

平成28年度 経済産業省委託

エネルギー使用合理化国際標準化推進事業委託費
(省エネルギー等国際標準開発 (国際標準分野))

金属製循環型物流機材 (RTI) 用 RFIDに関する国際標準化

成果報告書

本編

平成 29 年 2 月 27日

一般社団法人日本自動認識システム協会
東洋製罐グループホールディングス株式会社
株式会社デンソーエスアイ

成果報告書は、以下のように構成されている。

- 本編・・・・・・・・・・・・・・(本資料)
金属製循環型物流機材(RTI)用 RFID に関する国際標準化
成果報告書

- 別紙1・・・・・・・・・・・・・・成果報告書 別紙1
金属製 RTI に貼付する RF タグ単体評価

- 別紙2・・・・・・・・・・・・・・成果報告書 別紙2
金属製 RTI 用 RF タグ実証実験評価

- 別紙3・・・・・・・・・・・・・・ISO-TR NP 提案書類
NP提案時の全書類

目次

1 本事業について.....	4
1.1 事業の概要.....	4
1.2 課題.....	5
1.3 今年度の具体的活動目標.....	5
1.4 省エネルギー効果.....	5
2 RFIDの現状と背景.....	6
3 事業実施計画詳細.....	7
3.1 事業内容および実施方法.....	7
3.2 事業の実施体制.....	8
3.2.1 役割分担.....	8
3.2.2 管理体制及び研究体制.....	8
3.2.3 実施機関（一般社団法人日本自動認識システム協会）.....	9
3.2.4 実施機関（東洋製罐グループホールディングス株式会社）.....	9
3.2.5 実施機関（株式会社デンソーエスアイ）.....	10
3.2.6 検討委員会.....	11
3.3 事業の実施期間および日程.....	12
4 事業の成果.....	13
4.1 金属製RTIIに貼付するRFタグ単体評価（RFタグ耐性試験含む）.....	13
4.1.1 単体評価の要旨 解決すべき課題と主な結果.....	13
4.1.2 実験の趣旨と目的.....	15
4.1.3 実験方法の概要.....	15
4.1.4 主な結果.....	19
4.1.5 まとめ.....	34
4.2 金属製RTIIに貼付したRFタグの実証実験評価.....	35
4.2.1 実証実験の要旨 解決すべき課題と主な結果.....	35
4.2.2 実証実験の概要.....	36
4.2.3 実証実験の結果.....	38
4.2.4 実証実験の残された課題.....	57
4.2.5 まとめ.....	59
4.3 ISO-TRに関して.....	61
4.3.1 本年度の目標.....	61
4.3.2 活動結果.....	61
4.3.3 本年度の活動経緯.....	61
4.4 検討委員会、SWGの開催概要.....	62
5 まとめ.....	63
5.1 成果.....	63
5.1.1 単体評価で得た成果.....	65
5.1.2 実証実験で得た成果.....	66
5.1.3 ISO-TRに関して.....	67
5.2 目標に対する達成度.....	67
5.3 残された課題 および次年度以降の活動.....	67

1 本事業について

1.1 事業の概要

日本の製造業は、賃金の安い海外企業との競争により、海外への生産拠点の移転が行われ、国内の産業空洞化を招いている。国際規模で商品を生産するためには、国内から海外、海外から国内への物流コストの低減（サプライチェーンの効率化）が不可欠である。

これを実現するためのひとつの方法として、サプライチェーンにおいて RTI（Returnable Transport Items；リターナブル輸送機材）の活用を推進する必要があるが、現在、RTI はほとんど管理されていないために RTI の台数や所在が把握できず、RTI の停滞や紛失で、その追加発注コストが企業の負担となっている。

近年、UHF 帯 RF タグを使用し、サプライチェーン上で RTI を可視化するための規格、ISO 17364 また、国内では、JIS Z 0664 が規定された。これにより、国際標準に従った RFID による RTI の管理が可能な環境が整った。また、RTI 管理に UHF 帯 RFID を使用することで、離れた位置からの一括読み取りが可能となり、バーコードを使用した管理に比べ、大幅に管理コストの低減が予想されている。したがって、RTI の中でも、単価の高い金属製 RTI を管理する需要は高いが、金属製であることから、或いは使われ方が過酷であることから RFID の導入が難しい状況にある。

製造業の中でも、自動車産業で金属製 RTI 管理に対するニーズが高まっている。自動車産業における金属製 RTI の流れは 3 次サプライヤー、4 次サプライヤー（中小企業）から自動車メーカーまで一貫した流れになっており、流通過程内の RTI の所在を把握することが重要である。金属製 RTI の所有者は自動車メーカーや大手部品メーカーであるが、大手部品メーカーにおける調査で、現状、毎年 20～30% の RTI が補充発注されている。また、RTI が返却されないことにより、極端な場合には製造ライン停止に陥ることがある。

RFID を活用することにより、金属製 RTI の管理が容易になり、管理精度が向上することで、所在が明確になるなど効果的な運用が出来、上記の問題が解決すると共に、最適な必要数量が分かり省資源化を見込める。

このように、金属製 RTI を RFID で管理すると多くの効果がある一方、様々な課題があり、すぐには、導入することが困難な現状にある。そこで、本事業は、金属製 RTI 用 RFID を導入するうえでの課題を明確にし導入の手助けになる実験成果を取りまとめ、ISO に対して TR を申請し、RFID を普及させることにある。また、多くの導入成功事例を生み出し、自動車業界以外や他の業界への導入、金属製 RTI 以外の RTI を管理対象とした導入を普及させることができ、ひいては、サプライチェーンの可視化・効率化を実現し、日本企業の国際競争力向上に貢献することを狙いとする。

サプライチェーン用 RFID 普及の一つとして、金属製 RTI の効率的な管理を RFID で実現することを目的とし、金属製 RTI に貼付する RF タグの国際標準化を行う。（複数社・業界に跨るサプライチェーンでの運用及び、RFID の遠隔発信の特定から共通的な仕組みが必須である。また、金属製 RTI 管理の多くの導入試験を削減する目的で標準化を行う。）

国際標準化で見込める効果・成果を次に示す。

- ・ 金属製 RTI 紛失抑制による製造コスト・エネルギー及び環境負荷の削減
- ・ 必要数量把握による製造コスト・エネルギー及び環境負荷の削減
- ・ 金属製 RTI 管理導入コストのミニマム化
- ・ 国産 RF タグの国際競争力強化

1.2 課題

本事業は、平成 27 年、28 年、29 年の 3 ヶ年実施する計画である。本年度は、2 年目にあたり、昨年度実施した評価（単体評価、実証実験）で発見された以下のような課題に対して、解決案を提言した。また、昨年度より実施している国際標準化（ISO-TR）の NP 提案を行った。来年度は、ISO-TR を成立させることにある。

RFID システムの最適な導入のためには、多くの試験が必要であるが、この標準化によって RFID を利用した金属製 RTI 管理の効果的な方法を示して導入のハードルを下げるのが可能となる。そのための実証実験を平成 27 年度に実施した。昨年度の活動で課題となった以下の項目について今年度、提言を行う。

【実証実験からの課題】

- I. RF タグ脱落に対する保護方法
- II. 読み書き落としのバックアップ方法
- III. 大容量 RF タグ(ユーザエリアの活用)に関する評価

【検討委員会指摘課題】

- IV. RF タグをサプライチェーンで使用するためのアプリケーション提言へ
- V. 地域による使用周波数相違

1.3 今年度の具体的活動目標

金属製 RTI 用の RFID で単体評価、実証実験を行い、昨年度課題となっている項目（上記 I. II. III. IV. V.）に関して、解決案を示す。

金属性 RTI に貼付する RF タグの国際標準化として、TC-122 WG12 にて、ISO-TR を提案する。

- ・ 2016 年 TC-122 韓国会議でプレゼンテーションを行う。
- ・ NP を提案する。それに伴う活動を行う。

1.4 省エネルギー効果

省資源化による省エネルギー効果は、金属製 RTI の適正管理による補填数削減（紛失・滞留削減）効果を年間 50 万パレット、折り畳み金属製 RTI の重量を 50kg と仮定すると、2.5 万 t/年の鉄鋼が削減される。粗鋼のエネルギー原単位 0.59t/t（石油/粗鋼：社団法人日本鉄鋼連盟）より、石油換算 14750t/年の削減となり、CO₂換算で 38645t/年（14750t×2.62tCO₂/kl）の省エネルギー効果が得られる。また、輸送効率が向上し燃料の消費が 1.0%改善すると仮定した場合、230,620t/年（平成 24 年度 資源エネルギー庁エネルギー需給実績「運輸（貨物）」合計エネルギー 23,062×10³tCO₂より）の省エネルギー効果が得られる。

2 RFIDの現状と背景

製造業の現状とグローバルサプライチェーンに伴い、国内産業の空洞化が進んでいる、これを防止するためには、RFIDの活用は不可欠と思われるが、RFIDは現在、1次元/2次元シンボルのように誰でも、何処でも簡単に活用できるところまでは進化していない。RFIDを1次元/2次元シンボルなみに使いやすくすることが緊急の課題と思われる。RFID導入のハードルを明確にし、現在の規格に照らし合わせる事によりそのハードルを理解し、解決策を見出すものである。

データキャリアが使用されるのは、EC・EDIによるデータベースとの紐付け用途が最も多い。ただ、データキャリア（注文書、納品書、受領書などを含む）に格納されるときにはユニークになっていない。このことが、1次元/2次元シンボルは使用できるが、ユニークになっていないためRFIDはそのまま使用すると、他のRFIDと衝突する（同じデータになる）という不具合が生じる可能性が出てくる。このハードルをクリアするためには、RFIDの関係者が国際標準を理解した上で、利用者に最適なデータ構造を提案できるようにすることが重要である。

現在の物流情報システムは、関連企業のデータベースの分断や、アクセス権の問題から、サプライチェーンの全域を可視化することは困難である。しかし、サプライチェーン全域の可視化はリアルタイムである必要はない。サプライチェーン全域の可視化とRFIDの飛躍的市場拡大が期待できる。

また、RTIにRFタグをつけて、動脈物流情報や静脈RTI管理情報を書き込むことにより、物流効率化と省資源が両立できる可能性がある。それによりRFIDの市場拡大が期待できる。その実現のためには、標準化や静脈物流の管理方法の標準化が重要と思われる。

RFIDを普及させるために、オープンなサプライチェーンに於いては、国際規格に適合（準拠ではない）させて運用しなければならない。

現時点では、国際標準に適合したシステムを構築するためには、リーダライタおよびミドルウェアが国際標準（ISO、EPC）を十分サポートしていないため、アプリケーション側でこの部分を理解しシステムを構築しなければならない。しかし、ISO国際標準には以下の矛盾点や問題点があり、これらを早急に解決する必要がある。そうしないと、アプリケーション側で矛盾を抱え、国際標準に適合しないシステムが乱立することになってしまう。

従って、国際標準に内在する問題を解決し、適切なミドルウェアを普及させることによりRFIDを手軽に利用できる環境が実現できるとと思われる。

詳細は、平成27年度 経済産業省委託 エネルギー使用合理化国際標準化推進事業委託費（省エネルギー等国際標準開発（国際標準分野））金属製循環型物流機材(RTI)用RFIDに関する国際標準化 成果報告書本編の「2. 事業の経緯と背景」を参照願います。

3 事業実施計画詳細

3.1 事業内容および実施方法

(1) 大容量 RF タグによる評価

目的：昨年度課題となっている項目の解決案を提案するため、大容量 RF タグを製作し各種評価を行い、解決策を提言する。また、新たに発見した課題に関して、解決案を提言する。

実施項目 1. 金属製 RTI に貼付する RF タグ単体評価 (RF タグ耐性試験含む)

- ・ 評価計画立案
- ・ 評価試験の項目検討
- ・ 評価試験の実施、考察
- ・ 評価のまとめ

実施項目 2. 金属製 RTI に貼付した RF タグの事前評価

(実際の現場を想定した条件下における多角的な評価)

- ・ 評価計画立案
- ・ 評価試験の項目検討 (必要なシステムの構築を含む)
- ・ 評価試験の実施、考察
- ・ 評価のまとめ

実施項目 3. 金属製 RTI に貼付した RF タグの実証実験評価

(実際の現場で運用)

- ・ 実証実験評価計画立案
- ・ 実証実験評価試験の項目検討 (必要なシステムの構築を含む)
- ・ 実証実験評価試験の実施、考察
- ・ 実証実験評価のまとめ

(2) 国際標準化の推進

目的：ISO-TR 発行のため WG でのプレゼンテーション、New work item proposal(NWIP または NP)の提案、Final Draft technical report(FDTR)の作成を、上記(1)の結果を反映しながら並行して行う。

実施項目 1. TC122 WG12 でのプレゼンテーション

実施項目 2. NWIP の作成、提案、フォロー

実施項目 3. FDTR の作成

(3) 本事業に対する委員会の開催。報告、審議、承認

委員会名：『金属製 RTI 用 RFID に関する検討委員会』

第 1 回 事業の説明、国際会議の状況説明

第 2 回 ISO-TR の状況説明 (NWIP の状況) 評価試験項目、試験方法の説明、審議、承認

第 3 回 評価の途中確認、承認、実証実験の説明、審議、承認

第 4 回 本事業の結果説明、審議、承認

本委員会の前に SWG にて審議を行う。

(4) 報告書作成

契約最終年度に向け上記成果の報告書を取りまとめる。

3.2 事業の実施体制

3.2.1 役割分担

表 3-2-1. 役割分担

関係機関	(1)			(2)			(3)	(4)
	実施項目1	実施項目2	実施項目3	実施項目1	実施項目2	実施項目3		
一般社団法人 日本自動認識システム協会	○	○	○	◎	◎	◎	◎	◎
自動認識コンサルタント 柴田彰（請負）	○	○	○	○	○	○	○	○
東洋製罐グループ ホールディングス株式会社	◎	◎	○	○	○	○	○	○
株式会社 デンソーエスアイ	○	◎	◎	○	○	○	○	○

※実施項目は「3.1 事業内容」のを参照のこと。 (◎; 主担当 ○; 担当)

3.2.2 管理体制及び研究体制

以下の3機関の共同による実施とする

【実施機関】 一般社団法人日本自動認識システム協会

【実施機関】 東洋製罐グループホールディングス株式会社

【実施機関】 株式会社デンソーエスアイ

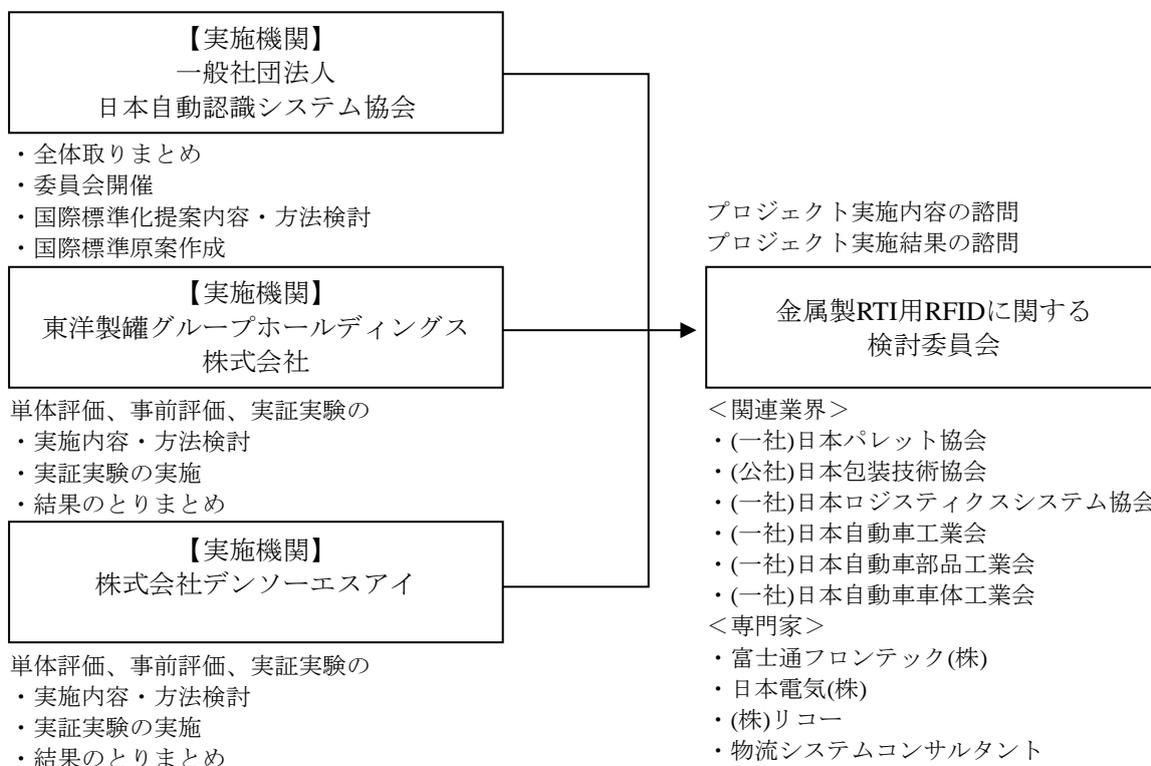
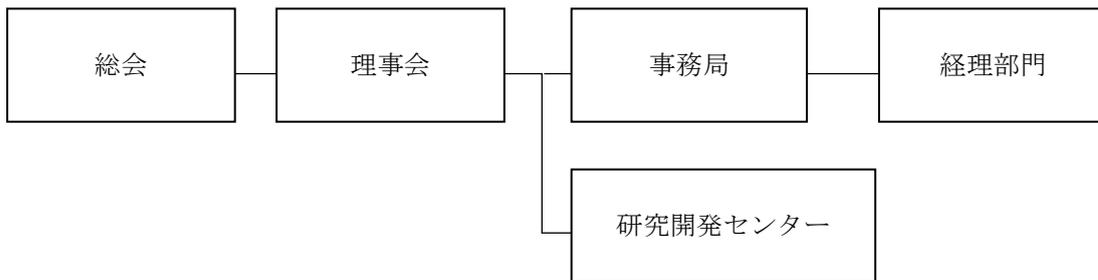


図 3-2-1. 管理体制及び研究体制（全体）

3.2.3 実施機関（一般社団法人日本自動認識システム協会）

a. 管理体制



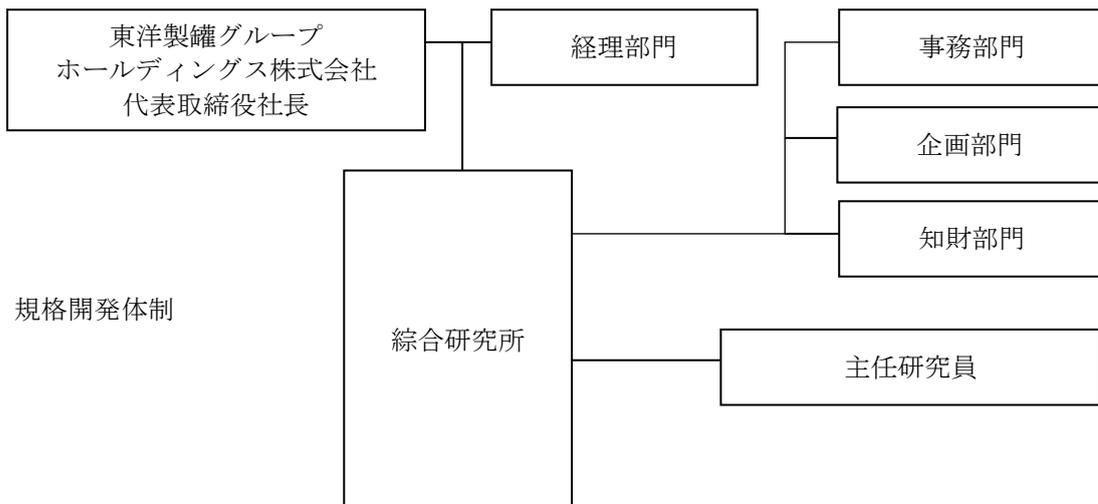
b. 規格開発体制



図3-2-2. 管理体制及び研究体制（一般社団法人日本自動認識システム協会）

3.2.4 実施機関（東洋製罐グループホールディングス株式会社）

a. 管理体制



b. 規格開発体制

図3-2-3. 管理体制及び研究体制（東洋製罐グループホールディングス株式会社）

3.2.5 実施機関（株式会社デンソーエスアイ）

a. 管理体制

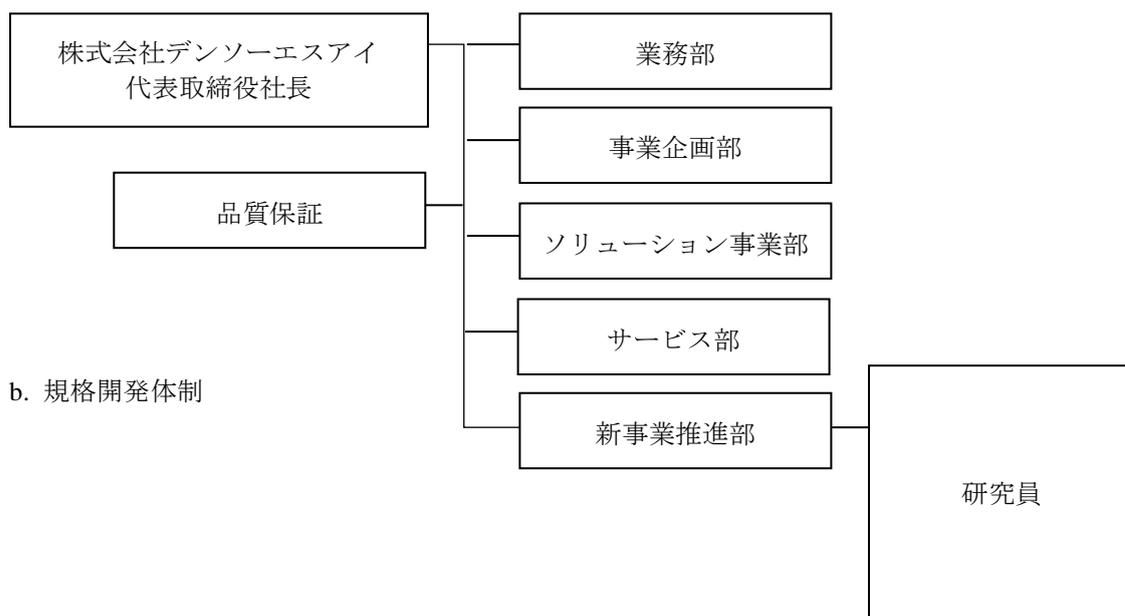


図3-2-4. 管理体制及び研究体制（株式会社デンソーエスアイ）

3.2.6 検討委員会

金属製 RTI 用 RFID に関する検討委員会名簿は表 3-2-2. のとおりである。

表 3-2-2. 検討委員会及び SWG 名簿

(敬称略)

