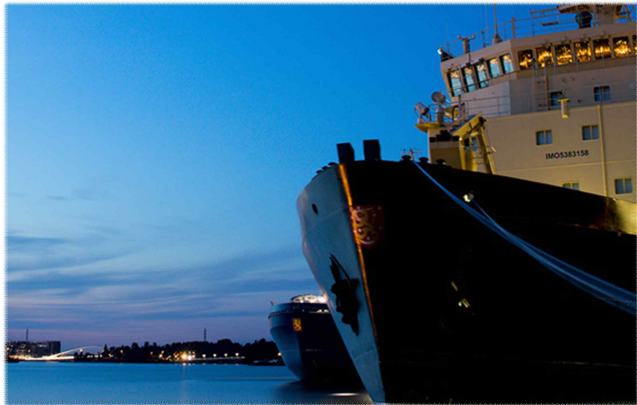


본 자료를 활용하실 경우, 해외수산업협력센터
(044-868-7833)로 문의/확인 주시기 바랍니다.



해외수산업협력센터

1. 참다랑어 양식 연구 현황

(1) 참다랑어 알, 부화 가능 정도 예측

참다랑어 양식을 본격화하기 위한 연구 개발이 활발히 진행되고 있다. 일본에서는 AI 기술을 활용하여 “부화 가능성이 높은 알”을 선별할 수 있도록 하는 연구가 진행 중이다.

- 요코하마 시립대학 테라야마 사토시 교수 연구팀은 인공지능 (AI)를 활용한 참다랑어 알 부화를 고정도로 예측할 수 있는 기술을 개발
- 부화하기 쉬운 알만 선별하여 육성하면 효율적으로 치어를 생산할 수 있어, 천연자원에 의존하지 않는 완전양식으로 생산 비용을 절감할 수 있음
- 향후 정확도 향상을 목표로 다른 어종에서도 응용 가능한지 검토
- 완전양식은 인공적으로 육성한 친어로부터 채란, 부화시켜 양식용 치어를 생산하는 구조
 - 현재 참돔, 넙치에서 성공했으며, 천연자원 고갈을 방지하면서 어류 안정공급으로 이어질 수 있도록 기대
- 참다랑어 완전양식에 성공했지만, 알 중에서 성어까지 성장하여 시장에 출하할 수 있는 것은 0.1%의 적은 확률로 다른 어종에 비해 효율이 좋지 않음

목차

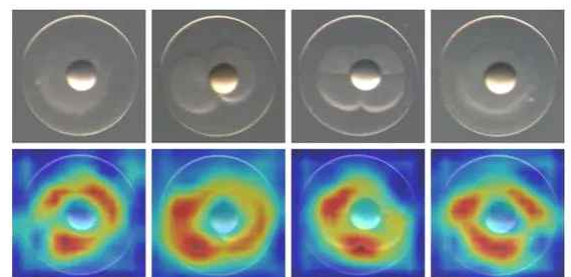
1. 참다랑어 양식 연구 현황

| | |
|-------------------------|----|
| (1) 참다랑어 알, 부화 가능 정도 예측 | 01 |
| (2) 완전 양식 참다랑어 육종 개량 연구 | 05 |
| (3) 일본 국내 참다랑어 양식 실적 | 07 |

2. 일본 수산 동향

| | |
|------------------------------|----|
| (1) '20년도 일본 수산청 외국 어선 단속 실적 | 10 |
| (2) 큰고래 (긴수염 고래) 자원 회복 경향 | 16 |

- 요인 중 하나는 알이 부화할 확률 자체가 안정되지 않기 때문
 - 날마다 상황에 따라 5할 정도밖에 부화하지 않고, 평균 7~8할에 그침
- 부화해도 성장하지 않고 죽는 개체도 많아, 부화 전에 성장을 예측하는 방법이 필요했음
- 연구팀은 산란 직후에 약 300개의 참다랑어 알을 현미경으로 촬영
 - AI의 일종인 딥 러닝 (심층 학습)을 활용하여 화상을 분석
- 어떤 알이 부화했는지를 학습시켜, 부화 예측 정확도를 측정하니, 약 86%의 확률로 맞게 예측할 수 있었음
- 숙련된 양식 연구자가 시행했던 예측 정확도는 72%였음



