

地球温暖化問題の探究：
リスクを見極め、
イノベーションで解決する

杉山大志氏

地球温暖化問題の探究： リスクを見極め、 イノベーションで解決する

キャノングローバル戦略研究所 研究主幹 杉山大志

日本原子力学会 シニアネットワーク連絡会 2019年度SNWシンポジウム

2019年10月19日

(本講演は個人の責任によるものです)

本日のメッセージ

1. 温暖化は起きているが、科学的不確実性が大きく、被害は誇張され気味。2度か3度程度であれば、重大な被害は考えにくい。
2. パリ協定では2度を目標にしているが、それを達成する技術は現在には存在しない。イノベーションが必要。
3. AIや化学等の汎用目的技術(≡共通基盤技術)に注目すべし。理由は： A)急激に進歩している。B)経済便益。C)温暖化対策技術を派生する。D)日本の強み(ハイテク部品・素材等)。E)安全保障。
4. 日本の責務は、汎用目的技術を経済成長との好循環の下で育て、世界に技術的ソリューションを提供すること。”Society 5.0 solves Global Warming”

温度上昇予測の幅は大きい

$$1.5^{\circ}\text{C} < \Delta T_{2 \times \text{CO}_2} < 4.5^{\circ}\text{C}$$

(66%以上幅、IPCC 2013)

$\Delta T_{2 \times \text{CO}_2}$: CO2倍増時の温度上昇(気候感度)

「2度を十分に下回る」というパリ協定の目標は、
「温度上昇予測がこの上限の場合でも2度を下
回るようにする」、という意味。

シミュレーション(GCM)は 過去の温度を良く再現できていない

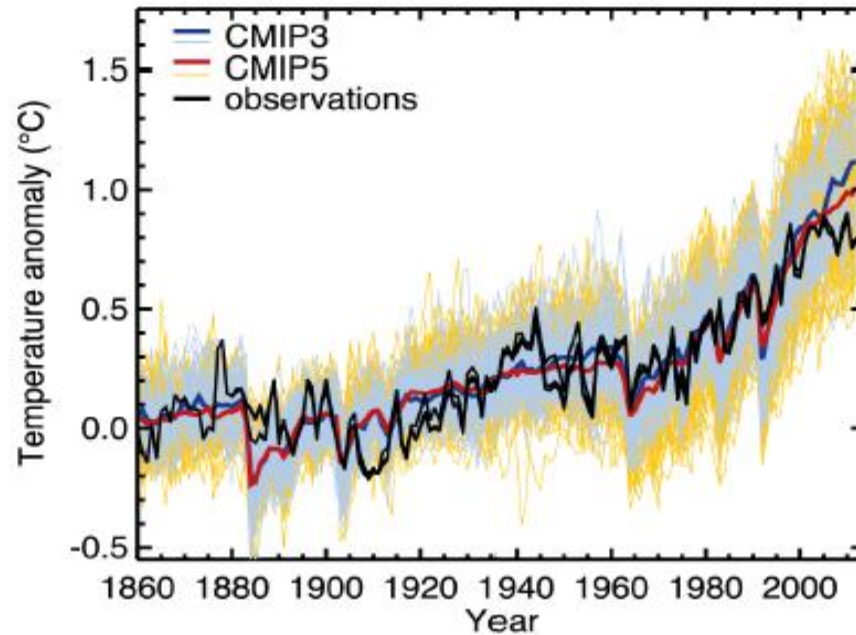
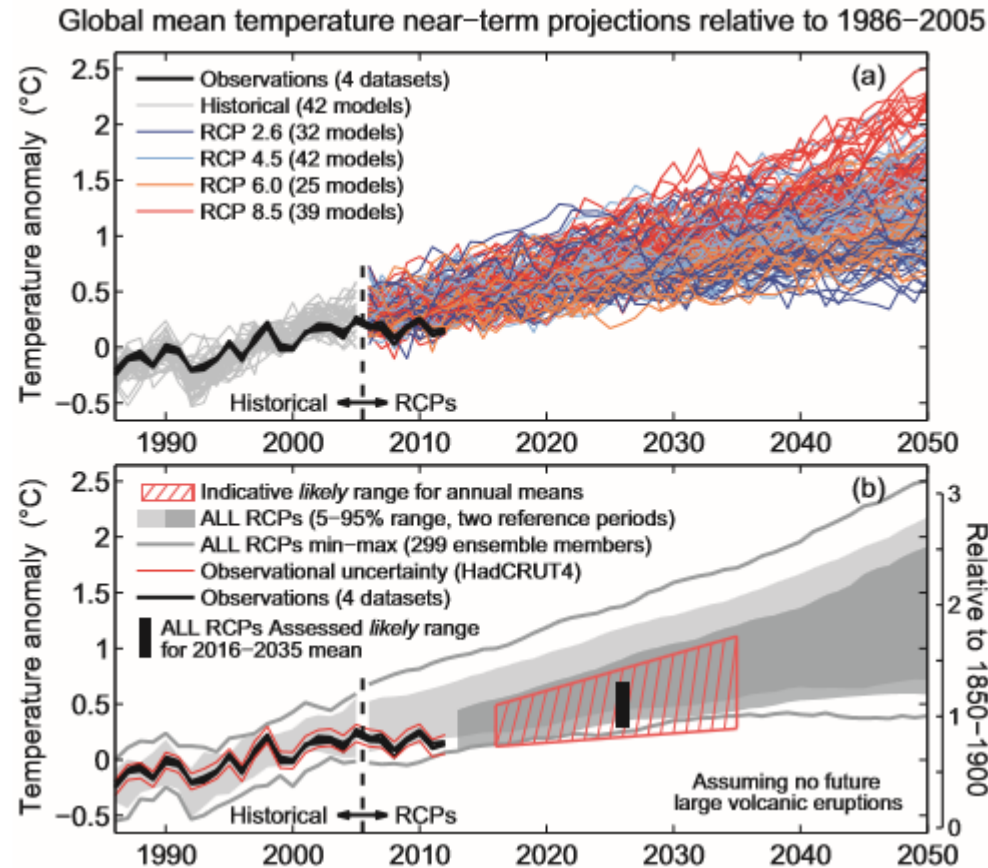


Figure 3: Comparison of the CMIP3 and CMIP5 simulations of global surface temperature anomalies with observations.

Source: Figure 10.1 from the IPCC AR5.

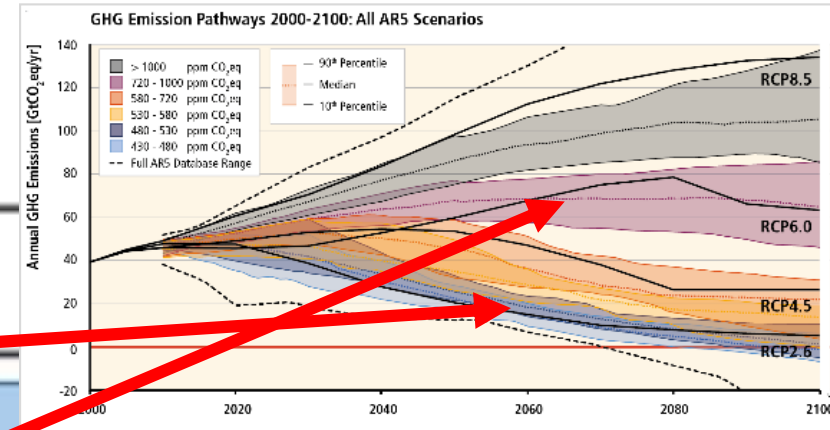
(IPCC AR5 WG1; Curry 2017)

ハイエイタス(温度上昇の停滞): 外れた温暖化予測



シナリオと温暖化予測

Scenario	Warming in 2081–2100 based on:			
	CMIP5 models		TCR of 1.35°C	
	°C	°C	°C	°C
Baseline	1850–1900	2012*	1850–1900*	2012
RCP2.6	1.6	0.8	1.0	0.2
RCP4.5	2.4	1.6	1.6	0.8
RCP6.0	2.8	2.0	2.0	1.2
RCP8.5	4.3	3.5	2.9	2.1

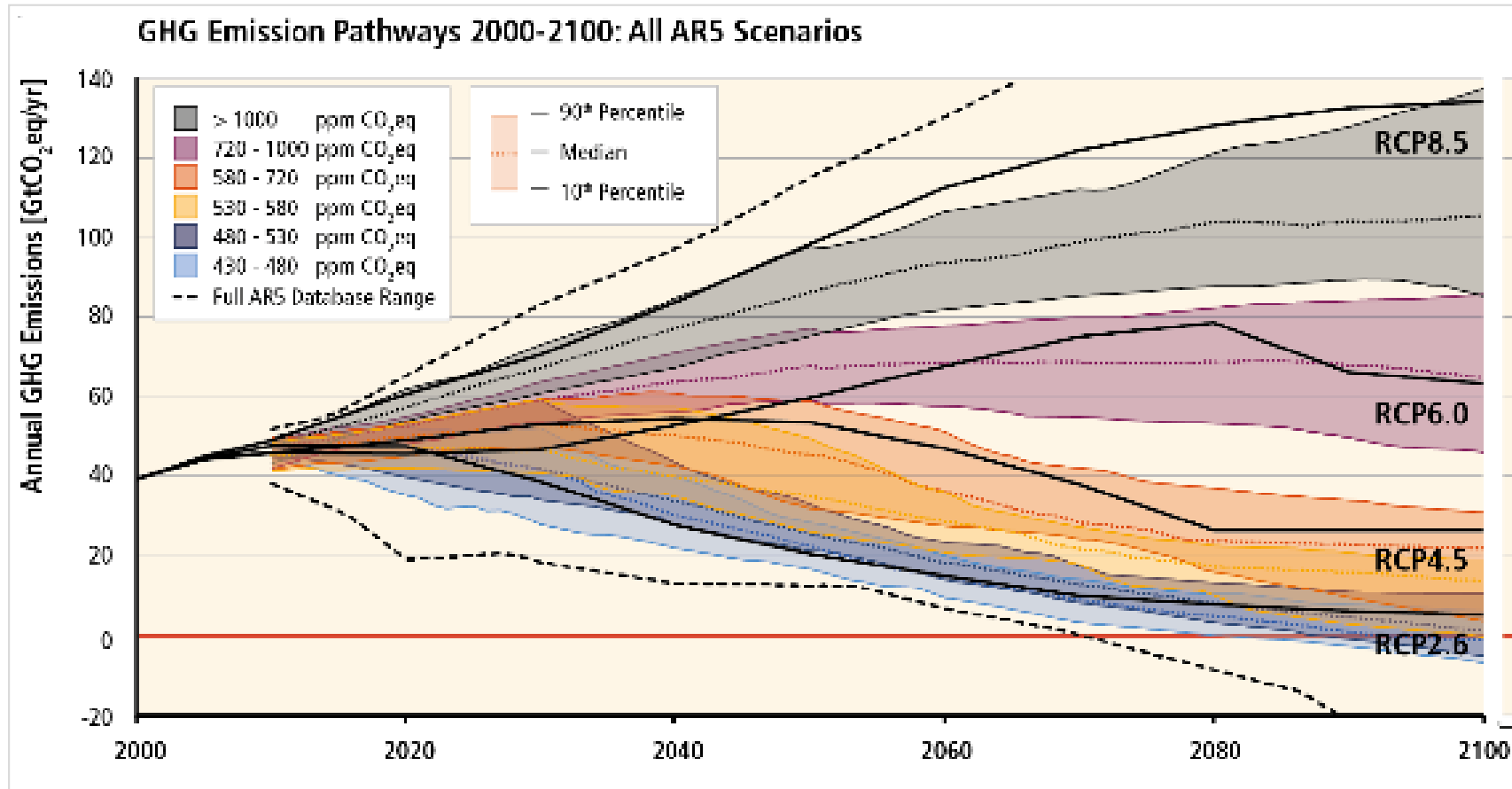


<http://www.thegwpf.org/content/uploads/2014/02/A-Sensitive-Matter-Foreword-inc.pdf>

シミュレーション(中央値)

低めの予測値(観測分析)

IPCC 排出シナリオ (IPCC 2014)



RCPの意味は後述

(←観測分析(≒低めの温暖化予測シミュレーション)ならこれでも2℃。)

←パリ協定シナリオ
「2℃を十分下回る」
=高めの温暖化予測シミュレーションに基づき計算した排出量

(IPCC AR5 WG3)

2度シナリオの“技術的、政治的な課題challenge(IPCC AR5 WG3)”とは。。

シナリオは、資源量や技術仕様・コスト等を考慮した数値モデルIAMによるが、**事実上は不可能!**

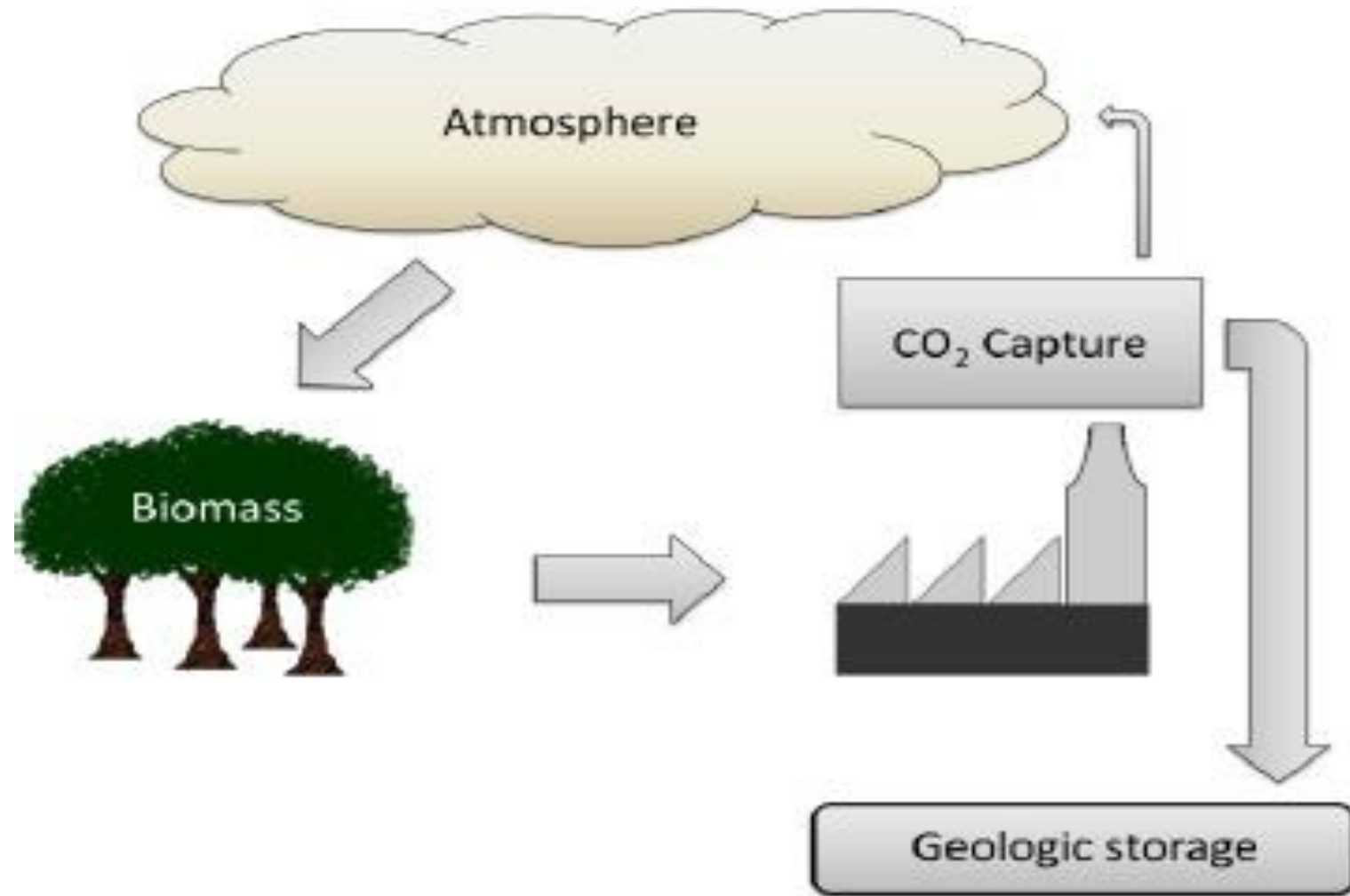
技術

- ◆再エネ、特にバイオエネルギーと、CCSが大量導入される。
- ◆2050年には発電部門のCO2排出がゼロに。
- ◆2100年には発電部門のCO2排出が負で、**2010年と同規模でCO2を吸収する。**

