

## 이매패류 화석의 미구조와 화학조성에 따른 색깔변화

윤 철 수\*

대구과학고등학교, 706-852 대구시 수성구 동대구로 559

### Color Change by Microstructure and Chemical Composition of Bivalve Fossils

Cheol-Soo Yun\*

Daegu Science High School, 559 Dongdaegu-ro, Suseong-gu, Daegu 706-852, Korea

**Abstract:** When the bivalve fossil microstructure is observed on a thin section, the growth lines of the older specimens are mostly erased by calcite recrystallization while those of the younger are well preserved in detail. During the fossil diagenesis, the shells tend to darken gradually since the valve-forming component  $Ca^{2+}$  is replaced by the surrounding materials  $Fe^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , and  $Mn^{2+}$ . Therefore, the metallic ratio against Ca component in fossil was increased during diagenesis. The UV-Visible spectrophotometry analysis shows that the reflecting degree is low level in Cretaceous bivalve fossils in contrast to the Tertiary and Recent ones. This result suggests that the dark color in older bivalve fossils is affected by the replacement of the metal ions.

**Keywords:** bivalve, microstructure, recrystallization, fossil diagenesis, metal ions

**요 약:** 이매패류 화석의 미구조를 박편상에서 관찰하면 시대가 오래된 것일수록 방해석의 재결정작용으로 인하여 성장선이 대부분 지워지는 반면 시대가 젊거나 현생의 이매패류는 매우 세밀한 성장선 및 구조가 그대로 보존된다. 패각이 숙성작용을 겪으면서 각피성분이 없어지고 외부에 노출되어 패각의 구성 물질인  $Ca^{2+}$ 이 주위 퇴적물에 존재하던  $Fe^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  등과 치환되면서 색깔이 검게 된다. 이 과정에서 화석에서는 Ca함량이 낮아지는 대신 다른 금속의 함량이 높아진다. 자외선 및 가시광선 분광 분석 결과 반사도는 백악기 화석에서 현저히 낮고 제3기 화석 및 현생에서 비교적 높게 나타나며, 이는 주요 금속이온의 치환에 영향을 받는다는 사실을 알 수 있다.

**주요어:** 이매패류, 미구조, 재결정작용, 숙성작용, 금속이온

## 서 언

색깔의 원인은 가시광선의 어떤 파장 부분을 선택적으로 반사 또는 투과하는가에 따라 결정되고 화석에서 색깔이 남는 경우는 퇴적 과정의 물리적, 화학적 환경의 지배를 받는다. 생물이 가진 다양한 색은 그것이 퇴적물과 함께 매몰되면 대부분 새로운 환경에서 숙성작용을 받아 물리적, 화학적으로 변하게 됨으로써 원래의 색을 잃게 되는 것이 일반적이다. 그러나 일부 특수한 환경에서는 희귀하게 원래의 색깔이 남아 있는 경우가 종종 발견된다(Raymond, 1906,

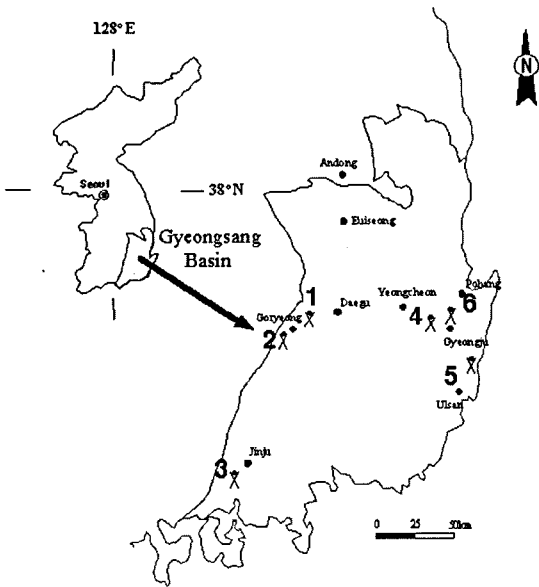
1922; Foerste, 1930; Greger, 1908). 백악기 지층에서 산출되는 대부분의 이매패류, 골격, 이빨 화석들이 검은 색을 띠고 있는 것이 대부분이다(Yang, 1974, 1975, 1989; Park *et al.*, 2000; Yun and Yang, 2001; 윤철수와 양승영, 2001). 살아 있을 당시에는 흰색이나 보다 밝은 색인데 화석의 경우는 검은 색을 띠는 것이 일반적이다. 이러한 차이점을 알아보기 위하여 야외에서 백악기 및 제3기 지층에서 산출되는 화석을 채집하여 현생조개와 비교해 보고 그들의 특징을 미구조 및 화학조성의 측면에서 알아보려고 한다.

## 재료 및 연구 방법

관찰 재료는 현생조개류 6종이며 모두 경남 하동

\*E-mail: csyun817@empal.com

Tel: 82-53-765-0012, Fax: 82-53-764-2563



**Fig. 1.** Cretaceous and Tertiary bivalve fossil localities in Gyeongsang Region. 1: Gisan, 2: Hapga, 3: Usu, 4: Geoncheon, 5: Gunam, 6: Mulcheon.

