

ナノテクノロジー総合シンポジウムの20年 (JAPAN NANO 2003-2022)



1. はじめに

ナノテクノロジー総合シンポジウムは、2003年2月の第1回以来、20回目となる本年2022年1月28日をもって終了することとなる。これまで、大学、企業、公的研究機関等から毎年1日平均500名以上の参加者を得て、ナノテクノロジーに関わる最先端の研究や国内外の政策動向の紹介、分野をまたいだ研究者間の交流の場を提供し、将来の研究開発方向を見据えたナノテクノロジー振興に貢献してきた。

本稿では、このシンポジウムの20年間の軌跡について概観する。

ナノテクノロジー総合シンポジウムは、文部科学省事業のナノテクノロジー総合支援プロジェクト（2002年～2006年度）、ナノテクノロジー・ネットワークプロジェクト（2007年～2011年度）、およびナノテクノロジープラットフォームプロジェクト（2012年～2021年度）のもとに企画・運営されてきた。

ナノテクノロジーは、100ナノメートル以下のサイズのレベルで分子、原子を操作して新たな機能を創出する技術で、電子、バイオ、医療、材料など様々な科学技術、産業分野におけるイノベーションを拓く基盤技術と考え

られている。特に2000年以降世界各国でその重要性が認識され、研究開発が加速されてきた。

2003年の第1回の文部科学省ナノテクノロジー総合シンポジウム（以下ナノテク総合シンポ）から、その後の総合シンポジウムの年次変遷を図1にまとめた。この図では、総合シンポジウム開催主要テーマに影響を及ぼした国内外の主な科学技術政策動向についても記載した。

2001年に第2期科学技術基本計画（2001年～2005年）が策定され、「ナノテクノロジー・材料技術」が新領域を開拓する21世紀初頭の優先研究開発4課題の一つとして取り上げられた。ナノテクノロジーは、情報通信、環境、エネルギー、ライフサイエンスなどの個々の分野を横断する基盤的技術であり、文部科学省は、ナノテクノロジーの重要性に鑑み、2002年にナノテクノロジー総合支援プロジェクト（2002年～2006年度）を立ち上げた。このプロジェクトでは、ナノテクノロジー研究開発に必要で、かつ個別の研究機関や研究開発プロジェクトでは整備の難しい大型・特殊な施設・設備とその利用に関する高度な技術を活用できる環境を整えるとともに設備共用による効率的なナノテクノロジー研究推進を目指した。同時に、ナノテクノロジーに関する最新の研究開発情報の交流の場を提供して、分野間の融合促進を図った。ナノテクノロジー総合支援プロジェクトが開始されたころは、

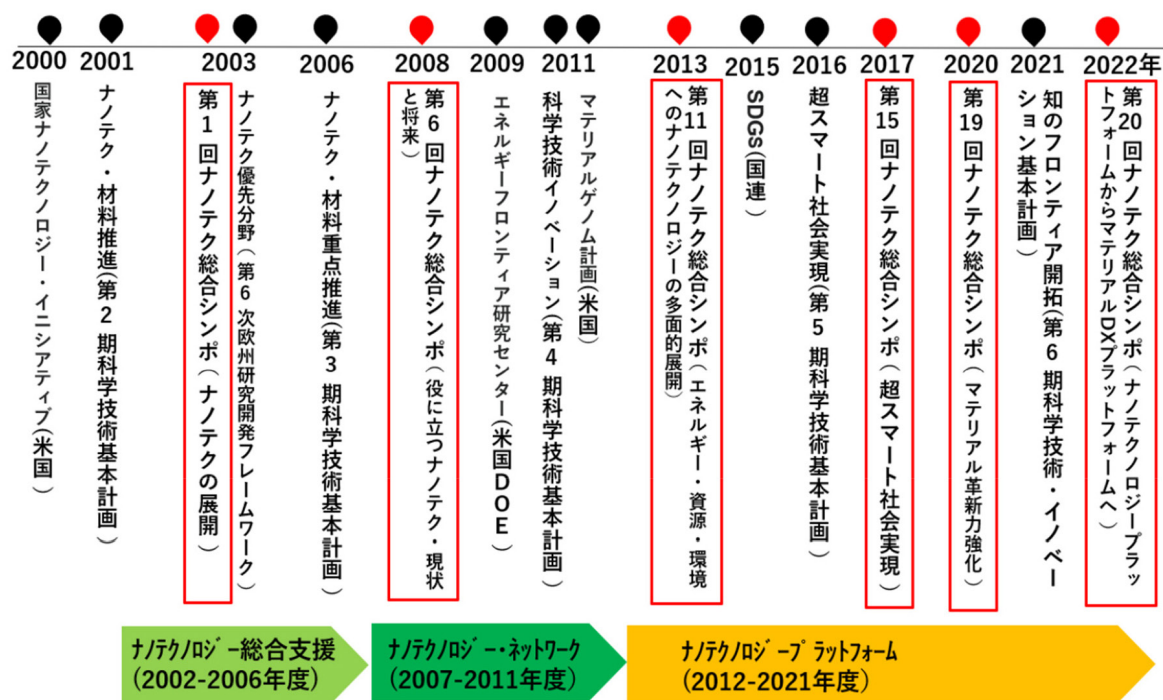


図1 ナノテクノロジー総合シンポジウム開催趣旨の変遷とそれを取りまく科学技術政策

海外でも、2000年に米国政府が国家ナノテクノロジー・イニシアティブを打ち上げ、欧州においても2003年からの第6次欧州研究開発フレームワークにおいて、ナノテクノロジーが優先課題と位置付けられるなど、世界規模でのナノテクノロジー研究開発の重点化が始まった時期である。



2. 第1回～第5回ナノテクノロジー総合シンポジウム

第1回から第5回のナノテク総合シンポは、上述のようにナノテクノロジー総合支援プロジェクトのもとに実

施された。この5年間のナノテク総合シンポは、主に日本のナノテクノロジー研究開発の現状並びに将来に向けた方向を全体として把握できるようにすることと、各研究分野の研究者間の情報交流を通じた分野融合を念頭に、ナノテクノロジーに関連した主要な研究機関及び企業からの委員で構成されたシンポジウム組織委員会にて企画された。第1回から第5回までの開催主テーマ、基調及び特別講演、講演セッション名を表1に示す。

第1回ナノテクノロジー総合シンポジウムは2003年2月3日（月）～4日（火）、東京・有明のファッションタウンにおいて開催された。なお、国際的な展開を見据えてJAPAN NANO 2003の英文名も併記された。

我が国のナノテクノロジー研究開発は、大学、独立行

表1 第1回～第5回ナノテクノロジー総合シンポジウム開催概要

	開催日/場所/ 参加者数	主要テーマ	基調/特別講演者	セッション	講演者数	
					国内	海外
第1回ナノテクノロジー総合シンポジウム JAPAN NANO2003	2003年2月3日（月）～4日（火） 東京ファッションタウン 1066名	革新的技術基盤及び分野融合を牽引するナノテク	江崎玲於奈（芝浦工大学長） 白川英樹（総合科学技術会議）	ナノバイオ、ナノITデバイス、ポスター発表、ナノ計測・ハンドリング、ナノ材料、ナノIT基盤	20	-
第2回ナノテクノロジー総合シンポジウム JAPAN NANO2004	2004年3月15日（月）～17日（水） 東京ビッグサイト 1223名	新領域創出キーテクとしてのナノテク	野依良治（理研理事長） 飯島澄男（名城大、NEC、産総研）	ナノバイオ、ナノITデバイス、ナノ基盤・計測、ナノ材料、ナノIT基盤、公募セッション、ナノ技術分野別バーチャルラボ	17	-
第3回ナノテクノロジー総合シンポジウム JAPAN NANO2005	2005年2月21日（月）～22日（火） 東京ビッグサイト 869名	技術革新を促進するナノテク、国際的な産学官連携	Heinrich Rohrer（IBM、スイス） 新海征治（九大）	ナノバイオ、各省プロジェクトポスター、若手研究者ポスター、ナノ物理、ナノ材料、ナノITデバイス	6	7
第4回ナノテクノロジー総合シンポジウム JAPAN NANO2006	2006年2月20日（月）～21日（火） 東京ビッグサイト 962名	分野領域の技術革新を促進するナノテク、国際的な産学官連携	有馬朗人（日本科学技術振興財団会長） 榊裕之（東大） 西義雄（スタンフォード大、米国）	各省プロジェクトポスター、若手研究者ポスター、バイオとナノテクの融合、ナノ材料の新展開、最先端ITデバイスとその物理	7	5
第5回ナノテクノロジー総合シンポジウム JAPAN NANO2007	2007年2月20日（火）～21日（水） 東京ビッグサイト 1036名	広範囲なキーテクノロジー分野へ波及するナノテク	藤嶋昭（神奈川科学技術アカデミー） 田中一宣（科学技術振興機構/産総研） 中西準子（産総研）	各省プロジェクトポスター、若手研究者ポスター、ナノバイオとその医療応用、ナノ材料からナノデバイスへの革新、ナノデバイスが拓く新しい情報通信技術	12	3

政法人，特殊法人，財団，民間企業研究組織など様々な機関において行われている．このため様々な機関の中長期的な研究開発を一堂に集めて紹介することにより，日本のナノテクノロジー研究開発の現状並びに将来に向けた方向を全体として把握できるよう企画された．

基調講演では，江崎 玲於奈氏から，ナノテクノロジーのバイオニアとなった超格子の研究とその展開について（写真1），白川 英樹氏からは我が国のナノテクノロジー政策の講演がなされた．さらに伊賀 健一氏，北澤 宏一氏及び西田 享平氏より国の各種研究推進事業の取り組みについての紹介がなされた．ナノテクノロジーに関わる各研究分野として，ナノバイオ，ナノIT デバイス，ナノ計測・ハンドリング，ナノ材料，ナノIT 基盤の6分野を設定し，それぞれの先端研究者からの講演がなされた．その後の5年間のシンポジウムはほぼ同様なセッション構成をとっている．講演者は，それぞれ「ナノバイオ」では，国武 豊喜氏（ナノマテリアルの分子組織設計～自己組織化とナノコピー），北森 武彦氏（マイクロチップ分析・生産・バイオシステム）及び片岡 一則氏（高分子ナノミセルによる薬物・遺伝子のピンポイントデリバリー～ナノテクノロジーが拓くフロンティアメディシン），「ナノIT デバイス」では，廣瀬 全孝氏（シリコンナノデバイス～ブレークスルーへの挑戦），野田 進氏（新しい光ナノ構造「フォトリソグラフィ」）及び伊藤 公平氏（ナノテクノロジーにもとづく量子コンピュータ開発），「ナノ計測・ハンドリング」では，外村 彰氏（1 MVホログラフィー電子顕微鏡で見る高温超伝導体中の磁束量子），吉田 賢右氏（地上最小のバイオ分子モーターの機構）及び青野 正和氏（走査プローブ法の新展開とナノテクノロジー），「ナノ材料」では，新原 皓一氏（多機能調和型セラミックス系ナノコンポジットの開発と産業応用），鯉沼 秀臣氏（ナノ機能材料・素子開発を加速するコンビナトリアルテクノロジー）及び井上 明久氏（金属過冷却液体の安定化現象を利用した高機能ナノ金属材料の開発），「ナノIT 基盤」では，川合 知二氏（DNAをベースとした分子エレクトロニクス研究の現状と展望）及び十倉 好紀氏（強相関スピントロニクスに向けて）であった．

また，口頭発表に加えてポスター講演も開催され，様々なナノテクノロジー研究分野の最先端の研究が紹介された．2日間で計1,066名の参加が得られ，企業からの参加者は5割を超えた．

