

# 気候変動の最新の科学的知見をアクションへ 波力発電によるCO<sub>2</sub>削減と海岸保全の同時解決法

実証試験中の平塚波力発電所



環境省のCO<sub>2</sub>排出削減対策強化誘導型  
技術開発・実証事業（2018～2021年度）

東京大学 生産技術研究所

シニア協力員（前特任教授） 丸山康樹

日本大学理工学部

海洋建築工学科 客員教授

# COP26（2021年11月1日～12日、英国グラスゴー）開催

(出典) **ZAHOO!** ニュース IDでもっと便利に新規取得  
JAPAN ログイン 毎週日曜日は最大38%おトク

キーワードを入力 | Q

トップ 速報 ライブ 個人 オリジナル みんなの意見 ランキング 有料

主要 | 国内 | **国際** | 経済 | エンタメ | スポーツ | IT | 科学 | ライフ | 地域



## COP26の失敗は「死刑宣告だ」とグテレス事務総長 首脳級会合で

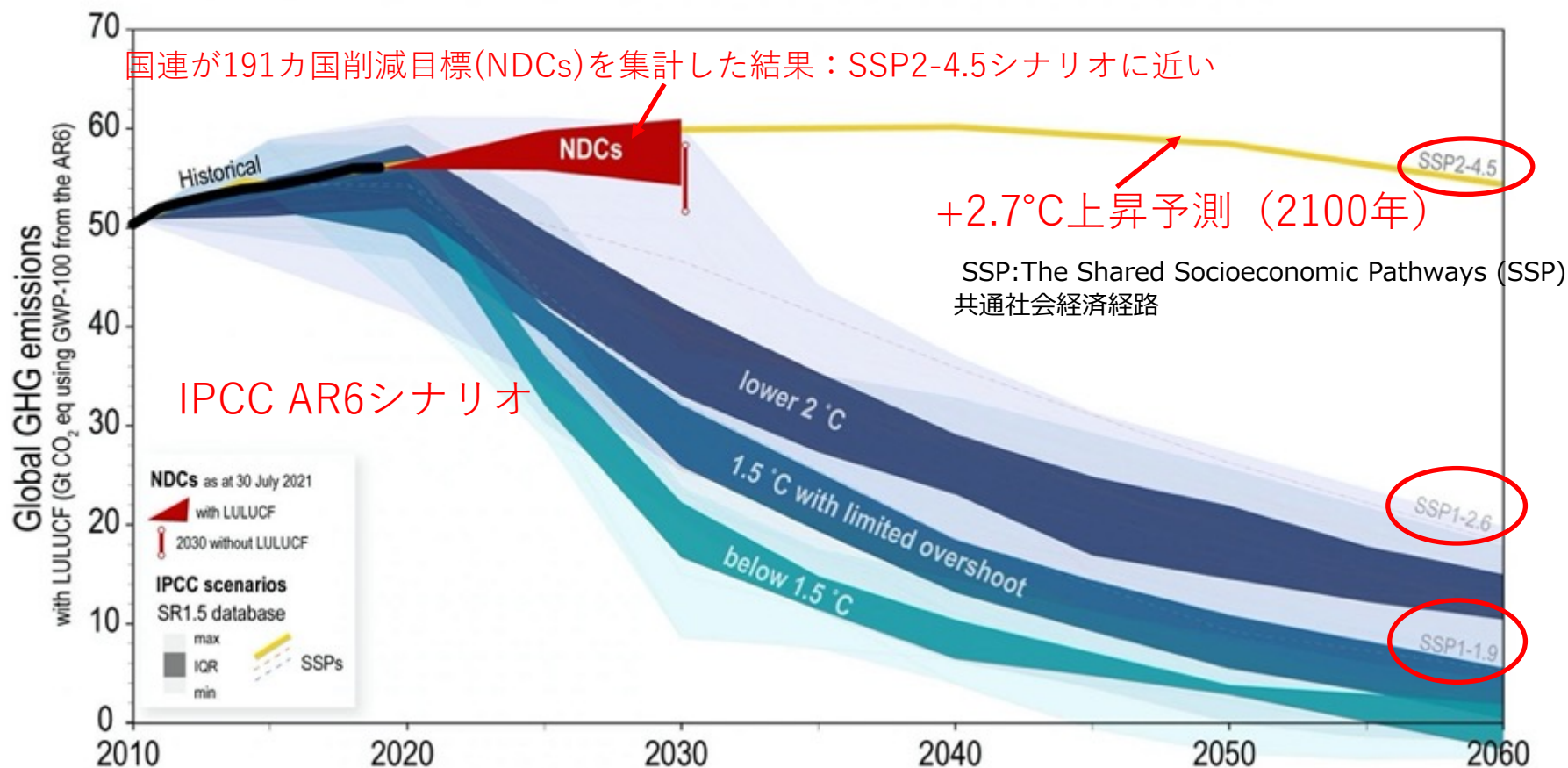
毎日新聞 1454

グテレス国連事務総長は1日、国連気候変動枠組み条約第26回締約国会議（COP26）の首脳級会合で演説し、各国が提出した現在の温室効果ガスの削減目標では、今世紀末の平均気温は産業革命前から2・7度上昇すると訴えた。会議が失敗に終わった場合、各国は「（気候変動対策の）計画を見直さなければならない。5年ごとではない。毎年、常にだ」と警告した。

