한반도에서 발견된 가장 오래 된 암석은 2.5Ga(25억 년 전)에 형성된 신시생대 변성 화성암이며, 그 보다 더 오래된 암석은 암석의 순환을 통해 2.0－1.8Ga에 고원생대 변성 퇴적암 및 화성암으로 변화되었다. 이들 고원생대 암석들은 한반도의 기저를 이루며 북쪽에서 남쪽으로 관모, 낭림, 경기, 영남육괴로 나뉜다. 함경도－평안도－강원도 북부－황해도 지역의 고원생대 암석으로 구성된 관모－낭림육괴와 경기도－강원도 남부－충청도 지역의 고원생대 암석으로 구성된 경기육괴는 임진강을 따라 추가령 지구대까지 동서 방향으로 발달한 임진강대에 의해 서로 나뉜다. 또한 경기육괴는 전라도－경상도 지역의 고원생대 암석으로 구성된 영남육괴와 옥천대에 의해 나뉜다. 옥천대는 강원도에서 전라남도 해남까지 분포하는 태백산 분지와 충청도에 주로 분포하는 옥천 변성대로 구성되어 있다.

한반도 고원생대 변성암 및 화성암들의 대부분은 대략 35km 지하에서 형성되어 오랜 세월 동안 침식과 구조 운동에 의해 현재 지표로 노출되었다. 고원생대 변성 퇴적암 및 화성암은 고원생대 후기(1.80－1.76Ga)에 형성된 변성 퇴적암류(서산층군)에 의해 부정합으로 피복되며 이후 다시 고원생대 후기(1.76－1.70Ga)에 형성된 화강암에 의해 관입을 받았다.

고원생대 변성 퇴적암 및 화성암은 중원생대 화성암류(1.25－1.19Ga)에 의해 관입을 받으며, 이 암체들은 주로 서해안과 충청남도 홍성 그리고 황해도 일대에 분포한다. 신원생대 암석은 낭림육괴 남부인 해주에서 원산에 이르는 넓은 지역에 나타나며 주로 퇴적암으로 구성되어 있으며 일부 지역에서는 이를 관입한 화성암류가 나타난다. 최근 임진강대 주변, 경기도, 충청남도 홍성 지역 그리고 옥천 변성대 북동부에서 신원생대 암석들이 보고되고 있다.

고생대 퇴적암은 평안도에 분포하는 평남 분지, 강원도부터 전라남도 해남까지 분포하는 태백산 분지 그리고 옥천 변성대에 주로 분포하며 임진강대와 함경도 북동부 그리고 경기육괴 서부(태안층)에서도 나타난다. 평남 분지와 태백산 분지는 고생대 초 캄브리아기－실루리아기 퇴적암으로 이루어진 조선 누층군과 이를 부정합으로 덮는 고생대 말 석탄기－페름기의 퇴적암으로 이루어진 평안 누층군으로 구성된다. 조선 누층군은 해성 환경에 퇴적되었으며 주로 석회암으로 구성되어 있다. 평안 누층군은 주로 육성층으로 구성되어 있으며 석탄을 많이 포함하고 있다. 이에 반해 임진강대에서는 데본기의 퇴적암이 나타나고 있다. 옥천 변성대와 경기육괴 서부 고생대 퇴적암은 오르도비스기 이후에 퇴적된 것으로 생각되고 있으나 최근 이들 중 일부의 퇴적 시기가 페름기일 가능성이 제시되고 있다.

함경도 북동부에는 석탄기－페름기의 퇴적암으로 구성된 두만층군이 나타난다. 고생대 화성암은 두만층군이 나타나는 함경도 북동부 지역에 주로 분포하며 최근 홍성 및 문경 지역에서 보고되었다. 중생대에 해당하는 트라이아스기와 쥐라기 퇴적암은 매우 제한된 지역에서만 나타나는 반면, 백악기 퇴적암은 경상도와 전라도 지역에 넓게 분포하며 이 시기에 형성된 퇴적암을 경상 누층군이라 한다. 경상 누층군은 호수에 퇴적된 육성 퇴적암이며 이들 호수는 공룡들에게 좋은 서식지였기 때문에, 백악기 퇴적층 내에는 공룡 발자국, 공룡 알, 공룡 뼈 등의 화석이 많이 보존되어 있다. 고생대 말기인 페름기에서 중생대 백악기까지 한반도 주변에는 섭입대가 형성되어 이와 관련된 화성암이 광역적으로 관입하였다. 특히 쥐라기 화강암이 한반도를 광역적으로 관입함으로써 고원생대 암석과 함께 한반도의 기저를 이루고 있으며 이때 관입한 화강암을 대보 화강암이라고 한다.

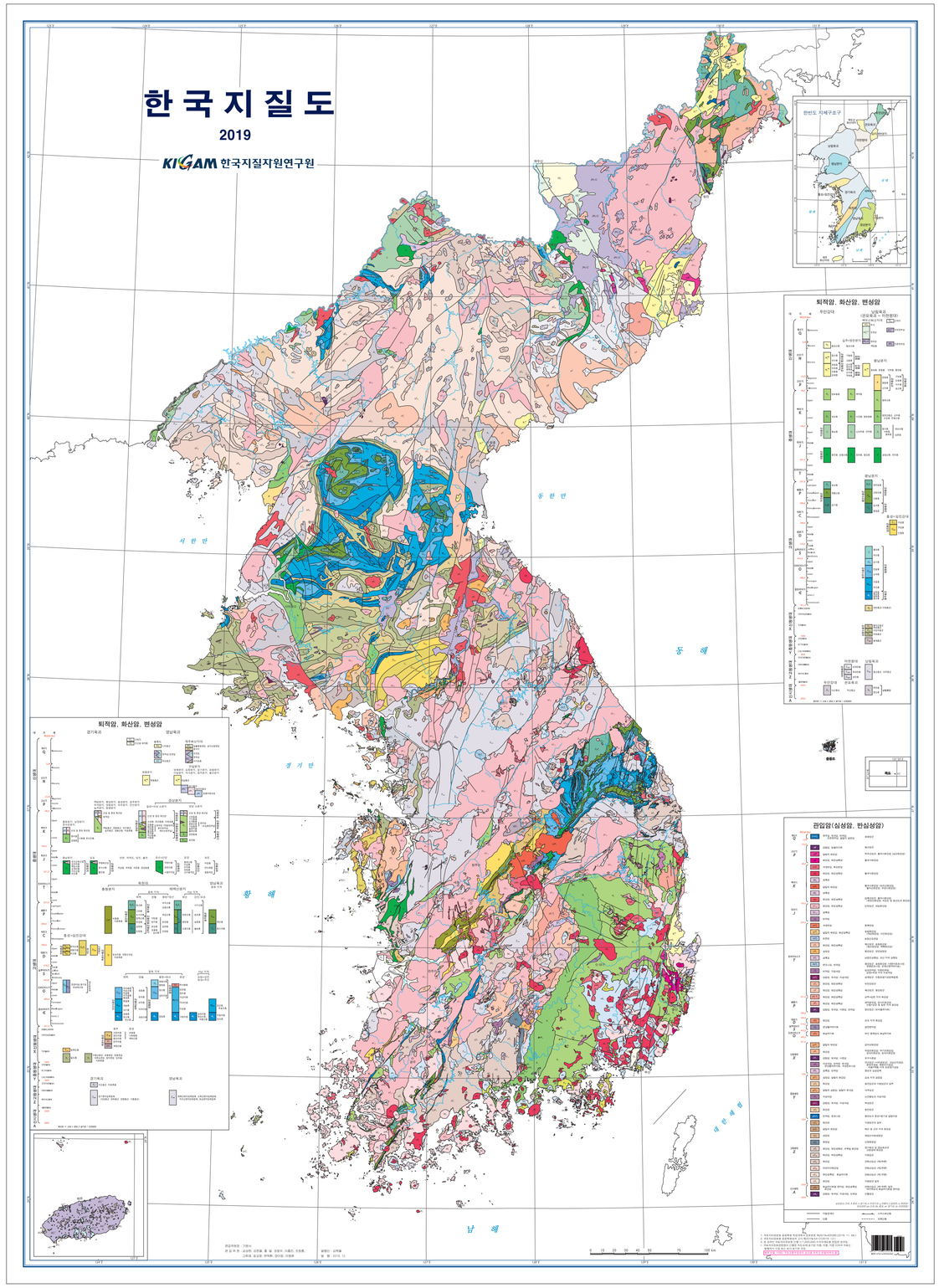
최근 연구에 의해 경기육괴 북부에 나타나는 쥐라기로 알려졌던 화강암 중 일부는 트라이아스기에 한반도에서 일어난 대륙 충돌과 관련된 화성암임이 밝혀졌다. 이와 함께 트라이아스기에 일어난 대륙 충돌의 증거가 되는 에클로자이트 변성암이 충남 홍성 지역에서 발견되었다. 쥐라기에 지하 15km 정도에서 형성된 심성암인 화강암이 백악기 퇴적암의 기저를 이루고 있음은 백악기 이전에 한반도 전체가 융기하였다는 것을 의미한다. 신생대에 들어와서 동해가 형성되면서 일본이 한반도로부터 분리되었고 이때 한반도의 동부가 상승하여 경동 지괴 지형이 형성되었다. 또한 백두산, 울릉도, 독도, 제주도 화산과 추가령 지구대가 형성되었고 함경도와 포항 지역에 신생대 퇴적암이 형성되었다. 이와 같이 한반도 지표에는 시·공간적으로 다른 시기와 환경에서 만들어진 암석, 즉 25억 년 전에서 현재까지 사이에 형성된 암석과 지하 60km와 지표 사이에서 형성된 암석이 분포되어 있어, 지질학자들로 하여금 25억 년 동안 한반도와 동북아시아의 지표와 지하에서 일어난 지구조 운동사 연구를 가능하게 하고 있다. 특히 한반도는 중국과 일본 사이에 위치하고 있어 한·중·일을 연계하는 동북아 지구조 운동 해석에 매우 중요하다.

한반도는 일본 등 판 경계부에 위치한 국가에 비해 지진에 대하여 상대적으로 안전하지만 완전히 안전하지는 않다. 한반도에는 대부분 양이 많지는 않으나 다양한 광물 자원이 나타난다.

우리나라는 최근 들어 해외 지질 연구를 활발히 추진한 결과 태평양 망간 단괴 광구(1994), 통가 해저 열수 광상 탐사권(2008), 피지 해저 열수 광상 탐사권(2011), 인도양 해저 열수 광상 광구(2012)를 확보하였다. 또한 동티모르 민주 공화국의 '수아이(Suai) 지역 지질도 작성' 프로젝트를 수행하였고, 1987년부터는 극지에 대한 연구를 수행하고 있다.

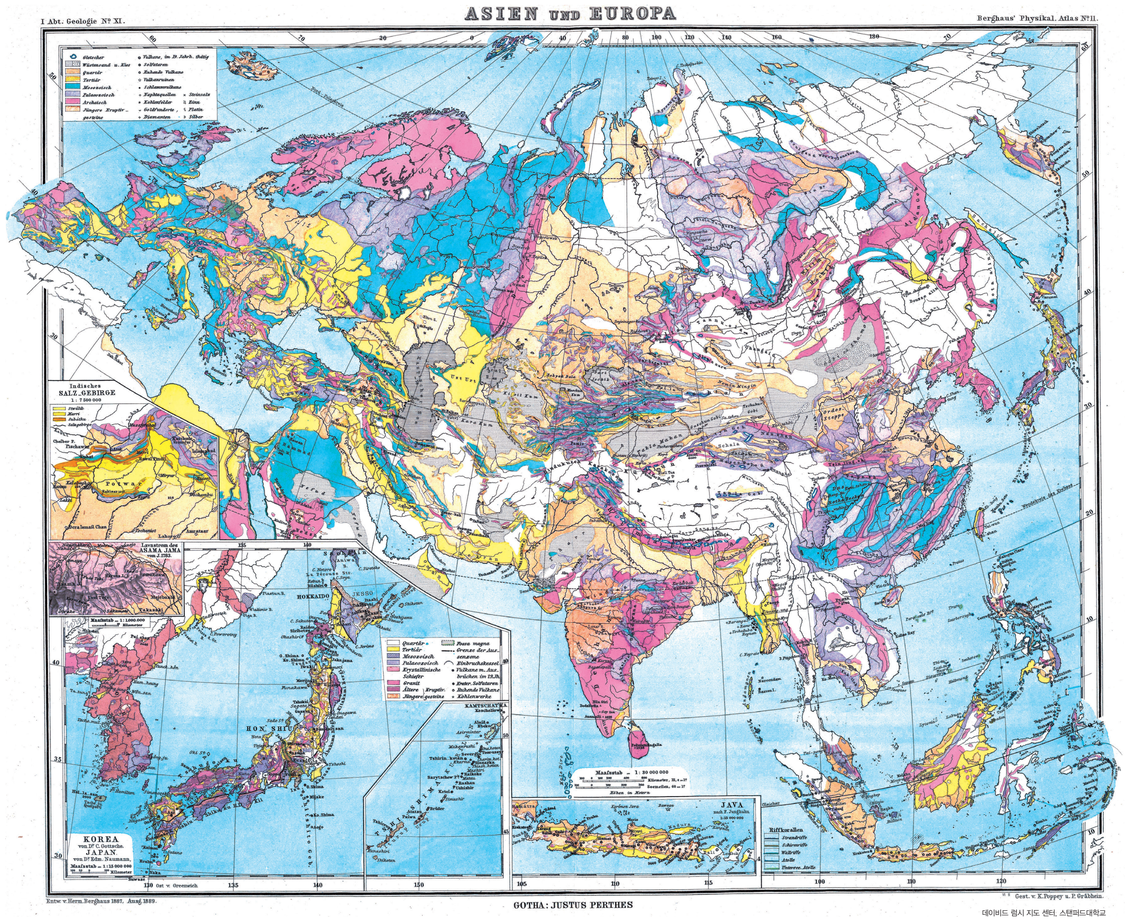
지질 현황

한반도 지질도



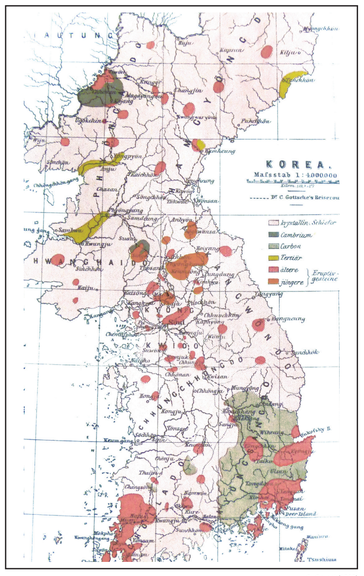
한국지질자원연구원(2019)

유라시아와 대한민국의 지질도(1892년)



