

ICTを利用したサプライチェーンの CO2排出量削減手法の実証実験



国立情報学研究所 凸版印刷(株) 日本ユニシス(株)

Ichiro Satoh



予算採択

- 国立情報学研究所、凸版印刷株式会社、日本ユニシス株式会社による共同研究「ICT利活用した物流・サプライチェーンにおける温室効果ガス削減技術の研究開発」が、総務省・地球温暖化対策ICTイノベーション推進事業（PREDICT）の研究開発課題に採択。
- 本研究は、ICタグを利用した排出枠取引手法と、プログラム最適化技術を利用した物流トラックの経路の効率化によるCO2排出量削減手法を、実現するとともに、実際のサプライチェーンで実証実験を実施。
- 研究期間：平成21年（契約後）～平成24年3月末。
- 既発表の二つの研究「ICタグを利用した温室効果ガス排出量取引に新方法」(2008年12月12日発表)と「エコ物流を実現するプログラム言語を開発」(2008年5月23日発表)の実現及び実証実験。

Ichiro Satoh



総務省PREDICT

(Promotion Program for Reducing global Environmental load through ICT innovation)

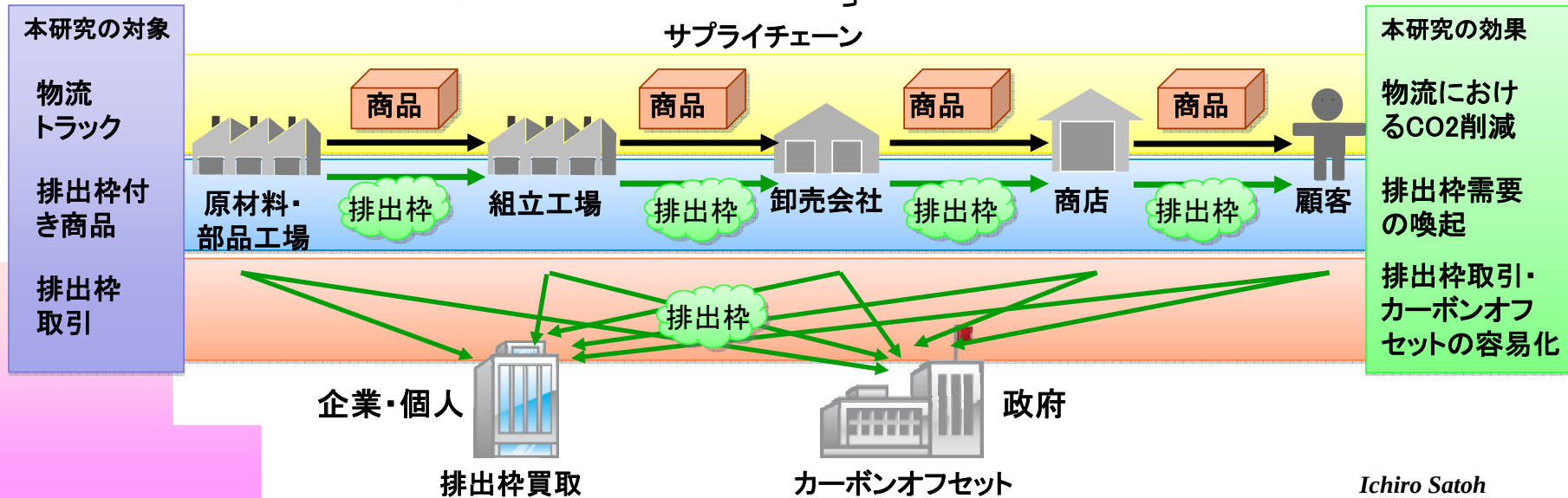
- PREDICT(プレディクト)は、地球温暖化対策に資するICTのシーズ(種)の創出を促進し、得られた成果による大幅なCO2の排出削減を目指すとともに諸外国への成果展開による温暖化問題に対する日本の国際貢献を目的とした研究開発を支援する競争的資金制度です。
- 平成21年度から実施する研究開発課題については、2009年2月23日から3月19日まで公募が行われ、大学、民間企業、公的研究機関等に所属する研究者から合計27件の応募がありました。審査の結果、7月23日に新規採択課題5件が決定されました。

Ichiro Satoh

▶ 研究目的

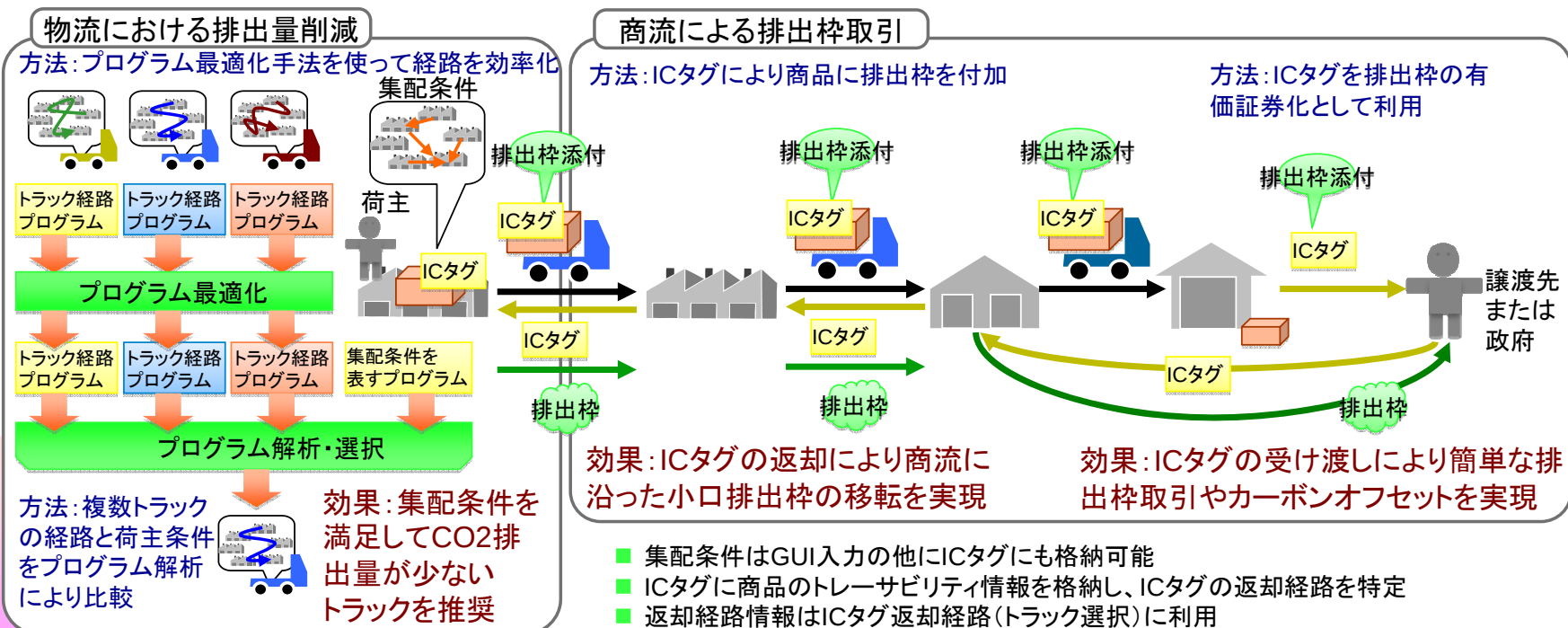
- 実質的なCO2排出量削減には実経済活動との親和性が必要
- 実経済活動である物流・サプライチェーンに対する新しいCO2排出量削減技術を提案
 - 物流に対する排出量削減
 - 商流による排出枠(排出権)取引

