

PLAYMAKER2, 전문가 시스템을 이용한 동해 울릉분지 남부 신생대 후기 퇴적층의 퇴적환경 해석

Interpretation of depositional setting and sedimentary facies of the late Cenozoic sediments in the southern Ulleung Basin margin, East Sea(Sea of Japan), by an expert system, PLAYMAKER2

정대교 (Daekyo Cheong)

요 약

전문가 시스템(expert system)은 충분한 지식과 경험을 가지고 있는 한 분야의 전문가가 실제로 문제에 접근 해결해 나가는 방식대로 전산 시스템을 구성하여 이러한 시스템을 통해 컴퓨터가 대신 문제를 해결하도록 제작된 인공지능 방식의 한 소프트웨어이다. 이번 연구에서는 퇴적층의 퇴적상과 퇴적환경 분석을 위해 미국 사우스 캐롤라이나 대학에서 본래 1990년에 개발되었던 PLAYMAKER의 지식베이스의 일부를 새로 수정 보완하여 제작한 PLAYMAKER2를 활용하여 퇴적층의 퇴적상과 퇴적환경을 분석하였다. 연구대상은 동해 울릉분지 남서부 제 VI-1 광구에 분포하는 최대 총후 10,000 m에 달하는 신생대 후기 퇴적층으로서, 이 곳의 퇴적층은 크게 상·하부 두 부분-마이오세층과 플라이오-플라이스토세층-으로 구분된다. PLAYMAKER2에 의해 분석되어 신뢰값으로 표시된 신생대 후기 퇴적층에 대한 퇴적환경과 퇴적상 해석 결과를 요약해 보면, 마이오세층의 퇴적환경은 사면: 57.4%, 연안: 21.4%, 대양저: 10.1%의 순이고, 퇴적상은 해저 선상지: 35.7%, 대륙사면: 26.3%, 삼각주: 16.1%, 심해저 평원: 6.1%, 대륙붕: 3.2%, 대륙붕단: 1.4% 순이다. 또한 플라이오-플라이스토세층에 대한 PALYMAKER2의 해석 결과는 퇴적환경은 사면: 59.0%, 연안: 22.8%, 대양저: 7.0%의 순이고, 퇴적상은 삼각주: 24.1%, 대륙사면: 22.2%, 해저 선상지: 17.3%, 대륙붕: 7.0%, 심해저 평원: 4.8%, 대륙붕단: 2.6% 순이다. PLAYMAKER2에 의한 마이오세층과 플라이오-플라이스토세층에 대한 퇴적환경과 퇴적상 해석결과와 기존 연구자들에 의한 고전적인 퇴적상 해석 결과를 비교해 보면 두 퇴적층 모두 큰 차이를 보이지 않는데 이는 PLAYMAKER2 전문가 시스템이 비교적 양호하게 퇴적층의 퇴적환경과 퇴적상을 해석할 수 있음을 보여주는 것으로 평가된다. 다만 PLAYMAKER2가 보다 신뢰할 만한 퇴적환경 해석을 위한 전문가 시스템으로 구축되기 위해서는 향후 많은 퇴적학 전문가들이 추가로 참여하여 기존 규칙들을 재검증하고 새로운 규칙들을 첨가함으로써 보다 세련된 지식베이스를 개발하여야 할 것으로 판단된다.

