

## 풍암분지 중부지역의 고해상도 탄성파자료 해석

김기영\* · 허 식\*\*

\*강원대학교 지구물리학과 · \*\*한국해양연구소 해양지질연구단

### 요 약

백악기 육성 퇴적분지의 하나인 풍암 퇴적분지 중부에서 획득한 고해상도 탄성파 중합단면을 탄성파 층서학적인 측면에서 해석하고, 시추공 코아자료, 지표지질 및 구조연구 결과와 비교하여 분지 중심부의 지층 특성을 구명하였다. 중합단면상에는 분지의 경계단층, 침식 부정합면, 관입암체 등의 지질구조가 인지되며, 지층을 연대가 젊은 층부터 차례로 층군 I, II, III, IV, V의 5개로 구분하였다. 연구지역은 분지형성 초기부터 장력이 작용하여 많은 정단층들을 형성하였으며, 미고결층 및 풍화층, 퇴적암층이 기반암인 선캄브리아기 흑운모 편마암을 피복하고 있다. 또한 북서-남동 방향으로 분포하는 퇴적암과 화강암의 경계가 단층에 의하여 수직적으로 구분된다. 이후 화강암류가 관입하여 풍암분지 각처에 지구조 파쇄대와 대소 단층을 발달시켰다. 관입암체인 안산암은 기존에 퇴적되었던 퇴적암층 V를 관입하였는데, 이는 풍암분지 내에서 마그마 관입에 따른 화산암의 생성이 간헐적으로 존재했음을 시사한다. 층군 I과 II에서와 같이 조립질 선상지 퇴적물과 화산쇄설물을 많이 함유하고 있는 퇴적물이 분지 내에 충전되면서 계속되는 주향이동의 지구조 운동을 받아 변형되었다.

**주요어:** 풍암 퇴적분지, 고해상도 탄성파, 경계단층, 관입암체, 부정합면, 층군

**Kim, Ki Young and Huh, Sik, 1999, Interpretation of High-resolution Seismic Data in the Middle Part of the Pungam Basin, Korea. Journal of the Korean Geophysical Society, v. 2, n. 3, p. 201-208.**

**ABSTRACT:** A high-resolution seismic profile acquired across the middle part of the Pungam Basin, one of the Cretaceous sedimentary basins in Korea, has been interpreted to delineate subsurface geological structures. Boundary faults, intrusive bodies, and unconformity surfaces are identified on the seismic section. Basin fills are divided into five depositional units (Units I, II, III, IV, and V in descending order). The normal faults were formed by transtensional movement along a sinistral strike-slip fault zone. Unconsolidated sediments, a weathered layer, and sedimentary layers overly the Precambrian gneiss. The granite body intruded at the southeastern part contacts the adjacent sedimentary rocks by a near-vertical fault. Granitic intrusions caused tectonic fractures and normal faults of various sizes. An andesitic intrusive body indicates post-depositional magmatic intrusions. Continuous strike-slip movements have deformed basin-filling sediments (Units I and II).

**Key words:** Pungam Basin, High-resolution seismic, Boundary faults, Intrusive body, Unconformity surfaces, Depositional units

(Kim, Ki Young, Department of Geophysics, Kangwon National University, 192 Hyoja-2-dong, Chuncheon 200-701, Korea; Huh, Sik, Marine Geology and Geophysics Division, Korea Ocean Research & Development Institute, Ansan P.O.Box 29, Ansan 425-600, Korea. e-mail: kykim@kangwon.ac.kr)

## 1. 서 론

풍암 퇴적분지는 강원도 홍천군과 횡성군 일부에 걸쳐 분포하는 면적 약 140 km<sup>2</sup>의 비교적 작은 중생대 퇴적분지이다(Fig. 1). 이 분지는 북동-남서 방향으로 가로지르는 주향이동 단층대를 따라 쇄설성 퇴적암이 선캠브리아기 편마암류와 시대 미상의 복운모 화강암을 부정합적으로 덮고 있다(강필종 · 진명식, 1972). 이 퇴적분지는 경계성 있는 지하자원이 부존할 가능성이 적다는 등의 이유로 1990년대 이전에는 기본적인 지질도폭조사(강필종 · 진명식, 1972) 등 매우 제한적인 조사연구만이 이루어졌으며, 최근 강원대학교 연구진에 의한 지구물리학적, 지질학적 연구 결과가 일부 발표되고 있다.

