

미항공우주국



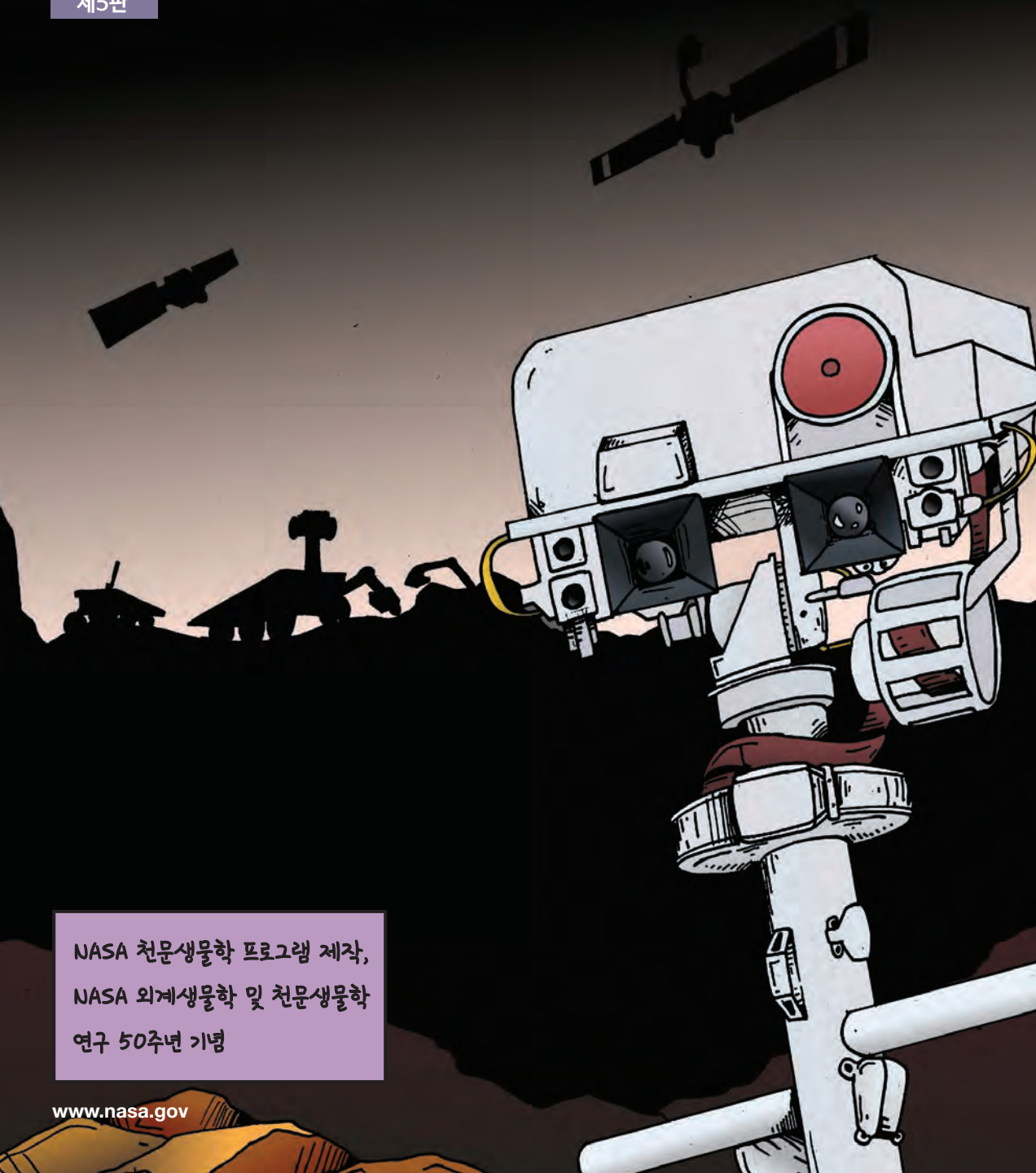
Issue
#2

제5판

천문생물학

ASTROBIOLOGY

The Story of our Search for Life in the Universe
우주에 존재하는 생명체 탐구에 관한 이야기



NASA 천문생물학 프로그램 제작,
NASA 외계생물학 및 천문생물학
연구 50주년 기념

www.nasa.gov

천문생물학

NASA 외계생물학 및 천문생물학 연구의 역사

이 이야기는 우주에 존재하는 생명체에 관한 이야기입니다. 더 정확하게 말하자면, 지금까지 인류에게 알려진 우주 생명체에 관한 이야기입니다. 과학자는 우리가 사는 환경을 이해하고, 그 환경과 생명의 관계를 이해하고자 노력합니다. 천문생물학자는 더 나아가 지구뿐만이 아니라 우리가 사는 우주 전체를 포함한 환경을 연구합니다.

2010년은 미항공우주국(NASA)에서 외계생물학과 천문생물학 연구가 시작된 지 50년째 되는 해입니다. 이를 기념하고자 NASA 천문생물학 프로그램은 역사 만화를 기획했습니다. 이 시리즈는 현재와 같은 외계생물학과 천문생물학의 모습을 정립하게 된 결정적인 인물과 사건을 소개합니다. 외계생물학/천문생물학은 역사가 60년에 불과한 젊은 학문입니다. 하지만, 이제부터 보시게 될 것처럼, 천문생물학이 답을 찾고자 하는 질문은 인류의 존재만큼이나 오랜 역사를 지녔습니다.

콘셉트&스토리

메리 보이테크
린다 빌링스
에런 L. 그론스탈

작화

에런 L. 그론스탈

대본

에런 L. 그론스탈 & 레슬리 멀렌

편집

린다 빌링스

레이아웃

제니 모타

다니엘라 스칼리스와 마이클 마이어 님께

번역

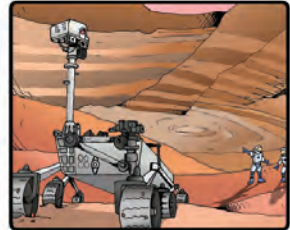
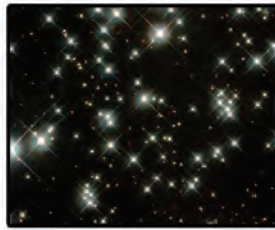
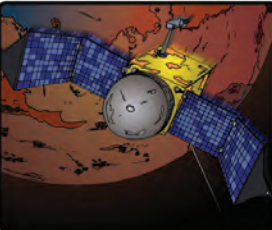
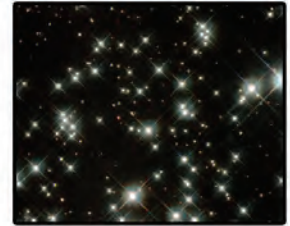
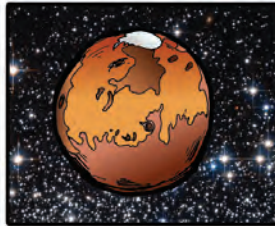
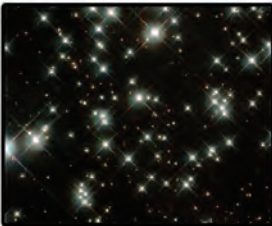
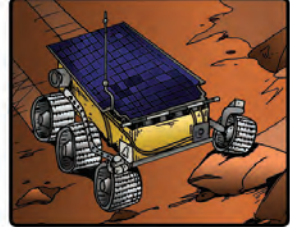
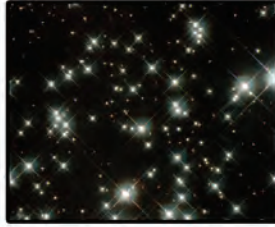
한국과학우주청소년단

2021, NASA 천문생물학 프로그램

제5판

초판 발행연도 2011

제2권—화성 탐사



2010년은 NASA 외계생물학 프로그램 탄생 50주년을 맞이하는 해입니다. 1960년에 발족한 이 프로그램은 이후 1990년대에 천문생물학 프로그램으로 확대되었습니다. 천문생물학 연구의 50년 역사를 기념하고자, NASA에서는 천문생물학 분야의 발전, 그리고 지구 밖 생명체 탐사가 NASA의 우주탐사 연구전략의 핵심이 된 과정에 얽힌 이야기를 준비했습니다. 이 책은 이를 통해 기획된 천문생물학 역사만화 시리즈 중 제1권에 해당합니다. 천문생물학의 역사를 모두 담을 수는 없겠지만, 이번 시리즈를 통해 천문생물학의 변천사를 주요 사건과 인물을 중심으로 살펴보고자 합니다.

- 편집위원 린다 빌링스

천문생물학은 우주에 존재하는 생명의 기원, 진화, 분포를 연구하는 학문으로서, NASA 창립 이래 연구 활동의 핵심 영역이었습니다. NASA가 처음으로 탐사선을 지구 궤도와 그 너머로 보내면서, 천문생물학도 그와 함께 우주로 뻗어 나갈 수 있었습니다!

제2권—화성 탐사



NASA는 태양계 여러 곳에 탐사선을 보냈지만, 그중에서도 외계생물학과 천문생물학에 특히 중요한 목적지가 하나 있었습니다. 바로 **화성**이죠.

우주 시대가 막 시작될 당시, 화성은 완전한수세계였습니다. 오늘날 우리는 화성이 예전에는 지구와 더 비슷했을 수 있음을 알고 있습니다. 천문생물학자들은 옛 화성이 어떤 모습일지를 궁금해합니다. '오래전에는 화성에도 우리가 생명체라 부르는 것이 있었을까?'라고 말이죠.

화성 탐사의 역사는 고난과 승리로 점철되어 있습니다. 화성은 방문자에게 위험하고 까다로운 행성입니다. 얼어붙는 추위, 모든 것을 파괴하는 모래폭풍, 작은 중력, 얇은 대기까지, 극한의 환경을 갖추고 있습니다. 화성 탐사 임무의 상당수가 실패로 끝났지만, 성공한 임무를 통해 화성 생명체의 가능성에 대한 놀라운 증거를 얻어낼 수 있었습니다.

2010년은 NASA에서 외계생물학과 천문생물학 연구가 시작된 지 50년째 되는 해입니다. 2011년 NASA의 **화성 과학 실험실**의 발사로, 화성 탐사를 통한 천문생물학 연구에 새로운 장이 열렸습니다. 현재 NASA를 비롯한 세계 여러 기관에서 화성 탐사를 위한 새로운 탐사와 발사 임무를 개발하고 있습니다.

하지만 화성 탐사 이야기에 앞서... 초기 외계생물학과 천문생물학에서 화성이 어떤 의미였는지를 자세히 알아봅시다.

배경 이미지:
구상성단의 모습 (1)

NASA가 1960년에 개시한
외계생물학 프로그램은(제1권 참조)
많은 과학자들의 관심을
끌었습니다.



해롤드 "척" 클라인(1921-2001)
NASA 에임스 연구 센터 외계생물학부 초대 부장
(2)

L.P. "피트" 질
(1920-1993)
NASA 에임스 연구 센터
외계생물학부 3대 부장
(3)

"처음 [NASA 에임스 연구 센터에] 왔을 때
생명과학부에는 딕 영과 반스 오야마,
두 사람뿐이었어요. 저는 1년만 머물다가
가능하면 버클리로 돌아갈 생각이었죠.
그런데 둘째 날에, 딕 영이 이러더군요..."(4)

"여기 남아서 생명의 기원을 연구하는
연구소를 세우는 건 어때?"(2)

"그래서 즉시 작업에 착수죠."(2)

리처드 "딕" 영
NASA 에임스 연구 센터 외계생물학부
2대 부장, NASA 본부 외계생물학
프로그램 초대 국장(1)



반스 오야마
NASA 에임스 연구 센터 생물학자(1)

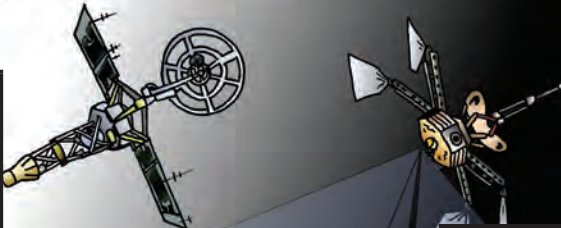
시릴 포남페루마
NASA 에임스 연구 센터 초대박사후
펠로우 프로그램에 참여(1961년 여름)(8)

당시 NASA는 달 탐사
프로그램을 진행하면서
월석이나 운석 같은
우주 물질을 분석할
시설을 건설했습니다.

레이저 9(1965)

... 하지만 외계생물학자들은 지구에서
가장 가까운 두 행성, 화성과 금성에
주목했습니다.

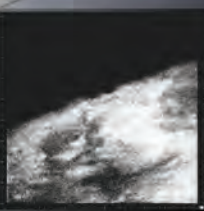
NASA의 매리너 프로그램은 1962년 매리너 2호
발사 성공으로 첫 번째 결실을 거두었습니다.
매리너 2호의 성공으로, 일부 과학자가
생명체가 살 수 있다고 믿었던 금성의 모습을
처음으로 자세히 관찰할 수 있었습니다.(9)



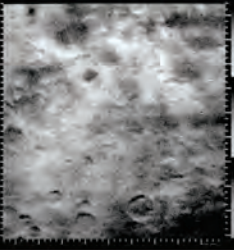
1965년 7월 14일에는 매리너 4호가
우주선 최초로 화성에 접근해, 오래전
화성 표면에 물이 흘렀을 가능성을
보여주는 여러 지형을 발견했습니다.

"앞으로 우리는 유사 이래 수천 년 동안
금성에 대해 알고있었던 것보다
더 많은 것을 알게 될 것입니다."*(10)

*NASA 행정관 제임스 웹,
매리너 2호탐사 성공에 대하여 이야기하던 중



(1)



(2)

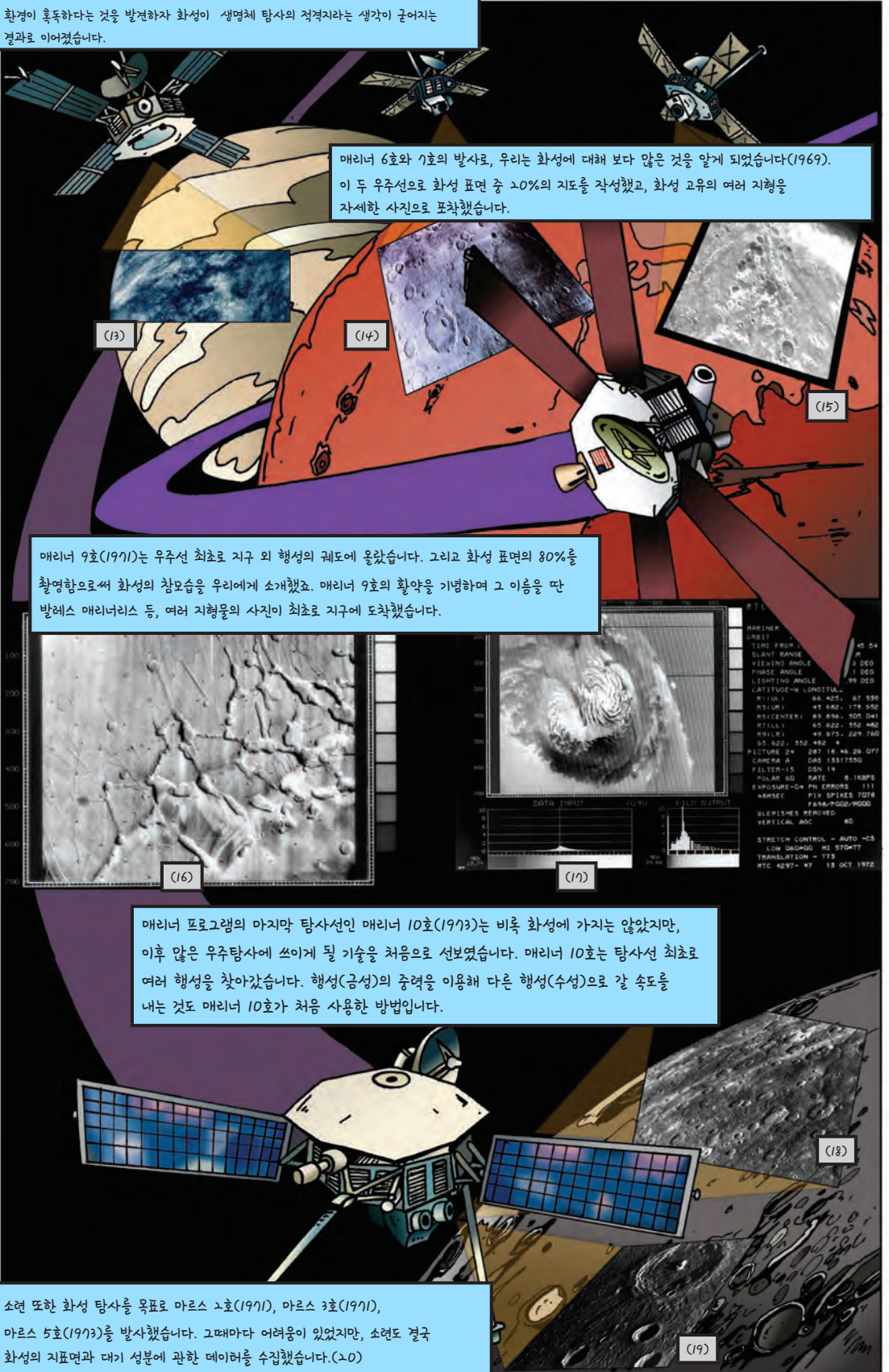
매리너 5호(1967)부터는 목적이 다시 금성으로 바뀌었습니다. 매리너 2호와 5호가 금성의 환경이 혹독하다는 것을 발견하자 화성이 생명체 탐사의 적격지라는 생각이 굳어지는 결과로 이어졌습니다.

