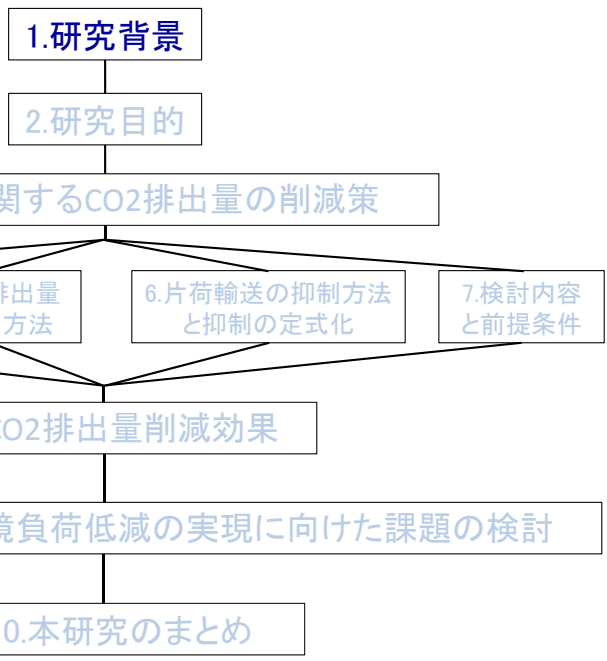
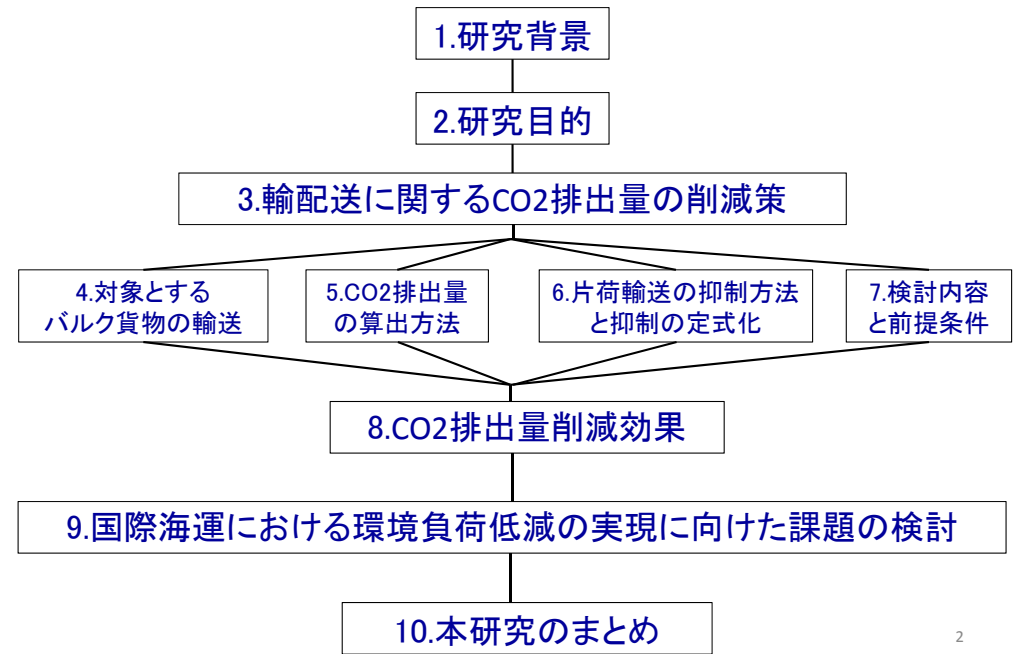


国際海運における片荷輸送の抑制による環境負荷低減の実現に関する研究

海運ロジスティクス専攻
1355002 勝村元亮
指導教員 黒川久幸教授

発表の概要



国際海運分野における地球温暖化

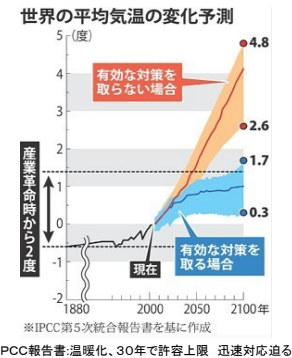
○地球規模の問題として、「地球温暖化」がある。

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)は

- 今世紀末には人々の健康や生態系に「深刻で広範囲に及ぶ後戻りできない影響が出る恐れ」が高まっている。
- 被害を軽減する適応策にも限界が生じる。

と予想し、その上で

- 気温上昇を抑えるために「多様な道筋がある」として、各国政府に迅速な実行を迫っている。



出典)『毎日新聞』2014年11月02日IPCC報告書:温暖化、30年で許容上限 迅速対応迫る

○地球温暖化は国際海運分野でも考えるべき問題である。



国際海運からのCO2排出量予測

国際海事機関(IMO)によると

- 2007年の国際海運分野からのCO2排出量は、8.5億トンで、世界全体のCO2排出量の約3%になる。
- 荷動き量の増加も予想されているため、CO2排出量は今後増加していくと考えられている。



国際海運分野での効果的なCO2排出量削減策の検討が重要になっている。

京都議定書と国際海運分野

○地球温暖化を阻止するための取組みに、「京都議定書」がある。

京都議定書の概要

署名：1997年12月11日（京都）
 効力発生：2005年2月16日
 寄託者：国際連合事務総長
 条約番号：平成17年条約第1号
 主な内容：先進国等が約束期間において数量化された約束に従って温室効果ガスの排出を抑制または削減すること等を定める



○京都議定書における国際海運分野の位置付け

国際海運分野は、**国際的に貨物を輸送するため**、
 国別の削減数値目標義務を課す京都議定書の枠組みが適応しない

↓
京都議定書の対象外

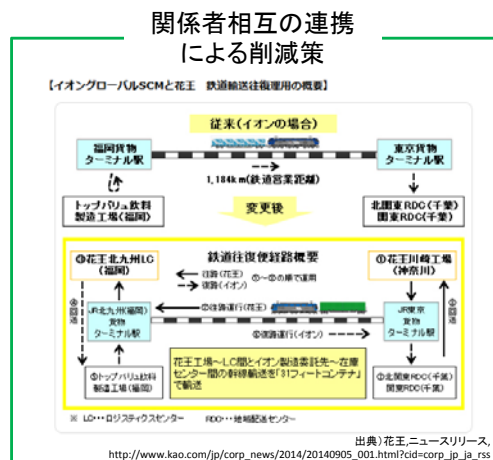
↓
国際海運分野における削減策は国際海事機関(IMO)で検討することに

国内輸送での取組み

低燃費車や
エコドライブなど

ハード面

ソフト面



→物流事業者単独の取組みから関係者相互の協力による取組みへ

したがって、国際海運分野でも将来を見据えた取組みとして、

**関係者相互の連携について
 今から議論を進めておく必要があるといえる。**

IMOによって検討された国際海運分野での削減策

MARPOL条約附属書VI改正(2013.01発行)