第2回のナノテクノロジー総合シンポジウムは，2004年3月15日（月）- 17日（水）の3日間，東京ビッグサイトにおいて開催された．第1回に続いて，ナノテクノロジーに関わる各分野を代表する研究者による講演がなされた．基調講演では，野依 良治氏による“科学者と日本社会”，特別講演としてカーボンナノチューブの発見者の飯島 澄男氏による“ナノカーボン材料の科学と応用”，セッション講演では，城戸 淳二氏（超高効率積層型有機EL素子），高橋 康夫氏（単電子デバイスの現状と今

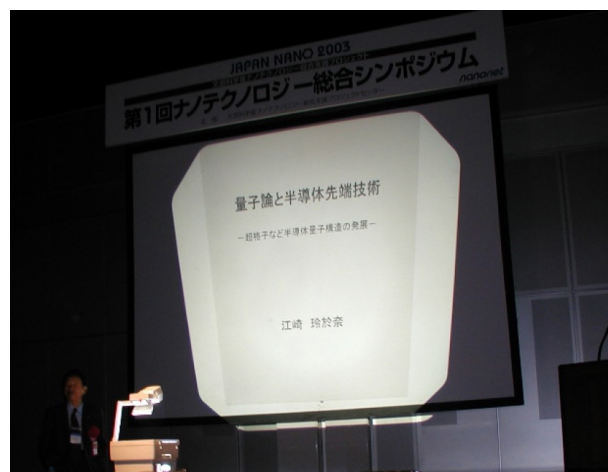


写真1 第1回ナノテクノロジー総合シンポジウムで基調講演する江崎 玲於奈氏

後の応用），中村 和夫氏（量子力学の原理による情報処理通信技術の革新へ向けて），藤吉 好則氏（独自に開発した極低温電子顕微鏡を用いた膜蛋白質の構造解析），柳田 敏雄氏（1分子ナノバイオサイエンス），大津 元一氏（ナノフォトニクス：ナノ寸法の光加工と光デバイス，システムへの展開），平尾 一之氏（ナノガラスのフォトニクス材料・デバイスへの応用），細野 秀雄氏（built-in ナノ構造を利用した透明酸化物の機能開拓），藤嶋 昭氏（光触媒とナノテクノロジー），藤田 博之氏（ナノとマクロをつなぐMEMS技術），塚田 捷氏（ナノ構造の理論），大野 英男氏（スピントロニクススピンが拓く新しいエレクトロニクス）の講演があった．さらに，若手研究者によるナノ基盤・計測，IT デバイス分野，ナノ材料・プロセス技術，ナノバイオ分野の講演，JST との連携企画のナノテクノロジー分野別バーチャルラボの取り組みの紹介などがあった．3日間の参加者は1,223名であった．

第3回のナノテクノロジー総合シンポジウムは，2005年2月21日（月）- 22日（火），第2回と同じ東京ビッグサイトで開催された．第3回より，世界規模の国際ナノテクノロジー総合展・技術会議と連携し，日本のナノテクノロジーを国際的にPRするナノテク週間（ナノウィーク）のイベントとして同週に開催される事になった．以後20回まで，東京ビッグサイトでシンポジウムが開かれている．さらに，国際的なシンポジウムとして日英同時通訳つきとなった．基調講演では，ナノテクノロジーの象徴的な技術である操作型トンネル顕微鏡を開発したHeinrich Rohrer氏による“The Magic and the Power of Small（スモールマジックとパワー）”，新海 征治氏による“知性をもつ分子システムの創製”，セッション講演として，Andrzej Joachimiak氏（Structural Genomics: Toward Complete Structure and Function of the Proteome（タンパク機構の網羅的解明をめざす構造ゲノム科学）），Wolfgang Baumeister氏（Mapping Molecular Landscapes inside Cells（細胞内における生体超分子の局在地図をつくる）），馬場 喜信氏（ナノバ

イオテクノロジー：ゲノミクス・プロテオミクス・テラード医療への展開), Lars Samuelson 氏 (Growth and Physics of Semiconductor Nano-Wires and Dots (半導体ナノワイヤおよびドットの形成と物性)), 安藤 恒也氏 (カーボンナノチューブの物理), David Awschalom 氏 (Spintronics: Semiconductor, Molecules, and Quantum Information Processing (スピントロニクス:半導体, 分子, そして電子情報処理)), Stephen Freiman 氏 (Mechanical Properties at the Nanoscale (ナノスケールでの力学)), 藤田 誠氏 (配位結合を活用した自己組織化分子システム), Stuart S P Parkin 氏 (Novel Magnetic Memories Using Spintronic Materials and Devices (スピントロニクス材料とデバイスを用いた新規な磁気メモリ)), Alfred Forchel 氏 (Recent Advances on light Matter Interaction Effects in Semiconductor Quantum Dot Lasers (量子ドットレーザにおける光物質相互作用効果の最近の展開)), 高柳 英明氏 (量子コンピューティング技術の展開), 平本 俊郎氏 (シリコンナノエレクトロニクスの展望)があった。また, 若手研究者によるポスター発表がなされた。2 日間の参加者数は 869 名であった。

第 4 回ナノテクノロジー総合シンポジウムは 2006 年 2 月 20 日 (月) ~ 21 日 (火) に開催された。基調講演には, 有馬 朗人氏による“基礎科学は新しい技術の母である”, 榊 裕之氏の“超格子から量子ドットまで~半導体ナノ構造のエレクトロニクスにおける役割とその将来”, および西 義雄氏の“Industry-Academia Collaboration for Nanotechnology Research (ナノテクノロジー発展のために産学官連携はどうあるべきか)”, セッション講演として, 嶋本 伸雄氏 (ナノバイオマシンと人口マシンの隠された違い), 伊藤 耕三氏 (ナノの滑車を用いた新しい生体高分子材料), Christoph Gerber 氏 (New Frontier in Bio Analysis and Diagnostics Based on Nanomechanics (ナノメカニクスを基盤とする新しい生体機能解析および診断技術の最前線)), 坂東 義雄氏 (新ナノチューブ創製とナノ温度計の発見), William L. Johnson 氏 (Nanomechanics of Amorphous and Nano-Crystalline Metals – A Cooperative Shear Model (アモルファス・ナノ結晶金属のナノメカニクスー共同剪断モデル)), 染谷 隆夫氏 (薄くて曲がるエレクトロニクスと有機半導体), 山本 喜久氏 (最先端デバイスとその物理), 赤崎 勇氏/天野 浩氏 (ナノナイトライド構造の作製とデバイス応用), Lothar Risch 氏 (Nano-size Si-CMOS and the Future Prospects (ナノスケールのシリコン CMOS とその将来展望)) といずれも最前線の研究紹介がなされた。さらに若手研究者による最新成果のポスターセッションが設けられた。2 日間の参加者数は 962 名だった。

第 5 回ナノテクノロジー総合シンポジウムは, 2007 年 2 月 20 日 (火) ~ 21 日 (水) に開催された。前年に第 3 期科学技術基本計画が開始され, ナノテクノロジー・材料は引き続き重点化分野として位置づけられた。基調

講演では, 藤嶋 昭氏の“研究にはセンス, 雰囲気, そしてプラス α が大切~ TiO₂ 光触媒を例にして”, 田中 一宜氏の“ナノテクノロジー国家戦略の内外展望”, および中西 準子氏の“ナノ技術のリスク評価・管理に関する研究”があった。セッション講演は, 神原 秀紀氏 (DNA 解析技術の発展), Andreas Engel 氏 (Probing Membrane Proteins by AFM and SECM (走査型原子間力顕微鏡および電気化学顕微鏡による膜蛋白質のイメージング)), 盛英三氏 (循環器系再生医療とナノテクノロジー), 宝野 和博氏 (ナノ組織金属材料ー原子を覗いて材料を設計する), Tsu-Wei Chou 氏 (Electro-mechanical Behavior of Carbon Nanotube-based Sensors and Composites (カーボンナノチューブを用いたセンサーおよび複合材料の電気ー機械特性)), 川崎 雅司氏 (酸化エピタキシーの精密化と集積化による新デバイスコンセプトの実証), Andrew Shields 氏 (Quantum Photonics for Novel Applications in IT (IT 応用に向けた量子フォトンクスの新展開)), 小宮 山進氏 (ナノ素子が切り拓く新しいテラヘルツ顕微計測), 樽茶 清悟氏 (固体量子情報デバイスの物理と技術)である。また, 前 2 回と同様, 若手研究者のポスターによる研究発表がなされた。このシンポジウムの開催は, ナノテクノロジー総合支援プロジェクトの最後の年にあたった。この 5 年間でナノテクノロジー研究の分野融合, 研究者交流が進んだと考えられるが, さらなるナノテクノロジーの推進の必要性から, 本シンポジウムの運営は次の文部科学省ナノテクノロジー・ネットワークプロジェクトに引き継がれることになる。2 日間の参加者数は 1,036 名だった。なお, 5 年間のナノテク総合シンポへの参加者数は, 年平均 1,031 名, 参加者の約 6 割は産業界, 4 割は大学・公的機関等からであった。



3. 第 6 回~第 10 回ナノテクノロジー総合シンポジウム

ナノテク総合シンポは, 新たな文部科学省ナノテクノロジー・ネットワークプロジェクト(2007 年~2011 年度)のもとに, ナノテクノロジー・ネットワーク参加機関の有識者による組織委員会が企画された。表 2 に第 6 回から第 10 回までの開催主テーマ, 基調及び特別講演, 講演セッション名を示す。第 6 回以降, シンポジウムは一日の開催となった。

第 6 回ナノテクノロジー総合シンポジウムは, 「役に立つナノテク現状と将来」を主題として, 2008 年 2 月 15 日 (金) に開催された。最先端の研究紹介とともに, 過去 5 年間のナノテクノロジー研究開発の進展を踏まえ, 今後のナノテクノロジーの展開についてのパネルディスカッションが設けられた。特別講演として, 機能性ナノ薄膜開発者の国武 豊喜氏の“ナノ薄膜の最近の展開ー膜(2 次元構造)におけるナノテクのポテンシャルー”, 橋

表2 第6回～第10回ナノテクノロジー総合シンポジウムの開催概要

	開催日/場所/ 参加者数	主要テーマ	基調/特別講演者	セッション	講演者数	
					国内	海外
第6回ナノテクノロジー総合シンポジウム JAPAN NANO2008	2008年2月15日(金) 東京ビッグサイト 648名	役に立つナノテク 現状と将来	国武豊嘉(北九州市立大/理研) 橋本和仁(東大) 渡辺久恒(半導体先端ナノテクノロジー)	役に立つナノテク・現状と将来(パネルディスカッション)、ナノテクノロジーの最近の話題	11	-
第7回ナノテクノロジー総合シンポジウム JAPAN NANO2009	2009年2月18日(水) 東京ビッグサイト 725名	エネルギーと環境のためのナノテク	茅陽一(地球環境産業技術研究機構理事長)	エネルギーの生成と利用、エネルギーの輸送と貯蔵、環境・省エネルギー	9	3
第8回ナノテクノロジー総合シンポジウム JAPAN NANO2010	2010年2月19日(金) 東京ビッグサイト 707名	ナノテクノロジーのエネルギーと環境への挑戦	小宮山宏(三菱総研理事長)	エネルギーの生成と利用、エネルギーの輸送と貯蔵、環境・省エネルギー	9	3
第9回ナノテクノロジー総合シンポジウム JAPAN NANO2011	2011年2月18日(金) 東京ビッグサイト 761名	省エネ・環境・資源課題にナノテクが挑む	岸輝雄(物材機構/東大) S. T. Picraux(ロシアモスクワ国立研、米国)、Marcel Van de Voorde(ベルギー工科大、オランダ)	省エネルギー、省資源、ナノカーボンによる省資源・省エネルギー	6	5
第10回ナノテクノロジー総合シンポジウム JAPAN NANO2012	2012年2月17日(金) 東京ビッグサイト 630名	災害に強い社会構築に向けたナノテクの貢献	吉川弘之(科学技術振興機構) 九間和生(三菱電機)	耐震性構造材料、再生可能エネルギー、分散型エネルギー源	9	2

