

경남 통영 해수양식진주의 광택에 대한 광물학적 연구

Mineralogical Studies on Luster of Seawater Cultured Pearls, Tongyeong, Korea

조 현 구(Hyen Goo Cho)^{1,*} · 김 순 오(Soon-Oh Kim)¹ · 도 진 영(Jin Young Do)²

¹경상대학교 지구환경과학과 및 기초과학연구소

(Department of Earth and Environmental Sciences and Research Institute of Natural Science,
Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea)

²경주대학교 문화재학부

(School of Cultural Assets, Gyeongju University, Gyeongju 780-712, Korea)

요약 : 통영산 해수양식진주를 광택과 모양에 따라 광택이 좋고 둥근(LR; Luster Round) 진주, 광택이 나쁘고 둥근(LLR; LackLuster Round) 진주, 바로크(LLB; LackLuster Baroque) 진주, 이핵(LTN Lackluster Two Nucleus) 진주로 세분하여 비중 측정, 현미경관찰, X선 회절분석, 주사전자현미경관찰 등을 통해 진주의 광택에 영향을 미치는 요인에 대한 광물학적 연구를 수행하였다. 광택이 좋은 진주는 광택이 나쁜 진주에 비해 비중이 약간 낮았지만 모두 상업적인 진주의 비중 내에 포함된다. 진주층 단면의 두께는 광택이 좋고 둥근 진주는 0.3 mm 정도로 균질한 반면, 광택이 나쁘고 둥근 진주는 각각의 진주층 두께는 균일하나 광택이 좋고 둥근 진주에 비해 두께가 얇다. 이핵 진주와 바로크 진주는 한 진주 내에서도 진주층 두께 편차가 상당히 큰 경향을 보였다. 진주의 표면은 광택이 좋은 진주가 광택이 나쁜 진주에 비해 아라고나이트 결정의 성장선이 좁고 선명하다. 광택이 좋은 진주는 광택이 좋지 않은 진주보다 아라고나이트 결정층의 결함이 적으며 배열이 평행하며 두께가 더 얇고, 표면과 내부에서 두께 차이가 작다. 능주층이 있는 경우 능주층과 진주층에서 아라고나이트 이외에 방해석이 포함되며, 광택이 나쁜 경우 방해석 함량이 매우 높다. 능주층이 없는 진주에서는 광택 여부에 상관없이 방해석이 없고 모두 아라고나이트로 구성되어 있다.

주요어 : 해수양식진주, 진주층, 광택, 능주층, 아라고나이트, 방해석

ABSTRACT : A mineralogical analysis on the factors affecting the luster of pearls was carried out using gravity measurement, optical microscope observation, X-ray diffraction analysis, and scanning electron microscopy. We divided the seawater cultured pearls from Tongyeong into the following four types based on luster and shape; good luster and round (LR), lackluster and round (LLR), lackluster and baroque (LLB), and lackluster and two nucleus (LTN) pearls. Pearls with high-quality luster had slightly lower specific gravity as compared to pearls with low-quality luster, but both these types of pearls are within the specific gravity range of commercial pearls. Regarding the cross-sectional thickness of the mother-of-pearl layer, LR pearls showed a uniform thickness of about 0.3 mm in

*Corresponding author: +82-55-772-1474, E-mail: hgcho@gnu.ac.kr

average. On the other hand, LLR pearls were characterized by relatively thinner, but uniform thickness. LTN and LLB pearls showed a tendency of significantly large variation in thickness even within a single pearl. For the surface of pearls, pearls with high-quality luster showed narrower and clearer growth lines of aragonite crystals as compared to pearls with low-quality luster. Pearls with high-quality luster were characterized by fewer aragonite crystal lattice defects as compared to pearls with low-quality luster, and the former showed parallel arrangement, thinner thickness, and less difference in thickness on the surface and inside. If a pearl has a prismatic layer, it is composed of aragonite with calcite in the prismatic and nacreous layer, and calcite content is very high in the lackluster pearl. Pearls without a prismatic layer were devoid of calcite irrespective of their quality of luster, and were composed of aragonite.

Key words : seawater cultured pearl, nacreous layer, luster, prismatic layer, aragonite, calcite

서 론

진주는 조개 속에서 생성되는 보석으로서, 조개 껍질과 조갯살(맨틀) 속에 자연적으로 들어온 모래 알이나 기생충알 등의 이물질이 조개의 분비물인 무기질 성분의 탄산칼슘과 콘키올린(conchiolin)이라는 단백질 성분이 감싸면서 진주층이 형성되는 과정에서 만들어진다(김원사, 1993). 진주의 가치를 결정하는 항목에는 종류(type), 크기(size), 색(color), 형태(shape), 광택(luster), 진주층의 두께(nacreous thickness), 결함(flaw), 조화(make), 길이(length) 등이 있다(Kim, 1992).

