

# 【課題名】革新的低コスト塗布型RFIDの技術開発及び動作実証(補助)

【代表者】東レ株式会社 村瀬清一郎

【実施年度】平成29～令和2年度

## (1)課題概要

### ①【課題の概要・目的】

無線により情報伝達を行うRFID(Radio Frequency Identification)は、長距離通信・複数一括読取り等の特長を生かした商品の個別管理による物流効率化により、トラック等からのCO<sub>2</sub>排出を大幅に削減できる。しかし、現行RFIDは、10～20円/枚と高く、限定的な使用に留まっている。一方、当社は、半導体カーボンナノチューブ(CNT)を塗布した薄膜トランジスタ(TFT)において、塗布型では世界最高レベルとなる移動度155cm<sup>2</sup>/Vsを2017年に達成し、長距離通信可能なUHF帯RFIDへの適用可能性を示している。

そこで本技術開発では、半導体CNTを用いた低コスト塗布型RFIDの技術開発・実証に取組み、RFID普及による、流通におけるCO<sub>2</sub>排出の大幅削減を目指す。

### ②【技術開発の内容】

#### ○重要な開発要素

#### A1.【塗布型回路設計・動作検証】

課題：下記スペックを満たす塗布型RFIDの設計及び動作検証  
<スペック>

UHF(920MHz)無線動作、通信距離≥1m、メモリ≥48bit(読取専用)

取組方針：塗布型RFIDに適した回路設計と、段階的試作を経て最終スペックを満たす塗布型RFIDの動作を実証する。

#### A2.【連続塗布プロセス技術開発】

課題：フィルム上への素子形成、及び性能バラツキ≤15%

コスト≤1円/枚の見通しが得られる連続塗布プロセスの技術構築

取組方針：各構成材料に最適な連続塗布プロセス技術を検討し、量産時に製造コスト1円/枚を実現するプロセス技術を構築する。

#### B. 開発要素のシステム統合と、C. その実証

##### ・開発要素のシステム統合

主要課題：塗布型RFIDに適した読取装置の設計・作製

対応策：大手システムメーカーと連携し、簡易読み取り装置の設計・開発を実施

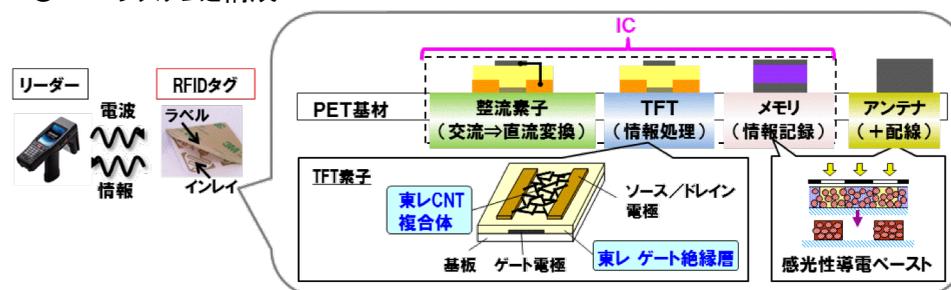
##### ・実証

主要課題：実証ターゲットの選定と実店舗での運用実証

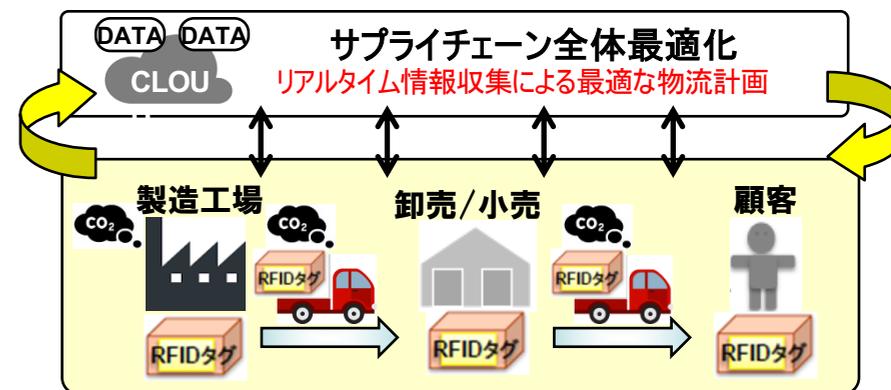
対応策：RFIDタグユーザーからのヒアリング情報を元に、適切な実証ターゲットと効果的な実証方法を決定する。

