

# 부력제어 자율무인잠수정(BCA) 개발

- 해양복합연구단 BCA분야 (8~12세부) -

2024. 09. 25 [수요일]

지대형 [한국해양과학기술원]

주관기관 : 한국해양과학기술원

한국도κι벡(주), 한국해양대학교

LIG빅스원(주), 오션테크(주)



The background of the slide is a photograph of ocean waves. The left half of the image is in deep blue, while the right half is a lighter, cyan-blue, creating a vertical split effect. The waves are visible throughout, with white foam on the crests.

# Contents

---

1. 연구과제 개요
2. 연구개발 결과 (1~4차년도)
3. 연구개발 중간 결과 및 계획 (5차년도)
4. 실증 방안

## 과제 개요

<b>사업명</b>	무인이동체 원천기술개발사업(내역사업 2 : 통합운용 기술실증기 개발)
<b>과제명</b>	무인수상선-수중자율이동체 복합체계 개발(해양복합연구단)
<b>세부과제명</b>	제08세부: 복합체계임무를 위한 수중글라이더용 전력 및 제어시스템 개발 제09세부: 1,000미터급 수중글라이더 구동부 및 선체 개발 제10세부: 1,000미터급 수중글라이더 자율제어 기술 개발 제11세부: 1,000미터급 수중글라이더 항법 기술 개발 제12세부: 1,000미터급 수중글라이더 센서 탑재모듈 기술 개발
<b>연구목표</b>	복합체계임무를 위한 1,000m급 수중글라이더 개발
<b>사업기간</b>	총 연구기간 : 2020. 06. 01 ~ 2027. 05. 31(1, 2단계 총 84개월) 당해(5차)년도 연구기간 : 2024. 01. 01 ~ 2024. 12. 31(12개월)
<b>연구사업비</b>	총 59.15억(국비 51.68억원, 기업 7.47억원)/당해 10.27억원
<b>BCA 총괄 주관기관</b>	한국해양과학기술원
<b>BCA 참여기관</b>	한국도κι멕(주), 한국해양대학교, LIG넥스원(주), 오션테크(주)

# 과제 연구목표

## ● 최종 목표

다양한 해양 임무를 수행하는 복합체계임무를 위한 **1,000m급 수중글라이더 개발**

## ● 세부 목표

- 복합체계임무를 위한 수중글라이더 **전력 및 제어시스템 개발** [한국해양과학기술원]
- 1,000m 항해가 가능한 수중글라이더의 **유압식 부력 제어기 및 선체 개발** [한국도κι벡]
- 부력 제어를 통한 수중활강 운동체인 수중글라이더의 **자율제어 기술 개발** [한국해양대학교]
- 1,000m급 수중글라이더의 위치추정 **항법 기술 개발** [IG넥스원]
- 1,000m급 수중글라이더 **센서 탑재모듈 기술 개발** [오션테크]

# 과제 연차별 연구개발 목표

## 연차별 연구목표

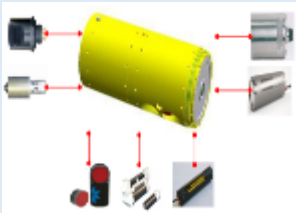
단계	연차	연구목표	세부목표
1단계	1차년	수중글라이더 요구도 분석 및 개발일정 도출	① 수요처 요구사항, 효과도 분석 ② 목표사양을 충족하기 위한 기능, 선체, 운영시나리오 개념 설계 ③ 기구/구동/유압/센서부 설계
	2차년	수중글라이더 기본설계	① 전력 및 제어시스템 기본설계 ② 부력/자세/조향 제어기 설계 및 제작 ③ 운동 모델링 CFD 유체력 계수 해석 ④ 수중복합항법 알고리즘 개발 및 항법시뮬레이터 설계 ⑤ 센서 모듈 기본 설계
	3차년	수중글라이더 상세설계	① 전력 및 제어시스템 상세설계 ② 동체 제작 및 모듈별 시스템 통합 ③ 에너지 최적 운동제어 알고리즘 개발 ④ 위치추정 알고리즘 및 항법시뮬레이터 보완 ⑤ 센서 모듈 상세 설계
2단계	4차년	수중글라이더 시제 제작 및 기본 성능 시험	① 시제 제작 ② 기본 성능 시험 ③ 시험 결과에 따른 보완 사항 수립
	5차년	수중글라이더 단일 시험 평가	① 단일 시제 시험 평가 ② 복합체계 운용 기술 개발
	6차년	복합체계 운용 성능 시험	① 복합체계 종합 연동시험 (수조) ② 복합체계 통신시스템 기술 개발
	7차년	복합체계 종합 연동 시험	① 복합체계 종합 연동시험 (해상)
	8차년	최종평가 및 연구결과 활용방안 도출	① 최종평가 및 연구결과 활용방안 도출