国際政治

- ◆世界の国々が一致協力して排出削減に取り組む。
- ◆安全保障や国際競争力について、一切考慮無し。

バイオエネルギーとCCS



「課題」 山積： コスト、生物多様性、食料供給、社会的合意・・・

米中新冷戦

Hudson Institute

Research Experts Events About Support

Topics & Policy Centers

Search research, experts, topics, or events



04

Thursday
October 4th, 2018
11:00am to 12:00pm

Vice President Mike Pence's
Remarks on the
Administration's Policy
Towards China *October 4 Event*

Listen to Audio

Where

Hudson Institute, Washington, D.C.

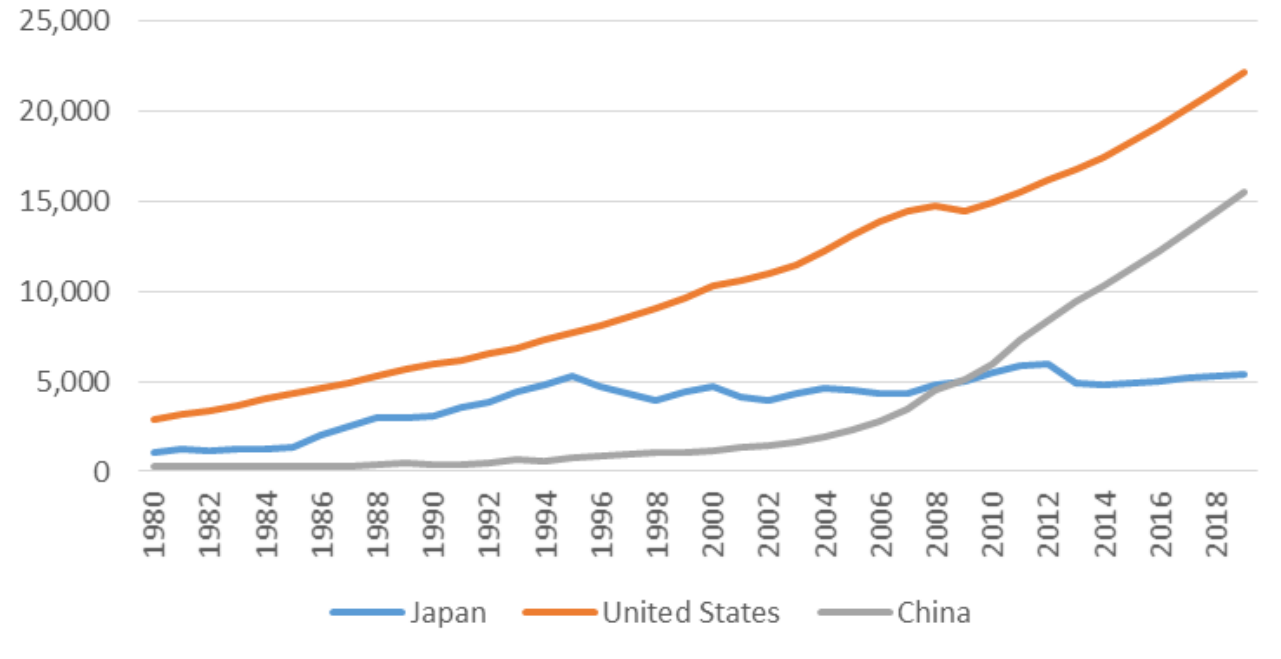
<https://www.whitehouse.gov/briefings-statements/remarks-vice-president-pence-administrations-policy-toward-china/>

邦訳: <https://www.newshonyaku.com/usa/20181009>



The Canon Institute for Global Studies

名目GDPの推移(単位:10億ドル)



データ出所: IMF

<https://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2014/02/weodata/index.aspx>

暑い異常気象は増えるが寒い異常気象は減る

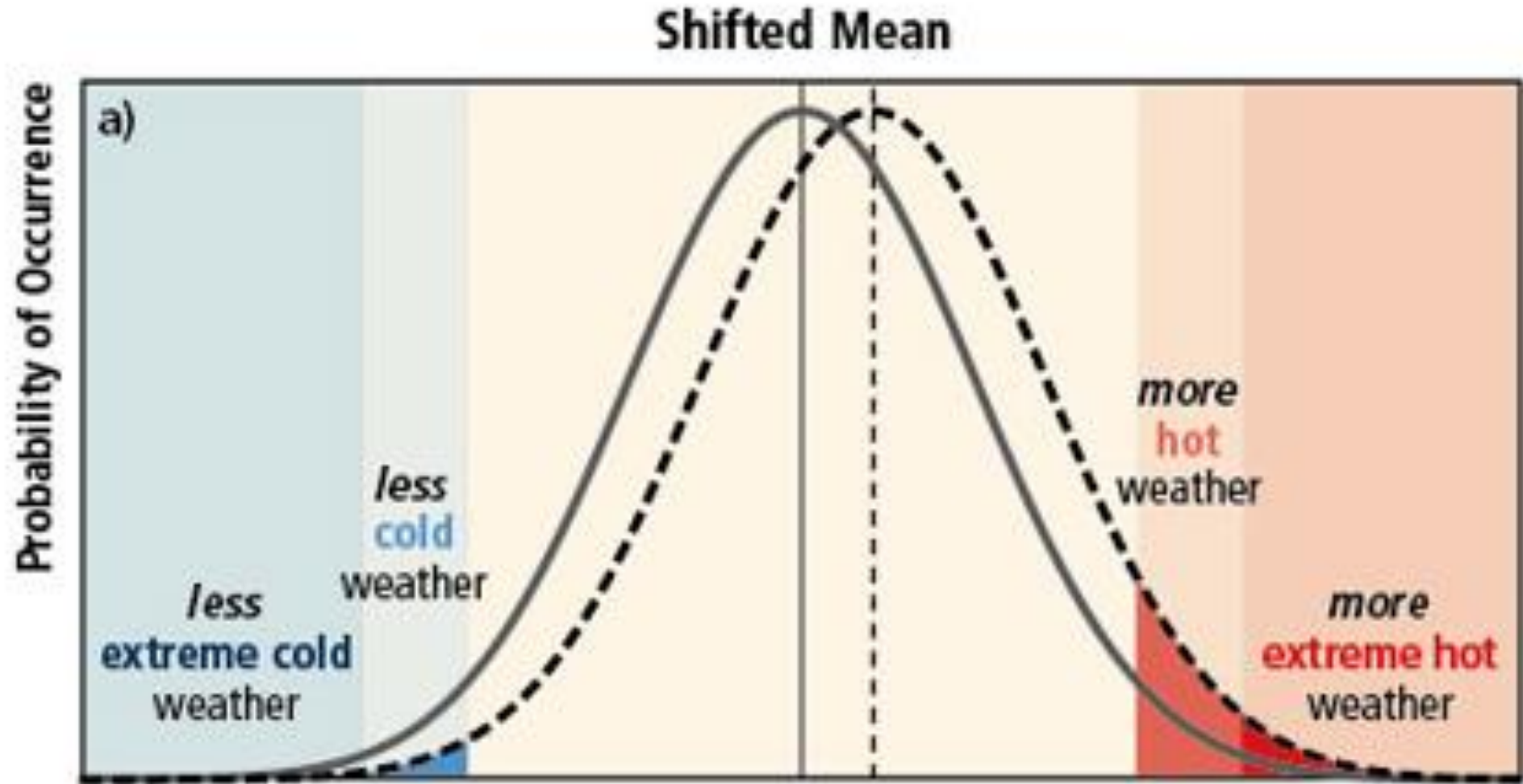
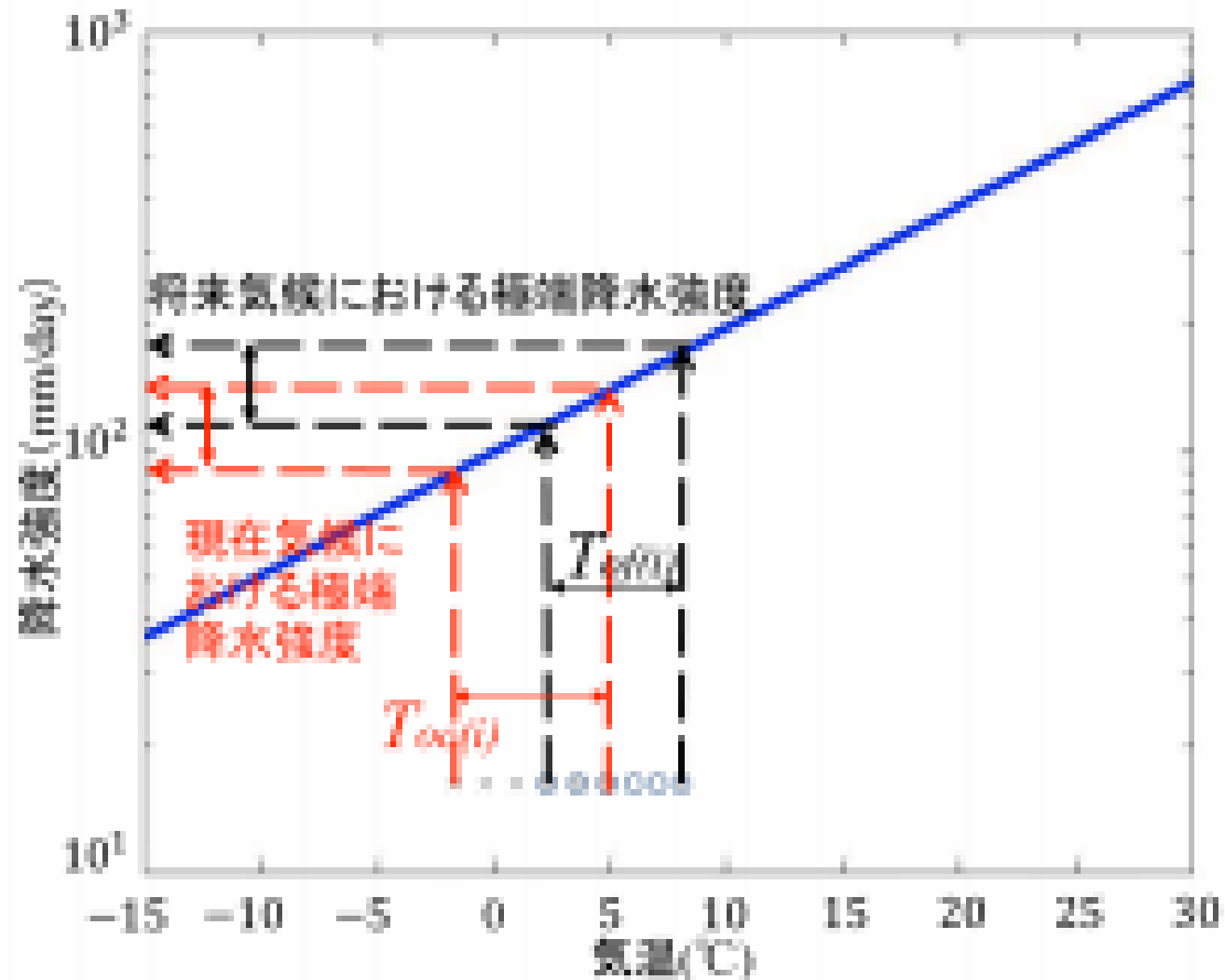


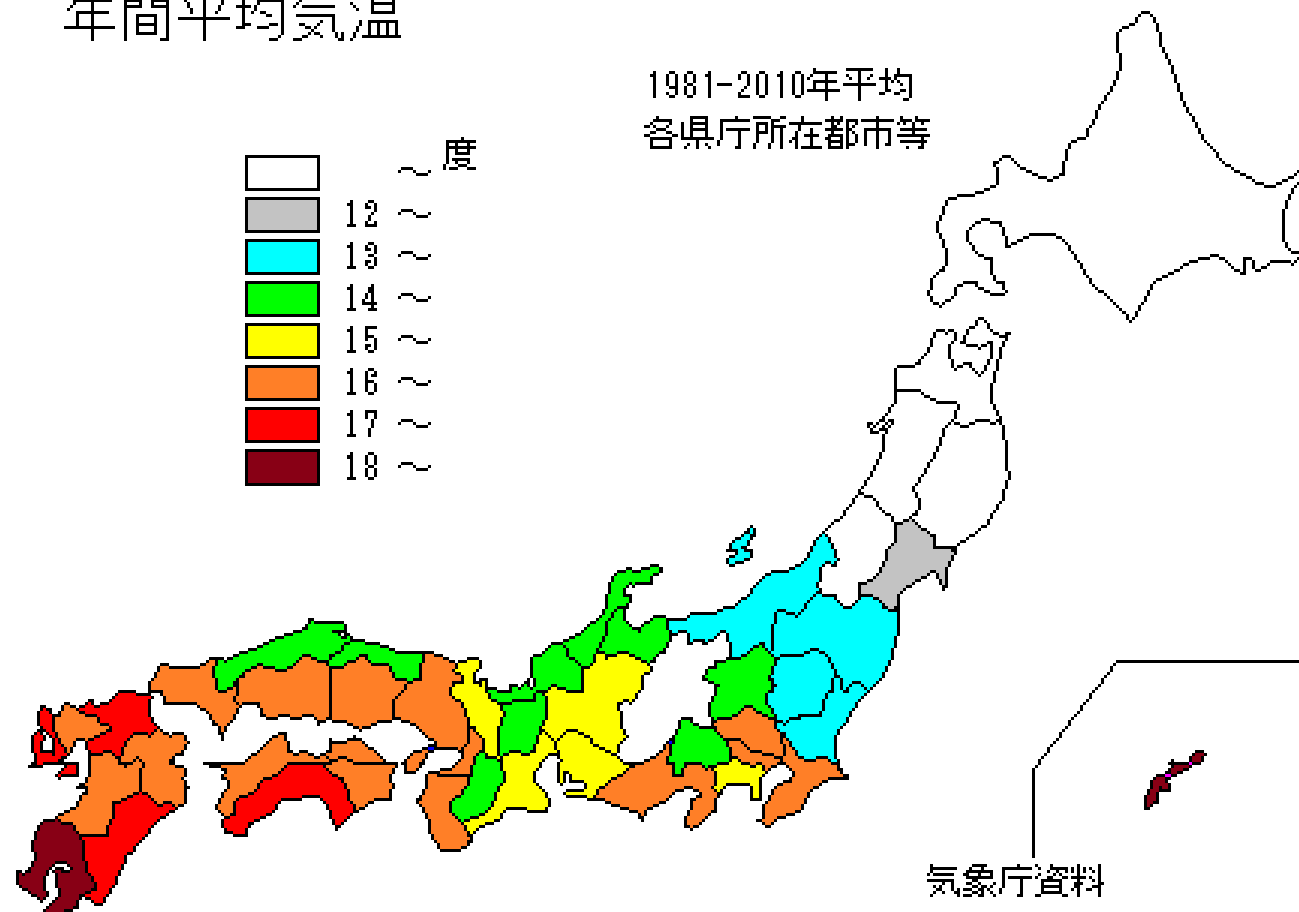
Figure SPM.3 <http://www.ipcc.ch/report/srex/>

暑くなると豪雨は増えるが...



