

군산분지(남황해북부분지)의 유기질 미화석 산출에 의한 지질시대의 고찰

변현숙^{1,†} · 정철환² · 박순옥¹ · 이병수³ · 권영인⁴ · 최은정¹ · 박명호⁵ · 이상헌⁶

¹㈜자연사연구소

²순천대학교 한국경관지질연구소

³전북대학교 지구과학교육과

⁴㈜지오스캔

⁵한국석유공사 석유개발연구원

⁶한국지질자원연구원 국토지질연구본부

요 약

군산분지(남황해북부분지) 내에 5개 시추공에서 기존 생층서 연구결과의 고찰을 통하여 시추공 간의 층서적 대비를 시도하였다. 최상부 지층은 *Graminidites-Persicarioipollis* Assemblage Zone과 *Gramineae-Cyperaceae-Persicaria* Assemblage Zone에 해당되며 퇴적시기는 신생대 말, 플라이오세이다. Haema-1, IIIH-1Xa, IIC-1X, Inga-1 등의 시추공에서는 약 100 m 이상의 층준으로 발달한다. 그러나 Kachi-1에서는 삭박 또는 무퇴적되어 플라이오세 지층은 결층이다. 플라이오세 부정합 하부의 마이오세 전기~중기 퇴적층은 *Fupingopollenites-Magnastriatites* Assemblage Zone과 *Ceratopteris-Trapa, Liquidambar-Carya* Assemblage Zone에 해당된다. 이 지층은 시추공에 따라 마이오세 전기~중기 지층이 모두 존재하든지 (Haema-1, IIIH-1Xa, IIC-1X), 마이오세 전기 (Inga-1) 또는 마이오세 중기 (Kachi-1) 지층만 존재한다. 마이오세 부정합 하부의 에오세 중기 지층은 *Coryluspollenites-Betulaepollenites* Assemblage Zone, 에오세 전기 지층은 *Caryapollenites-Platycaryapollenites* Assemblage Zone에 각각 해당한다. 전체 층준에서 에오세 지층이 가장 두껍게 쌓인 것이 특징적이다. 이 에오세 지층 역시 Kachi-1만을 제외하고는 4개의 시추공에서 서로의 심도를 달리하면서 발달하였다. 이 지층이 군산분지(남황해북부분지)에서 아주 두껍고 넓게 퇴적된 것은 에오세 전기~중기 동안에 최대 침강작용이 일어났기 때문이다. 팔레오세 지층은 분지의 중앙지역 또는 중앙근접지역에 위치한 IIIH-1Xa, IIC-1X, Haema-1 시추공에서만 존재하고 분지 양쪽 주변부에 위치하는 Kachi-1, Inga-1에서는 존재하지 않는다. 이들 지층은 *Momipites-Caryapollenites* Assemblage Zone에 해당된다. 이처럼 분지 중앙에만 퇴적층이 존재하는 것은 팔레오세 동안 반지구적(separate half-graben) 구조운동이 진행되면서 이 지역에 퇴적물이 충전 되었기 때문이다. 백악기 후기 퇴적층이 Kachi-1, IIIH-1Xa에서는 두껍게 존재하고 Haema-1, IIC-1X에서는 최하부 구간에서만 얇게 존재한다. 이 지층은 *Aquillapollenites-Penetrapites* Assemblage Zone에 해당된다. 백악기 전기~쥐라기 퇴적층은 Kachi-1에서만 발견된다. 백악기 전기 구간에서는 특징적인 시대 지시종(*Classopollis classoides*)만 집중적으로 산출되며, *Classopollis-Densosporites* Assemblage Zone에 해당된다. 백악기 전기~쥐라기 지층은 미화석산출이 극빈하여 지질시대의 판단은 어려우나, 백악기 전기의 상부 층준과 최하부 돌로마이트 층준에서 삼척기 후기의 지시종인 *Chordasporis* sp., *Riccilisporites* sp., *Aratrisporites* sp. 등의 산출로 시대를 설정하였다.

주요어: 화분·포자, 생층서, 지질시대, 군산분지(남황해북부분지)

Hyunsook Byun, Chull-Hwan Chung, Sun-Ok Park, Byung-Su Lee, Youngin Kwon, Eunjung Choi, Myongho Park and Sangheon Yi, 2013, Review on palynofloral studies of the Kunsan Basin (northern South Yellow Sea Basin) and their implications for depositional Age. *Journal of the Geological Society of Korea*. v. 49, no. 1, p. 119-144

[†] Corresponding author: +82-42-867-4667, E-mail: dinobyun@hanmail.net

ABSTRACT: The stratigraphic correlation of 5 wells in the Kunsan Basin (northern South Yellow Sea Basin) is made based on surveys of palynostratigraphic literature together with other microfossil records. Uppermost sedimentary sequences encompassing *Graminidites-Persicarioipollis* Assemblage Zone and Gramineae-Cyperaceae-*Persicaria* AZ are of the Pliocene age. These sequences are ca. 100 m thick in Haema-1, IIH-1Xa, IIC-1X and Inga-1 wells, but are not present in Kachi-1 well because of erosion or non-deposition during the Pliocene. Early to Middle Miocene sequences, which are unconformably overlain by the Pliocene ones, correspond to *Fupingopollenites-Magnastriatites* AZ and *Ceratopteris-Trapa, Liquidambar-Carya* AZ. The whole sequences are recognized in Haema-1, IIH-1Xa and IIC-1X wells, but only the Early Miocene sequence is found in Inga-1 well and only the Middle Miocene one is present in Kachi-1 well. Eocene sedimentary sequences, which encompass *Coryluspollenites-Betulaepollenites* AZ of the Middle Eocene age and *Caryapollenites-Platycaryapollenites* AZ of Early Eocene age, are unconformably overlain by the Miocene sequences. With exception of Kachi-1 well, the Eocene sedimentary layers are the thickest basin-filling sequence, which may indicate the highest rate of basin subsidence during the Early-Middle Eocene. Paleocene sequences are preserved only in the central or central margin area where IIH-1Xa, IIC-1X and Haema-1 wells are located, but not in the margin where Kachi-1 and Inga-1 wells are located. Late Cretaceous sequences belonging to *Aquillapollenites-Penetetrapites* AZ are thick in Kachi-1 and IIH-1Xa wells, but are thinner in Haema-1 and IIC-1X wells. Early Cretaceous sequences of *Classopollis-Densosporites* AZ are recognized only in Kachi-1 well, despite its extremely rare occurrence of palynomorph fossils, based on its stratigraphic position sandwiched between the overlying Early Cretaceous deposit and the underlying Late Triassic deposit with *Chordasporis* sp., *Ricciisporites* sp., *Aratrisporites* sp.

Key words: Pollen-spore, biostratigraphy, geologic age, Kunsan Basin (northern South Yellow Sea Basin)

(Hyunsook Byun, Sun-Ok Park and Eunjung Choi, Natural History Research Institute Inc., Daejeon 305-701, Korea; Chull-Hwan Chung, Korea Landscape and Geology Institute, Suncheon National University, Chonnam 540-742, Korea; Byung-Su Lee, Dept. of Earth Sciences Education, Chonbuk National University, Jeonju 561-756 Korea; Youngin Kwon, GeoScan Inc., Anyang 431-806, Korea; Myongho Park, Technology Management Team and CCS TF Team, E&P Technology Institute, Korea National Oil Corporation, Anyang 431-711, Korea; Sangheon Yi, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Daejeon 305-350, Korea)

1. 서론

황해는 한반도 서해안과 중국대륙 동부해안으로 둘러싸인 반폐쇄성 주변해로 평균 수심이 44 m인 천해이다. 황해에는 북쪽으로부터 발해분지(북중국 분지), 서한만분지(북황해분지), 군산분지(남황해북 부분지) 그리고 흑산분지(남황해남부분지) 등 여러 개의 퇴적분지로 이루어져 있다(그림 1). 이러한 퇴적분지들 중에서 중국 측의 남황해 퇴적분지와 북한의 북황해분지에서는 개발수준에는 미치지 못하지만 석유를 발견한 바 있으나, 한국 측의 군산분지(남황해북부분지)와 흑산분지(남황해남부분지)에서는 그 가능성에도 불구하고 아직 석유가 발견되지 않고 있다(KIGAM, 2004).

한국에서도 지난 반세기 동안 군산분지(남황해북 부분지)로부터 석유를 발굴하기 위한 노력을 끊임없이 기울여왔다. 황해 대륙붕 지하지질구조 파악과 분지발달사를 규명하기 위하여 탄성파탐사 같은 지구물학적 연구도 수행되었다. 군산분지(남황해북부분지)에서 총 5개의 시추공이 시추되었다. 1973년

Gulf사에 의해 최초로 2개의 시추공(IIC-1X, IIH-1Xa)이 시추되었고, 그 이후 1989년 미국의 Marathon사가 1개의 시추공(Inga-1)을 시추하였다. 1991년에는 Marathon사와 한국석유공사가 공동으로 Kachi-1을 시추하였으며, 같은 해 8월에는 한국석유공사가 단독으로 Haema-1을 시추하였다(KNOC, 2008). 5개의 시추공 연구를 통하여 퇴적층서와 광물학적 연구, 생층서 연구, 지화학 분석 등이 진행되어왔다(Chun *et al.*, 1984; KIGAM, 1997, 2004; Park *et al.*, 1997; Cheong *et al.*, 1998, 2002; Ryu *et al.*, 2000, 2002; Yun *et al.*, 2000).

군산분지(남황해북부분지) 퇴적층으로부터의 생층서 연구는 초기에는 주로 시추를 담당하였던 외국 연구용역기관(Cain and Carlsen, 1973a, 1973b; Lentin and Swan, 1987; Watson *et al.*, 1989)들의 주축으로 이루어졌다. 1990년대에는 한국지질자원연구원(Chun *et al.*, 1984; Kim *et al.*, 1987; Bong *et al.*, 1991; KIGAM, 1997, 2004; Park *et al.*, 1997; Cheong *et al.*, 1998, 2002)과 대학(Yun *et al.*, 2000)이 본격적인 연구를 수행하였다. 2000년 이후에는 다시 중국의 NPI (Nanjing Paleontological Institute, 2000)와 미국

의 SCA (Subsurface Consultant Associate, Inc./ Micro-Strat., Inc., 2002)같은 외국의 고생물분석기관에 의해 기존의 생층서 연구 결과에 대한 검토 및 보완이 이루어졌다.

그러나 화석을 이용한 연대측정 결과가 서로 상이함에 따라, 층서학적 해석에 혼란이 야기되고 있다. 따라서 이 논문에서는 지금까지의 생층서의 분석결과들을 검토하고, 황해분지와 주변지역의 동일 시대 퇴적분지에서 보고된 시대 지시종 및 이들의 환경군집분대(eco-assemblage zone)를 기반으로 퇴적시기를 고찰하고자 한다.

2. 지질개요

남황해분지는 제1, 2광구에 분포하는 군산분지(남황해북부분지)와 제3광구에 분포하는 흑산분지(남황해남부분지)로 대분된다. 군산분지(남황해북부분지)는 남중국 지괴에 속하는 양자 준탁상지에 발달된 백악기 후기~신생대 퇴적분지이다(Ryu *et al.*, 2000). 군산분지(남황해북부분지)는 분지 내의 용기부와 단층에 의해 북동, 북서, 남서, 남동의 4개의 소분지로 세분된다(그림 1). 주로 신생대 육성 쇄설성 퇴적물로 충진 되었으며, 신제3기 퇴적층에 의해

피복된다.

군산분지(남황해북부분지)는 군산 앞 바다의 해저에 위치하며 최대 약 6,000 m 이상의 하호성 육성 퇴적층과 화산암층이 쌓인 내 대륙분지이다. 분지의 기반암으로는 백악기 말의 화성암이 대부분이며, 다른 지역 분지 내에 쌓인 퇴적물의 상당 부분은 육상 산화 환경하의 적색 쇄설성 퇴적암으로 구성되었다(Oh *et al.*, 2006).

북서소분지(NW sag)에서는 Haema-1, 남서소분지(SW sag)에서는 Kachi-1과 IIH-1X, 남동소분지(SE sag)에서는 Haema-1, IIC-1X, Inga-1 등이 각각 시추되었다. 그러나 북동소분지(NE sag)에서는 시추가 이루어지지 않았다(그림 1). 이들 시추공 중에서 백악기 퇴적층은 Kachi-1과 IIH-1X의 하부 구간에서만 확인된다(Park *et al.*, 1997; Yun *et al.*, 2000; Yi *et al.*, 2003). 이 지역의 퇴적물은 대부분이 육상 산화환경하의 적색 쇄설성 퇴적물로 구성되었기 때문에 화석의 산출이 미약하다. 주로 산출되는 미화석은 유기질인 화분·포자 화석이고 일부 환원환경의 퇴적물에서는 개형충과 윤조 같은 담수성 미화석들이 소량으로 산출된다(Yun *et al.*, 2000; Oh *et al.*, 2006).

3. 화분·포자 미화석의 명명법과 시대 지시종

제4기 이전(pre-Quaternary)의 화분·포자 미화석을 분류(classification) 및 명명(nomenclature)하는데 있어서는 전통적으로 크게 3가지 방법이 있어왔다. 첫째, 식물학적 명명법(Botanical Nomenclatural System)이다. 이 방법은 화분 화석과 현생 화분의 형태를 비교했을 때 모든 면에서 일치할 경우에 채택하는 것이다(예, Traverse, 1957). 그러나 지난 수십 년 동안 이 방법은 제4기 이전 퇴적층에 대한 생층서 대비와 시대 설정에 어려움이 많음을 인식하게 되었다. 마침내 일부 화분학자들은 생층서 연구에 유용성을 향상시키기 위하여 식물학적 명명법대신 형태학적 명명법 사용을 권장하였다(Traverse, 1994). 둘째, 형태학적 명명법(Morphological Nomenclatural System)으로서 고생물학의 분류기준을 그대로 적용한 방법이다. 이 방법은 화분 화석을 분류할 때 온전히 형태적 특징만을 가지고 분류한 후, 이 화석의 현생 식물과 유연관계성(botanical affinity)을 추적하는 방법

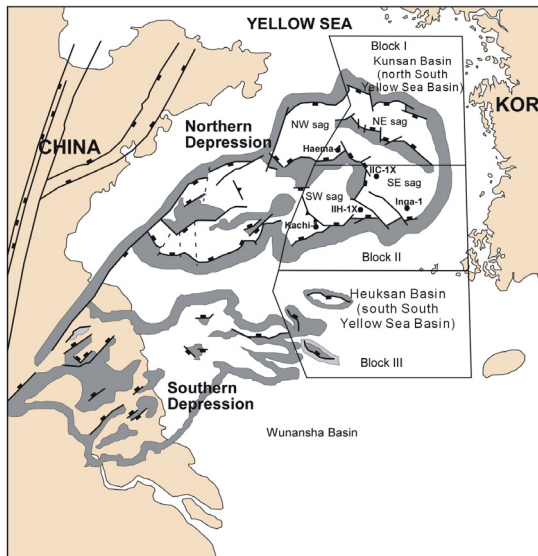


Fig. 1. Geological structure map of the Kunsan Basin (northern South Yellow Sea Basin) showing the distribution of sub-basins (modified from PEDCO, 1997).

이다(예, Yi *et al.*, 2003). 셋째, 반 식물학적 명명법(Semi-botanical Nomenclature System)으로서 위의 두 가지 방법을 함께 사용한다. 화분 화석이 현생 식물과 뚜렷한 생물학적 관계성을 찾을 수 있으면 식물학적 명명법을 사용하고, 현생과 분명한 관계성을 찾기가 어려울 경우에는 형태적인 분류기준을 따른다(예, Bong *et al.*, 1991).

한국에서는 화분·포자 미화석을 동정과 명명하는데 있어 연구자마다 분류의 적용방법이 달랐다. 그렇게 때문에 지금까지 시추공 간에 생층서 대비에 어려운 문제로 남아있다. 형태적 분류는 기본적으로 종(species) 단위까지 동정하여 분류하지만, 반 식물학적 분류는 대부분 속(genus) 단위까지만 분류한다. 예를 들면, 균산분지(남황해북부분지)에서 산출되는 *Persicarioipollis minor*는 플라이스토세 전기까지만 생존하였다. 반면 동일한 화분에 대해서 식물학적 분류인 *Persicaria*로 속 단위까지만 동정할 경우 현생 종과 차별이 어렵고 층서적인 생존 시기를 결정하기 어렵다. 따라서 형태적 분류에 의한 종 단위의 동정은 화석분류에 있어 더 세분되고, 짧고 뚜렷한 생존기간을 알 수 있어 종간의 대비가 상대적으로 쉽고 용이하다. 그리하여 이러한 시대 지시종을 이용한 시추공 간의 생층서 대비가 보다 정확하고 쉬우며 결과적으로 신뢰성도 높아진다. 때문에 이 논문에서는 이런 문제점을 최소화하기 위해 형태적 분류를 적용한 화분·포자 미화석의 종들과 기존 연구에서 제시된 현미경 사진 도판(plate)을 통해 동정 가능한 종들만 제시하였다. 그동안 균산분지(남황해북부분지)의 시추공으로부터 수행된 생층서 연구 자료를 검토하여 시대 지시종으로 이용될 수 있는 화분·포자 미화석을 지질시대 순으로 정리하였다(그림 2).