매리너 6호와 7호의 발사로, 우리는 화성에 대해 보다 많은 것을 알게 되었습니다.(1969). 이 두 우주선으로 화성 표면 중 20%의 지도를 작성했고, 화성 고유의 여러 지형을 자세한 사진으로 포착했습니다.

매리너 9호(1971)는 우주선 최초로 지구 외 행성의 궤도에 올랐습니다. 그리고 화성 표면의 80%를 촬영함으로써 화성의 참모습을 우리에게 소개했죠. 매리너 9호의 활약을 기념하며 그 이름을 딴 발레스 매리너리스 등, 여러 지형물의 사진이 최초로 지구에 도착했습니다.

매리너 프로그램의 마지막 탐사선인 매리너 10호(1973)는 비록 화성에 가지는 않았지만, 이후 많은 우주탐사에 쓰이게 될 기술을 처음으로 선보였습니다. 매리너 10호는 탐사선 최초로 여러 행성을 찾아갔습니다. 행성(금성)의 중력을 이용해 다른 행성(수성)으로 갈 속도를 내는 것도 매리너 10호가 처음 사용한 방법입니다.

소련 또한 화성 탐사를 목표로 마르스 2호(1971), 마르스 3호(1971), 마르스 5호(1973)를 발사했습니다. 그때마다 어려움이 있었지만, 소련도 결국 화성의 지표면과 대기 성분과 관한 데이터를 수집했습니다.(20)



NASA는 1959년부터 이미 생명체를 감지하는 장치를 개발하고 있었습니다. 그리고 NASA는 어느 곳보다도 먼저 화성에서 이 기술을 활용하고자 했습니다. 이치럼 화성 탐사를 일찍부터 중점적으로 추진한 결과, 천문생물학은 마침내 역사적 이정표를 맞이하게 되었습니다.



1975년, NASA가 과감한 행성 탐사 임무를 개시했습니다. 이번 탐사에 나선 것은 쌍둥이 바이킹탐사선이었습니다.

바이킹 1호와 2호는 각각 화성 탐사 착륙선과 궤도선을 하나씩 탑재하고 있었습니다.

각 착륙선은 14가지 실험 장치를 탑재했는데, 그중에는 화성 생명체의 증거를 찾기 위한 연구도 있었습니다.

"철스 베른과 올라프 스테이플던의 글을 읽고 자란 사람으로서, 화성 탐사 계획을 직접 의논하는 것은 매우 즐거운 일이었습니다."(4)

1961년, NASA는 생명체 감지 기술 전문가인 영국 과학자 제임스 러브록을 초청해 우주탐사 프로그램에 참여하도록 했습니다. 생명 감지 실험에 대한 아이디어가 많았던러브록은 1965년 화성 탐사정 초기 설계 작업을 진행했습니다.



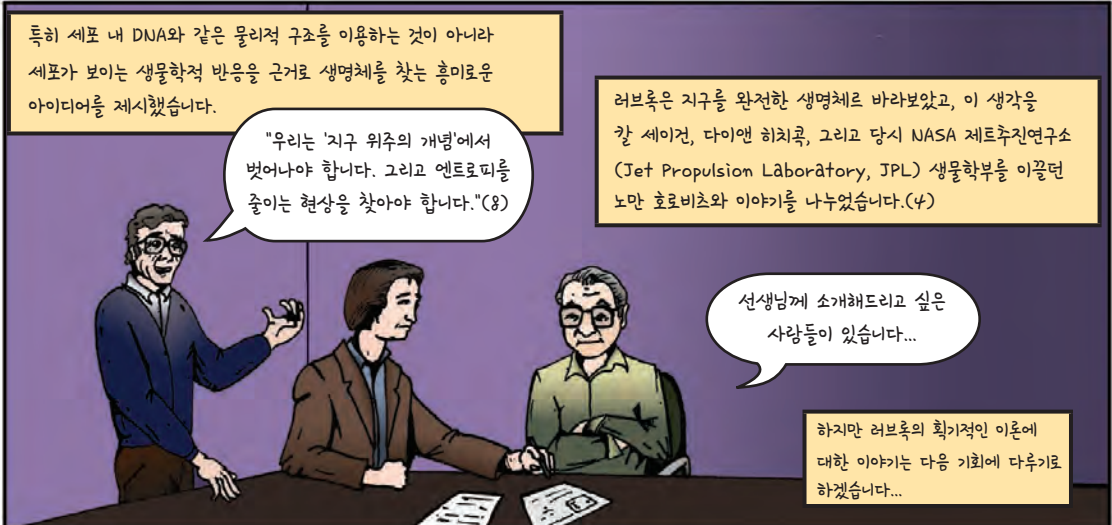
특히 세포 내 DNA와 같은 물리적 구조를 이용하는 것이 아니라 세포가 보이는 생물학적 반응을 근거로 생명체를 찾는 흥미로운 아이디어를 제시했습니다.

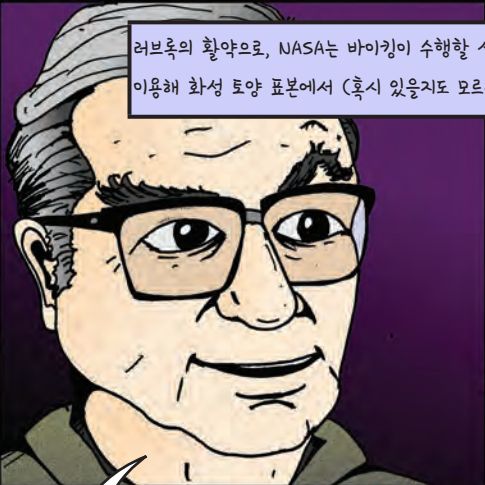
"우리는 '지구 위주의 개념'에서 벗어나야 합니다. 그리고 엔트로피를 줄이는 현상을 찾아야 합니다."(8)

러브록은 지구를 완전한 생명체로 바라보고, 이 생각을 칼 세이건, 다이앤 히치콕, 그리고 당시 NASA 제트추진연구소(Jet Propulsion Laboratory, JPL) 생물학부를 이끌던 노만 호로비츠와 이야기를 나누었습니다.(4)

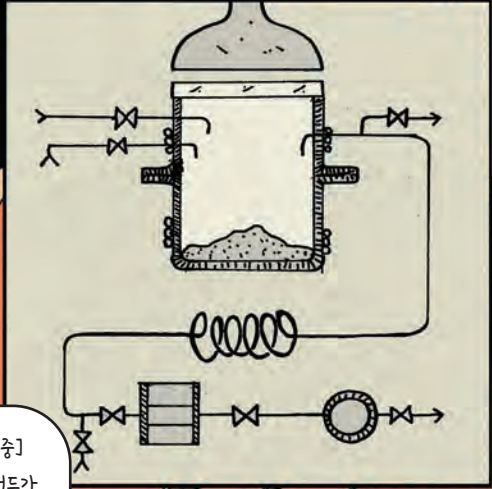
선생님께 소개해드리고 싶은 사람들이 있습니다...

하지만 러브록의 획기적인 이론에 대한 이야기는 다음 기회에 다루기로 하겠습니다...



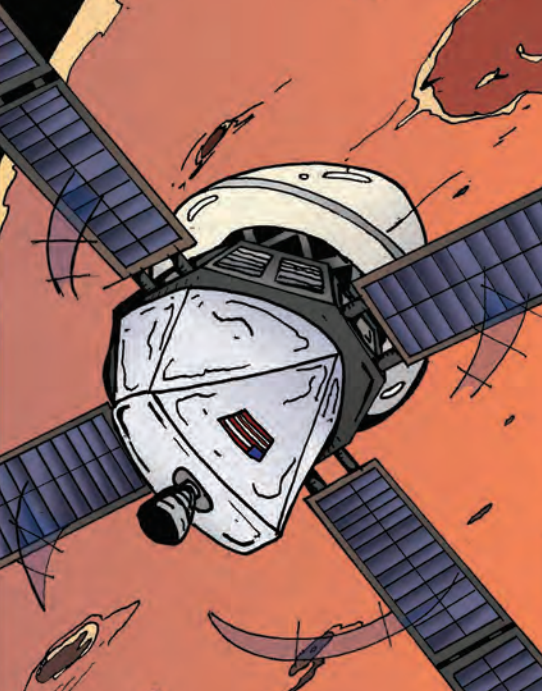


러브록의 활약으로, NASA는 바이킹이 수행할 생명체 검출 시험을 결정할 수 있었습니다. 이 실험의 목적은 물을 이용해 화성 토양 표본에서 (혹시 있을지도 모르는) 미생물 배양을 시도하고, 성장의 징후를 찾아보는 것이었습니다.

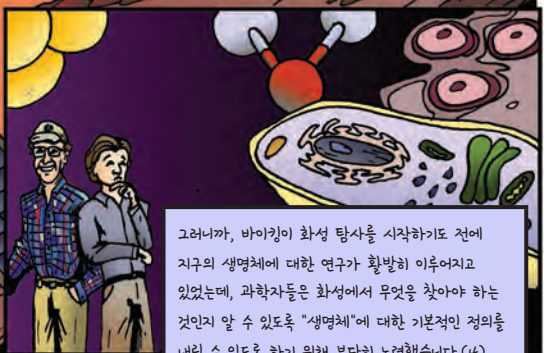


"이산화탄소는 미량의 수증기가 포함된 유일한 [화성의 대기 성분 중] [추]성분이었습니다. 이 발견은 저와 제 동료, 조지 하비와 제리 허버드가 물이 없는 행성에서 생명체를 찾는 도구를 설계하는 계기가 되었습니다. 그 도구가 바로 열분해적 방출 실험이었습니다."(4)

새롭게 알게 된 화성의 모습을 본 호르비츠와 그 동료들은 남극의 드라이 밸리, 칠레의 아타카마 사막 등과 같이 지구상에 존재하는 환경 중 화성과 비슷하게 혹독한 환경에서 바이킹호에 실릴 장비를 시험하기로 했습니다.



길 러빈과 울프 비슈니악은 남극 드라이 밸리에서 생명검출장치를 시험했습니다. 이 시험에서 비슈니악은 호르비츠와 동료들이 생명체가 없다고 여겼던 토양에서 미생물을 발견했습니다. 이 발견으로 화성에 생명체가 존재하는가에 대한 문제는 보다 복잡해졌습니다.



그러니까, 바이킹이 화성 탐사를 시작하기도 전에 지구의 생명체에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있었는데, 과학자들은 화성에서 무엇을 찾아야 하는 것인지 알 수 있도록 "생명체"에 대한 기본적인 정의를 내릴 수 있도록 하기 위해 부단히 노력했습니다.(4)

"사실 금성과는 달리 지금까지 화성에 대해 알아낸 어떤 사실도 생명체의 존재를 부정할 근거는 되지 않습니다..."

...지구상의 어떠한 생물종도 휴면상태를 제외하고는 화성의 평균 환경에서 생존할 수 없다는 것도 사실입니다. 하지만 화성의 기후가 본래는 보다 온화했지만 점차 지금처럼 혹독한 환경으로 변화했을 가능성을 감안한다면...

...그리고 이러한 옛 화성에서 생명체가 나타났을 가능성을 감안한다면, 화성의 생명체가 환경 변화에 적응해 아직도 살아있을 가능성도 배제할 수 없습니다."(2)

"외계생명체에 대한 연구를 추진하는 이유는 우리가 결과를 낙관하고 있기 때문이 아니라, 긍정적인 결과가 나올 경우 그 파급력이 엄청날 것이기 때문입니다."(2)

1969년 12월, NASA는 진행할 실험을 선정했습니다. 호르비츠의 열분해적 방출 실험, 러빈의 표시 방출 실험, 비슈니악의 '올드 트랩'(나중에 외됨), 오야마의 기체 교환 실험 등이 채택되었습니다.



이들 실험을 위한 장치들을 하나로 묶어 착륙선에 탑재했습니다. 착륙선에는 분자량으로 유기화합물을 분리하고 확인하는 소형 GC/MS*도 탑재했습니다.

"[유기화합물 확인]이 중요하다고 생각했습니다. 저희가 원하는 것은 화성에 있는 유기물 분자를 분석해 화성 생명체가 생겨난 화학적, 물리적 환경을 파악하는 것이었습니다.

그리고 유기화합물의 구조를 분석해 화성에서 나타나는 생체합성과 비생체합성을 구명하고자 했습니다."(4)

생물학 실험에서는 부정적인 결과가 나왔지만, GC/MS를 통해 표본에 세포가 포함될 수 있음을 입증하는 유기분자를 찾을 수 있었습니다.

"저는 [GC/MS가] 바이킹 탐사에서 제일 중요한 장치라고 생각합니다."(4)

*기체 크로마토그래피 및 질량분석

1976년 7월 20일,
아폴로 11호가 달에 착륙한 지 7년
만에 바이킹 1호 착륙선이 화성의
크리세 평원에 안착했습니다.

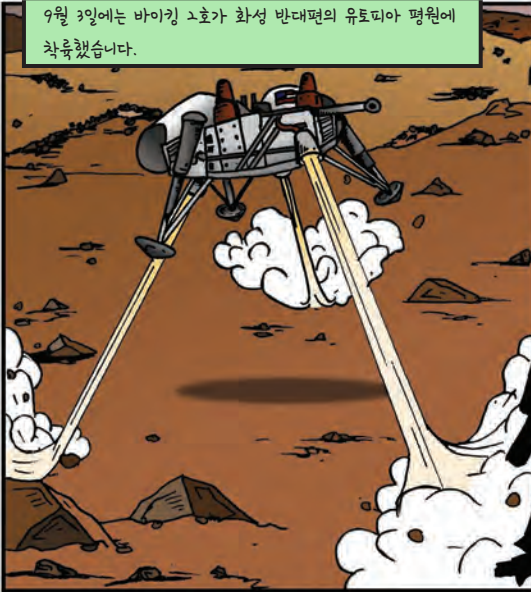


화성이 지구 미생물에 오염되지 않도록 바이킹 착륙선은
특수 멸균실에서 조립되었고, 미생물 박멸을 위한 열처리를 거쳐,
화성 착륙 때까지 격리되었습니다.

착륙선의 카메라에 담긴 화성 표면의 모습은 달과는 매우
다르고 우리에게 훨씬 익숙한 모습이었습니다. 7월 28일,
착륙선의 기계 팔을 이용해 표본을 분석기에 담았습니다.



9월 3일에는 바이킹 2호가 화성 반대편의 유토피아 평원에
착륙했습니다.



전 세계가 바이킹 탐사로 밝혀진 화성의 모습을
지켜보았습니다.