# 国連の事務総長の死刑宣告（2.7度）の科学的根拠

UN CLIMATE PRESS RELEASE / 17 SEP, 2021

## Full NDC Synthesis Report: Some Progress, but Still a Big Concern (2021年9月17日国連発表)



(出典) 国連HP:<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions-ndcs/nationally-determined-contributions-ndcs/ndc-synthesis-report>

# COP26削減の科学的根拠：IPCC第6次報告書AR6（WG1）が公表

## 第1次報告書（1990）

### IPCC Working Group I Reports Since 1990

IPCCでは、1990年から2021年までの31年間、温暖化の科学的知見を6冊の報告書として公表している。IPCCは、世界中の研究者が発表した科学論文（査読付き）を公平にレビューすることを役割としている。



第2次  
(1995)

第3次  
(2001)

第4次:  
(2006)

特別報告書

第5次  
(2013)

第6次報告書AR6  
(2021年8月6日)

IPCC AR5 Working Group I  
Climate Change 2013: The Physical Science Basis

(出典) <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>

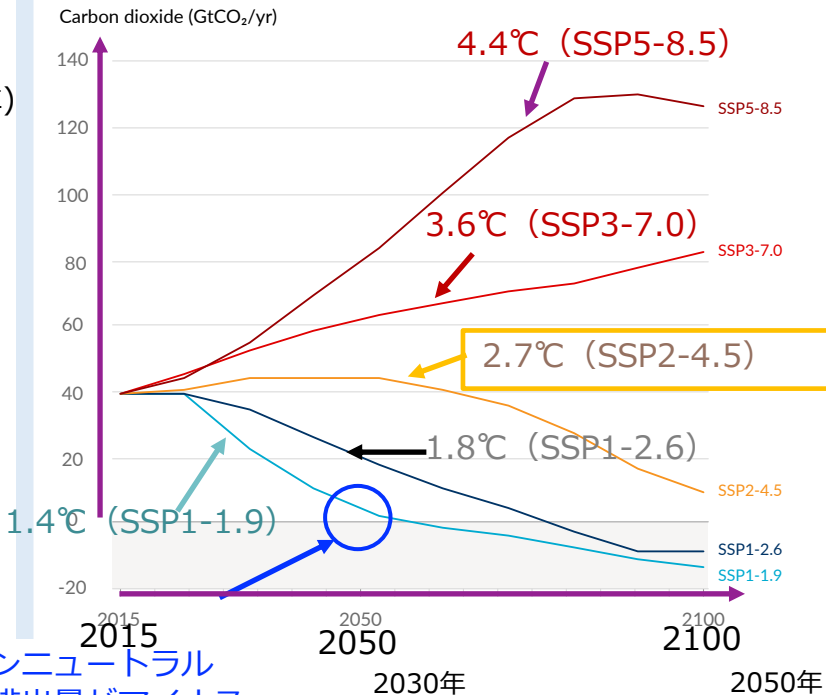
要約版はSPM (Summary for Policy Maker)と呼ばれ、気象庁から日本語訳が公表されている  
(出典) [https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC\\_AR6\\_WG1\\_SPM\\_JP\\_20210901.pdf](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC_AR6_WG1_SPM_JP_20210901.pdf)

# COP26のIPCC の根拠：カーボンニュートラル（実質ゼロ）と気温予測結果

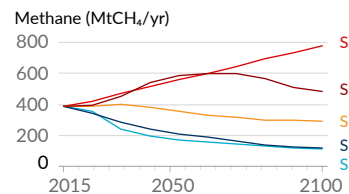
Future emissions cause future additional warming, with total warming dominated by past and future CO<sub>2</sub> emissions

a) Future annual emissions of CO<sub>2</sub> (left) and of a subset of key non-CO<sub>2</sub> drivers (right), across five illustrative scenarios

CO<sub>2</sub>  
年間排出量  
(GtCO<sub>2</sub>/年)

