

우리 生活을 바꿀 25가지 大發明 ③

새로운 素材의 세계

복합재료의 오늘과 내일

뉴세라믹이 떠받치는 새로운 時代

새로운 化學物質을 만드는 촉매

앞당겨진 宇宙旅行

복합재료의 오늘과 내일

매뉴얼 파너
(듀퐁사 연구부장)

폴리머는 천연소재와 합성섬유 및 플라스틱을 구성하고 있는 길고 사슬모양의 분자이다. 폴리머섬유로 강화한 플라스틱은 종래에도 오랜 세월을 두고 보트나 스포츠카에 사용되어 왔다. 그러나 오늘날 섬유와 플라스틱을 조합하여 만든 "복합재"는 강도와 경도가 모두 종래의 구조물을 훨씬 웃돌고 있다.

이런 폴리머 복합재는 중량당의 강도가 강철의 몇배나 강한 탄소 또는 아라미드섬유를 플라스틱 속에 묻어서 만든다. 파이버는 하중을 지탱하고 플라스틱은 부하를 분산하여 피로와 파괴를 막는 것이다.

최근 개발된 기술은 끈 섬유 둘레에 복합재료

의 막대기와 그밖의 구조를 만들 수 있게 만들어 3차원 방향에 대해 모두 강한 재료를 만들 수 있게 되었다.

폴리머 복합재는 금속이나 세라믹스의 강도를 가질 뿐 아니라 보다 가볍기 때문에 우주기기의 구조제로 쓰인다. 또 복합재는 진동을 흡수한다. 테니스를 치는 사람들이 탄소섬유 복합재로 만든 라켓을 즐겨서 사용하는 것은 그런 이유 때문이다. 진동의 흡수성은 기계설계상에서도 중요하다. 복합재로 만든 비임은 종래의 재료로 만든 것보다 가볍고 잘 휘어지지 않는다. 이것은 로봇의 팔을 만드는데 없어서는 안될 성질이다. 로봇의 팔을 빨리 움직이려면 관성을 적게하고 도구류를 정밀한 위치로 나르는 데는 큰 剛性을 필요로 하기 때문이다.

복합재는 많은 분야에서 뛰어난 성질을 보여 줄 뿐 아니라 이것을 만들기 위해서 필요한 에너지는 적어도 된다는 잇점이 있다. 폴리머는 석탄이나 석유, 가스를 원료로 만들지만 이것을 에너지로 환산하여 처리하는데 필요한 연료

를 보태도 금속을 제조하는 경우보다는 훨씬 에너지 절약을 하게 되는 것이다.

모든 신기술에 대해서도 마찬가지로 이지만 기술은 유용성과 경제성의 균형이 이루어져야 발전하는 것이다. 복합재의 경우는 경량성이 가장 중요시되는 수송관계에 우선 응용될 것이다. 현재 가장 엄격한 조건이 요구되는 항공우주분야에서 이용되기 시작하고 있다. 최근 개발된 아브테크(Avtek) 400제트기와 같은 비즈니스 요인용의 소형기의 프레임은 모두 복합재로 만들어졌다. 이런 비행기의 중량과 연료소비율은 같은 클래스의 터보프롭기의 반이며 상승률이 매우 좋다.

이 비행기는 금속제기와 같이 골조에 패널이나 리벳을 사용하는 대신 프레임 자체가 하나의 유닛으로 되어 있다. 그래서 기체의 부품과 결합부분이 줄어들고 조립은 간단해졌다. 20세기 저물기 전에는 항공기는 날개와 동체가 복합재로 만들게 될 것으로 보인다.

우주비행은 경량의 복합재에 의존해 왔다.

미항공우주국(NASA)의 스페이스셔틀은 많은 부분이 복합재로 만들어졌다. 복합재기술은 우주에서 생활하는데도 필요한 것이다.

달이나 다른 행성기지는 복합재 파이프를 조립하고 알파카지만 단단한 복합재료의 벽재로 덮게 될 것이다.

앞으로 10년이나 20년 동안은 이런 복합재가 그렇게 극작은 아니지만 상당한 영향을 우리 생활에 미칠 것이다. 복합재로 만든 자동차 차체는 연비를 크게 경감하고 차내공간은 커질 것이다. 충돌사고의 경우 아라미드섬유계 복합재는 충돌에너지의 많은 몫을 흡수하여 차는 납작해지는 것이 아니기 때문에 안전성이 늘어날 것은 의심할 여지가 없다. 복합재는 소리를 빨아들이는 흡음성이 좋아 차의 소음이 없어진다. 더우기 노상에서 동결방지를 위해 뿌렸던 염류의 부식성에 강하기 때문에 차체의 부식문제는 해소될 것이다.

