



## 美, 폐열을 이용하는 heat 펌프 개발

Heat 펌프를 이용한 열교환기는 이미 여러 산업기 및 주거시설에 이용되어 소음이 적은 쾌적한 환경을 공급하고 있다. 냉매의 끓음과 응축을 이용해 열원과 열교환을 하는 heat 펌프는 실내의 냉방뿐만 아니라 습기 제거의 기능을 동시에 갖출 수 있다.

미국 NASA 소속 Lyndon B. Johnson 우주연구소는 개선된 혼합냉매를 이용한 흡수 펌프를 이용해 달기지의 냉방 및 습기제거와 지구상의 주거용 또는 상업용 건물의 냉방에 사용될 수 있는 heat 펌프를 개발하고 있다. 흡수형 heat 펌프의 장점은 움직이는 부품이 없고 다양한 열원을 이용해 열교환 기능이 수행될 수 있다는 점이다. 예를 들면 전기 발전시 발생하는 열, 태양 에너지, 천연 가스의 연소시 발생하는 열 등 여러 종류의 열원을 이용해 열교환이 가능하다.

대기중으로 분산되어 소모되는 열을 이용해 냉각과 가열, 습기제거 효과까지 동시에 볼 수 있는 heat 펌프 개발은 움직이는 부품이 없어 관리가 용이하며 소음이 적은 장점을 갖고 있지만 1개의 heat 펌프로는 자동차 실내를 냉각하거나 가열하기에도 부적하다. 물론 heat 펌프를 병렬로 사용할 수 있으나 설비 용적이 늘어나는 단점이 있다. 지속적인 냉매와 시스템의 개발이 1930년대의 퇴장을 반복하지 않을 수 있는 길로 생각된다.[www.nasatech.com]

## 日, 실내 VOC 제로화를 위한 Decrease 선택 시스템

주식회사 후지타는 "새집 증후군"의 원인인

실내의 휘발성유기화합물(VOC)의 제로화를 위한 건축재료 조사 결과에 근거해 효율적으로 저 VOC 건축재료를 선정할 수 있는 "Decrease 선택 시스템"을 구축했다.

후지타는 이 시스템을 주식회사 사카쿠라 건축 연구소의 협력을 얻어 "도쿄로자와 시민 체육관 개축 공사"에 적용한 결과, 후생 노동성 지침 물질(이하, 지침 물질)의 함유량을 극한까지 절감한 건축 재료 선정을 실현하고 모든 지침 물질의 실내 농도가 지침치를 대폭 밑도는 좋은 성적을 냈다.

신축이나 리모델링 직후에 문제가 된 "새학교, 새집(Sick School, Sick House) 증후군"의 원인은 건축 재료나 가구 등에서 발생한 VOC로 되어 있다. 이 때문에 후생 노동성은 VOC의 실내 농도 지침을 정하고 이것을 만족시킨 건축 재료 등의 사용, 주택이나 건물의 제공 등을 계몽하고 있다. 또한 문부 과학성은 신축이나 개축 후에 교실 등의 공기 검사 사항에 VOC 농도 측정을 "학교 환경위생의 기준"에 규정하고 있고 4월 1일부터는 측정 대상물질로 추가했다.

이번에 구축된 "Decrease 선택 시스템"은 실내의 VOC 제로화를 목표로 시공전 단계에서 실내 공간을 구성한 모든 건축 재료에 관해 13종의 지침 물질 성분 함유량을 메이커로부터의 정보나 "Decrease Search"에 의한 측정 등으로 조사하고, 이 방대한 건축 재료 정보를 검증하고 가장 VOC가 적은 제품을 효율적으로 선정하는 시공 관리 툴이다.

