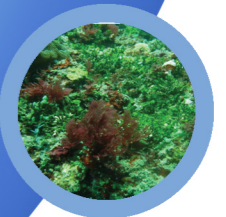


발 간 등 록 번 호
11-1541000-000444-01

해조류이용 펄프 등 생산을 위한 해외 양식적지 선정 및 종자 선택연구



발간등록번호

11-1541000-000444-01

해조류이용 펄프 등 생산을 위한 해외 양식적지 선정 및 종자 선택연구

(주) 페가서스 인터내셔널



제 출 문

농림수산식품부장관 귀하

본 보고서를 「해조류이용 펄프 등 생산을 위한 양식적지 선정 및 종자 선택연구」용역의 최종보고서로 제출합니다.

2010년 4월

(주)페가서스 인터내셔널 유학철

주관연구기관 (주)페가서스 인터내셔널

총괄책임자 : 유 학 철

연 구 진 : 손문호, 예성진, 이윤우, 이춘한, 박영규,
김영욱, 이종규, 김완중, 박지순, 김종진,
손효정, 박동휘

목 차

제1장 서 론	1
제1절 연구목적	3
1. 연구개발의 추진 배경 및 필요성	3
2. 연구목적	9
제2절 추진전략 및 추진체계	11
1. 연구추진 전략	11
2. 연구추진 체계	12
제2장 문헌정보 수집 및 해외 전문가 연구연합체 구성	5... 1
제1절 문헌정보 수집	17
1. 연구내용	17
2. 자료 및 방법	17
3. 연구결과	17
제2절 해외 전문가 연합체 구성	19
1. 연구내용	19
2. 자료 및 방법	19
3. 연구결과	20
제3장 해조류 펄프 생산 등을 위한 해외 양식 적지 조사	3... 2
제1절 해외양식 적지 조사	25
1. 연구내용	25
2. 자료 및 방법	26
가. 조사지역	26
나. 조사항목	35
3. 연구결과	36

가. 조석에 의한 수심변화	36
나. 염분도	37
다. 수온	38
라. pH	39
마. 총질소	40
바. 인산염	41
사. 해조류 종조성	42
아. 양식 적지 판단	46
제4장 최적의 양식 대상종 선정 및 양식장 이식	7- 4
제1절 양식 대상종 선정	49
1. 연구내용	49
2. 재료 및 방법	49
3. 연구결과	50
제2절 양식장 이식	51
1. 연구내용	51
2. 재료 및 방법	51
3. 연구결과	54
제5장 우뚝가사리 종별 유용성 검증	5 5
제1절 종별 유용성 검증	57
1. 연구내용	57
2. 재료 및 방법	57
가. 실험 대상종	57
나. 염분 및 이물질 제거	58
다. 점액성 다당류 추출	58
라. 표백 및 섬유화	58
마. 섬유의 분급	59
바. 초지 제작	59
사. 조습처리	60
아. 물리적 성질 측정	60

자. 광학적 성질 측정	60
3. 연구결과	61
가. 추출에 따른 우무의 특성 및 잔사 수율	61
나. 펄프 공정별 수율	62
다. 초지의 물리적, 광학적 성질	63
제6장 결론	6
제1절 요약	67
제2절 향후 과제와 기대효과	69
참고문헌	7
Apendix 1. 연구관련 문헌조사 list	27
Apendix 2. 발리지역의 조석표(2009년 3월 기준)	5·7

표 목 차

<표 1>	홍조류 관련 특허의 주요 국가별 기술 분포도	6
<표 2>	APPA WG 각국의 연구원 소개	21
<표 3>	양식장 적지 조사 일정 요약	34
<표 4>	조사 지점별 조석차에 의한 수심측정 결과	36
<표 5>	조사 지역에서 관찰된 해조류 종 수	43
<표 6>	각 조사 지역에서 관찰된 해조류	43
<표 7>	우뭇가사리 추출 조건	58
<표 8>	홍조류 펄프 표백 조건	59
<표 9>	초지제작 조건	60
<표 10>	추출에 따른 우무의 특성 및 잔사의 수율	61
<표 11>	홍조류 펄프의 공정별 수율	62
<표 12>	홍조류 실험종을 이용한 초지의 물리적, 광학적 성질	63

그림목차

<그림 1> 홍조류 펄프 제조과정 5

<그림 2> 산업적 가치가 있는 주요 홍조류 7

<그림 3> 펄프 산업화에 이용가능한 주요 종 및 특성 9

<그림 4> 연구추진 체계도 13

<그림 5> 인도네시아의 해외 양식 적지 조사 위치 26

<그림 6> 솜바섬의 양식 적지 조사 지점 27

<그림 7> 솜바섬의 Pantai Manpang 지점의 조사 및 주변 사진 27

<그림 8> 솜바섬의 Pantai Wanukaka 지점의 조사 및 주변 사진 28

<그림 9> 솜바와 섬의 양식 적지 조사 지점 29

<그림 10> 솜바와섬의 Sumbawa besar 지점의 조사 및 주변 사진 29

<그림 11> 솜바와섬의 Dorokempo 지점의 조사 및 주변 사진 30

<그림 12> 솜바와섬의 Bima 지점의 조사 및 주변 사진 31

<그림 13> 플로레스섬의 양식 적지 조사 지점 31

<그림 14> 플로레스섬의 Palau selayar besar 지점의 조사 및 주변 사진 32

<그림 15> 플로레스섬의 Palau selayar kecil 지점의 조사 및 주변 사진 33

<그림 16> 플로레스섬의 Palau kelapa 지점의 조사 및 주변 사진 33

<그림 17> 각 지점별 염분도 조사 결과 38

<그림 18> 각 지점별 수온 조사 결과 39

<그림 19> 각 지점별 pH 조사 결과 40

<그림 20> 각 지점별 총질소 조사 결과 41

<그림 21> 각 지점별 인산염 조사 결과 42

<그림 22> 한국산 *Gelidium amansii*의 종단면의 구성 50

<그림 23> 양식장 이식 방법 52

<그림 24> 한국산 *Gelidium amansii*의 세척 및 포장 방법 53

<그림 25> 인도네시아 롬복섬의 양식장 54

<그림 26> 우뭇가사리 종별 유용성 검증의 실험 대상종 57

초 록

제목 : 해조류이용 펄프 등 생산을 위한 해외 양식적지 선정 및 종자 선택연구

새로운 산업적 소재를 개발하는 것은 전세계적으로 매우 중요한 사업 item의 하나로 손꼽는다. 기존 목재펄프를 대체할 수 있을 뿐만 아니라 다양한 산업적 소재로 이용가능한 홍조류 펄프의 개발은 해조산업의 새로운 패러다임을 제시하여 다양한 가치를 입증하였다. 이러한 산업적 가치가 있는 홍조류의 원료 확보는 앞으로 더욱 그 중요성이 높아 질 것이다. 이에 본 연구조사에서 관련 홍조류에 대한 생리/생태학적 기본조사 뿐만 아니라 양식학적 기본조사를 수행하여 추후 진행될 원료확보의 기반 마련을 하는 것을 목표로 두고 수행되었다. 그리고 최적의 양식대상종을 선정하여 실제로 양식가능한 것인지에 대한 여부를 판단하였다. 펄프로서의 이용가능성은 세포내 섬유소의 추출효율 및 부산물의 특성으로 좌우 되는데, 이에 대한 연구조사를 수행하여 추후 다양한 홍조류 펄프 원료의 가공처리에 대한 기반을 구축하게 되었다. 홍조류 양식적지 조사는 인도네시아 현지 조사기관의 협조로 총 3개의 섬(플로레스 섬, 숨바와 섬, 숨바 섬) 8개 지점에서 환경요인과 해조류 종 다양성 조사가 수행되었다. 조사 결과 최적의 양식장 위치는 숨바와 섬일대로 판단되었다. 양식대상종의 선정은 기존 본사의 연구결과와 추가 문헌조사를 통하여 총 5종(한국산 *Gelidium amansii*, 멕시코산 *G. robustum*, 모로코산 *G. corneum*, 호주산 *G. asperum*, 뉴질랜드산 *Pterocladia lucida*)을 선별하였다. 그리고 이중 한국산 *G. amansii*, 멕시코산 *G. robustum*, 모로코산 *G. corneum*의 펄프로서의 이용가치를 판단하기 위한 조사를 수행하였으며, 멕시코산 *G. robustum*이 펄프 수율 및 기타 다른 조건에서 비교적 다른 종에 비해 우수한 것으로 나타났다.

연구개요

연구 목표

홍조류 펄프의 산업화를 위해 지속가능한 원료생산에 요구되는 생물량 확보를 위한 대량 양식에 필요한 사전 기반연구

연구내용 및 범위

- 문헌정보 수집 및 해외 전문가 연구연합체 구성
 - 향후 해조류의 산업적 이용(양식, 펄프, 에탄올, CDM 등)에 관련된 정책수립에 유용한 자료 수집
 - 각국의 해조류 전문가로 구성된 연구연합체의 탐색 및 관련기관과의 긴밀한 협조 요청
 - 특히 홍조류 우뚝가사리의 양식 및 관련된 연구경험이 있는 연구자의 섭외 및 직·간접적인 연구교류 진행

- 해조류 펄프 생산 등을 위한 해외 양식 적지 조사
 - 관련연구기관이나 연구원 등을 통해 해외 양식적지 조사가 가능한 지역의 탐색
 - 기존 문헌이나 현지 연구원을 통해 양식인력, 환경 및 지형적특성, 교통상황등을 고려할 때 양식이 가능한 지역의 선별
 - 선별된 지역(본 연구에서는 플로레스섬, 숄바와섬, 숄바섬)에서의 환경요인 및 해조류 다양성 조사를 통해 적절한 양식환경을 갖추고 있는지에 대한 조사 수행
 - 조사결과를 통한 양식적지로서 적합한 여부의 판단

- 최적의 양식대상종 선정 및 양식장 이식
 - 최적의 양식대상종에 대한 산업적 이용가치성의 기준의 확립
 - 기존 문헌 및 자료를 통해 산업적 목적에 맞는 홍조류 우뚝가사리류의 선별
 - 선별된 홍조류 우뚝가사리류의 지속가능한 양식 가능성 확인

- 우뚝가사리 종별 유용성 검증
 - 선별된 홍조류 우뚝가사리류의 산업적 특성에 대한 구체적 조사 필요
 - 산업적 유용성을 평가 할 수 있는 기준 및 기반사항을 마련하는 것 필요
 - 종별 특성을 규명하여 산업적으로 이용될 시 기초자료로 사용하여 산업적 준비기간을 단축 할 수 있는 이점

제 1 장

서 론



제1절 연구목적

1. 연구개발의 추진 배경 및 필요성

가. 연구개발 대상기술의 기술적, 경제적, 사회적 중요성

1) 기술적 측면

한국은 해조류 양식의 주요 3개국 중의 하나로 다양한 양식 방법과 인력을 보유하고 있다. 하지만 한국에서의 양식은 대부분 갈조류 양식에 국한되어 있으며, 홍조류 양식은 김양식에 집중되어 있다. 이에 본 연구는 양식종묘의 다변화와 기술력향상에 도움을 줄 것으로 기대한다.

본 연구에서 주요종으로 선정된 홍조류는 펄프생산이 가능한 바, 기존 목재펄프의 대체자원으로 응용이 가능함은 물론 펄프 생산과정에서 비교적 적은 에너지와 화학약품이 사용되어 환경 친화적인 펄프생산이 가능하다. 이러한 기간산업의 새로운 원료 개발은 기존목재펄프의 다양한 기술을 응용가능하게 하며, 또한 새로운 기술력을 창출 할 수도 있다.

2) 경제적 측면

해양의 식물은 육상의 식물에 비해 일반적으로 빠르게 성장하며 재순환된다. 이에 단위 면적당 생산성이 높은 해조류를 이용한 산업의 개발은 상당한 고부가가치를 창출할 수 있게 된다. 본 연구에서 이용된 홍조류는 목재펄프에 비해 20%의 에너지만 사용하여도 생산가능하며, 또한 원료자체의 원가도 양식을 통해 충분히 가격을 낮출 수 있는 이점이 있다.

모든 산업의 근간은 원료의 확보에서 시작된다. 이러한 측면에서 양식 적지 조사를 통해 지속가능한 양식의 개발과 대량양식은 고부가 가치의 산업의 수요를 다변화 할 수 있는 기반을 마련한다. 이러한 산업 기반의 다변화에 대한 특허 및

관련 기술의 확보는 기술이전 및 관련 기술력을 통한 새로운 가치도 창출 할 수 있게 된다.

3) 사회적 측면

최근 온실가스 저감에 대한 관심과 연구는 세계적으로 거의 대부분의 분야에서 관심을 갖고 진행되고 있다. 그중 지구의 허파로 불리는 열대우림의 보존과 보호는 그 무엇보다 큰 관심거리이며, 이를 보호하기 위한 다양한 제도 및 단체로부터 다양한 혜택을 받고 있는 실정이다. 본 연구의 주요 종은 이러한 목재를 보존 할 수 있는 잠재력을 갖고 있다. 그리고 펄프 생산과정에서 이용되는 에너지도 적게 소요되어, 현재 CDM 인증을 위한 문서작업도 진행 중에 있다.

나. 국내·외 연구동향

국내의 홍조류에 대한 양식 연구는 주로 김양식에 편중되어 있으며, 본 연구에서 다룬 우뚝가사리과에 속하는 종에 대한 연구는 일부 연구자에 의해 분류, 생리/생태, 양식연구가 진행되었다(김동인 2000, 한명석 2008, 왕세호 1998). 최근 해조류를 이용한 Bio-Fuel 생산이 관심을 받아 일부 연구가 진행 중이며, 다양한 연구결과를 발표하고 있다. 하지만 본 연구에서 목적으로 하는 우뚝가사리과에 속하는 종의 Bio-mass 확보에 대한 논란은 여전히 해결되지 않은 상황이다.

국외의 상업적 가치가 있는 해조류의 양식은 식용으로 이용되는 것과 Alginat, Carrageenan, Agar 생산이 가능한 몇몇 종에 국한되어 있다. 식용으로 주로 이용되는 해조류는 Laminaria(다시마) Undaria(미역), Hizikia(툇), Porphyra(김) 등이 있다. 다시마의 생산량이 약 65%로 가장 많으며, 김(약 15%), 미역(약 18%), 툇(약 2%) 순서로 생산량의 차이를 나타낸다. Alginat로 이용되는 해조류는 비교적 다양한 갈조류로부터 추출된다. 그 중 가장 많은 양을 차지하는 Laminaria(다시마)의 경우 전체 약 연간 17만톤의 55%가량 차지하고 있으며, 중국이 약 연간 5만톤 가량으로 가장 많은 생산량을 보이고 있다. Carrageenan으로 이용되는 해조류는 주로 홍조류에서 추출되며, Kappaphycus가 대표적인 생물이다. Kappaphycus는 전체 생산량 약 연간 9만톤의 약 80%를 차지하며, 주로 필리핀에서 생산된다.

하지만 최근 자료에 의하면 인도네시아가 필리핀의 생산량보다 많아졌다고 보고된 바 있다(Juanes et al 1991).

또한 해조양식 그 자체로도 친환경적인 사업일 뿐만 아니라 어민 소득 증대 및 가공 기술의 발전을 통한 2차산업 육성에도 크게 기여 할 것이다. 또한 이러한 기술력 향상은 전문 업체 및 전문 인력 양성을 통해 부가적인 경제적 이익을 증가 시킬 수 있다. 이러한 경제적, 산업적 측면에서의 기술력 및 경쟁력 확보를 통해 지속가능하고 효과적인 수산자원 증가와 관리를 가져올 수 있다.