김기영 · 김현규(1997)는 이 퇴적분지 내의 시추공(Fig. 1)에서 3성분 시추공 지오폰을 이용한 수직탄성파 탐사(vertical seismic profiling)를 실시하여 퇴적암의 P파 및 S파 속도를 밝혔으며, 김영화 · 장승익(1998)은 물리검층자료를 이용하여 암상을 구분하였다. 김현규 · 김기영(1998)은 이 퇴적분지 북동부 경계에서 반사파 탐사를 실시하였으며, 김기영 · 허식(1999)은 탄성과 층서학적 측면에서 이 탐사자료를 재해석하였다. Cheong · Kim (1997)과 김경희(1998)는 이 분지를 대상으로한 퇴적학적 연구를 통하여 12개의 퇴적상을 밝히고, 퇴적환경을 신상지 및 충적평원과 이에 인접한 호수환경의 상부, 중부, 하부로 해석하였다. 또한 이회권(1998)은 풍암분지가 북동쪽과 남서쪽에서 각각 금왕단층의 인장형과 압축형 주향이동 운동에 의해 형성되었음을 구명하였다.

이 연구는 김기영 외(1997)가 백악기 퇴적암과 선캠브리아기 편마암, 백악기 화강암이 함께 존재하는 홍천군 어론리 부근의 풍암 퇴적분지 경계를 가로질러 기록한 바 있는 고해상도 반사파 탐사자료를 이용하여, 이 퇴적분지 중부지역을 탄성과 층서적 측면에서 해석한 내용이다.

## 2. 자료 획득

조사측선은 풍암 퇴적분지의 중부에 해당하는 홍천군 어론리에 위치하며, 북서쪽과 남동쪽에는 각각 백악기 퇴적암과 화강암 노두가 발견된다(Fig. 1). 측선은 주요 지질구조선의 주향과 약 70°의 각도를 이루고 있으며, 산사면, 밭, 하천, 도로

등을 통과하여 총 378 m에 이른다. 비교적 짧은 길이임에도 불구하고 최대 18 m 이상의 고도 차이와 빈번한 교행 차량, 그리고 굵은 날씨 등으로 인하여 조사지 기록환경이 좋지 못하였다.

기록길이 192 ms, 샘플률 0.2 ms, 아날로그 필터 75-475 Hz, 6 dB/48 ms의 계단형 이득함수 등의 기록변수들과 BISON 8012A 기록계, 100 Hz 지오폰 등의 조사장비, 끝점 발파방식 등은 김기영 · 허식(1999)의 수하리 지역 조사 시와 동일하다(Table 1). 그러나 이 측선에서는 비교적 심한 경사와 지표환경 등으로 중력추를 파원으로 사용하지 못하고, 이동성이 뛰어난 5 kg 해머로 매 발파점에서 알루미늄 판을 3회 타격하는 방식을 택하였다. 하천이나 도로 등 장애물이 있는 곳을 제외한 대부분의 구간에서는 타격 간격 및 지오폰 간격을 2 m, 근거리 윗셋을 4 m로 하고 12채널로 기록하여 평균 600%의 중첩도를 얻었다. 하천과 도로 등 장애물 구간에서는 파원과 수신기를 장애물 양쪽에 분리 설치함으로써 중첩도를 높였으며, 상대적으로 윗셋이 큰 원거리 공심점 트래이스를 기록하였다.

## 3. 자료 처리

자료 처리는 수하리 지역자료와 마찬가지로 일반적인 처리과정을 따랐으며(Fig. 2), 포맷변환, 이득 제거, 광대역 주파수필터, 실진폭 회수, 고도 보정, f-k 속도필터, 뮤트, 공심점 취합, 중합전 디콘볼루션, 시변대역필터, 속도분석, 동보정, 중합, 기타 기준면 보정을 포함한 중합후 처리과정의 순서로 구성되어 있다. 최대 18.3 m의 고도차를 보이는 지표구배로 인한 정보정치가 무려 최대 44.6 ms에 달하므로, 광파 측량계를 이용하여 측정된 고도자료를 이용하여 부동 기준면(floating datum) 보정 방식을 택함으로써 정보를 최대한 보존하였다. 각 공심점 모음자료별로 발파점과 수신점 고도의 중앙값(median)을 택하여 기준면을 정하고, 이로부터 측정마다 보정치를 계산하여 공통발파자료(common-shot-gathered data)에 적용하였다.

