

第3回技術フォーラム

CO2削減中期目標の達成に向けて
.. 課題と革新的解決策 ..

物流・港湾革命

平成22年6月11日

東京大学
システム創成学専攻
末岡英利



(海運造船新技術戦略寄付講座 HP: <http://www.sss.sys.t.u-tokyo.ac.jp/>)



THE UNIVERSITY OF TOKYO

1. **今、なぜ“物流・港湾革命”を唱えるのか**
 - 1.1 コンテナ貨物 海上輸送の歴史と将来
 - 1.2 物流・港湾におけるCO2排出量
2. **CO2排出削減シナリオを考える**
 - 2.1 国際コンテナ物流 ふたつのパターン
 - 2.2 海陸結節点 港湾からの改革
 - 2.3 物流・港湾はエネルギー変換の舞台
3. **シナリオ実現に向けて・・・ 物流・港湾革命**
 - 3.1 システムズイノベーションのフレームワーク
4. **まとめ**



1. 今、なぜ“物流・港湾革命”を唱えるのか

- 国際海運は世界の3%相当のCO2を排出。
- アジアの台頭含め海上荷動き量が急騰。今後も増加。
- CO2削減目標達成には従来発想の延長では不可能。
- 国際コンテナ物流の占める割合、役割大。
- CO2の革新的削減を目指した物流・港湾革命が必要。



コンテナ輸送に従事する大型コンテナ船

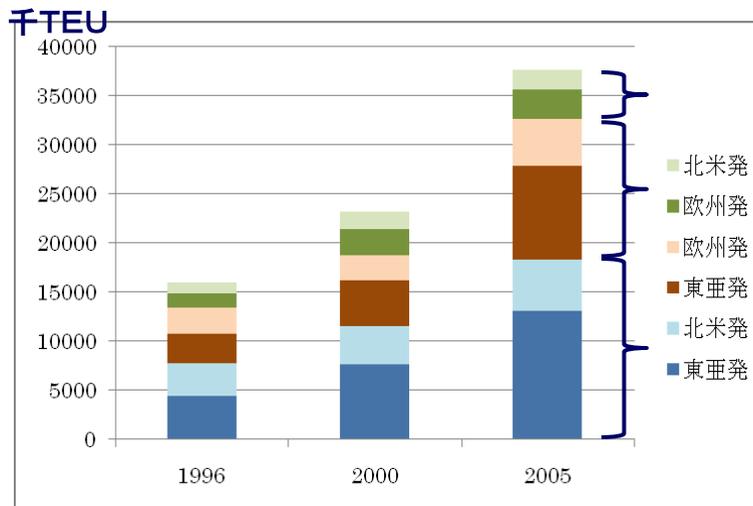


コンテナ荷役を行うコンテナターミナル



1.1 コンテナ貨物 海上輸送の歴史と将来

- 1960年代以降貨物をISO規格の海上コンテナに詰めて輸送することで物流革命が起きた(コンテナリゼーション)。
- その後、海上輸送量増加、高速大型コンテナ船の投入、大水深大型ハブ港の建設・整備が相次ぐ。
- 海陸一貫輸送で産業のグローバル化牽引。



ここ10年の基幹航路のコンテナ荷動き量

欧米航路

欧州航路

北米航路

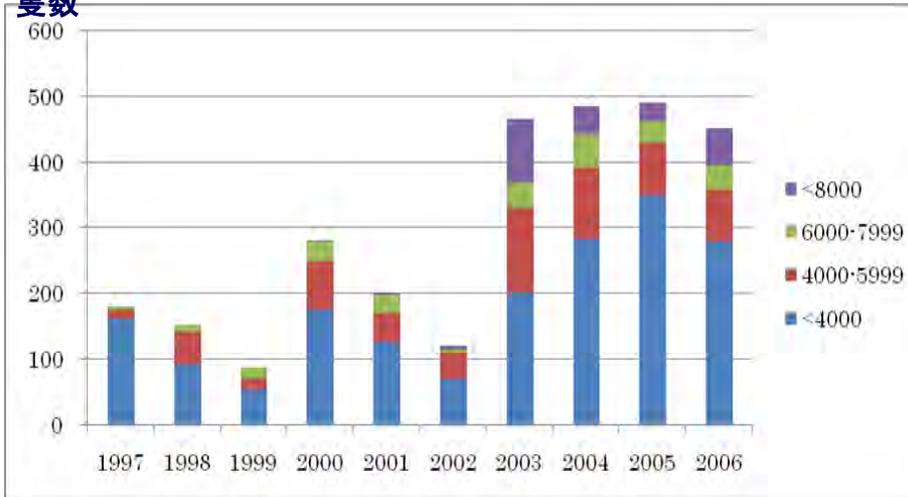
- ここ10年で荷動き量は2倍強

- 東アジア出しの貨物が急増、年率10%強

註) コンテナには20フィート長さのものと40フィート長さのものがある。
TEUは20フィートコンテナに換算した個数。



隻数

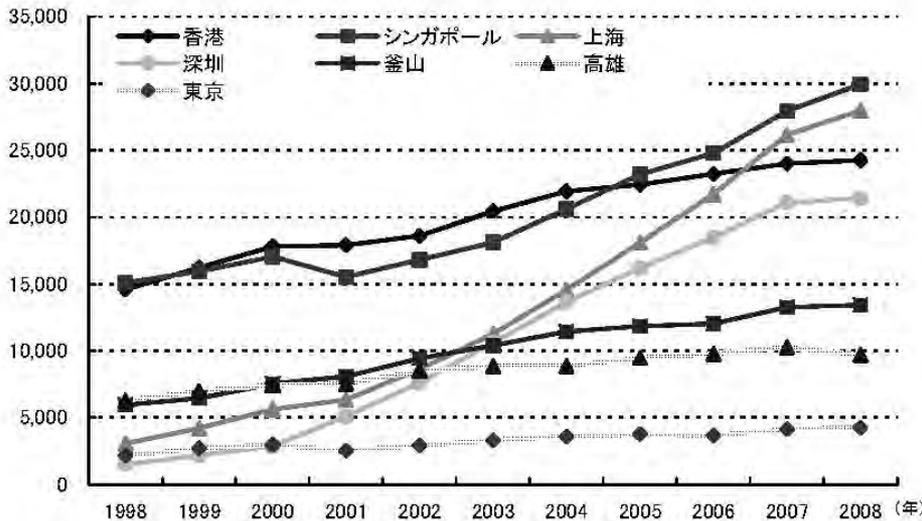


ここ10年のコンテナ船の発注隻数と大きさ

コンテナ船

- 2003年以降大型化が顕著、
今では10000TEU積みのメガコンテナも就航
- 大型化の効果は貨物1個あたりの輸送コストを下げること

(千TEU)