주요어 : 전문가 시스템, 울릉분지, 신생대 후기 퇴적층, 신뢰값, 퇴적환경, 퇴적상

Abstract : Expert system is one type of artificial intelligence softwares that incorporate problem-solving knowledges and experiences of human experts by use of symbolic reasoning and rules about a specific topic. In this study, an expert system, PLAYMAKER2, is used to interpret sedimentary facies and depositional settings of the sedimentary sequence. The original version of the expert system, PLAYMAKER, was developed in University of South Carolina in 1990, and modified into the present PLAYMAKER2 with some changes in the knowledge-base of the previous system. The late Cenozoic sedimentary sequence with maximum 10,000 m in thickness, which is located in the Korean Oil Exploration Block VI-1 at the southwestern margin of the Ulleung Basin, is analysed by the expert system, PLAYMAKER2. The Cenozoic sedimentary sequence is divided into two units-lower Miocene and upper Pliocene-Pleistocene sediments. The depositional settings and sedimentary facies of the Miocene sediments interpreted by PLAYMAKER2 in terms of belief values are: for depositional settings, slope; 57.4%, shelf; 21.4%, basin; 10.1%, and for sedimentary facies, submarine fan; 35.7%, continental slope; 26.3%, delta; 16.1%, deep basinplain; 6.1%, continental shelf; 3.2%, shelf margin; 1.4%. The depositional settings and sedimentary facies of the Pliocene-Pleistocene sediments in terms of belief values are: for depositional settings, slope; 59.0%, shelf; 22.8%, basin; 7.0%, and for sedimentary facies, delta; 24.1%, continental slope; 22.2%, submarine fan; 17.3%, continental shelf; 7.0%, deep basinplain; 4.8%, shelf margin; 2.6%. The comparison of the depositional settings and sedimentary facies consulted by PLAYMAKER2 with those of the classical interpretation from previous studies shows resonable similarity for the both sedimentary units-the lower Miocene sediments and the upper Pliocene-Pleistocene sediments. It demonstrates that PLAYMAKER2 is an efficient tool to interpret the depositional setting and sedimentary facies for sediments. However, to be a more reliable system, many sedimentologists should work to refine and add geological rules in the knowledge-base of the expert system, PLAYMAKER2.

Key words: expert system, Ulleung Basin, late Miocene sequence, belief value, depositional setting, sedimentary facies

서 언

전문가 시스템 (expert system)은 충분한 지식과 경험을 가지고 있는 한 분야의 전문가가 실제로 문제에 접근 해결해 나가는 방식대로 복합 전산 시스템을 구성하여 이러한 시스템을 통해 전문가가 문제를 해결하는 것과 같은 방식으로 컴퓨터가 대신 문제를 해결하도록 설정된 인공지능 방식의 한 소프트웨어이다. 전문가 시스템에서는 통상 문제의 접근 해결방식으로 상징적 연결이해 방식 (symbolic reasoning)을 채택하는데 내부는 지식베이스 (knowledge base), 추론기관 (inference engine), 사용자 인터페이스 (user interface)의 세 가지 주요 요소로 구성되며 때로 데이터베이스 (data base)가 같이 연결되기도 한다 (그림 1). 이러한 시스템을 지질학적 문제 해결을 위한 전문가 시스템으로 구축하기 위해서는 많은 지질학자들이 참여하여 그 동안 개념적으로 가지고 있던 지질학적 해석 논리들은 신뢰값 (belief value)과 가중치 (weight value)를 포함하는 규칙으로 표현하여야 하기 때문에 각 개인에 따라 각기 서로 다르게 이해하고 있던 부분에 대해서는 장시간 충분한 토의가 필수적이다. 이렇게 제작된 전문가 시스템은 이전에 다른 전문가들에 의해 아직 충분히 연구된 적이 없는 새로운 지층이나 연구대상에 활용될 수 있고 표준 연구분석 결과를 도출할 수 있게 된다. 현재까지 개발된 지질학 분야나 석유 탐사 분야의 전문가 시스템들로는 광물 탐사를 위해 개발된 PROSPECTOR (Hart *et al.*, 1978), 물리검층시 획득되는 경사계 (dipmeter) 자료 해석을 위한 DIPMETER ADVISOR (Gershman, 1982), 퇴적분지 분류를 위해 미국 지질조사소에서 개발한 muPETROL (Miller, 1986, 1987), 쇄설성 퇴적환경을 해석하기 위해 미국 Alabama 대학에서 개발한 XEOD (Shultz *et al.*, 1988) 등이 대표적이다.

이번 연구에 활용된 전문가 시스템은 퇴적층의 퇴적환경 해석을 위해 제작된 PLAYMAKER2로서, 이전에 미국 South Carolina 대학에서 1990년에 개발했던 PLAYMAKER (Cheong, 1990; Cheong *et al.*, 1990; Cheong *et al.*, 1992) 중에서 지식베이스 부분을 수정 보완하여 제작된 시스템이다. 이번 연구에서는 PLAYMAKER2를 활용하여 동해 울릉분지 남서부의 신생대 후기 퇴적층의 퇴적환경을 해석하고 해석된 결과를 기존의 몇몇 연구결과와 비교 분석함으로써 PLAYMAKER2 전문가 시스템의 현재 기능을 평가하고 이를 통하여 시스템의 향후 개선방향을 제시하고자 하였다.