<그림 1> 홍조류 펄프 제조 공정

특히 본 연구에서 이용되는 특정 홍조류는 세포내의 섬유소와 우무(agar)성분을 갖고 있어, 최근 펄프/제지와 바이오연료 등 다양한 2차 산업의 원료로 각광 받고 있다. 이러한 섬유소를 통한 펄프산업으로의 이점은 목재펄프와 비교할 때 상당히 많다고 할 수 있다. 목재펄프는 리그닌, 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스가 주요성분인 나무를 박피와 칩핑(Chipping), 펄핑(Pulping), 표백(Bleaching)을 통해 펄프가 생산된다. 목재펄프는 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스로 구성되어있으며, 리그닌을 제거하기위한 공정으로 고온, 고압의 펄핑공정과 표백공정이 필요하며,

매우 강한 화학약품이 사용된다. 반면 홍조류는 리그닌이 없고, 홍조섬유와 수용성 당류로 구성되어 있고. 이 수용성당류 들은 주성분은 아가로스 β -1,4 결합한 단위체(agarobiose)가 반복하여 α -1,3결합으로 연결된 직쇄구조로 수천에서 수만의 중합도를 가지는 천연 고분자 물질로 구성되어 있고 물을 용매로 하여 $60^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ 의 낮은 온도에서 대부분의 추출이 가능하므로 유독한 화학약품과 고온, 고압의 많은 에너지비용이 사용되지 않아 목재펄프에 비해 친환경공정으로 제조된다. (그림 1)

기존 특허로 등록된 홍조류의 산업적 이용은 주로 시약, 복합재, 포장재, 추출, 배양, 펄프 등이 있다(표 1). 그 중 한국이 보유한 기술이 가장 많으며, 미국 일본 순이다. 최근 신소재 및 에너지화에 대한 관심이 높아져, 바이오 복합소재 개발 및 Bio-fuel에 대한 연구가 지속적으로 수행되고 있는 실정이다. 하지만 대부분의 경우 홍조류의 우무성분을 이용한 경우가 대부분이다. 이에 홍조류의 우무성분이 아닌 부산물로 펄프를 이용한 것은 본사가 최초이며, 부가적으로 생산되는 다른 산물도 산업적 이용이 가능한 장점 또한 갖고 있다.

<표 1> 홍조류 관련 특허의 주요 국가별 기술 분포도

중분류	소분류	한국	일본	미국	독일	기타
홍조류의 이용기술	종이/펄프	3	-	-	-	-
	키트/시약	35	3	2	2	1
	복합재료	23	2	5	2	1
	포장재료	22	3	4	-	-
홍조류의 배양기술	배양기술	1	1	-	-	-
홍조류의 추출기술	색소 추출	-	-	-	-	1
	유효성분 추출	7	-	-	-	-

* 한국특허정보원 2006년 11월 분석자료 “홍조류를 이용한 산업화 기술”

일반적으로 홍조류는 Norton 등(1996)에 따르면 2,500-20,000종 정도로 추정되지만 현재로는 4,000-6,000종이 보고되어 있다. 거의 대다수가 해산이며 약 3%(20속 150종)만이 담수산이다(Sheath 1984). 이 중 *Porphyra*, *Gracilaria* 등 몇 종만 대량으로 양식되어 산업화 되어 있다. 예를 들어, 물을 이용한 식품제조(냉동식품, 캔디), 우유를 이용한 식품제조(치이즈, 요거트), 산업적인 이용(제지 아교처리와 코팅, 접착제, 직물 인쇄와 염색, 주조와 인쇄), 의학 및 약학적인 이용(완하제, 캡슐과 알약, 항응고제)에 쓰이는 한천은 우뚝가사리(*Gelidium*)와 꼬시래기(*Gracilaria*)를 원료로 이용한다(Dawes 1981; Lewis et al 1988). 이러한 한천의 원료는 1990년 초반에 이미 세계시장에서 미화 2억달러 어치가 넘는 경제성을 가지고 있었으며 아시아와 남미의 꼬시래기 종들은 지난 20여년 동안 양식 기술이 발전한 결과, 생산되는 한천의 70% 이상을 차지하게 되었다(Dawes 1987; Critchley 1993).

하지만 *Gelidium*, *Pterocladia*, *Ptilophora* 등 세포내 섬유소를 함유하고 개체의 크기가 큰 종에 대해서는 현재 대량으로 양식이 되는 예는 없다. 그림 2는 산업적 이용가치가 높은 주요 홍조류 종으로 *Gelidium robustum*의 경우 최장 길이가 1m에 이를 만큼 상당히 큰 종이다(그림 2).

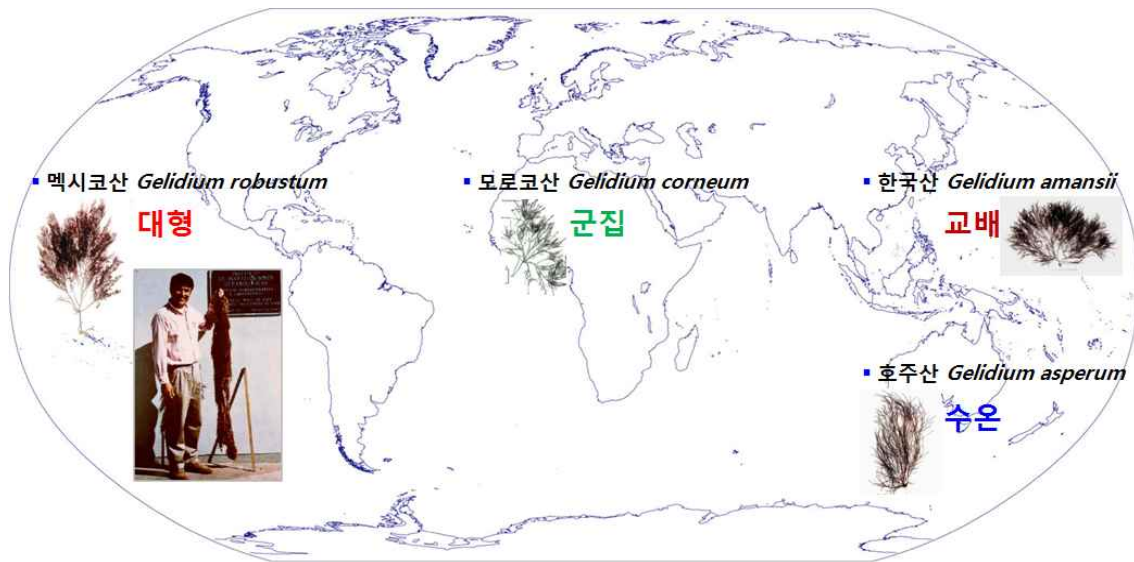


<그림 2> 산업적 가치가 있는 주요 홍조류; 좌, *Pterocladia lucida*; 중, *G. asperum*; 우, *G. robustum*

과거 *Gelidium*은 다양한 방법으로 여러 연구자에 의해 양식이 시도 되었다. Santelices(1988)은 *Gelidium*을 실내 Tank와 외해에 양식하려하였고, *Gelidium*을 수면에 부양시켜 내만이나 실내에서 소규모로 양식한 사례로는 California, Chile, India, Norway등에서 시도되었다(Melo 1991). 외해 양식은 Japan (Akatsuka, 1986), China (Fei & Huang 1991) 등에서 시도되었다. 이러한 양식에 이용되던 기본 양식 방법으로는 첫째 기질부의 확장 및 경쟁자/포식자를 제거함으로 *Gelidium*의 양식가능면적을 증가 시키는 방법, 둘째 양식종묘를 적절한 수심에 띄우기 위해 Rope, Line, Basket등을 이용하는 방법, 셋째, 조간대에 그물망을 이용하여 양식하는 방법 등이었다(Melo et al 1991).

그리고 상업적 대량양식에 있어서 다양한 시도가 있었지만, 가능성만 확인할 뿐 지금까지 진행된 바는 전무하다. 대량양식에 있어서 가장 중요한 요인은 대량 양식이 가능한 양식장, 구조물 설치가 용이한 지형, 양식종묘의 확보가 가능할 것, 주변 양식인력이 풍부한 지역을 확보하는 것이다.

또한 최근 국제적으로 주요 산업적 양식종묘의 확보가 무엇보다 중요하다는 것을 다양한 국제기관 및 국가적 차원에서 인지하고 있다. 펄프 산업의 특성을 잘 갖춘 각국의 주요종묘에 대한 교잡종 및 교배종에 대한 연구는 추후 연구에서 있어서 반드시 수행되어야 할 것 중에 하나이다. 국제식물신품종보호동맹(UPOV, Union Internationale Pour la Protection des Obtentions Vegtableue)에서는 식물 신품종을 지적 재산권으로 간주하고 있는바, 이러한 각국의 종묘를 우선 확보하여 원료확보의 우위를 점하는 것은 매우 중요할 것이다. 본 연구에서 주요종으로 선정한 종은 그림 3과 같이 서로 다른 지역에서 성장하고 있다. 이에 최대 체장을 갖춘 종, 다른 종에 비해 더욱 밀집되어 성장하는 종, 교배가 용이한 종, 그리고 다양한 수온에서 성장에 가능한 종 등을 교배하여, 산업화에 이용 가능한 최적의 종을 개발하는 것은 반드시 수행되어야 할 연구 중 하나이다(그림 3).



<그림 3> 펄프 산업화에 이용가능한 주요 종 및 특성

2. 연구목적

본사를 통해 최초로 개발된 홍조류 펄프의 원료가 되는 우뭇가사리류 종은 대부분 식품 및 식품첨가물의 목적으로 전량 자연산을 채취하여 판매되어왔다. 1980년대 후반의 우뭇가사리 채취량은 총 21,500 tons/yr가량 되었으며, 이중 모로코와 스페인에서의 채취량이 전체의 약 39%로 가장 많았다(McHugh 1991). 하지만 최근 자료에 의하면 우뭇가사리는 약 1만톤 가량 채취되고 있으며, 새로운 산업의 원료로 더 많은 수요를 충족시키기 위해 양식을 통한 생산량 확보는 반드시 필요할 것으로 판단된다.

홍조류 우뭇가사리류의 인공양식은 1970-80년대에 한국, 일본, 대만, 남아프리카, 모로코, 이스라엘, 미국, 멕시코 등지에서 시도한 바 있다. 이러한 양식은 대부분 계절의 변화에 따른 수온변화가 심한지역에서 수행되어, 연중 지속적인 양식이 불가능하였다. 본 연구를 통해 조사된 인도네시아는 연중 환경의 변화가 적은 지역으로 잘 알려져 있어, 지속적인 양식이 가능한 지역인지 조사하는 것은 매우 중요할 것으로 판단하였다. 인도네시아에서의 연중 지속가능한 양식의 가능성은 매년 11월에서 2월까지 연 강수량의 90%에 달하는 우기(雨氣)를 견디어 내는지의 여부에 달려있다. 우기에 발생하는 담수의 유입과 수온의 상승이

최소화 되는 양식장의 발견은 지속가능한 양식의 성공의 여부에 주요한 역할을 담당한다.

이에 "홍조류 펄프의 산업화를 위해 지속가능한 원료생산에 요구되는 생물량 확보를 위한 대량양식에 필요한 사전기반 연구"는 인도네시아의 우기에 맞춰서 수행되었으며, 이를 통해 홍조류의 지속가능하며 대량으로 양식 할 수 있는 기반 마련을 기대하였다.



제2절 추진전략 및 추진체계

1. 연구추진 전략

본 연구용역은 홍조류 펄프의 산업화에 있어서 필요한 원료확보를 원활하게 할 수 있는 대량양식을 위한 기초조사로 수행되었다. 이에 대량양식을 위한 선행 연구를 바탕으로 아래의 4가지 추진전략을 수립하여 연구를 수행하였다.

첫째, 문헌정보 수집 및 해외 전문가 연구연합체 구성하고자 하였다. 문헌정보는 향후 해조류의 산업적 이용(양식, 펄프, 에탄올, CDM 등)에 관련된 정책수립에 유용한 자료 수집에 필요할 것으로 판단되어 수행되었다. 그리고 각국의 해조류 전문가로 구성된 기존 연구연합체의 탐색하여, 특정 연구원 및 관련기관과의 접촉을 통해 긴밀한 연구 협조 요청을 시도하였다. 국외에서의 연구 수행 및 사업의 확장에서 현지 주요 인물과의 긴밀한 협조 체계를 갖추는 것은 선행연구에 있어서 가장 중요한 부분이라 할 수 있다. 특히 본 연구에서 목적으로 하는 홍조류 우뚝가사리의 양식 및 관련된 연구경험이 있는 연구자의 섭외 및 직·간접적인 연구교류는 국제 관계에 있어서도 중요 할 것으로 판단된다.

둘째, 해조류 펄프 생산 등을 위한 해외 양식 적지 조사이다. 실제 양식을 수행해야 하는 지역을 관련연구기관이나 연구원 등을 통해 조사를 수행하는 것은 선행연구의 핵심이다. 본 연구조사는 현지 연구기관을 이용하여 국제연구교류 뿐만 아니라 현지 조사인력을 활용함으로써 효율성을 증대시키고자 하였다. 기존 문헌이나 현지 연구원을 통해 양식인력, 환경 및 지형적특성, 교통상황등을 고려할 때 양식이 가능한 지역을 먼저 선별하였다. 그리고 선별된 지역(본 연구에서는 플로레스섬, 슴바와섬, 슴바섬)에서의 환경요인 및 해조류 다양성 조사를 통해 적절한 양식환경을 갖추고 있는지에 대한 조사를 수행하였다. 이러한 조사를 바탕으로 최적의 대량양식 적지를 판단하였다.

셋째, 최적의 양식대상종 선정 및 양식장 이식을 시도하였다. 이것은 최적의

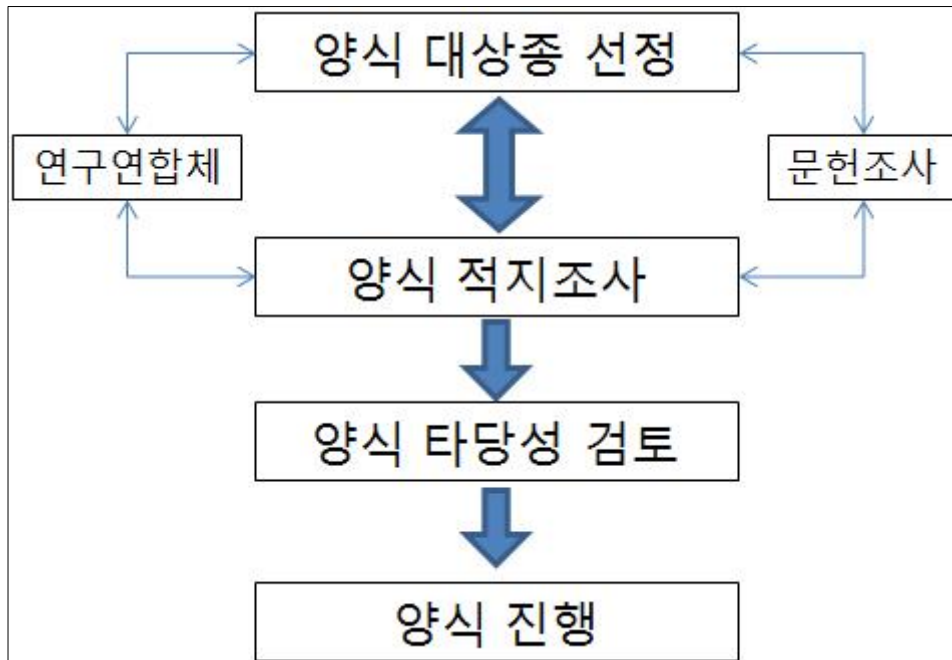
양식대상종에 대한 산업적 이용가치성의 기준의 확립하는데 초점을 두고 수행하였다. 먼저 기존 문헌 및 자료를 통해 산업적 목적에 맞는 홍조류 우뚝가사리류의 선별하였고, 선별된 홍조류 우뚝가사리류의 지속가능한 양식 가능성 확인하였다.

