술이전 (녹십자수의약품주식회사. 기술료 60,000 천원, 실시로열티 연간매출액 8%)</li> <li>메르스바이러스 진단키트 개발 연구 논문 (Journal of Clinical Microbiology, 2015)</li> <li>범용성 인플루엔자 바이러스 백신 조성물 (국내특허출원, 출원번호: 10-2015-0069106)</li> <li>범용성 개 인플루엔자 바이러스 백신 조성물 (국내특허출원, 출원번호: 10-2015-0069077)</li> </ol> </li> <li>1종 이상의 인플루엔자 바이러스 재조합 우선순위 결정요소 규명</li> <li>in vitro 재조합을 통한 바이러스간 재조합 패턴규명 및 병원성 재현</li> <li>Bioinformatics를 접목한 재조합바이러스의 pattern의 시뮬레이션 구축. 재조합 canine H3N2 인플루엔자바이러스의 기원 및 계통 분석               <ol style="list-style-type: none"> <li>국내최초 말 인플루엔자바이러스 분리 및 연구논문 (Journal of microbiology and Biotechnology, 2014)</li> </ol> </li> </ul>	

-(세부 2-4) 약물 저항성 바이오 유해물질 신속 검출을 위한 바이오 콘텐츠 설계 및 활용기술 개발

구 분			내 용	비고
1 단 계	2차 년 도	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 바이오 유해물질 검출용 항체 개발 및 사업단 제공을 통한 항체 인프라 구축</li> <li>■ 약물 저항성 바이러스 검출용 바이오 콘텐츠 개발</li> <li>■ 미래 출현 가능 약물 저항성 바이러스 예측/확보를 위한 바이오 콘텐츠 개발</li> <li>■ 약물 유사체 기반 약물 저항성 바이러스의 고효율 검출기술 개발</li> </ul>	
		실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ H-GUARD용 항체라이브러리 및 표적 항원 인프라(2-1세부)를 활용한 유해물질 검출용 항체 13종 개발/확보 및 사업단 제공 (2-1 세부 과제 협동 연구, 국내특허 출원 10-2015-0013264)</li> <li>■ 약물 저항성 바이러스 (RSV, 인플루엔자 등) 항원 발굴/재조합 항원 4종 설계</li> <li>■ 약물 저항성 바이러스 특이적 항체 후보군 3종 확보</li> <li>■ 단백질-약물 결정구조 모델링 기반, 바이러스 약물 저항성 결정기 규명</li> <li>■ 약물-표적 단백질 결합력 기반 약물 감수성/저항성 바이러스 검출용 약물 유사체 후보군 확보 (5종)</li> <li>■ 약물 감수성/저항성 바이러스 검출 플랫폼 기술 개발 (2종) (국내특허 출원 10-2015-0048664, 1건 출원 진행중)</li> </ul>	

-(세부 2-5) 감염질환 진단검사 평가를 위한 기반 시스템 구축

구 분			내 용	비고
1 단 계	2차 년 도	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 신기술을 활용한 바이오 유해물질 정보 구축</li> <li>■ 신기술을 활용한 바이오 유해물질 내성 분석</li> </ul>	
		실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 혈액분리 다제내성 ESKAPE 균주 총 120주</li> <li>■ CMV DNA 5주, Respiratory syncytial viruses c DNA 2주</li> <li>■ 결핵 100균주 자원화</li> <li>■ NGS, MALDI-TOF 등을 이용하여 바이오 유해물질 내성 분석</li> <li>■ MRSA, MSSA reference strain banking (2-2 세부과제 협력연구)</li> <li>■ Mycobacterium tuberculosis whole genome sequencing (2 - 2 세부과제 협력연구))</li> <li>■ Bacterial lysis efficiency evaluation (3-1 세부과제 협력연구)</li> <li>■ Liposome based Influenza virus detection kit (2-1 세부과제 협력연구)</li> </ul>	- -

-(세부 2-6) Nano-space 조절 및 다중결합을 이용한 고특이성/결합력 super 리셉터 개발

구 분		내 용	비 고
1 단 계	1차 년 도	목표 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 단백질 자기조립을 위한 고안정성 단백질 결합 쌍 발굴</li> <li>▪ 단백질 자기조립 기반 생체분자 초분자체 합성 전략 개발</li> </ul>	
		실적 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Split 형광단백질 기반 단백질 자기조립 기술 개발</li> <li>▪ 모노아비딘 바이오틴 결합 기반 결합 쌍 개발</li> <li>▪ 10mer 이상 세포내 형광단백질 자기조립 혼합체 제작</li> </ul>	
	2차 년 도	목표 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 신규 자기조립 단백질 결합 쌍 개발 및 생체분자 초분자체 기반 다중결합 조절 기술 개발</li> <li>▪ 거대생체분자 안정화를 위한 단백질 표면개량 연구</li> <li>▪ 단백질 초분자체 기반 기능성 단백질 display 및 나노공간 조절 전략 개발</li> </ul>	
		실적 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 단분산 형광단백질 폴리곤 제작 및 TEM 기반 구조적 검증 (2-10 mer) (국내특허출원 10-2015-0031892, Nature Communications 2015, 6, 7134)</li> <li>▪ 단분산 선형 형광단백질 폴리머 제작 (2-15 mer)</li> <li>▪ 표면 전하 (super-negative) 개량을 통한 거대 단백질 안정화 기술 개발</li> <li>▪ 단백질 조립체 나노공간 조절을 위한 선형 및 구형 단백질 조립체 개발: 선형 형광단백질 폴리머 및 구형 모노아비딘 ferritin 복합체</li> <li>▪ 다중성 증가에 따른 protein G-항체 결합 분석</li> </ul>	



○ (핵심 3) 3D 구조체 기반 실시간 연동형 전처리 및 고속 검출기술 개발

-(세부 3-1) 입자의 공기역학 및 전기적 특성을 이용한 기상 병원균  
선별적 분류/포집과 미세유체채널 기반 전처리 기술

구 분			내 용	비 고
1 단 계	1차 년 도	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 공기역학적 수치해석을 이용한 분류기 설계</li> <li>▪ 분류기 제작 및 수치해석결과와 실제 성능평가 결과비교</li> <li>▪ 미세유체 채널 설계</li> <li>▪ 실제 박테리아를 이용한 농축 실험</li> <li>▪ 박테리아 감별 고탄성 나노구조체 구조변형 측정기술 개발</li> </ul>	
		실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 수치 해석을 이용한 공기 역학적 입자 분류기 설계 및 제작 달성(박테리아 분류 입경 1.5 <math>\mu\text{m}</math>, 바이러스 분류 입경 0.5 <math>\mu\text{m}</math>)</li> <li>▪ 공기 역학적 입자 분류기 성능 평가 달성(바이러스 모사 입자 (0.5 <math>\mu\text{m}</math>) 내부 손실 13 %, 박테리아 모사 입자 (1.5 <math>\mu\text{m}</math>) 내부 손실 19 %) (국내특허출원 10-2014-0059277, 10-2014-0093813)</li> <li>▪ Herringbone 구조의 미생물 농축 미세 유체 채널 개발 달성 (1-1 세부과제 협동연구)</li> <li>▪ 박테리아 (<i>S. aureus</i>, <i>E. coli</i>, <i>P. aeruginosa</i>)를 이용한 성능 평가 달성(10분 농축 시 농도 6배 상승) (국내특허출원 10-2014-0031141, 10-2014-0069520)</li> <li>▪ 나노 필터의 구조 변형 측정 기술 개발 달성(10 nm 구조 변형 및 수 nN의 운동력 측정) (Nature communications, 2015, 6, 6333)</li> </ul>	
	2차 년 도	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 다중해석 모델을 이용한 하전기 설계</li> <li>▪ 하전기 제작 및 성능평가</li> <li>▪ 광열효과를 통해 병원균 내 핵산 추출</li> <li>▪ 자성나노입자의 자성을 이용한 병원체 정밀 감별</li> </ul>	
		실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 코로나 방전을 이용한 바이오에어로졸 하전 특성 연구 및 하전기 개발 달성 (2-1 세부, 3-2 세부과제 협동연구) (국내특허출원 10-2015-0091413, 10-2015-0082045)</li> <li>▪ 부유 바이러스 (bacteriophage MS2), 박테리아 (<i>S. aureus</i>, <i>S. epidermids</i>, <i>E. coli</i>)를 이용한 성능 평가 달성(바이러스 하전수 7, 바이러스 내부 손실 20 %, 박테리아 하전수 700, 박테리아 내부 손실 20 %)</li> <li>▪ 박테리아 (<i>S. aureus</i>, <i>E. coli</i>, <i>P. aeruginosa</i>)를 이용한 성능 평가 달성(15분 용해 시 90% 이상의 박테리아에서 핵산 추출) (국내특허등록 10-1515394, 2-5 세부과제 협동연구)</li> <li>▪ 황색 포도상구균 (<i>S. aureus</i>) 인장력 1-10 nN, 용혈성 대장균 (<i>E. coli</i>; O157) 인장력 20 - 90nN, 일반 대장균 인장력 0 nN로 3종의 박테리아에 대해 감별 효율 100 % 달성 (국내특허출원 10-2015-0068218)</li> </ul>	

-(세부 3-2) 신호증폭을 위한 3D 나노어레이 바이오 센서 개발

구 분		내 용	비 고
1 단 계	1차 년 도	<p>목표</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>3D 신호증폭 나노입자 어레이를 이용한 전기/광학식 고속 바이오 센서 구조 디자인</li> <li>3D 신호증폭 나노입자 어레이 기반 센서를 이용한 기본 Analyte 측정</li> <li>FDTD 시뮬레이션 기반 3D 플라즈모닉 나노구조 설계</li> <li>나노임프린트 리소그래피를 이용한 3D 나노구조 제작</li> </ul>	
		<p>실적</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>나노 Pore, 나노홈, 나노입자 등의 3D 나노구조를 활용한 전기/광학식 (2종 이상) 3D 신호증폭 나노입자 어레이 기반 바이오 센서 디자인</li> <li>항원-항체 반응을 활용한 전기/광학식 2종 이상의 3D 신호증폭 나노입자 어레이 기반 바이오 센서의 기본 Analyte 확인 (SCI급 논문 ACS NANO 8 (2014) 2206 - 2213, SCI급 논문 Biosensors and Bioelectronics 61 (2014) 140-146)</li> <li>FDTD 시뮬레이션을 통한 3D nanodish 구조의 높이, 직경, 두께 등의 변화를 통하여 플라즈모닉 공진주파수의 변화량 최적화</li> <li>나노임프린트 리소그래피 공정과 진공 증착 공정을 이용하여 3D nano-dish 어레이를 10 x 10 mm<sup>2</sup>에 성공적으로 구현 (국내 및 해외특허 10-2014-0026932, PCT/KR2014/002051, PCT/KR2014/002233)</li> </ul>	
	2차 년 도	<p>목표</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>3D 신호증폭 나노입자 어레이 기반 센서를 이용한 병원체 검지 기술 개발</li> <li>고감도 나노플라즈모닉스 래피드 센서용 substrate 개발</li> <li>나노플라즈모닉스 래피드 센서 substrate의 감도 및 재현성 평가</li> <li>나노플라즈모닉스 래피드 센서 substrate를 이용한 인플루엔자 바이러스 면역분석</li> <li>유효 표면적 증가 표면 구조 개발</li> <li>3차원 구조의 자기센서 성능평가</li> </ul>	

구 분	내 용	비 고
실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 형광, Plasmonics, ELISA, 전기식 등의 2종 이상의 바이오센서를 활용하여 H1N1, IL13, IL10 등의 2종 이상의 바이오 반응을 검지하였으며, 10nM 이하의 감도로 검지 (II-1 세부과제 협동연구, 국내 및 해외특허 10-2014-0170505, PCT/KR2015/005393)</li> <li>▪ 고감도 나노 플라즈모닉스 신호용 기능성 나노입자 제작 및 물성평가 (국내특허 10-2015-0025631)</li> <li>▪ 나노 플라즈모닉스 래피드 센서 제작 및 fast mapping을 이용한 고신뢰도 측정 기술 개발 (SCI급 논문 Biosensors and Bioelectronics 60 (2014) 358 - 365)</li> <li>▪ 3D gold pillar substrate 제작 및 식중독균 독소를 이용한 ppb 수준의 고감도 정량분석 구현 (국내특허 10-2015-0046945)</li> <li>▪ 고감도 POC/나노플라즈모닉스 겸용 래피드 센서 제작기술 개발</li> <li>▪ H1N1/H3N2 인플루엔자 바이러스 검출용 항체 스크리닝 및 최적 pair 조건 확립 (II-1 세부과제 협동연구)</li> <li>▪ H1N1, H3N2 타겟으로 한 인플루엔자 바이러스 검출용 나노플라즈모닉스 래피드 센서 개발 및 정성분석 (II-1 세부과제 협동연구, SCI급 논문 Biosensors and Bioelectronics 64 (2015) 560 - 565)</li> <li>▪ 나노임프린팅을 통한 유효 표면적이 증가된 3D-PHR 센서 제작 (SCI급 논문 Biosensors and Bioelectronics 59 (2014) 140 - 144)</li> <li>▪ 원뿔구조 디자인 센서 사용을 통한 민감도 20%, 출력전압 25% 향상</li> <li>▪ 높이/반지름 비율과 구조물 간격에 따른 고효율 표면적 증가 조건 확인</li> </ul>	

-(세부 3-3) 신개념 현장응답형 실시간 유전자 분석기술 개발

구 분			내 용	비 고
1 단 계	1차 년 도	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 핵산 효소 등을 이용한 등온 핵산 증폭 원천기술 개발</li> <li>▪ 정전용량 신호 기반 실시간 핵산 증폭 모니터링 기술 개발</li> <li>▪ 등온 PCR 마이크로 시스템 구축</li> </ul>	
		실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 100 copy numbers 이하의 민감도 및 non-specific genomic DNA 구분 성능을 가진 핵산 효소 기반 등온 핵산 증폭 기술 개발</li> <li>▪ 핵산에 의한 정전용량 신호 발생 메커니즘을 설계 및 확립하여 실시간 핵산 증폭 모니터링 기술에 적용</li> <li>▪ 온도제어가 가능한 회전식 시스템 상에서 등온 PCR을 통한 유전자 증폭 성공</li> </ul>	
	2차 년 도	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 전기적 등온 실시간 핵산 증폭 모니터링 시스템 개발</li> <li>▪ 비표지 다표적 핵산 검출 시스템 개발</li> <li>▪ 초고속 lateral flow 기반 검출기술 개발</li> </ul>	
		실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 임피던스 측정을 통한 double layer capacitance 신호 모델을 통해 실시간 핵산 증폭 모니터링 기술을 확보</li> <li>▪ 표적 핵산의 동시 검출을 위해 터치스크린을 이용한 plate capacitance 모델을 성공적으로 검증하였음</li> <li>▪ 최소 3 종의 인플루엔자 A 바이러스 아형 검출이 가능한 lateral flow strip 기술 개발 성공 (<i>Analytica Chimica Acta</i>, 2015, 853, 541-547)</li> </ul>	

-(세부 3-4) 현장적용을 위한 H-GUARD 플랫폼 요소기술 개발

구 분			내 용	비 고
1 단 계	1차 년 도	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Microfluidic pump/valve 소자 연구</li> <li>▪ Multi-sensor interface 설계</li> <li>▪ 통합형 microfluidic droplet device 제작</li> <li>▪ 환경유해물질 고감도 trace analysis</li> <li>▪ 3차원 나노구조체 substrate 개발</li> <li>▪ 소형 laser/detector 도입</li> <li>▪ Laser와 detector의 integration 모듈 설계 및 개발</li> </ul>	
		실적	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 음압에 의한 역류를 막기 위해 microfluidic pump의 채널 내에 leakage barrier 두고, 구동부인 PZT disk의 한 쪽 electrode를 두 개로 나누어 양방향으로의 구동이 가능하게 설계함.</li> <li>▪ 제작에 있어서 필요한 공정을 설계하고, 세부적인 공정 단계를 테스트함.</li> </ul>	

구 분	내 용	비 고
	<ul style="list-style-type: none"> <li>온도센서의 경우 고 민감도 확보를 위해 최적의 두께 조건을 확인하였으며, 센서 오차 <math>\pm 0.5^{\circ}\text{C}</math> 이내의 온도 측정 정확성을 확보.</li> <li>설계된 heater는 <math>\pm 0.5^{\circ}\text{C}</math> 이내의 온도 균일도를 가지며, 위의 소자들을 통해 온도제어 기술 확보.</li> <li>칩 제작 및 규칙적 droplet 생성 여부.</li> <li>유해물질 10 ng/mL 이하 검출 능력 여부.</li> <li>나노구조체 substrate 감도 및 재현성 여부.</li> <li>소형화 모듈 설계를 위해 소형의 Diode Laser를 도입하였으며, 검출기의 경우 초소형 PMT를 도입함.</li> <li>소형화 형광/편광 측정기 제작을 위한 부가요소에 대한 컴포넌트를 선정하였으며, 이에 대한 설계를 완료하였음.</li> </ul>	
	<p>목 표</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>RT(real time)-PCR용 일회용 미세 유체 칩 제작 및 평가</li> <li>마이크로 heater 제작</li> <li>고정밀 온도센서 제작</li> <li>Portable RT-PCR system 제작 및 평가</li> <li>Microfluidic pump/valve 소자 제작 및 평가</li> <li>dPCR feasibility 평가</li> </ul>	
2차 년 도	<p>실 적</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Parylene-C 코팅과 pre-stressed passive를 밸브를 이용하여 Sample loss를 감소시킬 수 있는 RT(real time)-PCR용 일회용 미세 유체칩 제작 (Sample loss &lt; 5%).</li> <li>RT-PCR의 온도 제어를 위한 마이크로 heater 설계, 제작 및 기초 평가 (Ramping time: <math>7^{\circ}\text{C/s}</math>).</li> <li>Micro RT-PCR에 필요한 Thin Film Thermocouple (TFTC) thermal sensor 제작 (온도 균일도: <math>\pm 0.5^{\circ}\text{C}</math>, 선형성: 2%, 민감도: <math>40\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}</math>).</li> <li>RT PCR System 설계.(2-1 세부과제 Briefcase 협동연구)</li> <li>Portable RT-PCR system 제작을 위한 Integration 기술 확보.</li> <li>Leakage barrier를 이용하여 효율적인 valve기능을 수행할 수 있는 bidirectional micro fluidic Pump 소자 제작.</li> <li>Portable digital PCR system에 대한 feasibility 평가.</li> <li>Portable digital PCR system 구성을 위한 플랫폼 설계.</li> <li>Sample loss를 줄일 수 있는 미세 유체 칩을 설계 및 제작 (sample loss&lt;14%, sample loading time&lt;1min).</li> </ul>	

## ■ 글로벌 선도성 및 세계적 연구거점 구축 실적

개요 (세계적 수준의 연구거점 정의)	<p>신·변종 바이러스, 슈퍼 박테리아 등과 같은 국가 재난형 바이오 유해물질의 모니터링, 검출 및 조기 진단이 가능한 세계적 수준의 원천기술을 개발하고, 이를 통합한 H-GUARD 시스템 구축</p> <p>※ H-GUARD (Health-Global Ubiquitous Autonomous Rapid Detection) : 바이오 유해물질의 포집·전처리·검출·신호전송이 가능한 실시간 연동형 통합 시스템</p>
연구단 최종목표 및 근거	<p><b>【세계최고 수준의 연구개발 목표 목표】</b> (현장검출능력) 수 시간~수 일 → 1시간 이내, (동시검출감도) 1종 → 5종 이상, (변종예측률) 1% 이내 → 25% 수준</p> <hr/> <p><b>【근거】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 바이오 유해물질의 모니터링을 위한 현장검출시 일반적인 전처리와 진단 기술은 생물학적 기술한계를 지님 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 향후 10년 이후 : 현장검출에 3~4시간 소요예상</li> <li>- BT와 NT의 융합을 통하여 1시간 내에 다종의 검출이 가능한 한계돌파형 기술목표를 제시</li> </ul> </li> <li>○ 변종에 의한 치명적 감염원의 출현 예측 가능성은 최근 10년동안 1% 이내로 예측모델링의 한계를 지님 <ul style="list-style-type: none"> <li>- BT와 IT기술이 융합된 빅데이터 분석을 통한 신변종 감염원 예측률 25% 수준의 목표를 제시</li> </ul> </li> </ul>
연구분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 바이오 콘텐츠 확보/가공/활용/예측, 실시간 연동형 전처리 및 센싱 시스템, 3차원 나노-마이크로 구조체 등</li> </ul>
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 바이오 유해물질의 탐지 속도 및 감도를 획기적으로 향상시키는 3차원 나노-마이크로 하이브리드 구조체 개발 및 양산화·대면적화 원천기술 개발</li> <li>○ 유해물질 특이적 바이오 콘텐츠(바이러스 항원, 유사 바이러스 등) 발굴 및 확보</li> <li>○ 바이오 인포매틱스를 이용한 신·변종 바이러스의 발생 예측기술 개발</li> <li>○ 탐지된 바이오 유해물질을 현장에서 신속하게 판단할 수 있는 실시간 연동형 전처리 기술과 고속 검출기술 개발</li> </ul>

운영특징	<ul style="list-style-type: none"><li>○ 국제적인 업무협력 네트워크 아래에서 활발한 연구를 수행할 수 있는 연구체계를 구축</li><li>○ 세계적인 수준의 연구개발이 가능한 연구 인프라(인력, 장비) 구축 및 연구성과의 유효성 평가 실시</li><li>○ 개발된 기술의 세계시장 선점 및 기술사업화를 위한 산업체 컨소시엄 운영 (현재 23개 기업과 컨소시엄 완료)</li></ul>																								
현재까지 연구거점구축 관련 실적	<ul style="list-style-type: none"><li>○ 열대성 감염병 분야 공동연구를 위해 태국 국립나노기술 센터(NANOTEC)와 공동 워크숍 개최 ('14.11.23~26, 태국)<ul style="list-style-type: none"><li>- 연구단과 열대성 감염병 분야에 대한 실질적인 협력과 공동연구 방안 협의 진행(MOU 체결 완료)</li><li>- 공동연구과제 : Integrated diagnostics platform technology for tropical infectious disease (책임자 : Tararaj Dharakul)</li></ul></li><li>○ 해외 연구기관과의 공동연구 실적</li></ul> <table><tr><th>국가</th><th>협력기관명</th><th>실적 및 계획</th></tr><tr><td>미국</td><td>University of California, Santa Barbara</td><td>Aptamer를 이용한 바이오센서분야 기술개발 (SCI 논문 2건 게재)</td></tr><tr><td>미국</td><td>Department of Biological Engineering, MIT</td><td>미세유체 분야 공동연구를 통한 나노유체 흐름 및 유동제어 기술 개발 (논문진행 중)</td></tr><tr><td>스위스</td><td>ETH Zurich</td><td>고감도 나노플라즈모닉스 기반 진단 센서 기술개발</td></tr><tr><td>중국</td><td>중국과학원</td><td>나노입자를 이용한 고감도 광학 센서 개발</td></tr><tr><td>싱가포르</td><td>싱가포르 국립대학교</td><td>바이오센서 분야 공동연구를 통한 나노뉴턴 힘 측정 기술 개발 (SCI 논문 1건 게재)</td></tr><tr><td>베트남</td><td>National Institute of Veterinary Medicine</td><td>돼지 쉰코백신 후보물질 효능 검증, 인플루엔자 범용백신 적용 가능한 유용 항원의 효능 검증</td></tr><tr><td>UAE</td><td>Animal Wealth Sector, Abu Dhabi Food Control Authority</td><td>MERS-CoV. 진단 키트 효능 검증 (SCI 논문 1건 게재)</td></tr></table>	국가	협력기관명	실적 및 계획	미국	University of California, Santa Barbara	Aptamer를 이용한 바이오센서분야 기술개발 (SCI 논문 2건 게재)	미국	Department of Biological Engineering, MIT	미세유체 분야 공동연구를 통한 나노유체 흐름 및 유동제어 기술 개발 (논문진행 중)	스위스	ETH Zurich	고감도 나노플라즈모닉스 기반 진단 센서 기술개발	중국	중국과학원	나노입자를 이용한 고감도 광학 센서 개발	싱가포르	싱가포르 국립대학교	바이오센서 분야 공동연구를 통한 나노뉴턴 힘 측정 기술 개발 (SCI 논문 1건 게재)	베트남	National Institute of Veterinary Medicine	돼지 쉰코백신 후보물질 효능 검증, 인플루엔자 범용백신 적용 가능한 유용 항원의 효능 검증	UAE	Animal Wealth Sector, Abu Dhabi Food Control Authority	MERS-CoV. 진단 키트 효능 검증 (SCI 논문 1건 게재)
국가	협력기관명	실적 및 계획																							
미국	University of California, Santa Barbara	Aptamer를 이용한 바이오센서분야 기술개발 (SCI 논문 2건 게재)																							
미국	Department of Biological Engineering, MIT	미세유체 분야 공동연구를 통한 나노유체 흐름 및 유동제어 기술 개발 (논문진행 중)																							
스위스	ETH Zurich	고감도 나노플라즈모닉스 기반 진단 센서 기술개발																							
중국	중국과학원	나노입자를 이용한 고감도 광학 센서 개발																							
싱가포르	싱가포르 국립대학교	바이오센서 분야 공동연구를 통한 나노뉴턴 힘 측정 기술 개발 (SCI 논문 1건 게재)																							
베트남	National Institute of Veterinary Medicine	돼지 쉰코백신 후보물질 효능 검증, 인플루엔자 범용백신 적용 가능한 유용 항원의 효능 검증																							
UAE	Animal Wealth Sector, Abu Dhabi Food Control Authority	MERS-CoV. 진단 키트 효능 검증 (SCI 논문 1건 게재)																							

<p>세계적 수준의 거점구축을 위한 국제협력 체계</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 세계 최고 수준의 연구기관들과 연계하여, H-GUARD 관련 기술 및 제품에 대한 공동협력연구, 인력교류 및 국제표준화를 주도적으로 추진</li> </ul> 
<p>향후계획</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 세계 최고 수준의 연구거점 네트워크 구축을 위하여 지속적으로 국내외 우수한 연구기관들과 공동연구, 인력교류, 정보공유를 추진</li> <li>○ 우수한 인력 충원, 공동 활용 장비 구축 등을 통한 세계적인 연구개발 인프라 구축</li> <li>○ 세계적인 융·복합 연구성과를 비즈니스 분야에 연계하는 연구개발에 집중</li> </ul>



## 2-4. 연구결과 활용 계획 및 파급효과

### ■ 연구결과 활용계획

- BT, IT, NT 기술이 융합된 H-GUARD시스템의 구현은, telemedicine 산업의 급속한 성장을 통한 의료산업의 급격한 변화 주도함으로써 미래 의료 산업에서의 국제적인 주도권 획득할 수 있도록 해줄 것이며, Big data 처리 기술 수요로 인한 국내 IT 산업의 동반 성장도 가능
- 현재까지 실시간으로 유해물질을 검지할 수 있는 현장 응답형 진단 시스템 기술의 한계로 인하여 사실상 개발된 사례는 거의 전무한 실정
- 본 연구는 현장 응답형 진단 시스템이라는 목표를 가지고 유해 병원균 검지와 관련된 각 과정의 전문가들을 구성하여, 지금까지의 한계를 극복하고 실시간으로 유해 병원균의 진단이 가능한 통합형 시스템을 개발
- 이 시스템을 이용하면, 병원이나 학교와 같은 공공장소의 유해 병원체 유무를 상시 모니터링 할 수 있을 것으로 기대되며, 더 나아가 국민 보건 분야에 획기적인 발전 가능

### ■ 파급효과 및 관련 분야에의 기여도

- 기술적 측면
  - 기존 바이오 검출 기술의 속도 및 소형화의 한계를 극복함으로써, 바이오 유해물질의 실시간 검출이 가능한 초소형 H-GUARD 시스템 구축을 위한 원천기술 개발
  - BT, IT, NT의 융·복합 연구개발을 통해 한계 돌파형 미래창조 원천기술 개발
    - \* 실시간 초소형 바이오 센싱 기술은 검출 감도 및 속도를 획기적으로 증가시켜 IT 기술과 융합하여 헬스 모니터링이나 공공장소에서의 유해병원균 모니터링 등 새로운 서비스 구현이 가능
- 경제적 · 산업적 측면
  - 저성장시대의 마지막 금맥인 글로벌 의료·헬스시장 선점을 통해 새로운 성장동력 창출
    - \* 전 세계 진단 및 모니터링 시장은 2012년 831억 달러이며 2016년 1,300억 달러에 이를 것으로 예상됨(BCC Research 2012). 진단시장에서 약 70%의 점유율을 차지하고 있는 것이 감염성 유해물질 진단과 관련된 분야임.