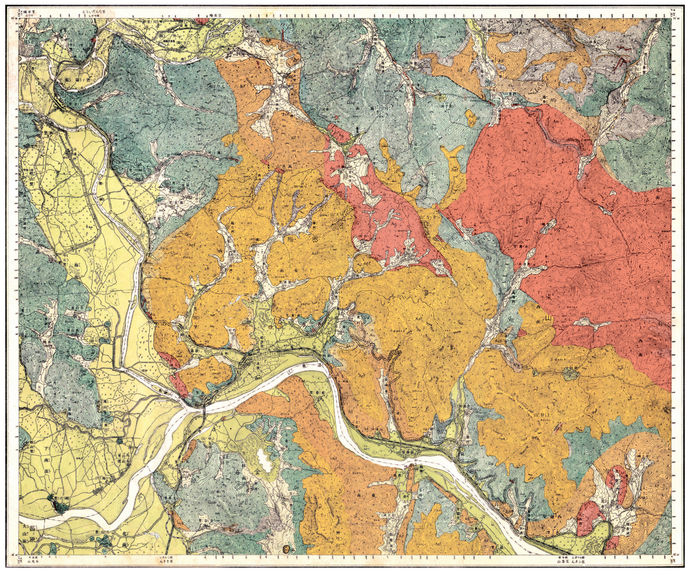
데이비드 림시 지도 센터, 스탠퍼드대학교

대한민국 최초의 지질도(1883년)



C. Gottsch(1833)

조선 지질도(밀양, 1924년)



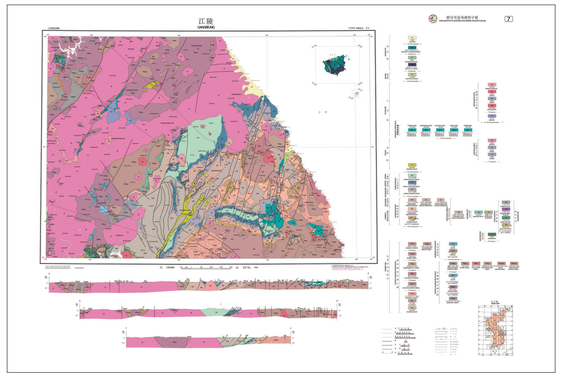
조선 지질조사소

조선 시대와 그 이전의 대한민국의 광산물 종류와 산지는 일본 지질학자 가와사키에 의해 발간된 『고문헌에 나타나는 조선 광산물』에 의해 기술되어 있다. 이는 이미 광산을 찾기 위한 지질학적인 연구가 조선 시대와 그 이전부터 있어 왔음을 의미한다. 고문헌에 기록된 광물의 종수는 현재 알려져 있는 것의 20배에 달한다.

1883년 독일의 사절과 함께 내한한 지질학자 고체(C. Gottsche)는 우리나라 전국을 조사하여 1886년 『Geologische Skizze von Korea』라는 제목의 논문을 통해 우리나라 최초의 지질도를 제시하였다.

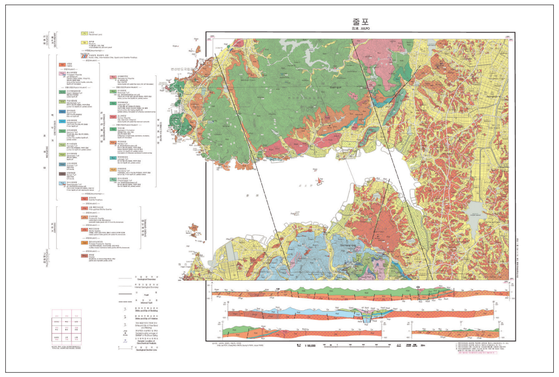
1894년 청·일 전쟁 전후로 열강들의 한반도 광산권 확보를 위한 압력이 증가하면서 외국 지질학자들의 한반도에 대한 지질 연구가 활발해졌다. 청·일 전쟁이 끝난 후인 1903년에 일본 지질학자 고토 분지로는 『An Orographic Sketch of Korea』를 발표하면서 한반도의 산계 구조와 성인을 설명하였고 한반도에 대한 최초의 지구조도인 1/200만 축척의 조선 지질 구조도(Geotectonic Map of Korea)를 제작하였다.

1:250,000 지질도



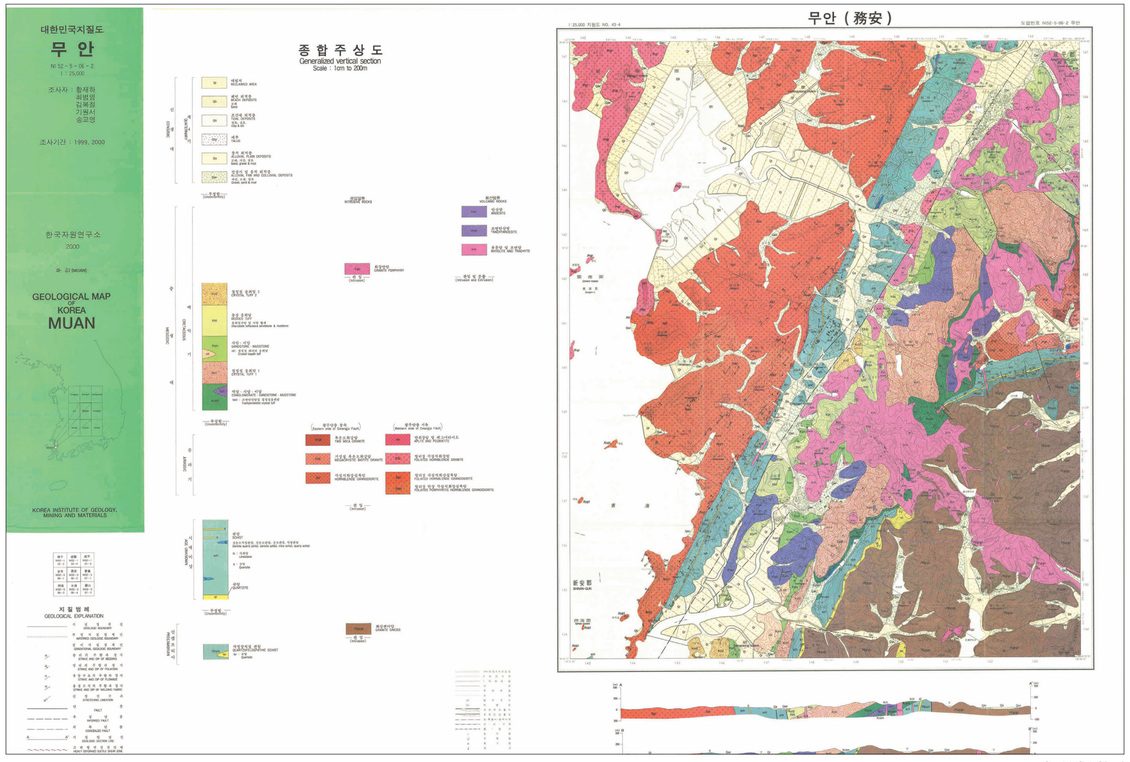
한국지질자원연구원(2001)

1:50,000 지질도



한국지질자원연구원(2013)

1:25,000 지질도



한국지질자원연구원(2000)

1907년에 1/150만 축척의 『조선지질총도』가 발간되었고, 1919년에는 1/100만 축척의 『조선지질광상분포도』가 제작되었으며, 1928년에는 1/100만 축척의 『조선지질총도』가 수정 제작되었다. 축척 1/5만 지질도폭은 1924-1938년에 경상남도 밀양 지방과 함경북도 길주 지방을 포함한 여러 지역에 대해서 작성되었다. 그 이후 현재까지 축척 1/5만 지질도폭이 국가 기본 지질도로 작성되고 있다.

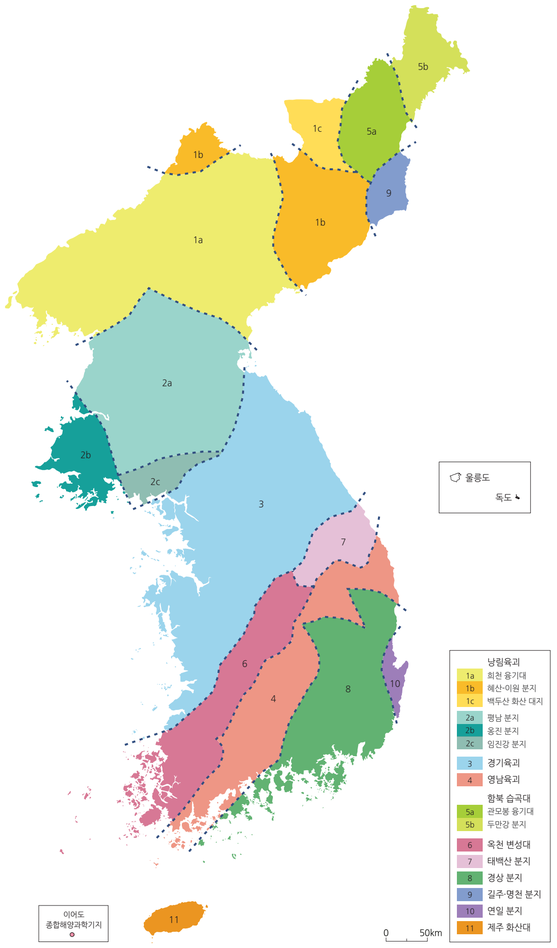
광복 이후 남한 지역에 대한 1/5만 지질도는 지질 조사 전문 기관인 한국지질자원연구원과 그 전신인 중앙지질광물연구소와 한국동력자원연구소에 의해 작성되었다. 1956년에 제작된 『대한지질도(축척 1/100만)』는 광복 이후 국내 조사자들에 의해 이루어진 최초의 지질조사 결과물이며, 수차례 개정되어 2019년 최종본이 작성된 상태이다. 이외에도 1/25만, 1/2만 5천 지질도를 발행하였으며, 특수 목적 지질도로 한국대륙붕지질도, 응용지질도, 동위원소연대지도, 한국남부부우계중력이상도, 한국자력이상도, 한국지화학도, 한국의 광물자원도, 탄전지질도, 한국수리수문지질도 등이 발간되고 있다.

지질 시대별 특성

한반도 지질사

지질 시대			연대 (백만 년)	층서 구분	화성 및 변성 작용	지구조 환경 및 주요 지질 활동
신생대	제4기	현세	0.0117	사력층	백두산 및 울릉도, 독도, 제주도 화산성 형성과 관련된 화성 작용	백두산, 울릉도, 독도, 제주도 화산성 형성
		플라이스토세	2.58	신양리층 · 서귀포층		
	네오기	플라이오세	5.333			
		마이오세	23.03	연일층군 범곡리층군 장기층군 용동층군	백두산 지역 용암 대지 형성과 동해 열림과 관련된 화성 작용	동해 및 태백산맥 형성 및 백두산 하부 용암 대지 형성
	팔레오기	올리고세	33.9			
		에오세	56.0	봉산층군		
		팔레오세	66.0	경상 누층군 (한반도 공룡 시대)	맨틀 상승에 관련된 화성 작용 주향 이동 단층 운동	한반도 주변 섭입대 존재 맨틀 상승 관련된 불국사 변동 한반도 내 경상 분지와 함께 소규모 인리형 분지 형성
중생대	백악기		145.0	요곡층		
	쥐라기		201.3	반송층군 · 남포층군	섭입 관련 대륙 화산호 화성 작용 주향 이동 단층 운동	한반도 주변 섭입대 존재 섭입 작용 관련된 대보 조산 운동 호남전단대 형성
	트라이아스기		251.9	평안 누층군 (탄층 형성)	대륙 충돌 및 섭입 관련 변성 및 화성 작용	판게아 형성 관련 대륙 충돌 발생 한반도를 완성시킨 송림 조산산 운동 발생 한반도 동부와 남부에 섭입대 형성
고생대	페름기		298.9			
	석탄기		358.9		섭입 관련 화성 작용	함경도 지역에 섭입대 존재
	대본기		419.2	임진계	고생대 대륙 충돌 관련 변성 및 화성 작용 후배호 분지 형성	홍성 지역에 고생대 대륙 충돌 가능성 임진강대에서 후배호 분지 형성
	실루리아기		443.8		섭입 관련 화성 작용	경기육괴 서남부 지역에 섭입대 존재 가능성
				옥녀봉층	판 내부 화성 작용	한반도 남부 곤드와나 초대륙으로부터 분리됨
	오르도비스기		485.4	조선 누층군 (석회암층, 삼엽층)		
선캄브리아누대	캄브리아기		541.0			
	신원생대			상원계, 월현리층군 문주리층군	판 내부 화성 작용	로디니아 초대륙 분열
				덕정리 화강 편마암	섭입대 관련 화성 작용	로디니아 초대륙 형성 이전 섭입
	중원생대		1000	동만도 몬조나이트, 반려암	판내부 화성 작용	콜롬비아 초대륙 분열
	고원생대		1600	낭림, 경기, 영남육괴 내 변성 퇴적암 및 변성 화성암	섭입, 대륙 충돌 및 대륙 분열 관련 화성 작용	콜롬비아 초대륙 형성 이전 섭입 콜롬비아 초대륙 형성과 분열
	시생대		2500	판문점, 간성, 원주, 대이작도 변성 화성암	섭입 관련 화성 작용, 대륙 충돌 후 화성 작용	

한반도 지체 구조구



한국지질자원연구원(2016)

한반도 기저를 형성하는 1.9–1.8Ga(19–18억 년 전)에 형성된 고원생대 암석은 임진강대와 옥천대에 의해 낭림육괴, 경기육괴, 영남육괴로 나뉘어진다. 한반도의 현재 형태는 오랫동안 고원생대에 만들어졌다고 믿어 왔다. 하지만 2000년대 초에 한반도의 형태가 페름–트라이아스기(250–230Ma; 2억 5천만 년 전–2억 3천만 년 전)에 일어난 대륙 충돌에 의해 형성되었다는 새로운 증거가 제시되었다. 충청남도 홍성 지역에서 대륙 충돌에 의해 형성된 트라이아스기 에클로자이트 암석이, 강원도 오대산 지역에서 대륙 충돌 후에 형성된 트라이아스기 화성암이 발견되었다. 이는 홍성과 오대산 지역을 연결하는 선을 따라 한반도 남부와 북부가 충돌하여 트라이아스기에 현재의 한반도가 형성되었을 가능성을 제시한다. 임진강대도 대륙 충돌에 의해서 형성되었을 가능성이 제기되었으나 분명한 증거가 제시되지 못하였다. 한반도 내 페름–트라이아스기 대륙 충돌대의 위치가 아직 확실치는 않지만 한반도의 일부는 북중국판에 그리고 일부는 남중국판에 연결되어 있음은 대체로 인정되고 있다. 따라서 본 지도집에서는 북중국판과 그에 연결된 한반도 일부와 남중국판과 그에 연결된 한반도 일부를 각각 북한중판과 남한중판으로 제안하고 사용하였다.

