

조선시대 이래 한반도 지진발생의 시·공간적 분포특성

윤순옥, 전재범

경희대학교 지리학과 부교수, 경희대학교 지리학과 대학원생

1. 서 론

대부분의 지진은 암석권의 단단한 암석 내부에서 발생한다. 경암은 변형력이 탄성한계를 초과할 때 취성(brittle)파쇄가 일어나지만, 지하 심부에서는 높은 온도와 압력으로 인해서 연성(ductile)변형이 일어난다¹⁾. 연성변형이 일어나는 환경에서는 암석의 파괴나 변형에너지의 축적은 일어나지 않고 퍼티(putty)처럼 영구변형이 일어나 변형력이 사라진 후에도 모양은 그대로 유지된다. 따라서 지진은 보다 차갑고, 취성인 지구의 외곽부에서 일어나는 현상이라고 할 수 있다.

한반도내에서 발생하는 지진들은 판구조론의 견지에서 볼 때, 우리나라가 유라시아(Eurasia)판의 내부에 위치하므로, 캘리포니아(California)나 일본 등지의 판경계 지진활동(interplate seismicity)이 아니고 중국 내부의 경우와 같이 판내부 지진활동(intraplate seismicity)의 범주에 속한다. 판내부 지진활동은 판경계 지진활동에 비하여 시공간적으로 매우 불규칙한 특성을 가지며(Huang, 1963), 엄밀한 의미에서 판구조론적 접근으로는 설명이 불가능하다는 것이다. 현재까지도 판내부 지진활동에 대한 만족할 만한 통일된 이론은 정립되어 있지 않다. 바로 이 점이 한반도의 지진활동을 이해하는데 가장 큰 어려움이 되고 있다.

역사시대에 우리나라에는 지진이 드물지 않게 발생했으며, 그 사실은 많은 문헌에 기록되어 있다. 계기지진관측을 시작한 1905년을 기점으로, 이전을 역사지진시대, 이후를 계기지진시대로 구분하는데, 기존의 연구는 이러한 문헌자료에 근거하여 역사지진의 진원, 진앙, 진도에 대한 추정, 지진위험도 작성을 위한 참고로서 연구가 이루어졌다. 특히, 경상분지를 중심으로 왕성한 지진활동이 기록되어 있어, 많은 연구들이 영남지역에 집중되어 이루어져 왔다. 그러나, 역사시대의 지진활동이 공간적으로, 시간적으로 어떠한 규칙성이 있는지, 어떤 패턴을 형성하고 있는지에 대한 연구는 미흡하다.

이에 본 연구에서는 조선시대 지진의 시·공간적 분포특성을 조선왕조실록의 기록을 통하여 검토하였다. 조선시대 500년간의 한반도 전역에 걸친 지진자료를 지진이 미친 범위와 강도, 시간적,공간적으로 분류하고, 현대에 측정된 지진기록을 보충하여, 한반도 지진연구에 대한 기초자료를 제시하고자 한다.

본 연구에 이용된 조선왕조실록은 한국학 데이터베이스연구소에서 2000년에 발간한 증보판 CD-ROM 국역원전을 이용하였으며, 조선왕조실록에서 찾을 수 있는 지진 발생에 관한 다양한 기록⁵⁾을 데이터베이스화 한 후, 이를 바탕으로 지진발생의 시간적, 공간적인 분포 패턴을 검토하였다. 우선, 조선왕조실록의 지진기록은 모두 사실이며, 과장되지 않고 성실하게 기록되었다고 가정하였으며, 지진에 대한 기록은 정밀한 지진관측 장비가 없었던 시대였으므로, 최소한 몸으로 느낄 수 있는 JMA-scale²⁾ II 이상의 기

록이라고 가정하였다.

한편, 왕조실록의 기록을 정리하는데 다음과 같은 사항들이 고려되었다.

첫째, 지진발생일이 명시된 경우는 그 날짜를 사용하고, 명시되지 않은 기록에 대하여는 기록일을 지진발생일로 하였다. 둘째, 지진발생의 원인, 진앙과의 거리, 진원의 깊이에 대한 자료가 불충분하므로, 지진의 성격에 대하여는 고려하지 않았다. 셋째, 해양지진에 대한 기록이 없으므로 해양지진은 논의에서 제외하였다. 넷째, 전국적으로 발생한 지진에 대하여는 구체적 지명과 피해에 대한 자료가 없어 지명이 명확하게 기록된 지역의 지진만을 연구대상으로 하였다3).