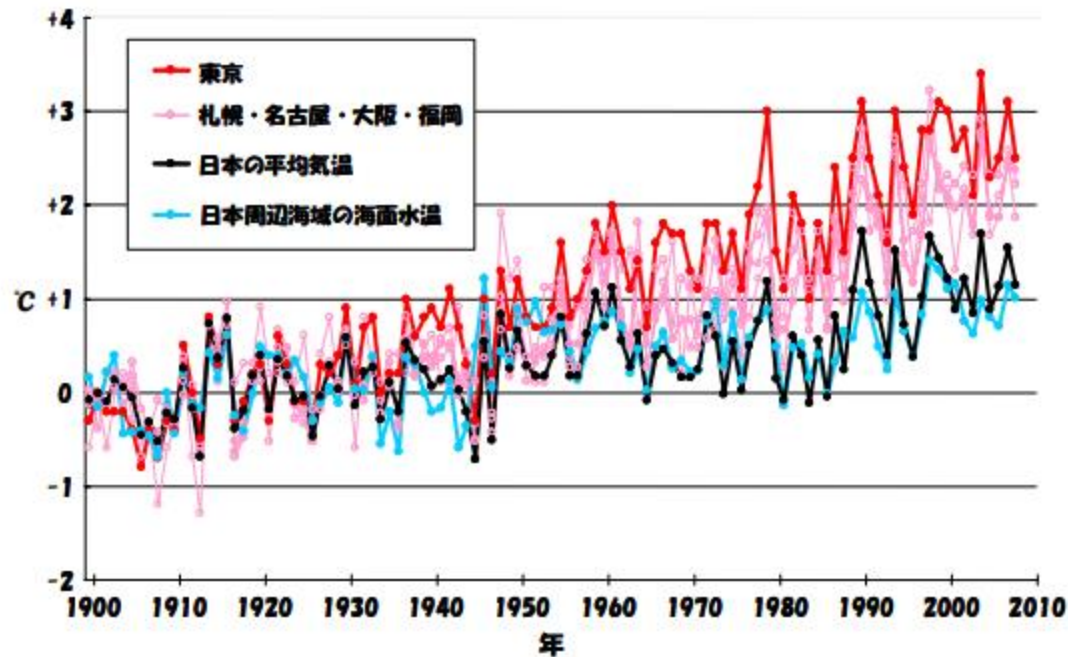
・・・適応は出来る。人は多様な気候の下で生活している。

年間平均気温



<http://ww3.ctt.ne.jp/~seijiham/butai/shizen/kisho/kishmain.html>

日本は1度、東京は3度温度が上がった



日本の大都市の気温、日本の平均気温、及び日本周辺海域の海面水温の推移
日本の平均気温は国内 17 地点（図 3.1.1）の平均。いずれも年平均値で、1901～1930 年の 30 年平均値からの差を示す。
作成：気象庁

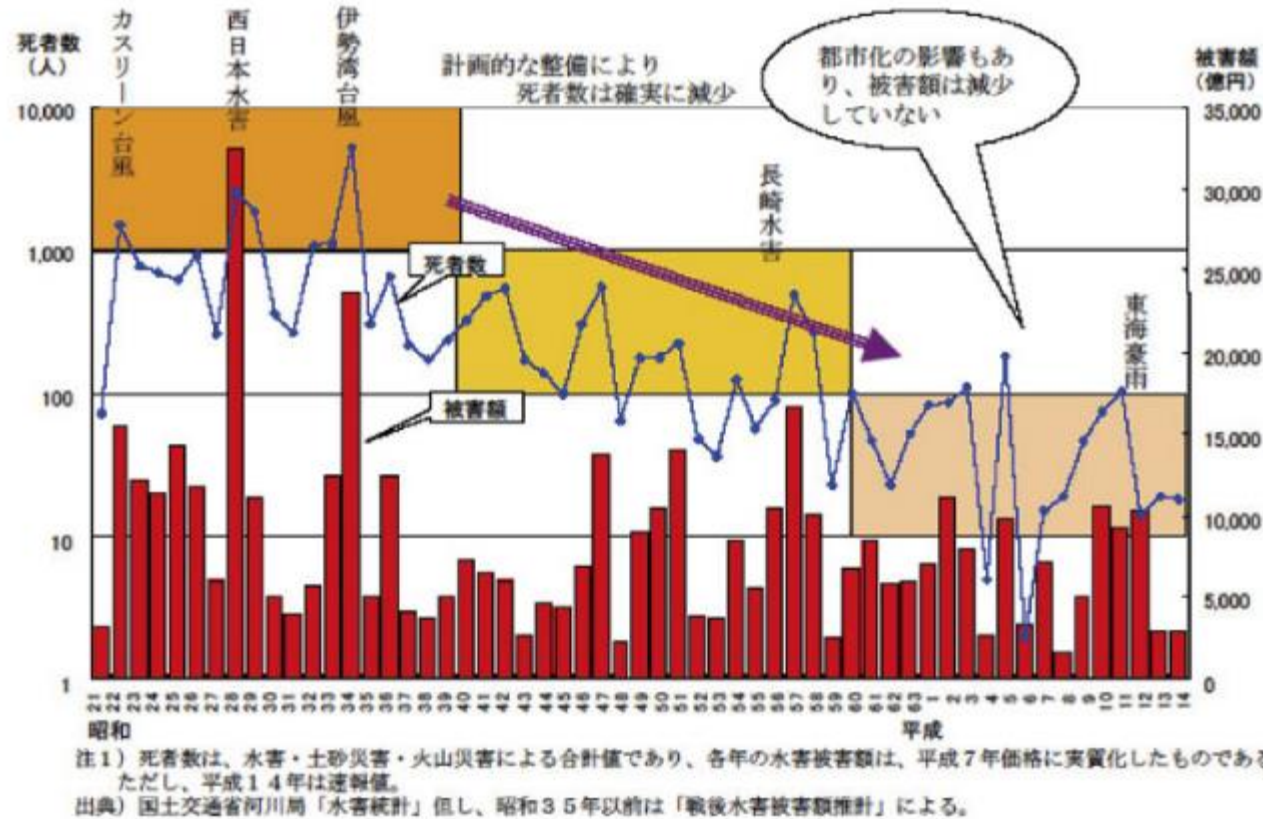
人々は適応してきた

東京の農業



3度の温度上昇に適応した

水害による死者数は激減

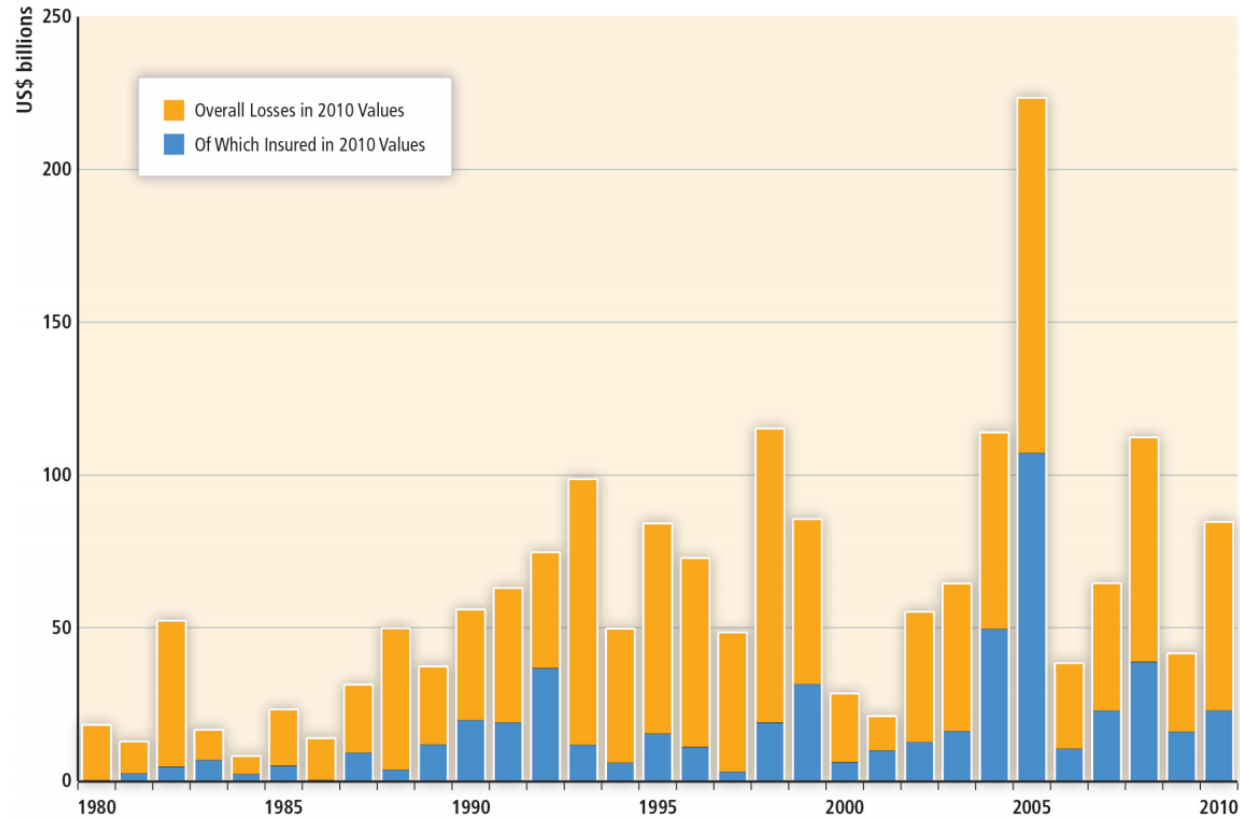


データ出所： 国土交通省
http://www.isad.or.jp/cgi-bin/hp/index.cgi?ac1=IB17&ac2=97summer&ac3=5611&Page=hpd_view

防災能力の向上 >> (温暖化に依る)被害

「災害による経済損失は増えているが・・・」

Economic losses from climate-related disasters have increased, with large spatial and interannual variations



・・・それは危険な場所に住むから。

http://ipcc-wg2.gov/SREX/images/uploads/IPCC_SREX_slide_deck.pdf

Increasing exposure of people and assets has been the major cause of changes in disaster losses



農業への影響 (IPCC WG2 SPM Fig.7)

収量予測の件数

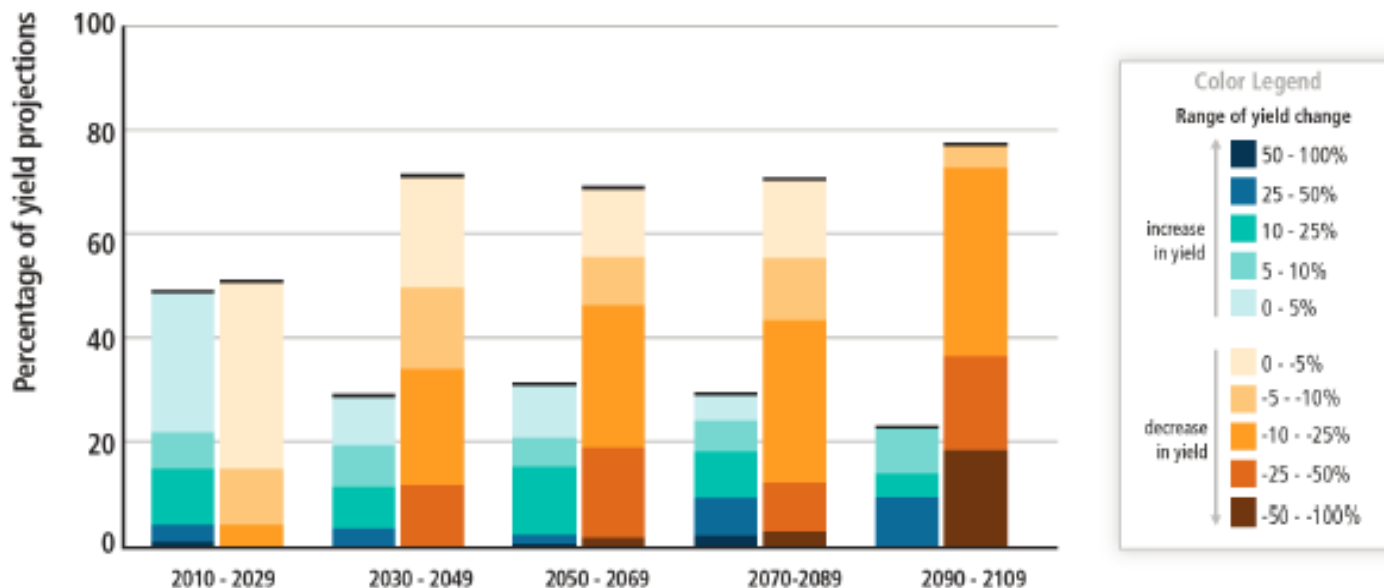


Figure SPM.7.

