

# 초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기 개발 기획연구사업 기획결과보고서

2016. 12.



## 제 출 문

한국해양과학기술원장 귀하

본 보고서를 2016년도 창의사업의 일환으로 수행한 「초소형 해양 다분광  
원격탐사 관측기기 개발 연구사업 기획」의 최종결과물로 제출합니다.

2016. 12.

과제책임자 : 조성익

참여연구원 : 안기범



## 요 약 문

### □ 사업의 필요성

#### ○ 기술적 측면

- 최근 무인기 플랫폼 및 주요부품(GPS, 자세제어, 배터리 등)의 발달로 인하여 그 활용도가 높아짐에 따라 R&D 분야에서의 무인기 사용도 급증하고 있음

#### ○ 국(내)외 동향

- 특히 무인기의 장점인 신속한 기동력을 극대화하기 위한 중국(DJI社)를 중심으로 한 소형 무인기 분야의 발달이 두드러지며, 그 활용이 활발해지고 있음
- 하지만 소형 무인기에 탑재할 해양관측에 특화된 다분광 원격탐사 관측기기의 부재는 관련 연구 및 현업활용에 제한을 주고 있음

#### ○ 시급성

- 소형 무인기용 초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기 개발은 해수부 주관 국가해양영토 광역감시망의 저고도 무인항공기 구축을 위해 반드시 필요함

### □ 사업의 목표

#### ○ 주 목표

- 소형 무인기 탑재를 위한 초소형(<1kg) 해양관측용 다분광 원격탐사 관측기기 개발

#### ○ 부수적 목표 (해당시)

- 2019년 발사 예정인 천리안 해양관측위성의 자료 검보정을 위한 항공관측 시스템 개발
- 국가해양관측망 고도화를 위한 현업활용이 가능한 해양 다분광 해양관측기기 개발

#### ○ 목표성과물

- 소형 무인기 탑재를 위한 초소형(<1kg) 해양관측용 다분광 원격탐사 관측기기 개발



### □ 사업내용

- 위 사업목표를 달성하기 위하여 4개 세부과제를 구성함
  - 세부과제 I : 초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기 체계 개발 (총괄)
  - 세부과제 II : 초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기용 광학계 가공
  - 세부과제 III : 초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기용 전자부 설계

○ [세부과제 I]의 목표는 국가해양관측망 고도화 및 천리안 해양관측위성 2호 검보정을 위한 초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기 체계 개발을 목표로 함

과제명	초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기 체계 개발 (총괄)
연구목표	초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기 개발 총괄
연구내용	1. 초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기 개발 규격 설계 2. 초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기용 광구조부 설계 3. 초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기 광전자부 개발 요구사항 도출 4. 초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기 시제품 제작 및 시험

○ [세부과제 II]의 목표는 [세부과제 I]의 연구내용으로 도출된 광학계 설계안을 바탕으로 실제 광학계 가공을 수행하는 연구임

과제명	초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기용 광학계 가공
연구목표	초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기에 탑재 가능한 초경량 고성능 광학계 개발
연구내용	1. 초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기용 초경량 광학계 가공 2. 초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기용 초정밀 광학계 가공 3. 초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기용 광학계 대량생산 공정 개발

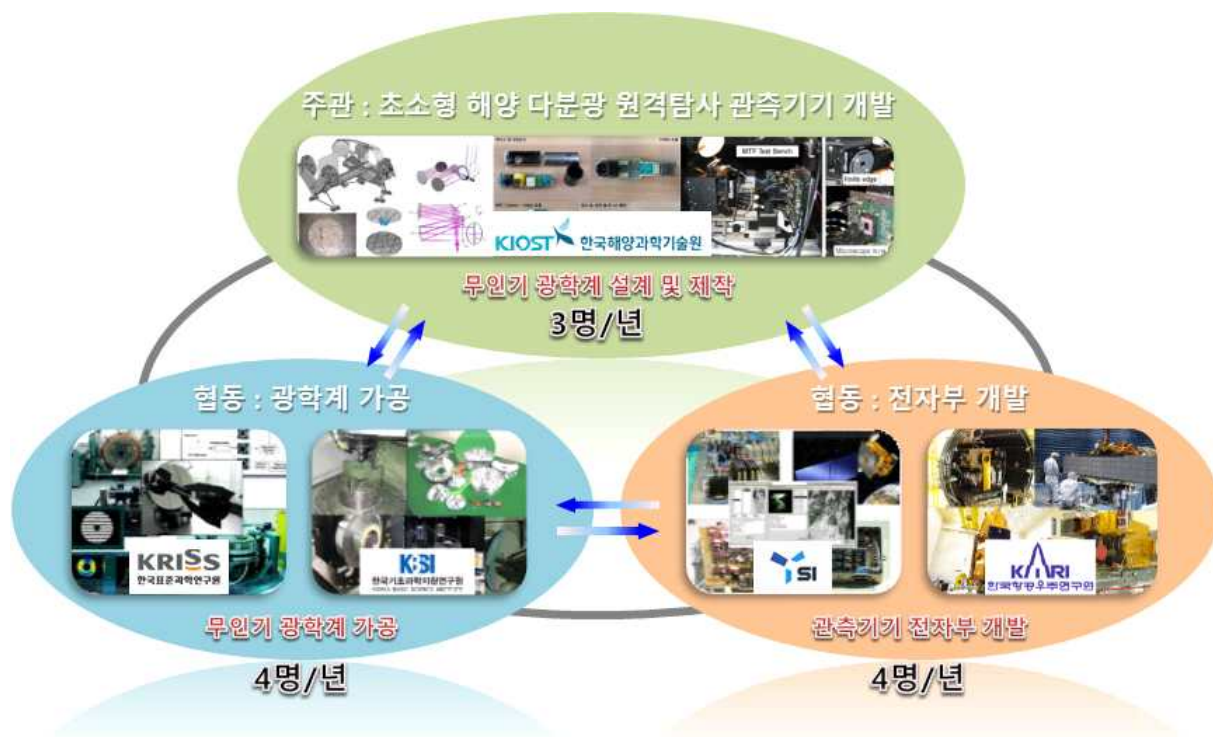
○ [세부과제 III]의 목표는 [세부과제 I]의 연구결과 도출된 광전자부 개발 요구사항을 만족하는 전자부 설계 및 시제품 개발을 목적으로 하는 연구임

과제명	초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기용 전자부 설계 및 시제품 개발
연구목표	초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기에 탑재 가능한 전자부 시스템 설계 및 시제품 개발



연구내용	1. 초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기용 전자부 설계 및 제작 2. 초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기용 전자부 성능평가 3. 초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기용 전자부 저전력화 구현
------	---

□ 추진체계





□ 로드맵

구분	단계	단계별 연구목표	연차	연차별 연구목표
세부과제 I	1단계	초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기 체계 개발 (총괄)	1	초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기 사용자 규격 도출 및 예비설계
			2	초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기 상세설계
3			초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기 조립/시험/평가	
	2단계	초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기 실용화 개발 (총괄)		초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기 실용화 개발을 위한 대량생산에 최적화된 설계 고도화 및 제작 공정 수립 및 시스템 개발
세부과제 II	1단계	초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기용 광학계 가공	1	초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기용 광학계 최적 가공계획 수립 및 시작품 제작
			2	초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기 상세설계 기반 광학계 제작
3			초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기 조립/시험/평가 지원	
	2단계	초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기용 광학계 실용화 개발		초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기 실용화 개발을 위한 광학계 대량생산 공정 수립 및 시스템 개발
세부과제 III	1단계	초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기용 전자부 설계 및 시제품 개발	1	초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기용 전자부 최적설계 및 제작방안 수립 및 시작품 제작
			2	초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기용 전자부 상세설계 및 전자부 제작
3			초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기용 조립/시험/평가 지원	
	2단계	초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기용 전자부 실용화 개발		초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기 실용화 개발을 위한 전자부 대량생산 공정 수립 및 시스템 개발



