



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권으로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#) 

석사학위논문

제주도 김녕-월정 해안사구 지역의
환경 변화 연구



한국교원대학교 교육대학원

지 리 교 육 전 공

최 진 희

2008년 2월

제주도 김녕-월정 해안사구 지역의 환경 변화 연구

지도교수 이 민 부

이 논문을 교육학석사(지리교육)학위 논문으로 제출함

한국교원대학교 교육대학원

지 리 교 육 전 공

최 진 희

2008년 2월

최 진 희 의

교육학석사(지리교육)학위 논문을 인준함

심사위원장 인

심 사 위 원 인

심 사 위 원 인

한국교원대학교 교육대학원

2008년 2월

목 차

논문 요약	viii
I. 서론	1
1. 연구배경과 필요성	1
2. 연구동향	3
3. 연구목적	6
4. 연구방법	8
5. 연구지역 개관	10
II. 해안사구 이해와 개관	23
1. 해안사구의 구조와 기능	23
2. 국내 해안사구 분포현황	28
3. 제주도 해안사구 분포현황	33
III. 제주도 해빈과 해안사구의 지형 특색	36
1. 해류의 흐름과 대륙붕 퇴적물의 이동	38
2. 파랑의 작용	39
3. 연안류의 작용에 따른 해빈의 형성	40
4. 바람의 작용에 따른 해안사구의 발달	41
IV. 해안사구의 경관 변화	46
1. 김녕-월정리 해안사구의 실태	46
2. 해안사구의 모래 유실	59

3. 토지 이용의 변화	71
4. 해안사구 보전의 필요성	86
V. 지역 환경 변화	90
1. 제주행원풍력발전단지의 개발	90
2. 해안도로, 펜션 등의 개발로 인한 변화	93
VI. 결론	109
참 고 문 헌	111
ABSTRACT	117

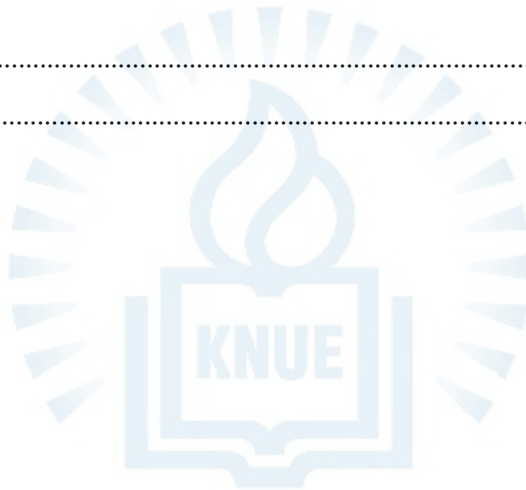


표 목 차

<표 1> 김녕리의 인구	16
<표 2> 월정리의 인구	21
<표 3> 한국의 대표적 연안침식 사례	25
<표 4> 행정구역별 분포	28
<표 5> 보전상태별 분포	30
<표 6> 크기별 분포	30
<표 7> 이용상태별 분포	31
<표 8> 전국 해안사구 총괄현황	32
<표 9> 행정구역별 분포	33
<표 10> 제주도 해안사구 총괄현황	33
<표 11> 제주도 해안사구의 석회질 함량	43
<표 12> 제주도의 30년 동안(1971-2000년)의 기온과 강수량 분포	51
<표 13> 제주도의 풍향별 관측횟수와 천분율(%)	52

그 립 목 차

<그림 1> 연구의 과정	9
<그림 2> 제주도 위성사진	10
<그림 3> 제주도 수치지도	11
<그림 4> 제주도의 지질분포도	13
<그림 5> 김녕 마을지도	14
<그림 6> 김녕-월정 사구지역의 위성사진	15
<그림 7> 김녕 관광지도	16
<그림 8> 김녕-월정 위성사진	20
<그림 9> 해안사구 모식도	23
<그림 10> 전국 해안사구 분포도	29
<그림 11> 제주도의 해빈 분포도	34
<그림 12> 김녕 사구의 모습	36
<그림 13> 내륙쪽으로 발달한 김녕 사구	37
<그림 14> 김녕 해안사구 주변의 마늘을 재배하는 농경지 모습	37
<그림 15> 제주도 주변 해역의 사계절 해류 순환도	38
<그림 16> 파랑의 작용	39
<그림 17> 패사로 이루어진 김녕리 사빈	40
<그림 18> 강한 북서풍에 의해 모래가 날리는 월정리 사빈의 모습	41
<그림 19> 김녕 사구의 분포도	42
<그림 20> 용식된 김녕해수욕장의 휴게음식점 건물	44
<그림 21> 김녕해수욕장의 휴게음식점 건물	45
<그림 22> 김녕 사구의 분포 범위	46
<그림 23> 사빈과 인접하여 있는 김녕 사구의 시작 부분	47

<그림 24> 현무암 돌담과 연결된 김녕 사구와 모래가 많은 경작지	47
<그림 25> 김녕 사구 주변의 농경지 이용	48
<그림 26> 김녕 사구의 발달	48
<그림 27> 김녕-월정 지역의 사구 분포	49
<그림 28> 전형적인 모습의 월정리 해안사구	50
<그림 29> 월정리 해안사구의 전경	50
<그림 30> 모래 유실을 막기 위해 보호막으로 덮고 있는 모습	53
<그림 31> 밭 경계에 해안사구 모래가 집적되어 있는 모습	55
<그림 32> 행원 풍력발전단지가 보이는 해안사구 주변의 경작지	55
<그림 33> 식생이 정착된 월정리 해안사구	56
<그림 34> 식생이 정착된 월정리 해안사구	57
<그림 35> 김녕 사구의 토양층	58
<그림 36> 1972년 금녕 지형도(1:25,000) 중에서 구 금녕리-월간리	61
<그림 37> 2005년 제주·성산 지형도(1:5,000) 중에서 구좌읍 김녕리	62
<그림 38> 김녕해수욕장의 진입로와 주차장 개설	63
<그림 39> 김녕해수욕장으로 이어지는 해안도로	63
<그림 40> 김녕해수욕장으로 이어지는 도로 옆의 편향수	64
<그림 41> 사빈 보호막이 날리는 모습	65
<그림 42> 물결의 방향	65
<그림 43> 김녕해수욕장 안내도	66
<그림 44> 김녕해수욕장 개장 직전의 모습	67
<그림 45> 김녕해수욕장 뒤로 보이는 김녕항 방파제	79
<그림 46> 김녕해수욕장 뒤로 보이는 김녕항 방파제	70
<그림 47> 김녕리의 마늘 재배	71
<그림 48> 김녕리의 마늘 작물 초양	72
<그림 49> 김녕리의 마늘 수확	72

<그림 50> 김녕리의 마늘 수확과 판매	73
<그림 51> 내륙쪽에 위치한 농경지	73
<그림 52> 내륙쪽에 위치한 농경지의 토지 이용	74
<그림 53> 내륙쪽에 발달한 경작지에서 홍당무의 재배 모습	75
<그림 54> 김녕 마을의 마늘 · 양파 품질 향상을 위한 홍보물	75
<그림 55> 김녕 마을의 한미 FTA 반대에 대한 홍보물	76
<그림 56> 김녕리에서 재배하는 농산물 종류	76
<그림 57> 인터넷 전자상거래로 판매되고 있는 김녕리 수산물	78
<그림 58> 친환경 시설재배로 가꾼 김녕리 깻잎	79
<그림 59> 2008년 본격적인 운영을 목표로 하는 김녕해녀마을체험어장 ...	80
<그림 60> 세계자연유산으로 등재된 한라산천연보호구역	81
<그림 61> 세계자연유산으로 등재된 용천동굴	82
<그림 62> 세계자연유산으로 등재된 만장굴	83
<그림 63> 세계자연유산으로 등재된 성산일출봉	84
<그림 64> 행원풍력발전단지	90
<그림 65> 월정리 해변에서 바라본 행원풍력발전단지	92
<그림 66> 2005년 제주도 도로망도(1:78,500)	94
<그림 67> 홍수 조절을 위한 저류지 시설	96
<그림 68> 홍수 조절을 위한 저류지 시설	96
<그림 69> 김녕리에서 월정리로 가는 해안도로와 펜션	97
<그림 70> 김녕리에서 월정리로 가는 해안도로변에 있는 펜션	98
<그림 71> 제주시 구좌읍 김녕리 수해침수가옥	100
<그림 72> 구좌읍 송당리의 도로 유실	102
<그림 73> 구좌읍 행원리 농경지 침수	103
<그림 74> 홍수 · 침수로 인한 양식 넘치 피해	103
<그림 75> 침수된 도로 복구 작업 현장	104

<그림 76> 물에 잠긴 김녕리 상가 건물	105
-------------------------------	-----



논 문 요 약

제주도 김녕-월정 해안사구 지역의 환경 변화 연구

최 진 희

한국교원대학교 교육대학원 지리교육전공

(지도교수 이 민 부)

이 논문은 제주도의 해안사구 중에서 생활에 대한 영향이 가장 탁월한 김녕·월정 지역을 사례로 하여 내륙쪽으로 발달한 사구의 지형적 특색을 살펴보고, 토지 이용의 변화로 인한 해안사구의 경관 변화와 해안사구 관리의 문제점을 파악하여 합리적인 해안사구 보전방안에 대한 대안을 제시하는 것이 그 목적이다.

연구방법으로는 먼저, 제주도 김녕리와 월정리 일대의 1:5,000 지형도와 1:25,000 지형도 및 항공사진과 위성사진을 통해 사구의 분포 범위를 파악하였고, 다음으로 지형 특색 관찰을 통한 사진촬영과 주민들과 관광서 담당자 인터뷰 등의 현지조사와 문헌조사를 통해 토지 이용의 변화와 지역의 경관 변화 모습을 파악하였다. 지역 환경 변화를 파악하기 위해 제주지역 언론 보도의 관련 내용과 신문 기사 등의 실내조사와 현지조사를 병행하였다. 이를 바탕으로 해안사구 관리의 문제점과 보존방안을 검토하고 대안을 제시하였다.

사구와 관련된 연구 지역의 특성을 살펴보면 도로 건설에 따라 사구의 일부를 훼손되면서 겨울철 북서풍에 의해 모래가 도로와 농경지 등 내륙으로 이동하면서, 토지이용과 생활에 불편을 줄 뿐만이 아니라 해수욕장으로 이용되는

사빈의 모래 유실의 피해도 가져오고 있다. 또한 내륙 사구도 농경지, 취락, 민박집(펜션) 등의 개발로 인해 나타나는 훼손이 심각한 편이다. 농업에 있어서는 상대적으로 김녕-월정은 과거에 모래가 너무 많아 농사짓기에 부적합한 땅이었으나, 근래에 들어와서 영농법의 발달로 마늘, 양파, 파, 홍당무, 깻잎 등의 밭작물을 재배하여 농가 소득을 올리고 있다.

해수욕장의 모래유실을 살펴보면, 개발 사업으로 인한 해안사구의 훼손 및 시멘트로 옹벽을 쌓거나 방파제 축조로 인해 침식이 가중된 것이 가장 큰 원인으로 파악되었다. 이러한 현상은 제주도내 전 해안으로 확대되고 있다. 해안 지역에 대한 개발과 인공시설물의 설치에 따라 사빈의 모래가 사빈에 퇴적되는 양보다 파랑에 의해 해저로 이동되는 양이 많고, 또한 사빈의 모래들은 바람에 의해 내륙으로 이동되면서 사구, 사빈, 사퇴 간의 모래의 퇴적 균형이 깨어져서 일어나고 있다.

안정된 내륙 사구에 대한 인간 간섭의 영향을 살펴보면, 먼저 해안도로, 펜션, 음식점 등의 개발로 인한 지역 변화를 들 수 있다. 도로 건설로 인한 환경 변화에는 꽃자왈의 훼손, 야생동물 생태 이동 통로의 감소, 해안 저지대의 침수 피해 증가, 관광자원인 해안선의 훼손과 해안사구 등의 생태환경의 훼손, 자연 재해의 증가 등을 들 수 있다. 특히 해안사구에 조성된 해안도로와 우회도로 등은 집중호우 시에 배수되는 하천들을 가로 막으면서 건설되어 마을의 침수 피해를 가져왔다. 게릴라성 폭우로 몇 년마다 반복되는 도로, 가옥, 농경지 침수 및 유실이 심각해짐에 따라 자연적인 침수와 배수 기능을 하는 해안사구 보전의 필요성이 더욱 증대되었다.

해안사구가 태풍·해일로부터 배후지역을 보호하고 해안지역의 지하수 유지에 큰 역할을 한다는 사실을 인식하지 못하고 해안사구를 쓸모없는 땅으로 인식하여 해안사구에 콘크리트 제방을 설치하는 것은 해안사구의 환경적 메커니즘을 인식하여 못한 결과로 보인다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 해안사구의 자연지리적 구조를 인식하여, 생태적 가치가 큰 해안사구는 절대

보전토록 하고, 불가피한 개발에서도 최대한 지형에 적합하도록 하고, 훼손된 해안사구는 최대한 복원하고 관리하는 방안을 제안하고자 한다. 해안사구를 보전하려는 지역 주민의 자발적인 참여 태도와 정부의 지원 및 시민단체의 관심이 함께 할 때 해안사구는 장기적으로 지속가능한 미래의 자연유산으로 지역사회와 지역주민들의 생활에 도움을 줄 수 있을 것으로 본다.



* 본 논문은 2008년 2월 한국교원대학교 대학원위원회에 제출된 교육학 석사 (지리교육)학위 논문임.

I. 서론

1. 연구배경과 필요성

해안사구는 해빈, 간석지 등과 함께 역동적인 해안 퇴적지형의 일부로서 외부 환경 변화에 대해 민감하게 반응한다. 해안사구가 위치한 해안지역은 오래 전부터 인간 활동이 집중되었던 곳으로 인위적인 지형 변화가 매우 크다. 따라서 해안사구지역에서는 지형이나 식생은 물론 토지 이용 자체도 매우 빠르게 변화한다. 해안사구의 이러한 역동적인 특성은 해안 관리에 중요한 실마리를 제공할 수 있다.¹⁾

제주도 해안은 대부분 접근이 쉽지 않은 암석해안이어서, 해안으로의 접근이 용이하고 해수욕이 가능한 모래해안이 차지하는 비중은 7.1%에 불과하며, 모래해안 간의 연계성이 높지 않다(김태호·박성훈, 1997). 그러나 화순, 대정, 협재, 함덕, 광지, 삼양, 함덕, 김녕, 하도, 화순, 표선, 신양 해수욕장 등 제주도내 대부분의 해안휴양지는 이러한 모래해안을 끼고 형성되어 있다.

최근에 우리나라에서는 해안사구의 지형과 생태에 대한 관심이 높아지고 있고, 해안사구에 대한 학술적 연구가 각 분야에서 이루어지고 있다. 그러나 이러한 관심에 비해 실질적인 연구 성과는 미약한 편이다. 우리나라의 서해안에 있는 신두리 해안사구에 대한 연구 성과는 몇 편 있지만(박경(2002), 강대균(2003), 서종철(2002) 등), 제주도의 해안사구에 대한 연구 성과는 한태홍(1993), 박경(2004) 등에 불과하다. 그나마 지형적인 분석에 중점을 두고 있어 환경지리적인 분석을 통한 구체적인 연구는 거의 이루어지지 않았다.

2000년 이후 제주도내 해안지역의 개발과 관련하여 해안사구의 가치 평가와

1) 서종철, 2002, 원격탐사와 GIS 기법을 이용한 신두리 해안사구지대의 지형변화 분석, 한국지역지리학회지 제8권 제1호, p98.

보전 여부 문제가 부각되면서 해안사구에 대한 과학적 조사가 이루어지기 시작했다. 각종 개발 사업을 계획하는 과정에서 해안사구에 대한 지형과 지질 분야의 조사를 수행하여, 김녕 사구와 협재 사구를 대상으로 퇴적물의 조성과 화학적 특성 및 연대측정을 시도하였고(우경식·박경, 2004), 사구 내 미지형 분포를 조사하였다(서종철, 2005).

우리나라 국민들은 생활수준이 향상됨에 따라 여름 휴가철이 되면 더위를 피해 해수욕장을 찾아 떠나는 경우가 많아지고 있다. 해수욕장을 떠올리면 넓은 모래사장, 해변가에 늘어선 횃집과 민박집이나 펜션도 쉽게 생각해 볼 수 있다. 이런 시설에 묻혀 잘 알려지지 않았던 지형이 바로 ‘해안사구’이다. 사구(砂丘, sand dune)는 바람과 모래가 어우러져 만드는 지형이다. 사구라고 하면 보통 아프리카 사하라나 서남아시아 아라비아 사막의 거대한 모래언덕이 연상된다. 그러나 바닷가 모래해안 뒤쪽에서도 이와 같은 모래언덕을 볼 수 있다.

2001년 환경부의 자료에 따르면 제주도를 포함한 동·서·남해안을 따라 133여개의 해안사구가 있다. 우리나라 전체 해수욕장 수와 맞먹을 정도로 많다. 하지만 대부분의 해안사구가 해수욕장을 개발하면서 방갈로나 음식점, 상가 등이 들어서 파괴되었다. 일부는 해안지역의 도시나 공업 용지를 확장하는 과정에서 사라졌다. 남아 있는 해안사구도 대부분 방풍림이 조성됐거나 농업용지로 이용되고 있어 본래의 모습을 찾아보기 어렵다.²⁾ 본 연구에서는 무분별한 지역 개발로 인해 파괴되고 있는 해안사구의 보존방안에 대해 모색해 보고자 한다.

2) 서종철, 2003, 천연기념물로 지정된 모래사막 해안사구, 과학동아, p96.

2. 연구동향

본 연구와 관련된 선행연구 분석은 해안에 발달한 해빈과 해안사구 지역의 지형 변화 분석, 해안사구 보전·관리 방안, 해안지역의 환경 변화, 지역 개발과 주민 생활이 지역 환경에 미치는 영향의 네 부분으로 나누어 이루어졌다.

제주도 해빈과 사구에 대한 연구로는 한태홍(1998)의 ‘제주도 연안 해빈과 사구 연구’가 있다. 이 연구에서는 제주도에 분포하는 13개소의 해빈과 그 배후지역을 따라 내륙쪽으로 발달한 사구들을 중심으로 지형의 구조가 동일한 지역은 한데 묶어 10개의 연구지역을 설정한 다음에 연안환경이 퇴적과정에 미친 영향, 퇴적상을 중심으로 하여 각각의 해빈, 사구의 지형적 특색, 입도 분석과 원마도 측정을 중심으로 하여 퇴적환경과 퇴적물의 이동과정을 밝히고 있다.

우경식·김진경(2005)의 ‘제주도 협재 지역에 분포하는 해안사구의 구성성분과 형성시기 : 홀로세 후기의 해수면 변화에 대한 고찰’은 해안사구를 이루는 탄산염퇴적물이 대부분 중립질 샌드의 크기를 보이며, 방사성탄소연대측정을 실시하여 해안사구가 형성되었던 과정을 중심으로 연구하였다.

유근배(2007)의 ‘한국 서해안의 해안사구’는 지형학적 관점에서 해안사구의 구조, 해안사구의 발달과정, 인간에 의한 해안사구의 변형과 훼손으로 인한 문제점, 해안사구를 이해하는 세 가지 관점을 제시하였다.

김태호(2003)의 ‘제주도 해안지대의 지형분류’는 생물과의 유기적 관계가 반영될 수 있도록 1차 분류는 형성과정과 구성물질을 기준으로 사질해안, 암석해안 및 인공해안으로 구분하였고, 2차 분류는 형태적 특성에 의하여 사질해안은 해빈, 사주, 사구, 암석해안은 해식애, 파식대의 5개 지형단위로 구분하고 다시 형태를 이용하여 14개의 지형단위로 세분하였고, 3차 분류는 사질해안의 경우 구성물질의 입경과 성질을 기준으로 이루어졌으며, 암석해안은 형성과정의

정도와 형태, 구성물질에 의하여 구분하였다.

박경·손일(2007)의 ‘제주도 김녕·월정 사구의 OSL 연대 측정결과와 그 의미’는 제주도 지역에서의 연대측정 결과와 의미의 한계를 논의하였다. 김녕지역에서 발견된 고토양층은 유기물 함량이 풍부한 검은색의 토색을 나타내는 층으로 서해안지역의 적황색을 보이는 고토양과는 형태가 다르게 나타난다고 밝히고 있다.

박경·손일·장은미(2004)의 ‘제주 김녕-월정 사구의 발달과정에 관하여’는 사구의 경계선을 확정하기 위해 항공사진과 랜드셋 영상을 이용한 상세한 지형적인 분석이 이루어졌으며, 질감분석이 효과적임을 밝히고 있고, 두 개의 측선을 따라 해안에서부터 내륙으로 샘플을 습득하고 물리·화학적 분석을 제시하였다.

환경부(2002)의 ‘해안사구 보전·관리지침’은 해안사구의 정의, 해안사구의 가치, 국내 해안사구 분포현황, 해안사구 관리의 문제점, 해안사구 보전·관리 체계, 해안사구 자연환경조사, 훼손된 해안사구 복원 등을 제시하였다.

강대균(2003)의 ‘지역개발과 주민생활이 환경에 미치는 영향 - 충청남도의 비치와 해안사구를 사례로’는 충청남도 해안사구를 종합적으로 조사하면서 그 개발과 훼손에 대한 실태 뿐만 아니라 사구의 보존을 위한 노력에 대해서도 구체적으로 밝히고 있다. 그리고 강대균(2003)의 ‘충청남도 해안에 발달한 해빈과 해안사구’는 해빈과 해안사구를 구성하는 물질의 특성과 공급원, 고사구와의 관계를 분석하였다.

서종철·손명원·김성환(2007)의 ‘OSL 연대측정법을 이용한 해안사구와 단구퇴적물의 형성 연대’는 해안사구 퇴적물의 형성 시기를 측정함으로써, 하모리층이 형성된 이후 사계 해안에서 진행된 퇴적환경 변화와 해안단구와 해안사구의 형성시기를 분석하였다. 다양한 연대측정법을 통해 밝혀진 하모리층의 연대와 이번에 새롭게 측정된 해안사구 퇴적물의 OSL 연대측정 결과를 비교하여 제주도 사계 지역 해안단구와 해안사구의 형성 시기를 추정하였다.

김성환·서종철(2007)의 ‘해안사구 습지의 지형적 특성과 유형분류’는 해안사구는 해안시스템 내에서 해빈과의 상호작용을 통해 자연의 제방과 모래의 저장고 역할로 해안지역을 보호하고 각종 동식물들의 중요한 생태 서식처를 제공하며, 과거의 해수면 변동과 해안선 변화에 대한 정보를 담고 있는 고환경의 지시자임을 밝히고 있다. 또한 해안사구가 가지는 다양한 기능 중에서 사구습지와 관련하여 가장 중요한 기능은 지하수의 함양이며, 지하수는 지형과 기복, 기온과 강수량, 증발산량이나 식생피복 등 여러 가지 조건에 의해 영향을 받으며, 지하수위의 변화는 곧바로 사구에 서식하는 생물에도 영향을 미치기 때문에, 사구습지의 기능은 다양한 사구 동식물의 서식처를 제공하는 기능으로 확대된다고 분석하였다.

서종철(2002)의 ‘원격탐사와 GIS 기법을 이용한 신두리 해안사구지대의 지형 변화 분석’은 신두리 사구지대에서 30여년 동안의 항공사진을 분석하여 지표피복상태의 변화와 전사구열과 미피복사구를 중심으로 사구지형의 변화패턴을 분석하였다. 이러한 지표피복변화와 지형변화는 신두리 사구지대가 조립사업이나 해안개발과 같은 인위적인 행위에 의해 영향을 받는 것과 동시에 신두리 사구지대로 유입하는 모래양이 점차 감소하면서 식생에 의해 미피복사구가 정착되는 과정에 있음을 밝혔다.