ICタグによる一体化



研究概要

- サプライチェーン(物流・商流)におけるCO2削減と排出量取引を提案
- 紙を原紙とする飲料缶の製造・流通に関わるサプライチェーンにおいて実証実験を実施

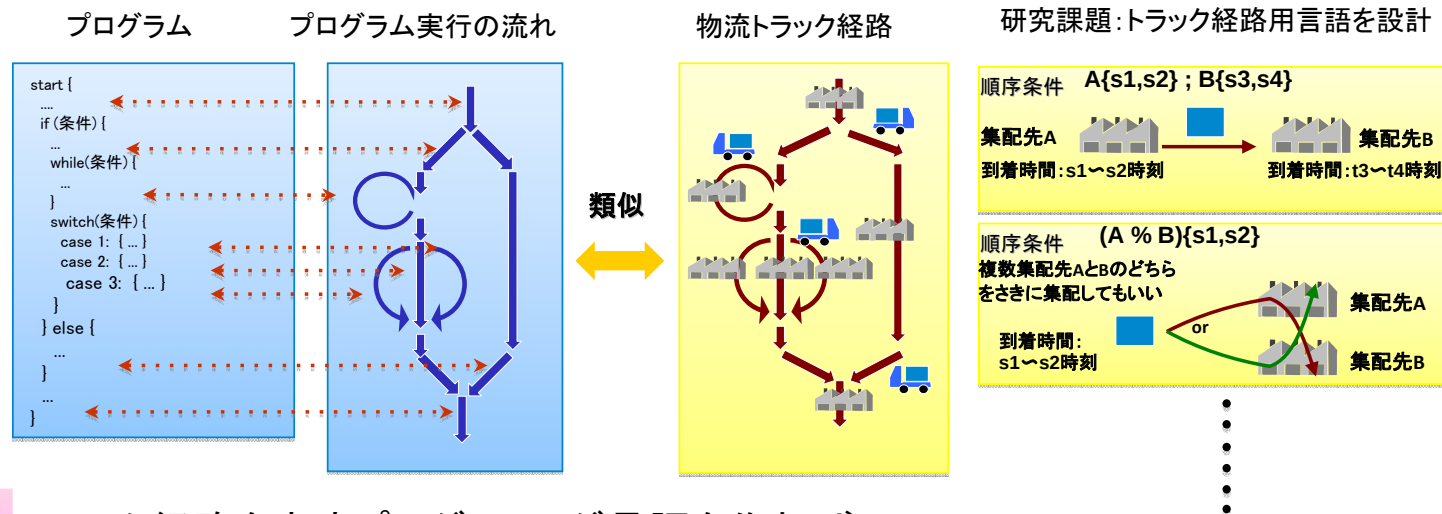


Ichiro Satoh

物流における排出量削減(1)

- トラック経路を記述するプログラミング言語を設計
 - 最適化コンパイラ技術による経路の効率化
 - ソフトウェア検証技術による荷主の集配条件にあったトラックの選択

物流トラックの経路はプログラムの実行の流れと類似



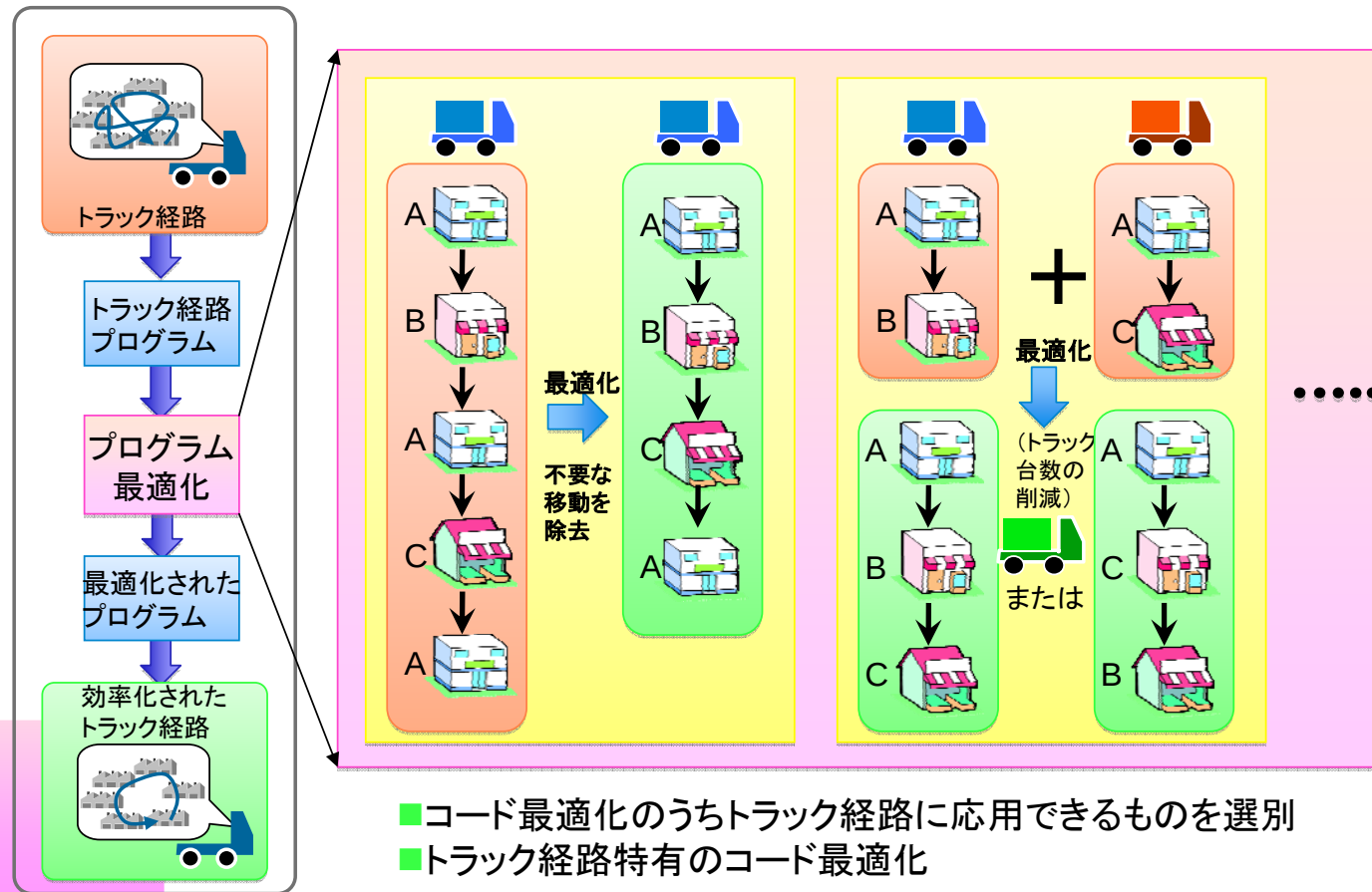
トラック経路を表すプログラミング言語を作れば、
トラック経路をプログラムとして扱える