## □ 소요예산

### ○ 연차별

(단위 : 백만원)

구 분	연 도 별					합 계
	'18	'19	'20	'21	'22	
정 부	1,000	1,000	1,000	(1,500)	(1,500)	6,000
민 간	0	0	0	0	0	0
합 계	1,000	1,000	1,000	(1,500)	(1,500)	6,000

※ 2단계 사업('21~'22)은 1단계 사업('18~'20) 종료시점에서 지원여부 결정

### ※ 국비투입 타당성

- 무인항공기 탑재용 관측카메라 자체는 민간기업이 주도할 영역이나
- 해양관측에 특화된 무인항공기용 다분광 관측기기는 전세계적으로 개발된 사례가 매우 적고, 국내 기술 및 산업기반이 미약한 관계로,
- 해양수산부의 국가해양관측망 고도화에 필요한 중저고도 무인항공기 관측시스템 개발을 위해서라도, 국가연구개발과제로 관측탑재체 개발을 수행함이 타당함 (중저고도 무인항공기시스템의 경우 국내외 출연연 또는 민간기업 주도의 연구 및 산업화가 활발히 진행되고 있음)

## □ 기대효과

우리나라 육상영토의 4배가 넘는 광활한 해양영토를 효과적으로 관리하고, 보전하기 위해서는 선박 및 부이를 이용한 고정도 현장관측과 연계한 원격탐사 기반의 국가해양관측망 구축이 반드시 필요하다. 현재 우리원에서 운영하고 있는 천리안 해양관측위성의 경우, 우리나라 해양영토를 포함하여 중국과 일본을 아우르는 동북아시아 지역을 동시에 실시간으로 관측한다는 큰 장점이 있으나, 대기조건 및 공간해상도의 한계 등으로 인해, 특정 시간과 특정 지역에 대한 고해상도 관측에 대한 요구를 충분히 만족하는 데에는 기술적 한계가 있다. 이러한 현장관측과 정지궤도 위성관측 시스템 사이에서, 중소규모 해양현상을 보다 신속하게 광역적으로 관측하기 위한 보완재로서 저고도 무인항공기 관측시스템 구축 필요성이 대두되고 있다.

하지만 무인항공기(드론) 비행시스템의 경우 중국을 비롯한 전세계에서 활발히 연구개발이 이루어지고 있는 것이 사실이나, 해양관측에 특화된 고성능(High SNR) 다분광 관측





기기의 개발은 현재까지도 제대로 이루어지지 않고 있는 것이 사실이다.

비록 전세계 시장을 놓고 보았을 때, 시장 규모가 크지 않은 것이 사실이나, 육상관측 대비 고성능 관측기기가 요구되는 해양관측의 특성상 시장경쟁이 극심하지 않은 해양관측용 다분광 관측기기 시장을 우리나라 주도로 새롭게 창출할 경우, 중국과의 경쟁에서 이미 열위에 위치한 무인항공기 비행체 시장에서의 마켓쉐어를 만회할 수 있는 새로운 국가 신성장동력을 창출할 수 있는 기반을 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

○ 경제적 파급효과

- 중국 등 신흥국 대비 비교열위에 있는 무인항공기 비행체 시장이 아닌, 보다 높은 기술력이 요구되는 무인기용 해양관측 다분광 관측기기 개발 시장을 천리안 해양관측위성 공동개발 경험을 바탕으로 국내 주도로 새롭게 창출함으로써, 급성장하고 있는 무인항공기 시장에서의 새로운 신성장동력을 창출할 수 있을 것으로 기대됨

○ 정책적 파급효과

- 해양수산부에서 진행하고 있는 국가해양관측망 고도화의 일환으로 중저고도 무인항공기 기반 해양관측시스템의 핵심 탑재체로 “초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기” 활용이 가능함. 이를 통해 국가해양관측망 고도화를 조기에 달성하여 효율적인 우리 해양영토 관리 및 환경보전이 가능해질 것으로 기대됨

○ 학술/기술적 파급효과

- 천리안 해양관측위성 1 & 2호 공동개발로 축적된 기술력을 바탕으로, 저고도 무인항공기용 해양 다분광 원격탐사 관측기기를 개발함으로써, 무인항공기 탑재체 분야 국제수준의 기술력을 확보할 수 있음
- 본 과제 수행을 통해 확보한 기술력을 바탕으로 해양 원격탐사용 차세대 초소형위성(큐브셋) 개발 등 해양 원격탐사 관측분야 신성장동력 창출에 필요한 seed technology 역할을 충분히 할 수 있을 것으로 기대됨



국가해양관측망 고도화 개념도 (<http://enews.kiost.ac.kr/>)



# 목 차



- ▣ 요약문 ..... i
- ▣ 목 차 ..... viii
- ▣ 그림목차 ..... ix
  
- I. 기획 연구의 개요 ..... 1**
  - 1. 기획 연구의 개요 ..... 1
  - 2. 기획 연구의 내용 및 범위 ..... 2
  
- II. 국내외 연구 개발 현황 및 환경 분석 ..... 3**
  - 1. 원내·외 관련 정책과의 연계성 검토 ..... 3
  - 2. 초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기 개발 동향 관련 동향 ... 4
  
- III. 개발 방안 수립 ..... 7**
  - 1. 국내 기술개발 역량 분석 ..... 7
  - 2. 국내주도 개발방안 도출 ..... 9
  - 3. 초소형 해양 다분광 관측기기 초기 광학계 설계안 제시 ..... 11
  - 4. 초소형 해양 다분광 관측기기 설문조사 및 결과 ..... 13
  
- IV. 경제성 평가 ..... 20**



# 그림 목 차



[그림 3-3-1] Double Gauss Lens 설계안 .....	11
[그림 3-3-2] Offner type 분광계 설계안 .....	12