### ③【システム構成】

#### ○RFIDシステムと構成



#### ○低コスト塗布型RFIDを用いた物流の効率化とCO<sub>2</sub>排出量削減



### ④【技術開発の目標・リスク】

#### ○想定ユーザ・利用価値：

アパレル・コンビニなどの小売・物流全般が対象であり、レジの自動化や棚卸しの効率化により、過重労働の解消、在庫の適正化、万引き防止などの効果が期待できる。

#### ○目標となる仕様及び性能：

UHF帯(920MHz)での無線動作、通信距離≥1m、メモリ≥48ビット(読取専用)

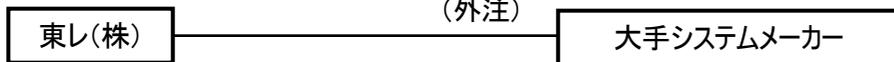
#### ○開発工程のリスク・対応策：

塗布型材料の性能不足による回路動作不良、および性能バラツキ大による目標スペック未達が主な開発リスクであるが、回路設計面の工夫や読み取り装置との連携開発により対処する。

## (2)実施計画等

### ①【実施体制】

技術開発代表者



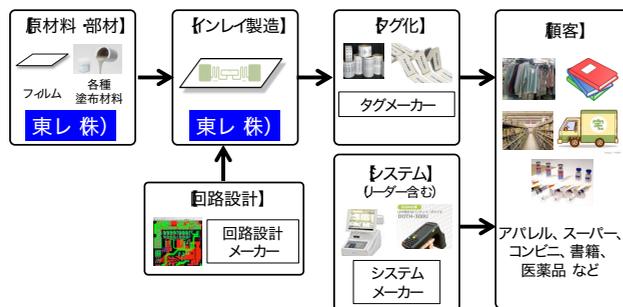
(塗布型RFID開発総括)

- ・TFT分野で5年以上の開発実績あり
- ・塗布型RFID開発について5年間の業務実績あり
- ・事業終了後のRFIDインレイの製造を計画

(読取装置／システムの開発)

- ・既存RFIDシステムの開発・業務実績あり
- ・半導体回路設計の開発・業務実績あり

＜想定サプライチェーン＞



### ②【実施スケジュール】

	H29年度	H30年度	H31年度
A. 要素技術A1の開発	→		
B. 統合システム最適化	→		
C. 実証	→		
事業費	35,189千円	51,524千円	98,300千円
補助額	17,595千円	25,762千円	49,150千円
A. 要素技術A2の開発	→		
事業費	14,106千円	186,824千円	242,930千円
補助額	7,053千円	93,412千円	121,465千円
合計			
事業費	49,295千円	238,348千円	341,230千円
補助額	24,647千円	119,174千円	170,615千円

### ③【事業化・普及の見込み】

○事業化計画

事業化を担う主たる事業者	東レ株式会社
--------------	--------

- ・2019年度に、社内での簡易実証試験を実施した。
- ・2023年度を目処に、生産技術開発および顧客実証を完了する。システムメーカー・タグメーカー・顧客と連携して使用環境を整備し、特定用途向けに少量生産を開始予定。
- ・その後、顧客ニーズに合わせて生産能力の増強を検討する。
- ・RFIDインレイの製造コストは、顧客ヒアリング情報を基に、量産時には1円／枚以下を目標としている。