- * 「悪影響が好影響より大きい」とIPCC WG2は結論。だが、
- * 論文の件数で悪影響の大きさを測るのは間違い！

福井県はシベリア並みに寒かった

- 激しい気候変動は生態系にとっての「常態」

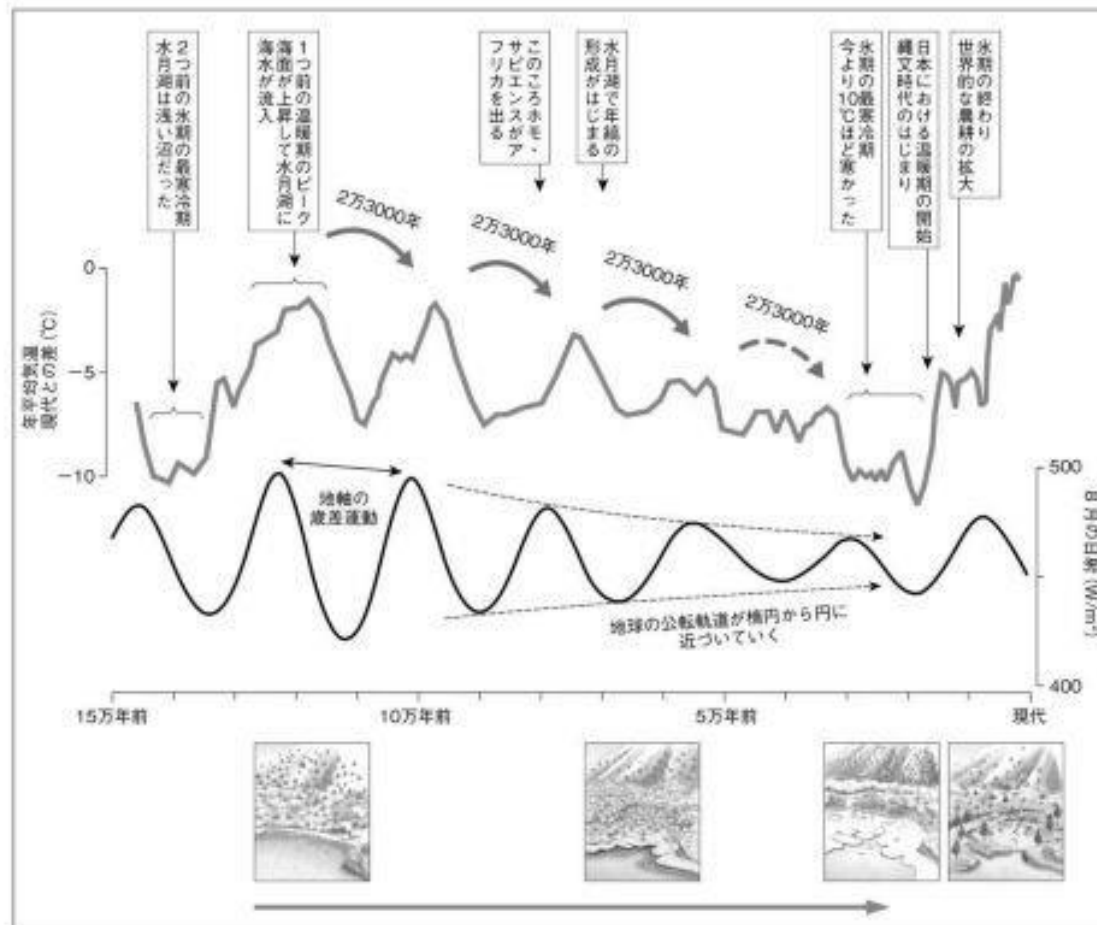
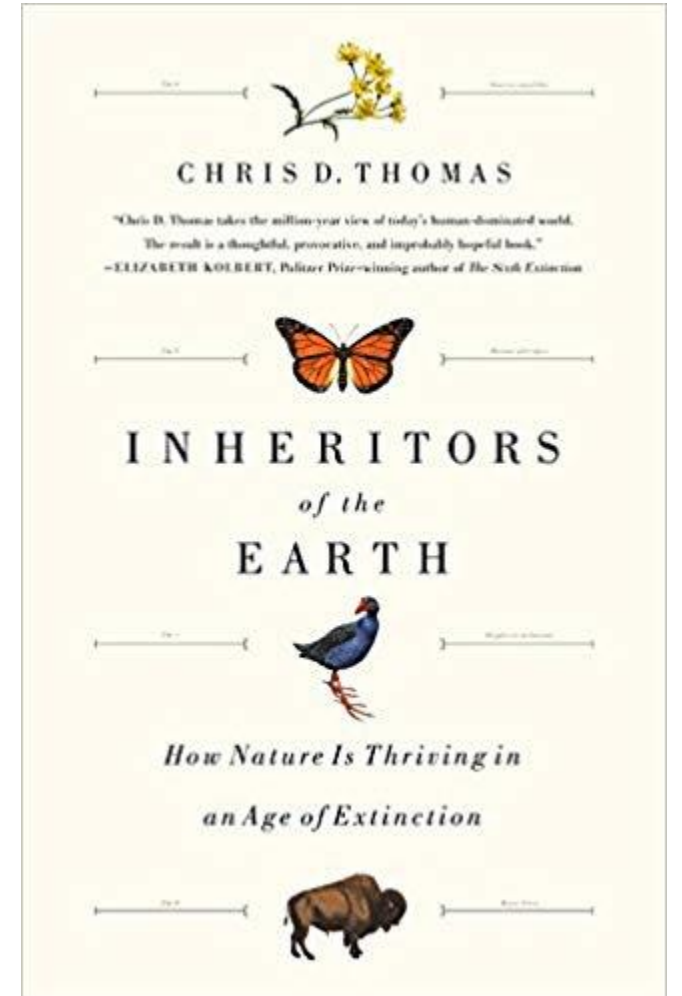


図6.2 水月湖15万年の気候の歴史

(中川毅 2017)

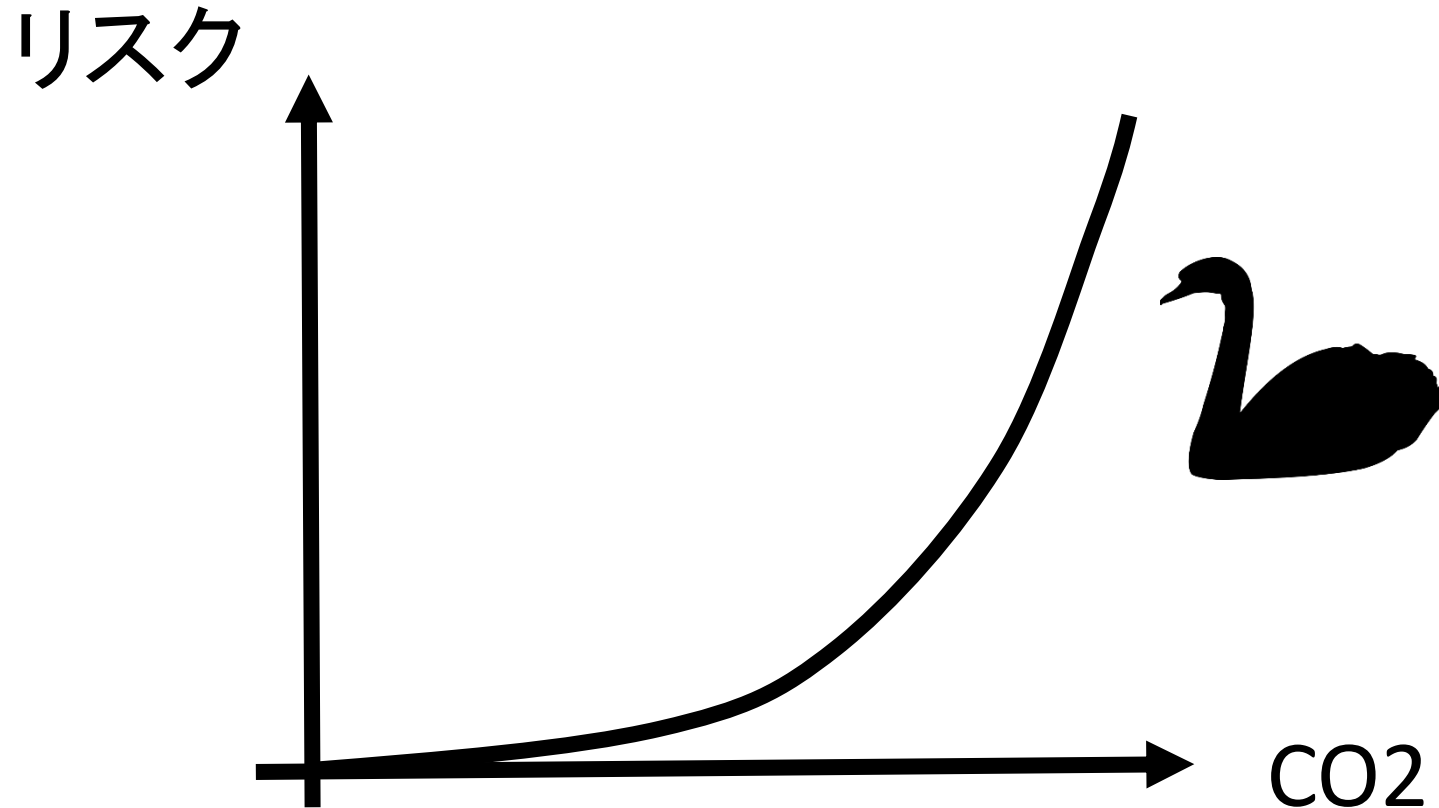


地球温暖化で生物多様性は増大する
(Thomas 2017)

環境影響についての見解

- 温暖化の「リスクがある」「リスクが増大する」は当然。問題はその相対的大きさ。
- 人類も生態系も様々な環境変化に適応して繁栄してきた。
- 温暖化の影響には概ね適応可能。
- 但し、予測には不確実性があるので、一定の排出削減が望ましい。

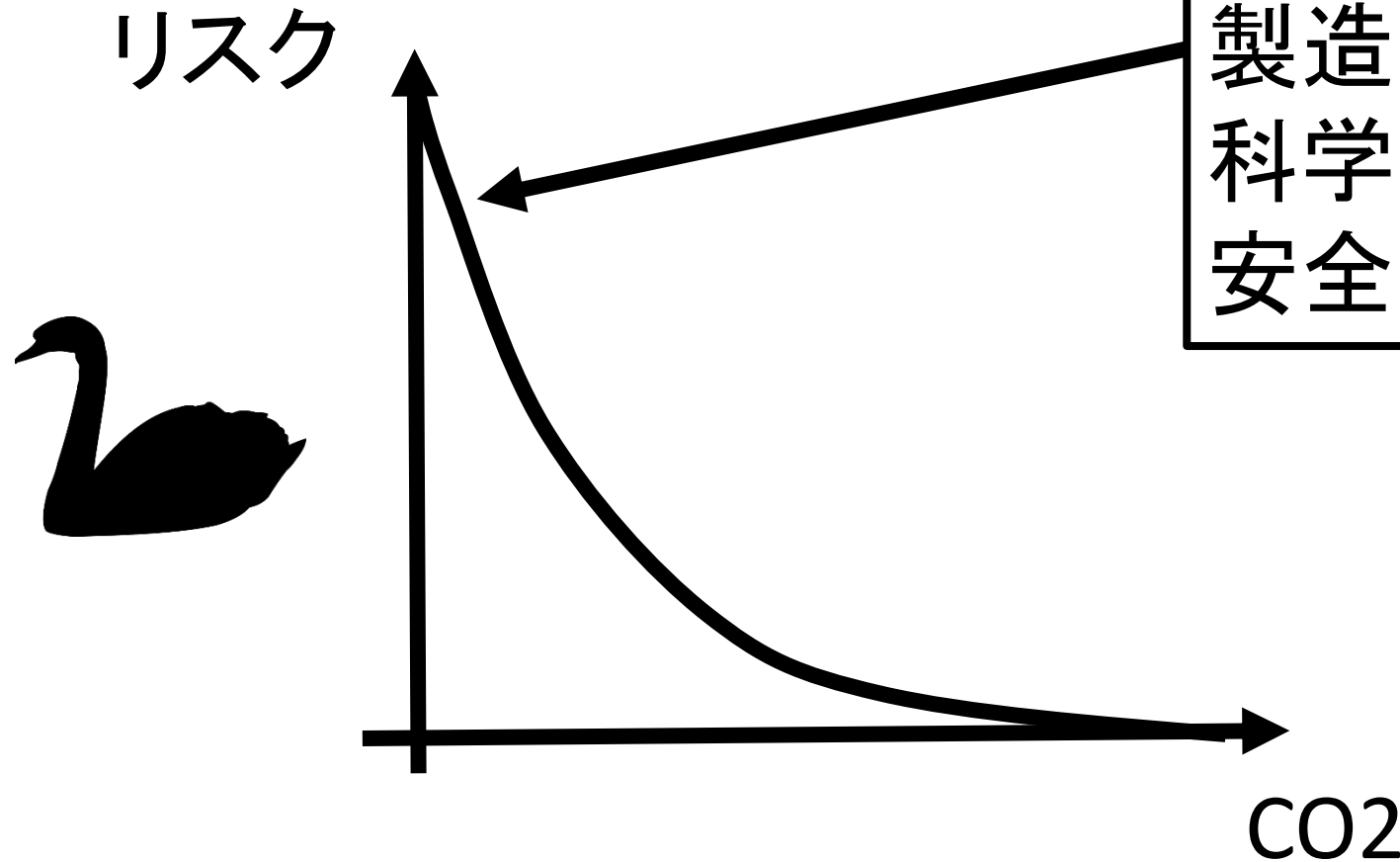
環境影響のリスク



「ブラック・スワン」
＝可能性は低い
かもしれないが、
重大な帰結をもたら
し得る事象
(タレブ 2006)