2. 지진활동의 유형

조선왕조실록의 기록에 기재된 가옥의 손상, 지진의 보고 등에서 MM진도 또는 JMA진도와 같은 등급기준을 직접 적용하기는 어렵다. 따라서, 본 연구에서는 강도와 규모를 현대의 기준으로 세분하지 않고, 경향성을 파악하기 위해 기록에 근거하여 간략히 구분하고자 한다. 지진 발생시 7 고을4) 이상에서 보고가 되었을 경우 지진이 영향을 미친 공간의 규모를 범위 A라 하고, 4개 고을에서 6개 고을까지를 범위 B, 3개 고을 이하와 미기록된 지진을 범위 C로 분류하였다. 이는 시기마다 지진발생 범위에 대한 기술이 서로 상이하어 일정한 기준을 두기가 어려우나, 의미있는 결과를 산출하기 위한 가장 적절한 기준이라 생각되어 정하였다. 또한 인명피해, 물적피해가 보고된 지진은 강도 a, 문과 창문이 심하게 흔들거리는 등의 현상이 보고된 지진은 강도 b, 그 이외의 지진 및 미기록된 지진은 강도 c로 분류하였는데, 대체적으로 조선왕조실록의 지진에 대한 기록이 '사람이 죽었다', '집이 내려앉았다', '문지방이 흔들렸다' 등으로 기술이 되었으므로 지진의 강도를 이와 같이 세 단계로 나누었다.

표 1은 이상의 기준에 의거하여 작성되었으며, 범위 A에 해당하는 지진이 41건, B에 해당하는 지진이 50건, C에 해당하는 지진이 330건으로 분류되었고, 강도 a에 해당하는 지진이 5건, b에 해당하는 지진이 13건, c에 해당하는 지진이 405건으로 분류되었다. 광역적으로 많은 피해가 발생한 지진인 Aa는 2건이 있었으며, 반대로 국지적이고 피해가 적게 발생한 지진인 Cc는 318건으로 조선시대 지진의 75%를 차지하였다. 이상의 결과로 볼 때 조선시대에 발생한 지진의 대부분은 좁은 범위에서 발생한, 피해가 경미한 경진5) 이하였던 것으로 생각된다.

표 1은 이상의 기준에 의거하여 작성되었으며, 범위 A에 해당하는 지진이 41건, B에 해당하는 지진이 50건, C에 해당하는 지진이 330건으로 분류되었고, 강도 a에 해당하는 지진이 5건, b에 해당하는 지진이 13건, c에 해당하는 지진이 405건으로 분류되었다. 광역적으로 많은 피해가 발생한 지진인 Aa는 2건이 있었으며, 반대로 국지적이고 피해가 적게 발생한 지진인 Cc는 318건으로 조선시대 지진의 75%를 차지하였다. 이상의 결과로 볼 때 조선시대에 발생한 지진의 대부분은 좁은 범위에서 발생한, 피해가 경미한 경진5) 이하였던 것으로 생각된다.

3. 시기별 지진발생 특성

표 1. 조선시대 발생한 지진의 범위 및 강도

범 위 강 도	A	B	C	계(%)
a	3		1	4(1)
b	1	1	11	13(3)
c	38	49	318	405(96)
계(%)	42(9.7)	50(12.1)	330(78.2)	422(100)

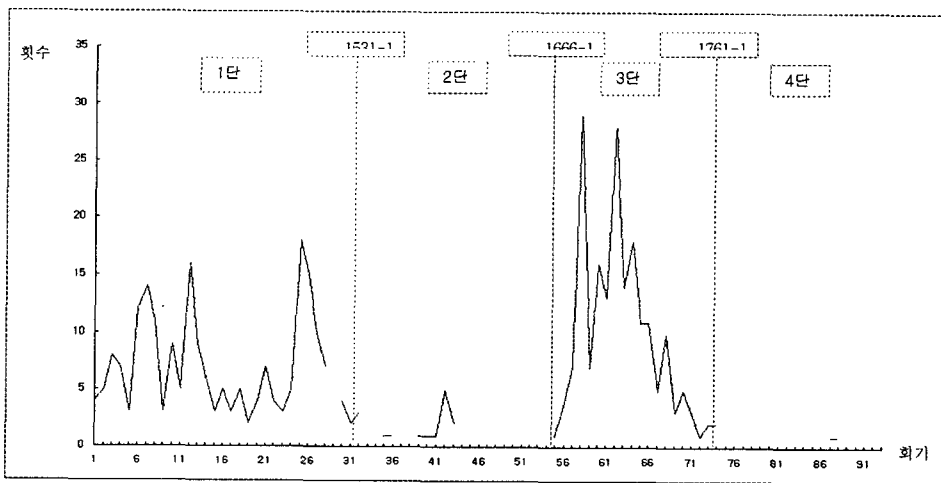
범위 A: 7개 고을 이상 B: 4~6개 고을 C: 1~3개 고을/미기록
강도 a: 인적, 물적 피해 b: 건물이 흔들림 c: 피해없음/미기록