技術的手法(ハード面)

EEDI
 (Energy Efficiency Design Index)
 〈新造船対象〉

- 設計・建造時に新造船の効率を事前評価
- 個々の船舶に固有のEEDIを示す証書付与(例)「EEDI=5.0g/ton-mile」
- EEDI規制値(船のサイズで決まる)満足義務
- 規制値の段階的引き下げ
- 今後LNG船や自動車運搬船等へ規制適用拡大のため、条約改正予定(2014年採択見込み)

運航的手法(ソフト面)

SEEMP

(Ship Energy Efficiency Management Plan)
 〈新造船・既存船対象〉

- 各船に適した運航的手法(省エネ航行)を選択、文書に記載、各船に備え付け(例)減速航行、ウェザー・ルーティング
- EEOI(Energy Efficiency Operational Indicator)の自己モニタリング

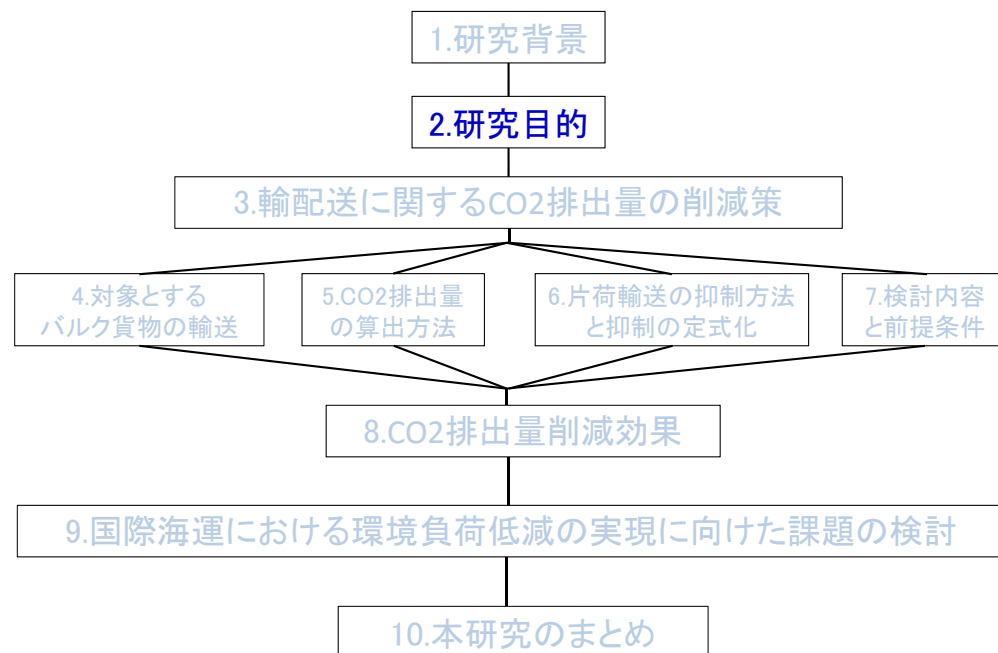
【IMOの今後の審議予定】

IMOでは、第二段階の対策としてCO2排出削減に経済効果を持たせる経済的手法(燃料油課金制度等)を導入するべく審議を進める予定。

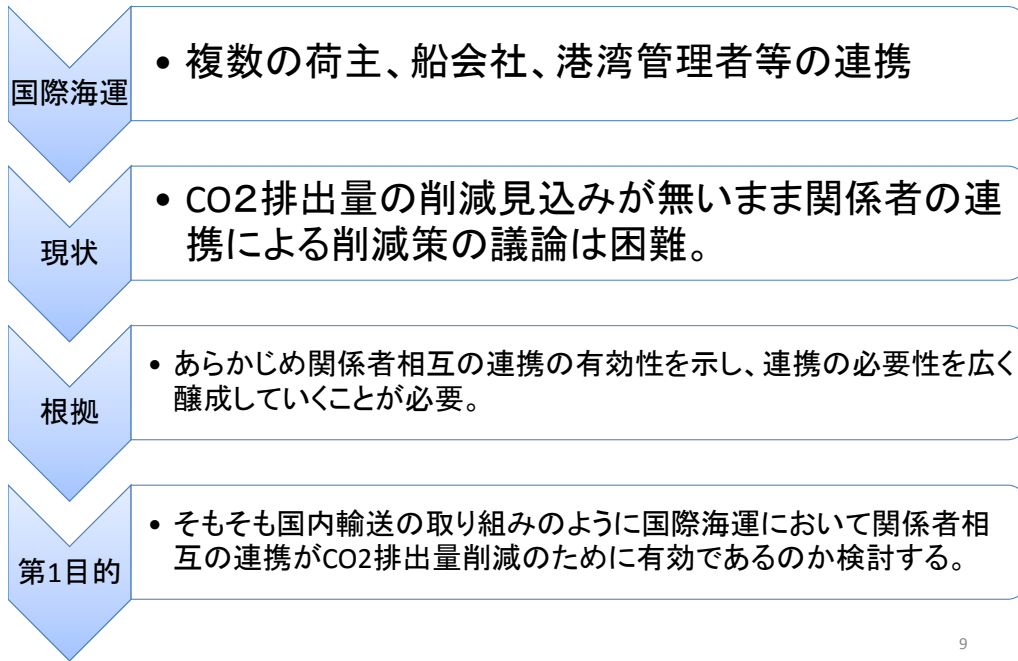
ハード面での取組みは船齢などの理由からすぐには削減効果を見込むことは困難



ソフト面での取組みも始まったばかりで、更なる削減策の検討が必要である。



第1目的

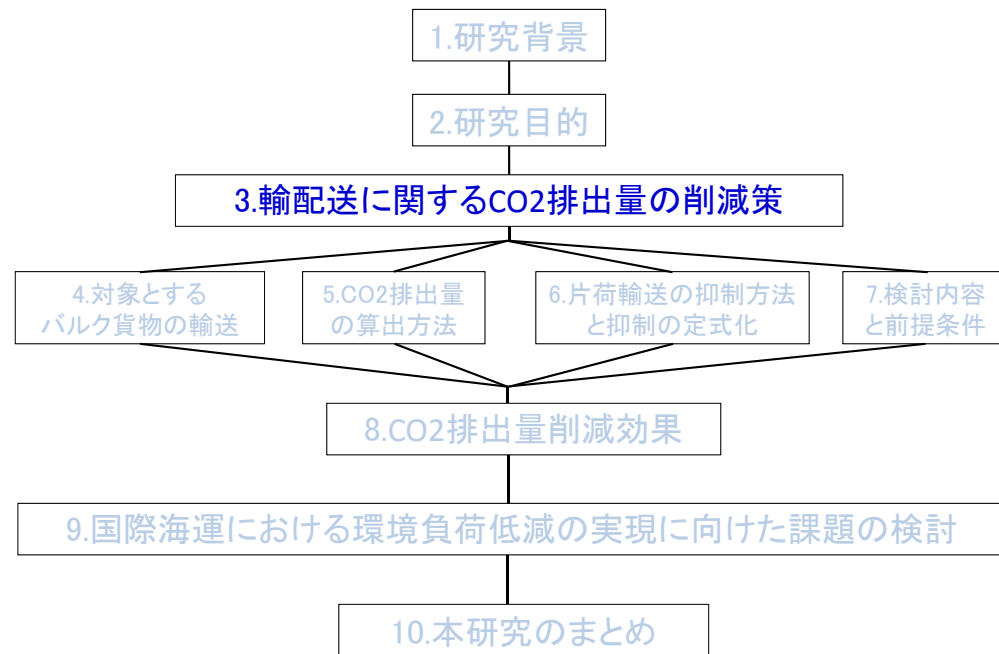
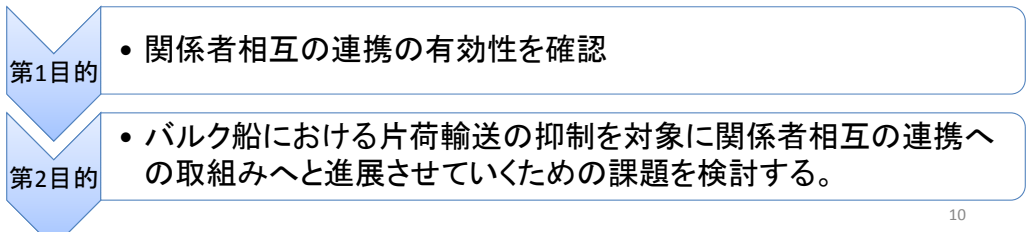


第1目的の対象

- 国内輸送
 - 対象船舶: コンテナ船やRORO船
 - 関係者相互の取組み: 共同配送や片荷輸送の抑制