No.	役割	氏名	組織	部署・役職等
1	委員長○	増井 忠幸	東京都市大学	名誉教授
2	委員	福本 博二	(一社)日本パレット協会	専務理事
3	委員	金子 武弘	(公社)日本包装技術協会	包装技術研究所 輸送包装研究室
4	委員	佐藤 修司	(公社)日本ロジスティクス システム協会	JILS総合研究所
5	委員	三橋 伸之	(一社)日本自動車工業会	総務統括部 電子情報システム担当 グループ長
6	委員	福原 秀春	(一社)日本自動車部品工業会	パナソニック株式会社 オートモーティブ &インダストリアルシステムズ社 情報企画グループ 参事
7	委員	杉崎 満	(一社)日本自動車車体工業会	事務局次長兼総務部長
8	委員○	落合 孝直	富士通フロンテック株式会社	流通事業本部 RFID事業部 事業部長
9	委員◎	鈴木 博之	物流システムコンサルタント	物流システムコンサルタント
10	委員○	松浦 宏明	日本電気株式会社	新事業推進本部
11	委員○	竹本 直也	株式会社リコー	総合経営企画室 新規事業開発センター
12	推進委員	柴田 彰	自動認識コンサルタント	自動認識コンサルタント
13	推進委員○	清水 博長	東洋製罐グループ ホールディングス株式会社	総合研究所 主任研究員
14	推進委員○	新海 直樹	株式会社デンソーエスアイ	新事業推進部 部長
15	関係者	田中 利穂	経済産業省 産業技術環境局	国際標準課
16	関係者	中山 和泉	経済産業省 製造産業局	産業機械課 課長補佐
17	事務局○	後藤 雅生	(一社)日本自動認識 システム協会	研究開発センター 主任研究員

◎ : SWG の座長 ○ : SWG の参加者

3.3 事業の実施期間および日程

表 3-2-3. 事業の実施機関及び日程

実施項目	平成28年										平成29年	
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	
(1) 大容量RFタグによる 評価												
実施項目 1												→
実施項目 2										→		
実施項目 3												→
(2) 国際標準化の推進												
実施項目 1	→	▲ TC122 韓国 会議										
実施項目 2										→		
実施項目 3												→
(3) 委員会開催 報告、審議、承認				▲				▲		▲	▲	
(4) 報告書作成												→

※実施項目は「3.1 事業内容」を参照のこと。

4 事業の成果

本年度事業概要は、平成 27 年度に行った評価で、課題となった項目(下記参照)に関し、再度実証実験を行い課題解決の提言を行う。また、国際標準化に関しては、ISO-TR をまとめ、韓国会議でのプレゼンテーション、および NP の提案を行った。

平成 28 年度の課題

【H27 年度実証実験からの課題】

- I. RF タグ脱落に対する保護方法
- II. 読み書き落としのバックアップ方法
- III. 大容量 RF タグ(ユーザエリアの活用)に関する評価

【検討委員会指摘課題】

- IV. RF タグをサプライチェーンで使用するためのアプリケーション提言
- V. 地域による使用周波数相違

【H27 年度未完了の実証実験】

- VI. RF タグ適用化評価より耐性評価の耐候性試験

4.1 金属製 RTI に貼付する RF タグ 単体評価 (RF タグ耐性試験含む)

金属製 RTI の管理ニーズに対し、管理手段として UHF 帯の RFID の適用を検討した。単体評価では、金属製 RTI へ管理用の RF タグを取付けることを想定し、金属に因る交信可能距離の変化や RF タグ耐久性能の確認に加え、運用時に必要となる交信時間の測定と RF タグの脱落防止策について検討を行い、ユーザが参考となるデータを取得した。

4.1.1 単体評価の要旨 解決すべき課題と主な結果

サプライチェーン用 RFID の国際規格 ISO 1736X シリーズの採用事例が無い。H26 年度実施のフィージビリティスタディの結果では RTI 管理ニーズとトライアル経緯が確認された。H27 年度には具体的な使用事例を示し普及に繋げるべく、“金属製 RTI の RFID 管理”をターゲットとし“導入時のポイントを確認”することを目的として実証実験を行った。結果、導入時に参考となる多くの特性データを得ることができた。

本年は、表 4-4-1. 単体評価で実施した項目と主な結果のとおり、H27 年度中に完了しなかった RF タグ耐性試験及び、新たに発生した課題に対して実証実験を行い、導入時に参考となるデータが追加され、更に導入障壁を低減することができた。

表 4-1-1. 単体評価で実施した項目と主な結果

記号	平成 28 年度の課題	実証実験実施項目	主な結果
I	RF タグ脱落に対する保護方法	【RF タグ脱落防止】 H27 年度実証実験で脱落した RF タグの脱落要因を分析し、対策を検討する。	・脱落要因を衝突と分析した結果、防止策として RF タグのサイズダウン及びガード追加が有効だが交信可能距離の低下に注意が必要。 (結果の詳細は 4.1.4.1 (P.19)に記載)
II	読み書き落としのバックアップ方法	「4.2 金属製 RTI に貼付した RF タグの実証実験評価」にて実施	
III	大容量 RF タグ (ユーザエリアの活用)に関する評価	【大容量 RF タグ基本評価】 汎用 IC で最大容量の IC を使用した金属対応 RF タグを開発し評価。	・大容量 IC でも H27 年度試験相当の基本性能 (交信可能距離、交信時間) を実現できる。 (結果の詳細は 4.1.4.2 (P.23)に記載)
IV	サプライチェーンのアプリケーション提言	「4.2 金属製 RTI に貼付した RF タグの実証実験評価」にて実施	
V	地域による使用周波数相違	【地域差特性検証】 各地域の周波数の相違による交信可能距離の変化を検証	・交信可能距離-周波数特性評価結果とリーダライタ出力 (各地域の電波法) から地域毎の交信可能距離が確認可能である。 (結果の詳細は 4.1.4.3 (P.29)に記載)
VI	RF タグ適用化評価 耐候性試験	【耐候性試験】 H27 年度実施した耐候性試験で、昨年度中に終了しなかった”耐候性試験”を実施する。	・10 年相当の耐候性試験後、初期の 90% の交信可能距離を維持できないことが確認された (通信は可能)。従って、低下する交信可能距離分の余裕を持たせた条件設定をすべきである。 (結果の詳細は 4.1.4.4 (P.32)に記載)

4.1.2 実験の趣旨と目的

本事業ではサプライチェーン用 RFID の国際規格普及の手段として、物流機材のなかでは高額な“金属製 RTI”の RFID 管理をターゲットとする。ユーザが導入を検討する際に参考となるデータや注意すべきポイントを示し、“RFID 管理導入時の障壁を低減する”ことが趣旨であり、導入時の試験負担を軽減するために、共通項目についてデータを整備することが目的である。

4.1.3 実験方法の概要

4.1.3.1 RF タグ脱落防止

H27 年度実証実験時に発生した RF タグ脱落状況を分析し、それを防止する対策を検討する。また、防止対策の一つとして RF タグのサイズダウン（薄く）することが考えられるので、交信性能を維持しつつ薄くすることが可能かについて実証を行う。

4.1.3.2 大容量 RF タグ基本評価（交信可能距離（※1）・交信時間評価）

本年度実証実験用として開発した大容量 RF タグについて、交信可能距離・交信時間を計測し、H27 年度実証実験で使用した RF タグとの性能差を確認する。

4.1.3.3 地域差特性検証（各地域の周波数相違による特性変化の検証）

UHF 帯 RFID は各国の電波法で使用できる周波数と最大出力が規定されるので、国際物流の様に、同一の RF タグを複数の国で使用する場合の性能（交信可能距離）の変化を検証する。

4.1.3.4 耐候性試験（RF タグ適用化評価）

H27 年度に実施した耐性試験で、昨年度中に終了しなかった“耐候性試験”を行う。

※1 交信可能距離について

今回の評価では、リーダライタの送信波が 2W ERP（実効輻射電力 Equivalent Radiated Power）の直線偏波の場合に、RF タグが応答できる限界の距離を交信可能距離とした。

※1 交信可能距離の計測について

金属製 RTI への RF タグ取付け

今回、金属製 RTI をターゲットとして RFID の管理を検証しているが、そのためには金属製 RTI へ管理用の RF タグを取付ける必要がある。RF タグの取付けは、以下の位置とすべきである。

・金属製 RTI へ RF タグを取付ける位置

条件 1. リーダライタと交信を妨げない位置

荷物積載時、運搬時、返却時、保管時、全ての場合について交信可能な位置とするべきである。特に返却、保管時は折り畳む RTI も多いので、折り畳んだ際に RF タグが隠れない位置を選定する。また、フォークリフト等で運搬する際に RF タグが交信しやすい位置とすることも重要である。他にも RF タグが床や地面に近い位置にあると反射波の影響で交信可能距離が低下するので、上方に付けることも有効である。

条件 2. RF タグが衝突、擦れ等の負荷を受けない位置

物流容器は、効率的に運搬・保管をするためのサイズとなっているので、RF タグが RTI の外寸から飛び出してしまう場合、他の RTI と衝突するだけでなく、コンテナ、トレーラ等に積載できなくなる恐れもある。他にも、スタック（積重ね）を行う時の他の RTI、コンベア搬送のガイドレールなどが衝突しない位置とする必要もある。

条件 3. RF タグを目視、交換可能な位置

RFID は RF タグにはバックアップ用に目視文字を付加する場合もあるし、ハンディターミナルで交信を行うこともあるので、目視可能な位置とすべきである。また、RF タグ故障時には交換作業を行う必要があるため、容易に交換できる位置とした方がよい。

上記条件について、特に条件 1. と条件 2. はトレードオフの関係となる場合が多いので、交信性能の変化を考慮しながら取付け位置を検討する必要がある。

H27 年度の実証実験ではこれら条件を考慮して、写真 4-1-1. の位置へ RF タグを取付けた。この位置は折り畳み時も写真 4-1-2. の通り RF タグが隠れることが無いので交信可能となる。



写真 4-1-1. H27 年度実証実験での RF タグ取付け位置 (RTI を広げた状態)



写真 4-1-2. H27 年度実証実験での RF タグ取付け位置 (RTI を折り畳んだ状態)

条件 2. の検討は写真 4-1-3. の通り検討したが、実際に取付けられる場所は限定される状況であった。図 4-1-1. はこの RTI がコンテナへ積載されるときのイメージ図となる。

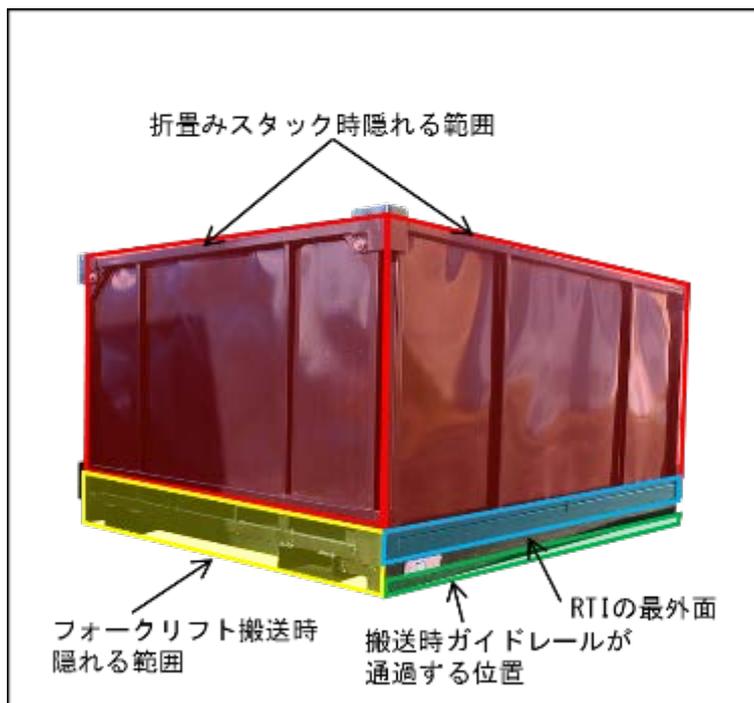


写真 4-1-3. RF タグ取付け可能位置の検討



国際一般貨物
コンテナ
(40' コンテナ)
最小内のり寸法
JIS Z 1618



1/8コンテナ
積載例
2列×8列×3段

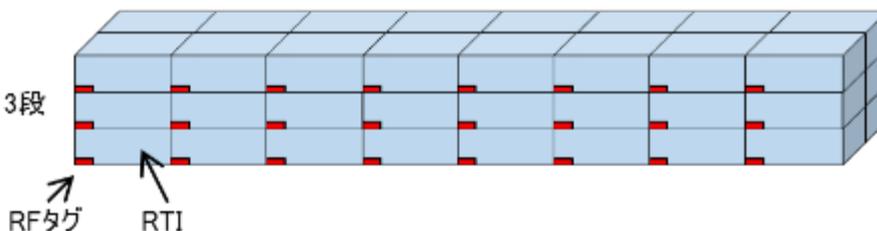


図 4-1-1. RTI コンテナ積載イメージ

・RF タグ単体評価の測定条件

金属製 RTI 用の RF タグ単体評価なので、実際の金属製 RTI へ取付けて評価を行うべきであるが、計測場所や工数の関係上、基本測定は**写真 4-1-4.** の通り評価用金属板（ステンレス板 100mm × 150mm × t 2mm）へ RF タグを貼付して行っている。また、指定が無い限り電波暗室（他の電波や周辺（床・壁）からの電波反射が無い理想環境）での評価となる。

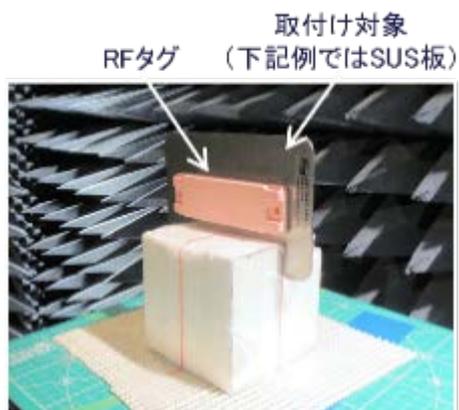


写真 4-1-4. RF タグ単体評価の基本計測状態

4.1.4 主な結果

4.1.4.1 RF タグ脱落分析結果

H27 年度実証実験の結果、脱落、破損が確認された RF タグ数は表 4-1-2. の通りであった。

表 4-1-2. H27 年度実証実験で脱落、破損が確認された RF タグ

項目	貼付数	出荷数	受入数	脱落	外観破損	傷 汚れ	RF 読取り 不可	QR 読取り 不可
個数	1,983	1,327	1,253	4	3	20	0	0

上記の結果から、脱落タグ 4 個、破損タグ 1 個、傷・汚れタグ 3 個について、現物及び金属製 RTI の状態を確認した結果、以下の要因で脱落が発生していると考察した。

- ・ フォークリフト、他の RTI、搬送用ガイド等の RF タグへの衝突



写真 4-1-5. H27 実証結果 上からの衝突落下例（赤丸部に新しい傷）



写真 4-1-6. H27 実証結果 横からの衝突例（赤丸部に衝突跡）

RF タグ脱落対策

分析結果から、外部衝撃が直接 RF タグへ加わり難くするために、

- ・ RF タグサイズダウン（薄く）する
- ・ 衝撃ガード構造の追加

が考えられる。どちらの対策も交信性能（交信可能距離）が変化（低下）するので、脱落対策を施す場合には対策後の交信性能で RF タグを選定する必要がある。

- ・RF タグサイズダウン（薄く）するについて



写真 4-1-7. H27 実証 RF 取付け位置

H27 年度の金属製 RTI 取付け位置の寸法関係は以下の通りであった。

a 寸法 : RF タグ取付け面から RTI 最外面までの寸法 約 14 mm

b 寸法 : RF タグ取付け面から上部角パイプ面まで 約 8 mm

H27 実証実験使用タグ (Tag-A) 厚み 8.7 mm

写真 4-1-5. の様な上部からの衝突でタグが落下した原因のひとつとして、RF タグ上部の角パイプより RF タグが飛び出していたためと考えられる。従って、RF タグの厚みを薄くして飛び出ない様にすれば、衝突を回避できる。

試作薄型タグ (Tag-F') 厚み 6.7 mm

一般的に金属対応タグは、その厚みを薄くすると取付け対象の金属とアンテナとの距離が近づき交信可能距離が低下する。今回の薄型タグ開発は交信可能距離の低下を抑えるためにタグ全長を長く (113.6mm → 140mm) し、また、薄型化による強度不足を補うために筐体 (PC 材) へガラス繊維 (GF) を添加した。

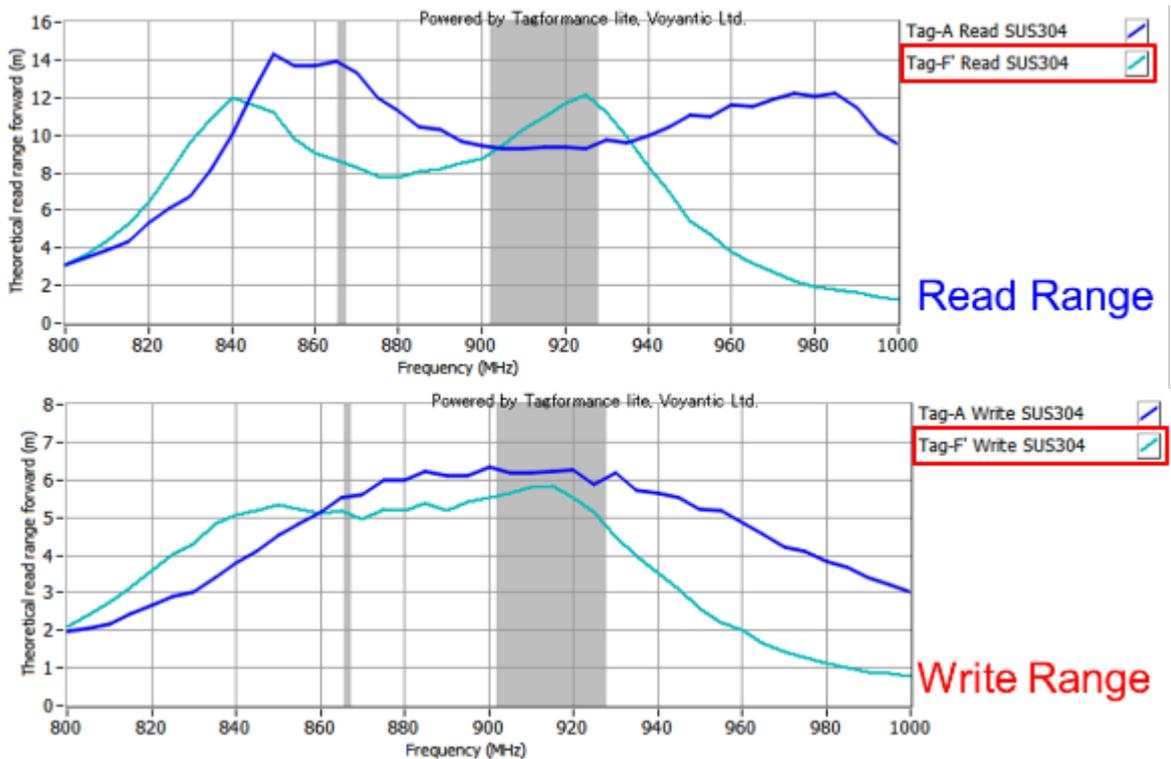
結果、昨年実証実験で使用した RF タグとほぼ同じ交信可能距離を有する RF タグを薄型で実現できることが確認できた。



写真 4-1-8. 試作薄型 RF タグ

表 4-1-3. 試作薄型 RF タグ

Sample ID	Tag-A	Tag-F'
IC (Sample ID)	IC X	IC Y'
Tag Size [mm] W D H	113.6 35.6 8.7	140.0 35.6 6.7
Case Material	PC	PC GF 添加
Notes	H27 実運用試験 使用タグ	H28 試作 薄型タグ



