# 지구의 과거에서 인류 미래를 찾는다

1995년 일본 고베에 일어났던 지진으로 무너진 건물. 한반도와 인접한 일본에는 지진이 빈번히 발생하고 있다. 이는 판구조론의 관점에서 보면 일본이 지판의 경계부에 위치하기 때문인 것으로 설명된다. 그러나 역사상 가장 큰 지진은 판 경계로부터 한반도보다도 더 안쪽에 있는 중국의 탕산에서 1976년도에 발생했다. 리히터규모 7.8로 기록된 이 지진으로 24만 명이 숨지고 60만 명 이상이 부상했다.

**기획연재순서**

❶ 21세기의 물리학
❷ 21세기의 화학
❸ 21세기의 생명과학
❹ 21세기의 수학
❺ 21세기의 천문학
❻ 21세기의 해양학
❼ 21세기의 지질학
❽ 21세기의 기상학
❾ 21세기의 우주학
❿ 21세기의 고고학
⓫ 21세기의 인류학
⓬ 21세기의 생태학

**글_박계헌** 부경대학교 환경지질과학과 교수 khpark@pknu.ac.kr

2035년 7월 3일 미국 내무부 산하 지질조사소로부터 지진경보가 발령된다. 경보의 내용은 15일 뒤인 7월 18일 오전 4~7시경에 샌프란시스코 금문교 서단으로부터 5㎞ 남방지점에 리히터규모 7의 지진 발생확률이 80%라는 것이다. 이 경보는 3개월 전에 있었던 7월 10~25일 사이의 지진발생 확률이 70%라는 예비 경보에 이어서 나온 후속경보이다. 지진발생 3일 전부터는 피난 차량으로 인하여 매우 극심한 교통혼잡이 발생할 것으로 예상되므로 주민들은 미리 대피해 주기를 바란다고 이 경보는 덧붙이고 있다.

2056년 3월 22일 통일한국 정부의 재해관리청이 긴급예보를 발령한다. 동해의 울릉도 북방 50㎞ 지점에 새로운 해저화산이 폭발할 것으로 예측되며 이로 인하여 동해안 전역에 해일이 발생할 것을 경고하는 내용이다. 2014년에 예기치 않게 발생했던 제주도 성산 일출봉 부근의 화산폭발로 7광구의 석유생산시설에 상당한 피해가 발생했으며, 5년 뒤 백두산에서 대규모 화산분출이 있었기 때문에 재해관리청은 매우 긴장하고 있다.

2077년 9월 9일 한국의 행성지질학자들을 태우고 3개월 전에 화성기지를 출발한 소행성 자원탐사선으로부터 엄청난 양의 첨단 신소재 광상을 발견했다는 소식이 들려온다. 이와 같이 앞으로 약 수십년 뒤에는 일기예보처럼 일상적으로 지진 예보나 화산분출 예보가 내려질지 모른다. 어쩌면 공상과학영화에서나 보던 일들이 현실화될 수도 있다.

## 인류 생존 및 번영과 직결된 문제 다뤄

과거의 과학발전을 회상해보면 정말 놀라운 일들이 많이 있어왔다. 우리가 사는 지구의 모양이 둥글다는 것 역시 인류의

위대한 발견 중의 하나라고 할 수 있다. 사람이 만든 장치가 날아가서 화성표면의 모습을 보내왔다는 것을 100년 전의 사람들이 들으면 무슨 말을 할까? 우리가 사는 땅덩어리가 실제로는 움직이고 있으며, 전에 남반구에 있던 다른 땅덩어리에서 갈라진 후 적도를 가로질러 다른 대륙과 부딪쳐서 지구에서 가장 높은 산맥이 만들어진 것이라고 말한다면 쓸데없는 상상이나 하는 실없는 사람으로 취급할지도 모른다. 불과 100년 전 19세기 말에는 심지어 더 이상 밝힐 것이 없다는 기고만장한 생각을 갖고 있던 과학자들도 있었다.

