

## NEDO 特別講座

### —光技術の最先端分野を推進する技術者・研究者育成—

大津元一

#### NEDO Special Course: On-the-Research-Training of Engineers and Scientists for Promoting Advanced Optical Technology

Motoichi OHTSU

This paper reviews the activities of NEDO special course on nanophotonics, which has been founded for meeting the requirements of the Ministry of Economy, Trade and Industry, and NEDO organization. The mission of this course is the On-the-Research-Training of the active engineers and scientists for promoting nanophotonics, which is an advanced optical technology.

**Key words:** nanophotonics, training, research, dressed photon

経済産業省、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)では長期にわたり産学連携による多数の大型プロジェクトを実施しているが、これはモノ作り・製品開発にかかわる事業で、人材育成事業ではない。したがって開発された試作品をプロジェクト終了後にさらに改良し新市場を確保することは難しく、市場に出ないまま終わる例がみられた。この問題を解決するために、経済産業省、NEDOでは大型プロジェクト推進の大学側代表者が企業技術者に対して関連技術の基礎を教育啓蒙し、新技術を使いこなし発展させることのできる人材を育成する事業を企画した。NEDOはその第2期中期計画においてこの事業を重点課題のひとつとして位置づけている(NEDOのホームページ <http://www.nedo.go.jp/jyouthoukoukai/tsusoku/cyuukikeikaku2.pdf>を参照のこと)。

一方、工学系の学問は、産業界と連携することにより初めて社会に貢献できる。光科学技術の歴史は18世紀のI. Newtonによる光の粒子説以来長く、1960年のレーザーの発明後、1980年代に長足の進歩を遂げた。しかしその原理・概念は欧米で生まれ、日本はおもに改良・モノ作りで貢献してきた。この状況下で、日本のアカデミアはおもに原理を輸入・翻訳し産業界に紹介することにより社会貢

献を果たしてきた。しかし近年、日本からも新しい原理・概念・技術が生まれるようになった。その代表例が、近接場光とそれを dressed photon (ドレスト光子:物質励起の衣をまとった光子)ととらえて応用し、新規デバイス、加工、システム構築を実現する「ナノフォトンクス」という質の変革技術である<sup>1)</sup>。この技術を社会貢献に供するには、日本のアカデミアが引き続き先駆的な基礎研究を推進して国内外をリードし、同時に産業界の技術者を啓蒙し、さらに研究現場に受け入れて on-the-research-training (ORT)を行い、新技術開発の共同研究への道を切り開くことが重要である。

本稿で紹介するプロジェクトは、上記のような経済産業省、NEDOからの人材育成のニーズと、社会貢献に関するアカデミアの使命感とが結びついて発展し、NEDO特別講座「ナノフォトンクスを核とした人材育成、産学連携等の総合的展開」と命名され、日本初の試みとして平成18年より5年間、東京大学に委託された(図1)。

