助成番号　210164	５－２

研 究 成 果 報 告 書

研究テーマ（和文）	担体誘起異方性金ナノ粒子ホットスポットプラズモニック光触媒によるソーラー水素合成		
研究テーマ（英文）	Support-induced anisotropic gold nanoparticle-type hot-spot plasmonic photocatalyst for solar hydrogen generation		
研究期間	2021年 ～ 2022 年	研究機関名　近畿大学	
研究代表者	氏名	（漢字）	納谷　真一
		（カタカナ）	ナヤ　シンイチ
		（英文）	Shin-ichi Naya
	所属機関・職名		近畿大学　法人本部管理部安全管理課　技術課長補佐
共同研究者 ＊２名をこえる場合は、【別紙追加用紙】(P3)に３人目以降を追記してください。	氏名	（漢字）	多田　弘明
		（カタカナ）	タダ　ヒロアキ
		（英文）	Hiroaki Tada
	所属機関・職名		近畿大学　理工学部　応用化学科　教授
	氏名	（漢字）	
		（カタカナ）	
		（英文）	
	所属機関・職名		

概要 （600 字～800 字程度にまとめてください。）

再生可能エネルギーである太陽光を利用した水からの水素の製造技術（ソーラー水素合成）が強く求められており，その最重要課題が，ボトルネック反応である水の酸化による酸素発生を効率的に行う可視光光触媒の開発である．金ナノ粒子の局在表面プラズモン共鳴（LSPR）を利用するプラズモニック光触媒は，新たな水の酸化用光触媒として，国内外で活発に研究が進められている．高活性なプラズモニック光触媒達成のためには，スムーズな界面電子移動による効率的な電荷分離が必須となる．そこで本研究では，金ナノ粒子と担体の間の原子レベルでの接合状態とこれにより誘起される金ナノ粒子の異方性に着目して研究を推進した．

$SrTiO_3$ と Au の間の結晶格子が1：1で整合したヘテロエピタキシャル（HEPI）接合により，金ナノ粒子にファセットが形成され，角錐台状の異方性が誘起されることを明らかにした．これにより，水の酸化に対する活性が飛躍的に向上した．さらに，最も代表的なプラズモニック光触媒である金ナノ粒子担持酸化チタン（Au/TiO_2）において未解明であった TiO_2 結晶型効果の原因を検討した．担持された Au ナノ粒子の形状および TiO_2 との接合界面を詳細に解析した結果，Au(111)面の結晶格子 4 つ分とルチル型 TiO_2（110）面の結晶格子 3 つ分が，ドメインマッチング（DM）による HEPI 接合を形成することで，金ナノ粒子に異方性が誘起されることが明らかとなった。そして，これにより LSPR のホットスポットが形成されることで高い活性を発現したことが示された．この DM-HEPI 接合というコンセプトにより，材料選択の幅が飛躍的に増大するとともに，この LSPR のホットスポット効果は，多くのプラズモニック光触媒で共通である一連の物理プロセスに起因しているため，高活性なプラズモニック光触媒のための新たな設計指針を示すことが出来たと考える．

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）

雑誌	論文課題	Crystallographic interface control of the plasmonic photocatalyst consisting of gold nanoparticles and titanium(IV) oxide				
	著者名	S. Naya, A. Akita, Y. Morita, M. Fujishima, H. Tada	雑誌名	Chemical Science		
	ページ	12340 ～ 12347	発行年	2022	巻号	13
雑誌	論文課題	Three-Dimensional Plasmonic Photocatalyst Consisting of Faceted Gold Nanoparticles and Radial Titanium(IV) Oxide Heteromesocrystals.				
	著者名	R. Kojima, S. Naya, H. Tada	雑誌名	J. Phys. Chem. C		
	ページ	3478 ～ 3485	発行年	2023	巻号	127
雑誌	論文課題	A Biomimetic All-Inorganic Photocatalyst for the Artificial Photosynthesis of Hydrogen Peroxide.				
	著者名	M. Teranishi, S. Naya, Y. Yan, T. Soejima, H. Kobayashi, H. Tada	雑誌名	Catal. Sci. Technol.		
	ページ	6062 ～ 6068	発行年	2022	巻号	12
雑誌	論文課題	Hydrogen Peroxide Production by Inorganic Photocatalysts Consisting of Gold Nanoparticle and Metal Oxide toward Oxygen Cycle Chemistry				
	著者名	H. Tada, M. Teranishi, S. Naya	雑誌名	J. Phys. Chem. C		
	ページ	5199 ～ 5209	発行年	2023	巻号	127
図書	書名					
	著者名					
	出版社		発行年		総ﾍﾟｰｼﾞ	

英文抄録（100 語～200 語程度にまとめてください。）

Hydrogen production from water using sunlight is highly required, and the most important issue is the development of a visible light photocatalyst for oxidizing water. Plasmonic photocatalysts utilizing the localized surface plasmon resonance (LSPR) of gold nanoparticles, are studied as novel photocatalysts. Efficient charge separation by smooth interfacial electron transfer is essential to achieve highly active plasmonic photocatalysts. Thus, this study focused on the interface at the atomic level and on the anisotropy of the gold nanoparticles.

We found that a heteroepitaxial (HEPI) junction between $SrTiO_3$ and Au forms truncated pyramidal anisotropy with facets. As a result, the activity for the oxidation of water was dramatically enhanced. Further, the crystal form effect on the photocatalytic activity of Au/TiO_2 was investigated. The detailed analysis clarified that four unit cells of Au(111) planes and three unit cells of rutile-TiO_2(110) planes construct the HEPI junction. This domain matching HEPI junction induces the facets in the gold nanoparticles, and the formation of LSPR hot spots results in the expression of the high activity. The concept of the domain matching HEPI junction dramatically increases the range of material choices, and this effect is attributed to a series of physical processes common to many hot electron transfer-type plasmonic photocatalysts, resulting in highly active photocatalysts. We believe that this study would provide a new design principle for a highly activated plasmonic photocatalysts.