군 금남면 대도리 해안 일대에서 채집하였으며 모두 죽은 상태의 껍데기로서, 종 감정은 신원색한국패류도감(민덕기, 2001)을 참고하였다(진주담치, *Mytilus edulis*; 해가리비, *Amusium japonicum japonicum*; 주름백합, *Callista(Ezocallista) brevisiphonata*; 비늘백합조개 *Mercenaria stimpsoni*; 새꼬막조개 *Scapharca subcrenata*; 말백합조개 *Meretrix lamarckii*). 대부분의 현생조개는 각의 바깥쪽에 있는 각피가 여러 가지 색깔과 무늬를 띠고 있으며, 패각의 내측은 흰색이 대부분이다.

한편, 화석의 색깔을 비교하기 위해 경남·북에 걸

쳐 분포하는 백악기 및 제3기 지층에서 산출되는 화석을 채집하여 비교하였다. 왜관에서 칠곡, 대구, 영천까지는 약 1억년 전의 백악기 지층들이 넓게 분포하고, 경주, 포항, 울산 지역은 대개 약 1천 6백만년 전의 제3기 마이오세 지층들이 산재되어 있다. 본 연구에서 백악기 화석을 채집하기 위해 4개의 산지를, 제3기 화석산지는 2개를 설정하였다(Fig. 1). 6개의 산지에서 채집된 화석표본 중 본 연구에 사용된 이매패 화석은 Table 1과 같다.

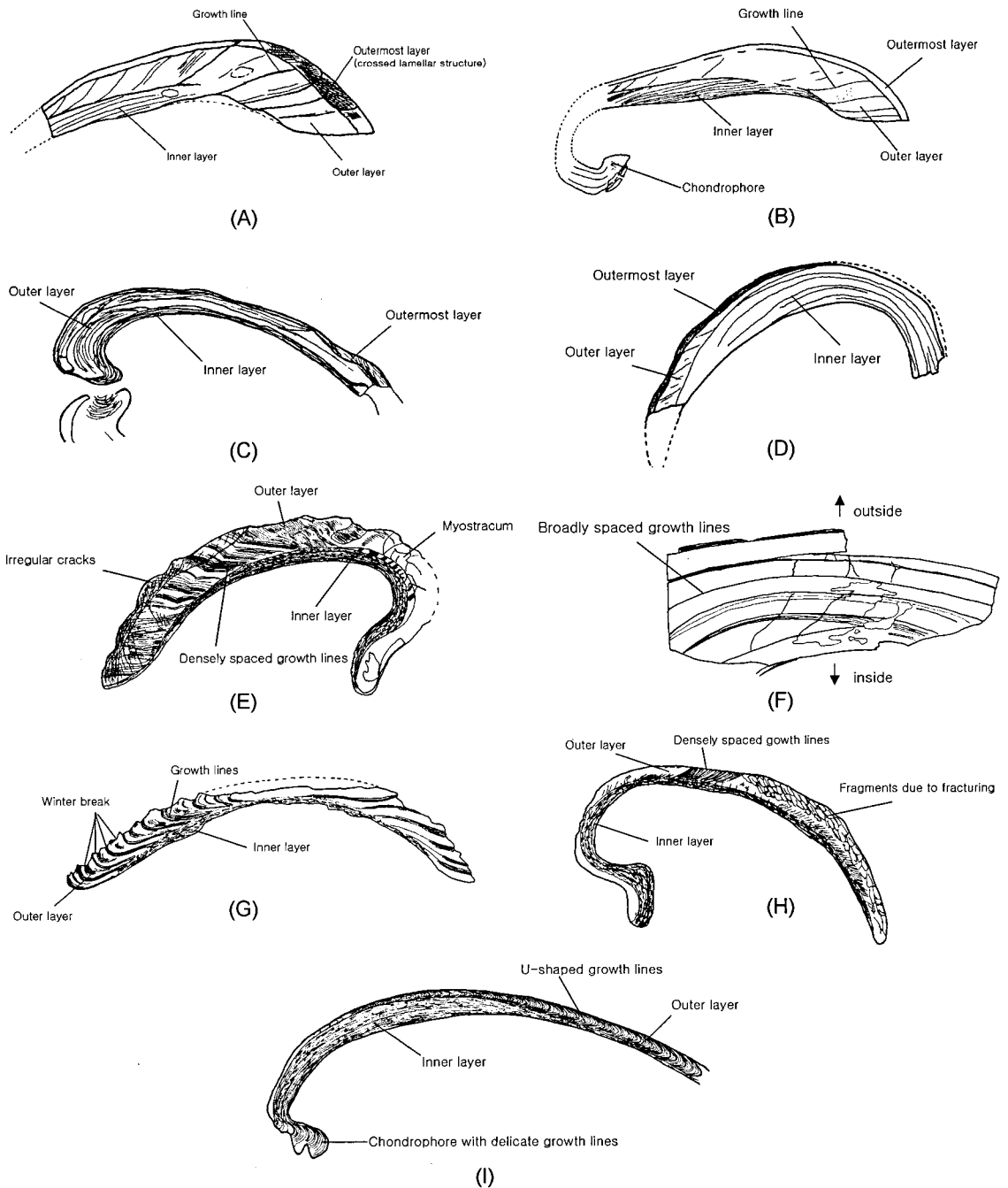
총 157점 중 110점은 백악기 이매패 화석이며, 47점은 제3기 이매패 화석에 속한다. 백악기 화석은 주위 암질과 함께 모두 검고 암질이 단단하다. 제3기 화석은 주위암질과 함께 모두 밝고 흰색이며 암석은 대개 무르고 잘 부서지는 특징이 있다.

