

「次世代プリントエレクトロニクス材料・
プロセス基盤技術開発」
事後評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿	1
評価概要（案）	2
評点結果	5

はじめに

本書は、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき研究評価委員会において設置された「次世代プリントドエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発」（事後評価）の研究評価委員会分科会（2019年10月28日）において策定した評価報告書（案）の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第33条の規定に基づき、第61回研究評価委員会（2020年5月15日）にて、その評価結果について報告するものである。

2020年5月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会「次世代プリントドエレクトロニクス
材料・プロセス基盤技術開発」分科会
（事後評価）

分科会長 臼井 博明

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会
「次世代プリントドエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発」

(事後評価)

分科会委員名簿

(2019年10月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	うすい ひろあき 臼井 博明	東京農工大学 大学院工学研究院応用化学部門 教授
分科 会長 代理	おかだ ひろゆき 岡田 裕之	富山大学大学院 理工学研究部 電気電子システム工学 専攻 教授
委員	くらた てつゆき 蔵田 哲之	ミヨシ電子株式会社 取締役
	なかじま しんいちろう 中島 伸一郎	日本航空電子工業(株) 商品開発センター センター長
	むらた ひでゆき 村田 英幸	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
	わたなべ ようじ 渡邊 洋治	SMBC 日興証券株式会社 株式調査部 シニアアナリ スト

敬称略、五十音順

「次世代プリントドエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発」

(事後評価)

評価概要 (案)

1. 総合評価

本事業は、少量多品種生産や事業の参入障壁低下と開発速度の促進につながるべくカスタム性を考慮した目標を掲げ、着実に成果を挙げてデバイスを実動させている点、また、多くの試作デバイスをもとに各種の展示会での出展、業界へのヒヤリング活動などを通じて、数多くの萌芽的可能性を見出している点で高く評価される。プリントドエレクトロニクス技術を微細加工技術と融合することで FHE(Flexible Hybrid Electronics)分野へと展開させ、IoT に資するエレクトロニクス製品群への省エネ製造プロセスの適用性を著しく拡張したことも高く評価できる。

一方、本技術の事業化のためには、出口用途の開発が必須であるが、本事業で培った技術が圧力・温度センサーを超えて様々なデバイスの作製に適用できることを明確にアナウンスする必要がある。コンソーシアムの支援体制が、弱いように思われるので、強化が必要である。

今後については、今回開発した高度なレベルに磨き上げてきた製造技術を展開するために、人材育成と技術継承が重要である。また、実用化・事業化の推進についてはまだ途上であり、かつ事業化にはリスクが伴うため、支援に関する制度的議論も必要になる。

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・必要性について

本事業は、プリントドエレクトロニクス技術の根幹となる材料技術と製造プロセス技術の開発を目的として設定されている点に大きな特徴があり、この着眼点は、国際競争力強化の観点から極めて重要である。また、エレクトロニクス製造に係る「製造工程の簡略化と材料の省資源化」という課題に対して、プリントドエレクトロニクスという技術領域を創出することで、その有効性を示す研究であった。このような事業は、民間の経済原理のみに依存して推進することは容易でなく、国が資金的にも支援を行い、複数の事業者を取りまとめることによってはじめて実現可能になると考えられる。競合するアジア諸国や、欧米が開発予算をつける中で、国際競争力を維持するうえで、NEDO が関与したことは有意義である。

一方、ディスプレイ、照明、蓄電など、幅広い応用可能性を秘めた技術であるので、潜在的能力が見落とされないような情報発信を行うべきであろう。また、これらの技術自体が国外へ流出することのない仕掛けづくりも併せて求められる。

2. 2 研究開発マネジメントについて

実用化に向けた技術開発目標が設定され、おおむね開発目標が達成されており、研究開発マネジメントは妥当であった。非競争的領域にある面状センサーに絞って計画を立てた点は、次世代のために国が主導する開発戦略として良い選択であり、開発材料の性質と用途を考え、プロセス技術にマッチングするまで落とし込んだ点も見事である。開発の実施にあたっては、材料、装置、デバイスおよび社会実装にかかわる事業者がバランス良くまとまっている。知的財産等の管理も、オープン・クローズ戦略を採用するとともに、知財管理の専門家を派遣するなどして、しっかり運営されている。

