

# 한반도와 주변부의 지각 및 지체구조 연구에 관한 제언

박창업

서울대학교 자연과학대학 지구환경과학부, baagce@snu.ac.kr

## Remarks on studies of crustal and tectonic structures of the Korean Peninsula and its vicinities

Chang-Eob Baag

School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University

### 1. 서론

어느 분야의 학문이 인간의 호기심 또는 필요에 의해서 형성이 된 이후, 발전하는 과정에서 지속적으로 변화를 하게 된다. 초기에는 단순한 형태로 시작하였더라도, 그 이후에는 새로운 방향으로 나아가거나 다른 분야와 병합 또는 융합하기도 한다. 지각구조연구를 포함한 지구물리학의 연구도 변화를 거듭하여, 현재에는 지체구조 또는 지질학 분야와 융합하여 연구가 진행되는 경우가 많다. 지구내부의 구조와 상태를 알아내기 위해서는 각 분야의 정보를 이용하여 종합적으로 해석을 한다. 지각구조연구를 위하여 지진파를 분석하여 나타나는 결과는 지질학적 또는 지체구조학적으로 해석이 가능해야 한다. 또한 지구내부에서 일어나는 현상을 지질학 또는 지체구조학적으로 분석을 할 때, 지구물리학적 연구결과와 부합해야 한다. 이러한 관점에서 볼 때, 각 분야의 연구자들은 관련된 타 분야의 연구내용을 서로 잘 이해를 하는 것이 필요하다. 비록 타 분야의 연구를 수행할 수는 없어도, 그들이 연구한 결과를 잘 이해하는 것은 필수적이다.

현재 한반도와 그 주변부에 대한 지각구조와 지체구조에 대한 연구는 어느 정도 진행이 되었다 (Chough et al. 2000; Chang and Baag, 2006; Cho et al., 2007; Chang and Baag, 2007; Kim et al., 2007). 그러나 각 분야의 연구자들이 각자의 연구분야에만 주로 관심을 집중하는 결과로 인해서, 한 분야의 연구결과가 타 분야의 결과와 서로 맞지 않는 현상이 나타나기도 한다. 또한 타 분야의 연구 결과에 곡해를 하거나 인용을 잘 못하여 연구결과에 대한 해석에 차질이 있을 수도 있다. 한반도의 지질과 지체구조 연구결과에 대한 이해를 잘 하므로 인해서, 지각구조의 다음 연구과제에 대한 아이디어 창안이 가능할 것이다. 이러한 의미에서 현재까지 한반도 및 주변부의 지각 및 지체구조 연구결과에 대해 개괄적으로 검토하고, 몇 가지 예를 들어서 상호관계에 대해 토의해 보고자 한다.

### 2. 본론

이해를 돕기 위해서 한반도의 지체구조 형성에 대하여 간략히 설명하기로 한다. 일반적으로 한반도는 낭림육괴, 경기육괴 및 영남육괴로 이루어져 있다 (Fig. 1). 이들 육괴

