

2014年度 つくばイノベーションアリーナ
ナノテクノロジー拠点(TIA-nano)
事業報告書



目次

1. はじめに.....	3
2. 拠点整備・運営.....	4
2.1. 運営体制強化.....	4
2.2. 運営状況.....	4
3. 研究領域、開発研究連携領域のワーキンググループ活動状況.....	6
3.1. ナノエレクトロニクス WG.....	6
3.2. パワーエレクトロニクス WG.....	9
3.3. N-MEMS WG.....	12
3.4. ナノグリーン WG.....	15
3.5. CNT/ナノ材料安全評価 WG.....	18
3.6. 計測技術 WG.....	21
4. 共用施設.....	24
5. 人材育成.....	25
5.1. 大学院連携 WG.....	26
5.2. ナノテクキャリアアップアライアンス (Nanotech CUPAL).....	30
6. 知財.....	31
7. 国際連携.....	32
8. 広報.....	32
9. モニタリング指標.....	35

1. はじめに

中期計画最終年度となる 2014 年度は、中核 4 機関である独立行政法人産業技術総合研究所（以下産総研）、独立行政法人物質・材料研究機構（以下 NIMS）、国立大学法人筑波大学（以下筑波大）、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構（以下 KEK）、一般社団法人日本経済団体連合会（以下経団連）を中心に、主たるユーザである産業界や所管府省等の意見を踏まえながら、次期中期期間における TIA-nano 拠点のビジョンを策定した。

運営体制としては運営最高会議議長として住川雅晴氏が就任し、住川議長の強力なリーダーシップの下、一体となった運営体制を確立した。

拠点活用プロジェクトとして、新たに内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）に TIA-nano からの提案が採択され、拠点を活用したプロジェクトの推進が開始された。その他のプロジェクトからも前年度に増して大きな研究成果が上がっており、国際会議での TIA-nano の存在感が引き続き増している。

また、昨年度設置した計測技術 WG が活動を開始し、新たに「開発研究連携領域」として「計測技術」領域を設置し、光・量子発生および計測技術の革新とその利用研究の高度化を目指す「光・量子産業応用イニシアチブ」事業が開始された。

新たな人材育成事業として、文部科学省の科学技術人材育成費補助事業「科学技術人材育成のコンソーシアムの構築事業」に中核 4 機関（産総研、NIMS、筑波大、KEK）と京都大学等が中心となった「ナノテクキャリアアップアライアンス（Nanotech CUPAL）」が採択され、我が国のナノテク研究人材のキャリアアップと流動性向上を図るための活動を開始した。

さらに、知財 WG の活動を通じて中核 4 機関が保有する知的財産権のワンストップライセンスの協定書を締結し、ユーザのニーズに応じたライセンスングを簡便に行う体制を整備した。

本書では第 2 章で拠点整備・運営、第 3 章にコア研究領域及び開発研究連携領域ごとのワーキンググループ（以下 WG）の活動、第 4 章で共用施設に関する取り組み、第 5 章で人材育成に関する取り組み、第 6 章で TIA-nano の知財に関する取り組み、第 7 章で国際連携に関する取り組み、第 8 章で広報活動に関する取り組み、第 9 章で評価関連の資料を示す。

2. 拠点整備・運営

2.1. 運営体制強化

運営最高会議議長として、新たに住川雅晴氏が就任し、産業界の経験を活かした強力なリーダーシップの下、一体となった運営体制を確立した。

また、運営最高会議メンバーの議決権を担当役員等へ委譲し、定期的に運営最高会議を開催することで、迅速な意思決定を行った。さらに、次期中期ビジョン検討として、担当役員による検討を6月から毎月行うなど、次期の運営に向け、中核機関連携の共通認識を高めた。

WGや事務局の企画機能として、SIPの「革新的構造材料」やNanotech CUPALの採択に向け、中核機関が一体となった企画検討体制をテンポラリーに構築し、各事業の採択に繋げた。さらに、ナノバイオ（仮称）TFを立ち上げ、中核機関が一体となり検討の深化と今後新たな企画検討体制のモデルを確立した。

2.2. 運営状況

運営最高会議

- ・ 第25回運営最高会議（2014年6月25日主な議題は下記の通り。）
 - 平成25年度決算、会計監査報告および平成26年度予算計画について
 - 第5回公開シンポジウム企画案について
 - 米国（NIST および Albany ナノテク）視察報告
 - 文科省事業「科学技術人材育成のコンソーシアムの構築」
 - 第二期中期計画策定について
- ・ 第26回運営最高会議（2014年9月19日、主な議題は下記の通り。）
 - 第5回TIA-nano 公開シンポジウム開催報告について
 - nano tech 2015 へのTIA-nano ブース出展について
 - 新たなコア研究領域の設定に向けたTFの設置について
 - 第2期中期計画策定について
- ・ 第27回運営最高会議（2014年10月20日、書面審議）
 - つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点（TIA-nano）運営最高会議議長の互選について
- ・ 第28回運営最高会議（2014年11月14日、書面審議）
 - TIA パワーエレクトロニクス寄附講座（第二期）開講に向けた企業への協力依頼状の発行について
- ・ 第29回運営最高会議（2014年12月19日、主な議題は下記の通り）
 - TIA-nano 第2期中期ビジョン策定について
 - 専決及び権限の委任規程の改正について
 - 拠点活用PJの追加認定について

- 文部科学省「科学技術人材育成のコンソーシアムの構築事業」ナノテクキャリアアップアライアンス (Nanotech CUPAL) について
- JST「我が国の未来を拓く地域の実現に関する調査研究」の採択結果について
- nanotech 2015 への TIA-nano ブース出展について
- ・ 第 30 回運営最高会議 (2015 年 3 月 18 日、主な議題は下記の通り。)
 - 中核機関の法人名変更に伴う規約類の改正について
 - 平成 27 年度の TIA-nano 予算負担額について
 - nanotech2015 への出展報告について
 - TIA-nano 第 2 期中期の策定について

運営諮問会議

- ・ 第 13 回運営諮問会議 (2014 年 10 月 22 日、主な議題は下記の通り。)
 - nanotech2015 への出展について
 - 第 5 回 TIA-nano 公開シンポジウム開催報告について
 - TIA 連携大学院サマー・オープン・フェスティバル 2014 開催報告について
 - TIA-nano ナノバイオ新領域 TF について
 - 第 2 期中期計画策定について

事務局会議及びその他の運営に係わる会議等

1 回/月のペースで開催し、TIA-nano 運営の実務に関する検討を行った。また、事務局長、次長による事務局幹部連絡会議を 1 回/月以上のペースで開催した。さらに、第 2 期中期ビジョン策定のため、担当役員による検討を上記の運営最高会議、運営諮問会議も含め 2014 年 6 月から毎月行った。

3. コア研究領域、開発研究連携領域のワーキンググループ活動状況

3.1. ナノエレクトロニクス WG

<WG 活動概要>

1. 新規研究プロジェクトの立案

ナノエレ分野のプロジェクト検討については、COCN および「新会社設立準備委員会」という新たな検討の場が形成されたため、WG 各委員がこれらの会へ参画する形で進めた。

産業競争力懇談会（COCN）は、日本の産業競争力の強化に深い関心を持つ産業界の有志により、国の持続的発展の基盤となる産業競争力を高めるため、科学技術政策、産業政策などの諸施策や官民の役割分担を、産官学協力のもと合同検討により政策提言としてとりまとめを行っている。2013 年度には推進テーマのひとつとして「国際競争力強化を目指す次世代半導体戦略」が取り上げられ、2014 年 3 月 3 日付で最終報告書が出された。この報告書では TIA-nano について、ナノエレクトロニクスに関する複数のプロジェクトが発足し、高い水準の研究成果を上げているが、まだ各企業が実用化できる技術にまで達していないものもあるため、これら研究成果を実用化するためのプロジェクトやアプリと連携した各種基準や標準の構築、異業種と連携するプロジェクトを実施する組織として「新会社」の提案がされた。

この提言では、2014 年度より「新会社設立準備委員会」を設置し、参加メンバーで「新会社」で実施するプロジェクト/プログラムを具体化し、さらに事業計画の策定、組織・制度設計の具体化などを進めることも提案され、2014 年 4 月よりテーマごとにワーキンググループが形成され準備が進められた。

2. 研究インフラおよびプロジェクトの動向

SCR 運営の中心であった「ナノエレクトロニクス・コンソーシアム」が最終年度となった。来年度以降は 300mm ラインでの活動へ集約することとし、研究クリーンルーム（1500m²）の停止作業を行った。

最終年度であった「低炭素社会を実現する超低電圧デバイスプロジェクト」は、LSI 評価チップの設計、試作検証まで完了し、原子スイッチや TRAM ; Topological switching RAM などの大きな成果を達成した。なお、2 つのサブテーマは 1 年継続することとなった。

<WG 等開催状況>

- ・ 「新会社設立準備委員会」へ参加
- ・ ナノエレクトロニクス・コンソーシアム総会（2014 年 10 月 3 日、2015 年 3 月 23 日）

<拠点活用プロジェクト概要>

低炭素社会を実現する超低電圧デバイスプロジェクト

本プロジェクトは、ロジック集積回路の超低電圧動作（0.4V 以下）に向け、LSI の配線層（Back End Of Line：多層配線工程）に集積可能な抵抗変化型不揮発デバイス（BEOL デバイス）と、BEOL デバイスと組み合わせることにより更なる低電力化を実現する集積化基盤技術を開発する。2014 年度は、産総研スーパークリーンルームと半導体企業製造ラインを、300mm ウェハで繋げた新たなオープンイノベーションのパラダイムを活用し、アプリを想定した LSI レベルの評価チップを設計、試作検証を進めた。BEOL デバイスの 3 テーマについて、「原子移動型スイッチデバイス」では大規模再構成可能回路や ROM を搭載したアプリチップで、高速・低電力演算処理を実証。「磁性変化デバイス」では、ばらつきを抑制した高密度化プロセスによりロジック混載キャッシュメモリとしての有効性を実証。「相変化デバイス」では、超格子を用いた融けない抵抗変化をする革新的な相変化メモリを開発し、TRAM；Topological switching RAM と命名した。「ナノトランジスタ構造デバイス(SOTB)」では、アプリを想定したマイコンなどの各種評価チップを試作し、超低電圧・高効率動作を実証した。「三次元ナノカーボン配線」では、低温、300mm プロセスで配線形成プロセスを構築するとともに、結晶品質、層間ドーピング等低抵抗化開発を推進した。

