

「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」

〔 第Ⅰ期：平成22年度～平成27年度
第Ⅱ期：平成28年度～平成30年度 〕

プロジェクトの概要説明 **（公開）**

「事業の位置付け・必要性」及び「研究開発マネジメント」について

新エネルギー・産業技術総合開発機構

平成27年9月15日（火）

プリントエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発 の概要

		(2010 _{FY})	2011 _{FY}	2012 _{FY}	2013 _{FY}	2014 _{FY}	2015 _{FY}	2016 _{FY}	2017 _{FY}	2018 _{FY}			
PJの建て付け		プリエレPJ(第一期)							(第二期)				
		TFT基板製造技術の確立							生産技術、生産体制の構築				
委託	連続製造技術開発	一貫製造ライン確立							→ 実用化技術開発				
	材料・プロセス技術開発	要素技術確立											
	電子ペーパー基盤技術開発	→ 課題抽出											
	フレキシブルセンサ基盤技術開発	→ 課題抽出											
助成	高反射型カラー電子ペーパー	リコー							事業化検討の助成事業は エネルギー特別会計の NEDO助成事業プログラム (省エネ革新等)で実施予定				
	大面積単色電子ペーパー	凸版印刷					技術確立 前倒し終了						
	大面積圧カセンサ	大日本印刷											
備考		採択 PJ開始			中間評価		中間評価 PJ公募	新体制 PJ開始		前倒し 事後評価			

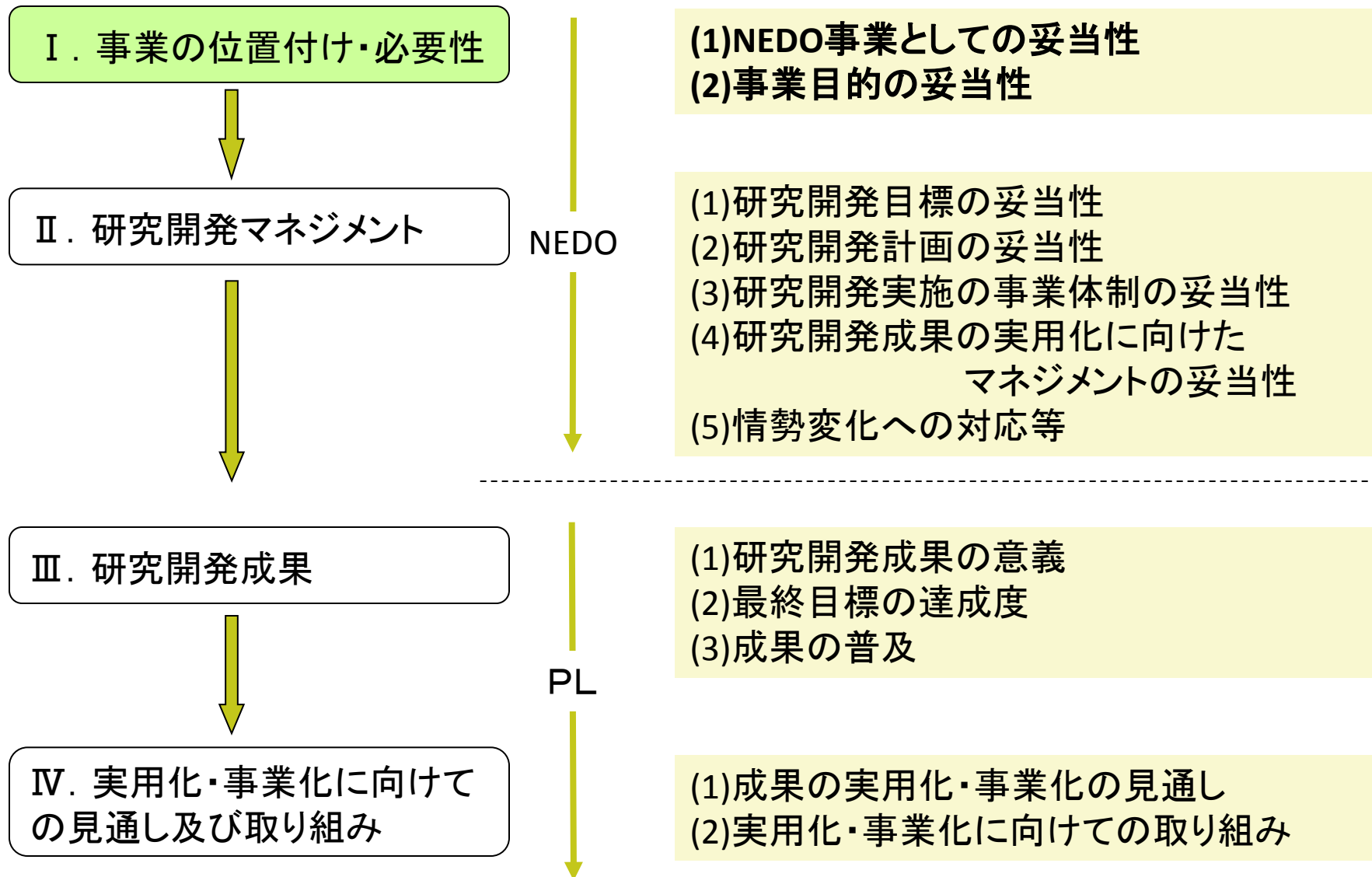
前回中間評価の反映事項として、省エネを実現するフレキシブルデバイス及び印刷製造プロセスの実用化技術開発を目的とする研究開発項目を追加実施する。

2011_{FY}～2015_{FY}:当初予定の計画通り(第一期)

2016_{FY}～2018_{FY}:実用化技術開発を主とする研究開発項目を追加(第二期:公募)

⇒ 今回は、第一期のプロジェクトの前倒し事後評価との位置付け

内容



◆事業背景

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

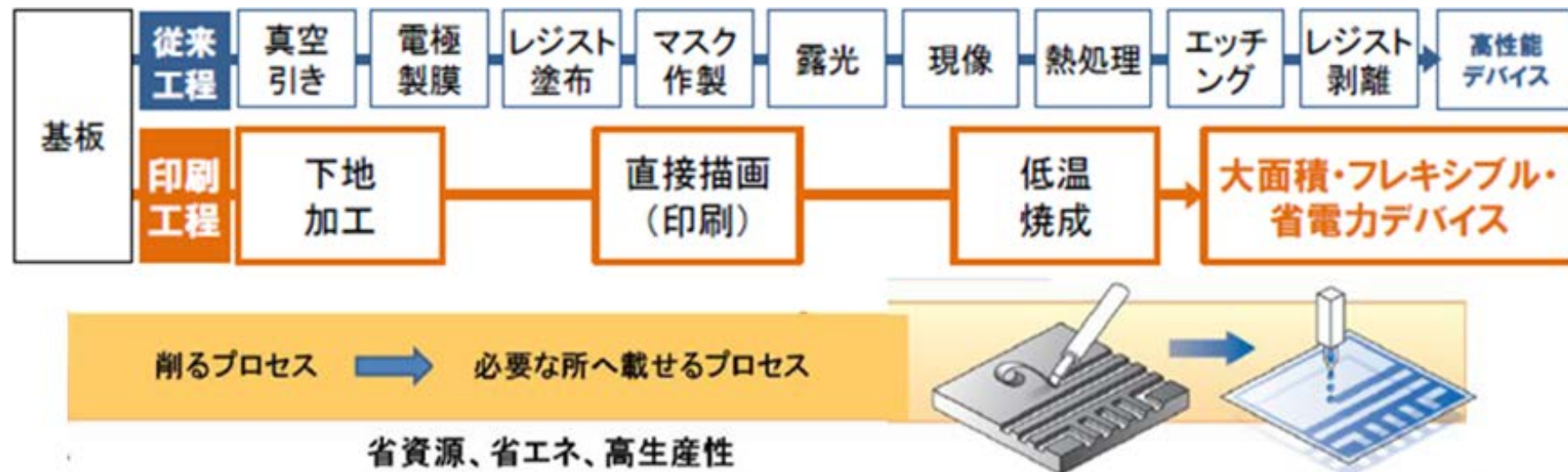
- ◆ 省エネルギー・省資源化社会の実現
- ◆ 電子デバイス製造業(情報・家電関連産業)の国際競争力強化、新規市場の創出



“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

プリントドエレクトロニクス



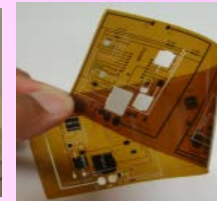
印刷装置



インクジェット



TFT



回路基板

安い

省エネ
省材料

早い

曲がる

軽い

壊れない

印刷法によるデバイス製造プロセスの確立

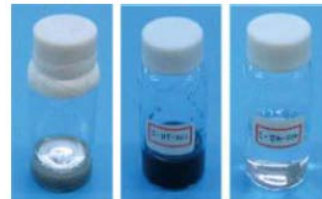
大面積・フレキシブルデバイスの開発

透明導電膜材料



出典: DNP webページ

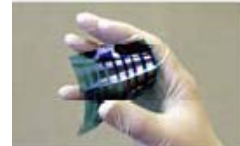
導電インク



圧力センサシート



太陽電池



出典: http://unit.aist.go.jp/rcpv/ci/r_teams/otf/index.html

スマートカード



RFID



出典: <http://www.avio.co.jp/products/rfid/about.htm>

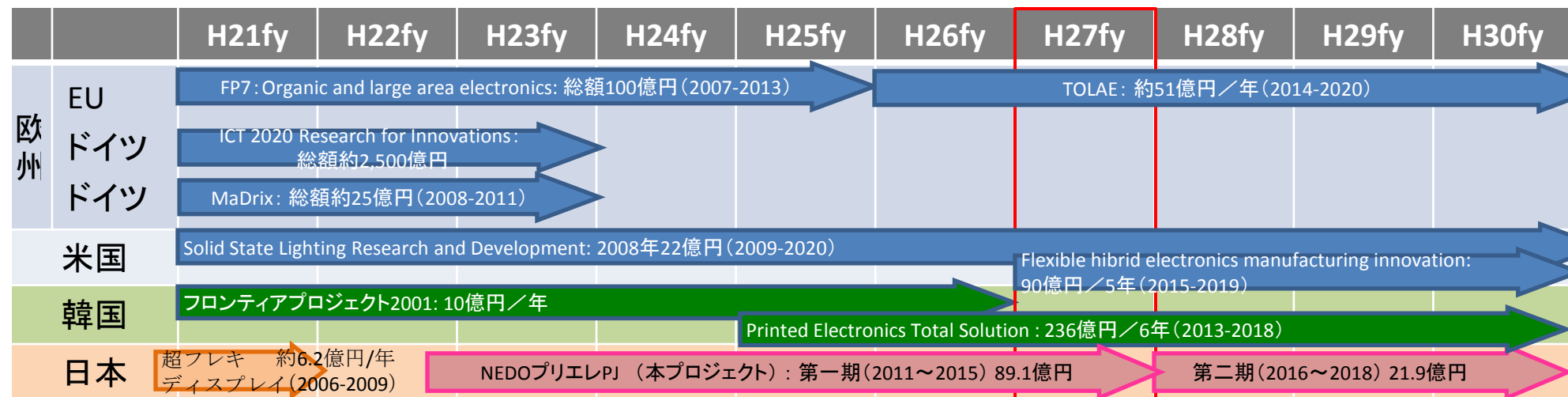
電子ペーパー



プリントドエレクトロニクス技術の普及により、様々な産業が省エネ等の恩恵を得られる。

I. 事業の位置付け・必要性 (1)NEDO事業としての妥当性(海外の技術動向)

【海外の国家プロジェクトの例】



【プリントドエレクトロニクス技術の優位性比較】

◎: 優位性あり、○: 他国と同程度、△: 優位性が低い

		材料技術	印刷技術	優位性
欧米	EU	○	○	• スマートカード製品、軽量フレキ基板デバイス
	アメリカ	○	○	• 電子ペーパー製品、軍事でバイオセンサ
アジア	韓国	○	△-○	• ディスプレイ・太陽電池分野のデバイスに投資
	台湾	△-○	△-○	• 材料・印刷技術で日本/欧米企業との協業を模索
	日本	◎	◎	• 高い材料技術・印刷技術

欧米は、デバイス製品化に注力、韓国も新たにデバイス化(太陽電池、壁表示等)に注力。日本は材料技術・製造プロセス技術に注力し、諸外国をリード。

【インク電子材料】 日本が世界最高レベルの材料基盤技術を保有

- ・高移動度塗布型**有機半導体**: 移動度 $1\sim 10\text{cm}^2/\text{Vs}$ → **a-Si越え**(三菱化学、日本化薬等)
- ・低抵抗低温焼成印刷形成**金属インク**: $5\mu\Omega\text{cm}$ 以下 → **バルク金属同等**(アルバック、日立化成等)

【プリント加工技術】 高精細印刷は、日本が世界最高レベルの技術を保有

- ・電子デバイス**高精細印刷**: $>200\text{ppi}$ 以上、**世界最高**(リコー、産総研等)
- ・フレキシブルアライメント**高精度デバイス印刷技術**(大日本印刷、リコー等)

【デバイス技術】 日本は、先進的フレキシブルデバイスの開発で世界をリード

- ・全印刷トランジスタ駆動の**フレキシブル電子ペーパー**(ソニー、大日本印刷、リコー、凸版印刷)
- ・印刷形成シートデバイスの新規開発による**ネットワークデバイス技術**(東京大学)