経路記述プログラミング言語: 多様な集配経路・条件に対応、プロセス計算(Process Calculus)として定式化・実装

Ichiro Satoh

物流における排出量削減(2)

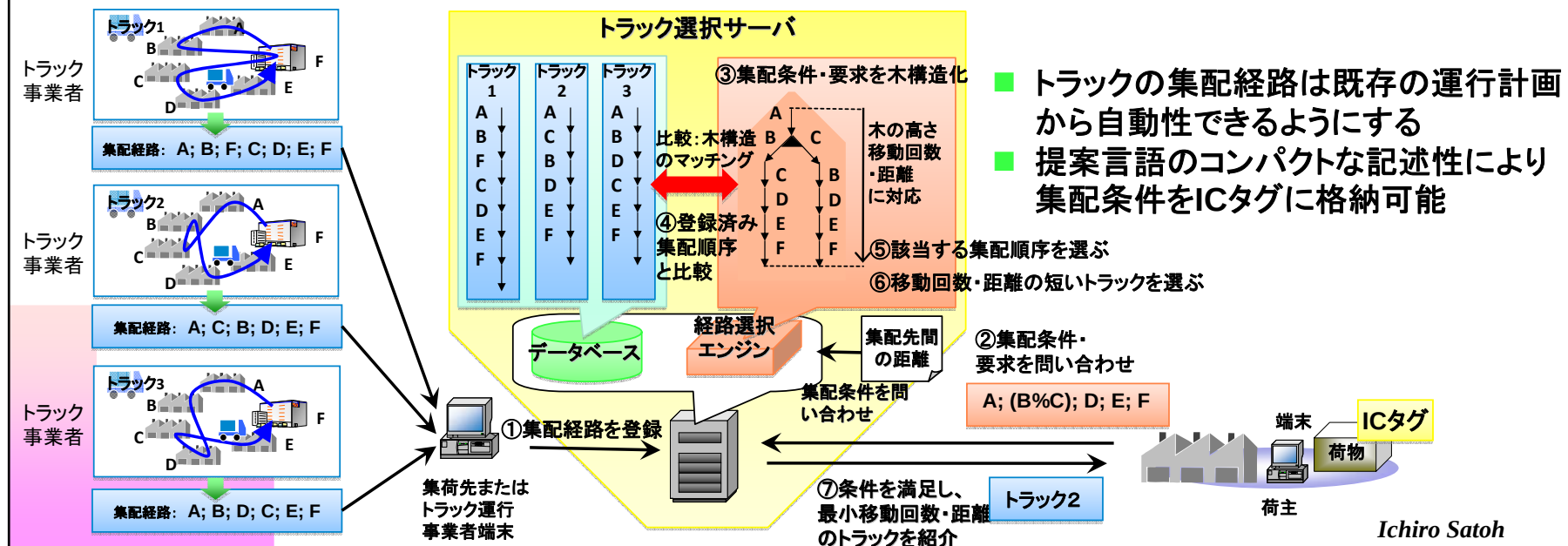
■ コンパイラのコード最適化手法 & プログラム解析による経路を(部分)最適化



Ichiro Satoh

物流における排出量削減(3)

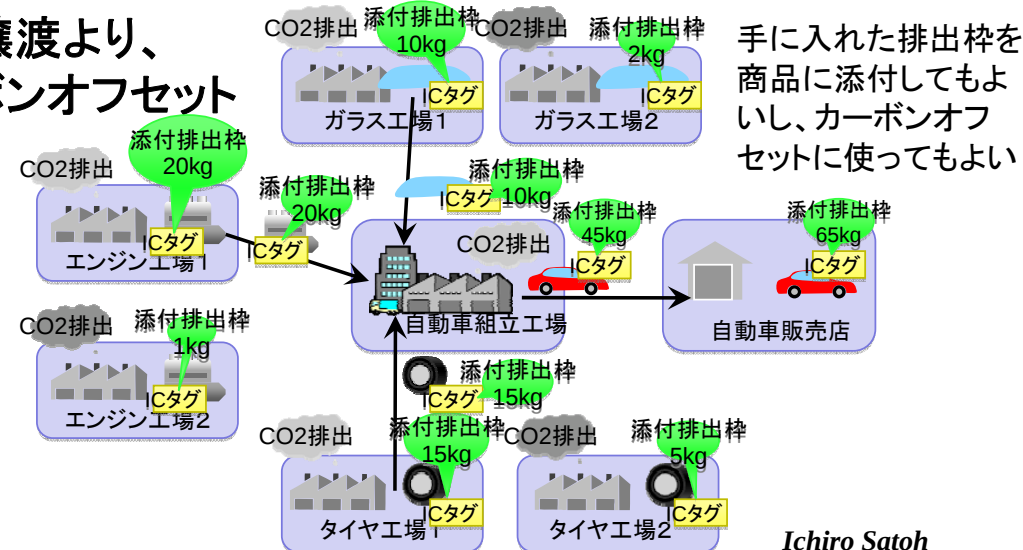
- 効率的な共同物流管理を実現して、CO2排出量を減らす
 - プログラム検証により荷主の集配条件を満足するトラックを推奨
 - 集配条件をプログラム仕様、トラック経路をプログラム実装として扱う
 - プログラム解析による実行時間推定手法によるCO2排出量算出
 - 集配条件を満足して、CO2排出量の経路のトラックを探す



▶ 商流による排出枠取引(1)

