

Ⅲ. 독도의 식생과 토양 환경

1. 서론

독도는 경상북도 울릉군 울릉읍 독도리 산 1~196번지에 위치하고 주섬인 동도(E 131° 52' 10", N 37° 14' 26")와 서도(E 131° 51' 54", N 37° 14' 30") 이외에 80 여개의 암초로 이루어져 있으며, 전체 면적은 약 188.554m²(동도 73.297m², 서도 88.740m²)로 가장 높은 곳의 해발 고도는 동도 98.6m, 서도 168.5m이다.

독도의 기후는 난류의 영향을 받는 전형적인 해양성 기후로 연평균 기온이 약 12°C, 가장 추운 1월 평균이 1°C, 가장 더운 8월 평균기온이 23°C로 비교적 온화한 편이고, 연평균 강수량은 1,048mm로 1,400mm인 육지와 비슷하지만 연중 85%가 흐린 날이 지속되어 비교적 온난 다습한 지역이다. 또한, 독도 주변으로는 북한 난류와 쓰시마 난류가 교차하는 완류대가 형성되어 있어 풍부한 어자원을 보유하고 있고, 육지와는 다른 기후 및 토양 환경특성을 나타낸다. 이러한 육상 생태계와는 다른 환경 요인들로 인하여 독도 생태계에는 독특한 식물상 및 식물군락이 분포하고 있어 과거부터 많은 선행 연구가 수행되었으며, 또한, 독도 생태계는 다양한 동·식물의 서식지로서의 특이성과 고유한 생태·경관적 가치를 인정받아 문화재 보호법에 의한 천연기념물로서 지정 및 관리되고 있다.

독도 생태계의 식생에 대한 선행 연구에서 김 등(1996)은 섬피불나무-섬제비썩 군락, 땅채송화 군락, 솔패랭이 군락, 명아주 군락, 변행초-마디풀 군락, 쇠무릎 군락의 6개 군락으로 구분하였고, 정 등(2001)은 섬제비썩-해국 군락, 해국-땅채송화 군락, 개밀 군락, 돌피-명아주 군락으로 구분하였으며, 유와 송(2006)은 큰김의털-해국 군락, 큰김의털-섬제비썩 군락, 해국-섬제비썩 군락, 큰김의털-갯까치수염 군락, 개밀-참소리쟁이 군락, 개밀 군락, 개밀-해국 군락, 참소리쟁이-갯 군락, 변행초-가는갯능쟁이 군락, 개밀-땅채송화 군락, 참억새 군락, 개밀-썩 군락, 땅채송화 군락, 줄사철나무 군락, 해국 군락 등 총 15개 군락으로 구분하였다. 또한, 홍과 이(2006)는 독도의 식생을 크게 땅채송화 군락과 개밀 군락으로 구분하고 땅채송화 군락은 전형군과 해국-왕김의털 군락, 개밀 군락은 전형군과 변행초 군락, 참억새 군락, 도깨비쇠고비 군락, 왕호장군 군락 등 8개 군락으로 구분하였고, 김 등(2007)은 동도의 식생을 개밀 군락, 왕김의털-갯제비썩 군락, 참억새 군락, 썩 군락, 해국-땅채송화 군락의 5개 군락으로 구분하였으며, 박 등(2010)은 해국-땅채송화 군락, 해국-갯제비썩 군락, 왕호장군-도깨비쇠고비 군락, 돌피 군락, 물피 군락 등을 주요 식생으로 구분하였다.

독도의 식생을 대상으로 수행된 선행 연구를 종합하면, 땅채송화와 해국 등 독도 식생을 구성하고 있는 대표적인 선구 식물을 제외하고는 연구자와 조사 시기 등에 따른 차이를 나타내고 있어 독도의 특이적 환경요인에 적응하여 분포하고 있는 식물들의 고유한 환경기작 및 생육특성과 관련된 추가적 연구 및 체계적 조사 수행의 필요성이 요구되고 있다. 또한, 독도 생태계의 척박한 토양환경 조건에서 적응하여 분포하고 있는 독도 현존 식물들은 식물체의 고유한 환경 적응기작 이외에도 독도의 토양환경과 깊은 관련이 있을 것으로 판단되고, 이는 최근 독도의 토양환경 및 퇴적환경에 대한 연구가 지속적으로 수행됨으로써 규명을 위한 노력을 기울이고 있는 실정이다. 독도의 토양환경을 대상으로 수행된 선행 연구를 종합하면 독도 생태계 대상으로 비산되는 해수와 짙은 해수에 의

한 염분이 독도 지역 대부분의 토양환경으로 공급이 되고 있으며 또한, 유기물질이 부족한 토양환경의 특성에 기인하여 pH 4.0~5.9 범위의 산성을 나타내는 것으로 알려져 있고, 토양내 치환성 이온의 경우 Ca^{2+} 를 제외한 K^+ , Mg^{2+} , Na^+ 과 같은 양이온 함유량의 경우에도 독도 생태계와 비슷한 토양 생성 조건을 나타내는 제주도의 화산회토와 비교하여 훨씬 높은 것으로 알려져 있다(허 등, 2005).

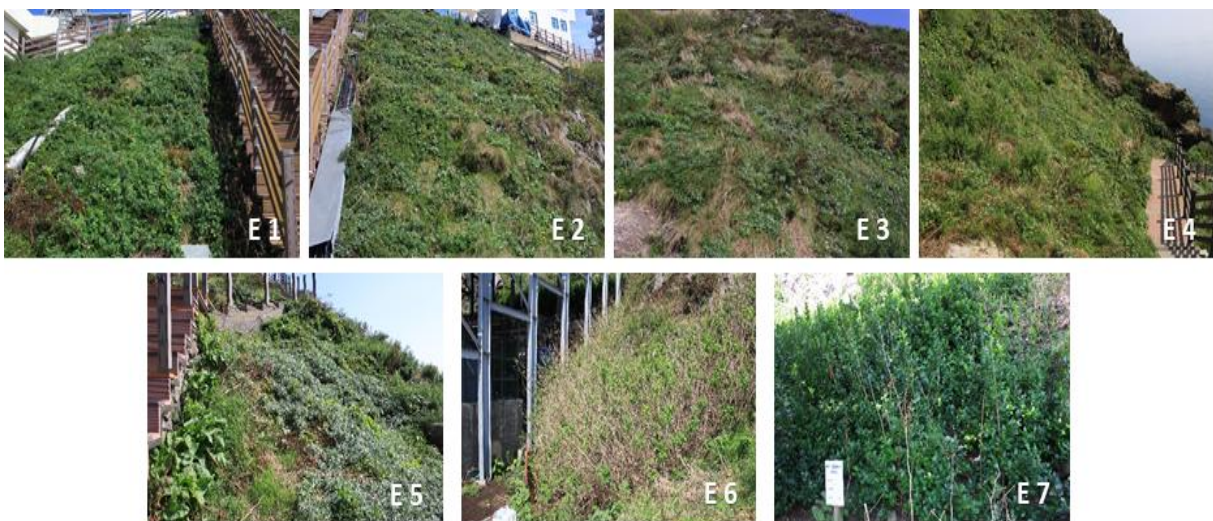
따라서 본 연구에서는 독도 천연보호구역 모니터링의 일환으로 독도의 동도와 서도를 대상으로 식생 현황과 식생 구조의 특성을 파악하고, 독도 토양의 물리화학적 특성과 함께 독도 생태계에 분포하고 있는 독도 자생식물과의 상호관련성을 규명하기 위하여 독도 현지에서의 지속적인 모니터링을 수행하였다.