주파수-파수 영역에서의 1,500 m/s 속도필터를 공발점(common shot point)과 공수점(common receiver point) 모음자료에 각각 적용시킴으로써 레일리와 에너지를 효과적으로 감쇠시켰으며, 반사파 도달 이전의 일관성 잡음인 직접파 및 굴절파는 초기뮤트로 제거하였다. 반향파 에너지는 연산자 길이

77 ms, 예측거리 8 ms, 백색잡음 수준 0.1%의 중  
합전 디콘볼루션 과정을 통하여 억제하였고, 중합  
후에는 각 공심점 트레이스에 대하여 정의된 부동

기준면에 대한 정보정을 실시하였다. 또한 100-350  
Hz, 75-150 Hz, 50-150 Hz의 대역을 갖는 시변대  
역 필터(time-variant bandpass filter)를 적용하여,

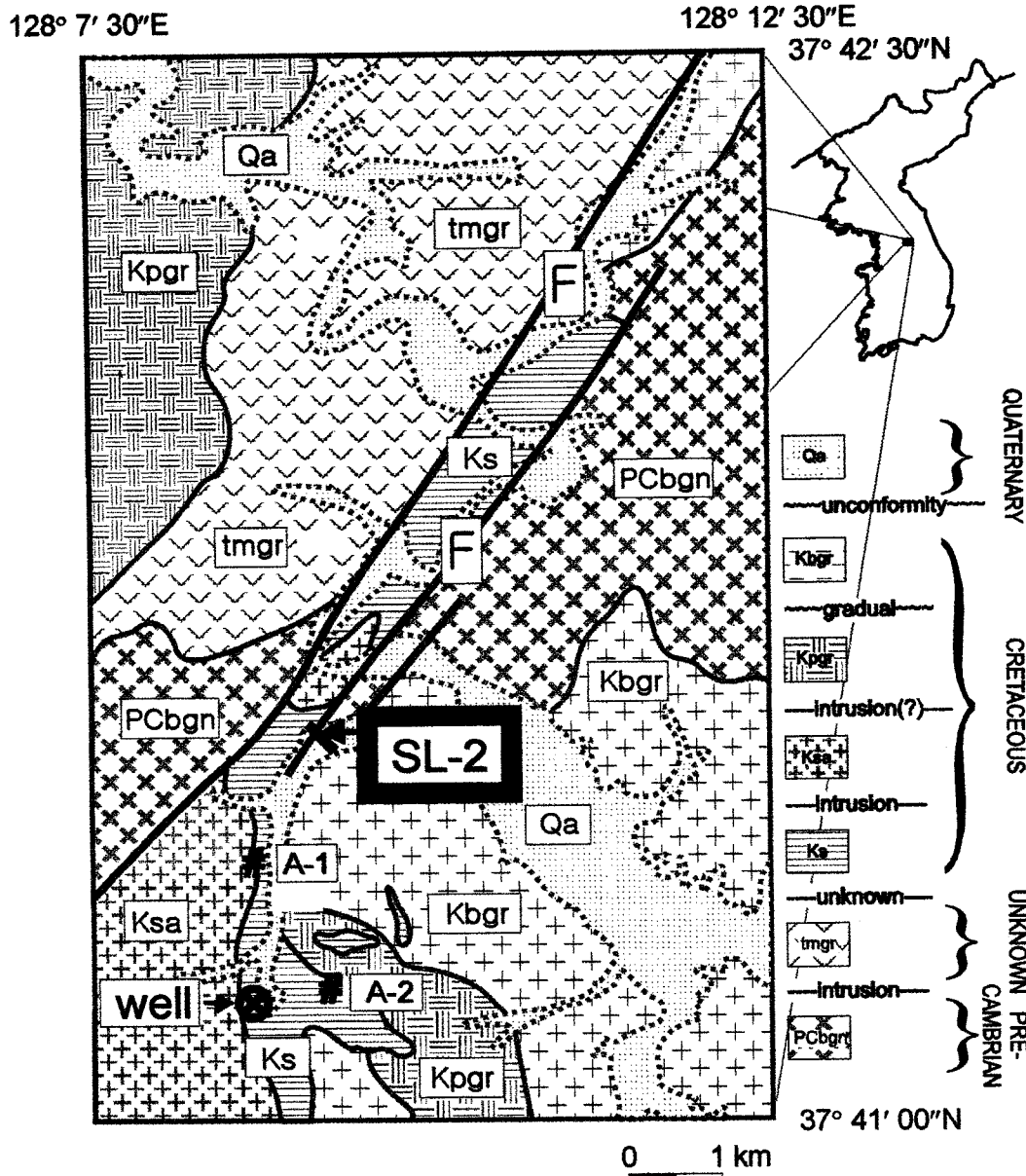


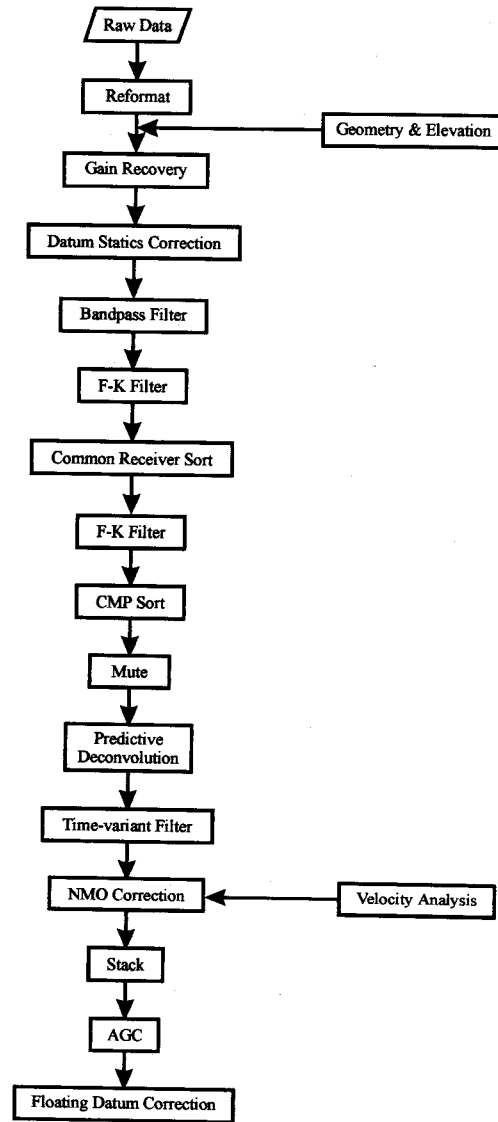
Fig. 1. Geologic map of the study area, modified from Kim and Kim (1998). High-resolution seismic profile SL-2 was shot across the boundary of the Pungam sedimentary basin. The Keumwang fault zone and the well location are indicated with F and ⊗, respectively. Geologic samples were analyzed at sites A-1 and A-2. The following symbols are used for lithology; Qa (alluvium), Kbgr (biotite granite), Kpgr (porphyritic granite), Ksa (andesite), Ks (sedimentary rock), tmgr (two-mica granite), and PCbgn (biotite gneiss).