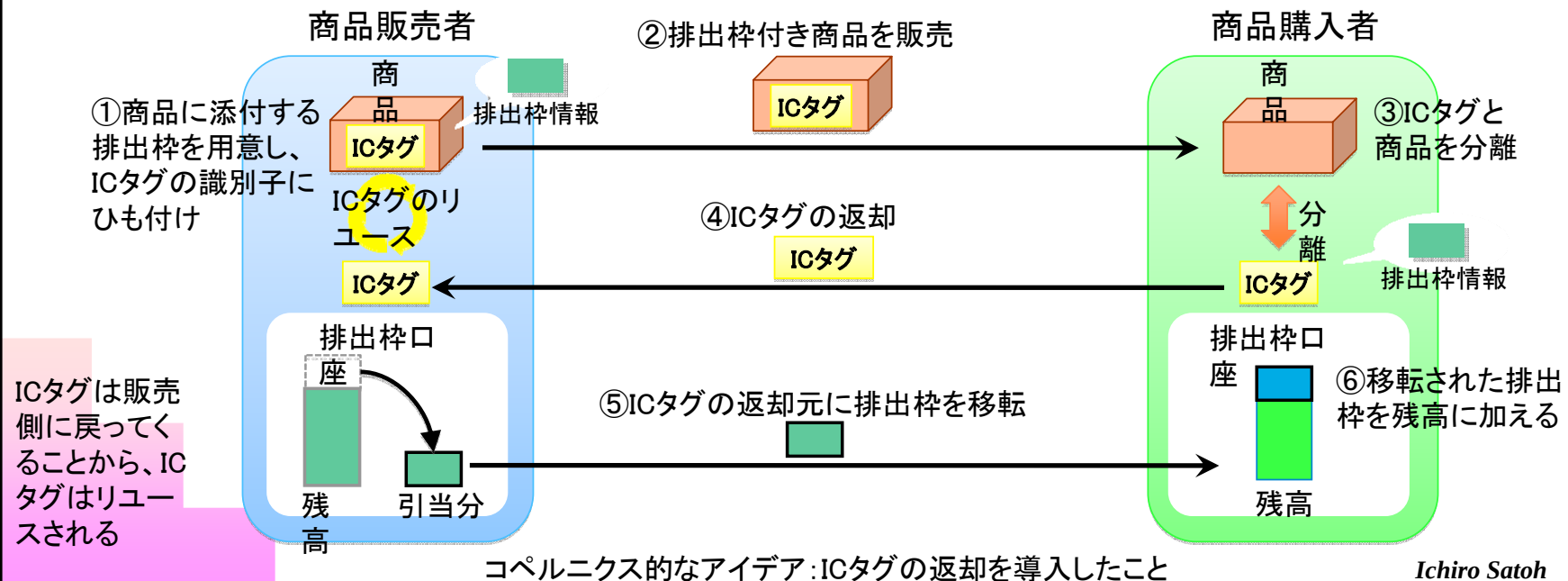
- 商品添付されるICタグに商品物流・情報に加えて排出枠情報を割り当てる
 - ICタグの受け渡しにより排出量取引を実現
 - 商品購入側はICタグを返却により排出枠を購入側に移転(決済)
 - サプライチェーンに沿って排出枠を移転
 - ICタグを排出枠の有価証券のように利用
 - ICタグの転売により、排出枠を容易に譲渡
 - ICタグを政府に無償譲渡より、排出枠の償却・カーボンオフセット

商品購入者は同等商品ならば排出枠の多い方を選択
→排出枠需要増加(=排出削減量がより多くなる)



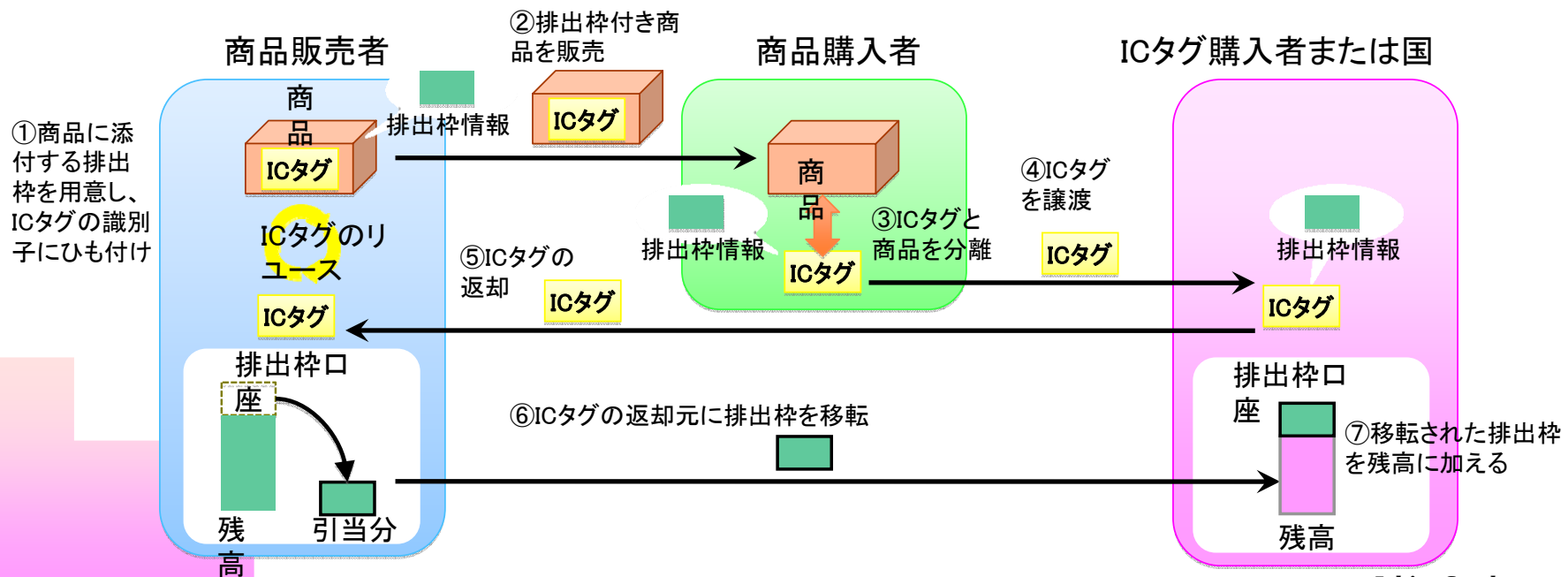
▶ 商流による排出枠取引(2)

- 商品に添付した排出枠とICタグの識別子をリンク
 - ICタグから排出枠の種類を調べられるようにする
- 商品購買者がICタグを販売者に返すとICタグが示す排出枠が購買者の口座に移転
 - 商品購買者は電子的取引をすることなく、排出枠を所有できるようになる



▶ 商流による排出枠取引(3)