후지타는 앞으로 건축 재료 데이터베이스를 보다 충실히 만들어 검토기간의 단축을 도모함과 동시에 건축 재료의 저VOC화 수요의 확대가 예상된 학교 시설, 맨션, 병원, 양로원, 복합 시설



등을 중심으로 쾌적하고 안전한 거주 공간을 제공하기 위해 이 시스템을 적극적으로 제안, 활용할 예정이다. [http://www.fujita.co.jp/release/R2003/2004\_0330dcss.html]

### 유럽의회, 온실가스 배출권 거래허용 합의

유럽의회 의원들은 지난 4월 7일 내년부터 EU역내 에너지 및 제조업체들이 역외 국가로부터 온실가스 배출권터인 배출권을 구입할 수 있게 허용키로 합의했다.

합의사항이 유럽의회 전체회의 및 각국 관계 장관의 승인을 거쳐 시행되면 이.온(E.ON)과 아셀러 등 유럽내 발전소 및 공장 1만2천 곳이 각국 정부에 의해 적용받게 될 배출한도 문제를 해결하기 위해 배출권을 거래할 수 있는 시스템이 마련된다.

EU는 당초 2008년부터 개발도상국가들로부터 온실가스 배출권을 구입, 사용하는것을 허용키로 했으나 이번 합의로 일정이 앞당겨지게 됐다. [브뤼셀 블룸버그=연합뉴스]

### 日, 식품폐기물로 연료전지 개발

일본 환경성은 최근 음식물 쓰레기를 이용한 연료전지발전시스템 모델사업을 전국 10개소에서 개시한다고 현지 언론들은 전했다.

화석연료를 사용하지 않고 청정에너지를 보급시킨다는 점에서, 이산화탄소 등 온실효과가스의 배출 저감과 쓰레기 감량을 한꺼번에 꾀하는 장점이 있다.

연료전지는, 수소와 공기 중의 산소를 화학 반응시켜, 그 에너지를 전기로 직접 추출한다. 전

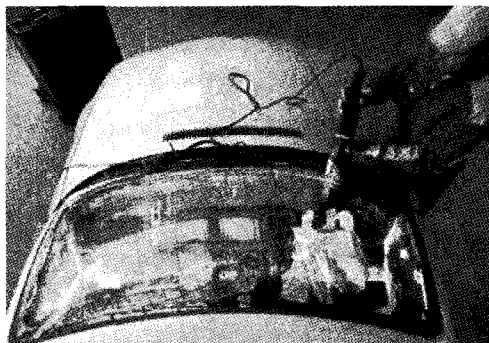
기발생 시 이산화탄소와 대기오염물질 배출을 감소시켜 청정에너지로 개발이 추진되고 있다.

일본 환경성에 따르면 이번 모델사업은 일본도도부현 아파트와 호텔, 병원 등 10개소를 9월까지 선정. 이곳에서 배출되는 음식물 쓰레기를 모아 발효시켜, 발생하는 메탄가스 중의 수소를, 연료전지의 연료로 사용한다.

음식물 쓰레기 수집과 발효시스템, 연료전지 설치비의 3분의 1을 환경성이 보조할 계획이다.

환경성 지구온난화대책과 관계자는 "식품폐기물 대부분은 쓰레기로서 소각·매립 처분되고 있다. 가능한 한 에너지로서 이용하고 싶다"고 하였다.[환경일보]

### 독일, 폐차부품 85%를 다시 공장으로



\* 앞유리창을 재빨리 분리하는 장치. 전동유리칼로 유리판을 떼어낸 뒤 진공흡입기로 흐트러진 유리조각을 모아들이는 데 1분 정도 걸린다. 베엠베 그룹 제공

### 자동차 재활용 현장

라면봉지에서부터 가전제품까지, 폐기물 재활용은 이제 제품생산자의 책임이 됐다. 물건을 만들 때부터 폐기물 문제를 고려해야 한다는 게 세계적 흐름이다. 이제 자동차도 예외가 아니다. 유럽을 시작으로 미국과 일본에서 '자동차 재활



용'은 화급한 과제가 됐다. 이들 나라에 자동차를 수출하는 우리나라에게도 남의 일이 아니다.

