



파푸아뉴기니 바다지진의 미소 변동을 SPring-8의 전자빔으로 관측

이전, 1998년 4월호의 본란에서, 가속기내를 주행하는 빔의 궤도 위치 정보로부터, 지구 조석(潮汐)에 의한 지각변동을 높은 정밀도로 관측할 수 있음을 소개했었다. 이번에는, SPring-8으로부터 5000km 떨어진 파푸아뉴기니 바다지진에 의한 지각의 미소 진동을, SPring-8의 전자빔에 의해 관측된 것을 소개한다.

먼저, SPring-8의 축적 링에 대해서 간단하게 설명한다. SPring-8의 축적 링은, 80억전자볼트의 에너지를 가지는 전자 빔을 안정하게 저장하고, 그 전자로부터 발생하는 방사광을 이용하는 세계 최첨단의 방사광 광원이다. 둘레가 1435.95m인 이 가속기는, 장시간에 걸쳐 전자 빔의 궤도를 안정에 보관 유지하기 위

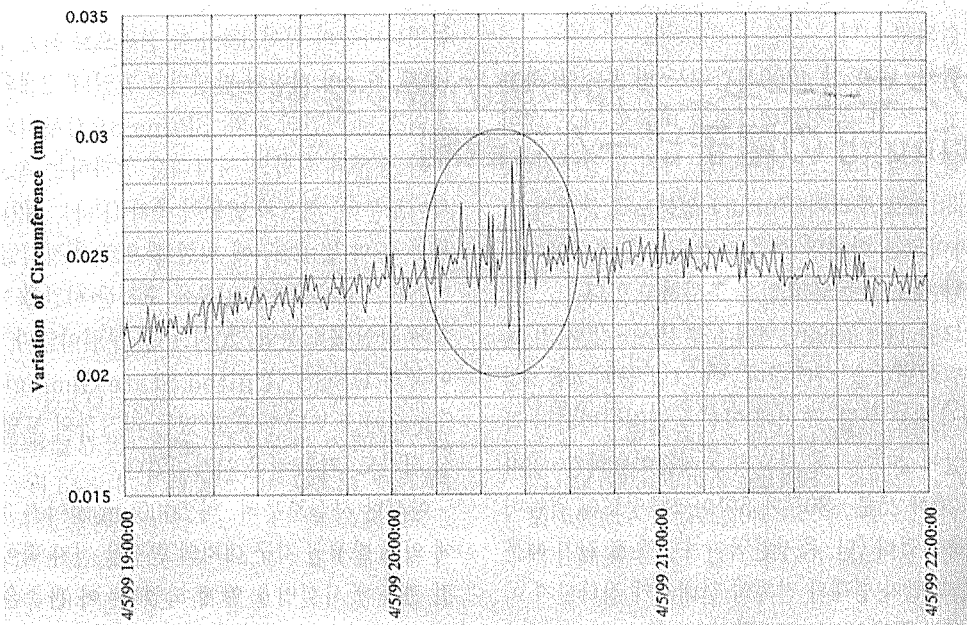


그림 1. 파푸아뉴기니 바다 지진에 의한 둘레길이 변동의 확대도. 20시 16분경의 피크가 P파, 20시 23분 ~ 30분 경의 변동이 S파와 L파에 의한것으로 생각된다.

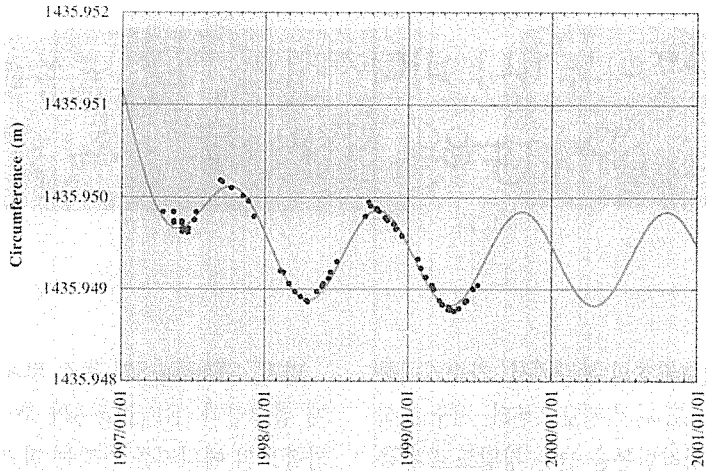


그림 2. 3년간에 걸친 축적링의 둘레길이 변화. 측정점은 각 사이클의 시작에서 정한 점에서 관측으로 구한 둘레길이 값

해, 매우 고 정밀도의 전자석 등의 기기로 구성되어 있고, 또한, 그것들이 딱딱한 암반 상에 건설되고 있다.

현재, 연간 약 4000시간정도 빔 운전을 하고 있고, 그 간, 수십초에 1회의 비율로 궤도 데이터를 수집하고, 그 데이터를 거의 리얼타임(實時間)으로 푸리어(Furior) 성분으로 분해하고, 1마이크론 이내의 측정 정밀도로 둘레길이변동이나 궤도 변동의 요인을 조사하고 있다.