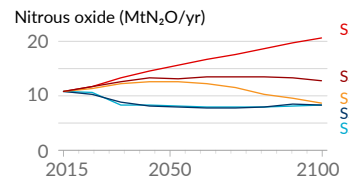


Selected contributors to non-CO<sub>2</sub> GHGs



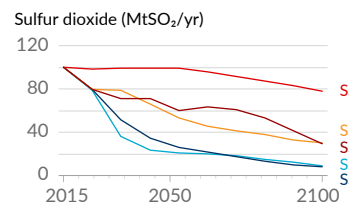
メタンのシナリオ

CO26で米国の削減案が提案された



N<sub>2</sub>Oのシナリオ

One air pollutant and contributor to aerosols



SO<sub>2</sub>のシナリオ

2050年カーボンニュートラル  
2050年以降、排出量がマイナス

シナリオ	短期、2021~2040年		中期、2041~2060年		長期、2081~2100年	
	最良推定値 (°C)	可能性が非常に高い範囲 (°C)	最良推定値 (°C)	可能性が非常に高い範囲 (°C)	最良推定値 (°C)	可能性が非常に高い範囲 (°C)
SSP1-1.9	1.5	1.2 - 1.7	1.6	1.2 - 2.0	1.4	1.0 - 1.8
SSP1-2.6	1.5	1.2 - 1.8	1.7	1.3 - 2.2	1.8	1.3 - 2.4
SSP2-4.5	1.5	1.2 - 1.8	2.0	1.6 - 2.5	2.7	2.1 - 3.5
SSP3-7.0	1.5	1.2 - 1.8	2.1	1.7 - 2.6	3.6	2.8 - 4.6
SSP5-8.5	1.6	1.3 - 1.9	2.4	1.9 - 3.0	4.4	3.3 - 5.7

パリ協定  
目標1.5°C

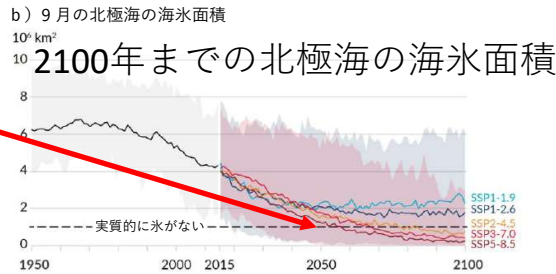
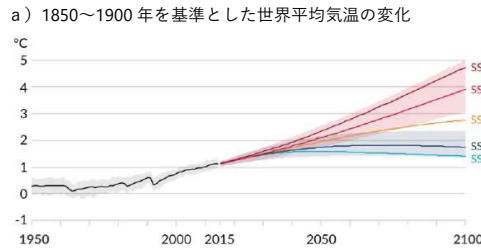
事務総長の警告2.7°C

前回AR5のシナリオ RCP2.6

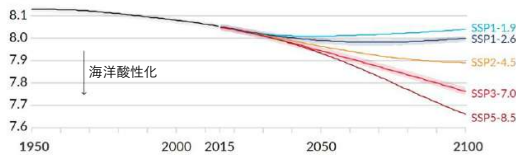
SSP: The Shared Socioeconomic Pathways (SSP) 共通社会経済経路

