

温暖化対策技術の イノベーションをどう実現するか

杉山大志

キヤノングローバル戦略研究所研究主幹 / 慶応大学特任教授

2019年6月6日

於 日本学術会議

(本講演は個人の責任によるものです)



パリ協定長期成長戦略案のポイント

第1章：基本的な考え方

野心的なビジョン：最終到達点としての「脱炭素社会」を掲げ、それを野心的に今世紀後半のできるだけ早期に実現することを目指すとともに、2050年までに80%の削減に大胆に取り組む ※積み上げではない、将来の「あるべき姿」

政策の基本的考え方：ビジョンの達成に向けてビジネス主導の非連続なイノベーションを通じた「環境と成長の好循環」の実現、取組を今から迅速に実施、世界への貢献、将来に希望の持てる明るい社会を描き行動を起こす [要素：SDGs達成、共創、Society5.0、地域循環共生圏、課題解決先進国]

第2章：各分野のビジョンと対策・施策の方向性

1節：排出削減対策・施策
エネルギー：エネルギー転換・脱炭素化を進めるため、あらゆる選択肢を追求

再エネの主力電源化
火力はパリ協定の長期目標と整合的にCO2排出削減
CCS・CCU/カーボンリサイクルの推進
水素社会の実現/蓄電池/原子力/省エネ

産業：脱炭素化ものづくり
CO2フリー水素の活用（「ゼロカーボン・スチール」への挑戦等）
CCU/バイオマスによる原料転換（人工光合成等）
抜本的な省エネ、フロン類の廃絶等

運輸：“Well-to-Wheel Zero Emission”チャレンジへの貢献
2050年までに日本車1台あたり排出8割減を目指す
ビッグデータ・IoT等を活用した道路・交通システム

地域・暮らし：2050年までにカーボンニュートラルでレジリエントで快適な地域と暮らしを実現/地域循環共生圏の創造

可能な地域・企業等から2050年を待たずにカーボンニュートラルを実現
カーボンニュートラルな暮らし（住宅やオフィス等のストック平均でZEB・ZEH相当を進めるための技術開発や普及促進/ライフスタイルの転換）
地域づくり（カーボンニュートラルな都市、農山漁村づくり）、分散型エネルギーシステムの構築

2節：吸収源対策

第4章：その他

材育成 ・公正な移行
応によるレジリエントな社会づくりとの一体的な推進
ーボンライジング(専門的・技術的議論が必要)

第3章：「環境と成長の好循環」を実現するための横断的施策

第1節：イノベーションの推進

- (1)温室効果ガス的大幅削減につながる横断的な脱炭素技術の実用化・普及のためのイノベーションの推進・社会実装可能なコストの実現
- (2)革新的環境イノベーション戦略
- ・コスト等の明確な目標の設定、官民リソースの最大限の投入、国内外における技術シーズの発掘や創出、ニーズからの課題設定、ビジネスにつながる支援の強化等
 - ・挑戦的な研究開発、G20の研究機関間の連携を強化し国際共同研究開発の展開(RD20)等
 - ・実用化に向けた目標の設定・課題の見える化
 - CO2フリー水素製造コストの10分の1以下など既存エネルギーと同等のコストの実現
 - CCU/カーボンリサイクル製品の既存製品と同等のコストの実現 ほか

(3)経済社会システム/ライフスタイルのイノベーション

第2節：グリーン・ファイナンスの推進

イノベーション等を適切に「見える化」し、金融機関等がそれを後押しする資金循環の仕組みを構築

- (1)TCFD等による開示や対話を通じた資金循環の構築 ※気候関連財務情報開示タスクフォース
- ・産業：TCFDガイダンス・シナリオ分析ガイド拡充/金融機関等：グリーン投資ガイダンス策定
 - ・産業界と金融界の対話の場（TCFDコンソーシアム）
 - ・国際的な知見共有、発信の促進（TCFDサミット（2019年秋））
- (2)ESG金融の拡大に向けた取組の促進
- ・ESG金融への取組促進（グリーンボンド発行支援、ESG地域金融普及等）、ESG対話プラットフォームの整備、ESG金融リテラシー向上、ESG金融ハイレベル・パネル 等

第3節：ビジネス主導の国際展開、国際協力

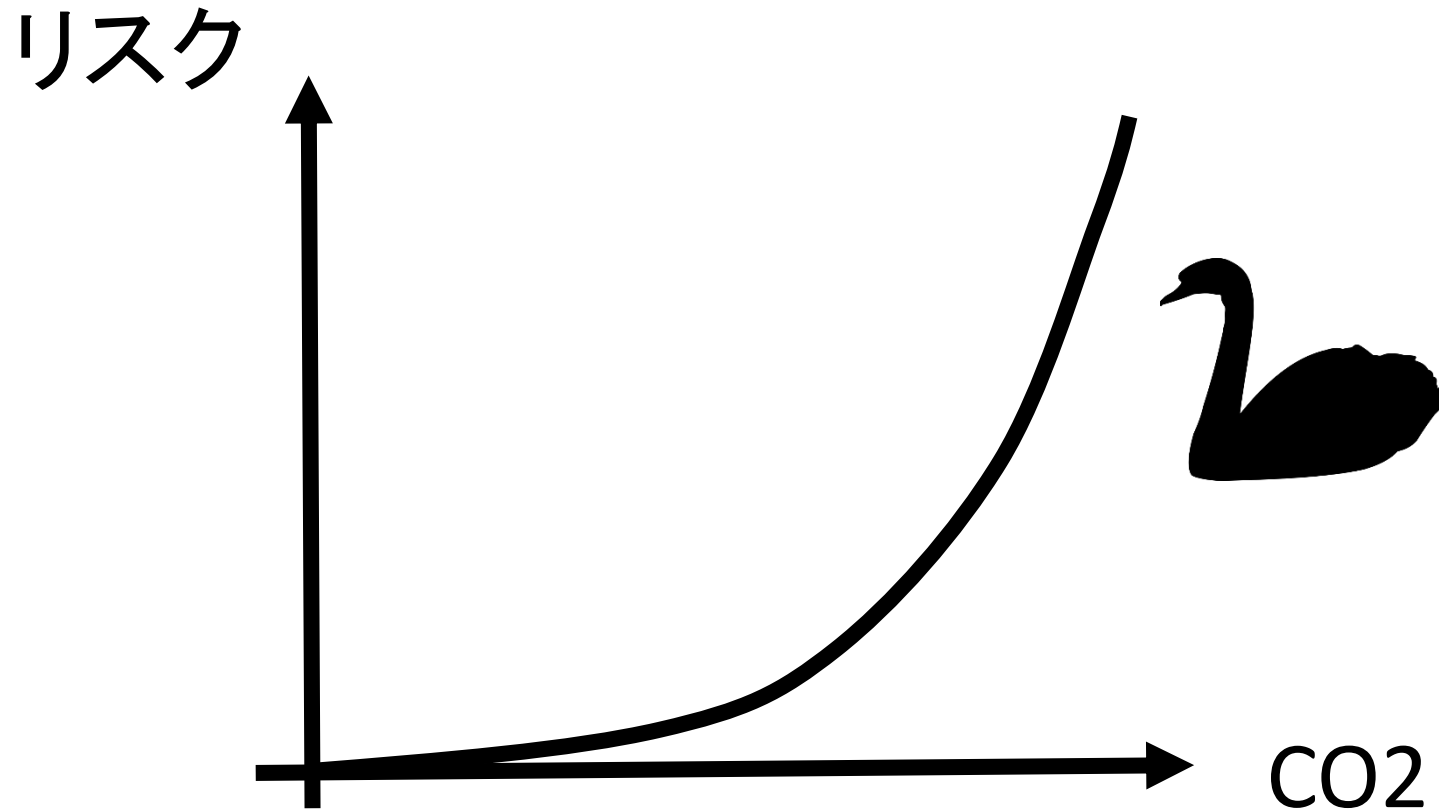
- ・日本の強みである優れた環境技術・製品等の国際展開/相手国と協働した双方に裨益するコ・イノベーション
- (1)政策・制度構築や国際ルールづくりと連動した脱炭素技術の国際展開
- ・相手国における制度構築や国際ルールづくりによるビジネス環境整備を通じた、脱炭素技術の普及と温室効果ガスの排出削減（ASEANでの官民イニシアティブの立上げの提案、市場メカニズムを活用した適切な国際枠組みの構築 等）
- (2)CO2排出削減に貢献するインフラ輸出の強化
- ・パリ協定の長期目標と整合的にCO2排出削減に貢献するエネルギーインフラや都市・交通インフラ（洋上風力・地熱発電等の再エネ、水素、CCUS・カーボンリサイクル、スマートシティ等）の国際展開
- (3)地球規模の脱炭素社会に向けた基盤づくり
- ・相手国におけるNDC策定・緩和策にかかる計画策定支援等、サプライチェーン全体の透明性向上