#### 1. 構成と実施内容

NEDO特別講座発足の核となった産学連携プロジェクトは、筆者が代表を務めるNEDO「大容量光ストレージ技

東京大学大学院工学系研究科電気系工学専攻(〒113-8656 東京都文京区弥生2-11-16) E-mail: ohtsu@ee.t.u-tokyo.ac.jp

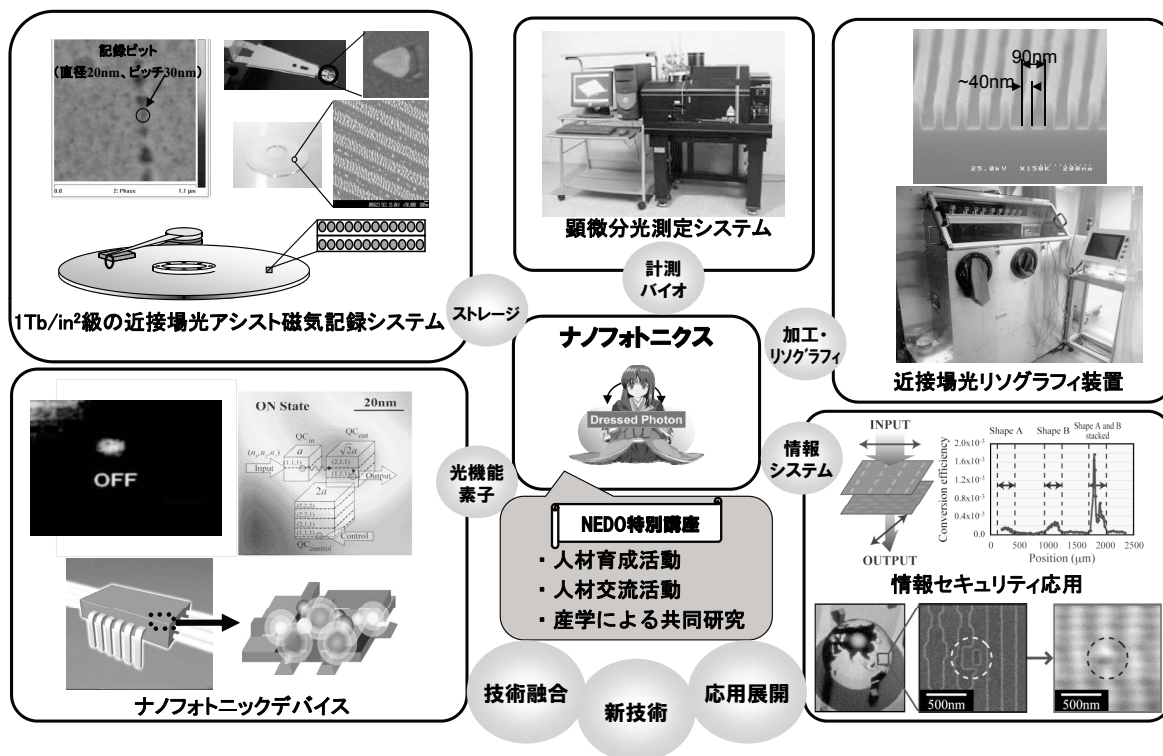


図1 NEDO 特別講座の目的と、カバーする光技術分野.

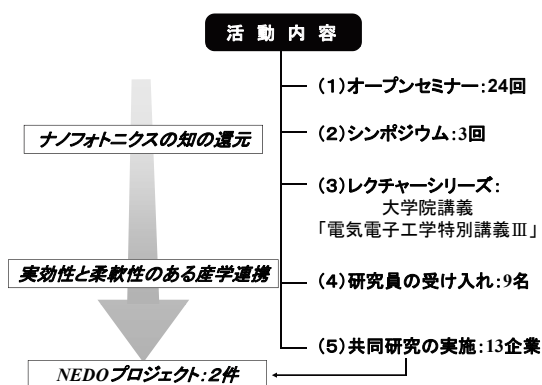


図2 NEDO 特別講座の活動内容.

術の開発」プロジェクト(平成14~18年度)<sup>2,3)</sup>, および NEDO「低損失オプティカル新機能部材技術開発」プロジェクト(平成18年度より5年間)である(NEDOのホームページ <http://www.nedo.go.jp/activities/portal/p06020.html>を参照のこと). 両者ともナノフォトニクスにかかわる日本発の概念に基づき実施され, 前者は情報記録密度  $1 \text{ Tb/in}^2$  の近接場光アシスト磁気記録システムを世界で初めて実現して成功裏に終了した. その後は産業界が継続して自己資金により実用化開発を展開しており, このたび新会社発足の運びとなった. さらに, 記録密度  $10 \text{ Tb/in}^2$  を経由して, 2025年の  $1 \text{ Pb/in}^2$  の目標にむけた開発の技術

ロードマップが策定されている<sup>4)</sup>. 一方, 後者は昨年末の中間評価できわめて高い評価を得た後, ナノフォトニックデバイスが室温動作し, モジュール化が進み, システム応用へと至っている(NEDOのホームページ <http://www.nedo.go.jp/iinkai/kenkyuu/hyouka/20h/21/4-2-1.pdf>を参照のこと).

本講座は筆者の研究室に設置され, 准教授1名(委嘱), 特任助教3名, 産学連携マネージャー1名, 事務職員2名を雇用して業務を行っている. そのおもな内容は次のとおりである(図2).

- (1) オープンセミナー: 有識者2名を講師に招きほぼ毎月開催される自由聴講の産業界向け講演会である. 活発な質疑応答の時間を十分確保するため, 聴講者はおおむね30名以下に限っている. 平成21年12月の時点ですでに24回実施している.
- (2) シンポジウム: 本講座の成果報告のために年1回開催されるシンポジウムである. 産業界に向けた情報発信が目的であるため, 開催案内は産業界のみに発送している. これまでに3回開催したが, 毎回全国から300名近い技術者が参加し, 会場は満員となり立ち見も出る盛況で, 本技術に対する関心の高さがうかがえる(図3). シンポジウムの最後には別会場に移動して本講座の研究者・技術者と参加者との間の個人面談の



