

Structural characteristics of non-nucleus Abalone half pearl cultured by a new technique

Hea Yeon Kim^{***}, Dae Il Lee^{***}, Jong Wan Park^{****}, Kwang Bo Shim^{****,†}

^{*}Department of Materials and Chemical Engineering, Graduate School of Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

^{**}Korea Pearl Laboratory, Seoul 110-390, Korea

^{***}Dae Il Marine Co., Ltd, Incheon 400-037, Korea

^{****}Division of Advanced Material Science and Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

(Received April 7, 2008)

(Accepted April 14, 2008)

Abstract Non-nucleus Abalone half pearls were cultured by a new technique and their structural characteristics were analyzed using an electron microscopy. This technique was found to grow the pearls depending on the shape of the internal organ of an abalone because this technique induces the pearl layers without adding any nucleus on the specified damage region of a shell. The obtained pearls exhibit natural shapes with a specific luster. The SEM analysis shows that the pearl layers are about 0.34 μm with a uniform thickness and the surface of the shell is characterized by the pyramid-shaped bulge with a regular arrangement, which is a typical feature of single-shell. These characteristics of the pearls are thought to develop in the highly-valued Korean gems.

Key words Non-nucleus, Abalone, Cultured pearl, Gem, Pearl layer

새로운 방법으로 성장된 무핵 전복반형진주의 구조적 특성

김혜연^{***}, 이대일^{***}, 박종원^{****}, 심광보^{****,†}

^{*}한양대학교, 공학대학원, 재료 및 화학공학과, 서울, 133-791

^{**}코리아 진주 감정원, 서울, 110-390

^{***}대일수산전복(주), 인천, 400-037

^{****}한양대학교 공과대학 신소재공학부, 서울, 133-791

(2008년 4월 7일 접수)

(2008년 4월 14일 심사완료)

초 록 새로운 전복반형 진주 양식법으로 진주를 성장시킨 후 그 구조적 특성을 분석하였다. 본 양식법은 기존방법과는 달리 핵을 넣지 않고 패각의 특정 부위를 파괴시켜 전복 내장의 형상대로 진주층을 유도하는 방법으로 진주의 모양이 자연스럽고 독특한 광택을 나타내었다. 전계방사형 주사전자현미경으로 분석 결과 진주층은 약 0.34 μm 의 균일한 층이 패각 표면에 수직으로 배열됨으로써 패각 표면에 피라미드 상의 돌기가 규칙적으로 형성되어 전형적인 1매패(권패)의 전복진주 특성을 나타내었다. 이러한 특성은 최근 진주보석의 자연스런 형태를 추구하는 시대에 부합되어 고부가가치의 한국형 진주보석으로 성장할 수 있으리라 사료된다.

1. 서 론

전복진주는 1매패(권패)로써 색상이 수려하고 광택이 우수하여 양식진주으로써 예로부터 사용되어져 왔다. 일본의 경우 1957년 진주양식기술이 발표된 이래, 1983년 Nagasaki 지역에서 전복반형 진주 양식에 성공하였고 현

재에는 Miyagi Onagawa와 Nagasaki 지역에서 상업적으로 양식되고 있다[1]. 우리나라의 경우 1991년 제주도에서 전복반형 진주양식을 시작했고, 1995년에는 캐나다에서 *Haliotis Kamtschatkana*에 의한 전복반형 진주양식을 성공하였다. 미국의 경우에도 2000년 캘리포니아주 샌프란시스코 근교에서 Green abalone (*Haliotis fulens*)를 모패로 한 전복반형진주 양식을 하고 있다. 또한 뉴질랜드에서는 Stewart 섬에서 Paua abalone (*Haliotis iris*)을 이용 전복반형 진주양식을 하고 있다. 전복류는 전세계적으로 약 100여종이 전세계적으로 넓게 분포되

[†]Corresponding author
Tel: +82-2-2220-0501
Fax: +82-2-2291-7395
E-mail: kbshim@hanyang.ac.kr

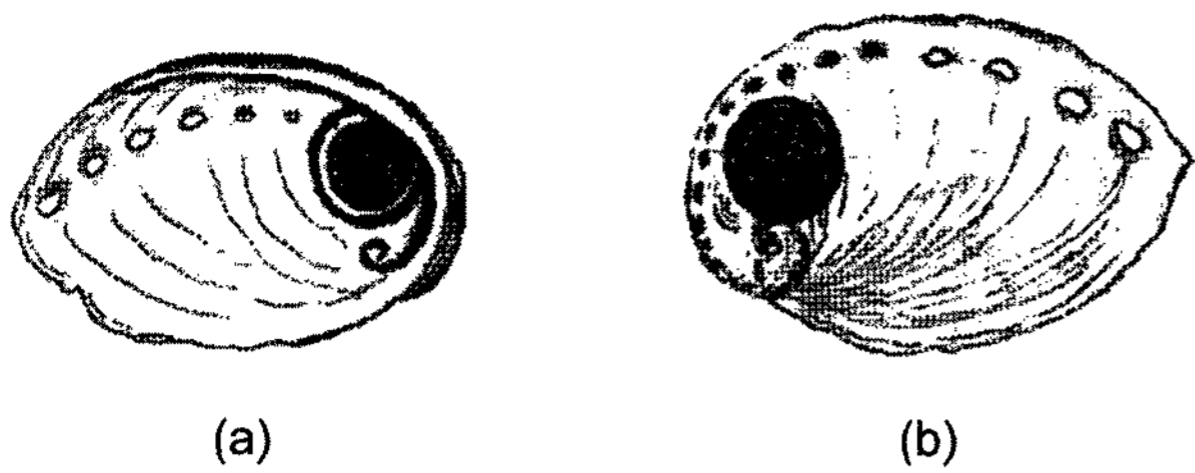


Fig. 1. Conventional fabrication method of Abalone half cultured pearl (a) Inside Abalone shell (b) Outside of Abalone shell.