- 国際海運
 - 対象船舶: 鉄鉱石や石油を輸送するバルク船
 - 現状: 荷揚げした後は空船での航海(片荷輸送)

➡ バルク船における片荷輸送の抑制を対象に検討。その削減効果を定量的に示すことで有効性を確認する。

第2目的



	①	②	③
国内輸送	1968(日) 大気汚染防止法公布	1981(日) モーダルシフトという考えが登場	1997(世) 京都議定書採決(国際海運は対象外となりMONOで検討)
国際輸送(海運)	1954(世) OILPOL 油による海水の汚濁の防止に関する国際条約	1973~78(世) MARPOL73/78 条約 海洋汚染防止条約(時代に合わせて附属書で拡張)	2013(世) EEDIとSEEMPが実施される ・経済的手法の検討(排出権取引)
	1998(日) いすゞやSUZUKIが環境のための取り組みを強化(エンジン改良やISO取得)	2005(世・日) グリーン物流パートナーシップ会議 ↓共同配送や3Rが検討 京都議定書発行(ロシアが地球温暖化防止条約を批准)	2006(日) 北海道開発局がコンテナ船やRORO船での片荷輸送の抑制を実施として実施 エコレールマーク エレクトライフ普及・推進アクションプランの策定 2014(日) 花王とイオンと元貨物が、連携し積載率の向上を実現

年表から分かること

輸配送におけるCO2排出量削減策は3つの段階に分けることができる。

第1段階

- 問題意識を持つための法律や削減策を実現するための規制を設ける段階である。この段階を国内輸送と国際輸送は終えている。

第2段階

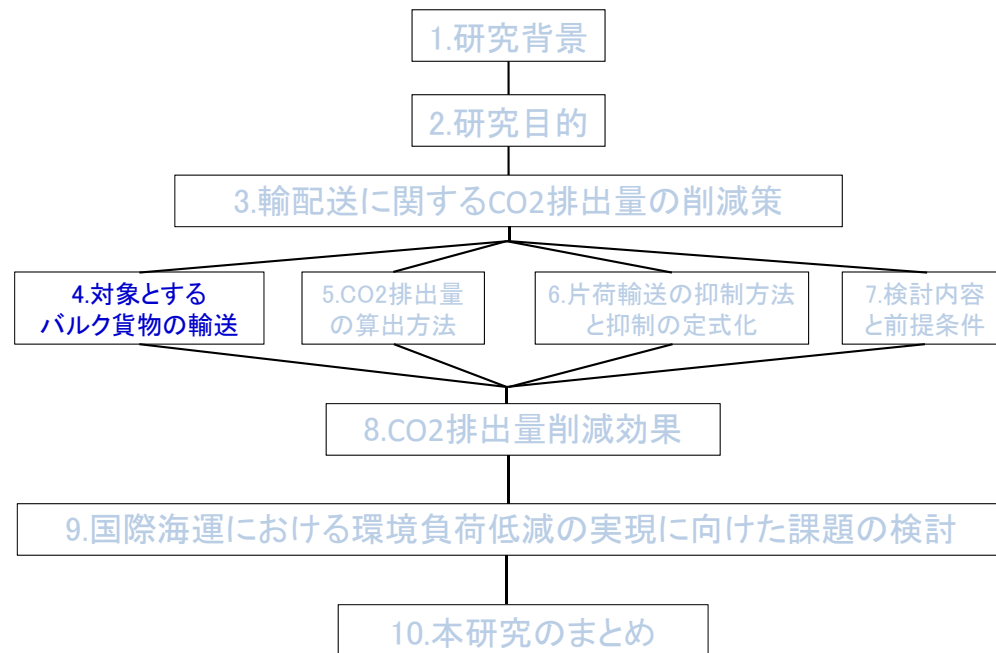
- 第1段階を踏まえて一企業でCO2排出量削減の取組を行う段階である。具体的な削減策としてエコドライブや減速航行などがある。国際輸送がこの段階である。