박의준(2001)의 ‘인위적 환경변화에 따른 해안지역 퇴적환경의 변화’는 순천만 염하구 해안습지를 대상으로 인위적 환경변화가 초래한 지형분류, 권역별 지형분석, 인위적 환경변화 추적, 퇴적물 분석을 통한 해안지역 퇴적환경의 변화를 분석하였다.

3. 연구목적

해빈과 사구는 해안 퇴적지형의 한 부분으로서 인간의 생활과 밀접한 관련을 맺고 있는 공간이다. 해빈은 퇴적물 운반에너지의 변화에 따라 침식과 퇴적작용의 영향을 받아 형성되며 그 구성 물질은 해안에 접한 암석의 침식물질, 하천의 운반물질, 해저 공급물질로 구성되는 것이 일반적이다. 암석의 침식물질은 파랑에너지에 의해 풍화·침식된 암석의 파편들로 구성되며, 그 지역의 연안류 및 조석 등 해안환경의 영향을 받는다.³⁾

제주도의 해안 지역에서는 해빈의 배후 지역을 따라 내륙쪽으로 해안 사구가 잘 발달되어 있다. 이 사구들은 300m-8km의 다양한 크기로 발달한다. 사구 지역은 지표의 보수력이 낮고 모래가 바람에 날려, 거주와 이용에 부적당한 지역으로 인식되어 왔기 때문에 현재까지도 제주도 사구는 해안에 가까운 일부 지역을 제외하고는 대부분이 자연식생이 피복된 채로 활용되지 못하고 있다. 따라서 국토의 합리적 이용이란 측면에서도 사구의 관리는 중요하다고 볼 수 있다. 식생이 정착하여 오랜 기간이 경과한 지역은 사구가 안정되어 있으나 거파(巨波)의 영향을 받는 사구의 기저부(基底部)나 인공구조물의 설치, 개간 등이 행해지고 있는 곳에서는 모래의 침식이 활발히 진행되어 불안정한 사구도 관찰되고 있다.

제주도의 해안은 사빈과 해안사구의 발달이 매우 탁월하다. 그러나 이에 못지않게 개발과 파괴도 끊이지 않고 있다. 해수욕장 진입로의 상당구간과 주차장은 해안사구를 통과한다. 본 연구는 제주도의 해안사구 중에서 가장 탁월한 김녕·월정 지역의 해안사구를 종합적으로 분석하여 그 개발과 훼손에 대한 실태 뿐만 아니라 사구의 보존을 위한 노력에 대해서도 구체적으로 밝히고자 한다.

3) 한태홍, 1993, 제주도 연안 해빈과 사구에 관한 연구, 경희대학교 박사학위논문, p1.

그동안 우리나라에서 제주도에 관한 지형·지질적인 연구는 주로 화산구조 분석에 집중되어 왔고, 일부 해빈 모래에 관한 퇴적학적인 연구가 행해져 왔으나, 해빈과 사구를 하나의 연계된 퇴적지형으로 설정하여 진행된 연구실적은 많지가 않다. 김녕·월정의 구좌읍 일대는 제주도에서 해안 사구가 가장 잘 발달한 지역이다.

이에 따라 본 연구의 목적은 다음과 같다.

첫째, 제주도에 분포하는 13개소의 해빈 중에서 변화가 많은 김녕·월정 지역을 사례로 하여 그 배후지역을 따라 내륙쪽으로 발달한 사구를 중심으로 연안환경이 퇴적과정에 미친 영향을 파악하고 해빈과 사구의 지형적인 특색을 밝힌다.

둘째, 토지 이용의 변화로 인한 해안사구의 경관 변화와 지역 개발이 주민 생활 환경에 어떠한 영향을 미쳤는지를 환경지리적 측면에서 밝힌다.

셋째, 해안사구 관리의 문제점을 파악하여 지역주민과 함께 할 수 있는 해안 사구 보전·관리 방안을 모색한다.

4. 연구방법

해안사구의 발달과정을 파악하기 위해 널리 사용되는 문헌자료는 고지도와 항공사진, 인공위성사진을 포함한 원격탐사자료 등이다. 인공위성사진 분석은 최근에 가장 많이 이용되는 원격탐사 방법의 하나이지만, 사구지대의 지형변화를 탐지하기에는 해상도가 떨어지거나 해상도가 높은 경우 비용이 많이 드는 단점이 있다. 항공사진 분석은 하천이나 해안지형과 같이 역동적으로 변화하는 대상을 연구하기 위해 널리 사용되는 방법이다.⁴⁾

연구 방법으로 실내 조사와 현지 조사를 통하여 시계열적인 분석을 실시하였다. 실내 조사에서는 지형도, 지질도, 항공사진, 시·군 향토지, 통계 자료 등을 활용하였다. 또한 현지 조사를 통해서는 2005년부터 2007년까지 연구 지역에서 사진 촬영, 지형 변화 관찰, 그리고 주민들과 관공서 담당자 면담 등의 방법으로 자료를 수집하였다. 현지조사는 주로 지형관찰이 용이한 여름과 겨울에 행하였을 뿐만 아니라 봄과 가을에도 바람의 영향에 따른 패턴을 파악하기 위해 여러번 답사를 하였다.

본 연구에서는 해안사구와 관련된 기존의 연구 논문, 학술지 등의 문헌자료를 분석하였으며, 제주지역 관련 언론 보도 내용 및 신문 기사 내용을 참고하였다. 본 연구 지역의 사빈과 사구 분포 지역을 지도화하기 위하여 1:5,000 및 1:25,000 지형도를 이용하여 사빈과 사구 분포지역을 확인하였다. 그리고 지형도를 분석하여 토지 이용 변화를 파악하였다.

본 연구의 구체적인 연구 흐름을 살펴보면 <그림 1>과 같다.

4) 서종철, 2002, 원격탐사와 GIS 기법을 이용한 신두리 해안사구지대의 지형변화 분석, 한국지역지리학회지 제8권 제1호, pp100-101.

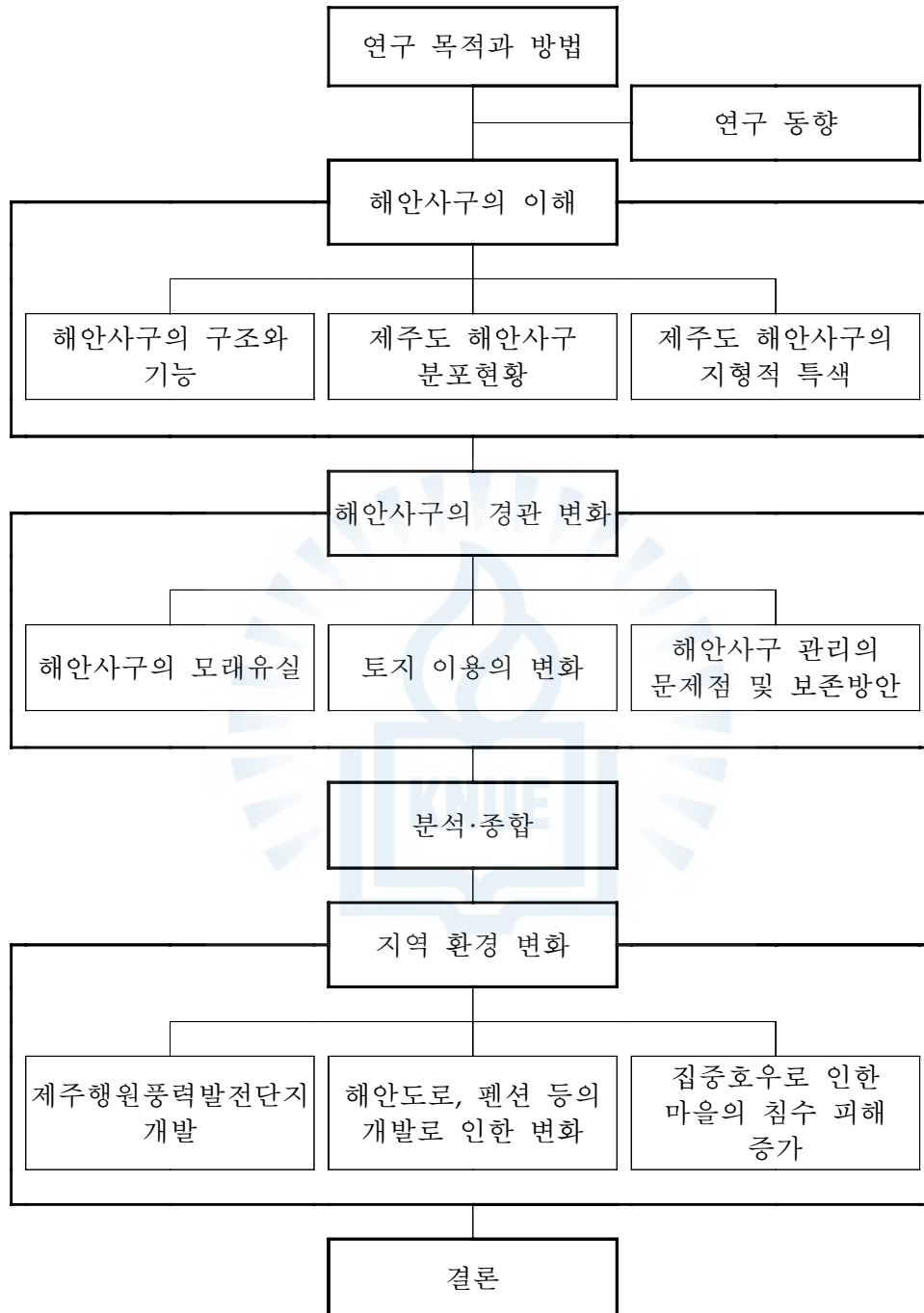


그림 1. 연구의 과정

5. 연구지역 개관

대한민국의 최남단에 위치하는 제주도는 동중국해를 사이에 두고 동쪽으로는 일본의 큐슈지방, 서쪽으로는 중국 본토와 대하고 있으며, 북쪽으로는 남해를 사이에 두고 한반도와 대하고 있다. 제주도는 북위 $33^{\circ}11'27''$ 에서 $33^{\circ}33'50''$ 에 걸쳐 위치하며, 제주해협을 사이에 두고 목포와는 142km, 부산과는 255km 떨어져 있다. 또한 동경 $126^{\circ}08'27''$ 에서 $126^{\circ}58'50''$ 에 걸쳐 위치하는 제주도의 형상은 <그림 2>에서 보는 바와 같이, 북동동-남서서 방향으로 가로놓인 타원형으로 남북간의 거리가 31km, 동서간의 거리가 73km이다. 면적은 $1,825\text{km}^2$ 로 남한 면적의 1.8%를 차지한다.



그림 2. 제주도 위성사진

자료 : 환경부 환경지리정보

구좌읍은 제주도 북동부에 위치하며, 광대한 중산간 평원에 많은 오름과 대규모 목장이 입지하고 있다. 총면적은 185.67km^2 로 애월읍 다음으로 넓은 면

적을 가지고 있으나, 인구밀도는 96.1명/km²로 구 북제주군에서 가장 낮다. 지목별 토지 이용률을 살펴보면, 경지가 22.4%, 과수원 1.1%, 목장용지 16.2%, 그리고 임야가 50.7%로 다른 지역에 비하여 목장용지의 비중이 약간 높은 반면 과수원의 비중은 매우 낮은 편이다.⁵⁾

<그림 3>에서 보는 바와 같이, 구좌읍은 동북리, 동·서김녕리, 덕천리, 월정리, 행원리, 한동리, 평대리, 송당리, 세화리, 상도리, 하도리, 종달리의 12개 행정구역으로 이루어져 있다.

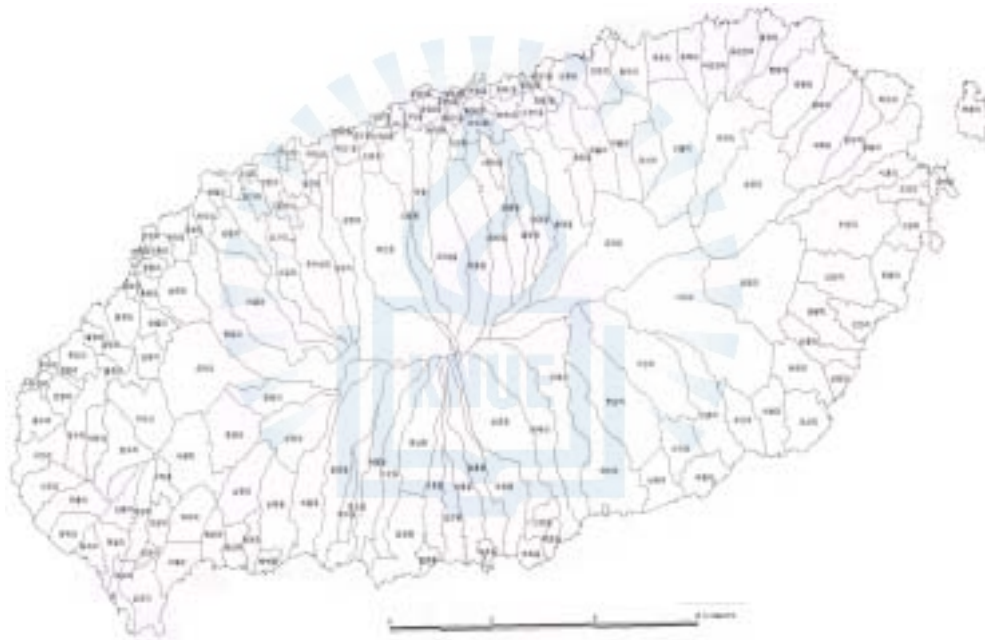


그림 3. 제주 수치지도(행정구역 법정동)

구좌읍은 1999년 말 기준으로 5,860세대 17,805명의 인구가 거주하며, 여성 100명을 기준으로 할 때 남성 인구는 97.3명으로 전체적으로 성비는 약간의 여

5) 북제주군지 상(上), 2000, 북제주군, 190-191.

초 현상을 보인다. 특이한 점은 다른 지역과 달리 0-4세 유아 성비가 102.5로 거의 균형을 이룬다는 것이다. 15세 이상 생산가능인구는 82.8%로 구 북제주군 평균보다 약간 높은 편이다. 1990년대 초반까지만 해도 인구가 조천읍보다 많아 구 북제주군 동부에서는 가장 인구 규모가 큰 지역이었으나, 이농현상으로 인구가 계속 감소하여 현재는 조천읍보다 훨씬 인구가 적다.

산업별 취업자 구성비를 보면, 농업 58%, 서비스업 18%, 유통운수업 8% 순이다. 당근과 마늘이 가장 중요한 소득원이며, 그 밖에 유채, 감자, 콩, 양파 재배도 성하다. 축산업은 가격과동이 심하여 주민소득에 크게 기여하지 못하고 있다. 군도 포장율은 54.0%, 농어촌도로 포장률은 60.3%로 모두 구 북제주군 평균보다 높은 편이다. 만장굴, 다랑쉬오름, 비자림, 토끼섬 등 천혜의 관광자원과 중산간의 광대한 용지를 활용하여 국제적인 종합휴양단지를 개발함으로써 생태·체험관광지로의 발전이 기대된다.

제주도의 지질분포를 <그림 4>에서 살펴보면, 구좌읍 김녕·월정리 일대는 표선현무암과 서귀포·중문 조면암으로 이루어져 있고, 해빈과 사구의 발달이 탁월함을 알 수 있다.

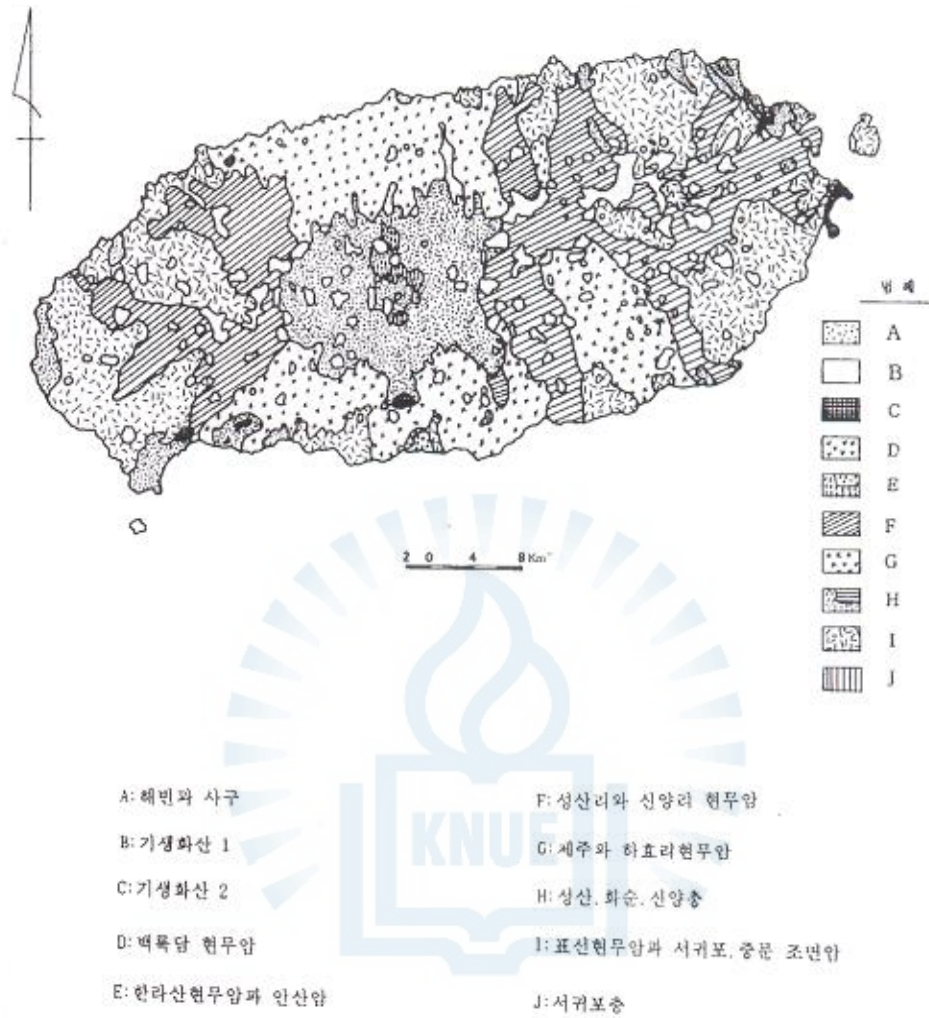


그림 4. 제주도의 지질분포도

자료 : 한태흥, 1993

가. 김녕리

1) 자연 환경

연구지역인 김녕리는 <그림 5>에서 보는 바와 같이 제주시에서 동쪽으로 약 22km, 구좌읍사무소에서 서쪽으로 약 12km 떨어진 해안가에 위치한 마을이다. 인접마을로는 동쪽으로 월정리, 서쪽으로 동북리, 남쪽으로 덕천리, 그리고 북쪽으로 바다와 인접해 있다. 총면적 19.925km²로 넓은 면적이지만 경작지는 4.144km²에 불과하여 협소한 편이다. 대부분의 주민이 농업과 어업을 겸하는 반농반어 마을이다. 경작 작물은 노동 집약적인 마늘, 양파 재배가 주종을 이루고 있다. 기온은 연평균 약 11.8℃, 평균 강수량은 1,444mm로 제주특별자치도의 평균 기온 및 강수량에 조금 못 미치고 있다. 이는 차가운 바닷바람과 강한 대륙성 고기압의 영향 때문으로 보인다.⁶⁾



그림 5. 김녕 마을지도

자료 : 제주특별자치도청 홈페이지

6) 북제주군지 상(上), 2000, 북제주군, 190-191.

김녕리는 제주도 남사면보다 완만한 경사를 이루고 있다. <그림 6>에서 보면, 해안선은 약간의 굴곡을 이루고 있으나 현무암이 암벽을 이루어 좋은 항만이 없으며, 인접 서김녕리는 자연적인 방파제 구실을 할 수 있는 어항이 존재한다. 해안은 일부 석영질도 있으나 대부분 조개껍질의 백사(白沙)를 이루고, 토질은 대부분 화산재의 사질토양이며 비옥하지 못하다.

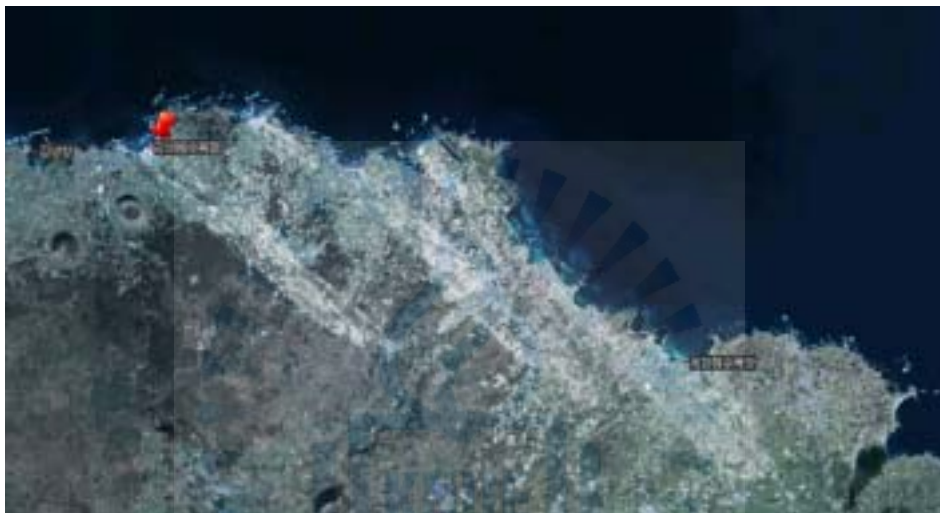


그림 6. 김녕-월정 사구지역의 위성사진(1:110,000)

자료 : 콩나물닷컴

하천이 없어 다리가 없는 유일한 지형으로 대신 동굴이 많고 지하수 매장량이 풍부하여 용천수가 여러 곳에 있다. 게웃샘물, 성세기물, 청굴물, 신수물, 고냥물, 수감물, 흐른물, 영등물, 등의 용천수가 있어 이러한 용천수는 다른 마을에 비해 풍부한 편이다. <그림 7>에서 보는 바와 같이, 동굴로서는 길이가 세계 최장인 8,928m의 용암동굴 만장굴을 비롯하여 길이가 705m인 김녕사굴이 있으며 이들 천연 용암동굴들은 좋은 관광 자원을 이룬다.



그림 7. 김녕 관광지도

자료 : 제주특별자치도청 홈페이지

2) 인문 환경

<표 1>에서 보면, 2002년 12월 31일을 기준으로 김녕리의 가구수는 1,159가구, 인구는 남자 1,740명, 여자 1,949명으로 총 3,589명이 거주하고 있다. 마을의 성씨 분포는 金씨, 韓씨, 李씨, 任씨, 康씨, 高씨 등의 순으로 다수를 점하고 있으며, 모두 36개 성씨가 거주하고 있다.

표 1. 김녕리의 인구

인구(2002. 12. 31.)			
세대수	계(%)	남	여
1159	3589	1740	1849

김녕리는 2000년 1월 1일부로 동·서김녕리가 하나의 마을로 통합되었다. 현재 신산동, 청수동, 동성동, 봉지동, 남흘동, 한수동, 용두동, 대충동 등 8개의 자연마을로 이루어져 있다. 마을 남쪽 내륙에 소재한 묘산봉 일대가 관광지구로 지정됨에 따라 대규모 리조트 개발 중에 있으며, 김녕해수욕장에는 여름철에 많은 행락객이 찾아와 유동인구가 많은 편이다.

