

2018年1月20日、東京  
「我が国の地球観測の将来計画に関する討論会」  
(第8回 TFリモセン分科会 全体会合)

## 気候変動問題に関する 日本の地球観測の立ち位置

中島 映至

JAXA 地球観測研究センター (EORC) 長  
国際気象学・大気科学学会 (IAMAS) 事務局長  
日本学術会議連携会員  
東大名誉教授

### 地球観測シナリオのボトムアップの意見形成

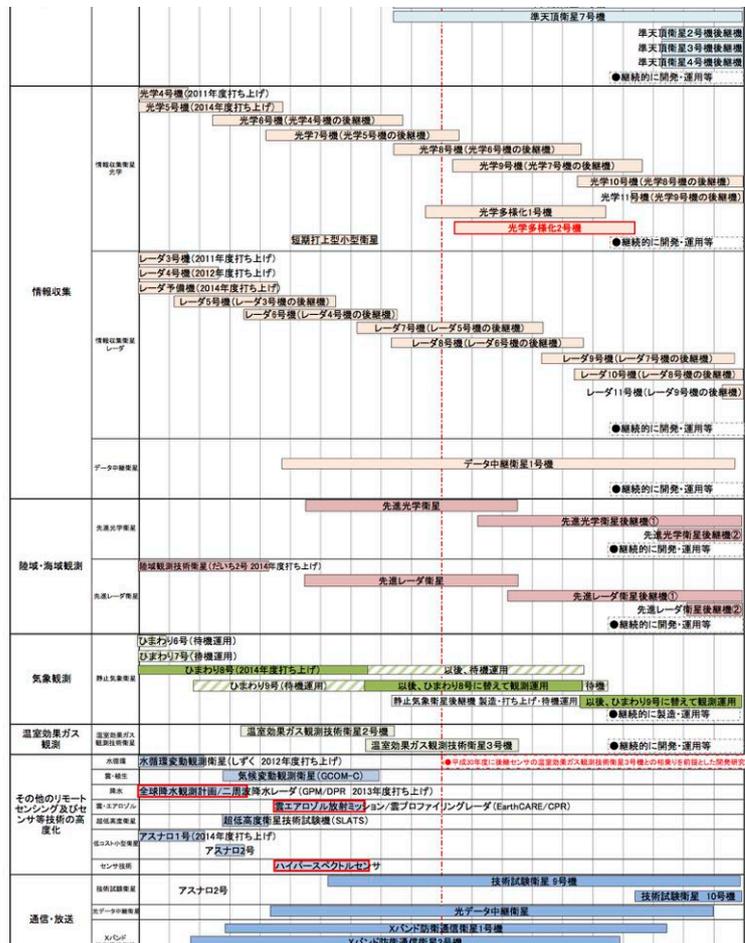
- 2015-16: TF高度化WG提言「我が国の地球観測の将来計画に関する提言-科学的側面-」(2015)
- 2016-17: 世界の工程表分析、TF 高度化WG編「地球観測の将来構想に関わる世界動向の分析」(気象研究ノート, 2017) [参加学会によるレビュー]
- 2017-18: 「地球観測グランドデザイン」の策定中,分析を基に戦略と優先順位の議論
- 学術会議：地球惑星委員会 地球観測小委員会「第23期提言」
  - ・ 全圏にまたがる議論の場の形成の必要性：福島復興, フューチャーアース等の例
  - ・ 米国カデミーによるDecadal Survey 2018の発行
- 学術会議大型研究マスタープラン ・ 夢ロードマップ：第24期でのプロセスがスタート