一方、テーマ設定、目標が、「自分ができる内容」に置き換わっている。そのため、最終的に、世の中の技術開発と大きな差が付き、実用性に乏しい。デバイスの事業化には、マーケティングと販売体制が必要であり、その点に強い海外事業者との協力によって、材料や装置の領域で産業を拡大していくことも重要な選択肢である。

今後については、新規に設置されたコンソーシアムにおいて、国内外の動向調査を継続して行う目利き機能も付与することを検討していただきたい。

2. 3 研究開発成果について

設定された目標はすべて達成されただけでなく 3 件の世界初の技術的成果が得られており、プリントドエレクトロニクス生産技術としての実用性実証を果たした。カスタマイズ化プロセスがおおむね完成し、サンプル出荷も可能な体制になっており、世界初の製造技術が実現できたと評価できる。また、開発の成果は、多くの展示会や講演会などで情報発信をしている。さらに、コンソーシアムを立ち上げたことにより、成果を今後の事業化につなげるための大きな一歩を踏み出すことができた点は有意義である。

一方、コンソーシアムのガバナンス設計が、開発した技術・知見・特許を事業化に結び付ける体制に必ずしもなっていない。課題解決のために、技術や知財にワンストップでアクセスできる仕組みがあると良い。

今後については、本事業の研究過程で得られたノウハウこそが今後の事業化に向けての真の実力となる。したがって、開発にかかわった人材のキャリアアップや技術継承などの方針を通して、本事業の技術的蓄積が今後も活かされるようにすべきである。

2. 4 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて

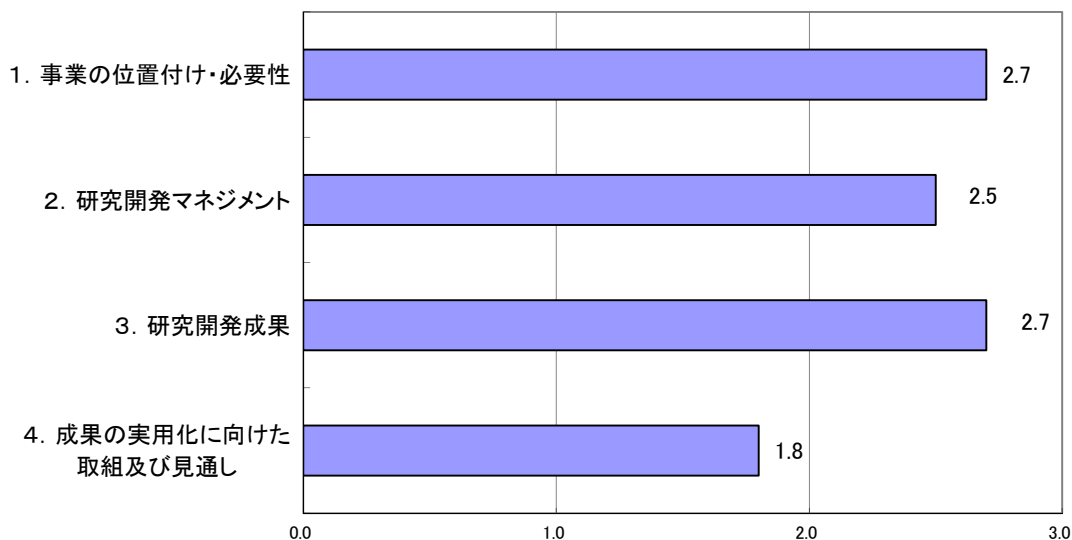
本事業は、材料・プロセス技術、実装技術の完成のみならず、さまざまなデバイスを試作して実際に動作を確認し、ユーザーからのフィードバックを得ている点で、実用化に成功した。また、製造設備の産総研への移管、数十社からなるコンソーシアムの結成など、アグレッシブな取り組みを継続しており、その展開は高く評価される。

一方、本事業終了後のコンソーシアムの業務は、サポート体制が脆弱である。常置のスタッフを増員するなどして、高度に専門性高く完成している装置の真の利用継承を進めて欲しい。また、駆動法、センシング感度、ソフトウエア等を鑑みて、現状のパッシブパネルの技術で対応できる部分に対し、本事業で開発した技術の優位性を明らかにして欲しい。その上

で、現有設備を活用した場合に販売価格が幾らで、月間何個の製品が製造できるという具体例を示し、製造、商品化につながる試作品を見出して欲しい。

今後については、単に材料と製造装置の販売になってしまうと、投資力のある海外企業が本事業で開発された技術を買うことが可能になる。その結果、本技術が国内のデバイス・メーカーの脅威とならないように方策を検討して欲しい。

