

温暖化対策目標をめぐって

茅 陽一

RITE理事長

2019年1月18日

目次

1. 2度目標の経緯
2. SR1.5の示す1.5°C目標
 - 1) 1.5度と2度のインパクトの差
 - 2) 1.5度に対する排出曲線の実現困難性
 - 3) COP24と1.5°C目標
3. 行動目標の意義と部門別目標
4. ZE電力の重要性と実現上の問題点

2°C目標の経緯

- 1) 1996 EU閣僚理事会結言
「気温上昇が2°Cを超えるべきでない」
- 2) 2009 COP15 Copenhagen 合意
「2°C以下に抑制する」という認識
- 3) 2015 Paris agreement
Article 2: 「十分2°C以下に保つ」

明確な科学的根拠はない。ある程度政治的に定まった目標。

Paris agreement-Article 2

Holding the increase in the global average temperature to

1) well below 2°C above pre-industrial levels

and

2) to pursue efforts to limit the temperature increase to 1.5°C above pre-industrial levels

SR 1.5の経緯と目的

2016 気候変動条約会議(COP)→ 1.5°C報告
をIPCCに要請

2018.10 IPCC SR 1.5を公表

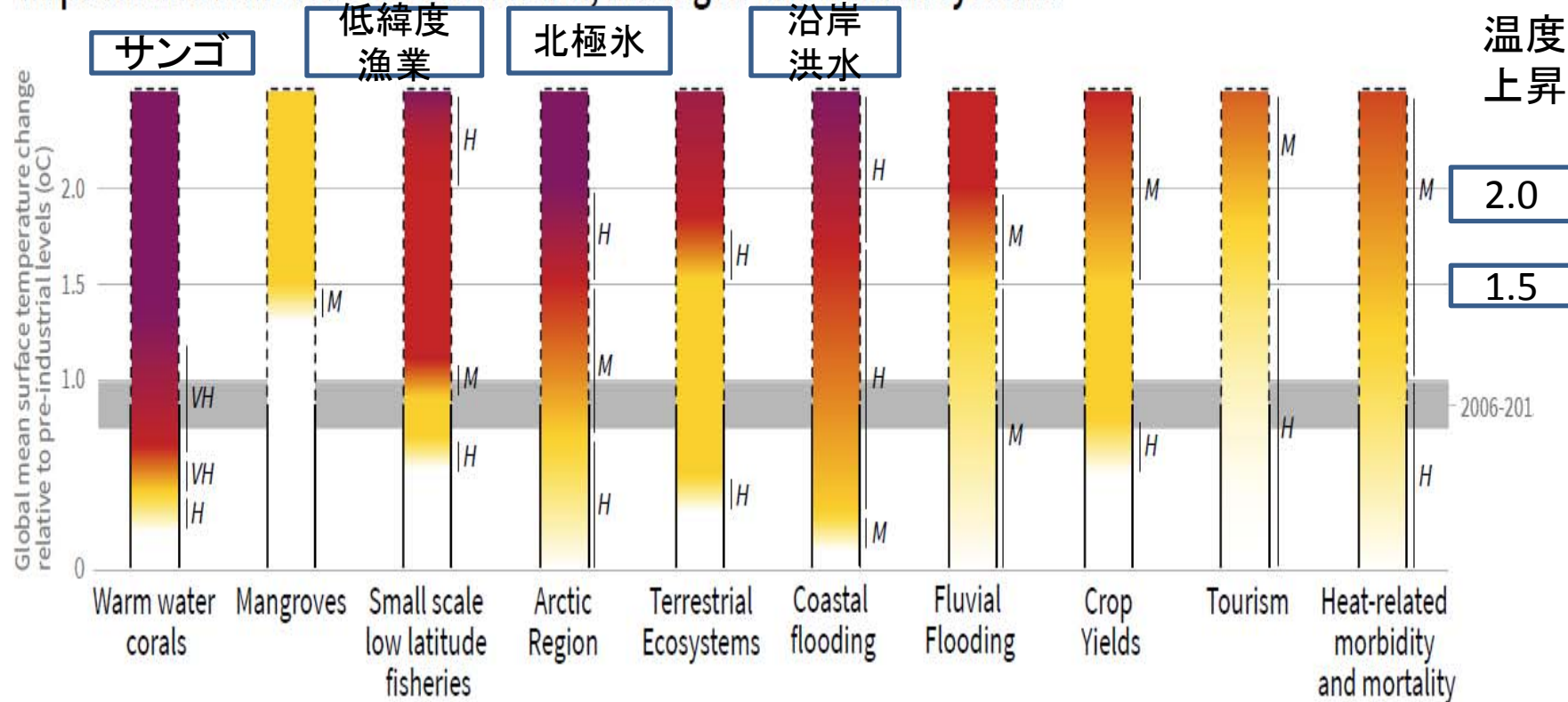
SR1.5の目的

以下の2点の調査

1. 温度上昇1.5°Cのインパクト
2. 温度上昇1.5°Cのための排出経路

Fig. 地球温度上昇のインパクト

Impacts and risks for selected natural, managed and human systems



Resource: IPCC SR1.5, SPM, Fig.SPM.2

温度上昇1.5°Cのインパクト —2°Cケースとの比較—

	1.5°C	2.0°C
海面上昇	L	L+10cm
サンゴ白化確率	70 %	100 %
生態系生存圏 半減確率増加		
昆虫	6%	18%
植生	8	16
爬虫類	4	8