- * 부화 가능성이 높다고 맞게 예측한 알의 예시 (상단)
- * AI는 화상에서 알 중심의 유구 (油球, 에너지원이 되는 난황 속의 기름방울)를 둘러싸듯이 존재하는 세포질 형태 등에 주목하여 예측

- 예측 시스템은 알의 윤곽이나 알 중심의 유구를 둘러싼 세포질 형태 등에 주목하여 판단하고 있음
- 숙련된 연구자가 주목하는 부분과 거의 일치
- 부화 후, 얼마 지나지 않은 치어가 생존하기 쉬운 정도도 예측
- 생존 용이성은 집단 일부에 먹이를 주지 않고 사육하면서 생존한 일수를 지표로 봄
- 알을 촬영한 화상을 통해 5일 이상 먹이를 주지 않고 생존할 수 있을지를 예측하면 시가 맞춘 정답률은 80%로 높은 편이었음
- 연구팀은 AI 예측 기술을 활용하면 알, 치어 사육 비용을 낮출 수 있을 것으로 전망
- 알은 부화에 2일 정도가 걸리고, 치어는 40일 정도 풀에서 사육
- 수온은 약 26도를 유지, 빛 양도 조절해야 함
- 예를 들어 어느 날에 산란한 다수의 알 중 일부에 대해, 부화 예측기술로 부화율이 낮다고 예측한다면 그 알 전체의 부화율도 낮을 것으로 판단
- 부화율이 낮은 알은 인공부화를 단념할 수 있고, 관리 비용 절감 가능
- 생존하기 쉬운 알로 예측할 수 있게 되면 사료를 효율적으로 공급하여 관리에 집중할 수 있음

1. 참다랑어 양식 연구 현황

(2) 완전양식 참다랑어 육종 개량 연구

참다랑어 완전양식은 일본 수산 기술 연구의 뜨거운 감자가 되고 있다. 일본의 수산 대기업 마루하 니치로와 수산청 산하 수산연구·교육기구는 지난 29일, 완전양식 참다랑어 육종 개량을 위해 기초·응용 기술 개발에 관한 협력에 대해 합의했다.

< 수산연구·교육기구가 보유한 일본 국내 유일의 참다랑어 친어용 육상 수조 >



- 일본 수산 대기업 마루하 니치로와 수산청 산하 수산연구·교육기구가 공동으로 진행하는 참다랑어 완전양식에 대한 연구는 인공 종묘 개발, 채란 기술 향상을 목표로 진행될 예정
- 상세한 협력 내용은 향후 조정해갈 예정

- 부화율이 산란 일에 따라 변동하는 이유는 아직 명확하게 밝혀지지 않음
- 참치 양식 전문가인 수산연구·교육기구 겐 코이치로 참치 양식 부장은 “산란 개시 직후, 새로운 암컷이 양식장 활어조에 들어가면 알의 질이 낮아질 가능성도 있다”고 답변
- 원인을 해명할 수 있으면 효율이 더 올라갈 가능성도 있음
- 출처 : <https://www.nikkei.com/article/DGXZQ0GG12CT00S1A110C2000000/>

- 수산연구·교육기구는 “생산을 맛 향상을 위해 채란 기술력을 높여가 고자 한다”고 밝힘
- 완전양식 기술을 확립한 수산연구 교육기구는 일본 국내 유일의 참다랑어 친어용 육상수조 (나가사키 시나 광대한 야외 사육 시설 (카고시마 현을 보유, 완전양식 참다랑어에 관한 연구를 진행
- 마루하 니치로는 2010년, 완전양식 참다랑어 생산에 민간 기업으로써는 처음으로 성공, '15년부터 본격적으로 상업 출하를 개시
- '20년에는 마루하 니치로 양식기술 개발 센터를 카고시마 현 남 사츠마 시에 설립
- 양식어 육종, 종묘 생산기술 향상을 도모
- 합의한 내용은 육종 개량을 위한 완전 양식 참다랑어 교배, 친어 양형 기술 개발 연계 등
- 채란 기술 향상, 기타 노하우 공유, 인적교류도 도모
- 수산연구 교육기구에 따르면 일본의 참다랑어 양식은 일본 근해에서 채포된 천연 종묘에 크게 의존하고 있음
- 완전양식 기술에 의한 인공 종묘 대량 생산에 대한 기대가 큼
- 지금까지의 인공종묘 생산 (자연 채란)은 시기도 한정되어 있고, 생산률도 낮은 상태
- 출처 : <https://www.minato-yamaguchi.co.jp/minato/e-minato/articles/110410>

1. 참다랑어 양식 연구 현황

(3) 일본 국내 참다랑어 양식 실적

참다랑어 최대 어업국이자 소비국인 일본은 태평양 참다랑어와 관련된 통계를 정기적으로 공표하고 있다. 2011년부터 매년 3월, 참다랑어 양식 실태조사 결과를 발표하고 있어, 올해도 양식 실적이 공개되었다.

