

한국의 고지자기학 연구

석동우¹ · 이윤수^{2*}

¹한양대학교 해양환경과학과, ²한국지질자원연구원

Paleomagnetic Studies in Korea

Dong Woo Suk¹ and Youn Soo Lee^{2*}

¹Dept. Environmental Marine Sciences, Hanyang University

²Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources (KIGAM)

Paleomagnetic studies have made remarkable contributions to the understanding of many geological aspects of Korea for the last 40 years, such as the collisional processes of Korean Peninsula, the development of basins in relation with fault systems, the opening and evolution of the East Sea, and the reconstruction of paleogeographic configuration. These contributions have played an important role in the escalation of geology in Korea by elucidating the mechanisms on processes of fragmentation and amalgamation of the Peninsula, mountain building, igneous activities, metamorphism, and folding and faulting based on the view of plate tectonics. This paper is intended to introduce and summarize the paleomagnetic research papers designed to decipher the tectonic processes of Korea, according to the geologic ages of the studied rocks.

Key words : paleomagnetism, rockmagnetism, plate-tectonic, paleopole

한반도 충돌설이나, 단층운동과 분지 진화, 동해형성 및 진화, 고지리 복원 등 과거 40년 동안 한국 지질학에서 고지자기학이 이룩해 온 업적은 눈부시다. 이로부터 한반도의 기원, 조산운동, 화성활동, 변성작용, 습곡/단층작용 등의 기작을 판구조론적 입장에서 조명할 수 있는 단계로 국내 지질학의 수준을 비약시키는 계기가 되었다. 이 논문에서는 현재까지 보고 된 국내 고지자기학 연구 결과 중에서 지체 구조 규명을 목적으로 수행된 연구 결과를 지질 시대별로 정리하여 간략히 소개하였다.

주요어 : 고지자기, 암석자기, 판구조론, 고지자기극

1. 서 언

고지자기학은 1960년대 판구조론의 도입과 확립에 결정적인 역할을 해 왔으며, 오늘날 전지구규모에서 정량적 대륙복원을 주도하고 있다. 또한 고지자기학은 오늘날 지구조 해석의 강력한 방법이자, 암석내의 자성 광물의 생성, 변질 및 이에 따른 자화특성을 연구하는 암석자기(rockmagnetism) 및 암석내의 재자화 도구(remagnetization mechanism)의 연구, 자기적 환경, 고기후 등 보다 세밀한 분야로 그 영역을 넓히고 있다. 외국의 경우에는 첨단 기기와 많은 전문 연구인력

및 풍부한 연구비를 바탕으로 과거 40여 년 간 고지자기 연구가 수행되었으며 그 결과 각 대륙의 위자극이 동곡선(Apparent Polar Wander Path)이 거의 정립되었다. 또한 이를 근거로 지구조 연구가 활발히 진행되어 거의 전 대륙의 주요 구조대에 대한 지구조적 진화 과정이 이미 밝혀진 상태이다(Van der Voo, 1993). 동북아시아에 대한 연구로는 McElhinny *et al.* (1981)에 의해 유라시아 대륙이 북중국지괴와 남중국지괴를 포함한 여러 개의 지괴들에 의해 이루어졌다는 사실이 알려진 이후 고지자기 연구를 통하여 지괴들의 상대적 움직임에 대한 연구가 많이 수행되어져 왔다. 특히

*Corresponding author: leeys@kigam.re.kr

유라시아 대륙의 동쪽 연변부에 위치한 한반도를 포함한 동북아시아의 지구조적 진화과정에 대한 논란은 국내 학자뿐만 아니라 외국학자들에 의해서 현재도 계속되고 있다(Otofuji *et al.*, 1989; Cluzel and Cadet, 1992; Enkin *et al.*, 1992). 현생이언의 고지리복원에 있어서 동아시아는 극심한 변형/변성/화성작용, 그리고 조산운동에 수반한 재자화작용으로 인하여 국제 고지자기학계에서 아직 해결되지 못한 전 세계에서 몇 안 되는 곳 중에 하나로 남아있다.

한반도에 대한 고지자기 연구는 1965년 김봉균에 의해 포항지역의 현무암의 고지자기 연구가 시도된 이래 다른 분야에 비해 소수의 국내 학자들에 의해 지난 20여년간 활발히 진행되어 왔다. 경상분지 내의 백악기 암석은 모두 상태가 양호하고 지층의 연속 상태도 좋으며, 안정된 1차잔류자화를 가지고 있다. 그 때문에 국내에서 백악기 및 일부 고생대 암석에 대한 고지자기 연구 결과가 많이 이루어져 왔으며, 특성잔류자화 방향도 상세하게 밝혀진 상태이다. 최근에는 옥천대와 경기지괴에 분포하는 백악기 소분지에 대한 연구도 진행되어 영동분지(도성재 등, 1996), 음성분지(Doh *et al.*, 1997), 공주분지(Doh *et al.*, 2002), 풍암분지(박용희와 도성재, 2004), 부여-함평분지(홍준표 등, 2004; 고지은 등, 2005)에 대한 연구결과가 발표된 바 있다.

또한 한반도의 지구조적 진화에 실질적인 영향을 주었던 고생대 말기와 중생대 초기의 지구조운동은 한반도의 지구조적 진화과정을 해석하는데 초기 중생대와 고생대 암석에 대한 고지자기 연구의 필요성을 가중시켰으며, 초전도자력계(SQUID magnetometer)의 국내 도입은 미약한 잔류자화의 크기를 갖는 고생대 암석에 대한 연구를 가능케 하였다. 고생대 암석에 대한 고지자기 연구는 대부분 옥천대 내의 암석에 국한되어 있지만, 김인수(1989), Otofuji *et al.* (1989), 민경덕 등(1993), 김광호와 정재일(1994), 이윤수와 민경덕(1995) 도성재 등(1998), 석동우 등(2004)에 의해 수행되어 왔다. 옥천대에 분포하는 고생대 암석에 대한 고지자기 연구 결과는 그 특성잔류자화 방향의 북중국지괴 방향 또는 남중국지괴 방향과의 유사성 여부에 따라 옥천대 내의 암석이 북중국지괴 또는 남중국지괴에 속하는가에 논쟁의 초점이 맞추어져 있었다. 그러나 이와 같은 논쟁은 한반도 전체에 대한 시대별 특성잔류자화 방향과 이를 근거로 한 한반도의 위자극이동곡선(Apparent Polar Wander Path)이 확립된 후에 결론이 도출될 것으로 판단된다.

2. 국내 고지자기 연구의 태동과 발전

한국 고지자기 연구의 시초는 김봉균(1964)에 의한 “연천 및 포항지역의 현무암에 대한 고지자기연구”로 포항지역의 감포 현무암과 석골 현무암 그리고 연천 현무암의 특성잔류자화를 측정하여 석골 현무암은 역자화 방향을 기록하고 있다고 보고하였다. 상기 논문에서 Baag (1963)의 논문이 인용되었으나 미계재 논문으로 고지자기학의 일반론을 서술한 것이므로 고지자기 연구의 시초로 보기는 어렵다. 이것 외에 이 시기의 한반도에 대한 고지자기 연구로는 외국학자들에 의한 논문이 있으며 Kienzel and Scharon(1966)의 포항, 경산, 김해 등지에 분포하는 화산암류에 대한 연구와 Gurarii *et al.* (1966)의 북한에 분포하는 퇴적암에 대한 고지자기 연구, 그리고 Yaskawa (1975)의 일본과 한반도의 상대적 위치비교를 위해 백악기암석을 대상으로 수행한 고지자기 연구가 보고된 바 있다.

본격적인 한반도에 대한 고지자기 연구는 1980년대 초 연세대학교 민경덕교수의 지구물리연구실에서 시작되었다. 김광호와 민경덕(1981)에 의해 연세대학교 지구물리실험실에 무정위자력계(Astatic magnetometer)가 설치되어 극히 초보적이긴 하지만 국내에서 암석시료에 대한 자연잔류방향을 측정할 수 있는 발판을 마련하였다. 1983년 일본 경도대학에서 Sasajima, Nishimura, Shibuya, Matsuda 교수가 한국의 연세대학교 민경덕교수와 공동 연구를 시작하면서, 국내의 고지자기학이 활성화되기 시작했다. 오진용(1981)의 석사논문인 “한국 동남부에 분포하는 백악기 암석에 대한 고지자기 연구”는 경상분지의 백악기 암석에 대한 체계적인 고지자기 연구로써 시료의 특성잔류자화 방향 측정은 일본에서 이루어졌다. 한편 석동우(1982)의 “전곡 및 한탄강유역에 분포하는 현무암에 대한 고지자기 연구”는 연세대학교 지구물리실험실에 설치된 무정위자력계(김광호와 민경덕, 1981)를 이용하여 측정한 결과이다. 이와 함께 이대성 등(1983)과 김규한 등(1984)의 추가령 지구대에 대한 지구조적 연구논문에서 고지자기 연구결과가 지구조해석의 유용한 방법으로 사용되기 시작하였다. 1985년에는 김광호(1985)의 박사학위논문인 “남한 폐름기 이후의 고지자기연구”가 보고되었고, 이 시점 이후로 한반도 암석에 대한 보다 다양한 고지자기 논문이 발표되기 시작하였다.

1981년부터는 선진외국에서 고지자기를 전공한 김인수(부산대)를 시작으로 도성재(고려대), 이기동(안동대), 석동우(한양대), 박창고(강원대), 이윤수(한국지질자원연구원)

등의 해외파가 국내로 돌아오면서 고지자기학 분야가 급격히 패도에 오르게 되었다. 그 후 강희철, 손문, 김성욱이 부산대에서, 유용재가 토론토대에서, 그리고 박용희가 고려대에서 박사학위를 받았다. 국내 고지자기학은 처음에는 주로 한반도의 지체구조를 규명하기 위한 연구가 대부분이었으나, 1990년대부터는 순수자성광물학, 고고지자기학, 환경자기학, 자기층서학 등으로 확대되고 있다.

2006년 우리나라가 IODP (Integrated Ocean Drilling Program)에 회원국으로 정식 가입함으로써 고지자기분야의 위상과 중요성이 크게 대두(IODP에서는 고지자기분야가 몇몇 핵심 분야 중 하나로써 시추선마다 고지자기 실험실이 항상 운용되고 있음)되고 있어, 더욱 많은 전문인력이 필요한 실정이다.

3. 국내 고지자기 연구

앞에서 언급하였듯이 국내 고지자기연구는 고지자기학적 방법으로 한반도와 동아시아 형성과 진화를 밝히려고 하는 목적으로 진행되어 왔다. 또한 아시아가 수많은 대륙지괴들이 복합되어 이루어졌다는 알려짐에 따라 한반도에 얹혀있는 복잡한 변형/변성/화성 활동과 고생물/고환경의 의문점을 해결하려는 시도가 집중적으로 수행되었다. 북중국과 남중국이 한반도의 어디로 연장될 것인가에 대한 시발점을 이룩한 것(1992년 IGC)도 국내 고지자기학자들의 커다란 업적이다. 비록 이들에 대한 논란의 여지가 남아있지만, 젊은 고지자기학자들이 이 연구에 합류함으로써 윤곽이 드러나고 있다. 본 논문은 한반도에 대한 과거에서 현재까지 이루어진 고지자기연구를 정리하는 것으로써 국내학자에 의해 수행된 연구를 중심으로 대상암석의 시대에 따라 기술하였다. 인용된 논문의 결과에 대한 토의는 가급적 피하고 각 논문의 주요 결과를 기술하는데 치중하였다.

3.1. 신생대

신생대 암석에 대한 고지자기 연구로는 제3기층에 대해서는 포항을 중심으로(민경덕 등, 1994) 어일분지(김인수와 강희철, 1989), 포항분지(Kim *et al.*, 1986; 김광호 등, 1993; 손문과 김인수, 1996), 양남-연일분지(김광호와 도성재, 1994; Lee *et al.*, 1999), 장기반도(김광호 등, 1994; 김인수와 강희철, 1996), 그리고 정자-울산분지(손문 등, 1996)에 대한 연구가 있다. 한편 제4기층은 이들이 존재하는 전곡-한탄강유역(석동우, 1982)을 포함하는 추가령지구대(이대성 등, 1983; 김규한 등,

1984; 이윤수 등, 2001)와 제주도 화산암(민경덕 등, 1986; Won *et al.*, 1986)에 대한 연구가 발표되었다. 최근에는 제4기 고도양(김복철 등, 2004), 습지퇴적물(박용희 등, 2005), 단구퇴적물(심택모, 2006)에 대해 고지자기를 이용한 고환경 연구도 시도되고 있다.

3.1.1. 제3기

민경덕 등(1994)은 포항일원의 포항분지, 장기분지 및 어일분지에 분포하는 연일층군, 연일현무암, 범곡리층군, 장기층군의 34개 시료채취지점에서 암석시료를 채취하여 연구를 수행한 결과 4개 지점에서 마이오세 중후기에 해당하는 특성잔류자화방향(편각/복각= $-3.2^{\circ}/54.3^{\circ}$)을 구하였으나 나머지 마이오세 전기의 30개 지점에서 구한 자화방향(편각/복각= $47.6^{\circ}/57.5^{\circ}$)과 다르게 나타난다고 하였다. 이는 시료채취지점이 시계방향으로 50.8° 회전하였다는 것을 지시하는 것으로 약 15-16 Ma 즉 연일층군의 학전층이 퇴진되기 이전인 것으로 보고하였다. 김인수와 강희철(1989)은 포항에서 울산에 이르는 어일분지를 중심으로 하부에서 상부로 제3기 기반암류, 하서리층군, 장기층군, 범곡리층군 및 연일현무암의 31개 시료채취지점에서 암석시료를 채취하여 교류세척실험을 실시한 결과 역자화와 정자화 방향을 관찰할 수 있었다. 7개 지점에서는 제3기에 해당하는 특성잔류자화방향(편각/복각= $357.4^{\circ}/53.8^{\circ}$)을 구했으며 나머지 21개 시료채취지점을 포함하는 지역에서는 16 Ma 또는 그 이후에 발생한 것으로 해석되는 약 55° 의 시계방향으로의 회전을 보고하였다.