4. 유기질 미화석군집 조성

여기에서는 균산분지(남황해북부분지)의 5개 시추공에서 생층서 연구를 위해 분석한 화분·포자 화석군집을 정리하였고, 각 시추공에서 지질시대 설정에 이용될 수 있는 화석들만을 기술하였다. 이 논문에서는 화석을 대상으로 함으로써 동일한 화분·포자에 대해서는 가능하면 형태적 분류체계로 통일화하도록 하였다. 예를 들면, *Liquidambarpollenites min-*

utus (= *Liquidambar*)에서 괄호속의 화분명은 기존 연구 자료에서 사용한 화석이름이다.

4.1 Kachi-1

Kachi-1으로부터 화분·포자 미화석이 68속 77종이 동정 분류되었다(Yun *et al.*, 2000, Yi *et al.*, 2003). 이 시추공의 구간별 주요 화분·포자의 군집조성은 상부로부터 내림 순으로 기술하였다.

475~613 m 구간(*Fupingopollenites-Magnastriatites* Assemblage Zone)에서는 전체적으로 화분·포자 화석의 산출이 미약하다고 보고되었다. 이들 중에서 초본 화분인 *Graminidites media*, *Fupingopollenites minutus*, *Persicarioipollis minor*, *Potamogetonacipites* sp., *Sporotrapoidites erdtmannii*와 목본화분인 *Inaperturopollenites* spp., *Pinuspollenites* spp., *Alnipollenites verse*, *Liquidambarpollenites minutus*, *Quercoidites microhenrici*, *Pterocaryapollenites stellatus*, *Magnastriatites granulastriatum*가 꾸준히 산출한다고 보았다. 613~1,445 m 구간(*Aquilapollenites-Penetetrapites* Assemblage Zone)에서는 화분·포자 화석이 매우 다양하고 풍부하게 산출되는 것으로 보고되었다. 산출 종들 중에서 *Triporoletes asper*, *Rugubivesculites rugosus*, *Penetetrapites inconspicuus*, *Aquilapollenites eurypteronus*, *Dikwynites granulatus* 등이 우점 종이었다. 이와 함께 *Azolla cretacea*, *A. spinulosus*, *Alnipollenites trina* 등도 함께 산출되었다. 1,445~2,280 m 구간(*Classopollis-Densosporites* Assemblage Zone)의 주요 화석 종은 *Camptosporites* sp., *Densosporites* spp. 같은 포자가 산출되고, 나자 식물 화분인 *Classopollis classoides*, *Ephedripites* spp., *Inaperturopollenites* spp., *Pinuspollenites* spp. 등이 함께 산출되는 것으로 보고되었다. 2,280~2,693 m 구간(*Pinuspollenites-Inaperturopollenites* Assemblage Zone)에서는 전체적으로 화석산출이 적지만, *Pinuspollenites*, *Inaperturopollenites*만이 산출하는 것으로 보고되었다.

4.2 Haema-1

Haema-1에서는 화분·포자 미화석은 2과(Family) 64속(Genus) 86종(Species)이 보고되었다(Kim *et al.*, 1987; Archibald, 1991; KIGAM, 1992; Cheong *et al.*, 1998; Yun *et al.*, 2000; Yi *et al.*, 2003). 이 시추공의 구간별 주요 화분·포자의 군집조성은 상부로부터 내림 순으로 기술하였다.

480~570 m 구간(*Graninidites-Persicarioipollis* Assemblage Zone)은 초본화분인 *Graninidites media*, *Persicarioipollis minor*와 목본화분인 *Quercoidites microhenrici* 등이 주요 산출 종으로 보고되었다. 630~102 m 구간(*Fupingopollenites-Magnastriatites* Assemblage Zone)은 다양한 화분·포자가 산출되었다. 주요 산출 종으로는 화분인 *Fupingopollenites minutus*, *Liquidambarpollenites minutus*, *Persicarioipollis minor*, *Ulmipollenites undulosus*, *Weigelapollis magnispinosus* 그리고 포자인 *Magnastriatites granulastriatus* 등이다. 또한 이 구간에서는 담수조류인 *Brazilea* spp., *Pediastrum* spp., *Ovoidites* sp. 등도 풍부하게 산출되는 것으로 보고되었다. 1,080~1,530 m 구간(*Coryluspollenites-Betulaepollenites* Assemblage Zone)에서는 *Betulaepollenites claripites*, *Coryluspollenites constatus*, *Quercoidites microhenrici*,

Ulmipollenites undulosus, *Pinuspollenites* spp., *Ephedripites* spp. 등이 주요 화분 산출 종으로 보고되었다. 이와 함께 백악기 후기 종인 *Classopollis classoides*, *Cyathidites minor*, *Cyathidites major*, *Leptolepidites ?tenuis* 등이 재 이동되어 같이 산출되는 것으로 보았다. 1,560~2,040 m 구간(*Caryapollenites-Platycaryapollenites* Assemblage Zone)은 *Caryapollenites veripites*, *C. imparilis*, *Momipites coryloides*, *Platycaryapollenites platycaryoides*가 주요 화분 종으로 비교적 풍부하게 산출되는 것으로 보고되었다. 2,080~2,460 m 구간(*Momipites-Caryapollenites* Assemblage Zone)에서는 *Momipites wyomingensis*, *M. leffingwellii*, *Caryapollenites simplex*, *Ulmipollenites tricostatus*, *Platycaryapollenites platycaryoides*, *Quercoidites microhenrici* 등이 우점 종으로 산출되는 것으로 보고되었다.

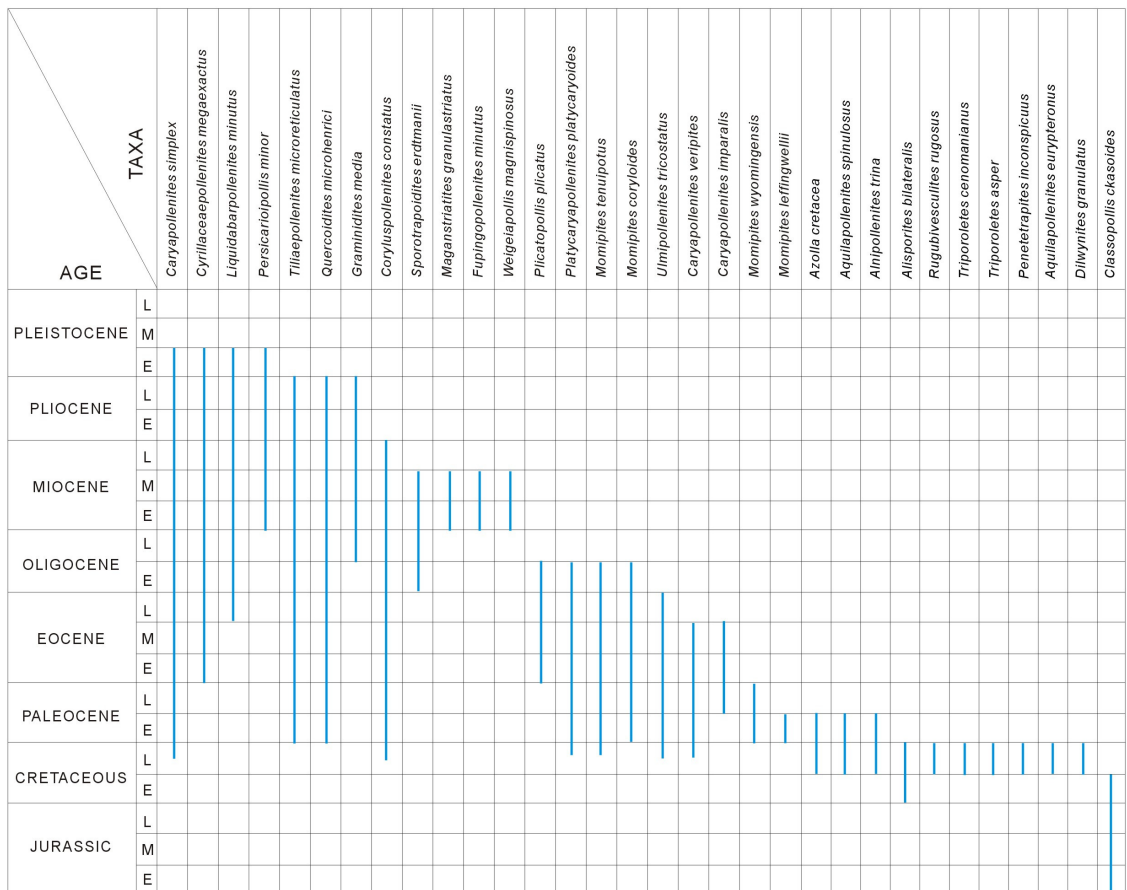


Fig. 2. Palynostratigraphic range of age index pollen grains from the Kunsan Basin (northern South Yellow Sea Basin) (modified from Yun *et al.*, 2000).

4.3 IIIH-1Xa

IIIH-1Xa에서는 총 115종류의 화분·포자 미화석이 동정과 분류 되었다(Park *et al.*, 1997). 이 시추공의 구간별 주요 화분·포자의 군집조성은 상부로부터 내림 순으로 기술하였다.

259~460 m 구간(Assemblage I)에서는 주로 초본 화분인 *Graminidites media* (= Gramineae), *Artemisia*, *Persicarioipollis* sp. (= *Persicaria*)가 전체 산출비의 20% 이상 차지하며 산출되는 것으로 보고되었다. 이 외에 *Ulmipollenites undulosus*, *Quercoidites microhenrici* (= *Quercus*), *Betulaepollenites claripites* (= *Betula*) 등의 목본화분과 고사리의 포자인 *Laevigatosporites haardti*가 산출되는 것으로 보고되었다. 478~716 m 구간(Assemblage II)은 *Liquidambarpollenites minutus* (= *Liquidambar*), *Caryapollenites simplex* (= *Carya*)의 목본화분과, *Sporotrapoidites erdtmanii* (= *Trapa*), *Magnastriatites granulastriatum* (= *Ceratopteris*)의 수서식물 화분과 포자가 함께 풍부하게 산출되는 것으로 보고되었다. 이들 중 목본화분이 전체의 10-20% 점유율로 산출되었다. 735~808 m 구간(Assemblage III)은 초본화분의 산출이 감소하여 미비하게 산출되었다. 그러나 목본화분인 *Betulaepollenites claripites* (= *Betula*)는 우점(최대 26.5%)으로 산출되며, *Pinuspollenites minutus* (= *Pinus*)도 20%의 산출을 보이고 *Magnastriatites granulastriatum* (= *Ceratopteris*) 포자는 지속적으로 산출되는 것으로 보고되었다. 826~1,446 m 구간(Assemblage IV)의 주요 구성 요소는 *Inaperturopollenites dubius*, *I. hiatus*, *Cycadopites* sp., *Ephedripites* spp., *Cyrrillaceoipollenites* sp. 등의 화분이 산출되는 것으로 보고되었다. 1,483~2,522 m 구간(Assemblage V)에는 화석 산출이 거의 되지 않는다. 그러나 *Betulaepollenites* sp. (= *Betulaceae*)에 속하는 화분이 몇 개체만 산출되는 것을 보고되었다. 2,559~2,815 m 구간(Assemblage VI)에서는 나자식물 화분인 *Classopollis classoides*가 우점으로 산출되며, *Inaperturopollenites* spp.와 *Ephedripites* spp.도 함께 산출되는 것으로 보고되었다. 그러나 신생대의 요소인 *Caryapollenites simplex* (= *Carya*), *Engelhardtiaepollenites* sp. (= *Engelhardtia*) 화분도 소량이지만 꾸준히 산출된다고 하였다. 2,850~3,144 m 구간(Assemblage VII)에서는 백악기 후기의 지표종인 *Azolla cretacea*의 대형포자가 처음으로 산출되

었으며, 그 외 *Inaperturopollenites* spp., *Classopollis classoides*, *Ephedripites* spp. 등의 화분이 산출되는 것으로 보고되었다.

4.4 IIC-1X

IIC-1X에서는 총 74종류의 화분·포자 미화석이 산출되었으며, 이 중 피자식물 화분 71.5%, 나자식물 화분 23.5%, 고사리류 포자 3.5% 그리고 담수조류도 1.5% 차지하였다(Cheong *et al.*, 1998). 이 시추공의 구간별 주요 화분·포자의 군집조성은 상부로부터 내림 순으로 기술하였다.

229~375 m 구간(Assemblage I)에서는 주로 초본 화분인 *Graminidites media* (= Gramineae), Cyperaceae, *Artemisia*가 전체 산출비의 40%를 차지하면서 우점 산출 종으로 보고되었다. 또한 Pinaceae에 속하는 다양한 소나무의 화분과 *Betulaepollenites claripites* (= *Betula*)의 목본화분도 풍부하게 산출되는 것으로 보고되었다. 375~610 m 구간(Assemblage II)은 다양하고 풍부한 화분이 산출되는 것으로 보고되었다. 즉, *Liquidambarpollenites minutus* (= *Liquidambar*), *Caryapollenites veripites* (= *Carya*), *Sporotrapoidites erdtmanii* (= *Trapa*) 등의 화분과 *Magnastriatites granulastriatum* (= *Ceratopteris*) 같은 물고사리 포자도 같이 산출되었다. 이 외에도 Fagaceae, Ulmaceae, Rosaceae 등의 낙엽활엽수 화분과, Taxodiaceae의 침엽수 화분 등이 출현하고, *Persicarioipollis minor* (= *Persicaria*), *Graminidites minor* (= Gramineae) 같은 초본화분도 산출하는 것으로 보고되었다. 610~625 m 구간(Assemblage III)에서는 초본화분인 *Chenopodipollis* sp. (= *Chenopodium*)이 우점으로 산출되고, 이와 함께 *Sporotrapoidites erdtmanii* (= *Trapa*)와 *Magnastriatites granulastriatum* (= *Ceratopteris*) 등도 꾸준히 산출되는 것으로 보고되었다. 625~1,526 m 구간(Assemblage IV)에서는 전체적으로 화분·포자 화석이 아주 미약하게만 산출되는 것으로 보고되었다. 그러나 화분인 *Betulaepollenites* sp. (= *Betula*-type), *Salixipollenites* sp. (= *Salix*), *Inaperturopollenites dubius* (= Taxodiaceae)가 주요 산출종이고, *Platycaryapollenites platycaryoides* (= *Platycarya*), *Engelhardtipollenites* sp. (= *Engelhardtia*), *Alnipollenites verse*, *Ulmipollenites tricostratus*, *Cornipollenites* sp. (= *Cornus*) 같은 화분이 이 구간에서 새롭게 출현하는 것으로 보고되었

다. 1,526~2,001 m 구간(Assemblage V)에서는 상위 구간(625~1,526 m)처럼 전체적으로 화분·포자 화석이 아주 미약하게만 산출된다고 보고하였다. 그러나 *Classopollis classoides*, *Monosulcites* sp. 같은 백악기 후기의 나자식물 화분 화석이 지속적으로 산출되는 것으로 보고되었다.

4.5 Inga-1

Inga-1으로부터 생층서 연구를 위한 화분·포자 미화석 분석이 진행되어 총 63 종류의 화분·포자 미화석이 동정되었다(Bong *et al.*, 1991). 이 시추공의 구간별 주요 화분·포자의 군집조성은 상부로부터 내림 순으로 기술하였다.

506~1,380 m 구간에서는 비교적 풍부하고 다양한 화분·포자가 산출된다고 보고되었다. 주로 목본 화분인 *Ulmipollenites planeraeformis* (= Ulmaceae), Fagaceae와 나자식물 화분의 *Inaperturopollenites dubius*, *I. hiatus* (= Taxodiaceae), *Pinuspollenites* spp. (= Pinaceae) 등이 함께 산출된다고 보고하였다. 이와 함께 하부구간에서는 *Chenopodipollis* sp. (= *Chenopodium*)의 초본화분이 우점으로 산출되었다. 수생식물 화분인 *Sporotrapoidites erdtimanii* (= *Trapa*) 역시 하부구간에서 미약하지만 산출되는 것으로 보고되었다. 1,380~2,728 m 구간에서는 크게 상부(1,380~1,817 m)와 하부(2,545~2,591 m)구간에서 화분·포자 화석이 풍부하게 산출하며 나머지 구간에서는 아주 미약하게 산출되는 것으로 보고되었다. 산출 종으로는 *Cyathidites minor* 포자와 *Inaperturopollenites* spp., *Pinuspollenites* spp., *Caryapollenites veripites* 등의 나자식물과 피자식물 화분이 드물게 산출되었다.

