

**제주 해양환경관측센터 설립 타당성 조사
연구를 위한 하와이 선진 사례조사**

2019. 10.

1. 조사개요

1. 조사 목적

- 해양환경 관측 분야의 선진국인 하와이에서 추진하고 있는 해양환경 관측모니터링 시스템을 조사하고 청정한 제주 해양환경을 보존하기 위해 필요한 해양환경 장비 및 관측 모니터링 시스템을 도출

2. 조사개요

- 2019. 10. 11(금) ~ 10. 18(금) 《5박 8일》
- 방 문 지 : 미국 하와이주 호놀룰루시
- 조 사 자 : 좌민석 책임연구원, 홍창유 책임연구원

3. 기대효과

- 하와이 해양관측 모니터링 시스템 조사를 통한 제주에 필요한 해양환경 장비 및 관측모니터링 시스템을 도출함
- 하와이에서 추진하고 있는 해양환경 관측센터의 인력관리 제도 및 운영 매뉴얼 분석을 통해 제주 해양환경 관측센터 설립시 필요한 전문인력 및 관리체계 제시 가능
- 다양한 미국의 해양관리 정책과 전략 공유를 통해, 제주 해양자원의 지속 가능한 보전과 비전을 설정할 수 있는 기회 마련

4. 세부일정 및 주요 연수내용

일 자	지 역	교 통	주요 일정 및 업무수행내용
1일차 (10.11.금)	제주 김포 인천	아시아나항공 OZ8944 OZ232	<ul style="list-style-type: none"> ■ 14:10 제주 출발 ■ 20:20 인천→호놀룰루(8시간45분소요) (기내숙박)
2일차 (10.12.토)	Honolulu	전용차량	【공식방문: Hawaii Fish Company】 <ul style="list-style-type: none"> ■ 10:05 호놀룰루 공항 도착 ■ 스마트 양식 사이트 견학
3일차 (10.13.일)	Honolulu	전용차량	【공식방문: 호놀룰루 아쿠아리움 실무자 면담】 <ul style="list-style-type: none"> ■ 스마트 기법을 이용한 사육수 관리방법 등 조사
4일차 (10.14.월)	Honolulu	전용차량	【공식방문: 하와이대학교 해양관측센터】 <ul style="list-style-type: none"> ■ 하와이주의 해양관측 센터 체계 견학 ■ 인력 관리 제도 및 운영 매뉴얼 브리핑
5일차 (10.15.화)	Honolulu	전용차량	【공식방문: 하와이 주정부 실무국 방문】 <ul style="list-style-type: none"> ■ 하와이주의 해양환경자원 보전 전략과 비전 공유
6일차 (10.16.수)	Honolulu	전용차량	【공식방문: NOAA 해양관측센터】 <ul style="list-style-type: none"> ■ 연방정부 해양관측 센터 체계 견학 ■ 인력 관리 제도 및 운영 매뉴얼 브리핑
7일차 (10.17.목)	Honolulu	전용차량 OZ231	<ul style="list-style-type: none"> ■ 11:45 호놀룰루 출발 (HNL 공항)
8일차 (10.18.금)	인천 김포 제주	OZ231 OZ8985	<ul style="list-style-type: none"> ■ 17:10 인천공항 (ICN) 도착 ■ 21:00 인천 (ICN)→제주공항 (CJU)

II. 방문국가 주요현황 및 조사내용

■ 하와이 호놀룰루

□ 주요개황

- 호놀룰루는 하와이섬의 가장 큰 대도시로, 2018년 현재 인구는 38만명임
- 폴리네시아의 작은 마을로 시작하여, 18세기 말부터 주요 태평양의 항구로 부각되기 시작
- 20세기 초반 군사적 중심으로 시작하여, 와이키키 해변 등이 관광객들에게 인기를 끌면서 하와이의 경제적 중심지로 발전
- 기후는 아열대 기후로 연중 여름철의 고온을 유지함
- 주요 산업으로는 관광업, 군사활동 및 관련 제조업, 공업, 농업, 근래에는 서비스업 중심의 경제 구조로 발돋움



그림 1. 호놀룰루 와이키키 전경 (출처: Google)