Kim *et al.* (1986)은 포항분지 북동부의 구룡포의 14개 시료채취지점으로부터 반암류(42.7 Ma)와 화산암류(22.7-19.4 Ma)를 채취하여 교류소자를 통한 고지자기 연구를 수행하였다. 후기 에오세의 반암류는 정자화를 기록하고 있으며 후기 올리고세에서 초기 마이오세의 화산암류는 정자화와 역자화를 모두 나타내었다. 암석 전체의 평균자화 방향은 편각/복각= $43.8^{\circ}/53.5^{\circ}$ 이며 이를 근거로 연구지역이 약 40° - 50° 정도 시계방향으로 회전한 것으로 해석하였다(Table 1). 김광호 등(1993)은 포항분지에서 두호층과 학전층을 포함하는 연일층군의 26개 시료채취지점에서 암석시료를 채취하여 열소자를 통한 고지자기 연구를 실시하였다. 두호층의 상부와 하부에서는 정자극 방향을 관찰하였으며 학전층과 두호층의 중간에서는 역자극 방향을 추출하였다. 이로부터 중기 마이오세의 특성잔류자화방향(편각/복각= $8.4^{\circ}/53.9^{\circ}$)을 구하였으며, 이로부터 동해의 형성과 이에 수반되는 시계방향으로의 회전은 중기 마이오세의 연일

층군에는 영향을 미치지 않은 것으로 해석하였다. 한편 손문과 김인수(1996)는 포항분지 중부에 분포하는 현무암질암(달전리현무암)에 대하여 고지자기 연구와 대자율 비등방성 연구를 수행하였다. 특성잔류자화 방향의 경사보정 전의 방향(편각/북각=340.7°/52.2°)을 일차자화방향으로 판단하였다. 이는 제3기 마이오세의 방향과 비교할 때 반시계방향으로 약 20°의 회전을 지시하며 주변의 좌향 주향이동단층계에서의 좌향 전단력(sinistral simple shear)과 관련된 것으로 해석하였다.

김광호와 도성재(1994)는 양남분지에 분포하는 전기 마이오세의 장기층군과 범곡리층군 그리고 초기-중기 에오세의 왕산층의 총 26개 시료채취지점에서 채취한 암석에 대한 단계적 열소자실험을 통한 고지자기 연구를 수행하였다. 장기층군과 범곡리층군에서 모두 정자화와 역자화가 관찰되었으며 경사보정 후의 특성잔류자화 방향은 각각 편각/북각=210°/52°과 220°/54°이고, 최하부 왕산층의 경사보정 후의 방향은 편각/북각=50°/55°로 추정하였다. 이 방향들을 근거로 양남분지는 에오세 혹은 초기 마이오세 이전부터 점이적으로 시계방향의 회전을 하여 약 16 Ma에 해당하는 중기 마이오세에 회전이 끝난 것으로 해석하였다. 또한 김광호 등(1994)은 전기한 김광호와 도성재(1994)의 연구지역 북부인 장기반도 북단에 분포하는 에오세의 왕산층과 마이오세의 장기층군의 18개 지점에서 암석을 채취하여 각각의 특성잔류자화 방향을 편각/북각=53.9°/54.1°와 편각/북각=23.7°/55.0°로 보고하였으며, 이를 근거로 장기반도 북단의 양남분지는 중기 마이오세의 연일층군 형성 이전까지 점차적으로 회전하였다고 해석하였다. Lee *et al.* (1999a)은 양남분지와 연일분지에 분포하는 에오세 화산암류, 양북층군과 연일층군에 대한 고지자기 연구를 실시하여 중기 마이오세 연일층군에서는 북향의 편각을, 에오세 화산암류와 초기 마이오세 양북층군에서는 동향의 편각을 관찰하였다. 이와 같은 결과는 연일층군이 퇴적되기 직전인 17.3 Ma에 동해의 확장이 진행될 때 transtensional 응력의 발생으로 양산단층이 우수향으로 이동하면서 그 주변의 지괴들이 시계방향으로 회전한 것으로 해석하였다. 이와 더불어 연일층군으로부터 구한 극의 위치(84.9°N, 292.6°E)를 한반도의 마이오세(약 15 Ma)의 대표적인 값으로 보고하였다(Table 1).

김인수와 강희철(1996)은 포항분지와 어일분지 사이에 위치하는 장기분지에 분포하는 백악기 기반암 2개 지점을 포함하여 장기층군, 범곡리층군과 연일 현무암에서 총 14개 채취지점으로부터 113개의 정향시료를 채

취하였다. 5개의 시료채취지점에서는 동해의 형성과 관계된 북북서-남남동 방향의 전단력에 의한 16 Ma에서의 시계방향으로 30°의 회전을, 2개의 지점에서는 시계방향으로 회전하는 지괴의 사이에 위치함으로써 나타나는 반시계방향의 회전을, 나머지 5개의 지점에서는 수평회전운동의 영향이 없음을 보고하였다. 손문 등(1996)은 정자-울산분지와 그 일원에 분포하는 백악기의 울산층과 대산안산암, 제3기 충인 흑운모화강암, 화강반암 및 당시안산암류의 총 39개 시료채취지점에서 460개의 암석시료를 채취하여 고지자기 연구를 시행하였다. 일부 시료에서는 20°에서 80°에 이르는 시계방향의 회전이 관찰됨과 함께 일부 시료에서는 20°에 이르는 반시계방향의 회전도 관찰되었다. 이들은 각각 16 Ma 경 동해의 북북서-남남동 방향으로의 확장에 따른 우향 전단력과 15 Ma 경 대한해협 서북서-동남동 방향으로의 수축에 따른 좌향 전단력에 의한 결과로 해석하였다. 김인수 등(1997)은 경주-울산일원의 울산단층 주변에 분포하는 제3기 초(40-65 Ma, 플라이오세-에오세)에 형성된 화강암의 44개 지점에서 469개의 시료를 채취하여 잔류자화 방향과 대자율을 측정하였다. 잔류자화 방향이 시계방향으로 30° 이상 회전된 시료채취지점의 분포를 근거로 현재의 울산단층과는 거의 평행하나 동쪽으로 6 km 떨어진 구조선을 연일구조선이라 명명하였다. 연일구조선은 동해의 확장 시 발현된 우향전단력이 제3기의 연일운동기간에 해소되는 역할을 한 것으로 해석하였다.

이상의 제3기 층에 대한 고지자기 결과에서 볼 수 있듯이 포항 지역에 분포하는 대부분의 암석들은 15-16 Ma 이전에 동해의 형성의 영향으로 약 50°에 이르는 시계방향의 수평회전운동을 기록하고 있으며(민경덕 등, 1994; 김인수와 강희철, 1989; Kim *et al.*, 1986; 김광호 등, 1993; 김광호와 도성재, 1994; 김광호 등, 1994; Lee *et al.*, 1999a; 김인수와 강희철, 1996; 손문 등, 1996) 국지적으로 반시계방향의 회전운동을 경험한 지역도 보고되고 있다(손문과 김인수, 1996; 손문 등, 1996). 수평회전운동의 영향을 받지 않은 마이오세의 극의 위치는 민경덕 등(1994)의 86.9°N, 7.7°E, 김인수와 강희철(1989)의 87.4°N, 5.7°E, 김광호 등(1993)의 82.7°N, 230.2°E (dp=2.8°, dm=5.9°), Lee *et al.* (1999a)의 84.9°N, 292.6°E (dp=3.3°, dm=4.8°) 등이 보고되었다(Table 1).

3.1.2. 제4기

제4기 암석의 분포는 철원-연천 전곡지역을 포함하

는 추가령지구대 또는 추가령단층곡과 제주도 및 울릉도에 집중되어 있다. 석동우(1982)는 전곡 및 한탄강유역에 분포하는 시대미상의 고기 현무암인 장탄리 현무암과 통현 현무암, 그리고 제4기 암석인 전곡현무암을 채취하여 소자실험을 수행하지 않고 무정위자력계(Astatic magnetometer)를 이용하여 자연잔류자화방향을 측정하였다. 48개의 제한된 시료로부터 얻은 자연잔류자화 값으로 결과의 신빙성은 떨어지나 자화 방향과 극의 방향을 계산·비교하여 전곡현무암은 Brunhes Epoch에 형성되었고 장탄리 현무암은 그 이전에 형성된 것으로 해석하였으며 전곡지역은 전곡현무암 생성 이후 지구조적으로 안정되어 있었다고 결론지었다. 이대성 등(1983)의 추가령열곡의 지구조해석에 백악기의 통현리현무암, 백악기의 장탄리현무암 및 제4기의 전곡현무암에 대한 고지자기 연구결과가 사용되었다. 전곡현무암의 고지자기 극의 위치는 84°N, 163°W로 플라이스토세 말기의 Brunhes Epoch에 분출되었으며, 통현리현무암의 극은 52°N, 6°W로써 백악기 중기 이후에 형성된 것으로, 그리고 장탄리 현무암의 극의 위치는 15°N, 105°W로써 통현 현무암 생성 이후에 관입한 것으로 추정하였다. 김규한 등(1984)의 논문에서도 역시 전곡-연천-철원 지역에 분포하는 백악기 장탄리 현무암-통현 현무암과 제4기의 전곡현무암에 대한 고지자기 연구를 수행하였다. 백의리 지역에 분포하는 고기 현무암과 전곡현무암 13개의 정향시료를 제외한 시료의 대부분은 석동우(1982)가 연구를 위해 채취하였던 것으로 벨기에와 일본 교토대학의 고지자기 실험실에서 특성잔류자화 방향이 측정되었다. 전곡현무암의 평균자화방향은 편각/복각 = -7.7°/61.9°(k=169.5, α_{95} = 4.0°)로, 고지자기극의 위치는 82.4°N, 80.6°E(dp=4.8°, dm=6.1°)로써 플라이오-플라이스토세의 극의 위치와 잘 일치함을 보고하였다. 가장 최근의 추가령단층곡에 대한 고지자기 연구로는 이윤수 등(2001)의 연구가 있으며 철원-연천지역의 제4기 및 후기 백악기 화산암류를 16개 시료채취지점에서 채취하여 연구를 실시하였다. 전곡현무암의 극의 위치(86.5°N, 134.2°E, A_{95} = 7.1°)는 현재의 지구회전축과 통계적으로 잘 일치함을 보고하였다(Table 1).

한편 제주도에 분포하는 제4기 암석에 대한 연구로는 민경덕 등(1986)의 제주도에 분포하는 화산암류 및 퇴적암류에 대한 고지자기 연구가 있다. 제3기말 프라이오세에서 제4기 플라이스토세에 걸쳐 화산암류는 5회의 분출기를 통해 형성되었으며 각 분출기 사이에 퇴적된 퇴적암류를 포함한다. 플라이오세의 서귀포층에

서부터 플라이스토세 최상부의 백록담 현무암까지의 암석에서 52개의 정향시료를 채취하였고 이로부터 254개의 시료에 대하여 특성잔류자화를 측정하여 평균자화방향 편각/복각 = 2.3°/48.4°(k=59.1, α_{95} = 5.7°)와 고지자기극의 위치 85.4°N, 79.9°W(dp=7.4°, dm=6.9°)를 보고하였으며 이는 세계 여러 곳의 플라이오-플라이스토세의 극의 위치와 잘 일치하는 것으로써 이를 바탕으로 제주도의 화산암과 퇴적암류의 형성시기를 해석하였다. 또한 Won *et al.* (1986)은 고지자기 연구를 통해 제주도에 분포하는 조면암의 형성시기를 결정하였으며 이 결과를 방사성동위원소(K-Ar)를 이용하여 결정한 암석의 형성시기와 비교하였다. 백록담층군과 산방산층군에 속하는 조면암을 8개 시료채취지점에서 채취하여 단계별 교류소자를 통해 특성잔류자화 방향을 결정하였다. 산방산층군의 조면암에서는 역자화 방향을 추출하여 평균자화방향 편각/복각 = 176.0°/-53.8°(k=59, α_{95} = 10.0°)을 보고하였으며 상부의 백록담층군의 암석에서는 정자극 방향과 Laschamp excursion에 해당하는 다소 불안정한 방향을 보고하였다. 가장 최근의 연구로는 김인수와 이동호(2000)의 연구가 있으며 제주도의 서귀포층과 서귀포조면암층의 노두에서 5개의 측선을 설정하여 자기층서 연구를 위한 연속적인 정향시료 90개를 채취하여 자기층서와 대자율 연구를 수행한 것이다. 서귀포층에서 두 번의 역자극기를 발견하여 자기층서 대비를 통하여 역자극기를 포함하는 서귀포층 상부는 중기 플라이스토세에, 하부의 정자극기를 기록한 부분은 후기 플라이오세에 형성된 것으로 해석하였으며 이 시기의 극의 위치는 각각 88.9°N, 182.5°E(dp=4.4°, dm=6.4°)와 84.2°N, 182.3°E(dp=6.7°, dm=9.3°)인 것으로 보고하였다.

최근에는 암석 또는 토양 등의 시료에 대하여 자연잔류자화강도(NRM intensity), 대자율(low field magnetic susceptibility), 무자기이력잔류자화(anhyseretic remanent magnetization, ARM), 포화등온잔류자화(saturation isothermal remanent magnetization, SIRM), ARM/SIRM, S-ratio(-IRM_{100mT}/SIRM) 등의 자기특성변수의 변화양상을 통하여 고토양의 확인(김복철 등, 2004) 또는 현생퇴적물의 퇴적환경연구(김완수 등, 2003; 박용희 등, 2005)도 이루어지고 있다.