ここ10年のアジアの主要港湾のコンテナ取扱量の推移

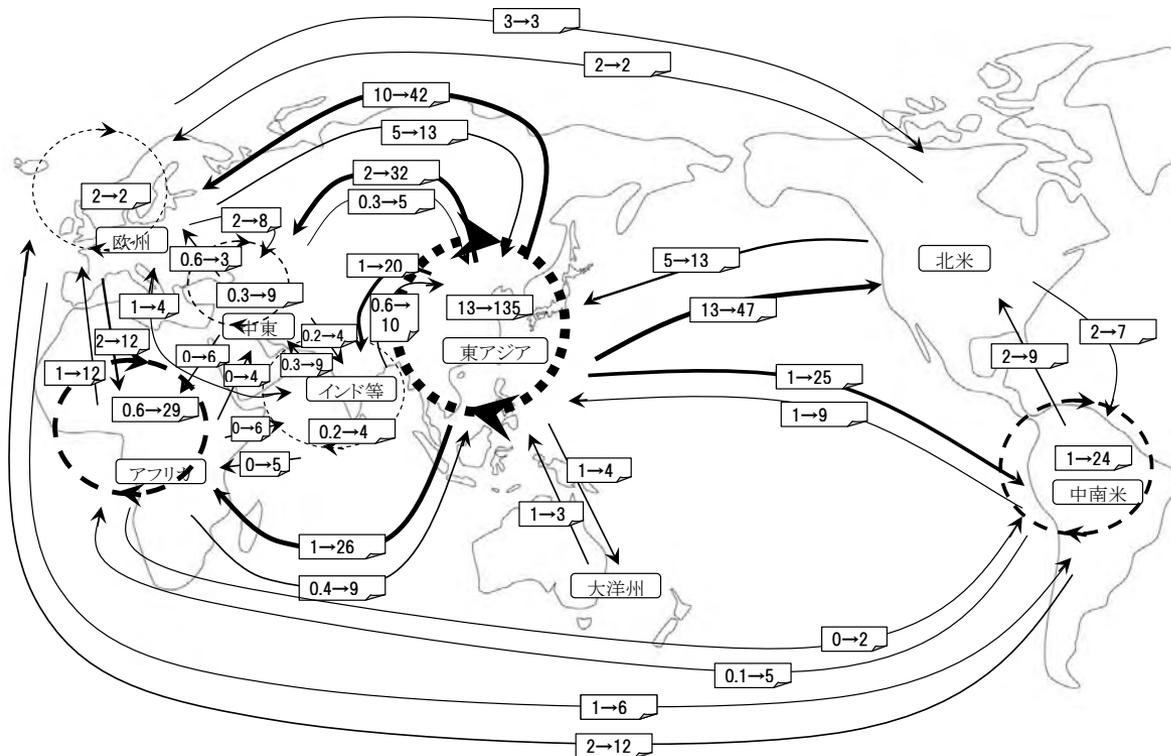
コンテナ港湾

- 上海、深圳急増
- 取扱い量ランキング (2008年)
シンガポール、上海、香港、深圳、釜山、ドバイ、寧波、広州、ロッテルダム、青島、ハンブルク、高雄、アントワープ、天津、ポートケラン、ロサンゼルス、ロングビーチ、.....、東京



・ 今後もアジアが牽引。アジア域内の荷動きが増える。

コンテナ海上荷動き予測(単位:百万 TEU) 凡例: 2005年→2050年



コンテナ海上荷動き量 2050年の予測 (2005年対比)

- ・ 世界全体で7.2倍
(600百万TEU)
- ・ アジア域内は10.7倍
世界の20%強を占める
(135百万TEU)

参考)

他品目については

石油: 1.3倍、LNG: 7.1倍

石炭: 1.6倍、鉄鉱石: 1.7倍、..

(世界、重量トンベース)

2050年 コンテナ海上荷動き量の予測 (OPRF海上輸送予測モデルによる)



THE UNIVERSITY OF TOKYO

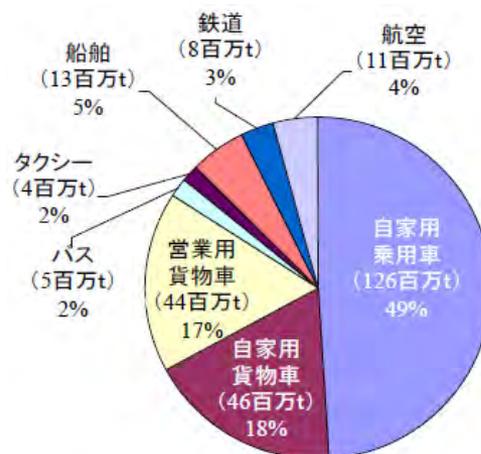
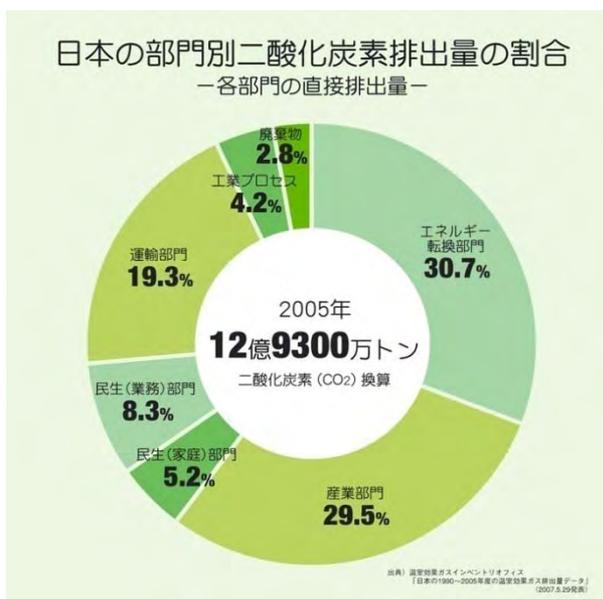
1.2 物流・港湾におけるCO2排出量