グラフ 4-1-1. 試作薄型 RF タグ通信可能距離

・衝撃ガード構造の追加について

写真 4-1-6. の様な左右からの衝突に対しては、RF タグの左右へ衝撃ガード構造を追加することで RF タグの脱落を防げると考えられる。

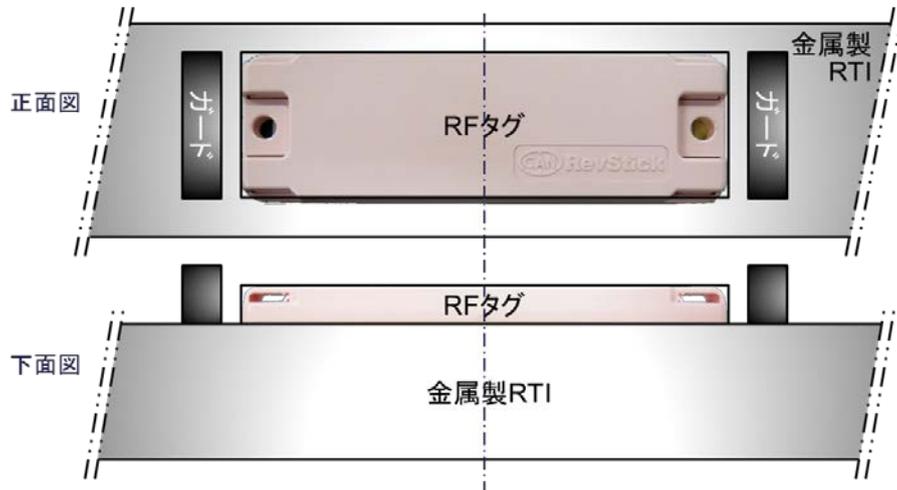
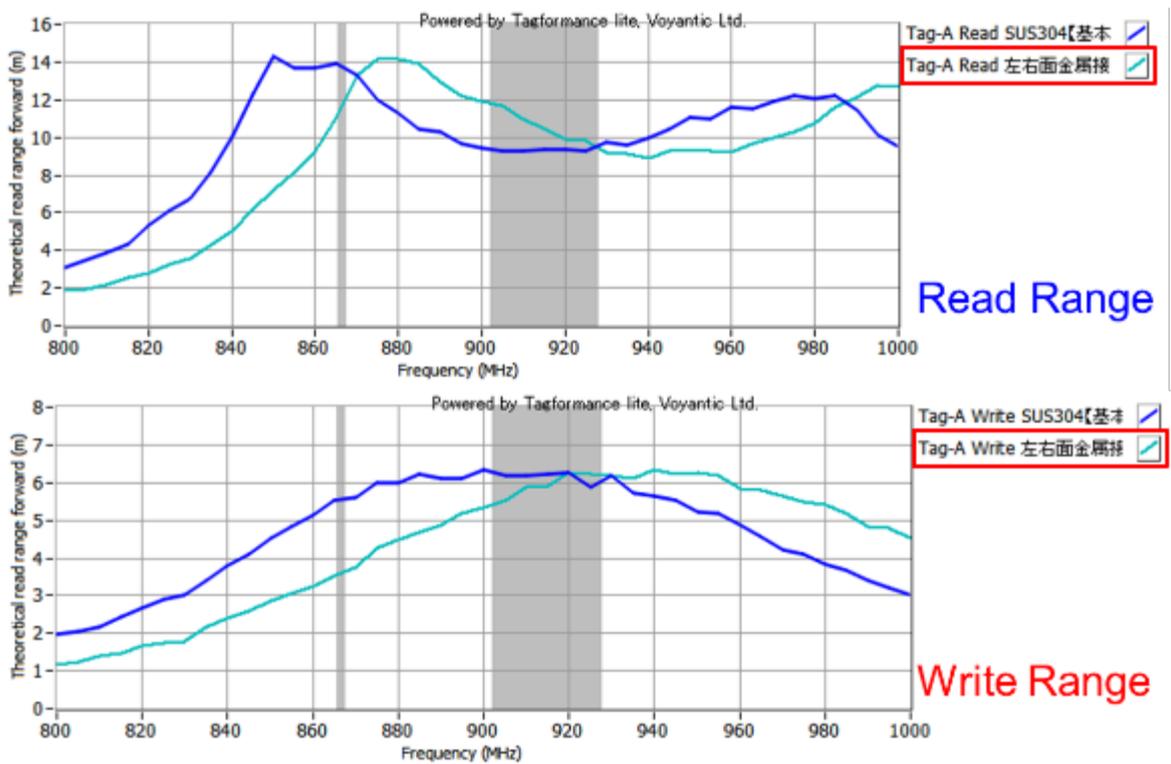


図 4-1-2. 左右衝突ガード



グラフ 4-1-2. 左右金属接触時の通信可能距離変化 (H27 実証結果より)

ガードは衝突防止に有効であると考えられるが、RF タグ近傍に金属を追加した場合に通信可能距離が変化することに注意が必要である。グラフ 4-1-2. は、H27 年度に左右金属接触時の通信可能距離変化を測定した結果である。この RF タグの場合、大きな距離の低下は発生していないが、RF タグのアンテナへ金属が近づくことで通信可能距離が大きく低下する可能性がある。また、価格、取付け工数も増加する。

[結果] RF タグ脱落防止対策の提言ができた

4.1.4.2 大容量RFタグ基本評価 交信距離・時間評価

大容量 RF タグの課題に対して、汎用 IC の中で最大容量の物 (IC-Y') を使用した金属対応 RF タグ (Tag-F) を開発した。H27 実証実験した RF タグ (Tag-A) と比較した仕様は表 4-1-4. の通り。

表 4-1-4. 大容量金属対応 RF タグ (Tag-F) 仕様

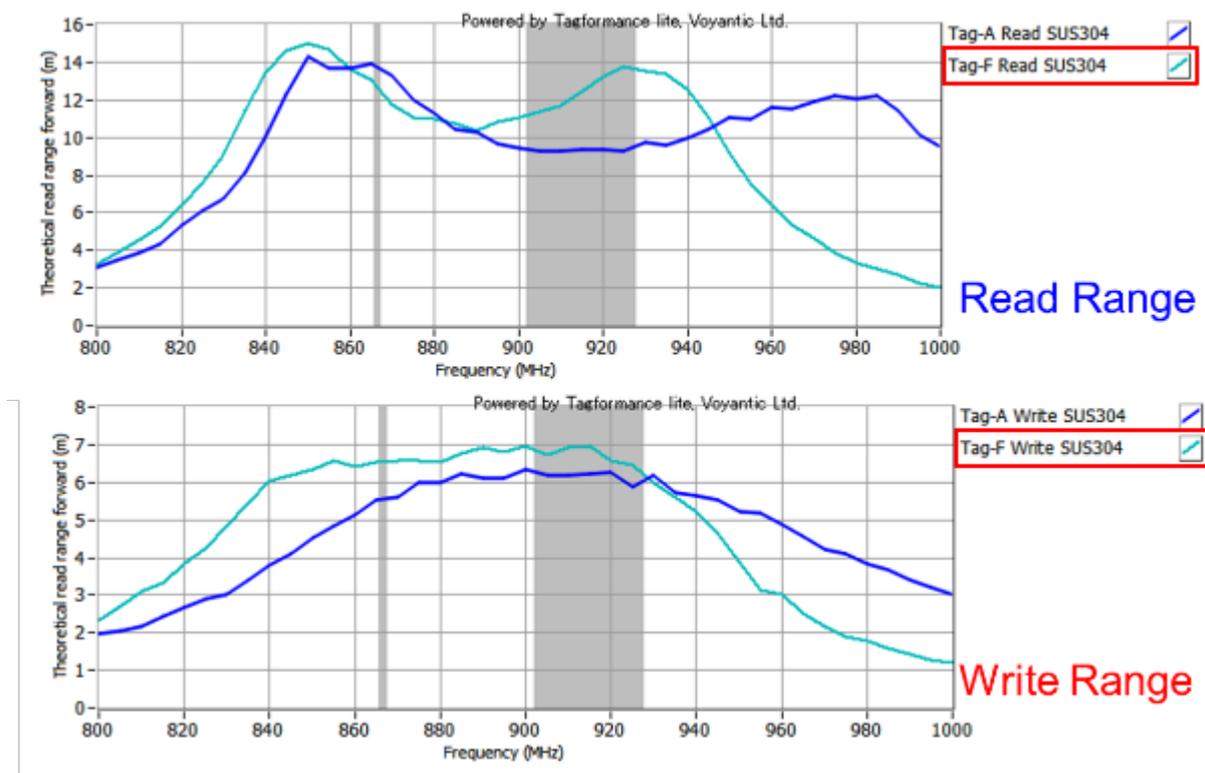
Sample ID	Tag-A	Tag-B	Tag-C	Tag-D	Tag-E	Tag-F
IC (Sample ID)	IC-X	IC-Y	IC-Z	IC-Z	IC-X	IC-Y'
Memory [bits] UII / USER	224 /384	256 /512	128 /512	128 /512	96(256) /512(352)	448 /1024
Tag Size [mm] W D H	113.6 35.6 8.7	113.6 35.6 8.7	110 25 12.85	84 21 10	119 32 5.8	113.6 35.6 8.7
Case Material	PC	PC	ABS	Plastic	PC	PC
Storage temperature	100°C	100°C	85°C	85°C		100°C
Read range	6m	5m	8m	8m	9m	6m
Notes	H27 実運用試験 使用タグ					H28 実運用試験 使用タグ
選定条件	(H27 選定条件) ・ UII メモリ 128bits 以上、USER メモリ 300bits 以上 (UII は、ISO 規定の 6bits コード 35 桁である 210bits 以上とするべきであるが、汎用タグが少ないので今回は 128bits 以上とした。) ・ 交信可能距離 4.5m 以上 (カタログ値) (H26 フィージビリティスタディ調査の RFID ユーザ様の規定を参考とした。) ・ 長期屋外使用可能である事 ・ 50mm 角パイプへ取付け可能な事 (仮設定) (H28 追加条件) ・ 汎用 IC で最大容量のもの					

昨年度実証実験で使用した Tag-A に対して、UII メモリが 2 倍、USER メモリ 2.7 倍を準備して評価を行った。(昨年度実証実験で使用した RF タグは UII メモリ 224bits、USER メモリ 384bits として使用したので、その容量との比較。)

交信可能距離評価

評価用金属板（ステンレス板）貼付時の正面交信可能距離結果を下記**グラフ 4-1-3.**へ示す。グラフは横軸が周波数[MHz]、縦軸が交信可能距離[m]となる。グラフ中の 865MHz 付近の灰色の帯が欧州で使用できる周波数帯、900-920MHz 付近の灰色の帯が北米、アジアで使用できる周波数帯である。日本のパッシブタイプ UHF 帯 RF タグの使用周波数は 915-925MHz である。

結果、昨年使用 RF タグと交信可能距離性能に於いては同等となる RF タグである。



グラフ 4-1-3. 大容量金属対応 RF タグ (Tag-F) 交信可能距離

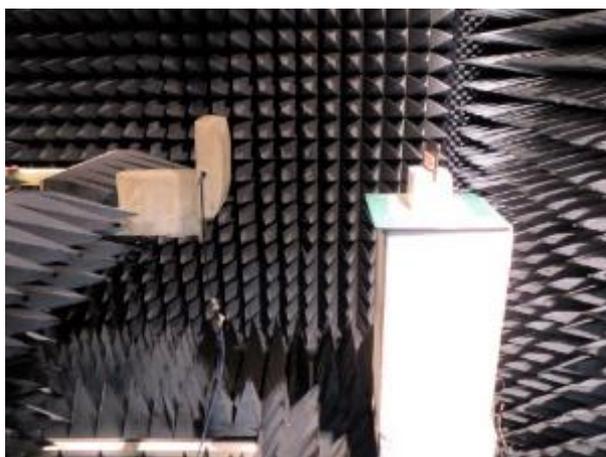
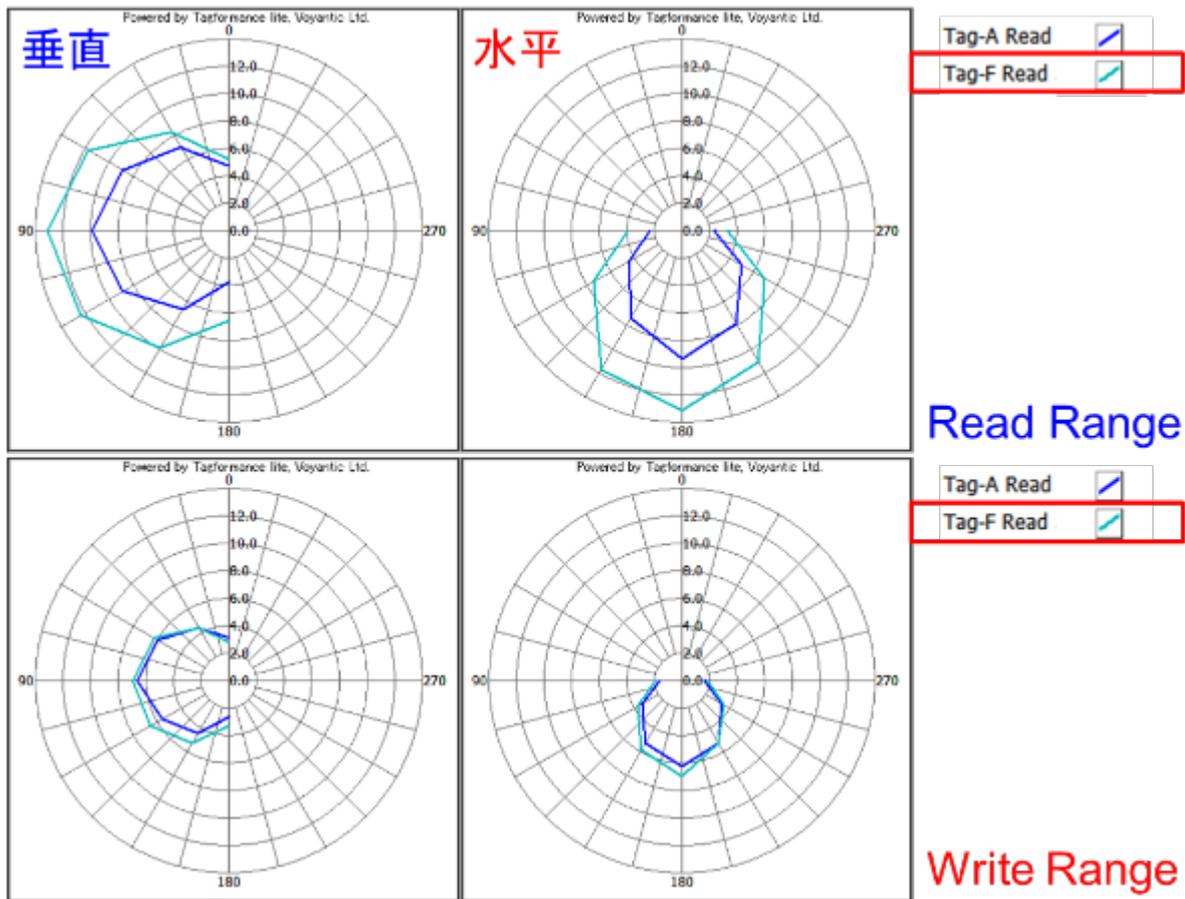


写真 4-1-9. RFID 評価測定器による評価状況

次に、評価用金属板（ステンレス板）貼付時の各角度方向からの交信可能距離結果を下記**グラフ 4-1-4**に示す。測定は日本の周波数帯 920MHz で行った。



グラフ 4-1-4. 大容量金属対応 RF タグ（Tag-F）各方向の交信可能距離

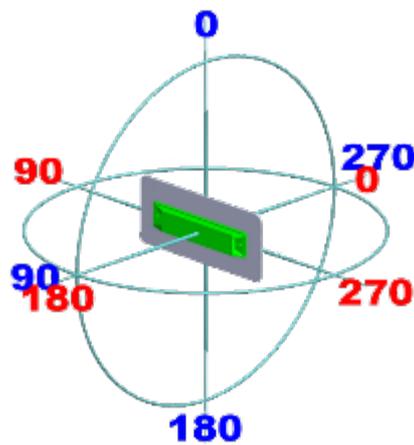


図 4-1-3. 各方向測定角度

[結果] 大容量 IC を使用しても昨年同等以上の交信可能距離性能を実現できることが確認できた。

交信時間評価

交信時間評価は、今回準備した新規 IC-Y'について、昨年同様、**写真 4-1-10.**の様に電波暗室にて静止状態で計測を行った。結果、昨年計測したサンプル IC-X、IC-Y、IC-Z と同傾向であった。交信時間評価の主な結果は以下の通りである。

書込みは読取りに比べて長時間を要する（時間が1桁異なる）。また、IC-Yの書込み時間が他のICに比べて特に長い。

リーダライタはアンテナを切り換えて交信を行うので、使用アンテナ枚数に比例して交信時間が延びる。

読取りについて

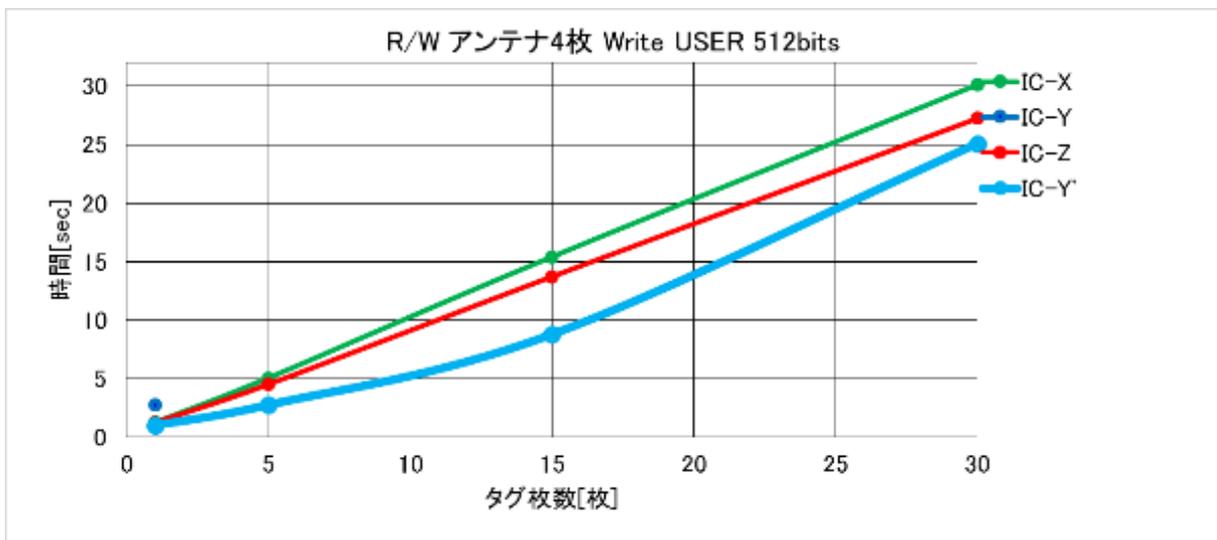
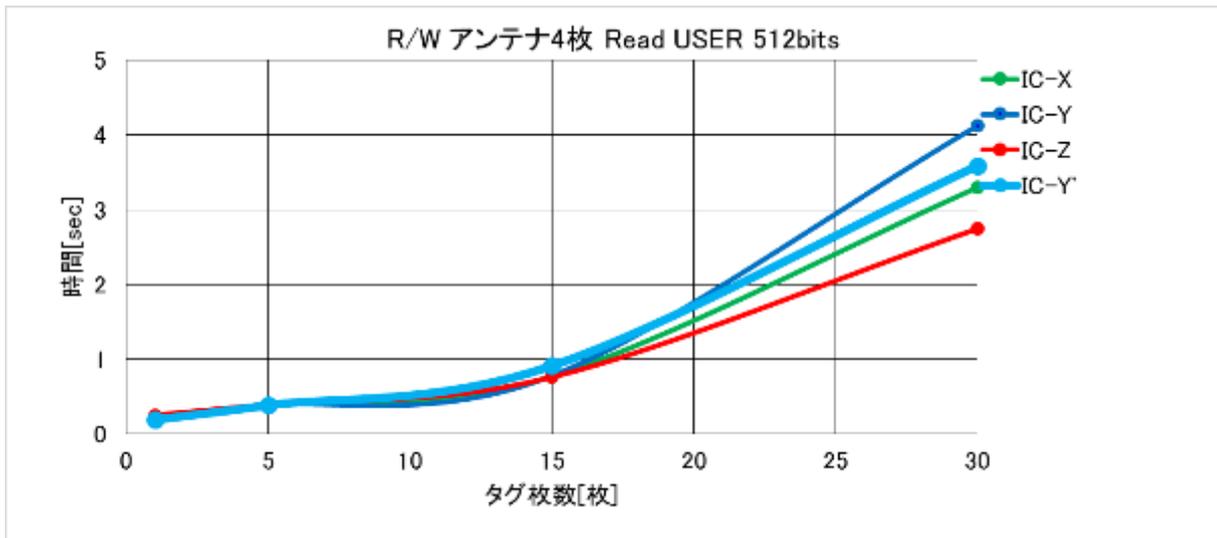
- ・ UIIメモリのリード（Inventory）が圧倒的に速い
- ・ メモリ量、タグ数が増えると時間がかかる
- ・ タグ1枚より5枚の方が速い場合があった
- ・ IC比較では速い順で IC-Z > IC-X > IC-Y' > IC-Y

書込みについて

- ・ メモリ量、タグ数が増えると時間がかかる
- ・ タグ1枚より5枚の方が速い場合がある
- ・ IC比較では速い順に IC-Y' > IC-Z > IC-X > IC-Y
- ・ IC-Yは書込みが完了しない場合があった