5. 생층서와 시추공의 퇴적연대

군산분지(남황해북부분지)의 생층서 연구는 초기에는 주로 외국 연구기관(Cain and Carlsen, 1973a, 1973b; Lentin and Swan, 1987; Watson *et al.*, 1989)에 의해 수행되었다. 이들의 연구는 이 분지에서의 유기질 미화석을 비롯한 다른 종류의 미화석 연구에 대한 기본 자료가 되었다. 그 이후 국내에서는 한국지질자원연구원이 지난 20여년에 걸쳐 시추공별 다양한 미화석을 대상으로 연구를 수행하였다(예: Chun *et al.*, 1984; Kim *et al.*, 1987; Bong *et al.*,

1991; KIGAM, 1992, 1997, 2004; Park *et al.*, 1997; 표 1).

Chun *et al.* (1984)는 IIC-1x, IIIH-1Xa으로부터 획득한 30개와 71개의 시료를 대상으로 유공충, 개형충, 선태류, 이매패류 등의 동물화석과 화분·포자, 탄화물 및 식물파편을 선별하여 연구하였다. Bong *et al.* (1991)는 화분·포자 미화석을 이용하여 Inga-1에 대한 생층서 연구를 하였다. Park *et al.* (1997)는 Kachi-1과 IIIH-1Xa에 대하여 미화석 연구를 수행하였다. 연구대상지역의 퇴적층이 대부분 육성층으로 구성되어 있어서 담수 개형충, 윤조, 소형 복족류 등의 석회질 미화석과 화분·포자, 담수조류 등의 유기질 미화석을 대상으로 연구를 수행하고 생층서 분대를 설정하였다. KIGAM (1997)은 IIC-1X에 대한 생층서 연구를 실시하였고, 또한 선행연구 자료인 Kachi-1과 IIIH-1Xa (Park *et al.*, 1997), Inga-1 (Bong *et al.*, 1991), Haema-1 (KIGAM, 1992)의 자료를 이용하여 군산분지(남황해북부분지)의 전반에 걸친 미화석상을 분석하였다. IIC-1X의 경우는 상부구간을 제외하고는 거의 적색 계통의 퇴적암이기 때문에 화분·포자 화석만으로 생층서 연구를 하였다.

1990년대부터는 한국지질자원연구원이 본격적으로 생층서 연구를 실시하였으며(Bong *et al.*, 1991; Park *et al.*, 1997; Cheong *et al.*, 1998; KIGAM, 2004), 1998년 5개의 시추공에 대한 생층서 자료를 종합하였다(Cheong *et al.*, 1998). 반면에 Yun *et al.* (2000)는 기존에 분석과 일부 시추공 시료의 현미경 분석과 미화석의 형태적 명명법을 이용하는 등 보완된 미화석분석을 이용하여 군산분지(남황해북부분지)의 종합적인 생층서를 제안하였다. 그 외에도 중국의 NPI (Nanjing Paleontological Institute, 2000), 미국의 SCA (Subsurface Consultant Associates, 2002)는 기존의 화분·포자 자료들에 대한 재해석 연구를 실시하였다.

특히, Yun *et al.* (2000)은 Haema-1, Kachi-1, IIIH-1Xa, Inga-1을 대상으로 새롭게 유기질 미화석을 추가 분석하였고, IIC-1X은 기존자료를 재해석하였다. 이들은 군산분지(남황해북부분지)의 삼첩기 후기-플라이오세 지층에서 총 8개의 화분·포자 생층서대를 설정하였다.

최근에는 KIGAM (2004)이 Kachi-1, IIIH-1Xa, Inga-1, Haema-1들에 대해 생층서 및 퇴적환경을

Table 1. List of biostratigraphic studies in the Kunsan Basin (northern South Yellow Sea Basin).

| Author | Well | Proxy | Remarks |
|-----------------------------------|--------------------------|---|---|
| Cain and Carlsen (1973a) | IIC-1X | Palynology | Raw Data |
| Cain and Carlsen (1973b) | IIH-1Xa | Palynology | Raw Data |
| Chun <i>et al.</i> (1984) | IIH-1Xa | Palynology | Raw Data |
| | IIC-1X | Palynology | Revision |
| Chun <i>et al.</i> (1984) | IIH-1X | Palynology | Revision |
| | IIC-1X | Palynology | Revision |
| Kim <i>et al.</i> (1987) | Kachi-1 | Palynology | Raw Data |
| Watson <i>et al.</i> (1989) | Inga-1 | Palynology | Raw Data |
| Arcibald (1991) | Haema-1 | Palynology | Raw Data |
| Bong <i>et al.</i> (1991) | Inga-1 | Palynology | Raw Data |
| KIGAM (1992) | Haema-1 | Palynology | Raw Data |
| Lentin and Swan (1987) | Kachi-1 | Palynology | Raw Data |
| Yi (1996) | Kachi-1 | Palynology | Raw Data |
| Yi and Batten (2002) | Kachi-1, Inga-1 | Palynology | Raw Data |
| Park <i>et al.</i> (1997) | Kachi-1, IIH-1X | Palynology | Raw Data |
| | IIC-1X | Palynology | Raw Data |
| Cheong <i>et al.</i> (1998, 2002) | Haema-1, Kachi-1, IIH-1X | Palynology, Charophyta, Ostracoda | Revision |
| | Haema-1 | Palynology, Ostracods, charophyta | Raw Data |
| | Kachi-1 | Palynology, Ostracods, Charophyta, Mollusca | Raw Data |
| Yun <i>et al.</i> (2000) | IIC-1X | Palynology, Ostracods, Charophyta | Raw Data |
| | IIH-1Xa | Ostracods, Charophyta | Revision of Kim <i>et al.</i> , 1987 |
| | Haema-1 | Charophyta | Revision of KIGAM, 1992 |
| | IIH-1Xa Kachi-1 | Palynology | Revision of Park <i>et al.</i> , 1997 |
| | IIC-1X | Palynology | Revision |
| NPI (2000) | Kachi-1 | Palynology | Raw Data/Revision |
| SCA (2002) | Kachi-1 | Palynology | Raw Data/Revision |
| KIGAM (2004) | Kachi-1 | Palynology | Revision of Cheong <i>et al.</i> , 1998 |
| KNOC (2008) | Kachi-1 | Palynology | Revision of KIGAM/SCA KNOC/NPI |

재검토하였다. 이 시추공들로부터 산출되는 기존의 화분·포자, 개형충, 윤조 화석 등의 동정과 균집분석을 통하여 기존의 지질시대 및 퇴적환경을 재해석하였다. 즉 기존의 일부 시추공(Haema-1, IIH-1Xa, IIC-1X, Inga-1)에서 팔레오세, 에오세 같은 고제3기(Paleogene)의 지층들을 백악기 후기로 해석하였다. 그리고 기존의 보고서에서는 재동된 것으로 보고되었던 개형충, 윤조, 화분·포자 중 일부 화분·포자만을 재동된 것으로 해석하였다.

5.1 Kachi-1

Kachi-1은 균산분지(남황해북부분지)에서 시추

한 5개 시추공 중 가장 많은 생층서 연구가 수행되었다(Lentin and Swan, 1987; Watson *et al.*, 1989; Yi, 1996, 1997, 1998; Park *et al.*, 1997; Cheong *et al.*, 1998; NPI, 2000; Yun *et al.*, 2000; SCA, 2002; Yi and Batten, 2002; Yi *et al.*, 2003; KIGAM, 2004; 그림 3).

Kachi-1의 생층서 연구는 최초로 Lentin and Swan (1992)에 의해 유기질 미화석과 비유기질 미화석을 근거로 수행되었다. 이들은 화분·포자 미화석을 이용하여 특히 백악기 퇴적층 구간을 절(Age) 수준의 시대까지 설정하였다. Kachi-1의 최하부는 쥐라기와 중생대 초기의 퇴적층이 연속적 퇴적, 백

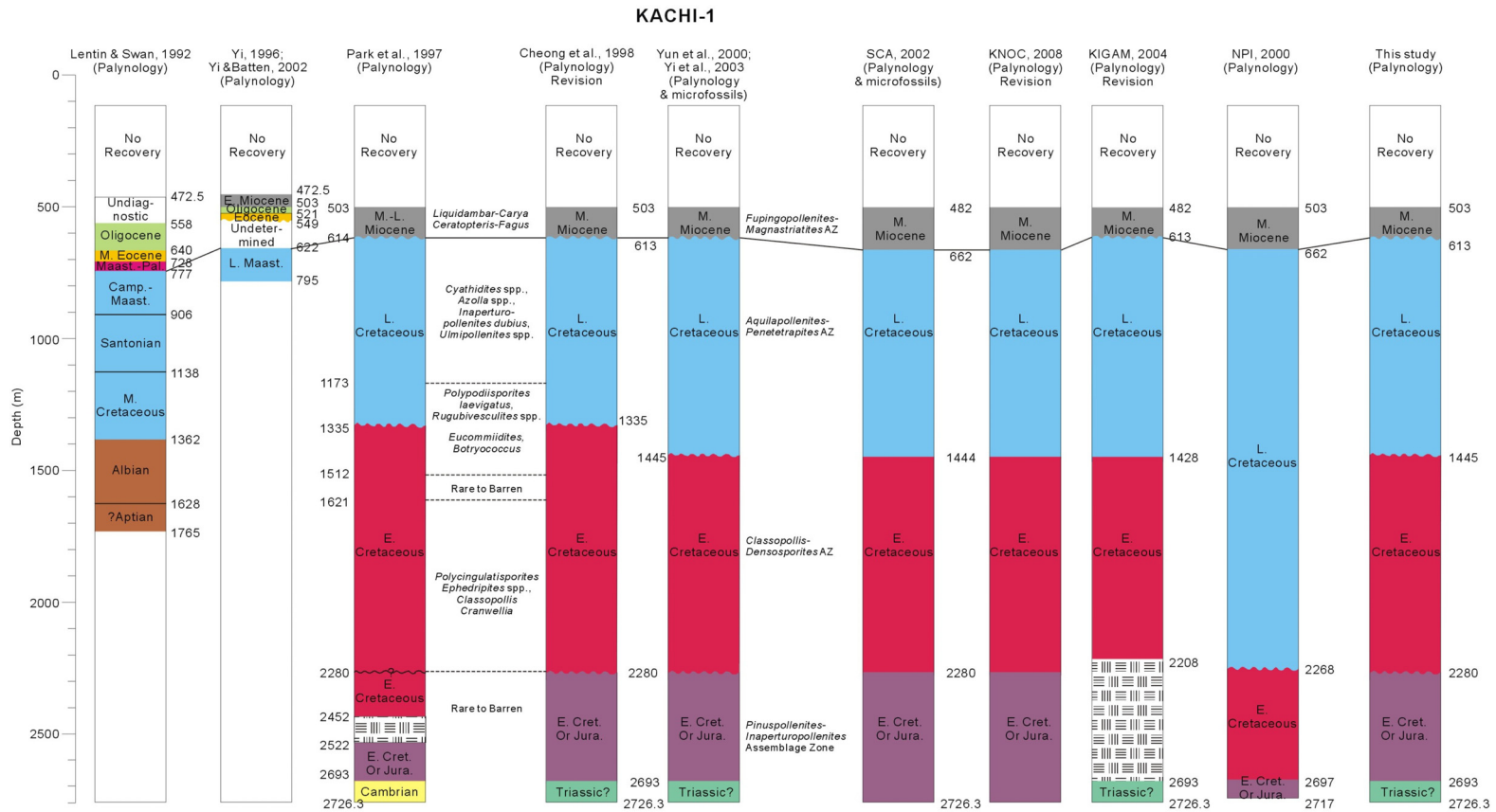


Fig. 3. Comparison of palynostratigraphic interpretations in Kachi-1. Pollen assemblage zones suggested by Chenong *et al.* (1998) and Yi *et al.* (2003) are shown.

악기층 위에 고제3기층은 정합으로 쌓였고, 마이오세 층은 결층으로 보고하였다. Yi (1996)는 시료가용의 한계성으로 인하여 최상부 약 322.5 m 두께의 짧은 구간에 대해서만 화분·포자를 분석하였다. 그들은 화분·포자의 군집변화와 백악기 시대 지시종을 이용하여 시대설정을 하였다. Yi (1996)는 매우 얇은 에오세와 올리고세의 고제3기층이 약 46 m 두께로 존재하며 마이오세 층(30.5 m) 역시 매우 얇게 존재한다고 해석하였다. 또한 Yi (1996), Yi and Batten (2002)는 심도 622 m 이하부터 백악기 후기인 Maastrichtian에 해당된다고 시대를 설정하였다. 이처럼 초기 연구에서는 대체로 고제3기층이 존재한다고 보고하였다.

Park *et al.* (1997)는 Kachi-1에서 화분·포자 미화석과 담수 개형충, 운조, 소형 복족류 등의 담수 석회질 미화석을 분석하여 생층서를 연구하였다. 그러나 담수 석회질 미화석은 일부구간에서만 산출되기 때문에 성공적인 생층서 연구를 달성하지 못했다. 반면에 유기질 미화석 분석을 위해 채취한 82개의 시료에서는 고사리류 포자, 나자식물과 피자식물의 화분, 담수조류 등 총 115 종류가 다양하고 풍부하게 산출되었다. 이들 화분·포자 미화석의 군집변화와 시대 지시종을 이용하여 총 7개의 화분·포자 군집대(I-VII)를 설정하고 각각의 지질시대를 제시하였다. 이들 화분군집대의 조성특성은 아래와 같다.

Assemblage I (503~614 m)은 마이오세 중기에 대표적인 낙엽 활엽성 목본화분인 *Liquidambarpollenites* (= *Liquidambar*)-*Caryapollenites* (= *Carya*), *Magnastriatites* (= *Ceratopteris*)-*Faguspollenites* (= *Fagus*) 등이 우점 산출됨을 기준으로 퇴적 시기가 마이오세 중기에 해당하는 것으로 해석하였다. Assemblage II-III (614~1,335 m)은 가장 풍부하고 다양한 화분과 포자가 산출되는 구간으로 *Azolla cretacea*, *Cyathidites minor* 포자와 *Ulmipollenites krempii*, *U. tricostratus* 화분, *Savitrinia miocenica*, *Pediastrum boryanum* 등의 담수조류 등에 의해 백악기 후기로 해석하였다. Assemblage IV-VI (1,335~2,280 m)은 담수조류와 피자식물 화분이 급감하는 반면, 나자식물의 *Ephedripites*, *Classopollis*의 급증과 및 *Polycingulatisporites*, *Rouseisporites*, *Crybelosporites*, *Calamospora*, *Cingutritetes*, *Pterisporites* 같은 포자가 산출되는 것이 특징이다. 이러한 화석 군집상의 변화는 퇴적 시기가 백악기 전기임을 지시한다. Assemblage VII (2,280~2,452 m)는 화석이

거의 산출되지 않아 시대를 설정하는데 어려웠다. 그러나 최하부 구간에서 보존상태가 좋지 않은 대형포자수 개체와 *Chordasporis*, *Ricciisporites*, *Aratisporites*에 대비되는 포자화석이 산출됨으로써 생층서대의 형성시기가 삼첩기 말까지 연장되는 것으로 해석하였다.

이들의 연구에서 새롭게 설정된 생층서는 고제3기가 결층이고 백악기 후기와 신제3기가 부정합관계에 있으며 최상부 구간(503~614 m)에 비해 마이오세 후기 층이 존재하다는 것이다. 이러한 결과는 고제3기층이 존재하는 것으로 보고한 초기의 연구결과(Lentin and Swan, 1987)와 뚜렷한 차이점을 보여주고 있으며, 그 이후의 연구결과들과도 잘 일치하였다(그림 3). Kachi-1의 하부 층준에서 *Polycingulatisporites*, *Ephedripites* spp., *Classopollis classoides*, *Cranwellia striata* 등의 양치류 포자와 나자식물화분화석의 산출근거로 백악기 전기로 보고하였다. 또한 이 시추공은 중생대 후기의 기반암위에 백악기 퇴적층이 피복하고 있으며, 그 상위에 마이오세 중기 층이 퇴적되었다고 하였다. 그리하여 이들은 백악기와 마이오세 중기 사이에 고제3기층이 결층임을 재차 확인하였다. 그 이후 KIGAM (2004)은 기존의 연구결과와 거의 일치하는 결과를 도출하였다.

한편, Yun *et al.* (2000)는 5가지의 육성미화석과 해성미화석 분석을 통한 생층서 연구를 수행하였다. Kachi-1로부터 총 68속 77종의 화분·포자 미화석이 동정 분류되었다. 그들은 유기질 미화석 군집조성의 변화를 이용하여 삼첩기 후기에서 마이오세 중기 퇴적층에 이르기까지 4개의 생층서대를 설정하였다(Yi *et al.*, 2003).