현재의 첨단 과학기술 문명은 분명 100년 전의 그 어느 공상과학 소설가가 상상했던 것보다도 훨씬 더 발전해 있다고 할 수 있다. 그렇다면 앞으로 100년 동안 어떤 과학기술의 발전이 있을 것인가. 아마도 지금 매우 기상천외하고 아주 비현실적이라고 생각하는 상상조차도 100년이 지나고 나면 현실로 이루어질 수 있을지도 모르는 일이다. 과연 21세기가 끝나갈 무렵, 학문이 어떻게 발전할 것인가. 21세기의 초반에서 중반까지 주목받을 것으로 생각되는 지질학분야의 일부 주요 관심사에 대해 알아본다.

학문의 발전은 그 분야내에서의 발전뿐만 아니라 인접한 분야, 혹은 전혀 상관없다고 생각한 분야의 발전에 의해서도 큰 영향을 받을 수 있다. 과거에 존재하지 않던 전혀 새로운 학문분야의 탄생도 빈번히 있어왔다. 따라서 21세기에는 지금은 전혀 상상할 수도 없는 새로운 분야의 학문이 지질학에서 가지를 쳐 나올 수도 있을 것이다. 하지만 지구 혹은 행성을 구성하는 각 구성물질과 이들의 역사, 순환을 종합적으로 다루는 지질학의 본질은 그

고대 중국의 지진계: 지진이 일어나면 용이 물고 있던 여의주(구슬)가 떨어져 두꺼비의 입으로 들어가게 되어있다. 어떤 두꺼비가 구슬을 물고 있느냐로 지진이 일어난 방향을 알 수 있다. 예고도 없이 찾아와 엄청난 피해를 주는 지진은 고대로부터 두려움의 대상이었다. 21세기 중에는 지진이 일어날 때를 정확하게 예측하여 미리 대비할 수 있는 시간을 가질 수 있는 방법을 찾아낼 수 있을것으로 기대한다.

틀을 계속 유지할 것이다. 지금까지 지질학자들은 어떻게 지금의 지구로 진화하였고, 또한 생명체가 지구에서 생명을 지탱하고 살아갈 수 있는 것은 무엇 때문인가를 이해하고자 하였다. 지질학은 사람들에게 지대한 영향을 줄 수 있는 많은 지질학적 사건과 과정들에 대한 이해를 넓히며, 지구환경 혹은 행성환경 속에서 지속적인 발전을 하기 위해서도 인류의 생존 및 번영과 직결된 자원, 환경, 재해와 관련한 중요한 문제들을 다루는 필수적인 연구분야이기 때문에 21세기에도 많은 주목을 받으며 발전을 계속할 것으로 전망된다.

### 멸종 원인 연구로 미래변화 예측

지구상의 인구가 증가하면서 점점 더 많은 사람들이 과거에 거주하지 않던 지역에까지 거주지를 마련하고 개발을 하면서 지진, 해일, 화산, 홍수 및 사태와 같은 천연적인 재해에 노출되는 위험성이 점차 더 커지고 있다. 지질학자들은 이러한 자연재해들이 발생하는 원인을 이해하고자 노력하여 왔으며, 최근에는 잠재적인 지질학적 사건들–예를 들어 화산의 분출이나 지진–의 예보를 위하여 많은 노력을 기울이고 있다. 아직까지는 이러한 자연재해들에 대한 예측이 매우 어려웠다. 그러나 21세기 중에는 보다 정밀한 예측 능력을 확보함으로써 이러한 자연재해에 대한 보다 효율적인 대처 방안을 찾을 수도 있을지 모른다. 이러한 미래의 과학기술 발달에는 20세기 후반에 나타난 기술들이 큰 영향을 줄 것이다. 또한 폭발적인 지진 에너지를 제어하거나 활용할 수 있는 방법이 고안될 수 있을지도 모른다. 위성을 이용한 보다 정밀한 위치추적 시스템(GPS, Global Positioning System)의 발달은 지각의 움직임을 실시간으로 모니터링하고 지진과 화산분출의 예측을 현실로 만드는데 큰 기여를 할 것으로 생각된다.