패각이 화석화과정에서 얼마나 변형을 받았는지 그리고 현생조개와는 어떠한 차이점이 있는지 알아보기 위하여 박편을 제작하여 미구조를 관찰하였다. 관찰 부분은 각정에서 최대성장축 방향으로 선정하였다. 실험에 사용된 백악기 이매패 화석 4점, 제3기 이매패 화석 2점, 현생 조개 3점에 대하여 에폭시, 아랄다이트, 종이컵, 슬라이드글라스, 유리판, 연마제(#100, #200, #1000) 등을 사용하여 박편을 제작하였으며, 실체현미경을 통하여 이들의 자세한 내부 구조를 관찰하고 선화도를 작성하였다(Fig. 2).

화석화 과정에서 패각의 화학성분은 어떻게 달라지는지 그리고 구성광물은 어떻게 다른지를 알아보기 위해 각 지역별로 1~2개의 표품을 처리하여 다음과 같은 2가지 방법으로 실험을 하였다. 즉, 결정구조를 통한 광물의 구성을 알기 위하여 X선 회절 분석(XRD)을 하였고, 또한 구성 원소를 알기 위해 X선 형광 분석(XRF)을 하였다. 시료는 X선 회절 분석과 X선 형광 분석을 하기 위해 필요한 시료를 얻기 위

**Table 1.** Basic data for materials examined

Age	Collecting area	Formation	Specimens	Species	Color	Country rock
Cretaceous	Gisan	Dongmyeong Fm.	26	<i>Plicatounio naktongensis</i> <i>Trigonioides jaehoi</i>	black	black mudstone
	Hapga	Hasandong Fm.	19	<i>Plicatounio naktongensis</i>	black	greenish grey mudstone
	Usu	Hasandong Fm.	30	<i>Trigonioides jaehoi</i>	black	grey mudstone
	Geoncheon	Geoncheonri Fm.	35	<i>Trigonioides paucisulcatus</i>	black	greenish mudstone
Tertiary Miocene	Gunam	Sinhyeon Fm.	37	<i>Anadara (Hataiarca) kakehataensis</i>	white	greenish mudstone
	Mulcheon	Cheongoksa Fm.	10	<i>Crassostrea gravitesta</i>	yellow-white	yellowish sandy gravel



**Fig. 2.** Diagrammatic sketch of each shell microstructure. A: *Plicatounio naktongensis* from Gisan, B: *Plicatounio naktongensis* from Hapga, C: *Trigonioides paucisulcatus* from Geoncheon, D: *Trigonioides jaehoi* from Usu, E: *Anadara (Hataiarca) kakehataensis* from Gunam, F: *Crassostrea gravitesta* from Mulcheon, G: *Mercenaria stimpsoni*, H: *Scapharca subcrenata*, I: *Meretrix lanarckii*. A to D shells are Cretaceous in age; E to I shells are Tertiary in age.

해 이매패의 각을 약 5~6g 정도를 취하고, 막자사발을 이용해 시료를 잘게 분쇄하였다. 채를 이용하여

아주 고운 입자만을 분리하여 경북대학교 기초과학연구소에 분석 의뢰하였다.

**Table 2.** XRD results of the fossil and recent shell fragments

Age	Species name	Collecting site	Mineral
Cretaceous	<i>Plicatounio naktongensis</i> <i>Trigonioides jaehoi</i>	Gisan	calcite
	<i>Plicatounio naktongensis</i>	Hapga	calcite
	<i>Trigonioides jaehoi</i>	Usu	calcite
	<i>Trigonioides paucisulcatus</i>	Geoncheon	calcite, quartz (SiO <sub>2</sub> )
Tertiary	<i>Anadara (Hataiarca) kakehataensis</i>	Gunam	aragonite
	<i>Crassostrea gravitesta</i>	Mulcheon	calcite
	<i>Callista (Ezocallista) brevisiphonata</i>	Hadong	aragonite
Recent	<i>Mytilus edulis</i>	Hadong	calcite, aragonite
	<i>Meretrix lamarckii</i>	Hadong	aragonite

**Table 3.** Kinds and quantity of oxides used in experimental materials

Oxide(g)	Locality	Gisan	Hapga	Usu	Geoncheon	Gunam	Mulcheon	Recent
CaCO <sub>3</sub>		9.91	9.8	9.69	9.1	9.95	9.9	10
MnO <sub>2</sub>		0.03	-	-	0.52		0.03	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0.02	0.01	0.01	0.14	0.01	0.01	-
KIO <sub>3</sub>		-	0.02	0.01	0.04	-	-	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0.04	0.17	0.29	0.20	0.04	0.06	-