- \* 2009년 한국경제연구원에서 발표한 자료에 의하면 국내 대유행 인플루엔자 발병시, GDP 7.8% 감소, 성장률 - 10.2%, 교역량 위축 1,000억 달러 이상의 경제적 손실이 발생할 것으로 예측하였는데, 바이오 유해물질의 조기검출을 통해 이러한 경제/사회적 손실을 최소화
- 혁신적인 고부가가치 중소기업 창업지원을 통한 미래창조경제 성장기반 마련 저성장시대의 마지막 금맥인 글로벌 의료·헬스시장 선점을 통해 새로운 성장동력 창출
- \* 전 세계 진단 및 모니터링 시장은 2012년 831억 달러이며 2016년 1,300억 달러에 이를 것으로 예상됨(BCC Research 2012). 진단시장에서 약 70%의 점유율을 차지하고 있는 것이 감염성 유해물질 진단과 관련된 분야임.
- \* 2009년 한국경제연구원에서 발표한 자료에 의하면 국내 대유행 인플루엔자 발병시, GDP 7.8% 감소, 성장률 - 10.2%, 교역량 위축 1,000억 달러 이상의 경제적 손실이 발생할 것으로 예측하였는데, 바이오 유해물질의 조기검출을 통해 이러한 경제/사회적 손실을 최소화

#### ○ 사회적 측면

- H-GUARD를 통해 국가 재난형 질병에 대한 조기 검출 시스템을 구축하여 안전한 미래사회 구축
  - 사회적 피해를 최소화하고 국민건강 증진과 그로 인한 행복한 삶의 영위에 실질적으로 기여
- 다양한 형태(공공장소, 가정, 병원, 휴대용 등)로 제작·가동되어, 바이오 유해물질에 의한 감염병, 생물테러 등으로부터 안전한 미래사회를 구현

#### < 다양한 H-GUARD의 미래 적용 예시 >



공항, 지하철역 등 공공장소에서의 바이오 유해물질 모니터링



신·변종 감염병 예측 및 조기 진단



병원 내 감염 차단



Portal Shield System을 통한 현장모니터링



항공기 등에서의 바이오 유해물질 검출

### Ⅲ. 2단계 연구단 추진계획

#### 3-1. 2단계 연구 목표

##### ■ 총괄 연구목표

- 핵심 개발기술 검증 및 융합연구
  - 바이오컨텐츠 진단 / 예측 / 인터페이싱 기술 개발
  - 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작 및 적용
  - 연동형 전처리 / 나노센서 개발

##### ■ 세부 연구목표

세부연구 목표	2단계				3단계 (2018~2022)	
	1차년 (2015)	2차년 (2016)	3차년 (2017)	가중치		
	목표	목표	목표		목표	가중치
3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작 리소그래피 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작을 위한 리소그래피 핵심요소 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작을 위한 리소그래피 소자 적용 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작을 위한 리소그래피 핵심기술 개발 및 바이오소자 응용 기술 개발</li> </ul>	25%	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작을 위한 리소그래피 시스템 및 대면적화 기술 개발</li> </ul>	25%
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Localized Spatial 리소그래피를 위한 시스템 설계 및 Optical Beam Spot 성능 검증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Localized Spatial 리소그래피를 위한 시스템 제작 및 Beam Spot Trajectory 설계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Localized Spatial 리소그래피의 3D Periodic/Complex Type 공정 개발 (최소패턴크기 : 500 nm)</li> </ul>	25%	<ul style="list-style-type: none"> <li>고생 산성 localized spatial 리소그래피 상용화 기술 개발 (최소 패턴크기: 300 nm)</li> </ul>	25%
	<ul style="list-style-type: none"> <li>비접촉식 전기수력학 기반 코어셸-코어라인 패턴링 공정기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>비접촉식 전기수력학 기반 코어셸-코어라인 패턴링 리소그래피 공정 및 대면적화를 위한 시스템요소개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>비접촉식 전기수력학 기반 코어셸-코어라인 패턴링 리소그래피 공정 및 시스템기술 개발</li> </ul>	25%	<ul style="list-style-type: none"> <li>비접촉식 전기수력학 기반 다양한 재질을 이용한 기능성 코어셸-코어라인 구조응용 및 대면적화 기술 개발</li> </ul>	25%
	<ul style="list-style-type: none"> <li>금속/고분자 혼합 구조 형성 및 크기 다변화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>금속/고분자 혼합 구조 특성 다변화 및 바이오센서 적용기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>임프린트 기반 바이오센서 제작</li> </ul>	10%	<ul style="list-style-type: none"> <li>임프린트 기반 양산형 고감도 유연바이오센서 제작</li> </ul>	10%

세부연구 목표	2단계				3단계 (2018~2022)	
	1차년 (2015)	2차년 (2016)	3차년 (2017)	가중치		
	목표	목표	목표		목표	가중치
	<ul style="list-style-type: none"> <li>전사된 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체의 원자층 증착법을 이용한 표면 활성화 공정 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>원자층 증착법을 이용하여 표면을 활성화한 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체가 집적된 마이크로플루이딕 시스템 개발 및 특성 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>다중멤브레인 마이크로플루이딕 멀티플렉싱 시스템을 활용한 슈퍼박테리아 검진 플랫폼 개발</li> </ul>	15%	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 기반의 다중멤브레인 multiplexing system 구현</li> </ul>	15%

세부연구 목표	2단계				3단계 (2018~2022)	
	1차년 (2015)	2차년 (2016)	3차년 (2017)	가중치		
	목표	목표	목표		목표	가중치
3D 유무기 하이브리드 소재기반 나노구조체 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>금속 나노안테나가 어레이된 나노구조체의 신호 증폭능 개선</li> <li>단일 나노구조체의 신호증폭능 분석 기술 개발 및 신호증폭 <math>1 \times 10^7</math> 배 달성 여부</li> <li>합성 수율 80 % 이상으로 제조 방법 개조</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>금속 나노안테나가 어레이된 나노구조체의 신호 증폭능 개선</li> <li>단일 나노구조체의 신호증폭능 분석 기술 개발 및 신호증폭 <math>1 \times 10^7</math> 배 달성 여부</li> <li>한번 반응시 200 mg 이상 합성 수율</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>금속 나노안테나가 어레이된 나노구조체의 균일한 신호증폭능 확인</li> <li>80 % 이상의 나노구조체에서 균일한 차이 (<math>\pm 10</math> % 이내) 의 신호 증폭능 효율 확인</li> </ul>	20 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 나노구조체 기반 플라즈모닉 바이러스 검지시스템의 상업화 공정 기술 개발</li> </ul>	50 %
	<ul style="list-style-type: none"> <li>금속 나노안테나가 어레이된 나노구조체 및 황화구리 나노구조체를 이용한 바이러스 유전자 정보 물질 방출 성능 증대</li> <li>PCR 의 Cq value 가 20 이하로의 바이러스</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>실시간 현장 검증에 적합한 신규 바이러스 불활화 기술 개발 및 바이러스의 핵산 용출을 위한 다양한 조성과 구조의 나노구조체 합성</li> <li>빠른 시간 (15 분 내) 표면 단백질이 유지된 상태로</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>금속 나노안테나가 어레이된 나노구조체를 이용한 바이러스 유전자 정보 물질 방출 성능 증대</li> <li>PCR 의 Cq value 가 18 이하로의 바이러스 유전자 검지 효율 확인</li> </ul>	20 %		

세부연구 목표	2단계				3단계 (2018~2022)	
	1차년 (2015)	2차년 (2016)	3차년 (2017)	가중치		
	목표	목표	목표		목표	가중치
	<p>유전자 검지 효율 확인</p> <p>- 광열효과를 지니는 황화구리 나노입자의 합성 최적화 및 수용액상 분산력을 높이기 위한 크기제어 (70 nm 미만 크기의 균일한 황화구리 나노입자의 대량합성 최적화)</p> <p>합성수율 90 % 이상, 한번 반응 시 1000 mg 이상 합성 가능한 합성법 개발</p>	<p>바이러스의 감염도 저하 확인</p> <p>- 광열효과를 지니는 황화구리 나노입자의 합성 최적화 및 수용액상 분산력을 높이기 위한 크기제어 (50 nm 미만 크기의 균일한 황화구리 나노입자의 대량합성 최적화) 와</p> <p>합성수율 90 % 이상, 한번 반응 시 1000 mg 이상 합성 가능한 합성법 개발</p>	<p>• 실시간 현장 검증에 적합한 신규 바이러스 불활화 기술 개발 및 바이러스 핵산 용출을 위한 다양한 조성과 구조의 나노구조체 합성</p> <p>- 빠른 시간 (10 분 내) 표면 단백질이 유지된 상태로 바이러스의 감염도 저하 확인</p> <p>- 광열효과를 지니는 금황화물 나노입자의 합성 최적화 및 수용액상 분산력을 높이기 위한 크기제어 (30 nm 미만 크기의 균일한 황화구리 나노입자의 대량합성 최적화)</p> <p>합성수율 90 % 이상, 한번 반응 시 1000 mg 이상 합성 가능한 합성법 개발</p>			

세부연구 목표	2단계				3단계 (2018~2022)	
	1차년 (2015)	2차년 (2016)	3차년 (2017)	가중치		
	목표	목표	목표		목표	가중치
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기판의 3D 나노구조체 적층 효율 및 증폭능 평가               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기판 위에 3D 나노구조체의 적층 밀도 증가 확인 (1 mm<sup>2</sup> 당 5 x 10<sup>6</sup> 개 이상 나노입자)</li> </ul> </li> <li>- 3D 나노구조체의 적층으로 인한 기판에서의 1 x 10<sup>7</sup> 배 배 신호 증폭능 확인</li> <li>• (위탁) 3D 플라즈모닉 센서의 실제 바이러스 시료 적용 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기판의 3D 나노구조체의 플라즈모닉 증폭능 평가               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3D 나노구조체의 적층으로 인한 기판에서의 1 x 10<sup>8</sup> 배 배 신호 증폭능 확인</li> </ul> </li> <li>• (위탁) 바이러스 리셉터 도입 및 바이러스 다중 검지 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2종 이상의 나노패턴된 기판위 적층 효율 비교 및 시제품 제작을 위한 최적화 모델 확립               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2종 이상의 나노패턴된 기판위 플라즈모닉 구조체 적층 비교를 통하여 보다 높은 신호를 균일하게 내는 기판을 선정하여 바이러스 분석 패키지 개발 준비에 사용</li> </ul> </li> <li>• (위탁)3D 플라즈모닉 센서 기반 바이러스 측정 농도 정량화 연구</li> </ul>	20 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 플라즈모닉 바이러스 검지 시스템을 이용한 포집된 바이러스의 용균 및 다종의 유전자 신속 검지</li> <li>• (위탁) 3D 플라즈모닉 나노구조 기반의 통합 광합침 개발 (검지시간 30분 이내, 5종 이상 병원체, 10 pM 수준 감도 구현)</li> </ul>	50 %
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2종의 바이러스 유전자 검지를 위한 유전자 결합시 형태변화를 일으켜 신호를 내는 분자-광학지퍼의 설계               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1시간 이내 10 nM 이하의 농도 검지</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3종의 바이러스 유전자 검지를 위한 유전자 결합시 형태변화를 일으켜 신호를 내는 분자-광학지퍼의 설계               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1시간 이내 10 nM 이하의 농도 검지</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4종의 바이러스 유전자 검지를 위한 유전자 결합시 형태변화를 일으켜 신호를 내는 분자-광학지퍼의 설계               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1시간 이내 10 nM 이하의 농도 검지</li> </ul> </li> </ul>	20 %		

세부연구 목표	2단계				3단계 (2018~2022)	
	1차년 (2015)	2차년 (2016)	3차년 (2017)	가중치		
	목표	목표	목표		목표	가중치
			<ul style="list-style-type: none"> <li>실제 플라스모닉 검지시스템과 분자-광학지퍼의 결합 및 신호 생성 유무 확인</li> <li>- 1시간 이내 1 nM 이하의 농도 검지 효율 확인</li> </ul>	20 %		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이러스 검출 가시화를 위한 물질 제조 및 나노좀 합성</li> <li>- micelle 의 크기 : 35 nm</li> <li>- polymer-some 의 크기 : 120 nm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>정량 분석 및 검체 시료내의 간섭물질 작용의 최소화를 위한 나노좀 제조</li> <li>- 퓨린, 트립신 또는 Triton X-100 처리시 Triton X-100을 처리한 군에서 10 배 이상의 형광 세기 차이 확인</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이러스 검출 가시화를 위한 나노좀의 성능 평가 및 실증화 연구</li> <li>- 고병원성 인플루엔자 바이러스 검지시 5배 이상의 형광 세기 차이 확인</li> </ul>			

세부연구 목표	2단계				3단계 (2018~2022)	
	1차년 (2015)	2차년 (2016)	3차년 (2017)	가중치		
	목표	목표	목표		목표	가중치
3D 조합 플라스모닉 나노다면체 프로브 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>신개념 3D 나노다면체 초정밀 고수율 합성 (3종 이상, 수율 75 % 이상)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>신개념 3D 나노다면체 초정밀 고수율 합성 (4종 이상, 수율 75 % 이상)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>신개념 3D 나노다면체 초정밀 고수율 합성 (5종 이상, 수율 80 % 이상)</li> </ul>	25%	<ul style="list-style-type: none"> <li>플라스모닉 나노다면체 초정밀 합성 및 대량양산 시스템 구축 (100mg scale/batch 이상)</li> </ul>	25%
	<ul style="list-style-type: none"> <li>초고감도 3D 나노다면체 광학 신호 증폭 연구 (라만 증폭: <math>10^{11}</math> 이상)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>초고감도 3D 나노다면체 광학 신호 증폭 연구 (라만 증폭: <math>10^{12}</math> 이상)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 조합 나노다면체 광학 신호 조절 및 증폭</li> </ul>	25%	<ul style="list-style-type: none"> <li>초고감도 플라스모닉 나노다면체 광학 신호 증폭 연구 및 라이브러리 구축</li> </ul>	25%

세부연구 목표	2단계				3단계 (2018~2022)	
	1차년 (2015)	2차년 (2016)	3차년 (2017)	가중치		
	목표	목표	목표		목표	가중치
	<ul style="list-style-type: none"> <li>DF-NLB 시스템 응용모듈 (하드웨어+소프트웨어) 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DF-NLB 시스템 최적화 및 응용모듈 개발, 바이오컨텐츠 3종 이상 다중검지 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DF-NLB 시스템 시제품 개발, 휴대용 생체분자검지 카트리지 개발 및 분석 프로그램 개발</li> </ul>	20%	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 나노다면체 프로브 기반 생체 단분자 검출법 실용화 (단백질 기준 100 aM 또는 핵산 기준 50 aM 이하, 5종 이상 다중검지)</li> </ul>	50%
		<ul style="list-style-type: none"> <li>생체분자 검지 분석 (단백질 기준 10 fM 또는 핵산 기준 5 fM 이하)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>생체분자 검지 분석 (단백질 기준 1 fM 또는 핵산 기준 500 aM 이하, 3종 이상 다중검지)</li> </ul>	30%		

#### ※ 연구목표 변경사유

구분	당초		변경 후		
	세부목표명	목표	세부목표명	목표	측정방법
2단계	생체분자 검지 분석 및 검지능 검증	다중검지 관련 목표 없음	생체분자 검지 분석 및 검지능 검증	3종 이상 다중검지	라만 및 산란 신호 등을 기반으로 하여 서로 유효하게 분리/분석 가능한 신호를 동시 다중검지
3단계	3D 나노다면체 프로브 기반 생체 단분자 검출법 실용화	3종 이상 다중검지	3D 나노다면체 프로브 기반 생체 단분자 검출법 실용화	5종 이상 다중검지	라만 및 산란 신호 등을 기반으로 하여 서로 유효하게 분리/분석 가능한 신호를 동시 다중검지

#### <변경사유>

1단계 1차년도 자체평가결과에 따른 후속 조치 (Multiplexing 바이오센싱 강점을 높이기 바람)의 일환으로 다중 검지 관련 연구 목표 추가 및 상향 조정



세부연구 목표	2단계				3단계 (2018~2022)	
	1차년 (2015)	2차년 (2016)	3차년 (2017)	가중치		
	목표	목표	목표		목표	가중치
헬스가드용 3D 구조체 마스터 몰드 제작 기술 개발	• 2/3D 금속형 마스터 몰드 기술 개발	• 유해물질 전처리 선별/추출/분석 을 위한 구조체 설계 및 디바이스화 기술 개발	• 대면적, 고집적 3D 구조체 상용화를 위한 고정 기술 개발	30%	• 바이오 유해물질 센싱용 대면적/고집적 3D 복합구조체 디바이스 생산 기반 기술 개발	30%
	• 복합 구조체 기반 디바이스화 기술 개발 • 복합 구조체 기반 디바이스 패키징 기술 개발	• 유해바이오물질 센싱을 위한 고집적 어레이 디바이스 제작 기술 개발	• 유해물질 신호 증폭용 3D 복합구조체의 광학적/전기화 학적 성능 평가기술 개발	30%	• H-Guard용 3D 구조체 상용화를 위한 구조체 신뢰성 향상 및 최적화 기술 개발	30%
	• 고감도 바이오물질 검출을 위한 광학·전기화학적 센싱기술 개발	• 3D 복합구조체 기반 유연성 센싱 구현을 위한 미세유체 디바이스 기반 기술 개발	• H-Guard 시스템용 복합구조체 기반 디바이스 설계 및 제작기술 개발	40%	• H-Guard 맞춤형 3D 구조체 기반 디바이스 시제품 제작 및 상용 최적화 기술 개발	40%

#### ※ 연구목표 변경사유

구분	당초		변경 후		
	세부목표명	목표	세부목표명	목표	측정방법
2단계	-	-	복합구조체 기반 디바이스 제작	고투명성, 고유연성 센싱 디바이스 개발	고투명성 (광학적 투과율 80%이상) 고유연성 (필름 및 유연성 폴리머 기반의 디바이스 구현 여부)
	-	-	복합구조체 기반 디바이스 패키징 기술	고압력 구동 가능한 디바이스 개발	유체압력 (10MPa이상 누수 없음)
3단계	-	-	H-Guard 시스템 구현을 위한 대면적/고집적 디바이스 시제품 제작	H-Guard용 디바이스 시제품 제작	시제품 제작 여부
	-	-	H-Guard 시스템 맞춤형 3D 복합구조체 기반 디바이스 상용화 기반 기술 개발	H-Guard용 디바이스 시제품 상용화가 가능한 상용화 기술 개발	상용화기술 구현 여부 몰드의 1000회 이상 사용 고온/고압에서의 몰드 물성(패턴의 폭/너비) 변형 10%이내 복제물의 패턴과 몰드와의 패턴간 구조물 수치비교 진행

#### <변경사유>

1단계 자체평가 결과 3D 복합구조체 기반의 마스터 몰드 기술을 바탕으로 추후 헬스가드 연구  
단내 상호 공동연구로 파생된 연구 결과를 바탕으로 다양한 구조체의 형성 및 이를 디바이스로  
구현하는 기술의 필요성 증대로 인하여 종래 모듈 기술 이외에 헬드가드 맞춤형 디바이스 구현  
기술 및 패키징 기술개발을 추가로 요청함. 상기의 연구단의 요구에 맞추어 당초 성과지표 및  
목표를 충족하고자 추가 성과목표를 수립

세부연구 목표	2단계				3단계 (2018~2022)	
	1차년 (2015)	2차년 (2016)	3차년 (2017)	가중치		
	목표	목표	목표		목표	가중치
생체분자 검출신호 제어를 위한 신개념 3D 나노구조체 설계, 제작 및 활용기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 나노구조체의 바이오컨텐츠 적용 적합성 평가(2건 이상)</li> <li>고효율 바이오컨텐츠 도입기술 개발: 바이오리셉터 인터페이싱을 위한 그래핀 나노디스크 개발</li> <li>바이오컨텐츠 적용 나노구조체 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 나노구조체의 바이오컨텐츠 적용 적합성 평가(3건 이상)</li> <li>나노구조체의 바이오컨텐츠 고효율 도입을 통한 생체분자 검출 성능향상 연구</li> <li>신규 나노바이오 인터페이싱 기술 개발: 바이오리셉터 결합용 화학물질 및 단백질 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 나노구조체의 바이오컨텐츠 적용 적합성 평가(3건 이상)</li> <li>신규 나노바이오 인터페이싱 기술 적용 최적화 및 응용연구</li> <li>바이오컨텐츠 적용 나노구조체 기반 바이오유해물질 검출센서 개발</li> </ul>	60%	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 나노구조체의 바이오컨텐츠 적용 적합성 평가(5건 이상)</li> <li>신규 나노바이오 인터페이싱 기술 개발</li> <li>바이오컨텐츠 적용 나노구조체 기반 바이오유해물질 검출센서의 헬스가드 적용</li> </ul>	50%
	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노구조체-바이오컨텐츠 융합구조체(2종 이상) 개발</li> <li>신개념 나노구조체 특성 연구 및 생체분자 검출응용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노구조체-바이오컨텐츠 융합구조체 이용 생체분자 검출기술 개발</li> <li>대면적 3D 나노구조체 기반 생체분자 검출 원천기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노구조체-바이오컨텐츠 융합 구조체 기반 바이오유해물질 검출 플랫폼 개발</li> <li>3D 나노구조체 기반 바이오유해물질 검출 플랫폼 성능 평가 및 최적화</li> </ul>	40%	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노구조체-바이오컨텐츠 융합 구조체 기반 바이오유해물질 고감도 다중검출센서 개발</li> <li>나노구조체-바이오컨텐츠 융합 구조체 기반 바이오유해물질 검출센서 헬스가드 적용</li> </ul>	50%

세부연구 목표	2단계				3단계 (2018~2022)	
	1차년 (2015)	2차년 (2016)	3차년 (2017)	가중치		
	목표	목표	목표		목표	가중치
바이오나노 융합 헬스가드용 바이오컨텐 츠 확보/가공/활 용 및 분석원천기 술개발	• H-GUARD용 바이오컨텐츠/ 나노구조체 인프라 구축 및 활용기술 개발	• H-GUARD용 바이오컨텐츠/ 나노구조체 인프라 구축 및 활용기술 개발	• H-GUARD용 바이오컨텐츠/ 나노구조체 인프라 구축 및 활용기술 개발	15%	바이오유해물질 검출 및 모니터링을 위한 다양한 핵심원천기술의 실용화 연계 기술개발	40%
	• 바이오유해물질 검출을 위한 바이오컨텐츠/나노 구조체 인터페이스 원천기술 확보 및 적용기술 개발	• 바이오유해물질 검출을 위한 바이오컨텐츠/나노 구조체 인터페이스 원천기술 확보 및 적용기술 개발	• 바이오유해물질 검출을 위한 바이오컨텐츠/나 노구조체 인터페이스 원천기술 확보 및 적용기술 개발	15%	H-GUARD 통합시스템 개발 및 현장적용 기술개발	20%
	• 확보된 핵심 원천기술의 유효성 평가를 통한 실용화 연계 지원	• 확보된 핵심 원천기술의 유효성 평가를 통한 실용화 연계 지원	• 확보된 핵심 원천기술의 유효성 평가를 통한 실용화 연계 지원	40%	다양한 형태의 H-GUARD 시스템 유효성 평가/검증 및 실용화 기술개발	40%
	• 타 세부과제와 컨넥트 프로그램을 통한 원천기술 확보	• 타 세부과제와 컨넥트 프로그램을 통한 원천기술 확보	• 타 세부과제와 컨넥트 프로그램을 통한 원천기술 확보	30%		

## ※ 연구목표 변경사유

구분	당초		변경 후		
	세부목표명	목표	세부목표명	목표	측정방법
2단계	H-GUARD용 바이오컨텐츠/나노 구조체 인프라 구축 및 활용기술 개발	H-GUARD용 바이오컨텐츠/나노 구조체 인프라 구축 및 활용기술 개발	H-GUARD용 바이오컨텐츠/ 나노구조체 인프라 구축 및 활용기술 개발	H-GUARD용 바이오컨텐츠/ 나노구조체 인프라 구축 및 활용기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- H-GUARD용 바이오컨텐츠/나노구조체 인프라 구축 및 활용 여부 : 다양한 유해물질(바이러스, 세균 등) 검출용 항원 개발/확보(25 종 이상) 및 관련 항체 개발 여부(18종 이상) : 슈퍼박테리아 결정인자 개발/확보 여부(10종 이상)</li> <li>- 나노구조체 제조기술 개발 여부(3건 이상)</li> </ul>

구분	당초		변경 후		
	세부목표명	목표	세부목표명	목표	측정방법
	바이오유해물질 검출을 위한 바이오컨텐츠/나노구 조체 인터페이싱 원천기술 확보 및 적용기술 개발	바이오유해물질 검출을 위한 바이오컨텐츠/나노구 조체 인터페이싱 원천기술 확보 및 적용기술 개발	바이오유해물질 검출을 위한 바이오컨텐츠/ 나노구조체 인터페이싱 원천기술 확보 및 적용기술 개발	바이오유해물질 검출을 위한 바이오컨텐츠/ 나노구조체 인터페이싱 원천기술 확보 및 적용기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- H-GUARD 시스템 적용을 위한 나노구조체/바이오컨 텐츠 고효율 인터페이싱 기술 확보 여부(3건 이상)</li> <li>- 고효율 인터페이싱 기술적용 바이오컨텐츠-나노 구조체-센싱 통합 플랫폼 기술 개발 여부</li> </ul>
	확보된 핵심 원천기술의 유효성 평가를 통한 실용화 연계 지원	확보된 핵심 원천기술의 유효성 평가를 통한 실용화 연계 지원	확보된 핵심 원천기술의 유효성 평가를 통한 실용화 연계 지원	확보된 핵심 원천기술의 유효성 평가를 통한 실용화 연계 지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 핵심 원천기술 유효성 평가 및 검증 여부(15건 이상)</li> </ul>
	타 세부과제와 컨넥트 프로그램을 통한 원천기술 확보	타 세부과제와 컨넥트 프로그램을 통한 원천기술 확보	타 세부과제와 컨넥트 프로그램을 통한 원천기술 확보	타 세부과제와 컨넥트 프로그램을 통한 원천기술 확보	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 컨넥트 프로그램을 통한 실용화 가능 원천기술 확보 및 최적화 여부 : 신속 현장 진단 시스템 사업화 가능성 수준 : H-GUARD Briefcase 시제품 제작 여부 : Digital diagnostics 시스템 시제품 제작 여부</li> </ul>

구분	당초		변경 후		
	세부목표명	목표	세부목표명	목표	측정방법
3단계	바이오유해물질 검출 및 모니터링을 위한 다양한 핵심원천기술의 실용화 연계 기술개발	바이오유해물질 검출 및 모니터링을 위한 다양한 핵심원천기술의 실용화 연계 기술개발	바이오유해물 질 검출 및 모니터링을 위한 다양한 핵심원천기술 의 실용화 연계 기술개발	바이오유해물 질 검출 및 모니터링을 위한 다양한 핵심원천기술 의 실용화 연계 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오유해물질 검출용 바이오컨텐츠 개발 시스템 최적화 여부 : 다양한 유해물질(바이러스, 세균, 슈퍼박테리아 등) 검출용 항원 개발/확보(35종 이상) 및 관련 항체 개발 여부(32종 이상)</li> <li>- 바이오유해물질 검출 및 모니터링용 나노구조체 개발 여부(12건 이상)</li> <li>- 확보된 다양한 핵심원천기술 실용화 연계기술 개발 여부</li> </ul>
	H-GUARD 통합시스템 개발 및 현장적용 기술개발	H-GUARD 통합시스템 개발 및 현장적용 기술개발	H-GUARD 통합시스템 개발 및 현장적용 기술개발	H-GUARD 통합시스템 개발 및 현장적용 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- H-GUARD 시스템 적용을 위한 나노구조체/바이오컨텐츠 간 고효율 인터페이싱 기술 확보 및 활용 여부(7건 이상)</li> <li>- 바이오유해물질 H-GUARD 통합시스템 개발 및 현장적용 기술개발 여부</li> </ul>
	다양한 형태의 H-GUARD 시스템 유효성 평가/검증 및 실용화 기술개발	다양한 형태의 H-GUARD 시스템 유효성 평가/검증 및 실용화 기술개발	다양한 형태의 H-GUARD 시스템 유효성 평가/검증 및 실용화 기술개발	다양한 형태의 H-GUARD 시스템 유효성 평가/검증 및 실용화 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 다양한 형태의 H-GUARD 시스템(H-GUARD <i>Diagnosis</i>, H-GUARD <i>Public</i>, H-GUARD <i>Portable</i> 등) 및 세부과제별 핵심원천기술 유효성 평가/검증 여부(21건 이상)</li> <li>- 핵심 원천기술 기반 실용화 기술 개발 여부</li> </ul>

<변경사유>

2단계 연구비와 연구기간 감소로 인하여 3단계로 일부 성과를 이전함

세부연구 목표	2단계				3단계 (2018~2022)	
	1차년 (2015)	2차년 (2016)	3차년 (2017)	가중치		
	목표	목표	목표		목표	가중치
메타지놈 기반 난배양성 슈퍼박테리 아 분석기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>메타지놈 기반 병원내 환자 검체 유래 슈퍼박테리아 결정인자 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>메타지놈 기반 병원내 환자 검체 유래 슈퍼박테리아 결정인자 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>메타지놈 기반 병원내 환자 검체 유래 슈퍼박테리아 결정인자 확보</li> </ul>	50%	<ul style="list-style-type: none"> <li>병원유래 병원성 슈퍼박테리아 결정인자 DB구축 및 신규 결정인자 확보</li> </ul>	50%
	<ul style="list-style-type: none"> <li>메타지놈 기반 병원내 환자 검체 유래 병원성 세균 종류 및 병원성 결정인자 확보 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>모델 동물 스크린을 통한 메타지놈 기반 병원내 환자 검체 유래 병원성 결정인자 2종 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>대량 스크린을 통한 메타지놈 기반 병원내 환자 검체 유래 병원성 세균 종류 및 병원성 결정인자 4종 확보</li> </ul>	20%	<ul style="list-style-type: none"> <li>메타지놈 기반 병원내 환자 검체 유래 병원성 결정인자 10종 확보</li> </ul>	20%
	<ul style="list-style-type: none"> <li>생물정보학기반 인체 마이크로바이옴기반 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>슈퍼박테리아 감염 바이오마커 개발을 위한 인체마이크로바이옴 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>인체마이크로바이옴기반 슈퍼박테리아 감염 바이오마커 개발</li> </ul>	30%	<ul style="list-style-type: none"> <li>원인균에 맞는 최적 항생제 예측 프로그램 개발</li> </ul>	30%

## ※ 연구목표 변경사유

구분	당초		변경 후		
	세부목표명	목표	세부목표명	목표	측정방법
2단계	메타지놈기반 원인미상 패혈증의 원인 세균 진단법 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>메타지놈 기반 병원내 환자 검체 유래 병원성 세균 종류 및 병원성 결정인자 개발</li> </ul>	내용 삭제		
	해당없음		<ul style="list-style-type: none"> <li>메타지놈 기반 병원내 환자 검체 유래 병원성 세균 종류 및 병원성 결정인자 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>메타지놈 기반 병원내 환자 검체 유래 병원성 세균 종류 및 병원성 결정인자 6개 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>메타지놈 기반 병원내 환자 검체 유래 병원성 세균 종류 및 병원성 결정인자 개발여부</li> </ul>

## <변경사유>

1단계 자체평가 평가의견을 반영하여

- 메타지놈기반 원인미상 패혈증의 원인세균 진단법 개발 내용은 삭제함
- 메타지놈기반 병원내 환자 검체 유래 병원성 세균 종류 및 병원성인자 개발을 추가함.