第5章：長期戦略のレビューと実践

- ・レビュー：6年程度を目安として、情勢を踏まえた検討を加えるとともに必要に応じて見直し
- ・実践：将来の情勢変化に応じた分析/連携/対話

「長期戦略」は「イノベーション」を基軸に据えるが、これをどのように進めればよいか？

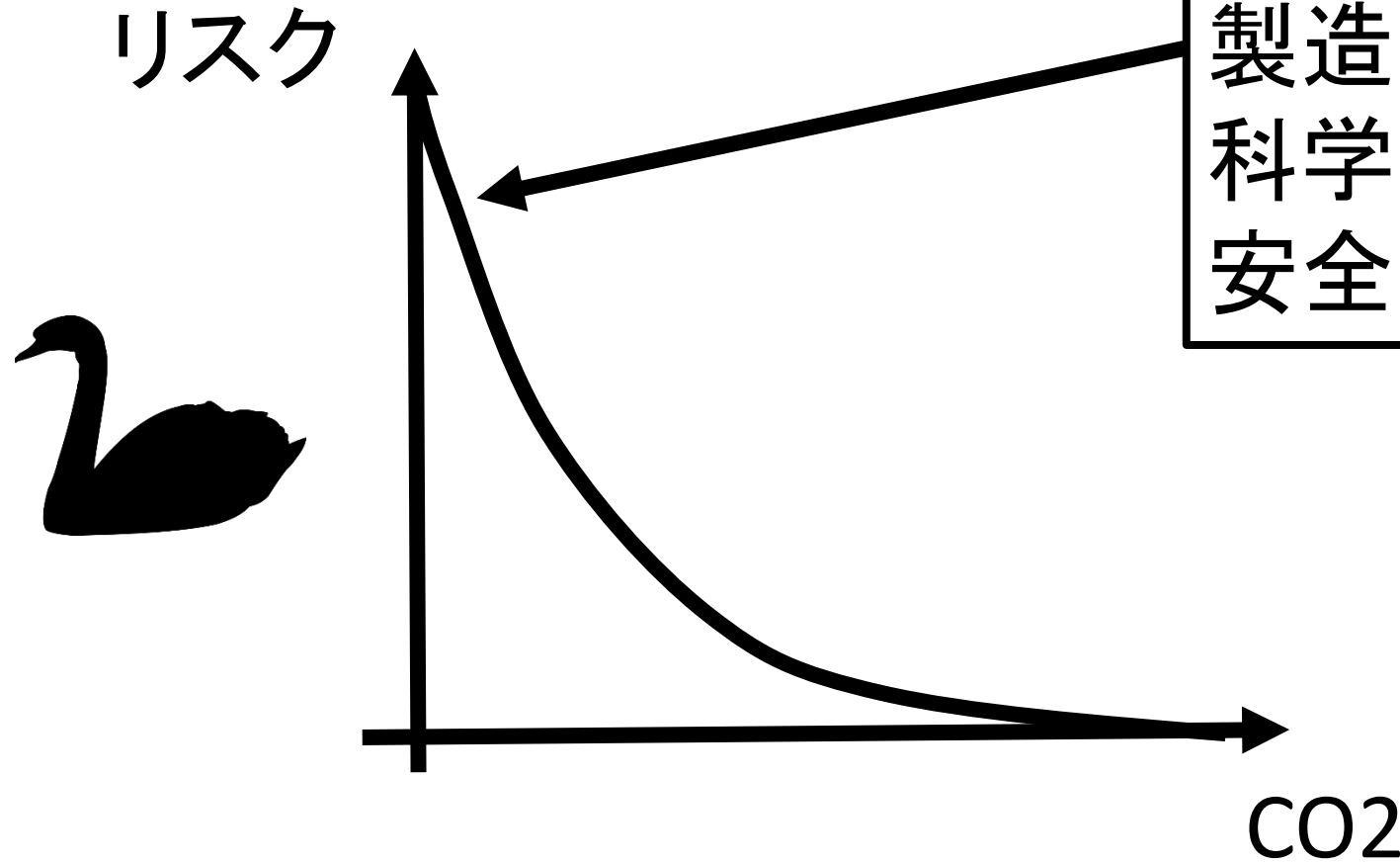
環境影響のリスク



「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

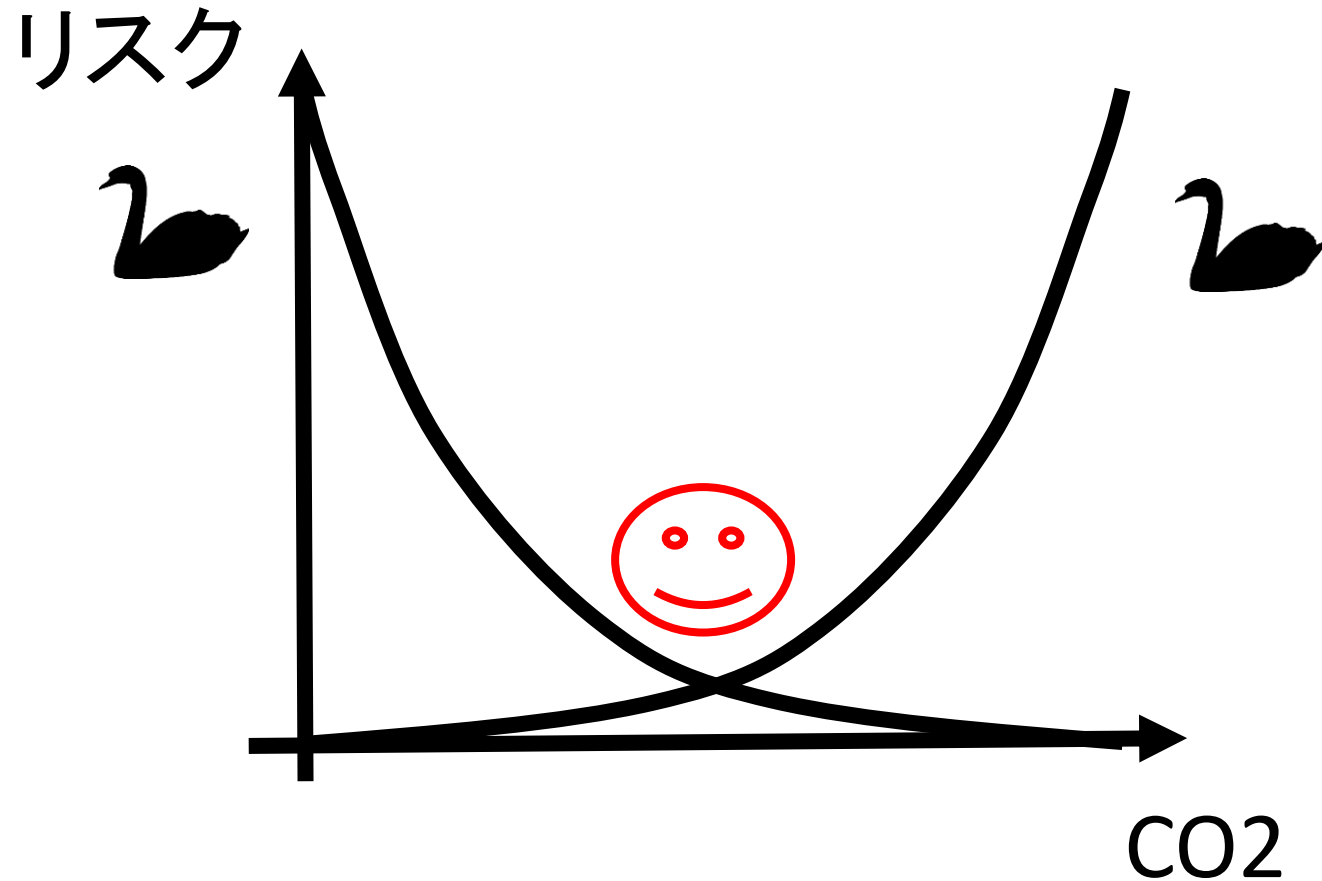


他国が協調しない
経済損失
製造業の海外移転
科学技術力の喪失
安全保障の喪失

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

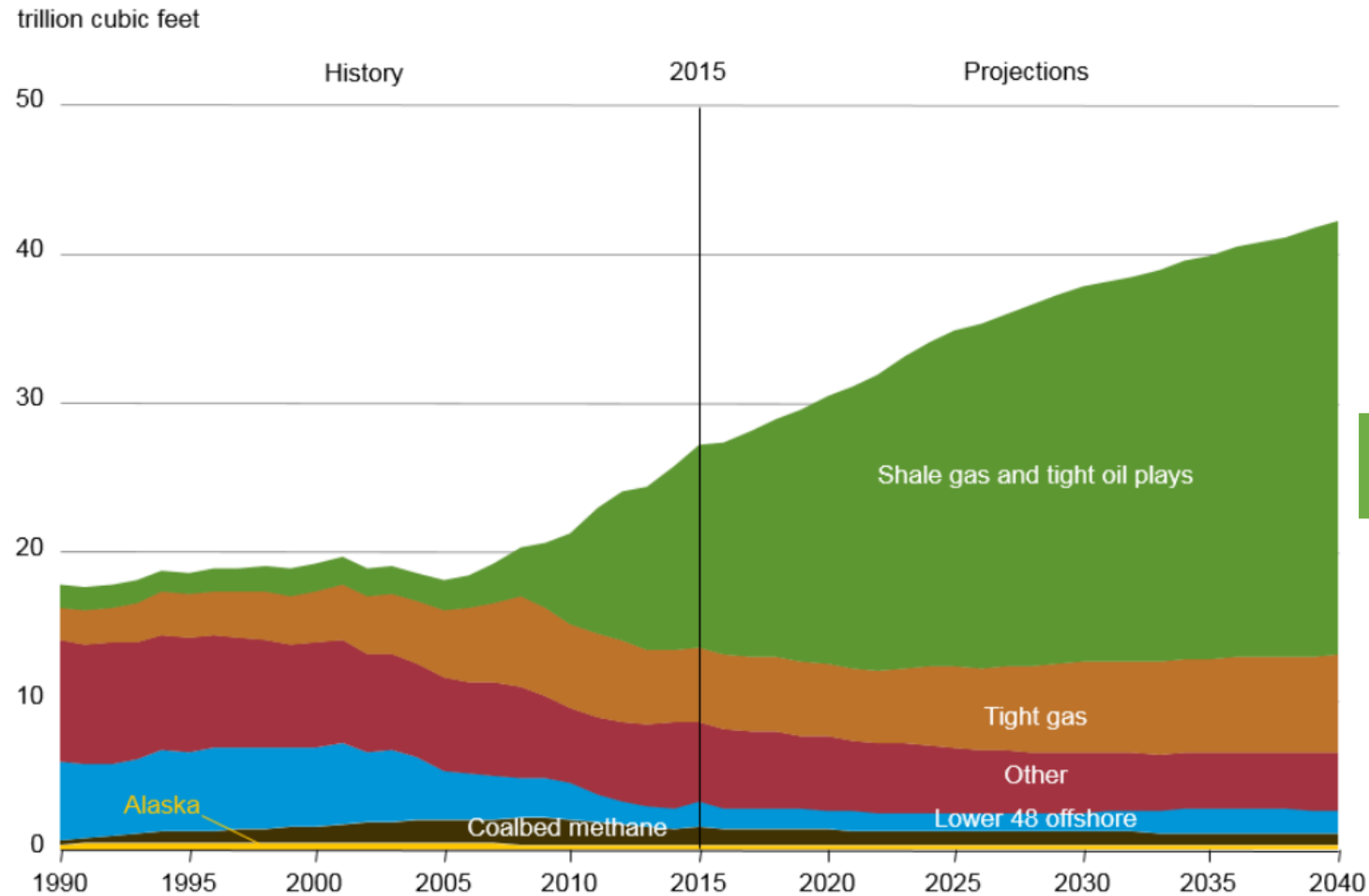