予防原則を適用すべきか？

CO2削減のリスク

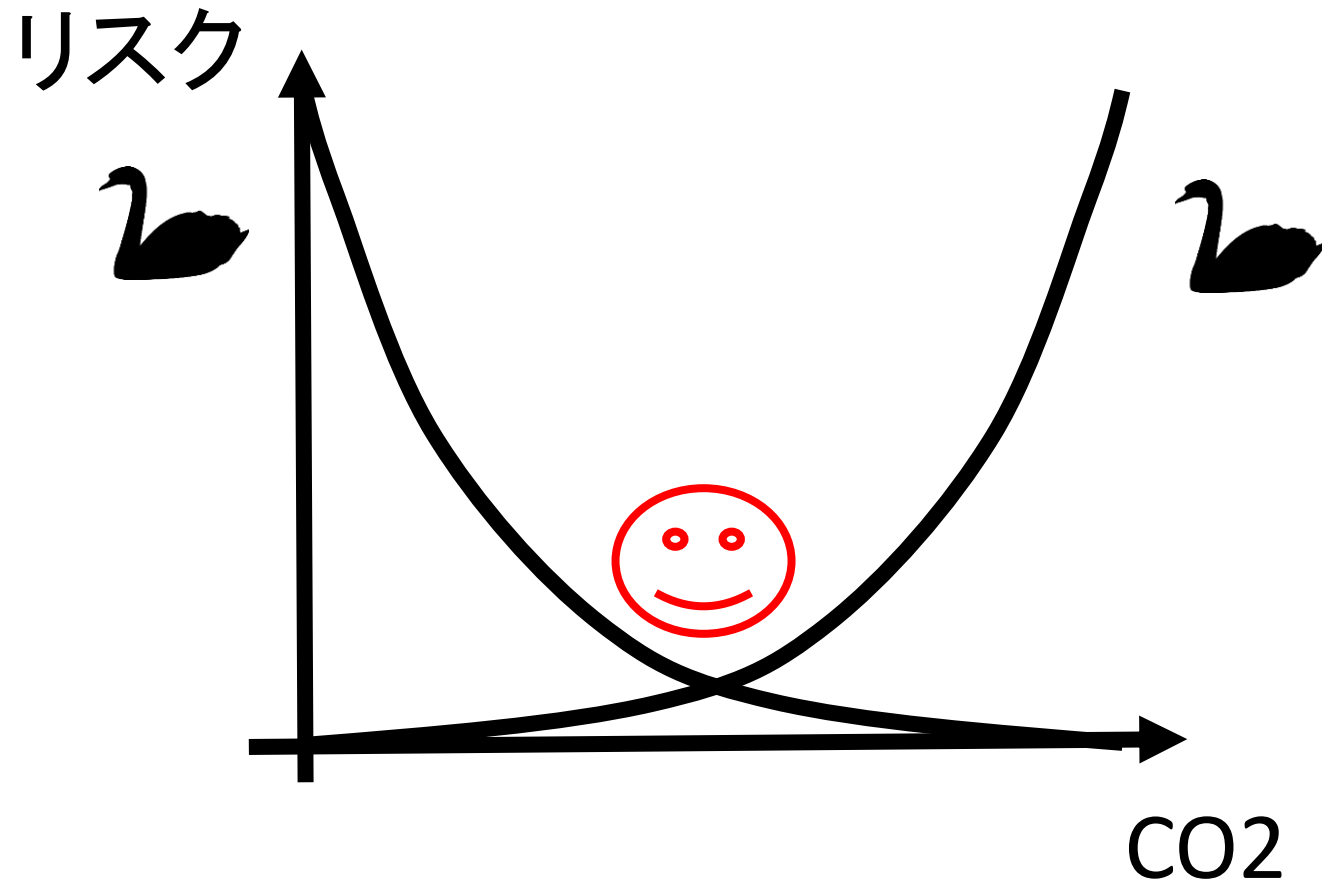


他国が協調しない
経済損失
製造業の海外移転
科学技術力の喪失
安全保障の喪失

CO2削減にもブラック・スワンが潜む。

バランスが必要

トレードオフが本質的な場合、予防原則は使えない



環境問題は如何にして解決されて来たか？

アフォーダブルな技術(=受容可能なコストでの技術)が出来ることが、現実の制約下における環境問題解決の切り札だった。

例)

自動車の大気汚染(NO_x): 三元触媒

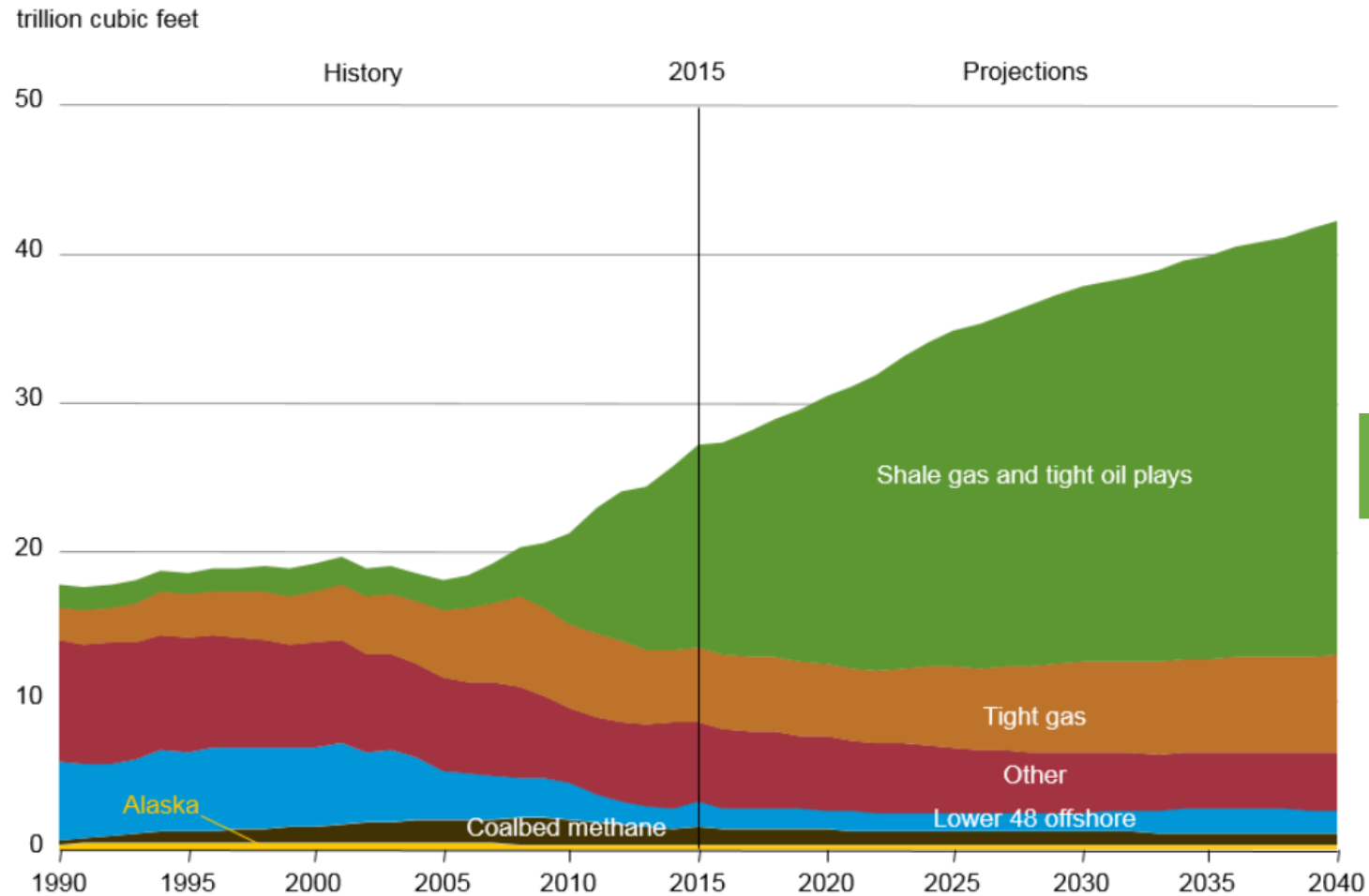
発電所の大気汚染(SO_x): 排煙脱硫設備

CO2削減の成功例

アフォーダブルな技術が在れば、CO2削減は成功した。

シェールガス

Figure MT-46. U.S. dry natural gas production by source in the Reference case, 1990–2040



シェールガス

LED照明

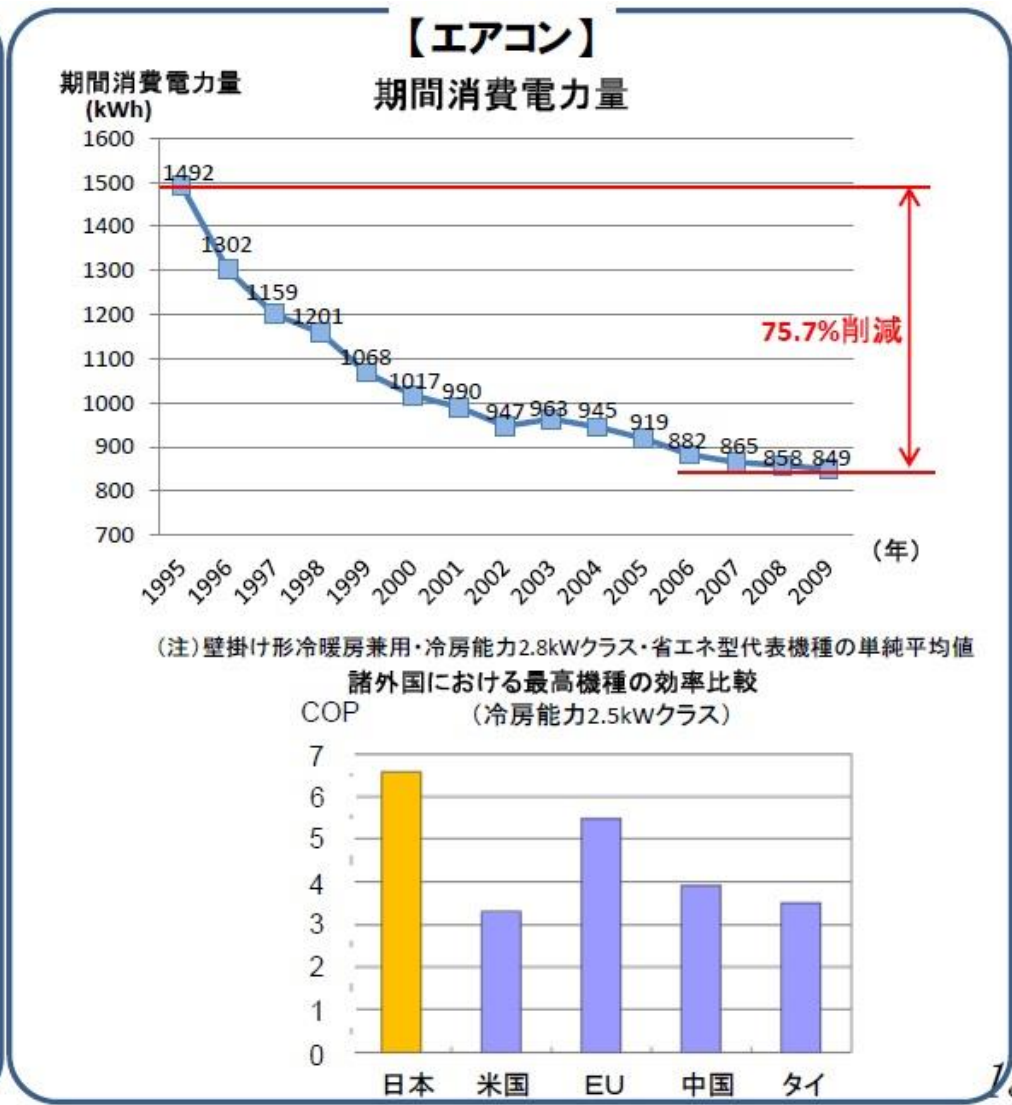
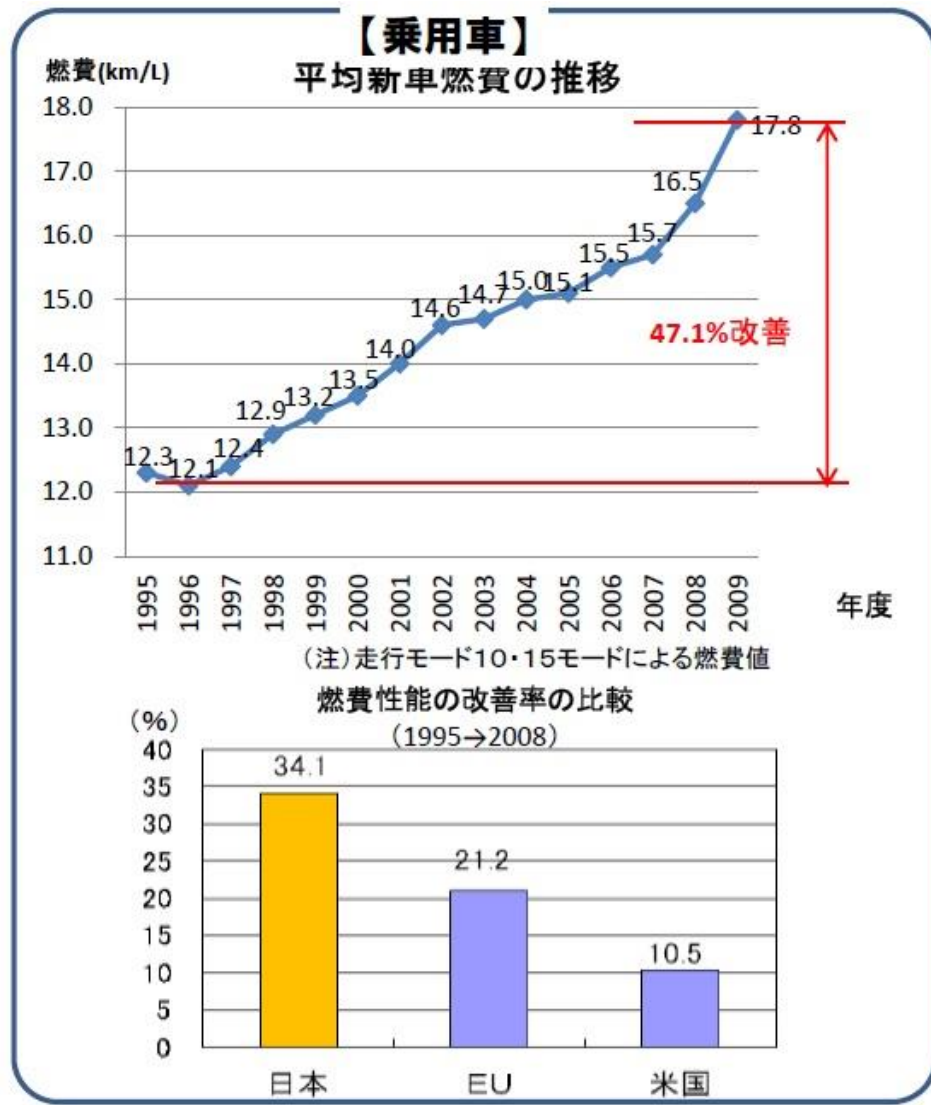
LED照明

<http://www.optronics-media.com/news/20170301/45832/>

液晶ディスプレイ

液晶ディスプレイ

省エネ基準



アフオーダブルな機器の普及を促進した

未来

今後も様々な**技術進歩**が見込まれる・・・

・・・**アフォーダブルな技術**でCO2削減が可能になる。
このための**戦略 & 政策**は？

多くの技術のコストは急激に低下している – イノベーションには期待出来る (PV, wind, battery, shale rig, LED, MEMS, sensors, internet, …)

(Mills, 2015)