마지막으로 선정된 양식대상종의 펄프 및 기타 산업적 가치가 우수한 종을 검증하고 선별하였다. 이러한 것은 양식된 종묘에 대해 얼마나 산업적인 가치를 가지고 있으며, 이용가능한 것인가를 판별하는 것이다. 이것은 산업적 유용성을 평가 할 수 있는 기준 및 기반사항을 마련하는 것에 매우 필요할 것으로 판단되며, 종별 특성을 규명하여 산업적으로 이용될 시 기초자료로 사용하여 산업적 준비기간을 단축 할 수 있는 이점을 갖고 있다.

2. 연구추진 체계

앞서 서술한 추진전략은 연구용역의 최종목표 달성을 위해 다음과 같은 추진 체계를 갖추어 수행되었다(그림 4).

우선 다양한 국적의 해조류 전문가로 구성된 연구연합체의 자문을 통해 얻은 정보와 문헌조사를 통해 주요 조사계획을 수립하였다. 조사계획은 "양식 대상종 선정"과 "양식 적지조사" 두 부분으로 나누어 연구조사를 실시한다. 두가지 연구 조사는 상호보완적으로 수행되어야 하며, 최적의 조건을 탐색하여 양식 타당성 검토를 실시한다. 검토된 타당성을 기초자료로 이용하여 이후 양식진행에 이용될 것을 최종목표로 삼고 본 연구를 수행하였다.



<그림 4> 연구추진 체계도

제 2 장

문헌정보 수집 및 해외 전문가
연구연합체 구성



제1절 문헌정보 수집

1. 연구 내용

문헌정보의 수집은 향후 우뭇가사리 관련 정책수립에 유용한 자료로 활용하기 위해 수행된 것이다. 본 연구의 목적에 맞는 홍조류에 대한 양식, 생리, 생태, 기타응용(바이오에너지, 펄프 등)에 관한 관련 문헌을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

On-line상의 국내·외의 학술 데이터베이스(국내; KISS, DBpia., 국외; Academic search Premire, Science Direct, SpringerLink, Wiley InterScience)의 무료 contents를 이용하여 자료를 열람하였다. 주요 키워드는 *Gelidium*, cultivation, aquaculture, phycology, distribution, harvest 등 이었다. 해당 키워드에 속하며, 열람이 가능한 논문을 양식, 생리/생태, 분포, 분류 등 총 4개의 카테고리로 나누어서 정리하였다.

3. 연구 결과

해당 Key words 로 검색된 논문 중에서 본연구와 밀접한 관련이 있는 자료를 중심으로 총 34건을 수집하였다(Appendix 1). 해당 논문은 대체로 우뭇가사리의 양식 및 생리 생태에 관한 내용이다. 국가별로 남아프리카공화국, 칠레, 모로코, 스페인, 포르투갈 등에서 서식하는 우뭇가사리의 indoor 또는 outdoor에서 각종 환경조건(빛, 온도, 염분도)의 변화에 따른 성장의 차이, 또는 생태계 내에서의 성장 및 분포에 대한 내용이 주로 보고되었다. 본 연구에서는 이러한 다양한 환경에서의 성장특성, 성장속도, 개체의 일반적 크기등에 대해 보고된 내용을 발췌하여 양식종묘 선정에 활용하였다.

그리고 우뚝가사리류는 일반적으로 한천의 원료로 이용되었기 때문에 주로 음식 및 추출물로 활용된 연구보고가 다수 발표되었다. 그중 Seo et al(2010)을 통해 홍조류 우뚝가사리 펄프의 성능 등이 최근에 발표되어, 펄프로서의 연구적 가치 또한 입증되었다.



제2절 해외 전문가 연합체 구성

1. 연구 내용

해외 전문가 연합체는 우뚝가사리 양식 실행 경험이 있거나 관련 기관 등에서 주요 전문가로 활동 중인 해외 연구원과 연합체를 구성 또는 기존의 유사한 조직과 연계하여 정보공유를 목적으로 수행되었다. 이러한 조직구성은 연구모임 정도의 연합체 구성을 일차적 목적으로 하였고, 각국의 주요 연락망을 구축하는 것을 목표로 하였다. 이러한 연합체의 구성은 본 연구에서 수행된 인도네시아뿐만 아니라 중국과 일본을 포함한 해조류에 관련된 주요국가와의 긴밀한 협조체제를 갖추는 데에도 중요한 역할을 할 것으로 판단된다.

2. 재료 및 방법

국제교류 및 연구연합체의 구성은 기존의 해조류 전문가 모임과 연합하여 이루어 졌고, 기존 연구진행에 본 연구진행을 추가하는 형태로 수행되었다. 2007년부터 APPA WG(아태평양해조류연합회 작업반, Asian Pacific Phycological Association Working Group)에 참가하여 멤버들과의 연구교류 및 상호지원이 진행 중이다. APPA WG의 국적으로는 인도네시아를 비롯한 말레이시아, 홍콩, 뉴질랜드, 호주, 베트남, 필리핀, 인도, 태국, 일본, 중국 등 총 12개국으로 구성되어 있으며, 모두 해조류에 대한 관심이 많은 국가들로 구성되어 있다. 총 2010년 1월 29-30일 부산대학교에서 APPA WG의 연차회의를 개최한바 있으며, 이에 본사도 참석하여 연구교류에 대한 진행 사항 및 계획에 대한 논의를 하였다. APPA WG의 회원은 해조류에 대한 각국의 주요 연구자로 구성되어 있으며, 다양한 국가의 해조양식에 대한 견해를 얻을 수 있는 장점을 갖추고 있다.

3. 연구 결과

표 2는 연구연합체 구성원들과 해당기관을 정리한 것이다. 기존 연구연합체로 구성되어 있는 APPA WG 구성원들과의 지속적인 연구 활동 및 논의에 관한 내용을 요청하였다. 이중 인도네시아 연구원(Grevo S. Gerung 교수)과는 긴밀한 협조체제를 완료한 상태이며, 상호간의 지원도 일부 진행 중이다. 본 연구 및 조사가 인도네시아에서 수행된 바, 현지 상황에 대한 보고 및 관련 연구의 진행상황 등 필요한 정보의 획득에 상당한 도움을 받고 있다. 범국가적인 연구를 함에 있어, 이러한 주요 연구원들과의 긴밀한 협조체제는 효율적인 연구조사 등 다양한 연구수행에 무엇보다 중요하다.

<표 2> APPA WG(아태평양해조연합회 작업반) 각국의 연구원 소개

국적	이름	지위	기관
Korea	Ik-Kyo Chung	Professor	Division of Earth Environmental System, Pusan National University
Korea	Jin-Ae Lee	Professor	School of Environmental Science and Engineering, Inje University
Malaysia	Siew-Moi Phang	Professor	Institute of Biological Sciences, University of Malaya
Australia	John Beardall	Professor	School of Biological Sciences, Monash University
China	Zhengyu Hu	Professor	Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, CAS
Hong Kong	Put O. Ang	Professor	Environmental Science Programme, Department of Biology The Chinese University of Hong Kong
India	Dinabandhu Sahoo	Professor	Marine Biotechnology Laboratory Department of Botany, University of Delhi
Japan	Hiroshi Kawai	Professor	Kobe University Research Center for Inland Seas
New Zealand	Wendy A. Nelson	Doctor	National Centre for Aquatic Biodiversity & Biosecurity, NIWA, Wellington
Philippine	Danilo Largo	Professor	Department of Biology, University of San Carlos
Thailand	Yuwadee Peerapornpisal	Professor	Applied Algal Research Laboratory, Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University
Vietnam	Dand Diem Hong	Doctor	Algal Biotechnology Department, Institute of Biotechnology, Vietnamese Academy of Science & Technology (VAST)
Indonesia	Grevo S. Gerung	Professor	Faculty of Fisheries and Marine Science, Sam Ratulangi University

제 3 장

해조류 펄프 생산 등을 위한
해외 양식 적지 조사



제1절 해외 양식 적지 조사

1. 연구내용

양식적지 조사는 기존 문헌자료 및 기존 국제 연구교류가 진행되고 있는 인도네시아에서 수행하였다. 인도네시아는 약 2억 4천명의 인구와 17,000여개의 섬, 80,000km의 해안선, 5,800,000ha의 양식 가능면적을 가지고 있다. 약 40여년 이상 해조류 양식 특히, 홍조류(*Kaphaphycus* 등) 양식이 진행되고 있는 바, 해조류 양식을 위한 충분한 인력도 보유하고 있다.

이에 본 조사 연구는 인도네시아의 남쪽 부근에서 수행되었으며, 조사지역의 선정은 크게 2개의 항목이 충족되는지의 여부에 맞춰 진행되었다.

첫째, ‘적절한 해양환경을 갖추고 있는 지역인가?’ 홍조류의 성장에 용이한 영양염이 풍부하고 비교적 강한 해류(40cm sec-1) 지역이며, 조석간만의 차에 의해 공기중에 노출되지 않을 정도의 적절한 수심이 되는 지역이어야 한다.

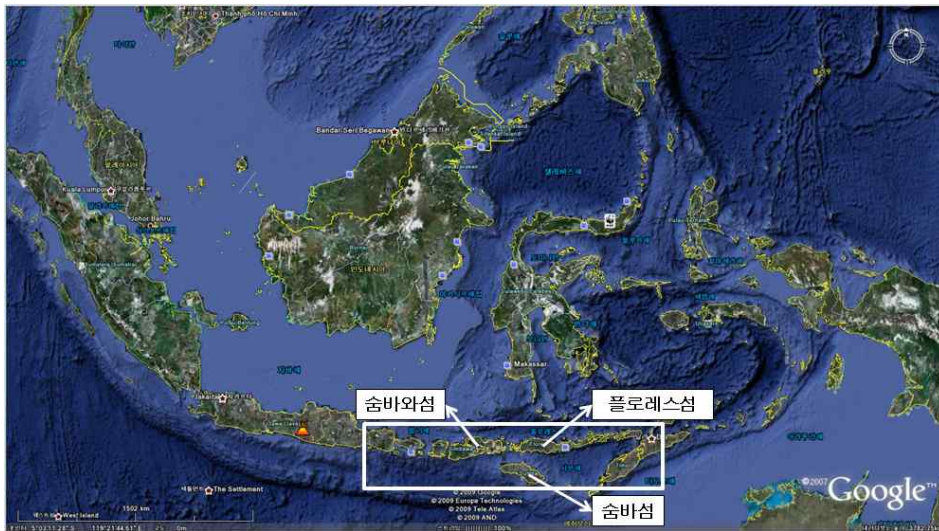
둘째, ‘지형 및 외부환경이 양호한 지역인가?’ 양식장 인근에서 주변공사 및 폭우 등으로 인한 토사유출이 많이 발생한다면, 분명 양식에 어려움이 많을 것이다. 이러한 인위적인 공사가 적거나, 주위 지형이 주로 암반으로 이루어진 곳이어야 한다. 그리고 기존 해조류 양식을 수행하고 있는 지역이면, 인근 양식업에 종사하는 어민의 추가 수입원을 창출하거나 새로운 양식방법의 개선 등 부가적인 이점도 발생할 것으로 판단된다. 또한 이러한 기존 양식업이 활발히 이루어진 곳은 도로 교통이 잘 갖추어져 있어 원료의 수송에도 용이할 것이다.

인도네시아는 우기(雨氣)를 제외한 다른 기간에는 거의 유사한 해양환경을 보이고 있다. 대체로 11월에서 2월까지 진행되는 우기에 연간강수량의 80~90%의 비가 내리며, 수온도 약 30℃ 이상으로 가장 높게 나타난다. 이에 본 연구조사를 우기에 수행하여 산업적 가치가 입증된 홍조류의 양식이 우기에도 가능한지, 그리고 연중 지속가능한 양식이 되는 지역인지를 판단하고자 하였다. 또한 선정된 조사지역에 분포한 해조류 중 홍조류의 분포에 관심을 두고 조사하였다.

2. 재료 및 방법

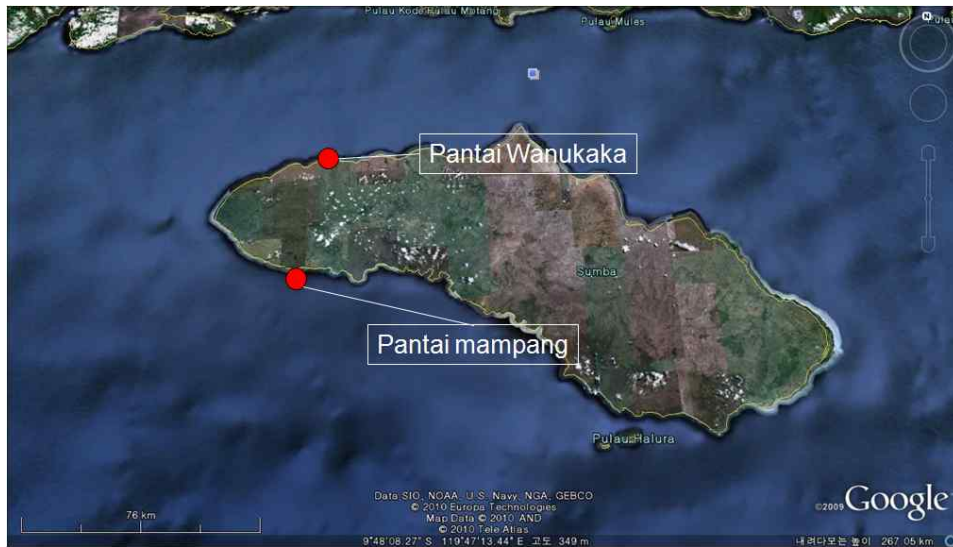
가. 조사지역

본 조사는 2009년 12월부터 2월까지 인도네시아 남단의 숨바 섬, 숨바와 섬, 플로레스 섬에서 수행되었다(그림 5). 조사지역으로 선정한 3개의 섬은 현재 본사에서 양식장으로 이용하고 있는 롬복섬의 오른쪽에 있는 섬들로 인도네시아의 남쪽에 위치하고 있다. 각 섬은 오스트렐리아 해류의 영향을 받아 비교적 영양염이 다른 지역에 비해 풍부하며, 다른 섬에 비해 비교적 외부에 노출되어 있어 해수의 순환도 빠른 편이다. 이러한 영향으로 해수의 수온도 비교적 낮아 해조류의 성장에 용이 할 것으로 판단되었다.