■ 하와이대학교

□ 주요현황

- 미국 하와이 주 호놀룰루에 위치한 주립대
- 하와이 대학교 시스템 중에서 본교 캠퍼스는 Manoa 캠퍼스로 해양학, 정치학, 경제학, 언어학 등에서 세계적인 명성을 보유
- 1907년에 개교하여 많은 졸업생을 배출하였고, 국내의 교수, 정치인 등

유명인들이 대거 졸업한 명문 주립대

- 총 교직원수는 약 4천여명이며, 재적 학생수는 4만여명에 이룸
- 학생을 비롯한 교직원들 또한 아시아계의 인종이 많음



그림 2. 하와이대학교 본부 건물 (출처Google)

■ 조사내용

(1) 하와이대학교 해양환경관측센터

- 2018년 기준 하와이대학교는 해양분야 전세계 대학 랭킹중 8위를 차지한 대학임

① Not secure | shanghairanking.com/Shanghairanking-Subject-Rankings-2018/oceanography.html

ACADEMIC RANKING OF WORLD UNIVERSITIES SINCE 2003

Home About Rankings Survey Universities GRUP Initiative Conference Advertise with Us

ShanghaiRanking's Global Ranking of Academic Subjects 2018 - Oceanography 2018

Field: Natural Sciences Subject: Oceanography Methodology

World Rank	Institution*	Country/Region	Total Score	Score on PUB
1	University of Washington	USA	280.5	76.9
2	University of California, San Diego	USA	268.7	72.6
3	Oregon State University	USA	241.8	63.8
4	University of Southampton	UK	237.4	62.3
5	Utrecht University	NL	220.4	63.7
6	Ocean University of China	CHN	218.8	100
7	Massachusetts Institute of Technology (MIT)	USA	218.1	50.4
8	University of Hawaii at Manoa	USA	216.7	52.2
9	Columbia University	USA	214.7	46.7
10	University of Bergen	NOR	214.2	53.1

- 우수한 인재를 배출하고 다양한 해양환경을 관측하고 있는 하와이 대학교의 관측시스템을 조사함

- 하와이대학교는 NOAA와 공동으로 코코넛 아일랜드에 해양관측장비를 설치하여 데이터를 수집하고 있으며 하와이대학교의 협조를 받아 Kaneohe Bay 지역의 코코넛 아일랜드를 방문함
- 코코넛 아일랜드의 경우는 민간인의 출입이 통제되는 정부 관계자만 출입이 가능한 지역
- 한국인 국적의 방문객 신분으로는 처음으로 이번 연구진 팀이 코코넛 아일랜드를 방문함 - 각종 해양 동식물 실험이 진행되고 있었음

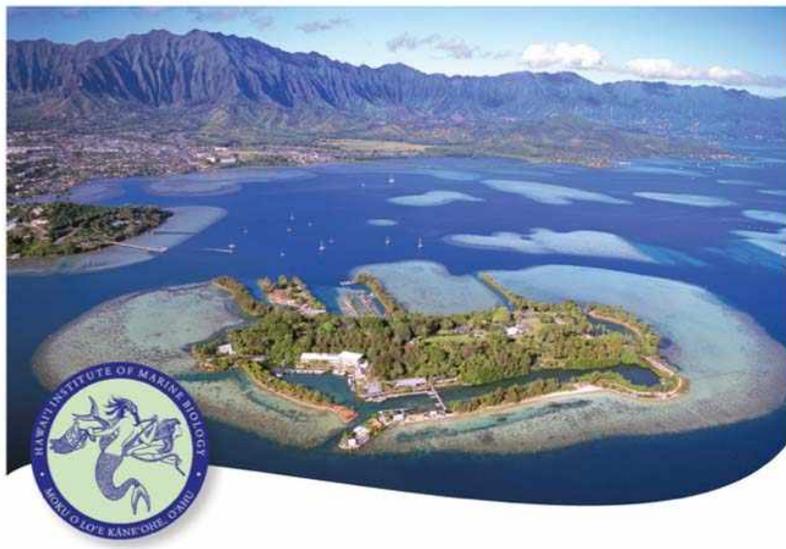


그림 3. 코코넛 아일랜드 전경 (himb.hawaii.edu)

