

# 심해저의 오아시스 '해저온천'

글 | 김경렬 \_ 서울대학교 지구환경과학부 교수 krkim@snu.ac.kr

1828년 프랑스 낭트에서 태어나 공상과학 소설이라는 새로운 문학의 장르를 열었던 공상가 쥘 베른은 그의 소설 '달나라 탐험'과 '해저 2만리' 등의 작품을 통해 자신의 꿈을 소개했다. 그리고 인류는 1세기 정도가 지난 20세기 후반에 이르러 그의 꿈을 인류의 꿈으로 만들면서 이를 실현시켰다. 여기서 질문 하나. 지구반경의 60배인 38만4천400km나 되는 먼 거리를 날아가 달에 무사히 도달하여 그 표면을 걸어 다니고 싶다면 꿈과 잠수함을 타고 깊은 바다의 해저를 마음껏 돌아다니며 해저의 신비를 즐기고 싶다면 꿈 중 어느 것이 먼저 실현되었을까? 답은 놀랍게도 불과 2천600m 정도의 수심에 감추어져 있던 '바다의 신비'를 발견하기에 앞서 멀리 떨어진 달 표면에 첫발을 디뎠다는 것이다. 여기서 말한 바다의 신비란 바로 이번 글의 주제인 해저온천이다.

## 미지를 향한 인류의 꿈

쥘 베른에 훨씬 앞서 인류 최초로 공상과학소설을 쓴 작가는 희랍의 루시안으로 알려져 있으며, 그는 2세기경 '참 역사'에서 달로의 여행을 기술하였다. 이로부터 1800여년이 지난 1957년 10월 4일 구소련이 발사한 인공위성 스푸트니크 1호가 최초로 지구궤도 진입에 성공하면서 우주시대가 열리며, 1969년 7월 마침내 암스트롱이 달에 도착하여 첫번째 작은 발자국을 달에 남긴 것이다. 물론 여기에는 과학적 목적 이외에 구소련보다 앞서 사람을 달에 보내겠다는 미국의 정치적 동기가 크게 작용했던 것이 사실이다.

그런데 바다는 우리에게 꼭 친숙한 것 같으면서도 한편으로는 아직까지 모르는 것이 많은 미개척의 영역이다. 쥘 베른이 '해저 2



심해탐사정 앨빈(ALVIN). 기중기에 의하여 모선 아틀란티스 II호로 인양되고 있는 모습

만리'에서 기술한 네모선장의 모험은 오늘날의 기술로 볼 때는 별로 신기한 것도 아니다. 그러나 당시로는 상상할 수도 없던 신기술로 제작된 잠수함을 타고 바다 속을 누비고 다니던 네모선장이 신비로운 미지의 세계에 대한 동경심을 독자들에게

심어주었던 이 소설이 쓰인 것은 1869년으로, 이 때는 아직 바다가 얼마나 깊은지조차 제대로 알려져 있지 않았던 시절이다.

여러 탐험가와 연구자들에 의해서 바다 속 신비가 조금씩 밝혀지고는 있었지만, 그래도 바다는 여전히 많은 새로운 발견이 기대되는 미지의 영역이었다. 그런데 1977년 태평양 갈라파고스 근처 해저 2600m의 깊이에서 해저 온천이 발견된 것이다. 달 착륙 후 9년이 지나고 나서의 일이다. 바다를 탐험하고 그 속에 감추어져 있는 비밀을 알아내는 것이 얼마나 어려운 일인가를 단적으로 보여주는 하나의 예이다. 물론 이런 공을 이룩한 장본인은 심해잠수정 앨빈호와 이에 탑승하였던 과학자들이었다.

## 바다를 향한 꿈을 이루어 준 잠수정 앨빈

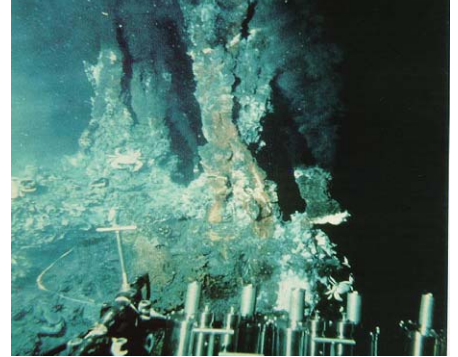
1960년대 후반에 이르러 마침내 판구조론이 확립되면서 지구에 대한 이해에 혁명적인 변화가 일어나기 시작하던 시기에 과학자들



해저산맥에서 발견된 베키모양의 현무암 모습. 현무암 덩어리 위에 솟아 나있는 작은 현무암은 사진을 찍기 위해 터트린 플래쉬 빛을 반사하고 있어 아주 최근에 고체로 되었음을 보여준다.