## I 기획 연구의 개요

### 1 기획 연구의 개요

#### 1.1. 기획의 배경 및 목적

##### 1.1.1 기획의 배경

- 최근 무인기 플랫폼 및 주요부품(GPS, 자세제어, 배터리 등)의 발달로 인하여 그 활용도가 높아짐에 따라 R&D 분야에서의 무인기 사용도 급증하고 있음. 특히 무인기의 장점인 신속한 기동력을 극대화하기 위한 소형 무인기 분야의 발달이 두드러지며, 그 활용이 활발해지고 있음. 하지만 소형 무인기에 탑재할 해양관측에 특화된 다분광 원격탐사 관측기기의 부재는 관련 연구 및 현업활용에 제한을 주고 있음. 이에 따라 소형 무인기에 탑재할 수 있는 초소형(<1kg) 해양관측용 다분광 원격탐사 관측기기 개발은 필수
- 적조, 녹조, 저염분수 등 국민의 이익과 직결된 해양 재난 발생시 조기 대처를 위한 신속·정확한 자료확보가 필요함. 하지만 현재 사용되는 선박을 통한 현장관측으로는 넓은 해양영토에 대하여 빠른 시일내에 피해범위 및 정량적 측정결과 획득이 어려움. 넓은 지역에 대해 신속·정확한 자료확보가 가능한 소형 무인기에 탑재할 수 있는 초소형(<1kg) 해양관측용 다분광 원격탐사 관측기기 개발은 필수적임
- 중국의 DJI社 및 미국 GoPro社 등 무인항공기(드론) 분야에 있어, 참신한 아이디어와 기술력을 겸비한 국외기업들의 약진이 세계적인 추세임. 2000년대 초반 IT벤처붐 이후, 활력을 잃은 우리 사회의 재도약 및 문화 융성을 위해서는, 무인기용 초소형 해양관측센서라는 새로운 “블루 오션”에서 세계 수준의 실용화 성과 창출을 통해 진정한 의미의 창조경제 실현에 따른 국민 자긍심 고취 및 창업열풍 주도 등 경제활성화를 위한 문화저변 확산에 기여 가능

##### 1.1.2 기획의 목적

- 소형 무인기 탑재를 위한 초소형(<1kg) 해양관측용 다분광 원격탐사 관측기기 개발의 타당성 검토 및 세부추진계획 수립



## 2 기획 연구의 내용 및 범위

○ 최첨단 해양관측 전자광학위성(천리안) 개발 경험을 활용한 단계별 체계 개발





## II 국내외 연구 개발 현황 및 환경 분석

### 1 원내·외 관련 정책과의 연계성 검토

#### 1.1. 우리원 임무 및 경영목표 등과의 연계성

- 해양관측용 다분광 원격탐사 관측기기 개발을 통한 해양관측 인프라 구축은 해양과기원의 목적 「해양의 체계적인 연구와 개발, 관리와 이용」, 「국가해양과학기술의 발전과 국제적 경쟁력 확보」달성에 기여
- 소형 무인기 탑재를 위한 초소형 해양관측용 다분광 원격탐사 관측기기 개발 원천기술 확보를 통해 해양과기원 경영목표 「해양기반·실용화 연구개발로 새로운 기술가치와 시장 창출」성에 부합
- 해양관측용 다분광 원격탐사 관측기기를 활용한 장단기 해양환경변화 자료의 생산은 해양과기원 전략목표 「해양의 순환변동 연구를 통한 기후변화 예측 및 대응」에 부합

#### 1.2. 국가 정책(정부 140대 국정과제 등)과의 연계성

- 정부 140대 국정과제
  - (과학기술을 통한 창조산업 육성) : 소형 무인기용 초소형 해양관측용 다분광 원격탐사 관측기기 개발을 통한 무인기 탑재체 개발 산업 육성에 기여
  - (해양 신성장동력 창출 및 체계적 해양관리) : 소형 무인기용 초소형 해양관측용 다분광 원격탐사 관측기기를 통하여 주변해역에 대한 신속·정확한 자료확보를 통해 체계적인 해양관리 수행
  - (총체적인 국가 재난관리체계 강화) : 소형 무인기용 초소형 해양관측용 다분광 원격탐사 관측기기 개발을 통해 국민들이 해양재난으로부터 안전한 삶을 누릴 수 있도록 통합 재난대응시스템 구축에 기여
  - (기상이변 등 기후변화 적응) : 소형 무인기를 활용한 첨단 해양관측기술로 기후변화 감시 및 예측 능력 강화를 위한 초소형 해양관측용 다분광 원격탐사 관측기기 개발
- 제3차 과학기술기본계획
  - (기후변화 대응력 강화) : 기후변화 이해 및 적응을 위한 소형 무인기 기반 해양환경 감



시체계의 세계 수준 역량 확보 및 기술 개발 강화에 기여

- (선제적 자연재해 대응과 피해 최소화) : 적조, 녹조, 냉수대 등 해양 재해에 대한 소형 무인기 기반 현업활용기술개발 및 모니터링을 통한 현안대응과 피해최소화에 기여

○ 해양수산 R&D 중장기계획('14~'20)

- (해양과학조사 및 예보 역량 강화) : 소형 무인기를 활용하여 해양영토 실시간 광역 감시망 구축 및 현업활용 지원을 통한 해양영토의 효율적 관리 및 한반도 주변의 과학적 조사 능력 확보에 기여

## 2 초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기 개발 동향 관련 동향

### 1.1. 국내 연구 동향

○ 초소형 무인기 자료처리 및 지상국 시스템 개발

- 무인기 지상국은 크게 “통제체계”와 “자료수신처리판독체계”로 구분할 수 있으나, 소형 무인기의 경우 이 두 가지를 통합한 형태로 운영되고 있음
- 초소형 무인기의 경우 자율주행 기능 없이 조종사의 수동 조종으로 운영되고 있으며, 관측자료 역시 지상국과의 송수신이 아닌 탑재 메모리에 저장되어 무인기 착륙 후 다운 로드하여 처리/활용되고 있음
- 센서는 초소형이지만 상당한 거리의 무인 자율주행을 수행하는 무인기의 경우 이착륙 장치, GPS 유도 장치, 수동 조종 장치, 신호 송수신 장치 등을 탑재하며, 이는 지상국 과 연동되어 운영되어야 함
- 지상국의 경우 선진국은 물론 국내에서도 자체 개발할 수 있을 정도의 경험을 가지고 있으며, 특히 국방사업에서 여러 종류의 무인기 지상국이 개발되어 왔음 (사단급, 군단급, 중고도, 성층권 등)

○ 관측기기 검출기/전자부

- 무인기 산업의 발전으로 다양한 무인기용 산업/과학용 관측기기와 레저용 카메라가 판매되고 있음
- 원격탐사용 무인기 카메라를 제작하는 국내업체는 아직 없는 것으로 인지하고 있으나,





이는 시장이 작다고 판단하기 때문인 것으로 이해함

- 해외에서는 원경탐사용 무인기 카메라가 이미 상용으로 판매되고 있음

#### ○ 광학계 설계

- 드론용 초/다분광 광학 센서에 대한 국내외 관심은 상당하고, 국외에서는 일정 수준의 드론용 초분광 카메라를 판매하고 있음
- 위성과 달리, 기름유출과 같은 해상 재난 및 구조 등에 무인기를 통해 즉각 대응 가능한 고해상 영상의 활용에 대한 수요는 상당할 것으로 보임