超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発

本プロジェクトでは半導体プロセス技術で実現するシリコンフォトニクス素子及び光集積回路を開発、更に、電子回路と実装するための低コスト光エレクトロニクス基盤実装技術を開発する。光集積回路をシステム化して電子機器に搭載することで高性能化にともない増大する機器の消費電力を大幅に削減（サーバで 3 割減）することを目標としている。

本年度は、

- ・ 5 mm 角で並列 25 Gbps×12 ch の超小型送受信トランシーバチップを開発、消費電力で既存の 1/3 となる 5 mW/Gbps の世界最高の性能を実証した。
- ・ 大容量伝送の基盤要素技術となる波長多重化デバイスとして、世界最高の広帯域・平坦な 4 波長号分波器を開発した。
- ・ 96 芯ポリマー光回路を持つ 50mm 角の光電子ハイブリッド回路基板を開発し、25Gbps 信号伝送を実証した（世界発）。

以上により、低コスト基盤技術の確立にめどをつけた。

光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点

2014 年度は、前年度までに開発した各要素技術のプロトタイプを垂直統合し、ダイナミック光パスネットワークのテストベッドを構築した。これを用いて、8K スーパーハイビジョンをはじめとする超高精細映像関連アプリケーションの公開デモ実証を行った。本テストベッドは、90Tbps という大容量を 6kW で収容可能であることを実測した。

次世代半導体微細加工・評価基盤技術の開発

(1) EUV マスクブランク欠陥検査技術開発

前年度までに開発を完了した hp16nm 世代対応マスクブランク欠陥検査装置を hp11nm 世代に対応すべく、欠陥検出の感度と安定性の向上、ならびに生産性向上とメンテナンスコスト低減のための実用化技術開発を実施した。

(2) EUV マスクパターン欠陥検査技術開発

前年度までに基本性能を確認した hp16nm 世代対応マスクパターン欠陥検査装置を hp11nm 世代に展開すべく、高感度を実現するための高精度画像処理技術、ならびに高スループットを実現するための高速画像取得技術の開発を行った。

(3) EUV レジスト材料技術開発

- ・ hp11nm 以細に対応するレジスト材料評価の課題を明確にし、解像度、LWR、感度、低欠陥性の観点で優れた特性を持つレジスト材料およびプロセス開発を、特に高感度化に注力して推進した。
- ・ デファクトスタンダードとなっているレジストアウトガスの評価手法の妥当性を、国際的協業の枠組みの中で検証し、改善すべき課題を明らかにした。
- ・ hp15nm レベルに対応できる DSA 材料を用いて実用性の高い新規パターンニングプロセスを構築するとともに、Sub 10nm の実現に向けた DSA 材料開発を推進した。

革新的製造プロセス技術開発（ミニマルファブ）

ほとんど全てのデバイス 1 個のサイズをカバーする 0.5 インチウェハを製造単位として、そのウェハに対応した幅 30cm の装置を開発し、かつ局所クリーン化技術でクリーンルームを不要とすることで、設備投資と運用経費を大幅に削減する超小型製造システム（ミニマルファブ）を速やかに実現する。

2014 年度は実用ミニマル装置（リソグラフィー装置群）の商用機を開発するとともに、開発したミニマル装置だけを用いて、pMOS インバーターを試作し、良好なインバーターを得ることに成功した。また、見本市であるセミコン会場にて、半日で 50 種のミニマル装置を起動し、インバーターを 2 日で設計、製造するデモを行い大変な注目を集めた。

次世代スマートデバイス開発プロジェクト／車載用障害物センシングデバイスの開発

昼夜問わず遠距離の歩行者・車両を検知（測距）する車載用障害物センシングデバイスを開発する。受光素子と信号処理回路を分離して受光素子の実面積を大きくしつつ、受光素子と信号処理回路を三次元実装技術により接続することで、次世代の車載用障害物センシングデバイスの開発を目指す。

2014年度は、シリコン貫通電極の研究開発製造ラインの整備を行い、今後の車載センサデバイスへのシリコン貫通電極の作製への基礎検討を行った。

3.2. パワーエレクトロニクスWG

<WG活動概要>

パワーエレクトロニクスWGでは、FIRSTプログラム等の拠点活用プロジェクトを推進しつつ、世界トップの研究開発を推進すると共に、魅力的なオープンイノベーション拠点を形成するための以下の施策を中期計画の主要な目標として定め推進した。

(1) 人材育成：T I Aパワエレ連携大学院の構築（筑波大寄附講座、産総研連携講座）

◆実績：2013年4月開講（2寄附講座＋1連携講座）学生数20名（2015年度予定）

(2) 人材育成：パワーエレクトロニクス・サマースクール

◆実績：2012年8月第一回。参加者154名（内、学生100名）2014年度実績

(3) 民活型共同研究体T P E Cの設立と運営

◆実績：2012年4月発足。民間企業30社、大学等10機関が参加。

(4) 魅力ある拠点形成

◆実績：2014年5月から製造ラインの24時間稼働を開始

パワーエレクトロニクスについては、米国、欧州で大型拠点構築が着手されている。第二期以降の当WGの活動の方向性については、海外動向を踏まえた上で、次年度に見直す予定である。

<WG開催状況>

	日時	場所	出席者
第1回	2014年4月14日	発明会館	15名(外、オブザーバ4名)
第2回	2014年6月16日	発明会館	14名(外、オブザーバ2名)
第3回	2014年9月2日	発明会館	13名(外、オブザーバ4名)
第4回	2014年12月2日	発明会館	10名(外、オブザーバ1名)
第5回	2015年1月20日	発明会館	14名(外、オブザーバ1名)

<中期計画アクションプランとその達成度自己評価>

アクションプラン総括表と自己評価結果					
項番	項目	ポイント	アクションプランのポイント	課題	自己評価
1	拠点のかたち	TIA拠点を活用した垂直連携方式	リスクの高い研究開発をTIAで実施	・中長期的には、パワエレ全体を課題としてとらえること ・産業界からの投資呼び込み ・公平かつ合理的な費用分担ルール設定 ・海外の成功事例調査	X
2			垂直連携による開発期間短縮とコスト低減		O
3			受益者によるコストシェアリング		O
4		コアコンピテンスをもつ他研究機関とのネットワーク	専門領域ごとのきめ細かな対応		O
5			高温実装材料開発ネットワーク		O
6	研究テーマ設定	ロードマップ	研究開発資源を集中するための方針決定	民間主体で進めるべきテーマと国プロで行うべきテーマの仕分け	O
7			研究テーマ検討タスクフォース立ち上げ		O
8	産業界が利用しやすい環境づくり	産業界人材の拠点での活動に関する各種制限等の緩和	柔軟な労務管理	・拠点設置機関との調整	O
9			二交代・三交代勤務		O
10			フレックスタイム		O
11			長時間勤務者の代休取得制度		O
12			現場に適合した安全管理体制		O
13			産業界有識者による拠点の安全管理・運営		O
14			産業界との共同研究における政府調達ルールの適用除外		X
15			クリーンルームの24時間維持管理体制の人材確保		O
16			クリーンルーム内設備運転要員(テクニシャン)の確保		O
17			ビジネスに直結できるサンプル展開・知財の運用・管理方法の整備		O
18	拠点インフラ整備	中長期の視点での計画的設備更新	産業界にとってリスク低減。先進プロセス試作・先端機器の試用	装置メーカーの協力	O
19	人材	パワエレ人材育成	必要な学生数、講座数の把握寄付講座設置計画立案	国内調査、海外調査	O
20			夏季集中セミナー開催		O
21			学生に対する長期宿泊施設の利用期間制限の撤廃(現状1年)		X

<拠点活用プロジェクト概要>

低炭素社会を実現する新材料パワー半導体プロジェクト

6 インチ対応 SiC 高品質ウェハ作製技術 (バルク、加工、エピ)、および 3~5kV 級高耐圧 SiC MOSFET 技術の開発を行う。(2014 年度はプロジェクトの最終年度)

2014 年度の主要成果の概要

- 結晶成長では、低コスト化が期待される溶液法でφ50mm×21.5mm のバルク単結晶を得るとともに、昇華法では不可能であった p 型 35mΩcm の超低抵抗率を達成
- ウェハ加工技術では、6 インチ一貫加工プロセスを構築し、トータル加工時間 9.7 時間 (従来 3 日)、潜傷フリーの高速高品質加工を実証

- エピタキシャル膜成長技術では、6 インチで実用レベルの膜質を実現するとともに、厚膜用には、成長速度 100 $\mu\text{m/h}$ 以上で高均一低エピ欠陥を実現
- 高耐圧デバイス技術では、トレンチ型 SiC-MOSFET でトップレベルの耐圧 3.7 kV、特性オン抵抗 8.3 $\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ を実現、更に SJ 構造により理論限界を超える耐圧向上効果を実証（国際会議 ISPSD2014 で Best Papers Award 受賞）
- 評価技術では、エピウエハの表面欠陥を同定、MOS ゲート寿命との相関を統計的に解析し、低寿命品を選別できることを示した。

