

# 1000m급 수중글라이더용 센서 탑재 모듈 기술 개발

- 해양복합연구단 BCA분야(12세부) -

2024. 09. 25 [수요일]

모태준(문성주)

주관기관: 오션테크(주)



# Contents

1. 연구과제개요
2. 연구개발결과 (1~5차년)
3. 연구개발 중간 결과 및 계획(5차년도)
4. 시험 및 검증 방안

## 과제 개요

사업명	무인이동체 원천기술개발사업(내역사업 2 : 통합운용 기술실증기 개발)
과제명	무인수상선-수중자율이동체 복합체계 개발(해양복합연구단)
세부과제명	제12세부: 1000m 급 수중글라이더 센서 탑재 모듈 기술 개발
연구목표	1. 해양관측용 센서 탑재 모듈 기술 개발 2. 센서 Plug&Play 기능 개발
사업기간	총 연구기간 : 2020. 06. 01 ~ 2024. 12. 31(1, 2단계 총 55개월) 당해(5차)년도 연구기간 : 2024. 01. 01 ~ 2024. 12. 31(12개월)
연구사업비	총 6.22억(국비 4.66억원, 기업 1.56억원)/당해 1.123억원
주관기관	오션테크(주)
참여기관	해당사항 없음

# 과제 연구목표

## ● 최종 목표

1000m급 수중자율이동체(BCAUV)의 정해진 해양관측 임무를 수행하기 위해 임무에 따른 Plug&Play 기능을 가진 센서 탑재 모듈을 이용하여 다양한 해양 임무를 효율적으로 수행할 수 있도록 센서탑재 모듈 개발

## ● 세부 목표

- 1000m 급 수중글라이더 센서 탑재 모듈 기술 개발 목표
  - 임무 시나리오별 해양관측용 센서 모듈 탑재 기술 개발
- 임무 시나리오별 센서 탑재 모듈개발
  - 기본 환경 시나리오 : C.T.D + Turbidity / ADCP + Turbidity 센서 를 탑재 할 수 있는 센서 모듈
  - 수중 환경 시나리오 : C.T.D + Magnetometer 센서를 탑재 할 수 있는 센서 모듈
  - 천해 환경 시나리오 :
    - A. Methane + Turbidity 센서를 탑재 할 수 있는 센서 모듈
    - B. Co2 + Turbidity 센서를 탑재 할 수 있는 센서 모듈
    - C. pH + Turbidity 센서를 탑재 할 수 있는 센서 모듈
- 센서 Plug & Play 기능 개발
  - BCAUV와 의 임무별 탑재 모듈 Plug & Play 기능 구현

# 과제 연차별 연구개발 목표

## 연차별 연구목표

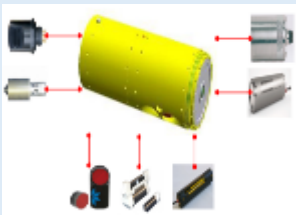
단계	연차	연구목표	세부목표
1단계	1차년	연구 개발 계획 수립 및 기본 설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 센서 모듈 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>– 센서 모듈 요구도 분석 및 기본 설계</li> </ul> </li> <li>• 센서 Plug &amp; Play 기능 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>– 센서 모듈 전기 · 신호 특성 분석 및 기본 설계</li> </ul> </li> </ul>
	2차년	상세설계 및 시스템 제작	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 센서 모듈 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>– 센서 모듈 상세 설계 및 제작</li> <li>– 센서 모듈 단위 성능 시험</li> </ul> </li> <li>• 센서 Plug &amp; Play 기능 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Plug &amp; Play 기능 상세설계 및 제작</li> </ul> </li> </ul>
	3차년	단위시스템 제작 및 공정 시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 센서 모듈 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>– 동체 및 센서모듈 연동시험</li> </ul> </li> <li>• 센서 Plug &amp; Play 기능 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Plug &amp; Play 기능 연동</li> </ul> </li> </ul>
2단계	4차년	단위시스템 실해역 시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 센서 모듈 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>– 센서모듈별 운용성능시험</li> </ul> </li> <li>• 센서 Plug &amp; Play 기능 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Plug &amp; Play 운용성능시험</li> </ul> </li> </ul>
	5차년	체계연동시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 센서 모듈 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>– 센서모듈 통합성능시험 및 보완</li> </ul> </li> <li>• 센서 Plug &amp; Play 기능 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Plug &amp; Play 통합성능시험 및 보완</li> </ul> </li> </ul>



