

科学技術 トピックス

以下は科学技術専門家ネットワークにおける専門調査員の投稿（1月号は2004年12月4日より1月7日まで）を中心に「科学技術トピックス」としてまとめたものです。センターにおいて、関連する複数の投稿をまとめ、また必要な情報を付加する等独自に編集するため、原則として投稿者の氏名は掲載いたしません。ただし、投稿をそのまま掲載する場合は、投稿者のご了解を得て、記名により掲載しています。

ライフサイエンス分野

① NIHによる最先端の食品サプリメント（栄養補助食品）研究情報を収載した一般向けの小冊子の提供

NIHの食品サプリメント局（the Office of Dietary Supplements, ODS）は、食品サプリメント（栄養補助食品）研究の進展に重要であると考えられる論文を紹介した小冊子を2004年10月8日に発行した（ウェブで閲覧可能）。

この小冊子は、1999年から毎年発行され、今回発行された2003年度版で第5版になる。発行の目的は、研究者、健康分野の専門家、サプリメントの消費者、学生、教育者などに対して、サプリメント研究の最新情報を提供することである。

2003年度版の小冊子を作成するにあたり、まず34のピアレビュージャーナル（国際誌）から300報以上の論文がノミネートされた。さらに、これらの論文に対し、45人の国際的な栄養学、植物科学、公衆衛生学の専門家から構成されたチームがレビューを行い、順位をつけた。その結果、トップ25論文が選ばれ、論文名、著者、簡単な概要、研究の意義などについて

一論文あたり半ページにまとめられた。

2003年度版では、「骨の健康」、「がん」、「心臓血管の健康」、「炎症」、「発達」に関するサプリメント研究を対象にして、優秀論文が選ばれた。その中には、ビタミンC、D、E、 α -トコフェノール、 β -カロテン、black cohosh（ハーブ）、グルコサミン、コンドロイチン、セレンウム、緑茶成分、 ω -3脂肪酸、エフェドラ（麻黄）などが含まれた。

小冊子は単純にこれらの成分の摂取を推奨するものではない。心臓血管に対する副作用のために2004年4月に米国食品安全局（FDA）は、エフェドラを含む食品サプリメントの販売禁止の措置をとったが、今回トップ25論文に選ばれたエフェドラに関する研究論文は、このFDAの措置に貢献したとして高く評価された。

また、小冊子に収載されている内容を読むと、疾病の発病後の摂取では効果が確認できなかったサプリメントや、アルコール飲用や喫煙する患者が摂取すると逆効果になるサプリメントの報告もあり、興味深い。

2003年度版の25報の論文の内、実験動物やヒト細胞を用いた研究は6報であり、その他19報は、がんや動脈硬化症などの患者やラ

ンダムに選んだ一般人を対象とした大規模な臨床試験による研究であった。

さらに、2003年度版には2002年度と2001年度に選ばれた論文リストも掲載されているため、サプリメント研究動向の把握に役に立つ。

米国では、「食品サプリメントにおける健康と教育」に関する法律（Dietary Supplement Health and Education Act）が1994年に制定され、この法律によって政府機関はサプリメントの安全性を監視や、一般に対する知識の普及などを実施している。

日本においても近年急速にサプリメントに注目が集まっており、一般向けの安全情報の提供などは国立栄養・健康研究所からなされているが、NIHのように最新の研究情報をわかりやすく提供する試みももっと行われる必要があると考えられる。

参 考

- 1) NIH News (2004.10.8)
- 2) 米国医薬品・安全局 食品サプリメント：
<http://www.cfsan.fda.gov/~dms/supplmnt.html>
- 3) NIH 食品サプリメント局：
<http://ods.od.nih.gov/>

- 4) 厚生労働省 保健機能食品・健康食品ホームページ：
<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/hokenkinou/index.html>
- 5) 「健康食品」の安全性・有効性情報（独立法人 国立栄養・健康研究所）：
<http://hfnet.nih.go.jp/main.php>

② 生命倫理研究での、アジア諸国全体を包括する協同の基盤作り

日本の「国際的リーダーシップの確保」というプログラムの1つとして実施された、「アジアにおける生命倫理の対話と普及」プロジェクト研究（平成13～15年度）の報告会が、2004年8月4及び10日、東京と京都で開催され、12月17日に報告書が公表された。この研究は、日本が率先して、①欧米の様式に拘束されずアジア各国の価値観や規範に沿った生命倫理を見出す事、②アジアで特有に見出される対応策の利点を国際社会に提示する事、③これによって、ユネスコ・国際倫理委員会などに於ける、「地域や文化を超えて適用可能な基調的生命倫理」の策定に貢献する事を目的としている。臓器移植、ヒトゲノム研究、ヒト胚性幹細胞研究、科学研究と医療への衡平なアクセス、インフォームド・