- 하와이대학 해양생물연구센터 (HIMB)는 코코넛 아일랜드에 수온, 염분, pH, DO 등 수질 측정 장치를 설치하였고, 종류(스텐, 철, 아연)에 따른 염분부식 정도를 실험하고 있음
- 지역 주민들에게 양질의 교육 기회를 제공하기 위해서 다양한 연구 인턴 제도를 활용하고 있음
- 수질 측정데이터는 매주 방문하여 데이터를 백업해가는 방식으로 진행하고 있음
- 코코넛 아일랜드에 하와이대학교 부설 연구기설을 설치하여 수업 및 실험 등이 이루어지고 있음
- 상어 지느러미에 장비를 이식한 후 해양환경(수온, 염분, pH, DO) 등을 측정하고 상어의 이동경로 등을 파악하고 있음



코코넛 아일랜드



종류별 염분 부식정도 실험



수질측정 장치



기후, 수질 저장 장치

그림 4. 코코넛 아일랜드 및 해양관측 장비

- 하와이대학교에 파견중인 윤석왕 교수님과 제주 해양환경관측센터 설립시 해양관측 시스템에 대한 논의 중 음파를 통한 해양관측에 대한 논의가 이루어짐
- 음파는 해군에서 사용하는 방식으로 음파를 이용해 깊은 수심대의 해양환경 관측이 이루어질 수 있음
- 하와이의 경우 필요시 항공기, 헬기, 선박, 드론 등을 이용하여 자유롭게 관측을 실시하고 있고, 해양 관측에 관한 과감한 투자와 대규모 최첨단 기술을 적용하고 있다는 점에서 선진적이었음



해양관측센터 설립에 대한 논의

하와이대학교 해양과학대학

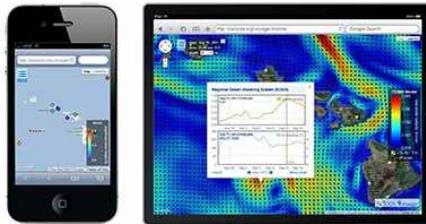
그림 5. 하와이대학교 해양과학대학 및 논의 모습

- 다양한 교육 연구 프로그램을 비롯하여, 석사·박사학위 등 학위 수여 커리큘럼도 제공하고 있음
- 하와이를 비롯한 태평양 폴리네시아의 생태환경 시스템을 보전하기 위한 다각적인 역할을 수행중 (세계 해양관측 연구자 대회 개최 2019년 9월)
- 해양과학·인문학·역사학·수중공학 등 연계적인 학제간 교류를 통한 학문적 사각지대를 없애고, 지역을 넘어가 국제적인 생태환경시스템의 관측소를 운영 중이었음
- 다양한 인력·실험기자재 등 전폭적인 지원과 연구 조사 여건을 할애할 수 있도록 연구수행원들의 편의를 철저히 보장하고, 자유로운 탐구활동이 되도록 연구 프로젝트별 독립성을 부여 (행정의 경우 연구원들이 신경쓰지 않도록 전문 행정원들이 전담하고 있었음)
- 일본과 호주·뉴질랜드의 고등연구기관과 협정을 맺고 인적·물적 교류를 진행하고 있다는 점에서 제주도 참여해야하는 당위성을 찾을 수 있었음

■ PacIOOS 관측센터 (NOAA 산하)

□ 주요현황

- Pacific Islands Ocean Observing System (PacIOOS): PacIOOS는 정확하고 신뢰할 수 있는 해안 및 해양 정보, 도구 및 서비스를 제공함으로써 태평양 제도의 해양 사용자 및 이해 관계자에게 안전하고 풍요로운 해양 자원의 이용권한을 부여함



PacIOOS Voyager Examples

Bottom Fishing in Maui County

Active layers: high resolution bathymetry; -200m contour line; bottomfish protected areas; 3 nautical mile maritime boundary; ocean currents at 200 m depth (from ROMS model); and benthic geomorphology around Molokai.