생물학 실험 결과, 가장 처음 실시한 시험에서부터 생명활동의 증거가 나타났습니다.
열분해적 방출 실험 결과 광합성에 해당하는 수치가 나타났지만, 같은 결과가
다시 나타나지는 않았습니니다. 기체 방출 실험 결과 화성 토양에서 산소가 방출되는 것으로
나타났지만, 이 결과는 생물학적 반응이 아닌 화학적 반응으로 보인다고 말했습니다.

"정말 놀라운 광경입니다..."(22)

"새로운 현실이 열렸어요. 화성이 단순한 단어,
관념에서 실재하는 장소가 된 겁니다."(4)

(23)

바이킹 지표면 촬영
팀장 토마스 머치

바이킹 프로젝트 매니저
제랄드 소펜

표시 방출 실험은 그 결과가 가장 뚜렷했습니다. 미생물의 신진대사에 의해 방출되었을지도 모르는 이산화탄소가 검출된 것입니다. 그러나 GC/MS 시험 결과, 화성에는 유기물이 없는 것으로 판명되었습니다.

예상 밖의 결과이자... 혼란스러운 결과였고.

"결론은 명확해요. 화성에는 유기물, 즉 생명체가 없습니다." (4)

연구진은 재빠르게 움직여야 했습니다. 전 세계가 연구 과정을 지켜보고 있었고, 언론과 대중은 더 많은 정보를 애러게 기다리고 있었기 때문입니다. 연구진은 계속되는 압박과 시선을 느끼며 작업에 임해야 했습니다.

"이렇게 어항 속에 갇힌 듯한 상황은 연구진 중 누구도 겪어보지 못했습니다." (4)

어떤 과학자들은 바이킹 실험의 결과가 화학반응으로 모두 설명할 수 있다고 주장한 반면, 다른 과학자들은 화성에 생명체가 있을 가능성이 있다고 믿었습니다.

점점 더 많은 과학자가 바이킹 실험의 결과를 분석하기 시작했고, 매 시험 마다 새로운 질문이 나타났습니다. 어떤 결과는 "화학반응"으로 해석되었지만... "생물 반응"으로 해석될 수 있는 결과도 있었죠.

"생명체의 가능성에 대한 생각은 사람마다 달랐지만, 생명체가 존재하는가라는 질문 자체는 중요하며, 그 질문에 대한 부정적인 답도 마찬가지로 중요하다는 점은 모두 공감했습니다." (4)



1979년에 이르러서는 바이킹 실험 결과가 화학적 반응일 가능성이 높다는 데 많은 연구자가 동의하게 됩니다. (24) 그러나 이후 탐사에서 화성의 환경에 대한 더 많은 정보가 밝혀지면서 논쟁은 계속되었습니다.



(25)



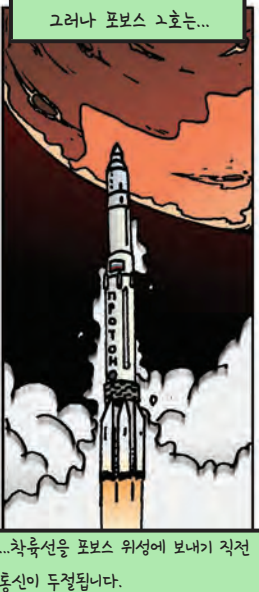
바이킹 탐사에 수많은 시간과 노력을 들였음에도 불구하고 여러 질문이 해결되지 않은 당시 상황에서, 천문생물학이 나아가야 할 방향은 무엇이 있었을까요?

[외계생물학]은 행성 탐사와 직결된 학문이었어요. 외계생물학의 향방이 바이킹 프로그램에 달려 있었죠.(4)



바이킹이 화성에 생명체가 있다는 명확한 증거를 발견하지 못했지만, 덕분에 사람들은 실형 자체가 올바른 것이었는지 의문을 던지기 시작했습니다. 오늘날의 천문생물학자도 여전히 이 질문에 대한 답을 찾고 있습니다...

1988년, 소련은 (여러 국가와 협력해) 포보스 1호와 2호를 발사했습니다. 그중 포보스 2호만이 성공했고, 화성의 위성인 포보스에 관한 데이터를 수집하기 시작했습니다.



그러나 포보스 2호는...

...착륙선을 포보스 위성에 보내기 직전 통신이 두절됩니다.



포보스 이후, 화성은 그렇게 수수께끼의 행성으로 남는 듯했습니다.

소련과 미국 모두 탐사에 어려움을 겪었죠.



1992년에는 NASA가 마스 옴저버를 발사했지만, 화성을 다시 탐사한다는 기쁨은 오래가지 못했습니다. 1993년 8 월 23일, 궤도 진입을 앞둔 마스 옴저버와 통신이 두절되었기 때문입니다.

1990년대 중반, 소련의 붕괴라는 정치적 격변이 일어났지만, 러시아는 마스 96 궤도선 및 착륙선 개발을 계속 추진했습니다.

하지만 안타깝게도 마스96의 발사는 성공적이지 못했고, 결국은 지구 대기로 재진입하던 중 불타버리고 맙니다.

1996년 11월 7일, NASA는 마스 글로벌 서베이어 (MGS)를 발사했습니다. MGS에는 이전에 실패한 마스 오퍼버를 위해 제작한 장비 중 일부를 탑재되었습니다.

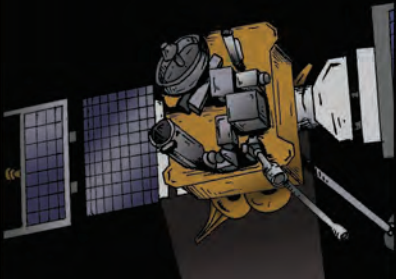
MGS 탐사는 성공이었습니다!



MGS는 전체 화성 표면에 대한 데이터를 보내주었고, 천문생물학자들은 화성의 물과 토양의 역할을 더 자세히 연구할 수 있었습니다.

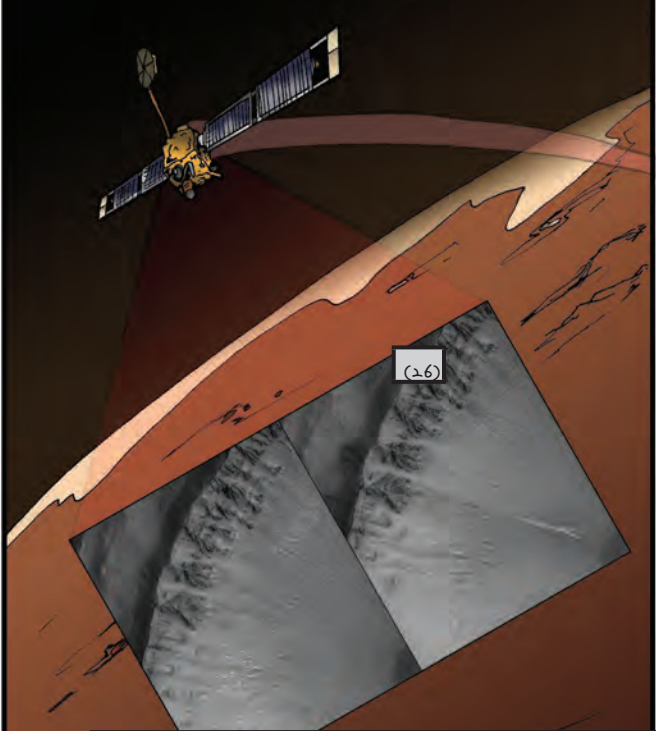


바이킹 탐사는 우리가 다른 행성의 생명체를 탐사하기에는 지구의 생명체에 대해 아는 것이 부족함을 증명했습니다. 대신, 과학자들은 화성의 과거와 현재 환경을 연구함으로써 이 행성이 우리가 아는 생명체가 살 수 있는 곳이었는지 알아보려고 했습니다.



지구의 생명체가 살아가는 데 필수적인 요소는 액체 상태의 물입니다. 태양계의 생명체 탐사 또한 물이 존재하거나 과거에 존재했던 환경을 찾는 데 초점을 맞추었습니다.

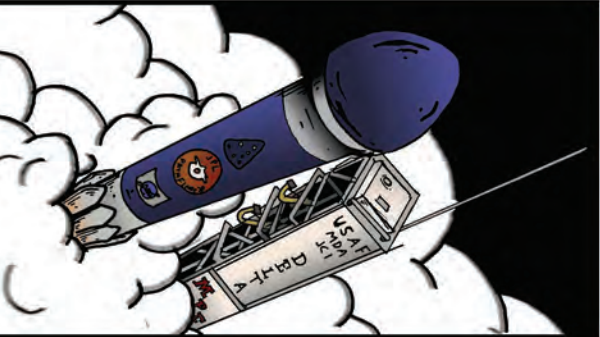
MGS에 탑재한 카메라로 화성의 기상 패턴과 협곡 및 토석류를 관측한 결과, 화성 표면이나 근방에 과거 액체 상태의 물이 존재했을 가능성이 제기되었습니다.



한 예로, MGS가 2004년에서 2005년 사이에 보내온 사진을 바탕으로 연구진은 켄타우리 몬테스 지역에 있는 협곡 퇴적층의 형성과정을 조사했습니다. 이 퇴적층은 마치 흐르는 물로 만들어진 듯한 모습을 하고 있었습니다... 즉, 오늘날 화성에도 여전히 액체 상태의 물이 흐를 가능성이 있다는 것입니다. (27)

1997년, NASA는 패스파인더를 발사했습니다. 바이킹과는 달리 이번 탐사선에는 생명체 탐사를 위한 장비를 탑재하지 않았습니다.

다만, 패스파인더를 통해 확인된 사실은, 화성 탐사 비용을 더욱 낮출 수 있다는 점이었습니다. 패스파인더 탐사에서는 이후의 화성 탐사를 위한 주요 기술을 검증했습니다. 그중에는...





...에어백 보조 착륙장치도 있었죠.

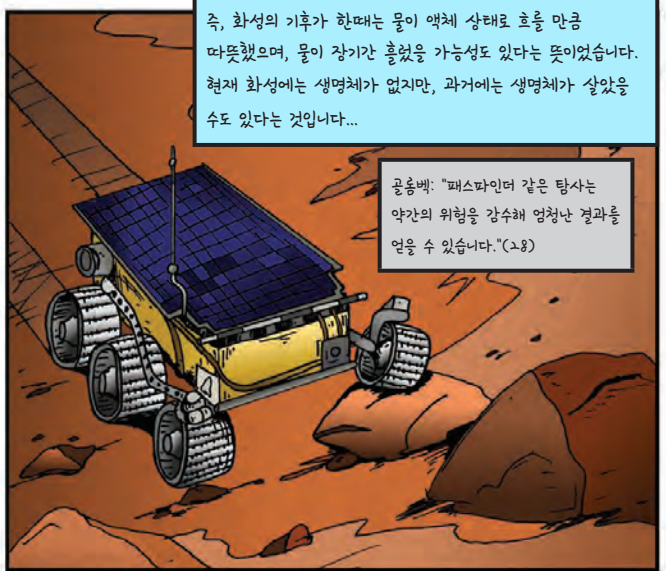
탐사는 지질학에 초점을 맞추었지만...

...동시에 천문생물학자에게 중요한 교훈을 많이 남겨주었습니다.



"패스파인더 탐사 결과, 화성의 기후가 과거에는 보다 온화하고 습했을 가능성을 확인했습니다."
- 매튜 골롬벡, 패스파인더 프로젝트연구원(28)

특히, 패스파인더는 오래전 지표면에 흐르던 물로 인해 만들어진 것처럼 보이는 둥근 자갈들을 발견했습니다.



즉, 화성의 기후가 한때는 물이 액체 상태로 흐를 만큼 따뜻했으며, 물이 장기간 흘렀을 가능성도 있다는 뜻이었습니다. 현재 화성에는 생명체가 없지만, 과거에는 생명체가 살았을 수도 있다는 것입니다...

골롬벡: "패스파인더 같은 탐사는 약간의 위험을 감수해 엄청난 결과를 얻을 수 있습니다."(28)

1998 년 7 월 3일, 일본이 미국과 소련 다음으로 화성 탐사를 시도했습니다. 일본이 발사한 노조미호의 임무는 화성 표면을 촬영하고 화성의 대기 및 대기와 태양풍의 상호작용을 조사하는 것이었습니다.



노조미는 화성궤도에 오르지 못했지만, 2003년에 재진입을 시도할 수 있도록 태양 궤도를 계속 비행했습니다.

그러나 2002년 4월, 노조미호는 지구의 중력을 이용하기 위해 지구에 접근하는 동안 강력한 태양 표면의 폭발로 피해를 입고 말았습니다. 2003년 12월, 탐사는 취소되었고, 노조미호는 화성과의 충돌을 피하고자 항로를 변경합니다.

이후 이어진 NASA의 화성 탐사 노력 또한 어려움의 연속이었습니다.
먼저 화성의 기후변화에 대한 증거를 찾기 위해 보낸
화성 기후 궤도선이 어려움에 부딪혔습니다.

화성 기후 궤도선은 화성에 도달했지만, 화성에 너무 가까이
접근하는 바람에 화성 대기와 충돌하여 부서지고 말았습니다.



그다음, NASA는 화성 극지 착륙선을 보내
플라넘 모스트랄레(남극고원) 지역의 이산화탄소
빙하에 착륙시키려 했습니다.

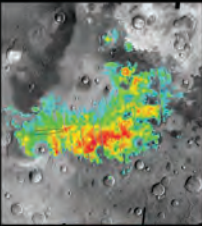
이번 착륙선의 목적은 극지방
퇴적물과 토양 샘플을 분석해 얼음이
있는지를 알아보려는 것이었습니다.

그러나 착륙선을 내려보내는 험난한 과정에서 NASA와
착륙선의 통신이 끊기고 말았습니다.

2001년 10월 24일, NASA는 마침내 2001 마스 오디세이호를
통해 성공을 거두었습니다. 현재 마스 오디세이호는 지구 외 행성에 대한
궤도탐사 임무 중 가장 오랫동안 임무를 지속하고 있습니다.

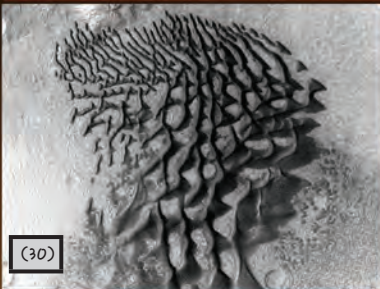
특히 오디세이호가 보내온 수소 지도 덕분에, 연구진은 화성 극지방 지표면
바로 밑에 있는 막대한 얼음을 발견할 수 있었습니다.

오디세이호는 화성 지표면의
화학적분과 광물을 분석해 지도를
만들으로써, 화성의 환경과
생명체의 존재 가능성에 대한
중요한 정보를 선사해 주었습니다.

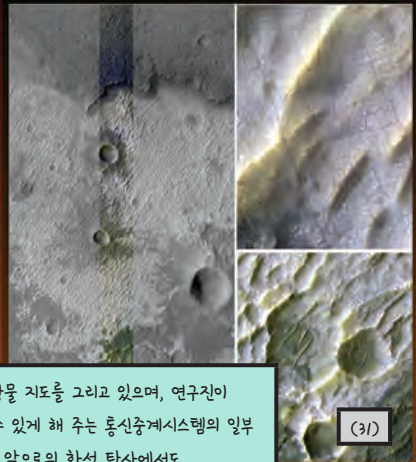


(29)

또한, 오디세이호는 향후 유인탐사 시 위험
요소를 파악하기 위해 화성의 방사능 수치를
측정했습니다.



(30)



(31)

오디세이호는 현재에도 화성의 광물 지도를 그리고 있으며, 연구진이
기타 화성 탐사선과 '대화'할 수 있게 해 주는 통신중계시스템의 일부
역할을 수행합니다. 오디세이호는 앞으로의 화성 탐사에서
중요한 역할을 할 것입니다.

2003년 6월 2일, 유럽우주국(ESA)은
 마스 익스프레스 탐사선을 발사해 화성
 탐사로봇 발사 대열에 합류했습니다.