コンセント、一般社会の認識と意見調査、および患者の擁護と支援グループ、等に関連した様々な問題について、アジア各国の対処の仕方に関する現状調査、世界の他の地域（米・英・独・加・蘭・仏・豪）との比較、課題の検討が行なわれた。

先ず、アジアを便宜的に東南、東・中・西地域に区分し、地域ごとのシンポジウムやワークショップを通じて代表的な研究者や実務家間で情報交換や議論が行われた。2003年9月の京都における国際会議では、アジア18カ国（バングラデッシュ、ブータン、カンボジア、中国、インド、インドネシア、イラン、韓国、ラオス人民民主共和国、マレーシア、ネパール、パキスタン、フィリピン、シンガポール、スリランカ、タイ、ヴェトナム、日本）、他地域4カ国（加・蘭・仏・豪）から関係者が集い、関係者間及び日本の一般参加者との議論が行われた。これらの過程で、アジアの国々は多様な価値観や生命観を有する事が浮き彫りにされたが、同時に東アジアの家族・共同体の重視や、東南アジアでの多様民族の共生方法など、欧米とは異なった対応方法が示唆された。又、件のプロジェクトは、目標の一つとして国家生命倫理委員会の設立を挙げたが、アジア諸国間での議論の進展と同期して、各国内で国家生命倫理委員会の重要性に関する認識

に急速な発展が見られた。京都會議のステートメントでは、アジアでの生命倫理に関する日本のリーダーシップが高く評価され、アジアのネットワークを構築し、議論を続けて行くことの重要性が記された。

これまでアジア諸国全体を包括する国際機構は存在しなかった。「アジアにおける生命倫理の対話と普及」の調査研究や会議では、アジア各国の代表的研究者や関連省庁の実務担当責任者との継続的な議論を通じて、人的つながりが築かれている。このような人脈は、生命倫理に関する更に深遠な議論のみならず、生命科学や他の科学分野に関した協同推進の足がかりとなると期待される。京都會議のステートメントでは、アジアのネットワークを制度化し、維持し続けていく事を提言している。

参 考

- 1) 「アジアにおける生命倫理の対話と普及」プロジェクト研究チーム、報告書：
<http://dna2.mki.co.jp/hp-3/index.htm>
- 2) ユネスコ 'A Common Framework for the Ethics of the 21st Century'：
http://www.unesco.or.kr/kor/science_s/project/universal_ethics/asianvalues/yersu_kim.htm

情報通信分野

① 個人関連情報の分類に関する提案

本年4月から個人情報保護法の施行が予定されているが、個人情報やプライバシーに対する社会的認識もこれまでになく高まっている。たとえば以前ならほとんど問

題にならなかった、組織や団体等の名簿への個人情報記載について、最近では名簿発行側が大幅に自己規制したり、個人から記載停止を求めたりすることが増えている。このような状況を背景に、昨年11月下旬、日本学術会議 基盤情報通信研究連絡委員会等が主催して「学際的情報セキュリティ総合科学シ

ンポジウム」が開催された。シンポジウムでは、電子社会の安全確保には技術だけでなく、情報の管理や運営、法制度、倫理などの知見を結集した学際的総合科学が必要であるという認識のもと、暗号技術、著作権やプライバシー保護などの社会制度、電子政府やユビキタスネットワーク社会といった

適用面など、多角的な議論が行われた。その中の興味深い報告の1つに、情報セキュリティ大学院大学の板倉らによる個人関連情報の分類に関する提案がある。

個人に関連する情報にはプライバシー性が極めて高いものから、電話帳記載情報のように比較的低いもの、さらにはその個人が所属する集団が共通に持つ情報まで、多様なものがある。したがって公的機関や事業者のさまざまなサービスを受けるには、情報を必要性や重要性に応じて整理、分類し、過不足のない適正な提示が行われるようにしなければならない。さらにプライバシーの侵害等が発生した場合、侵害者への罰則を段階的に規定するための基準を用意する必要がある。

