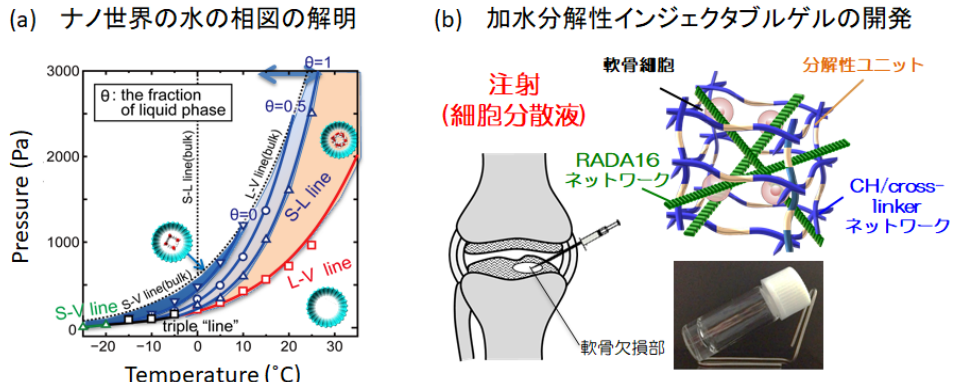
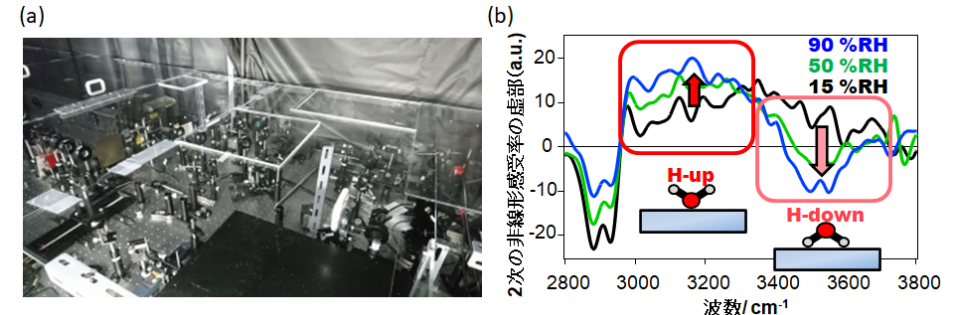