그림 6. 스마트 디바이스를 이용한 실시간 해양 데이터 관측 시스템

■ 조사내용

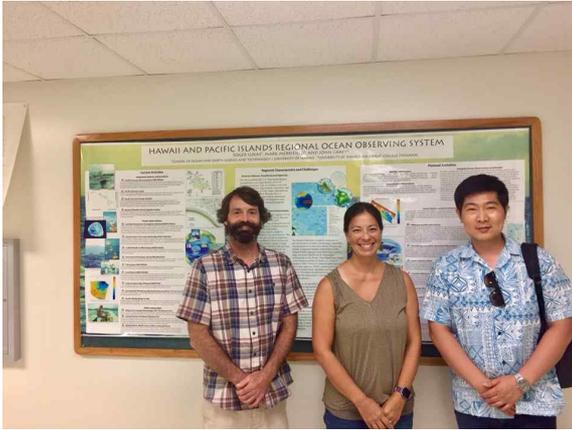
- PacIOOS Voyager는 무료, 대화형, 온라인 mapping을 제공하고 있음
- 태평양 지역의 관측, 예측, 그리고 역사적 해양 데이터를 탐구함
- 선택적으로 그 데이터들을 처리하고, 결합하고, 체계적으로 저장하고, 필요한 이들이 다운로드할 수 있는 편리한 시스템을 유지하고 있었음

Water Levels Across the Globe

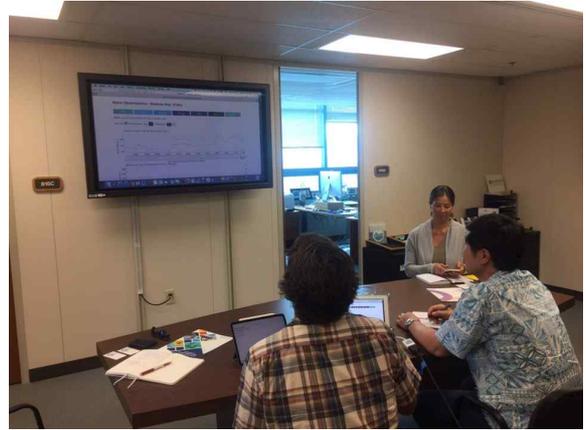
Active layers: tide and water level (DART Stations, IOC Stations, NOS Shore Stations).



그림 7. 해양관측시설의 실시간 현황 및 위치표시도



PacIOOS 관측센터 방문모습



PacIOOS 관측센터의 시스템 소개



Mr. Chip Young



관측 부표 센서

그림 8. PacIOOS 관측센터 방문 및 관측장비 조사

- 최신 기술을 바탕으로 한 해양관측기기 부표를 제작하고, 실험하는 실험실을 방문함
- 기능별 실험 목적별로 다른 기기를 이용하고 있었으며, 가격대도 다양하였고, 전문적인 해양관측 부표 관리직들도 훈련과 연구수준의 상당했음
- 해양관측 시설에서 처리된 데이터들의 흐름을 실시간으로 볼 수 있으면 주민들과 시민들도 그 데이터를 이용이 가능과 동시에, 데이터를 생성하는 과정에도 참여할 수 있음
- 부표에만 의존한 것이 아니라, 인공위성, 잠수함, 선박, 비행기, 드론, 상어 등과 해양데이터를 통합할 수 있는 시스템의 존재가 큰 의미가 있었음
- 통합된 데이터는 미국 기상청, 국립지리원, 하와이 해양자원국, 하와이대학교, 그리고 오리건 대학교, 캘리포니아 대학교 등 태평양 연안의 연구기관들과도 공유하여 관리 중이었음