評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)					
		A	A	A	A	B	B
1. 事業の位置付け・必要性について	2.7	A	A	A	A	B	B
2. 研究開発マネジメントについて	2.5	A	A	A	B	B	B
3. 研究開発成果について	2.7	A	A	B	A	A	B
4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて	1.8	B	B	A	B	B	D

(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し算出。

〈判定基準〉

- | | |
|--------------------|--------------------------|
| 1. 事業の位置付け・必要性について | 3. 研究開発成果について |
| ・非常に重要 →A | ・非常によい →A |
| ・重要 →B | ・よい →B |
| ・概ね妥当 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・妥当性がない、又は失われた →D | ・妥当とはいえない →D |
| 2. 研究開発マネジメントについて | 4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて |
| ・非常によい →A | ・明確 →A |
| ・よい →B | ・妥当 →B |
| ・概ね適切 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・適切とはいえない →D | ・見通しが不明 →D |

◆事業背景

第 61 回研究評価委員会
資料 2-2 (別添)

プロジェクト実施の背景

電子・情報機器分野の課題

- 多量のエネルギー・資源を消費する既存のデバイス製造プロセスからの脱却
- 省エネ・軽量・大面積・柔軟・耐衝撃性を実現した新しいデバイスの普及

社会的背景

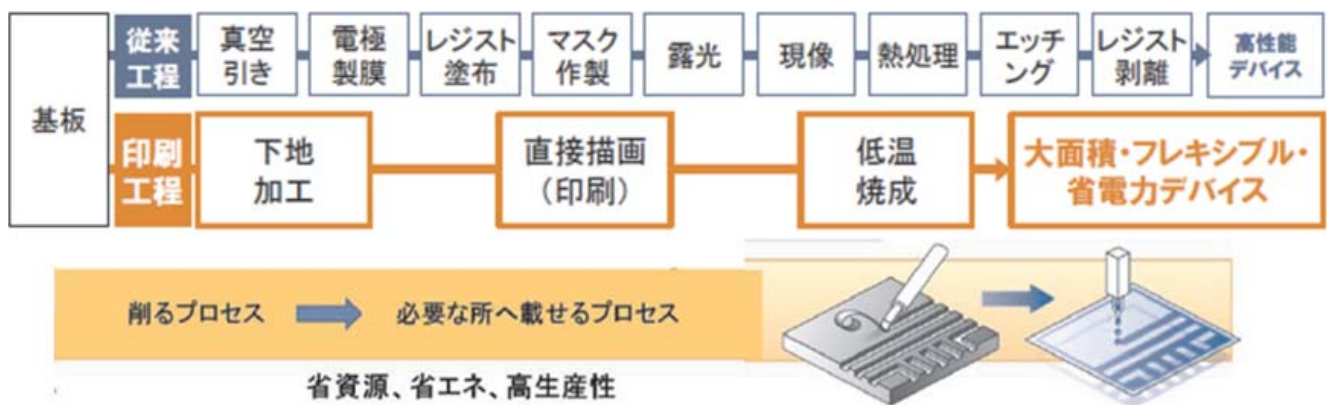
- ◆ 省エネルギー・省資源化社会の実現
- ◆ 電子デバイス製造業 (情報・家電関連産業) の国際競争力強化、新規市場の創出



“プリントドエレクトロニクス”の本格的な実用化・普及

◆事業背景

プリントドエレクトロニクスの特徴と利点



□低炭素社会への貢献

- ・材料削減効果
- ・製造エネルギー削減

□薄型・大面積エレクトロニクス製品の市場優位性の獲得

- ・低コスト製造プロセス、デバイス (ディスプレイ、照明・・・) の薄型化・大面積化

□新規市場・研究分野の創出

- ・デバイスのフレキシブル化、新規デバイス開発による新規市場創出

◆事業の目的

- ◆プリントドエレクトロニクスの本格的な実用化のために要求される製造技術の高度化、信頼性向上及び標準化の推進等に資する基盤技術開発を行う。
- ◆市場拡大・普及促進等に資する実用化技術開発を総合的に推進し、プリントドエレクトロニクスの普及のために必要な要素技術を確立する。



