

朝鮮累層群 상부 캄브리아系 花折層에 挾在된 Carbonate Flat Pebble Conglomerate의 成因

朴 炳 權* · 韓 相 俊**

Origin of Carbonate Flat Pebble Conglomerate of the Upper Cambrian
Hwajöl Formation, Chosön Supergroup, Korea

Byong-Kwon Park, Sang-Joon Han

Abstract: The carbonate flat pebble conglomerates (CFPC) are interbedded as lenticular bed in the greenish rhythmite of the upper part of Hwajöl Formation, Josön Supergroup. Pebbles are composed mainly of lime-mudstone with small amounts of bioclasts and silt-sized subangular quartz grains. The matrix among pebbles is composed mainly of sparry calcite with relatively much amounts of bioclasts, silt-sized subangular quartz grains and authigenic pyrite crystals or grains. The sparry calcite of the matrix seems to be the results of neomorphism of skeletal sands and bioclasts. The pebbles are well rounded and no plastic deformations are found. Some pebbles show the outer rim of glauconite. CFPC are not associated with any other intertidal features such as stromatolites, flaser bedding and channel structures. Also any features indicative of subaerial exposure such as dessication cracks, fenestrae and so on are not found in the bed.

The sedimentological features of CFPC suggest that the following conditions appear to have been necessary for the formation of CFPC: 1) episodic deposition of thin, permeable calcareous beds separated argillaceous beds; 2) preservation of these beds near the sediment-water interface where they could become rapidly cemented; 3) erosion and redeposition of the partially lithified beds by storms or other exceptional erosional events. Eventually storm erosion and redeposition together represent only one of several critical conditions in the genesis of CFPC.

The CFPC are very common in Cambrian and lower Ordovician formations, and become very rare in the younger carbonate formations. The expansion of infauna after Ordovician Period eliminated the widespread potential for rapid submarine cementation which is one of the critical factors to form CFPC.

序 言

朝鮮累層群은 주로 강원도 삼척, 영월, 정선 등의 태백산지역에 비교적 넓게 분포되어 있으며, 일부는 충청북도 단양과 경상북도 문경지역에 분포되어 있다. 이 층군은 또한 岩相, 層序 및 化石群의 차이에 따라 두위봉형, 영월형, 정선형, 평창형 및 문경형으로 구

분된다. 본 연구는 그 중 두위봉형의 花折層 상부에 협재되어 있는 carbonate flat pebble conglomerate의 퇴적학적 특징과 이에 따른 성인을 구명하는 데 그 목적을 두었다.

Carbonate flat pebble conglomerate는 고생대 초기 지층내에 많이 협재되어 있으며 북미대륙(Rodgers, 1956; Lochman-Balk, 1971)과 중국북부 및 한반도(Kobayashi, 1956, 1966)에서 보고된 바 있으며, 특이한 현상은 오도비스紀이후의 지층에서는 산출빈도가

* 陸軍士官學校 環境學科

** 韓國科學技術院 海洋研究所 海洋地質研究室

급격히 저하되고 있다는 사실이다.

우리나라의 조선누층군의 연구는 Kobayashi(1930)의 연구 이래 층서, 고생물에 관한 연구(Cheong, 1969; Lee, 1970, 1980)가 비교적 활발히 연구되어 왔으나 퇴적학적 연구(鄭, 1964; Kim and Park, 1981; 朴, 1985)는 단편적으로 진행중에 있다.

研究方法 및 材料

본 연구를 위한 야외조사는 노두가 비교적 잘 발달되어 정상적인 層序를 확인할 수 있고 접근이 용이한 銅店지역에서 야외조사가 이루어졌으며 蓮花鑛業所에서 보관중인 두 지점의 시추자료를 이용하였다. (그림 1).

노두 및 시추표본중에서 carbonate flat pebble conglomerate(CFPC)를 선별하여 층리면과 수직방향으로 절단, 연마압편을 만들어 퇴적학적 특성을 관찰하였으며 남은 표본에서 박편을 만들어 탄산염질 역들 사이의 충전물질의 구성성분과 조직(texture)을 현미경하에서 관찰, 연구하였다. 또한 일부는 走査電子顯微鏡을 이용하여 구성물질을 관찰하고 구성원소의 반정량분석을 실시하였다. 이 때 압편과 박편은 필요에 따라 Alizarine red-S용액으로 착색시켜 사용하였다.

花折層의 CFPC

화절층은 Kobayashi(1930)가 구분했던 細松세일層과 그 상부의 화절층까지를 합한 지층을 뜻한다. Kobayashi(1930)는 삼척지역 조선누층군중 풍촌석회암위에 놓인 40m 두께에 달하는 암회색 세일과 석회암의 호층

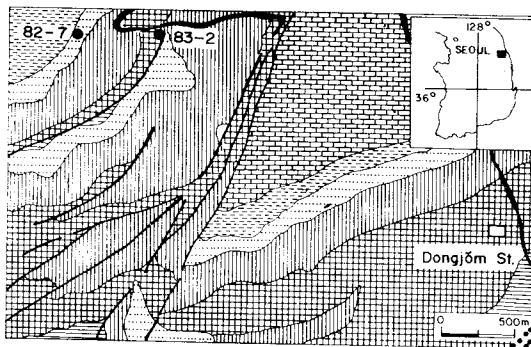


그림 1 조사지역 주변의 지질 및 시추공 위치도.