그림 1은, 1999년 4월 5일 19시~22시의 둘레길이변동을 나타낸다. 이 그림 중의 4월 5일 20시16분 무렵, 조석에 의한 둘레길이변화의 곡선상에 2마이크론 정도의 둘레길이변화가, 잇따라 20시 25분~30분에 5마이크론정도의 변동이 관측되었다 (단, 측정간격이 수십초로 길기 때문에, 파형의 형태와 진폭의 절대치가 정확할지 어떨지는 향후의 검토를 기다려야 함).

원인을 조사해 보면, 이 신호를 관측한 약 7분

전인 20시 7분 52초 (세계 표준시로는 11시 7분 52초)에, 동경 149.843도, 남위 5.307도의 포토 뉴기니바다의 깊이 33km를 진원으로 하는 진도(震度) 7.4의 지진이 발생되고 있었다. 2개의 진동의 도달 시간의 차와, S파로부터의 거리와 종파와 횡파의 지각내를 전파하는 속도의 차이로부터, 최초의 변동이 종파(P파), 제2파가 횡파(S파 및 L파)에 의한 것으로 추정되었다. 그런데, 이 지진파가 일본에 도착한 시간을 기상청에 확인했을 무렵, 20시 15분 무렵이었다. 또, 미국의 USGS (United State Geological Survey) 로부터 나오고 있는 지진파의 도달 예상 시간도, 거의 같은 시각이었다.

이러한 사실로부터, 약 5000km 떨어진 지진에 의해 발생된 지구 대지의 변형을 전자 빔이 직접 관측한 사실임을 알게 되었다. 이 관측은 진동의 가속도로부터 지진을 관측하는 지진계에 의한 관측과는 완전히 다르다. 따라서, 어떤 물

리량을 관측하고 있을지, 혹은 할 수 있을지에 대해서 향후 검토가 필요할 것이다.

간단하게 관측의 원리에 대해서 설명한다. 축적 링이 설치되어 있는 대지가 어떠한 원인 (예를 들면, 달과 태양에 의한 지구 조석력, 비, 바깥 공기 온도의 변화 지각 변동 등)으로 변형했다고 하면, 그 변형에 따라 링의 한 둘레의 길이가 바뀐다. 축적 링내를 도는 전자는, 가속 주파수에 따라 정확히 결정되는 둘레길이를 갖는 궤도 이외의 운동을 할 수 없다. 그 때문에 전자 빔은, 어긋남이 생기면 10밀리초정도의 시간내에, 둘레길이를 재현하도록 에너지를 스스로 조정한다. 이 전자빔의 에너지 변화를, 링에 설치된 288대의 전자빔위치검출기로 측정함으로써, 링의 기계적 둘레길이(周張)의 변화량을 구할 수 있다.

축적링의 가속 주파수가 원자시계와의 비교에서 장기간에 걸쳐 10^{-10} 이상의 정밀도로 일정하게 유지되고 있다는 사실로부터, 축적 링을 도는 전자가 지각 변동의 관측에 대해 약 10^{-10} 의 감도를 가지는 절대치검출기로서의 이용 가능성도 있을 수 있다고 본다.

일례를 그림 2에 나타낸다. 이것은, SPring-8에서 초기빔 조정으로부터 약 3년간에 걸치는 周張의 절대치변화를 그린것으로, 1일당 변동량은 10^{-9} 정도이다. 이 둘레길이(周張)변화의 특징은,

주기가 대개 1년, 진폭은 약 1mm로, 둘레길이가 최단이 되는 달이 4월, 최장이 되는 달이 10월이다. 최초의 1년간의 둘레길이의 수축은, 가속기가 설치된 건물의 콘크리트의 건조 수축에 의한 것이다. 2년 이후는 이 수축도 거의 수습되고, 깨끗한 싸인 커브모양의 변동을 나타내고 있다. 이 변동의 원인은 지금 명확하지않다. 그러나, 그 원인으로서는, 환경 변화나 지구의 고유진동등 여러가지를 생각할 수 있어서, 향후, 이 기원의 해명은 몹시 재미있는 연구 테마가 될 것 같다.

SPring-8의 축적 링은, 건설 당초부터 낮은 발생빔을 안정시키는 것을 주안점으로하여, 궤도 설계와 기기 및 건물을 설계 제작해 왔다. 그 결과, 운전 당초부터 축적 링은, 종래의 가속기와 비교해 비약적으로 향상된 빔 성능을 나타내고 있다. 그리고 최근 2년간의 조정에 의해서, 더욱 빔 성능이 향상하고 있다는 사실을 이번의 지진 관측 결과가 증명해주는 것이라고 말할 수 있다.

향후, 전자 빔의 운동역학적 파라메이타의 조정, 범위치검출기의 고정밀화 및 기준 시계로서의 가속 주파수의 고정밀도화 등을 진행시킴으로써, 더욱 극미소 변동의 검출이 가능해 질것으로 기대된다. 어쨌면, SPring-8의 직경 500m의 축적 링내를 도는 전자빔으로부터 중력파를 검출하게 되는 것도, 꿈이 아닌 현실이 될런지도 모른다. **KRIA**