# 学術会議大型研究計画マスタープラン

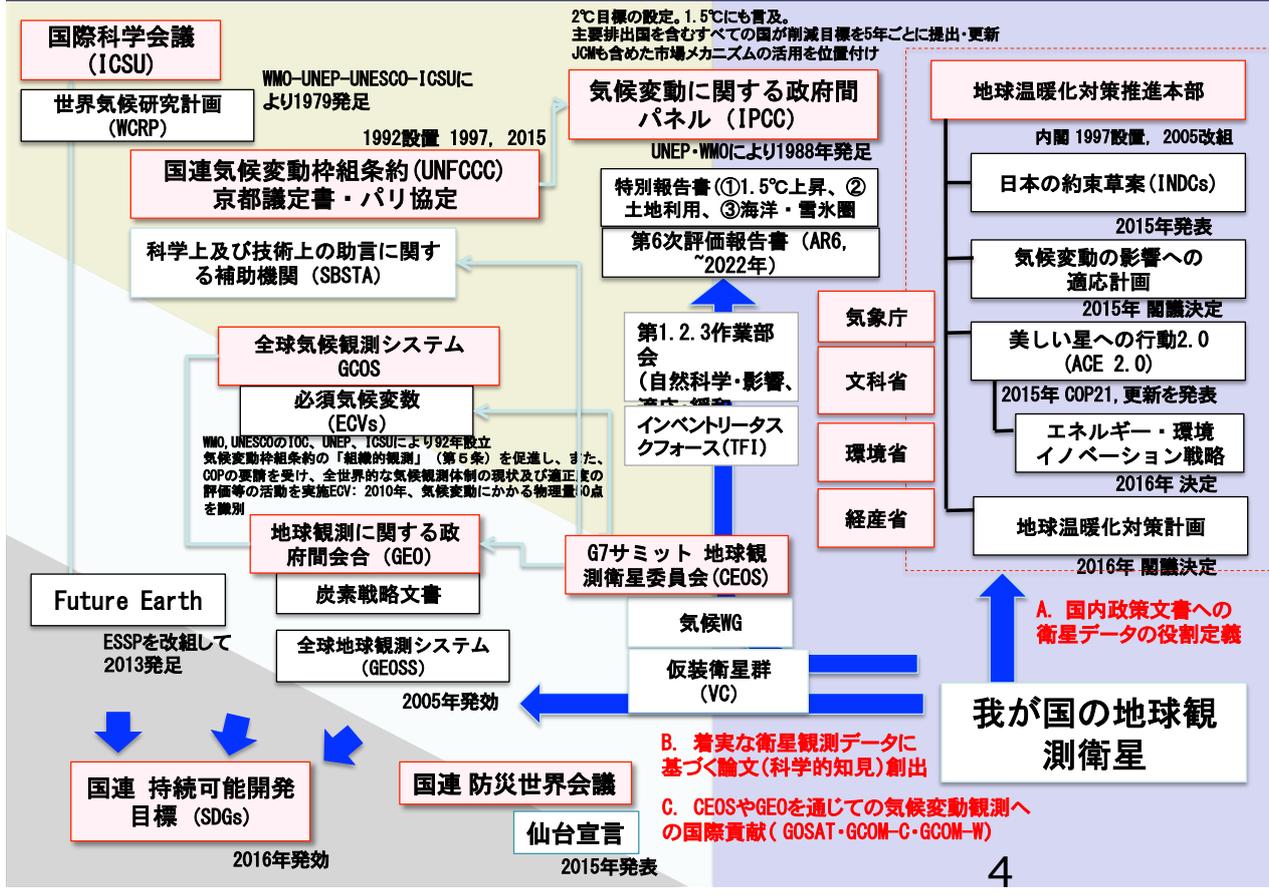
- 23期提案 JAXA/EORC, 地球惑星科学：衛星による次世代全球地球観測システムの構築: GCOMシリーズ, 全球降水観測計画 (GPM), 雲エアロゾル放射ミッション (EarthCARE) 後継ミッション, 温室効果ガス観測技術衛星 (GOSAT) 後継ミッション, 1000億~2000億
- 評価:総合評価 4
  - ・ 2000億円以上という費用に見合った他分野にも説得力がある計画となっていない
  - ・ なぜ衛星がさらに必要か説明が弱い, 社会の必要性が説明不足
  - ・ 既存観測システムとの相補関係, 優越性等が十分に説明されていない。
  - ・ 理念と必要性については熱意が込められた説明があった。トップダウンの衛星の開発・運用と得られたデータをどのように活用してサイエンスを行うかのボトムアップ体制がもっと具体的に示された方がよい。国際連携ももっと明確であるとさらによい。
  - ・ 具体的な計画や予算などが, 実現に即した準備状況ではない。実施体制も不明。準備不足に思える。
  - ・ 科学的重要性等は認められるが, 大型研究計画の枠組みに合致するか疑問
  - ・ 地球観測における衛星観測の重要性は基礎科学研究の上においても明らかであり, その計画が2020年までしか決まっていなことは深刻な問題であり, この計画をマスタープランに記載し, その合理的な実現をサポートすることは重要と思われる。省庁のミッションとして行われるべき研究を, 文科省の学術機関課の経費で手当てするものと, どのような考え方で仕分けして学術会議としてどうオーサライズするかは戸惑う部分があるが, マスタープランとしては, 省庁のミッションによる研究もサイエンスへの寄与の秤で評価して記載するべきであろう。この提案が実現すると, どのような目玉となる成果が得られるかについて, 専門外の人にもわかりやすい明確な記述がなされると良いように思う。
  - ・ この提案と極域科学のフロンティアとの共同提案はできないでしょうか?
  - ・ 衛星観測の技術維持と科学・応用は国策としても重要である。
  - ・ 社会的価値が総花的
  - ・ JAXAの計画だけではないか?"
  - ・ 基本的には政策的。科学的価値を主体にした場合, 規模, 予算は縮小できるのでは。
- マスタープランの2020年大改訂・夢ロードマップ改訂作業はじまる
  - ・ 3/28: 地球惑星科学委員会によるヒアリング (申し込み締め切り: 2/19)
  - ・ JpGU U8 セッションで各セクションプレジデントがまとめて発表
- 論点
  - ・ 国策は入れない; 学術会議が利益者団体になって良いのか?
  - ・ 100億より大きな計画、国策も評価すべきである; 2階建提案