# 私立大学研究ブランディング事業 成果報告書

学校法人番号	131065	学校法人名	東京理科大学		
大学名	東京理科大学				
事業名	材料表面・界面における水の学際研究拠点の形成				
申請タイプ	タイプB	支援期間	5年	収容定員	14,300人
参画組織	理学部・工学部・理工学部・基礎工学部				
事業概要	<p>135年の歴史を持つ本学の叡智を結集し、医療・生命科学や環境・エネルギー分野で活用される材料について、その特性向上と機能発現の根底にある表面・界面における水の挙動を体系的に理解・制御し、産業界のニーズに応える世界初の学際研究拠点を形成する。研究成果は国内外の学術界や産業界に広く伝達し、材料表面・界面の水の研究と言えば東京理科大学と国際的にも認識される「世界の理科大」への発展を目指す。</p>				
事業目的	<p>&lt; 本学、外部環境、社会情勢等に係る現状と課題の分析 &gt;  135年の歴史を有する本学は、「理学の普及を以て国運発展の基礎とする」という建学の精神と「自然・人間・社会とこれらの調和的発展のための科学と技術の創造」という教育研究理念のもと、科学の発展への貢献と、産業界からのニーズに応えるべく、界面科学研究とそれに基づく材料・ものづくり技術の開発に全学を挙げて取り組んできた。さらに近年では、人口が集中する都市部にキャンパスを有する強みを生かし、近隣に多数存在する医科系大学や病院との緊密な共同研究体制を構築することで、医療分野で活用する材料開発や計測機器の開発にも積極的に取り組んでいる。</p> <p>現在、日本が抱える問題である超高齢化社会に対応した医療技術の実現、エネルギー低自給率の解決、地球温暖化の抑制は急務であり、安全・環境低負荷はもとより様々な医療・省エネルギー技術を支える材料の高機能化は、日本が世界を先導し、地球規模の問題を解決していくための必須の技術課題である。</p> <p>&lt; 分析内容に照らした研究テーマの設定 &gt;  我々の日常生活を支える人工関節等の医療材料や、産業活動を支える船舶や航空機といった輸送機材に使用される材料は、水が存在する大気中、水中、生体中などで機能し、これらの機能の発現には常に表面・界面の水が関与している。材料表面・界面に存在する水の吸着・濡れ・流れといった挙動は、材料表面の親水・撥水性や生体適合性等の諸機能の発現を決定付ける。本学の藤嶋学長が発見した酸化チタン表面における水の光分解現象(本多-藤嶋効果)を利用した光触媒機能や、光誘起超親水化現象を利用した環境浄化・機能素材への応用はその典型例と言える。</p> <p>一方で、材料の機能発現に深く影響する材料表面・界面における水の挙動は、材料表面の凹凸形状や化学組成等により複雑に変化するため、その予測・制御が難しく、体系立てて理解・制御する学理の構築そのものが立ち遅れている。そこで、本学の叡智を結集して「材料表面・界面における水の学際研究拠点」を世界に先駆けて形成し、材料表面・界面における水の挙動を体系立てて理解できる学理の創成を目指す。得られた科学的知見に基づき材料特性の飛躍的向上と新奇機能発現を先導し、医療や省エネルギー技術の革新をもたらすことを目標とする。</p> <p>&lt; 大学のブランドとして打ち出すテーマとしての妥当性 &gt;  本申請テーマの遂行に当たっては、物理・化学・材料科学・機械工学等の学問分野の垣根を超えた異分野融合を必要とする。昨今ではイノベーションを起こすためには異分野融合が重要であると政策的にも謳われているが、本学は従来から異分野融合を促進する仕組み(1981年総合研究所、2005年総合研究機構、2014年総合研究院設立)を導入し、文科省からの戦略的研究基盤形成支援事業等の補助を活用しつつ、学部・学科を横断した研究を組織的に推進するノウハウを醸成してきた。この中で、平成27年4月に本学の材料開発と水科学の叡智を結集させた材料表面の水を科学する「ウォーターフロンティアサイエンス研究部門」を総合研究院のもとに立ち上げ、現在、全学的な取組みに発展しつつある。</p> <p>水や材料表面の濡れや流れに関連する研究拠点としては、国内では安全・安心な水を提供できる革新的な造水・水循環システムの実用化に取り組む大学、水資源確保のための機能性浄化膜の開発に取り組む大学が存在する。また、国際的には、塗料などの複雑流体の濡れや流れを科学し、工学応用に役立てるドイツのダルムシュタット工科大学に置かれた拠点(CoWET)等が存在する。しかし、材料表面・界面における水を学際融合的に研究し、材料の機能発現との相関を系統立てて応用まで結び付ける研究拠点は日本はもとより世界にも類を見ず、本学独自の取組みとなる。以上の理由から、材料・ものづくり技術開発の伝統を有し、かつ、材料表面における水の科学に全学的な取組みを開始した本学にとって、本申請は、組織・内容ともにブランドとして打ち出すのに相応しいテーマである。</p>				