세부연구 목표	2단계				3단계 (2018~2022)	
	1차년 (2015)	2차년 (2016)	3차년 (2017)	가중치		
	목표	목표	목표		목표	가중치
Bioinformatics 기반 신변종 바이러스 예측 및 유용항원 개발	신·변종 바이러스, 국가 재난형 바이러스 유용 유전자원 확보 및 가공 (2종 이상)	신·변종 바이러스, 국가 재난형 바이러스 유용 유전자원 확보 및 가공 (2종 이상)	신·변종 바이러스, 국가 재난형 바이러스 유용 유전자원 확보 및 가공 (1종 이상)	20%	신·변종 및 국가재난형 바이러스 유용 유전 자원 확보 및 가공을 통한 부가가치 창출	40%
	신·변종, 국가재난형 바이러스 대응 유용 항원 및 항체 후보물질들의 효능 기전 규명 (2종 이상)	신·변종, 국가재난형 바이러스 대응 유용 항원 및 항체 후보물질들의 효능 기전 규명 (2종 이상)	신·변종, 국가재난형 바이러스 대응 유용 항원 및 항체 후보물질들의 효능 기전 규명 (1종 이상)	20%		
	인위조작 재조합 인플루엔자 바이러스 합성 및 병원성 결정기 규명 (1종 이상)	인위조작 재조합 인플루엔자 바이러스 합성 및 병원성 결정기 규명 (2종 이상)	인위조작 재조합 인플루엔자 바이러스 합성 및 병원성 결정기 규명 (3종 이상)	20%	인위조작 재조합 인플루엔자 바이러스 합성 및 병원성 결정기 규명 (3종 이상)	30%
	Bioinformatics와 재조합 패턴화 기술을 통한 예측 기초 모델 개발 및 인플루엔자 바이러스 재조합 패턴 규명 (1종 이상) 및 데이터화	Bioinformatics와 재조합 패턴화 기술을 통한 예측 기초 모델 개발 및 인플루엔자 바이러스 재조합 패턴 규명 (2종 이상) 및 데이터화	Bioinformatics 접목 재조합 시뮬레이션 기술 개발 및 인플루엔자 바이러스 재조합 패턴 규명 (2종 이상) 및 데이터화	20%		
	신·변종 바이러스, 유용 유전자원 메카니즘 규명을 위한 <i>in vivo</i> 모델 확립 평가(2종 이상)	신·변종 바이러스, 유용 유전자원 메카니즘 규명을 위한 <i>in vivo</i> 모델 확립 평가(2종 이상)	신·변종 바이러스, 유용 유전자원 메카니즘 규명을 위한 <i>in vivo</i> 모델 확립 평가(2종 이상)	20%	Bioinformatics 접목 재조합, 바이러스 돌연변이 시뮬레이션 기술 개발 및 실적용	30%

세부연구 목표	2단계				3단계 (2018~2022)	
	1차년 (2015)	2차년 (2016)	3차년 (2017)	가중치		
	목표	목표	목표		목표	가중치
약물 저항성 바이오 유해물질 신속 검출을 위한 바이오 컨텐츠 설계 및 활용기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오 유해물질 검출용 항체 개발 및 사업단 제공을 통한 항체 인프라 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오 유해물질 검출용 항체 개발 및 사업단 제공을 통한 항체 인프라 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오 유해물질 검출용 항체 개발 및 사업단 제공을 통한 항체 인프라 구축 및 다양한 진단 활용 기술 개발</li> </ul>	30 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오 유해물질 검출용 항체 개발 및 사업단 제공을 통한 항체 인프라 구축</li> </ul>	50 %
	<ul style="list-style-type: none"> <li>약물 저항성 바이오 유해물질 검출용 바이오 컨텐츠 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>약물 저항성 바이오 유해물질 검출용 바이오 컨텐츠 개발 시스템 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>약물 저항성 바이오 유해물질 검출용 바이오 컨텐츠 개발 시스템 최적화</li> </ul>	25 %		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>미래출현 가능 약물 저항성 바이오 유해물질 예측 및 검출용 바이오 컨텐츠 인프라 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>미래출현 가능 약물 저항성 바이오 유해물질 예측 및 검출용 바이오 컨텐츠 인프라 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>미래출현 가능 약물 저항성 바이오 유해물질 예측 및 검출용 바이오 컨텐츠 인프라 구축</li> </ul>	15 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>확보된 다양한 약물 저항성 유해물질 검출용 바이오 컨텐츠 기반 고효율 검출 시스템의 H-GUARD 적용 기술 개발</li> </ul>	50 %
	<ul style="list-style-type: none"> <li>약물-표적 단백질 결합력 기반 기반 약물 저항성 바이오 유해물질의 고효율 검출 시스템 개발(사업단내 타세부와의 협력연구)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>약물 저항성 바이오 유해물질의 고효율 검출 시스템 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>약물 저항성 바이오 유해물질의 고효율 검출 시스템 및 활용 기술 개발</li> </ul>	30 %		



세부연구 목표	2단계				3단계 (2018~2022)	
	1차년 (2015)	2차년 (2016)	3차년 (2017)	가중치		
	목표	목표	목표		목표	가중치
감염질환 환자에서 맞춤치료를 증진하기 위한 전산 및 검사평가 시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>무균검체에서 분리된 세균의 데이터 베이스 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>무균검체에서 분리된 세균의 데이터 베이스 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>무균검체에서 분리된 세균의 데이터 베이스 구축</li> </ul>	12%	<ul style="list-style-type: none"> <li>무균검체에서 분리된 세균의 데이터 베이스 구축</li> </ul>	12%
	<ul style="list-style-type: none"> <li>균종별 항균제 치료 지침</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>균종별 항균제 치료 지침 및 보고전산시스템을 이용한 균혈증 진단 평가 platform 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>균종별 항균제 치료 지침 및 보고전산시스템을 이용한 균혈증 진단 평가 platform 구축</li> </ul>	16%	<ul style="list-style-type: none"> <li>세균 결과 보고 전산 시스템 상용화</li> </ul>	16%
	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이러스 검출용 검체 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이러스 검출용 검체 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이러스 검출용 검체 확보</li> </ul>	4%	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이러스 검출용 검체 확보</li> </ul>	4%
	<ul style="list-style-type: none"> <li>CMV 전유전체 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CMV 전유전체 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CMV 전유전체 분석</li> </ul>	4%		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>항바이러스제 내성 CMV 등 virus 검출법 지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>항바이러스제 내성 CMV 등 virus 검출법 지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>항바이러스제 내성 CMV 등 virus 검출법 지원</li> </ul>	10%	<ul style="list-style-type: none"> <li>항바이러스제 내성 CMV 등 virus 검출법 지원</li> </ul>	14%
	<ul style="list-style-type: none"> <li>결핵균 등 항산성 세균균주 및 호흡기 검체 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>결핵균 등 항산성 세균균주 및 호흡기 검체 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>결핵균 등 항산성 세균균주 및 호흡기 검체 확보</li> </ul>	5%	<ul style="list-style-type: none"> <li>결핵균 등 항산성 세균균주 및 호흡기 검체 확보</li> </ul>	5%
	<ul style="list-style-type: none"> <li>real time PCR, Sequencing, NGS 및 MALDI-TOF MS를 이용한 결핵균 특성 연구를 통한 bank 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>real time PCR, Sequencing, NGS 및 MALDI-TOF MS를 이용한 결핵균 특성 연구를 통한 bank 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>real time PCR, Sequencing, NGS 및 MALDI-TOF MS를 이용한 결핵균 특성 연구를 통한 bank 구축</li> </ul>	23%	<ul style="list-style-type: none"> <li>결핵균 등 항산성 세균 진단 및 내성 검출</li> </ul>	23%
					<ul style="list-style-type: none"> <li>침습성 진균증 환자에서 유래된 진균 및 검체 확보</li> </ul>	4%

세부연구 목표	2단계				3단계 (2018~2022)	
	1차년 (2015)	2차년 (2016)	3차년 (2017)	가중치		
	목표	목표	목표		목표	가중치
	<ul style="list-style-type: none"> <li>침습성 진균증 환자에서 유래된 진균 및 검체 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>침습성 진균증 환자에서 유래된 진균 및 검체 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>침습성 진균증 환자에서 유래된 진균 및 검체 확보</li> </ul>	4%	<ul style="list-style-type: none"> <li>침습성진균증의 진단 및 치료효과 모니터링 검사</li> </ul>	12%
	<ul style="list-style-type: none"> <li>항진균 감수성 검사 확립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>진균의 특이 항원 제안</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>진균의 특이 항원 제안</li> </ul>	12%		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>타 세부 과제 개발 마커/검사법의 성능 및 임상 유용성 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>항진균 감수성 검사 확립</li> <li>타 세부 과제 개발 마커/검사법의 성능 및 임상 유용성 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>타 세부 과제 개발 마커/검사법의 성능 및 임상 유용성 평가</li> </ul>	10%	<ul style="list-style-type: none"> <li>타 세부 과제 개발 마커/검사법의 성능 및 임상 유용성 평가</li> </ul>	10%

## ※ 연구목표 변경사유

구분	당초		변경 후		
	세부목표명	목표	세부목표명	목표	측정방법
2단계	없음	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>타 세부 과제 개발 마커/검사법의 성능 및 임상 유용성 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>검체(혈장) 수집을 위한 관련 전문의 협조 동의 요청 및 IRB 승인 절차</li> <li>환자 검체 수집 및 냉동 보관</li> <li>대조군 검체 수집 및 냉동 보관</li> <li>정상인 검체 수집 및 냉동 보관</li> <li>일부 검체 사용, 타 세부 과제 개발 분석법의 측정 성능 평가 및 기존 마커와의 상관성 분석</li> <li>타 세부 과제 분석법에 대한 feedback</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>검체(혈장) 수집을 위한 관련 전문의 협조 동의 요청 및 IRB 승인 여부</li> <li>환자 검체 수집 및 냉동 보관 여부</li> <li>대조군 검체 수집 및 냉동 보관 여부</li> <li>정상인 검체 수집 및 냉동 보관 여부</li> <li>일부 검체 사용, 타 세부 과제 개발 분석법의 측정 성능 평가 및 기존 마커와의 상관성 분석 자료 여부</li> <li>타 세부 과제 분석법에 대한 feedback 근거 여부</li> </ul>

### <변경사유>

1단계 평가결과 보완이 필요한 부분으로 타 세부과제를 지원하는 역할에 더 집중하기 위함

세부연구 목표	2단계				3단계 (2018~2022)	
	1차년 (2015)	2차년 (2016)	3차년 (2017)	가중치		
	목표	목표	목표		목표	가중치
Nano-space 조절 및 다중결합을 이용한 고특이성/결 합력 super 리셉터 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>재조합 단백질 기반 및 multi-step 기능성 부여 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>다중결합 간격조절을 위한 단백질 자기조립 전략 및 링커 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>유해물질 특이적 super 리셉터 다중성 및 나노공간 조절 확립</li> </ul>	40%	<ul style="list-style-type: none"> <li>다중결합 및 나노공간 조절이 가능한 단백질 초분자체 scaffold 라이브러리 구축</li> </ul>	30%
	<ul style="list-style-type: none"> <li>유해물질 특이적 단일결합 모듈 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>유해물질 특이적 다중 결합체 결합력/특이성 향상 검증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Super 리셉터 안정성/생산성 향상 및 인터페이싱 기술 개발</li> </ul>	25%	<ul style="list-style-type: none"> <li>유해물질 고 특이적 리셉터 개발 및 적용(Kd &lt;10 pM)</li> </ul>	30%
	<ul style="list-style-type: none"> <li>유해물질 특이적 리셉터 결합력/특이성 향상 모니터링 및 유효성 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>결합 최적화 나노공간 조절 및 결합력/특이성 향상 스크리닝</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>유해물질 특이적 다중결합체 검지 키트 적용</li> </ul>	35%	<ul style="list-style-type: none"> <li>super 리셉터 H-GUARD 디바이스 적용 및 타겟 유해물질 다양화</li> </ul>	40%

## ※ 연구목표 변경사유

구분	당초		변경 후		
	세부목표명	목표	세부목표명	목표	측정방법
2단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>유해물질 특이적 리셉터 결합력 향상 모니터링 및 유효성 평가</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>유해물질 특이적 리셉터 결합력/특이성 향상 모니터링 및 유효성 평가</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Super 리셉터 안정화 및 인터페이싱 기술 개발</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Super 리셉터 안정성/생산성 향상 및 인터페이싱 기술 개발</li> </ul>		

### <변경사유>

다중결합 리셉터의 다중성 증가에 따른 특이성 저해 방지를 위한 연구를 2단계 1차년도에서부터 실시하며, 실제 시스템 적용을 위한 생산성 향상에 대한 연구개발을 추가적으로 실시함.

세부연구 목표	2단계				3단계 (2018~2022)	
	1차년 (2015)	2차년 (2016)	3차년 (2017)	가중치		
	목표	목표	목표		목표	가중치
입자의 공기역학 및 전기적 특성을 이용한 기상 병원균 선별적 분류/포집과 미세유체채 널 기반 전처리 기술	<ul style="list-style-type: none"><li>바이오 에어로졸 액상 포집기 설계, 제작, 성능 평가</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>바이오 에어로졸 크기별 선별/액상 포집 장치 개발 및 Lab-test</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>바이오 에어로졸 크기별 선별/액상 포집 장치 Filed-test 및 성능 개선</li></ul>	50%	<ul style="list-style-type: none"><li>분류기, 하전기, 포집기 통합장치 구축 성능평가</li></ul>	50%
	<ul style="list-style-type: none"><li>ConA 처리를 통한 미생물 농축용 미세 유체 칩의 농축 효율 상승 연구</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>나노구조체를 통한 농축 효율 상승과 박테리아 용해 효율 상승 연구</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>센서부와 연결 될 미세유체 장치 제작 및 성능 평가</li></ul>	25%	<ul style="list-style-type: none"><li>통합적 미세유체 장치 최적화 및 성능평가</li></ul>	25%
	<ul style="list-style-type: none"><li>병원체 3종 동시 감별 연성나노인장 기 개발</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>감별 및 용해 동시수행 연성나노인장 기 개발</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>항생제 내성 감별 나노인장기 개발</li></ul>	25%	<ul style="list-style-type: none"><li>구조변형 측정기술과 핵산추출기술을 연계</li></ul>	25%

세부연구 목표	2단계				3단계 (2018~2022)	
	1차년 (2015)	2차년 (2016)	3차년 (2017)	가중치		
	목표	목표	목표		목표	목표
신호증폭을 위한 3D 나노어레이 바이오 센서 개발	<ul style="list-style-type: none"><li>3D 신호증폭 나노입자 어레이 기반 재사용 가능한 고속 바이오 센서 최적화</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>3D 신호증폭 나노입자 어레이 기반 재사용 가능한 고속 바이오 센서 다중 병원체 검지 테스트</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>3D 신호증폭 나노입자 어레이 기반 센서의 노이즈 저감 구조 개발</li></ul>	17 %	<ul style="list-style-type: none"><li>전처리 시스템-3D 신호증폭 나노입자 어레이 기반 통합 센서 기술 구현</li></ul>	50 %
	<ul style="list-style-type: none"><li>최적화된 3D 신호증폭 나노입자 어레이 기반 바이오 센서 병원체 검지특성 평가</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>3D 신호증폭 나노입자 어레이 기반 재사용 바이오 센서 최적화</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>3D 신호증폭 나노입자 어레이 기반 센서 실재 시료 검지</li></ul>	17 %	-	-

세부연구 목표	2단계				3단계 (2018~2022)	
	1차년 (2015)	2차년 (2016)	3차년 (2017)	가중치		
	목표	목표	목표		목표	가중치
	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 신호증폭 나노입자 어레이 기반 바이오 센서와 전처리 시스템 통합 테스트</li> </ul>	16 %	-	-
	<ul style="list-style-type: none"> <li>초연자성 다층박막 구조의 2차원 PHR 센서 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3차원 filter type PHR sensor 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2차원, 3차원 자기센서 공정 최적화 및 성능평가</li> </ul>	13 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>3차원 구조의 바이오센서 플랫폼 제작</li> </ul>	13 %
	<ul style="list-style-type: none"> <li>표면적 증가 및 민감도 향상을 위한 Nano-imprinting 기술 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3차원 구조물과 자기센서 집적화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>집적화된 자기센서의 유효표면적 성능 평가</li> </ul>	12 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>다양한 바이오마커를 통한 유효표면적 성능평가</li> </ul>	12 %
	<ul style="list-style-type: none"> <li>fM 분해능 어레이 자기 센서 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>마이크로 자기장 인가 모듈과 자기 센서 집적화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2차원 형태의 자기센서 모듈 개발</li> </ul>	13 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>집적화된 자기센서 제작 최적화</li> </ul>	13 %
	<ul style="list-style-type: none"> <li>2차원 바이오 센서 플랫폼을 이용한 유해물질 검출 성능 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>유해물질 검출용 바이오 마커 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>어레이 자기 센서 제작</li> </ul>	12 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>3차원 바이오 센서를 이용한 다중 유해물질 검출 성능 평가</li> </ul>	12 %

## ※ 연구목표 변경사유

<변경사유>

나노플라즈모닉 래피드키트 연구는 재현성이 검증될 때까지 중지하기로 함

세부연구 목표	2단계				3단계 (2018~2022)	
	1차년 (2015)	2차년 (2016)	3차년 (2017)	가중치		
	목표	목표	목표		목표	가중치
신개념 현장응답형 실시간 유전자 분석기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>RNA 등온 핵산 증폭을 위한 reverse transcriptase 및 nicking endonuclease 선별</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노 구조체 검출 전극 개발을 위한 소재 탐색 및 선정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>현장 신속 검출을 위한 통합 시스템 개발</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>온도 조절 모듈 개발</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>RNA 등온 핵산 증폭을 위한 DNA probe 및 primer 설계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노 구조 기반 검출 전극 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>전기적/전기 화학적 실시간 핵산 증폭 모니터링 시스템 시작품 개발</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>전기적/전기 화학적 신호 측정 모듈 개발</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>전기화학적 핵산 검출 신호 모델 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>검출 플랫폼 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>병원체 감염 진단을 위한 회전식 통합 유전자 진단 시스템 시작품 개발</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>통합 진단 시스템 개발</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>전기화학 신호 기반 실시간 핵산 증폭 모니터링 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>진단 칩 개발</li> </ul>	-		<ul style="list-style-type: none"> <li>회전식 등온 PCR - 전기화학 통합 검출 시스템 제작</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 구조체 기반의 회전식 핵산 추출 모듈 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>회전식 핵산 추출 - 등온 PCR - 스트립 통합 마이크로 디바이스 제작</li> </ul>	-		<ul style="list-style-type: none"> <li>회전식 digital 등온 PCR 마이크로 칩 개발</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>회전식 핵산 추출 - 등온 PCR 통합 마이크로 디바이스 제작</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DNA 등온 증폭 시 이물질에 의한 간섭 효과 분석</li> </ul>	-		<ul style="list-style-type: none"> <li>현장 진단용 회전식 등온 digital PCR 분석 시작품 개발</li> </ul>	

※ 연구목표 변경사유

구분	당초		변경 후		
	세부목표명	목표	세부목표명	목표	측정방법
2단계			<ul style="list-style-type: none"> <li>RNA 등온 핵산 증폭을 위한 reverse transcriptase 및 nicking endonuclease 선별</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>RNA 등온 핵산 증폭 기술의 반응 조건 확립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>동작 온도 70℃ 이하 및 증폭 시간 1시간 이내 확보</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>RNA 등온 핵산 증폭을 위한 DNA probe 및 primer 설계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>RNA 등온 핵산 증폭 기술의 민감도 및 특이도 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>민감도 (100 copy numbers 이하)</li> <li>특이도 (Non-specific genomic DNA 구분 성능)</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>나노 구조체 검출 전극 개발을 위한 소재 탐색 및 선정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노 구조 기반 검출 전극 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 <math>\mu\text{A}/\text{mm}^2</math> 신호 level</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>진단 칩 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>전기적/전기화학적 실시간 핵산 증폭 기술의 적용이 가능한 진단 칩 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 <math>\mu\text{A}/\text{mm}^2</math> 신호 level</li> <li>4 종 시료 동시 검출</li> <li>진단 칩 10 cm x 10 cm x 2 cm</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>현장 신속 검출을 위한 통합 시스템 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시료 전처리, 증폭, 검출의 통합 시스템 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>분석 시간 1시간 이내</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>DNA 등온 증폭 시 이물질에 의한 간섭효과 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DNA 증폭 효율을 저해하는 요인 분석 및 최적화 반응 수행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>증폭 정확성 95% 확보</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>등온 PCR - 스트립 기반 통합 시스템 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1시간 이내 분석, 신뢰도 90% 이상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>회전식 핵산 추출 - 등온 PCR - 스트립 기반 검출 통합 시작품 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>열전도 특성평가</li> <li>DNA 증폭 여부 및 효율 평가</li> <li>반응 검지 시간 측정 및 재현성 측정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1시간 이내 분석, 최소 3 종 이상의 타겟 바이러스 동시 검출, 신뢰도 90% 이상</li> </ul>
3단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>회전식 핵산 추출 - 등온 PCR - 스트립 기반 검출 통합 시스템 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1시간 이내 분석, 최소 3 종 이상의 타겟 바이러스 동시 검출, 신뢰도 90% 이상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>회전식 등온 PCR - 전기화학 통합 검출 시스템 제작</li> <li>현장 진단용 회전식 digital 등온 PCR 마이크로 시작품 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>유전자 증폭 반응 및 핵산 추출 효율 평가</li> <li>반응 검지 시간 측정 및 재현성 측정</li> <li>Multiplexity 가능 여부 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>전극 임피던스 측정을 통한 핵산 증폭 효율 검증</li> <li>최대 2000개 chamber에서의 single DNA 유전자 분석 수행</li> <li>1시간 이내 분석, 신뢰도 90% 이상</li> </ul>

<변경사유>

기존에 3단계에서 설정한 목표를 2단계에서 앞당겨 수행하고, 다른 세부와의 공동 연구 내용이 추가됨. Digital 등온 PCR과 같은 진보된 형태의 유전자 분석 시스템에 대한 개발을 새로이 추진하기 위해서 단계별 목표를 변경하고자 함

성 과 지 표 (4G 관리지표)

구분		2단계				3단계	가중치	목표치 설정 근거	측정산식 또는 측정방법
		1차년	2차년	3차년	가중치				
		목표	목표	목표		목표			
Global	연구비 대비 SCI 논문 생산성	1.0	1.0	1.0	0.05	1.0	0.05	1단계 수준 유지	1억원당 SCI 논문수
	국제공동연구수	2	3	5	0.05	20	0.05	1단계 실적 대비 상향 조정하여 목표 설정	국제공동연구 (인력교류, 파견 등)를 통해서 공동으로 게재한 논문수
	국제학술활동	1	2	2	0.025	8	0.025	다양한 국제활동을 통해 글로벌 협력 방안 모색 및 연구단 글로벌 인지도 제고	초청강연, 조직위원회활동, 국제학술회의 개최, 학회 수상 등
	글로벌 협력 네트워크 구축	6	7	7	0.025	30	0.025	해외 주요 연구자 또는 연구기관과의 협력 강화를 위한 도전적 목표 설정	해외 연구기관과의 인력 교류(MOU, 자문, 초청, 파견 등), 국제자문 등
Ground Brea king	해당분야 세계 최고 수준 논문 게재 실적	15	15	15	0.1	60	0.1	미래부 R&D 사업 BT분야 JCR 상위 5% 이상의 SCI논문 비율이 5.7%로 연구단은 15% 이상으로 목표 산정	분야별 상위 5% 이내 논문 건수(mrnIF 95 이상 논문수)
	분야별 논문 영향력 지수	80	80	80	0.1	80	0.1	미래부 R&D 사업 BT분야 평균 mrnIF값 64.11을 상회하는 목표 산정	표준화순위보정 지수 (mrnIF값) 평균값
	연구비 대비 특허출원 생산성	0.5	0.5	0.5	0.075	0.5	0.075	미래부 R&D 사업 BT분야 1억당 출원건수 0.32 이상으로 목표 산정	1억원당 특허 출원수
	연구비 대비 특허등록 생산성	0.15	0.15	0.15	0.1	0.2	0.1	미래부 R&D 사업 BT분야 1억당 등록건수 0.13 이상으로 목표 산정	1억원당 특허 등록수
	글로벌 특허 등록	2	2	2	0.05	20	0.05	출원된 특허의 가치 확보 증대	미국, 일본, 유럽, 중국 중 2개국 이상 국제특허 등록수
	등록특허의 질적수준	5	5	5	0.05	10	0.05	공인기관의 특허평가 A등급 비율(%)	K-PeG + 전문가 질적수준 평가이용, 특허평가 A등급 비율(%)
	High-risk high-return 과제 수행(단장 주도)	-	1	1	0.025	2	0.025	단장 주도로 도전적이고 사업화 가능성이 높은 과제 수행	도전적 연구과제 수행 유무



구분		2단계				3단계 목표	가중치	목표치 설정근거	측정산식 또는 측정방법
		1차년	2차년	3차년	가중치				
		목표	목표	목표					
Group Approach	융합연구를 통한 시너지 성과 도출 여부	15	15	15	0.05	60	0.05	핵심/세부과제간 연계를 바탕으로 한 공동연구 및 융합연구 수행에 따른 도전적 목표 설정	핵심/세부과제간 공동연구 논문 및 특허 건수
	인프라 통합 구축 및 활용	1/10	1/10	1/10	0.025	4/50	0.025	연구단 주도로 공동연구시설(인프라) 구축 및 공동활용을 통해 원활한 연구수행 목표	공동연구시설 구축 / 인프라 활용 건수
Growth & Sustainability	기술이전 건수	3	3	4	0.1	15	0.1	기술이전 실적 강화	기술이전 건수 합계
	기술료	5	5	5	0.1	50	0.1	가치확보된 특허이전 권리 강화	정액기술료 및 징수된 경상기술료의 합계)
	중소기업 협력연구	2	2	2	0.025	8	0.025	중소기업 지원 및 협력연구를 통한 사업화 가능성 모색	중소기업과 협력 건수 및 MOU 건수
기타	연구단 홍보	15	15	20	0.05	70	0.05	성과 및 IP보유에 따른 대국민 홍보 및 활용 촉진	방송사/신문사 홍보, 전시회 참가, 기고 등 회수
합 계					1		1		

### <변경내역>

#### - 연구비 대비 SCI 논문 생산성

변경 전						변경 후						변경 근거		
2단계					3단계	가중치	2단계					3단계	가중치	- 양적 성과지표 축소 (목표치, 가중치 변경)
1차년	2차년	3차년	가중치	목표	1차년		2차년	3차년	가중치	목표				
목표	목표	목표			목표		목표	목표			목표			
1.5	1.5	1.5	0.1	1.2	0.1	1.0	1.0	1.0	0.05	1.0	0.05			

#### - 해당분야 세계 최고 수준 논문 게재 실적

변경 전						변경 후						변경 근거		
2단계					3단계	가중치	2단계					3단계	가중치	- 질적우수성 성과지표 강화(목표치, 가중치 변경)
1차년	2차년	3차년	가중치	목표	1차년		2차년	3차년	가중치	목표				
목표	목표	목표			목표		목표	목표			목표			
12	12	12	0.05	50	0.05	15	15	15	0.1	60	0.1			

#### - 분야별 논문 영향력 지수

변경 전						변경 후						변경 근거
2단계				3단계	가중치	2단계				3단계	가중치	- 질적우수성 성과지표 강화(가중치 변경)
1차년	2차년	3차년	가중치			1차년	2차년	3차년	가중치			
목표	목표	목표		목표		목표	목표	목표				
80	80	80	0.05	80	0.05	80	80	80	0.1	80	0.1	

### 3-2. 세부과제 구성

#### ■ 2단계 지원계획

##### ○ 과제별 예산투입 계획

(단위 : 억원)

구분	2단계			
	1차년도	2차년도	3차년도	합계
<input type="checkbox"/> 나노헬스가드용 3D 나노-마이크로 구조체 제작 및 응용기술 개발 ▪ 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작 리소그래피 기술 개발 ▪ 3D 유무기 하이브리드 소재기반 나노구조체 개발 ▪ 3D 조합 플라즈모닉 나노다면체 프로브 개발 ▪ 헬스가드용 3D 구조체 마스터 몰드 제작 기술 개발 ▪ 생체분자 검출신호 제어를 위한 신개념 3D 나노구조체 설계, 제작 및 활용기술 개발	23.62	23.62	23.62	70.86
<input type="checkbox"/> 바이오나노 융합 헬스가드용 바이오컨텐츠 확보 및 활용기술개발 ▪ 바이오나노 융합 헬스가드용 바이오컨텐츠 확보/가공/활용 및 분석원천기술개발 ▪ 메타지놈기반 난배양성 슈퍼박테리아 분석기술 개발 ▪ Bioinformatics 기반 신변종 바이러스 예측 및 유용항원 개발 ▪ 약물 저항성 바이오 유해물질 신속 검출을 위한 바이오 컨텐츠 설계 및 활용기술 개발 ▪ 감염질환 환자에서 맞춤형 치료를 증진하기 위한 전산 및 검사평가 시스템 구축 ▪ Nano-space 조절 및 다중결합을 이용한 고특이성 / 결합력 super 리셉터 개발	40.9	40.9	40.9	122.7
<input type="checkbox"/> 3D 구조체 기반 실시간 연동형 전처리 및 고속 검출기술 개발 ▪ 입자의 공기역학 및 전기적 특성을 이용한 기상 병원균 선별적 분류/포집과 미세유체채널 기반 전처리 기술 ▪ 신호증폭을 위한 3D 나노어레이 바이오 센서 개발 ▪ 신개념 현장응답형 실시간 유전자 분석기술 개발	12.31	12.31	12.31	36.93
▪ 실용화 연계 신규과제(2~3개) 발굴 지원	6.0	6.0	6.0	18
▪ 바이오나노 헬스가드 연구사업 기획평가관리	5.5	5.5	5.5	16.5