표 2. 조선시대 지진발생 빈도에 의한 시기 구분

단 계	1단계	2단계	3단계	4단계	계
회 기(회)	1 ~ 28	29 ~ 54	55 ~ 74	75 ~ 93	
년 도(년)	1392~1535	1536~1665	1666~1765	1766~1863	472
기 간(년)	35	65	65	63	
총 지진 발생횟수(회)	144	130	100	98	422
연 평균 발생횟수(회)	203	24	190	5	422
연 평균 발생횟수(회)	1.41	0.18	1.9	0.05	0.89
비 율 (%)	48.1	5.7	45	1.2	100

조선시대 지진발생에 대한 시간적인 패턴을 분석하기 위해 5년을 1회기로 하여 조선시대 전 기간(1392~1863년)을 총 93회기로 나누었다. 그림 1은 회기별 지진발생 횟수를 나타낸 그림으로 총 93회기 422건의 지진발생 기록을 바탕으로 조선시대 지진발생 패턴을 크게 4단계로 구분하였다.

1단계는 1392~1535년(1~28회기)까지의 140년간으로 지진이 지속적으로 발생하였으며, 조선시대 발생한 전체 지진 횟수의 48%에 달하는 많은 지진활동이 있었다. 특히 7회기, 12회기, 25회기를 중심으로 지진이 다수 발생하였고, 1516~1520년의 25회기에는 총 18회로 가장 많이 발생하였다. 2단계는 1536~1665년(29~54회기)으로 지진발생에



<그림 1> 조선시대 회기별 지진

관한 기록이 거의 없다. 130년 동안 단 24차례의 지진만 기록되었으며, 발생율이 전체 발생횟수의 5.7%에 불과하다. 3단계는 1666~1765년(55~74회기)의 100년간으로, 이 시기는 조선시대 동안 지진이 가장 왕성하게 발생하여 연평균 1.9회 기록되었다. 특히 1681~1685년의 58회기와 1701~1705년의 62회기는 지진발생이 가장 활발하여 57건의 기록이 나타났다. 이는 전체의 13.5%에 해당된다. 4단계는 1766~1863년(75회기~93회기)의 98년간으로서 이 시기는 연평균 지진 발생횟수가 0.05회로 지진이 거의 기록되지

않았다. 이와 같이 조선시대에 관찰된 지진 기록에 의하면, 1단계와 3단계에서는 지진활동이 왕성하였으나, 2단계와 4단계에서는 적어도 몸으로 느낄 수 있는 정도의 지진활동은 거의 없었음을 의미한다. 이것은 한반도의 지진활동에 주기가 있음을 보여주는 증거가 될 수 있으며, 조선시대 이전, 이후의 기타 기록을 보충하여 보다 장기적인 기간에 대해 지진주기가 규칙적으로 반복되는지 명확히 조사되어야 할 것이다.

4. 조선시대 지진발생의 공간적 분포

지진발생에 대한 지역별 분포를 살펴보면 총 437지역7)에서 지진이 발생하였으며, 개별 지진발생 빈도는 경상북도, 충청남도, 경상남도, 전라북도의 순으로 나타났고, 영남지방이 전체의 33%를 차지하여 경상분지에서 지진활동이 활발하였다.