지질학자들은 또한 소행성의 충돌, 대량 멸종, 빙하기의 도래와 같은 사건들을 조사한다. 지질학적 역사를 보면 이러한 과정들이 지구를 변화시켜왔으며, 현재도 마찬가지의 과정이 진행되고 있다고 볼 수 있다. 예를 들어 상당한 규모의 운석이나 혜성의 충돌 역시 단순한 공상과학소설 속의 얘기쯤으로 치부해버릴 수 있는 문제가 아니라 멀지 않은 장래에 일어날 수도 있는 사건이다. 인류보다 엄청나게 긴 세월 동안 지구를 주름잡으며 번성했던 공룡들이 중생대와 신생대의 경계시기에 일순간에 멸종하였다. 이러한 대량멸종은 이 시기가 가장 컸던 것도 아니며 단 한차례 있었던 것은 더욱 아니다. 지질학적 기록을 보면 여러 차례의 멸종기록이 있으며 이러한 멸종 사건들은 당시에 번성하던 많은 생물종들을 멸종시켰다. 언제 어떻게 이런 급격한 재앙이 일어날 것

인가는 우리 인류의 미래에 극히 중대한 영향을 줄 수 있기 때문에 이런 과정들에 대한 보다 더 충분한 이해와 예측이 필요하다고 할 수 있다. 어쩌면 인류의 관점에서 볼 때 세계의 종말로 이어질 사건이 다가오고 있는지 모른다. 실제로 소행성이 지구와 충돌하는 것이 예측되기도 했다. 2022년 1월에 소행성의 하나가 지구와 충돌할 수 있다는 보도도 있었다. 하지만 지질학적 화석 기록을 보면 운석 충돌과 같은 전지구적 대재앙 시기에도 살아남은 생물종들이 존재한다. 오히려 이러한 멸종 사건 뒤에 다양한 종들이 급작스럽게 나타나 종다양성의 극치를 보여주기도 한다. 따라서 과거의 종다양성과 멸종사건의 연구가 과거의 변화요인들을 이해할 뿐만 아니라 미래의 변화를 예측하는데 도움을 줄 수 있을 것이다. 지질학적인 연구를 통해 어떻게 이러한 생존이 가능했는가를 알아낼 수 있다면 이러한 재앙이 닥쳤을 때 인류가 위기를 극복해내는데 활용할 수 있을 것이다.

### 지구 전체 시스템 파괴되면 재앙 초래

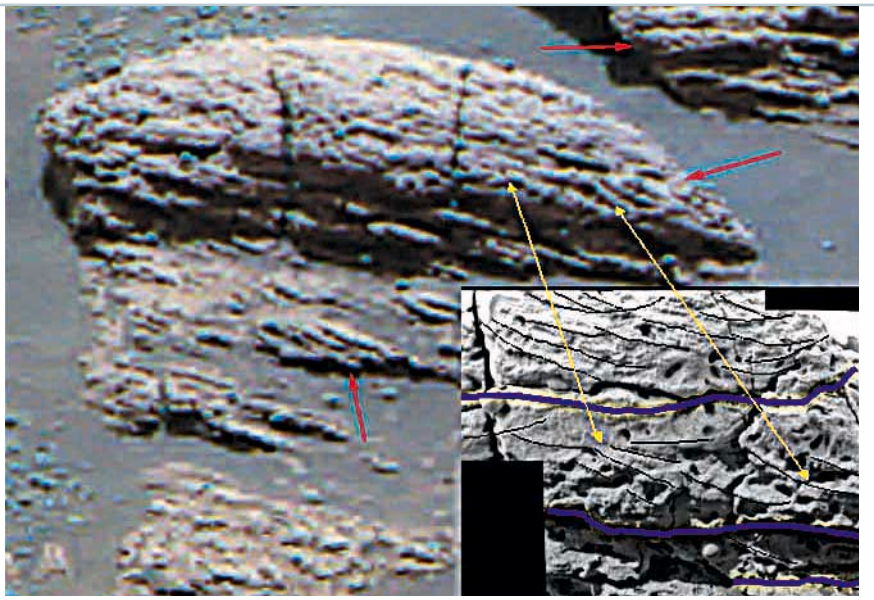
인류의 지속적인 발전을 위해서는 천연자원과 에너지자원의 개발과 공급이 필수적이다. 인구수가 증가함에 따라 석유, 석탄, 철, 알루미늄과 같은 화석에너지나 광물자원을 찾아내는 능력이 더욱 중요해진다. 1960년대말부터 자원의 고갈에 대한 경고가 있어왔고, 몇 차례의 에너지 파동도 겪었지만, 앞으로 훨씬 더 열악한 상황이 다가올 수도 있다. 최근에는 경제 대국으로 부상한 중국의 충격적인 영향력이 자원분야에서도 현실화되고 있다. 어쩌면 극렬한 자원확보전쟁이 이미 시작된 것인지도 모른다. BRICS라고 부르는 브라질, 러시아, 인도, 중국과 더불어 많은 개도국들의 산업발전시 이러한 자원확보전쟁은 더욱 치열해질 것이다. 따라서 21세기에는 국가적 경쟁력을 유지하거나 더 높이는데 있어서 자원의 장기적이고 안정적인 확보가 그 어느 때보다도 더욱 중요해질 것으로 전망된다.

