

「そら」の技術を身近に感じて———そらとそら



# 空と宙

2007 NOV/DEC  
<http://www.iat.jaxa.jp/>

隔月刊発行 ISSN 1349-5577

## 研究紹介

美味しい水にリサイクル  
空気も安全にリサイクル

## 設備紹介

ゴミを水に変える「ハイプロシステム」

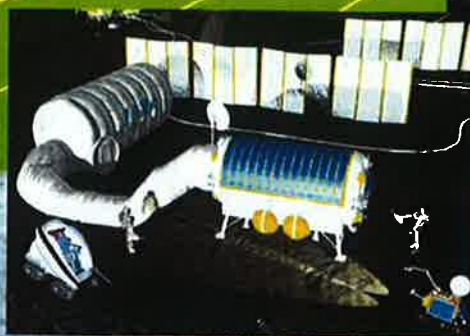
## 横路散歩

「触媒」と「光触媒」

## 空宙情報

太陽光をレーザー光に変える

「空の日」・「宇宙の日」イベント開催報告



月面拠点(予想図)

No. 21

総合技術研究本部  
Institute of Aerospace Technology

## 美味しい水にリサイクル

## 宇宙での長期滞在にはリサイクルが欠かせない

高度約400kmの地球周回軌道の上に建設中の国際宇宙ステーション (ISS) には、宇宙飛行士が常時滞在しています。ISS内で消費される「水」「空気」「食料」などの人間が生きていくために欠かせない物資は、ほぼ100%地上からの輸送に頼っています。しかし、何らかの理由で物資補給のための宇宙機が打ち上げられなかった時には資源が不足する恐れがある、輸送コストが高い、といった問題を抱えています。

今後、更に宇宙開発が進み、月面基地の建設や火星探査などによって有人宇宙活動の場が地球から遠くなってくると、資源を運ぶこと自体が困難になるという問題も出てきます。そのため、人間が排出する廃棄物（呼気、生活廃水、し尿など）を完全に再利用（リサイクル）し、必要な資源を生産する技術の確立が重要になってきます（図1）。



A：宇宙の水

B：逆浸透膜を利用した浄水器  
(ニューメディカ・テック株式会社製)

図2 技術移転により誕生した浄水器

## JAXAの技術を移転してまずは地上用の浄水器を

「宇宙の水」と命名された水があります（図2A）。これは、宇宙航空研究開発機構（JAXA）の技術をニューメディカ・テック株式会社に移転することで開発された浄水器（図2B）によって生成された水です。

水の浄化には「逆浸透膜（図3）」という“海水を淡水化するのに使う膜”をフィルターとして利用しています。利用している逆浸透膜の孔は、0.1ナノメートル<sup>\*1</sup>という水中にいる最も小さいウイルスよりもはるかに小さいサイズのため、かなり純度の高い水を得ることができます。しかし、孔が小さすぎて水の分子が通りにくく、高い圧力かける必要があります。

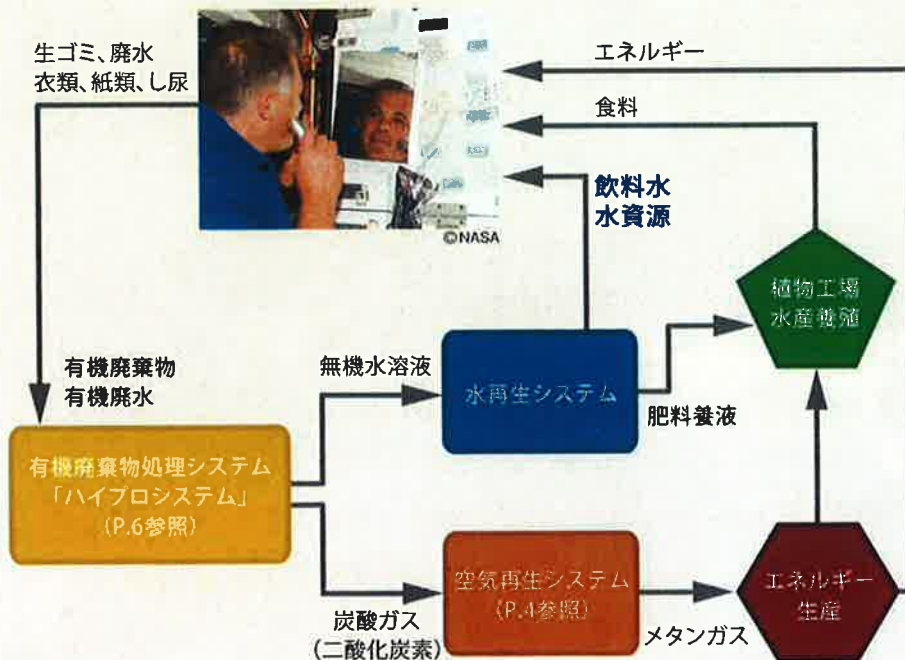
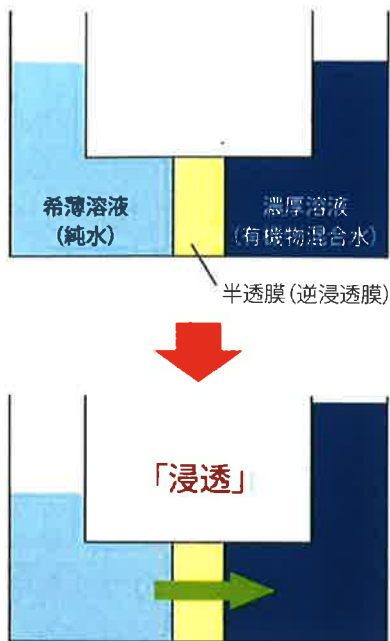