- 国際競争が激化するプリントドエレクトロニクスの本格的な実用化を促進し、新規市場の創出に貢献する。
- 我が国部素材産業及びデバイス産業の競争力強化、製造プロセスの革新的省資源化、省エネルギー化を図り、諸外国をリードする。

◆NEDOが関与する意義

環境負荷の低減、低コスト化、将来拡大が予想される市場に対応する
プリントドエレクトロニクス技術の実現は、

○社会的必要性が大きい

- 省エネルギー・低炭素社会の実現 (国家的課題の解決)
- 関連業界・企業の国際競争力強化 (情報通信機器デバイス、製造装置、材料等)

○民間企業だけの取り組みでは困難

- 高いシーズ技術を有し、国際的優位性の高い材料技術、印刷技術、プロセス技術、デバイス技術を有する企業や研究機関の連携が必要
- 研究開発の難易度が高く、大規模な研究投資が必要であり、開発リスクが大きい



N E D O が 推 進 す べ き 事 業

◆上位政策との関係から見た位置づけ

－プリントドエレクトロニクス技術－

- ◆ 本プロジェクトは科学技術最重点施策として政府が策定した科学技術重要施策アクションプランの対象施策の一つとして位置付けられている。
- ◆ 科学技術イノベーション総合戦略2017において、エレクトロニクス製造プロセスの省エネ化技術の開発が取り組むべき課題として位置付けられている。
- ◆ 経済産業省がまとめた技術戦略マップ2010において、我が国産業が今後取り組むべき重要技術 (情報通信/半導体分野) に位置付けられた。

□ 平成27年度科学技術重要施策アクションプラン (2015年9月)

I. クリーンで経済的なエネルギーシステムの実現 需要側におけるエネルギー利用技術の高度化 革新的印刷技術による省エネ型電子デバイス製造プロセス開発

□ 科学技術イノベーション総合戦略2017 (2017年6月)

省エネプロセス技術 (1) 工場・プラント等における革新的省エネプロセスの技術 エレクトロニクス製造プロセスの省エネ化技術の開発

□ 技術戦略マップ2010 (2010年6月)

情報通信/半導体分野 大項目「プリントドエレクトロニクス」を追加

□ 電子・情報技術分野技術ロードマップ2011の策定に関する調査 (2011年3月)

半導体分野 大項目「プリントドエレクトロニクス」

II. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性 (研究開発の目標)

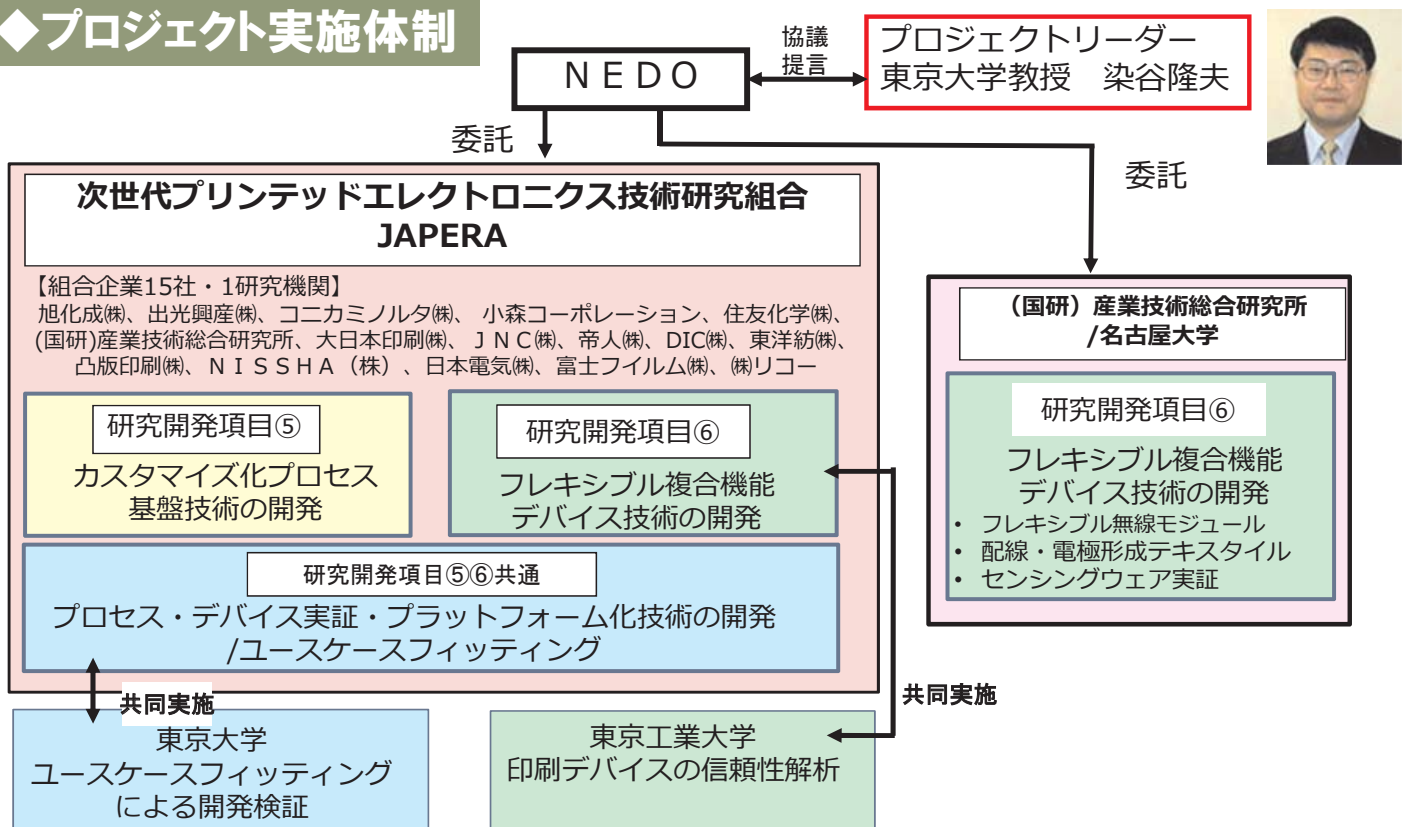
◆研究開発の目標(第II期基本計画の概要)