このような課題に対し、板倉らは分類の枠組みとして情報の内容

《個人関連情報の分類例》

内容 属性	所属集団共通域 (国家・民族など)	家族固有域	個人識別域	プライバシー域
身体的	公開ヒトゲノム DB	遺伝病	身長、体重、写真	指紋、網膜
社会的	政治体制	本籍	住所、氏名、年齢	宗教、思想
経済的	GDP	総資産	年金証書番号	口座暗証番号

参考²⁾を基に科学技術動向研究センターで作成

(情報自身)と、情報の属性(情報が置かれる環境)の2軸を提案している。内容軸はヒトゲノム情報の構成を参考に、国家・民族などの所属集団共通域、家族固有域、個人識別情報域、プライバシー域の4種にわけ、属性軸は大きく、身体的属性、社会的属性、経済的属性の3種に分類する。これにより個人情報、内容軸と属性軸を組合せた12に分類される。

実際の分類や各情報の保護レベルの設定には、専門家だけでなく市民を含めた多様な視点からの検

討が必要である。しかし分類枠組みの考え方自体は、個人情報やプライバシー保護に関する議論の進展に貢献するものと考えられる。

参 考

- 1) 辻井重男：「パラダイムを拡大する大学と情報セキュリティ総合科学」“計画行政”第27巻第3号
- 2) 板倉征男、田中裕：「プライバシー情報の階層化に関する一考察」学際的情報セキュリティ総合科学シンポジウム、2004. 11. 22

環境分野

窒素酸化物 (NOx) 低減技術の動向

① 新ディーゼル NOx 低減システム実用化に向けた尿素水溶液の規格化の動き

ディーゼルエンジンは、耐久性・経済性に優れることから、大型自動車を中心に広く利用されている。その一方で、ディーゼル排ガス中の窒素酸化物 (NOx)、粒子状物質 (PM) が関心を集めており、その低減技術の研究開発が積極的に展開されている。尿素水溶液を用いた選択還元触媒 (SCR: Selective Catalytic Reduction) システムも、そのような NOx 低減として、近年、ディーゼル車への適用の動きが活発になっている技術のひとつである。

尿素 SCR システムでは、車体内に設置したタンクから供給される尿素水溶液が、排気管に取り付けられた SCR 触媒の入口部分に噴射される。触媒内では、まず、高温の排ガスによる熱分解や加水分解を経て、尿素がアンモニアに変換される。排ガス中に含まれる NOx は、このアンモニアにより還元され、浄化される。このように、SCR システムの還元剤として働くアンモニアの生成は排ガスからの供給熱に依存するため、尿素を噴射するタイミングは排ガス温度を考慮して決めなくてはならない。また、過度に尿素を噴射すると、NOx と反応しなかったアンモニアが大気に放出される現象 (アンモニアスリップ) の原因となる。そのため、尿素噴射量をエンジンからの NOx 排出量に応じて変化させることも重要である。

このように、SCR システムを効果的に使用するためには、エンジンの運転状況・SCR 触媒の状況をフィードバックしながら、尿素噴射のタイミングや量を適切に制御することが必要となる。

また、SCR システムにおいては、使用される尿素水溶液の性状もまた、NOx 浄化性能およびシステムの動作に大きく影響する。尿素水溶液の濃度や組成が不適切であると、SCR 触媒が設計どおりの機能を発揮できないケースもでてくる。そのため、尿素 SCR システムの実用化と普及を考えた場合、尿素水溶液の性状に関する規格を制定することが不可欠である。

具体的な動きとして、欧州では、ドイツ自動車工業会 (VDA) が中心となり、SCR に用いる尿素水溶液のドイツ連邦規格 (DIN) をすでに制定している。DIN で

は、SCR システムを搭載した車両が寒冷地で使用される可能性も考慮し、凍結温度が最も低い(-11℃)濃度 32.5%の尿素水溶液を用いることを規定している。また、ISO としての尿素水溶液規格が、DIN をベースとしたドイツ提案をもとに検討されている。

日本においても、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) が実施した高効率クリーンエネルギー自動車の研究開発 (ACE プロジェクト) の一環として、2002 年度より尿素 SCR に関する研究が行われており、尿素インフラに関する検討のなかで尿素水溶液の国際基準調和の必要性が提言された。これを受け、2004 年 9 月 1 日、尿素 SCR システム作動に必要な尿素水溶液の性状に関する日本自動車規格 (JASO) 「ディーゼル機関—NOx 還元添加剤 AUS32 - 第 1 部: 性状 (JASO E502)」が発行された。現在、JASO から日本工業規格 (JIS) への移行が進められている。SCR システム実用化に向けては、これ以外に、尿素水溶液を補給するためのステーショ

