

바톤반도와 위버반도의 해변 자갈에 관한 연구

고영이*, 박용안* 최문영

한국해양연구소 극지연구센터

* 서울대학교 해양학과

Analysis of Beach Gravels in Barton and Weaver Peninsulas, King George Island, Antarctica

Young-Yi Koh*, Yong-Ahn Park* and Moon Young Choe

Polar Research Center, Korean Ocean Research & Development Institute,
Ansan, P.O. Box. 29, Seoul 425-600, Korea

* Department of Oceanography, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

요약 : 남극의 킹조지섬에는 빙하작용과 연관된 용기지형이 우세하게 발달되어 있다. 연구지역인 킹조지섬의 바톤반도와 위버반도에는 현생해빈뿐만 아니라, 일련의 고해빈들이 각기 다른 고도에 발달되어 있다. 고해빈은 대체적으로 고도 10 m 이하의 계열(하부계열 ; Lower series)과 30 m~50 m 사이의 계열(중부계열 ; Middle series), 그리고 50 m~125 m(상부계열 ; Upper series)의 계열로 크게 구분된다. 세종과학기지의 북동쪽에서는 해수면의 하강이 있었음을 지시하는 상향조립화 층리를 보였다.

상부계열의 평균입도는 43.7mm로 다른 부분의 평균입도 (하부계열 : 14.6mm, 현생 해빈 : 14.3mm) 보다 더 크게 나타났고, 원마도는 0.63으로서 각각 0.41, 0.37의 원마도값을 보이는 하부계열과 현생 해빈에 비해 양호하게 나타났다.

입자의 형태를 삼각도표에 나타낸 결과 자갈의 입도가 작을수록 둥글거나(compact) 편장된(elongate) 형태로의 방향성을 보이는 것으로 나타나, 이차적으로 운반된 이후에 형태적 진화를 겪었음을 지시해 준다.

주요어 : 해변, 킹조지섬, 해수면 하강, 빙하

ABSTRACT : During the '91 Antarctic summer expedition, coastal geomorphological investigation was conducted in the Barton and Weaver peninsulas, King George Island. The field survey was stressed on coastal geomorphology and shingle beach deposit developed in the higher elevation and coastal zones. The old beach deposits consist of well rounded gravels subdivided into three different series of altitude. The lower series includes the elevations reaching 2.4m, 3.3m, 3.4m, 4.0m, 5.9m and 6.3m above the present sea level in the Barton Peninsula and 4.0m, 4.4m and 6.3m in the Weaver Peninsula. The reworked gravels are observed ubiquitously, which transported by ice from the higher old beach to the levels of 30m, 35m and 50m. The upper series reaches up to the level of 75m, 85m - 90m, 105m - 120m and 125m in the Barton Peninsula and 80m in the Weaver Peninsula.

The coarsening upward sequence occurred at the northeastern coast of King Sejong Station indicates relative fall of sea level. Mean size (43.7mm) and roundness (0.63) of upper series gravels are larger and better than the other series (lower series: 14.6mm, 0.41 ; present beach: 14.3mm, 0.37). Gravels in the King George Island show compacted and elongated form with decreasing grain size and the shape seems to be transformed secondarily after transportation.

KEY WORDS : beach, King George Island, sea-level fall

서 론

킹조지섬에서는 남극의 다른 지역과 마찬가지로 화학적 풍화작용은 거의 이루어지지 않고, 주로 극지성 기후에 의한 물리적 또는 기계적 풍화작용이 우세하다. 따라서 모든 암석편이 모서리가 마모되지 않고 날카로운 각을 이루고 있으며, 토양의 발달은 불량하다. 급사면에서는 암석들이 기계적으로 깨어져 어디에서나 전석(talus)을 이루며, 평지에서도 암석이 조립질 각력편으로 깨어져 있다(Fig.1).

킹조지섬의 바톤반도와 위버반도 해안에는 고해안선(old shore line)을 지시하는 해식지형과 융기 지형이 잘 발달되어 있다(Fig.2). 또한 현재의 해수면보다 높은 곳(2.4m~120m)에서도 해안가에서만 볼 수 있는 원마도가 양호한 자갈들이 각이진



Fig.1. Photograph of talus representing physical weathering.



Fig.2. Photograph of sea cave at the site of WPI.

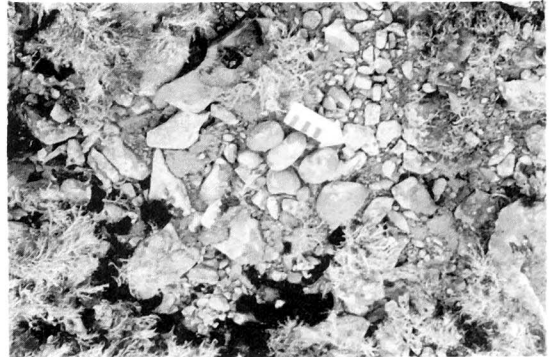


Fig.3. Photograph of well rounded gravels differentiated from angular rock fragments at higher altitude.

암편들과 구별되어 분포하고 있어서 이 지역의 해수면 변동이 여러번 있었음을 말해 준다(Fig.3). 이에 현재 발달하고 있는 현생해빈(present beach)과 고해빈(old beach)에 분포하는 자갈의 조직적 특성을 규명하고 해빈단면(beach profile)을 관찰하였다.

연구 방법

1. 야외조사

1-1. 해빈 표층퇴적물의 채취

현재의 해수면보다 높은 곳에 분포하고 있는 고해빈력(old beach gravel)과 현생해빈력(present beach gravel)과의 관련성을 조사하기 위하여 위버반도에서는 6개의 지점(BP1, BP2, BP3, BP4, BP6, BP7)에서 19개의 표층을 채취하였다(Fig.4).

1-2. 해빈 단면(beach profile)의 관찰

위버반도의 다섯 지점과 바톤반도의 열네 지점에서 해빈지형의 고도를 측정하였으며, 위버반도의 WP 5지점과 바톤반도의 BP1, BP3지점에서 해빈단면을 관측하였다(Fig.4).