第3段階

- 関係者相互の連携による削減策を実行する段階である。具体例としては共同配送がある。国内輸送がこの段階である。



国際海運分野でも関係者相互の連携である
第3段階に移る必要があるのかどうかの検討を行うべきである。



対象とするバルク貨物の輸送

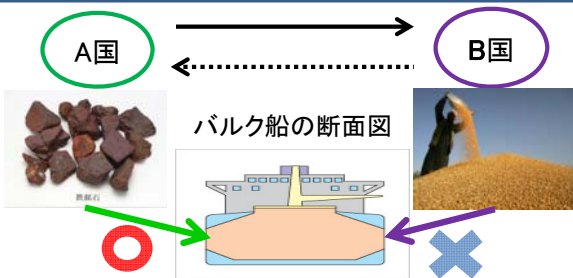
鉄鉱石と石炭を対象にする。

理由

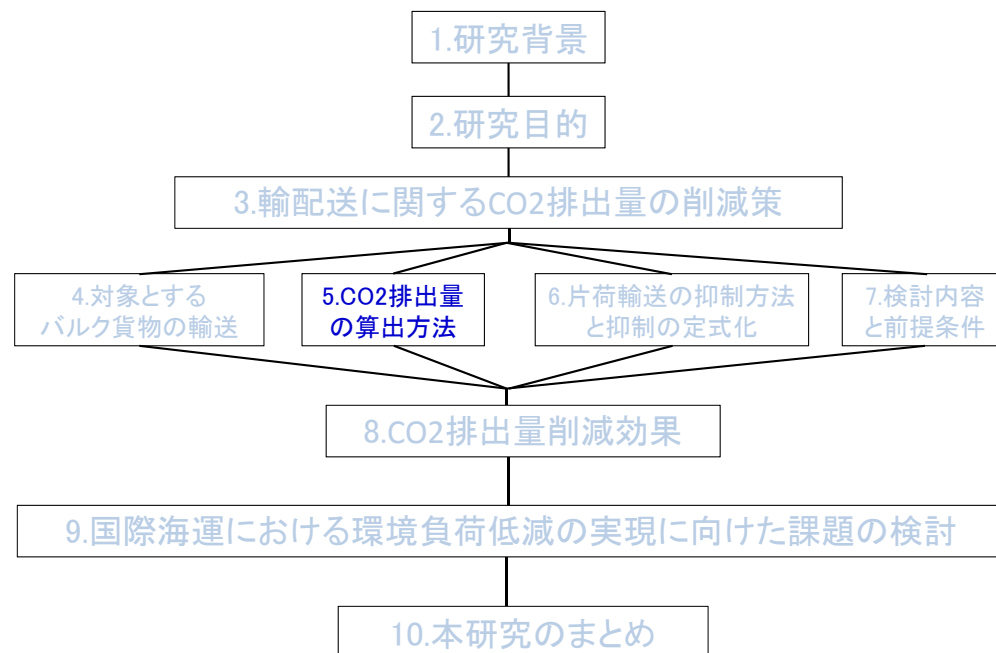
- 取扱量が多い貨物。
→ 三大バルク貨物(鉄鉱石、石炭、小麦)
- 往路と復路での積載が比較的容易な貨物。

比較的容易とは？

- 船倉の清掃が比較的簡便にでき、特別な措置を行う必要がないこと。
- 往路を鉄鉱石、復路を小麦粉にした場合、船倉の清掃や特殊な容器が必要になる。



鉄鉱石と石炭取扱量上位8割の国の代表的な港湾69港を対象に片荷輸送の抑制を検討。



二酸化炭素排出量の算出方法

二酸化炭素排出量 = 燃料消費量 × CO2排出原単位

➤ 燃料消費量

$$Y = TDST/V(2.38 * 10^{-4}X + 16.7)$$

記号の説明

Y:燃料消費量[MT/年]

TDST:総航海距離[km/年]

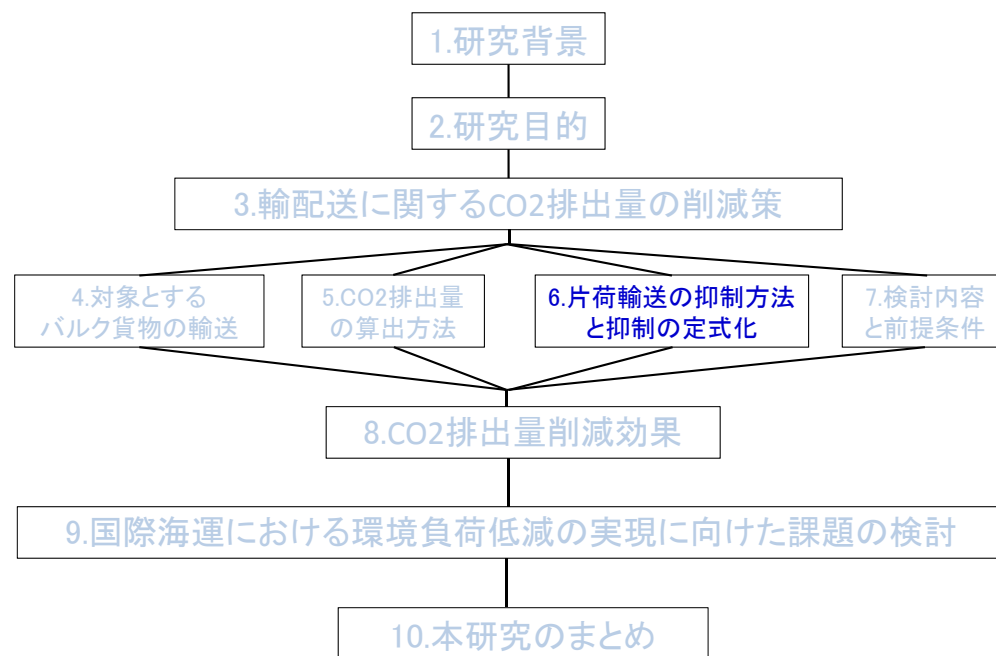
V:船舶の速度[km/日]

X:船舶の載貨重量トン数[DWT]

➤ CO2排出原単位

2987.8[kg-CO2/kl]

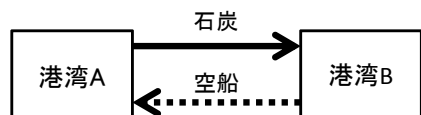
17



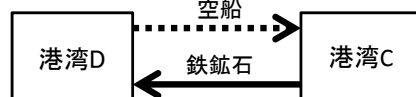
18

片荷輸送の抑制方法

➤ 従来の輸送(片荷輸送)

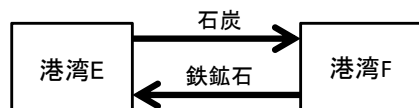


凡例 ← 貨物を積載した状態での輸送
 ←... 空船での輸送

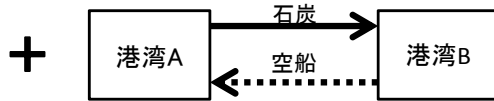
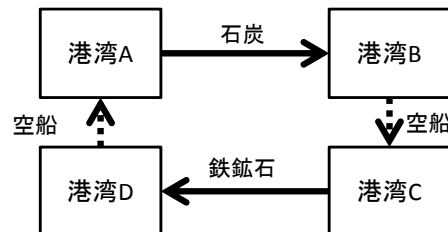