이런 이유에서 스타디움을 덮는 돔이나 도시의 비즈니스구역을 복합재 돔으로 덮을 수도 있

다. 월면에 최초의 건물을 구축할 때 그것은이 새로운 재료의 강도에 바탕을 두고 설계될 것은 틀림없다고 생각된다.

연구자들은 최근 사용되고 있는 파이버의 강도를 2 배로 하는 방법을 발견했다. 또 이를 베우는 플라스틱의 적합성은 더욱 향상되어 그 결과 복합재의 강도는 더욱 늘어나고 보다 복잡한 모양도 만들기 쉬어질 것이다. 20세기가 저물기 전에는 오늘날의 구조재와 같은 정도로 복합재가 쓰이게 될 것으로 보인다.

뉴 세라믹이 떠받치는 새로운 時代

존B. 워치맨 2 세
(라트저스 대학교수)

윌리엄 H. 로즈
(GTE연구소수석 연구원)

세라믹은 모래와 점토로 되어 있다. 항아리와 벽돌로 가공되어 인류가 태어난 초기부터 그릇이나 건축재료로서 사용되어 왔으나 지금도 그대로의 모양으로 도처에 남아있다. 질그릇과 창문의 유리는 세라믹인데 누구든지 낮익은 소재이다. 산업적으로도 오랫동안 금속기계의 연마제나 고온로의 내화벽돌로서 사용되어 왔다. 오늘날 첨단 세라믹은 컴퓨터나 통신, 절삭공구 엔진의 부품의 중요 구성요소로서 주목을 끌고 있다. 첨단 세라믹은 경제적으로 성능을 부추기는 기계를 만들수 있으며 일부 시스템을 위해서는 기능을 발휘하는데 없어서는 안될 역할을 하고 있다.

세라믹은 단단하고 부식에도 강하다. 또 온도, 습도, 압력, 강도의 변화를 느낀다는 재미있는 특성을 갖추고 있다.

물리적으로도 특수한 성질을 갖고 있다. 원자의 바깥쪽의 전자들이 넓게 공유하고 있다기 보다는 금속형의 원자결합처럼 뾰뾰하게 빈틈없이 유지되고 있다. 그래서 세라믹은 딱딱하고 강

한 것이다. 또 대부분의 세라믹은 전기에 대해 절연체이며 전자파를 투과하는 성질을 갖는다. 이 전기적·광학적 특성으로 세라믹은 마이크로파의 콤포넌트나 광통신시스템에서 효과적인 역할을 할 수 있는 것이다.