연구방법 및 대상

이번 연구대상은 동해 남서부 울릉분지의 신생대 마이오세 및 플라이오-플라이스토세 퇴적층으로서 한반도 주변 대륙붕 석유탐사 제 VI-1 광구에 속한다 (그림 2). 이 지역에서 획득된 탄성파 탐사도면의 해석과 이를 이용한 퇴적층 시뮬레이션 분석에 의하면 연구지역의 신생대 후기 퇴적층은 전체적으로는 해수면 상승에 따른 온랩과 전진퇴적상 (transgressive onlapping and progradation)을 보이는 것으로 해석되고 있는데, 퇴적 초기인 마이오세 중기부터 말기까지는 비교적 빠른 퇴적작용과 기반의 침강이 급속히 진행되었고 그 이후에는 점차 점진적인 퇴적 양상으로 전

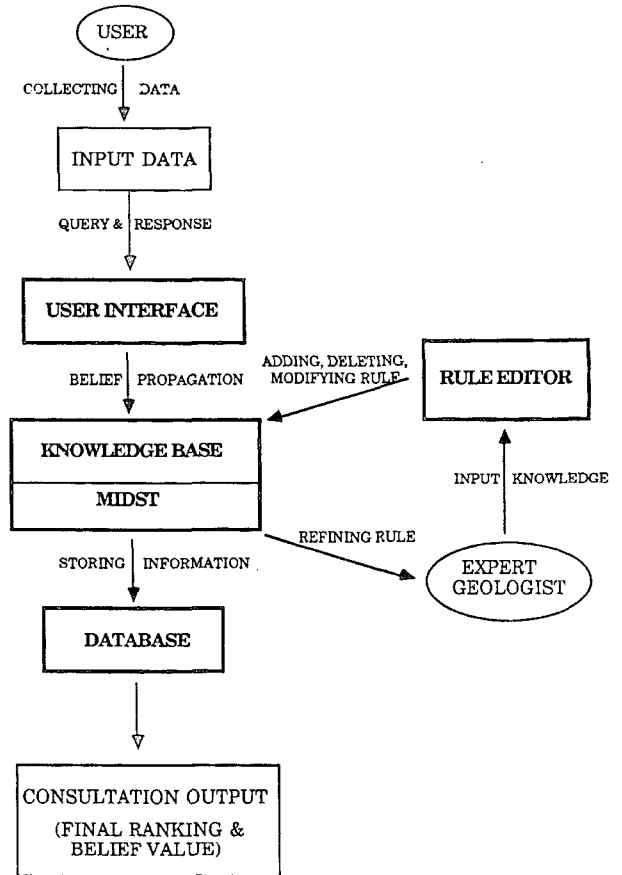


Fig. 1. Functional architecture of the expert system, PLAYMAKER2.

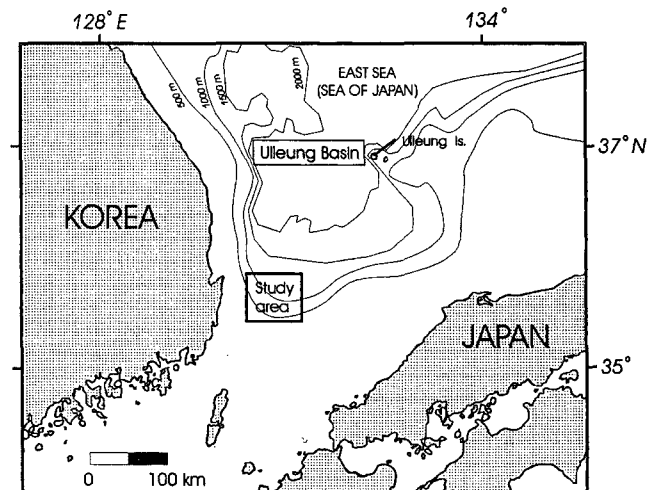


Fig. 2. Location of the studied area in the southwestern margin of Ulleung Basin, East Sea (Sea of Japan).