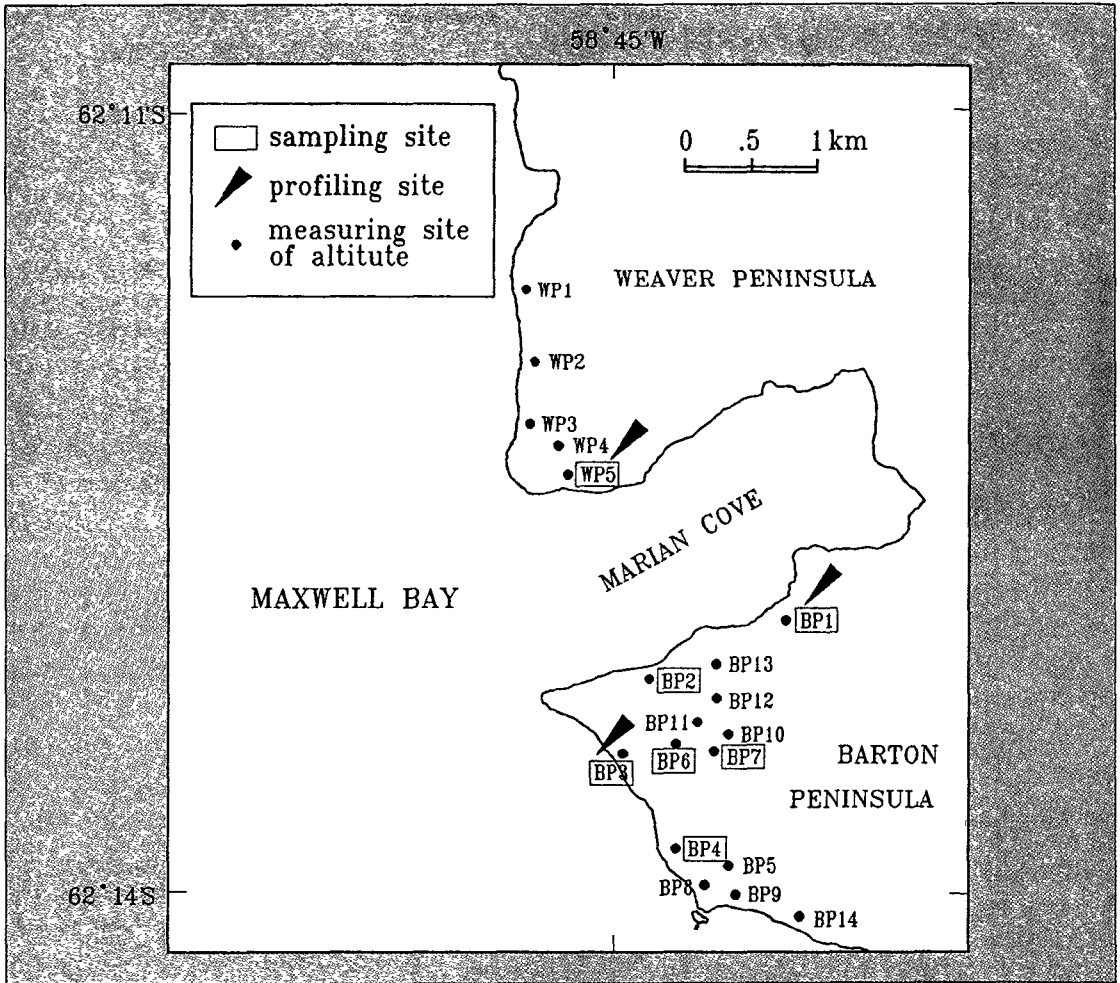


Fig.4. Sites of sampling and measuring of altitude and profile in Weaver and Barton peninsulas.

2. 실험실 연구

2-1. 입도 분석

자갈의 조직적 특징은 입자의 장축(long axis; L), 중축(intermediate; I) 및 단축(short axis; S)의 길이를 바탕으로 하여 분석하였다. 조직변수(평균 입도, 분급도, 왜도, 첨도)는 Friedman & Johnson(1982)이 제시한 방법(moment method)을 이용하여 0.5φ 간격으로 계산하였다.

2-2. 자갈입자의 형태 분석

자갈입자의 형태는 Zingg(1935)의 분류방법에 따라 서로 직교하는 세 축의 측정값을 이용하여 4가지 형태(disc, blade, equant, prolate)로 분류하였다. 그리고 본 연구지역의 자갈형태의 분포양상을 나타내기 위하여 Sneed & Folk(1958)의 방법을 이용하여 S/L, (L-I)/(L-S)의 값들에 따라 삼각도표에 표시하였다.

2-3. 자갈입자의 원마도(roundness)와 구형도(sphericity)분석

자갈의 원마도는 수정된 Wentworth 방법($R_{wt} = D_w/D_1$)을 이용하여 계산하였으며, 구형도는 수력학적 조건(hydrodynamic condition)을 가장 잘 나타내 주는 Sneed & Folk의 방법(maximum projection sphericity; MPS)을 사용하였다.

Lower series(m)	Upper series(m)
1.5 ~ 2.4	9.1
5.1 ~ 6.1	9.1 ~ 10.6
6.7 ~ 7.5	15 ~ 18
	21 ~ 27
	36 ~ 39
	51 ~ 57
	73 ~ 88

결과 및 토의

1. 고해빈의 형성 시기

바톤반도와 위버반도의 총 19개 지점에서 관측한 해빈과 파식지형의 고도를 Table 1에 나타내었다. 남극의 융기해안(uplifted beach)에 관하여 연구한 Adie(1963)는 바톤반도에서 나타나는 융기해안이 아래와 같이 두 계열로 구분된다고 발표하였다.

Table 1. Altitude of beaches observed in the study area.