북위 21°의 동태평양해저산맥에서 발견된 '공중정원' 온천지역 주위의 생물들의 모습. 적혈구를 가진 피로 인해 붉은 색을 띠는 튜브웜들과 온천주위에서만 발견되는 브래키유리언(게)의 모습



북위 21° 동태평양 해저산맥에서 발견된 블랙스모커의 모습. 온천수에 많이 녹아있던 아연, 납 등의 황화물이 석출되면서 연기를 뿜어내는 굴뚝처럼 보여 붙여진 이름이다. 전면에 보이는 금속물체들은 온천수를 채취하기 위하여 특별히 제작된 티타늄으로 만든 주사기형의 채수기.

은 획기적인 하나의 새 연구 수단에 접하게 된다. 그것은 직접 타고 들어가 심해를 관찰하고 자료를 수집할 수 있는 잠수정이었다. 그 선두주자에 미 해군소속의 심해잠수정 앨빈이 있었다. 앨빈은 직경 2m 정도의 티탄으로 만든 구형에 배 모양의 안정된 구조를 덧붙인 심해잠수정이다.

앨빈은 처음에는 물론 군사적 목적으로 제작된 것이었으며, 혁혁한 공을 세운 기록의 보유자이다. 1966년 1월 17일 수소폭탄을 탑재하고 스페인 상공으로 비행 중이던 미국소속 B-52 폭격기가 추락하는 대형사고가 일어났다. 세 개의 수소폭탄은 추락지역 인근을 방사능으로 오염시키기는 했지만 즉시 발견이 되었는데 문제는 하나가 실종된 것이다. 목격자의 증언을 볼 때 낙하산을 펼치고 떨어진 수소폭탄이 지중해연안의 바다 속으로 가라앉았음이 틀림이 없었다. 미국으로부터 스페인으로 앨빈이 즉시 공수되고 현장에 투입되었던 것은 물론이다. 3월 15일 19번째의 잠수를 하면서 앨빈



블랙스모커에서 분출되는 고온의 온천수로 인하여 녹아버린 플라스틱 유리바구니. 이 바구니는 잠수정 앨빈이 조사 중 채취한 시료 등을 담아두기 위하여 잠수정 앞에 놓여놓았던 것이다.

은 마침내 760여 m의 깊이에서 낙하산과 함께 해저에 조용히 가라앉아있는 수소폭탄을 발견하는 혁혁한 공을 세웠다. 미군 역사상 가장 긴, 그리고 많은 경비를 소모

하였던 탐사작업을 앨빈이 성공적으로 마무리지은 것이다.

1970년대 초가 되면서 약 4천m까지 잠수할 수 있는 잠수정으로 보강된 앨빈이 마침내 과학자들에게도 그 문호가 개방됐다. 이후 앨빈은 많은 과학적 업적을 이루었으며, 지금도 활발히 연구에 참여



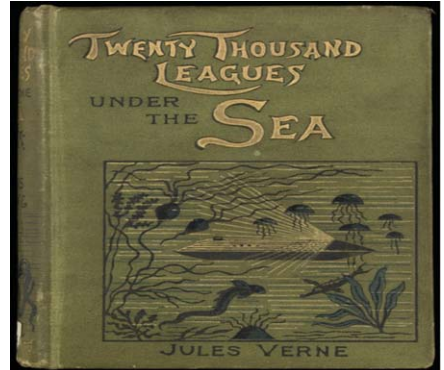
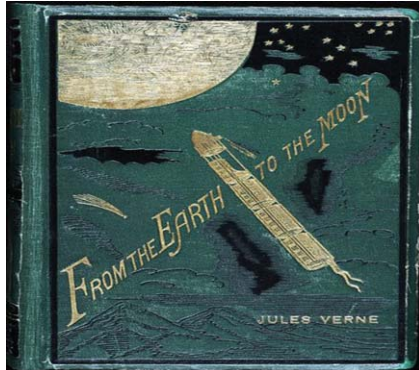
앨빈 탐사를 마치고 잠수결과를 이야기하고 있는 필자와 필자의 지도교수인 크레이그 교수

하고 있다. 1985년 대서양 뉴펀들랜드 인근해저 3천900m 지점에서 1912년 처녀항해 도중 빙산과 충돌하는 불의의 사고로 많은 인명 피해를 냈던 초대형 호화선 타이태닉호의 잔해를 찾아낸 것도 바로 앨빈의 빼놓을 수 없는 공적 중의 하나이다.