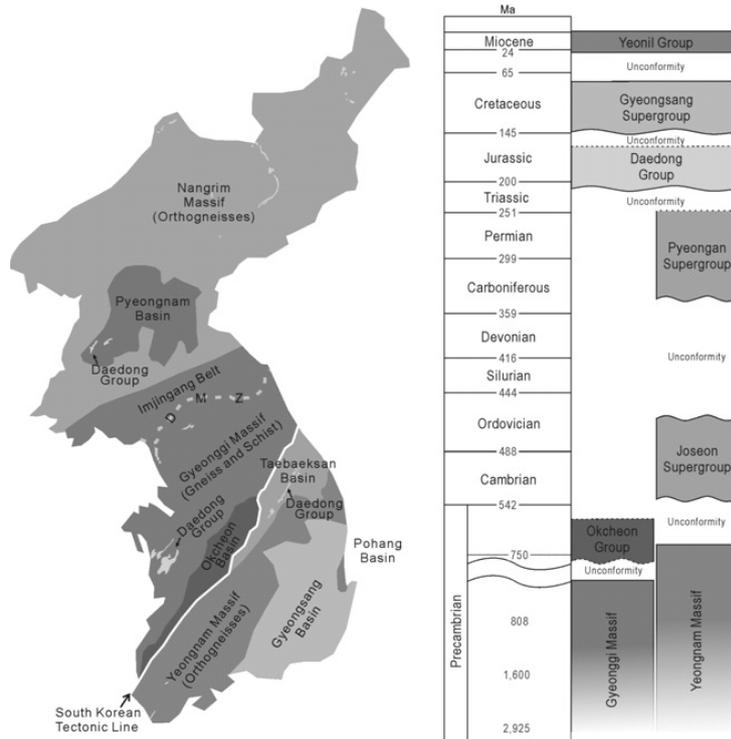


Fig. 1 Major tectonic features and stratigraphy of the Korean peninsula (From Chough et al. 2000)

는 선캠브리아기의 변성암으로 형성되었으며, 당시에는 현재의 위치와는 다른 곳에, 즉 서로 멀리 떨어져 있었다. Chough et al. (2006)에 의하면 북중국 Sino-Korean block에 해당하는 낭림육괴와 영남육괴는 근접한 거리에 있었고, South China block에 해당하는 경기육괴는 이들 보다 남쪽 상당한 거리에 존재하였다. 후기 원생대(Protozoic)에 경기육괴의 남측 변두리에는 옥천분지가 존재하였고, 북측 변두리에도 퇴적분지가 존재하여 삼곳층이 형성되었다. 과거에는 이들 퇴적분지 형성에 대해 “geosyncline”이라는 개념으로 해석을 하였으나, 현재에는 그렇지 않다. 캄브로-오르도비스기에는 낭림육괴의 남부에 평남분지, 그리고 이와 연결된 영남육괴의 북부에 태백산분지가 형성되어 퇴적층이 쌓였다. 이들 두 퇴적분지는 서로 근접하여 사실상 하나의 분지로 해석될 수도 있다. 경기육괴는 이 시기에 지속적으로 북상하여 낭림-영남육괴로 향하고 있었다. 데본기와 석탄기에는 경기육괴의 북측의 퇴적분지에 임진층군이 퇴적되었다. 석탄기와 페름기에 평남-태백산분지에 평안누층군이 퇴적되었다. 이 시기에는 경기육괴가 지속적으로 북상하여 낭림-영남육괴에 근접하게 되고, 전기 트라이아스기에 결국 대륙충돌이 일어났다 (Fig. 2). 이 현상이 소위 송림조산운동(Songrim orogeny)이다. 이 충돌로 인하여 낭림육괴와 경기육괴 사이에는 임진강습곡대, 그리고 경기육괴와 영남육괴 사이에는 옥천습곡대가 형성이 되었다 (Fig. 3). 즉, 경기육괴의 북측 변두리에 있던, 선캠브리아기의 삼곳층과 데본-석탄기의 임진층군이 이 충돌에 의하여 습곡변형을 받았다. 또 경기육괴의 남측 변두리에 퇴적된 선캠브리아기의 옥천층군이 이 시기에 습곡변형을 받았다.

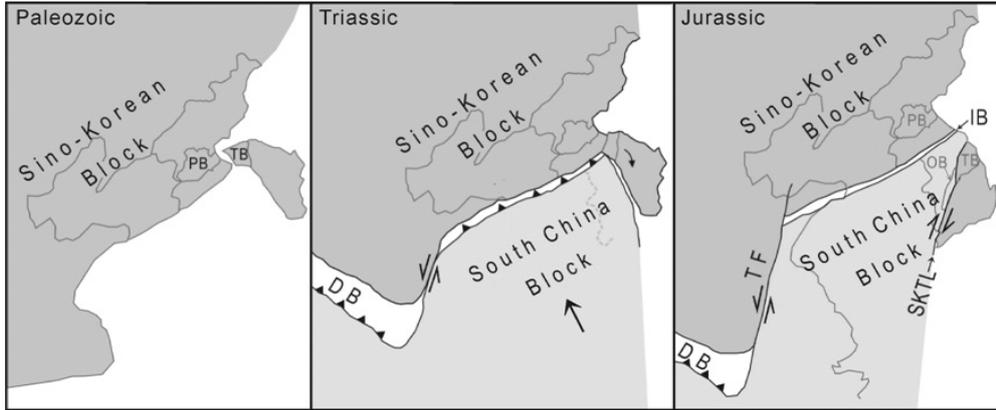


Fig. 2 Schematic illustration of continental collision in the Mesozoic era (Chough et al., 2000).