○事業展開における普及の見込み

低コストの塗布型RFIDが実現されれば、幅広い分野への普及・拡大が見込まれる。UHF帯の電波は原理的に水や金属等の影響を受けやすいことから、まずは衣料品や 物流倉庫など、水・金属の影響が比較的少ない分野に展開する。水・金属の問題は、現行シリコンRFIDでも同様であり、読取装置やRFID貼付方法等の工夫、アンテナ設計による解決手段が報告されており、これら技術を塗布型RFIDへ適用検討する。実績を積み重ねながら、小売や物流全般など幅広分野に展開していく。

○年度別販売見込み

【提案時当初計画】

年度	2020年度	2025年度	2030年度
目標販売枚(台)	1,000万	942億	2,604億
目標累積販売枚数(台)	1,000万	2,491億	12,187億

【現時点見込み】

年度	2023年度	2030年度	2050年度
目標単年度販売枚数(台)	100万	150億	3,270億
目標累積販売枚数(台)	100万	320億	48,847億

○普及におけるリスク(課題・障害)

幅広い普及には、塗布型RFIDに対応した新規標準規格の整備が必要

### (3)技術開発成果

#### ①【これまでの成果】

- ・塗布型RFIDの回路の構成要素であるメモリ回路・ロジック回路・アナログ回路について、目標である48bitメモリ動作に目処得て、3V以下でのロジック回路動作、距離1mでの回路動作電圧受電を達成した。
- ・上記開発した技術をベースに塗布型RFIDを作製し、塗布型としては世界で初めてUHF帯無線でのRFID動作を実現した。
- ・導入したR2R試作機を用いて、基本プロセス検証を実施し、コスト1円/枚以下を可能とするプロセスタクトに目処を得た。

#### ②【エネルギー起源CO2削減効果】

##### 【提案時当初計画】

開発品(装置/システム)1台当たりの単年度CO2削減量 (t-CO2/台・年)	3.66 × 10 <sup>-6</sup>
開発品(装置/システム)の法定耐用年数	1年

年度	2025年度	2030年度
単年度CO2削減量(万t-CO2/年)	34.4	95.2
累積CO2削減量(万t-CO2)	91.1	445.6
CO2削減コスト(円/t-CO2)	345	71

##### 【現時点見込み】

開発品(装置/システム)1台当たりの単年度CO2削減量 (t-CO2/台・年)	1.71 × 10 <sup>-6</sup>
開発品(装置/システム)の法定耐用年数	1年

年度	2023年度	2030年度	2050年度
単年度CO2削減量(万t-CO2/年)	0.0002	2.5	55.9
累積CO2削減量(万t-CO2)	0.0002	5.5	833.7
CO2削減コスト(円/t-CO2)	179,648,181	5,666	38

#### ③【成果発表状況】

- ・2020年1月19日 プレスリリースを実施。  
日本経済新聞の朝刊1面に記事が掲載された。
- ・ナノテック展2020(2020年1月29日～31日)にてポスター発表を実施。  
「半導体カーボンナノチューブを用いた塗布型RFID」

#### ④【技術開発終了後の事業展開】

##### ○量産化・販売計画

- ・2023年を目処に、生産技術確立と顧客実証を完了する。
- ・まずは、特定分野に向けた少量生産を開始し、実績を積んだ上で顧客ニーズに合わせて量産設備を導入する。
- ・2030年近傍に向けて生産能力を增強し、小売・物流全般への幅広い展開を目指す。

##### ○事業拡大シナリオ

年度	2023	2030	2050 (最終目標)
生産・増強	→		
性能向上による 用途拡大	→		
低コスト化技術 開発	→		

##### ○シナリオ実現上の課題

- ・低コストを実現する量産技術の構築
- ・タグ貼付装置やデータ紐付けシステムなど、顧客使用環境の整備
- ・幅広いニーズに対応するためのRFID性能向上
- ・塗布型RFIDに対応した新規標準規格の整備