図3 第3回シンポジウム（平成20年7月2日開催）の会場の様子。右上の写真は個人面談の様子。左上はレクチャーシリーズの様子。

時間を設け、ナノフォトニクスを産業界に導入する具体的な方策、開発対象について意見交換している。

(3) レクチャーシリーズ： ナノフォトニクスの原理・基礎に関する大学院講義として「電気電子工学特別講義Ⅲ」を各年度後期に開設しており、下記(4)の技術者が聴講している。受講生の大半は正規の大学院学生であるが、技術者が活発に質問するので大学院学生にもよい刺激となっている。

(4) 研究員の受け入れ： 下記(5)の共同研究を推進する若手技術者を産業界から受け入れ、ORTを実施している。これまでの受け入れ人数は延べ9名である。

(5) 共同研究の実施： 上記(2)の面談などをきっかけに具体的なアイデアを出し合い、これに基づいて産業界と共同研究を実施している。これまで延べ13社と実施している。

## 2. 成果と波及効果

前章(1)～(5)の各業務を通じ、(4)の若手技術者もすでに学術誌での原著論文発表<sup>5)</sup>、学会講演会で成果発表を行っており、本講座発足時の予想以上に人材育成の実績が上がっている。同時に本講座の教職員は多数の原著論文、国内外の講演会での研究発表、技術書の執筆、特許申請を行い、活発に活動している。また、(5)の共同研究は小規模予算で開始されるが、そのうちのいくつかは共同研究の初期成果がもとになり、外部資金を獲得する大型開発研究

プロジェクトへと発展している。たとえばNEDO「エネルギー使用合理化技術戦略的開発」事業において、近接場光エッチング法および近接場光堆積法を用いた光学素子用基板表面のサブナノ平坦化技術開発が始まった（各々平成20年度、平成21年度より3年間）（NEDOのホームページ <https://app3.infoc.nedo.go.jp/informations/koubo/koubo/FK/rd/2008/P03033/nedokoubo.2008-06-17.2881926733/>、および <https://app3.infoc.nedo.go.jp/informations/koubo/koubo/FK/rd/2009/P03033/nedokoubo.2009-05-07.9881219591/> を参照のこと）。これは特に複雑な加工装置を必要とせず、ガラス、セラミックス、半導体など、多様な基板表面の制御に応用可能な革新技術であり、多方面から大きな関心が寄せられている。このような発展には(4)のORTが有効に機能し、新技術を使いこなすさらに発展させる能力を備えた産業界の若手技術者が育ったことが決め手となっている。

一方、本プロジェクトを組織的に支援するため、次の2つの事業が発足した。

(1) ナノフォトニクス研究センター（図4）： 本講座を支援するために、本学大学院工学系の中に昨年4月より発足した。筆者がセンター長を務め、工学系の教員がメンバーとなっている。メンバー間の情報交換・共同研究によりナノフォトニクスの研究を深め広げて、次の社会貢献の新たな核を形成することを目標としている。また、前章(2)の個人面談などでは筆者の研

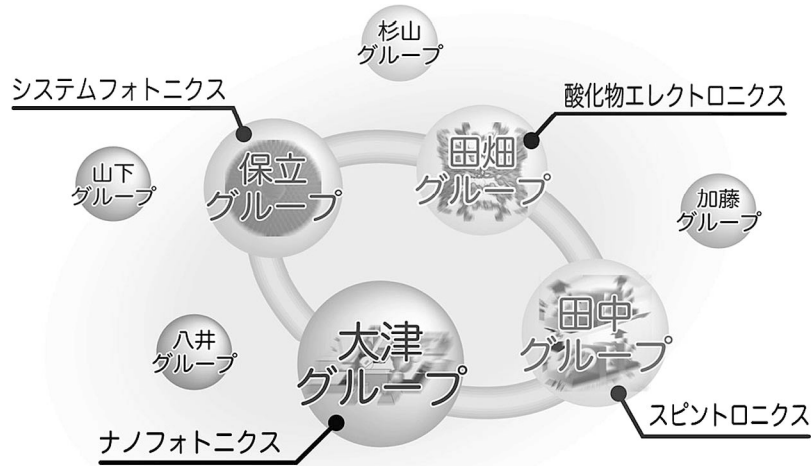


図4 ナノフォトンクス研究センターの構成.