出典: IPCC SR1. 5

COP24と1.5°C報告

COP24: 2018年12月 ポーランド・カトビツェで開催

IPCC1.5°C報告へのCOPの反響

東大・有馬純教授のCOP24報告によれば

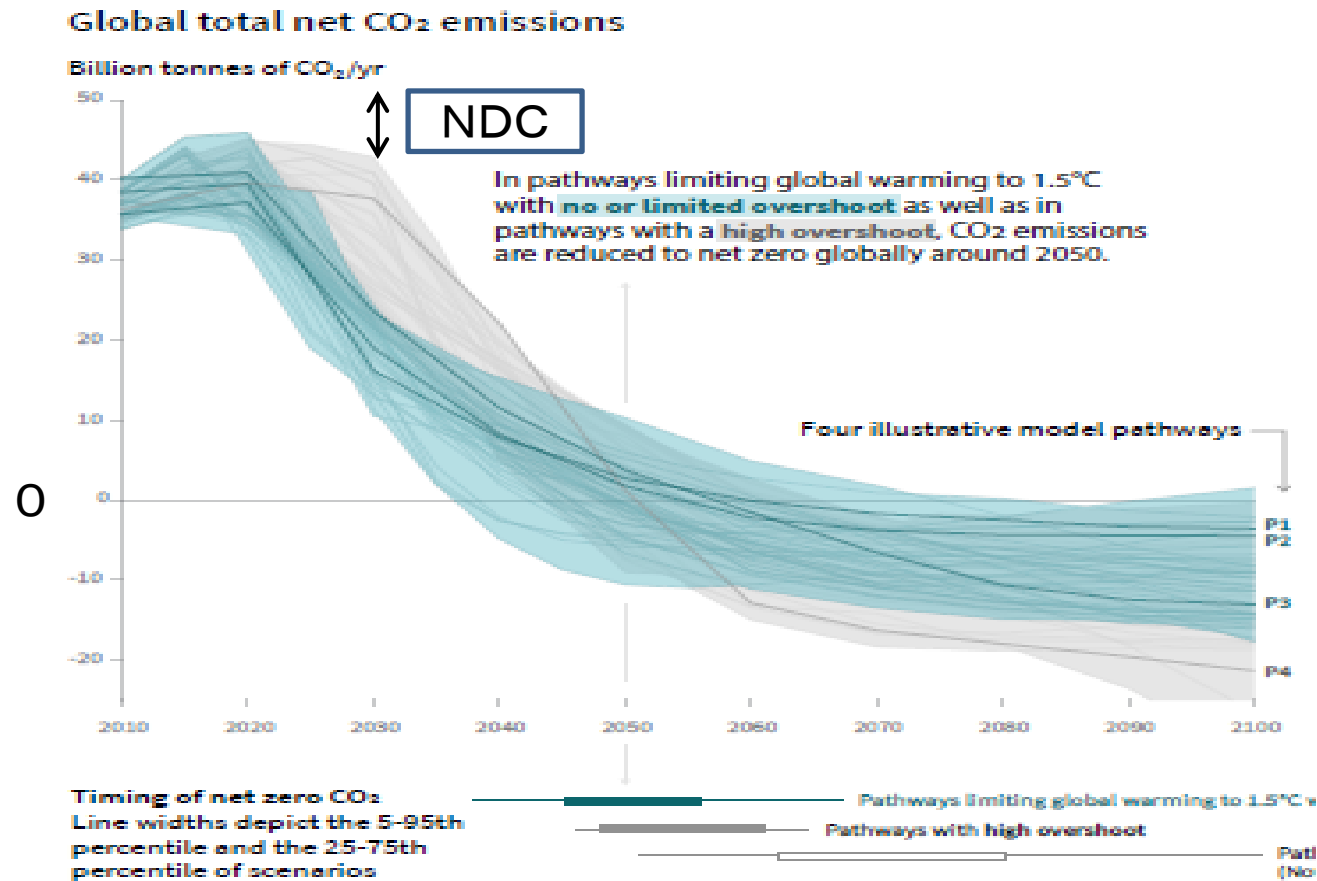
1) 報告自身はCOP24では

welcome ではなく take note とされる

2) 1.5°C報告を根拠に今後目標引き上げの

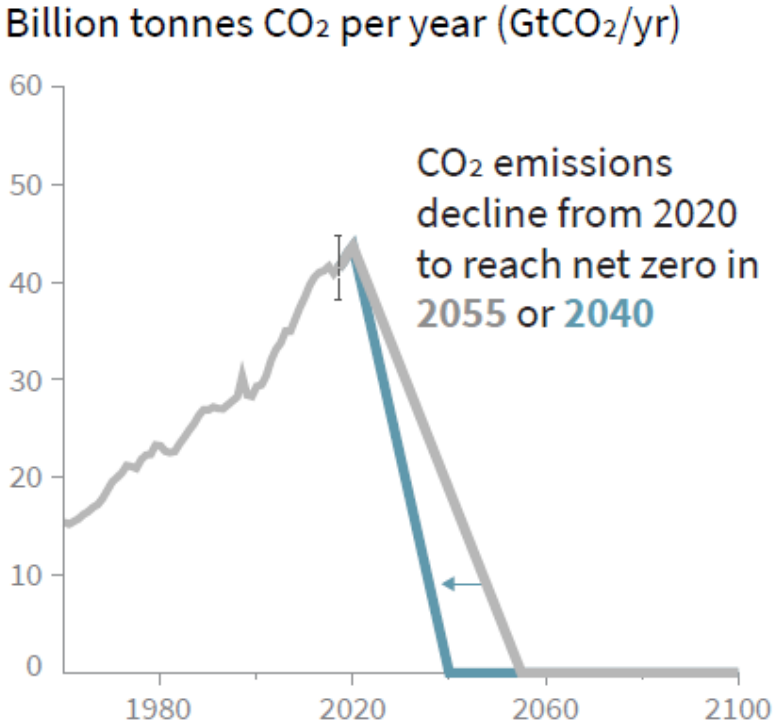
