

IMO第4次GHG調査 結果の概略

本日のプレゼン内容

(1) GHG4 の背景

- 背景と経緯
- コンソーシアムの構成
- IMOのGHG削減戦略と GHG4の関係

(2) GHG4 の要点

(3) まとめ

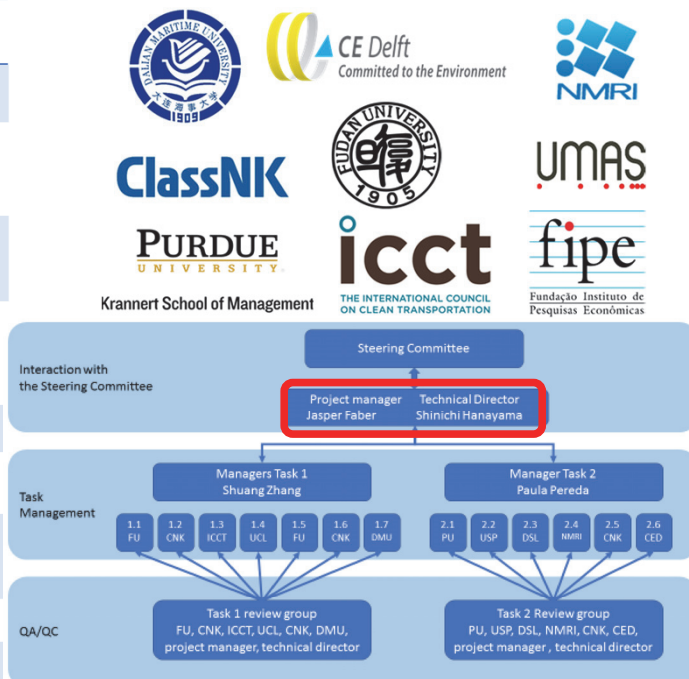
(1) GHG4 の背景

- IMOは、2000年より3次にわたり、GHG排出量などに関する調査報告書を作成しており、今回が第4次報告書(以下、GHG4)。
- 各国やNGOとは独立した専門家から構成されたコンソーシアムを選出し、調査を委託。
- 2019年夏の国際入札により、オランダ CeDELFT社をトップとした10の大学・機関から構成される国際コンソーシアムが落札した。
- 同コンソーシアムには、日本からはNKと海技研が参加。
- 約半年の作業を経て、日本国もメンバーとして参加した Steering Committeeの承認を受けたdraft reportが公開。2020年11月に開催のMEPC75で承認予定。
- 内容や結論についてはMEPC75の審議により、修正変更される可能性あり。このため引用の際に留意。

(1) GHG4 の背景

NKはコンソーシアム内で、全体のQA/QCをチェック。

Dr. Jasper Faber	Project manager Lead author Section 4.5 (emission projections)	CE Delft
Shinichi Hanayama	Technical director Lead author Section 2.9	ClassNK
Dr. Shuang Zhang	Manager Task 1 (emissions inventory) Lead author Chapter 3 (carbon intensity)	Dalian Maritime University
Dr. Paula Pereda	Manager Task 2 (emission projections) Lead author Sections 4.2 and 4.3	University of São Paulo
Dr. Bryan Comer	Lead author Annex A and B	The International Council on Clean Transportation
Dr. Elena Hauerhof	Lead author Section 2.2 and 2.5	UMAS
Wendela Schim van der Loeff	Lead author Section 2.4 and 2.2.4	University College London
Dr. Tristan Smith	Lead author Section 2.7	UMAS University College London
Prof. dr. Yan Zhang	Lead author Section 2.8	Fudan University
Dr. Hiroyuko Kosaka	Lead author Section 4.4	NMRI