최상부층(503-613 m)인 *Fupingopollenites-Magnastriatites* Assemblage Zone에서는 마이오세 중기 때가 절멸시기(LAD)인 *Fupingopollenites minutus*, *Magnastriatites granulastriatus*, *Sporotrapollenites erdmanii*, *Graminidites media* 등이 산출됨에 따라 이 군집대의 지질시대를 마이오세 중기로 설정하였다. 이들 바로 아래에 위치하는 구간(1,335-2,280 m), *Aquilapollenites-Penetetrapites* Assemblages Zone은 전 세계적으로 백악기 후기 지시종인 *Triporetetes cenomanianus*, *T. asper*, *Rugubivesculites rugosus*, *Penetetrapites inconspicuus*, *Aquilapollenites eurypteronus*, *Dilwynites granulatus* 등과 백악기 후기~팔레오세 전기에 생존했던 *Azolla cretacea*, *A. spi-*

nulosus 등이 산출됨에 따라 이 구간을 백악기 후기로 보았다. *Classopollis-Densosporites* Assemblage Zone (2,280~2,693 m)에서는 *Classopollis classoides*가 집중적으로 산출됨에 따라 퇴적시기를 백악기 전기로 설정하였다. 최하부 층군에서 산출된 *Pinuspollenites-Inaperturopollenites* Assemblages Zone (2,693~2,726.3 m)은 미화석의 산출이 매우 미약하기 때문에 정확한 지질시대를 설정할 수 없었다. 그러나 상부 구간의 지질시대가 백악기 전기이고 최하부 돌로마이트 층군에서 삼척기 후기의 지시종인 *Chordasporis* sp., *Riccilisporites* sp., *Aratrisporites* sp. 등이 산출된다는 기존의 연구자료(Park et al., 1997)를 통하여 이 구간의 퇴적시기를 백악기 전기~삼척기로 해석하였다. 결과적으로 이들의 생층서 연구결과는 한국자원연구소에서 수행한 기존 연구결과(Park et al., 1997; Cheong et al., 1998)들과 대부분 일치하였다.

NPI (2000)에서도 Kachi-1에 대한 생층서 연구가 이루어졌다. 그들은 이 시추공을 크게 4개의 생층서 구간을 설정하였는데, 백악기 전기, 백악기 전기 말~백악기 후기, 백악기 후기, 마이오세 중기이다. 이들 연구 역시 Kachi-1에는 고제3기층이 결층인 것으로 해석하였다. 그러나 1,335 m 혹은 1,445~2,280 m 구간에 대해서는 기존의 연구자료(Lentin and Swan, 1987; Park et al., 1997; Cheong et al., 1998)와 다른 해석을 하였다. 즉, 이 구간에서 중국의 백악기 후기 층에서 널리 알려진 *Schizaeoisporites*와 *Aquilapollenites*가 극소량 산출되는 것을 지적하면서 이 구간을 백악기 후기에 해당한다고 하였다(그림 3). 그러나 상기 두 미화석은 이 구간에서 기존의 연구결과와 그 이후 수행된 연구에서는 전혀 보고가 안 되었다. 따라서 NPI (2000)가 백악기 후기로 설정한 연구결과는 추후에 시료의 재검토가 절실히 요구된다.

이번 연구에서는 시추공의 최상부인 503~613 m 구간(마이오세 중기)은 다양하고 풍부한 초본화분과 포자 화석, *Fupingopollenites minutus*, *Sporotrapollenites erdimanii*, *Graminidites media*, *Magnastriatites granulastriatum* 등이 우점 산출한다. 특히 마이오세 중기 지시종(*F. minutus*, *S. erdimanii*, *M. granulastriatum*) 등은 이 구간이 마이오세 중기에 퇴적되었을 지시한다. 이 구간은 Haema-1의 *Fupingopollenites-Magnastriatites* Assemblage Zone (Yun et al., 2000), *Ceratopteris-Trapa* Assemblage Zone (Park et al., 1997; Cheong

et al., 1998), IIC-1X와 IIIH-1Xa의 *Ceratopteris-Trapa* Assemblage Zone (Park et al., 1997) 등의 화분군집대와 잘 대비된다. 613~1,445 m 구간(백악기 후기)은 백악기 후기 지시종들이 풍부하게 산출되는데, 특히 *Triporoletes cenomanianus*, *T. asper*, *Rugubivesculites rugosus*, *Penetetrapites inconspicuus*, *Aquilapollenites eurypteronus*, *Dilwynites granulatus* 등의 산출이 특징적이다. 이 구간은 Yun et al. (2000)이 제안한 *Aquilapollenites-Penetetrapites* Assemblages Zone에 해당된다. 1,445~2,280 m 구간(백악기 전기)은 Yun et al. (2000)의 *Classopollis-Densosporites* Assemblage Zone에 해당되는 구간이다. 이 구간에서는 백악기 전기시대 지시종인 *Classopollis classoides*가 집중적으로 산출되기 때문에 백악기 전기로 간주한다. 최하부인 2,280~2,693 m 구간(백악기 전기 또는 쥐라기)은 *Pinuspollenites-Inaperturopollenites* Assemblages Zone (Yun et al., 2000)과 대비되며, 미화석의 산출은 극빈하기 때문에 정확한 지질시대를 설정할 수 없다. 그러나 상부 층군이 백악기 전기이고 최하부 돌로마이트 층군에서 삼척기 후기의 지시종인 *Chordasporis* sp., *Riccilisporites* sp., *Aratrisporites* sp. 등의 산출(Park et al., 1997)은 이 구간의 퇴적시기를 백악기 전기~삼척기로 간주할 수 있다(그림 3).

5.2 Haema-1

Haema-1은 다양한 미화석 분석을 통해서 생층서 연구가 수행되었다(Kim et al., 1987; Archibald, 1991; Park et al., 1997; Cheong et al., 1998; NPI, 2000; Yun et al., 2000; SCA, 2002; Yi et al., 2003; KIGAM, 2004; KNOC, 2008). 그러나 지금까지 퇴적연대 설정에 있어서는 생층서 연구자들 간에 견해 차이가 있다. 특히, 심도 약 1,080 m 또는 1,100 m을 기준으로 아래 층군의 퇴적시기는 백악기 후기(NPI, 2000; KIGAM, 2004)와 팔레오세~에오세의 고제3기(Kim et al., 1987; Archibald, 1991; Park et al., 1997; Cheong et al., 1998; Yun et al., 2000; SCA, 2002; Yi et al., 2003; KNOC, 2008)의 견해 차이를 나타내고 있다(그림 4).

Archibald (1991)에 의해 Haema-1은 처음으로 생층서 연구가 수행되었다. 그는 화분·포자 미화석의 산출근거로 백악기 기반암(2,541~2,480 m) 위에 화산암(2,228~2,076 m)이 존재하고 그 상위에는 신

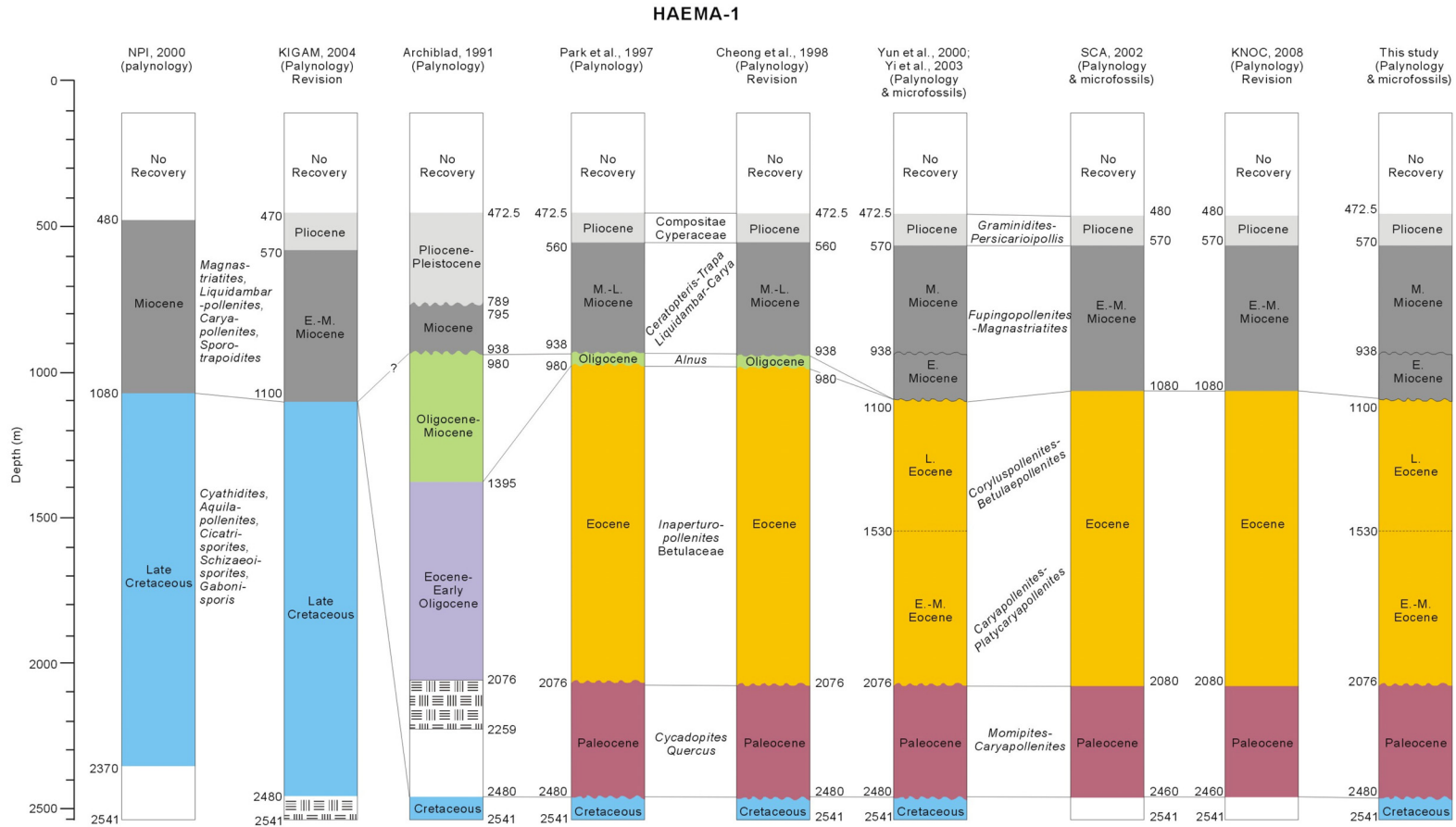


Fig. 4. Comparison of palynostratigraphic interpretations in Haema-1. Pollen assemblage zones are shown right side of some previous studies of Park *et al.* (1997), Cheong *et al.* (1998), Yun *et al.* (2000), and Yi *et al.* (2003).

생대 지층이 피복한다고 보고하였다. 신생대 지층에는 올리고세 전기~에오세 지층(2,076~1,395 m)과 올리고세~마이오세 지층(1,395~980 m)이 놓이고, 상부에는 마이오세 지층(938~795 m)과 최상부에는 플라이오세~플라이스토세 지층(789~472.5 m)이 순차적인 층후를 이루고 있다고 하였다. 그 이후 KIGAM (1992)와 Cheong *et al.* (1998)는 화분·포자 미화석 분석 자료를 재해석 하면서 총 5개의 화분 군집대를 설정하였다. 즉, 백악기 기반암 위에 *Cycadopites-Quercus* Assemblage Zone (2,480~2,228 m)의 팔레오세 지층, *Inapetropollenites-Betulaceae* Assemblage Zone (2,076~980 m)의 에오세 지층 그리고 *Alnus* Assemblage Zone (980~938 m)의 올리고세 층으로 하는 고제3기 지층이 놓인다고 하였다. 상부에는 신제3기인 Gramineae, *Ceratopteris-Trapa*, *Liquidambar-Carya* Assemblage Zone (938~560 m)의 마이오세 중기 지층과 *Compositae*, *Persicaria* Assemblage Zone (560~472.5 m)의 플라이오세 지층이 쌓였다고 해석하였다.

한편 Yun *et al.* (2000), Yi *et al.* (2003)은 동일한 시추공에서 총 67개의 시료로부터 화분·포자미화석을 형태적으로 동정과 분류하여 이들의 군집특성과 시대 지시중(그림 2)을 기반으로 총 5개의 생층서대를 설정한 뒤 구간별 지질시대를 설정 하였다. *Graminidites-Persicarioipollis* Assemblage Zone (480~570 m)구간은 초본화분이 우점 산출되는 구간으로 플라이오세까지만 생존하였던(LAD: Pliocene) *Graminidites media*, *Persicarioipollis minor*의 초본화분과 *Quercoidites microhenrici*의 목본화분이 산출됨을 근거로 플라이오세로 설정하였다. 또한 *Fupigopollenites-Magnastriatites* Assemblage Zone (570~1,020 m) 구간은 *Fupingopollenites minutus*, *Persicarioipollis minor*, *Ulmipollenites undulosus*, *Weiglapollis magnispinosus*, *Inapetropollenites* spp., *Magnastriatites granulastriatum* 등의 우점 산출과 특히 아시아 지역에서 마이오세 중기까지만 생존했던(LAD: Middle Miocene) 화분·포자인 *F. minutus*, *M. granulastriatum*, *W. magnispinosus*가 산출되는 것을 인지하고 퇴적 시기를 마이오세 전기~중기로 설정하였다. *Coryluspollenites-Betulaepollenites* Assemblage Zone (1,080~1,530 m) 구간에서는 대체적으로 오랜 지질시대를 생존하였던 화분(*Betulaepollenites claripites*, *Coryluspollenites constatus*, *Quercoidites microhenrici*, *Ulmipollenites undulosus*, *Pinuspollenites*

spp., *Ephedripites* spp.) 들이 우점으로 산출하였다. 그러나 첫 출현시기가 올리고세 후기(FAD: Late Oligocene)인 *Graminidites media*가 990 m부터 산출함에 따라 이 심도아래의 구간은 적어도 후기 올리고세 보다는 오래 되었고, 1,560~2,040 m 구간이 에오세 전기~중기에 해당하므로 그 상위 구간인 1,080~1,530 m 구간은 에오세 후기에 해당한다고 하였다. 또한 이 구간에서는 백악기 전기시대 화분·포자인 *Classopollis classoides*, *Cyathidites minor*, *C. major*, *Leptolepidites ?tenuis*와 담수조류인 *Savitrinia miocenica* 등이 재동되어 산출된다고 하였다. Kim *et al.* (1987) 역시 1,220~1,490 m 구간에서 재동된 다량의 백악기 후기 종인 *Feistella anluensis*, *Mesochara* 등의 윤조 화석이 산출된다고 보고하였다. 또한 그들은 일부구간(1,075~1,530 m)에서도 *Cypridea* (*C. cavernosa*, *Cypridea* (*C. gigantea* 등의 재동된 백악기 후기 개형층 화석을 발견하였다. 따라서 이 구간은 Yun *et al.* (2000), Yi *et al.* (2003)과 Kim *et al.* (1987)들의 생층서에 대한 연구가 서로 일치한다. *Caryapollenites-Platycaryapollenites* Assemblage Zone (1,560~2,040 m) 구간은 첫 출현시기가 에오세 전기(FAD: Early Eocene)인 *Plicatopollis plicata* 화분이 1,980 m부터 산출한다. 그리고 에오세 중기까지만 생존했던(LAD: Middle Eocene) *Caryapollenites veripites*, *C. imparillis* 화분 종들이 이 구간에서만 산출되었다. 따라서 이 구간의 퇴적 시기는 에오세 전기~중기로 설정되었다. *Momipites-Caryapollenites* Assemblage Zone (2,080~2,460 m)구간에서는 *Momipites leffingwellis*가 2,260 m까지 산출하며, 팔레오세를 지시하는 *Momipites wyomingensis*가 우점으로 산출하는 것을 근거로 이 구간의 퇴적시기를 팔레오세로 설정하였다. 이 구간에서는 백악기 후기 화분·포자인 *Aquilapollenites spinulosus*, *A. reticulatus*, *Dilwynites granulatus*, *Azolla cretacea*, *Cyathidites minor*, *Deltoidospora* sp., *Leptolepidites ?tenuis*, *Triporoletes cenomanianus*, 담수조류인 *Botryococcus braunii*, *Lecaniella triplidiscuus*, *Pediastrum simplex*, *Savitrinia miocenica* 등도 함께 산출되었으나 모두 재동된 종들로 간주되었다. 2,480~2,541 m 구간은 화강암 기반암으로 K-Ar 연대측정에 의하면 88.796±2.601 Ma로 백악기 후기(Coniacian)에 해당한다고 하였다.