교육기관으로 1923년에 설치된 김녕초등학교, 1947년에 인가된 김녕중학교가 있으며 각 학교에는 급식소가 시설되었다. 그리고 명성유치원과 선유어린이집이 있다. 문화시설로는 가전제품은 물론 전화, 농사용 트럭, 자가용 승용차 등이 가구마다 있는 실정이며 후생시설로는 제주시보건소 김녕보건지소, 새김녕의원이 있다.

3) 산업 현황

김녕리는 비교적 규모가 큰 농촌이지만 농경지가 협소하며, 농경지에서는 마늘과 양파가 주작목이다. 감귤을 재배하고 있으나 그 조성 면적이나 생산량은 많지 않은 편이며, 농가에는 경운기, 농업용 차량, 트랙터 등이 2백여대 보급되고 있다. 양계 양돈업은 전업형태로 양계장 5개소, 양돈장 2개소를 운영하고 있으며 축산업은 수입개방의 영향을 받아 점차 줄어드는 실정이다.

어업은 다양한 어종이 서식하여 전망이 밝은 편이며, 항구 한개항은 1종항으로 승격하여 현재 확장 중에 있고, 성세기항은 보조 항구로서의 역할을 하고 있다. 고기잡이는 동력선으로 하고 있으며 1t 이상 선박수는 34척, 1년 총 어획고는 각 1천만원에 이르고 있다. 바다에서 주민들의 주소득원이 되는 수산물은 톳, 천초, 소라, 성게, 문어 등이며 해녀는 노령화 추세에 있으나 타 마을에 비해 많은 편으로 약 2백명이 된다. 해녀의 개인당 1년 수입은 5백만원 정도이다.

4) 마을 역사와 설촌 유래

고려 18대왕 의종 7년(1153)에 탐라군(耽羅郡)을 탐라현(耽羅縣)으로 고쳤으며 김녕(金寧)을 비롯해서 14개 현을 두었다. 이러한 점으로 미루어 김녕리는 현구좌읍과 조천읍의 중심이었다. 김녕리 김호민옹(金豪敏翁)의 말씀에 의하면 남흘동(南屹洞) 남쪽 2km지점에 '삭싯골'이라는 곳이 있는데 현재도 대나무가 있고 기왓장이 발견됐다는 것이며 속칭 '왕개'라는 곳이 있는데 여기가 혈거토착(穴居土着) 지역임을 전하고 있다. 이로서 김녕경(金寧境)의 역사는 2000년전으로 거슬러 올라간다. 고려조 18대왕 의종 7년(1153)에 김녕에 현촌을 설정하여 후방대 연대를 구축하였는데 이것은 입산봉(笠山峯)에 있었던 것을 말하며 서쪽으로 동북리(東福里) 한마당 봉화대 북촌리(北村里)와 함덕리(咸德里) 신촌리(新村里)와 삼양리(三陽里)경계의 동산에 있는 봉대에 연결되는 것이다.⁷⁾

김녕향사는 관덕정(觀德亭)을 본받아 건축하였는데 연대미상의 화재로 소진되어 장부 집기등 귀중한 유물이 모두 없어져서 복구를 못했기 때문에 김녕리 연혁을 엮으기가 어렵게 되었다. 일찍이 평양(平壤)에 이르기까지 상인들의 출입이 있었고 이조시에는 진상용으로 수자(袖子), 산골(山橋), 동정골(洞庭橋), 치자(梔子), 동백나무 등을 식재 장려해서 한양으로 반출했다.

김녕리의 설촌은 2-3천년전으로 추정한다. 속칭 '왕개'라는 곳이 혈거유적지라하고, 남흘동 남쪽 2km 지점에 있는 '삭싯골'도 오래 전부터 사람이 살았던 것으로 추정하고 있다. 고려말에 양천 허씨가 이곳에 들어와 살았다고 한다. 특별히 언제부터 어떤 성씨의 사람들이 들어와 살았는지 확실하지 않으나, 고려시대에 김녕현이 나타나는 것으로 보아 일찍부터 사람이 들어와 마을이 형성된 것으로 보인다. 1914년 일제강점기의 행정구역 폐합 때 김녕리 동쪽 부분을 동김녕리, 서쪽을 서김녕리로 분리하여 주민간의 갈등을 야기시켜 왔으나 마을

7) 김태보, 1997, 김녕해수욕장 개발 기본 계획 1990, 북제주군·제주대학교관광산업연구소, pp22-23.

발전을 이루고자 하는 주민여론이 형성되어 1999년 7월 11일 주민투표로 마을을 합치기로 하고, 2000년 1월 1일부터 동김녕리와 서김녕리를 통합하여 다시 '김녕리'로 바꿈으로써 동·서김녕리가 하나로 통합되는 하나의 김녕리로 다시 태어나 구좌읍의 제일 큰 마을이 되었다. 김녕리란 호칭은 「富하고 平安한 마을」이라는 뜻을 내포하고 있다.

5) 리명 유래

리명(里名)은 그 지형이나 지리적 토산품, 사건, 인물의 유래에서 비롯되나 김녕(金寧)은 지형의 형태를 본따 이름이 형성되었다. 바다에서 바라보았을 때 좌(左)로 입산봉·우(右)로는 묘산봉이 팔(八)자로 앉아 있고, 바지모를·거커모를·망모를이 능선을 이루었으며, 그 밑으로 신산·새동산·남홀이 또 하나의 획을 이루었다. 직선(織線)으로는 남문골에서 하늘래까지 길게 이어졌고 좌(左)로는 소여·우(右)로는 한개코지가 점을 만들어 금(金)자 형태를 띠었으며 산에서 바라보았을 때 평(平)자를 이룬 모양이어서 김녕(金寧)이라고 명명했다고 한다.

김녕(金寧)은 옛 행정구역 이름으로 신라시대에 고후를 이곳에 봉할 때 촌(村)을 설치하였는데, 고려 살종(殺宗) 때는 촌(村)을 갈라서 현(縣)을 만들었고, 원종(元宗) 때에는 삼별초의 난을 평정한 후 현(縣)을 통합하여 주(州)를 설치하였다. 그러나 충렬왕(忠烈王) 때는 다시 촌(村)으로 복구하였다. 그런데 아쉬운 것은 1545년(仁宗 1) 임형수(林亨秀)목사 때 이곳에 서당 김녕정사(金寧精舍)를 건립하였다. 이 서당은 관(官)의 자재(資材)로 관덕정을 본받아 만들었다는데 화재로 인하여 장부, 집기 및 중요한 기물이 모두 없어져 버려 복구를 못하였다. 이제 와서 역사를 돌아볼 때 그 자취를 살릴 수 없음이 큰 아쉬움으로 남는다.

나. 월정리

1) 자연 환경

연구지역인 월정리는 행원리, 한동리와 마을이 인접해 있으며, 서쪽으로 모래동산, 임야지, 잡종지를 형성하고 있는 지대를 사이에 두고 김녕리와 경계를 이룬다. 북쪽은 바다에 연해 있는 해변 마을이다. <그림 8>에서 보는 바와 같이, 지리적으로는 행원리와 마찬가지로 동(평대), 서(김녕)해안이 북쪽으로 튀어나온 반면 월정리 해안은 안쪽(남쪽)으로 들어가 있어 포구 형성의 요지를 이루므로 오래 전(일제시대)에 월정항이 구축되었다. 월정리 총면적은 660여ha이며 그 중 경작지가 230ha, 나머지가 임야지, 잡종지로서 동북리와 더불어 적은 면적을 보유하고 있다.



그림 8. 김녕-월정 위성사진

자료 : 환경부 환경지리정보

2) 인문 환경

월정리는 전형적인 반농반어 마을이다. <표 2>에서 보면, 2004년 12월 31일을 기준으로 월정리의 가구수는 308가구, 인구는 남자 409명, 여자 398명으로 총 807명이 거주하고 있으며, 성비는 대체적으로 균형을 이룬다. 주요 소득 작물은 마늘, 양파이다. 해산물로는 소라가 주요 소득원이다.

표 2. 월정리의 인구

인구 (2004. 12. 31일 현재)			
세대수	계	남	여
308	807	409	398

3) 마을 역사

남국의 지명유래(진성기저)에 의하면 거금 300년전에 무주(武州)라고 했었는데 1856년경 원봉선생(元峯先生)이 지형이 반월형으로 되고 해변이 모래로 이루어지니 멀리어장에 알맞고 이 부락을 바다에서 보면 선명하게 반월형으로 보이니 월정리(月汀里)라 호칭했다고 전해지고 있다. 그리고 부락창촌은 월정리 서쪽 해안에 생활용수가 풍부한 송포(松浦)가 있는데 약 300여년전에 제주도지사를 지낸 고 김인홍(金人洪)씨 선조와 김해김씨가 정착했다고 전해진다.

월정리는 원래 무주에 (연대미상)라고 불리오다가 한자로 고쳐 무주리(武州里)라고 불리었으며 150여년전에 화북인 원봉선생이 월정리에서 훈학을 하면서 관혼상례법을 리민에게 가르치고 여러 가지 서적도 남겨주었다고 하며 즉흥시

를 잘 읊으셨다고 한다. 그 어느날 달밤에 해변가 모래바닥에서 술을 마시면서 시를 읊으다가 무주리는 지형으로 보아 더욱이 바다에서 바라보면 반달같다고 해서 월정리(月汀里)라 호칭하는 것이 좋겠다고 하는데서 연유한 것이라고 한다. 원봉선생은 제자들에게 대한 교육은 물론이고 리민에 대한 생활개선과 정신적 측면에서 많은 영향을 주신분으로 이 마을의 도로변에 유적단비가 건립됐다.



II. 해안사구 이해와 개관

1. 해안사구의 구조와 기능

해안사구란 해류와 연안류에 의해 운반된 해변의 모래가 바람에 의해 내륙으로 다시 운반되어 해안선을 따라 평행하게 쌓인 모래언덕을 말한다. <그림 9>에서 보는 바와 같이, 일차적으로 해안선을 따라 형성되는 전(前)사구와 퇴적된 모래가 다시 침식·운반·퇴적되면서 형성되는 이차사구로 구분된다.⁸⁾



그림 9. 해안사구 모식도

자료 : 환경부, 2002, 해안사구 보전관리지침.

① 사빈(sand beach) : 해류와 연안류에 의해 운반된 모래가 해안선을 따라 쌓인 지형으로서 파랑의 영향을 직접 받는 부분이다.

② 전사구(foredune) : 사빈의 모래가 식생이나 표류물에 의해 고정되어 만들어진 해안사구로서 사구지대 중 가장 바다쪽에 있다.

③ 2차사구(secondary dune) : 전사구의 모래가 바람에 의해 운반된 후 재퇴

8) 환경부, 2002, 해안사구 보전관리지침, 환경부, p1.

적되거나 침식되어 만들어진 해안사구로서 전사구와 배후산지의 사이에 형성된다.

④ 사구습지(dune wetland) : 사구열과 사구열 사이, 해안사구와 배후산지 사이, 고도가 낮은 사구지대 중 지하수면과 근접한 곳에 형성되는 습지를 말한다.

사빈은 여름철 해수욕장으로 이용되기 때문에 우리에게 가장 친숙한 지형 가운데 하나이다. 사빈은 모래로 이루어져 있으며 파랑의 영향이 직접 미칠 수 있는 부분까지를 가리킨다. 그리고 해안사구는 사빈의 육지 쪽 배후에 바람에 의해 불려온 모래가 퇴적하면서 이루어진 지형이다. 이러한 사구 위에는 사구지대에 특징적인 식생이 정착한다.

동해안의 사구는 해수욕장으로 이용되기 오래 전부터 주민들에 의해 농경지나 방목지로 이용되어 왔다. <표 3>에서 보는 바와 같이, 최근 관광과 휴양문화가 확산되고 해안지역이 개발되면서 해안사구의 파괴와 훼손이 더욱 가속화되는 현실이다. 대부분의 사구가 음식점, 방갈로 등의 해수욕장 부대시설로 개발되거나 해안도로의 부지로 이용되고 주차장과 주택건설에 따른 건축자재로 인식되는 현실이다. 또한 많은 레저 인구의 출입과 더불어 더욱 위험스러운 것은 4륜구동 승용차의 증가에 따른 차량의 출입 등으로 인한 식생의 파괴가 심하다는 것이다. 또한 과학적 연구가 뒷받침하지 못하는 시설물들에 의한 사구의 훼손으로 모래수지의 균형이 무너지면서 자연자원의 손실이라는 위험에 노출되어 있다.⁹⁾

9) 박경, 2002, 동해안 사구, 자연보존, pp25-27.

표 3. 한국의 대표적 연안침식 사례

부산 해운대, 광안리 해수욕장 백사장 유실	* 호텔, 도로 등의 콘크리트 구조물을 연안근접지역에 설치 함으로써 토사순환이 차단되어 모래유실 지속 * 특히, 광안리해수욕장의 경우 민락동매립지조성 및 광안대교건설로 인하여 주변환경 변화가 심각
태안반도 일대 연안침식	* 해안가 도로개설 및 콘크리트 옹벽 설치 후 모래순환 시스템(백사장↔모래언덕)이 붕괴되어 전면 백사장 유실
강원도 일대 연안침식	* 토사준설 및 방파제 등 연안구조물의 무분별한 설치로 침식발생지역 증가 * 속초(영랑동, 사근진항), 고성(천진항), 양양(인구항, 기사문항), 강릉(강문항, 소돌지구, 정동진, 안인) 및 삼척(호산항) 등에서 침식현상 발생

자료 : 해양수산부

해수욕장의 모래가 자주 유실되고 있어 문제이다. 해수욕장의 모래가 적어진다는 것은 들어오는 것보다 나가는 것이 많다는 말이 된다. 해수욕장의 모래는 해안에 평행하게 움직이는 해류에 의하여 모래가 들어오고 나가고, 또한 해수욕장에 수직으로 바다쪽으로 나가고 들어오면서 모래가 나가고 들어오고 하여 모래의 분량은 평형을 이룬다(동적 평형, dynamic equilibrium). 평행이 오래갈 때는 해수욕장의 길이와 폭, 그리고 경사도 등이 해수욕하기에 매우 만족스럽다. 문제는 이러한 평형이 무너지는 것은 주변의 환경이 바뀌기 때문이다. 그 환경은 기상과 기후의 변화, 주변 해안 지형의 변화, 내륙의 지형과 환경변화, 인공적인 구조물의 영향, 지구온난화에 의한 해수면의 변동 등이 있다.

해안과 직교하는 방파제나 돌제를 만들면 해류를 맞이하는 쪽은(모래를 운반 받는 쪽) 모래가 쌓이나 그렇지 못한 곳은 모래가 파인다. 해수면이 상승하

면 당연히 모래가 잠기고, 잠기는 분량에 더하여 파도의 작용이 더 심해져서 사빈의 분량은 줄어들고 사퇴의 분량이 늘어난다(Bruun's rule, 브룬의 원리라고 한다). 주위의 하천으로부터 육지의 산지의 모래 공급이 줄어들면, 또한 사빈은 줄어든다. 이러한 현상은 지구온난화의 영향이므로 비단 해운대만의 문제는 아니다.¹⁰⁾ 동해안을 따라 만들어진 방파제나 돌제의 영향으로 인접한 다른 곳까지 영향을 미친다. 모래의 양이 생명인 해수욕장의 모래는 유실되고, 모래가 쌓이면 안 되는 배가 드나드는 항 포구에는 모래가 쌓이는 경우도 있다. 방파제의 위치에 따라 같은 해변이라도 모래가 나가는 곳과 들어오는 곳이 있다.

해안사구의 역할과 가치를 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 해안 모래의 집적을 들 수 있다. 해안사구는 모래의 창고이며, 자연적인 방파제이다. 해안사구는 사빈으로부터 공급되는 모래를 저장하고 있다가 태풍·해일 등에 의해 사빈의 모래가 유실되면 저장하고 있던 모래를 다시 사빈으로 공급함으로써 해안선과 배후지역을 보호한다. 더불어 해일과 폭풍으로부터 농지와 가옥을 보호하고 있다.

둘째, 해안사구는 지하수의 저장고이다. 해안사구는 다공질 모래에 많은 지하수를 함유하고 있으며, 빗물에 의한 습지가 형성되어 농업용수나 식수로 사용된다. 사구에는 공극(입자 사이의 공간)이 아주 많이 있어 빗물이 잘 스며든다. 구성원이 모래이기 때문이다. 이렇게 스며든 빗물은 사구 아래에 저장되는데 바닷물이 침입하지 못한다. 왜냐하면, 밀도 차이 때문이다. 바닷물에는 민물보다 잡다한 이온(Cl^- , Na^+ 등)들이 많이 녹아 있다. 따라서 상대적으로 가벼운 민물이 바닷물 위에 놓이게 된다. 사구의 규모가 클수록 지하수의 양은 많아진다. 그릇이 크면 물을 많이 담을 수 있는 것과 마찬가지다. 이처럼 사구에는 많은 지하수가 포함되어 있어 사구의 배후에는 습지가 형성되어 있다. 사구 지대의 담수는 바닷물과의 밀도차에 의해 바닷물이 육지로 침입하는 것을 방

10) 이민부, 2006, 한국교원대학교 지리교육과 환경지리학강의, 한국교원대학교.

지하므로 육상의 담수 생태계를 보호한다. 해안사구는 모래의 공극이 많아 물의 정화능력도 우수하다.

예로부터 이런 습지는 농경지 등으로 사용해 왔다. 때문에 사구 위에 건물을 세우는 일은 막아야만 한다. 사구 위에 건물이 들어서면 사구가 건물의 하중(무게)을 받게 된다. 그렇게 되면 사구 내부에 저장된 지하수가 바닷물과 섞이면서 짠물이 된다. 그 짠물은 먹지도 못하고, 농업용수로 쓰지도 못한다. 한마디로 쓸모없는 물이 된다. 또한, 사구는 물의 정화능력도 탁월하다. 집에서 사용하는 정수기의 원리와 비슷하다. 좋은 정수기는 필터가 많이 들어 있어 물에 포함된 이물질을 잘 걸러준다. 사구의 모래가 바로 필터 역할을 하고 있다. 외국의 경우엔 이점을 이용해 강물을 끌어 들여 사구를 통과시키는 방법으로 물을 정화한다.

셋째, 해안사구는 희귀 동·식물의 서식지 역할을 한다. 사구의 서식 환경은 강한 일조량, 강한 바람, 염분, 물 부족 등으로 매우 열악하여 일반 육상식물들은 살기가 힘들다. 해안사구에 서식하고 있는 동·식물은 다른 곳에서는 볼 수 없는 희귀한 것이 많다. 식물의 경우 갯잔디, 갯방풍, 갯메꽃, 모래지치, 통보리사초 등을 예로 들 수 있다. 동물의 경우 장지도마뱀(파충류), 큰조롱박먼지벌레·개미지옥·날개날도래(곤충류) 등을 예로 들 수 있다.

넷째, 해안사구는 천연의 자연 경관을 지니고 있다. 결국 경관이 수려하기 때문에 해수욕장 등으로 개발되어 제대로 보전된 곳이 거의 없는 실정이다. 사막이 아니고는 볼 수 없는 독특한 자연경관을 형성한다. 그 예로 겨울철의 비사(飛砂) 현상, 모래언덕의 바람자국, 굴곡이 심한 해안초지 등을 들 수 있다.

2. 국내 해안사구 분포 현황

<표 4>와 <그림 10>에서 보는 바와 같이, 국내에는 총 133개의 해안사구가 분포하고 있으며, 제주는 12개의 해안사구가 있다. 충청남도가 42개로 가장 많이 해안사구가 분포하고 있고, 그 다음으로는 32개의 강원도, 21개의 전라남도 순이다. 황해안에 분포하는 해안사구는 55개이고, 동해안에 분포하는 해안사구는 43개이며, 남해안에 분포하는 해안사구는 35개로, 동해안과 남해안보다는 황해안 지역에 해안사구가 많이 분포하고 있음을 알 수 있다. 이는 모래를 공급해 줄 수 있는 퇴적물의 양이 많으며, 모래를 운반해 주는 이동의 매개체로 탁월풍인 바람의 영향을 들 수 있다.

표 4. 행정구역별 분포

계	경기· 인천	충남	전북	전남	강원	경북	경남	제주
133 (100%)	4 (3%)	42 (32%)	9 (7%)	21 (16%)	32 (24%)	11 (8%)	2 (2%)	12 (9%)

자료 : 환경부, 2002

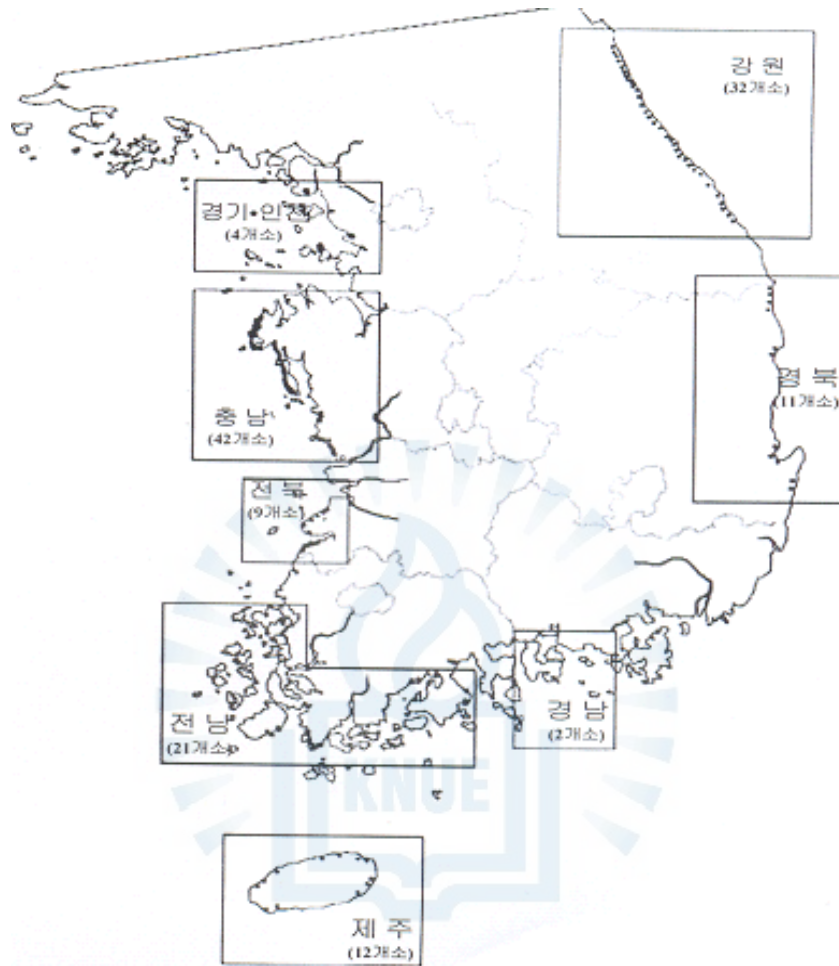


그림 10. 전국 해안사구 분포도(전국 133개소)

자료 : 환경부, 2002, 해안사구 보전관리지침.

<표 5>에서 보는 바와 같이, 보전상태가 보통인 해안사구가 133개 중에서 63개로 전체의 47%에 해당하며, 파괴된 해안사구는 51개로 38%에 해당한다. 양호한 해안사구는 19개로 14%에 불과하다.

표 5. 보전상태별 분포

계	양호	보통	파괴
133 (100%)	19 (14%)	63 (47%)	51 (38%)

자료 : 환경부, 2002

<표 6>에서 보는 바와 같이, 사구길이가 2km 이상의 대사구가 총133개 중에서 60개로 전체의 45%를 차지하고 있으며, 사구폭이 100m-500m에 해당하는 것은 71개로 53%를 차지하고 있다.

표 6. 크기별 분포

사구길이	1km 미만	1km-2km	2km 이상
133 (100%)	28 (21%)	45 (34%)	60 (45%)
사구폭	100m 미만	100m-500m	500m 이상
133 (100%)	50 (38%)	71 (53%)	12 (9%)

자료 : 환경부, 2002

<표 7>에 따르면, 해안사구는 해수욕장이 79개로 가장 많이 이용되고 있으며, 그 다음으로는 31개의 국립공원, 28개의 군사보호구역, 19개의 부두시설 순으로 이용되고 있다.