我が国が保有する優秀な技術を融合し、世界に先駆けて高度なプリンテッドエレクトロニクス技術の開発と普及に取り組む

◆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、革新的省資源化・省エネルギー化、を図り得る製造プロセスを構築し、効果的な知財網構築やプロセス・評価手法の標準化を先導することにより、諸外国に追従を許さない体制を構築する。

◆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



NEDOが推進すべき事業

◆上位政策との関係から見た位置付け

ープリントドエレクトロニクス技術ー

- ◆ 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2015**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(平成26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2015(平成27年6月19日)

P38 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(平成22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(平成23年3月)

半導体分野 大項目「プリントドエレクトロニクス」

I. 事業の位置付け・必要性 (2)事業目的の妥当性(費用対効果)

◆研究開発予算の推移

(単位:百万円)

		H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30
委託	本予算	—	104	387	681	684	695	(730)	(730)	(730)
	補正予算	2,100	1,345	—	—	—	—	—	—	—
	加速追加	—	—	—	—	454	93	—	—	—
助成	本予算	—	120	13	265	204	135	(他助成事業を活用)		
	補正予算	—	639	—	—	—	—	—		
	加速追加	—	—	—	—	—	27	—		
		第一期						第二期		

総事業費(第一期):79.5億円(平成22年度～平成27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

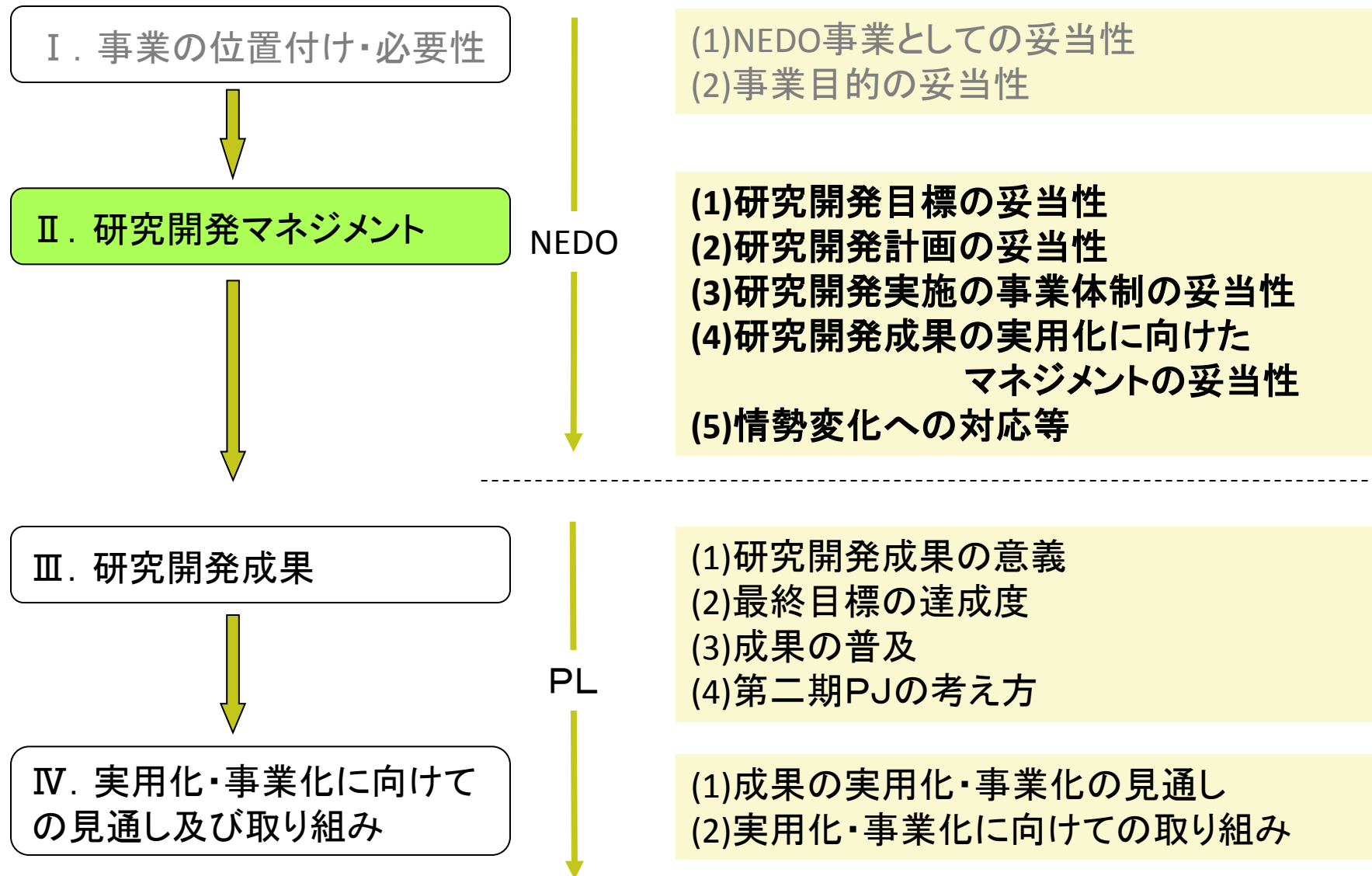
期待されるCO₂削減効果:497万t(2020年)

◆プリントド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: 太陽電池、ディスプレイ、有機EL照明、タッチパネル、電子書籍、デジタルサイネージ

経済効果が見込まれる対象市場規模:約2.2兆円(2020年)

内容



II. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性(プロジェクト第一期目標設定の狙い)

- 【個別要素技術の開発】 デバイス大面積化、高動作速度化、プロセスの低温化
 - 【製造プロセス技術の確立】 標準製造試作ラインを構築し、製造プロセスの課題を解決
 - 【実用化技術開発】 製品ターゲットを明確化した開発を基盤技術開発と併せて実施
- 基盤技術の開発成果を実用化技術開発へ展開できる体制を構築

➡ デバイス印刷技術を工業的な製造技術として活用し、プリントドエレクトロニクス技術の普及促進を目指す

委託事業
【基盤技術】

高精度実装技術
(大面積化)

高生産性材料技術
(低温化、速乾)

高性能デバイス技術
(高動作速度化)

印刷プロセスインテグレーション

連続印刷
(50枚以上)

標準製造試作ライン

短タクト化
(90秒/m²以内)

面内ばらつき低減
($\sigma \leq 10\%$ 以下)

個別要素技術
の活用

電子ペーパー表示
技術と仕様整合

製造プロセス
ノウハウの活用

助成事業
【実用化技術】



大面積圧力センサ



大面積単色電子ペーパー



高反射型カラー電子ペーパー

『工芸品』(現状の印刷デバイス)から『工業品』(重点課題)へ

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(第一期基本計画の概要)

研究開発項目	中間目標	最終目標
①-(1)標準製造ラインに係る技術開発	<ul style="list-style-type: none"> On電流の面内ばらつき $\sigma \leq 10\%$以下(A4 TFTアレイ) 層間アライメント精度 $\pm 10 \mu\text{m}$(A4 TFTアレイ) 連続生産の為のプロセス課題抽出 	<ul style="list-style-type: none"> A4 TFTアレイ($\sigma \leq 10\%$以下)を50枚連続生産 生産タクト:90秒/m²以下
①-(2)TFTに特有の特性評価に係る技術開発	<ul style="list-style-type: none"> 印刷製造TFTアレイの性能評価法を確立 材料のスクリーニング、印刷プロセスの最適化要因抽出 	<ul style="list-style-type: none"> TFTアレイの信頼性評価方法を確立 信頼性評価手法の標準化
②高度TFTアレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発	<ul style="list-style-type: none"> 位置合わせ精度 $\pm 20 \mu\text{m}$、150℃以下の温度で生産できるプロセス技術 印刷製造TFT素子で動作周波数0.3MHz以上 	<ul style="list-style-type: none"> 位置合わせ精度 $\pm 10 \mu\text{m}$、120℃以下の温度で生産できるプロセス技術 印刷製造TFT素子で動作周波数1MHz以上 印刷製造TFTアレイで圧力or接触型情報入力デバイスを試作し、堅牢性を実証 メートル級大面積TFTアレイの連続製造プロセスの提示
③-(1)電子ペーパーに係る基盤技術開発	電子ペーパー用表示部とTFTアレイの接合化、駆動電圧等の条件抽出(H23年度末目標)	—
④-(1)フレキシブルセンサに係る基盤技術開発	フレキシブルセンサのセンサ部とTFTアレイの接合、駆動電圧等の条件抽出(H23年度末目標)	—
③-(2)高反射型カラー電子ペーパーの開発	印刷法による64色カラーパネル(6-inch、反射率50%)の試作	印刷法による512色カラーパネル(10-inch、反射率50%)の試作及び製造実証
③-(3)大面積軽量単色電子ペーパーの開発	印刷法によるTFTアレイ(A4サイズ、解像度120ppi以上)の連続製技術(タクト10min/枚)	完全印刷法によるTFTアレイ(A4サイズ、解像度120ppi以上)の連続製技術(タクト3min/枚)の確立及び製造実証
④-(2)大面積圧力センサの開発	A4サイズ相当の大面積TFTシートの製造技術(構成層間アライメント精度50 μm 以下、ばらつき $\sigma < 10\%$)	1素子/1mm角で形成したTFTアレイ(ばらつき $\sigma < 5\%$ 以下)で10Hz相当以上で連続駆動が可能なメートル級大面積TFTシートの試作及び情報入力デバイスとしての実用実証

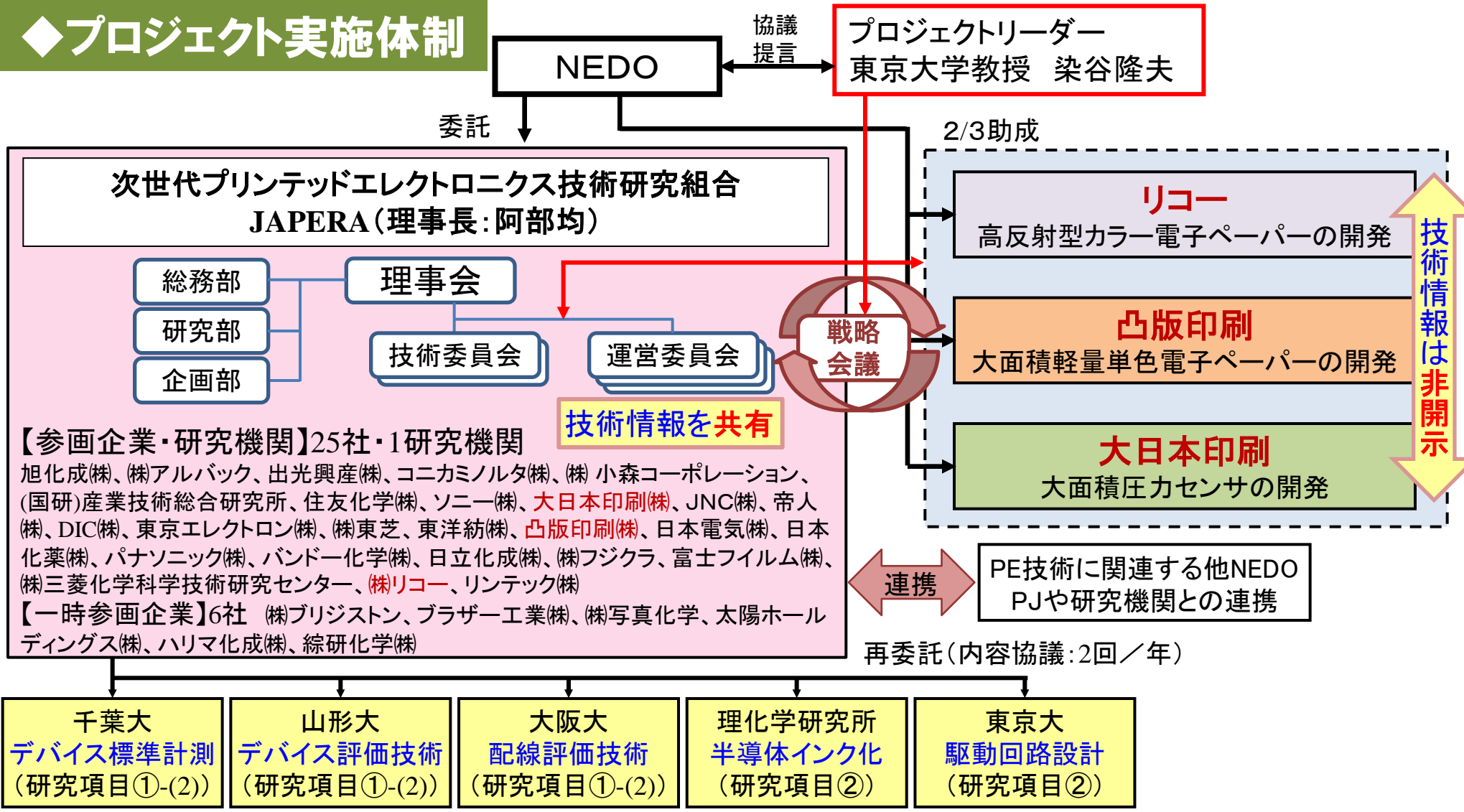
Ⅱ. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性(研究開発スケジュール)