어 서식하는 권패이다. 국내에서 서식하는 전복의 종류로는 1) 말전복 (*Haliotis Gigantea* GMELIN), 2) 시볼드 전복 (*H. Sieboldi* REEVE), 3) 까막전복 (*H. Discus* REEVE), 4) 전복 (*H. Discus Hannai* INO), 5) 오분자기 (*Sulculus diversicolor aquatilis* REEVE) 등이 있다. 이 중 참전복은 까막전복의 변종으로 한반도의 전 연안에 분포하며, 나머지 4종은 동계수온 12°C 를 한계로 제주도를 중심으로 남해의 비교적 따뜻한 도서연안에 분포한다[2]. 북방종인 참전복은 우리나라 전복 무리를 대표하는 종류로 과거 전복반형양식진주에 사용되어왔다. 한편, 전복의 패각겉부분을 보면 어떤 먹이로 성장했는지를 알 수 있으나 전복의 진주층의 컬러에는 영향이 없다고 전해지고 있다[3]. 일반적으로 전복반형진주양식은 Fig. 1에 나타난 것처럼 내장의 부위에 바깥에서 패각에 구멍을 뚫어, 9~22 mm 정도의 반구형의 핵을 투입하여 그 위로 진주층을 쌓이게 하는 것이다. 본 연구에서는 이와 같은 기존의 양식방법과는 달리 핵을 넣지 않고 전복의 특정 패각 부위를 파괴시켜 전복 내장의 형상대로 진주층을 유도시켜 자연스런 모양의 전복진주를 양식할 수 있는 새로운 “무핵 전복반형진주양식법”에 의해 (특허 제 106849호, 발명의 명칭: 핵을 삽입하지 않는 전복진주양식방법, 특허권자: 이대일 전라남도 완도군 신지면 대곡리 319번지, 발명자: 이대일) 전복반형진주를 양식하여 그 구조적, 광학적 특성을 평가함으로써 고부가가치 보석으로서의 근거를 제시하고자 하였다.

2. 실험

무핵 전복진주양식법은 내장 부위를 파괴시켜(Fig. 2) 진주층이 쌓이도록 유도하게 하는 방법이다. 이때 전복은 패각이 파괴됨으로서 생리적으로 자신의 몸을 보호하고자 분비물을 뱉어내게되어 단백질층, 진주층 순으로 여러층을 쌓아가게 된다. 수온에 따라 다르지만 10일 정도가 지나면 갈색의 막을 입히기 시작하고 그 다음 진주층이 쌓이게 된다. Fig. 3은 양식되는 과정을 시간 경과



Fig. 2. A drilled region of Abalone shell in order to product a Abalone half cultured pearl.

