

## 경상분지 동남부의 상부 경상누층군에 발달한 호성퇴적층에 대한 비교퇴적학적 연구

백인성<sup>1</sup> · 김현주<sup>1</sup> · 이준동<sup>2</sup> · 김인수<sup>2</sup> · 김진섭<sup>2</sup> · 문병찬<sup>3</sup>

<sup>1</sup>부경대학교 환경·해양대학 환경지질학과, 608-737 부산광역시 남구 대연3동 599-1

<sup>2</sup>부산대학교 자연과학대학 지질학과, 609-735 부산광역시 금정구 장전동 산 30

<sup>3</sup>광주교육대학교 과학교육과, 500-703 광주광역시 북구 풍향동 1-1

### Comparative Sedimentology for the Lacustrine Deposits of the Upper Gyeongsang Supergroup in the Southeastern Gyeongsang Basin, Korea

In-Sung Paik<sup>1</sup> · Hyun-Joo Kim<sup>1</sup> · Joon-Dong Lee<sup>2</sup> · In-Soo Kim<sup>2</sup> · Jin-Seop Kim<sup>2</sup> · Byoung-Chan Moon<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Geosciences, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

<sup>2</sup>Department of Geology, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea

<sup>3</sup>Department of Science Education, Kwangju National University of Education, Kwangju 500-703, Korea

**Abstract:** The lithofacies, biofacies, and paleosol development of the Jindong Formation, the Geoncheonri Formation, and the lacustrine deposits of Mt. Hwangryeong at Pusan, which occur in the southeastern part of the Gyeongsang Basin, were analyzed in comparative sedimentology and in stratigraphy. The common features of these lacustrine deposits are: 1) clastic deposits are prevailing, 2) deltaic deposits are not associated, 3) mudflat deposits are common, and 4) stromatolites are absent. The distinct differences among these deposits are: 1) in the Jindong Formation, the mudflat deposits are predominant, pedogenic calcretes are commonly present, and dinosaur tracks frequently occur, compared with other two lacustrine deposits, and 2) in the Geoncheonri Formation, invertebrate fossils are relatively common and storm deposits are not recognized, compared with other deposits, and 3) evaporite mineral casts and tuffaceous turbidite deposits are common in the Mt. Hwangryeong lacustrine deposits. In stratigraphy, the Geoncheonri Formation is correlated with the lower part of the Jindong Formation, and the Mt. Hwangryeong lacustrine deposits are deemed to overlie the Jindong Formation. On the basis of comparative sedimentology and stratigraphic relationship among these lacustrine deposits, general paleoenvironments of the southeastern part of the Gyeongsang Basin from the late Hayang time to the early Yucheon time are interpreted as follows. During the late Hayang time, tectonic and volcanic activities were generally inactive in the Gyeongsang Basin, and lacustrine environments expanded since the paleoclimatic condition became less arid compared with the middle Hayang time. In general, however, paleoclimate during the late Hayang time was still arid, and wetting and drying periods were alternated. The occasional occurrences of severe droughts were also characteristic of the late Hayang time. Mudflats existed in wide area in the southeastern part of the Gyeongsang Basin during the late Hayang time, and sedimentation rate was accordingly low. The sedimentation rate became relatively high during the latest Hayang time and the early Yucheon time since tectonic and volcanic activities had been active. Generally arid climate continued for the early Yucheon time, enough for evaporite minerals to precipitate occasionally.

Key words: Gyeongsang basin, Jindong Formation, Geoncheonri Formation, Mt. Hwangryeong lacustrine deposits

**요약:** 경상분지 동남부 지역에 발달된 하양층군 퇴적말기의 진동층 및 건천리층과 하양층군 최상부 또는 유천층군 최하부의 지층으로 설정되어 있는 부산 황령산 지역의 호성퇴적층을 대상으로, 이들 퇴적층의 퇴적상, 화석상, 고토양상 등을 비교 퇴적학 및 층서학적인 측면에서 분석하였다. 세 호성퇴적층의 공통적인 발달특성은 1) 전반적으로 쇄설성퇴적층이 지배적인 반면, 2) 삼각주퇴적층이 수반되어 있지 않으며, 3) 이질평원퇴적층이 흔히 발달되어 있고, 4) 스트로마톨라이트의 발달이 없는 점 등이다. 한편 세 호성퇴적층 발달특성의 대표적인 차이점은 다음과 같다: 1) 진동층은 다른 두 호성퇴적층에 비하여 이질평원퇴적층의 발달이 지배적이며, 석회질고토양의 발달이 빈번하고, 다른 두 호성퇴적층에서는 산출되지 않는 공룡족흔

화석층의 발달이 일반적이다. 2) 건천리층은 다른 두 호성퇴적층에 비하여 무취추동물화석의 산출이 일반적이며, 다른 두 호성퇴적층에서는 발달하는 폭풍퇴적층이 발달되어 있지 않다. 3) 황령산지역 호성퇴적층은 진동층 및 건천리층에서는 산출하지 않거나 매우 드물게 나타나는 증발광물의 캐스트가 흔히 산출되며, 응회질 저탁암층의 협재가 일반적이다. 세 호성퇴적층의 층서관계의 경우, 건천리층은 진동층의 하부에 대비되고, 황령산 지역 호성퇴적층은 진동층의 상위에 놓이는 지층으로 추정된다. 이들 3개 호성퇴적층의 층서관계 및 발달특성을 토대로 해석된 하양층군 퇴적말기에서 유천층군 퇴적초기에 이르는 동안의 경상분지 동남부 지역의 퇴적특성은 다음과 같다. 하양층군 퇴적말기의 경상분지는 지반이 비교적 안정된 상태였으며, 이에 따라 화산활동은 그리 활발한 편이 아니었다. 기후조건은 경우 하양층군 퇴적중기 때보다는 비교적 습윤하여져 호수환경이 확장된 상태였으나, 전반적으로는 건조한 기후가 지배적인 환경이었으며, 특히 건기와 우기가 교호되는 기후조건이 발달하는 가운데 매우 극심한 가뭄이 빈번히 발달하였다. 하양층군 퇴적말기에 경상분지의 동남부 지역은 호수연변부의 이질평원이 넓게 발달한 가운데 퇴적작용이 매우 느리게 진행되었으나, 백악기 후기(하양층군 퇴적최후기 및 유천층군 퇴적초기)에 접어들면서 조구조운동과 이에 따른 화산활동이 활발해짐에 따라 이 지역의 퇴적속도는 상대적으로 빨라지게 되었다. 백악기 후기의 기후조건은 이전과 마찬가지로 건조한 기후가 전반적으로 유지되었으며, 일부 지역은 증발암광물이 형성될 정도로 건조한 기후가 발달하였다.

주요어: 경상분지, 진동층, 건천리층, 황령산 호성퇴적층

## 서 언

경상누층군과 같은 육성퇴적층의 경우, 고기후 및 조구조운동 특성 등을 비롯한 고환경에 관한 정보는 이들 특성에 따라 퇴적특성이 민감하게 변화하는 호성퇴적층으로부터 효과적으로 획득할 수 있다. 이에 따라 세계 여러 지역의 호성퇴적층으로부터 고환경에 대한 정보들이 구체적으로 얻어졌으며(Talbot and Kelts, 1989; Anadon *et al.*, 1991; Lomando *et al.*, 1994), 그 대표적인 예로는 미국의 Green River Formation (Williamson and Picard, 1974; Fischer, 1991)과 Newark Group의 호성층(Smoot, 1991)을 들 수 있다.

우리나라 중생대 백악기 지층의 경우, 호성퇴적층은 경상분지내의 진주층, 일직층, 구영리층, 점곡층, 반야월층, 화산층, 신앙동층, 진동층, 건천리층, 유천층군내의 호성층 및 해남분지와 진안분지 등 경상분지 외곽의 분지에 발달된 호성퇴적층 등 층서적으로나 지역적으로 매우 광범위하게 발달되어 있다. 이중 진주층(손진담, 1989; 천중화, 1992), 하양층군내의 호성층(Lee *et al.*, 1991), 유천층군내의 호성층(Paik *et al.*, 1996), 해남분지의 우항리층(Chun and Chough, 1995) 및 격포분지의 호성층(Chun and Kim, 1996) 등에 대한 퇴적학적 연구가 수행되어 각 호성층의 퇴적환경, 고기후, 조구조운동 특성 등이 밝혀진 바 있으며, 이들 연구결과로부터 나타난 각 호성퇴적층의 퇴적상의 차이는 백악기 당

시 한반도 호수의 특성이 시간 및 공간적으로 변화하였음을 시사하여 준다. 따라서 이러한 연구결과는 우리나라 중생대 호성층들의 퇴적특성에 대한 비교를 통하여 백악기 당시 한반도의 고환경 변화특성과 층서대비가 가능함을 시사하여 준다.