年度	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
①印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発	小規模ラインの構築	フレキシブルTFT試作	高性能フレキシブルTFT試作・検証					
		ばらつき低減技術の開発/位置補正検証/連続生産の為にプロセス課題抽出	連続生産技術の開発	TFTアレイの信頼性評価方法の開発				
②高度TFTアレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発	上記研究テーマで開発する製造プロセスの高度化を図るための技術開発(位置合わせ精度の向上、プロセス温度の低温化)		大面積TFTアレイの連続製造プロセスの検討					
⑤印刷技術による高速連続生産技術開発						フレキシブルデバイス及び印刷製造プロセスの実用化技術開発		
③-(1)電子ペーパーに係る基盤技術開発	TFTアレイと表示部の接合課の課題抽出							
④-(1)フレキシブルセンサに係る基盤技術開発	TFTアレイとセンサ部の接合課の課題抽出							
③-(2)高反射型カラー電子ペーパーの開発	材料開発、駆動条件検討	カラー電子ペーパー試作・検証(高度化・フレキシブル化)	材料最適化、性能改良			企業での実用化		
③-(3)大面積軽量単色電子ペーパーの開発	連続印刷技術の課題抽出	単色電子ペーパー試作・検証(大面積化)	量産化技術の開発			企業での実用化		
④-(2)大面積圧力センサの開発	素子開発	圧力センサ試作・検証(大面積化)	大面積化技術の開発			企業での実用化		

プロジェクト序盤は個別要素技術の高度化を重点課題とし、プロジェクト中盤以降、技術インテグレーションによるデバイスの試作・検証に重点化

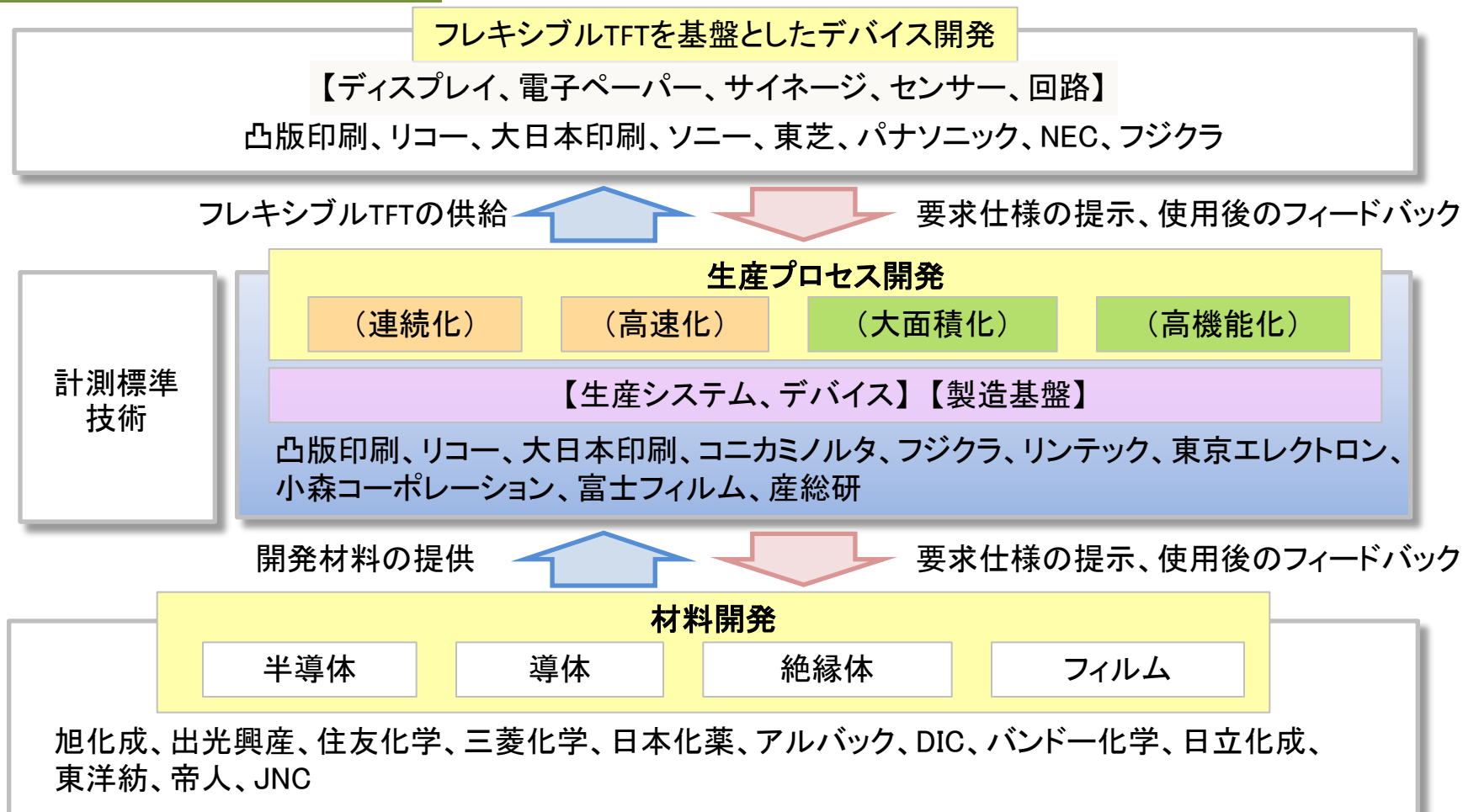
II. 研究開発マネジメント (3) 研究開発実施の事業体制の妥当性(実施体制)

◆プロジェクト実施体制



- 企業戦略を尊重しながら、PLを中心に組合企業間及び委託/助成事業者が連携した体制
- 課題に応じて、専門知識を有する大学・研究機関を再委託先として活用

◆ 組合企業の協力体制



- 組合企業間で緊密な意思疎通が図れるよう集中研方式によって研究開発を推進
- 各企業が得意とする技術領域を担当し、個別企業ではカバーしきれない技術を相互に補完

◆プロジェクト成果の実用化(活用)イメージ



参画企業によって研究開発成果を活用したプリントエレクトロニクス技術・製品の実用化を推進し、プロジェクト成果の社会への早期普及を目指す

◆ 事業成果の活用に向けたマネジメント

事業の目的

プリントドエレクトロニクスの基盤技術開発、実用化技術開発を総合的に推進し、市場拡大と普及促進に資する

■ 研究開発の確実な推進による実用化の促進

- ◆ 助成事業者
- ◆ 組合企業／JAPER A

成果活用

プリントドエレクトロニクス技術・製品の
実用化・事業化

- 委託・助成の連携(PL指導)、組合企業との連携(戦略WG)を強化(中間評価反映)
- 有望な基本技術を一貫製造ラインに適合させ、開発技術の実用性を検証(〃)

■ 成果の活用、普及を促進する施策

- 各企業での成果活用を促進する“**知的財産管理**”(知的財産WG)
- 関係する他機関、団体との連携による“**国際標準化活動**”(標準化WG)
- 新規市場の開拓に向けた“**市場動向、ニーズの把握**”(企画調査WG)
- タスクフォース委員会で**技組の在り方**を検討(戦略WG)
- 展示会等の活用による“**研究開発成果のPRと普及促進**”
- 施策について有識者の意見を活用する“**技術推進委員会**”

◆ 知的財産管理・国際標準化活動

■ 各企業での成果活用を促進する知的財産管理

- 知財権の帰属(各社への権利帰属、組合、組合企業による実施許諾の優遇)を明文化し、各企業の知的財産権を保護。
- 知財プロデューサーを配置し、特許マップによって動向を分析。特許出願計画に基づき、出願内容、時期等を研究員と協議して戦略的な特許出願を促進。
- 発明審議会で発明者認定やノウハウ秘匿(オープン・クローズ戦略)を判断。

■ 他関連機関との連携による国際標準化活動の推進

■ 次世代化学材料評価技術研究組合(CEREBA)

- IEC/TC119国内審議団体のJEITA(電子情報技術産業協会)との連携のもと、CEREBAと協力し、標準化推進母体として活動を推進。日本案での規格化に寄与。
- プリンテッドエレクトロニクスで用いられるインク、フィルム等材料・部材の評価計測法の標準化規格の調査企画、立案を実施

■ ビジネス機械・情報システム産業協会(JBMIA)

- 電子オフィスキュメントの規格案策定予定

◆市場動向の把握

■ 新規市場の開拓に向けた市場動向・ニーズの把握(企画調査WG)

■ 国内外の市場動向を独自に調査・分析(2012年⇒適宜リバイズ)

- 信頼性のある市場情報の逐次把握
- 海外プリントドエレクトロニクス関連企業のベンチマーク
- 市場展開に有望なアプリケーションの選定検討

➡ 各企業におけるプリントドエレクトロニクス関連技術のビジネスモデルと市場戦略の策定に貢献

◆成果の普及活動

■ 展示会等の活用による成果のPRと普及促進

■ NEDOフォーラム

- 染谷PL講演 来場者数 約220名
国内外の企業代表者等にプロジェクト成果やPE技術の今後についてPR

■ NEDOブースの主要展示としてPR

Nanotech展(2013,2014,2015)、IEC₂₀₁₄展、CEATEC展(2014,2015)、SEMICON Japan₂₀₁₄展



◆ 研究開発の加速

- プロジェクト前半に予算重点配分、必要に応じ加速予算→研究計画を前倒し推進

■ 標準製造試作ラインの早期構築

- フレキシブルTFTの試作を前倒しで実施(H25年度計画→H24年度完了)

■ 電子ペーパー、フレキシブルセンサの早期試作

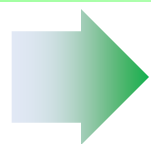
- 実用化に向けた開発課題の早期抽出(H25年度計画→H24年度実施)

■ 低温化技術の早期構築

- 実用化に向けた開発課題の早期抽出(H27年度計画→H26年度実施)

■ 曲面印刷技術の早期構築(助成事業)

- 実用化に向けた開発課題の早期抽出(H27年度計画→H26年度実施)



研究開発の早期推進により、競争が激化するプリンテッドエレクトロニクス技術の優位性確保に対応

- 早期達成テーマについて個社開発に委ねるも、展示会やプレスリリースを支援

■ 大面積単色電子ペーパー(助成)の早期試作・体制構築

- 事業化に向けた開発課題の早期抽出(H27年度計画→H26年度で達成)



◆ 中間評価への対応

H25年度中間評価結果：

PE材料・プロセスで、新規要素技術の開発、一貫製造ラインへの適用、**世界で初めて試験品を歩留まり良く作製可能**。助成事業も各デバイスの開発から**事業化へ積極的な取組み**を実施している。

とのことで高評価。

但し、以下の指摘事項に対し、実施方針変更で対策を打った。

評点：

項目	評点
事業の位置付け・必要性	2. 9
研究開発マネジメント	2. 1
研究開発成果	2. 6
実用化・事業化に向けての見通しと取組み	2. 1

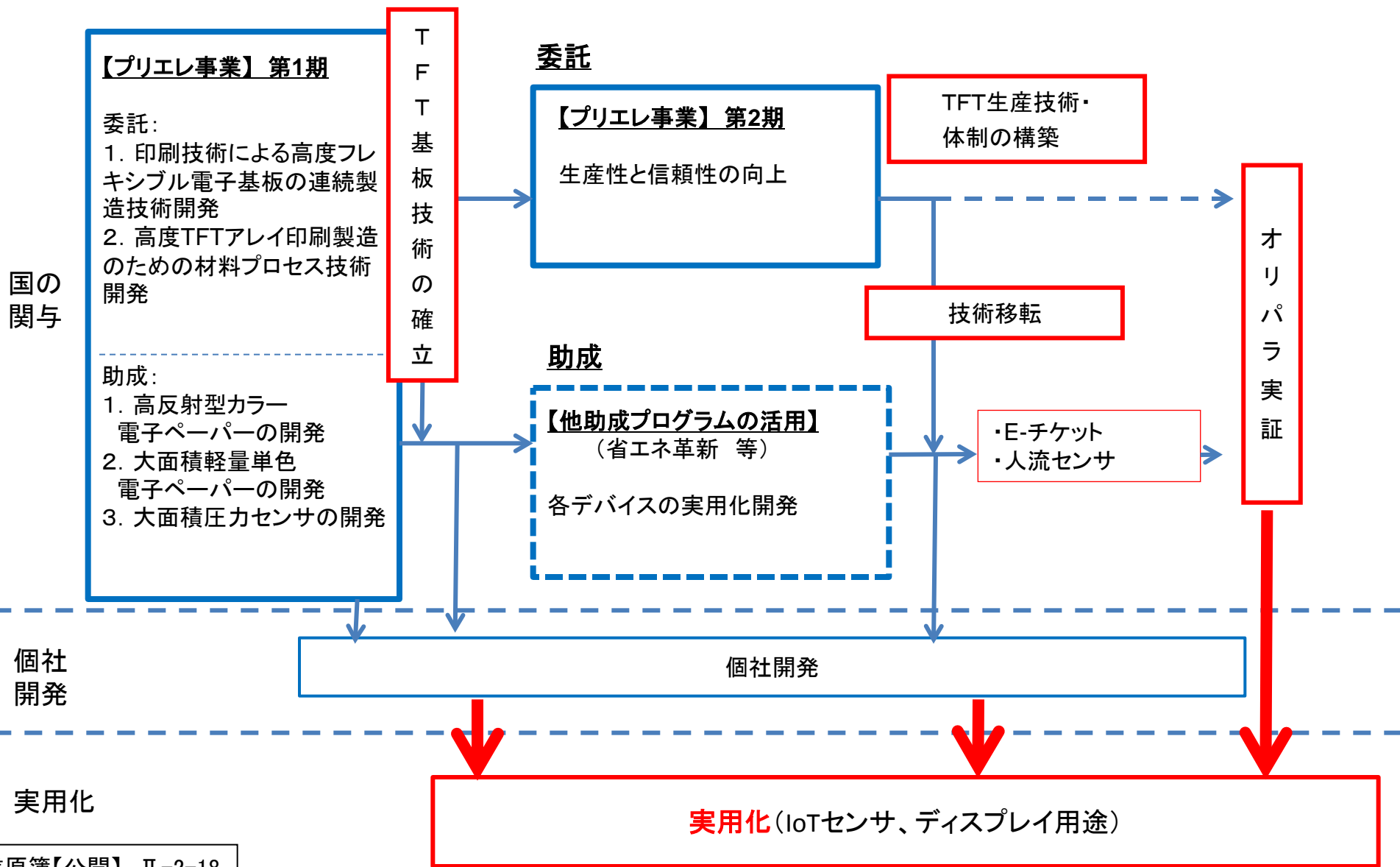
	主な指摘事項	反映（対処方針）
1	この分野の市場展開（実用化・事業化）については、その事業化を各国が競っている状況から、タイムスケジュールを考慮したより具体的な検討、それに向けた研究開発の内容・体制を早急に検討すべきであろう。	平成26年度から開発技術の実用性の検証及びデバイスの試作・評価を重点課題とし、 <ul style="list-style-type: none"> ・ 委託・助成事業者間の連携強化（PL指導） ・ ユーザーへのアクセスを強化（戦略WG活用） ・ 実用化技術開発を目的とする研究開発の追加実施（平成28年度から平成30年度：第二期） → 基本計画・平成26年度実施方針へ反映
2	開発した基本技術の成果を一貫試作ラインに組み込んで検証する必要がある、これを可能にする施策も立てるべきである。	低温プロセス化技術、高精細化技術などの 有望な基本技術 について、 標準一貫製造ラインへ適合 させ、開発技術の実用性を検証。 → 平成26年度実施方針へ反映
3	実用化の為には、実力把握をベースに改善とアプリケーションの探索の両面から進めることが大事なので、今後、試作品に対しての信頼性評価を進めた方がよい。	電子ペーパー、圧力センサなど デバイス試作 を行い、信頼性評価を含む印刷製造プロセス及び試作品の 実用性検証 を重点課題とした。 → 平成26年度実施方針へ反映