누가 보더라도 이미 개발된 자원을 사오거나, 자원부존 상태와 매장량이 잘 알려진 지역에 뒤늦게 뛰어들어 공동개발을 하는 경우엔 상당히 불리한 조건으로 자원을 확보할 수밖에 없을 것이다. 이러한 상황은 국내의 부존자원이 거의 없고 외국의 자원에 의존해야만 하는 우리 나라의 경우 아주 심각한 문제이다. 이를 해결하기 위해서는 지금보다 훨씬 더 많은 전문적인 지질학자의 양성과 더불어 유망한 지역의 자원조사 단계부터 적극적인 참여가 필수적이다. 이미 진행중인 자원개발에 참여하는 경우에도 지질자원에 대한 전문가를 확보하는 것이 필수적임은 물론이다.

산업혁명 이래의 급속한 산업화와 기술의 발달이 지구의 기후를 변화시키고 오존층을 파괴하는 결과를 나았다. 인류는 20세기 말부터 지구환경에 큰 관심을 갖기 시작했다. 아마도 21세기에 가장 중요한 과제의 하나는 과연 우리는 어떻게 우리의 행성에서 전체 지구시스템을 파괴함이 없이 잘 살 수 있는가를 찾아내는 것이다.

지난 2월의 어느 일간지에 "유럽 해안도시 절반이 침수, 영국은 시베리아처럼 추워져"란 제목의 기사가 실렸었다. 이 기사는 미국 국방부가 향후 20년 안에 기후변화로 전 지구적 차원의 자연재해가 일어날 것이며 이것이 테러보다 더 미래 사회의 심각한 안보위협 요인이 될 가능성이 크다고 경고한 비밀보고서에 대한 내용을 소개하고 있다. 이 보고서에 따르면 기후변화로 인한 해수면 상승으로 유럽의 해안도시 절반이 물에 잠기며 영국은 시베리아성 기후로 바뀌는 등 생존여건이 최악으로 치닫게 된다. 이로 인해 각국이 식량과 물 · 에너지를 확보하기 위해 핵무장에 나서게 되면서 핵의 비확산 체제는 뿌리째 흔들릴 가능성이 크다고 예측하고 있다. 더 많은 나라들이 핵보유 국가가 되며 일부 나라들을 실제로 핵무기 사용을 현실화할 가능성도 커진다고 한다. 가뭄과 폭염은 세계 곡창지역을 죽음의 사막으로 변화시키고, 물을 확보하기 위한 싸움도 피할 수 없게 된다. 해수면 상승으로 먹고 살 터전을 잃은 사람들은 살길을 찾아 보트 피플이 될 것이다.

화산폭발 역시 두려운 자연재해 중의 하나이다. 일본의 운젠화산이 폭발했을 당시 인접한 마을로 화쇄류가 덮쳐 큰 피해를 주었으며, 사진에 보이는 가옥들도 지붕 바로 밑에까지 화산쇄설물로 덮여 있는 것이 보인다. 화산의 폭발을 보다 정확하게 예보할 수 있다면 미리 대비하여 피해를 많이 줄일 수 있을 것이다.



최근 미국은 탐사선을 보내 화성의 표면을 직접 탐사하고 있다. 그 결과 화성의 퇴적암들로부터 물에서 쌓인 증거인 사층리를 보이는 등 과거에 주장했던 화성의 물 존재 가능성 등에 대한 보다 구체적인 증거를 찾아냈다. 이러한 화성탐사는 21세기 중 태양계내의 여러 행성에 대한 행성지질학 연구가 급속도로 진전될 가능성을 시사한다. 우리 나라도 항공우주기술의 발달과 함께 행성지질학분야가 크게 발전될 수 있기를 기원한다.