광택은 광물 표면에서 빛이 반사할 때에 받는 느낌으로서, 금속광택, 유리광택, 진주광택 등으로 구분되지만, 각 광택을 구분할 수 있는 명확한 기준이 없다. 진주광택은 혼색(iridescent sheen)을 가지는 진주에서 볼 수 있는 광택으로서, 결정 표면에 나란하게 벽개면이 잘 발달한 광물에서 잘 관찰된다(Klein and Dutrow, 2007). 진주의 광택은 표면에서 발하는 빛뿐만 아니라, 투명한 진주층 내부에서 반사되는 빛까지 혼합된 광택이라고 할 수 있다. 진주의 광택은 진주의 성장 과정, 장소, 기간, 모패의 종류 및 건강상태 등과 관련이 있으며, 진주를 수확하는 시기, 수질의 청결도, 수온의 변동 등과도 밀접하게 상관한다. 일반적으로 수온이 낮을수록 진주층의 성장이 더디어, 매우 미세한 입자의 진주층이 형성되므로 광택이 한층 좋아진다(Kim, 2003).

진주는 이를 형성하는 조개의 서식지에 따라 해수진주(seawater pearl)와 담수진주(freshwater pearl)로, 성인에 따라 천연진주(natural pearl)와 양식진주(cultured pearl)로 나누어진다. 오늘날 전 세계에

서 생산되고 있는 진주의 대부분은 양식진주로서, 유통되는 물량의 90% 이상을 차지하고 있다(Schumann, 1997). 양식진주의 중심은 일본이지만 호주, 미얀마, 남미, 중국 등에서 진주가 양식되고 있으며, 우리나라 연안에서도 진주를 양식하고 있다(Oh and Choi, 2003).

해수양식진주는 외부에서부터 진주층(nacreous layer) 또는 평행층(parallel layer), 능주층(prismatic layer), 유기물층(organic layer), 핵(nucleus)의 순으로 구성되어 있어 있다. 진주층은 1 μm 미만 두께를 가지는 아라고나이트형 탄산칼슘(CaCO_3) 단결정으로 형성되어 있고 진주의 색과 광택에 가장 큰 영향을 미친다. 능주층은 방해석 또는 아라고나이트가 결정화되어 있는 층이고 육안 관찰에서는 연한 갈색을 띤다. 유기물층은 진주생성당시 진주조개 내부의 유기물이 층을 형성한 것이고 핵은 진주양식을 위해 삽입한 것이다(Kim, 2003).

이러한 해수양식진주에 대해 Arajirou (1960)는 해수 양식 진주의 능주층이 방해석으로 구성됨을 밝혔고 이후 학자들에게 널리 인용되었다. 하지만 최근 들어 능주층에는 방해석, 아라고나이트, 아라고나이트와 방해석이 복합된 것도 존재하는 것이 발견되어, 해수양식진주의 질에 영향을 미치는 요소는 기존의 아라고나이트의 함량뿐만 아니라 능주층의 두께와 공간적인 분포가 영향을 미침을 밝혔다(Ma *et al.*, 2007).

Park and Kim (2005)는 바이오진주핵을 이용해 양식한 진주의 특성을 평가하였고, 해수양식진주에 대해 진주층의 결정상이 아라고나이트형 탄산칼슘임을 연구하였고, Oh *et al.* (2003)은 분광학적인 방법을 통해 해수양식진주와 담수양식진주의 특성을 평가하였으며, Oh and Choi (2003)은 양식

구형진주를 감별하는 방법에 대하여 연구하였다. 하지만 진주의 광택에 영향을 주는 요인에 대한 연구는 매우 미비한 실정인데, 최근 Choi *et al.* (2013)은 방사선 조사에 의한 색상 변화는 진주층의 두께에도 영향을 받는다는 사실을 발표하였다.

본 연구에서는 경상대학교 해양과학대학 통영명품 진주 산업 육성을 위한 산업자원부의 지역혁신 특성화사업단(RIS)에서 제공받은 경남 통영산 해수양식진주를 광택에 따라 광택이 좋은 진주와 광택이 나쁜 진주로 구분하여, 현미경 관찰, X선회절 분석 및 주사전자현미경분석 등을 통하여 광택에 영향을 주는 요소를 광물학적 관점에서 알아보고자 하였다.