대를 별도로 세송세일층으로 명명하여 세분한 바 있으나 그 이후 다른 지역에서는 이 층의 구분이 명확하지 않아 태백산지구 지질도(1962) 완성 이후에는 화절층에 통합하여 사용되고 있다(그림 1).

화절층은 풍화면에 요철이 심하게 발달되어 일명 蟲蝕石灰岩(鄭, 1964; 孫과 鄭 1965)이라 불리어진다. 그러나 본 연구에 따르면 화절층 상부는 탄산염성분의 암층이 泥灰岩성분과 규칙적으로 층리에 평행하게 협재되어 있는 rhythmite로 구성되어 있으며 Kobayashi가 구분하였던 하부의 세송세일층은 turbidite, 角礫岩 및 박층의 泥岩層 등으로 이루어진 submarine fan deposits로 해석되는 암상들로 구성되어 있다(그림 2).

동점지역의 조선누층군중에는 여러종류의 탄산염 역암들이 협재되어 있다. 礫의 형태로 보아서는 rounded pebble conglomerate와 flat pebble conglomerate로 나눌 수 있으며, 구성 성분으로는 calcitic dolomite conglomerate 및 dolomitic carbonate conglomerate와 白雲石(dolomite)을 전혀 함유하지 않은 carbonate conglomerate로 구분할 수 있다. 白雲石質 성분을 갖는 역암들은 주로 막동석회암층과 두무동층에 국한되어 있다(白, 1982).

화절층에는 약간의 rounded pebble conglomerate가 최상부에 협재되어 있기는 하나, 주로 flat pebble conglomerate가 화절층 상부의 rhythmite내에 렌즈상의 암층으로 협재되어 있다. 암층의 두께는 약 10~50

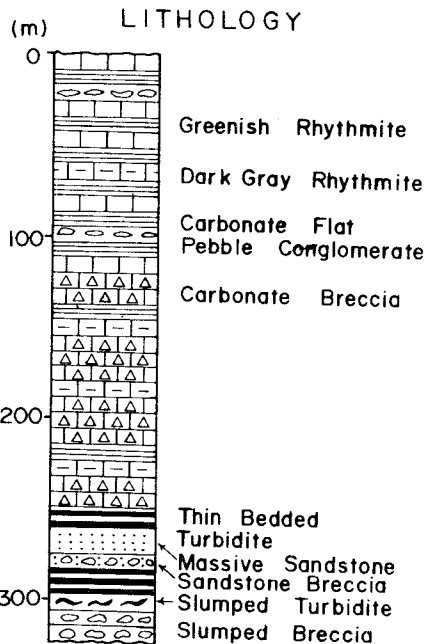


그림 2 본 연구지역 화절층의 지질주상도.

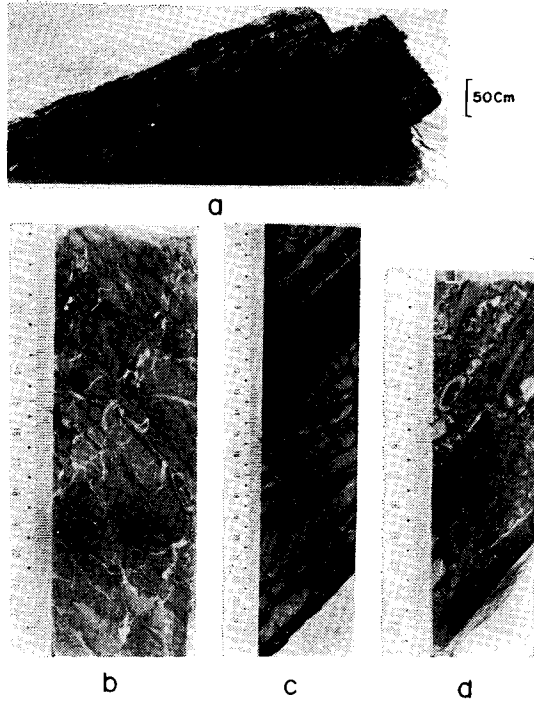


그림 3 a; 화질층의 노두, 사진의 노두에서는 CFPC가 보이지 않는다. b, c, d; 시추코아 화질층내의 CFPC. 잘 원마된 여러크기의 礫들 중에는 상부로 세립화하는 점이적 구조(c)와 礫의각부가 백색으로 변색된 것(d)도 관찰된다.

cm에 달하며 층리와 대체로 평행하게 놓여 있다. 이들 층의 연장은 수십m까지의 연속이 확인되었으나 그 최대연장이 어느 정도인지는 현재로서는 알 수가 없다. 탄산염암역들은 한 축이 긴 타원형으로서 장축의 길이는 차이가 심하며 모서리들은 모두 well-rounded되어 圓磨度가 높다. 장경은 최대가 10cm에 달하고 단경은 평균 1.5~2.5cm이고 최소가 4mm정도이다. 역암층내에는 또한 크기가 작은 角礫들이 가끔 함유된 경우가 있다(그림 4a).

특징적인 사실은 이들 intraclasts들이 塑性變形(plastic deformation)을 받은 흔적이 전혀 없다는 것이며, 이는 이들 역이 퇴적당시에 부분적으로만 固結된 lime-mud lumps상태가 아니고, 완전히 고결된 상태에서 퇴적되었음을 의미한다. 아주 드물기는 하지만 carbonate flat pebble conglomerate들은 상부층으로 점이적인 퇴적구조를 나타내 siltstone이나 탄산염암으로 변해 가기도 한다(그림 3c). 탄산염역들중에는 내부는 암회색을 띠지만 외각 표면부가 적색으로, 그리고 최외각 인접내

부는 백색으로 변색된 것도 있다(그림 3d). 이와 같은 사실은 이들 역이 재퇴적되기 이전에 상당한 기간동안 해수중에 노출되어 있었음을 강력히 시사한다. 이들은 아마도 intraclasts들이 해수와 장기간 접촉하면서 생성된 海綠石(그림 5b)에 의해 외각부가 변색된 것으로 생각된다.