환된 것으로 추정된다 (Cheong *et al.*, 1999). 이 지역에 대한 지구물리 탐사와 시추 작업을 통해 획득한 지질자료를 분석했던 연구보고서 (Nester and Mitchum, 1989)로부터 퇴적층 특성자료를 요약 도출하여 (표 1) 이를 PLAYMAKER2의 사용자 인터페이스를 통해 퇴적환경 해석을 위한 정보로서 입력하였다. 입력 시 각각의 정보들은 자료의 출처나 확신도-0과 1 사이의 값으로

Table 1. Summary of the sedimentary characters of the Miocene and Pliocene-Pleistocene sequences in the southern part of the Ulleung Basin, East Sea (Sea of Japan), (): confidence value between 0 and 1.

Sedimentary Character	Miocene Sequence	Pliocene-Pleistocene Sequence
Rock Type	turbidite sandstone interbedded with mudstone(1.0)	medium to fine sandstone with mudstone(1.0)
Sedimentary Structure	graded bedding(0.4) bouma sequence(0.8) coarsening-upward(0.6) chaotic vertical variation (0.5)	massive(0.4) graded bedding(0.4) coarsening-upward(0.6)
Sorting	moderately to well sorted (0.9)	moderately to well sorted (0.9)
Bedding Contact	sharp basal contact(0.8)	sharp basal contact(0.8)
Bed Thickness	thick(0.5), variable(0.6)	thick(0.6), variable(0.6)
Bed Geometry	discontinuous sheet(0.6) clinoform(0.5)	continuous sheet(0.8) clinoform(0.6)
Seismic bedding character	horizontal parallel(0.5) dipping parallel(0.6) dipping chaotic(0.5)	horizontal parallel(0.6) dipping parallel(0.6)

표현에 따라 다른 값 (confidence value)으로 표시 입력되었고, 기 저장되어 있던 지식베이스의 규칙에 의거한 전문가 시스템의 연산과 추론에 따라 정량화된 신뢰값 (belief value)을 가진 퇴적 환경 해석 결과로서 도출되었다 (Cheong *et al.*, 1992). 실제 입력된 주요 퇴적층 특성 자료는 암석의 종류, 퇴적층의 기하학적 형태, 산출 화석, 퇴적구조, 층간 경계 양상 등 20여 가지에 달한다 (표 1). 퇴적층에 대한 주요 정보들은 사용자 인터페이스에서 제시되는 질문에 대한 응답을 통해 사용자에게 순서에 따라 입력되는데 이렇게 입력된 정보들은 전문가 시스템 내에 이미 구축되어 있는 지식베이스의 자료해석 규칙과 추론 기관의 명령에 따라 차례로 활용된다. 자료해석 규칙에서 각 정보와 관련 해석들과의 관계는 가중치 (weight value)로서 표현되어 있고 관련 정보가 입력될 때마다 각 규칙들은 자동적으로 연결되어 작동함으로써 최종적으로는 신뢰값으로 표시된 퇴적층의 퇴적상과 생성 환경의 해석결과로서 제시된다. 이렇게 도출된 퇴적층에 대한 퇴적환경 해석 결과는 사용자 인터페이스를 통해 사용자에게 제시되고 필요시에는 데이터 베이스에 입력자료와 함께 저장시킬 수 있다 (그림 1).

연구결과와 토의

동해 울릉분지 남서부 제 VI-1 광구 신생대 퇴적층은 기반암 위에 마이오세 이후 퇴적된 최대 10,000 m에 달하는 두꺼운 쇠설성 퇴적암층이다 (Nester and Mitchum, 1989). 탄성과 도면, 시추 자료, 그리고 현재까지의 연구결과에 의하면 하부의 마이오세층과 상부의 플라이오-플라이스토세층은 탄성파상 (seismic facies)과 암상 (lithologic facies)에 있어 상이한 점이 많은 것으로 알려져 있다. 따라서 이번 연구에서도 퇴적층을 크게 상, 하부

Table 2. Summary of the depositional settings and sedimentary environments of the Miocene and Pliocene-Pleistocene sequences in the southern part of the Ulleung Basin, East Sea (Sea of Japan), consulted by an expert system, PLAYMAKER2, with ranking and belief values(%) and previously interpreted by other sedimentologists (Nester and Mitchum, 1989; Chough *et al.*, 1985).

