

先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 実施状況報告書(平成25年度)

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	太陽光水素製造を実現する革新的光触媒システムの開発
研究機関・ 部局・職名	国立大学法人京都大学・大学院工学研究科・教授
氏名	阿部 竜

1. 当該年度の研究目的

平成25年度は、これまでに実証した水素と酸素の分離生成技術をさらに発展させ、光触媒体のガラス基板への固定化や、これを組み込んだ反応セルの設計等を進め、水素と酸素を簡便かつ効率良く分離生成可能な、実用性の高い水分解系の実証に取り組む。また、各光触媒系における量子収率の向上については、これまでに検討を進めてきた表面修飾をさらに発展させるとともに、新規の半導体材料の開発と応用も併せて進め、太陽光に含まれる可視光の有効利用と、水素製造効率の向上を図る。

2. 研究の実施状況

光触媒体の固定化に関しては、各種の半導体ナノ粒子をソルボサーマル法や溶液法によって合成し、これらの水素生成用および酸素生成用光触媒粒子を、ガラス基板の裏表に塗布固定化することにより、片面からの光照射によって水素と酸素を別々に生成できる、新規光触媒体の開発に成功した。この際、1方の光透過性に優れた光触媒粒子がまず紫外光を含む短波長の光を吸収し、ここを未利用で透過した長波長の光が裏面の光触媒粒子に吸収されることにより、太陽光スペクトルの有効利用が可能となっている。

また、量子収率の向上を目的とした表面修飾に関しては、酸化コバルト系のナノ粒子とリンコバルト系ナノ粒子をそれぞれ適切な担持法を用いて、タンタル酸窒化物系電極の表面において複合化させることにより、バイアス印加下ではあるものの、可視光照射下における酸素生成の量子収率を80%程度まで向上させることに成功した。また、従来の酸化タングステン系光触媒においても、ソルボサーマル法を用いて特定の結晶面が露出した粒子を合成すると、酸素生成の量子収率が向上し、さらには競合して酸化されるレドックスの濃度が高い場合においても、その酸素生成効率がほとんど低下せず、水の酸化に対して特異的な反応選択性を有することを新たに見出した。また、酸化タングステンの有する特異な酸化特性を活かして、酸素と水の存在下においてベンゼンから直接フェノールを合成できる新規な反応系も実証している。

新規の水分解用半導体の開発においては、30年以上にわたって不安定と見なされてきた硫化カドミウムが、適切な表面修飾とレドックスとの組み合わせにより、可視光照射下において安定に水素を生成できることを初めて見出し、これを上記のタンタル酸窒化物系電極と組み合わせることにより、可視光照射下、外部からバイアスを一切印加することなく、水素と酸素が定常的に、かつ分離して生成することを実証した。また、バンドチューニングが容易なハロゲンを含む半導体においても、適切な表面修飾によって、安定な酸素生成系として機能することを初めて見出し、これを用いた水分解を実証した。