NPI (2000)는 Haema-1 공의 퇴적시기에 대하여

기존의 생층서 결과와는 다른 해석을 하였다. 이들은 이 시추공의 480~2,460 m 구간에서 84개의 시료 중 39개 시료에서 화분·포자 미화석을 동정하고 군집 조성의 변화를 이용하여 크게 2개의 군집을 설정하였다. Assemblage 1 (480~1,080 m) 구간에서는 마이오세에 번성했던 양치식물인 *Magnastriatites*, 목본화분인 *Liquidambarpollenites*, *Fupingopollenites*, *Caryapollenites*, *Juglanspollenites*, *Quercoidites*, 초본화분인 *Sporotrapoidites erdtmanii* 등의 산출과 소수의 초본화분의 군집특성이 마이오세를 지시한다고 하였다. Assemblage 2 (1,200~2,370 m) 구간은 양치식물인 *Cyathidites* 포자가 현저하게 급증하지만 피자식물 화분은 매우 저조하게 산출하는 특징을 나타낸다고 보고하였다. 특히 *Aquilapollenites* 화분은 본래 시대의 화석으로 판단하였고, 고제3기종으로 잘 알려진 화분화석인 *Momipites*, *Ostryoipollenites*, *Caryapollenites*는 시추할 때 이수(drilling mud)를 통하여 외부로부터 혼입되었을 가능성이 높다고 해석하였다. 따라서 이 군집의 우점종인 *Cyathidites*는 주로 중생대에서 신생대 초기에 산출하며, 백악기 또는 백악기 후기 종인 *Cicatricosisporites*, *Schizaeoisporites*, *Gabonispors* 등의 포자와 *Aquilapollenites*의 화분이 산출된다고 확인하였다. 이 구간에서 쥐라기~백악기 전기 지시종인 *Classopollis*는 산출되지 않는다. 그러므로 이 구간은 백악기 후기로 보는 것이 타당하며 혼입 군집은 1,890~2,040 m 구간으로부터 오염(contamination)된 것으로 해석하였다.

그러나 이수에 의한 혼입가능성의 해석은 받아들이기가 매우 어렵다. 그 이유는 동일한 이수를 사용했다면 이런 현상이 전 구간에서 발견되어야 하고 다른 시추공에서도 역시 인지되어야 하기 때문이다. 이와 함께, 고제3기종인 *Momipites*, *Ostryoipollenites*, *Caryapollenites*는 중국내륙, 황해 그리고 동중국해의 고제3기 퇴적층에서 산출하는 것으로 보고되고 있다(Song *et al.*, 1981, 1985, 1986; Hu and Wang, 1985; Li, 1989; Wang *et al.*, 1990; Hu and Sarjeant, 1992). 그러므로 이들 지시종들의 산출이 이수에 의한 혼입으로만 해석하는 것은 기존 중국 연구결과와 전면 대치된다. 결과적으로 이 논문에서는 NPI (2000)의 이수에 의한 혼입의 해석에 동의할 수 없다.

KIGAM (2004)에서는 국내대륙붕 제2광구 석유 탐사 유망성 연구를 위해 군산분지(남황해북부분

지)의 시추공 5개에 대한 기존 생층서 자료를 검토하였다. 이들의 재검토 자료의 가장 큰 차이점은 백악기 후기와 신제3기 경계심도이다(그림 4). 즉 1,100~2,480 m 구간은 백악기 후기 종인 윤조 화석 *Feistiella* (= *Prochara*) *anluensis*가 다량으로 산출하는 것을 인지하였다. 이 종은 중국 Yunnan의 상부 백악기 지층에서 산출되고 유럽과 남미에서도 동일시대 지층에서 산출되고 있다. 또한 *Mesochara*도 백악기를 지시하는 표준화석인데 이 구간에서 산출되었다. 또한 개형충 화석 중, 백악기 후기를 지시하는 *Cypridea* (*Cypridea*) *aff. cavemosa*, *Cypridea* (*Cypridea*) *cf. gigantea*, *Metacypris* spp. 등이 비교적 풍부하게 산출되는 점을 밝히면서 이 구간을 백악기 후기로 설정하였다. 그 외에 다른 퇴적구간은 기존 생층서 연구결과와 서로 일치하는 것으로 해석을 하였다.

이 논문에서는 시추공의 최상부 구간(472.5~570 m, 플라이오세)의 지층연대는 초본화분인 *Graminidites media*, *Persicarioipollis minor*가 우점 산출하는데, 특히 시대 지시종 *G. media* (플라이오세 후기)의 연속적인 산출이 이 구간의 연대를 잘 지시한다. 이 구간은 기존의 생층서 연구, *Graminidites-Persicarioipollis* Assemblage Zone (Yun *et al.*, 2000; Yi *et al.*, 2003), *Compositae-Cyperaceae* Assemblage Zone (Park *et al.*, 1997)와 잘 일치한다. 570~1100 m 구간(마이오세 전기~중기) 역시 초본화분이 우점으로 산출하지만 일부 목본화분(*Ulmipollenites undulosus*, *Inaperturolenites* spp.)도 비교적 풍부하게 산출된다. 특히, 아시아 지역의 마이오세 중기의 지시종인 *Fupingopollenites minutus*, *Magnastriates granulastriatus*, *Weiglapollis magnispinosus* (그림 2)가 산출되는 것은 퇴적 시기가 마이오세 전기~중기임을 지시하는 것으로 볼 수 있다. 1,100~1,530 m 구간(에오세 후기)은 Yun *et al.* (2000)과 Yi *et al.* (2003)이 제안한 *Coryluspollenites-Betulaepollenites* Assemblage Zone (1,100~1,530 m)에 해당한다. 이 구간에서는 오랜 지질시대동안 생존했던 목본화분, *Coryluspollenites constatus*, *Betulaepollenites claripites*, *Quercoidites microhenrici*, *Ulmipollenites undulosus*, *Pinuspollenites* spp., *Ephedripites* spp.들이 우점 산출하여 지층연대를 설정하는데 어려움이 있다. 그러나 층서-고생물학적인 관점에서 볼 때, 첫 출현시기가 올리고세 후기인 *Graminidites media*가 990 m부터 산출하는 것은 이 심도아래의 구간은 적어도 올리

고세 후기보다는 오래 되었고, 1,530~2,040m 구간이 에오세 전기~중기에 해당하므로 그 상위 구간인 1,100~1,530 m 구간은 에오세 후기에 해당하는 것으로 해석되어야 한다. 1,530~2,076 m구간(에오세 전기~중기)에서는 Yun *et al.* (2000)의 *Caryapollenites-Platycaryapollenites* Assemblage Zone과 대비된다. 이 구간에서는 에오세 전기의 지시종인 *Plicatopollis plicata* 화분이 1,980 m부터 산출한다. 또한 에오세 중기의 지시종 *Caryapollenites veripites*, *C. imparillis* 화분들이 이 구간에서만 산출되는 것으로 보아 퇴적시기는 에오세 전기~중기로 해당되는 것으로 해석된다. 2,076~2,460 m구간(팔레오세)은 *Cycadopites-Quercus* Assemblage Zone (Park *et al.*, 1997), *Momipites-Caryapollenites* Assemblage Zone (Yun *et al.*, 2000) 과 잘 대비 된다. 이 구간에서는 전 세계적으로 팔레오세 시대 지시종으로 이용되는 *Momipites wyomingensis*의 우점 산출과 팔레오세 전기 지시종 *Momipites leffingwellis*가 2,260 m까지 산출되는 것으로 이 구간의 퇴적시기는 팔레오세에 해당하는 것으로 간주된다. 2,480~2,541 m 구간은 화강암 기반암으로 K-Ar 연대측정에 의하면 88.796 ± 2.601 Ma로 백악기 후기 (Coniacian)에 해당한다(Park *et al.*, 1997).

5.3 IIIH-1Xa

IIIH-1Xa에 대한 생층서의 결과는 아직까지 연구자들 간에 의견이 차이가 존재한다(그림 5).

Park *et al.* (1997)는 석회질 미화석(개형충, 운조, 복족류, 유공충)과 유기질 미화석인 화분·포자의 분석 자료를 이용하여 생층서 연구를 하였다. 석회질 미화석은 137개 중 20개의 시료에서만 화석이 산출되었다. 반면 화분·포자 미화석은 84개의 시료로부터 총 115종의 화분·포자 화석을 동정되었고, 이들의 군집조성비 변화를 이용하여 총 8개의 화석분대를 아래와 같이 구분하였다.

Assemblage I (259~460 m)에서는 *Graminidites media* (= Gramineae), *Persicarioipollis* sp. (= *Persicaria*), *Compositae*, *Artemisia* 등이 주요 화분 종이며 *Cyperaceae*, *Cheonopodipollis* sp. (= *Chenopodiaceae*) 등이 20% 이상의 다양한 초본화분이 우점으로 산출되는 것으로 보아 이 구간의 지질시대는 플라이오세라고 설정하였다. Assemblage II (478~716 m)는 *Liquidambarpollenites* (= *Liquidambar*)-*Caryapollenites* (= *Carya*), *Magnastriatites*

(= *Ceratopteris*)-*Faguspollenites* (= *Fagus*), *Sporotrapoidites* (= *Trapa*) 등의 산출에 근거하여 마이오세 중기로 설정하였다. Assemblage III (735~808 m)는 초본화분이 감소하고 *Magnastriatites granulastriatum* (= *Ceratopteris*)의 지속적인 산출, 목본화분인 *Betulaepollenites claripites* (= *Betula*), *Pinus* sp. (= *Pinus*)의 번성 등을 근거로 마이오세 전기에 해당된다고 하였다. Assemblage IV (826~1446 m)의 구간은 *Magnastriatites granulastriatum* (= *Ceratopteris*), *Sporotrapoidites erdtmanii* (= *Trapa*) 같은 신제3기의 종들이 더 이상 산출되지 않고, 나자식물의 화분이 크게 증가하는 특징을 나타냈다. 또한 다양한 양치식물과 담수조류가 산출되며, *Inaperturopollenites dubius*, *I. hiatus*, *Cycadopites*, *Ephedripites* spp., *Momipites* spp., *Myricaepollenites* sp. (= *Myrica*), *Cyrrillaceaeipollenites* sp. 등이 주요 목본화분 종으로 산출되었다. 이런 군집특성에 따라 이 구간의 지질시대는 에오세라고 설정하였다. 그러나 하부 구간은 시료가 없고 극소량의 백악기 후기를 지시하는 개형충 화석이 산출되었으나 일부 구간에 집중되었다. 따라서 이런 양상은 재동가능성 높아 하한의 시대는 결정하기 어렵다고 하였다. Assemblage V (1,438~2,522 m)는 시료 당 화석 산출이 10개체 미만으로 매우 적고, 1,774~1,552 m 구간에서는 시료가 가용치 않아서 기존 자료(Chun *et al.*, 1984)에서 *Betulaepollenites claripites* (= *Betulaceae*) 화분이 주로 관찰되는 특징에 근거하여 지질시대를 팔레오세-에오세로 간주하였다. Assemblage VI (2,559~2,815 m)에서는 *Inaperturopollenites* spp., *Ephedripites* sp., 소량의 신생대 화분인 *Caryapollenites simplex* (= *Carya*), *Engelhardtiaepollenites* sp. (= *Engelhardtia*)의 산출로 보아 이 군집대의 시기를 팔레오세로 설정하였다. 그러나 초기 중생대인 삼첩기~백악기 말까지 번성했던 나자식물인 *Classopollis classoides*가 우점으로 산출된다. 그렇지만 이는 젊은 퇴적층에 재 퇴적에 의해 빈번히 산출되기 때문에 층서 해석에 어려움이 있음을 언급하였다. Assemblage VII (2,850~3,144 m)에서는 백악기 후기를 지시하는 대형포자 화석인 *Azolla cretacea*가 처음으로 출현과 함께 다양한 양치식물 포자, 나자식물 화석(*Inaperturopollenites*, *Classopollis*, *Ephedripites*) 및 소량의 피자식물이 특징적으로 나타났다. Kim *et al.* (1987)의 백악기 후기 운조 화석인 *Mesochara*, *Porochara*, *Clavata* 등에 근거하여 이 군집대의 지질시대를 백악기 후기로 설정하

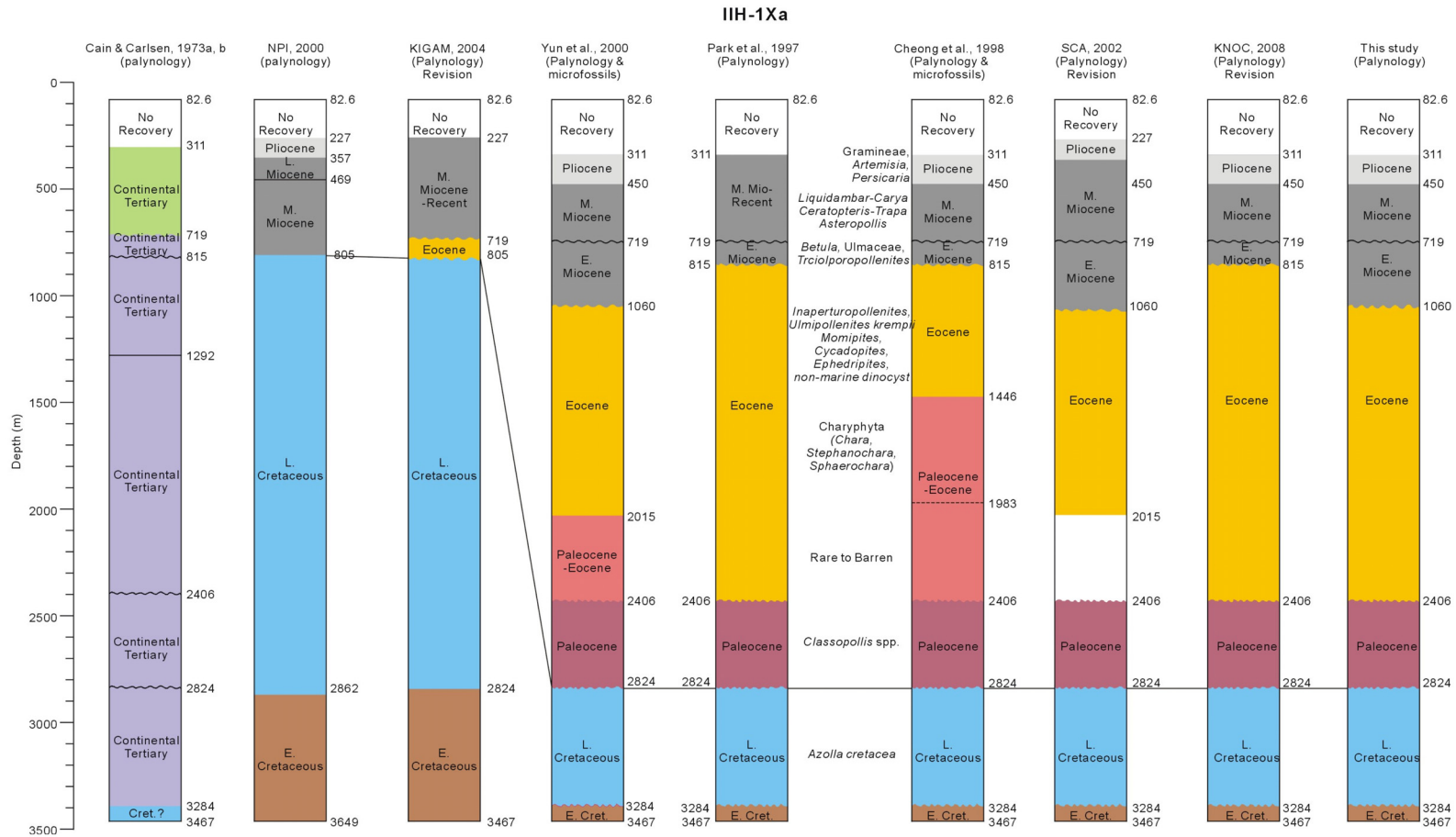


Fig. 5. Comparison of palynostratigraphic interpretations in IIH-1Xa. Pollen assemblage zones suggested by Cheong et al. (1998) are shown.

였다. Assemblage VIII (3,181~3,400 m)에서는 화석이 산출되지 않아서 지질시대를 설정할 수 없었다.

한편 Yun *et al.* (2000)는 IIIH-1Xa 공으로부터 다양한 층서 연구 위해 총 100개의 시료를 분석한 결과 해성 와편모류 6속 8종, 윤조 화석 4속 7종을 각각 동정 분류하였다. 그리고 육성 유기질 미화석인 화분·포자 화석은 일부 구간(719~1,080 m)만을 분석하고, 나머지 구간은 기존 연구자료(Park *et al.*, 1997; Cheong *et al.*, 1998)를 분석하여 재해석 하였다. 개형층과 윤조 화석 결과도 기존의 자료(Kim *et al.*, 1987)를 재해석 하였다. 이들이 재해석한 군집대 특성과 시대설정은 아래와 같다.