"마스 익스프레스호는 유럽의 힘으로 처음
 개발한 행성 탐사선입니다. 이번 도전을 통해
 유럽의 기술력을 시험할 수 있었죠."
 - 루디 슈미트, 마스 익스프레스

마스 익스프레스호는 러시아의 마스 96
 탐사선에 실려 없어졌던 일부 장비를 다시
 탑재했습니다.(33) 주 임무 중 하나는 과거
 화성 표면에 흘렀던 물이 어떻게 되었는지
 알아보는 것이었죠.



마스 익스프레스에는 착륙선 비글 2호 또한
 실려 있었습니다. 비글 2호는 바이킹 이후
 처음으로 생명체의 증거를 탐색하기 위해 제작한
 착륙선이었습니다.



"비글 2 프로젝트는 화성 운석 연구에 바탕을
 둔 것입니다. 우리가 계속 화성으로 돌아가
 생명체의 존재 여부를 알아보려 하는 진짜
 원인은..."

... 바이킹이 아무도 예상 못 했고, 아
 무도 계획하지 못했던 일을 해냈기 때
 문이죠. 바로 지구에 화성 운석이 있다
 는 사실을 밝혀낸 것 같습니다."(33)

콜린 필린저,
 비글 2 책임연구원

마스 익스프레스호는 엄청난 성공을 거두었으며, 현재에도 귀중한 데이터를 지구로 보내고 있습니다.
 (34) 특히 여러 크레이터, 화산과 같은 지형지물의 사진을 고해상도로 보내주었습니다.

(35)

마스 익스프레스호는 또한 화성 대기에 원인 모를 메탄가스의
 흔적이 남아있음을 확인했습니다. 일부 연구원은 이 메탄이
 화성 표면 바로 아래에 있는 생물체가 배출하는 것일지도 모른다고
 생각했습니다.

애석하게도 비글 2호 착륙선은 화성으로 강하 중 통신이
 두절되었습니다.

연구진은 화성 궤도선들이
 촬영한 사진을 뒤져가며 비글
 2호의 흔적을 찾아 헤맸지만...

(36)

...결국 비글 2호는 공식 실종 처리되었습니다.

마크 심스,
 비글 2호 탐사 매니저

2003년, NASA는 또 한 번의 화성 탐사 임무를 통해 엄청난 성과를 거두게 됩니다. 쌍둥이 화성 탐사 로버 임무가 그것입니다. 2004년 1월에 화성에 착륙한 화성 탐사 로버 스피릿호와 오퍼튜니티호는 수많은 모험을 겪었습니다.



스피릿호는 오퍼튜니티호보다 3주 먼저 화성의 구세프 크레이터 내부의 평원에 안착했습니다. 착륙 후 구세프 지역의 지질학적 조성이 화산활동에 의한 것임이 확인되었습니다. 그러나 결국 스피릿호는 과거의 액체 상태의 물이 존재했다는 증거를 발견했습니다.

화성 반대편에서는 오퍼튜니티호가 "홀인원" 착륙에 성공했습니다. 메리디아니 평원을 지나 이글 크레이터에 바로 안착한 것입니다.

오퍼튜니티호가 화성에서 처음 보낸 사진은 이글 크레이터의 벽, 오래전 운석이 화성 표면에 충돌해 드러낸 단층의 모습이었습니다. 이 단층을 통해 오랜 기간에 걸친 지질학적 역사를 한눈에 확인할 수 있었습니다.

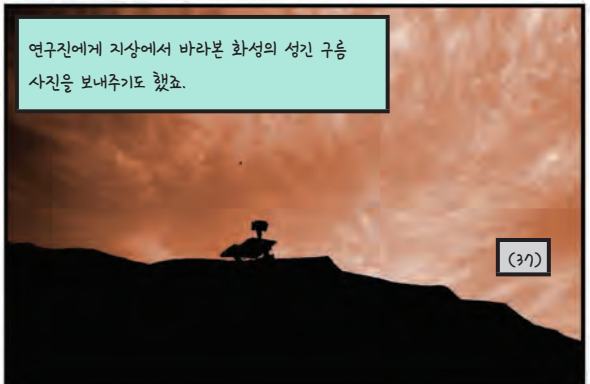
이글 크레이터에 있는 암석 중에는 연구진이 "블루베리"라고 부른 둥근 돌이 있었습니다.



오퍼튜니티호는 이글 크레이터의 착륙 지점에서 벗어나 수 킬로미터를 이동했습니다.

확인 결과, 이 암석은 구체 모양의 적철석이었습니다. 지질학에 따르면 적철석은 오래전 물이 포화 상태였던 토양에서 형성되었을 가능성이 높다고 합니다.

연구진에게 지상에서 바라본 화성의 성긴 구름 사진을 보내주기도 했죠.



(37)

두 화성 탐사 로버는 암석 연마 도구인 RAT를 심분 활용해...

두 탐사 로버는 모두 고운 모래에 바퀴가 빠지는 일을 겪었습니다. 바퀴가 빠지지 않도록, 로버를 여러 주에 걸쳐 겨우 몇 센티미터만 천천히 움직여야 했습니다.

때로는 이런 위험한 토양 덕분에 뜻밖의 발견을 하기도 했습니다.

...연구진에게 단단한 화성 표면 아래 감춰진 모습을 보여주었습니다.

스피릿호의 바퀴가 모래를 파헤쳐 그 밑에 있던 소금이 드러난 것입니다. 지구에서 온천수가 화산암과 만날 때 생기는 것과 같은 소금이었습니다.

두 탐사 로버는 화성 표면을 휩쓰는 작은 토네이도인 모래바람을 수 차례 만나기도 했습니다.

모래바람은 로버를 들어 올릴 만큼 강하지는 않았으며, 오히려 태양 전지판의 먼지를 없애주었습니다. 덕분에 두 로버는 원래 예정된 3개월을 훨씬 넘겨 전력을 유지하고 임무를 수행할 수 있었습니다.

오퍼튜니티호는 계속해서 이동 거리 기록을 경신했고, 그 과정에서 예기치 못한 여러 가치를 발견하게 됩니다...

오퍼튜니티호는 심지어 경사가 가파른 엔데버 크레이터를 내려가기도 했습니다.

...넓은 메리디아니 평원에 떨어진 운석을 발견한 것처럼 말이지요.

매우 위험한 여정이었고, 많은 이들이 로버가 다시는 돌아오지 못할 것이라 예상했습니다.

하지만 크레이터 안에는 바위로 이루어진 거대한 벽이 있었고, 이곳에서 화성의 고대 기후에 대한 많은 단서를 얻을 수 있었습니다. 연구진은 위험을 무릅쓰기로 했습니다.

오퍼튜니티호는 엔데버 크레이터에서 무사히 나와 임무를 계속 수행했습니다. 그러나 2010년 봄, 스피릿호는 더 이상 응답하지 않았죠.

2005년 8월 12일,
NASA는 새로운 화성 탐사선인 화성 정찰 궤도선(MRO)을 화성에 보냈습니다.



MRO는 화성 지표면 밑에 '볼' 수 있는 레이더를 포함해 여러 강력한 장비를 갖추고 있었습니다.

MRO는 현재 오래전 화성 표면에 액체 상태의 물이 있었는지 조사하고 있습니다.(38)
물이 흘렀다는 증거는 이미 나왔지만, 이번에는 생명체가 진화할 수 있었을 만큼 오랫동안 물이 흘렀는가를 알아보는 것이죠.

MRO가 보내준 사진 덕분에 연구진은 화성 탐사 로버의 방향을 정하고 향후 탐사선의 착륙 지점을 선정할 수 있었습니다.

현재 화성에는 그 어느 때보다 많은 탐사 로봇이 활동하고 되었습니다. 이들 로봇 덕분에 천문생물학자들은 화성의 수수께끼를 푸는 데 점점 더 다가서고 있습니다.

2006년 11월, NASA는 마스 글로벌 서베이어로부터 마지막 신호를 수신했습니다. 서베이어가 활동을 시작한 지 10년 만이었습니다.(11면)(39)

글렌 커닝햄,
MGS 개발 및 발사 매니저

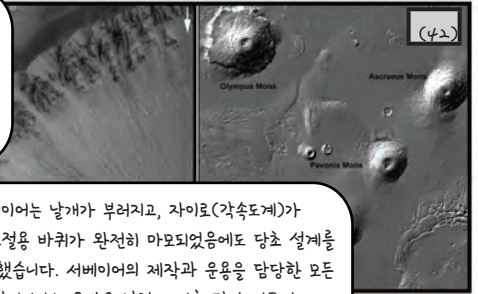
"10년 전에 탐사선을 쏘아 올릴 때만 하더라도, 예정된 임무 기간을 채울 수 있을지 확신이 없었습니다. 10년이나 임무를 계속하게 되리라는 생각도 못 했죠."(40)



(41)

통 소프, 제트추진연구소
마스 글로벌 서베이어 프로젝트 매니저.

"마스 글로벌 서베이어는 날개가 부러지고, 자이로(각속도계)가 고장이 나고, 반작용 조절용 바퀴가 완전히 마모되었음에도 달초 설계를 뛰어넘는 성과를 달성했습니다. 서베이어의 제작과 운용을 담당할 모든 인원은 과학적 발견이라는 유산을 남겼고, 이후 탐사 임무에 커다란 보탬이 되어 주었습니다."(39)

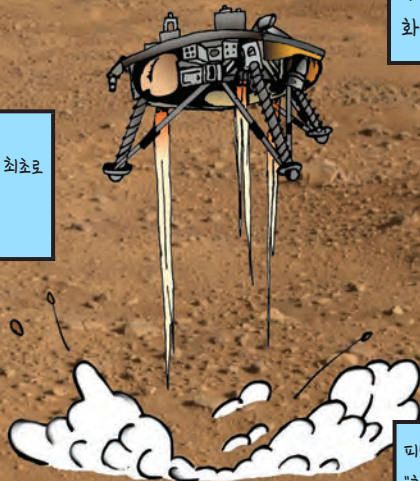


(42)

MGS가 마지막 인사를 보낸 후, NASA는 이전에 실패한 화성 극지 착륙선(13면 참조)을 토대로 새로운 탐사 임무를 개시했습니다.

2007년 8월 4일, 화성 착륙선 피닉스호가 붉은 화성을 향해 날아왔습니다. 피닉스호는 유럽우주국 마스 익스프레스호의 도움을 받아 화성 표면을 향한 위험한 여정에 나섰습니다.

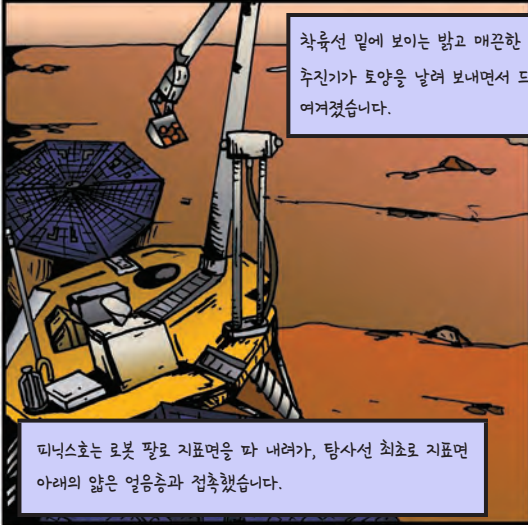
2008년 5월 25일에 착륙에 성공함으로써, 피닉스호는 착륙선 최초로 화성의 북극 지역을 탐사하게 되었습니다.



피닉스호는 현재 및 과거의 물의 흔적, 그리고 생명체 탄생에 필요한 다른 화학물질을 찾아 나섰습니다.

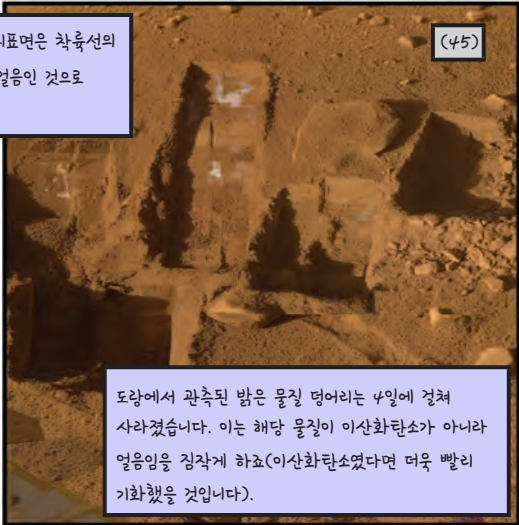
(44)

피닉스호는 다음 질문에 대한 답을 찾고 있었습니다.
"화성의 극지방에 생명체가 살 수 있는가?"
그리고 "피닉스호 착륙 지점의 물의 역사는 무엇인가?"(43)



착륙선 밑에 보이는 밝고 매끈한 지역 지표면은 착륙선의 추진기가 토양을 날려 보내면서 드러난 얼음인 것으로 여겨졌습니다.

(45)



도랑에서 관측된 밝은 물질 덩어리는 4월에 걸쳐 사라졌습니다. 이는 해당 물질이 이산화탄소가 아니라 얼음임을 짐작케 하죠(이산화탄소였다면 더욱 빨리 기화했을 것입니다).

피닉스호는 로봇 팔로 지표면을 파 내려가, 탐사선 최초로 지표면 아래의 얇은 얼음층과 접촉했습니다.



피닉스호는 로봇팔을 이용해 토양 샘플을 실험장비에 넣었습니다. 이렇게 얻은 샘플을 가열하면 도중, 피닉스호에 탑재된 열 및 고체 기체 분석기(TEGA)가 수증기를 감지했습니다. 피닉스호는 얼은 물이 이따금씩 녹았음을 나타내는 탄산칼슘도 발견했습니다.

피닉스호의 다리를 촬영하던 중, 연구진은 시간에 따라 커지는 물방울, 즉 액체 상태의 물방울로 보이는 물질을 발견했습니다.

전혀 예상치 못한 결과였죠. 과학자들은 화성의 열은 대기과 극심한 기온 때문에 액체 상태의 물질이 화성표면에 존재할 수는 없다고 생각해왔기 때문입니다.



어떤 과학자는 피닉스호 다리에서 발생한 열기와 소금 때문에 대기 중의 수분이 물방울로 응축되었을 것으로 생각합니다.(46) 그러나 명확한 답은 아직 없는 상황입니다...

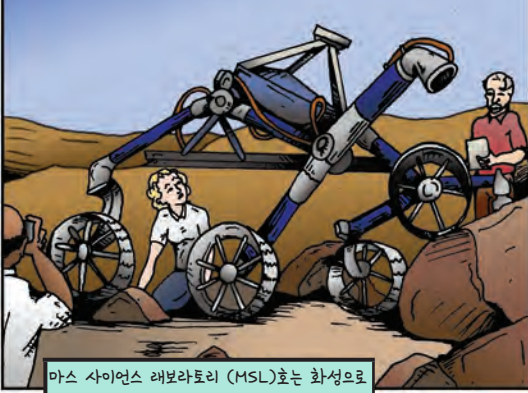
과염소산염 또한 화성 생명체의 존재와 관련이 있었을 가능성이 있습니다. 예를 들어, 얼음 위에 있는 토양에서 과염소산염은 스폰지처럼 작용해 생명체의 서식지가 될 수 있습니다.(49)

(47)

(48)

피닉스호는 2008년 11월, 화성의 겨울을 앞두고 통신이 두절되었습니다.(50) 시간이 지나 봄이 되었지만 연락은 닿지 않았습니다. 궤도선으로 확인한 결과, 피닉스호는 겨우내 쌓인 서리에 부서진 것으로 확인되었습니다.

오퍼튜너티호는 그러나 오래지 않아 동료를 만났습니다. NASA는 이미 새로운 천문생물학 탐사를 준비하고 있었던 것입니다.



마스 사이언스 래브라토리 (MSL)호는 화성으로 보낸 첫번째 로버형 분석 실험실이었습니다.

MSL은 같은 로버인 패스파인더, 스피릿, 오퍼튜너티호보다 훨씬 무거웠습니다.



MSL는 발사 당시 기준으로 화성 표면에서 가장 컸으며, 최첨단을 달리는 과학 장비를 탑재했습니다.