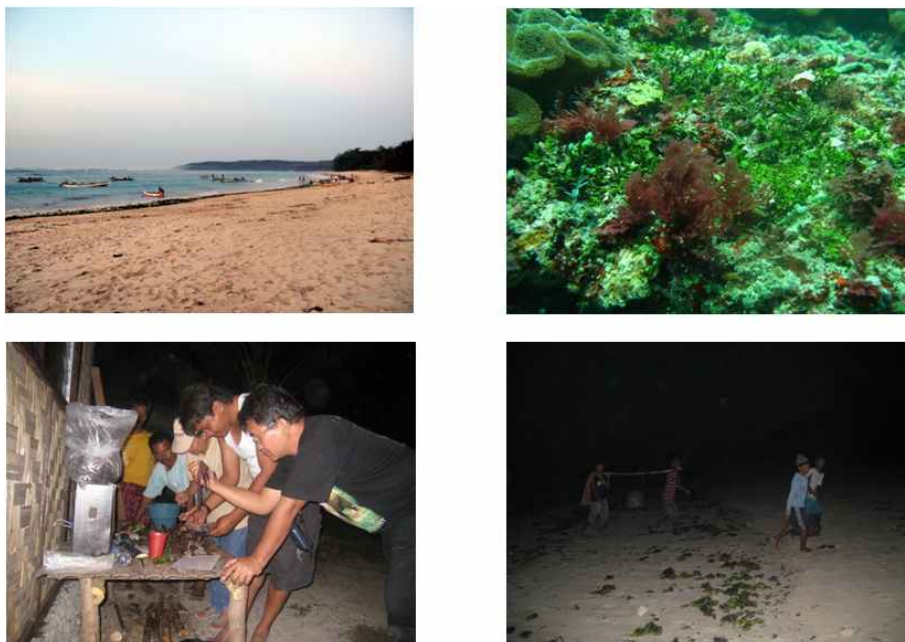
<그림 5> 인도네시아의 해외 양식 적지 조사 위치(숨바 섬, 숨바와 섬, 플로레스 섬 포함)

숨바섬은 조사지역 중 가장 남쪽에 위치하며, 오스트리아 해류의 영향을 가장 직접적으로 받을 것으로 판단하였다. 조사 지점으로는 북쪽 지역의 Pantai Wanukaka와 남쪽 지역의 Pantai mampang지점 이었다(그림 6).



<그림 6> 솜바 섬의 양식적지 조사 지점

Pantai mampang 지역은 기존 홍조류 양식을 하고 있는 지역이며, 양식인력도 비교적 많은 지역이다. 비교적 자연식생도 잘 분포되어 있는 지역으로, 양식장으로서의 활용이 충분이 가능 할 것으로 판단하여 조사지점으로 선정하였다(그림 7).



<그림 7> 솜바섬의 Pantai Mampang지점의 조사 및 주변 사진

Pantai wanukaka 지점은 다른 지점에 비해 해류가 비교적 강한 지역이다. 그리고 암반 지역이 많아 비교적 해조류의 자연적 발생이 많은 지역이어서 연구 목적에 부합하는 홍조류가 잘 성장 할 것으로 판단되어 적지 조사의 지점으로 선정하였다(그림 8)



<그림 8> 슌바섬의 Pantai Wanukaka지점의 조사 및 주변 사진

슌바와 섬은 기존 롬복양식장과 가장 가까운 섬으로 크기는 롬복섬의 약 3배 (약 15,000km²)이며, 다른 섬에 비해 비교적 교통이 편리하다. 조사지점은 대부분 양식장 북쪽에 위치한 곳으로 Sumbawa besar, Dorokempo, Bima로 총 3개 지점을 선정하였다(그림 9).



<그림 9> 솜바와 섬의 양식적지 조사 지점

Sumbawa besar 지점은 Sumbawa 섬의 주요도시에 속하며, 현재 대량으로 해조류 양식을 하고 있어 양식에 관련된 상당한 인력을 보유하고 있다. 운송에 관련된 교통이나 주변 자연환경도 해조류 양식에 적절하며, 추가적으로 수행가능한 양식면적도 다수 보유하고 있다(그림 10).



<그림 10> 솜바와 섬의 Sumbawa besar 지점의 조사 및 주변 사진

Dorokempo 지역은 전형적인 만(bay) 형태의 지점으로 양식장 관리에 있어서 상당한 이점을 갖고 있다. 그리고 다른 지역에 비해 모래지반이 많으며, 교통 및 주변 양식인력은 다른 지역과 큰 차이를 보이지 않는다(그림 11).



<그림 11> 솜바와 섬의 Dorokempo 지점의 조사 및 주변 사진

Bima 지점은 다른 지점에 비해 bottom line 방법을 이용하여 해조류를 양식하는 곳이 비교적 많다. 본 연구에서 활용 될 홍조류 우뚝가사리도 주로 bottom line 방법을 이용하여 양식이 진행 될 계획이어서, 추후 양식이 진행될 경우 상당한 이점을 갖고 있을 것으로 판단하였다(그림 12).



<그림 12> 솜바와 섬의 Bima 지점의 조사 및 주변 사진

플로레스 섬은 약 14,000km²의 면적으로 길게 펼쳐진 형태를 갖추고 있다. 플로레스 섬의 좌측과 우측의 이동은 주로 비행기를 이용할 만큼 섬 중앙에서의 도로사정이 좋지 않아, 조사는 교통편을 고려하여 인접한 세 지역을 중점적으로 조사를 수행하였다. 조사된 지점은 Pulau belayar besar, Pulau selayar kecil, Pulau kelapa 이다(그림 13).



<그림 13> 플로레스 섬의 양식적지 조사지점

Pulau selayar besar 지점은 다른 조사 지점에 비해 다소 외해에 노출되어 있는 환경이다. 비교적 자연식생이 많이 분포할 것으로 판단되어 조사지점으로 선정하였으며, 현지 양식인구는 다른 지역에 비해 다소 적은 편이다(그림 14).



<그림 14> 플로레스 섬의 Pulau selayar besar 지점의 조사 및 주변 사진

Pulau selayar kecil 지점은 일부 해조류 양식을 진행하고 있지만, 대부분 낚시 어선을 갖고 생활하는 어부가 대부분이다. 하지만 이 지점 또한 자생하는 해조류가 다수 존재할 것으로 판단되며, 추가적으로 수행될 양식장으로서의 역할이 가능할 것으로 판단되어 조사지점으로 선정하였다(그림 15).



그림 14 플로레스 섬의 Pulau selayar kecil 지점의 조사 및 주변 사진

Pulau kelapa 지점은 플로레스섬에서의 다른 두 조사지점에 비해 운송에 대한 교통이 편리하며, 비교적 양식인구도 많다. 이 지점도 다른 두 지점과 마찬가지로 해조류 양식보다는 낚시 어선등 어부가 많은 특징이 있다(그림 16)



<그림 16> 플로레스 섬의 Pulau kelapa 지점의 조사 및 주변 사진

양식 적지 조사는 지역에 따라 3번으로 나누어 수행되었고, 3개의 인도네시아 현지 연구기관의 연구협조로 수행되었다(표 3). 플로레스 섬은 2009년 12월 14일부터 23일까지 총 3개 지점(Pulau Selayar Besar, Pulau Selayar Kecil, Pulau Kelapa)에서 수행되었으며, National Seaweed Center의 Research Group의 Mr. Rusman 의 주도하에 진행되었다. 수바 섬은 2010년 1월 11일부터 21일까지 총 2개 지점(Pantai Wanukaka, Pantai Mampang)에서 수행되었으며, Sam Ratulangi University의 Research Group의 Mr. Arie Rondonuwu 의 주도하에 진행되었다. 수바와 섬은 2010년 1월 25일부터 2월 5일까지 총 3개 지점(Sumbawa Besar, Dorokempo, Bima)에서 수행되었으며, Kupang Finfish Center의 Research Group의 Mr. Ernes Hamel의 주도하여 진행되었다.

<표 3> 양식장 적지 조사 일정 요약

Flores	조사기간	2009. 12. 14 - 23
	조사위치	Pulau selayar besar(16일), Pulau Selayar kecil(17일), Pulau Kelapa(20일)
	조사기관	National Seaweed Center research group
	책임조사자	Mr. Rusman M.Sc.
Sumba	조사기간	2010. 1 11 - 21
	조사위치	Pantai Wanukaka(14일), Pantai mampang(18일)
	조사기관	Sam Ratulangi University research group
	책임조사자	Mr. Arie Rondonuwu M.Sc.
Sumbawa	조사기간	2010. 1. 25 - 2. 5
	조사위치	Sumbawa besar(27일), Dorokempo(30일), Bima(2.1일)
	조사기관	Kupang Finfish Center research group
	책임조사자	Mr. Ernes Hamel M.Sc.

나. 조사항목

환경조사는 조석에 의한 수심변화, 염분도, 수온, pH, 총질소, 인산염, 종조성으로 총 7개 항목을 측정하여 결과로 나타내었다. 각 섬 별로 숭바와 섬, 플로레스 섬은 3회 측정하였고, 숭바 섬은 2회 측정하였다. 각 위치별 수심변화는 Horiba 휴대용 측정장비로 1시간 간격으로 24시간 측정하였고, 염분도, 수온, pH도 Horiba 휴대용 측정 장비로 측정하였다. 총질소와 인산염은 1L 플라스틱 채수병에 해수를 채집하여 냉장보관 후 실험실로 옮겨 즉시 냉동보관 하였고, 다른 샘플과 함께 해동하여 Standard Method로 측정하였다. 조사된 지역은 해조류의 분포가 매우 간헐적으로 분포하고 있다. 이에 방형구에 의한 채집이 아닌 약 10×10m 구역을 임의로 정하여, 수중에서 직접 동정한 것과 판단이 어려운 종만 채집하여 종조성 만 분석하였다.

3. 연구결과

가. 조석에 의한 수심변화

일반적으로 인도네시아 발리섬의 경우 최고의 조차범위는 약 2.5m 최저 0.9m로 나타난다(Appendix 2). 본 조사의 경우에 있어서도 발리섬의 조석범위와 큰 차이를 보이지 않는 가운데 아래와 같은 결과를 얻게 되었다(표 4).

<표 4> 조사 지점별 조석차에 의한 수심측정 결과

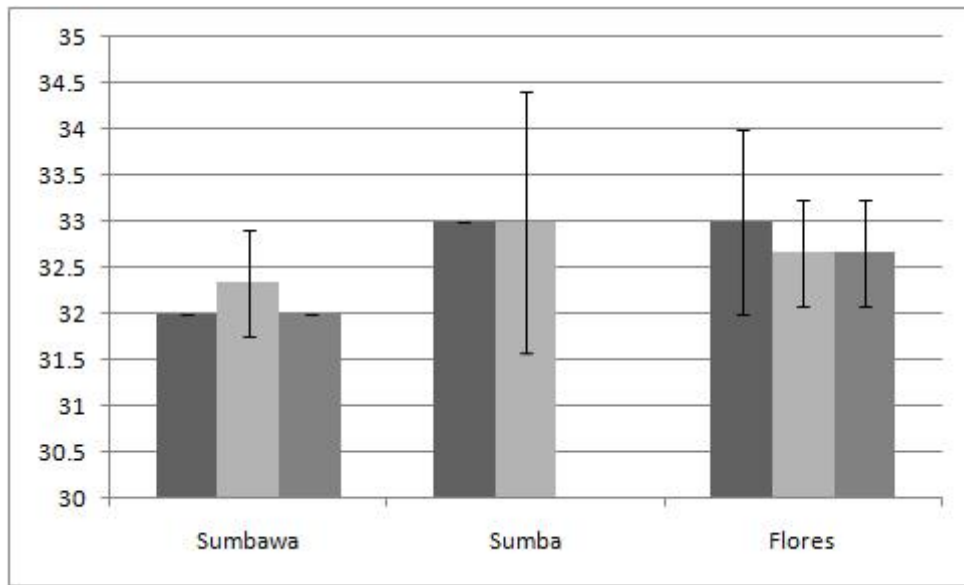
Time (h)	SUMBAWA (Tides/M)	SUMBA (Tides/M)	FLORES (Tides/M)
1	1.4	1.7	1.2
2	1.1	1.6	1.0
3	0.9	1.3	0.8
4	0.8	1.1	0.7
5	0.7	0.9	0.7
6	0.8	0.7	0.8
7	1.0	0.6	1.7
8	1.3	0.6	1.3
9	1.5	0.8	1.6
10	1.7	1.1	1.7
11	1.8	1.4	1.7
12	1.6	1.6	1.5
13	1.4		1.3
14	1.1		1.0
15	0.8		0.7
16	0.5		0.5
17	0.4		0.5
18	0.5		0.6
19	0.6		0.9
20	0.9		1.2
21	1.2		1.2
22	1.4		1.6
23	1.6		1.6
24	1.6		1.5

숨바와 섬의 조석의 변화는 11시와 24에 고조, 5시와 17시에 저조를 나타낸 가운데 최고조와 최저조의 높이차는 1.4m 였다. 숨바 섬의 조석의 변화는 1시와 12에 고조, 7시에 저조를 나타낸 가운데 최고조와 최저조의 높이차는 1.1m 였다. 숨바섬의 경우 측정 중 기계상의 문제가 발생하여 12시간만 측정되어 24시간 측정을 수행하지 못하였다. 플로레스 섬의 조석의 변화는 고조는 11시, 23시 였고, 저조는 4시 17시 였으며, 최고조 1.7m에서 최저조 0.5m로 최대 폭은 1.2m로 나타났다. 전 지점 모두 거의 유사한 조석에 의한 수심변화를 보였고, 발리섬에서의 조차의 범위에 드는 값을 보였다.

나. 염분도

서로다른 세 섬의 결과에서 숨바 섬이 다른 두 섬에 비해 비교적 높은 값을 보였다. 숨바와 섬의 염분도는 Bima 지점에서 32.3psu으로 다른 두 지점에 비해 비교적 높은 값을 보였으나, 큰 차이를 보이지는 않았다. 숨바 섬의 염분도는 Pantai Wanukaka 지점에서 33.3 psu으로 Pantai Manpang 지점의 32.7 psu 보다 비교적 높은 값을 나타내었다. 플로레스 섬의 염분도는 Pulau selayar besar가 33.3 psu로 비교적 높은 값을 보인 가운데, Pulau kelapa가 32.2 psu로 가장 낮은 값을 나타내었다(그림 17).

조사지역의 인근의 염분도 조사결과에 의하면, 숨바와 섬 남쪽 인근의 연중 평균 염분도는 33.85 psu이며 0.09의 표준편차를 보였고, 숨바 섬 서북쪽의 연중 평균 염분도는 33.93 psu이며 0.11의 표준편차를 보였다(Sprintall et al 2003). 본 조사가 우기에 수행된 점을 볼 때 조사된 평균값보다 다소 낮은 값을 나타내고 있다.



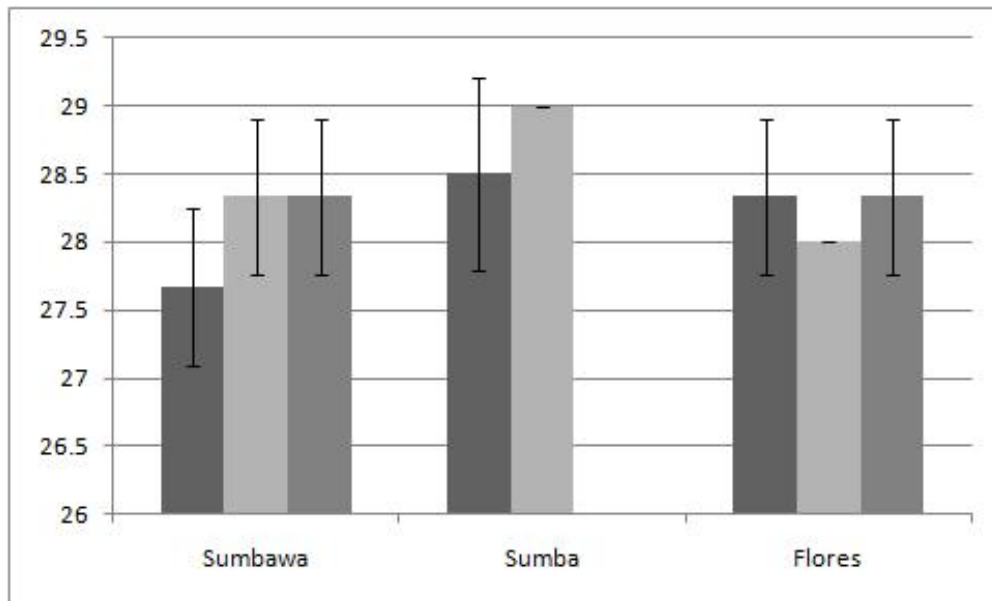
<그림 17> 각 지점별 염분도 조사 결과; Sumbawa섬, 왼쪽부터 Sumbawa besar, Dorokempo, Bima; Sumba 섬, 왼쪽부터 Pantai Mampang, Pantai Wanukaka; Flores 섬, Pulau Selayar Besar, Pulau Selayar Kecil, Pulau Kelapa

다. 수온

조사된 세 섬에서 수온은 수마트라섬에서 다른 두 지역에 비해 다소 높게 나타났다. 수마트라 섬의 수온은 Sumbawa besar 지점과 Bima 지점이 28.3°C로 같은 값을 보였고, Dorokempo 지점이 27.7°C로 비교적 낮은 값을 보였다. 수마트라 섬의 수온은 Pantai Mampang 지점이 29°C로 Pantai Wanukaka 지점의 28.3°C 보다 비교적 높은 값을 나타내었다. 플로레스 섬의 수온은 Pulau kelapa가 28°C로 다른 두 지점의 28.3°C에 비해 다소 낮은 값을 보였다(그림 18).