시료 및 연구 방법

본 연구에 사용된 양식 진주는 경상대학교 해양과학대학 통영명품 진주산업 육성을 위한 산업자원부의 지역혁신특성화사업단(RIS)에서 제공받은 것으로, 경남 통영 일대 연안에서 양식된 것이다. 이들 진주를 광택을 기준으로 두 가지 그룹 즉, 광택이 좋은 진주(luster pearl)와 나쁜 진주(lackluster pearl)로 나누었다. 진주 광택 등급을 규정하는 통합 공인된 체계는 아직 없으며, 개인의 주관에 따라 매우 우수, 우수, 보통, 낮음, 매우 낮음 등으로 표시한다(김원사, 2003). 이번 연구에서 광택의 좋고 나쁨은 양식 진주를 제품으로 출하하는 선별장에서 구분한 기준에 따라 사용했다. 진주를 모양에 따라 구분하면 둥근 진주(round pearl), 두 개의 핵을 가진 이핵 진주(two-nucleus pearl)와 불규칙한 형태의 바로크 진주(baroque pearl)로 구분할 수 있다. 광택이 좋은 진주는 대부분 모양이 둥근 형태를 가져 광택이 좋고 둥근(LR; Luster Round) 진주이고, 광택이 나쁜 진주 그룹은 광택이 좋지 않고 둥근(LLR; LackLuster Round) 진주, 바로크(LLB; LackLuster Baroque) 진주 그리고 이핵(LTN Lackluster Two Nucleus) 진주로 세분된다(Fig. 1). 이렇게 구분된 진주를 다음과 같은 다양한 방법을 통해 관찰한 후 광택에 영향을 미치는 주된 요인을 분석하였다.

비중은 정수법 $S.G. = \frac{A}{W}$ (S.G.는 비중, A는 공기 중의 진주무게, W는 물속에서의 진주무게)식을 이용하여 측정하였으며(Webster, 1994), 기존 발표된 연구 결과와 비교 검토하였다.

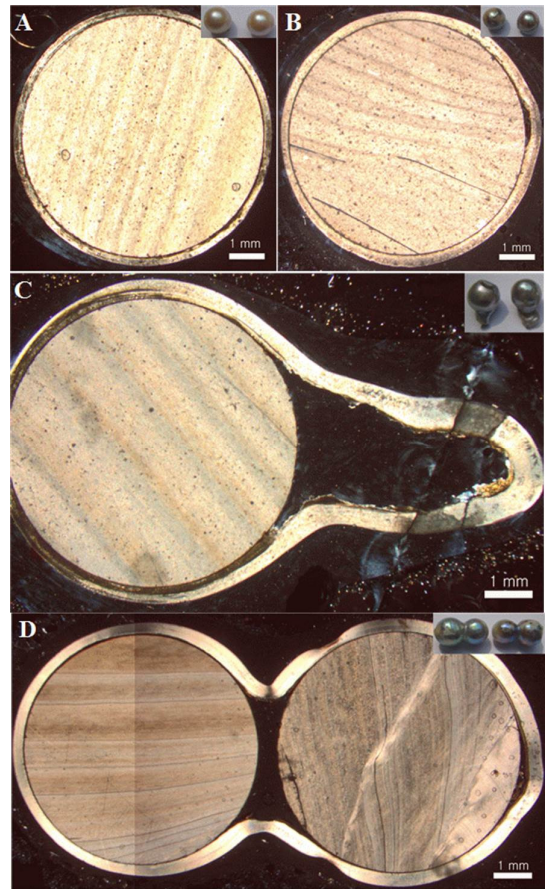


Fig. 1. Cross section of seawater cultured pearls used in this study. (A) Luster Round (LR) pearl, (B) Lackluster Round (LLR) pearl, (C) Lackluster Baroque (LLB) pearl, (D) Lackluster Two Nucleus (LTN) pearl.

네 종류의 진주 시료를 이용하여 박편을 제작하여, 실체현미경과 편광현미경 관찰을 통하여 진주층 단면의 두께를 측정하였다. 각 시료에 대하여 세 번씩 측정하였다. 진주 표면과 단면의 확대된 영상 관찰을 위해 경상대학교 공동실험관 보유의 Philips/XL30 S FEG 전계방출형주사전자현미경(Field emission scanning electron microscope)을 이용하였고, 여기에서 획득한 진주의 이미지를 이용하여 성장선간격과 단면 결정의 두께를 측정하였다. 결정 두께는 i-Solution TM 프로그램을 이용하여 측정하였다.