## ○参考資料1 CO2削減効果について

### ○販売開始年(2023年)時点の削減効果 (試算方法パターン B-b, II - i)

- ・目標販売量: 100万枚
- ・目標CO2削減量: 1.8t
- ・国内潜在市場規模: 4100億枚(経済産業省「2019小売販売を振り返る」に基づき、RFIDが適用可能な国内流通の商品数を推計)
- ・販売開始年度に期待される最大普及量: 100万枚
- ・開発機器(システム、モデル) 1枚当たりのCO2削減量:  $1.71 \times 10^{-6}$  t/年
- ・累積CO2削減量: 1.8 t-CO2
- ・CO2削減コスト: 179,648,181円

### ○2030年時点の削減効果 (試算方法パターン B-b, II - i)

- ・国内潜在市場規模: 4100億枚(経済産業省「2019小売販売を振り返る」に基づき、RFIDが適用可能な国内流通の商品数を推計)
- ・2030年度までに期待される最大普及量: 32.5億枚(塗布型RFIDの採用率を3.6%と想定)
- ・開発機器(システム、モデル) 1台当たりのCO2削減量:  $1.71 \times 10^{-6}$  t/年
- ・累積CO2削減量: 5.5 万t-CO2
- ・CO2削減コスト: 5,666円

### ○2050年時点の削減効果 (試算方法パターン B-b, II - i)

- ・国内潜在市場規模: 4100億枚(経済産業省「2019小売販売を振り返る」に基づき、RFIDが適用可能な国内流通の商品数を推計)
- ・2050年度までに期待される最大普及量: 48,848億枚(塗布型RFIDの採用率を79.9%と想定)
- ・開発機器(システム、モデル) 1台当たりのCO2削減量:  $1.71 \times 10^{-6}$  t/年
- ・累積CO2削減量: 833.7万t-CO2
- ・CO2削減コスト: 38円

## ○参考資料2 事業化計画について

### <計画>

	2023年	2030年	2050年
顧客実証	→		
量産プロセス技術・RFID性能向上	→		
販売	→		
設備投資		→	→

### <ユーザーニーズ及び市場の現状と今後>

アパレル・小売・流通等の各分野へのユーザーへのヒアリングにおいて、各社とも現行RFIDは価格が高く使用できておらず、塗布型RFIDが出来れば是非検討したいとの要望が多く、低コストRFIDへの強いニーズがあることを確認している。

一方、既存RFIDは、シリコンICチップの製造には高温・真空を駆使した300を超える複雑なプロセスが必要となり、高エネルギー消費で環境負荷が大きい。このため、数百万枚発注時でも1枚当たり10円以上(5億枚発注時で7円程度)と高く、今後も大幅な低下は見込まれていない。これに対してフィルム上に直接コーティングする塗布プロセスは、低温・常圧の20程度のシンプルなプロセスであり、設備投資も少なく低コスト・低環境負荷である。さらに、フィルム上にアンテナとICを直接塗布形成できるため、実装プロセスが不要である。従って、塗布型RFIDタグが実現すれば、従来技術では困難であった革新的な高効率・低コスト生産が期待できる。

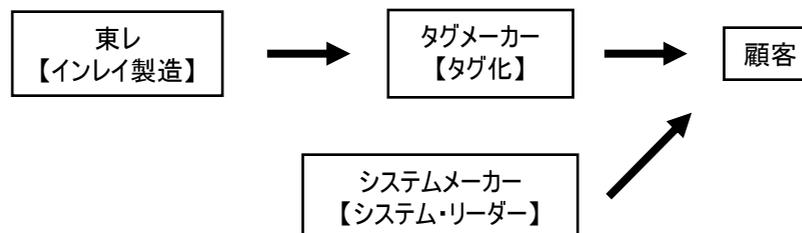
### <コスト目標と事業採算性の見通し>

上記を踏まえ、塗布型RFIDインレイのコスト目標は、量産時1円/枚と設定している。営業費用や利益を考慮しても十分な価格競争力があると考えられる。

### <現状の社内外体制>

東レでインレイを製造、タグ化・システムは社外と連携  
(タグ、システムメーカーは複数社と連携中)

