

## ERATO 下田ナノ液体プロセスプロジェクト事後評価（予備評価）報告書

【研究総括】 下田 達也 （北陸先端科学技術大学院大学 マテリアルサイエンス研究科／教授）

【評価委員】（あいうえお順）

鵜飼 育弘 （Ukai Display Device Institute／代表）

奥山 雅則 （大阪大学 ナノサイエンスデザイン教育センター／特任教授）

近藤 道雄 （委員長；産業技術総合研究所 太陽光発電工学研究センター／センター長）

時任 宣博 （京都大学化学研究所／所長・教授）

### 評価の概要

ERATO 下田ナノ液体プロセスプロジェクトの基本構想は、「機能性液体から付加的な方法で、しかも直接的に、ナノサイズの電子デバイスを作製する革新的プロセスを創出することである。研究総括の下田達也 博士らは、その実現に向け、ERATO の支援規模や事業趣旨等を活かし、研究内容から研究環境整備までの全てにおいて「全くゼロからのチャレンジ」を開始した（2006年10月）。それに際し下田総括らは、対象材料（Material）、目標デバイス（Device）、必要な装置類（Equipment）に分類し、これらを具体的研究項目にブレイクダウンしつつ、実験と思考を重ねて「ナノ液体プロセス（Process）とは？」という問いに対する「回答」を探り出す、という戦略を採った。

プロジェクト発足後約4年が経過した現時点でのハイライトは、酸化物系を中心に、「回答」となりうる新しいプロセス技術の創出に成功したことである。この具体的手法を用いて、デバイス動作の実証がプロトタイプレベルで確認されており、残る約1年のERATO研究期間を含む今後の研究展開が、今後大いに加速づけられることが望ましいであろう。またこうした技術的知見の一方で、主にシリコン系では、ハマカー定数という van der Waals 力に由来する微視的な力学パラメータによる塗膜性の理解などの新たな科学的知見もなされ、インク状のシリコン系材料による薄膜太陽電池の作製およびプロトタイプレベルでの動作実証が確認されている。今後これらの成果をもとにした下田総括らのマネジメントのもと、学術的な知見の集積および応用面で重要となる知見の蓄積を図り、アカデミア・社会・企業など多角的に認知されるアウトカムの創出を期待する。

以上を総合し、ERATO 下田ナノ液体プロセスプロジェクトは、当初の想定以上の望ましい研究展開を示し、かつ今後にも十分に期待できるものであり、戦略目標「ナノデバイスやナノ材料の高効率製造及びナノスケールの科学による製造技術の革新に関する基盤の構築」に資する十分な成果を上げていると認めることができる。しかしながらこのような成果の真価を決めるのは、残る約1年のプロジェクト期間やその後の研究活動の進め方次第である。よって本プロジェクトの研究活動を支援するJSTには、成果の重要性や期待できる産業的インパクトなどを踏まえ、適切な戦略性やそれに基づく支援策を検討および構築してもらいたい。

## 1. 研究プロジェクトの設定および運営

### 1-1. プロジェクトの全体構想

ERATO 下田ナノ液体プロセスプロジェクトの研究総括である下田達也 北陸先端科学技術大学院大学 マテリアルサイエンス研究科 教授は、前任であるセイコーエプソン(株)時代から、「マイクロ液体プロセス」による電子デバイス創製の研究開発において先導的な役割を果たしてきた。具体的には印刷技術の一つであるインクジェット法により、有機 EL デバイスやポリシリコン薄膜トランジスタ (TFT) 等を開発するなどの実績を上げてきた。真空気相製膜とフォトリソグラフィのような除去加工プロセス（およびそれらを扱う大型の装置やクリーンルームも含まれる）ではなく、必要などころに必要なだけの材料を使う付加加工プロセスによる「プリントابل・エレクトロニクス (Printable Electronics)」は、省資源・省エネルギー生産など昨今の社会的要請なども踏まえ、世界のアカデミアや産業界で現在精力的に取り組まれている一大分野として認識される途上にある。