제4기 암석에 대한 고지자기 연구로부터 보고된 한반도의 극의 위치는 전곡현무암의 경우 84°N, 163°W(이대성 등, 1983), 82.4°N, 80.6°E(dp=4.8°, dm=6.1°)(김규한 등, 1984), 86.5°N, 134.2°E(A_{95} = 7.1°)(이윤수 등, 2001)가 있으며 제주도의 제4기 암석에 대해

Table 1. Summary of virtual geomagnetic pole positions of the Cenozoic rocks from Korea.

Age	Formation	Location	VGP		dp (°)	dm (°)	A ₉₅ (°)	Reference
			Lat. (°N)	Long. (°E)				
Quaternary	Jeongog basalt	Jeongog	84.0	197.0				Lee <i>et al.</i> (1983)
	Jeongog basalt	Jeongog	82.4	80.6	4.8	6.1		Kim <i>et al.</i> (1984)
	Jeongog basalt	Jeongog	86.5	134.2			7.1	Lee <i>et al.</i> (2001)
	Baegrogdam basalt-Seoguipo Fm.	Jeju Island	85.4	280.1	7.4	6.9		Min <i>et al.</i> (1986)
	Seoguipo Fm. Seoguipo trachyte	Jeju Island	88.9	182.3	4.4	6.4		Kim & Lee (2000)
			84.2	182.3	6.7	9.3		
	Yeonil basalt, Beomgokri, Janggi Groups	Janggi Basin	87.4	5.7				Kim & Kang (1989)
Tertiary	Yeonil Group	Pohang Basin	82.7	230.2	2.8	5.9		Kim <i>et al.</i> (1993)
	Yeonil, Beomgokri, Janggi Groups	Pohang	86.9	7.7				Min <i>et al.</i> (1994)
	Yeonil Group, Yangbuk Fm.	Yangnam, Yeonil Basins	84.9	292.6	3.3	4.8		Lee <i>et al.</i> (1999)

Note: VGP; Virtual Geomagnetic Pole position, dp, dm and A₉₅; statistical parameters.

서는 85.4°N, 79.9°W (dp=7.4°, dm=6.9°)(민경덕 등, 1986), 중기 플라이스토세와 후기 플라이오세의 극의 위치는 각각 88.9°N, 182.5°E (dp=4.4°, dm=6.4°)와 84.2°N, 182.3°E (dp=6.7°, dm=9.3°)(김인수와 이동호, 2000)이 있다(Table 1).

3.2. 중생대

Lee *et al.* (1997, 1999b)에 의하면, 한반도는 선캄브리아기의 기반암인 남령지괴와 영남지괴는 북중국지괴와 함께 북중국지괴에 속하며, 경기지괴는 남중국지괴와 함께 남중국지괴에 속하는 것으로 해석하였다. 이들은 북중국지괴와 남중국지괴는 곤드와나 대륙에 속해 있다가 고생대 말 곤드와나가 붕괴되면서, 각각 북상하여 유라시아대륙에 차례로 부가되었다고 하였다. 그들은 이 과정에서 발생한 두 지괴의 충돌(지각수축수반)을 송림변동(광역적으로는 Indosinian), 이후 진행된 지각융기를 대보조산운동이라고 주장했다. 따라서, 중생대의 한반도는 다수의 지괴가 모여 거대한 유라시아대륙을 이루는 과정의 일부로서, 변성/화성 활동, 단층/습곡작용, 분지형성 및 진화의 무대가 되었다고 볼 수 있다.

삼첩기 초에 부삼첩기 초에, 영남지괴를 남한지역의 중생대 지층은 후기 삼첩기-전기 쥬라기의 대동누층군, 백악기의 경상누층군, 그리고 중생대 화강암류(송림화강암, 대보화강암, 불국사화강암)를 포함한다. 경상누층군은 한반도 백악기의 표식지인 경상분지에 잘 발달하며, 영양소분지, 의성소분지, 밀양소분지로 세분된다. 경상분지 밖의 백악기 분지로는 옥천대의 남북 경계를 따라 풍암분지, 음성분지, 공주분지, 부여분지,

통리분지, 영동분지, 무주분지, 진안분지, 능주분지, 해남분지, 함평분지, 고흥분지가 존재한다. 대동누층군은 충남탄전(남포층군)를 비롯하여 김포(김포층군), 문경 및 단양(반송층군)에 분포하고 있다. 평안층군의 최상부는 트라이아스기 초까지 지속되는 것으로 알려져 있으나, 대부분의 지층이 후기 고생대에 속함으로 고생대에서 다루겠다. 한편 삼첩기에서 쥬라기 화강암류는 한반도 북부에서 중부에 걸쳐 넓게 분포하는 반면, 백악기 화강암류는 주로 남부에 분포한다. 중생대층에 대한 고지자기 연구는 노두 상태가 양호하고 잘 노출되어있는 경상분지 내의 백악기 암석과 각 소분지의 암석에 대하여 집중적으로 이루어졌으며 대동누층군 및 쥬라기 화강암에 대한 논문도 다수 발표되었다.

3.2.1. 삼첩기-쥬라기

후기 트라이아스기에서 중기 쥬라기에 걸친 생성연대를 갖는 대동누층군은 경기육괴를 기반으로 하는 김포분지와 충남분지, 옥천대를 기반으로 하는 문경분지와 단양분지에 주로 분포되어 있다. 민경덕 등(1990)은 문경지역의 대동누층군에 속하는 보림층, 단곡층, 마성층, 봉명산층의 35개 지점에서 57개의 정향 block sample을 채취하였고 이로부터 243개의 시료를 만들어 고지자기 연구를 수행하였다. 단곡층과 봉명산층의 5개 지점에서 채취한 암석으로부터 안정된 방향(편각/복각=52.4°/57.3°, k=11.7, α₉₅=7.4°)을 구했으며 이로부터 계산한 극의 위치는 1.2°N, 269.4°E 로써 동시기의 북중국지괴나 남중국지괴의 것과는 큰 차이를 나타내는 것으로 보고하였다. 이러한 차이는 한반도의 후대동계-선경상계사이의 대보조산운동에 따른 지구조운

동의 영향으로 해석하였으며 역자화 극성의 대비를 통하여 Graham normal interval내의 190-195my사이의 역자화기에 생성된 것으로 판단하였다. 김인수 등(1995)은 문경지역의 대동누층군 중 보림층, 단기층, 단곡층, 마성층, 봉명산층, 봉명리층의 12개 노두로부터 131개의 시료를 채취하여 열소자시험을 통해 연구를 수행하였다. 특성잔류자화 방향에 의거해서 보림층, 단기층, 단곡층을 하부 트라이아스기로, 마성층과 봉명산층을 중부 트라이아스기로, 봉명리층을 상부 트라이아스기로 구분하였다. 경사보정 후의 방향이 보다 집중됨을 근거로 하부 트라이아스기에서 특성잔류자화방향은 편각/복각=313.2°/5.7° ($k=12.1$, $\alpha_{95}=13.7^\circ$)이며, 중부 트라이아스기에서 편각/복각=301.2°/27.0° ($k=38.5$, $\alpha_{95}=9.8^\circ$), 그리고 상부 트라이아스기에서 편각/복각=334.8°/48.9° ($k=267.5$, $\alpha_{95}=3.4^\circ$)을 구하였다. 그러나 하부 트라이아스기의 결과는 경사보정 후의 방향이 신뢰도와 분산도가 떨어지는 것으로 기재되어 있다. 또한 이를 근거로 하부, 중부, 상부 대동누층군의 연령을 각각 초기, 중기, 후기 트라이아스기로 판단하였으며, 문경지역은 대동누층군의 퇴적시기동안 북중국지괴에 속하였거나 이에 근접해 있었던 것으로 해석하였다. 그러나 상기한 민경덕 등(1990)의 결론과는 다르게 트리스트 작용에 의한 지괴회전 또는 화강암의 관입에 의한 자화방향의 변화는 없다고 결론지었다.

김포지역에 분포하는 대동층군(김포층군)에 대한 고지자기 연구 결과로는 민경덕 등(1989)과 김인수 등(1993b)의 두 편의 논문이 있다. 김포층군에 대한 민경덕 등(1989)은 학술대회 발표논문 요약문이며 5개 지점에서 36개의 시료를 채취하여 이중 29개의 시료에서 추출한 자료를 보고하였다. 잔류자기 방향은 편각/복각=30°-74°/44°-112°의 범위를 가지며 이때의 극의 위치는 10°-51°N, 171°-220°E 사이에 길게 대상으로 분포한다고 하였다. 이와 같은 방향과 극의 분포를 근거로 이시기의 극의 이동속도가 빠르게 진행되었고 김포지역이 여러 번의 지구조운동을 경험하였다고 해석하였다. 김인수 등(1993b)은 김포분지에 분포하는 김포층군의 통진층의 4개 노두와 문주산층의 8개 노두에서 111개의 정향시료를 채취하여 고지자기 연구를 수행하였다. 이 중 층의 구분 없이 7개 지점 43개의 시료를 이용하여 추출한 대동층군의 특성잔류 자화방향은 편각/복각=48.3°/40.3° ($k=59.5$, $\alpha_{95}=7.9^\circ$), 극의 위치는 46.3°N, 222.0°E ($dp=5.7^\circ$, $dm=9.5^\circ$)이며 이 당시의 고위도는 23.0°N로 보고하였다. 중국대륙의 결과와 비교하여 대동층군 퇴적당시 김포지역은 남중국지괴의 일

부였거나 이에 아주 근접되어 있었다고 해석하였다. 최근에는 Uno *et al.* (2004)이 김포지역 대동누층군의 상부 층인 문주산층의 14개의 지점에서 시료를 채취하여 고지자기연구를 재연하였다. 이들의 결과 중 7개 지점의 것과 상기 김인수 등(1993b)의 결과 중 문주산층 4개 지점의 결과 및 Kim and Van der Voo (1990)의 김포층군의 결과 등 11개 지점의 김포층군의 결과를 종합하여 쥬라기 초기의 자화방향 편각/복각=38.1°/39.7° ($k=145.6$, $\alpha_{95}=3.8^\circ$)과 극의 위치 54.1°N, 230.2°E ($A_{95}=4.1^\circ$)를 보고하였으며 이를 근거로 김포지역은 쥬라기 초기 이후 남중국지괴의 일부였다고 해석하였다. 한 걸음 더 나아가 김포지역은 남중국지괴에 속한 임진강대의 일부이며 임진강대의 기저를 이루는 북중국지괴의 일부였던 선캄브리아기 기반암은 북중국지괴와 남중국지괴의 충돌에 의해 현재와 같은 상태로 공존하는 것이라고 해석하였다.

충남탄전 지역의 대동층군에 대해 민경덕 등(1992)은 아미산층, 조계리층, 백운사층과 성주리층의 87개 지점에서 597개의 정향시료를 채취하여 특성잔류자화 방향을 측정하였다. 백운사 단층을 경계로 서북측 지괴와 남동측 지괴로 구분하였고 서북측 지괴의 성주리층과 백운사층의 3개 지점에서 구한 자화방향은 편각/복각=23.2°/54.9° ($k=19.2$, $\alpha_{95}=7.5^\circ$)이며, 남동측 지괴중 아미산층, 백운사층, 조계리층 성주리층의 21개 지점에서 추출한 특성잔류자화 방향은 편각/복각=337.9°/11.2° ($k=18.5$, $\alpha_{95}=6.9^\circ$)이다. 서북측 지괴와 남동측 지괴의 자화방향의 차이는 이들 지괴간의 약 45° 정도의 상대적 회전운동에 의한 것으로 해석하였으나 제자화의 가능성도 배제하지는 않았다. 또한 같은 시대의 북한지역, 남중국지괴와 북중국지괴에서의 결과와는 고지자기 극의 위치가 다름을 확인하였으며 이는 대보조산운동에 의한 것으로 판단하였다. 김성욱과 김인수(1998)도 충남탄전지역에 분포하는 아미산층, 조계리층, 백운사층과 성주리층으로 구성되는 대동누층군의 37개 시료채취 지점에서 356개의 정향시료를 채취하여 고지자기 연구를 수행하였다. 그 중 14개 지점 26개 시료에서 단일 안정 잔류자기 성분이 분리되었고, 7개 지점 14개 시료에서는 대원체적을 이루는 자화 방향의 변화가 관찰되었다. 이것을 이용하여 각 층별 평균 특성잔류자화방향과 고지자기극의 위치를 계산하였다(Table 2). 각 층의 극의 위치를 근거로 대동누층군의 연령은 초기-중기 트라이아스기로 판단하였으며 대동누층군을 포함하는 충남지역은 이 시기에 남중국지괴의 일원이었거나 근접되어 있었던 것으로 해석하였

Table 2. Summary of characteristic directions and paleomagnetic pole positions of the Triassic Taedong Supergroup by Kim and Kim (1998).

Formation	N(Ns/Ng)	D (°)	I (°)	α_{95} (°)	k	PMP		dp (°)	dm (°)
						Lat. (°N)	Long. (°E)		
Songjuri Fm.	6(5/1)	56.8	25.1	9.7	34.6	34.4	225.9	5.6	10.5
Paegunsa Fm.	6(6/0)	83.4	27.1	5.3	118.5	13.7	208.8	3.1	5.7
Chogyeri Fm.	8(7/1)	45.0	22.4	7.6	42.4	42.7	236.4	4.3	8.1
Amisan Fm.	9(8/1)	60.0	15.3	7.7	36.9	28.7	228.8	4.1	7.9
Mean						35.2	230.2	4.9	9.4

Note: N; number of data yielding formation-mean ChRM direction, Ns(Ng); number of specimens yielding characteristic stable end-point direction (great-circle trajectory), D (I); declination (inclination) of site-mean ChRM direction, α_{95} , k, dp and dm; statistical parameters, PMP; paleomagnetic pole position.