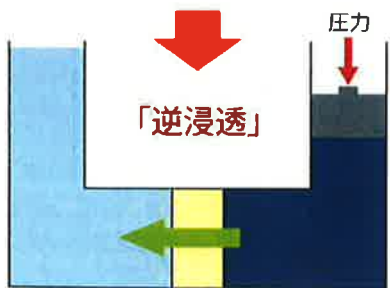
図1 宇宙での資源リサイクルの流れ



## 宇宙空間でも使える水再生装置を目指して



希薄溶液と濃厚溶液を半透膜で仕切った時、両溶液が平衡になろうとして、希薄溶液側の水が濃厚溶液側に移動する現象のことを「浸透」といいます。この時に両液間に生じる圧力差を「浸透圧」といいます。



「浸透圧」より大きい圧力を濃厚溶液側に加えると、水が希薄溶液側に移動します。この現象のことを「逆浸透」といいます。有機物などの不純物は半透膜を通ることができないため、逆浸透により水を浄化することができます。

図3 逆浸透膜の原理

ました。この問題を解決するために共同研究を進め、「水の分子を優先的に通す技術」を確立させました。これにより低圧化が図れ、装置を小型化することができました。

しかし、純度の高い水は不味いうえに、長期間飲み続けると健康に悪影響を及ぼすという問題もあります。そこで、短時間で自然なミネラルを水に浸透させる「水としての美味しさに関する技術 (JAXA 技術)」を移転し、安全で美味しい水にリサイクルすることができる装置の開発に至りました。

### 宇宙でも、安全で美味しい水を飲んで欲しい

JAXAでは現在、ニューメディカ・テック株式会社と共同で、6人の人間の1日分の排出量に相当する約200リットルのし尿と生活廃水を8時間で処理できる「宇宙用水再生装置」の研究開発を進めています。宇宙用の水再生装置を開発するに当たり、クリアしなければいけない点はいくつかあります。そのひとつが「水質基準」です。宇宙ではし尿をリサイクルするため、尿に含まれる「アンモニア」や「TOC<sup>※2</sup>」を基準値以下まで下げる必要があります。

また、部品の交換などによる宇宙飛行士の負担を減らすため、逆浸透膜の長寿命化も欠かせません。開発した装置は、将来、ISSの一部である「きぼう」日本実験棟での技術実証を目指しています。

※1 1ナノメートル=100万分の1ミリメートル

※2 TOC：水中に含まれる有機物の割合を表す値のこと。



【宇宙先進技術研究グループ】

小口 美津夫

## 空気も安全にリサイクル

### 月面拠点構築のためにも リサイクルは欠かせない

2007年9月14日、JAXAの月探査衛星「かぐや<sup>※1</sup>」が種子島宇宙センターから打ち上げられました。現在、アメリカや欧州、中国などの様々な国が、火星や更に先に広がる宇宙に人類を送り込むための拠点として月を捉え、月探査計画を進めると共に、月面への宇宙基地の建設を検討しています。JAXAでも、月面拠点(図1)の構築と利用のための技術の確立を目指しています。JAXA長期ビジョン(JAXA2025)では、2015年に次期有人宇宙活動への展開の判断を行うことを目標としています。その裏づけとなる技術を構築するために、前述の「水再生技術(P.2参照)」や、空気をリサイクルするための「空気再生技術」などの有人宇宙活動に欠かせない技術の研究を進めています。