아게이트를 이용해 분쇄한 진주분말시료를 경상대학교 지구환경과학과에 있는 Simens/Brucker

Table 1. Thickness of nacreous layers in seawater cultured pearl

group	n	avg. (mm)	range (mm)
LR	5	0.30	0.27~0.34
LLR	4	0.21	0.12~0.31
LLB	4	0.31	min 0.13~0.14, max 0.43~0.67
LTN	6	0.29	min 0.10~0.21, max 0.45~0.55

D5005 고분해능 X선 회절분석기를 이용하여 진주의 광물조성을 분석하였다. 진주 단면 내 얇게 존재하는 각 층의 광물조성은 박편을 사용하여 경상대학교 공동실험관 보유의 Bruker AXS (Germany)/D8 DISCOVER with GADDS2차원 면적검출 X선회절분석기를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

비중

정수법을 이용하여 광택이 좋은 진주와 광택이 나쁜 진주 각각 20개씩에 대하여 정수법을 이용하여 비중을 측정된 결과, 광택이 좋은 진주의 평균 비중은 2.69 (2.50-2.92), 광택이 좋지 않은 진주의 평균 비중은 2.75 (2.61-3.04)로서, 광택이 좋은 진주가 광택이 좋지 않은 진주에 비해 대체적으로 비중이 약간 낮았다. 순수한 방해석의 비중은 2.71, 아라고나이트의 비중은 2.95인데, 통영산 해수 양식 진주들의 비중은 광택이 좋고 나쁨에 관계없이 모두 일반적인 진주의 비중인 2.60-2.78 범위 내에 포함된다(김원사, 1992). 광택이 좋은 진주의 비중은 대부분 2.60~2.70 범위에 분포하는데 반해, 광택이 좋지 않은 진주의 비중은 대부분 2.70~2.80 범위에 분포한다. 상업적인 측면에서 진주의 비중은 매우 중요한데(Park and Kim, 2005), 중국산 해수양식진주의 비중은 평균 2.69, 일본산 해수양식진주의 비중은 평균 2.78로 보고되는 것과 비교할 경우(Oh and Choi, 2003), 통영산 해수양식진주의 경우 광택이 좋은 진주는 중국산과, 광택이 나쁜 진주는 일본산과 비슷한 비중을 가져 상업적으로 이용하는 경우에도 특별한 문제가 없음을 알 수 있지만, 광택이 좋은 진주의 비중이 광택이 나쁜 진주에 비하여 비중이 작으므로 상업적으로 이용할 경우에 더 유리할 것으로 판단된다.

진주층의 특징

진주 단면을 박편으로 제작하여, 실체현미경과 편광현미경 관찰을 통하여 진주층 단면을 관찰한 결과 진주의 모양과 광택에 따라 진주층의 특징은 매우 달랐다.

광택이 좋은 진주는 광택이 나쁜 진주에 비해 진주층 단면이 투명하다. 광택이 나쁜 진주 중에서는 LLR 진주만 각 층을 구별할 수 있을 정도로 투명하고, LLB 진주와 LTN 진주는 각 층을 구별하기 힘들 정도로 진주층이 탁하다(Fig. 1). 진주 표면에 나타나는 아름다운 섬광 효과를 오리엔트(orient)라 하며, 이 현상은 아라고나이트의 판상 결정 모서리에서 일어나는 빛의 회절과 진주층 사이에서 일어나는 빛의 간섭에 의해 생기는데, 투명할수록 오리엔트 효과가 우수해진다고 한 연구 결과(Kim, 1992)와 마찬가지로 광택이 좋은 진주의 진주층이 광택이 나쁜 진주에 비하여 진주층 단면이 훨씬 투명한 것을 알 수 있다.

LR 진주의 경우, 같은 개체에서는 진주층 두께가 위치에 따라 0.01-0.03 mm 정도로 차이가 아주 작을 뿐만 아니라, 개체가 다른 경우에도 두께 차이가 거의 없이 균질하다. 진주층의 평균 두께는 0.30 mm 정도이고, 변화폭이 0.27-0.34 mm로 매우 작다(Table 1, Fig. 2A). LLR 진주의 경우, 같은 개체에서는 진주층 두께 변화폭이 0.01-0.03 mm 정도로 차이가 아주 작지만, 개체에 따라서는 두께 차이가 조금 크다. 평균 진주층 두께는 0.21 mm로 LR 진주에 비하여 얇고, 개체에 따른 평균 두께는 0.12-0.31 mm로써 LR 진주에 비하여 개체간 변화폭은 매우 큰 편이다(Table 1, Fig. 2B). 이와 같은 결과는 진주층의 두께가 얇을수록 미약해진다고 한 연구 결과(Kim, 2003)와 부합하는 것을 알 수 있다.

