

<Short Note>

서해안 사구 퇴적층에서의 유기질 미화석을 이용한  
고폭풍 퇴적층 인지 가능성 고찰

이상현<sup>1,2,\*</sup> · 장태수<sup>3</sup> · 최정현<sup>4</sup> · 김진철<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국지질자원연구원 국토지질연구본부

<sup>2</sup>과학기술연합대학원대학교 석유자원공학과

<sup>3</sup>한국지질자원연구원 석유해저연구본부

<sup>4</sup>한국기초과학연구원 연대측정연구팀

요 약

충남 서천군 비인면 다사리 해안 사구 봉락사면에서 사구 내에 협재된 2매의 패각층을 대상으로 고폭풍 퇴적체의 인지 가능성 확인을 위한 유기질 미화석 분석을 실시하였다. 패각층의 상부와 하부 사구층에서는 육성기원 미화석만 산출된 반면, 2매의 패각층에서는 육성과 해성기원의 미화석이 함께 산출되었다. 패각층에서 산출된 미화석들은 대부분 파괴된 상태로 산출되었다. 이는 아마도 재퇴적되는 과정에서 물리적 작용에 의하여 파괴된 것으로 해석된다. 이번 연구에서는 원형이 파괴된 30~70  $\mu\text{m}$  크기의 유기질 미화석들과 원형이 보존된 20  $\mu\text{m}$  이하의 외편모류인 *Micrystidium*이 함께 산출되는 것을 근거로, 대상 퇴적체가 고폭풍과 관련되었을 가능성을 제시한다. 유기질 미화석상의 고폭풍 퇴적체에의 인지 활용성에 대해서는 앞으로 서해연안에 분포하는 폭풍 기인 퇴적물을 연구하면서 좀 더 검증할 필요가 있다.

**주요어:** 고폭풍 퇴적체, 유기질 미화석, 해안 사구, 한국 서해안

Sangheon Yi, Tae-Soo Chang, Jeong-Heon Choi and Jin Cheul Kim, 2015, Paleostorm deposits detection at the sand dune of west coast of South Korea based on palynomorphs. *Journal of the Geological Society of Korea*. v. 51, no. 3, p. 327-332

**ABSTRACT:** Palynological analysis was carried out to recognize the paleostorm deposits from two shell layers interbedded in Dasari sand dune scarp. Only terrestrial palynomorphs were presented in upper and lower sand dune layers, whereas both terrestrial and marine ones were recorded in two shell layers. The encountered palynomorphs in two shell layers are all broken in preservation conditions, and they might be due to physical effects during reworking. It is suggested herein that the palynofacies with both broken palynomorphs (30~70  $\mu\text{m}$  in size) and non-broken dinocyst (<20  $\mu\text{m}$ ), *Micrystidium*, may reflect the paleostorm deposits. The application of this palynofacies to detect the paleostorm deposits should be further tested in future.

**Key words:** Paleostorm deposit, Palynomorphs, Coastal sand dune, Korean west coast

(Sangheon Yi, Geological Research Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Daejeon 305-350, Republic of Korea & Dept. of Petroleum Resources Technology, Korea University of Science and Technology, Daejeon 305-333, Republic of Korea; Tae-Soo Chang, Petroleum and Marine Research Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Daejeon 305-350, Republic of Korea; Jeong-Heon Choi, Geochronology Group, Korea Basic Science Institute, Chungbuk 363-883, Republic of Korea; Jin Cheul Kim, Geological Research Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Daejeon 305-350, Republic of Korea)

\* Corresponding author: +82-42-868-3135, E-mail: shyi@kigam.re.kr

## 1. 서 론

오늘날 남해안이나 서해안과 같은 연안지역은 지구 온난화에 수반되어 급변하는 기후환경으로 폭풍과 해일 등에 매우 취약한 지대로 인식되고 있다. 특히 여름철에 집중적으로 발생하는 태풍은 대부분 서·남해안으로 상륙하여 한반도를 동북쪽으로 가로질러 일본열도로 이동 후 소멸하는 것으로 알려져 있다. 오늘날 흔해 발생하는 극한재해성 태풍 흔적이 연안지역에서 퇴적물에 기록되는 경우가 있다. 따라서 과거에도 이와 같은 태풍으로 발생한 고평풍의 흔적이 연안퇴적물에 기록되었을 가능성이 있다. 이러한 극한재해성 고평풍의 퇴적체와 이의 빈도를 규명할 경우 미래 연안환경을 예측하는데 절대적으로 도움이 될 것이다.