Site	Height(m)	Remark
WP 1	9.9	beach gravel
WP 2	6.3	beach gravel
WP 3	4.4	beach gravel
WP 4	80.0	wave cut
WP 5	4.0	beach gravel
BP 1	3.4	beach gravel
BP 2	3.3	beach gravel
BP 3	2.4	beach gravel
BP 4	4.0	beach gravel
BP 5	50.0	beach gravel
BP 6	85~90	beach gravel
BP 7	120.0	wave cut
BP 8	35.0	beach gravel, wave cut
BP 9	30.0	beach gravel, wave cut
BP10	125.0	wave cut
BP11	110 ~ 105	wave cut
BP12	75.0	beach gravel, wave cut
BP13	6.3	beach gravel
BP14	5.9	wave cut

즉, 그는 이들을 형성시기와 요인에 따라 두 계열로 구분하였는데, 상부계열(Upper series)은 플라이스토세(Pleistocene)에 2~3의 빙하의 확장과 관련되어 형성되었고, 하부계열(Lower series)은 현재(Holocene)동안의 빙하의 감소(deglaciation)에 의한 융기로 해석하였다. 그러나 이와 같은 시대적인 해석은 절대연령 측정자료의 부족으로 불가능한 경우가 대부분이다. John등(1971)은 킹조지섬의 여러 지역에서 고해수면의 흔적을 관찰하여 고도 54m까지의 융기해빈과 해안은 현재에 형성되었으며, 275m까지의 고해수면은 플라이스토세의 마지막 간빙기(Last Interglacial)때에 형성된 것으로 해석하였다(Table 2). 또한 Barsh & Mausbacher(1986)는 킹조지섬의 필데스 반도(Fildes Peninsula)에서 관찰되어지는 20m 이하의 융기해빈을 모두 현재에 형성된 것으로 해석하였다. 이(1992)는 위와 같은 지구조적 사건(tectonic event)들과 바톤반도에서 관측된 고해안선의 증거들을 종합하여 크게 3계열로 구분하였다. 즉, 하부계열(Lower series)은 현재 해수면으로부터 20m까지의 범위를 갖는 고해빈으로서, 과거 6,000년전에 현재와 유사한 범위의 빙하지역을 나타냈었다는 학자들의 주장(Clapperton & Sugden, 1982 ; Payne et al., 1989)에 따라 6,000년전 이후에 형성된 것으로 보았다. 중부계열(Middle series)은 20m 상부로부터 80m에 걸쳐 분포하는 것으로서, 각이 진 암편들이 대부분을 차지하나 간혹 원마도가 좋은 자갈들이 섞여 있다. 이(1992)는 이들을 현재의 분포 위치보다 더 높은 고도에 존재하는 고해빈에서 운반되어 온 것으로 보았다. 그리고 남극대륙이 지금으로부터 18,000년전의 마지막 빙하기동안에 위도 50°까지 두꺼운 얼음으로

Table 2. Tentative reconstruction of landscape evolution during Quaternary in the South Shetland Islands (John, 1971).

Age	Events	Sea-level relative to the present *
Recent	Glacier retreat; beaches below 6m Re-advance stage; morainic ridge Rapid deglaciation; 18.5 transgression Deglaciation; beaches up to 54m	falling with fluctuations higher
Pleistocene	Local glaciation; expansion of local island ice caps Non-glacial interval; beaches up to 275m Deglaciation; cutting of melt water channel Maximum glaciation(s); glacial erosion	at least + 275 m ? lower

* No account is taken for eustatic, isostatic and tectonic movements.

덜어 있었다는 학자들의 주장(Hays, 1978 ; Denton & Hughes, 1981 ; Clapperton & Sugden, 1982)에 따라 상부계열(Upper series)은 적어도 18,000년 이전에 형성된 것이라고 하였다.

본 연구지역과 남극의 다른 지역에서 지금까지 관찰되어진 용기해빈과 파식 지형을 관측된 높이에 따라 도시해 본 결과, 지역에 따라 약간씩의 차이를 보였다(Fig.5). 이는 지질학적 사전에 대응하는 방

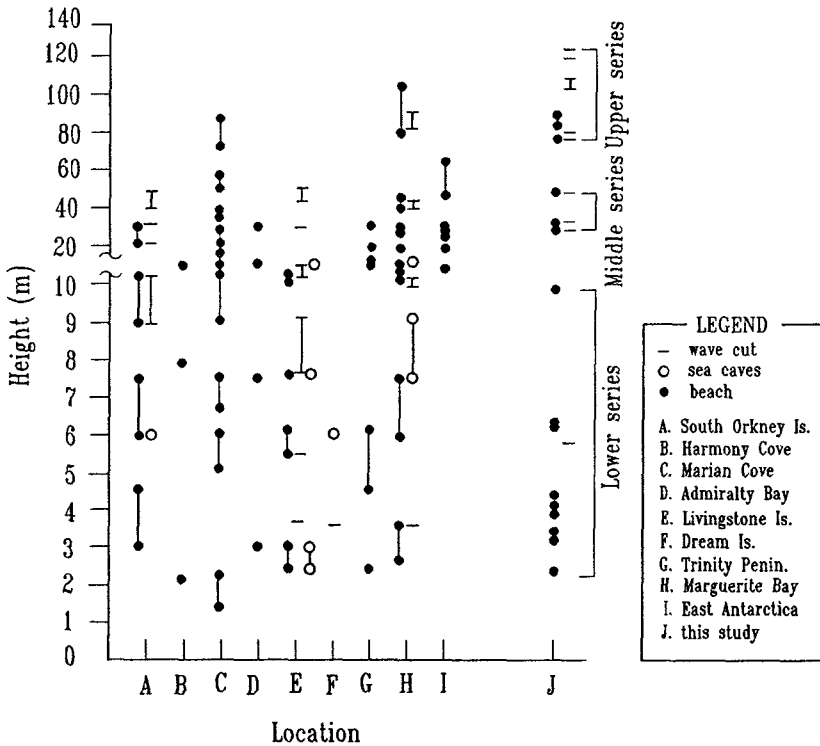


Fig. 5. Heights of wave cuts, sea caves and raised beaches located in coasts of Antarctica (based on Adie(1963)). B, C, D and E are belong to South Shetland Islands; F, G and H are belong to Graham Land.