様式19 別紙1

3. 研究発表等

<p>雑誌論文 計5件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計4件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Masanobu Higashi, Kazunari Domen, Ryu Abe: "Fabrication of an Efficient BaTaO₂N Photoanode Harvesting a Wide Range of Visible Light for Water Splitting" <i>J. Am. Chem. Soc.</i> 2013, <i>135</i>, 10238-10241. 2. Ryu Abe, Kenichi Shinmei, Nagatoshi Koumura, Kohjiro Hara, Bunsho Ohtani: "Visible-Light-Induced Water Splitting Based on Two-step Photoexcitation between Dye-Sensitized Layered Niobate and Tungsten Oxide Photocatalysts in the Presence of Triiodide/Iodide Shuttle Redox Mediator" <i>J. Am. Chem. Soc.</i> 2013, <i>135</i>, 16872-16884. 3. Jun Hirayama, Ryu Abe, Yuichi Kamiya: "Combinational effect of Pt/SrTiO₃/Rh photocatalyst and SnPd/Al₂O₃ non-photocatalyst for photocatalytic reduction of nitrate to nitrogen in water under visible light irradiation" <i>Applied Catalysis B: Environ.</i> 2013, <i>144</i>, 721-729. 4. 阿部 竜、「人工光合成-半導体光触媒を用いた水の分解による水素製造」、<i>応用物理</i>、Vol. 83、No. 2、pp. 112-115 (2014). <p>(掲載済み一査読無し) 計1件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 阿部 竜、「太陽光水素製造のための高効率可視光応答型光触媒系の開発」、<i>月刊マテリアルステージ(技術情報協会)</i>、No. 8、pp. 16-19 (2013). <p>(未掲載) 計0件</p>
<p>会議発表 計55件</p>	<p>専門家向け 計50件 (国際会議招待講演)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ryu Abe: "Visible Light Responsive Photocatalysts for Solar Hydrogen Production", <i>The 2nd International Conference on Photocatalysis and Solar Energy Conversion: Development of Materials and Nanomaterials (PASEC-2)</i>, July 11, 2013 (Kyoto, Japan). 2. Ryu Abe: "Development of Visible-Light-Responsive Photocatalysis Systems toward Solar Hydrogen Production", <i>Intentional Conference on Bio/Mimetic Solar Energy Conversion</i>, November 23, 2013 (Osaka, Japan). 3. Ryu Abe: "Development of Visible-Light-Responsive Photocatalysts and Photoelectrodes toward Solar Hydrogen Production", <i>2014 International Conference on Hydrogen Production (ICH2P-2014)</i>, February 2, 2014 (Fukuoka, Japan). 4. Ryu Abe: "Visible-Light-Responsive Photocatalysts for Solar Hydrogen Production", <i>Solid State Chemistry Potpourri in Kyoto</i>, March 11, 2014 (Kyoto, Japan). <p>(国内招待依頼講演)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 阿部 竜、「光合成模倣型光触媒系および非酸化物系光電極による可視光水素製造」、<i>人工光合成型光触媒の開発と最新技術</i>、2013年5月16日(東京都目黒区)、光機能材料研究会 2. 阿部 竜、「人工光合成実現のための高効率可視光水分解光触媒系の開発」、<i>平成25年度触媒学会西日本支部触媒技術セミナー</i>、2013年6月7日(徳島県徳島市)、触媒学会(西日本支部) 3. 阿部 竜、「表面修飾による可視光水分解用オキシナイトライド系光電極の高性能化」、<i>第13回光触媒研究討論会</i>、2013年7月10日(東京都目黒区)、光機能材料研究会 4. 阿部 竜、「人工光合成実現のための高効率可視光応答型光触媒系の開発」、<i>錯体化学若手会夏の学校2013</i>、2013年8月(北海道札幌市)、錯体化学若手会 5. 阿部 竜、「太陽光水素製造を目指した可視光応答型光触媒水分解系の開発」、<i>ポリマーフロンティア21</i>、2013年9月6日(東京都目黒区)、高分子学会 6. 阿部 竜、「太陽光水素製造を目指した可視光応答型光触媒系の開発」、<i>2013年光化学討論会</i>、2013年9月13日(愛媛県松山市)、光化学協会 7. 阿部 竜、「太陽光水素製造のための新規可視光応答型光触媒系の開発」、<i>第112回触媒討論会</i>、2013年9月18日(秋田県秋田市)、触媒学会 8. 阿部 竜、「太陽光水素製造を目指した新規可視光応答型光触媒系の開発」、<i>第44回中部化学関係学協会支部連合秋季大会</i>、2013年11月2日(静岡県浜松市)、中部化学関係学協会支部連合協議会 9. 阿部 竜、「太陽光水素製造を目指した新規可視光応答型光触媒系の開発」、<i>日本太陽エネルギー学会関西支部2013年シンポジウム</i>、2013年11月13日(大阪府大阪市)、日本太陽エネルギー学会関西支部 10. 阿部 竜、「太陽光水素製造を目指した可視光応答型光触媒系の開発」、<i>R&D懇話会170回最前線の固体触媒開発動向</i>、2014年1月10日(東京都千代田区)、日本化学会