Ⅱ. 研究開発マネジメント (5) 情勢変化への対応等 ～ 第二期の考え方

H23FY(2011) ～ H27FY(2015)

H28FY(2016) ～ H30FY(2018)

H29FY(2019) ～ H30FY(2020)



「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」

〔 第Ⅰ期：平成22年度～平成27年度
第Ⅱ期：平成28年度～平成30年度 〕

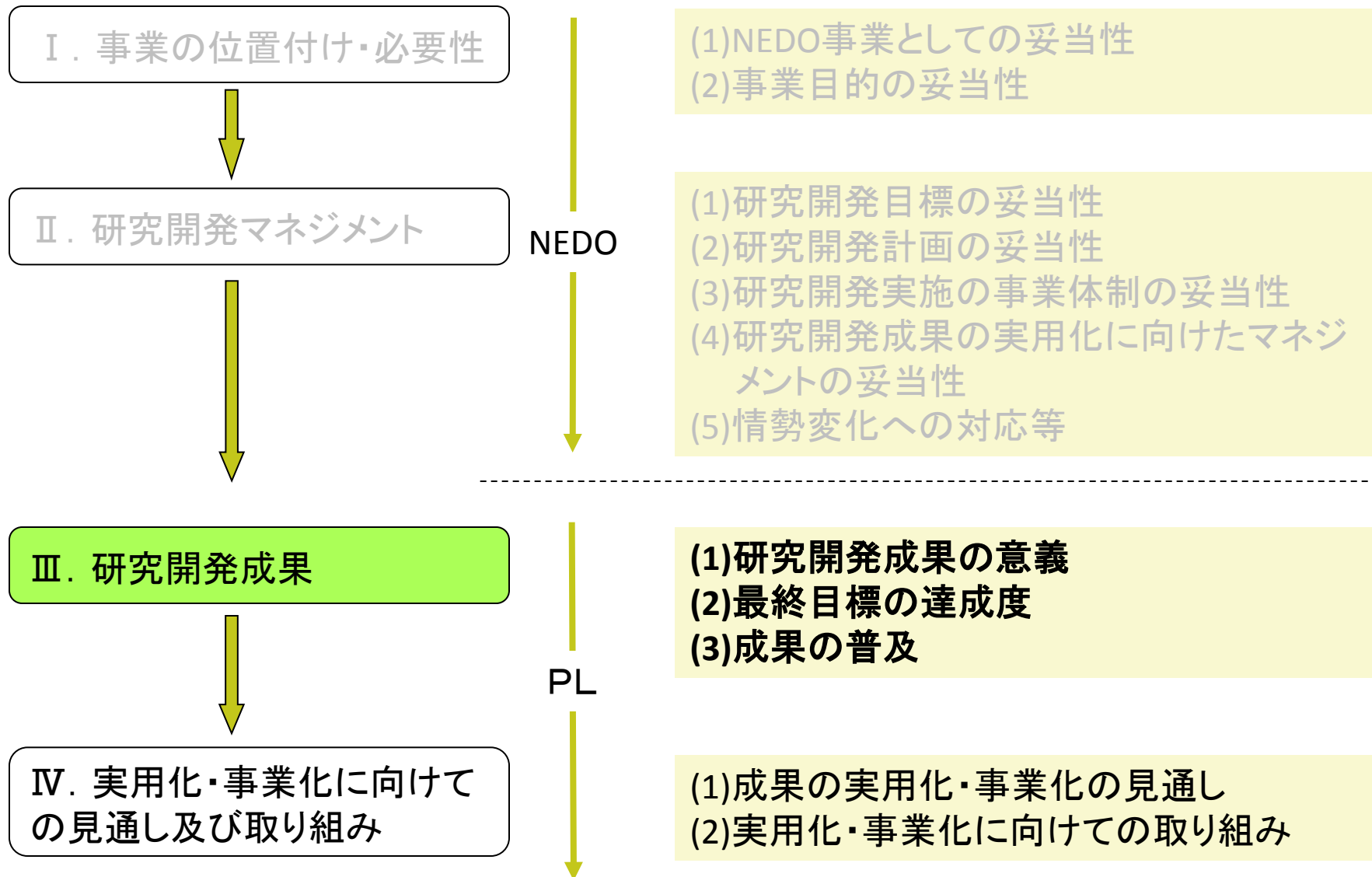
プロジェクトの概要説明 **（公開）**

「研究成果」及び「実用化に向けての見通し及び取り組み」について

新エネルギー・産業技術総合開発機構

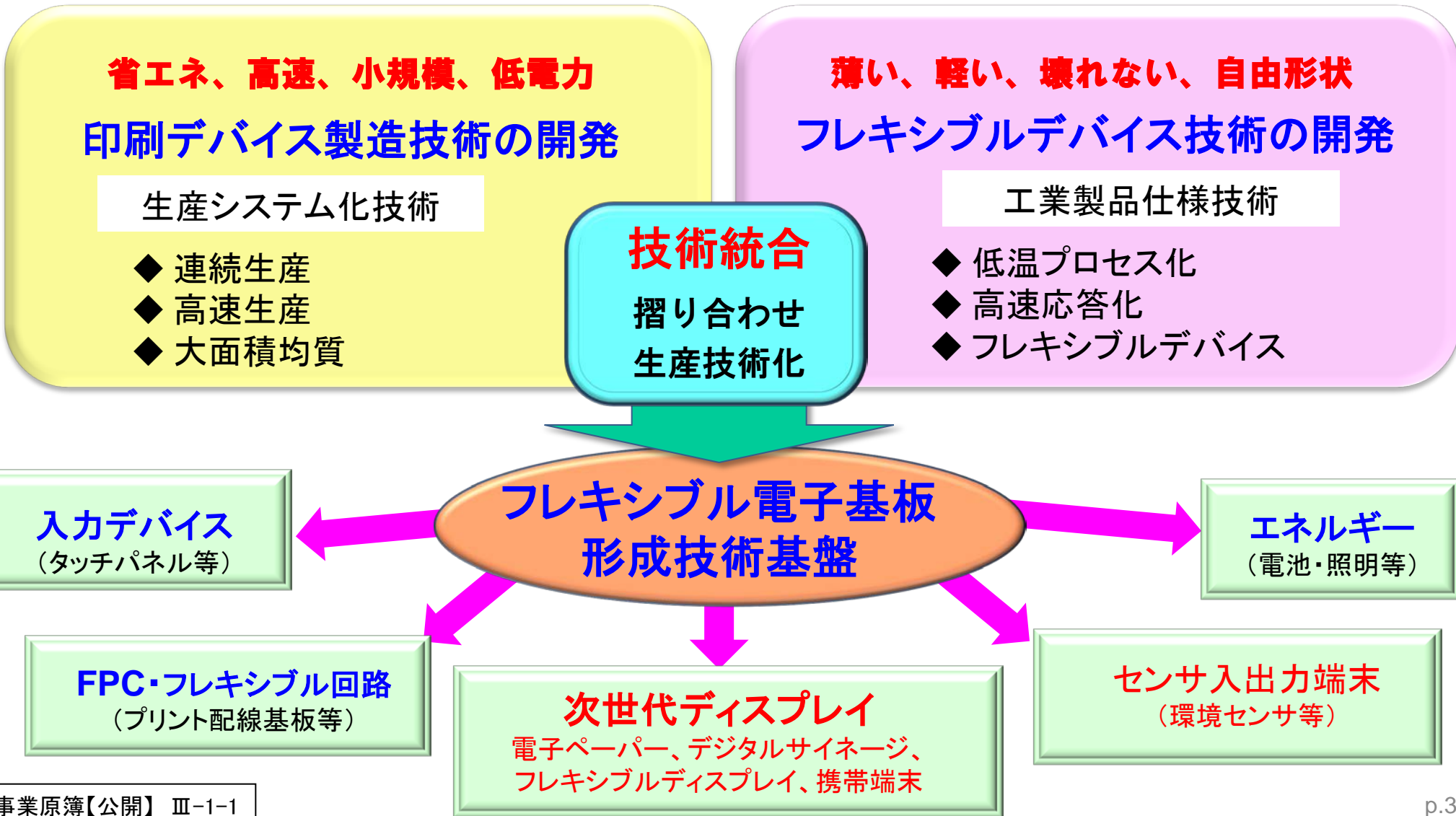
平成27年9月15日（火）

内容



◆ 研究開発の狙い

生産技術基盤とフレキシブルデバイス技術の確立



省エネ、高速、小規模、低電力
印刷デバイス製造技術の開発

生産システム化技術

- ◆ 連続生産
- ◆ 高速生産
- ◆ 大面積均質

薄い、軽い、壊れない、自由形状
フレキシブルデバイス技術の開発

工業製品仕様技術

- ◆ 低温プロセス化
- ◆ 高速応答化
- ◆ フレキシブルデバイス

技術統合
摺り合わせ
生産技術化

**フレキシブル電子基板
形成技術基盤**

入力デバイス
(タッチパネル等)

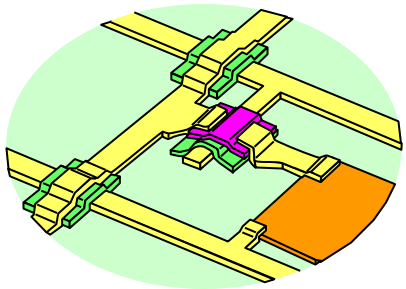
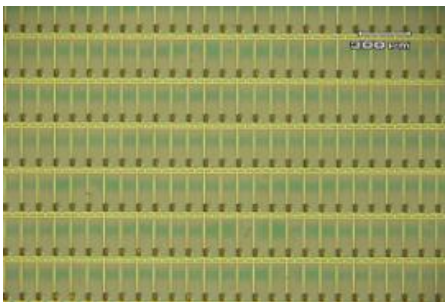
エネルギー
(電池・照明等)

FPC・フレキシブル回路
(プリント配線基板等)

次世代ディスプレイ
電子ペーパー、デジタルサイネージ、
フレキシブルディスプレイ、携帯端末

センサ入出力端末
(環境センサ等)