각 산지별 화석 및 현생 이매패의 분말시료 5g씩, 달걀껍질(CaCO<sub>3</sub> 대체물질로 사용), 화학분석결과 알아낸 주요성분물질을 대체할 수 있는 산화물질(MnO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, KIO<sub>3</sub>), 전자저울, 필름통, 막자 사발, 채를 사용하여 시료를 준비하였다. UV분광광도계는 경북대 기초과학연구소에 있는 UV-VIS-NIR (Varian), CARY 5G를 사용하였다. 이 기기는 분자들의 광흡수차이 성질을 이용하여 자외선, 가시광선, 근적외선 영역에서 시료의 화학변화, 반응변화, 물성 변화 추이를 측정한다.

실험과정은 이매패 화석 6곳의 표본과 현생 조개 3종을 각각 분말화하여 UV분광분석을 하였다. 달걀 약 20개를 삶아 속을 비운 다음, 껍질만을 모아 막자 사발을 이용하여 분말화시킨다. 분말화시킨 달걀껍질과 여러 가지 화학물질을 사용하여 각 지역에서 산출된 이매패화석의 원소성분비와 같게 혼합한다 (Table 3). 골고루 섞이게 잘 혼합한 후에는 지역별로 필름통에 담아 완성된 시료를 경북대학교 기초과학연구소에 분석을 의뢰하였다.

## 결 과

### 백악기 이매패 화석의 미구조

이매패의 미구조는 Kobayashi(1968, 1971)에 의하

면 크게 각피(periostracum), 외층(outer layer), 내층(inner layer)으로 나누어지며, 때로는 광휘층(pellucid layer)이 보이는 경우도 있다. 한편 양승영과 박혜숙(1991)은 경상충군산 이매패를 대상으로 하여 이들의 미구조를 자세하게 밝힌 바 있는데, 여기서 인식한 각피층은 본 논문에서는 최외층으로 간주하였다. 화석에서 유기질 피막으로 된 각피가 보존되었다고 보기 힘들고 이는 외층의 한 부분이며 교차관 구조가 보이기 때문이다.

경북 고령 기산 지역 동명층에서 산출된 이매패 화석 *Plicatounio naktongensis*의 미구조는 3개의 층으로 분할되어 있다. 성장륜이 불규칙한 간격으로 드문드문 보인다. 최외층에 교차관구조가 나타난다. 지워진 성장륜의 자리는 대부분이 방해석 결정으로 채워져 있다(Fig. 2-A). 경북 고령 합가 지역의 하산동층에서 산출된 이매패 화석 *Plicatounio naktongensis*의 미구조는 최외층이 비교적 선명하게 구분되어 보이고, 바깥 부분에 누런색층이 보인다. 3개의 층으로 나누어지며, 외층에서 보이는 성장륜은 대부분 지워지고 일부만이 남아있다. 내층에는 각과 나란한 방향의 성장선이 비교적 잘 관찰된다(Fig. 2-B). 경남 진주 유수리의 하산동층에서 산출된 이매패 화석 *Trigonioides jaehoi*의 미구조는 최외층이 구분되어

나타난다. 3개의 층으로 구성되어 있다. 내층에는 나란한 선이 몇 가닥 보인다. 좌우껍질의 내부구조에 차이가 있다(Fig. 2-C). 경북 경주 건천 지역의 건천리층에서 산출된 이매패 화석 *Trigonioides paucisulcatus*의 미구조에서도 역시 최외층이 남아있다. 내층이 매우 두껍고 나란한 줄무늬의 간격이 넓게 보인다. 외층에서는 얇고 희미한 성장선이 몇 가닥 인지된다(Fig. 2-D).

### 제3기 이매패 화석의 미구조

울산시 북구 구남 지역의 신현층에서 산출된 신생대 이매패 화석 *Anadara(Hataiarca) kakehataensis*의 미구조는 3개의 층으로 구성되어 있다. 내층에는 구불구불한 독립적인 입자로 된 엽상구조가 잘 나타난다. 외층에는 매우 미세한 성장선이 굴곡된 형태로 나타난다. 최외각부분에 불규칙적인 균열이 나타나는데 이것은 외부로 노출되어 건조되고 다시 물기를 머금은 상태가 반복되어 수축 팽창에 의한 것이라고 생각되며, 별개의 층은 아니다(Fig. 2-E). 경북 경주 물천지역의 천곡사층에서 산출된 굴 화석 *Crassostrea gravitesta*의 미구조는 성장륜이 비교적 간격이 넓다. 폭이 넓은 층과 좁은 층이 번갈아 가면서 나타나는데 성장속도에 관련된다고 생각된다(Fig. 2-F).

### 현생 조개의 미구조

비늘백합조개 *Mercenaria stimpsoni*의 미구조는 내층과 외층이 각의 구조에 따라 뚜렷이 구분되며, 내층은 보라색을 띠고 외층은 흰색을 띠는 색깔에 의해서도 구분된다. 내층에는 엽상구조가 발달하고, 외층에는 성장륜이 매우 조밀하게 분포한다(Fig. 2-G). 각의 바깥부분에는 다소 불규칙하며 오목하게 들어간 부분이 있는데 이것은 성장해륜의 일종인 동륜(winter break)으로 인식된다(Sato, 1995).