유럽연합은 지난 2002년 '수명 다한 자동차에 관한 지령'을 시행하기 시작했다. 2002년 7월 이후 생산하는 새차와 2007년부터는 운행하던 모든 차에 대해 제조회사는 무료로 수명 다한 차를 회수해 재활용해야 한다. 재활용률은 2006년까지 80%, 2015년까지는 85%까지 높여야 한다. 또 지난해 7월부터는 납, 카드뮴, 6가크롬, 수은 등 중금속은 자동차에 일절 쓰지 못한다. 어떻게 하면 돈은 덜 들이면서 재활용률을 높일 것인가. 요즘 자동차회사들이 치열한 경쟁을 벌이는 목표다. 자동차 재활용 분야에서 가장 앞선 독일의 자동차회사 베엠베(BMW)와 폴크스바겐을 찾아 재활용 현장을 둘러봤다.

### 먼저 에어백부터 "뺀"

뮌헨 교외 운터슐라이쉬하임에 자리잡은 베엠베의 '재활용 및 해체 센터'(RDC)는 해마다 약 1800대의 자동차를 처리하는 공인된 폐차장이자 자동차 재활용에 관한 세계적 연구개발과 훈련 센터이기도 하다. 지난 4월 11일 이 센터 마당에는 아직 쓸 만해 보이는 고급차들이 줄지어 해체를 기다리고 있었다. 저마다 기록지를 붙이고 있는 것이 눈길을 끌었다. 차를 만들 때 고객의 주문에 따라 개별 제작하듯이 폐차 때도 모델과 상태에 따라 다른 방식으로 해체된다.

첫 공정은 에어백을 터뜨리는 일이다. 안전문제 때문에 재이용은 불가능하다. 자동차는 점점 쓰기에 편하지만 재활용은 불편한 쪽으로 진화했다. 60년대만 해도 차 무게의 2%이던 플라스틱은 현재 13%에 이른다. 많으면 25가지의 다른 플라스틱이 쓰이기도 한다. 중금속이 들어 있

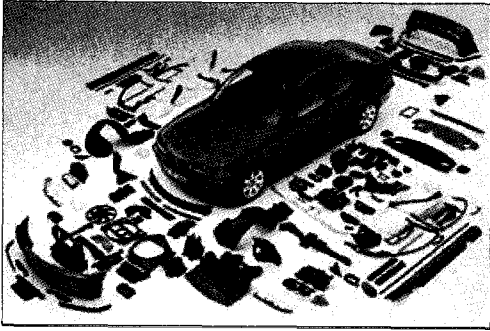
는 각종 전자부품과 에어컨, 에어백이 늘어난 것도 재활용 때 시간과 돈을 잡아먹는 요인이다.

다음 단계는 차에 남아 있는 액체를 제거하는 일이다. 엔진오일, 연료, 냉각수, 세척액, 브레이크오일 등 폐차 한 대에는 약 23의 각종 액상 폐기물이 남아 있다. 폐액을 마지막 한 방울까지 빼내는 것도 기술이다. 이어 엔진을 떼어내 부품 생산공장으로 운반하고 금속부품들을 분해한다. 다음엔 유리 and 플라스틱을 재활용한다. 앞유리창은 진공청소기와 절단기로 이뤄진 장치로 1분 만에 말끔히 떼어낸다. 이제 남은 차체는 운반이 쉽도록 압축해 분쇄공장으로 보낸다. 손바닥만하게 분쇄된 차체는 다른 차체를 만드는 공장으로 향한다.

이렇게 알뜰하게 재활용해야 2015년의 재활용률 목표 85%를 맞출 수 있다. 남은 섬유와 유리 찌꺼기 등은 매립된다. 차 한대에서 재활용되지 않는 찌꺼기는 80ℓ 등이 가정용 쓰레기통 분량 이하여야 한다.