다. 그러나 상기 민경덕 등(1992)의 결과와는 다르게 연구지역내에서는 습곡 등의 지구조운동에 수반된 지층의 수평회전운동의 증거는 나타나지 않는다고 결론지었다. Uno and Chang (2000)은 충남탄전지역에 분포하는 대동누층군의 성주리층을 제외한 아미산층, 조계리층, 백운사층에서 38개의 시료채취 지점으로부터 시료를 채취하여 고지자기 연구를 수행하였다. 조계리층 4개 지점으로부터 경사보정 후 대동누층군의 특성 잔류자화방향(편각/복각= $82.2^\circ/23.1^\circ$, $k=508.3$, $\alpha_{95}=4.1^\circ$)과 함께 아미산층 1개 지점과 백운사층 4개 지점에서 최근에 재자화된 성분으로 판단되는 저온 성분의 경사보정 전의 2차 자화 방향(편각/복각= $358.4^\circ/58.6^\circ$, $k=288.0$, $\alpha_{95}=4.5^\circ$)을 추출하였다. 후기 트라이아스기의 극의 위치는 기존의 자료(김성욱과 김인수, 1998; Kim and Van der Voo, 1990)를 포함하여 31.9°N , 220.2°E ($A_{95}=4.1^\circ$)로 결정하였으며 남중국지괴의 동시대의 극과 잘 일치함으로 충남지역 대동누층군을 포함하는 경기육괴는 남중국지괴의 일부인 것으로 해석하였다.

충남탄전지역의 대동누층군에 대한 연구가 또 다시 석동우 등(2004)에 의해 수행되었다. 대동누층군의 하조층 1개 지점, 아미산층 6개 지점, 조계리층 13개 지점, 백운사층 5개 지점, 그리고 성주리층 1개 지점 등 총 26개 지점 239개의 정향시료를 채취하여 단계적 열소자 실험을 실시하였으나 아미산층 2개 지점, 조계리층 10개 지점, 백운사층 2개 지점의 총 14개 지점 106개의 시료에서만 특성잔류자화 방향을 추출할 수 있었다. 경사보정 후의 방향은 편각/복각= $74.5^\circ/36.7^\circ$ ($k=60.7$, $\alpha_{95}=5.1^\circ$)이며 이로부터 구한 고지자기극의 위치는 24.5°N , 208.0°E ($A_{95}=4.9^\circ$)로서 중기 남중국지괴의 극의 위치와 통계적으로 유사함으로 이 기간 동안 충남탄전지역은 남중국지괴와 지구조적으로 동일하였던 것으로 결론지었으며, 남중국지괴와 한반도의 충

돌에 따른 변형-변성작용에도 일차자화가 보존되었음을 지적하였다.

3.2.2. 쥬라기

한국 쥬라기의 고지자기 연구는 김광호 등(1990)과 Kim and Van der Voo(1990)의 두 편이 있으며 전자는 쥬라기 화강암에 대한 결과를, 후자는 전자의 결과에 쥬라기 퇴적암과 트라이아스기 화강암 및 퇴적암의 결과를 보강하여 발표한 것이므로 여기에서는 후자인 Kim and Van der Voo(1990)의 결과를 요약한다. 쥬라기 고지자기 연구를 위하여 경기육괴-옥천대-영남육괴에 분포하는 대보화강암 12개 지점, 경기육괴에 존재하는 중기 쥬라기 퇴적암인 문주산층 1개 지점, 옥천대 내의 화순탄전지역의 쥬라기 퇴적암 1개 지점, 영남육괴의 후기 트라이아스기 송림화강암 4개 지점, 옥천변성대의 트라이아스기층인 동고층(녹암통)의 4개 지점 등 22개의 지점에서 정향시료를 채취하였다. 측정결과를 트라이아스기와 쥬라기의 옥천대, 영남육괴, 경기육괴로 구분하여 평균방향을 구하였다. 5개 지점으로부터 구한 트라이아스기의 방향은 편각/복각= $62.9^\circ/35.7^\circ$ ($k=27$, $\alpha_{95}=15.0^\circ$)이며 극의 위치는 33.5°N , 215.9°E ($K=23$, $A_{95}=16.3^\circ$), 7개 지점의 옥천대 쥬라기 방향은 편각/복각= $337.5^\circ/47.0^\circ$ ($k=32$, $\alpha_{95}=10.8^\circ$)이며 극의 위치는 69.4°N , 24.9°E ($K=37$, $A_{95}=10.1^\circ$), 3개 지점의 영남육괴 쥬라기 방향은 편각/복각= $31.2^\circ/67.4^\circ$ ($k=211$, $\alpha_{95}=8.5^\circ$)이며 극의 위치는 63.3°N , 176.0°E ($K=91$, $A_{95}=13.0^\circ$), 4개 지점에서 구한 경기육괴 쥬라기 평균방향은 편각/복각= $43.5^\circ/49.9^\circ$ ($k=30$, $\alpha_{95}=17.0^\circ$)이며 극의 위치는 54.4°N , 212.9°E ($K=24$, $A_{95}=19.4^\circ$)이며 경기육괴와 영남육괴의 7개 지점의 결과를 평균한 방향은 편각/복각= $39.6^\circ/57.6^\circ$ ($k=31$, $\alpha_{95}=11.1^\circ$)이며 극의 위치는 59.5°N , 199.3°E

($K=23$, $A_{95}=12.8^\circ$)로 보고하였다. 후기 쥬라기 옥천대와 경기-영남육괴의 자화방향이 약 60° 차이가 나는 것은 대보조산운동에 기인한 좌향전단력에 의한 것으로 해석하였으며 후기 쥬라기-백악기의 한반도의 결과가 북중국지괴와 남중국지괴의 고지자기극과 유사한 것은 이 지역에서 후기 쥬라기 이후 팔복활반한 지괴간의 상대적운동이 없었다고 판단하였다.

3.2.3. 백악기 (경상분지)

백악기 암석에 대한 연구는 앞에서 언급한 Yaskawa (1975)의 일본과 한반도의 상대적 위치비교를 위해 백악기암석을 대상으로 수행한 고지자기 연구를 시작으로 Ito and Tokieda (1980)에 의해 한반도의 백악기 화강암에 대한 고지자기 연구가 시행되었다. 이 연구는 백악기 화강암의 고지자기극이 주변의 중국, 시베리아, 유럽 등지의 백악기의 극의 위치와 유사한 현재의 진북과 가까운 곳에 위치함으로 한반도는 백악기 이후 팔복활반한 지구조운동이 없었다고 결론지었다. 현재까지의 백악기 암석에 대한 고지자기 연구 결과와는 많은 차이를 보이나, 이는 화강암의 자화방향을 백악기의 특성잔류자화방향으로 간주한 것과 당시 연구 지역과 동시대 타 지역에 대한 고지자기극의 자료 미흡함이 원인으로 생각된다. Otofujii *et al.* (1983)은 진주-대구-경주 지역을 포함하는 경상분지에 분포하는 백악기의 신동층군, 하양층군, 유천층군의 8개 노두에서 120개 이상의 시료를 채취하여 고지자기 실험을 수행하였으며, 이 논문의 결과는 공동저자인 오진용(1981)의 석사논문에서 사용된 실험결과와 상당 부분을 포함하고 있다. 경상누층군의 특성잔류자화방향은 편각/복각= $26.6^\circ/62.3^\circ$ ($k=85.0$, $\alpha_{95}=8.3^\circ$)로 극의 위치는 68.9°N , 191.2°E ($dp=10.1^\circ$, $dm=12.9^\circ$)로 보고하였으며 학봉화산암에 대한 K-Ar 연령을 68.1 ± 3.4 m.y.로 측정하여 발표하였다. Lee *et al.* (1987)은 대구지역에서 신동층군(낙동층, 하산동층, 진주층), 하양층군(칠곡층, 신라층, 함안층, 반야월층,송내동층)과 유천층군의 18개 지점과 안동지역에서 하양층군에 해당되는 일직층, 구미동층, 구계동층 및 점곡층의 6개 노두에서 정향시료를 채취하여 고지자기 실험을 수행하였다. 대구지역에서의 특성잔류자화방향은 편각/복각= $37^\circ/60.9^\circ$ ($k=120$, $\alpha_{95}=5.0^\circ$)와 극의 위치는 60.8°N , 194.2°E ($A_{95}=6.5^\circ$)로, 안동지역의 잔류자화방향은 편각/복각= $15.4^\circ/57^\circ$ ($k=74.4$, $\alpha_{95}=8.9^\circ$)와 극의 위치는 77.9°N , 207.1°E ($A_{95}=11.6^\circ$)로, 그리고 모든 결과의 평균값으로는 편각/복각= $29.5^\circ/57^\circ$ ($\alpha_{95}=9^\circ$)와 극의 위치는 67.6°N ,

205.1°E ($A_{95}=5.8^\circ$)로 보고하였다. 이로부터 남한지역은 백악기 초기 이후로 거의 같은 위도에 있었으며, 북중국, 남중국, 일본은 하나의 지괴로써 같은 위치와 위도를 유지하였다고 해석하였다. 김인수(1988)는 부산 다대포지역에 분포하는 백악기 다대포층에서 30개의 정향시료를 채취하여 고지자기학 연구를 실시하였다. 주요 자성광물은 자철석과 적철석이며 이들 광물에 의해 기록된 자화방향이 다른 경우는 DRM (Depositional Remanent Magnetization; 편각/복각= $32.9^\circ/39.3^\circ$, $\alpha_{95}=5.4^\circ$)으로, 같은 경우는 PDRM (Post Depositional Remanent Magnetization; 편각/복각= $30.0^\circ/46.4^\circ$, $\alpha_{95}=6.7^\circ$)으로 구분하였으며, 이들 자화방향이 대구-의령 지역 칠곡층과 유사함으로 Barremian-Aptian의 시기에 다대포분지에서 형성된 것으로 해석하였다. 김광호와 김두수(1991)는 대구-경주지역에 분포하는 하양층군 상부 지층인 채약산안산암층, 건천리층, 유천층군의 하부층인 주사산층에 대한 고지자기 연구를 수행하였다. 이들로부터 각 층의 특성잔류자화 방향과 극의 위치는 결정하지 못하였지만 각 노두의 정자화/역자화의 존재와 극의 위치들을 근거로 Santonian 이후의 지층임을 알 수 있었고, 지질학적·지연대학적 자료를 종합하여 채약산층은 Campanian 초기에, 건천리층은 Campanian 중기-말기에 걸쳐, 그리고 주사산층은 Maastrichtian 중기에 형성된 것으로 해석하였다. 김인수 등(1993a)은 진교사천지역에 분포하는 전기백악기 암석인 낙동층, 하산동층, 진주층, 칠곡층, 함안층의 26개 지점에서 264개의 정향시료를 채취하여 연구를 수행하였다. 이들 5개 층의 경사보정 후의 평균자화방향은 편각/복각= $35.2^\circ/54.2^\circ$ ($k=386.3$, $\alpha_{95}=3.9^\circ$)로 극의 위치는 61.3°N , 208.4°E ($dp=3.8^\circ$, $dm=5.5^\circ$)를 추출하였으며 정자극과 역자극이 공존하는 것을 근거로 124 Ma (Neocomian) 보다 오래된 지층으로 보고하였다. 또한 산동지역을 제외한 중국 대륙의 결과와 비교하여 진교사천지역이 탄루단층 이서지역에 대해 $14.5^\circ\pm 10.5^\circ$ 시계방향으로 회전하였다고 해석하였다.

이 후로는 경상분지의 퇴적학적 연구를 바탕으로 경상분지를 구성하고 있는 의성소분지(또는 지괴), 밀양소분지, 영양소분지의 각 지역에 대한 고지자기연구가 수행되었다. 김인수 등(1993c)은 의성지역에 분포하는 백악기암석인 신동층군, 하양층군, 유천층군 및 불국사 화강암에 대해 23개 지점에서 292개의 정향시료를 채취하여 고지자기실험을 행하였다. 이 연구에서는 각 층별로 자화방향과 극의 위치를 구했고 층군의 평균값은 계산하지 않았다. 신동층군과 하양층군의 경사보정 후

의 자화방향의 분포는 편각/복각= 10.7° - 48.4° / 42.9° - 62.1° ($k=3.9$ - 138.7 , $\alpha_{95}=3.6^{\circ}$ - 18.6°)로 극의 위치는 47.3° - 80.6° N, 188.2° - 240.2° E ($dp=3.7^{\circ}$ - 16.8° , $dm=5.4^{\circ}$ - 25.0°)로 보고하였다. 유천층군과 불국사 화강암류의 경사보정 전의 극의 위치가 타 지괴의 것과 유사함으로 이들 화성암은 정치 후 움직이지 않았다고 해석하였다. 연구지역에 분포하는 다수의 주향이동단층과 환상단층 주변의 암석에서는 현재 자기장 방향의 재자화가 인지되며 이는 단층을 따라 이동하는 유체의 영향으로 해석하였다. 또한 자기층서에 대비하여 유천층군화산암은 Campanian (83 Ma) 보다 젊으며 하양층군 중부의 칠곡층은 Barremian (124 Ma) 보다 오랜 연령을 갖는 것으로 해석하였다. 도성재와 김광호(1994)는 의성지역의 하양층군, 유천층군, 불국사관입암류의 44개 지점에서 258개의 정향시료에 대해 연구를 수행하였다. 하양층군의 자화방향은 편각/복각= 22.5° / 57.2° ($k=66.1$, $\alpha_{95}=4.6^{\circ}$)이고, 유천층군에서는 4개의 방향군을 관찰했으나 이들의 평균자화방향은 편각/복각= 351.2° / 60.5° ($k=10.0$, $\alpha_{95}=11.2^{\circ}$)이다. 3개의 지점에서 채취한 불국사 관입암류의 경사보정 전의 자화방향은 편각/복각= 353.6° / 38.8° ($k=43.6$, $\alpha_{95}=18.9^{\circ}$)로 보고하였다. 자기층서 대비를 통해 하양층군은 Cretaceous Long Normal Superchron (CLNS)에 해당하며 유천층군은 CLNS와 Polarity Chron 33R 경계(83 Ma) 전후 또는 그 이후로 해석하였다.