※“연구개발사업 기획 평가관리”, “실용화 연계 신규과제 발굴지원” 연구비는 미래부 방침 및 선정평가 결과에 따라 추후 변동될 수 있으며, 변동에 따른 예산 조정은 연구단 추진전략에 따라 변경될 수 있음

### 3-3. 사업 추진 및 연구단 운영관리 전략

#### 성과창출·활용·확산 전략

##### ○ 성과창출 전략

- (성과목표 구체화) 사업 초기부터 구체적인 성과목표와 기술완성도, 기술사업화로드맵을 제시하고 체계적으로 성과목표를 관리
- (평가체계 개선) 기술이전 및 사업화 가능성을 제고할 수 있도록 질적 성과 중심의 평가 관리 및 평가결과의 엄정한 처리
- (연구성과 관리) 중간 성과의 발굴 및 조기 사업화, 지식재산권 및 기술료 관리체계 확립으로 연구 성과의 활용·확산을 촉진
- (사업화체제 구축) 연구성과의 이전 및 기술사업화를 효율적으로 수행할 수 있도록 기술사업화 추진체제 구축

##### ○ 성과관리 전략

- 연구자가 연구에 전념할 수 있는 분위기 조성을 위해 성과관리를 대행
- 연구성과의 사업화를 위한 홍보 및 지적 재산권 확보를 위한 지원 시스템 구축
  - 연구 성과에 대해 특허 출원 및 등록 업무에 대한 대행 및 지원을 수행
  - 핵심기술에 대한 연구단에서의 지적재산권 공동소유를 통한 성과활용 가능성 제고
  - 지식재산권의 이전·실시 계약을 대리하거나 신탁 관리를 실시
- 연구성과의 사업화를 위한 실용화 연계형 융합연구를 지속적으로 추진
- 사업 종료 이후에도 창출된 기술·특허·창업지원 등을 바탕으로 한 연구단(법인)의 자립화 방안 강구

##### ○ 성과확산 전략

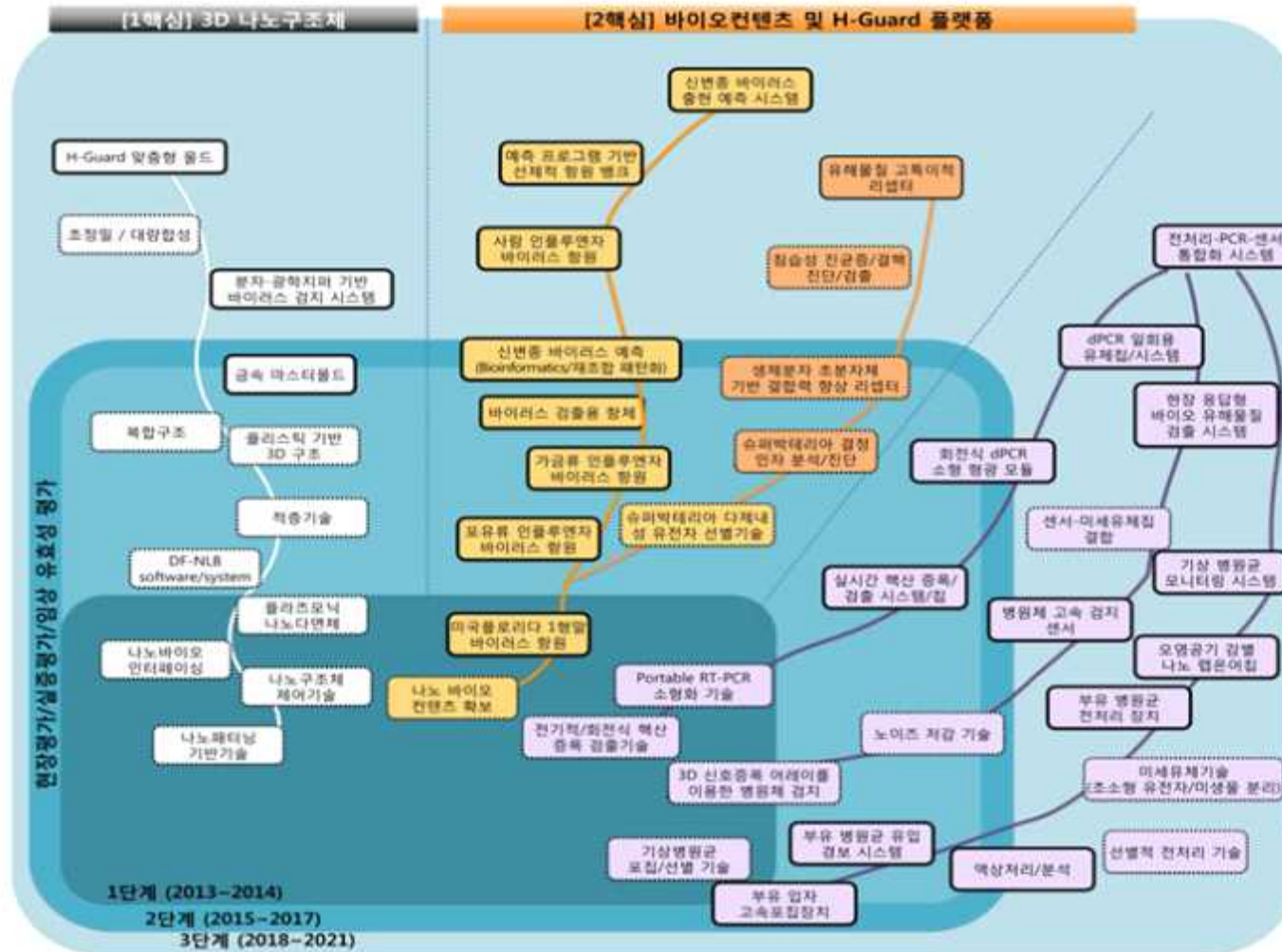
- 연구개발실용화진흥원의 R&D 컨설팅 지원사업을 통한 R&D 전략 보완 추진
  - 연구단의 보유기술 상세분석과 관련 기술동향(기술, 시장 등) 분석을 통해 IP 포트폴리오를 구축하여 연구의 방향성을 제시하고 기술사업화 전략 도출
  - 중간성과의 사업화 전략을 포함한 핵심기술별 기술사업화 로드맵(TBRM) 수립을 지원하여 연구 성과의 기술 사업화 촉진
  - TRL단계와 TBRM을 명확히 하고, 사업화 관점에서 TRL 목표 관리를 통해 성과창출 극대화

- H-GUARD 원천기술 유효성 평가를 위한 TEST-BED 구축 및 운영
  - 개발된 원천기술들의 엄격한 기술평가를 통하여 실용화가 가능한 기술들을 선별하고, 이러한 기술들이 기업체로 원활히 기술이전이 될 수 있도록 개발기술의 유효성, 기술의 재현성을 평가 및 현장 테스트 베드 구축·운영
  - 평가결과를 토대로 연구자들에게 피드백 (feedback)을 제공하고 기술의 유효성 및 사업화 가능성을 심의하여 실용화 연계 지원 여부를 결정
- 글로벌 프론티어 사업의 전략적 기획홍보 추진
  - 글로벌프론티어사업 수행 연구단별로 화제가 될 만한 주요 연구과제 및 연구성과 등을 중심으로 영향력 있는 언론매체를 타겟으로 하여 집중적으로 소개
  - 창조경제 구현의 출발점이라고 할 수 있는 기초·원천 대형 R&D사업 추진의 중요성에 대한 인식 및 공감대 확산과 글로벌프론티어사업에 참여하고 있는 연구단에 대한 인지도 제고에 기여
  - 연구단, 연구성과실용화진흥원 및 홍보대행사 역할분담을 통해 원활한 커뮤니케이션 및 홍보 시너지 효과 제고
- 프론티어 연구성과 확산·홍보 협의회 운영
  - 프론티어 연구성과 홍보의 비전과 방향을 설정하고 홍보활동의 효율화를 도모하여 사업의 위상 강화 및 창출 성과의 활용·확산 촉진에 기여
  - 연구성과실용화진흥원 및 글로벌프론티어 사업 본부장으로 구성

#### ○ 기술이전 및 사업화 전략

- 년 1회 이상 연구단과 관련 전문기업이 함께 참여하는 기술이전 포럼을 개최하여 우수 연구성과를 홍보하고 기술이전 협의를 위한 자리를 마련
- 바이오나노 융합분야 전문기업 중심의 산업체 컨소시엄 구성·운영
  - 연구단 주요성과 정보 공유 등을 통한 실용화 연계 공동 협력연구 추진
  - \* 바이오나노 융합 진단 전문기업과 23건의 MOU 체결을 추진('15년 현재)
- 글로벌 프론티어 사업으로 도출된 원천기술의 사업화 가능성이 매우 높을 경우, 연구단과 함께 기술포트폴리오를 구성하고, 이를 기반으로 참여연구원과 우수기업이 함께 공동 벤처 설립을 추진
- 또한, 민간자금도 적극적으로 유치하여 공동 벤처가 글로벌 경쟁력을 가진 첨단기술기반형 기업으로 성장하는데 적극적으로 지원하며 향후 사업단의 지속적 운영 기반을 마련

기술사업화로드맵  
○ 연구단 총괄 기술사업화 로드맵



## ■ 연구관리 전략 (과제기획/평가/성과관리)


- 안정적 연구지원
  - 단계 연구기간 동안(2~4년) 지속적 연구비를 투입하고 연구자가 “도전적, 진취적 연구에 전념할 수 있는 환경” 조성
- 엄정한 연구결과 평가
  - 공정하고 객관적인 평가를 위해 관련 분야 전문가로 구성된 평가위원이 연차평가, 최종평가, 우수과제 선정, 탈락, 계속지원까지 책임지는 책임 평가 제도를 운영
  - 연구결과의 중간 및 연차 발표 평가를 통해 우수 연구 성과와 연구자를 객관적으로 결정하여 도출
  - 우수 연구자에 대하여는 지속적인 연구수행을 위해 차기 단계 진입을 보장하고, 연구비 차등지급, 인센티브 제공 등 실질적 보상 강화
- 자발적 연구 동기유발
  - 주기적인 연구현장 방문과 공개 발표평가 등을 통해 개방형 연구문화 지향(연구책임자의 현장 Bench-work 강화)
  - 우수 연구자에 대해 연구비 증액지원, 다음 단계의 과제 우선 진입 등 다양한 보상시스템을 통해 자발적인 연구의욕 동기 고취
- 기술마케팅을 통한 실용화 촉진
  - 연구결과에 대한 국내외 기술이전 수요조사, 기술이전 설명회, 특허 신탁 등의 기술마케팅을 통하여 제품화 될 수 있도록 사업단의 역량 집중
- 실질적 협력 활성화
  - 인력교류 : 연구자 중장기 파견, 겸임연구원, 이동연구원 제도를 활용
  - 산학연 협동연구체제 : 연구개발의 전문성 확보 및 효율 극대화를 위해 연구주체간 역할 분담  
(학계: 기초기술개발연구, 연구소: 원천기반기술, 산업체: 제품화기술)
- 전 주기적 기획관리 시스템 운영
  - 연구사업의 효율적인 추진과 효과적인 성과 창출을 유도하기 위해 기초 기반, 응용, 실용화 등의 분야별 핵심적 과제 선정 운영
  - 분야별 책임간사를 지정하여 연구수행 진도관리 등 모니터링을 통한 전 주기적인 기획관리 시스템 운영
- 글로벌 수준의 자문위원회 운영
  - 세계 최고수준의 자문위원 위촉을 통해 글로벌 최신동향 습득과 연구자에 대한 실질적 자문 활동은 물론 세계적 성과 창출을 위한 지속적 연구 수월성 확보

#### IV. 1단계 연구성과 자체평가 결과

##### ○ 자체평가 총괄

단 계		평 가 지 표	배 점	평 가지표별 점수	소 계
1단계 계 획 (15%)	사 업 계 획	사업목표가 명확하고 타당한가?	3	3	9
		사업의 구성 및 추진방식이 적절하게 설계되었는가?	3	3	
		타 사업과 불필요한 유사·중복이 없게 사업이 설계되었는가?	3	3	
	성 과 계 획	1단계 연구목표 및 성과지표가 적절히 구성되었는가?	3	3	6
		1단계 연구목표 및 성과지표의 목표치가 의욕적으로 설정되어 있는가?	3	3	
집 행 (10%)		사업이 계획대로 집행되었는가?	4	4	10
		사업추진 실태를 정기적으로 모니터링하고 개선하고 있는가?	3	3	
		연구비집행이 효율적으로 이루어지고 있는가?	3	3	
결 과 (45%)		계획된 연구목표의 양적 성과가 달성되었는가?	15	15	40.1
		계획된 성과지표·목표의 양적 성과가 달성되었는가?	15	10.1	
		사업의 질적 성과는 얼마나 우수한가?	5	5	
		객관적이고 종합적인 성과분석을 실시하였는가?	5	5	
		평가결과를 사업계획에 활용하였는가?	5	5	
2단계 계 획 (30%)		2단계 사업의 구성 및 추진방식 등이 적절하게 설계되어 있는가?	15	15	30
		2단계 연구목표 및 성과지표는 적절히 구성되었는가?	15	15	
소 계			100	95.1	95.1

## 1. 사업계획 단계

평가지표			
1-1	사업목적이 명확하고 타당한가?		
답변	예(3점)	어느정도(1.5점)	아니요(0점)
	○		
□ 답변근거 종합			
<p>○ 건강하고 안전한 미래사회 구현을 위해 국가 위기초래 유해물질에 대한 종합적 감시/대응 시스템 (Portal Shield System)의 구축이 요구</p> <p>- 신·변종 바이러스, 슈퍼박테리아 등과 같은 국가 재난형 바이오 유해물질의 모니터링, 검출 및 조기진단을 위한 세계적 원천기술 개발과 이를 통합한 H-GUARD 시스템 구축</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p>* H-GUARD란? (<u>H</u>ealth - <u>G</u>lobal <u>U</u>biquitous <u>A</u>utonomous <u>R</u>apid <u>D</u>etection) 바이오 유해물질 포집-전처리-검출-신호전송이 가능한 실시간 연동형 통합 시스템 및 네트워크</p> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p><b>H</b>ealth <b>G</b>lobal <b>U</b>biquitous <b>A</b>utonomous <b>R</b>apid <b>D</b>etection</p> </div>  </div>			
□ 답변근거 및 자료			
<p>○ 사업 수요 및 목적의 명확성 여부</p> <p>- 사업추진의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 새로운 감염원인체나 돌연변이의 지속적 출현에 의해 인류생존이 위협을 받게 되고, 경제적인 피해에 대한 사회적 인식과 우려가 지속적으로 증가</li> </ul> <p>⇒세계적으로 막대한 피해를 일으키고 있는 국가 재난형 질병이나 신종, 재출현 바이러스, 박테리아 등에 의한 미확인 질병 등을 조기에 검출, 확인이 가능한 H-GUARD 시스템을 구축하여 사회적 피해를 최소화하고 국민건강 증진과 그로 인한 행복한 삶의 영위에 실질적으로 기여함</p>			



- 건강하고 안전한 미래사회 구현을 위하여 국가 재난형 바이오 유해물질의 신속한 현장 검출 및 모니터링 기술개발이 새로운 이슈로 등장
- ⇒선진국을 중심으로 국가적 대응 전략에 따라 다양한 유해물질 검출 시스템 개발이 추진되고 있다(미국 Lawrence Livermore National Laboratory의 Biowatch개념 통신 네트워크, PositivelD Corporation사의 Microfluidics-based Bioagent Networked Detector (M-BAND) 등)
- H-GUARD와 관련된 신개념의 융합형 원천기술 개발 및 사업화를 통해 감염성 유해물질 진단 및 모니터링 분야의 글로벌 시장을 선점하고 신산업 창출
- ⇒BT, IT, NT의 융·복합 연구 개발을 통해 H-GUARD 구축을 위한 창조 원천기술 및 지적 재산을 확보하고, 이를 사업화와 연계하는 “Platform Technology to Business Development”에 중점을 두어 국제적으로 경쟁력이 있는 기술 및 시스템의 확보와 글로벌 시장 개척코자 함
- ⇒본 사업의 성공적 수행을 통해 다양한 분야로의 사업화를 이루어 기초 원천 연구에서부터 실용화에 이르는 연구개발 모델의 성공적인 방향을 제시함



#### - 기술개발의 필요성

- 글로벌 (Global): 세계 최고수준의 원천기술 확보가 가능한 사업
- ⇒이미 세계적 연구수준에 이른 국내 나노 및 바이오 연구 분야의 연구팀들은 H-GUARD 구현에 있어 높은 역량을 보유하고 있으며, 3D 나노 구조체 기술을 바이오 유해물질 검출 및 모니터링에 적용하는 융·복합 연구를 통하여 기존기술의 한계를 극복할 수 있는 전략을 제시함
- 기초원천 (Ground Breaking): 기존 기술의 한계를 돌파하는 혁신적이고 독창적인 기술

⇒3D 나노 구조체 제작의 원천기술 개발과 동시에 바이오 유해물질에 대한 깊은 이해를 바탕으로 기존기술의 한계를 극복할 수 있는 원천기술을 개발하여 H-GUARD를 구현함

- 융합연구 (Group Approach): 기술 분야 및 학제 간 융합연구가 필수적인 사업

⇒다양한 조건에서 바이오 유해물질을 포집하기 위하여 환경, 바이오 기술의 융·복합 연구와 포집된 유해물질의 특이적이며 고감도 검출을 위하여 바이오기술과 나노기술이 접목된 새로운 융·복합 기술을 개발하고, 현장 적용을 위하여 BT, IT, NT 분야 최첨단 기술들의 융·복합 연구를 수행함

- 미래성장 (Growth and Sustainability): 10년 후 해당 또는 연계 분야에 광범위한 영향을 미칠 수 있으며, 산업계에 파급되어 국가 성장 동력화가 가능한 사업

⇒본 사업을 통하여 막대한 경제사회적 피해방지와 함께 연간 1,300억 달러에 이르는 세계 진단 및 모니터링 시장 (BCC Research 2012)에서의 원천기술 확보를 통해 선도적 위치를 선점할 수 있다. 또한, 기술, 지식의 확보만을 목표로 하는 분절형 연구 개발이 아닌 새로운 생태계를 창조하는 연구 개발을 통해 국가 신성장 동력을 발굴하고 시장을 개척하는 것이 가능함

구분	주요내용
사업수요	▪ 전세계적으로 국가 재난형 바이오 유해물질의 신속 정확한 현장검출 및 모니터링이 요구됨
사업대상자	▪ 대학, 정부출연연, 민간기업, 국공립 연구소 등
사업참여자 (수혜자)	▪ BT, NT, IT 분야의 산·학·연 연구자
상위계획과의 부합여부	▪ 정부의 범부처 2012년 국가 감염병 위기대응 기술개발 추진전략, 2013년 재난·재해 연구개발 투자전략, 미래성장산업으로서의 보건산업 육성 정책 등과 부합

- 사업수요와 목적의 논리적 연계

사업수요 (현재 시점)	건강하고 안전한 미래사회 구현을 위해 국가 위기초래 유해물질에 대한 종합적 감시/ 대응 시스템 (Portal Shield System)의 구축이 요구
↓	
사업목적	다양한 현장 및 유해물질에 대한 조기 검출 시스템을 개발하여 미래사회의 안전망 구축 및 신산업 창출
↓	
전략목표	세계 최초 바이오키나노 융합 헬스가드(H-GUARD) 시스템 구현 (바이오 유해물질로부터 안전한 미래사회 구현)

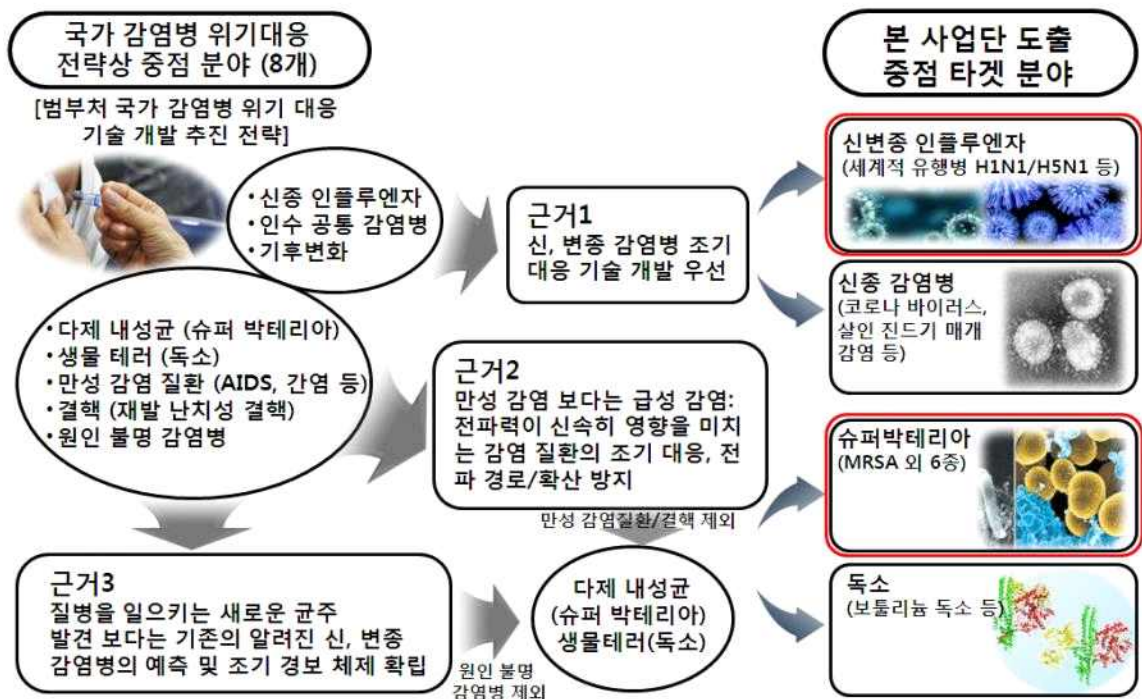
▪ 단계별 전략목표 및 추진계획

1단계 ( 2013 ~ 2014 )	2단계 ( 2015 ~ 2017 )	3단계 ( 2018 ~ 2021 )
<b>인프라 구축 및 원천기술 설계/개발</b>	<b>핵심 개발기술 검증 및 융합연구</b>	<b>바이오나노 헬스가드 시스템 개발 및 실용화</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오컨텐츠 / 나노 구조체 인프라 구축 및 운영</li> <li>• 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 설계</li> <li>• 전처리 / 나노센서 설계 및 검증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오컨텐츠 진단 / 예측 / 인터페이싱 기술 개발</li> <li>• 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작 및 적용</li> <li>• 연동형 전처리 / 나노센서 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H-GUARD 시스템 개발 및 유효성 평가</li> <li>• 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 (대면적) 제작 양산화</li> <li>• 현장응답형 바이오 센싱 시스템 개발</li> </ul>

○ 정부지원의 타당성

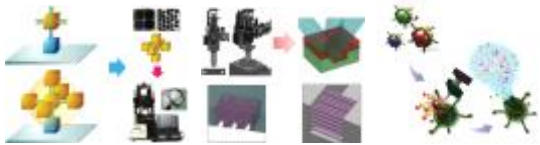
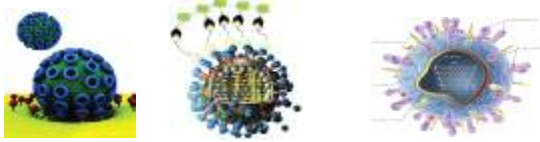

- 바이오 유해물질 타겟 선정 근거는 정부에서 수립한 재난, 재해 연구개발 투자전략 및 국가 감염병 위기 대응기술개발 추진전략에서 선정한 중점분야로부터 기술 개발의 시급성이 높고 확산에 따른 사회적 파급력이 높은 타겟을 중심으로 도출함

< 그림 > 본 사업의 바이오 유해물질 중점 타겟 도출 근거



※ 근거/자료 목록

번호	자료명	근거자료	
		근거자료명	해당페이지
1-1-1	1단계 실적 및 2단계 기획보고서	평가보고서	1~29
1-1-2	2단계 연구개발계획서	계획서	1~44

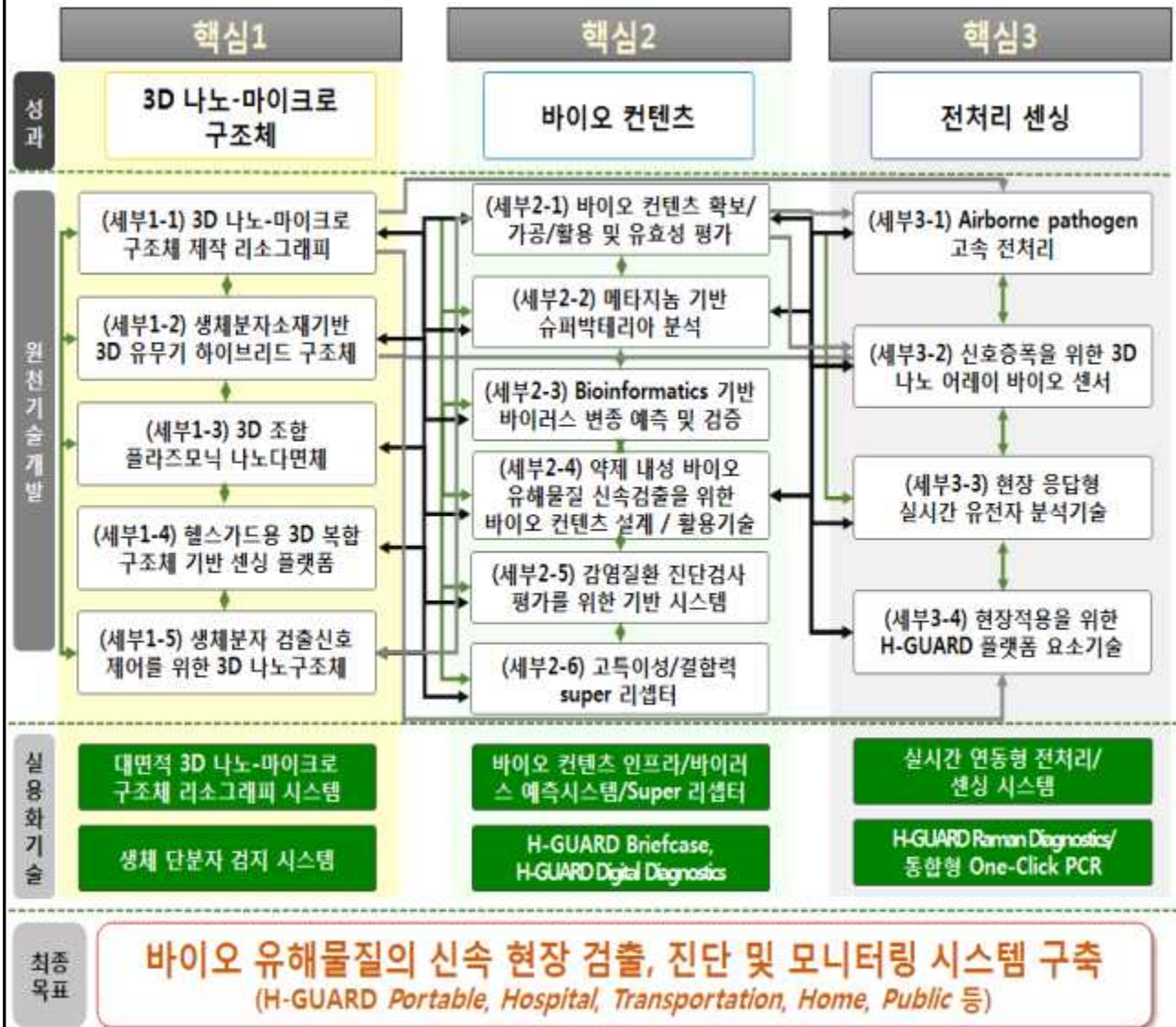
평가지표			
1-2	사업의 구성 및 추진방식 등이 적절하게 설계되어 있는가?		
답변	예(3점)	어느정도(1.5점)	아니요(0점)
	○		
<input type="checkbox"/> 답변근거 종합			
○ 본 연구단은 연구개발의 효율성 증대와 사업목표 달성을 위해 3개의 핵심연구 분야, 15개의 세부과제가 유기적으로 연계·융합하는 협력연구체계를 구축하여 운영 - 연구단의 독립적 운영과 안정적인 예산지원으로 독창적이고, 세계적 수준의 원천기술 확보에 효율적인 사업방식으로 추진됨			
<input type="checkbox"/> 답변근거 및 자료			
○ 사업 구성이 사업목적에 부합되도록 적절하게 설계되어 있는지 여부 - 사업목적과 사업구성간 관계			
사업목적	신·변종 바이러스, 슈퍼박테리아 등과 같은 국가 재난형 바이오 유해물질의 모니터링, 검출 및 조기진단을 위한 세계적 원천기술 개발과 이를 통합한 H-GUARD* 시스템 구축		
사업구성	<div>             - (핵심과제 1) 나노헬스가드용 3D 나노-마이크로 구조체 제작 및 응용             <ul style="list-style-type: none"> <li>· 바이오 유해물질(신·변종 바이러스, 슈퍼박테리아 등) 탐지 속도 및 감도를 획기적으로 향상시키는 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 개발 및 양산화·대면적화 원천기술 개발</li> </ul>  </div> <div>             - (핵심과제 2) 유해물질 바이오 콘텐츠 예측·가공 및 헬스가드 시스템 적용기술 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>· 바이러스 항원 및 유사 바이러스와 같은 유해물질 특이적 바이오 콘텐츠를 발굴 및 가공하고, 바이오 인포매틱스(Bio Informatics)를 이용한 신·변종 바이러스의 발생 예측기술, BT/NT 인터페이싱 기술 개발</li> </ul>  </div> <div>             - (핵심과제 3) 3D 구조체 기반 실시간 연동형 처리-센싱 통합 시스템 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>· 탐지된 바이오 유해물질을 현장에서 신속하게 판단할 수 있는 실시간 연동형 전처리 기술과 고속 검출기술 개발</li> </ul>  </div>		