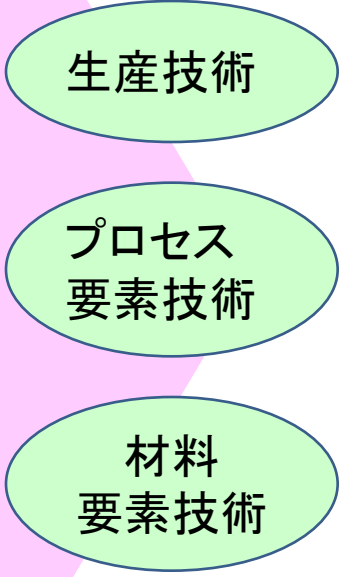
◆ 研究開発課題の位置付け



TFT印刷製造技術は、プリントエレクトロニクス技術の主要課題を包含する基盤テクノロジー

TFT印刷形成の主要課題

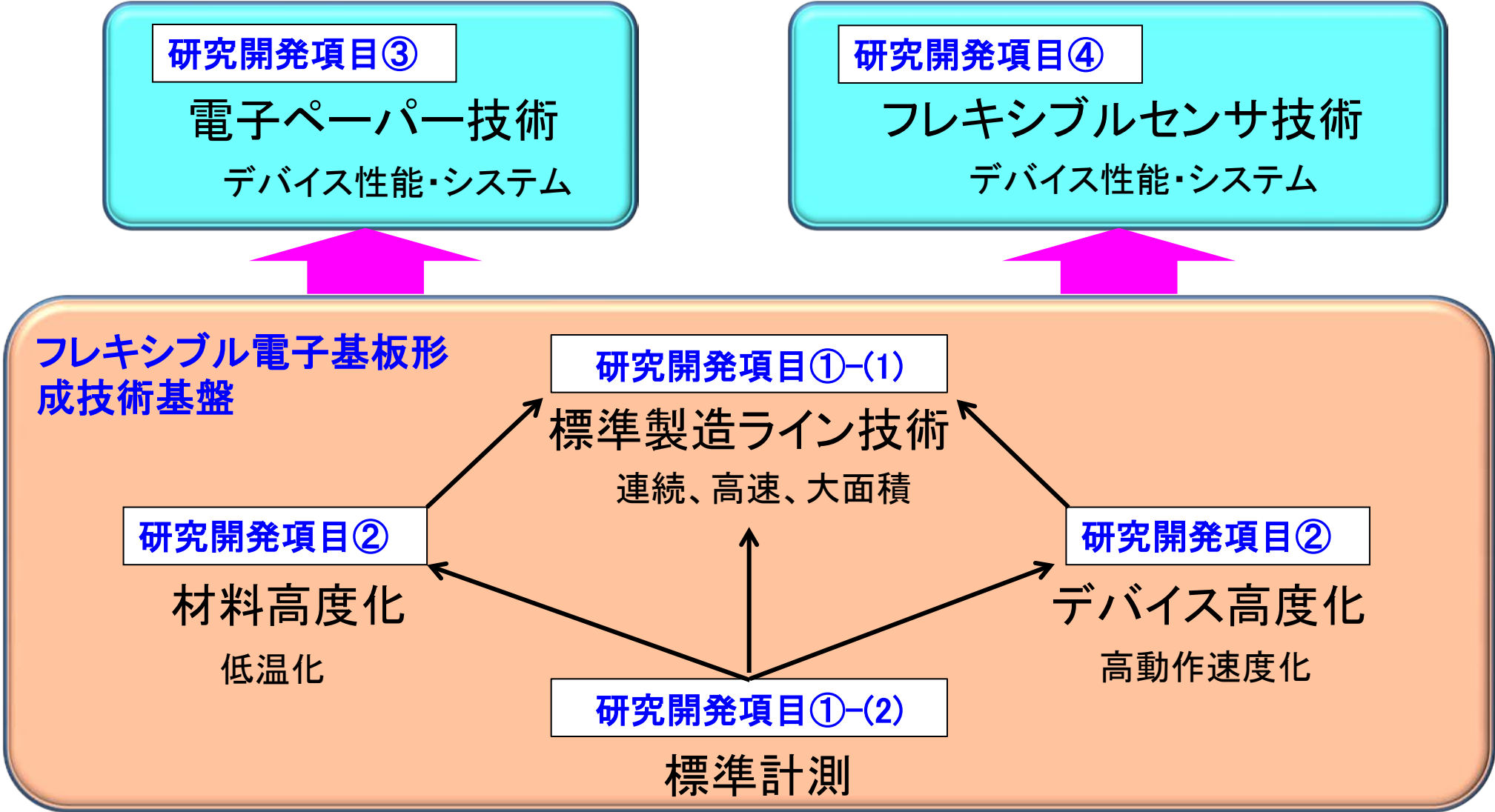
- ◎ 高精細パターニング
- ◎ 高精度アライメント
- ◎ 高均一パターン形成
- ◎ 半導体薄膜品質制御
- ◎ 低抵抗配線形成
- ◎ 高絶縁性薄膜形成
- ◎ 積層膜形成
- ◎ 高生産性印刷



- TFT駆動ディスプレイ
- TFT駆動センサ
- デバイス実装
- 電子配線印刷形成
- 電極印刷形成
- 電子部品印刷形成

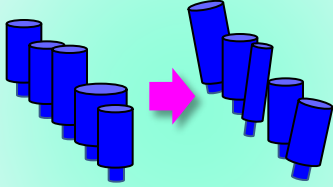
◆ 研究開発項目の位置付け

生産と性能の両立化



◆研究項目①-(1) 連続製造技術開発: 標準製造ライン技術開発

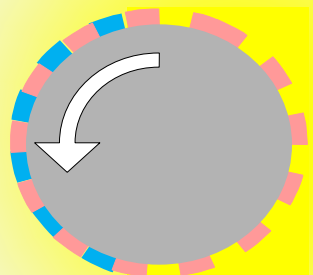
◆大面積化製造プロセス



高均質化高度制御IJ技術

大面積基板上に高均質で印刷パターン形成を実現

◆連続製造プロセス

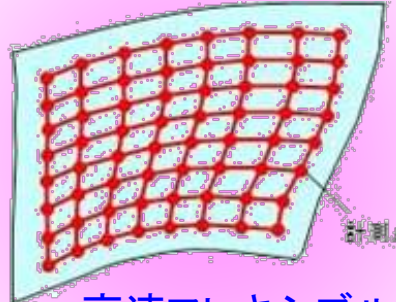


高精細完全転写技術

高材料使用効率で連続高精細有版転写印刷を実現

製造基盤技術

◆高速化製造プロセス



高速フレキシブルアライメント技術

フィルム基板上に高速で高精細パターンを形成する高度位置合わせを実現

製造ライン

標準製造ラインとして、全自動全印刷連続一貫製造ラインを実現



Ⅲ. 研究開発成果について (2)最終目標の達成度及び成果の意義

◆研究項目①-(1) 連続製造技術開発: 標準製造ライン技術開発

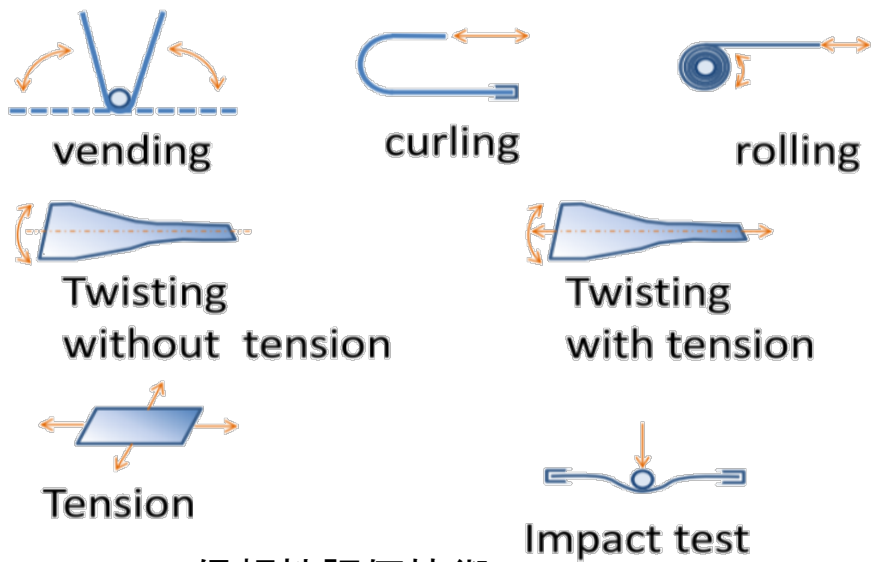
開発課題の狙い

連続かつ全印刷工程によるA4サイズのTFTアレイを製造できるラインの構築

最終目標	研究開発成果	達成度 平成27年度	最終成果の意義
<ul style="list-style-type: none"> ・【高均質印刷】 on 電流の面内ばらつき $\sigma \leq 10\%$以下 ・【高速印刷】 タクト: 90秒/m²以下 ・【連続印刷】 A4-TFTアレイ($\sigma \leq 10\%$ 以下)を50枚連続生産 	<ul style="list-style-type: none"> ・高度制御IJ技術を開発: → on 電流の面内ばらつき $\sigma \leq 10\%$ を生産ラインで実現 ・高速化のためのフレキシブル アライメント技術を開発: →タクト: 90秒/m²以下を実現 ・高精細完全転写技術を開発: →L=10μm & 50枚連続製造を 実現 	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・フレキシブルデバイスの 高均質大面積製造 の実現 ・フレキシブルデバイス 製造における高精度高 速製造の実現 ・高精細完全転写によ るフレキシブルデバイ スの連続印刷の実現

Ⅲ. 研究開発成果について (2)最終目標の達成度及び成果の意義

◆研究項目①-(2)連続製造技術開発: TFT 特性評価技術開発



信頼性評価技術
(機械的信頼性評価)



信頼性評価技術
(電気的信頼性評価)

プリントドエレクトロニクス標準評価手法 第2編 TFT性能評価 次世代プリントドエレクトロニクス技術研究会 初版 平成25年7月20日 制定 第二版 平成27年7月24日 改定	プリントドエレクトロニクス標準評価手法 第1編 塗布半導体性能評価 次世代プリントドエレクトロニクス技術研究会 初版 平成25年7月20日 制定 第二版 平成27年7月24日 改定	プリントドエレクトロニクス標準評価手法 第3編 絶縁層の性能評価 次世代プリントドエレクトロニクス技術研究会 初版 平成25年7月20日 制定 第二版 平成27年7月24日 改定	プリントドエレクトロニクス標準評価手法 第4編 導体の性能評価 次世代プリントドエレクトロニクス技術研究会 初版 平成25年7月20日 制定 第二版 平成27年7月24日 改定	プリントドエレクトロニクス標準評価手法 第5編 TFTの機械的負荷試験評価 次世代プリントドエレクトロニクス技術研究会 初版 平成26年7月24日 制定	プリントドエレクトロニクス標準評価手法 第6編 TFTの電気的負荷試験評価 次世代プリントドエレクトロニクス技術研究会 初版 平成27年7月24日 制定	プリントドエレクトロニクス標準評価手法 第7編 TFTの環境負荷試験評価 次世代プリントドエレクトロニクス技術研究会 初版 平成27年7月24日 制定
--	--	---	--	---	---	--

標準評価書

Ⅲ. 研究開発成果について (2)最終目標の達成度及び成果の意義

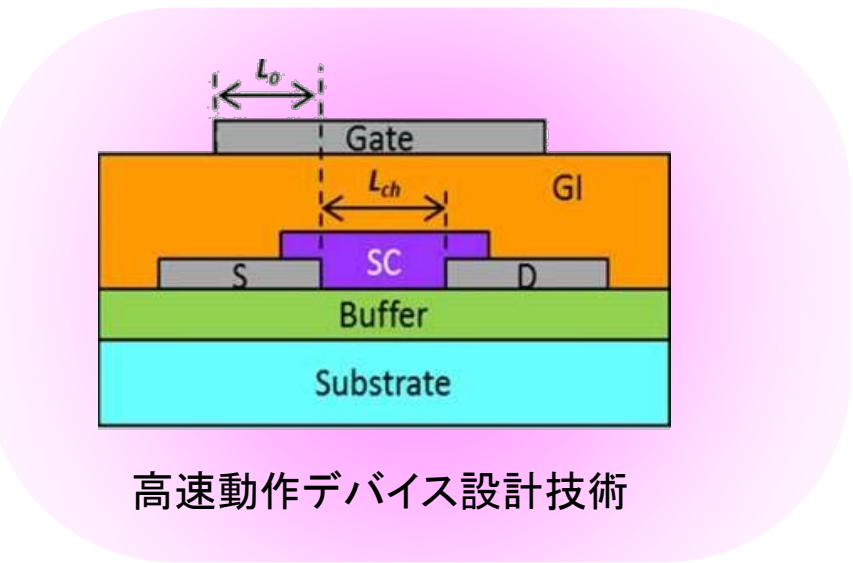
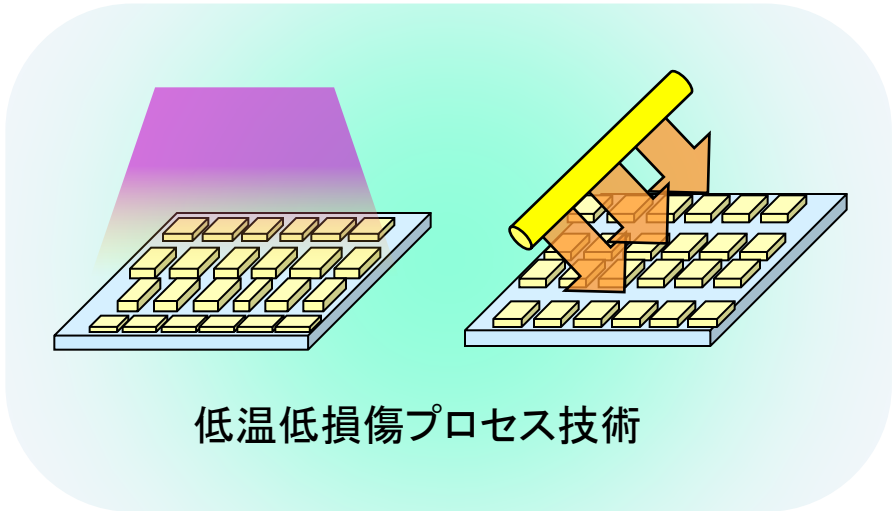
◆研究項目①-(2)連続製造技術開発: TFT 特性評価技術開発

開発課題の狙い
印刷製造TFTアレイの信頼性評価手法の確立。標準化の検討。

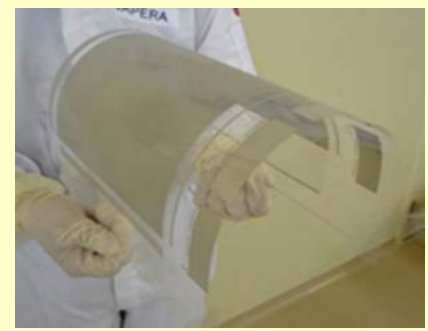
最終目標	研究開発成果	達成度 平成27年度	最終成果の意義
<ul style="list-style-type: none"> ・【信頼性評価法】 TFTアレイの信頼性の評価方法を確立する 	<ul style="list-style-type: none"> ・印刷製造TFTの動作信頼性要因の解析手法を開発 ・印刷製造TFTの機械的強度信頼性評価、要因の解析手法を開発 	○	<ul style="list-style-type: none"> ・印刷TFTの評価技術の開発
<ul style="list-style-type: none"> ・【標準化】 評価手法の標準化の検討 	<ul style="list-style-type: none"> ・信頼性標準書を作成 	○	<ul style="list-style-type: none"> ・標準評価法の確立