표 7. 이용상태별 분포

계	해수욕장	국립공원	군사보호구역	부두시설	기타
133 (100%)	79 (59%)	31 (23%)	28 (21%)	19 (14%)	32 (24%)

자료 : 환경부, 2002

<표 8>은 사구길이와 보전상태에 따른 전국 해안사구의 총괄 현황을 나타낸다. 연구지역인 김녕은 사구길이가 2km이상의 대사구에 해당하며, 보전상태가 보통이라고 할 수 있다.

표 8. 전국 해안사구 총괄현황

사구 길이	지역	갯수	양호	보통	파괴
계		133	19	63	51
2km 이상 (대)	경기·인천	0	0	0	0
	충남	8	신두, 신운3리, 삼봉, 소당	몽산포, 청포대	꽃지, 신탄
	전북	3	0	장신, 팽승, 명사십리	0
	전남	1	0	송현	0
	강원	13	송죽, 동호, 오봉, 하시동	봉포, 오산, 동호, 주문진, 연곡, 맹방, 원평	송정, 망상
	경북	1	고래불	0	0
	경남	0	0	0	0
	제주	2	0	삼양, 김녕	0
1km- 2km (중)	경기·인천	1	0	0	방아머리(1)
	충남	17	구례포, 원청, 중장, 다사	학암포, 해맞이, 백사장, 안면, 승연, 죽산, 옥남, 송림	만리포, 모항, 열목, 춘장대, 선도
	전북	3	0	고사포	동호, 구시포
	전남	7	0	송석, 송평, 송계, 송중	가계, 사정, 사구미
	강원	10	항목	화진포, 송포, 삼포, 북분, 남애	속초, 낙산, 사천, 경포대
	경북	6	후정, 구산, 곡강	화진	망양, 관성
	경남	0	0	0	0
	제주	1	사계	0	0
1km 미만 (소)	경기·인천	3	0	0	방아머리(2), 구봉, 동막
	충남	17	0	사목, 십리포, 도장, 황골, 화양염전, 셋별, 항개, 독산, 바람아래	천리포(1), 천리포(2), 연포, 몽산포구, 장삼포, 갯바위, 월진
	전북	3	0	0	변산, 상록, 모항
	전남	13	0	덕산, 모사, 통호, 군학, 대전, 가동, 남열	홀통, 조금나루, 증의, 송호, 울포, 장선
	강원	9	공현진	반암, 남향진, 옥계, 용화	오호, 죽도, 안인진, 호산
	경북	4	0	봉산, 칠포	장사, 하서
	경남	2	0	0	상주, 송정
	제주	9	0	곽지, 협재, 하모, 표선, 섬지코지, 하도	이호, 평대, 함덕

자료 : 환경부, 2002, 해안사구 보전관리지침.

3. 제주도 해안사구 분포현황

<표 9>는 제주도에 분포하는 해안사구를 나타낸다. 2006년 7월 1일 이후로 제주특별자치도로 행정구역이 개편됨에 따라 과거 북제주군에 해당하는 지역이 제주시로, 남제주군에 해당하는 지역이 서귀포시로 행정구역이 바뀌었다. 제주시에는 협재·금능, 괏지, 이호, 삼양, 함덕, 김녕, 세화·평대, 하도의 8개의 해안사구가 분포하고, 서귀포시에는 신양(섬지코지), 표선, 대정(하모), 사계(화순)의 4개 해안사구가 분포한다.

표 9. 행정구역별 분포

계	제주시	서귀포시
12(개) (100%)	8(개) (67%)	4(개) (33%)

사구길이와 보전상태에 따른 제주도 해안사구 총괄현황은 <표 10>과 같다.

표 10. 제주도 해안사구 총괄현황

사구길이	갯수	양호	보통	파괴
계	12	1	8	3
2km 이상	2	0	삼양, 김녕	0
1km-2km	1	사계	0	0
1km 미만	9	0	괏지, 협재, 하모, 표선, 섬지코지, 하도	이호, 평대, 함덕

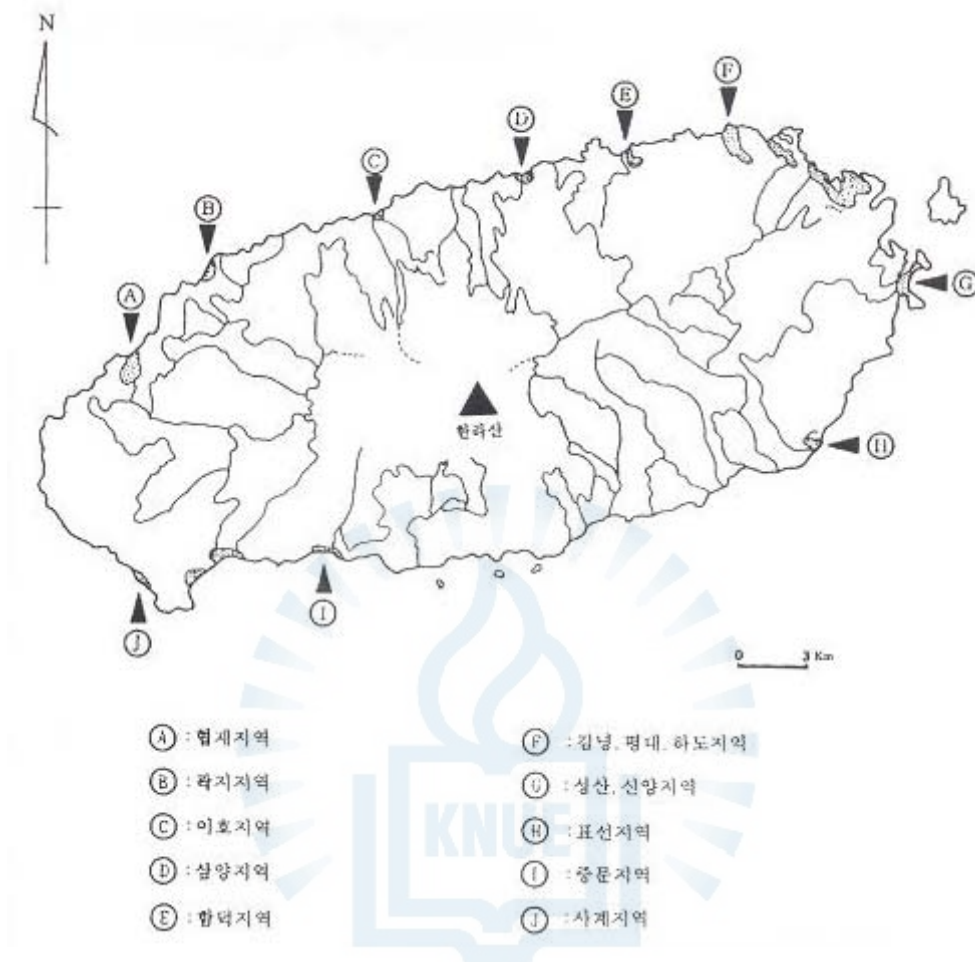


그림 11. 제주도의 해변 분포도

자료 : 한태흥, 1993

<그림 11>에서 보면 연구지역인 김녕 해변은 ⑥에 해당된다. 해변에서부터 내륙쪽으로 해안사구가 발달되어 있다. 해안사구가 형성되기 위해서는 바닷가에 모래가 충분히 공급되어야 하고, 이 모래를 운반할 수 있는 적당한 속도의 바람이 불어야 한다. 제주도의 경우 서귀포시보다 제주시 지역에 해안사구가 많이 분포하는 것은 한라산 북사면에 위치한 제주시 지역이 바람받이(풍상지

역)가 되어 겨울철 북서풍계에 의해 탁월한 지배를 받는 것과 관련된다. 또한 연구지역 부근에 해당하는 한라산 북사면의 구좌읍에 행원풍력발전단지가 건설되어 있는 것을 보더라도 바람의 세기가 크다는 것을 알 수 있다.



Ⅲ. 제주도 해빈과 해안사구의 지형 특색

제주도의 해안은 비교적 단조로워 대규모의 해빈은 나타나고 있지 않으나, 암석 돌출부 사이의 작은 만입을 따라 약 220m-4km의 다양한 크기로 13개소에 해빈이 발달하고 있으며, 평균 폭은 약 800m를 나타내고 있다. 남사면(南斜面)의 해안 융기로 인한 급사면 지역을 제외한 대부분의 지역에서는 해빈의 배후 지역을 따라 내륙쪽으로 해안사구가 잘 발달되어 있다. 이 사구들은 300m-8km의 다양한 크기로 발달하며 사구의 총 면적은 23.43km에 이른다. <그림 12>와 <그림 13>에서 보는 바와 같이, 제주도의 북사면에 발달한 사구는 예외없이 해빈의 배후지역을 따라 남동쪽으로 좁고 길게 발달되어 있는데 이는 사구의 발달이 북서풍계에 지배되고 있음을 의미한다.



그림 12. 김녕 사구의 모습 (2006. 11. 11. 촬영)

모래양이 점차 감소하면서 식생에 의해 미피복사구가 정착되고 있다.



그림 13. 내륙쪽으로 발달한 김녕 사구 (2006. 11. 11. 촬영)

김녕·월정 지역의 사구층 중에 존재하는 유기질층의 성인과 시기는 사구의 고결도와 풍화도가 매우 미약하고 신선한 것으로 보아 현재의 환경하에서 형성된 것으로 판단되며, 유기질층은 일시적인 모래 공급이 중단된 시기에 형성된 것으로 보인다.



그림 14. 김녕 해안사구 주변의 마늘을 재배하는 농경지 모습

(2007. 02. 26. 촬영)

사구를 깎아 농경지로 사용하고 있다.

1. 해류의 흐름과 대륙붕 퇴적물의 이동

제주도 근해에 넓게 발달되어 있는 대륙붕상에는 수만년에 걸쳐 퇴적된 패각(貝殼)성분을 함유한 사질퇴적물(沙質堆積物)들이 넓게 분포하고 있다. 이와 같은 퇴적물들은 제주도 근해에 연중 흐르는 쿠로시오해류에 의해 수심 20m 내외의 연안 지역까지 주로 구르기(rolling), 도약(saltation)의 형태로 운반되어 지는 것으로 알려져 있다.

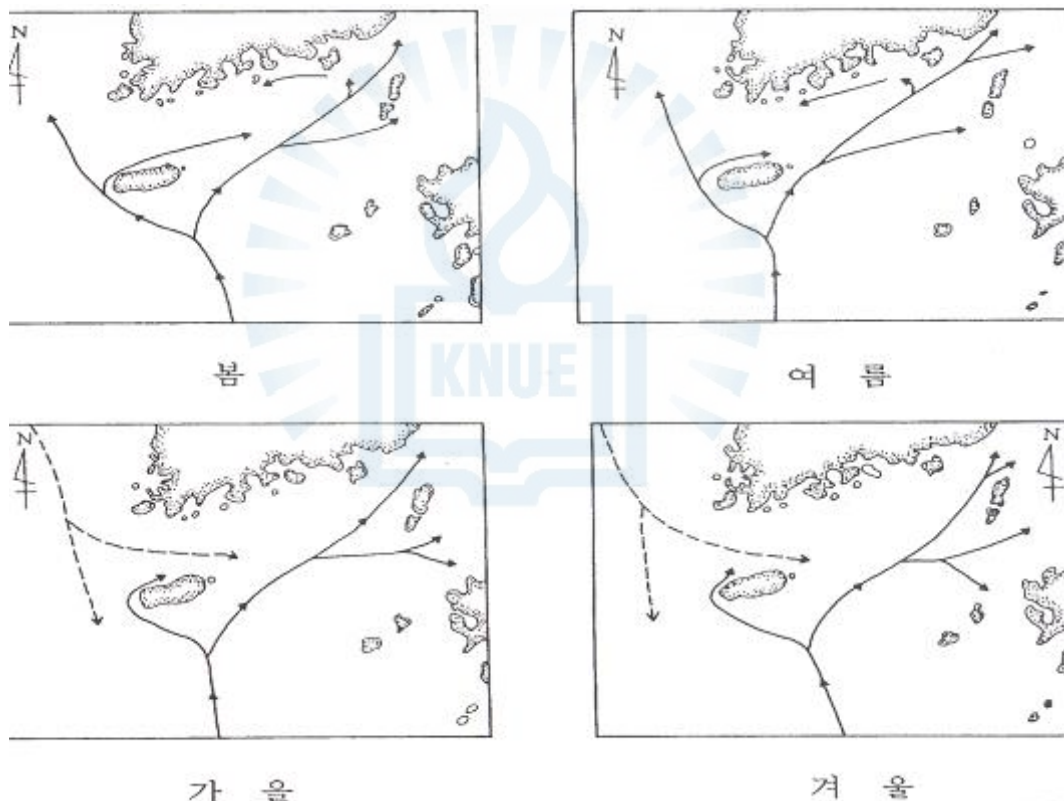


그림 15. 제주도 주변 해역의 사계절 해류 순환도

자료 : 한태홍, 1993

2. 파랑의 작용

해안선에 수심 50m 까지는 완만한 해저지형이 넓게 나타나고 수심 20m까지는 더욱 완만한 해저지형이 나타나고 있다. 이와 같은 천해지대(淺海地帶)는 북부해안의 경우 해안선에서 평균 4km이상까지 발달하고 있다. 제주도 연안은 연중 난류대(暖流帶)에 속하고 또한 수심 20m이하의 천해지대에는 소라·전복·고동·성게 등 패각류와 암석부착성(岩石附着性) 석회질각(石灰質殼) 소유의 생물들이 고밀도로 서식하는데 좋은 환경을 제공하고 있다. 해안선 가까이에 작용하는 파랑에너지는 특히 암석 돌출부에 집중되어 침식 현상을 일으키며, 이 침식 물질들도 해빈 형성에 영향을 주고 있다.¹¹⁾



그림 16 . 파랑의 작용 (2006. 09. 30. 촬영)

김녕·월정 지역은 제주도의 북부에 위치하고 있다. 제주도의 북부는 북서계절풍의 풍상에 해당하고, 수심 20m 이하의 천해지대가 넓게 발달하고 있다. 이 지역에는 패각류의 좋은 서식환경을 제공하며, <그림 16>에서 보는 바와 같이, 북서풍에 따르는 파랑에너지의 영향을 직접 받아, 공급물질이 풍부하고 이동도 활발하게 일어나는 지역이다.

11) 한태홍, 1998, 제주도 연안 해빈과 사구 연구, 한국지형학회지 제5권 제1호, pp75-76.

3. 연안류의 작용에 따른 해빈의 형성

연안류(Longshore current)란 파랑이 해안에 비스듬히 접근할 때 쇄파대를 따라 발달하는 해류인데, 파랑은 일반적으로 해수를 안쪽으로 밀어내는 속성을 갖는다. 이로 인해서 쇄파대 안쪽에는 약간의 해수면 상승 작용이 일어나고, 이 안쪽의 해수는 연안류를 이루면서 해안선과 평행하게 옆으로 흘러간다. <그림 17>에서 보는 바와 같이, 연안에 퇴적물이 이동하여 해빈을 형성시키는 가장 중요한 요인은 연안류이며, 이 연안류는 쇄파가 들어 올린 물질을 운반시키는 연안표류(longshore drifting)를 진행한다.



그림 17. 패사로 이루어진 김녕리 해빈 (2006. 11. 11. 촬영)

대부분 조개껍질이 부서진 잔해들이 해안으로 밀려와서
석회질 해빈을 형성하여 제주도의 백사장을 이루고 있다.

4. 바람의 작용에 따른 해안사구의 발달

본 연구지역의 북사면에 발달한 사구는 약간의 차이는 있으나 그 발달 방향으로 보아 서고동저의 기압배치에 따르는 겨울철 북서계절풍의 풍계와 일치하는 경향을 보인다. 일반적으로 기존의 연구 결과에 따르면 건조된 상태에서 사질퇴적물(沙質堆積物)이 바람에 의해 움직이기 시작하는 속도는 5m/sec이다. 본 연구지역 북사면의 평균풍속 5m이상의 강풍일수가 80일 이상이고, <그림 18>에서 보는 바와 같이, 다량의 해빈 모래는 내륙으로 불려 이동할 수 있는 좋은 조건을 갖추고 있다.



그림 18. 강한 북서풍에 의해 모래가 날리는 월정리 해빈의 모습

(2006. 11. 11. 촬영)

오른쪽이 북쪽, 왼쪽이 남쪽에 해당한다.

북사면에 발달한 사구는 예외없이 해빈의 배후 지역을 따라 남동쪽으로 좁고 길게 발달되어 있는데, 이는 풍성사구(風成砂丘)에 해당함을 의미한다. 이 뿐만 아니라 사구의 퇴적상에 있어서는 일부 사층리(斜層理)가 나타나고 대부

분은 층리가 불분명하며 좋은 분급을 보이는 것은 풍성사구의 특징과 일치한다. 그리고 김녕·월정 지역은 입자의 크기가 비교적 작고 북서풍에 직접 노출된 지역이기 때문에 사구의 길이가 3km-6km에 이르기도 한다. 그러나 겨울철 바람이 북동풍인 표선지역은 해변의 남서쪽을 따라 사구가 발달하고 있다.

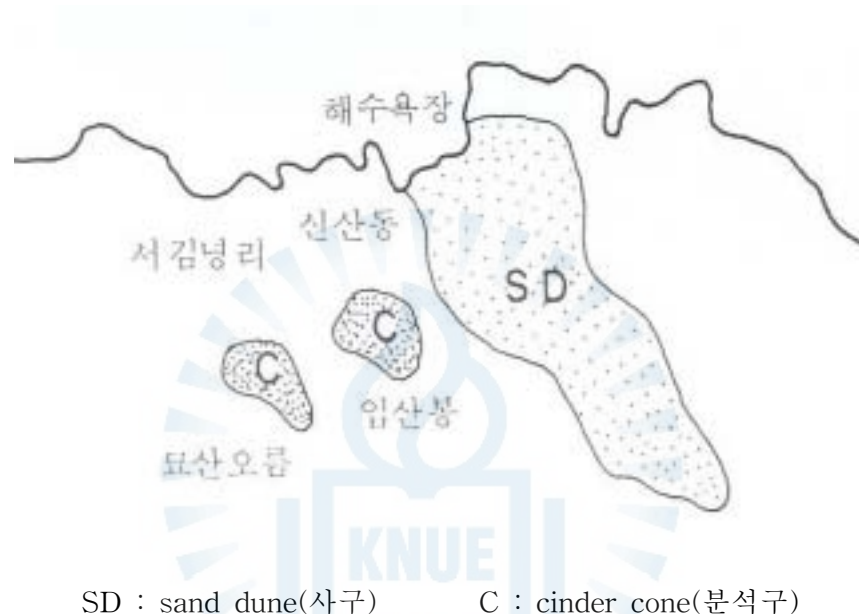


그림 19. 김녕 사구의 분포도

김녕·월정 지역의 사구층에는 2열의 흑색 유기질 밴드가 20cm-1.5m의 두께로 협재되어 있으며, 이 밴드를 경계로 3단의 사층(砂層)이 존재한다. 현재와 동일한 환경 하에서 생성된 것으로 판단되며, 유기질층은 모래의 공급이 일시 중단된 시기에 형성된 것으로 보인다. 해안사구의 퇴적물이 해변 퇴적물보다 세립질이다. 이는 해변과 해안사구 퇴적물의 입경이 유사하게 나타나는 황해안 지역의 입도 특성과는 상이한 것으로, 해변으로부터 작은 입자들이 선택적으로

운반되어 해안사구 퇴적물을 구성함을 의미하는 것이다. <표 11>에서 보는 바와 같이, 제주도 북사면에 위치한 김녕·월정 지역은 석회질 함량이 90%이상의 비율을 보이고 있다. 이는 제주도 북사면에 발달한 천해지대가 석회질 성분의 퇴적물의 주공급원임을 알려주는 좋은 지표라고 볼 수 있다. 육지쪽에 모래의 주공급원을 갖고 있지 않으므로 사빈퇴적물 중 해저로부터 공급된 패사의 함량이 매우 높은 편이다. 이에 비하여 성산·신양 지역의 경우 주위에 분포하는 일출봉 응회구와 화산쇄설층으로부터 암설을 공급받아 석회질 퇴적물인 패사의 구성 비율이 낮은 편이다.

표 11. 제주도 해안사구의 석회질 함량(단위 : %)

연번	지역	해빈	사구
1	김녕	98.1	97.2
2	평대	97.2	97.2
3	협재	97.8	91.8
4	곽지	93.2	89.3
5	함덕	90.6	80.8
6	표선	89.5	88.7
7	중문	74.5	62.7
8	사계	43.2	22.7
9	성산	29.9	51.2
10	이호	21.6	17.6
11	신양	21.4	81.7
12	삼양	8.5	4.9

자료 : 한태 흥, 1993

석회질 함량이 90%를 넘는 협재·곽지·함덕·김녕·평대 지역은 수심 20m 이하의 천해지대가 2km-4km까지 넓게 펼쳐져 석회질각 생물들(소라·전복·고둥·성게 등)이 고밀도로 서식하는 환경을 제공하고 있다. 이와 같은 지역은 용암류의 파편 비율이 매우 낮게 나타나 전형적인 석회질 사빈을 형성하여 특색있는 제주도의 백사장을 이루고 있다. 해빈과 그 배후의 사구는 입도와 성분 구성에 동질성을 보이고 있으며, 사구 모래의 석회질 함량이 해빈보다 조금 낮게 나타나는 것은 육상 기원의 유기물이 유입되기 때문이다.¹²⁾ <그림 20>과 <그림 21>에서 보면, 석회질 구성물질이 용식되어 유사카르스트 유형의 석순이 나타나고 있음을 알 수 있다.

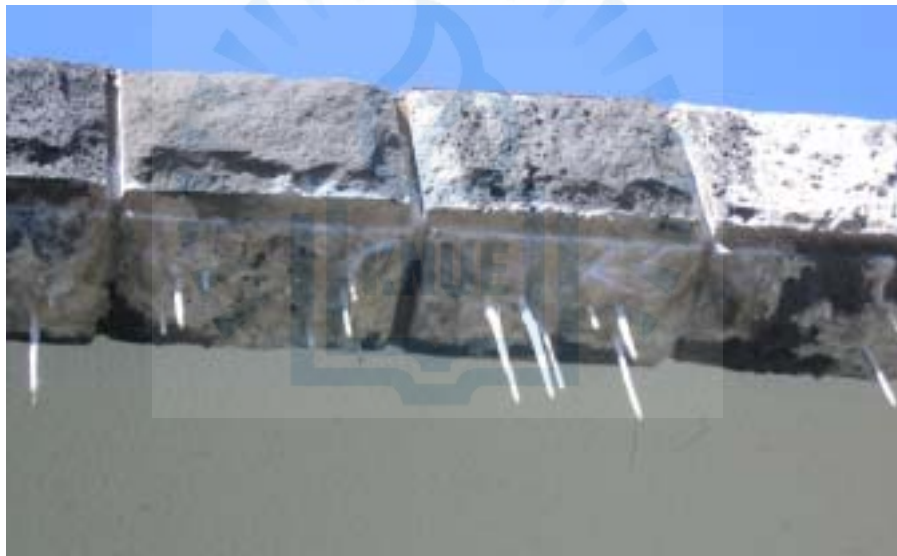


그림 20. 용식된 김녕해수욕장의 휴게음식점 건물 (2006. 11. 11. 촬영)

기반암은 현무암으로 석회질 구성물질이 용식되어 나타난 유사카르스트 유형의 석순이 발달하고 있다.

12) 한태홍, 1998, 제주도 연안 해빈과 사구 연구, 한국지형학회지 제5권 제1호, p86.