화학분석 카메라(ChemCam): 레이저를 발사해 1mm 미만의 작은 범위에서 물질을 기화시킵니다. 켈캠(ChemCam)은 지표면에서 먼지를 기화시켜 그 밀의 바위를 분석할 수 있으며, 원거리에서 바위를 분석할 수도 있습니다.

로버 환경모니터링장치(REMS): 스페인 천문생물학센터(CAB)가 제작하고 스페인 정부가 제공한 기상 모니터링 장치입니다.

MSL 진입, 하강, 착륙 장비(MEDI):

이 장치는 MSL의 화성 대기권 진입 시 엔지니어링 데이터를 수집해 앞으로의 화성 탐사를 계획하는 엔지니어들에게 귀중한 데이터를 선사해 주었습니다. MEDI는 대기권 진입시 MSL을 지켜줄 열 차단막 안에 탑재되었습니다.

마스트 카메라(MastCam): 화성 표면의 모습을 컬러 사진과 동영상으로 촬영합니다.

화성표본분석기(SAM): 분광계, 기체 크로마토그래피 장치 및 미세조정이 가능한 레이저 분광기로 구성됩니다. 이 장치는 메탄과 같이 생명과 관련될 수 있는 여러 탄소 화합물을 검출합니다.

방사능 평가 검출기(RAD): 미래의 유인 탐사를 위해, 화성 표면에서 고에너지 방사능을 측정합니다.

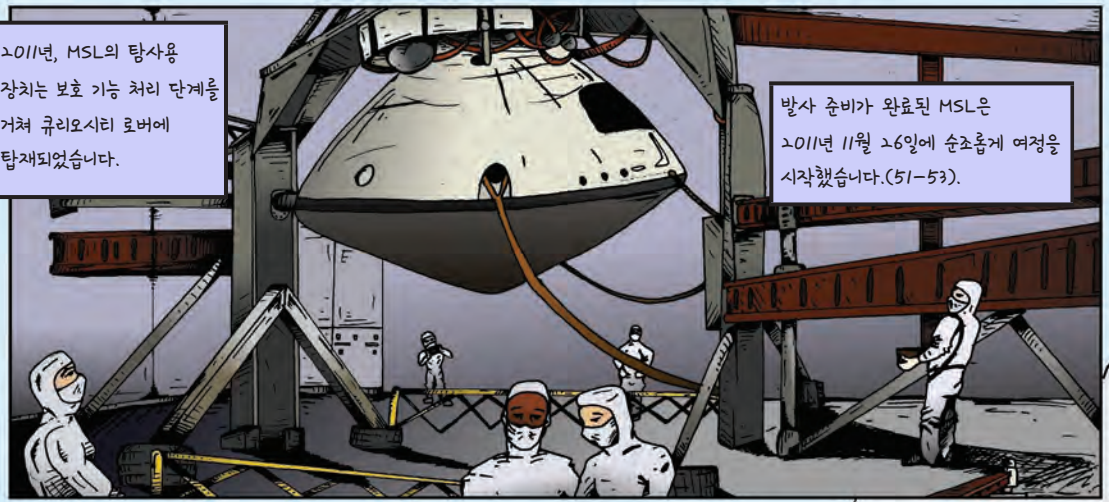
화성 소형 렌즈 사진 촬영 장치(MAHL I): 암석, 토석, 모래의 광물, 질감, 구조를 근접 촬영합니다.

중성자 반사도 측정 장치(DAN): 얼음과 광물에서 수분을 검출하는 중성자 발생기입니다. 지표면 아래 2m까지 물과 얼음층을 찾을 수 있습니다 [러시아연방우주국 지원으로 개발].

알파 입자 엑스레이 분광계(APXS): 바위와 토양 안의 화학물질을 측정하는 장치로서, 캐나다우주국의 지원으로 개발했습니다.

화성 하강 촬영 장치(MARDI): 이 장치는 MSL이 표면으로 하강하는 과정을 컬러 동영상으로 촬영해, 연구진이 로버의 진행 및 탐사 방향을 결정할 수 있도록 '우주인의 관점에서 착륙 과정을 보여주었습니다.'

2011년, MSL의 탐사용
장치는 보호 기능 처리 단계를
거쳐 큐리오시티 로버에
탑재되었습니다.



발사 준비가 완료된 MSL은
2011년 11월 26일에 순조롭게 여정을
시작했습니다.(51-53).

이 로버에 이음을
붙여준 것은 캔자스에
거주하는 6학년 학생
클라라 마였습니다.
클라라가 붙여준이름은
바로 "큐리오시티,"
즉 "호기심"이었습니다.
(54)



MSL 우주선은 무사히 순항 단계로 들어섰고,
큐리아서오시티는 그 안에서 8개월 반 동안
우주를 비행했습니다.



화성으로 가던 도중 큐리오시티는 RAD장치를 사용해
지구와 화성 사이에 존재하는 우주 방사능을 연구했습니다.

2012년 초에는 거대한 태양 폭풍이
불어닥쳤습니다...



...그리고 큐리오시티는
앞으로 화성을 찾을
로봇과 인간
탐사원이...



...견뎌야 할 방사능의
양을 측정했습니다.

"큐리오시티는
모든 이의 가슴에 불타는
영원한 불꽃입니다." (55)

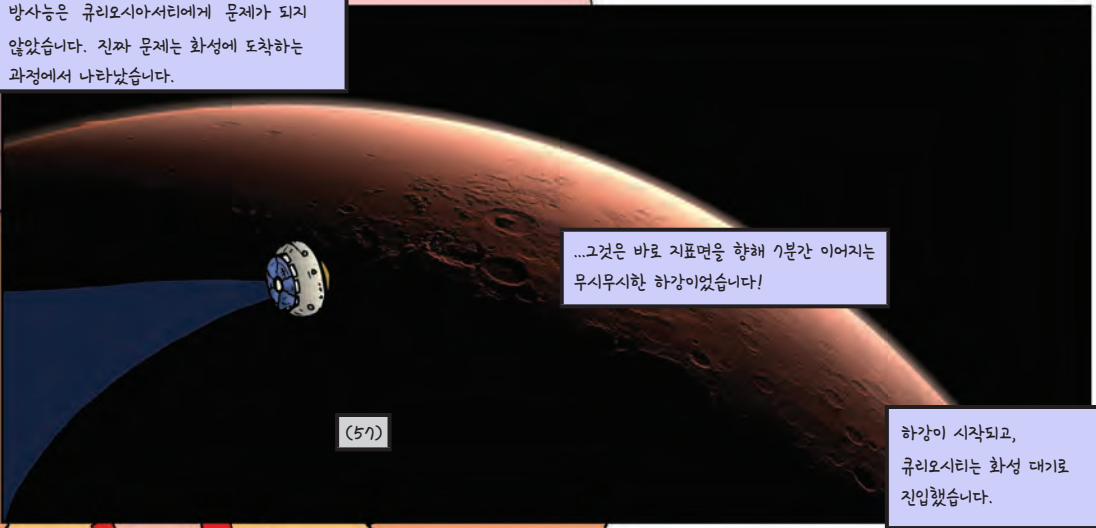
"RAD는 화성 표면의 방사능 선량 분석을 위해
개발했지만, 그와 함께 9개월에 이르는 우주 비행 중의
방사능 측정이라는 두 번째 임무를 지니고 있었고..."(56)

"큐리오시티, 즉 호기심은
일상에서 우리를 움직이는 열정입니다.
질문과 경이로움에 대한 욕구는
우리를 탐험가, 과학자의 길로
이끌었습니다."(55)



돈 해슬러, RAD 책임연구원

방사능은 큐리오시티에게 문제가 되지
않았습니다. 진짜 문제는 화성에 도착하는
과정에서 나타났습니다.



...그것은 바로 지표면을 향해 7분간 이어지는
무시무시한 하강이었습니다!

(57)

하강이 시작되고,
큐리오시티는 화성 대기로
진입했습니다.

열 차단막의 보호를 받아,
우주선은 화성의 대기를 뚫고 내려갔습니다!



약 240초 후,
낙하산이 펼쳐졌습니다!



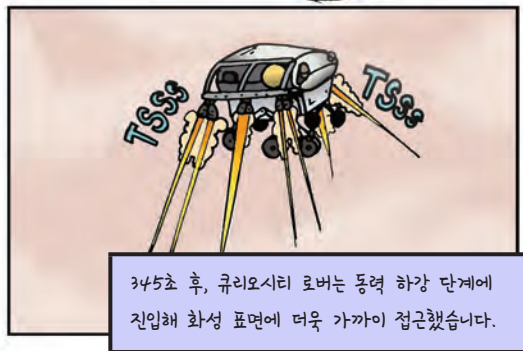
그리고 로버는 목표 지점인 거대한
계곡 크레이터로 유유히 하강했습니다.



(57)



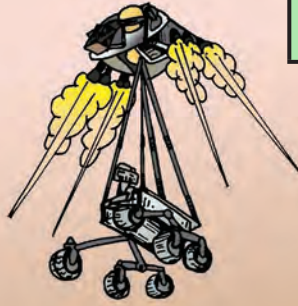
고도 약 1.8km 지점에서
큐리오시티가 분리되었습니다.



345초 후, 큐리오시티 로버는 동력 하강 단계에
진입해 화성 표면에 더욱 가까이 접근했습니다.

지상 20m 지점에서, '스카이크레인' 장치가 로버를 부드럽게 땅 위에 올려놓았습니다.

스카이크레인의 분사구에서 나오는 배기가스로 착륙 지점이 오염되지 않도록, 분사구는 바깥쪽을 향하도록 했습니다.

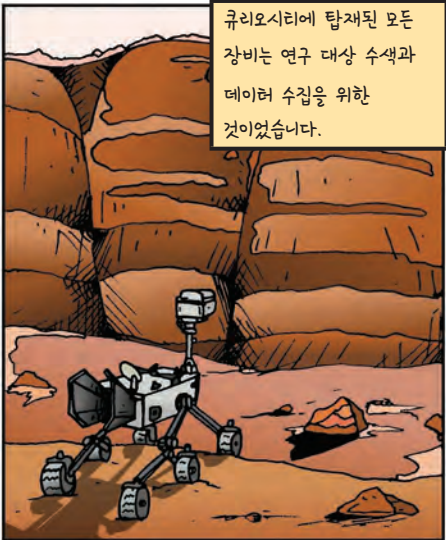


마지막으로 동력 하강 모듈이 이탈하고, 큐리오시티는 게일 크레이터 안 착륙 지점에 안착했습니다.

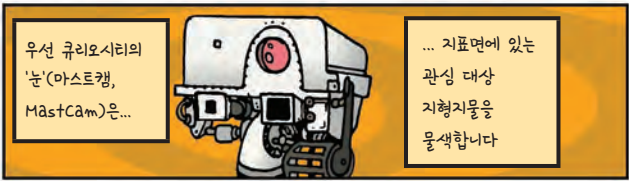
게일 크레이터를 착륙 지점으로 선택한 이유는 그곳에 시간에 걸쳐 퇴적된 층 가운데 흙무더기가 자리 잡았기 때문입니다. 퇴적층의 맨 아래층에는 점토 상태의 광물이 있었습니다. 그리고 점토층 위에는 물에서 형성되는 것으로 알려진 황산염 광물이 있었습니다.

큐리오시티는 언덕을 조심스럽게 한 층씩 올라가며 화성의 과거 환경과 그 변화에 대한 데이터를 수집해...

...과거 화성에 생명체가 존재했을 가능성을 타진했습니다.



큐리오시티에 탑재된 모든 장비는 연구 대상 수색과 데이터 수집을 위한 것이었습니다.



우선 큐리오시티의 '눈'(마스트캠, MastCam)은...

... 지표면에 있는 관심 대상 지형지물을 탐색합니다



흥미롭군...

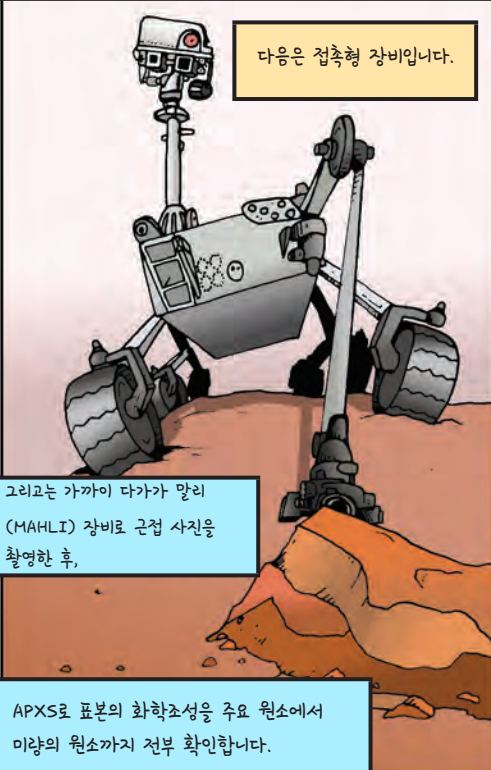
마스트캠은 지구의 천문생물학자들이 화성에서 연구 대상을 찾도록 도와줍니다.



이후에는 다른 원격장비인 켈캠(ChemCam)을 사용해 바위와 토양 샘플에 레이저를 발사합니다.

7m나 떨어진 것도 말이죠!

바위에서 떨어져 나온 원자와 이온을 분석해, 표본에 있는 산소와 실리콘 등의 원소를 파악합니다.

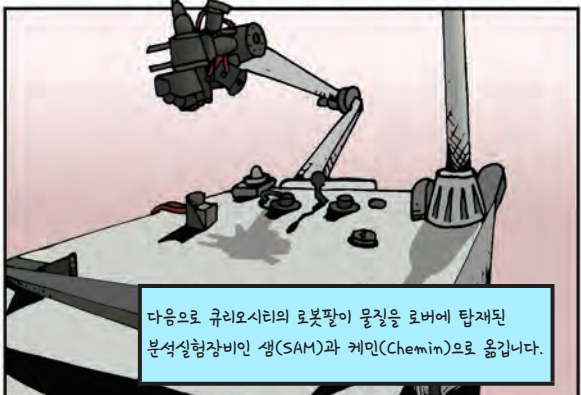


다음은 접촉형 장비입니다.

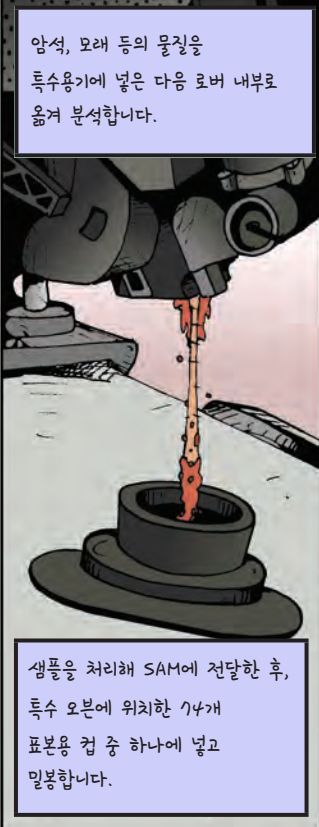
그리고는 가까이 다가가 말리 (MAHLI) 장비로 근접 사진을 촬영한 후,

APXS로 표본의 화학조성을 주요 원소에서 미량의 원소까지 전부 확인합니다.

천문생물학자들이 관심을 가질 만한 대상을 발견하면, 큐리오시티는 드릴을 이용해 샘플을 채취합니다.



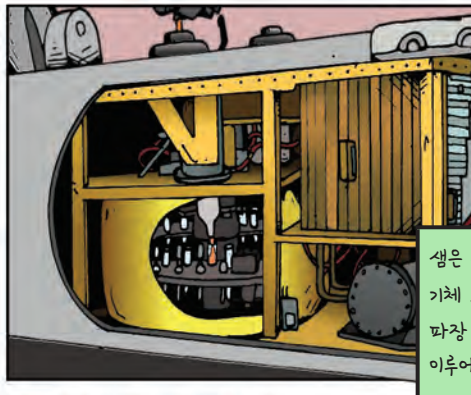
다음으로 큐리오시티의 로봇팔이 물질을 로버에 탑재된 분석실험장비인 샘(SAM)과 케민(Chemin)으로 옮깁니다.