- 사업추진방식의 타당성

- 연구개발의 효율성 증대와 사업목표 달성을 위해 3개의 핵심연구 분야, 15개의 세부과제가 유기적으로 연계·융합하는 협력연구체계를 구축하여 운영

⇒ 각 핵심과제간, 세부과제간의 연구결과 연계 공유를 통하여 최종목표 달성을 위한 시너지 효과를 제고



- 사업내용의 일관성

- 사업 추진시 수립한 단계별 기술개발 로드맵에 근거하여 일관성 있게 사업을 추진하되, 지속적인 기획활동을 통해 대내외 기술 및 환경변화 여건을 분석하여 기술사업화 로드맵을 마련하여 사업에 반영함

○ 사업추진체계의 적절성

- 글로벌프론티어사업의 4G 철학에 따라 연구단 핵심 연구분야의 세계적 수준의 연구 역량을 지닌 전문가를 세부과제 연구책임자로 선정하여 사업을 추진함
- 세부과제가 유기적으로 연계·융합하는 협력연구체계를 구축하여 운영

- 1단계 세부과제별 연구비 지원규모 (단위 : 억원)

구분	1단계		
	1차년도	2차년도	합계
<input type="checkbox"/> 나노헬스가드용 3D 나노-마이크로 구조체 제작 및 응용기술 개발 ▪ 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작 리소그래피 기술 개발 ▪ 3D 유무기 하이브리드 소재기반 나노구조체 개발 ▪ 3D 조합 플라즈모닉 나노다면체 프로브 개발 ▪ 헬스가드용 3D 구조체 마스터 몰드 제작 기술 개발 ▪ 생체분자 검출신호 제어를 위한 신개념 3D 나노구조체 설계, 제작 및 활용기술 개발	8.75	28	36.75
<input type="checkbox"/> 바이오나노 융합 헬스가드용 바이오컨텐츠 확보 및 활용기술개발 ▪ 바이오나노 융합 헬스가드용 바이오컨텐츠 확보/가공/활용 및 분석원천기술개발 ▪ 메타지놈기반 난배양성 슈퍼박테리아 분석기술 개발 ▪ Bioinformatics기반 바이러스 변종 예측 및 검증기술 개발 ▪ 약물 저항성 바이오 유해물질 신속 검출을 위한 바이오 컨텐츠 설계 및 활용기술 개발 ▪ 감염질환 환자에서 맞춤치료를 증진하기 위한 전산 및 검사평가 시스템 구축 ▪ Nano-space 조절 및 다중결합을 이용한 고풍이성 / 결합력 super 리셉터 개발	24	48	72
<input type="checkbox"/> 3D 구조체 기반 실시간 연동형 전처리 및 고속 검출기술 개발 ▪ 입자의 공기역학 및 전기적 특성을 이용한 기상 병원균 선별적 분류/포집과 미세유체채널 기반 전처리 기술 ▪ 신호증폭을 위한 3D 나노어레이 바이오 센서 개발 ▪ 신개념 현장응답형 실시간 유전자 분석기술 개발 ▪ 현장적용을 위한 H-GUARD 플랫폼 요소기술 개발	7.75	18	25.75
▪ 바이오나노 헬스가드 연구사업 기획평가관리	4.5	6.0	10.5

※ 근거/자료 목록

번호	자료명	근거자료	
		근거자료명	해당페이지
1-2-1	1단계 실적 및 2단계 기획보고서	평가보고서	61

평가지표																	
1-3	다른 사업과 불필요한 유사·중복이 없게 사업이 설계되었는가?																
답변	예(3점)	어느정도(1.5점)	아니요(0점)														
	○																
<input type="checkbox"/> <b>답변근거 종합</b>																	
<p>○ 본 연구사업은 글로벌프론티어사업으로 추진되는 대형 중장기 연구개발사업으로 타부처의 단기 상용화를 위한 응용·개발 연구가 아닌 기초·원천부터 실용화까지 전주기적인 연구를 수행하고 있으며, 사업 기획시부터 타부처 또는 타 국가연구개발 과제와의 중복성 검토를 실시</p> <p>- 연구단 추진시 신규과제 기획 및 선정평가시에도 국가과학기술정보서비스(NTIS)를 활용하여 중복성 검토를 실시하여 추진함</p>																	
<input type="checkbox"/> <b>답변근거 및 자료</b>																	
<p>○ 유사·중복성 검토</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>판단기준</th> <th>해당사업</th> <th>A사업</th> <th>B사업</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>① 사업목적</td> <td>신·변종 바이러스, 슈퍼박테리아 등과 같은 국가 재난형 바이오 유해물질의 모니터링, 검출 및 조기진단을 위한 세계적 원천기술 개발과 이를 통합한 H-GUARD 시스템 구축</td> <td colspan="2" rowspan="4">유사·중복 연구사업은 해당없음</td> </tr> <tr> <td>② 지원분야</td> <td>BT, NT, IT</td> </tr> <tr> <td>③ 지원대상</td> <td>(재)바이오나노헬스가드연구단</td> </tr> <tr> <td>④ 사업내용 (총사업비, 사업기간, 지원조건 등)</td> <td>           - 총사업비 : 930억원 내외(정부출연금)            - 사업기간 : 2013년~2021년(9년)            - 지원조건 : 세계를 선도하는 원천기술 확보         </td> </tr> </tbody> </table>				판단기준	해당사업	A사업	B사업	① 사업목적	신·변종 바이러스, 슈퍼박테리아 등과 같은 국가 재난형 바이오 유해물질의 모니터링, 검출 및 조기진단을 위한 세계적 원천기술 개발과 이를 통합한 H-GUARD 시스템 구축	유사·중복 연구사업은 해당없음		② 지원분야	BT, NT, IT	③ 지원대상	(재)바이오나노헬스가드연구단	④ 사업내용 (총사업비, 사업기간, 지원조건 등)	- 총사업비 : 930억원 내외(정부출연금) - 사업기간 : 2013년~2021년(9년) - 지원조건 : 세계를 선도하는 원천기술 확보
판단기준	해당사업	A사업	B사업														
① 사업목적	신·변종 바이러스, 슈퍼박테리아 등과 같은 국가 재난형 바이오 유해물질의 모니터링, 검출 및 조기진단을 위한 세계적 원천기술 개발과 이를 통합한 H-GUARD 시스템 구축	유사·중복 연구사업은 해당없음															
② 지원분야	BT, NT, IT																
③ 지원대상	(재)바이오나노헬스가드연구단																
④ 사업내용 (총사업비, 사업기간, 지원조건 등)	- 총사업비 : 930억원 내외(정부출연금) - 사업기간 : 2013년~2021년(9년) - 지원조건 : 세계를 선도하는 원천기술 확보																
<p>○ 유사·중복성 해소를 위한 개선 실적(협력·조정 실적)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>주요내용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>지적사항 및 제도 개선 내용</td> <td rowspan="3">유사·중복성과 해당 없음</td> </tr> <tr> <td>추진 일정</td> </tr> <tr> <td>제도 개선 효과</td> </tr> </tbody> </table>				구분	주요내용	지적사항 및 제도 개선 내용	유사·중복성과 해당 없음	추진 일정	제도 개선 효과								
구분	주요내용																
지적사항 및 제도 개선 내용	유사·중복성과 해당 없음																
추진 일정																	
제도 개선 효과																	
<b>※ 근거/자료 목록</b>																	
번호	자료명	근거자료															
		근거자료명	해당페이지														
1-3-1	바이오나노 융합 헬스가드 연구계획서(사업기획서)	협약계획서	-														

## 2. 성과계획 단계

평가지표			
2-1	1단계 연구목표 및 성과지표가 적절히 구성되었는가?		
답변	예(3점)	어느정도(1.5점)	아니요(0점)
	○		
<input type="checkbox"/> 답변근거 종합			
<p>○ 연구단의 최종목표인 “바이오나노 융합 헬스가드(H-GUARD) 시스템” 구현을 목표로 1단계에서는 인프라 구축 및 원천기술 설계/개발을 위해 핵심 과제별로 바이오컨텐츠 / 나노 구조체 인프라 구축 및 운영, 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 설계, 전처리 / 나노센서 설계 및 검증을 연구목표로 설정</p> <p>- 1단계 연구목표를 달성하기 위한 성과지표로 연구초기 단계인 점과 글로벌프론티어 사업의 사업철학인 4G 관점(세계적 기초·원천 기술확보, 국제협력연구, 융합연구, 미래성장)을 고려하여 적절하게 구성되었음</p>			
<input type="checkbox"/> 답변근거 및 자료			
사업목적		<p>신·변종 바이러스, 슈퍼박테리아 등과 같은 국가 재난형 바이오 유해물질의 모니터링, 검출 및 조기진단을 위한 세계적 원천기술 개발과 이를 통합한 H-GUARD 시스템 구축</p>	
○ 1단계 연구목표의 개요			
세부 목표 1	목표명	3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작 리소그래피기술 개발	
	가중치	0.12	
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 하이브리드 구조체 나노패터닝 공정 및 고세장비 몰드 제작</li> <li>Aberration-free 광학계 응용 공정 기술 개발</li> <li>비접촉식 전기수력학기반 3D구조 패터닝 공정기반 기술 개발</li> <li>3D 나노구조의 물리·화학적 형성/ 변조 및 소자 적용 기술 개발</li> <li>제작된 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체의 저장음 기관으로의 전사공정 개발 및 표면활성화 공정개발</li> </ul>	
	측정산식 또는 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>광학, AFM 및 SEM 측정을 통한 수십 <math>\mu\text{m}</math> 이상의 마이크로 패턴과 수-수백 nm 수준의 나노패턴 형상에 대한 측정</li> </ul>	
	산출근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>포집, 전처리 및 검출을 수행하고자 하는 바이오컨텐츠 크기를 바탕으로 요구되는 나노-마이크로 구조체의 크기 및 형상에 대해 정의함</li> </ul>	



세부 목표 2	목표명	3D 유무기 하이브리드 소재기반 나노구조체 개발
	가중치	0.05
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>금속 나노안테나가 어레이된 나노구조체 합성기술 개발, 최적화 및 구조제어 기술 개발</li> <li>고민감도 정성검지가 가능한 다공성 캔틸레버의 개발 (추가 달성)</li> <li>다양한 모양의 금속 나노 구조체의 합성</li> <li>금속 나노안테나가 어레이된 나노구조체를 이용한 광열특성 평가</li> <li>3D 나노구조체 적층 기판의 연구</li> <li>유전자와 결합시 모양이 변하는 분자-광학지퍼 설계</li> <li>3D 플라즈모닉 나노구조 기반 바이오센서의 요소기술 구축</li> </ul>
	측정 산식 또는 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>합성된 물질의 구조적 측정(SEM, TEM, DLS)</li> <li>광열 효과의 효율성 측정(근적외선 레이저의 조사 혹은 교류 자기장 내에서의 광열효과 유도; 조사된 레이저 혹은 교류 자기장의 에너지 대비 광열계수 측정)</li> <li>플라즈모닉 신호의 증폭팩터 측정(증폭되지 않은 신호 대비 증폭된 신호의 비율 계산)</li> <li>타겟 유전자의 농도별 발생하는 플라즈모닉 신호의 분석(유전자의 검출 한계 측정)</li> </ul>
	산출근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>합성된 물질의 형태, 광열효과 발생 효율, 플라즈모닉 신호 증폭 등을 통해 구체적인 목표를 산출</li> </ul>
세부 목표 3	목표명	3D 조합 플라즈모닉 나노다면체 프로브 개발
	가중치	0.04
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>광증폭을 위한 나노다면체 고수율 합성</li> <li>3D 나노다면체 광학 신호 증폭 연구</li> <li>DF-NLB 기본 시스템 구축</li> </ul>
	측정 산식 또는 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>TEM, SEM, EDS 등의 분석 장비를 이용하여 나노다면체의 종류, 합성 수율, 대량 양산 시스템 구축 정도 등을 측정.</li> <li>Dark-field, Raman spectroscopy, UV-vis spectroscopy 등의 분석 장비를 이용하여 나노다면체의 조합에 의한 광학 신호의 증폭 정도를 나노다면체의 종류, 조합법, 다면체간 간극 조절 등에 따라 측정</li> <li>3D 조합 나노다면체 프로브를 이용하여 헬스가드용 바이오컨텐츠 검지 효율을 검지한계 및 다중 검지 여부 측면에서 측정</li> <li>DF-NLB 시스템을 통한 바이오컨텐츠 다중검지 확인 측면에서 측정</li> </ul>
	산출근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노다면체의 모양, 크기, 조성 등의 초정밀 조절 여부 및 고수율/대량 합성 효율 등을 산출함</li> <li>3D 조합 나노다면체의 라만 신호 증폭 정도 및 조절 여부 등을 산출하고 학계에 보고된 결과와 비교/분석함</li> <li>3D 조합 나노다면체 프로브 기반 바이오컨텐츠 검지 시스템의 검지한계, 다중 검지능을 재현성, 신뢰성, 검지 효율 등으로 산출하고, 기존의 바이오검지 시스템과 비교/분석함</li> <li>DF-NLB 시스템의 최적화를 통한 분석 응용모듈 및 카트리지 개발 여부와, 해당 시스템 기반의 바이오컨텐츠 검지의 검지한계, 다중검지능을 재현성, 신뢰성, 검지 효율 등으로 산출하고 기존의 바이오검지 시스템과 비교/분석함</li> </ul>

세부 목표 4	목표명	헬스가드용 3D 복합구조체 기반 센싱 플랫폼 기술 및 응용기술 개발
	가중치	0.03
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신개념 바이오 유해물질 센싱 플랫폼 기술 개발</li> <li>• 바이오 유해물질 검출용 다계층 3D 구조체 제작 기술 개발</li> <li>• 바이오 유해물질 다중 분석용 다기능성 구조물 형성 기술 개발</li> </ul>
	측정 산식 또는 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 광학, TEM, AFM 및 SEM 측정을 통한 3D 복합 기능성 미세유체칩 형상에 대한 측정 및 기능성 미세유체칩을 이용한 물리적, 전기적 변화를 측정 비교</li> <li>• 바이오 유해물질; 나노/마이크로 복합구조체 적용을 통한 센싱 효율성능 향상을 광학 및 전기화학적 측정을 통한 전후 비교</li> </ul>
	산출근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 포집, 전처리 및 검출을 수행하고자 하는 바이오 유해물질 콘텐츠 센싱 방법을 기반으로 3D 복합체의 크기, 형상에 대한 정의와 신호 검출 방법에 대해서 정의함</li> </ul>
세부 목표 5	목표명	생체분자 검출신호 제어를 위한 신개념 3D 나노구조체 설계, 제작 및 활용 기술 개발
	가중치	0.04
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 헬스가드용 나노구조체 생물학적 성능 검토 및 개선 연구</li> <li>• 생체분자 검출 신호 제어를 위한 신개념 나노구조체 설계 및 활용기술 개발</li> </ul>
	측정 산식 또는 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 나노구조체의 바이오콘텐츠 적용 적합성, 적용 효율, 생체분자 검출 능력 향상 정도 등을 측정</li> </ul>
	산출근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 나노구조체의 조성, 크기, 형상 등에 따른 바이오콘텐츠의 적합성, 효율 등을 산출함</li> </ul>
세부 목표 6	목표명	바이오나노 융합 헬스가드용 바이오콘텐츠 확보/가공/활용 및 분석원천기술개발
	가중치	0.33
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오유해물질 검출용 바이오콘텐츠/나노구조체 인프라 구축 및 운영</li> <li>• 바이오콘텐츠/나노구조체 인터페이싱 원천기술 개발</li> <li>• H-GUARD 원천기술 유효성 검증 및 TEST-BED 구축 및 운영</li> <li>• H-GUARD 한계 돌파형 원천기술 및 실용화 연계기술 개발</li> </ul>
	측정 산식 또는 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오 콘텐츠 및 나노구조체 라이브러리 확보 및 제공 여부 확인</li> <li>• 유해물질에 대한 결합력 및 특이성 측정</li> <li>• H-GUARD 원천기술의 주관기관 내 유효성 평가</li> <li>• H-GUARD 한계돌파형 원천기술 발굴 및 원천특허 확보 여부</li> <li>• H-GUARD용 실용화 연계기술 발굴 및 개발 여부</li> </ul>
	산출근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H-GUARD 타겟이 되는 바이오 콘텐츠를 근거로 산출함</li> </ul>
세부 목표 7	목표명	메타지놈기반 난배양성 슈퍼박테리아 분석기술개발
	가중치	0.05
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 병원/환경 유래 다제내성유전자 대량확보 및 배양가능 다제내성 슈퍼박테리아 세균 종류분석</li> <li>• 병원/환경으로부터 메타지놈 유전체를 추출하여 항생제 저항성 관련 유전자 탐색</li> <li>• 병원/환경 샘플의 미생물 군집 분석</li> <li>• 슈퍼박테리아 타겟 유전자를 진단할 분자와 나노입자의 결합기술 개발</li> <li>• 병원유래 슈퍼박테리아의 다제내성 유전자 및 병원성 결정인자 대량 확보</li> <li>• NGS기반 원인 미상 감염병의 원인 규명</li> </ul>
	측정 산식 또는 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 진단/예측 가능한 슈퍼박테리아의 종류와 정확도를 기준으로 함</li> </ul>
	산출근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 시도되지 않는 난배양성 슈퍼박테리아 진단을 위해 구체적인 목표를 제시함</li> </ul>

세부 목표 8	목표명	Bioinformatics 기반 바이러스 변종 예측 및 검증기술 개발
	가중치	0.07
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신·변종바이러스 유용 유전자원 확보 및 가공 (3종이상)</li> <li>• 바이러스 재조합 우선순위 결정요소 규명 (3종이상)</li> <li>• 인플루엔자 바이러스 재조합 패턴규명 (3종이상)</li> </ul>
	측정산식 또는 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• universal antigen, pandemic 후보주 확보여부</li> <li>• 재조합 우선순위 결정요소 규명여부</li> <li>• 인플루엔자 바이러스의 재조합 패턴 규명 여부</li> </ul>
	산출근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3종 이상의 신·변종바이러스 유용 유전자원 확보 및 가공 및 universal antigen, antibody, 대유행 후보주를 포함한 유용 유전자원 확보/ 가공</li> <li>• 3종 이상의 인플루엔자 바이러스 재조합 우선순위 결정요소 규명</li> <li>• in vitro 재조합을 통한 바이러스간 재조합 패턴규명 및 병원성 재현</li> <li>• Bioinformatics를 접목한 재조합바이러스의 pattern의 시뮬레이션 구축, 재조합 canine H3N2 인플루엔자바이러스의 기원 및 계통 분석</li> </ul>
세부 목표 9	목표명	약물 저항성 바이오 유해물질 신속 검출을 위한 바이오 콘텐츠 설계 및 활용기술 개발
	가중치	0.04
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오 유해물질 검출용 항체 개발 및 사업단 제공을 통한 항체 인프라 구축</li> <li>• 약물 저항성 바이러스 검출을 위한 바이오 콘텐츠 개발</li> <li>• 미래 출현 가능 약물 저항성 바이러스 예측/확보 및 변종 출현 대비 검출용 바이오 콘텐츠 개발</li> <li>• 약물-표적 단백질 결합력 기반 약물 저항성 바이러스 검출 기술 개발</li> </ul>
	측정산식 또는 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기 확보 항체의 H-GUAR 적용 적합성, 효율, 표적분자 검출 능력 정도를 항체와 표적 단백질간의 결합력과 특이성을 통하여 측정</li> </ul>
	산출근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 항체와 표적 단백질간의 결합력과 특이성 등을 통하여 산출함</li> </ul>
세부 목표 10	목표명	감염질환 진단검사 평가를 위한 기반 시스템 구축
	가중치	0.02
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 무균검체에서 분리된 세균의 데이터 베이스 구축</li> <li>• 신속 세균 동정 및 내성 검출법 개발</li> <li>• 바이러스 검체확보</li> <li>• CMV 전유전체 분석</li> <li>• 결핵 균주 및 호흡기 검체확보</li> <li>• Sequencing 및 NGS를 이용한 결핵균 특성 연구</li> <li>• 침습성진균증 환자의 진균 및 검체확보 protocol 수립</li> <li>• 진균의 특이 항원 검사법 개발</li> </ul>
	측정산식 또는 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오 유해물질 검출법의 유효성 평가를 위한 임상검체 은행 구축 여부 및 타과제 검증 자료 제공 여부</li> <li>• 중환자실 유래 임상검체를 이용한 H-Guard Briefcase 시제품 임상평가 여부</li> <li>• WGS 규명된 CMV, 결핵균/ 다제내성 병원균 기탁 여부</li> <li>• CMV 등 바이러스 내성검출 및 평가 시스템 구축 여부</li> <li>• 결핵균 등 항산성 세균 신속진단, 내성 검출, 유전형 분석 및 평가 시스템 구축 여부</li> <li>• 침습성 진균증의 검출 및 평가 시스템 구축 여부</li> <li>• 감염 마커 검출능 및 임상 유용성 평가 체계 구축 여부</li> </ul>
	산출근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수집된 건수에 대한 정의</li> <li>• 내성 검출, 유전형 분석 평가 시스템에 대한 정의</li> <li>• 타 세부 지원에 대한 정의</li> </ul>

세부 목표 11	목표명	Nano-space 조절 및 다중결합을 이용한 고특이성/결합력 super 리셉터 개발
	가중치	0.02
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자기조립 기반 단백질 초분자체 합성</li> <li>• 신규 자기조립 단백질 결합 쌍 개발 및 생체분자 초분자체 기반 다중결합 조절 기술 개발</li> <li>• 거대생체분자 안정화를 위한 단백질 표면개량 연구</li> <li>• 단백질 초분자체 기반 기능성 단백질 display 및 나노공간 조절 전략 개발</li> </ul>
	측정 산식 또는 방법	• SPR 등의 분석방법을 이용하여 생체분자간 결합력 및 특이도를 분석하며, TEM 등의 분석법을 이용하여 초분자체의 모양 등에 대한 정보를 제시함
	산출근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유해물질의 크기 및 항체의 결합력을 바탕으로 하여 super 리셉터의 다중성과 결합력 등을 제시하였음.</li> <li>• 세계적으로도 다중성의 정밀한 조절에 따른 결합력 변화에 대한 연구는 미미함</li> </ul>
세부 목표 12	목표명	입자의 공기역학 및 전기적 특성을 이용한 기상 병원균 선별적 분류/포집과 미세유체채널 기반 전처리 기술 개발
	가중치	0.05
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공기역학적 수치해석을 이용한 분류기 설계</li> <li>• 분류기 제작 및 수치해석결과와 실제 성능평가 결과비교</li> <li>• 미세유체 채널 설계</li> <li>• 실제 박테리아를 이용한 농축 실험</li> <li>• 박테리아 감별 고탄성 나노구조체 구조변형 측정기술 개발</li> <li>• 다중해석 모델을 이용한 하전기 설계</li> <li>• 하전기 제작 및 성능평가</li> <li>• 광열효과를 통해 병원균 내 핵산 추출</li> <li>• 자성나노입자의 자성을 이용한 병원체 정밀 감별</li> </ul>
	측정 산식 또는 방법	• 바이오에어로졸의 실시간 선별, 하전, 액상 포집 능력, 핵산 추출과 다중 병원체 감별 효율 등을 측정
	산출근거	• 바이오에어로졸 종류에 따른 실시간 선별, 하전, 액상 포집 능력, 핵산 추출과 다중 병원체 감별 효율 등을 산출함
세부 목표 13	목표명	신호증폭을 위한 3D 나노어레이 바이오 센서 개발
	가중치	0.07
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3D 신호증폭 나노입자 어레이를 이용한 전기/광학식 고속 바이오 센서 구조 디자인 및 기본 Analyte 측정</li> <li>• FDTD 시뮬레이션 기반 3D 플라즈모닉 나노구조 설계 및 제작</li> <li>• 3D 신호증폭 나노입자 어레이 기반 센서를 이용한 병원체 검지기술 개발</li> <li>• 고감도 나노플라즈모닉스 래피드 센서용 substrate 개발</li> <li>• 나노플라즈모닉스 래피드 센서 substrate의 감도 및 재현성 평가</li> <li>• 나노플라즈모닉스 래피드 센서 substrate를 이용한 인플루엔자 바이러스 면역분석</li> <li>• 유효 표면적 증가 표면 구조 개발</li> <li>• 3차원 구조의 자기센서 성능평가</li> </ul>
	측정 산식 또는 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제작된 3D 나노구조의 형태 및 균일도 측정(SEM, TEM, AFM)</li> <li>• 핵심2에서 연구될 리셉터의 도입을 통한 병원체의 선택적 측정 여부 확인</li> <li>• 다양한 병원체가 혼재된 시료로부터의 선택적 검지</li> <li>• 마이크로-나노구조 프레임을 이용한 신호증폭 여부</li> <li>• 임상시료의 전처리 모듈과의 통합 및 헬스가드 시스템 내 탑재 여부</li> </ul>
	산출근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재사용 가능한 고속 센서를 구현하고자하는 본과제의 목표는 세계최고 수준으로서, 기존 센서 기술의 한계를 극복하고, 전처리와 연동된 실시간 모니터링 시스템을 구현하기위해 센서가 갖추어야할 핵심 특성임</li> <li>• 또한, 임상시료에서 센서의 선택적인 반응은, 센서의 실용화를 위해서 필수적인 요건이기에 목표로 선정함</li> </ul>

세부 목표 14	목표명	신개념 현장응답형 실시간 유전자 분석기술 개발
	가중치	0.04
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 등온 핵산 증폭 기술 개발</li> <li>• 전기적 등온 실시간 핵산 증폭 모니터링 및 비표지 다표적 핵산 검출 시스템 개발</li> <li>• 등온 PCR 마이크로 시스템 구축</li> <li>• 초고속 lateral flow 기반 검출기술 개발</li> </ul>
	측정 산식 또는 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 등온 핵산 증폭 기술 성능 평가 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다양한 핵산효소의 증폭효율 비교 및 소요 시간과 증폭온도</li> </ul> </li> <li>• 전기화학 신호/정전용량을 비롯한 전기 신호 기반 실시간 핵산 모니터링 기술 성능 평가 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신호 안정성 검증</li> <li>- 검출 한계 및 증폭 효율 측정</li> </ul> </li> <li>• 나노 전극 검출 플랫폼 기술의 검출 민감도와 신뢰도 검증</li> <li>• 등온 PCR 수행을 위한 회전식 시스템의 핵산 증폭 및 lateral flow strip 성능 평가</li> <li>• 회전식 샘플 전처리 소자에 의한 DNA/RNA 추출율과 silica membrane기반의 샘플 전처리 kit와 비교 측정</li> <li>• 고감도의 핵산 검출을 위한 최적화된 진단 시스템 성능 검증</li> <li>• Single DNA copy level의 유전자 분리 가능성 여부 확인</li> </ul>
	산출근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존의 실시간 핵산증폭 기술 수준으로 구체적인 목표를 산출</li> <li>• 선도 그룹의 유전자 분석 시제품 수준과의 비교를 통해 연구목표를 도출함.</li> <li>• 적합성 실험 결과, 실시간성 등을 통해 구체적인 목표를 산출</li> <li>• 멀티센싱 기반의 H-GUARD 시스템 개발에 있어서 현장에서 요구되는 피측정물의 개수 및 측정 성능</li> </ul>
세부 목표 15	목표명	현장적응을 위한 H-GUARD 플랫폼 요소기술 개발
	가중치	0.03
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RT(real time)-PCR용 일회용 미세 유체 칩 제작 및 평가</li> <li>• 마이크로 heater 제작</li> <li>• 고정밀 온도센서 제작</li> <li>• Portable RT-PCR system 제작 및 평가</li> <li>• Microfluidic pump/valve 소자 제작 및 평가</li> <li>• dPCR feasibility 평가</li> </ul>
	측정 산식 또는 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H-GUARD 용 portable PCR 기술 개발 (검출가능한 세균/virus의 종류)</li> <li>• H-GUARD 용 portable multi-sensor 적용을 위한 부품 소형화 기술 (시스템 size)]</li> <li>• H-GUARD 용 multi-sensor integration 기술 (Multi- sensor integration 건수, 성능변수 등)</li> </ul>
	산출근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 멀티센싱 기반의 H-GUARD 시스템 개발에 있어서 현장에서 요구되는 피측정물의 개수 및 측정 성능</li> </ul>

○ 1단계 연구목표의 적절성 판단

구분	세부목표의 적절성에 대한 답변	답변 사유
(1) 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작 리소그래피기술 개발	예	연구단의 최종목표인 “바이오나노 융합 헬스가드(H-GUARD) 시스템” 구현을 위하여 바이오컨텐츠 / 나노 구조체 인프라 구축 및 운영, 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 설계, 전처리 / 나노센서 설계 및 검증을 연구목표로 설정함
(2) 3D 유무기 하이브리드 소재기반 나노구조체 개발		
(3) 3D 조합 플라즈모닉 나노다면체 프로브 개발		
(4) 헬스가드용 3D 복합구조체 기반 센싱 플랫폼 기술 및 응용기술 개발		
(5) 생체분자 검출신호 제어를 위한 신개념 3D 나노구조체 설계, 제작 및 활용 기술 개발		
(6) 바이오나노 융합 헬스가드용 바이오컨텐츠 확보/가공/활용 및 분석원천기술개발		
(7) 메타지놈기반 난배양성 슈퍼박테리아 분석기술개발		
(8) Bioinformatics 기반 바이러스 변종 예측 및 검증기술 개발		
(9) 약물 저항성 바이오 유해물질 신속 검출을 위한 바이오 컨텐츠 설계 및 활용기술 개발		
(10) 감염질환 진단검사 평가를 위한 기반 시스템 구축		
(11) Nano-space 조절 및 다중결합을 이용한 고특이성/결합력 super 리셉터 개발		
(12) 입자의 공기역학 및 전기적 특성을 이용한 기상 병원균 선별적 분류/포집과 미세유체채널 기반 전처리 기술 개발		
(13) 신호증폭을 위한 3D 나노어레이 바이오 센서 개발		
(14) 신개념 현장응답형 실시간 유전자 분석기술 개발		
(15) 현장적용을 위한 H-GUARD 플랫폼 요소기술 개발		

