

## 江陵市 正東津 地域 段丘地形 再考

李鮮馥\* · 李容鎰\*\* · 林賢洙\*\*\*

### Geomorphology of Terrace at Jeongdongjin, Gangneung City: A New View

YI, Seonbok\* · LEE, Yong Il\*\* · LIM, Hyoun Soo\*\*\*

**요약 :** 강릉시 정동진 지역에 발달한 단구지형은 플라이스토세 후기의 지구조운동으로 해안평원이 용기해 만들어졌을 가능성이 있다. 해안 단애를 따라 해빈 퇴적물과 소위 '천공패(boring shell)'의 흔적이 발견된다는 주장에도 불구하고, 그러한 증거는 불확실하며 단구 지형 전체에 걸쳐 기반암이 해수의 침식을 받았다는 증거도 찾기 어렵다. 도로와 해안을 따라 노두에 드러난 기반암 위로는 하천퇴적물로 보이는 사력층이 덮여 있다. 사력층 위로 계속되는 고토양층은 원래 해안평야 지형의 하천 범람원에 퇴적된 층적층이라고 판단된다. 사력층의 OSL연대측정 및 고토양층 상부에서 발견되는 AT 화산재는 퇴적이 대략 11만년에서 2만 년 전 무렵 사이에 이루어졌음을 시사해준다.

**주요어 :** 正東津, 海岸段丘, 海岸平原, 古土壤, 화산재, AT, OSL

**Abstract :** The well-known coastal terrace developed at Jeongdongjin area, Gangneung, appears to be a remnant coastal plain uplifted during the late Pleistocene. Despite claims of the existence of beach deposits, borings of the so-called 'boring shells' as well as erosion of basement by waves are not found in this area. Sediments overlying the basement are exposed along the roadcut and coast, which are composed of sandy to gravelly deposits of fluvial origin. They are overlain by paleosol layers which appear to have been deposited originally in the interfluvial environments on the coastal plain. OSL dating of sandy to gravelly deposit and existence of AT tephra grains in the topmost horizon of paleosol bed suggest that fluvial sedimentation could have occurred between ca. 110 and 20 ky.

**Key Words :** Jeongdongjin, coastal terrace, coastal plain, paleosol, tephra, AT, OSL

### I. 서 론

동해안 정동진 지역의 해안단구는 지형학뿐만 아니라 고고학이나 제4기 지질학 연구에서도 중요한 곳으로서, 이곳 지형의 형성과정과 연대에 대한 해석은 여러 관련분야 연구자 사이에 큰 관심거리이다. 고고학의 경우, 1984년 이곳 단구 위에서는 동해안 지역 최초의

구석기 유적이 발견되었으며(이선복, 2006), 이를 계기로 동해안을 따라 발달한 여러 단구 지점에서는 30여 개소 이상의 구석기 지점이 알려지게 되었다(최복규·유혜정, 2005, 25~26쪽 참조). 동해안 구석기 유적의 연대와 형성과정을 생각함에 있어서, 정동진 지역 단구의 연대와 기원에 대한 해석은 그 출발점이 되고 있다.

이 지역 단구에 대한 표준적 설명은 40여 년 전 제시되었다(황만익, 1968). 이에 따르면, 먼저 해수에 의한

\* 서울대학교 인문대학 고고미술사학과 교수(Professor, Department of Archaeology, Seoul National University), tungma@snu.ac.kr

\*\* 서울대학교 자연대학 지구환경과학부 교수(Professor, School of Earth and Environmental Sciences), lee2602@snu.ac.kr

\*\*\* 한국해양연구소 극지연구소 연구원(Senior Research Scientist, Korea Polar Research Institute, KORDI), tracker@kopri.re.kr

기반암 침식과 해빈 퇴적이 일어나고 해퇴기에 자갈층과 적색토층이 피복되어 지형이 더욱 평탄하게 되었다고 한다. 그렇지만 그간의 노력에도 불구하고 이곳 지형에 대한 설명은 아직 충분히 이루어지지 않았다고 여겨진다.

그 좋은 예로서, 지형의 형성시기를 두고 연구자 사이에는 200만 년 내외에서 수십 만 년에 이르는 의견 차이가 있다. 즉, 이동영은 이곳에서 단구의 상면은 동해안에서 다섯 번째로 높은 고도인 해발 75~90m 사이에 분포했다고 보아 이를 “제5단구”라고 해석했는데, 그는 이 “제5단구”的 기본지형이 플라이오세 말 해안침식으로 만들어진 다음, 소하천운동으로 계곡 내에 자갈층이 채워졌다고 해석했다(Lee, 1985). 그는 이후 지형의 형성연대를 플라이스토세 초기로 약간 내려 잡았지만, 아무튼 이곳 지형의 나이를 200만 년 내외로 평가하였다(이동영, 1999; 김주용 · 이동영 · 최성길, 1998).

그에 앞서 오건환(1981)은 이 “정동진면”은 어느 정도 융기의 영향을 받았으나 기본적으로 해수면 변화에 따라 해발고도 80~100m에 걸쳐 만들어졌다고 보았으며, 그 형성시기는 민델-리스 간빙기라고 해석하였다. 이러한 입장을 이어받아, 이곳 지형이 플라이스토세 중기에 형성되었을 것이라는 견해가 근래 다시 제시되었다(윤순옥 · 황상일 · 반학균, 2003). 이들은 정동진 일대에서는 모두 6개의 평탄면이 인지되며 이중 “정동진면” 혹은 “제5단구”는 해발 55~90m 사이에 걸쳐 있고 약 30~40만 년 전인 MIS(Maine Isotope Stage) 9나 11 혹은 홀스타인간빙기에 형성되었다고 추정하였다.

그런데 위의 세 사례는 모두 정동진 지역을 비롯해 동해안을 따라 관찰되는 단구를 기본적으로 해수면 변동에 의해 만들어진 해안단구(eustatically-formed marine terrace)라고 규정하고 있다. 이러한 판단은 해안을 따라 “정동진면”的 가장자리에서 *Pholas*와 같은 패류, 즉 소위 ‘천공패(穿孔貝: boring shell)’가 판 흔적이라 보이는 자취와 해빈 퇴적물이 관찰된다는 주장 을 그 주요한 근거로 삼고 있다. 즉, 많은 연구자는 이런 증거가 단구 전체에 걸쳐 있을 것이라 가정하고, 이 곳뿐만 아니라 다른 곳의 단구 지형도 기본적으로 해수면 상하운동의 결과 만들어졌다고 여기고 있는 듯하다.

따라서 동해안의 단구 지형에 대한 해석은 해수면 상하운동으로 높은 고도에서 낮은 고도로 내려오며 지형이 순차적으로 만들어졌을 것이라는 전제하에, 평탄면의 해발고도를 기준으로 단구의 지형층서를 설정하고 이를 유럽 제4기 층서나 MIS 단계와 대비해 각 지형단위의 형성연대를 추정해 왔던 것이다. 즉, 위에 사례로 든 단구 형성시기에 대한 의견 차이는 단지 지형 단위의 설정이나 평탄면의 고도 판독 혹은 절대연대 추정을 위해 채택한 기준과 같은 기술적 차이에 불과하지, 지형의 성인이나 형성과정에 대해 근본적으로 다른 입장을 지니고 있지 않는다.