しかしこのような状況でも、インクジェット法を実際に用いるには限界、例えば液滴サイズ（数～数十 $\mu\text{m}$ ）の限界やインクの限界（乾燥に伴う溶質の移動等は制御不可能）などが存在することが、次第に明らかになり始めている。そもそも、インクジェット法による液滴サイズを、例えば現在の Si-MOSFET で求められるチャンネル長（数十 nm）と比べると、径にして最大で 1,000 分の 1 程度も縮小することを余儀なくされるわけで、根本的な革新技術の創出が求められることは、ある意味で自明なことである。

こうした背景や問題意識等をもとにして、下田総括は、「機能性液体から付加的な方法で、しかも直接的に、ナノサイズの電子デバイスを作製する革新的プロセスを創出する」ことをプロジェクトの全体構想として掲げ、戦略目標「ナノデバイスやナノ材料の高効率製造及びナノスケールの科学による製造技術の革新に関する基盤の構築」に資するものとして ERATO に採択された（2006 年 9 月；プロジェクト発足は同年 10 月）。ERATO における「新しい科学技術の流れ」という事業趣旨は、この革新的プロセスの創出を単に指すのではなく、前段で述べたように、取り扱う液滴サイズの縮小にも関連する様々な原理現象の理解および開拓をも指すものである。その一例は、ナノスケールの領域で強く影響が現れる van der Waals 力などをはじめとした溶質と溶媒、あるいは基板との微視的相互作用等を理解し、なおかつそれを制御することなどである。

### 1-2. プロジェクトの枠組みや研究体制、および研究活動の状況

根本的な革新技術の創出は、ある意味では手探りの状態からのスタートでもある。加えて、下田総括の場合は ERATO の採択当時、セイコーエプソンから北陸先端科学技術大学院大学へ移籍してまだ半年にも満たない状態であり、研究内容から研究環境整備までの全てにおいて、「全くゼロからのチャレンジ」であった。

上記の全体構想に基づく下田総括のプロジェクト運営方針は、「デバイスのプロトタイプを開発しながら、“「ナノ液体プロセス」とは？”という本質的な問いに対する）回答を探し獲得する」という一言に集約されている。そしてそれは、以下の 3 段階にブレークダウンされている。

**第1ステップ：** クリーンルームの構築にはじまり、各種物性評価装置の導入やメーカーとのナノ加工装置の共同開発の推進。併せて研究開発項目の検討。

**第2ステップ：** 研究開発項目の具体化。

- (1) 材料 (Material) …扱う機能性液体材料を、大きく分けてシリコン系と酸化物系に分類。特にシリコン系液体材料の合成を推進。
- (2) デバイス (Device) …シリコン系では太陽電池やサブ $\mu\text{m}$  サイズ TFT など、酸化物系では強誘電体ゲートトランジスタ (FGT) などを対象として設定。
- (3) 装置 (Equipment) …メーカーとの共同開発によるナノインプリント装置の導入など。
- (4) プロセス (Process) …上記(1)–(3)を総合し、実験と思考を重ねて「回答」の探索や洗練化。

**第3ステップ：** 上記ステップを経て得られた回答を本物の技術に転換する研究を加速度的かつ集中的に行い、「回答」が正解であるかを確認し、デバイスの実用化等への展開を図る（補足すれば、このステップまでを ERATO の期間内でカバーするのではなく、寧ろ ERATO 終了時もしくは一定期間後より、本格的に推進されるイメージである）。