**Table 1.** Acquisition parameters for the high-resolution reflection survey.

Source	
Type	5 kg hammer
Shot interval	2 m
Receiver	
Type	100 Hz geophone
Interval	2 m
Recorder	
Record length	192 ms
Sampling interval	0.2 ms
Analog filter	75-475 Hz (Butterworth)
Gain type	Programmed (6 dB/48 ms)
Layout	
Shooting method	End-on
Number of channel	12
Near-trace offset	4 m
CMP coverage	Nominal 600 %
Vertical stack	300 %

지표 근처의 세밀한 구조 파악과 깊은 부분의 지질구조 영상화를 동시에 이루도록 하였다.

속도분석은 상속도 중합법(constant velocity stack)을 이용하였으나, 낮은 신호대 잡음비 및 적은 중심점 중첩도, 짧은 전개거리 등으로 정확한 속도 분석에 어려움이 있었다. 이를 보완하기 위하여 상부층 속도는 굴절파로부터, 하부층의 경우는 김기영·김현규(1997)가 조사측선의 남남서 방향 약 3 km 지점에 위치한 시추공에서 수직탄성파(VSP) 방법으로 측정된 결과를 이용하였다. Fig. 3a는 부동 기준면 보정까지 처리된 중합단면도를 보여준다. 중합단면의 윗 부분에는 상대적 지표고도를 얇은 실선(S)으로 표시하였고, 단면 하단부의 자료 끝 부분은 부동기준면(D)의 모습을 보여준다. 하천과 도로가 위치한 부분에는 신호대-잡음비가 다소 떨어지는 양상을 보이는데, 이는 지오폰 설치가 불가능하여 원거리 타격법 기록에 따른 신호대 잡음비의 저하 등에 기인하는 것으로 판단된다.