- ・ 国際コンテナ物流におけるCO2排出起源は、
 - ① 国際海運 ～ コンテナ船(化石燃料)
【推進動力用ディーゼルエンジンからの排ガス：C重油が燃料】
 - ② コンテナ港湾 ～ 荷役機器(化石燃料)、冷凍コンテナ保管(電力)
 - ③ 国内輸送 ～ トラック(化石燃料)
- ・ 国際海運のCO2排出量は 約8億7千万トン(2007,IEA)。

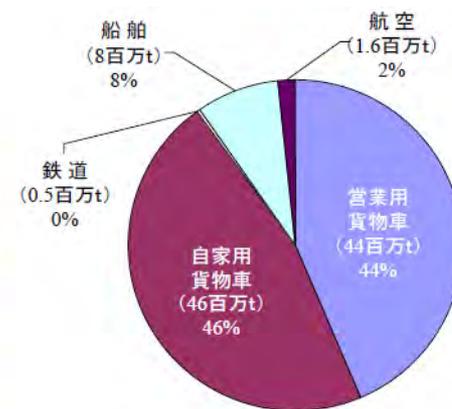
世界全体(約290億トン)の3%、ドイツ一国分に相当する。
中国21%、米国20%、ロシア5%、インド5%、日本4%、ドイツ3%、……。
コンテナ船からの排出は約30% (2050年には、50%以上になる)。



- 日本の運輸部門のCO2排出量は日本全体の約19%。
- そのうちの約4割が貨物トラックによるCO2排出。



排出量合計 2億5700万t
2005年度(速報値)



排出量合計 1億100万t
2005年度(速報値)

日本全体の19%を
運輸部門(旅客・貨物)が占める



そのうちの43%を
貨物が占める



そのうちの90%を
トラックが占める

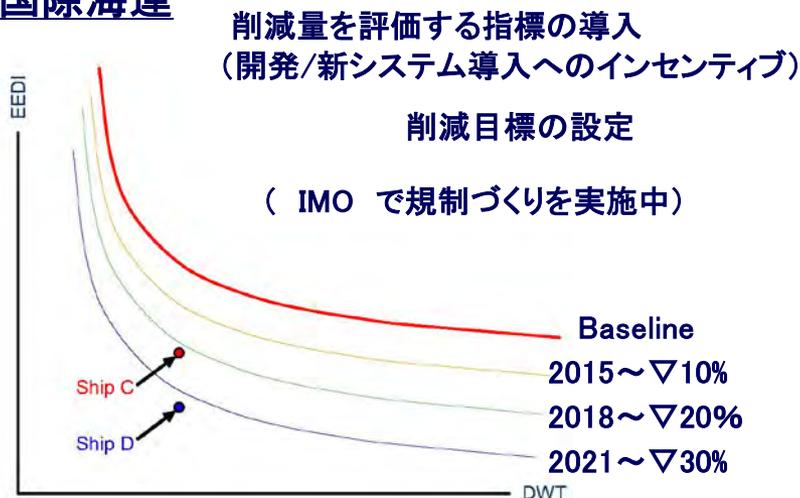


CO2排出削減に向けての取り組みは、

- ① 国際海運 ~ 国際的仕組み/規則づくりを IMO(国際海事機構)が担当
- ② コンテナ港湾 ~ ??
- ③ 国内輸送 ~ モーダルシフト推進
(トラック一辺倒から内航船舶/鉄道に輸送モードをシフト)

国際コンテナ物流におけるCO2排出削減シナリオは??

国際海運



設計指標 (EEDI) と 達成目標 (案)

$$EEDI = \text{CO2排出量} / \text{輸送量}$$

国内(最近の政策提言)

戦略港湾検討委員会 (国交省成長戦略会議)	エネルギー基本計画の見直し (経済産業省)
国際競争力ある港湾力の発揮	低炭素型成長を可能とする エネルギー需給構造の実現
①公設民営 公的資金による基盤整備と民営化 による高効率化	①モーダルシフト化率を: 2020年70% 2030年80%
②大水深化 パナマ運河拡張などの国際的潮流 への適合	②貨物鉄道輸送 基盤整備と機能向上へ 官民での推進
③高機能化 大量輸送に適合する高機能化・ 高効率化	③内航海運の規制見直し、 内外人材育成、アジア相互 乗り入れ



THE UNIVERSITY OF TOKYO

2. CO2排出削減シナリオを考える

- ・ 国際コンテナ物流には多くのプレイヤーが存在。
- ・ プレイヤー間の課題を乗り越え
“高効率、高機能、低炭素化”を実現する物流を目指す。
(=低炭素型シームレス物流、シームレス:滞りのない海陸一貫輸送)
- ・ そのためのシナリオは？