2. 연구의 개요 및 연구 방법

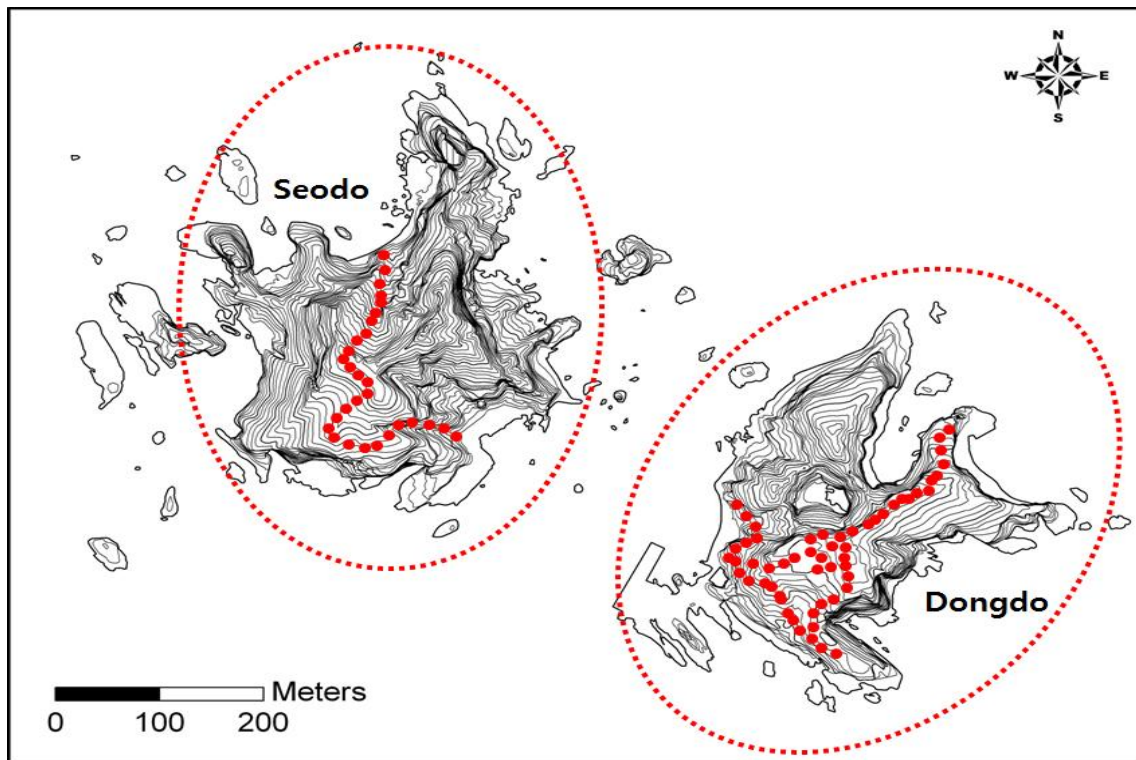
1) 독도의 식생

독도는 화산섬으로서 지반에 매우 취약하고 강한 바람과 많은 강우량으로 인한 토양의 침식과 토양 유실의 발생이 이루어지고 있으며, 또한, 강렬한 직사광선으로의 노출과 바람에 의한 물리적 교란 및 고염분의 해풍에 의한 식물의 직접적인 생육 스트레스로 인하여 식물의 정착과 식생의 발달이 매우 빈약하다. 이러한 지질학적·지리적 환경의 입지 조건을 나타내는 독도 생태계는 육지의 환경과 비교하여 매우 열악하기 때문에 한번 파괴되면 회복되기가 매우 어렵다.

따라서, 본 연구에서는 독도의 생태 환경적 보존의 관점에서 독도 지역에 분포하고 있는 식물종들을 대상으로 현존 식생을 규명하고, 식생의 천이 및 계절별 식생변화 유형을 파악하기 위하여 설치한 고정 조사구 이외에 독도의 동도 지역을 중심으로 인위적 교란이 발생하고 있는 지역을 인위식재 지역으로 구분하여 추가 고정 조사구를 설치하고 지속적인 모니터링 수행으로 독도 식생의 잠재적 변화의 추이 및 독도에서 수행되고 있는 다양한 연구 용역 사업과 관련하여 인위적으로 훼손·교란되고 있는 지역에서의 식생 회복에 관련된 기초자료를 제시하는데 큰 의의가 있을 것으로 판단된다.



<그림 III-1> 독도(동도)의 중점 조사지역 (E1~E5: 독도귀화식물 제거지역, E6~7: 산림생태계 복원사업 지역)

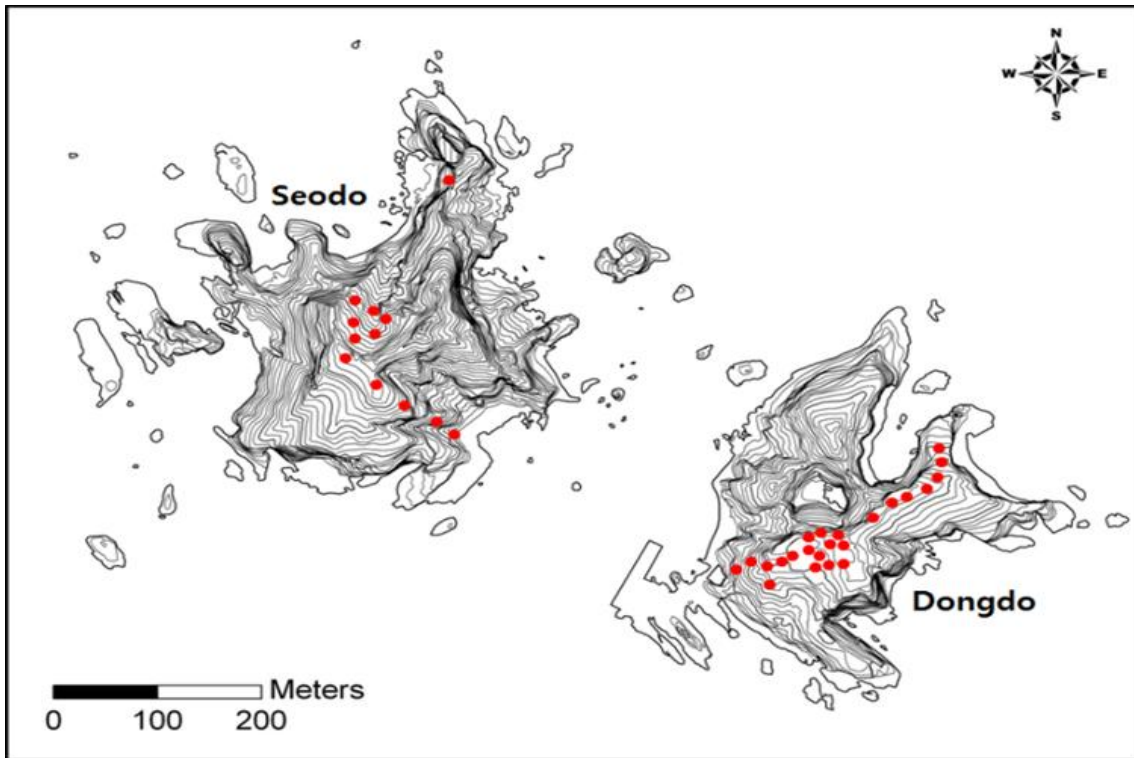


<그림 Ⅲ-2> 독도의 식생 조사 경로

독도의 계절별 식물 군락의 변화와 생태계 모니터링은 도보로 이동이 가능한 지역을 중점적으로 조사하고 접근은 불가능하나 특이적인 식물군락이 분포하는 지역의 경우, 망원경, 영상자료 확보 및 판독 그리고 문헌조사 등의 방법을 이용하여 현존식생도 작성에 참고하였다. 작성된 현존 식생도는 본 연구의 모니터링 수행 중 현지의 입도 상황과 대부분의 식생이 절벽으로 형성되어 있는 특수한 독도 지역의 여건상 선상 조사를 통한 식생의 분포변화를 파악하기 위해 사용하였으며, 근거 자료의 확보를 위해 주요 군락의 영상자료를 확보한 후 연구실내에서 판독을 함으로써 전년도 결과와 비교 분석하였다.