**Fig. 2.** Major seismic processing sequence.

#### 4. 자료 해석

풍암분지 중부 지질에 관한 기존 연구로는 Cheong · Kim (1997)에 의한 시추코아 분석자료와 김경희(1998)에 의한 야외 지질조사자료가 있다. 조사측선 남남서쪽 약 3 km 지점에 위치한 시추공

(Fig. 1)의 코아시료 분석에 의하면, 총 138 m 깊  
이까지 연속적으로 나타나며 이를 안산암이 관  
입하고 있다(Cheong · Kim, 1997). 흑운모 화강암

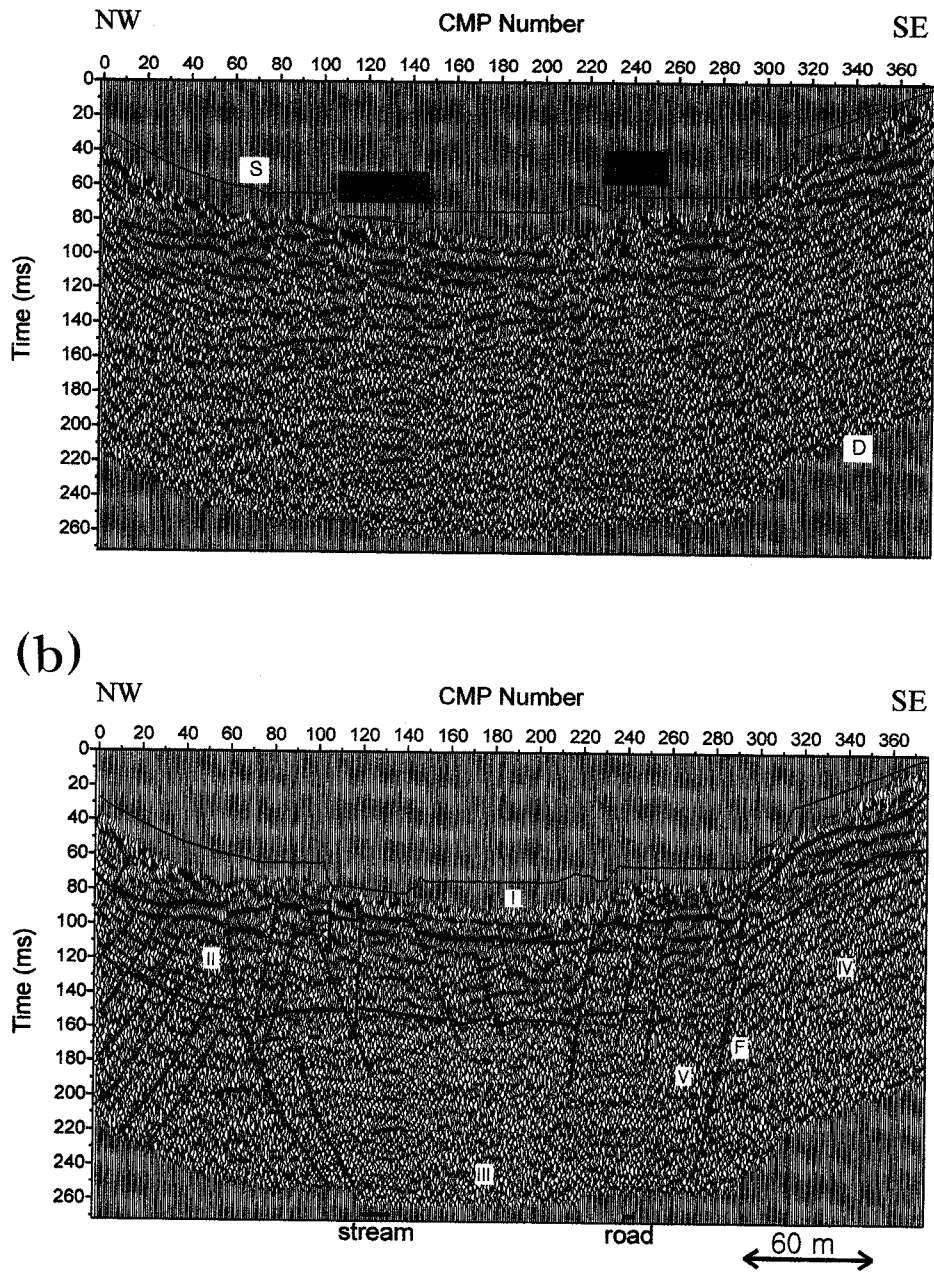


Fig. 3. Stack section of the profile SL-2. (a) Uninterpreted section: ground surface (S) is indicated with a narrow solid line, and the floating datum (D) can be figured from the termination pattern on data. Locations for the stream and the road are also indicated on the section. (b) Interpreted section: five depositional units (Units I, II, III, IV, and V) and faults are indicated. 'F' denotes the boundary fault between the sedimentary body and the biotite gneiss.