(1) GHG4 の背景

IMOのGHG削減戦略とGHG4の関係

IMOのGHG 削減戦略における短期/中期/長期目標の達成評価およびその達成方法の作成のためには、GHG studyの報告事項が必須。

時間軸	定量的目標	4 th GHG studyにおける報告事項
短期@2030年 (効率のみ)	2008年比で全船舶を通じた炭素排出効率(carbon Intensity; CI)を少なくとも40%改善	2008年および2012-2018年における全船舶を通じた炭素排出効率(CI)の推定値について4つの算定方法による結果を提示。
中期@2050年 (総量と効率)	2008年比で炭素排出効率を少なくとも70%改善 2008年比でGHG排出総量を少なくとも50%減	2008年および2012-2018年における全船舶を通じたCO ₂ およびGHG 排出総量の確定値。2050年に向けたCO ₂ 排出量予測値。
長期 @今世紀中 (総量)	今世紀中のできる限り早い時期に国際海運からのGHG ゼロ排出(ニュートラルも可能)	↑

本日のプレゼン内容

(1) GHG4 の背景

(2) GHG4 の要点

- 算定方法の説明 外航/内航の区分方法, GHGとCO₂
- 2012-2018年の概観とトレンド
- 2012-2018年のCO₂およびGHG排出量の推移
- 2008年及び2012-2018年のCarbon Intensityの推移
- 2019-2050年の外航海運からのGHG排出量予測

(3) まとめ

(2) GHG4の要点

ClassNK

算定方法の説明 外航海運/内航海運の区分方法

Option1 船舶ベース手法

ある船種船型は、全て外航あるいは内航に従事すると仮定して、外航海運/内航海運の区分を行う。一般に最小船型以外は全て外航としてカウントされる。

他方で、たとえばコンテナ船は全て外航船と仮定。

Option 2 航海ベース手法

同じ船舶であっても、同一国内を航行する場合はそのCO₂排出量は同国内の排出としてカウントし、外航からは除外する。たとえば、Los Angeles→Long Beach →横浜→神戸→LAと航行するコンテナ船の場合、LB-横浜間、神戸-LA間のみが外航としてカウントされ、LA-LB間、横浜-神戸間は内航としてカウントされる。

報告書においては、二つのオプションの結果を可能な限り併記している。本資料においてもOption1およびOption2を明示。

7

(2) GHG4の要点

ClassNK

排出対象 GHGとCO₂

報告書においては、排出対象が燃料消費量から算定されるCO₂の場合と、これにメタンおよび一酸化二窒素(N₂O)の排出量のCO₂換算値(1トン当たりのメタンは28トンに相当)を足した総GHG総量(CO₂e)として標記されている場合がある。

本資料においても、GHG あるいは CO₂を明示するようにした。

本資料においては、たとえば図表類に下記のように示した場合、その値がメタンを含むGHG排出量であり、かつ前ページに示す航海ベース手法(Option 2)による集計であることを示していることに留意されたい。