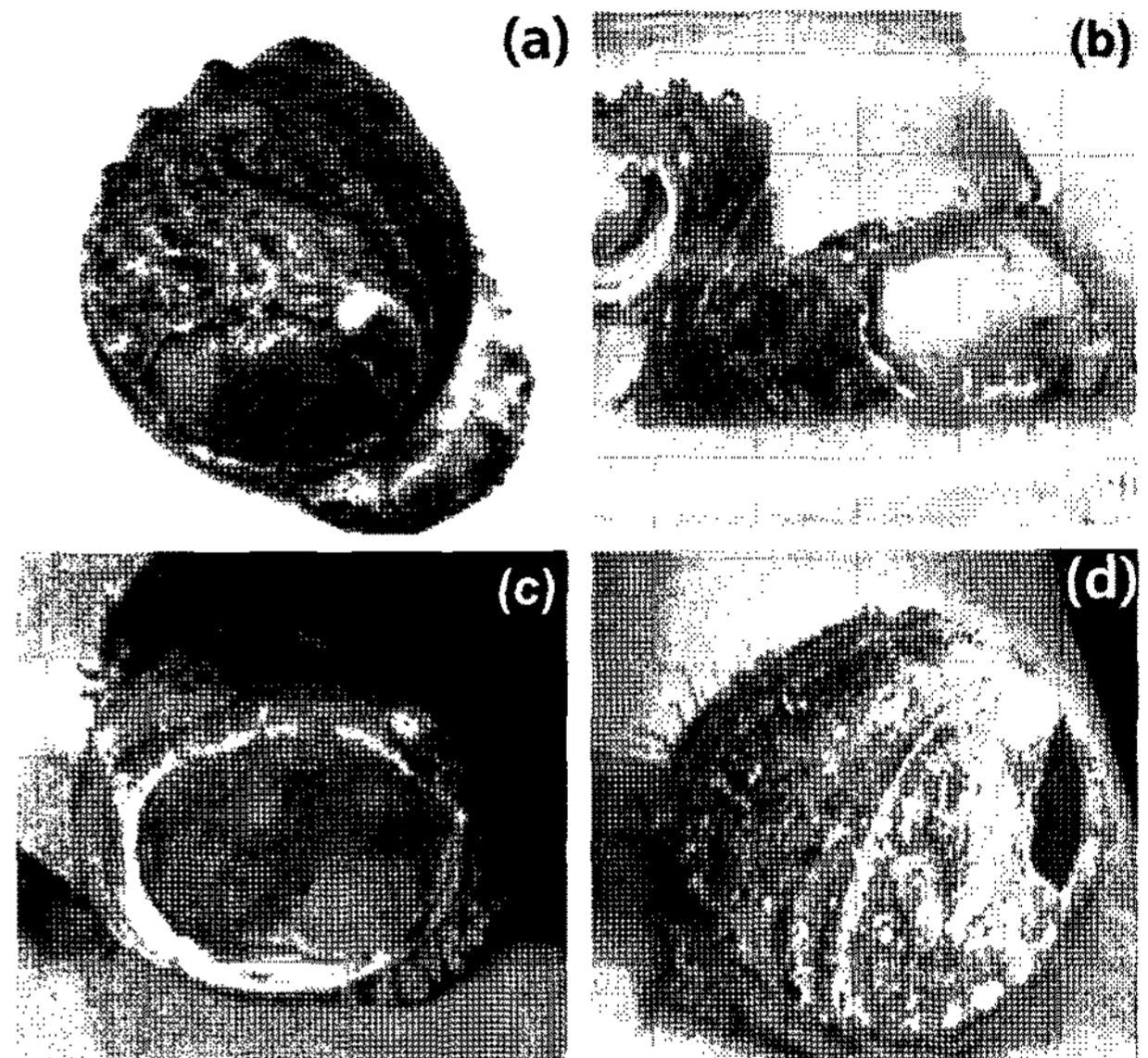


Fig. 3. Culturing process of non-nucleus Abalone half cultured pearl (a) After drilling, (b) Before stacking pearls-layer, (c) brown thin film coating on a drilled region, (d) After coating.

에 따라 관찰한 모습을 보여준다. 양식된 무핵전복반형진주의 구조적 특성을 전계방사형 주사전자현미경(FE-SEM, S-4200, HITACHI, Japan)을 이용하여 단면과 표면을 비교 분석하여 보았다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 성장된 무핵전복반형진주

핵을 넣지 않고 양식되어진 전복패와 패로부터 채취한 반형전복진주의 모습을 Fig. 4와 Fig. 5에 나타내었다. 반형전복진주는 핵을 사용하지 않고, 전복패각의 특정부위(내장 부위)를 깨어내어 진주층을 쌓이게 하는 방법으로 내장의 모양 그대로의 형태로 진주층이 쌓이게 되어 그 형상이 매우 다양하며, 다양한 보석으로의 응용이 가능하다. 양식된 진주층(Fig. 6)을 육안으로 관찰하면 가운데가 두껍게 쌓이고 양끝 쪽으로는 얇게 쌓여있음을

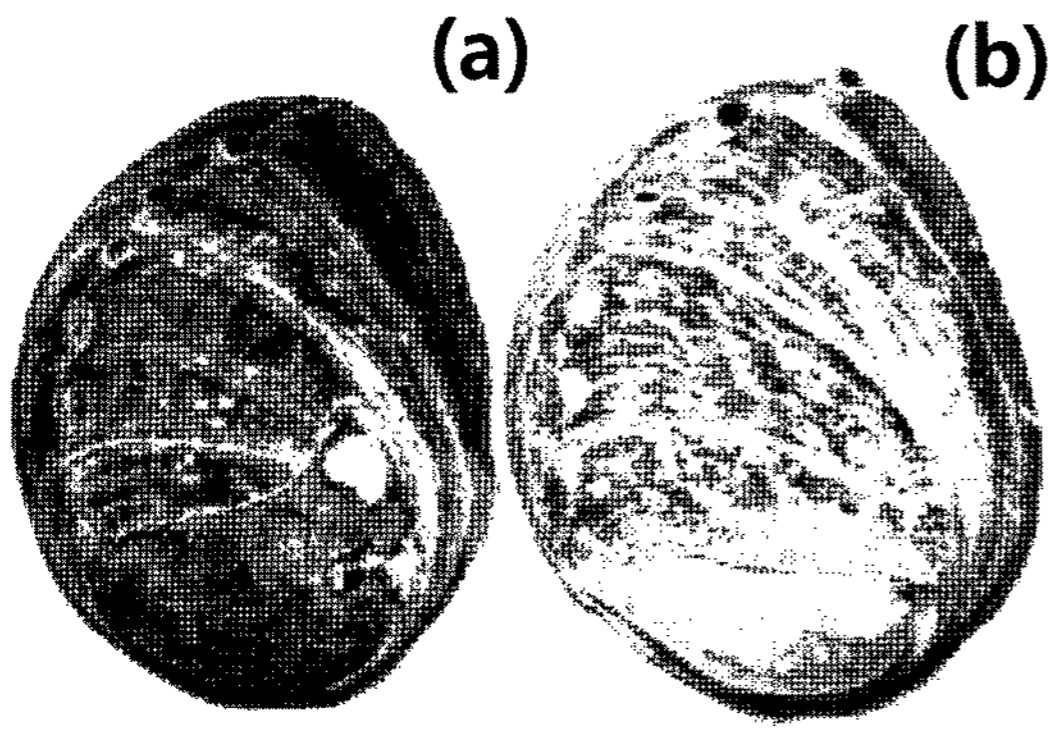


Fig. 4. (a) Stacked pearls-layer of Abalone shell, (b) Brown thin film removed of Abalone shell.