# 시제 개발 범위

## 시제 개발 범위

### 센서 탑재모델



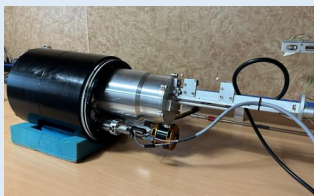
### 오션테크

### 자세 제어기



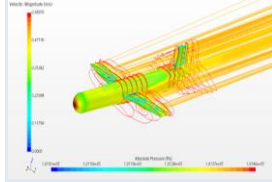
### 한국도키멕

### 유압식 부력 제어기 및 선체



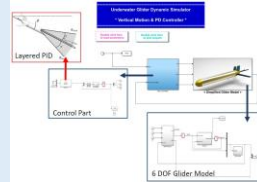
### 한국도키멕

### CFD 해석



### 한국해양대

### 자율제어 기술



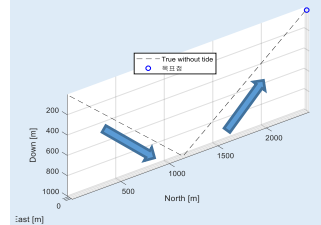
### 한국해양대

### 조향 제어기



### 한국도키멕

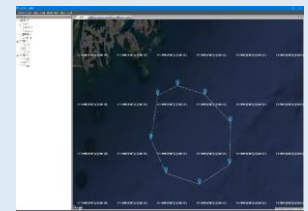
### 항법 기술



### LIG넥스원



### 원격 관제 시스템



### 한국해양과학기술원

### 전력 및 제어 시스템



### 한국해양과학기술원

### 동체 부



### 한국도키멕

## 과제 연구개발로드맵

```

graph TD
    SRR[시스템 요구 분석 SRR] --> PDR[단위시스템 설계 PDR, CDR]
    PDR --> P1[단위시스템 1차 시제 제작  
• BCAUV 부시스템 제작 및 통합]
    P1 --> P2[2차 시제 제작/통합]
    P2 --> T1[1차 시제기 시험  
- 구성품 시험  
- 피로도 시험]
    T1 --> T2[2차 시제 시험  
- 1차 시제 보완  
- 수조 시험  
- 해상 시험]
    T2 --> JST[복합체계 연동 시험]
    JST --> ID[실제 임무 통합 실증]

    PDR --> PS[전력 시스템 개발  
- 전력관리 회로 설계  
- 배터리 팩 개발]
    PDR --> AC[부력제어기 개발  
- 구동부 개발  
- 탱크부 개발  
- 부력제어부 개발]
    PDR --> HG[항법 기술 개발  
- 알고리즘 개발  
- 시뮬레이터 개발]
    PDR --> CS[제어 시스템 개발  
- 제어 HW 개발  
- 제어 SW 개발]
    PDR --> AZ[자율 제어 기술 개발  
- 자세제어 알고리즘 개발  
- 에너지 최적 제어기법 개발  
- 운동성능 시뮬레이터 개발]
    PDR --> ZC[조향제어기 개발  
- 구동부 개발  
- 기구부 개발]
    PDR --> SM[센서 탑재 모듈 기술 개발  
- 센서 모듈 개발]
    PDR --> VC[선체 개발  
- 동체 제작  
- 날개 제작  
- 노즈콘/카울링 제작  
- 수조 시험]
  
```

# 목표 성능

## BCA 목표 성능

붉은 색 표기 = 대표 목표 성능

항 목	목표 성능	달성 성능	상세 정의	비 고
<b>최대 잠항 수심</b>	1,000m 이상	1,200m 이상 (120bar)	BCA의 최대 운용 수심 제원	동체 개선품 제작 후 자체 시험 수행
<b>속도</b>	평균 1.0kn 이상	평균 1.0kn 이상	BCA의 평균 수평이동속도 제원	수치 산출
크기	D230 X L2,351 X W990 mm 이 내	D220 X L2,252 X W980 mm	최대 크기 제원	제작품 크기 측정
중량	85kg 이하	80kg 이하	최대 중량 제원	설계 사양 및 부분 제작품 중량 측정
부력 제어기 중량	15kg 이하	9kg 이하	부력 제어기의 최대 중량 제원	기구 제작 후 중량 측정
부력 제어기 소비전력	150W 이하	80W 이하	부력 제어기의 최대 소비전력 제원 (유압 최대 사양)	소비전력 시험
부력 제어량	1L 내외 (오차 ±30%)	1.02L	부력 제어기의 부력 제어량 제원	공인 시험
자세 제어기 정밀도	±2% 이내	0.3% 이내	자세 제어기의 기구 정밀도	공인 시험
조향 제어기 정밀도	±2% 이내	1% 이내	조향 제어기의 기구 정밀도	공인 시험
<b>운용 시간</b>	2개월 이상	2개월 이상	BCA의 최대 임무 수행 기간	수치 산출 및 배터리 팩 제작
자료 전송	RF	2km 이상	RF의 최대 통신 가능 거리	수치 산출 및 통신 시험 수행
<b>선택적 탑재 센서</b>	7종 센서	7종 센서	CTD, ADCP, CO2, Ph, 메탄, 지자기, 탁도 센서 센서 탑재 모듈 Plug & Play 기능 수심 1,000m 이상 해양학 데이터 수집	7종 센서가 탑재 가능한 시나리오 및 센서 탑재 모듈 제작
연동	통신 및 네트워킹 연동	-	USV, PCA / 내역 사업 1과 통신 및 네트워킹으로 연동	설계 후 제작 진행 중
진단	자체 진단 기능	-	BCA 자체 진단	설계 후 제작 진행 중
관제 시스템	DB, 통신중계서버, 관제서버 기능	-	DB서버 - 수집된 데이터 저장 통신중계서버 - 위성통신에서 제공하는 중계서버 관제서버 - 장비운용, 데이터 가공, 저장 및 가시화 처리	설계 후 제작 진행 중
진수	USV에서 자동 진수 가능	-	독자 진수대를 이용한 USV에서 자동 진수 가능	설계 후 제작 진행 중
보조 장치	육상 보관/운반/이동 보조장치	-	육상에서 보관/운반/이동이 용이한 보조장치	2단계에서 설계 및 제작



# 세부 별 연구개발 결과

## ● 복합체계임무를 위한 수중글라이더용 전력 및 제어시스템 개발 (8세부: KIOST)

- 전력 시스템 개발 - 배터리 팩(이동/고정) 개발 및 연동/부하 시험
- 제어 HW 개발 - 제어 보드 개발 및 기구 연동 시험
- 제어 SW 개발 - 작동 시나리오, 주행/제어 모식도
- 운영 SW 개발 - 관제 시스템 개발



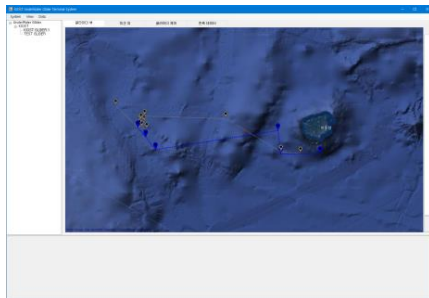
[고정 배터리 팩 시제]



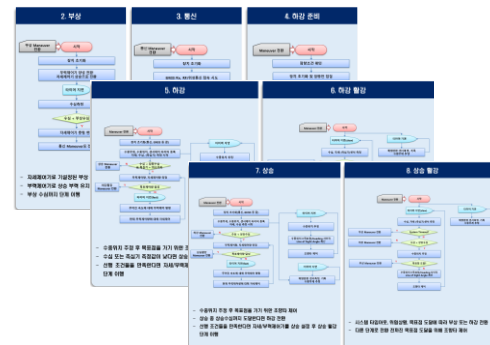
[제어보드 시제]



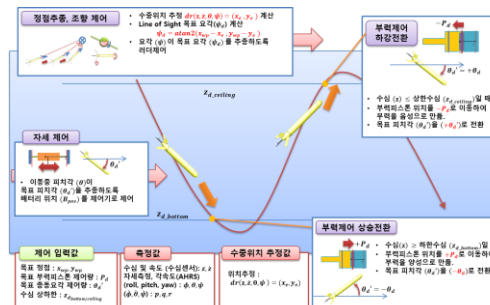
[이동 배터리 팩 시제]



[관제 시스템]