고폭풍학(paletempestology)은 과거 열대성 태풍활동의 흔적을 지질학적 증거 또는 역사문헌기록을 이용하여 연구하는 학문이다. 이 학문분야는 과거 발생했던 폭풍해일이나 지진해일(tsunami) 등에 의해 해성의 조립질 모래나 자갈, 패각 같은 퇴적물이 해안가 물마루까지 운반·퇴적된 것을 찾아 연구한다. 연안에는 석호, 모래톱, 염습지 그리고 배후습지 또는 배후호수 등이 발달하여 분포한다. 따라서 폭풍해일이나 지진해일 등이 발생할 경우 극한치의 수문학적 에너지에 의해 모래와 같은 조립질의 퇴적물들은 평상시에 도달할 수 없는 지역에 까지 운반되어 퇴적되는 것으로 보고되었다(Liu, 2000; Liu and Fearn, 2000; Fan and Liu, 2008; McCloskey and Keller, 2009; Hippensteel, 2010; Williams, 2010; Choi *et al.*, 2014).

한국지질자원연구원은 지난 수년간 서·남해안에 분포하고 있는 해안 사구층을 대상으로 고평풍과 관련 있을 것으로 예상되는 지역을 집중적으로 연구하고 있다. 특히 해안 사구층은 고평풍 퇴적체를 인지하는데 매우 용이한 대상지이다. 그 이유는 사구가 주로 겨울철 시베리아 북서풍에 의해 해안가의 모래가 육지 쪽으로 이동되어 쌓인 균질한 풍성층이기 때문이다. 그러므로 이런 사구층 내에 현재 최고 고조면(highest high water level)보다 높은 곳에 존재하는 해양성 퇴적체는 고평풍 연구에 좋은 자료가 된다. 충남 서천군 비인면 다사리 해안에는 잘 발달된 사구가 분포한다. 이곳에는 해안 사구 봉락사면에서 사구 내에 협재된 2매의 패각층이 존재한다. 이번 연구에서는 이 지역을 대상으로 고평풍 퇴적체의 인지 가능성 확인하기 위해 유기질 미화석 분석을 실시하였다.

## 2. 연구지역 및 연구방법

연구 지역은 행정구역상 충남 서천군 비인면 다사리(N36°08'08", E126°33'20")이며 약 14 m 고도에 위치한다. 다사리 해안 사구는 전면이 사빈과 사질조간대로 구성되었으며, 400~500 m 폭과 약 1 km 길이의 북북서-남남동 방향으로 분포하는 조간대 환경으로 약 6 m의 대조차를 보인다. 다사리 해안 사구의 봉락사면(dune scarp)에 잔자갈을 함유한 2매의 패각층(shell bed)이 존재한다(그림 1). 이 패각층의 기저 고도는 6.67 m, 최상부 고도가 7.63 m인데, 이는 약 최고 고조면(approximate highest high water, HHW)보다 4 m 위에 위치한다. 현재 다사리 방조제의 최상부가 6 m 인 점을 고려할 때, 현 방조제의 ~1.6 m 위까지 해수 범람이 있었음을 시사한다. 패각층은 상부구간으로부터 암회색(10YR 3/1)-적황색(10YR 5/3)-담황색(10YR 5/4)층으로 전이되는 것으로 관찰되었다. 광여기루미네선스(Optically Stimulated Luminescence; OSL) 연대측정결과에 의하면, 2매의 패각층은 ~3000년 전에 형성되었음을 알 수 있었다(KIGAM, 2014).