○ 1단계 성과지표의 개요

Global	성과 지표 1	지표명	연구비 대비 SCI 논문 생산성
		가중치	0.1
		측정산식 또는 방법	1억원당 SCI 논문수
	성과 지표 2	지표명	국제공동연구수
		가중치	0.05
		측정산식 또는 방법	국제공동연구 (인력교류, 파견 등)를 통해서 공동으로 게재한 논문수
	성과 지표 3	지표명	국제학술활동
		가중치	0.025
		측정산식 또는 방법	초청강연, 조직위원회활동, 국제학술회의 개최, 학회 수상 등
	성과 지표 4	지표명	글로벌 협력 네트워크 구축
		가중치	0.025
		측정산식 또는 방법	해외 연구기관과의 인력 교류(MOU, 자문, 초청, 파견 등), 국제자문 등
Ground Breaking	성과 지표 5	지표명	해당분야 세계 최고 수준 논문 게재 실적
		가중치	0.05
		측정산식 또는 방법	분야별 상위 5% 이내 논문 건수(mrnIF 95 이상 논문수)
	성과 지표 6	지표명	분야별 논문 영향력 지수
		가중치	0.05
		측정산식 또는 방법	표준화순위보정 지수 (mrnIF값) 평균값
	성과 지표 7	지표명	연구비 대비 특허출원 생산성
		가중치	0.075
		측정산식 또는 방법	1억원당 특허 출원수
	성과 지표 8	지표명	연구비 대비 특허등록 생산성
		가중치	0.1
		측정산식 또는 방법	1억원당 특허 등록수
	성과 지표 9	지표명	글로벌 특허 등록
		가중치	0.05
		측정산식 또는 방법	미국, 일본, 유럽, 중국 중 2개국 이상 국제특허 등록수

	성과 지표 10	지표명	등록특허의 질적수준
		가중치	0.05
		측정산식 또는 방법	K-PeG + 전문가 질적수준 평가이용, 특허평가 A등급 비율
	성과 지표 11	지표명	High-risk high-return 과제 수행(단장 주도)
		가중치	0.025
		측정산식 또는 방법	도전적 연구과제 수행 유무
Group Approach	성과 지표 12	지표명	융합연구를 통한 시너지 성과 도출 여부
		가중치	0.1
		측정산식 또는 방법	핵심/세부과제간 공동연구 논문 및 특허 건수
	성과 지표 13	지표명	인프라 통합 구축 및 활용
		가중치	0.025
		측정산식 또는 방법	공동연구시설 구축 / 인프라 활용 건수
Growth & Sustaina bility	성과 지표 14	지표명	기술이전 건수
		가중치	0.1
		측정산식 또는 방법	기술이전 건수 합계
	성과 지표 15	지표명	기술료
		가중치	0.1
		측정산식 또는 방법	정액기술료 및 징수된 경상기술료의 합계
	성과 지표 16	지표명	중소기업 협력연구
		가중치	0.025
		측정산식 또는 방법	중소기업과 협력 건수 및 MOU 건수
기타	성과 지표 17	지표명	연구단 홍보
		가중치	0.05
		측정산식 또는 방법	방송사/신문사 홍보, 전시회 참가, 기고 등 회수



○ 1단계 성과지표 적절성 판단

구분		성과지표의 적절성에 대한 답변	답변 사유
Global	연구비 대비 SCI 논문 생산성	예	1단계 연구목표를 달성하기 위한 성과지표로 글로벌프론티어사업의 사업철학인 4G 관점(세계적 기초·원천 기술 확보, 국제협력연구, 융합연구, 미래성장)을 고려하여 적절하게 구성되었음
	국제공동연구수		
	국제학술활동		
	글로벌 협력 네트워크 구축		
Ground Breaking	해당분야 세계 최고 수준 논문 게재 실적		
	분야별 논문 영향력 지수		
	연구비 대비 특허출원 생산성		
	연구비 대비 특허등록 생산성		
	글로벌 특허 등록		
	등록특허의 질적수준		
Group Approach	High-risk high-return 과제 수행(단장 주도)		
	융합연구를 통한 시너지 성과 도출 여부		
	인프라 통합 구축 및 활용		
Growth & Sustainability	기술이전 건수		
	기술료		
	중소기업 협력연구		
기타	연구단 홍보		

○ 1단계 성과지표체계(지표 수, 가중치 구성)의 적절성 판단

- 성과지표는 4G 관점에서 총 17개의 개별 성과지표로 구성되었으며, 글로벌프론티어사업의 특성에 따른 가중치를 적절히 배분함

※ 근거/자료 목록

번호	자료명	근거자료	
		근거자료명	해당페이지
2-1-1	1단계 실적 및 2단계 기획보고서	평가보고서	37~53
2-1-2	붙임1. 연구성과목표 및 실적 보고서	평가보고서	전체
2-1-3	붙임2. 4G 관리지표 목표 및 실적	평가보고서	전체

평가지표			
2-2	1단계 연구목표 및 성과지표의 목표치가 의욕적으로 설정되어 있는가?		
답변	예(3점)	어느정도(1.5점)	아니요(0점)
	○		
<input type="checkbox"/> <b>답변근거 종합</b>			
○ 연구단의 최종목표인 “바이오나노 융합 헬스가드(H-GUARD) 시스템” 구현을 목표로 1단계에는 인프라 구축 및 원천기술 설계/개발을 위한 성과목표 및 관리지표가 의욕적으로 설정되었음			
<input type="checkbox"/> <b>답변근거 및 자료</b>			
○ 1단계 연구목표의 의욕적 설정에 대한 판단			
구분		세부목표의 의욕적 설정에 대한 답변	답변 사유
(1) 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작 리소그래피기술 개발		예	사업기획, 연구단 자체평가 및 연구단 연차평가지 평가결과 등에 따라 세계적 선도기술을 개발하기 위한 성과목표로 의욕적으로 설정됨
(2) 3D 유무기 하이브리드 소재기반 나노구조체 개발			
(3) 3D 조합 플라즈모닉 나노다면체 프로브 개발			
(4) 헬스가드용 3D 복합구조체 기반 센싱 플랫폼 기술 및 응용기술 개발			
(5) 생체분자 검출신호 제어를 위한 신개념 3D 나노구조체 설계, 제작 및 활용 기술 개발			
(6) 바이오나노 융합 헬스가드용 바이오컨텐츠 확보/가공/활용 및 분석원천기술개발			
(7) 메타지놈기반 난배양성 슈퍼박테리아 분석기술개발			
(8) Bioinformatics 기반 바이러스 변종 예측 및 검증기술 개발			
(9) 약물 저항성 바이오 유해물질 신속 검출을 위한 바이오 컨텐츠 설계 및 활용기술 개발			
(10) 감염질환 진단검사 평가를 위한 기반 시스템 구축			
(11) Nano-space 조절 및 다중결합을 이용한 고풍이성/결합력 super 리셉터 개발			
(12) 입자의 공기역학 및 전기적 특성을 이용한 기상 병원균 선별적 분류/포집과 미세유체채널 기반 전처리 기술 개발			
(13) 신호증폭을 위한 3D 나노어레이 바이오 센서 개발			
(14) 신개념 현장응답형 실시간 유전자 분석기술 개발			
(15) 현장적용을 위한 H-GUARD 플랫폼 요소기술 개발			

○ 1단계 성과지표 목표의 의욕적 설정에 대한 판단

구분		성과지표의 의욕적 목표설정 에 대한 답변	답변 사유
Global	연구비 대비 SCI 논문 생산성	예	글로벌프론티어사업 추진목적, 정부 R&D사업의 평균 성과지표, 개발 기술분야의 특성 등을 고려하여 도적적이고 의욕적으로 성과지표가 설정됨
	국제공동연구수		
	국제 학술활동		
	글로벌 협력 네트워크 구축		
Ground Breaking	해당분야 세계 최고 수준 논문 게재 실적		
	분야별 논문 영향력 지수		
	연구비 대비 특허출원 생산성		
	연구비 대비 특허등록 생산성		
	글로벌 특허 등록		
	등록특허의 질적수준		
	High-risk high-return 과제 수행(단장 주도)		
Group Approach	융합연구를 통한 시너지 성과 도출 여부		
	인프라 통합 구축 및 활용		
Growth & Sustainability	기술이전 건수		
	기술료		
	중소기업 협력연구		
기타	연구단 홍보		

- 성과지표 목표설정 근거

구분		1단계			가중치	목표 설정근거
		1차 년도	2차 년도	합계		
Global	연구비 대비 SCI 논문 생산성	0.5	1.4	1.0	0.1	BT, NT, IT 분야 국가 R&D 사업의 평균이상 목표 설정
	국제공동연구수	-	2	2	0.05	BT, NT, IT 분야 국가 R&D 사업의 평균이상 목표 설정
	국제학술활동	-	-	-	0.025	다양한 국제활동을 통해 글로벌 협력 방안 모색 및 연구단 글로벌 인지도 제고
	글로벌 협력 네트워크 구축	-	5	5	0.025	해외 주요 연구자 또는 연구기관과의 협력 강화를 위한 도전적 목표 설정
Ground Breaking	해당분야 세계 최고 수준 논문 게재 실적	5	12	17	0.05	미래부 R&D 사업 BT분야 JCR 상위 5% 이상의 SCI논문 비율이 5.7%로 연구단은 10% 이상으로 목표 산정
	분야별 논문 영향력 지수	75	78	77	0.05	미래부 R&D 사업 BT분야 평균 mmlF값 64.11을 상회하는 목표 산정
	연구비 대비 특허출원 생산성	0.3	0.5	0.4	0.075	미래부 R&D 사업 BT분야 1억당 출원건수 0.32 이상으로 목표 산정
	연구비 대비 특허등록 생산성	-	-	-	0.1	미래부 R&D 사업 BT분야 1억당 등록건수 0.13 이상으로 목표 산정
	글로벌 특허 등록	-	-	-	0.05	출원된 특허의 가치 확보 증대
	등록특허의 질적수준	-	-	-	0.05	공인기관의 특허평가 A등급 비율(%)
	High-risk high-return 과제 수행(단장 주도)	-	1	1	0.025	단장 주도로 도전적이고 사업화 가능성이 높은 과제 수행
Group Approach	융합연구를 통한 시너지 성과 도출 여부	5	15	20	0.1	핵심/세부과제간 연계를 바탕으로 한 공동연구 및 융합연구 수행에 따른 도전적 목표 설정
	인프라 통합 구축 및 활용	-	1/10	1/10	0.025	연구단 주도로 공동연구시설(인프라) 구축 및 공동활용을 통해 원활한 연구수행 목표
Growth & Sustaina bility	기술이전 건수	-	-	-	0.1	기술이전 실적 강화
	기술료	-	-	-	0.1	가치확보된 특허이전 권리 강화
	중소기업 협력연구	-	2	2	0.025	중소기업 지원 및 협력연구를 통한 사업화 가능성 모색
기타	연구단 홍보	5	20	25	0.05	성과 및 IP보유에 따른 대국민 홍보 및 활용 촉진

※ 근거/자료 목록

번호	자료명	근거자료	
		근거자료명	해당페이지
2-2-1	1단계 실적 및 2단계 기획보고서	평가보고서	37~53
2-2-2	붙임1. 연구성과목표 및 실적 보고서	평가보고서	전체
2-2-3	붙임2. 4G 관리지표 목표 및 실적	평가보고서	전체

### 3. 집행 단계

평가지표															
3-1	사업이 계획대로 집행되었는가?														
답변	예(4점)	어느정도(2점)	아니요(0점)												
	○														
<input type="checkbox"/> <b>답변근거 종합</b>															
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구단의 당초 수립된 연구개발 계획 및 기술개발 로드맵에 따라 연구가 진행되었으며, 당초 계획된 1단계 연구목표를 100% 이상 달성함</li> <li>○ 연구비는 한국연구재단(미래부)과 연구단간 연차별 협약을 체결한 후 과제평가(연차, 단계) 결과, 연구단 추진전략 등에 따라 사업비를 배분하였으며, 매년 협약시 집행 계획에 따라 100% 집행완료됨</li> </ul>															
<input type="checkbox"/> <b>답변근거 및 자료</b>															
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 당초 수립된 연구개발 계획 및 마일스톤에 따라 연구가 진행되었는지 여부               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구단 통합 워크샵(년 1회), PI급 연구자 워크샵(년 2회 이상), 핵심과제별 자체 워크샵(분기별 1회 이상), 연구단 연차 및 단계 자체평가를 통해 각 세부과제의 연구개발 계획에 따른 연구목표 달성정도를 점검한 결과 계획에 따라 차질없이 수행됨</li> </ul> </li> <li>○ 사업의 연간시행 계획 등에 따라 차질 없이 재원이 100% 집행되었는지 여부               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구성과 극대화를 위하여 연차별 협약이 완료된 후 지체없이 바로 전액 집행됨</li> </ul> </li> </ul>															
<p>&lt; 예산집행 현황 &gt; (단위 : 억원)</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>예산(A)</th> <th>결산(B)</th> <th>집행률(B/A)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1단계 1차년도</td> <td>45</td> <td>45</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>1단계 2차년도</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>				구분	예산(A)	결산(B)	집행률(B/A)	1단계 1차년도	45	45	100%	1단계 2차년도	100	100	100%
구분	예산(A)	결산(B)	집행률(B/A)												
1단계 1차년도	45	45	100%												
1단계 2차년도	100	100	100%												
※ 근거/자료 목록															
번호	자료명	근거자료													
		근거자료명	해당페이지												
3-1-1	1단계 실적 및 2단계 기획보고서	평가보고서	37~53												
3-1-2	붙임1. 연구성과목표 및 실적 보고서	평가보고서	전체												

평가지표			
3-2	사업추진 실태를 정기적으로 모니터링하고 개선하고 있는가?		
답변	예(3점)	어느정도(1.5점)	아니요(0점)
	○		
<input type="checkbox"/> 답변근거 종합			
○ 연구단 통합 워크숍(년 1회), PI급 연구자 워크숍(년 2회 이상), 핵심과제별 자체 워크숍(분기별 1회 이상), 연구단 연차 및 단계 자체평가를 통해 사업추진 실태를 정기적으로 모니터링하고 즉각적인 개선을 수행함			
<input type="checkbox"/> 답변근거 및 자료			
○ 연구단 통합 워크숍 개최			
실시시기	년 1 회 이상 ('14. 2월, '15년 2월 개최)		
개최목적	바이오나노 헬스가드 연구사업의 성공적인 목표 달성을 위한 연구자들 간의 협력 연구방안 모색 및 정보교류와 상호 유대감 형성		
참 석 자	외부전문가, 바이오나노헬스가드 연구사업 참여자 100여명 내외		
주요내용	- 세부과제별 연구성과목표 공유 및 진행사항 점검 - 핵심과제별 그룹토의를 통한 연구목표 달성전략 수립 및 협력방안 논의 - 외부전문가를 통한 연구단 성과목표에 대한 컨설팅 추진 등		
○PI급 연구자 워크숍 개최			
실시시기	년 2 회 이상 ('14. 9월, '14년 12월, '15년 5월 개최)		
개최목적	세부과제별 연구목표 구체화 및 체계적인 성과목표 점검 및 보완		
참 석 자	PI급 연구사업 참여자 40여명 내외		
주요내용	- 연구진행 방향 및 각 책임자별 공동연구 관련 심도 있는 회의를 통한 연구목표 보완사항 검토 - 평가대비 1단계 실적 및 2단계 연구계획 사전점검을 통해 연구진행 방향 및 연구팀간 공동연구 방안 논의 등		

○ 핵심과제별 자체워크숍 개최

실시시기	핵심과제별 분기별 1회 이상 개최 예정
점검내용/방법	각 핵심과제별 세부 및 위탁 과제의 연구개발 진척사항 발표를 통한 점검, 향후 연구추진 방향 등에 관해 논의
참 석 자	연구단장, 핵심과제 소속 세부 및 위탁과제 PI급 연구자 등
주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 세부과제별 연구개발 마일스톤 점검 결과에 따른 연구진행현황 파악</li> <li>- 핵심 및 세부과제간 공동연구 및 성과활용 방안 논의 등</li> </ul>

○ 1단계 2차년도 수행 세부과제별 연구현장 방문점검

실시시기	2015년 2월 ~ 3월
점검내용/방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 계획대비 연구진행 현황 및 향후 연구개발 계획 점검</li> <li>- 연구단장, 연구지원본부장 등 직접 연구현장을 방문하여 점검</li> </ul>
참 석 자	연구단장, 연구지원본부장, 세부 및 위탁과제 PI급 연구자 등
주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구개발 추진계획대비 실적 점검, 연구비 사용관리 현황 점검 등</li> <li>- 연구단 추진전략에 따른 세부과제별 연구개발 계획 보완사항 도출</li> </ul>

○ 자체평가 실시

실시시기	1단계 1차년도 연차평가 : '14년 6월 1단계 단계평가 : '15년 6월
점검내용/방법	- 실적점검 및 2단계 계획의 점검을 통해 성과창출(원천특허 확보, 기술 이전/사업화 연계 기술개발)을 위한 컨설팅 방식으로 추진
참 석 자	연구단장, 연구지원본부장, 세부 및 위탁과제 PI급 연구자 등
주요내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1단계 연구개발실적 및 2단계 연구계획 및 연구 성과목표 및 관리지표의 적절성을 중점적으로 검토하여 연구계획 및 전략의 내실화 도모</li> <li>- 기술이전 및 사업화 전문가, 변리사 등 전문가 그룹을 상시 활용하여, 전문적인 컨설팅 수행과 방향성 제시로 연구성과의 활용·확산을 촉진</li> <li>- 평가결과에 따른 각 세부과제의 계속 추진여부 및 과제조정 방안 도출</li> </ul>

※ 근거/자료 목록

번호	자료명	근거자료	
		근거자료명	해당페이지
-	-	-	-

평가지표				
3-3	연구비 집행이 효율적으로 이루어지고 있는가?			
답변	예(3점)	어느정도(1.5점)	아니요(0점)	
	○			
□ 답변근거 종합				
○ 연구단의 최종목표인 “바이오나노 융합 헬스가드(H-GUARD) 시스템” 구현을 위한 3개의 핵심과제, 15개의 세부과제를 지원하며 연구개발의 효율성 증대와 사업목표 달성을 위해 사업추진 전략에 따라 연구비를 배분함				
□ 답변근거 및 자료				
○ 사업추진방식, 투입대상, 과제별 연구비 규모 등 사업추진체계가 효율적으로 집행되고 있는지 여부				
- 1단계 총 연구비 : 145억원 (정부출연금 135억원, 소속기관지원 10억원)				
· 연구과제 연구비 지원 : 134.5억원 (1차년도 40.5, 2차년도 94억원)				
· 기획평과과제비 : 10.5억원(1차년도 4.5억원, 2차년도 6억원)				
구분	1단계			비고
	1차년도	2차년도	합계	
▪ (1-1) 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작 리소그래피 기술 개발 ▪ (1-2) 3D 유무기 하이브리드 소재기반 나노구조체 개발 ▪ (1-3) 3D 조합 플라즈모닉 나노다면체 프로브 개발 ▪ (1-4) 헬스가드용 3D 구조체 마스터 몰드 제작 기술 개발 ▪ (1-5) 생체분자 검출신호 제어를 위한 신개념 3D 나노구조체 설계, 제작 및 활용기술 개발	8.75	28	36.75	(1-1)위탁→세부 (2-1)공동→세부
▪ (2-1) 바이오나노 융합 헬스가드용 바이오 콘텐츠 확보/가공/활용 및 분석원천기술개발 ▪ (2-2) 메타지놈기반 난배양성 슈퍼박테리아 분석기술 개발 ▪ (2-3) Bioinformatics기반 바이러스 변종 예측 및 검증기술 개발 ▪ (2-4) 약물 저항성 바이오 유해물질 신속 검출을 위한 바이오 콘텐츠 설계 및 활용기술 개발 ▪ (2-5) 감염질환 환자에서 맞춤치료를 증진하기 위한 전산 및 검사평가 시스템 구축 ▪ (2-6) Nano-space 조절 및 다중결합을 이용한 고특이성 / 결합력 super 리셉터 개발	24	48	72	(2-1)공동→세부 (2-2)공동→세부 (2-1)위탁→세부



구분	1단계			비고
	1차년도	2차년도	합계	
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ (3-1) 입자의 공기역학 및 전기적 특성을 이용한 기상 병원균 선별적 분류/포집과 미세유체채널 기반 전처리 기술</li><li>▪ (3-2) 신호증폭을 위한 3D 나노어레이 바이오 센서 개발</li><li>▪ (3-3) 신개념 현장응답형 실시간 유전자 분석기술 개발</li><li>▪ (3-4) 현장적용을 위한 H-GUARD 플랫폼 요소기술 개발</li></ul>	7.75	18	25.75	핵심2→ 핵심3
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ (단위) 바이오나노 헬스가드 연구사업 기획평가관리</li></ul>	4.5	6.0	10.5	
합 계	45	100	145	

※ 근거/자료 목록			
번호	자료명	근거자료	
		근거자료명	해당페이지
3-3-1	1단계 실적 및 2단계 기획보고서	평가보고서	61

#### 4. 결과 단계

평가지표									
4-1			계획된 연구목표 양적 성과가 달성되었는가?						
답변			평가점수						
			15 점 / 15점						
<input type="checkbox"/> 답변근거 종합									
○ 연구단의 최종목표인 “바이오나노 융합 헬스가드(H-GUARD) 시스템” 구현을 위한 세부과제별 1단계 성과목표를 100% 이상 달성함									
<input type="checkbox"/> 평가점수									
○ 연구목표의 달성도									
구분	2-1 문항 답변 (a)	2-2 문항 답변 (b)	목표치 (c)	달성치 (d)	목표 달성도 (e=d/c* 100)	배점기준 (점수) (f)	가중치 (g)	지표점수* (h=fxg)	최종 배점* (i=Σh)
(1) 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작 리소그래피기술 개발	예	예	100	100	100	15	0.12	1.8	15
(2) 3D 유무기 하이브리드 소재기반 나노구조체 개발	예	예	100	100	100	15	0.05	0.75	
(3) 3D 조합 플라즈모닉 나노다면체 프로브 개발	예	예	100	100	100	15	0.04	0.6	
(4) 헬스가드용 3D 복합구조체 기반 센싱 플랫폼 기술 및 응용기술 개발	예	예	100	100	100	15	0.03	0.45	
(5) 생체분자 검출신호 제어를 위한 신개념 3D 나노구조체 설계, 제작 및 활용 기술 개발	예	예	100	100	100	15	0.04	0.6	
(6) 바이오나노 융합 헬스가드용 바이오컨텐츠 확보/가공/활용 및 분석원천기술개발	예	예	100	100	100	15	0.33	4.95	
(7) 메타지놈기반 난배양성 슈퍼박테리아 분석기술개발	예	예	100	100	100	15	0.05	0.75	

구분	2-1 문항 답변 (a)	2-2 문항 답변 (b)	목표치 (c)	달성치 (d)	목표 달성도 ( $e=d/c*$ 100)	배점기준 (점수) (f)	가중치 (g)	지표점수* ( $h=fxg$ )	최종 배점* ( $i=\sum h$ )
(8) Bioinformatics 기반 바이러스 변종 예측 및 검증기술 개발	예	예	100	100	100	15	0.07	1.05	
(9) 약물 저항성 바이오 유해물질 신속 검출을 위한 바이오 콘텐츠 설계 및 활용기술 개발	예	예	100	100	100	15	0.04	0.6	
(10) 감염질환 진단검사 평가를 위한 기반 시스템 구축	예	예	100	100	100	15	0.02	0.3	
(11) Nano-space 조절 및 다중결합을 이용한 고특이성/결합력 super 리셉터 개발	예	예	100	100	100	15	0.02	0.3	
(12) 입자의 공기역학 및 전기적 특성을 이용한 기상 병원균 선별적 분류/포집과 미세유체채널 기반 전처리 기술 개발	예	예	100	100	100	15	0.05	0.75	
(13) 신호증폭을 위한 3D 나노어레이 바이오 센서 개발	예	예	100	100	100	15	0.07	1.05	
(14) 신개념 현장응답형 실시간 유전자 분석기술 개발	예	예	100	100	100	15	0.04	0.6	
(15) 현장적용을 위한 H-GUARD 플랫폼 요소기술 개발	예	예	100	100	100	15	0.03	0.45	
계							1.0		

#### □ 답변근거 및 자료

##### ○ 연구목표 달성치 확인 근거

- 자료(근거)명 각 세부과제별 1단계 자체평가 보고서 (1단계 보고서)
- 생산자(기관) : 각 세부과제책임자(주관기관)
- 생산일시 : '15. 6. 12

#### ※ 근거/자료 목록

번호	자료명	근거자료	
		근거자료명	해당페이지
4-1-1	1단계 실적 및 2단계 기획보고서	평가보고서	37~53
4-1-2	붙임1. 연구성과목표 및 실적 보고서	평가보고서	전체

평가지표									
4-2			계획된 성과지표 · 목표의 양적 성과가 달성되었는가?						
답변			평가점수						
			10.1 점 / 15점						
□ 답변근거 종합									
○ 연구단의 1단계 성과지표 목표 중 일부를 제외한 목표치를 100% 이상 달성함									
□ 평가점수									
○ 성과지표의 달성도									
구분	2-1 문항 답변 (a)	2-2 문항 답변 (b)	목표치 (c)	달성치 (d)	목표 달성도 (e=d/c* 100)	배점기준 (점수) (f)	가중치 (g)	지표점수* (h=fxg)	최종 배점* (i=Σh)
연구비 대비 SCI 논문 생산성	예	예	1	1.04	104%	15	0.1	1.5	10.1
국제공동연구수	예	예	2	1	50%	0	0.05	0	
국제학술활동	예	예	-	-	-		0.025		
글로벌 협력 네트워크 구축	예	예	5	4	80%	5	0.025	0.125	
해당분야 세계 최고 수준 논문 게재 실적	예	예	17	30	176%	15	0.05	0.75	
분야별 논문 영향력 지수	예	예	77	82	106%	15	0.05	0.75	
연구비 대비 특허출원 생산성	예	예	0.4	0.51	128%	15	0.075	1.125	
연구비 대비 특허등록 생산성	예	예	-	0.06	100%	15	0.1	1.5	
글로벌 특허 등록	예	예	-	-	-		0.05		
등록특허의 질적수준	예	예	-	-	-		0.05		
High-risk high-return 과제 수행(단장 주도)	예	예	1	1	100%	15	0.025	0.375	

구분	2-1 문항 답변 (a)	2-2 문항 답변 (b)	목표치 (c)	달성치 (d)	목표 달성도 ( $e=d/c \times 100$ )	배점기준 (점수) (f)	가중치 (g)	지표점수* ( $h=fxg$ )	최종 배점* ( $i=\sum h$ )
융합연구를 통한 시너지 성과 도출 여부	예	예	20	5	25%	0	0.1	0	
인프라 통합 구축 및 활용	예	예			120%	15	0.025	0.375	
기술이전 건수	예	예	-	7	100%	15	0.1	1.5	
기술료	예	예	-	3.1	100%	15	0.1	1.5	
중소기업 협력연구	예	예	2	19	100%	15	0.025	0.375	
연구단 홍보	예	예	25	20	80%	5	0.05	0.25	
계							1.0		
□ 답변근거 및 자료									
○ 성과지표 달성치 확인 근거 - 한국연구재단 연구사업통합지원시스템(ERND) 성과 현황 - 1단계 실적 및 2단계 기획 보고서 등									
※ 근거/자료 목록									
번호	자료명					근거자료			
						근거자료명	해당페이지		
4-2-1	1단계 실적 및 2단계 기획보고서					평가보고서	54		

평가지표														
4-3	사업의 질적 성과는 얼마나 우수한가?													
답변	평가점수													
	5 점 / 5점													
□ 답변근거 종합														
○ 연구단의 연구성과는 양적으로 뿐만 아니라 질적성과도 매우 우수함														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>성과</th> <th>평가점수</th> <th>배점</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>과학기술적 파급효과</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>경제사회적 파급효과</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>합계</td> <td>5 점</td> <td>5 점</td> </tr> </tbody> </table>			성과	평가점수	배점	과학기술적 파급효과	3	3	경제사회적 파급효과	2	2	합계	5 점	5 점
성과	평가점수	배점												
과학기술적 파급효과	3	3												
경제사회적 파급효과	2	2												
합계	5 점	5 점												
□ 답변근거 및 자료														
○ 배점근거														
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 우수 연구성과는 바이오나노 융합 헬스가드 연구분야의 핵심 원천기술 확보를 위한 연구단 목표 달성에 필수적인 우수한 과학적 성과이며, 아울러 경제적·사회적인 파급효과가 매우 클 것으로 예상되는 우수한 성과임</li> </ul>														
우 수 성 과		내용												
HAR & Porous Membrane 제작 리소그래피 기술	과학기술적 파급효과	- 기존 공정으로 제작하기 어려웠던 Multi-Layered 및 HAR Structure 제작 가능으로, 이를 이용한 다양한 학문적/기술적 적용 가능												
	경제사회적 파급효과	- 기존의 2D 기반 패터닝 기술과 이를 이용한 응용기술에서 벗어나 새로운 형태의 Application에 대한 경제적 수요 예상												
인공세포막 및 이를 이용하여 분자 간 상호작용을 분석하는 방법	과학기술적 파급효과	- 나노입자 표면에 리간드를 도입한 후, 실시간 나노입자 관찰 을 통하여 여러 생화학 반응을 연구할 수 있는 플랫폼으로 기대되며 기존에 밝혀지지 않은 단백질 활성 또는 화학 반응 등을 연구												
	경제사회적 파급효과	- 나노입자 표면에 다양한 생화학 분자들을 도입하여 바이오컨텐츠를 검지할 수 있는 플랫폼으로 응용이 가능하며 정량적으로 낮은 농도까지 타겟 물질을 검지할 수 있는 센서로 현재 연구 개발 중												