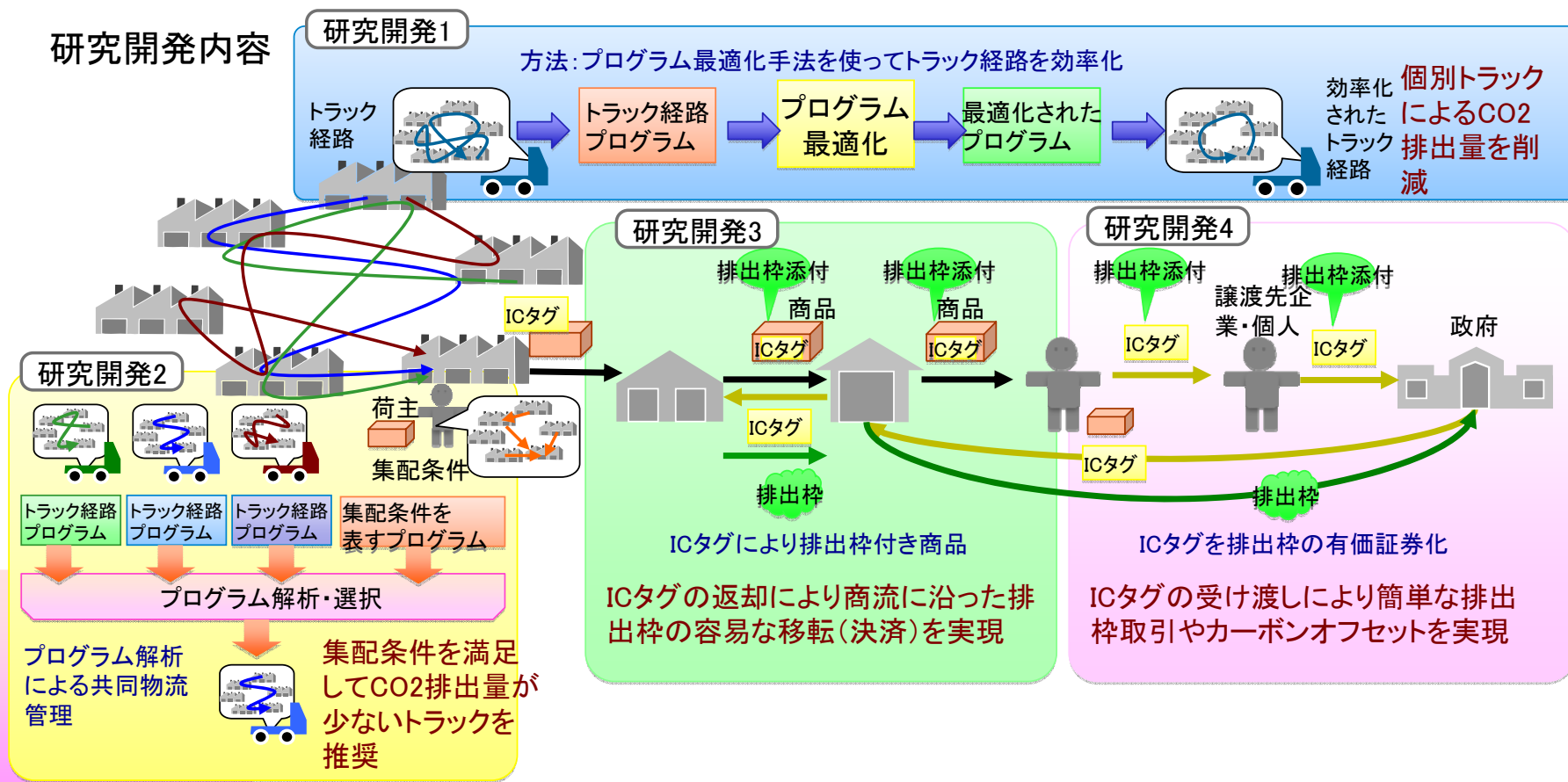
- ICタグを排出枠に関する有価証券のように機能させる
 - ICタグの転売により排出枠を第三者に譲渡(=排出枠取引)
 - 国にICタグを無償譲渡=カーボンオフセット



Ichiro Satoh

研究開発(概要)

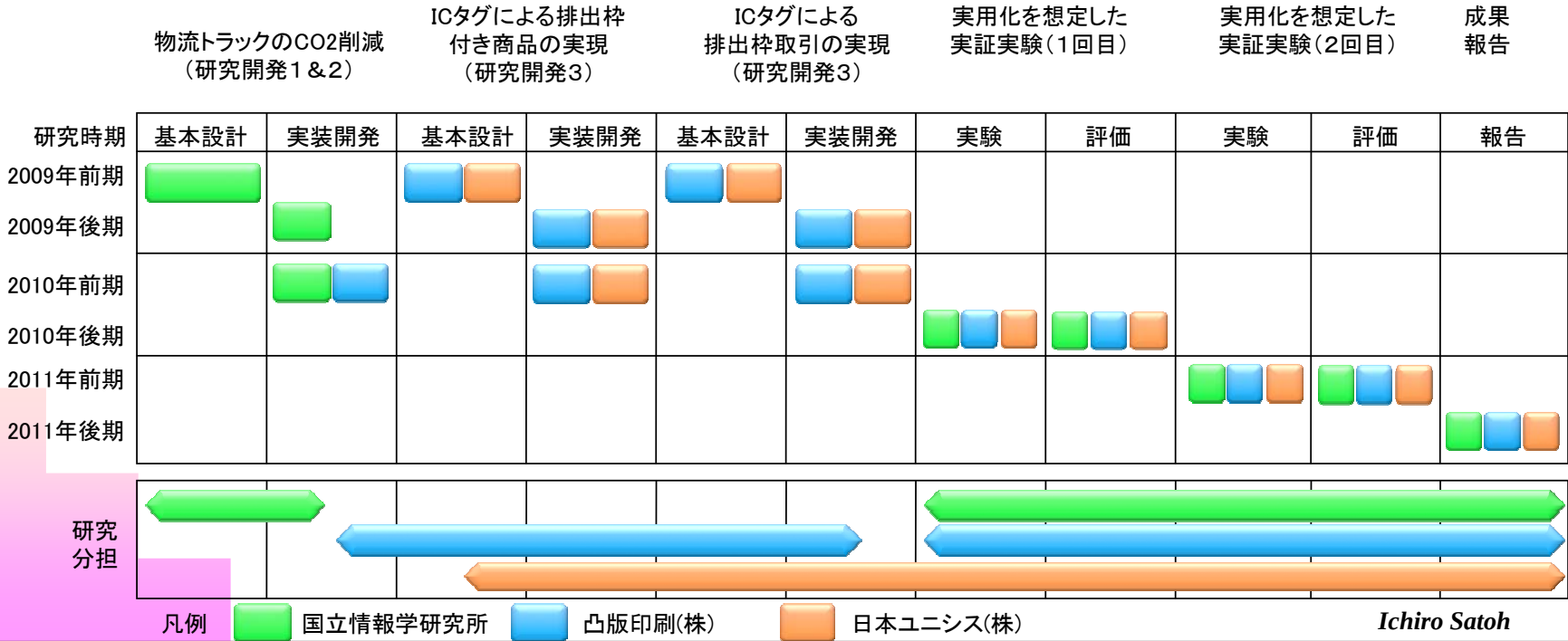
研究開発内容



Ichiro Satoh

▶ 実施計画・研究分担

- 研究実施内容
 - 物流における排出削減：物流トラックのCO2削減
 - 商流による排出枠取引：ICタグによる排出枠商品、ICタグによる排出枠取引
 - 実用化への道筋：2回の実証実験（実用における問題点の洗い出し＆解決）
 - 評価・報告