### 쓰레기 80ℓ 넘으면 안돼

폐차과정은 손이 많이 간다. 따라서 재사용과 재활용이 쉽도록 처음부터 설계에 반영하는 것이 중요하다. 베엠베는 사치스런 차의 상징이지만 재활용 플라스틱 비율은 15%에 이른다. BMW3 시리즈 차종에서 재활용 플라스틱으로 만든 부품의 무게는 1세대(1975~82년) 때 4kg에 지나지 않았지만 98년 이후 4세대에선 무려 43kg나 된다. 이 센터 홍보담당자는 "재생부품이라도 품질과 성능에서 떨어지지 않는다"며 "환경에 대한 철저한 고려가 고급차라는 명성에 보탬이 된다"고 말했다.



### 지능형 분리기술 등장

사진 함부르크에 있는 폴크스바겐 상용차 공장은 1만5천여명이 일하는 유럽 굴지의 자동차 생산공장이다. 이 회사는 90년부터 자동차의 생산부터 사용, 폐차에 이르는 과정에서 환경에 끼치는 영향을 모두 고려하는 생애주기평가(LCA)를 시작했다.

특히 지난 2002년 자동차 재활용법이 시행된 이후에는 이른바 '지능형 분리기술'을 채택해 재활용률을 비약적으로 끌어올렸다.

금속은 물론이고 플라스틱, 고무, 섬유 등 모든 재활용 가능물질을 잘게 부쇄 정교하게 분리·회수한다. 분쇄된 조각을 밀도, 모양, 자성, 전기전도도, 투명도 등의 차이를 이용해 세세하게 가려낸다.

바퀴와 차체 사이에 플라스틱 라이닝을 덧대 차도에서 튀어오르는 물과 돌조각으로 인한 손상을 막아 재활용에 도움이 되도록 하는 데서 재활용을 향한 섬세한 배려를 느낄 수 있었다.

이 회사 공보담당자인 테리 휘트브렛은 "자동차 재활용이 기업에게 '행복한 변화'는 아니지만 독일인의 취향에 맞는 일"이라고 말했다. [한겨레 원헌 · 함부르크 / 조홍섭 환경전문기자]

### 美, 환경친화적인 항공유 개발

미국의 생화학자들에 의해 콩기름을 항공유로 이용하는 방법이 연구되고 있다.

연구진에 따르면, 콩기름과 전통적인 항공유를 기반으로 한 새로운 연료는 화석연료의 사용을 줄이며, 온실가스 증가 둔화에도 도움이 될 것이라고 한다. 연구 결과는 미국화학협회 회의에서 발표됐다.

상업용 제트기는 Jet A라는 연료를 사용하는 데, 다른 화석연료처럼 연소 과정에서 이산화탄소를 대기로 배출한다. 항공 교통수단 이용이 늘어나면서 이 부문이 지구 온난화에 기여하는 정도도 증가하고 있다. 영국의 왕립환경오염 위원회는 2002년도 예상에서 2050년에는 영국에서 배출되는 온실가스 중 75%가 항공교통수단에서 배출될 것이라고 추정했다.

현재까지는 항공유와 식물유를 혼합한 이상적인 연료를 만들고자 하는 시도는 성공적이지 못했다. 가장 큰 장애는 항공기 연료라는 특성 때문에 섭씨 영하 40도에서도 안정된 상태를 유지해야 한다는 것이다. 식물유는 일반적으로 영하 0도 이하에서는 얼어버린다.

하지만 인디애나 라피에트 푸르드 대학 생물학자인 Bernard Tao 연구팀은 영하 40도에서도 얼지 않는 혼합연료를 개발했다. 이들은 오일 내 지방산을 휘발성이며, 연소 가능한 에스테르로 변환시켰는데, 이들 중 일부는 높은 온도에서 일부는 낮은 온도에서 언다. 높은 온도에서 어는 것을 제거하면 낮은 온도에서 어는 것만이 남게 되는 것이다. 이 부분에 있어서 연구팀은 큰 성과를 이뤄냈다. 원하지 않는 에스테르를 제거하는 표준 방법은 냉각시켜 생성되는 결정체를 제



거하는 방법이다. 이 방법을 반복적으로 수행하면 어는점이 아주 낮은 연료를 만들어 낼 수 있다. 하지만 그 과정이 수일에 걸쳐 진행되어 많은 시간이 소요된다는 점과 필요로 하는 에스테르도 함께 제거된다는 결점이 있다. 이 방법은 생산 효율이 25% 정도밖에 되지 않는다.