Printall 등(2003)은 1996년부터 1999년까지 4년간 본 조사지역 인근의 수온을 측정한다. 수마트라 섬 남쪽의 수온은 평균 27.46°C이며 4.11의 표준편차를 보였고, 수마트라 섬 서북쪽의 수온은 평균 27.77°C이며 2.06의 표준편차를 보였다.

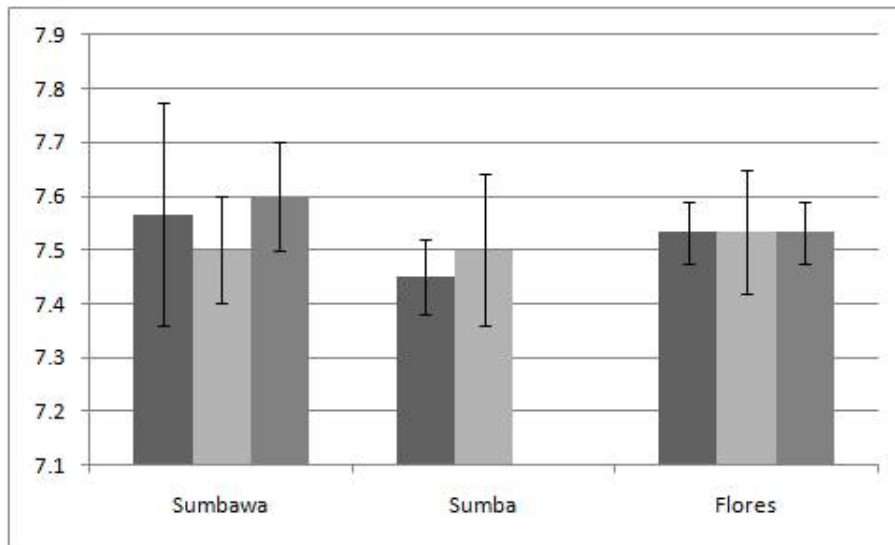
본 연구의 조사결과의 대부분은 우기에 수온이 높은 일반적인 특징을 보였으나, Printall 등(2003)에 의해 보고된 1998년도의 31°C의 최고값보다 다소 낮은 결과를 나타내었다.



<그림 18> 각 지점별 수온 조사 결과; Sumbawa섬, 왼쪽부터 Sumbawa besar, Dorokempo, Bima; Sumba 섬, 왼쪽부터 Pantai Mampang, Pantai Wanukaka; Flores 섬, Pulau Selayar Besar, Pulau Selayar Kecil, Pulau Kelapa

라. pH

전반적으로 pH의 변화는 조사된 세 섬에서 큰 차이를 보이지 않았다. 슴바와 섬의 pH는 각 지점별로 다소 다르게 나타난 가운데, Sumbawa besar 지점의 7.7로 비교적 높은 값을 보였고, Bima 지점이 7.43으로 비교적 낮은 값을 보였다. 슴바 섬의 pH는 Pantai Wanukaka 지점이 7.57로 Pantai Manpang 지점의 7.43 보다 비교적 높은 값을 나타내었다. 플로레스 섬의 pH는 Pulau selayar besar가 7.47로 다른 두 지점의 7.57에 비해 다소 낮은 값을 보였다(그림 19)

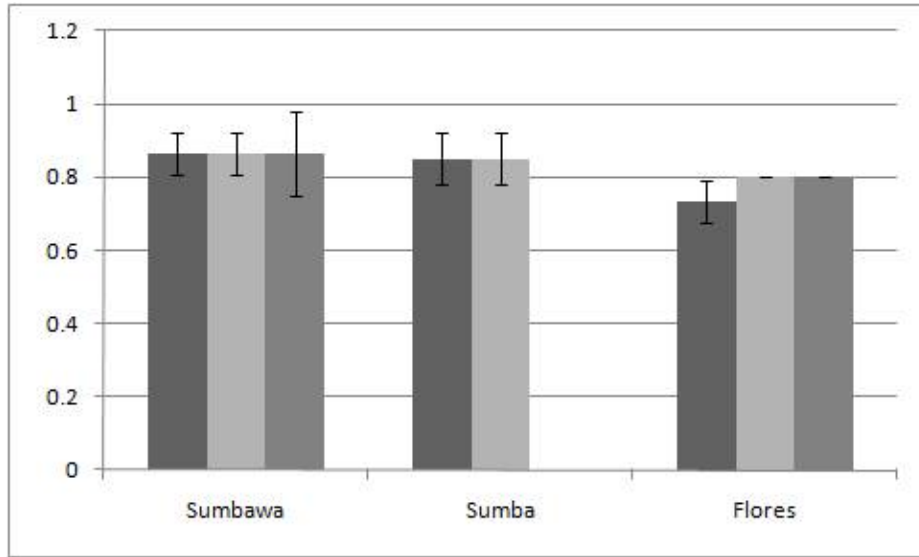


<그림 19> 각 지점별 pH 조사 결과; Sumbawa섬, 왼쪽부터 Sumbawa besar, Dorokempo, Bima; Sumba 섬, 왼쪽부터 Pantai Mampang, Pantai Wanukaka; Flores 섬, Pulau Selayar Besar, Pulau Selayar Kecil, Pulau Kelapa

마. 총질소

조사된 지점의 대부분이 슌바 Strait(슌바와섬과 슌바섬 사이를 흐르는 해류)에 영향을 받아 조사된 대부분의 지점모두 총질소의 변화가 크지 않은 것을 볼 수 있었다. 그리고 인근 해역에서의 영양염이 유입되는 경로가 거의 없으며, 인근 해역에서의 어류양식장등이 없어 연간 변화도 큰 차이를 보이지 않을 것으로 판단되었다.

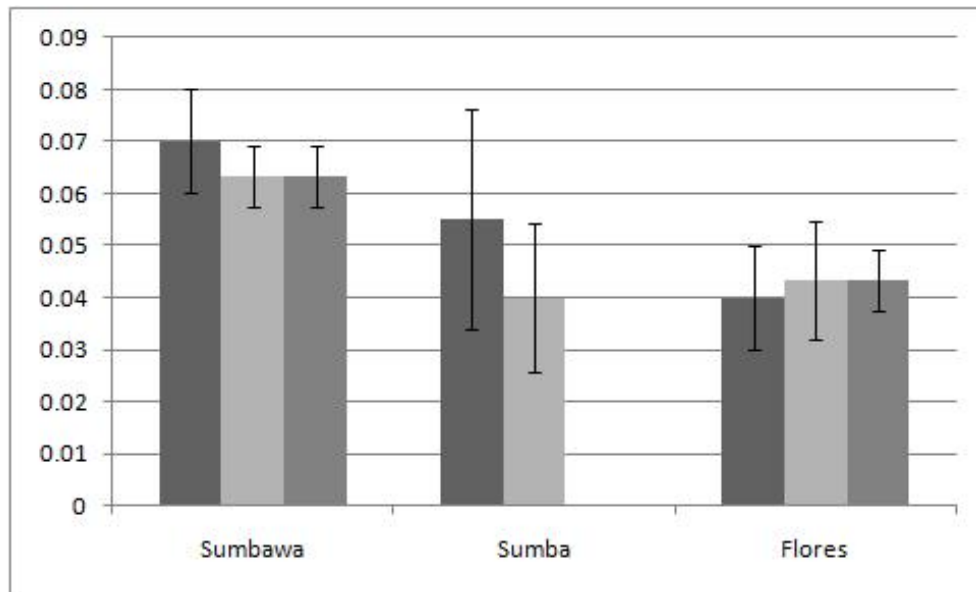
슌바와 섬의 총질소 값은 Bima 지점이 0.93ppm으로 비교적 높게 나타난 가운데, Dorokempo지점이 0.8ppm로 비교적 낮은 값을 보였다. 슌바 섬의 총질소는 Pantai Manpang 지점이 0.87ppm으로 Pantai Wanukaka 지점의 0.83 ppm 보다 비교적 높은 값을 나타내었다. 플로레스 섬의 총질소 Pulau selayar kecil이 0.8ppm으로 비교적 높은 값을 나타내었고, Pulau kelapa 지점이 0.73ppm으로 비교적 낮은 값을 나타내었다(그림 20).



<그림 20> 각 지점별 총질소 조사 결과; Sumbawa섬, 왼쪽부터 Sumbawa besar, Dorokempo, Bima; Sumba 섬, 왼쪽부터 Pantai Mampang, Pantai Wanukaka; Flores 섬, Pulau Selayar Besar, Pulau Selayar Kecil, Pulau Kelapa

바. 인산염

조사된 인산염의 농도 변화는 총질소를 측정된 값의 결과와 는 다소 다르게 나타났다. 솜바와 섬에서 가장 높게 나타났다. 솜바와섬의 인산염의 농도는 Sumbawa besar 지점이 0.07ppm 으로 다른 두지점 값보다 비교적 높은 값을 나타내었다. 솜바 섬의 인산염 농도는 Pantai Wanukaka 지점이 0.06ppm으로 Pantai Manpang 지점의 0.04 ppm 보다 비교적 높은 값을 나타내었다. 플로레스 섬의 인산염은 Pulau selayar besar지점이 0.03ppm으로 비교적 낮은값을 나타내었고, 다른 두지점은 0.05ppm으로 비교적 높은 값을 나타내었다. 강우에 의해 유실된 토양등으로부터 발생된 인산염의 농도가 각 지점별 서로 다르게 나타나 이와 같은 결과를 보인 것으로 판단된다.



<그림 21> 각 지점별 인산염 조사 결과; Sumbawa섬, 왼쪽부터 Sumbawa besar, Dorokempo, Bima; Sumba 섬, 왼쪽부터 Pantai Mampang, Pantai Wanukaka; Flores 섬, Pulau Selayar Besar, Pulau Selayar Kecil, Pulau Kelapa

사. 해조류 종조성

연구조사 기간에 관찰된 해조류는 총 108종이었으며, 홍조류 53종, 녹조류 37종, 갈조류 18종이 관찰되었다(표 5). 전체적으로 홍조류의 종수가 다른 분류군에 비해 많은 것을 볼 수 있었으며, 갈조류의 종수가 가장 적게 나타났다. 플로레스 섬은 각 조사지점에서 관찰된 해조류의 분류군별로 홍조류는 평균 21종(50.4%), 녹조류는 평균 14종(33.6%), 갈조류는 7종(14%)으로 나타났다. 수바와 섬은 각 조사지점에서 관찰된 해조류의 분류군별로 홍조류는 평균 24종(45.4%), 녹조류는 평균 18종(33.1%), 갈조류는 11종(21.5%)으로 나타났다. 수바 섬은 각 조사지점에서 관찰된 해조류의 분류군별로 홍조류는 평균 18종(42.4%), 녹조류는 평균 18종(31.8%), 갈조류는 11종(25.8%)으로 나타났다. 조사된 종의 구성은 표 6와 같이 나타났다.

<표 5> 조사 지역에서 관찰된 해조류 종 수(F-1: Pulau Selayar Besar, F-2: Pulau Selayar Kecil, F-3: Pulau Kelapa, Sw- 1 : Sumbawa besar, Sw-2: Dorokempo, Sw-3: Bima, S-1: Pantai Mampang, S-2: Pantai Wanukaka)

	플로레스 섬			숨바와 섬			숨바 섬	
	F-1	F-2	F-3	Sw-1	Sw-2	Sw-3	S-1	S-2
홍조류	21	22	20	24	25	25	20	16
녹조류	11	16	15	17	17	20	14	13
갈조류	7	6	7	13	12	10	11	11

<표 6> 각 조사 지역에서 관찰된 해조류

Taxa	Flores			Sumbawa			Sumba	
	F-1	F-2	F-3	Sw-1	Sw-2	Sw-3	S-1	S-2
CHLOROPHYTA								
<i>Avrainvillea erecta</i>					+	+		
<i>Boergesenia forbesii</i>		+	+		+	+		+
<i>Bornetella oligospora</i>				+	+	+	+	+
<i>Bornetella sphaerica</i>	+	+	+					
<i>Caulerpa lentillifera</i>							+	
<i>Caulerpa peltata</i>	+	+	+					
<i>Caulerpa racemosa</i>				+	+	+	+	+
<i>Caulerpa serrulata</i>				+	+	+		
<i>Caulerpa taxifolia</i>								+
<i>Chaetomorpha crassa</i>	+	+	+					
<i>Chaetomorpha spiralis</i>	+	+	+					
<i>Cladophoropsis gracillima</i>				+	+	+		
<i>Codium edule</i>		+	+				+	+
<i>Codium geppi</i>		+	+				+	
<i>Codium ovale</i>								+
<i>Dictyosphaeria cavernosa</i>	+	+	+	+		+		
<i>Dictyosphaeria versluysii</i>	+	+	+	+	+	+		
<i>Enteromorpha clathrata</i>		+	+					
<i>Enteromorpha intentinalis</i>	+	+	+				+	+
<i>Halimeda velasquezii</i>				+	+	+		
<i>Halimeda cuneta</i>				+	+	+		
<i>Halimeda cylindracea</i>							+	+
<i>Halimeda discoidea</i>				+		+		
<i>Halimeda incrasata</i>							+	
<i>Halimeda macroloba</i>				+	+	+		
<i>Halimeda opuntia</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Halimeda opuntiaf.chordata</i>				+	+	+		
<i>Halimeda opuntiaf.triloba</i>				+	+	+		
<i>Halimeda silindrica</i>				+	+	+		
<i>Halimeda taenicola</i>							+	+
<i>Halimeda tuna</i>					+	+		
<i>Neomeris annulata</i>		+	+				+	+
<i>Udotea argantea</i>				+	+	+		
<i>Ulva conglobata</i>	+		+	+	+	+		
<i>Ulva lactuca</i>	+	+	+				+	+
<i>Ulva reticulata</i>	+	+					+	+
<i>Valonia aegagrophila</i>		+		+	+	+	+	
sub total	11	16	15	17	17	20	14	13