- (실태조사 목적) 수산청은 일본이 태평양 참다랑어 최대 어업국이자 소비국인 점을 바탕으로 태평양 참다랑어 관리에 대한 방향성을 정리한 “태평양 참다랑어 관리 강화에 대한 대응” (2010년 5월 11일 공표)을 바탕으로 국내 참다랑어 양식 실태를 정확히 파악하기 위함

○ (조사 결과 개요)

- ‘20년 참다랑어 양식 경영체는 91로, ‘19년도 93에 비해 2개 감소
- ‘20년 양식장 수는 186개로, ‘19년 대비 2개 감소
- ‘20년 참다랑어 양식 종묘 투입 마릿수는 51만 5천 마리, ‘19년 59만 마리에 비해 7만 5천 마리 감소, 그 중 천연 종묘는 32만 마리로 ‘19년에 비해 3만 8천 마리 감소
- 인공 종묘는 19만 5천마리로 ‘19년에 비해 3만 7천 마리 감소
- ‘20년 참다랑어 출하 마릿수는 29만 3천 마리로 ‘19년 30만 2천 마리에 비해 9천 마리가 감소, 참다랑어 출하 중량은 18,609톤으로 ‘19년 19,588톤에 비해 979톤 감소

○ (인공 종묘란?)

- 해면 양식장에 처음 투입하는 인공종묘는 체장 5cm 정도로 천연 종묘의 체장이 30cm 정도 이상인 것에 비해 많이 작고, 천연종묘와 동일한 크기가 되기 전에 사망해버리는 개체도 상당 수

< 참다랑어 양식 실태조사 (‘11~20년) >

| 구 분 | | | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|--------------------|--------------|--|--------|-------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|
| 경영체 | 주 소 소재지별 | | 83 | 83 | 92 | 95 | 94 | 95 | 95 | 95 | 93 | 91 |
| | 현 별 | | 94 | 93 | 102 | 105 | 103 | 105 | 105 | 105 | 103 | 103 |
| 양식장(개소) (인공종묘) | | | 137 | 140 | 147 | 150 (36) | 160 (45) | 175 (58) | 177 (60) | 189 (76) | 188 (74) | 186 |
| 가두리 수(대) (인공종묘) | | | 1,032 | 1,191 | 1,362 | 1,375 (124) | 1,436 (171) | 1,657 (289) | 1,618 (296) | 1,549 (275) | 1,556 (287) | 1,527 |
| 종묘입식 (천마리) | | | 753 | 473 | 611 | 515 | 943 | 995 | 868 | 789 | 590 | 515 |
| | - 천연종묘 | | 539 | 205 | 347 | 222 | 394 | 526 | 373 | 410 | 358 | 320 |
| | - 인공종묘 | | 214 | 268 | 264 | 293 | 549 | 469 | 495 | 379 | 232 | 195 |
| 출하량 | 마릿수 (천마리) | | 190 | 177 | 197 | 230 | 226 | 209 | 247 | 273 | 302 | 293 |
| | - 천연종묘 | | | 169 | 191 | 219 | 205 | 193 | 224 | 252 | 262 | 231 |
| | - 인공종묘 | | | 7 | 7 | 11 | 21 | 16 | 22 | 21 | 40 | 62 |
| 중 량(톤) | | | 10,224 | 9,639 | 10,396 | 14,713 | 14,825 | 13,413 | 15,798 | 17,641 | 19,588 | 18,609 |
| | - 천연종묘 | | 10,224 | 9,395 | 10,120 | 14,326 | 13,881 | 12,563 | 14,680 | 16,494 | 17,389 | 15,514 |
| | - 인공종묘 | | | 244 | 276 | 387 | 943 | 849 | 1,118 | 1,147 | 2,199 | 3,095 |
| 종묘채포 어선(척) | | | 2,300 | 1,900 | 1,500 | 1,500 | 1,600 | 1,700 | 1,200 | 1,100 | 1,000 | 800 |