이러한 접근법은 해안지역에 분포하는 단구지형의 연구에 유효할 수 있다. 그러나 이것은 다만 단구지형이 정말로 해수면 변동 때문에 시간에 따라 순차적으로 고도를 달리해 만들어졌음이 사실일 때에만 그러하다(예: Flint, 1971: 315–321, 586–590). 동해안 단구 지형이 해수면 변동으로 형성되었다는 해석은 해양퇴적 층임을 지시하는 퇴적층과 흔적화석이 분명히 존재한다면 설득력을 지니겠지만, 과연 그런 증거가 있는지는 재고해 볼 필요가 있다. 오히려 실제 이 일대에서 발견되는 증거는 그와는 다른 해석의 시각이 필요함을 말해 주고 있는 듯하다.

지형학 비전공자로서 널리 통용되는 지형 해석에 의문을 품게 된 것은 무엇보다도 해안에 연한 단구 위의 자갈층과 고토양 속에서 구석기 유물이 속속 발견되고 있다는 단순한 사실 때문이다. 즉, 기존의 해석은 단구 상면의 퇴적층 속에 어떻게 선사시대 유물이 남겨지고 보존될 수 있었을까 하는 물음에 만족스러운 해답을 주지 못하고 있다. 기존의 해석을 지지하는 입장에서 이러한 질문을 받게 되면, 육지화 된 해안단구 상면에 남겨진 유물을 퇴적층이 덮었을 것이라고 대답할 것이다(Chang, 1986 참조). 그런데 이러한 해석이 설득력을 지니려면, 단구 지형의 짙은 중심을 감안할 때 퇴적조건이 어떠했기 때문에 두터운 퇴적층이 쌓일 수 있었는지 설명할 수 있어야 할 것이다. 이러한 설명은 “정동진면”的 평면 규모를 생각할 때 급격한 퇴적작용을 전제로 하지만, 발견된 석기의 상태는 그러한 고에너지 퇴적환경에서 쌓였다고 할 수 없는 형태적 특징을 보여

주고 있다.

이 논문은 이러한 문제의식에서 출발해, 동해안 중부 지역 해안단구의 연구에서 일종의 건축 역할을 하고 있는 “정동진면”의 기원에 대해 의견을 제시하고자 작성하게 되었다. 글의 내용은 1984년 이래 이 일대에서 실시한 고고학 조사 및 지표관찰 자료와 더불어 2004년 10월 실시한 유적조사에서 얻은 퇴적물 분석에 바탕하고 있다(이선복, 2006; 이용일, 2006; 이선복·이용일·임현수, 2009). 비록 제시하고자 하는 의견을 뒷받침해주는 증거가 아직 충분하지 못하지만, 글의 내용은 기존 해석에 대한 문제 제기와 대안 제시의 역할은 할 수 있을 것이라 생각하며, 장차 이곳 지형에 대한 학제간 논의를 활성화시킬 수 있는 계기가 되기를 고대하는 바이다.

## II. 단구면의 분포에 대하여

정동진 지역의 단구지형을 처음 접하는 사람은 해안에서 급경사를 오른 뒤 펼쳐지는 흔치 않은 평탄지형에 깊은 인상을 받기 마련이다. 1980년대까지 그 위에는 단지 몇 채의 가옥과 축사, 군 막사만이 들어서 있고 식생도 드물어, 다만 평탄한 지표의 붉은 흙과 하늘과 바다의 푸른색이 주는 대비가 강한 인상을 주던 외진 곳이었다. 심곡리에서 금진리 사이의 평탄면은 군 훈련장으로 사용되어 토사더미가 나뒹구는 황폐한 건설공사 현장에 온 것과도 같은 착각이 들기 마련이었다. 그러나 정동진이 유명 관광지가 된 지금 이 일대에서 그런 모습은 상상하기 어렵게 되었다.

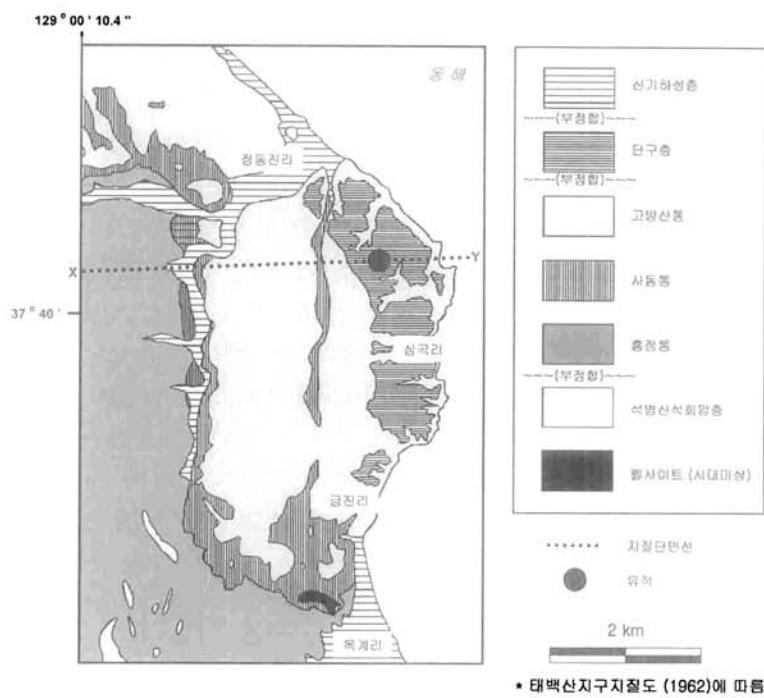
연·구지역의 지질과 지형의 개괄적 특징은 <그림 1>에서 보는 바와 같다. 그림의 단면도는 축척 1대 5만 지질도를 기초로 작성한 것으로서, “정동진면”이 대체로 해발 60m 이상의 고도임을 보여 준다. 축척 1대 5천 지형도를 참조할 때, 이 면의 고도는 대체로 해발 80m를 넘지 않으며, 그 최저고도는 해발 55~60m 사이에 있다. 심곡리 항 입구 좌우에서 보는 바와 같이 상대적으로 최근에 해식작용으로 만들어진 해발 10~20m 내외의 소규모 지형은 여기에 나타나 있지 않다. 또 1대 5

천 지형도에서는 정동진에서 금진리 사이에는 배후산지에 잇닿아 해발 90~100m 정도에 소규모 평탄지형이 형성되어 있음을 읽을 수 있으며, 이것은 “정동진면”에 앞서 형성된 지형이라 해석되기도 한다(Lee, 1995, 윤순옥 외, 2003). 그런데 앞에서 말한 바와 같이, 이런 높은 면을 빼다고 해도 정동진 일대에는 “정동진면” 하나만이 아니라 시기를 달리해 만들어진 몇 개의 면이 있다고 주장되기도 한다. 따라서 이 지역 단구 지형의 성격에 대한 논의에서는 우선 “정동진면”이 과연 몇 개의 면으로 구성되어 있는지부터 검토할 필요가 있다.