気運が高まる可能性大

1.5°C目標達成のためのCO₂排出経路 —IPCC CMIPモデル群より—



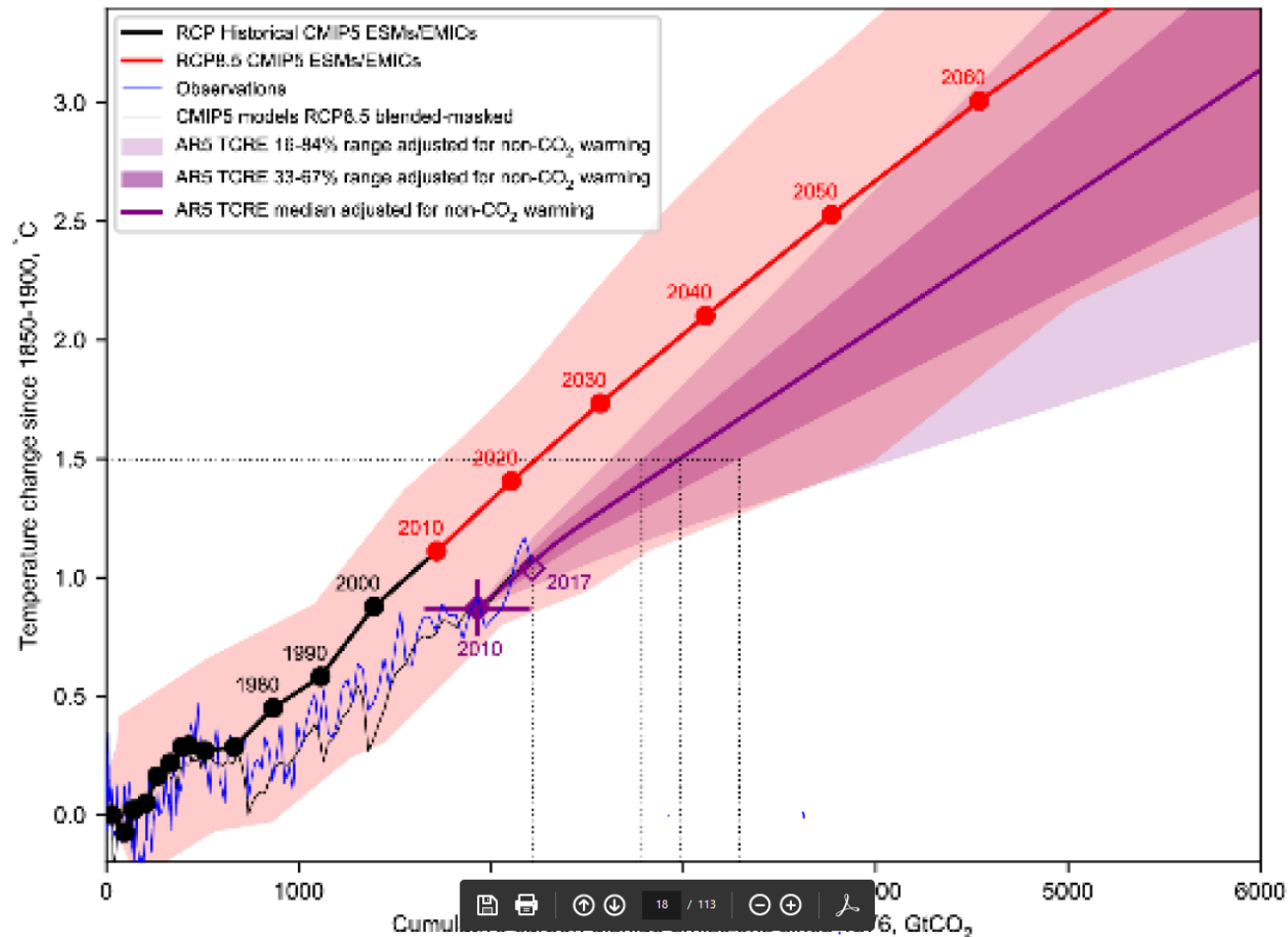
Resource: IPCC SR1.5, Fig. SPM 3a

1.5度目標に対するCO2排出経路



Faster immediate CO₂ emission reductions limit cumulative CO₂ emissions shown in panel (c).

Temperature Rise vs. cumulative CO2 emission



Source: IPCC SR1.5, fig.2.3 Oct 2018

CO2budget

1.5°C目標と2°C目標(66%確率)

	2017年よりの 可能累積 CO2排出量	現状排出水準 での残留年数	ゼロ排出 要請年
1.5°C 目標	770 GtCO2	23	2040 年
2°C 目標	1,670	51	2068