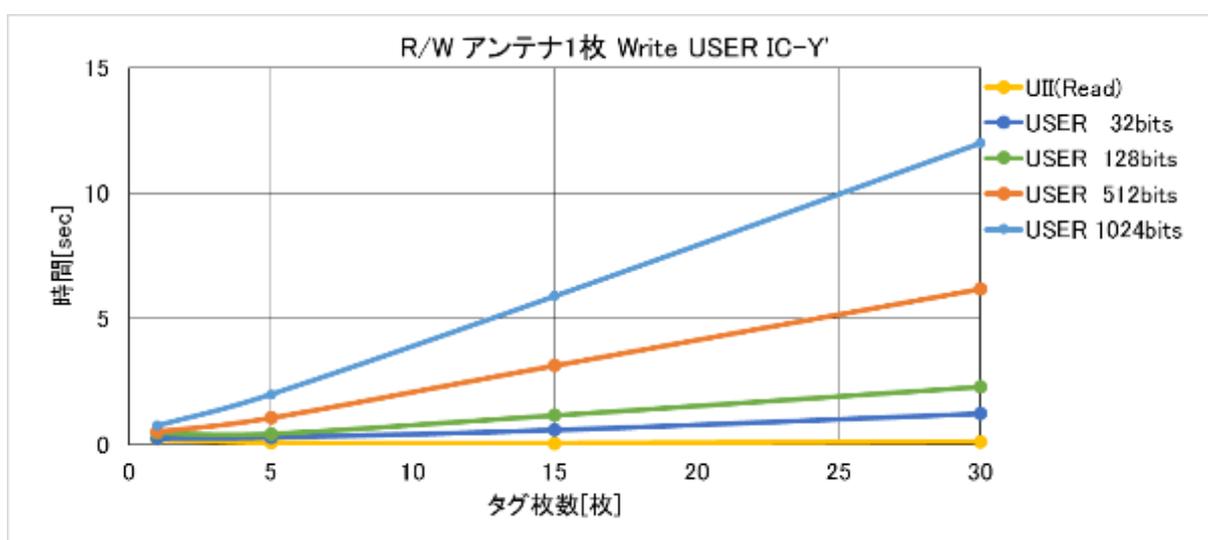
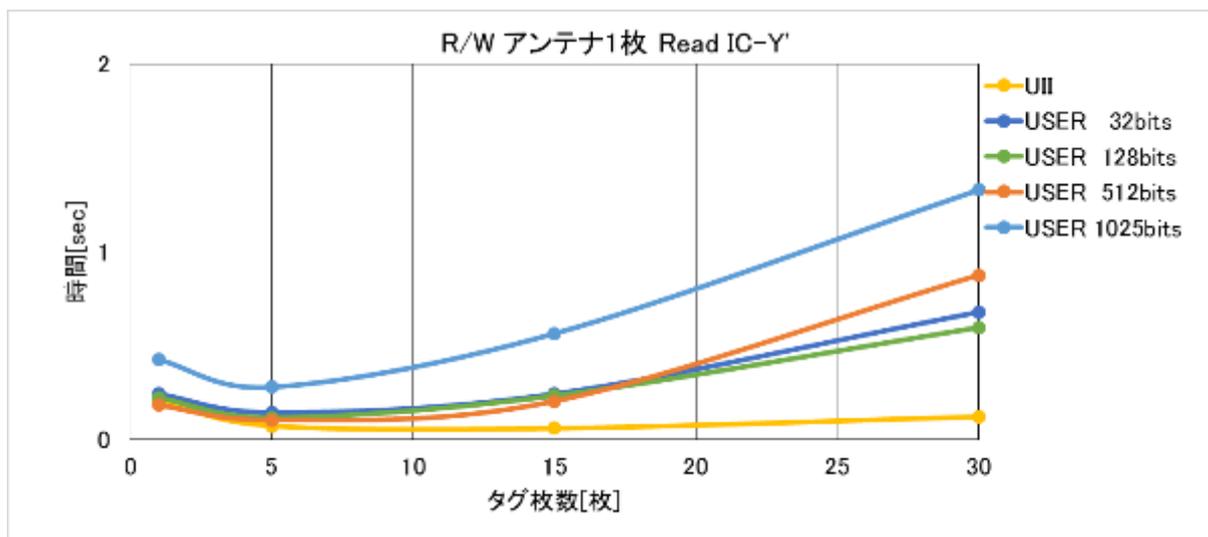


写真 4-1-10. 交信時間計測状況



グラフ 4-1-5. アンテナ 4 枚 交信時間計測

特徴的な結果として、大容量 IC を小容量使う (IC-Y' (最大 1024bits) を 512bits で使用する) 場合に書込み時間が一番短かったが、この性能は、IC-Y' が最新 IC であるためと考えられる。(新 IC の性能向上が確認できた。)



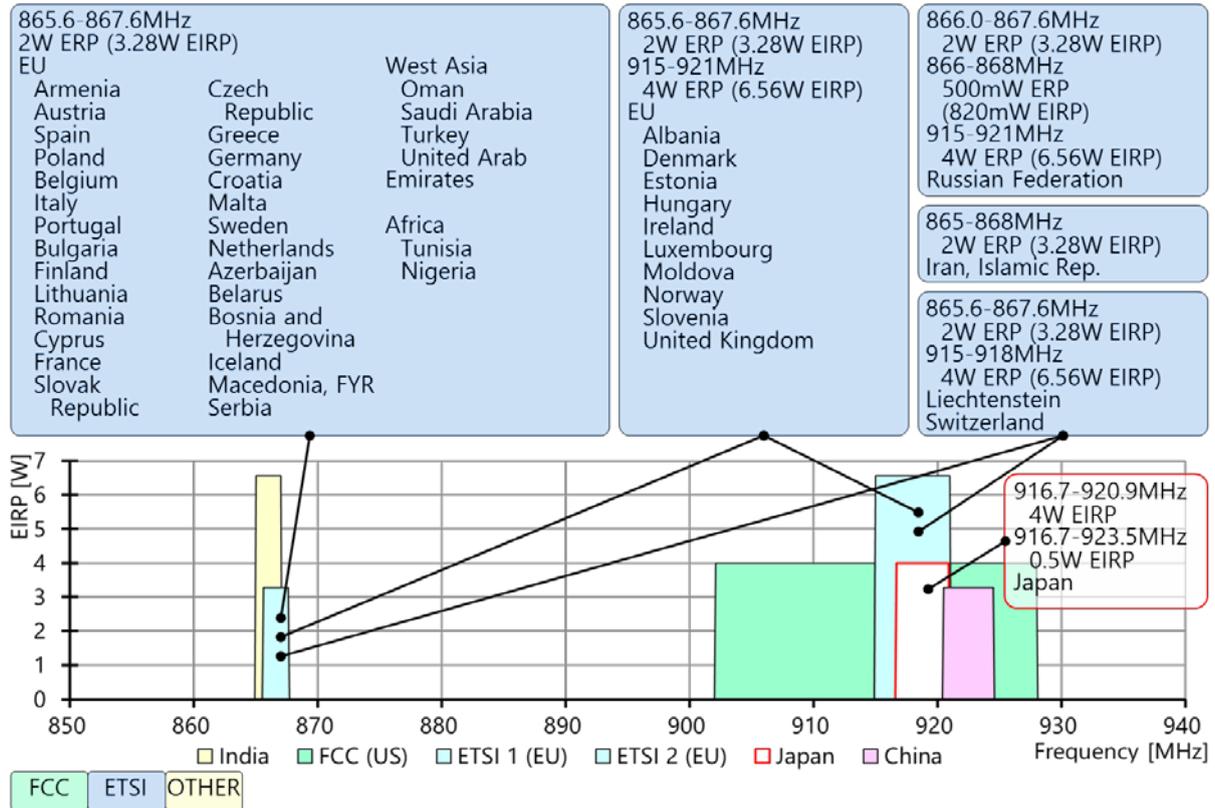
グラフ 4-1-6. アンテナ 1 枚 IC Y' 通信時間計測

昨年同様、やはり UII の読取り (Inventory) の速度が圧倒的に速い。1024bits の書込みとなると、RF タグ数 15 枚でも 5 秒以上の時間が必要となってしまう。これでは製造工程や出荷ゲートの自動化で採用することは難しい。その対策としては、大容量メモリ全てを書換えず、固定長データ運用でタイムスタンプなどのデータのみを書換えることで時間を短縮できると考える。

4.1.4.3 地域差特性検証 各地域の周波数相違による特性変化の検証

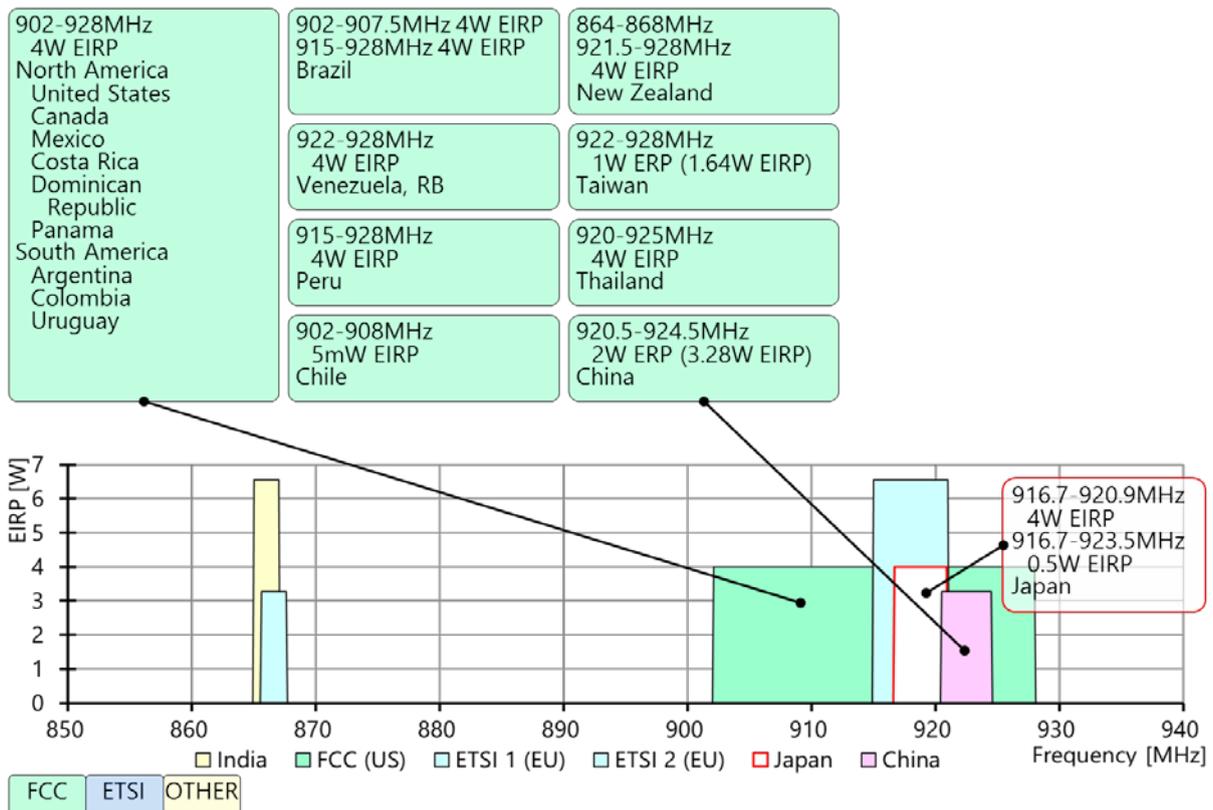
UHF 帯の RFID は、各国の電波法により使用できる周波数と最大出力が規定されている。今回対象としている金属製 RTI は国際物流で使用されることが多いので、同じ RF タグを日本以外の国でも使用することになる。その場合、RF タグの特性（交信可能距離）の変化について検証した。

主な国の周波数と最大出力は**グラフ 4-1-7. ~4-1-9.** の通りである。

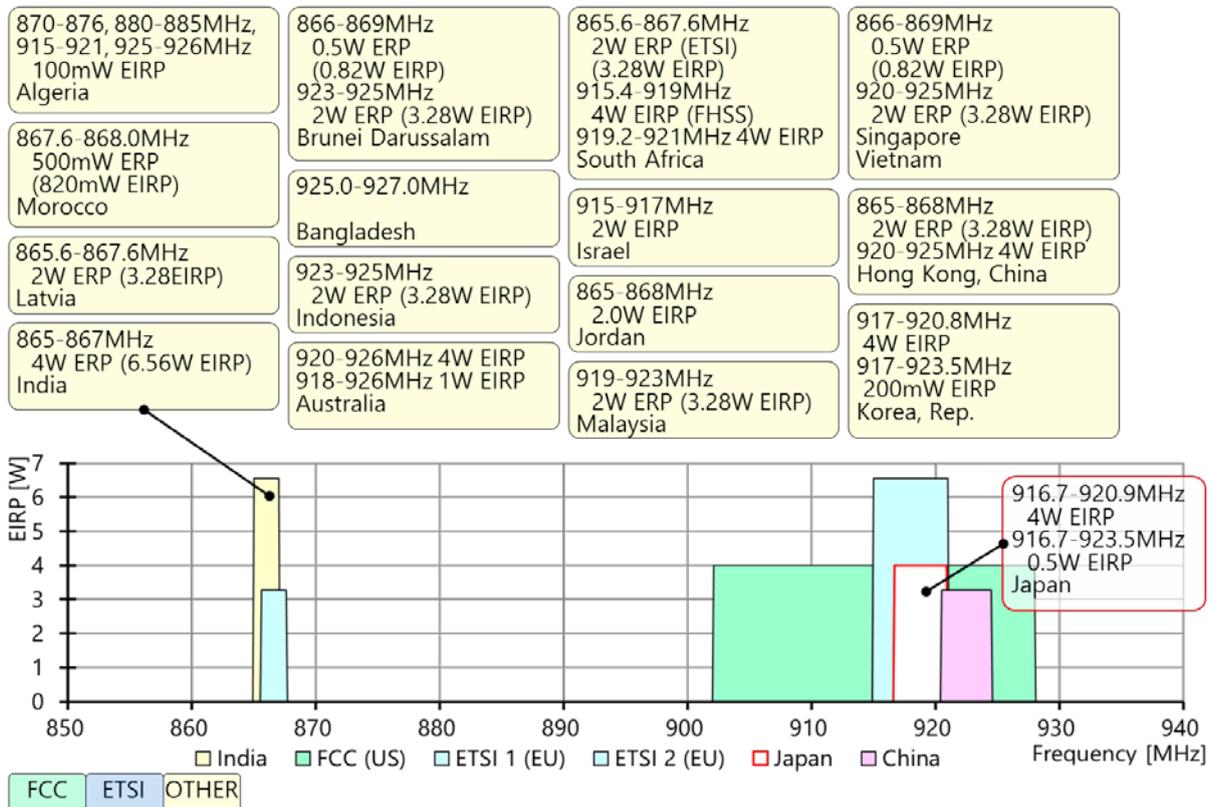


グラフ 4-1-7. 各国の UHF 帯 RFID の周波数と最大出力①

参考：GS1 Regulatory status for using RFID in the EPC Gen 2 (860 to 960 MHz) band of the UHF spectrum (30 November 2016) (グラフ 8, 9.もこの資料を参考とした。)

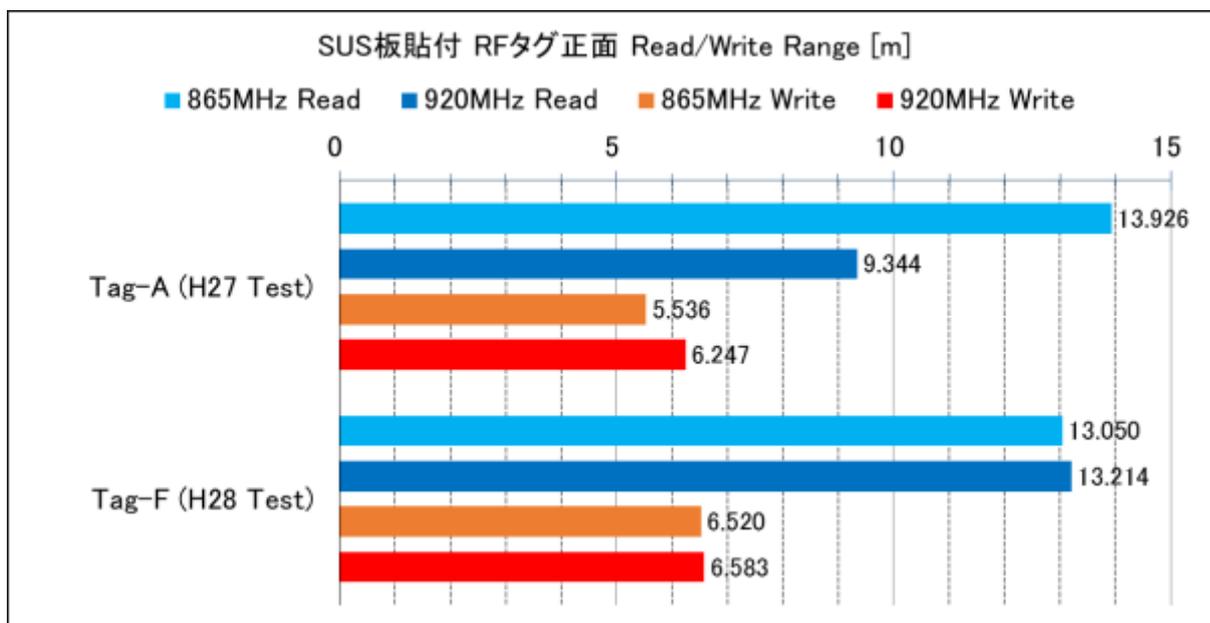


グラフ 4-1-8. 各国の UHF 帯 RFID の周波数と最大出力②



グラフ 4-1-9. 各国の UHF 帯 RFID の周波数と最大出力③

周波数帯は日本を含む 920MHz 帯とヨーロッパで広く規定されている 865MHz 帯がある。H27 年度実証実験で使用した RF タグ (Tag-A) と今年評価を行った大容量 RF タグ (Tag-F) について、**グラフ 4-1-3. 大容量金属対応 RF タグ (Tag-F) 交信可能距離**から分かるそれぞれの周波数の読取り／書込み可能距離は、下記**グラフ 4-1-10.** のとおりとなる。



グラフ 4-1-10. 異なる周波数の交信可能距離比較

Tag-F は周波数が異なる場合でも交信可能距離に殆ど変化は無いが、Tag-A の読取り可能距離は、日本の周波数 (920MHz) に対して欧州の周波数 (865MHz) の距離が約 1.5 倍となっているので、欧州で使用する場合には誤読 (読み過ぎ) に配慮が必要となる。また、交信可能距離が長くなる場合、交信可能範囲も広くなることにも注意が必要となる。(交信可能範囲は、交信可能距離を直径とした円形となることを昨年の計測で確認している。前後の交信可能距離が 1.5 倍となる場合には、RF タグの左右方向の交信可能範囲の最大値も 1.5 倍程度となる。)

単体評価で測定している交信可能距離の周波数特性グラフはそれぞれの周波数の交信可能距離が確認できるので、使用する国の距離が確認できる。ただし、この周波数特性グラフは 2W ERP の場合なので最大出力 (又は使用出力) が異なる場合は換算が必要となる。また、これらの評価はリーダーライタへ直線偏波アンテナを接続した条件で行ったため、円偏波アンテナを用いる場合にも換算が必要である。換算の詳しい方法や交信範囲等については H27 年度の報告書へ記載しているのでご参照いただきたい。

4.1.4.4 耐候性試験 RF タグ適用化評価

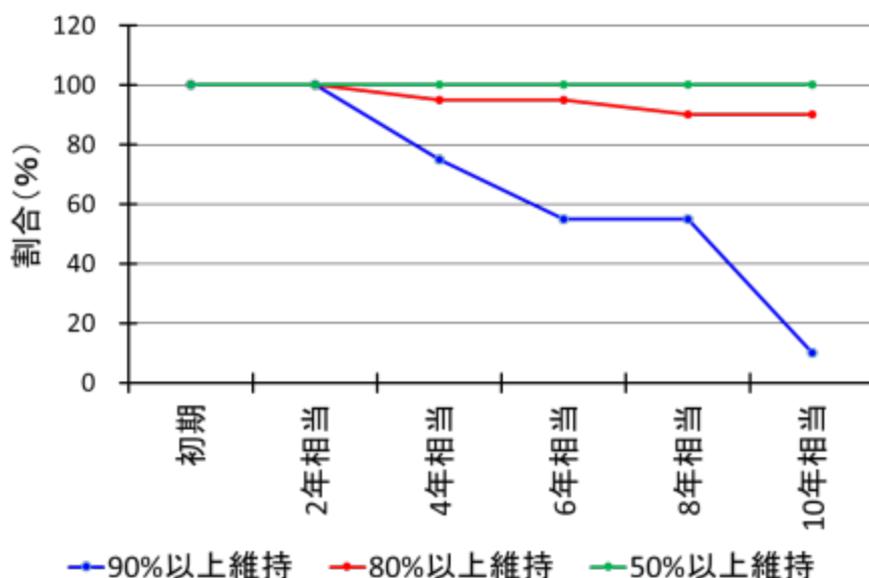
金属製 RTI 用途として選定した Tag-A について、ISO 18185-3 Freight containers -Electronic seals - Part 3:Environmental characteristics の規定に屋外実使用 10 年相当の耐久性確認の評価などを加えて試験を行った。試験条件によっては RF タグの交信可能距離の低下が発生しているため、使用年数と導入時の交信性能に余裕を持たせるなどの注意が必要である。また、金属製 RTI へ取付ける用途となるため、耐性評価も金属へ取付けた状態で実施しなければならない。RF タグ単体の試験では RF タグの樹脂筐体と取付け対象金属の熱膨張率の違いによる応力負荷が加わらないためである。