低炭素社会を実現する新材料パワー半導体プロジェクト／高耐熱部品統合パワーモジュール化技術開発

接合温度 225°C で動作する SiC パワー素子近傍に、高耐熱受動素子を実装する高温動作 SiC パワーモジュールを試作し、耐熱性と電気特性の評価を通して、高温動作における課題を抽出するとともに、その解決の見通しを示す。（2014 年度はプロジェクトの最終年度）

2014 年度の主要成果：目標達成

1200V/50A 級 SiC パワーモジュールを試作し、接合温度 225°C における動作を達成するとともに、高温動作時のモジュールの耐熱性と電気特性の詳細評価として、通電条件・冷却風速変えた時の各部の温度上昇測定値と設計値との差異の調査分析、スナバ回路による過電圧抑制の確認、高速動作性能の確認と誤点弧改善策の検討、実用に近い状態でのノイズ影響評価等を実施した。これらの評価を通して組合せ耐久性の改善、組立時の温度等の影響軽減の観点からプロセス条件、材料の改善策を取り纏めた。

戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 「SiC 次世代パワーエレクトロニクス of 統合的研究開発」

SiC パワーエレクトロニクスの普及と適用先拡大を目指した次世代技術として、[1] エピ成長やウエハ加工をも含めて革新的手法を取り入れた次世代 SiC ウエハ（基板）作製技術、[2] 低損失性・高耐圧性をより向上させる新規構造／プロセスを取り入れた次世代 SiC デバイス作製技術、[3] 高電流密度デバイスを搭載したうえで小型軽量化と信頼性評価法確立を目指す次世代 SiC モジュール作製技術を対象に、一貫した統合的研究開発を当該分野における産学官の有力研究機関の研究者を結集して行う。

2014 年度は、プロジェクト初年度として下期から活動を開始し、契約や規程類整備を含めた実行体制構築、三つのサブテーマに関して実行計画の精密化、プログラム内の他拠点との連携関係構築を行うと共に、SiC 関連技術実用化のキーであるウエハ欠陥とデバイス信頼性に関する新たな知見を見いだすなどの成果を得た。

つくばパワーエレクトロニクスコンステレーション(TPEC)

民活型共同研究体として、自律的かつ持続的なオープンイノベーション活動を展開。素材から応用に至る民間企業 30 社と公的機関が参集し活動を行っている。本年度からデバイス試作ラインの 24 時間稼働を開始。TPEC の資金的支援で活動するパワーエレクトロニクス・サマースクールは 3 回目となり、参加者は 150 名に達した。研究開発については、FIRST プログラムや FUPET の研究成果を受け取りつつ、産業界がビジネス判断をできるように橋渡し活動を実施する。

3.3. N-MEMS WG

<WG 活動概要>

1) 全体概要

米国から「トリリオンセンサ」、欧州から「新製造革命・インダストリ 4.0」との新しい概念が台頭した。「トリリオンセンサ」は、半導体産業の次の世代の大型投資産業として位置付けられ、ネットワーク化した (MEMS) センサーモジュールが大量に必要なこと、また「インダストリ 4.0」はセンサと IT (情報産業) が連携して、製造業に革命が興るとの概念であって、センサの時代が来たことを予感させている。このような背景の中で、N-MEMS WG は産官学連携の MEMS 領域のハブとして活動してきた。

2) 研究拠点の活動状況

①集積マイクロシステム研究センター

8, 12 インチラインの整備として、特に実装工程の充実を中心に取り組んだ。具体的には大面積イオンミリング装置、レーザ接合装置、関連の検査装置等を導入した。

社会インフラ・産業機器モニタリングや農業・畜産へのモニタリング技術応用など、引き続き課題解決型共同研究活動の推進を図る。具体的には NEDO プロジェクト「グリーンセンサネット」でコンビニや、オフィス、工場等の消費エネルギーモニタリングを継続している。本年度から社会・産業インフラモニタリングプロジェクトをスタートさせ、SIP プロジェクトで畜産モニタリングプロジェクトを開始した。

今年度から文部科学省の Nanotech CUPAL (Nanotech Career-up alliance) が開始され、産総研が中核機関となった。今年度は実習に必要な機材の整備や実習教材の作成、実習プログラムの企画等を行った。

②マイクロナノ・オープンイノベーションセンター(MNOIC)

MNOIC 活動も 4 年目を迎え、MNOIC を用いて本格研究開発を行うパワーユーザが出てきた。また産総研・共用施設利用の制度を利用することで、試作したサンプルの販売が可能になる「工程受託サービス」を新たに追加し、ユーザの利便性に備えた。

研究支援の質的向上を目指して、技術ノウハウの蓄積、装置やプロセス単位での品質管理に努めた。また産総研や MEMS 関連国家・NEDO プロジェクトからの外注業務を実施することで最先端の技術開発を行うスキルを身につけつつある。これらに応えるため、装置スタッフ、研究者、技術者を雇用し、現在技術スタッフは総勢で 12 名となった。

3) 連携拠点の活動状況

①筑波大

研究設備の有効利用を図るオープンファシリティー化を推進し、文部科学省・ナノテクプラットフォーム利用のために装置 13 台を登録している。現在、30 を超えるナノテク関連装置が有り、今後も段階的に登録を増やす予定である。プラットフォームの業務を行う技術支援者は現在 1 名のみであるが、学生に装置の操作方法を教育し、支援を行う体制を整えている。支援業務は、2013 年度までは技術相談と技術代行のみであったが、2014 年度からは、機器利用での支援も開始し、利用者がより利用しやすいように受け入れ体制を整えている。平成 26 年 12 月現在でのプラットフォームとしての利用件数は 44 件、利用料収入は 160 万円となっている。まだ少ないが、事業が始まった平成 24 年度以降、利用件数、利用料収入は順調に伸びている。

②NIMS

文部科学省補正予算によりスタートした「低炭素研究ネットワーク」のハブ拠点として、28 点の先端研究施設の外部共用化を平成 23 年度から実施している。共用施設の利用件数は、事業開始以来、年々増加しており、26 年度 (1Q-3Q) は、計 1707 件の利用があった。前年度 (25 年度) の通年総利用件数は 2,363 件であったことから、26 年度もほぼ同等の利用件数に達するものと思われる。

形状記憶合金薄膜アクチュエータの高機能化の一つとして、ポリイミドフィルムと形状記憶合金薄膜を組み合わせた複合膜アクチュエータの開発を行った。40g のコインを 5mm のストロークで上下させることができる複合膜アクチュエータを開発した。

4) 拠点活用プロジェクト

- GSN(グリーンセンサ・ネットワーク技術開発プロジェクト) : 2014 年で終了
- RIMS(道路インフラ状態モニタリング用センサシステムの研究開発) : 2014 年開始
- UCoMS(ライフラインコアモニタリングシステムの研究開発) : 2014 年開始

<WG 開催状況>

	開催日	場所	参加者
第 1 回 WG	2014 年 6 月 19 日	マイクロマシンセンター (秋葉原)	17 人
第 2 回 WG	2015 年 2 月 9 日	マイクロマシンセンター (秋葉原)	19 人

<拠点活用プロジェクト概要>

グリーンセンサ・ネットワーク技術開発プロジェクト(GSN)

- ・ 研究開発項目①「グリーン MEMS センサの開発」
- ・ 研究開発項目②「無線通信機能及び自立電源機能を搭載したグリーンセンサ端末の開発」

小型・低コストを目的とした電流・磁界センサ、塵埃センサ、VOC センサ、CO₂ センサ、およびフレキシブル電流センサの試作および CR、ファクトリ、及びオフィスに設置して実証実験を行った。また、センサ端末の低電力化を図る LSI の試作・評価および 1000 個のセンサ端末からの無線通信を可能にする高感度無線機の製作と技術基準適合証明の取得を行った。

道路インフラ状態モニタリング用センサシステムの研究開発(RIMS)

本研究開発では高速道路の橋梁、道路付帯物、法面等を対象にして、環境エネルギーを利用した自立電源を有し、各フィールドのモニタリングに適した新規の小型、安価、高性能、高耐久性の無線センサ端末を開発し、各フィールドのセンシングシステムを統合して道路インフラのトータルな維持管理が可能な道路インフラモニタリングシステム（RIMS:ROAD Infrastructure Monitoring System）を構築する。つくば地区ではこの中で、「フレキシブル面パターンセンサによる橋梁歪センシングシステム」と「高耐久性パッケージング技術の開発」を実施している。



ライフラインコアモニタリングシステムの研究開発(UCoMS)

公共的な施設のエネルギー供給管理システム等のライフラインのコアを対象に無線センサネットワークを構築し、異常検知・交換時期の予測が可能な「ライフラインコアモニタリングシステム」を開発することを目的とし、つくば地域では、設置場所・コストの制約を大幅低減できる自立電源で駆動するライフラインコアモニタリング用振動センサデバイスと、センサを駆動させ無線データ通信を可能にする自立センサ端末の開発を行う。

3.4. ナノグリーンWG

<WG 活動概要>

はじめに研究活動として、関連する2つの拠点活用プロジェクトにおける進捗概要を述べた後、本WGの会合および関連するイベント等を記す。

研究活動としては、関連する拠点活用プロジェクトの1つ「ナノ材料科学環境拠点(GREEN)」にて、①全固体リチウム二次電池の酸化物正極と硫化物固体電解質の界面に対する高精度電子・原子シミュレーションに世界で初めて成功し、正極界面における界面抵抗の起源を理論的に実証した、②従来よりも幅広い波長領域の可視光が利用できる水分解光触媒を新規に開発した、などの成果を挙げた。

また、もう1つの拠点活用プロジェクトである「低炭素化材料設計・創製ハブ拠点」では、主なものとして次の成果を挙げた。

まず、加速研究対象テーマ1「高性能な熱電変換材料の開発」では、①熱電変換材料のナノ構造化によるフォノンの選択散乱による熱電高性能化、②高温熱電材料の内包原子制御による抜群のp、n制御の起源の解明、などを達成した。