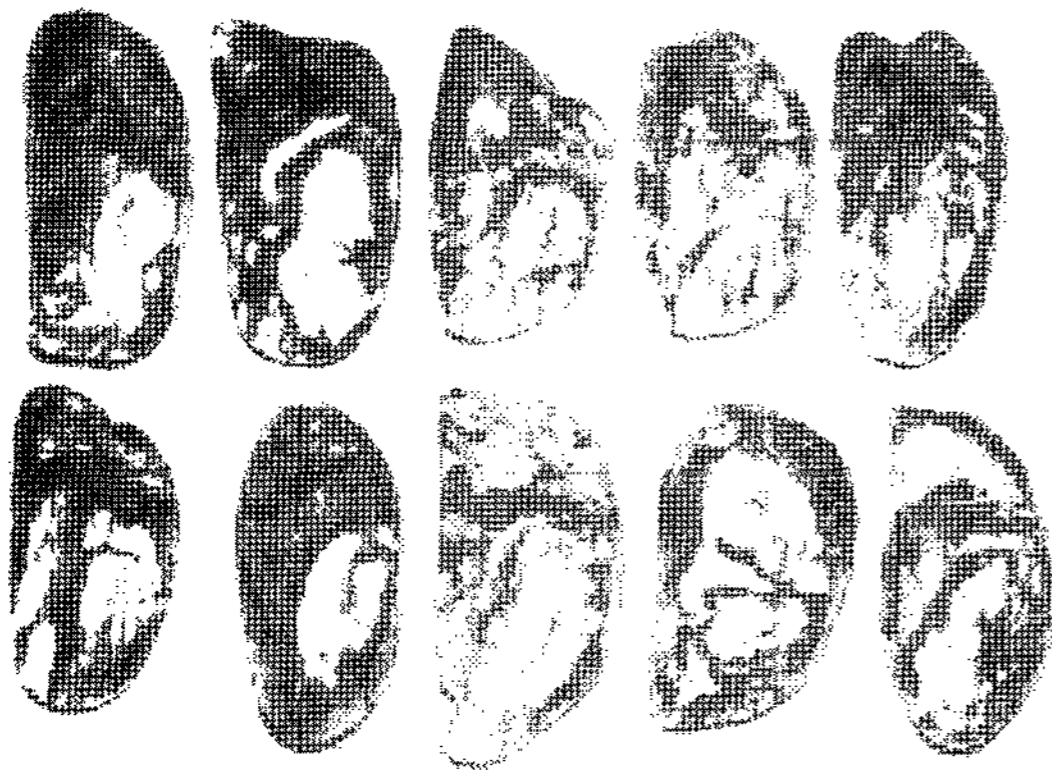


Fig. 5. Cultured and grown non-nucleus Abalone half cultured pearls.



Fig. 6. Thickness of non-nucleus Abalone pearls-layer.

알 수 있는데, 기존 반형전복진주 양식하는 방법과는 완전히 반대로 진주층이 쌓였음을 알 수 있다. 기존 반형전복진주는 핵을 패각에 붙여 양식하는데, Fig. 7에서 처럼 진주층의 두께가 반원 중 탑부위가 얇고, 진주층이 흐르므로 끝부위가 두껍게 되는 것이다. 또한 전복진주의 광택과 간섭색은 기존의 반형전복진주에 비해 매우 아름답고 독특한 특성을 보여주고 있음이 육안으로 관찰

된다. 한편 무핵 전복반형진주의 또 다른 특징은 최초에 쌓이는 진주층이 겉표면이 되는 것이다. 즉, 최초로 쌓이는 물질은 단백질 (콘키올린, 외관상 흑갈색을 띠고 있다 [3])인데, 이 부분은 최종 연마 과정에서 벗겨 버리면 최초에 형성된 진주층이 표면이 되는 것이다. 일반적으로 해수산 양식진주의 경우, 핵을 넣고 피스를 넣어 핵시술을 함으로써 핵으로부터 가까운 곳이 최초로 쌓이는 진주층이 되고, 일정한 두께로 진주층이 쌓여 최종적으로 쌓이는 진주층이 보석으로서의 겉표면이 된다. 진주의 광택은 표면구조에 의해 결정되며 표면으로부터 300 μm까지의 층구조의 영향을 강하게 받는다. 따라서 양식자들은 원주를 채취하기 직전 광택이 좋은 진주를 만들기 위하여 조개들의 수온조절에 주의를 요하게 된다. 수온이 적절한 양식장(아코야진주의 경우 수온 13°C 이하로 내려가면 아름다운 간섭색을 갖는 표면구조의 진주층이 성장한다)으로 이동하기도 하는데 [3], 이 양식과정은 확장층을 입힌다고 하여 양식업자들 사이에서는 중요한 양식 방법으로 알려져 있다. 그러나 무핵 전복반형진주는 양식 마지막 단계에서 기존의 전복반형양식진주법과는 달리 표면의 광택을 위하여 수온조절등과 같은 세밀한 과정이 불필요하다 할 수 있다.