# 시제 개발 범위

## 시제 개발 범위

### 센서 탑재모듈



오션테크

### 자세 제어기



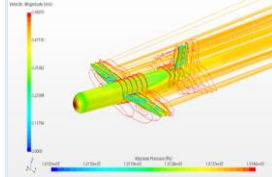
한국도키멕

### 유압식 부력 제어기 및 선체



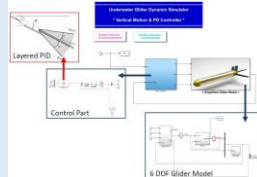
한국도키멕

### CFD 해석



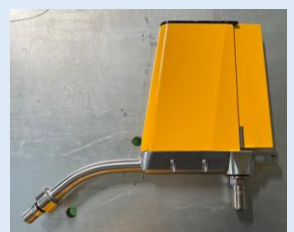
한국해양대

### 자율제어 기술



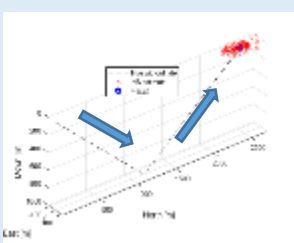
한국해양대

### 조향 제어기



한국도키멕

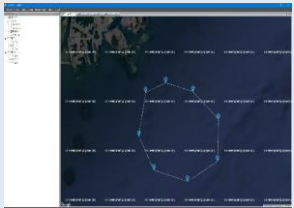
### 항법 기술



LIG넥스원



### 원격 관제 시스템



한국해양과학기술원

### 전력 및 제어 시스템



한국해양과학기술원

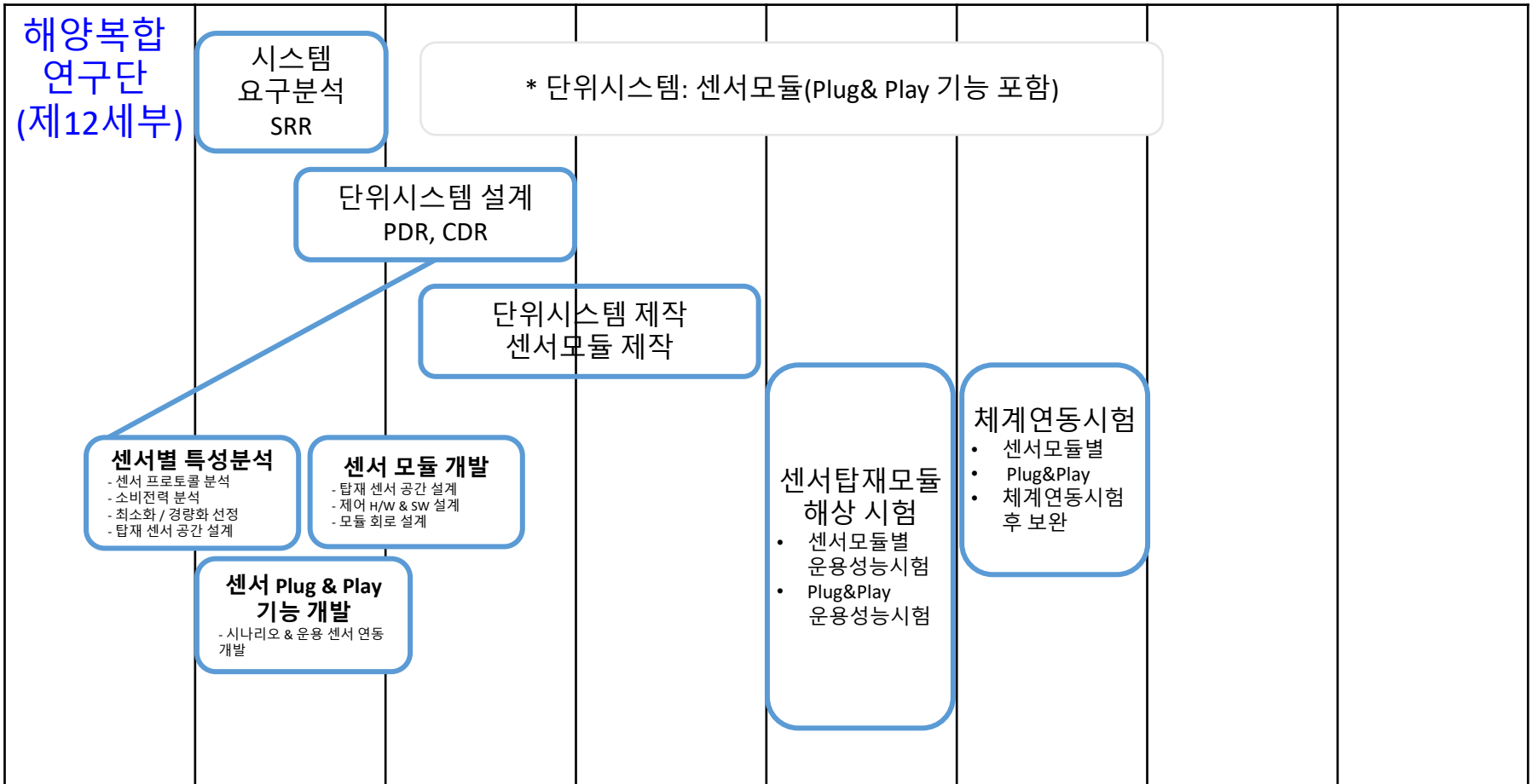
### 동체 부



한국도키멕

# 과제 연구개발로드맵

단계	1단계			2단계			
년도	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026~27



# 1~5차년도 연구개발 결과

## ○ 센서모듈 개발

### ➤ 연구개발 계획 수립 및 기본설계(1차년도)

#### • 센서 모듈 요구도 분석 및 기본설계

- 시나리오별 분류에 따른 센서 선정 및 센서 배치

비고	센서모듈 배치(안)	시험/검증 방안
모듈 1		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 탑재 센서 : CTD, Turbidity</li> <li>· 60일 운영 시 전력 소모량(W/h) : 756W(63A@12VDC)</li> </ul>
모듈 2		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 탑재 센서 : CTD, Magnetometer</li> <li>· 60일 운영 시 전력 소모량(W/h) : 756W(63A@12VDC)</li> </ul>
모듈 3		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 탑재 센서 : ADCP, Turbidity</li> <li>· 60일 운영 시 전력 소모량(W/h) : 2,563W(214A@12VDC)</li> </ul>
모듈 4		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 탑재 센서 : Methane, Turbidity</li> <li>· 60일 운영 시 전력 소모량(W/h) : 2,765W(230A@12VDC)</li> </ul>