그림 21. 김녕海水욕장의 휴게음식점 건물 (2006. 11. 11. 촬영)

제주도의 사빈퇴적물은 육지로부터의 모래 공급이 원활히 이루어지지 않으므로 해저로부터 공급된 패사(貝砂)의 함량이 매우 높다. 사빈퇴적물에 포함된 패사 성분은 대부분 조개껍질과 산호초가 부서진 잔해들이 해안으로 밀려온 것이다(지옥미·우경식, 1995). 그러나 주변에 파식에 의한 응회구가 위치하여 다량의 암설을 공급받는 안덕면 사계리, 화순리와 성산읍 신양리 등의 사빈퇴적물은 패사의 비율이 비교적 낮은 편이다. 따라서 연구지역의 사구사(砂丘砂, sand dune sand, 특히 貝砂)는 연안류를 따라 공급된 이후 탁월풍에 의하여 재공급된 것으로 보인다.

IV. 해안사구의 경 관 변화

1. 김녕-월정리 해안사구의 실태

제주도 김녕-월정 해안에 위치한 해안사구는 약 4km의 해안을 따라 내륙쪽으로 약 6km 연장되는 대형 사구이다. 현지조사 과정에서 발견된 고토양층은 사구의 발달이 단속적이었음을 말해준다. 제주도의 협재사구에서 이루어진 방사성탄소연대측정 결과는 해안사구가 석회질 퇴적물로 구성되어 있으며 홀로세 후기에 형성된 것임을 보여주고 있다.(박경 외, 2004)

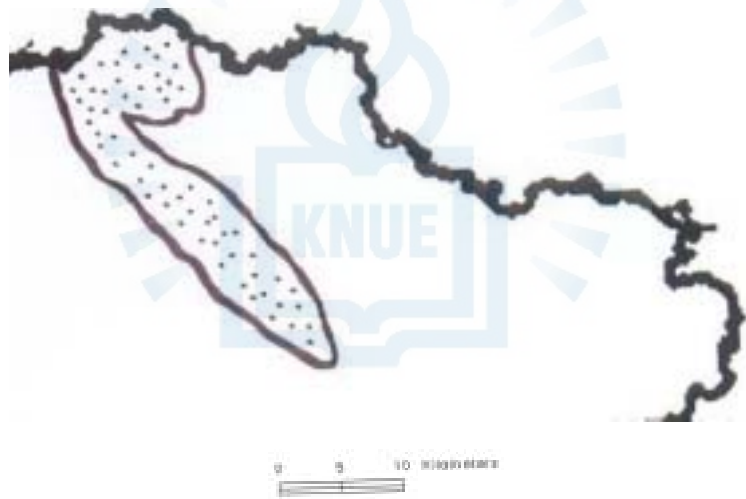


그림 22. 김녕 사구의 분포 범위

연구대상 지역은 구좌읍 김녕리와 월정리에 위치한 사구로서 해빈이 500m 내외로 비교적 짧은 편이다. 하지만 <그림 22>와 <그림 24>에서 보는 바와 같이, 사구의 경우 북서계절풍의 영향을 받아 내륙쪽으로 6km 이상 길게 발달되어 있어 제주도 지역에서 최대의 사구를 형성하고 있다.



그림 23. 사빈과 인접하여 있는 김녕 사구의 시작 부분 (2006. 11. 11. 촬영)
사구의 높이가 3m 정도에 해당한다.



그림 24. 현무암 돌담과 연결된 김녕 사구와 모래가 많은 경작지
(2006. 11. 11. 촬영)



그림 25. 김녕 사구 주변의 농경지 이용 (2006. 11. 11. 촬영)

농경지 안에 모래가 많이 섞여 있다.



그림 26. 김녕 사구의 발달 (2006. 11. 11. 촬영)

김녕 사구는 북서풍에 의해 해변에서 불려온 패각질의 모래가 내륙 깊숙이 이동되어 남동 방향으로 길게 형성되었다.

<그림 25>와 <그림 26>에서 보는 바와 같이, 연구지역은 해안지역의 경사가 매우 완만하여 10km 내륙까지도 해발 40m를 넘지 않는 것으로 나타나며, 해변이나 해안사구 모두 90% 이상의 석회질 성분으로 구성되어 있다. 그렇지만 사구는 대부분이 경작지로 이용되고 있다.



그림 27. 김녕-월정 지역의 사구 분포

<그림 27>에서 보는 바와 같이, 이 지역의 사구는 단일 해변에서 기원한 모래가 형성한 황사구열이 아니라 별개의 해변에서 불려온 패각질의 모래가 내륙 깊숙이 이동되면서 형성된 사구라는 선행연구가 있다. 이러한 사구는 국내에 매우 드문 형태로 1970년대 후반의 본격적인 해수욕장 개발사업 이전의 만리포와 천리포 사구에서만 관찰되는 형태이다. 또 다른 특징으로는 사구가 매우 얇은 피복물 형태로 용암류를 덮고 있으며, 바다에까지 연속되는 용암류의

흐름에 의해 사구 모래의 이동과 분포범위가 제한되고 있다는 것이다.¹³⁾



그림 28. 전형적인 모습의 월정리 해안사구 (2006. 11. 11. 촬영)

석회질 성분의 모래로 이루어졌다.



그림 29. 월정리 해안사구의 전경 (2006. 11. 11. 촬영)

유입되는 모래양은 점차 줄어들고 남아있는 식생은 피복되어 사구가 정착되어 있다.

13) 박경 외, 2004, 제주 김녕-월정 사구의 발달과정에 관하여, 한국지역지리학회지, p852-853.

가. 강한 바람의 영향

제주도의 30년(1971-2000년) 동안의 연평균 강수량은 1,457mm로서 우리나라의 평균 강수량보다 크다. 강수량이 가장 적은 달은 겨울철인 12월로 44.8mm 이고, 가장 많은 달은 8월로 258mm 이다. 계절별 강수량은 각각 겨울철(12-2월)이 174.7mm, 봄철(3-5월)이 263.8mm, 여름철(6-8월)이 680.1mm, 가을철(9-11월)이 338.3mm로서, 우리나라의 일반적인 강수패턴에 비해 비교적 연중 고르게 분포한다.

<표 12>에서 보는 바와 같이, 기온의 계절적인 변화는 겨울과 여름의 기온 변화가 뚜렷이 나타나지만, 월평균기온이 영하로 떨어지는 달은 없다. 그리고 20℃ 이상의 분포를 보이는 달은 6월-9월로서 4개월 동안에 나타난다(박경 외, 2004).

표 12. 제주도의 30년(1971-2000년) 동안의 기온과 강수량 분포

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
기온 (℃)	5.6	6.0	8.9	13.6	17.5	21.2	25.7	26.5	22.7	17.8	12.6	8.0
강수량 (mm)	63	66.9	83.5	92.1	88.2	189.8	232.3	258.0	188.2	78.9	71.2	44.8

자료 : 기상청, 2001, 한국의 기후표 1971-2000.

다음의 <표 13>는 제주도의 바람에 관한 자료이다. 바람은 사구의 이동과 관련하여 매우 중요하다. 특히 식생피복이 적어지고, 농사가 이루어지지 않는 겨울철의 모래 이동은 절대적으로 바람에 의존한다.

표 13. 제주도의 풍향별 관측횟수의 천분율(‰)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
정온	4	4	7	17	23	36	40	22	12	9	5	4
N	119	100	68	44	39	40	44	34	43	71	92	110
NNE	66	62	59	67	76	90	98	80	81	84	72	73
NE	21	35	48	68	76	94	103	87	79	55	38	22
ENE	23	36	63	65	61	88	92	98	114	85	57	19
E	25	43	65	78	71	93	88	96	89	63	49	23
ESE	28	32	58	58	53	57	62	79	76	59	44	23
SE	28	33	43	46	37	39	45	62	62	61	54	39
SSE	61	59	67	67	67	49	56	95	103	119	111	90
S	49	52	53	47	49	41	40	63	76	79	65	66
SSW	32	33	42	46	42	37	35	40	34	30	33	39
SW	27	31	40	52	49	54	63	44	31	25	25	32
WSW	23	23	34	65	77	68	74	47	28	20	26	25
W	37	34	43	71	91	62	50	42	26	22	32	38
WNW	102	97	83	87	87	63	42	41	36	47	71	109
NW	177	161	119	71	57	45	39	38	56	84	113	146
NNW	179	165	107	50	45	42	29	33	55	86	114	142

자료 : 박경 · 손일 · 장은미, 제주 김녕-월정 사구의 발달과정에 관하여, 2004

한라산의 북사면인 김녕 · 월정 지역은 주로 북서풍계의 바람이 부는 겨울철에는 풍상측에 해당하며, 북서풍이 제주도의 탁월풍이라 할 수 있다. 북서 · 북북서풍은 대체로 균등한 분포를 나타내며, 1-2월에 걸쳐 가장 탁월한 바람이다. 이와 같은 겨울철 바람의 탁월성은 사구 형성과 그 지형 구조에 많은 영향을 미치고 있다. 현재도 강풍이 부는 겨울철에는 해안에서 바람에 의해 내륙으로 불려 이동되는 모래 바람을 얼마든지 경험할 수 있다.

<그림 30>에서 보는 바와 같이, 겨울철의 해수욕장 주변에는 바람에 의해 날리는 모래에 의한 피해를 줄이기 위해 해변을 덮어 두거나 나무를 비닐하우스용 차광용 비닐로 씌워둔 것을 관찰할 수 있다.



그림 30. 모래 유실을 막기 위해 보호막으로 덮고 있는 모습
(2006. 04. 08. 촬영)

보호막은 흑색의 비닐섬유로 만들어진 차광용 비닐천이다.

일반적으로 바람에 의해 모래가 움직이기 시작하는 시동속도는 5-6m/sec로 볼 때, 제주도의 경우 겨울철 바람에 의해 모래가 내륙으로 운반될 수 있는 기간은 적어도 90일 이상일 것이다(박경 외, 2004).

나. 김녕-월정리 해안사구의 지형형성인자

1) 기온과 강수량

바람에 의한 모래의 운반을 제한하는 주요 요인으로 지면 습도, 결빙 등을 들 수 있다. 지면 습도와 결빙은 모래의 응집력을 강화시켜 바람에 의한 운반을 방해하는 역할을 한다. 따라서 같은 크기의 바람이 부는 경우라도 지면 습도가 높거나 결빙이 일어나는 경우에는 지면이 건조한 경우보다 운반되는 모래의 양이 적어진다. 지면 습도는 주로 강수량에 영향을 받고 결빙은 온도에 영향을 받는다. 그러므로 기온과 강수량은 지면의 상태와 퇴적물의 응집력을 간접적으로 지시하는 지표가 될 수 있다.

2) 바람

바람은 기상 인자 중 모래의 운반에 관여하는 가장 중요한 원인이다. 특히 중요한 것은 지면과 접하는 부근에서의 전달 속도이다. 풍속 5m/s를 넘는 바람은 11월에서 2월 사이에 집중되어 있어 이 기간동안 모래가 이동하는 것이 유리했음을 알 수 있다.(건조한 경우 대략 5m/s 이상의 바람이 불면 모래가 이동한다고 볼 수 있다.) 특히 12월과 1월에는 월평균 풍속이 6m/s를 넘을 정도로 풍속이 강했다. 김녕리의 사구지대가 해안가로부터 가까이 있고 지형적으로 바람을 막아줄 산지가 없기 때문에 겨울철 탁월풍인 북서풍의 영향을 크게 받는다.



그림 31. 밭 경계에 해안사구 모래가 집적되어 있는 모습 (2006. 11. 11. 촬영)

바람의 방향에 직교하여 현무암 돌담 주변에 모래가 쌓여 있고,
보호막으로 덮여 있다.



그림 32. 행원 풍력발전단지가 보이는 해안사구 주변의 경작지
(2006. 11. 11. 촬영)

내륙 깊숙이 발달해 있는 해안사구 주변에서 쪽파를 재배하고 있다.

3) 식생

식생의 존재는 해안사구가 사막사구와 다른 가장 큰 차이이다. 또한 식생은 바람과의 상호작용에 따라 사구지형을 변화시킨다. <그림 33>과 <그림 34>에서 보는 바와 같이, 식생은 보통 지표 부근의 바람의 힘을 감소시키는 역할을 하여 운반 중인 퇴적물 입자를 멈추게 하고 바람의 침식력으로부터 지표를 보호한다. 식생은 해안사구지형의 형성과 변화 과정에서 중요한 역할을 하는 인자이다.



그림 33. 식생이 정착된 월정리 해안사구 (2006. 11. 11. 촬영)

길이 나있는 곳은 패여서 모래가 이동이 되고, 사람의 출입이 적은 곳은 식생이 피복되어 있다.



그림 34. 식생이 정착된 월정리 해안사구 (2007. 08. 19. 촬영)

해수욕장 개장으로 인한 관광객의 빈번한 출입, 도로의 개설, 방파제 축조 등은 특정 지역의 생태계에 외부 생물의 도입을 초래한다. 특히, 토목공사로 인한 외부 토양의 유입은 토양내에 포함되어 있는 다량의 씨앗을 함께 지니고 들어오기 때문에 지역의 생태계를 심각하게 교란시킬 수 있다.

4) 표층 퇴적물

퇴적물의 특성은 사구형성에 영향을 미친다. 사구형성에는 바람의 운반능력이 중요한데 퇴적물의 입경이 크면 바람에 대한 속도가 더 증가되어야 하므로 운반량이 감소되며, 퇴적물의 모양이나 퇴적물의 함유물 또한 바람에 대한 저항력에 변화를 줌으로써 모래의 운반에 영향을 미친다. <그림 35>에서 보는 바와 같이, 퇴적물은 사구의 퇴적환경에 따라 분포 특성이 달라지기 때문에 사구가 형성되는 환경을 나타내주는 지시자이기도 한다.



그림 35. 김녕 사구의 토양층 (2006. 11. 11. 촬영)

사구의 고결도와 풍화도가 매우 미약하고 신선한 것으로 보아 현재의 환경하에서 형성된 것으로 보이며, 유기물층은 일시적인 모래 공급이 중단된 시기에 형성된 것으로 파악된다.

용식, 침전 물질이 약간의 고결성을 보인다.

2. 해안사구의 모래 유실

김녕리 마을 동쪽 끝에는 김녕해수욕장이 있다. 주위에 김녕사굴과 만장굴, 김녕미로공원 등이 있어 관광을 하다 잠시 들렀다가 가는 사람들이 많은 곳이다. 해수욕장을 지나면 다시 해안도로가 이어진다. 개설된지 얼마 되지 않은 이 해안도로는 행원리까지 이어진다. 해안도로를 따라 조금 가면 황근자생지 보호구역이 있다. 예전에는 섬의 일부 제한된 지역에서만 발견되던 황근의 보호구역이 많아졌다. 이 곳 해안은 여러 종의 다른 보호식물들도 자라고 있는 귀중한 자연자원이다.

김녕리에서 월정리를 지나 행원리로 이어지는 지역은 해안사구가 잘 발달된 곳이다. 사구가 해안가 뿐만 아니라 내륙에까지 뻗어 있는 곳이다. 일주도로 주위의 밭에서도 쉽게 확인할 수 있는 사구는 특히 해안가 여기저기 백사장을 만들어 놓았다. 월정리 마을 앞 드넓은 모살(모래)로 이루어진 해변을 '한모살'이라 한다.

김녕 지역은 제주도가 형성되는 과정 중에서 빌레, 다음 단계는 사구, 그 위로 염생식물이 자리를 잡아 가는 과정을 볼 수 있다. 김녕 해안도로는 30여개의 식물 종을 볼 수 있다. 해안도로의 돌담 주변에서 번행초, 땅채송화, 갯메꽃, 소리쟁이, 수영, 모시풀, 전호, 말뚥비름 등을 볼 수가 있다. 이곳 식물들의 잎의 특징은 뽀뽀하고, 해수에 대한 내성이 강하다. 해안에 근접해 있는 빌레 위에 서식하는 식물들은 해수에 영향을 받는 염생식물들이다. 갯완두, 모래지치, 왕모시풀, 번행초, 갯가치 수영, 개미자리, 망초, 숨비기, 갈대, 개자리, 사철쭉, 갯방풍, 잔개자리, 개미자리 등을 볼 수가 있다.

김녕 해수욕장에서 이어지는 김녕 주변에는 사구층이 형성되어 있다. 모래의 정의는 1/16mm-2mm 크기의 입자이다. 해안사구는 해안에서 내륙을 따라 김녕 주변에 6km 정도 형성이 되어 있다. 제주도 주변의 삼양, 공천포를 제외한

사구층이 형성된 지역은 유공층, 호조, 산호, 조개 부스러기에 의해 형성이 되었다. 켈빈파, 연안류에 의해 운반 되어진 모래에 의해 지금의 사구층이 형성이 되었다. 그러나 안타까운 현실은 방파제, 해안가의 도로 개설, 콘크리트 옹벽 등의 인위적 시설물에 의해 이러한 사구층이 소실이 되고 있다는 점이다.

김녕·월정리 지역은 해안가의 도로 개설 및 콘크리트 옹벽 설치 후에 모래 순환 시스템(백사장 ↔ 모래언덕)이 붕괴되어 전면 백사장의 모래가 유실되고 있다. 김녕해수욕장을 관리하는 관공서(구좌읍사무소) 담당자와 면담한 결과, 지금은 해수욕장 유지를 위해 주변에 날려온 모래를 가져다가 보충하고 있다고 한다. 자연의 메커니즘을 이해하지 못한 채, 그냥 인간의 필요해 의해 축조된 구조물로 인한 결과이다. 이러한 자연의 변형은 이 곳 뿐만이 아니다.





그림 36. 1972년 금녕 지형도(1:25,000) 중에서 구 동금녕리 - 월간리
(현재 김녕리 - 월정리에 해당)

자료 : 국립건설연구소

<그림 36>에서 보면, 동김녕리(현재 김녕리로 통합)와 월간리(현재 월정리) 지역에 해당하는 과거의 기존 도로를 확인할 수 있다. 마을 안을 관통하는 일주도로가 보인다. 그리고 개간이 되지 않은 사구는 삼림으로 되어 있다.



그림 37. 2005년 제주·성산 지형도(1:5,000) 중에서 구좌읍 김녕리

자료 : 국토지리정보원

<그림 37>에서 보면, 구좌읍 김녕리는 과거와 달리 새로 건설된 해안도로와 우회도로의 모습을 볼 수 있다. 연구지역인 김녕리는 대부분이 밭농사가 이루어지는 토지이용 모습을 확인할 수 있다.

<그림 38>과 <그림 39>에서 보는 바와 같이, 연구 지역인 김녕-월정리는 사구의 일부를 훼손하여 도로를 건설함에 따라 겨울철 북서풍에 의해 모래가 날려 도로 위에 올라오고, 올라온 모래가 다시 사빈인 해수욕장으로 내려가지 않는 등 모래 유실이 심각하다. 최근에 도로, 농경지, 취락, 민박집(펜션) 등의 개발로 인해 나타나는 사구의 훼손이 심각하다.



그림 38. 김녕海水욕장의 진입로와 주차장 개설 (2006. 03. 04. 촬영)

김녕海水욕장 전면에는 현무암 파식대가 형성되어 있고, 그 안쪽에는 패사가 쌓여 있다.



그림 39. 김녕海水욕장으로 이어지는 해안도로 (2006. 03. 04. 촬영)



그림 40. 김녕해수욕장으로 이어지는 도로 옆의 편향수 (2006. 03. 04. 촬영)

탁월풍의 방향과 관련하여 나무가 남동 방향으로 편향되어 있고, 현무암 돌담도 바람으로부터 농경지를 보호하기 위해 쌓여 있다.

해안지역에 대한 개발과 인공시설물의 설치에 따라 사빈의 모래가 급속히 유실되고, 그에 따라 해안 환경의 균형이 깨어지는 것이다. 제주도내 지정 해수욕장인 제주시내 이호, 삼양, 협재, 광지, 김녕, 서귀포시내 중문, 하모, 신양, 화순, 표선 해수욕장의 10군데 해수욕장 가운데 삼양을 제외한 곳은 모래 유실로 인해 환경이 급속도로 악화되고 있다.



그림 41. 사빈 보호막이 날리는 모습 (2006. 11. 11. 촬영)
강한 북서풍의 영향으로 보호막이 날리는 상황이다.



그림 42. 물결의 방향 (2006. 11. 11. 촬영)
해빈의 모래가 물결의 방향에 따라 용식·침전되어 있다.

<그림 41>에서 보는 바와 같이, 연구지역내에 위치한 김녕 해수욕장도 모래 유실이 심각하여 북서풍이 탁월한 11월부터 시작하여 다음해 해수욕장 개장전인 6월까지 모래가 날리지 않도록 보호막을 덮어 모래 유실을 줄이려는 노력을 하고 있다.



그림 43. 김녕해수욕장 안내도 (2006. 04. 08. 촬영)

주차장과 음식점 및 해안도로가 생기면서 해안에서부터 발달된 해안사구의 일부가 훼손되었다.

해수욕장의 모래는 해마다 모래 유실로 인해 감소하고 있다. 제주도내 해수욕장은 일반적으로 매년 7월 1일에 개장하는데, 6월부터 개장 준비를 한다. 김녕해수욕장을 관리하는 행정기관(구좌읍사무소)에서는 유실된 모래 양만큼 김녕 주변의 해안사구에서 가져온다. 사빈의 모래가 유실됨에 따라 바람에 날려 해안사구로 이동하는 모래의 양도 감소하여 궁극적으로는 해안사구의 모래 유실을 초래하고 있다.



그림 44. 김녕해수욕장 개장 직전의 모습 (2006. 06. 17. 촬영)

해수욕장 개장을 위해 모래를 보충하였다.

구좌읍사무소의 담당자와 면담한 결과, 김녕해수욕장의 모래는 김녕에 위치한 모래가 많이 쌓인 인근 지역에서 가져온다고 한다. 이는 해류에 의해 해수욕장이 아닌 다른 쪽으로 모래가 쌓이기 때문이다. <그림 44>에서 보는 바와 같이, 그 모래를 가져다가 해수욕장에 보충시킨다고 한다. 지역 내에서 부족한 모래의 양을 충당할 수 있으므로 전체적으로는 모래의 수급상의 균형은 이루어지고 있는 것으로 보인다. 2007년에는 800톤의 모래를 내륙에 인접한 사구에서 보충시켰으며, 최근에 모래유실이 상대적으로 더 많이 되고 있다고 여겨진다.

무분별한 해안도로의 건설로 인한 모래유실이 심각해지는 김녕해수욕장과 비교하여 모래 유실이 심각한 제주도내 다른 지역의 피해 사례를 살펴보겠다. 제주환경운동연합에 의하면 수심이 얕고 주변경치가 빼어날 뿐만 아니라 고운 모래 백사장을 자랑하던 하모해수욕장이 모래 유실로 개장하지 못하는 사태가 발생했으며, 하모해수욕장은 수년전부터 해양환경을 고려하지 않은 채 실시한 운진항 방파제 건설로 해마다 눈에 띄게 모래가 유실됐다고 주장했다.

