

2023년 11월 30일 04시 55분 경북 경주 지역 규모 4.0 지진 분석서

- 2023.11.30., 지진화산국 -

※ 항목별 용어설명 자료(참고)는 [홈페이지 내 도움말 활용](#)

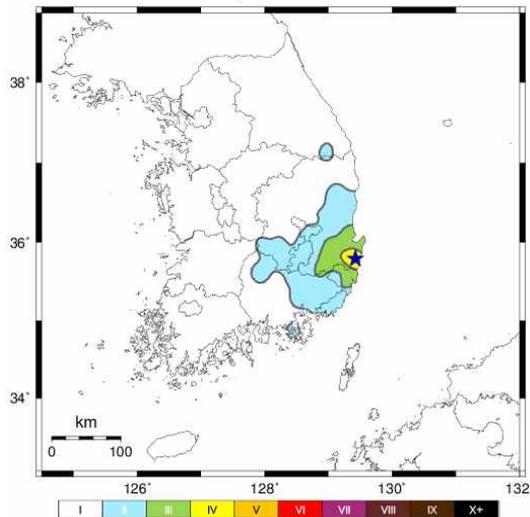
2023년 11월 30일 4시 55분 경북 경주시 동남동쪽 19km 지역에서 규모 4.0의 지진(발생 깊이 12km)이 발생하였다. 약 2초 후 경북 경주시 양북관측소(YGBA)에서 최초 관측되었으며, 지진속보(규모 4.3)는 최초 관측 5초 후 전국에 긴급재난문자방송(CBS)으로 발표되었다. 이후 추가분석을 통해 규모가 4.0으로 조정되어 추가로 안전안내문자가 발송되었다. 이번 지진은 경북 지역에서 최대계기진도 V(5), 울산 지역 IV(4), 경남·부산 III(3)이 기록되었고, 체감신고는 06시 24분 기준으로 경북 42건, 울산 34건, 대구 8건, 부산 6건, 경남·충북·충남 1건으로 총 93건이 있었다.

이 지진은 2023년 오늘까지 한반도에서 발생한 규모 2.0이상 지진 99회 중 두 번째로 큰 규모이며, 내륙에서 발생한 최대 규모이다.

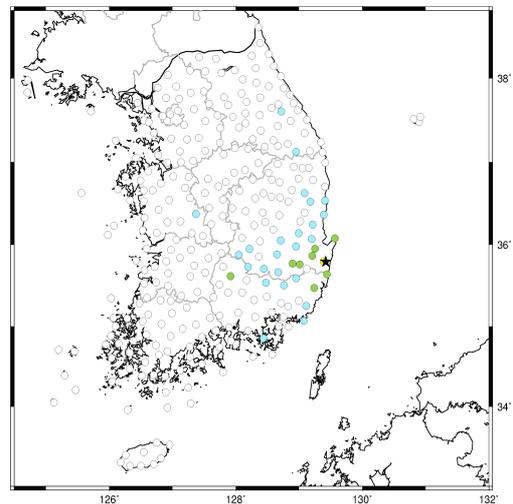
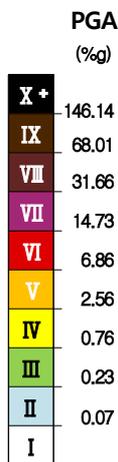
1 지진발생 현황

• 발생시각	2023년 11월 30일 04시 55분 24초			
• 위치(불확도)	경북 경주시 동남동쪽 19km 지역 (문무대왕면) 위도: 35.791° N, 경도: 129.422° E (±1.2 km)			
• 규모(불확도)	4.0 M_L (± 0.2)	깊이	12 km	
• 진도	최대계기진도	V(경북), IV(울산), III(경남, 부산)		
	최대지반가속도	관측소	양북(YGBA)	PGA(%g) 1.563

진도분포도



최대지반가속도 분포도



☞ 관측소별 최대지반가속도(진도 Ⅰ 이상, 불임)