이러한 관점에서 본 연구는 층서적으로는 하양층군 최상부 지층으로 설정되어 있고 지역적으로도 상호 근접한 위치에 발달된 진동층 및 건천리층과 하양층군 최상부 또는 유천층군 최하부의 지층으로 설정되어 있는 부산 황령산 지역의 호성퇴적층을 대상으로(Fig. 1) 이들 퇴적층의 퇴적상, 화석상, 고토양상 등을 비교퇴적학적인 측면에서 분석하여 이들 퇴적층 형성 당시의 호수환경 변화 특성을 비교분석함은 물론, 이들 지층간의 층서관계를 고찰코자 한다. 이와 같은 서로 다른 지역과 층수에 발달한 호성퇴적층간의 비교퇴적학적 연구결과는 한반도의 여타 백악기 호성퇴적층과의 층서대비 및 퇴적학적 비교에 귀중한 밑바탕이 될 수 있을 것이다.

## 층서 및 지질개관

경상분지는 공간적으로 크게 세 개의 지괴, 즉 영양지괴와 의성지괴 및 밀양지괴로 나누어지는데, 최하부층군인 신동층군을 제외한 중부 및 상부의 하양층군 및 유천층군의 지층구분은 각 지괴별로 다르게 이루어져

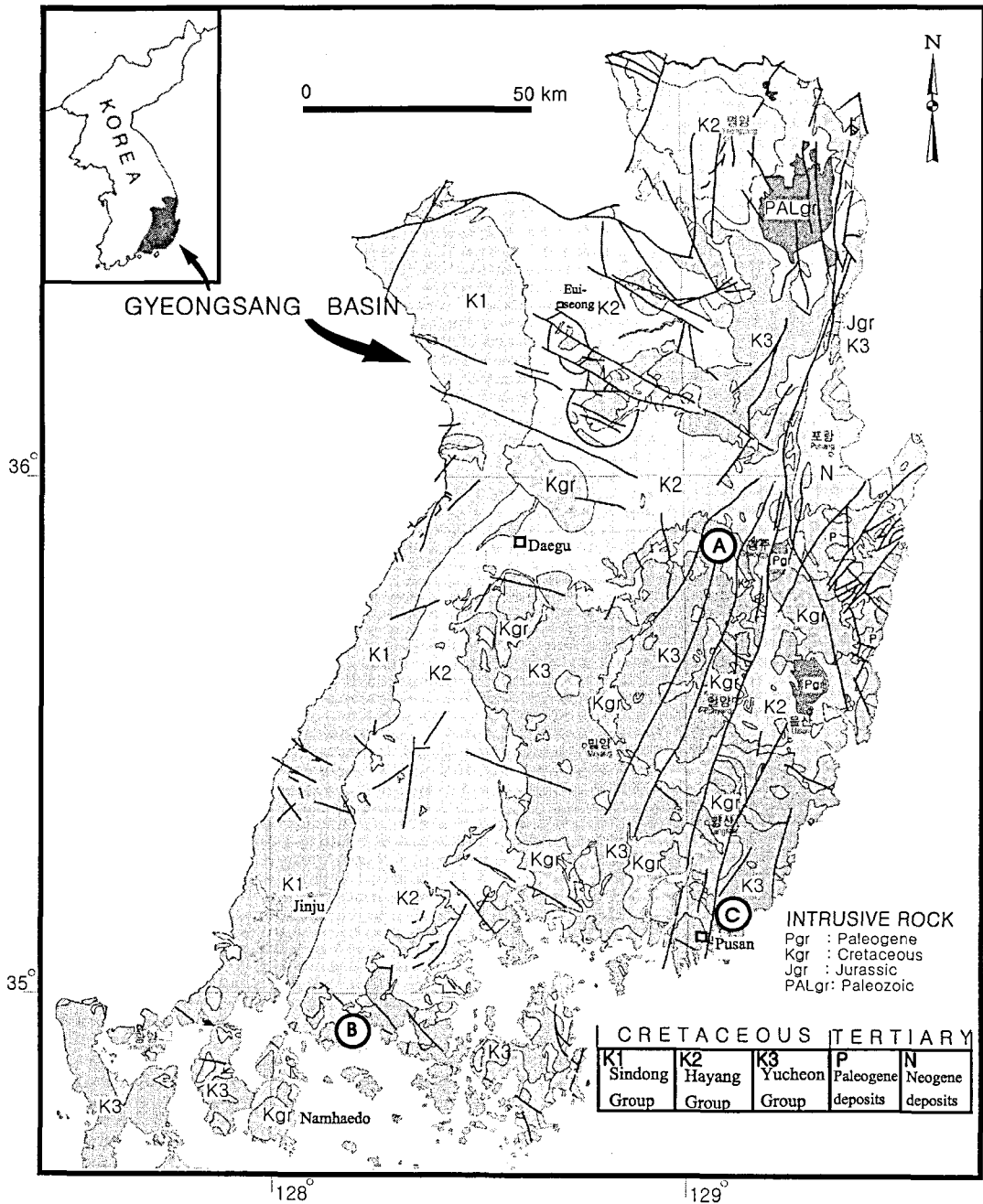


Fig. 1. Geological map of the Gyeongsang Basin (after Kang et al., 1995) and locations of examined deposits (A: Geoncheonri Formation, B: Jindong Formation, C: Mt. Hwangryeong lacustrine deposits).

있으며, 이에 따라 지층명도 다르게 명명되어 있다. 따라서 경상누층군 각 지층들의 지질시대를 지시하여 줄 수 있는 표준화석들의 산출이 매우 부족한 상태에서 각 지괴간의 지층대비는 각 지층의 암질특성과 층서적 집

측관계에 의하여 이루어져 왔으며(최현일, 1999). 아직 까지도 각 지괴간의 지층대비는 완전하게 이루어져 있지 않은 상태이다.

본 연구의 대상인 건천리층과 진동층 및 부산 황령산

지역 호성퇴적층의 경우에도 이들 지층이 공간적으로 비교적 가까운 위치에 분포하고 있음에도 불구하고 서로간의 층서관계가 명확하게 설정되어 있지 않은 상태이다. 건천리층은 밀양지괴내의 왜관-경주 지역에서, 진동층은 같은 밀양지괴내의 경상분지 남서부 지역에서 각각 하양층군 최상부의 지층으로 설정되었는데 (Chang, 1975), 진동층의 경우 화석산출의 부재로 대략적인 시간층서대비도 이루어져 있지 않은 상태이며, 건천리층의 경우에는 연체동물화석에 의해서는 중기 백악기인 세노마니안 (Cenomanian)에서 튜로니안 (Turonian)으로 (Yang, 1978) 포자 및 화분 화석(Choi, 1985)과 윤조류 화석(전희영 등, 1988)에 의해서는 압티안(Aptian)에서 알비안(Albian)으로 서로 다르게 대비되었다. 한편 황령산 지역 호성퇴적층의 경우에도 부산·가덕 지역 지질도에서는 유천층군내의 안산암류 위에 놓이는 층으로 설정되었으나(장태우 등, 1983a), 김진섭과 윤성효(1993)의 연구에서는 안산암류에 의하여 관입된 지층으로 확인되어 본 지역 유천층군 최하부 지층인 다대포층과 묶어서 송도층으로 분류되었으며, 이와 같은 층서관계는 Paik *et al.* (1996)에 의해서도 확인된 바 있다. 한편 김인수(1988)는 고지자기 연구에 의하여 다대포층의 퇴적시기가 바렘미안(Barremian)에서 압티안임을 제시하고 본 층을 하양층군에 대비시켰다.

이상에서 살펴 본 것처럼 본 연구의 대상 지층들은 층서적으로 서로 유사한 층수에 발달되어 있으며, 공간적으로는 경상분지 동남부의 유천층군 분포지와 접해 있거나 유천층군 분포지내에 발달되어 있다(Fig. 1). 공간적으로 진동층은 가장 넓은 범위에 걸쳐 발달되어 있으며, 층후 또한 2,400m 이상으로 매우 두꺼운 지층이다(엄상호 등, 1983). 건천리층은 경북 건천읍 일대에 렌즈상으로 분포되어 있으며, 황령산 지역 호성퇴적층은 육상지역에서는 관입체들에 의하여 고립된 매우 제한적인 분포를 보이나 본 퇴적층의 분포가 해저에까지 연장됨이 수영만 해저의 시추에 의해서 확인된 바 있다.