표 3. 행정구역별 조선시대 지진발생 (1392~1863년)

	제주	전남	전북	경남	경북	충남	충북	서울
지진발생수	2	24	45	51	92	59	29	16
비율 (%)	0.5	5.5	10.3	11.7	21.1	13.5	6.6	3.7
	경기	강원	황해	평남	평북	함남	함북	합계
지진발생수	25	26	23	26	12	4	3	437
비율 (%)	5.7	5.9	5.3	5.9	2.7	0.9	0.7	100

5. 조선시대 지진발생의 지질 및 구조선별 고찰

우리나라의 지질은 크게 화성암류의 지질과 변성암류의 지질, 퇴적암류의 지질로 구성된다. 변성암 지질지역에서는 옥천층군에서의 지진활동이 활발하였는데, 1451년 공주를 중심으로한 Bc급의 지진활동을 포함하여 10회기에서 15회기, 18회기에서 23회기 사이에 집중적으로 발생하였다. 화성암 지질지역 중에서 대보화강암 지역에서는 강릉과 서산에서 1단계와 3단계에 걸쳐 지진이 각 9회씩 있었으나, 그 외의 지역에서는 경상북도 안동(9회)을 제외하면 호남지방에서 영광 등을 중심으로 소규모로 발생하였다. 불국사 화강암 지역에서는 경상분지를 비롯하여 설악산, 월악산, 월출산과 그 밖의 지역에 소규모로 지진이 있었다. 퇴적암 지질지역에서는 조선누층군(朝鮮累層群)과 옥천조산대 지역에서 1416년 삼척, 문경, 단양 등지에 Bc급 지진이 발생한 것 외에는 그다지 많이 나타나지 않는다. 평안누층군(平壤累層群)에서는 10회기 때 강원도 강릉 남서부 부근과 평창부근에 Bc 규모의 지진활동이 있었으며, 대동누층군(大同累層群)에서는 10회기 때인 1441년 Ac 급의 지진을 포함하여 옥천변성대에 걸쳐 활발히 일어났다. 경상누층군(慶尙累層群)에서의 지진활동은 가장 활발히 진행되었으며, 대구(16회)를 축으로 대구와 경주를 기점으로 하여 ENE-WSW 방향의 선적구조로 많이 발생하였다.

6. 근세 지진계측이래 지진발생

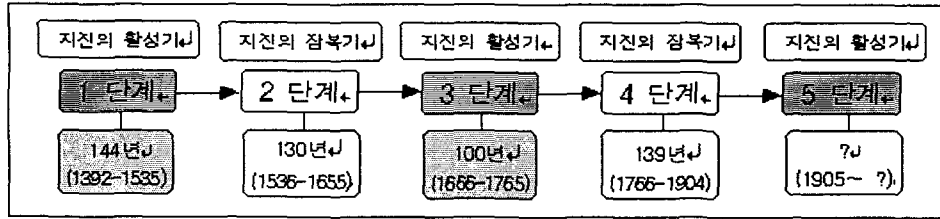


그림 2 . 조선시대 지진현황과 계기지진 현황과의 단계적 연관성

표 4. 1978~2000년 사이에 발생한 지진의 범위, 강도별 분류

범 위 강 도	A	B	C	계 (발생횟수)	빈 도(%)	
					현 재	조선시대
a	7	1		8	3	1
b	9	9	1	19	6	3
c	10	14	256	280	94	96
계 (발생횟수)	26	24	257	307	100	100
빈 도 (%)	현재	8.5	7.8	83.7	100	
	조선시대	9.7	12.1	78.2	100	

조선시대 지진활동과의 시간적 연관성은 4단계 마지막 해인 1863년 이후부터 1904년까지의 기록이 되지 않은 공백기를 지진의 잠복기라 가정하고 4단계의 기간을 연장하면 139년이란 기간이 나온다. 이는 조선 전기의 2단계 잠복기의 기간인 130년과 비교할 때 유사성을 보여준다(그림 2). 표 4는 조선시대 지진의 범위, 강도별 분류와 현재(1978~2000) 지진의 범위, 강도를 비교하기 위해 조선시대 지진을 구분한 것과 동일한 방법을 사용하여 작성한 것이다. 1978~2000년까지 강도 a의 지진이 과거보다 빈도가 약간 많을 뿐 조선시대와 현재에 발생한 지진의 범위와 강도의 정도는 거의 일치한다. 이는 조선왕조실록의 지진기록이 정확하다는 것을 보여줄 뿐만 아니라, 한반도에 있어서 지진의 범위와 강도가 조선시대 이래 거의 일정하게 나타난다는 것을 말해준다.