注:地球表面温度として地表大気温と海水温の加重平均利用

温度目標から行動目標へ

1. 温度目標の問題点

1) 各行動者にとって目標と各自の行動目標
の間に大きな乖離があること

→ 自己の行動方向が不明確

2) 目標温度の設定がむずかしいこと

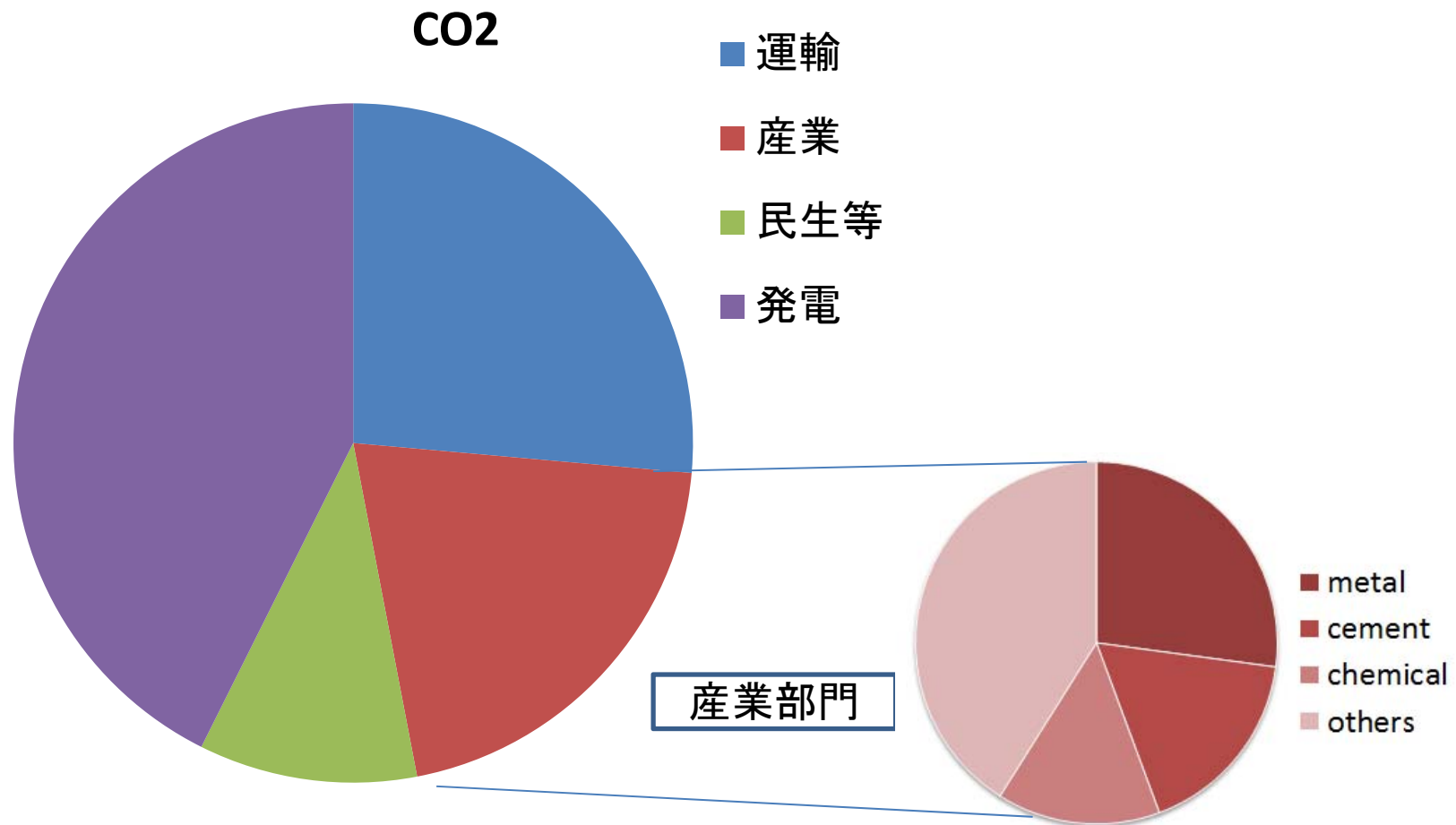
2°C、1.5°C、あるいは3°Cないしそれ以上？

2. 行動目標としてのCO₂ゼロエミッション

利点: 1) どの立場の行動者でも直接目的と
出来ること

2) 最終温度一定化のためにはその温度に拘わらず
最終的にゼロエミッション目標達成が必要なこと

図. 世界のCO2排出(2014)