모듈 5		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 탑재 센서 : Co2, Turbidity</li> <li>· 60일 운영 시 전력 소모량(W/h) : 5,875W(490A@12VDC)</li> </ul>
모듈 6		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 탑재 센서 : pH, Turbidity</li> <li>· 60일 운영 시 전력 소모량(W/h) : 4,147W(346A@12VDC)</li> </ul>

#### • 센서 Plug & Play 모듈 신호특성 분석 및 기본설계

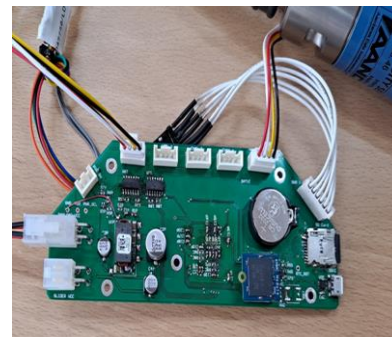
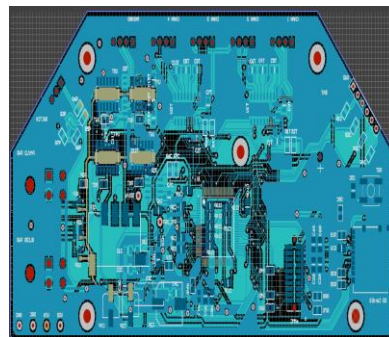
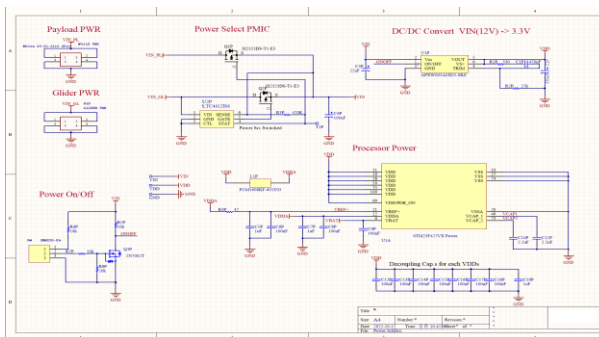
- 소형화 및 저전력 센서 분석 및 선정

	Sensor	Model	Maker	Size(mm)	Weight(kg)	Input Power (VDC)	예상전력소모량 (60일/12DC 기준)
1	C.T.D	LEGATO	RBR	195(L) X 63.8(W) X 78.6(H)	air : 0.8 / wt : 0.2	4.5 ~ 30	≈ 65 Wh(5.5Ah)
2	ADCP	DVL1000-4000m	NORTEK	164(H) X 114(D)	air : 2.7 / wt : 1.7	12.0 ~ 48.0	≈ 1872 Wh(156Ah)
3	CO <sub>2</sub>	CONTROS HydroC	KONGSBERG	380(L) X 89(D)	air : 4.5 / wt : 2.2	11 ~ 30	≈ 5,184 Wh(432Ah)
4	pH	Ocean Seven 311 pH Probe	IDRONAUT	562(L) X 48(D)	air : 1.8 / wt : 1.1	6 ~ 18	≈ 3456 Wh(288Ah)
5	Methane	METS Methan Sensor	FRANATECH	200(L) X 49(D)	air : 0.8 / wt : 0.5	9 ~ 36	≈ 2,074Wh(173Ah)
6	Turbidity	Turbidity Sensor 4296	XYLEM	86(L) X 40.5(W) X 35(H)	0.185	5 ~ 14	≈ 691Wh(58Ah)
7	Magneto meter	Model 1540	APPLIED PHYSICS SYSTEMS	120(L) X 25.4(D) Type S : 120.65(L) X 29.2(W) X 24.1(H)	-	5~12	≈ 691Wh(58Ah)