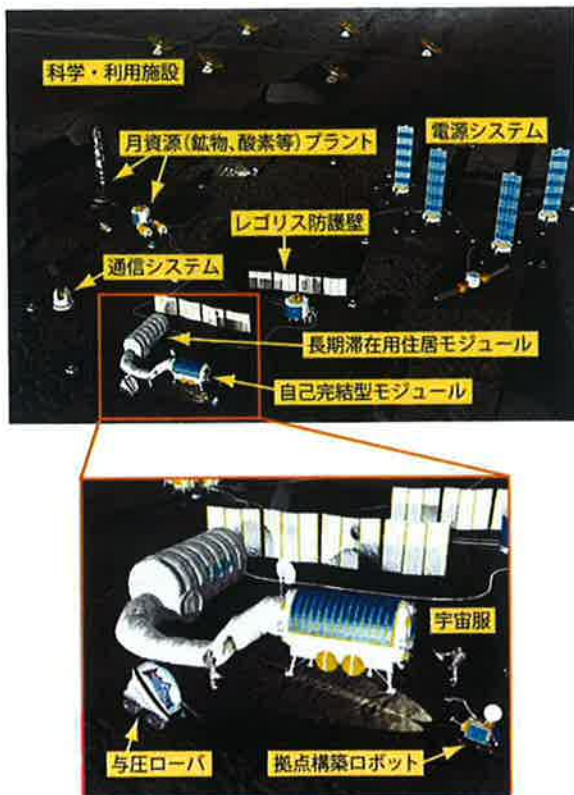


図1 月面拠点(予想図)

### 空気のリサイクルを目指す

私たちは、1人で1日に約585リットルの酸素を消費し、約509リットルの二酸化炭素を吐き出しています。これまでのアメリカの有人宇宙船では、人間の吐き出す二酸化炭素を化学的吸収剤により処理する方法が採られているため、8人の人間が6ヶ月間宇宙に滞在する場合、吸収剤が約1.5トン必要になります。酸素の供給も欠かせないため、合わせて約3トンもの物質を持っていかねばなりません。そこで考えだされたのが、「空気のリサイクル」です。

空気をリサイクルするためには、吐き出した空気から二酸化炭素を分離する「二酸化炭素除去装置」、分離した二酸化炭素と添加した水素から水を生成する「二酸化炭素還元装置」、その水から酸素を作り出す「水電解装置」という3種類の装置が必要です(図2)。これらの装置の研究を進め、高効率の装置開発を目指しています。

本研究における微小重力場での「水電解技術」と「流体のハンドリング技術」に関する有用性が認められ、これまでにいくつかの賞を受賞しています<sup>※2</sup>。

### 宇宙空間での実証を目指して

現在は、無重力(微小重力)空間でも装置が正常に作動することを確認するため、小型衛星への搭載を目指し、装置のシステム化、小型化、省エネルギー化を進めています。

宇宙活動中には、人の代謝ガスや、機器からの発生ガスといった微量有害ガスが発生してしまいます。安全な空気を供給するためには、それらの有害な物質を除去する必要があります。そのために、光触媒(P.7参照)などを使った空気清浄技術についても研究を進めています。