Source: IEA World Energy Outlook 2016

将来の電力比率上昇の可能性

1. 運輸部門

乗用車・小型貨物の電気自動車化

2. 産業部門

水素利用の拡大

例：鉄鋼業での水素直接還元利用

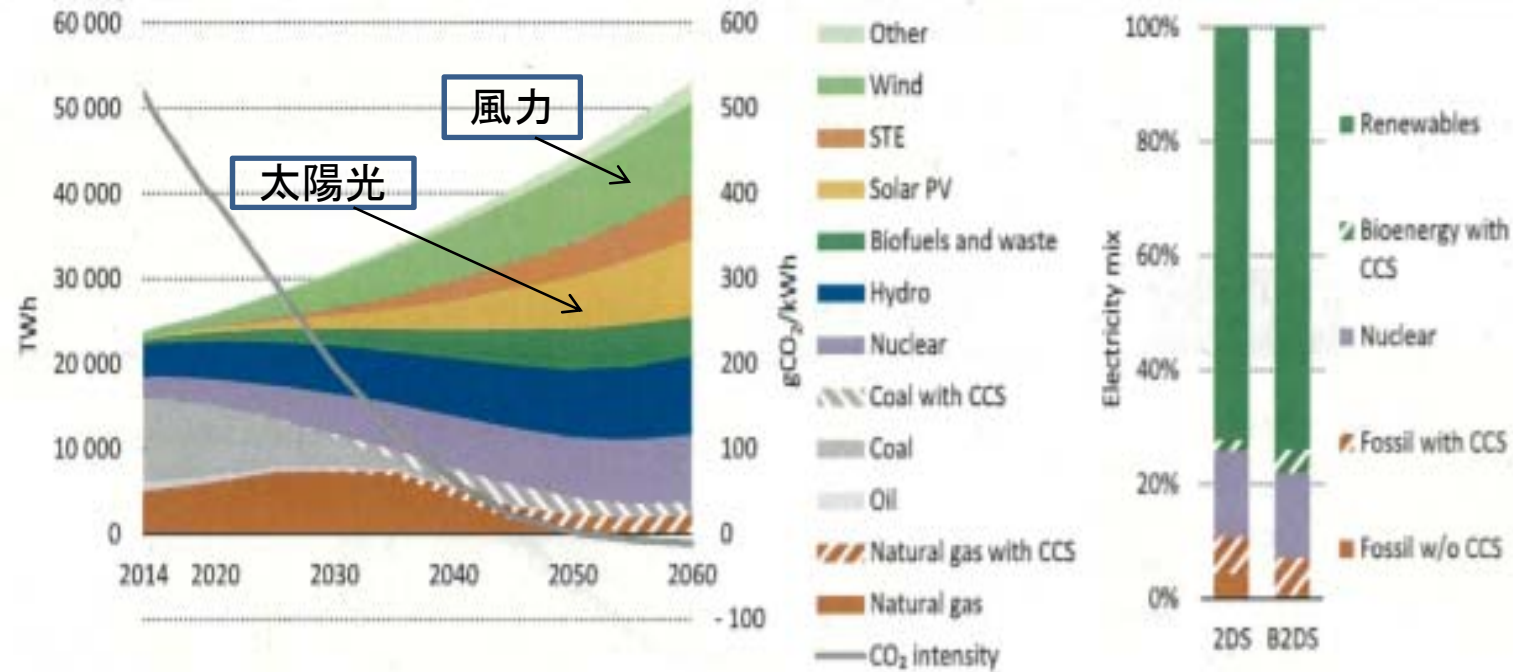
3. 民生部門

HP利用の拡大

調理での電力利用拡大

Figure

6.7. Global electricity generation in the B2DS (left) and generation mix in the 2DS and B2DS (right) in 2060



Sources: Data for 2014 from IEA (2016a), *World Energy Statistics and Balances* (database), www.iea.org/statistics/; IEA (2016c), *CO₂ Emissions from Fuel Combustion Statistics* (database), www.iea.org/statistics/.