Interpretation	Miocene Sequence	Pliocene-Pleistocene Sequence
Depositional Setting by PLAYMAKER2	1. slope: 57.4% 2. shelf: 21.4% 3. basin: 10.1%	1. slope: 59.0% 2. shelf: 22.8% 3. basin: 7.0%
Sedimentary Environment by PLAYMAKER2	1. submarine fan: 35.7% 2. continental slope: 26.3% 3. delta: 16.1% 4. deep basin plain: 6.1% 5. continental shelf: 3.2% 6. shelf margin: 1.4%	1. delta: 24.1% 2. continental slope: 22.2% 3. submarine fan: 17.3% 4. continental shelf: 7.0% 5. deep basin plain: 4.8% 6. shelf margin: 2.6%
Classical Interpretation by other sedimentologists (Nester and Mitchum, Chough <i>et al.</i>)	prograding shelf edge-deep water clastics progressively migrating shelf edge basin plain to slope	shallow to deep marine on the slope submarine slump deposits, turbidity current or debris flow deposits continental shelf

두 부분으로 구분하여 퇴적층 특성 자료를 요약하여 퇴적상과 퇴적환경 해석을 위한 자료로 활용하였다 (표 1). 특히 구성 암석으로는 하부의 마이오세 층은 주로 역암, 장석질 사암 (arkose)과 응회암이고, 상부의 플라이오-플라이스토세층은 잡사암 (wacke)과 이암으로 보고된 바 있다 (Nester and Mitchum, 1989). 이러한 자료를 종합하여 PLAYMAKER2에 입력하여 해석된 퇴적환경 (Depositional Setting)과 퇴적상 (Sedimentary Facies) 해석결과는 표 2와 같다.

PLAYMAKER2에서는 해양 퇴적환경을 크게 세 환경-연안 (shelf), 사면 (slope), 대양저 (basin)-으로 구분하고 있고 이를 다시 보다 세분하여 여섯 종류의 해양 퇴적상-삼각주 (delta), 대륙붕 (continental shelf), 대륙붕단 (shelf margin), 대륙사면 (continental slope), 해저선상지 (submarine fan), 심해저 평원 (submarine basin)-으로 나누었다. PLAYMAKER2에서 제시되는 퇴적환경 해석결과는 0-100%까지의 신뢰값 (belief value)으로 표현되는데, 입력된 자료의 확신도 (confidence value)가 높고 다수의 입력정보가 한 퇴적환경을 높은 가중치 (weight value)로서 지지할 때는 높은 신뢰값으로서 표현된다. 대개의 경우 자료가 불충분하고 각 자료의 확신도가 높지 못할 때는 50% 이하의 낮은 신뢰값을 갖는 여러 개의 퇴적환경 해석 결과가 신뢰값에 따라 순위 (ranking)대로 제시된다.

이번 연구지역에 대한 PLAYMAKER2에 의해 분석된 결과는 마이오세층의 경우 퇴적환경은 사면: 57.4%, 연안: 21.4%, 대양저: 10.1%의 순이고, 퇴적상은 해저 선상지: 35.7%, 대륙사면: 26.3%, 삼각주: 16.1%, 심해저 평원: 6.1%, 대륙붕: 3.2%, 대륙붕단: 1.4% 순이다. 또한 플라이오-플라이스토세층에 대한 PLAYMAKER2의 해석 결과는 퇴적환경은 사면: 59.0%, 연안: 22.8%, 대양저: 7.0%의 순이고, 퇴적상은 삼각주: 24.1%, 대륙사