## 地球観測計画

- 戦略的な運用
  - ・ 衛星の長寿命化・小型化
  - ・ AMSR3・GOSAT3相乗りオプション
  - ・ GeoCARBの例: 民間打ち上げ相乗り
- 地球観測は「その他」なのか?
- ボトムアップ・地球観測専門家の意見聴取の重要性
- ISASによる宇宙科学ミッションの検討メカニズムが地球科学には無い
- 中国版GOSAT, GPM; 米国GeoCARB等



# 貧者の地球観測衛星: 社会課題の解決は皆で



## 地球観測衛星は科学にも大きく貢献している

Web of Science (Articles after 1993) @ July 14, 2017

	#articles	Citation except for self-citation	h-index	Articles in 2016	Citations in 2016
TRMM	2,828	42,848	100	302	10,363
AMSR	1,094	16,369	65	126	4,415
ALOS	1,144	10,418	51	160	3,007
GOSAT	322	3,190	37	56	1,452
GCOM	52	475	8	14	100
GPM	825	9,592	47	104	1,561
LANDSAT	12,973	235,622	147	1,394	40,671
MODIS	13,000	214,232	144	1,689	48,075

Web of Science (収録対象1993年以降) 2017年7月14日調べ。  
 h指数(h-index) : トピックや著者等の論文の被引用に関する指標。少なくともx回以上引用された論文がx本。  
 灰色の数値は2015年5月15日調べの値 (Web of Scienceの仕様のため)。