# 私立大学研究ブランディング事業 成果報告書

学校法人番号	131065	学校法人名	東京理科大学
大学名	東京理科大学		
事業名	材料表面・界面における水の学際研究拠点の形成		
事業成果	<p>「物質・材料表面における水の学術の深化と応用展開」を目指し、全学的な取り組みを行った。具体的には学部・学科横断型研究を推進する、本学に特徴的な組織である研究推進機構総合研究院にウォーターフロンティアサイエンス&amp;テクノロジー研究センターを設置し、材料創成・計測分析・理論シミュレーションの三位一体体制で本事業を推進した。</p> <p><b>【事業により得られた研究成果とその特色】</b></p> <p><b>材料創成:</b> 超潤滑や効率的な熱電変換等、省エネルギー社会への貢献が期待されるナノカーボン材料、とりわけカーボンナノチューブを1本1本配線し分析できる独自技術を開発し、ナノカーボンと水との関わりを理想的な条件で研究できる系を確立することで、バルクではみられない特徴的な水の相転移現象を見出した(図1(a))。本成果は、新しい統計・熱力学の学術の深化だけでなく、水蒸気の大気中で作動するナノカーボン材料の表面物性・機能を理解・制御する上での指針を与える。また注射で液体として患部に注入でき、患部で組織再生を促進、さらに自発的に加水分解することで炎症の発生を抑えることのできる膝関節軟骨再生用の足場高分子材料を開発した(図1(b))。本結果は国際論文誌の表紙を2度飾るなど、国際的にみても特色ある研究であり、今後の超高齢化社会におけるQOLを高めるための技術として期待される。</p> <p>(a) ナノ世界の水の相図の解明 (b) 加水分解性インジェクタブルゲルの開発</p>  <p>図1(a) 本学独自の技術により見出されたカーボンナノチューブ内部の水の新たな相図。ミクロな世界の熱力学の新しい学術を創出する。(b) 関節患部に液体として注射で注入し、軟骨細胞の再生の足場材料となったあと、自然に加水分解されて炎症を防ぐ再生医療用材料。超高齢化社会におけるQOL向上に役立つ再生医療用技術として注目される。</p> <p><b>計測分析:</b> 水蒸気圧などの環境制御チャンバーを備えた「ヘテロダイン検出和周波発生振動分光装置」を開発・設置した。当該装置は真空環境を要求せず、水蒸気の大気中で表面・界面数分子層レベルの水分子の配向や水素結合構造といった物理・化学状態に迫ることができる。表面・界面選択的分光装置の中では世界的にみても最も表面・界面選択性が高い装置であり、本学の共有施設として新しい学術探求ならびに産学連携・共同研究を促進するための本学を特色づける設備となった(図2)。</p> <p>(a) (b)</p>  <p>図2 (a) 湿度などの環境を制御したもとの、物質・材料表面の1分子層に迫ることのできるヘテロダイン検出和周波発生分光法の開発と設置。(b) 相対湿度を変えた場合の、シリカ表面の吸着水層の分光スペクトル。水分子の配向情報まで抽出できる。</p>		

理論シミュレーション:物質・材料表面におけるナノスケル的な水の吸着・水和構造、水の集団的な濡れ、そして流れ、といったミクロな表面構造とマクロな動態のマルチスケルなつながりを、ひとつのGUIから操作・解析できる独自のシミュレーションツール「統合シミュレーター」を開発してきた。さらにシミュレーター内部に、データサイエンス的なアプローチを可能にするパーシステントホモロジー解析機能を搭載することで特色を出し、これまでグラフェン表面の水において、特徴的な界面層の水構造を発見・抽出することに成功した(図3)。当該研究成果は、応用物理学会が主体となって刊行する国際誌Jpn. J. Appl. Phys.誌に掲載され、公開2か月でアクセス数が約3,000に達しNo.1 Most Read Paperとなった。