図：B2DSにおける電力構成
—IEA Tech. Perspective 2017—

VRE(太陽光・風力)の 電力内比率大の場合の問題と対応

1. 従来の変動吸収の方策
 - 1) 既存発電所(火力)の出力調整
→ CCS導入の重要性
 - 2) 揚水発電所による電力貯蔵
2. VRE比率大の場合の対応
 - 1) 出力調整問題 二次電池
コスト負担問題
 - 2) VREの無慣性→周波数変動大 への対応
 - a. 慣性のある回転発電機の一定量確保
(火力・水力・原子力発電など)
→ CCS導入の重要性
 - b. 人工慣性(synthetic inertia)の導入

電力ゼロエミッション化 —CCS導入に伴う問題—

1) CCSの低価格化の必要性

\$ 100/ton CO₂?

2) CO₂貯留への反発: PA問題

特にEU諸国、英国

3) 火力立地点と貯留候補地点の距離問題

特に日本の場合

PV電力貯電のコスト負担（日本）

－晴天週末2日貯電の場合－

PV電力のシェア	PV必要設備容量 (百万kW)	貯電必要量 (百万kWh)	貯電コスト －PV負担－ (円/kWh)	貯電コスト －系統負担－ (円/kWh)
10%	95.1	40.2	0.8	0.08
20%	190.2	703	7.0	1.40
30%	285.3	1,580	10.5	3.16

注： 1. PV出力抑制ゼロ前提 2. ベース電源が需要の半分をサポート
3. 蓄電池価格 2万円/kWh を想定

3.電力のゼロエミッション化の問題点

<回転機慣性と回転数（周波数）変動>

回転機の運動方程式

$$A J \frac{df}{dt} = P_s - P_d \quad (1)$$

↑ ↑ 駆動 E 負荷 E

慣性 回転数変化

(電力周波数)

右辺の変化に対して J が小さいほど

回転数（周波数）変化が大きい

人工慣性について

1. 需要等変動時の回転発電機の対応

短期(数sec以下)変動に対して

$J d\omega/dt$ の慣性エネルギー変化で対応

2. 人工慣性(Synthetic inertia)の役割

短期需要等変動に対して

上記 $J d\omega/dt$ に相当するエネルギーを

系統に投入し、周波数の短期変動を防ぐ機能必要

→ 人工慣性の導入

短期需要変動に相当する出力を供給する機能

慣性問題の現在の問題点

1. 短期周波数変動の計測の困難性

目標: 数sec 程度の範囲での周波数変動計測

問題点: 数10サイクル程度のひずんだ波形から

如何に迅速に周波数変動信号を検出するか

2. 人工(合成)慣性の必要と問題点

1) 人工慣性の必要性: VRE増加と慣性低下

2) 人工慣性の問題点: 回転機回転の持つエネルギーに

対応するエネルギー源が必要→かなりの大きさの二次電池

→ 二次電池コスト?

VRE出力調整用電池で兼用できるか?