➤ 片荷輸送の抑制の方法

① 片荷輸送の抑制のみ



② 片荷輸送の抑制と片荷輸送の組合せ



19

抑制の定式化

目的関数

$$\min. TDST = \sum_{(i,j) \in LK} c_{i,j} * y_{i,j} \quad : \text{総輸送距離の最小化}$$

総航海距離[km/年]

c: 港湾間の航海距離[km]

y: 輸送回数[1/年]

制約条件

$$s.t. M * y_{i,j} \geq x_{i,j} \quad (i,j) \in NU \quad : \text{積載の制約}$$

M: 最大積載量[トン]

y: 輸送回数[1/年]

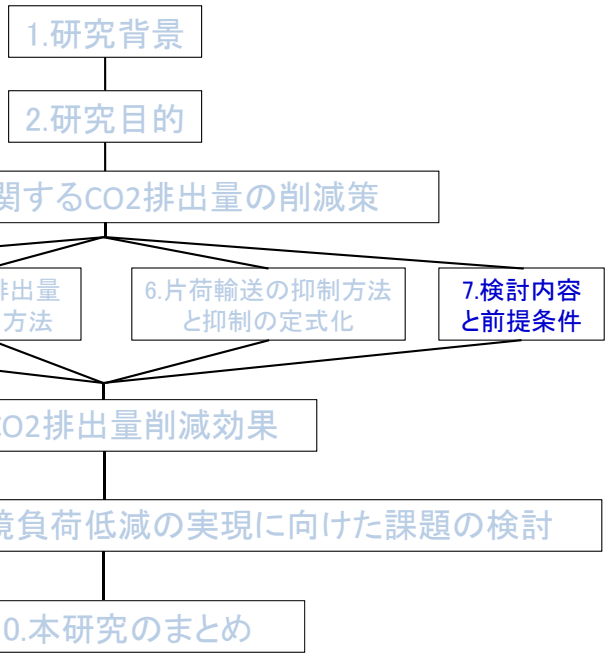
x: 輸送需要量 [トン/年]

$$\sum_{j:(i,j) \in LK} y_{i,j} - \sum_{j:(j,i) \in LK} y_{j,i} = 0 \quad i \in NP \quad : \text{船舶の就航制約}$$

$$y_{i,j} \geq 0 \text{ and integer} \quad (i,j) \in LK \quad : \text{決定変数の制約}$$

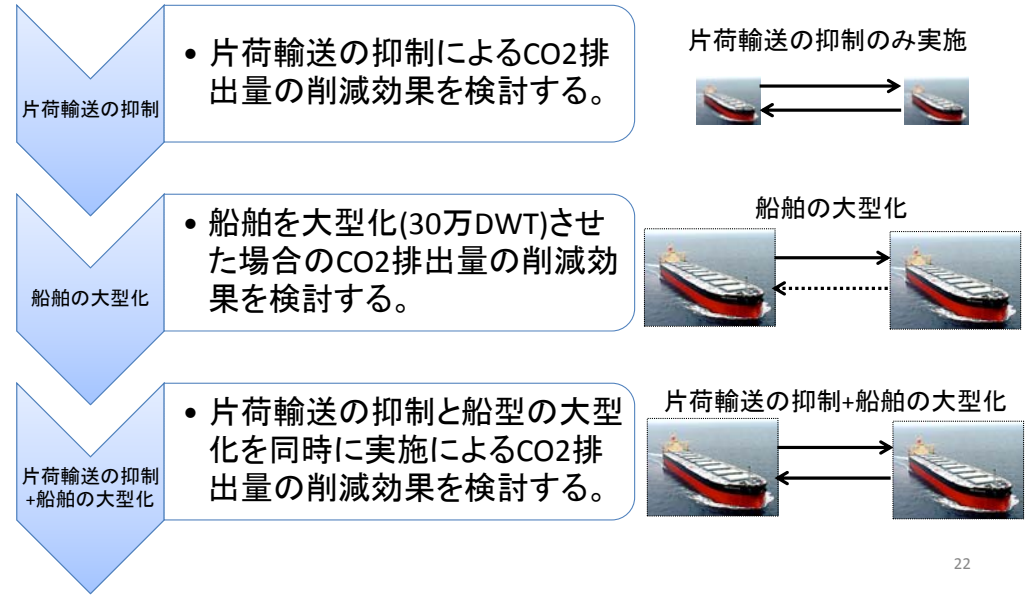
y: 輸送回数[1/年]

20



検討内容

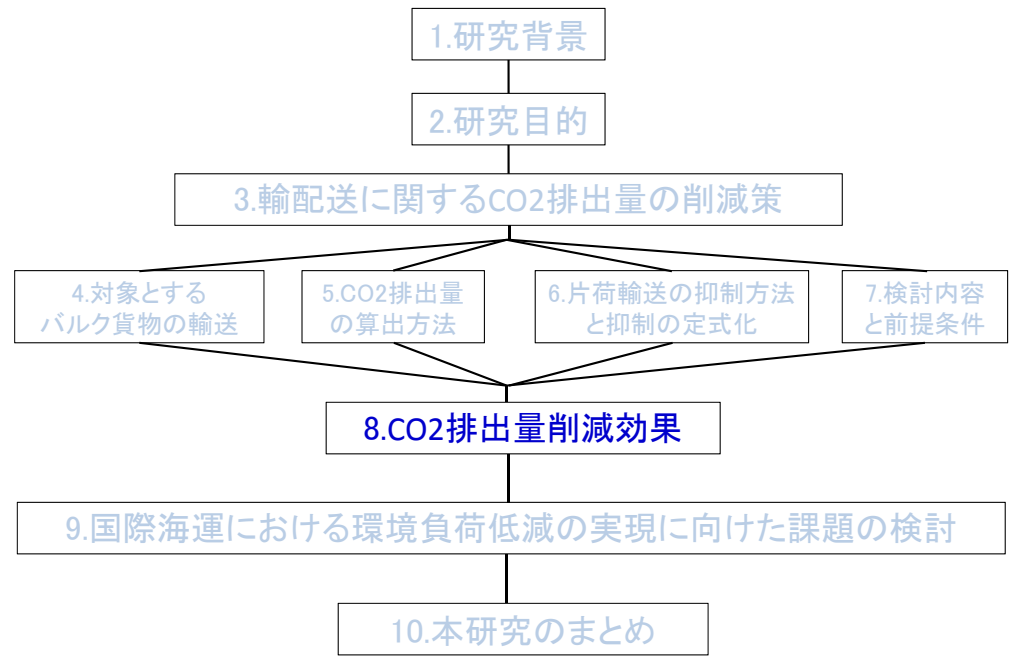
鉄鉱石及び石炭を既存船舶で輸送する場合(現状)のCO2排出量をもとに、次の3つの削減策について、その削減効果の検討を行う。