이 기저를 이루며, 이로부터 유래한 것으로 보이는 암편들로 구성된 역암층이 최하부 기저역암층을 형성하고 있다. 김경희(1998)의 야외 지질조사에 의하면, Fig. 1의 A-2 부근 노두에서 역암상과 이암상 또는 실트스톤상이 교호하며 나타난다. 어른리 황정굴을 지나는 444번 지방도로 절개면(A-1)에서 관찰된 퇴적층의 주된 암상은 사암상이나, 퇴적층 상부에는 층리가 잘 발달한 역암층이 분포한다. 괴상의 이암 또는 실트스톤상은 매우 두껍고 수평 연속성이 양호하며, 일부 역암층만이 렌즈상의 형태로 나타난다. 측선 남쪽 4.5 km 지점에 위치한 봉명리 부근의 표고 700~800 m 정도의 능선에 발달된 화산쇄설성 퇴적암 노두는 정단층 구조를 잘 보여주며 심하게 속성 변질을 받은 상태로 노출되어 있다.

Fig. 3a의 중합단면도상에서 속도정보와 탄성파 특성, 주변 지질정보 등을 종합하여 연대가 젊은 층부터 I, II, III, IV, V의 5개 층군으로 나누고 탄성과 층서학적 경계면을 설정하였다(Fig. 3b).

최상부에 위치한 층군 I은 두께가 15~50 ms이고, 평균속도는 약 1,140 m/s로서 미고결 토사층 및 풍화암으로 구성되어 있다. 층군 I의 하부는 침식 부정합면으로서 층군 II와 경계면을 이루고 있다. 특히 공심점 0~60과 300~370 사이에서 부정합면이 잘 나타나고 있으며, 이 경계면 상부는 제 4기 층적 퇴적물로 형성되어 있다. 침식이 가장 많이 된 북서쪽 경계 부근에서 층군 I의 두께가 가장 두꺼운 점은, 측선이 거의 경사 방향이라는 점을 감안할 때, 퇴적물이 북서쪽에서 이동되어 왔을 가능성을 지시한다고 해석할 수 있다. 그러나 3차원적으로는 측선과 엇각을 이루는 방향에서부터 공급되었을 가능성도 배제할 수 없다. 한편 단층구조가 층군 I까지 연장된 것은 지구조운동이 계속되는 상태에서 퇴적물이 퇴적되었음을 의미한다.

층군 II의 퇴적암층은 두께가 25~60 ms이고, 속도는 중합속도 및 수직탄성과 속도측정자료(김기영 · 김현규, 1997)로부터 약 2,421~5,346 m/s의 범위를 갖는 것으로 분석된다. 이 층에 상응하는 야외 화산쇄설성 퇴적암상들은 심한 속성작용으로 많이 변질되어 있고(김경희, 1998), 점이층리, 수평층리, 사층리 등의 퇴적구조를 보인다. 이러한 여러 가지의 퇴적구조들은 기존에 퇴적되어 있던 화산쇄설물이 재동하여 분지로 유입되면서 주변부에 퇴적되었거나 공중으로 분출했던 화산재가 낙하하

여 퇴적된 것으로 추정된다. 특히 층군 II는 핀치아웃(pinch-out)의 형태를 보이며 반사면이 파랑상(wavy)의 반사양상을 띄고 있다. 이는 북서 방향에서 이동한 선상지 상부 퇴적물과 선상지 중부 또는 하부에 발달한 소규모 지류(distributary)에 의해 유입된 퇴적물이 혼합된 형태로 추정된다.

층군 III은 중합단면도 상에서 돔(dome) 모양의 외부형태와 혼탁한(chaotic) 내부 반사면으로 이루어 관입암체로 해석하였다(Fig. 3a). 이 암체는 기존에 퇴적되었던 퇴적암층 V를 관입한 암산암으로 추측되며, 매몰 및 속성작용 동안 퇴적암을 변질시켰을 것이다. 이는 풍암분지 내에서 퇴적이 일어나기 전, 퇴적과 동시, 그리고 퇴적 후에도 마그마 관입에 따른 화산암의 생성이 간헐적으로 존재했음을 시사한다. 이와 같이 화산암은 백악기 초기 분지 형성 이전부터 변성암 및 화강암질 기반암을 관입하여 풍암분지 진화의 모든 단계에 영향을 미쳤다(Cheong · Kim, 1997; 이희권, 1998).