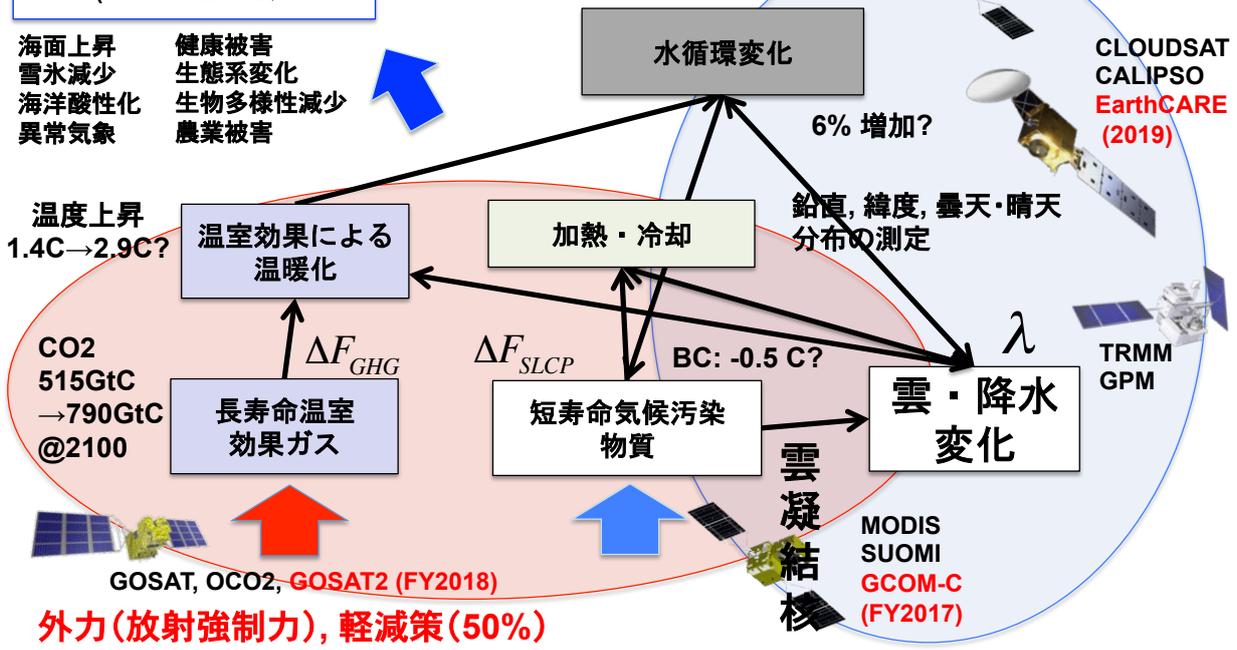
# 人間社会, 生態系

GDP損害: 2-8% (2100)  
(100-400 BUSD)

海面上昇  
雪氷減少  
海洋酸性化  
異常気象

健康被害  
生態系変化  
生物多様性減少  
農業被害

極端気象/台風減少・強度増加・トラック



外力(放射強制力), 軽減策(50%)

$$\Delta T_s = \eta(t) \lambda \Delta F_R$$

慣性係数  
CO2増加: ~0.5,  
火山噴火: 0.1

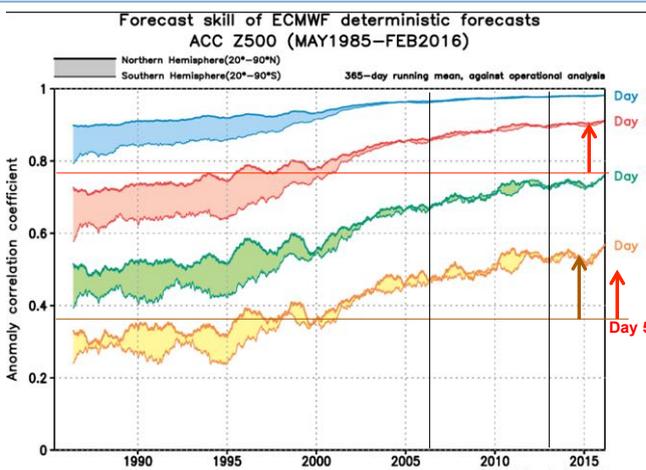
平衡気候感度係数  
~0.7

気候感度・相互作用の理解(50%)