加速研究対象テーマ2「高効率電力変換用パワーデバイス材料開発とデバイスの実証」では、高電流密度ダイヤモンド/Al₂O₃/ZrO₂ 接合トランジスタ試作に成功した。

加速研究対象テーマ3「データストレージ・メモリ用磁気機能性材料の開発と評価」では、①磁気ヘッドへの応用を狙った高出力非局所スピナルブ素子の作製、②高集積度の不揮発磁気メモリへの応用が可能な巨大な界面垂直磁気異方性とトンネル磁気抵抗効果の確認、などの成果を挙げた。

加速研究対象テーマ4「白色LED用蛍光体材料」では、白色LED用途の蛍光体用途に適した新規結晶を発見した。

低炭素化材料設計・創製ハブ拠点については、2014年9月に開催された第5回TIA-nano公開シンポジウムにおいて、「TIA-nano 共用装置活用における成果」と題したTIA-nano共用装置の枠組み全体を紹介する講演の中で、NIMSに設置された外部利用促進をミッションとした仕組みとして触れられた。またポスターセッションでも同プロジェクトを紹介するとともに、GREENも「ナノ材料科学環境拠点(GREEN) ～産学が連携し、環境技術の基礎基盤的研究を推進する研究拠点へ～」と題して紹介を行った。

また、2015年1月に開催されたnano tech 2015展では、「参加しませんか」コーナーで、GREENのオープンラボ事業の紹介を行ったほか、GREEN研究者の成果として、燃料電池のセルの展示を行った。ブースで閲覧に供した装置写真集では、低炭素化材料設計・創製ハブ拠点の保有する共用装置群の一部を紹介した。

WG会合は、2014年5月と2015年2月の2回開催した。TIA-nano 運営最高会議を中心とした第2期中期計画策定へ向けた動きが活発化する中で、2回の会合が行われ、ナノグリ

ーンをキーワードとした産官学の人材が集う本 WG の特長を活かし、同中計について独自の観点でつくば地区が担うべき役割等の討議を行った。さらに、本討議内容について TIA-nano 関係者とも共有し、中期計画策定へ本 WG の意見が反映されるよう努めた。また、本 WG に関連する拠点活用プロジェクト等の活動状況や TIA-nano 全体に関わる情報を報告し、委員との意見交換を行った。

関連するイベントとしては、TIA 連携大学院サマー・オープン・フェスティバルにおいて、筑波大と NIMS の共催による第 2 回 TIA ナノグリーン・サマースクールが開講され、NIMS 研究者を含む講師陣による講義が行われた。2 日目には TIA ナノエレクトロニクス・サマースクールとの合同ポスターセッションが行われた。同ポスターセッションでは、本 WG に関連する企業に所属する方々にコメンテーターとして参画頂いた。さらに、最終日には NIMS 施設見学ツアーとして、講義のあった有機薄膜太陽電池のほか、クリープ試験、蓄電池基盤プラットフォームなどの見学が WG 事務局サポートの下行われた。

<上記以外の主な関連イベント>

開催日	イベント名
2014 年 4 月 21 日	第 10 回 NBCI-NIMS 合同連携セミナー
2014 年 6 月 2 日	NIMS 並木地区
2014 年 6 月 26 日	第 11 回 NBCI-NIMS 合同連携セミナー
2014 年 8 月 28 日	第 12 回 NBCI-NIMS 合同連携セミナー
2014 年 9 月 5 日	電池材料解析ワークショップ (GREEN、ALCA-SPRING 共催)
2014 年 10 月 31 日	第 13 回 NBCI-NIMS 合同連携セミナー
2014 年 12 月 9 日	ビジネス・エンカレッジ・フェア 2014
2014 年 12 月 12 日	第 14 回 NBCI-NIMS 合同連携セミナー
2015 年 1 月 7 日	第 9 回 GREEN シンポジウム

他、GREEN オープンセミナーなど

<WG 開催状況>

開催日	場所	参加者
2014 年 5 月 21 日	NIMS 並木地区	13 人 (+オブザーバー 2 人)
2015 年 2 月 26 日	NIMS 並木地区	12 人 (+オブザーバー 1 名)

<拠点活用プロジェクト等概要>

低炭素化材料設計・創製ハブ拠点

主なものとして次の成果を挙げた。

まず、加速研究対象テーマ1「高性能な熱電変換材料の開発」では、①熱電変換材料のナノ構造化（ナノシート化、SPS 焼結）によるフォノンの選択散乱による熱電高性能化、②高温熱電材料の内包原子制御による抜群の p、n 制御の起源の解明、などを達成し、それぞれ次のとおり発表した。

- C. Nethravathi, R. Rajamathi, M. Rajamathi, R. Maki, T. Mori, D. Golberg, Y. Bando, “Synthesis and thermoelectric behaviour of copper telluride nanosheets” *Journal of Materials Chemistry A* 2 (2014) 985-990.
- R. Sahara, T. Mori, S. Maruyama, Y. Miyazaki, K. Hayashi, and T. Kajitani, “Theoretical and experimental investigation of the excellent p-n control in yttrium aluminoborides”, *Sci. Technol. Adv. Mater.* 15 (2014) 035012.

加速研究対象テーマ2「高効率電力変換用パワーデバイス材料開発とデバイスの実証」では、高電流密度ダイヤモンド/Al₂O₃/ZrO₂ 接合トランジスタ試作に成功し、その成果を、下記において発表した。

- “Doping and interface of homoepitaxial diamond for electronic applications,” *MRS Bulletin*, 39, 499, (2014) Y. Yamazaki, E. Gheeraert, Y. Koide

加速研究対象テーマ3「データストレージ・メモリ用磁気機能性材料の開発と評価」では、①磁気ヘッドへの応用を狙った高出力非局所ピンバルブ素子の作製、②高集積度の不揮発磁気メモリへの応用が可能な巨大な界面垂直磁気異方性とトンネル磁気抵抗効果の確認、などの成果を挙げた。

加速研究対象テーマ4「白色LED用蛍光体材料」では、白色LED用途の蛍光体用途に適した新規結晶を発見した。その成果を下記のとおり発表した。

- B. Dierre, T. Takeda, T. Sekiguchi, T. Suehiro, K. Takahashi, Y. Yamamoto, R.-J. Xie, N. Hirosaki, “Local analysis of Eu²⁺ emission in CaAlSiN₃,” *Sci. Technol. Adv. Mater.*, 14, 064201 (2013).
- S. Funahashi, Y. Michiue, T. Takeda, R.-J. Xie, N. Hirosaki, “Substitutional disorder in Sr_{2-y}Eu_yB_{2-2x}Si_{2+3x}Al_{2-x}N_{8+x} (x=0.12, y=0.10),” *Acta Cryst.*, C70 452-454 (2014).

ナノテクノロジーを活用した環境技術開発（ナノ材料科学環境拠点(GREEN)による）

環境エネルギー問題へのインパクトが直接的でかつ大きい、太陽光エネルギーから出発するエネルギーフローに関わる一連の材料技術である太陽光発電、光触媒による燃料製造、電力貯蔵用二次電池、及び燃料電池を出口側の対象として、開発指針を与える基礎となる計算科学手法、及び高度その場解析技術を駆使して、出口課題の実用化に向けて必要なブレークスルーのための共通基盤課題である表面・界面現象の理解と制御技術を確立し、飛躍的な効率向上、安全性改善等の課題解決を目指している。

2014 年度は、①全固体リチウム二次電池の酸化物正極と硫化物固体電解質の界面に対する高精度電子・原子シミュレーションに世界で初めて成功し、正極界面における界面抵抗の起源を理論的に実証した、②従来よりも幅広い波長領域の可視光が利用できる水分解光触媒を新規に開発した、などの成果を挙げている。

2015 度は、全固体二次電池、リチウム空気電池に加え、ペロブスカイト太陽電池の特別推進テーマに対して、これまで高度化された計測・計算による基礎基盤技術を用いて、融合的な研究を本格的に推進するとともに、オープンラボ、RA 制度を活用し、ネットワークの強化、若手人材の育成にも引き続き貢献する。

3.5. CNT/ナノ材料安全評価 WG

<WG 活動概要>

カーボンナノチューブ並びにナノ材料安全評価について、海外で先例となる拠点は無く、つくばイノベーションアリーナの中で、下記の目標を設定し、日本型研究拠点を構築すべく、拠点活動を進めている。

コア研究領域の目標

(1) カーボンナノチューブ

低炭素社会の実現に資する超軽量・高強度融合材料をはじめとする様々な産業応用を可能にする単層カーボンナノチューブ（CNT）の量産化、高品質化・部材化を図り、未来の省エネルギー社会の実現を目指す。

(2) ナノ材料安全評価

事業者による自主的取組と行政による法規制枠組みが補完的に組み合わせり、社会における工業ナノ材料の安全性を確保したうえで、イノベーションを推進するような体制を構築する。

上記の目標に基づき、2014 年度は以下の事業を実施した。

1) 量産実証プラント

スーパーグロース法 CNT 量産プラントを活用した CNT 製造技術の開発、CNT サンプルの作製、サンプル配布を実施した。

- 2) 炭素社会を実現する革新的カーボンナノチューブ複合材料開発プロジェクト
METI/NEDO 委託事業「低炭素社会を実現する革新的カーボンナノチューブ複合材料開発プロジェクト (2010～2014)」を昨年 6 月に成功裡に終了した。
- 3) 低炭素社会を実現するナノ炭素材料実用化プロジェクト
昨年 7 月より、METI/NEDO 委託事業「低炭素社会を実現するナノ炭素材料実用化プロジェクト (2014～2016)」に参画した。
ナノテク展(nanotech2015)では NEDO ブースに出展し、技術普及を実施した。