새꼬막조개 *Scapharca subcrenata*의 미구조는 내층과 외층으로 구분되며 내층은 엽상구조가 잘 보이고 외층은 성장륜이 부분적으로 관찰된다(Fig. 2-H). 내층의 엽상구조는 콘드로포어(chondrophore)에서부터 발달됨을 볼 수 있다. 각의 바깥쪽에는 수축 팽창에 의한 각의 파열로 여러 개의 작은 조각들이 성장선과 교차되는 방향으로 발달되어 있다. 각의 내층에도 수직방향의 가는 균열이 있음을 볼 수 있다. 따라서 각이 지상에 노출된 상태가 오래 지속되면 결국 작은 조각들로 파열되어 풍화가 가속될 것이다.

말백합조개 *Meretrix lamarckii*의 미구조는 내층과 외층의 구분이 조각의 차이에 의해 선명하게 구분된다(Fig. 2-I). 내층에는 엽상구조가 콘드로포어에서부터 이어져있음을 볼 수 있다. 각정에서 복면부로 갈수록 내층은 얇아지고 외층은 두꺼워진다. 외층에는 옆으로 누운 자 내지 자모양의 성장륜이 매우 규칙적으로 조밀하게 분포되어 있다.

### X선 회절 분석

X선 회절 분석 결과 각 표본의 구성광물은 Table 2와 같다. 대부분의 표본들은 탄산칼슘( $\text{CaCO}_3$ )으로 이루어진 동질이상 관계에 있는 두 광물, 방해석(calcite) 또는 아라고나이트(aragonite)로 이루어져 있다. 백악기 이매패 화석과 물천의 제3기 이매패 화석은 방해석으로 이루어져 있다. 구남의 아나다라(*Anadara*) 이매패 화석 및 현생 이매패는 모두 아라고나이트로 이루어져 있다. 구남의 이매패 화석은 시대가 약 1천 6백만년으로 알려져 있어 광물의 안정성을 찾는데 다소 시간이 소요됨을 알 수 있다.

### X선 형광 분석

X선 형광 분석은 X선을 이용하는 화학구성원소분석법으로 시료를 직경 27mm의 알루미늄컵에 넣고 프레스기로 찍어낸 코인형의 샘플에 고에너지의 X선을 쬐어 밴드이론에 의해 재방출되어지는 빛을 측정하여 구성원소의 종류를 알아낸다. 실험에 사용된 시료는 3g이고 이것을 바인더 1.5g과 섞어 코인 형태로 만들었다.

각 표본들에 대한 XRF 시료 분석에 따른 결과를 요약하면 Fig. 3과 같이 나타난다. 이 분석치는 각 표본들에 있어서 유효량 이상을 함유한 원소에 대하여 작성한 것이다. Ca 은 화석 및 현생 표본에서 대부분 90% 이상 높게 나왔지만, Mn, Si, Fe, Al은 5~10%내외를 차지하며 그 외 나머지 원소의 구성비율은 전체의 1% 미만을 차지하여 극히 미량임을 알 수 있다. 특히 Mn, Mg, Fe, Si, K 등은 화석 표본에서 비교적 높은 비율로 나타나는 경향이 있다.

### 자외선 및 가시광선 분광 분석

화석 및 이와 함께 조합한 혼합물 시료에 대한 UV 분광광도계를 이용한 각 시료의 반사율을 측정된 결과는 다음과 같이 나타났다(Figs. 5, 6). 순수한  $\text{CaCO}_3$ 에서 불순물이 섞일수록 시료의 반사도가 낮아