석이 지역적으로 조금씩 다르기 때문에 나타나는 현상으로 사료된다. Adie(1963)는 플라이스토세 동안에 좀 더 북쪽에 위치한 남오크니 군도(South Orkney Islands)는 빙하의 영향을 크게 받지 않은 반면, 킹조지섬이 속해 있는 남셴틀랜드 군도(South Shetland Islands)는 무거운 빙하의 하중을 받았을 것으로 생각하였다. 그러한 까닭으로 해빙이 진행되는 동안 남셴틀랜드 군도의 여러 섬들에서는 지구조적 변동이 복잡하게 일어났다. 반면에 남극의 동부(East Antarctica)에서는 서부에 비해 좀 더 안정적이고 연장성이 좋은 용기지형을 보인다(Adie, 1963). 그러나 대체적으로 높이 20m 이하의 계열과 20m~60m사이의 계열, 그리고 60m~125m의 계열로 크게 구분이 되어 지질학적 사건에 의한 분류와 지형적 높이차에 의한 분류가 어느정도 일치함을 보여준다.

위와 같은 분류를 바탕으로 하여 바톤반도와 위버반도에서 나타나는 용기해빈을 9.94m 이하의 하부계열과 30m~50m의 범위를 갖는 중부계열, 그리고 75m~125m에 이르는 상부계열로 구분하였다(Table 3). John(1971), Curl(1976) 등은 포터 소만(Potter Cove) 부근의 고도 6m에 위치한 단구에서 얻은 해수면 탄소동위원소를 이용해 연령측정한 결과 420 ± 65 yrs, 500 ± 50 yrs를 나타냈다고 하였다(Birkenmajer et al., 1988). 즉, 본 연구지역의

하부계열은 현세 말기에 형성된 고해빈으로서 빙하의 후퇴로 인한 용기작용으로 형성된 것이다(John, 1971, Table 2). 중부 계열(Middle series)은 고도 30m 상부로부터 50m에 걸쳐 분포하는 것으로 현재의 분포 위치보다 더 높은 고도에 존재하는 고해빈에서 운반되어 온 것으로 사료된다(이, 1992). 상부 계열은 플라이스토세의 마지막 간빙기와 빙하기에 이르는 기간 동안에 형성된 것으로 생각된다(Adie, 1963; John et al., 1971; 이, 1992).

2. 해빈단면의 관찰 결과

본 연구지역의 해빈단면은 위버반도의 WP5 지점과 바톤반도의 BP1, BP3의 세 부분에서 관측하였다(Fig.4). 위버반도의 WP5 지점에서 관측한 해빈단면은 figure 6에 도시한 바와 같으며, 고해빈(old beach)의 높이는 약 4.0m로서 하부 계열에 해당한다. 고해빈의 중간지점에서는 이끼(lichen)류가 서식하고 있으며, 고해빈의 정부(crest)와 곡부(trough)에서 각각 7개의 표본을 채취하였다(Fig.6).

바톤반도의 BP1 지점에서 관측한 고해빈의 높이는 3.4m이며, 그 위에는 빙하에 의해 운반된 암설(rock debris)들이 분포하고 있다(Fig.7). 현재 발달하고 있는 해빈과 고해빈의 각 부분(BP1-2, -3, -4, -5, -6)에서 시료를 채취하였다. 이 중 BP1-3 지점을 70cm 깊이로 파서 수직 분포를 조사하였다(Figs. 7b & 8). 표층에서 10cm 깊이까지는 14.8mm 내외의 자갈들로 이루어져 있으며, 상부로 갈수록 입자의 크기가 약간씩 커지는 양상을 보인다. 그 아래부터 약 30cm 깊이까지는 주로 자갈을 포함한 모래로 구성되어 있으며, 간혹 거력(boulder)을 포함하기도 한다. 그리고 자갈을 포함한 모래층이 45cm까지 분포하고 있으며, 그 밑으로 약간의 자갈을 포함하는 사질 점토층이 70cm 깊이 아래에까지 분포하고 있다(Figs. 7b & 8). 즉, 하부로부터 사질점토층, 사질층, 역질사층, 역질층에 이르는 상향조립화하는 경향을 보임을 알 수 있었다. 이는 해수면의 하강이 있었음을 지시하는 층리로서, 해

Table 3. The location of the raised beaches at the Barton Peninsula and Weaver Peninsula (WP), King George Island, Antarctica (based on Adie, 1964; Lee, 1992).

Lower series	Middle series	Upper series
2.4	30.0	75.0
3.3	35.0	80.0(WP)
3.4	50.0	85.0 ~ 90.0
4.0(WP)		105.0 ~ 110.0
4.0		120.0
4.4(WP)		125.0
5.9		
6.3(WP)		
6.3		
9.9(WP)		

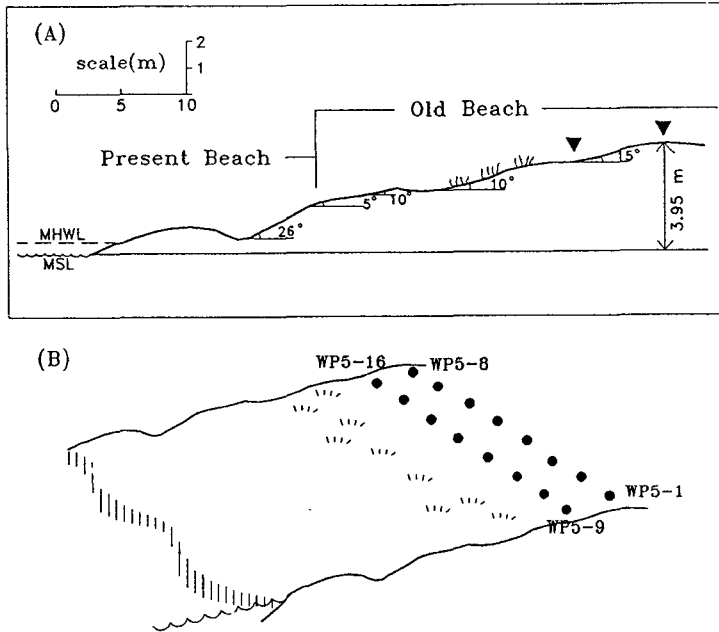


Fig. 6. Beach profile (A) and sampling location (B) of WP5, Weaver Peninsula, King George Island, Antarctica.