CO2削減の成功例

アフォーダブルな技術が在れば、CO2削減は成功した。

市場の連鎖が本質的で、政府補助は不要な場合も。

シェールガス

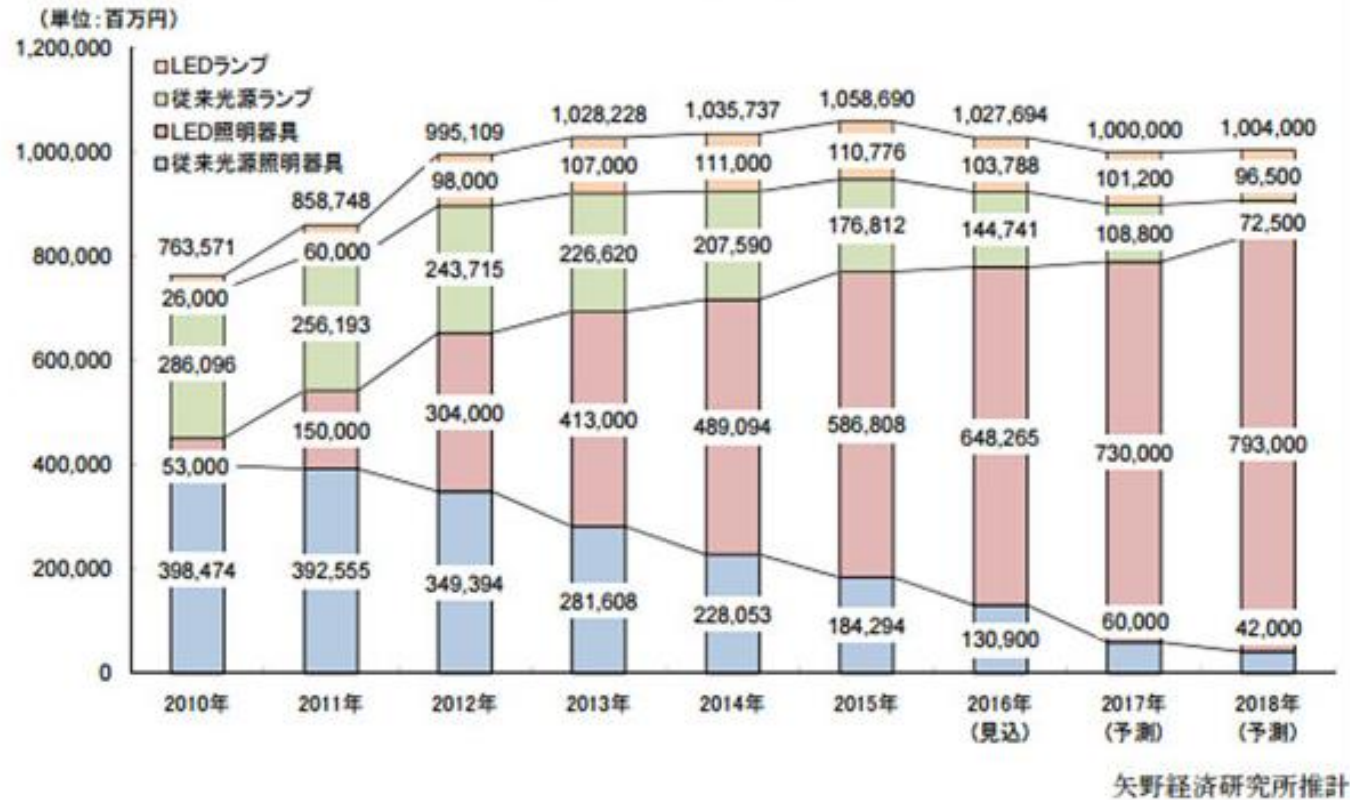
Figure MT-46. U.S. dry natural gas production by source in the Reference case, 1990–2040



シェールガス

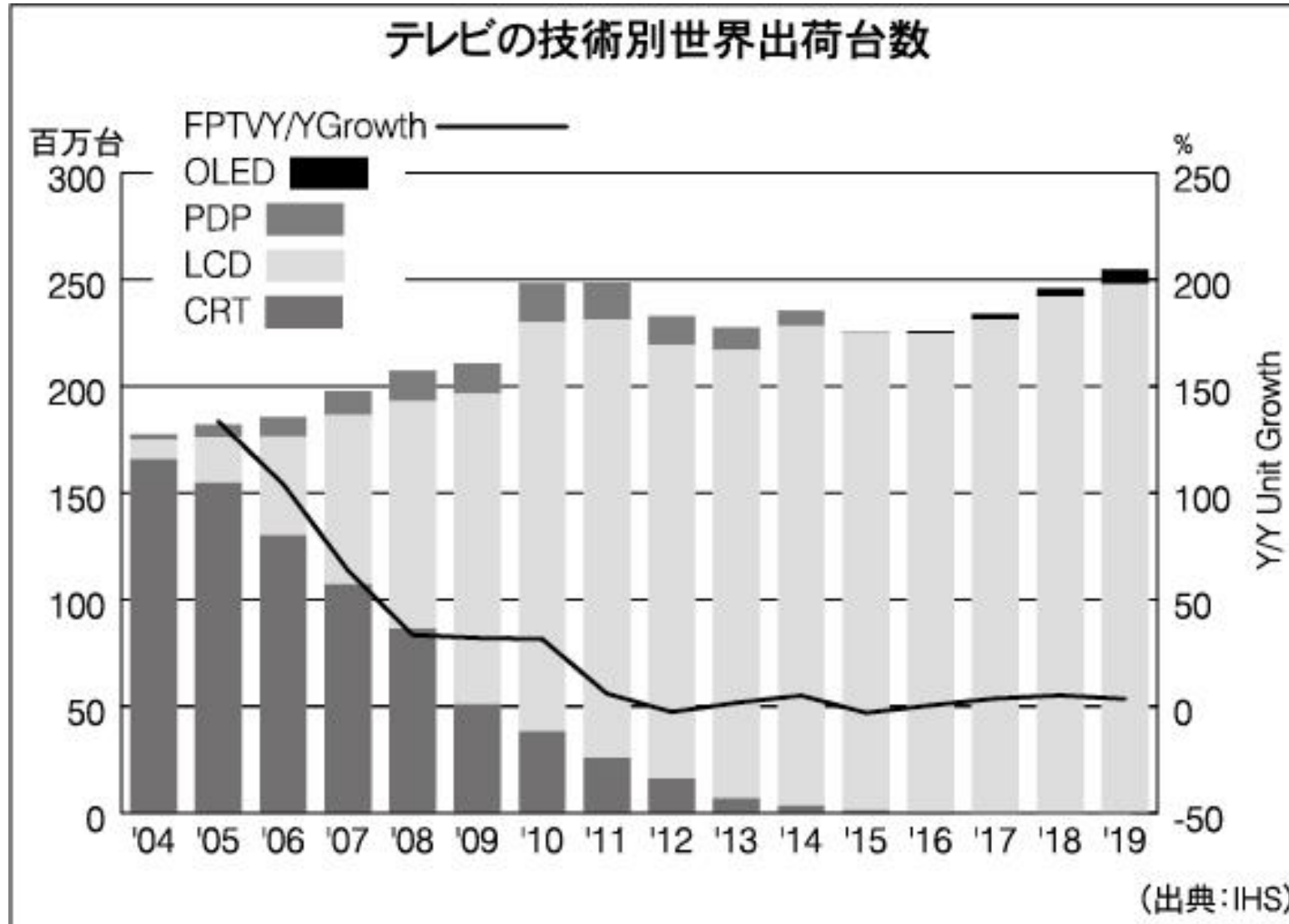
LED照明

図1. 一般照明用途の照明市場規模の推移・予測



LED照明

液晶ディスプレイ



液晶ディスプレイ

省エネ基準

【乗用車】

平均新車燃費の推移



(注) 走行モード10・15モードによる燃費値

燃費性能の改善率の比較 (1995→2008)