경상분지 타 지역 또는 북동 아시아의 지역의 극의 위치 비교를 통하여 의성지역에는 국지적 회전운동이 없었던 것으로 해석하였다. 석동우와 도성재(1994)는 의성지역에 분포하는 하양층군내의 구산동응회암과 유천층군 암석에 대한 대자율 이방성을 이용하여 화산암의 분출지를 찾으려는 시도를 하였다. 유천층군에서는 대자율 이방성의 최대값의 방향에 의거 4개의 그룹을 확인했으며 이를 근거로 분출지를 해석하였다. 앞서 기술한 도성재와 김광호(1994)의 고지자기 실험 결과에서와 같이 유천층군이 적어도 4번의 분출에 의해 형성되었다는 유사한 결론이 특징적이다. 석동우와 도성재(1996)는 의성지역에 분포하는 하양층군을 구성하는 점곡층, 사곡층, 춘산층, 신양동층과 유천층군에 대해 고지자기 연구를 수행하였다. 하양층군은 정자화만을 보이며 경사보정 후의 평균자화방향은 편각/복각= 31.7° / 57.8° ($k=32.4$, $\alpha_{95}=5.8^{\circ}$)로, 극의 위치는 64.9° N, 202.2° E ($A_{95}=7.6^{\circ}$)에 위치하는 것으로 의성지역 백악기의 대표적인 것으로 보고하였다. 반면 유천층군에서는 자화방향이 4개의 소그룹 구분되며 A그룹: 편각/복각

= 6.2° / 35.6° ($k=36.7$, $\alpha_{95}=20.7^{\circ}$), 극의 위치는 72.7° N, 287.1° E ($K=43.8$, $A_{95}=18.9^{\circ}$), B그룹: 편각/복각= 326.2° / 30.5° ($k=7.7$, $\alpha_{95}=29.4^{\circ}$), 극의 위치는 57.2° N, 17.5° E ($K=13.7$, $A_{95}=21.4^{\circ}$), C그룹: 편각/복각= 167.7° / 46.6° ($k=179.6$, $\alpha_{95}=9.2^{\circ}$), 극의 위치는 76.9° S, 182.5° E ($K=121.4$, $A_{95}=11.2^{\circ}$)이며, D그룹: 편각/복각= 74.5° / 41.5° ($k=57.4$, $\alpha_{95}=16.4^{\circ}$). 극의 위치는 26.0° N, 207.3° E ($K=41.2$, $A_{95}=19.5^{\circ}$)로써 이들이 대원상에 분포함으로 지자기 역전기간 중 형성된 것으로 해석하였다.

도성재 등(1994)은 밀양소분지에 분포하는 낙동층, 하산동층, 진주층으로 이루어진 신동층군과 칠곡층, 신라역암층, 함안층 및 진동층으로 이루어진 하양층군의 36개 지점에서 채취한 344개의 정향시료에 대해 고지자기 연구를 수행하였다. 16개 지점에서 채취한 신동층군의 자화방향은 편각/복각= 37.9° / 58.6° ($k=139.0$, $\alpha_{95}=3.1^{\circ}$)이나, 20개 지점에서 채취한 하양층군의 자화방향은 편각/복각= 29.3° / 56.8° ($k=96.6$, $\alpha_{95}=3.3^{\circ}$)로써 두 자료 군이 통계학적으로 방향이 다르다고 보고하였으며, 이들의 생성 시기는 CLNS의 Aptian 이후로 해석하였다. 한편 김태성 등(1998)은 진주 및 고령지역에 분포하는 하양층군의 신라역암층에서 기질 19개와 역 86개 총 106개의 정향시료를 채취하여 역암실험을 실시하여 재자화 여부를 확인하였다. 신라역암층에서 채취한 역 시료의 자철석과 적철석의 특성잔류자화 방향이 분산됨으로써 역암실험을 통과하였으므로 연구지역의 광역적인 재자화가 없는 것으로 해석하였고, 신라역암층 내에 협재하는 사암층에서 경사보정 후의 방향 편각/복각= 21.4° / 56.5° ($k=48.8$, $\alpha_{95}=11.1^{\circ}$)이 경상누층군의 방향과 일치함을 보고하였다. 또한 전영수 등(1998)은 경북 고령지역의 밀양분지에 분포하는 신동층군의 최상부 층인 진주층과 이를 관입한 안산암맥에 대하여 안산암맥에서 7개, 좌우의 진주층에서 각 17개 총 41개의 정향시료를 채취하여 관입암에 의한 주변암의 재자화 여부를 밝히는 관입접촉실험을 수행하였다. 안산암맥은 역자화를 기록하며 백악기 말의 방향과 일치함을 보였으며, 안산암의 관입에 의한 재자화의 범위는 암맥 두께의 약 20% 정도의 범위에서 국부적으로 나타남을 보고하면서, 경상분지에 광역적인 재자화는 일어나지 않았다고 하였다.

영양소분지에 대한 논문으로는 도성재 등(1999)이 있으며 이는 영양분지의 하양층군에 해당하는 울연산층, 동화치층, 가송동층, 청량산층, 오십봉층, 도계동층의 31개 지점에서 채취한 452개의 정향시료에 대한 고지자기 실험 결과로써, 29개 지점에서 채취한 시료들의

경사보정 후의 평균방향 편각/복각=6.1°/55.3°(k=41.5, α_{95} =4.2°)과, 극의 위치는 85.5°N, 217.4°E (K=27.7, A_{95} =5.2°)를 보고하였다. 영양지역의 암석의 연령은 CLNS에 해당하나 주변의 의성분지와 밀양분지의 고지 자기극과의 비교를 통해 영양소분지가 상대적으로 약 25° 반시계방향으로 회전하였을 가능성을 제시하였다. 반면 강희철과 김인수(2000a)는 상기 논문과 같은 하양층군의 46개 노두에서 523개의 정향시료를 채취하여 연구를 수행하였으며, 이 중 28개 노두 179개의 시료에서 경사보정 후의 평균방향 편각/복각=27.0°/56.1°(k=336, α_{95} =5.0°)과, 극의 위치 68.1°N, 210.7°E (K=237.4, A_{95} =6.0°)를 보고하면서 이들 방향은 경상분지 타 지역과 오차의 한계 내에서 동일한 것으로 지역 간의 상대적 회전운동은 없었다고 해석하였다. 또한 하양층군 중부의 가송동층과 그 이하의 층들은 CLNS 이 시작되는 120.5 Ma 이전에 퇴적되었으며, 상부의 도계동층은 후기 Aptian 또는 Albian 내의 역자 극기에 퇴적되었다고 도성재 등(1999)의 결과와 상이한 해석을 하였다. 상기한 논문에 보고된 의성-밀양-영양소분지를 포함한 경상분지에 분포하는 하양층군의 특성잔류자화 방향과 고지자기극의 위치를 Table 3에 정리하였다.

경상분지에 분포하는 유천층군에 해당하는 암석에 대한 고지자기연구는 하양층군의 자화방향과는 다른 방향을 보고하거나(석동우와 도성재, 1996) 또는 평균방향을 결정하지 못하였으나(김광호와 김두수, 1991) 최근의 강희철과 김인수(2000b)의 유천층군에 대한 고지 자기 결과는 하양층군과 통계적으로 같은 방향을 보고

하고 있다. 경남 고성지역에서 고성층을 포함하는 유천층군의 19개 지점에서 165개의 정향시료를 채취하여 특성잔류자화 방향을 측정된 결과 14개 지점의 95개의 시료로부터 유천층군의 자화방향 편각/복각=28.1°/54.2°(k=70.6, α_{95} =4.8°)와, 극의 위치 67.0°N, 210.6°E (dp=4.7°, dm=6.7°)를 보고하며 유천층군의 연령은 후기 Albian에서 초기 Maastrichtian으로 판단하였다 (Table 3).

3.2.4. 백악기(소분지)

경상분지 이외의 지역인 옥천대의 남북 경계선을 따라 여러 개의 백악기 소분지들이 발달해 있다. 풍암분지, 음성분지, 공주분지, 부여분지, 함평분지, 통리분지, 영동분지, 무주분지, 진안분지, 능주분지, 해남분지, 고흥분지가 여기에 해당한다. 무주분지와 진안분지에 대해서는 현재 연구가 진행 중이며 부여-함평분지(홍준표 등, 2004; 고지은 등, 2005)와 통리분지(김상진 등, 2005)에 대해서는 예비 결과가 발표되었고 나머지 능주분지(김광호와 노병섭, 1993), 영동분지(도성재 등, 1996), 해남분지(임무택 등, 2001), 음성분지(Doh *et al.*, 1999), 공주분지(Doh *et al.*, 2002; 김원년 등, 2002), 풍암분지(박용희와 도성재, 2004)에 대해서는 고지자기 연구가 완료되었다. 이들 소분지 중 능주분지, 해남분지, 함평분지를 제외한 나머지 영동분지, 음성분지, 공주분지, 풍암분지, 부여분지, 통리분지에 분포하는 백악기 암석들의 고지자기 연구결과는 이들 암석이 백악기 말에서 제3기 초에 재자화 되었음을 보이고 있다.

반면에 김광호와 노병섭(1993)은 능주분지의 능주층

Table 3. Summary of characteristic directions and paleomagnetic pole positions of the Cretaceous Hayang Group in the Gyeongsang Basin.

Locality	D (°)	I (°)	α_{95} (°)	k	VGP		dp (°)	dm (°)	A_{95} (°)	Reference
					Lat. (°N)	Long. (°E)				
Jinju - Daegu - Gyeongju	26.2	62.3	8.3	85.0	68.9	191.2	10.1	12.9		Otofujii <i>et al.</i> (1983)
Daegu-Andong	29.5	57.0	9.0		67.6	205.1			5.8	Lee <i>et al.</i> (1987)
Dadaepo (DRM)	32.9	39.3	5.4		58.6	234.1				Kim (1988)
Dadaepo (PDRM)	30.0	46.4	6.7		63.5	226.4				Kim (1988)
Jinkyo-Sacheon	35.2	54.2	3.9	386.3	61.3	208.4	3.8	5.5		Kim <i>et al.</i> (1993)
Euisung	22.5	57.2	4.6	66.1	72.0	206.4	4.9	6.7		Doh & Kim (1994)
Euisung	31.7	57.8	5.8	32.4	64.9	202.2			7.6	Suk & Doh (1996)
Milyang	29.3	56.8	3.3	96.6	66.4	204.1			4.2	Doh <i>et al.</i> (1994)
(Shindong Fm.)	37.9	58.6	3.1	139.0	59.9	198.8			4.3	
Yongyang	6.1	55.3	4.2	41.5	85.5	217.4			5.2	Doh <i>et al.</i> (1999)
Yongyang	27.0	56.1	5.0	336.0	68.1	210.7			6.0	Kang & Lim (2000)

Note: D (I); declination (inclination) of ChRM direction, α_{95} , k, dp, dm and A_{95} ; statistical parameters, VGP; Virtual Geomagnetic Pole position.

군 58개의 지점에서 약 200개의 시료를 채취하여 연구를 수행한 결과 연구지역을 가로지르는 광주단층의 서부, 동부, 북서부(장성-담양지역)에 분포하는 암석으로부터 경사보정 후 백악기의 특성잔류자화방향을 분리하였다. 광주단층 서부층의 방향은 편각/복각=12.9°/51.3°($k=137.6$, $\alpha_{95}=3.9^\circ$), 극의 위치 78.8°N, 228.3°E ($A_{95}=4.8^\circ$)를, 동부층의 방향 편각/복각=32.2°/58.3° ($k=118.7$, $\alpha_{95}=3.0^\circ$), 극의 위치 64.6°N, 196.9°E ($A_{95}=3.9^\circ$)를, 장성-담양지역에 분포하는 능주층군의 자화방향 편각/복각=40.1°/62.0° ($k=67.0$, $\alpha_{95}=5.9^\circ$), 극의 위치 58.0°N, 188.9°E ($A_{95}=8.1^\circ$)를 보고하였으며, 동부와 북서부의 능주층군은 이 지역이 단층운동에 의해 시계방향으로 회전하였기 때문에 해석하였다. Doh *et al.* (1999)은 음성분지에 대한 고지자기 연구에서 백악기 초평층은 재자화되었을 보고하였다. 반면 연구지역 동부에 분포하는 화강암에서는 경사보정 전의 자화방향(편각/복각=347.0°/47.0°, $k=40.2$, $\alpha_{95}=3.6^\circ$)과 극의 위치(77.6°N, 33.3°E, $K=33.3$, $A_{95}=8.1^\circ$)가 한반도의 류라기와 유사함을 관찰하였으나 화강암의 생성 연대를 류라기로 결정하지는 못하였다. 임무백 등(2001)은 해남분지에 분포하는 화산암과 화산쇄설성 퇴적암에 대해 고지자기 연구를 실시하여 평균자화방향 편각/복각=21.4°/57.1° ($k=350.0$, $\alpha_{95}=13.4^\circ$)과 극의 위치 72.5°N, 199.9°E ($dp/dm=14.2^\circ/19.5^\circ$)를 80-90 Ma의 유라시아 대륙으로부터 구한 결과와 유사하다고 보고하였다.