表 4-1-5. 促進試験項目一覧

No.	試験項目	試験条件	結果
01	高温高湿保管	85°C85% 1000 時間	△10 年相当で初期の 90%の交信可能距離を維持できない (通信可)
02	低温保管	-80°C 60 日間	○問題無し
03	高温保管	100°C 3500 時間	△10 年相当で初期の 90%の交信可能距離を維持できない (通信可)
04	ヒートサイクル	-40~100°C 各温度で 20 分保持、630 サイクル (1 サイクル約 2 時間)	△10 年相当で初期の 90%の交信可能距離を維持できない (通信可)
05	ヒートショック	-40~125°C 各温度で 20 分保持、730 サイクル	○問題無し
06	耐候性試験	120 分 光照射 (そのうち 18 分シャワ) のサイクルを 3000 時間	△10 年相当で初期の 90%の交信可能距離を維持できない (通信可)

表 4-1-6. 外部影響に対する耐性試験一覧

No.	試験項目	試験条件	結果
07	ブロック衝撃試験	ISO 8611-1:2011 ブロック衝撃試験をタグに適用	×樹脂筐体が破壊された (通信可)
08	振動試験	3G、1 軸跳ね返りランダム振動、3 時間	○問題無し
09	衝撃試験	100G、正弦半波、6ms パレット貼付状態で落下	○問題無し
10	塩水噴霧試験	35°C 96 時間	○問題無し
11	イミュニティ	50V/m (電磁界) 25kV (静電気)	○問題無し
12	耐薬品性試験	想定薬品に 2h 浸漬	△一部液体に侵される場合有り



グラフ 4-1-11. 促進試験 06 耐候性試験結果

耐候性試験の結果を**グラフ 4-1-11.**へ示す。試験サンプル 20 個で実施し、試験前の交信可能距離を維持したサンプル数の割合をグラフにしたものである。10 年相当完了時の状態は以下の通りである。

耐候性試験 10 年相当完了時の状態

- ・ 90%以上の交信可能距離を維持したサンプル 2/20 個 (10%)
- ・ 80%以上の交信可能距離を維持したサンプル 18/20 個 (90%)
- ・ 50%以上の交信可能距離を維持したサンプル 20/20 個 (100%)

ユーザは 10 年間運用するアプリケーションへ RFID を適用する場合、設計時には初期交信性能 (交信可能距離) の 80%程度での設定が必要であり、可能であれば 50%程度の条件で設定するべきである。

RF タグのベンダは、導入試験用として交信可能距離の低下した RF タグを準備した方が良いと考える。また、H27 年度の耐性試験と合わせ、RF タグの更なる耐性強化の開発が望まれるところである。

4.1.5 まとめ

表 4-1-1. に示すとおり、本年度は6項目（I、II、III、IV、V、VI）の課題に対して、RF タグ単体評価では、I、III、V、VIの4項目の課題評価を実施し**表 4-1-7.** の成果を得た。

昨年度得られたデータへ本年度確認した事項を加えることによって、金属製 RTI の RFID 導入時に参考となる特性（交信可能距離の変化、交信時間、RF タグ耐久性）が明確になり、導入ポイントをユーザへ提示できる状態となった。ユーザや RFID ベンダがこの特性変化を参照することで、導入時の現場調整項目と時間の削減が可能となる。また、“カタログスペックだけを頼りにトライアルする”、“交信が瞬時であるとしてアプリケーションを構築する”などの導入時の失敗を低減することも期待できる。

表 4-1-7. 単体評価で得られた成果

記号	平成 28 年度の課題	成果
I	RF タグ脱落に対する保護方法	・ H27 年度実証実験で発生した RF タグの脱落、破損を検証した結果、要因を衝突と分析した。その防止策として RF タグのサイズダウン及びガード追加が有効であると提言する。しかし、対策を行う際の交信可能距離の低下に注意する必要がある。
III	大容量 RF タグ（ユーザエリアの活用）に関する評価	・ UHF 帯 RF タグの汎用 IC の中で最大容量のものを用いて金属対応タグ開発を行い、H27 年度試験相当の基本性能（交信可能距離、交信時間）が実現できることが分かった。
V	地域による使用周波数相違	・ 交信可能距離—周波数特性評価結果から、地域毎の交信可能距離を確認することが可能であるが、各国の電波法によってリーダライタ最大出力にも差があるので、出力による換算も必要である。また、地域差とは直接関係は無いが、リーダライタへ接続するアンテナが直線偏波か円偏波によっても換算が必要。
VI	RF タグ適用化評価 耐候性試験	・ 10 年相当の耐候性試験後、初期の 90% の交信可能距離を維持できないことが確認された（通信は可能）。長期間運用するアプリケーションの場合は、低下する交信可能距離分の余裕を持たせた条件設定をすべきである。今回の結果では、10 年間運用する場合は初期交信性能の 80% 程度で初期設定を行う必要があり、可能であれば 50% 程度の条件で設定すべきである。

4.2 金属製RTIに貼付したRFタグの実証実験評価

金属製 RTI は重い荷物を運ぶことができ、衝撃性に強いなどのメリットがあるため、自動車部品などの国際物流で多く使われている。金属製 RTI は単価が高額なため、紛失防止に ID 管理する事は資産管理上重要である。また必要な時に必要な量の金属製 RTI がないと物流が止まる事からも、ID 管理による総量管理も重要である。ID 管理にはバーコードや QR コードなどのシンボルを金属製 RTI に貼付する方法も採用されているが①シンボルが同一面になっていないと自動での読み取りが難しい②汚れや紫外線等に弱い等、の弱点がある。RFID ではこれらの弱点を克服できると想定できるため、実際の国際物流の現場で検証することによって、利用する際の課題を明確にした。

4.2.1 実証実験の要旨 解決すべき課題と主な結果

サプライチェーン用 RFID の国際規格 ISO 1736X シリーズの採用事例が無く、普及に繋げるためには具体的な使用事例を示す必要がある。H27 年度には“金属製 RTI の RFID 管理”をターゲットとして“導入時のポイントを確認”する事を目的として実証実験を行った。本年は、表 4-2-1. 実証実験で実施した項目と主な結果に示す通り、H27 年度に抽出された課題に対して実証実験を行い、導入時に参考となるデータを追加する事が出来た。

表 4-2-1. 実証実験で実施した項目と主な結果

記号	平成28年度の課題	実証実験実施項目	主な結果
I	RFタグ脱落に対する保護方法	「4.1 金属製RTIに貼付するRFタグ単体評価（RFタグ耐性試験含む）」にて実施	
II	読み書き落としのバックアップ方法	【リカバリー運用の評価】 どのような手順が必要で、どれくらい作業負荷が掛かるかを把握し、どの作業に負荷が掛かるか、またそれが改善可能かどうかを見極め、評価する。	・リカバリーは4つの手順が必要である。 ①書き込み未完了を発見 ②リカバリー対象確定 ③リカバリー実施 ④完了確認・実績送信 ・手順②と③に多くの時間を要するため、現場毎の運用設計が必要である。 (結果の詳細は4.2.3.2 (P.48)に記載)
III	大容量RFタグ(ユーザエリアの活用)に関する評価	【実運用における読み書き評価】 SCM活用を見据えて準備した大容量RFタグの実運用現場における基本的な性能評価を行う。	・1kbitsのUSERメモリバンクへの一括書き込みは不安定になる。 ・USERメモリバンクへの書き込み精度向上には部分書き込みとアンテナ並列化の効果が高い。 (結果の詳細4.2.3.1 (P.38)、4.2.3.4 (P.53)に記載)
IV	サプライチェーンのアプリケーション提言	【実運用における読み書き評価】 金属用RFタグにどのようなデータを書いて、どこで書いてどこで読み取ると有効かを検討する。 【USERメモリバンク活用における課題解決機能の評価】 サプライチェーンでの活用時の課題に対する解決策を評価する。	・バンニング/デバンニングでの一括書き込みは3個までが現実的。上記IIIの精度向上策を実現すれば可能だがコストが高くなる。 ・USERメモリバンクへの書き込み内容は金属RTIの出荷先で必要となる情報(部品受入の情報や棚卸用の情報)を書くが良い。 (結果の詳細は4.2.3.1 (P.38)、4.2.3.5 (P.55)に記載)
V	地域による使用周波数相違	【実運用における読み書き評価】 【周波数違いに関する評価】 サプライチェーンにおける日本以外での金属対応RFタグの運用に向けた性能評価と課題抽出。	・今年度試作したRFタグでは日本(920MHz帯)、インド、ドイツ(860MHz)での周波数の相違による読み書き性能の違いが無いことを確認。 ・日本で情報を書き込んだRFタグをインド、ドイツで正しく読める事を確認。 ・新興国ではケーブルのバリエーションなど日本と同じ機材を入手出来なかった。 (結果の詳細は4.2.3.1 (P.38)、4.2.3.3 (P.52)、4.2.3.6 (P.56)に記載)
VI	RFタグ適用化評価 耐候性試験	「4.1 金属製RTIに貼付するRFタグ単体評価（RFタグ耐性試験含む）」にて実施	

4.2.2 実証実験の概要

実証実験は金属製 RTI を多く所有している企業に協力を依頼した。

条件を満たす企業と調整した結果、建設機器業界の以下の企業に協力頂いた。

- ・ コマツ（部品出荷元：国内）
- ・ Komatsu India Pvt.Ltd（部品出荷先：インド）
- ・ Komatsu Hanomag GmbH（部品出荷先：ドイツ）※
2016年9月より「Komatsu Germany GmbH」へ社名変更

上記の実証実験に協力頂く企業様における金属製 RTI の流れとしては以下の図の通りである。

実証実験では①～⑤の場所で RF タグの読み取りと書き込みを実施した。

- ① 荷揃え工程 : 出荷品の荷揃えを行う工程
- ② バンニング（国内） : 出荷品が格納された RTI をコンテナに格納する工程。
- ③ デバンニング（国内） : 出荷先から返却された空の RTI をコンテナから取り出す工程。
- ④ デバンニング（海外） : 出荷元から納入された部品入りの RTI をコンテナから取り出す工程。
- ⑤ バンニング（海外） : 出荷先で部品を使用して空となった RTI を出荷元へ出荷する工程。

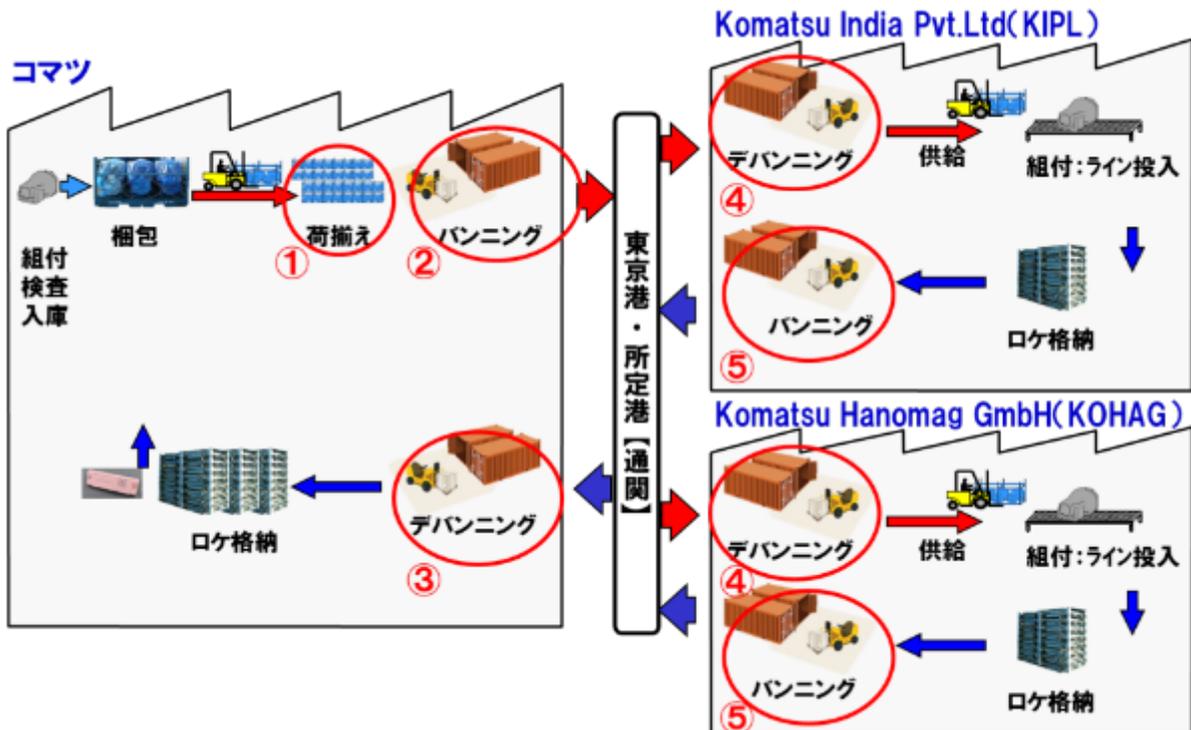


図 4-2-1. 今年度実証実験の企業と各企業の関係

昨年度の実証実験から金属容器の管理に関して、容器自身の管理だけでなく、容器に格納される部品や出荷受入に必要な情報管理の活用ニーズがあることが判明している。今回実証実験に協力頂く企業様でのニーズを確認したところ、部品出荷元としては以下が挙げられた。

- (1) 金属製 RTI の紛失時に責任の所在を明確にする。
- (2) 金属製 RTI の滞留時にシリアル No.ベースで催促を可能にし、回転を促進させ、総在庫の抑制を図る。
- (3) 各事業所が短期間、低コストで実現させることを可能とする。
- (4) 2 拠点間の管理に留まらず、他拠点間での管理を可能とする。

出荷先としては金属容器の管理以外に格納された部品の情報を RF タグに格納し、入荷状況の把握や使用部品と完成品との組付けのトレーサビリティに活用したいというニーズ (5) と輸入部品を受け取った受入状況の把握を現場だけでなく、管理部門でも早期に把握し、且つ、対象部品の所在把握を可能としたいというニーズ (6) があることを確認した。

- (5) 部品の組み付け履歴管理 (トレーサビリティ) の実現。
- (6) 部品の受入状況把握の早期化と所在把握

RF タグに部品情報などを格納することで現場のオフライン環境で即時確認や照合業務が実現出来、安価に運用出来る仕組み構築が実現可能と考えられるため、今回の現場実証で使用する RF タグの格納情報についても考慮し、以下の内容を USER メモリバンクに格納する事とした。

表 4-2-2. USER メモリバンクの格納データ

	項目	桁数	内容	DI	DIの意味
①	P/O No.	20	Parts Order No.	K	Purchase Order Number
②	C No.	11	Case No.	5S	Package Identification
③	サイクル回数	3	RTIの回転(使用)回数	D	Format YYMMDD
④	荷揃え日付	6	荷揃え梱包日	Z	Mutually Defined (Zを運用)
⑤	バンニング日付	6	コマツでのバンニング	5D_005	Format YYMMDD: 出港日
⑥	デバンニング日付	6	現法でのデバンニング	5D_019	Format YYMMDD: 荷卸し日
⑦	バンニング日付	6	現法でのバンニング	5D_011	Format YYMMDD: 出荷日
⑧	デバンニング日付	6	コマツでのデバンニング	5D_049	Format YYMMDD: 確認日
⑨	通過工程	10	RTI (RFタグ) の通過場所	1L	Location
⑩	パレット型式	12	新品: Ull=USER.	B	Container Type
⑪	パレットシリアルNo.	4	改造: Ull≠USERとする	S	シリアルNo.
	桁数合計	90	-	-	-

データイメージ	864 bit 54 ワード
[]>RS06GSK12345678901234567890GS5S12345678901GS D123GSZ160721GS5D160725005GS 5D160811019GS5D160819011GS5D1600909049GS1LA1A2H1H2A4GSBKM0822BE050YGS S0001RS EOT	

4.2.3 実証実験の結果

今年度の実証実験では昨年度の実証実験より抽出した課題を踏まえ、以下について実施した。

1. 実運用における読み書き評価
2. リカバリー運用の評価
3. 周波数の相違に関する評価
4. データ格納方法の評価
5. USER メモリバンク活用における課題解決機能の評価
6. EPC タグとの混在環境による影響評価

4.2.3.1 実運用における読み書き評価

(1) 概要

SCM への活用を見据えて準備した大容量 RF タグの実運用現場における基本的な性能評価を実施した。

現場運用としては、以下の工程での読取りと書き込み評価を実施した。

1. コマツ国内の荷揃え工程で「Parts Oder No.」、「Case No.」、「荷揃え日付」の情報を RF タグにハンディターミナルを使って情報書き込みを実施する。
2. 情報書き込みされた RF タグがコマツ国内のバンニング場でコンテナに格納される際に定置式のアンテナで情報読取りすると共にタイムスタンプと通過工程の情報を RF タグに情報書き込みする。
3. 同様に出荷先でのデバンニングとバンニング、コマツ国内でのデバンニングも同様の読み書きを実施する。

USER メモリバンクの格納データについては表 4-2-3. の通りである。縦軸の項目は格納データ、横軸は各工程を表す。表内の「←」記載欄は前の工程と同じデータを保持する事を表す。表内のデータ記載欄は当該工程で記載データを上書きまたは追記される事を表す。なお、「RF タグが通過した工程」のデータについては海外の出荷先毎に異なる値（インド=K1、K2、ドイツ=H1、H2）をセットする事での出荷先を通過したかが RF タグから分かるようにした。

表 4-2-3. 各工程における USER メモリバンクの格納データ

項目	国内		国内		海外		海外		国内	
	荷揃え	桁数	バンニング	桁数	デバンニング	桁数	バンニング	桁数	デバンニング	桁数
PARTS ORDER NO.	12345678901234567890	20	←	20	←	20	←	20	←	20
Case NO.	12345678901	11	←	11	←	11	←	11	←	11
RTIの回転回数を荷揃え時にカウントアップ	001	3	←	3	←	3	←	3	←	3
荷揃えの日時	160707	6	←	6	←	6	←	6	←	6
小山でのバンニング日付			160708	6	←	6	←	6	←	6
出荷先でのデバンニング日付					160729	6	←	6	←	6
出荷先でのバンニング日付							160805	6	←	6
小山でのデバンニング日付									160826	6
RFタグが通過した工程	A1	2	A1A2	4	A1A2H1	6	A1A2H1H2	8	A1A2H1H2A4	10
タグを取り付けたパレットの型式	AAAAAAAAAAAA	12	AAAAAAAAAAAA	12	AAAAAAAAAAAA	12	AAAAAAAAAAAA	12	AAAAAAAAAAAA	12
タグを取り付けたパレットシリアルNo.	0001	4	0001	4	0001	4	0001	4	0001	4
		58		66		74		82		90

項目	国内		国内		海外		海外		国内	
	荷揃え	桁数	バンニング	桁数	デバンニング	桁数	バンニング	桁数	デバンニング	桁数
PARTS ORDER NO.	12345678901234567890	20	←	20	←	20	←	20	←	20
Case NO.	12345678901	11	←	11	←	11	←	11	←	11
RTIの回転回数を荷揃え時にカウントアップ	002	3	←	3	←	3	←	3	←	3
荷揃えの日時	160907	6	←	6	←	6	←	6	←	6
小山でのバンニング日付	160708	6	160908	6	←	6	←	6	←	6
出荷先でのデバンニング日付	160729	6	160729	6	160929	6	←	6	←	6
出荷先でのバンニング日付	160805	6	160805	6	160805	6	161005	6	←	6
小山でのデバンニング日付	160826	6	160826	6	160826	6	160826	6	161026	6
RFタグが通過した工程	A2H1H2A4A1	10	H1H2A4A1A2	10	H2A4A1A2H1	10	A4A1A2H1H2	10	A1A2H1H2A4	10
タグを取り付けたパレットの型式	AAAAAAAAAAAA	12	AAAAAAAAAAAA	12	AAAAAAAAAAAA	12	AAAAAAAAAAAA	12	AAAAAAAAAAAA	12
タグを取り付けたパレットシリアルNo.	0001	4	0001	4	0001	4	0001	12	0001	4
		90		90		90		12		90

RF タグを貼付する対象の金属製 RTI は 34 種類あり、東洋製罐グループホールディングス（株）によって貼付作業を実施した。RF タグの貼付は**写真 4-2-3.**のように平面部分が有る RTI には両面テープで直接貼り付けし、**写真 4-2-4.**のように平面部分の無い RTI は金属製のブラケットを準備して両面テープで貼付した。なお、実証協力企業にて以前利用していた EPC タグ（EPC コード体系のデータが格納された RF タグ）が付いている RTI には**写真 4-2-5.**のように横並びに今回の実証実験で使用する RF タグを貼付した。



写真 4-2-1. 金属製 RTI



写真 4-2-2. RF タグ貼付位置



写真 4-2-3. 平面貼付



写真 4-2-4. ブラケット貼付



写真 4-2-5. EPC タグと混在貼付

(2) 機器構成
【荷揃え】



写真 4-2-6.