開発項目	開発内容	目標
⑤-(1) 高生産性カスタマイズ化プロセス技術	変量多品種高生産性製造を可能にする印刷デバイス製造カスタマイズ化技術を開発	30秒/枚以内の生産性+変量多品種生産が可能で、プロセス再現性が±10%以内
⑤-(2): 高速高精度基板搬送技術の開発	変量多品種高生産性製造を可能にするフレキシブルシート基板高速搬送技術を開発	フリーフィルム基板を、精度±10μm以内で、30秒/枚以内で搬送
⑥-(1) フレキシブルデバイス高感度化、高信頼性化技術の開発	信頼性確保、低消費電力高感度駆動のためのバラツキ制御、低電圧駆動化技術の開発	5V以下の駆動電圧+感度ばらつき10%以下
⑥-(2) フレキシブルデバイス実装技術の開発	フレキシブルデバイス・基板の低温低損傷、高精度実装技術を開発	100°C以下の接合接着技術+10万回以上の曲げ耐性
⑥-(3) フレキシブルデバイス機能複合化技術の開発	モデルデバイス基本仕様をベースに、複数機能の同期技術を確立し動作確認	複数機能有する素子を印刷で形成し、IoT入出力センサデバイスとして実証

多変種変量生産プラットフォーム技術の確立とIoTセンサーへの展開に向けた研究開発実施

開発項目	開発内容	目標	根拠
⑤-(1) 高生産性カスタマイズ化プロセス技術	変量多品種高生産性製造を可能にする印刷デバイス製造カスタマイズ化技術を開発	30秒/枚以内の生産性+変量多品種生産が可能でプロセス再現性が±10%以内	・30秒/枚以内の生産性を実現することで 競合するフォトリソのプロセスに対して、コスト比で優位となる。 ・ デジタル製版技術により、製版工程の短納期化より変量多品種生産を実現。
⑤-(2) 高速高精度基板搬送技術の開発	変量多品種高生産性製造を可能にするフレキシブルシート基板高速搬送技術を開発	フリーフィルム基板を精度±10μm以内で、30秒/枚以内で搬送	・30秒/枚以内の生産性実現には、 フリーフィルム基板※を位置合わせ精度±10μm以内で搬送することが必要。 ※ガラス基板のフィルムの貼り付け引き剥がし時間の削減。
⑥-(1) フレキシブルデバイス高感度化、高信頼性化技術の開発	信頼性確保、低消費電力高感度駆動のためのパラツキ制御、低電圧駆動化技術の開発	5V以下の駆動電圧+感度ばらつき10%以下	フレキシブルデバイス用途の拡大 に向けて自立電圧駆動で、 5V以下の低電圧駆動 が求められる。
⑥-(2) フレキシブルデバイス実装技術の開発	フレキシブルデバイス・基板の低温低損傷、高精度実装技術を開発	100℃以下の接合接着技術+10万回の曲げ耐性	・ デバイスの動作の安定性・信頼性確保 に向けてフレキシブルデバイスを 低損傷実装 するためには、100℃以下の低温で高精度実装技術が要求される。 ・ IoTや様々な分野への適用 に向けて、高い 耐性が必要。
⑥-(3) フレキシブルデバイス複合化技術の開発	モデルデバイス基本仕様をベースに、複数機能の同期技術を確認し動作確認	複数機能を有する素子を印刷で形成し、IoT入出力センサーデバイスとして実証	・ 出口ユーザの獲得に向けてユーザ企業による評価とユーザ仕様の取り込みが必要。