이번 연구에서는 유기질 미화석을 포함한 다중 프록시(multi-proxy)분석을 위해 사면붕괴로 노출된 곳에서 단면을 만들었고, 시료는 고도 8.5~6.0 m 구간에서 약 10 cm간격으로 채취하였다. 특히 유기질 미화석 분석용 시료는 집중 분석구간(패각층)과 참고구간(사구층)을 대상으로 약 10~30 cm 간격으로 채취하여 현생 화분의 오염과 층간의 교란을 막기 위해 밀봉한 뒤 실내 실험실로 옮겨졌다. 총 15개의 시료는 Moore *et al.* (1991)의 표준 실험 절차에 따라 진행되었다. 시료는 각 50 g씩을 확보하여 염산과 불산 반응을 통해 석회질과 규산질을 우선적으로 제거하였으며, 10  $\mu\text{m}$ 와 100  $\mu\text{m}$  메탈 체를 이용하여 습식체질을 통해 불필요한 무기질을 제거하였다. 이어서 수산화칼륨(KOH)용액과 반응시켜 부식물질(humic material)을 녹이고, 비중처리(비중 2.0)를 통해 유기질 미화석과 무기물질을 분리하여 미화석만을 추출 농집 하였다. 여러 단계의 실험을 통해 농집된 유기질 미화석은 글리세린 젤리로 마운트하여 박편을 제작하였다. 박편은 광학현미경에서 600 배 확대하여 관찰하였다. 유기질 미화석의 감정은 사진 도감과 참고문헌을 이용하였다(Chang, 1986).