선캄브리아 시대 지질사

(Ga, 십억 년 전)

구분	낭림육괴	북부 경기육괴	남부 경기육괴	옥천 변성대	영남육괴	
					영남육괴 북부 경계	지리산지괴
시생대	2.64 - 2.54Ga 화산호 환경 화성 작용 2.46 - 2.44 Ga 변성 작용	2.58Ga 화산호 환경 화성 작용 2.51 Ga 변성 작용	2.51 - 2.44Ga 충돌 후 환경 화성 작용			
고원생대	1.91 - 1.90Ga 대륙 충돌 관련 화성 작용	1.93 - 1.91Ga 대륙 충돌 관련 변성 작용	1.95 - 1.91Ga 화산호 환경 화성 작용 및 변성 작용		2.02 - 1.96Ga 화산호 환경 화성 작용	
	1.87 - 1.84Ga 대륙 충돌 후 환경 화성 작용	1.88 - 1.85Ga 대륙 충돌 후 환경 화성 작용			1.87 - 1.85Ga 화산호 환경 화성 및 변성 작용	1.87 - 1.86Ga 대륙 충돌 후 환경 화성 및 변성 작용
		1.85 - 1.69Ga 대륙 분열 환경 퇴적 및 화성 작용	1.80 - 1.78Ga 대륙 충돌 후 환경 화성 작용		1.69Ga 화산호 환경 화성 작용	
신원생대	0.9Ga 전후 대륙 열곡대 환경 화성 및 퇴적 작용	0.9 - 0.74Ga 전후 대륙 열곡대 환경 화성 및 퇴적 작용	0.9 - 0.82Ga 화산호 관련 화성 작용 0.79 - 0.70Ga 열곡대 환경 화성 작용	0.87 - 0.76Ga 대륙 열곡대 환경 화성 및 퇴적 작용		

고생대 지질사

(Ga, 십억 년 전)

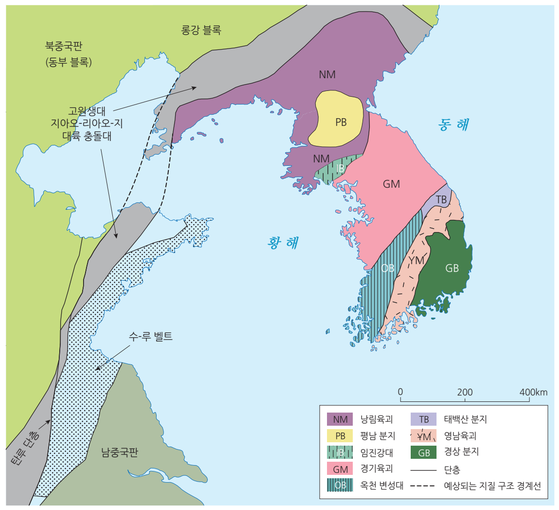
구분	평안 분지	태백산 분지	임진강대 경기육괴	화성 및 변성 작용
페름기	평안계 (대부분 육성층, 석탄 포함)	평안 누층군 (대부분 육성층, 석탄 포함)	미확인	섭입대 화성 작용 (함경도)
석탄기				
대본기	대결층	대결층	임진계, 구룡산층군	대륙 충돌 환경 변성 작용(홍성) 후배호 분지 화성 작용(임진강대)
실루리아기				
오르도비스기		옥녀봉층	미확인	화산호 환경 화성 작용 (홍성, 부안군 인근 섬) 대륙 열개 환경 화성 작용 (문경)
캄브리아기	황주계 (해성층, 석회암 풍부)	조선 누층군 (해성층, 석회암 풍부)		

고원생대인 2.1–1.8Ga에 전세계 대륙이 모두 하나로 모인 콜롬비아 초대륙이 존재했다. 한반도의 고원생대 화성암 및 변성암은 주로 콜롬비아 초대륙이 형성되는 과정에서 만들어졌다. 고원생대 이후 신원생대에 해당하는 900–750Ma 시기에 해주와 원주를 연결하는 지역의 상원계, 경기육괴 구봉산층, 옥천 변성대 북서부의 문주리층과 계명산층, 홍성 지역의 월현리층과 덕정리 화강 편마암, 고군산군도 말도층과 방축도층이 형성되었다. 콜롬비아 초대륙이 1.8Ga년부터 분열하여 여러 대륙 지각이 나뉜 후 다시 모여 신원생대 초기인 1,000–850Ma에 로디니아 초대륙이 형성되었고 로디니아 초대륙은 다시 850–700Ma에 분열하였다. 한반도의 신원생대 암석은 이러한 로디니아 초대륙 형성과 분열 과정에서 형성되었다.

로디니아 초대륙 분열 후 신원생대 말에 대부분의 대륙들이 다시 모여 곤드와나 초대륙을 형성하였다. 이때 북한중판과 남한중판은 곤드와나 초대륙의 서쪽 부분에 위치하였다가 고생대 초기부터 곤드와나 초대륙으로부터 분리되어 북쪽으로 이동하였다. 이 시기에 평남 분지와 태백산 분지에 캄브리아기에서 실루리아기 초기 사이에 해양 환경하에서 조선 누층군이 퇴적되었고 이후 퇴적 작용이 없다가 고생대 후기인 석탄기 후기에서 트라이아스기 초기까지 육성 환경하에서 평안 누층군이 퇴적되었다. 평남 분지와 태백산 분지에 퇴적되지 않은 대본기 퇴적암이 임진강대에서 퇴적되었다. 함경도 북동부 지역에는 섭입 관련된 석탄기–페름기 시기의 화성암이 나타나며 문경 지역과 홍성 지역에서는 오르도비스기에 일어난 화성 작용이 보고되었다.

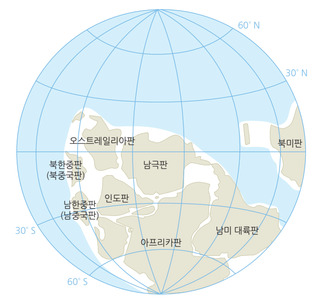
고생대 초기에 북한중판과 남한중판은 곤드와나 초대륙으로부터 분리되어 북쪽으로 이동하다가, 페름기 말–트라이아스기에 충돌하여 현재의 한반도가 형성되었다. 한반도 내 대륙 충돌시 한반도의 남쪽 경계에 섭입대가 시작되어 백악기까지 지속되면서 섭입 관련 화성 활동을 남한에 광범위하게 일으켰다. 이 중 중생대 쥐라기에 관입한 대보 화강암은 고원생대 변성암과 함께 한반도의 기저를 이루고 있다. 백악기에 한반도와 서해 내에 백악기 분지들이 형성되었고 경상 분지도 그중 하나이다. 백악기 한반도에는 많은 공룡이 서식하고 있었다. 신생대에 동해가 형성되면서 일본이 한반도로부터 분리되고 태백산맥이 형성되었으며, 백두산, 울릉도, 독도, 제주도가 형성되었고 길주–명천 지역과 연일 지역에서 퇴적암이 형성되었다.

한반도와 그 주변에 분포하는 선캄브리아기 육괴들과 대륙 충돌대



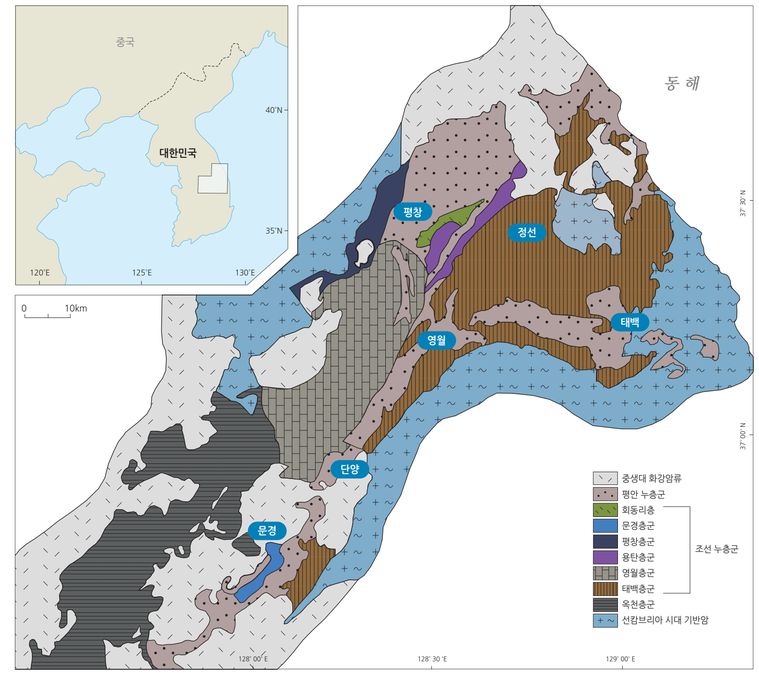
Precambrian Research(2014)

곤드와나 초대륙 내 한반도의 위치



한국고생물학회(2011)

태백산 분지의 고생대 퇴적암



Association of Korean Geoscience Societies(1998)

한반도에서 가장 오래된 암석은 약 2.6Ga에 형성된 시생대 말 화성암이며 한반도에 나타나는 선캄브리아기 암석은 대부분 고원생대 암석이다. 낭림육괴와 경기육괴 북부에서는 대륙 충돌 환경에서 형성된 1.93–1.90Ga 화성암과 변성암 및 대륙 충돌 후 압축력이 인장력으로 바뀌는 환경에서 형성된 1.88–1.84Ga 화성암과 변성암이 나타난다. 이들 고원생대 암석들을 형성시킨 화성 및 변성 작용은 지아오–리아오–지 충돌대를 따라 일어난 중국 동부 용강지괴와 낭림육괴의 충돌이 원인일 것으로 추정된다. 또한 경기육괴 북부에서는 1.85–1.69Ga에 대륙 분열 환경에서 형성된 퇴적암과 화성암도 나타난다.

이에 반해 경기육괴 동남부 지역에서는 섭입대 환경에서 만들어진 1.95–1.91Ga경의 화성암과 1.80–1.78Ga에 대륙 충돌 후 환경에서 형성된 화성암이 보고되었다. 영남육괴의 북쪽 경계부에서 섭입대 환경에서 형성된 2.02–1.69Ga 화성암 및 변성암이 나타나며, 영남육괴의 남서부에서는 1.87Ga에서 1.86Ga 사이에 대륙 충돌 후 환경에서 관입한 후 변성을 받은 변성 화성암이 나타난다. 이는 영남육괴 동부와 서부가 하동–산청 경계를 따라 고원생대 말에 충돌하였을 가능성을 제시한다.

강원도 북부 지역에서 황해도 지역 그리고 백령도까지 연장되어 나타나는 상원계는 중원생대–신원생대 퇴적암이며, 900Ma에 대륙 열개 환경에서 만들어진 염기성 암맥군에 의해 관입되고 있다.

최근 경기육괴 북부 지역에서 대륙 열개 작용과 관련된 900–740Ma경 신원생대 화성암이 확인되었다. 그리고 경기육괴 서남부에 위치한 당진–홍성 지역에서는 900–820Ma경에 섭입대 환경에서 형성된 화성암과 790–700Ma경에 대륙 열개 환경에서 형성된 화성암이 나타난다. 옥천 변성대의 북동쪽 지역에서도 870–760Ma에 대륙 열개 환경에서 만들어진 화성암이 보고되었다.

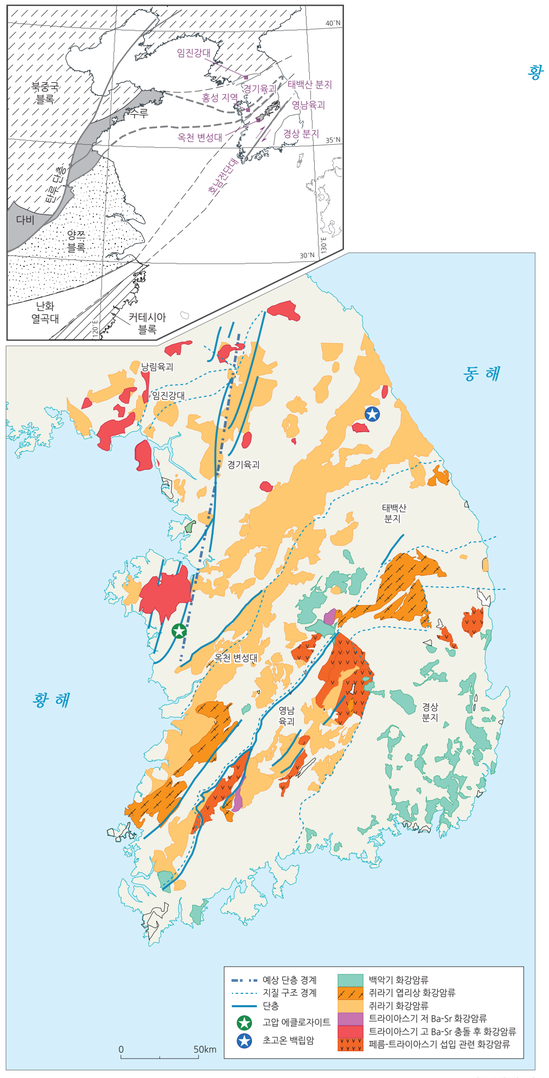
고생대 퇴적암류는 평남 분지와 태백산 분지에 주로 분포하며, 하부 고생대 퇴적층과 상부 고생대 퇴적층으로 구분된다. 하부 고생대 퇴적층은 주로 캄브리아기에서 오르도비스기에 퇴적된 석회암층과 쇄설성 퇴적암으로 구성되며, 캄브리아기의 표준 화석인 삼엽충을 비롯한 거대 화석들과 코노돈트와 같은 미화석 등을 다량으로 포함하고 있다.

하부 고생대 퇴적층을 부정합으로 피복하고 있는 상부 고생대층은 석탄기 후기부터 페름기를 거쳐 트라이아스기 초기까지 주로 육성 환경에서 퇴적되었으며, 대부분 쇄설성 퇴적암으로 구성되어 있고 하부 구간에서 석탄층이 나타난다. 옥천 변성대도 대체로 고생대 퇴적암으로 구성되어 있으며, 낭림육괴와 경기육괴 사이에 나타나는 임진강대에는 데본기의 퇴적암인 임진계가 분포한다.

최근 문경 지역의 옥녀봉층에서 발견된 오르도비스기에 분출한 452–445Ma 쌍모식 화산 작용은 한반도 남부 지역이 고생대 초기에 곤드와나 초대륙으로부터 분리될 때 형성되었을 것으로 보고 있다. 한편 경기육괴 내 홍성 지역에서는 470–452Ma에 섭입 환경에서 관입한 화성암이 나타나며, 442–381Ma에 일어난 중압 혹은 고압의 변성 작용이 인지되고 있다. 임진강대에서는 373–361Ma에 후배호 분지 환경에서 관입한 화성암이 나타난다. 그리고 함경도 북동부 지역에서는 섭입 환경에서 형성된 고생대 후기 화성암이 대규모로 나타난다.