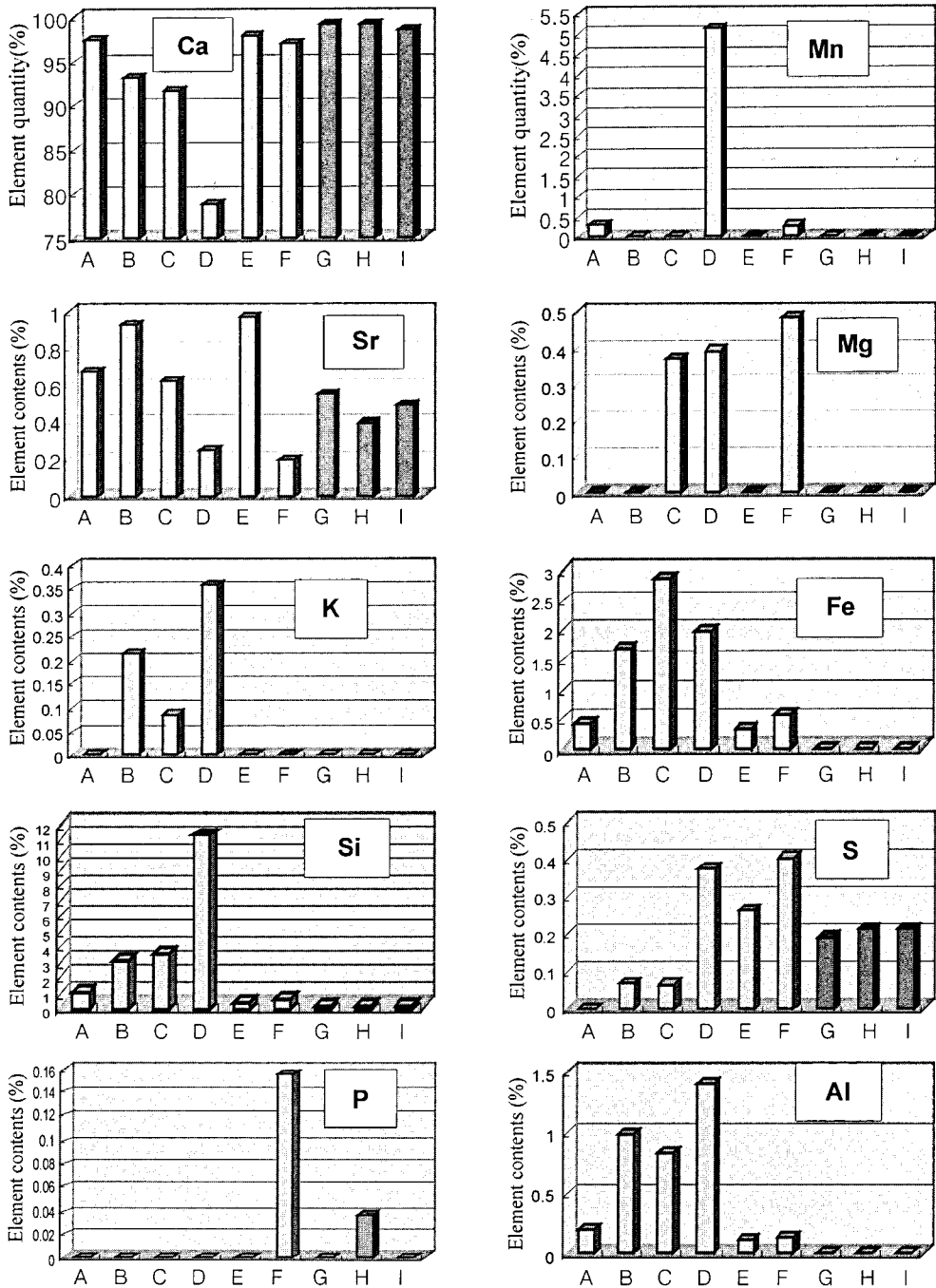


Fig. 3. Comparison of element contents in fossil and recent bivalves. A-I on horizontal axis: the same specimens represented by Fig. 2.

지며, 이매패 화석의 경우 겉보기에 검은색을 띠는 기산, 합가, 유수, 건천의 표품들과 흰색을 띠는 구남과 물천의 표품 및 주름백합, 진주담치, 말백합이 반사율에서 구분되는 것을 볼 수 있다(Fig. 5). 기산과

물천 이매패 화석의 화학성분 조성은 비교적 유사함에도 불구하고 색깔의 차이가 명백한 것은 결정구조상의 결함으로 이해할 수 있다. 인위적으로 조합한 시료들의 반사율은 이매패 화석들에 비해 모두 높았

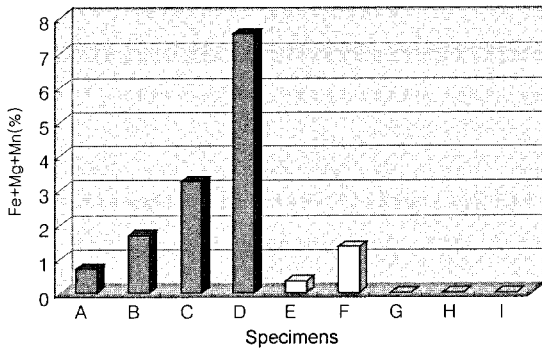


Fig. 4. Relative contents of total elements by Fe+Mg+Mn. A~I on horizontal axis: the same specimens represented by Fig. 2.

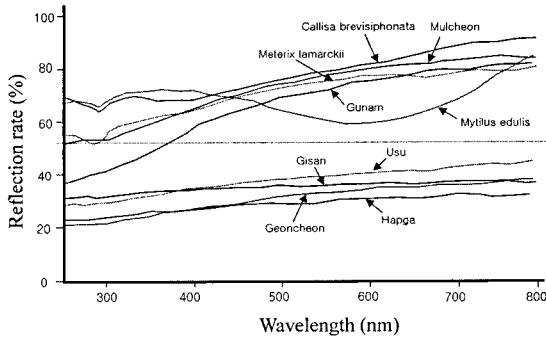


Fig. 5. Comparison of reflection rate in fossil and recent bivalves.