제주환경운동연합에 의하면 환경단체는 그동안 해안사구와 조간대의 중요성을 강조하며 해안도로 건설과 부문별한 방파제 축조 문제를 지적해 왔고, 남제주군 조사에서도 해안모래 유실 원인을 조사한 결과 방파제와 해안도로 공사 등의 원인으로 해안선이 바뀌고 모래가 대량 유실되는 것으로 판명되었다고 강조했다. 제주환경운동연합은 해양환경보전 연안관리계획을 마련해야 한다고 주장했다. 남제주군 하모해수욕장이 모래유실로 개장하지 못하는 사태가 발생한 가운데 제주환경운동연합이 ‘도내 해수욕장 관리 종합대책 마련’을 촉구하고 나섰다. 제주환경운동연합은 “하모해수욕장 뿐만 아니라 화순·신양·공천포해수욕장 등이 방파제 공사 등으로 모래가 유실되거나 파래의 이상증식 현상이 일어나 해수욕장의 기능을 위협받아 왔다.”고 주장했다.¹⁴⁾

제주환경운동연합은 자치단체는 해마다 해수욕장에 모래를 실어 나르는 1회성 사업 중단하고 종합대책을 마련하고, 제주도는 연안보전 계획과 연안환경에 대한 연안관리계획 확정하며, 공유수면매립계획 전면 재검토 등을 촉구했다. 그리고 “자연 상태의 해변과 해안사구는 파랑 등의 에너지를 자연스럽게 흡수하기 때문에 피해를 막아주는 역할을 한다.”며 “인공구조물 설치 및 방파제 건설로 모래유실이 발생하면 해수욕장의 기능을 상실하고, 자연재해의 위험만이 아니라 급격한 해양생태계 훼손으로 이어진다.”고 주장했다. 또한 바다는 생명의 근원으로 많은 자연자원을 제공하는 공급처이지만 우리는 이 소중한 보고를 무분별하게 이용해 왔으며 무분별한 개발행위를 반성하고, 바람직한 연안보전 정책을 세우는데 관계당국이 앞장서야 할 것이라고 주장했다.

빈약한 영양염류, 일상적인 건조, 척박함 때문에 도무지 생명체가 보금자리를 틀 수 없을 것 같은 해안사구에도 생명은 뿌리를 단단하게 내리고 있다. 시시각각으로 변하는 해안사구이지만, 천년을 이어올 수 있었던 비밀이 바로 여기에 있다. 여기로부터 해양과 육상의 접이지대로서, 대륙의 침식을 방지하고

14) 제주의 소리 신문기사, 2005년 6월 16일자.

폭풍과 같은 괴력으로부터 해안선을 지킬 수 있었던 것이다.

해수욕장의 모래 유실의 원인에는 여러 가지가 있겠으나 도내 곳곳에서 시행된 크고 작은 공유수면 매립, 도로 개설 등의 개발 사업으로 인한 해안사구의 훼손, 시멘트로 옹벽을 쌓거나 방파제 축조로 인해 침식이 가중된 것이 가장 큰 원인이다. <그림 45>와 <그림 46>에서 보면 김녕항 방파제가 축조되어 있음을 알 수 있다.



그림 45. 김녕해수욕장 뒤로 보이는 김녕항 방파제 (2006. 10. 28. 촬영)



그림 46. 김녕해수욕장 뒤로 보이는 김녕항 방파제 (2007. 08. 19. 촬영)

해수욕장의 모래 유실은 단순히 그 해수욕장내 백사장 규모의 줄어든다는 것만을 의미하는 것이 아니라 사빈의 모래는 사구의 형성에 직접적인 영향을 주기 때문에 제주도내 전 해안의 생태계 변화로 이어질 수 있는 실로 심각한 문제이다.

3. 토지 이용의 변화

과거에 김녕리 마을 주민들은 가난한 삶을 살았다. 그 이유는 모래가 많이 덮혀 있어서 척박한 토양에서 농사짓기가 어려웠기 때문이다. 현재 양파, 마늘, 갯잎, 씨감자, 홍당무 등을 재배한다. <그림 47>에서 보는 바와 같이, 답사결과 3월에는 풋마늘(마늘종) 재배하는 모습을 확인할 수 있었고, 6월에는 마늘을 수확하는 모습을 확인할 수 있었다.



그림 47. 김녕리의 마늘 재배 (2006. 06. 17. 촬영)

현무암 위로 모래가 쌓여 있다.

그러나, 현재는 사질성 토양에 잘 적응하는 마늘 작물을 재배하고 있다.



그림 48. 김녕리의 마늘 작물 초양 (2006. 06. 17. 촬영)



그림 49. 김녕리의 마늘 수확 (2006. 06. 17. 촬영)

마늘 1개 자루는 20kg에 해당한다.



그림 50. 김녕리의 마늘 수확과 판매 (2006. 06. 17. 촬영)

마늘 1개 자루는 2만원에 거래된다.

최근에 김녕리 주민들은 모래로 인한 척박한 농경지를 슬기롭게 적응하여 토양에 알맞은 다양한 밭작물을 재배하고 있다. 해안에서부터 내륙쪽으로 발달한 사구를 따라 재배하는 농작물의 종류가 달라지고 있다. 해안 저지대 사구쪽에는 마늘, 해안으로부터 거리가 멀어질수록 파, 홍당무를 재배하고 있다.



그림 51. 내륙쪽에 위치한 농경지 (2006. 11. 11. 촬영)

강우시에 표토 침식으로 대형 우곡이 형성되어 있다.

<그림 52>와 <그림 53>에서 보는 바와 같이, 홍당무가 재배되고 있는 사구 밭은 현무암 풍화토와 사구 모래가 섞여서 토양이 숙성되었다. 제주도의 대표적인 사구에 해당하는 김녕 사구는 패각사이고 기반암에 해당하는 현무암은 암설 생산이 적다. 사구 모래는 원래 하얀색을 띠지만 유기물이 들어가면 검은 색의 토양으로 변하게 된다. 많은 강수에도 불구하고 현무암층의 절리를 따라 배수조절이 잘되어 칼슘 모래와 부식층은 퇴비로 숙성되고 이는 다시 거름으로 쓰임으로써 홍당무 재배가 가능하며 사구의 안정에 도움을 주는 것이다.



그림 52. 내륙쪽에 위치한 농경지의 토지 이용 (2006. 11. 11. 촬영)

앞쪽은 파, 뒤쪽은 홍당무를 재배하는 모습을 볼 수 있다.



그림 53. 내륙쪽에 발달한 경작지에서 홍당무의 재배 모습
(2006. 11. 11. 촬영)



그림 54. 김녕 마을의 마늘·양파 품질 향상을 위한 홍보물
(2006. 06. 17. 촬영)



그림 55. 김녕 마을의 한미 FTA 반대에 대한 홍보물 (2006. 06. 17. 촬영)



그림 56. 김녕리에서 재배하는 농산물 종류 (2006. 06. 17. 촬영)

농협하나로마트에서 양파, 마늘, 한라봉, 당근, 쪽파, 갯잎을 판매하고 있다.

제주특별자치도 제주시 구좌읍 김녕리는 제주시에서 자동차를 타고 일주도를 따라 동쪽으로 20여분을 가다보면 만나는 해안가 마을이다. 김녕리는 예로부터 반농반어로 생계를 꾸려왔고, 3200여명 마을주민들은 지금도 밭농사와

어업을 주된 수단으로 살아가고 있다. 밭농사를 통해 주로 마늘과 양파, 시설농업으로 깻잎·한라봉 등 농산물과 고등어·갈치·소라 등 청정한 수산물이 주요 소득원이었다. 이러한 김녕리에 몇 년 전부터 ‘정보화 마을’이라는 새로운 수식어가 따라 다니고 있다. 지난 2003년부터 행정자치부가 선정한 정보화마을로 지정되면서 주민들 삶과 인식까지도 변화의 기운이 감돌고 있다. 정보화마을이 부가가치의 열쇠이다. 지역특산물 판매가 급증한 김녕리는 정보화사업으로 희망의 날개를 달고 있다고 볼 수 있다.

정보화마을 조성사업은 농촌과 어촌, 그리고 산촌에 이르기까지 정보화로부터 소외된 지역에 초고속 인터넷 이용환경 조성은 물론 전자상거래 등 정보콘텐츠를 구축하는 사업이다. 이를 통해 지역주민의 정보생활화를 이루고 새로운 지역공동체 의식함양과 지역경쟁력 강화를 통한 균형있는 국가발전을 이루겠다는 정부사업이다.

제주도내에도 2003년 이후 김녕리를 비롯해 11개 마을과 올해 3개 마을이 추가돼 총 14개 마을이 정부로부터 정보화마을로 지정·운영되고 있다. 김녕리는 정보화마을 지정이후 전자상거래로 올린 마을 특산물 매출실적이 현재 도내에서 가장 높고 전국에서도 상위권에 꼽히고 있어 주목받고 있다. 정보화마을 선정 초기인 2003년과 2004년에는 한해 약 5,000만원 정도가 전자상거래로 마을특산물이 팔려나갔다. 그러나 이후 정보화교육이 성과를 내면서 전자상거래를 통한 특산물 매출이 급증해 2006년의 경우 2억 2,700만원의 매출을 올렸고, 2007년에는 3억원을 목표로 하고 있다.¹⁵⁾

15) 제주의 소리 신문기사, 2007년 8월 3일자.



그림 57. 인터넷 전자상거래로 판매되고 있는 김녕리 수산물

마을의 연간 조수입과 비교해 아직은 미미한 수준이나 김녕리의 청정환경에서 생산한 농수산물에 인터넷이라는 촉매제를 잘 활용하면 엄청난 부가가치를 창출할 수 있다. 김녕리의 정보화마을 사업을 주도하고 있는 이용안(46) 마을이장은 “정보화마을 첫 목적은 농어촌에 사는 지역주민들에게 컴퓨터 사용능력을 배양하고 다양한 정보를 취득하게 하는 것이 목적이었으나 이제는 그 단계를 넘어서야 한다. 정보화마을 사업은 부가가치의 열쇠”라고 강조했다.



그림 58. 친환경 시설재배로 가꾼 김녕리 깻잎

자료 : 제주의 소리 (2007. 8. 3.)

김녕리는 전자상거래를 통해 마을에서 주민들이 생산한 마늘, 양파, 깻잎, 한라봉, 갈치, 고등어 등 청정 농수산물을 전국 각지로 꾸준히 내보내고 있다. 2007년 4월 ‘김녕해녀마을발전협의회’도 구성해 정보화마을사업을 중심으로 한 중장기적인 마을발전계획을 수립중이다. 2007년 5월 서울 서대문구의 대규모 아파트단지인 정원단지부녀회와 자매결연도 맺었다. 김녕에서 생산한 농수산물을 직거래 방식으로 계속 납품이 늘고 있다. <그림 58>에서 보는 바와 같이, 최근에 친환경 시설로 재배한 만장 깻잎은 김녕리의 대표적인 작물이다.

<그림 59>에서 보는 바와 같이, 코발트 빛깔을 띠고 있는 바닷물이 깨끗한 김녕해수욕장과 김녕해녀어장을 활용한 해양레저스포츠와 해녀체험, 가두리 낚시 체험, 테우 체험 등 각종 체험관광 사업도 정보화마을 사업과 연계되도록 2008년도에는 정부지원을 받으려고 하고 있다.



그림 59. 2008년 본격적인 운영을 목표로 하는 김녕해녀마을체험어장

자료 : 제주의 소리 (2007. 8. 3.)

제주 동부지역의 관광마을 조성을 위해서 김녕미로공원, 해수욕장, 만장굴, TV 연속극 ‘태왕사신기’ 세트장, 묘산봉 관광지구, 풍력발전소를 연계한 김녕리 관광마을 조성이 추진 중에 있다. 또한 제주에서 현직 해녀가 가장 많은 마을인 김녕리는 해녀체험장을 만들려고 추진 중이다. 미래에는 문화컨텐츠가 마을 발전의 원동력이 될 것이며 궤내기 굴 등 역사유적과 8개의 마을당, 세계최장의 용암동굴(김녕사굴, 만장굴) 등 풍부한 민속·자연·문화유산을 세계자연문화유산 지정과 맞물려 부가가치를 창출해 낼 수 있도록 할 것이다.

2007년 6월 27일 유네스코 세계자연유산 등재가 결정된 ‘제주 화산섬과 용암동굴(Jeju Volcanic Island and Lava Tubes)’은 한라산 천연보호구역, 거문오름 용암동굴계(벵뒤굴, 만장굴, 김녕굴, 용천동굴, 당처물동굴), 성산일출봉 응회환이다. 이들 3개 제주 자연유산지구의 총 면적은 18,845ha(5,700만평)에 달한다. 핵심지역은 9,475ha, 완충지역 9,370ha로 제주 전체 면적의 10.1%에 이른다. 세

계유산위원회는 제주 화산섬과 용암동굴의 빼어난 경관적 가치와 독특한 지질학적 환경을 그대로 인정하여 천혜의 제주 자연이 세계인류 공동의 유산임을 공인 확인했다. 이로써 2001년 1월 제주도 자연유산지구를 세계자연유산 잠정 목록에 등록한 이후 6년 5개월, 우리나라가 세계유산등재사업에 뛰어들어 1994년 이후 14년만에 마침내 세계자연유산 등재라는 결실을 맺게 되었다.



그림 60. 세계자연유산으로 등재된 한라산천연보호구역

자료 : 제주세계자연유산등재추진위원회

한라산은 신생대 제4기 화산활동으로 형성된 제주도 중심에 위치한 삿갓 모양의 화산체로 360여개에 이르는 오름을 거느리고 있다. 한라산은 1966년 천연기념물 제182호, 1970년 국립공원으로 지정되었다. 한라산에는 정상의 화구호와 조면암뚝, 주상절리, 용암대지, 수많은 오름 등 독특한 화산지형들로 형성되어 있다. 백록담 화구호 외에도 물장오름, 사라오름, 소백록담, 동수악, 어승생악 등에도 산정 화구호가 형성돼 신비로움을 더하고 있다. <그림 60>에서 보는 바와 같이, 한라산 천연보호구역은 수려한 경관과 함께 구상나무숲과 다양

한 극지 고산식물로 이루어져 있다. 고도에 따라 600-1,000m에는 졸참나무숲, 800-1,200m에는 서어나무숲, 1,200-1,400m에는 신갈나무숲, 1,400m이상에서 정상까지는 구상나무숲이 분포하여 생물학적인 가치가 매우 높다. 또 제주에만 자라는 59종의 특산식물(고유종) 중에서 33종이 한라산의 1,700m이상 아고산대에 사는 극지 고산식물이며 대표적인 것으로 돌매화나무(암매)와 시로미가 있다.

한라산에서 북동쪽으로 약 20km떨어진 거문오름은 말발굽형 분화구로 천연 기념물 제444호로 지정되어 있다. 거문오름에서 분출된 용암류들은 지표의 경사면을 따라 해안선까지 도달하면서 많은 용암동굴들을 발달시키고 있다. 이 동굴들은 용암동굴이지만, <그림 61>에서 보는 바와 같이, 당처물동굴과 용천동굴의 경우 석회동굴 특징을 담고 있어 그 지질학적 가치가 뛰어나며 천연기념물로 지정·관리되고 있다.



그림 61. 세계자연유산으로 등재된 용천동굴

용천동굴 천정과 바닥에 유사카르스트 형태의 석순, 종유석이 형성되어 있다.

자료 : 제주세계자연유산등재추진위원회

2005년 5월에 발견된 용천동굴은 특유의 용암동굴 생성물들과 함께 수많은 석회 동굴생성물들이 어우러져 그 경관이 뛰어나다. 용천동굴은 총길이가 약 2,470m, 최대 폭 15m, 최대 높이 20m로 천연기념물 제 466호로 지정되어 있다. 동굴 내무가 다양한 탄산염 동굴생성물들에 의해 장식돼 가장 아름답고 보전적 가치가 뛰어난 동굴로 꼽힌다. 당처물동굴은 천연기념물 제 384호로 지정되었고 총길이 약 110m, 폭 5-18.5m, 높이 0.3-2.7m이다. 탄산염 동굴 생성물들의 발달 밀도가 가장 높다. 뽕뒤굴은 미로형 동굴로 제주도 지방기념물 제52호로 지정되어 있으며 총길이 약 4,480m, 최대 폭 20m, 최대 높이 3m로서 통로의 규모가 비교적 좁은 편이다. <그림 62>에서 보는 바와 같이, 천연기념물 제 98호로 지정된 만장굴은 총길이 약 7,420m, 최대 폭 23m, 최대 높이 30m로 규모가 크고 웅장한 동굴이다. 이 굴은 완만하게 사행하는 구조로 곳에 따라서는 2층 혹은 3층의 구조를 갖기도 하며 3개의 입구가 형성되어 있다. 김녕굴은 모양이 마치 뱀이 기어가는 모습과 흡사해 사굴이라고 불리기도 하는데 용암폭포, 용암유선 등이 발달되었다.



그림 62. 세계자연유산으로 등재된 만장굴

자료 : 제주세계자연유산등재추진위원회

<그림 63>에서 보는 바와 같이, 성산일출봉은 수심이 낮은 바닷가에서 수성 화산 폭발로 형성된 전형적인 응회구이다. 분화구 최고 정상이 179m이고 분화구내 최저 고도가 89m이다. 원래는 제주도 본섬과 떨어진 섬이었으나 너비 500m 정도의 모래톱이 1.5km에 걸쳐 이루어져 제주 본섬과 연결되었고 제주도기념물 제 36호와 천연기념물 제 420호로 지정되었다. 분화구 원형이 잘 보존되어 있고 해안 절벽을 따라 화산분출과정에서 형성된 다양한 구조들이 노출되어 화산학 연구에 귀중한 자료가 되고 있다. 특히 여명에 수평선 위로 떠오르는 태양을 배경으로 하는 성산일출봉은 저절로 감탄을 자아내게 할 만큼 장엄한 경관을 연출한다.



그림 63. 세계자연유산으로 등재된 성산일출봉

주위에 분포하는 화산체와 화산쇄설층으로부터 암석을 공급받아 형성된 포켓비치(pocket beach)가 발달하여 있다.

자료 : 제주세계자연유산등재추진위원회

우리나라의 자연도 처음으로 세계자연유산에 등재됨에 따라 한국의 위상도 그만큼 높아지게 되었다. 특히 세계유산기금의 기술적·재정적 지원과 함께 직·간접적인 홍보로 제주가 세계적인 자연문화 관광지로 부상하는 등 상당한 유·무형적인 효과가 기대된다. 보다 중요한 것은 어떻게 활용하고 가치를 극대화하는가에 달려있다. 특히 유산지구 총면적이 5,700만평으로 도 전체 면적의 10% 정도에 이르는 점을 감안할 때 앞으로 체계적인 관리와 보전 대책이 요구되고 있다.



4. 해안사구 보전의 필요성

사구지대를 보전해야 할 중요한 이유가 있다. 첫째, 생물종 다양성은 서식지 다양성으로부터 비롯된다. 따라서 생물종을 다양하게 보전하기 위해서는 독특한 생태계를 이루고 있는 특정 지역들을 보전해야 한다. 둘째, 대부분의 사구는 해수면이 낮아지거나 퇴적물의 공급이 많을 때 형성된다. 지구 온난화에 따라 해수면의 높이가 변하면 사구지대가 형성되는 환경도 바뀐다. 그러면 사구도 성장과 쇠퇴를 반복한다. 즉 사구지대는 환경 변화에 대한 반응이 빠르다. 따라서 모래가 운반되고 쌓이는 정도를 오랜 기간 동안 파악하면 사구의 현재 상황과 미래 모습을 예측할 수 있다. 이를 토대로 해수면의 상승여부와 해수면 변동에 따라 해안 지형이 어떻게 적응하는지도 판단할 수 있다.

해안사구 관리의 문제점을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 해안사구 조사·연구가 미비하다. 해안사구에 대한 정밀조사가 미흡하며, 해안사구 형성 메커니즘 규명이 미흡하다. 또한 훼손된 해안사구 복원기술 개발이 부족하다. 둘째, 해안사구 가치에 대한 인식이 미흡하다. 주민들은 해안사구가 태풍·해일로부터 배후지역을 보호하고 해안지역의 지하수 유지에 큰 역할을 한다는 사실을 인식하지 못하고 해안사구를 쓸모없는 땅으로 인식한다. 지방자치단체는 해안사구 형성 메커니즘을 인식하지 못하고, 해안사구에 콘크리트 제방이 필요하다고 인식한다. 셋째, 각종 개발에 따라 해안사구가 파괴된다. 해안도로, 위락시설, 부두시설 건설로 인한 파괴가 야기된다. 또한 골재채취 및 광물 채취 등에 의한 파괴도 나타난다. 여기에는 광업법에 의한 반도체·유리원료 채취, 골재 채취법에 의한 건설용 골재 채취 등이 있다. 그리고 각종 레저용 차량출입으로 인한 해안사구 식생이 파괴되고 있다.

해안 사구 위에는 보통 바닷바람을 막아 위한 방풍림이 조성되어 있다. 모래가 바람에 의해 육지 쪽으로 계속 이동하게 되면 주택과 농경지에 피해를 주

기 때문이다. 해안 사구는 자연경관이 뛰어나고 각종 희귀한 동식물이 서식하여 모래와 지하수의 저장 기능을 갖고 있어 생태적 보존 가치가 매우 높다. 하지만 많은 사구들이 개발에 의해서 파괴되었고, 현재 남아 있는 사구는 그리 많지 않다. 그 동안 쓸모없는 모래땅으로 인식되어 해수욕장이나 군사 광산 등 무분별한 개발이 이루어지면서 훼손된 것이다. 선진국에서는 일찍부터 사구의 보호와 관리에 많은 노력을 펼치고 있다. 미국 뉴저지 주립공원 아일랜드 비치의 경우, 수십 킬로미터에 이르는 해변 모래언덕에 울타리를 쳐 사람의 출입을 통제하고 있다. 또한 원칙적으로 사구 위에 콘크리트 건물을 짓지 못하도록 하고 있으며, 해변으로 가는 통로는 나무로 길을 놓아 모래를 밟지 않도록 사전에 예방하고 있다.

해안사구 형성 저해시설 관리방안으로 다음과 같이 제시할 수 있다. 해안사구 주변의 방조제 등의 인공구조물 건설은 연안역 퇴적물 이동의 변화를 가져옴으로써 퇴적·침식이 야기되는 지역이 나타나게 된다. 구조물 건설에 의한 지형변화를 막기 위하여 연안의 장기적인 변화과정 추적과 이를 근거로 한 정확한 예측이 필요하다. 이러한 구조물들을 설치하기 위하여 그 지역의 수리 및 지형 조건들을 면밀히 관찰하여 구조물 설치시 변화되는 영향을 파악하여 구조물의 위치, 규모, 공법의 적합성 여부 등을 다양한 각도에서 분석해야 한다. 퇴적물 이동을 제어하기 위한 반영구적인 구조물로 방사제, 도류제, 돌제, 이안제, 호안 등이 있다. 방사제는 모래 해안에 건설된 항만으로 토사 유입을 막아 항만 또는 항로의 매몰을 방지한다. 도류제는 해변에 있는 하천의 흐름을 유지하여 하천으로부터 유입되는 토사가 항만에 퇴적되거나 연안 토사에 의해 하천 입구가 매몰되어 홍수시 하천상류의 농경지가 침수되는 피해를 방지한다. 돌제나 이안제는 침식으로 인한 해안선의 후퇴와 상부의 도로나 건물 등을 보호한다. 호안은 큰 파도에 의하여 일부가 무너지기도 하고 해안사구와 해변의 모래 교환을 단절시켜 폭풍이 왔을 때 인근의 바다 속에 연안 사주 형성이 안 되고 큰 파도에 노출되어 해변의 모래가 쉽게 외해로 쓸려 나간다.