本 和仁氏の“ナノマテリアルを利用する環境、エネルギー技術”および渡辺 久恒氏の“LSIにおけるナノテク材料の進展”の講演があった。パネルディスカッションでは、コーディネータに餌取 章男氏、パネリストとして、池澤 直樹(産業の塩：ナノテクノロジー)、遠藤 守信氏(カーボンナノチューブ、応用の進展)、大林 元太郎氏(ナノテクノロジーによる機能性材料の革新と創製)、平尾 一之氏(フェムト秒レーザーと波面制御素子を用いた三次元一括ナノ

加工—新しいナノ材料創製への試み—)、国武 豊喜氏、橋本 和仁氏、および渡辺 久恒氏によるナノテクの実用化の現状と将来についてパネル討論がなされた。さらに、ナノテクノロジーの最近の話題のセッションでは、芝 清隆氏(バイオ分子を利用した水中高次ナノ構造形成)、一ノ瀬 泉氏(新素材としての無機ナノストランド)、安達 千波矢氏(新しい半導体材料—有機半導体材料の特長とデバイス展開—)、および湯浅 新治氏(トンネル磁気抵抗

素子の開発とデバイス応用)の最新の研究紹介があった。シンポジウム参加者数は、648名で、参加者のうち約6割は産業界からであった。今回から一日のシンポジウムとなったが、参加者所属の割合は、前回までのシンポジウムとほぼ同じ傾向であった。

第7回ナノテクノロジー総合シンポジウムは2009年2月18日(水)に開催された。2008年に各国が温室効果ガスを削減する京都議定書(日本は2012年までに1990年より6%削減)が発効され、また、米国ではクリーンエネルギーを目指して2009年に革新的なエネルギー技術開発のためのエネルギーフロンティア研究センターが立ち上がるなど、環境・エネルギーへのナノテクノロジーの寄与がますます期待されている。このような状況のもと、シンポジウムの主題は「エネルギーと環境のためのナノテク」となった。基調講演には、茅陽一氏による“温暖化抑止に向けての技術”があった。温暖化抑止のためには、炭酸ガス排出量を10分の1以下にする必要があると指摘された。今回から第9回までセッションは、エネルギーの生成と利用、エネルギーの輸送と貯蔵、環境・省エネルギーと、環境、エネルギーに特化するような構成になった。セッション講演では、Heinz Frei氏(Helios Solar Energy Research Center – A Nanomaterials Approach to Artificial Photosynthesis(米国ヘリオス・プロジェクトにおける太陽エネルギー利用—人口光合成へのナノ材料的アプローチ)),韓礼元氏(ナノテクノロジーを用いた色素増感太陽電池)、佐々木一成氏(ナノテクノロジーを駆使した次世代燃料電池の開発)、西澤松彦氏(バイオニック発電デバイスの研究開発動向)、Karl-Heinz Haas氏(Nanotechnology for Energy and Environment in Germany(ドイツにおける環境・エネルギーに対応したナノテクノロジー)),堂免一成氏(太陽光と水から水素を生成する光触媒システムの開発)、北川進氏(新しい多孔性金属錯体材料の化学と応用)、細野秀雄氏(新しい超電導物質:鉄系高温超電導および超電導エレクトライド)、Spike Narayan氏(Nanotechnology for Global Environmental Challenges・Saudi projects at IBM Almaden for desalination, photovoltaics and green chemistry(地球環境へのナノテクノロジーの挑戦—IBMアルマデン・サウジプロジェクトの脱塩、太陽電池およびグリーンケミストリーへの取り組み)),河本邦仁氏(ナノ熱電変換と環境・エネルギー技術)、および田尻耕治氏(空調エネルギーの削減を図る省エネルギー型建築部材の開発)があった。参加者数は725名だった。

第8回ナノテクノロジー総合シンポジウムは、「ナノテクノロジーのエネルギーと環境への挑戦」を主題に、2010年2月19日(金)に開催された。基調講演では、小宮山宏氏の“低炭素社会構築とナノテクノロジーへの期待”と題した、2050年に向けたエネルギーと環境問題を考える上での技術課題と行動の構造化が必要との講演だった。セッション構成は第7回と同じで、Louis

Schlapbach氏(Chances and Risks to Improve Energy & Environment Technologies with New Materials(新材料による環境エネルギー技術発展へのチャンスとリスク)),中嶋直敏氏(カーボンナノチューブを素材とする新しい燃料電池触媒)、玉浦裕氏(集光太陽エネルギーの電力および化学エネルギーへの変換)、三澤弘明氏(光ナノアンテナを用いた広波長帯域太陽光エネルギー変換システムの開発)、Jean-Charles Guibert氏(MINATEC – The Innovation Campus for Nanoscience and Nanotechnology(フランスにおけるナノテクノロジー産官学開発拠点、MINATEC)),中塚正大氏(太陽励起固体レーザーとその応用)、大久保達也氏(ありふれた元素から構成された新規エネルギー貯蔵材料の創出)、Valiyaveetil Suresh氏(Impact of Nanotechnology on Environment and Energy(環境エネルギーへのナノテクノロジー研究のインパクト)),大野隆央氏(ナノシミュレーション手法の開発と環境・エネルギー問題への応用)、矢野浩之氏(セルロースナノファイバーの製造と利用)、および薩摩篤氏(銀ナノクラスターによる環境調和型触媒の開発)の講演があった。参加者数は、707名だった。

第9回ナノテクノロジー総合シンポジウムは、「省エネ・環境・資源課題にナノテクが挑む」をテーマに2011年2月18日(金)に開催された。エネルギー・環境問題解決に向けた飛躍的な技術革新が期待されているなか、ナノテクノロジーによる省エネルギー、省資源に関わる最新の研究開発を展望した。基調講演では、岸輝雄氏は“我が国における環境・エネルギー・資源問題へのナノテク現状と課題”と題して、今後グリーンとライフがイノベーションの柱となる、ナノテク関連技術の統合によってイノベーションを達成できるだろうと述べた。S.Tom Picraux氏からは“DOE Nano Research and EFRC(米国DOEにおけるナノテク研究とEFRCプログラムの役割)”として、米国DOEのエネルギーフロンティア研究センターの活動について、Marcel Van de Voorde氏からは“Nanomaterials Development and Technology Roadmap in EU(欧州におけるナノマテリアル研究ロードマップ)”でヨーロッパにおけるナノ材料研究、シンクロトロンなどの大型施設の役割などが紹介された。各セッションでは、Thomas P. Russell氏(Polymer-Based Photovoltaic Materials(ポリマーベース太陽電池材料))、遠藤哲郎氏(スピントロニクスを用いた必要な時にだけ働く低消費電力コンピュータ)、Mohini Sain氏(Biocomposite(バイオナノ複合材料—新素材としての展開—))、一ノ瀬泉氏(新規ナノファイバーの発見とその医療・環境・エネルギー分野への応用)、広沢哲氏(サブミクロン組織化によるNd-Fe-B高保磁力磁石の可能性)、飯島澄男氏(ナノカーボン材料の生成、機能化、構造評価および産業応用)、Andrea C. Ferrari氏(Nanotechnology with graphene, nanotubes, and diamond-like carbon(グラフェン、ナノチューブおよびDLCを用いたナノテクノロジー))、およ

び尾崎 純一氏（アドバンストカーボン材料で低炭素社会の実現を～燃料電池カソード触媒としてのカーボンアロイ～）の講演があった。さらに、これまでナノテクノロジー総合支援プロジェクトおよびナノテクノロジーネットワークプロジェクトを通じて、様々なナノテクノロジーに係る分野融合が進みイノベーションにつながる成果が生まれてきていることから、ポスターによるそれらの成果発表があった。シンポジウム参加者数は 761 名だった。

第 10 回ナノテクノロジー総合シンポジウムは、2012 年 2 月 17 日（金）に開催された。2011 年 4 月に策定された第 4 期科学技術基本計画では、2011 年 3 月の東日本大震災を受け、震災からの復興・再生の実現がグリーンイノベーション、ライフイノベーションと並んで推進課題とされ、ナノテクノロジーは科学技術イノベーションの基盤技術として位置づけられた。このシンポジウムでは、東日本大震災で顕在化したエネルギーの持続的な供給や災害に強い社会構築の重要性に鑑みて、「災害に強い社会構築に向けたナノテクの貢献」が主題とされた。基調講演では吉川 弘之氏が“復興と科学”の題で科学の閉鎖性を挙げ、社会的期待発見の研究の必要性、理学と工学が一体になることでイノベーションが進む、また、久間 和生氏より“ナノテクノロジー～技術そして産業における革命～”として、日本の製造業の復活のためには、日本の強みを生かして、ものづくりの再生、水平分業にとらわれない新しいビジネスモデル、環境先進性の活用、科学技術イノベーション、ナノテクノロジーの産業応用、知財、標準、人材育成が必要と述べられた。講演セッションは耐震構造材料、再生可能エネルギー、分散型エネルギー源からなった。それぞれ、西 敏夫氏（高分子ナノテクノロジーと免振用積層ゴム材料）、津崎 兼彰氏（ナノ組織化による耐震性構造材料の創製）、Stacy F. Bent 氏（Improving Energy Conversion with Nanoscale Materials and CNEEC EFRC Program（ナノ材料によるエネルギー変換効率の向上とスタンフォード大エネルギーフロンティアセンターの概要））、平本 昌宏氏（有機薄膜太陽電池－印刷によって新聞のように大量安価に作れ、屋根、壁、窓に貼り、自動車に塗って使う、ニュータイプの太陽電池）、駒宮 博男氏（エネルギーコモンスとしての小水力発電）、石原 達己氏（ナノ構造制御に立脚した高出力固体酸化物電解質燃料電池の開発）、菅野 了次氏（全固体リチウム電池を目指して－最高のリチウムイオン伝導率を示す超イオン伝導体の開発）、Ing. Peter Woias 氏（Piezoelectric and Thermoelectric Energy Harvesting: From Principles to Applications（圧電並びに熱電素子を用いたエナジー・ハーベスティング－基礎から応用まで））、および鈴木雄二氏（環境振動を用いたエナジー・ハーベスティング）の講演があった。また、前回に続いてポスターによるナノテクノロジーネットワークプロジェクトの成果発表がなされた。シンポジウム参加者数は 630 名だった。この 5 年間の平均参加者数は、約 7 百名、参加者の約 57%は

産業界からで、総合シンポジウム参加者所属割合はこれまでとほぼ同じ傾向であった。なお、2012 年 3 月末にナノテクノロジー・ネットワークプロジェクトは終了したが、ナノテク総合シンポは、後継となる文部科学省ナノテクノロジープラットフォームに引き継がれた。



4. 第 11 回～第 19 回ナノテクノロジー総合シンポジウム

ナノテク総合シンポは、2012 年度より、新たな施設・設備共用プロジェクトの文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム（2012 年度～2021 年度）のもとに開催された。このプロジェクトは、解析、微細加工及び分子・物質合成技術分野のナノテクノロジーに係る施設・設備を全国的な一つのプラットフォームの上で産学官の研究者に供する事業である。ナノテクノロジープラットフォームにおいては、ナノテク総合シンポは、分野を横断して、産学官の研究者に最新の研究開発動向の情報とともに研究者間の交流の場を提供する重要な事業の一つと位置付けられた。シンポジウムは、上記の 3 つの技術分野それぞれのプラットフォーム及びセンター機関から構成される組織委員会で企画された。

表 3 に第 11 回から第 15 回まで、表 4 に第 16 回から第 20 回までのそれぞれの開催主要テーマ、基調及び特別講演、講演セッション名が示されている。なお、第 20 回については、後述の 2021 年から開始されたマテリアル先端リサーチインフラプロジェクトとの共同で企画されたため、次の節で、より詳細に記載する。