## 퇴적상 비교

진동층과 건천리층 및 황령산 지역 호성퇴적층의 주요 퇴적상 구성은 Fig. 2와 같으며, 이중 호수연변부 이질평원 퇴적상인 암회색에서 흑색을 띠는 엽층상 내지

얇은 층으로 발달한 세립사암 내지 실트스톤과 이암의 호층 퇴적상(interlaminated to thinly interbedded fine-grained sandstone to siltstone/mudstone) (Fig. 3) 및 토양기원 탄산염암을 제외한 나머지 퇴적상들은 모두 천호퇴적상들이다(Paik *et al.*, 1996; Paik *et al.*, submitted). 이들 3개 퇴적층 퇴적상구성의 공통점은 대체적으로 호수연변부 및 천호퇴적상이 우세하다는 점, 즉 달리 말하면 심호퇴적상의 발달이 부재하다는 것으로, 전반적으로 위에서 언급한 호수연변부퇴적상이 가장 우세한 가운데에 여러 유형의 천호퇴적상이 호수연변부퇴적상과 함께 윤회적으로 반복퇴적된 점이 3개 지역 호성퇴적층의 공통적인 특성이다.

진동층 퇴적상 구성의 특징은 전반적으로 다양한 퇴적상이 발달한 가운데에, 다른 두 지역의 퇴적층에서는 관찰되지 않는 대규모 연흔 내지 사주기원의 사암체가 발달하고, 이와 함께 화산쇄설성역 기원의 역질조립사암층이 협재된 점이다. 아울러 진동층에는 다른 두 퇴적층에서는 관찰되지 않는 캔크리트 인트라클라스트질의 역암이 흔히 발달하며, 후술될 토양기원 탄산염암이 빈번하게 협재됨이 특징이다. 건천리층은 3개 퇴적층중 비교적 단순한 퇴적상 구성을 보이는 퇴적층으로, 건천리층에 나타나는 퇴적상들은 다른 두 지역의 퇴적층들에서도 모두 나타난다. 건천리층에서는 박엽층으로 발달한 실트스톤과 이암의 호층 퇴적상 및 석회질 이암 퇴적상이 다른 두 퇴적층에 비하여 매우 우세하게 발달함이 특징이다. 한편 다른 두 퇴적층에서는 나타나는 저탁류 기원의 점이층리가 발달한 얇거나 두꺼운 층으로 발달한 사암 등의 화산쇄설성퇴적층이 건천리층에서는 확인되지 않음이 특징이다. 황령산 지역 퇴적층은 점이층리가 발달한 저탁류 기원의 퇴적상과 석회질의 역질 사암 내지 이암 퇴적상이 다른 두 퇴적층과는 달리 흔히 발달한 것이 특징이며, 아울러 화산쇄설성퇴적층이 일반적으로 발달함이 특징이다. 전반적인 암질성분의 경우, 진동층 및 건천리층은 석회질 퇴적층의 협재가 일반적인 반면, 황령산 지역 퇴적층은 규산쇄설성 및 화산쇄설성 퇴적층의 발달이 우세하다. 한편 3개 지역 모두에서 증발암광물의 캐스트가 관찰되는데, 진동층과 건천리층에는 드문 반면 황령산 지역 퇴적층에서는 흔히 산출한다.

퇴적구조의 경우, 호수연변부의 이질평원에 일반적으로 발달될 수 있는 다각상의 건열구조가 진동층에는 빈

Facies	Jindong Formation	Geoncheonri Formation	Mt. Hwangryeong lacustrine deposits
Interlaminated to thinly interbedded fine-grained sandstone to siltstone/mudstone	common	common	common
Thin- to thick-bedded, and graded sandstone to mudstone	occasional	not recognized	common
Planar- to cross-laminated, and graded sandstone to siltstone	occasional	not recognized	occasional
Planar- to cross-laminated siltstone/mudstone	not recognized	not recognized	occasional
Flaser- to lenticular-bedded sandstone to siltstone/mudstone	not recognized	not recognized	not recognized
Irregularly laminated sandstone to siltstone/mudstone	not recognized	not recognized	not recognized
Thinly laminated siltstone/mudstone	not recognized	common	occasional
Mega rippled or dunoid sandstone	not recognized	not recognized	not recognized
Pebbly coarse-grained sandstone	not recognized	not recognized	not recognized
Calcareous silty mudstone (marlstone)	occasional	common	occasional
Calcareous pebbly sandstone to mudstone	not recognized	not recognized	common
Calcrete Intraclastic conglomerate	common	occasional	not recognized
Chert	not recognized	not recognized	not recognized
Pedogenic carbonate	common	occasional	not recognized

common    
  occasional    
  rare    
  not recognized

Fig. 2. Comparison of lithofacies occurrences among the Jindong Formation, Geoncheonri Formation, and Mt. Hwangryeong lacustrine deposits.

번하게 발달된 반면, 건천리층에서는 매우 제한적으로 관찰되며, 황령산 지역 퇴적층의 경우에는 중발암광물과 수반된 건열기원 렌즈상 균열구조(Paik and Kim, 1998)의 발달이 매우 일반적이다. 또한 진동층에는 연흔의 발달이 일반적인 반면 건천리층이나 황령산 지역 퇴적층에서는 제한적으로 관찰된다. 아울러 진동층에는 공통족혼의 발달이 일반적인(임성규, 1990) 반면, 다른 두 지역 퇴적층에서는 공통족혼이 보고된 바 없다. 족혼외의 생란작용은 세 퇴적층 모두 제한적으로 나타나나, 그 중 진동층에서 가장 일반적인 편이다. 한편 호성

퇴적층인 진주층에 혼한 스트로마톨라이트는 세 퇴적층에서는 관찰되지 않는다. Lim et al. (1991)에 의해 진동층에서 기술된 스트로마톨라이트는 본 연구를 통하여 엽층상 내지 얇은 층으로 발달한 세립사암 내지 실트스톤과 이암의 호층 퇴적층인 것으로 확인되었다. 이 퇴적층은 때로 퇴적기원 변형구조의 발달에 의하여 부분적으로 엽층이 굴곡되어 있고, 방해석 교결물에 의해 석회질을 띠는 관계로 야외노두에서 스트로마톨라이트로 오인될 수 있다.

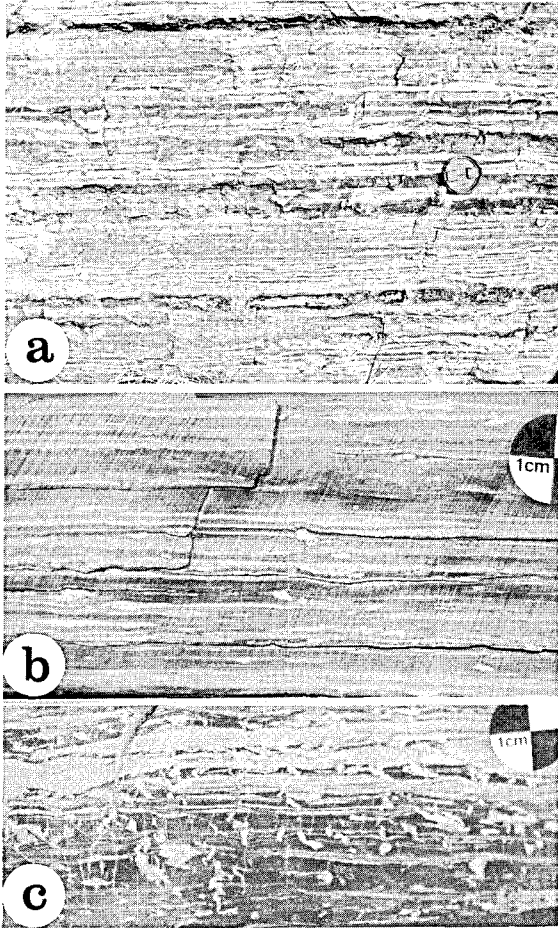


Fig. 3. Interlaminated to thinly interbedded fine-grained sandstone to siltstone/mudstone facies which is the most common facies in the Jindong Formation (A), the Geoncheonri Formation (B), and the Mt. Hwangryeong lacustrine deposits (C).