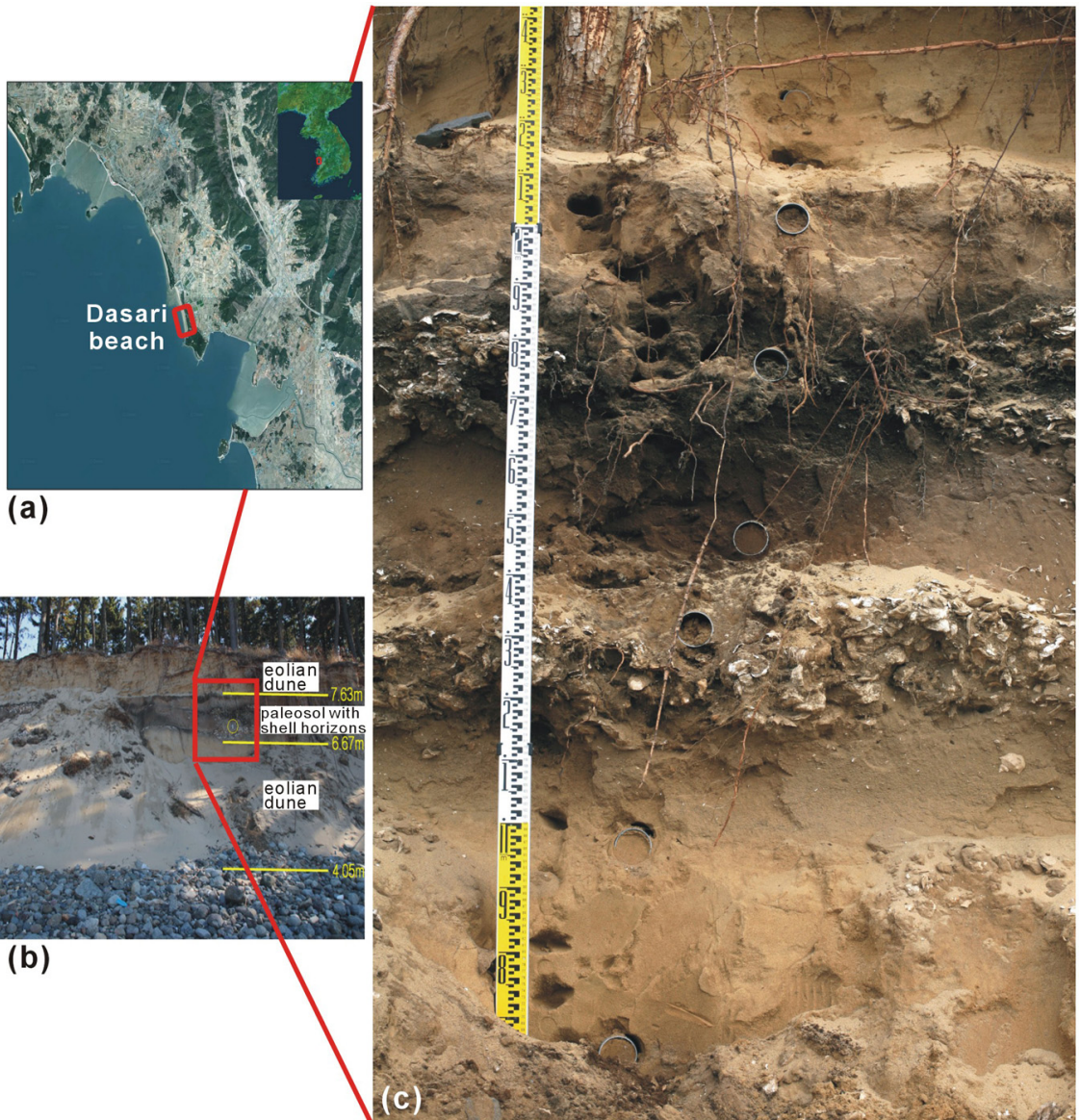
### 3. 결과 및 고찰

다사리 해안 사구 봉락사면에서는 2개의 패각층이 사구층 내에 협재한다(그림 1). 이 패각층은 사구층 내에 협재하기 때문에 태풍 혹은 폭풍해일로 인한 해양저 퇴적물이 재퇴적 되었을 가능성이 존재한다. 따라서 이번 연구는 패각층에 대한 고풍풍기원의

재퇴적 가능성을 확인하기 위해 유기질 미화석을 분석하여, 이에 대한 활용 가능성을 고찰하였다.

#### 3.1 퇴적체 대상 및 시료 필요량

연구대상의 패각층은 암회색~담황색의 유기물층으로 이루어져 있지만, 퇴적물의 입도가 2.2~2.5  $\phi$ 의 모래입자로 구성되어 기존의 시료량보다 최소한



**Fig. 1.** (a) Location map showing the study area. (b) Dasari sand dune section showing the paleostorm induced shelly horizons. (c) Close-up section showing shelly horizons bearing kinds of shell and sampling points of OSL, physio-chemical and microfossil analyses.

50배 이상이 필요함을 확인할 수 있었다. 기존방식의 시료량(2~5 g)으로 미화석 추출실험을 수행한 결과 모든 시료에서 유기질 미화석이 전혀 산출되지 않았다. 또 다시 시료 당 20 g씩 채취하여 분석한 결과, 유기질 미화석이 미량~극미량(< 20개체/20 g) 산출되어 의미 있는 해석이 불가능하였다. 최종적으로는 각 시료별 50 g씩 채취하여 분석한 결과, 해석이 가능한 의미 있는 양의 유기질 미화석이 산출되었다. 따라서 사구층 및 모래질 유기물층을 대상으로 유기질 미화석을 분석할 경우에는 최소한 50 g의 퇴적물이 필요하다.

3.2 유기질 미화석 보존상태와 그 의미

유기질 미화석의 산출결과에 의하면, 상부(고도 8.4~7.4 m)와 하부(6.6~6.0 m)의 사구층에서는 육성기원의 화분(pollen), 포자(spore), 균류(fungi), 담수조

류(freshwater algae), 미분류(unknown)의 미화석 종들만이 산출되었다. 패각층 사이의 중간 사구층에서는 해양성 외편모류(dinocyst)도 산출되었다. 반면에 2대의 패각층에서는 육성 및 해양성기원의 유기질 미화석이 모두 산출되었다(그림 2). 특히, 패각층 내 외편모류의 산출은 패각층이 해양 퇴적물과의 관련성이 높음을 시사한다. 패각층에서 동정된 산출물들은 굴(*Crassostrea gigas*), 개량조개(*Mactra chinensis*), 새꼬막(*Scapharca subcrenata*), 피빨고둥(*Rapana venosa*) 등으로 모두 서해 연안에 서식하는 종들로 알려져 있다(KIGAM, 2014). 이들로 미루어 보아 최고고주면(HHW)보다 4 m 이상에 위치한 패각층은 단발성 사건에 의해 재퇴적 되었음을 알 수 있다.

패각층에서 산출된 화분과 외편모류의 미화석들은 대부분 원형이 파괴되었거나 보존상태가 매우 불량하였다. 그림 3에서 도식된 사진에서 화분(c~g)과 외편모류