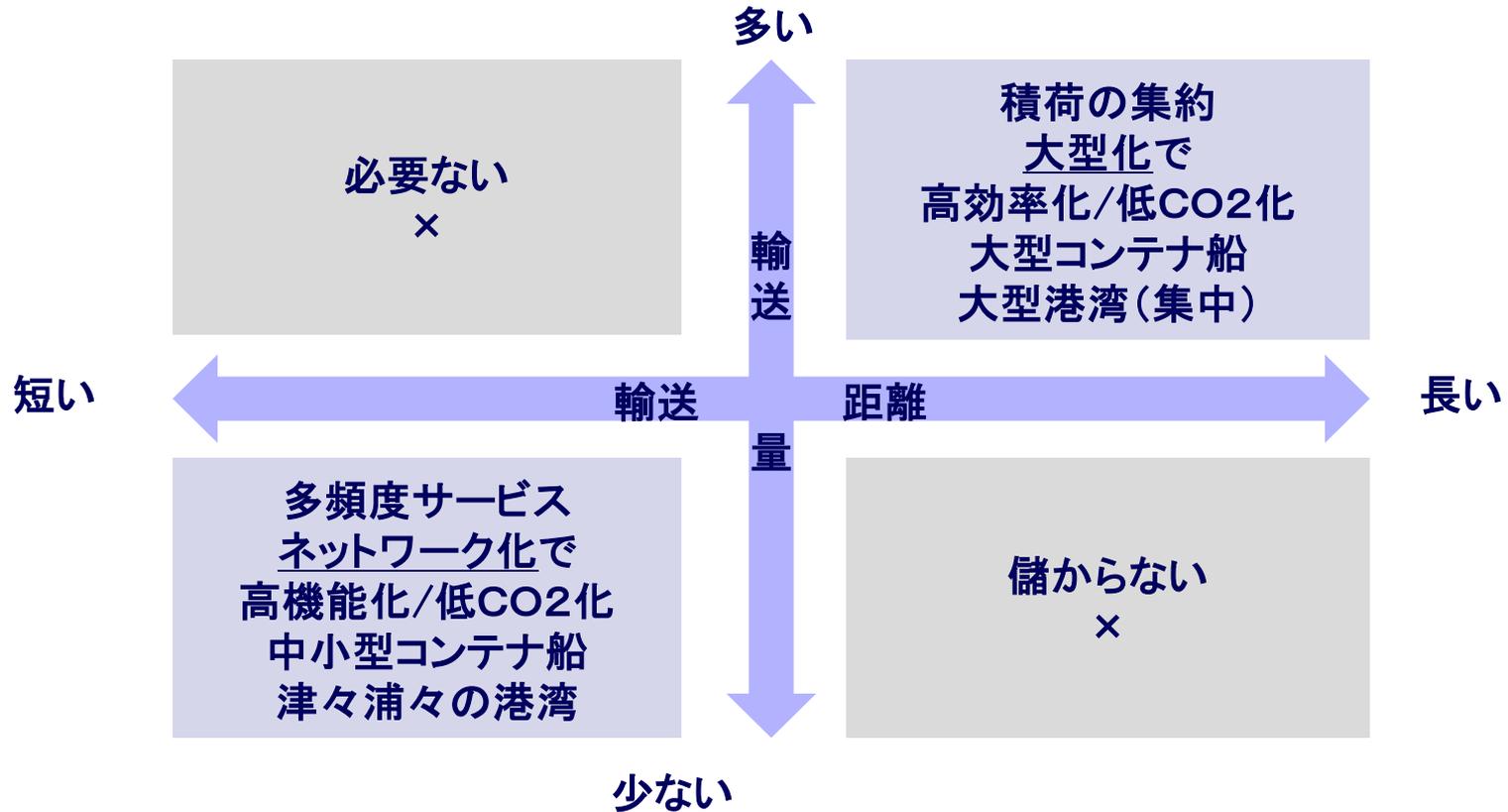
プレイヤー間の課題、要望と 望ましい姿 (例)

- 【荷主】 安く(コスト)、早く(リードタイム)、それでもエコ(低CO2)な輸送を！ .. 直送化
- 【海運】 荷役時間短く、寄り道少なく、そうすれば低CO2にもつながる！ .. 直航化
- 【港湾】 海陸時間どおり来て！ 荷物の出入り波谷多すぎる！ .. 一元管理化
- 【トレーラ】 ゲート前での渋滞大変(アイドリング→排ガス)！ .. 24Hrゲートオープン化
- 【内航/鉄道】 横持ちでコスト/時間増！ .. 直入化
- 【全体で眺めてみると】 空コンテナの輸送多すぎる(ムダ)！ .. ラウンドユース化



2.1 国際コンテナ物流 ふたつのパターン

- 大陸間基幹物流と域内物流の違い。



- キーワードは・・・ 基幹:大型化、域内:ネットワーク化。
- それぞれのあるべき姿を考える。



大陸間基幹物流（北米⇔アジア、欧州⇔アジア、等）

- 大型コンテナ船投入と受入可能な大型港湾。
- 高速荷役と内陸部への大量輸送（内航/鉄道）。
- 輸送の量的効果でCO2削減を狙う※。

※ 例えば、

船からのCO2排出量 \propto 燃料消費量 \propto 馬力 \propto (排水量)^{2/3} X (船速)³
(大型化で排水量が2倍になっても CO2排出量は1.3倍)

例) 北米 ロサンゼルス(LA) & ロングビーチ(LB) 港 ・・ オンドック鉄道(シェア30%)



LA&LB港



ITSターミナル(LB港)



オンドック鉄道



域内物流（アジア、欧州、等）

- ドアtoドア 複数多岐のルートに肌細かいサービス必要。
- 輸送ルート選択、港湾荷役短時間化がキー。
- ネットワーク化による物流最適化でCO2削減を狙う※。

※ 例えば、

港湾荷役時間短縮で船速を2割減らせるとすると、船のCO2排出量は半減。

現状例) もっと効率的なネットワーク化が必要



上海スーパーエクスプレス(SSS)

- ・上海⇔博多 高速シャトル
- ・RO/RO 荷役 (RO/RO フェリー)
- ・博多から国内 トラック/鉄道

日中定期

- ・地方港巡回
- ・コンテナ船
- ・中国内陸部は
上海積み替えフィーダサービス

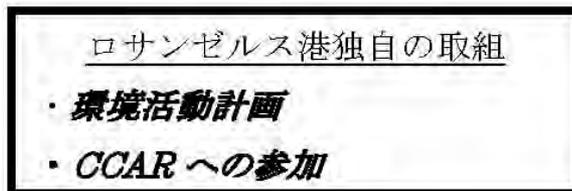
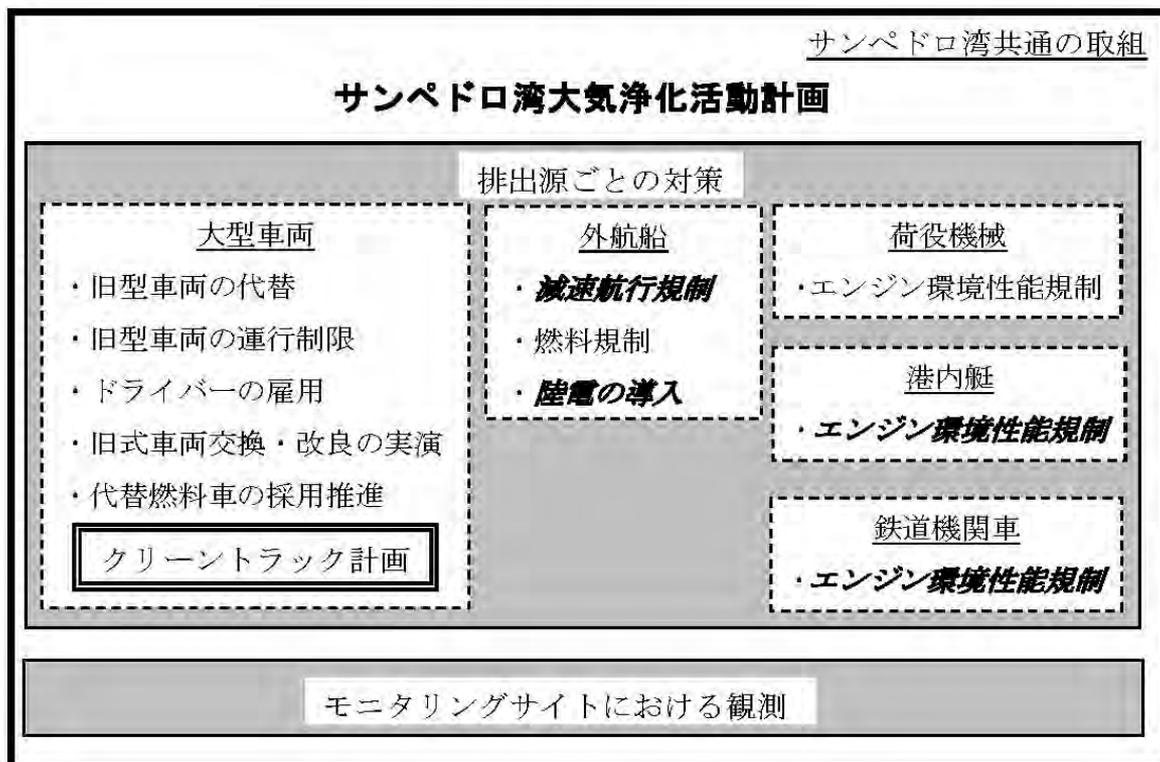