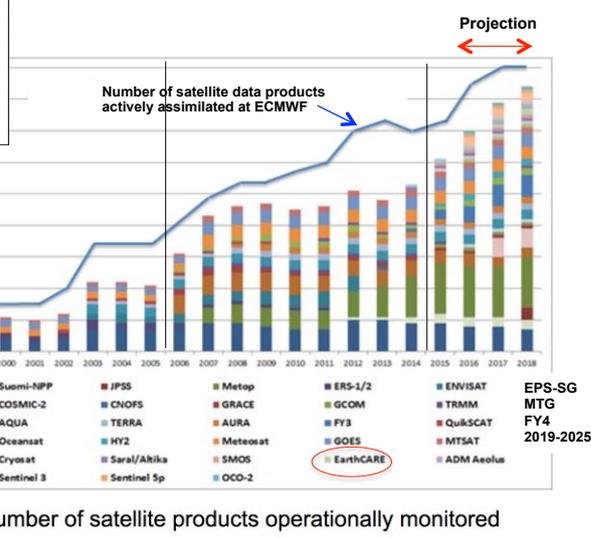
$1/\lambda \sim 5.0 - 2.6 - 0.5 - 0.5$

あるモデル例 黒体 水蒸気 雲 アイスアルベド

## 気象予測における精度向上とデータ数・量の増大



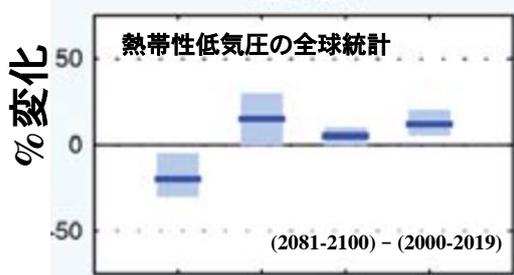
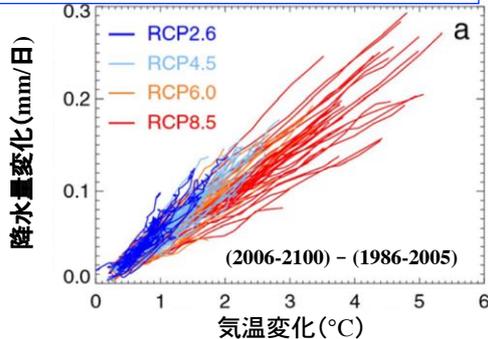
## ECMWF 衛星観測データ同化 1996-2015; 予測 2018



- より長い予測スコアの改善にはより努力が必要
- 衛星データ数・量が増えている
- 将来にはEarthCARE等の貢献も織り込まれている
- 世界では2020-2040期の計画作りが盛ん(中国含む)
- モデルの進歩に伴って、衛星の進化によるデータ変更に対応できるようになってきた

# 降水の気候

- 気温上昇と降雨量増加が相関
- 異常な湿潤と乾燥が共存する
- 新しいミッション目的: 変化する気候観測
- 現業vsベストエフォートミッション



IPCC-AR5 頻度 カテゴリ4-5 生涯最大 降雨 頻度 強度 強度

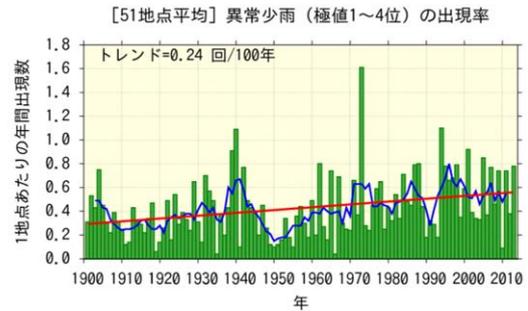
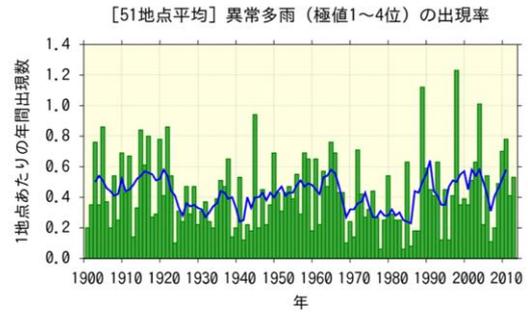
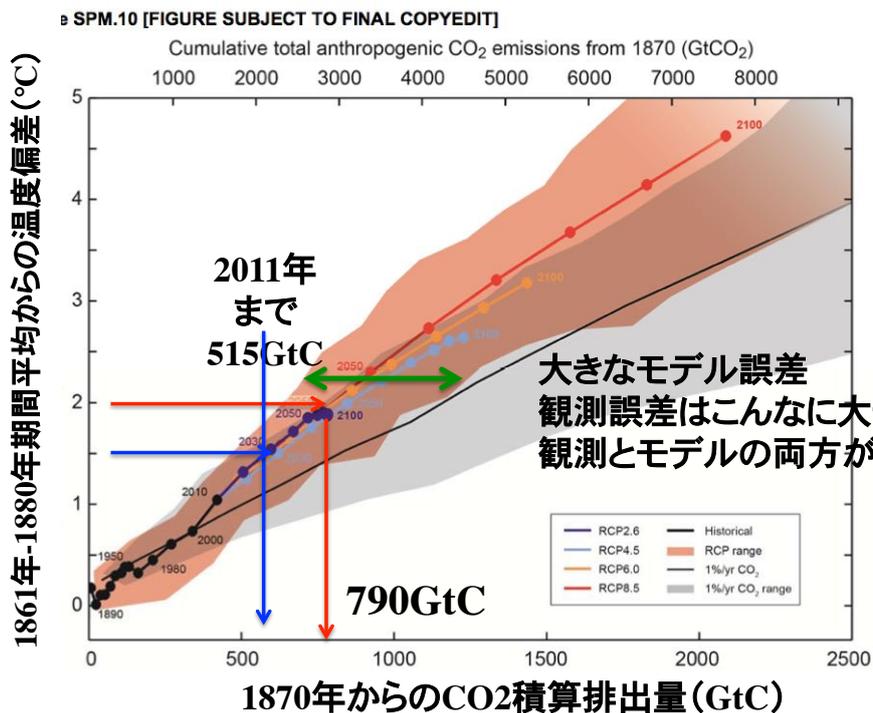