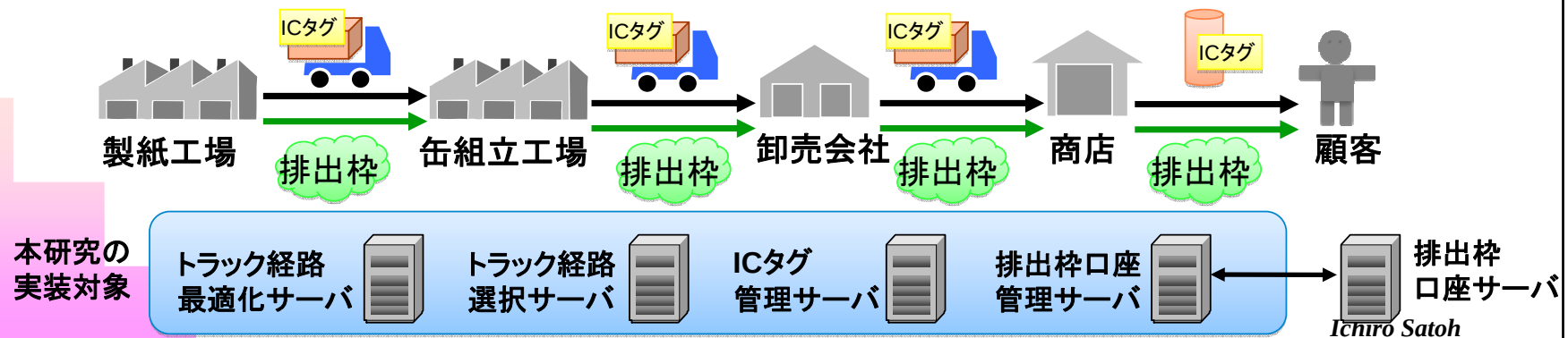
▶ 想定される効果

- 物流トラックの効率化・選択手法によるCO2排出削減
 - 年間27百万トンのCO2排出量の削減効果が期待できる(理想値)
 - 予備的シミュレーションでは、本研究のプログラム最適化による集配経路の効率化により、個々のトラックの経路を10%程度効率化
 - さらに本研究により共同物流を実現した場合、トラック数を減らすことができることから、20%程度の削減効果(全体では10%+20%の削減効果)
 - 2006年度における国内排出量において運輸部門の排出量は19%を占め、運輸部門で90百万トン进行排出。90万トン×30%=27百万トンの削減効果
- ICタグによる排出枠付き商品
 - 年間85億トンの排出枠需要を創出が期待できる(理想値)
 - 商品に添付される排出枠を商品価格の5%とする、サプライチェーンに沿って排出枠が移転(消費税と同じ)
 - 平成19年度の消費税(税率は5%)による税収は10.27兆円。平成21年1月におけるCO2排出枠相場である1トン1200円程度とすると年間85億トンの排出枠需要を創出(1%程度の排出枠添付の場合は年間17億トン)
 - 排出枠は想定CO2排出量に対して実際のCO2排出量が少なかった量

Ichiro Satoh

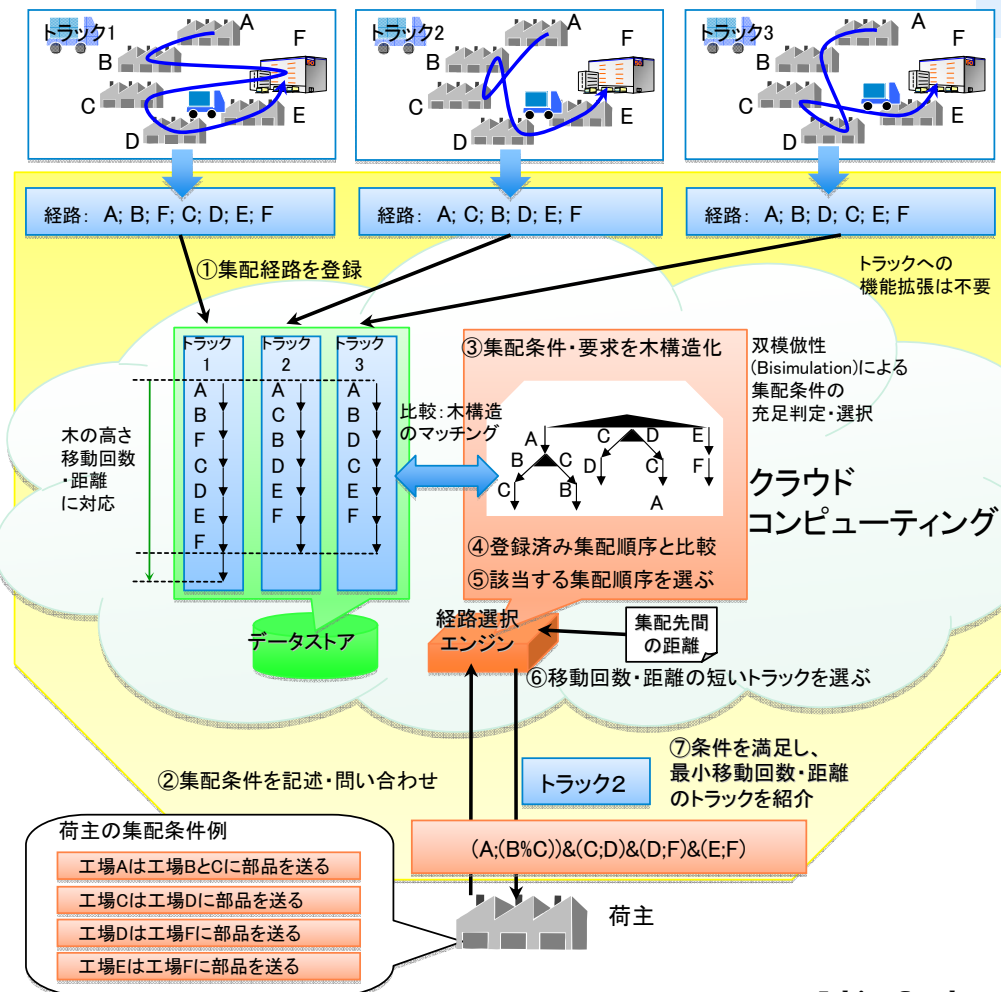
▶ 実証実験

- 紙製飲料缶のための間伐材の伐採、製紙、印刷、容器製造、販売からなるサプライチェーンにおいて実証実験
 - 原材料または中間製品、最終製品のトラック輸送に適用
 - トラック経路最適化 & 選択サーバにトラック事業者が経路を登録
 - サプライチェーン上の事業者が最適なトラックの問い合わせ
 - 原材料または中間製品、最終製品にICタグにより排出枠を割り当て
 - サプライチェーンの各段階において排出枠商品の流れに応じた排出枠の決済(移転)が行われるかを検証
- 両実証実験ともにその利用形態は実運用と同じ → 実用化に必要な準備



実証実験(トラック経路効率化・管理)

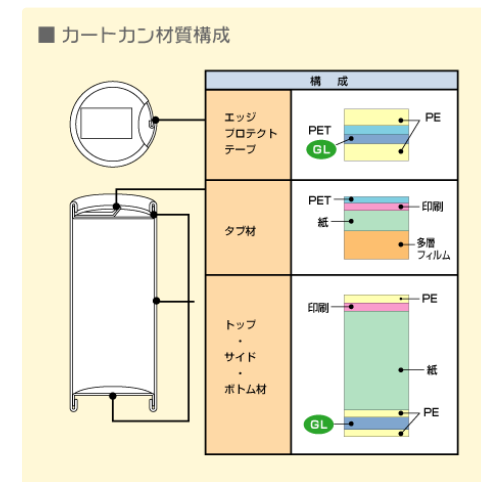
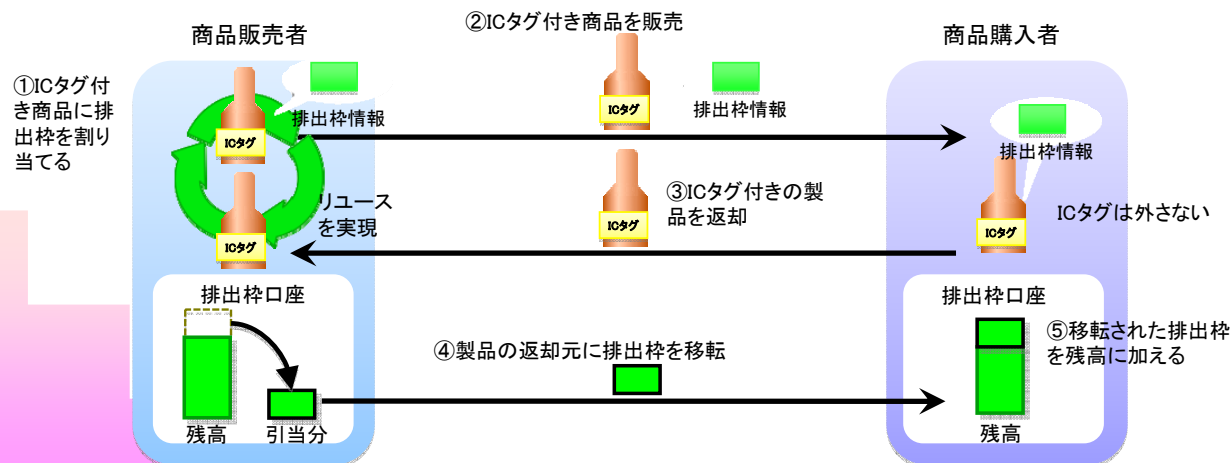
- 運送事業者はトラック経路をサーバに登録
- 荷主は集配条件により該当トラックを問い合わせ
- トラック経路及び集配条件のプログラムは木構造に変換
- 木構造の比較により、集配条件を充足するトラック経路を発見
- 数多くのトラック経路及び問い合わせに対応するためにクラウドコンピューティング上への実装を考慮