[작동 시나리오 세부 모식도]

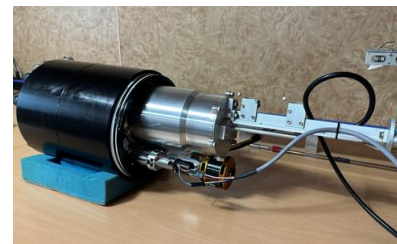


[수중글라이더 제어 모식도]

# 세부 별 연구개발 결과

## ● 1,000m급 수중글라이더 구동부 및 선체 개발 (9세부: 한국도κι멕)

- 유압식 부력 제어기 개발
- 자세 제어기 개발
- 조향 및 기타 제어기 개발
- 내압 용기 설계 및 성능 해석 기술 개발
- 시제품 제작
  - 기구 구동 성능 및 내구성 검증
  - 자체 수압용 챔버를 이용한 방수 성능 검증



[부력 제어기 시제]



[자세 제어기 시제]



[조향 제어기 시제]

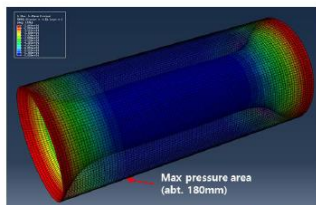
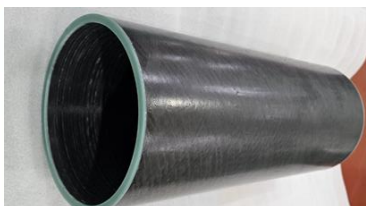


Fig. 2.2 Stress distr

[탄소 복합소재 동체]

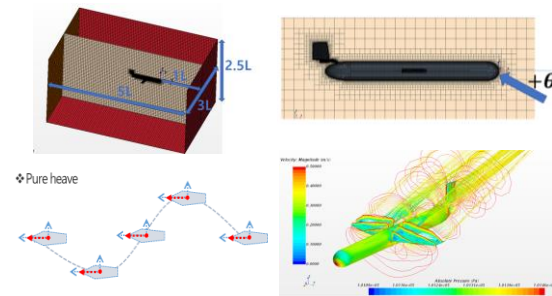


[기타 구성품]

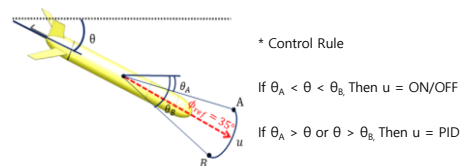
# 세부 별 연구개발 결과

## 1,000m급 수중글라이더 자율제어 기술 개발 (10세부: 한국해양대학교)

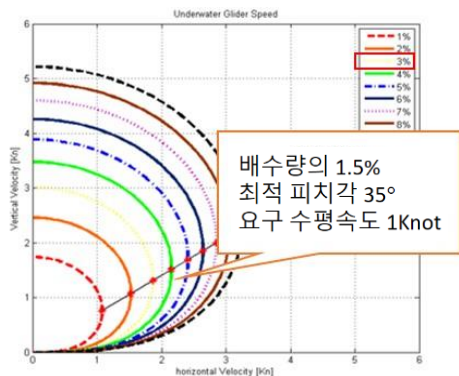
- 시스템 파라미터 분석
- 형상 설계에 따른 유체력 계수 CFD 해석
- 수직 운동 및 항행 시뮬레이터 개발
- 에너지 최적 운동 제어 및 항법 알고리즘 개발



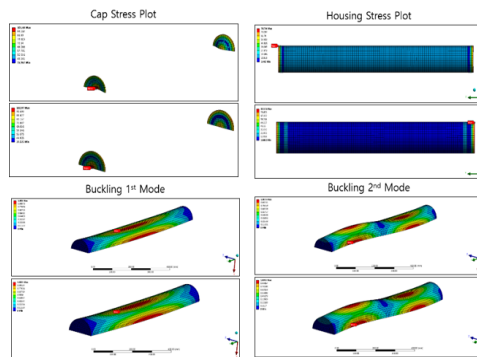
[CFD 해석]



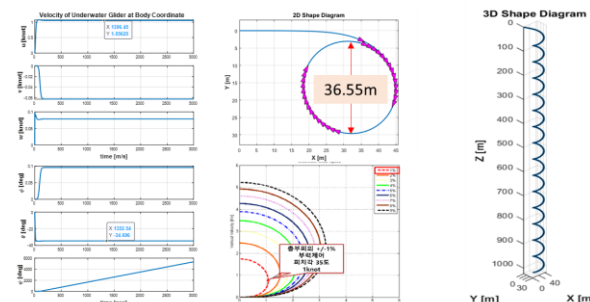
[Layered PID 제어 방식]



[정상상태 속도 분석]



[구조 해석]



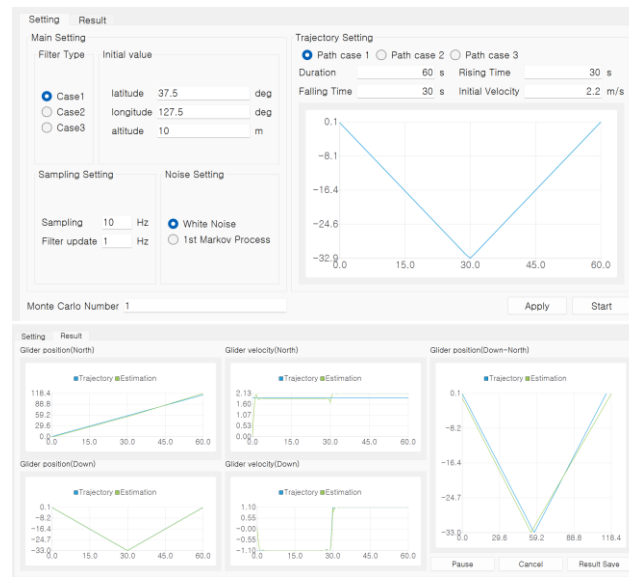
[제어 알고리즘 시뮬레이션]

## 수중 항법 알고리즘 개발

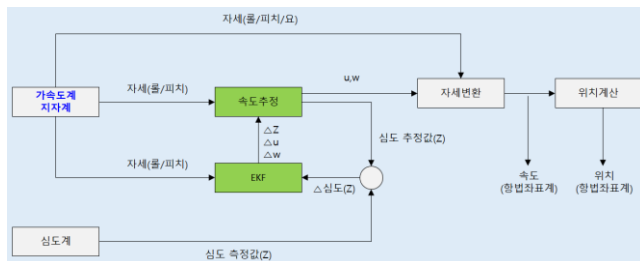
- 위치 추정 알고리즘 검증용 소프트웨어 구조 설계
- 위치 추정 알고리즘 설계 및 검증
- GPS 정보 기반 통합 해류 추정