### 화석상 비교

경상누층군은 육성기원의 쇠설퇴적층인 관계로 몸체 화석의 산출이 전반적으로 매우 드문 편이나, 호성퇴적층에서는 제한적이거나 연체동물과 절족동물 등의 화석들이 보고된 바 있다. 그러나 본 연구의 대상인 3개 지역 호성퇴적층의 경우 건천리층을 제외하고는 진동층 및 황령산 지역 호성퇴적층에서 이전의 조사를 통하여 몸체 화석이 보고된 바 없으며, 생흔 화석의 경우에는 진동층(양승영, 1982; 임성규, 1990)과 황령산 지역 호성퇴적층(Paik *et al.*, 1996; Kim and Paik, 1997)에서 공통 절족동물 버로우 등이 각각 보고된 바 있다.

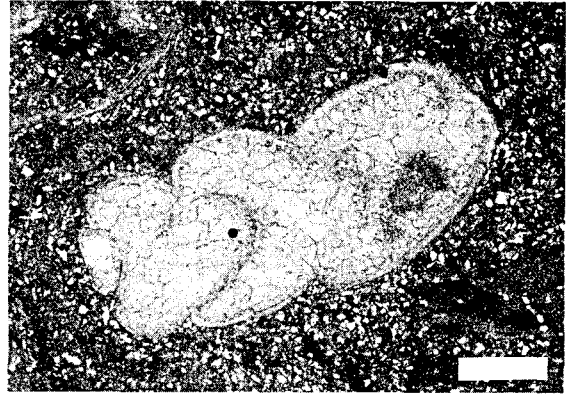


Fig. 4. Gastropod fossils from the Jindong Formation, thin section photomicrograph. Scale bar is 0.5 mm

건천리층의 경우, 부족류와 복족류 및 *Estheria* 화석(Suzuki, 1940, Yang, 1978), 화분 및 포자 화석(Choi, 1985), 개형류 및 윤조류 화석(전희영 등, 1988) 등 다양한 화석 산출이 보고되었으며, 이 외에 본 연구를 통해서 무척추동물의 버로우 등 생흔 화석이 일부 층에서 산출됨이 확인되었고, 이와 함께 직경 0.1mm 내외의 칼시스피어(calcisphere)들이 이회질암이나 석회질고토양에 산재됨도 확인되었다. 한편 전희영 등(1988)은 개형층과 윤조류 화석의 산출 특성을 토대로 건천리층의 퇴적 환경이 수심이 얕고 정수상태의 반담수 호소 환경이었던 것으로 해석하였으며, Choi(1985)는 화분 및 포자 화석을 동정하여, 이를 바탕으로 건천리층 퇴적 당시의 기후 조건은 건조하였을 것으로 해석하였다.

진동층의 경우 이전의 연구에서 몸체 화석의 산출은 보고된 바가 없었으나, 본 연구를 통해서 개형층이 이회질 퇴적암에 소량 산재함이 확인되었으며, 한 사질 이회암층에서는 1cm 미만의 작은 크기를 갖는 복족류 화석이 국부적으로 밀집하여 산출함이 처음으로 확인되었다(Fig. 4). 몸체 화석이 거의 산출되지 않는 것과는 달리, 연구지역의 진동층에서는 잘 알려진 것처럼 공통의 절족 화석이 풍부하게 산출하는 것이 특징이며(일부 층에서는 새발자국 화석 수반), 이와 함께 수 mm 내지 1cm 내외의 직경을 갖는 무척추동물의 생흔들이 비교적 단순한 구성의 생흔상을 이루며, 반복적으로 산출함이 확인되었다. 황령산 지역 호성퇴적층의 경우에도 이회질암에서 드물게 나타나는 개형층 화석을 제외하고는 몸체 화석의 산출은 없으며, *Skolithos* 등의 무척추동물 생흔 화석이 처어트질암과 이회질암에 산출되는

	Jindong Formation	Geoncheonri Formation	Mt. Hwangryeong deposits
Molluscs	●	●	X
Ostracods	●	●	●
Estherids	X	●	X
Charophytha	●	●	X
Plants	X	●	X
Invertebrate traces	●	●	●
Dinosaur tracks	●	X	X
Stromatolites	X	X	X

● Common   ● Occasional   ● Rare   X Not recognized

Fig. 5. Occurrence of body fossils and biogenic structures in the Jindong and Geoncheonri formations and the Mt. Hwangryeong lacustrine deposits.

것으로 보고되었다(Kim et al., 1997).

이상의 3개 지역 호성퇴적층의 화석상 비교(Fig. 5)를 통하여 나타나는 특성을 요약하여 보면, 1) 진동층이나 황령산 지역 호성퇴적층에는 몸체 화석의 산출이 매우 제한적인 반면, 건천리층에서는 몸체화석의 산출이 일반적이고, 2) 진동층에는 공룡족흔의 발달이 풍부한 반면, 다른 두 호성퇴적층에서는 공룡족흔의 발달이 확인되지 않으며, 3) 황령산 지역 호성퇴적층은 몸체화석 및 생흔화석 모두 진동층 및 건천리층에 비하여 그 산출이 매우 제한적이라는 점이다.

### 고토양상 비교

본 연구의 대상인 3개 지역 호성퇴적층 모두에는 고토양이 발달되어 있는데, 고토양의 유형은 석회질고토양으로 진동층에는 빈번하게 발달되어 있는 반면, 건천리층과 황령산지역 호성퇴적층에는 비교적 제한적으로 나타나며, 발달빈도의 차이와 함께 석회질고토양의 특성에 있어서도 세 퇴적층은 차이를 보인다(Fig. 6).

진동층의 경우 석회질고토양은 단괴상 내지 렌즈상 또는 괴상으로 발달한 켈크리트로 산출하며(Fig. 7), 부분적으로 암편이나 퇴적층표면에 얇은 석회질각을 이루며 발달한 경우도 관찰된다. 이들은 모두 호수연변부 기원의 퇴적층에 수반되어 있으며, 이들 켈크리트에 나타나는 고토양의 조직은 미크라이트 기질, 펠로이드, 환상균열, 우이드, 층상균열, 실뿌리구조, 불규칙 용해공극, 각력작용, 층의 하부로 향한 단괴의 성장 등이다(Fig. 7B). 아울러 진동층 석회질고토양층에는 티피구조

	Jindong Formation	Geoncheonri Formation	Mt. Hwangryeong deposits
Nodular calcrete	●	●	●
Laminar calcrete	●	●	X
Hardpan	●	X	X
Immature pedogenic carbonate	●	●	●
Evaporite mineral cast	●	●	●

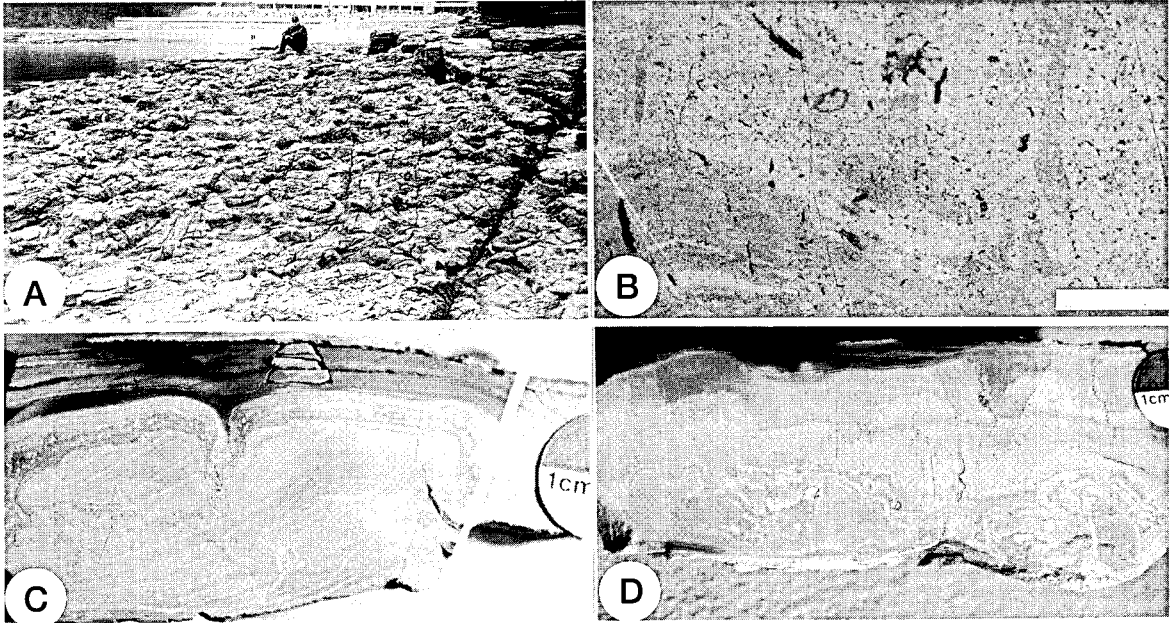
● Common   ● Occasional   ● Rare   X Not recognized

Fig. 6. Occurrence of calcretes and evaporites in the Jindong and Geoncheonri formations and the Mt. Hwangryeong lacustrine deposits.