こうした基本デザインのもと、下田総括を補佐し研究の実務上の統括的役割を担うグループリーダーに、松木安生 博士（兼務：本務は JSR 株式会社 筑波研究所 主任研究員）、徳光永輔 博士（同左 東京工業大学 精密工学研究所 准教授）、および Dam Hieu Chi 博士（同左 北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科 講師）を招聘し、それぞれ「材料グループ」「PDE グループ<sup>1</sup>」「理論グループ」が設置されている。2010年12月時点で総勢11人いる研究員のおよそ3分の1強が、企業からの出向もしくは企業での研究開発経験を有した者であるという特色がある。

研究実施場所は、北陸先端科学技術大学院大学内と大学に近接する「いしかわフロンティアラボ」である。前者にはクリーンルームを整備し、デバイスを作製および評価できる装置類が設置されているのに対し、後者は主にシリコン系の機能性液体材料を取り扱う目的として使用されている（多数のグローブボックスを設置）。

我々4名の評価委員は、以上に述べた全体構想や研究体制、およびこれまでの研究の進捗状況などを、プロジェクトから提出された研究実施報告書やサイトビジットを通じて確認するとともに、下田総括らに対するヒヤリングを実施した（2011年1月）。

これらに対する評価の立場からの所見を、ここに整理して述べる。

第一に、下田総括の掲げる「機能性液体から付加的な方法で、しかも直接的に、ナノサイズの電子デバイスを作製する革新的プロセスを創出する」というプロジェクトの全体構想（設定意義）についてである。上で述べたように、これは既存主流のフォトリソグラフィ技術やナノインプリント技術（レジスト材のモールド成形後に、エッチング処理等で除去加工を施す）、あるいは下田総括自身が先導してきたインクジェット技術でもない、ERATOの事業趣旨たる「新しい科学技術の流れ」へ向けた全くゼロからのチャレンジと位置づけることができ、高く評価することができる。

<sup>1</sup> Process, Device, & Equipment の頭文字を取っている。

第二に、プロジェクトの運営（研究費や組織面）である。そもそも研究テーマの観点からしても、クリーンルームや各種の加工および測定機器を要するため、ERATO のようなプロジェクトリーダー個人に対する大型の研究費支援の枠組みが非常に効果的に活かしているものとして、高く評価することができる。また組織的な面から見ると、材料、作製プロセス、物性評価、デバイスから理論解析まで、専門分野が異なる「ヘテロな集団」形成が効果的になされている。加えてこの点で特筆しておきたいのは、上記のような探索的研究の色彩が強い段階から、プロジェクトへの企業からの研究者の参画が比較的多いことである。下田総括自らも長年企業の研究開発の職に身を置いてきたこともあるだろうが、こうした段階から「産学連携」に積極的に取り組むことは、目標デバイスの創製を実現するための効果的な方策であるといえよう。

第三に、特に研究面からのプロジェクトの運営について、ここでは概略のみ言及する。最も根幹といえる“「ナノ液体プロセス」とは？”という問いに対し、これまでの研究活動を通じ具体的な手法を見出したことで、既に「回答」を得るに至っている点を極めて高く評価したい。酸化物系（PDE グループ）を中心に、こうした具体的な手法をもとにしたデバイス動作の実証がプロトタイプレベルで確認されており、残る約1年の ERATO 研究期間を含む今後の研究展開が、今後大いに加速づけられることが望ましいであろう。こうした技術的知見の一方で、主にシリコン系（材料グループ）では、ハマカー定数という *van der Waals* 力に由来する微視的な力学パラメータによる塗膜性の理解などの新たな科学的知見もなされ、インク状のシリコン系材料による薄膜太陽電池の作製およびプロトタイプレベルでの動作実証が確認されている。