□ 2020 경영체 수(주소, 소재지별)

| 연도 | 나가사키현 | 에히메현 | 가고시마현 | 와카야마현 | 오이타현 | 기 타 | 합계 |
|-----|-------|------|-------|-------|------|-----|----|
| 19년 | 40 | 17 | 6 | 5 | 5 | 20 | 93 |
| 20년 | 41 | 17 | 6 | 3 | 5 | 19 | 91 |

* 기타 : 미에현, 교토부, 도쿠시마현, 고치현, 시마네현, 야마구치현, 사가현, 구마모토현, 오키나와현

□ 2020 현별 경영체 수 (총 합계)

| 연도 | 나가사키현 | 에히메현 | 가고시마현 | 오이타현 | 고치현 | 기 타 | 합계 |
|-----|-------|------|-------|------|-----|-----|-----|
| 19년 | 42 | 17 | 8 | 6 | 6 | 24 | 103 |
| 20년 | 44 | 17 | 8 | 5 | 6 | 23 | 103 |

* 기타 : 미에현, 교토부, 도쿠시마현, 고치현, 시마네현, 야마구치현, 사가현, 구마모토현, 오키나와현

* 양식업자가 복수의 현에서 양식을 하는 경우 각각 현 중복계산으로 경영체수 다소 상이

□ 2020 현별 양식장 수

| 연도 | 나가사키현 | 가고시마현 | 와카야마현 | 오이타현 | 에히메현 | 기 타 | 합계 |
|-----|------------|------------|-----------|-----------|----------|------------|-----|
| 19년 | 83 (23) | 36 (20) | 18 (5) | 11 (5) | 9 (4) | 31 (17) | 188 |
| 20년 | 82 (22) | 36 (20) | 18 (5) | 11 (5) | 9 (4) | 30 (19) | 186 |

* () 는 인공종묘만 입식 제한한 양식장

* 기타 : 미에현, 교토부, 도쿠시마현, 고치현, 시마네현, 야마구치현, 사가현, 구마모토현, 오키나와현

□ 2020 현별 양식장 가두리 수

| 연도 | 나가사키현 | 가고시마현 | 와카야마현 | 오이타현 | 에히메현 | 기타 | 합계 |
|-----|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| 19년 | 712 (81) | 227 (62) | 142 (2) | 132 (38) | 103 (24) | 240 (80) | 1,556 (287) |
| 20년 | 712 (72) | 227 (60) | 93 (1) | 93 (53) | 102 (24) | 247 (78) | 1,527 (266) |

* () 는 인공종묘만 입식 제한한 양식장

* 기타 : 미에현, 교토부, 도쿠시마현, 고치현, 시마네현, 야마구치현, 사가현, 구마모토현, 오키나와현

□ 2020 현별 출하 현황

| 구 분 | 계 | 나가사키현 | 가고시마현 | 고치현 | 미에현 | 에히메현 | 기 타 |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 천마리 | 293 | 103 | 57 | 28 | 17 | 22 | 67 |
| 중 량 | 18,609 | 5,565 | 3,609 | 2,116 | 1,214 | 1,222 | 4,883 |

* 기타 : 미에현, 교토부, 도쿠시마현, 고치현, 시마네현, 야마구치현, 사가현, 구마모토현, 오키나와현

2. 일본 수산 동향

(1) ‘20년도 일본 수산청 외국 어선 단속 실적

일본 수산청은 정기적으로 외국어선 단속 실적을 공표하고 있다. ‘20년 수산청에 의한 외국어선 단속 실적 중 출입 검사가 이루어진 건은 전체 1건 밖에 없었고, 이 1건은 한국 어선이었다. 하지만, ‘16년에 발표한 단속 실적 (67건) 에 비해 현저히 줄어든 수치다. 이유는 어업 협정이 정채되어 있기 때문인 것으로 보인다.