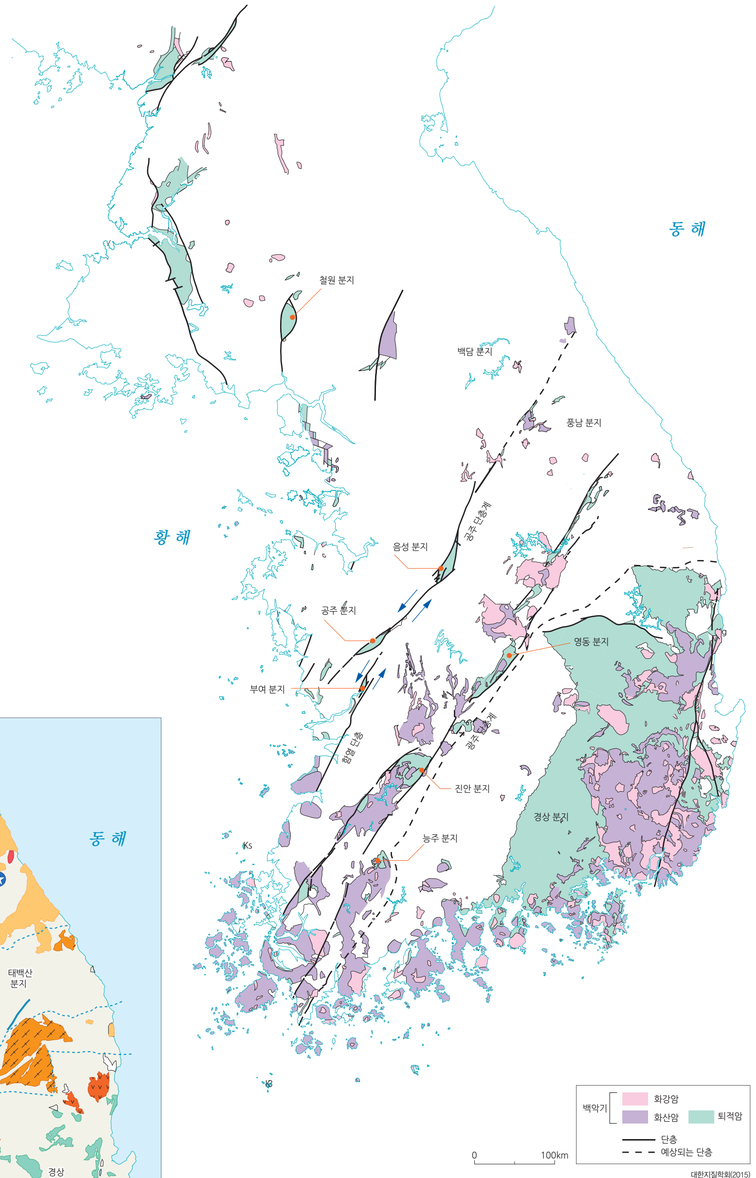
최근 가장 중요한 지질학적 발견은 경기육괴 내 충남 홍성 지역에서 발견된 230Ma 에클로자이트로, 이 암석은 홍성 지역에 트라이아스기 이전에 해양 및 섭입대가 존재하였으나 대륙 충돌에 의해서 사라졌음을 가리킨다. 또 다른 중요한 발견은 홍성에서 양평을 지나 오대산으로 이어지는 선을 중심으로 북쪽에 위치한 경기육괴에 나타나는 230Ma 트라이아스기 충돌 후 화성암이다. 이 암석들은 홍성과 오대산을 잇는 선이 대륙 충돌 경계부일 가능성을 암시한다. 대륙 충돌 경계부일 가능성이 있는 또 다른 지역은 임진강대와 임진강대–홍성을 잇는 선이다. 페름–트라이아스기에 일어났을 것으로 생각되는 한반도 내 대륙 충돌에 의해 경기육괴, 임진강대, 옥천 변성대에서 페름–트라이아스기 변성 작용이 광역적으로 일어났다.

고생대 말–중생대 화성암



한국암석학회(2020)

주요 주향 이동 단층과 백악기 퇴적 분지 분포



대한지질학회(2015)

한반도의 남부 경계부에서는 페름기 말에서 트라이아스기 초기 사이에 섭입 관련 화강암의 관입이 시작되었다. 따라서 트라이아스기 송림 운동 시기에 한반도 중부에서는 대륙 충돌과 관련된 화성 및 변성 작용이, 한반도 남부에서는 섭입에 관련된 화성 작용이 일어나고 있었다.

쥐라기 시기에는 일본이 한반도에 붙어 있었으며 한반도의 동측과 남측에 섭입대가 형성되어 있었다. 이로 인해 섭입 관련된 쥐라기 대보 화강암이 한반도를 광역적으로 관입하였다.

백악기에도 한반도 주변에 섭입대가 형성되어 있었고 섭입하던 해양판이 태평양 쪽으로 이동하면서 발생된 인장력에 의해 상승한 맨틀이 스스로 용융되거나 열을 공급하여 대륙지각을 용융시켜 마그마를 형성하였다. 이들 마그마의 관입에 의해 한반도에 백악기 화성암이 형성되었다. 이 시기에는 화성 작용이 주로 경상도, 전라도 그리고 충청북도 남부 지역에 집중되어 나타난다.

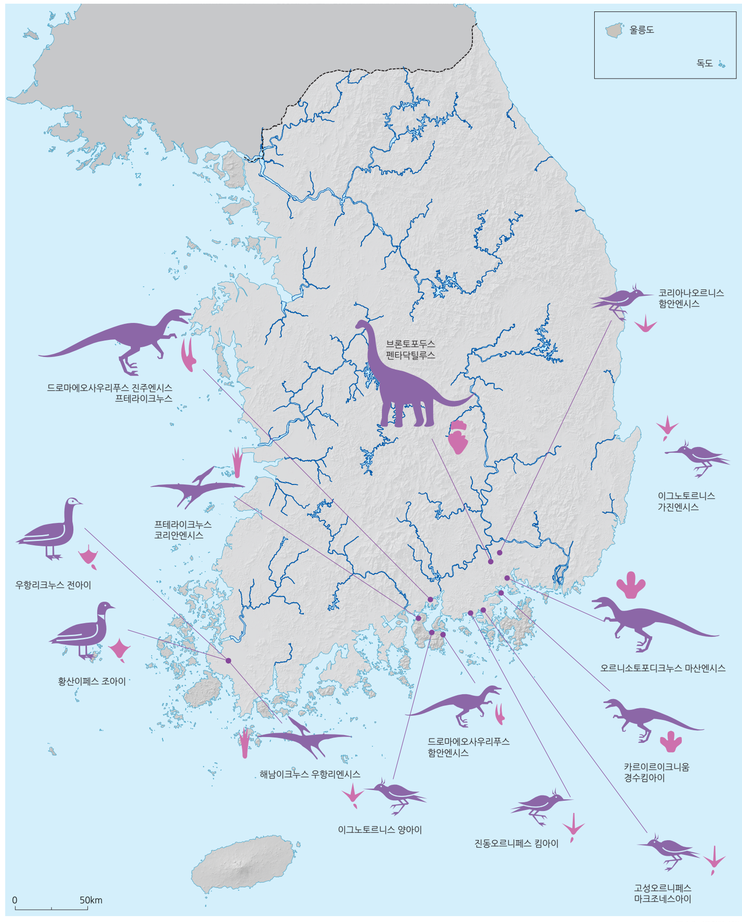
백악기 퇴적암은 호수 환경에서 쌓인 육성층으로 영남 지역 내 경상 분지와 서해 남황해 분지에 넓게 퇴적되었다. 그 외에도 백악기 퇴적암은 한반도 곳곳에 발달된 소규모 백악기 분지들에 퇴적되었다. 백악기 소규모 퇴적 분지들은 한반도 내 분포하는 북동 방향의 주향 이동 단층의 좌수향 운동(단층의 상대편이 좌측으로 수평 이동하는 단층 운동)시 주향 이동 단층들 사이 혹은 단층 주변에 형성된 인장력에 의해 형성되었다.

중생대 백악기 육성 퇴적층에는 공룡의 뼈, 알, 발자국 화석이 다양하게 나타난다. 한반도에서 발견된 최초의 공룡 화석은 1972년 경남 하동군에서 발견된 공룡 알껍데기 화석이다. 27개의 공룡 발자국 화석지가 한반도 남부 백악기 육성층에서 발견되는데 전남 해남, 화순, 여수 지역과 경남 고성 지역이 대표적이다. 한반도에서는 조각류 발자국이 가장 많이 발견되며, 수각류 발자국은 화순 능주 분지에서 발견된 것이 대표적이다. 용각류 발자국은 한반도 남동부에 위치한 진동층에서 풍부하게 나타나며, 용각류 발자국의 크기, 형태, 보행열의 양상은 다양한 종류의 용각류가 한반도에 살았음을 알려 준다. 또한, 해남 우항리에서 발견된 발자국에 의해 확인된 익룡은 새로운 종류인 해남이크누스 우항리엔시스(*Haenamichnus uhangriensis*)라는 이름으로 국제적으로 공인되었다.

우항리 지역에서 발견된 익룡 발자국은 443개로 세계 최대이며, 발견된 최대 보행렬이 7.3m로 세계에서 가장 긴 보행 흔적을 나타내고 있다. 이 지역에서는 세계적으로 드물게 익룡, 공룡, 새 발자국이 동일 층에서 발견되었다. 경남 하동군 백악기 지층에서 우리나라 최초로 공룡의 종류를 알 수 있을 정도로 보존 상태가 양호한 공룡 골격 화석이 발견되었다. 이 화석은 새로운 종의 용각류로 판단되어 부경고사우루스 밀레니움아이(*Pukyongosaurus millennium*)로 명명되었고, 931번째의 공룡속으로 세계 공룡 목록에 추가 등재되었다.

백악기의 한반도에는 커다란 호수가 많이 분포하고 있었고, 호수 주변에는 공룡의 먹이가 될 수 있는 각종 침엽수와 양치류 등의 나자식물과 다양한 척추동물과 무척추동물이 살고 있어서 백악기 한반도는 공룡이 생활하기 좋은 환경이었다.

한반도 백악기 주요 척추동물 발자국 화석 분포 및 종류



전남대 지구환경과학부

한반도의 공룡 화석

공룡알(보성)

수각류 발자국(화순)

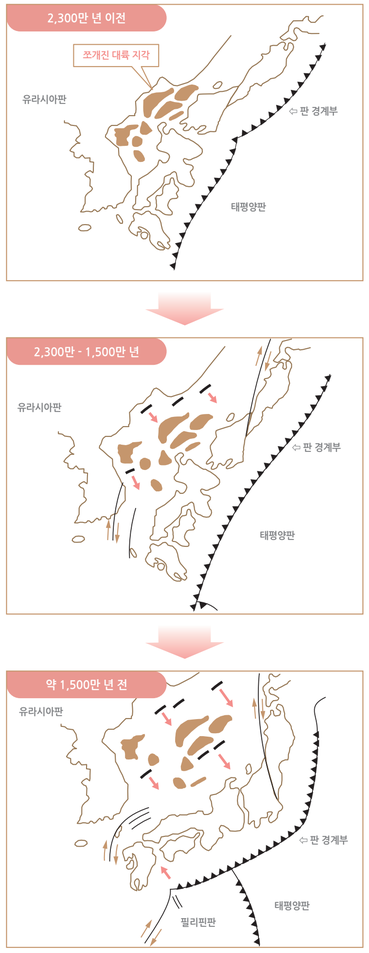
조각류 발자국(여수)

대형 용각류 발자국(해남)

익룡 발자국(해남)

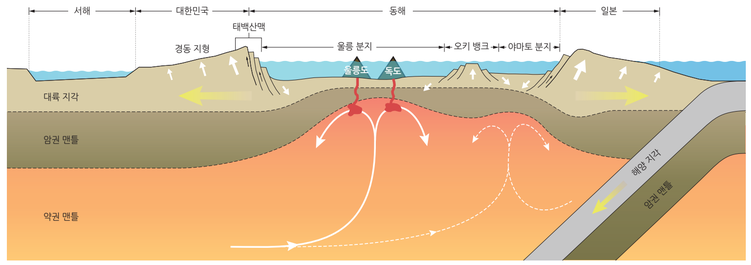
코리아노사우루스 공룡 뼈(보성)

동해 형성 모델



대한자원환경지질학회(2006)

서해–한반도–동해–일본 지형 및 지체 구조 단면도



동해, 태백산맥, 경동 지괴 형성

신생대에 태평양 지역의 섭입대가 후퇴하면서 초기에는 일본이 남동 방향으로 한반도에서 분리되어 동해 북쪽에 존재하는 일본 분지가 형성되었다. 후기에는 일본 남서부의 회전과 함께 분리가 계속되어 동해 남쪽에 존재하는 한반도 쪽 울릉 분지와 일본 쪽 아마토 분지가 형성되었다.

동해의 형성은 태평양 섭입대의 동쪽으로 후퇴, 혹은 인도와 아시아 대륙의 충돌에 의해 맨틀이 동쪽으로 이동하면서 일본과 한반도 사이에 발생한 인장력에 의해 일어났을 것으로 추측되고 있다. 이때 상승한 맨틀로부터 형성된 마그마의 분출로 독도와 울릉도가 형성되었으며, 인장력에 의해 발생된 정단층 운동으로 동해를 형성한 침강이 일어났다. 이 시기에 한반도 동부와 일본 서부가 융기하였다. 이러한 동해안 지역의 융기에 의해 경동 지괴가 형성되었다.

신생대는 동해의 형성과 백두산, 한라산, 독도, 울릉도의 형성으로 특징지을 수 있다. 동해의 형성 시기(23–15Ma)는 백두산 지역과 동북아시아에 광역적으로 나타나는 용암 대지(긴 균열대를 따라 용암이 여러 차례 흘러 쌓여 형성된 고원 지대) 형성 시기(28–13Ma)와 거의 유사하다. 이는 이 시기에 동해와 백두산 지역에 긴 열극을 형성시킨 광역적인 인장력이 동북아시아에 가해졌음을 지시한다.

15Ma부터 동북아시아에 인장력 대신 압축력이 가해졌고 백두산 지역에서는 5–1.5Ma경에 중심 분출이 일어났다. 그 결과 순상 화산형 화산체가 형성되었다. 독도와 울릉도의 해저 화산부를 형성한 화산 분출이 8.1–3.7Ma경에 일어났을 것으로 예상된다. 조면암질 및 유문암질 화산 분출이 백두산 지역에서는 0.61Ma에서 1903년까지 일어났고, 울릉도와 독도에서는 2.9Ma에서 6,300년 전 사이에 일어났다. 특히 백두산 지역에서는 969년경에 가장 강력한 화산 폭발이 일어나 화산재가 멀리 동해와 일본까지 날아가 퇴적되었으며, 천지 칼데라가 형성되었다. 이와 같은 유사성은 울릉도와 독도를 포함하는 동해와 백두산이 유사한 지구조 운동에 의해 형성되었을 가능성을 시사한다.

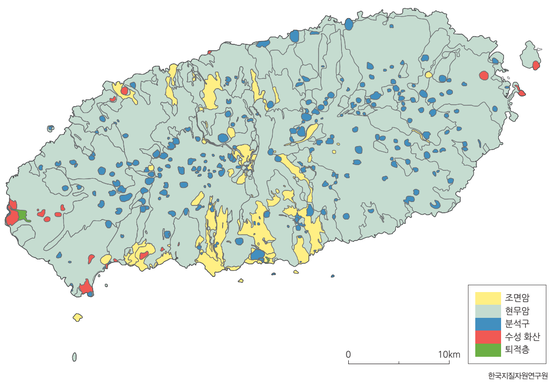
동해를 형성시킨 광역적인 인장력에 의해 정단층 작용이 일어나 동해 지역이 침강하였고 동해안 지역이 융기하여 태백산맥이 형성되었다. 그 결과 한반도의 동쪽이 높고 서쪽이 낮은 지형이 형성되었다. 이와 달리 서해는 간빙기에 해수면이 높아지면서 물에 잠긴 육지이다.