➤ **수중 항법 시뮬레이터(항법 성능 검증 장치) 개발**

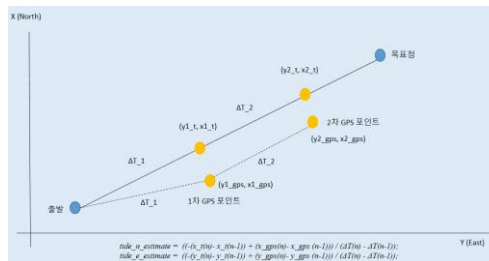
- 수중글라이더의 위치 추정 알고리즘 시뮬레이션 수행
- 시험 데이터 기반 성능 분석 수행



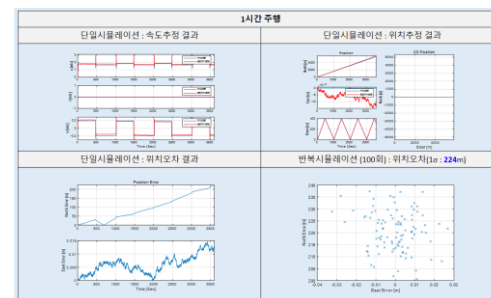
## [항법 성능 검증 장치 SW GUI 구성]



[위치 추정 알고리즘 SW 구조]



[통합 해류 추정]



[위치 추정 검증]



# 세부 별 연구개발 결과

## 1,000m급 수중글라이더 센서 탑재모듈 기술 개발 (12세부: 오션테크)

### ➤ 센서 탑재 모듈 개발

- 센서와 센서 모듈 인터페이스 보드로 구성
- 시나리오 분류 / 크기 및 전력 소모를 고려한 센서 선정
- 센서 자동 인식, 센서 운용 제어, 자체 로깅 기능 구성

### ➤ Plug & Play 기능 개발

- 임무 시나리오 별 센서의 취득 자료를 수집/처리
- 모듈화가 가능한 Plug & Play 기능

\* SN 1 (CTD, Turbidity)  
<Top view>



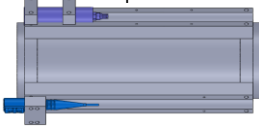
\* SN 2 (CTD, Magnetometer)  
<Top view>



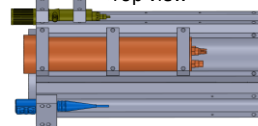
\* SN 3 (ADCP, Turbidity)  
<Side view>



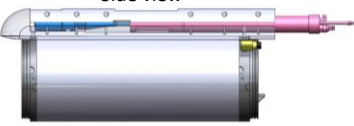
\* SN 4 (Methane, Turbidity)  
<Top view>



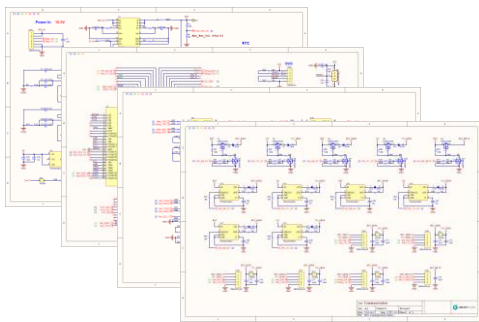
\* SN 5 (CO<sub>2</sub>, Turbidity)  
<Top view>



\* SN 6 (pH, Turbidity)  
<Side view>



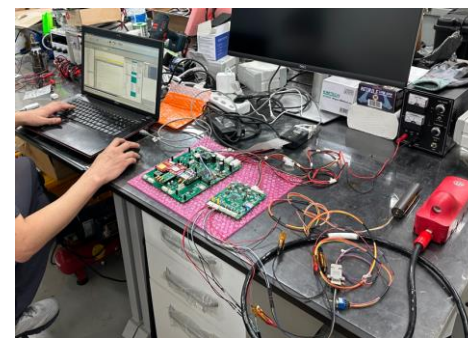
[센서 모듈 시나리오]



[센서 인터페이스 보드 회로 설계]



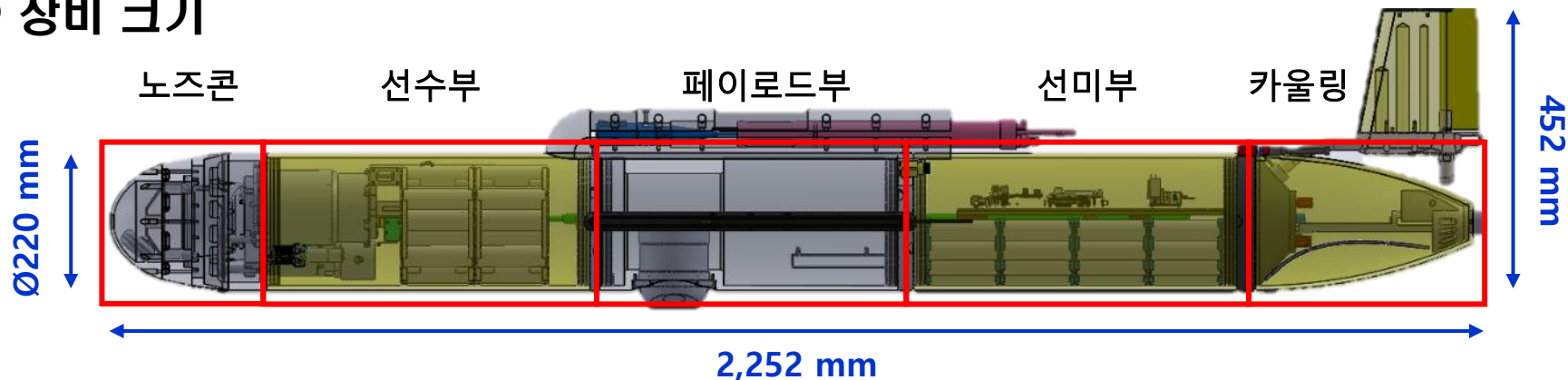
[센서 인터페이스 보드 시제]



[센서 연동 시험]