# 重要な知見 IPCC AR6：長期（2300年）の海面水位の予測が示された

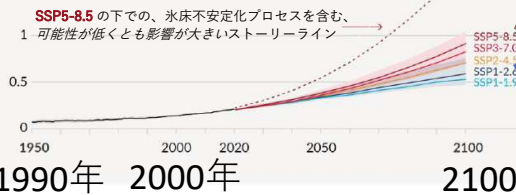
## 2100年までの世界平均気温



## 2100年までの海面付近のPH(酸性化)



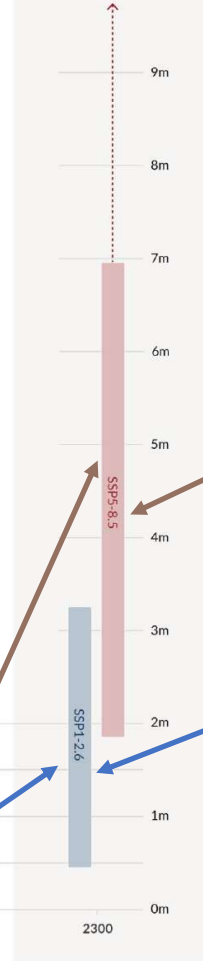
## 2100年までの海面水位



## 2300年の海面水位

e) 1900年を基準とした2300年の世界平均海面水位の変化

高排出の場合には15mを超える海面水位上昇の可能性も排除できない



高排出の場合には、氷床融解により海面水位が15mを超える可能性もある

SSP5-8.5 (4.4°C上昇)  
の水位：1.9～6.9m上昇

SSP1-2.6 (1.8°C上昇)  
の水位：0.5～3.2m上昇

排出量がマイナスとなるSSP1-1.9、SSP2-2.6以外のシナリオでは、北極海の9月の海氷面積は今世紀半ばに消失する

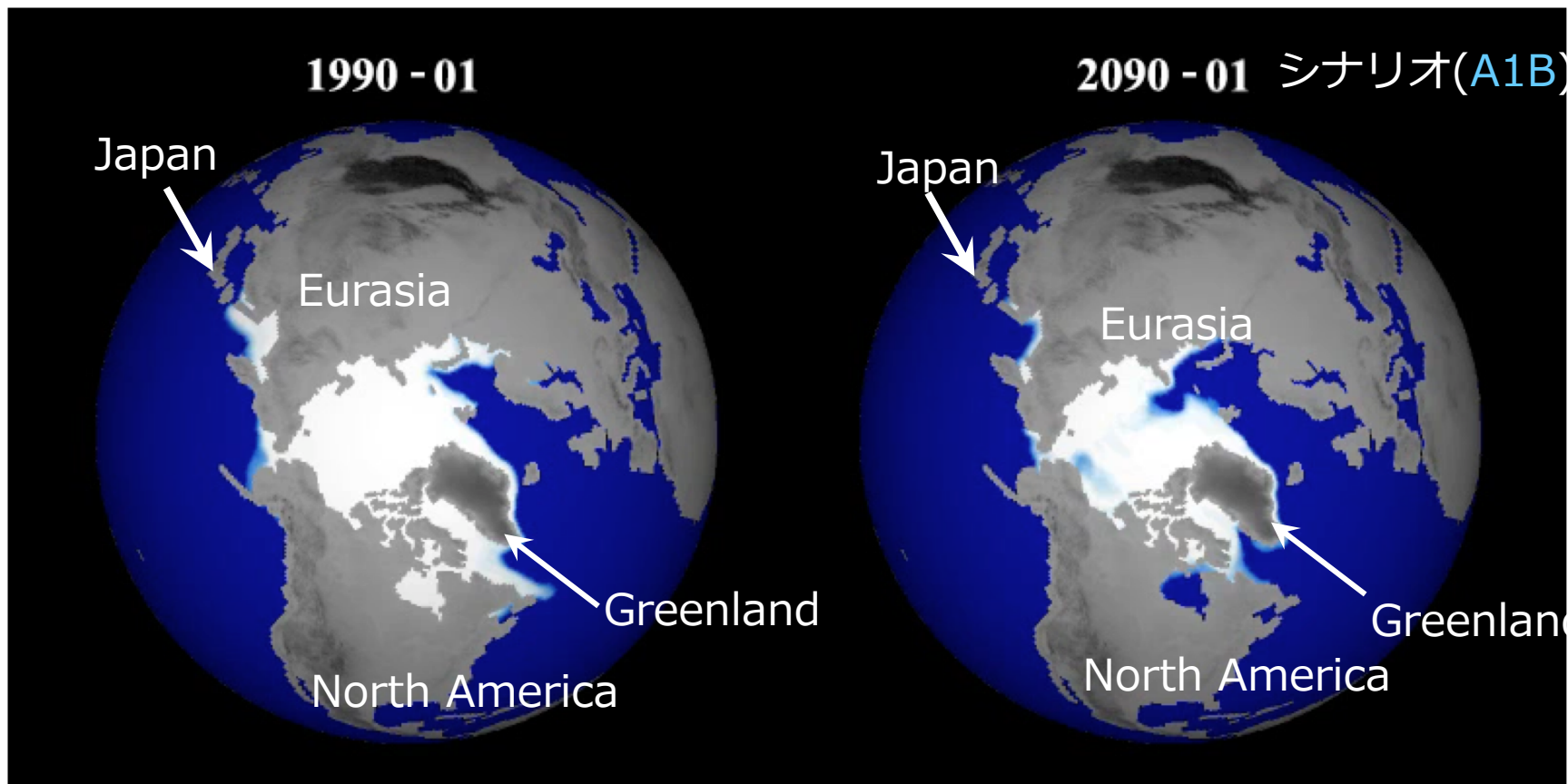
1990年 2000年 2100年

# (重要な知見) AR6では9月の海氷消滅時期が2050年に早まった

(先行事例との比較)

北極海の家氷変化の予測計算 (NCAR共同研究成果、2004年) では2100年に消滅

Change of Sea Ice in the Arctic region (A1B Scenario : Middle)



(出典: 丸山他、電力中央研究所 環境科学研究所)