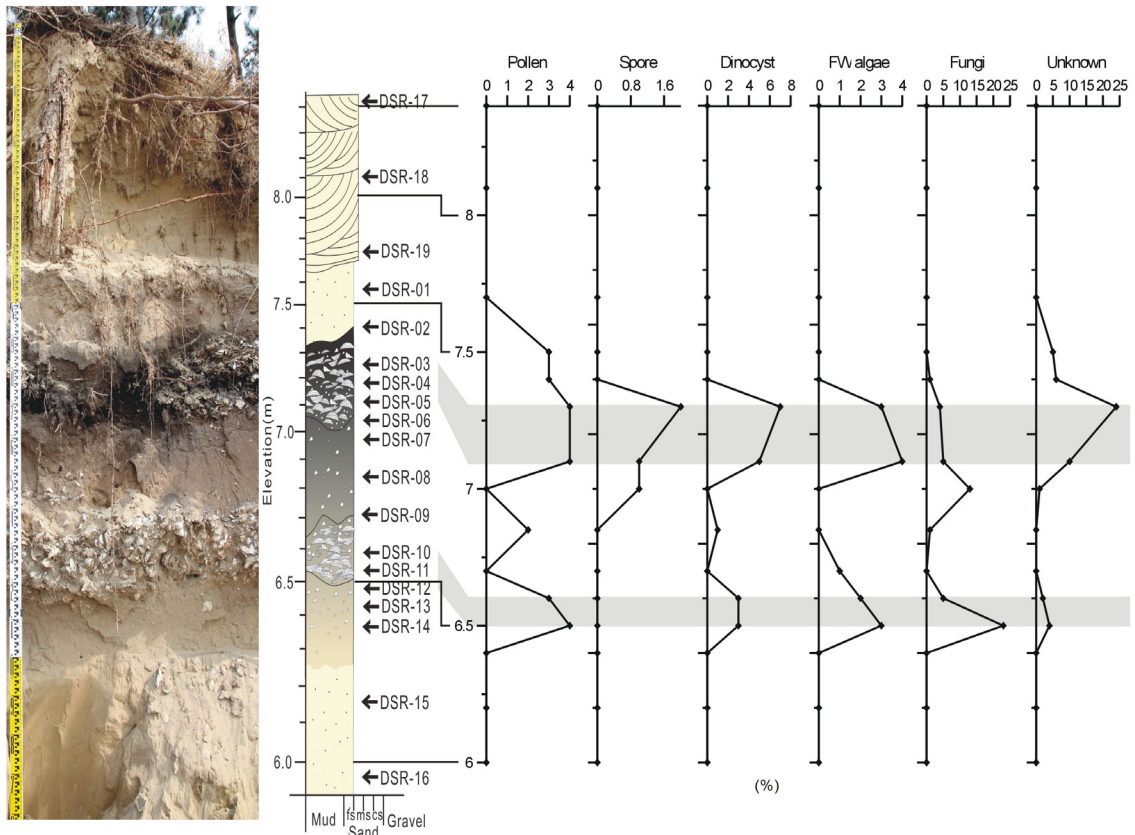
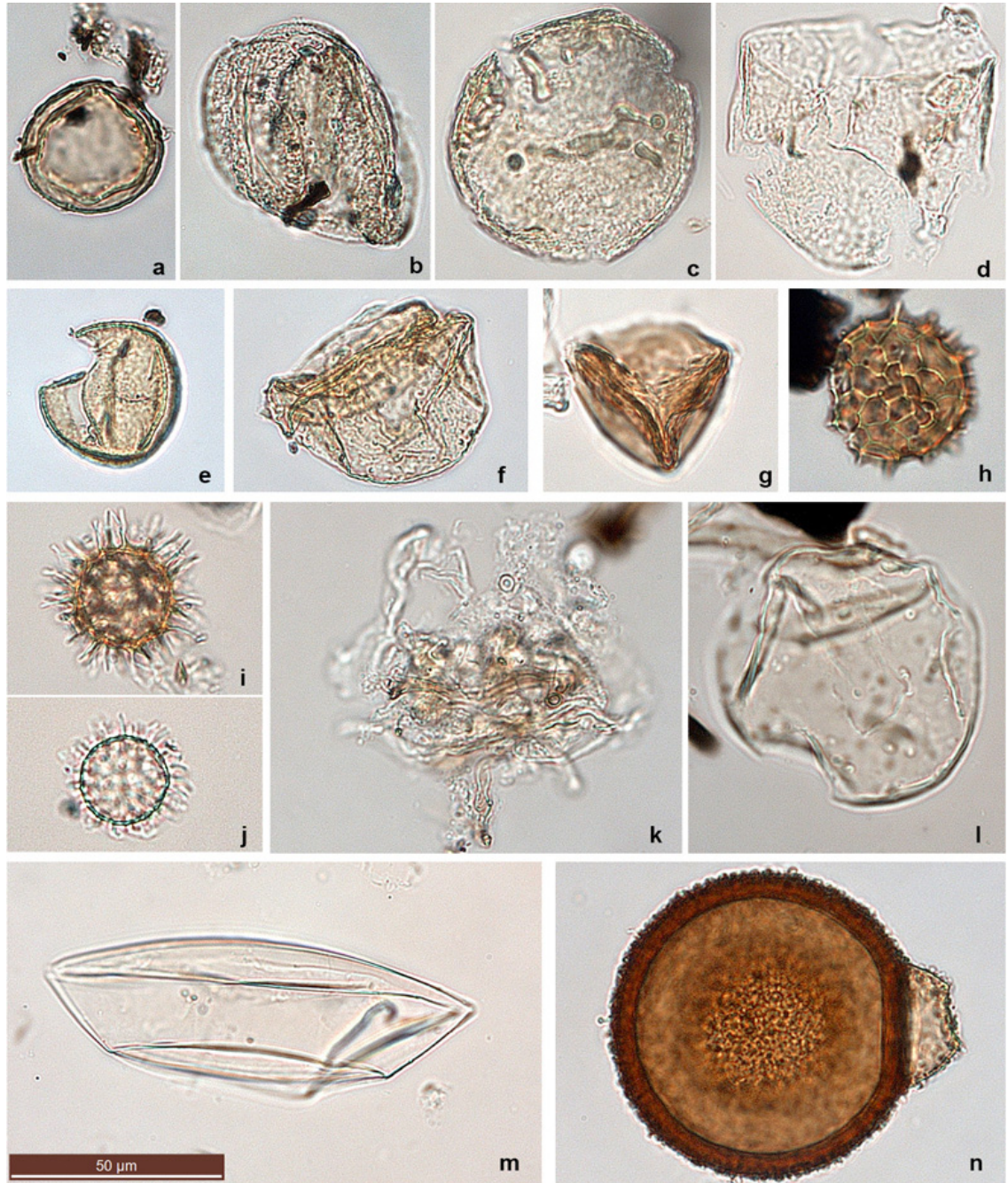