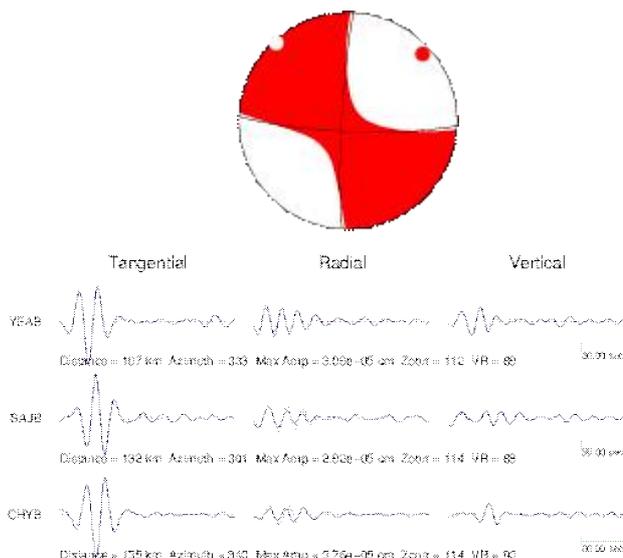
2 지진발생 원인(메커니즘)

진앙지 주변 지질구조도



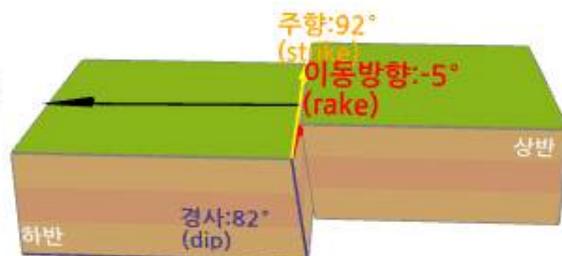
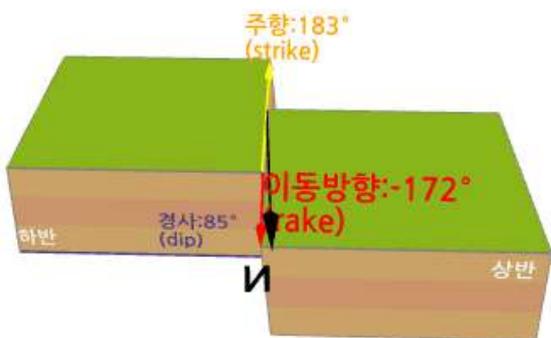
※ 출처: 한국지질자원연구원(1/25만 지질도)

단층운동 분석결과



(단층면1)
 주향 183°
 경사 85°
 이동방향 -172°

(단층면2)
 주향 92°
 경사 82°
 이동방향 -5°



• 단층운동 분석	주향이동단층
• 주향, 경사, 이동방향	(183° , 85° , -172°) / (92° , 82° , -5°) 주향은 남-북 또는 동-서 방향
• 모멘트/규모	0.30E+22 dyne-cm / 3.59 Mw
• 분석신뢰도	89.3%

본 지진은 남-북 또는 동-서 방향의 주향이동단층 운동에 의해 발생된 것으로 분석됨.

3 지진발생 통계 ('23.11.30. 06:00 기준)

· 진앙지 반경 30km 이내 발생 지진(1978년 이후)

규모	$2.0 \leq M_L < 3.0$	$3.0 \leq M_L < 4.0$	$4.0 \leq M_L < 5.0$	$5.0 \leq M_L < 6.0$	합계
횟수	225	29	3	2	259

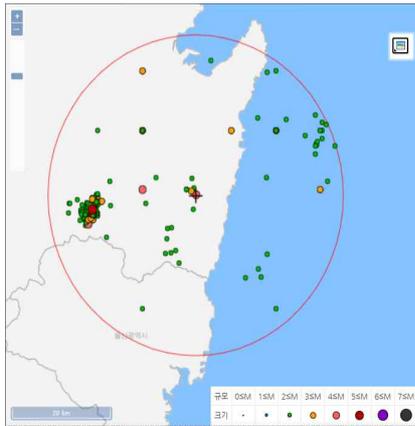
- 이번 지진 이전 최대 규모 지진 : 2016년 9월 12일 규모 5.8 (M_L)
- 최근 발생 지진 : 2023년 7월 21일 규모 2.3 (M_L)

· 올해 한반도에서 발생한 지진 순위(규모 3.5 이상)