암석, 모래 등의 물질을 특수용기에 넣은 다음 로버 내부로 옮겨 분석합니다.

샘플을 처리해 SAM에 전달한 후, 특수 오븐에 위치한 74개 표본용 컵 중 하나에 넣고 밀봉합니다.

그리고 샘을 이용해 표본을 가열한 후 방출되는 기체를 분석합니다.



샘은 사실 사중극 질량분석기(QMS), 기체 크로마토그래피 장비(GC), 그리고 파장 가변 레이저 분광계(TLS)로 이루어져 있습니다.



이 세 가지 첨단장비가 돌아가며 샘플을 분석합니다.

이 과정을 통해 샘은 샘플의 화학성분을 분석하고 유기화합물을 찾습니다.



샘플 분석은 케민에서도
진행합니다.

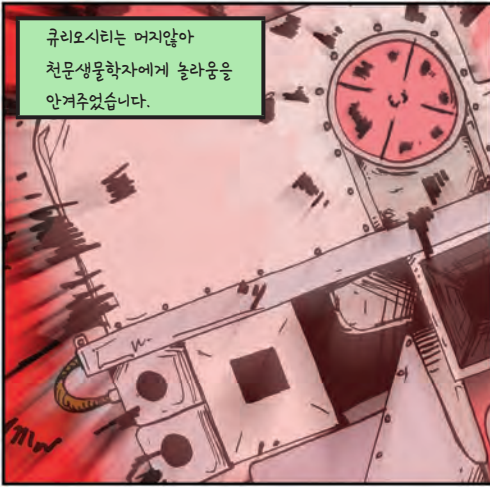


이 광물학 분석장비로 암석의 성분을 파악하는
것이죠.



케민은 물이 광물의 형성, 퇴적, 변형에
미친 영향을 조사합니다.

샘과 케민은
화성의 모래와 먼지 같은 미세입자를 분석해 그 안의 비밀을 풀어냅니다.



큐리오시티는 머지않아
천문생물학자에게 놀라움을
안겨주었습니다.



과거에 이곳이 하천 바닥이었음을
보여주는 둥근 자갈을 발견한 것입니다.

엘로우나이프 베이라는 지역의 경우, 한때 생명체 서식이
가능한 환경이었음을 보여주는 모든 특징을
지니고 있었습니다.

"최소한 이곳에서는 물이 사람의
걸는 속도로 흘렀으며, 깊이는
밭목에서 엉덩이 높이
사이였을 것입니다." (59)



"탐사 임무가 새 국면을
맞이했습니다."

"지금은 향후 유기물질을 탐사하기
위한 경로를 계획하는 중입니다."
(60)



존 그로친저(캘리포니아공대)

레베카 윌리엄스(행성과학연구소)

2013년 11월 18일, NASA는 화성 대기 및 휘발성 진화 탐사선, 줄여서 메이븐(MAVEN)을 발사했습니다.

메이븐은 안에 탑재된 장비로 행성의 비밀을 조사합니다.

내행성이 처음 생겨날 당시, 화성은 지구와 다르지 않았습니다.

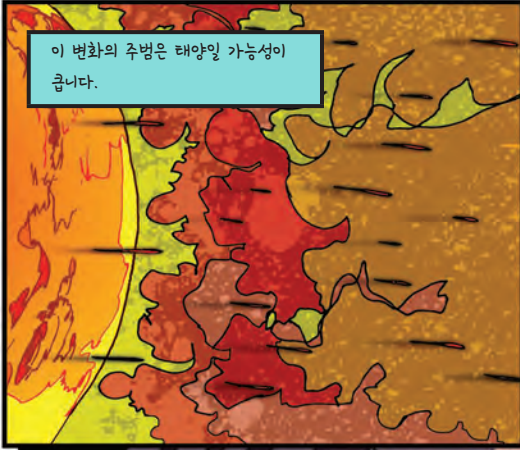
과학자들은 화성에 두꺼운 대기과 지표수가 있었을 것으로 생각합니다.

"그럼 물은 어디로 간 건가요?!"

옛 화성은 생명체 서식 가능성 면에서는 옛 지구와 다르지 않았습니다.

하지만 어떤 일이 발생했고..

...화성은 오늘 우리가 아는 차가운 사막 같은 모습이 되었죠.



이 변화의 주범은 태양일 가능성이 큽니다.



지구와 달리, 화성에는 대기를 지켜줄 강력한 자기장이 없습니다.



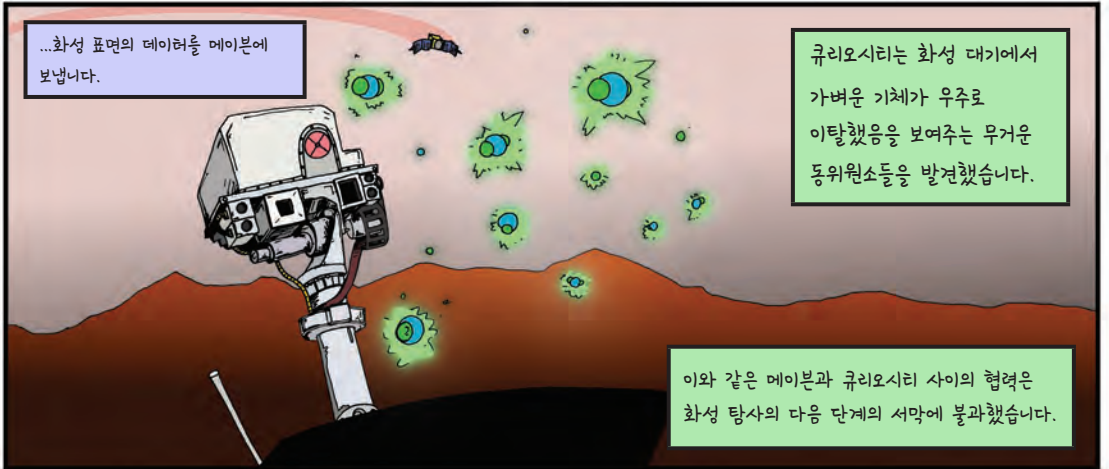
결국 방사선과 태양풍이 화성대기 중 상당부분을 점차 없애 버렸습니다.

메이븐은 화성 대기의 이탈을 조사하기 위한 첫 번째 탐사선으로서, 화성에서 얻은 데이터는 천문생물학자가 지구의 대기와 식생을 이해하는 데 도움이 되었습니다.



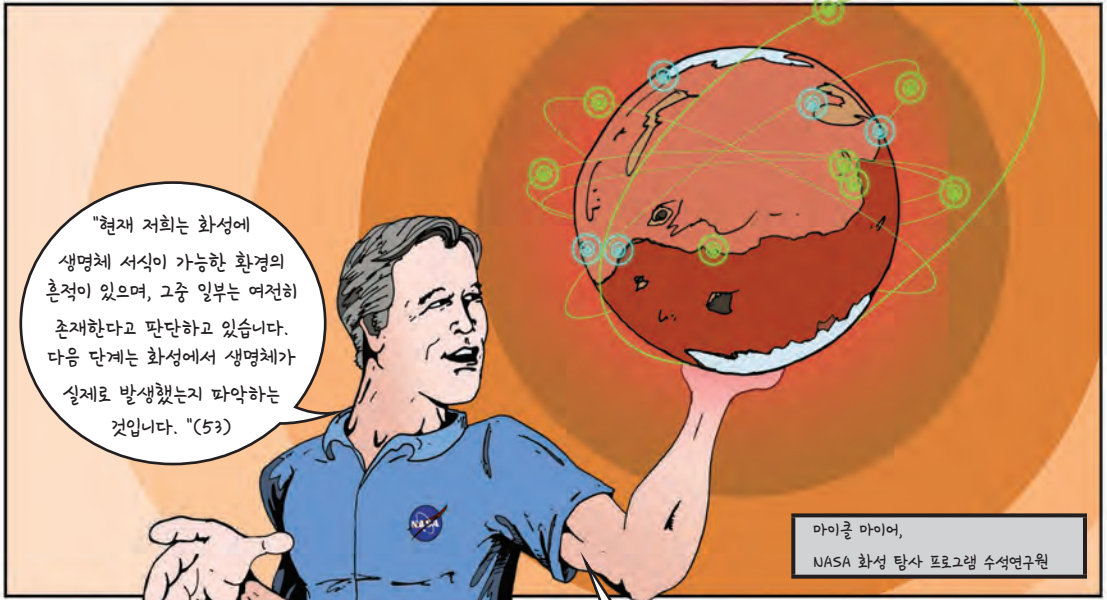
큐리오시티는 또한...

...화성 표면의 데이터를 메이븐에 보냅니다.



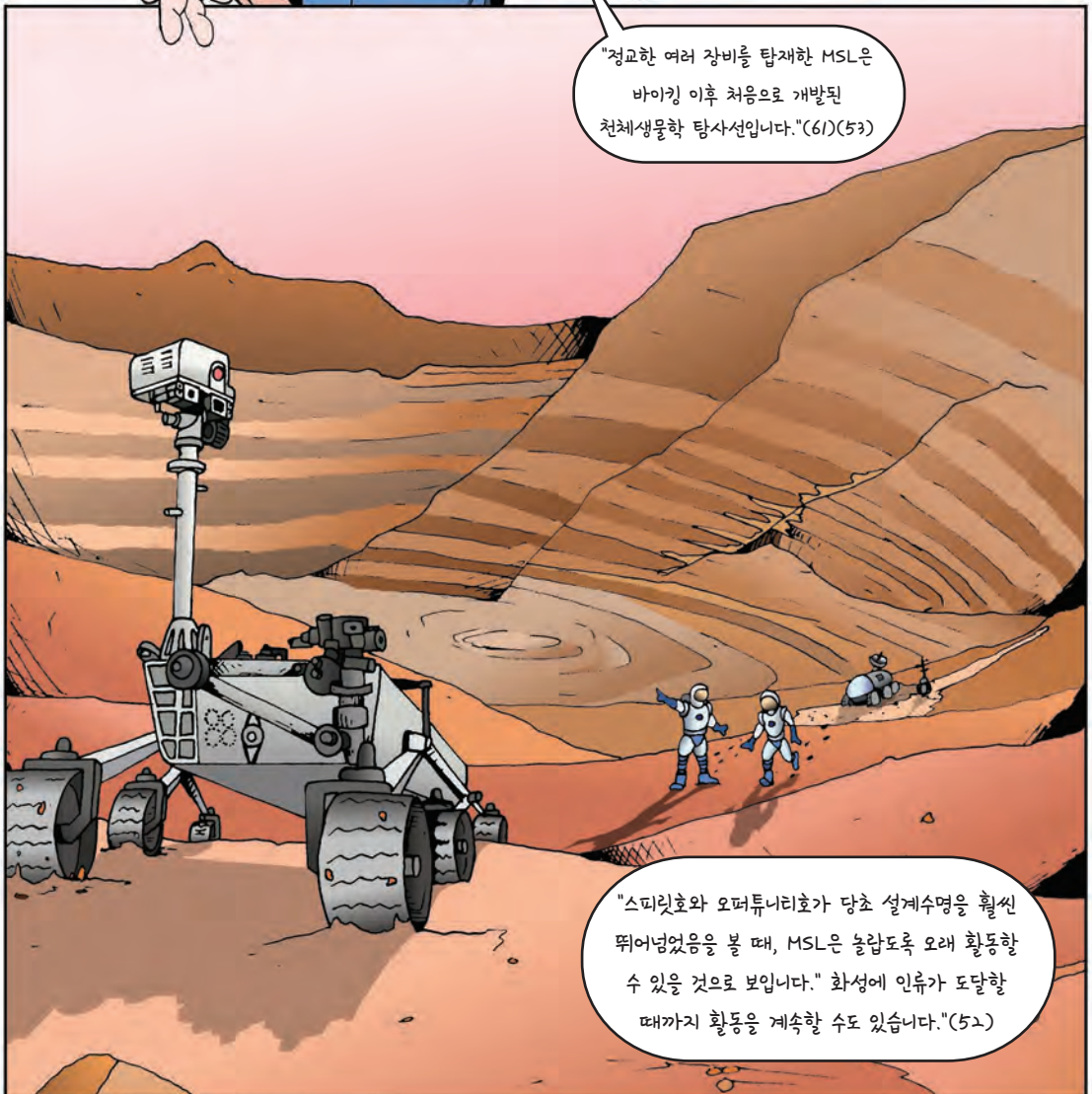
큐리오시티는 화성 대기에서 가벼운 기체가 우주로 이탈했음을 보여주는 무거운 동위원소들을 발견했습니다.

이와 같은 메이븐과 큐리오시티 사이의 협력은 화성 탐사의 다음 단계의 서막에 불과했습니다.



"현재 저희는 화성에 생명체 서식이 가능한 환경의 흔적이 있으며, 그중 일부는 여전히 존재한다고 판단하고 있습니다. 다음 단계는 화성에서 생명체가 실제로 발생했는지 파악하는 것입니다."(53)

마이클 마이어,
NASA 화성 탐사 프로그램 수석연구원



"정교한 여러 장비를 탑재한 MSL은 바이킹 이후 처음으로 개발된 천체생물학 탐사선입니다."(61)(53)

"스피릿호와 오퍼튜니티호가 당초 설계수명을 훨씬 뛰어넘었음을 볼 때, MSL은 놀랍도록 오래 활동할 수 있을 것으로 보입니다." 화성에 인류가 도달할 때까지 활동을 계속할 수도 있습니다."(52)

2014년 9월,
인도 우주연구기구(ISRO)의
화성 궤도 탐사선(MOM)이
화성 탐사 대열에 합류했습니다.



MOM으로 밤과 낮 동안의 지표면
열 배출을 감지합니다.

유럽우주국과 로스코스모스 엑스마스* 프로그램의
첫 번째 합동 탐사선이 2016년 화성 궤도에 도달했습니다.

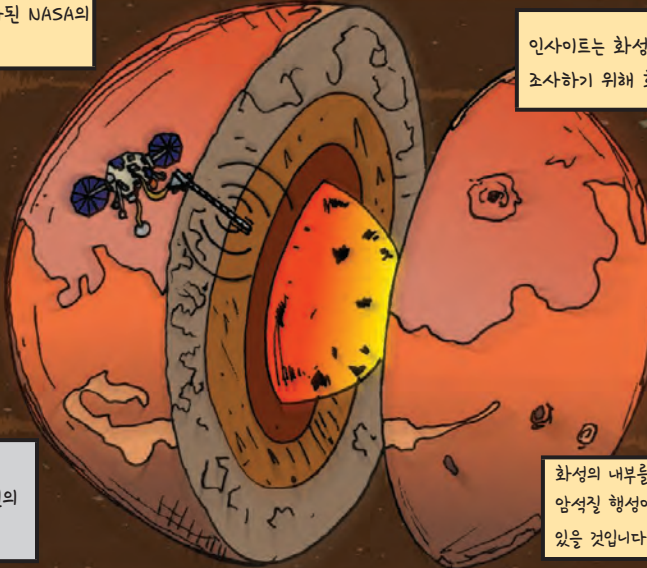


미량 기체 궤도선(TGO)은 대기중에
희박하게 존재하는 기체를 조사합니다.

TGO는 향후 지표면 착륙을 위한 유럽의
기술력에 대한 시험대이기도 했습니다.

외계생물학

다음 탐사선은 2018년에 발사된 NASA의
인사이트** 착륙선이었습니다.



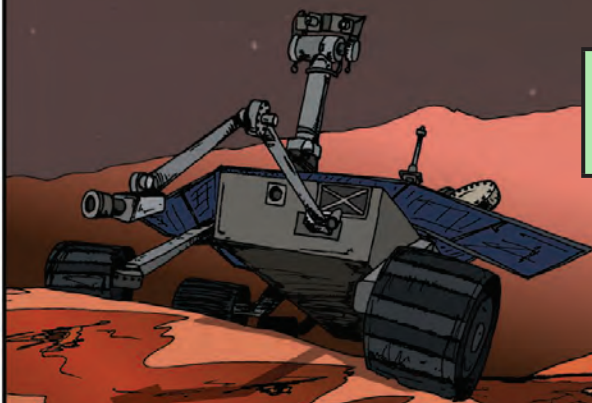
인사이트는 화성 내부 깊은 곳을
조사하기 위해 화성 표면에 착륙합니다.