表 4-2-4. 機器構成

機種	数量
①RF/二次元コード対応 ハンディターミナル	2
②クレードル	2

【バンニング (国内)】

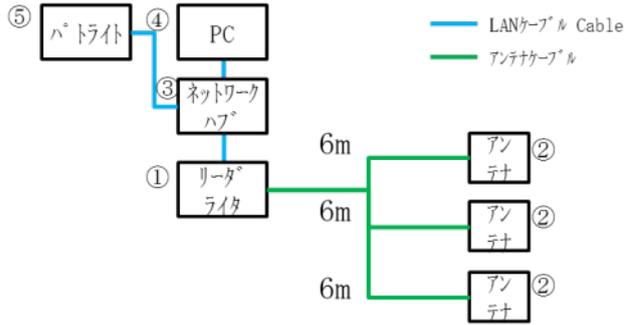


図 4-2-2.

表 4-2-5. 機器構成

機種	数量
①リーダライタ (A社製)	1
②アンテナ (直線偏波)	3
③ネットワークハブ (POE)	1
④PC	1
⑤パトライト	1

【デバンニング (国内)】

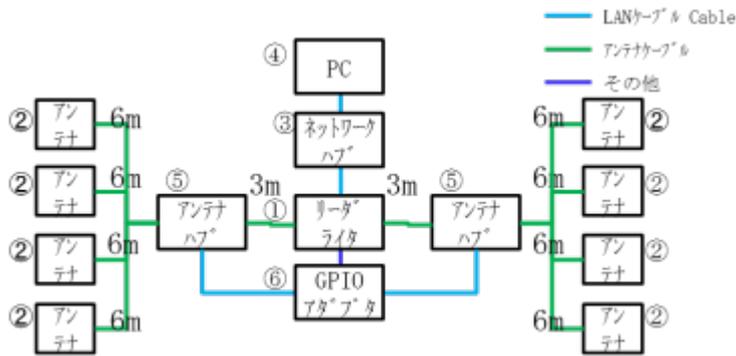


図 4-2-3.

表 4-2-6. 機器構成

機種	数量
①リーダライタ (A社製)	1
②アンテナ (直線偏波)	8
③ネットワークハブ (POE)	1
④PC	1
⑤アンテナハブ	2
⑥GPIO アダプタ	2

【バンニング/デバンニング（インド）】

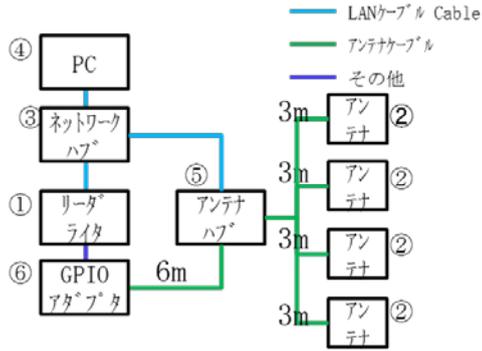


図 4-2-4.

表 4-2-6. 機器構成

機種	数量
①リーダライタ (A社製)	1
②アンテナ (直線偏波)	4
③ネットワークハブ (POE)	1
④PC	1
⑤アンテナハブ	2
⑥GPIOアダプタ	2

【バンニング/デバンニング（ドイツ）】

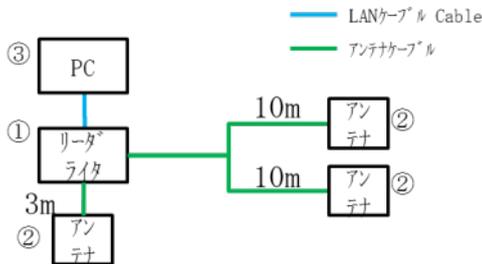


図 4-2-5.

表 4-2-8. 機器構成

機種	数量
①リーダライタ (B社製) ※アンテナ内蔵型	1
②アンテナ (円偏波)	3
③PC	1

【RFタグ】

表 4-2-9. RF タグの仕様

RFタグ	搭載ICチップ	参考：昨年度実証実験のICチップ
Tag-F	IC-Y' (UII : 448bits、USER : 1,024bits)	IC-X (UII : 224bits、USER : 384bits)

(3) 主な結果

①荷揃え工程

ハンディターミナルを使って金属製 RTI に貼付された RF タグを 1 個ずつ読取りと書き込みした結果は以下の通りである。

表 4-2-10. 荷揃え工程の RF タグ読み書き結果

段数	RF タグ数	UII 読取件数		USER 読取件数		USER 書込件数	
1	884	884	100%	884	100%	884	100%

※各件数内の%は成功率（件数÷RF タグ数）を示す。以降の表についても同様。

②バンニング工程（国内）

コンテナへ金属製 RTI をフォークリフトで運搬し、コンテナ前に設置した定置式アンテナで RF タグを複数一括で読取りと書き込みした結果は以下の通りである。

表 4-2-11. バンニング工程の RF タグ読み書き結果（国内）

段数	速度	距離	RTI サイズ	RF タグ 件数	UII 読取 件数		USER 読取 件数		USER 書込 件数	
1～4	ノンストップ	様々	ハーフフル	626	625	99.8%	623	99.5%	514	82.1%

書き込みが完了出来なかった要因としては金属製 RTI を搬送するフォークリフトの速度が速い(時速 4km 以上)、ケースと、最下段に位置する RF タグへの書き込みに失敗するケースが最も多かった(61 件 ※別紙参照)。これは、フォークリフト搬送ルートに金属製ガイドレールが設けられており、アンテナと RF タグの交信電波が遮断されることで、書込みに必要な電波強度を長時間維持できなかったことが原因である(写真 4-2-7. を参照)。なお、フォークリフトの速度が速い(時速 4km 以上)場合と金属製ガイドレールによる影響が考えられる最下段に位置する RF タグ(上記 2 つを“書き込み失敗となる 2 つの主要因”とする)を上記結果から排除した結果が以下の通りである。書き込みが 95.2%となるが、昨年度の実証実験結果である 99.4%には至らなかった。昨年度はアンテナ前で一旦停止の運用であった事と、今回使用した RF タグの方が大容量であるという点が相違点として挙げられる。ちなみに、UII 読取りが完了出来なかった 1 件は RF タグが破損していたためである。

表 4-2-12. 書き込み失敗となる 2 つの要因を排除した RF タグ読み書き結果

段数	速度	距離	RTI サイズ	RF タグ 件数	UII 読取 件数		USER 読取 件数		USER 書込 件数	
1～4	ノンストップ	様々	ハーフフル	227	227	100%	227	100%	216	95.2%



写真 4-2-7. ガイドレールの位置

最下段の RF タグの書き込み精度を向上させる対策として、最下段のアンテナを写真 4-2-8.のように並列に追加した結果、以下の通り精度が向上することを確認した。



写真 4-2-8. 並列に設置したアンテナ

表 4-2-13. パンニング工程の RF タグ読み書き結果（国内、改善後）

段数	速度	距離	RTI サイズ	RF タグ 件数	UII 読取 件数	USER 読取 件数	USER 書込 件数
1～4	ノンストップ	様々	ハーフフル	62	62 100.0%	62 100.0%	57 91.9%

書き込みに失敗した 5 件は“書き込み失敗となる 2 つの主要因”によるものであるため、それを除けば書き込み 100%の結果となった。

表 4-2-14. 書き込み失敗となる 2 つの要因を排除した RF タグ読み書き結果（国内、改善後）

段数	速度	距離	RTI サイズ	RF タグ 件数	UII 読取 件数	USER 読取 件数	USER 書込 件数
1～4	ノンストップ	様々	ハーフフル	57	57 100.0%	57 100.0%	57 100.0%

③デバンニング工程（国内）※オフライン

出荷先から返却された金属製 RTI をコンテナからフォークリフトで運搬し、コンテナ前に設置した定置式アンテナで RF タグを複数一括で読取りと書き込みをした結果は以下の通りである。

表 4-2-15. デバンニング工程の RF タグ読み書き結果（国内）

段数	速度	距離	RF タグ 件数	UII 読取 件数		USER 読取 件数		USER 書込 件数	
				件数	割合	件数	割合	件数	割合
9	ノン ストップ	近い	90	90	100.0%	72	80.0%	10	11.1%
		中央	90	90	100.0%	75	83.3%	8	8.9%
		遠い	90	87	96.7%	68	75.6%	25	27.8%
	一時停止	近い	90	90	100.0%	90	100.0%	88	97.8%
		中央	90	90	100.0%	90	100.0%	89	98.9%
		遠い	90	90	100.0%	90	100.0%	83	92.2%
	総数	540	537	99.4%	485	89.8%	303	56.1%	

※ バンニング工程（国内）との条件の違いは段数が9段と多い事である。また、バンニング工程のような床面の鉄板や金属製のガイドレールは存在しない。

書き込みが完了出来なかったケースの要因としては、搬送速度がノンストップの場合、RF タグが一定期間交信範囲に定まらず、リーダライタとの交信が確立できなかったためである。これは昨年度の実証実験でも確認した通り、RF タグの交信に必要な時間分をアンテナの電波の交信範囲内に RF タグが留まれるかに起因する。その他、昨年の実証実験と比べ、書込み対象の RF タグが大容量タグとなり、書込みデータ量が多くなった事で、より大きな電波強度を、より長期間維持する必要がある。昨年度実証実験で使用した RF タグと比較すると 1.64 倍の時間（表 4-2-16. Total 時間 1.186s / 0.722s）、交信範囲内に RF タグを留ませる必要がある。

表 4-2-16. RF タグの処理速度比較（※1）

	RF タグ	USER メモリ サイズ	UII、USER 読取時間	USER 書込時間	Total 時間
1	IC-X 昨年度実証のICチップ	512bits（※2）	0.216s	0.506s	0.722s
2	IC-Y 今年度実証のICチップ	1,024bits	0.426s	0.760s	1.186s

※1 電波暗室で各 RF タグを 1 枚ずつ速度計測した結果

※2 昨年度の IC チップは USER メモリサイズを 384bit から 512bit まで変更可能である。

④デバンニング工程（インド）

コマツ国内から出荷された金属製 RTI をコンテナからフォークリフトで運搬し、コンテナ前に設置した定置式アンテナで RF タグを複数一括で読取りと書き込みした結果は以下の通りである。

表 4-2-17. デバンニング工程の RF タグ読み書き結果（インド）

段数	速度	距離	RTI サイズ	RF タグ 件数	UII 読取 件数	USER 読取 件数	USER 書込 件数
1~2	ノンストップ	様々	ハーフフル	52	52 100.0%	52 100.0%	42 77.8%

⑤バンニング工程（インド）

出荷先で金属製 RTI に格納された部品を使用し、空状態となった折り畳み状態の金属製 RTI をフォークリフトで運搬し、コンテナ前に設置した定置式アンテナで RF タグを複数一括で読取りと書き込みした結果は以下の通りである。

表 4-2-18. バンニング工程の RF タグ読み書き結果（インド）

段数	速度	距離	RF タグ 件数	UII 読取		USER 読取		USER 書込	
				件数	割合	件数	割合	件数	割合
9	ノン ストップ (2.5km/h)	近い	45	45	100.0%	42	93.3%	14	31.1%
		中央	45	45	100.0%	32	71.1%	8	17.8%
		遠い	45	40	88.9%	38	84.4%	9	20.0%
	一時停止	近い	45	45	100.0%	45	100.0%	38	84.4%
		中央	45	45	100.0%	45	100.0%	30	66.7%
		遠い	45	44	97.8%	43	95.6%	28	62.2%
	総数	270	264	97.8%	245	90.7%	127	47.0%	

※ 距離（アンテナと RF タグ間）：近い=60cm、中央=110cm、遠い=180cm

国内に比べインドでの書き込み出来なかったケースが多かった要因としては、機器構成の違いによるものである。電波の交信距離比が国内と比較して 43.2%という短いスペックのため、上記のような結果となった。

表 4-2-19. 国内とインドの想定交信距離比（機器構成のスペックより算出）

	国内	インド
アンテナ位置	右側	右側
偏波種類	直線偏波	直線偏波
距離比	100.0%	43.2%

⑥デバンニング工程（ドイツ）

コマツ国内から出荷された金属製 RTI をコンテナからフォークリフトで運搬し、コンテナ前に設置した定置式アンテナで RF タグを複数一括で読取りと書き込みした結果は以下の通りである。

表 4-2-20. デバンニング工程の RF タグ読み書き結果（ドイツ）

段数	速度	距離	RTI サイズ	RF タグ 件数	UII 読取 件数	USER 読取 件数	USER 書込 件数
1~3	一時停止	様々	ハーフ/フル	9	9	9	9
					100.0%	100.0%	100.0%

⑦バンニング工程（ドイツ）

出荷先で金属製 RTI に格納された部品を使用し、空状態となった折り畳み状態の金属製 RTI をフォークリフトで運搬し、コンテナ前に設置した定置式アンテナで RF タグを複数一括で読取りと書き込みした結果は以下の通りである。

表 4-2-21. バンニング工程の RF タグ読み書き結果（ドイツ）

段数	速度	距離	RTI サイズ	RF タグ 件数	UII 読取 件数	USER 読取 件数	USER 書込 件数
8	一時停止	様々	ハーフ	38	38 100.0%	38 100.0%	37 97.4%

ドイツでは実証期間が短かったため、オンライン環境での実験件数が少なかった。これらの結果が良かったのはフォークリフトで搬送する 1 回当たりの RF タグ枚数が少なかった事（3 枚以下）と周囲の金属壁による反射波の影響によるものである。1 回当たりの RF タグの枚数を増やしてオフライン環境で確認した結果は以下の通りである。

表 4-2-22. バンニング工程の RF タグ読み書き結果（ドイツ オフライン）

アンテナ位置	距離	RF タグ 件数	UII 読取 件数	USER 読取 件数	USER 書込 件数
右面	近い	8件×5回=40	33 82.5%	32 80.0%	32 80.0%
	中央	8件×5回=40	35 87.5%	35 87.5%	35 87.5%
	遠い	8件×5回=40	35 87.5%	33 82.5%	33 82.5%
左面	近い	8件×5回=40	30 75.0%	30 75.0%	30 75.0%
	中央	8件×5回=40	25 62.5%	25 62.5%	25 62.5%
	遠い	8件×5回=40	15 37.5%	15 37.5%	15 37.5%

※距離（アンテナと RF タグ間）：近い=65cm、中央=115cm、遠い=155cm

RF タグ位置とアンテナ位置関係より、アンテナに対して近い場合と遠い場合では精度が悪く RF タグ貼付面が右面でコンテナ中央位置の場合が最も良い結果であった。ドイツではインドでの結果を踏まえ、アンテナ前で一時停止する運用としたため、インドと同じ機器構成であれば良い結果となるはずだが、UII 読取（Inventory）すら 100%には至らなかった。これは事前に想定済みであったが①機種の違い、②アンテナ枚数（ドイツ：片面 2 枚、日本：片面 3 枚）、③交信距離比（以下表 4-2-22. 参照）の違いによるものである。

①の機種の違いについては、読み書き出来なかった RF タグに対する制御方法がリーダーライタの機種（A 社製と B 社製）で異なるためであるが、今回、ドイツで使用した B 社製のリーダーライタについては「4.2.3.6 EPC タグとの混在環境による影響評価」と「4.2.3.5 USER メモリバンク活用における情報隠蔽機能の評価」の機能評価に注力しているため、B 社製の特性を踏まえた読み書き精度の向上については実施しなかった。

表 4-2-23. 国内とドイツの想定交信距離比（機器構成のスペックより算出）

	国内	ドイツ		
アンテナ位置	—	左上、左下	右上	右下
偏波種類	直線偏波	円偏波		
距離比	100.0%	57.0%	85.0%	65.2%

(4) 現場スタッフ（出荷先（インド、ドイツ）スタッフ）へのヒアリング結果

出荷先での意見として、今回の実験のように RF タグの USER メモリバンク内に部品の梱包情報を格納された現物（金属製 RTI）を読み取り、リアルタイムに入荷状態を確認出来る事は業務効率が上がるという感想を頂いた。現状の入荷管理は都度、入荷状態を倉庫に確認しにいかないと実際の状態が分からないためである。しかしながら、荷揃え工程に対してその他の工程（バンニング・デバンニング）では複数の RF タグの一括読み書きが必要なため、アンテナの追加やフォークリフト低速搬送の運用などの条件が必要となる事もあり、ユーザとしては費用対効果が出し辛いため、実運用化は難しいという意見であった。これらの意見を踏まえ、現実的な案は、1 個単位での作業となる荷揃え工程で、データ書込みを行い、バンニング工程（国内）以降の複数個単位での工程では、RF タグに格納された情報を読み取りだけを行う事であるという意見であった。具体的な RF タグ読み書きの場所は図 4-2-6. の通りである。

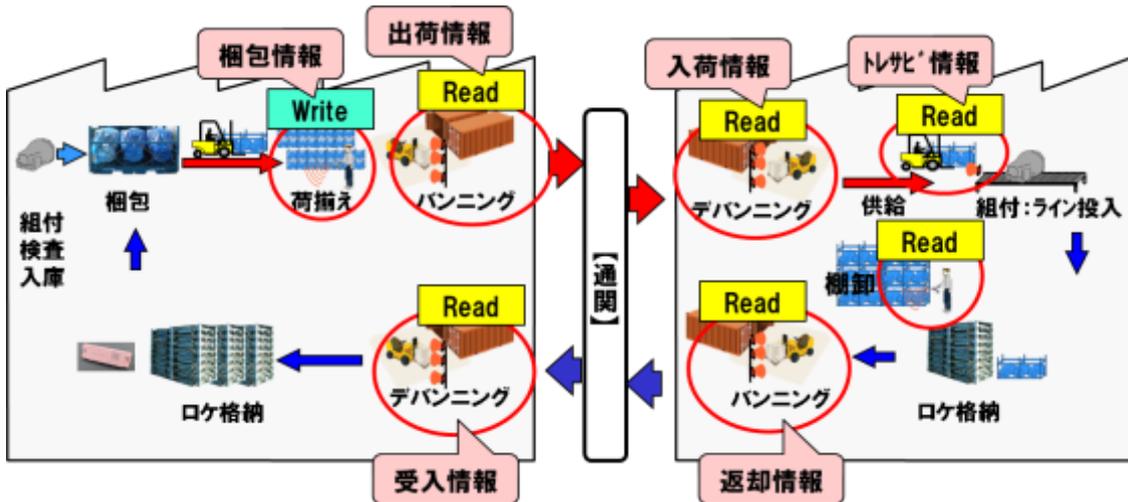


図 4-2-6. RF タグ読み書き場所の現実的な案

しかしながら、RF タグの読み書き精度をアンテナの並列化（項番 4.2.3.1(3)②）あるいは部分書込み（項番 4.2.3.4）等によって 100% に近づける事が出来るのであれば、出荷先でのデバンニングと空の金属 RTI をロケ格納する際に RF タグへ情報書き込みする事で、出荷先での金属 RTI の滞留日数把握や、空の金属 RTI 数の把握が可能となるという意見であった。具体的な RF タグ読み書きの場所は図 4-2-7. の通りである。

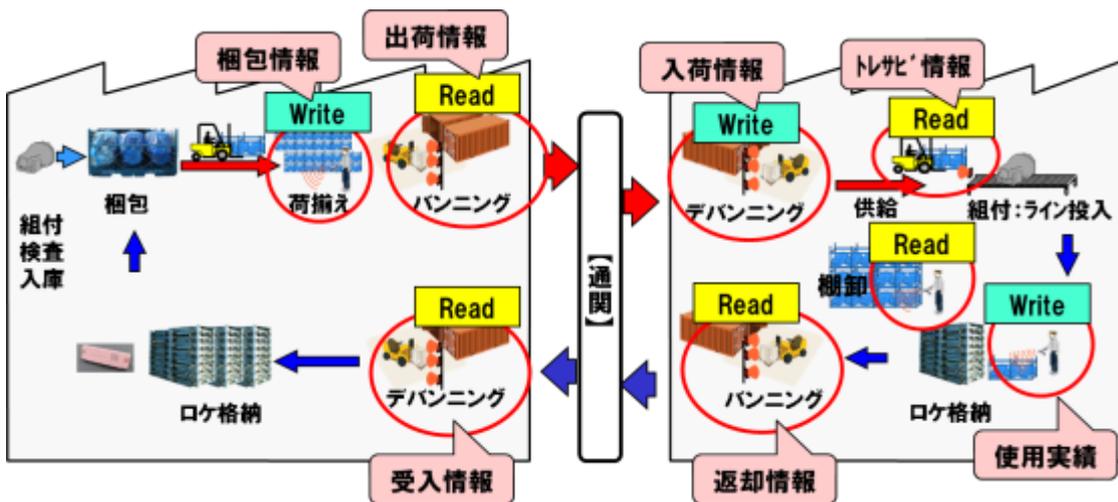


図 4-2-7. RF タグ読み書き場所の理想的な案

4.2.3.2 リカバリー運用の評価

(1) 概要

RFID は 100% の読み書きを保証することは現実的でないため、実際には、読めない、或いは、書けなかった場合を想定した手順の確立が必要である。多くの事例ではこの問題がクリティカルなため、1 個読みが多く採用され、不読の場合にも後工程で迅速、且つ、簡単に復旧できる手段を構築している。今回複数一括で同時に読み取り、且つ、書き込みという場面を想定したため、実際に読めない、或いは、書けなかった場合に、どのような手順が必要で、どれくらい作業負荷が掛かるを把握し、どの作業に負荷が掛かるか、またそれが改善可能かどうかを評価する。