2) 독도의 토양 환경

현재까지 독도 생태계를 대상으로 한 대부분의 연구는 식물상 및 식생 조사가 주를 이루고 있고, 이외에 동물상, 해양생물 그리고 지형 및 지질에 대한 연구가 수행되었으며, 독도의 토양에 대한 연구는 매우 미비하며 단편적으로만 이루어져 있는 실정이다. 독도의 토양은 기후와 주변 식생, 토양의 물리화학적 특성을 비롯하여 수많은 조류의 서식 등의 요인에 의해 크게 변화하기 때문에 다양한 토양 환경(토양 유기물의 안정도 및 축적량, 부식화 정도, 양이온치환용량 및 치환성 양이온 함량 등) 조건을 나타내는 특성을 가지고 있다. 또한, 최근 독도의 동도 지역을 중심으로 수행되고 있는 여러 연구 용역 사업들로 인한 지형의 변화로 토양 환경의 변화가 유발될 우려가 있으며, 동도의 인위식재 지역의 경우에는 기존 분포하고 있던 식생의 제거로 토양이 직사광선에 직접 노출됨으로써 토양의 수분 함량이 감소하거나 토양 유실 등의 영향을 미칠 수 있기 때문에 토양 환경에 대한 지속적인 모니터링이 요구된다.



<그림 Ⅲ-3> 독도의 토양 조사 지점

따라서, 금년도 독도의 토양환경 모니터링은 독도(동도) 인위식재 지역을 포함하여 동도와 서도 지역을 대상으로 토양 환경과 분포 자생식물의 상호 관련성 규명의 일환으로 35 조사지점(인위식재 지역: 7지점, 동도: 23지점, 서도: 12지점)을 선정하여 토양의 이화학적 특성(토성, 산도, 유기물 함량, 양이온치환용량, 치환성양이온함량, 총질소함량)의 분석을 수행하였으며, 본 조사 연구를 수행함으로써 독도 토양 환경의 유지와 식물자원의 보전 및 독도 식생을 복원하는데 기초를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

3. 조사 결과 및 고찰

1) 독도의 식생과 토양 환경

(1) 독도의 식생

금년 과업에서는 독도의 전 지역에 분포하고 있는 식물군락들을 대상으로 현존 식생을 규명하고, 식생의 천이 및 계절별 식생변화 유형을 파악하기 위하여 설치한 고정 조사구 이외에, 최근 독도의 동도 지역을 중심으로 다양한 학술 및 용역사업이 중점 수행됨으로써 인위적 교란이 발생하고 있는 지역을 독도의 인위식재 지역(동도 경비대 막사 시설지와 정수시설 주변 지역의 귀화식물 제거지역 및 동도 정수시설 인접 사면의 산림생태계 복원사업 지역)으로 설정한 이후, 모니터링을 수행함으로써 독도 식생의 잠재적 추이 및 독도에서 수행되고 있는 다양한 연구 용역사업과 관련하여 인위적

으로 훼손 및 교란되고 있는 지역에서의 식생 회복과 관련된 기초 자료를 확보하고자 하였다.

또한, 독도의 전 지역을 대상으로 선행 연구결과 작성된 현존식생도를 기반으로 도보와 선박을 이용한 선회조사 등의 방법으로 독도의 주요 식물군락의 변화 양상을 조사 후 비교 분석하였다.

독도의 식생은 동도와 서도 지역 모두 일·이년생 초본 식물들로 구성되어 있으며, 동도의 비교적 경사가 완만한 지역인 남사면 및 동사면에는 개밀 군락과 돌피 군락이 넓은 분포역을 나타내고 있으며, 개밀과 돌피의 생육 특성에 따라 계절상 여름까지는 개밀이 우점을 하고, 늦여름부터 가을까지는 돌피가 우점을 하는 양상을 나타내고, 암석이 노출되어 있는 급경사 지역의 경우 독도의 대표 선구 식물인 해국 군락과 갯제비쑥 군락이 순군락 또는 독도에 분포하고 있는 여러 분류군들과 혼생하여 군락을 이루고 있는 것으로 확인되었다. 이러한 급경사 지역의 초본 식물군락은 현존 식생도 상에는 협소한 면적으로 표기하였고, 군락내의 수반종으로는 술패랭이꽃, 섬기린초, 변행초, 개밀-돌피, 왕김의털, 땅채송화 등이 가장 높은 출현빈도를 보이는 것으로 확인되었다.



<그림 Ⅲ-4> 독도의 인위 식재 지역 (식재 및 제거작업 수행 초기)

2013년 이후 ‘독도 산림생태계 복원사업’의 일환으로 동도의 정수시설 지역 뒤편의 비교적 완만한 사면부 주변지역으로 인위 식재된 사철나무 [*Euonymusj aponicus* Thunb.], 섬괴불나무 [*Lonicera insularis* Nakai], 보리밥나무 [*Elaeagnus giabra* Thunb.] 등은 기존에 분포하고 있던 초본식생 군락을 완전 제거한 이후에 식재 작업이 이루어졌으며, 현재 이들 식재 종들의 경우 완전하게 독도에 정착하여 군락을 구성하고 있는 것으로 확인되어 금년 현존식생도상 AV(Artificial Vegetation; 인위식재)로 표기하여 수정 작성하였다. 또한, 금년 모니터링 수행시 인위 식재지역을 중심으로 갯을 포함하여 큰이삭풀 등의 초본식물 군락의 분포면적이 확장하는 것을 확인하였으며, 인위적 교란에 의한 일시적 현상으로 판단되어 현존식생도상 식생 경계의 수정은 이루어지지 않았지만 이들 초본식물 군락을 포함한 인위식재 지역으로 구분 설정된 지역을 중심으로 추가적인 모니터링이 요구된다.

서도 지역의 식생은 동도 지역과 마찬가지로 경사가 완만한 남측 지역으로는 돌피(개밀)군락이 우점을 하고 있으며, 생육 특성에 기인한 고유의 생활사와 계절의 변화에 따라 개밀 군락과 돌피군락이 동일 분포역을 점유하고 있는 것으로 확인되었다. 서도지역 일부의 절벽지와 완만한 경사 지역에

는 개밀 군락이 패치형(Patch form)으로 분포하고 있는 것이 확인되었고 물골지역 북사면으로 참나리와 갯제비썩의 출현 빈도가 높게 확인되며 물골지역을 따라 넓게 분포하고 있는 왕호장근 군락은 도깨비쇠고비 군락과 혼효하여 군락을 구성하고 있는 것으로 확인되었다. 특히, 왕호장근 군락의 경우에는 기존의 분포지역 뿐아니라 서도 어업인 숙소에서 물골로 이어지는 계단 인접지역까지의 분포역을 확장하는 경향을 나타내고 있는 것으로 확인되어 현존식생도상 해당 식물군락의 경계를 수정 작성하였다.