◆プロジェクト実施体制



- PLを中心に組合企業が集中研により一体技術推進する体制。
- 課題に応じて、専門知識を有する大学・研究機関を共同実施策として活用。

◆研究開発予算の推移

(単位:百万円)

		一般会計					エネルギー特別会計				
		2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	
委託	本予算	-	104	387	681	684	695	724	546	465	
	補正	2,100	1,345	-	454	93	-	-	-		
助成	本予算	-	120	13	265	204	135	(他助成事業等)			
	補正	-	639	-	-	27	-				
		プリエレPJ (一期)					プリエレPJ (二期)				

第二期:17.4億円(2016年度~2018年度)

◆期待される効果

◆プロセス省エネ、材料削減、省エネデバイスの普及による

期待されるCO₂削減効果:445万t(2030年)

◆プリントエレクトロニクス技術の普及により幅広い用途製品を製造可能

ex:圧力センサーシート、タッチセンサー、導電性テキスタイル、電子ペーパーなど

経済効果が見込まれる対象市場規模:約0.57兆円(2020年)

約1.8兆円(2030年)

研究開発全体線表

研究開発項目	2016年	2017年	2018年	
研究開発項目⑤ (1)カスタマイズ版製造技術 デジタルパターニング技術 (2)高速基盤搬送技術	版カスタマイズ化設計	高速製版化	プロセス化	<ul style="list-style-type: none"> 生産性30秒/枚以内 プロセス再現性 ±10以内 精度±10μ以内 搬送速度30秒/枚以内
	プロセス設計	高解像度高精度化	プロセス高信頼性化	
	基本設計・パーツ開発	高速高精度化	装置検証	
研究開発項目⑥ (1)高感度信頼性化技術 (2)フレキシブル実装技術 (3)複合機能化技術	高感度化・均質化	高信頼性化	感度信頼性統合化	<ul style="list-style-type: none"> 5V以下駆動 感度ばらつき10%以下 100℃以下実装 曲げ耐性10万回以上 IoT入出力センサデバイスとしての機能実証
	高感度化・均質化		高耐久性化	
	複数入力機能化	表示機能複合化	表示機能複合化	
研究開発項目⑤⑥共通 (1)ユースケース実証 (2)プラットフォーム化	デバイス実証 ↓ フィードバック ↑	デバイス実証 ↓ フィードバック ↑	デバイス実証 ↓ フィードバック ↑	<ul style="list-style-type: none"> 生産プロセスの設計ツールライブラリー作成
	実証試験			
	プラットフォーム化設計ツール開発			

カスタマイズ化技術、高感度化・信頼性化・実装技術を並行して開発し、ユースケース実証の成果を、プラットフォーム化

◆研究項目⑤-(2) 高速高精度基板搬送技術の開発

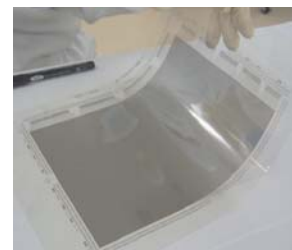
- 指示基板を持たないフリーフィルム基板を非印刷物をセットアップ固定時の±10μm以内の精度で生産機中を搬送し、かつ30秒/枚で生産機中を基盤搬送する技術の開発