(2) 運用案の検討結果

定置式アンテナで自動的に複数一括読み書き出来なかった RF タグについてリカバリーする方法を検討した結果として以下の案を挙げる。

表 4-2-24. リカバリー運用案

方法	実施方法	評価内容
①定置式アンテナで リトライ	読み書き完了出来なかった場合に、再度定置式アンテナ前を速度や角度を変更、または再度アンテナ前で一旦停止するなどリカバリーを実施する。	今年度実証では実施せず。 昨年度実証からも定置式アンテナで自動的に複数一括読み書きは 100% とならないため、成功率向上は期待されるが読み書き完了出来なかった対象を 100% リカバリーする事はこれまでの実験結果からも困難なことが明白である。
②定置式アンテナを 手持ちに切り替えて リトライ	読み書き完了出来なかった場合、定置式アンテナと同じリーダーライタに接続されたアンテナを手を持ってリカバリーを実施する。	今年度実証では実施せず。 定置式の高出力アンテナを近接で読み書きすれば 100% リカバリーが可能と考える。しかしながら、定置式用のアンテナは基本的に有線でのケーブル接続なため、安全対策が必要などの課題もあり、今回実施しなかった。
③ハンディターミナルに 切り替えてリトライ	読み書き完了出来なかった場合に、ハンディターミナルによってリカバリーを実施する。	ハンディターミナルによってリカバリー作業した場合の作業時間と作業分析を実施した。

今回の実証実験では③のハンディターミナル (H/T) によるリカバリー運用を確認した。バンニング工程 (国内) にて、フォークリフトで搬送される 1~3 段の RF タグ付き金属製 RTI でいずれか 1 つの RF タグの書き込みが出来なかった場合に、ハンディターミナルで USER メモリバンクへの書き込み完了出来ない RF タグを発見しデータ書き込みを行う手順で作業時間を確認した。今回の実証実験ではバンニング工程 (国内) で USER 書き込みが出来ている事を前提に後の工程で USER メモリバンクの情報を活用する運用を想定し、RF タグの USER 書き込みをリカバリーする運用を実施した。なお、書き込み未完了の RF タグを発見する方法として 2 種類の方法 (「UII 情報を RF タグから読み取った場合」と「QR から読み取った場合」) をテストした。今回の実証実験で使用した RF タグの表面には UII データを QR コード化したものを印字している。リカバリー運用は以下の作業手順を設定した。表 4-2-25. の作業手順 No3 での UII の読み取りには、電波を使って RFID のデータを読み取る方法と、RF タグの表面に印字された QR コードを読取る方法の 2 種類で、同一人物によってそれぞれ 5 回ずつテストを行った。オンライン作業のため、金属製 RTI の容器サイズや、リカバリー対象タグの貼付された容器の段数は不一致である。

表 4-2-25. リカバリー作業手順

No	作業手順	作業内容
1	書き込み未完了を発見	パトライトで書き込み未完了を作業者に知らせる
2	リカバリー対象確定	リフト停止、エンジンを切る リフトから降りる 携帯している H/T を手に取る 確認指示データを H/T に受信する H/T 画面に表示された一覧から対象のリカバリー指示情報を選択する H/T 作業場所まで移動 (約 6m 歩行) 書き込み失敗 RF タグの場所を RF または QR の UII 情報を元に確認する
3	リカバリー実施	書き込み失敗 RF タグに H/T をかざす UII の読み取り、書き込みを行う
4	完了確認・実績送信	H/T 画面に表示された、予定数と HT 作業実績数を目視確認 実績送信ボタンを押下し、H/T に送信完了画面が表示される事を確認 パトライトで書き込み完了を作業者に知らせる

(3) 主な結果

UII の読み取りに、電波を使って RFID のデータを読み取る方法と、RF タグの表面に印字された QR コードを読み取る方法の 2 種類のどちらの方法で行っても、また、リカバリー対象の RF タグの位置が何段目でも、リカバリー作業の時間差は大差無く、1 回当たりのリカバリー作業に必要な時間は、全体で約 40～50 秒となる事が分かった。

リカバリー対象の RF タグを見つけて、書込みを行う時間は約 15 秒/個掛かり、全体の約 30% となった。リカバリー対象の RF タグ貼付位置が最下段の金属製 RTI の場合には、ハンディターミナルで読み取り辛い場所となる事が多いため、1 個当たりの作業時間は事前に実施したオフライン環境でのテスト時に比べ作業時間が若干長くなった。リフトのエンジンを停止・降車して、リカバリー対象 RF タグを見つけるまでに掛った時間は約 22 秒で、全体の約 45% となった。今回、全体を計測する最終工程を実績送信までとしたが、実際は再度リフトに乗車・エンジンを開始する操作が必要となるため、リフトの昇降に掛る時間が全体に占める割合は 50% を超える事となる。

表 4-2-26. ハンディターミナルに切り替えてリトライした場合の主な結果

UII 情報を RF タグから読み取った場合

		作業時間 (秒)									
条件	テスト No	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目	Ave	Max	Min	ばらつき (Max-Min)	
		RTI サイズ	フル	フル	フル	フル	フル	-	-	-	-
		RF タグ位置	2 段目	2 段目	2 段目	1 段目	1 段目	-	-	-	-
作業手順	1.書込み未完了を発見	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2.リカバリー対象確定	25	26	22	19	18	22	26	18	8	
	3.リカバリー実施	16	15	14	20	13	16	20	13	7	
	4.完了確認・実績送信	11	12	11	10	11	11	12	10	2	
	合計	52	53	47	49	42	50	53	42	11	

UII 情報を QR から読取った場合

		作業時間 (秒)									
条件	テスト No	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目	Ave	Max	Min	ばらつき (Max-Min)	
		RTI サイズ	フル	フル	フル	フル	フル	-	-	-	-
		RF タグ位置	2 段目	2 段目	2 段目	1 段目	1 段目	-	-	-	-
作業手順	1.書込み未完了を発見	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2.リカバリー対象確定	21	22	22	19	21	21	22	19	3	
	3.リカバリー実施	17	20	12	14	13	15	20	12	8	
	4.完了確認・実績送信	12	8	12	8	10	10	12	8	4	
	合計	50	50	46	41	44	47	50	41	9	

(4) ユーザへのヒアリング結果

作業を行って頂いた作業員から以下4点の意見を頂いた。

1. H/T を使ったリカバリー作業は、タグの読取り・書込みとも思ったよりもスムーズに実施出来、遅いという感じはなかった。
2. 今回実施したリカバリー作業のネックは、作業時にリフトの昇降が発生する事。リフトのエンジン ON・OFF、シートベルトの脱着に加え、乗降車といった手番が増える事は、かなりのストレスに感じるため、リカバリー作業が毎回のように発生するなら実運用での実施は避けたい。
3. 最下段のタグについてリカバリー作業を行う場合や、リカバリー対象の RF タグを広いエリアから読取確認出来る場合は、自分が狙った場所を確実に照射できるため、UII の読取は QR で行う方が実施し易いと感じた。しかしながら、RF タグの位置がガイドレールと非常に近い場合、どんなに照射位置を工夫しても QR コードを読み取る事が出来ない場合もあり、RF タグを読み取って確認する方法が良かった。実運用で使用する場合も、UII の読取は、QR・RF の両方を用意し、作業員によって選択出来ると良いと感じた。
4. H/T を使ったリカバリー作業を行う時に、一目ではどのタグがリカバリー対象なのかが分からない。受信したリカバリー指示の詳細を確認すれば、定置アンテナで成功済みの RF タグが判別出来るため、リカバリー対象を確認する事は出来るが、屋外で H/T のディスプレイでタッチ操作をしたり、表示情報を確認したりするのは、画面が小さい事、画面が反射して見辛い事により、面倒であった。書き込みが成功済みの RF タグ情報を、大画面モニターで表示したり、成功済みの RF タグにランプが付いて一定時間点灯したりする等、リカバリー対象の RF タグが一目で分かる対策が欲しい。またリフト作業員は、バンニング作業時に①1~4 段積みした金属製 RTI を②積み込み順が指示された積込指示情報を元に容器をコンテナに積載しているため、この積込指示情報と書込み成功 RF タグの情報を上手く紐づける方法も対策の一つになると考える。これらの対策があれば、1 コンテナに 1 回程度のリカバリー作業（※国内バンニング工程 RF タグ書込み成功率より）なら、実運用でも可能と考える。

(5) 課題

今回、敢えて最上段から書き込み有無の確認を行ったが、今回のバンニング、デバンニング場での結果からはリカバリーすべき RF タグの段数毎の発生頻度からすると最下段から実施する運用が望ましいと考えられる。しかしながら、作業性からすると人の動作は下から上へ移動するより上から下に移動する方が一般的には作業しやすいと考えられるため、各現場の状況に応じて運用設計する事が望ましいと考えられる。

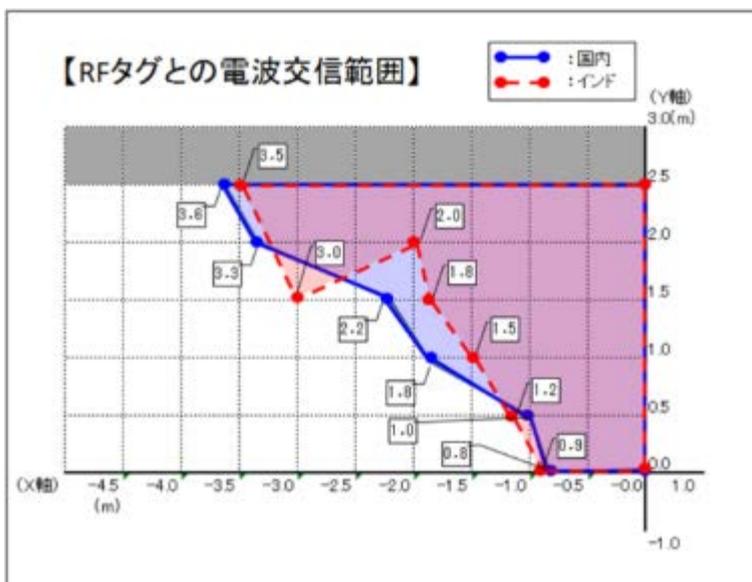
4.2.3.3 周波数の相違に関する評価

(1) 概要

UHF 帯 RFID は使用する国によって利用出来る周波数帯が異なる。金属 RTI に取り付けた RF タグをグローバルに活用することを見据え、日本以外の国での読み取り性能の違いを確認する。

(2) 主な結果

「4.2.3.1 実運用における読み書き評価」の結果では国内とインドで読み書き結果が異なったが、今回使用した RF タグの基本性能としては 920MHz と 860MHz で同等の性能が出ているため、機器（アンテナとケーブル長）の違いによるものと推察出来る。電波の発信範囲の違いについて確認した結果が以下の通りである。実際のインドの発信範囲は下記の図より狭かったが、以下の図は機器の違いによる電波の減衰率による補正をインドの発信範囲にかけて、国内の発信範囲に合わせた場合であり、その結果、大差ない事を確認した。



グラフ 4-2-1. 周波数帯が異なる場合の発信範囲試験結果

4.2.3.4 データ格納方法の評価

(1) 概要

昨年度の単体評価結果からデータ容量に応じて処理時間が増加する事を確認した。また、そのデータ容量が実運用現場における複数一括読み書きへの影響があることも明白である。実運用現場における読み書き精度向上の手段としてデータ格納方法による影響を確認し考察する。

(2) 主な結果

処理時間削減に繋がるデータ容量を圧縮可能な格納方式について以下3つの方式を検証した。

表 4-2-27. データ容量を圧縮可能な格納方式案

格納方法	概要	評価方法
①DI 方式 (No-Directory 方式)	全てのデータセットが連続しているという様式でデータの前にデータを意味する識別子を添付する方式	UII 読取、USER 読取、USER 書込、Verify (USER 再読取)それぞれの処理速度を1~複数タグについて処理した場合を確認する。
②Packed Object 方式	インデックス構造のフォーマット・データを使用した統合的なコンパクションおよびエンコーディングの仕組み	
③Tag Data Profile 方式	データ要素とデータ長を定義した固定セットの様式に則ったインデックス構造を持つコンパクションおよびエンコーディングの仕組み	

データ格納方法の違いによる読み書き基本性能を以下の条件で確認した結果が**表 4-2-27.** である。

RF タグ枚数：3 枚

リーダーライタ：A 社製

計測回数：5 回 (平均値)

表 4-2-28. 読み書き基本性能測定結果

	格納方式	書込むデータ量	UII読取時間	USER読取時間	USER書込時間	Verify時間	Total時間
1	DI	864bits	0.296s	0.495s	0.929s	0.373s	2.109s
2	DI部分書込	96bits	0.235s	0.194s	0.701s	0.548s	1.763s
3	PackedObject	736bits	0.286s	0.487s	0.832s	0.339s	1.955s
4	TagDataProfile	976bits	0.274s	0.499s	0.968s	0.354s	2.100s
5	〃 部分書込	96bits	0.271s	0.420s	0.413s	0.274s	1.385s

DI 部分書込では DI 方式に比べ 16% ($(1-1.763 \div 2.109) \times 100$) 時間短縮する事が分かる。実際にバンニング（国内）のオンライン環境で確認した結果が以下の通りである。

表 4-2-29. DI 部分書込によるバンニング工程の RF タグ読み書き結果（国内）

段数	速度	距離	RTI サイズ	RF タグ 件数	UII 読取 件数		USER 読取 件数		USER 書込 件数	
1~4	ノストップ	様々	ハーフフル	116	116	100%	110	94.8%	99	85.3%

USER メモリバンクへの書き込み結果が微増ではあるが 82.1%（表 4.2.11. を参照）から 85.3%へ向上した事を確認した。更に書き込み時間を確認したところ、以下のように向上している事を確認した。

表 4-2-30. DI 部分書込みにによるバンニング工程の RF タグ読み書き時間

	データ量	UII 読取 時間	USER 読取 時間	USER 書込 時間	Total 時間
DI	864bits	0.500s	0.631s	0.859s	1.990s
DI 部分書込	128bits	0.454s	0.342s	0.386s	1.182s

※計測対象は 3 段積み最下段の RF タグ 5 件

TagDataProfile の部分書込みでは DI に比べて 34% ($(1-1.385 \div 2.109) \times 100$) 向上する結果であるため、更なる書込み精度向上が期待出来る。

4.2.3.5 USER メモリバンク活用における情報隠蔽機能の評価

(1) 概要

昨年度より SCM での活用を見据えて USER メモリバンクへの情報書込みに取り組んでいるが、格納したいデータには第三者に見せたくない情報や、取引先間であっても社内用と社外用で公開したい情報が異なる事が予想される。しかし、現在の ISO/IEC 18000-63 で規定される RF タグデータに関するセキュリティは RESERVED メモリバンクで実現される RF タグの書き換えパスワードと KILL パスワードのみであり、RF タグ内データの暗号化やパスワードなどによる読み取り許可の機能については規定されていない。このセキュリティ部分に関する検討は GS1 では Gen2-Vesion2 にて対応されているため、この機能の基本性能評価を行う。

(2) 主な結果

USER メモリバンクのデータにパスワードを掛けることが出来る Untraceable コマンドで読取制御した RF タグの読み書き基本性能をオフライン環境で以下の条件で確認した結果が表 4-2-31. である。

RF タグ枚数：3 枚 計測回数：5 回（平均値）

表 4-2-31. USER メモリバンク活用時性能測定結果

	リーダーライタ	パスワード	UII読取時間	USER読取時間	USER書込時間	Verify時間	Total時間
1	A社製	なし	0.296s	0.495s	0.929s	0.373s	2.109s
2		あり	0.302s	0.484s	0.936s	0.365s	2.099s
3	B社製	なし	0.224s	0.192s	1.190s	0.744s	2.446s
4		あり	0.207s	0.214s	1.219s	0.775s	2.524s

複数メーカーのリーダーライタで確認したところ、いずれも通常のパスワードありの RF タグを処理する時間に対して msc 単位で増加するに留まる結果であった。この結果より、USER メモリバンクのパスワードによる制御は実運用での処理速度に影響ないレベルであることが確認できたため、第三者の読み取り防止も実運用可能と考える。

4.2.3.6 EPC タグとの混在環境による影響評価

(1) 概要

今後 RFID が普及拡大することによって同一現場で ISO 1736X シリーズ準拠と EPCglobal 準拠の RF タグが混在となる可能性があるため、格納形式の異なる RF タグが混在する実運用環境において読み書きへの影響の有無を確認した。なお、今回混在で評価した EPC の RF タグは UII : 96bit、USER : 0bit である。

(2) 主な結果

ISO 準拠の RF タグと EPC 準拠の RF タグが混在した場合の読み書き基本性能をオフライン環境で以下の条件で確認した結果が表 4-2-25.である。

RF タグ枚数 : ISO 準拠 3 枚、EPC 準拠 3 枚

計測回数 : 5 回 (平均値)

表 4-2-32. EPC タグとの混在環境による影響評価結果

場所		リーダライタ	混在	タグ数	フィルタ	UII 読取時間	USER 読取時間	USER 書込時間	Verify 時間	Total 時間
国内	1	A 社製	なし	3	なし	0.296s	0.495s	0.929s	0.373s	2.109s
	2		あり	6		0.474s	0.925s	1.376s	0.700s	3.521s
	3		あり	6	あり	0.275s	0.488s	0.927s	0.361s	2.074s
	4	B 社製	なし	3	なし	0.224s	0.191s	1.190s	0.744s	2.446s
	5		あり	6		0.614s	0.247s	1.300s	0.876s	3.175s
	6		あり	6	あり	0.502s	0.181s	1.032s	0.567s	2.607s
ドイツ	7	B 社製	なし	3	なし	0.746s	0.183s	0.789s	0.600s	2.397s
	8		あり	6		0.255s	0.291s	1.375s	0.877s	2.909s
	9		あり	6	あり	0.600s	0.179s	0.891s	0.672s	2.397s

表 4-2-32. のフィルタとはリーダライタが RF タグに対して UII 読取 (Inventory) のコマンドを送信する際に、リーダライタと RF タグ間のエアークインターフェースの仕様の Mask 値で指定した RF タグだけが応答を返すように制御できる機能である。この機能により、読み取りたくない RF タグからの応答のデータを削減することが可能となる。今回の結果から、ISO 準拠と EPC 準拠の RF タグが混在した場合であっても Air フィルタの機能を利用する事で読み書き速度に影響は殆どなく運用可能な事を確認出来た。

4.2.4 実証実験の残された課題

①大容量データの読み書き精度

昨年と異なる環境下であるが、単体評価結果からも分かるようにデータ量が多くなると処理時間も多くなるため、読み書き精度が悪くなる。そのため、部分書込みが有効である事が分かったが部分書込みを産業界で利用するルールが無いため、ISO改訂が必要である。また、今回 USER メモリバンクが 1kbits の RF タグを活用したが Write コマンドにより 1kbits のサイズを一度に指定して書き換えると大半は成功するが失敗する場面がある事が分かった。これは 1kbits ものデータ量を扱うには伝送電力や消費電力の関係上で精度を保つことが難しいためと推測されるが今回の活動では技術的な検証による確定には至っていない。書き換えて失敗する可能性がある限り、指定するデータ量を減らすことが得策であると考え、どれくらいのデータ単位で実施すべきかについては今後検証が必要である。実証実験の結果から大容量タグを金属環境で複数一括読み書き、また移動状態で読み書きする場合に DI 方式は格納方式の構造上、向いていないと考える。

②バックアップデータを QR 化する際の規定

今回の実証では書き込み出来なかった RF タグのリカバリーを実証したが、何らかの原因で RF タグの読み取りが出来なくなった場合のリカバリーについてもシステム構築の上では準備が必要である。読み取りが出来なくなった RF タグについては基本的に正常品との交換になると考えられるが、元の RF タグに格納されていた情報を引き継ぎたい場合に、その情報をどこからリカバリーすべきかが重要である。一つの案として RF タグの表面に QR コードなどの二次元コードを印字しておいて、そのコードを読み取って RF タグに書き込みし直す事が挙げられる。しかしながら、この QR コード内にどういったデータを格納しておくかについての一般的な定義は無い。具体的には RF タグの UII メモリバンクに格納すべきデータは PC ビットを含むデータ識別子+企業コード+シリアル No.であり、PC ビットを含むデータをリカバリー用 QR コードにセットする必要があるため、今後、各社の RF タグが混在した際に混乱するのを回避するには、国際規格上でのルール化が望ましいと考える。なお、RF タグへのデータ格納は ISO 準拠の場合、6 ビットコンパクト化したデータとなるが、一般的な QR コードへの格納データは 8 ビットであるため、QR コードにどのような形式で格納すべきかの議論が必要である。

③RFID の SCM 適用のための敷居低減

企業間連携のための EDI (あるいは EPCglobal) のようなサーバ機能を前提にせずコストを抑えて SCM を開始出来ないかを目標に実証実験を実施した。ISO 1736X シリーズでは GS1 のような EPCglobal のようなサーバ機能は規定されていない。サーバ重視ではなく RF タグ重視の仕組みを構築する上では以下の 3 つの課題解決が必要と考える。

表 4-2-33. 課題解決が必要な項目

必要3条件	内容
1. 対象 RF タグ通過時の読み書き精度向上	・ RF タグの不読や書込みエラーの発生は目標時 (例: 100ppm) 以下とする。 (今回部分書込みやアンテナ並列化が有効である事が分かった。)
2. 万が一の読み書きエラー時のリカバリー	・ 1の条件下でエラーが発生した場合はリカバリーが出来るようにする。
3. RF タグ破損時の簡易データ参照機能	・ タグ破損時のデータ参照を手軽に出来る機能を提供する。

表 4-2-33. の 1 と 2 については今回の実証で取り組む事が出来たが、3 については SCM を前提にする
と他社サーバへの参照機能（自社で読めず前工程の他社で読めた場合）が必要なため、今後の課題であ
る。