가 종종 수반되어 있음이 특징이다. 진동층 전반에 걸쳐 석회질고토양층이 빈번하게 협재된 퇴적층은 석회질고토양이 협재하지 않은 퇴적층과 수 m 내지 십여 m의 간격을 가지며 윤회적으로 발달되어 있다.

건천리층의 경우 진동층에 비하여 토양기원 켈크리트의 발달은 제한적인 편이나, 다른 두 퇴적층에서와는 달리 수 cm 두께로 발달한 엽층상 켈크리트가 산출하는 것이 특징으로서(Fig. 7C, D and Fig. 8), 이 엽층상 켈크리트는 화산층에서 기술된 엽층상 켈크리트(백인성·천중화, 1993)와 매우 유사한 특성을 갖는다. 즉 외견상 스토마톨라이트처럼 보이는 굴곡이 진 엽층들이 석회질의 실트질 이암내에 나타나는데, 이들 엽층들의 내부에서는 직경 100 $\mu$ m 내외의 미세관들이 집중된 양상이 관찰된다. 이 미세관들의 벽은 미크라이트로 이루어져 있고 내부는 스파라이트로 채워져 있으며, 부분적으로 이들 미세관의 집중에 의한 앨비올라(alveolar) 구조가 관찰된다. 이 앨비올라 구조는 토양조직의 하나로 서로 엉겨 있는 실뿌리의 단면구조로 알려져 있다(Klappa, 1983). 이와 함께 본 엽층내에서는 역시 토양기원의 환상균열이나 이 균열이 좀 더 진행되어 만들어진 펠로이드들이 관찰된다. 전반적으로 엽층상 켈크리트의 상부 경계는 뚜렷한 반면, 하부 경계는 점이적인 양상을 띤다. 이러한 특성들은 모두 이 엽층상 켈크리트가 토양기원임을 지지하여 준다. 한편 엽층상 켈크리트층에는 기원불명의 켈시스피어(calcisphere)들이 산재되어 있는데, 이러한 산출특성 역시 화산층에서 보고된 엽층상 켈크리트의 산출특성과 동일한 양상이다.

황령산 지역 퇴적층의 경우, 앞의 두 퇴적층과는 달리 퇴적층내에 고토양 기원의 켈크리트들은 매우 드물



**Fig. 7.** Calcretes of the Jindong Formation (A and B) and the Geoncheonri Formation (C and D). A, Massive calcretes perserving dinoturbation; B, Micropedotubules and circumgranular cracks occurring in massive calcrete, Etched slab. Scale bar is one cm. C and D, Laminar calcretes resembling stromatolites, Etched slabs

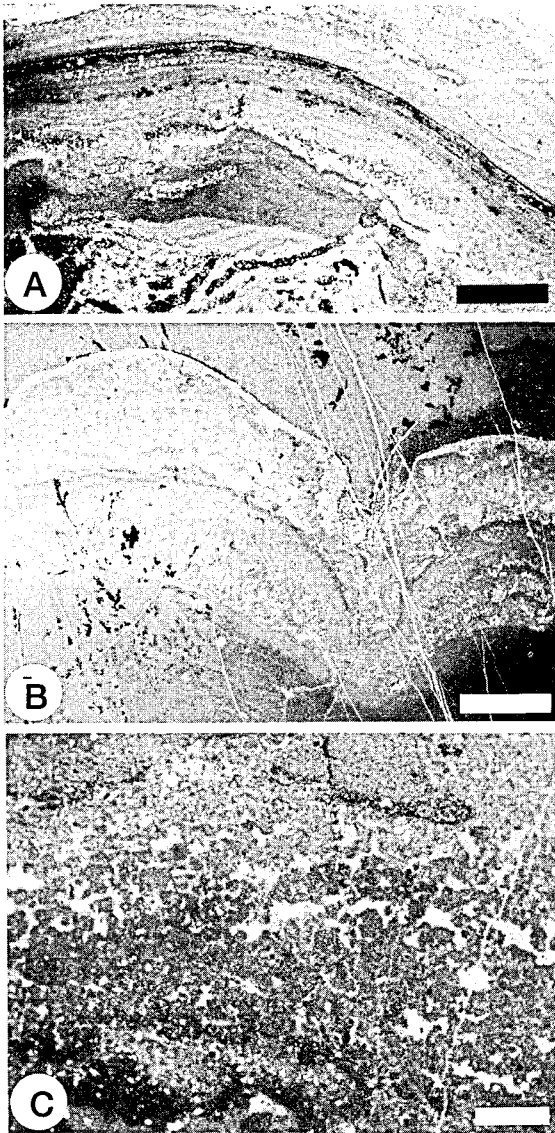
개 산출하며, 석회질고토양 발달의 확인은 대부분 암편이나 박편하에서 잔존된 실뿌리기원의 미세관 구조에 의해 이루어질 정도로 석회질고토양의 발달이 제한적이다.

### 토의 및 결론

일반적으로 자연상태에 존재하는 호수분지의 유형은 매우 다양하기 때문에 호수의 유형을 단순한 기준에 의하여 구분하는 것은 매우 어려운 일이나, 크기는 유출수위가 있는 열려 있는 호수와 유출수위가 없는 닫혀 있는 호수로 나눌 수 있으며, 이와 함께 상존하는 호수와 일시적인 호수로도 나눌 수 있다(Einsele, 1992). 이와 같은 다양한 호수의 특성은 발달지역의 지형과 기후에 의하여 일차적으로 영향을 받으며, 이에 따라 여러 다양한 양상의 퇴적층이 기록된다. 이상에서 살펴 본 바와 같이 진동층, 건천리층 및 황령산 지역 호성퇴적층 등은 퇴적상, 화석상, 고토양상 등 여러 퇴적 특성에 있어서 서로간에 차이점을 나타내는데, 이는 이들 호수 발달 당시의 지형이나 기후조건 등이 서로간에 차이가 있었음을 지시한다.

진동층 호성퇴적층의 전반적인 특성은, 호수연변부 이질평원퇴적층의 지배적인 발달, 폭풍퇴적층의 발달, 석회질고토양의 빈번한 발달, 공룡족혼화석층의 빈번한 발달, 몸체화석의 제한적인 산출, 화산쇄설퇴적층의 간헐적인 협재 등으로 요약될 수 있다(Paik *et al.*, submitted). 진동층에 이질평원 퇴적층이 지배적으로 발달되어 있음은 진동호수가 닫혀 있는 호수였음을 시사하여주나, 진동층에 증발암층의 발달이 없고 일차적인 기원의 탄산염퇴적층이 매우 드물게 발달된 점은 진동호수가 닫혀 있는 호수라기 보다는 열려 있는 호수환경이었음을 지시한다. 이와 함께 진동층의 층후가 2000 m 이상이고 폭풍퇴적층이 발달함은 진동호수의 규모가 매우 컸음을 지시하여 주며(Martel and Gibling, 1991; Dam and Surlyk, 1993; Reading, 1996), 석회질고토양의 빈번한 발달은 진동호수 발달 당시의 기후 조건이 전반적으로 건조하였음을 시사하여 준다. 이처럼 건조 기후가 지배적인 상황에서 진동호수는 고온과 산소가 부족한 환경이 조성되어 무척추동물의 서식에는 적합하지 않은 환경이었던 것으로 해석된다. 한편 공룡족혼화석층의 빈번한 협재는 진동호수가 갈수기 때 주변에서 서식하는 공룡들의 수원으로 이용될 수 있는 상존하는





**Fig. 8.** Thin section photomicrographs of the laminar calcretes of the Geoncheonri Formation. A, Thinly laminated calcretes formed on mudstone; B, Micropedotubules with micrite walls preserved in calcrete laminae; C, Pelloids and circumgranular cracks occurring in calcrete laminae. Scale bars in A and B are 2.5mm, and scale bar in C is 0.5mm.