ンを整備・充実させることも課題である。

② 廃熱発電を利用した排ガス浄化基礎技術の開発

今回、独立行政法人産業技術総合研究所 (産総研) が、高温排ガスの廃熱による熱電発電を利用した NOx 浄化基礎技術を開発した。

近年、自動車用エンジンは、化石エネルギー使用量低減、排出二酸化炭素削減を目指し、燃料の希薄燃焼技術による高燃費エンジンへの転換が進んできた。

産総研は、イオン伝導性セラミックスを用いた電気化学リアクター^①による NOx の電気化学的分解^②技術について研究を進め、酸素 3%以上の NOx 含有ガスを低電力で選択的に N₂ と O₂ に連続分解することに成功していたが、課題は電力の供給方法であった。今回、熱を電気に変換させるセラミックス材料 (熱電変換セラミックス^③) を利用することにより、排ガスとして排出される廃熱と外気

との温度差を利用して電力を発生させる基礎実験に成功した。

研究グループは、温度差をかけるとプラスの電位になる p 型材料とマイナスの電位になる n 型材料を対にして結合、接合部分を加熱、もう一方を空冷することにより生じる熱起電力を利用できるモジュール (2 × 2 × 20mm 角形材料を 37 対直列) を開発した。約 650℃ の温度差で、電圧 3.5V、300mW の電力が生成し、NOx 浄化電気化学リアクター電源としての利用可能性を検証した。

さらに、熱電変換による廃熱からの電力生成とそれを利用する電気化学リアクターの自立作動を検討した。上記熱電セラミックス発電素子を 18 対直列に接続したものと、5 cm 角の 8Y-ZrO₂ (8YSZ) セラミックス板に NOx 反応選択性の高い電極を形成した電気化学リアクターとを一体モジュール化した。600℃ に加熱した 400ppmNOx / 4% O₂ 混合ガスを流し、温度差を形成することにより、発電および電気化学リアクターでの NOx 分解を試みた。この結果、熱電セラミックス発電による電力 (約 1.5V/35mW) で、約 20% の NOx 分解が電気化学リアクターで連続的に行われた。これにより、外部からの電力なしに、熱電変換材料による電力を利用する電気化学リアクター自立作動を世界で初めて実証した。

廃熱を電力に変える熱電変換セラミックスが、排ガス浄化の電気化学リアクターなどデバイス電力源として利用できる可能性が検証された。今後、自動車への実用化展開やその他への適用、例えば、排ガス中酸素濃度センサーや温度センサーなどの自立電源への応用も期待できる。

用語説明

① 電気化学リアクター

イオン伝導性材料 (特に酸素イオン伝導性) 内部を酸素イオンが拡散して移動する性質を利用し、材料に電界をかけて、ガス中酸素分子のイオン化、伝導、排出を制御する反応器。固体電解質型燃料電池や酸素センサーなどで利用されるイットリアを固溶したジルコニアセラミックスが主に用いられ、エネルギー変換や物質の合成・分解反応を行う。

② 電気化学的分解

還元分解反応の一つで、電子の還元力で還元反応を行うこと。従来の触媒では、熱分解または還元剤による化学的な反応により還元を進める。

③ 熱電変換セラミックス

材料は温度差をかけると材料固有の熱起電力を持つ。熱電変換材料とは、電気伝導性を有し、かつ、熱起電力が大きな材料で、温度差を電気に変換するセラミックス材料を熱電変換セラミックスという。今回の実験では、温度差をかけるとプラスの電位になる p 型材料としてカルシウムコバルト酸化物セラミックスを、マイナスの電位になる n 型材料として Al 固溶酸化亜鉛セラミックスを用いた。それらを組み合わせて、必要な電力になるように集積したものが熱電セラミックス発電モジュール。

ナノテク・材料分野

①磁壁も質量を持つことを実験的に証明

磁性体や誘電体では、ひとつの単結晶の内部が幾つかの領域（ドメイン）に分かれており、外部からの磁場や電場によって、ドメインを仕切っている壁（ドメインウォール）を移動させることができる。ひとつのドメイン内では磁気や双極子モーメントの向きが揃っているが、隣のドメインとは向きが異なっている。