<표 6> 각 조사 지역에서 관찰된 해조류_계속

Taxa	Flores			Sumbawa			Sumba	
	F-1	F-2	F-3	Sw-1	Sw-2	Sw-3	S-1	S-2
PHAEOPHYTA								
<i>Dictyopteris delicatula</i>							+	+
<i>Dictyota cervicornis</i>				+	+			
<i>Dictyota dentata</i>							+	+
<i>Dictyota dichotoma</i>				+	+	+	+	+
<i>Dictyota linearis</i>							+	+
<i>Padina australis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Padina minor</i>	+	+	+	+	+			
<i>Padina tetrastromatica</i>	+	+	+	+	+	+		
<i>Sargassum cristaefolium</i>	+		+	+			+	+
<i>Sargassum duplicatum</i>	+	+	+	+	+	+		
<i>Sargassum feldmannii</i>				+	+	+		
<i>Sargassum panniculatum</i>				+	+	+		
<i>Sargassum polycystum</i>			+				+	+
<i>Sargassum turbinarioides</i>				+	+	+		
<i>Sargasum oligocystum</i>							+	+
<i>Turbinaria conoides</i>				+	+	+	+	+
<i>Turbinaria decurrens</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Turbinaria ornata</i>	+	+		+	+	+	+	+
sub total	7	6	7	13	12	10	11	11
<i>Acanthopeltis</i> sp.							+	
<i>Acanthopora muscoides</i>	+	+	+					
<i>Acanthopora spicifera</i>	+	+		+	+	+	+	+
<i>Acrocystis nana</i>	+	+	+					
<i>Actinotrichia fragilis</i>		+	+	+	+	+		
<i>Amansia glomerata</i>				+	+	+		
<i>Amphiroa anseps</i>								
<i>Amphiroa foliacea</i>	+	+	+					
<i>Amphiroa fragilissima</i>					+	+		
<i>Amphiroa rigida</i>	+	+	+					
<i>Caliartron yessoensis</i>					+	+		
<i>Ceratodictyon spongiostum</i>	+	+	+					
<i>Cryptonemia crenulata</i>	+	+						
<i>Euchema arnoldii</i>							+	
<i>Euchema cottonii</i>							+	+
<i>Euchema procrusteanum</i>							+	+

<표 6> 각 조사 지역에서 관찰된 해조류_계속

Taxa	Flores			Sumbawa			Sumba	
	F-1	F-2	F-3	Sw-1	Sw-2	Sw-3	S-1	S-2
RHODOPHYTA								
<i>Eucheuma gelatinae</i>				+	+	+		
<i>Galaxaura arborea</i>	+	+	+					
<i>Galaxaurafastigiata</i>				+	+	+		
<i>Galaxaura filamentosa</i>	+	+						
<i>Galaxaura oblongata</i>							+	+
<i>Galaxaura rugosa</i>							+	+
<i>Gelidiella acerosa</i>	+	+	+				+	
<i>Gelidiopsis</i> sp	+	+	+	+	+	+		
<i>Gelidium pusillum</i>				+	+	+		
<i>Glacilaria textorii</i>							+	+
<i>Gracilaria arcuata</i>		+	+				+	+
<i>Gracilaria denticulata</i>							+	+
<i>Gracilaria edulis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gracilaria eucheumoides</i>				+	+	+		
<i>Gracilaria salicornia</i>	+	+					+	+
<i>Gracilaria verrucosa</i>	+	+	+	+	+		+	+
<i>Halymenia dilatata</i>							+	+
<i>Halymenia durvillaei</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Hildenbrandia rosea</i>				+	+	+		
<i>Hydropuntia edulis</i>				+		+		
<i>Hypnea boergesenii</i>	+		+					
<i>Hypnea pannosa</i>				+	+	+		
<i>Hypnea valentiae</i>		+	+				+	+
<i>Laurencia cartileganea</i>					+	+	+	+
<i>Laurencia papillosa</i>				+	+	+		
<i>Laurencia tranoi</i>				+	+	+		
<i>Liagora ceranoides</i>							+	+
<i>Mastophora rosea</i>	+	+	+	+	+			
<i>Porphyroglossum</i> sp.				+	+	+		
<i>Portieria hornemannii</i>				+		+	+	
<i>Prerocladia capilacea</i>	+	+	+					
<i>Pseunemia rubra</i>				+	+	+		
<i>Pterocladia</i> sp.				+	+	+		
<i>Ptilophora</i> sp				+	+	+		
<i>Rhodymenia</i> sp.	+	+	+	+	+	+		
<i>Tricleocarpa fragilis</i>	+		+	+	+	+		
<i>Zellera tawallina</i>	+	+	+					
sub total	21	22	20	24	25	25	20	16

아. 양식 적지 판단

양식적지로 선정하여 조사된 플로레스 섬, 슴바와 섬, 슴바섬은 서로 인접한 지역으로 환경요인 등에서 지역별로 큰 차이는 보이지 않았다. 그러나 해조류의 분포에 있어서 관찰된 종수가 슴바와 섬이 다른 섬에 비해 다소 많이 나타났다. 또한 슴바와 섬은 다른 인근 지역과의 교통도 비교적 원활한 편이며, 인근지역에서 해조양식을 일부 진행 중이다. 조사된 지점 모두 비교적 양식장으로서의 역할을 충분히 수행할 수 있는 지역으로 판단되지만, 그중 슴바와 섬 일대가 다른 지역에 비해 양식환경적으로 비교적 양호 할 것으로 판단된다.

제 4 장

**최적의 양식 대상종 선정 및
양식장 이식**



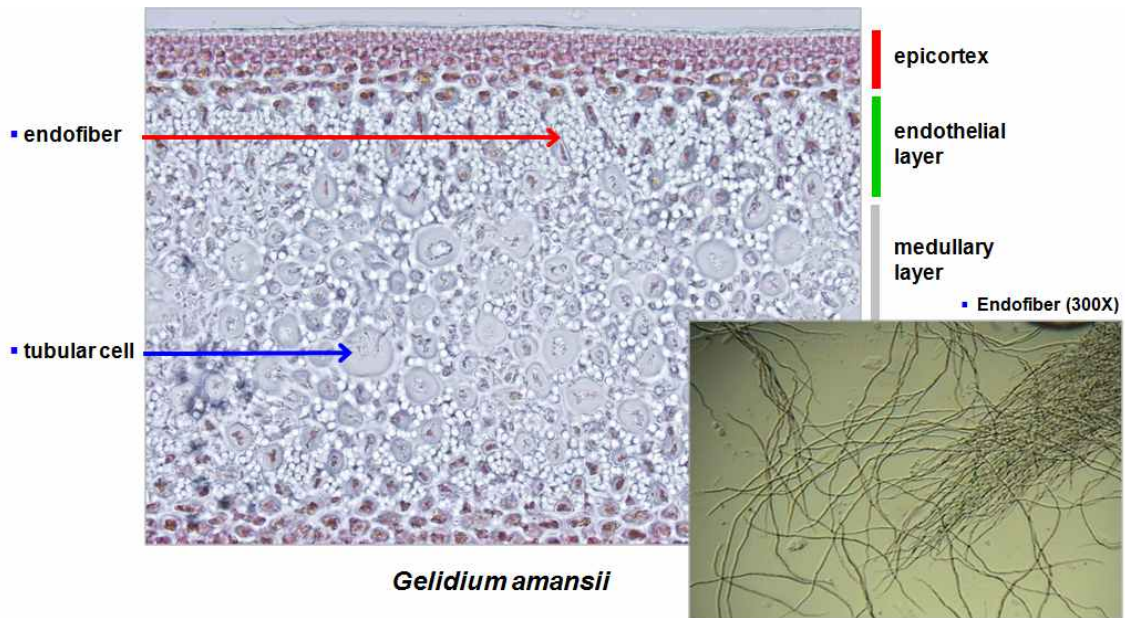
제1절 양식 대상종 선정

1. 연구 내용

최적의 양식 대상종은 본사의 기존 연구와 문헌연구를 통해 조사수행 되었다. 최적 양식 대상종의 선별은 개체의 크기, 섬유소의 유무 및 강도 등을 감안하여 선정하였다. 선별된 종으로는 한국산 *Gelidium amansii*, 멕시코산 *G. robustum*, 모로코산 *G. corneum*, 호주산 *G. asperum*, 뉴질랜드산 *Pterocladia lucida* 로 총 5종이다.

2. 재료 및 방법

양식 대상종의 선정은 기존 본사의 연구결과와 문헌자료를 이용하여 대상종을 선정하였다. 그림 22는 본사가 기존에 연구한 자료로, 한국산 *Gelidium amansii*의 종단면의 구성을 보인 것이다. 그림과 같이 홍조류 우뚝가사리류는 크게 3개의 층(Epicortex, Endothelial layer, Medullary layer)로 이루어져 있으며, 펄프의 소재로 이용가능한 endofiber(세포내 섬유소)와 우무 및 한천의 원료가 되는 tubular cell이 내부에 위치한다. Endofiber와 tubular cell은 종마다 함량이 다르게 나타나며, 이러한 결과를 바탕으로 양식 대상종의 1차 선정을 하였다. 그리고 문헌연구를 통해 해당종의 크기 및 성장률 등을 조사하여 양식 대상종으로 적절한지 여부를 최종 판단하였다.



<그림 22> 한국산 *Gelidium amansii*의 종단면의 구성

3. 연구 결과

양식 대상종은 기존 본사의 연구결과와 문헌조사를 통해 판단하여 한국산 *Gelidium amansii*, 멕시코산 *Gelidium robustum*, 모로코산 *Gelidium corneum*, 호주산 *Gelidium asperum*, 뉴질랜드 산 *Pterocladia lucida* 로 총 5종을 선별하였다.



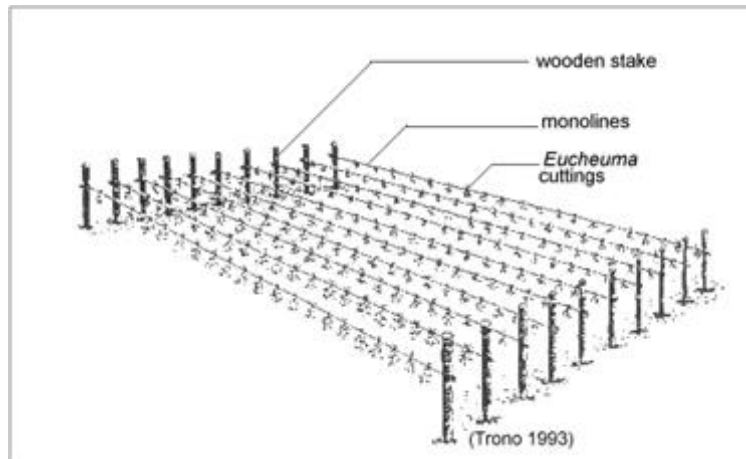
제2절 양식장 이식

1. 연구 내용

이중 기존 본사의 양식장으로 활용되는 지역에 한국산 *Gelidium amansii*와 모로코산 *Gelidium corneum*을 이식 시도했으며, 우기 이후에도 생존이 가능한지 여부를 살펴보았다. 본 연구기간과는 별도로 2010년 중반 이후에도 한국산 및 모로코산을 양식장으로 이송하여 이식할 계획이다. 또한, 멕시코산, 호주산, 뉴질랜드산도 현지 관련 연구기관 및 업체와 이송에 대한 긴밀한 협조체계를 구축하고 있으며, 같은 방법으로 이송할 계획이다.

2. 재료 및 방법

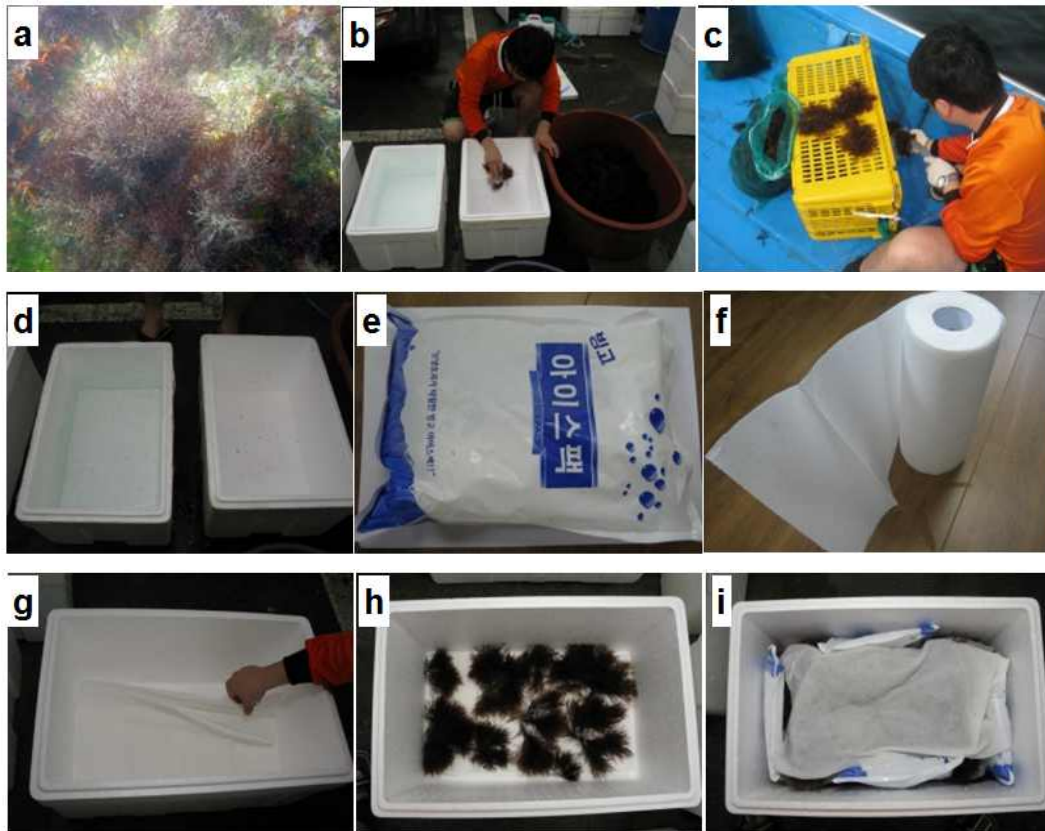
양식장 이식종은 한국산 *Gelidium amansii*와 모로코산 *Gelidium corneum*을 선정하여 수행하였고, 이식방법은 Trono(1993) 방법을 응용한 Bottom line 방법 이용하였다(그림 23). 이러한 방법은 수심 3미터 미만의 얕은 바다에서 주로 이용되며, 비용이 가장 적게 들고 스노클링으로 작업이 가능하다. 일반적으로 얇고 평평한 바닥에 일정한 간격으로 말뚝을 박고, 굵은 로프(주로 8mm 이용)로 말뚝을 둘러쳐서 틀을 만드는 형태이다. 굵은 로프에는 가는 로프(주로 4mm 이용)를 일정한 간격으로 매달고, 여기에 종묘를 비닐끈으로 일정한 간격(10cm 내외)두고 고정한다.



<그림 23> 양식장 이식방법;Trono 1993의 Bottom line 양식방법

그리고 한국산 *Gelidium amansii*의 인도네시아 운송은 한국에서 채집, 포장, 운송의 과정을 거쳐, 인도네시아 발리에 도착하게 된다. 인도네시아 현지에서는 기존에 준비된 허가문서와 함께 검역 및 세관을 통과하여 최종 목적지인 Lombok 양식장까지 운송하여, 준비된 종묘보관탱크에 보관 후 종묘로 활용한다.

포장은 세척 후 스티로폼 박스(370× 560× 320 mm³)에 습도유지를 위한 1회용 키친타월을 3겹으로 깔고 *Gelidium amansii*를 약 1-2kg 깔고 다시 키친타월을 깔아 겹겹이 쌓는 형태로 넣었다. *Gelidium amansii*를 약 5kg정도 넣은 후 운송시 신선한 냉장상태를 유지하기 위해 미리 얼려둔 Gel-type "ICE PACK"을 4개 넣어 포장을 완료한다(그림 24).