※1 10月4日、「かぐや」は月軌道に到着し、月の衛星となりました。

※2 2004年度「技術功労賞」受賞(スガウェザリング技術振興財団表彰)  
2005年度「第3回日本マイクログラビティ応用学会奨励賞」受賞など

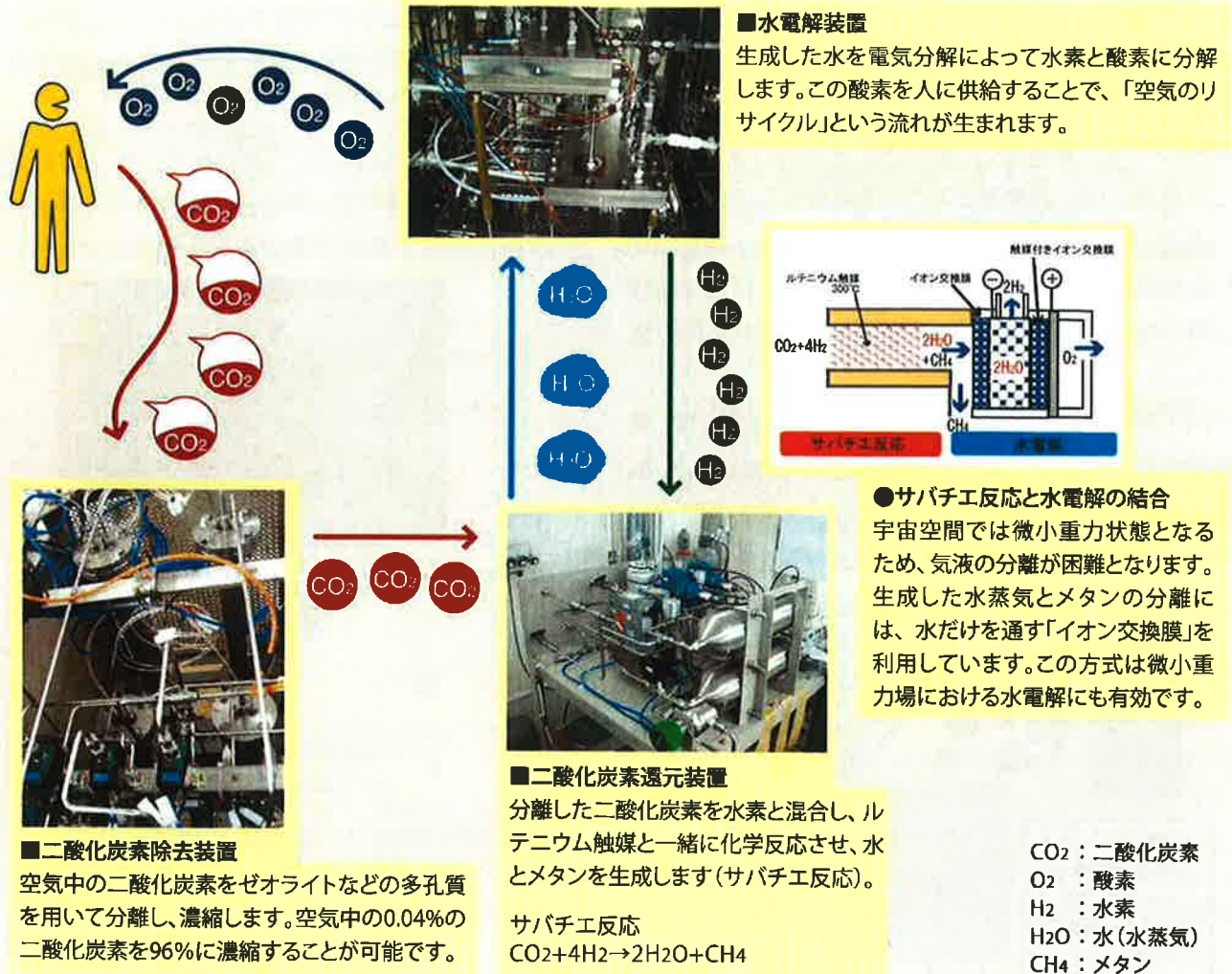


図2 空気再生装置

- [特許情報] ○サバチエ反応装置及びこれを用いた水蒸気電解装置(第3639861号)  
○水蒸気電解装置(第3511608号)  
○環境浄化循環型水電解装置(第3479950号)  
○水電解装置(第3452140号)



【宇宙先進技術研究グループ】

(左より) 大西 充、小口 美津夫、吉原 正一、桜井 誠人

もっと詳しく知りたくなったら  
ココに **アクセス!**

JAXA2025  
研究紹介

[http://www.jaxa.jp/about/2025/index\\_j.html](http://www.jaxa.jp/about/2025/index_j.html)

<http://www.iat.jaxa.jp/res/adtrg/innovativetech/e01.html>



## 設備紹介

## ゴミを水に変える「ハイプロシステム」——有機廃棄物処理システム

今回は、廃棄物（生ゴミ、廃水、し尿など）から「水」と「炭酸ガス（二酸化炭素）」を生成できることを実証するために開発した「ハイプロシステム」と呼ばれる装置（図1）を紹介します。ハイプロシステムでは、有機物の処理に酸素の力（酸化力）を利用します。密閉した容器の中に廃棄物を入れ、高温高圧下で処理することで、非常に短い時間で有機物を分解し、無色透明な水を生成することができます。密閉した状態で処理を行うため、外部に有害物質が漏れ出す恐れもありません。