このように、プロジェクト全体としてみれば、当初の想定以上の望ましい研究展開を示しているといえる。しかしそうであるが故に、ERATO プロジェクトの終了1年前の評価の立場からは、敢えて以下の提言を付け加えておきたい。まず、限られた期間での研究プロジェクトという枠組みを考えたとき、必要なのは、現在までの成果をプロジェクトとしていかに大きくかつ実りあるものにするかということである。その一つの方策は、今ある研究テーマの中での「優先づけ」、あるいは「選択と集中」であろう（このことは既に下田総括も既に具体的なかたちにしつつあり、そのことは後章でも述べる）。また、これにも関連することとして、個々のグループの活動が挙げられる。特に、理論グループの位置づけと上記2グループの研究推進に係る必要性や重要性などがいささか希薄であるようにも見受けられるため、さらにプロジェクトとしての存在意義を高めるべく、何らかの仕掛けが講じられることを望みたい。

## 2. 研究成果

本章では、ERATO 下田ナノ液体プロセスプロジェクトを構成する3つの研究グループの現在までの研究進捗状況を個別に報告し、さいごに全体を総括する。なお特許出願等の関係で、具体的な表記等を避けざるを得ないところがあることを、予めご了承いただきたい。

### 2-1. 材料グループ

下田総括と松木グループリーダーとは、それぞれセイコーエプソン(株)と JSR(株)における共同研究等を通じ、本プロジェクトが発足する以前から緊密な連携があった。材料グループではそうしたことも適宜活かされ、1) 機能性液体シリコン材料の開発、2) 液体材料の成膜性の検討、3) 液体材料のナノパターン加工法の開発、4) 液体材料を原料にしたデバイス化、といった研究項目を初期に設定した。

このうち、1) の機能性液体シリコン材料の開発における、シリコンと水素だけで構成されたポリシランの合成とそれを用いた各種材料合成は、非常に挑戦的なテーマである。その一つには、ヒドロシラン類の取り扱いの難しさ、具体的には大気との反応性が高いことが挙げられる。本グループでは、ヒドロシラン類の基礎的研究から出発して、シクロペンタシラン (CPS) を鍵化合物とする多様な液体シリコン材料ファミリーの合成に成功するとともに、熱や光を用いた CPS の重合反応についての検討も進んでいる。材料の本質的に優れた側面を活かし、その扱いにくい欠点を実験的に克服している点は高く評価することができる。とともに、初期の目的はかなりの程度達成されていると判断できる。

また2) の成膜性検討においては、ケイ素材料（モノマーおよびポリマー）の物性に関する基礎的研究を足がかりに、材料固有の新規な性質を見いだしている。特に、van der Waals エネルギーと誘電関数の相関などの研究から、表面張力や膜の安定性における支配因子が、ハマカー定数の正負大小で記述できることを導き出している。これらは、本プロジェクト全体での独自の研究展開として興味深く、液体からの薄膜合成における新たな学問分野を切り拓きつつあるものとして、非常に高く評価するとともに、今後のさらなる学問体系の確立へ向けて完成度を上げてもらいたい。なおこれらの知見は、薄膜合成はもとより、有効なナノパターン形成および加工法の開発をも視野に入れたものである。その意味では、3) の項目についてもかなりの程度の進捗が見られると判断できる。

このようにして作製できるシリコン系薄膜を用いた、4) のデバイス化については、薄膜シリコン太陽電池に関する成果（詳細は 2011 年 2 月 7 日のプレスリリースを参照<sup>2</sup>）などを上げ始めている。既にこの成果は、JST 先端的低炭素化技術開発事業 (ALCA) において研究課題「液体シリコン塗布プロセスによる高性能太陽電池」として採択され<sup>3</sup>、ERATO からのスピアウトが図られている (2011 年 2 月)。ERATO の観点からすれば、まさにこうした「選択と集中」を伴う下田総括のマネジメントは大変望ましいことであると考えられる。残されたプロジェクト期間やその後の研究活動はもとより、シリコン系デバイス一般での激しい競争を考えれば、PDE グループともよく連携しつつ、現実に新産業創出や社会的・経済的価値のある新規なデバイス化へのある一定の道筋を付ける取り組みが、今後重要になってくるであろう。