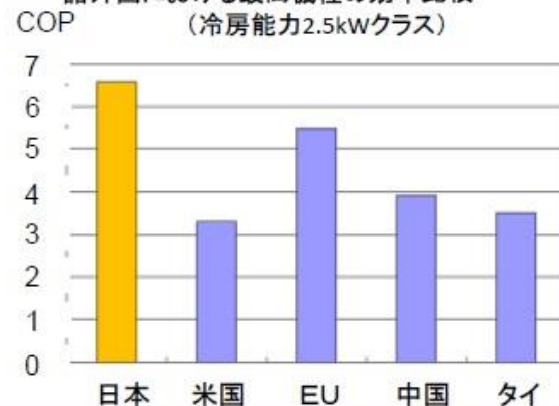
【エアコン】

期間消費電力量



(注) 壁掛け形冷暖房兼用・冷房能力2.8kWクラス・省エネ型代表機種種の単純平均値

諸外国における最高機種種の効率比較 (冷房能力2.5kWクラス)



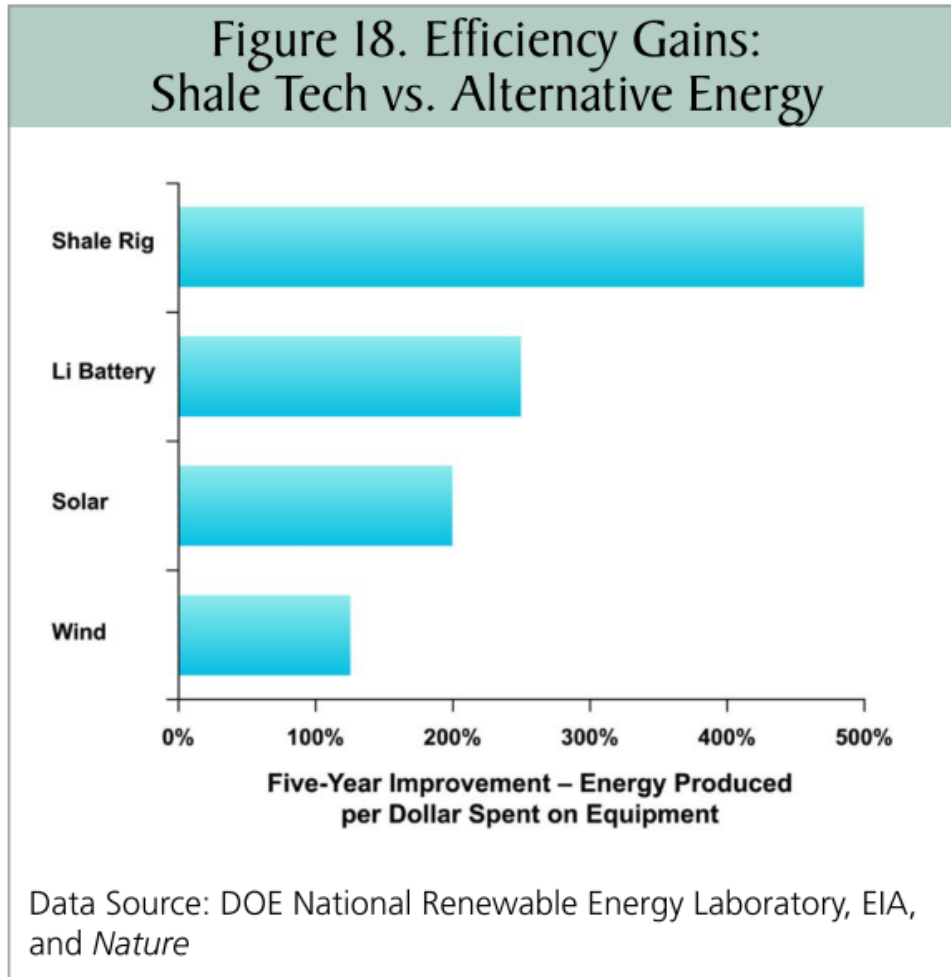
アフオーダブルな機器の普及を促進した

未来

今後も様々な**技術進歩**が見込まれる・・・

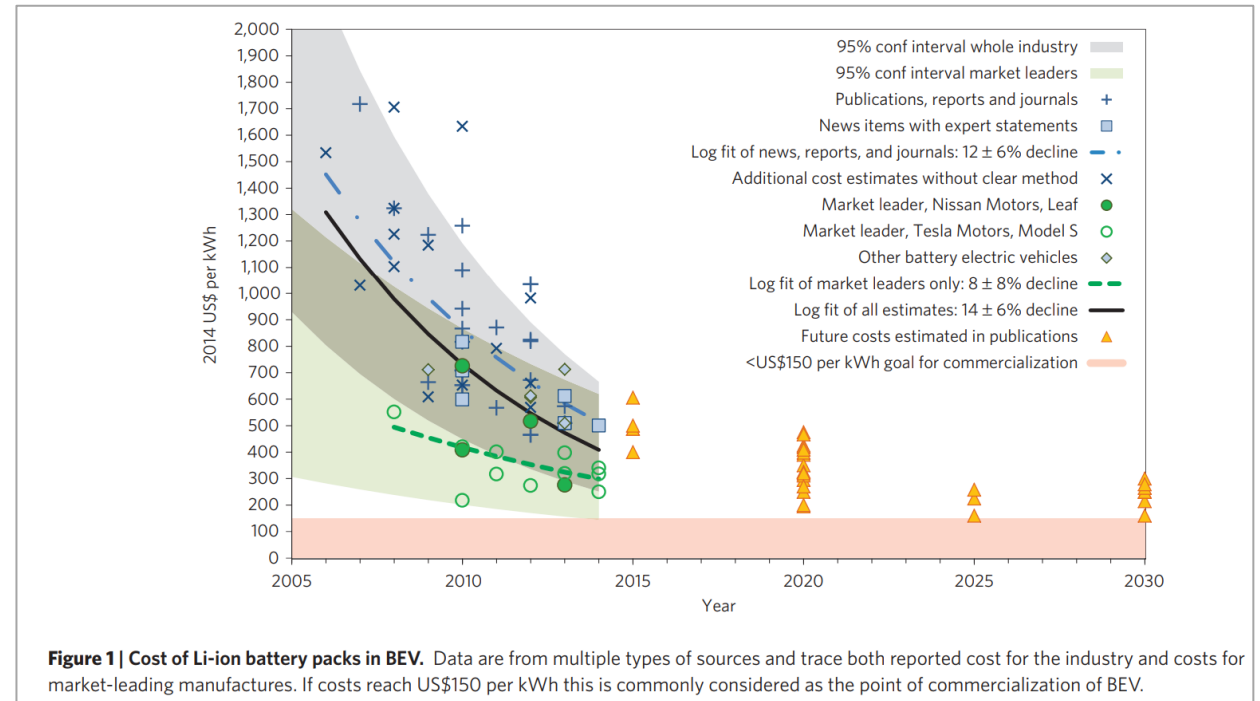
・・・**アフォーダブルな技術**でCO2削減が可能になる。
このための**戦略 & 政策**は？