Fig. 2. Palynofloral occurrences from coastal sand dune of Dasari area. Shelly pebble layers (gray shadow), intercalated the upper and lower sand dune sequence, indicate the occurrences of marine dinocysts as well as terrestrial palynomorphs reflecting possibly reworked marine sediments due to paleostorms.

(k~)는 모두 원형이 파괴된 유기질 미화석들이다. 특히, 미화석 중에서는 상대적으로 중대형(30~70  $\mu\text{m}$ )의 외편모류와 화분 종들은 대부분 파괴된 상태로 산출되었다.

그러나 소형(<20  $\mu\text{m}$ )의 외편모류인 *Micrystidium* (i~j)은 완전한 원형의 보존상태로 산출되었다. 석회질 또는 규산질 미화석들과는 다르게, 유기질 미화석



**Fig. 3.** Optical microscopic photos of terrestrial pollen and marine dinocyst. Pollen (a~e): a. T-C-C, b. *Pinus*, c. Triporate pollen, d. Cyperaceae, e. *Quercus*; Spore (f~h): f. *Osmunda*, g. Fern spore, h. *Lycopodium*; Dinocyst (i~l): i~j. *Micrystidium*, k. ?*Achomosphaera*, l. Unknown dinocyst, m. Freshwater algae, n. Fungal spore.

은 스포로폴레닌(sporopollenin)이란 복합 유기물질로 구성되어 있어서 화학적 용해(dissolution)에도 매우 강해 보존이 잘 되는 것으로 알려져 있다(Traverse, 2007). 따라서 이들의 보존상태가 매우 불량한 것은 보존상의 문제라기보다는 퇴적 후 폭풍과 같은 단발성 이벤트에 의하여 기존의 퇴적지로부터 이동되고 재퇴적되는 과정에서 물리적인 원인에 의해 파괴되었음을 반영한다고 볼 수 있다.

위의 해석은 패각층 퇴적물 입도 분석에서도 잘 나타난다(KIGAM, 2014). 이 층의 입도(2.2~2.5  $\phi$ )는 서해연안에 분포하는 해안사구 퇴적물의 입도(2.2~2.4  $\phi$ )와도 잘 대비되어 고평풍으로 인하여 패각층으로 재퇴적 되었음을 잘 뒷받침해준다. 또한 앞서 말한바와 같이 패각층에서 산출된 모든 패류들은 서해연안에 서식하는 종들이다.