<TIA 視察への対応>

宮沢経産大臣 (12 月 8 日)、参議院経産委員会(委員長以下 12 名) (11 月 11 日)、9.26 山口科学技術担当大臣 (9 月 26 日)、石原自民党前幹事長 (9 月 26 日)、中曽根参議員 (6 月 23 日) 他政界から 7 件、中西日立製作所会長、野路コマツ会長他、産業界から 8 件、15 回の TIA 視察に成果物の展示、活動状況の説明を行った。

<WG 開催状況>

2015 年 2 月 19 日 WG ミーティングを委員 (9 名)、事務局、政府からのオブザーバ 6 名の出席で開催し、量産実証プラント、新規プロジェクトへの開始等、今後の方針について、検討した。

<拠点活用プロジェクト概要>

低炭素社会を実現する革新的カーボンナノチューブ複合材料開発プロジェクト

METI/NEDO 委託事業「低炭素社会を実現する革新的カーボンナノチューブ複合材料開発プロジェクト (2010～2014)」を昨年 6 月に成功裡に終了した。単層 CNT の実用化を促進すべく、産総研第 4 事業所では設置した eDIPS 法 CNT 製造装置で直径を制御した CNT を作る技術を開発、第 5 事業所では作製した eDIPS 法 CNT を大量に半導体と金属に分ける手法を開発した他、スーパーグローブ法 CNT をゴム、樹脂と複合化し、導電性の極めて高いものや熱伝導性に優れた複合材料を開発した。プロジェクトで開発した成果物、例えば、極めて導電性に優れたゴムと CNT の複合材料、銅の 2 倍以上の熱伝導度を有するアルミと CNT の複合材料や CNT を半導体型と金属型に大量に分離した水分散液等、9 種類の試料を実用化の推進に向け、40 社以上と試料提供契約を結び配布した。

また、単層 CNT 実用化プロジェクトである助成事業実施企業 8 社には要求に沿った試料を提供した他、CNT 分散技術の技術指導を助成事業実施企業 2 社に対して行った。

低炭素社会を実現するナノ炭素材料実用化プロジェクト

2014年7月より、METI/NEDO 委託事業「低炭素社会を実現するナノ炭素材料実用化プロジェクト（2014～2016）」に参画し、「ナノ炭素材料及びその応用製品の排出・暴露評価技術の確立」、「ナノ炭素材料の分散体評価技術の開発」、「ナノ炭素材料の革新的応用材料開発」を実施した。ナノ炭素材料による省エネルギー社会を実現するための研究開発を行う。特に、試料提供、技術移転を通じて、ナノ炭素材料用途開発企業の課題を解決し、技術開発を促進し、事業化を加速する。さらに、事業化に不可欠な開発材料の安全性についても注意をはらい、ナノ炭素材料の簡便な自主安全管理支援技術の開発研究を同時に行う。そして、ナノ炭素材料およびその応用製品を取り扱う事業者に対し、評価事例の普及を図る予定である。

CNT 量産実証プラント事業

産総研、日本ゼオン(株)と共同で、産総研第5事業所に設置したスーパーグローブ法 CNT の量産実証プラントを活用した製造技術の開発を実施した。本量産実証プラントで製造された CNT を 60 社以上と試料提供契約締結し、CNT サンプルの提供を実施した。さらに、事業化を促進する為に、昨年引き続き、当該プラントを日本ゼオン(株)に貸与し、民間企業主体の事業化検討を行った。この成果を受け、日本ゼオン(株)は、昨年5月に自社工場を山口県周南市に建設することを決定し、今年秋の竣工を目指し建設中である。

3.6. 計測技術 WG

<設立経緯>

2014年3月27日に開催されたTIA-nano 運営最高会議において、TIA-nano 事務局より、TIA-nano 中核4機関が強く連携して推進する新たなコア領域の設定について提案¹し、提案通り決定された。

<WG 活動概要>

我が国を代表する数多くの研究所が研究学園都市「つくば」に集積して、はや40年を超える。「つくば」で創出された多様な“知”は、我が国の科学・技術の「宝」である。世界的なイノベーション拠点 TIA-nano に設立される開発研究連携コアに求められる役割は、この「宝」を効率的に活用し、TIA 中核4機関それぞれの長所をつなぐバリューチェーンを構築することによって、「つくば」のみならず我が国の科学・産業の高度化、先端化を図る「科学・産業創成コンビナート」機能の確立を目指すことにある。

この開発研究連携領域の中であって、計測技術 WG は、光・量子科学技術の拠点である KEK を中心とし、産総研の計測フロンティア研究部門、NIMS の先端的共通技術部門、筑波大数理物質科学研究科などから参加し、計測・評価機器技術や知識・知恵の提供を基にし、ナノ構造計測・評価に関わる諸問題を共同して早急に解決する共同研究ネットワーク基盤である。また、計測評価技術の将来展開や TIA 第2期に向けた計測評価技術関連の領域の創成や新展開に向けたハブ機能実現を目指している。

○2014年度事業計画

(1) 今年度は新規 WG であるので、実施戦略に沿って研究ができる環境と WG の組織固めに注力する。

(2) TIA-nano 中核4機関は新・開発研究連携領域設立のための準備会を設立して、共同して推進するテーマを選考し、テーマの共同研究者を募り且つテーマ研究推進のための競争的資金を目指すネットワーク基盤として「光・量子産業応用イニシアチブ (TIA-accelerate)」を準備してきた。本 WG は、この「光・量子産業応用イニシアチブ (TIA-accelerate)」を所轄拠点活用プロジェクト第1号として企画指導・支援を行う。

¹新たなコア領域の設定について提案

(1) 新たなコアの概念として次の機能を有する「開発研究連携コア」を設定する。(2) 開発研究連携コアの一つとして、「計測技術」コア領域を設定する。

(3) 「計測技術」コア領域に、「光・量子産業応用イニシアチブ」事業を設置する。(4) 計測技術 WG のメンバーを以下の通りとする。
KEK 理事 野村 昌治 (光・量子産業応用イニシアチブ代表)、産総研計測フロンティア部門長 山内 幸彦、NIMS 先端的共通技術部門長 藤田 大介、筑波大応用加速器部門長 喜多 英治、KEK 放射光施設長 村上洋一、先端加速器科学技術推進協議会大型プロジェクト研究部会産官学連携推進ワーキンググループ 主宰 伊藤武俊

○2014 年度事業の成果

2014 年度計画に沿って、事業を進めた結果、

- (1) 野村 KEK 理事を長とする計測技術 WG メンバーによる活動を開始させた。
- (2) 計測 WG の新規研究プロジェクト第 1 号として、光・量子産業応用イニシアチブ (TIA-accelerate) の企画指導・支援を行った。その結果、光・量子産業応用イニシアチブ (TIA-accelerate) の複数のテーマが、競争的資金の獲得に成功した。
- (3) 特に、TIA-accelerate のテーマ「構造材料」を中心に、内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)に応募した結果、SIP 資金の獲得に成功した。これをもとに、新しい拠点活用プロジェクト「構造材料の未活用情報を取得する先端計測技術開発 (IMASM)」を立ち上げた。

<WG 開催状況>

回数	開催日	場所	参加者
第 1 回	2014 年 7 月 18 日	産総研 TIA 連携棟	6 人 (+オブザーバー 5 人、事務局 3 人)

<拠点活用プロジェクト概要>

光・量子産業応用イニシアチブ

1. 「光・量子産業応用イニシアチブ」のビジョン

「光・量子産業応用イニシアチブ」は、TIA 中核 4 研究機関の開発・研究交流を通して、特に、光・量子発生及び観測技術の革新並びにその利用研究の高度化を図り、それぞれの研究機関の開発・研究を加速度的に発展させ、且つ、既存の TIA 産業化研究コアの研究促進に貢献するとともに、次なる産業化のためのコア研究領域の創成に資することを役割とする。

○「光・量子産業応用イニシアチブ」の目標

- ① TIA 中核 4 機関が協力して、3 つのオープンな開発研究連携の場 (スクエア) を設ける。3 つのスクエアから、新たなる産業化のためのコア研究領域設立を目指す。3 つのスクエアは、光・量子発生技術の高度化を図り、新しい科学・産業の創成を目指す「光・量子発生技術スクエア」、光・量子観測・計測技術の高度化を図り、新しい科学・産業の創成を目指す「光・量子センシングスクエア」、先端的な光・量子発生技術と光・量子観測・計測技術を用い、最先端の材料・計測融合拠点を目標とする「光・量子ナノ材料スクエア」である。
- ② TIA 内の既存コア研究との開発・研究交流や共同研究を促進し、コア研究の発展に資する。また、コアインフラを利用した戦略的研究を推進する。
- ③ TIA 中核 4 機関以外のつくばに存在する研究機関や企業との連携を図り、つくば全体のイノベーションに資する。

○2014年度の成果

- ① 2014年度は光・量子産業応用イニシアチブの初年度であるため、組織²の立ち上げに注力した。
- ② 光・量子産業応用イニシアチブの活力の源となる「テーマ」の掘り起こしと、育成に努めた結果、25件の「テーマ」³が所属することとなった。
- ③ 光・量子産業応用イニシアチブの活動を促進するため、機関間の連絡やファイル共有を目的とした専用の共用・外部サーバーを設置（「Backlog」と契約）。
- ④ 上述の「テーマ」25件が研究資金獲得に努め、特にテーマ「構造材料」を中心に、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)に応募した結果、資金獲得に成功し、新しい拠点活用プロジェクト「構造材料の未活用情報を取得する先端計測技術開発(IMASM)」が立ち上げられた。

内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP) 革新的構造材料 構造材料の未活用情報を取得する先端計測技術開発 (IMASM)

2014年9月24日に採択され、以下の共通テーマ1、個別テーマ4の研究開発をスタートした。すでに顕在化している計測ボトルネックとしての未活用情報の取得にチャレンジするとともに、計測すべき情報が顕在化していない未活用情報の探求を進めている。