前提条件

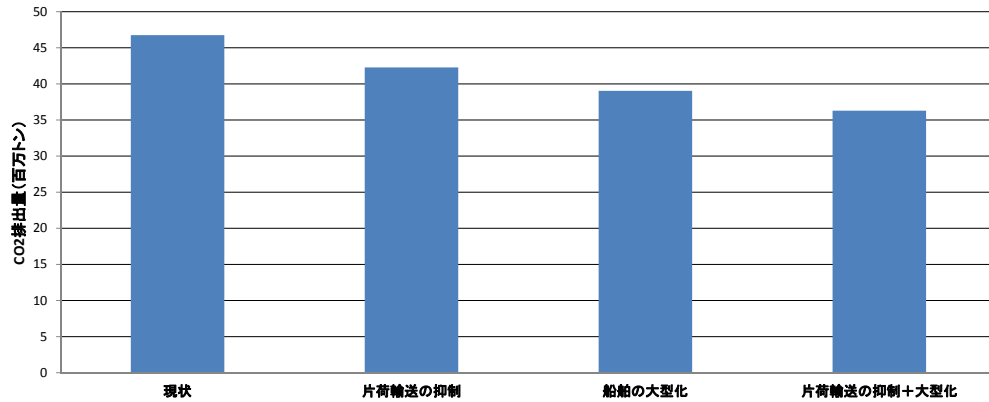
CO2排出量の削減効果を求めるために必要な前提条件

1. 船舶の平均船型と船舶の大型化時の船型
 - ・ 14.9万DWT (鉄鉱石と石炭を輸送した船舶の平均)
 - ・ 30万DWT (大型化した場合の船型)
2. 船舶の平均速力
 - ・ 26.5[km/h]
3. 港湾間の航海距離
 - ・ 対象とする港湾間の航海距離を、BLM-Shippingから求めた。
4. 港湾間の輸送量
 - ・ 石炭と鉄鉱石の取扱量上位8割の国の代表的な港湾を対象にその港湾間の鉄鉱石及び石炭の輸送量を、GLOBAL TRADE ATLASの輸出入量のデータと船舶動静データからフレーター法を用いて推計した。



CO2排出量の削減効果

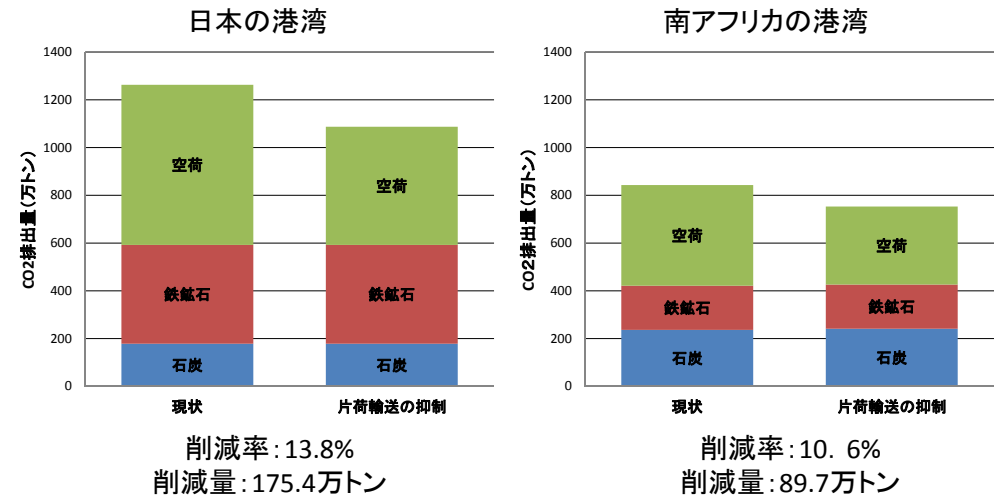
現状と3つの削減策の二酸化炭素排出量



3つの削減策の削減効果

削減策	CO2の削減量(トン)	CO2の削減効果(%)
片荷輸送の抑制	4467202.6	9.6
船舶の大型化	7710132.1	16.5
片荷輸送の抑制+大型化	10457411.2	22.4