7. 결 론

이상에서 조선시대에 발생한 지진을 역사자료에 기초하여 시·공간적으로 분포특성을 살펴보고, 그 결과를 토대로 조선시대 이후의 계기지진기록과 관련지워 약 600년 동안의 지진활동의 주기와 공간분포를 검토해 보았다. 그 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 조선왕조실록의 지진기록은 현대적 관측장비에 의해 보고된 20c의 기록과 비교할 때, 지진의 강도를 서술적으로 표현한 것을 제외하면, 발생장소와 빈도는 비교적 정확하다고 볼 수 있다.

둘째, 조선시대동안 한반도에 발생한 지진은 시기적으로 4단계로 구분되며, 이는 5단계에 해당하는 현재의 지진발생의 현황과도 연계된다. 즉, 1, 3단계는 지진활동의 활성기이며, 2, 4단계는 잠복기로 간주된다. 따라서 최근의 5단계는 활성기에 해당한다.

셋째, 지진의 활성기와 잠복기의 주기는 100~150년으로 나타났으며, 1단계(1392~1535) 144년, 2단계(1536~1655) 130년, 3단계(1666~1765) 100년, 4단계(1766~1904(?)) 약 130여년으로 거의 규칙적으로 배열되며, 지진의 규모와 강도도 이와 같은 주기에 대

응하여 반복적으로 변하고 있다.

넷째, 20세기 계기관측장비에 의해 조사된 결과와 이조실록의 기록을 비교해 본 결과, 양자간에 신뢰할 만한 지진발생 관련성을 찾아낼 수 있었다. 조선시대 지진은 공간적으로 이북은 평안분지 서안, 이남은 옥천변성대와 혼성구, 경상분지에서 ENE-WSW 선상으로 탁월하게 나타나며, 이는 현재의 지진발생의 공간적 분포와 대략 일치한다.

넷째, 한반도의 지진은 판내부지진에 해당하므로 재해를 일으키는 규모가 큰 지진의 빈도가 판경계 지진에 비해 발생주기가 길 것이나, 빈도와 규모의 측면에서 볼 때 제 5 단계에 해당하는 현재 큰 규모의 지진이 발생할 가능성이 있다.

註.

- 1) 취성과쇄라는 것은 암석이 응력을 받을 때 탄성한계를 초과하게 되면 응력이 제거되어도 원래의 상태로 돌아오지 않는 부서짐을 뜻하며, 연성변형이라는 것은 암석이 탄성한계 이상으로 응력이 가해질 때 모양과 체적이 불가역적으로 변화하는 것을 말한다.
- 2) 일본기상청(Japanese Meteorological Agency)의 진도계급(8계급, 1949년). 계급Ⅱ는 미진 0.8~2.5gai으로 정지하고 있는 사람, 특히 지진에 민감한 사람만이 느낄 수 있는 정도임.
- 3) 중종13년 5월 15일, 전국적으로 세차례 큰 지진이 있었으나 자세한 기록이 없어 규모/강도별 분석에서만 자료로서 사용하였다. 또한 숙종7년 5월 11일에도 전국적인 지진기록이 있으나 강원도의 몇 개 지역을 제외하고는 지명에 대한 언급이 없어 강원도 몇 개 지역에 대한 지진으로 분류하였다. 조선왕조실록 15 집 433 면, 38 집 529 면.
- 4) 지진발생에 관한 기록시 주로 현 단위로 기록이 되어 있었으나, 통일된 단위로 기록이 되어 있지 않았기 때문에 한 지명을 한 고을이라고 간주하여 분류하였다.
- 5) 일본기상청 진도분류에서의 계급Ⅱ에 해당되며, 모든 사람이 느낄 정도의 것으로 창문이 약간 흔들릴 정도의 지진을 말한다.
- 6) 조선시대 기간은 1392년부터 1910년까지이지만 실록이 1863년까지 기록되어있는 관계로 1863년까지만 조사 범주에 포함시켰다. 그리고 1392년부터 1400년까지의 9년간과 1856년부터 1863년까지의 8년간의 기간은 분석을 용이하게 하기 위하여 1회기로 하였다.
- 7) 전체 422회의 지진발생 횟수보다 437회로 더 많이 나타나는 이유는, 두 도 또는 그 이상의 도에 걸쳐서 발생한 지진이 적어도 15회 (구체적으로 지역의 명시가 안되어 있는 자료들은 배재했으므로 실제론 15회 이상이었을 것으로 생각됨.)가 반복적으로 포함되었기 때문이다.