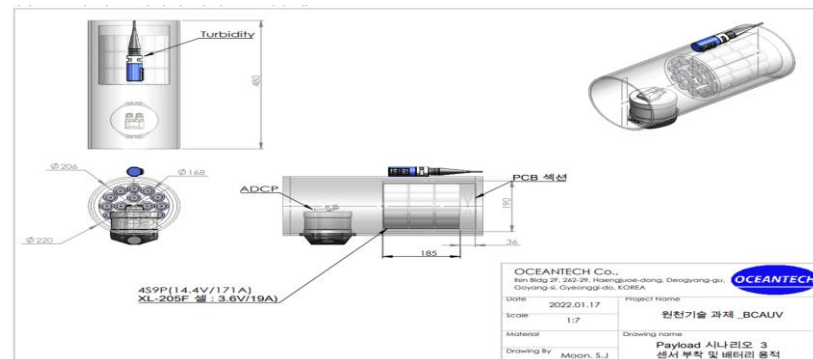
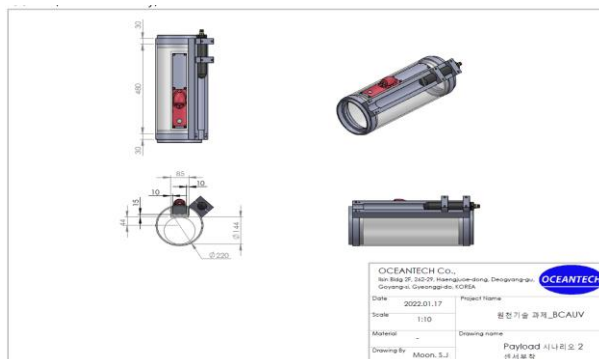


➤ 상세설계 및 시스템 제작(2차년도)

- **센서 모듈 상세 설계 및 제작 / 단위 성능 시험**
  - 제어 펌웨어 설계 및 펌웨어 개발



### - 센서 탑재부분 페이로드 H/W 개념 설계 및 내부공간 확인

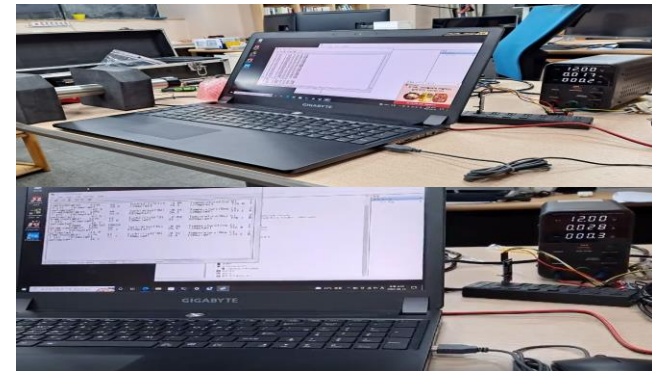


# 1~5차년도 연구개발 결과

## ○ 센서모듈 개발

### ➢ 상세설계 및 시스템 제작(3차년도)

- 센서 모듈 상세 설계 및 제작 / 단위 성능 시험
- 페이로드 & 센서 연동 및 단위 성능 시험(실측 전원 소모량 확인)