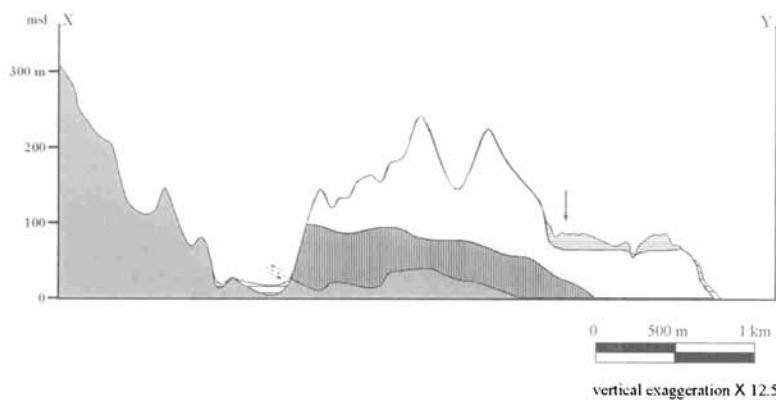
<그림 2>는 2004년 발굴지점(정동진리 50~89번지;  $37^{\circ} 40' 39''$  N,  $129^{\circ} 02' 45''$  E) 옆의 건물 옥상에서 남쪽을 향해 찍은 “정동진면”的 모습이다. 사진 왼쪽으로는 이곳에서 가장 고도가 높은 곳이 나타나 있는데, 골짜기 너머로 멀리까지 해발 75~80m 사이의 면이 이어지는 모습이 보이고 있다. 그러나 대부분의 지역은 대체로 해발 60~75m 사이에 걸쳐 있으며, 왼쪽 끝의 발굴지역에서 오른쪽 끝의 도로 사이는 해발  $65 \pm 5$ m, 사진 중앙에 멀리 보이는 경사지 위쪽은 대체로 해발 65~70m 정도이다. 지형의 요철로 사진에는 잘 드러나지 않지만 평탄지형은 해발 55m 정도까지 완경사를 이루며 펼쳐져 있다.

단구 상면의 지형이 기복을 이루며 이어지고 있기 때문에 정밀 지형도에서 등고선은 여러 개의 고도를 달리하는 폐곡선 분포를 보여주고 있다. 그 결과, 지형도에서 지형단면을 기계적으로 그리면 “정동진면”에서는 고도를 달리하는 여러 개의 평탄면을 확인할 수 있어, 지형도의 등고선 분포만을 따진다면 “정동진면”이 고도를 달리하는 여러 개의 면으로 구성되어 있다는 결론에 도달할 수도 있다.

그러나 “정동진면”이 고도 분포에 있어 20m 이상의 큰 차이가 있는 것은 시기를 달리해 여러 개의 면이 만들어졌기 때문이 아니라 활발한 침식작용 때문이라고 보인다. “정동진면”은 해안과 평행하게 달리는 고도 100~200m 대의 배후산지에서 시작하는 소하천에 의해 심하게 개석되어 있다. 배후산지에서 해안까지의 거리가 1~2km 정도에 불과한 만큼, 하곡은 좁고 깊게 발달했으며 하천은 급경사의 종단면을 이루고 있다. 요



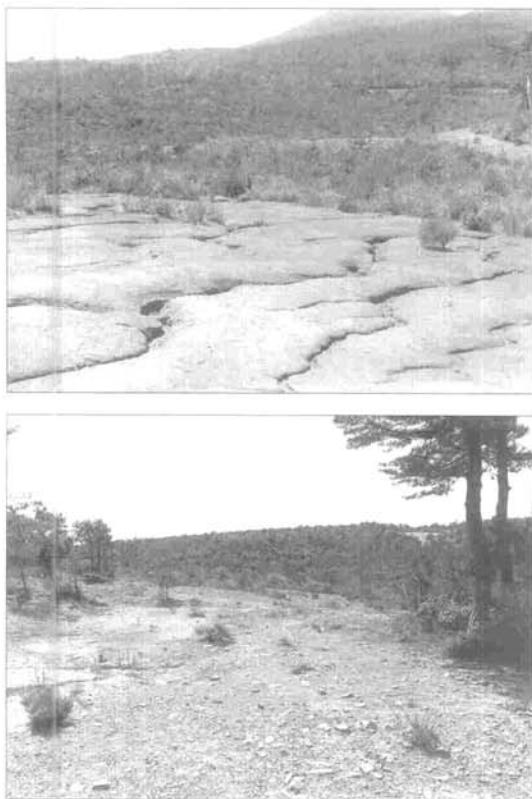
\* 태백산지구지질도 (1962)에 따름



〈그림 1〉 정동진 단구지형 일대의 지질도 및 지질단면. 태백산지구지하자원조사단(1962)에 따름. 유적은 1984년 발굴지점을 가리킨다.



〈그림 2〉 정동진 지역 해안단구 상면의 지형



〈그림 3〉 단구 상면의 침식 상황

철이 심한 단구면의 지표가 모두 인접한 하곡방향으로 기울어져 있음은 그 표면이 sheetwash에 의해 하곡방향으로 침식되고 있음을 보여준다.

〈그림 3〉은 1984년 8월 촬영한  $37^{\circ} 40' N, 129^{\circ} 03' E$  일대의 모습이다. 위의 사진은 해발고도 60~75m 사이에서 급속한 침식이 일어나고 있는 현장을, 그 아래 사진은 여기서 약 300m 떨어진 곳으로서 상부 퇴적물이 모두 침식된 다음 그 아래의 자갈층이 해발 55~60m 사이에 노출된 모습을 보여준다. 이곳에서 구석기 유물은 자갈과 섞여 지표에서 발견되며, 자갈층 너머로는 바로 깊은 협곡이 펼쳐진다. 이 두 사진에 보이는 지점 사이에서 지표지질은 연속적으로 변화하며 어떠한 층서적 불연속 관계도 볼 수 없는데, 20m에 달하는 지표면의 고도 차이가 침식 때문에 발생한 것임은 현장에서 곧 이해할 수 있다. 그러나 5천 분의 1 지형도에서 등고선은 마치 이 두 곳에 해발 75m 및 55m 내외에 고도를 달리하는 두 개의 평탄면

이 발달한양 그려져 있다.

### III. 사력층의 기원에 대하여

만약 “정동진면”이 둘 이상의 면으로 구성되어 있다면, 지형을 만든 영력이 변화하며 해당 면을 구성하는 퇴적물은 일정한 차이를 보여줄 것이다. 그러나 “정동진면” 전체에 걸쳐, 노두에서 관찰할 수 있는 기반암 위의 퇴적층은 비교적 일정하고 단순해 복수의 지형형성 사건이 있었음을 시사해주는 증거는 찾을 수 없다.

〈그림 4〉는 정동진에서 단구 상면으로 오르는 도로변( $37^{\circ} 40' 45'' N, 129^{\circ} 02' 35'' E$ )의 단면을 2006년 6월 촬영한 사진이다. 이곳에서 기반암은 해발 55m 정도에 노출되어 있다. 이 기반암의 고도가 “정동진면” 전체에 적용될 수 있고 면 전체에 걸쳐 퇴적이 동일한 고도까지 이루어졌다면, 기반암 위로는 원래 20m 이상의 퇴적물이 쌓였다는 셈이 된다.