ハイプロシステムで生成した無色透明な水には、有機物を形成していた物質が無機物として残るため、植物の肥料として利用できます。また、「水再生装置（P.2参照）」で処理することで、美味しい飲み水にも変身します。廃水や尿を直接、水再生装置で処理した場合、

水再生装置に大変な負担がかかってしまいますが、ハイプロシステムを介することでし尿に含まれるアンモニアが事前に分解され、装置への負担を減らすことができます。

ハイプロシステムは、宇宙はもちろん、地上でも有効に使える装置です。現在、焼酎廃液の処理など、その応用範囲が検討されています（図2）。



左：処理前 右：処理後

図2 ハイプロシステムにて処理した焼酎カス

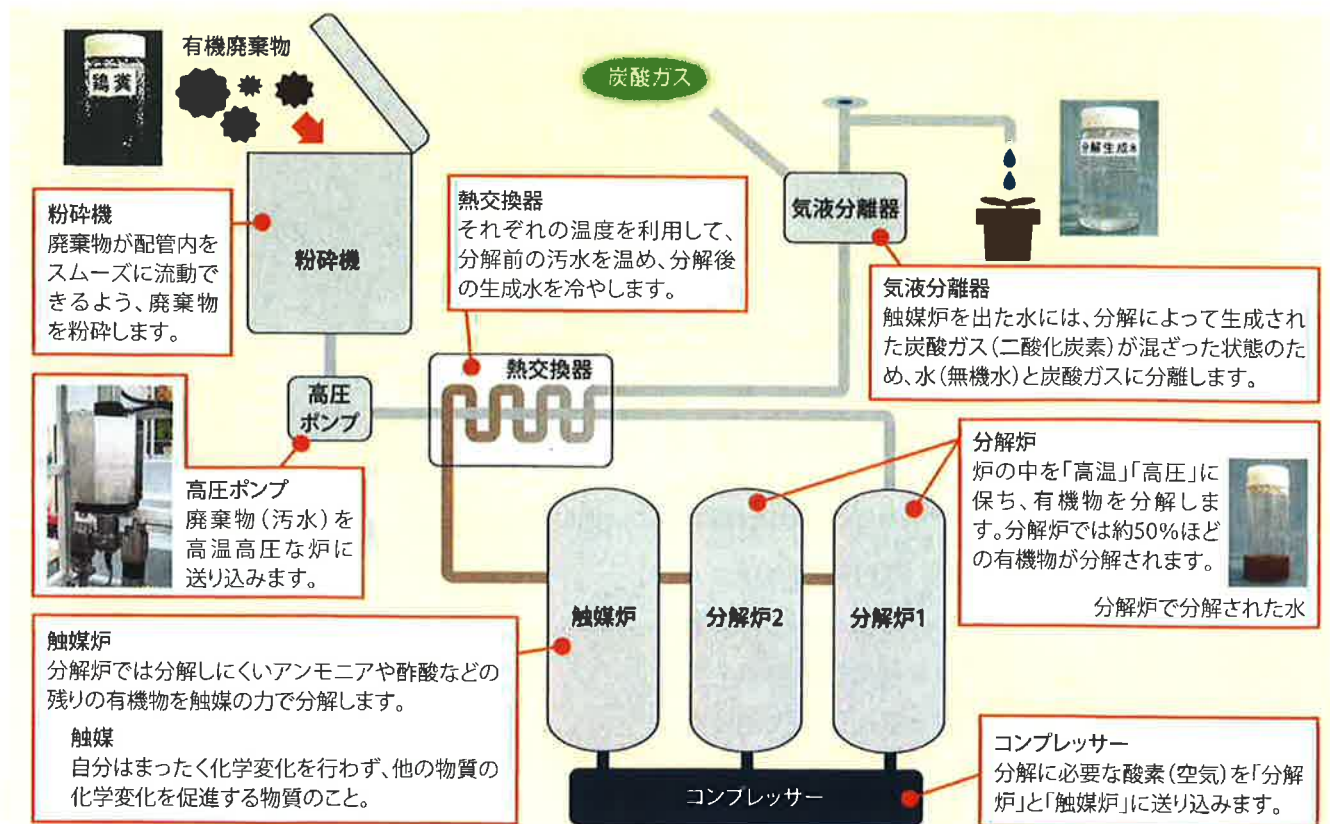


図1 ハイプロシステムの概要

【特許情報】 ○有機廃棄物の無機化処理システム（第2879199号）  
○有機廃棄物及び有機廃水の再資源化システム（第3716286号）

## 「触媒」と「光触媒」

酸素 (O<sub>2</sub>) と水素 (H<sub>2</sub>) が化学反応を起こすと、水 (H<sub>2</sub>O) が生成されます。水の生成には大きなエネルギーが必要なため、酸素と水素を密閉容器に入れて200℃の高温に加熱してみても、化学反応は起こりません。しかし、容器に少しの銅 (Cu) を入れて加熱すると、化学反応が速やかに進み、水が生成されます。Cuにより、反応に必要なエネルギーが低くなったためです (図1)。その際、Cuには何の変化も見られません。この様に、自身は何の変化もせずに他の物質の化学反応を促進する物質のことを「触媒」と呼びます。

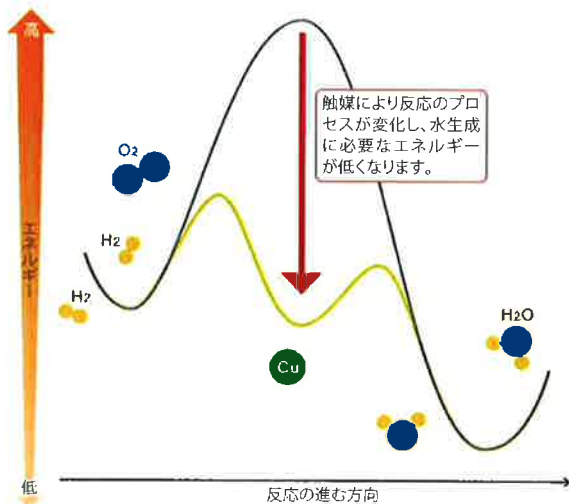


図1 触媒の働き