# 장비 크기 및 내부 구성품

## 장비 크기

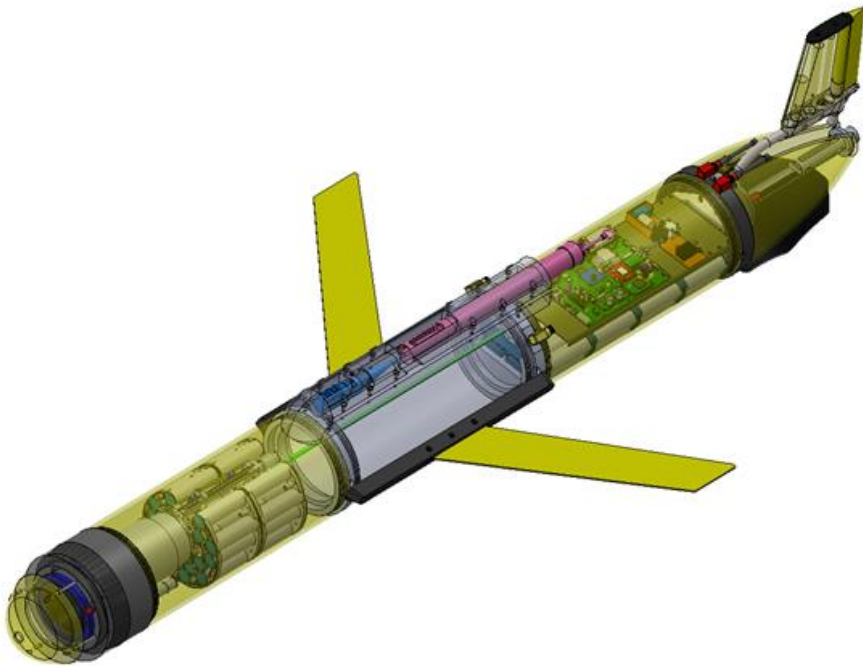


## 내부 구성품 배치



# 1차 시제 제작품

## 1차 시제 제작품



[시제 설계 안]

[시제 제작품]



# 대표 성과

## ● 대표 산출물 (건수)

시제품	기술자료	논문				특허		비고
		국외논문	국외발표	국내논문	국내발표	출원	등록	
9	14	3	5	4	4	-	-	

## ● 대표 산출물 (리스트)

순번	시제품	기술자료	비고
1	전력 시스템	- 설계 보고서 1부	
2	제어 시스템	- 설계 보고서 1부 - BCARCS-BCA 인터페이스통제문서(ICD) 1부	
3	부력 제어기	- 기술 사양서 1부 - 공인 시험 성적서 1부	
4	자세 제어기	- 기술 사양서 1부 - 공인 시험 성적서 1부	
5	조향 제어기	- 기술 사양서 1부 - 공인 시험 성적서 1부	
6	동체 및 페이로드부	- 기술 사양서 1부 - 공인 시험 성적서 1부	
7	자율 제어 시뮬레이션 프로그램	- 매뉴얼 1부	
8	항법 시뮬레이터	- 기술 사양서 1부	
9	위치 추정 알고리즘	- 기술 사양서 1부	



# 5차년도 연구목표

## ❖ 5차년도 연구목표

### ① 수중글라이더 단일 시험 평가

## ❖ 5차년도 연구내용

### ① 단일 시제 시험 평가

- 구성품 별 성능시험
  - 기구부 연동 시험
  - 기구부 내구성 시험
  - 구동 시험에 결과에 따른 기구 보완
  - 센서 페이로드 모듈 연동 시험
  - 선체 외압 시험

- 수조 시험
  - 선체 운동 성능 파악
  - 자율 제어 알고리즘 검증 및 개선

- 해상 시험
  - 주행 및 운영 상태 검증 및 개선
  - 항법 알고리즘 검증 및 개선

### ② 복합체계 운용 기술 개발

- BC-AUV 임무별 운용 기술 개발
- 센서 탑재 및 지상용 복합체계 운용 콘솔 설계 및 제작
- USV와 AUV간 수상 운용 시 무선 통신 시스템 기술 개발



[시험 시제 제작]



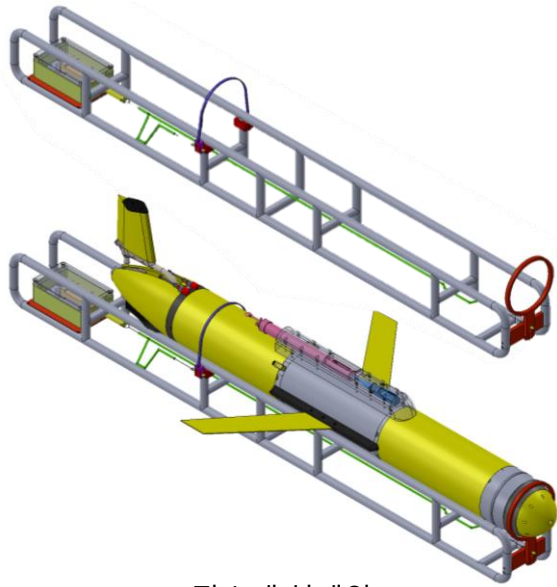
[무선 통신 시스템 구성도]

# 중간 결과

## ● 연구 진행 사항 (1/3)

### ◆ BCA 진수대 설계 및 제작

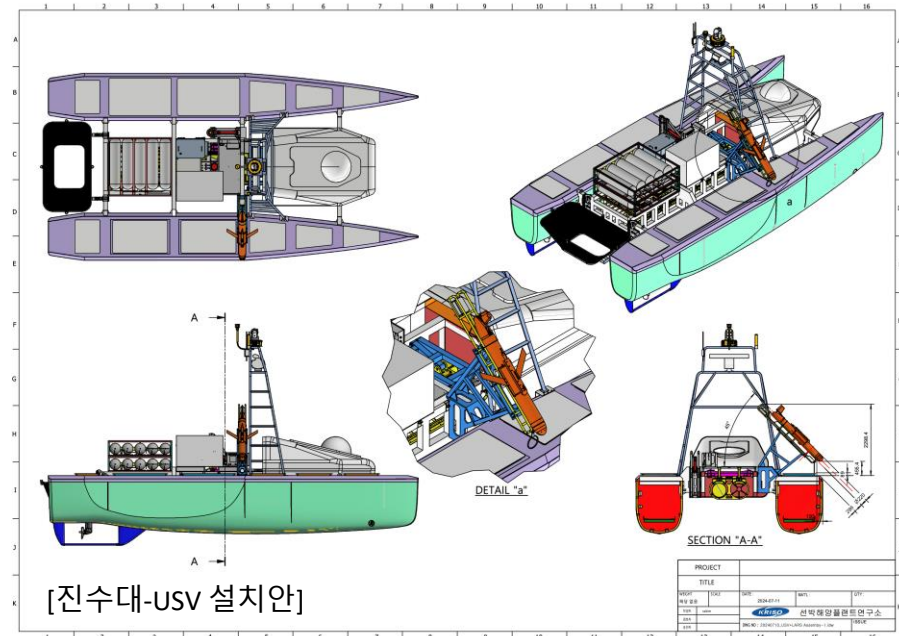
- 총괄 기관과 진수대-USV 설치 방안 및 위치 협의 (완료, 8월)
- BCA 진수대 설계 및 제작 (예정, 10월 중)
- BCA 진수대 설치 일정 조율 (예정, 10월 중)