共通テーマ「多面的総合計測体制の構築」

個別テーマ1「残留応力と亀裂の計測手法の確立」

個別テーマ2「軽元素と微量添加元素の計測手法の確立」

個別テーマ3「異相界面と基材組織の計測手法の確立」

個別テーマ4「空孔欠陥計測手法の確立」

²代表：野村(KEK)、実行会議メンバー：幅、内藤、熊井(KEK)、大久保、高野(産総研)、藤田、北澤(NIMS)、守友、大塩(筑波大)、スクエア世話人(○印はスクエア代表)：光・量子発生(○内藤)、光・量子ナノ材料(○北澤、熊井、大塩)、光・量子センシング(○幅、大久保)、事務局：池田、羽入、山中、鈴木(KEK)

³ 25件のテーマ(括弧内：代表者、連携機関)

静電型貯蔵リングの応用研究(産総研大久保：産総研、筑波大、KEK)、ILCダンピングリング用パルス電源制御素子の開発(KEK 内藤孝：KEK、筑波大)、レーザーコンプトン高輝度X線源開発(KEK 浦川：KEK、産総研)、SiC-MOSFETパッケージの開発(KEK 内藤(富))、コンクリート内部を可視化する後方散乱X線装置の開発(産総研 豊川)、超高耐圧素子を使ったクライストロン電源開発(KEK 明本)、高温超伝導空洞のための基礎研究(KEK 福田)、クライストロン用高温超伝導束系の開発(NIMS 肥後：KEK、NIMS)、次世代陽子・炭素線ガン治療用加速器開発(KEK 高山)、革新的構造材料研究(NIMS 北澤、NIMS、産総研、筑波大、KEK)、配位高分子型ナトリウムイオン二次電池材料の開発と動作機構の解明(筑波大 守友：筑波大、KEK)、層状酸化物系ナトリウムイオン二次電池材料の開発と動作機構の解明(筑波大 守友：筑波大、KEK)、強相関物質へのイオンインターカレーションと物性制御(筑波大 守友：筑波大、KEK)、有機系太陽電池のナノ構造の解明(筑波大 守友：NIMS、KEK)、人工光合成(筑波大 大塩：KEK、筑波大、産総研) SOI技術による計測技術の革新(KEK 新井)、微量軽元素のための超伝導検出器による蛍光収量XAFS(産総研 大久保)、宇宙線ミュオンによる非破壊検査(KEK 高崎)、宇宙誕生の電波観測技術を応用した革新的気象予報装置の開発(KEK 田島)、超伝導技術による計測技術の革新(KEK 幅)、革新的放射線計測の実用化(KEK 佐々木(慎))、小型量子線源と2次元検出器による可搬型透視イメージング装置の実現(KEK 宇野)、液体ヘリウムTPCと超伝導素子による暗黒物質探索装置の開発(KEK 幅)、Atom Probe イオンイメージング(産総研 大久保)、汎用放射線シミュレータ Geant4の応用展開(KEK 佐々木(節))

4. 共用施設

4.1. 共用施設 WG 活動概要

2014年度の第1回共用施設ワーキンググループ委員会は、2014年10月20日に物質・材料研究機構（NIMS）の千現地区において開催された。野村委員長の主導の下、「平成25年度第2回共用施設ワーキンググループ会議議事録（案）確認」、「つくば共用施設データベースの今後の運営について」、「コア研究領域への連携強化について」など、TIA-nano 第1期中期計画で設定されたナノテク共用施設の目標（Mission）を達成するための機能整備に向けて、具体的な課題の洗い出しと具体的なアクションプランの検討を進めた。なお、その一環として、以下に記載する二つの活動を実施した。

1. 「つくば共用研究施設データベース」の維持管理

つくばグローバル・イノベーション推進機構(TGI)との連携の下、つくば国際戦略総合特区事業の一環として構築し、2013年8月より運用を開始した。しかし、急ぎょ予算が大幅に削減され、来年度のデータベースの維持管理費の確保が困難な状況となった。そこで、茨城県庁やつくば市役所への協力依頼などを実施したが、思うような回答を得ることはできなかった。そこで、TGIと相談し、データベースのサーバー及び保守管理業者の見直し、システムの簡素化を進めた結果、維持管理費を今年度の10分の1程度まで抑えることが可能となり、来年度の維持管理にめどをつけることができた。（つくば共用研究施設データベースの年間アクセス数は100000、300台以上の装置を目的別に分類）

2. 「コア研究領域への連携強化のためのアンケート・ヒヤリング調査」の実施

つくばパワーエレクトロニクスコンステレーション(TPEC)の事務局と協力し、2014年11月17日に東京で開催された第5回TPECバリュー・戦略会議意見交換会（参加者61名）で、アンケート調査を実施した。「TIA-nano 共用研究施設をご存じですか？」や「共用施設の利用を検討したことはございますか？」などの共用研究施設に関する質問を行った。その結果、「知らない」という回答が最も多く、共用施設が利用されない理由として、共用施設があまり知られていないことが大きな原因であることが明らかになった。また、産総研のナノチューブ応用研究センターや単層CNT融合新材料研究開発機構(TASC)などにもヒヤリングを行った結果、同様な回答が得られた。ヒヤリング後に問い合わせを受けており、コア研究領域への連携強化については、コア研究領域への更なる広報活動が重要である。

<WG 開催状況>

開催日	場所	参加者
2014年10月20日	NIMS	10名（他オブザーバー4名）

<共用施設の利用状況>

TIA-nano のナノテク共用施設には、マルチタンデム加速器施設（筑波大）やナノプロセッシング施設（産総研）、ナノテクノロジープラットフォーム（NIMS）、放射光科学研究施設などがあり、約 300 台の先端装置を共用化している。

表 TIA-nano 4 機関平成 25 年度支援課題件数

機関名	事業名	件数
筑波大学	(ナノプラットフォーム、基盤共用事業)	22
産総研	(IBEC (含 2 ナノプラットフォーム))	301
NIMS	(3 ナノプラットフォーム、低炭素ハブ)	449
KEK	(共同利用、基盤共用事業、有償利用)	1050

合計 1822 件

<TIA-nano 共用施設を目指すもの>

- ・ コア研究領域の研究促進、課題解決のための施設・知的基盤の共用
- ・ 利用促進・広報活動、施設・装置選択の支援、スクール・セミナー開催
- ・ 共用施設を支えるナノテクプロフェッショナル人材育成キャリアパス構築
- ・ TIA-nano 中核 4 機関の連携促進

5. 人材育成

5.1. 大学院連携 WG

2010 年度に策定された第 1 期中期計画に基づき、次の活動を行った。

- ① TIA 連携大学院及び各コア研究領域・WG の人材育成戦略の機能強化として、科学技術人材育成費補助事業「科学技術人材育成のコンソーシアムの構築事業」で採択された産業技術総合研究所を代表機関とするコンソーシアム（「ナノテクキャリアアップアライアンス (Nanotech Career-up Alliance (Nanotech CUPAL))」) に共同実施機関として参画し、社会人の学びなおし・キャリアアップのためのコースを開設した。また、大阪大学で開設している社会人向け大学院科目等履修生高度プログラムを TIA 連携大学院の活動の一環として連携する方向で調整している。
- ② TIA-nano 中核機関や各コア研究領域・プロジェクトの持つ人材育成プログラムを有機的に連携させ、ナノテクノロジーの多彩な分野を横断的に理解する学習の祭典として全国の学生を対象とした、「TIA 連携大学院サマー・オープン・フェスティバル 2014」を実施。サマースクール 8 件、シンポジウム 2 件を 7 月中旬から 9 月中旬にかけて開催。参加人数 635 名。

<TIA 連携大学院サマー・オープン・フェスティバル 2014 開催実績>

日程	プログラム	参加者
7/22-8/5	SUMMER LECTURE in 2014 for Nanotechnology / Nanoscience	78 名
7/25-26	2014 Tsukuba Nanotechnology Symposium (TNS '14)	155 名
8/21-22	MNOIC 実習セミナー「センサ回路とシステム・シミュレータ実習」	12 名
8/22-25	第 3 回 TIA パワーエレクトロニクス・サマースクール	153 名
8/25	TIA 連携大学院共通シンポジウム	71 名
8/26-29	第 2 回 TIA ナノエレクトロニクス・サマースクール	27 名
8/26-29	第 2 回 TIA ナノグリーン・サマースクール	27 名
9/2-4	先端計測・分析サマースクール	6 名
9/9-12	高エネルギー加速器セミナー OHO' 14	97 名
9/22-26	ナノ加工・計測序論とファンドリー実習	9 名

- ③ 筑波大大学院数理物質科学研究科前期課程に、TIA-nano の 6 つのコア研究領域に対応した人材育成として開設した 3 コースを継続（ナノエレクトロニクスコース、パワーエレクトロニクスコース、ナノグリーンコース）し、特にパワーエレクトロニクスコースで客員教授 6 名を任用し教育・研究の拡充をはかった。

- ④ パワーエレクトロニクス研究領域との連携により、筑波大大学院数理物質科学研究科内に設置したパワーエレクトロニクス寄附講座（①富士電機パワーエレクトロニクス寄附講座②トヨタ自動車・デンソーパワーエレクトロニクス寄附講座）及び連携研究室（連携大学院：産総研）において、企業や社会に求められる大学院教育を実施。所属する大学院生等 11 名。パワーエレクトロニクス関連科目の履修者数 259 名。また、寄附講座の第二期の継続について調整を完了した。
- ⑤ TIA-nano 拠点活用プロジェクト 筑波大学「つくばナノテク拠点産学独連携人材育成プログラム」を推進。プロジェクト最終年度であるため筑波大学大学院数理物質科学研究科としてプログラムの継続（一部を除く）実施を決定。
- ⑥ NIMS オープンイノベーションセンターの電池材料、熱エネルギー変換、省エネルギー磁性材料の 3 つのオープンラボにおいて、筑波大の大学院生 4 名を RA として NIMS に滞在させ、共同研究を通してのインターンシップ型の人材育成を行う。
- ⑦ 情報発信・共有機能強化のため、「news letter」の刊行及びホームページの開設並びに各イベントに人材育成プログラムのポスター展示を行う。（①第 5 回 TIA-nano 公開シンポジウム（9/3）②ビジネス・エンカレッジ・フェア 2014（12/9-10）③nano tech2015（1/28-1/30））
- ⑧ TIA 連携大学院の教育研究システムの構築及び運営のための財源等を確保するため、平成 27 年度特別経費に係る事業費要求（高度な専門職業人の育成や専門教育機能の充実）を申請したが、採択に至らなかった。