이곳에서 기반암 위에는 크고 작은 모래와 자갈 입자로 구성된 퇴적층이 7m 가량 쌓여 있다(그림 5). 관찰되는 역질(礫質) 퇴적물은 정역암(orthoconglomerate)이 아니라 모래질 기질이 포함되어 분급이 매우 불량한 준역암(paraconglomerate)이다. 자갈의 크기는 boulder-size에서 pebble-size에 이르기까지 다양하며, 원마도 역시 둥근 것에서 각 진 것까지 큰 폭에 걸쳐 있다. 형태는 대체로 판상(板狀: disk or oblate)이



〈그림 4〉 단구 기저부 퇴적층



〈그림 5〉 위 〈그림 4〉의 하천퇴적물 조직 양상. 사진에 보이는 축척은 왼쪽은 cm, 오른쪽은 인치 단위임

우세하지만 긴 타원형(bladed)이나 막대형(prolate)도 있고, 판상 자갈에서는 인편(鱗片)구조(imbrication)가 보인다. 이러한 자갈의 형태적 특징은 기원암의 특성을 반영하는 바, 이 역질 퇴적물이 층리가 잘 발달한 고생대 퇴적암에서 유래했음을 말해준다. 상당수의 자갈이 깨진 상태로 산출하고 있는 것도 기원암의 특성과 관계될 것이다. 층서적으로 구석기 유물은 이 자갈층 상부에서 시작해 그 위에 쌓인 고토양층에 걸쳐 분포해, 고인류의 활동이 상당한 기간에 걸쳐 있었음을 말해 준다.

〈그림 4〉에서, 단면 오른쪽으로는 기반암 바로 위로 크게 두 차례에 걸친 상향 세립화(fining upward) 기록을 보이는 층서가 노출되어 있다. 즉 최하부의 역질 퇴적물 위에는 사질 퇴적물이 놓여있고, 그 위로 다시 역질 및 사질 퇴적물이 반복되고 있다. 상부의 역질 퇴적물의 두께는 일정하지 않지만 대체로 약 50~80cm 정도로서, 자갈의 크기는 대체로 하부 역질 퇴적물보다 작고 위로 가며 점점 작아지는 경향이며, 자갈의 모양도 아래보다 판상 내지 긴 타원형이 우세하다. 이러한 특성은 해양 퇴적물이라 여겨지는 퇴적층에서 찾기 어려운 것으로서, 하천 환경에서 쌓인 것임을 말해준다.

〈그림 4〉의 단면 오른쪽에는 주로 역질 퇴적물로 구성된 층서가 노출되어 있다. 하부 역질 퇴적물은 단면 왼쪽 부분에서부터 연속되는 층으로서, 위로 가며 점차 다른 층으로 변하고 있으나, 그 경계는 비교적 뚜렷하다. 단면 오른쪽에서, 위쪽에 쌓인 역질 퇴적물에 포함



〈그림 6〉 기질지지 역질 퇴적물의 산출 양상

된 자갈은 크기가 다양하나 최대 6cm 정도이며, 형태도 입방체(equant)에 가깝거나 각이 겹거나 깨져 있는 등 다양하다. 또 자갈은 사질 퇴적물에 떠있는 상태로 산출하고 있으며 분급은 아주 불량하다. 〈그림 6〉은 〈그림 4〉에서 단면의 오른쪽 윗부분을 구성하고 있는 분급이 불량한 기질지지(matrix-supported) 역질 퇴적물을 보여준다. 그 위로는 두께 10cm, 폭 15cm 정도의 자갈 렌즈가 산출하기도 한다.

〈그림 6〉에 보이는 역질 퇴적물은 홍수 때 쌓이는 사면 붕괴 퇴적물(debris-flow deposits)의 전형적인 양상으로서, 중력류에 의해 무질서하게 쓸려 내려오며 쌓인 것이라고 해석할 수 있다. 이 무질서하게 쌓인 층내에 산출하는 작은 규모의 렌즈상 역질 퇴적물은 사면 붕괴 퇴적물이 쌓이고 난 후 다시 유수작용으로 모래질 기질이 국부적으로 씻겨 나가 자갈만 남게 된 잔류 퇴적물이라고 보인다. 현재도 단구 상면 곳곳에서는 기반암에서 부서져 떨어져 나온 덩어리가 홍수로 하곡 방향으로 사면을 따라 쓸려 내려와 쌓여 있는 모습을 지표에서 관찰할 수 있다(그림 7).

기반암 위에 쌓인 역질 퇴적물이 해식작용으로 기반암이 평탄작용을 받은 다음 그 위에 쌓인 해빈 퇴적층 일 것이라는 해석은 이렇게 여러 노두에 드러난 사력층에서는 그 근거를 찾기 힘들다. 해안에 노출되어 파식작용을 받은 기반암은 표면 굴곡이 비교적 매끈하며 패인 부분에는 흔히 원마도가 좋은 자갈이 채워져 있다. 그러나 이러한 특성은 이곳 단면에서 관찰되지 않는다.



〈그림 7〉 37° 40' 00" N, 129° 02' 59" E 일대 지면에 노출된 사면 붕괴 퇴적물



〈그림 8〉 해안에 노출된 기반암과 퇴적물. 위 사진 왼쪽 부분에서 기반암은 차별적으로 침식을 받아 요철을 이루고 있으며, 곡간부는 아래 사진과 같이 하천 퇴적물로 보이는 자갈과 모래 및 세립질 물질로 채워져 있다.

또 만약 기반암이 해식작용으로 침식되어 평탄면이 만들어졌다면, “정동진면” 전체에 걸쳐 기반암은 수심이 낮은 천해 퇴적층에 퇴적된 모래층에 의해 덮여 있어야 할 것이지만, 그러한 증거 역시 이곳을 비롯한 많은 노두에서 찾을 수 없다.

그와는 반대로 해안에 연한 단구애를 따라서 노출된 기반암 상면은 10m 이상의 고도차를 보여주며 기복과 요철을 이루고 있다. 요부에는 〈그림 5〉에서 보는 것과 같은 퇴적물이 충진되어 있는데(그림 8), 내륙 쪽에서 해안에 이르기까지 “정동진면”的 기반암 위에 놓인 역질 퇴적물은 해빈 환경과는 거리가 먼 조건에서 쌓였다고 보인다.

해안을 따라서는 널리 알려진 바와는 달리 소위 천공패가 남긴 구멍의 흔적도 찾을 수 없다. 2009년 1월 지형학회 답사에서는 구 심곡분교 근처의 한 곳에서 기반암에 남겨진 100원짜리 동전 크기 정도의 자그마한 둥글게 패인 흔적이 그러한 흔적화석이라고 소개되었다(그림 9의 위). 그렇지만, 이것은 그 규모나 크기, 분포 및 패각의 존재 여부를 비롯한 여러 점에서 전형적인 천공패의 흔적과는 차이가 있다(그림 9의 아래 오른쪽). 전국 각지의 고인돌이나 선돌 혹은 큰 바위 표면에는 고고학 용어로 소위 성혈(性穴: cup-mark)이라 불리는 둥글고 자그마한 패인 자국이 흔히 남아 있는데, 여기서 발견된 자국은 그와 유사한 모습이다(그림 9의 아래 왼쪽). 만약 이것도 그런 종류라면 이것은 청동기 시대 이후에 사람이 만들어 놓은 흔적일 것이다.