# (重要な知見) IPCC AR6 : 超長期 (2千年後) の海面水位の予測が示された

## 報告書の特徴 : 超長期の海面水位の予測をかなり詳細に評価できるようになった

**B.5.4** 長期的には、海洋深部の温暖化と氷床の融解が続くため、海面水位は数百年から数千年にわたり上昇することは避けられず、また数千年にわたり海面水位が上昇した状態が継続する (確信度が高い)。今後 2 千年にわたり、世界の平均海面水位は、温暖化が 1.5°Cに抑えられた場合は約 2~3 m、2°Cに抑えられた場合は 2~6 m、5°Cの温暖化では 19~22 m 上昇し、その後も数千年にわたり上昇し続ける (確信度が低い)。この数千年にわたる世界平均海面水位上昇の予測は、過去の温暖な気候の期間から復元される水準と一致している。世界の気温が 1850~1900 年と比べて 0.5~1.5°C高かった可能性が非常に高い 12 万 5 千年前頃には、海面水位が現在よりも 5~10 m 高かった可能性が高く、世界の気温が 2.5~4°C高かった約 300 万年前には、海面水位が 5~25 m 高かった可能性が非常に高い (確信度が中程度)。

気候システムにおける蓄熱の 91%は海洋の温暖化、5%は陸域の温暖化、3%は氷の減少、1%は大気温暖化がそれぞれ占めていた (確信度が高い)。

要約すると ;

- ・ 海面水位は、海洋が熱を吸収するため数千年にわたり上昇し、上昇状態が継続する
- ・ 2千年後の平均海面水位の予測 ;
  - 1.5°C抑制が達成できた場合 : 2~3mの上昇
  - 2.0°C抑制が達成できた場合 : 2~6mの上昇
  - 5.0°Cまで温暖化が進んだ場合 : 19~22mの上昇
- ・ 過去の気候 (古気候) の海面水位と予測結果はよく一致する
  - 12万5千年前 : 0.5~1.5°C温暖期 : 5~10m海面水位が高かった
  - 300万年前 : 2.5~4.0°C温暖期 : 5~25m海面水位が高かった

IPCC 第 6 次評価報告書 第 1 作業部会報告書  
気候変動 2021 : 自然科学的根拠  
政策決定者向け要約 (SPM)  
暫定訳 (2021 年 9 月 1 日版)