第 11 回ナノテクノロジー総合シンポジウムは、2013 年 2 月 1 日（金）に開催された。このシンポジウムでは、環境に調和したエネルギー・資源の確保に焦点を絞り、「エネルギー・資源・環境へのナノテクノロジーの多面的展開」を主テーマとした。中村 道治氏による基調講演“持続的社會に向けてのナノテクノロジーへの期待”では、地球規模の課題解決のためには科学技術は technology driven から issue driven へ移行している、基盤技術であるナノテクノロジーには、エネルギー、エレクトロニクス、情報関係と医療・バイオとのさらなる医工連携を、さらに研究加速のために産学官の研究開発拠点のネットワークが重要とされた。また、柏木 孝夫氏は“エネルギーのスマート化と課題”で、エネルギーシステムがデマンドレスポンス対応システムへ移る、さらに超省エネ社会革命を起こすことで、低炭素社会が実現できると述べた。再生可能エネルギー、省エネ・環境、資源の各セッションでは、P. Craig Taylor 氏（Novel Nanostructured Materials for Renewable Energy Applications（再生可能エネルギー用新規ナノ材料とその応用））、荒川 泰彦氏（量子ドット太陽電池技術の展望）、John Kilner 氏（Materials Advances for Electrochemical Energy Conversion – Ion Transport

表3 第11回～第15回ナノテクノロジー総合シンポジウムの開催概要

	開催日/場所/参加者数	主要テーマ	基調/特別講演者	セッション	講演者数	
					国内	海外
第11回ナノテクノロジー総合シンポジウム JAPAN NANO2013	2013年2月1日(金) 東京ビッグサイト 619名	エネルギー・資源・環境へのナノテクノロジーの多面的展開	中村道治(科学技術振興機構) 柏木孝夫(東工大)	再生可能エネルギー、省エネ・環境、資源	9	3
第12回ナノテクノロジー総合シンポジウム JAPAN NANO2014	2014年1月31日(金) 東京ビッグサイト 559名	より高度な安全・安心な社会構築へ向けてのナノテクノロジーの貢献ー防災、医療、食品の安全ー	橋本和仁(東大)	防災、食品の安全、ナノテクノロジープラットフォームの活動、ナノ医療	8	2
第13回ナノテクノロジー総合シンポジウム JAPAN NANO2015	2015年1月30日(金) 東京ビッグサイト 615名	ナノテクノロジーによる材料革新ー設計・創る・測るがイノベーションを生む	Pichet Durongkavero (タイ王国科学技術大臣、タイ)、河田聡(阪大)、梅村晋(トヨタ自動車)	コンピュータ主導材料設計、ナノテクノロジープラットフォームの活動、先端計測・解析技術の進展、自動車用材料	7	2
第14回ナノテクノロジー総合シンポジウム JAPAN NANO2016	2016年1月29日(金) 東京ビッグサイト 516名	次世代エレクトロニクスを拓くナノテクノロジー	榊裕之(豊田工大/物材機構)	パワーエレクトロニクス、ナノテクノロジープラットフォームの活動、ナノエレクトロニクス、自動運転におけるエレクトロニクス	8	2
第15回ナノテクノロジー総合シンポジウム JAPAN NANO2017	2017年2月17日(金) 東京ビッグサイト 635名	超スマート社会の実現に向けたナノテクノロジー	橋本和仁(総合科学技術イノベーション会議/物材機構)	IoTシステム構築・マテリアライズドファブリケーション、ナノ診断とナノ治療、ナノテクノロジープラットフォームの活動、ヒューマンセンシング、安全・安心な社会	8	1

at the Nanoscale (電気化学的エネルギー変換における材料研究の進展ーナノスケールイオン輸送)), 本間 格氏(レアメタルフリー有機電極材料を用いた高エネルギー密度型の次世代二次電池), Yue Wu 氏(Nanowires and Nanowire Heterostructure for Thermoelectric Energy Harvesting (ナノワイヤー・フレキシブル熱電素子)), 広崎 尚登氏(サイアロン蛍光体による高効率長寿命発光ダイオード), 針山 孝彦氏(LED 照明による害虫の本能誘発とナノ構造模倣体による捕獲), 渡邊 信氏(オイル産生藻類によるグリーンイノベーションの可能性について), 飯

笹 幸吉氏(最近の海底熱水鉱床の探査・商業開発に向けた官民の取り組み), および成田 英夫氏(メタンハイドレート資源開発の現状及び今後の課題)の講演があった。また, ナノテクノロジープラットフォームの活動についてのポスター発表がなされた。シンポジウム参加者数は619名だった。

第12回ナノテクノロジー総合シンポジウムは, 2014年1月31日(金)に, 「より高度な安全・安心な社会構築へ向けてのナノテクノロジーの貢献ー防災, 医療, 食品の安全ー」をテーマとして開催された。基調講演では, 橋本 和仁氏

が“安全・安心な社会構築に向けた科学者の役割”の題で、日本の戦後の復興に果たしてきたのは技術力とその基本となる科学にある。現在抱えているエネルギー、健康、インフラ、農業等の社会的課題に対して、科学者には、出口を見据えた研究開発課題設定を求めたい。最高復興戦略として進められている戦略的イノベーション創造プログラムや革新的研究開発プログラムなどを例に挙げて科学技術の社会貢献を目指したいと述べた。防災、食品の安全、ナノ医療のそれぞれのセッション講演では、土谷 浩一氏（安全・安心な社会インフラのための材料技術）、浜口 清氏（災害に強い通信ネットワーク研究の取り組み）、Zhong Lin Wang 氏（Triboelectric nanogenerators – A new energy technology（ナノ摩擦発電器—新エネルギー技術））、平尾 公彦氏（「京」コンピュータが拓く新しい世界）、Maarten Jongsma 氏（Nano- and microtechnology-based biosensors of food safety and quality（ナノ・マイクロテクノロジーを駆使した食品の安全・品質測定用バイオセンサー））、杉山 純一氏（高感度検知のための蛍光指紋技術の開発）、片岡 一則氏（超分子ナノマシンによるがんの標的治療への挑戦）、江藤 浩之氏（iPS 細胞をどのように使うのか？創薬と創血について）、および大島 まり氏（脳血管障害に対する予測医療）があった。さらに、今回よりナノテクノロジープラットフォーム活動概要のセッションが設けられ、関連のプロジェクトの低炭素研究ネットワークおよび蓄電池基盤プラットフォームと合わせて活動概要のポスター紹介が行われた。また、ナノテクノロジープラットフォームの 2013 年度成果の中から特に秀でた 6 個の成果紹介の講演がなされた。シンポジウム参加者数は 559 名だった。

第 13 回ナノテクノロジー総合シンポジウムは 2015 年 1 月 30 日（金）に開催された。2011 年から開始された第 4 期科学技術基本計画では、ナノテクノロジー・材料、イノベーションを牽引する基盤技術ととらえられている。産業化に向けた研究加速が期待されるなか、米国では、新材料の発見から実用化までのスピードを 2 倍に早めるために、2011 年に、膨大な材料データをもとに、コンピュータ解析技術により材料分野での技術革新をもたらすマテリアルゲノム計画が打ち上げられた。この新しいコンピュータ主導材料設計の流れを踏まえ、このシンポジウムでは、ものづくり・計測・解析技術を中心とした「ナノテクによる材料革新—設計・創る・測るがイノベーションを生む」を主題とした。まず特別講演として、タイ王国科学技術大臣の Pichet Durongkavero 氏が“Thailand S&T in Transition（タイにおける科学技術政策）”の題で、タイの科学技術イノベーションに向けた鉄道・クリーンエネルギー・自動車・電気・水・廃棄物などのプロジェクトの推進、COE 設置、タイサイエンスパークの整備などを紹介した。基調講演では、河田 聡氏が、“プラズマ：光でナノを操る科学”の講演を行った。2015 年はフレネルによる光波動説後 200 年の国際光年にあたる。

プラズモン共鳴を利用した光増強ラマン分光の開発などや、実際にベンチャー企業へ展開した経験を話された。また、梅村 晋氏からは、“材料技術が切り拓く革新的クルマ社会”と題して、自動車産業の大きな方向は、電動、軽量、知能化である、それとともに車は社会システムの一つであり、LCA、エネルギー管理システムなどの社会貢献が求められると述べた。コンピュータ主導材料設計、先端計測・解析技術の進展、自動車用材料の各セッションでは、Gerbrand Ceder 氏（Materials Genome Approach to Accelerating Materials Innovation（マテリアルゲノムによる材料イノベーションの加速））、田中 信夫氏（反応科学超高压電子顕微鏡の開発とナノ、バイオ材料への応用）、西野 吉則氏（X 線自由電子レーザーによる放射線損傷のない生細胞ナノイメージング）、宝野 和博氏（希少元素をつかわない自動車用永久磁石材料の開発）、岸本 浩通氏（放射光／シミュレーションを活用した低燃費タイヤ開発）、および遠藤 真氏（炭素繊維複合材料の開発と用途展開）の講演があった。また、ナノテクノロジープラットフォームの活動セッションでは、2014 年度の活動状況、成果が講演ならびにポスターで発表された。シンポジウム参加者数は 615 名だった。

第 14 回ナノテクノロジー総合シンポジウムは、2016 年 1 月 29 日（金）に開催された。次世代エレクトロニクスに求められる新材料、新機能、新システム創出などの学術的な進展と産業革新を展望して「次世代エレクトロニクスを拓くナノテクノロジー」を主題とした。また、前年よりナノテクノロジープラットフォームの成果紹介セッションが設けられた。基調講演では、榊 裕之氏が“ナノテクノロジーを基とする次世代エレクトロニクスの挑戦”の題で、半導体トランジスタにおける集積化と微細化、巨大磁気抵抗メモリー、半導体レーザー、パワー半導体などの開発を展望し、エレクトロニクスはナノテクに支えられてきたとともに、ナノテクの発展、活用には物質科学を維持していく文化が重要であると述べた。主題セッションは、パワーエレクトロニクス、ナノエレクトロニクス、自動運転におけるエレクトロニクスからなり、それぞれ、Leo Lorenz 氏（Power Devices: Key Technology Driver for Future Power Electronic Systems – Development Trend in Europe（将来のパワーエレクトロニクスシステムを先導するキーテクノロジー—ヨーロッパにおける開発動向））、大月 正人氏（SiC パワー半導体の現状と将来）、上田 哲三氏（Si 基板上 GaN パワーデバイスと電力変換機器への応用）、Aaron Thean 氏（Logic Nano-Electronics Scaling for the Next Decade and Beyond（Si-CMOS を超えるデバイスへの挑戦—IoT 時代への論理デバイスの構造、材料、そして新原理））、荒川 泰彦氏（光電子融合に向けたシリコンフォトリソグラフィの展望）、佐橋 政司氏（磁化の電界制御とメモリ／ストレージの応用展開）、野辺 継男氏（自動運転の実現に向けた画像認識技術とプロセス）、および二宮 芳樹氏（自動運転知能実現に必

要な要素技術開発の取り組み)の講演があった。さらに、ナノテクノロジープラットフォームの活動概要セッションでは、2015年度の利用6大成果等の紹介がなされた。シンポジウム参加者数は516名だった。