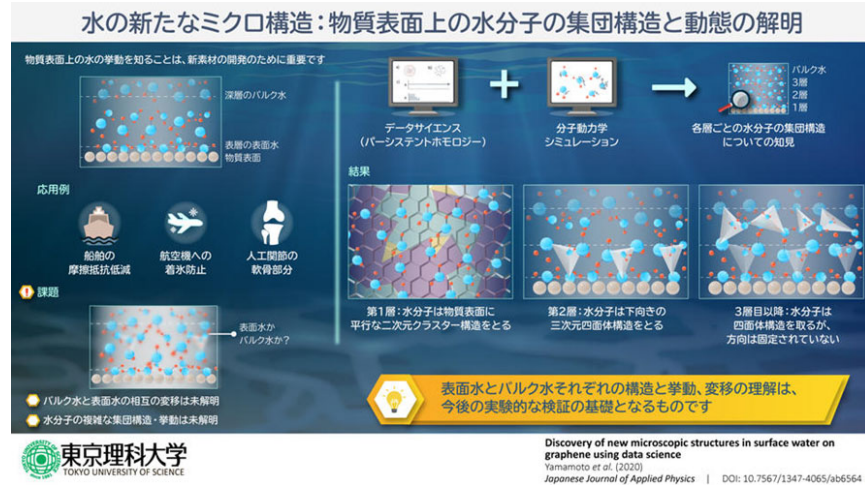


図3 分子動力学シミュレーションとパーシステントホモロジーによるデータサイエンス的手法の応用により、グラフェン表面上の水分子の集団構造と動態を解明、どこまでが界面でどこからかを分子層レベルで明らかにした。

以上、材料表面・界面における水の挙動を体系立てて理解できる学理の創成という大目的のもと、物質・材料表面における、数分子層分の「水」の構造と動態を明るみにしてきた。また成果を、再生医療やトライボロジーなど、実用的な面での特色的な応用研究に展開してきた。

【社会全般に対する情報発信】

2018年7月25日～27日の3日間の日程で本学葛飾キャンパスにて、学术界・産業界向けに、国際シンポジウム「Water on Materials Surface 2018 (WMS2018)」を主催した。大会参加人数は341名を数え、大盛況の中、当該研究における本学のプレゼンスを発信した。特筆すべき点として産業界参加者が126名、協賛・協力企業が14社を数え、本事業が、学术界だけでなく産業界に対しても大変インパクトあるものであることが示された(図4)。

また以下の学会・シンポジウム等で本事業のセッションを立ち上げることで、本学に物質・材料表面における水の学術拠点が形成されたことを広く情報発信するとともに、学外の研究者との新たなつながりを構築、共同研究・産学連携などを行う下地とした。

- 2017冬(国際) Atomic Level Characterization (ALC17)(米国・ハワイ)
- 2018春(国内) 日本セラミックス協会(仙台・サテライトプログラム)
- 2018秋(国内) 日本分析化学会(仙台・特別シンポジウム主催)
- 2019春(国内) 日本表面真空学会関東支部 基調講演(本学葛飾キャンパス)
- 2019秋(国際) Atomic Level Characterization (ALC19)(京都)
- 2020夏(国内) 日本学術振興会「水の先進理工学」第183委員会研究会、予定
- 2020冬(国際) Materials Research Meeting (MRM2020)(横浜)、予定
- 2020冬(国際) Pacificchem2020(米国・ハワイ、環太平洋国際化学会議)、予定

さらに2019年12月3日～4日の2日間の日程で、本学神楽坂キャンパスにて、産業界、とりわけ企業の若手研究者向けの「技術セミナー」を開催した。当該セミナーでは、物質・材料表面における水の構造や動態の計測・解析の基礎のセミナーに加え、毎夕技術相談会の時間を設けることで、産業界とのつながりを促進する機会を構築・促進した。

また、本学大学院生向けに「ウォーターサイエンス特論」を開講し、本事業の教育活動を展開した。毎年数百名の受講者があり、今後社会の様々な分野で活躍する本学大学院生に、本事業の取り組みを周知した。さらに東京理科大学オープンカレッジを事務局として、毎年秋に本事業の取り組みを分かりやすく紹介する「そこが知りたい!身の回りの水と最先端の科学」を開講し、社会人向けの啓発活動も積極的に展開した。

事業成果



図4 本学葛飾キャンパスにて開催した国際シンポジウム「Water on Materials Surface 2018」での集合写真。

**【異分野融合による特色的な学術活動の展開】**

本事業にて学部・学科の垣根を超えた全学的な取り組みを行ったことで、物理・化学・材料・機械工学、多くの研究者間に、新たな繋がりが生まれた。この繋がりをもとに、物質・材料表面の水が関わる学術・応用研究を進めるべく、分野横断的な新しい研究テーマを提案、競争的外部資金の獲得につなげていく(図5)。