日本及び南アフリカの港湾に関する削減効果

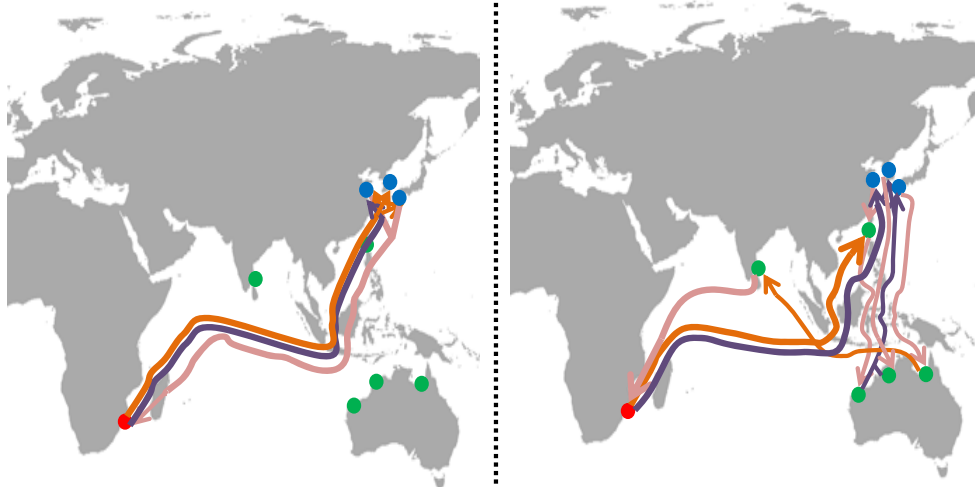


港湾によって、削減効果が異なる。

現状と片荷輸送の抑制における船舶の動きの一部

現状(片荷輸送)
南アフリカ~東アジア間の動きの一部

片荷輸送の抑制による
巡回の動きの一部

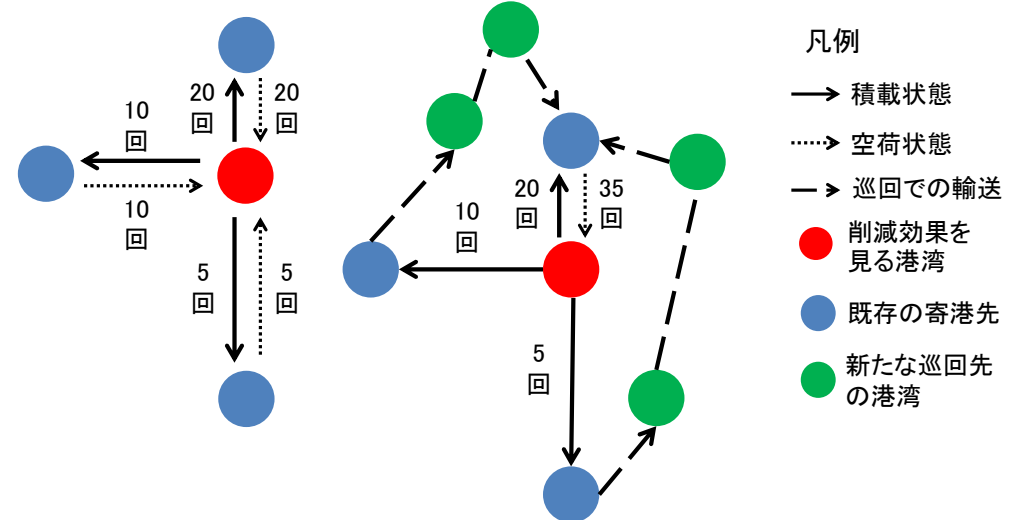


凡例 — 石炭の動き — 鉄鉱石の動き — 空船の動き

船舶の動きのイメージ

現状(片荷輸送)

片荷輸送の抑制



複数の港湾を巡回することで
空荷での航海距離を削減(片荷輸送の抑制)している

片荷輸送の抑制の削減効果の確認

片荷輸送の抑制

- 空船での航海距離が削減されることで約10%の削減効果が得られた。
- コンテナ船における減速航海と同程度の削減効果があり、片荷輸送の抑制は特に低速のバルク船に有効であると言える。

船舶の大型化

- 船舶の大型化によって航海回数が削減されCO2排出量が削減された。

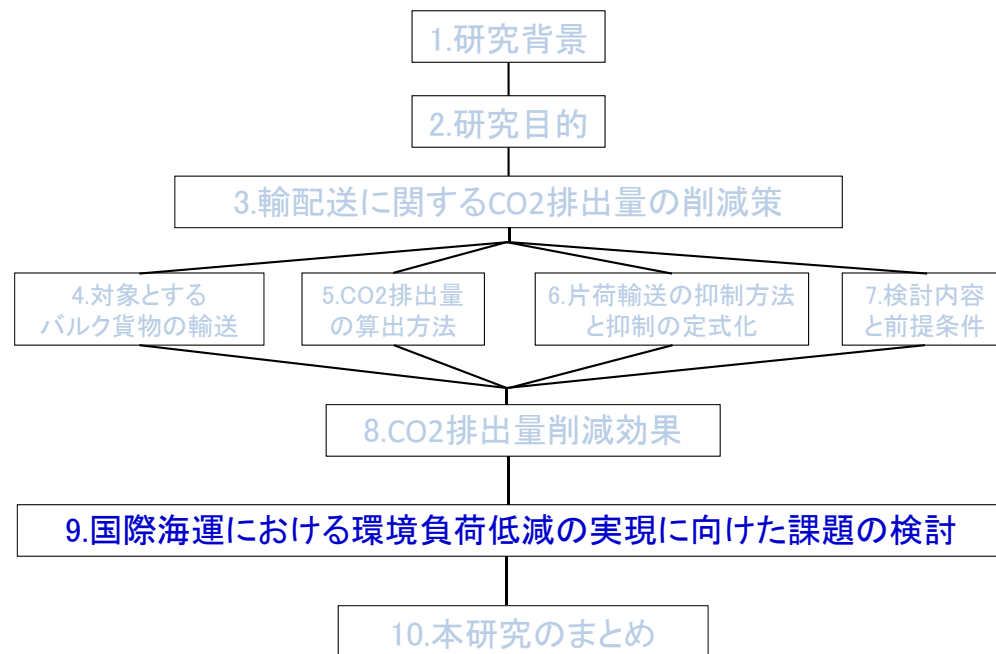
片荷輸送の抑制+船舶の大型化

- 片荷輸送の抑制と船舶の大型化を同時に行うと更なる削減効果が得られることが分かった。



片荷輸送の抑制は減速航海などの既存の削減策と同程度の削減効果を有しており、**有効な削減策になる**と言える。

29



30

実現に向けた課題の列挙の方針

片荷輸送の抑制の有効性を確認した。



片荷輸送の抑制を例に第3段階の関係者相互の連携への取組みへと進展させるための課題を明らかにする。

課題を明らかにする上での視点1

- 片荷輸送の抑制によるCO2排出量の削減効果の検討の結果を参考に課題を明らかにする。

課題の明らかにする上での視点2

- 環境負荷低減のための取組年表を参考に課題を明らかにする。

31

実現に向けた課題の列挙

関係者の範囲に関する課題

- 複数の国と立場(荷主、物流事業者、行政など)の関係者が存在する

情報の共有化に関する課題

- 貨物のマッチング(貨物の情報、船舶動静情報等)

施設・設備等の整備に関する課題

- 船倉の清掃や荷捌き場等の整備

法律や規制等に関する課題

- 動機付けや継続的に取組むためのインセンティブ

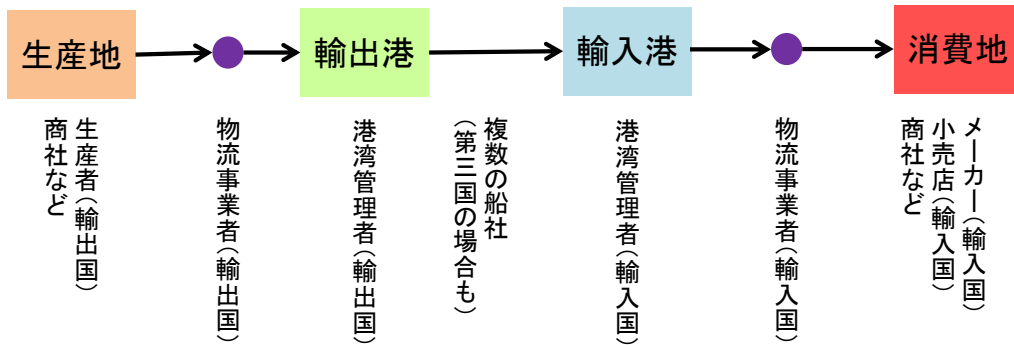
推進のために必要な組織に関する課題

- 上記の課題を解決するための議論や行動をする組織

32

関係者の範囲に関する課題

片荷輸送の抑制は国内輸送と比べて複数の国(港湾)を巡回するため関係者が増加する。



連携が国内輸送と比べて困難になる。

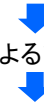


多くの関係者が環境負荷低減を目的に連携をとることが求められる。 33

情報の共有化に関する課題

○共同配送

荷主や物流事業者などが貨物の情報や配車等の情報を共有し、共同配送を実現している。



共同配送の実現には情報の共有による貨物のマッチングの決定が重要である。

複数の港湾を巡回する片荷輸送の抑制には貨物のマッチングがより重要となる。

○片荷輸送の抑制で共有すべき情報として

船舶動静情報(配船情報、位置情報、気象情報等)