공주분지의 경우 백악기 퇴적암은 재자화 되었으나 화산암에서는 경사보정 후의 방향 편각/복각=204.2°/43.8° ($k=36.6$, $\alpha_{95}=8.6^\circ$), 극의 위치 67.2°N, 235.3°E ($K=34.6$, $A_{95}=8.9^\circ$)는 백악기 말에서 제3기초의 고지자기극의 위치와 일치함으로써 Campanian에서 Maastrichtian 사이에 암석의 형성과 함께 획득되었다고 해석하였다(Doh *et al.*, 2002; 김원년 등, 2002). 또한 함평분지의 백악기 퇴적암(홍준표 등, 2004)과 화산암(고지은 등, 2005)의 결과는 암석 형성 당시의 특성잔류자화임이 보고되었다. 함평분지 퇴적암의 자화방향은 편각/복각=28.2°/59.4° ($k=53.8$, $\alpha_{95}=8.3^\circ$), 극의 위치는 67.2°N, 195.1°E ($dp=9.3^\circ$, $dm=12.5^\circ$)이며, 화산암의 경우 정자화 방향은 편각/복각=25.8°/55.8° ($k=27.7$, $\alpha_{95}=8.0^\circ$), 극의 위치는 70.1°N, 201.6°E ($K=17.0$, $A_{95}=10.3^\circ$)로 역자화 방향은 편각/복각=150.0°/61.9° ($k=13.3$, $\alpha_{95}=14.6^\circ$), 극의 위치는 65.5°S, 251.3°E ($K=7.1$, $A_{95}=20.7^\circ$)로서 후기 백악기의 결과와 유사함을 보고하였다.

상기한 경상분지와 소분지 이외의 지역에 분포하는 백악기 암석에 대한 고지자기 연구로는 추가령구조선의 전곡-연천 일대의 백악기 화산암류에 대한 연구(김광호와 송무영, 1995), 태안반도 남부 천수만 일대의 천수만층에 대한 연구(송무영과 김광호, 1995), 서울-대천 사이에 분포하는 백악기 화산암류에 대한 연구(김광호 등, 1997) 및 양산단층지역에 분포하는 퇴적암과 화성암에 대한 연구(강희철 등, 1996)가 있다. 김광호와 송무영(1995)은 전곡-연천지역의 백악기 응회암류의 특성잔류자화 방향 편각/복각=35.1°/54.1° ($k=39.6$, $\alpha_{95}=6.2^\circ$)과 극의 위치 61.7°N, 212.9°E ($dp=4.1^\circ$, $dm=8.7^\circ$)와 함께 지자기천이기(약 83 Ma)의 방향을 추출하였으며 타 지역의 후기 백악기의 방향과 비교하여 연구지역이 추가령구조선을 따라 일어난 우수향 주향이동단층에 의해 시계방향으로 약 13° 회전하였다고 해석하였다. 송무영과 김광호(1995)는 추가령구조선의 연장선에 있는 태안반도 만부 천수만 일대의 후기 백악기 지층인 천수만층에서 상기 전곡-연천지역의 화산암에서 관찰된 지자기천이기에 해당하는 자화방향을 구하여 천수만층의 형성시기를 83 Ma 전후로 해석하였다. 김광호 등(1997)은 계속하여 추가령구조선의 연장을 확인하기 위하여 서울과 대천 사이에 분포하는 백악기 화산암류에 대한 고지자기 연구를 수행하였다. 대상암석에서 역시 지자기천이기의 방향과 함께 편각/복각=327.7°/44.5° ($k=47$, $\alpha_{95}=7.6^\circ$)의 자화방향을 구했으며 이를 근거로 대상암석의 연령은 83 Ma로 판단하였고 연구지역은 좌수향 단층운동에 의해 반시계방향으로 약 40° 회전하였다고 해석하였다. 한편 강희철 등(1996)은 양산단층 지역에 분포하는 하양층군의 대구층, 유천층군, 불국사판입암에 대하여 고지자기 연구를 수행하였다. 퇴적암류에서는 경사보정 후 특성잔류자화방향 편각/복각=22.7°/54.7° ($k=236.3$, $\alpha_{95}=2.8^\circ$)과 극의 위치 71.6°N, 213.8°E ($dp=2.7^\circ$, $dm=3.9^\circ$)를, 불국사화강암에서는 경사보정 전의 자화방향 편각/복각=9.4°/54.2° ($\alpha_{95}=2.4^\circ$)와 극의 위치 82.2°N, 223.4°E ($dp=2.3^\circ$, $dm=3.3^\circ$)를 추출하였다. 이를 근거로 불국사화강암류는 백악기 말에서 제3기 초에 정치하였으며, 하부 대구층은 Barremian (124 Ma) 보다 오래된 것으로 해석하였으며 양산단층지역의 상대적인 지괴회전운동이나 변위 등은 없었던 것으로 판단하였다.

Park *et al.* (2005)은 한반도 백악기 암석으로부터 획득된 자료를 모두 분석하여 백악기의 대표적인 극의 위치를 계산하였다. 경상분지 내의 밀양-의성-영양분지, 옥천대 경계부에 분포하는 백악기 소분지(능주분지, 영

동분지, 음성분지, 해남분지, 공주분지, 풍암분지)와 경기육괴의 백악기 암석(철원, 천수만, 예산지역)의 고지자기 연구 결과에 대해 Van der Voo (1990)의 양질계수(Quality factor)를 적용하여 23개의 백악기 자료를 엄선하였다. 전기와 후기 백악기로 구분한 지질연대를 근거로 중기 전기백악기(middle Early Cretaceous, K_{IM}), 후기 전기백악기(late Early Cretaceous, K_{II}), 후기백악기(Late Cretaceous, K_2)로 나누었으며 각 시대의 극의 위치는 K_{IM} : 59.6°N, 194.7°E ($A_{95}=4.6^\circ$), K_{II} : 67.6°N, 207.7°E ($A_{95}=2.5^\circ$), K_2 : 71.1°N, 215.2°E ($A_{95}=5.4^\circ$)로 보고하였다.

3.3. 고생대

남한의 고생대 지층은 경기육괴와 영남육괴 사이에 분포하는 옥천습곡대와 낭림(평북)육괴와 경기육괴 사이에 분포하는 임진강습곡대에 국한된다. 옥천습곡대 북동부를 제외한 두 습곡대의 대부분은 초기 퇴적층면 조차 구분하기 어려울 정도로 중생대의 극심한 변성 및 변형작용, 재결정작용과 화성활동을 받아 대륙복원을 위한 고지자기 연구 대상으로서의 본질적인 문제점을 가지고 있다. 이는 전 세계의 습곡대에서 흔히 보고되고 있는 고지자기/암석자기학적 특징이기도 하며, 이 때문에 남한의 고생대 지층에 대한 고지자기 연구 논문의 대부분은 옥천대 북동부에 국한되어 있으며, 김광호(1985)와 Shibuya *et al.* (1985)의 연구가 호시이다. 그들은 옥천대 북동부의 고생대층에 대한 고지자기 연구로부터 백악기 이전의 대부분의 암석들이 광역적인 재자화를 받았다고 보고한 바 있다. 그 후 고지자기학의 발전과 초전도자력계의 상용화가 이루어짐에 따라, Kim and Jeong(1986), 김인수와 임아연(1993), 도성재(1993), Doh and Piper(1994), Lee *et al.* (1996, 1997, 1999b), 도성재 등(1998), 박용희 등(2003), Park *et al.* (2003), 박용희와 도성재(2006) 등의 활발한 연구가 이루어져, 한반도 고생대의 1차자화가 일어지고 있다.

옥천대에서 구한 1차자화 연구 외에 2차자화 연구도 한반도 지체구조환경을 알려주는 중요한 자료이다. 이에 대한 연구로는 Shibuya *et al.* (1985), 도성재(1993), 박용희 등(2003), Park *et al.* (2003), 박용희와 도성재(2006)의 연구 결과가 있으며, 옥천대에 광역적인 습곡 및 단층운동, 화성활동에 수반하는 재자화 작용이 있었음을 지지해 준다. 특히 도성재(1993)는 백운산 향사대가 백악기 이후 시계방향으로 약 30° 회전한 것으로 해석하였다.

아래의 국내 고생대 고지자기 연구도 옥천대 북동부

의 조선누층군(전기고생대)과 평안층군(후기고생대)의 연구 결과를 중심으로 기술한다.

3.3.1. 캄브리아기

한반도에서 캄브리아기의 고지자기연구는 1966년 Gurariy 외가 북한의 평남분지의 조선누층군 하부 사암으로부터 실시하였으며, 특성고지자기 방향(편각/북각=165.0°/-58.0° ($\alpha_{95}=4.0^\circ$))을 구하였다. 그들이 시료 채취한 평안분지는 옥천습곡대와는 달리 재자화작용을 그다지 받지 않았기 때문에 낭림육괴의 거동을 지지하며, 동시대 북중국지괴의 자화방향과 매우 유사하다는 것도 이를 지지하여 준다. 이 자료는 북중국지괴와 낭림지괴가 캄브리아기 이래 하나의 땅덩어리였다는 사실을 지지해 주는 증거로 쓰이고 있다. 한편 남한의 경우는 김인수(1989)가 영월-정선일대(영월형-정선형 퇴적분지)로부터 구한 중기-후기 캄브리아기 고지자기 방향(편각/북각=309.8°/-17.5°; $k/\alpha_{95}=32.8/13.6^\circ$)이다 (Table 4).

3.3.2. 오르도비스기

Shibuya *et al.* (1988)은 태백산 지역(두위봉형 퇴적분지)으로부터 오르도비스기 암석들에 대한 고지자기 연구를 통해 이 일대가 광범위하게 재자화 받았다고 보고하였으며, 김인수와 임아연(1993)도 동일한 지역의 같은 시기의 암석들로부터 구한 자화방향이 습곡시형을 통과하지 못한다고 보고하였다. 하지만 그 후에 계속된 연구자들에 의해서 구해진 특성잔류자화 성분이 보고되고 있다. 김인수(1989)는 영월-정선일대(영월형-정선형 퇴적분지)로부터 초-중기 오르도비스기 고지자기 방향 (편각/북각=1.7°/12.5°, $k, \alpha_{95}=6.1/21.4^\circ$)으로부터 극의 위치 위도/경도(59.0°N/305.3°E)를 구하였으며, 정자극성 및 역자극성이 나타나는 것에 근거하여 1차자화로 간주하였다. Lee *et al.* (1997, 2000)은 동진층으로부터 특성잔류자화 방향(편각/북각=340.6°/24.1°, $k, \alpha_{95}=21.4/20.3^\circ$)을 보고하고, 그에 따른 극의 위치(위도/경도=-59.9°N/169.2°E, $A_{95}=17.5^\circ$)로서, 당시 옥천대가 남반구에 위치했던 콘드와나대륙에 속했었다고 해석했다(Table 4).

3.3.3. 사일루리아기-데본기

이 시기의 지층은 옥천대에서 대결층으로 알려져 있지만, 조선누층군 최상부인 회동리층이 초기 사일루리아기에 걸친다는 학설도 있다. 하지만 이 층은 자성광물을 거의 포함하지 않는 데다가 탄산염광물들이 거의

재결정 되어있어 대부분 고지자기 연구에 어려운 실정이었다. 김인수(1989)는 회동리층으로부터 편각/북각 = 327.0°/9.9° ($k=12.3$, $\alpha_{95}=6.0^\circ$)를 보고한 바 있으며, 당시 한반도가 적도에 가까운 저위도에 위치하고 있었다고 해석하였다(Table 4).

3.3.4. 석탄기

석탄기는 주로 후기 석탄기 홍점층으로부터 연구결과가 구하여졌다. Shibuya *et al.* (1988)은 장성일대의 홍점층으로부터 특성잔류자화(편각/북각=269.4°/-17.0°; $\alpha_{95}=6.9^\circ$)를 검출하고 퇴적당시에 획득한 1차자화로 간주하였다. 김인수(1989)는 영월-정선일대(영월형-정선형 퇴적분지)과 그리고 김인수와 임아연(1993)은 태백산 지역(두위봉형 퇴적분지)으로부터 후기 석탄기 고지자기 방향으로 각각 편각/북각=62.5°/-43.4° ($k=34.6$, $\alpha_{95}=21.3^\circ$)과 편각/북각=3.8°/-5.9° ($k=15.2$, $\alpha_{95}=10.1^\circ$)을 보고한 바 있다. 또한 Kim *et al.* (1992)은 편각/북각=280.5°/22.5° ($k=17.0$, $\alpha_{95}=13.0^\circ$)을 그리고 Lee *et al.* (1996)은 편각/북각=255.5°/-2.4° ($k=14.5$, $\alpha_{95}=20.8^\circ$)을 보고하면서 연구자마다 1차자화방향이 서로 다르게 나타나는 것은 2차성분의 일부가 완전히 제거되지 않고 남아있기 때문이라고 제안하였다(Table 4).

3.3.5. 페름기

페름기 고지자기 방향은 옥천대 북동부 평안충군 상부지층에서 제공되었으며, 대부분 한쪽의 극성으로 집중되어 나타나는데, 이는 후기고생대의 지자기 극성이 Kiaman 역자극기에 해당하기 때문이다. 보고된 1차자화의 북각 값은 대체로 북반구의 지금보다 낮은 고위도를 기록하고 있다는 것이 확인된다.

평안누층군에 대한 연구는 Otofujii *et al.* (1989)의 논문으로 계속되었다. 강원도 태백지역의 백운산항사대의 양평에 분포하는 조선누층군과 평안누층군의 24개 지점에서 68개의 시료를 채취하여 특성잔류자화 방향을 측정하였으나 거의 모든 시료가 현재의 지구중심 쌍극자(present geocentric axial dipole field)의 극의 위치에 해당하는 결과를 보이는 재자화를 기록함을 보고하였다. 대상 시료의 자화방향을 기록하고 있는 주요 자성광물은 변성작용에 기인한 적철석과 pyrrhotite 이나 이런 자성광물의 생성 시기는 재자화시기보다 앞선 것으로써 대상암석의 재자화는 적철석과 pyrrhotite 의 생성과 수반되어 획득된 것이 아니라 새로운 자성광물이 암석 내에서 재배열됨으로써 나타난 현상으로 해석하였다. 3년 뒤 상기 논문의 저자 중 한사람이었던 Kim *et al.* (1992)은 단양, 정선, 영월, 태백, 사북 등지에 분포하는 백운산항사대의 평안누층군 중 페름

Table 4. Summary of characteristic directions and paleomagnetic pole positions of the Paleozoic in Korea.