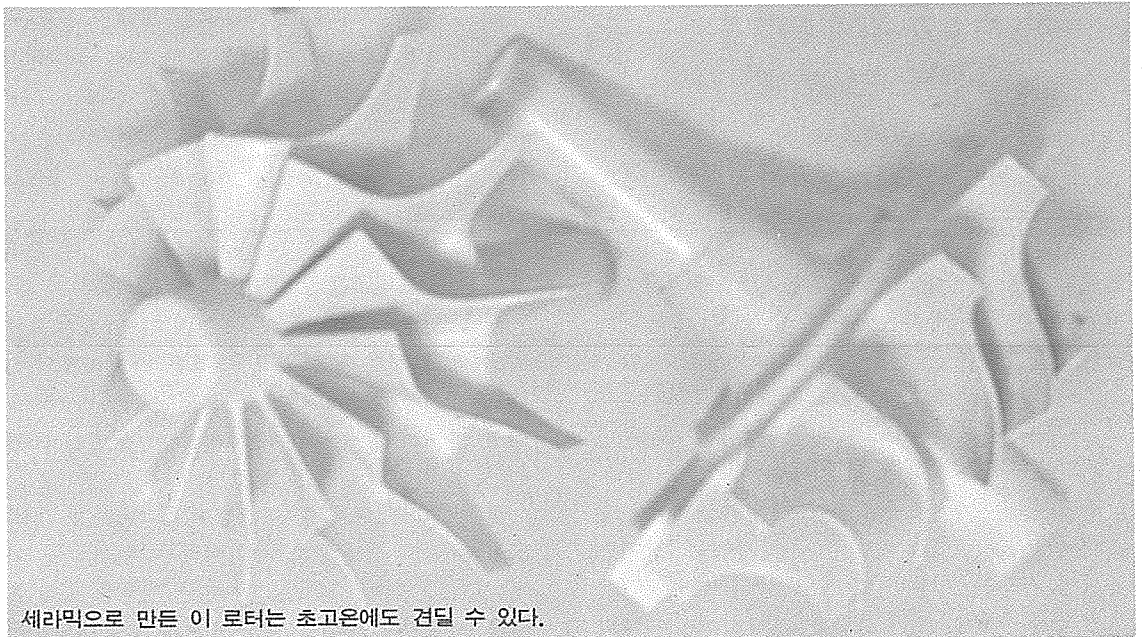
오늘날 세라믹 중에서 절연체로서 사용되고 있는 대표적인 것은 마이크로일렉트로닉스의 칩의 회로판이다. 동시에 단단하고 내습성에도 뛰어난 세라믹의 패키지는 섬세한 칩을 보호하는 역할도 한다. 가장 앞선 기판은 33층이나 되는 많은 층을 갖고 있는데 수천개의 구멍을 통해 얇은 금속의 리본이 한층에서 다른 층으로 달리고 있다. 이 세라믹 기판은 1백개에 이르는 전자 칩을 하나의 모듈로 연결하여 이것은 그 자체가 매우 강력한 하나의 컴퓨터이다. 이렇게 적은 규모에 대한 전기 및 기계적인 요구가 너무나 엄격하기 때문에 기판에 사용하는 세라믹은 전기적으로 탁월한 절연체가 되어야 한다.

광통신 시스템의 광섬유에 쓰이는 것은 현재 초고순도의 유리인 2산화규소이다. 중계기의 도움을 받지 않고 직경 약 0.13밀리의 이 초고순도의 섬유 덕에 200킬로의 먼거리까지 직접 광을 전송할 수 있다. 마침내 도래할 광통신 시

스템의 실용화는 이런 세라믹 섬유 없이는 이룰 수가 없다.

기능성 세라믹과는 다른 용도로서 구조용 세라믹이 있다. 이것은 전자나 광학을 위한 기능으로서가 아니라 오로지 기계적인 기능을 목적으로 사용된다. 세라믹의 재료인 텅스텐은 코발트와 화합결합을 하면 강인할 정도로 딱딱하고 튼튼하게 된다. 바로 이것은 1920년대에 등장한 초경질의 절삭공구였다. 새로운 세대의 세라믹 절삭공구는 특정한 금속, 기계에 맞추어 만든 것이며 생산성을 보다 높일 수 있다. 초경질의 질화규소로 만든 공구의 절삭속도가 한층 빨라지고 주철이나 크롬·코발트·니켈로 만든 초합금의 가공제작이 쉬어지게 되기 때문이다.

질화규소도 탄화규소와 마찬가지로 세라믹 가족의 일원이며 높은 연료효율을 얻기 위해 고온으로 운전할 수 있는 세라믹엔진으로서 현재 개발을 한창 진행중이다. 세라믹재료는 마모하지 않기 때문에 베어링으로서 사용할 수 있어 윤활유 없이 운전할 수 있기 때문이다. 더우기 세라믹의 밀도(비중)는 금속보다 적기 때문에 더보차저의 회전터빈이 액셀에 직접 반응하여 현재의 터보차저에서 볼 수 있는 지루한 타임 래그



세라믹으로 만든 이 로터는 초고온에도 견딜 수 있다.

를 해소해 준다. 질화규소, 탄화규소는 모두 섭씨 약 120도를 넘는 고온에서도 고성능을 자랑하고 충분한 강인성을 보유한다. 다음 세대의 구조용 세라믹은 이것보다 훨씬 고온성능, 높은 강도를 겨냥하여 개발이 진행되고 있다.

첨단 세라믹의 시장규모는 전세계에서 1980년 1년간 약 40억달러로 추정되었으나 앞으로 해마다 평균 10%의 비율로 성장하여 갈 것으로 기대되고 있다. 전자분야가 그 중에서 약 반을 차지하고 있으나 구조용의 세라믹의 성장시기와 규모는 연료자원과 이에 대응하는 연료효율의 필요도에 달려 있다. 그 배경은 미래를 전망할 때 구조용 세라믹에 대한 수요도 늘어나고 따라서 시장도 확대될 것으로 보기 때문이다. 오늘날 문제가 되고 있는 산성비도 오염방지의 촉매와 별의 집구조를 가진 세라믹엔진을 탑재한 교통기관이 보급되면 해결될지 모른다.