#### ○ 소형 광학계 대량제작

- 소형 고성능 다분광 영상처리를 위해서는 기본적으로 비구면을 적극 사용하면서 렌즈의 매수를 줄여 광학계의 부피를 최소화하는 설계가 필수적임. 이에 소형 비구면 렌즈 제작은 요구되는 성능과 활용 환경에 따라 달라지나, 크게 플라스틱 소재를 프레스/사출 성형하거나 글라스/세라믹 소재를 연마하여 제작함
- 소형 비구면 렌즈의 대량 제작을 위해서는 기본적으로 빠르고 재현성 있는 비구면 광학면 형상측정을 수행할 수 있는 설비가 요구되며, 세계적으로 UA3P나 Talysurf와 같은 접촉식 장비, 또는 ASI(Q)와 같은 스티칭 간섭측정기가 최고 수준의 정밀도와 측정영역을 보유하고 있음
- 비구면 연마공정은 일반적으로 CNC 연마기로 원하는 비구면 형상의 1차 가공을 수행한 후 비구면 연마기를 이용하여 간섭 측정이 가능한 광학면을 내어 반복적인 측정과 연마를 통해 형상오차와 표면거칠기를 줄여나가게 됨
- SPDTM을 이용한 공정이 적용 가능한 소재일 경우, 연마된 면에 준하는 고품질의 가공면을 바로 획득할 수 있으므로 측정을 통한 비구면 형상 획득에 용이함
- 최근 장비의 발달에 따라 비구면에 가장 근사한 구면 (best-fit sphere)으로 가공된 모재에서 CNC 연마기를 이용한 형상보정 가공을 수행하는 방식도 가능함
- 현재 최고 수준의 형상 오차/표면거칠기를 얻을 수 있는 가공법은 자기유동유체, 또는 이온빔을 이용한 피니싱 방법으로서  $\lambda/40$  이하의 극한 성능도 구현이 가능한 방법임. 그러나 시간당 연마량이 매우 적다는 trade-off를 가지므로 양산체계를 갖추어 생산성을 높이기 위해서는 그라인딩, 폴리싱, 피니싱, 측정/평가의 네 공정이 적절히 혼합되어 있어야 함.



○ Linear Variable Filter

- 국내의 경우, 한국천문연구원에서 차세대소형위성 1호의 주탑재체인 근적외선 영상분광기 (NISS; Near-infrared Imaging Spectrometer for Star formation history) 개발에 Linear Variable Filter (LVF)를 이용한 사례가 있으며, 국내 주도개발에 성공한 성과를 바탕으로 미항공우주국 (NASA)에서 전천분광탐사위성 공동개발을 요청받고 있음
- NASA의 소형우주탐사프로그램 (SMEX; Operational small Explorers)의 전천분광탐사위성인 SPHEREx를 한국과 LVF 기반 탑재체로 공동 개발할 예정임
- LVF는 허블우주망원경의 발사전 성능시험과 OSIRIS-Rex 및 New Horizon 위성의 분광탑재체 개발에 이용된 사례가 있음



### Ⅲ 개발방안 수립

#### 1 국내 기술개발 역량 분석

- 초소형 무인기 자료처리 및 지상국 시스템 개발
  - 무인기 지상국은 송수신장치, 통제장치, 자료처리장치 등으로 구성되며, 이 모든 장치에 고정밀 알고리즘 및 고성능/고신뢰성 소프트웨어가 개발되어 탑재/운영되어야 함
  - 하드웨어 장치는 이미 국내에서 상용화된 제품의 적용이 가능하며, 알고리즘/소프트웨어의 경우 위성/무인기 지상 소프트웨어 개발 경험이 풍부한 국내 업체가 여럿 존재함
  - 자료처리의 경우 Hyper-spectral 자료의 정밀한 파장 슬릿 정보의 적용에 따라 그 활용도가 크게 달라질 수 있고, 고정밀 영상처리 알고리즘의 경우 대학 중심의 연구 결과를 활용할 수 있음
  - 하지만 초분광의 특성상 대용량 자료처리의 속도 성능이 매우 중요하며 병렬/분산처리 및 HPC (High-Performance Computing) 기술이 접목되어야 하고, 이러한 HPC 기술은 국내 IT 업체 위주로 개발되어 왔음
  
- 관측기기 검출기/전자부
  - 국내에도 소형 산업용, 레저용 카메라가 개발되고 있기 때문에 계획 중인 원격탐사용 카메라 전자부의 국내 개발은 가능하다고 봄
  
- 광학계 설계
  - 다분광 및 초분광 광학 센서는 기본적으로 상업화까지 진행되어 있음
  - 기본 시스템 설계는 국내외 모두 동등 수준으로 가능하나, 국내 진행의 경우 다분광 적용 시 검출기, 초분광 적용 시 Grating (또는 Convex grating)의 국내 제작 연구는 미진함
  - 드론 탑재 광학계 개발에 대한 국내 경험은 상대적으로 적은 편이나, 소요 기술 요소에 대한 국내 개발 경험은 일정 수준 이상으로 특정 부품 (Grating/Detector)에 공급만 있다면 국내 제작이 가능할 것으로 판단함



- 다분광 및 초분광 영상카메라 개발과 관련해서 국내 대학 (공주대학교/한국과학기술원), 연구소 (한국항공우주연구원/국방과학연구소), 업체 (한화) 등이 경험하였음

○ 소형 광학계 대량제작

- 국내의 광학부품소재 산업은 2000년대 중반 이후 스마트폰용의 초소형 카메라모듈이 중심이 되었으나, 최근 이윤의 감소와 중국 등 후발주자의 대두로 인하여 많이 축소된 상태임
- 고성능 비구면 광학계의 국내시장 규모가 상대적으로 매우 작아 국내 광학부품소재 제조 기업 중, 비구면 광학계를 대량 양산체제로 전환하는 업체는 상당히 드물고, 대부분 주문제작 방식을 취하고 있음
- 비구면을 정밀하게 측정할 수 있는 범용 측정 장비의 경우, 높은 장비가격으로 인하여 국내 보급이 원활하지 않아 고성능 광학계의 양산화에 걸림돌이 되고 있음
- 최근 접촉식 광학형상 측정장비인 UA3P의 보급은 꾸준히 증가하고 있으나, 간접측정을 통한 비구면 측정기의 경우 한국기초과학지원연구원, 한국천문연구원 외에는 보유하고 있지 않음

○ Linear Variable Filter

- 한국천문연구원에서 차세대소형위성 과학탐재체인 NISS 개발에 LVF를 사용함으로써, 영상과 분광관측을 동시에 구현하는데 성공하였으며, 성능시험 결과, 국내 주도개발 NISS의 분광성능이 기존 LVF 기반 관측기기인 WISE와 AKARI 대비 동등 수준 이상임을 확인하였음
- 외국의 사례와 비교 시, 우수한 개발비용 경쟁력과 동등한 기술력은 NASA의 SPHEREx 개발에 우리나라가 LVF 기반 우주용 분광관측기기 개발 뿐 아니라, 자료처리 S/W 개발 및 활용연구에 주도적으로 참여하고 있는 사실로 확인 가능함
- SPHEREx 위성은 NISS 대비 관측성능이 대폭 향상된 차세대 LVF 기반 분광기로, 미국과의 국제 공동개발을 통해 우리나라가 단기간에 국제 수준의 LVF 기반 관측기기 개발 기술 확보가 가능할 것으로 기대됨



## 2) 국내주도 개발방안 도출

- 초소형 무인기 자료처리 및 지상국 시스템 개발
  - 초소형 센서는 여러 종류의 무인기에 탑재 가능하며, 여러 규모의 다양한 지상국 시스템이 적용될 수 있으므로 센서 개발 시 지상국을 특별히 고려해야할 필요는 없다고 생각됨 (지상국은 주로 Platform 의존적)
  - 자료처리 알고리즘 및 영상의 활용 측면으로 집중할 것을 제언함
  