제주도는 울릉도, 독도와는 근본적으로 다른 지질학적 특징을 보여 준다. 제주도는 현재의 모습을 갖추기까지 약 180만 년이 소요되었다. 제주도의 화산 활동은 크게 수성 화산 분화시기(1.88Ma–0.5Ma)와 육성 화산 활동 시기(0.5Ma–25Ka)로 구분된다. 수성 화산 활동 시기에는 국지적이며 간헐적인 화산 활동이 있었고, 육성 화산 활동 시기는 전 제주도에 걸친 활발한 화산 활동이 일어나 제주도의 현재 지형을 만들었다.

신생대 지질사

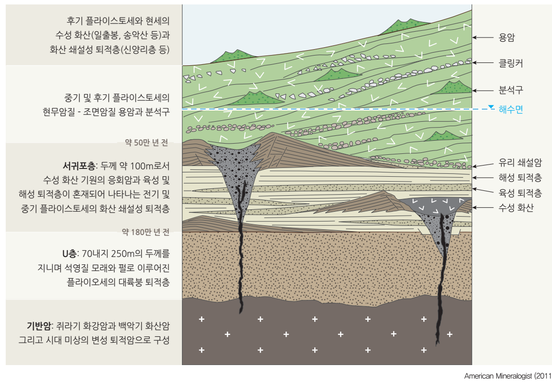
구분	백두산 지역	동해	한라산
969년 - 1,903년	백두산 폭발성 분출 및 천지 형성		
9,300 - 6,300년 전		울릉도 폭발성 분출	
50만 년 전 - 25,000년 전			한라산체 형성
61 - 2만 년 전	백두산 상부 성층 화산부 형성		
188 - 50만 년 전			퇴적 작용과 화산 활동
290 - 50만 년 전		독도, 울릉도 상부 성층 화산 형성	
500 - 150만 년 전	백두산 하부 순상 화산부 형성		
810 - 370만 년 전		독도, 울릉도 하부 해저 화산 형성	
2,300 - 1,500만 년 전		동해 열림	
2,800 - 1,300만 년 전	백두산 주변과 만주 지역에 용암 대지 형성		

제주 25만 지질도



한국지질자원연구원

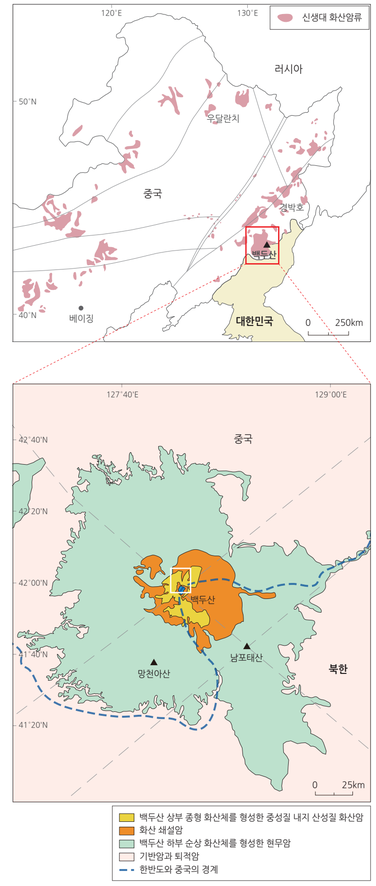
제주 층서 단면 모식도



American Mineralogist (2011)

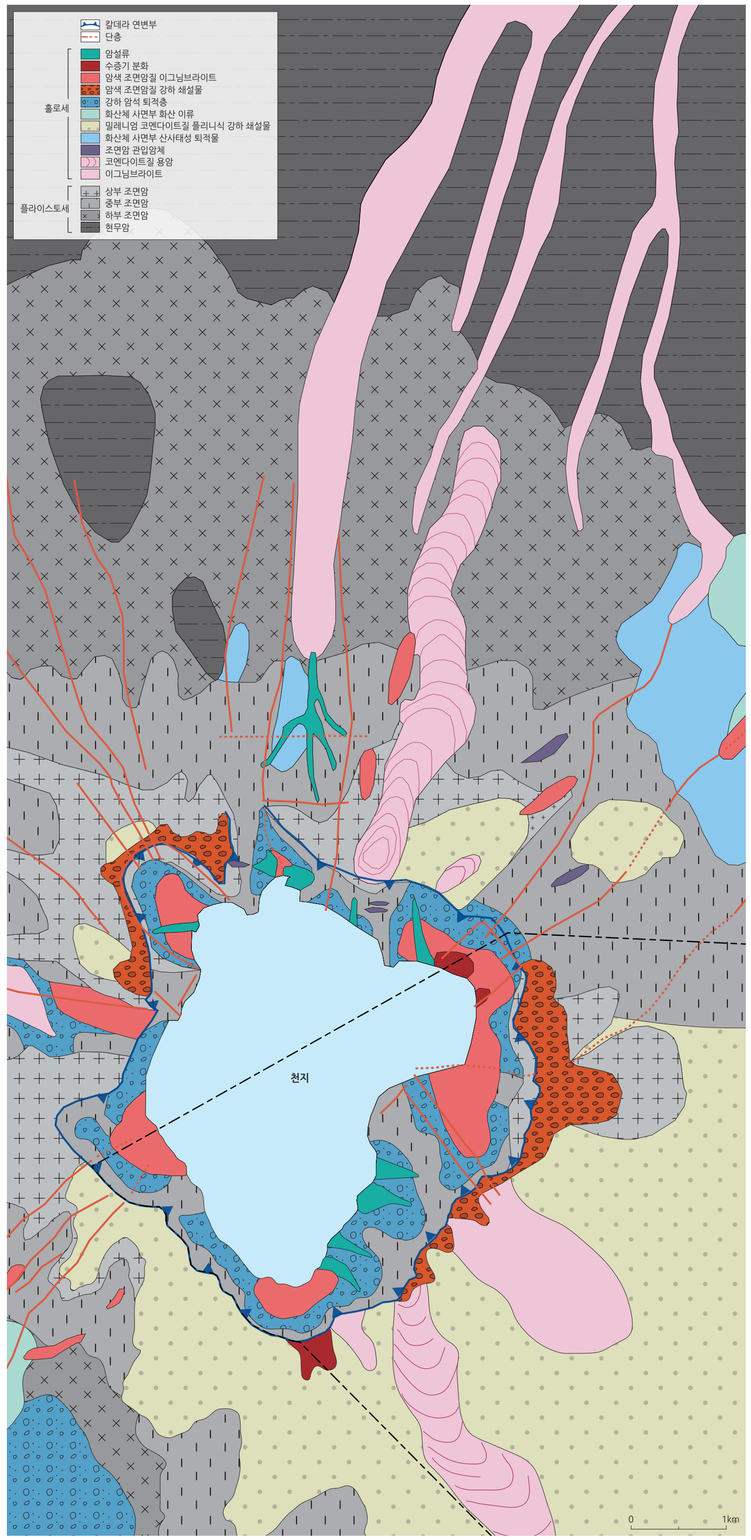
제주도는 약 180만 년 전부터 서해 대륙붕에서 일어난 판 내부 화산 활동으로 만들어졌다. 제주도의 초기 화산 활동은 수성 화산 활동(水性火山活動)의 방식을 띠었으며, 빙기–간빙기 교차에 따른 제4기 해수면 변동의 영향으로 화산 활동은 해저와 육상에서 번갈아 가며 일어났다. 백만 년이 넘도록 산발적으로 일어난 수성 화산 분화에 의해 수백 개의 수성 화산(응회환과 응회구)이 만들어졌으며, 응회암과 육상 및 해상 퇴적암이 혼재된 서귀포층이 100m 넘게 쌓임에 따라 제주도는 제4기 해수면 위로 성장하여 섬이 되었고, 약 50만 년 전부터는 육성 화산 활동이 우세하게 일어났다. 주로 하와이형 분출에 의해 용암 대지와 순상 화산이 만들어졌고, 스트롬볼리형 분출도 곳곳에서 일어나 오름이라고 부르는 작은 화산체인 분석구도 무수히 만들어졌다. 한라산체는 약 2만 년 전에 완성되었다. 약 4–5천 년 전에는 바닷가 곳곳에서 수성 화산 활동이 또다시 일어나 성산 일출봉, 송악산 등의 오름이 만들어지고 그 주변 지역에 신양리층과 하모리층과 같은 화산 쇄설성 퇴적층도 형성되었다. 역사 문헌에 따르면, 서기 1002년에는 한라산 중턱에서 용암 분출이 있었고, 1007년에는 바닷가에서 수성 화산 분출이 있었으나 그 위치는 확인되지 않고 있다.

백두산 주변 광역 지질도



Lithos (2020)

백두산 지질도



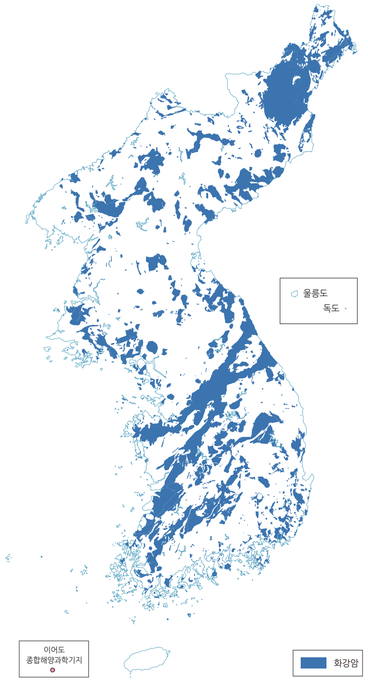
대한자원환경지질학회(2020)

백두산의 화산 분출 역사는 4개의 시기로 구분된다. 첫 번째 시기에는 열극 분출에 의해 현무암질 용암 대지인 고원 지대가 형성되었다. 두 번째 시기에는 주로 중심 분출이 일어나 용암 대지 위에 제주도와 같은 순상암체를 형성시켰다. 세 번째 시기에는 마그마의 성격이 산성 및 중성으로 바뀌면서 폭발성 화산 작용이 일어났고 그 결과 백두산 순상형 화산체 상부에 종형 화산체가 형성되었다. 최종 단계인 폭발성 분출이 홀로세(1690 B.P. –1702 A.D.)에 일어났다. 이 시기 중 969 A.D.에 일어난 화산 폭발 정도는 폼페이를 멸망시킨 베수비오 화산보다 폭발력이 수십 배 컸을 것으로 생각되는 대규모 폭발이었다. 백두산은 아직도 성인이 명확히 밝혀지지 않은 대륙 내부에 발달한 매우 특이한 화산이다.

2002년–2006년에는 백두산 천지 일원에서 화산성 지진이 급증하였고, 2006년도부터는 감소하는 추세를 보여 현재에는 1999–2001년의 수준을 유지하고 있다. 이 시기에 일어난 지진은 모두가 지하 2–4km에 위치한 마그마 챔버 활동에 기인하는 것으로 해석하였다. 최근 여러 연구에서도 5–10km 지하에 마그마 챔버가 위치하고 있음이 확인되었다. 또한 2002년 이후 천지 칼데라 정상부가 2007년까지 총 10cm 정도 상승하였으며, 2004년도 천지 주변 온천 지하수의 온도가 69℃에서 83℃로 증가하였다. 이는 백두산이 분화 가능성이 있으며 이를 확인하기 위한 백두산 모니터링과 그에 관련된 연구가 필요함을 시사한다.

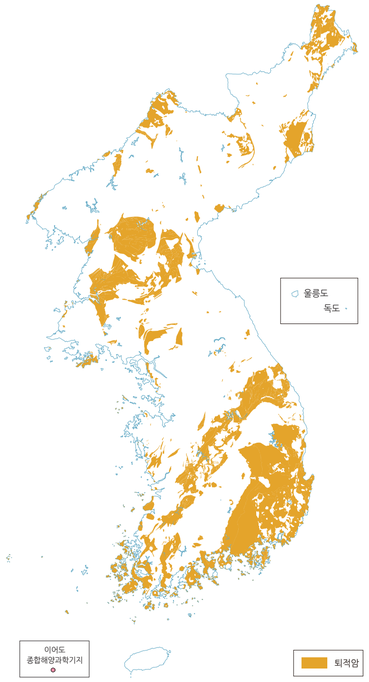
한반도 주요 암석 분포

화강암 분포도



편마암 분포도

퇴적암 분포도



한국지질자원연구원(1995)

한반도의 2/3 이상은 화강암과 변성암으로 구성되어 있다. 한반도 내 화강암은 주로 쥐라기와 백악기 화강암인 대보 화강암과 불국사 화강암으로 구성되어 있다. 쥐라기 화강암은 백악기 화강암보다 상대적으로 깊은 곳에서 마그마가 굳어 형성되었기 때문에 일반적으로 백악기 화강암에 비해 더 조립질이다. 이들 화강암은 대부분 유백색이지만 홍색을 띠는 알카리 화강암도 있다.

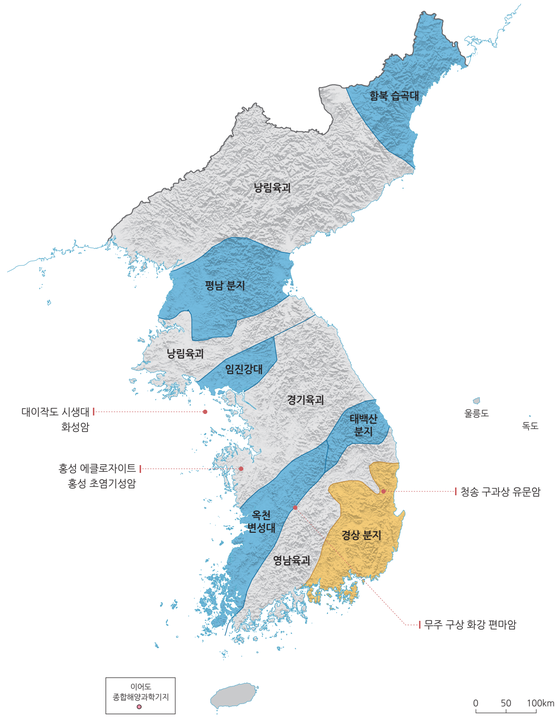
변성암은 주로 편마암으로 구성되어 있으며, 셰일, 사암, 석회암, 염기성 화성암 기원의 변성암인 편암, 규암, 대리암, 각섬암도 나타난다. 편마암은 퇴적 기원의 편마암과 화성 기원의 편마암으로 나뉠 수 있다. 퇴적 기원의 변성암은 주로 호상 편마암으로 나타나며, 화성 기원의 변성암은 주로 반정질 편마암으로 나타난다. 그리고 이들 편마암이 강한 변성 작용을 받으면 암석의 일부분이 녹아 혼성질 편마암으로 변한다. 일부 반정질 혹은 호상 편마암은 심부에서 구조 운동을 받아 안구상 편마암으로 변화되기도 한다.