이처럼 독도의 식생은 지리적으로 육지와 떨어져 있고, 지질학적으로 성숙되지 못한 조건하에서 강풍 및 해풍에 포함된 염분에 대한 내성을 가져야 하는 등 새로운 식물의 정착 자체가 어렵기 때문에 식물상이 매우 빈약한 편이고 전반적으로 식피율도 다소 낮은 것으로 확인되었으며, 금년 조사 결과를 종합하여 현존식생도상에 표기하였다.



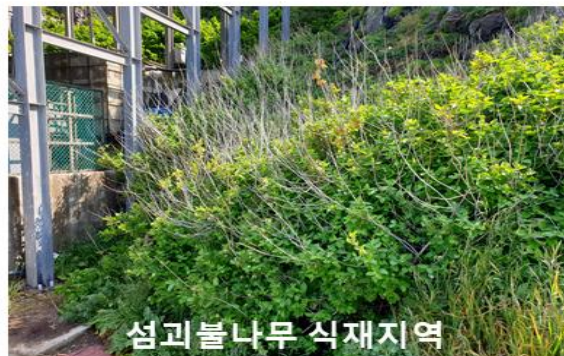
산림생태계 복원사업 지역 전경



보리밥나무 식재지역



사철나무 식재지역



섬괴불나무 식재지역

<그림 Ⅲ-5> 독도(동도) 산림생태계 복원사업 지역 (2020. 05.)