관입화강암인 층군 IV는 퇴적암체인 층군 II 및 층군 V와의 경계가 단층(F)으로 구분되는데, 중합속도를 이용하여 계산한 이 단층의 겹보기 경사는 85° 정도이다. 지질도(Fig. 1) 상에서도 예측이 가능한 이 단층은 공심점 290~300 부근의 지표고도(S)의 급격한 변화와도 잘 일치한다. 이는 풍암분지 내의 큰 계곡과 하천들은 대체로 지구조 파쇄대(tectonic fracture)의 방향과 일치하며, 지표고도가 갑자기 변하는 곳에 대개 단층이 위치하는 일반적인 관찰과 부합한다. 풍암분지 수하리 측선(김기영 · 허식, 1999)에서와 마찬가지로, 이 층군 내에는 음향 임피던스 차이가 커서 생기는 다중반사파 에너지가 기록되어 있으나 편미암 지역보다는 훨씬 미약하다.

층군 II와 V의 경계면은 반사면 경사와 반사특성의 뚜렷한 차이에 의해 비교적 연속적이고 강한 진폭을 가진 반사면의 형태를 보이는데, 안정된 퇴적환경에서 퇴적된 하부의 층군 V를 상부의 층군 II가 아래걸침(downlapping)하고 있다. 특히 이 구간의 퇴적층 내에는 북서쪽으로 수렴하는 정단층군들이 나타나는데, 이는 북서쪽에 존재하리라 추정되는 기반암 상승부(기반암의 배사구조)와 연관되어 있을 것이다. 야외 관찰에 의한 퇴적상 조합과 퇴적환경 해석에 의하면(김경희, 1998) 층군 V와 같이 기반암과 직접 접촉하는 퇴적층에서는 편미암 또는 규암편이 많이 함유된 역암이 우세하게 관찰되는데, 이는 풍암분지 생성초기에 편미암

과 화강암 주변에서 이를 기반암으로 최하부 퇴적층이 형성되었음을 시사한다. 이 퇴적층은 분지가 형성된 직후 남동측 단층대 부근에서는 주로 역 및 각력으로 이루어진 쇄설류(debris flow) 유형의 선상지 상부 퇴적물이 단층대를 따라서 퇴적되었고, 중심부로 갈수록 모래, 미사와 같은 선상지 중부 및 하부의 퇴적물이 퇴적되었다(Cheong · Kim, 1997).

## 5. 토 의

공심점 110~120와 200~250 사이에는 뚜렷한 반사면이 보이지 않아 파쇄대로 생각할 수 있으나, 개천과 포장된 도로로 인한 불균질한 카버리지와 원거리 울셋 등 자료 획득 당시에 야기된 문제일 가능성도 배제할 수 없다. 울셋 증가로 인한 낮은 신호대 잡음비와 대부분의 천부 반사파 신호들이 초임계각 범위에 놓이게 되는 점 등은 속도 분석 결과와 종합 품질에 부정적 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다.

층군 IV는 혼탁한(chaotic) 반사형태의 변형대(deformed zone) 특성을 보이며, 주향이동단층대에서 흔히 나타나는 꽃구조(flower structure) 하부에서 종종 인지되는 양상과 흡사하다. 따라서, 주변에 다른 탄성과 축선이 없어 정확한 규명은 힘들지만, 주향이동단층에 의한 습곡(fold)이거나 관입암체일 가능성이 크다. 이 암체의 암상은 안산암으로 추측되는데, 이는 전술한 Cheong · Kim (1997)과 이희권(1998)의 최근 연구 결과에 의한 것으로, 풍암분지 퇴적암류를 관입한 암석 중 안산암보다는 화강암이 후기일 것으로 생각한 강필중 · 진명식(1972)의 의견과는 배치된다.

이 연구에서는 비교적 약한 에너지원을 사용하여 분지 경계부에서 획득한 자료만을 이용하여 해석함에 따라, 음향 기반암 영상화와 및 분지 중앙부의 지질구조 구명 등은 시도되지 않았다. 추후 고해상도 반사법 뿐만 아니라, 기타 다양한 지구물리 조사자료를 이용하여 비교 · 해석할 경우, 보다 종합적인 분지구조 해석이 가능할 것으로 기대된다.

## 6. 결 론

백악기 육성 퇴적분지의 하나로서 전형적인 주향이동운동(strike-slip) 기원의 강원도 풍암분지에

서 고해상도 반사파자료를 해석한 결과, 분지의 경계단층, 관입암체와 선상지 환경의 침식 부정합면 등의 지질구조를 인지할 수 있으며, 이로부터 분지의 생성 및 진화를 다음과 같이 추론하였다.