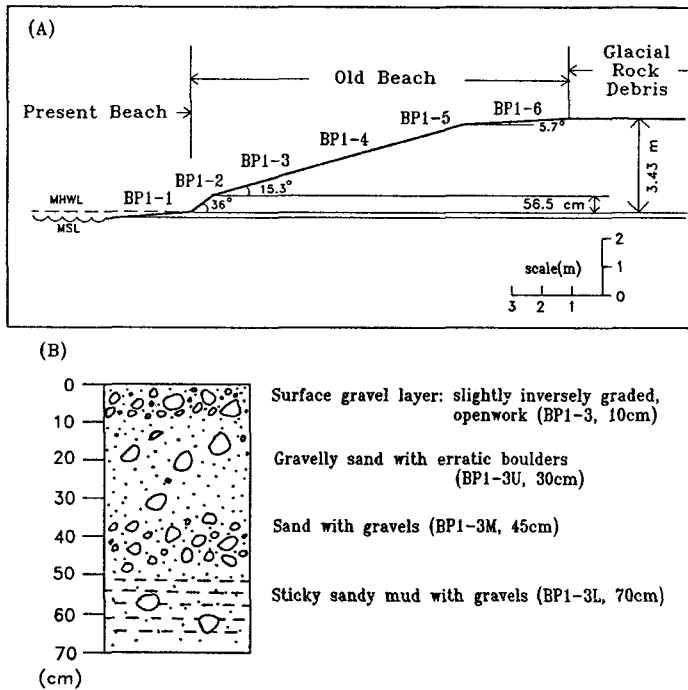


Fig. 7. Beach profile and sampling sites of BP1 (A), Barton Peninsula, King George Island, Antarctica. Description of vertical profile in site BP1-3 (B).



Fig. 8. Photograph of cross section trenched at the site BP1-3.



Fig. 10. Photograph of asymmetrical ripple zone at the site of BP3.

수면 하강으로 인한 파랑의 재동 작용에 의해 모래와 실트 퇴적물들이 재부유되어, 결국 자갈입자 사이에 열린구조(openwork)가 형성된 것으로 사료된다 (Fig. 7b).

바톤반도의 서쪽 해안에서는 용기 지형이 비교적 넓게 발달되어 있으며, 북서쪽 해안보다 연장성이

좋은 편이다. 따라서 BP3 지점은 현재 발달하고 있는 해변에서 폭풍 구릉(storm ridge)으로 사료되는 대칭 또는 비대칭적인 연흔지대(ripple zone)가 넓게 분포하고 있다(Figs. 9a & 10). 표품은 비대칭인 연흔 구조의 곡부(trough)와 정부(crest), 그리고 육지쪽 사면(landward slope)에서 각각 채취하였다(Fig. 9b).

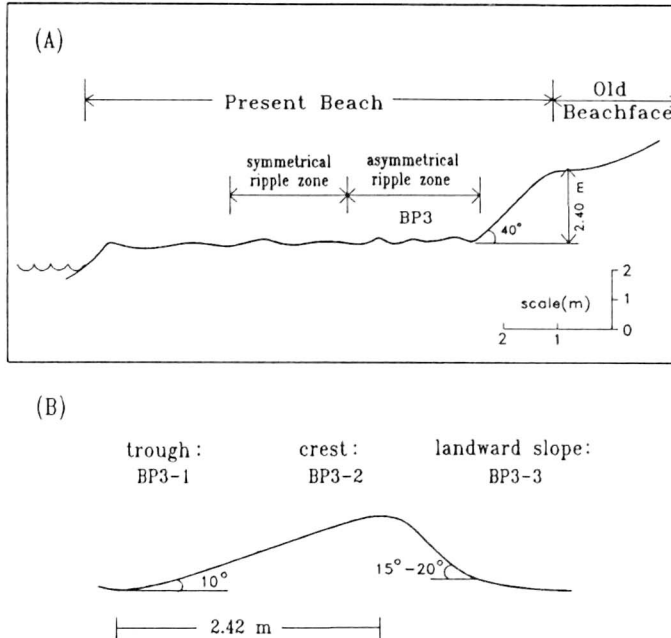


Fig. 9. Beach profile and sampling location of BP3, Barton Peninsula, King George Island, Antarctica. (A) : beach profile, (B) : sampling sites on asymmetrical ripple zone.

3. 자갈의 입도 분석

바톤반도에서는 현재 발달하고 있는 현생해빈과 하부계열, 그리고 상부계열에 해당하는 부분에서 표품을 채취하였으며, 위버반도에서는 하부계열에서 표품을 채취하여 입도분석을 하였다(Figs. 6b, 7a & 9b).

바톤반도에서는 현생해빈(BP1-1)과 하부계열(BP1-2, -3, -4, -5, -6)에서 각각 $-3.84\phi(14.3\text{ mm})$, $-3.87\phi(16.5\text{ mm})$ 의 평균입도를 가지는 것으로 나타났으며, 상부계열에 속하는 고해빈(BP6, BP7)에서는 $-5.45\phi(43.7\text{ mm})$ 로 현생해빈이나 하부계열의 것보다 상당히 조립한 것으로 나타났다(Table 4). 상부계열이 다른 부분과 다른 입도를 보이는 것은 상대적 해수면 하강이 진행되는 동안 파랑에 의한 재동작용으로 작은 입자들이 걸러져 나가고 큰 입자들만 남게 되었거나, 용기 이후에 작은 입자들이 선택적으로 빙하에 포획되어 운반된 결과로 사료된다. 그러나 분급도는 현재의 해빈이 0.52, 하부계열과 상부계열이 각각 0.71, 0.57로 나타나 모두 약간 양호(moderately well sorted)한 범위에 속했다(Table 4).