### - 페이로드 & 센서 연동 및 단위성능 시험(각 센서 프로토콜 확인)

```

EPNOR4.102884.4.60.0.10.0.50.2*51
EPNORS.2021-12-01 13:16:49.00000000.00010000.23.6.1534.5.320.0.-4.5.-1.4.0.480.25.01
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.1.-1.29.1.78.-1.05.-1.69.0.00.0.0.C.62.62.63.62...*23
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.2.1.85.-1.32.-2.61.2.32.0.00.0.0.C.63.62.63.62...*0C
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.3.-2.68.-2.14.-1.54.-0.23.0.00.0.0.C.63.62.63.62...*0C
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.4.2.38.2.49.-2.70.-0.34.0.00.0.0.C.64.62.63.63...*02
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.5.0.46.-0.95.2.48.1.37.0.00.0.0.C.62.63.63.63...*2B
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.6.-2.66.-2.89.-1.79.2.53.0.00.0.0.C.62.62.63.63...*29
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.7.0.35.-2.75.-1.70.2.21.0.00.0.0.C.63.62.62.63...*03
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.8.0.46.-1.65.0.96.-3.04.0.00.0.0.C.62.62.62.63...*04
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.9.1.32.-1.97.-2.16.0.19.0.00.0.0.C.62.62.62.62...*0F
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.10.1.43.-2.48.2.72.-0.59.0.00.0.0.C.63.62.63.63...*37
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.11.1.81.2.36.-2.15.-1.25.0.00.0.0.C.63.62.63.63...*3A
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.12.-0.94.0.30.-0.73.2.00.0.00.0.0.C.62.62.63.63...*3F
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.13.-2.59.-1.58.-2.13.0.02.0.00.0.0.C.64.62.63.62...*1C
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.14.0.72.-2.77.1.95.-1.08.0.00.0.0.C.63.62.63.63...*33
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.15.1.34.0.21.-0.60.2.55.0.00.0.0.C.64.62.63.63...*1A
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.16.-2.44.-1.74.0.11.-1.94.0.00.0.0.C.63.62.63.63...*13
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.17.-0.15.-0.67.-2.77.-1.44.0.00.0.0.C.63.62.62.63...*34
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.18.-2.46.-1.12.-0.53.0.63.0.00.0.0.C.63.63.63.62...*10
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.19.1.80.0.30.-1.63.-2.42.0.00.0.0.C.62.62.63.63...*37
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.20.2.46.-2.37.2.50.2.19.0.00.0.0.C.62.62.63.62...*11
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.21.1.74.90.-1.69.-1.07.0.00.0.0.C.62.62.63.63...*19
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.22.2.53.-2.97.-1.01.0.07.0.00.0.0.C.64.62.62.62...*3D
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.23.1.90.-1.93.-0.26.2.08.0.00.0.0.C.63.63.62.63...*39
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.24.0.06.-2.56.-0.35.0.63.0.00.0.0.C.64.64.63.63...*36
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.25.-2.30.-2.73.-1.68.2.80.0.00.0.0.C.64.63.62.64...*1D
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.26.-1.54.-0.94.0.16.-0.05.0.00.0.0.C.63.63.63.63...*12
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.27.-0.16.-2.06.-1.06.0.94.0.00.0.0.C.63.63.63.62...*14
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.28.1.43.-1.76.0.18.-2.85.0.00.0.0.C.63.62.63.62...*3B
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.29.-1.22.-2.00.-1.32.-0.43.0.00.0.0.C.63.62.63.62...*30
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.30.2.83.-0.03.-2.87.1.79.0.00.0.0.C.63.62.63.62...*32
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.31.-0.70.0.44.-0.05.-0.94.0.00.0.0.C.63.62.62.63...*14
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.32.0.29.-1.78.-2.39.2.19.0.00.0.0.C.63.62.62.63...*32
SPNORC.2021-12-01 13:16:49.33.2.78.-1.15.-1.55.0.10.0.00.0.0.C.64.63.63.62...*3A
    
```

```

2000-01-01 00:35:03.500,-0.0014,26.8107,10.0438,-0.0887,-0.0879,0.0000,1.0000,26.7313
2000-01-01 00:35:04.000,-0.0015,26.8109,10.0454,-0.0870,-0.0863,0.0000,1.0000,26.7349
2000-01-01 00:35:04.500,-0.0009,26.8121,10.0466,-0.0859,-0.0852,0.0000,1.0000,26.7349
2000-01-01 00:35:05.000,-0.0011,26.8130,10.0396,-0.0929,-0.0921,0.0000,1.0000,26.7349
2000-01-01 00:35:05.500,-0.0012,26.8137,10.0477,-0.0847,-0.0840,0.0000,1.0000,26.7367
2000-01-01 00:35:06.000,-0.0014,26.8131,10.0416,-0.0909,-0.0902,0.0000,1.0000,26.7386
2000-01-01 00:35:06.500,-0.0018,26.8118,10.0365,-0.0959,-0.0951,0.0000,1.0000,26.7349
2000-01-01 00:35:07.000,-0.0015,26.8067,10.0461,-0.0864,-0.0857,0.0000,1.0000,26.7386
2000-01-01 00:35:07.500,-0.0017,26.8023,10.0460,-0.0864,-0.0857,0.0000,1.0000,26.7349
2000-01-01 00:35:08.000,-0.0017,26.8004,10.0444,-0.0881,-0.0874,0.0000,1.0000,26.7367
2000-01-01 00:35:08.500,-0.0017,26.8008,10.0397,-0.0927,-0.0920,0.0000,1.0000,26.7367
    
```