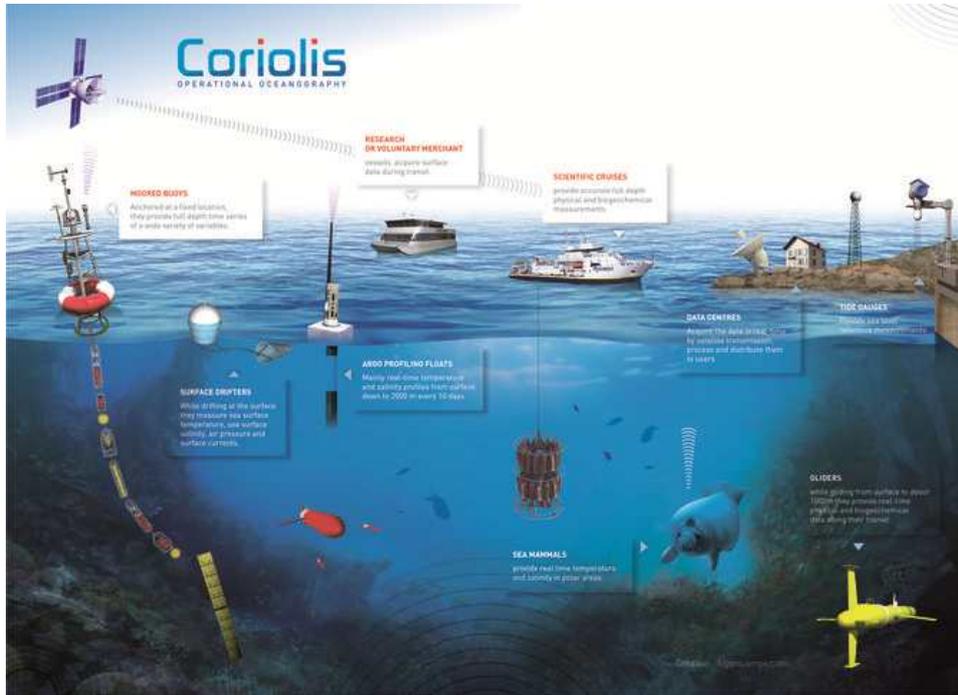


그림 9. 하와이에서 개최된 세계해양 관측대회에서 발표된 해양 관측 시스템 네트워크

(<http://www.coriolis.eu.org/Observing-the-Ocean>)

- 최신 기술을 바탕으로 한 위성 태그가 장착된 하와이 범상어의 최근 움직이는 활동경로를 추적하고 있었음
- 연구자들은 상어의 행동과 서식지 선택에 대해 귀중한 정보를 얻을 수 있으면, 상어가 지나가는 지역의 해양생태 데이터를 실시간으로 수집하고 있었음



그림 10. 상어 지느러미의 태깅 장치

- 상어의 서식지를 파악할 수 있으며, 인근 지역의 해양 데이터를 실시간 정확히 기록하며, 심해의 해양 데이터도 상어의 활동을 통해 위성장치로 자동 전송되고 있었음