우 수 성 과		내 용
선형 업컨버전 형광 기반 Rapid Kit 시스템	과학기술적 파급효과	- 선형 업컨버전 형광 입자를 바탕으로 생체 기반 바이오 진단의 고감도 기술 확보에 대한 기대 및 임상시료에 적용 가능한 고선택적인 검출 기술 개발
	경제사회적 파급효과	- 안정성 및 감도가 향상된 정성 및 정량분석용 래피드 키트개발 및 제작으로 시장성 확보 기대
신속 현장 오염 미생물 검출 기술	과학기술적 파급효과	- 환경으로부터 활성이 높거나 생존 미생물만을 측정하여 실제 오염 미생물 검출 유효성을 증대함. 또한, 다양한 바이오제품 제조 공정 에서 오염 세균을 측정할 수 있음으로써 오염 모니터링 기술에 사용 가능
	경제사회적 파급효과	- 단순하고 보관성이 용이한 제품을 양산하는 데 유효한 기술임. 이를 활용하여 기존의 ATP 측정 기반 시장을 대체하는 효과를 가져올 수 있음
나노좀을 이용한 바이러스 현장신속검출기술	과학기술적 파급효과	- 자원이 제한적인 현장에서 저농도 인플루엔자 바이러스를 신속하고 정확하게 검출하여 인플루엔자 환자의 격리, 항바이러스제 치료 등을 빠르게 결정하고 치료성공률을 높일 것으로 기대
	경제사회적 파급효과	- 기존 진단 키트 대비 고감도를 보이는 나노좀 기술을 활용하는 시스템의 가치창출 효과가 기대되며, 인플루엔자 신속 진단으로 국가 재난형 신종플루 등의 감염병을 효과적으로 대처하여 이로 인한 경제적 손실을 최소화할 수 있을 것으로 예상
바이러스 유용 항원	과학기술적 파급효과	- 연속적인 반려동물 및 말에 대한 백신의 기술이전 및 국산화 기술 개발이 완결됨으로써 “ONE HEALTH”의 개념이 중요한 인플루엔자 대응기반 구축이 기대
	경제사회적 파급효과	- 국내 말 인플루엔자 백신시장이 미미한 실정이었으나 외국계 제품에 효능이 대등한 백신개발로 수입대체 효과를 기대


우 수 성 과		내 용
MERS-CoV 진단키트	과학기술적 파급효과	- 기존의 MERS-CoV 진단방법인 open reading frame 1A (Orf1A) real-time reverse transcriptase PCR (RT-PCR)의 진단법 개선
	경제사회적 파급효과	- MERS-CoV의 신속한 진단키트 개발로 사우디아라비아와 아랍에미리트 등지에 수출하여 경제적 이익 창출 기대
단분산 형광단백질 나노폴리곤	과학기술적 파급효과	- 다양한 크기의 단 분산 다중 단백질 조립체를 확보 할 수 있으며 이들 단백질 조립체의 기능성 단백질과의 퓨전을 통해 새로운 기능성 다중 단백질 조립체를 제작 할 수 있음 - 이러한 기능성 단백질 조립체는 다중결합에 대한 기초적인 연구 및 활용가능성을 제시
	경제사회적 파급효과	- 새로운 다중 단백질 조립체와 함께 새로운 분리기술을 제안하여 이들 거대 단백질의 시장개척을 위한 선도 기술을 제시
공기이온을 이용한 세포 용해와 공기 중 부유 미생물 신속 측정기술	과학기술적 파급효과	- 기존의 배양법을 통해 시행되어왔던, 공기 중의 부유 미생물 농도 측정에 대한 연구, 공조 시스템의 성능 평가 등의 다양한 연구의 시간과 비용을 절약
	경제사회적 파급효과	- 부유 미생물의 위험 농도를 빠르게 감지함으로써, 환기, 제균 등의 빠른 대응을 가능 하도록 하며 이를 통해 질병을 예방할 수 있고, 질병으로 인한 사회적 비용을 감소
세균 결합력 측정 나노장치	과학기술적 파급효과	- 수 나노뉴턴의 결합력을 측정할 수 있기에 동물세포 결합력 뿐만 아니라 세균들의 결합력 측정을 통해 병원성 세균 감별 바이오센서로도 활용
	경제사회적 파급효과	- 나노인장기기는 초소형이며 일회용으로서 상용화된 외산 장비들에 비해 저렴하여 장기간 현미경 관찰에 용이하는 장점을 지니기에 상용화가 기대



우 수 성 과		내 용	
미생물 농축 및 유전자 추출 용 미세유체 칩	과학기술적 파급효과	- 금 나노 입자가 삽입된 PDMS의 광열효과를 이용하였기 때문에 이를 이용하여 다른 광열 효과를 이용한 연구에서 샘플에 금 나노 입자를 다량으로 주입하는 방향의 연구보다 PDMS 자체에 금 나노입자를 넣어 사용하는 미세유체 칩이 활발하게 연구될 것으로 기대	
	경제사회적 파급효과	- 미세유체 칩 표면과 미생물간의 결합력을 이용하여 항원-항체 처리 없이도 95% 이상의 흡착률을 보이기 때문에 고비용의 항원-항체 구매 필요가 매우 감소되며 또한 금 나노 입자도 일회용칩에 아주 소량만 들어가기 때문에 장비 제작에 있어서 원가 절감 측면으로 기대	
표면정전용량 방식의 터치스크린을 이용한 표적물질의 검출방법	과학기술적 파급효과	- 터치스크린을 이용하여 생체 물질의 정전용량을 측정하는 방식은 기존에 알려져 있지 않는 방법으로 많은 생체 물질 검출 시스템에 적용될 것으로 기대	
	경제사회적 파급효과	- 현재 기술이 완성되어 대량 생산이 가능하고 가격이 저렴한 표면정전용량 방식의 터치스크린을 이용함으로써, 부피가 크고 가격이 비싼 흡광 또는 형광 기반의 전용 분석장치를 필요로 하거나, 전기영동법과 같이 숙련된 실험 기술 또는 긴 분석 시간을 필요로 하여 전문 인력과 시설을 갖춘 실험실에서만 수행할 수 있었던 종래의 핵산 검출 방법과 비교하여, 가격이 저렴하고 분석시간이 짧은 검출 시스템을 구현하는데 이용	
※ 근거/자료 목록			
번호	자료명	근거자료	
		근거자료명	해당페이지
4-3-1	1단계 실적 및 2단계 기획보고서	평가보고서	56~67
4-3-2	붙임 4. 대표성과 소개서	평가보고서	전체

평가지표																								
4-4	객관적이고 종합적인 성과분석을 실시하였으며, 분석 결과 사업이 효과적으로 수행되었는가?																							
답변	예(5점)	어느정도(2.5점)	아니요(0점)																					
	○																							
<input type="checkbox"/> 답변근거 종합																								
<p>○ 연구단 1차년도 및 1단계 자체평가, 1단계 연구성과 분석 및 R&amp;D 성과창출 전략 컨설팅(정진 특허법률사무소) 등을 통해 객관적이고 종합적인 성과분석을 실시한 결과 사업이 효과적으로 추진중에 있으며, 이를 바탕으로 변화된 연구개발 현황 및 주요 보완이슈를 반영하여 2단계 세부 연구개발 계획이 수립됨</p>																								
<input type="checkbox"/> 답변근거 및 자료																								
<p>○ 연구단 자체평가</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>구 분</th> <th>1차년도 연차평가</th> <th>1단계 단계평가</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>평가 시기</td> <td>‘14년 6월 30일(월)</td> <td>‘14년 6월 12일(금)</td> </tr> <tr> <td>평가 요소</td> <td>1차년도 연구개발 실적 및 2차년도 연구개발 계획</td> <td>1단계 연구개발 실적 및 2단계 연구개발 계획</td> </tr> <tr> <td>평가 방법</td> <td colspan="2">서류 및 발표평가, 종합컨설팅 추진</td> </tr> <tr> <td>평가 대상</td> <td colspan="2">15개 세부과제</td> </tr> <tr> <td>평가 방법</td> <td>전년도 실적점검 및 차년도 계획의 점검을 통해 성과창출(원천특허 확보, 기술이전/사업화 연계 기술개발)을 위한 컨설팅 방식으로 추진</td> <td>종합평가점수에 따라 일정비율을 배분하는 상대평가를 원칙으로 하며, 집계된 종합평가점수에 따라 S, A, B, C, D 등급을 부여하여 과제 중단 및 연구비 조정에 반영함</td> </tr> <tr> <td>평가결과 활용</td> <td colspan="2">평가결과, 연구단 추진방향, 가용 예산범위 등을 종합적으로 심의하여 차년도 과제조정 방안, 연구비 배분에 반영</td> </tr> </tbody> </table>				구 분	1차년도 연차평가	1단계 단계평가	평가 시기	‘14년 6월 30일(월)	‘14년 6월 12일(금)	평가 요소	1차년도 연구개발 실적 및 2차년도 연구개발 계획	1단계 연구개발 실적 및 2단계 연구개발 계획	평가 방법	서류 및 발표평가, 종합컨설팅 추진		평가 대상	15개 세부과제		평가 방법	전년도 실적점검 및 차년도 계획의 점검을 통해 성과창출(원천특허 확보, 기술이전/사업화 연계 기술개발)을 위한 컨설팅 방식으로 추진	종합평가점수에 따라 일정비율을 배분하는 상대평가를 원칙으로 하며, 집계된 종합평가점수에 따라 S, A, B, C, D 등급을 부여하여 과제 중단 및 연구비 조정에 반영함	평가결과 활용	평가결과, 연구단 추진방향, 가용 예산범위 등을 종합적으로 심의하여 차년도 과제조정 방안, 연구비 배분에 반영	
구 분	1차년도 연차평가	1단계 단계평가																						
평가 시기	‘14년 6월 30일(월)	‘14년 6월 12일(금)																						
평가 요소	1차년도 연구개발 실적 및 2차년도 연구개발 계획	1단계 연구개발 실적 및 2단계 연구개발 계획																						
평가 방법	서류 및 발표평가, 종합컨설팅 추진																							
평가 대상	15개 세부과제																							
평가 방법	전년도 실적점검 및 차년도 계획의 점검을 통해 성과창출(원천특허 확보, 기술이전/사업화 연계 기술개발)을 위한 컨설팅 방식으로 추진	종합평가점수에 따라 일정비율을 배분하는 상대평가를 원칙으로 하며, 집계된 종합평가점수에 따라 S, A, B, C, D 등급을 부여하여 과제 중단 및 연구비 조정에 반영함																						
평가결과 활용	평가결과, 연구단 추진방향, 가용 예산범위 등을 종합적으로 심의하여 차년도 과제조정 방안, 연구비 배분에 반영																							

○ R&D 성과창출 전략 컨설팅

수행 기간	‘14년 7월 25일 ~ ’15년 2월 28일 (7개월)
추진 목적	초기 연구단계의 연구단 특성 및 컨설팅 니즈를 반영하여 상용화 관점에서 실질적으로 활용 가능한 TBRM 수립 지원
추진 내용	<p>- 세부과제별·핵심과제별·통합 기술사업화 로드맵 수립</p> <p>- 시장 및 기술 동향 분석</p> <p>- IP 포트폴리오 구축</p> 

○ 1단계 연구 성과분석

수행 기간	‘15년 5월 1일 ~ 2월 28일
추진 목적	초기 연구단계의 연구단 특성 및 컨설팅 니즈를 반영하여 상용화 관점에서 실질적으로 활용 가능한 TBRM 수립 지원
추진 내용	<p><b>성과자료 조사/검증</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 조사대상 : 바이오나노헬스가드연구단의 15개의 세부과제와 12개의 위탁과제의 논문, 특허, 산업화 및 연구 산업 기반 성과</li> <li>• 자료 검증 : 연구단 제공 논문 및 특허, 사업화 성과 자료를 검증</li> </ul> <p><b>평가지표 설정</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기술적 성과 : 특허 성과의 평가를 위한 정부사업과 비교 분석</li> <li>• 과학적 성과 : 논문 성과의 양적, 질적 평가를 위한 평가 지표 설정 및 정부사업과 비교 분석</li> </ul> <p><b>성과자료 분석</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 세부과제별 논문 및 특허 성과의 양적, 질적 평가 분석</li> <li>• 정부사업과 비교분석을 통한 산업화 및 연구 산업 기반 성과 분석</li> </ul>

※ 근거/자료 목록

번호	자료명	근거자료	
		근거자료명	해당페이지
4-4-1	1단계 실적 및 2단계 기획보고서	평가보고서	56~67
4-4-2	붙임 3. 1단계 성과분석 보고서	평가보고서	전체
4-4-3	붙임 7. 기술사업화 로드맵(TBRM)	평가보고서	전체

평가지표			
4-5	평가결과를 사업계획·방식의 보완·변경 등에 활용하였는가?		
답변	예(5점)	어느정도(2.5점)	아니요(0점)
	○		
□ 답변근거 종합			
<p>○ 1단계 1차년도 글로벌프론티어 연차평가(한국연구재단)의 평가결과를 반영하여 연구단 전체 기술로드맵을 설정하고, 기술개발 연구성과목표(MECE/SMART)를 보완하여 연구단 1단계 2차년도 수행계획을 수립함</p>			
□ 답변근거 및 자료			
<p>○ 1단계 1차년도 연차평가 결과 조치사항</p>			
구분	평가의견 (수정·보완사항)	조치계획 및 내용	조치시기
종합 의견	개별연구원들이 우수하여 연구단 공동의 목표에 집중할 수 있도록 단장 및 본부의 역할이 중요함 (유사주제로 타과제 참여불허)	각 세부과제책임자가 연구단에서 수행하는 과제와 유사 연구개발 내용으로의 타 연구개발 사업에 참여하지 않는 조건으로 협약을 체결하여 공동목표인 H-GUARD 개발에 집중할 수 있도록 사업관리를 추진함	2차년도 협약시
사업 관리	사업관리조직의 구체적 제시가 필요하며, 사업단 내 운영규정 필요	연구단의 전주기적인 연구사업의 기획·평가·관리를 연구지원본부에서 수행하고 있으며, 연구단 운영을 위한 11개 자체규정과 11개 세부 지침을 마련하여 추진중에 있음	즉시
	본 연구단이 9년 동안 확보하게 될 최종성과물을 구체화하고 핵심분야별 성과목표 및 연구비 배분 등에 대한 구체적 계획이 필요함  당초 목표인 원천기술개발 목표가 달성될 수 있는 관리 체계가 필요함	연구단계별 구체적인 IP 창출 및 R&D 전략을 수립하여 추진하고, 연구단의 연구개발로드맵(TRM), 기술사업화 로드맵(TBRM)을 구체적으로 수립하여 확보 가능한 원천 연구성과 및 사업화 목표를 달성할 수 있도록 관리하도록 함	'15. 2월

구분	평가의견 (수정 · 보완사항)	조치계획 및 내용	조치시기
사업 추진 모니 터링	세부과제간 협력연구에 대한 모니터링의 추가검토 필요함	내부적으로는 핵심과제 단위로 자체워크숍을 정기적(매월 1회)으로 개최하여 각 세부과제의 연구 진행현황 및 협력연구 추진 등에 대해 점검하고 연구단에서 개최하는 핵심과제 책임자	즉시
	향후 보다 체계적인 모니터링 방안 수립과 쌍방향 의견 교환 창구의 활용이 필요함	정기회의에서 그 결과를 공유하도록 함 외부에서는 전문자문위원회를 활용하여 연구수행과제 중간 진도점검, 실용화 관련 자문 등을 통해 지속적인 모니터링 및 자문을 추진토록 함	
	연구에 방해되지 않고 행정부담이 수반되지 않도록 추진 필요함	연구자의 행정업무를 최소화하기 위하여 가급적 연구지원본부에서의 행정업무를 수행하여, 연구자들이 연구에 전념할 수 있는 업무프로세스를 구축 · 운영토록 함	즉시
성과 관리 및 확산	원천기술개발이 중요한 목표이나 실용화 전략도 필요함	본 연구단은 최종 통합 시스템뿐만 아니라 각 요소기술의 사업화도 적극 추진할 것이며, 사업단 허브에서의 유효성 평가, 산업체 컨소시엄과의 긴밀한 교류를 통해 연구개발 결과의 사업화를 최우선 목표로 할 것임	즉시
선정평가 결과 반영	실용화를 목표로 하는 부분에 시스템 레벨 엔지니어링 분야 보강 고려가 필요함. 각 요소기술들의 시스템화를 위해서는 초기단계부터 고려하는 것이 바람직해 보임	연구 초기단계에서는 연구개발초기에는 핵심원천기술개발에 우선적으로 집중할 것이나, 일부 조기 기술이전 및 실용화가 가능한 기술, 성과에 대해서 실용화 연계를 위한 전문 연구진(시스템 엔지니어링 분야)을 보강할 계획임	필요시
	H-GUARD 시스템 활용을 위해 IT 기술과의 융합에 대한 보완이 필요함	IT 기술분야와의 융합연구는 H-GUARD 통합 시스템 구축을 위한 가시적인 성과가 예상되는 2단계, 3단계에서 관련 기술의 필요성에 따라 보완할 예정임	2단계 이후
연구 성과 목표 달성도	세부과제별 성과목표 및 실적 목표 달성 여부를 판단, 관리할 수 있는 지표의 제시가 필요함	핵심 기술별 특허분석, 환경분석 등 상세분석 결과를 반영하여, 세부과제별 연구 성과목표 및 관리지표를 ‘연구성과 창출전략 계획서’를 통해 제시하도록 하고, 연차 및 단계 평가시 목표 성과 달성여부를 점검하고 보완하여 연구목표 관리에 지속적으로 반영하도록 함.	2차년도 협약시

구분	평가의견 (수정 · 보완사항)	조치계획 및 내용	조치시기
사업 계획의 적절성	실용화를 위한 원천기술 개발을 위해서는 특허에 대한 상세분석이 필요함	연구성과실용화진흥원의 R&D 컨설팅 지원사업 추진을 통해 핵심 기술분야별 상세한 IP 분석 실시하여 IP창출/관리 전략 수립을 추진중이며, 이를 세부과제별 연구성과 목표 및 관리지표에 반영하여 연차별, 단계별 기술개발 추진전략을 구체화하도록 함	‘15. 2월
차기 년도 과제 구성	핵심과제간 연계전략의 보완 고려가 필요함	바이오 콘텐츠 발굴/설계/가공 기술, 샘플 포집 및 전처리, 3D 나노구조체 제작 기술, BT/NT 인터페이싱 기술 등의 1단계 2차년도 이후 핵심과제간 연계전략을 보완하여 추진함	즉시
	조기 실용화될 항목에 있어 세부과제간 긴밀한 연계전략이 필요함	조기 실용화 가능 결과물을 발굴하고, 연계기술개발을 위한 세부과제간 컨넥트 프로그램을 구축하여 운영함	즉시
	내부뿐만 아니라 외부전문가를 많이 활용하는 방향 고려 필요함	외부 전문가로 구성된 자체 자문위원회를 구성 운영하여 연차 및 단계평가뿐만 아니라 과제 중간 진도점검, 워크숍 등을 통해 연구방향 설정, 실용화 관련 자문 등을 추진함	‘14. 10월
세부 추진 내용	추진내용이 유사한 과제들은 좀 더 연계시키거나 통합을 고려할 필요 있음	연구단 수행과제 중 유사한 과제에 대해서 각 핵심, 세부과제간 연계성 등을 고려하여 통합방안을 검토하도록 함	필요시
	각 센서들을 어떻게 하나의 시스템으로 통합하여 multi-sensing 할 것인지에 대한 추진내용이 필요함	H-GUARD 통합시스템 구현을 위한 multi-sensor 적용을 위한 부품 소형화 기술, multi-sensor intergration 기술을 개발하는 연구팀을 구성하여 추진중임	즉시
종합 의견	각 요소기술들의 완성도는 높으나 이와 같은 요소기술들을 통합·융합 할 수 있는 구체적인 전략이 필요함	연구단에서는 요소기술의 융합을 통한 조기 실용화 가능한 결과물을 발굴하고, 연계기술 개발을 위한 세부과제간 컨넥트	즉시
관리 지표 달성도	실질적으로 요소기술들이 유기적으로 결합 및 융합하는 과정이 필요함	프로그램 추진을 통해 체계적인 통합 · 융합연구를 추진토록함	

구분	평가의견 (수정 · 보완사항)	조치계획 및 내용	조치시기
종합 의견	원천연구를 통한 기술사업화 도달까지의 종합적 장기적 체계확립이 필요함	연구성과실용화진흥원의 R&D 컨설팅 지원사업 추진을 통해 각 연구팀의 역량분석, 대내 · 외 환경분석 등을 실시하여 연구단의 구체적인 중장기 추진전략(기술사업화로드맵(TBRM)) 수립을 추진토록 함	‘15. 2월
세부 연구 성과 목표	TBRM에 의한 좀 더 실질적인 성과목표 설정이 필요함	수립된 기술사업화로드맵은 대내외 환경변화, 기술개발목표 달성정도에 따라 지속적으로 보완하여 통합적인 연구단 목표관리 체계를 마련함	
연구단 운영 전략	각 연차별 단계별 원천기술개발과 상용화 계획이 구체적으로 제시될 필요가 있음		
연구단 운영 전략	연구팀 구성은 유연하게 가변적으로 운영할 필요가 있음	필요시 연구팀 구성을 무빙타겟(in and out) 전략을 통해 유연하고 가변적으로 운영하도록 함	필요시
연구단 운영 전략	타 과제 중복수행 근절과 특허 등 지적재산권의 소유권 확보방안이 필요함	각 세부과제책임자가 유사한 연구개발 내용으로의 타 연구개발 사업에 참여하지 않으며, 핵심특허의 경우 세부과제와 공동연구, 연구단에서 특허 지원 등을 통해 지재권을 확보하고, 주관연구기관과 연구단간 공동소유 하도록 협약을 체결함	2차년도 협약시
종합 의견	사업화 관련기구를 마련할 필요성이 있으며 이를 통해 사업기간 내 기술이전 등을 실행할 필요성이 있음	현재 미래부에서는 글로벌프론티어사업 연구성과의 기술사업화 방안(전담조직 설치, 창업방법 등)을 마련 중이며, 연구단에서는 그 결과에 따라 사업화 전담기구 설립 등 사업화 추진을 실행할 예정임.	즉시
사업 관리	사업관리 조직 내에 기술이전이나 사업화를 할 수 있는 기구가 필요함	아울러, 연구단에서는 이와 별도로 기술이전 및 사업화 기반을 마련하기 위하여 각 세부과제에서 개발되는 원천기술의 재현성, 실용성 등 유효성 평가를 실시하고, 바이오나노 콘텐츠 등의 물질이전을 적극 수행하여 연구단 중심의 융합연구개발을 통한 기술이전 및 사업화를 추진중에 있음	
※ 근거/자료 목록			
번호	자료명	근거자료	
		근거자료명	해당페이지
-	-	-	-

평가지표				
5-1	2단계 사업의 구성 및 추진방식 등이 적절하게 설계되어 있는가?			
답변	예(15점)	상당정도(12점)	어느정도(9점)	아니요(0점)
	○			
<input type="checkbox"/> 답변근거 종합				
<p>○ 2단계 사업 추진계획 수립을 위해 관련 연구의 기술/정책 동향, 1단계 연구성과, 기술사업화로드맵(TBRM), 1단계 자체평가 결과 등을 종합적으로 분석하여 2단계 중점추진 14개 과제(통합 연구목표 관리를 위해 2개 세부과제를 통합)로 구성하고, 2단계 연구성과 목표/관리지표를 재정립하여 연구개발 계획을 수립함</p>				
<input type="checkbox"/> 답변근거 및 자료				
<p>○ 연구개발 동향, 정책동향이 잘 반영하여 계획을 수립하였는지 여부</p> <p>- R&amp;D 컨설팅, 성과분석 등에서 시장동향, 미래시장 예측, 경쟁기술 비교 분석을 통해 연구단 TBRM의 타당성 및 보완 필요성에 대한 이슈를 제시하였고, 이러한 내용을 연구단의 R&amp;D 방향 설정 및 성과목표 등에 기반자료로 활용</p>				
<div style="text-align: center;"> <b>미래 트렌드 - 연구단 구조 연계 분석</b> </div> <p><b>2015-2017 (핵심1):</b> 나노 반도체 공정 및 의료, 바이오 분야용 고정밀 스테이지 모듈; 2고정밀 스테이지 제조 및 측정 제어기술; POCT용 센싱</p> <p><b>2018-2020 (핵심1):</b> 대면적 마이크로나노 3차원 구조 제작용 소재 및 자가생산 모듈; 높은 광 효율 특성의 대면적 마이크로나노 3차원 구조 제작 기술; 부패된 음식 및 식자재 감지 센서 및 스마트 부품; 센서 및 스마트 부품을 위한 초소형 MEMS 공정 및 복합신호 처리용 SoC</p> <p><b>2021-2023 (핵심2,3):</b> 인체 삽입 반영구 질병 진단/치료 및 생체조직 전기 자극이 가능한 소재 개발; 융합소재 이용 초소형 트랜지스터, 자가충전용 에너지 하베스팅 소자, 미세전극, 나노바이오칩/센서 등과 같은 나노바이오 전자소자 제작기술; 개인별 맞춤형 재난/재해 서비스 제공 및 예방/방지 기술; 초소형 환경 센서, 자가 발전 및 저전력 SoC 탑재 부품 개발, 인공지능 서비스 제공을 위한 데이터 처리/클라우드 서비스</p> <p><b>2024-2026 (핵심3):</b> 유·무기 하이브리드 소재 적용 초저가, 저전력, 고감도 플렉시블 센서 소재 개발; 제작비용, 전원 공급, 이동성 및 융합성 등 한계를 극복한 저가, 고감도 센서 구현</p>				



<미래트렌드에 따른 연구단 구조 연계 분석>

실현시기	미래유망 핵심부품	관련 내용	관련성
2017	나노급 위치정렬이 가능한 고정밀 스테이지	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 나노급 위치 정렬을 필요로 하는 반도체 공정 및 의료, 바이오 분야용 고정밀 스테이지 모듈</li> <li>▪ 20nm 이하의 나노 위치정렬이 가능한 고정밀 스테이지 제조 및 측정, 제어기술</li> </ul>	핵심1
2018	맞춤예측 의학을 위한 POCT용 기반의 센싱 및 시각화	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 분자-세포 수준에서부터 개체 및 인구 집단 수준의 의료 정보통합 을 위한 혈액 정보 및 3차원 바이오 인포매틱스 등의 정보를 활용 한 치료기술</li> <li>▪ 혈액정보 및 유전자 정보, 3차원 BMI 기술을 활용한 POCT 플랫폼 구축 및 개인별 맞춤-예측 의학을 위한 의료용 센싱 부품 및 서비스 기술</li> </ul>	핵심2,3
2019	대면적 마이크로나노 3차원 하이브리드 구조 제작 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 차세대 3차원 디스플레이에 대응 가능한 대면적 마이크로나노 3차원 구조 제작을 위한 소재 및 저가 생산 모듈</li> <li>▪ 다양한 파장의 광에 대응 가능한 소재기술, 자가세정 및 높은 광 효율 특성을 갖는 대면적 마이크로나노 3차원 구조 제작 기술</li> </ul>	핵심1
2020	인체 유해 생활가스 감지 센서 및 계측 부품	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 식자재 및 음식류의 생산, 유통 및 보관시 발생할 수 있는 유해 gas 를 감지하여 부패된 음식 및 식자재 사용을 차단하여 건강 식생활 기본 환경 구축을 위한 감지 센서 및 스마트 부품</li> <li>▪ 기능성 소재 활용하여 유해 가스의 정도 및 상태를 모니터링 할 수 있는 전자기기용 센서 및 스마트 부품을 위한 초소형 MEMS 공정 및 복합신호 처리용 SoC</li> </ul>	핵심3
2020	인공지능 개인 맞춤형 재난/재해용 자가발전 부품 및 서비스 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 다양한 생산 현장과 일상 생활에 존재하는 위험 요소에 대해 개인별 맞춤형 재난/재해 서비스를 제공하여 사고를 사전에 예방 및 방지할 수 있는 기술</li> <li>▪ 장시간 사용 및 휴대성을 위한 초소형 환경 센서, 자가 발전 기능 및 저전력 SoC 탑재 부품 개발과 개인별 인공지능 서비스 제공을 위한 데이터 처리/클라우드 서비스</li> </ul>	핵심3
2022	생체분자 기반 나노바이오 전자 소자용 융합소재	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 인체 내 이식되어 반영구적으로 질병의 진단과 치료 및 생체조직에 전기적 자극을 전달할 수 있는 기능을 가진 소재 개발</li> <li>▪ 생체분자 기반의 융합소재를 이용하여 초소형 트랜지스터, 자가 충전용 에너지 하베스팅 소자, 미세전극, 나노바이오칩/센서 등 과 같은 나노바이오 전자소자를 제작하는 기술</li> </ul>	핵심2,3
2025	실시간 유해가스 검출을 위한 저가형 플라스틱 센서 소재	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 실시간 유해· 위험 화학가스 검출을 위한 유기물 혹은 유· 무기 하이브리드 소재를 적용한 초저가형, 저전력형, 고감도 플렉시블 센서 소재 개발</li> <li>▪ 기존의 센서 기술들의 제작비용, 전원 공급, 이동성, 및 차세대 스마트 장비와 융합성 등에 많은 한계점을 극복하고 저가격, 고감도 실현 필요</li> </ul>	핵심3

○ 선택과 집중을 위한 예산배분(안)