Ⅲ. 研究開発成果について (2)最終目標の達成度及び成果の意義

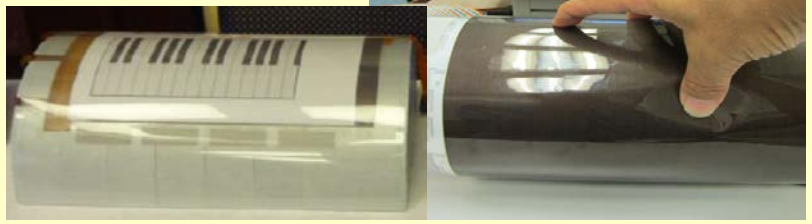
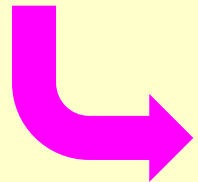
◆研究項目② 高度TFTアレイ印刷製造技術開発



フレキシブルデバイスの開発



フレキシブルシートデバイス



フレキシブル情報入力素子

Ⅲ. 研究開発成果について (2)最終目標の達成度及び成果の意義

◆研究項目② 高度TFTアレイ印刷製造技術開発

開発課題の狙い

製造プロセスの低温化、TFTアレイの高性能化

最終目標	研究開発成果	達成度	最終成果の意義
【低損傷】 位置合わせ精度 ±10μm、プロセス温度 120℃以下の温度での生産プロセス	・フレキシブルアライメント技術 →位置合わせ精度±3μm ・低温化→新焼成技術 120℃以下	◎	・低損傷・高精度フレキシブルデバイス製造の実現
【高速応答】 印刷製造TFT素子で動作周波数1MHz	・印刷製造TFTの材料、構造開発 → 1.2MHz	○	・高性能TFTの印刷製造を実現
【入力素子試作】 印刷製造TFTアレイで接触型情報入力素子試作。堅牢性実証	・接触型圧力センサ素子を試作。試作実センサで堅牢性確認。	○	・印刷製造フレキシブルTFTの動作実証
【生産プロセス適合化】 メートル級の大面積TFTアレイの連続製造プロセスの提示	・連続一貫製造ラインにて実証	○	・製造プロセスの確認 (生産性の検証)

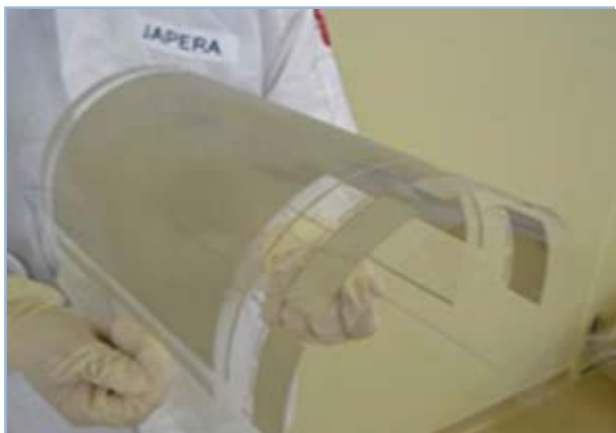
Ⅲ. 研究開発成果について (2)最終目標の達成度

◆研究項目③-(1) 電子ペーパーに係る基盤技術開発

最終目標(平成23年度末)

電子ペーパーを印刷によるTFTアレイへ適合するための基礎技術の検討。
 【デバイス整合化】 :TFTアレイと表示部の接合条件や駆動電圧等デバイスとしての課題を抽出

目 標	研究開発成果	達成度 (平成23年度)	今後の展開
・電子ペーパーとTFTアレイの接合化条件の抽出	<ul style="list-style-type: none"> ・電子ペーパー表示部とTFTシートとの接合課題を抽出 ・全印刷製造TFTによる電子ペーパーを試作。動作を検証 	○	・高生産性プロセスとデバイス性能仕様との整合化を図る課題として、研究項目②にて集中的展開



試作した全印刷製造TFTシート



試作した全印刷TFT駆動電子ペーパー

◎: 大幅達成
 ○: 達成
 △: 達成見込み

Ⅲ. 研究開発成果について (2)最終目標の達成度及び成果の意義

◆研究項目③-(2)高反射型カラー電子ペーパーの開発

最終目標(平成27年度末)

フルカラー電子ペーパーの表示技術として、カラーフィルターを用いないエレクトロクロミック発色層の積層カラー表示方法を開発することにより反射率50%以上を実現する。
 また、印刷法を用いてフィルム基板に対角10インチのカラー(512色)パネル(重さ:60g以下)を作製することにより、工業的に製造可能であることを実証する。

目標	研究開発成果	達成度	最終目標への取り組み	達成目処 (平成27年度)
・反射率: 50%以上	・50%以上を達成	○		○
・カラー(色数): 512以上	・26万色相当	◎	・印刷TFT 階調制御技術の確立	○
・サイズ/基板: 10インチ印刷TFT フレキシブル: 60g以下	・6.0インチ/フレキシブルパネルの作成に成功。 ・10インチ印刷TFTパネルの試作に着手	△ (平成28年 1月達成計画)	・10インチECDフロントプレーンのプロセス確立	○

Ⅲ. 研究開発成果について (2)最終目標の達成度及び成果の意義

◆研究項目③-(2)高反射型カラー電子ペーパーの開発

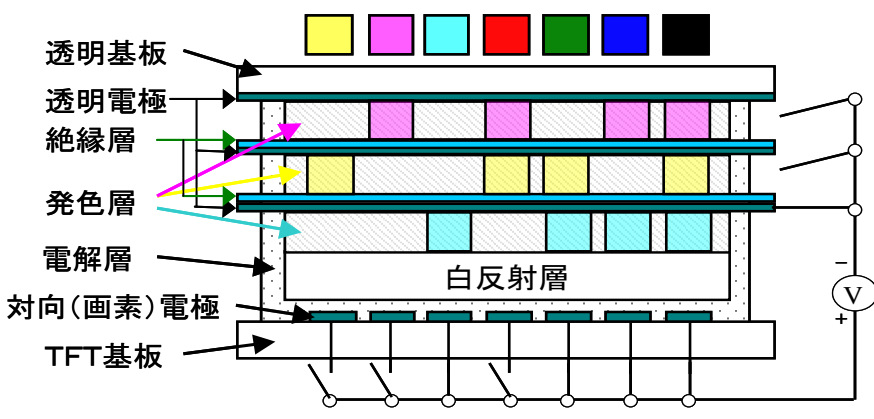
・無色の状態から鮮やかな3原色を発色し、電源を切っても発色状態が保持されるエレクトロクロミック(EC)化合物を発色層に用い、2つの基板の間に3つの発色層を形成した新規構造の表示部を試作。TFT基板と貼り合わせた3.5インチパネルで減法混色フルカラーAM駆動表示を実現した(世界初)。

<mECDの特徴>

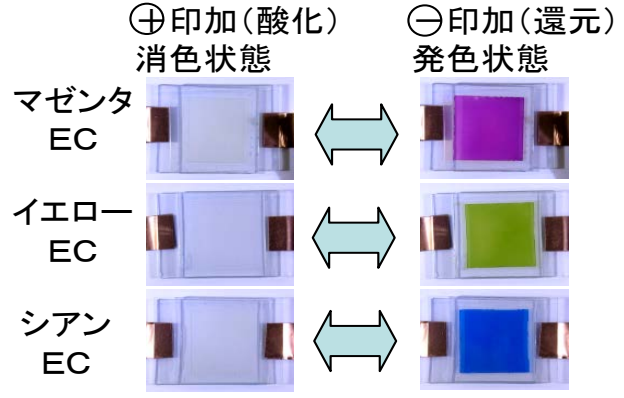
- (1) 発色層は薄膜(～1μm)で構成され、視野角依存がないためカラー印刷紙のような色再現が可能。
- (2) 1つの駆動部(TFT基板)で、積層した各発色層の駆動が可能。←低コスト構造
- (3) 表示部機能層の微細加工※が不要、かつ低温プロセスが適用できるので、生産性に優れ、フレキシブル化が容易。 ※LCD:カラーフィルター、有機EL:発光層



3.5インチパネル(113ppi)の表示画像
フェルメール「真珠の耳飾りの少女」



mECDの構成図(断面)



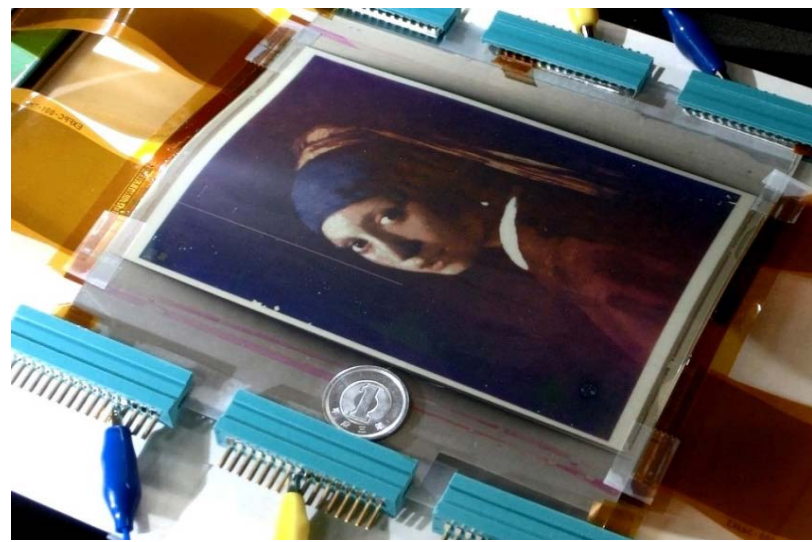
CMYを発色するEC化合物
(新規開発材料)

◆研究項目③-(2)高反射型カラー電子ペーパーの開発

プロジェクト試作品のカラー表示性能

	反射率(%) 555nm(*1)	コントラスト	色再現範囲(%) (*2)
アート紙(Japanカラー)	80	>40:1	100
新聞(Japanカラー)	58	7:1	31
プロジェクト試作品(mECD)	>50	>40:1	35
カラー電子ペーパー 市販品(A)液晶方式	34	4:1	15
カラー電子ペーパー 市販品(B)MEMS方式	26	11:1	6
カラー電子ペーパー 市販品(C)カラーフィルター方式	25	4:1	1

(*1) 555nmは人間の目が最も強く感じる光波長。
 (*2) CIE a*b*プロットのCMYRGB面積での評価。(30度入射測定)
 アート紙(Japanカラー)を100%として規格化。



6インチフレキシブル積層型ECDパネル
 212ppi(120μm画素) **パネル重量:15g**
 フィルムプロセスで作製

Ⅲ. 研究開発成果について (2)最終目標の達成度

◆研究項目③-(4)大面積軽量単色電子ペーパーの開発

最終目標(平成26年度末)	
<ul style="list-style-type: none"> ● A4サイズのフィルム上に120ppi以上の解像度のTFTアレイを完全印刷工程で実現する。 ● 製造タクト時間は1枚あたり3分以内を達成する。 ● 作製されたTFTアレイと表示部を組み合わせた軽量単色電子ペーパーが工業的に製造可能であることを実証する。 ● パネルの重量は40g以下を達成する。 	

中間目標	研究開発成果	達成度 (平成25年度)	最終目標への取り組み	達成目処 (平成26年度)
<ul style="list-style-type: none"> ・印刷法を用いてA4サイズのフィルム基板上に120ppiのTFTアレイを製造する 	<ul style="list-style-type: none"> ・完全印刷工程で10.7-in. XGA 120ppiのTFTアレイをフィルム基板上に作製。電子ペーパーの駆動にも成功。 	○	<ul style="list-style-type: none"> ・120ppiの解像度を持つTFTアレイを作製し電子ペーパーと組み合わせパネル実証 	◎
<ul style="list-style-type: none"> ・製造タクトは1枚あたり10分以内 	<ul style="list-style-type: none"> ・製造タクトは1枚10分を大幅に短縮して達成。 	○	<ul style="list-style-type: none"> ・製造タクト1枚3分以内 ・A4TFTパネルの重量が40g以下 ・大面積化への指針抽出 	◎ ◎ ◎