LLB 진주는 진주층 두께가 평균 0.31 mm로 이번 연구에 이용된 네 가지 진주 중 가장 두껍지만,

Table 2. Distance of growth step of sea-water cultured pearl

group	n	avg. (μm)	range (mm)
LR	3	6.60	1.11~24.74
LLR	3	18.44	9.43~30.59

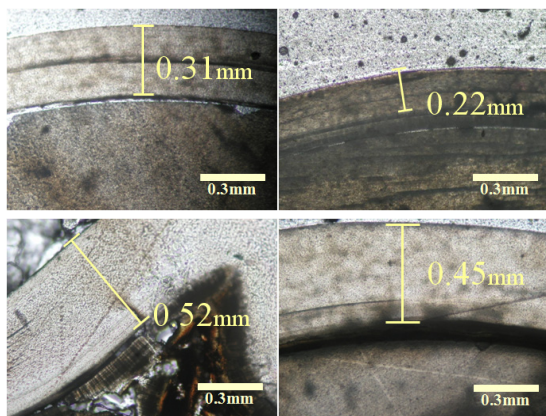


Fig. 2. Thickness and characteristic of nacreous layer in seawater cultured pearls. (A) Luster Round (LR) pearl, (B) Lackluster Round (LLR) pearl, (C) Lackluster Baroque (LLB) pearl, (D) Lackluster Two Nucleus (LTN) pearl.

개체에 따른 차이도 많을 뿐만 아니라, 한 개체에서도 매우 심한 차이를 나타낸다. 개체에 따른 평균 두께는 0.25-0.36 mm 정도로 LR 진주에 비해서는 커지만 LLR 진주에 비해서는 적다(Table 1, Fig. 2C). 그러나 한 개체에서 위치에 따른 두께 변화가 매우 심한데, 일반적으로 볼록 튀어나온 부분의 진주층이 0.42~0.67 mm로 가장 두꺼우며 반대쪽으로 갈수록 얇아져서 가장 얇은 부분에서는 0.13~0.14 mm이다. 볼록 튀어나온 진주층 안쪽에는 검은 유기물층이 두껍게 존재하기도 한다 (Fig. 1C, 2C).

LTN 진주의 경우 핵과 핵 사이가 붙어 있기도 하지만 빈 공간으로 남아있는 경우도 있다(Fig. 1D). 진주층의 평균 두께는 0.29 mm로써 LR 진주와 비슷하지만, LLB 진주와 같이 하나의 개체 내에서 진주층의 두께 차이가 심하다. 개체에 따른 진주층의 평균 두께는 0.20-0.39 mm로써 LLR 진주와 비슷하다. 핵끼리 맞물린 곳을 지나가는 진주층 두께가 0.24-0.47 mm로서 가장 두껍고, 가장 얇은 곳은 0.10-0.35 mm 이다(Table 1, Fig. 2D).

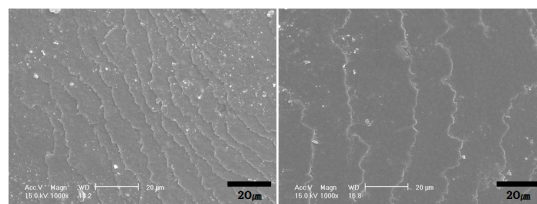


Fig. 3. SEM photographs of the surface in seawater cultured pearl. (A) luster pearl, (B) lackluster pearl.

한 개체 내에서 두께 변화는 최소 0.15 mm, 최대 0.24 mm로써 LR 진주에 비해서는 매우 차이가 크지만 LLB 진주에 비해서는 차이가 적다.

광택의 차이에 따른 진주 표면의 특성 차이를 알아보기 위하여 전계방출형주사전자현미경으로 관찰한 결과, 광택이 좋은 진주의 표면은 결정의 성장선 간격(step)이 좁고 선명하였으며 균열의 수도 적은 반면(Fig. 3A), 광택이 좋지 않은 진주의 표면은 결정의 성장선 간격이 희미하며 넓게 나타났고 균열이 많이 관찰되었다(Fig. 3B). 결정의 성장선은 양식기간 동안 진주조개의 생리 상태와 자연적인 환경조건에 의해 형성되면서 나타난 특징으로, 진주마다 독특한 형태를 나타내는 것으로 판단된다(Park *et al.*, 2007). Table 2는 광택의 차이에 따른 진주 표면의 성장선 간격을 나타낸 것이다. 광택이 좋은 진주의 경우 성장선 간격이 평균 6.60 μm 이고, 변화폭은 1.11-24.74 μm 이고, 광택이 나쁜 진주의 경우, 평균 18.44 μm , 변화폭은 9.47-30.59 μm 이다. 광택이 나쁜 진주가 광택이 좋은 진주에 비해 성장선 간격이 평균 3배 정도 큰 것을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 광택이 좋은 해수양식진주의 경우, 비교적 균일한 성장층 간격을 가지고 있고, 균열이 거의 없다는 기존 연구 결과(Oh and Choi, 2003)와도 잘 일치한다.