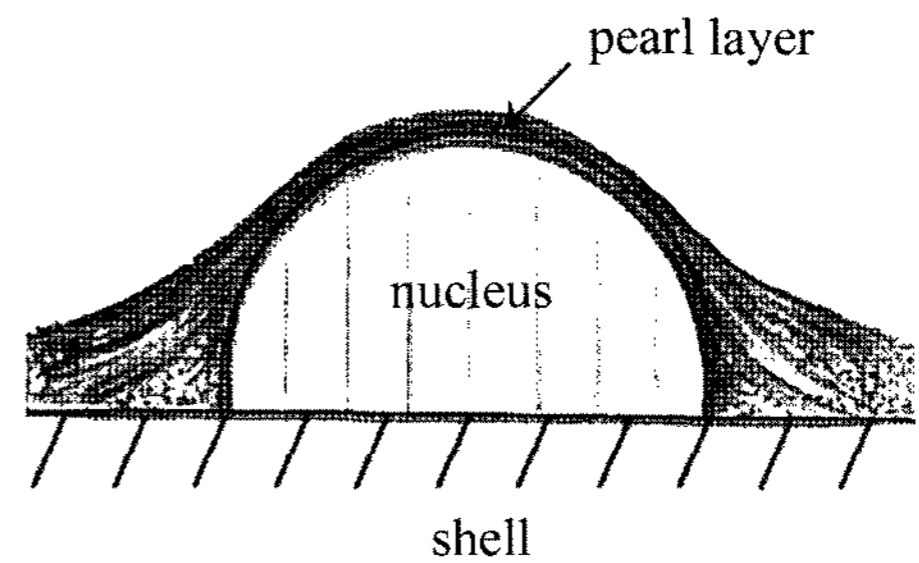


Fig. 7. General Abalone half cultured pearls-layer.

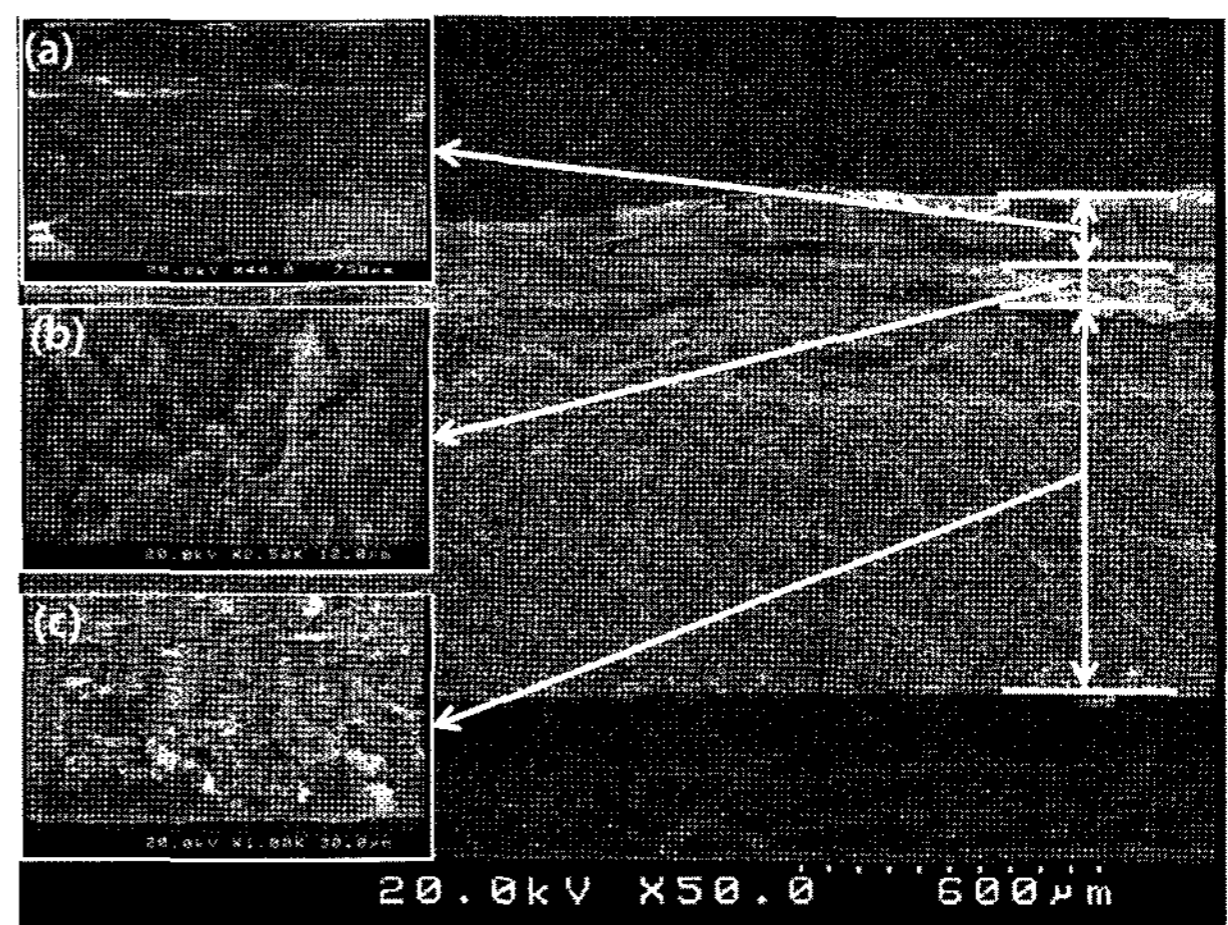


Fig. 8. Section of Abalone shell (a) Cuticular layer, (b) Prismatic layer, (c) Pearl-layer.