Ichiro Satoh

▶ 実証実験（紙製飲料缶トレース）

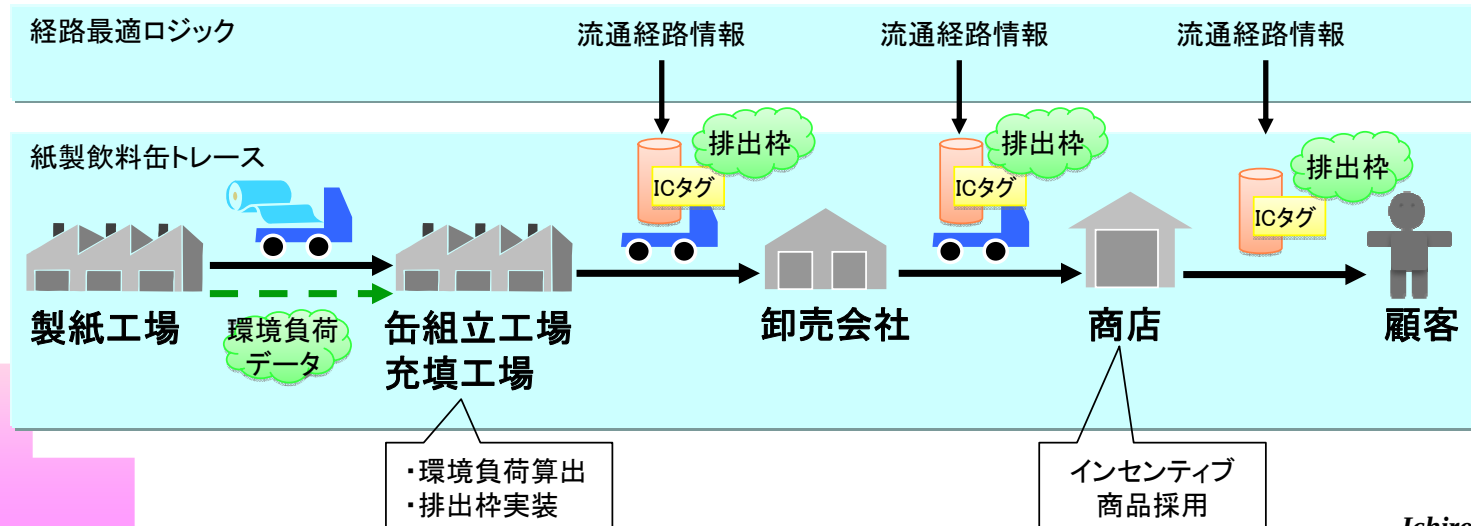
- カートカン（間伐材を利用した紙を原紙とする飲料缶）
 - 原材料、中間材、製品の物流及び商流
 - 間伐材などの国産木質バイオマス資源を積極活用
- 間伐材の管理にICタグを利用を検討
 - 管理用のICタグをそのまま利用できるはず
 - 紙製のためICタグの性能劣化を避けられる
 - 容器サイクルにも利用できる



Ichiro Satoh

▶ 実証実験（紙製飲料缶トレース）

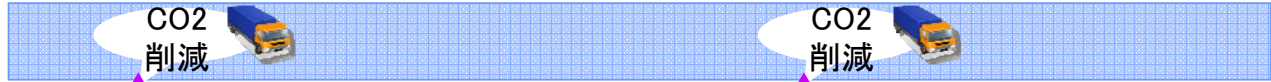
- 紙製飲料缶の原材料調達～商品販売までの環境負荷を求め、かかるCO2排出量の把握および排出枠を実装
 - 調達先からのデータ収集、自社内製造工程におけるデータ取得
 - 原材料、中間製品、最終製品の製造における環境負荷を求める
 - CO2排出量を把握したうえで、商品に装着したICタグに排出枠を実装
- 商品の流通履歴管理
 - トラック経路最適化ロジックで得られた流通経路をICタグに記録



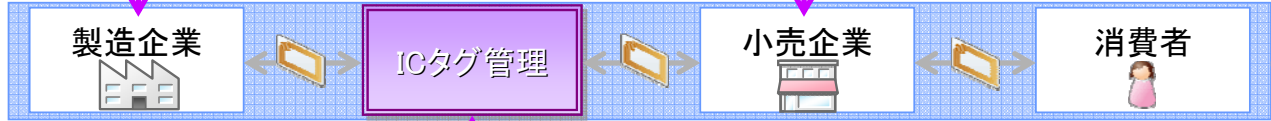
▶ 実証実験(排出枠管理)

- 排出枠付きICタグを有価証券として利用する場合を想定した排出枠決済の実証実験を行う。
- 商品販売者、購入者の口座管理、残高照会、移転の仕組みについて検証する。
- 現行の排出権信託業務や、公的な排出枠の登録簿等とのハブ機能として口座管理会社を位置づけ、インターフェースに関する検討を行う。