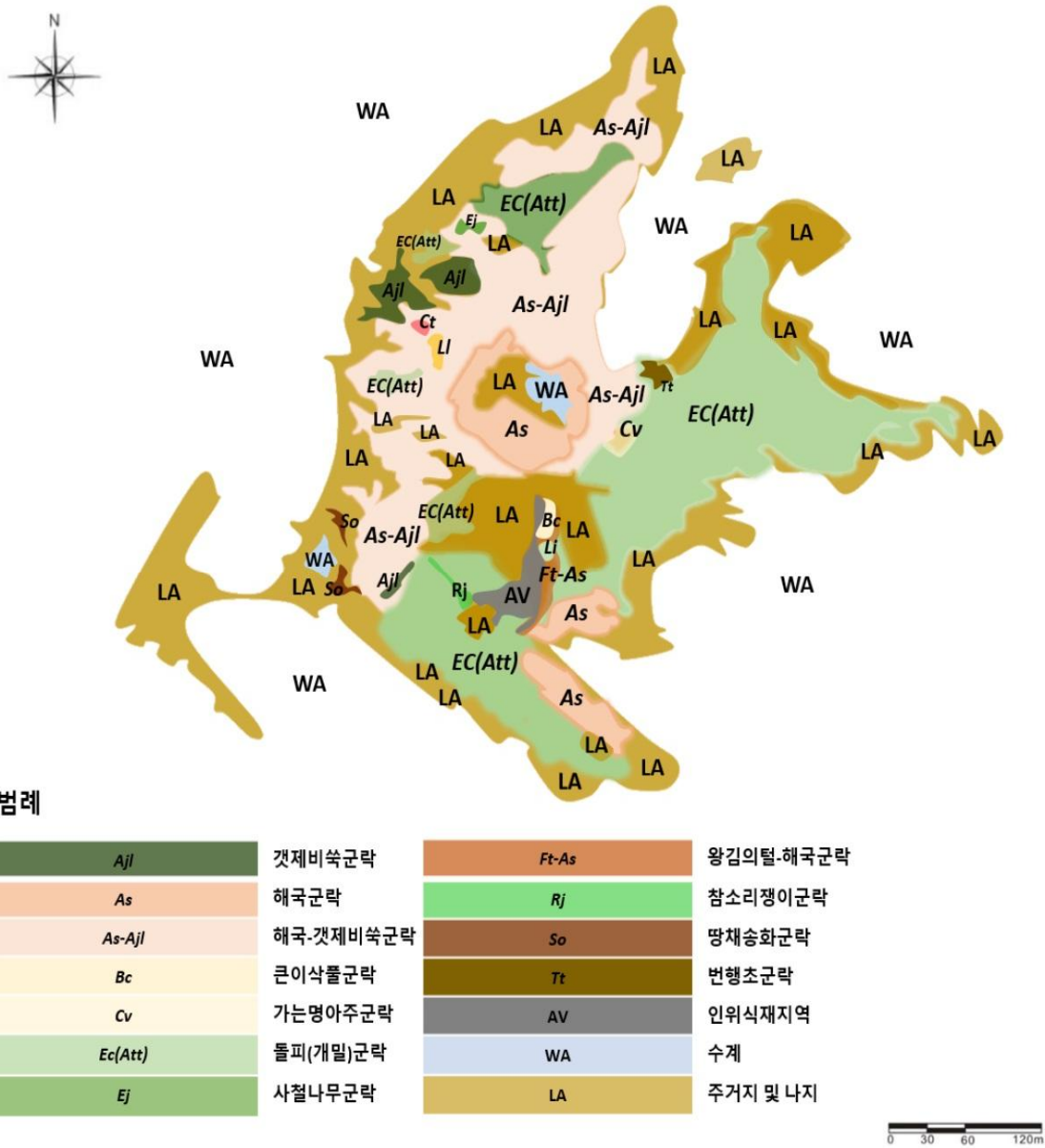


서도의 왕호장근군락

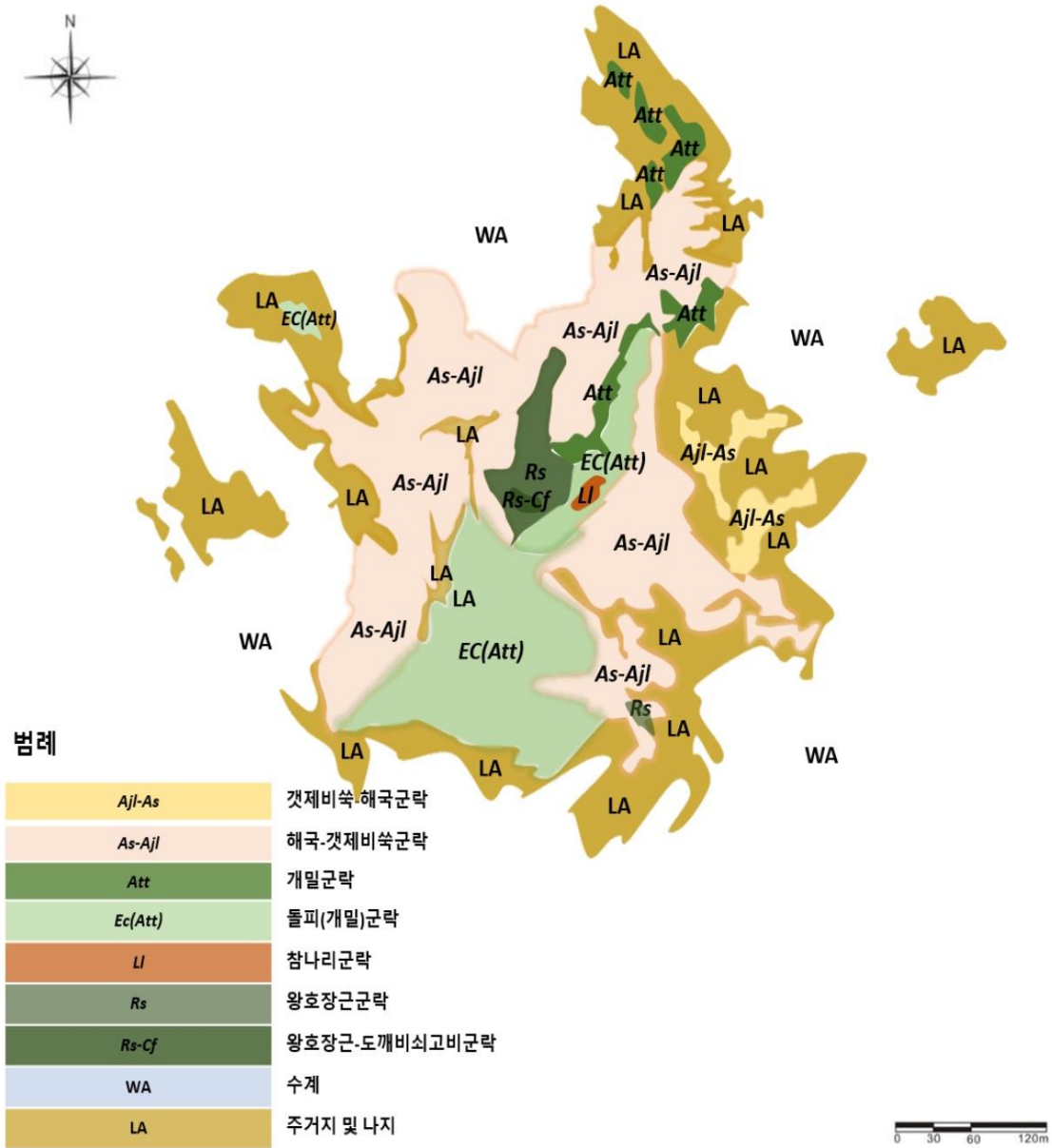


왕호장근군락의 분포역 확장

<그림 Ⅲ-6> 독도(서도) 왕호장근군락의 분포역 확장 (2020. 06.)



<그림 Ⅲ-7> 독도(동도)의 현존 식생도



<그림 Ⅲ-8> 독도(서도)의 현존 식생도

(2) 독도의 토양환경

독도의 식생과 토양 환경과의 상관관계를 규명하기 위하여 동도 지역의 23지점과 서도 지역의 12 지점을 대상으로 토양 이화학적 특성을 분석한 결과, 토양 산도의 경우 조사지점에 따라 동도는 pH 3.64~7.09, 그리고 서도는 pH 3.16~7.22의 범위를 나타내는 것으로 확인되어 동도와 서도 지역 모두에서의 토양 환경은 산성에서 약알칼리성의 범위를 나타내고 있으며, 이러한 결과는 조사지점별 우점하고 있는 식생 유형에 따른 차이보다는 대량으로 분포하고 있는 조류의 번식 활동과 조사지점 간 해수의 비산 정도에 따른 지리적 여건에 따른 차이로 판단된다. 또한, 이러한 지리적 여건에 따른 토양 환경의 차이는 토양내 총이온함량에도 영향을 미치며, 특히, 동도와 서도의 조사지점 모두에서 분석된 다소 낮은 유기물함량과 높은 질소함량은 기상환경 조건과 함께 조사 지역내 대량으로 번식하는 조류의 사체 및 배설물과 직접적 영향이 있는 것으로 판단된다. 이러한 독도의 환경적 조건 외에도 비교적 해발고도가 낮은 조사지점과 지피 식생의 빈약한 구성으로 토양의 노출 정도가 높은 조사지점과는 대조적으로 동도의 인위식재 지역의 경우 모두 알칼리화된 토양 환경 조건을 나타내고 있는 것으로 확인 되었다.

<표 Ⅲ-1> 독도(동도)의 토양환경

조사지역	pH	OM (%)	TN (%)	conductivity (ueq/g soil)	우점식물
E1	3.64	1.81	0.61	44.80	해국-갯제비썩
E2	4.41	1.42	0.42	27.70	개밀
E3	4.65	2.49	0.44	23.10	개밀-왕김의털
E4	6.95	2.57	0.52	30.04	번행초
E5	7.09	2.84	0.68	57.02	참소리쟁이-갯제비썩
E6	4.41	3.32	0.89	43.17	개밀-갯제비썩
E7	4.39	2.02	0.64	35.77	큰이삭풀
E8	4.56	2.31	0.85	32.80	왕김의털-큰이삭풀
E9	4.09	3.38	0.77	110.70	개밀-큰이삭풀
E10	5.68	1.51	0.34	37.64	해국-섬기린초
E11	4.84	1.64	0.36	36.73	독도귀화식물 제거지역
E12	5.32	2.85	0.64	36.75	독도귀화식물 제거지역
E13	7.21	1.61	0.62	12.80	해국-섬기린초
E14	6.87	2.27	0.89	24.75	개밀-돌피
E15	6.02	2.48	0.26	44.05	개밀-갯제비썩
E16	5.43	1.46	0.61	23.85	명아주-갓
E17	5.03	4.23	0.54	59.10	개밀-돌피
E18	3.68	4.32	1.21	88.01	돌피
E19	4.33	4.51	1.04	159.69	명아주-큰이삭풀
E20	4.22	4.07	1.16	102.10	개밀-돌피(한반도지형)
E21	4.31	4.22	1.03	43.12	개밀-돌피(한반도지형)
E22	4.29	3.89	0.93	81.77	개밀-돌피(한반도지형)
E23	4.04	3.07	1.01	42.50	개밀-돌피(한반도지형)

독도의 토양 유기물 함량은 동도 지역의 경우 1.42~4.51%, 서도 지역의 경우 1.12~3.12%의 범위로 확인되어 독도 토양의 유기물함량이 약 15% 내외로 보고한 이(1990)의 결과보다는 모두 낮은 수치를 나타내었지만, 허 등(1984)의 산림 토양에 대한 토양의 산도 (H2O) 평균 pH 5.5, 유기물함

량 2.59% 의 결과와 비교하여서는 동도 지역의 토양 유기물함량은 평균 3% 정도로 산림 토양과 비교하여 다소 높은 값을 보이는 것으로 조사되어 전반적으로 독도 토양의 유기물 함량은 독도의 기상환경과 토양의 산도에 영향을 받고 있는 것으로 판단된다. 또한, 동도 지역의 토양 총 질소함량은 0.26~1.21%이고 서도 지역의 총질소 함량은 0.33~1.03% 범위의 수치를 나타내는 것으로 확인되었고 이는 전 세계 토양 평균 질소함량인 0.15%(Brandy, 1990)와 비교하여 다소 높은 질소함량을 나타내는 것으로 독도 생태계를 구성하고 있는 다량의 식물 사체와 함께 대량으로 번식하는 조류의 배설물이 토양 내에 집적되어 나타난 결과로 판단되며, 토양의 발달 정도가 다소 낮은 암석지 등의 일부 조사 지점의 경우 0.3% 범위의 다소 낮은 총 질소함량을 나타내는 것으로 확인되어 토양 발달 정도에 따른 토양 내 낮은 질소함량은 식물의 정착과 식생의 발달에 저해 요인으로 작용하고 있는 것으로 사료된다.

또한, 동도 지역의 토양 총 이온함량은 12.80~159.69 ueq/g soil의 범위를 나타내고 있었으며, 서도 지역의 토양 총 이온함량은 28.03~189.15 ueq/g soil 의 범위로 확인되어 서도 지역의 토양이 동도 지역의 토양에 비해 다소 높은 총 이온함량을 보이는 것으로 나타났다. 이러한 조사 지점 간 토양의 총 이온함량 차이를 나타내는 원인으로는 조사지점의 식생 발달 정도에 따른 유기물과 질소의 토양내 집적 활동과 함께 해수의 비산 활동 등의 지리적 특성에 기인한 결과로 판단된다.