화성의 지표면에서 '지진' 활동을
관측하였으며 이 기록은
과학자들의 행성 내부 조사에
도움을 줍니다. (62)

**지진파 조사, 측지학,
열전달을 이용한 내부 탐사선의
중심말.

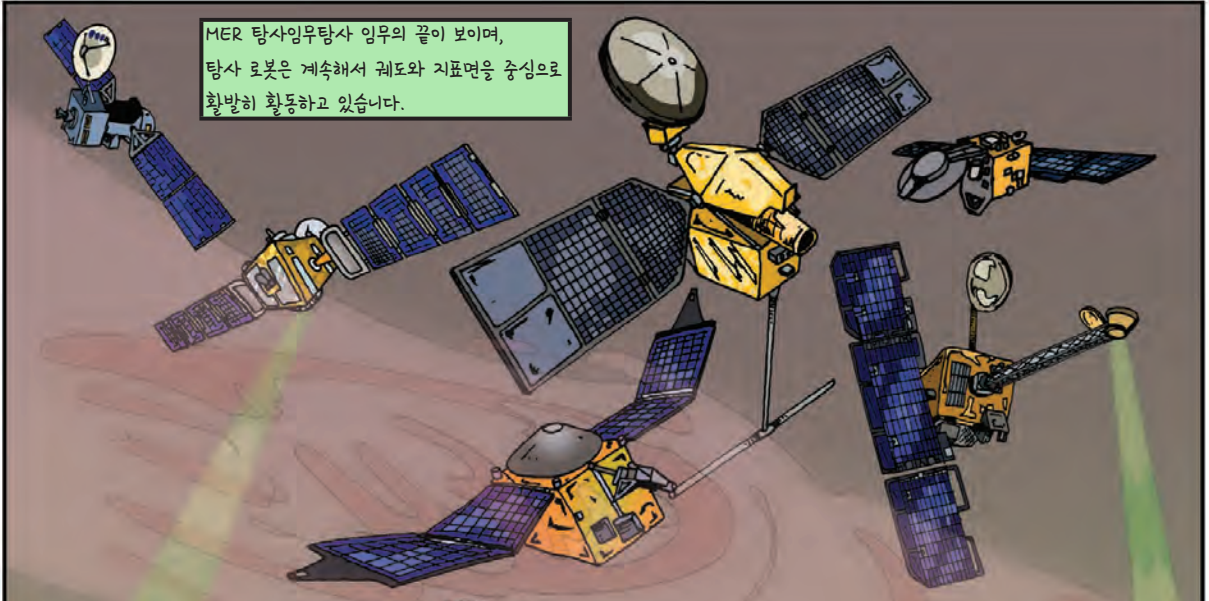
화성의 내부를 조사함으로써, 천문생물학자들은
암석질 행성이 생겨나는 과정을 보다 잘 이해할 수
있을 것입니다.

2018년, 자그마치 15년 동안 45.16km를 이동한 오퍼튜니티호가 지구에
마지막 메시지를 보내왔습니다.

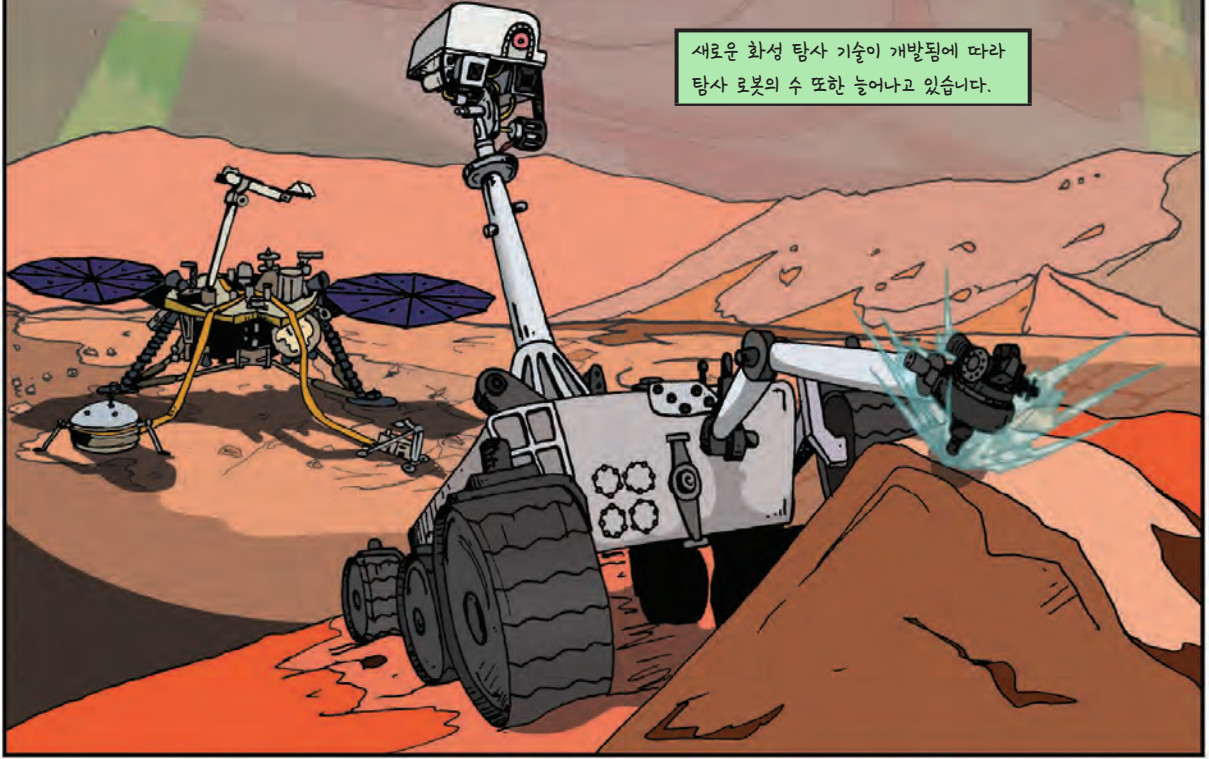


이것으로 MER 탐사임무탐사 임무는 끝을
맺었지만, 천문생물학자들은 두 로버가 보내온
데이터를 앞으로 수 십 년 동안 분석할 것입니다.


스피릿호와 오퍼튜니티호가 활동을 멈출
당시, 화성은 예전이 비해 훨씬 북적이는
행성이 되어 있었습니다.



MER 탐사임무탐사 임무의 끝이 보이며,
탐사 로봇은 계속해서 궤도와 지표면을 중심으로
활발히 활동하고 있습니다.



새로운 화성 탐사 기술이 개발됨에 따라
탐사 로봇의 수 또한 늘어나고 있습니다.



큐리오시티가 화성에 착륙했을 때,
NASA 연구진은 이미 새로운 장비들을
설계하고 제작하고 있었습니다.

그 중 화성 유기분자 분석기(MOMA)는
다음 유럽 탐사선에 탑재될 것입니다.

유럽우주국/로스코스모스 엑소마스 프로그램의 두 번째 탐사 임무는 엑소마스 2022입니다. 이번 임무에서는 고정형 과학 플랫폼과 강력한 드릴을 장착한 로버를 화성으로 보내게 됩니다. 로버의 이름은 천문생물학의 핵심 인물인 로절린드 프랭클린으로 지었습니다(제1권 참조).

로절린드 프랭클린 로버는 드릴을 이용해 지표면에서 최대 2m 깊이까지 샘플을 채취할 예정입니다.

NASA는 이번 임무에서 로버의 모자 장비에 포함될 질량분광계와 다른 여러 장치를 제작하는 역할을 담당했습니다.

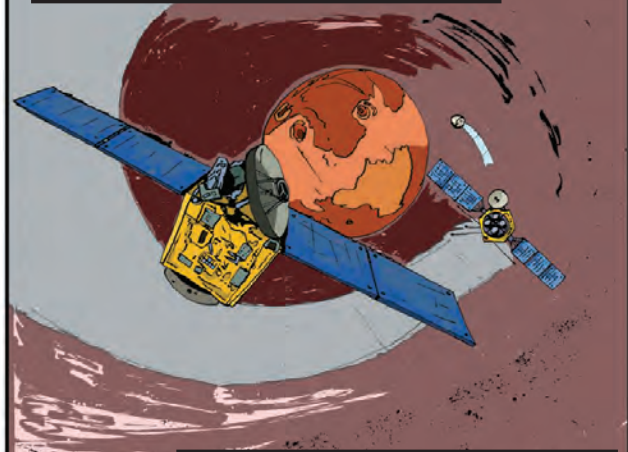
모자는 엑소마스 2022의 중추가 되는 장비로서, 표본에 함유되어있을지 모를 유기물을 검출하고, 파악하고, 계량합니다.

로절린드 프랭클린 (1920~1958).

로절린드 프랭클린 로버는 화성의 미생물 존재 여부를 파악하기 위한, 진정한 의미의 천문생물학 장비입니다.

배경 이미지: 화성에서 본 지구(62)

2020년에는 중국과 아랍에미리트(UAE)가 처음으로 화성 탐사에 뛰어들었습니다.



아랍에미리트의 호프 마스 궤도선은 화성의 기상을 연구해 화성의 기후가 급격하게 변화한 이유와 과정에 관한 데이터를 수집하기 위해 디자인되었습니다.

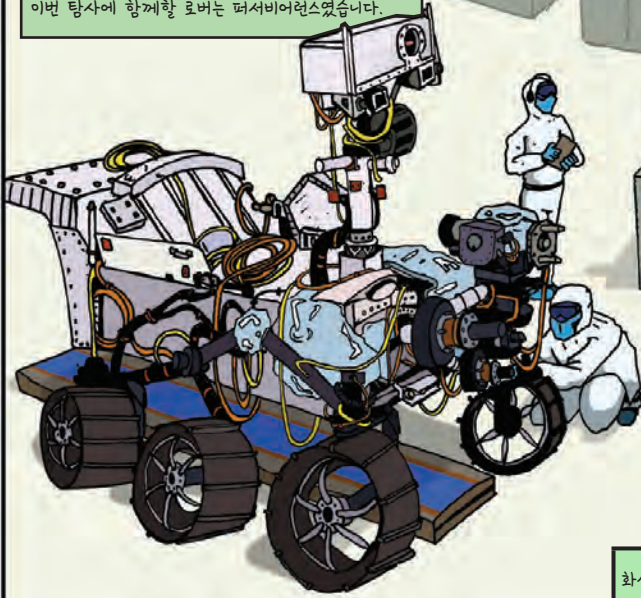
중국이 개발한 텐윈 1호의 목표는 로버와 궤도선을 한 번에 화성에 보냈습니다.



텐윈에 실린 로버에는 화성 지표면 아래에 위치한 물웅덩이를 찾기 위한 레이더가 탑재됐습니다.

NASA의 다음 화성 탐사 임무는 마스 2020으로서, 이번 탐사에 함께할 로버는 퍼서비어런스였습니다.

퍼서비어런스는 업그레이드된 하드웨어와 신규 장비를 탑재해, 큐리오시티에 비해 향상된 성능을 보여줍니다.



NASA 연구진은 퍼서비어런스의 착륙 지점인 예제로 크레이터에서 데이터를 수집해 과거 화성의 환경에서 생명체가 서식할 수 있었는지를 조사합니다.

퍼서비어런스는 로버 최초로 과거 화성 생명체의 흔적을 찾을 수 있도록 설계되었습니다.

화성에 생명체가 존재하는지는 천문생물학자들 질문에 대한 답은 이제 퍼서비어런스의 '손'에 달려 있는 것입니다.

퍼서비어런스는 로봇팔을 뺀어 설류* 장비와 왓슨** 장비로 광물 및 유기물 분자의 분포를 자세히 파악할 수 있습니다.

유기물 분자는 탄소 기반 생명체의 기본 구성요소이지만, 생물학적 반응에 의해서만 나타나는 것은 아닙니다.

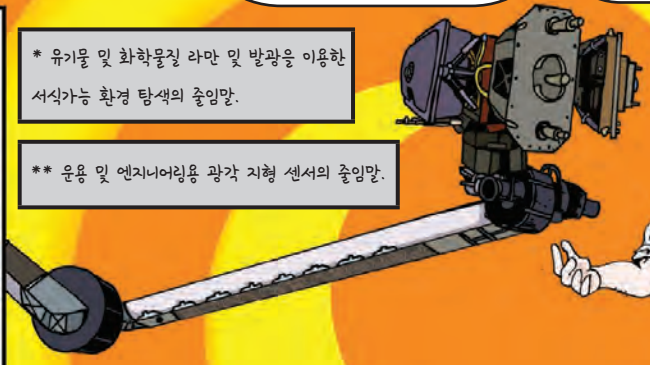
다만, 암석에 유기물 덩어리가 존재하는 경우, 한때 생명체가 존재했다는 증거일 수도 있습니다.



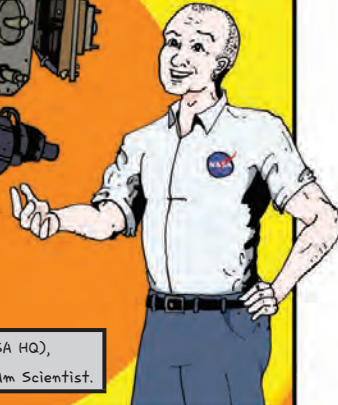
샘플 보관 장치로 화성의 암석을 뚫어 샘플을 채취합니다.

* 유기물 및 화학물질 라만 및 발광을 이용한 서식가능 환경 탐색의 줄임말.

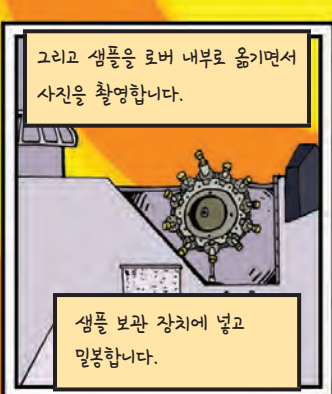
** 문물 및 엔지니어링용 광각 지형 센서의 줄임말.



Mitch Schulte (NASA HQ), Mars 2020 Program Scientist.

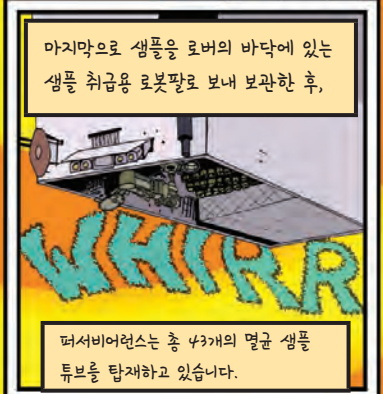


그다음 로봇팔을 통해 샘플을 로버 안에 있는 '비트 캐러셀'로 옮깁니다.



그리고 샘플을 로버 내부로 옮기면서 사진을 촬영합니다.

샘플 보관 장치에 넣고 밀봉합니다.



마지막으로 샘플을 로버의 바닥에 있는 샘플 취급용 로봇팔로 보내 보관 한 후,

퍼서비어런스는 총 43개의 멸균 샘플 튜브를 탑재하고 있습니다.

우주 비행용으로 제작한 장치중에서는 가장 복잡한 설계를 자랑하며, 퍼서비어런스는 2021년 9월, 첫번째 샘플을 채취할 수 있었습니다.

퍼서비어런스는 카메라 3개, 과학 장비 7개를 갖추고 있으며, NASA의 많은 연구원과 천문생물학자들이 이 도구를 활용하게 될 것입니다.

이번 탐사에서는 또한 화성 샘플 회수와 같이 향후 탐사에 쓰일 기술을 시험하게 됩니다.

퍼서비어런스가 예제로 크레이터를 탐사하면서, 주요 관심 지점에 있는 물질로 샘플 튜브를 채웁니다.



그러나 채취하는 샘플을 전부 조사하는 것은 아닙니다. 일부 샘플은 밀봉상태로 보관하다가, 특정 장소에 도달하면 해당 물질을 '보관함' 형태로 남겨두어...