<그림 24> 한국산 *Gelidium amansii*의 세척 및 포장 방법; a, 한국 거제산 *Gelidium amansii*; b-c, 세척방법; d, 스티로폼 박스; e, "ICE PACK"; f, 키친타월(1회용); g-i, 포장순서.

모로코산 *Gelidium corneum*은 모로코 현지 연구원의 도움을 받아 샘플을 얻은 후 유사한 세척 및 포장의 과정을 거쳐, 인도네시아로 운송하였다.

한국산 *Gelidium amansii*와 모로코산 *Gelidium corneum*의 이식 후 종묘로서의 성공 여부는 성장 및 개체의 상태를 관찰하여 결과를 도출하였다.

3. 연구 결과

양식장 이식과정 및 결과는 실제 본 조사연구와는 별도로 수행된 것이다. 기존 인도네시아 롬복양식장에 한국 등의 다른 국가의 우뚝가사리 종묘를 이송하여 이식 시도 한 것으로 우기이후에도 생존하며, 지속적인 성장이 가능한지의 여부와 단위 면적당 생산되는 양에 초점을 두고 수행되었다. 이식 시도된 종묘로는 한국산 *Gelidium amansii*와 모로코산 *Gelidium corneum* 이었다. 본 연구와는 별도로 수행된 이번 연구에서 2010년 2월에 한국산 *Gelidium amansii*가 우기를 견디고 새로운 가지가 성장하는 것을 관찰 할 수 있었다. 또한 성장한 가지의 끝부분을 잘라 새로운 종묘로 활용하여 양식하는, 분지양식결과 지속적인 성장이 이루어지는 것도 관찰 할 수 있었다. 이에 한국산 *Gelidium amansii*의 인도네시아 현지에서 양식종묘로서의 가능성을 보게 되었고, 대량양식의 발판을 마련 할 수 있게 되었다.



<그림 25> 인도네시아 롬복섬의 양식장

제 5 장

우뭇가사리 종별
유용성 검증



제1절 종별 유용성 검증

1. 연구 내용

선정된 홍조류 우뭇가사리 중 펄프 원료로서 최적의 종을 구분하기 위해 연구 수행 되었다.

2. 재료 및 방법

가. 실험 대상종

한국산 *Gelidium amansii*, 모로코산 *Gelidium corneum*, 멕시코산 *Gelidium robustum* 총 3개 종을 이용하였다(그림 26).



<그림 26> 우뭇가사리 종별 유용성 검증의 실험 대상종; 좌, *G. amansii*; 중, *G. corneum*; 우, *G. robustum*

나. 염분 및 이물질 제거

염분과 모래, 탄산칼슘, 실리카를 비롯한 각종 이물질을 제거하기 위해서 약 하루정도 청수에 침지를 시켜 원료가 충분히 팽윤되도록 하였고 여러 차례 청수로 수세하여 원료를 세척하였다. 이때 Ash 함량은 약 8% 였다.

다. 점액성 다당류 추출

홍조류는 점액 다당류와 유기물을 다량함유하고 있으며 종류에 따라 그 구성 성분과 구성 비율이 서로 다르며 점액성 다당류의 겔 강도 또한 다르다. 세포벽을 구성하는 이런 점액성 다당류의 물질들이 섬유와 섬유사이를 단단하게 메우고 있으며 섬유 속에도 소량 존재하기 때문에 점액 다당류의 물질들을 추출함으로써 섬유들을 그것들로부터 분리하려 하였다. 추출 조건은 표 7에서와 같다.

<표 7> 우뭇가사리 추출 조건

Proportion of water and material	Boiling temperature	Boiling time
70(water) : 1(material)	100℃	3hr

라. 표백 및 섬유화

홍조류는 목재와는 달리 리그닌이 존재하지 않는다. 주로 엽록체로 구성되어 있어 녹색을 띄게 되는데 이러한 엽록소는 에탄올, 메탄올과 같은 유기용매에 추출이 가능하지만 단단히 굳혀있는 점액성 다당류로 구성된 세포벽을 침투하기가 용이하지 않다. 본 실험에서는 목재에 주로 이용되고 있는 이산화염소(ClO_2)와 과산화수소(H_2O_2)표백을 이용하였다. 표백 조건은 표 8에서와 같다.

<표 8> 홍조류 펄프 표백 조건

Items	First Bleaching ClO ₂	Second Bleaching H ₂ O ₂
Temperature	60°C	60°C
Initial pH	6-7	9-11
Material consistency	About 4%	About 4%
Time	4hr	2hr
Pressure	Atmospheric	Atmospheric
Charge	3.5% solution	3.5% solution
NaOH charge	-	1%(OD기준)

마. 섬유의 분급

추출공정과 표백공정이 진행되면서 섬유와 점액성 다당류 물질이 서로 분리 되었으며 일부 분리가 덜 진행된 섬유는 해리기를 이용하였다. 섬유분급은 Standard testing sieve를 이용하여 40~200mesh 사이의 섬유로 분급하였다.(단, 특정한 분급장치를 사용하지는 않았다.)

바. 초지 제작

분급된 섬유는 TAPPI Standard 원형수초기를 이용하여 평량 60g/m² 으로 백상지와 고밀도지를 제작하였으며, 해리한 활엽수 펄프를 10%, 20%, 50%를 첨가하여 제작한 수초지의 물리적 & 광학적 성질을 비교하려 하였다. 프레스와 건조 조건은 표 9에서와 같다.

<표 9> 초지제작 조건

Grade	Press	Dry	
Wood Free	No wet press	Fir.	Oven at 105°C
		Sec.	Drum at 150°C
Tracing	3.5 Bar	Drum dry at 150°C	

사. 조습처리

각각의 수초지는 TAPPI Standard T402 om-88 에 따라 $23 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 $50 \pm 2\%$ 로 조절된 항온항습실에서 24시간 이상 조습처리를 실시한 후 물성을 측정하였다.

아. 물리적 성질 측정

조습처리된 수초지는 TAPPI Standard T 220 om-88에 따라 강도적 성질 측정용 시편을 제작하여 인장강도(T-494 om-88), 내절도(T 511 om-96)를 측정하였다.

자. 광학적 성질 측정

TAPPI Standard T 452 om-87에 따라 백색도(Hunter Lab Model D55H Optical Sensor)와 T 425 om-86에 따라 불투명도(Opacimeter : Model BNL-3)를 측정하였다.

3. 연구 결과

가. 추출에 따른 우무의 특성 및 잔사 수율

열수 추출에 따른 실험 대상종의 특성은 일반적으로 추출 온도가 높으면 추출액 수율이 높고 점도가 약해지며 추출액의 농도가 높아지는 것을 알 수 있었다. 잔사의 수율은 멕시코산이 가장 높았으며, 모로코산, 한국산 홍조류 순서로 나타났다. 그러나 추출액의 수율은 모로코산이 58.89%로 가장 높았으며, 한국산 멕시코산 홍조류 순으로 나타났다. 추출액의 농도는 비교적 비슷한 가운데, 특히 멕시코산 홍조류의 추출액은 130°C에서도 높은 점도를 가지는 특징을 볼 수 있었다. 세척수 수율은 모로코산 홍조류가 비교적 높게 나타났다. 점도가 높은 원료의 추출은 추출시 pH를 더 낮춰 수행해야 될 필요가 있었다 (표 10).

<표 10> 추출에 따른 우무의 특성 및 잔사의 수율

원료	잔사수율 (%)	추출액 수율 (%)	추출액형태	추출액 농도 (%)	세척수 수율 / 농도 (%)	최종pH
멕시코산 홍조류 1	55.35	-	젤화	-	-	6~7
멕시코산 홍조류 2	54.96	38.73	젤화 (점도약함)	6.62	12.03/1.04	5
멕시코산 홍조류 3	46.24	38.29	액상 (점도높은)	6.93	13.08/0.82	5
진해산 홍조류 1	30.57	58.29	액상 (점도약함)	7.94	10.63/1.34	5
모로코산 홍조류 1	32.05	58.89	액상 (점도약함)	7.66	13.37/1.21	4~5

나. 펄프 공정별 수율

실험 대상종의 펄프공정에서 우무가 완전히 추출되지 않으면 표백시 섬유율의 탈수에 영향을 크게 미치게 된다. 그리고 추출온도가 120℃ 보다는 130℃에서의 추출이 이산화염소 표백시 약품소모가 적은 것을 알 수 있었다(내부 조사 결과). 전반적으로 추출된 초기 값은 멕시코산이 가장 높은 효율을 보이는 가운데, 염색 공정 이후의 최종 수율도 멕시코산이 가장 높게 나타났다. 이에 펄프의 수율이 가장 높은 멕시코산이 종별 유용성 검증에서 가장 좋은 종으로 판단하였다(표 11).

<표 11> 홍조류 펄프의 공정별 수율

원료	원료	추출	ClO ₂	1차 H ₂ O ₂	2차 H ₂ O ₂	최종수율
멕시코산 홍조류 1	100	55.35	19.31	13.19	10.93	10.93
멕시코산 홍조류 2	100	54.96	17	11.92	9.85	9.85
멕시코산 홍조류 3	100	46.24	17.34	10.84	8.61	8.61
진해산 홍조류 1	100	30.57	21.29	12.67	9.73	9.73
모로코산 홍조류 1	100	32.05	21.91	13.14	9.68	9.68

다. 초지의 물리적, 광학적 성질

초지의 평량 및 밀도는 거의 유사한 수준으로 맞춘 후 물리적, 광학적 성질을 조사한 결과 동일한 추출과정에서의 물리적 성질은 멕시코산이 가장 우수하며, 모로코산, 진해산 홍조류 순서로 나타났다. 열단장은 멕시코산이 4.15km의 최고 값을 보였고, 신장률과 내절도는 진해산 홍조류가 각각 5.32%, 17 kg로 가장 높게 나타났다. 탈수속도, 백색도 불투명도는 모로코산이 각각 22.7 sec, 89.53%, 93.79%로 가장 높게 나타났다(표 12).

<표 12> 홍조류 실험종을 이용한 초지의 물리적, 광학적 성질

	평량 (g/m ²)	밀도 (g/cm ³)	열단장 (Km)	신장률 (%)	내절도 (1kg, count)	탈수속도 (Sec.)	백색도 (%)	불투명도 (%)	회분(%)
멕시코산 홍조류 1	63.44	0.53	2.55	1.28	2.33	11.29	80.10	88.34	-
멕시코산 홍조류 2	62.97	0.62	4.15	2.19	8.33	14.66	86.79	86.47	-
멕시코산 홍조류 3	58.55	0.58	3.82	2.87	13.17	15.05	89.09	90.50	-
진해산 홍조류 1	62.43	-	3.01	5.32	17	11.93	88.21	92.99	8.32
모로코산 홍조류 1	60.48	0.58	3.96	2.6	6.5	22.7	89.53	93.79	2.5

제 6 장

결 론



제1절 요약

지금까지 펄프로서의 새로운 가치가 입증된 홍조류 우뭇가사리의 대량양식을 위한 기본 조사에 필요한 요건을 다각적으로 제안하였다. 이에 본 연구를 통하여 제시된 목적을 달성하기 위해 다양한 방법을 동원하여 결과를 도출하였고, 대량양식의 가능성을 제시하였다.

홍조류 우뭇가사리의 대량양식을 인도네시아에서 하고자하는 노력은 국내에서 최초로 시도된 것이다. 최초로 시도된 것 만큼 본 연구의 성공적인 결과 뿐 만 아니라 연구 시스템을 구성하는 것도 상당히 큰 의의가 있을 것으로 판단된다. 이에 본 연구 조사를 통해 얻어진 결과는 크게 세가지로 성과를 요약할 수 있다.

첫째, 문헌연구에서부터 해당국가의 주요 연구원과의 국제적 network의 구성이다. 실제 다른 국가와의 연구 및 사업에 있어서 가장 중요한 것은 해당국가와의 이해관계를 원활하게 하는 것이다. 이에 본 연구의 수행은 인도네시아 해조류에 관련된 연구기관과 긴밀한 협조체계를 갖춘바 있고, 본 연구도 해조류관련 연구원을 적극 활용하여 수행하였다. 이러한 실제적인 연구체계와 함께 조사된 문헌 연구를 바탕으로 연구계획을 설계한다면, 국가간의 연구성과를 쌓는데 큰 어려움이 없을 것으로 판단된다.

둘째, 양식적지 조사에 있어서 필요한 조사항목의 제시이다. 인도네시아와 같이 너무나 많은 양식가능한 면적이 분포된 지역에서 양식적지 조사의 기준을 세우는 것은 쉽지 않다. 그리고 이러한 내용 또한 인도네시아 현지인의 도움이 없이는 밝혀내기가 쉽지 않다. 이에 본 연구를 통해 쉽게 측정 가능한 조사항목을 제시하였고, 이에 결과를 도출하여 양식 적지로 숨바와섬을 선정하였다. 앞으로도 이러한 적지 조사는 본 연구의 연장선으로 다양한 국가에서 계속되어야 할 것이며, 본 연구성과를 도출한 방법으로 수행하는 것을 제안한다.

마지막으로, 홍조류 펄프와 같이 원료로부터 새로운 소재의 개발에 있어서 필요한 기준을 세운 것이다. 다양한 원료로부터 소재의 개발은 지금도 많은 분야에서 수행되고 있는 현실이다. 하지만 단 하나의 원료에서부터 개발된 하나의 산업적

소재는 원료의 확보와 추가적으로 수행해야 하는 제품응용에 상당히 제한을 받을 수 밖에 없다. 이에 본 연구 결과와 같이 다양한 원료의 활용가능성을 제시하고, 각 원료별 가치를 차등화 하여 제품생산에 우선순위를 둔다면, 다각적인 원료 확보 및 다양한 산업적 소재의 개발/응용에 상당한 이점을 줄 수 있다.

본 연구는 3개월간 수행된 단기과제로 결과를 충분히 도출하는 데는 한계가 있었다. 하지만 본사가 가진 국제적 network의 활용과 기존에 자체적으로 수행되었던 다양한 연구에 대한 인벤토리가 있었기에 상기결과의 도출이 가능하였다. 이에 더욱 세밀한 대량양식에 대한 적지의 검토를 위해서는 본 연구가 수행된 기간이외의 다른 기간에 대한 조사 연구도 분명 필요할 것으로 판단된다.