순위	발생시각	규모 (M_L)	깊이 (km)	위도 ($^{\circ}N$)	경도 ($^{\circ}E$)	위치
1	2023-05-15 06:27:37	4.5	31	37.87	129.52	강원 동해시 북동쪽 52km 해역
2	2023-11-30 04:55:24	4.0	12	35.79	129.42	경북 경주시 동남동쪽 19km 지역
3	2023-01-09 01:28:15	3.7	19	37.74	126.20	인천 강화군 서쪽 25km 해역
4	2023-07-29 19:07:59	3.5	6	35.80	127.53	전북 장수군 북쪽 17km 지역
4	2023-04-25 15:55:55	3.5	33	37.86	129.49	강원 동해시 북동쪽 50km 해역

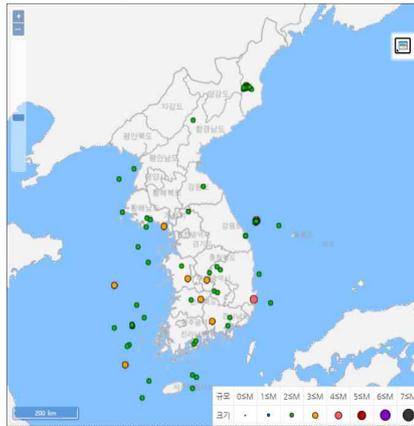
- 이번 지진은 2023년도 한반도 발생 지진 규모 2위에 해당함

지진발생현황
(규모 2.0 이상)



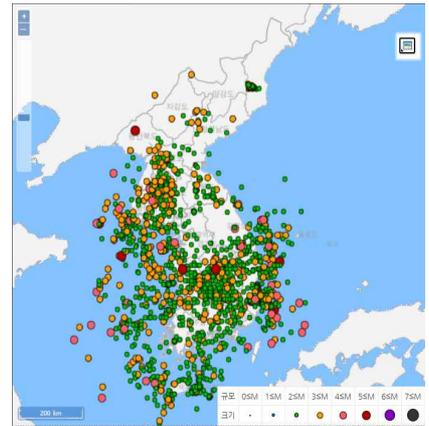
(반경 30km, 1978~현재)

올해 진앙분포도
(규모 2.0 이상)



(2023.1.1.~현재)

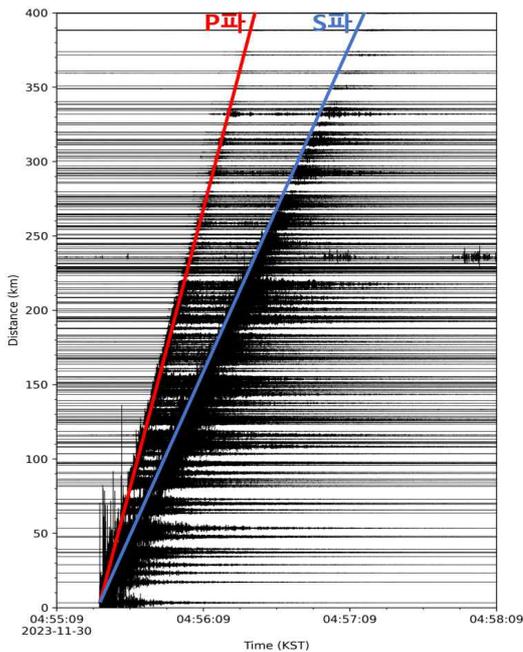
누적 진앙분포도
(규모 2.0 이상)



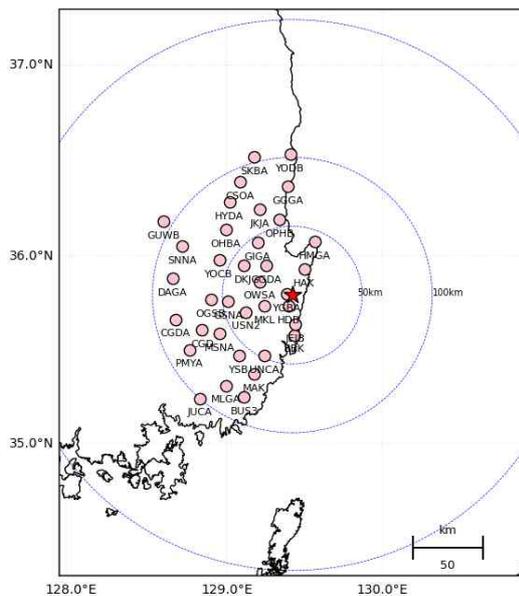
(1978~현재)