11. 阿部 竜、「太陽光水素製造を目指した可視光応答型光触媒系の開発」、先端化学・材料技術部会 高選択性反応分科会 講演会、2014年1月16日(東京都千代田区)、新化学技術推進協会
12. 阿部 竜、「太陽光水素製造を目指した高効率ナノ構造光触媒系の開発」、ナノ学会ナノ機能・応用部会 第1回研究会、2014年1月28日(京都府宇治市)、ナノ学会ナノ機能・応用部会
13. 阿部 竜、「太陽光水素製造を目指した可視光応答型光触媒系の開発」、「人工光合成の最前線」、2014年2月28日(大阪府池田市)、日本表面科学会

(国際会議一般研究発表)

1. Masanobu Higashi, Kazunari Domen, Ryu Abe: "Fabrication of efficient BaTaO₂N photoanode for water splitting under visible light", The Sixteenth International Symposium on Relations between Homogeneous and Heterogeneous Catalysis (ISHHC-16), August 6, 2013 (Sapporo Japan).
2. Osamu Tomita, Masanobu Higashi, Saburo Hosokawa, Kenji Wara, Bunsho Ohtani, Ryu Abe: "Direct Synthesis of Phenol from Benzene by Platinum-loaded Tungsten(VI) Oxide Photocatalysts with Water and Molecular Oxygen", The Sixteenth International Symposium on Relations between Homogeneous and Heterogeneous Catalysis (ISHHC-16), August 6, 2013 (Sapporo Japan).

(国内一般研究発表)

1. 法邑宏八, 東正信, 大谷文章, 阿部竜、「炭素繊維布を基材とする CuInS₂ 電極の調製とその光電気化学特性」、第112回触媒討論会、2013年9月18日-20日(秋田県秋田市)、触媒学会
2. 上野航輝, 東正信, 細川三郎, 和田健司, 阿部竜、「リン-コバルト系助触媒担持による可視光水分解用 TaON 光電極の高効率化」、第112回触媒討論会、2013年9月18日-20日(秋田県秋田市)、触媒学会
3. 亀井啓, 富田修, 東正信, 細川三郎, 和田健司, 阿部竜、「銅助触媒担持型酸化タングステ光触媒を用いたベンゼンからの直接フェノール合成」、第112回触媒討論会、2013年9月18日-20日(秋田県秋田市)、触媒学会
4. 鈴木肇, 東正信, 細川三郎, 和田健司, 阿部竜、「層状ニオブ酸を用いた二段階励起型水分解システムの開発」、第112回触媒討論会、2013年9月18日-20日(秋田県秋田市)、触媒学会
5. 中村彰利, 細川三郎, 東正信, 和田健司, 阿部竜、「ソルボサーマル法による Ca₂Nb₂O₇ の合成とその光触媒活性」、第112回触媒討論会、2013年9月18日-20日(秋田県秋田市)、触媒学会
6. 富田修, 和田健司, 細川三郎, 大谷文章, 阿部竜、「白金担持型酸化タングステン光触媒を用いたベンゼンからの直接フェノール合成」、第112回触媒討論会、2013年9月18日-20日(秋田県秋田市)、触媒学会
7. 上野航輝, 東正信, 細川三郎, 和田健司, 阿部竜、「リン-コバルト系助触媒担持による可視光水分解用 TaON 光電極の高効率化」、第2回キャタリストクラブ例会【第6回触媒表面化学会研究発表会】、2013年11月1日(大阪府吹田市)、近畿化学協会触媒・表面部会
8. 亀井啓, 富田修, 東正信, 細川三郎, 和田健司, 阿部竜、「銅助触媒担持型酸化タングステン光触媒を用いたベンゼンからの直接フェノール合成」、第2回キャタリストクラブ例会【第6回触媒表面化学会研究発表会】、2013年11月1日(大阪府吹田市)、近畿化学協会触媒・表面部会
9. 中村彰利, 細川三郎, 東正信, 和田健司, 阿部竜、「ソルボサーマル法による Ca₂Nb₂O₇ の合成とその光触媒活性」、第2回キャタリストクラブ例会【第6回触媒表面化学会研究発表会】、2013年11月1日(大阪府吹田市)、近畿化学協会触媒・表面部会
10. 東正信, 堂免一成, 阿部竜、「可視光水分解を目的とした高性能 BaTaO₂N 光アノードの開発」、第44回中部化学関係学協会支部連合秋季大会、2013年11月2日-3日(静岡県浜松市)、中部化学関係学協会支部連合協議会
11. 富田修, 和田健司, 細川三郎, 大谷文章, 阿部竜、「白金担持型酸化タングステン光触媒を用いたベンゼンからの直接フェノール合成」、第44回中部化学関係学協会支部連合秋季大会、2013年11月2日-3日(静岡県浜松市)、中部化学関係学協会支部連合協議会
12. 阿部 竜、「色素増感光触媒を水素生成系とする2段階可視光励起型水分解」、第25回日本MRS年次大会、2013年12月9日-11日(神奈川県横浜市)、日本MRS
13. 東正信, 堂免一成, 阿部竜、「可視光水分解を目的とした高性能 BaTaO₂N 光アノードの開発」、第23回日本MRS年次大会、2013年12月9日-11日(神奈川県横浜市)、日本MRS
14. 上野航輝, 東正信, 阿部竜、「リン-コバルト系助触媒担持による可視光水分解用 TaON 光電極の高効率化」、第23回日本MRS年次大会、2013年12月9日-11日(神奈川県横浜市)、日本MRS
15. 鈴木肇, 東正信, 阿部竜、「層状ニオブ酸 KCa₂Nb₃O₁₀ を用いた二段階励起型水分解システムの開発」、第23回日本MRS年次大会、2013年12月9日-11日(神奈川県横浜市)、日本MRS
16. 中村彰利, 細川三郎, 東正信, 阿部竜、「ソルボサーマル法による Ca₂Nb₂O₇ の合成とその光触媒活性」、第23回日本MRS年次大会、2013年12月9日-11日(神奈川県横浜市)、日本MRS