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=plh&AN=109071233&site=eds-live>

(Nykvist & Nilsson, 2015)



3つの革命で乗用車から大規模なCO2削減

- 自動運転車、EV、カーシェアリング (=3R)に依り大幅な経済便益とCO2削減。

3R Scenario Global Results

Compared to the BAU case in 2050, the 3R scenario produces impressive global results. It would:

- Cut global energy use from urban passenger transportation by over 70%
- Cut CO₂ emissions by over 80%
- Cut the measured costs of vehicles, infrastructure, and transportation system operation by over 40%
- Achieve savings approaching \$5 trillion per year

Three Revolutions in Urban TRANSPORTATION

How to achieve the full potential of vehicle electrification, automation and shared mobility in urban transportation systems around the world by 2050

Lew Fulton, UC Davis
Jacob Mason, ITDP
Dominique Meroux, UC Davis

Research supported by:
ClimateWorks Foundation, William and Flora Hewlett Foundation, Barr Foundation

UC DAVIS
SUSTAINABLE TRANSPORTATION ENERGY PATHWAYS
of the Institute of Transportation Studies

ITDP | Institute for Transportation & Development Policy

変化は経済全体で起きる。

- 運輸部門： 3 Revolution

EV + 自動運転 + シェアリング ⇒ 経済便益 & CO2削減

→ より一般には →

- 経済全体：

科学技術全般、特に、

汎用目的技術（GPT :=ICT, AI, IOT, 化学, バイオ, etc）の進歩

⇒ 経済便益 & CO2削減

技術進歩のタイムスパンは地球温暖化より遙かに短い（チャンス）

ICTによるCO2削減試算例

: CO_{2e} abatement potential by sector (2030)

世界のCO2の1/4を削減

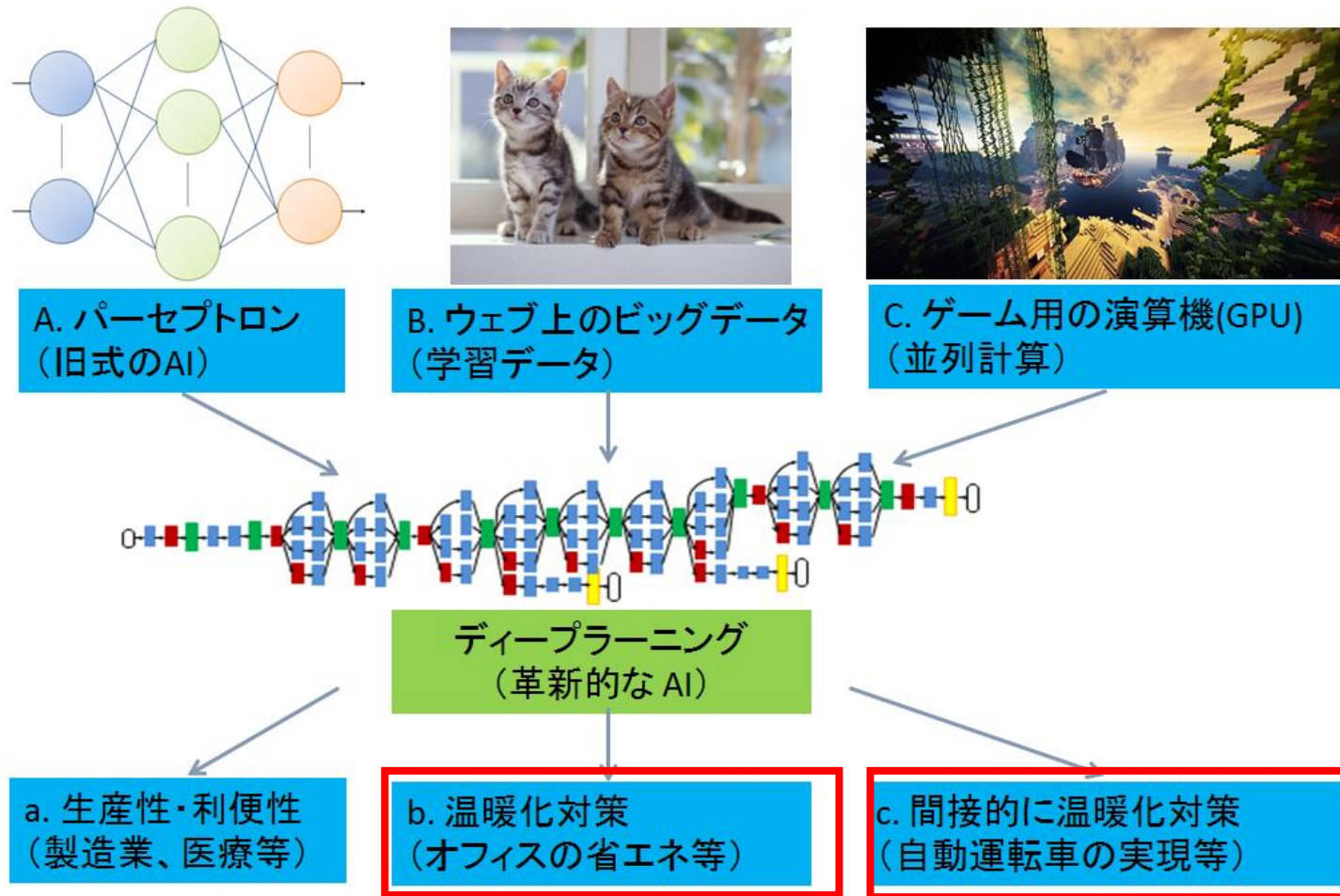
http://smarter2030.gesi.org/downloads/Full_report.pdf

化学によるCO₂削減の試算例

世界のCO₂の1/5を削減

<https://www.nikkakyo.org/sites/default/files/ghghoukoushogaiyo.pdf>

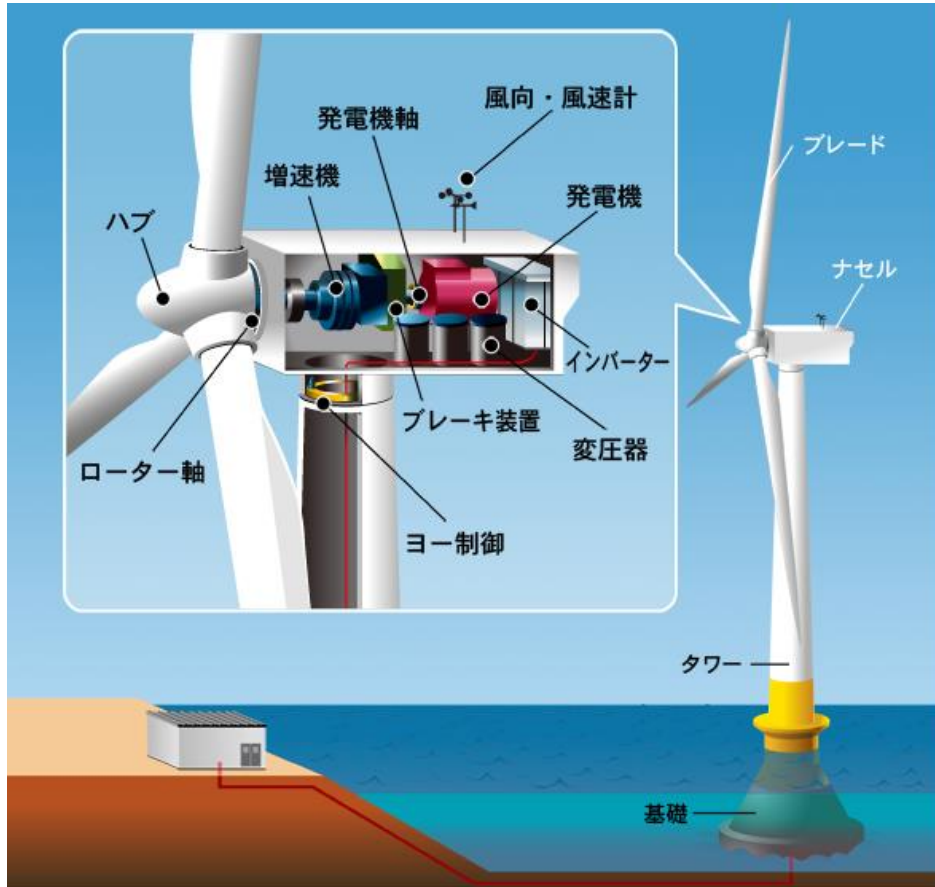
ディープラーニング（人工知能）



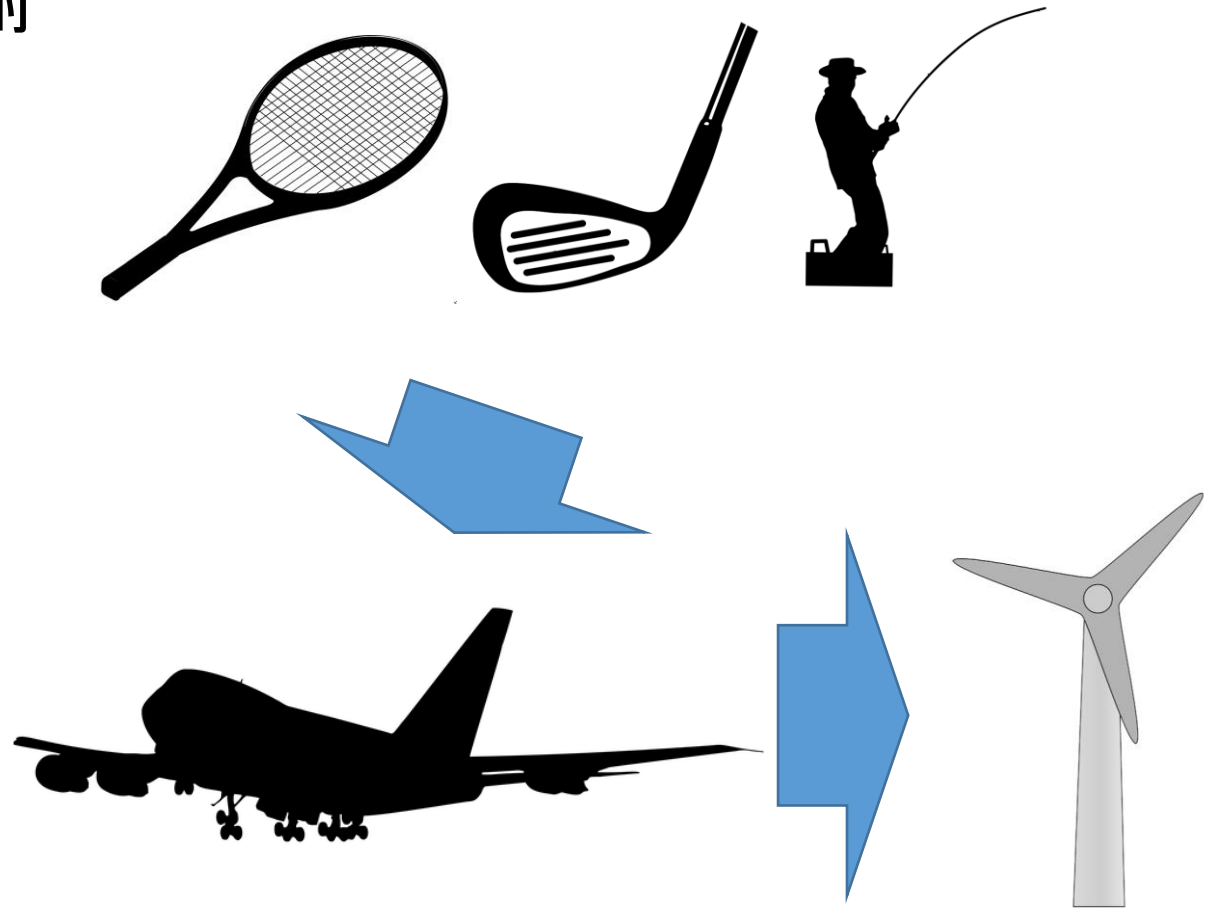
科学技術全般の進歩の恩恵を受けて日革新的な温暖化対策技術が生まれる

風力発電とは・・・

フタを開けると、中身は汎用目的技術



<http://www.nedo.go.jp/fuusha/kouzou.html>



巨大な羽根は強化プラスチック(CFRP)