究グループのみで対応しきれない境界領域分野に関する提案がしばしばみられるが、これを本研究センターのメンバーと共有し、産学連携の幅を広げている。

- (2) 特定非営利活動法人 (NPO) 「ナノフォトンクス工学推進機構」: 前記の NEDO 「大容量光ストレージ技術の開発」プロジェクト後の実用化開発を推進すること等を目的とし、平成 17 年に発足した。筆者が理事長を務めている。最近では事業の幅を広げ、本年度からは前章 (3) のレクチャーシリーズよりも初歩的なナノフォトンクスの知識を学ぶセミナー「ナノフォトンクス塾」(初級編, 中級編とも2日間にわたる集中講義), 技術の将来動向を深く探索するためのフォーラムなどの教育啓蒙事業を実施した (NPO のホームページ <http://www.nanophotonics.info/seminar.html> を参照のこと)。また、発光ダイオード 1 個のみを光源とする超低消費電力のデスクトップ型の近接場光リソグラフィー装置の販売も開始した。

以上のように、本講座と連携した教育啓蒙活動が急速に進み、それが国外からも注目されるようになった。欧米では日本がナノフォトンクスの基礎・応用をリードしていることを認識し、近年は日本との情報交換・研究交流の希望が多く寄せられるようになった。これを受けて筆者らは日本と相手国との二国間交流を企画し、これまでに米国、豪州、ドイツを相手とし、ワークショップを複数回実施している<sup>6)</sup>。この会合には二国から 10 名程度の少数のトップランナー研究者の参加のみに限っているが、これに本講座に関連する産業界の技術者の参加を呼びかけ、技術成果の発信の機会を供与している。技術者の世界舞台へのデビューという観点でも、この活動は人材育成の効果を挙げてい

る。さらに、これがもとになり、新たな共同研究が始まっている。

1993 年に筆者がナノフォトンクスを提案した後、しばらくは他機関・他国からの関連する研究発表件数はきわめて少なかったが、近年はそれが激増している。これは、欧米でナノフォトンクスに対する関心が急増したことを反映している。米国でのナノフォトンクスに関連する研究開発の状況は、参画企業 61 社、関連する研究機関数 21、関連プロジェクト予算 327 億円 (平成 21 年度) であり、EU ではそれぞれ 74 社、16, 100 億円 (平成 19 年度) にのぼっている。これは日本の数値と比べると膨大である。特に EU ではナノフォトンクスを次世代の光通信システム技術の中核に置いており、技術開発がきわめて強力的に推進されている<sup>7)</sup>。ただし欧米ではナノフォトンクスの定義が曖昧かつ広義になっており<sup>8)</sup>、その中には波動 (回折) 光学技術も含まれるので、技術の質的変革を生むことは難しい。新しい技術の確立のためには、ナノ寸法の局所領域での光子の実体をはじめとする基礎原理を探索し、これを応用に結びつける努力が必要である。これにかかわる実績では日本がリードを保っており、筆者の研究グループではナノフォトンクスにかかわる各種技術開発に関し、本講座発足の前後にわたり積算すると延べ 29 社との共同研究が進んでいる。

本講座が実施する人材育成は短期間で達成できるものではない。本講座を継続発展するために、長期的な展望にたった施策が必須である。一方、このような産学連携の活動にはマネージャーの活躍が不可欠である。知財の取り扱いなどの調整に慣れ、また両組織間の主張を調整できる能力のある調整役がいなければ実質的な活動はできない。今

後はこのようなマネージャーを育成する事業も重要になると思われる。

## 文 献

- 1) 大津元一：“ナノフォトニクスによる光技術の質的変革”，応用物理，**77** (2008) 1341-1352.
- 2) 大津元一編著：大容量光ストレージ（オーム社，2008）.
- 3) 大津元一：“ナノフォトニクス技術とその将来—大容量光ストレージの開発事業を例として—”，光アライアンス，**19** (2008) 41-43.
- 4) (財)光産業技術振興協会編：情報記録テクノロジーロードマップ（(財)光産業技術振興協会，2006）.
- 5) H. Fujiwara, T. Kawazoe and M. Ohtsu: “Nonadiabatic multi-

step excitation for the blue-green light emission from dye grains induced by the near-infrared optical near-field,” Appl. Phys. B, **98** (2010) 283-289.

- 6) 大津元一：“「なぜ？」に答えるには二国間セミナーで”，応用物理，**78** (2009) 473-474.
- 7) MONA consortium: “A European roadmap for photonics and nanotechnologies,” MONA (Merging Optics and Nanotechnologies Association) consortium, 2008 (<http://www.ist-mona.org/partners.asp>)
- 8) National Research Council of the National Academies: Nanophotonics Accessibility and Applicability (National Academy Press, 2008).

(2010年1月13日受理)