3.2. 전복패 단면의 구조적 특성

무핵 전복반형진주양식이 이루어진 후 패각의 단면을 전자현미경으로 관찰한 모습을 Fig. 8에 나타내었다. 전복패는 일반적으로 각피층, 능주층, 진주층으로 구성되어 있는데, 각피층은 껍질을 형성하고 있는 층을 말하며 능주층은 칼사이트형의 탄산칼슘, 진주층은 아라고나이트형의 탄산칼슘이 주요성분으로 알려져 있다.

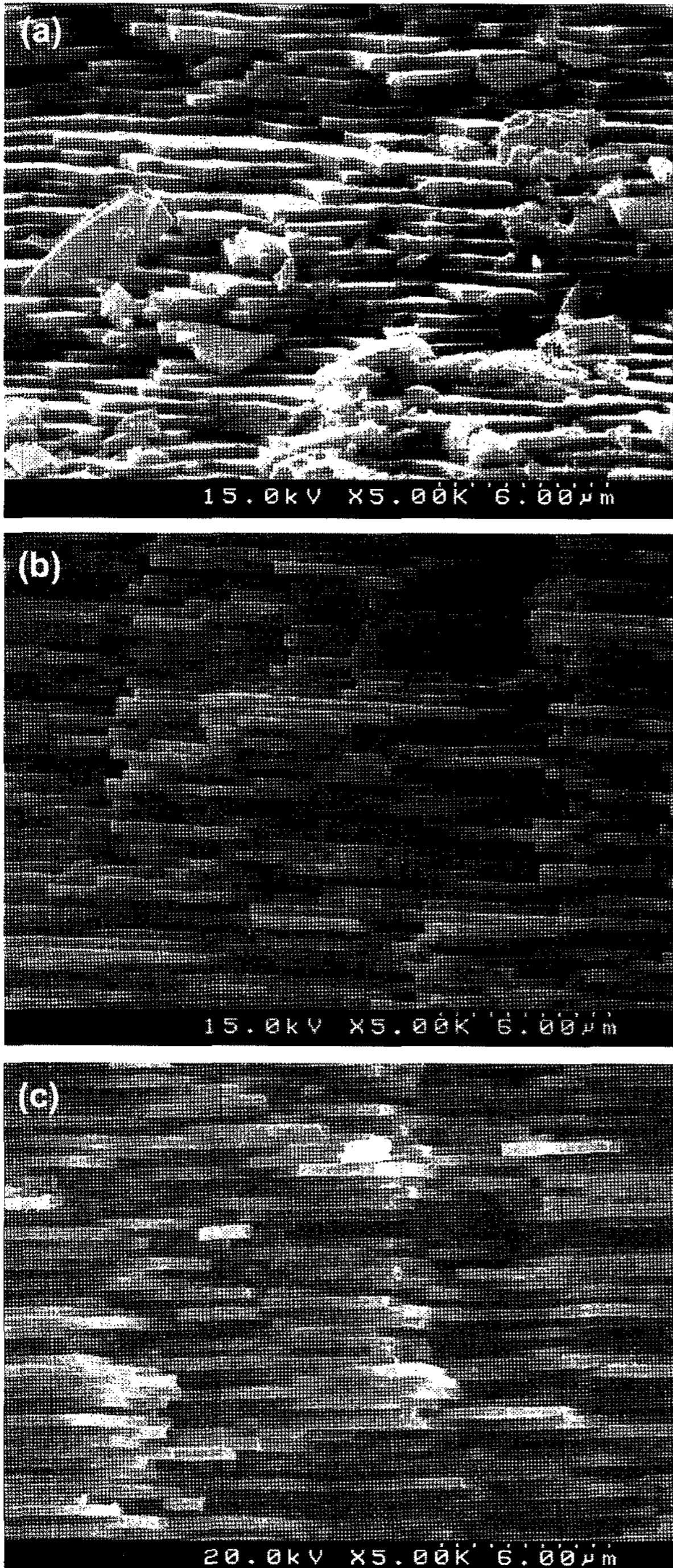


Fig. 9. (a) Akoya pearl layers, (b) Abalone Shell layers, (c) Non-nucleus Abalone half pearl layers.

3.3. 전복진주 단면의 구조적 특성

Fig. 9는 성장한 무핵 전복진주층의 단면을 전자현미경으로 관찰한 사진이다. 그림에서 보는 바와 같이 진주층의 주성분인 아라고나이트형 탄산칼슘층이 아코야진주(2매패)와는 달리 규칙적으로(권패의 특징) 배열되어 있음을 알 수 있다. 진주층의 탄산칼슘의 두께 및 균질도는 진주의 광택을 나타내는데 매우 중요한 역할을 한다.

일반적으로 아라고나이트형 탄산칼슘 결정층의 두께는 아코야진주층 $0.35\sim 0.5\ \mu\text{m}$, 타히티흑진주 $0.5\sim 0.8\ \mu\text{m}$, 남양진주 $0.5\sim 1.5\ \mu\text{m}$, 마베진주 $0.3\sim 0.6\ \mu\text{m}$, 전복진주 (*Haliotis gigantean*) $0.4\sim 0.8\ \mu\text{m}$, 담수진주 $0.5\sim 1.8\ \mu\text{m}$ 라고 하는데[4], 실제 한국산 참전복패 (*Haliotis discus hannai*)의 진주층 단면을 FE-SEM으로 촬영해 보면 그 진주층의 두께는 약 $0.365\ \mu\text{m}$ 이었으며 본 연구 대상의 무핵 전복반형진주의 경우는 약 $0.3436\ \mu\text{m}$ 이었다. Wada에 의하면[2] 권패(전복, 소라 등의 1매패)의 진주층의 첨예한 탄산칼슘의 성장은 2매패와는 달리 Fig. 10에 나타낸 바와 같이 판조결정이 수개에서 수십개가 쌓여진 피라미드상 돌기가 쪽 늘어서 있고, 이 피라미드상 돌기는 정상에서 결정이 추가되는 개수를 증가시켜 각 단의 결정이 병렬방향으로 성장 발달한다고 보고한 바 있다. 또한 Nakahara Hiroshi에 의하면[4] 이와 같이 서로 이웃해있는 피라미드 상 돌기의 각계의 결정이 접합해서 결정층에 발달하고 유기질 씨트와 반복하면서 겹쳐 쌓인