## 2-2. PDE グループ

本グループの方針は、そのグループ名からも明らかなように、自らで開発するナノ液体プロセス (Process) を活用して、新規なデバイス作製技術を、デバイスそのものの観点

<sup>2</sup> <http://www.jst.go.jp/pr/announce/20110207-2/index.html>

<sup>3</sup> <http://www.jst.go.jp/pr/info/info782/besshi2.html>

(Device) と装置 (Equipment) の観点から研究することである。特に酸化物系を中心に、1) 強誘電体ゲートメモリデバイスの開発と特性検討、2) 液体材料によるナノサイズデバイスの新しい直接形成法の創出と応用展開、3) 液体原料からの新規固体薄膜の生成過程についての機構解明と新材料創出、の3課題を設定している。

1) に関しては、かなりの進捗が達成されている。材料や界面特性と強誘電体ゲート薄膜トランジスタ (FGT) の電気特性の相関など新たな知見を集積し、ナノ液体プロセスに立脚した FGT 作製の基盤技術がほぼ確立されつつある。さらに、作製したデバイスの動作検証にも成功しており、今後再現性や安定性をより改善することによって、ナノレベルの素子実現に向けた取り組みを強化してもらいたい。

また2) でのこれまでの成果が、前章でも述べた“「ナノ液体プロセス」とは?”という問いに対する「回答」の肝となるものである。それは、本来液体プロセスの欠点でもある溶剤の蒸発に伴う「痩せ」を克服するため、溶剤を伴わない塑性変形領域でナノ加工を施す、というオリジナルな技術である。そしてこの新技術を用いて、FGT・TFT ともに初期データながら、非常に有望な結果を得ている。真空やフォトリソグラフィーを必要とせず、格段の省力・省時間化が可能であるのみならず、低温域での直接成形が可能であること、焼成後のパターン崩れが少ないことなども利点として上げられ、産業的応用の観点でも、今後の可能性に大きな期待ができる。非常に単純明快なコンセプトに基づく、プロセス技術としての産業的インパクトの大きさが十分に見込まれるものの、まだ萌芽的な研究段階でもあるため、応用実現に向けた研究展開を図るにあたっては、残るプロジェクト期間も含めた今後の研究推進において、いかに諸外国に対しアドバンテージを維持するかを含めて、JST も一体となった十分な支援形態を戦略的に講じてもらいたい。

3) のテーマに関しては、強誘電体としても良く知られている  $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$  薄膜が、押し圧によって物性を改善できるという効果等を見いだしている。非常にユニークであり、新たな薄膜作製・改良法として興味深いのが、その結晶性・成分・微細組織などの発生要因についての学術的側面からの理解が深まることを望みたい。その他、金属酸化物の液体プロセスによる成形過程の詳細な研究の中から、材料開発への指針を提示し、非常に今後の展開に期待の持てる材料探索の可能性も示されつつある。

以上を踏まえ、評価する立場として推察するに、発足当初のプロジェクト全体における各グループのウエイトの意味合いにおいて、これほどまでに酸化物系の進捗が目覚ましくなるとは、下田総括ですらも予測してはいなかったのではないだろうか。言い換えれば、この当初予想されていなかったであろう新たな知見についても、下田総括らは機動的なマネジメントを行っていると高く評価することができる。また上述のように、“「ナノ液体プロセス」とは?”という問いに対する「回答」がある一定の形で見出せたことも、これからの研究推進をより力強くさせるものと思われる。

### 2-3. 理論グループ

理論グループとしての役割は、先の2つの実験グループで実施されている材料探索、プロセス開発、デバイス作製といった研究課題に対し、理論的な切り口で協働できるような研究展開を行うことである。そして、個々の研究課題の中で見つかる新現象や新物性について、学術的根拠という面で検証・実証を加えることを目的として設定されている。