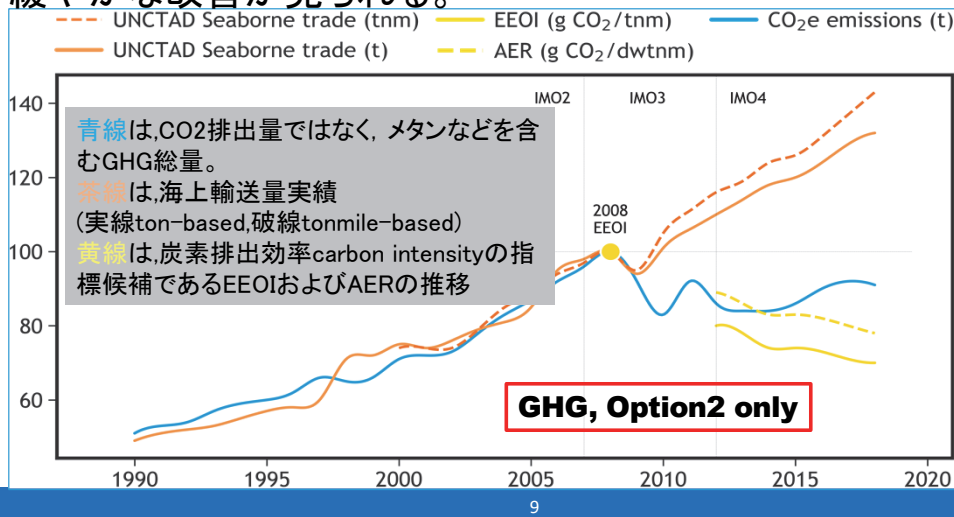
GHG, Option2 only

8

(2) GHG4の要点

2012-2018年の概観とトレンド

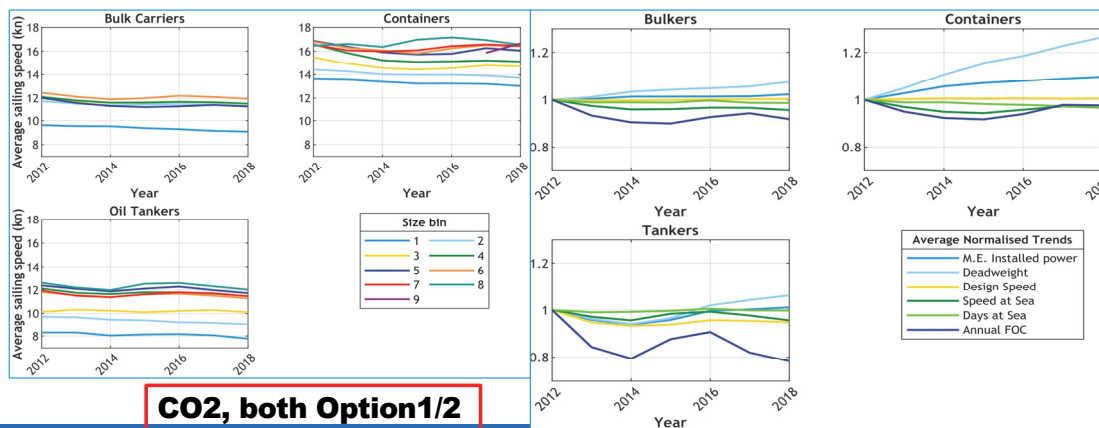
- 2008年の排出量が過去で最も大きいことが確認できる。
- 1990年から2018年までの主要指標の経年変化の動きをみると、リーマンショック以降、海上貿易量は順調に回復し、伸びている。
- 炭素排出効率(Carbon Intensity, ただしEEOI および AER)は緩やかな改善が見られる。



(2) GHG4の要点

2012-2018年の外航海運からのGHG排出量の推移の要因

船種船型毎の平均船速の2012-2018年の経年推移(左図)、代表3船種において、わずかに減速している。ただし、コンテナ船では超大型カテゴリー(20,000 TEU以上)においては、増加も見られる。船型の大型化、主機の小型化もCO₂排出量に影響。



(2) GHG4の要点

2012-2018年の外航海運からのCO2排出量の推移

- 年間停泊/運航時間， 運航速度， ドラフト量(積荷航海/バラスト航海)， 停泊時の荷役の有無など， 活動量は衛星AISベースで100Gt以上の全ての個船において把握しbottom-upしている。
- 2012年から5%程度の増加。
- 人為起源の全CO2排出量に示る割合は， 2012-2018年においては， 全船舶で3.5%から3%弱に漸減。

CO2, both Option1/2

単位 ton Year	人為起源の 全 CO ₂ 排出量 (A)	全船舶 CO ₂ 排出量 (B)	全船舶 の排出割合 (B/A %)	航海ベース Option2の 外航海運 CO ₂ 排出量 (C)	航海ベースの 外航海運の 排出割合 (C/A %)	船舶ベース Option1の 外航海運 CO ₂ 排出量 (D)	船舶ベースの 外航海運の 排出割合 (D/A %)
2008(参考)	32,204	1,135	3.52%	794	2.47%	921	2.86%
2012	34,793	962	2.76%	701	2.01%	848	2.44%
2013	34,959	957	2.74%	684	1.96%	837	2.39%
2014	35,225	964	2.74%	681	1.93%	846	2.37%
2015	35,239	991	2.81%	700	1.99%	859	2.44%
2016	35,380	1,026	2.90%	727	2.05%	894	2.53%
2017	35,810	1,064	2.97%	746	2.08%	929	2.59%
2018	36,573	1,056	2.89%	740	2.02%	919	2.51%