진주층 단면을 전계방출형주사전자현미경을 이용하여 관찰한 결과, 광택이 좋은 진주의 진주층 단면은 아라고나이트 결정층의 배열이 매우 평행하고 결함이 적지만(Fig. 4A), 광택이 좋지 않은 진주의 경우, 아라고나이트 결정층의 배열이 대체

Table 3. Aragonite layer thickness of luster pearl (μm)

group	n	inner layer		surface layer	
		avg. (μm)	range (μm)	avg. (μm)	range (μm)
LR	7	0.30	0.16-0.51	0.31	0.16-0.47
LLR	7	0.31	0.16-0.54	0.48	0.21-0.98

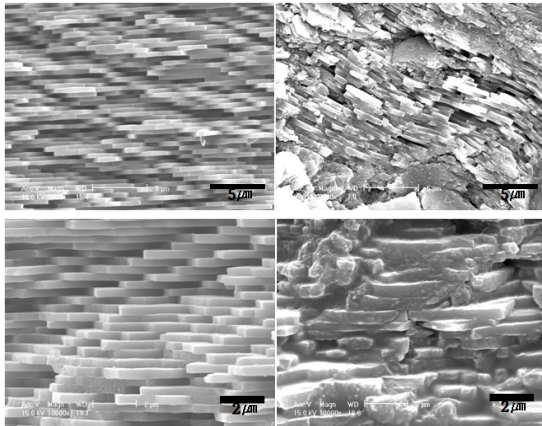


Fig. 4. SEM photographs of nacreous layer in seawater cultured pearl. (A) top of luster pearl, (B) top of lackluster pearl, (C) bottom of luster pearl, (D) bottom of lackluster pearl.

로 평행하지만 평행하지 않은 부분도 존재하고, 결합이 여러 곳에서 발견된다(Fig. 4B). 전계방출형 주사전자현미경을 이용하여 관찰한 진주층 단면에서 아라고나이트 결정의 두께를 i-Solution TM 프로그램을 이용하여 측정한 결과 광택에 따라 두께 차이가 나타난다. 광택이 좋은 진주는 표층에서의 두께가 평균 0.30 μm (0.16-0.51 μm), 심층에서의 평균 두께가 0.31 μm (0.16-0.47 μm)로써, 내부에서 외부까지 두께 변화가 거의 없다(Table 3). 그러나 광택이 좋지 않은 진주는 표층에서의 평균 두께 0.48 μm (0.21-0.98 μm), 심층에서의 평균 두께 0.31 μm (0.16-0.54 μm)로써, 내부에서 외부로 갈수록 두께가 점점 두꺼워지는 경향을 나타낸다. 광택이 좋지 않은 진주인 경우 아라고나이트 결정층의 두께가 내부에서는 광택이 좋은 진주와 비슷하지만, 표층부로 갈수록 점점 두꺼워져 최대 1.5 배까지 증가한다(Table 3).

본 연구 결과는 통영 (주)명성진주 양식장에서 양식한 양질의 해수양식진주의 경우, 진주층을 구성하는 탄산칼슘 결정립의 두께가 0.3~0.8 μm 의

범위에 있고 결정립의 크기가 균일하게 발달되어 있을 때 광택이 뛰어난 진주의 특성을 나타내고, 결정립의 크기나 두께가 불균일할수록 광택이 둔하게 된다는 연구 결과나(Ra *et al.*, 2007), 진주광택을 나타내는 자개 공예용 패각에 대하여 수식을 이용하여 진주광택과 아라고나이트 결정판 간의 상관관계를 관찰한 결과, 아라고나이트 결정판의 두께가 얇게 형성되어 있을수록 반사되는 빛의 면적이 늘고 이에 따른 회절현상의 증가로 더 강한 진주광택을 나타낸다는 결과와도 본 연구 결과(Song, *et al.*, 2013)는 잘 일치한다.

진주의 광물 조성

진주의 광물조성이 광택에 미치는 영향을 알아보기 위하여 광택이 좋은 진주와 나쁜 진주에 대하여 X선 회절분석을 실시하였다. 능주층 존재 여부가 광택과 어떤 관계가 있는지를 알아보기 위하여 광택 좋은 진주와 나쁜 진주 각각에 대하여 능주층이 있는 진주와 없는 진주로 구분하여 분말 시료로 만들어 X선 회절분석을 실시하였다(Fig. 5). 해수양식진주의 주된 구성 성분은 광택 여부에 관계없이 대부분 아라고나이트(aragonite)임을 알 수 있다. 그러나 능주층을 가지는 진주에서만 아라고나이트 이외에 방해석이 검출되었고 능주층이 없는 진주에서는 아라고나이트만 검출되었다(Fig. 5C, D). 이와 같은 결과는 중국산 해수양식진주의 주된 광물 성분이 대부분 아라고나이트로 구성되어 있다(Oh and Choi, 2003)는 기존의 연구 결과와 부합된다.