Tao 연구팀은 분별 증류와 유사한 기술을 개발했는데, 1시간 남짓 걸리며 효율은 80%에 달했다. 이것으로 Jet A와 6:4 비율로 섞은 연료를 만들 수 있다. 이것은 바이오 연료의 비율로 볼 때 보고된 것 중에 가장 높다. 이 연료는 터보프롭 엔진을 대상으로 연소 테스트 중이다.

[<http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns99994813>]

## 日, VOC를 간단하게 회수하는 장치 개발

이데미쓰코산의 자회사에서, 석유 관련 플랜트의 건설·보수를 다루는 이데미즈 엔지니어링(토쿄도 스미다구)은, 도료나 용제 등에 포함되는 벤젠 등의 휘발성유기화합물(VOC)을 간단하게 회수할 수 있는 장치를 개발, 화학 공장용으로 판매를 시작했다.

대규모 화학 공장을 대상으로, 빠르면 내년에라도 VOC 규제가 실시될 계획이기 때문에 규제 대상의 공장에 판매한다. 이로 인해 VOC 회수 장치 관련 매출을 2007년도에는 현재의 17배, 약 50억 엔까지 인상할 계획이다.

개발한 회수 장치는 파자대 등에 들어가 있는 건조제의 실리카 겔로 VOC를 흡착한다. 실리카 겔 내부에 쌓인 VOC를 수증기로 가열하면서 휘발시켜 전용의 회수액에 용해하게 해 제거하는 구조이다.

수증기를 실리카겔에 직접 맞이지 않는 간접 가열 방식을 채용한 것으로, 회수액과 수증기가 발생하지 않고, 처리도 불필요해지는 것이 특징. 흡수제에 활성탄을 사용한 종래의 방법에 비해 물에 녹기 쉬운 메타놀 등의 회수도 가능하게 되었다.

공장에서 대기중으로 방출된 VOC는 발암성이 지적되는 매우 섬세한 부유 입자장 물질(SPM)이나 광화학 스모그의 원인 물질이 된다. 환경성은 지난달, 공장 등에서 배출되는 VOC 배출량을 2010년까지 00년도 비로 30% 줄이는 목표를 책정해 일정 규모 이상의 배출 시설에 대해서 삭감을 의무화할 것을 결정했다. 이것에 수반해, 대기오염 방지법의 개정안을 이번 국회중에 제출한다. 규제 대상이나 기준 등은 법개정 후에 정성령으로 정한다.

VOC의 배출 시설은 전국에 수십만 개소 있다고 추정되며, 배출량도 00년도에 150만 톤에 이른다. 향후, 규제 대상은 수천 개소 정도가 상정된다. 이데미즈 엔지니어링은 회수 설비의 수요 확대를 전망해, 석유화학 플랜트로 기본 노하우를 무기로 확대 판매한다.[<http://www.business-i.jp/>]

## 日, 전기·화학업계, 유해물질 사용 배제키로

일본의 전기·정밀기기 업체 50여개사는 늦어도 오는 2006년 7월까지 납과 수은 등 유해금속·화학물질 6종류의 사용을 전면 중단하기로 했다고 니혼게이지가 신문이 보도했다.