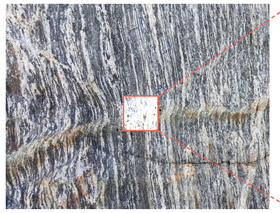
한반도에서 자주 나타나는 퇴적암은 셰일, 사암, 역암, 석회암이다. 경상 분지를 포함한 백악기 분지들에서는 퇴적암과 함께, 용암이 굳어서 만들어진 화산암, 화산 폭발 쇄설물이 쌓여서 만들어진 화산 쇄설암인 응회암이 나타난다. 이들 화산암 및 응회암은 대부분 산성 및 중성 성분을 갖는 유문암질이나 안산암질이다. 백두산, 독도, 울릉도 화산 상부도 유문암질이나 안산암질 화산암 및 응회암로 구성되어 있다. 반면에 백두산 하부의 용암 대지와 제주도의 대부분은 염기성 화산암인 현무암이나 조면 현무암으로 구성되어 있다. 백두산에는 기공이 많은 화산 쇄설암인 스코리아와 부석이 나타난다. 특히 제주도에는 여러 작은 분석구 주변에 적갈색의 스코리아가 많이 나타나며, 백두산의 한반도측 상부는 부석으로 덮여 산머리가 연중 하얗게 보이며 이로 인해 백두산이라는 명칭이 생겨났다.

한반도 대표 암석

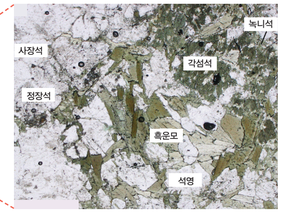
❶ 혼성질 편마암 ❷ 호상 편마암 ❸ 반상변정질 편마암 ❹ 화강암
❺ 알칼리 화강암 ❻ 현무암 ❼ 유문암 ❽ 역암
❾ 조립질 사암 ❿ 셰일

특이 암석 분포지





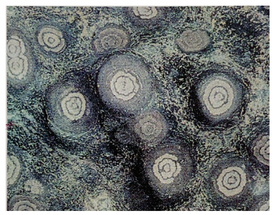
대이작도 혼성암질 편마암 암석 사진



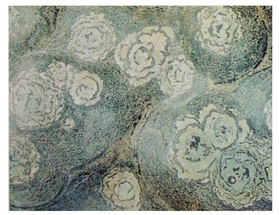
대이작 편마암 박편 사진

국화형

다알리아형



장미형



목단형

우리나라에서 발견되는 특이하고 중요한 암석으로는 홍성 지역에 나타나는 에클로자이트와 사문암화된 초염기성암이 있다. 해양판이 대륙판 밑으로 섭입하는 섭입대나 대륙판이 섭입하는 대륙 충돌 초기 지구조 환경에서 섭입되던 염기성 화성암(현무암 혹은 반려암)이 대략 지하 50km보다 깊은 곳에서 변성 작용을 받아 만들어진 암석이 에클로자이트다.

에클로자이트는 주로 붉은색을 보이는 석류석과 초록색을 보이는 옴파싸이트로 구성되어 있다. 따라서 대륙판 안에 에클로자이트가 나타나는 것은 그 지역이 과거에 존재하던 해양과 섭입대가 대륙 충돌에 의해 사라졌으며, 에클로자이트가 대륙 충돌에 의해 지표로 밀려 올라왔음을 의미한다.

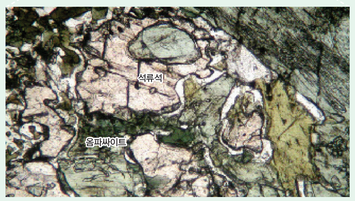
홍성 지역에서 에클로자이트와 함께 나타나는 사문암화된 초염기성암은 암권 맨틀로서 대륙 충돌시 구조 운동에 의해 지표로 밀려올라왔다. 초염기성암이 지표로 이동되어 오는 과정에 주변으로부터 공급된 물과 반응하여 사문암화되었으며 청녹색을 띤다. 사방 휘석이 감람석이나 단사 휘석에 비해 사문석으로 변성되기 힘들기 때문에 사문암 내에 사방 휘석이 반정으로 자주 나타난다.

우리나라에 나타나는 가장 오래된 암석은 서해안 대이작도에 나타나는 25억 8천만 년 전에 형성된 토날라이트질 내지 화강 섬록암질 화강암이다. 이들 화강암은 안데스 산맥과 같은 대륙 화산호 환경에서 형성되었다. 이 암석에는 석영과 장석으로 형성된 우백질층과 각섬석으로 이루어진 우흑질층이 여러 두께로 불규칙하게 교호되며 나타나고 있다.

우리나라에 나타나는 또 다른 특이한 암석은 무주 지역에 나타나는 구상 화강 편마암과 청송 지역에 나타나는 구과상 유문암이다. 구과상의 무늬를 보여 주는 무주 구상 화강 편마암은 우백질 흑운모 화강암 관입시 마그마 내로 침강한 작은 크기의 변성 퇴적암편들이 열변성 작용을 받아 18억 7천만 년 전에 만들어졌다. 무주 화강 편마암은 국내에서 유일하게 발견되는 변성 기원의 구상암이다.

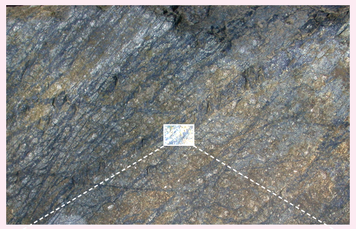
청송 지역에 나타나는 구과상 유문암은 지표 근처에서 빠르게 냉각되면서 형성되었다. 가장 빠르게 냉각된 경우 특정 광물이 한 방향으로 빠르게 성장하여 국화형, 민들레형, 해바라기형, 다알리아형 구과상 유문암이 생성된다. 반면, 상대적으로 천천히 냉각된 경우 층상으로 특정 광물이 성장하여 장미형, 무명형, 목단형 구과상 유문암이 형성된다. 매화형은 위 두 경우의 중간 정도의 냉각 속도를 갖는 암석에서 산출된다. 이들은 5천만 년 전–4천 8백만 년 전경에 생성되었다.

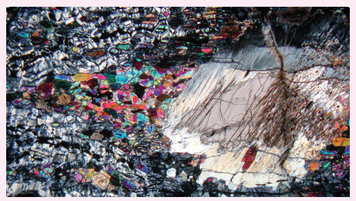
에클로자이트 외견



에클로자이트 현미경 사진

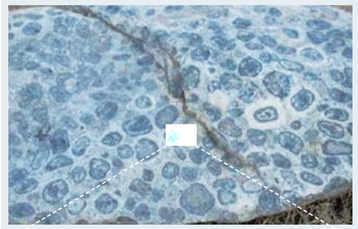
초염기성암 외견

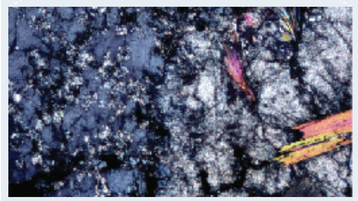




초염기성암 현미경 사진

무주 구상 화강 편마암 외견

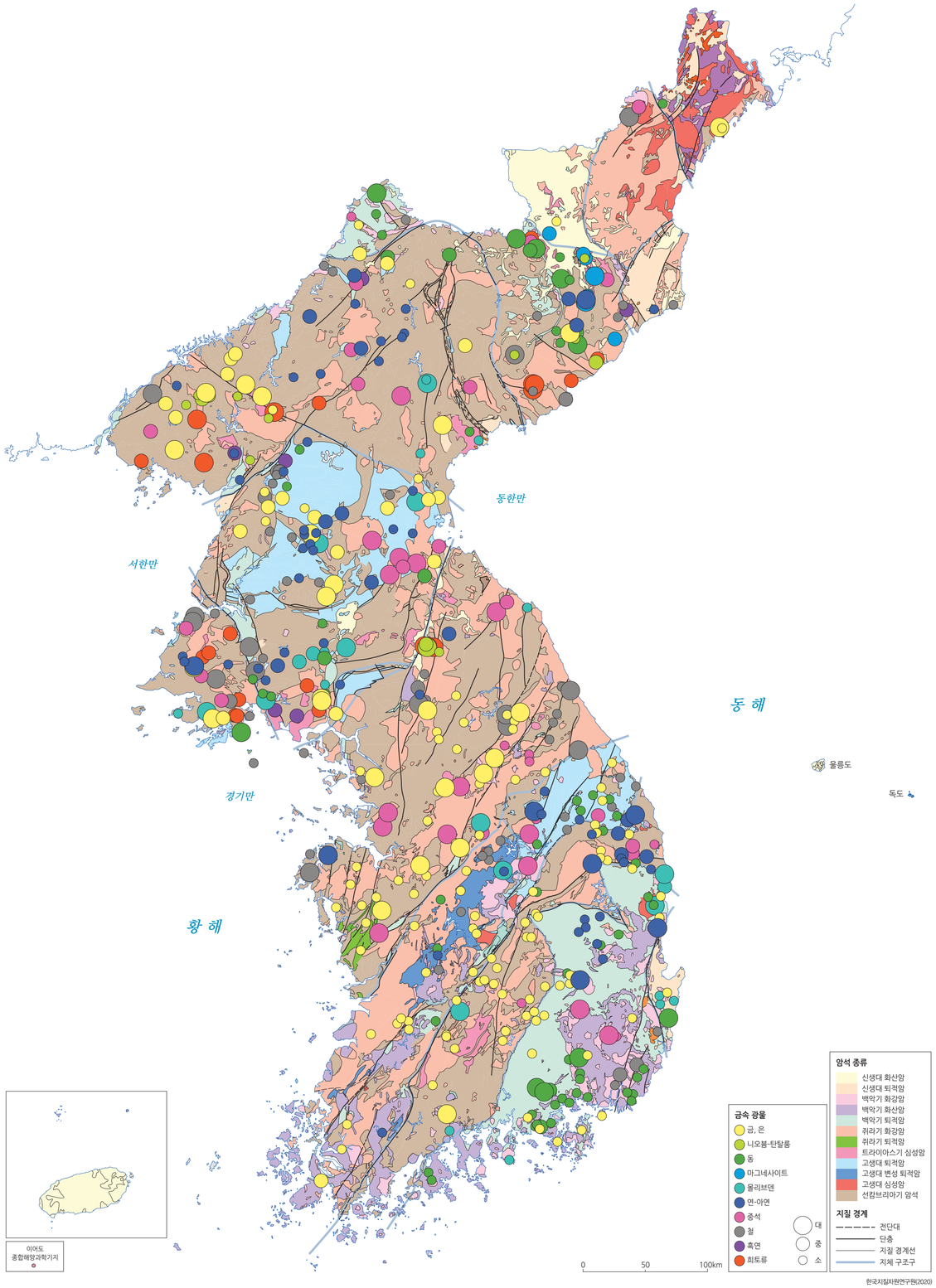




무주 구상 화강 편마암 현미경 사진

광물 자원

주요 금속 광물 자원 분포도



한국지질자원연구원(2020)

한반도에 분포하는 주요 광물 자원은 금속, 비금속, 사광상, 화석 연료, 핵연료, 건축용 석재·골재 자원으로 구분할 수 있다. 금속 광물 자원은 금, 은, 동, 연, 아연, 철, 망간, 중석, 휘수연석, 주석, 창연, 휘안석 및 희토류 등이며, 비금속 광물 자원으로는 석회석, 백운석, 규석, 규사, 장석, 사문석, 고령토, 흑연, 활석, 납석, 규조토, 석면, 형석, 운모, 견운모 및 홍주석 등이 있다. 사광상 자원은 사금, 모나자이트, 저어콘, 티탄철석, 자철석, 석류석 등이고, 화석 및 핵연료 자원으로 무연탄과 갈탄 및 우라늄 광물이 산출된다. 석골재 자원으로 화강암, 대리암, 셰일, 사암 및 골재가 있다. 특히 한반도 북부의 주요 광물 자원으로는 마그네사이트, 석회석, 무연탄, 인상흑연, 철, 금, 아연 등이 대표적이다.

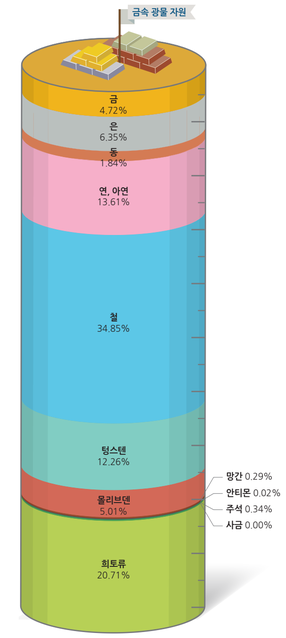
한반도 남부 원생대 광상으로는 충남 서산의 호상 철광상, 고남산(연천)–소연평도–볼음도의 함티탄–철광상, 봉화–울진–상동 등지의 중석–주석–금 광상과 하동–산청 등지의 티탄철석 광상, 충주–중원 지역의 철광상과 옥천 누층군 내에 나타나는 우라늄 광상 등이 있다. 한반도 북부에는 시생대의 무산층군 내에 호상 철광상이 발달하는데 무산 광산과 오룡 광산이 이에 속한다. 한반도 북부에서 중요한 원생대 광상으로는 양강도의 혜산청년과 갑산 동 광산, 단천 지역의 룡양 및 대흥 마그네사이트 광산, 검덕 연–아연 광산이 있으며, 원생대 삭주암군과 관련된 정주의 희토류 광상은 세계적 규모의 광상으로 보고되고 있다.

화석 연료 자원인 무연탄은 고생대 말기 평안 누층군과 중생대 중기 대동 누층군에 함유되어 나타난다. 한반도 남부의 고생대 무연탄 산출지는 삼척, 강릉, 정선, 평창, 영월, 단양, 문경, 보은, 보성 등지이며, 중생대 무연탄 산출지는 보령, 부여, 김포, 연천 등이다. 한반도 북부에는 무연탄이 평안남도에 집중 분포하며 함경북도와 함경남도에도 다수의 석탄광이 개발되고 있다. 우라늄 광상은 평산, 순천, 박천에서 주로 개발되며 무연탄과 관련되어 형성된 것으로 보인다. 고생대 말–중생대 초에 관입한 알칼리 관입암류와 관련된 니오븀–탄탈륨 광상도 발달하고 있는데, 대표적으로 평강 일대의 호암산, 범북산, 신성산 광상이 있다.