サプライチェーン



※想定顧客へのヒアリングも複数社で実施中

## ○参考資料3 その他

### ウォルマート事例でのCO2削減効果試算

ウォルマート試算

(出典: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jasi/20/0/20\\_0\\_149/pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jasi/20/0/20_0_149/pdf))

#### ○電通大によるウォルマート事例のCO2削減効果試算

RFID導入によるコスト削減(／年)	RFID導入による効果	
1400億円	倉庫管理効率化	人件費削減
126億円	欠品による機会損失低減	販売量増加
120億円	紛失・盗難、万引き防止	物流量削減
100億円	在庫削減	

RFID導入による物流コスト削減率

$$= \frac{\text{物流コスト削減量(220億円)}}{\text{物流コスト全体(7800億円)}} \times 100$$

$$= 2.8\%$$

物流コスト削減は、物流量削減によるもの

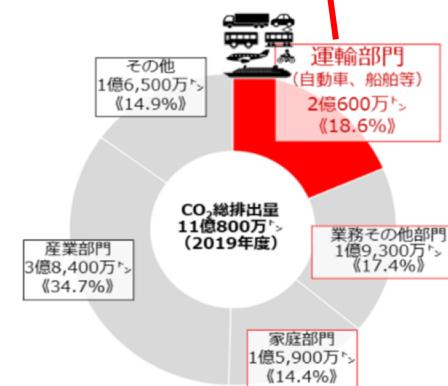
$$\text{物流量削減率} = \text{CO2削減率} = 2.8\%$$

	2023年	2030年	2050年
RFIDタグ使用量(億枚)	0.01	150	3270
RFIDタグ採用率(%)	0.025	3.6	79.9
低コストRFID普及によるCO2削減効果 (万t-CO2／年)※	0.0002	2.5	55.9

**約55.9万トンのCO2削減**

※貨物車からのCO2排出量(7,583万t-CO2/年) × RFID適用による物流量削減効果[2.8%]

× 塗布型RFIDによるRFID採用率増加分



※国土交通省資料(HP)

## ○参考資料3 その他

### プレスリリース

**TORAY**  
Innovation by Chemistry



2020年1月20日

東レ株式会社

#### レジ自動化の普及を加速させる低コスト塗布型RFIDで 世界初のUHF帯無線通信を達成

東レ株式会社(本社:東京都中央区、社長:日覺昭廣、以下「東レ」)は、このたび、高性能半導体カーボンナノチューブ(半導体CNT)複合体<sup>1)</sup>を用いた塗布型RFID<sup>2)</sup>を作製し、塗布型半導体として世界初のUHF帯<sup>3)</sup>電波での無線通信を達成しました。今回の成果は、レジの自動化や在庫管理の省力化など、小売・物流の大幅効率化が期待されているUHF帯RFIDを安価な塗布方法で作製できることを示したものです。今後、塗布型RFIDの製品化に向けた取り組みを加速して参ります。

RFIDは、長距離通信・一括読み取り等の特長があり、小売・物流における作業効率の大幅効率化が期待されています。しかし、現行のIC<sup>4)</sup>チップを用いたシリコンRFIDタグは、高温・真空を駆使した複雑なICチップ製造とアンテナへの実装工程が必要なため高コストとなり、安価な商品や使い捨てを前提としたシステムへの普及の阻害要因となっていました。そのため、低コストでICを製造し、実装工程が不要な塗布型有機半導体が注目されていますが、性能を示す移動度<sup>5)</sup>は $20\text{cm}^2/\text{Vs}$ 程度と低く、UHF帯RFIDへの適用が長年の課題でした。