	<p>17. 奥中さゆり, 徳留弘優, 阿部竜、「新規ソフト化学プロセスによる可視光応答性 SrTiO₃ 系光触媒の開発」、第 23 回日本 MRS 年次大会、2013 年 12 月 9 日-11 日(神奈川県横浜市)、日本 MRS</p> <p>18. 阿部 竜、「有機色素増感光触媒を水素生成系とする 2 段階励起型可視光水分解」、第 32 回固体・表面光化学討論会、2013 年 12 月 11 日-12 日(東京都新宿区)、固体・表面光化学討論会</p> <p>19. 久井一駿, 細川三郎, 和田健司, 井上正志, 阿部竜、「グリコサーマル合成した Y-Ga 系複合酸化物の発光特性」、日本セラミックス協会年会、2014 年 3 月 26 日-27 日(神奈川県横浜市)、日本セラミックス協会</p> <p>20. 東田深志, 和田健司, 細川三郎, 阿部竜、「イリジウム触媒を用いたアルケンの選択的脱水素型シリル化反応における酸化物の添加効果」、第 113 回触媒討論会、2014 年 3 月 26 日-27 日(愛知県豊橋市)、触媒学会</p> <p>21. 法邑宏八, 東正信, 阿部竜、「炭素繊維布を基材とする CuInS₂ 電極の調製とその光電気化学特性」、第 113 回触媒討論会、2014 年 3 月 26 日-27 日(愛知県豊橋市)、触媒学会</p> <p>22. 上野航輝, 東正信, 阿部竜、「酸素生成助触媒担持による可視光水分解用 TaON 光電極の高効率化」、日本化学会第 94 春季年会、2014 年 3 月 27 日-30 日(愛知県名古屋市)、日本化学会</p> <p>23. 亀井啓, 富田修, 東正信, 細川三郎, 和田健司, 阿部竜、「銅助触媒担持型酸化タンゲステン光触媒を用いたベンゼンからの直接フェノール合成」、日本化学会第 94 春季年会、2014 年 3 月 27 日-30 日(愛知県名古屋市)、日本化学会</p> <p>24. 鈴木肇, 東正信, 阿部竜、「層状金属化合物を用いた二段階励起型水分解システムの開発」、日本化学会第 94 春季年会、2014 年 3 月 27 日-30 日(愛知県名古屋市)、日本化学会</p> <p>25. 中村彰利, 細川三郎, 東正信, 阿部竜、「ソルボサーマル法による高活性水分解用光触媒の開発」、日本化学会第 94 春季年会、2014 年 3 月 27 日-30 日(愛知県名古屋市)、日本化学会</p> <p>26. 伊勢野隼也, 富田修, 細川三郎, 東正信, 阿部竜、「ソルボサーマル法による SrTiO₃ 光触媒微粒子の合成と水分解への応用」、日本化学会第 94 春季年会、2014 年 3 月 27 日-30 日(愛知県名古屋市)、日本化学会</p> <p>27. 白川貴史, 東正信, 阿部竜、「硫化物系光触媒を用いた二段階可視光励起水分解システムの開発」、日本化学会第 94 春季年会、2014 年 3 月 27 日-30 日(愛知県名古屋市)、日本化学会</p> <p>28. 