## 지구 과거사건 규명해 미래 변화 예측

과거를 이해하면 미래를 예측하는데 많은 도움이 된다. 지구 환경의 변화는 과거에도 끊임없이 변화해 왔다. 예를 들면 중생대 백악기의 대기는 지금의 대기보다 8배나 높은 농도의 이산화탄소를 갖고 있었다. 당시의 지구는 지금보다 훨씬 더 극심한 온실효과를 보였을 것임은 자명하다. 또 북극과 남극에 지금과 같이 영구빙이 자리잡고 있지 않았으며, 따뜻한 물이 극지역을 통해 순환하였다. 이러한 해수의 순환은 당시의 기후분포에 엄청난 영향을 미쳤을 것이다. 이제는 상식이 되어버린 빙하기와 간빙기는 지질학적 과거에 자주 반복되었으며 경우에 따라서는 엄청난 해수면 변동을 가져왔다. 극심한 온실효과는 생물계를 포함한 지구시스템의 교란으로 인해 급작스런 '눈덩이 지구(Snowball Earth)'를 만들어낼 수도 있다. 즉, 인류에 의한 지구시스템의 교란과 질서파괴는 극심한 온실효과 뿐만 아니라 역설적으로 급격한 빙하기의 도래를 초래할 수도 있다. 앞으로의 기후변화를 예측하는데 모델링과 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 알아보는 방법도 있겠지만, 과거에 실제로 일어났었던 변화의 요인과 과정, 그 영향을 이해하는 것은 미래의 변화를 더욱 정밀하고 정확하게 예측하기 위해서 필수적이다. 시간을 다루는 학문인 지질학은 이미 지나 가버린 지구에서의 과거 사건들을 규명하는데 그치는 것이 아니라 우리의 미래를 위해 그 중요성이 더욱 부각될 것으로 생각한다. 지구가 만들어진 이래 일어났었던 과거의 환경변화에 대한 연구를 바탕으로 환경변화의 요인을 파악하고 극심한 환경변화에 대한 대양과 대륙의 환경, 대기환경, 그리고 그 안에 살고 있는 생물계의 변화를 이해함으로써 자연재해, 혹은 인류가 초래할 수 있는 재해에 대한 경고와 조절이 가능해 질 수 있을 것으로 희망한다.

## 지질학은 인류 생존을 위한 학문

행성지질학 분야도 21세기에 중요한 분야로 부각될 수 있다. 최근 미국의 화성탐사선이 화성에 착륙하여 표면을 이동하면서 보내온 자료에 의하면 화성에도 상당량의 물이 존재하고 있을 가능성이 높다. 물은 인간의 활동에 필수적이며, 분해하면 역시 생명활동에 필수인 산소를 만들어낼 수 있다. 물과 산소 문제가 해결되면 21세기 중에 화성에 유인 탐사선을 보내거나, 더 나아가 화성에 탐사나 개발 기지를 만드는 것도 현실화될 가능성이 높다. 화성의 기지를 중심으로 더 바깥쪽의 행성들을 탐사할 수도 있을 것이다. 행성지질학자들이 새로운 자원을 찾아 소행성대를 이리저리 탐사해 다니는 것도 상상해 볼 수 있다. 이러한 탐사의 결과로 지구상에서는 합성할 수 없는 신물질을 발견하여 인류의 과학기술발전에 새로운 도약의 기회를 마련할지도 모른다. 이 경우 이러한 신물질을 확보하고 있느냐 여부가 국가경쟁력을 좌우하는 중요한 변수가 될 수도 있다.

지질학은 미래에 더욱 중요한 학문분야가 될 것이다. 왜냐 하면 21세기의 인류 생존을 위한 학문이 될 것이기 때문이다. 앞에서 언급한 것과 같이 재해, 자원, 환경과 관련한 분야는 아마 21세기의 지질학에서 보다 더 높아진 관심 속에 더욱 발전할 것으로 생각된다. 행성지질학에 관한 언급은 마치 공상과학소설과 같은 얘기로 생각될 수 있다. 그러나 어제의 공상과학소설이 오늘날의 과학적 현실로 자리잡은 것이 한 두 가지가 아니었으며, 행성탐사는 현재의 기술수준으로 볼 때 충분히 현실화될 수 있는 가능성이 있다. ST

글쓴이는 서울대학교 지질학과 졸업, 동대학원 석사, 미국 컬럼비아대학에서 박사학위를 받았다.