현미경하의 관찰에 의하면 탄산염 역들은 주로 lime-mudstone으로 구성되어 있으며, 표품에 따라서는 pelletoidal 구조를 보여 주는 입자들이 소량 함유된 것도 있다(그림 4b). Bioclasts들은 삼엽충(trilobite), 해백합류(crinoid) 및 완족류(brachiopod)로 구성되어 있으며 매우 적은 양이 함유되어 있어 어떤 역에서는 발견되지 않는다(그림 4c). 또한 lime-mudstone의 일부가 再結晶作用을 받아 0.1~0.2mm정도의 pseudospar로 변형된 곳도 있으며, 소량의 黃鐵石이 함유되어 있거나 silt크기의 angular한 石英粒子들이 함유된 것도 관찰된다(그림 4d). 礫내부에는 方解石의 細脈들이 발견되기도 하며, 소규모의 微斷層도 볼 수 있으나 이로 인해 주위 입자들이 압축되어 이그러진 형태는 볼 수 없다(그림 4e).

탄산염 역들사이에 충전된 基質(matrix)은 대부분이 현재는 sparry calcite로 변형되어 있으며, 그 중에는 bioclasts의 함량이 역내부에 함유된 bioclasts 량 보다 상대적으로 많이 들어 있다(그림 4, 5). 역사이에 있는 bioclasts들은 역을 함유치 않은 평탄한 층내의 것에 비해 파쇄된 것이 많으며 일부 bioclasts에는 intra-skeletal voids내에 점토질 성분이 충전된 것도 볼 수 있다. Bioclasts의 일부는 續成作用에 의해 玉髓(chalcedony)로 변질되어 있다. 基質내에는 silt크기의 subangular한 석영입자들이 비교적 많이 분산, 함유되어 있으며 황철석 입자들도 역내부보다는 훨씬 많다(그림 5c, d). 기질의 구성물질은 대부분이 sparry calcite이지만 이들의 원래기원은 아마도 skeletal sand와 그 사이에 충전된 탄산염 물질의 두 형태로 서로 달랐을 것이나 퇴적후 일어난 숙성작용에 의해 재결정되어 형성된 것으로 보이며 현상태에서는 이들의 구분이 어렵다. 그러나 기질내에 自生의 黃鐵石결정이 많이 함유된 사실은 탄산염질 성분이 용해된 후 재침전될 수 있는 환경이 조성되어 있었음을 암시한다(박, 1985).

走査電子顯微鏡을 이용하여 礫의 lime mudstone성분을 3,000배로 확대하여 관찰해 보면 方解石은 結晶狀態를 잘 보여준다(그림 6). 또한 礫과 기질의 화학성분을 반정량적으로 분석한 결과에 의하면 基質에는 礫에 비해 Ca의 양이 많이 함유되어 있으며, Al과 K 성분은 基質에는 거의 없고 礫에서만 소량 함유된 것