...나중에 화성 샘플 회수선이 쉽게 샘플을 회수할 수 있도록 합니다.



화성 샘플 회수를 통해 지구의 천문생물학자는 현재 화성에 존재하는 물질을 직접 조사할 수 있으며...

...탐사 로봇으로는 불가능한 다양한 실험을 할 수 있게 됩니다.

이번 탐사에서는 또한 기발한 재주를 가진 경량형 화성 헬리콥터를 시험합니다. 지구 외 행성 최초로 동력비행을 시행했습니다.

NASA는 50년 넘게 화성을 체계적으로 연구해 왔으며, 진정한 의미에서 화성에 대한 천문생물학 연구를 진행할 수 있는 기술을 보유하기에 이르렀습니다.

지금까지 우리는 과거 화성에 생명체가 서식할 수 있는 환경이 있었으며, 미생물 수준까지 내려가 과거 화성에 존재했음지도 모르는 생명의 흔적을 찾고 있습니다.

샘플의 회수가 이루어 진다면, 현재의 탐사선으로써는 불가능한 방식으로 샘플을 조사해, 탄소 동위원소 신호와 상세한 유기물 탐사 등을 할 수 있게 됩니다.

매번 새로운 탐사 임무가 시작되지만, 화성은 아직도 천문생물학 연구의 주요 대상입니다.

화성 탐사의 미래가 무엇을 보여줄지는 아무도 모릅니다...

...하지만 지금, 화성은 지구를 제외하고 천문생물학에서 가장 중요한 장소입니다

천문생물학

NASA 외계생물학 및 천문생물학 연구의 역사

읽을거리 및 참고자료

1. The background on this page is an image of M72: A globular cluster of stars captured by the Hubble Space Telescope. M72 is about 50,000 light years away and can be seen with a small telescope pointed in the direction of the constellation Water Bearer (Aquarius). This image shows about 100,000 of M72's stars and spans about 50 light years. Credit: NASA, ESA
2. Harold P. Klein, NASA Ames Hall of Fame. NASA Ames History Archives. Available at: https://history.arc.nasa.gov/hist_pdfs/bio_klein.pdf
3. Strick, J.E. 2004. Creating a Cosmic Discipline: The Crystalization and Consolidation of Exobiology 1957-1973. *Journal of the History of Biology*, 37.
4. Dick, S.J., and Strick, J.E. 2005. *The Living Universe: NASA and the development of Astrobiology*. Rutgers University Press, New Brunswick, New Jersey, and London.
5. NASA. 1968. SP-4302 Adventures in Research: A History of Ames Research Center 1940-1965. NASA Ames History Archives. Available at: <https://history.arc.nasa.gov/adventures.htm>
6. Ezell, E.C. and Ezell, L.N. 1984. On Mars: Exploration of the Red Planet. 1958-1978. NASA SP-4212. Available at: <https://history.nasa.gov/SP-4212.pdf>
7. Ponnampertuma, C. 1964. The Origin of Life in the Universe. Exobiology Division, NASA Ames Research Center. Processings of the Space Science Education Conference, Los Angeles, CA. Accession Number N65-21478.
8. Bugos, Glenn E. 1999. *Atmosphere of Freedom—Sixty Years At The NASA Ames Research Center*. NASA SP-4314. p77-80.3.
9. Armagnac, A.P. (1962) Will Mariner solve these mysteries of Venus? *Popular Science*, Vol. 181, No. 6, 204p.
10. BBC News. 1962. 'Music of spheres' hails Venus fly-by. BBC News. Archive available at: http://news.bbc.co.uk/onthisday/hi/dates/stories/december/14/newsid_4061000/4061955.stm
11. Mariner 4 image, the first close-up image ever taken of Mars. The image is centered at 37°N, 187°W and is roughly 330 kilometers (km) by 1200 km. The resolution is roughly 5 km and north is up. Available from the NASA image archive at: http://nssdc.gsfc.nasa.gov/imgcat/html/object_page/m04_01d.html
12. Mariner 4 image, the first image to clearly show unambiguous craters on the surface of Mars. The area is roughly 262 km by 310 km and shows the region south of *Amazonis Planitia* at 14°S, 174°W. North is at roughly 11:00 in this image. Credit: NASA
13. This image of Venus was actually acquired by Mariner 10 during its flyby of the planet. Mariner 5 was built as a backup to the successful Mariner 4 mission, and its TV camera was removed when the craft was adapted for travel to Venus. Instead of photographing Venus, Mariner 5 probed the planet's atmosphere with its suite of instruments. Credit: NASA/JPL
14. The cratered surface of Mars taken by Mariner 6. Image Credit: NASA/JPL
15. Mariner 7 had its closest approach to Mars at a distance of 3,524 km on July 31, 1969; after Mariner 6's flyby. Image Credit: NASA/JPL
16. Mariner 9 view of the "labyrinth" at the western end of Vallis Marineris on Mars. Linear graben, grooves, and crater chains dominate this region, along with a number of flat-topped mesas. The image is roughly 400 km across, centered

- at 6oS, 105oW, at the edge of the Tharsis bulge. North is up.
(Mariner 9, MTVS 4187-45). Credit: NASA/JPL
17. Mariner 9 image of the north polar cap of Mars. The image was taken on October 12, 1972, about one-half martian month after summer solstice. At this time, the cap had reached its minimal extent. The cap is about 1000 km across. The interior dark markings are frost-free, sun-facing slopes. A smooth-layered sedimentary deposit underlies the cap. The image is centered at 89oN, 200oW. (Mariner 9, MTVS 4297-47). Credit: NASA/JPL
 18. Mariner 10 oblique view of Wren crater and surroundings on Mercury. Wren crater is barely visible at the lower center of the image, containing a number of craters within its 215 km diameter floor. Running along the right side of the image is Antoniadi Dorsum. North is at 1:00. (Mariner 10, Atlas of Mercury, Fig. 2-10) (edge of planet). Credit: NASA
 19. Mariner 10 image of Brahms Crater, Mercury. This image of the 75 km diameter crater was taken on the first flyby. Note the central peak. North is up.
(Mariner 10, Atlas of Mercury, Fig. 3-2). Credit: NASA
 20. Other missions in the Soviet Mars series were unsuccessful, including the lander attempt of Mars 7.
 21. Horowitz, N.H. 1966. The Search for Extraterrestrial Life.
Science 151(3712), 789-792.
 22. Dr. Thomas Mutch speaking to BBC News. Available at: http://news.bbc.co.uk/onthisday/hi/dates/stories/july/20/newsid_2515000/2515447.stm
 23. The first image transmitted by the Viking 1 Lander from the surface of Mars on July 20, 1976. Credit: NASA Viking Image Archive
 24. Post-Viking Biological Investigations of Mars. 1977. Committee on Planetary Biology and Chemical Evolution, Space Science Board, Assembly of Mathematical and Physical Sciences, National Research Council.
 25. Viking 1 Camera 1 Mosaic of Chryse Planitia.
Credit: NASA Viking Image Archive
 26. Light Deposits Indicate Water Flowing on Mars. This figure shows MGS images of the southeast wall of the unnamed crater in the Centauri Montes region, as it appeared in August 1999, and later in September 2005. No light-toned deposit was present in August 1999, but appeared by February 2004. Credit: NASA/JPL/Malin Space Science Systems
 27. Astrobiology Magazine (www.astrobio.net), "Astrobiology Top 10: Water Flows on Mars." Available at: http://www.astrobio.net/index.php?option=com_retrospection&task=detail&id=2200
 28. Astrobiology Magazine (www.astrobio.net), "Five Year Retrospective: Mars Pathfinder, Interview with Pathfinder Project Scientist, Matt Golombek." Available at: <http://www.astrobio.net/interview/282/five-year-retrospective-mars-pathfinder>
 29. A false-color mosaic focuses on one junction in Noctis Labyrinthus where canyons meet to form a depression 4,000 meters (13,000 feet) deep. Dust (blue tints) lies on the upper surfaces and rockier material (warmer colors) lies below. The pictures used to create this mosaic image were taken from April 2003 to September 2005 by the Thermal Emission Imaging System instrument on NASA's Mars Odyssey orbiter. Credit: NASA/JPL-Caltech/ASU
 30. Fans and ribbons of dark sand dunes creep across the floor of Bunge Crater in response to winds blowing from the direction at the top of the picture. This image was taken in January 2006 by the Thermal Emission Imaging System (THEMIS) instrument on NASA's Mars Odyssey orbiter. The pictured location on Mars is 33.8 degrees south latitude, 311.4 degrees east longitude.

Credit: NASA/JPL-Caltech/ASU

31. This three-frame image shows a region in the southern highlands of Mars where Mars Odyssey found evidence of chloride salt deposits. These deposits could point to places where water was once abundant, then evaporated, leaving the minerals behind. These images of the region were actually taken on March 30, 2007, by the High Resolution Imaging Science Experiment (HiRISE) camera on NASA's Mars Reconnaissance Orbiter. Credit: NASA/JPL-Caltech/ University of Arizona/Arizona State University/University of Hawaii
32. European Space Agency. "Europe reclaims a stake in Mars exploration." Available at: http://www.esa.int/SPECIALS/Mars_Express/SEMKR55V9ED_0.html
33. Matsos, Helen. 2004. "Interview with Beagle 2 Scientist Colin Pillinger." Available at: <http://www.astrobio.net/interview/interview-with-beagle-2-scientist>
34. Astrobiology Magazine [www.astrobio.net]. "Sounding Out Mars: an interview with Jeffrey Plaut." Available at: <http://www.astrobio.net/interview/1464/sounding-out-mars>
35. Image taken by the Mars Express High Resolution Stereo Camera (HRSC) showing water ice on the floor of a crater near the Martian north pole. Credit: ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum)
36. Beagle 2 Landing site in *Isidis Planitia*. MOC2-835a: Beagle 2 December 25, 2003, landing ellipse. Credit: Mars Global Surveyor Mars Orbital Camera Image.
37. This photo, taken by NASA's Opportunity rover, shows Mars' thin, diffuse clouds. Credit: NASA/JPL-Caltech
38. Mars Reconnaissance Orbiter Mission Pages: Science Goals. Available at: http://www.nasa.gov/mission_pages/MRO/mission/science-goals.html
39. Astrobiology Magazine. 2006. "Astrobiology Top 10: MGS Bows Out." Available at: http://www.astrobio.net/index.php?option=com_retrospection&task=detail&id=2191
40. Astrobiology Magazine (www.astrobio.net), "MGS Over and Out." Available at: <http://www.astrobio.net/pressrelease/2152/mgs-over-and-out>
41. Details in a fan-shaped deposit discovered by NASA's Mars Global Surveyor. Credit: NASA/JPL/Malin Space Science Systems
42. This is a shaded relief image derived from Mars Orbiter Laser Altimeter data, which flew onboard the Mars Global Surveyor. The image shows Olympus Mons and the three Tharsis Montes volcanoes: Arsia Mons, Pavonis Mons, and Ascraeus Mons from southwest to northeast. Credit: NASA
43. University of Arizona. Phoenix Mars Mission. Available at: <http://phoenix.lpl.arizona.edu/mission.php>
44. This image, one of the first captured by NASA's Phoenix Mars Lander, shows the vast plains of the northern polar region of Mars. The flat landscape is strewn with tiny pebbles and shows polygonal cracking, a pattern seen widely in Martian high latitudes and also observed in permafrost terrains on Earth. Credit: NASA/JPL-Caltech/University of Arizona
45. Images from the Surface Stereo Imager camera on NASA's Phoenix Mars Lander shows several trenches dug by Phoenix. Credit: NASA/JPL-Caltech/ University of Arizona/Texas A&M University
46. Astrobiology Magazine. 2009. "Astrobiology Top 10: Too Salty to Freeze." Available at: <http://www.astrobio.net/topic/solar-system/mars/astrobiology-top-10-too-salty-to-freeze>
47. This HiRISE image shows the Phoenix lander after one year on Mars. The image is a close match to the season and illumination and viewing angles of some of the first HiRISE images acquired after the successful landing on May 25, 2008. The shadow that is cast by the lander is different than the previous year, indicating that Phoenix has suffered structural damage. Image Title: "Phoenix Lander after One Mars Year (ESP_017716_2485)." Credit: NASA/JPL/ University of Arizona

48. This image taken by the HiRISE instrument onboard the Mars Reconnaissance Orbiter shows the Phoenix lander in 2008 after landing and deployment of the solar panels. Image Title: "Phoenix Lander Hardware: EDL +22 (PSP_008591_2485)." Credit: NASA/JPL/University of Arizona
49. Astrobiology Magazine. 2010. "Astrobiology Top 10: Viking Results Revisited." Available at: <https://www.astrobio.net/retrospections/astrobiology-top-10-viking-results-revisited/>
50. Astrobiology Magazine. 2010. "Phoenix Crushed by Frost." Available at: <http://www.astrobio.net/topic/solar-system/mars/phoenix-crushed-by-frost>
51. NASA JPL. Mars Science Laboratory. Available at: <http://marsprogram.jpl.nasa.gov/msl>
52. Astrobiology Magazine. 2006. "Managing Mars Missions." Available at: <http://www.astrobio.net/topic/solar-system/mars/managing-mars-missions>
53. Meyer, Michael. 2009. "The MSL Science Story." Special Planetary Science Subcommittee Meeting, Mars Exploration Program Analysis Group, January 9, 2009, at NASA HQ.
54. NASA. 2009. NASA Selects Student's Entry as New Mars Rover Name. NASA Jet Propulsion Laboratory. Available at: https://www.nasa.gov/mission_pages/msl/msl-20090527.html
55. Ma, Clara. 2009. "Curiosity." Essay written by Clara Ma, winner of the Mars Science Laboratory naming contest. Twelve-year-old Ma submitted the winning entry, "Curiosity." NASA Jet Propulsion Laboratory. Available at: http://www.nasa.gov/mission_pages/msl/essay-20090527.html
56. Schmid, D. Southwest Research Institute. 2012. Radiation En Route to Mars. Astrobiology Magazine. Available at: <http://www.astrobio.net/topic/exploration/moon-to-mars/radiation-en-route-to-mars>
57. NASA. 2012. Daybreak at Gale Crater. NASA Multimedia Gallery. This computer-generated view depicts part of Mars at the boundary between darkness and daylight, with an area including Gale Crater beginning to catch morning light. Northward is to the left. Gale is the crater with a mound inside it near the center of the image. Credit: NASA/JPL-Caltech. Available at: http://www.nasa.gov/mission_pages/msl/multimedia/gallery/pia14293.html
58. NASA. 2012. Destination for Mars Rover Curiosity. NASA Multimedia Gallery. This image shows the target landing area for Curiosity, the rover of NASA's Mars Science Laboratory mission. The target is near the foot of a mountain inside Gale Crater. Curiosity's probability of landing within the ellipse was outlined in black in this image. The ellipse is 20 kilometers (km) by 25 km. The blue line shows one possible route the rover could've taken. Credit: NASA/JPL-Caltech/ESA/DLR/FU Berlin/ MSSS. Available at: http://www.nasa.gov/mission_pages/msl/multimedia/pia15293.html
59. NASA JPL (2013) Pebbly Rocks Testify to Old Streambed on Mars. Available at: http://www.nasa.gov/mission_pages/msl/news/msl20130530f.html#.U0wiEcfc3Cn
60. Kerr, R.A. 2014. "New Results Send Mars Rover on a Quest for Ancient Life." ScienceNow. AAAs. Available at: <https://www.sciencemag.org/news/2013/12/new-results-send-mars-rover-quest-ancient-life>
61. NASA. "MAVEN: Answers About Mars Climate History." Available at: http://www.nasa.gov/mission_pages/maven/overview/index.html
62. Clinton, J.F. et al. 2021. "The Marsquake catalogue from InSight, sols 0–478." Physics of the Earth and Planetary Interiors, 310. DOI: 10.1016/j.pepi.2020.106595
63. NASA/JPL-Caltech/MSSS/TAMU (2017) PIA17936. 'Evening Star' Seen from Mars is Earth. <https://www.nasa.gov/jpl/msl/earth-view-from-mars-pia17936>