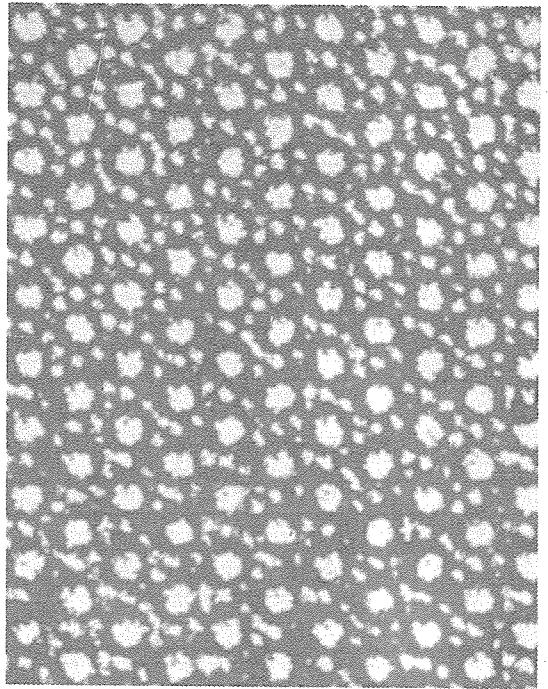
세라믹으로 만든 인공뼈도 큰 가능성을 지니고 있다. 사람의 뼈는 세라믹과 매우 가까운 조성을 갖고 있기 때문이다. 우리와 친근하면서도 신비적이기도 한 세라믹의 활용분야는 무한하다고 할 수 있다.

새로운 化學物質을 만드는 觸媒

제임스 A. 쿠수마노
〈카탈리티카사 사장〉

그리스의 연금술사들은 기본 금속을 금으로 바꾸는 물질을 제리온이라고 불렀다. 8세기에 아라비아사람들은 알리크시르라고 불리는 이 야릇한 물질을 계속 모색하고 있었다. 그러나 촉매의 힘을 가장 근사하게 설명한 것은 1836년 존스 자콕 베르제리우스 였다.

촉매라는 것은 스스로는 화학변화를 받지 않고 다른 물질의 화학반응을 촉진시키는 물질을 말한다. 교약학단의 지휘자와 같이 반응속도를 조정하고 특별한 반응경로를 결정하며 마지막



제오라이트 촉매의 전자 마이크로그래프는 분자터널의 패턴을 보여주고 있다.

으로 제품으로 이끌어 주는 역할을 하고 있다. 촉매가 없으면 화학반응은 실제로는 수백년도 걸리는 일도 있는 것이다.

마가린 같은 식료품은 해마다 촉매의 힘을 빌려 생산되는 제품액 약 7500억달러의 몇분의 1에 상당하지만 이 7500억달러라는 숫자는 미국의 GNP의 약 25%에 해당된다. 의약품이나 비타민제, 휘발유와 같은 연료, 화학비료, 농약, 제조제, 플라스틱, 접착제, 폴리에스테르나 나이론, 레이온과 같은 오만가지의 합성섬유 등은 모두가 촉매반응으로 꽃이 핀 제품이다.

더욱 인상적인 것은 지난 30년간에 걸친 촉매의 여러 발전은 과학적으로 이끈 시행착오인 접근에 근거를 둔 것이었다. 오랜 세월을 두고 촉매를 설계하여 특정한 화학제품을 만들어 보려는 것이 화학자들의 꿈이었다.

그들은 자연계에서는 반응이 느리지만 원료 물질을 어떤 생성물로 바꿔버리는 선택성을 가진 천연의 촉매, 효소의 존재를 부러운 듯이 쳐다보아 왔다. 이런 선택성은 바로 촉매연구의

중심적인 과제가 되어 가고 있다.