Table 4. Textural parameters of beach gravels of each series in Barton and Weaver peninsulas, Antarctica.

Location	Series	Mz		Sd	Rn	MPS
		(phi)	(mm)			
Barton Penin.	Present	-3.84	14.3	0.52	0.37	0.68
	Lower	-3.87	14.6	0.71	0.41	0.67
	Upper	-5.45	43.7	0.57	0.63	0.74
Weaver Penin.	Lower	-4.36	21.7	0.58	0.42	0.66

* Mz : Mean size, Sd : Sorting, Rn : Roundness and MPS : Maximum Projection Sphericity.

연흔 형태를 보이는 일련의 폭풍 구름이 분포하고 있는 BP3 지점의 경우는 육지쪽으로 가면서 입도가 배로 증가하는 양상을 보였다(Table 5). 이 지점은 다른 지점들에 비해서 해빈의 폭이 넓고, 경사도 완만하기 때문에 연흔과 같은 일련의 구조들이 잘

Table 5. Textural parameters of beach gravels in Barton and Weaver peninsulas, Antarctica.

Sampling site	Mz(mm)	Sd	Sk	Kt	Rn	MPS
BP1-1	14.3	0.52	-0.31	3.02	0.37	0.68
BP1-2	9.5	0.73	-0.21	1.97	0.41	0.71
BP1-3	14.8	0.94	0.10	1.92	0.37	0.65
BP1-4	12.6	0.85	0.12	2.10	0.41	0.67
BP1-5	16.7	0.41	0.06	2.95	0.46	0.65
BP1-6	19.6	0.61	0.97	2.62	0.38	0.69
BP2	16.2	1.00	0.60	2.47	0.42	0.70
BP3-1	11.9	0.82	0.18	1.77	0.53	0.65
BP3-2	21.4	1.06	1.07	2.34	0.50	0.63
BP3-3	26.0	0.67	0.26	2.02	0.63	0.62
BP4	16.9	0.37	0.49	2.16	0.51	0.63
BP6	44.9	0.49	-0.81	3.61	0.64	0.70
BP7	42.5	0.64	-0.13	3.02	0.61	0.77

Sampling site	Mz(mm)	Sd	Sk	Kt	Rn	MPS
WP5-1	7.2	0.42	-0.78	4.77	0.51	0.72
WP5-2	25.6	0.52	0.11	2.94	0.45	0.61
WP5-3	28.8	0.92	1.61	3.87	0.42	0.64
WP5-4	23.1	0.54	-0.11	2.65	0.45	0.64
WP5-5	18.8	0.59	-0.43	2.95	0.34	0.68
WP5-6	19.7	0.56	-0.10	2.59	0.36	0.68
WP5-7	21.1	0.53	-0.19	2.73	0.46	0.67
WP5-8	26.0	0.51	-0.09	3.27	0.47	0.69
WP5-9	13.5	0.57	-0.69	3.30	0.48	0.70
WP5-10	10.9	0.51	-0.49	3.77	0.55	0.68
WP5-11	27.1	0.44	0.05	2.85	0.34	0.64
WP5-12	22.5	0.80	1.33	2.60	0.48	0.67
WP5-13	20.8	0.57	-0.07	2.75	0.35	0.62
WP5-14	24.1	0.60	0.11	2.76	0.30	0.67
WP5-15	29.2	0.64	0.29	2.37	0.35	0.63
WP5-16	29.0	0.53	0.95	4.88	0.46	0.65

발달된 것으로 사료되며, 이러한 구조들은 폭풍이 진행되는 동안에 형성된 폭풍 구름으로서 폭풍의 세기에 따라 가변적으로 형성되는 것으로 생각된다(Fig. 10).

위버반도의 경우(WP5)는 하부계열에 해당하는 고해빈에서 평균 입도가 $-4.36\phi(21.7\text{ mm})$ 로 나타나 바톤반도의 하부계열보다 약간 조립한 양상을 보였다(Table 4). 분급도는 0.58로 바톤반도와 유사한

분급을 나타냈다(Table 4).

4. 자갈의 형태 분석

4-1. 원마도(roundness)와 구형도(sphericity)

바튼반도와 위버반도에서 전반적으로 원마도는 0.30~0.61로서 약간 둥글거나(sub rounded) 둥글게(rounded) 나타났다. 바튼반도의 경우 현생해빈에서 0.37, 하부계열에서는 0.41로 나타나 약간 둥근 범위(sub rounded; 0.35~0.49)에 속하였으며, 상부계열에서는 원마도가 0.63으로 둥근 범위(rounded; 0.49~0.70)에 속했다. 그리고 위버반도의 하부계열에서도 원마도가 0.42로 나타나 바튼반도의 하부계열과 비슷한 값을 보였다(Table 4). 바튼반도의 현생해빈과 하부계열에 속하는 자갈들이 상부계열의 것보다 원마도가 낮게 나타나는 것은 빙하에 의해 낮은 지대로 운반된 각이진 암편들이 덜 마모된 상태로 존재하기 때문인 것으로 사료된다. 구형도는 위버반도와 바튼반도의 각 부분들이 0.66~0.74의 범위로 나타나 모두 유사한 경향을 보였다(Table 4).

4-2. 입자 형태(grain shape)

Zingg(1935)의 분류법에 따른 입자의 형태는 전반적으로 disc 형태가 27.3%~52.8%로 가장 우세하게 나타났으며, 다음으로 equant 형태가 13.5%~48.0% 정도를 차지했다(Table 6). 특히, BP3 지점에서는 다른 지점들보다 disc 형태가 더 우세하게 나타났다. 이 지점의 경우는 폭풍 구름의 바다쪽으로 갈수록 equant 형태의 비율이 배로 증가하는 반면에, blade 형태는 육지쪽으로 가면서 더 증가하는 양상을 보였다. 이는 파랑의 swash에 의한 육지쪽에서의 운반이 disc와 blade 형태가 더 용이하고, 그중 blade는 disc보다 사면을 더 잘 내려가는 형태적 특징을 갖고 있으며, equant 형태는 backwash 동안 다른 형태보다 굴림 작용(rolling)에 의한 바다쪽에서의 운반이 더 용이하기 때문인 것으로 사료된다

Table 6. Shape frequency for sediment data obtained from each sampling sites in Barton and Weaver peninsulas, Antarctica.