〈그림 4〉의 기반암 위에 있는 사력층의 연대는 잠정적 평가지만 OSL연대측정 결과로부터 11만 년 정도라고 보인다(이용일 2006: 이선복·이용일·임현수, 2009).<sup>10</sup> 그런데 만약 이 층이 플라이스토세 중기나 그 이전에 만들어졌다면, 후술하겠지만 그 위의 고토양층은 플라이스토세 후기에 퇴적되었다고 보이므로 둘 사이의 시간적 불연속 관계를 말해주는 증거가 있어야 한다. 그러나 그러한 증거를 찾을 수 없다는 점도 이 층이 플라이스토세 후기에 쌓인 하천퇴적물임을 간접적으로 말해주고 있다.



〈그림 9〉 “정동진면”의 구 심곡분교 부근 기반암 위의 구멍 흔적(위)과 원주 봉동읍의 한 고인돌에 보이는 성혈(아래 왼쪽: 사진 출전 <http://blog.naver.com/ejw0255/60054727043>). 위 두 사진에 보이는 흔적은 소위 천공파가 뚫은 구멍(아래 오른쪽: 사진 출전 <http://rubykor.com/130040600254>)과는 형태적으로 차이가 있으며, 이보다는 우리나라 각지에서 흔히 보이는 성혈에 가까운 모습이다.

#### IV. 고토양층의 성격

“정동진면”에서 기반암 위의 사력층은 대체로 해발  $60 \pm 2\text{m}$ 까지 계속되며, 그 위로는 세립질 퇴적물을 모재로 하는 고토양층이 쌓여 있다. 〈그림 3〉에서 보듯 고토양층이 침식되어 사라진 곳도 많지만, 고도를 감안할 때 이 층은 원래 매우 두텁게 “정동진면”을 피복하고 있었을 것이다. 그 속에서 구석기 유물이 종종 발견되고 있다는 사실 그 자체는 이 층이 계속 대기에 노출된 상태로 쌓이며 토양화작용을 받았음을 말해준다. 이곳 고토양에 대한 분석결과의 요점은 다음과 같이 정리할 수 있다(이용일, 2006, 이선복 · 이용일 · 임현수, 2009).

〈그림 10〉은 〈그림 4〉의 지점을 지나 다다르는 평탄면 시작부인  $37^{\circ} 40' 43''\text{N}$ ,  $129^{\circ} 02' 42''\text{E}$  일대의



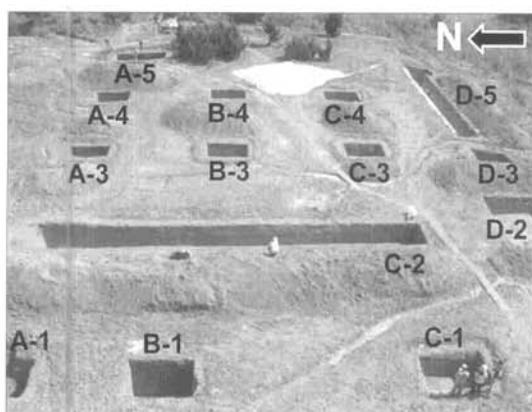
〈그림 10〉 단구 지형 최상부의 고토양층

모습이다. 이곳에서 단구 상면은 해발 70m 정도로서 고토양층은 최대두께가 8m 정도라고 추정된다. 이곳

단면에서는 지표로부터 대략 30~50cm 아래에서 흔히 '토양쐐기' (soil-wedge)로 불리는 토양구조를 관찰할 수 있다. 이 토양구조의 내부 충진물과 이를 덮고 있는 얇은 담황색조의 층에서는 25~30 ky 무렵 일본 큐슈 남단의 아이라(始良) 화산에서 분출한 Aira-Tanzawa 화산재, 즉 소위 AT가 검출되었다(이선복 · 早田勉 · 新井邦洋, 1998). AT는 2004년 발굴지점에서도 비슷한 깊이에서 농집 분포함이 확인되었는데, AT의 층서적 위치를 감안한다면 현재의 고토양층은 대략 2만 년 전 무렵까지 계속 퇴적되었을 것이다.

고토양층의 특성은 2004년 구석기 유적 조사 당시 A-5 발굴구덩이에서 채취한 시료의 분석 결과에서 파악할 수 있다(그림 11). 시료채취지점에서 지표는 해발 65m 정도로서, 고토양층은 지표에서 시작해 약 4.5m 아래의 자갈층까지 연속된다. 육안으로는 모두 6개의 층을 식별할 수 있으며, 색상은 기본적으로 산화환경을 지시하는 황갈색(10YR 5/4)에서 암적색(2.5YR 3/6) 사이의 적색계열이다.

토양 입도에서 고토양층은 대체로 silty clay 내지는 silty clay loam 영역에 속한다. 그렇지만 지표하 200~300cm 구간에서는 자갈 입자가 급증하며 모래 크기 입자의 함량이 50% 이상에 이르러, clay loam과 sandy clay loam 영역에 도시된다. 이러한 양상은 고토양층이 하천 환경에서 interfluve deposit으로 퇴적되었음을 지시한다. 주원소 함량의 분포 및 토양 전암



〈그림 11〉 2004년 발굴 전경. 〈사진 2〉에서 왼쪽 아래에 보이는 긴 구덩이가 D-5임

시료와 점토 크기( $<2\mu\text{m}$ ) 입자에 대한 X-선 회절분석 결과, 깊이에 따른 구성광물의 변화는 관찰되지 않았다. 따라서 고토양층의 퇴적과 토양화는 기원물질이나 토양화작용에 큰 변화 없이 진행되었을 것이다.

그러나 고토양층의 퇴적기간 동안 거시적 차원의 환경변화가 있었음은 화학적 풍화지수, 대자율, 총유기탄소 함량 및 C/N(총유기탄소/총유기질소) 값의 추이에서 추정할 수 있다. 즉, 화학적 풍화지수는 깊이에 따라 뚜렷하게 변화하며 특히 '토양쐐기' 가 나타나는 50cm 깊이 부근에서 급격히 감소해 당시의 기후조건은 상대적으로 한랭/건조했을 가능성을 시사한다. 나머지 세 지수도 비교적 서로 잘 일치하며 변하는데, 토양층이 바뀌는 경계부분에서 급격히 변화하고 있다.

결국 고토양층은 장시간에 걸쳐 변화하는 기후조건 아래에서 하천의 범람으로 쌓인 고운 세립질 퇴적물로 구성되어 있다고 요약할 수 있다. 고토양층 내에서 관찰되는 자갈 렌즈는 하상의 횡적 이동의 증거로서, 고토양층이 범람원 상의 충적층으로 형성되었음을 시사해준다. 또한 그 두께를 고려할 때, 이 층이 단구지형 형성 이후 단구 위를 흐르던 소하천 운동의 결과 형성되었다는 추정(예: Lee, 1985)은 아무래도 받아들이기 어렵다. 이러한 규모의 세립질 퇴적층은 상당한 기간 동안 꾸준히 퇴적이 일어날 수 있는 여건을 전제로 하며 그중에서도 특히 낮은 하상 경사도는 중요한 조건이 되겠는데, 이곳은 그러한 하계망이 발달할 수 있는 지형조건을 갖추지 못하고 있다.