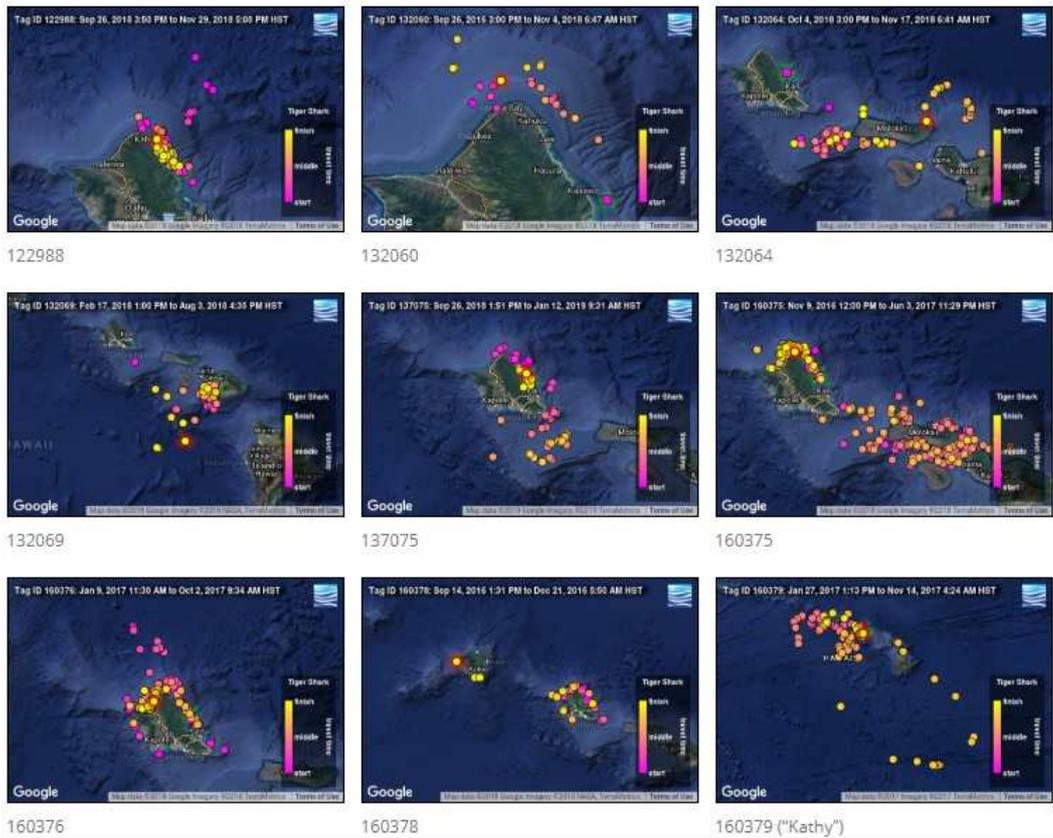


그림 11. 상어의 서식지 추적 및 해양 생태 자원 관측망

- 데이터 수집을 마친 상어 지느러미의 장치는 부표를 원격으로 부풀려 상어와 분리시킨 후 바다에서 연구진이 수거하는 형태로 이루어짐

■ 하와이 양식장 (Hawaii Fish-farm)

□ 주요현황

- Coral Restoration Nuresry는 하와이대학교와 공동으로 연구를 추진하고 있는 기관임
- Coral Restoration Nuresry에서는 하와이 연안에서 점차 사라지고 있는 산호를 복원하기 위하여 생산 및 바다에 이식을 추진하고 있음

- 해조류가 번무함으로써 이를 제거하기 위한 방안으로 성게 종자생산 및 방류를 추진하고 있음

■ 조사내용

- 산호 생산 및 양성과정 중 스마트 기법을 활용한 먹이 자동 공급장치 및 조도관리 방안 등
- Coral Restoration Nursery에서는 산호 먹이와 조도관리를 스마트폰을 이용하여 외부에서 관리하도록 되어 있음



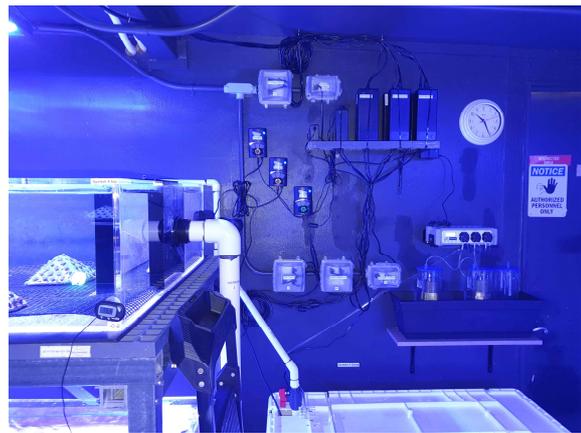
하와이 양식장 방문 모습



해조류에 대한 설명 청취



성게 생산수조



산호 양성과정에 사용되는 스마트장치

그림 12. 하와이 양식장 방문 및 의견청취 모습

■ EAST-WEST CENTER (동서문화센터, EWC)