辻皓平, 富田修, 東正信, 阿部竜、「ヨウ素系および鉄系レドックスを用いた二段階励起型水分解系における各種助触媒の効果」、日本化学会第 94 春季年会、2014 年 3 月 27 日-30 日(愛知県名古屋市)、日本化学会</p> <p>29. 新田真之介, 富田修, 東正信, 阿部竜、「酸化チタンにより表面を被覆した酸化タンゲステン光触媒を用いた可視光酸素生成反応」、日本化学会第 94 春季年会、2014 年 3 月 27 日-30 日(愛知県名古屋市)、日本化学会</p> <p>30. 山中雄太, 東正信, 阿部竜、「金属イオンドーピングによる可視光水分解用 BaTaO₂N 光アノードの高効率化」、日本化学会第 94 春季年会、2014 年 3 月 27 日-30 日(愛知県名古屋市)、日本化学会</p> <p>31. 奥中さゆり, 徳留弘優, 阿部竜、「水溶性前駆体を用いた可視光応答性 Rh ドープ SrTiO₃ 微粒子の合成と光触媒特性」、日本化学会第 94 春季年会、2014 年 3 月 27 日-30 日(愛知県名古屋市)、日本化学会</p> <p>一般向け 計5件 (一般向け講演会等)</p> <p>1. 阿部 竜、「人工光合成でクリーンな水素エネルギー」(ポスター対話)、京都大学アカデミックデイ、2013 年 12 月 21 日(京都府京都市)、京都大学</p> <p>2. 阿部 竜、「人工光合成でクリーンなエネルギーを造る」、第 4 回フォーラム「人工光合成」、2014 年 3 月 26 日(愛知県名古屋市)、新学術領域研究</p> <p>(大学における特別講義等)</p> <p>1. 阿部 竜、「半導体光触媒で未来の水素エネルギー社会を創る」、平成 25 年度応用化学特別講義B、2013 年 6 月 26 日(東京都目黒区)、東京工業大学</p> <p>2. 阿部 竜、「太陽光水素製造および環境浄化のための新規可視光応答型光触媒系の開発」、理学部化学科化学特別講義、2013 年 9 月 28-29 日(愛媛県松山市)、愛媛大学</p> <p>3. 阿部 竜、「太陽光水素製造を目指した可視光応答型光触媒系の開発」、物質工学専攻応用化学コース応用化学特論 III、2014 年 1 月 21 日(福岡県北九州市)、九州工業大学</p>
<p>図書 計3件</p>	<p>1. Ryu Abe: “Z-Scheme Type Water Splitting into H₂ and O₂ Under Visible Light Through Two-Step Photoexcitation Between Two Different Photocatalysts”, <i>New and Future Developments in Catalysis ~ Solar Photocatalysis ~</i> (ELSEVIER), 341-370 (2013).</p> <p>2. 阿部 竜、「第1編:水素社会構築に向けた要素技術開発の動向、第1章:製造技術、第2節:光触媒」、<i>水素利用技術集成 ~高効率貯蔵・水素社会構築を目指して~</i> (エヌ・ティー・エス)、pp. 23-36</p>