- 관측기기 검출기/전자부
  - 검출기의 경우 소형, 저전력 요구조건을 고려하여 저전력 CMOS 센서가 가장 적합할 것임
  - 무인기의 기동으로 인한 진동 때문에 Pushbroom 방식의 촬영보다는 Frame 방식의 촬영을 사용해야할 것으로 보임
  - 검출기 선정을 위해서는 관측폭을 요구조건으로 포함하고 운용방식을 정의할 필요가 있다고 보며, 관측폭과 운용방식에 따라 검출기 및 전자부의 동작속도와 필요한 데이터 저장용량이 결정될 것임
  - 광학계와도 밀접한 관계가 있으나 노출시간, SNR, 운용방식 간의 Trade-off를 통해 적절한 검출기 선정과 요구조건 검토가 필요하다고 봄
  - 1 kg이라는 무게 제한으로 인하여 비축 광학계보다 렌즈 타입의 광학계가 현실적이라고 봄
  - 관측밴드가 8 - 13개이므로 분광방식 선택에 따라 전체 카메라의 복잡도가 결정될 것이며, 관측밴드가 특정 목적에 적합한 특성을 가져야 하므로 일반적인 multi-band 검출기는 적합하지 않다고 봄
  - 검출기 제조사를 통해 관측밴드를 조정할 수 있으나, 대부분의 검출기 제조사가 양산에 주력하고 있으며 연구비에 제한이 있기 때문에 그 가능성은 높지 않음
  - 가장 간단하게는 다수의 동일 카메라 전단에 밴드필터를 부착할 수 있으나 무게나 크기 제한으로 인하여 불가능할 수 있음
  - 대안으로 하나의 면적형 검출기를 몇 개의 구역으로 나눠 적합한 밴드필터를 부착할 경우 필요한 카메라의 개수를 줄일 수 있을 것임



○ 광학계 설계

- 해상 및 해양 드론 탑재 광학 (초) 다분광 센서는 위성 및 기타 수단으로 제공할 수 없는 즉각적이고 고해상, 넓은 영역의 관측이 가능할 것으로 판단되며, 특히 해상 재난/구조 상황에서 유일한 해결책을 제공할 것으로 판단함.
- 다분광 및 초분광은 광학계의 구성에 따라 차이가 날 수 있음 (초분광: Grating, 다분광: Multi-spectral band의 Detector 사용)
- 드론용 광학 센서는 기본적으로 무게 및 전력이 가장 큰 한계를 결정하므로, 초소형 및 초경량 광학계 구성 및 초절전 광학 센서의 확보 기술이 필요함
- 특히, 해양 및 해상에서 운용될 드론은 육지에 비해 장시간의 운용이 필요하며 상대적으로 열악한 기상 환경을 고려해야함

○ 소형 광학계 대량제작

- 해양탐사용 다분광 센서의 경우, 높은 SNR이 요구되며 열악한 환경조건에서 임무를 수행하므로 투과율이 좋고 환경변화에 둔한 유리소재의 연마 가공을 통해 개발되어야 할 것으로 보임
- 미국, 일본 등 해외의 광학부품 시장에 비하여 국 경우 아직까지 초정밀 비구면 렌즈의 연마가공 공정을 이용한 양산화는 어려움이 존재함
- 스마트폰 카메라모듈, 카메라 렌즈 등의 프레스/사출 성형 기술과 노하우는 어느정도 축적되었으므로, 렌즈 양산에 최적인 방식은 아직까지 성형 기법으로 볼 수 있으며, 광학계 설계 시에 반드시 연마 등의 직가공으로 제작이 요구되는 면의 개수를 최소화함으로써 부분적으로 양산화의 가능성을 높이는 방향으로 개발이 이루어져야 할 것임
- 비구면 연마 등의 공정은 측정장비를 보유하고 있거나 역내에서 활용할 수 있는 업체를 활용하는 것이 최선임
- 매우 높은 형상정밀도 요구에 대해서는 비구면 CNC 연마기나 자기유동방식 피니싱 공정을 도입하여 성능을 끌어올리는 것이 가능하나 해당 방법들은 상대적으로 긴 가공시간을 요구하므로 설계 단계에서 최소화 하는 과정이 필요함

○ Linear Variable Filter

- LVF는 탑재체 소형화 및 경량화에 큰 강점이 있어, 초소형 다분광 원격탐사 관측기기



에 LVF가 활용되었을 때 무인기의 탑재체 허용 중량 요구조건을 만족하는 분광탑재체 개발에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단됨

- 우리나라 해양 관측에 적합한 밴드 및 채널 수, 공간해상도, SNR 등은 국내외 전문가들의 의견을 종합적으로 수렴하여 성능 규격을 수립하여야 하며, 이를 바탕으로 개발비용 범위 내에서 LVF 제작을 위한 주요 사양을 수립해야함