Sampling site	Disc	Blade	Equant	Prolate
BP1-1	46.08	8.29	30.41	15.21
BP1-2	40.00	4.00	48.00	8.00
BP1-3	41.32	17.36	24.79	16.53
BP1-4	43.40	10.38	27.36	18.87
BP1-5	43.88	16.33	22.45	17.35
BP1-6	39.84	5.69	34.15	20.33
BP2	38.26	4.81	38.39	18.55
BP3-1	50.00	9.43	26.42	14.15
BP3-2	52.78	15.74	15.74	15.74
BP3-3	51.35	22.97	13.51	12.16
BP4	42.72	17.46	19.53	22.29
BP6	47.06	5.88	35.29	11.76
BP7	27.27	9.09	45.45	18.18
Average	43.38	11.34	29.35	16.09

Sampling site	Disc	Blade	Equant	Prolate
WP5-1	35.23	3.63	50.78	10.36
WP5-2	74.85	9.58	11.96	3.59
WP5-3	69.05	5.36	20.24	5.30
WP5-4	66.21	5.94	20.09	7.76
WP5-5	37.19	12.81	26.86	23.14
WP5-6	49.19	6.85	30.65	13.31
WP5-7	54.00	4.40	24.80	16.80
WP5-8	53.06	4.55	27.92	13.64
Average	54.85	6.64	26.67	11.75
WP5-9	45.14	4.86	34.03	15.97
WP5-10	53.33	6.36	27.88	12.42
WP5-11	38.06	22.39	14.93	24.63
WP5-12	53.73	5.22	26.12	14.93
WP5-13	38.16	25.66	10.53	25.66
WP5-14	50.00	5.47	29.69	14.84
WP5-15	55.29	14.12	16.47	14.12
WP5-16	61.43	5.71	21.43	11.43
Average	49.39	11.22	22.63	16.75

(Landon, 1930, Kim et al., 1990).

그리고 본 연구지역의 자갈형태의 분포양상을 나타내기 위하여 Sneed & Folk(1958)가 제시한 방법에 따라 입자의 형태를 각 입도별로 삼각도표에

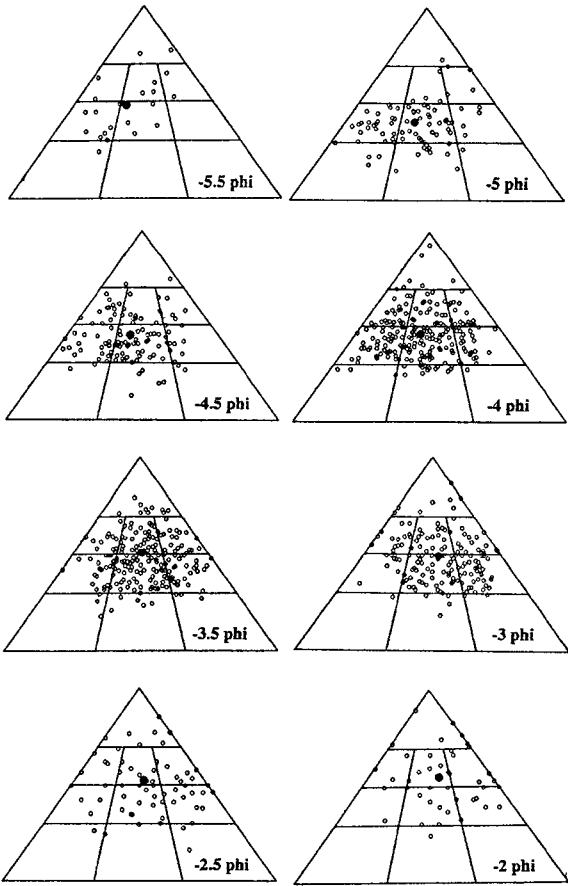


Fig. 11a. Triangular diagram plotting shape parameters (S/L, (L-I)/(L-S)) of beach gravels in King George Island, Antarctica (after Sneed and Folk, 1958). Solid circle is average value of shape parameters.

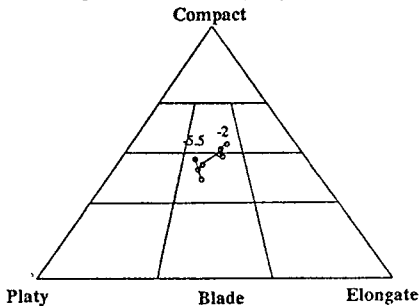


Fig. 11b. Triangular diagram plotting average value of shape parameters at intervals of 0.5 phi.

나타내 보았다(Fig. 11). 그 결과 입도가 작을수록 구(compact) 또는 편장된(elongate) 형태로의 방향성을 보임을 알 수 있었다. 이는 입자의 크기가 작을수록 마모의 기회가 많아지면서 점차 구에 가까운 형태를 갖게 된 것으로 사료된다. Wagg & Orgen(1984)은 전석(talus)이 해변역으로 마모되어 가는 과정을 연구하여, 암편들이 결국은 구에 가까워진다고 하였다. 또한 Bluck(1967)은 입도별 자갈의 형태 분포를 조사하여 큰 입도에서 disc 형태가 우세하게 나타나며, equant 형태는 작은 입도에서 우세함을 알아냈었다. 이러한 결과를 종합해 볼 때, 일차적으로 모암의 암석 성분에 따라 자갈의 형태가 결정되나 해변에 운반된 이후에는 파랑의 작용을 끊임없이 받으면서 형태적 진화가 일어나는 것으로 사료된다. 즉, 크기가 큰 자갈들은 이동되기 어렵기 때문에 한쪽면이 지속적으로 마모되어 납작한 모양으로 되어가고, 이동이 용이한 작은 자갈들은 마모의 기회가 많아지면서 점차 구에 가까워지는 형태적 특징을 갖게 되는 것으로 해석된다.