Graminidites-Persicarioipollis Assemblage Zone (227~274 m)은 플라이오세까지만 생존했던(LAD: Pliocene) 초본화분인 *Graminidites media*, *Persicarioipollis minor*의 지속적인 산출과 하부 경계에서 마이오세 지시종인 *Tiliaepollenites microreticulatus* (= *Tilia*)가 절멸하는 특징을 근거로 이 군집대의 지질시대를 플라이오세로 설정하였다. *Fupingopollenites-Magnastriatites* Assemblage Zone (274~719 m)는 마이오세 중기부터 출현(FAD: Middle Miocene)하는 *Ilexapollenites iliacus*, *Symplacosoipollenites vestibulum*이 478 m부터 산출하는 것과 마이오세까지 생존하는(LAD: Miocene) *Tiliaepollenites microreticulatus* (= *Tilia*)가 지속적으로 산출하는 점, 또한 마이오세 중기에 가장 번성했던 *Magnastriatites granulastriatites*의 꾸준한 산출 근거로 퇴적 시기를 마이오세 중기라고 설정하였다. *Magnastriatites-Fupingopollenites* Assemblage Zone (719~1,080 m)은 마이오세 전기에 첫 출현(FAD: Early Miocene)하는 *Magnastriatites granulastriatites*가 이 구간부터 산출하고, 아시아지역에서 마이오세 전기에 출현하여 마이오세 중기에 가장 번성했던 물고사리 포자의 산출 근거로 이 군집대의 퇴적시기를 마이오세 전기로 설정하였다. 한편 1,080~2,015 m 구간에서는 에오세를 지시하는 *Momipites coryloides*, *Ullmpollenites krempii*, *Cyrrillaceoipollenites* sp.가 산출되어 이 구간의 시기를 에오세로 해석하였다. 또한 한편으로 Kim *et al.* (1987)의 연구결과를 인용하여 에오세 전기부터 출현하는 윤조 화석인 *Stephanochara*, *Chara* cf. *cylindrica* (에오세 후기~올리고세 전기)가 산출되고, 개형층 화석인 백악기 후기 종의 *Cypridea* (*Cypridea*) *cavernosa*, *Cypridea* (*Cypridea*) *gigantea*

등은 재동 되었음을 언급하였다. 층서-고생물학의 원리에 의하면, 서로 다른 지질시대의 화석들이 함께 산출될 경우에는 오래된 시대의 화석은 재동된 것으로 해석한다. 따라서 백악기 후기의 종들은 재동된 것으로 해석해야 하는 것이 바람직하다. 2,015~2,406 m (에오세~팔레오세) 구간에서는 화분·포자 미화석이 산출되지 않아 정확한 지질시대를 결정하지 못했으나, 상하구간의 지질시대를 고려했을 때, 이 구간은 에오세~팔레오세에 해당한다고 해석하였다. 2,406~2,824 m (팔레오세) 구간에서는 화분·포자 미화석이 소량으로 산출은 되었으나 신생대종인 *Caryapollenites simplex* (= *Carya*), *Engelhardtiaepollenites* sp. (= *Engelhardtia*) 화분이 산출됨에 따라 이 구간의 퇴적시기를 팔레오세로 보았다. 최하부인 2,824~3,467 m 구간에서는 백악기 후기를 지시하는 윤조 화석 *Mesochara* sp., *Porochara arguta* (?), *Clavator* (?) sp. 등의 산출근거로 이 구간을 백악기 후기에 속하는 것으로 해석하였다.

NPI (2000) 역시 IIIH-1Xa의 106개 시료에서 화분·포자를 분석하여 7개의 층서구간을 설정한 후 각 구간의 지질시대를 해석하였다. 최상부 227~357 m은 플라이오세, 387~469 m은 마이오세 후기, 497~802 m은 마이오세 중기로 각각 설정하였다. 그렇지만 841~2,007 m 구간과 2,124~2,493 m 구간은 화석산출이 매우 낮아서 시대를 추정하지 못했다. 2,036~2,097 m 구간은 백악기 후기, 2,522~2,920 m 구간은 쥐라기~? 백악기로 각각 설정하였다. 이들 역시 화분·포자 미화석의 산출이 불량한 하부 구간은 기존의 윤조 화석 결과를 이용하여 추정하였다. 즉 805~2,740 m 구간은 백악기 후기, 2,862~3,449 m 구간은 백악기 전기의 중기~말기로 각각 해석하였다.

이 논문에서는 시추공의 최상부인 311~450 m 구간(플라이오세)은 초본화분인 *Graminidites media*, *Persicarioipollis minor*, *Compositae*, *Artemisia*, *Cyperaceae*, *Cheonopodiipollis* sp. 등이 20% 이상의 산출비로 우점 산출하는 특징을 나타낸다. 특히, 플라이오세 지시종인 *G. media*와 플라이스토세 전기 지시종인 *Persicarioipollis minor*가 풍부하고 지속적으로 산출되는 것은 이 구간이 플라이오세 동안 퇴적되었음을 지시한다. 이 구간은 Haema-1의 *Graminidites-Persicarioipollis* Assemblage Zone (Yun *et al.*, 2000)와 IIC-1X의 *Cyperaceae-Gramineae-Artemisia* Assemblage Zone (Park *et al.*, 1997, Cheong *et al.*, 1998)들이 지시하는 플라이오

세의 화분군집대와 잘 대비가 된다. 450~719 m 구간(마이오세 중기)은 Park *et al.* (1997)과 Cheong *et al.* (1998)의 *Liquidambar-Carya, Ceratopteris-Trapa, Ulmaceae-Fagaceae* Assemblage Zone 그리고 Yun *et al.* (2000)가 제안한 *Fupingopollenites-Magnastriatites* Assemblage Zone (274~719 m)에 해당한다. 이 구간의 화분특징은 마이오세 중기부터 출현하는 *Ilexapollenites iliacus*, *Symplacosipollenites vestibulum* 등이 478 m부터 산출하는 것과, 마이오세 중기에 가장 번성한 후 절멸했던 *Magnastriatites granulastriatus*의 꾸준한 산출로 퇴적시기가 마이오세 중기임을 지시한다. 719~1,060 m 구간(마이오세 전기)는 아시아 지역에서 첫 출현시기가 마이오세 전기인 물고사리 포자 *Magnastriatites granulastriatus*가 이 구간부터 산출함에 따라 이 구간의 퇴적시기는 마이오세 전기이다. 이 구간의 IIC-1X의 Park *et al.* (1997)이 제안한 *Maganstriatites* (= *Ceratopteris*)-*Cheonopodipollis* (= *Chenopodium*)의 화분군집대와 잘 대비된다. 한편 1,060~2,406 m 구간에서는 에오세를 지시하는 *Momipites coryloides*, *Ulmipollenites krempii*, *Cyrrillaceoipollenites* sp. 등이 산출되는 것으로 보아 이 구간의 시기는 에오세인 것으로 간주된다. 2,406~2,824 m 구간은(팔레오세) 구간에서는 화분·포자가 극소량으로 산출되었으나 신생대종인 *Caryapollenites simplex* (= *Carya*), *Engelhardtiaepollenites* sp. (= *Engelhardtia*) 화분이 산출함으로써 팔레오세로 해석하였다. 최하부인 2,824~3,467 m 구간에서는 백악기 후기를 지시하는 윤조 화석 *Mesochara* sp., *Porochara arguta* (?), *Clavator* (?) sp. 등의 산출 근거로 백악기 후기에 속하는 것으로 간주한다.

5.4 IIC-1X

이 시추공에 대한 생층서 연구는 지금까지 수차례에 걸쳐 수행되었다(Cain and Carlsen 1973a; Kim *et al.*, 1987; Park *et al.*, 1997; Cheong *et al.*, 1998; SCA, 2002; KIGAM, 2004). Cain and Carlsen (1973a)은 처음으로 화분·포자 미화석을 이용하여 총 4개의 층서구간을 구분하였으며 상부 610~229 m(플라이오세~플라이스토세)구간을 제외하고 모두 제 3기에 퇴적된 것으로 해석하였다(그림 6). Kim *et al.* (1987)에서도 IIC-1X에 대한 생층서 연구를 수행하였으나, 전체 구간에 미화석의 보존이 매우 불량하고 산출도 매우 저조한 것으로만 보고하였다.

그 이후 Cheong *et al.* (1998)에 의해 IIC-1X에 대한 생층서 연구가 본격적으로 수행되었다. 그들은 해양성(개형층) 및 담수성(윤조) 미화석연구를 시도 하였으나 발견하지는 못하고, 화분·포자 미화석만이 산출되어 이를 기준으로 생층서 연구를 하였다. 이 시추공의 전 구간(229~2,017 m)에서 총 74종의 화분·포자 미화석을 동정 분류하였고, 이들 군집 조성의 변화와 구성비를 이용하여 5개의 군집대를 설정하였다. Assemblage I (상부 229~375 m)는 초본화분이 40%를 차지하고, 특히 *Graminidites media* (= *Gramineae*), *Cyperaceae*, *Artemisia* 등이 특징적으로 산출한다고 보고했다. 이는 초본화분과 포자화석군의 비율이 20%를 상회하는 한반도 주변의 플라이오세 기저부의 특징과 대비됨으로써, 이 구간의 퇴적시기를 플라이오세에 해당되는 것으로 해석하였다. Assemblage II (375~610 m)는 *Liquidambarpollenites* (= *Liquidambar*)-*Caryapollenites* (= *Carya*), *Magnastriatites* (= *Ceratopteris*)-*Sporotrapoidites* (= *Trapa*) 등이 우점으로 산출된다고 보고 하였다. 이들 군집 조성은 동북아시아의 마이오세 중기 화분·포자 화석군집에 대비되어, 이 구간의 퇴적시기를 마이오세 중기로 설정하였다. 또한 이 군집과 상부 군집(플라이오세) 사이에 미화석 산출이 극히 미약하여 마이오세 후기가 결층 되었을 것으로 간주하였다. Assemblage III (610~625 m)의 특징은 마이오세 중기 군집의 주요 화분들은 급감하지만 *Cheonopodipollis* sp. (= *Cheonopodium*)의 독특한 산출양상과 마이오세 지시종인 *Sporotrapoidites erdtimani* (= *Trapa*) 화분, *Magnastriatites granulastriatus* (= *Ceratopteris*) 포자가 꾸준히 산출되는 것이다. 이런 군집 조성 변화의 특징은 이 구간의 퇴적시기가 마이오세 전기임을 지시한다. Assemblage IV (625~1,526 m)은 주로 적색의 퇴적암으로 구성되어 전체적으로 화석 산출이 빈약하나, 구간 내에 협재된 비적색 퇴적암에서 화분·포자가 양호하게 산출되었다. 산출된 화분·포자 군집 조성을 보면 초본 화분은 거의 산출되지 않고, 목본화분인 *Betulaepollenites* sp. (= *Betula*-type), *Salixipollenites* sp. (= *Salix*), *Inaperturopollenites dubius*, *I. hiatus* (= *Taxodiaceae*) 등이 주요 종들이다. 그 외에도 *Platycaryapollenites platycaryoides* (= *Platycarya*), *Engelhardtiaepollenites* sp. (= *Engelhardtia*), *Ahnipollenites verse*, *Ulmipollenites tricostatus*, *Cornipollenites* sp. (= *Cornus*) 등의 새로

IIC-1X

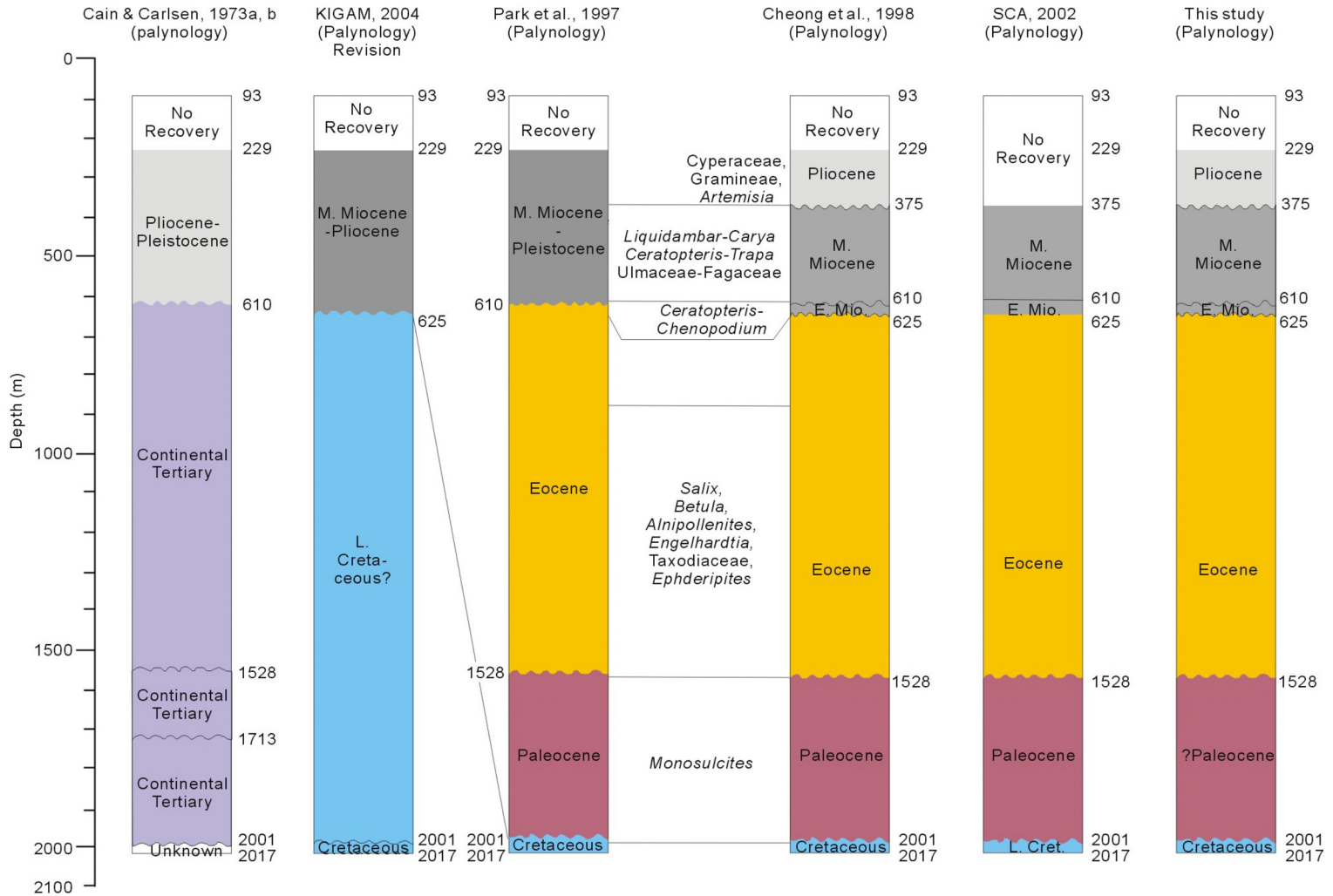


Fig. 6. Comparison of palynostratigraphic interpretations in IIC-1X Well. Pollen assemblages suggested by Cheong et al. (1998) are given.

운 목본화분이 출현하며, 아열대 건조기후를 지시하는 *Ephedripites* spp. 의 지속적인 산출 등을 근거로 이 시기를 에오세로 설정하였다. 또한 상부 근집조성과의 현저한 식물상 차이를 인지하면서 양 근집대 사이에 큰 시간적 공백이 존재하는 것으로 추정하였다. Assemblage V (1,526~2,001 m)에서는 거의 적색암으로 구성되어 미화석 산출이 매우 저조하지만 *Classopollis classoides*, *Monosulcites* sp. 등의 화분이 지속적으로 산출되는 점으로 보아, 이 시기를 팔레오세로 해석하였다.