<WG 開催状況>

	開催日	形式
第 8 回	2015 年 2 月 13 日（金）	書面開催

つくばナノテク拠点 産学独連携人材育成プログラム

【活動概要】

博士後期課程（原則）を対象に、筑波大数理物質科学研究科内の専攻横断型のナノエレクトロニクス関連分野の大学院教育プログラム。つくばにある、産総研、NIMS、民間企業と連携して、国際的競争力のある高度な連携教育研究を展開して、次世代のナノエレクトロニクスをリードする人材を育成する。

【学生数】

学生数 16 名（内訳 D1：5 名、D2：6 名、D3：4 名、D4：0 名、D5：1 名）

【活動実績】

<セミナー・シンポジウム等>

開催日	イベント	参加者
4月8日	平成26年度オナーズプログラム説明会	21名
5月26日	河野淳一郎教授 (RICE Univ.) セミナー「アメリカの大学について」	17名
6月18日、20日	インテルセミナー	16名
7月22日～8月5日	SUMMER LECTURE in 2014 (海外講師による夏季(英語)集中講義) 5名の海外著名講師 ・ Prof. Carlo Jacoboni (Univ. Modena, Italy) “Electron Transport Theory” ・ Prof. Daniel M. Mittleman(Rice Univ, USA) “Ultrafast Optics” ・ Prof. Eric Pop (Stanford Univ, USA) “Energy in Nanoelectronics” ・ Prof. Wilfred G. van der Wiel (Univ. Twente, the Netherlands) “Nanoelectronics: Quantum, Spin, Organic” ・ Prof. Magnus Bergkvist(SUNY-Albany, USA) “Interfacial Properties in Nanobiotechnological Systems”	約70名
7月25日～26日	TNS' 14 (つくばナノテク拠点国際シンポジウム) (海外からの講師9名、国内からの講師9名)	150名
7月28日	横山 浩教授 (ケント州立大学) セミナー「アメリカ大学の教育研究と彼我の差」	10名
8月4日	第2回「つくば連携研究」合同研究会	65名
9月5日	江刺正喜教授 (東北大学) セミナー「LSIとMEMSのヘテロ集積化」	20名以上
12月16日	平成26年度第5回セミナー ・ 田中一宜先生 (産業技術総合研究所) 「構造的課題 (組織・しくみ・人材育成) にどう取り組むか/政府とアカデミア」、 ・ 伊藤正教授 (大阪大学) 「ナノ理工学の人材育成: 学際性、国際性、社会性を通じてデザイン力を育む」	25名
1月13日	第3回「つくば連携研究」合同研究会	56名
3月6日	第10回つくばナノテク拠点シンポジウム	100名 予定

<オナーズ学生研究成果発表会>

開催日	派遣先	参加者
6月3日	海外派遣学生 MINATEC 2名の帰国報告会	13名
1月7日	海外派遣学生 MINATEC 4名の帰国報告会	23名
1月15日	海外派遣学生 Stanford Uni. 1名及び IMEC 2名の帰国報告会	12名

<学生海外派遣等>

期間	派遣先	派遣人数
8月19日-12月18日	グルノーブル工科大学/MINATEC (フランス)	4名
8月3日-12月30日	ルーヴェンカトリック大学/IMEC (ベルギー)	2名
9月15日-12月14日	スタンフォード大学 (米国)	1名

<プログラム修了予定者> 4名

5.2. ナノテクキャリアアップアライアンス（Nanotech CUPAL）

【活動概要】

文部科学省における「科学技術人材育成のコンソーシアムの構築事業」に採択され、ナノテク研究人材のキャリアアップと流動性向上を図るため、ナノテクノロジー分野における産学官の共鳴場である「つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点（TIA-nano）」と京都大学ナノテクノロジーハブ拠点を中心的に活用し、以下の人材育成事業を開始した。

- 新たな知の創成を牽引するプロフェッショナル
(Nanotech Research Professional: NRP)
- イノベーション創出に資するものづくりを担うプロフェッショナル
(Nanotech Innovation Professional: NIP)

2014年度はNRPおよびNIP（4コース）の応募、選定を行い、NRP共同研究、NIP実習コースを開始した。また、2015年度に向けてNRPおよびNIP（26コース）の応募、選定を行った（3月16日に育成対象者決定）。

【運営体制】

- ・ A機関（育成実施機関）としてTIA-nano中核4機関及び京都大学、B機関（派遣元機関）として10大学と連携
- ・ 海外連携として米国、フランス、タイと連携
- ・ 各種会則、規則を制定し、運営協議会、運営委員会、選定・評価委員会、諮問委員会および事務局を組織。

【育成対象者数】

NRP 3名、NIP 21名

【活動実績】

- ・ 第一回シンポジウム開催（2015年3月9日 第1回ナノテク分野のキャリアアップ国際シンポジウム、つくば国際会議場）
- ・ 育成人材データベースの構築
- ・ 企業との連携強化に向け「CUPAL友の会」を発足

6. 知財

2014年度は、知財WGで定めた中期目標に基づき具体的な検討を進めた。主な活動は以下の通りである。

- 昨年度末（2014.3.19）に締結された TIA-nano 中核 4 機関が所有する知財の一括ライセンス（ワンストップライセンス）の仕組みを規定した共同研究に関する協定を各機関内にて周知するとともに運用を開始した。

現在までのところ、下記の共同研究が協定に基づいて締結された。

- (1) 静電型イオン蓄積リングによる分子反応に関する研究（産総研－KEK－筑波大，8/6 締結）
 - (2) 超伝導分子計測技術による分子解離現象の解明（筑波大－産総研，10/24 締結）
 - (3) SOI 増幅器と超伝導トンネル接合素子との一体型光子検出器の開発研究（産総研－KEK－筑波大，10/30 締結）
- 昨年度作成した光エレクトロニクス（ナノエレクトロニクスコア研究領域）のバックグラウンド IP（BGIP）等に関する特許情報のコンテンツを整理し、公式 HP 上での公開を開始した（9月）。
 - 今後の特許情報発信の進め方について意見交換を行った。
 - 産総研の共有知財の取扱い新方針（非独占時の不実施補償廃止等、11月）について、知財WGで説明するとともに意見交換を行った。

<WG 開催状況>

	開催日	場所	参加委員
第1回	2014年11月28日	産総研	8人 (+オブザーバー8人)

<中核4機関の知財担当者連絡会 開催状況>

	開催日	場所	参加人数
第1回	2014年7月30日	NIMS 千現	11人
第2回	2014年11月5日	筑波大	10人

7. 国際連携

国際連携については、海外拠点との連携強化として以下の取組みを行った。また、この他、フランス、ベルギーなど海外からの視察に多数対応し海外拠点との連携強化や TIA-nano のプレゼンス向上を図った。

- ・ 運営諮問会議議長等による、INC10 および米国視察
- ・ パワーエレクトロニクスコア研究領域関係者による米国 SUNY Albany 視察
- ・ IMEC との連携（産総研と連携協議継続）
- ・ 第 3 回 GIANT HIGH LEVEL FORUM につくば市長と共に中核 4 機関長が参加し、世界各国の要人との議論を行うとともに、第 4 回の同フォーラムを 2015 年につくばでつくば市と TIA-nano がホスト機関となって開催することを決定、開催に向けた国内委員会をつくば市と連携して推進
- ・ LETI（仏 グルノーブル）と産総研の共同研究を実施
- ・ TIA-nano-CEA-LETI セミナーを開催
- ・ TU Dresden (Fh.G)と産総研で人材育成のための交流を実施
- ・ Nanotech CUPAL 事業の一環として米国、仏国及びタイなどと連携した人材育成事業を推進

8. 広報

TIA-nano に関する情報がわかりやすく、タイムリーに発信できるように TIA-nano パンフレット、ホームページ等の広報ツールを定期的に最新化するとともに、主催イベント、イベント出展等を積極的に推進し、TIA-nano の知名度向上、活動内容の周知を図った。

イベントのうち、第 5 回公開シンポジウムと国際ナノテク展へのブース出展については、事務局内に実行委員会を設置し推進した。第 5 回公開シンポジウムにおいては渡海紀三朗衆議院議員をはじめ多数の参加者の中で活発な議論が交わされた。また、国際ナノテク展においては、TIA-nano で推進するオープンイノベーションへの参画や拠点の利活用を、より明確に提案するブース展示を行い来場者の関心を高めた。さらに、企業幹部、府省幹部や地方自治体の議員など多数の視察に対応し、TIA-nano のプレゼンス向上を図った。

さらに、多数の潜在的な TIA-nano ユーザが読者となっている応用物理学会誌へ複数回に渡り広告記事を掲載し、新たなユーザの獲得に向けた新たな取組みを行った。

<TIA-nano 主催イベント、イベント出展>

開催日	イベント名	開催場所
2014年9月3日	第5回TIA-nano公開シンポジウムー我が国のイノベーションシステム構築に TIA-nano の果たすべき役割ー	イイノホール
2014年5月12日 ～17日	第10回国際ナノテクノロジー会議 (INC10)、 米国視察 運営諮問会議議長他	米国 NIST、 SUNY Albany,
2014年6月11日	TIA-nanoーCEA-LETI セミナー	NIMS
2014年12月8日 ～10日	ビジネス・エンカレッジ・フェア 2014	大阪国際会議場
2015年1月28日 ～30日	nano tech 2015 国際ナノテクノロジー総合展・ 技術会議	東京ビッグサイト