그런데, 고토양층에서는 전술한 '토양쐐기' 충준 아래로 환원환경을 지시하는 너비 2~3cm 정도의 띠 모양의 회백색 내지 밝은 녹회색의 수평 및 수직 구조가 발달해 있다. 수평 띠는 경우에 따라 수십 줄 이상이 촘촘히 발달해 있기도 한데, 얼핏 보면 각 띠는 계속 수평 방향으로 뻗어나가는 인상을 받지만 자세히 관찰하면 하나의 띠는 1~2m 가량만 계속되고 다시 새로운 띠가 옆으로 이어지고 있다. 또한 수직 띠는 수평 띠 가운데에 위치하며 수직 띠 좌우에서 수평 띠는 약간 들어 올려 있는 것처럼 보이는 경우가 많다. 이러한 구조는 전국 각지에서 확인할 수 있어, 예를 들어 여기서 북쪽으로 그리 떨어지지 않은 강릉 하시동 단구의 고토양 내

에서도 잘 관찰되는데, 특히 이 “정동진면” 위의 고토양층에 매우 특징적으로 발달해 있다.

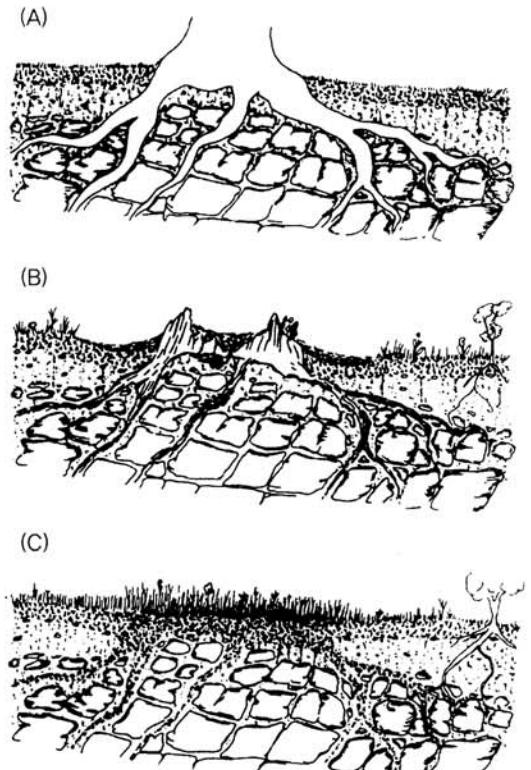
이런 토양구조는 고토양에 포함된 자갈이나 고토양과 잇닿은 자갈 표면에서도 그대로 무늬로서 관찰된다. <그림 12>는 <그림 11>의 지점에서 남쪽으로 400m 정도 떨어진  $37^{\circ} 40' 30''$  N,  $129^{\circ} 02' 41''$  E 지점으로, 경사면을 따라 고토양층 아래 해발 60m 내외의 고도에 역질 퇴적물이 쌓여 있다. 이것은 국지적 곡간 퇴적물 (localized valley-fill) 성격의 전형적 하상퇴적층으로서, 자갈의 모양과 크기가 다양하며 분급도 매우 불량하다. 역질 퇴적물 사이에는 니질(泥質) 퇴적물이 10cm 이내의 두께로 협재하는데, 붉은 색과 밝은 색의 띠 모양 얼룩은 자갈 표면에도, 자갈과 자갈 사이의 니질 퇴적물에도, 또 그 위의 고토양층에도 계속 반복되고 있다.

이러한 토양얼룩(mottling) 현상은 지하수위의 변화

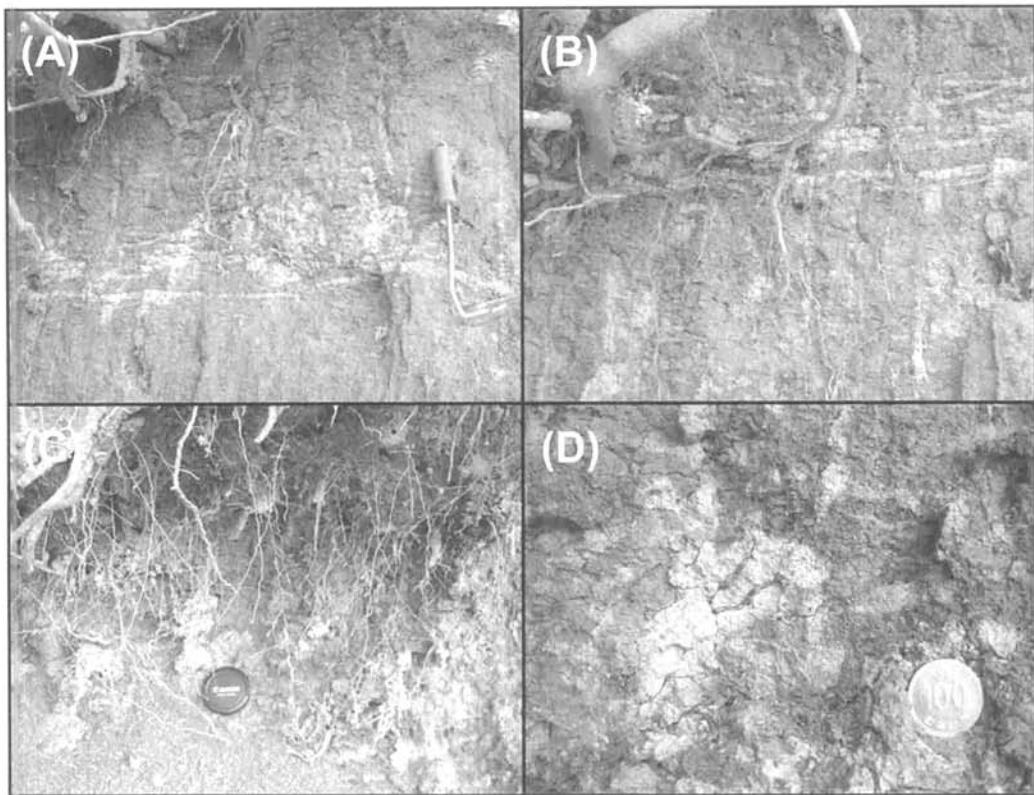
에 따른 글레이(gley) 혹은 의사글레이(pseudo-gley) 와도 같이 토양 기질이 부분적인 산화환원 조건의 변화에 노출될 때 흔히 발생한다(Duchaufour 1982; Retallack 2001). 이것은 유기물인 뿌리가 혼기성 박테리아에 의해 분해되어 환원조건하에 놓일 때 만들어 질 수 있는데, 그 과정은 <그림 13>으로 설명할 수 있다. 토양얼룩이 나무뿌리에 의한 것이 아니라면 <그림 12>에 보이듯 자갈 표면에 이런 무늬가 남겨진 것을 설명하기 어렵다. “정동진면”에서는 이러한 구조가 나무뿌리에 의해 만들어지고 있는 모습을 현재도 관찰할 수 있다. <그림 14>는  $37^{\circ} 40' 30''$  N,  $129^{\circ} 02' 43''$  E 지점의 단면에서 관찰되는 식물뿌리에 의한 토양구조와 색상의 변화를 보여준다. 즉, 이 일대에서 광범위하게 관찰되는 토양얼룩은 일종의 식물교란(rooturbation) 작용으로 토양이 변질된 것일 가능성이 크다고 보인다. 경우에 따라서는 <그림 14>의 D에서와 같이 식물뿌리를



<그림 12> 고토양층 하부 및 중간에 협재한 자갈층에 보이는 토양얼룩



<그림 13> 뿌리에 의한 토양 내 흔적 형성과정 모식도(Limbrey 1975)



〈그림 14〉 현재의 식물교란(floraturbation)으로 만들어진 토양얼룩

따라 수평 및 수직의 연희색 토양얼룩이 발달하며 그 내부에 잔뿌리 잔재가 포함되어 있는 모습도 관찰된다.