면: 22.2%, 해저 선상지: 17.3%, 대륙붕: 7.0%, 심해저 평원: 4.8%, 대륙붕단: 2.6% 순이다. 전반적으로 빈약한 지질 및 지구 물리학적 자료 때문에 신뢰값은 높지 않은 편이다. 그러나 PLAYMAKER2에 의해 제시된 퇴적환경을 신뢰도가 높은 순서로 기존 연구자들에 의한 퇴적환경 해석 결과와 대비해 보면, 상당히 유사한 점을 발견할 수 있다. 먼저 Nester and Mitchum (1989)은 마이오세층의 퇴적환경과 퇴적상에 대하여 '점차 북동쪽으로 이동해 가는 대륙붕단 환경 (progressively northeasterly migrating shelf edge)', '심해분지로 전진 퇴적하는 쇄설성 퇴적체 (prograding shelf edge-deep water clastics)', 그리고 플라이오-플라이스토세층에 대하여는 '천해에서 심해까지의 사면 (shallow marine to deep marine on the slope)', '심해 슬럼프 퇴적체, 저탁류 또는 쇄설류 퇴적체 (submarine slump deposits, turbidity current or debris flow deposits)'로 해석한 바 있고, Chough *et al.* (1985)은 울릉분지 신생대 후기 퇴적층의 퇴적환경을 '심해저 평원에서 대륙사면 환경, 그리고 대륙붕 환경으로 점차 진화한 것으로 추정'한 바 있다. 즉 PLAYMAKER2에 의한 마이오세층과 플라이오-플라이스토세층에 대한 퇴적환경과 퇴적상 해석결과와 기존 연구자들에 의한 고전적인 퇴적상 해석 결과를 비교해 보면 두 퇴적층 모두에 대하여 상당히 유사하다고 표현할 수 있다 (표 2). 다만 상부의 플라이오-플라이스토세층에 대한 PLAYMAKER2에 의한 퇴적상 해석 결과에서는 첫 번째 우선 순위로 제시된 퇴적상인 삼각주 환경조차 비교적 낮은 확신도 (24.1%)를 가지고 있는데, 이는 입력 정보로서 활용된 자료들이 특정 환경을 배타적으로 지지하지 않고 여러 환경에서 일반적으로 나타날 수 있는 포괄적인 정보들이기 때문인 것으로 추정된다. 따라서 보다 높은 확신도를 갖는 분석 결과를 얻기 위해서는 추가로 새로운 지질 및 지구물리학적 자료를 확보하여야 한다.

동해 울릉분지 남부의 신생대 후기 퇴적층에 대하여 실시한 PLAYMAKER2의 분석 결과를 가지고 퇴적환경 해석에 관한 전문가 시스템의 현재 기능을 평가해 보면, 비교적 양호하게 퇴적층의 퇴적환경과 퇴적상을 해석하고 있는 것으로 보여진다. 다만 PLAYMAKER2가 보다 신뢰할 만한 퇴적학적 해석 결과를 도출하는 전문가 시스템으로 개선되기 위해서는 향후 많은 퇴적학 전문가가 참여하여 기존 규칙들을 재검증하고 새로운 규칙들을 추가함으로써 보다 세련된 지식베이스의 구축이 진행되어야 할 것으로 판단된다.

요약 및 결론

전문가 시스템 (expert system)은 충분한 지식과 경험을 가지고 있는 한 분야의 전문가가 실제로 문제에 접근 해결해 나가는 방식대로 전산 시스템을 구성하여 이러한 시스템을 통해 컴퓨터가 대신 문제를 해결하도록 제작된 인공지능 방식의 한 소프트웨어이다. 이번 연구에서는 퇴적층의 퇴적상과 퇴적환경 분석을 위해 미국 사우스 캐롤라이나 대학에서 1990년에 개발되었던 PLAYMAKER의 지식베이스를 수정 보완하여 새로 개발한 PLAYMAKER2를 활용하여 퇴적층의 퇴적상과 퇴적환경을 분석하였다.

이번 연구에서는 PLAYMAKER2를 이용하여 동해 울릉분지 남

서부 제 VI-1 광구에 분포하는 최대 층후 10,000 m에 달하는 신생대 퇴적층을 대상으로 퇴적환경과 퇴적상을 분석하였다. 퇴적층은 크게 상, 하부 두 부분으로 구분되며 구성 암석은 하부의 마이오세 층은 주로 역암, 장석질 사암 (arkose)과 응회암이고, 상부의 플라이오-플라이스토세층은 잡사암 (wacke)과 이암이다.