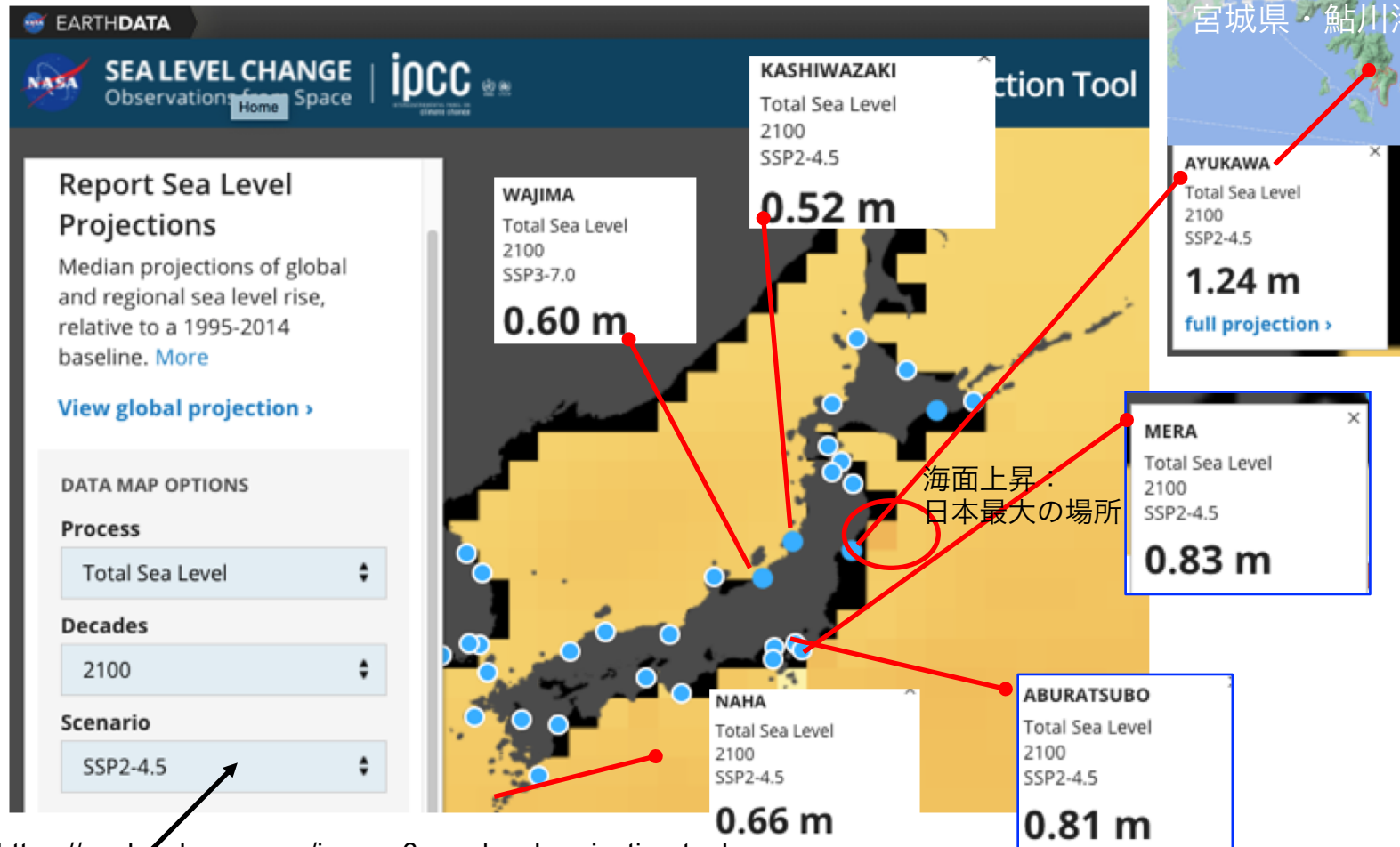
(出典) IPCC AR6 SMP 気象庁訳



# IPCC AR6：日本周辺の2100年の海面上昇予測（シナリオSSP2-4.5）

2100年+2.7°Cでは宮城県、福島県沿岸は、日本でも海面上昇が大きく、1mを超える

The Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) 共通社会経済経路

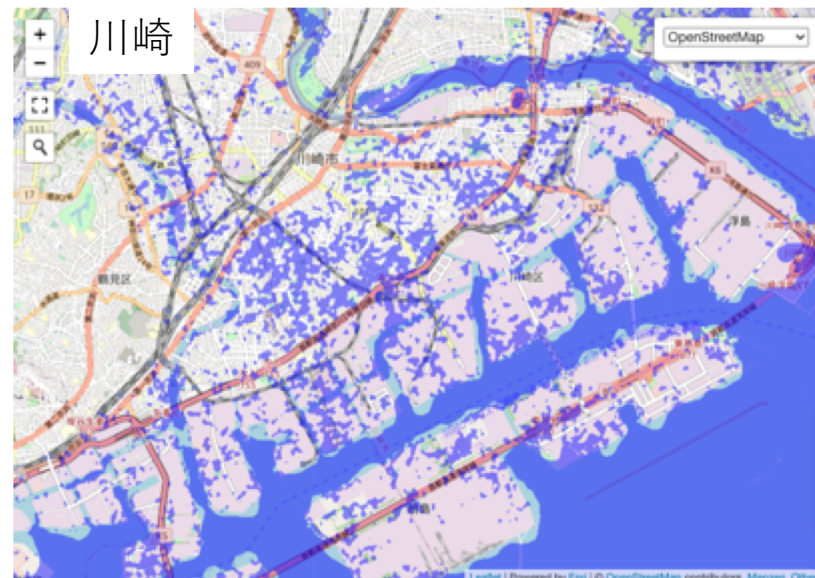


(出典) <https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool>

2100年の気温上昇2.7°C  
になるシナリオSSP2-4.5を選択

具体的には、持続可能性を重視した成長と平等の世界（SSP1）、これまでの歴史的な流れのパターンにほぼ沿った「中庸」な世界（SSP2）、「ナショナリズムの復活」により分断された世界（SSP3）、不平等がますます拡大する世界（SSP4）、経済生産高とエネルギー使用量が急速かつ無制限に増加する世界（SSP5）です。

(概算) 沿岸部の大都市の海面上昇以下の範囲 (2100年+2.7°C、海面上昇+1mの場合)  
(実際には防潮堤や排水ポンプの整備状況で浸水域は異なる)



(出典) Flood Map: <https://www.floodmap.net/> 英国のAlex Tingleさんが2006年から公開しているブログ

# 福島県の浜通り海岸の浸食状況（平均毎年0.4m後退）と対策の現状

海岸線は砂浜、崖、あるいは崖の前に砂浜が広がる地形となっている。隆起に伴い海岸段丘も作られており、海岸侵食が強く、南相馬市や富岡町では年平均0.4メートルほど海岸線が後退している。削られた陸地により、海側には幅約2.5キロメートルの海食台ができており、これが約7000年前に海面水準が現在のものになった時の海岸線に対応していると考えられる<sup>[7]</sup>。7000年前の海岸は2.5キロメートル先だったということである。

(出典) ウィキペディア：<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%B5%9C%E9%80%9A%E3%82%8A>