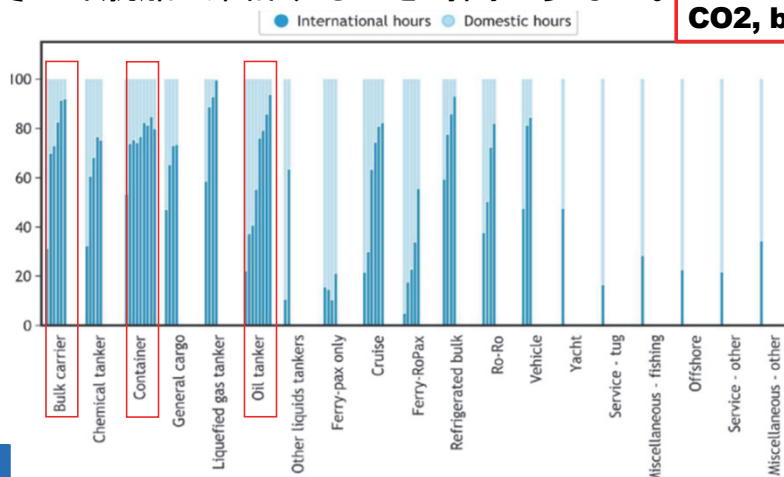
(2) GHG4の要点

2012-2018年の外航海運からのGHG排出量 Option1/2の違い

船種・船型毎の外航としてカウントされる時間割合(2018年)
(船種毎に左から右へ船型が大きい)。

同一国内の複数寄港は内航としてカウントした場合， 船種によって外航の時間割合が異なる。最大船型において， バルカー約90%， コンテナ船約80%， オイルタンカー約90%， LNG船約100%。小型船型では更に外航船と集計するべき時間は少ない。

CO2, both Option1/2



(2) GHG4の要点

2012-2018年の外航海運からのCO2排出量 option1/2の違い

- 航海ベース(Option2)排出量は、船舶ベース(Option1)排出量に対して、前ページの要因により、2008年で約14%、2018年には19%少ない。
- 報告書においては、航海ベース手法(Option2)と船舶ベース手法(option1)を併記。計算手法はMEPCにて選択決定。

CO₂, both Option1/2

Year	航海ベース Option2の 外航CO ₂ 排出量 (A)	(A)の 対2008年比 増加率	船舶ベース Option1の 外航CO ₂ 排出量 (B)	(B)の 対2008年比 増加率	船舶ベース Option1に対する 航海ベース Option2 割合 (A/B)
2008(参考)	794		921		86.2%
2012	701	88.3%	848	92.1%	82.7%
2013	684	86.1%	837	90.9%	81.7%
2014	681	85.8%	846	91.9%	80.5%
2015	700	88.2%	859	93.3%	81.5%
2016	727	91.6%	894	97.1%	81.3%
2017	746	94.0%	929	100.9%	80.3%
2018	740	93.2%	919	99.8%	80.5%