<표 Ⅲ-2> 독도(서도)의 토양환경

조사지역	pH	OM (%)	TN (%)	conductivity (ueq/g soil)	우점식물
W1	4.59	1.82	0.51	47.62	갯제비썩
W2	4.77	2.89	0.87	28.03	개밀(돌피)
W3	4.81	2.93	0.91	101.09	명아주
W4	7.22	3.12	0.89	52.45	해국-갯제비썩
W5	3.83	2.14	0.48	86.68	맥문동
W6	4.62	2.52	1.03	102.39	해국-갯제비썩
W7	5.01	2.47	0.98	189.15	갯제비썩
W8	3.16	2.20	1.02	104.49	개밀-큰이삭풀
W9	6.02	2.44	0.54	106.87	개밀(돌피)
W10	4.21	1.78	0.63	87.32	땅채송화
W11	4.43	3.03	0.92	91.15	왕호장근
W12	4.54	1.12	0.33	56.30	번행초

2) 독도(동도)의 인위식재 지역의 식생 및 토양 환경

(1) 독도(동도) 인위식재 지역의 식생

독도(동도)의 인위식재 지역은 독도귀화식물 제거 작업 수행지역(E1~E5)과 독도 산림생태계 복원 사업 수행지역(E6, E7)으로 구분 설정하여 조사 및 분석을 수행하였다. 독도 외래종 제거작업이 수행된 E1(개밀-왕김의털 군락), E2(개밀-갯제비썩 군락), E3(개밀-갯제비썩 군락), E4(개밀-참소리쟁

이 군락), E5(개밀-큰이삭풀 군락) 지역의 경우 전년도 현지조사에서 확인된 결과와 마찬가지로 모두 개밀 [*Agropyron tsukushiense* var. *transiens* (Hack.) Ohwi] 을 우점종으로 하는 4개의 식생 유형으로 구분 확인되었다. 특히, 독도귀화식물 제거 작업이 수행되고 있는 독도 인위식재 지역 E1~E5 지역 모두 참억새와 쇠무릎의 제거 작업 이후 주변부에 분포하고 있는 식생과 유사한 양상으로의 식생 회복이 이루어진 것으로 확인되었으며, 위 지역으로 이입된 식물종들에 의해 완전 피복되어있는 상태로 유지되고 있음을 확인하였다. 특히, 금년도 조사결과 인위식재 지역 E1~E5 지역 모두에서 식생 회복의 초기 단계에 이입된 개밀 [*Agropyron tsukushiense* var. *transiens* (Hack.) Ohwi] 과 왕김의털 [*Festuca rubra* L] 등의 벼과식물의 분포 범위가 확장되었고 이들 벼과식물 이외에 큰이삭풀 [*Bromus catharticus* Vahl] 과 갯제비쭉 [*Artemisia japonica* subsp. *littoricola* Kitam.] , 참소리쟁이 [*Rumex japonicus* Houltt.] 등이 높은 출현빈도와 함께 분포면적을 확장하고 있는 것으로 확인되었다.

또한, 독도 산림생태계 복원사업이 수행된 E6과 E7 조사지점은 2013년 식목사업의 일환으로 사철나무 [*Euonymus japonicus* Thunb.] , 섬괴불나무 [*Lonicera insularis* Nakai] , 보리밥나무 [*Elaeagnus macrophylla* Thunb.] 등 3종을 인위적으로 식재한 지역으로 식재목의 생육상태는 모두 양호하고 분포면적도 확대하고 있는 것으로 확인되었으며, 금년도 현존식생도상 군락의 경계 수정을 통해 인위식재 지역을 반영하였다.

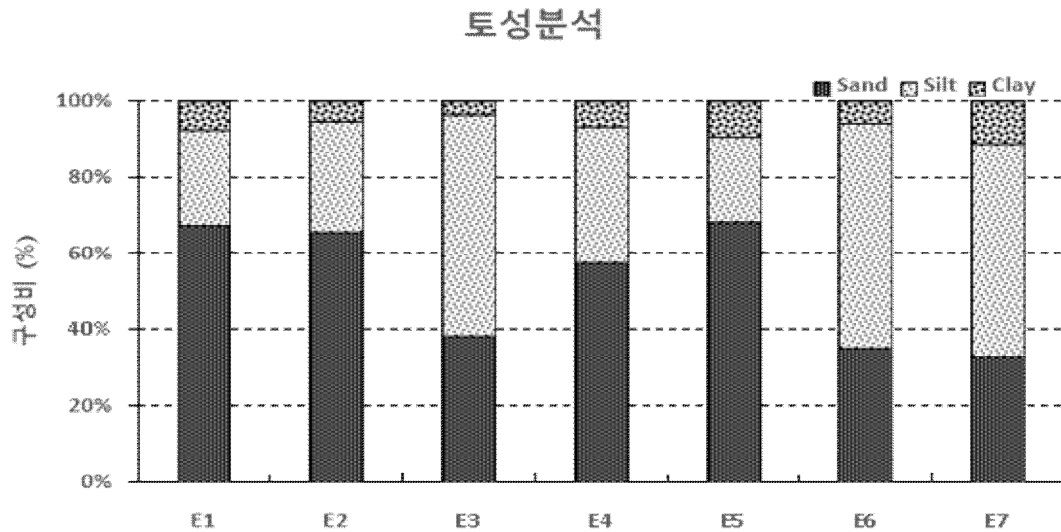


<그림 Ⅲ-9> 독도(동도) 인위식재 지역의 식생 현황 (E1~E7)

(2) 독도(동도) 인위식재 지역의 토양환경

① 토성 분석

토성(Soil texture)은 토양 입자의 크기에 따른 상대적 비율을 의미하며, 토양 입자의 크기에 따라 모래(Sand : 0.5 ~ 2.0mm), 실트(Silt : 0.002~0.05mm), 점토(Clay : 0.02mm이하) 등으로 구분된다. 토양환경의 인위적 변화의 발생이 우려되는 독도(동도) 인위식재 지역의 토양은 모두 유효토심 30cm 내외의 A층과 B층의 구분이 명확하지 않은 토양환경을 유지하고 있으며, 토양의 물리적 성질인 토성은 일반 산림 토양 A층의 평균 (모래: 24.53%, 미사: 51.25%, 점토: 13.49%)과 비교하여 상대적으로 높은 모래의 함량을 나타내고 있으며, 사양토(E1, E2, E4, E5)와 미사질양토(E3, E6, E7)로 구분 확인되었다. 특히, 토양환경의 인위적 교란 발생 정도가 비교적 강한 조사지점인 E6과 E7 조사지점인 독도 산림생태계 복원사업지역에서의 토성은 전년도와 마찬가지로 모두 미사질양토로 구분 확인되었다.