PLAYMAKER2에 의해 분석된 퇴적상과 퇴적환경 해석 결과는 마이오세층의 경우 퇴적환경은 사면: 57.4%, 연안: 21.4%, 대양저: 10.1%의 순이고, 퇴적상은 해저 선상지: 35.7%, 대륙사면: 26.3%, 삼각주: 16.1%, 심해저 평원: 6.1%, 대륙붕: 3.2%, 대륙붕단: 1.4% 순이다. 또한 플라이오-플라이스토세층에 대한 PLAYMAKER2의 해석 결과는 퇴적환경은 사면: 59.0%, 연안: 22.8%, 대양저: 7.0%의 순이고, 퇴적상은 삼각주: 24.1%, 대륙사면: 22.2%, 해저 선상지: 17.3%, 대륙붕: 7.0%, 심해저 평원: 4.8%, 대륙붕단: 2.6% 순이다. 전반적으로 빈약한 지질 및 지구 물리학적 자료 때문에 신뢰값은 높지 않은 편이다. 그러나 PLAYMAKER2에 의해 제시된 퇴적환경들을 신뢰도가 높은 순서로 기존 연구자들에 의한 퇴적환경 해석 결과와 대비해 보면, 상당 부분 일치하는 점을 발견할 수 있다. 즉 PLAYMAKER2에 의한 마이오세층과 플라이오-플라이스토세층에 대한 퇴적환경과 퇴적상 해석결과와 기존 연구자들에 의한 고전적인 퇴적상 해석 결과를 비교해 보면 표 2에서 보는 바와 같이 두 퇴적층 모두에 대하여 큰 차이를 발견할 수 없다. 즉 동해 울릉분지 남부의 신생대 후기 퇴적층에 대하여 실시한 PLAYMAKER2의 분석 결과를 가지고 퇴적환경 해석에 관한 전문가 시스템의 현재 기능을 평가해 보면, 비교적 양호하게 퇴적층의 퇴적환경과 퇴적상을 해석하고 있는 것으로 보여진다. 다만 PLAYMAKER2가 보다 신뢰할 만한 퇴적학적 해석 결과를 도출하는 전문가 시스템으로 개선되기 위해서는 향후 많은 퇴적학 전문가가 참여하여 기존 규칙들을 재검증하고 새로운 규칙들을 추가함으로써 보다 세련된 지식베이스의 구축이 진행되어야 할 것으로 판단된다.

사 사

이 연구는 강원대학교 부설 자원개발연구소의 일부 지원에 의해 수행되었다. 이 연구에서 활용된 자료를 제공해 준 한국석유공사 (KNOC)에 감사드리고, 전문가 시스템 작업 시 도움을 주신 단국대학교 전산학과 이계성 교수님과 심사를 통해 유익한 조언을 주신 두 분 심사위원께도 사의를 표한다.

참고문헌

- Cheong, D., 1990, PLAYMAKER, a knowledge-based expert system to characterize hydrocarbon fields, and its application to the three basins -the U.S. Gulf Coast, the Great Valley, California, the Gyeongsang Basin Korea, Ph. D thesis, University of South Carolina, 246p.
- Cheong, D., Whittle, G., Kendall, C. G. St. C., 1999, Graphic simulation of clastic margin progradation: Ullung Basin, offshore Korea, *Geoscience Journal*, 3(1), 63-73.
- Cheong, D., Kendall, C. G. St. C., Cannon, R., Strobel, J., Moore, P., and Tansathein, D., 1990, PLAYMAKER, a knowledge-based expert system, and its application to the Gyeongsang Basin, Korea, *Journal*

- of *Geological Society of Korea*, 26(3), 240-248.
- Cheong, D., Strobel, J., Biswas, G., Lee, G., Kendall, C. G. St. C., Cannon, R., and Bezdek, J., PLAYMAKER, a knowledge-based expert system, 1992, *Geobyte*, 7(6), 28-41.
- Chough, S.K., Jeong, K.S., and Honza, E., 1985, Zoned facies of mass-flow deposits in the Ulleung (Tsushima) Basin, East Sea (Sea of Japan), *Marine Geology*, 65, 113-125.
- Gershman, A., 1982, Building a geological expert system for dipmeter interpretation, Proceedings, European Conference on Artificial Intelligence, 139-142.
- Hart P.E., Duda, R.O., and Einaudi, M.T., 1978, PROSPECTOR - a computer-based consultation system for mineral exploration, *Mathematical Geology*, 10, 589-610.
- Miller, B.C., 1986, Building an expert system helps classify sedimentary basins and assess petroleum resources, *Geobyte*, 1(2), 44-48.
- Miller, B.C., 1987, The muPETROL expert system for classifying world sedimentary basins, U.S. Geological Survey Bulletin 1810, 87p.
- Nester, D. and Mitchum, B., 1989, Exploration and production evaluation Block VI-I, Ulleung Basin, Exploitech Inc., Houston, v.1-7 (unpublished exploration report).
- Shultz, A.W., Fang, J.H., Burston, M.R., Chen, H.C., and Reynolds, S., 1988, XEOD: an expert system for determining clastic depositional environments, *Geobyte*, 3(2), 22-32.

1999년 4월 28일 원고접수