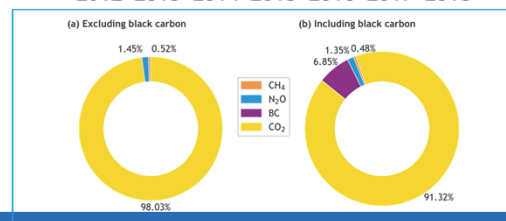
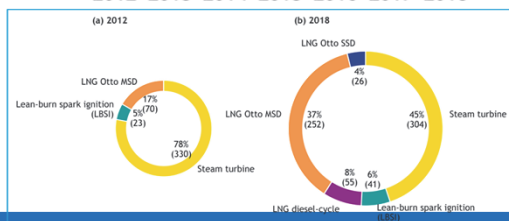
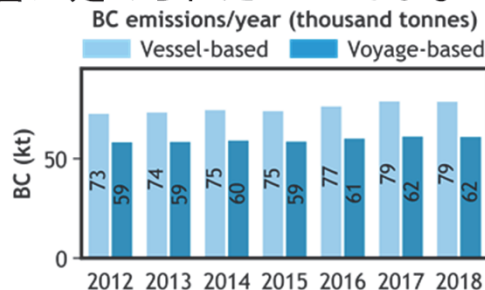
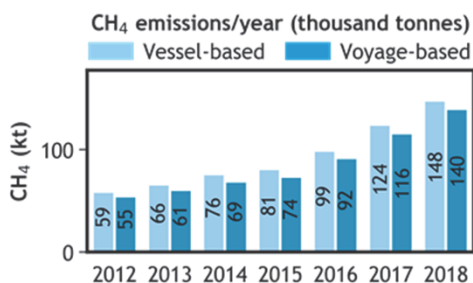
(2) GHG4の要点

CO₂以外のGHGの排出量

Option2

メタンおよびBlack Carbon(BC)などCO₂以外のGHG排出量を算定。メタン燃焼機関の増加により、メタン排出量は増加。

BCは、そのGWPの高さ(CO₂の900倍)から、2018年において7%の寄与を持つ。ただし、京都議定書に定められたGHGではない。



(2) GHG4の要点

炭素排出効率(Carbon intensity)の計算方法

今回4つの計算手法で、2008年及び2012-2018年の数値を報告。
炭素排出効率(Carbon Intensity)の代表である
EEOI(energy efficiency Operation indicator)および
AER(Annual Efficiency Ratio)の計算方法は下記のとおり。

$$EEOI = \frac{\sum m_{CO_2}}{\sum (m_{payload} \times D_{payload})}$$

$$AER = \frac{\sum m_{CO_2}}{dwt \times \sum D_{total}}$$

計算対象船種
bulk carrier
oil tankers
container ships
chemical tankers
liquefied gas tankers
general cargo ships
refrigerated bulk carriers

$\sum m_{CO_2}$	stands for the annually aggregated CO ₂ emissions of a ship
$\sum (m_{payload} \times D_{payload})$	stands for the annually aggregated transport work in tonne-miles
$\sum D_{total}$	stands for the annually aggregated distance
dwt	stands for a ship's deadweight tonnage

(2) GHG4の要点

2008年及び2012-2018年のCarbon Intensityの推移

- ここでは、EEOI(energy efficiency Operation indicator)およびAER(Annual Efficiency Ratio)の船舶ベースの計算結果のみを表示。
- ベース年となる2008年以降緩やかな改善が全てにおいて見られる。2008年比40%改善には2018年時点で至っていない。
- 代表7船種(15ページに掲載)のみが集計対象。