磁性体の場合はドメイン間の境界の部分の壁を磁壁と呼んでいる。磁壁は、磁気の向きの異なるドメインの境界であることから、磁気の向きが大きくねじれている部分である。ナノスケールでの磁壁の観察は、磁気力顕微鏡（MFM：走査型プローブ顕微鏡の一種）によって可能であるが、最近では、測定すること自体で磁壁が移動して

しまう問題をシステムの高感度化とプローブ（探針）の改良によって解消し、いっそう高感度・高分解能のMFM観察が可能になっている（例えば、エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社と秋田大学の共同研究成果（日本応用磁気学会誌、vol.27, No.4, p.429 (2003)）など）。

これまでの磁性体の使い方は、主に各ドメインをひとつの単位として利用するものであり、そこでは磁壁は面に過ぎないが、さらにナノレベルで見ると、この薄い壁自体もひとつの領域として見なすことができ、磁壁の挙動自体を利用することも考えられる。例えば、磁性体のナノワイヤーのような長尺の単結晶では、ワイヤーの途中に磁壁があると、その磁壁があたかもナノ粒子のようにワイヤー中を移動することになる。磁壁が質量をもったひとつの仮想的な粒子として振舞うことは、1948年にドイツのデーリング等によっ

て予想されていたが、粒子としてはあまりに小さいため、これまで定量的に計測されたことがなかった。慶應義塾大学、大阪大学、エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社の共同研究グループは、微細加工技術によって鉄ニッケル合金ナノワイヤーを作製し、そのナノワイヤーの中にたったひとつの磁壁が形成されていることを高分解能MFMで確認した。また、交流電流を用いた共鳴分光法で測定する方法を考案し、このひとつの磁壁の質量や摩擦係数などを測定する実験に成功した（Nature, vol.432, p.203 (2004)）。ひとつの磁壁の質量は 6.6×10^{-23} kgであり、これは水素原子の重さの10万倍程度に相当し、デーリングらの予想値に近い値であった。また、この実験によって解明された交流電流による磁壁駆動のメカニズムも新しい応用を拓くものと期待される。

製造技術分野

①期待される次世代ディスプレイ—FED

我が国の強い技術分野であるディスプレイの分野で、液晶ディスプレイ、PDP（プラズマディスプレイ）に続く究極の次世代ディスプレイとして現在注目されているのがFED（Field Emission Display）である。FEDはブラウン管（CRT）と同様な発光原理であるが、その仕組みを電子放出源と蛍光体の間が2mm以下という小さな間隔で実現するため、CRTのように電子ビーム偏向の必要がなく、薄型であり、画質、

省エネの面で優れている。昨年のCEATEC JAPAN 2004で、FEDの中の一方式であるSED（Surface-conduction Electron-emitter Display）が共同開発を行ったキャノンと東芝から初めて一般公開され、大きなインパクトがあった。公開された36インチパネルのデータは、消費電力、コントラスト、画質において他のフラットパネルを驚かすに十分な性能であり、実際の映像も良好であった。基本的な構造は7年前の論文発表時とほとんど変わっていないが、製造プロセス、製造条件の改良により、再現性の向上、輝度の均一性の向上、輝度の経時変化の軽減、電子放出率の

向上がなされたと同時に、製造工程数を少なくすることにより低コスト化を実現し、実用化の目処が立ったことがポイントとされる。今年8月には少量生産を開始する予定。

その他の方式のFEDも盛んに開発が行われている。電子放出源としてシリコンやモリブデンなどの円錐形マイクロチップを用いるタイプで、車載用や産業機器分野での小型ディスプレイの製品化が想定されるFED（双葉電子工業など）、そして現在日本、韓国、米国（独立法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「カーボンナノチューブFEDプロジェクト」）：

三菱電機他、サムソン電子、モトローラなど) で最も盛んに開発が行われている電子放出源としてカーボンナノチューブ (CNT) を用いる CNT 型などがある。CNT 型は、CNT の電気伝導度が高く、電子を取り出しやすいこと、且つ

機械的強度が高いことを利用したものである。このタイプでは、最大の課題である電子放出特性のバラツキを抑制し均質化を実現するための CNT の均質成膜技術、微細エミッタ作製技術、電子放出特性を得るための表面処理技術な