第15回ナノテクノロジー総合シンポジウムは、2017年2月17日(金)に開催された。2016年に第5期科学技術基本計画が策定された。2014年に総合科学技術会議から改称された総合科学技術・イノベーション会議は科学技術イノベーション政策を強力に推進するとし、第5期においては、非連続なイノベーションを生み出す研究開発と、新しい価値やサービスが次々に創出される超スマート社会の実現を目指すとしている。このため、このシンポジウムでは、超スマート社会の実現に必要とされるコア技術としてIoTシステム構築、センサー、安全・安心などに関わるナノテクノロジー・材料技術の最新の研究開発を展望して、「超スマート社会実現に向けたナノテクノロジー」を主題とした。橋本和仁氏は、基調講演「超スマート社会(Society5.0)に向けて」で、社会は、情報社会(4.0)からSociety5.0の超スマート社会に向かう。実空間から集めたデータはビッグデータの中でAIが処理し、適切な行動指針を実空間に戻す。これによって社会における価値観が大きく変わる。超スマート社会サービスプラットフォームとしてサイバーセキュリティ、IoTシステム構築、ビッグデータ解析、AI、デバイスなど。新たな価値創出のコア技術として、ロボット、センサー、バイオテクノロジー、素材・ナノテクノロジー、光・量子などが挙げられる。また、これまで、材料開発においては、ナノテクノロジーによる新材料の開発が必要だったが、今後データ駆動型科学が必要になると述べた。招待講演セッションは、IoTシステム構築・マテリアルインフォマティクス、ナノ診断とナノ治療、ヒューマンセンシングおよび安全・安心な社会で構成され、西村信治氏(IoTが拓く社会イノベーション)、大場史康/平松秀典氏(新しい窒化物半導体の発見—*in silico*スクリーニングによる予測と実験による実証)、馬場嘉信氏(ナノバイオデバイスが拓く超スマート社会)、小林久隆氏(Near-infrared Photoimmunotherapy for Cancer: Crashing Cancer Cells in the Body by Exposing Harmless near-infrared Light(人体に無害な光(近赤外線)を照射して癌細胞を壊す新がん治療法:近赤外光線免疫療法))、下山勲氏(人やあらゆるものからの情報を収集するセンサー技術)、高宮真氏(有機エレクトロニクスを核とした皮膚密着型ウェアラブルデバイスの新展開)、澤口孝宏氏(社会インフラの安全・安心のための新しい長寿命制振ダンパー合金)、および小松崎常夫氏(安全・安心で快適・便利な社会実現のために)の講演があった。また、ナノテクノロジープラットフォーム活動概要セッションでは、2016年度の秀でた6大成果の講演とプラットフォームの実施概要のポスター発表があった。シンポジウム参加者数は635名だった。

第16回ナノテクノロジー総合シンポジウムは2018年

2月16日(金)に開催された。第5期科学技術基本計画が始まった前年の2015年9月に、国連において2030年までに持続可能な開発(SDGs)のための17の目標が提示された。ナノテクノロジーには持続可能な発展の基盤技術としての重要な役割が求められている。このような背景のもと、このシンポジウムにおいては、「持続的な社会発展に向けたナノテクノロジー」を主題にして、ナノテクノロジーによるイノベーションへの取り組みを展望した。また、ナノテクノロジープラットフォームの利用成果とともに、本総合シンポと同時開催の国際ナノテクノロジー総合展・技術会議(以後ナノテック)での2017年度大賞講演のセッションも設けられた。基調講演では、岸輝雄氏より、「持続可能な社会の発展に向けた科学技術の役割」と題して、SDGsの開発目標に対して、ナノテクノロジーは、生命、環境、エネルギー、製造、IT、都市工学、運輸などの分野での貢献が期待されている。また、現在進められている戦略的イノベーションプログラムの革新的構造材料開発では、実験データと材料科学に基づく情報科学との統合システムが材料設計を加速させると述べた。大野英男氏は、特別講演「超微細スピントロニクス素子とその集積回路、AI応用」において、スピントロニクスは、従来のエレクトロニクスは電子の電荷の動きを制御するのに対して、スピンの向きで(0,1)を構成するため、低電力消費、高性能集積回路の開発に応える技術である。東北大の省エネルギー・スピントロニクス集積化システムセンターで設計から集積化試作まで進めていると述べた。セッション講演は、ナノテクノロジーによるイノベーション(I),(II),(III)として、Mihail C. Roco氏(Nanotechnology and Other Challenges for Future Society(将来に向けたナノテクノロジーおよびその他の先端的取り組み))、Suvit Maesincee氏(Thailand 4.0 – Thriving in the 21st Century in the Time of Changes(タイ4.0 – 21世紀の繁栄))、Jean-Charles Guibert氏(Nanomaterials Based Start-Up, the MINATEC Experience(ナノテクノロジー研究開発拠点MINATEC))、Oliver Brand氏(National Nanotechnology Coordinated Infrastructure: an NSF – funded Nanotechnology lab Network in the United States(米国ナノテクノロジー共用施設ネットワーク, NNCI))、原史朗氏(産業が“Individual”になる~実用域に達した超小型デバイス生産システム・ミニマルファブ)、吉川元起氏(嗅覚IoTセンサシステムの標準化に向けた総合的研究開発と産学官連携)の講演があった。さらに、ナノテック2017大賞の講演として荒川公平氏(単層CNTに誘発されるイノベーション)、ナノテクノロジープラットフォームの主要成果講演として、松村晶氏(高分解能電子顕微鏡によるナノ粒子の状態解析の進展と新たな触媒機能の開発)、佐々木公平氏(トレンチMOS構造を設けたGa₂O₃ショットキーバリアダイオード)、および齊藤尚平氏(光で剥がせる液晶接着「ライトメルト接着材料」の開発)があった。シンポジウム参加者数は493名だった。

表4 第16回～第20回ナノテクノロジー総合シンポジウムの開催概要

	開催日/場所 /参加者数	主要テーマ	基調/特別講演者	セッション	講演者数	
					国内	海外
第16回ナノテクノロジー総合シンポジウム JAPAN NANO2018	2018年2月16日(金) 東京ビッグサイト 493名	持続的な社会発展に向けたナノテクノロジー	岸輝雄(東大/外務大臣 科学技術顧問) 大野英男(東北大)	ナノテクノロジーによるイノベーション、2017年度ナノテク大賞、ナノテクノプラットフォーム利用主要成果	8	4
第17回ナノテクノロジー総合シンポジウム JAPAN NANO2019	2019年2月1日(金) 東京ビッグサイト 411名	Society5.0 (超スマート社会)の基盤となるナノテクノロジー	三島良直(東工大学長) 江刺正喜(東北大)	センサー・アクチュエータ、2018年度ナノテク大賞、海外ナノテク共用事業、ナノテクノプラットフォームの技術的特徴的な技術とその応用	9	3
第18回ナノテクノロジー総合シンポジウム JAPAN NANO2020	2020年1月31日(金) 東京ビッグサイト 511名	ナノテクノロジーが切り拓く量子・バイオ・AI技術	天野浩(名大) 五十嵐仁一(産業競争力 懇談会)	量子と生命科学、2019年度ナノテク大賞、海外ナノテク共用事業、ナノテクノプラットフォームの活動、ナノテクのシステム化と産業応用	10	1
第19回ナノテクノロジー総合シンポジウム JAPAN NANO2021	2020年12月11日(金) 東京ビッグサイト 514名	マテリアル革新力強化のための次世代プラットフォーム	五神真(東大総長) 長我部信行(日立) 川合真紀(分子科学研 所長)、Lynn Rathbun(コ ーネル大、米国)、Gian- Marco Rignanese(ルー ヴル・サントリク大、ベルギー)	ニューノーマル時代の研究開発を考える、2020年度ナノテク大賞、ナノテクノプラットフォームの成果と将来展望	10	2
第20回ナノテクノロジー総合シンポジウム JAPAN NANO2022	2022年1月28日(金) 東京ビッグサイト 420名	ナノテクノプラットフォームからマテリアルDXプラットフォームへ～マテリアル先端リサーチインフラの目指すもの～	岸輝雄(新構造材料技術 研究組合理事/東大) 一杉太郎(東工大)	ナノテクノプラットフォーム事業10年間の成果、マテリアル革新力強化に向けたマテリアルデータ戦略、マテリアル戦略におけるデータ利活用の重要性	9	2

第17回ナノテクノロジー総合シンポジウムは2019年2月1日(金)に開催された。2016年から始まった第5期科学技術基本計画により、超スマート社会実現に向けての取り組みが始まっており、ナノテクノロジーには基盤技術としての将来戦略が検討されている。今回のシンポジウムでは「超スマート社会(Society5.0)の基盤となるナノテクノロジー」をテーマとした。まず、三島良直氏

が、「未来社会実現に向けたナノテクノロジー・材料分野の研究開発戦略」の基調講演を行った。日本の材料産業はこれまで世界市場で高いシェアを持ってきた。一方、米国のデータを活用したマテリアルゲノム計画、EUにおけるグラフエンフラッグシップ計画、中国の重点的新材料計画など、世界各国でナノテク・材料はキーテクノロジーと位置付けられている。ナノテクノロジー・材料委員会

では、2018年8月にマテリアル革命戦略をまとめ、社会変革をもたらす魅力的な機能を持つマテリアル、それを世に送り出すサイエンス基盤の構築、スマートラボ化、オープンイノベーション、異分野融合などを一層進めるとした。特別講演では、江刺 正喜氏が、“超スマート社会に向けた MEMS の実用化”と題して、これまでの集積化センサー、圧力センサーなどの MEMS センサー開発の経験、246 以上の大学・企業・研究機関が参加している試作コインランドリーの立ち上げ、研究開発・研究者育成を行うとともに、開発された製品を生産するメムス・コアの活動について紹介した。センサー・アクチュエータセッションでは、川喜多 仁氏（農業とヘルスケアへの応用を目指したセンサー・アクチュエータの研究開発）、新津 葵一氏（ナノテク応用サブナノワット集積ヘルスケア IoT）、さらに、ナノテック 2018 のナノテク大賞紹介セッションでは、萬 伸一氏（IoT 時代のナノテクノロジー）、海外ナノテク共用事業紹介セッションでは、Thirumalai Venky Venkatesan 氏（Route to neural electronic Devices（ニューラル電子デバイスへの道））、Peter J. Cumpson 氏（XPS and SIMS in a multi-user environment: Role of novel cluster ion sources, analyzers and quantification methods（マルチユーザ環境における XPS と SIMS：新しいクラスターイオン源、分光器と定量法の役割））、および Mituhiro Murayama 氏（Emerging understanding of anthropogenic and natural nanoparticle impacts on Earth systems – a new paradigm for earth science –（人為的および自然ナノ粒子の地球システムへの影響の新しい理解－地球科学における新たなパラダイム－））があった。ナノテクノロジープラットフォームの特徴的な技術とその応用セッションでは、ナノテクノロジープラットフォーム PD の佐藤 勝昭氏（ナノテクノロジープラットフォームのさらなる発展をめざして）、井上 加奈子氏（酸素ナノバブルによる化学的固定効果の向上－*Ralstonia solanacearum* の細胞学的解析－）、三田 吉郎氏（失敗は成功の元：ナノテクノロジープラットフォームで試して拓く先端集積 MEMS）、および後藤 雅宏氏（バイオ医薬品へのナノテクノロジーの応用－塗るワクチン開発－）の講演がなされた。シンポジウム参加者数は 411 名だった。

第 18 回ナノテクノロジー総合シンポジウムは 2020 年 1 月 31 日（金）に「ナノテクノロジーが切り拓く量子・バイオ・AI 技術」をテーマに開催された。ナノテク総合シンポでは毎回、運営母体の文部科学省および物質・材料研究機構の理事長から開会挨拶がされている。今回、シンポジウムを実施しているナノテクノロジープラットフォームプロジェクトが後 2 年を残す段階となる。共用施設の将来展望について、文部科学省から村田 善則氏が、ナノテクノロジーは Society5.0 のコア技術であり、先進的な取り組みを行ってきたナノテクノロジープラットフォームがより利用が進み、イノベーションが進むことへの希望が、また、物質・材料研究機構理事長の橋本 和