4 지진파 분석

관측소 지진파형



지진분석관측소 분포도



이번 지진은 규모 4.0로 약 400km 거리의 관측소까지 P파 및 S파의 전파양상을 확인할 수 있음(0.1~5Hz 대역 필터 적용)

· 지진분석에 사용된 관측소 현황(○)

· 분석에 사용된 관측소 현황

번호	관측소명	코드명	종류	위도(°N)	경도(°E)	진앙거리 (km)	P파관측시간 (초)
1	양북	YGBA	가속도	35.795	129.387	3.2	2.58
2	효동리(지자연)	HDB	광대역	35.734	129.399	6.7	2.73
3	학계리(지자연)	HAK	가속도	35.930	129.500	16.9	4.09
4	정자	JEJB	광대역	35.638	129.441	17.1	3.96
5	명계리(지자연)	MKL	광대역	35.732	129.242	17.5	4.03
6	황성	OWSA	가속도	35.863	129.209	20.8	4.51
7	강동	GGDA	가속도	35.950	129.253	23.3	4.82
8	방방골(지자연)	BBK	가속도	35.580	129.436	23.5	4.90
9	울산	USN2	가속도	35.702	129.123	28.7	5.66
10	덕정리(지자연)	DKJ	가속도	35.947	129.109	33.1	6.34
11	호미곶	HMGA	가속도	36.076	129.567	34.2	6.59
12	기계	GIGA	가속도	36.069	129.200	36.8	6.82
13	경주산내	GSNA	가속도	35.758	129.011	37.3	6.94
14	응촌	UNCA	가속도	35.470	129.240	39.3	7.28

번호	관측소명	코드명	종류	위도(°N)	경도(°E)	진앙거리 (km)	P파관측시각 (초)
15	포항	OPHB	광대역	36.191	129.339	44.9	8.21
16	영천	YOGB	광대역	35.977	128.951	47.2	8.51
17	양산(지자연)	YSB	광대역	35.468	129.080	47.4	8.54
18	경산	OGSB	가속도	35.769	128.897	47.5	8.55
19	밀양산내	MSNA	가속도	35.588	128.954	48.0	8.67
20	매곡리(지자연)	MAK	가속도	35.370	129.177	51.7	9.25
21	죽장	JKJA	가속도	36.242	129.215	53.4	9.46
22	화북	OHBA	가속도	36.139	128.995	54.5	9.71
23	청도(지자연)	CGD	단주기	35.608	128.843	56.2	9.95
24	강구	GGGA	가속도	36.364	129.391	63.6	11.02
25	현동	HYDA	가속도	36.284	129.019	65.6	11.31
26	물금	MLGA	가속도	35.311	128.997	65.7	11.41
27	금정	BUS3	가속도	35.249	129.113	66.4	11.55
28	밀양	PMYA	가속도	35.502	128.761	67.9	11.79
29	청도	CGDA	가속도	35.663	128.670	69.5	12.06
30	대구	DAGA	가속도	35.879	128.653	70.2	12.14
31	신녕	SNNA	가속도	36.050	128.711	70.3	12.12
32	청송	CSOA	가속도	36.388	129.085	72.8	12.39
33	주촌	JUCA	가속도	35.242	128.828	81.3	13.91
34	영덕	YODB	광대역	36.533	129.410	82.4	14.01
35	석보	SKBA	가속도	36.521	129.179	83.9	14.18
36	군위	GUWB	광대역	36.181	128.593	86.4	14.77

붙임
최대지반가속도(PGA) 및 최대지반속도(PGV)