触媒自身は変化をしないと述べましたが、実は化学反応に大きく関わっています。Cuには、O<sub>2</sub>やH<sub>2</sub>を酸素原子 (O) と水素原子 (H) に解離する力があるため、Cuに触れたO<sub>2</sub>はOに解離し、酸化銅 (CuO) が生成されます。CuOのOは、やはりCuに触れて解離したHと反応し、水が生成されます。

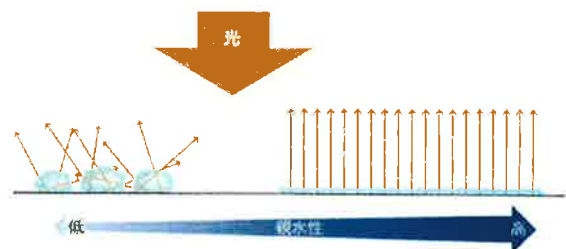
触媒には、化学反応を促進させるだけでなく、“特定の物質と反応したり、特定の物質だけを生成する”働きもあります。このような性質を「選択性」と呼んでおり、適切な触媒を選ぶことで、目的とする物質のみを減少したり、生成したりすることができます。この選択性を利用して、自動車の排ガスに含まれる窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) や一酸化炭素 (CO) といった人体に有害な物質の除去が行われています。その他にも、ガソリンや灯油の精製など触媒は様々なところで活躍しており、私たちの生活と切っても切れない関係になっ

ています。

触媒には、“光が当たっている間だけ”触媒として作用する「光触媒」と呼ばれるものもあります。光触媒としてよく知られている物質は「酸化チタン (TiO)」です。TiOの特徴は、“強力な酸化力”です。TiOに光を当てると、その表面に「高酸化酸素」と呼ばれる物質が生成されます。この高酸化酸素の酸化力は非常に高く、様々な有機物を分解できます。理論的には、全ての有機物を「二酸化炭素」と「水」にまで分解してしまいます。医療現場の殺菌や、空気浄化用人工観葉植物など、光触媒を使った製品は既に市場に広く出回っているため、目にしたことのある人も多いのではないのでしょうか。

TiOは光の中でも「紫外線」に反応します。太陽光に含まれている紫外線は3%程度のため、容器に入った水の浄化など、ある一定量のを綺麗にするには十分な力を発揮しますが、流れる川の水を光触媒で綺麗にするといった利用方法は現実的ではありません。そのため、可視光でも作用する光触媒の研究が進められています。