◎:大きく上回って達成、○:達成、△:達成見込、×:未達

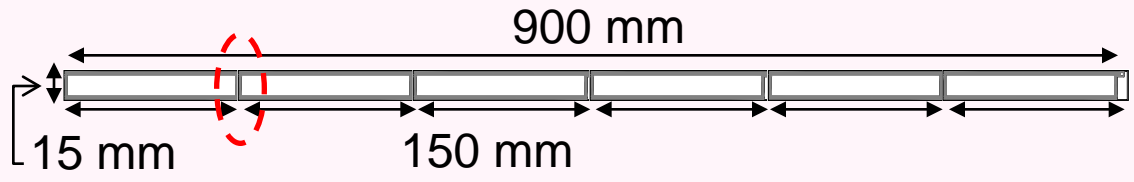
Ⅲ. 研究開発成果について (2)最終目標の達成度及び成果の意義

◆研究項目③-(4)大面積軽量単色電子ペーパーの開発

	目標	成果	達成度
1. 印刷プロセス技術	安定・連続な製造工程確立	・印刷TFT作製において鍵となる技術の確立 “高精細電極印刷技術” “平坦/均一/高生産性の有機半導体印刷技術” ・50枚以上、連続印刷技術確立	○
2. 製造タクト短縮	3分以内	タクトタイムのボトルネックとなる高精細転写印刷において3分/枚以内達成	○
3. パネル化技術	A4フィルム基材上に120ppiアレイ作製	・A4サイズ以上のフィルム基板上に印刷法で120ppiのTFTアレイを製造する技術を確立 ・前面板と組み合わせて種々の電子ペーパーの試作を実証	○
4 軽量化	40g以下達成	ゲートドライバ、ソースドライバ込みで40g以下	○
5 大面積化	大面積化への設計指針提示	単位パネルをタイリングすることで長辺900mmのレール型電子棚札のデモに成功した。独自のタイリング加工技術を用いてメートル級の大幅フレキシブルディスプレイを設計することを実証し、大面積化への指針を提示した。	○

Ⅲ. 研究開発成果について (2)最終目標の達成度及び成果の意義

▶ 印刷TFTで製造したメートル級軽量フレキシブル電子ペーパー



“15 mm × 150mmパネル”を6枚タイリングし
“15mm × 900mm”のメートル級大面積化を実現

レール型ESL(電子棚札)の試作展示例



ディスプレイの国際学会IDW2014でBest Paper Awardを受賞

Ⅲ. 研究開発成果について (2)最終目標の達成度

◆研究項目④-(2) 大面積圧力センサの開発

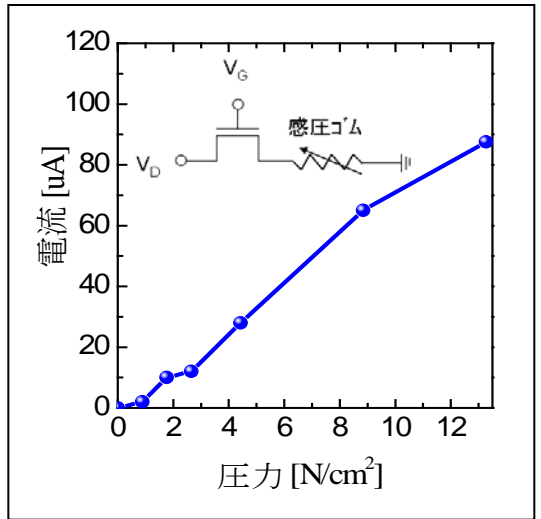
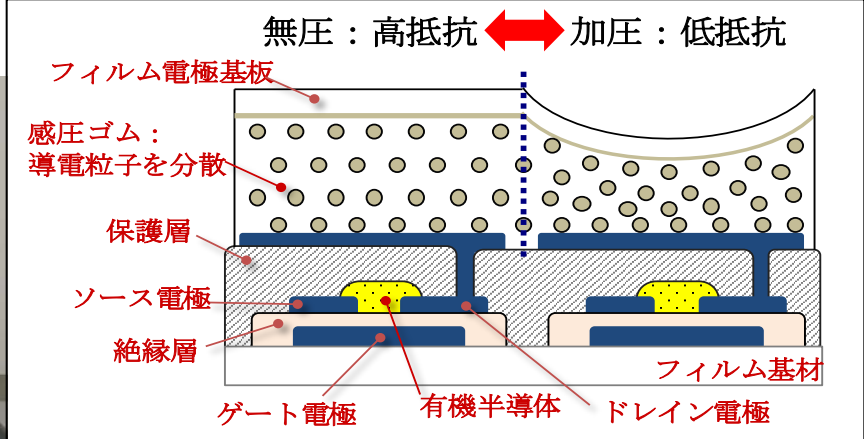
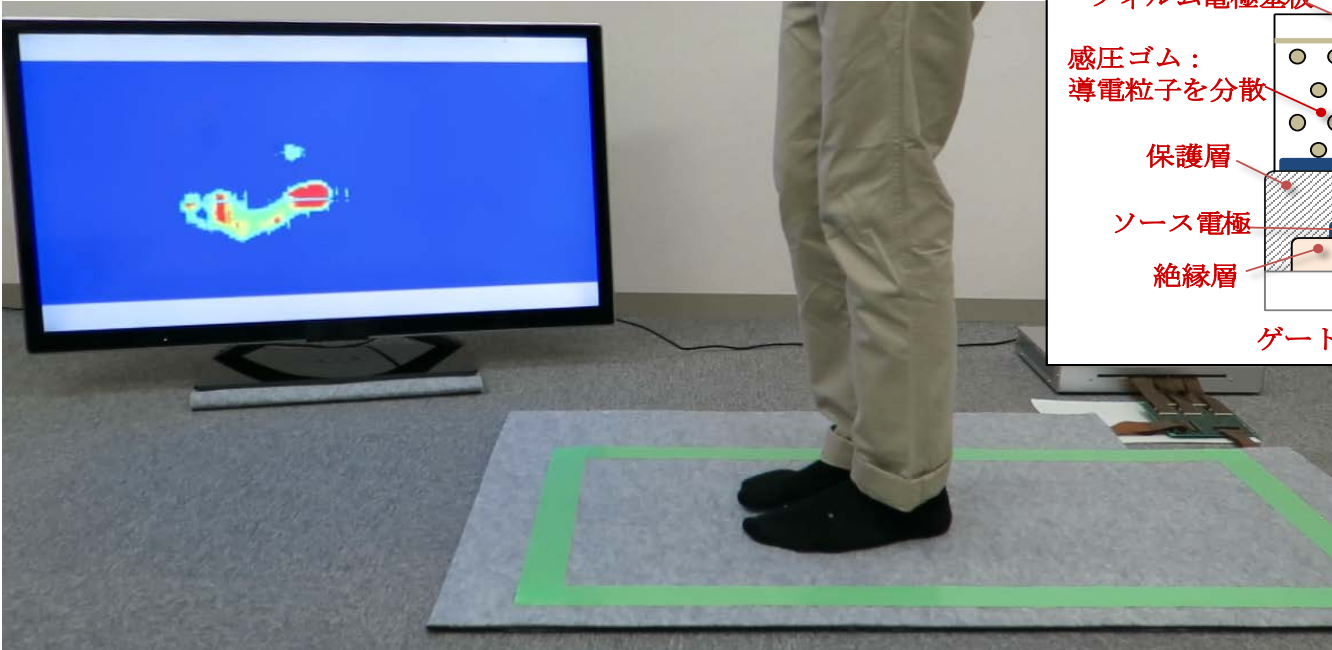
最終目標(平成27年度末)

1mm角あたり1素子の密度で形成したTFTアレイの特性(移動度及び閾値電圧)のばらつき $\sigma < 5\%$ 以下で、連続駆動が10Hz相当以上で可能なメートル級の大面積TFTシートを試作する。これを背面基板に用いた圧力センサシートを試作し、情報入力のモデルデバイスとして実用可能であることを実証する。

研究開発項目	目標	研究開発成果	達成度
(1) 有機TFT製造プロセスの開発	(1-1) 素子密度1mmあたり1素子	300×210mm(A4サイズ相当)のアクティブエリア内で、素子密度0.5mmあたり1素子の有機TFTを形成した。	◎
	(1-2) 有機TFTアレイの特性(移動度及び閾値電圧)のばらつき $\sigma < 5\%$ 以下	300×210mm(A4サイズ相当)のアクティブエリア内における、有機TFT素子の特性ばらつきについて、移動度及び閾値電圧のばらつき $\sigma < 5\%$ を達成。	○
	(1-3) 動作速度10Hz相当以上	アクティブエリア1m ² 、素子数1,000×1,000の有機TFTアレイを30Hzで連続駆動可能であることを実証した。	○
	(1-4) メートル級の大面積TFTシートを試作する	A4サイズ相当のTFT基板6枚をタイリングし、アクティブエリア900×420mmのメートル級大面積有機TFTアレイを実現した。	○
(2) 大面積化・実証試作	(2-1) メートルサイズ級の圧力センサシートを試作し、実用可能であることを実証する	センサエリア900×420mm、センサ数225×104のメートル級の圧力センサシートを試作し、空間分解能4mm、階調数4,096(12ビット)、感圧範囲0~14N/cm ² 、サンプリング速度200Hzにてデモ駆動させることに成功。大面積圧力センサシートが実用可能であることを実証した。	◎

◆研究項目④-(2) 大面積圧力センサの開発

(2) 大面積化・実証試作



センサエリア900×420mm、センサ数225×104のメートル級の圧力センサシートを試作し、空間分解能4mm、階調数4,096(12ビット)、感圧範囲0～14N/cm²、サンプリング速度200Hzにてデモ駆動させることに成功。

⇒大面積圧力センサシートが実用可能であることを実証した。

Ⅲ. 研究開発成果について (3) 成果の普及

◆ 成果の普及

市場化を促進させるための活動重視
情報双方向交換の活性化活動の重視

- ◆ 実用化・事業化機会の促進
 - ⇒ 国内・海外展示会への出展多用
- ◆ 広報の促進
 - ⇒ 大規模学会、講演会等での講演多用
 - ⇒ マスメディアの活用
- ◆ 共通基盤の普及
 - ⇒ 評価解析技術の論文化、発表会
- ◆ 一般産業界貢献
 - ⇒ 公開シンポジウム、公開セミナーの主催
- ◆ 国際標準化
 - ⇒ IEC/TC119でのプロジェクト提案への貢献



ナノテク大賞プロジェクト賞受賞

海外展示会出展 (ミュンヘン)

Ⅲ. 研究開発成果について (3) 成果の普及

◆ 成果の普及

※平成27年3月31日現在

	H23FY	H24FY	H25FY	H26FY	これまでの累計
特許出願（外国）	38(13)	38(5)	61(9)	104(19)	241(46)
論文発表（査読有）	5(2)	5(2)	1(1)	4(3)	15(8)
研究発表講演(件)	35	33	21	28	117
受賞実績(件)	1	4	1※	1	7
新聞雑誌掲載(件)	7	4	6	4	21
展示会 出展(件)	4	8	8	17	37

※NEDO、各実施者の共同受賞

◆ シンポジウム等の開催

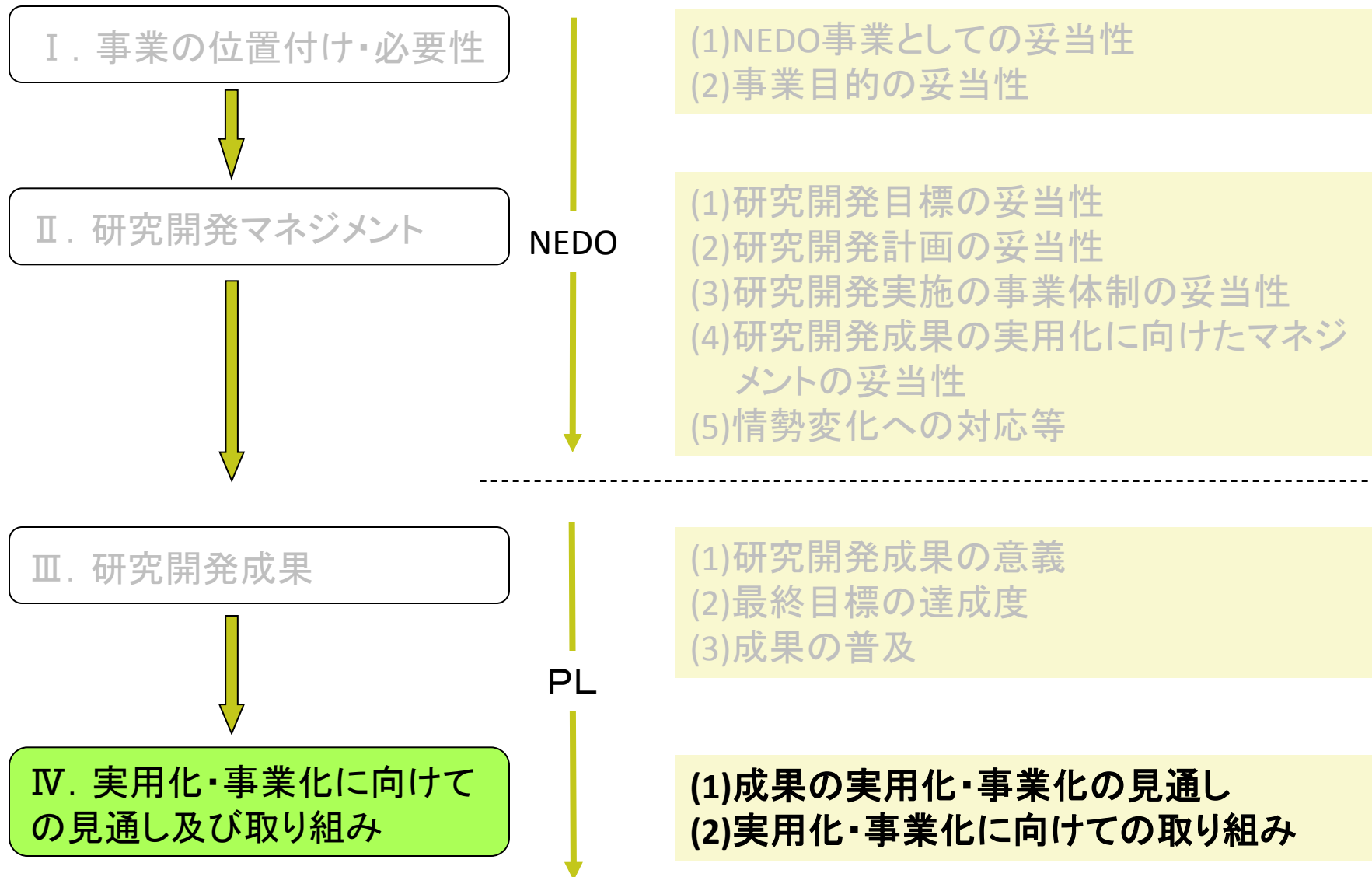
第1回次世代プリンテッドエレクトロニクスシンポジウム
（平成23年12月19日、東京） 参加者数：280名（満席）