※ PGA 0.07%g 이상

지진 관측소					PGA (단위:%g)	PGV (단위:cm/sec)
번호	관측소명	코드명	위도(°N)	경도(°E)		
1	양북	YGBA	35.795	129.387	1.563	-
2	경주산내	GSNA	35.758	129.011	0.722	-
3	황성	OWSA	35.863	129.209	0.642	-
4	강동	GGDA	35.950	129.253	0.487	-
5	웅촌	UNCA	35.470	129.240	0.415	-
6	호미곶	HMGA	36.076	129.567	0.388	-
7	거창	KCH2	35.614	127.919	0.335	-
8	정자	JEJB	35.637	129.441	0.306	0.127
9	경산	OGSB	35.769	128.897	0.252	0.046
10	영천	YOCB	35.977	128.951	0.227	0.035
11	성주	SEJA	35.947	128.217	0.179	-
12	태백	TBA2	37.123	128.952	0.166	-
13	화북	OHBA	36.139	128.995	0.159	-
14	죽장	JKJA	36.242	129.215	0.157	-
15	통영	PTYC	34.851	128.438	0.153	-
16	밀양산내	MSNA	35.588	128.954	0.148	-
17	금정	BUS3	35.249	129.113	0.142	0.023
18	증산	JGNA	35.875	128.049	0.141	-
19	달성	CDSA	35.704	128.444	0.141	-
20	강구	GGGA	36.364	129.391	0.136	-
21	야로	YALB	35.728	128.193	0.133	0.015
22	석보	SKBA	36.521	129.179	0.127	-
23	영양	YEYB	36.625	129.088	0.122	0.014
24	청도	CGDA	35.663	128.670	0.120	-
25	창녕	CHRB	35.534	128.478	0.119	0.020
26	대구	DAGA	35.879	128.653	0.119	-
27	영덕	YODB	36.533	129.410	0.116	0.021
28	신녕	SNNA	36.050	128.711	0.103	-
29	기계	GIGA	36.069	129.200	0.099	-
30	대전	TEJ2	36.373	127.371	0.099	-
31	밀양	PMYA	35.502	128.761	0.096	-
32	부산	BSAA	35.066	129.074	0.073	-
33	대구	DAG	37.606	128.719	0.072	-
34	진해	JNHA	35.112	128.754	0.070	-

참고

항목별 설명자료

① 지진발생 현황

- **발생시각**: 지진이 발생했을 때 에너지가 방출된 최초 시간으로 진원시라고도 함
- **위치**: 지진 에너지가 방출된 최초 지역(진원)에서 수직으로 만나는 지표 위의 지점으로 진앙(위·경도)을 달리 표현함
 - 국내지진(지역지진)의 발생위치 및 지진명은 기초 지자체(시·군·구) 행정청을 기준으로 부여하며, 해역에서 발생한 지진은 지역지진 기준인 지자체 또는 10개 주요 섬* 중 가까운 곳을 기준으로 삼음
 - * 제주도, 울릉도, 백령도, 연평도, 서격렬비도, 어청도, 흑산도, 거문도, 독도, 이어도
- **규모**: 지진 발생 시 방출되는 절대적인 에너지 총량에 대한 정량적인 크기로 지진관측소에 기록된 지진파를 이용하여 추정됨. 기상청은 국내 관측소 특성을 적용하여 개발된 국지지진규모식(신동훈 외, 2018)을 적용하여 국내지진 규모를 결정하고, 이를 M_L 로 구분함
 - 규모는 소수점 아래 첫째자리까지 제공되며, 단위는 없음
 - 지진의 불확도(uncertainty)는 지진분석에 사용된 관측소들의 환경, 지각 내 지진파의 속도구조에 대한 이해의 어려움 등에 의해 발생하는 불확실성의 정도를 표현함. 위치 불확도는 타원으로 표현되며 그 타원의 장·단축 길이를 위치 불확실성으로 정의하며 km 단위로 소수점 첫째자리까지 제공함. 규모 불확도는 위치 불확실성으로 인한 불확도 및 각 관측소의 규모를 통계적으로 처리하는 과정에서 발생하는 오차 등이 포함됨
- **깊이**: 지진이 발생한 지하에서 지표까지의 수직 거리
- **최대지반가속도(PGA)**: 지진계 중 강진동을 측정할 수 있는 가속도계를 이용하여 지반의 운동을 측정한 것. 단위는 중력가속도($g=9.81m/sec^2$)의 백분율인 %g로 표시됨
- **진도**: 지진파는 지반을 통과하면서 파의 감쇠가 발생하여 지진발생 위치에서 멀어질수록 진동의 세기가 약해지는데, 각 위치에 따라 상대적인 진동의 세기를 표현하기 위해 등급으로 나누어 표시한 것. 이 등급은 사람들의 느낌이나 주변의 물체 또는 구조물의 흔들림 정도를 표현한 것으로 기상청은 수정메르칼리 진도(MMI)를 사용하고 있음