いわき海岸



広野海岸



富岡海岸



大熊海岸



請戸漁港の北側  
イノベーションコースト

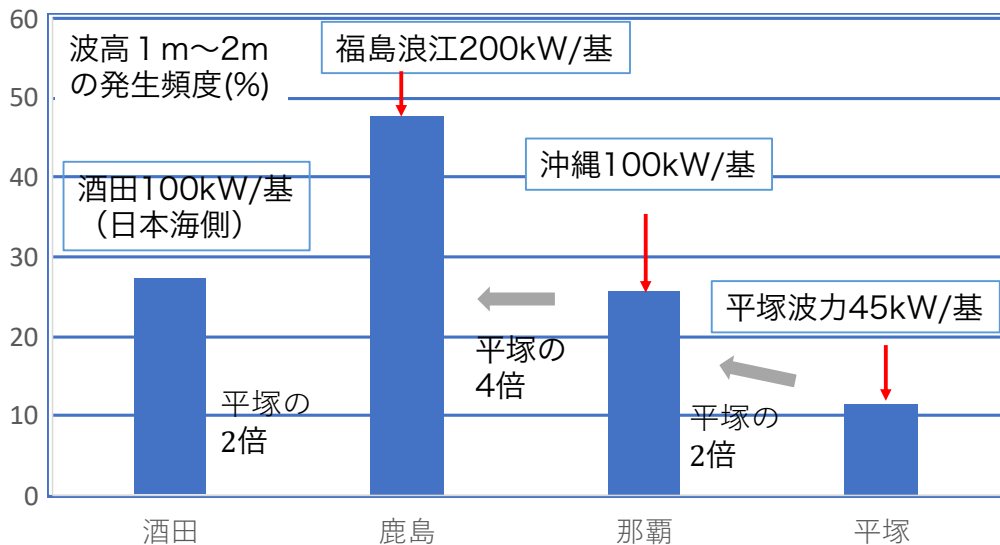


村上地区海岸



(出典) グーグルマップ

# 東大共同研究による波力発電（Wave Rudder型）の開発ロードマップ



第4段階：全国展開  
 コマーシャル 1MW以上/地点  
 発電コスト36円~20円/kWh

FIT設定  
 2025年頃  
 を想定

第3段階：浪江波力  
 プレコマーシャル  
 200kW×3基（構想）

環境省FS事業  
 2020年  
 2021年

本年度のFS  
 2021年

第2段階：平塚  
 実証（デモンストレーション）  
 平塚波力発電所  
 45kW

環境省プロジェクト  
 2018年~2021年（4年間）

文科省プロジェクト  
 2012年~2016年  
 （5年間）



第1段階：久慈  
 プロトタイプ  
 久慈波力発電所  
 43kW



2012年

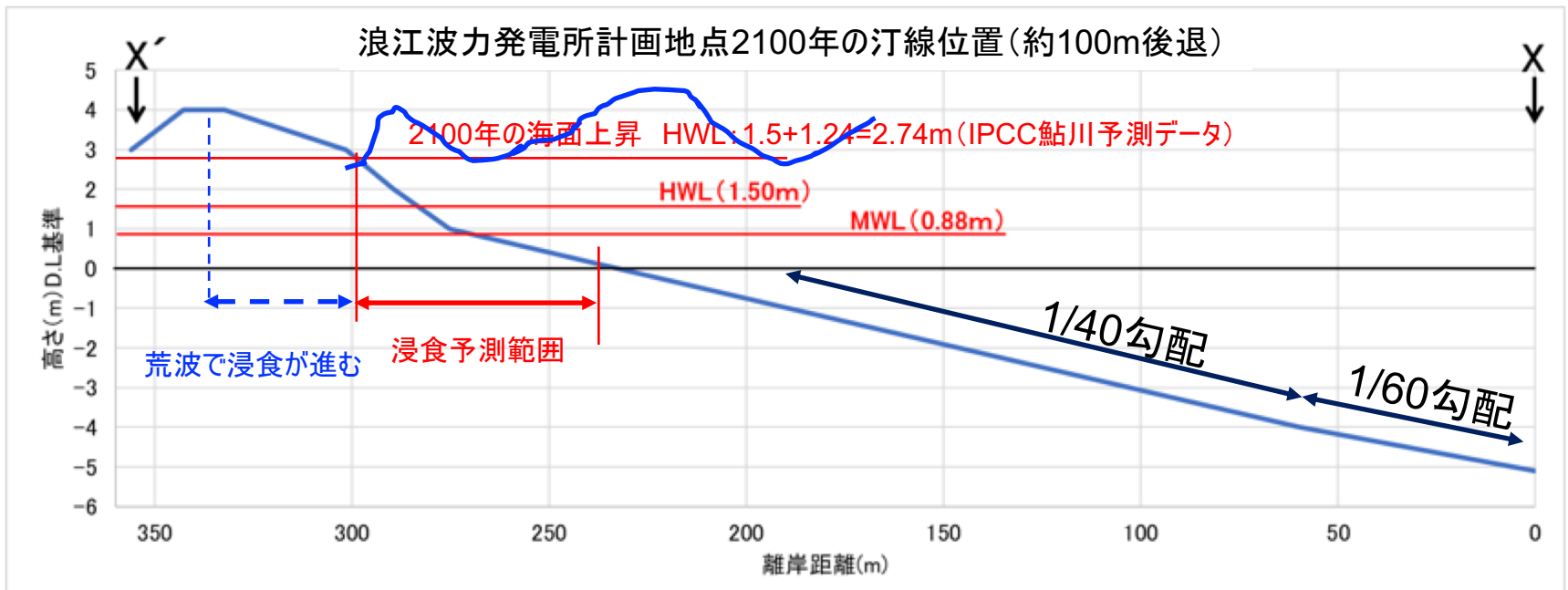
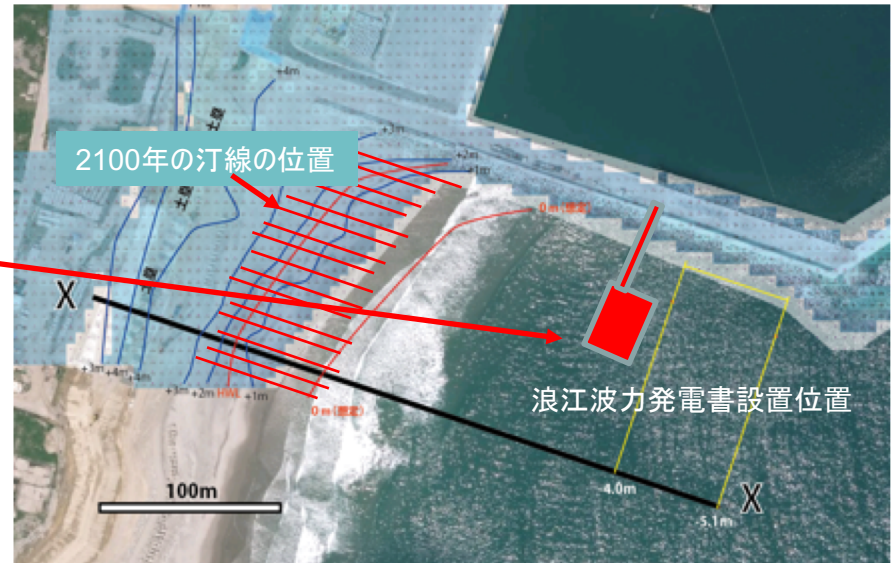