仁氏からは、ナノテクノロジープラットフォームの成果紹介とともに、このような共用プラットフォーム活動を 2 年後もさらに拡大したい、データと AI を組み合わせて新材料を開発する材料統合データプラットフォームを構築中だが、膨大なデータ収集にはナノテクノロジープラットフォームの仕組みが有用であると述べた。基調講演では、天野 浩氏が“カーボンエミッションゼロを目指した取り組み”の題で、名古屋大に創設された未来エレクトロニクスセンターにおける GaN, CNT, SiC などのポストシリコン材料のプロセスからシステム化までの研究開発について紹介した。GaN LED は、今や世界で日本の総発電量に匹敵する省エネ効果となっている。また、GaN HEMT は 10kV 以上の高電圧動作が可能で、車のインバータ使用により、約 24% のエネルギー削減となる。ワイヤレス充電への適用は EV の普及を画期的に上げられるなどの話をされた。さらに、五十嵐 仁一氏による特別講演“エネルギー革新に向けた MI 基盤の構築”において、産業競争力懇談会における ICT/AI、製造技術、材料、エネルギー・資源に係る事業作り、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラムでエネルギー革新に向けた MI 基盤構築プログラムなどの紹介を行った。産学連携による AI による Li イオン電池の固体電解質の探索では、公開データおよび企業の保有するデータを連携させて、約 1 万の候補から導電率 10mS/m の材料を見出すなどデータ駆動型研究開発の有効性を示した。セッション講演の量子と生命科学では、波多野 睦子氏（ダイヤモンド量子センサの可能性）、青木 伊知男氏（生命科学を革新するナノおよび量子技術による磁気共鳴イメージング）、ナノテック 2019 ナノテク大賞講演セッションでは、後河内 透氏（リチウムイオン電池のデジタル印刷を目指して）、海外ナノテク共用施設・研究成果紹介セッションでは、Daniel J.C. Herr 氏（The National Nanotechnology Coordinated Infrastructure (NNCI) and Selected Convergent Technologies (NNCI とコンバージェントテクノロジー））、ナノテクのナノテクノロジープラットフォームの成果と将来展望セッションでは、松尾 保孝氏（電子顕微鏡による構造解析手法を用いたバイオ研究）、戸津 健太郎氏（共用設備を基盤としたオープンコラボレーションによる研究開発支援）、馬場 嘉信氏（ナノテクノロジーとバイオ・量子・AI 融合領域の支援成果とナノテクノロジープラットフォームの将来展望）、ナノテクノロジーのシステム化と産業応用セッションでは、岡野原 大輔氏（機械学習を使った材料探索の最新動向と今後の展望）、および平田 裕人氏（自動車におけるナノテクノロジー：ナノマテリアルと部品・ユニット）の講演があった。シンポジウム参加者数は 511 名だった。

第 19 回ナノテクノロジー総合シンポジウムは、2021 年に東京オリンピックが開催されるため、同時開催のナノテックと合わせ、例年より 1 ヶ月前倒しして、2020 年 12 月 11 日（金）に開催された。また、新型コロナウイルス感染拡大で会場へ来られないシンポジウム参加

者のためにオンライン配信も実施された。このシンポジウムを実施しているナノテクノロジープラットフォームプロジェクトも残り1年となり、データを基軸としたマテリアル研究開発への流れが動き始めた中、このシンポジウムでは、次のプラットフォームへの展開を視野に入れて、「マテリアル革新力強化のための次世代プラットフォーム」を主題とした。トピックスのセッション構成は、データを基軸とした次世代プラットフォームのあり方、特別講演、基調講演を挟んでニューノーマル時代の研究開発を考えるであった。はじめに、五神 真氏より“次世代プラットフォームへのメッセージ”として、今世界ではインターネットなどの情報技術が進歩し、DX (Digital Transformation) が生活や社会を一変しつつある。DXでは実空間の情報をデジタル化してサイバー空間に蓄積する。その膨大なデータを活用することによって社会活動や新たなサービスへフィードバックされる。地球温暖化のような課題は、これまでの資本集約型から知識集約型社会への変革によって解決される。ナノテクノロジープラットフォームの設備共用の仕組みで蓄積されてきた技術、成果は知の集約として次のマテリアル DX でより高度化されることを望むと述べた。川合 真紀氏は、“Society5.0 に向けて、人材育成および研究基盤の強化”の題で、日本の基礎研究の国際競争力をあげるには、人材の育成・活用が急務である、高等教育を充実させ企業にドクターを取りこみ、また、日本の18歳人口が1990年の200万人から2020年には120万人と減っており、女性の積極的な活用が海外留学生の日本定着とともに必要と述べた。長我部信行氏は、基調講演“研究現場のトランスフォーメーションによる研究力強化と未来社会創造”において、2015年に持続可能な開発目標が国連により提示されて以来、企業が長期的に成長し続けるためには、環境・社会・企業統治の観点が必要とされる、そのためには材料の革新なしでは達成できないと述べた。国の取り組み例として情報統合型物質・材料開発イニシアティブ、ナノテクノロジープラットフォーム、未来社会創造プロジェクトなどを挙げた。海外招待講演セッションでは、Lynn Rathbun 氏 (The (U.S) National Nanotechnology Coordinated Infrastructure (NNCI) and ACCELNET: Global Quantum Leap; Models for International Collaboration and Cooperation (米国における国際協調・協力モデル: NNCI と ACCELNET, 電子技術の飛躍的進展における世界協力)), Gian-Marco Rignanes 氏 (OPTIMADE: a REST API for querying materials databases (OPTIMADE: マテリアルデータベースを操る REST API の開発)), ニューノーマル時代の研究開発を考えるセッションでは、高橋 啓介氏 (触媒インフォマティックスの基本概念と実例), 谷池 俊明氏 (ハイスループット実験を基盤としたデータ駆動型材料科学研究), 有福 和紀氏 (研究機器(現場)における遠隔利用の現状と今後), ナノテック大賞2020講演セッションでは、増田 正人氏 (革新複合紡糸技術

NANODESIGN®), ナノテクノロジープラットフォームの成果と将来展望セッションでは、文部科学省小川 浩司氏 (マテリアル研究開発のDX化について), 山本 剛久氏 (マテリアル開発につながる微細構造解析技術), 横川 隆司氏 (受託代行サービスにより作製した微小流体デバイスとそのライフサイエンス研究への応用), 三橋 隆章氏 (結晶スポンジ法による構造解析支援) があった。上記の将来展望セッションで、小川 浩司氏は、2020年6月に「マテリアル革新力強化のための政府戦略策定に向けて」の報告書が取りまとめられ、ナノテクノロジープラットフォームをベースにしたマテリアルプラットフォーム構想が検討されているとした。シンポジウム参加者数は514名だった。第11回～19回までの平均の参加者数は、約540名、産業界からの参加者割合は約5割だった。



5. 第20回ナノテクノロジー総合シンポジウム

第20回ナノテクノロジー総合シンポジウムは、2022年1月28日(金)に東京ビッグサイト会議棟において、ナノテクノロジープラットフォームと2021年度より開始された文部科学省マテリアル先端リサーチインフラ (Advanced Research Infrastructure for Materials and Nanotechnology, ARIM) との共同企画で開催された。

第6期科学技術・イノベーション基本計画においては、SDGsの達成やSociety5.0実現に向けて、新たな価値を生み出す源となるマテリアル革新力の強化が求められている。2021年に文部科学省ではアクションプランの一つとして、マテリアルデータと製造技術を活用したデータ駆動型研究開発すなわちマテリアル DX プラットフォーム事業が開始された。その中でマテリアル先端リサーチインフラ (ARIM) プロジェクトは、高品質なデータを生み出す最先端の設備を提供する共用基盤を担っている。ナノテクノロジープラットフォームを構築してきた多くの研究機関がこのプロジェクトにも参加しており、マテリアル先端リサーチインフラは、ナノテクノロジープラットフォームの後継プロジェクトとなっている。このため、このシンポジウムでは、前半をナノテクノロジープラットフォーム10年間の成果の紹介、後半にマテリアル先端リサーチがもたらす未来を俯瞰する内容でセッションが構成された。以下にシンポジウム講演概要をプログラム順に記載する。



【開会挨拶／Opening Remarks】

橋本 和仁 (物質・材料研究機構理事長) / Kazuhito Hashimoto (President, National Institute for Materials Science, Japan)

最終年度となったナノテクノロジープラットフォームは、前事業から合わせて20年になる。20年前には、装置を共用して使う文化はなかった。この事業によって、全国の研究者間の交流も進み、産業界にも開かれ、我が国の設備共用システムのモデルとなった。今年度、マテリアル先端インフラが開始された。データが使える形で集められ、AIを駆使する。ナノテクノロジープラットフォームが発展的に大きく展開する。その第1回目のシンポジウムである。皆さんのご協力もお願いしたい。

池田 貴城（文部科学省 研究振興局長）／Takakuni Ikeda (Director-General, Research Promotion Bureau, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology)

マテリアル分野は我が国が大きく貢献してきた分野である。革新的なマテリアルが生まれてきた。ナノテクノロジープラットフォームはマテリアル先端分野を支える欠かせない基盤で、多くの研究開発の成果創出支援、技術スタッフの育成を行ってきた。今マテリアル分野はデジタル化が進む中、変革期を迎えている。文部科学省では、今年度、ナノテクノロジープラットフォームの後継としてマテリアル先端リサーチインフラを立ち上げた。来年度からマテリアル研究開発プロジェクトを開始し、このインフラとの両輪でSociety5.0やカーボンニュートラルに向けた取り組みを進める。これまで築いたマテリアル分野の今後一層の発展を祈る。



【Session 1：ナノテクノロジープラットフォーム事業10年間の成果／10-year Achievements of Nanotechnology Platform Japan】

座長 三留 正則（物質・材料研究機構）

ナノテクノロジープラットフォームを構成するセンター、3つの技術領域の微細構造解析、微細加工および分子・物質合成各プラットフォームの10年間のまとめと、得られた主要成果の報告がなされた。

「ナノテクノロジープラットフォームセンター10年間の成果」／"Center of Nanotechnology Platform"：小出 康夫（物質・材料研究機構）／Yasuo Koide (National Institute for Materials Science)

センターの役割はナノテクノロジープラットフォーム参加25機関及び3つの技術領域のプラットフォームの全体調整・推進、Webのポータルサイトによる総合的な

ユーザ窓口、企業等新規ユーザ開拓および研究者・技術者・学生の育成支援である。各実施機関で利用可能な装置約1100台の情報と検索機能をWebで提供、また利用者アンケートによって、ユーザの声をプラットフォームの利便性へ反映してきた。また、試行的利用支援、展示会、学会での紹介などによる新規ユーザの開拓などを行った。この10年間、年平均3千件の利用件数、そのうちアカデミアは70%、企業は30%で、支援の形態は、機器利用56%、技術代行は25%である。利用者は全国にわたっている。また、優れた支援成果や技術スタッフの表彰、技術スタッフのスキルに応じた職能名称付与、技術者交流、学生研修など、人材育成に努めてきた。職能名称を付与された約235名の技術者による、高度で質の高いプラットフォーム利用支援を行っている。ナノテクノロジープラットフォームで集積された様々な成果、技術などの情報は、ARIMへ引き継がれる。

「微細構造解析プラットフォーム10年間の成果」／"Advanced Characterization Nanotechnology Platform"：藤田 大介（物質・材料研究機構）／Daisuke Fujita (National Institute for Materials Science)

微細構造解析プラットフォームは、ユーザニーズをもとに、先端電子顕微鏡（TEM）を中心に全国11機関でネットワークを構成。利用件数は、毎年約1000件、30%が企業からである。2020年度はコロナ禍の下、技術代行やリモートによる利用を行った。また、年2-3件のシンポジウム開催した。さらに技術スタッフの国内に加えて、欧米アジアでの研修を実施した。特にオーストラリアとはMOUを結ぶに至った。各実施機関の支援主成果として、北大は、表面分析に特色を持ち、ナノ粒子や燃料電池触媒の分子状態を解析、東北大は、FIB等を中心に無電解メッキや文化財の絵具を解析、産総研は、独自に開発したPPMAによる鋼材の水素脆性の欠陥の解析や極端紫外分光による光触媒の解析、東大は、先端電子顕微鏡をそろえ、界面の原子一個の分析など、名大は、環境対応超高压TEMによる自動車用の触媒の分子やナノピラー触媒のその場解析、京大は、氷の中の超分子構造をクライオTEMで可視化など、阪大は、世界最高圧TEMおよびクライオTEMなどによるバイオ支援で、ATPの分子構造を立体的に解明、原研および量研機構は、Spring-8施設でのバナジウムセレン薄膜や白金触媒の解析、九大は、TEMによるナノ構造解析により、Al-Si合金の機械的特性向上やアンモニア触媒活性のメカニズムの解明などがある。当プラットフォームは最先端設備と技術をネットワークを構築して全国の産学官のユーザに提供し、高い満足度を得られている。今後、ARIMでは遠隔化、ロボット化が進むと考えられる。