[진수대 설계안]



[진수대+설치 프레임 설계안]



[진수대-USV 설치안]

# 중간 결과

## ● 연구 진행 사항 (2/3)

### ◆ 전력 및 제어시스템-기구부 연동 시험

- 제작된 배터리 팩, 제어시스템을 기구부 (부력/자세/조향 제어기)와 연동하여 구동 성능 시험
- 별도의 전원 공급 없이 제작된 배터리 팩을 이용한 제어시스템-기구부 구동 성능 및 소모 전력량 확인
- 부력 제어기 (완료, 3월)
  - 100bar의 압력이 작용하는 상태에서 부력 제어기 구동 성능 확인
  - 부하 별 소모 전력량 확인 (0~100 bar)
- 자세 제어기 (완료, 3월)
  - 선체 조립 상태에서 수직 상태로 구동 성능 확인
- 조향 제어기 (완료, 8월)
  - 구동 범위(-30~30°) 구동 성능 확인



[부력 제어기 연동 및 부하 시험]

### ◆ 기구부 내구성 시험

- 장기 연속 구동으로 기구부의 내구성을 확인
- 부력 제어기 (완료, 4월) – 이상 무
- 자세 제어기 (완료, 3월) – 이상 무
- 조향 제어기 (완료, 9월) – 이상 무



[기구부 내구성 시험]



# 중간 결과

## ● 연구 진행 사항 (3/3)

### ◆ 선체 외압 시험 [완료, 6월]

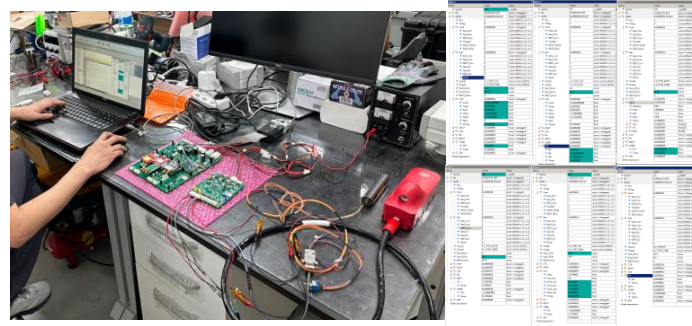
- 선체 외압 시험을 위한 자체 수압용 챔버 제작 (한국도키맥)
- 선체 및 구성품 외압 시험 수행 (120bar, 약 30분)



[선체 외압 시험]

### ◆ 제어기-센서 페이로드 모듈 연동 시험 [완료, 7월]

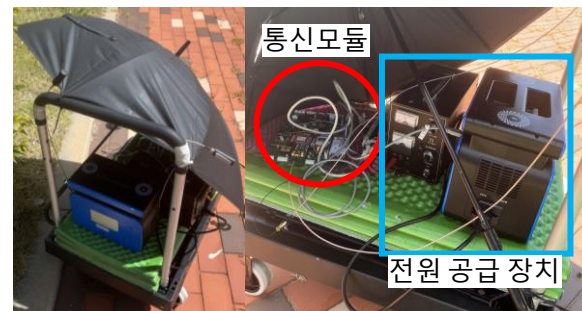
- 시나리오 별 제어기-페이로드 연동 시험 수행
- 센서 연동 상태 및 데이터 로그 내용 확인 및 평가
- 6가지 시나리오에 맞춰 연동 시험 완료



[센서 연동 시험]

### ◆ 통신 기능 연동 시험 [완료, 7월]

- 제어기-통신 모듈 간 통신 기능 연동 확인
- RF 모듈, 위성 통신(Main / Sub), 통신 스위칭 기능 시험 완료



[통신 기능 연동 시험]



# 시험 계획

## ○ 시험 계획

### ◆ 시험 시제 연동 [~10월 초]

- 시험 시제 준비 (기구/구성품 조립 및 배선)

### ◆ 복합체계 운용 기술 개발 [~10월 중]

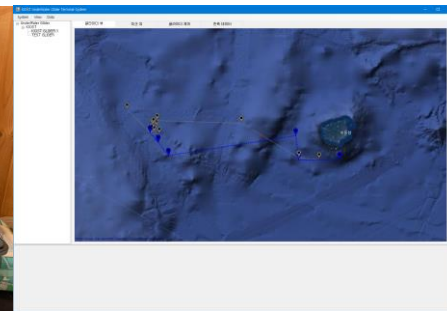
- BCA 임무 관제를 위한 관제시스템 개발
- BCA 임무 별 운용 기술 개발
- 해상 시험 간에 관제시스템을 사용

### ◆ 수조 시험 [10월 3~4 번째 주]

- 생기원 해양로봇센터(부산 기장) 조파수조에서 시험 예정
- 운동 성능 파악 (잠항 / 부상 / 자세 / 회전 반경 등)
- 자율 제어 알고리즘 검증 및 개선
- 실증 항목 = 복합체계 임무를 위한 수중중글라이더 개발  
수중중글라이더 운용 기간

### ◆ 해상 시험 [10~11월]

- 부산 영도 인근해역에서 시험 예정
- 주행 및 시제 운영 상태 검증 및 개선
- 항법 알고리즘 검증 및 개선
- 실증 항목 = 수중중글라이더 RF 통신 거리



[관제시스템 예시]



[수조 시험 예시]



[해상 시험 예시]