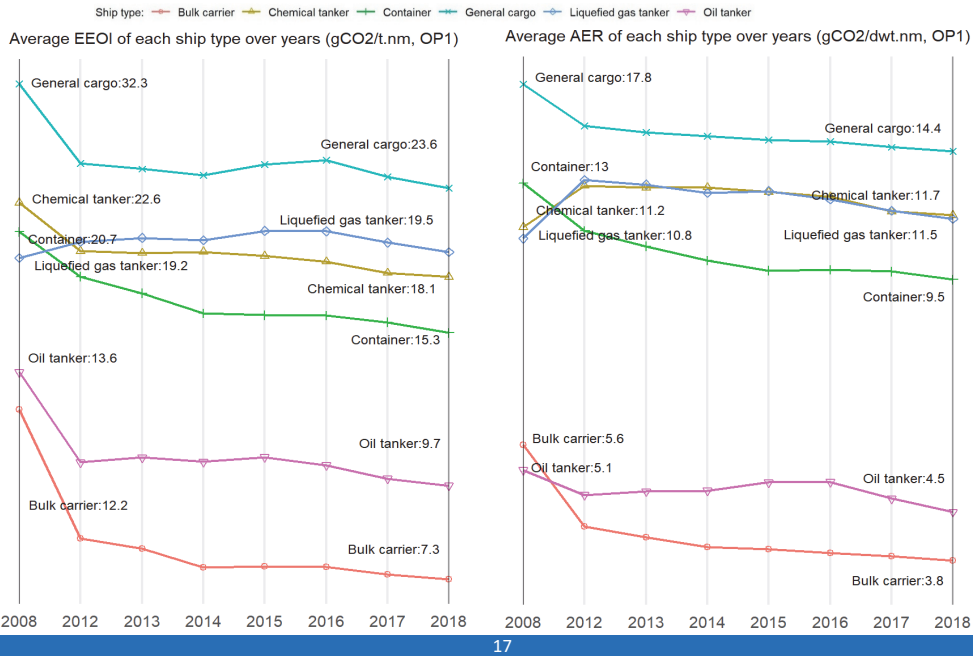
CO₂, Option1 only

Year	EEOI (gCO ₂ /t/nm)			AER(gCO ₂ /dwt/nm)		
	Value	Variation vs 2008 overall	Variation vs 2012 overall	Value	Variation vs 2008 overall	Variation vs 2012 overall
2008	17.10	—	—	8.08	—	—
2012	13.16	-23.1%	—	7.06	-12.7%	—
2013	12.87	-24.7%	-2.2%	6.89	-14.8%	-2.4%
2014	12.34	-27.9%	-6.3%	6.71	-16.9%	-4.9%
2015	12.33	-27.9%	-6.3%	6.64	-17.8%	-5.9%
2016	12.22	-28.6%	-7.2%	6.58	-18.6%	-6.8%
2017	11.87	-30.6%	-9.8%	6.43	-20.4%	-8.9%
2018	11.67	-31.8%	-11.3%	6.31	-22.0%	-10.6%

(2) GHG4の要点

船種別のCarbon Intensityの推移

EEOIとAER値は船種により大きな差異があり、また推移にも相違あり。なお、2008年のCII推定方法において不確実性が存在。



(2) GHG4の要点

2019-2050年の外航海運からのGHG排出量予測手法

海上輸送量予測(各地域のGDP, 人口の伸び, またエネルギー消費量の予測から二つのモデルで推定)。

各地域のGDPについてはSSP2とOECDの2つの経済シナリオに集約。エネルギー消費は1.5°Cシナリオと合致するRCP2.6が代表と想定している。計算手法が二つ(Lモデル(過去の相関に基づくモデル), Gモデル(重力均衡モデル))。

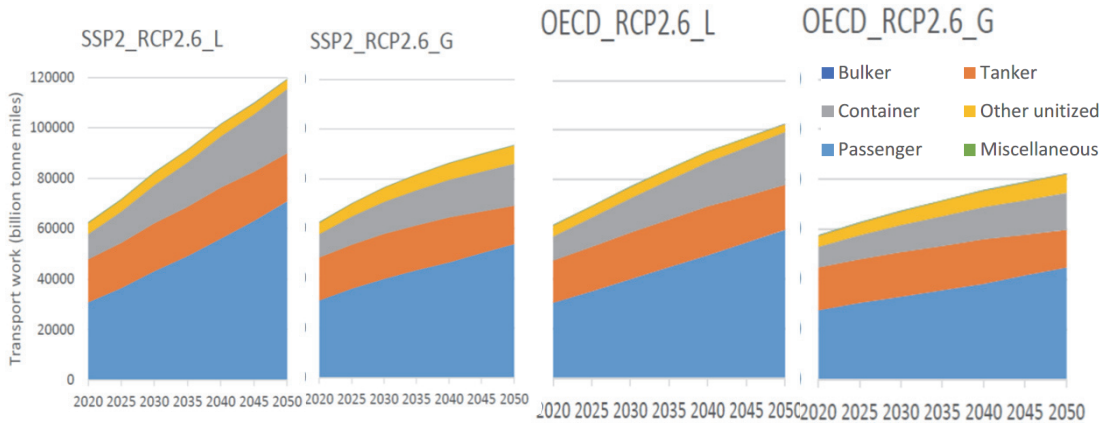
SSP2	IPCCが定める将来のGDP成長シナリオ。比較的GDPの伸びが低い。
OECD	OECDが定める将来のGDP成長シナリオ。上記SSP2より更にGDPの伸びが低い。
RCP 2.6	IPCCが定める将来のエネルギー消費シナリオ。 放射強制力がピークアウトし、今世紀末頃には2.6W/ m ² に低下。将来における温度上昇を約1.6°C以下に抑える可能性が高い。 石炭及び石油の陸上消費量は205年前にピークアウトする。
L or G	海上輸送量予測のための方法論 L手法は過去のトレンドの外挿, G手法は重力均衡モデルを使用。