다. 단, 망간이 많이 섞여 있던 건천 시료(조합)은 다소 반사율이 낮았다(Fig. 6). 현생 진주담치는 걸보기에는 검은 색을 나타내고 있으나 단지 600nm 근처에서 반사율이 떨어지는 것을 제외하고는 분석결과 다른 흰색의 이매패 화석과 같은 높은 반사율을 가지고 있었다. 인위적으로 조합한 시료들은 파장 320nm의 일정한 위치에서 굴곡이 나타나는 것을 볼 수 있다(Fig. 6). 이는 시료를 조합할 때 같은 물질들만을 사용하였기 때문이라고 생각된다.

### 토 의

이매패 화석과 현생 이매패 각의 미구조를 살펴보면 대부분 내층과 외층으로 이루어진 2개의 층으로 구분되며, 백악기 화석표본의 경우에는 모두 각의 최외각부분에 비교적 얇은 최외층이 존재함을 알 수 있다. 이와 같이 각의 내층과 외층은 구분될 정도로

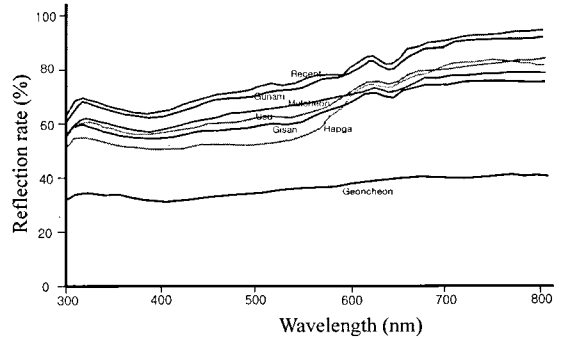


Fig. 6. Comparison of reflection rate of compound samples having the same chemical composition with each fossil and recent specimen.

남아 있었으나, 시대가 오래될수록 화석 표품일수록 성장륜은 희미하게 남아있거나 결정화된 광물로 채워져 있고, 제3기 화석 표품은 각의 미구조에 있어서 현생과 거의 유사함을 알 수 있다. 따라서 화석의 경우는 매몰시의 여러 조건과 숙성과정 동안 겪는 변화를 통하여 원래의 성분과는 다른 성분으로 바뀌게 된다. 이 때 색깔의 변화를 가져올 수 있다고 사료된다. 한편, 윤혜수 등(1993)은 경상계를 구성하는 붉은색 퇴적물의 색깔은 환원대에서 유동적인 2가철이 많이 빠져 나가서 3가대 2가철의 비가 높아졌기 때문이라고 하였다.

본 연구에서는 이매패 화석 자체의 색에 영향을 미치는 원소를 알아보기 위해 앞에서 X선 회절 분석과 X선 형광 분석을 실시하였다. 이매패 각의 주성분이라고 할 수 있는 CaCO<sub>3</sub>의 양이 현생 이매패는 99%, 제3기 이매패 화석은 97%, 백악기 이매패 화석은 전체의 약 90%정도를 보이는 것으로 보아 시대가 오래될수록 CaCO<sub>3</sub>의 양이 감소하는 것을 알 수 있다. 이와 같은 양상은 Ca 성분이 다른 이온들에 의해 치환된 결과로 생각된다. 일반적으로 세일과 같은 이질 퇴적암의 숙성과정에서 유래된 탄산염 교결물은 상대적으로 높은 Mg와 Fe의 함유도를 보이는 것으로 알려져 있다(노진환과 최우일, 2002). 백악기 이매패 화석에서 건천 표본은 CaCO<sub>3</sub>가 78.8%로 현저히 낮은 반면, SiO<sub>2</sub>의 양이 11.3%로 비교적 높게 나타났다. 건천에서 산출된 백악기 이매패 화석은 각 표면에 작은 돌기가 많은데 이것은 X선 회절 분석 결과 밝혀진 석영(SiO<sub>2</sub>)으로 탄산염광물을 교대한 규산교질물로 생각된다(이용일, 1994). 검은 색에 영

향을 줄 수 있다고 생각되는 원소 즉 Fe, Mg, Mn를 포함한 산화물의 합은 시대가 오래된 화석일수록 함량이 높음을 알 수 있다(Fig. 4). MnO는 백악기 화석 4개는 모두 조금씩 다 들어있고, 물론 이매패도 다소 포함되어 있다. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 양은 백악기 화석 4개가 현저히 많이 포함(평균 1.75%)되어 있고, 제3기 화석 2개는 미량(0.4%)이며, 현생 조개는 거의 포함하지 않는다.

인위적으로 화석과 같이 화학조성을 같게 한 시료가 자외선 및 가시광선 분광 분석시 같은 결과가 나오는지 확인하였다. 화석이 색을 발현하는 데에는 몇 가지 영향을 받는 원소가 있으며 그들 원소는 적정 농도에 따라 색이 변하여 다른 원소의 색의 발현에도 영향을 줄 것이다. 반사율 측정 결과 이매패 화석의 표품들이 현생 표품들에 비해 현저히 낮은 값을 보임을 알 수 있었다. 그리고 인위적으로 조합한 시료들의 반사율이 이매패 화석과는 다른 경향을 보인 이유는 조합시 사용한 물질들이 모두 산화물이기 때문에 산소가 많이 들어가 있고, 또 자연 상태와 달리 원소가 다른 모습으로 존재하기 때문이다. 이러한 차이는 자연 상태와 인위적으로 조합한 시료의 구성 원소들이 서로 다른 형태로 존재하기 때문이라고 생각된다. 즉, 같은 화학조성을 가지고 있더라도 오랜 시간동안 압력, 열, 물의 영향 등을 받지 않아 존재하고 있는 형태가 달라 위와 같은 결과가 나온 것이라고 사료된다.