호수였음을 시사한다. 건천리층 호성퇴적층의 전반적인 특성은, 이질평원퇴적층과 함께 천호퇴적층의 일반적인 발달, 몸체화석의 일반적인 산출, 석회질고토양의 제한적인 발달 등으로 요약된다. 이는 건천리호수가 열려 있는 호수였으며, 진동호수와는 달리 생물이 서식하기에 비교적 적합한 환경이었고, 발달 당시의 기후조건은

**Table 1.** Common and distinct features of the Geoncheonri Formation, the Jindong Formation, and the Mt. Hwangryeong lacustrine deposits.

	Common features	Distinct features
Mt. Hwangryeong lacustrine deposits	· Clastic deposits are prevailing · Deltaic deposits are not associated	Evaporite mineral casts and tuffaceous turbidite deposits are common
Jindong Formation	· Mudflat deposits are common	Mudflat deposits are predominant; pedogenic calcretes are commonly present; dinosaur tracks frequently occur
Geoncheonri Formation	· Stromatolites are absent	Invertebrate fossils are relatively common; storm deposits are not recognized

비교적 습윤하였음을 시사한다. 한편 건천리층에 폭풍 퇴적층이 부재하고, 분포 또한 제한적인 점은 건천리호수의 규모가 크지는 않았던 것으로 해석된다.

황령산 지역 호성퇴적층의 전반적인 특성은, 증발암 광물의 캐스트가 수반된 이질평원퇴적층의 발달, 응회질을 띠는 저탁암층의 일반적인 발달, 폭풍퇴적층의 발달, 몸체화석의 제한적인 산출, 석회질고토양의 제한적인 발달 등으로 요약된다. 이는 황령호수가 진동호수나 건천리호수와는 달리 일부 닫혀 있는 호수의 환경이 존재하였음을 시사하여 주며(Paik *et al.*, 1996), 호수 발달 당시 주변에 화산활동이 활발하였고, 이에 따른 호수 주변의 침하운동도 활발이 일어났었음을 의미한다(Paik *et al.*, 1996).

이상에서 살펴 본 바와 같이, 본 연구에서 조사된 세 호수퇴적층의 전반적인 퇴적특성을 바탕으로 해석된 각 호수환경의 특성은 서로간에 공통점과 차이점이 있음을 알 수 있다. 이러한 각 호수퇴적층 발달 특성의 차이점 및 공통점을 바탕으로 이들 세 호수퇴적층의 발달환경을 비교해 보면 다음과 같다.

우선 세 호수퇴적층의 공통적인 발달특성은 1) 전반적으로 쇄설성퇴적층이 지배적인 반면, 2) 삼각주퇴적층이 수반되어 있지 않으며, 3) 이질평원퇴적층이 흔히 발달되어 있고, 4) 스트로마톨라이트의 발달이 없는 점 등이다(Table 1). 이는 세 호수가 전반적으로 열려 있는 호수였으나, 퇴적속도는 비교적 느렸고, 호수물은 대체적으로 담수 내지 부분적으로 반담수의 성격을 띠었음

을 시사한다. 그러나, 진동층에 흔히 발달된 석회질고토양, 건천리층의 화분 및 포자 화석, 황령산 지역 호성퇴적층에 흔히 나타나는 증발광물의 캐스트 등에 의해 지시되는 건조한 기후조건은 이들 호수가 기후변동에 따라 담수에서 반담수로 변동되었을 것으로 해석된다. 이처럼 세 호수가 모두 건조한 기후조건을 특성을 띠면서도, 그에 따른 퇴적기록이 다르게 나타나는 이유는 다음과 같이 해석된다. 진동층 및 건천리층은 열려 있는 호수였기 때문에 수위의 변동이 심하지 않아 증발광물 캐스트의 발달이 드물거나 없는 반면, 황령산 지역 호성퇴적층의 경우에는 때로 닫혀 있는 호수가 발달하면서 이질평원퇴적층내에 증발광물이 침전된 것으로 해석된다. 한편 진동층 및 건천리층과는 달리 황령산 지역 호성퇴적층내에 석회질고토양의 발달이 드문 것은 황령산 지역 호성퇴적층의 퇴적속도가 비교적 빨랐기 때문인 것으로 해석된다.

이와 같은 세 호수퇴적층의 공통적인 발달특성은 진동층군에 발달된 진주층 및 경상분지 북부에 분포하는 하양층군 상부에 발달한 호수퇴적층(반야월층, 화산층)의 발달특성과 차이를 나타낸다. 진주층에는 삼각주퇴적층이 수반되어 있으며, 진주층, 반야월층, 화산층 모두에는 스트로마톨라이트가 산출한다. 이는 진동층, 건천리층 및 황령산 지역 호수퇴적층 발달 당시의 지반운동이 진주층과 비교할 때 상대적으로 활발하지 못하였음을 시사하며, 스트로마톨라이트의 부재는 전반적으로 담수환경이 지배적이었음을 시사한다.

한편 세 호수퇴적층 발달특성의 대표적인 차이점은 다음과 같다: 1) 진동층은 다른 두 호성퇴적층에 비하여 이질평원퇴적층의 발달이 지배적이며, 석회질고토양의 발달이 빈번하고, 다른 두 호성퇴적층에서는 산출되지 않는 공룡족혼화석층의 발달이 일반적이다. 2) 건천리층은 다른 두 호성퇴적층에 비하여 무척추동물화석

의 산출이 일반적이며, 다른 두 호성퇴적층에서는 발달하는 폭풍퇴적층이 발달되어 있지 않다. 3) 황령산지역 호성퇴적층은 진동층 및 건천리층에서는 산출하지 않거나 매우 드물게 나타나는 증발광물의 캐스트가 흔히 산출되며, 응회질 저탁암층의 협계가 일반적이다(Table 1). 이러한 차이점들을 토대로 세 호수의 특성을 지형, 기후조건, 조구조운동 정도, 퇴적속도, 호수물의 특성 등의 측면에서 비교해석해 보면 다음과 같다(Table 2).

지형의 측면에서, 세 호수중 진동호수와 황령호수는 비교적 규모가 컸던 반면, 건천리호수는 작은 규모의 호수였던 것으로 해석되며, 진동호수와 건천리호수는 전반적으로 열려 있는 호수였던 반면, 황령호수는 때로 닫혀 있는 호수가 발달하였던 것으로 해석된다. 기후조건인 경우, 세 호수 모두 전반적으로 건조한 가운데에 건기와 우기가 교호하는 기후조건이었으나, 이 중 건기의 영향이 가장 우세했던 호수는 황령호수였던 것으로 해석된다. 조구조운동의 경우, 황령호수가 가장 조구조운동이 활발하였던 것으로 해석되며, 퇴적속도 역시 황령호수가 가장 빨랐던 것으로 해석되고, 진동호수가 상대적으로 가장 느렸던 것으로 해석된다. 공룡족혼화석층이 건천리층과 황령산지역 호성퇴적층에서는 발견되지 않고 진동층에만 일반적인 현상은 진동층 퇴적층의 성층면이 남해안 해안을 따라 비교적 많이 노출되어 있는 데에 원인이 있을 수도 있으나, 이 보다는 진동층의 퇴적속도가 느린 관계로 족혼퇴적물이 석회질도양화를 받아 보존이 잘 되었기 때문인 것으로 해석된다. 한편 호수물의 특성은 건기 발달시의 황령산호수가 가장 염도가 높았던 것으로 해석된다.

이와 같은 진동호수, 건천리호수 및 황령호수의 특성 차이는 경상분지 동남부 지역에서의 시간 및 공간에 따른 호수환경의 변화에 따른 것으로, 이러한 경상분지 동남부 지역의 시·공간적인 고환경 변화는 이들 세 호

**Table 2.** Comparison of paleoenvironmental characteristics among the Geoncheonri Formation, the Jindong Formation, and the Mt. Hwangryeong lacustrine deposits.