<그림 Ⅲ-10> 독도(동도) 인위식재 지역의 토성 분석

<표 Ⅲ-3> 독도(동도) 인위식재 지역의 토양환경

조사지역	pH	OM (%)	TN (%)	CEC (cmole+/kg)	우점식물
E1	7.12	11.72	0.64	27.22	개밀-왕김의털
E2	6.92	10.48	0.59	26.14	개밀-갯제비썩
E3	6.57	14.46	0.77	29.76	개밀-갯제비썩
E4	4.98	19.58	0.79	38.63	개밀-참소리쟁이
E5	4.46	17.81	0.76	29.12	개밀-큰이삭풀
E6	5.22	11.22	0.63	28.63	섬괴불나무
E7	5.43	11.56	0.66	27.49	사철나무

독도(동도)의 인위 식생지역(E1~E7; 7개 지점)에서의 토양 산도는 pH 4.46 ~ 7.12 범위를 나타내고 있는 것으로 확인되어 비교적 해발고도가 낮고 지피식생의 빈약한 구성으로 인해 토양의 노출정도가 높은 지역과 비교하여 알칼리화된 토양환경조건을 나타내는 것으로 분석되었다. 토양 유기물 함량은 조사지점간 10.21 ~ 21.56 % (평균 13.91%)의 범위를 나타내는 것으로 분석되어 우리나라 산림토양평균 유기물 함량인 4.49%와 비교하여 다소 높은 수치를 나타내는 것으로 확인되었으며, 이는 인위 식생지역내의 유기물 함량이 풍부함을 나타내는 것으로 식물이 생육하기에 적합한 조건을 유지하고 있음을 의미한다.

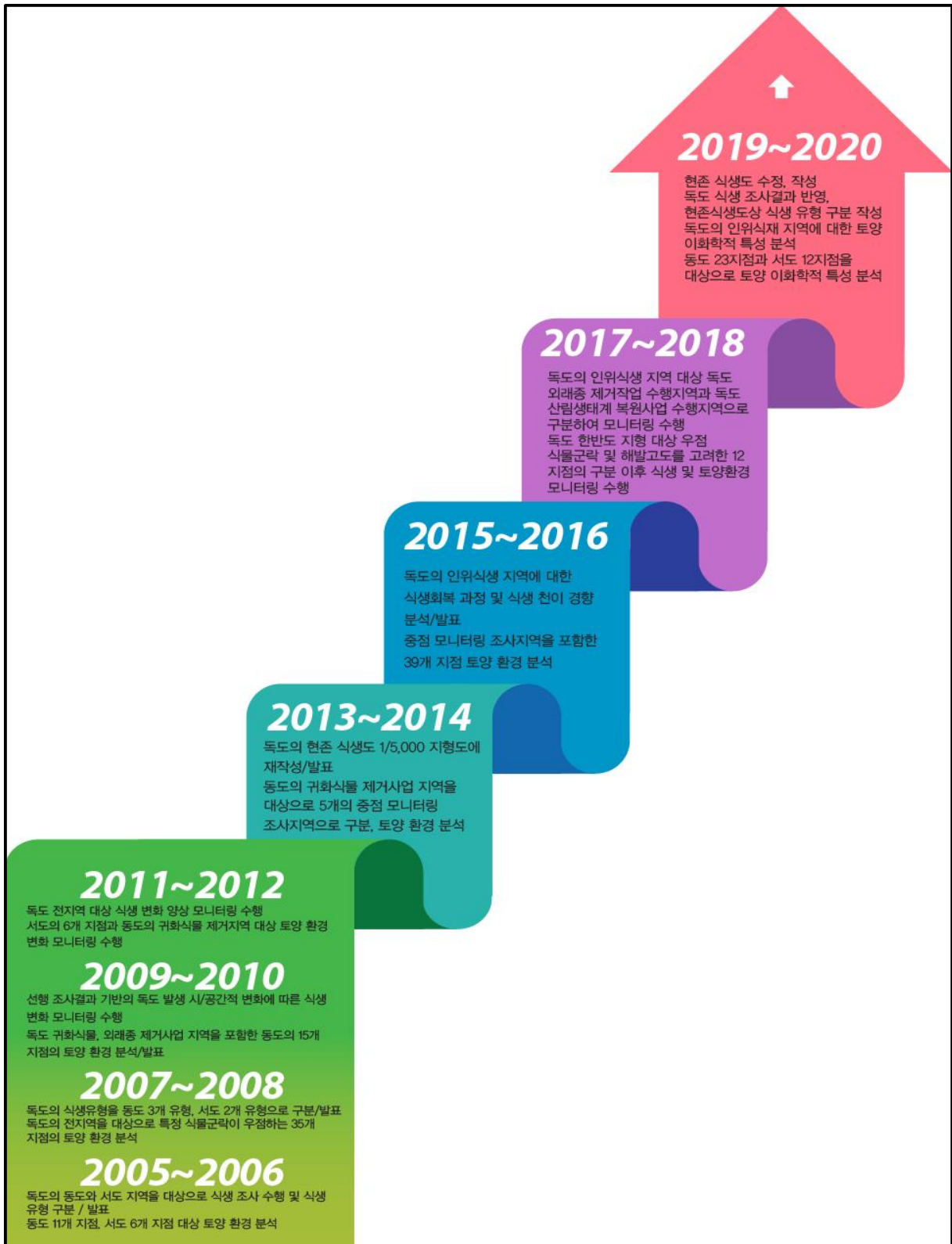
또한, 독도(동도)의 인위식재 지역내 토양내 양이온치환용량은 27.22 ~ 38.63 cmol+/kg 의 범위를 나타내고 있는 것으로 확인되었으며, 이는 산림토양평균(11.34)과 비교하여 매우 높은 수치로 독도(동도) 인위식재 지역내의 높은 유기물함량의 영향으로 판단되며 토양의 총질소함량의 차이는 조사 지점에 따른 토양 유기물 함량 분석 수치와 유사한 경향 (0.59 ~ 0.79% 범위)을 나타내며 전 세계 토양 평균 질소함량인 0.15% (Brandy, 1990)와 우리나라 산림토양평균 총질소함량인 0.19%와 비교하여 다소 높은 수치를 나타내는 것으로 분석되었다. 이는 토양 중 대부분의 질소 공급원이 유

기물임을 고려하면 토양내 높은 유기물 함량의 영향을 받은 것으로 판단되고 독도(동도)의 인위 식생지역에서 발생하는 토양내 높은 유기물의 유입은 독도 자생식물의 원활한 유입과 동, 식물의 사체 및 배설물의 영향에 기인한 결과로 판단된다.