패각층 사이에 위치하는 중간 사구층의 상부구간에서도 해양성 와편모류가 산출된다. 이는 직상위의 패각층이 퇴적된 이후 다양한 기작(예, 빗물 등)으로 해양성 미화석과 유기물이 하부 사구층으로 이동되었을 것으로 여겨진다. 회색~명갈색의 중간 사구층은 최상부와 최하부의 밝은 노란색 사구층과도 퇴적물의 색이 분명히 다르다. 즉 이 층은 상부와 하부 사구층과는 다르게 상대적으로 유기물을 더 많이 함유하고 있음을 반영한다고 볼 수 있다.

결론적으로 폭풍기원 퇴적층을 지시하는 유기질 미화석 종들의 산출 특징은 보존상태가 매우 불량한 것으로 나타났다. 또한 유기질 미화석상(palynofacies) 분석에서, 원형 파괴된 중대형(30~70  $\mu\text{m}$ )의 와편모류, 화분 종들과 원형 보존된 소형(<20  $\mu\text{m}$ )의 와편모류가 함께 산출되는 것은 고평풍 퇴적체를 인지하는데 잘 활용될 수 있음을 알 수 있었다. 특히, 소형 와편모류인 *Micrystridium*이 서해연안에 폭풍기원 퇴적체를 지시하는 미화석 종으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 이 종의 유용성에 대해서는 앞으로 서해연안에 분포하는 폭풍성 퇴적물을 연구하면서 검증할 필요가 있다.

## 사 사

이 연구는 한국지질자원연구원 국가연구개발사업인 “지질·지화학 프록시를 이용한 연안 퇴적층 정밀 분석(NP2014-003)”과제의 일환으로 해양수산부의 지원

으로 수행되었다. 야외조사와 시료 채취에 도움을 준 전남대학교 지질학과의 김종관, 하현준 대학원생들에게 감사를 표한다. 심사과정에서 많은 조언을 통해 원고내용의 향상에 도움을 주신 임현수 교수님, 양동윤 박사님과 정철환 박사님께 진심으로 감사를 드린다.

## REFERENCES

- Chang, N.K., 1986, Korean Plant (Pollen). Munkyoju, Seoul, 899 p (in Korean).
- Choi, K.H., Chang, T.S., Choi, J.H., Kim, Y. and Lee, S.Y., 2014, Burial storm deposits recorded at the coastal dunes, Dasari, Chungnam Province. Journal of the Geological Society of Korea, 50, 539-549 (in Korean with English abstract).
- Fan, D.D. and Liu, K.B., 2008, Perspectives on the linkage between typhoon activity and global warming from recent research advances in paleotempestology. Chinese Science Bulletin, 53(19), 2907-2922.
- Hippensteel, S.P., 2010, Paleotempestology and the pursuit of the perfect paleostorm proxy. Geological Society of America Today, 20(4/5), doi:10.1130/GSAT G80GW.1.
- KIGAM, 2014, High-resolution analysis of coastal sediments using geological and geochemical proxies. The 1st. report of KIGAM, 34 p (in Korean).
- Liu, K.B., 2000, Coastal lakes hold hurricane history. Science News, 144, 191.
- Liu, K.B. and Fearn, M.L., 2000, Reconstruction of prehistoric landfall frequencies of catastrophic hurricanes in Northwestern Florida from lake sediment records. Quaternary Research, 54, 238-245.
- McCloskey, T.A. and Keller, G., 2009, 5000 year sedimentary record of hurricane strikes on the central coast of Belize. Quaternary International, 195, 53-68.
- Moore, P.D., Webb, J.A. and Collinson, M.E., 1991, Pollen Analysis (2nd. ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 216 p.
- Traverse, A., 2007, Paleopalynology (2nd. Ed.). Springer, 813 p.
- Williams, H.F.L., 2010, Storm surge deposition by hurricane Ike on the Mcfaddin National wildlife refuge, Texas: implications for paleotempestology studies. Journal of Foraminiferal Research, 40(3), 210-219.

Received : June 10, 2015  
 Revised : June 16, 2015  
 Accepted : June 17, 2015