이 논문에서는 시추공의 최상부 구간(229~375 m, 플라이오세)은 Cheong *et al.* (1998)가 제안한 Assemblage I에 해당하는 구간이다. 초본화분인 *Graminidites media* (= Gramineae), *Cyperaceae*, *Artemisia* 등이 특징적으로 산출되는데, 특히 시대 지시종인 *G. media* (플라이오세 후기)의 연속적인 산출이 이 구간의 연대를 잘 지시한다. 또한 Haema-1의 플라이오세 후기 화분 근집대인 *Graminidites-Persicarioipollis* Assemblage Zone (Yun *et al.*, 2000)과도 잘 대비가 된다. 375~610 m 구간 (마이오세 중기)은 Cheong *et al.* (1998)의 Assemblage II와 대비된다. 이 구간에서는 화분 중 *Liquidambarpollenites minutus* (= *Liquidambar*), *Caryapollenites simplex* (= *Carya*), *Magnastriatites granulastriatum* (= *Ceratopteris*), *Sporotrapoidites erdtmanii* (= *Trapa*) 등이 우점 산출되는데, 특히 올리고세 전기~마이오세 중기 지시종인 *S. erdtmanii*의 연속적인 산출은 이 구간이 마이오세 중기임을 지시하는 것으로 해석된다. 그리고 이 근집과 상부 근집(플라이오세) 사이에 미화석 산출이 극히 미약하여 마이오세 후기가 결충 되었을 것으로 여겨진다. 610~625 m 구간(마이오세 전기)은 Cheong *et al.* (1998)가 제안한 Assemblage III의 화분근집대에 해당되며, 마이오세 중기의 주요 화분근집들이 급감하며 *Chenopodipollis* sp. (= *Cheonopodium*)의 독특한 산출양상과 마이오세 전기~중기 지시종인 *M. granulastriatum* (= *Ceratopteris*) 포자가 꾸준히 산출되는 것이다. 이런 근집조성변화의 특징은 이 구간의 퇴적 시기가 마이오세 전기임을 지시한다. 또한 이 구간은 Haema-1의 *Fupingopollenites-Magnastriatites* Assemblage Zone (Yun *et al.*, 2000)과도 잘 대비된다. 625~1,526 m (에오세)구간은 주로 적색 퇴적암인 관계로 화석 산출이 빈약하다. 그러나 구간 내 일부 협재된 비적색의 퇴적암에서 화분과 포자가 양호하게

산출된다. 산출되는 화분은 *Betulaepollenites* sp. (= *Betula*-type), *Salixipollenites* sp. (= *Salix*), *Inaperturopollenites dubius*, *I. hiatus* (= Taxodiaceae) 등이 주요 종들이다. 그 외에도 *Platycaryapollenites platycaryoides* (= *Platycarya*), *Engelhardtiaepollenites* sp. (= *Engelhardtia*), *Atripollenites verse*, *Ulmipollenites tricostratus*, *Cornipollenites* sp. (= *Cornus*) 등의 새로운 목본화분이 출현한다. 특히 에오세 후기까지만 생존했던 *U. tricostratus*가 산출되는 것은 퇴적시기가 에오세임을 잘 지시한다. 이 구간은 Haema-1의 에오세 후기의 *Coryluspollenites-Betulaepollenites* (Yun *et al.*, 2000)의 화분근집과도 잘 대비된다. 최하부 구간 1,528~2,001 m (팔레오세)는 Cheong *et al.* (1998)의 Assemblage V에 해당하며, 거의 적색암으로 구성되어 미화석 산출이 매우 저조하다. 기존연구에서는 이 구간에서 *Classopollis classoides*, *Monosulcites* sp. 등의 화분이 지속적으로 산출되는 것을 기반으로 팔레오세로 해석하였다. 그러나 다른 시추공들의 동일 시대구간에서 산출되는 화분·포자 근집상과도 잘 대비되지 않고, 또한 상기 두 화분은 백악기에만 생육하였던 식물로서 이들의 산출근거로 시기를 팔레오세로 해석한 것은 잘 못된 해석이라 할 수 있다. 그리하여 층서학적원리를 기반으로 에오세 후기 지층의 직하에 놓인 최하부 지층은 팔레오세로 간주하는 것이 바람직하다.

5.5 Inga-1

이 시추공 역시 Haema-1과 IIIH-1Xa처럼 그동안 수행된 생층서의 연구결과들이 매우 다른 양상을 보여주고 있다. 더불어 올리고세 지층의 존재 여부도 많은 의견과 해석의 차이를 나타내고 있다(그림 7). Watson *et al.* (1989)는 이 시추공에 대하여 최초로 생층서 연구를 수행하여 화분·포자 미화석분석결과를 기반으로 3개의 구간으로 구분하였다. 즉, 하부로부터 순차적으로 4,104~2,728 m (?백악기~고제3기) 구간, 2,728~917 m (?백악기~고제3기) 구간 그리고 917~506 m (?신제3기) 구간으로 세분하였다.

Yi (1996)과 Yi and Batten (2002)은 화분·포자 미화석을 이용하여 최상부 구간에 대한 생층서 연구를 하였다. 그들은 백악기 후기 말의 시대 지시종과 근집조성비의 변화를 근거로 2개의 화분근집대를 설정하고 각각의 지질시대를 추정하였다. *Aquilapollenites eurypteronus* Assemblage Zone (850~498 m 구간)은

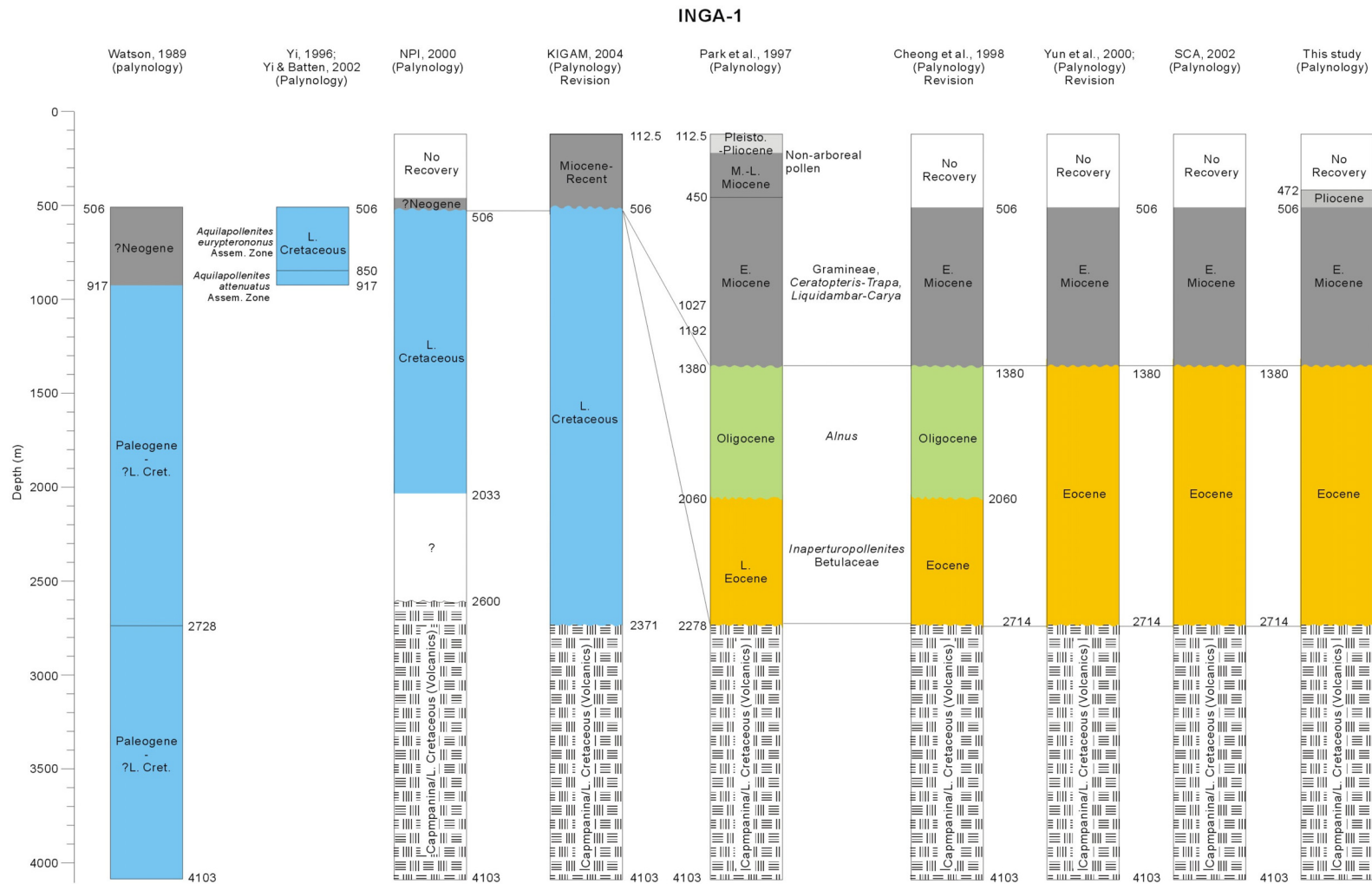


Fig. 7. Comparison of palynostratigraphic interpretations in Inga-1. Pollen assemblage zones of Park *et al.* (1997), Cheong *et al.* (1998), Yi and Batten (2002) are shown.

백악기 후기 말 시대 종인 *Aquilapollenites delicatus*, *A. eurypteronus*, *A. juvenis*, *A. quadrilobus*, *A. stelckii* 등의 화분이 우점 산출하는 것을 근거로 하여 화분 군집대의 시기를 백악기 후기 말(Late Maastrichtian)로 해석하였다. 그 직하인 *Aquilapollenites attenuatus* Assemblage Zone (930~850 m)은 백악기 후기 지표 종인 *Aquilapollenites attenuatus*, *A. quadrilobus*, *A. stelckii* 화분이 우점 산출하는 것으로 보아 백악기 후기(latest Campanian-Early Maastrichtian)로 해석한바 있다.

Cheong *et al.* (1998)는 KIGAM (1992)의 분석 자료를 재해석하여 총 4개의 화분·포자 화석 군집상을 확인하였다. 최하부로부터 순차적으로 기술하면 다음과 같다. 2,728 m은 백악기 화강암층이며, 2,480~2,228 m 구간은 *Cycadopites*, *Quercoidites microhenrici* (= *Quercus*)로 특징되는 팔레오세 층, 2,076~980 m 구간에서는 *Inaperturopollenites*, *Betulaepollenites claripites* (= *Betulaceae*) 등이 특징적으로 산출되는 에오세 층, 980~938 m 구간은 *Alnipollenites verse* (= *Alnus*)에 의한 올리고세 층, 938~560 m 구간은 *Graminidites media* (= *Gramineae*), *Magnastriatites* (= *Ceratopteris*)-*Sporotrapoidites* (= *Trapa*), *Liquidambarpollenites* (= *Liquidambar*)-*Caryapollenites* (= *Carya*) 화분들이 우적으로 산출되는 마이오세 중기, 그리고 최상부 560~472.5 m 구간은 *Compositae*, *Pescarioipollis* (= *Pescaria*) 화분화석이 지시하는 플라이오세 층으로 각 지층에 대한 시대를 판단하였다.

Yun *et al.* (2000)는 1,380~1,817 m 구간만 분석하고 주로 Cheong *et al.* (1998)의 기존 자료를 재해석하였다. 화분·포자 화석에 대한 에오세-플라이오세 퇴적층을 2개의 생층서대로 구분하였다. 506~1,380 m 구간은 풍부하고 다양한 화분·포자 미화석의 산출과 마이오세부터 출현(FAD: Early Miocene)하는 *Sporotrapoidites erdtmanii* (= *Trapa*) 화분화석에 의해 이 구간을 마이오세 전기로 해석하였다. 1,380~2,728 m 구간에서는 상부(1,380~1,817 m)와 하부(2,545~2,591 m)에서만 화분·포자 미화석이 풍부하게 산출하지만 나머지 구간에서는 산출량이 극히 낮다. 이 구간의 하부에서 절멸시기가 에오세 중기(LAD: Middle Eocene)인 *Caryapollenites veripites* (= *Carya veripites*)의 산출을 근거로 퇴적시기를 에오세로 해석하였다. 최하부 구간(2,714~4,103 m)은 화산암 기반

암층으로 기존의 K-Ar 연대 측정결과(Bong *et al.*, 1991; Cheong *et al.*, 1998)를 기초로 하여 백악기 전기 말~백악기 후기(Aptian-Campanian)에 해당된다고 하였다.

NPI (2000)는 총 73개의 시료에서 화분·포자 화석을 분석하여 총 3개의 화분군집대를 설정하였다. 최상부 454 m에서는 몇 개체(*Pinuspollenites*, *Taxodiumpollenites*, *Cupuliferoidaepollenites*)만이 동정되어 잠정적으로 신제3기로 해석되었다. 이외는 반대로 506~2,033 m 구간에서는 비교적 풍부하고 다양한 화분·포자가 산출되었는데, 특히 *Cyathidites*가 우점 산출되며 *Schizaeoisporites*와 대형포자인 *Balmeisporites*, *Ghosispora* 등 백악기 후기 지시종들도 산출되었다. 그리고 비록 산출량은 적지만 피자식물 화분인 *Ulmipollenites minor*, *U. trichostatus*, *U. krempii*, *Arecipites*, *Plicapollenites* 등의 백악기 후기 지표종들이 산출함에 따라 이 구간을 백악기 후기로 해석하였다. 그렇지만 그 하부에 위치하는 1,402~2,033 m 구간에서는 아무런 화석도 산출되지 않아 시대를 결정하지 못했다.

이 논문에서는 시추공의 최상부인 472~506 m 구간(플라이오세)은 초본화분인 *Pescarioipollis minor* (= *Pescaria*), *Compositae* 등이 주요 산출 종으로서, 특히 플라이오세에 번성했던 *P. minor*의 지속적인 산출은 이 구간이 플라이오세 동안 퇴적되었음을 나타낸다. 이 구간은 Haema-1의 *Graminidites-Pescarioipollis*의 플라이오세 화분군집대와도 잘 대비된다. 506~1,380 m 구간(마이오세 전기)에서는 *Graminidites media* (= *Gramineae*), *Liquidambarpollenites minutus* (= *Liquidambar*), *Caryapollenites simplex* (= *Carya*), *Sporotrapoidites erdtmanii* (= *Trapa*), *Pescarioipollis minor*, *Magnastriatite granulastriatius* (= *Ceratopteris*) 등 다양하고 풍부한 화분·포자 미화석의 산출되는 것이 특징이다. 특히 첫 출현시기가 마이오세 전기를 지시하는 *P. minor*, *M. granulastriatius*가 지속적으로 산출하는 것은 이 구간의 시기가 마이오세 전기임을 지시한다. 1,380~2,714 m 구간(에오세)은 일부 구간(1,380~1,817 m, 2,545~2,591 m)에서만 화분·포자 미화석이 풍부하게 산출하고 나머지 구간에서는 산출량이 극히 낮다. 이 구간의 하부에서 에오세 중기의 지시종인 *Caryapollenites veripites* (= *Carya veripites*)가 산출됨으로써 퇴적시기는 에오세임을 지시한다. 또한 이 구간은 Haema-1의 *Caryapollenites-Paltycaryapollenites* Assemblage

Zone (에오세 전기~중기)의 화분군집대와도 우점 종들이 잘 대비된다. NPI (2000)는 506~2,033 m 구간에서 *Cyathidites*가 우점 산출되며 *Schizaeoisporites*, 대형포자인 *Balmeisporites*, *Ghosispora* 등 백악기 후기 지시종들이 산출되는 것으로 보고하였다. 그리고 산출량은 적지만 목본화분인 *Ulmipollenites minor*, *U. trichostatus*, *U. krempii*, *Arecipites*, *Plicapollenites* 등이 산출하기 때문에 백악기 후기로 해석하였다. 그러나 피자식물화분인 *U. trichostatus*, *U. krempii* 등은 에오세 말까지 번성한 후 절멸했던 식물로서 에오세 후기의 지표종이다. 따라서 이들을 기반으로 백악기 후기로 해석하는 것은 재고해야할 부분이다. 최하부 구간(2,714~4,103 m)은 화산암 기반암층으로 기존의 K-Ar 연대측정결과를 기초로 백악기 전기 말~백악기 후기 (Aptian-Campanian)에 해당된다고 하였다(Bong *et al.*, 1991; Cheong *et al.*, 1998).

6. 생층서 대비 및 결론

군산분지(남황해북부분지)로부터 5개의 시추공에서 분석된 생층서 연구는 시추공 간의 층서적 대비 및 퇴적층연대 고찰을 가능하게 하였다(그림 8). 이 논문에서는 층서학적으로 상부에서 하부 순으로 순차적으로 고찰해 보고자 한다.

군산분지(남황해북부분지)에서 최상부 지층은 *Graminidites-Persicarioipollis* Assemblage Zone (Yun *et al.*, 2000; Yi *et al.*, 2003)와 *Gramineae-Cyperaceae-Persicaria* Assemblage Zone (Park *et al.*, 1997; Cheong *et al.*, 1998)에 해당되며, 신생대 말인 플라이오세 동안 퇴적되었다. Haema-1, IIIH-1Xa, IIC-1X, Inga-1 등의 시추공에서 약 100 m 이상의 층준으로 넓게 발달한 것을 볼 수 있다. 그러나 Kachi-1에서는 최상부 구간이 삭박되었거나 무퇴적되어 플라이오세가 결층이다(그림 8). 이들 시추공에서는 마이오세 후기 지층을 확인할 수 없는데, 이것은 군산분지(남황해북부분지) 전체에 이 지층이 존재하지 않는 것인지 아니면 부분적으로 없는 것인지에 대한 정확한 판단은 부가적인 지질학적 증거자료가 요구된다.

플라이오세 지층 아래에는 마이오세 후기 지층은 없고 부정합관계로 마이오세 전기~중기 지층이 쌓여있다. 이 퇴적층은 *Fupingopollenites-Magnastriatites* Assemblage Zone (Yun *et al.*, 2000; Yi *et al.*, 2003),

Ceratopteris-Trapa, Liquidambar-Carya Assemblage Zone (Park *et al.*, 1997; Cheong *et al.*, 1998)에 해당된다. 이 지층은 시추공에 따라 마이오세 전기~중기 지층이 모두 존재하든지(Haema-1, IIIH-1Xa, IIC-1X), 마이오세 전기(Inga-1) 또는 마이오세 중기(Kachi-1) 지층만 존재한다. 이들 퇴적지층의 두께는 최소 약 100 m (Kachi-1)에서 최대 880 m (Inga-1)까지 달한다.