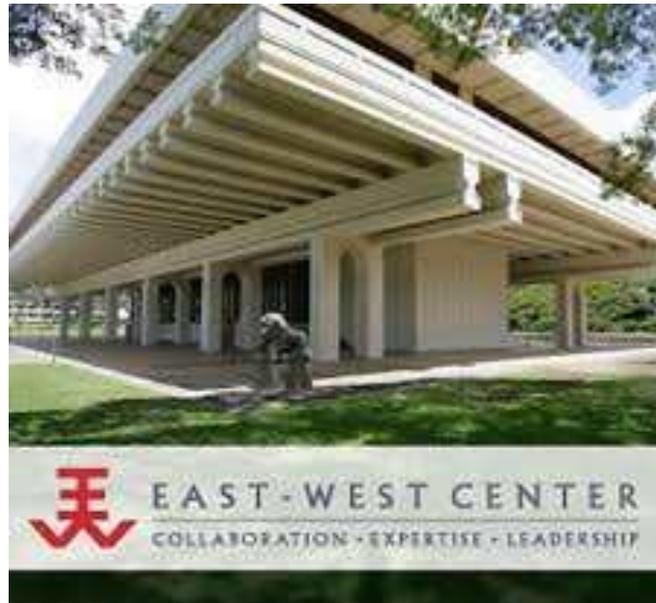


그림 13. 하와이 동서문화센터 전경

□ 주요현황

- 미국의회는 미국을 포함한 아시아 태평양지역의 정부와 국민간의 상호 이해와 협력을 촉진하기 위해 동서문화센터를 1960년에 설립
- 이 센터는 국제적 성격의 이사회가 구성되어 있는 비영리 공공기구
- EWC의 주요재원은 미국정부로부터 제공되며 20개 이상의 아시아 태평양 지역 국가의 정부와 사설재단, 개인 및 공공 기관들로부터 추가 지원을 받고 있음
- EWC는 상호협력에 의한 연수 프로그램과 대화 및 연구활동을 통하여 아시아-태평양 공동지역사회 건설을 적극지지 및 발전
- 주력하는 분야는 이 지역사회의 제도와 상호수익 경제개발 및 전 지역에 걸친 중대한 문제를 협조적으로 해결하는 것임
- EWC의 연구프로그램은 이 공동지역사회의 상호 문화적 중요성에 주의를 기울이며, 경제, 정치, 환경, 인구 및 보건에 대한 연구활동에 중점을 둠
- 특별한 관심사는 태평양 제도(諸島)에 관한 정치·경제·문화·환경 문제임
- EWC는 다양한 장학금을 제공하여 태평양 지역의 우수한 학생들에게 미국에서의 교육 기회를 제공함

- 따라서, EWC 학위과정 장학금은 하와이 대학의 입학 조건으로 하나, EWC에 지원하기 전에 하와이대학 대학원과정의 입학허가를 받아야 하는 것은 아니고, 하와이대학과 EWC에 동시에 지원할 수도 있음 (물론 하와이대학교에 입학 허가를 받지 못하면, EWC 장학금 신청의 자격도 없어지게 됨)
- EWC의 장학금 수혜자들은 미국을 포함한 아시아 태평양 지역에서 공동지역사회의 건설과 현대의 제문제를 초점으로 하는 토론회나 세미나에도 참석함
- 지도자 양성 및 상호문화연구에 관한 자격증 프로그램은 장학금 수혜자가 학위를 이수하면서 전공분야의 인접학문을 동시에 학위과정에 보충하기를 원하는 학생들이 선택할 수 있는 프로그램으로 졸업시에 고등 자격증을 학위와 더불어 보유하게 되는 것임

■ 조사내용

- 미국의회는 태평양 지역의 해양 생태계 자원을 지속가능한 방법으로 보전하기 위해서 미국의 기상청 (NOAA)와 국립지리원 (USGS) 하와이주의 해양자원국 등과 협력하여 해양 관측 시스템을 공유하고 데이터를 축적하고 있었음
- 태평양 지역 통합 과학 및 평가 프로그램인 태평양 RISA는 기후 변동성 및 변화의 영향에 적응하기 위해 태평양 섬 및 해안 공동체를 지원중
- 태평양 RISA는 변화하는 기후 조건을 이해하고 계획하며 대응할 수 있는 태평양 공동체의 능력을 향상시키기 위해 연구중이었음
- 태평양 RISA는 미국 국립해양대기청(NOAA)이 후원하는 10개의 RISA 프로그램 중 하나로, 수자원 관리, 해안 및 해양 자원, 수산, 농업, 관광, 재난 관리, 공중 보건과 같은 주요 부문에서 탄력성을 구축하기 위한 효과적인 정책을 개발하는 데 지역사회, 정부, 사업의 참여를 강조하고 있었음
- 이 프로젝트는 학제 간 연구 및 지역, 국가 및 지역 이해 관계자와의 파트너십을 통해 수행되고 있어, 제주의 관점에서는 더없이 중요한 잠재적인 네트워크 기회임 (연락 담당자: John Marra)

■ 하와이 호놀룰루 아쿠아리움 (Hawaii Aquarium)