< 일본 수산청에 의한 외국 어선 단속 실적 >

(단위 : 단속 건수)

| 연도 | 출입 검사 | 나포 | 일본 EEZ 내 발견 불법 어구 압수 | 합계 |
|------|-------|----|-------------------------|----|
| ‘20년 | 1 | 1 | 22 | 23 |
| ‘19년 | 8 | 1 | 37 | 46 |

○ (단속 사항 및 목적)

- 일본의 배타적 경제수역 (EEZ) 에는 양국간 어업 협정에 근거, 중국 어선, 한국 어선, 러시아 어선에 대해서만 조업이 허가 되어 있음
- 외국 어선이 각각 허가된 조업 조건에 따라 조업하고 있는지 확인, 불법 조업을 방지하기 위한 출입검사를 실시, 어창 내 어획물, 조업일지, 어구 등을 확인하고 있음

- 일본 EEZ 바깥 쪽 경계선 부근에서 다수의 외국 어선이 조업하고 있어, 외국 어선이 허가 없이 일본 EEZ 내에서 조업을 실시하지 않도록, 경계선 부근 감시 단속을 실시
- 외국 어선에 의해 불법으로 설치된 어구를 압수
- 일본 EEZ에 인접한 북태평양 공해에서도 많은 외국 어선이 조업하고 있으며, 수산청은 **어업 단속선**을 파견해 외국 어선이 **지역수산물구가정한 보존관리조치를 준수하고 있는지를 확인·점검**하고 있음
- 수산청은 어업 단속선 건조 등 어업 단속 체제를 강화하면서, 불법 조업이 많이 발생하는 수역 및 시기에 **중점적으로 단속**을 실시
- 해상 보안청과 연계하여 어업 질서를 위협하는 외국 어선의 IUU 조업에 대응하기 위함

< 동중국해에서 한국어선을 정선시켜 출입 검사를 위해 승선하는 일본 어업 감독관 >



< 수산청에 의한 위법 설치 어구 압수 >

| 년 | 건수 | 자망(km) | 연승(km) | 통발, 바구니형 어구 | 어획 (톤) |
|------|----|--------|--------|-------------|--------|
| 2016 | 14 | 0.3 | 0 | 1,939 | 36.7 |
| 2017 | 24 | 10 | 42 | 3,022 | 28.6 |
| 2018 | 26 | 0 | 4 | 2,040 | 14.7 |
| 2019 | 37 | 7.5 | 0.9 | 3,125 | 19.0 |
| 2020 | 22 | 0 | - | 1,457 | 12 |

* 연승 길이에 대해서는 조류에 따라 영김이 심해 계측 불가능한 것을 제외, 올해 압수한 연승은 계측 불가능한 것 밖에 없어 집계 불가

- (2) (나포 건수 1건) 한국의 연승어선으로 일본 EEZ 내에서의 무허가 조업 및 질문, 검사, 거부, 기피가 있었음
- (3) (출입 검사 건수가 2016년 이후 감소) 중국, 한국과의 어업 협상이 합의에 이르지 못해, 일본 EEZ 내에서의 양국 간 협정을 기반으로 한 조업 허가가 이루어지지 않고 있기 때문임
- (4) (오징어 조업 집중 단속) 일본해 대화퇴 주변 수역에서 살오징어 불법 조업을 목적으로 다수의 북한 어선, 중국 어선이 일본 EEZ에 진입하여 일본 오징어 어선 등의 안전 조업을 방해하고 있음
- 수산청은 **살오징어 어장이 생기기 전부터 해당 수역에 어업 단속선을 중점적으로 배치**하고, 해상 보안청과 연계하여 필요한 경우에는 방수 등의 대응을 통해 외국 어선을 일본 수역에서 퇴거시키고 있음

< 홋카이도 근해 (오호츠크 해) 에 불법으로 설치된 어구 >



- (1) '20년 수산청에 의한 외국어선 단속 실적은 출입검사 1건, 나포 1건, 불법 설치 어구 (계잡이용 통발, 연승어업 어구) 압수 22건

< 일본 수산청에 의한 외국어선 출입 검사 건수 >

| 년 | 합계 | 한국 | 중국 | 대만 | 러시아 |
|------|----|----|----|----|-----|
| 2016 | 86 | 67 | 14 | 3 | 2 |
| 2017 | 24 | 3 | 19 | 0 | 2 |
| 2018 | 14 | 9 | 3 | 0 | 2 |
| 2019 | 8 | 6 | 0 | 0 | 2 |
| 2020 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