<後援名義イベント>

開催日	イベント名	主催	開催場所
2014年4月25日	ナノ・マイクロビジネス展併設プログラム TIA N-MEMS シンポジウム MEMS 協議会フォーラム	一般財団法人マイクロマシンセンター	ホテル・グランドパレス
2014年8月4日	第2回つくば連携合同研究会	筑波大	筑波大
2014年8月21日、 22日	MNOIC 実習セミナー (センサ回路とシステム・シミュレータ実習)	一般財団法人マイクロマシンセンター	産総研
2015年1月13日	第3回「つくば連携研究」合同研究会	筑波大	筑波大
2015年1月23日	第3回低炭素社会を実現する超低電圧デバイスプロジェクト成果報告会	超低電圧デバイス技術研究組合 (LEAP)	東京大学
2015年3月6日	第10回つくばナノテク拠点シンポジウム	筑波大	筑波大

<その他 TIA-nano 関連イベント>

開催日	イベント名	開催場所
2014年4月14日～20日	科学技術週間施設公開	KEK
2014年4月16日、20日	NIMS 一般公開	NIMS
2014年5月19日	CNT シンポジウム：ナノカーボン材料が創る新しい社会	イイノホール

2014年6月2日	第8回ナノ材料科学環境拠点シンポジウム (東北大&GREEN 合同シンポジウム)	NIMS
2014年6月27日	第1回 筑波大学パワーエレクトロニクス未 来技術研究会	筑波大
2014年7月1日～3日	NIMS Conference 2014	つくば国際会議 場
2014年7月8日	平成26年度 TIMS 研究交流会	筑波大
2014年7月19日	産総研 一般公開	産総研
2014年7月22日～9月 26日	TIA 連携大学院サマー・オープン・フェステ ィバル 2014	中核機関各会場
2014年9月5日	NIMS 微細構造解析プラットフォーム第1回 利用研究セミナー	大阪大学
2014年9月5日	電池材料解析ワークショップ	NIMS
2014年9月13日	KEK 一般公開	KEK
2014年9月28日～30日	つくばグローバルサイエンスウィーク 2014	筑波大
2014年9月29日、30日	第3回 GIANT HIGH LEVEL FORUM	フランス、 MINATEC / CEA-LETI
2014年10月9日	第14回 NIMS フォーラム	東京国際フォー ラム
2014年10月22日、23 日	産総研テクノブリッジフェア	産総研
2014年10月30日	NIMS 微細構造解析プラットフォーム第1回 設備利用講習会	NIMS
2014年11月4日	NIMS 微細構造解析プラットフォーム放射 光利用講習会	日本原子力研究 開発機構 関西 光科学研究所
2014年11月22日	KEK 科学と音楽の饗宴 2014	KEK
2015年1月7日	第9回 ナノ材料科学環境拠点シンポジウム	一ツ橋講堂
2015年1月7日	ワークショップ「つくば地域におけるライフ イノベーション創造のための、産学官イノベ ーション拠点の追求」	つくば国際会議 場
2015年3月9日	第1回ナノテク分野のキャリアアップ国際 シンポジウム	つくば国際会議 場
2015年3月18日	第3回 CRAVITY シンポジウム	産総研
2015年3月30日	NIMS 微細構造解析プラットフォーム 第2 回放射光利用研究セミナー	JST 東京本部別 館ホール

9. モニタリング指標

本章では第Ⅰ期中期計画で定められたモニタリング指標のうち、数値目標を定めた項目、および数値目標を定められていないが追跡すべき数値に関して記載する。

<中期計画で目標が定められた数値⁰>

	2010年度	2011年度		2012年度		2013年度		2014年度		中期目標
	単年	単年	累積	単年	累積	単年	累積	単年	累積	
総事業規模 (億円) ¹	152.7	133.5	509.7	260.53	770.23	159.74	929.97	186.82	1116.79	第Ⅰ期 総額累積 1000億円 以上
公的資金割合 (%)	91.3	88.3		85.2		73.7		74.8		2014Fy 時点で 70~80% 程度
拠点活用プロジェクト数 ²	18		24		26		27 ⁵		33	30(累積)
連携企業数 ³	59	91	98	142	150	178	220	200	267	300(累積)
外部研究者数	468	529		884		934		1028		2014Fyに 1000名
TIA 連携大学院生数 ⁴	15	139	154	209	363	346	709	504	1213	500(累積)

⁰ 数値には一部見込み及び暫定値も含む。(取りまとめは当該年度終了前(概ね2月時点))

¹ 累積値には2009年度以前の事業費223.5億円分を含んでいる。

² 拠点活用プロジェクトの単年の数値は求めていない(累積のみ、2010年度は初年度なので累積=単年)。

³ 同一コア内では同一企業の重複を許容しない。

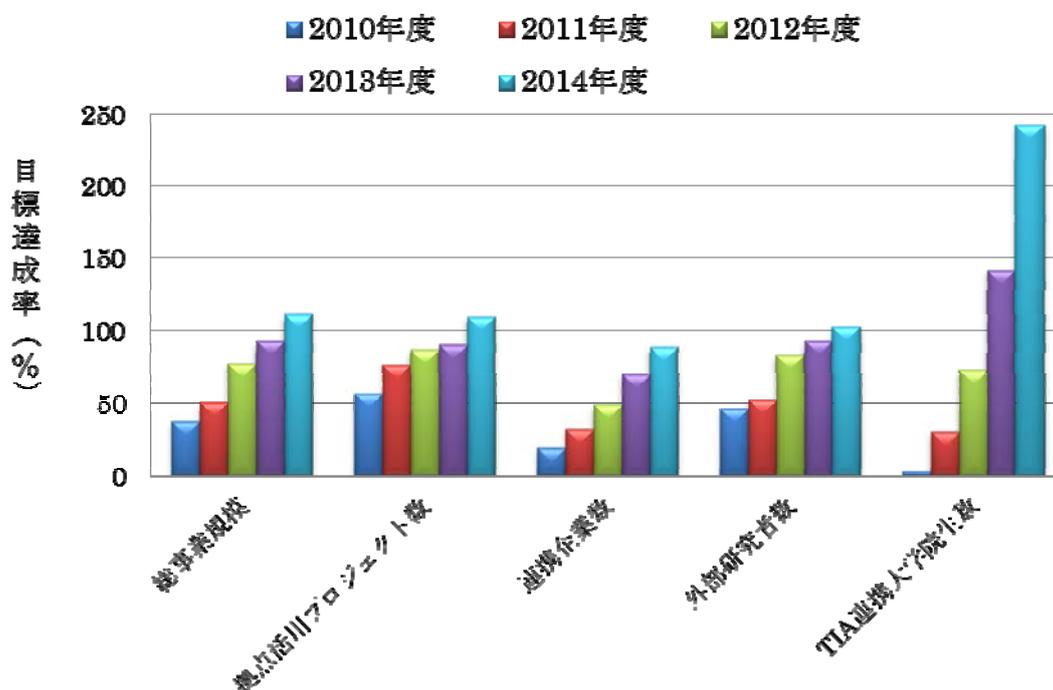
⁴ 拠点活用プロジェクト「つくばナノテク拠点産学独連携人材育成プログラム」に参加した学生数、連携大学院方式による学生数、TIA パワーエレクトロニクス・サマースクール、TIA ナノエレクトロニクス・サマースクール、TIA ナノグリーン・サマースクール、先端計測・分析サマースクール、ナノ加工・計測序論とファンドリー実習に参加した学生数、MNOIC 実習セミナーに参加した学生数、「NOIC」におけるRA採用の学生数、共通シンポジウムに参加した学生数、高エネルギー加速器セミナーOHO'14に参加した学生数、パワエレコース履修者、ナノエレコース履修者、ナノグリーンコース履修者、パワエレ寄附講座教員担当の授業科目に係る科目履修者数を含む。

⁵ 2013年度事業報告書において拠点活用プロジェクト等を暫定値として報告を行ったが、同報告書が承認された第24回運営最高会議において拠点活用プロジェクトが新たに1つ追加承認されたため、暫定値26→正值27となる。

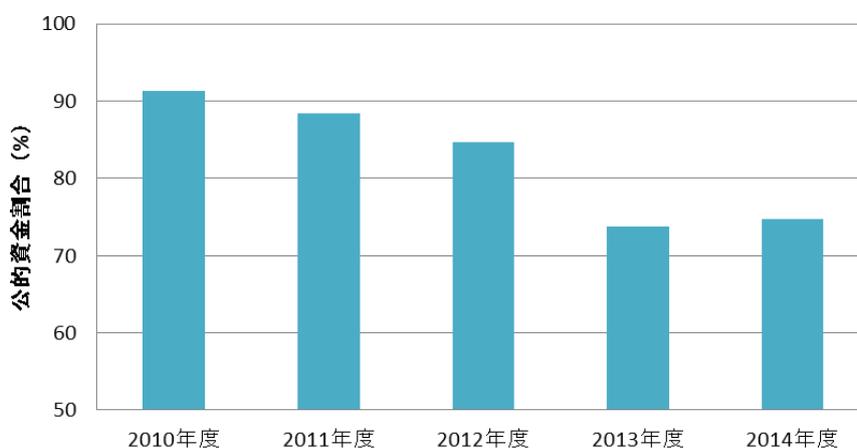
<中期計画で目標を定められていないが追跡すべき数値>

表：外国人研究者数，海外企業連携数，論発表数，特許出願数の変化（単年度）

	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度
外国人研究者数	33	60	49	80	72
海外企業連携数	5	5	7	9	11
論文発表数	73	207	270	459	302
特許出願数	19	139	228	241	261



図：各種数値目標達成率の比較（公的資金割合を除く）



図：公的資金割合