THE UNIVERSITY OF TOKYO

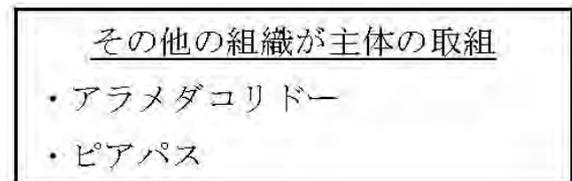
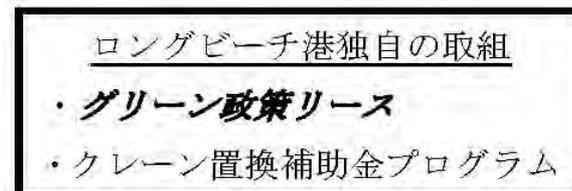
2.2 海陸結節点 港湾からの改革

- ・ 地域/港湾一体となった環境保全活動が牽引力となる。

サンペドロ湾 LA/LB 港の取り組み

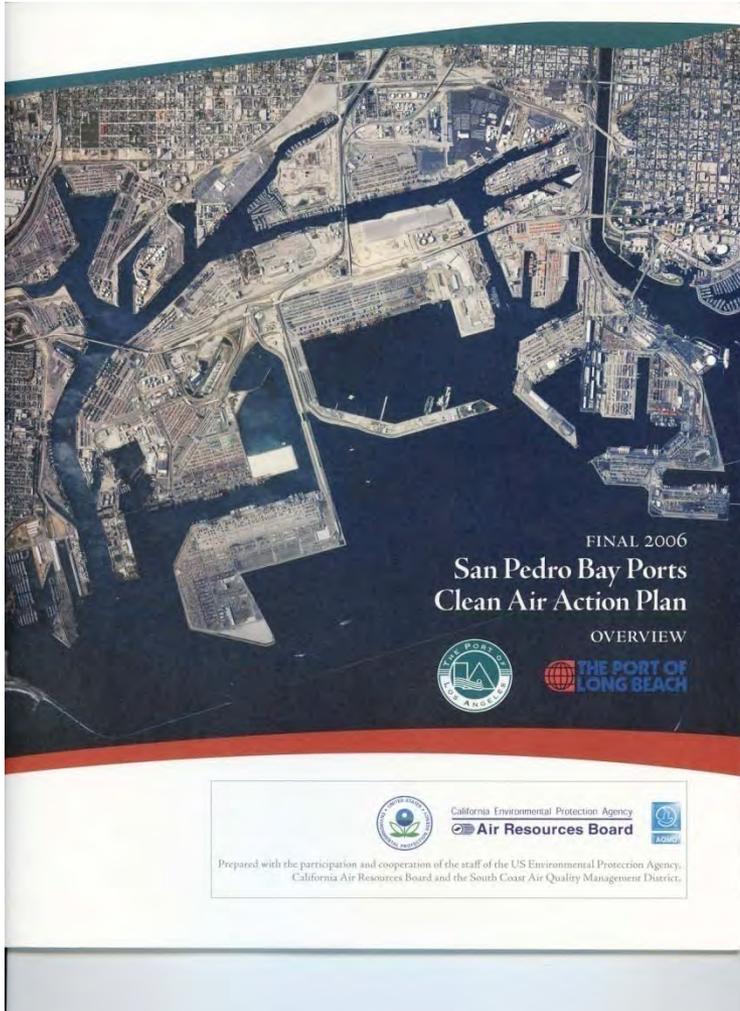


CCAR : California Climate Action Plan



太字斜体部分：大気汚染物質のほか、CO₂ 削減も考慮

註) 大気汚染による住民の健康被害を契機に連邦・州の規制だけでなく地域・港湾が一体となって環境問題に取り組んだ。



サンペドロ湾大気浄化活動計画 冊子(2006)



アラメダコリドープロジェクト (2002開通)

LA downtown ~ LA/LB 港
(約30km)
を結ぶ貨物専用鉄道(半地下化)
輸送効率向上・交通渋滞緩和
環境汚染軽減

LA/LB 港
オンドックレール普及
陸電設備導入



陸電使用のためのコンテナ船設備
(ケーブルリール)

アラメダコリドーによる大気汚染物質削減効果 (2002-2004年)