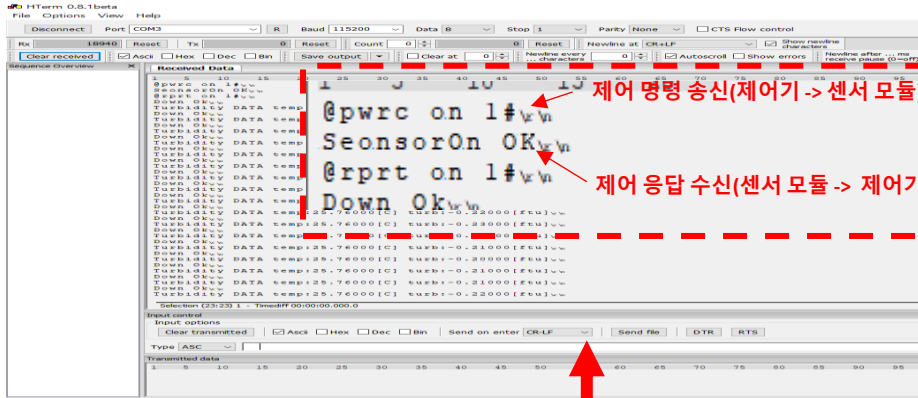
# 1~5차년도 연구개발 결과

## ○ 센서모듈 개발

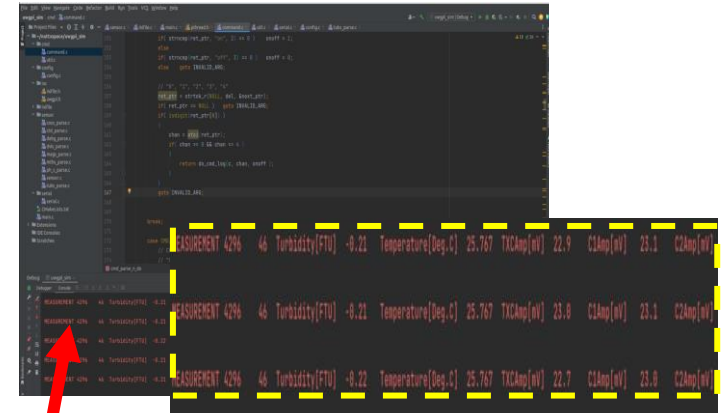
### ➤ 센서모듈별 운용성능시험(4차년도)

#### • 센서모듈 연동 및 Plug & Play 기능 연동

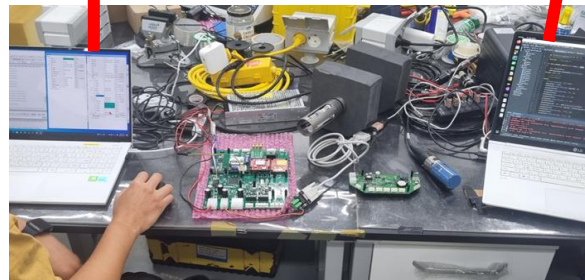
- 센서모듈의 페이로드와 각 시나리오별 센서의 전기·물리적 연동 확인(페이로드 제어 및 센서 자료 취득·전송)



센서 모듈 제어(센서모듈 <-> 각 시나리별 센서)



관측자료 수신(센서->센서 모듈)



<제어기 & 센서모듈 연동 시험>



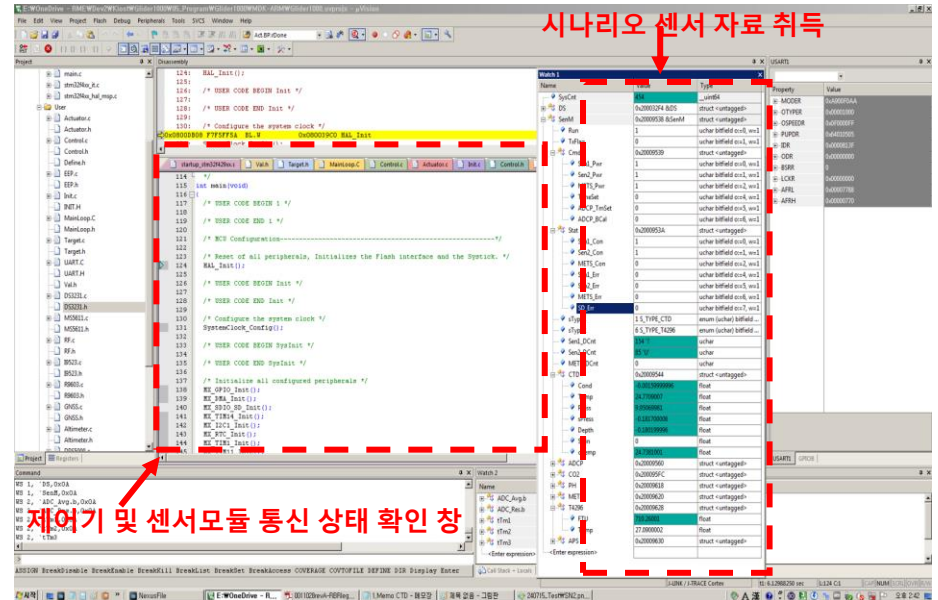
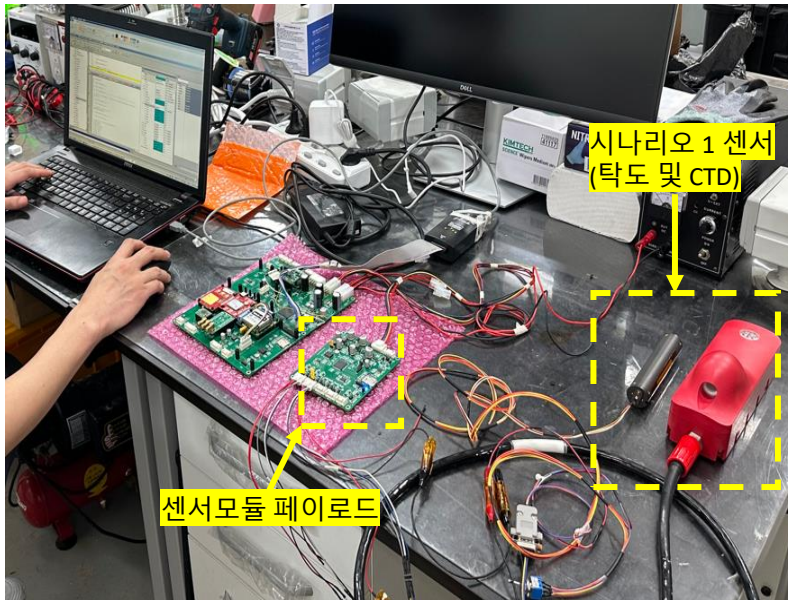
# 1~5차년도 연구개발 결과