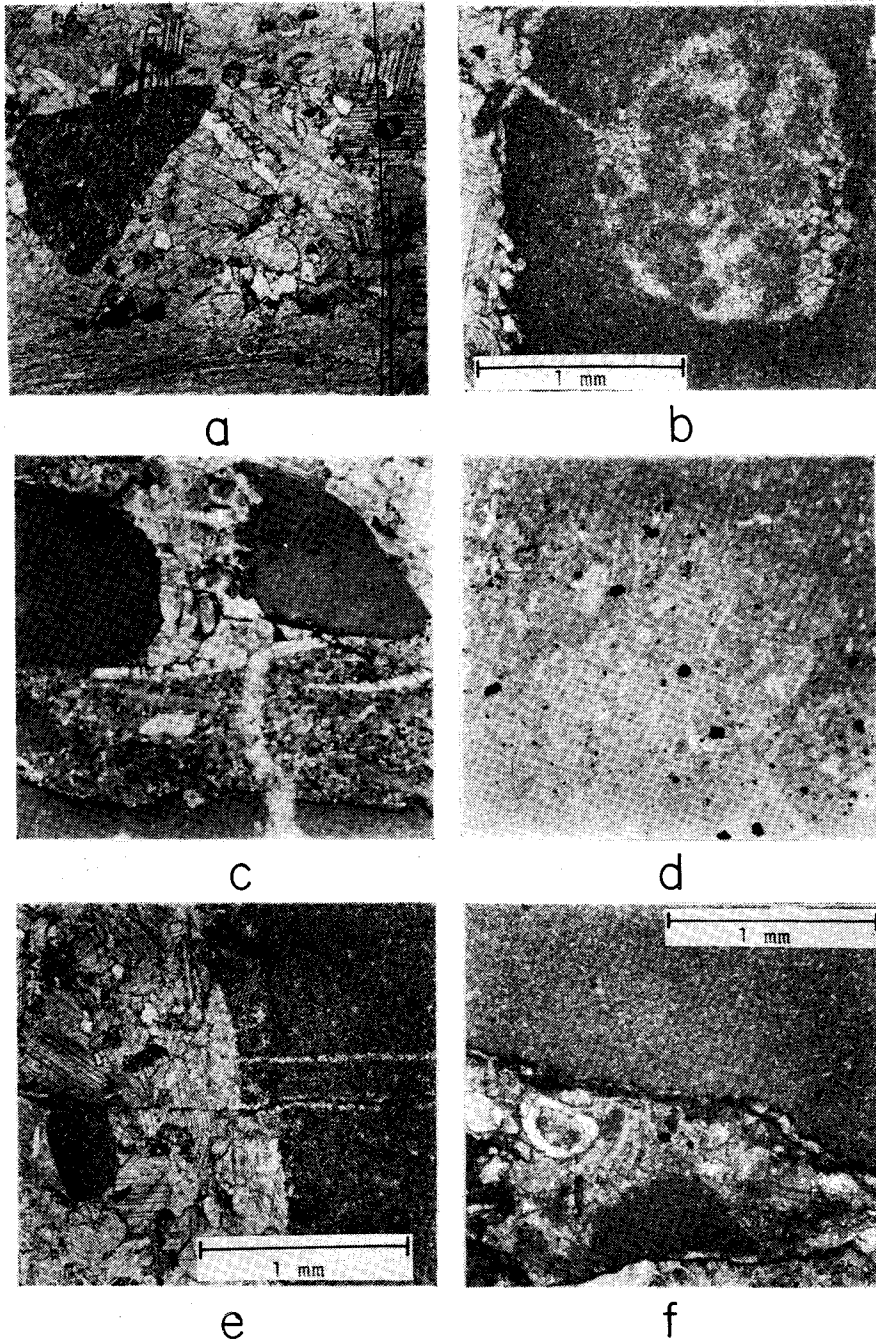


그림 4 a; 역암층내에 함유된 작은 角礫 (subangular micritic granule).
 b; 礫 내에 발달된 pelletidal 구조.
 c; 礫과 基質. 잘 원마된 micritic 礫층에는 bioclasts가 거의 없는 반면에, 基質은 삼엽층, 원족류의 bioclasts와 黃鐵石을 많이 수반한 sparry calcite로 이루어졌다. 礫이 깨어져 angular한 면을 갖는 것도 있다.
 d; 礫 중에 함유된 미세한 황철석 및 석영입자.
 e; 礫내에 발달된 方解石細脈과 微細斷層. sparry calcite 석기내에는 bioclasts와 작은 역들도 함유되어 있다
 f; 礫과 基質의 경계. 기질은 대부분이 sparry calcite 이고 희백함 bioclasts도 보인다.