그림 14. 하와이 아쿠아리움 전경

□ 주요현황

- 와이키키 수족관은 유구한 역사를 가지고 있음
- 1904년 3월 19일에 개장한 이 수족관은 미국에서 두 번째로 오래된 공공 수족관
- 그 후 호놀룰루 수족관으로 알려진 이 수족관은 하와이 암초의 풍요를 세계에 보여주고자 하는 호놀룰루 고속 운송 및 토지 회사에 의해 상업적 벤처로 설립
- 수족관은 35개의 탱크와 400개의 해양 생물로 문을 열었으며, 첫 해 동안 국제적으로 유명한 생물학자인 데이비드 스타 조던은 세계에서 가장 훌륭한 물고기 수집품을 하와이가 보유하고 있다고 평가함
- 20세기 초반 당시 최첨단으로 여겨지는 수족관은 미국 본토의 방문객들로부터 긍정적인 평을 많이 받음
- 2014년 수족관이 창립 110주년을 맞이하면서 시설 개선, 활성화 및 추가
- 기념일 행사에는 유명 게스트 강연 시리즈 등 커뮤니티에게 참신한 사회교육의 기회 제공
- 하와이대학교 해양생물대학과 연계한 공동 연구 프로젝트 수행 등

■ 조사내용

- 하와이의 호놀룰루 아쿠아리움의 경우 20세기 초반부터 해양생태계의 지표들을 체계적으로 수집하여, 미국 연방 기상청(NOAA)와 국립지리원(USGS)등과 공유하며, 해양생태계가 최적의 조건을 유지하면서 보존될 수 있도록 조사하고 있었음
- 수질과 수온의 평가 및 모니터링의 경우, 수족관 시스템을 자연 해양의 조건을 최대한 맞추도록 계절별 데이터를 축적하여 체계적으로 관리하고 있었음
- 특히, 수온이 높은 해양에 서식하는 태평양 해양동식물을 관리하는 시스템은 세계적인 수준이었음
- 지속가능한 해양생태계 보존 프로젝트에 동참하여, 수족관이 보유한 데이터를 공유하여 연구 실험 중임
- 기후 변화와 같은 인류가 처한 거대한 이슈에 대해서 아쿠아리움 관리 과정에서 얻을 수 있는 해양 데이터를 축적하여, 인간활동의 영향을 분석하고 해양생태계의 변화에 덜 영향을 줄 수 있는 협력연구에 참여하고 있었음
- 산호초의 멸종 및 파괴 등에 대비하여, 하와이주의 해양자원국, 하와이대학교와 공동으로 연구진을 꾸려서 실험을 진행중이었음
- 바다말 (Algae)의 증식으로 인한 피해와 대처 방안을 찾고자, 아쿠아리움 차원에서 연구를 실시하여, 그 결과를 하와이 해양자원국과 공유하고 있음
- 수온과 수질의 스마트 모니터링 시스템을 유지하고 있었음 (급격한 변화시 물리적인 장치를 이용해 수중 자원의 조건을 컨트롤할 수 있음)

III. 시사점

- 하와이는 해양관측센터에서 학교, 주민과 연계하여 데이터 이용이 가능하고 측정된 데이터를 서버에 입력하는 과정에도 참여할 수 있음
- 해양에 띄어 놓은 부표에만 의존하는 것이 아니라, 인공위성, 잠수함, 선박, 비행기, 드론, 상어 등을 이용하여 다양한 데이터를 통합으로 관리할 수 있는 시스템이 갖춰져 있을 뿐만 아니라 부속함에 해양관측 장비 설치를 통해 다양한 광범위한 해양데이터를 수집하고 있음
- 통합된 데이터는 미국 기상청, 국립지리원, 하와이 해양자원국, 하와이대학

교, 그리고 오리건 대학교, 캘리포니아 대학교 등 태평양 연안의 연구기관들과도 공유하여 관리 중이었음

- 국내에서도 해양환경관측은 이루어지고 있지만, 주로 해양에 띄어 놓은 부표를 이용한 관측이 이루어지고 있어, 제주도에서 해양환경관측센터 설립 시 부속 섬에 해양관측 장비를 설치할 필요가 있을 것으로 사료됨
- 또한, 제주는 기후변화로 인해 특산어종의 부상하는 현상이 발생하고 있어 상어의 사례를 바탕으로 제주 특산어종에 접목하여 수산자원의 이동경로 파악도 가능할 것으로 사료됨