Locality	D (°)	I (°)	α_{95} (°)	k	VGP		dp (°)	dm (°)	A ₉₅ (°)	Reference
					Lat. (°N)	Long. (°E)				
⁵ E. Baekonsan zone	271.9	-33.4	16.5	57.1	9.4	203.1			19.7	Lee <i>et al.</i> (1996, 1997)
⁵ E. Baekonsan zone	358.3	-9.2	6.2							Doh & Piper (1994)
⁵ E. Baekonsan zone	255.1	-2.4	12.1	27.0						Kim & Van der Voo (1990)
⁵ E. Baekonsan zone	282.0	-52.6	28.8	19.4						Shibuya <i>et al.</i> (1988)
⁵ E. Baekonsan zone	321.5	25.1	12.8	16.9						Kim & Jeong (1986)
⁵ Taebaek area	41.2	28.1	11.1	17.8						Kim & Im (1993)
⁴ Jangseong	269.4	-17.0	6.9		5.7	212.4				Shibuya <i>et al.</i> (1988)
⁴ Yeongweol/Jeongseon	62.5	-43.4	21.3	34.6	58.6	234.1				Kim (1988)
⁴ E. Baekunsan zone	3.8	-5.9	10.1	15.2	49.9	303.0	5.1	10.2		Kim & Im(1993)
⁴ E. Baekunsan zone	280.5	22.5	13.0	17.0						Kim <i>et al.</i> (1992)
⁴ E. Baekunsan zone	255.5	-2.4	20.8	14.5	-59.9	169.2			17.5	Lee <i>et al.</i> (1997)
³ Yeongweol/Jeongseon	327.0	9.9	19.9	12.3	49.5	359.6				Kim(1986)
² E. Baekunsan zone	340.6	24.1	20.3	21.4	-59.9	169.2				Lee <i>et al.</i> (1997)
² Yeongweol/Jeongseon	1.7	12.5	21.4	6.1	59.0	305.3				Kim(1989)
¹ Yeongweol/Jeongseon	309.8	-17.5	13.6	32.8	24.1	4.8				Kim(1989)
¹ Pyongan Basin	165.0	-58.0	4.0		11.0	317.0	4.3	5.9		Gurariy <i>et al.</i> (1966)

Note: D (I); declination (inclination) of ChRM direction, α_{95} and k; statistical parameters, VGP; Virtual Geomagnetic Pole position. superscript number (1-5) in locality stands for Cambrian, Ordovician, Silurian-Devonian, Carboniferous, Permian-Early most Triassic, respectively.

Table 5. Summary of characteristic directions and paleomagnetic pole positions of the Proterozoic in Korea.

Locality	D (°)	I (°)	α_{95} (°)	k	VGP		dp (°)	dm (°)	A ₉₅ (°)	Reference
					Lat. (°N)	Long. (°E)				
Sancheong (A)	275	-54	9	22	-16	6			12	Kim & Chung (1994)
Sancheong (B)	270	-43	18	22	17	-14				Kim & Chung (1994)
Sancheong	118.4	-29.9	6.9	33.7	-32.4	215.8	4.3	5.9		Kang <i>et al.</i> (2001)

Note: D (I); declination (inclination) of ChRM direction, α_{95} and k; statistical parameters, VGP; Virtual Geomagnetic Pole position. superscript number (1-5) in locality stands for Cambrian, Ordovician, Silurian-Devonian, Carboniferous, Permian-Early most Triassic, respectively.

기 초기의 사동층의 2개 지점, 페름기 후기의 고방산층의 4개 지점, 트라이아스기 초기의 녹암층의 6개 지점에서 정향시료를 채취하여 연구를 수행한 결과 초기 트라이아스기의 방향 편각/복각=76.8°/37.2° (k=29.3, α_{95} =8.9°), 후기 페름기의 방향 편각/복각=258.0°/12.2° (k=14.4, α_{95} =16.4°)를 보고하였다. 남중국지괴의 결과와의 비교를 통하여 남한지역은 쥬라기 이전에는 남중국지괴와는 다른 지구조 단위였음을 주장하였다.

Kim and Jeong (1986)은 단양 북측의 남한강변을 따라 분포하는 고방산층으로부터 특성잔류자화 편각/복각=321.5°/25.1° (k=16.9, α_{95} =12.8°)을 보고하였다. 백운산향사대로부터 Shibuya *et al.* (1988)과 Kim and Van der Voo (1990)가 보고한 페름기-삼첩기의 특성잔류 자화방향은 각각 편각/복각=282.0°/-52.6° (k=19.4, α_{95} =28.8°), 255.1°/-2.4° (k=27.0, α_{95} =12.1°)이고, Doh and Piper (1994)가 보고한 페름기의 특성잔류자화 방향은 편각/복각=358.3°/-9.2° (α_{95} =6.2°) 로 연구자에 따라 차이를 보여준다. 김인수와 임아연(1993)은 태백시 일원의 연구로부터 특성자화 방향 편각/복각=41.2°/28.1° (k/ α_{95} =17.8/11.1°)을 보고하였고, 그 후 김인수 등(2001)의 예미지역에서는 모두 재자화성분만이 검출된 바 있다. Lee *et al.* (1996)은 자성광물학적 연구를 통하여 암석 내에 유사한 자기적 특성을 갖는 1차자화 성분과 재자화성분을 분리하는데 성공하였으며, 편각/복각=271.9°/-33.4° (k=57.1, α_{95} =16.5°)을 제시하였다 (Table 4).

3.4. 선캠브리아기

남한에서 보고된 선캠브리아 고지자기 연구는 중기 원생대(약 1.8-1.6 Ga)의 산청회장암에 국한되어 있다. 김광호와 정재일(1994)은 특성잔류 자화방향이 각각 편각/복각=275°/-54° (k=22, α_{95} =9°), 270°/-43° (k=22, α_{95} =18°)인 2개의 성분을 보고하고, 당시 한반도가 남

위 35-25도 부근에 위치하였다고 해석하였다. 강희철 등(1994)의 연구 결과는 편각/복각=118.4°/-29.9° (k=33.7, α_{95} =6.9°)로써, 편각이 거의 반대 방향을 나타내고 있다. 그럼에도 불구하고 한반도에서 원생대의 초염기성암으로부터 특성잔류자화가 보고된 것은 매우 놀라운 발견이며, 면밀한 자성광물학적인 검증이 필요한 실정이다 (Table 5).

사 사

본 연구는 한국지질자원연구원이 수행하고 있는 기본사업인 ‘한반도/동북아 중생대 지각진화연구’의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

강희철, 김인수 (2000a) 영양지역에 분포하는 전기 백악기 하양층군에 대한 고자기 연구. 지질학회지, 36권, p. 47-71.
 강희철, 김인수 (2000b) 경상분지 남단 고성지역의 백악기 유천층군에 대한 고자기 연구, 한국지구과학회지, 21권, p. 663-674.
 강희철, 김인수, 손문 (2001) 하동-산청지역에 분포하는 고원생대 말의 화강암질암에 대한 잔류자기 연구. 지질학회지, 37권, p. 269-286.
 강희철, 김인수, 손문, 정현정 (1996) 양산단층지역에 분포하는 퇴적암 및 화성암류에 대한 고자기 연구, 자원환경지질, 29권, p. 753-765.
 고지은, 홍준표, 석동우, 도성재 (2005) 함평분지에 분포하는 백악기 화산암에 대한 고자기 연구, 대한자원환경지질학회 2005년도 춘계학술발표회 요약집, p. 333-336.
 김광호 (1985) 남한 페름기 이후의 고지자기연구, 박사학위논문, 서울대학교, 118p.
 김광호, 김두수 (1991) 대구-경주 일대에 분포된 채약산층 건천리층 및 주사산층의 지자기층서. 지질학회지, 27권, p. 40-51.
 김광호, 남기상, 이정후 (1990) 한국 쥬라기의 고지자기, 지질학회지, 26권, p. 513-526.

- 김광호, 노병섭 (1993) 옥천대에 분포된 백악기 암석의 고지자기 연구: 농주층군 퇴적암의 고지자기, 한국지구과학회지, 14권, p. 44-57.
- 김광호, 도성재 (1994) 양남분지에 분포하는 제3기 지층의 고지자기 연구, 한국지구과학회지, 15권, p. 36-45.
- 김광호, 도성재, 임동성 (1994) 장기반도에 분포하는 제3기 지층의 고지자기, 한국지구과학회지, 15권, p. 278-285.
- 김광호, 도성재, 황창수, 임동성 (1993) 포항분지에 분포하는 연일층군의 고지자기 연구, 광산지질, 26권, p. 507-518.
- 김광호, 민경덕 (1981) 무정위자력계에 의한 암석의 잔류자화측정법-특히 연세대 지질학과에 설치된 무정위자력계의 제작을 중심으로, 광산지질, 14권, p. 155-165.
- 김광호, 송무영 (1995) 한반도 중서부 지각구조와 물성연구 전국-연천 일대에 분포하는 백악기 화산암류의 고지자기, 한국지구과학회지, 16권, p. 65-73.
- 김광호, 송무영, 정지근, 김원사, 이동우 (1997) 한반도 중서부 지각구조와 물성 연구(III) 추가령열곡 남부에 분포하는 백악기 화산암류의 고지자기, 한국지구과학회지, 18권, p. 332-328.
- 김광호, 정재일 (1994) 하동-산청지역에 분포된 회장암질암 및 심성암의 고지자기 연구, 지질학회지, 30권, p. 81-92.
- 김규한, 김육준, 민경덕, 이윤수 (1984) 추가령 지구대의 지질구조, 고지자기 및 암석학적 연구, 광산지질, 17권, p. 215-230.
- 김복철, 황재하, 이윤수, 이규호, 남육현 (2004) 한탄강 인근 제4기 고토양층에 대한 토양화학 및 고지자기학적 연구, 자원환경지질, 37권, p. 325-334.
- 김봉균 (1964) 연천 및 포항지역의 현무암에 대한 고지자기 연구, 지질학회지, 1권, p. 50-56.
- 김상진, 도성재, 박용희, 김원년 (2005) 탐리분지에 분포하는 퇴적암류에 대한 고지자기 및 암석자기 연구: 예비결과, 대한자원환경지질학회 2005년도 춘계학술발표회 요약집, p. 329-332.
- 김성욱, 김인수 (1998) 충남지역 대동누층군에 대한 고지자기 연구, 지질학회지, 34권, p. 1-19.
- 김원수, 석동우, 도성재, 한현철 (2003) 울릉분지와 한반도 동남 해역에서 채취한 퇴적물 시료에 대한 자기특성연구, 한국해양학회2003년도-추계 학술발표대회 요약집, p. 195-196.
- 김원년, 도성재, 박용희, 석동우 (2002) 공주분지에 분포하는 퇴적암류 및 화산암류에 대한 고지자기 연구, 지질학회지, 38권, p. 491-507.
- 김인수 (1988) 부산지역 백악기 다대포층에 대한 고지자기학적 연구: 그의 층서적, 지구조적 의의, 지질학회지, 24권, p. 211-233.
- 김인수 (1989) 영월-파차리 정선일대 캄브리아-페름기 퇴적암에 대한 고지자기 연구, 지질학회지, 25권, p. 413-428.
- 김인수, 강희철 (1989) 어일분지일대에 분포하는 제3기층에 대한 고지자기학적 연구, 지질학회지, 25권, p. 273-293.
- 김인수, 강희철 (1996) 남한 제3계 분지지역에 대한 고지자기 연구: 1. 장기지역, 자원환경지질, 29권, p. 357-367.
- 김인수, 강희철, 이현구 (1993a) 경상분지 남서부 진교-사천 지역 전기백악기 퇴적암에 대한 고지자기 연구, 광산지질, 26권, p. 519-539.
- 김인수, 김성욱, 최은경 (2001) 옥천대에 대한 고지자기 연구: 예비지역 고생대 지층의 잔류자기, 자원환경지질, 34권, p. 355-373.
- 김인수, 김정필, 민경덕 (1995) 문경지역 대동누층군에 대한 고지자기 연구(I): 특성잔류자기의 추출, 지질학회지, 31권, p. 362-381.
- 김인수, 민경덕, 이미영, 강희철, 전희영 (1993b) 김포지역 대동누층군에 대한 고지자기 연구, 자원환경지질, 26권, p. 193-206.
- 김인수, 손문, 정현정, 이준동, 김정진, 백인성 (1997) 경주-울산일원에 대한 지역지질 특성연구: 울산-단층주변 화강암류의 잔류자기와 대자율, 자원환경지질, 31권, p. 31-43.
- 김인수, 이동호 (2000) 제주도 서귀포층과 서귀포조면암층 노두의 자기층서와 대자율, 지질학회지, 36권, p. 163-180.
- 김인수, 이현구, 윤혜수, 강희철 (1993c) 의성지역 백악기 암석에 대한 고지자기 연구, 광산지질, 26권, p. 403-420.
- 김인수, 임아연 (1993) 태백지역의 캄브리아-트라이아스기 퇴적암에 대한 고지자기 연구, 지질학회지, 29권, p. 415-436.
- 김태성, 민경덕, 이윤수, 이영훈, 이동영 (1998) 진주 및 고령 지역에 분포하는 신라역암층의 잔류자화에 대한 고지자기 연구, 자원환경지질, 31권, p. 325-338.
- 도성재 (1993) 백운산 향사대에 분포하는 동고층에 대한 고지자기 연구, 광산지질, 26권, p. 383-393.
- 도성재, 김광호 (1994) 의성지역에 분포하는 백악기 지층에 대한 고지자기 연구, 자원환경지질, 27권, p. 263-279.
- 도성재, 박용희, 김지연 (1998) 단양지역에 분포하는 동고층에 대한 고지자기연구, 자원환경지질, 31권, p. 45-52.
- 도성재, 석동우, 김범철 (1999) 영양소분지에 분포하는 경상누층군에 대한 고지자기 연구, 자원환경지질학회지, 32권, p. 189-201.
- 도성재, 조윤영, 석동우 (1996) 영동분지에 분포하는 백악기 퇴적암류의 재자화, 자원환경지질학회지, 29권, p. 193-206.
- 도성재, 황창수, 김광호 (1994) 밀양소분지에 분포하는 경상누층군 퇴적암류에 대한 고지자기 연구, 지질학회지, 30권, p. 211-228.
- 민경덕, 이윤수, 황석연 (1993) 옥천대 동북부에 분포하는 허부 고생대층에 대한 고지자기 연구, 광산지질, 26권, p. 193-206.
- 민경덕, 원중선, 황석연 (1986) 제주도에 분포하는 화산암류 및 퇴적암류에 대한 고지자기 연구, 광산지질, 19권, p. 153-163.
- 민경덕, 이윤수, 김원균 (1990) 문경지역에 분포하는 대동누층군에 대한 고지자기 연구(I), 광산지질, 23권, p. 81-87.
- 민경덕, 이윤수, Shibuya, H., Sasajima, S., Nishimura, S., 기정석, 김문환 (1989) 김포지역에 분포하는 김포층군에 대한 고지자기 연구, 제22차 정기학술발표회 요약, 광산지질, 22권, p. 186-187.
- 민경덕, 엄정기, 김동욱, 최용훈, 이윤수 (1992) 충남탄전에 분포하는 대동층군에 대한 고지자기학적 연구, 광산지질, 25권, p. 87-96.
- 민경덕, 김원균, 이대하, 이윤수, 김인수, 이영훈 (1994) 포항일원에 분포하는 제3기 암류에 대한 고지자기 연구, 자원환경지질, 27권, p. 49-63.
- 박용희, 도성재 (2004) 풍암분지에 분포하는 백악기 퇴적암류에 대한 고지자기 및 암석자기 연구, 자원환경지질, 37권, p. 195-206.