진도	설 명	최대지반가속도(PGA ¹⁾) 최대지반속도(PGV ²⁾)
I	대부분 사람들은 느낄 수 없으나, 지진계에는 기록된다.	$\%g < 0.07$ $V < 0.03$
II	조용한 상태나 건물 위층에 있는 소수의 사람만 느낀다. 매달린 물체가 약하게 흔들린다.	$0.07 \leq \%g < 0.23$ $0.03 \leq V < 0.07$
III	실내, 특히 건물 위층에 있는 사람이 현저하게 느끼며, 정지하고 있는 차가 약간 흔들린다.	$0.23 \leq \%g < 0.76$ $0.07 \leq V < 0.19$
IV	실내에서 많은 사람이 느끼고, 밤에는 잠에서 깨기도 하며, 그릇과 창문 등이 흔들린다.	$0.76 \leq \%g < 2.56$ $0.19 \leq V < 0.54$
V	거의 모든 사람이 진동을 느끼고, 그릇, 창문 등이 깨지기도 하며, 불안정한 물체는 넘어진다.	$2.56 \leq \%g < 6.86$ $0.54 \leq V < 1.46$
VI	모든 사람이 느끼고, 일부 무거운 가구가 움직이며, 벽의 석회가 떨어지기도 한다.	$6.86 \leq \%g < 14.73$ $1.46 \leq V < 3.70$
VII	일반 건물에 약간의 피해가 발생하며, 부실한 건물에는 상당한 피해가 발생한다.	$14.73 \leq \%g < 31.66$ $3.70 \leq V < 9.39$
VIII	일반 건물에 부분적 붕괴 등 상당한 피해가 발생하며, 부실한 건물에는 심각한 피해가 발생한다.	$31.66 \leq \%g < 68.01$ $9.39 \leq V < 23.85$
IX	잘 설계된 건물에도 상당한 피해가 발생하며, 일반 건축물에는 붕괴 등 큰 피해가 발생한다.	$68.01 \leq \%g < 146.14$ $23.85 \leq V < 60.61$
X	대부분의 석조 및 골조 건물이 파괴되고, 기차선로가 휘어진다.	$146.14 \leq \%g < 314$ $60.6 \leq V < 154$
XI	남아있는 구조물이 거의 없으며, 다리가 무너지고, 기차 선로가 심각하게 휘어진다.	$314 \leq \%g$
XII	모든 것이 피해를 입고, 지표면이 심각하게 뒤틀리며, 물체가 공중으로 튀어 오른다.	$154 \leq V$

※ 진도등급 체계 및 현상은 「수정메르칼리 진도등급(MMI)」에 기반함

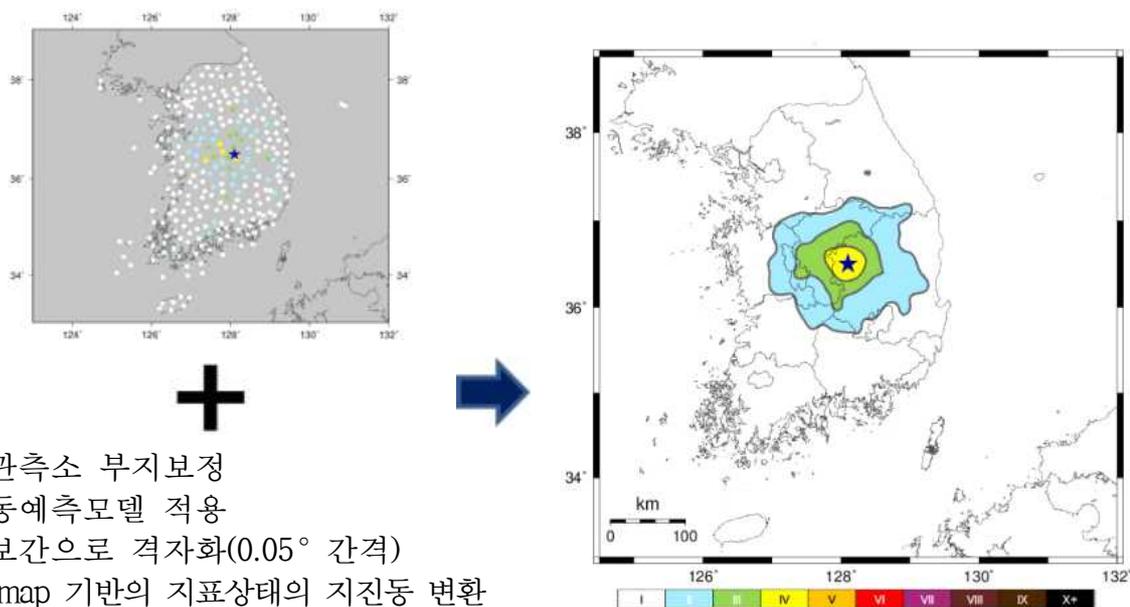
※ 한반도 지진관측 자료를 활용한 진도등급 분류 기준 적용(기상청, 2018.11.28.)