	CO	NOx	PM10	Sox
削減量 (t)	2371.9	1170.2	48.4	20.4
削減率 (%)	92	45	56	23

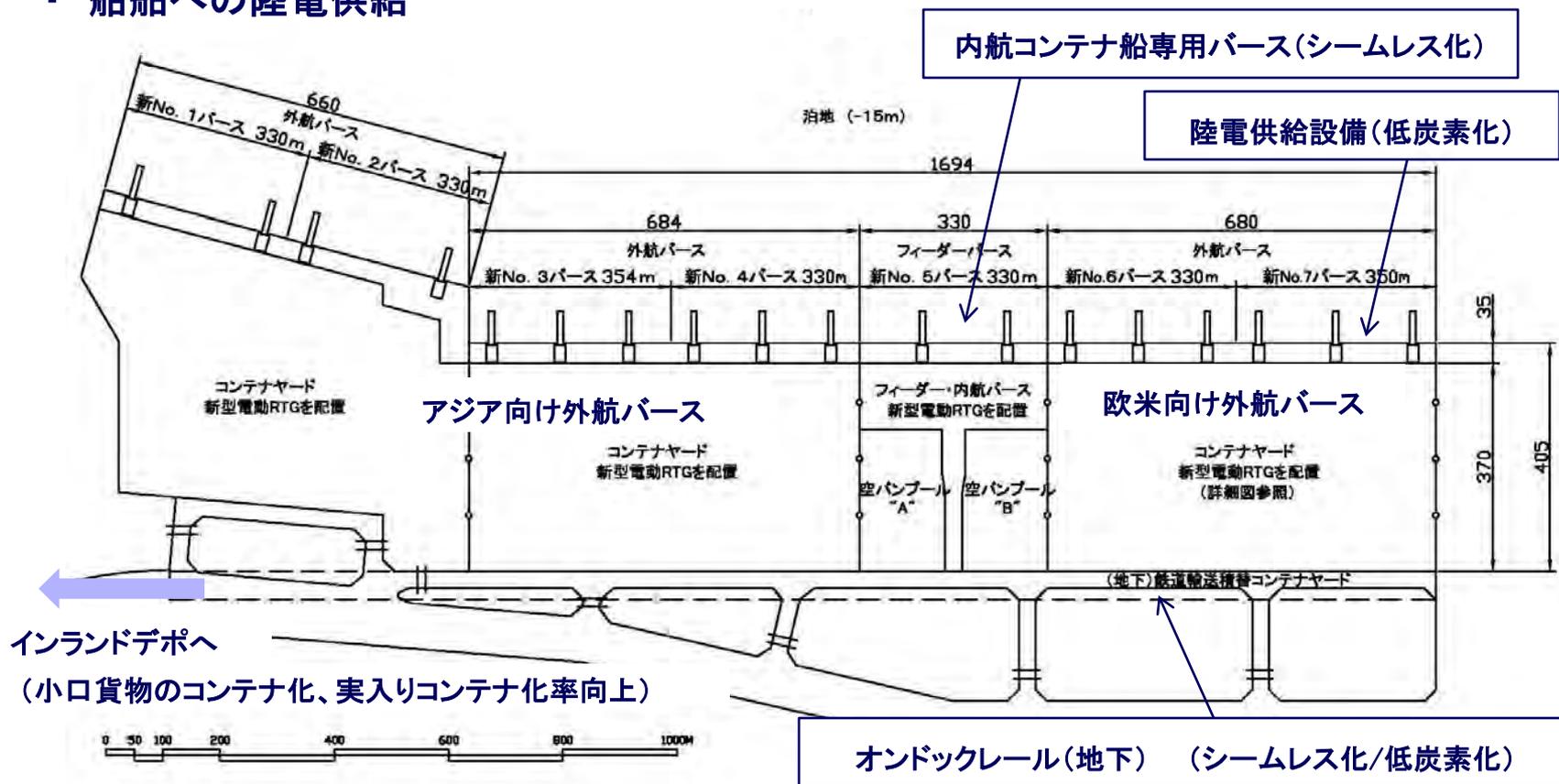
注：鉄道輸送の効率性向上と道路交通渋滞の削減効果の合計を示す。



- 日本発信の改革も必要(例えば、東京湾？京浜港は？)。

低炭素/シームレスを目指すコンテナターミナル概念設計例

- 鉄道、内航船の直入化 (モーダルシフト加速)
- 船舶への陸電供給



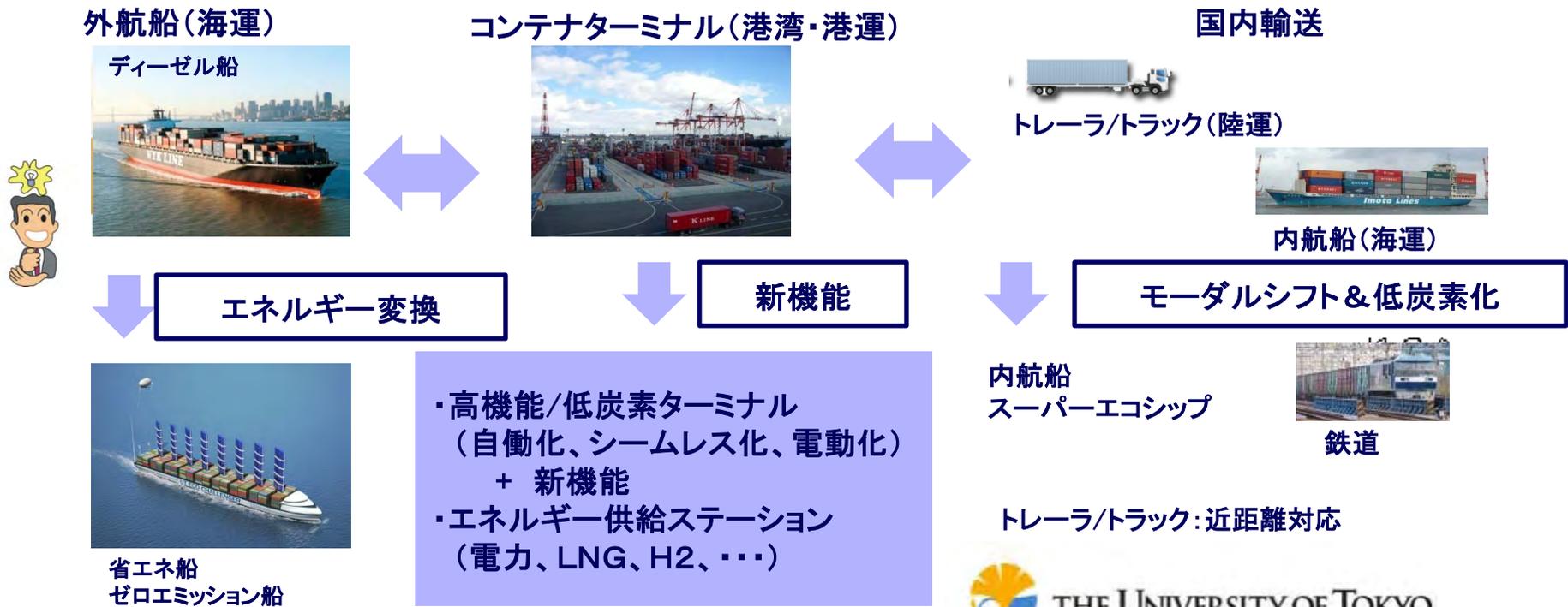
電動RTG導入:CO2 約20%削減



THE UNIVERSITY OF TOKYO

2.3 物流・港湾はエネルギー変換の舞台

- ・ モーダルシフトでCO2削減。
- ・ 各輸送機器のエネルギー変換を総合的に推進。
- ・ CO2削減を国際的に展開。世界に貢献。
- ・ 将来像は？



モーダルシフトのCO2削減効果の試算例

【東京 → 北海道】間コンテナ輸送（輸送量は1ヶ月分）

輸送機関	輸送量 (トン)	輸送距離 (km)	CO2排出原単位 (gCO2/トン-km)	CO2排出量 (tCO2)