중생대 광상으로는 경기육괴에 부존된 쥐라기 페그마타이트 광상이 있으며, 이들 광상 지역에는 장석, 콜롬바이트–탄탈라이트, 휘수연석, 형석, 우라늄 광물, 녹주석이 함유되어 있다. 한반도 남부의 대표적인 광물 자원인 금·은 광상은 열수 용액이 유입되어 형성된 금–은 광맥형 광상으로 쥐라기에서 백악기에 걸쳐 형성되었다. 대표적인 금·은 광상은 무극, 부평, 임천, 월유, 전주일, 통영, 거창 광산이다. 국내 중요한 광물 자원인 중석–몰리브덴 광상 또한 쥐라기에서 백악기에 걸쳐 형성되었으며, 주로 중생대 화강암류와 인접하여 산출된다. 국내 동·연·아연 광상도 백악기 화성 활동과 연관된 열수 작용으로 형성되었다. 백악기 철광상은 주로 경상 분지 내에 분포한다. 활석 광상은 주로 규질 열수 용액에 의한 교대 작용의 산물이며, 홍성–유구 지역의 초염기성암 기원의 평안, 청당 광산과 백운암 기원의 동양, 풍전, 충주 제일 광산이 있다. 고령토–납석 광상은 주로 경남 밀양–양산–창원–통영 일대와 전남 진도–완도–해남–영암 일대에 분포하며, 응회암, 규장암, 안산암이 열수 변질 작용을 받은 2차 산물로 보인다. 한반도 북부에는 중생대 화성 활동과 관련된 스카른 광상과 광맥형 광상들이 산출되며, 이들은 금을 비롯한 다양한 광물종을 수반한다. 대표적인 금·은 광상으로는 평안북도 운산, 대유동, 선천 광산, 황해북도의 홀동, 수안, 락연 광산이 있다. 중석 광상은 황해북도의 만년 광산, 평안남도 양덕 광산, 함경남도 장진, 강원도 법동, 고성 지역에 분포한다. 몰리브덴 광상으로는 평안남도 룡흥 광산, 삭주 광산, 황해북도의 가무리 광산, 양암 광산이 있다.

한반도 남부의 신생대 광상으로 삼척의 원동, 창녕의 동점, 월성의 금령 광산이 있다. 광상 유형은 스카른 광상과 반암형 광상으로 다양한 금속종이 산출된다. 붉석, 벤토나이트 및 산성 백토 광상은 제3기 지층의 분포지인 포항, 감포 및 울산 지역을 중심으로 분포하며, 응회암 층준을 따라 산출된다.

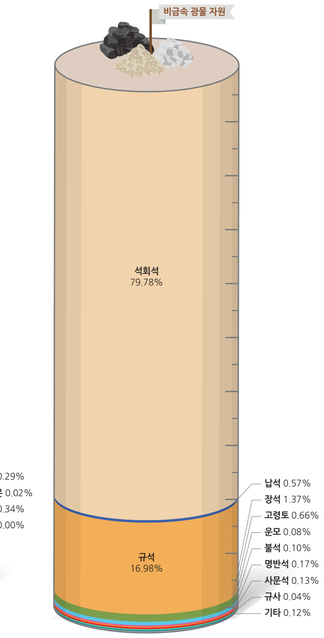
남한의 금속 광물 자원 매장량



(단위: 천 톤, 사금 단위: kg)

금속 광종	품위	광량
금	Au 7.5g/t	5,925.1
은	Ag 194.3g/t	7,959.3
동	Cu 2.2%	2,307.4
연, 아연	Pb 2.5%, Zn 2.7%	17,067.9
철	Fe 40%	43,702.0
텅스텐	WO_3 0.5%	15,373.0
몰리브덴	MoS_2 0.3%	6,277.5
망간	Mn 19.6%	360.0
안티몬	Sb 2.1%	22.0
주석	Sn 1.9%	436.0
사금	Au 0.9g/m^3	2,857.2
희토류	R_2O_3 2.1%	25,972.0
계		125,402.2

남한의 비금속 광물 자원 매장량

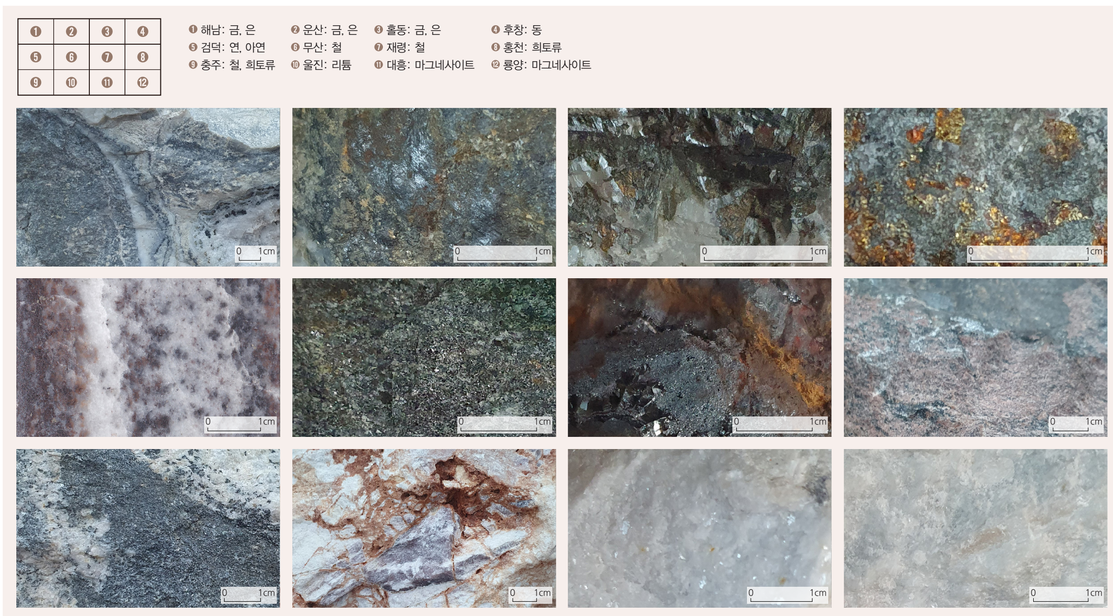


(단위: 천 톤)

비금속 광종	광량
석회석	13,807,059.0
납석	98,482.2
규석	2,939,109.9
장석	236,433.7
고령토	114,041.5
운모	14,291.8
붉석	16,942.8
명반석	29,297.2
사문석	22,509.9
규사	6,446.7
기타	21,349.2
계	17,305,963.9

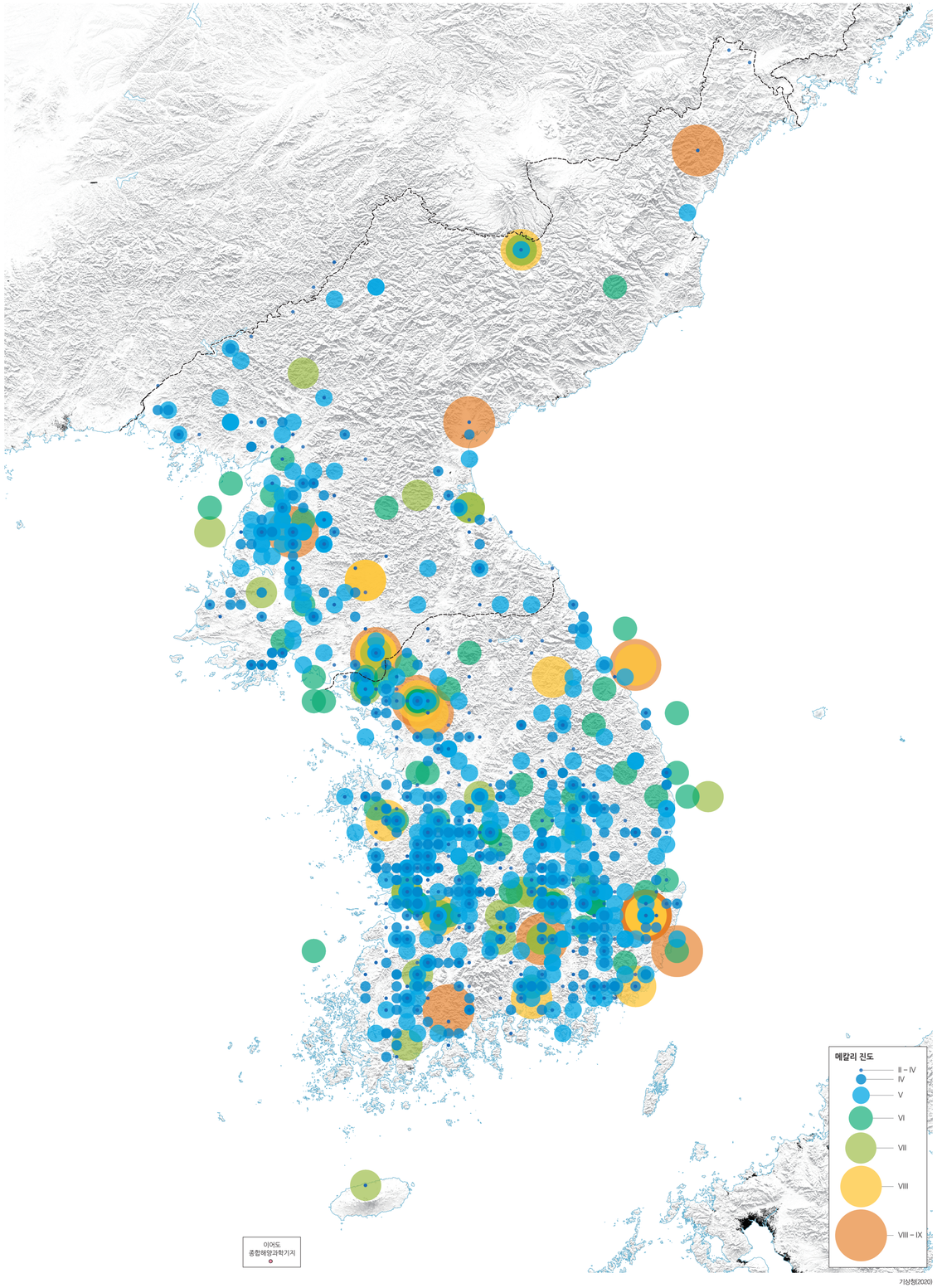
한국광물자원공사(2020)

대표적인 금속 및 비금속 광물



지진

한반도의 주요 역사 지진



기상청(2020)

유라시아판 내부에 위치한 한반도는 일본, 대만과 같은 판 경계부에 위치한 국가에 비해 강진으로부터 상대적으로 안전한 지역으로 분류된다. 하지만 1978년 기상청에서 공식적으로 지진 관측을 시작한 이후 홍성 지진(1978년 규모 5.0), 영월 지진(1996년 규모 4.5), 오대산 지진(2007년 규모 4.8), 경주 지진(2016년 규모 5.8), 포항 지진(2017년 규모 5.4)등 규모가 큰 지진들이 한반도 내륙에서 발생하고 있다. 또한 역사 문헌 조사 결과에 따르면 이보다 훨씬 큰 규모로 추정되는 지진들이 발생했었다는 기록이 있어 한반도가 지진에 대해 완전한 안전지대라고 할 수는 없다.

삼국 시대 이후 진도 5 이상 역사 지진들은 충청 이남 지역과 평안도 서부 지역에 주로 분포한다. 이러한 역사 지진들은 인명 피해와 성이 무너지거나 지면이 갈라지는 등의 큰 피해를 발생시켰을 뿐만 아니라 지진 해일도 일으켰을 것으로 추정되고 있다. 실례로 1643년 조선 인조 21년 울산에서 발생한 지진에 의해 많은 건물들이 무너지고 해일이 발생하였다는 기록이 있다. 이는 한반도에도 지진뿐만 아니라 지진 해일에 대한 대비가 필요함을 시사한다.

우리나라 계기 지진 관측은 1905년 인천에 기계식 지진계 1대를 설치하면서 시작되었다. 이후 5개 지점(서울, 부산, 대구, 평양, 추풍령)에 지진계들이 추가 설치되면서 1937년부터 지진에 대한 정량적 관측이 시작되었다. 2020년 현재는 지진을 연구하는 두 전문 기관인 기상청과 한국지질자원연구원에서 총 260여 지점에서 최신의 디지털 지진 관측소를 운영하고 있다.

지진의 규모, 진도, 피해 현상

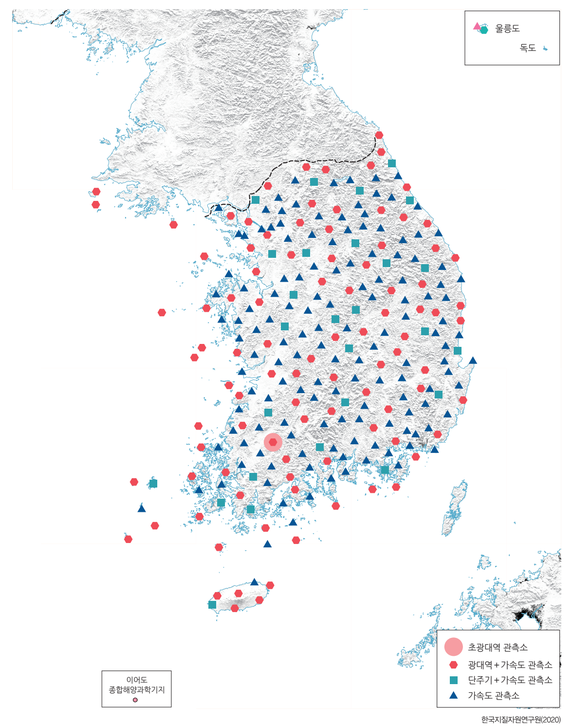
리히터 규모	수정 메칼리 진도	특징적인 피해 현상
1.0~2.9	I	특별한 환경하에서 매우 제한된 사람만 느낌.
3.0~3.9	II, III	조용한 상태나, 건물 위층에 있는 일부의 사람만 느낌. 실내에 있는 사람이 느낄 수 있음.
4.0~4.9	IV, V	실내의 많은 사람들, 실외의 일부 사람들이 느끼며 그릇이나 창문, 문이 흔들림. 대부분의 사람이 느끼며 일부 그릇과 창문이 부서짐.
5.0~5.9	VI, VII	모든 사람들이 느끼며 일부 무거운 가구가 움직임. 약하게 지어진 건물, 잘못 지어진 건물들이 심하게 파손됨.
6.0~6.9	VIII, IX	일반적인 건물들이 일부 붕괴와 함께 심하게 손상됨. 굴뚝, 기둥, 벽이 무너짐. 지진에 주의 깊게 설계된 건물도 기초가 움직이고 배관이 파괴되며 심하게 손상됨.
7.0 이상	X, XI, XII	석조 건물의 골조와 벽들이 붕괴되고 기차 선로가 휘어짐. 대부분의 건물이 붕괴되고 다리가 파괴됨. 땅에 넓은 균열이 생김. 땅에 물결 치는 것이 보이며 지평선이 뒤틀림.

* 주: 메칼리 진도는 구조물의 피해 정도, 지반 운동이 느껴지는 정도에 따라 결정된다.
이것은 지진의 규모, 진앙 거리(관찰지와 진앙 사이의 거리), 관찰자가 실내 또는 바깥에 있는가에 따라 결정된다.