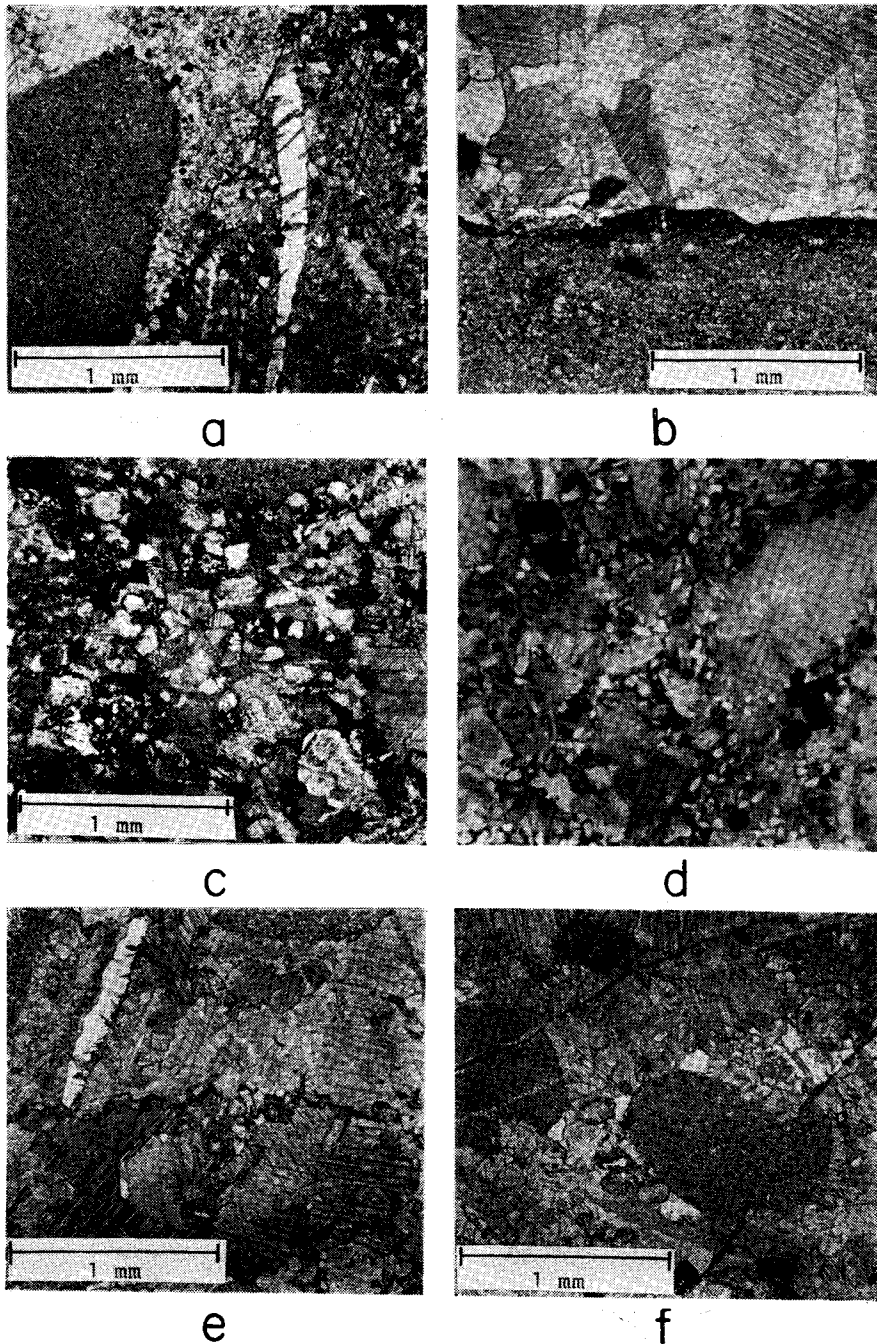


그림 5 a; 역과 기질. 기질중에는 삼엽충 등의 bioclasts와 황철석 입자가 보인다.
 b; 역과 기질의 경계에 형성된 海綠石 rim.
 c, d; sparry calcite 석기내에 많이 함유된 subangular한 silt 크기의 석영입자와 황철석 결정.
 e; stylolite 및 sparry calcite 기질내에 함유된 삼엽충 bioclasts.
 f; sparry calcite기질내에 함유된 작은 micritic역 입자와 微細斷層.

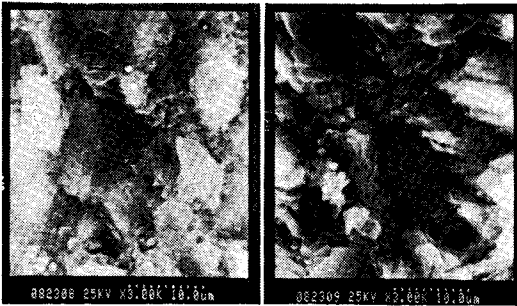


그림 6 方解石의 주사전자현미경 사진(× 3,000).

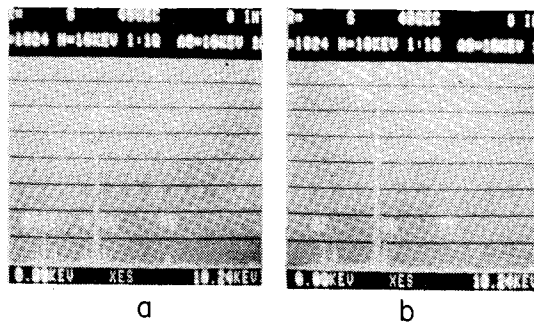


그림 7 주사전자현미경에 의한 화학성분의 반정량 분석 (a; 礫, b; 基質)

이 특징적 차이이다(그림 7).

討 議

화절층 rhythmite내에 협재되어 있는 carbonate flat pebble conglomerate들은 탄산염암층내에서도 특징적인 암상이다. 이 암상은 전 지질시대를 통하여 캄브리아 오도비스紀에 한해서만 빈번한 산출을 보이며 그 이후에는 급격히 감소한다. 또한 지역적으로도 우리나라를 위시하여 중국북부와 북미대륙에서만 보고되고 있다(Lochman-Balk, 1971; Kobayashi, 1966; Sepkoski, 1977).

본 암상의 성인에 대해서는 여러 학설이 있으나 지금까지는 일반적으로 潮間帶지역에서 형성된 암상으로 해석되어 왔다(Lochman-Balk, 1970). 또한 본 암상이 diagenetic terrain이나 supratidal 지역에서 탄산염성분이 膠結된 후 해수면의 후퇴에 따라 표면에 乾裂構造(deccication)가 형성되고 그 후 大潮期(spring tide)나 폭풍(storm)에 의해 침식, 운반된 것으로 해석되기도 한다(Roehl, 1967). 그러나 이러한 학설들은 캄브리아 오도비스紀에서만 특히 많이 산출되는 본암상의 성인을 밝히기에는 아래와 같은 이유에서 불충분한 것으로

생각된다.

첫째, supratidal지역에서 형성되는 각력들은 일반적으로 크기가 작고 원마도가 매우 낮고 모가 난 형태를 가지며 백운석질 광물이 함유되어 있는 것이 일반적인 현상이다. 그러나 본 연구지역에서 발견되는 암상들은 각력들의 크기가 보통 수cm에 이르며, 원마도가 매우 높다. 또한 이 암상이 형성될 때 대기에 노출된 기회가 있었다면 암층내에 건열구조나 bird's-eye구조가 발달되어 있어야 하나 본 조사지역에서는 발견되지 않는다.

둘째, 潮間帶지역에서 형성된 석회암내에는 stromatolite 구조나 flaser bedding이 발달되는 것이 보통이며, 또한 갯골(tidal channel)에서 형성되었다면 礫들에 鱗片構造(imbricated structure)가 발달되는 것이 일반적이는데 본 연구지역에서는 이들 구조가 전혀 보이지 않는다.

셋째, 본 암상이 협재되어 있는 화절층 상부의 rhythmite는 담녹색인데 반해 본 암상은 암회색 내지 담회색이며 역들중에는 유백색을 띠는 것도 있어 암상의 차이가 있으며, 礫과 基質의 화학성분에서도 차이가 보인다.