고토양층에는 또 다른 특이 토양구조로서 대형 서관구조(vertebrate burrow)도 발견된다. 이 구조는 우리나라 하천 근처의 구석기 유적 고토양층에서 종종 보고 되는데, 발견지점과 상관없이 크기와 형태가 대체로 일정하며 플라이스토세 말 지중생활을 하는 설치류가 남긴 서식흔적으로 추정된다(임현수 외, 2004). 구조 부에서 식물뿌리가 남긴 토양얼룩이 보이지 않고 있는 것은 이 구조가 일정한 높이까지 쌓인 퇴적층을 동물이 파고들어와 만들어진 것으로서, 고토양층이 바다와는 거리가 먼 조건에서 퇴적되었음을 말해준다.

이상의 관찰에서, 고토양층이 해변환경에서 만들어진 것이 아님은 분명하다고 하겠다. 이 층이 또 풍성기 원층, 즉 황토(loess)일 수 없으며 하천퇴적물이라는 점은 구태여 다른 증거를 생각할 것도 없이 퇴적물의 입

도 분포가 말해주고 있다.<sup>2)</sup> “정동진면” 위의 사력층과 고토양층이 하천퇴적 기원물질로 구성되어 있는 한, 그 퇴적이 현재의 고도에서 일어났을 수 없음은 지형조건을 생각할 때 자명하다. 그렇다면 “정동진면”을 덮고 있는 하천퇴적물은 한때는 배수가 잘 되는 평야지대에서 이루어졌을 것이라고 할 수밖에 없는데, 이는 결국 이 일대가 한때 넓은 해안평원(coastal plain)이었을 것이라는 추정을 내리게끔 해준다.

## V. 구조단구로서의 “정동진면”

정동진 지역의 단구지형이 해수면 변동으로 형성되었다는 해석은 무엇보다도 그 위치가 해안이라는 점 때문에 널리 받아들여졌다. 그러나 앞에서 살펴보았듯 기반암이 전면적으로 해수의 침식을 받아 평탄면이 만들

어겼다는 증거는 뚜렷하지 않으며, 기반암 위의 퇴적물은 기본적으로 하천환경에서 쌓였다고 보인다. 하부의 사력층도 그려려니와 그 위의 고토양층도 입자 크기의 분포, 색상, 퇴적물질의 수직적 연속성, 내부에서 발견되는 특이 토양구조 등의 여러 특징을 감안할 때 범람원에 쌓인 interfluve deposit일 가능성이 크다고 보인다. 이러한 퇴적물을 단구 상면이 현재의 고도에 다다른 다음 쌓인 곳간 퇴적물이라고 보는 것은 “정동진면”의 짧은 중심과 퇴적층의 두께를 감안할 때 납득하기 어려운 해석이다. 퇴적이 언제 이루어졌건, 그 두께를 생각할 때 이 하천 퇴적층은 현재와 전혀 다른 지형조건 아래에서 형성되었을 것이라고 할 수밖에 없다.

결국 “정동진면” 일대는 한때 잘 발달한 하계망이 존재했으며 퇴적이 활발히 일어나던 해안평원이었다고 조심스럽게 추정해 볼 수 있다. 이러한 환경조건일 때에는 고토양층과 사력층 내부에서 구석기시대의 유물이 분포하는 이유와 유적형성과정을 충분히 설명할 수 있다. 즉, 석기 유물은 퇴적층이 형성되던 당시 고인류가 하천 범람원 환경을 이용하였음을 말해주는 증거라고 하겠다.

그렇다면 “정동진면”은 해안평원에서 퇴적이 완료된 이후 현재의 고도에 다다랐다고 해석할 수밖에 없게 된다. 이 면의 고도가 언제, 어떻게 현재에 이르게 된 것인지를 이해하려면 앞으로 많은 자료가 축적되어야 하지만, 아무튼 기반암 위의 모래층에서 얻은 OSL 연대측정치와 고토양층 자체의 균질적 입도 구성 및 그 내부에서 발견되는 대형서관구조와 AT의 연대를 종합적으로 감안할 때, 퇴적은 플라이스토세 말, 약 11만년에서 2만 년 전 무렵까지 계속 되었을 가능성이 크다. 그렇다면 “정동진면”은 플라이스토세 말, MIS 5의 초반에서 MIS 2에 이르기까지 약 9만년 동안 퇴적이 왕성히 일어나던 해안평원의 일부였다는 뜻이 되며, 이후 급격한 구조운동으로 현재의 고도에 다다랐다고 추정할 수 있다.<sup>3)</sup> 만약 정동진 지역의 단구지형이 플라이스토세 말의 급격한 지각운동의 산물로 만들어졌다면 “정동진면”은 해안에 발달한 구조단구(structural terrace)라고 불러야 하겠다.

“정동진면”이 한때 보다 큰 규모의 해안평원 충적대지

의 일부분이었을 것이라는 가정은 동해 대륙사면에 대한 천부 탄성파 조사에서 드러난 해저협곡(submarine canyon)과 해저수로(submarine channel)의 분포에서 어느 정도 뒷받침되고 있다(윤석훈 외, 1996, 특히 Fig. 2 참조). 즉, 정동진이나 묵호 지역과 같이 단구가 잘 발달한 지점 앞바다에는 단구 쪽에서 동해 심부로 뻗어나가는 해저협곡이 존재한다. 이러한 지형은 고하곡의 일부로서 만들어졌을 것이므로, 과거 어느 때인가 현재보다 훨씬 큰 규모의 하계망과 충적대지가 동해안에 발달했음을 말해주는 단서이다.

그런데 만약 “정동진면” 가장자리를 따라 해빈퇴적층이 분포하며 기반암에도 패류의 흔적화석이 남아 있다는 주장이 사실이라면, 이것은 해안평원 용기의 가설과 배치되는 증거일 수 있다. 그러나 필자들은 오랜 노력에도 불구하고 그러한 증거를 찾지 못했으며, 설령 증거가 있다고 해도 극히 제한적으로 분포하고 있을 것이다. 만약 그러한 증거가 미미하게나마 남아 있다고 해도, 그 정도의 증거는 현 지형을 만든 지구조운동이 일방적으로 고도가 올라가기만 한 과정이 아니었다면 충분히 설명할 수 있을 것이다. 굳이 가정을 해보자면, 그러한 증거는 지구조운동의 시작단계에서 현재의 “정동진면”的 평면에 해당하는 부분을 제외한 나머지 해안평원이 침강하며 해안선이 내륙으로 확장되어 어느 정도 시간이 흐르고 “정동진면”이 현재의 고도에 도달했을 가능성을 말해주는 것이라고 생각해 볼 수도 있겠다.