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：

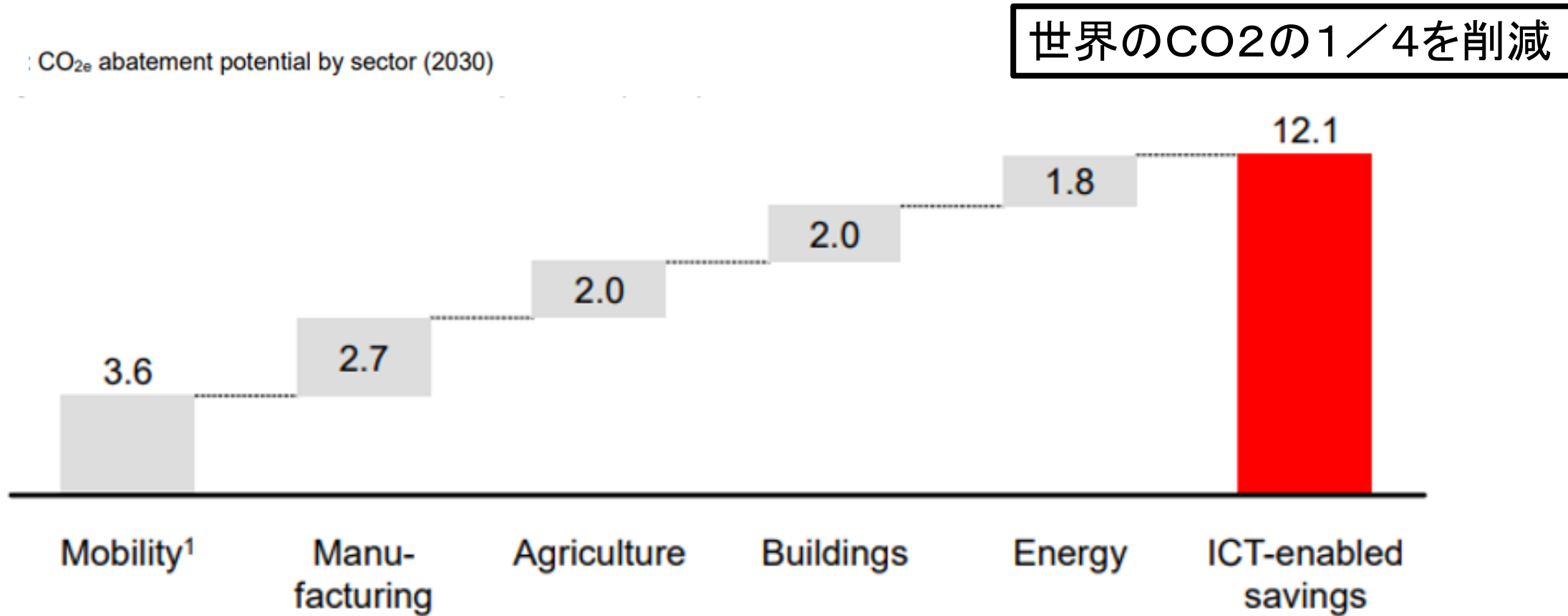
科学技術全般、特に、

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

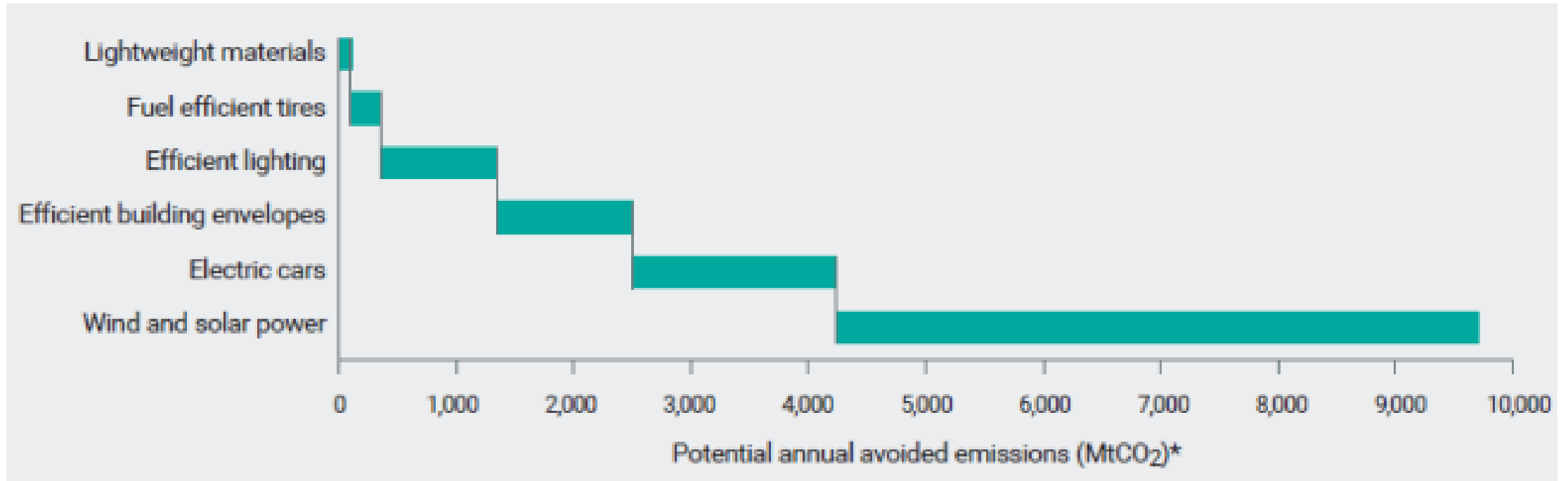
技術進歩のタイムスパンは地球温暖化より遙かに短い（チャンス）

ICTによるCO2削減試算例



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

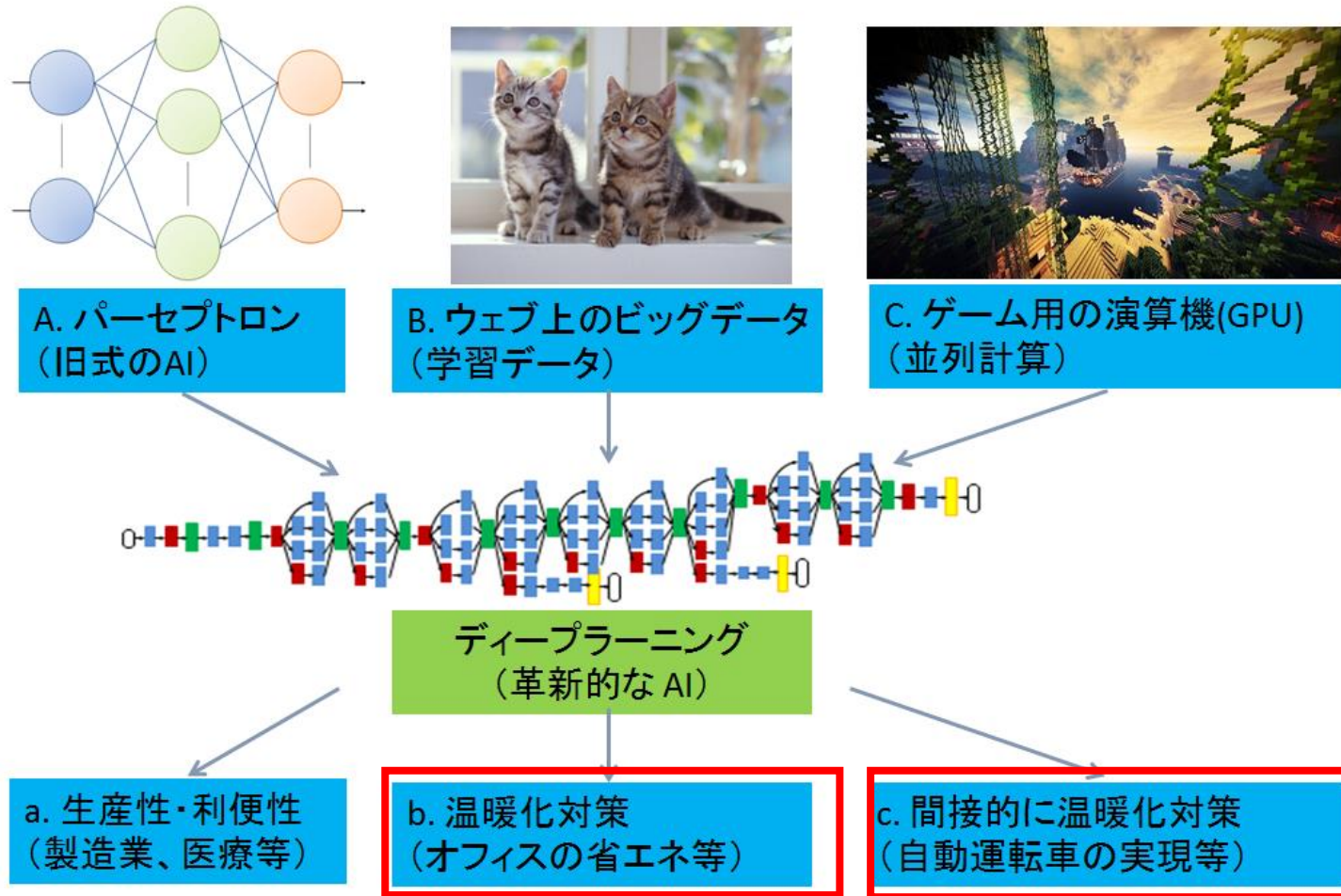
化学によるCO2削減の試算例



世界のCO₂の1/5を削減

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

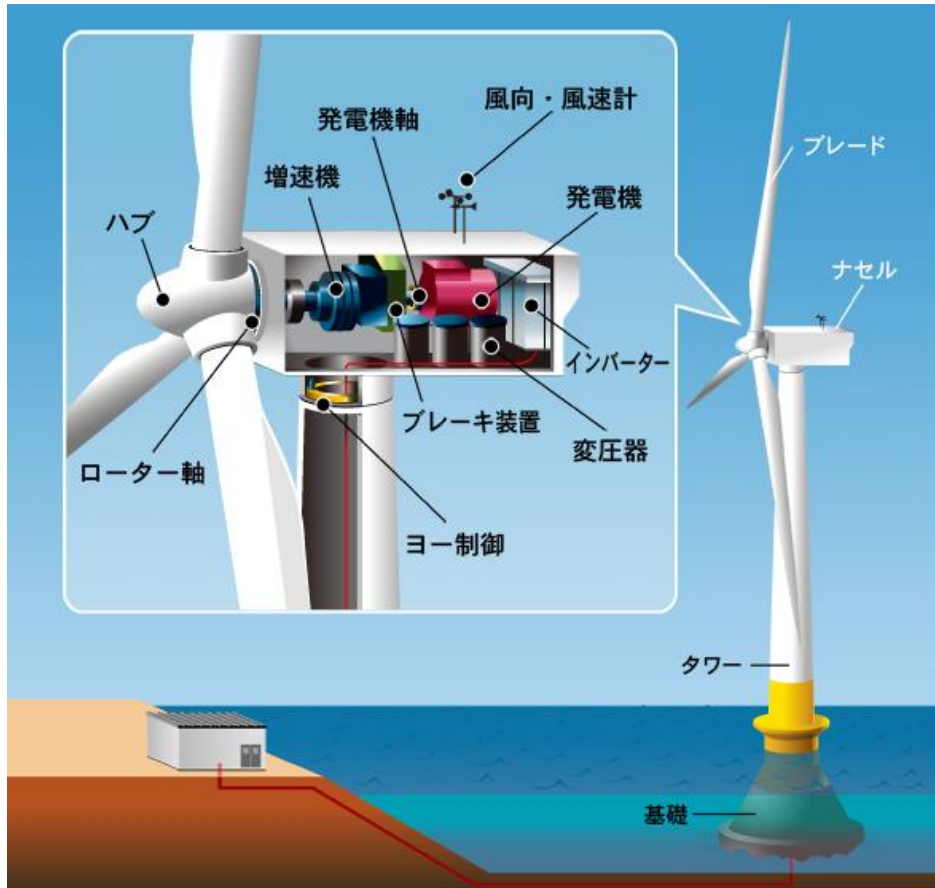
ディープラーニング（人工知能）