図 1.3.5 月降水量の異常多雨と異常少雨の年間出現数の経年変化 (統計期間 1901~2013 年) 棒グラフは各年の 51 地点平均値、青い折れ線は 5 年移動平均、赤い直線は長期変化傾向を示す。

気象庁 異常気象レポート2014

# 人為起源温室効果ガスの排出と地球温暖化

- COP21 パリ協定(2015): 2°目標, 1.5°努力目標、報告義務
- IPCC: 1.5° 特別報告書



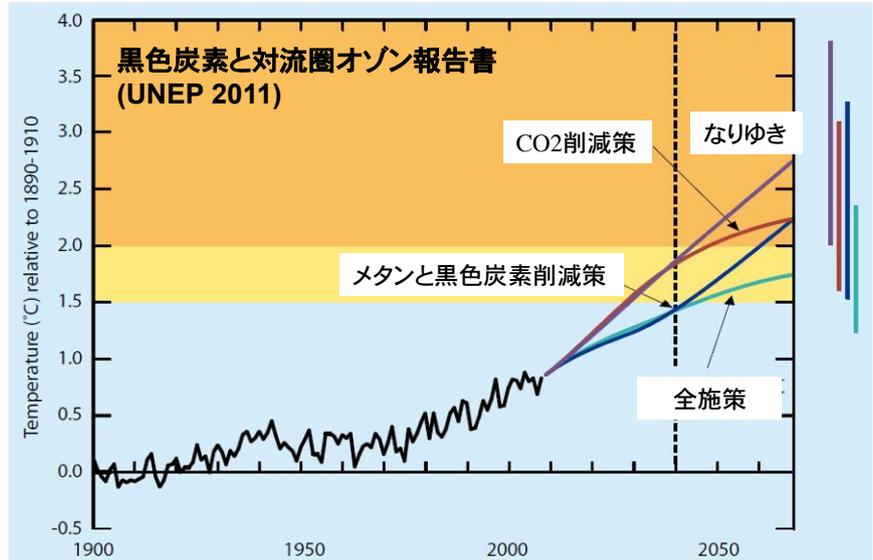
IPCC-AR5

# 地球温暖化の緩和手法

- COP21パリ合意 (2015): 2度目標、1.5度努力目標、報告義務
- IPCC: 1.5度特別評価報告書
- UNEP 気候と清澄大気の国際枠組み (CCAC, 2012) : 短寿命気候汚染物質 (SLCP) (黒色炭素、メタン、対流圏オゾン等)の削減