Formation	Size	Lake type	Paleoclimate	Salinity	Tectonic activity	Sedimentation rate
Mt. Hwangryeong lacustrine deposits	larger lake	open/closed lake	more arid	fresh to brackish/saline	inactive/active	low/high
Jindong Formation	larger lake	open lake	arid	fresh to brackish	inactive	very low
Geoncheonri Formation	smaller lake	open lake	arid	fresh to brackish	inactive	low

**Table 3.** K-Ar Ages for the Jindong Formation and the Geoncheonri Formation.

Sample	K (wt%)	wt (g)	<sup>36</sup> Ar (10 <sup>-10</sup> ccSTP/g)	<sup>40</sup> Ar radiogenic (10 <sup>-8</sup> ccSTP/g)	Uncertain	Age (Ma)	Uncertainty	Air (%)	
Jindong Formation	Pyroclastic grains	3,984	0,02484	28,965	1360,505	0,637	85,894	1,678	5,92
	Pyroclastic grains	2,654	0,02469	29,274	895,140	0,597	84,859	1,656	8,81
	dyke rock	2,595	0,02691	41,866	704,134	0,096	68,581	1,346	14,94
Geoncheonri Formation	dyke rock	2,041	0,02721	65,179	648,559	0,099	80,057	1,566	22,90

수퇴적층의 층서관계를 따져 봄으로써 분석될 수 있다.

진동층은 밀양지괴내의 경상분지 남서부 지역에서 하양층군 최상부의 지층으로 설정되어 있는 지층으로서, 최근 장기홍 등(1998)에 의해 새롭게 제시된 경상누층군의 지질시대표에서 진동층은 알비안 초기에서 중기에 이르는 지층으로 나타나 있다. 본 연구에서는 진동층 중부에 발달한 화산쇄설성 역질 조립사암을 대상으로 절대연령이 측정되었다. 본 사암은 3km 이상의 거리에 걸쳐 연장 분포되어 있으며, 본 연구에서는 두 개 지점에서 채취된 이 조립사암을 대상으로 화산쇄설성 입자만을 선별하여, 이에 대한 K-Ar 연령을 기초과학연구소에 의뢰하여 측정된 결과, 각각 약 8,400만년 및 8,500만년으로 나타났다(Table 3). 물론 이 두 측정 결과를 가지고 진동층의 연령을 단정할 수는 없지만, 일단 서로 떨어진 두 지점에서 획득된 동일 퇴적층의 값이 유사하게 나왔기 때문에 이 연령은 어느 정도 신뢰성을 갖는 것으로 여겨지며, 이에 따라 진동층의 지질시대는 백악기 후기인 산토니안(Santonian)까지 올라가게 된다. 한편 일반적으로 진동층은 하양층군의 최상부 지층으로 여겨져왔으나, 본 진동층의 상위에는 진동층과 암상과 퇴적환경을 달리하는 고성층이 발달되어 있다(장태우 외, 1983b). 고성층은 진동층과는 달리 붉은색 층의 협재가 일반적이며 응회질퇴적암이 주를 이루는 하성평원퇴적층이다. 최근 이 고성층에서 공룡알 화석이 다량 산출함이 보고되었는데(양승영, 2000), 경상분지와 대비되는 중국 산둥지역을 비롯하여 전세계적으로 공룡알화석의 산출이 백악기말에 집중되어 있는 현상을 고려할 때, 진동층의 지질시대가 백악기 후기일 가능성은 높은 것으로 여겨진다.

건천리층은 밀양지괴내의 왜관-경주 지역에서 진동층 상부에 대비되는 하양층군 최상부의 지층으로 설정되었는데(Chang, 1975), 연체동물화석에 의해서는 세노마니안에서 튜로니안으로(Yang, 1978), 포자 및 화분

화석(Choi, 1985)과 윤조류 화석(전희영 외, 1988)에 의해서는 앵티안(Aptian)에서 알비안으로 서로 다르게 대비되었다. 한편 전희영 외(1988)는 종래 건천리층 하위의 층으로 간주되던 채약산층이 실제로는 건천리층의 상위에 놓이는 지층이며, 건천리층의 하한은 함안층 상위에 놓이는 Tateiwa(1929)의 대구층 상부 혹은 송내동층의 하한까지 연장됨을 확인하고, 이 지역 하양층군 상부의 층서를 함안층, 반야월층, 건천리층의 순으로 제시하였다. 앞서의 고토양상 비교에서 언급한 것처럼 건천리층에 발달된 염층상캘크리트는 화산층의 것과 동일한 발달특성을 보이는데, 화산층은 반야월층에 대비되는 지층이다. 따라서 건천리층은 하양층군의 최상부가 아닌 진동층의 하부에 대비되는 지층으로 여겨진다. 본 조사에서 건천리층을 관입한 안산암맥을 대상으로 한 K-Ar 절대연령은 약 8천만 년 전으로 측정되었다(Table 3). 한편 황령산 지역 호성퇴적층은 지질시대 대비가 가능한 화석산출이 없기 때문에, 구체적인 지질시대를 확인할 수는 없으나, 주변 화산암과의 접촉관계에 의하여 유천층군 최하부 지층인 다대포층에 대비되었다(김진섭·윤성효, 1993). 장태우 외(1983a)는 다대포층을 암상에 의하여 충무도폭에서 진동층 상위에 놓이는 고성층과 유사한 지층으로 기술하였다. 이와는 달리 김인수(1988)는 다대포층에서 역자화를 발견하여 다대포층을 하양층군 하부의 지층에 대비시켰다. 그러나 역자화는 세노마니안 이후의 시기에도 나타남으로, 다대포층의 층서적인 분포를 고려해 보더라도 다대포층은 하양층군의 하부가 아닌 하양층군 상위에 놓이는 지층으로 판단된다. 이상에서 살펴 본 진동층, 건천리층 및 황령산 지역 호성퇴적층의 층서관계를 정리하여 보면, 건천리층은 진동층의 하부에 대비되고, 황령산 지역 호성퇴적층은 진동층의 상위에 놓이는 지층으로 추정된다(Table 4). 이들 3개 호성퇴적층의 이와같은 층서관계 및 발달특성을 토대로 하양층군 퇴적말기 경상분지 동

Table 4. Stratigraphy of the Jindong Formation, the Geoncheonri Formation, and the Mt. Hwangryeong lacustrine deposits.

Chang et al.(1998)		This study	Chang(1977)		Chun et al.(1988)	Kim and Yun(1993)
Campanian	Yucheon Group	----- ? -----	Jindong Formation	Geoncheonri Formation	Geoncheonri Formation	Yucheon Group
-----83Ma		85Ma		Chaeyaksan Formation		
Santonian		Jindong Formation		Songnaedong Formation		
-----86.6Ma				Banyaweol Formation		
Coniacian						
-----88.5Ma	Jindong Formation	Banyaweol Formation	Banyaweol Formation	Dadaepo Formation (Mt. Hwangryeong lacustrine deposits)		
Turonian						
-----90.4Ma	Jindong Formation	Banyaweol Formation	Banyaweol Formation	Hayang Group		
Cenomanian						
-----97Ma	Jindong Formation	Banyaweol Formation	Banyaweol Formation	Hayang Group		
Albian						
-----112Ma	Jindong Formation	Banyaweol Formation	Banyaweol Formation	Hayang Group		

남부 지역의 퇴적특성을 요약하여 보면 다음과 같다. 하양층군 퇴적말기의 경상분지는 지반이 비교적 안정된 상황이었으며, 이에 따라 화산활동은 그리 활발한 편이 아니었다. 기후조건의 경우 하양층군 퇴적중기 때 보다는 비교적 습윤하여져 호수환경이 확장된 상태였으나(Choi, 1985), 전반적으로는 건조한 기후가 지배적인 환경이었으며, 특히 건기와 우기가 교호되는 기후조건이 발달하는 가운데에 매우 극심한 가뭄이 빈번히 발달하였다. 하양층군 퇴적말기에 경상분지의 동남부 지역은 호수연변부의 이질평원이 넓게 발달한 가운데에 퇴적작용이 매우 느리게 진행되었으나, 백악기 후기(하양층군 퇴적최후기 및 유천층군 퇴적초기)에 접어들면서 조구조운동과 이에 따른 화산활동이 활발해짐에 따라 이 지역의 퇴적속도는 상대적으로 빨라지게 되었다. 백악기 후기의 기후조건은 이전과 마찬가지로 건조한 기후가 전반적으로 유지되었으며, 일부 지역은 증발암 광물이 형성될 정도로 건조한 기후가 발달하였다.

사 사

본 연구는 1998년도 한국학술진흥재단 학술연구조성비(기초과학 1998-015-D00264)의 지원에 의해 이루어

졌으며, 이에 감사드린다. 이 논문의 원고를 읽고 세심한 지적과 조언을 해 주신 전북대학교 이영엽 교수와 박정웅 박사께 감사드린다.