「微細加工プラットフォーム 10 年間の成果」／ "Nanofabrication Platform": 秋永 広幸 (京都大学) ／ Hiroyuki Akinaga (Kyoto University)

微細加工プラットフォームには、以前のナノテクノロジー総合支援の 5 機関、ナノテクノロジーネットワークの 12 機関、そしてナノテクノロジープラットフォームの 16 機関が参加している。この 10 年では、約 1000 の機関から 1 万名の利用者およびプラットフォーム関係者 200 名のネットワークが構築された。また、米国、欧州の機関との連携も進んだ。支援装置に関しては、約 635 台の設備が利用に供され、リソグラフィーについていえば、1nm から 10 μ m まで特徴ある可変ビームやフットワークのよいマスクレスなど様々な設備が利用できる。また、様々なユーザの要望に対して、5 名のコーディネータの配置により課題解決支援を行った。技術スタッフのスキルを ICT を駆使して共有、2013 年より各種技術の実践セミナーを実施、コロナ禍では、プロセスセミナーを動画として配信している。また、中国、四国、九州地区では、共通のレシピを作成、2014 年から 2016 年にかけて 16 機関内で SiO₂ 膜の膜厚を測定、共通プロトコルを作り、IEC より IEC/TR63258 として報告されている。プラットフォームの主な支援成果は以下の様である。NIMS、東工大、早大協力により Ga₂O₃ トレンチ構造の CMOS が 1 ヶ月で作製され、パワーエレクトロニクスへの利用が期待されている。東北大では、カスケードレーザが試作から 2 年で生産レベルまで開発されている。2018 年の技術貢献賞の FAIS は RERAM を Si MOSFET 上に作った。京大ではバイオ用マイクロ流路モールド作製や圧力センサー開発など、東大では自身で開発した超臨界銅成膜装置で深いトレンチ内に Cu を均一に成膜できたなど、多くの支援成果が得られている。利用成果は、報告書としてまとめられているが、これまでの報告書をもとに、自然言語処理を行ったところ、グラフェンなどで新しい機能が予測された。微細加工プラットフォームで多くの集積知が作られた。今後、オンデマンドでハイスループットの機能がより求められる。次期マテリアル DX では、さらに、マシンラーニングや AI 活用が進むであろう。

「分子・物質合成プラットフォーム 10 年の成果」／ "Molecule & Material Synthesis Platform": 横山 利彦 (自然科学研究機構 分子科学研究所)／Toshihiko Yokoyama (National Institutes of Natural Sciences Institute for Molecular Science)

分子・物質合成プラットフォームは 10 機関で構成、高機能を有する分子・材料の合成と最先端設備による解析技術を提供してきた。半導体、磁性体、触媒、薬生理学、医学など幅広い分野の材料に対応している。これまで 5 千件以上、非公開分を入れると約 5700 件の支援を行った。

支援の延べ時間は 1 万日を超す。論文だけで 2500 件以上、特許は 300 件ほどである。ナノテクノロジープラットフォームでの秀でた成果として、これまで 18 件表彰されている。いくつか主要な成果としては、千歳科技大の支援で、船のフジツボの付着を抑制するハニカム構造膜の開発、分子研では危険ドラッグ類似構造物質を合成・構造決定を行い、危険ドラッグ同定に寄与、また、オーストラリアからの油状のスピロケタル類の分子構造配置を結晶スポンジ法を用いて解析、名大の支援では溶出順序を自在に反転できるキラル固定相の開発、および紫外光で剥がせる接着剤の開発、名工大による電場で磁化反転するマルチフェロイック BiFe_{1-x}Co_xO₃ の発見、九大支援で、化粧品の商品化につながったヒアルロン酸やビタミン C を皮膚深くまで浸透させる二重カプセル法の開発などがある。分子合成プロセス開発には、半年かかる場合もあり、マテリアル DX では AI やロボットの活用が待たれる。



【Session 2: マテリアル革新力強化に向けたマテリアルデータ戦略／Material Data Strategy to Strengthen Material Innovation Force】

座長 小出 康夫 (物質・材料研究機構)

このセッションはマテリアルデータ戦略に関わる基調講演、特別講演、海外招待講演で構成された。



【基調講演／Plenary Lecture】

「マテリアル革新力強化に向けたマテリアル DX プラットフォームへの期待」／"Expectations for the Material DX Platform to Strengthen Materials Innovations": 岸 輝雄 (新構造材料技術研究組合 理事長, 東京大学名誉教授)／Teruo Kishi (Innovative Structural Materials Association)

岸氏は、第 1 回のナノテク総合シンポの組織委員長であったとともに、マテリアル DX の先駆けとなるマテリアルズインテグレーション (MI) の考えを導入した新構造材料プロジェクトを 2013 年に立ち上げるなど、ナノテクノロジー・材料研究開発を先導してきた。本講演では、材料科学の流れ、ナノテクの役割、マテリアル DX の方向について述べた。(写真 2)

これまで新材料は 1800 年代の産業革命以降、約 50 年のサイクルで生まれてきた。鉄鋼、大量生産時代には、ポリマー・軽量金属、経済成長と IT 革命の 1950 年代にはファインセラミックス・半導体・複合材料、環境エネ

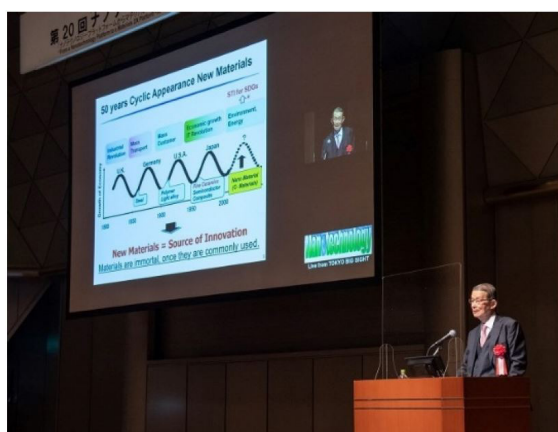


写真2 第20回ナノテクノロジー総合シンポジウムで
基調講演する岸輝雄氏

ルギーの2000年代になるとナノ材料の時代となる。戦後1970年ころまでは好奇心に駆られた研究が主だったが、その後、機能追及型、1990年代になるとシステム駆動型となり、大学でも基礎的な材料研究は減ってしまった。2000年になってナノテクによる研究が盛んとなり、スピントロニクス、量子材料、5G、自己組織化、超鉄鋼、CFRPなどの材料基盤が作られてきた。材料は、プロセス (process)、構造 (structure)、特性 (property)、パフォーマンス (performance) の4要素からなる。今後は、このPSPPに理論・計算科学と先端計測解析が加わって、蓄積されたデジタルデータからパフォーマンスへ (順問題)、あるいはパフォーマンスから各要素の最適化する (逆問題) データ科学の時代となる。ここでこれまで関わったナノテクを振り返ると、2000年のクリントン大統領のナノテクイニシャティブ以前に日本では、すでにアトムテクノロジー、コンプレックス、スマート材料などのナノテクに関わる研究が行われていた。CNT、ナノ温度計などが生まれている。2001年の科学技術基本計画でナノテク・材料が重点化され、2002年にナノテク研究を最先端設備で支援するナノテク総合支援プロジェクトを立ち上げた。その後ナノテクネットワーク、ナノテクプラットフォームと発展した。2021年にはナノテクプラットフォームは材料先端リサーチインフラに展開されるとともに、元素戦略や新構造材料プロジェクトのようなデータ創出型材料研究開発プロジェクトと合わせて、材料DXプラットフォームが形成される。

最後に2013年から始まった新構造材料プロジェクトのSIPおよびISMAを紹介する。2011年の東日本大震災以降、構造材料が再び注目を浴びている。それぞれ航空機および自動車用材料が目標。CFRP、高張力鋼、Ni合金、TiAlなどで、実際の構造物を作る。SIPの材料インテグレーションシステムでは先ほど述べたPSPPの順逆問題を扱う。計算科学、AIを多用して材料の組織、性能、最終的にはパフォーマンスを予測する。材料DXでは、公開されているデータや実験・計算科学からのデータを集積し、AI、機械学習を駆使して、時間を短縮して

実験では生まれない材料を目指す。多くの実験データは企業に蓄積されており、いかに民間を引き付けるプログラムであるかが重要である。



【特別講演／ Special Lecture】

「材料先端リサーチインフラが牽引するリサーチトランスフォーメーション～実験装置に加え、データ・知識の共有へ～」／ "Research Transformation Driven by Open Facility Platform": 一杉 太郎 (東京工業大学) / Taro Hitosugi (Tokyo Institute of Technology)

材料DXが目指すべき方向、世界の動向、ARIMへの期待を概観した。宇宙の星は 10^{26} 個以上だが、材料の数も 10^{60} 以上もある。材料探索には従来の感・コッ・経験と知識だけでなく、AI、ロボット・自動化を活用すべき。それにより、効率化だけでなく、人間の発想を豊かにする。多くのデータを活用すると俯瞰的に見えてくる。IMEC、TSMCが世界でリードしているのは、ノウハウとデータが蓄積されており、そこに皆頼る。ラボは、コネクテッド、自動・自律化、シェア、ハイスループット化が重要。世界では、大量実験にロボット、AIを採用する傾向である。光触媒探索において8日間連続で688回の実験を行った例がある。データの取得が10倍速くなる。また、AI活用により探索範囲を広げることができる。当研究室でもロボットにより成膜した材料のLiイオン伝導度の他に磁性特性も見出した。材料DXに向けては、実験現場のリアル空間では、自律化を行い、装置間をつなぐ。一方、サイバー空間では、素性と質の担保された試料のデータ蓄積、流通、共有の仕組み作りが必要である。無機・固体材料では日本がリードできる分野である。分析・計測機器メーカーには装置を売るのではなく実験データとコンピュータによる解釈を行う、各分析機器の個別最適化でなく、システム化したラボ対応の全体最適化を行うことが重要である。ARIMには材料DXの世界の物質・材料研究センターになることを望む。



【海外招待講演／ Overseas Invited Lectures】

座長 藤田 大介 (物質・材料研究機構)

「AI駆動自立型実験による材料科学」／ "Autonomous (AI-Driven) Experimental Materials Science": Martin L. Green (National Institute of Standards and Technology, USA)

材料は、超高層ビルの構造材の鉄鋼、航空機のアルミ合金やポリマー、情報通信の基幹材料のシリコン、携帯電話の圧電セラミックス、電池材料など、多くの産業技術を支えている。米国では製造技術を強化するため、情報技術や計算科学を応用して材料分野の技術革新を起こすマテリアルゲノム計画 (Materials Genome Initiative (MGI)) を立ち上げている、本講演では、MGI の現状、NIST で進めている AI 駆動材料研究の概要を紹介する。MGI は、実験、計算、デジタルデータの 3 要素からなり、実験／計算のプロジェクト (DOE の EFRC など)、計算／デジタルデータではスーパーコンピュータデータベースがある。ここ 3-5 年は、実験／デジタルデータの AI 駆動材料科学研究が推進されてきている。NIST では、目的達成型の AI 開発、ハイスループット (HTE) の自立実験プラットフォーム、次世代の研究に使えるデジタルデータプラットフォーム、産業展開に向けたコンソシアムなどを作りつつある。従来の AI では、 10^8 のサンプル、パターンマッチなど主であるが、NIST のマテリアル AI では少なく分散したサンプル数 (10^2)、外れ値を含むパターン探索と物理的意味 (Gibbs phase rule, phase structure など) のあるもの、などの特色がある。自立実験では、材料合成から解析までを AI がロボットを主導して行う。ハイスループット装置開発と結果例として合金の耐食性の電気化学実験を紹介する。ウエハ上に 500 以上の薄膜試料を作り液滴添加して試料をスキャンしながら電位-電流挙動を計測する。合金組成、溶解挙動を実験とモデル予測でマッチングさせて、最適な組成の材料を求めている。従来の実験に比べて 10^2 - 10^4 倍まで研究を加速できている。AI 駆動の HTE を行っている米国内他機関とハイスループット実験協力コンソシアムを作り、高いクオリティで、一貫したデータセットを生み出すことを行っている。