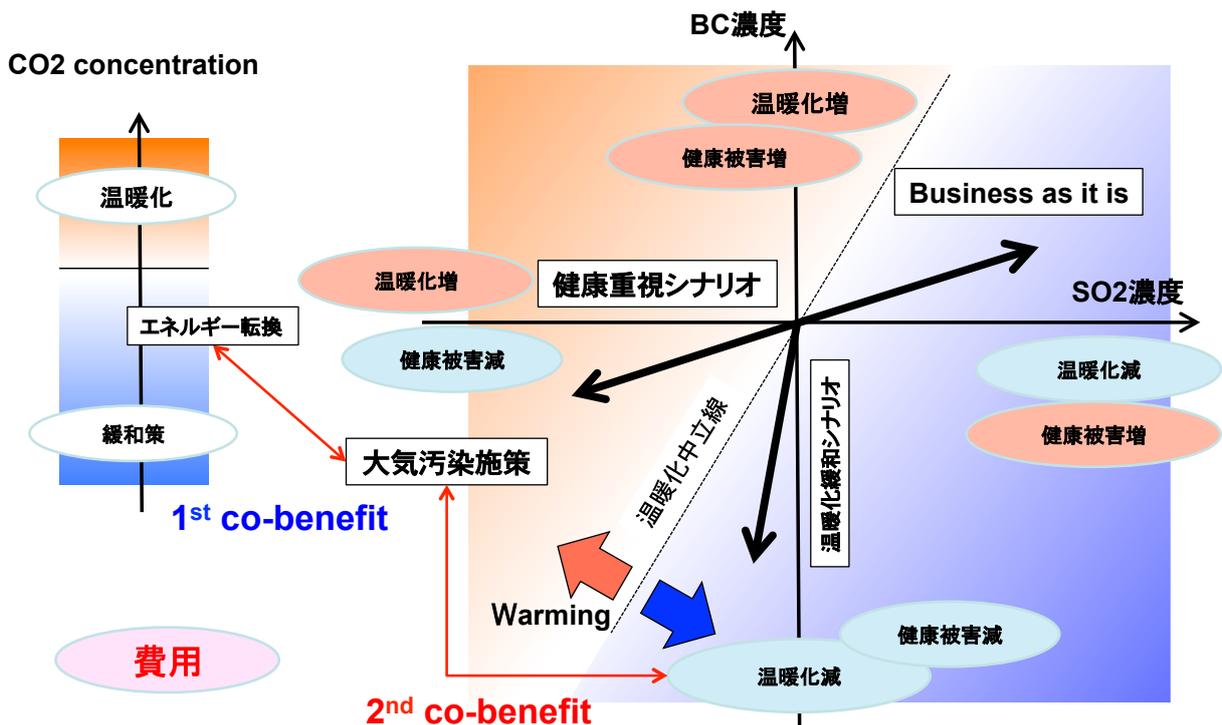
- BC10倍増: 大気安定度の増加、下層雲が増える (環境省S12プロジェクト)
- アクティブ&パッシブ・リモセンの組み合わせが必要

全球地表面気温変化 (C)



# 地球温暖化と大気汚染施策

環境研究総合推進費 S12 (SLCPの環境影響評価と削減パスの探索による気候変動対策の推進)



# まとめ

- 世界は2020–2040計画で白熱、中国の台頭(中国版GOSAT, GPM, 複数静止衛星)
  - 世界に130以上の地球観測衛星計画がある;ある意味では環境バブル;分析終了
  - TF、ボトムアップ計画ができつつある
  - 学術会議 24期大型研究マスタープラン大改訂作業が始まる;出すのか?
  - 学術会議 地球観測小委員会 提言が出た、今後は工学委員会等との議論の場形成が必要
- NASAのDecadal survey:「科学」をミッションの最優先に掲げる、ベストエフォートとしての社会貢献、でなければ代替機を含めて相当高価になる
- パリ合意、SDGsイニシアチブ等、地球環境対策に向けて、日本の責任も重くなっている
  - GEO-宇宙ミッション連携が必要
- 宇宙政策
  - 地球観測は「その他」か?
  - 戦略的予算利用、相乗り・小型化等工夫
- 気候強制力と気候感度の観点がある:後者が難しく、衛星ミッションが多く打たれている;Decadal surveyでも同様