(2) GHG4の要点

2019-2050年の外航海運からの貨物量予測

2050年における海上輸送量(トンマイル/年)は、対2008年比(約6万billionトンマイル/年)で、190%-290%に増加すると予想。最も増加率が大きいのは、SSP2と過去のトレンドを外挿するL手法の組み合わせ。

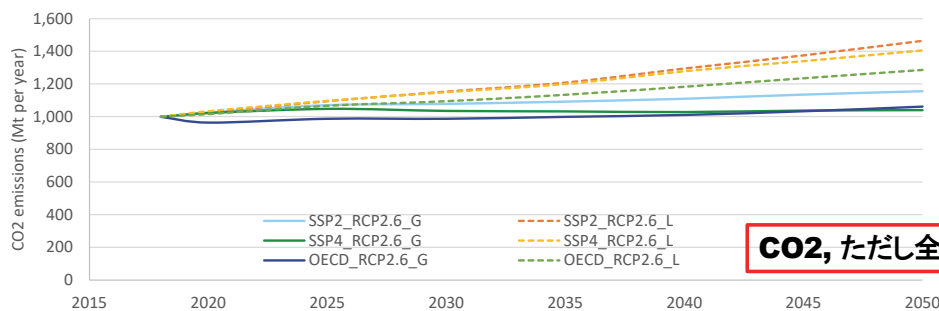
CO2, both Option1/2



(2) GHG4の要点

2019-2050年の外航海運からのGHG排出量予測

- 2018年までの減速航行の効果, EEDI phase3までの規制効果 船舶の大型化および ボランタリーなCO2排出削減技術の導入などから, 2050年までに炭素排出効率(CI)は,船隊平均で, 2008年比50%程度まで改善されると想定
- 19ページの海上輸送量の増加と, 上記CI改善を想定した場合, 2050年の国際海運部分のCO₂排出量は, 2008年比で90-130%の範囲となり, BAUでは2050年削減目標には到達しない。削減目標を達成するためには, 大幅なCarbonIntensityの改善が必要と結論。

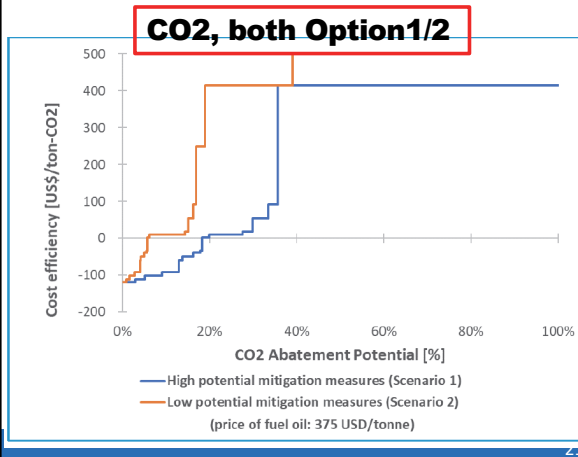


CO2, ただし全船舶

(2) 4th GHG studyの要点

CO₂を1トン削減するためのコスト(MACカーブ)