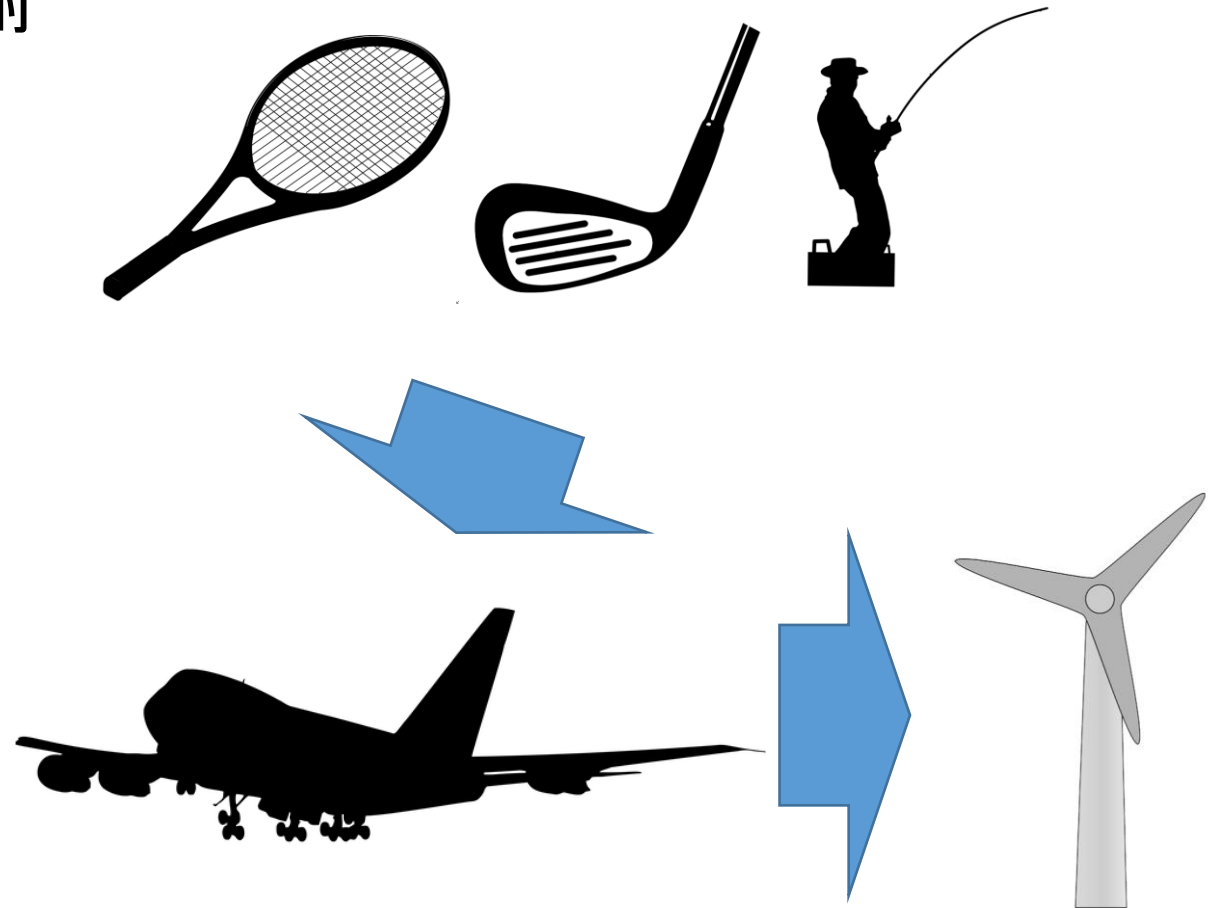
科学技術全般の進歩の恩恵を受けて日革新的な温暖化対策技術が生まれる

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

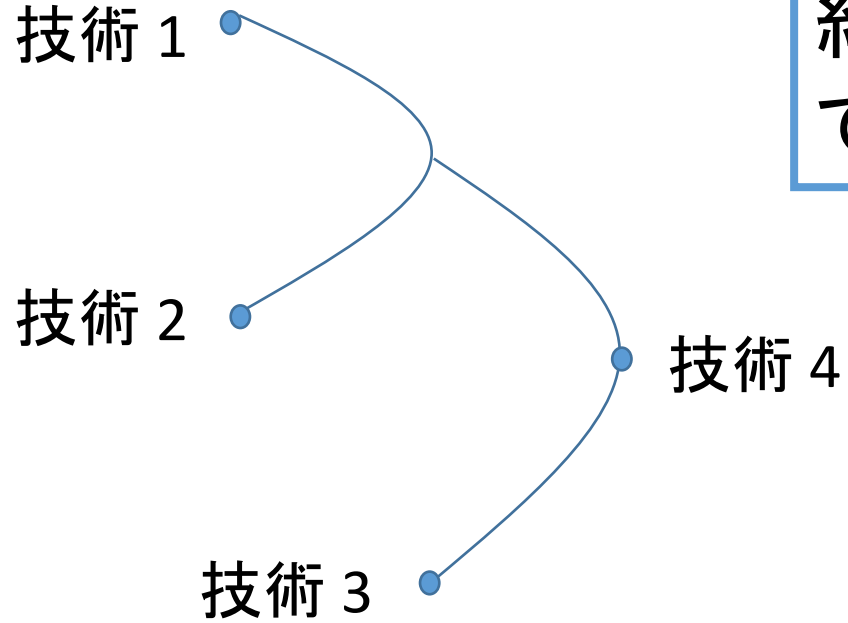
▪ <蓄積性> 一度出来ると、消えることが無い。

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

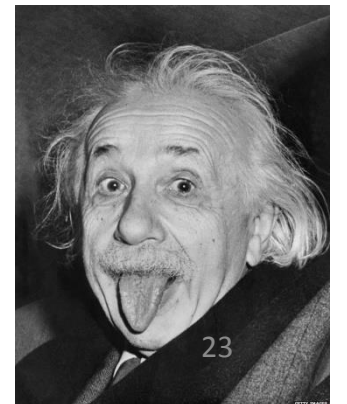


親が子を残す
ように...

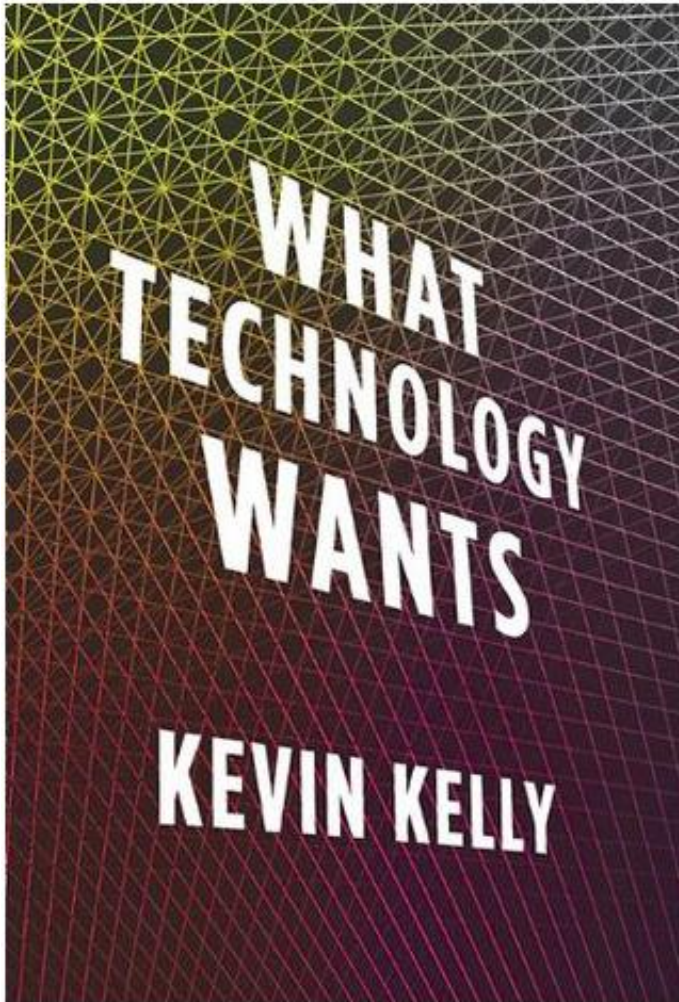
発明の複数性



発明の歴史 \neq 偉人の歴史
発明の歴史 = 技術の蓄積の歴史
隣接可能性が成立すれば発明は必然



発明の複数性 (multiple invention)



電球には21人の独立の発明者がいる

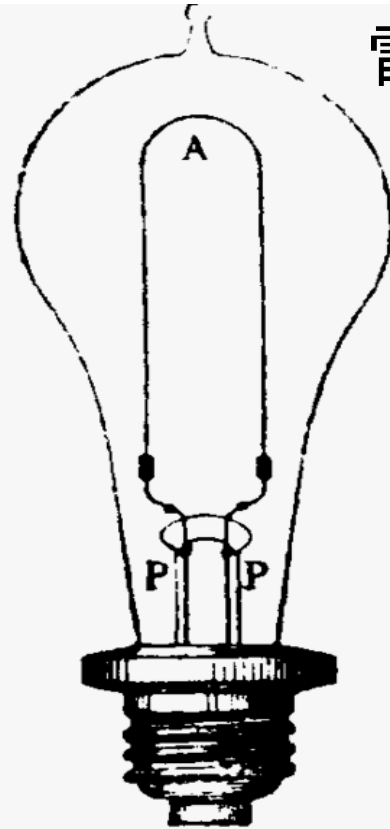


Fig. 9. Lampa żarowa Edisona.