### 바다가 열리는 현장을 보고 싶다

과학자들이 잠수정을 이용해 가장 먼저 보고 싶었던 곳은 말할 것도 없이 발산형 경계, 즉 지구내부에서 뜨거운 용암이 솟아올라 식으면서 새로운 해양지각이 만들어지는 현장인 해저산맥이었다. 1974년 6월 대서양에서 최초의 해저산맥탐사계획(FAMOUS)이 수행되었다. 미국과 프랑스의 연구자들이 북대서양 해저산맥을 공동





쥘 베른(1828~1905)의 묘비와 그가 1865년과 1869년 각각 저술한 '달나라 탐험', '해저 2만리'



거의 매 시간에 한 번씩 뜨거운 온천수를 하늘로 뿜어내는 미국 옐로스톤 국립공원의 유명한 간헐천 올드 페이스풀

으로 조사한 탐사였다. 이 탐사를 통해 밝혀진 새로이 만들어지는 해저산맥의 베개 모양의 현무암의 모습은 판구조론이 옳음을 현장에서 다시 한 번 확실하게 확인시켜 주었다. 그런데 이 발견이 해저산맥의 신비를 벗겨내는 중요한 계기가 된 것은 분명하였지만, 사람들을 더욱 놀라게 한 것은 3년 뒤인 1977년 처음으로 발견된 해저온천이었다.

육상에서의 온천은 이미 오래전부터 사람들에게 잘 알려져 있던 현상이다. 많은 관광객을 끌어들이는 미국 와이오밍 주의 옐로스톤 국립공원은 대표적인 온천

지역의 하나이다. 약 60만년 전 이곳에서 있었던 거대한 화산폭발 후 아직도 지하에 남아있는 용암에 의해 지하수가 데워져 지표면으로 올라와 뜨거운 온천수가 흘러 넘치는 샘물, 때때로 뜨거운 온천수를 하늘로 뿜어내는 간헐천과 같은 다양한 모습의 온천을 만들며 이런 따뜻한 온천수 주변에 사는 각양각색을 가진 특별한 생물들과 함께 이곳의 장관을 이루어내는 것이다. 그런데 이와 유사한 원리로 만들어진 온천이 수심 2천600m 깊이의 해저에서도 발견된 것이다.

### 심해의 오아시스

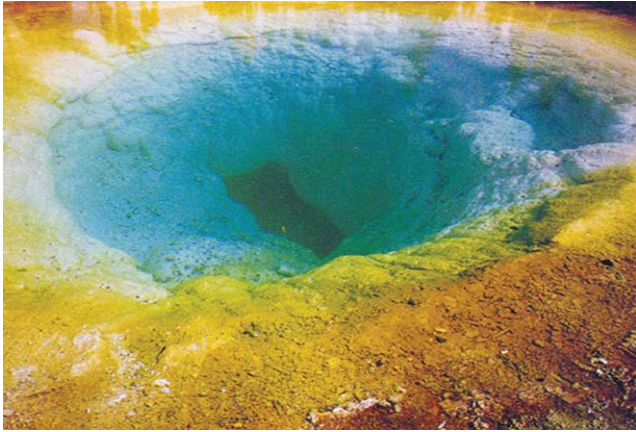
1977년 앨빈은 태평양 2천600m 깊이의 갈라파고스 해저산맥에서 온도가 20℃를 넘는 해저온천을 발견하였다. 주위의 해수 온도가 2℃ 정도임을 감안하면 꽤 뜨거운 온천수이다. 새로운 해양 지각이 만들어지는 틈 속으로 해수가 들어가 지각 아래에 있는 마그마에 의해 더워지면서 온천수가 만들어진 것임이 틀림 없었다. 물론 온천수가 만들어지는 지하 현장에서의 온천수는 300℃ 이상의 고온임이 틀림이 없지만 뜨거운 온천수가 해저까지 올라오는 동안 찬 해수와 섞이면서 이 정도의 온도를 가진 온천수가 만들어진 것이다.

이 온천의 발견이 사람들에게 큰 충격을 준 것은 축구장만한 크기의 온천지역에 몇몇 생물들이 매우 밀집해서 살고 있는 모습이었다. 이곳에는 즉시 '심해의 오아시스'라는 별명이 붙여졌다. 그런데 이 발견은 과학자들에게 심각한 문제를 던져주었다. 유기물(먹이)이 거의 없는 심해에서 어떻게 이 생물들이 먹이를 구할 수 있는 가하는 것이었으며, 이에 대하여 과학자들 사이에 격한 논쟁이 있었음은 물론이다.

지상의 생물은 식물이 태양에너지를 이용하여 포도당을 만들어내는 광합성에 그 먹이를 의존하고 있다. 그러나 햇빛이 없는 이 심해의 오아시스에서 밀집해서 살고 있는 생물들은 온천수에 포함된 황화물을 산화시키면서 나오는 화학에너지를 이용하여 먹이를 만들어내는 화학합성을 하는 박테리아에 기초한 생명체군임이 밝혀지면서 이 논쟁은 마침표를 찍는다.