이상의 사실로 보아 본 암상은 조간대지역에서 형성되며 대기에 노출되어 건열이 형성된 후 다시 퇴적되었다기 보다는 礫을 형성한 탄산염성분들이 일차적으로 해저에 퇴적된 후 海底膠結作用(submarine cementation)을 받아 固結된 이후에 침식작용을 받아 角礫이 形成되고, 이들 角礫이 다시 운반되는 과정에서 원마도가 대단히 높은 礫으로 되면서 이차적으로 再堆積되었다고 해석된다. 이러한 海底膠結作用是 현재에도 페르시아만이나 바하마群島 platform의 탄산염질 퇴적물에서 일어나고 있다. Bathurst(1975)의 연구에 의하면 해저교결작용에 의하여 hardgrounds가 형성되기 위해서는, 첫째로 공극율과 투수율이 큰 탄산염의 grainstone과 같은 퇴적물이 해저지층(substrate)을 형성하여야 하고, 둘째로 퇴적율이 낮은 해저퇴적물이 이동이 없는 데다가 底棲生物에 의한 영향을 받지 않는 퇴적 환경하에서, 셋째로 CaCO₃성분이 과포화된 해수가 충분히 공급되는 조건을 갖추어야만 한다. 그 중에서도 가장 중요한 조건은 이러한 퇴적물이 海底流(bottom current)나 저서생물에 의한 攪亂作用을 받지 말아야 한다는 점이다. 왜냐하면 퇴적물이 강한 海底流나 底棲生物에 의해 再動(reworking)되거나 교란을 받으면 海底膠結作用이 일어날 수 없기 때문이다.

Sepkoski(1979, 1982)에 의하면 캄브리아紀의 대륙붕에는 서식했던 저서동물의 수가 다른 지질시대에 비

해 월선 적었고 개체의 크기도 작았다. 따라서 당시에는 저서동물에 의한 교란작용이 수심이 매우 얇은 천해내에서만 국한되어 일어났고, 이 또한 해저면으로부터 최대 5mm 이상의 깊이를 넘지 못했다고 한다. 이러한 해저표면의 교란작용은 퇴적물 상부에 酸化帶를 형성시켜 bicarbonate $[Ca(OH)_2]$ 의 생성을 활발하게 함으로써 결과적으로 오히려 해저고결작용을 촉진시켰다. 그러나 오도비스紀 중기에 이르러서는 저서동물의 수가 급격히 증가되어 교란작용이 심해졌고, 따라서 carbonate flat pebble conglomerate는 캄브리아紀로부터 오도비스紀 초기까지의 약 1억년동안에만 많이 형성되었던 것으로 해석된다.

이상의 사실을 요약하면 carbonate flat pebble conglomerate의 형성조건은 첫째, 투수율이 큰 탄산염질 퇴적물이 얇은 층으로 퇴적되면서 이질퇴적물과는 분리된 상태거나 혹은 얇게 피복된 상태이어야 하며 둘째, 해저고결작용이 빨리 일어날 수 있도록 탄산염 퇴적물층이 해수 근처에 있어야 하며 셋째, 퇴적물이 부분적으로는 완전히 고결된 상태에서 특별히 큰 파랑이나 폭풍우 등의 강한 침식작용에 의해 침식, 운반되어 재퇴적되어야 한다. 따라서 본 연구지역의 carbonate flat pebble conglomerate는 해류가 비교적 약한 subtidal zone이나 wave base 근처에서 탄산염질 퇴적물이 해저고결작용에 의해 어느정도 고화된 후 간헐적인 강한 폭풍우나 해일 등에 의해 침식, 운반되어 storm-wave base이하의 좀 더 깊은 퇴적분지에 재퇴적된 암층으로 해석되며, 基質내에 함유된 파쇄된 bioclasts들이 강한 水動力에 의해 운반, 퇴적되었음을 간접적으로 뒷받침한다.

結 論

朝鮮果層群 花折層 상부의 담록색 rhythmite내에 렌즈상으로 협재되어 있는 carbonate flat pebble conglomerate와 같은 岩相이 형성되기 위해서는 아래와 같은 퇴적조건이 요구된다.

첫째, 투수율이 큰 탄산염질 퇴적물이 비교적 얇은 층으로 퇴적되면서 泥質퇴적물과는 분리된 상태거나 혹은 얇게 피복된 상태이어야 한다. 둘째, 해저고결작용이 일어날 수 있도록 탄산염질 퇴적물층이 해수 가까이 위치하여야 한다. 셋째, 퇴적물이 부분적으로는 완전 고결된 상태에서 강한 폭풍우나 海溢 등 特異高潮時의 강한 침식작용에 의해 침식 운반되어 再堆積되어야 한다.

따라서 화결층에 협재된 carbonate flat pebble conglomerate는 海流가 비교적 약한 subtidal zone이나 wave

base 근처에서 탄산염질 퇴적물이 海底膠結作用에 의해 일차적으로 고결된 후, 강한 폭풍우, 海溢 등에 의해 침식, 운반되어 이차적으로 storm-wave base이하의 퇴적분지에 재퇴적된 암층으로 해석된다.

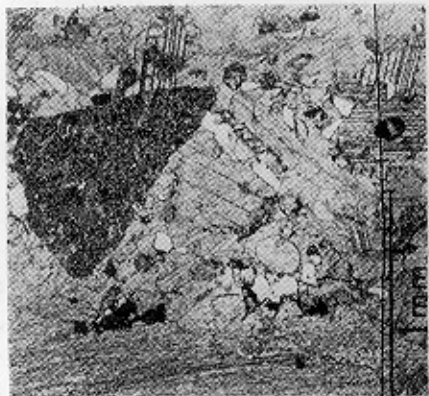
謝 辭

이 연구를 위하여 시추표본 제공과 함께 야외조사시 많은 도움을 주신 연화광업소 조사실 여러분들께 깊은 감사를 드리며, 아울러 실험을 도와 주신 인하대학교 대학원 윤호일 군, 논문을 읽고 좋은 의견 주신 해양연구소 석봉출 선임연구원 및 제도를 해주신 권수제 씨에게도 고마움을 표한다.