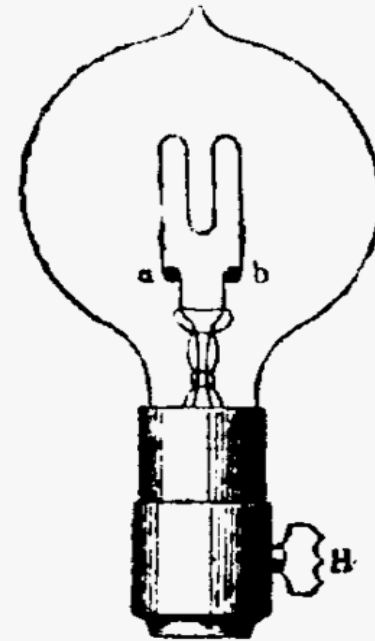


Fig. 10. Lampa Maxime'a.

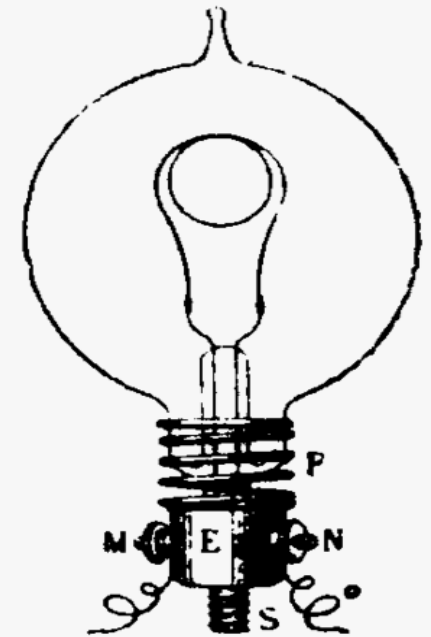


Fig. 11. Lampa Swana.

隣接可能性が成立、電球の発明は「必然」だった。

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。

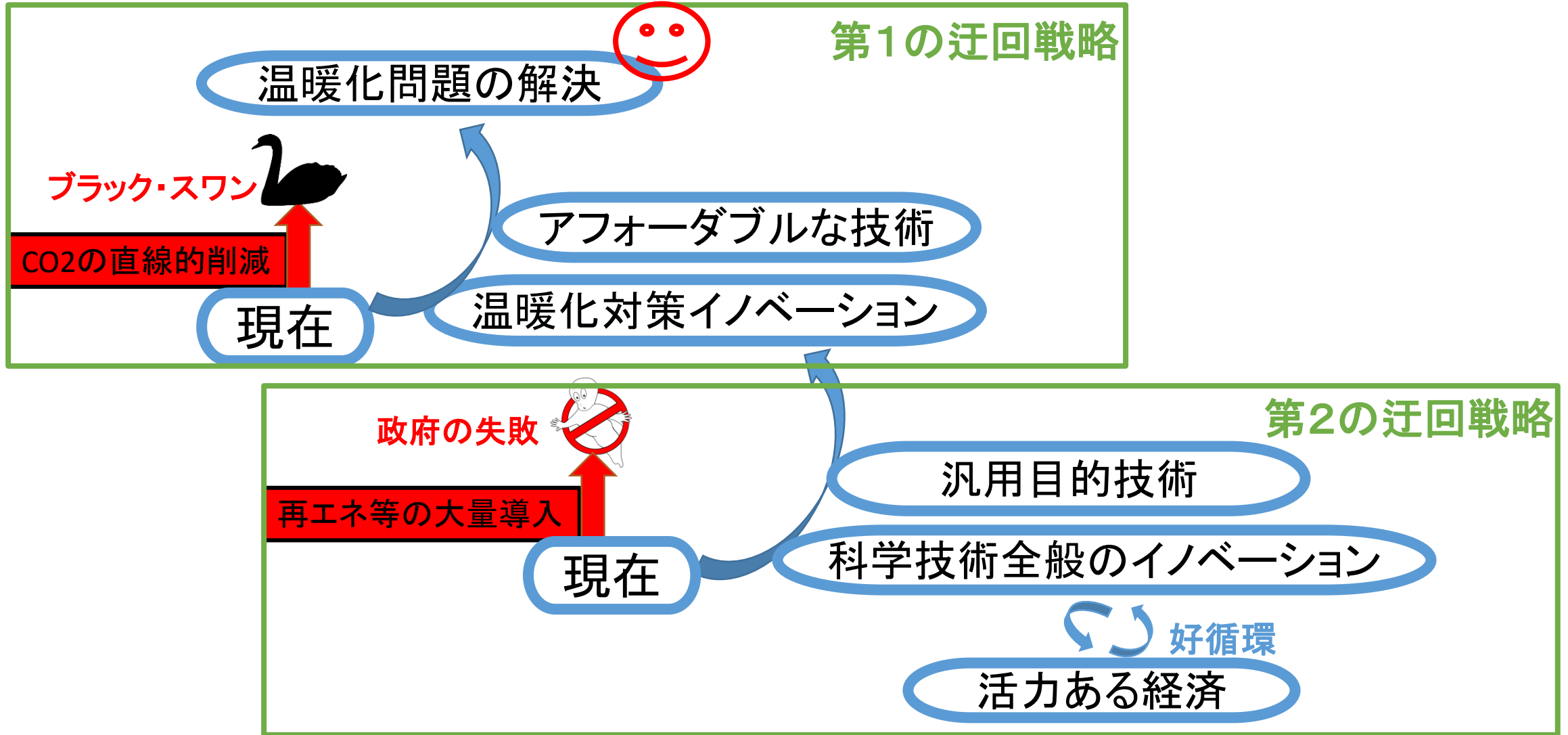
⇒ 企業活動が活発。イノベーション進む。

温暖化対策の教訓・・・

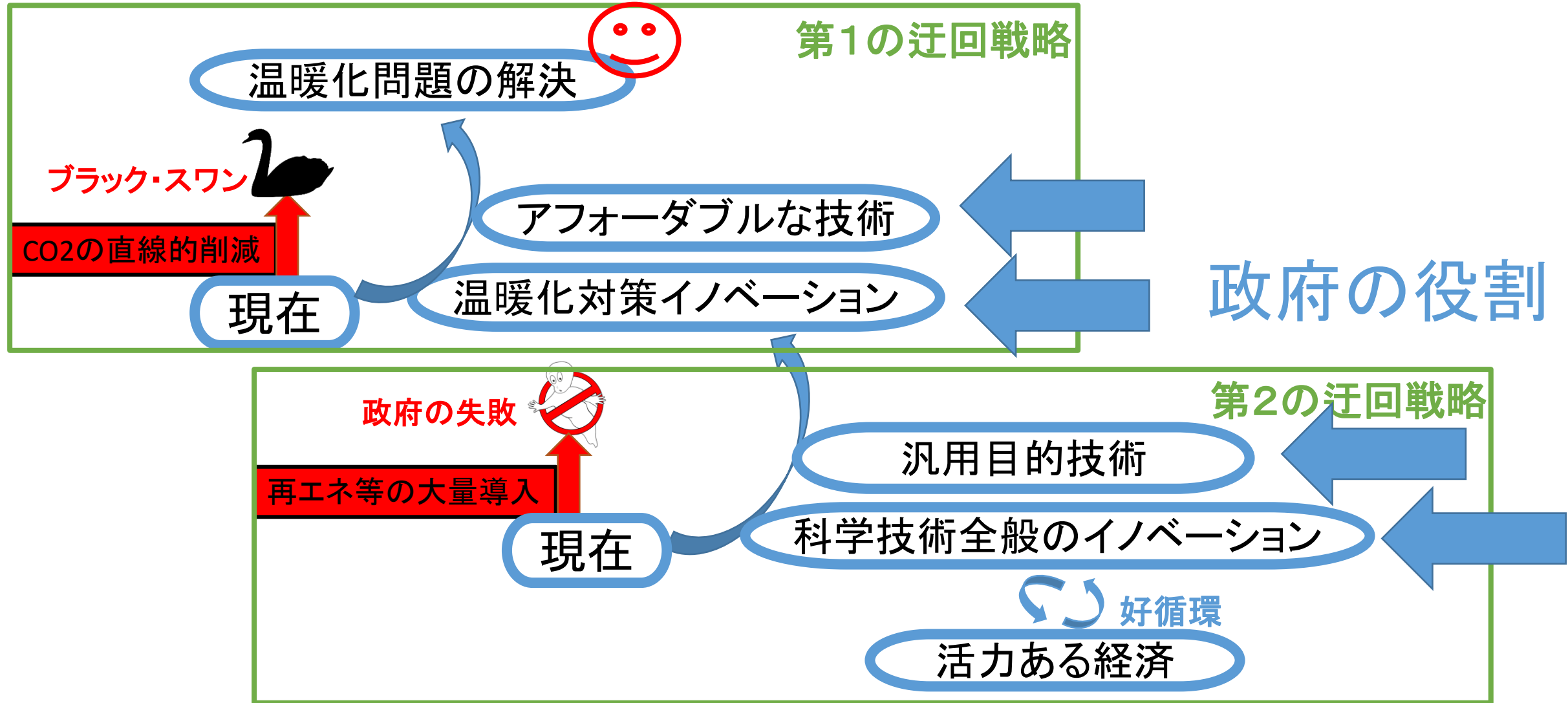
- 省エネ法：アフォーダブルな省エネを推進
- 研究開発国プロ（サンシャイン、ムーンライト）：火力発電、ヒートポンプ等で一定の成果（木村2015）
- FIT：PVを大量導入、69兆円の追加費用（朝野2017）。PVコスト高止まり（野村・天野2014）。系統統合の課題未解決。日本メーカー敗北（中田2016）。政府の失敗。