화석의 경우 검은 계통의 색을 보이는 이유는 매물 후 겪는 속성 과정을 통하여 Ca과 교대되는 Fe<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>와 같은 금속 양이온의 증가로 인한 것이며, 자외선 및 가시광선 분광 분석에 의한 반사율로 확인할 수 있다.

## 결 론

1. 시대가 오래된 화석 표품일수록 이매패의 미세한 성장선은 대부분 희미하게 남아있거나 결정화된 광물로 채워졌다.

2. 조개껍데기가 화석이 되면서 Ca 함량이 낮아지고 대신에 다른 금속의 함량이 높아졌다.

3. 자외선 및 가시광선 분광분석 결과 반사도가 백악기 화석에서 현저히 낮은 반면, 제3기 이매패 화석 및 현생 이매패는 비교적 높게 나타나며, 이들은 인위적으로 조합한 시료에서 알 수 있듯이 주요 금속

이온에 영향을 받는다는 사실을 알 수 있다.

4. 패각이 퇴적물 내에 퇴적되고 나서 시간이 흐르면 패각을 보호하던 각피성분이 없어지고 외부에 노출되고, 패각내부에 있던 Ca<sup>2+</sup>이 주위 퇴적물에 존재하던 Fe<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>과 결합 또는 치환되어 색깔이 검게 되었다.

## 사 사

본 연구를 수행하면서 자료와 조언을 주신 경북대학교 장윤득 교수님에게 감사드립니다. 또한 시료분석을 맡아 주신 경북대학교 공동실험실습관 기초과학연구소의 이상걸, 김중화 연구원께 감사드립니다. 그리고 이 논문의 심사를 맡아 귀중한 조언을 해 주신 세분의 심사위원들께 감사드립니다.

## 참고문헌

- 노진환, 최우일, 2002, 경북 군위지역 신동층군 사암에서 속성 기원 방해석 교결물의 광물상 및 생성관계. 지질학회지, 38(2), 137-149.
- 민덕기, 2001, 신원색한국패류도감. 도서출판한글, 332 p.
- 양승영, 박혜숙, 1991, 한국 상부 중생계 경상층군산 이매패 화석의 각구조에 관하여. 고생물학회지, 7(2), 138-155.
- 윤철수, 양승영, 2001, 한국 최초의 대형 익룡(翼龍) 이빨 화석. 한국고생물학회지, 17(2), 69-76.
- 이용일, 1994, 퇴적암석학. 도서출판우성, 333 p.
- 윤혜수 · 이현구 · 문희수 · 김인수 · 송영수, 1993, 경상계 의성분지 퇴적암의 색깔과 그 층서적 및 고환경적 의의. 고생물학회지, 9(1), 93-114.
- Foerste, A. F., 1930, The color patterns of fossil cephalopods and brachiopods, with notes on gastropods and pelecypods. Contributions from the Museum of Paleontology, University of Michigan, 3(6), 109-150.
- Greger, D. K., 1908, A new Devonian brachiopod retaining the original color markings. American Journal of Science, 25, 313-314.
- Kobayashi, I., 1968, The relation between the structural types of shell tissues and the nature of the organic matrixes in the bivalve molluscs. Japanense Journal of the Malacological Society of Tokyo, 27, 11-122.
- Kobayashi, I., 1971, Internal shell microstructure of recent bivalvian molluscs. Science Report of the Niigata University, Series 2, 27-50.
- Park, E. J., Yang, S. Y. and Currie, P. J., 2000, Early Cretaceous dinosaur teeth of Korea. The Paleontological Society of Korea, Special Publication, no. 4, 85-98.
- Raymond, P. E., 1906, An Ordovician gastropod retaining



- color markings. *The Nautilus*, 19, 101-102.
- Raymond, P. E., 1922, A trilobite retaining color-markings. *American Journal of Science*, 4, 461-464.
- Sato, S., 1995, Spawning periodicity and shell micro-growth patterns of the venerid bivalve *Phacosoma japonicum* (Reeve, 1850). *The Veliger*, 38(1), 61-72.
- Yang, S. Y., 1974, Note on the genus *Trigonioides* (BIVALVIA). *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, 95, 395-408.
- Yang, S. Y., 1975, On a new non-marine pelecypod from the upper Mesozoic Gyeongsang Group of Korea. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, 100, 177-187.
- Yang, S. Y., 1989, On the genus *Plicatounio* (Cretaceous non-marine Bivalvia) from Korea. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, 154, 77-95.
- Yun, C. S. and Yang, S. Y. 2001, Cretaceous non-marine molluscan fauna from the Euseong Subbasin in Korea. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, 17(1), 1-14.

---

2003년 4월 28일 원고 접수  
2003년 6월 17일 수정원고 접수  
2003년 7월 25일 원고 채택