분자공학기술의 진보로 이 목표는 이제 사정 거리에 들어오고 있다. 에컨대 제오라이트라고 하는 수화 알루미늄 규산염광물의 촉매를 손볼 수 있게 되었다. 제오라이트의 결정은 뚜렷한 분자구조 또는 특수한 화학반응으로 이끌려가기 쉬운 반응 경로를 갖고 있다. 이것을 손질하면 제오라이트의 반응경로에 있는 특정한 모양과 크기를 가진 분자만을 받아들이며 그외의 분자는 거절해 버린다. 그 응용의 보기로서 제오라이트 촉매는 오직 하나의 공정만으로 천연가스에서 나오는 메탄올에서 고 옥탄가의 가솔린을 선택적으로 생산할 수 있는 가능성이 있다.

앞으로 5년간 촉매과학은 석유산업에서 가장 주목을 받을 가치가 있는 연구 프로젝트 중의 하나에 도전하여 해결하게 될지 모른다. 그것은 천연가스나 메탄올을 직접 산화해서 메탄올로 변환하는 것이다. 멀고 더우기 비우호적인 관계에 있는 지역에서 산출되는 천연가스가 그 현지에서 메탄올로 바뀐다고 하면 높은 코스트가 붙는 고압 파이프라인이 필요한 가스에 비해 액체의 메탄올은 훨씬 간단한 싼 탱크로 수송할 수 있다.

전기분야에서도 가까운 장래에 실용화가 급진 전될 전망이다. 이미 상업용 연료전지가 도입되기 시작했는데 이것은 촉매를 사용하여 효율적으로 화학에너지를 전기로 바꾸는 시스템이다. 원형의 연료전지가 뉴욕과 동경에서 시험운전에 들어가고 있다.

앞으로 10년간에 걸쳐 촉매의 발달은 생물공학분야의 접근방법과 분자공학에 있어서의 비생물학적방법을 조합할 것 같다. 에컨대 어떤 금속을 사용하여 효소가 갖는 기능을 바꿔주어 그 결과 효소의 능력을 크게 향상시켜 줄 수도 있을 것이다. 이 경우에는 단독으로는 할 수 없는 일을 2개의 촉매가 작용함으로써 가능하게 만드는 것이다. 다음 15년에서 20년간에는 촉매와 광화학, 전기화학을 조합한 최신 연구로 태양에너지에서 전력을 생산하는데 필요하거나 또는 광촉매로 물을 분해해서 수소와 같은 연료를

생산하기 위해 효율이 높은 광촉매 사이클을 실현할 것이다.

촉매에 관한 프로젝트 중에서 가장 야심적이라고 생각되는 것은 파리의 프랑크대학의 장 마리 렌 그룹의 사업일 것이다. 초분자화학과 촉매반응의 조합으로 렌의 그룹은 분자레벨의 마이크로 리액터와 인공세포로 구성된 시스템을 만들려고 하고 있다. 이 새로운 반응장치가 실현되면 미지의 복잡한 화학물질을 만들어 낼 것이기 때문에 지금보다는 앞선 의약품, 합성수지, 섬유, 복합재료, 연료를 생산할 수 있을 것으로 기대를 걸고 있다. 더우기 이런 혁신적인 화학반응 시스템은 바이오 컴퓨터에 있어서의 화학적 애널로우그기억에도 사용할 수 있을 것이다. 분자수준에서 정보를 인식하고 저장하고 처리하는 세포의 계층성이 미래의 컴퓨터의 분자소자가 될지도 모른다.

앞당겨진

宇宙旅行

로버트 스틸

(세계우주기금회장)

우주는 친근한 방문장소가 되었으나 우주로 가는 더 좋고 값싼 방법을 갖기 전에는 일반인에게 우주여행이란 아직도 그림의 떡에 지나지 않는다.

지금까지 최선의 수단은 스페이스 셔틀이지만 이것은 한계가 있다. 가장 큰 도전은 전체 발사 중량중에서 탑재량이 차지하는 비율을 어떻게 하면 더 늘리는가 하는 문제이다. 무게로 따져 매 파운드당의 탑재량을 কে도에 진입시키려면 고출력의 소총탄환의 에너지의 약 2백배의 에너지가 있어야 한다. 발사량의 대부분은 연료와 그 화학적 에너지를 역학적 에너지로 전환하는 복잡한 기계장비가 차지한다. 셔틀의 경우 발사할 때의 중량의 85%는 연료이며 화물실내의 탑재량으로 돌릴 수 있는 몫은 기껏해야 1.5

%에 지나지 않는다. 탑재량 1파운드당 발사 비용은 1800달러 이상이나 먹힌다. 이런 비율로 따진다면 1온스(약 28.35그램)의 편지를 우주로 운반하는데 만도 85달러나 소요된다.