様式19 別紙1

	<p>(2014)</p> <p>3. 阿部 竜、「第1章 抗菌・抗ウイルス効果を持つ材料設計と高機能化、第9節:白金担持型酸化タンゲステン光触媒」、<i>抗菌・抗ウイルス材料の開発・評価と化工技術(技術情報協会)</i>、pp. 44-50(2013)。</p>
<p>産業財産権 出願・取得状 況 計4件</p>	<p>(取得済み) 計3件</p> <p>1. 阿部 竜、鹿目直子、酒谷能彰、「光触媒体の製造方法」、特許第 5323582 号(国内)、2013 年 7 月 26 日</p> <p>2. 阿部 竜、定金正洋、酒谷能彰、「光触媒体の製造方法」、特許第 5295668 号(国内)、2013 年 6 月 21 日</p> <p>3. 阿部 竜、大谷文章、村田 誠、酒谷能彰、西峰宏亮、「酸化タンゲステン光触媒体」、特許第 5258917 号(国内)、2013 年 5 月 2 日</p> <p>(出願中) 計1件</p> <p>1. 阿部 竜、奥中さゆり、徳留弘優、「光触媒材の製造方法」特願 2013-131151(国内)、国立大学法人京都大学・TOTO 株式会社、2013 年 6 月 21 日</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>京都大学大学院工学研究科物質エネルギー化学専攻阿部研究室 http://www.ehcc.kyoto-u.ac.jp/eh41/home/abe/</p>
<p>国民との科 学・技術対話 の実施状況</p>	<p>「京都大学アカデミックデイ 2013 -京都大学の研究者とあなたで語り合う日-」、2013 年、京都大学百周年時計台記念館、広く一般国民を対象、参加者数:529名(1日の延べ来場者数)</p> <p>【趣旨】市民や研究者、文系、理系を問わず、誰もが学問の楽しさ・魅力に気付くことができる「対話」の場となることを目指している。国民と科学・技術に関わる本学の研究者が直接対話することで、本学の研究活動をわかりやすく説明するとともに、国民の声を本学における研究活動に反映させることを1つの目的としている。</p> <p>【実施内容】一般向けに、環境問題やエネルギー問題について分かり易く説明し、これらの解決に向けた研究の1つとして、当プログラムにおいて実施している「太陽光による水素製造」を簡単に説明するとともに、光触媒に光を当てて水素が発生する様子の実演等を行った。</p>
<p>新聞・一般雑 誌等掲載 計0件</p>	
<p>その他</p>	

4. その他特記事項

実施状況報告書(平成25年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されます

1. 助成金の受領状況(累計)

(単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	129,000,000	95,900,000	33,100,000	0	0
間接経費	38,700,000	28,770,000	9,930,000	0	0
合計	167,700,000	124,670,000	43,030,000	0	0

2. 当該年度の収支状況

(単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を除 く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	518,496	33,100,000	0	33,618,496	33,618,496	0	0
間接経費	7,768,899	9,930,000	0	17,698,899	17,698,899	0	0
合計	8,287,395	43,030,000	0	51,317,395	51,317,395	0	0

3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	14,515,535	卓上型制御盤、卓上マッフル炉、高精度精密膜流量計、半自動切替調整器、IR用ミラーモジュール、ガスクロマトグラフ、高輝度クセノンイルミネーターシステム、架台付真空脱気用硝子ライン、グリースレス切替バルブ、データアキュジョンユニット、リモートタイマー、冷却水循環装置、アルゴンガス等
旅費	1,516,100	研究成果発表・情報収集旅費(国内:北海道・松山市・秋田市・浜松市・大阪市・横浜市・東京都)等
謝金・人件費等	16,769,733	研究協力謝金、研究者・研究補助者等人件費
その他	817,128	分析請負、英文校正請負等
直接経費計	33,618,496	
間接経費計	17,698,899	
合計	51,317,395	

4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関 名
LED式スポットUV 照射装置	ウシオ電機機製 SPL-2114 365nm ×4ch型	1	756,000	756,000	2013/6/10	京都大学
卓上型X線回折装 置 MiniFlex II 用 アタッチメント	株式会社製 高速 一次元X線検出 器 D/teX Ultr a2-MF	1	2,940,000	2,940,000	2013/7/17	京都大学