제2절 향후과제와 기대효과

- 해조류의 양식, 생리, 생태, 기타응용에 관한 문헌정리를 통해 과거 진행된 연구를 바탕으로 추가 연구 또는 응용된 연구과제로의 확장에 참조
- 각국의 해조류 전문가로 구성된 연구연합체와의 긴밀한 협조체계를 유지함으로써 추후 범국가적 연구 또는 관련된 연구사업으로의 원활한 진행이 가능
- 인도네시아 현지 조사팀을 통해 연구수행된 양식적지조사는 한국-인도네시아 간의 공동 연구로 진행된 것으로 추 후 다른 지역의 조사 및 연구수행에 있어서 효율적인 연구수행이 가능한 시스템 마련
- 기본적인 해양환경 조사를 통해 인근해역의 양식장 면적 확장 및 양식가능성 판단에 이점
- 펄프 및 산업적 이용성이 높은 홍조류 주요종의 선별 및 시험적 이식으로 인해 인도네시아 및 기타 다른 지역에서의 대량양식 가능성을 제고시킴
- 주요 양식종의 펄프로서의 가치를 판단 할 수 있는 시스템을 확보함에 따라, 추 후 다른 유사종의 펄프로서의 특성 조사에 있어서 유용한 접근성 확보
- 홍조류의 지속적인 개발로 새로운 산업의 창출 및 기존 산업의 확장 가능성 제고
- 펄프 및 부산물을 이용한 기술과, 이를 통하여 부수적으로 수반되는 기계장치 등의 개발로 국내·외 펄프 및 제지회사에 판매 가능성 제시

참고문헌

- Buschmann AH, Correa JA, Westermeier R, Gernandez-Gonzalez M, Norambuena R 2001. Red algal farming in Chile: a review, *Aquaculture* 194:203-220
- McHugh DJ 1991, Worldwide distribution of commercial resources of seaweeds including *Gelidium*, *Hydrobiologia* 221:19-29
- Melo RA 1998. *Gelidium* commercial exploitation: natural resources and cultivation, *Journal of Applied Phycology*, 10:303-314
- Melo RA, Harger BWW and Neushul M 1991, *Gelidium* cultivation in the sea, *Hydrobiologia* 221:91-106.
- Fei XG and Huang LJ 1991, Artificial sporeling and field cultivation of *Gelidium* in China, *Hydrobiologia*, 221:119-124
- Friedlander M 2008, Advances in cultivation of *Gelidiales*, *Journal of Applied Phycology*, 20:451-456
- Sprintall J, Potemra JT, Hautala SL, Bray NA, Pandoe WW 2003, Temperature and salinity variability in the exit passages of the Indonesian Throughflow, *Deep-Sea Research II* 50:2183-2204
- 김종인 2001. 한국산 홍조 우뚝가사리목 식물에 대한 분류학적 연구, 청주대학교대학원, 267pp
- 한명석 2008. 우뚝가사리 사분포자의 발아와 초기 성장에서 온도, 광량 및 광주기의 영향, 부경대학교대학원, 44pp.

Appendix 1. 연구관련 문헌 조사 리스트

NO	저 자	연 도	제 목	학 술 지
1	E.A.Titlyanov, T.V.Titlyanova, P.Kadel, K.Luning	2006	Obtaining plantlets from apical meristem of the red alga <i>Gelidium</i> sp.	JApplPhycol
2	Areen Boulus, Ehud Spaneir, Michael Friendlander	2007	Effect of outdoor conditions on growth rate and chemical composition of <i>Gelidium crinale</i> in culture	JApplPhycol
3	Claudia J.Hernandez-Guerrero, Margarita Casas-Valdez, Sofia Ortega-Garcia & Sergio Hernandez-Vazquez	2000	Effect of climatic variation on the relative abundance of the red <i>Gelidium robustum</i> in Baja California Sur, Mexico	JApplPhycol
4	D.Fujita, T.Ishikawa, S.Kodama, Y.Kato & M.Notoya	2006	Distribution and recent reduction of <i>Gelidium</i> beds in Toyama Bay, Japan	JApplPhycol
5	Stefan Kraan & Kelly A. Barrington	2005	Commercial farming of <i>Asparagopsis armata</i> (Bonnemaisoniaceae, Rhodophyta) in Ireland, maintenance of an introduced species?	JApplPhycol
6	V.K. Dhargalkar, X.N. Verlecar	2009	Southern Ocean seaweeds: A resource for exploration in food and drugs	Aquaculture
7	G.Garcia-Reina, J, L. Gomez-Pinchetti, D.R. Robledo & P.Sosa	1991	Actual, potential and speculative applications of seaweed cellular biotechnology: some specific comments on <i>Gelidium</i>	Hydrobiologia
8	Charles S.Vairappan, Chong Sim Chung, A.Q. Hurtado, Flower E.Soya, Genevieve Bleicher Lhonneur, Alan Critchled	2008	Distribution and symptoms of epiphyte infection in major carrageenophyte-producing farms	JApplPhycol
9	Adrian Reyes-Prieto, Hwan Su Yoon and Debashish Bhattacharya	2006	Phylogenomics and its Growing Impact on Algal Phylogeny and Evolution	Algae
10	Danilo B.Largo, Kimio Fukami & Toshitaka Nishijima	1995	Occasional pathogenic bacteria promoting ice-ice disease in the carrageenan-producing red algae <i>Kappaphycus alvarezii</i> and <i>Euclima denticulatum</i> (Solieriaceae, Gigartinales, Rhodophyta)	JApplPhycol

Appendix 1. 연구관련 문헌 조사 리스트_계속

NO	저 자	연 도	제 목	학 술 지
11	J.M. Salinas	1991	Spray system for re-attachment of <i>Gelidium sesquipedale</i> (Clam.) Born. Et Thur. (Gelidiales: Rhododphyta)	Hydrobiologia
12	J.L. McLachlan	1991	General principles of on-shore cultivation of seaweeds: effects of light on production	Hydrobiologia
13	Gary H. Wikfors, Masao Ohno	2001	Impact of algal research in aquaculture	J. Phycol
14	Jose M. Rico	1991	Field studies and growth experiments on <i>Gelidium latifolium</i> from Asturias (northern Spain)	Hydrobiologia
15	J.M. Gorostiaga	1994	Growth and production of the red alga <i>Gelidium sesquipedale</i> off the basque coast (northern Spain)	M a r i n e Biology
16	Alejandro H. Buschmann, Juan A. Correa, Renato Westermeier, Maria del Carmen Hernandez-Gonzalez, Ricardo Norambuena	2001	RedalgafarminginChile:areview	Aquaculture
17	Ricardo A. Melo	1998	<i>Gelidium</i> commercial exploitation: natural resources and cultivation	JApplPhycol
18	Aziza Mouradi-Givernaud, Lalla Amina Hassani, Thierry Givernaud, Yves Lemoine & Oumaima Benharbet	1999	Biology and agar composition of <i>Gelidium sesquipedale</i> harvested along the Atlantic coast of Morocco	Hydrobiologia
19	S.M. Phang	2006	Seaweed resources in Malaysia: Current status and future prospects	A q u a t i c E c o s y s t e m Health and Management
20	M.E. Aken, N.J. Griffin & B.L. robertson	1993	Cultivation of the agarophyte <i>Gelidium pristoides</i> in Algoa Bay, South Africa	Hydrobiologia
21	X.G. Fei & L.J. Huang	1991	Artificial sporeling and field cultivation of <i>Gelidium</i> in China	Hydrobiologia

Appendix 1. 연구관련 문헌 조사 리스트_계속

NO	저 자	연도	제 목	학 술 지
22	R.A. melo, B.W.W. Harger & M. Neushul	1991	Gelidium cultivation in the sea	Hydrobiologia
23	Bruce A. Macler & John R. Zupan	1991	Physiological basis for the cultivation of the Gelidiaceae	Hydrobiologia
24	Y. Freile-Pelegrin, D. Robledo & E. Serviere-Zaragoza	1999	Gelidium robustum agar: quality characteristics from exploited and seasonality from an unexploited bed at southern Baja California, Mexico	Hydrobiologia
25	J.A. Vaisquez, J.M.A. Vega, B. Matsuhira & C. Urzua	1999	The ecological effects of mining discharges on subtidal habitats dominated by macroalgae in northern Chile: population and community level studies	Hydrobiologia
26	Bernabe Santelices	1998	Taxonomic review of the species of Pterocladia (Gelidiales, Rhodophyta)	J Appl Phycol
27	Isabel Sousa-Pinto, Erminio Murano, Susana Coelho, Ana Felga & Rui Pereira	1999	The effect of light on growth and agar content of Gelidium pulchellum (Gelidiaceae, Rhodophyta) in culture	Hydrobiologia
28	Rui Santos	1995	Size structure and inequality in a commercial stand of the seaweed Gelidium sesquipedale	Marine Ecology Progress Series
29	B. Santelices	1991	Intergeneric differences in cystocarp structure in Gelidium and Pterocladia	Hydrobiologia
30	Dennis J. McHugh	1991	Worldwide distribution of commercial resources of seaweeds including Gelidium	Hydrobiologia
31	B. Santelices	1991	Production ecology of Gelidium	Hydrobiologia
32	Jose A. Juanes & Angel Borja	1991	Biological criteria for the exploitation of the commercially important species of Gelidium in Spain	Hydrobiologia
33	R.J. Anderson, R.H. Simons, N.G. Jarman & G.J. Levitt	1991	Gelidium pristoides in South Africa	Hydrobiologia
34	Maria Torres, F. Xavier Niell & Patricia Algarra	1991	Photosynthesis of Gelidium sesquipedale: effects of temperature and light on pigment concentration, C/N ratio and cell-wall polysaccharides	Hydrobiologia

Appendix 2. 발리지역의 조석표(2009년 3월 기준)

Day	Date	Time																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Wednesday	1	1.8*	1.8	1.6	1.3	1.0	0.7	0.6*	0.7	0.9	1.4	1.8	2.2	2.4*	2.4	2.2	1.8	1.3	0.9	0.6	0.4*	0.5	0.7	1.0	1.3
Thursday	2	1.6	1.7*	1.6	1.4	1.2	0.9	0.8	0.8*	0.9	1.2	1.5	1.9	2.1	2.2*	2.1	1.9	1.6	1.2	0.9	0.7	0.6*	0.7	0.8	1.1
Friday	3	1.3	1.4	1.5*	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0*	1.0	1.1	1.3	1.6	1.8	1.9	2.0*	1.9	1.8	1.5	1.3	1.0	0.9	0.8*	0.8	0.9
Saturday	4	1.0	1.2	1.3	1.4	1.4*	1.3	1.3	1.2	1.2*	1.2	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.8*	1.8	1.7	1.5	1.4	1.2	1.0	0.9	0.8*
Sunday	5	0.8	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5*	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2*	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7*	1.6	1.5	1.3	1.1	0.9
Monday	6	0.7	0.7*	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.7*	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0*	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	1.8*	1.8	1.6	1.3	1.0
Tuesday	7	0.8	0.6	0.6*	0.8	1.0	1.3	1.6	1.9	1.9*	1.9	1.6	1.3	1.0	0.8	0.7*	0.8	1.0	1.3	1.7	1.9	2.0*	1.9	1.6	1.3
Wednesday	8	0.9	0.6	0.5*	0.5	0.8	1.2	1.6	1.9	2.1	2.1*	1.9	1.6	1.2	0.8	0.6	0.5*	0.7	1.0	1.4	1.8	2.0	2.1*	1.9	1.5
Thursday	9 Full Moon	1.1	0.7	0.5	0.4*	0.6	0.9	1.4	1.9	2.2	2.4*	2.2	1.9	1.4	0.9	0.5	0.3*	0.4	0.7	1.1	1.6	2.0	2.1*	2.1	1.8
Friday	10	1.4	0.9	0.5	0.3*	0.4	0.7	1.2	1.8	2.2	2.5*	2.5	2.2	1.7	1.1	0.6	0.3	0.2*	0.3	0.8	1.3	1.8	2.1	2.2*	2.0
Saturday	11	1.6	1.1	0.7	0.4	0.3*	0.5	1.0	1.5	2.1	2.5	2.6*	2.5	2.0	1.4	0.8	0.3	0.1*	0.1	0.4	0.9	1.5	1.9	2.1*	2.1
Sunday	12	1.8	1.4	0.9	0.5	0.3*	0.4	0.8	1.3	1.9	2.4	2.6*	2.6	2.3	1.8	1.1	0.6	0.2	0.1*	0.2	0.6	1.1	1.6	2.0	2.1*
Monday	13	2.0	1.6	1.1	0.7	0.4	0.4*	0.6	1.1	1.6	2.2	2.5	2.7*	2.5	2.1	1.5	0.9	0.4	0.1*	0.1	0.4	0.8	1.3	1.7	2.0*
Tuesday	14	2.0	1.8	1.4	0.9	0.6	0.5*	0.5	0.9	1.4	1.9	2.3	2.6*	2.6	2.3	1.8	1.2	0.7	0.3	0.2*	0.3	0.6	1.0	1.5	1.8
Wednesday	15	1.9*	1.8	1.5	1.2	0.8	0.6	0.6*	0.8	1.1	1.6	2.0	2.4	2.5*	2.3	2.0	1.5	1.0	0.6	0.4	0.3*	0.5	0.8	1.2	1.5
Thursday	16	1.7	1.7*	1.6	1.4	1.1	0.8	0.7*	0.8	1.0	1.4	1.7	2.1	2.3	2.3*	2.1	1.8	1.4	1.0	0.7	0.5*	0.6	0.7	0.9	1.2
Friday	17	1.4	1.6	1.6*	1.5	1.3	1.1	1.0	0.9*	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.1*	2.0	1.9	1.6	1.3	1.0	0.8	0.7*	0.7	0.8	1.0
Saturday	18	1.2	1.4	1.5	1.5*	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1*	1.1	1.3	1.4	1.6	1.8	1.8*	1.8	1.7	1.5	1.3	1.1	0.9	0.8	0.8*	0.8
Sunday	19	0.9	1.1	1.3	1.4	1.5	1.5*	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2*	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7*	1.7	1.6	1.4	1.2	1.0	0.9	0.8*
Monday	20	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.7*	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.1*	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	1.7*	1.7	1.5	1.3	1.1	0.9
Tuesday	21	0.7	0.7*	0.8	1.0	1.3	1.6	1.8	1.9*	1.8	1.7	1.4	1.2	1.0	0.8*	0.9	1.0	1.2	1.5	1.7	1.8*	1.8	1.6	1.3	1.0
Wednesday	22	0.8	0.6*	0.6	0.8	1.1	1.5	1.8	2.0	2.1*	2.0	1.7	1.3	1.0	0.7	0.6*	0.7	0.9	1.2	1.6	1.8	1.9*	1.9	1.6	1.3
Thursday	23	0.9	0.6	0.5*	0.6	0.9	1.3	1.7	2.1	2.3*	2.3	2.0	1.6	1.1	0.7	0.4	0.4*	0.5	0.9	1.3	1.7	1.9	2.0*	1.9	1.5
Friday	24 New Moon	1.1	0.7	0.5	0.5*	0.7	1.1	1.5	2.0	2.4	2.5*	2.3	1.9	1.4	0.9	0.4	0.2*	0.3	0.5	1.0	1.4	1.8	2.0*	2.0	1.8
Saturday	25	1.4	0.9	0.6	0.4*	0.5	0.8	1.3	1.9	2.3	2.6*	2.5	2.2	1.7	1.1	0.6	0.2	0.1*	0.3	0.6	1.1	1.6	2.0	2.1*	1.9
Sunday	26	1.6	1.2	0.7	0.5	0.4*	0.6	1.1	1.6	2.2	2.6*	2.7*	2.5	2.1	1.5	0.9	0.4	0.1*	0.1	0.4	0.8	1.3	1.8	2.0	2.0*
Monday	27	1.8	1.4	1.0	0.6	0.4*	0.5	0.9	1.4	1.9	2.4	2.6*	2.6	2.3	1.8	1.2	0.6	0.2	0.1*	0.2	0.5	1.0	1.5	1.8	2.0*
Tuesday	28	1.9	1.6	1.2	0.8	0.5	0.5*	0.7	1.1	1.6	2.1	2.5	2.6*	2.5	2.1	1.5	0.9	0.5	0.2	0.1*	0.3	0.7	1.2	1.6	1.9
Wednesday	29	1.9*	1.7	1.4	1.0	0.7	0.6*	0.7	0.9	1.4	1.8	2.2	2.5	2.5*	2.3	1.8	1.3	0.8	0.4	0.2*	0.3	0.5	0.9	1.3	1.6
Thursday	30	1.8*	1.8	1.6	1.3	1.0	0.8	0.7*	0.8	1.1	1.5	1.9	2.2	2.4*	2.3	2.0	1.6	1.1	0.7	0.4	0.4*	0.5	0.7	1.0	1.4

출처; http://www.baliandbeyond.co.id/bnb_apr_09/tide.html