참 고 문 헌

- 강필중, 1990, Landsat 인공위성 TM 영상에 의한 Lineament와 Circular/arc structure 연구, 한국동력자원연구소.
- 경제북, 1993,, 남한의 지진출현과 지형 및 선구조선의 대비, Jour. Korean Earth Science Society, Vol. 14, No. 4, pp.482-491.
- 경제북·이기화·한세섭, 1997, 20C 한반도 지진활동 특성과 영월지진(1996년12월13일)의 피해 및 진도 분석, 한국지진공학회 1997년 춘계학술대회논문집. pp.77-87.
- 기상청, 2001, “지진관측보고 (1978-2000)”

- 김규한·전효택·정명채·문희수, 1998, “환경지질학”, 서울대학교 출판부, 서울.
- 김성균, 1996, “고체지구물리학”, 교학연구사, 서울.
- 대한지질학회, 1999, “한국의 지질”, 시그마프레스, 서울.
- 민족문화추진회, 1989, “신중동국여지승람(국역)”, 민문고, 서울.
- 박수인·손영관·안중호·이동진·장태우·전승수·정공수·조봉곤·황정, 1998, “생동하는 지구(지질학 입문) 제3판”, 시그마프레스, 서울.
- 서정문, 1998, 역사지진의 진도추정을 위한 초가삼간의 내진성 평가실험, 한국지진공학회 1997년도 춘계학술대회 논문집 pp3.-20.
- 연관희·이종립·함영승, 1998. 한반도 지진목록자료의 불완전성을 고려한 지진재해도 분석, 한국지진공학회 1998년도 춘계학술대회 논문집. pp.413-420
- 윤순옥·황상일, 1999, 한국 남동부 경주시 불국사단층선 북부의 활단층지형, 대한지리학회지 제34권 제3호 (통권76호), pp.231-246
- 이기화, 1997, 한반도 역사지진 및 일제시대 계기지진 분석, 한국원자력연구소. p.98
- 이기화·이전희, 1998, 불완전한 자료 및 완전한 자료 목록을 이용한 한반도 지진구들의 지진활동 매개변수 평가, 한국지진공학회 1998년도 춘계학술대회 논문집. pp.23-30
- 전명순·전정수·石川有三, 1997, 한국의 초기 계기지진 자료분석(1905-1942), 한국지진공학회 1997년도 춘계학술대회 논문집 pp41-48
- 정봉일, 1981, 한국의 고지진에 관한 연구, 지질학회지, 17, pp.257-268.
- 정봉일·이기화·한영우, 1981, 한반도 지진활동 연구, 한국과학재단보고서 조선지진연구소(1986), “조선지진목록(2-1983)”.
- 조선총독부 관측소(1905-1912), “조선지진보고 (1905-1912)”.
- 조선총독부기상대(1940-1942), “조선기상요보 1940-1942”.
- 조선총독부 기상대(1943), “지진년보 1940”.
- 최무웅·정상립·고의장, 1990, “지구과학”, 자유출판사, 서울.
- 한국자연지리연구회편, 2000, “자연환경과 인간”, 한울아카데미, 서울.
- 한국학데이터베이스연구소, 1997, “국역 CD-ROM 증보판 조선왕조실록”, 서울시스템(주), 서울.
- 池田安隆, 島崎邦彦, 山崎晴雄 (장태우 옮김), 2000, “활단층이란 무엇인가”, 경북대학교 출판부, 대구.
- 岡田勝也·池田研一·長各川達世, 2000, 活斷層調査から耐震設計まで, 鹿島出版社, p.203.
- 岡田篤正·渡邊滿久·佐藤比呂志·全明純·曹華龍, 金性均, 田正秀, 池憲哲, 尾池和夫, 1994, 蔚山斷層系(韓國南東部)中央部の活斷層地形とトレンチ調査, 地學雜誌, 103(2), pp.111-126
- 斷層露頭. 107(5), pp.644-658
- 岡田篤正·渡邊滿久·鈴木康弘·慶在福·曹華龍·金成均·尾池和夫·中村俊夫, 1998, 蔚山斷層系中央部の活斷層地形と斷層露頭. 107(5), pp.644-658
- Huang, C.C., 1963, Basic features of the tectonic structure of China, Inter. Geol. Rev., 5, p. 289-320.
- http://www.kma.go.kr/seismic/k_seismenu.htm (기상청 홈페이지).
- <http://keerc.snu.ac.kr/webpage/front/front.html> (서울대학교 지진공학 연구센터).