LR 진주와 LLR 진주 중 능주층이 잘 발달해있는 진주를 이용하여 진주층, 능주층, 핵 각 부분을 분리하여 X선 회절분석을 실시하였다. 능주층만을 따로 분리하여 분석하였을 경우, 광택이 좋은 진주와 광택이 나쁜 진주 모두에서 아라고나이트와 함께 방해석도 존재하는 것을 알 수 있다(Fig. 6). 그러나 광택이 나쁜 진주에서 방해석 함량이 월등하

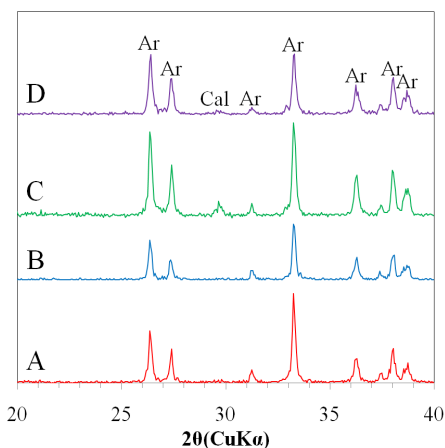


Fig. 5. XRD patterns of seawater cultured pearl. (A) luster pearl without prismatic layer, (B) lackluster pearl without prismatic layer, (C) luster pearl with prismatic layer, (D) lackluster pearl with prismatic layer. Ar; aragonite, Cal; calcite.

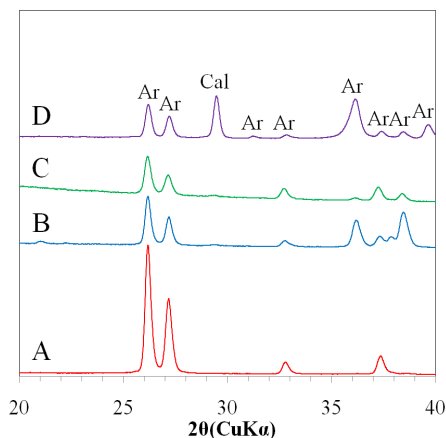


Fig. 7. XRD patterns of nucleus and nacreous layer in seawater cultured pearl. (A) nucleus of luster pearl, (B) nucleus of lackluster pearl, (C) nacreous layer of luster pearl, (D) nacreous layer of lackluster pearl. Ar; aragonite, Cal; calcite.

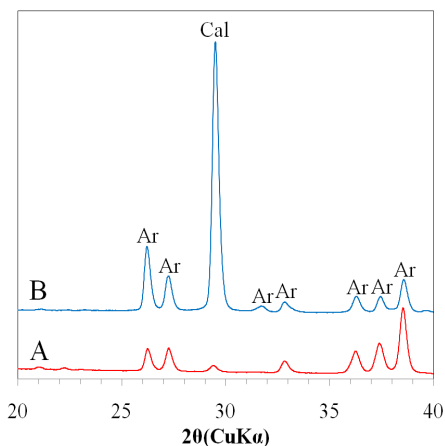


Fig. 6. XRD patterns of prismatic layer in seawater cultured pearl. (A) luster pearl, (B) lackluster pearl. Ar; aragonite, Cal; calcite.

게 높은 것을 알 수 있다. 특히, 능주층이 두껍게 잘 발달하는 진주에서 아라고나이트에 대한 방해석이 함량이 높음을 알 수 있다. 상대적으로 높은 피크를 나타낸다.

해수양식진주의 능주층이 방해석으로 구성되어 있다는 이론(Arajirou, 1960)이 오랫동안 수용되었지만, 능주층에는 방해석, 아라고나이트, 아라고나이트와 방해석이 복합된 것도 존재하는 것이 최근

보고되었다(Ma *et al.*, 2007). 이번 연구 결과 능주층에는 아라고나이트와 방해석 등 다양한 탄산칼슘 광물이 존재한다는 것을 확인할 수 있었다. Ma *et al.* (2007)은 아라고나이트로 구성된 능주층을 가지는 진주가 품질이 가장 불량하다고 했는데, 이번 연구 결과 방해석 함량이 매우 높은 능주층을 가지는 진주의 광택이 매우 나쁘다는 사실과는 배치된다. 그러나 Ma *et al.* (2007)은 진주의 품질을 광택으로 제한하여 언급한 것이 아니기 때문에 이에 대해서 직접 비교하는 것은 이번 연구의 범위를 넘어서는 것으로 판단된다.