現状				
トレーラ	4200	1200	173	872
内航船舶	3500	1100	39	150
計				1022
すべて船舶にシフトした場合				
内航船舶	7700	1100	39	330
すべて鉄道にシフトした場合				
鉄道	7700	1150	22	195

輸送機関別
CO2排出量

区分	原単位 (gCO ₂ /トンキロ)
自動車	173
鉄道	22
船舶	39

- ・ モーダルシフトによるCO2削減効果は 内航船舶:約70%、鉄道:約80%！
- ・ 実現させる(荷主が求めるコスト、時間を満足させる)ためには、シームレス港湾& 鉄道貨物ターミナル駅の設備、地方港/貨物ターミナル駅のインランドデポ化等が必要

3. シナリオ実現に向けて・・・物流・港湾改革

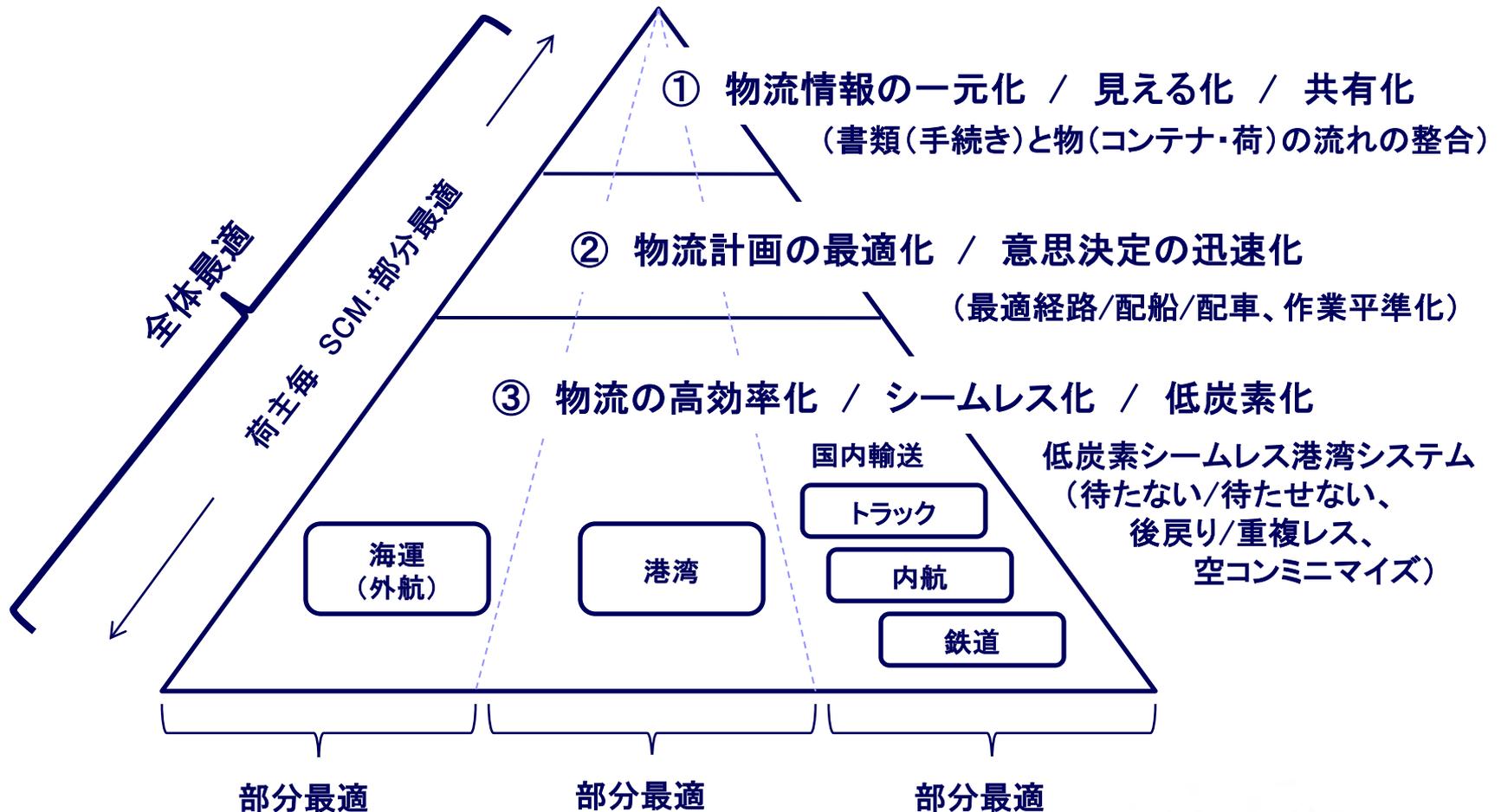
- ・ プレイヤー（荷主、外航海運、港湾、陸運/内航海運、鉄道）それぞれの取り組みだけでは限界。
- ・ 分野横断的なシステムズイノベーションが不可欠。
- ・ システムズイノベーション実施には、下記2点が必要。
 - ① 国の強い政策とインフラ整備
 - ② 民間の高効率・高機能への取り組みと仕組みづくり