< 수산청에 의한 외국어선 나포 건수 >

| 년 | 합계 | 한국 | 중국 | 대만 | 러시아 |
|------|----|----|----|----|-----|
| 2016 | 6 | 5 | 1 | 0 | 0 |
| 2017 | 5 | 1 | 4 | 0 | 0 |
| 2018 | 6 | 5 | 0 | 0 | 1 |
| 2019 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2020 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

- 2020년 수산청의 퇴거 경고 척수는 총 4,394척 ('19년 5,122척)으로 그 중, 총 782척 ('19년 1,590척) 에 방수 조치

< 대화퇴 주변 수역에서 외국어선 퇴거 경고 총 척수 (그 중 방수 조치) >

| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|-------|--------|--------|--------|--------|---------------|
| 북한 어선 | | | 5,201척 | 4,007척 | 1척 (0척) |
| 중국 어선 | | | 114척 | 1,115척 | 4,393척 (782척) |
| 합계 | 3,681척 | 5,191척 | 5,315척 | 5,122척 | 4,394척 (782척) |

* 2017년 이전에는 개별 퇴거 경고 척수는 없음

- (5) 북태평양 공해에서는 북태평양 수산위원회 (NPFC : North Pacific Fisheries Commission)에서 정한 낚치, 고등어와 관련된 보존관리조치가 정해져 있음
- 수산청은 보존관리조치 준수 상황을 확인하고, NPFC에 어선 등록을 하지 않고 조업하는 어선 등 68척의 외국 어선에 대해 주의지도, 경고를 함



- 향후 조사에 필요한 기재 사용법, 개선할 점 등을 정리
- 동일, 조사선 제2 유신마루가 귀항해, 직후에 회견 개최됨
 - 동선은 '20년 12월 4일 출발해 올해 1월 10일~2월 6일까지 남극해에서 육안조사, 바이옵시 시료 (고래 피부조각) 채집, 위성표지 장착 실험, 대상 해역 수온·염분 농도 측정, 드론을 통한 촬영 실험을 실시
 - 자원량 추정에 필요한 데이터를 확보
- 자원조사는 일본이 IWC를 탈퇴한 '19년에 시작
 - 연구소는 탈퇴 후에도 국제기구와 연계해 고래류 자원관리에 공헌하고자 하는 일본 정부 방침 하에 남극해에서 광역 고래류 자원 조사를 실시
- 조사 기간은 남극해가 여름으로 들어가는 1~2월 무렵을 상정
- 동 연구소는 향후에도 일본 정부 주도로 남극해에서 조사를 장기적으로 계속할 방침
 - 현재 조사는 '27년까지 계획되어 있고, 최종적으로 대왕고래 등 자원량 회복 상황을 분석, 결과를 정리할 예정

2. 일본 수산 동향

(2) 큰 고래 (긴수염 고래) 자원 회복 경향

일본 고래류 연구소는 IWC 탈퇴 이후, 2번째로 실시된 남극해 고래류 자원 조사 (비치사적 조사)에 대한 결과를 정리, 언론을 대상으로 설명회를 개최했다.

- 일본 고래류 연구소는 IWC 탈퇴 이후, 2번째로 실시된 남극해 고래류 자원 조사 (비치사적 조사)에 대한 결과를 정리, 언론을 대상으로 설명회 개최
- 큰고래, 혹등고래 자원 회복 경향이 밝혀졌으며, 희소한 대왕 고래 (흰긴수염 고래) 개체 발견이 복수 있었음
 - 이번 조사는 인도양 남서부, 남아공 남쪽까지인 남위 60도 이남, 동경 15~35도 해역을 조사, 고래류 자원량 추정에 필요한 데이터를 수집
- 인도양은 지금까지 고래류 자원조사를 하지 않았던 미조사 해역
 - 이번 조사에서 혹등고래 자원이 많았던 것을 확인한 것이 성과
- 이번엔 본격적으로 도입한 드론 촬영 조사로 지금까지 촬영이 어려웠던 고래 바로 위 상공에서 고래를 촬영할 수 있었음
 - 이에 따라 고래 전체상을 촬영할 수 있어 성장도, 비만도를 더 높은 정확도로 추측할 수 있게 됨
- 생체에 잠수 행동 태그, 위성 표식 (태그) 장착 실험을 실시