実際に人工慣性を実系統に投入ないし実験した例

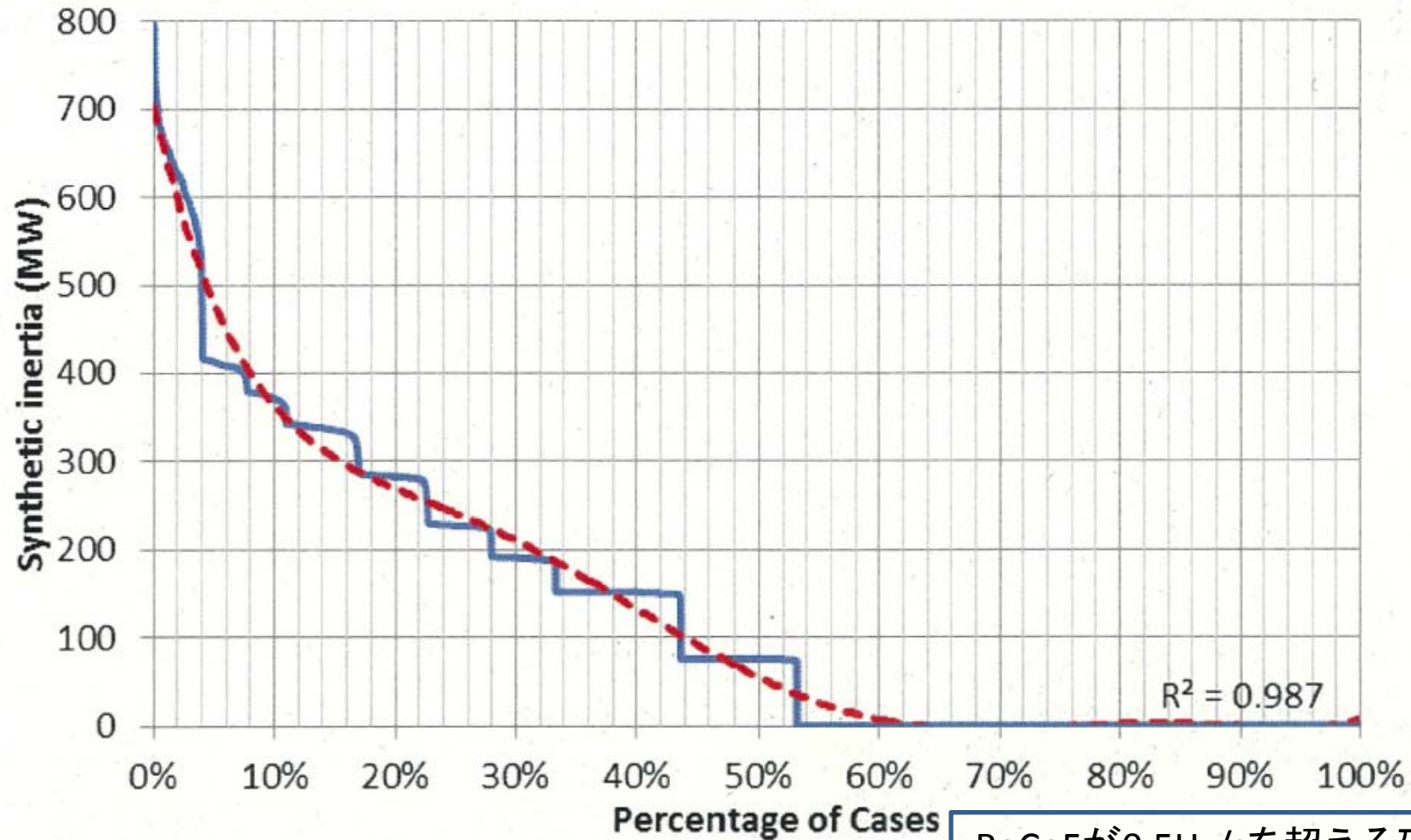
の報告は殆どない

人工慣性容量問題

1. VRE比率が高いとき、需要等の短時間変動の補償に人工慣性が必要
2. 人工慣性は需要変動に対応する出力を供給する役割をもつ(kWhよりkW?)
→ かなりの程度大容量の駆動電源が必要
例: Ireland 系統容量の1/20程度?

図: 人工慣性容量の必要量

Ireland全電力システム容量: 7GW



RoCoFが0.5Hz/sを超える確率

人工慣性の電池コスト —Irelandケース—

1. RoCoF 0.5Hz/s の可能性5% 以下とすると
必要電池容量: 500MW
2. 電池価格 10万円/kWとして
総電池価格:
 $10\text{万円} \times 500 \times 1000 = 500\text{億円}$
Ireland総容量 700万kW
→ 7,000円/kW の負担
3. 解決策: 需給調整用電池の極短時間利用?

まとめ

1. 2°C目標は努力目標として世界が一致して扱うべき
2. 1.5°C目標は現実的には実現殆ど不可能
3. 温度目標よりゼロエミッションという行動目標の選択が現実的かつ有効
4. 今後は電力のゼロエミッション化が特に重要
5. ゼロエミッション電力実現のためには二次電池の役割がポイントでそのコスト低減が重要