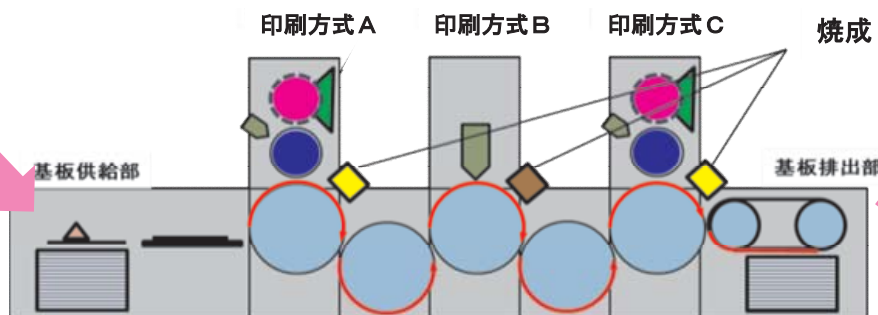
指示基板を持たないフリーフィルム基板



高精度基板固定化技術



フレキシブルデバイス製造



高速基板搬送印刷製造技術

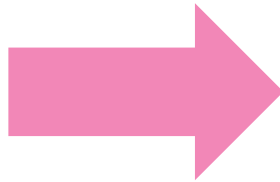
◆研究項目⑤-(2) 高速高精度基板搬送技術の開発

開発課題の狙い

多様な基板(大きさ、厚さ、材質)に適應できるカスタマイズ生産を可能にするシート型フィルム基板のキャリアレス高速搬送技術を開発

最終目標	研究開発成果	達成度	最終成果の意義
・【高精度基板固定】 被印刷物セット固定時の精度±10μm以内	・基板固定技術を開発: →フリーフィルム基板のセット固定精度≤10μmを実現	○	・フリーフィルム基板の高精度基板搬送を実現 世界初
・【高速基板搬送】 タクト:30秒/枚	・高速仮乾燥技術を開発: →単工程タクトタイム≤30秒を実現	○	・フリーフィルム基板の高速基板搬送を実現 世界初
・【製造プロセス適合性】 実素子の製造により、開発製造装置の有効性を実証	・TFT製造の実証: →従来プロセス同等のトランジスタ特性が発現できることを実証	○	・高速高精度基板搬送技術のデバイス製造への適用性を実証

◆ 成果の活用



主要技術の集約化
移転設置



産業技術総合研究所 柏センター



各種プリントドエレクトロニクスデバイス製造として、技術普及のために一般ユーザーに開放・技術移転促進

本PJ開発製造技術

◆ 成果の普及

	2016Fy	2017Fy	2018Fy	Ⅱ期の累計
特許出願 (外国)	10	7(3)	11	28(3)
論文発表 (査読有)	4(3)	12(2)	13(3)	29(8)
研究発表講演(件)	13	11	10	34
受賞実績(件)	0	1	1	2
新聞雑誌掲載(件)	2	2	1	5
展示会 出展(件)	6	7	11	24



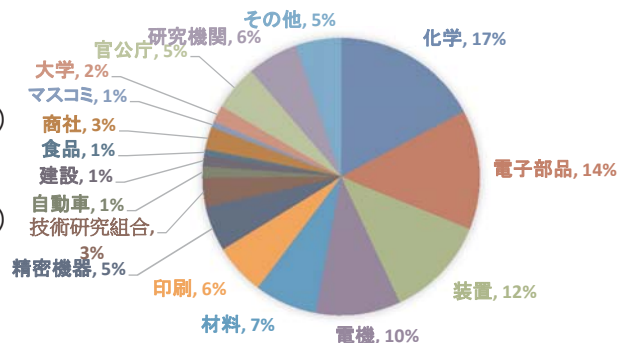
ET/IoT Technology Award 2018「Embedded Technology 優秀賞」受賞



Pepper App Challenge 2017 Autumn PAC作品自慢総選挙「技術革新大臣賞」受賞

◆ シンポジウム等の開催

- 第6回次世代プリントドエレクトロニクスシンポジウム
(平成28年12月13日、東京) 参加者数: 260名(満席)
 - 第7回次世代プリントドエレクトロニクスシンポジウム
(平成29年12月19日、東京) 参加者数: 260名(満席)
 - 第8回次世代プリントドエレクトロニクスシンポジウム
(平成30年12月4日、東京) 参加者数: 250名(満席)
- 海外著名研究者を講師とした公開セミナー等開催



シンポジウム参加者属性