④海外での機器調達

日本国内に比べ機器調達のし辛さが挙げられる。一つは各国で電波法が異なるため、日本と同一機種
を使用することが出来ない。予め、機器のスペックから予測した交信範囲を元に運用方法の変更を含め
て検討することが重要と考える。なお、日本国内と一部の国（主に欧州）では電力の単位が EIRP（等
価等方放射電力）と ERP（実効輻射電力）というように異なる単位であることも注意が必要である。ま
た、文化や慣習の違いによる諸々な場面での遅延や変更に対応できるような余裕を持った計画も非常に
重要であると考えられる。今回の実証用機材をインドで準備するに当たり、以下の問題が発生した。こ
れらの経験からも余裕を持った計画をお勧めする。

- ・ コミュニケーション：現地のベンダと機器に関する問い合わせのやり取りでスムーズに回答を
得る事が出来ず、機器手配に遅れが発生。
- ・ 情報の信憑性：当初直線偏波のアンテナをインドで準備予定であったが現地のベンダの勧めで
日本と異なるメーカーの直線偏波アンテナを紹介されたが、結局は直線偏波ではなく、円偏波の
アンテナである事が手配前に判明したため、機器手配に遅れが発生。
- ・ 荷物の発送：日本からの発送は現地での通関での混雑具合や問合せ発生の有無により 4 週間
の期間を予定する必要があると輸送業者に確認した上で発送を行った。今回は 1 週間程でスム
ーズに到着する事が出来たが、現地で荷物を確認したところ、段ボール梱包で送った荷物がカ
ッターナイフで窓状の開口部を設けて中身を確認された形跡があった。開口部はテープ等で蓋
をされる事もなくそのままの状態届けられていたため、中身の梱包状態が悪いと途中で落下
等の紛失するリスクがあったが、段ボールの中身もある程度の大きさに小分けして梱包してい
たため、紛失の問題は無かった。

なお、ドイツに関してはクリスマスシーズンによる荷物の到着遅れの可能性を考慮した程度で、今回
の機器調達において問題は発生しなかった。

⑤リカバリ運用

自動化設備の定置式アンテナでの読み書き精度 100%は困難なため、読み書きが完了出来なかった RF タグ
を救う手立てとしてリカバリ運用を検討した。現場の声としては、やはり、わざわざリフトから降りてリ
カバリする運用は避けたいという意見があった。現状の機器や技術ではリカバリ運用が必須となるが、
導入を検討される現場毎にリカバリの頻度と作業性を検証の上で導入決定する必要がある。

4.2.5 まとめ

昨年度に引き続き、実証実験を行い、今年度は、昨年度と異なるメーカ、場所で行った。その結果、導入時に参考となる多くの特性データはじめ、表 4-2-34. の成果を得ることができた。また、新たな課題を見つけることができた。

表 4-2-34. 実証実験で得られた成果

記号	平成 28 年度の課題	成果
II	読み書き落としのバックアップ方法	<ul style="list-style-type: none"> 以下の3つの方法を提案し、その実施方法、問題点を明らかにする事が出来た。その中で実現性を考慮し、③に関して実証を行い、リカバリー作業手順と時間を確認する事が出来た。 ① 定置式アンテナでリトライ ② 定置式アンテナを手持ちに切り替えてリトライ ③ ハンディターミナルに切り替えてリトライ
III	大容量RFタグ (ユーザエリアの活用)に関する評価	<ul style="list-style-type: none"> 大容量 RF タグを利用することにより、現場ニーズに応えるソリューションが構築しやすくなる可能性があると思われるが、読み書き精度に関しては、課題は多いがアンテナの並列化や部分書き込みにより精度向上が見込まれる。
IV	サプライチェーンのアプリケーション提言	<ul style="list-style-type: none"> 金属用 RF タグにどのようなデータをどこで書いてどこで読み取ると有効かを現場スタッフのヒアリングにより確認出来た。サプライチェーンでの活用時の課題に対する解決策を評価出来た。
V	地域による使用周波数相違	<ul style="list-style-type: none"> 今回、国内、インド、ドイツの地域による周波数の違いで、読み書き性能の差は無いことが確認出来た。

ただし、今回の実証実験で、以下のような課題が明確になった。

大容量 RF タグの利用に関しては、データ容量が増える事によって読み書き精度の低下に繋がる可能性がある事を再確認した。特に大容量 RF タグの読み書き精度向上には、格納形式の考慮と読み書きデータの削減が有効であるが、具体的な実装方法が ISO で規定されていないため、今後のルール化が必要である。

ユーザが期待する読み書き精度は 100% である。特に製品や部品など在庫低減を追求して 1 個ずつの管理を求めている現場において、これは必達目標である。これまでの実証実験の結果からも現在の RFID ではアンテナによる自動的な RF タグの読み書き精度 100% を保証出来る環境を準備する事は難しいと考える。読み書き可否を確認する仕組みと共に、リカバリーを行う仕組みの構築が RFID を活用する上で重要である。

リカバリー運用は手間をかければ実施可能だが、導入するユーザの目的と運用環境によって 100% が必要かどうかによると考える。リカバリーのシステムについてもシステム構築する上で作業性の良い機器やソフトウェアの仕様を考慮する必要がある。ソフトの仕様についてはどの時点でリカバリー作業を行うかを充分考慮する必要があり、複数一括処理の場合、書き込み不可のタグだけをリカバリーするのではなく、全て取り消しをして、別作業 (別工程) でやり直しを行うリカバリーの運用方法も考えられる。また、バックアップ手段として二次元コードを使う場合、UII エリアのどの範囲を二次元コード化するべきかのルール化が必要である。

金属容器の出荷受入現場では床面が金属であったり、周囲に金属物が多く存在したりする事が多いため、RF タグの複数一括、且つ、移動中の読み書き精度への影響が大きい。

上記の環境で精度向上させるためには、以下が重要である。

- ① 読み書き時のデータ量削減
- ② RF タグの書き換え時間、電波交信範囲、移動速度を考慮した運用設計
- ③ 電波微弱範囲での電波交信時間の確保（アンテナの並列化）
- ④ 複数の RF タグを一括処理するためのアンテナ複数化
- ⑤ 読み書き時の消費電力の少ない IC チップの採用

4.3 ISO-TRに関して

4.3.1 本年度の目標

金属性 RTI に貼付する RF タグの国際標準化として、今年度は、以下の 2 項目を目標とする。

- ・ 2016 年 TC-122、WG12 韓国会議でプレゼンテーションを行う。
- ・ NP を提案する。それに伴う活動を行う。

4.3.2 活動結果

- ① 2016 年 5 月 10 日 TC-122 韓国国際会議 WG12 にてプレゼンテーションを行った。
本会議にて、レゾリューションに NP 提案の段階に移行すると明記された。
- ② 2016 年 12 月 14 日に NP を正式に提案した。

4.3.3 本年度の活動経緯

2016 年 5 月 10 日

実施内容：TC-122 WG12 韓国国際会議にて本事業のプレゼンテーションを行った。

結果：本会議にて、レゾリューションに NP 提案の段階に移ると明記された

2016 年 6 月 7 日

実施内容：US 代表、スウェーデン代表と打ち合わせ実施、NP に関する賛成票を依頼した。

2016 年 7 月 11 日

実施内容：韓国代表打ち合わせ実施、NP に関する賛成票を依頼した。

2016 年 9 月 6 日

実施内容：US、スウェーデン、韓国に対して、事前確認の資料を送りコメントをもらう。

2016 年 11 月 21 日

実施内容：4 か国（ケニア、イラン、タイ、マレーシア）にメールで、NP に関する賛成票を依頼した。

2016 年 12 月 14 日

実施内容：NP を正式に提案した。

4.4 検討委員会、SWGの開催概要

「金属製 RTI 用 RFID に関する検討委員会」を 4 回開催した。

委員会開催概要 本事業における各委員会の開催は次のとおりである。

- ・ 第 1 回金属製 RTI 用 RFID に関する検討委員会
平成 28 年 7 月 15 日 JAISA 会議室
主な議題：今年度の概要説明とスケジュール説明を行う。
- ・ 第 2 回金属製 RTI 用 RFID に関する検討委員会
平成 28 年 11 月 4 日 JAISA 会議室
主な議題：単体評価、実証実験内容の説明を行う。
- ・ 第 3 回金属製 RTI 用 RFID に関する検討委員会
平成 28 年 12 月 19 日 JAISA 会議室
主な議題：単体評価、実証実験の経過説明を行う。今年度の報告書ドラフト確認を行う。
- ・ 第 4 回金属製 RTI 用 RFID に関する検討委員会
平成 29 年 2 月 9 日 JAISA 会議室
主な議題：本年度の成果報告書に関する説明を行う。

「金属製 RTI 用 RFID に関する検討に関する Sub Working Group」を 3 回開催した。

- ・ 第 1 回金属製 RTI 用 RFID に関する検討に関する Sub Working Group
平成 28 年 10 月 5 日 JAISA 会議室
主な議題：SWG の趣旨、ミドルウェアに関して、皆様の意見交換を行う。
- ・ 第 2 回金属製 RTI 用 RFID に関する検討に関する Sub Working Group
平成 28 年 12 月 19 日 JAISA 会議室
主な議題：ユーザにおける金属 RTI に必要な管理要素の討議。
- ・ 第 3 回金属製 RTI 用 RFID に関する検討に関する Sub working Group
平成 29 年 2 月 9 日 JAISA 会議室
主な議題：ユーザにおける金属 RTI に必要な管理要素の討議。

5 まとめ

5.1 成果

表 5-1-1. 単体評価及び実証実験の課題と主な結果 1

記号	平成 28 年度の課題	実証実験実施項目	主な結果
I	RF タグ脱落に対する保護方法	[単] 【RF タグ脱落防止】 H27 年度実証実験で脱落した RF タグの脱落要因を分析し、対策を検討する。	[単] 【RF タグ脱落防止】 ・脱落要因を衝突と分析した結果、防止策として RF タグのサイズダウン及びガード追加が有効だが交信可能距離の低下に注意が必要。 (結果の詳細は 4.1.4.1 (P.19)に記載)
II	読み書き落としのバックアップ方法	[実] 【リカバリー運用の評価】 どのような手順が必要で、どれくらい作業負荷が掛かるを把握し、どの作業に負荷が掛かるか、またそれが改善可能かどうかを見極め、評価する。	[実] 【リカバリー運用の評価】 ・リカバリーは4つの手順が必要である。 ①書込み未完了を発見 ②リカバリー対象確定 ③リカバリー実施 ④完了確認・実績送信 ・手順②と③に多くの時間を要するため、現場毎の運用設計が必要である。 (結果の詳細は 4.2.3.2 (P.48)に記載)
III	大容量 RF タグ (ユーザエリアの活用)に関する評価	[単] 【大容量 RF タグ基本評価】 汎用 IC で最大容量の IC を使用した金属対応 RF タグを開発し評価。 [実] 【実運用における読み書き評価】 SCM 活用を見据えて準備した大容量 RF タグの実運用現場における基本的な性能評価を行う。	[単] 【大容量 RF タグ基本評価】 ・大容量 IC でも H27 年度試験相当の基本性能 (交信可能距離、交信時間) を実現できる。(結果の詳細は 4.1.4.2 (P.23)に記載) [実] 【実運用における読み書き評価】 ・1kbitsのUSERメモリバンクへの一括書き込みは不安定になる。 ・USERメモリバンクへの書き込み精度向上には部分書込みとアンテナ並列化の効果が高い。 (結果の詳細 4.2.3.1 (P.38)、4.2.3.4 (P.53)に記載)

[単] : 単体評価、[実] : 実証実験

表 5-1-2. 単体評価及び実証実験の課題と主な結果 2

記号	平成 28 年度の課題	実証実験実施項目	主な結果
IV	サプライチェーンのアプリケーション提言	<p>[実] 【実運用における読み書き評価】 金属用RFタグにどのようなデータを書いて、どこで書いてどこで読み取ると有効かを検討する。</p> <p>[実] 【USERメモリバンク活用における課題解決機能の評価】 サプライチェーンでの活用時の課題に対する解決策を評価する。</p>	<p>[実] 【実運用における読み書き評価】 [実] 【USERメモリバンク活用における課題解決機能の評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・バンニング/デバンニングでの一括書き込みは3個までが現実的。表5-1-2.IIIの精度向上策を実現すれば可能だがコストが高くなる。 ・USERメモリバンクへの書き込み内容は金属RTIの出荷先で必要となる情報（部品受入用の情報や棚卸用の情報）を書くが良い。 <p>（結果の詳細は 4.2.3.1 (P.38)、4.2.3.5 (P.55) に記載）</p>
V	地域による使用周波数相違	<p>[単] 【地域差特性検証】 各地域の周波数の相違による交信可能距離の変化を検証</p> <p>[実] 【実運用における読み書き評価】 [実] 【周波数違いに関する評価】 サプライチェーンにおける日本以外での金属対応 RF タグの運用に向けた性能評価と課題抽出。</p>	<p>[単] 【地域差特性検証】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・交信可能距離一周波数特性評価結果とライダー出力（各地域の電波法）から地域毎の交信可能距離が確認可能である。 <p>（結果の詳細は 4.1.4.3 (P.29) に記載）</p> <p>[実] 【実運用における読み書き評価】 [実] 【周波数違いに関する評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今年度試作したRFタグでは日本（920MHz帯）、インド、ドイツ（860MHz）での周波数の相違による読み書き性能の違いが無いことを確認。 ・日本で情報を書き込んだRFタグをインド、ドイツで正しく読める事を確認。 ・新興国ではケーブルのバリエーションなど日本と同じ機材を入手出来なかった。 <p>（結果の詳細は 4.2.3.1 (P.38)、4.2.3.3 (P.52)、4.2.3.6 (P.56) に記載）</p>
VI	RF タグ適用化評価 耐候性試験	<p>[単] 【耐候性試験】 H27 年度実施した耐候性試験で、昨年度中に終了しなかった”耐候性試験”を実施する。</p>	<p>[単] 【耐候性試験】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・10年相当の耐候性試験後、初期の90%の交信可能距離を維持できないことが確認された（通信は可能）。従って、低下する交信可能距離分の余裕を持たせた条件設定をすべきである。 <p>（結果の詳細は 4.1.4.4 (P.32) に記載）</p>

[単]：単体評価、[実]：実証実験

5.1.1 単体評価で得た成果

表 5-1-1.、表 5-1-2. に示すとおり、本年度は6項目（I、II、III、IV、V、VI）の課題に対して、RF タグ単体評価では、I、III、V、VI の4項目の課題評価を実施し表 5-1-3. の成果を得た。

昨年度得られたデータへ本年度確認した事項を加えることによって、金属製 RTI の RFID 導入時に参考となる特性（交信可能距離の変化、交信時間、RF タグ耐久性）が明確になり、導入ポイントをユーザへ提示できる状態となった。ユーザや RFID ベンダがこの特性変化を参照することで、導入時の現場調整項目と時間の削減が可能となる。また、“カタログスペックだけを頼りにトライアルする”、“交信が瞬時であるとしてアプリケーションを構築する”などの導入時の失敗を低減することも期待できる。

表 5-1-3. 単体評価で得られた成果

記号	平成 28 年度の課題	成果
I	RF タグ脱落に対する保護方法	・ H27 年度実証実験で発生した RF タグの脱落、破損を検証した結果、要因を衝突と分析した。その防止策として RF タグのサイズダウン及びガード追加が有効であると提言する。しかし、対策を行う際の交信可能距離の低下に注意する必要がある。
III	大容量 RF タグ (ユーザエリアの活用)に関する評価	・ UHF 帯 RF タグの汎用 IC の中で最大容量のものを用いて金属対応タグ開発を行い、H27 年度試験相当の基本性能（交信可能距離、交信時間）が実現できることが分かった。
V	地域による使用周波数相違	・ 交信可能距離—周波数特性評価結果から、地域毎の交信可能距離を確認することが可能であるが、各国の電波法によってリーダライタ最大出力にも差があるので、出力による換算も必要である。また、地域差とは直接関係は無いが、リーダライタへ接続するアンテナが直線偏波か円偏波によっても換算が必要。
VI	RF タグ適用化評価 耐候性試験	・ 10 年相当の耐候性試験後、初期の 90%の交信可能距離を維持できないことが確認された（通信は可能）。長期間運用するアプリケーションの場合は、低下する交信可能距離分の余裕を持たせた条件設定をすべきである。今回の結果では、10 年間運用する場合は初期交信性能の 80%程度で初期設定を行う必要があり、可能であれば 50%程度の条件で設定すべきである。

5.1.2 実証実験で得た成果

昨年度に引き続き、実証実験を行い、今年度は、昨年度と異なるメーカ、場所で行った。その結果、導入時に参考となる多くの特性データはじめ、表 5-1-4. の成果を得ることができた。また、新たな課題を見つけることができた。

表 5-1-4. 実証実験で得られた成果

記号	平成 28 年度の課題	成果
II	読み書き落としのバックアップ方法	<ul style="list-style-type: none"> 以下の3つの方法を提案し、その実施方法、問題点を明らかにする事が出来た。その中で実現性を考慮し、③に関して実証を行い、リカバリー作業手順と時間を確認する事が出来た。 ① 定置式アンテナでリトライ ② 定置式アンテナを手持ちに切り替えてリトライ ③ ハンディターミナルに切り替えてリトライ
III	大容量RFタグ (ユーザエリアの活用)に関する評価	<ul style="list-style-type: none"> 大容量 RF タグを利用することにより、現場ニーズに応えるソリューションが構築しやすくなる可能性があると思われるが、読み書き精度に関しては、課題は多いがアンテナの並列化や部分書き込みにより精度向上が見込まれる。
IV	サプライチェーンのアプリケーション提言	<ul style="list-style-type: none"> 金属用 RF タグにどのようなデータをどこで書いてどこで読み取ると有効かを現場スタッフのヒアリングにより確認出来た。サプライチェーンでの活用時の課題に対する解決策を評価出来た。
V	地域による使用周波数相違	<ul style="list-style-type: none"> 今回、国内、インド、ドイツの地域による周波数の違いで、読み書き性能の差は無いことが確認出来た。

ただし、今回の実証実験で、以下のような課題が明確になった。

大容量 RF タグの利用に関しては、データ容量が増える事によって読み書き精度の低下に繋がる可能性がある事を再確認した。特に大容量 RF タグの読み書き精度向上には、格納形式の考慮と読み書きデータの削減が有効であるが、具体的な実装方法が ISO で規定されていないため、今後のルール化が必要である。

ユーザが期待する読み書き精度は 100% である。特に製品や部品など在庫低減を追求して 1 個ずつの管理を求めている現場において、これは必達目標である。これまでの実証実験の結果からも現在の RFID ではアンテナによる自動的な RF タグの読み書き精度 100% を保証出来る環境を準備する事は難しいと考える。読み書き可否を確認する仕組みと共に、リカバリーを行う仕組みの構築が RFID を活用する上で重要である。

リカバリー運用は手間をかければ実施可能だが、導入するユーザの目的と運用環境によって 100% が必要かどうかによると考える。リカバリーのシステムについてもシステム構築する上で作業性の良い機器やソフトウェアの仕様を考慮する必要がある。ソフトの仕様についてはどの時点でリカバリー作業を行うかを充分考慮する必要があり、複数一括処理の場合、書き込み不可のタグだけをリカバリーするのではなく、全て取り消しをして、別作業 (別工程) でやり直しを行うリカバリーの運用方法も考えられる。また、バックアップ手段として二次元コードを使う場合、UII エリアのどの範囲を二次元コード化するべきかのルール化が必要である。

金属容器の出荷受入現場では床面が金属であったり、周囲に金属物が多く存在したりする事が多いため、RF タグの複数一括、且つ、移動中の読み書き精度への影響が大きい。

上記の環境で精度向上させるためには、以下が重要である。

- ① 読み書き時のデータ量削減
- ② RF タグの書き換え時間、電波交信範囲、移動速度を考慮した運用設計
- ③ 電波微弱範囲での電波交信時間の確保（アンテナの並列化）
- ④ 複数の RF タグを一括処理するためのアンテナ複数化
- ⑤ 読み書き時の消費電力の少ない IC チップの採用

5.1.3 ISO-TRに関して

単体評価、実証実験の内容を踏まえ、ISO-TR の NP を提案することができた。今後、啓蒙活動を行っていく。正式な ISO-TR へは、平成 27, 28 年度実証実験の結果を反映する。

5.2 目標に対する達成度

単体評価、事前評価、実証実験に関しては、期待していたデータをられた。

ISO-TR に関しては、TC-122 韓国国際会議にて、プレゼンテーションを行い、12 月に NP を提案できた。

5.3 残された課題 および次年度以降の活動

ISO-TR を FDTR 提出まで行う。

実証実験は、昨年度、今年度のデータの再分析を行い、より導入しやすい情報を展開する。

本内容を、自動認識関係の会合で発表し、啓啓活動を行う。

本年度新しい課題の発見はなかったが、来年度に向け、上記のような活動を行い、国際標準化を中心に進めていく。

この研究は、株式会社野村総合研究所からの委託で実施したものの成果である。

本件についてのお問合せ先

(内容等)

〒101-0032 東京都千代田区岩本町 1-9-5

TEL : 03-5825-6651

一般社団法人日本自動認識システム協会

〒240-0062 神奈川県横浜市保土ヶ谷区岡沢町 22-4

TEL : 045-331-5161

東洋製罐グループホールディングス株式会社 総合研究所

〒446-0058 愛知県安城市三河安城南町 1-11-9

TEL : 0566-75-7894

株式会社デンソーエスアイ