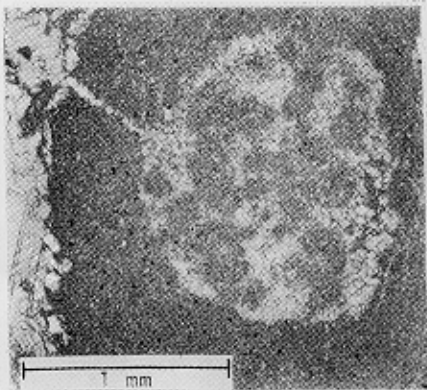
參 考 文 獻

- 백인성 (1982) 한국의 강원도 장성지역에 분포하는 대석회암층에 대한 퇴적암석학적 연구. 석사논문, 서울대학교, 57p.
- Bathurst, R.G.C. (1975) Carbonate Sediments and Their Diagenesis. 2nd ed., Elsevier, Amsterdam, 658p.
- Cheong, C.H. (1969) Stratigraphy and paleontology of the Samcheog Coalfield, Gangweondo, Korea(I). Jour. Geol. Soc. Korea, v. 5, No. 1, p.13-56.
- 정창희 (1964) 강원도 동점의 소위 층식석회암에 대하여. 대한지질학회지, 1권, 1호, p.24-34.
- Kim, J.Y. and Park, Y.A. (1982) Sedimentological study on the Pungchon and the Hawjöl Formations, Gangweondo, Korea. Jour. Geol. Soc. Korea, v.17, p.225-240.
- Kobayashi, T. (1930) Cambrian and Ordovician faunas of South Korea and the bearing of the Tsiling-Keijo line on Ordovician Paleogeography. Proc. Imp. Acad. v. 6.
- Kobayashi, T. (1956) The Cambrian of Korea and its relation to the other Cambrian territories. In: Rodgers, J. (ed.) El Sistema Cambrico. 20th Int. Geol. Cong., Mexico, p.343-352.
- Kobayashi, T. (1966) The Cambro-Ordovician formations and faunas of South Korea. Part X. Stratigraphy of the Chosen Group of North Korea and Northeast China. Jour. Fac. Sci., Univ. Tokyo, Sec. II. v. 16, p.209-311.
- Lee, H.Y. (1970) Conodonten aus der Chosen Gruppe (unteres Ordovizium) von Korea. N. Jb. Geol. Paläont. Abh., v. 136, p.303-344.

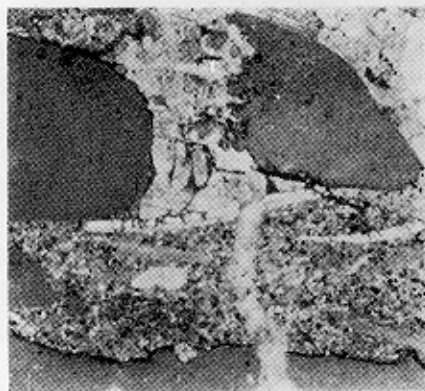
- Lee, H.Y. (1980) Lower Paleozoic Conodonts in South Korea. *Geology and Paleontology of Southeast Asia*, v. 21, p.1-9.
- Lochman-Balk, C. (1970) Upper Cambrian faunal patterns on the craton. *Bull. Geol. Soc. Am.*, v. 81, p.3197-3224.
- Lochman-Balk, C. (1971) The Cambrian of the craton of the United States. *In: Holland, C.H. (ed.) Cambrian of the New World*, Wiley-Interscience, New York, p.79-168.
- 박병권(1985). 조선누층군 상부 캄브리아계 화질층 rhythmite의 성인. *대한지질학회지*, 21권(인쇄중).
- Rodgers, J. (1956) The known Cambrian deposits of the southern and central Appalachian Mountains. *In: Rodgers, J. (ed.) El Sistema Cambrico*, 20th Int. Geol. Cong., Mexico, p.353-384.
- Roehl, P.W. (1967) Stony Mountain (Ordovician) and Interlake (Silurian) facies analogs of Recent low-energy marine and subaerial carbonates, Bahamas. *Bull. Am. Assoc. Pet. Geol.*, v. 51, p.1979-2032.
- Sepkoski, J.J., Jr. (1977) Dresbachian (Upper Cambrian) stratigraphy in Montana, Wyoming and South Dakota. Unpub. Ph.D. Dissert., Harvard Univ. Cambridge, Mass.
- Sepkoski, J.J., Jr. (1979) A kinematic model of Phanerozoic taxonomic diversity. II. Early Phanerozoic families and multiple equilibria. *Paleobiology*, v. 5, p.222-251.
- Sepkoski, J.J., Jr. (1982) Flat pebble conglomerate, storm deposits, and the Cambrian bottom fauna. *In: Einsele, G. and Seilacher, A., eds., Cyclic and Event Stratification*, Springer-Verlag, Berlin, p.371-385.
- 손치무, 정창희(1965). 태백산 지구의 퇴적환경과 지질구조. *서울대학교 논문집, 이공계*, v. 15, p.1-27.