- 右表の技術のMACを, シナリオ毎に小さい順に並べたカーブ。
- 2020年からの全ての新造船に左に示した全ての削減技術を適用した際の排出削減量(シナリオ1) および 経済性を考慮した導入率を設定した際の排出削減量(シナリオ2)。
- シナリオ2では, 2050年の削減目標に達しないと結論。削減のためには, 高コストの代替燃料の導入が不可欠であると推定。



Gr. No.	Abatement technologies and use of alternative fuels and renewable energy
(1) Energy-saving technologies	Group 1 Main engine improvements Main Engine Tuning Common-rail Electronic engine control
Group 2 Auxiliary systems	Frequency converters Speed control of pumps and fans
Group 3 Steam plant improvements	Steam plant operation improvements
Group 4 Waste heat recovery	Waste heat recovery Exhaust gas boilers on auxiliary engines
Group 5 Propeller improvements	Propeller rudder upgrade Propeller upgrade (nozzle, tip winglet) Propeller boss cap fins Controllable propeller
Group 6 Propeller maintenance	Propeller performance monitoring Propeller polishing
Group 7 Air lubrication	Air lubrication
Group 8 Hull coating	Low-friction hull coating
Group 9 Hull maintenance	Hull performance monitoring Hull scraping Hull hydro-blasting Dry-dock hull blast
Group 10 Optimization of water flow hull openings	Optimization water flow hull openings
Group 11 Super light ship	Super light ship
(2) Use of renewable energy	Group 12 Reduced auxiliary power demand Reduced auxiliary power demand (low energy lighting etc.)
Group 13 Wind power	Towing kite Wind power (head sails or wings) Wind engine (flettner rotor)
Group 14 Solar panels	Solar panels
Group 15A Use of alternative fuel with carbons	LHG-ICE or FC
(3) Use of alternative fuels	Group 15B Use of alternative fuel without carbons Methanol + ICE Ethanol + ICE Hydrogen + ICE or FC Ammonia + ICE or FC Synthetic methanol + ICE or FC Biomass methanol + ICE or FC Synthetic methanol + ICE Biomass methanol + ICE Synthetic ethanol + ICE Biomass ethanol + ICE
(4) Speed reduction	Group 16 Speed reduction Speed reduction by 10%

(3) 4th GHG のまとめ(その1)

- 海運全体(外航, 内航, 漁業)のCO₂排出量は, 2012年から2018年において, 9.62億トンから10.56億トンと9.3%増加した。世界全体の人為起源に占める割合は, 2.76%から2.89%に増加した。
- 二酸化炭素(CO₂), メタン(CH₄), 亜酸化窒素(N₂O)を含む温室効果ガス(GHG)排出量は, 2012年の9.77億CO₂eトンから2018年には10.76億CO₂eトンに増加し, 9.6%の増加となっている。
- 航海ベース(Option2)の配分方法を用いた場合, 国際海運のCO₂排出量は2012年の7.01億トンから2018年の7.40億トン(5.6%の増加)に増加する。他方で, 船舶ベース(Option1)で配分した場合, CO₂排出量は2012年の8.48億トンから2018年の9.19億トンに増加し(8.4%の増加)。
- この差異は, 各船種共に, 最大船型の船舶が同一国内で航行する時間割合が最低でも10%程度以上あることに起因する。

- 2012年から2018年の間に、国際海運全体の炭素排出効率 (Carbon Intensity)は改善された。航海ベースにおいて対2008年比で、AERで21%、EEOIで29%改善されていた。ただし、2030年の40%削減目標の達成のために充分となる改善傾向を見いだせない。2012年までに改善の半分以上が達成されている一方で、2015年以降は改善ペースは鈍化しており、年平均改善率は1%~2%に留まっている。
- 2018年の排出量は2008年の約90%であったが、長期的経済・エネルギーシナリオに基づくと、2050年までにCO₂排出量は2008年の90~130%へ伸びると予測される。
- 中期目標達成のためには、2050年までに想定される効率改善では不十分であり、エネルギー出力当たりのCO₂排出量が重油より小さい低ゼロ炭素燃料の導入が必須である。