아무튼 “정동진면”이 일정한 고도에 이르고 난 다음에는 해안평원을 흐르던 하천의 하방침식은 더욱 급격해졌을 텐데, 현재 이곳에서 단구지형을 개석하고 있는 깊은 하곡은 과거 해안평원에 발달했던 하계망을 그대로 유지하고 있을 가능성도 있다고 여겨진다. 그렇다면 이 지역의 하곡은 antecedent stream valley로서, 단구 상면의 지표면은 이들 하천의 침식운동에 의해 크게 영향을 받아 왔다고 할 수 있다.

## VI. 맷음말

정동진 지역의 단구지형이 해안평원이 용기해 만들

어졌을 것이라는 가정은 장차 증거를 통해 검증되어야 한다. 정동진에서 금진 사이의 여러 노두에서 관찰되는 단층은 이 지역이 과거부터 활발한 지구조운동이 있었음을 말해주고 있다. 비록 “정동진면”에서는 아직 뚜렷한 플라이스토세 단층이 확인되지 않았지만 만약 플라이스토세에 급격한 지각운동이 있었다면 이를 말해주는 증거는 반드시 발견될 것이다. 고도는 “정동진면”보다 낮지만 퇴적구조와 고토양층의 발달양상이 이곳과 유사한 강릉시 하시동 일대의 단구에서는 플라이스토세 단층이 확인되고 있다.

또한 앞으로의 연구에서는 단구 상면을 형성하고 있는 상이한 종류의 퇴적층의 분포와 경계 및 그 연대와 특성에 대한 보다 세밀한 평가도 이루어져야 하겠고, 사력층과 기반암의 경계와 기반암 표면지형에 대한 연구도 필요하다. 주 3에서 언급한 바와 같이, 기반암의 지형은 그간의 추정과는 달리 매우 복잡한 양상이라고 짐작된다. 지형의 기원과 성인에 대한 결론은 이러한 조사와 연구의 바탕 위에서 객관적인 자료가 축적될 때 내려져야만 하겠으며, 그 결과 이 글에서 제시한 가설이 맞는지 틀리는지의 여부 그 자체는 그리 중요한 문제가 아닐 것이다.

## 사사

이 연구는 한국해양연구소 부설 극지연구소지원(PE09010)으로 수행되었습니다.

## 註

- 1) 김종욱 교수도 동일 노두에 대한 OSL 연대측정에서 유사한 결과를 얻었다고 한다.
- 2) 그러나 다만 전술한 AT가 포함된 얇은 담황색층은 풍성층 일 가능성이 있다. 이용일·이선복 2002 참조.
- 3) 2009년 4월 “정동진면” 위의 두 지점에서 시험적으로 실시한 탄성파 조사 결과, 한 지점에서는 기반암의 고도가 해안 방향으로 가며 오히려 높아지는 사실을 확인하였다. 이러한 현상은 현재의 지형이 모종의 지구조운동의 영향으로 만들 어졌을 가능성을 강력히 시사해준다.

## 참고문헌

- 김주용·이동영·최성길, 1998, “플라이스토신 층서연구”, 제4기학회지, 12(1), 77-87.
- 오전환, 1981, “한반도의 해성단구와 제4기의 지각변동”, 부산여대논문집, 9, 377-415.
- 윤석훈·이희준·한상준·김성렬, 1996, “동해 대륙사면(삼척-양양)에서의 제4기 퇴적작용”, 지질학회지, 32(3), 250-266.
- 윤순옥·황상일·반학균, 2003, “한반도 중부 동해안 정동진, 대진지역의 해안단구 지형발달”, 대한지리학회지, 38(2), 156-172.
- 이동영, 1999, 한국 제4기학 연구. 서울, 도서출판 혜안.
- 이선복, 2005, “臨津江 流域 溶岩臺地의 形成에 대한 新資料”, 한국지형학회지, 12(3), 29-48.
- 2006, 심곡리 구석기 유적 발굴조사보고서, 서울대학교박물관.
- 이선복·유용욱·김동완, 2006, 연천 전곡 농협 신축부지 일대 발굴조사 보고서, 서울대학교박물관.
- 이선복·이용일·임현수, 2009, “강릉 정동진 지역 단구 고토양층의 특징과 퇴적 환경”, 제4기학회지, 23(1), (인쇄중).
- 이선복·早田勉·新井邦洋, 1998, “New discovery of Aira-Tn ash (AT) in Korea”, 대한지리학회지, 33, 447-454.
- 이용일, 2006, “부록: 강릉 정동진리 50-89번지 시굴 지점 지질분석 보고”, 심곡리 구석기 유적 발굴조사보고서, 81-127. 서울대학교박물관.
- 이용일·이선복, 2002, “용인시 평창리 구석기유적발굴지 고토양 특성과 이의 고고지질학적 적용”, 지질학회지, 38, 471-489.
- 임현수·이용일·이용우·이선복·장수범·김정빈, 2004, “전곡 및 나주지역에서 관찰되는 대형 서관구조에 대한 예비연구”, 지질학회지, 40, 559-566.
- 최복규·유혜정, 2005, 강릉 주수리 구석기유적. 강원고고학연구소 유적조사보고 제102집.

- 태백산지하자원조사단, 1962, 태백산지구 지질도. 대  
한지질학회.
- 황만익, 1968, “동해안 정동리 일대의 해안평탄면 지형  
연구”, 지리학, 3, 1-10.
- Birkeland, P. W., 1984, Soils and Geomorphology.  
Oxford University Press, New York.
- Chang, Ho, 1986, Geomorphic development of  
intermontane basins in Korea. 일본 쪼쿠  
바대학교 박사학위논문.
- Chatres, C. J., Chivas, A. R., and Walker, P. H.,  
1988, “The effect of aeolian accessions on  
soil development on granitic rocks in  
south-eastern Australia. II. Oxygen-isotope,  
mineralogical and geochemical evidence  
of aeolian deposition”, *Australian Journal  
of Soil Research*, 26, 17-31.
- Duchaufour, P., 1982, Pedology. Allen and  
Unwin, London.
- Flint, R. F., 1971, Glacial and Quaternary Geology.
- Wiley, New York.
- Harnois, L., 1988, “The CIW index: a new chemical  
index of weathering”, *Sedimentary Geology*,  
55, 317-322.
- Lee, Dong-Young, 1985, “Stratigraphical research  
of the Quaternary deposits in the Korean  
Peninsula”, 제4기학회지, 1, 3-20.
- Limbrey, S., 1975, Soil science and archaeology.  
Academic Press, New York.
- Machida, H., 1999, “The stratigraphy, chronology  
and distribution of distal marker-tephras in  
and around Japan”, *Global and Planetary  
Change*, 21, 71-94.
- Retallack, G. J., 2001, Soils of the past: an  
introduction to paleopedology (2nd ed.).  
Blackwell Science, London.

최초투고일 09. 03. 30

최종접수일 09. 04. 28