### 3) 초소형 해양 다분광 관측기기 초기 광학계 설계안 제시

○ 1안) Double Gauss Lens 설계안

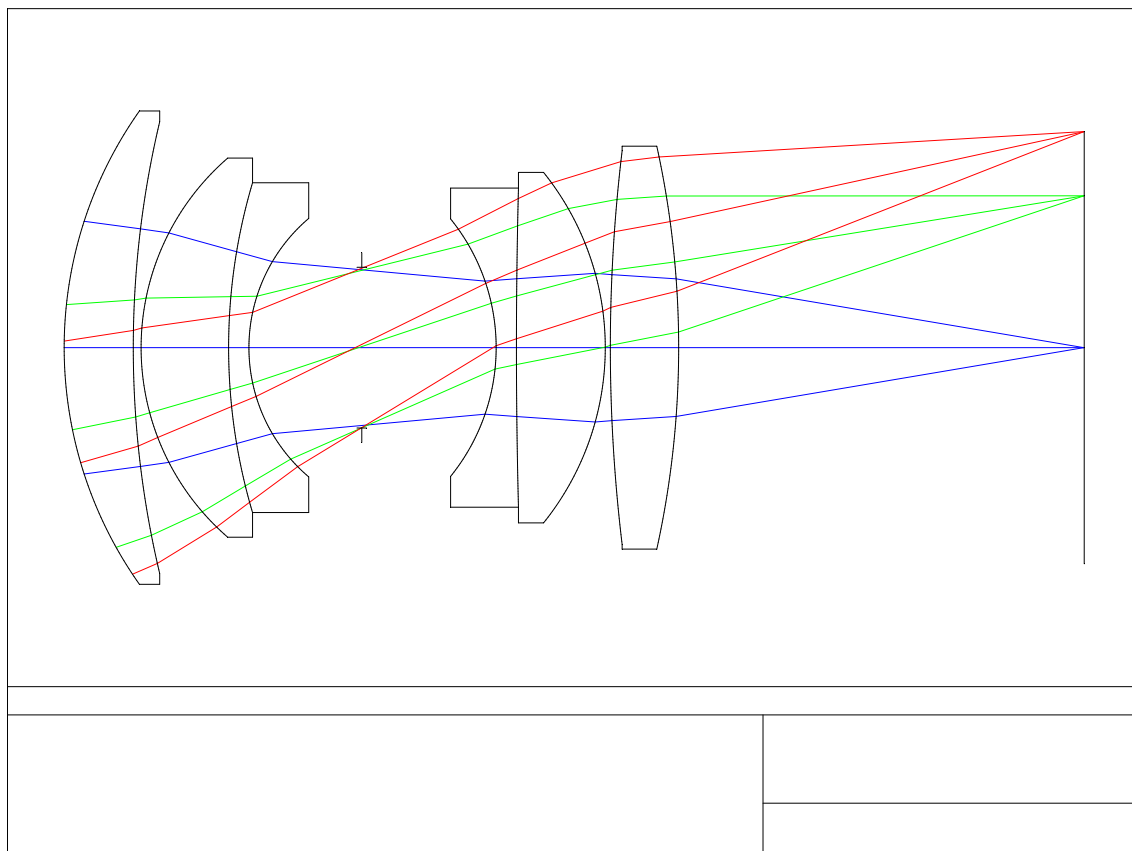


그림 3-3-1. Double Gauss Lens 설계안

Double Gauss Lens는 카메라용 렌즈로 많이 사용되는 타입으로, 시야각이 넓은 장점을 갖고 있음

초점면에 LVF를 사용하여 2D 검출기를 사용하면 Push-broom 방식으로 해양/연안 관측이 가능함



○ 2안) Offner type 분광계 설계안



그림 3-3-2. Offner type 분광계 설계안

Offner type 분광계는 grating을 사용한 분광계로, 많은 분광계에서 사용중임  
분광계 입사동에 슬릿을 위치하고, 초점면에 2D 검출기를 사용하면 Push-broom 방식으로  
해양/연안 관측이 가능함





## 4 초소형 해양 다분광 관측기기 설문조사 및 결과

- 초소형 해양 다분광 관측기기 개발을 위한 사용자 요구사항 설문조사 실시
- 국내 해양 전문가를 대상으로 설문조사를 실시하였으며, 응답자는 23명임

### 초소형 해양 다분광 원격탐사 관측기기 설문지

이름		소속		직위/직책	
연락처			E-mail		
주소					

현재 해색관측을 위한 무인항공기용 다분광 관측기기는 국내외에 건무한 상황이며, 해외에서 수입하는 다분광 관측기기는 전부 육상식생용 관측채널(R, G, B, NIR)로 구성되어 있습니다. 이에 천리안 해양위성 2호에서 사용되는 해색관측용 채널을 바탕으로 하는 초소형(< 1kg) 다분광 원격탐사 관측기기를 개발함에 있어 사용자의 요구사항을 최대한 반영하고자 하고자 본 설문조사를 수행합니다.

1. 아래 표는 천리안 해양위성 2호의 해색관측 채널입니다. 반드시 포함되어야 된다고 생각하시는 채널을 선택해 주세요. 원하시는 채널이 없을 경우, 표 하단 빈공간에 직접 작성해주세요. (복수 선택 가능)

채널	중심파장	밴드폭	선택(✓)	채널	중심파장	밴드폭	선택(✓)
B1	380 nm	20 nm		B8	660 nm	20 nm	
B2	412 nm	20 nm		B9	680 nm	10 nm	
B3	443 nm	20 nm		B10	709 nm	10 nm	
B4	490 nm	20 nm		B11	745 nm	20 nm	
B5	510 nm	20 nm		B12	865 nm	40 nm	
B6	555 nm	20 nm					
B7	620 nm	20 nm					

2. 고도 500m에서 운영을 기준으로 공간해상도(GSD, Ground Sampling Distance)는 어느 정도가 적당하다고 생각하십니까.

① 1 cm                      ② 10 cm                      ③ 50 cm                      ④ 1 m                      ⑤ 10 m

3. 해색의 신호대잡음비(SNR, Signal-to-Noise)는 어느 정도가 적당하다고 생각하십니까.

① 100                      ② 200                      ③ 300                      ④ 500                      ⑤ 1,000 이상

4. 위에서 선택하신 초소형 다분광 원격탐사 관측기기의 적당한 가격은 얼마 정도라고 판단하십니까.

① 100 ~ 200 만원                      ② 500 ~ 600 만원                      ③ 1,000 ~ 1,500 만원  
 ④ 2,000 ~ 3,000 만원                      ⑤ 5,000 만원 이상

5. 연구자의 입장에서 얼마정도의 가격에 형성되면 구매의향이 있으십니까.

① 100 ~ 200 만원                      ② 500 ~ 600 만원                      ③ 1,000 ~ 1,500 만원  
 ④ 2,000 ~ 3,000 만원                      ⑤ 5,000 만원 이상

6. 5번 답안이 4번 답안보다 가격이 낮을 경우, 해당 가격을 맞추기 위해 성능을 낮춘다면 어느 성능을 먼저 낮추는 것이 바람직하다고 보십니까. (복수 선택 가능)

① 채널수                      ② 공간해상도(GSD)                      ③ 신호대잡음비(SNR)

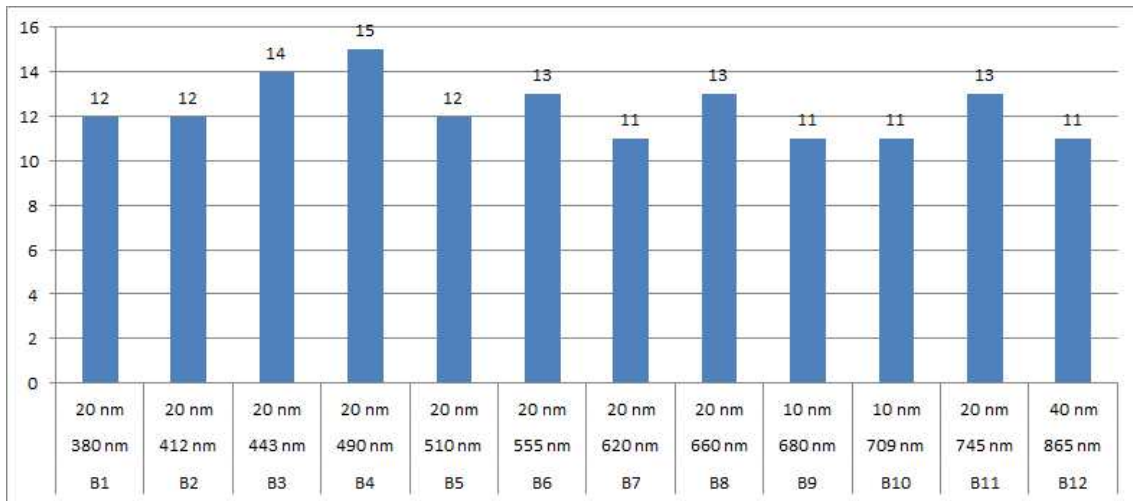
× 설문에 응해주셔서 감사합니다. 주소를 남겨주시면 최신형 보조배터리(사오미, 20,000mAh)를 보내드립니다.