# 실증 방안

## BCA 시제 시험/검증 방안

2단계 개발 항목	시험 내용	시험/검증 목표	시험예상일자
<b>(8세부) 전력 및 제어시스템 개발</b>	[정성] 복합체계 임무를 위한 수중글라이더 개발	수중글라이더 단일 시험 평가	24년 10월 경
		복합체계 운용 성능 시험	6차년도
		복합체계 종합 연동 시험	7-8차년도(최종)
	[정량] 수중글라이더 운용 기간	≥ 2개월, 단위시간 기준 수조 실험에 근거	24년 10월 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)
<b>(9세부) 유압식 부력 제어기 및 선체 개발</b>	[정성] 유압식 부력 제어기 및 선체 개발	수조 시험 시의 문제점을 보완하여 최종 시제품 제작, 단일 시험 평가 요구 성능 목표의 100% 만족	24년 10월 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 10월 경
	[정량] 선체 외압	선체 외압 120bar 수조에서 안전율을 고려한 외압시험 실시하여 내부로 수분 침투 여부 확인	24년 10월 경
	[정량] 조향 제어 정밀도	≤ ±2%(지정된 조향 제어 정밀도를 수조에서 실험, 센서장착 비교값 산출)	24년 10월 경
<b>(10세부) 자율 제어 기술 개발</b>	[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
<b>(11세부) 항법 기술 개발</b>	[정성] 1000급 수중글라이더의 위치추정 항법 기술 개발	수중글라이더 시험 평가 적용	24년 10월 경
<b>(12세부) 센서 탑재 모듈 기술 개발</b>	[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

# 실증 방안

## ● BCA 금년도 수행 실증방안 (1/3)

### [정성] 복합체계 임무를 위한 수중글라이더 개발

- 실증 목표 : 수중글라이더 단일 시험 평가

- 실증 장소/일시 : 한국생산기술연구원 해양로봇센터 (부산 기장) 조파 수조 / 24년 10월 중

- 실증 방법

① 조파 수조에 BCA 진수

② 1-cycle 잠항 명령 전달 (잠항 수심 : 약 5m, 조향타 각도 : -30~30°, 센서 계측 수행)

③ BCA 부상 후 RF 통신을 통해 취득 자료 획득 (건물 안이므로 위성통신 x, 별도 시험 수행)

④ 취득 자료를 통해 각 구성품 별 구동 성능 및 통합 상태 검증

- 부력 제어기 : 부력제어기 내 오일 변화량을 통해 설정한 값으로 부력 조절이 되는지 확인
- 자세 제어기 : 이동 배터리 팩의 이동량을 통해 선체의 설정된 pitch 각으로 자세를 제어하는지 확인
- 조향 제어기 : 설정한 각도로 조향타가 회전하는지 육안으로 확인, 회전 반경 변화 확인
- RF 통신 : 통신 로그를 통해 BCA가 부상해 있는 동안 관제시스템과의 통신 여부 확인
- 센서 페이로드 : 1-cycle 잠항을 수행하는 동안 측정된 데이터 값과 기준값 (수조 물 특성 정보) 비교
- 위성 통신 : BCA가 위성 통신을 수행할 수 있도록 건물 밖으로 이동해서 통신 로그를 통해 관제시스템과의 위성 통신 여부 확인



[한국생산기술연구원 조파수조]

# 실증 방안

## BCA 금년도 수행 실증방안 (2/3)

### [정량] 수중글라이더 운용 기간

- 실증 목표 :  $\geq 2$ 개월, 단위시간 기준 수조 실험에 근거

- 실증 장소/일시 : 한국생산기술연구원 해양로봇센터 (부산 기장) 조파 수조 / 24년 10월 중

- 실증 방법

① 조파 수조에 BCA 진수

② 1-cycle 잠항 명령 전달 (잠항 수심 : 약 5m, 센서 계측 수행)

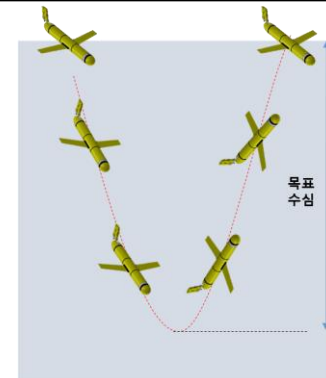
③ BCA 부상 후 RF 통신을 통해 취득 자료 획득

④ 수심 5m 잠항 시 전력 사용량을 이용해서 수심 1,000m 전력 소모량으로 수치적 환산

- 1,000m 1-cycle 전력 소모량 = 부력/자세/조향 제어기 전력 소모량 + 센서 페이로드 전력 소모량 + 기타 부품 전력 소모량
- 부력 제어기 : 5m 1-cycle 전력 소모량 = 1,000m 1-cycle 전력 소모량 (부력 조절량 동일 조건)
- 센서, 자세/조향 제어기 : 수심 ( $d$ , 5m / 1,000m)에 대하여 입사각 ( $\theta$ )에 따른 BCA 이동거리 ( $l$ )를 계산하고 비례식을 이용하여 전력 소모량 ( $P$ ) 환산

$$l = \frac{d}{\sin(\theta)}, P_{1000} = \frac{l_{1000}}{l_5} \times P_5, P_{1000} : 1,000m \text{ 수심 이동에 대한 전력 소모량}$$

- 기타 부품 전력 소모량은 1-cycle 전력 사용량에서 부력/자세/조향 제어기 및 센서 전력 소모량을 제한 나머지로 함
- BCA가 평균 1knot로 이동하면 1-cycle을 주행하는데 약 2시간 소요
- 전력 소모량 총 합 = (1,000m 1-cycle 전력 소모량) \* (하루 주행 횟수) \* (2개월)
- 전력 소모량 총 합을 전체 배터리 팩 용량과 비교



[주행 Cycle]

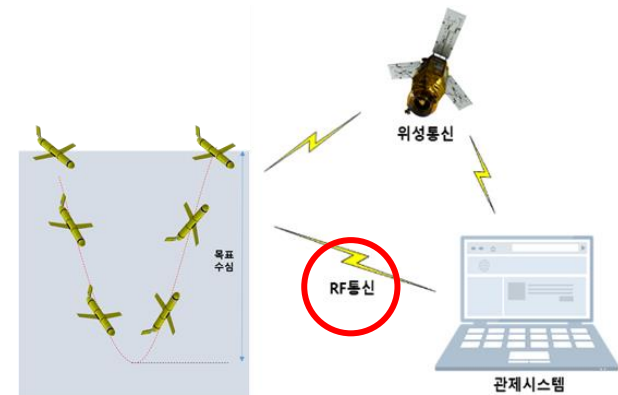


# 실증 방안

## BCA 금년도 수행 실증방안 (3/3)

### [정량] 수중글라이더 RF 통신 거리

- 실증 목표 :  $\geq 2\text{km}$ , 연안-육지 2km 범위내, Sea state 2이내
- 실증 장소/일시 : 영도 인근 해역 / 24년 10월 중
- 실증 방법
  - ① 영도 인근 해역에 실험 구역과 Sea state 2인 날을 선정
  - ② 해안가에 BCA 관제시스템을 설치하고 2km 떨어진 해역에 BCA 진수
  - ③ 관제시스템에서 RF 통신을 통해서 BCA로 접속 시도
  - ④ RF 통신을 통해서 BCA 상태 정보를 취득
  - ⑤ 관제시스템에서 수신된 데이터 확인을 통해 검증