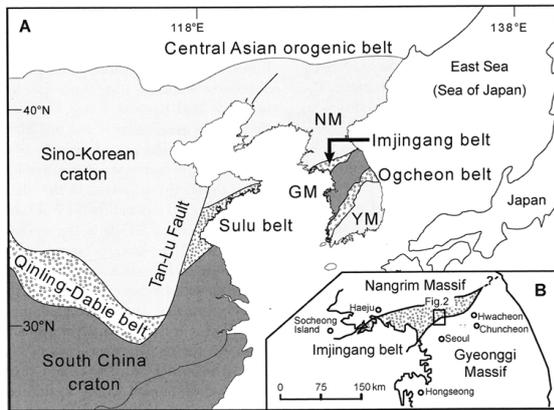


Fig. 3 Locations of Imjingang belt and Okcheon belt (Cho et al., 2007)

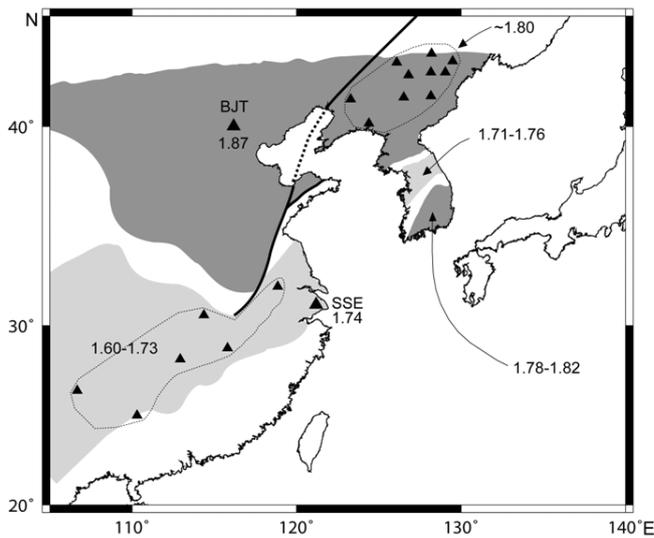


Fig. 4 Distribution of  $V_p/V_s$  values (Chang and Baag, 2007)

이들 퇴적층들 뿐만이 아니라 충돌지역과 가까운, 낭림육괴 남측 변두리와 경기육괴의 북측 및 남측 변두리, 그리고 영남육괴의 북측 변두리 지역도 충돌에 의한 변형을 받았다. 임진강습곡대와 옥천습곡대는 각 육괴의 변두리 지역 위에서 형성된 것이다. 그러므로, 만일 한반도가 3개의 육괴와 두 개의 습곡대로 이루어져 있다고 한다면 논리적으로 정확한 표현이 되지 못한다. 또한 변형 정도의 점이적인 지역적 변화를 감안해 볼 때, 이들 습곡대의 경계선을 정확히 나타내기가 어렵다. 그러므로 옥천습곡대와 임진강습곡대의 경계선을 지질도에 실선이 아니라 점선으로 표현하는 것이 좋을 것이다. 낭림육괴, 경기육괴 그리고 영남육괴사이의 현재의 상대적인 위치와 대략적인 경계선은 알려져 있으나 각 육괴의 전체적인 경계선은 정의되지 않는다.

임진강습곡대 주위에 대륙충돌의 영향(송림 조산운동)으로 과다하게 두꺼워진 지각이 후기 트라이아스기 및 전기 주라기에 붕괴함으로써, 신장성의 응력환경이 형성되어 한반도 내 여러 곳에 소규모 퇴적분지가 형성되고 대동충군이 퇴적되었다. 주라기에는 한반도 동측의 해양판인 이자나기(Izanagi) 판이 서북쪽으로 섭입하는 영향으로 인해 한반도의 넓은 범위에 대보화강암이 대규모로 관입하였다. 백아기에 이자나기판이 해령과 함께 북쪽으로 섭입방향을 변경함에 따라서 영남육괴에 좌수향 주향이동 전단(shearing)에 의한 pull-apart 퇴적분지가 형성되었다. 이 시기에 경상분지의 동남부를 포함한 한반도의 동남부에는 북동-남서 방향의 volcanic arc가 존재하였다(Chough and Sohn, 2010). 이 사실은 현재 이 지역에 지각이 두껍은(Chang and Baag, 2007) 이유가 될 수도 있다. 신생대에는 태평양판이 서남서 방향으로 섭입을 하여 현재 동해의 위치에 pull-apart 분지가 형성되어 지각이 인장됨과 동시에 동해가 생성되었다.