구분	소속기관	예산(안)
□ 나노헬스가드용 3D 나노-마이크로 구조체 제작 및 응용기술 개발	KIMM	23.62
▪ 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작 리소그래피 기술 개발	KIMM	
▪ 3D 유무기 하이브리드 소재기반 나노구조체 개발	연세대	
▪ 3D 조합 플라즈모닉 나노다면체 프로브 개발	서울대	
▪ 헬스가드용 3D 구조체 마스터 몰드 제작 기술 개발	NNFC	
▪ 생체분자 검출신호 제어를 위한 신개념 3D 나노구조체 설계, 제작 및 활용기술 개발	KRIBB	40.9
□ 바이오나노 융합 헬스가드용 바이오컨텐츠 확보 및 활용기술개발	연구단	
▪ 바이오나노 융합 헬스가드용 바이오컨텐츠 확보/가공/활용 및 분석원천기술개발	연구단	
▪ 메타지놈기반 난배양성 슈퍼박테리아 분석기술 개발	KRIBB	
▪ Bioinformatics 기반 신변종 바이러스 예측 및 유용항원 개발	KRIBB	
▪ 약물 저항성 바이오 유해물질 신속 검출을 위한 바이오 컨텐츠 설계 및 활용기술 개발	KRIBB	
▪ 감염질환 환자에서 맞춤치료를 증진하기 위한 전산 및 검사평가 시스템 구축	연세의대	
▪ Nano-space 조절 및 다중결합을 이용한 고특이성 / 결합력 super 리셉터 개발	KAIST	
□ 3D 구조체 기반 실시간 연동형 전처리 및 고속 검출기술 개발	서울대	12.31
▪ 입자의 공기역학 및 전기적 특성을 이용한 기상 병원균 선별적 분류/포집과 미세유체채널 기반 전처리 기술	연세대	
▪ 신호증폭을 위한 3D 나노어레이 바이오 센서 개발	서울대	
▪ 신개념 현장응답형 실시간 유전자 분석기술 개발	KAIST	6.0
▪ 실용화 연계 신규과제(2~3개) 발굴 지원	미정	
▪ 바이오나노 헬스가드 연구사업 기획평가관리	연구단	5.5
합 계		93.33

※“연구개발사업 기획 평가관리”, “실용화 연계 신규과제 발굴지원” 연구비는 미래부 방침, 선정평가 결과에 따라 추후 변동될 수 있으며, 변동에 따른 예산 조정은 연구단 추진전략에 따라 변경될 수 있음

※ 근거/자료 목록

번호	자료명	근거자료	
		근거자료명	해당페이지
5-1-1	1단계 실적 및 2단계 기획보고서	평가보고서	107~115

평가지표				
5-2	2단계 연구목표 및 성과지표는 적절히 구성되었는가?			
답변	예(15점)	상당정도(12점)	어느정도(9점)	아니요(0점)
	○			
□ 답변근거 종합				
<p>○ 변화된 기술 환경변화 등을 반영하여 2단계 연구 성과목표와 세부과제 내용을 재구성하였으며, MECE/SMART 원칙에 따라 연구목표 및 성과지표를 구체적이고, 측정가능하도록 설정함</p>				
□ 답변근거 및 자료				
<p>○ 차기단계 연구목표 및 지표, 단계별 연구목표가 적절한지 여부</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구의 선택과 집중을 2단계 연구목표 및 세부과제 내용을 재구성</li> <li>- 일부 세부과제 조정에 따라 세부 연구목표를 수정·보완</li> <li>- MECE/SMART 원칙에 따라 세부과제 수준에서의 개별 기술개발 성과목표간에 개념상의 중복이 없고, 세부과제의 목표와 연구단 전략목표가 1:1 대응되도록 구성</li> </ul>				
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;">성과목표</div> <div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; text-align: center;"> <b>전략목표</b> </div> <div style="background-color: yellow; padding: 10px; text-align: center; margin-bottom: 10px;"> <b>바이오나노 융합 헬스가드 (H-GUARD) 시스템 (바이오 유해물질로부터 안전한 미래사회 구현)</b> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="background-color: #90EE90; padding: 5px; text-align: center;">나노헬스가드용 3D 나노-마이크로 구조체 제작 및 응용</div> <div style="background-color: #90EE90; padding: 5px; text-align: center;">바이오 컨택츠 예측가공 및 헬스가드 시스템 적용기술 개발</div> <div style="background-color: #90EE90; padding: 5px; text-align: center;">실시간 연동형 처리-센싱 통합 시스템 개발</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="width: 30%;"> <div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작 라소그래피 기술</div> <div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">3D 유무기 하이브리드 소재기반 나노구조체</div> <div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">3D 조판-플라즈모닉 나노다면체 표면형성</div> <div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">3D 복합기능성 미세유체칩 기반 센싱 플랫폼 기술 및 응용 기술</div> <div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px;">생체분자 검출신호 제어를 위한 신개념 3D 나노구조체 설계 및 활용기술</div> </div> <div style="width: 30%;"> <div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">바이오나노 융합 헬스가드용 바이오 컨택츠 확보/가공/활용 및 분석 관련기술</div> <div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">난쟁형상 유익박테리아 진단기술</div> <div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Bioinformatics 기반 바이러스 변종 예측 및 검증기술</div> <div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">약물 저항성 바이오 유해물질 검출용 바이오 컨택츠 설계 및 활용 기술</div> <div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">감염질환 진단 검사 평가를 위한 기반 시스템 구축 기술</div> <div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px;">Nano-space 조절 및 다중결합을 이용한 고특이성/결합력 super 리셉터</div> </div> <div style="width: 30%;"> <div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">기침 병원균 선별적 분류/포집과 미세유체채널 기반 전처리 기술</div> <div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">신호증폭을 위한 3D 나노여레이 바이오 센서</div> <div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px;">신개념 원장용입형 실시간 유전자 분석기술</div> </div> </div> </div> </div>				

- 차기단계 성과목표 및 지표, 단계별 연구목표가 달성가능하며, 의욕적으로 설정되어 있는지 여부
  - 2단계 연구목표 및 성과지표는 글로벌프론티어 사업의 4G 철학을 달성 할 수 있도록 객관적이고 구체적으로 측정 가능하게 구성
  - 글로벌프론티어사업 추진목적, 정부 R&D사업의 평균 성과지표, 개발 기술분야의 특성 등을 고려하여 도적적이고 의욕적으로 성과지표가 설정됨
- 차기단계 성과목표 및 지표, 단계별 연구목표가 구체적·측정가능하며 연구단의 목표를 대표하고 있는지의 여부
  - 단순한 정량적 실적을 측정하는 성과지표보다는 질적인 우수성을 측정할 수 있는 성과지표를 구성

○ 2단계 연구목표의 개요

세부 목표 1	목표명	3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작 리소그래피기술 개발
	가중치	0.12
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체 제작을 위한 3D 리소그래피 핵심요소기술 개발</li> <li>Localized spatial 리소그래피 시스템 개발</li> <li>비접촉식 전기수력학 기반 코어셸-코어라인</li> <li>패터닝 리소그래피 공정 및 시스템기술 개발</li> <li>저잡음 기판에 전사된 3D 나노-마이크로 하이브리드 구조체의 원자층 증착법을 이용한 표면 활성화 및 능동형 소자 공정 개발</li> </ul>
	측정산식 또는 방법	광학, AFM 및 SEM 측정을 통한 수십 $\mu\text{m}$ 이상의 마이크로 패턴과 수-수백 nm 수준의 나노패턴 형상에 대한 측정
	산출근거	포집, 전처리 및 검출을 수행하고자 하는 바이오컨텐츠 크기를 바탕으로 요구되는 나노-마이크로 구조체의 크기 및 형상에 대해 정의함
세부 목표 2	목표명	3D 유무기 하이브리드 소재기반 나노구조체 개발
	가중치	0.05
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>나노패턴된 기판에 3D 나노구조체가 적층된 검지 시스템 개발</li> <li>분자-광학지퍼가 도입된 3D 나노구조체 기반 플라즈모닉 바이러스 검지시스템을 통한 유전자 검지</li> <li>3D 플라즈모닉 나노구조 어레이와 바이러스 리셉터를 이용한 병원체의 선택적 검지기술 확립</li> </ul>
	측정산식 또는 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>합성된 물질의 구조적 측정(SEM, TEM, DLS)</li> <li>광열 효과의 효율성 측정(근적외선 레이저의 조사 혹은 교류 자기장 내에서의 광열효과 유도; 조사된 레이저 혹은 교류 자기장의 에너지 대비 광열계수 측정)</li> <li>플라즈모닉 신호의 증폭팩터 측정(증폭되지 않은 신호 대비 증폭된 신호의 비율 계산)</li> <li>타겟 유전자의 농도별 발생하는 플라즈모닉 신호의 분석(유전자의 검출 한계 측정)</li> </ul>
	산출근거	합성된 물질의 형태, 광열효과 발생 효율, 플라즈모닉 신호 증폭 등을 통해 구체적인 목표를 산출

세부 목표 3	목표명	3D 조합 플라즈모닉 나노다면체 프로브 개발
	가중치	0.04
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신개념 3D 나노다면체 (5종 이상) 초정밀 고수율 합성 (합성 수율 80 % 이상)</li> <li>• 초고감도 3D 나노다면체 광학 신호 증폭 연구 (라만 증폭 <math>10^{12}</math> 이상)</li> <li>• 3D 나노다면체 프로브 기반 생체 분자 검지 시스템 구축 (검지능: 단백질 기준 1 fM 이하 또는 핵산 기준 500 aM 이하, 3종 이상 다중검지)</li> <li>• DF-NLB 시스템 최적화 및 응용 모듈 개발 (바이오 콘텐츠 3종 이상 다중검지)</li> <li>• DF-NLB 시스템 시제품 개발, 휴대용 생체분자검지 카트리지 개발 및 분석 프로그램 개발</li> </ul>
	측정 산식 또는 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TEM, SEM, EDS 등의 분석 장비를 이용하여 나노다면체의 종류, 합성 수율, 대량 양산 시스템 구축 정도 등을 측정.</li> <li>• Dark-field, Raman spectroscopy, UV-vis spectroscopy 등의 분석 장비를 이용하여 나노다면체의 조합에 의한 광학 신호의 증폭 정도를 나노다면체의 종류, 조합법, 다면체간 간극 조절 등에 따라 측정</li> <li>• 3D 조합 나노다면체 프로브를 이용하여 헬스가드용 바이오콘텐츠 검지 효율을 검지한계 및 다중 검지 여부 측면에서 측정</li> <li>• DF-NLB 시스템을 통한 바이오콘텐츠 다중검지 확인 측면에서 측정</li> </ul>
세부 목표 4	산출근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 나노다면체의 모양, 크기, 조성 등의 초정밀 조절 여부 및 고수율/대량 합성 효율 등을 산출함</li> <li>• 3D 조합 나노다면체의 라만 신호 증폭 정도 및 조절 여부 등을 산출하고 학계에 보고된 결과와 비교/분석함</li> <li>• 3D 조합 나노다면체 프로브 기반 바이오콘텐츠 검지 시스템의 검지한계, 다중 검지능을 재현성, 신뢰성, 검지 효율 등으로 산출하고, 기존의 바이오검지 시스템과 비교/분석함</li> <li>• DF-NLB 시스템의 최적화를 통한 분석 응용모듈 및 카트리지 개발 여부와, 해당 시스템 기반의 바이오콘텐츠 검지의 검지한계, 다중검지능을 재현성, 신뢰성, 검지 효율 등으로 산출하고 기존의 바이오검지 시스템과 비교/분석함</li> </ul>
	목표명	헬스가드용 3D 복합구조체 기반 센싱 플랫폼 기술 및 응용기술 개발
	가중치	0.03
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오 유해물질 고감도/고선택 검출을 위한 구조물 설계 및 공정기술 개발</li> <li>-바이오 유해물질 고감도/고선택 검출용 3D 구조체 설계 기술 개발</li> <li>-혼합형 유해물질 추출 및 신호 검출을 위한 기반 기술 개발</li> <li>• 3D 복합구조체 기반 바이오 유해물질 센싱을 위한 기능성 미세유체칩 플랫폼 기술 개발</li> <li>• 고집적 어레이형 구조체 제작을 위한 설계 및 기반 공정 기술 개발</li> <li>• 3D 복합구조체 기반 기능성 미세유체칩 패키징 및 상용화를 위한 공정기술 개발</li> <li>-구조체 고집적화/대면적화 기반 기술 개발</li> <li>• 유해물질 신호 증폭용 3D 복합구조체 성능평가 기술 개발</li> <li>-구조체 기반 바이오 콘텐츠 센싱 구현 및 성능 평가 기술 개발</li> </ul>
세부 목표 4	측정 산식 또는 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 광학, TEM, AFM 및 SEM 측정을 통한 3D 복합 기능성 미세유체칩 형상에 대한 측정 및 기능성 미세유체칩을 이용한 물리적, 전기적 변화를 측정 비교</li> <li>• 바이오 유해물질; 나노/마이크로 복합구조체 적용을 통한 센싱 효율성능 향상을 광학 및 전기화학적 측정을 통한 전후 비교</li> </ul>
	산출근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 포집, 전처리 및 검출을 수행하고자 하는 바이오 유해물질 콘텐츠 센싱 방법을 기반으로 3D 복합체의 크기, 형상에 대한 정의와 신호 검출 방법에 대해서 정의함</li> </ul>

세부 목표 5	목표명	생체분자 검출신호 제어를 위한 신개념 3D 나노구조체 설계, 제작 및 활용 기술 개발
	가중치	0.04
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3D 나노구조체의 바이오컨텐츠 적용 적합성 평가</li> <li>• 고효율 바이오컨텐츠 도입기술 개발</li> <li>• 나노구조체의 바이오컨텐츠 고효율 도입을 통한 생체분자 검출 성능향상 연구</li> <li>• 신규 나노바이오 인터페이싱 기술 개발</li> <li>• 바이오컨텐츠 적용 나노구조체 기반 바이오유해물질 검출센서 개발</li> <li>• 나노구조체-바이오컨텐츠 융합 구조체 기반 바이오유해물질 검출 플랫폼 개발</li> <li>• 3D 나노구조체 기반 바이오유해물질 검출 플랫폼 성능 평가 및 최적화</li> </ul>
	측정산식 또는 방법	• 나노구조체의 바이오컨텐츠 적용 적합성, 적용 효율, 생체분자 검출 능력 향상 정도 등을 측정
	산출근거	• 나노구조체의 조성, 크기, 형상 등에 따른 바이오컨텐츠의 적합성, 효율 등을 산출함
세부 목표 6	목표명	바이오나노 융합 헬스가드용 바이오컨텐츠 확보/가공/활용 및 분석원천기술개발
	가중치	0.33
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H-GUARD용 바이오컨텐츠/나노구조체 인프라 활용기술 개발</li> <li>• 바이오유해물질 검출을 위한 바이오컨텐츠/나노구조체 인터페이싱 원천기술 확보 및 적용기술 개발</li> <li>• 세부과제 간 컨넥트 프로그램을 통한 원천기술 확보</li> <li>• 확보된 핵심 원천기술의 유효성 평가를 통한 실용화 연계 지원</li> </ul>
	측정산식 또는 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오 컨텐츠 및 나노구조체 라이브러리 확보 및 제공 여부 확인</li> <li>• 유해물질에 대한 결합력 및 특이성 측정</li> <li>• H-GUARD 원천기술의 주관기관 내 유효성 평가</li> <li>• H-GUARD 한계돌파형 원천기술 발굴 및 원천특허 확보 여부</li> <li>• H-GUARD용 실용화 연계기술 발굴 및 개발 여부</li> </ul>
	산출근거	• H-GUARD 타겟이 되는 바이오 컨텐츠를 근거로 산출함
세부 목표 7	목표명	메타지놈기반 난배양성 슈퍼박테리아 분석기술개발
	가중치	0.05
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 메타지놈 기반 환자 검체 유해 슈퍼박테리아 내성 결정인자 12개 개발</li> <li>• 메타지놈 기반 환자 검체 유래 병원성 세균 종류 및 병원성 결정인자 개발(6 개이상)</li> <li>• 인체 마이크로바이옴 기반 슈퍼박테리아 감염 바이오마커 개발 (1 종 이상)</li> </ul>
	측정산식 또는 방법	• 진단/예측 가능한 슈퍼박테리아의 종류와 정확도를 기준으로 함
	산출근거	• 기존 시도되지 않는 난배양성 슈퍼박테리아 진단을 위해 구체적인 목표를 제시함

세부 목표 8	목표명	Bioinformatics 기반 신변종 바이러스 예측 및 유용항원 개발
	가중치	0.07
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신·변종 바이러스, 국가 재난형 바이러스 유용 유전자원 확보 및 가공 (5종 이상)</li> <li>• 신·변종, 국가재난형 바이러스 대응 유용 항원 및 항체 후보물질들의 효능 기전 규명 (5종 이상)</li> <li>• 인위조작 재조합 인플루엔자 바이러스 합성 및 병원성 결정기 규명 (6종 이상)</li> <li>• Bioinformatics기반 신·변종 바이러스 선제적 탐색 및 특성 규명을 통한 신종 바이러스성 감염병 발생 예측기반 마련</li> </ul>
	측정 산식 또는 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• universal antigen, pandemic 후보주 확보여부</li> <li>• 재조합 우선순위 결정요소 규명여부</li> <li>• 인플루엔자 바이러스의 재조합 패턴 규명 여부</li> </ul>
	산출근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3종 이상의 신·변종바이러스 유용 유전자원 확보 및 가공 및 universal antigen, antibody, 대유행 후보주를 포함한 유용 유전자원 확보/ 가공</li> <li>• 3종 이상의 인플루엔자 바이러스 재조합 우선순위 결정요소 규명</li> <li>• in vitro 재조합을 통한 바이러스간 재조합 패턴규명 및 병원성 재현</li> <li>• Bioinformatics를 접목한 재조합바이러스의 pattern의 시뮬레이션 구축, 재조합 canine H3N2 인플루엔자바이러스의 기원 및 계통 분석</li> </ul>
세부 목표 9	목표명	약물 저항성 바이오 유해물질 신속 검출을 위한 바이오 콘텐츠 설계 및 활용기술 개발
	가중치	0.04
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오 유해물질 검출용 항체 개발 및 사업단 제공을 통한 항체 인프라 구축</li> <li>• 약물 저항성 바이오 유해물질 검출용 바이오 콘텐츠 개발 및 최적화 기술 개발</li> <li>• 미래 출현 가능 약물 저항성 바이오 유해물질 예측/확보 및 특이적 항체 개발을 통한 변종 출현 대비 검출용 바이오 콘텐츠 인프라 구축</li> <li>• 확보된 바이오 콘텐츠 유효성 평가를 통한 다양한 진단 활용기술 개발[2-1 세부과 협력 연구]</li> <li>• 약물-표적 단백질 결합력 기반 약물 저항성 바이오 유해물질의 고효율 검출/진단 시스템 개발 및 활용기술 개발(사업단내 타세부와의 협력연구)</li> </ul>
	측정 산식 또는 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기 확보 항체의 H-GUAR 적용 적합성, 효율, 표적분자 검출 능력 정도를 항체와 표적 단백질간의 결합력과 특이성을 통하여 측정</li> </ul>
	산출근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 항체와 표적 단백질간의 결합력과 특이성 등을 통하여 산출함</li> </ul>

세부 목표 10	목표명	감염질환 진단검사 평가를 위한 기반 시스템 구축
	가중치	0.02
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 무균검체에서 분리된 세균의 데이터 베이스 구축</li> <li>• 균종별 항균제 치료 지침 및 보고전산시스템 개발</li> <li>• 바이러스 검체 확보</li> <li>• CMV 전유전체 분석</li> <li>• 항바이러스제 내성 CMV 검출법 개발</li> <li>• 결핵 균주 및 호흡기 검체 확보</li> <li>• Real time PCR,</li> <li>• Sequencing, NGS 및 MALDI-TOF MS를 이용한 결핵균 특성 연구</li> <li>• 침습성 진균증 환자에서 유래된 진균 및 검체 확보</li> <li>• 진균의 특이 항원 검사법 개발</li> <li>• 항진균 감수성 검사 개발</li> <li>• 개발 감염 마커/측정법의 성능 및 임상 유용성 평가</li> </ul>
	측정 산식 또는 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오 유해물질 검출법의 유효성 평가를 위한 임상검체 은행 구축 여부 및 타과제 검증 자료 제공 여부</li> <li>• 중환자실 유래 임상검체를 이용한 H-Guard Briefcase 시제품 임상평가 여부</li> <li>• WGS 규명된 CMV, 결핵균/ 다제내성 병원균 기탁 여부</li> <li>• CMV 등 바이러스 내성검출 및 평가 시스템 구축 여부</li> <li>• 결핵균 등 항산성 세균 신속진단, 내성 검출, 유전형 분석 및 평가 시스템 구축 여부</li> <li>• 침습성 진균증의 검출 및 평가 시스템 구축 여부</li> <li>• 감염 마커 검출능 및 임상 유용성 평가 체계 구축 여부</li> </ul>
	산출근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수집된 건수에 대한 정의</li> <li>• 내성 검출, 유전형 분석 평가 시스템에 대한 정의</li> <li>• 타 세부 지원에 대한 정의</li> </ul>
세부 목표 11	목표명	Nano-space 조절 및 다중결합을 이용한 고특이성/결합력 super 리셉터 개발
	가중치	0.02
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고특이성/결합력 super 리셉터 플랫폼 개발</li> <li>• 유니버설 아비딘 단백질 초분자체 기반 다중결합 모듈 개발</li> <li>• 단백질 초분자체 고체상 합성법 개발</li> <li>• Folding engineering을 통한 super stable 생체분자 개발</li> <li>• 나노공간 및 flexibility 조절을 위한 생체분자 링커 개발</li> <li>• 초분자체 기반 단백질 다중결합 특성 연구</li> <li>• 생체분자 초분자체 기반 결합력 향상 리셉터 개발(<math>K_d &lt; 100 \text{ pM}</math>)</li> </ul>
	측정 산식 또는 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SPR 등의 분석방법을 이용하여 생체분자간 결합력 및 특이도를 분석하며, TEM 등의 분석법을 이용하여 초분자체의 모양 등에 대한 정보를 제시함</li> </ul>
	산출근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유해물질의 크기 및 항체의 결합력을 바탕으로 하여 super 리셉터의 다중성과 결합력 등을 제시하였음.</li> <li>• 세계적으로도 다중성의 정밀한 조절에 따른 결합력 변화에 대한 연구는 미미함</li> </ul>



세부 목표 12	목표명	입자의 공기역학 및 전기적 특성을 이용한 기상 병원균 선별적 분류/포집과 미세유체채널 기반 전처리 기술 개발
	가중치	0.05
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 포집기 설계 및 제작</li> <li>• 센서부와 연결 될 미세유체 장치 제작</li> <li>• 분류기, 하전기, 포집기 통합장치 구축</li> <li>• 나노구조체의 stretching을 통한 병원체 정밀 감별</li> </ul>
	측정 산식 또는 방법	• 바이오에어로졸의 실시간 선별, 하전, 액상 포집 능력, 핵산 추출과 다중 병원체 감별 효율 등을 측정
	산출근거	• 바이오에어로졸 종류에 따른 실시간 선별, 하전, 액상 포집 능력, 핵산 추출과 다중 병원체 감별 효율 등을 산출함
세부 목표 13	목표명	신호증폭을 위한 3D 나노어레이 바이오 센서 개발
	가중치	0.07
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3D 신호증폭 나노입자 어레이 기반 재사용 가능한 고속 바이오 센서 최적화 및 실재 시료 적용</li> <li>• 3D 신호증폭 나노입자 어레이 기반 센서의 노이즈 저감 구조 개발</li> <li>• 2차원 바이오센서 모듈 제작</li> </ul>
	측정 산식 또는 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제작된 3D 나노구조의 형태 및 균일도 측정(SEM, TEM, AFM)</li> <li>• 핵심2에서 연구될 리셉터의 도입을 통한 병원체의 선택적 측정 여부 확인</li> <li>• 다양한 병원체가 혼재된 시료로부터의 선택적 검지</li> <li>• 마이크로-나노구조 프레임을 이용한 신호증폭 여부</li> <li>• 임상시료의 전처리 모듈과의 통합 및 헬스가드 시스템 내 탑재 여부</li> </ul>
	산출근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재사용 가능한 고속 센서를 구현하고자하는 본과제의 목표는 세계최고 수준으로서, 기존 센서 기술의 한계를 극복하고, 전처리와 연동된 실시간 모니터링 시스템을 구현하기위해 센서가 갖추어야할 핵심 특성임</li> <li>• 또한, 임상시료에서 센서의 선택적인 반응은, 센서의 실용화를 위해서 필수적인 요건이기에 목표로 선정함</li> </ul>
세부 목표 14	목표명	신개념 현장응답형 실시간 유전자 분석기술 개발
	가중치	0.04
	세부내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전기화학적 핵산 검출 신호 모델 확보</li> <li>• 전기화학 신호 기반 실시간 핵산 증폭 모니터링 기술 개발</li> <li>• 나노 구조 기반 검출 전극 개발</li> <li>• 전극이 탑재된 검출 플랫폼 개발</li> <li>• 3D 구조체 기반의 회전식 핵산 추출 모듈 개발</li> <li>• 등온 PCR - 스트립 기반 통합 시스템 구축</li> <li>• Portable RT-PCR 시스템의 소형화 / 유효성 평가</li> <li>• dPCR feasibility 평가/시스템 제작</li> <li>• dPCR micro fluidic chip 개발 / dPCR 유효성 평가</li> <li>• RT-PCR의 효율적인 유동제어를 위한 미세 유체펌프 및 measuring 소자 개발</li> <li>• RT-PCR 시스템 및 일회용 미세 유체칩 제작</li> </ul>

	측정 산식 또는 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>등온 핵산 증폭 기술 성능 평가 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다양한 핵산효소의 증폭효율 비교 및 소요 시간과 증폭온도</li> </ul> </li> <li>전기화학 신호/정전용량을 비롯한 전기 신호 기반 실시간 핵산 모니터링 기술 성능 평가 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신호 안정성 검증</li> <li>- 검출 한계 및 증폭 효율 측정</li> </ul> </li> <li>나노 전극 검출 플랫폼 기술의 검출 민감도와 신뢰도 검증</li> <li>등온 PCR 수행을 위한 회전식 시스템의 핵산 증폭 및 lateral flow strip 성능 평가</li> <li>회전식 샘플 전처리 소자에 의한 DNA/RNA 추출물과 silica membrane기반의 샘플 전처리 kit와 비교 측정</li> <li>고감도의 핵산 검출을 위한 최적화된 진단 시스템 성능 검증</li> <li>Single DNA copy level의 유전자 분리 가능성 여부 확인</li> <li>H-GUARD 용 portable PCR 기술 개발 (검출가능한 세균/virus의 종류)</li> <li>H-GUARD 용 portable multi-sensor 적용을 위한 부품 소형화 기술 (시스템 size)]</li> <li>H-GUARD 용 multi-sensor integration 기술 (Multi- sensor integration 건수, 성능변수 등)</li> </ul>
	산출근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존의 실시간 핵산증폭 기술 수준으로 구체적인 목표를 산출</li> <li>선도 그룹의 유전자 분석 시제품 수준과의 비교를 통해 연구목표를 도출함.</li> <li>적합성 실험 결과, 실시간성 등을 통해 구체적인 목표를 산출</li> <li>멀티센싱 기반의 H-GUARD 시스템 개발에 있어서 현장에서 요구되는 피측정물의 개수 및 측정 성능</li> </ul>

○ 2단계 성과지표의 개요

Global	성과 지표 1	지표명	연구비 대비 SCI 논문 생산성
		가중치	0.05
		측정 산식 또는 방법	1억원당 SCI 논문수
	성과 지표 2	지표명	국제공동연구수
		가중치	0.05
		측정 산식 또는 방법	국제공동연구 (인력교류, 파견 등)를 통해서 공동으로 게재한 논문수
	성과 지표 3	지표명	국제학술활동
		가중치	0.025
		측정 산식 또는 방법	초청강연, 조직위원회활동, 국제학술회의 개최, 학회 수상 등
	성과 지표 4	지표명	글로벌 협력 네트워크 구축
		가중치	0.025
		측정 산식 또는 방법	해외 연구기관과의 인력 교류(MOU, 자문, 초청, 파견 등), 국제자문 등

Ground Breaking	성과 지표 5	지표명	해당분야 세계 최고 수준 논문 게재 실적
		가중치	0.1
		측정산식 또는 방법	분야별 상위 5% 이내 논문 건수(mrnIF 95 이상 논문수)
	성과 지표 6	지표명	분야별 논문 영향력 지수
		가중치	0.1
		측정산식 또는 방법	표준화순위보정 지수 (mrnIF값) 평균값
	성과 지표 7	지표명	연구비 대비 특허출원 생산성
		가중치	0.075
		측정산식 또는 방법	1억원당 특허 출원수
	성과 지표 8	지표명	연구비 대비 특허등록 생산성
		가중치	0.1
		측정산식 또는 방법	1억원당 특허 등록수
	성과 지표 9	지표명	글로벌 특허 등록
		가중치	0.05
		측정산식 또는 방법	미국, 일본, 유럽, 중국 중 2개국 이상 국제특허 등록수
	성과 지표 10	지표명	등록특허의 질적수준
		가중치	0.05
		측정산식 또는 방법	K-PeG + 전문가 질적수준 평가이용, 특허평가 A등급 비율
	성과 지표 11	지표명	High-risk high-return 과제 수행(단장 주도)
		가중치	0.025
		측정산식 또는 방법	도전적 연구과제 수행 유무
Group Approach	성과 지표 12	지표명	융합연구를 통한 시너지 성과 도출 여부
		가중치	0.05
		측정산식 또는 방법	핵심/세부과제간 공동연구 논문 및 특허 건수
	성과 지표 13	지표명	인프라 통합 구축 및 활용
		가중치	0.025
		측정산식 또는 방법	공동연구시설 구축 / 인프라 활용 건수

Growth & Sustainability	성과 지표 14	지표명	기술이전 건수
		가중치	0.1
		측정산식 또는 방법	기술이전 건수 합계
	성과 지표 15	지표명	기술료
		가중치	0.1
		측정산식 또는 방법	정액기술료 및 징수된 경상기술료의 합계
	성과 지표 16	지표명	중소기업 협력연구
		가중치	0.025
		측정산식 또는 방법	중소기업과 협력 건수 및 MOU 건수
기타	성과 지표 17	지표명	연구단 홍보
		가중치	0.05
		측정산식 또는 방법	방송사/신문사 홍보, 전시회 참가, 기고 등 회수

※ 근거/자료 목록

번호	자료명	근거자료	
		근거자료명	해당페이지
5-2-1	1단계 실적 및 2단계 기획보고서	평가보고서	105~115