수송 코스트를 줄이기 위해서 몇가지의 기본적인 접근책이 검토되고 있다. 가장 극적으로 코스트를 끌어내리는 방법은 공기를 이용하는 접근책에서 나올 것 같다. 서틀을 발사할 때 중량의 약 65%는 연료를 연소시키는 산화제이므로 이것을 줄일 수 있다면 우주비행의 비용은 크게 바뀔 것이다.

2개의 공기흡입형의 우주선이 초기의 설계단계에 있다. 그중의 하나는 영국의 수평 이착륙기인 HOTOL이다. 다른 하나는 미공군의 대기권횡단차량이다. 이 우주의 DC-3 수송기용으로 처음 제출된 믿음만한 계획에 따르면 완전히 반복사용할 수 있는 이 차량은 2~3톤의 탑재량을 싣고 하루의 출발여유만 있으면 궤도로 향해 보통 비행장 활주로에서 이착륙할 수 있다.

다른 하나의 접근책은 매우 가벼운 새로운 구조재료로 만든 기체의 개발이다. 알루미늄과 리튬한 기술공이 전투기의 등지느러미를 만들기 위해 레진을 코팅한 섬유층을 쌓고 있다.



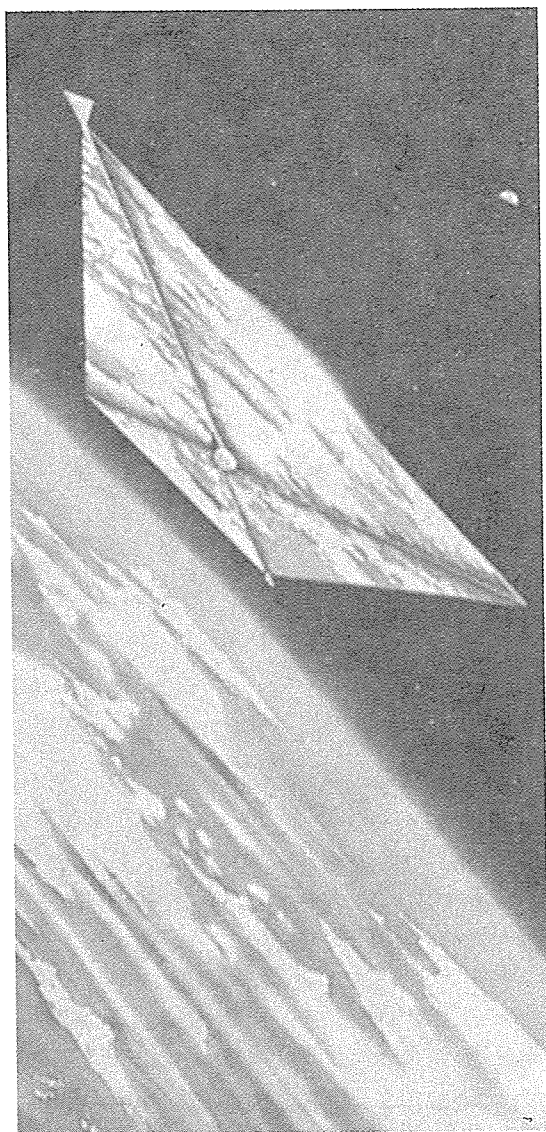
의 합금이나, 예컨대 예폭실수지를 탄소등의 섬유로 강화한 여러 종류의 복합재를 사용하면 기체구조 중량의 30%나 그 이상을 줄일 수 있다. 이 대형차량에는 승무원이 없을 것이기 때문에 지원 시스템은 적어도 된다.

지구 주위보다 더 높은 궤도에서는 화학연료와 대체될 것이 많다. 태양전지를 이용하여 전기로 바뀐 태양 빛은 화학연료보다는 훨씬 많은 에너지를 공급할 수 있다. 아르곤이나 수은 등 원소의 전자를 박탈하여 전장이나 또는 자장으로 이 하전 이온을 가속함으로써 이것을 추진체로 사용할 수 있을 것이다. 1950년대 이래 여러가지 종류의 이온 로켓트를 시험해 왔다. 예컨대 어떤 수은 이온로켓트는 지상시험에서 장기 우주여행에 적합하다고 합격되어 현재 몇개의 이런 소형 추진체는 우주에서 운영되고 있다.