Chang and Baag (2007)은 원거리 지진기록의 수진함수분석에서  $V_p/V_s$ 값의 분포를 계산하여, 한반도의 경기육괴가 South China block에, 그리고 영남육괴가 Sino-Korean block에 연관이 된다는 지질학적인 연구결과(Chough et al, 2000)를 뒷받침하는 결론을 내었다(Fig. 4).  $V_p/V_s$  값의 분포가 과연 대륙충돌 이전의 각 육괴의 상태를 잘 나타낼 수 있는지는 확실치 않지만, 있을 수 있는 현상이다. 향후 별도의 타 연구에서 이를 검증할 필요가 있을 것이다. Shin and Baag (2000)은 원거리 지진기록의 pMP와 pP파의 파형분석을 하여 북한지역의 지각두께를 계산한 결과, 백두산 부근에서 가장 두껍고 추가령 열곡대 부근에서 상대적으로 얇다는 것을 밝혔다(Fig. 5). Chang and Baag (2007)의 수진함수분석에서 역시 추가령 열곡대 부근에서 지각두께가 주위보다 상대적으로 얇다는 계산결과를 얻었다(Fig. 6). 향후 이 지역에 대해 타 지구물리학적인 연구와 지질학적인 연구가 수행되어 이 지역의 화산활동과 지각구조와의 관계를 알아내야 할 것이다. Choi et al. (2009)은 상시미동 잡음을 이용하여 표면파 토모그래피를 수행하여 남한의 상부지각의 지지파속도구조 분포를 산출하였다. 이에 의하면 경상분지 서남측 경계지역에서 약 5-8km 깊이에 분지경계선과 일치하는 선형의 저속도 현상이 나타난다. 이는 Chough and Sohn (2010)의 지질학적인 연구결과와 일치한다. 그러나 지질학적인 증거가 되는 자료는 충분하지 않은 실정이다.

### 3. 결론

한반도와 주변부의 지질학적 및 지체구조학적인 기본적인 연구결과를 요약하고, 지각 구조 및 지체구조적인 현재까지 연구된 결과에 대한 수 개의 경우를 비교검토해 본 결과

향후 이들에 관한 연구는 상호보완적으로 수행되어야 한다는 것을 알 수 있다. 한 가지의 연구 대상에 대해서 여러 가지의 연구방법이 동원되어 결과를 종합적으로 해석되어야 할 것이다.

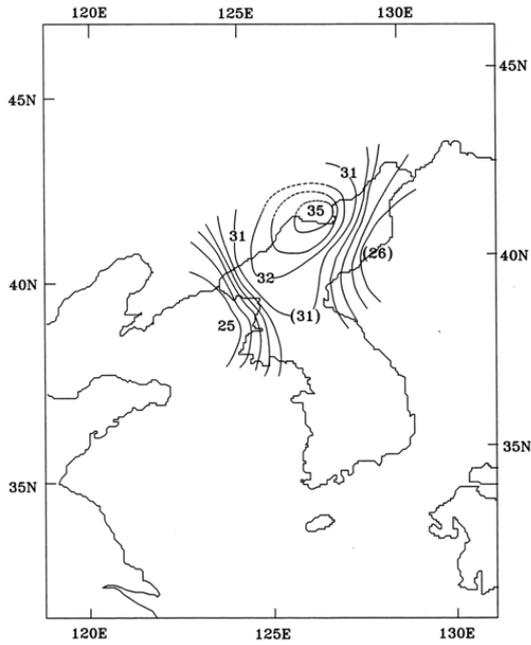


Fig. 5 Distribution of crustal thickness in km in northern Korea  
(From Shin and Baag 2000)