現在までの成果の一例は、第一原理計算の活用として、材料グループの進める液体シリコン材料の探索・開発研究において、各種ケイ素材料の基礎物性の解釈や予測、また新規物質がもたらす新現象への解明に理論的に取り組んでいることが挙げられる。これらの成果を含めた理論グループの研究内容を見ると、もちろんそれ自身は有意義であることを認めた上で、やはり先の2つの実験グループのアクティビティの高さに比べると若干の物足りなさ（例えば、連携の不十分さ）を感じる。過去のアモルファスシリコンの成長過程のシミュレーションなどにも見られるように、計算と実験との対応は相当な慎重さが要求される。理論では色々な示唆が得られるが、現実性に対する吟味や実験との対比などは、今後実験との有機的な連携を深めることに期待したい。

有機および無機ケイ素化学は、それ自体がかなりの歴史と実験・理論の両面からの知見が集積されている学問分野である。よって本グループで、ケイ素化合物の物性予測や構造・特性などの検証を計画する場合は、既知のケイ素化学分野での先行研究例やその成果を綿密に調査等した上で、真に新しい挑戦的課題を設定することが望まれる。

ただしプロジェクト全体として見渡した場合、こうした理論的なサポートは非常に重要であることは強調しておきたい。現に材料グループでも触れた、ハマカー定数の記述はプロジェクトの大きな成果の一つであり、理論的サポートの重要性を強調する理由でもある。実験的なアプローチが合理的な選択のもとに目標物に近づいているかどうか、得られた新物質が狙い通りの物性を発現するか否かといった点について、身近なプロジェクトメンバーとして理論的な見地から協力することができるという意味において、有用な人員配置であるといえる。

以上個々のグループで述べた所見を、ここに科学技術的側面および産業・社会的側面から整理して述べる。まず、科学技術的側面である。

特に酸化物系（PDE グループ）において、「「ナノ液体プロセス」とは？」という問いに対する「回答」になる基盤技術を創出したことを中心に、秀逸なものとして高い評価を与えることができる。シリコン系（材料グループ）についても、ハマカー定数による塗膜性の記述や太陽電池のプロトタイプ開発などをはじめとして、ある一定の成果があるが、現行の完成度の高いシリコンプロセスとの比較においては、全く新しいプロセスであるということを考慮する必要があり、その意味では十分な成果を上げているといえる。

またこの材料グループからは、本プロジェクトの名称でもある「ナノ液体プロセス」という枠からは少々趣を異にする研究成果も生まれつつある。そもそも研究対象に選定したCPSの重合という出発物質合成の中から、新規ケイ素材料の創出や未だ研究報告例の少ないヒドロシラン類の構造・性質の解明といった学術的にも興味深く価値のある研究が進められている点は、ERATO プロジェクトの特徴として、新分野開拓的な研究展開の例として高く評価したい。これらの内容を含めた薄膜シリコン太陽電池の研究は、既にERATO プロジェクトからスピアウトさせ、新たな研究スキーム（ALCA）で展開を図ろうとすることも、前章で述べたように本ERATO プロジェクトにおける「優先付け」もしくは「選択と集中」といった観点からしても、大変好意的に受け入れることができる。

このように、特に材料グループおよびPDE グループの「アクティビティ（Activity）」の高さについては先に言及した通りである。これからの予期せぬ展開も含め、さらなるアクティビティ向上の可能性に大きな期待を寄せることができるが、ここはあくまでもERATOと

いう時限付のプロジェクトであるということも考慮すれば、少なくとも残る1年のプロジェクト期間内では、アクティビティの高さを対外的に示す、すなわち「ヴィジビリティ（Visibility）」を高める取り組みも精力的に行ってもらいたいことを、敢えて提言として付け加えておきたい。既にプロジェクトの研究成果をもとに、22件の国内出願がなされている（2010年12月現在；現在も、上記紹介した研究成果で出願準備中のものが複数ある）ものの、学術的な外部発表はこれから精力的に行われていく段階にあるものと思われる（海外の学術論文誌への掲載は13報、国内学会での口頭発表は9件）。プロジェクトの最終年度へ向けてさらに加速度的に新たな成果が出てくることも踏まえ、関連する分野の研究者らをいかに触発できるかといった視点も踏まえ、どのような効果的な外部発表（記者発表なども含む）を行うかについて戦略性が求められる。その意味では発表を行っていくに際し、個々の成果について周辺の基礎的な知見を集積することも重要なことであるように思える。