1) PGA : Peak Ground Acceleration, 단위 : %g (%g=9.81cm/sec²)

2) PGV : Peak Ground Velocity, 단위 : cm/sec

- **예상진도:** 지진파 감쇠 등과 같은 여러 조건을 적용한 수치적인 계산으로 추정된 값으로 해당 지역에 예상되는 진동의 세기를 의미함
- **계기진도:** 지진관측소에 기록된 지반가속도를 수정메르칼리 진도로 환산한 것으로 최대진도는 해당지진의 기간 동안의 최대진도임

- **진도분포도**: 지진 발생 위치로부터 지역별 최대진도의 분포를 표현한 것으로 지반의 속도값 및 가속도값을 기초로 미국지질조사국(U.S. Geological Survey)의 진동분포도(ShakeMap) 프로그램을 적용하여 생성됨. 미국지질조사국의 ShakeMap 프로그램은 지진관측소 부지보정, 지진동-진도변환식(GMICE), 지진동모델(GMPE) 등의 알고리즘을 포함함.



- 지진관측소 부지보정
- 지진동예측모델 적용
- 자료보간으로 격자화(0.05° 간격)
- Vs30 map 기반의 지표상태의 지진동 변환
- 지반운동-진도 변환

관측값(상) 기반 ShakeMap 진도정보 보정과정(하)