결 론

남극 킹조지섬의 고해빈은 대체적으로 3계열로 구분되는데, 상부계열(<10m)은 플라이스토세의 마지막 간빙기 동안에 형성되었고, 하부계열(50m ~ 125m)은 현세말기동안 형성되었으며, 중부계열(30m ~ 50m)은 위로부터 빙하에 의해 운반된 것으로 사료된다. 세종과학기지의 북동부에서는 하부로부터 사질점토층, 사질층, 역질사층, 역질층에 이르는 상향조립화의 층리가 나타나 이 지역에서 상대적 해수면의 하강이 있었음을 알 수 있다. 상부계열의 평균 입도가 다른 부분보다 더 크게 나타나는 것은 상대적 해수면 하강이 진행되는 동안 파랑의 재동 작용으로 큰 입자들만 남게 되었거나, 융기 이후에 작은 입자들이 선택적으로 빙하에 포획되어 운반된 결과로 생각된다. 현생해빈과 하부계열에 분포하는 자갈의 원마도가 상부계열의 것보다 낮게 나타나는 것은 빙하에 의해 낮은 지대로 운반된 각이진 암편들이 덜 마모된 상태로 존재하기 때문인 것으로

사료된다. 삼각도표에 나타난 자갈의 형태 분포는 자갈이 크기가 작을수록 둥글거나(compact) 편장된(elongate) 형태로의 방향성을 보여, 자갈의 형태는 일차적으로 모암의 암석 성분에 따라 결정되나, 이차적으로는 운반된 이후에 형태적 진화과정을 겪는 것으로 해석된다.

사 사

본 연구가 수행될 수 있도록 많은 배려를 해주신 한국해양연구소의 극지연구소센터 여러분께 감사드리며, 번거로운 방문에도 친절히 도와주셨던 한국자원연구소의 이동영 박사님과 김주용 박사님께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 이동영, 1992. 남극 바톤반도 주변 지역의 용기 지형 특성. 한국극지연구, 제 3권, 제 1호, 71-84.
- 이방용, 김동호, 김예동, 1990. 남극세종기지의 기상 연구(1988-1989). 한국극지연구, 제 1권, 제1호, 47-58.
- 장순근, 김동엽, 이방용, 장호성, 1990. 세종기지 주변의 1988/89년 자연환경. 한국극지연구, 제 1권, 제 1호, 59-66.
- Adie, R.J. 1963. Sea level changes in Scotia Arc and Graham Land. In : Adie, R.J. (ed.), Antarctic Geology. Proceedings of the 1st International Symposium on Antarctic Geology. John Wiley & Sons, p.27-32.
- Araya, R., and F. Herve. 1972. Periglacial Phenomena in the South Shetland Islands. In : Adie, R.J. (ed.), Antarctic Geology and Geophysics. Universitetstorlaget, Oslo., p.105-109.
- Barrett, P.J. 1980. The shape of rock particles : a critical review. Sedimentology, 27 : 291-303.
- Birkenmajer, K., W. Danowski and K. Rolnicki. 1988. Late Holocene raised marine terrace at Arctowski Station, King George Island(South Shetland Islands, Antarctica). In : Birkenmajer, K. (ed.), Geological Results of the Polish Expeditions. Warszawa, p.75-80.
- Bluck, B.J. 1967. Sedimentation of beach gravels examples from South Wales. Journal of Sedimentary Petrology, 37 : 128-156.
- Choi, J.Y. 1989. Depositional environments of the coarse-grained sediments on the continental shelf of Korean Seas. Ph.D. thesis, Seoul National University, Korea.
- Choi, J.Y. 1991. Grain size analysis - A methodological review II. Textural parameters calculated by graphic and moment methods. Publications of the Research Institute of Marine Development, Kunsan National University, 3 : 85-100., 113-133.
- Dobkins, Jr. J.E. and R.L. Folk, 1970. Shape development on Tahiti-Nui. Journal of Sedimentary Petrology, 40 : 1167-1203.
- Friedman, G.M. and J.E. Sanders. 1978. Principles of Sedimentology. Wiley, New York.
- Friedman, G.M. and K.G. Johnson. 1982. Exercises in Sedimentology. Wiley, New York.
- Gale, S.J. 1990. The shape of beach gravels. Journal of Sedimentary Petrology, 60 : 787-789.
- Illenberger, W.K. 1991. Pebble shape (and size). Journal of Sedimentary Petrology, 61 : 756-767.
- John, B.S., and D.E. Sugden. 1971. Raised marine features and phases of glaciation in the South Shetland Islands. Br. Antarct. Surv. Bull., 24 : 45-111.
- Kim, J.Y., D.K. Choi and D.Y. Lee. 1990. Paleoenvironmental implication of the Quaternary gravel sequences on the basis of gravel shape. The Korean Journal of Quaternary Research, 4 : 41-57.

- Krumbein, W.C. 1941. The effects of abrasion of the size, shape, and roundness of rock fragments. *Journal of Geology*, 49 : 482-520.
- Landon, R.E. 1930. An analysis of beach pebble abrasion and transportation. *Journal of Geology*, 38 : 437-446.
- Lewis, D.W. 1984. *Practical Sedimentology*. Hitchinson Ross. Publishing Company.
- Nichols, R.L. 1961. Characteristics of beaches formed in polar climates. *American Journal of Science*, 259 : 694-708.
- Silva, E.F. 1972. Geomorphological observations and generalizations on the coasts of the South Shetland Islands and Antarctic Peninsular. In : Adie, R.J. (ed.), *Antarctic Geology and Geophysics*. Universitetstorlaget, Oslo., p.99-103.
- Tucker, M. 1988. *Techniques in Sedimentology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Wagg, C.J. and D.E. Ogren, 1984. Shape evolution and fabric in a boulder beach, Monument Cove, Mainen. *Journal of Sedimentary Petrology*, 54 : 98-102.
- Zingg, T. 1935. Beitrag zur Schotter analyse. *Schweize, Min-Petr. Mill*, 15 : 39-140.
-