## ○ 센서모듈 개발

### ➤ 센서모듈별 통합성능시험 및 보완(5차년도)

#### • 센서모듈 연동 및 Plug & Play 기능 연동

- 수중글라이더 제어기와 페이로드의 전기·물리적 연동 확인(페이로드 제어 및 센서 자료 취득·전송)



<시나리오별 제어기 & 센서모듈 연동 시험>



## 당해(5차년) 연구개발 목표 및 내용

### ❖ 5차년도 연구목표

- ① 센서 탑재 모듈 기술 및 센서모듈 Plug & Play 기능 개발

### ❖ 5차년도 연구내용

- ① 센서 탑재 모듈 기술 개발(완료)

- 센서 모듈 통합성능시험 및 보완
  - 6가지 시나리오의 센서모듈을 BCAUV와 연동 후 통합성능시험 수행
  - BCAUV와 센서 페이로드의 전기적·물리적 연결 후 통합시험 수행

- ② 센서모듈 Plug & Play 기능 개발

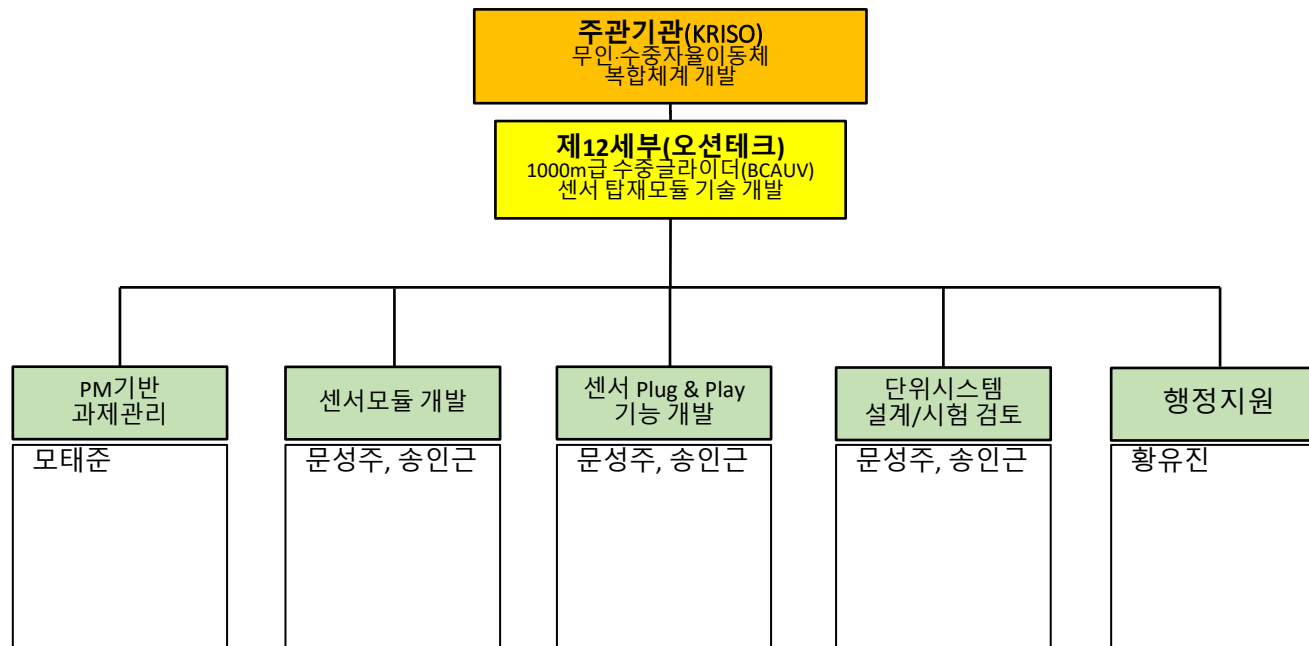
- 센서모듈 2개 이상의 통합시험 및 보완(실해역 시험)
  - BCAUV와 각 센서 모듈을 연동, Plug & Play 기능 작동 상태 확인(실해역 시험)