핵에서는 광택 여부에 상관없이 아라고나이트만 검출되었는데(Fig. 7A, B), 이와 같은 결과는 통영 (주)명성진주 양식장에서 양식한 양질의 해수양식진주의 핵에 대하여 조사한 결과와도 일치한다(Park and Kim, 2005). 진주층에서는 아라고나이트 이외에 방해석도 검출되었으며, 광택이 좋은 진주에 비해 광택이 나쁜 진주에서 더 많은 방해석이 존재함을 알 수 있다(Fig. 7C, D).

결 론

통영산 해수양식진주를 광택이 좋은 진주와 나쁜 진주로 구분하여 광물학적 관점에서 비교·관찰한 결과 다음과 같은 사실들을 알 수 있었다.

(1) 광택이 좋은 진주의 비중은 평균 2.69로 광택이 좋지 않은 진주(평균 2.75) 보다 약간 작은 값을 가진다.

(2) 진주층 두께가 한 진주 내에서 균일하고, 최소 0.3 mm 이상의 진주층 두께를 가지는 진주가 광택이 좋을 것으로 판단된다. 광택이 좋은 진주의 표면은 광택이 좋지 않은 것에 비해 아라고나이트 결정의 성장선이 선명하고 간격이 좁다. 아라고나이트 결정층은 광택이 좋은 진주가 광택 좋지 않은 것에 비해 평행하게 배열되어 있고, 결정의 두께가 표면이나 내부에서 균일하다.

(3) 진주의 주구성 광물은 아라고나이트이며, 방해석이 포함되기도 한다. 방해석은 능주층을 가지는 진주에서만 능주층과 진주층에 존재하는데, 광택이 나쁜 진주에 더 많은 방해석이 존재한다.

(4) 좋은 광택을 가지는 진주는 비중이 2.7 이하, 0.3 mm 이상의 균일한 두께의 진주층을 가지며, 표면의 성장선 간격이 좁고 균열이 없으며, 아라고나이트 결정의 배열이 평행하고 결정의 두께가 표면이나 외부나 균일하고, 능주층이 없거나 있다고 하더라도 방해석 함량이 적어야 할 것으로 여겨진다.

REFERENCES

- Arajirou. (1960) The Study of Pearls. The Skill Report Hall.
- Choi, H.M., Lee, B., and Kim, Y. (2012) Detection of gamma irradiated South Sea cultured pearls II. Journal of the Korean Crystal Growth and Crystal Technology, 22(4), 165-169 (in Korean with English abstract).
- Kim, Won Sa (1992) Gemology. Woosung Publishing Company, Seoul, 319-324 (in Korean).
- Kim, Won Sa (2003) Gemology, Principle, Identification, Evaluation (2nd Ed.). Woosung Publishing Company, Seoul, 482-504 (in Korean).
- Kein, C. and Dutrow, B. (2007) The 23rd Edition of the Manual of Mineral Science (after James D. Dana). John Woley & Sons, INC. 675p.
- Ma, H., Zhang, B., Lee, I.-S., Qin, Z., Tong, Z., and Qiu, S. (2007) Aragonite observed in the prismatic layer of seawater-cultured pearls. Frontiers of Materials Science in China, 1(3), 326-329.
- Oh, J.-U. and Choi, J.-K. (2003) A study on the identification of cultured bead pearls. Journal of the Korean Society for Geosystem Engineering, 40(6), 389-394 (in Korean with English abstract).
- Oh, J.U., Kim, J.S., Choi, J.K., and Kim, P.C. (2003) The estimation characteristics of cultured pearls. Journal of the Korean Crystal Growth and Crystal Technology, 13(6), 315-319 (in Korean with English abstract).
- Park, R.-Y. and Kim, P.C. (2005) The cultivation and characterization of akoya pearls. Journal of the Korean Crystal Growth and Crystal Technology, 15(4), 152-156 (in Korean with English abstract).
- Park, R.Y., Kim, Y.-C., and Kim, P.C. (2007) The comparative analyses of akoya pearls using the bio-bead nucleus and bead nucleus made from washboard shell. Journal of the Korean Gems and Jewelry, 1(1), 25-33 (in Korean with English abstract).
- Schumann, W. (1997) Gemstones of the World. Sterling Publishing, New York, 225p.
- Song, E.-C, Choi, S.-K., and Yoon, C.-Y. (2012) Analyze the factor of pearly luster by comparing fine structure of mother-of-pearl shell. Journal of the Korean Gems and Jewelry. 6(1), 143-151.
- Webster, T. (1994) Gems. Butterworth_Heinenmann Ltd., London, 521p.

Received February 4, 2015, Revised March 12, 2015, Accepted March 20, 2015, Responsibility Editor: Dong Bok Shin