どの製造技術開発が中心課題である。

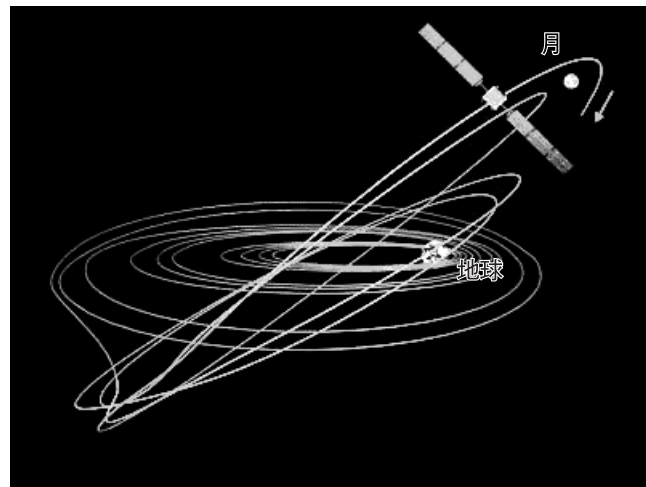
それぞれの方式で開発が加速され、ここ 1~2 年で製品化が相次ぐことが期待される。

フロンティア分野

① 欧州宇宙機関が電気推進で月探査機の軌道投入に成功

2003 年 9 月 27 日、欧州宇宙機関 (ESA) は、欧州初の月探査機「スマート 1 (SMART-1)」を打ち上げた。その後 13 ヶ月以上にわたって、スマート 1 はイオンエンジンの噴射により地球周回軌道の半径を徐々に大きくし、月を目指して遷移軌道を飛行し、月の重力も利用して、2004 年 11 月 15 日についに月周回軌道に投入された。この間に、イオンエンジンを 289 回にわたって延べ約 3,700 時間噴射し、地球を 332 周し、飛行距離は 8,400 万 km に達した。月への飛行経路の概要を図に示す。当初の計画では月周回軌道投入まで 15 ヶ月を要すると見込まれていたが、予想より大幅に短縮された。また推進剤のキセノン消費量も約 59kg と予定より少なくて済んだので、月での観測期間を延長できる見込みとなった。

《スマート 1 の飛行経路》



本体は 1 辺 1 m の立方体、太陽電池パネルは長さ 14 m、重量 370kg。衛星製造契約者はスウェーデン宇宙公社

(Photo by ESA)

スマート 1 の推進力として用いられたイオンエンジンとは、推進剤をプラズマ化し、グリッドに印可した電圧によってイオンを静電的に加速噴出して推力を得る方式の電気推進装置である。燃料消費量の効率性を示す比推力 (Isp) は化学エンジンに比べて 10 倍以上大きく、宇宙空間での軌道変換に用いる推進力として有効である

ことが実証された。

スマート 1 は、月周回軌道に投入された後、徐々に高度を下げ、1 月中旬頃には北極側の遠月点 (アポルン) 3,000km、南極側の近月点 (ペリルン) 300km の極軌道で科学観測を行う段階に入る予定である。主要な観測目標はサウスポール・エイトケン盆地という、南極と月の裏側の赤道付近を

用語説明

SMART : Small Missions for Advanced Research and Technology

AMIE : Asteroid-Moon Micro-Imager Experiment (Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique (CSEM)) スイス

D-CIXS : Demonstration of Compact Imaging X-ray Spectrometer (Rutherford Appleton Laboratory) イギリス

SIR : InfraRed Spectrometer (Oxford Instruments Analytical Oy) フィンランド

XSM : X-ray Solar Monitor (University of Helsinki Observatory) フィンランド

Isp : specific impulse

結ぶ直径約 2,500km、平均深さ約 10km のクレーターである。

科学観測に用いられるセンサには、小惑星 - 月マイクロイメージャ実験用カメラ (AMIE)、小型 X 線分光装置 (D-CIXS)、赤外線分光計 (SIR)、X 線太陽モニタ

(XSM) などがある。これらの機器はスイス、イギリス、フィンランドなど ESA 加盟国の研究機関や大学で開発された。

欧州に続いて、2006 年に我が国の月周回衛星「セレーネ (SELENE)」や中国の月探査機「嫦娥 (チャン

ウ)」の打上げが予定されており、さらにインドの月探査機「チャンドラヤーン」、米国の有人月探査再開、ロシアの無人月面基地建設などの月探査計画も発表されている。