「データセントリック科学構築に向けた FAIRmat の取り組み」／“FAIRmat’s Approach toward Enabling Data-Centric Science” : Claudia Draxl (Humboldt University, Germany)

材料は周期表の元素で構成されるが、同じ元素でも、ダイヤモンド、グラファイト、グラフェン、CNT など構造によって性質が様々である。一方、材料科学は、1600 年以前は経験則、その後、波動力学のような理論科学、1950 年以降、モンテカルロ、分子動力学、密度汎関数等の計算科学やシミュレーション、そして現在は、AI を使ったビッグデータ駆動の時代となって来ている。これまで計算科学では熱遮蔽、超伝導、太陽電池、透明金属など限られた材料に対して特定の記述子で説明されている。様々の材料特性や機能に対してはそれらを定める記述子 (おそらく複数) をいかに見つけるかが鍵である。ビッグデータは小さなデータセットでは見ることでできない材料間の相関性や構造を含んでいる。ビッグデータを活用

し、記述子を定めることができれば、マシンラーニングにより自動的に材料特性のマップを書くことができ、おそらく誰も考えない材料空間に新しい候補材料が予測され得る。本講演では FAIRmat コンソシアムの概要を述べる。FAIRmat の目標は、それぞれ材料の合成、計測、理論のデータベースを AI が使える形の整理された連合データベース (Federated Database) として集積し、必要な情報を研究者に提供するデータ基盤をつくることである。ここで FAIR は Findable (検索性)、Accessible (アクセス性)、Interoperable (相互運用性)、Re-purposable/Reusable (再目的性／再利用性) を意味する。すでに FAIR データベースとして NOMAD 材料科学情報データベースがある。NOMAD はリポジトリ、アーカイブ、辞書、AI ツールキットを備えている (NOMAD の FAIR 事例がいくつか紹介された)。現在 NOMAD の FAIRmat への統合を進めている。



【Session 3: マテリアル戦略におけるデータ利活用の重要性／Importance of Data Utilization in Material Strategy】

座長 横山 利彦 (自然科学研究機構分子科学研究所)

このセッションでは、各機関間で行っているマテリアルインフォマティックス、DX、計測標準化の活動状況が報告された。

「データ活用社会創成プラットフォーム mdx におけるマテリアルズ・インフォマティックス研究・共創に向けて」／“The mdx Platform that Accelerates Cross-Disciplinary Research and its Applications to Materials Informatics” : 鈴木 豊太郎, 華井 雅俊 (東京大学) / Toyotaro Suzumura, Masatoshi Hanai (The University of Tokyo)

データサイエンス的手法を活用して新材料開発を劇的に促進するため、東大、北大、東北大、筑波大、東工大、名大、京大、阪大、九大の全国 9 大学と情報学研究所及び産総研の 11 機関で構築している高性能計算機と大容量ストレージを備えた MDX (Materials Digital Transformation) の活動を紹介する。各機関は得意とする分野を担当して、データ及びソフトウェアを MDX 上で統合、展開しつつある。機関間は情報学研究所が構築した SINET で結ばれているため、通信上の高い安全性が確保されている。外部公開データとの共有については、例えば ARIM データとのやりとりについては、Amazon S3 プロトコルを使用する。MDX では提供している仮想環境 VM (Virtual Machine) の個別の仮想プラットフォームでは、共同研究も実施されている。電子顕微鏡データのよ

うな一つのデータが1 テラバイトを越える解析・シミュレーションをこの VM 上で行える。SINET 経由で機械学習を MDX, シミュレーションをスーパーコンピュータの組み合わせもなされている。MDX は 2021 年に運用が開始され、全国のアカデミア、公的機関、企業が利用できるようになっている。

「データ時代の材料研究：NIMS の取り組み」／ "Materials Research in the Data Era: A NIMS Challenge": 出村 雅彦 (物質・材料研究機構) / Masahiko Demura (National Institute for Materials Science)

NIMS におけるマテリアル DX プラットフォームに向けた取り組みを紹介する。NIMS には、これまで世界最大級の無機化合物材料、高分子、金属・合金など整理された 12 の材料データベースが蓄積・更新され、外部には有償で提供されている。特に、金属強度データについては、破壊寿命が 40 年以上のデータが測定されている。2017 年より、解析、特性予測、設計ツールを加えたデータプラットフォーム (DPF) が構築されている。現在、約 132 台のスマート化された合成、分析・解析装置などからの実験データが自動的に収集され、機械可読の整理された形で大容量サーバに収納されている。このプラットフォームから AI 解析により、世界最高能の熱遮蔽性能複合膜や接着剤、活性の高い酸化触媒、固体電解質 Li イオン伝導率の支配因子抽出などの成果が生まれている。NIMS で培われてきた DPF、データ創生装置、材料開発プロジェクトの三位一体モデル、高速検証を支える装置のデジタル化および研究開発の現場に寄り添ったデータ構造設計は、全国規模のマテリアル DX プラットフォームへと発展される。マテリアル DX プラットフォームが成功するキーはシェアとオープンイノベーションである。SIP の経験では、同業多企業とデータ、ツールを共有 (限定的シェア) し、マテリアルインテグレーション (MI) システムを共同で開発した。その際、必要なデータは、新たな取得に加えて参加企業からも提供された。マテリアル DX プラットフォームは、広域シェアのデータ中核拠点、ARIM および限定的シェアのデータ創出・活用型プロジェクトで構成される。NIMS はどちらの領域にもデータ基盤を提供する。特に広域シェアについては、データの再利用率を 2 以上、またユーザ数は 1-2 万人規模を目標している。

「計測分析装置の出力データフォーマット標準化：現状と展望」／ "Standardization of Output Data Format for Measurement and Analysis Instruments: Current Situation and Future Plan": 一村 信吾 (早稲田大学) / Shingo Ichimura (Waseda University)

アカデミア、企業など多くの計測分析機器ユーザは異

なる計測機器で得られたデータ形式が異なるため、AI、ビッグデータなどの利用活用に問題を感じている。学術振興会において産学官で議論、2017 年からの NEDO のプロジェクトで構造、形状、組成、電子状態などの計測分析機器データの出力形式の共通フォーマット及び測定試料の共通位置合わせなどが検討された。データフォーマットは、計測分析データの独立可用性 (計測分析に関わる様々な情報が保証できる形で利用可能なこと)、独立可用性のために分析に関わるすべての入力、過程、出力を表現、拡張性の高い XML 言語で記述、ユーザのニーズに合わせた秘匿性の付与などが規定された。特にデータの品質保証のため、document (唯一性)、protocol (分析フローの再現性)、data (多様なデータ表現と不確かさの記述)、eventlog (トレーサビリティ) の 4 つのタグが付けられた。この共通化プロジェクトには島津、JEOL、日立ハイテック及び堀場の 4 社が協力。ナノ粒子について TEM/SEM (JEOL、日立ハイテック)、AFM (日立ハイテック)、DLS (堀場) 及び ICPMS (島津) の複合計測を行い、出力データのみをデータコンバータにより共通フォーマットに落とし込んだ。このほかタイヤ材料解析、磁石材料解析などについても計 14 種類の計測装置を使用して行った。その結果、各種装置のデータの相互比較が容易にでき、共通フォーマットの利便性が明らかとなった。この共通データフォーマットは計測分析機器データの出力形式の標準として JIS 化することを目指している。2022 年中には付属書も併せて完成予定である。さらに JIS 規格をベースに ISO 規格展開も想定している。



【閉会挨拶／Closing Remarks】

小出 康夫 (JAPAN NANO 2022 組織委員長) / Yasuo Koide (Chairperson of the Organizing Committee of JAPAN NANO 2022/ Director, Center for the Nanotechnology Platform, National Institute for Materials Science, Japan)

本シンポジウムでは、事前登録者 582 名、会場来場者 64 名、オンラインでは最大 264 名の参加があった。橋本 NIMS 理事長、池田文部科学省研究振興局長の挨拶に始まり、セッション 1 ではナノテクノロジープラットフォームの 10 年間のまとめ、セッション 2 では岸名誉教授によるナノテクプラットフォーム等の歴史とマテリアル DX への期待の基調講演があった。続いてラボのクラウド化 / マテリアルドックの特別講演、海外からの講演として米国 NIST の AI ドリブンマテリアルサイエンス、ドイツのデータセントリックの取り組み、セッション 3 では、コンピュータサイエンス MDX、NIMS のデータサイエンス、計測分析出力データフォーマットの標準化の紹介があった。本シンポジウムの講演者、参加された皆様に感謝する。



図2 ナノテクノロジー総合シンポジウムの開催案内の例



6. おわりに

ナノテクノロジー総合シンポジウムの第1回から第20回までの開催概要変遷を記載した。総合シンポジウムが開始された2003年頃は、ナノテクノロジーが科学技術政策において重要4課題の一つとして推進された時期である。当初は、ナノテクノロジーに関わる最前線の研究情報や異なる分野の研究者の交流の場を提供していた。2008年頃より地球規模で顕在化してきた温暖化やエネルギー問題、2011年頃からは、マテリアルゲノムやSDGs、2016年頃より超スマート社会（Society5.0）実現に向けてのナノテクノロジーの貢献が主要なテーマとして取り上げられた。特に、2020年に入って、Society5.0へのイノベーションを加速する基盤として、データ駆動型などによるマテリアル革新力強化が国の重要施策として推進されている。その状況のもと、第20回の最後のナノテクノロジー総合シンポジウムでは、ナノテクノロジープラットフォームの総括がなされるとともに、データ駆動のマテリアルDXが主題となった（図2）。

過去20回の総合シンポジウムにおいて、累計248名（海外から56名）の国内外の情報、エレクトロニクス、環境・エネルギー、バイオ・医学、社会インフラ等の分野を代表する研究者が講演した。また、シンポジウムの参加者は累計1万4千人を超えた。ナノテクノロジー総合

シンポジウムは、その運営実施母体である先端共用施設・設備ネットワークのナノテクノロジー総合支援プロジェクト、ナノテクノロジー・ネットワークおよびナノテクノロジープラットフォームとともに、全国の産学官の研究者のネットワーク・コミュニティ作りに大いに貢献したと考えられる。ナノテクノロジー総合シンポジウムで蓄積された先端研究者ネットワークなどの貴重な情報は、マテリアルDXプロジェクトへ引き継がれていくであろう。



謝辞

本稿作成にあたり、関連資料の提供およびご助言をいただいた物質・材料研究機構技術開発・共用部門ナノテクノロジープラットフォームセンターの小出 康夫センター長、三留 正則副センター長、吉原 邦夫運営室長、渡辺 明男特別研究員、およびプラットフォームセンター各位、統合型材料開発・情報基盤部門材料データプラットフォームセンターの田沼 繁夫データサービスチーム長、さらには科学技術振興機構イノベーション拠点推進部の平原 奎治郎フェローに感謝申し上げる。

（ナノテクノロジープラットフォーム 元センター長／
物質・材料研究機構 名誉理事 野田 哲二）