[통신 개념도]

# 실증 방안

## BCA 세부기술 통합 실증방안 (1/3)

### [정성] 복합체계 임무를 위한 수중글라이더 개발

#### - 실증 목표

- 복합체계 운용 성능 시험 (6차년도)
- 복합체계 종합 연동 시험 (7-8차년도)

#### - 실증 방법

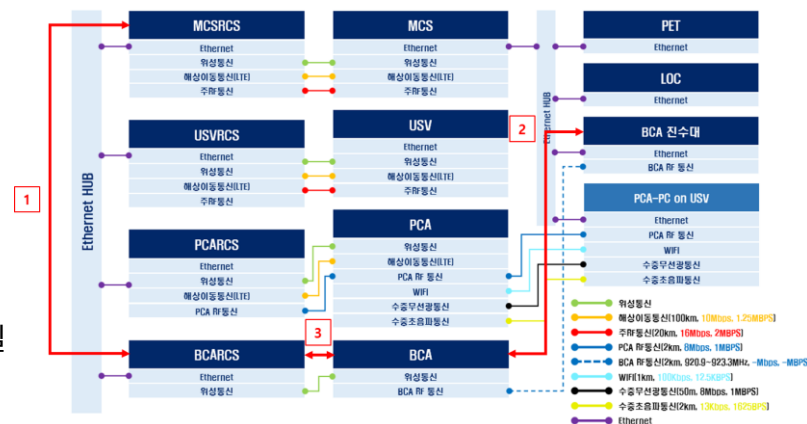
① 6차년도 검증방안은 “BCA 금년도 수행 실증방안 (1/3)” (p.23)과 동일

- 전년도 평가를 통해 개선된 BCA를 검증
- 복합체계 구성을 위한 통신 및 기능 연동 작업 수행

② 7-8차년도 : 실해역 내 시험 구역에 BCA 진수

③ 무선통신 (RF 또는 위성)을 이용한 USV-PCA-BCA 복합체계 종합 연동 시험 수행

- RF 통신을 이용한 MCS에서 BCA 제어
- 위성 통신을 이용한 BCARCS에서 BCA 제어 (임무수행/변경, BCA 상태 확인, 자료 취득 등)
- BCA 위치 정보 공유 및 필요시 임무 변경
- 통신 로그 파일, 취득 데이터를 통해 검증



[복합체계 통신 구조]

# 실증 방안

## ● BCA 세부기술 통합 실증방안 (2/3)

### [정량] 수중글라이더 운용 기간

#### - 실증 목표

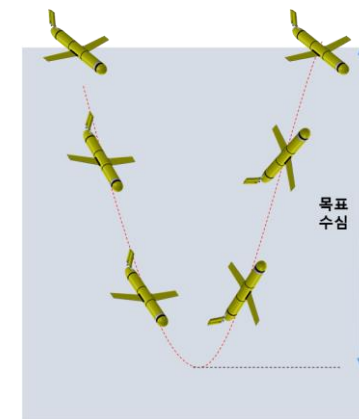
- ≥ 2개월, 단위시간 기준 수조 실험에 근거 (6차년도)
- ≥ 2개월, 해상 실험에 근거, Sea state 3 이내 (7-8차년도)

#### - 실증 방법

- ① 6차년도 검증방안은 “BCA 금년도 수행 실증방안 (2/3)” (p.24)과 동일
  - 전년도 평가를 통해 개선된 BCA를 검증
- ② 7-8차년도 : **실해역 시험 구역**에 BCA 진수 (잠항 수심 : 약 1,000m, 센서 계측 수행)
  - 잠항 수심은 시험 차수에 따라 점진적으로 증가하여 최종 목표 수심 1,000m까지 시험 수행
- ③ 운용 시나리오 임무 명령 전달 (실증 지점의 수심에 따른 잠항 수심 결정)
- ④ 1일 후 위성 통신을 통해 취득 자료 획득 및 전력 소모량 확인
- ⑤ 1일 전력 소모량을 이용하여 2개월 전력 소모량으로 환산
  - 2개월 전력 소모량 = (1일 전력 소모량) \* (2개월)
- ⑥ **전력 소모량 총 합을 전체 배터리 팩 용량과 비교**
  - 실증 기간은 시험 차수에 따라 점진적으로 증가하여 비교 데이터를 축적



[시험 예정지]



[주행 사이클]

# 실증 방안

## BCA 세부기술 통합 실증방안 (3/3)

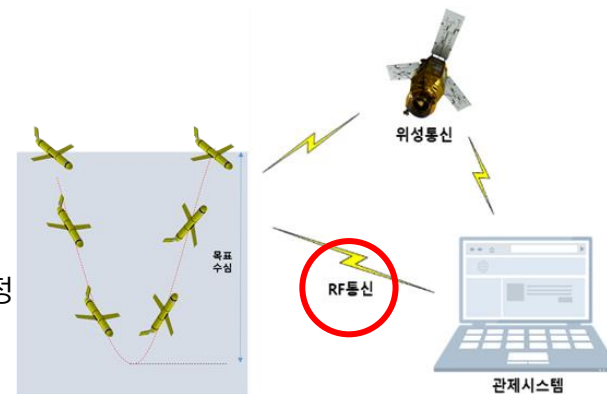
### [정량] 수중글라이더 RF 통신 거리

#### - 실증 목표

- $\geq 2\text{km}$ , 연안-육지  $2\text{km}$  범위내, Sea state 3이내 (6차년도)
- $\geq 2\text{km}$ , 해상 실험에 근거, Sea state 3이내 (7-8차년도)

#### - 실증 방법

- ① 영도 인근 해역 (6차년도) / 실험해역 시험 구역 (7-8차년도)에서 Sea state 3인 날을 선정
- ② 6차년도 : 해안가에 BCA 관제시스템을 설치하고  $2\text{km}$  떨어진 해역에 BCA 진수
- ③ 7-8차년도 : 선박에 BCA 관제시스템을 설치하고  $2\text{km}$  떨어진 해역에 BCA 진수
- ④ 관제시스템에서 RF 통신을 통해서 BCA로 1-cycle 잠항 명령 전달
- ⑤ BCA 부상 후 RF 통신을 통해서 운항정보를 획득 (위치 확인 필요)
- ⑥ 관제시스템에서 수신된 데이터 확인을 통해 검증



[통신 개념도]



2024년도 무인이동체원천기술개발사업 통합기술워크샵

# 감사합니다.