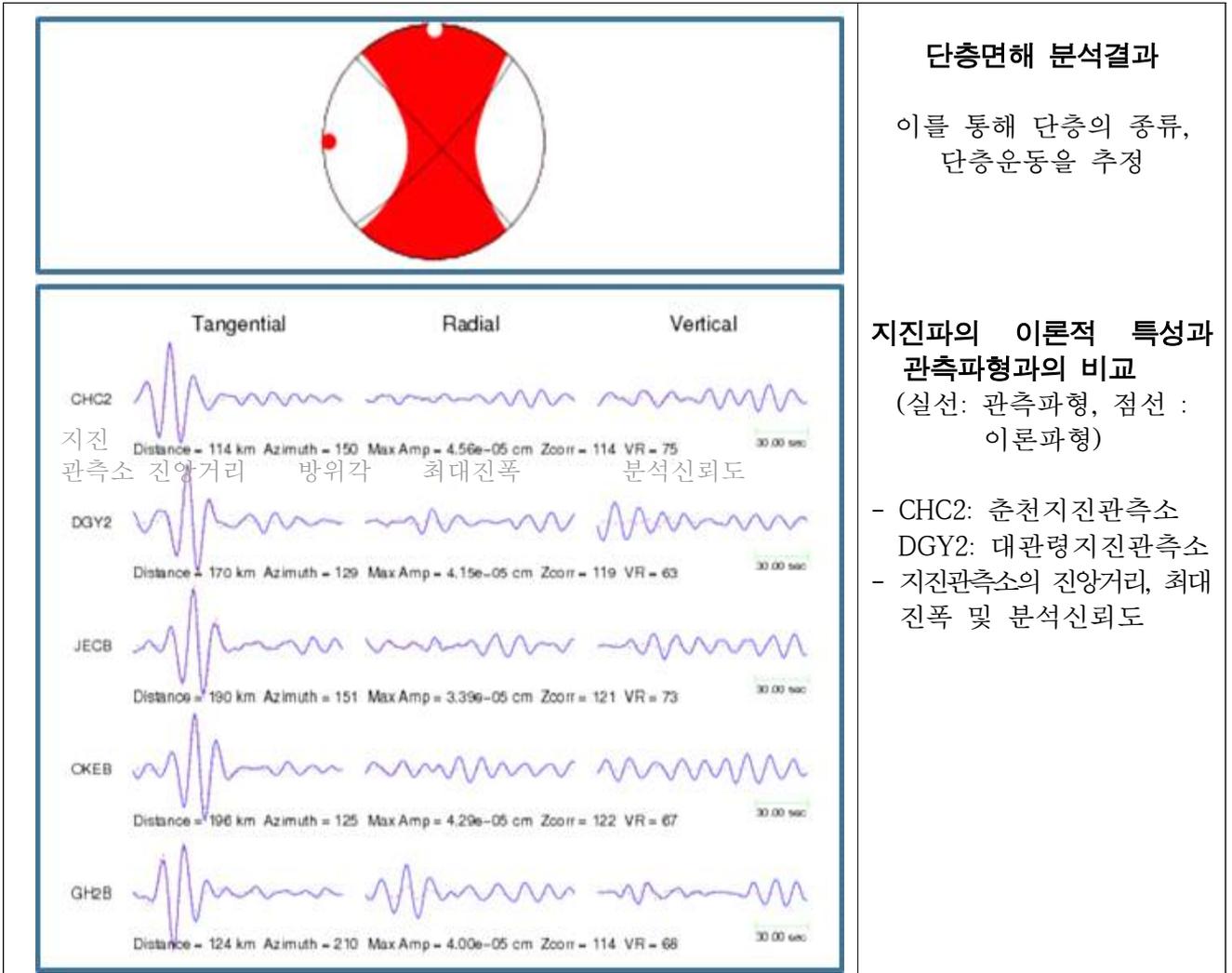
계기진도분포도

계기진도분포도 생성과정

② 지진발생 원인(메커니즘)

- **지체구조도**: 야외조사를 통해 증명된 암석과 단층, 구조선 등의 분포를 나타낸 것. 특히 단층운동과 밀접한 관련이 있는 지진은 단층의 유무가 중요한 단서가 되므로 선행된 단층조사결과가 필수적임. 그러나 단층이 지표로 나타나지 않은 경우도 있으므로 많은 연구가 필요함 (지체구조도 출처: 한국지질자원연구원)
- **단층면해(fault plane solution) 또는 발진기구(focal mechanism)**: 단층의 움직임을 2차원 원형으로 투영하여 기하학적인 형태로 구현한 것. 이 때 단층면의 양쪽 방향에 전단응력이 한 쌍의 짝힘 형태로 작용해야 한다는 이중짝힘 개념을 통해 지진과 직접적으로 관련된 주 단층면과 직접적으로 관련이 없는 보조 단층면으로 표현됨. 단층면해 분석은 지진이 단층운동의 결과로 발생한다는 것을 가정하고, 지진을 유발시킨 단층의 주향, 경사, 이동방향 등을 관측 자료로부터 구하는 방법임. 이를 통해 단층 운동을 쉽게 해석할 수 있음

※ 단층면해 분석결과(예시)



단층면해 분석결과로부터 단층의 움직임(주향, 경사, 이동방향 또는 미끄럼각) 및 그 움직임의 세기(모멘트)를 추정할 수 있음

- 주향(strike): 진북을 기준으로 단층의 방향이 향하는 곳의 방위
- 경사(dip): 수평면을 기준으로 단층면이 기울어진 각도
- 이동방향(rake): 단층면 이동시 단층면의 상반(Hanging wall)이 움직인 방향으로 미끄럼각 또는 면선각이라 함
- 지진모멘트(M_0): 지진발생동안 변형되는 에너지의 총량을 측정한 것

지진모멘트 = 강성률 × 단층변위의 길이 × 단층의 면적
- 모멘트 규모(M_w): 지진모멘트로부터 추정된 지진규모
- 분석신뢰도(Variance Reduction): 관측파형과 이론파형의 일치정도를 의미함

③ 지진발생 통계

- 진앙지 주변*의 지진발생 현황: 1978년 이후 진앙 주변의 지진발생 현황을 규모에 따라 구분하여 제시
 - * 지진규모에 따라, 반경 30km(지역 3.5이상, 해역 4.0이상) 또는 반경 50km(규모 5.0이상) 구분
- 올해 한반도 지진 발생 순위, 1978년 이후 지진 발생 순위, 남한(북한) 또는 지역(해역) 지진 순위 등 상황에 따라 결정

④ 지진파 분석

- 지진파형: 지진관측소에 기록된 지진파형을 지진발생 위치로부터 거리 순으로 제공(최초 관측소, 지진파 도착순서 등)
- 지진관측소 분포도: 지진분석에 사용된 지진관측소(○) 및 단층운동 분석에 사용된 지진관측소(△) 제공