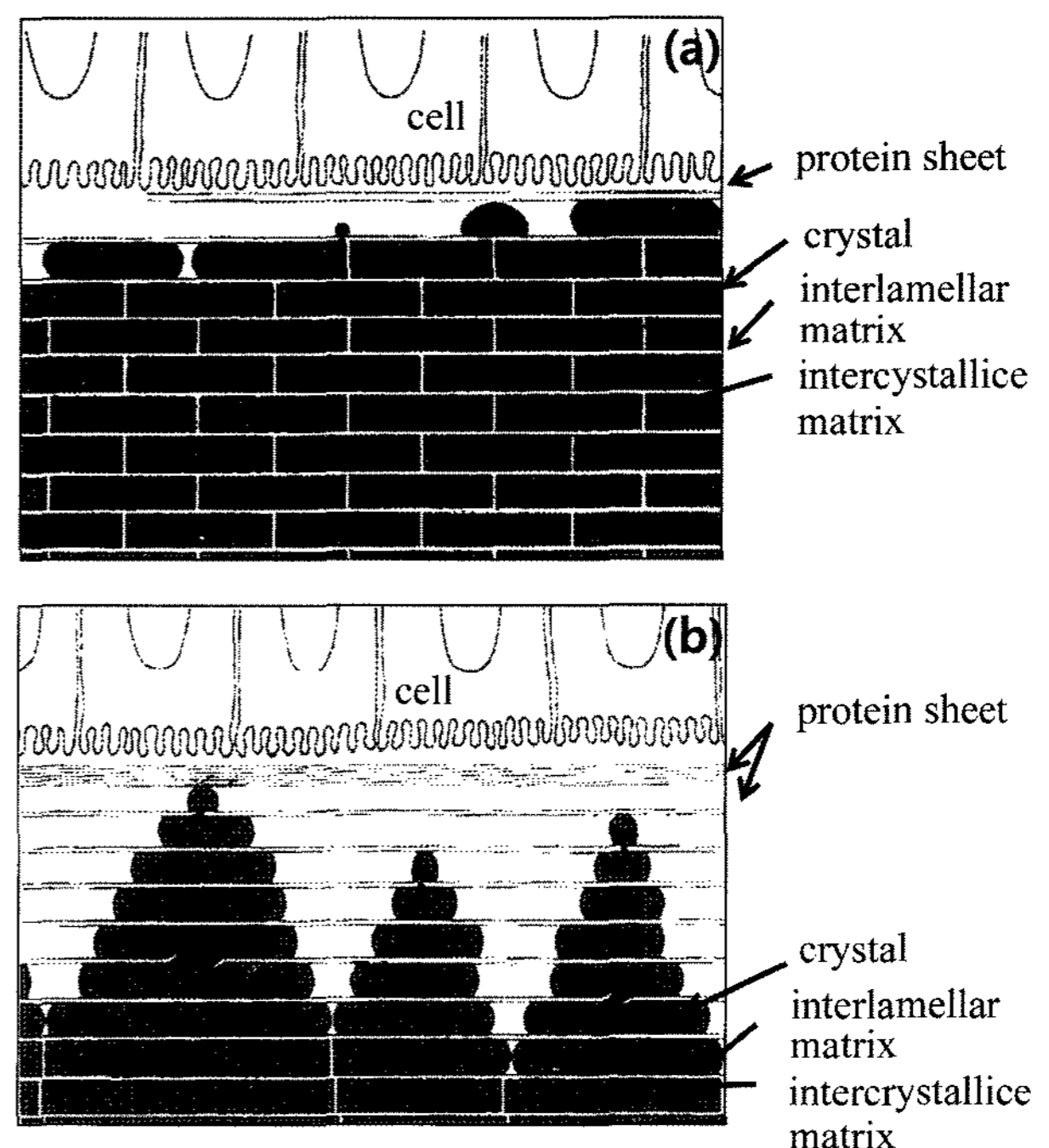


Fig. 10. Schematic diagrams of forms of multilayer structure between pearl layers in a pearl with double shell (a) and with single shell (snail) (b).