전기·정밀기기업체의 이같은 결정에 철강, 비철 제조업체도 조만간 동참할 것으로 전망돼 궁극적으로는 모두 만여 개사가 유해물질의 사용 중단 결정에 동참하게 될 것으로 보인다고 신문



은 전했다.[SBS-TV]

### 中, 오염수를 에너지원으로 냉난방 공급에 성공

중국은 경제가 급성장하면서 에너지의 결핍이 뚜렷하게 나타나고 있으며, 겨울철의 열 공급과 여름철의 온도 냉각에 많은 에너지를 소모하게 되면서 경제의 성장을 저해하는 하나의 요인이 되고 있다.

이러한 시점에서 2004년 3월 중순 베이징(北京)시 미윈(密云)오염수 처리공장에서 중국 내 최초로 오염수를 에너지원으로 냉난방할 수 있는 프로젝트 시험에 성공하여 매우 큰 의의를 가진다고 베이징시 오염수 처리공장의 관련 책임자는 밝혔다. 관련 전문가에 따르면, 이 프로젝트에 사용한 오염수 환열기는 신형 하이테크 장비로서 오염수 중의 열량을 고효율, 집중적으로 추출한 다음, 열교환기와 열펌프에서 업그레이드하여 일상생활에 수여되는 에너지를 생산하게 된다. 이 시스템은 겨울에는 오염수 중에서 열량을 추출하여 난방에 사용할 수 있을 뿐만 아니라 생활용 더운물도 공급할 수 있다. 여름에는 오염수가 이 시스템의 열량을 냉각시키는 작용을 하여 실내 온도를 낮추게 된다.

시험 운행결과를 보면 전반 공정은 효율이 높고, 에너지 절약이 확실하여 오염이 없다는 결과가 나왔으며, 사용자들은 기존보다 30~40%의 냉난방 운행비용을 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 현재 관련 부문에서는 베이징 및 전국 각지에 이 프로젝트를 보급할 계획을 하고 있다.

[[http://www.chinainfo.gov.cn/data/200403/1\\_20040323\\_76802.html](http://www.chinainfo.gov.cn/data/200403/1_20040323_76802.html)]

### 스웨덴, 희박 연소 배출가스에서의 질소산화물 제거용 촉매 시스템

지구 온난화로 인한 기후 변화와 관련하여 이산화탄소의 배출을 규제하면서 희박 연소(Lean burn) 엔진이 각광을 받고 있다. 그러나 자동차의 배출가스로부터 질소산화물을 제거하는 데 사용되고 있는 현재의 삼원 촉매(Three-way catalyst)로는 희박 연소 엔진에서 배출되는 산소가 과량인 배출 가스에서 질소산화물을 효율적으로 처리하는 데에 한계가 있다.

이를 개선하기 위한 연구로 질소산화물을 저장하였다가 환원시키는 시스템이 개발되었지만 이는 극미량으로 존재하는 황에 의해서 쉽게 효율이 떨어지는 단점을 드러내었다. 다른 방법인 암모니아를 이용한 선택적 촉매환원의 경우에는 암모니아의 공급이 어렵다는 단점이 있다. 이러한 문제점을 해결할 수 있는 방안으로 연소되지 않고 배출가스와 함께 배출되는 연료를 이용하거나 연료를 추가로 주입하는 등의 방법으로 탄화수소를 이용한 선택적 촉매 환원법(HC-SCR)이 제안되었다.

본 연구에서는 희박 연소 엔진에서 배출되는 질소 산화물을 HC-SCR법으로 처리하기 위한 새로운 촉매로 CoFER과 HZSM-5의 두 가지 제올라이트 촉매로 구성된 이중 기공 시스템 형태의 촉매를 제조하고, 이를 이용하여 질소산화물을 처리하고자 하였으며, 특히 NO를 이소부탄으로 환원시키는 데 있어서 산소농도의 영향을 살펴보았다.