○ 설문조사 결과

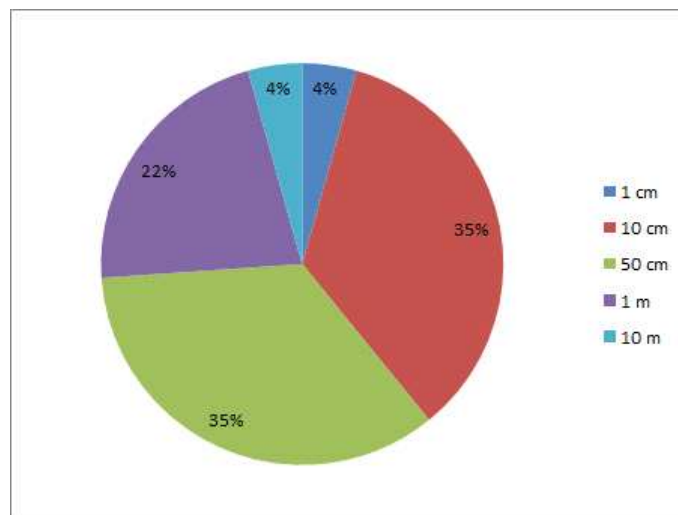
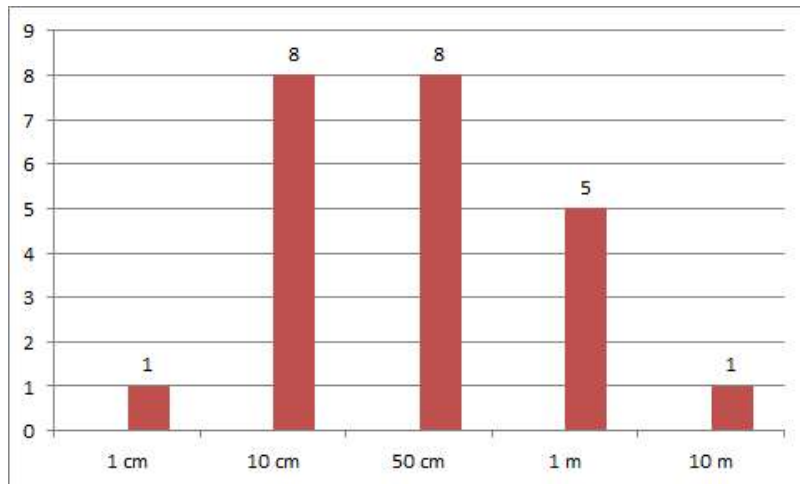
- 아래 표는 천리안 해양위성 2호의 해색관측 채널입니다. 반드시 포함되어야 된다고 생각하시는 채널을 선택해 주세요. 원하시는 채널이 없을 경우, 표 하단 빈 공간에 직접 작성해주세요. (복수 선택 가능)

채널	중심파장	밴드폭	선택(✓)	채널	중심파장	밴드폭	선택(✓)
B1	380 nm	20 nm		B8	660 nm	20 nm	
B2	412 nm	20 nm		B9	680 nm	10 nm	
B3	443 nm	20 nm		B10	709 nm	10 nm	
B4	490 nm	20 nm		B11	745 nm	20 nm	
B5	510 nm	20 nm		B12	865 nm	40 nm	
B6	555 nm	20 nm					
B7	620 nm	20 nm					



- 고도 500m에서 운영을 기준으로 공간해상도(GSD, Ground Sampling Distance)는 어느 정도가 적당하다고 생각하십니까.

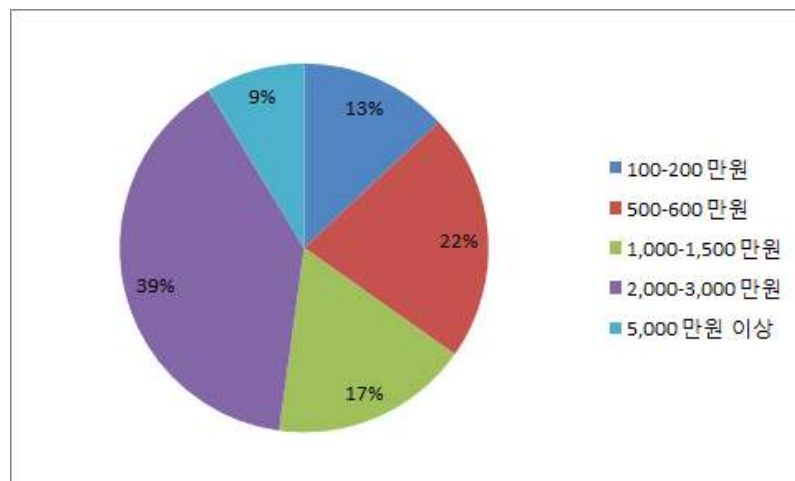
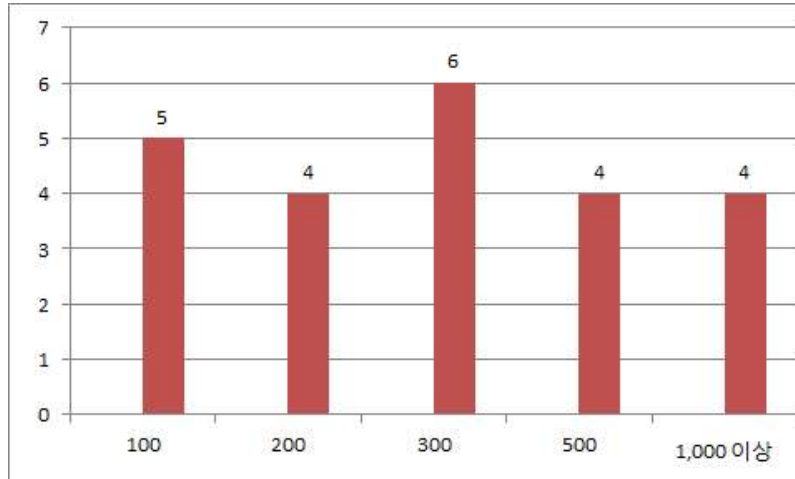
- ① 1 cm
- ② 10 cm
- ③ 50 cm
- ④ 1 m
- ⑤ 10 m





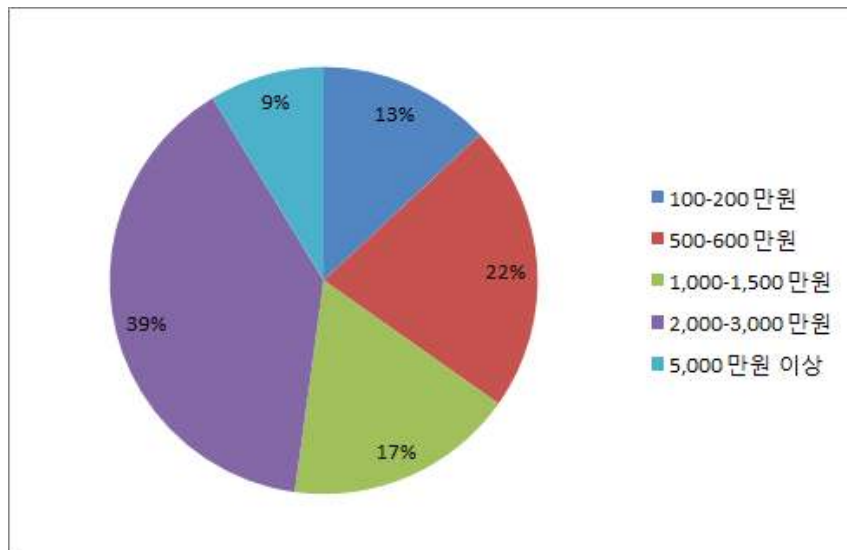
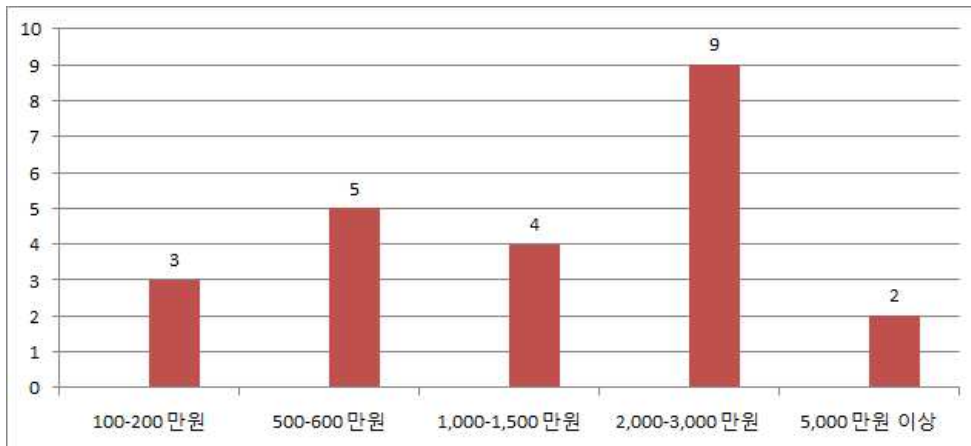
- 해색의 신호대잡음비(SNR, Signal-to-Noise)는 어느 정도가 적당하다고 생각하십니까.