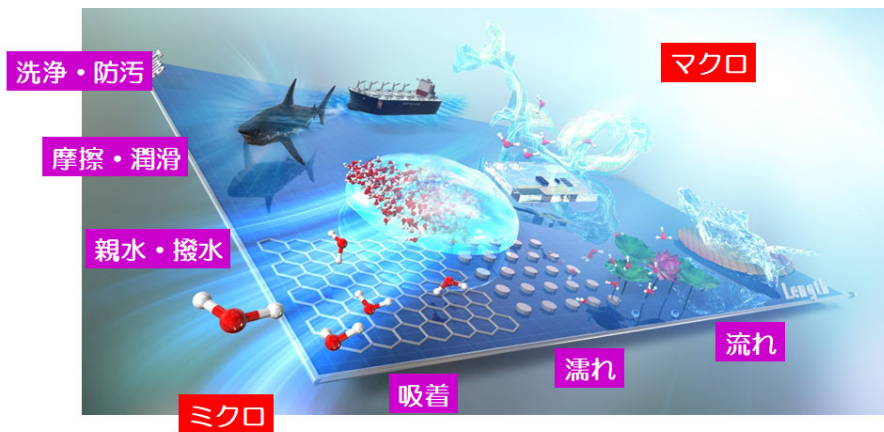


図5 産学連携を含む学内外の積極的な共同研究のもと、物質・材料表面における水の分子レベルの吸着・水和構造から、材料の機能に関わる濡れ・流れといった水の動態をつなぐ機序・学理を解明し、防汚材料・低摩擦材料・再生医療用材料といった未来の省エネ・長寿社会に寄与する材料と水の科学と技術を引き続き創出していく。

**【本事業で設置した設備・機器の活用】**

本事業で開発・設置した「ヘテロダイン検出和周波発生振動分光装置」は、市販されていない大学ならではの装置であり、本装置をひとつのツールとして、学術研究はもちろんのこと、産学連携・共同研究にも活用していく。また本事業で開発している「統合シミュレーター」についても、企業等のニーズヒアリングを行い、順次解析モジュールを立ち上げ、理論・シミュレーション分野の研究者と、材料創成分野・計測分析分野の研究者をつなぎ、効率的な研究開発・共同研究を促進するツールとして活用していく。

**【特色的な産学連携を継続・促進】**

本学URAセンターと協働し、産学連携・共同研究を促進した。このとき一般的な教員1名と企業との共同研究ではなく、本事業により結集した本学ウォーターフロンティアサイエンス&テクノロジー研究センターに所属する、専門を異にする複数名の研究者と企業研究者が複数名ずつの、いわゆる「面と面」で実施する産学連携案件が複数立ち上がった。これは、学部・学科の垣根をまたぐ全学的な事業であったからこそ実現した産学連携であり、今後も、このような「面と面」タイプの産学連携研究の促進にも力を入れていく(図6)。また、このような産学連携案件を継続的に生み出していくため、上述した「技術フォーラム」を定期的開催することで、地道に、物質・材料表面における水研究における本学の特色を打ち出していく。

今後の事業成果の活用・展開

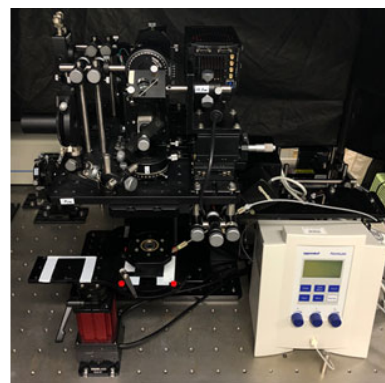


図6 広がる「面と面」との産学連携研究の例。写真(左)は花王株式会社様との研究成果を2019年11月に国際シンポジウムOkinawa Colloids 2019で6件の発表を行い、好評を博した。写真(右)は本連携研究のために、本学で独自に設計・開発したレーザースペックル計測装置。基板上的塗布膜の動態を状態分析できる。本学研究戦略・産学連携センターによる円滑な運営のもと、博士号取得に取り組む若手企業研究者の育成や、企業研究者と本学学生・研究者との人材交流も、引き続き積極的に促進していく。