＝ 物流・港湾改革
- ・ ゴールは、低炭素型シームレス物流の範を示す、国際社会（特にアジア）に貢献する、我が国の産業力強化をはかること。

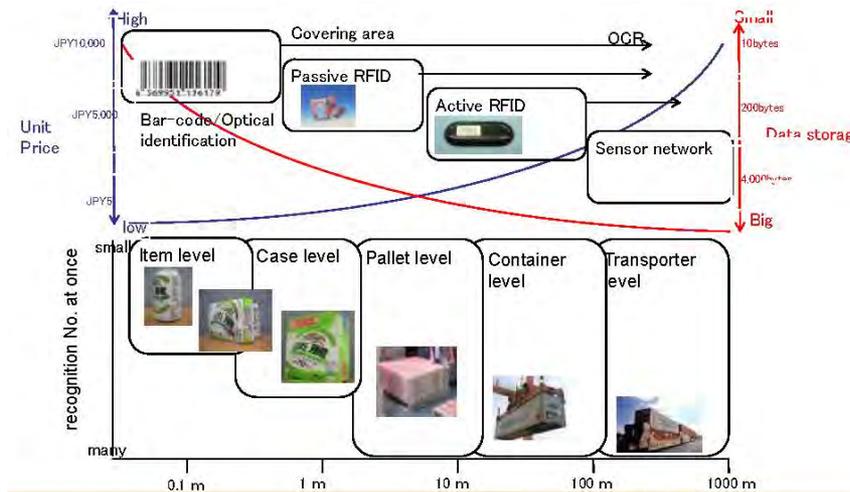
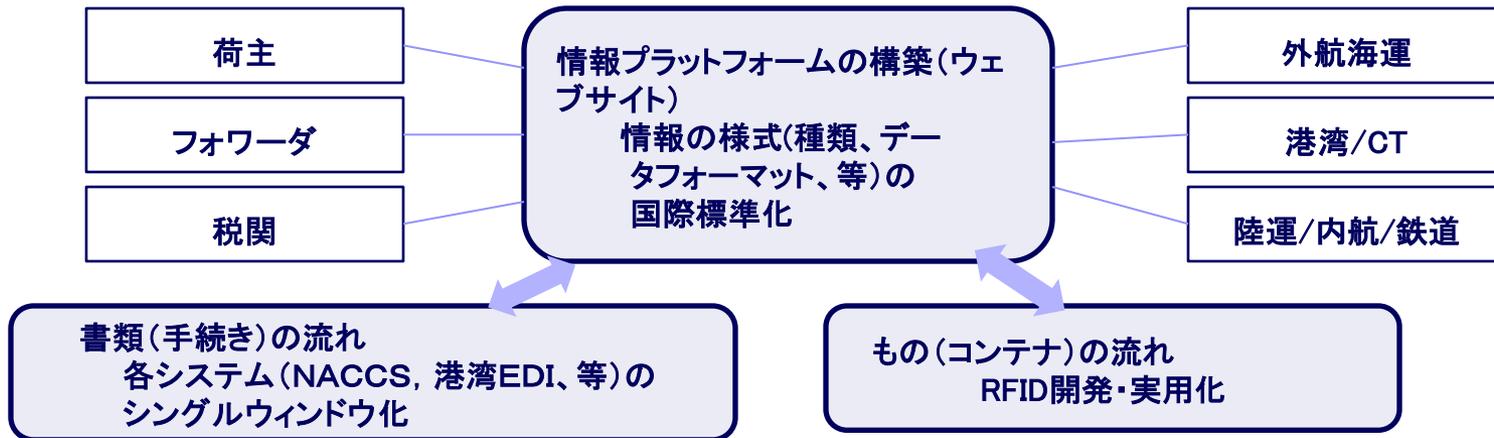


3.1 システムズイノベーションのフレームワーク

- 物流の全体最適化を考える(分野横断的フレームワーク)。



① 物流情報の一元化/見える化/共有化 構想 (物流情報のシステムイノベーション)



RFIDによる情報発信

(図の提供:MTI)

海上コンテナ用にはActive RFIDの実用化がキー

(図の提供:MTI)



THE UNIVERSITY OF TOKYO

② 物流計画の最適化/意思決定の迅速化のための基盤構築

(経験と勘に加えて科学を:ロジスティクス最適化システムイノベーション)

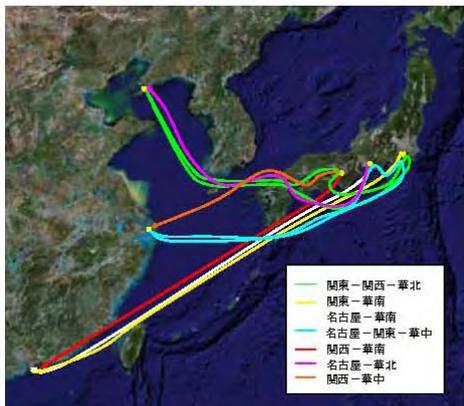
情報プラットフォームによる情報共有化



物流シミュレーションによる最適化
物流モデル・シミュレーション手法開発・
実用化・運用プラットフォーム構築

- 情報インフラとシミュレーションによる
物流最適化・意思決定支援は二人三脚

- これまでも物流シミュレーションが開発され使用されている例はあるが不発
→ 使用しやすい環境とメニュー、
継続的運用が必要



例えば、総費用が最少となるような
経路・輸送パターンを探索する

航路	船舶数	周期 [day]
Nagoya-Kahoku-	9	14
Kansai-Katyu-	14	7
Nagoya-Kanan-	6	14
Kanto-Kanan-	15	14
Kansai-Kanan-	10	14
Kanto-Kansai-Kahoku-	36	14
Nagoya-Kanto-Katyu-	43	14

日中代表各3港対象に
荷主及び海運会社の
双方の利益が最大
になるような
ネットワーク探索を行い
投入するコンテナ船の
船型/船速/隻数を
検討した例

マルチエージェントシミュレーションによる日中間ネットワーク最適化検討例 (東京大学:秋元等の研究より)



THE UNIVERSITY OF TOKYO

4. まとめ

- 1) 国際コンテナ物流は世界の社会・経済のライフライン。
(輸送量が増えることはあっても減ることはない)
- 2) 従来発想の延長ではCO2削減目標達成不可能。
- 3) CO2の革新的削減を目指した物流・港湾革命が必要。
- 4) あるべき将来像は低炭素型シームレス物流。
- 5) 実現に向け分野(荷主、海運、港湾、陸運/内航/鉄道)横断的システムズイノベーションが不可欠。



6) 全体最適を考えたシステムズイノベーションのフレームワークを提言。

① 物流情報システムイノベーション

② ロジスティクス最適化システムイノベーション

③ シームレス港湾システムイノベーション

7) 国の強い政策/インフラ整備、民の高効率/高機能/仕組みづくり不可欠。

8) ゴールは、低炭素型シームレス物流の範を示し国際貢献。



ご静聴ありがとうございました。