### 해저에서 분출되는 뜨거운 온천수 '블랙 스모크'

지각 아래에서는 300℃ 이상 고온의 온천수가 만들어지지만 이런 고온의 온천수가 해저에서 직접 분출되는 일은 있을 수 없다는



온천수가 흘러나오는 샘. 샘 가장자리의 색깔은 따뜻한 온천수에 살고 있는 생물들이 만들어내는 것이며, 색이 짙을수록 더 낮은 온도에 사는 생물들이다



탄산염 지층을 뚫고 지표면까지 올라온 온천수들이 만들어낸 옐로스톤 맴머스지역의 온천. 온천수에 녹아있던 탄산염이 퇴적되면서 테라스 모습의 아름다운 조형을 이루어낸다.

것이 당시 과학자들의 지배적인 생각이었다. 그러나 갈라파고스 온천이 발견되고 나서 2년 뒤인 1979년, 북위 21도 동태평양 해저산맥(EPR)에서 350℃에 이르는 뜨거운 온천수가 해저에서 직접 분출되는 것이 발견되면서 과학자들은 온통 흥분의 도가니에 빠져들었다. 이 온천은 갈라파고스에서와는 달리 해저에 만들어져 있는 굴뚝 모양의 통로로 온천수가 직접 분출되고 있었다. 이렇게 분출되는 강산성의 고온 온천수에 다량으로 녹아있던 아연, 납, 철 등의 금속이 차고 알칼리성인 해수와 섞이면서 검은색의 황화물 광물로 석출되는 모습이 마치 검은 연기를 내뿜는 굴뚝과 흡사하여 이들에게 '블랙 스모커'라는 이름이 붙여졌다.

우리 주위에서는 물을 아무리 가열하여도 100℃ 이상의 온도로 올라가지 않는다. 일단 100℃가 되면 물이 모두 기체상태로 바뀌어

버리기 때문이다. 그런데 어떻게 해저온천에는 350℃의 바닷물이 존재할 수 있는 것일까? 수심 2천600m 깊이의 260기압이나 되는 고압 속에서 물의 끓는 온도는 380℃ 정도까지 높아질 수 있기 때문이었다. 대기압보다 높은 압력 하의 압력밥솥 내에서 물의 끓는 점이 높아져 현미를 익힐 수 있는 것을 생각해보면 된다.

계속된 탐사를 통해 오늘날에는 태평양뿐만 아니라 대서양과 인도양에서도 해저온천이 발견되고 있다. 발산형의 경계인 해저산맥이 바로 지구 내부로부터 뜨거운 용암이 솟아올라와 식으면서 해양 지각이 만들어지는 곳이라는 것을 과학자들이 다시 한 번 직접 피부로 느낄 수 있었던 놀라운 발견이었다.

### 지구 생명의 요람?

해저온천지역의 블랙 스모커는 오늘날 귀하게 쓰이는 여러 광물 자원이 어떻게 만들어지는가 보여주는 천연 실험장의 현장이었다. 이들을 한곳으로 모으는 과정만 첨가되면 바로 광상이 만들어질 수 있는 것이다. 이미 확립되기 시작한 판구조론과 합쳐지면서 광상의 연구에 큰 진전이 있었던 것은 말할 것도 없다.

온천수 내에 많이 포함되어 있는 망간이 태평양에 많이 존재하는 망간단괴의 성장에 필요한 망간의 공급원임을 이해하게 된 것도 제법 큰 부수적 수확이었다. 해저온천의 발견 이전 망간단괴를 만들어내는 많은 양의 망간이 도대체 어디에서 왔을까 하는 것은 망간단괴와 관련되어 실로 답을 찾기 어려웠던 문제 중의 하나였었다.

해저온천의 발견은 단지 해양학뿐만 아니라 지구과학 전반에 많은 영향을 준 놀라운 발견이었다. 그러나 이 발견으로 강력한 힘을 얻으면서 새로이 태동한 중요한 연구 분야는 아마 지구상에 살고 있는 생명의 기원과 관련된 연구일 것 같다. 이 분야에 관련된 많은 생물학자들은 지구 초창기에 더욱 활발했을 것으로 여겨지는 해저온천이 바로 지구상에 생명을 탄생시킨 요람이지는 않았을까 생각하며 이런 특수 환경에서의 생물들의 생활상에 관한 많은 연구를 진행해 오고 있다.

해저온천은 1960년대 판구조론의 확립이 지구과학자들에게 안겨준 흥분을 70년대에 이르러서도 지속시키며 지구과학 연구에 활력을 제공하는 중요한 견인차 역할을 성공적으로 이루어낸 신비로운 지구의 비밀의 하나임이 틀림이 없다. ㉔



글쓴이는 서울대학교 화학과 졸업 후 동 대학원에서 석사학위를 받았으며, 미국 캘리포니아대학 샌디에이고 캠퍼스에서 해양학으로 박사학위를 받았다. 현재 지구환경과학부 학부장 겸 BK21사업단장으로 있으며, 해양연구소장을 겸임하고 있다.