신규 시설물 설치시에는 다음을 유의해야 한다. 해안사구의 시설물들은 일차적으로 해안사구를 변형시키거나 파괴시키지 않는 범위 내에서 설치되어야 하며, 전체적으로 주변 경관과 조화를 이룰 수 있도록 환경친화적으로 설치해야 한다. 해안사구에 설치할 수 있는 최소한의 시설물로는 경계울타리, 탐방로, 전망대 등이 있다. 경계울타리는 해안사구가 침식되는 지역이나 식물식체를 한 지역들을 보행자나 방목하는 동물로부터 보호하는 기능을 가진다. 탐방로는 방부처리 후 충분히 건조시킨 목재로 설치하는 것이 가장 효과적이며, 독특한 해안사구 지형 및 식생을 효과적으로 관찰할 수 있도록 특색 있는 지역을 모두 포함할 수 있도록 배치하는 것이 필요하다. 전망대는 해안사구를 한눈에 볼 수 있는 곳에 설치하는 것이 좋으며, 해안사구의 탐방은 일정한 명수가 모여졌을 때 안내자를 동반하여 이용하는 것이 해안사구의 훼손을 최소화하고 환경을 이해시키는데 도움이 된다.¹⁶⁾

해안사구의 보존·관리 방안을 제시해보면 다음과 같다. 첫째, 보호가치에 따른 해안사구 관리방안이 필요하다. 해안사구의 보호가치를 평가하고 그 결과에 따라 해안사구를 보존·이용해야 할 것이다. 이를 위해 생태적 우수지역은 보존방안을 강구하고, 그 외의 지역은 환경친화적 이용을 해야 할 것이다. 둘째, 사전예방적인 보호방안이 필요하다. 한 번 훼손된 해안사구는 그 원형을 복원하기가 힘들기 때문에 개발사업 등에 대해 철저한 사전평가를 실시하여 해안사구 훼손을 사전에 방지해야 할 것이다. 셋째, 생태적 가치가 큰 해안사구는 절대 보존해야 할 것이다. 이를 위해 보호지역 지정, 개발행위 금지, 출입제한 조치 등을 강구해야 할 것이다. 넷째, 무분별한 개발행위를 제한해야 할 것이다. 연안지역 경관을 막는 건축행위는 규제하며, 각종 개발사업 추진시 사전환경성 검토 및 환경영향평가 협의를 강화하고, 해안사구 훼손을 막을 수 있는 대안을 검토해야 할 것이다. 다섯째, 불가피한 개발시 환경친화적 이용방안을

16) 환경부, 2002, 해안사구 보전관리지침, 환경부, pp30-31.

강구해야 할 것이다. 생태계 균형 유지 한도내에서 환경친화적으로 이용하고, 지역 주민들의 생태학습공간으로 활용해야 할 것이다. 여섯째, 훼손된 해안사구는 복원해야 할 것이다. 건축물 등이 들어선 해안사구에 대한 복원 방안을 마련하고, 해안사구와 해빈의 경계부근에 대한 환경친화적 복원을 강구해야 할 것이다. 일곱째, 지방 정부가 지역적 특성에 맞게 해안사구를 보전·관리해야 할 것이다. 또한 중앙 정부도 법적·제도적 지원을 해야 할 것이다.



V. 지역 환경 변화

1. 제주행원풍력발전단지의 개발

제주도 구좌읍 행원리는 바람을 제일 먼저 맞는 곳이어서 제주에서도 바람이 센 곳이다. 이러한 지리적인 여건 덕분에 풍력 발전기를 구좌읍 행원리에서 볼 수 있다. 고유가 시대를 맞아 바람으로 전기를 생산하는 풍력발전이 본격화되었다. 행원리는 연구지역인 김녕-월정리와 인접하여 위치해 있다. 김녕-월정리는 지역 주민들의 삶의 터전인 농경지에 강한 바람의 영향으로 모래가 날려 척박한 토양을 만들었다. 이에 비하여 <그림 64>에서 보는 바와 같이, 행원리 해안에는 15기의 풍력발전기가 강한 바람을 이용하여 전기를 생산하고 있다.



그림 64. 행원풍력발전단지 (2006. 11. 11. 촬영)

타워 높이 45m, 날개 길이 47m 규모의 풍력발전기는 그 자체로 관광자원이 되고 있다.

전세계 에너지 전문가들은 향후 40-50년 내 에너지 고갈의 위험성을 지적하고 있다. 지금도 석탄·석유·천연가스·원자력을 대체할만한 대형 에너지를 찾지 못한 상태이다. 그래서 생각해 낸 것이 소규모 에너지원이다. 현재 소규모 대체에너지로 개발 중인 것으로는 태양에너지·바이오매스(Biomass : 나무·숯·동물 폐기물·농업 폐기물을 총망라하는 개념)·풍력·파력·연료전지·지열·수소에너지·조력 등이 있다. 현재 풍력발전 비중이 가장 높은 나라는 풍차의 나라 덴마크와 네덜란드이며, 발전규모로는 독일과 미국이 앞선다. 특히, 덴마크는 풍력발전기 6,100개를 운영, 전체 전기소비량 중 13%를 생산 중이다.

풍력발전이란 바람이 가진 운동에너지를 이용하여 날개를 회전시켜 전기를 얻는 기술이다. 제주의 풍력발전 실용화사업의 시작은 1980년부터 비롯됐다. 4면의 바다 제주에 무한히 부는 바람을 이용하여 청정에너지로 활용하기 위해 시작됐다. 당시 호주의 목장에서 상용화하고 있는 2kW급 소형 풍차 4기를 도입하여 4군데 마을에 설치했으나 강풍과 돌풍 등에 날개가 부수어져 결국 실패했다. 이후 1984년 한국과학기술원(KIST)이 한림 월령지역에 「한·독 태양·풍력복합발전시스템」에 관한 국가 연구프로젝트를 맺고, 1992년부터는 한국에너지기술연구소가 이곳에 연구시스템을 보강하여 「신재생 에너지연구단지」를 출범시키면서 1998년 8월 600KW 풍력발전기 2기를 설치·가동한 것을 시작으로 「행원 풍력발전단지」를 조성했다. <그림 65>에서 보는 바와 같이, 1998년부터 2000년까지 총 116억의 사업비가 투입돼 풍력발전기 9기(발전용량 5천 565KW)가 설치·가동되고 있고, 2003년에도 37억원의 사업비를 들여 발전기 3기(2천 250KW 발전 용량) 설치되어 있다. 또 2004년에도 50억원을 들여 풍력발전기 3기를 설치해 행원단지 풍력발전 규모를 1만KW 규모로 늘리고 있다.

행원풍력발전단지의 입지 조건은 연평균 풍속이 초속 7.5m로 평균 풍력이용률(바람을 에너지로 바꿀 수 있는 비율)이 30%를 넘어선다. 일단 평균 풍력이용률이 25%를 넘으면 경제성이 있는 것으로 판단한다. 풍력발전기는 풍속이 초속 3m가 되면 가동되기 시작해 초속 4m부터는 전력이 생산되며, 초속 13m

면 전력이 100% 생산된다고 한다. 겨울철(11~4월)에는 바람이 많아 45% 정도, 9~10월은 평균치이고 5~8월은 20% 정도로 떨어진다.



그림 65. 월정리 해변에서 바라본 행원풍력발전단지 (2006. 11. 11. 촬영)

행원풍력발전단지는 구좌농공단지의 전력공급원으로 국내에서 최초로 조성되어 현재 무공해 에너지를 생산하고 있다.

제주도가 한국에너지기술연구원과 함께 국제인증 육상풍력발전 실증기지 유치사업을 확정하는 등 신·재생에너지 연구기지 조성 사업이 조성 중이다. 제주도는 한국에너지기술연구원이 요구한 구좌읍 김녕리 소재 도유지 29,000평을 신·재생에너지 사업 연구부지로 매각키로 결정해 이미 1차로 확보한 땅을 포함해 모두 37,300평의 연구부지가 갖춰지게 됐다. 에너지기술원은 이곳에 634억원을 들여 육상에는 풍력, 태양광, 태양열 해수담수와, 수소·연료전지 실험실과 해상에는 해상 풍력, 해상기상탑, 해저연계선 등 13동의 연구시설과 실험실, 그리고 지원센터 등을 짓게 된다. 지금까지는 태양광 발전시스템 3기(15kw), 국산 인증 1.5MW급 풍력 1기와 고공 기상탑, 태양열 해수 담수화 시스템, 그리고 수소·연료전지 제조 시스템을 설치했다.

2. 해안도로, 펜션 등의 개발로 인한 변화

가. 도로 건설로 인한 환경 변화

제주도의 도로는 3개의 순환도로, 해안지대를 도는 12번 국도로도 모자라 해안선 바깥 붙어 건설되는 해안도로, 제주도를 남북으로 연결하는 7개의 종축도로, 여기에 미로처럼 얽혀있는 시군도와 농어촌도로 등으로 제주도의 생태계는 파편화되었다. 특히 제주를 넘어 국내는 물론이고, 세계에서든 큰 의미와 가치를 가진 자연자원인 꽃자왈이 도로로 인해 심각하게 훼손되었다.

1) 꽃자왈의 훼손

자갈 속에 생명이 있는 숲이라 불리우는 꽃자왈은 나무와 덩굴, 암석 따위가 마구 엉켜져 수풀같이 어수선하게 된 곳을 말하는 제주방언이다. 꽃자왈은 제주의 허파로 불리운다. 꽃자왈(Gotjawal)이란 “화산분출시 점성이 높은 용암이 크고 작은 암괴로 쪼개지면서 분출되어 요철(凹凸)지형을 이루며 쌓여있기 때문에 지하수 함양은 물론, 보온·보습효과를 일으켜 열대식물이 북쪽 한계지점에 자라는 북방한계 식물과 한대식물이 남쪽 한계지점에 자라는 남방한계 식물이 공존하는 세계 유일의 독특한 숲”을 말한다.

<그림 66>에서 보는 바와 같이, 꽃자왈을 관통하는 주요도로로는 애월 꽃자왈을 단절시키는 평화로로 이름 붙여진 95번 지방도(제주시와 대정읍을 잇는 도로)와 제1산록도로, 안덕 꽃자왈을 단절시키는 평화로와 중산간도로가 있다. 또한 월림-신평 꽃자왈을 단절시키는 제2산록도로와 1121도로, 조천-함덕 꽃자왈을 단절시키는, 남조로라는 이름이 붙여진 1118번 지방도와 번영로라는 이름이 붙여진 97번 지방도, 조천-함덕 꽃자왈을 가로지르는 중산간도로, 구좌-성산

곶자왓지대를 단절시키는 비자림로라는 이름이 붙여진 1112번 지방도가 대표적으로 곶자왓지대를 단절시키는 도로이다. 이 밖에도 크고 작은 규모의 시군도와 농어촌도로 등이 곶자왓 지대를 가른다. 이들 도로는 곶자왓을 파편화할 뿐만 아니라, 파편화 현상에 따른 곶자왓 식생변화의 원인으로 작용한다. 곶자왓 등 중산간 지역의 대규모 개발사업 승인은 불투수지역을 증가시켜 도민의 90%가 살고 있는 해발 200m 이하의 수해를 증가시켰다.



그림 66. 2005년 제주도 도로망도(1:78,500)

자료 : 중앙지도문화사

2) 야생동물 생태 이동 통로의 감소

도로로 인한 생태축 단절은 바로 로드킬(road kill)로 이어진다. 제주도의 대표 야생동물은 누가 뭐라해도 노루이다. 제주도 전체에 살고 있는 노루의 개체수가 1,500-2,000마리 정도인데, 해마다 로드킬로 죽어가는 노루의 개체수가 발견된 것만으로도 100여 마리 정도라고 하니 끔찍한 일이다. 야생동물이 마음 놓고 이동할 수 있는 생태 이동 통로를 만드는 것이 필수적이다.

3) 해안 저지대의 침수 피해 증가

도로는 수해를 가져오기도 하는데 제주도의 도로도 예외는 아니다. 선홍곶 자왈에서 내려오는 길에 농어촌도로가 생긴 이후 구좌읍 하도리 사람들은 물 피해를 입었다고 한다. 농어촌도로가 물길 역할을 해서 12번 국도를 따라 해안가가 물에 잠기는 일이 종종 발생한다는 것이다. <그림 67>과 <그림 68>에서 보는 바와 같이, 최근에 도로 갓길에 폭 1m, 깊이 1m쯤 되어 보이는 대형 빗물 배수관이 만들어졌다. 그러나 집중호우시에 내리는 많은 물을 감당하기가 어렵다.



그림 67. 홍수 조절을 위한 저류지 시설 (2006. 11. 11. 촬영)



그림 68. 홍수 조절을 위한 저류지 시설 (2006. 11. 11. 촬영)

홍수시에 배수관을 통해 범람한 빗물이 유입된다.

4) 해안도로의 건설로 인한 변화

제주도 도로 문제를 언급할 때 빼놓을 수 없는 것이 해안도로이다. 김녕-한동리, 세화-하도리-종달리-성산, 산양리-신산리, 표선리일대, 일과리-신도2리 등이 대표적이다. 해안도로의 가장 큰 문제는 제주도의 차별성 있는 관광자원을 모두 훼손시켰다는 점이다. 제주를 섬의 지역으로 관광자원에서 해안선은 매우 중요하다. 그런데 거꾸로 관광자원화란 명목으로 해안선을 따라 도로를 건설하는 근시안적 정책으로 지금은 육지와 차별성 있는 제주의 해안은 거의 남아 있지 않다. <그림 69>에서 보는 바와 같이, 제주의 해안도로의 가장 큰 문제는 해안경관을 고려하지 않고 바닷가에 바로 붙여 도로를 건설했다는 점이다. 이로 인해 해안사구 등의 생태환경을 훼손하였다. 해안도로 건설, 공유수면 매립 등은 해수면 상승과 그로 인한 피해를 저감시킬 수 있는 완충지대를 파괴하는 것이다.



그림 69. 김녕리에서 월정리로 가는 해안도로와 펜션 (2006. 10. 28. 촬영)



그림 70. 김녕리에서 월정리로 가는 해안도로변에 있는 펜션

(2006. 10. 28. 촬영)

지역의 관광산업 활성화에 도움이 될 것이다.

5) 자연재해의 증가

재해대책의 문제도 제기되고 있다. 제주도처럼 태풍이 빈번하거나 큰 파도가 있는 곳에서 바닷가에 도로를 건설하여 재해를 더욱 가중시키고 있다. 특히 해안도로는 이용률도 떨어진다. 평소 해안도로는 차가 거의 다니지 않거나 가끔씩 다니고 있다. 해안선을 따라 도로를 건설하는 전근대적인 접근이 제주만의 관광자원을 다 훼손한 것이다.

6) 농어촌도로의 무분별한 개발

제주도 도로의 또 다른 문제는 무분별하게 포장되는 농어촌도로이다. 현재도 농어촌도로가 곳곳에 건설 중이다. 이미 마을 농지를 중심으로 촘촘하게 콘크

리트도로가 있음에도, 그 주변에 농어촌도로라며 2차선 아스콘도로를 건설하고 있다. 성산읍 삼달리-신평리 구간은 거의 공사를 완료한 단계다. 신흥리-수망리 구간도 현재 공사가 거의 끝난 상태다. 공사가 진행 중인 곳으로부터 약 500m 주변에 기존 지방도로가 있으며 건설구간 내에도 콘크리트 도로가 존재한다.

제주도의 도로 포장율이 82.7%로 서울, 부산, 대전, 대구, 인천 등 7개의 광역시를 제외하고, 전국광역시 가운데 가장 높다는 통계자료는 이를 뒷받침해 준다. 현재 제주도의 도로 총연장은 3,200km에 이른다. 1946년 306.1km에 비해 무려 11배가 증가한 것이다. 도로는 편리함과 효율성을 가져다준다. 하지만 제주처럼 관광산업이 주된 경제활동인 지역에서 도로의 무분별한 확대는 두고두고 이용해야 할 관광의 가장 핵심적인 자원인 자연과 문화 등의 원형을 남김없이 바꾸어 버린다는 문제를 초래하였다.

연구지역인 김녕-월정리 해안은 자연경관이 아름답기로 유명하여 해안도로를 따라서 관광할 수 있도록 기존의 일주도로가 아닌 해안선 바로 가까이를 따라 해안도로가 건설되어 있다. 해안도로 뿐만 아니라 자연경관이 아름다운 전망이 좋은 곳을 중심으로 펜션이 집중적으로 건설됨에 따라 해안선 가까이의 도로에 접해 있는 곳에 우뚝 솟아 있는 펜션의 모습은 주변 환경과 어울리지 않는다. 해안도로, 펜션 등의 개발로 인해 해안사구가 훼손되고 있다.

나. 집중호우로 인한 마을의 침수 피해 증가

<그림 71>에서 보는 바와 같이, 2007년 9월 4일부터 3일간 제주지역에 내린 게릴라성 폭우로 김녕·북촌·함덕리에서 총 118가구가 침수피해를 입었다. 시간당 200mm라는 초유의 폭우 앞에서 인간의 한계를 실감했다는 것이다. 제주시 동부권 지역에서 발생한 피해액이 2007년 9월 7일 현재 총 8억 2,000만원에 이른다. 2007년 9월 7일 제주시는 구좌, 조천, 봉개 등 제주시 동부권 일원에서 주택과 농경지 침수 및 공공시설 피해액 중 사유시설 3억 1,000여 만원, 공공시설 4억 3,000여 만원, 기타시설 8,000여 만원 등에 이른다고 잠정 집계 결과를 밝혔다.¹⁷⁾



그림 71. 제주시 구좌읍 김녕리 수해침수가옥

자료 : 제주의 소리 (2007. 9. 7.)

17) 제주의 소리 신문기사, 2007년 9월 7일자.

제주시 지역에서 이번 집중호우로 인한 피해는 인명피해 사망 2명, 주택피해 130동 침수, 농작물 피해 경작지 936ha, 농경지 유실·매몰 피해 55ha, 가축폐사 양계 병아리 18,000여 마리, 함덕해수욕장 옹벽 및 산책로, 야영장 유실 등이다. 제주시는 공무원·자율방재단·주민·자생단체회원 1,200여명과 양수기 등 4,000여점의 장비를 동원 긴급 복구에 나서고 있다. 제주시는 주택침수된 130동에 대해 응급조치를 완료하고, 농경지 유실, 수산양식시설 피해, 축산시설 피해, 공공시설 등의 자세한 피해 내용을 조사하고 있다. 이를 위해 긴급장비 임차료에 필요한 재난관리기금을 지원 요청했다. 제주시는 농경지 유실과 침수, 수산·축산시설, 공공시설 등에 대한 호우 피해내역이 계속 추가 접수되고 있어 피해액 규모는 더 늘어날 것으로 보고 있다.

구좌·조천읍은 2004년 때와 같이 2007년에도 3년전에 있었던 물난리가 반복되었다. 마을은 물에 잠기고 양식장에 토사가 덮쳐 양식넙치가 폐사하는 피해를 입었다. 이것은 우회도로 개설 후에 물이 빠지지 않아 집중호우로 인해 많은 비가 내리면 초래되는 것이다. 2007년 9월 4일부터 제주에 내린 집중호우로 구좌읍 송당리·김녕리, 성산읍 신평리, 표선면 성읍리, 조천읍 함덕리·조천리 등의 제주 동부 지역이 큰 피해를 입었다. 이것은 해안도로나 중산간에 우후죽순으로 도로를 만들고 골프장을 만든 대가이다. 이제부터 현무암 토양으로 인해 물난리가 없다는 제주도는 맞지 않는 것으로 보인다.



그림 72. 구좌읍 송당리의 도로 유실

구좌읍 송당리는 범람한 하천 물로 도로 곳곳이 유실되고 쓰레기더미와 토사가 쌓여있다.

자료 : 제주의 소리 (2007. 9. 7.)

제주도 재난안전대책본부가 도내 44개 지점에서 측정한 누적 강우량은 6일 오전 2시 현재 구좌읍 송당리 532mm, 성산읍 신흥리 473mm, 표선면 성읍2리 412mm, 조천읍 조천리 407mm를 기록해 동부권에 집중된 반면, 애월 대정 등 서부권은 최저 37mm~최고 100mm 안팎에 불과했다. <그림 72>에서 보는 바와 같이, 동부권에 폭우가 집중되자 구좌읍 송당리 일대는 범람한 하천 물로 도로가 유실되었다. 폭우와 함께 갑자기 하천물이 불어나면서 도로로 범람하여 마을 일부 지역이 침수 피해를 입었다. 이렇게 중산간을 휩쓸고 지나간 폭우는 하천과 낮은 지대를 따라 해안마을을 침수시켰다. <그림 73>에서 보는 바와 같이, 구좌읍 행원·김녕·함덕·조천 등에서 가옥이 침수되고 곳곳의 농경지도 침수 피해를 입었다.



그림 73. 구좌읍 행원리 농경지 침수

자료 : 제주의 소리 (2007. 9. 7.)



그림 74. 홍수·침수로 인한 양식 넙치 피해

구좌읍 월정리 A양식장은 갑자기 불어난 빗물이 유입되어 침수, 양식넙치들이 피해를 입었다.

자료 : 제주의 소리 (2007. 9. 7.)

<그림 74>에서 보는 바와 같이, 해안에 자리잡고 있는 일부 양식장은 갑자기 불어난 빗물로 양식넙치가 폐사하는 피해를 입었다. 구좌읍 월정리 A수산의 경우 양식장을 향해 만들어진 물길 때문에 큰 피해를 입었다. 물길을 따라 1m이상의 폭우가 몰려와 양식장을 덮쳐 피해를 입었다.

제주 동부권 지역은 3년전인 지난 2004년 9월에도 최고 441mm의 집중호우로 18,000여명의 이재민이 발생하고 양식넙치 320여만 마리, 가축 37,000여 마리가 폐사하는 등 총 65억원의 큰 재산피해를 냈던 지역이다. 이번 집중호우와 관련 제주지방기상청은 “제주도 남쪽 해상에서 접근해오는 발달한 저기압이 지속적으로 유입되는 동풍기류와 만나 한라산에 부딪치면서 특히 동부 지역과 중산간 지역에 매우 강한 비를 뿌린 것”이라고 설명했다. 그러나 전에 없이 제주지역에서 대형 침수피해가 잦아지고 있는 원인을 놓고 □□무분별한 난개발로 인한 인재□□라는 지적이 나오고 있다.



그림 75. 침수된 도로 복구 작업 현장

김녕리 마을길이 침수되자 복구반이 장비를 동원하여 물을 걷어내고 있다.

자료 : 제주의 소리 (2007. 9. 7.)



그림 76. 물에 잠긴 김녕리 상가 건물

자료 : 제주의 소리 (2007. 9. 7.)

<그림 75>와 <그림 76>에서 보는 바와 같이, 김녕리 마을가옥 10여채는 집이 완전히 물에 잠겼다. 일부 상가건물의 지하도 물에 잠겨 버렸다. 문제는 해안도로나 위쪽으로 우회도로가 건설된 뒤로 큰 비만 오면 이런 피해를 입고 있다는 것이다. 함덕, 조천 일대 20여채 가옥도 침수피해를 입었다. 해안도로나 우회도로의 건설 및 중산간 지대 곳자왓 지역이 지형을 무시한 채 거미줄처럼 마구잡이로 뻗어가는 도로공사와 골프장 등 시설물 난립으로 인해 시름시름 앓는 사이 언제 어디서 이런 인재가 또다시 발생할지 모르는 상황이다.

다. 지역 개발과 주민 생활이 지역 환경에 미치는 영향

지역 개발은 지역이 당면하고 있는 문제를 해결하는 한편 합리적인 발전을 도모하기 위하여 중앙정부 또는 지방자치단체가 추진하는 종합적이고 쇄신적인 사업이라고 규정할 수 있다. 교통망과 전기·통신 시설의 구축, 경지 정리, 제방 축조, 생활환경개선 등 생산 기반과 삶의 질을 향상시키고 주민의 소득을 높여서 지역을 더 살기 좋은 곳으로 만드는 것이 지역 개발의 목표이다.(박종화 등, 2001)

선진국에서는 사빈과 해안사구가 자연과학적인 관점 뿐만 아니라 주민생활, 관광·휴양, 자원개발의 측면에서도 중요한 해안지형이다. 그리고 사빈은 각종 해안지형 중에서 연구가 가장 활발한 분야이다. 우리나라는 3명이 바다로 둘러싸여 있으나 사빈에 대한 연구가 극히 부진하다. 해안사구는 사정이 다소 달라 지형학, 지질학, 생태학, 조경학 등의 분야에서 꾸준히 관심을 가져왔다.¹⁸⁾

사빈과 해안사구가 해수욕장으로 개발, 이용되는 경우에는 휴양자원의 기능을 발휘하기 때문에 가치가 더욱 높아진다. 우리나라에서 각종 자가용 승용차가 급증하고 교통혼잡과 체증이 일상화한 것은 1980년대 후반이다. 자가용 승용차의 보급은 국민관광시대를 열었으며 피서철의 해수욕장은 인파로 뒤덮인다.