- ① 100
- ② 200
- ③ 300
- ④ 500
- ⑤ 1,000 이상



- 위에서 선택하신 초소형 다분광 원격탐사 관측기기의 적당한 가격은 얼마 정도라고 판단하십니까.

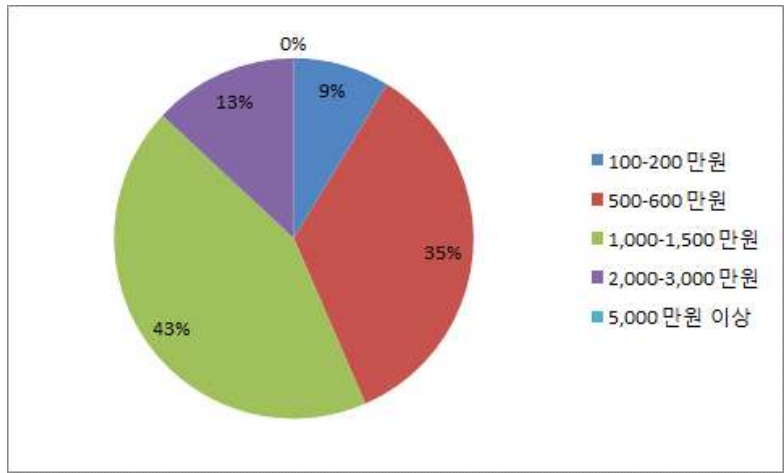
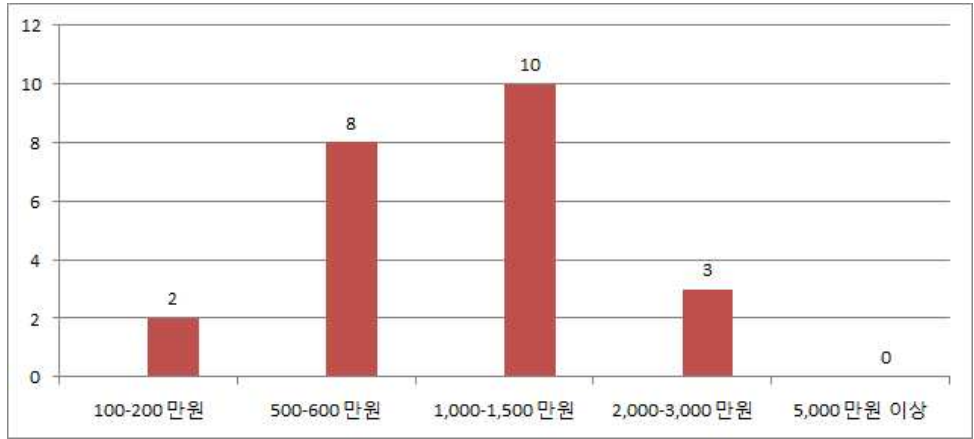
- ① 100-200 만원
- ② 500-600 만원
- ③ 1,000-1,500 만원
- ④ 2,000-3,000 만원
- ⑤ 5,000 만원 이상





- 연구자의 입장에서 얼마정도의 가격에 형성되면 구매의향이 있으십니까.

- ① 100-200 만원
- ② 500-600 만원
- ③ 1,000-1,500 만원
- ④ 2,000-3,000 만원
- ⑤ 5,000 만원 이상

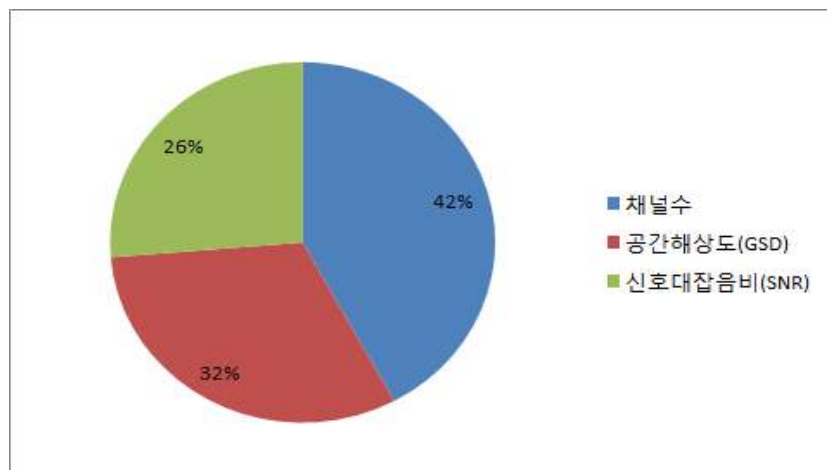
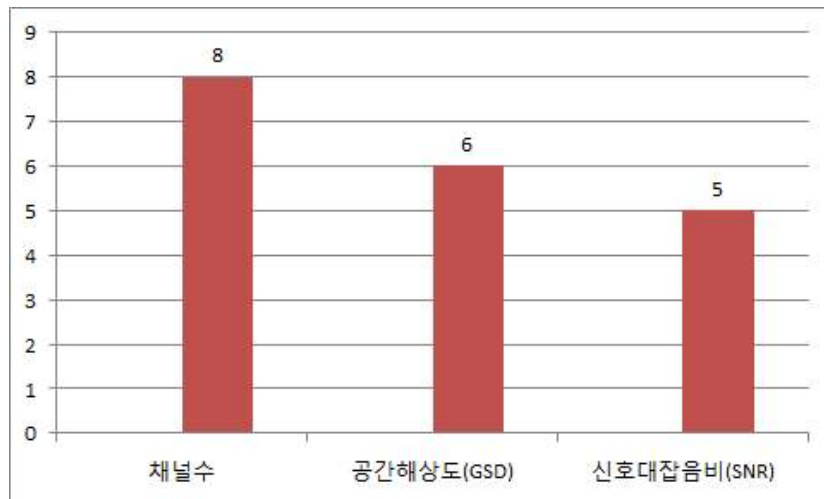




- 5번 답안이 4번 답안보다 가격이 낮을 경우, 해당 가격을 맞추기 위해 성능을 낮춘다면 어느 성능을 먼저 낮추는 것이 바람직하다고 보십니까. (복수 선택 가능)

- ① 채널수
- ② 공간해상도(GSD)
- ③ 신호대잡음비 (SNR)

※ 미응답자 5명





## IV

## 경제성 평가

기획결과 평가후 시행