미국 지질조사국(USGS)

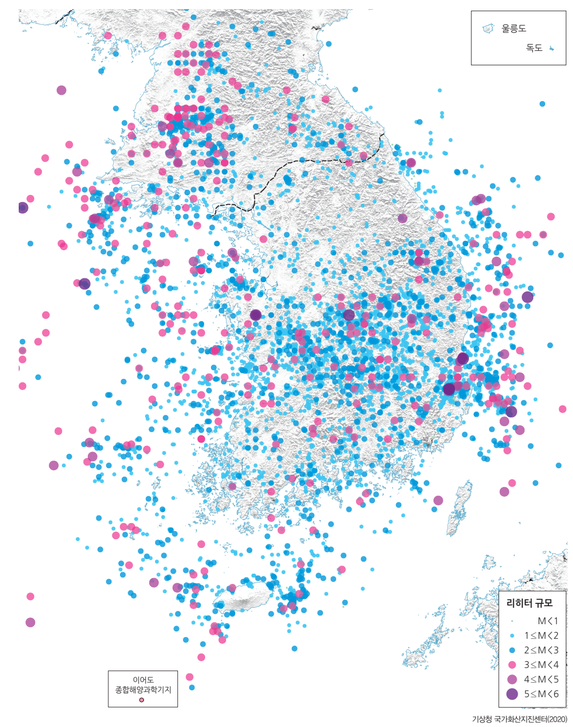
1978년 계기 지진 관측 이후로 한반도에서 발생한 최대 강진은 2016년 9월 경주 남남서쪽 8km 지점에서 발생한 규모 5.8의 지진이다. 그 다음으로 큰 지진은 2017년 11월에 발생한 규모 5.4의 포항 지진이다. 그 외의 큰 지진에는 1978년 9월 속리산, 2004년 5월 경북 울진에서 발생한 규모 5.2의 지진 등이 있다. 이외에 비공식적이지만 1980년 1월에 북한 지역인 평안북도 의주-삭주-귀성 지역에서 발생한 것으로 추정되는 규모 5.3의 지진이 있다. 최근에 일어난 경주, 포항 두 지진의 경우 주목할 점은 규모가 작은 포항 지진이 경주 지진보다 더 큰 구조물 피해를 야기했다는 점이다. 이것은 포항이 경주보다 연약한 지반 위에 세워졌으며 연약한 지반일 경우 지진파의 진폭이 더 증폭되는 특성이 있기 때문이다.

지진 관측소와 지진 관측망



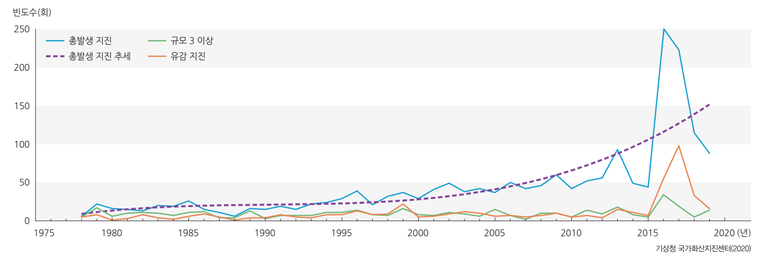
한국지질자원연구원(2020)

계기 지진



기상청 국가화산지진센터(2020)

연간 지진 발생 빈도



기상청 국가화산지진센터(2020)

계기 지진의 진앙 분포는 한반도 주변 해역과 경기 서부와 충남 이하 지역에 우세하게 분포하는 특징을 보인다. 이러한 특징은 앞에서 언급했던 역사 지진의 진앙 분포와 매우 유사한 패턴을 보인다. 이러한 점으로 볼 때 역사서를 바탕으로 추정한 진앙 분포 역시 한반도의 지진 활동 특성을 잘 보여 준다고 할 수 있다. 계기 지진 관측 이후로 지진 발생 빈도가 증가하는 모습을 보이고 있지만 인간이 느낄 수 있는 유감 지진의 발생 빈도와 규모 3이상 지진의 발생 빈도를 보면 1978년부터 현재까지 같은 수준을 유지하고 있다. 다만 2016년 경주와 2017년 포항 지진 직후 사이에 유감 지진이 일시적으로 늘어났다.

한반도에서 발생할 수 있는 최대 규모 지진은 역사 지진과 계기 지진으로부터 유추된 최근 연구 결과에 따르면 학자별로 논란의 여지는 있지만 6.9-7.5 정도이며 그 주기는 수백 년 이상으로 예상된다.

지질 관련 국제 협력

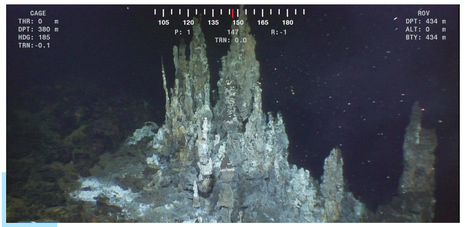
최근 대한민국의 해외 지질 연구는 한국해양과학기술원, 한국지질자원연구원, 극지연구소를 중심으로 활발히 진행되고 있다. 1990년 한국해양연구소 내에 해양광물자원연구실이 설치되었고, 1992년 해양광물자원연구실은 망간 단괴 광구 확보 추진을 위한 심해저탐사사업단으로 개편되었다. 이후 심해저탐사사업단은 1994년 세계 7번째로 태평양 클라리온–클리퍼턴 해역에 망간 단괴 광구를 확보하였다. 1997년 심해저자원연구센터로 조직을 확대하면서 망간 단괴에 국한되었던 연구를 망간각, 해저 열수 광상 등 다양한 심해저 광물 자원으로 다변화하였다. 이후 통가와 피지의 배타적 경제 수역(EEZ)에서 해저 열수 광상 탐사권을 확보하고, 인도양 공해 지역에서도 해저 열수 광상 광구를 확보하는 성과를 올렸다. 2012년 해양심해저자원연구부로 명칭을 개칭하였으며, 연구 지역을 동태평양과 남서태평양뿐 아니라 인도양까지 넓혔다.

한국해양과학기술원이 심해저 광물 자원 개발 사업을 본격적으로 추진할 수 있게 된 배경에는 대양 탐사가 가능한 종합 조사선 온누리호(1,442톤)가 있었다. 1992년 취항한 온누리호는 매년 심해저 광물 자원 탐사에 투입되어 태평양 망간 단괴 광구(1994년), 통가 해저 열수 광상 탐사권(2008년), 피지 해저 열수 광상 탐사권(2011년), 인도양 해저 열수 광상 광구(2012년), 북대서양 망간각 광구(2016년)를 확보하는데 큰 역할을 하였다. 2016년에는 새로운 종합 조사선인 이사부호(5,894톤)가 취항하여 광구 해역에서 정밀 탐사 활동을 수행하고 있다.

2008년 통가 배타적 경제 수역의 해저 열수 광상 개발을 위한 탐사권 확보 이후 심해저 광물 자원 매장량 평가를 위해 진행한 탐사(2009–2012년)에 국내 유수의 5개 기업이 투자하였다. 이는 민간 기업이 심해저 광물 자원 개발에 참여하는 첫 번째 사례가 되었으며, 민간 주도의 상업적 개발을 유도하는 계기가 되었다.

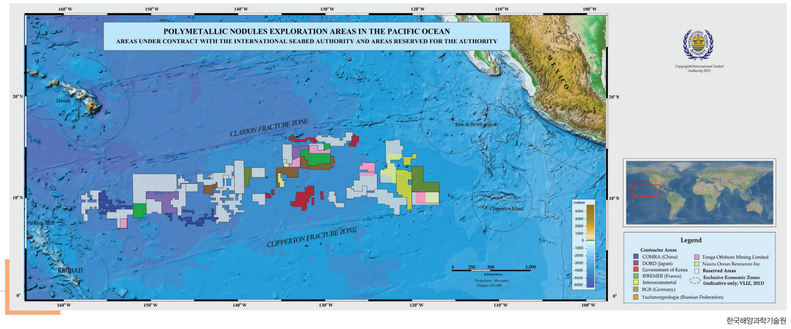
지난 30년간의 노력을 통해 통가 해역 탐사권 확보를 포함하여 동태평양, 남태평양, 인도양 등에 총 11만 2천km^2 면적의 해외 광물 영토를 확보하였다. 이는 우리나라 면적의 약 1.1배에 달한다.

해령에 나타나는 열수 광상



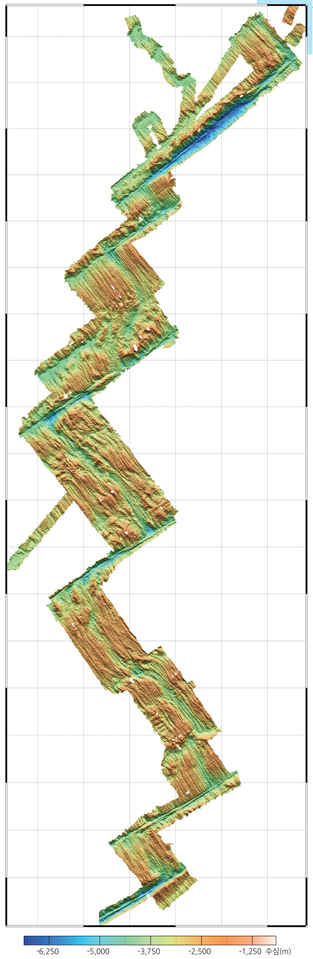
종합 해양 조사선 온누리호

북동태평양 망간 단괴 조사



한국해양과학기술원

인도양 중앙 해령 해저 열수 광상 탐사



한국해양과학기술원

해외 지질 및 자원 조사

한국지질자원연구원에 의해 '동티모르 민주 공화국 수아이(Suai) 지역 지질도 작성' 프로젝트가 2010년 12월 29일에서 2013년 6월 30일 사이인 2년 반 동안 수행된 결과, 동티모르 남서부에 위치한 수아이 지역 포호렘(Fohorem) 도폭 지질도가 제작되었다. 이는 우리나라 연구진에 의해 제작된 최초의 외국 정규 지질 도폭이다. 동티모르가 위치한 지역은 인도–오스트레일리아판, 태평양판, 아시아판이 서로 만나는 지역이며, 포호렘 도폭 지역은 화산호인 반다 지괴와 오스트레일리아 지괴 충돌 경계부에 위치하고 있어 지질적으로 중요한 지역이다.

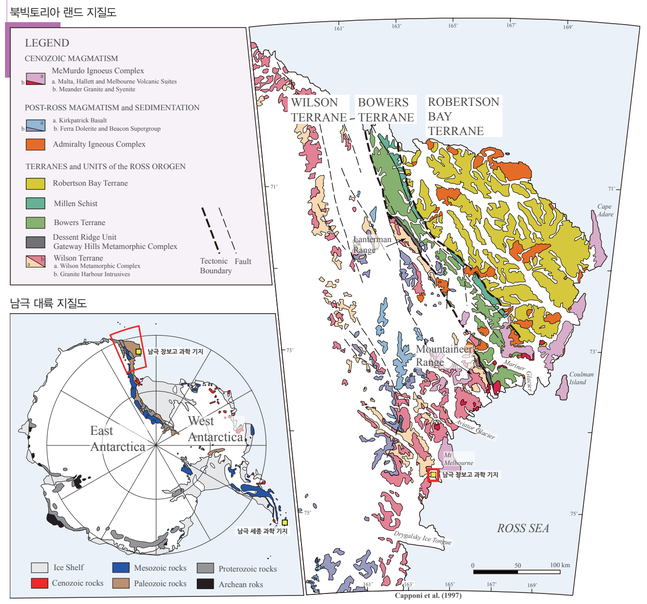
1987년 한국해양연구소 내에 극지연구실이 신설되었고, 1988년에 남극 세종 과학 기지, 2002년에는 북극 다산 과학 기지가 개설되었다. 이후 2004년에 극지연구소가 설립되었고, 2014년에 남극 장보고 과학 기지가 준공되었다. 남극 세종·장보고 과학 기지에서는 남극의 기상 및 대기, 빙하, 해양 및 육상 생태계, 극한 생명에 대한 연구가 진행되었다. 최근에는 남극 장보고 과학 기지를 기반으로 고기후 및 빙하 연구와 함께 남극 대륙의 지질 연대학·지구 물리학 연구 등이 수행되었다. 특히 남극 내륙 연구를 위한 육상 루트 개척과 탄성파 탐사 연구가 진행되었다.

남극 장보고 과학 기지가 위치한 북빅토리아 랜드는 윌슨(Wilson) 지괴, 바워스(Bowers) 지괴, 로버트슨베이(Robertson Bay) 지괴로 구성되는데 이들 지괴는 고생대 초에 병치되어 현재에 이른다. 극지연구소는 이들 지괴의 형성과 진화에 대한 지질학적 연구 및 활화산 진화 연구를 실시하였고 남극 장보고 과학 기지 주변 상세 지질도가 2018년에 완성되었다. 이와 함께 남극 운석 탐사가 수행되고 있으며 이를 바탕으로 태양계 형성 연구도 수행되고 있다.

남극 내륙 진출 루트

남극 운석 연구

북빅토리아 랜드 지질도

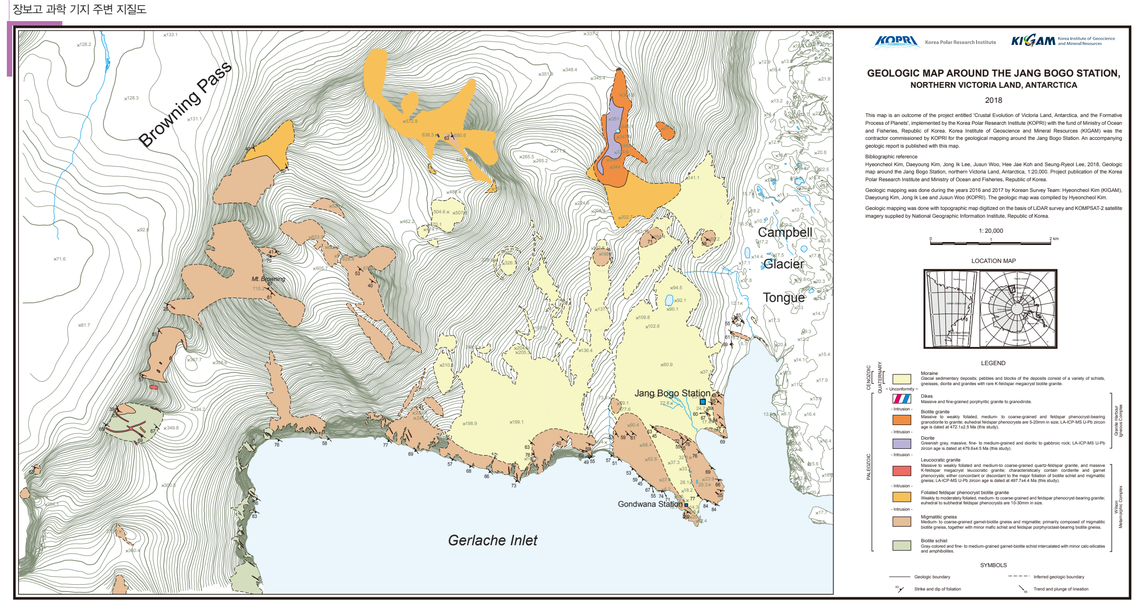


남극 대륙 지질도

Capponi et al. (1997)

극지연구소

장보고 과학 기지 주변 지질도



극지연구소, 한국지질자원연구원(2018)