TiOには、「超親水性」という特長もあります。ガラスに湯気を当てると、曇ってしまって姿を映すことができません。これは、ガラスの表面水 (水蒸気) が小さな粒になっており、光を乱反射しているためです。しかし、ガラスにTiOを塗布して光を当てると、水はべったりと均一に鏡に張り付いて光の乱反射が抑えられ、再び姿を映すことができます (図2)。この性質を利用して、曇らないサイドミラーなどが開発、商品化されています。



親水性が低いと、ガラス表面で水は小さな粒になってしまい、光を乱反射してしまいます。親水性が高いと、水がガラスの表面に均等に張り付き、光の反射が抑えられます。

図2 親水性



# 空宙情報

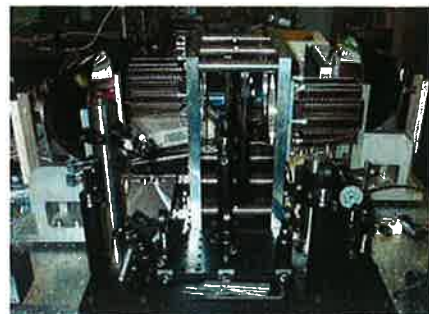
## 太陽光をレーザー光に変える

太陽光励起YAGセラミックレーザーの大出力化に成功

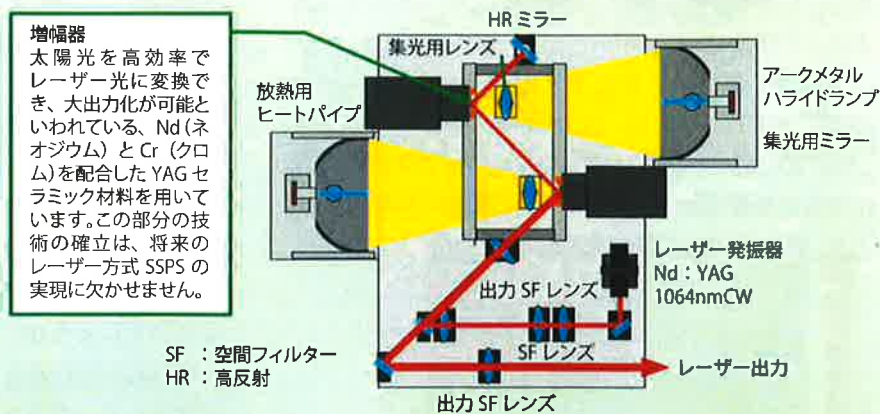
JAXAが2030年頃の実現を目指す宇宙太陽光利用システム(SSPS: Space Solar Power Systems)は、赤道上空約36,000kmの静止軌道上で太陽光を収集し、マイクロ波やレーザーの形に変換して地上にエネルギーを送るシステムです。

本システムの実現に向け、重要となる技術の研究を進めていますが、このたび、財団法人レーザー技術総合研究所への委託により製作していただきました「太陽光励起YAG\*セラミックレーザー発振装置」において、180Wの大出力を達成しました。(高度ミッション研究センター 藤田 辰人)

\* YAG: レーザー媒質の構成要素であるイットリウム・アルミニウム・ガーネットの略称。



太陽光励起レーザー発振装置(試作品)



太陽光励起レーザー発振装置のイメージ図  
太陽光励起レーザーは電気を使用せずに、太陽光にて直接励起させてレーザーを発振させるため、エネルギー損失が少なく、シンプルなシステムを構築できます。

もっと詳しく知りたくなったら **アクセス!**

<http://www.iat.jaxa.jp/res/amrc/ssps/index.html>

## 「空の日」・「宇宙の日」イベント

【開催報告】

9月12日の「宇宙の日」と9月20日の「空の日」を記念し、各センターでイベントを開催しました。

● 航空宇宙技術研究センター(東京都調布市) 2007年9月9日



● 筑波宇宙センター(茨城県つくば市) 2007年10月20日



空と宙 2007年11月発行 No.21

【発行】宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部 〒182-8522 東京都調布市深大寺東町7丁目44番地1

電話: 0422-40-3000(代表) FAX: 0422-40-3281

ホームページ <http://www.iat.jaxa.jp/>

【禁無断複製転載】「空と宙」からの複製もしくは転載を希望される場合は、業務課広報までご連絡ください。

PRINTED WITH  
SOYINK

100  
PERCENT