- 船舶動静情報によって使用する船舶や寄港スケジュールを決定する。

取扱貨物情報(比重、取扱危険度、生産と消費地等)

- 取扱貨物情報によって、積載する貨物と積載量の決定をする。

港湾管理情報(保管能力、入出航時間、積み降ろし時間等)

- 片荷輸送の抑制を行うために港湾での貨物の保管量や荷役時間や船舶の入出航時間を管理する。

これらの情報を関係者が共有できる環境を用意する必要がある。

施設・設備等の整備に関する課題

- 片荷輸送の抑制に船舶の大型化を合わせて考える必要がある。
- 港湾を巡回するため複数の荷主の輸送の需要に応える必要がある。



- 船舶の大型化に対応した港湾整備が必要。
- 港湾での滞在時間の短縮が必要。



- 船倉の清掃能力
- 荷役、保管能力の向上(アンローダー、コンベア、石炭揚陸設備等)

船倉の清掃



出典) 商船三井プレスリリース
<http://www.mol.co.jp/pr/2013/13074.html>

アンローダー



出典) ドボクの備忘録
<http://hachim.hateblo.jp/entry/20100401p1>

パイプコンベア



出典) 新日鉄住金
http://www.nssmc.com/news/old_nsc/detail/index.htm?rec_id=4109

法律や規制等に関する課題

○大気汚染防止やエコレールマーク等

- 環境負荷低減への動機付けのために法律や規制の整備
- モチベーションの向上とインセンティブを用意を目的に表彰や補助

○片荷輸送の抑制の実現に向けた関係者のための取決め

法律

- 動機付け(削減することを願う段階)
- 関係者相互の連携を主導する法律

規制

- 強制力(義務化し実行していく段階)
- 関係者の連携によるCO2排出量の削減義務

表彰

- 環境への取組みの認定
- 優良団体として世間への認知

補助

- 政府入札の資格
- 助成金

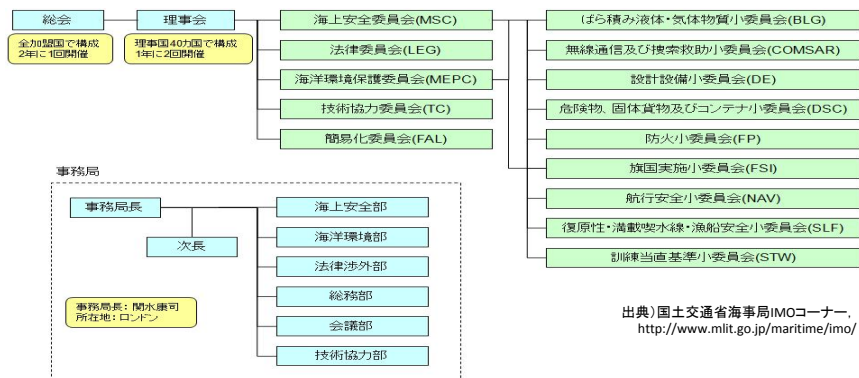
推進のために必要な組織に関する課題

課題解決のためにIMOなどの組織がある。

今まで挙げた課題の解決策の検討や実行を行う組織が必要だと考えられる。

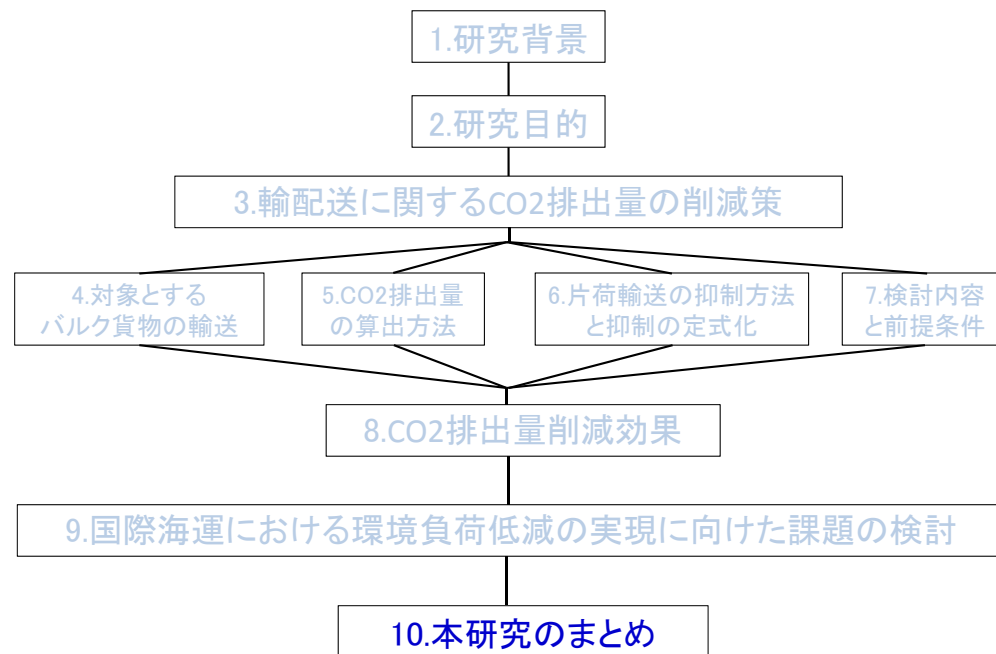
IMOとは別の各課題ごとに部門を作りそれを統括する組織が求められる。
もしくはIMO内にこの機能を持った部門を設ける。

IMOの組織図



IMO等の組織を参考に課題を解決策の検討や実行を行う組織が必要

37



38

結論

バルク船による片荷輸送の抑制の削減効果

- 片荷輸送の抑制によるCO2排出量の削減効果は約10%
- この効果は減速航海と同程度
- 低速のバルク船では特に有効に

➡ 片荷輸送の抑制などの**関係者相互の連携による削減策は今後、国際海運分野でも必要**になってくる

関係者相互の連携による削減策を行う上での課題を示した。

1. 「関係者の範囲に関する課題」
2. 「情報の共有化に関する課題」
3. 「施設・設備等の整備に関する課題」
4. 「法律や規制等に関する課題」
5. 「推進のために必要な組織に関する課題」

➡ 今後はこれらの課題の解決策を検討していく必要がある。

39

ご清聴ありがとうございました。

40