- 박용희, 도성재 (2006) 강원도 평창지역에 분포하는 평안 누층군에 대한 고지자기 연구, 지질학회지, 42권, p. 115-126.
- 박용희, 도성재, 석동우 (2003) 정선지역에 분포하는 평안 누층군에 대한 고지자기 연구: 재자화의 지질학적 의미, 지질학회지, 39권, p. 235-247.
- 박용희, 도성재, 양동윤, 남옥현 (2005) 천리포 습지퇴적물을 이용한 제4기 고환경 연구: 고지자기학을 중심으로, 대한자원환경지질학회 2005년도 춘계학술발표회 요약집, p. 165-169.
- 석동우 (1982) 전국 및 한탄강유역에 분포하는 현무암에 대한 고지자기 연구, 석사학위논문, 연세대학교, 56p.
- 석동우, 도성재 (1994) 의성지역에 분포하는 백악기 화산암류에 대한 대자율 이방성연구, 자원환경지질, 27권, p. 411-420.
- 석동우, 도성재 (1996) 의성지역에 분포하는 백악기 지층에 대한 특성잔류자화방향의 재고찰, 지질학회지, 32권, p. 47-64.
- 석동우, 도성재, 김원수 (2004) 경기육괴에 분포하는 원생대 및 중생대 암석에 대한 고지자기 연구, 자원환경지질, 37권, p. 413-424.
- 손문, 강희철, 김인수 (1996) 남한 제3기 분지지역에 대한 고자기 연구: 3. 정자-울산분지와 그 일원, 자원환경지질, 29권, p. 509-522.
- 손문, 김인수 (1996) 남한 제3기 분지지역에 대한 고자기 연구: 2. 포항분지 중부의 현무암질암, 자원환경지질, 29권, p. 369-380.
- 송무영, 김광호 (1995) 한반도 중서부 지각구조와 불성연구(2): 천수만 일대에 분포하는 천수만층의 고지자기, 한국지구과학회지, 17권, p. 75-80.
- 심택모 (2006) 한반도 동해안 영일만 일대 해안단구 퇴적층의 고지자기 특성 연구, 박사학위 논문, 연세대학교, 115p.
- 오진용 (1981) 한국 동남부에 분포하는 백악기 암석에 대한 고지자기 연구, 연세대학교 석사학위논문.
- 이대성, 유기주, 김광호 (1983) 추가령열곡의 지구조적 해석, 지질학회지, 1권, p. 19-38.
- 이윤수, 민경덕 (1995) 옥천대의 중생대 이래의 지구조적 운동에 관한 고지자기 연구, 자원환경지질, 28권, p. 493-501.
- 이윤수, 민경덕, 황재하 (2001) 고지자기학적 관점에서 본 추가령단층곡의 생성과 진화, 자원환경지질, 34권, p. 555-571.
- 임부택, 이윤수, 강희철, 김주용, 박인화 (2001) 해남지역의 백악기 암석에 대한 고지자기 연구, 자원환경지질, 34권, p. 119-131.
- 전영수, 민경덕, 이윤수, 이영훈, 이동영 (1998) 경북 고령 지역에 분포하는 경상누층군의 관입암류에 의한 재자화작용에 관한 고지자기 연구, 자원환경지질, 31권, p. 311-324.
- 홍준표, 석동우, 도성재 (2004) 함평분지에 분포하는 백악기 암석에 대한 고지자기 연구, 대한자원환경지질학회 2004년도 춘계학술발표회 요약집, p. 327-331.
- Baag, C.G. (1963) A general review of paleomagnetism, unpublished paper.
- Cluzel, D. and Cadet, J. (1992) Geodynamic evolution of Korea: A view, The Island Arc, v. 1, p. 64-70.
- Doh, S.-J. and Piper, J.D.A. (1994) Paleomagnetism of the (Upper Paleozoic-Lower Mesozoic) Pyongan Super Group, Korea: a Phanerozoic link with the North China Block. Geophys. J. Int., v. 117, p. 850-863.
- Doh, S.J., Suk, D., Kim, B.Y. (1999) Paleomagnetic and rock-magnetic studies of Cretaceous rocks in the Eumseong Basin, Korea. Earth Planets Space, v. 51, p. 337-349.
- Doh, S.-J., D.W. Suk, and Y.-H. Park (1997) Remagnetization of the Pyeongan Supergroup in the Yeongwol area, Korea, J. Geomag. Geoelect., v. 49, p. 1217-1232.
- Doh, S.-J., W. Kim, D.W. Suk, Y.-H. Park and D. Cheong (2002) Paleomagnetic and rock-magnetic studies of Cretaceous rocks in the Gongju Basin, Korea: Implication of clockwise rotation, Geophys. J. Int., v. 150, p. 737-752.
- Enkin, R.J., Yang, Z., Chen, Y. and Courtillot, V. (1992) Paleomagnetic constraints on the geodynamic history of the major blocks of China from the present, J. Geophys. Res., v. 97, p. 13,953-13,989.
- Gurarii, G., Kropotkin, P.N., Pevzner, M.A., Ro Su Von, and Trubikhin, V.N. (1966) Laboratory evaluation of the usefulness of North Korean sedimentary rocks for paleomagnetic studies, Izv. Earth Phys., v. 11, p. 128-136.
- Ito, H. and Tokieda, K. (1980) An interpretation of paleomagnetic result from Cretaceous granites in South Korea. J. Geomag. Geoelect., v. 32, p. 275-284.
- Kienzel, J. and Scharon, L. (1966) Paleomagnetic comparison of Cretaceous rocks from South Korea and Late Paleozoic and Mesozoic rocks of Japan, J. Geomag. & Geoelect., v. 18, p. 413-416.
- Kim, K.H. and Van der Voo, R. (1990) Jurassic and Triassic paleomagnetism of South Korea, Tectonics, v. 9, p. 699-717.
- Kim, K.H., J.D. Lee and M.O. Choi (1992) Carboniferous-Triassic Paleomagnetism of South Korea, J. Geomag. Geoelect., v. 44, p. 959-978.
- Kim, K.H., J.K. Won and Matsuda J., Nagao, K. and Lee, M.W. (1986) Paleomagnetism and K-Ar Age of Volcanic Rocks from Guryongpo Area, Korea, Jour Korean Inst. Mining Geol., v. 19, p. 231-237.
- Kim, K.H. and Jeong, B.I. (1986) A study on the paleomagnetism of southern Korea since Permian. J. Korean Inst. Mining Geol. v. 19, p. 67-83.
- Lee, G.D., Besse, J., Courtillot, V. and Montigny, R. (1987) Eastern Asia in the Cretaceous: New paleomagnetic data from South Korea and a new look at Chinese and Japanese data. J. Geophys. Res. v. 92, p. 3580-3596.
- Lee, Y.S., Ishikawa, N. and Kim, W.K. (1999a) Paleomagnetism of Tertiary rocks on the Korean Peninsula: tectonic implications for the opening of the East Sea (Sea of Japan). Tectonophysics, v. 304, p. 131-149.
- Lee, Y.S., Nishimura, S. and K.D. Min (1996) High-unblocking-temperature haematite magnetizations of Late Palaeozoic red beds from the Okcheon zone, southern part of the Korean Peninsula, Geophys. J. Int., v. 125, p. 266-284.
- Lee, Y.S., Nishimura, S., Min, K.D. (1997) Paleomagnetotectonics of east Asia in the Proto-Tethys ocean. Tectonophysics, v. 270, p. 157-166.
- Lee, Y.S., Nishimura, S. and Min, K.D. (1999b) The Phanerozoic Apparent Polar Wander path for the Korean Peninsula and its tectonic implication. in: Gondwana Dispersion and Asian accretion, edited by I. Metcalfe, A.A. Balkema pub., Rotterdam, p. 197-210.

- McElhinny, M.W., Embleton, B.J.J., Ma, X.H. and Zhang, Z.K. (1981) Fragmentation of Asia in the Permian, *Nature*, 293, 212-216.
- Otofujii, Y., Katsuargi, K., Inokuchi, H., Yaskawa, K., Kim, K.H., Lee, D.S. and Lee, H.Y. (1989) Remagnetization of Cambrian to Triassic sedimentary rocks of the Paegunsan Syncline of the Okchon Zone, South Korea, *J. Geomag. Geoelectr.*, v. 41, p. 119-135.
- Otofujii, Y., Kim, K.H., Inokuchi, H., Morinaga, H., Murata, F., Katao, H. and Yaskawa, K. (1986) A palaeomagnetic reconnaissance of Permian to Cretaceous sedimentary rocks in southern part of Korean Peninsula. *J. Geomag. Geoelectr.*, v. 38, p. 387-402.
- Otofujii, Y., Oh, J.Y., Hirajima, T., Min, K.D. and Sasajima, S. (1983) Paleomagnetic and K-Ar age determination of Cretaceous rocks from Korean Peninsula-Gyeongsang Supergroup in South Korea. In: Hayes, D.E. (Ed.), *Tectonic and Geologic Evolution of Southeast Asian Seas and Island II*. Am Geophys. Union, *Geophys. Monogr.* v. 27, p. 388-396.
- Park, Y.H., Doh, S.J. and Suk, D. (2003) Chemical remagnetization of the Upper Carboniferous-Lower Triassic Pyeongan Supergroup in the Jeongseon area, Korea: fluid migration through the Okcheon Fold Belt, *Geophys. J. Int.*, v. 154, p. 89-103.
- Park, Y.H., Doh, S.J., Ryu, I.C. and Suk, D. (2005) A synthesis of Cretaceous palaeomagnetic data from South Korea: tectonic implications in East Asia, *Geophys. J. Int.*, v. 162, p. 709-724.
- Shibuya H., Min, K.D., Lee, Y.S., Sasajima, S. and Nishimura, S. (1985) Some paleomagnetic measurements in Korean peninsula. in *Physical Geology of Central and Southern part of Korea*. edited by S. Nishimura and K.D. Min, Kyoto Univ., p. 41-83.
- Shibuya H., Min, K.D., Lee, Y.S., Sasajima, S. and Nishimura, S. (1988) Paleomagnetism of Cambrian to Jurassic Sedimentary rocks from the Ogcheon Zone, Southern part of Korean Peninsula, *J. Geomag. Geoelectr.*, v. 40, p. 1469-1480.
- Uno, K. and Chang, K.H. (2000) Paleomagnetic results from the lower Mesozoic Daedong Super-group in the Gyeonggi Block, Korean Peninsula: an eastern extension of the South China Block. *Earth Planet Sci. Lett.* v. 182, p. 49-59.
- Uno, K., Chang, T.W. and Furukawa, K. (2004) Tectonic elements with South China affinity in the Korean Peninsula: new Early Jurassic paleomagnetic data, *Geophys. J. Int.*, v. 158, p. 446-456.
- Van der Voo, R. (1990) The reliability of paleomagnetic data. *Tectonophysics* 184, 1-9.
- Van der Voo, R. (1993) *Paleomagnetism of the Atlantic, Tethys and Iapetus Oceans*, Cambridge Univ. Press, 411p.
- Won, J.K., Matsuda, J., Nagao, K., Kim, K.H. and Lee, M.W. (1986) Paleomagnetism and Radiometric Age of Trachytes in Jeju Island, Korea, *J. Korean Inst. Mining Geol.*, v. 19, p. 25-33.
- Yaskawa, K. (1975) Palaeolatitude and Relative Position of South-West Japan and Korea in the Cretaceous, *Geophys. J. R. astr. Soc.*, v. 43, p. 835-846.