科学技術全般の進歩の恩恵を受けて今日の風力発電がある。

テクノロジーとは何か？

▪ <組合せ> 新規のテクノロジーは既存のテクノロジーの組合せで生まれる。

テクノロジーは「進化」する

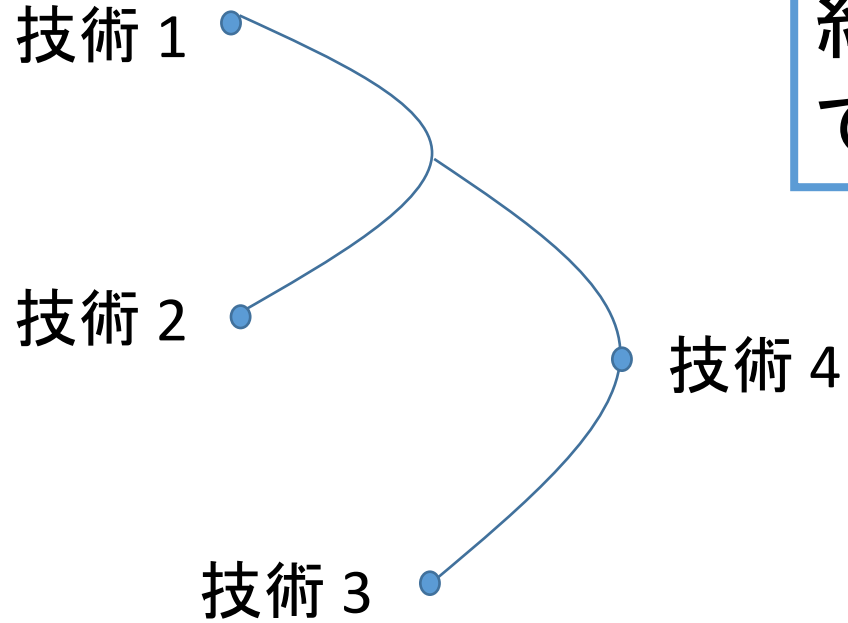
▪ <蓄積性> 一度出来ると、消えることが無い。

長期的な経済成長の源泉

▪ <加速性> 進歩は加速する

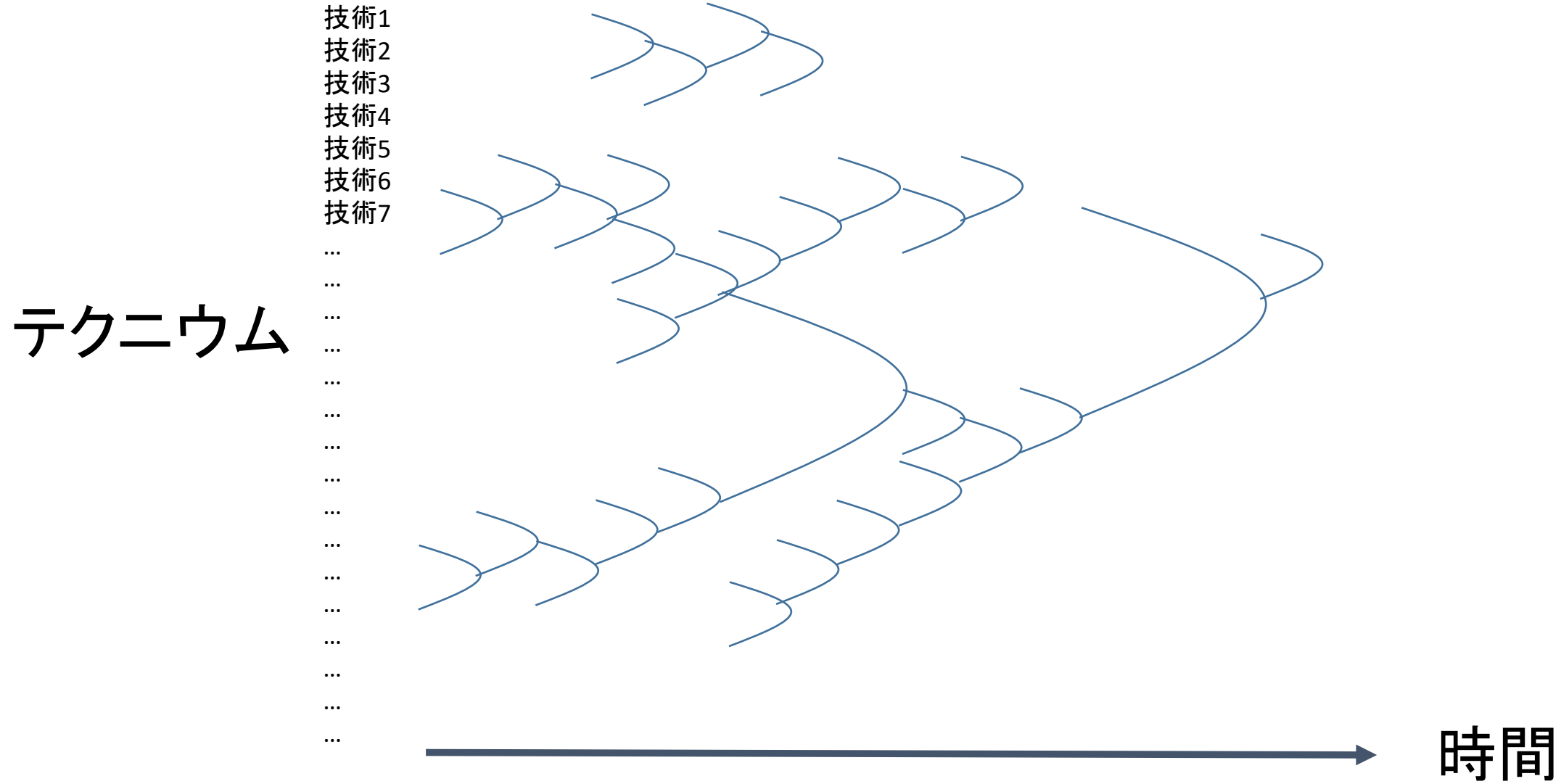
温暖化問題解決への期待

新規の技術は
既存の技術の
組合せ
で生まれる



親が子を残す
ように...

テクノロジーの「進化」(複雑系理論)



(ケヴィン・ケリー2014; ブライアン・アーサー2011; スチュアート・カウフマン 2002)

テクノロジーの「進化」を加速するには？



テクノロジーの「進化」を加速するには？

生態系の進化は:

- 高温、多湿

⇒ 進化が加速。多様性増加。 (J. H. Brown, 2014)



テクノロジーの生態系の進化は:

- 良好な経済環境。

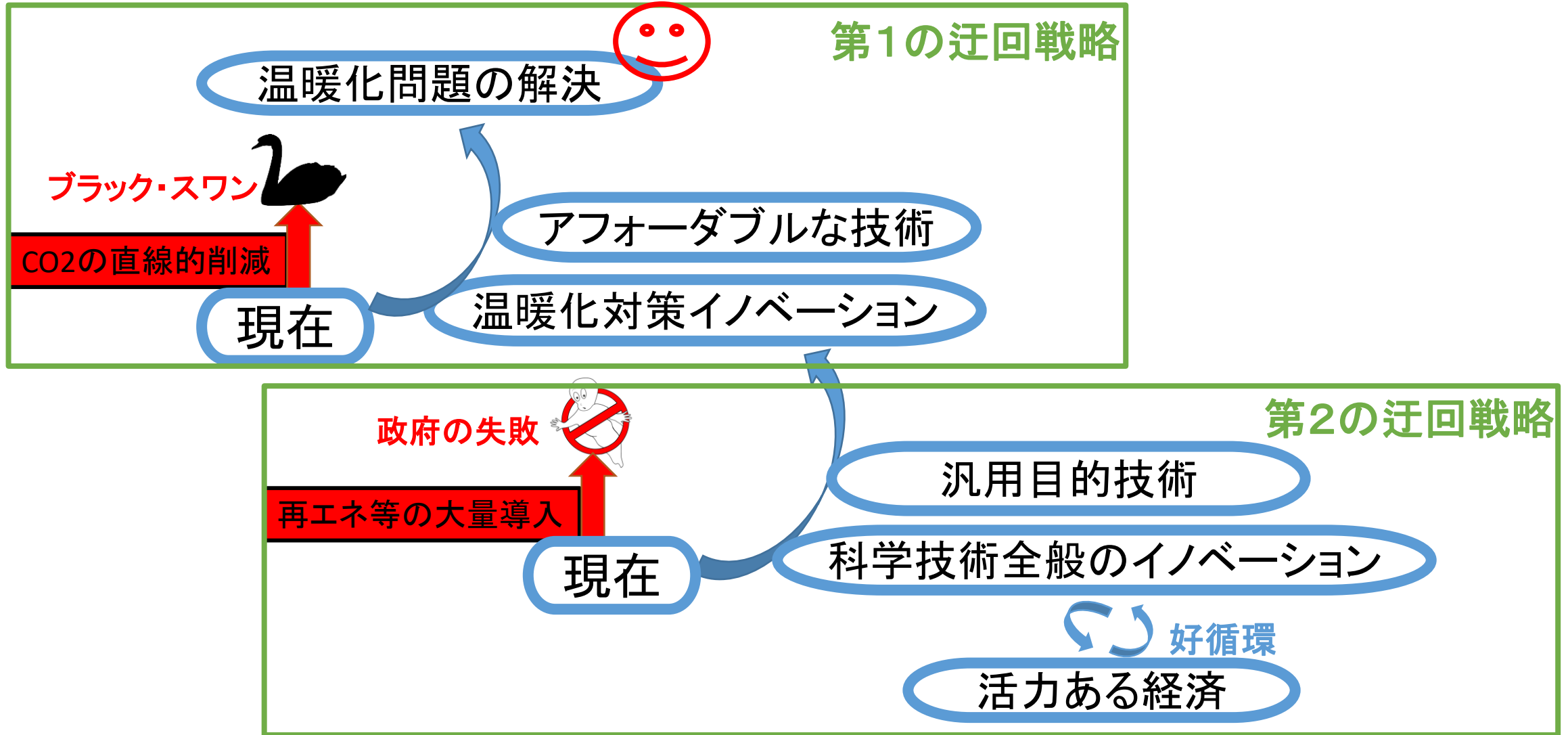
⇒ 企業活動が活発。イノベーション進む。

温暖化対策の教訓・・・

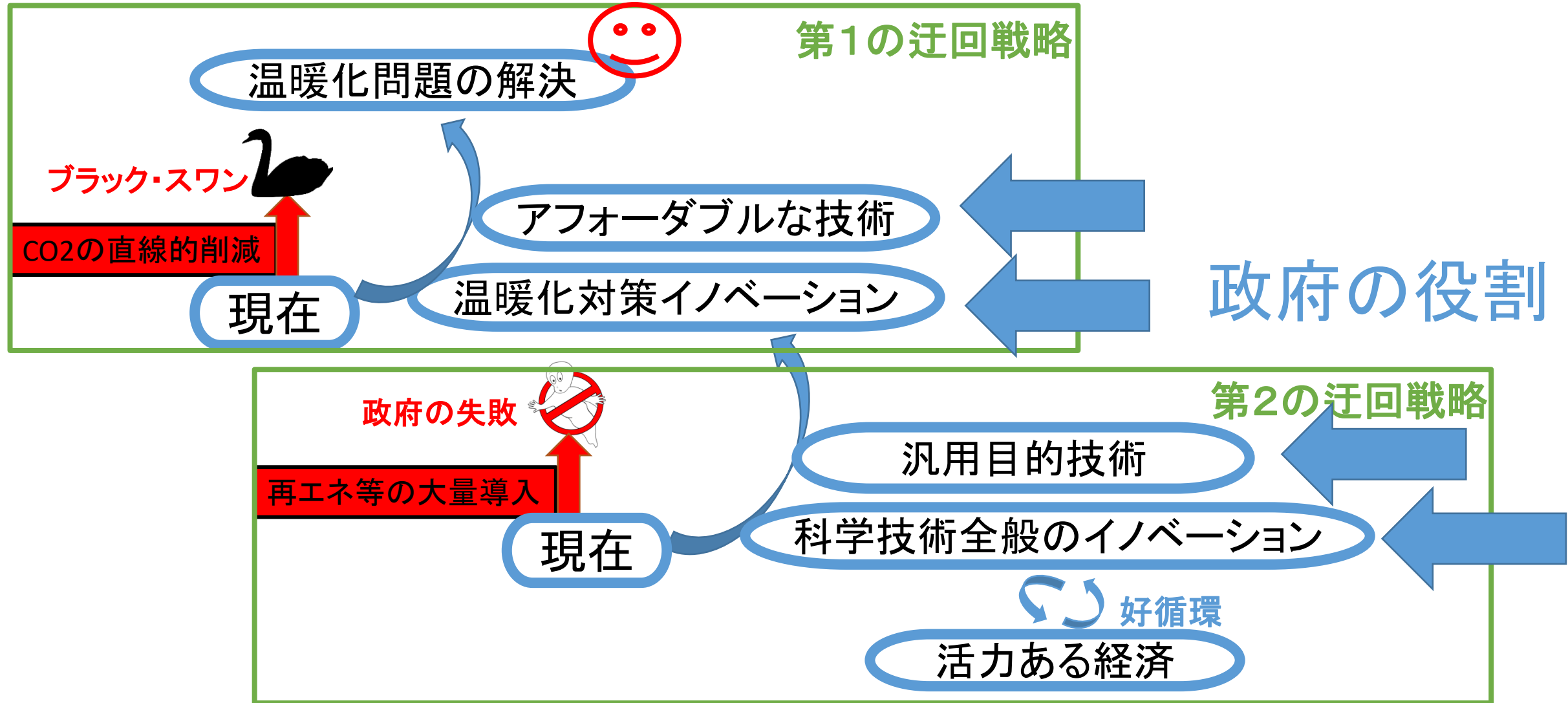
- 省エネ法：アフォーダブルな省エネを推進
- 研究開発国プロ（サンシャイン、ムーンライト）：火力発電、ヒートポンプ等で一定の成果（木村2015）
- FIT：PVを大量導入、69兆円の追加費用（朝野2017）。PVコスト高止まり（野村・天野2014）。系統統合の課題未解決。日本メーカー一敗北（中田2016）。政府の失敗。



二重の迂回戦略(doubly oblique approach)

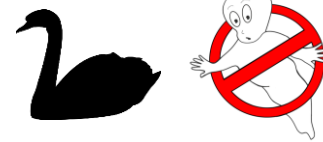


二重の迂回戦略(doubly oblique approach)

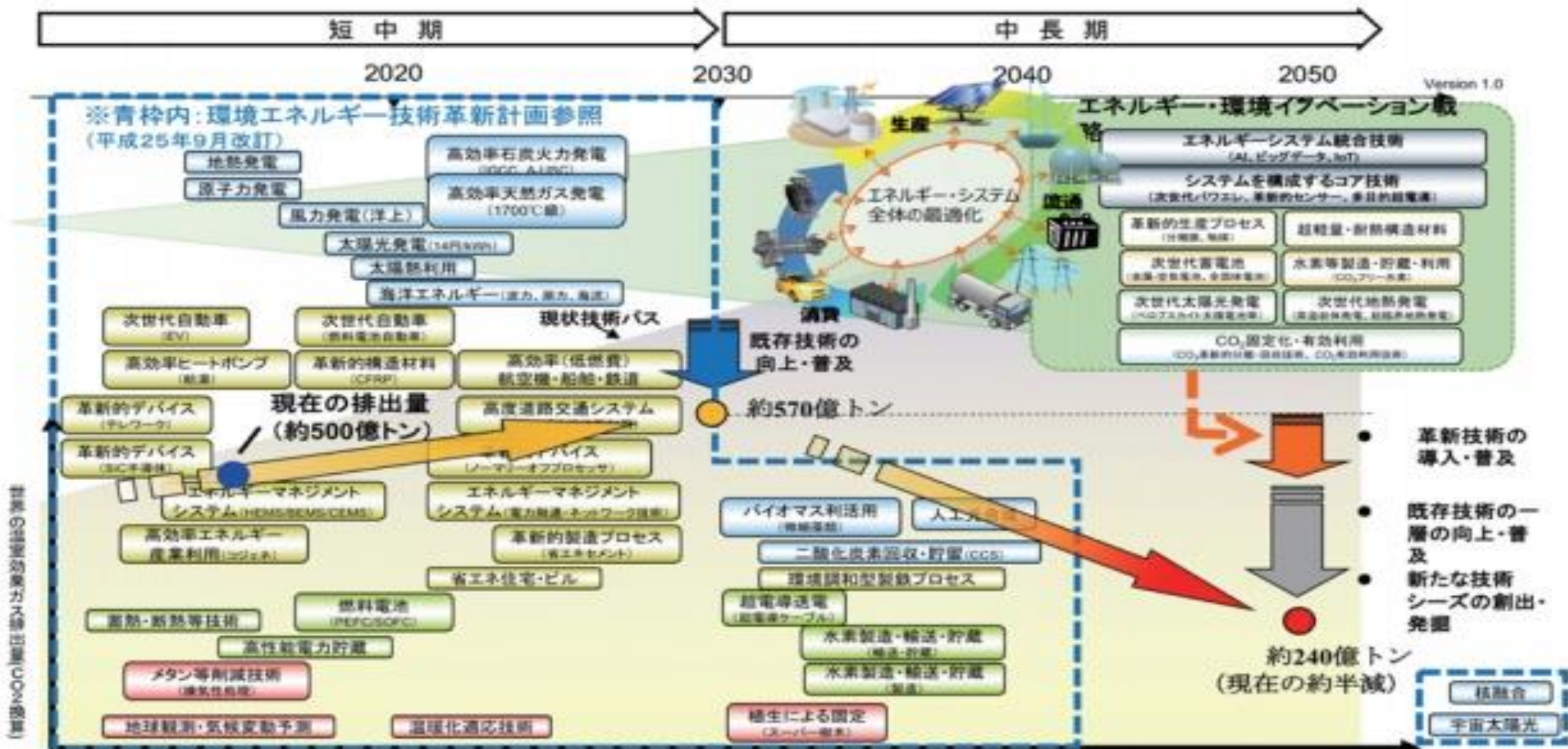


温暖化対策における政府の役割

1. 経済成長とイノベーションの好循環を実現。
それを妨げる「余計な事をしない」。
2. 基礎研究・技術開発への投資をする。
3. 科学技術全般のイノベーションに合わせて制度を改革する。時代遅れになる前に。
4. アフォーダブルになったCO2削減策を実施に移してゆく。