1) 해안사구의 개발과 보존

사빈과 해안사구가 인근의 경관과 조화를 이루는 경우는 해수욕장으로 개발·이용된다. 해안사구는 관광자원으로 중요할 뿐만 아니라 바다와 육지의 상호작용, 생태계의 측면에서도 가치가 높은 지형이다. 지역 개발에 따라 모래 유

18) 강대균, 2003, 지역개발과 주민 생활이 환경에 미치는 영향, 환경영향평가 제12권 제4호, p292.

실이 증가하여 사구의 파괴가 진행되고 있다.

국가에서는 생물자원을 지속적으로 이용하고 효과적으로 관리하기 위하여 환경부 주관으로 제 1차 전국자연환경조사를 1986년부터 1990년까지 5개년에 걸쳐 시행한 바 있다. 제 2차 전국자연환경조사는 1997년부터 2003년까지 7개년에 걸쳐 추진되고 있으며 이 기간에는 동식물과 함께 지형분야의 조사가 추가되었다. 이것은 생물다양성의 보전 뿐만 아니라 해안의 관리와 보존에 효율적으로 활용될 수 있을 것이다.¹⁹⁾

개발과 보존의 문제는 어느 하나를 취하고 버릴 수 있는 성질의 것은 아니다. 그러나 개발이 보존보다 우선하는 사례가 곳곳에서 발견된다. 각종 개발은 본 연구지역의 해안지형을 변모시키는 주요 요인이다. 해안사구를 따라 구 도로를 확 · 포장하는 한편 해안관광도로를 새로이 건설하였다. 도로의 건설은 불가피하게 해안사구와 식생의 훼손을 수반한다.

2) 해안사구의 이용

해안사구는 취락의 입지로 채택되는 예가 적지 않다. 모래를 동반한 바닷바람은 해안사구의 취락에도 많이 불어온다. 따라서 해안사구의 방풍림은 마을 인근에서부터 식재되는 것이 보통이다.

김녕 · 월정 해안은 사빈과 해안사구의 발달이 탁월하다. 1990년대에 접어들어 자가용 승용차가 널리 보급되고 도로가 정비되면서 여름철의 피서지로 각광받고 있다. 지금은 여름철 이외의 기간에도 단순히 바다를 찾는 사람들이 많다. 이에 따라 교통이 편리한 사빈을 갖춘 해안사구는 거의 전부 해수욕장으로 개발되었다. 이러한 해안사구는 각종 시설물이 많이 들어선다. 이때 곰솔 등의 식생을 제거하고 지면을 고르는 것과 같은 소극적인 파괴가 진행되기도 한다.

19) 강대균, 2003, 지역개발과 주민 생활이 환경에 미치는 영향, 환경영향평가 제12권 제4호, p295.

해수욕장으로 개발된 해안사구는 사람들에게 많이 알려졌다. 해안사구에는 취락이 입지하기도 하고 사구 자체가 농경지로 이용되기도 한다. 특히 사구원은 밭으로 이용되는 면적이 넓다. 해안사구는 육지와 바다의 경계부에 발달한 해안퇴적지형이다. 해안으로의 모래의 공급과 제거 사이에 균형이 상실된 오늘날에는 지형의 파괴가 일어나고 있다. 해안사구는 지역 개발과 주민 생활의 영향도 크게 받고 있다. 특히 지역 개발은 해안사구의 지형과 생태계에 미치는 영향이 크다.

지역 개발은 지역의 생산기반을 확고히 다지고 주민의 소득을 증대시켜 더욱 살기 좋은 고장으로 만들기 위한 노력의 일환이다. 그러나 삶의 질을 향상시키기 위한 개발 행위가 오히려 자연 환경의 훼손을 야기하는 것이 보통이다. 이러한 지역 개발의 영향이 해안지방에서도 나타나고 있는 것이다.



VI. 결론

해안사구는 태풍, 해일 등에 의해 바다와 가까운 해변 지역의 모래가 없어지면 자기가 갖고 있던 모래를 나누어주고, 파도가 세게 몰아칠 때 막아주는 방파제 역할을 한다. 해안사구는 바다와 인간 모두의 든든한 지킴이라고 할 수 있다. 또한 해안사구는 척박한 환경을 이겨내고 뿌리를 내린 희귀식물들의 삶의 터전이기도 하다. 해안사구의 모래 사이에는 물이 스며드는 공간이 있는데 이 공간은 지하수를 저장하는 물통 역할을 한다. 해안지역의 사구식물은 자연 방파제, 모래 포집기 역할 등을 하는 관계로 이들 지역에서의 개발행위는 가능하면 최소화되도록 해야 한다.

연구 지역은 사구의 일부를 훼손하여 도로를 건설함에 따라 겨울철 북서풍에 의해 모래가 날려 도로 위에 올라오고, 올라온 모래가 다시 사빈인 해수욕장으로 내려가지 않는 등의 모래 유실이 심각하다. 도로, 농경지, 취락, 민박집(펜션) 등의 개발로 인해 나타나는 사구의 훼손이 심각하다. 연구 지역인 김녕-월정은 과거에 모래가 너무 많아 농사짓기에 부적합한 땅이었다. 그러나 근래에 들어와서 마늘, 양파, 파, 홍당무, 깻잎 등의 밭작물을 재배하여 농가 소득을 올리고 있다.

제주도내 지정 해수욕장인 제주시내 이호, 삼양, 협재, 괭지, 김녕, 서귀포시내 중문, 하모, 신양, 화순, 표선 해수욕장 등 10군데 해수욕장 가운데 삼양을 제외한 곳은 모래유실로 인해 환경이 급속도로 악화되고 있다. 해수욕장의 모래유실의 원인에는 여러 가지가 있겠으나 도내 곳곳에서 시행된 크고 작은 공유수면 매립이나 개발 사업으로 인한 해안사구의 훼손 및 시멘트로 옹벽을 쌓거나 방파제 축조로 인해 침식이 가중된 것이 가장 큰 원인이다.

해안지역에 대한 개발과 인공시설물의 설치에 따라 사빈의 모래가 급속히 유실되고, 그에 따라 해안 환경의 균형이 깨어지는 것이다. 해안도로 건설, 공

유수면 매립 등은 해수면 상승과 그로 인한 피해를 감소시킬 수 있는 완충지대를 파괴하는 것이다. 그리고 곳자왈 등 중산간 지역의 대규모 개발사업은 불투수지역을 증가시켜 도민의 90%가 살고 있는 해발 200m 이하 지역의 수해를 증가시키는 원인이다.

해수욕장의 모래 유실은 단순히 그 해수욕장내 백사장의 규모가 줄어든다는 것만을 의미하는 것이 아니라 제주도내 전 해안의 생태계 변화로 이어질 수 있는 실로 심각한 문제이다. 따라서 사빈과 해안사구에 대한 광범위하고 집중적 조사를 실시해 대규모 개발이 아닌 생태관광과 교육의 장으로 활용하는 것이 진정한 보존과 개발이다. 사빈과 해안사구를 이용함에 있어 지속가능한 생태를 유지해야 한다.

연구지역에서 해안도로, 펜션, 음식점 등의 개발로 인한 지역 변화가 초래되었다. 도로 건설로 인한 환경 변화에는 곳자왈의 훼손, 야생동물 생태 이동 통로의 감소, 해안 저지대의 침수 피해 증가, 해안도로의 건설로 인해 관광자원인 해안선의 훼손과 해안사구 등의 생태환경의 훼손, 자연재해의 증가, 농어촌도로의 무분별한 개발 등을 들 수 있다. 또한 해안사구의 일부를 훼손하여 만든 해안도로와 우회도로의 건설 후에 집중호우로 인한 마을의 침수 피해가 더욱 증가하고 있다. 게릴라성 폭우로 몇 년마다 반복되는 도로, 가옥, 농경지 침수 및 유실이 심각해지고 있다. 이에 따라 해안사구 보전의 필요성이 더욱 증대되고 있는 것이다.

해안사구를 중심으로 제주도 지역의 농경지 및 생물 자원의 정보를 종합적으로 정리하여 보전과 관리를 위한 기초 자료로 활용하도록 하는 작업이 시급하다. 이러한 방안들이 실효를 거두기 위해서는 계획과 실행 단계에서 지역 주민들 뿐만 아니라 정부와 시민 단체의 지속적인 관심과 적극적인 지원이 필요하다. 해안사구를 보전하려는 지역 주민의 자발적인 참여 태도와 정부의 지원 및 시민단체의 관심이 함께 할 때 해안사구는 지속가능성을 지닌 미래의 자연유산으로 우리의 삶에 새롭게 자리 매김 할 수 있을 것이다.

참고문헌

< 지도 >

- 국립건설연구소, 1972, 금녕 지형도(1:25,000).
국토지리정보원, 1982, 제주·성산 지형도(1:5,000).
_____, 1991, 제주·성산 지형도(1:5,000).
_____, 1998, 제주·성산 지형도(1:5,000).
_____, 2005, 제주·성산 지형도(1:5,000).
중앙지도문화사, 2005, 제주도도로망도(1:78,500).

< 논문 및 단행본 >

- 강대균, 2003, 지역개발과 주민생활이 환경에 미치는 영향 - 충청남도의 비치와 해안사구를 사례로, 환경영향평가 12(4), 291-302.
_____, 2003, 충청남도 해안에 발달한 해빈과 해안사구, 한국지구과학회지 24(6), 568-577.
_____, 2003, 해안사구의 물질 구성과 플라이스토세층 - 충청남도의 해안을 중심으로, 대한지리학회지 38(4), 505-517.
권동희, 2006, 한국의 해안지형 연구성과와 과제, 한국지형학회지 13(2), 23-35.
기상청, 2001, 한국의 기후표(1971-2000).
김남형·장성훈, 2001, 제주도 사빈 해수욕장의 해양환경 조건에 관한 기초조사, 한국해양공학회지, 4(3), 53-64.

- 김대현, 2003, 식생의 공간적 분포와 토양·지형·거리 요소들 사이의 관계에 관한 연구 - 신두리 해안사구 지대를 사례로, 서울대학교 석사학위 논문.
- 김성환·서종철, 2007, 해안사구 습지의 지형적 특성과 유형분류, 한국지형학회 2007년 동계학술대회 자료집.
- 김태보, 1997, 김녕해수욕장 개발 기본 계획 1990, 북제주군·제주대학교관광산업연구소, 13-104.
- 김태호·박성훈, 1998, 제2차 전국자연환경조사보고서(1997년 1차년도) 제주도 해안지역의 자연환경 - 기초조사 -, 환경부, 3-103.
- 김태호, 2003, 제주도 해안지대의 지형분류, 한국지형학회지 10(1), 33-47.
- 김혜진, 2002, 인공구조물이 해안 지형 형성에 미치는 영향 - 포항 송도 해안 지역을 대상으로, 이화여자대학교 석사학위논문.
- 남혜정, 2005, 해안 지역의 환경 변화와 관리 방안에 관한 연구 - 안면도 사빈과 사구를 중심으로, 한국교원대학교 석사학위논문.
- 류완상, 2002, 해안사구의 바람과 비사에 관한 연구 - 서해안 신두리를 사례로, 서울대학교 석사학위논문.
- 문희선, 2004, 인간의 간섭에 따른 해안 경관 변화 - 강화도 남단 해안을 중심으로, 한국교원대학교 석사학위논문.
- 박경, 2002, 동해안사구, 자연보존, 2002(3), 25-31.
- 박경·손일, 2007, 제주도 김녕·월정 사구의 OSL 연대 측정결과와 그 의미, 한국지형학회 2007년 동계학술대회 자료집.
- 박경·손일·장은미, 2004, 제주 김녕-월정 사구의 발달과정에 관하여, 한국지역지리학회지 10(4), 851-864.
- 박경·장은미, 2002, GIS 기술과 현지 모니터링을 이용한 해안사구 변화 탐지, 대한지리학회지 37(5), 511-521.
- 박의준, 2001, 인위적 환경변화에 따른 해안 지역 퇴적 환경의 변화, 대한지

- 리학회지 36(2), 111-125.
- 박종화, 윤대식, 이종열, 2001, 지역개발론 - 이론과 정책 -, 박영사.
- 북제주군지(北齊州郡誌) 상(上), 2000, 북제주군(北齊州郡). 190-193.
- 서종철, 2001, 서해안 신두리 해안사구의 지형변화와 퇴적물수지, 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- _____, 2002, 원격탐사와 GIS 기법을 이용한 신두리 해안사구지대의 지형변화 분석, 한국지역지리학회지 8(1), 98-109.
- _____, 2003, 천연기념물로 지정된 모래사막 해안사구, 과학동아, 2003(08), 96-103.
- _____, 2004, 해안 사구에서의 유효 풍속과 지형 변화, 한국지역지리학회지 10(3), 667-681.
- _____, 2005, 사계 해안사구의 지형과 형성 환경, 2004 전국해안사구정밀조사보고서, 261-283.
- 서종철 · 손명원 · 김성환, 2007, OSL 연대측정법을 이용한 해안사구와 단구 퇴적물의 형성 연대, 한국지형학회 2007년 동계학술대회 자료집.
- 손명원, 2005, 사계 해안사구의 퇴적물 분석, 2004 전국해안사구정밀조사보고서, 283-300.
- 우경식 · 김진경, 2005, 제주도 협재 지역에 분포하는 해안사구의 구성성분과 형성시기 : 홀로세 후기의 해수면 변화에 대한 고찰, 지질학회지 41(4), 499-510.
- 유근배, 2007, 한국 서해안의 해안사구, 서울대학교출판부.
- 윤정수 · 고기원, 1994, 제주도 연안 해빈퇴적물의 계절적 변화에 관한 연구, 한국지구과학회지 15(1), 46-59.
- 이민부, 2006, 한국교원대학교 지리교육과 환경지리학강의교재, 한국교원대학교.
- 장은미 · 박경, 2006, 항공사진의 질감 분석을 통한 김녕사구지역의 지형지물

- 추출, 대한지리학회지 41(2), 139-149.
- 정광중, 2004, 한국지리지 제주편 제1장 제주지방 - 과거와 현재, 제주교육대학교.
- 박기화 외, 2003, 제주도 지질여행, 한국지질자원연구원 · 제주발전연구원.
- 제주 섬을 지켜온 전통 생활 안전 시설, 2004, 제주도제주시교육청, 4-6.
- 제주향토학습자료 - 옛날엔 영 살았젠 -, 2005, 제주도제주시교육청.
- 지옥미 · 우경식, 1995, 제주도 해빈퇴적물의 구성성분, 해양학회지 30(5), 480-492.
- 피터 W. 프렌치(French) · 유근배, 2007, 해안보호, 도서출판 한울.
- 한국자연지리연구회, 2000, 자연환경과 인간, 한울아카데미.
- 한태홍, 1993, 제주도연안 해빈과 사구에 관한 연구, 경희대학교 박사학위 논문.
- _____, 1997, 제주도 김녕 · 평대 · 하도 지역의 해빈과 사구, 한국지형학회 1997년도 학술대회 자료집.
- _____, 1998, 제주도 연안 해빈과 사구 연구, 한국지형학회지 6(1), 73-87.
- 향토지(북제주) 구좌지역 I vol 6, 1994, 제주대학교, 7-31.
- 환경부, 2001, 우리나라 사구실태 파악과 보전 · 관리 방안에 대한 연구, 한국해양연구원.
- _____, 2002, 해안사구 보전 · 관리지침, 환경부.
- 환경부;국립환경연구원, 2005, 전국해안사구정밀조사보고서(2004-Ⅱ):섬지코지,협재,사계, 환경부.

< 국외서 >

- Pye, K., 1990, Physical and human influences on coastal dune development between the Ribble and Mersey estuaries, northwest England. In: Nordstrom, K.F., Psuty, N.P., & Carter, B. (Eds.), Coastal dunes, Form and Process, Wiley and Sons Ltd., Chichester.
- Sherman, D.J., and Bauer, B.O., 1993, Dynamics of beach dune systems, Progress in Physical Geography, 17(4), 413-447.
- Short, A.D., and Hesp, P.A., 1982, Wave, beach and dune interactions in southeast Australia, Marine Geology, 48, 259-284.
- van Zuidam, R.A., Farifitch, J.E.M.A., and Tao, C., 1998, Developments in remote sensing, dynamic modelling and GIS applications for integrated coastal zone management, Journal of Coastal Conservation, 4, 191-202.

< 인터넷 및 영상자료 >

구글어스

국립환경연구원 (<http://www.ngi.go.kr>).

국토지리정보원 (<http://map.ngii.go.kr>).

국토지리정보원 국토공간영상정보 (http://210.117.198.15/ngi_web/index.asp).

세계자연유산등재추진위원회 (<http://jejuwnh.jeju.go.kr>).

시민의 신문 2007년 03월 30일

제주김녕해녀마을(<http://jejuvill.net/jejutown>).

제주일보 2007년 06월 28일

제주의 소리 2003년 08월 12일(<http://www.jejusori.net>).

_____ 2005년 04월 23일(<http://www.jejusori.net>).

_____ 2005년 06월 16일(<http://www.jejusori.net>).

_____ 2007년 01월 01일(<http://www.jejusori.net>).

_____ 2007년 08월 03일(<http://www.jejusori.net>).

_____ 2007년 09월 06일(<http://www.jejusori.net>).

_____ 2007년 09월 07일(<http://www.jejusori.net>).

제주특별자치도청(<http://www.jeu.go.kr>).

콩나물닷컴 블루버드(<http://www.congnamul.com>).

한국언론재단(<http://www.kinds.or.kr>).

환경부(<http://www.me.go.kr>).

환경부 환경지리정보(<http://egis.me.go.kr>).

KBS, 2006, 2월 20일자 9시 제주 뉴스 심층보도(<http://www.kbs.co.kr/1tv>).

ABSTRACT

A Study on Environmental Change of Gimnyeong-Woljeong Coastal Sand Dune Area in Jejudo

Choi, Jin-Hee

Major in Geography Education
Graduate school of Education
Korea National University of Education
Chung-Buk, KOREA

Supervised by Professor Lee, Min-Boo, Ph. D.

This study is intended to examine geographical characteristics of the sand dune whose inland is developed in Gimnyeong and Woljeong region among the coastal sand dunes of Jejudo, and to suggest the alternatives on a reasonable preservation plan of coastal sand dune through identifying a change of coastal sand dune's view caused by the change of land use and the problem of coastal sand dune management.

As the method of the study, a distribution range of sand dune was identified through 1:5000 topographical map, 1:25,000 topographical map, aerial photography and satellite photography of Gimnyeong and Woljeong region in Jeju-do. Then, the change of the land use and changed image

of region's review were identified through a field research and literature survey including the photography by observation of geographical characteristics and an interview with residents and the authority's officials. In order to identify the change of the region's environment, an indoor survey and field survey was conducted including Jeju press's related contents and news articles together. Based on it, the problem and preservation plan of coastal sand dune management was reviewed and then alternatives were suggested.

In terms of the characteristics of sand dune-related region, because the part of sand dune is destroyed by a road construction and sand is moved to the inland such as the road and farming land by the winter season's northwesterly wind, it not only gives inconvenience in the land use and life, but also brings about a damage of sand sweep of sand dune used as a beach. Also, the inland sand dune is severely damaged by the development of farming land, colony, private residence (pension house). In terms of the agriculture, Gimnyeong and Woljeong region was not good for farming because of too much sand in the past. But, because of the development of farming technique, the farm products such as a garlic, onion, sprout, carrot and sesame leaf is cultivated and it improves the farmers' revenues.

In terms of the beach's sand sweep, the damage of coastal sand dune caused by the development business and an erosion caused by a cement retaining wall construction or breakwater construction was analyzed as the biggest cause. Such phenomenon has been expanded to all coasts of Jeju-do. Because of the development in the coastal area and an installation of artificial facility, the quantity of sand moved to the seabed by waves is more than the quantity of sand accumulated in the sand dune. Also, while the sand dune's sand is moved to the inland by wind,

a balance of sand accumulation in the sand dune, sand beach and sand ridge is broken.

In terms of the impact of human meddling in the stabilized inland sand dune, there is the change of region caused by the development of coastal road, pension house and restaurant. In the environmental change caused by the road construction, there are the damage of Got-Ja-Wal, a reduction of wild animal passage, increase of the coast's low area flooding damage, the damage of coastline which is a tourism resource, the damage of ecological environment and the increase of natural disasters. In particular, because the coastal road and bypass in the coastal sand dune were constructed by blocking rivers to be drained at a localized heavy rain, it brought about the damage of village flooding. As the flooding and sweep of roads, houses and farming lands by guerilla heavy rain which is repeated per several years becomes severe, a necessity of the coastal sand dune preservation which functions as the natural drainage has become more stressed.

Recognizing the coastal sand dune as the useless land and installing the concrete bank in the coastal sand dune without recognizing the fact that the coastal sand dune plays the big role in protecting the hinterland from typhoon & waves and maintaining the coastal area's underground water seems to be the result caused by not recognizing the environmental mechanism of the coastal sand dune. As the method for solving such problem, the coastal sand dune of high ecological value must be absolutely preserved through recognizing the geographical structure of coastal sand dune. If the region is unavoidably developed, the development must be done by the geographical characteristics. This study means to suggest the method to restore and maintain the damaged coastal sand dune. When the region's residents attempt to preserve the

coastal sand dune and the government's support & civil organization's concerns are given, the coastal sand dune will seem to give helps to the regional society and residents' life as the future natural heritage to be continuable for a long term.



* A thesis submitted to the Committee of the Graduate School of Korea National University of Education in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Education(Geography Education) in February, 2008.

감사의 글

2004년 겨울부터 2007년 겨울까지 대학원에서의 3년 반개월은 저의 인생에서 참으로 소중한 시간이었습니다. 제주에서 열심히 해보겠다는 열정과 자신감으로 충북 청원군에 위치한 대학원에 입학한 저에게 배움의 길로 이끌어주시고 그 소중한 분들께 부족하나마 이 자리를 빌어 감사의 마음을 전합니다.

먼저, 부족함이 많은 저에게 끊임없는 격려와 아낌없는 조언으로 논문의 의미를 부여해주고 자신감을 심어주며 제주도까지 오셔서 함께 답사해 주시고 지도해 주신 이민부 교수님, 논문의 정확한 방향을 제시해 주시고 꼼꼼히 다듬어 주신 손길이 없었다면 논문이 완성될 수 없었기에 이 자리를 빌어 무한한 감사의 말씀을 올립니다.

대학원 생활 내내 따뜻한 배려와 관심으로 논문의 전체적인 방향을 제시해주고 논문을 완성하기까지 세밀한 검토와 많은 조언을 해주신 오정섭 교수님, 논문을 꼼꼼하게 지적하시어 논문의 완성도를 높여주신 주경식·류제현·권정화·김영훈 교수님께 감사드립니다.

힘들고 지칠 때마다 남다른 관심과 격려로 대학원 생활을 마무리할 수 있도록 손을 내밀어 준 04학번 나혜안, 조한욱 선생님과 05학번 임동윤, 조상균, 유재철, 송용현, 장종수, 원치두, 한정우, 박은선 선생님들에 대한 고마움은 제 인생의 소중한 인연으로 영원히 기억할 것입니다.

방학 때마다 서울에 올라와서 머물러도 반갑게 맞이해주고 대학원 생활에 많은 관심과 격려를 보내준 남동생과 올케 및 조카 윤서, 그리고 자식의 건강을 걱정해주시고 끝까지 잘해보라며 든든하게 마음을 잡아주시며 공부에 전념하도록 배려해주신 부모님께 감사드립니다.