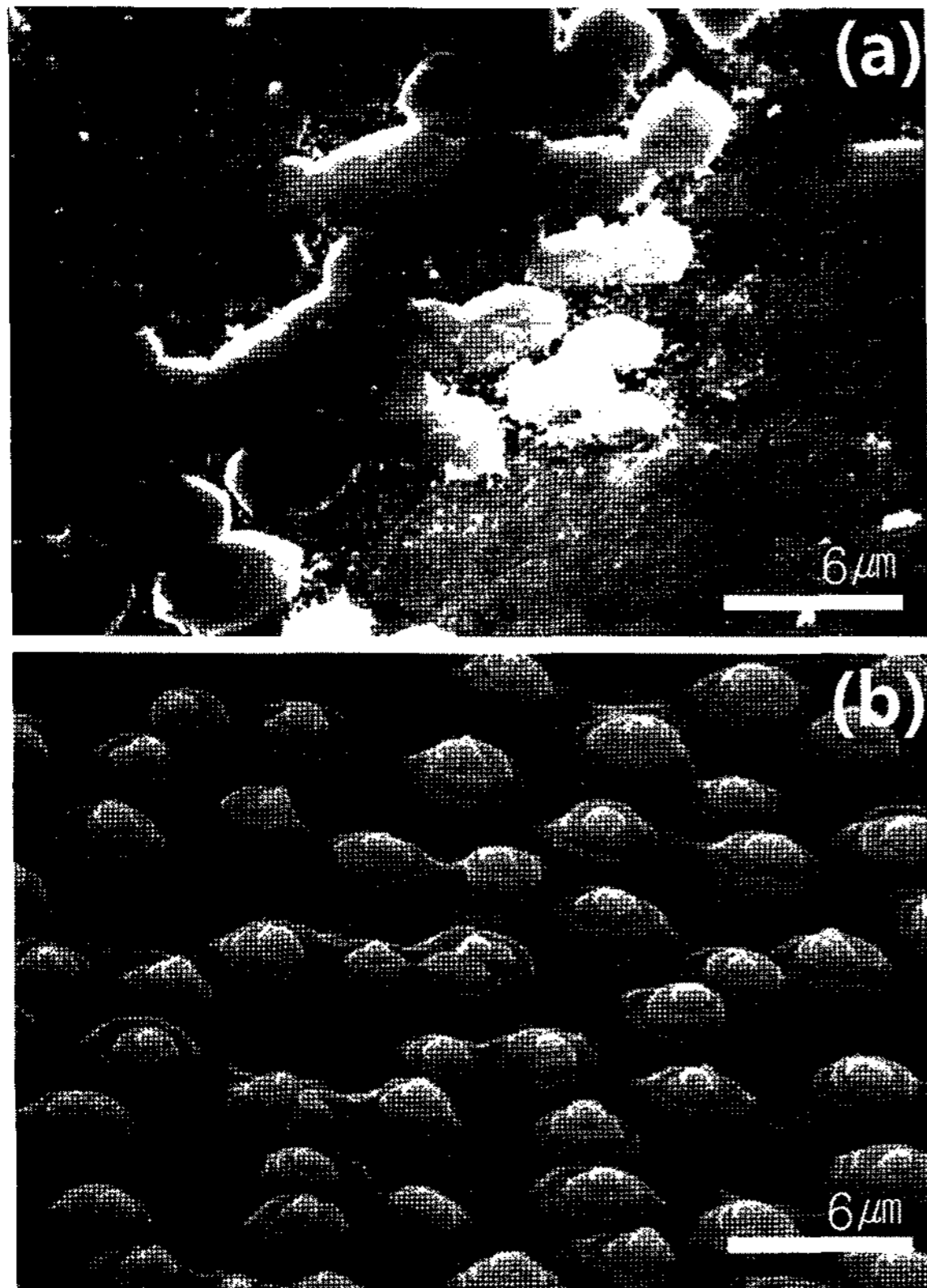


Fig. 11. (a) Surface structure of Akoya pearl, (b) Surface structure of non-nucleus Abalone half cultured pearls.

층상구조를 형성한다고 보고한 바 있다. 이러한 것은 양식된 전복반형진주의 표면을 전자현미경으로 관찰한 모습 (Fig. 11)에서 알 수 있듯이 표면에 2매패의 양식법으로 얻어진 아코야 진주와는 달리 피라미드상의 돌기가 병렬로 나열되어 있어 전형적인 1매패 진주층의 특징을 보여주는 것임을 반증한다.

4. 결 론

본 연구에서 다루어진 무핵 전복반형진주양식법은 전복의 내장 모습대로 진주가 양식되어짐으로 독특한 형태를 갖는다. 즉, 전복패의 파괴되는 크기에 따라, 내장의 모양에 따라 각각 다른 형태로 양식할 수 있고 최초로 쌓여진 진주층은 과거 양식되어졌던 전복반형 진주와는 완전히 반대로 특징지어진다. 특히 우리나라의 참전복패가 갖고 있는 광택 또한 아름다우므로 이 방법으로 양식되는 전복반형진주는 최고의 간섭색과 광택을 갖는 진주층 구조를 갖고 있음을 확인하였다.

이러한 전복반형진주의 우수성은 보석 자원이 부족한 한국에서는 지속적인 개발 가치가 있으며, 진주의 모양에서도 최근 유행 흐름에 맞는 자연스런 형태를 하고 있어 부가가치가 높은 한국형 보석이 될 수 있을 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] K.H. Miwa, "Mistery of pearl" (Japan Pearl Promoting Sociey, Tokyo, 1989).
- [2] GN. Chang, "Cultured shells", 1st ed., (Sam Kwang Publishing Company, Myung Woo Lee, Seoul, 2002).
- [3] H.U. No, "Cultured pearl-cultured abalone" (Japan Pearl Promoting Society, Tokyo, 1991).
- [4] K.J. Wada, "Science of pearl", 1st ed. (Pearl Newspaper Company, Yamada, Tokyo, 1999).