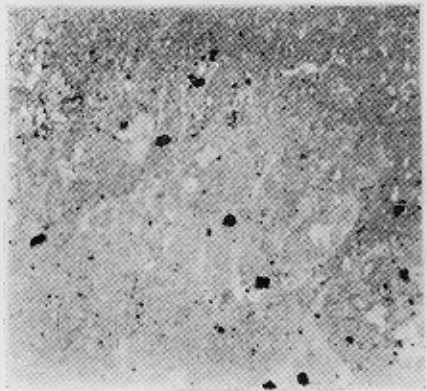
a



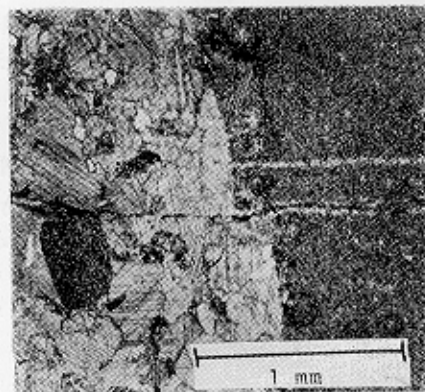
b



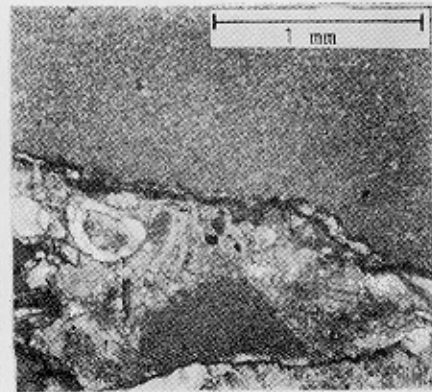
c



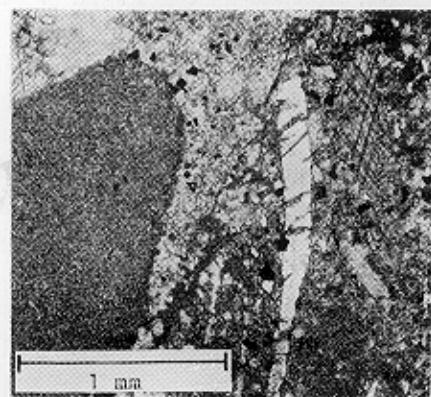
d



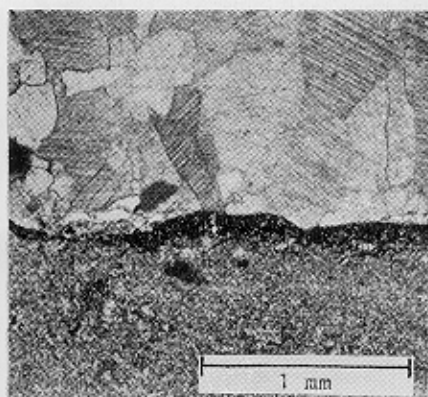
e



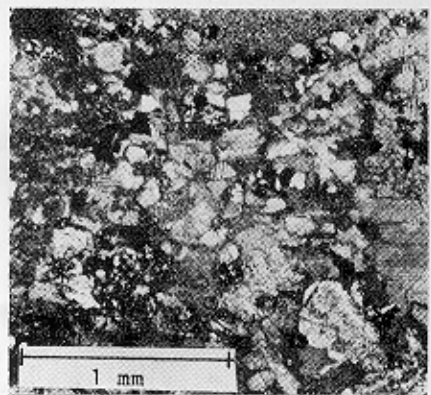
f



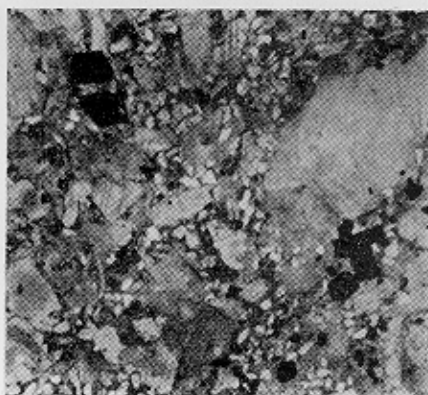
a



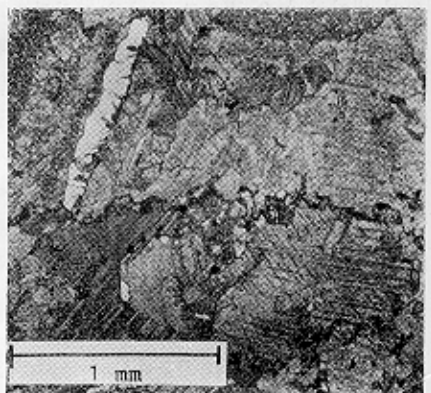
b



c



d



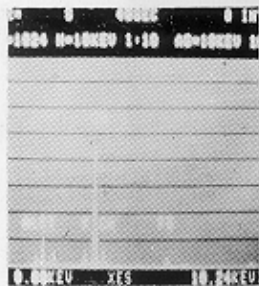
e



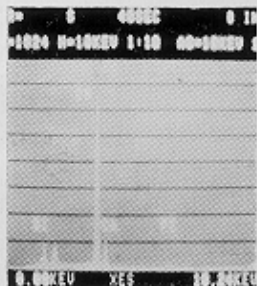
f



그림 6 方解石의 주사전자현미경사진($\times 3,000$).



a



b