마이오세 지층아래에는 부정합관계로 에오세 지층이 퇴적되었다. 에오세 중기 지층은 *Coryluspollenites-Betulaepollenites* Assemblage Zone (Yun *et al.*, 2000; Yi *et al.*, 2003), 에오세 전기 지층은 *Caryapollenites-Platycaryapollenites* Assemblage Zone (Yun *et al.*, 2000; Yi *et al.*, 2003)에 각각 해당한다. 전체 층준에서 에오세 지층이 가장 두껍게 퇴적된 것이 특징적이다. 이 에오세 지층 역시 Kachi-1만을 제외하고는 4개의 시추공에서 서로의 심도를 달리하면서 발달하였다. 이 지층이 군산분지(남황해북부분지)에서 아주 두껍고 넓게 퇴적된 것은 에오세 전기~중기 동안에 최대의 구조적 침강작용이 일어났기 때문이다 (Zhang *et al.*, 1989). 그러나 이 시기 동안 Kachi-1이 위치한 남서지역은 상대적으로 융기하여 삭박 또는 무퇴적 됨으로써 에오세 퇴적층은 결층이다.

팔레오세 지층은 군산분지(남황해북부분지)의 중앙 또는 중앙근접지역에 위치한 IIIH-1Xa, IIC-1X, Haema-1 시추공에서만 존재하고 분지 양쪽 주변부에 위치하는 Kachi-1, Inga-1에서는 존재하지 않는다. 이들 지층은 *Momipites-Caryapollenites* Assemblage Zone (Yun *et al.*, 2000)에 해당되며, 약 400 m 두께의 층준으로 이루어졌다. 이처럼 분지 중앙에만 퇴적층이 존재하는 것은 팔레오세 동안 반지구적 구조운동이 진행되면서 이 지역에 당시의 퇴적물로 충전 되었기 때문이다(Ryu *et al.*, 2000).

중생대의 백악기 후기 퇴적층이 Kachi-1, IIIH-1Xa에서는 두껍게(약 460~830 m) 존재하고 Haema-1, IIC-1X에서는 최하부에만 얇게(약 20~61 m) 쌓였다. 반면에 Inga-1에서는 이 지층은 결층이다. 이 지층은 *Aquillapollenites-Penetetrapites* Assemblage Zone (Yun *et al.*, 2000; Yi *et al.*, 2003)에 해당된다.

백악기 전기~쥐라기 퇴적층은 Kachi-1에서만 확인된다. 백악기 전기 구간에서는 일부 특징적인 시대 지시종(*Classopollis classoides*)만 집중적으로 산출되며, *Classopollis-Densosporites* Assemblage Zone

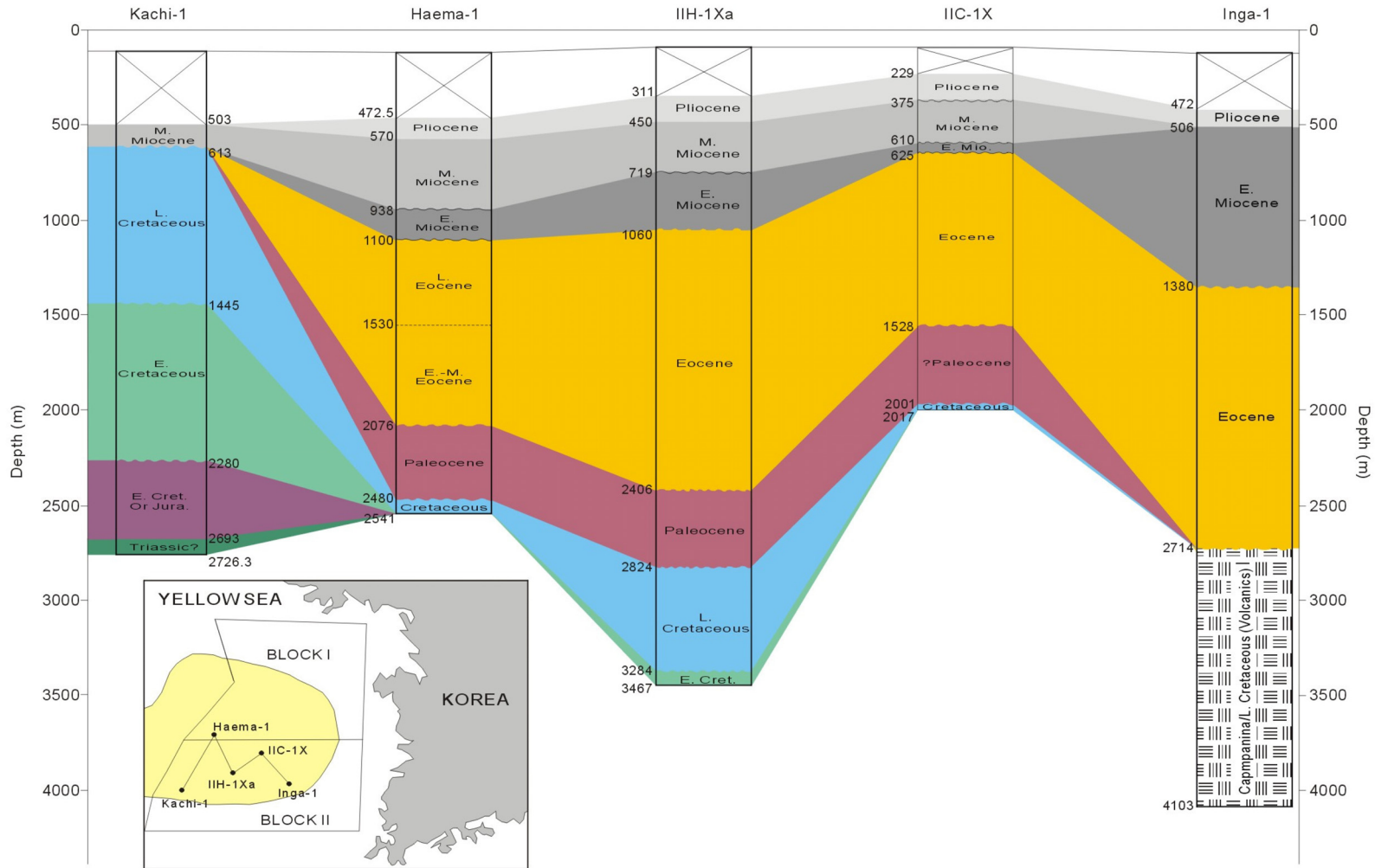


Fig. 8. Palynostratigraphic correlation of wells in the Kunsan Basin (northern South Yellow Sea Basin), offshore Korea.

(Yun *et al.*, 2000; Yi *et al.*, 2003)에 해당된다. 백악기 전기~쥐라기 지층은 미화석의 산출이 극빈하여 정확한 지질시대의 판단은 어려우나, 백악기 전기인 상부 층준과 최하부 돌로마이트 층준에서 삼척기 후기의 지시종인 *Chordasporis* sp., *Riccilisporites* sp., *Aratrisporites* sp. 등의 산출로 시대를 설정하였다.

사 사

이 연구는 국토해양부 주관 하에 한국해양과학기술진흥원의 지원에 의한 한국석유공사의 위탁과제로 수행하고 있는 “CO₂ 해양지중저장기술개발”사업의 연구결과 중 일부임을 밝히며, 연구비 지원에 감사드립니다. 논문의 심사과정에서 많은 조언을 통해 논문의 질적 향상에 도움을 주신 제주대학교 윤석훈 교수님과 STX 에너지의 김승범 박사님께 진심으로 감사를 드립니다.

참고문헌

- Archibald, M.R., 1991, Well site Geology Report for Korea Petroleum Development Corporation Haema No. 1 Wildcat offshore block I, Yellow sea Basin, South Korea.
- Bong, P.Y., Chun, H.Y., Lee, H.Y. and Kwon, Y.I., 1991, Stratigraphy and micropaleontology of the Well Inga-1, Block II, Offshore Korean Peninsula. Korea Institute of Energy and Resource, KIER Research Report KR-90-5B, p. 59-106 (in Korean with English abstract).
- Cain, J.M. and Carlsen, C.T., 1973a, Offshore Korea-Yellow Sea Block II, IIC-1X Wildcat Completion Report, Part “B” Geological Report. Gulf Oil Company of Korea, 1-15.
- Cain, J.M. and Carlsen, C.T., 1973b, In: Offshore Korea-Yellow Sea Block II, IIH-1Xa Wildcat Completion Report, Part “B” Geological Report. Gulf Oil Company of Korea, 1-27.
- Cheong, T.J., Bong, P.Y., Oh, J.H., Lee, H.Y., Chang, J.H., Sunwoo, D., Yoo, D.G., Kim, S.P., Kong, K.S. and Kim, J.H., 2002, Yellow Sea Science Program: Study on the marine geology and mineral resources in the Yellow Sea. KIGAM Research Report, M1-0123-00-0001, 1-69 (in Korean with English abstract).
- Cheong, T.J., Kwak, Y.H., Son, J.D., Oh, J.H., Bong, P.Y., Lee, H.Y., Ryu, B.J., Son, B.K., Hwang, Y.G., Kwon, Y.I., Lee, Y.J., Kim, H.J., Park, K.S., Park, K.P., Sunwoo, D., Yoo, D.G. and Kim, K.O., 1998, Petroleum Resources Assessment of the Kunsan Basin. KIGAM Research Report, KR-98 (C)-33, 3-194 (in Korean with English abstract).
- Chun, H.Y., Lee, H.Y., Bong, P.Y. and Choi, D.K., 1984, A micropaleontological study of Block II, Offshore Korea. Report of Korea Institute of Energy and Resources, 29-54 (in Korean with English abstract).
- Hu, Z.H. and Sarjeant, W.A.S., 1992, Cenozoic spore-pollen assemblage zones from the shelf of the East China Sea. Review of Palaeobotany and Palynology, 72, 103-118.
- Hu, Z.H. and Wang, K.F., 1985, Late Oligocene and Miocene palynological assemblages from the South Huanghai Sea and its neighboring land. Journal of Oceanography of Huanghi and Bohai Sea, 3, 37-49.
- Kim, J.S., Lee, W.Y., Kim, C.M. and 19 authors, 1987, Geology and petroleum resources of the independent blocks, continental shelf of Korea. Korea Institute of Energy and Resources, Research Report, KR-87-24, 303 p (in Korean with English abstract).
- Korea Institute of Geology, Mineral and Materials (KIGAM), 1992, Micropaleontology, Petroleum Geochemistry and Petrology of Haema-1, Offshore Korea Block. PEDCO (in Korean with English abstract).
- Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM), 1997, Integrated Assessment Report of Korean Continental Shelf (Yellow Sea Basin I). KIGAM Report for Korea National Oil Corporation (in Korean with English abstract).
- Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM), 2004, Petroleum resources assessment of Block II, Korean Continental Shelf. KIGAM Report for Korea National Oil Corporation, 121 p (in Korean with English abstract).
- Korea National Oil Corporation (KNOC), 2008, Integrated Interpretation of Yellow Sea Basin. KNOC Report, Exploration Project Authority 2, Domestic Team (in Korean with English abstract).
- Korea Petroleum Development Corporation (PEDCO), 1997, ‘96 Report of Geophysical Interpretation on south-West Sub-basin, Yellow Sea, Korea. PEDCO, 50 p (in Korean with English abstract).
- Lentin, J.K. and Swan, F.M., 1987, Biostratigraphy: Palynology and Micropaleontology of the Marathon Petroleum Korea, Ltd. Kachi-1 Wildcat, 76 p.
- Li, M., 1989, Spore-pollen from Sanghu Formation of Early Paleocene in Nanxiong Basin, Guangdong. Acta palaeontologica Sinica, 28, 741-750.
- Nanjing Paleontological Institute (NPI), 2000, Biostratigraphy of Block II of the South Yellow Sea, off-

- shore Korea. In: Subsurface Consultants and Associates (SCA), 2002, Tectonostratigraphic Basin Evaluation and Play Concept Study of Blocks I & II of the South Yellow Sea, Offshore Korea, 164 p.
- Oh, J.H., Cheong, T.J., Sunwoo, D., Lee, Y.J., Kim, K.O. and Kang, M.H., 2006, Joint Study on the Sedimentary Basins between Korea and China. Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources Research Report, GAA2003002-2006 (4), 1-175 (in Korean with English summary).
- Park, K.S., Park, K.P., Sunwoo, D., Kwon, Y.I., Yoo, D.G., Cheong, T.J., Oh, J.H., Bong, P.Y., Son, J.D., Lee, H.Y., Ryu, B.J., Son, B.K., Hwang, I.G., Lee, Y.J. and Kim, H.J., 1997, Petroleum resources assessment on the western part of the Kunsan Basin. KIGAM Research Report, KR-97 (C)-17, 3-190 p (in Korean with English abstract).
- Ryu, I.C., Kim, B.Y., Kwak, W.J., Kim, G.H. and Park, S.J., 2000, Stratigraphic response to tectonic evolution of sedimentary basins in the Yellow Sea and adjacent area. Korean Journal of Petroleum Geology, 8, 1-43 (in Korean with English abstract).
- Ryu, I.C., Lee, E.H., Kwon, Y.Y., Park, S.J. and Kim, C.S., 2002, Tectonic development and petroleum potential of an adjacent area of the Korean Peninsula (petroleum system model). Research Institute of Basic Sciences, Korea University, 108 p (in Korean with English abstract).
- Song, Z.C., Guan, X.T., Li, Z.R., Wang, W.M. and Hu, Z.H., 1985, A research of Cenozoic palynology of the Longjing Structural Area in the Shelf Basin of the East China Sea Region. Anhui Science and Technology Publishing House, 209 p.
- Song, Z.C., Li, M.Y. and Zhong, L., 1986, Cretaceous and Early Tertiary spore-pollen assemblages from the Sanshui Basin, Guangdong Province. Journal of Chinese Palaeontology, 171, 1-170.
- Song, Z.C., Zheng, Y.H., Liu, J.L., Ye, P.Y., Wang, C.F. and Zhou S.F., 1981, Cretaceous-Tertiary palynological assemblages from Jiangsu. Geological Publishing House, 268 p.
- Subsurface Consultants and Associates, LLC (SCA), 2002, Tectonostratigraphic Basin Evaluation & Play Concept Study of Blocks I & II of the South Yellow Sea, Offshore Korea. The Korea National Oil Corporation (KNOC), 164 p.
- Traverse, A., 1957, Pollen analysis of the Brandon lignite of Vermont. Fossil Spores and Pollen, 1, 1-52.
- Traverse, A., 1994, Palynofloral geochronology of the Brandon Lignite of Vermont, USA. Review of Palaeobotany and Palynology, 82, 265-297.
- Wang, D.N., Sun, X.Y. and Zhao, Y.N., 1990, Late Cretaceous to Tertiary palynofloras in Xinjiang and Qinhai, China. Review of Palaeobotany and Palynology, 65, 95-104.
- Watson, P.V., Bailey, H.W. and McGarva, R.M., 1989, Well: Inga-1 stratigraphy of the interval 1,660'-13,461' (T.D.). Paleoservices Ltd. 23 p (Unpublished).
- Yi, S., 1996, A study of Late Cretaceous and Tertiary palynology from the Yellow Sea Basin, west coast of South Korea. Ph.D. thesis of University of Sheffield, 354 p. (unpublished).
- Yi, S., 1997, Water-fern megaspores from upper Cretaceous deposits of the Kachi-1 Well in the Yellow Sea Basin, Korea. Journal of Paleontological Society of Korea, 13, 155-169.
- Yi, S., 1998, Palynofossils from the Early-Middle Miocene deposits of Kachi-1 Well in Block II, Yellow Sea Basin, Korea. Palaeobotanists, 47, 116-133.
- Yi, S. and Batten, D.J., 2002, Palynology of Upper Cretaceous (uppermost Campanian-Maastrichtian) deposits in the South Yellow Sea Basin, offshore Korea. Cretaceous Research, 23, 687-706.
- Yi, S., Yi, S., Batten, D.J., Yun, H. and Park, S.J., 2003, Cretaceous and Cenozoic non-marine deposits of the Northern South Yellow Sea Basin, offshore western Korea: palynostratigraphy and palaeoenvironments. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 191, 15-44.
- Yun, H., Lee, E.H., Yi, S., Seo, S.H. and Cho, H.B., 2000, Biostratigraphy of the South Yellow Sea Basin, Korea. Research Institute of Basic Sciences, Chungnam National University, Report for Korean National Oil Corporation, 108 p (in Korean with English abstract).
- Zhang, Y., Wei, Z., Xu, W., Tao, R. and Chen, R., 1989, The North Jiangsu-South Yellow Sea Basin. In: Zhu, X. (ed.), Chinese Sedimentary Basins. Elsevier, pp. 107-123.

투 고 일 : 2013년 1월 21일

심 사 일 : 2013년 1월 24일

심사완료일 : 2013년 2월 28일