第4回次世代プリンテッドエレクトロニクスシンポジウム
（平成26年12月16日、東京） 参加者数：270名（満席）

海外著名研究者を講師とした公開セミナー多数開催



内容



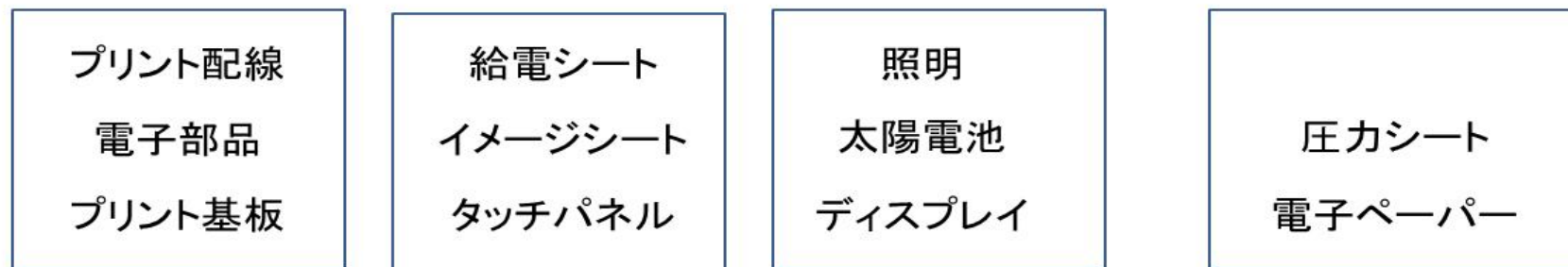
IV. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

(1)成果の実用化の見通し及び(2)実用化に向けての取り組み

研究項目①、②

■ **経済効果** => **経済効果** 2.2兆円(2020年)
雇用創出効果 3.9万人(2020年)

事業領域の異なるメーカーが協力できる開発領域を設定し、集中研方式によって研究開発を推進。NEDO、PL、JAPER Aが事業の推進状況に合わせて調整



凸版印刷、DNP、フジクラ、TEL、
リンテック、小森コーポレーション、

ソニー、東芝、パナソニック、NEC、
リコー、コニカミノルタ、富士フィルム

旭化成、帝人、東洋紡、DIC、住友化学、
出光、三菱化学、綜研化学、日本化薬、
バンドー化学、ハリマ化成、アルバック、
JNC、日立化成

デバイス企業群

プロセス装置・
システム企業群

材料企業群

助成事業者群

リコー
DNP
凸版印刷

委託事業(JAPER A)

研究項目③-(2)高反射型カラー電子ペーパーの開発

・電気により色が変わるエレクトロクロミック技術は電子ペーパーのみでなく、さまざまな用途に展開可能な基盤技術であり、技術的、経済的に高い波及効果が期待できる。特に、調光レンズ、防眩ミラー、調光ウィンドウなどの調光デバイスは太陽光・外光を利用(制御)することで、エネルギーの有効活用、環境改善、ヘルスケアを実現する技術として、市場拡大が見込まれている。

情報表示

<カラー電子ペーパー>



- ・物流/流通タグ
- ・サブディスプレイ
- ・POP
- ・SEL
- ・電子書籍
- ・電子教科書
- ・電子新聞
- ・サイネージ
- ・車内掲示板

<透明ディスプレイ>



- ・グラスディスプレイ
ウェアラブル
移動体(車/電車)
- ・グラスサイネージ

カラーリング

<好きな色に変わるメガネ>

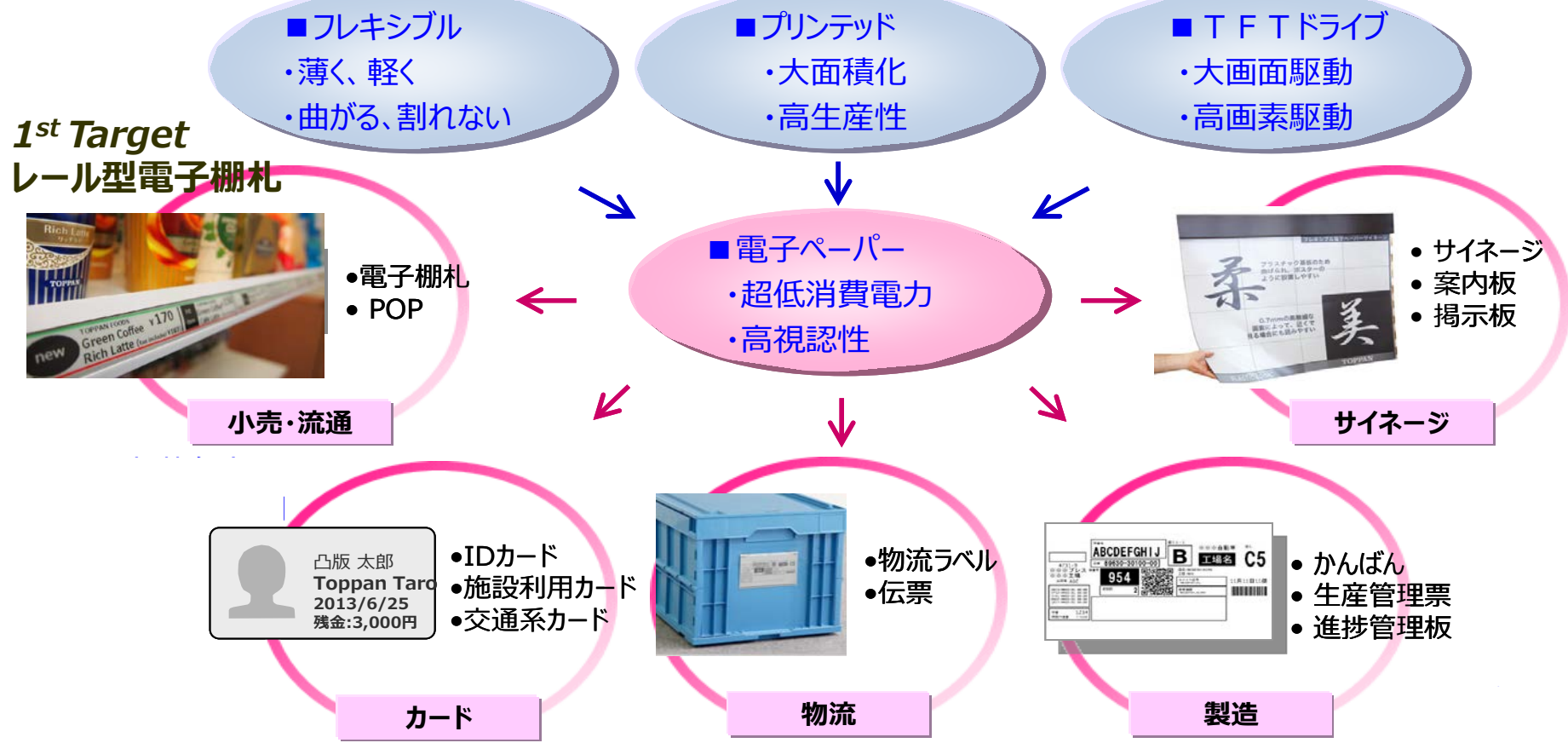
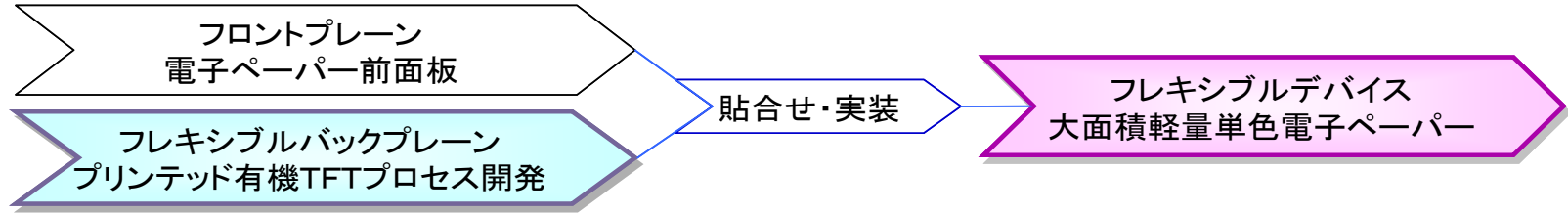


- ・調光レンズ(めがね)
- ・防眩ミラーシステム
- ・NDフィルター
- ・調光ウィンドウ

IV. 事業化、実用化に向けての見通し及び取り組み

1. 成果の事業化・実用化可能性：事業化・実用化の対象

研究項目③-(4) 大面積軽量単色電子ペーパーの開発



IV. 事業化、実用化に向けての見通し及び取り組み

1. 成果の事業化・実用化可能性：事業化・実用化の対象

News Release

TOPPAN

2015年3月3日
凸版印刷株式会社

凸版印刷、フレキシブル電子ペーパーを活用したレー尔型電子棚札を開発 ～プリンテッドエレクトロニクス技術とカラーフィルタ技術を融合した次世代電子棚札～

凸版印刷株式会社(本社:東京都千代田区、代表取締役社長:金子眞吾、以下 凸版印刷)は、プリンテッドエレクトロニクス技術(※1)を活用し、フレキシブル薄膜トランジスタ(TFT)を実現する印刷プロセス技術を確立。薄く、軽く、かつ曲げることができるフレキシブル電子ペーパーを開発しました。さらに今回、カラーフィルタ技術を活用しフレキシブル電子ペーパーの部分的なカラー化(以下 エリアカラー)を実現。

このフレキシブル電子ペーパーを活用し、「レー尔型電子棚札(ESL:Electronic Shelf Label)」を試作しました。凸版印刷は、さらに開発を進め「レー尔型電子棚札」の2017年度の実用化を目指します。

なお、「レー尔型電子棚札」は、2015年3月3日(火)～6日(金)まで開催される「リテールテック JAPAN 2015」(会場:東京ビッグサイト)のトッパンプースで参考出品されます。

また、本研究開発の一部は独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の次世代プリンテッドエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発の助成を受けて開発した成果を利用しています。

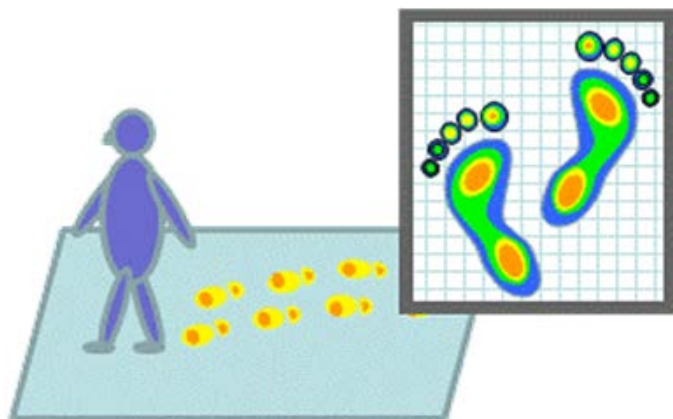


■ 背景

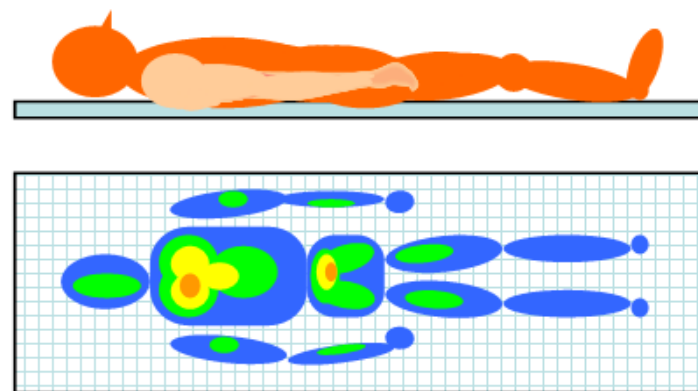
電子ペーパーは、紙代替など用途の多様化から、軽量化やフレキシブル性、落としても割れない丈夫さが求められています。また、真空や高温を利用した多量のエネルギーを消費する製造方式から、省資源化が可能な環境調和型の製造技術への展開が期待されています。

凸版印刷は、省エネ、軽量、フレキシブル性を実現可能な印刷製造技術の開発を行い、軽量・フレキシブルな電子ペーパーを実現しました。「軽い・落としても割れない」電子ペーパーを早期に上市することで、新しい用途展開の可能性を開くとともに、製造方式に排水・廃液・エネルギー消費の少ない印刷プロセスを用いることで、安全な環境づくりに貢献します。

研究項目④-(2) 大面積圧力センサの開発



足跡観測 圧力センサデバイス



ヘルスケア 圧力センサデバイス

開発技術は、たとえば床面内での生活者の行動把握や、スポーツ時の体重心移動観測や、ヘルスケア分野の大面積センサデバイスとしての活用が期待される。

年度	H 28年度	H 29年度	H 30年度	H 31年度	H 32年度
製品設計	■				量産判断
設備投資・導入		■			▽
生産		△	■		
販売		少量産体制	■		
収益発生				■	