태양계의 바깥쪽 변두리에서는 태양의 빛이 약하기 때문에 바깥쪽 행성으로 가는 우주선은 원자력으로 추진하게 될지 모른다. 우주선용의 원자로는 출력 100여 킬로와트의 것을 개발중이다. 이것은 7톤의 과학탐사기를 토성의 가깝지 탐사로 보내는데 충분한 에너지를 발생한다.

연료를 회생할 것 없이 탑재량을 늘이는 다른 하나의 접근책은 우주선이 행성의 대기권으로 돌입할 때 대기와의 마찰을 이용하여 감속하는 것이다. 그 후보 대상으로서는 초음속 부양체, 배류트 및 정식 브레이크 등이 있다. 상층대기권에서는 꼬챙이 모양의 가느다란 원추형 초음속 부양체로 기체를 컨트롤하는데 충분한 양력을 얻을 수 있다. 궤도를 제어할 수 있는 미사일 탄두나 아폴로 지휘선에서 파생한 이 기술은 화성, 금성에 대한 비행과 지구로 사람과 장비가 돌아오는데 필요한 추진체를 줄이는데 사용할 수 있다.

배류트라하고 하는 브레이크 시스템은 벨론(풍선)과 패러슈트(낙하산)의 튀기같은 것이다. 이것은 대기로 부풀 수 있는 구조를 하고 있어 고속으로 비행하는 기체에 커타란 공기역학적 저항을 가져온다. 가장 간편한 에어 브레이크는 경질의 판을 상층대기속에서 기체밖으로 돌출



지구의 낮은 궤도에 있는 태양 돛

하는 것인데 기동성은 적다.

한편 아직도 구상단계에 있지만 탑재량의 비율을 늘리기 위해 연료를 전혀 사용하지 않는 방법도 검토되고 있다. 대형이 마이크론급 두께의 거울로 된 이 솔라 세일(태양 돛)은 태양광의 광자를 반사하여 이 광자의 반동으로 추력을 얻는 방법이다. 4평방킬로미터의 돛을 집어 셔틀로 발사한 뒤 우주공간에서 펼친다. 이것은 탑재량을 싣고 화성까지 갔다가 지구로 돌아오는 데 모

두 6년간을 여행할 수 있다. 큰 태양 돛의 무게는 탑재량의 1~2 배인데 대해 오늘날의 로켓으로는 화성 왕복에 탑재량의 10배의 무게의 연료가 필요하지만 왕복 시간은 3년 미만이면 된다. 12개의 태양 돛을 사용한 화물운반용 우주선이 있으면 필요한 잔비나 로켓연료를 이것으로 운반하여 화성탐험용 기지건설을 지원할 수 있을 것이다.

그러나 이 태양 돛은 아직도 미래의 일이다. 대형의 얇은 구조물을 우주로 발사한다는 것은 일단 우주에 도달한 뒤 이 구조물을 조종한다는 일과 마찬가지로 큰 도전이 아닐 수 없는 것이다.

지구 주변의 중력장을 이용하여 연료를 절약하는 특수한 방법도 있다. 긴 끈의 양단에 2개의 물체를 매달아 지구표면에 대해 수직으로 자리잡게 하면 2개의 물체에 작용하는 중력 가속도에는 약간의 차가 생긴다. 지구에 더 가까운 쪽이 큰 인력을 받는다. 이 결과 끈으로 끄는 힘이 작용하여 끈을 끊으면 위쪽의 물체는 지구로부터 이탈하는 방향으로, 아래 쪽 물체는 그 반대방향으로 같은 양의 가속을 받는다. 위쪽의 물체를 위성과 같은 탑재량으로 하고 아래쪽은 보다 무거운 우주 스테이션이나 지구로 돌아오는 물체로 한다. 미국과 이탈리아는 공동으로 1987년 62마일 길이의 끈을 셔틀로 우주에 발사한다. 이 실험이 성공한다면 1000마일 길이의 끈을 이용하여 오늘날 통신위성을 정확한 궤도에 투입하는데 필요한 상부단계의 로켓의 역할을 대신 맡길 수 있을 것이다.

우주궤도에 도달하는 기술이 무르익어 비용이 우리가 지불할 수 있는 선까지 내려갈 때 우리의 마지막 변경은 우리에게 어서 오라는 손짓을 할 것이다. 이렇게 되면 달과 화성을 다시 방문하고 그밖의 행성을 탐색하는 날은 곧 실현될 것이다.

玄源福譯
(과학저널리스트)