1. 어론리 일대의 퇴적층은 선캠브리아기의 혹은 운모 편마암을 피복하고 있으며, 단면도상의 많은 정단층 구조는 분지형성 초기부터 연구지역에는 장력이 작용하였음을 의미한다.

2. 이 지역의 지층을 시대별로 5개 층군으로 나누었으며, 최상층인 층군 I은 미고결 토사층 및 풍화암으로서 층군 II와 침식 부정합면으로서 경계면을 이루고 있다. 침식정도와 층의 두께로 볼 때, 퇴적물이 북서쪽에서 이동되어 왔으며, 단층구조가 층군 I까지 나타나는 것으로 보아 지구조운동이 계속되는 상태에서 퇴적물이 퇴적된 것으로 추론된다.

3. 층군 II의 퇴적암층은 핀치아웃의 형태를 보이며 반사면이 파형의 반사양상을 띠고 있어 북서방향에서 이동한 선상지 상부의 조립질 퇴적물과 선상지 중부 또는 하부에 발달한 소규모 지류에 의해 유입된 퇴적물이 혼합된 형태로 추정된다.

4. 축선 중앙의 관입암체인 안산암(층군 III)은 기존에 퇴적되었던 퇴적암층 V를 관입하였으며 매물 및 속성작용 동안 퇴적암을 변질시켰다.

5. 축선의 남동부에 위치한 관입화강암(층군 IV)은 주변 퇴적암에 단층집속하고 있다.

6. 퇴적층의 형성기간과 형성 이후에는 주변 지역의 활발한 지구조 운동과 화산활동이 수반되어 화산쇄설물이 선상지 환경하에서 경계단층대를 따라 두껍게 퇴적되었고, 퇴적 후에는 정단층, 습곡, 절리 등의 구조를 포함하여 심하게 변형된 모습을 보인다.

## 사 사

이 논문은 한국과학재단에서 지원한 핵심전문연구(과제번호 961-0403-010-2)의 일환으로 수행되었음을 밝히며, 강원대학교 자원개발연구소의 부분적 지원에 사의를 표합니다. 또한 풍암 퇴적분지의 퇴적층서 및 지질구조에 관하여 좋은 의견을 주신 강원대학교 지질학과 정대교, 이희권 교수님과 곳은 날씨에도 자료 획득을 위하여 땀흘린 강원대학교 지구물리학과 대학원 및 학부과정 학생들에게 감사드립니다.

참고 문헌

- 강필중, 진명식, 1972, 한국 지질도 (1:50,000), 풍암도폭 및 설명서, 국립 지질조사소, 31 p.
- 김경희, 1998, 강원도 홍천군 북부지역 백악기 풍암분지 퇴적층의 퇴적학적 연구. 강원대학교 석사학위논문.
- 김기영, 김현규, 1997, 풍암분지 퇴적층의 지진파 속도 및 탄성계수 산출, 지질학회지, 33, 111-116.
- 김기영, 김현규, 정미숙, 우남철, 1997, 풍암 퇴적분지 어론리 경계 부근에서의 고해상도 반사파 조사 연구. 대한지질학회 제52차 학술발표회 (초록), 서울 한국과학기술회관, 14.
- 김기영, 허식, 1999, 고해상도 탄성파자료를 이용한 풍암분지 북동부의 퇴적구조 및 퇴적환경 연구, 지구물리, 2, 91-99.
- 김영화, 장승익, 1998, 풍암퇴적분지 내 시추공 PABH1에서의 물리검층에 의한 암상판정, 지질공학회지, 8, 163-173.
- 김현규, 김기영, 1998, 중력추를 이용한 풍암분지 경계 부근에서의 고해상도 반사파 탐사, 자원환경지질학회지, 31, 519-526.
- 이희권, 1998, 백악기 풍암분지에 대한 구조지질학적 연구, 지질학회지, 34, 121-136.
- Cheong, D. and Kim, K., 1997, Sedimentary basin analysis of the tectonic-controlled Cretaceous Poongam basin in mid Korea; in Jang, B.A. and Cheong, D. Eds., Crustal Evolution in Northeast Asia, 4th Korea-China Joint Geology Symposium, Chunchon, 133-139.
- Kim, H.K. and Kim, K.Y., 1998, High-resolution seismic survey using weight-drop at the boundary of Pungam Basin, Econ. Environ. Geol., 31, 519-526 (in Korean with English abstract).

---

1999년 5월 14일 원고접수

1999년 8월 27일 원고채택