次に産業・社会的側面である。ALCAの採択事例からも示唆されるように、今後ERATOでは、酸化物系を中心に得られた「回答」の検証作業（1-1.で述べた「第3ステップ」）が進められていくことと思われる。非常に単純明快なコンセプトに基づき、なおかつ作製の簡便さや材料の使用効率の高さに由来する大幅なコスト減も期待できるため、プロセス技術としての産業的インパクトの大きさは十分に見込める秀逸ものと期待することができる。しかしながら、そのことをより具体的に明示するためには、デバイス特性および信頼性や歩留まりを左右するであろう界面状態の制御など、これもまた周辺の知見をより多く集積することが非常に重要になってくる。上述の繰り返しになるが、まだ萌芽的な研究段階でもあるため、応用実現に向けた研究展開を図るにあたっては、残るプロジェクト期間も含めた今後の研究推進において、いかに諸外国に対しアドバンテージを維持するかを含めて、JSTも一体となった十分な支援形態を戦略的に講じてもらいたい。

### 3. 総合評価

冒頭に述べたように、本ERATOプロジェクトは、下田総括の掲げる「機能性液体から付加的な方法で、しかも直接的に、ナノサイズの電子デバイスを作製する革新的プロセスを創出する」という研究構想の実現に向けた、研究内容から研究環境整備までの全てにおいて、「全くゼロからのチャレンジ」であった。ERATOはしばしば、「人中心のシステム」と表現されることがある。卓越したリーダーとなりうる「人」を見抜き、その「人」が導く、多少の高いリスクはあっても成功すれば大きなインパクトを及ぼす可能性に、ある意味では賭けにも似た状態からの出発であった。プロジェクトの運営にあたっては、ERATOの支援規模や事業趣旨が効果的に活かされ、構想実現へ向けた研究環境の整備が施されるとともに、異なる分野やアカデミア・企業からの「ヘテロな集団」が結集している。

現在までの研究成果は、前章で述べたとおりである。これらの成果が秀でたものとして特筆すべきところは、基礎的な知見の発見と実用化に資する成果がバランスされている点にある。液体を原料とする新しいプロセスのアイデアから出発し、その優位性を活かしながら、欠点を巧くカバーしている。その工夫の中で新しい学術的な発見があり、それがさらに応用的発展を加速するという好循環を生み出している。酸化物系において見出した“「ナノ液体プ

ロセス」とは？”という問いに対する「回答」になる基盤技術を中心に、今後学術的な知見の集積および応用面で重要となる知見の蓄積を図り、アカデミア・社会・企業など多角的に認知されるアウトカムの創出を期待する。

以上を総合し、ERATO 下田ナノ液体プロセスプロジェクトは、当初の想定以上の望ましい研究展開を示し、かつ今後にも十分に期待できるものであり、戦略目標「ナノデバイスやナノ材料の高効率製造及びナノスケールの科学による製造技術の革新に関する基盤の構築」に資する十分な成果を上げていると認めることができる。しかしながらこのような成果の真価を決めるのは、残る約1年のプロジェクト期間やその後の研究活動の進め方次第である。そのことは、企業の研究開発経験者である下田総括らは最も強く認識していることであろう。よって本プロジェクトの研究活動を支援するJSTには、成果の重要性や期待できる産業的インパクトなどを踏まえ、適切な戦略性やそれに基づく支援策を検討および構築してもらいたい。

以上