4. 참고문헌

- Brandy N.C. 1990. The nature and properties of soils. Macmillan Pub. Com., N. Y. pp. 621.
- 경북대학교 울릉도.독도연구소. 2008. 독도의 자연. 경북대학교 출판부.
- 경북대학교 울릉도 독도 연구소. 2009. 한국의 자연유산 독도. 문화재청
- 경북대학교 울릉도 독도 연구소. 2010. 독도 귀화식물·외래종 조사 및 제거사업 학술용역. 울릉군.
- 경북대학교 울릉도 독도 연구소. 2015. 독도 천연보호구역 모니터링 사업. 문화재청&경상북도.
- 경북대학교 울릉도 독도 연구소. 2018. 독도 천연보호구역 모니터링 사업. 문화재청&경상북도.
- 경주대학교 울릉학연구소. 2004. 독도천연보호구역학술조사. 울릉군.
- 김용식. 1998. 울릉도 독도의 종합적 연구: 울릉도 및 독도지역의 식물생태계. 영남대학교 민족문화연구소. pp. 621-678.
- 김종원, 송승달, 김성준. 1996. 울릉도, 독도의 식생에 대한 군락분류학적 연구. 자연보호중앙협의회. 자연생태종합보고서 10: 139-201.
- 김준민, 임양재, 전의식. 2004. 한국의 귀화식물. 사이언스북스
- 농촌진흥청. 2000. 토양 및 식물체 분석법. pp. 113-114.
- 박재홍, 이돈화. 2007. 독도의 식물상. 독도 생태계 모니터링 사업. 경상북도 & 경북대학교 울릉도. 독도연구소. p. 72-102.
- _____. 2008. 독도 천연보호구역의 식물상과 모니터링. 경상북도& 경북대학교 울릉도·독도연구소.
- 양인석. 1956. 울릉도의 식생. 경북대학교 논문집 제1권. pp. 245-275.
- 양인석, 송민섭, 전의식. 2001. 울릉도·독도 자연환경기초조사. 환경부.
- 영남대학교 민족문화연구소. 울릉도·독도의 종합적 연구. 영남대학교 민족문화연구소
- 이성규. 1990. 독도의 식물상과 토양환경. 상지대학교 논문집 11: 35
- 이영노. 1952. 독도식물 채집기. 수산 2 : 26-31.
- _____. 1996. 한국식물도감. 교학사.
- _____. 1971. 울릉도의 식물상. 울릉도종합학술보고서. 문화재관리국. pp. 27-36.
- 이창복. 1978b. 독도의 식물상. 한국자연보존협회. 자연보존 22: 16-19.
- _____. 1980. 대한식물도감. 향문사.
- 임양재 등. 1981. 한국자연보존협회 조사보고서 19: 울릉도와 독도의 식생. 한국자연보존협회. pp. 97-112.
- 최정, 김정재, 신영오. 1985. 토양학 실험. 형설출판사. pp. 15-43.
- 환경부. 2005. 독도생태계 정밀조사.
- 허식, 박찬홍, 유혜수, 한상준. 2005. 독도 주변해역의 지구조와 퇴적환경. J. Korean Geophysical Society. 8: 131-136.
- 홍성천, 이종효. 2006. 독도의 식생. 독도 생태계 모니터링 사업. 경북대학교 울릉도.독도연구소 & 경상북도. pp. 103-132.

5. 독도의 식생과 토양 환경 모니터링 결과 요약



<그림 Ⅲ-11> 독도의 식생과 토양 환경 모니터링 결과 요약

<표 Ⅲ-4> 독도의 식생과 토양 환경 모니터링 결과 요약

조 사 연 도	주 요 결 과
2005 ~ 2006	<ul style="list-style-type: none"> · 독도의 동도와 서도 지역을 대상으로 식생 조사 수행 및 식생 유형 구분/발표 - 독도의 식생을 크게 땅채송화 군락과 개밀 군락으로 구분 - 땅채송화 군락은 해국-왕김의털 군락, 전형군으로 구분 - 개밀 군락은 변형초군, 참역새군, 도깨비쇠고비군, 왕호장근군, 전형군으로 구분 · 독도 자생식물의 고유한 환경적응 기작을 규명하기 위한 토양 환경 분석 수행 - 동도의 11개 지점, 서도의 6개 지점 대상 토양 환경 분석
2007 ~ 2008	<ul style="list-style-type: none"> · 독도의 동도와 서도 지역의 식생유형을 구분 및 발표 - 동도의 식생유형을 초본식물 군락, 목본식물 군락, 인위식생 지역으로 구분 - 서도의 식생유형을 초본식물 군락, 목본식물 군락으로 구분 · 독도 토양의 물리화학적 특성과 자생식물의 상호관련성을 규명하기 위한 연구 수행 및 발표 - 독도 전지역을 대상으로 특정 식물군락이 우점하는 35개 지점의 토양 환경 분석
2009 ~ 2010	<ul style="list-style-type: none"> · 2차 연도까지 수행된 식생 조사결과를 기반으로 독도에서 발생하는 시·공간적 변화에 따른 식생 변화 모니터링 수행 - 인위적 간섭이 발생하는 동도 지역에서 참역새 군락, 참소리쟁이 군락, 큰이삭풀 군락, 쇠무릎-소리쟁이 군락을 대상으로 모니터링 수행 - 독도 귀화식물, 외래종 제거사업 지역에 대한 식생 회복 모니터링 수행 · 독도 귀화식물, 외래종 제거사업 지역을 포함한 동도의 15개 지점의 토양 환경 분석 - 제거사업 지역과 바다조류 번식지가 위치하는 한반도 지형의 토양 환경 분석
2011 ~ 2012	<ul style="list-style-type: none"> · 독도의 동도와 서도 지역을 대상으로 식생 변화 모니터링 수행 - 한반도 바위 지형의 쇠무릎 군락의 동태 분석 - 동도 귀화식물 제거 지역에 대한 식생 회복 및 참역새 군락 동태 비교/분석 · 독도의 서도 지역과 동도의 귀화식물, 외래종 제거사업 지역 대상 토양 환경 분석 - 서도의 이동통로, 개밀-돌피 군락, 물골 지역 등 6개 조사지점 토양 환경 분석 - 동도의 귀화식물 제거사업 지역을 대상으로 토양 환경 변화 모니터링 수행
2013 ~ 2014	<ul style="list-style-type: none"> · 독도 동도와 서도 지역 대상 식생 조사 수행후 현존 식생도 재작성 - 1/5,000 지형도에 식생 유형별 구분 작성 · 독도 산림생태계 복원사업 지역에 대한 식생 천이과정 모니터링 수행 - 사철나무, 섬괴불나무, 보리밥나무 식재 지역 대상 모니터링 수행 · 동도의 귀화식물 제거사업 대상 토양 환경 변화 모니터링 수행 - 참역새 제거지역을 3개의 중점 모니터링 조사지역으로 구분, 토양 환경 분석 - 쇠무릎 제거지역을 2개의 중점 모니터링 조사지역으로 구분, 토양 환경 분석
2015 ~ 2016	<ul style="list-style-type: none"> · 독도의 동도와 서도 지역의 식생 변화 모니터링 수행 - 지속적 모니터링 수행으로 작성된 현존 식생도 기반의 식생 변화 모니터링 - 독도의 인위식생 지역에 대한 식생 회복과정 및 식생 천이 경향 분석 · 독도 귀화식물 제거지역 대상 토양 환경 분석으로 제거 영향 규명 - 독도의 동도 23개 지점, 서도의 12개 지점 대상 토양 환경 비교 분석 - 참역새 제거지역을 3개의 중점 모니터링 조사지역으로 구분, 토양 환경 분석 - 쇠무릎 제거지역을 2개의 중점 모니터링 조사지역으로 구분, 토양 환경 분석

조 사 연 도	주 요 결 과
2017 ~ 2018	<ul style="list-style-type: none"> · 독도의 인위식재 지역 대상 1.독도 외래종 제거작업 수행지역과 2.독도 산림생태계 복원사업 수행지역으로 구분하여 모니터링 수행 - 지속적 모니터링 수행으로 작성된 현존 식생도 기반의 식생 변화 모니터링 - 독도의 인위식생 지역에 대한 식생 회복과정 및 토양환경 분석 · 독도 한반도 지형 대상 우점 식물군락 및 해발고도를 고려한 12지점의 구분 이후 식생 및 토양환경 모니터링 수행 - 독도 한반도 지형의 12지점 대상 식생 현황 모니터링 - 독도 외래종 제거작업이 수행된 지점을 포함한 12지점의 토양 환경 비교 분석
2019 ~ 2020	<ul style="list-style-type: none"> · 독도(동도)의 인위식재 지역 대상을 중점 조사지역으로 선정이후 식생 회복과정 및 토양환경 분석 - 지속적 모니터링 수행으로 현존 식생도 수정, 작성 - 독도의 인위식재 지역에 대한 토양 이화학적 특성 분석 · 독도의 식생 및 토양환경 모니터링 수행 - 독도 식생 조사결과 반영하여 현존식생도상 식생 유형 구분 작성 - 동도 23지점과 서도 12지점을 대상으로 토양 이화학적 특성 분석