# 당해(5차년) 추진체계

## 주요연구내용

### ➤ 체계 연동 시험

- 센서모듈 통합성능시험 및 보완
- Plug & Play 통합성능시험 및 보완



# 당해(5차년) 추진일정

구 분 \ 년도/분기	1분기(2024)			2분기(2024)			3분기(2024)			4분기(2024)		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
주요 일정 (예정)						△ 해복단 착수회의			△ 항우연 통합워크샵			
Plug & Play 운용성능 시험	→											
센서모듈 통합성능 시험 및 보완				→								
Plug & Play 통합성능시험 및 보완								→				
시제 보완										→		

# 실증 방안

## BCA 시제 시험/검증 방안

2단계 개발 항목	시험 내용	시험/검증 목표	시험예상일자
(8세부) 전력 및 제어시스템 개발	[정성] 복합체계 임무를 위한 수중글라이더 개발	수중글라이더 단일 시험 평가	24년 9월 경
		복합체계 운용 성능 시험	6차년도
		복합체계 종합 연동 시험	7-8차년도(최종)
	[정량] 수중글라이더 운용 기간	≥ 2개월, 단위시간 기준 수조 실험에 근거	24년 9월 경
		≥ 2개월, 단위시간 기준 수조 실험에 근거	6차년도
		≥ 2개월, 해상 실험에 근거, Sea state 30이내	7-8차년도(최종)
	[정량] 수중글라이더 RF 통신 거리	≥ 2km, 연안-육지 2km 범위내, Ses state 20이내	24년 10월 경
		≥ 2km, 연안-육지 2km 범위내, Ses state 30이내	6차년도
		≥ 2km, 해상 실험에 근거, Ses state 30이내	7-8차년도(최종)
(9세부) 유압식 부력 제어기 및 선체 개발	[정성] 유압식 부력 제어기 및 선체 개발	수조 시험 시의 문제점을 보완하여 최종 시제품 제작, 단일 시험 평가 요구 성능 목표의 100% 만족	24년 9월 경
	[정량] 부력 제어기 소비전력	≤ 150W (부하 100bar, 부력 제어량 1L에 대해 유압 최대 사양으로 10회 시험하여 시제품 평균 소비전력 측정)	23년 11월 검증 완료
	[정량] 자세 제어 정밀도	≤ ±2% (배터리 최대 무게에서 지정된 자세 제어 정밀도를 수조에서 실험, 센서장착 비교값 산출)	24년 9월 경
	[정량] 선체 외압	선체 외압 120bar 수조에서 안전을 고려한 외압시험 실시하여 내부로 수분 침투 여부 확인	24년 6월 검증 완료
	[정량] 조향 제어 정밀도	≤ ±2%(지정된 조향 제어 정밀도를 수조에서 실험, 센서장착 비교값 산출)	24년 9월 경
(10세부) 자율 제어 기술 개발	[정성] 수중글라이더의 실험역 운항실험 및 데이터 취득	수중글라이더 수조 센서 테스트 수중글라이더 실험역 실험 및 운용 테스트 시뮬레이션 결과와 실험 데이터 분석	24년 10월 경
(11세부) 항법 기술 개발	[정성] 1000급 수중글라이더의 위치추정 항법 기술 개발	수중글라이더 시험 평가 적용	24년 10월 경
(12세부) 센서 탑재 모듈 기술 개발	[정성] 해양관측용 센서 탑재 모듈 기술 개발	센서모듈 통합성능시험 및 보완	24년 10월 경
	[정량] 센서모듈 Plug & play 기능 개발	Plug & Play 통합성능시험 및 보완 - 모듈 2개 이상 시험(통합 시험)	24년 10월 경



# 시제 시험 계획

## ● BCA 센서탑재모듈 시제 시험/검증 방안

2단계 개발 항목	시험 기준/내용	시험/검증 방안	시험예상일자
센서 모듈별 운용성능 시험	임무에 따른 센서 탑재 시 제어	임무에 따른 각 센서 별 전원 제어 및 데이터 제어 확인	완료
	임무에 따른 센서 탑재 시 관측자료 취득	임무에 따른 각 센서 별 관측자료 저장 확인	완료
센서모듈 통합성능 시험 및 보완	BCAUV의 주제어기와 연동	BCAUV의 주제어기와 페이로드 탑재모듈간의 제어, 데이터 전달 등 통신 확인	완료
Plug & Play 운용성능 시험	임무별 센서 탑재 및 BCAUV 동체와 체결 확인	BCAUV와 Payload의 전기적 및 물리적 체결 확인	완료
Plug & Play 통합성능 시험 및 보완	BCAUV 동체와 체결 후 탑재 센서 및 모듈 과의 정상적인 기능 구현 확인	BUAUV와의 H/W 부분의 커넥션 및 동체 체결 여부 확인	5차년도
		H/W 부분 체결 후 센서 및 센서모듈의 정상 기능 구현 확인	5차년도

2024년도 무인이동체원천기술개발사업 통합기술워크샵

# 감사합니다.