본 연구에서 사용한 촉매 시스템은 다음과 같이 이루어졌다. SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 몰비가 33인 압출물(extrudates) 형태의 HZSM-5 제올라이트



촉매의 비표면적은  $347\text{m}^2/\text{g}$ 이었다.  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 의 물비가 16.3인 산성의 ferrierite 압출물 촉매(FER)의 비표면적은  $290\text{m}^2/\text{g}$ 이었으며, 이온교환법으로 Co/Al의 물비가 0.025가 되도록 Co를 담지시켜서 사용하였다(CoFER). HZSM-5와 CoFER의 두 가지 촉매를 2.5g씩 같은 양을 섞은 다음 반응기에 넣고  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ (0~12%),  $\text{NO}$ (10% in  $\text{N}_2$ ), isobutane(2% in Ar)의 혼합기체를  $1,350\text{ml}/\text{min}$ 으로 반응기에 주입하였다. 반응물과 생성물의 기체 성분을 분석하기 위하여  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ 에 대해서는 화학발광 검출기(Chemiluminescence detector)를,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ 에 대해서는 비분산형(non-dispersive) 적외선 분석 장치를 사용하였다.

CoFER 촉매를 단독으로 사용한 경우에는 전환율이나 흡착량에 있어서 상대적으로 낮은 값을 보였으며, HZSM-5를 단독으로 사용하거나 두 가지 제올라이트 촉매를 1:1의 비율로 혼합하여 사용한 경우에는 CoFER 촉매와 비교할 때 보다 높은 전환율과 흡착량을 나타내었다. HZSM-5 촉매의 경우,  $220^\circ\text{C}$  이상에서는 두 가지 촉매를 섞어서 사용한 경우보다 높은  $\text{NO}$  전환율을 나타내었으며,  $350^\circ\text{C}$ 보다 약간 낮은 온도에서  $\text{NO}$ 를 환원시키는 반응에 대한 활성이 가장 높은 것으로 나타났다. [Applied Catalysis B: Environmental 48 (2004) 95-100]

### 새로운 오염물질 tar ball 발견

일단의 과학자들이 참여한 국제연구에서 새로운 탄소 함유 오염물질이 발견됐다. 헝가리와 인도양 그리고 남아프리카 상공에서 발견된 이 물질은 연구팀은 "tar ball"이라 불렀다. Tar ball

은 목재연소나 농작물 태우기, 숲의 화재 등으로 발생하는 연기속에서 생성된다. 대기 저층에 존재하는 Tar ball과 같은 탄소함유물질은 지구 기후나 대기질에 영향을 줄 수 있다.

연구팀은 tar ball에 대해 최초로 광범위한 연구를 진행했으며, 그 결과는 저널 Geophysical Research-Atmospheres에 발표됐다. 이번 연구는 헝가리 Veszprem 대학 지구환경과학과 교수인 Mihaly Posfai가 주도했다.

연구에 참여한 아리조나 주립대학 지구화학자인 Peter Buseck는 "tar ball은 바이오매스 연소로 수분에서 몇 시간 정도의 짧은 시간에 생성된 연기속에서 특히 많았다"고 말했다. 이것은 이들이 연기 plume속에서 생성되며, 태양광선을 흡수하는 유기화합물을 포함하고 있다는 것을 의미한다.

Tar ball은 검댕과 유사한 것처럼 보이나 현미경을 통해 비교해보면 차이가 확연히 드러난다.

검댕은 구체로 형성되어 있다. 각각의 검댕 구체는 양과처럼 동일중심선을 중심으로 에워싸져 있는 흑연 층들로 구성되어 있다. 다른 검댕 구체와는 체인 혹은 포도송이와 같은 형태를 한다. 이에 비해서 tar ball은 각각의 구체로 체인이거나 송이형태를 만들지 않으며 양과처럼 층을 이루지도 않는다. Posfai에 따르면 내부 구조는 입자의 광학적 특성에 영향을 주며, 흑연구조가 질서 정연할 때 더욱 검은색을 띠며, 태양광선의 흡수도 많다고 한다. 검댕은 대기중에서 주요한 태양광선 흡수원이며, tar ball도 태양광선을 흡수할 것으로 연구팀은 생각하고 있다. [http://www.eurekalert.org/pub\_releases/2004-03/agu-sfn031904.php]