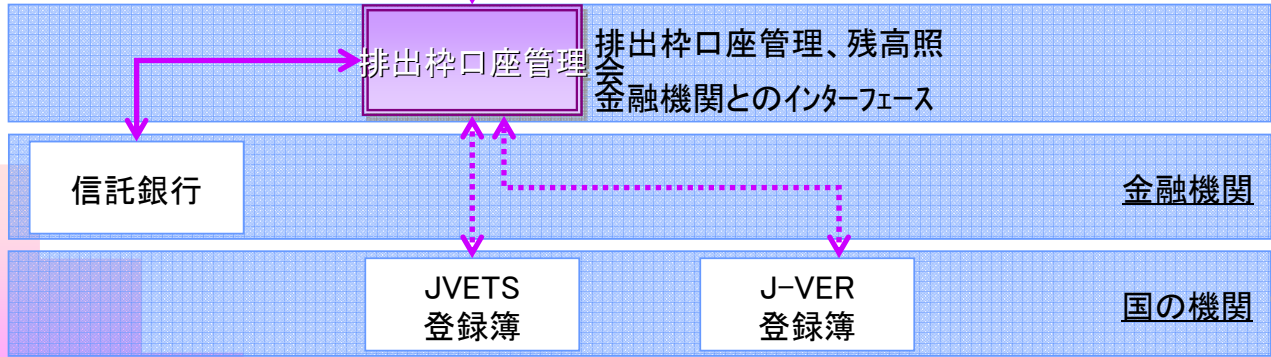
物流の仕組み 共同物流シミュレーターにより集配最適化を実現し、CO2を削減する



商流の仕組み 商品毎にICタグへ排出枠情報を付与し、流通履歴を管理する



金流の仕組み 排出枠付きICタグを有価証券として利用する場合の排出枠口座管理を行う



■ 実証実験①
商流と金流の連携

■ 実証実験②
既存金流インフラとの連携

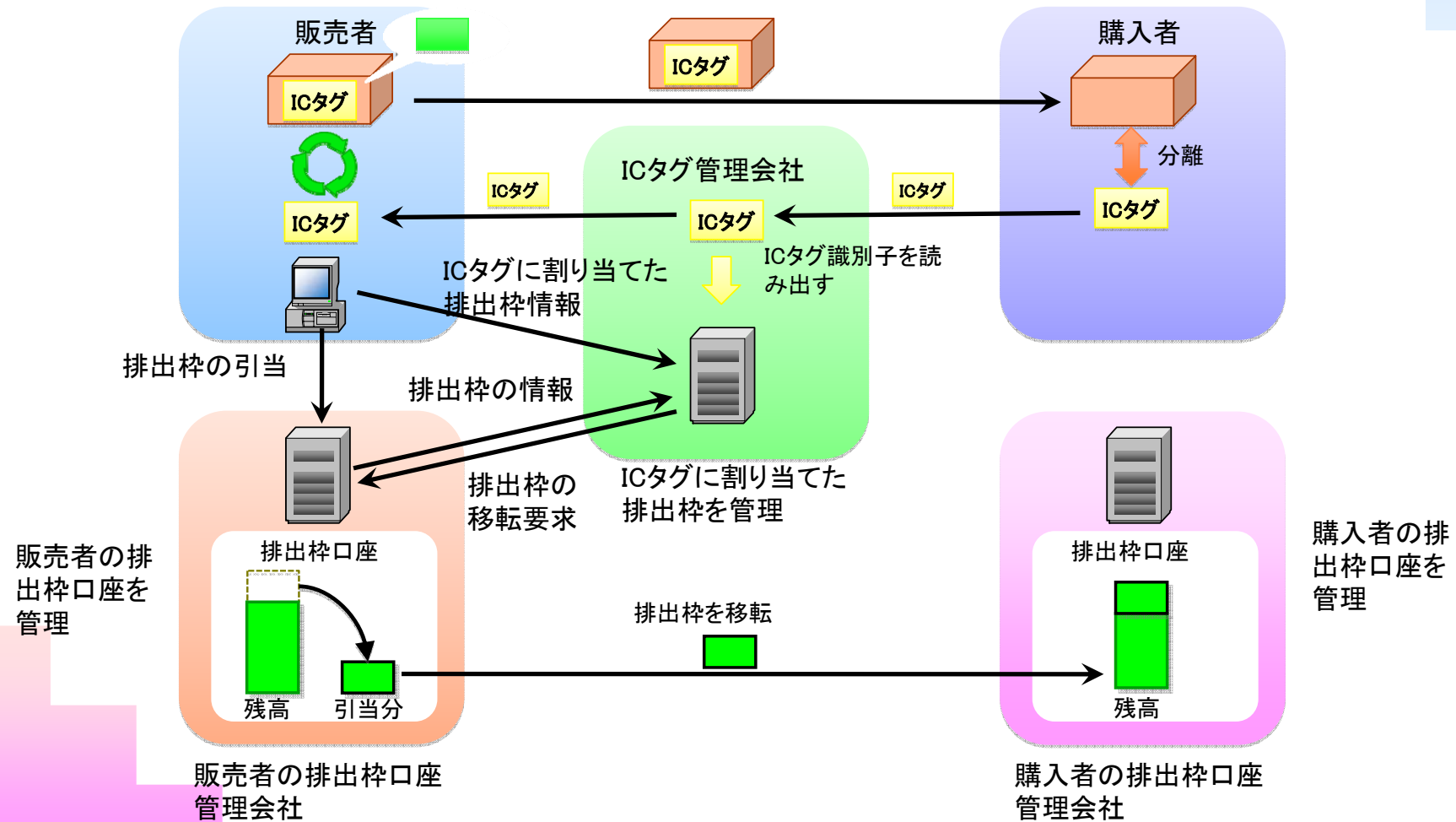
凡例 → 物の流れ → 情報の流れ

▶ 補足：実証実験

- 物流における排出量削減
 - 導入コストを最小化(トラックへの改造は不要)
 - 部分最適化による経路改善
 - (財)ロジスティクスシステム協会から物流に関する助言
- 物流における排出量削減
 - スモールスタート可能、ICタグのリサイクルによるコスト低減
 - 排出枠のベルマーク化
 - 信託銀行などからの協力(現行の排出枠信託業務との親和性を考慮)
 - 本研究の実施に必要な制度上の留意点などを検討
 - (財)自動認識システム協会からICタグに関する監修・担当部会設置
- 新しい排出削減手法・排出枠取引手法として海外に提案
 - 物流トラック効率化手法は発展途上国においても有用
 - ICタグによる排出枠取引は欧州型排出枠スキームに整合可能性

Ichiro Satoh

▶ 補足：実証実験（排出枠管理）



Ichiro Satoh

▶ 補足：既存技術への優位性

■ カーボンフットプリント

- 商品の生産や流通に関わる排出量を見えるようにする
- 消費者の商品選択の指標に過ぎない(善意に頼っている)

本研究は排出枠を対象
ただし、排出量も扱える

■ エコポイント(環境省・経産省・総務省)

- 省エネ商品・テレビにポイント添付、ポイントにより商品などに引き替え
- 対消費者に限定。購入者はポイントをカーボンオフセットには利用できない

本研究は
サプライチェーン全体で
運用可能
決済方法(ポイント引き替
え)・カーボンオフセットが
容易

■ エコ・アクション・ポイント(環境省)

- 省エネ商品にポイント添付、ポイントの商品やカーボンオフセットに引替え
- 対消費者に限定。既存製品に置き換える場合以外は排出量削減効果はない

本研究はICカードの読み
取りは必ずしも必要としな
い

■ ICカード(またはICタグ)により排出枠を扱う既存システム

- 商品に添付された排出枠に対するポイントカード(残高が増減)
- 商品売買時にはICカードの読み取りが必須

本研究は
サプライチェーン全体で
運用可能
排出枠の物理的実体化

■ 排出枠付き商品販売

- 既存手法は対消費者に限定(本研究は生産や流通にも対応できる)
- 排出枠商品を買っても購入者に排出枠は渡らない(本研究は排出枠の移転)

■ 既存の排出量取引制度

- 煩雑な電子取引が必要
- 小口の排出枠取引は未整備

本研究は既存制度を補完する立場
川上型割当において川下割当型のキャップ・アンド・トレード方式に
相当する効果

Ichiro Satoh