2050年までの世界の温室効果ガス削減のイメージ



社会GPI削減効果拡大を計画(OWN開発)

[トップ](#) > [会長コメント/スピーチ](#) > [会長スピーチ](#) > 「Society 5.0 for SDGs」の実現に向けて

会長コメント/スピーチ 会長スピーチ

「Society 5.0 for SDGs」の実現に向けて

—経団連会長新年メッセージ—

一般社団法人 日本経済団体連合会
会長 中西 宏明

昨年を振り返ってみると、日本経済は緩やかではあるが安定的な景気拡大を続けているものの、国際環境は大きく変化し、デジタルテクノロジーは経済のみならず社会の基盤を大きく変える不確実な世界に入ったといえる。経団連はそのような世界で日本の未来を創るべく、昨年11月に提言「[Society 5.0 ーともに創造する未来ー](#)」を発表した。産学官が知恵を出し合い、連携を強化して人間中心の新たな社会を創造しようという提案であり、経団連の行動宣言である。

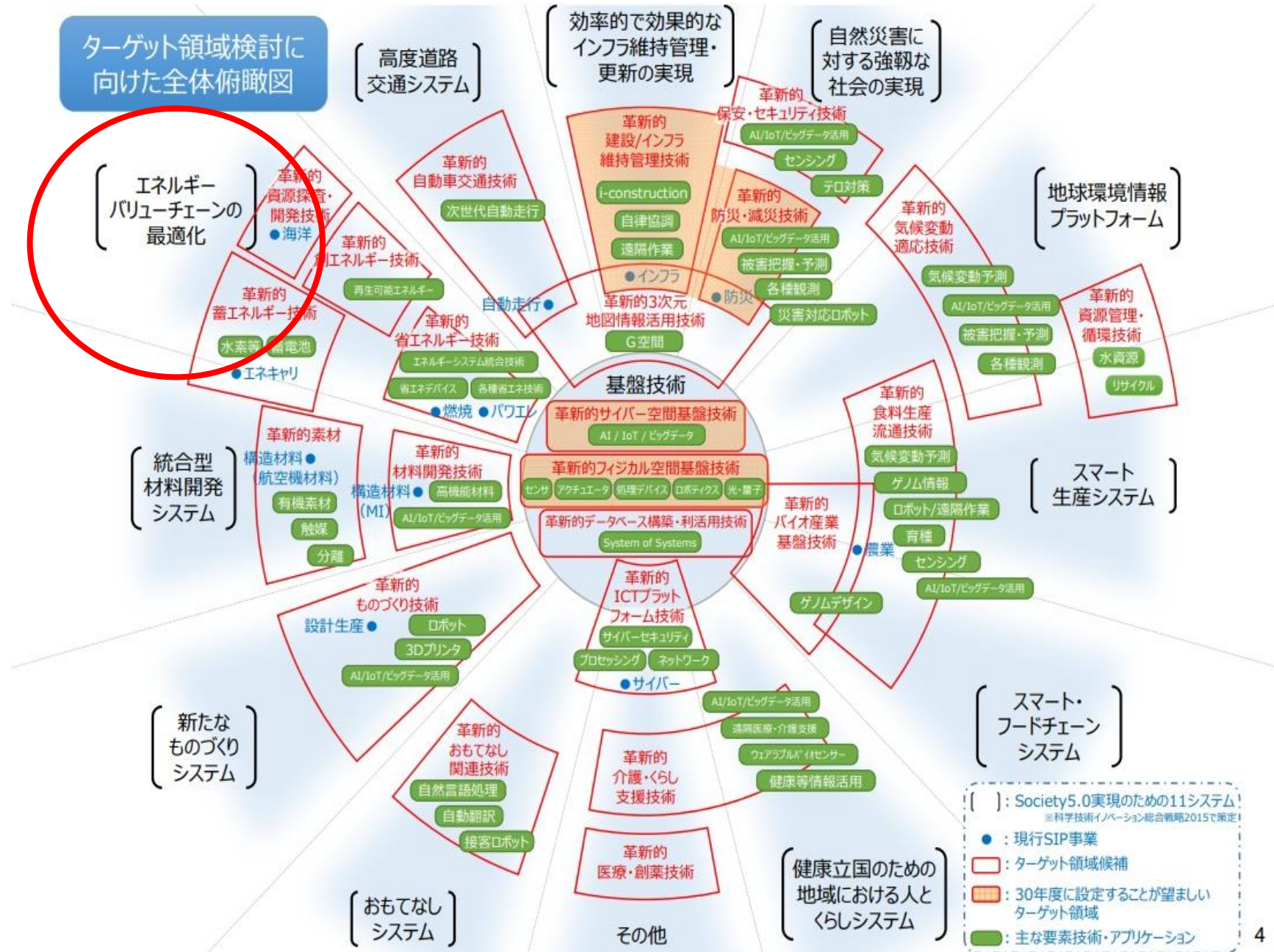
その中核となるコンセプト「Society 5.0」とは、人類社会において、狩猟社会、農耕社会、工業社会、情報社会に続く第5段階の新たな社会「創造社会」であり、デジタル革新と多様な人々の想像・創造力の融合によって社会の課題を解決し、価値を創造する社会である。雇用の喪失やデータの囲い込みによる格差の拡大、プライバシーのない監視社会の到来など、デジタル化による暗い未来を予想し、これを懸念する声もある。しかし、IoTやAIの活用により、人が単純作業から解放される時代だからこそ、人が人ならではの創造性を発揮し、最先端技術を使って新しい未来社会を創造していくことが可能になると信じる。

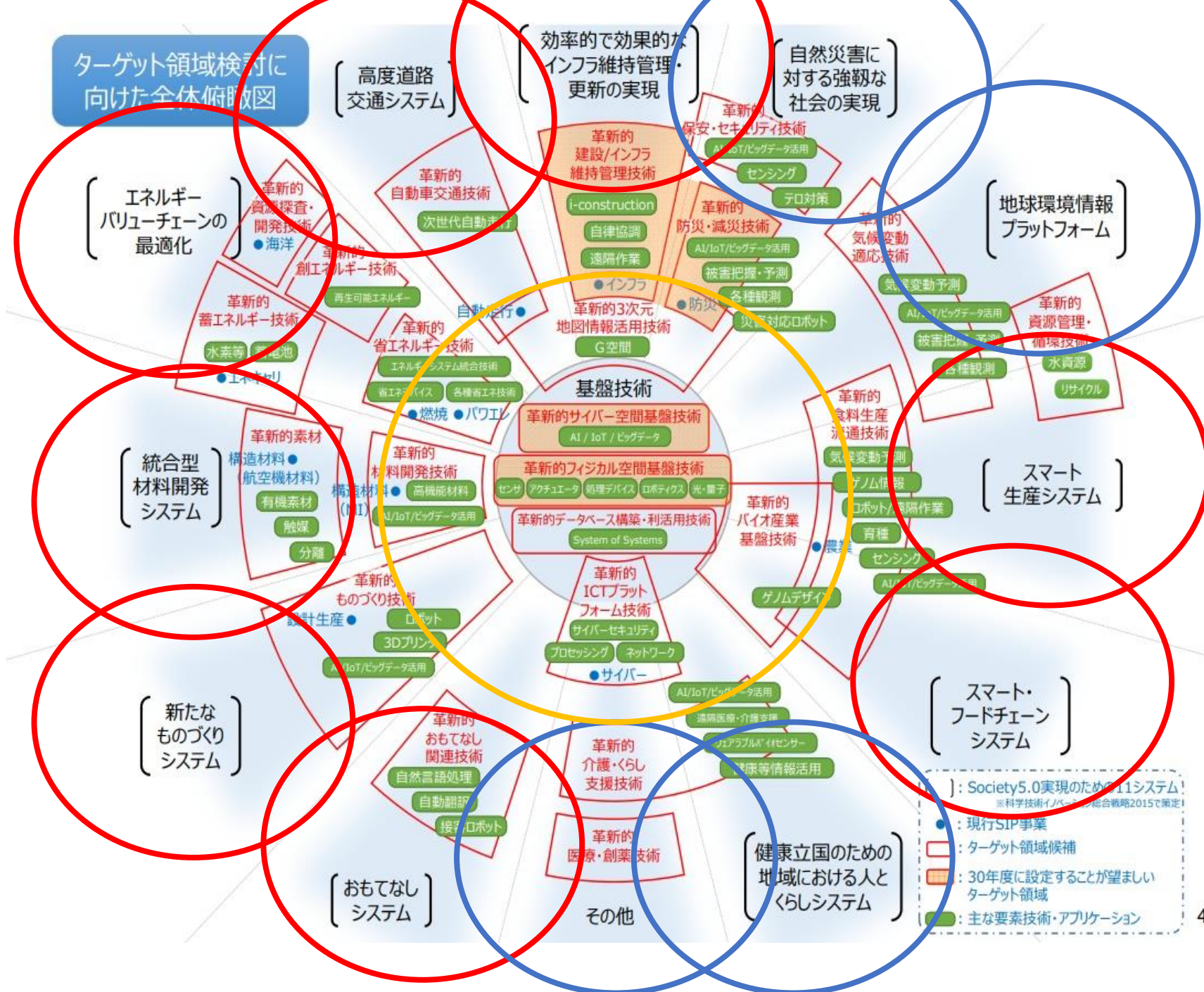
▶ 会長コメント/スピーチ

- ▶ [会長コメント](#)
- ▶ [記者会見における会長発言](#)
- ▶ [会長スピーチ](#)

🔍 [バックナンバー](#)

ソサエティ5.0 (内閣府)





温暖化対策技術 赤

温暖化適応技術 青

GPTの応用 全て

科学技術全般の進歩

≡

GPTの進歩

≡

アフォーダブルな温暖化対策技術の誕生

本講演中の文献

* 本講演中のウェブラックは全て講演時点のものです。

- IPCC (2014) IPCC第5次評価第3部会報告書
- IPCC (2013) IPCC第5次評価第1部会報告書
- ナシーム・ニコラス・タレブ. (2009). ブラック・スワン[上・下]—不確実性とリスクの本質. ダイヤモンド社.
- ブライアン・アーサー. (2011). テクノロジーとイノベーション—進化/生成の理論. みすず書房.
- スチュアート・カウフマン. (2002). カウフマン、生命と宇宙を語る—複雑系からみた進化の仕組み. 日本経済新聞社.
- ケヴィン・ケリー. (2014). テクニウム-テクノロジーはどこへ向かうのか? みすず書房
- Brown, J. H. (2014). Why are there so many species in the tropics? *Journal of Biogeography*, 41(1), 8–22.
<https://doi.org/10.1111/jbi.12228>
- Nykvist, B., & Nilsson, M. (2015). Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles. *Nature Climate Change*, 5(4), 329–332.
- 野村浩二・天野友道(2014)太陽光発電の高い買取価格は競争を阻害するか DBJ Research Center on Global Warming Discussion Paper Series No(Vol.49). Retrieved from http://www.dbj.jp/ricf/pdf/research/DBJ_RCGW_DP49.pdf
- 朝野賢司(2017)固定価格買取制度(FIT)による買取総額・賦課金総額の見通し(2017年度版) Retrieved from <https://criepi.denken.or.jp/jp/serc/source/pdf/Y16507.pdf>
- 青島矢一(2013)エコをお題目にした成長戦略の危うさ WEDGE Infinity <http://wedge.ismedia.jp/articles/-/2597>
- Arakawa, J., & Akimoto, K. (2014). Assessments of Japanese Energy Efficiency Policy Measures in Residential Sector. *Journal of the Japan Institute of Energy*, 93(4), 333–339. <https://doi.org/10.3775/jie.93.333>
- 木村宰(2015)公的支援が技術の実用化・普及に及ぼす影響:エネルギー技術開発プログラムに関する事例研究 東京大学大学院工学系研究科先端学際工学専攻博士論文
- 中田行彦(2016). シャープ「企業敗戦」の深層. イースト・プレス

更に詳しくは

コラム、著作物・出版物リスト

https://www.canon-igs.org/fellows/taishi_sugiyama.html#pagelink01

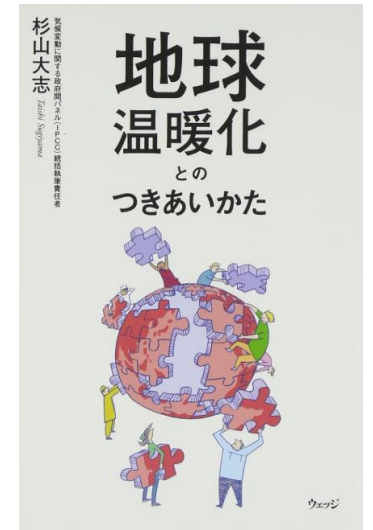
IPCC1.5度報告書の解説は

https://www.canon-igs.org/column/energy/20181012_5300.html

温暖化の科学的知見とイノベーションについては「地球温暖化問題の探究」

IPCC第5次報告の解説・問題点は「地球温暖化とのつきあいかた」

IPCC等の環境影響評価の問題点については「環境史に学ぶ地球温暖化」





地球温暖化問題の 探究

リスクを見極め、
イノベーションで解決する

キャノングローバル戦略研究所

杉山大志

第I部 地球温暖化リスクへの対応戦略

第II部 イノベーションによる温室効果ガス
排出削減シナリオ

第III部 温暖化対策のイノベーションを
促進する為の政策のあり方

出版社 デジタルパブリッシングサービス

ISBN 9784861433443

価格 ペーパーバック(オンデマンド※1)2,510円、電子書籍108円

発行 2018年12月初版

電子書籍は各種オンラインブックストア※2にてお求めいただけます。

※1 オンデマンドペーパーバックは現在Amazonサイトから注文できます。
www.amazon.co.jp/dp/B07L3YVHDZ

※2 Amazon、楽天ブックス、Yahoo!ブックストア、honto、BookLive!、eBookJapanほか