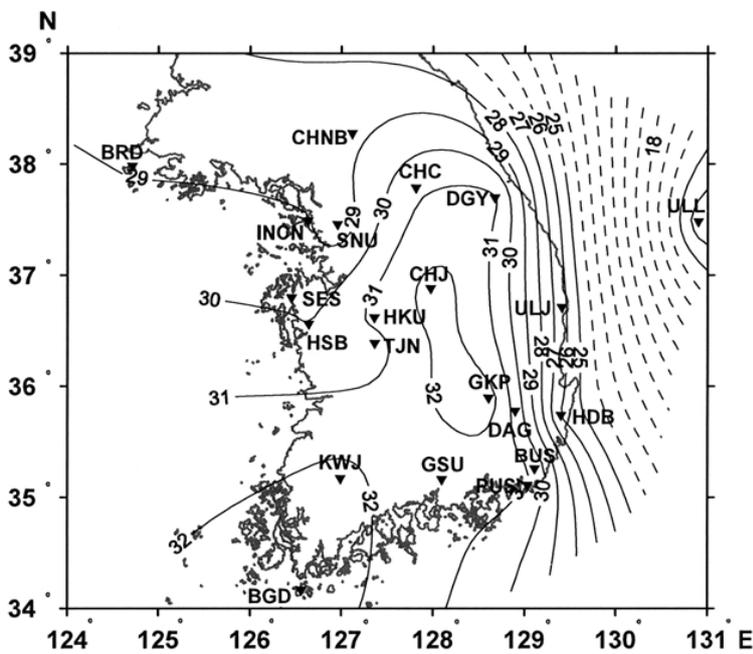


Fig. 6 Distribution of crustal thickness in km in southern Korea  
(From Chang and Baag 2007).

## 참고문헌

- Chang, S.-J. and Baag, C.-E., 2005, Crustal structure in southern Korea from joint analysis of teleseismic receiver functions and surface-wave dispersion, *Bulletin of the seismological society of America*, vol.95, no.4, p.1516-11534
- Chang, S.-J. and Baag, C.-E., 2007, Moho depth and crustal Vp/Vs variation in southern Korea from teleseismic receiver functions: Implication for tectonic affinity between the Korean peninsula and China, *Bulletin of the seismological society of America*, vol.97, no.5, 1621-1631.
- Cho, M, Kim, Y., and Ahn, J., 2007, Metamorphic evolution of the Imjingang belt, Korea: Implications for Permo-Triassic Collisional Orogeny, *International Geology Reviews*, vol. 40, 30-51.
- Choi, J., Kang, T.-S. and Baag, C.-E., 2009, Three-dimensional surface wave tomography for the upper crustal velocity structure of southern Korea using seismic noise correlations, *Geosceinces Journal*, 13, 423-432.
- Chough, S.K., Kwon, S.-T., Ree, J.-H., and Choi D.K., 2000, Tectonic and sedimentary evolution of the Korean peninsular: a review and new view, *Earth-Science Reviews*, 52, 175-235.
- Chough, S.K. and Sohn, Y.K., 2010, Tectonic and sedimentary evolution of a Cretaceous continental arc-backarc system in the Korean peninsula: New review, *Eath-Science Reviews*, 101, 225-249.
- Jung, H., Jang, Y.S., Lee, J.M., Moon, W., Baag, C.-E., Kim, K.Y., and Jo, B.G., 2008, Shallow-depth shear wave velocity structure of the Southern Korean Peninsula obtained from two crustal-scale refraction profiles, *Jour. of Applied Geophysics*, doi:10.1016/j.jappgeo.2008.08.007
- Kim, K. Y., Lee, J. M., Moon, W., Baag, C.-E., Jung, H., and Hong, M.-H., 2007, Crustal structure of the southern Korean Peninsula from seismic waves generated by large explosions in 2002 and 2004, *Pure and Applied Geophysics*, vol. 164, 97-113
- Shin, J. S. and Baag, C.-E., 2000, Moho depth in the border region between Korea and northeastern China from waveform analysis of teleseismic and pP phases, *Geosciences Journal*, 4, 4., 313-320.