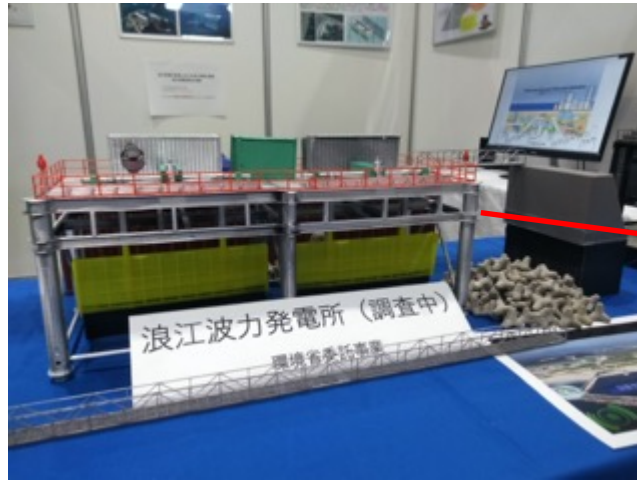
2015年

2020年

2025年

2030年

# 浪江波力発電所は、CO<sub>2</sub>削減だけでなく海岸侵食防止に役立つ



# まとめ

- IPCCの最新の報告書AR6（2021年8月）では、気候科学の大幅な進歩により、1.5℃抑制には2050年のカーボン・ニュートラルの達成が必要なことが示された。また、長期（2300年）、超長期（2000年後）の海面上昇予測が示されたことが大きな特徴である。
- 波エネルギーは風エネルギーと同程度存在する。福島県の浜通りは波エネルギーが豊富な地域である。同時に、海面上昇と荒波により海岸が浸食されやすい地域でもある。
- IPCCの知見を具体的な行動に結びつけるため、東大および地元企業他16社は、2020年から、環境省事業により、浪江波力発電のFS事業取り組んでいる。波力発電は、気候変動対策のためのCO<sub>2</sub>削減と海岸浸食防止（適応）の両面に役立つであろう。
- 将来、浜通り地区に波力発電の新産業を育成し、日本各地へ普及することで、脱炭素と浜通り地区の復興（産業活性化）に貢献していきたい。