東レは、高性能な半導体CNT複合体を中心とする塗布型素材を活用した塗布型RFIDの研究・開発に取り組んでいます。今回、塗布型半導体としては世界最高レベルを更新する $182\text{cm}^2/\text{Vs}$ を達成しました。また、薄膜トランジスタ(TFT)にはプラス電荷が流れるp型とマイナスの電荷が流れるn型があり、CNTは元来p型を示しますが、東レ独自の材料技術により、n型特性の発現に成功し、省電力かつ低コストIC形成に必要なp型およびn型の両TFTを開発しました。

**2020/1/19 日経新聞朝刊1面に掲載**

小売(大手コンビニ、スーパー、家電量販店等)・アパレル・流通・商社など、120社以上から問い合わせ



分野	問い合わせ件数
RFID関連	18社
アパレル	9社
小売	7社
流通・商社	20社
印刷・ラベル	14社
装置関連	20社
その他	40社以上

・低コストRFIDへの強いニーズを再確認

## CO2排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

- ・ 評価点 6. 2点（10点満点中。（10点：特に優れている、8点：優れている、6点：問題ない、4点：多少問題がある、2点：大きな問題がある））

### ・ 評価コメント

#### [評価された点]

- 半導体カーボンナノチューブを利用した塗布型RFIDを開発し、目標性能の通信距離1m、メモリ48ビット、バラツキ15%以下を達成すると同時に、製造プロセスの検討により目標コスト1円/枚以下の目途を立てて、低コストRFIDを用いた物流の効率化によるCO2排出量削減を実現する技術的な基盤を確立した点、さらに塗布型RFIDによる物流効率化の効果をトラック走行、食品ロスなどのユースケース毎に定量的に示し、それに基づいてCO2削減量を計算することによって、応用面から開発技術の有用性を示した点は評価できる。
- 小売り、アパレル、流通など120社以上からの問い合わせがあり低コストRFIDへの強いニーズを確認すると共に、想定するユーザーへのヒアリングを通じてユーザーごとの適正コストや使用環境等の調査を行うなど、開発技術の事業化に向けた活動に注力している点は評価できる。また、小規模ながら実証実験を行い実利用に向けた課題を導出したことも、開発技術の社会実装に向けて効果的である。

#### [今後の課題]

- 社会的なインパクトが大きな技術開発であり、今後の課題として挙げられている、受電距離伸長、歩留まり向上等の量産製造技術、リーダーの小型化などの技術開発に対して、解決可能な目標レベルを具体的に設定した取り組みを行い、物流分野のCO2排出量削減の社会要請に早期に応えることを期待する。
- RFIDによる物流効率化では大規模な現場での検証が必須である。ウォルマートでの成功事例を引用しているが、グローバル競争で遅れを取らないようにするためには、早期にインパクトのある実証パートナーを選定し、実証試験を経てコストダウンやシステムの最適化に組み込み、着実にかつ速やかに現場に実装されるように取り組むことが望ましい。
- 低コストRFID事業化の開始が遅れたことは止むを得ないものの、報道発表後に多数の問い合わせがあったにもかかわらず販売見込みが大幅に縮小され、CO2削減効果の発現時期も大幅に後ろ倒しとなる計画となっている。販売見込みの拡大・前倒しに資する課題を明らかにして、これを優先的に解決することが望まれる。
- 技術成果の発表に関しては、特許、学術誌掲載論文がなく、不十分である。開発技術の新規性や有用性を示すために、査読論文によって外部専門家の評価を受けることが重要である。

#### [事業化に向けたコメント]

- 1円/枚の塗布型RFIDは物流・食品をはじめとする幅広い業種のマーケットニーズがあり、様々な応用に適用できる可能性が示されたが、具体的な事業とするためには、低コストRFID導入による効果をわかりやすく説明し、できる限り広く国内外の企業に認知してもらう工夫が必要である。
- ユーザー候補へのヒアリングやパートナーとの大規模な実証試験などの事業化に向けた取り組みをさらに強化し、塗布型ならではの使い方や機能性の特徴を見出すとともに、コストダウンや低コストRFIDによるサプライチェーン全体最適化などの課題を解決することによって、開発技術を着実に現場に実装することを期待する。