참고문헌

김인수, 1988, 부산지역 백악기 다대포층에 대한 고자기학적 연구: 그의 층서적, 지구조적 의의. 지질학회지, 24, 211-233.  
 김진섭, 윤성효, 1993, 부산일원에 분포하는 백악기 화산암류의 암석학적 연구(I). 암석학회지, 2, 156-166.  
 백인성, 천종화, 1993, 경상누층군에서 확인된 엽리상 켈크리트, 켈크리트 피조이드와 우이드 및 리졸이스. 지질학회지, 29, 108-117.  
 손진담, 1989, 경상북도 군위지역 백악기 경상누층군 진주층과 일직층의 퇴적학적 연구. 서울대학교 박사학위 논문, 127 p.  
 양승영, 1978, 한국 경상층군에서 발견된 Nippononaia ryosekiana에 관하여. 지질학회지, 14, 67-77.  
 양승영, 1982, 상부 경상누층군에서 발견된 백악기 공룡의 족흔화석에 관하여. 지질학회지, 18, 37-48.  
 양승영, 2000, 경남 고성군프로젝트 야외조사에서 발견된 몇 가지 사실. 한국고생물학회 정기총회 및 제16차 학술발표회 요약집, 17.  
 엄상호, 최현일, 손진담, 오재호, 곽영훈, 신성천, 윤현수, 1983,

- 경상분지의 경상누층군에 대한 지질 및 지화학적 연구. 한국동력자원연구소 연구보고 36, 124 p.
- 임성규, 1990, 한국 고생 백악기 진동층의 생흔화석. 경북대학교 대학원 박사학위 논문, 126 p.
- 장기홍, 1977, 경상분지 상부 중생계의 층서퇴적 및 지구조. 지질학회지, 14, 120-135.
- 장기홍, 이윤중, 스즈키 카즈히로, 박순옥, 1998, 백악기 구산동융회암 저어콘 결정들의 형태 CHIME 연령 및 지사적 의미. 지질학회지, 34, 333-342.
- 장태우, 강필중, 박석환, 황상구, 이동우, 1983a, 한국지질도 (1:50,000) 부산·가덕도폭 설명서. 한국자원연구소, 22 p.
- 장태우, 황상구, 이동우, 오인섭, 김학천, 김의홍, 1983b, 한국지질도(1:50,000) 충무도폭 설명서. 한국자원연구소, 18 p.
- 전희영, 최성자, 봉필윤, 이호영, 1988, 한반도 퇴적분지별 화석상 연구. 한국동력자원연구소, KR-87-(B)-1, 79 p.
- 천종화, 1992, 밀양소분지와 의성소분지에 분포하는 중생대 하부백악기 진주층의 퇴적환경. 부경대학교 석사학위 논문, 77 p.
- 최현일, 1999, 상부 중생대층. 한국의 지질(대한지질학회 편찬), 시그마프레스, 233-273.
- Anádon, P., Cabrera, I., and Kelts, K. (eds), 1991, Lacustrine Facies analysis. Special Publication of the International Association of Sedimentologist, 13.
- Chang, K.H., 1975, Cretaceous stratigraphy of southeast Korea. Journal of the Geological Society of Korea, 11, 1-23.
- Choi, D.K., 1985, Spores and pollen from the Gyeongsang Supergroup, southeastern Korea and their chronologic and paleoecologic implications. Journal of Paleontology Society of Korea, 1, 33-50
- Choi, H.I., 1985, Sedimentology and its implications for Stratigraphic classifications of the Cretaceous Gyeongsang Basin. Journal of the Geological Society of Korea, 21, 26-37.
- Chun, S.S. and Kim, S.B., 1995, The Cretaceous Kyokpori Formation, SW Korea: sublacustrine steep-sloped delta facies. Journal of the Geological Society of Korea, 31, 215-236.
- Chun, S.S. and Chough, S.K., 1995, The Cretaceous Uhangri Formation, SW Korea: lacustrine margin facies. Sedimentology, 42, 293-322.
- Dam, G. and Surlyk, F., 1993, Cyclic sedimentation in a large wave- and storm-dominated anoxic lake; Kap Stewart Formation(Rhaetian-Sinemurian), Jameson Land, East Greenland. In Posamentier, H.W., Summerhayes, C.P., Hag, B.u., and Allen, G.P. (eds), Sequence Stratigraphy and Facies Associations, Special Publication of the International Association of Sedimentologist, 18, 419-448.
- Einsele, G. (ed.), 1992, Sedimentary Basins-Evolution, Facies, and Sediment Budget. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 628 p.
- Fischer, A.G. and Roberts, L.T., 1991, Cyclicity in the Green River Formation (Lacustrine Eocene) of Wyoming. Journal of Sedimentary Petrology, 61, 1146-1154.
- Kang, P.C., Chwac, U.C., Kim, K.B., Hong, S.H., Lee, B.J., Hwang, J.H., Park, K.H., Hwang, S.K., Choi, P.Y., Song, K.Y., and Jin, M.S., 1995, Geological Map of Korea (1:1,000,000). Korea Institutes of Geology, Mining, and Materials.
- Kim, J.Y. and Paik, I.S., 1997, Origin of Graded cherty beds containing Skolithos ichnosp. from the Cretaceous Yucheon Group in Mt. Hwangryeong Area, Pusan, Korea. Journal of Korean Earth Science Society, 18, 51-59.
- Klappa, C.F., 1983, A process-response model for the formation of pedogenic calcretes. In Wilson R.C.L.(ed.), Residual Deposits, Geological Society of London Special Publication, 11, 211-220.
- Lee, K.C., Woo, K.S., Paik, K.H., and Choi, S.J., 1991, Depositional Environments and Diagenetic History of the Panyawol, Hwasan, and Shinyangdong Formations, Kyongsang Supergroup, Korea-with Emphasis on Carbonate Rocks. Journal of Geological Society of Korea, 27, 471-492.
- Lim, S.K., Yang, S.Y., and Lockley, M.G., 1989, Large dinosaur footprint assemblages from the Cretaceous Jindong Formation of Korea. In Gillette, D.D. and Lockley, M.G.(eds.), Dinosaur Track and Traces, Cambridge University Press, 333-336.
- Lomando, A.J., Schreiber, B.C., and Harris, P.M. (eds.), 1994, Lacustrine Reservoirs and Depositional systems, SEPM Core Workshop, 19, 381 p.
- Matel, A.T., and Gibling, M.R., 1991, Wave dominated lacustrine facies and tectonically controlled cyclicity in the Lower Carboniferous Horton Bluff Formation, Nova Scotia, Canada. In Anádon, P., Cabrera, I., and Kelts, K.(eds.), Lacustrine Facies Analysis, Special Publication of the International Association of Sedimentologist, 13, 223-243.
- Paik, I.S., Kim, H.J., and Lee, Y.I., Dinosaur track deposits from the Late Cretaceous Jindong Formation, Korea: occurrence, paleoenvironments and preservation. Cretaceous Research (submitted).
- Paik, I.S., Kim, H.J., Kim, J.Y., and Jin, S.I., 1996,

- Paleoenvironments of the Cretaceous lacustrine deposits (Yucheon Group), Mt. Hwangryeong, Pusan, Korea. *Journal of Paleontology Society of Korea*, 12, 119-221.
- Paik, I.S. and Kim, H.J., 1998. Subaerial lenticular cracks in Cretaceous lacustrine deposits, Korea. *Journal of Sedimentary Research*, 68, 80-87.
- Reading, H.G. (ed.), 1996, *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy* (3rd ed.). Blackwell Science, 688 p.
- Smoot, J.P., 1991, Sedimentary facies and depositional environments of early Mesozoic Newark Supergroup basins, eastern North America. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 84, 369-423.
- Suzuki, K., 1940, Non-marine molluscan faunule of the Shiragi Series in South Korea. *Japanese Journal of Geology Geography*, 17, 215-232.
- Talbot, M.R. and K. Kelts (eds.), 1989, The Phanerozoic record of lacustrine basins and their environmental signals. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 70.
- Tateiwa, I., 1929, *Geological Atlas of Korea*, Gyeongju, Yeongcheon, Daegu and Waegwan Sheets: Geological Survey of Chosen.
- Williamson, C.R. and Picard, M.D., 1974, Petrology of carbonate rocks of the Green River Formation (Eocene), *Journal of Sedimentary Petrology*, 44, 738-759.
- Yang, S.Y., 1978, On the Discovery of *Nippononaia ryosekiana* form Gyeongsang Group, Korea. *Journal of Geological Society of Korea*, 14, 33-43.

---

2000년 5월 15일 원고 접수

2000년 8월 4일 원고 채택