二重の迂回戦略(doubly oblique approach)

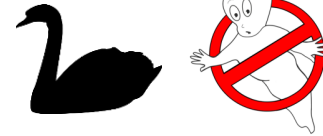


二重の迂回戦略(doubly oblique approach)

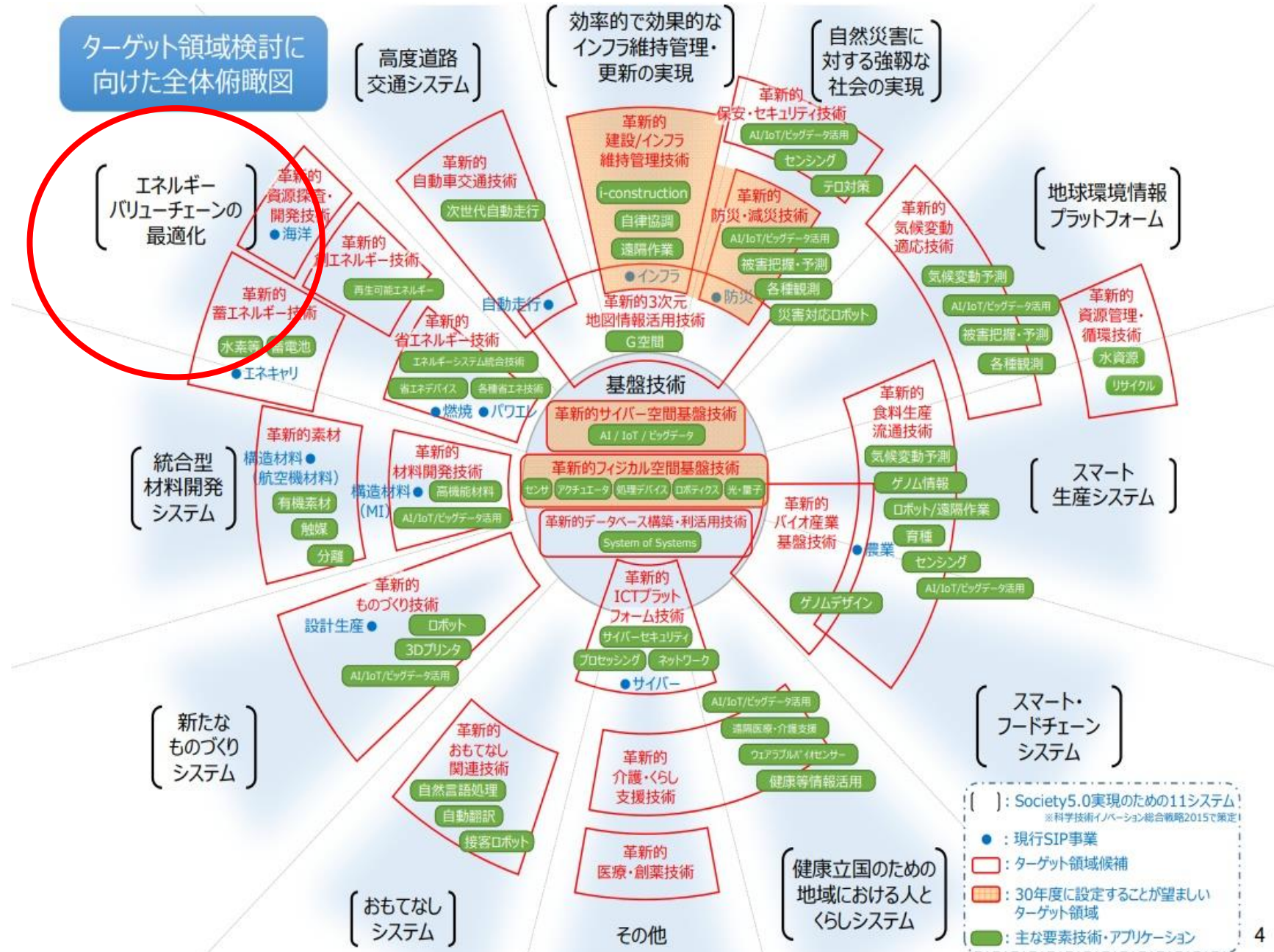


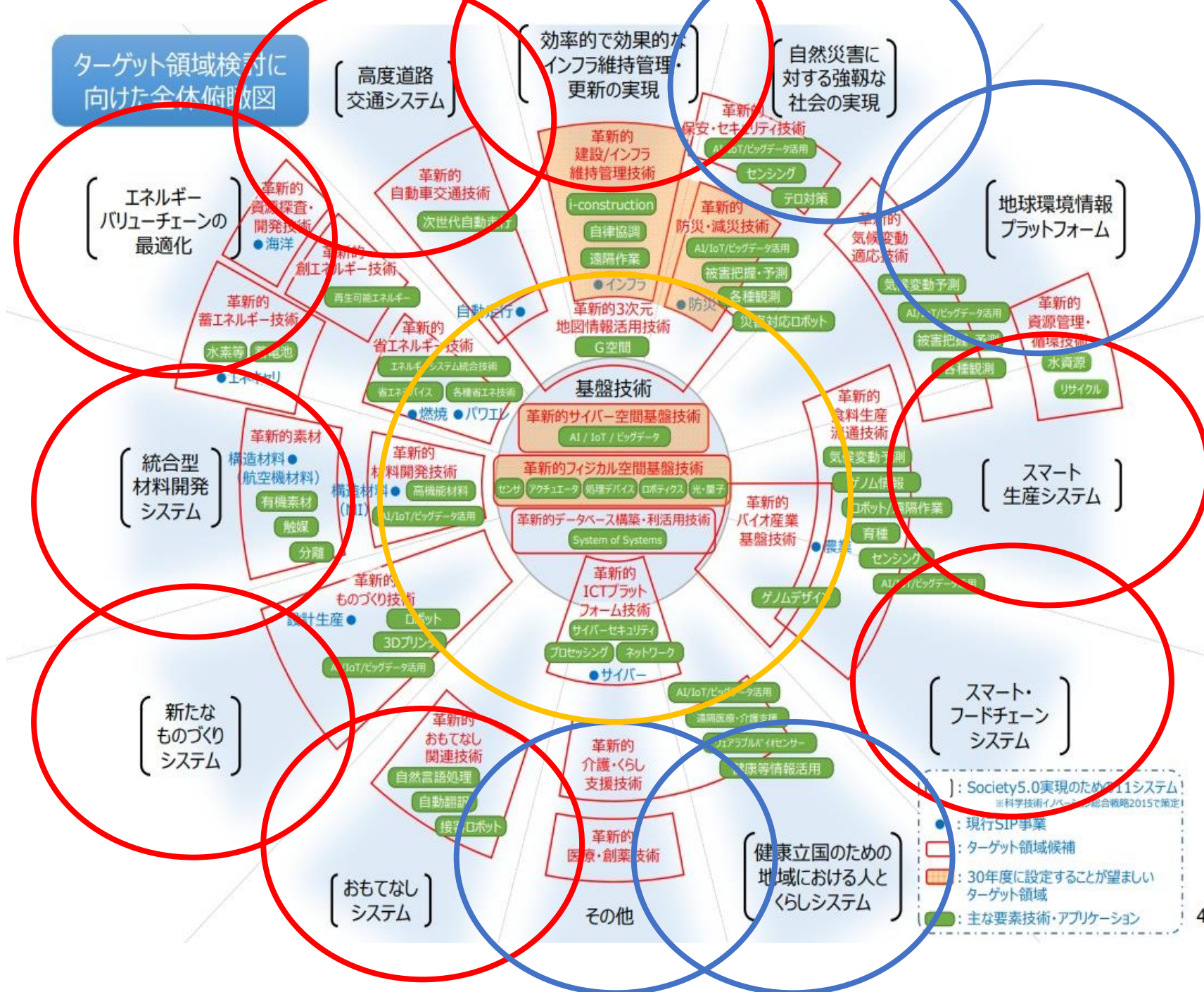
温暖化対策における政府の役割

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。



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

≡

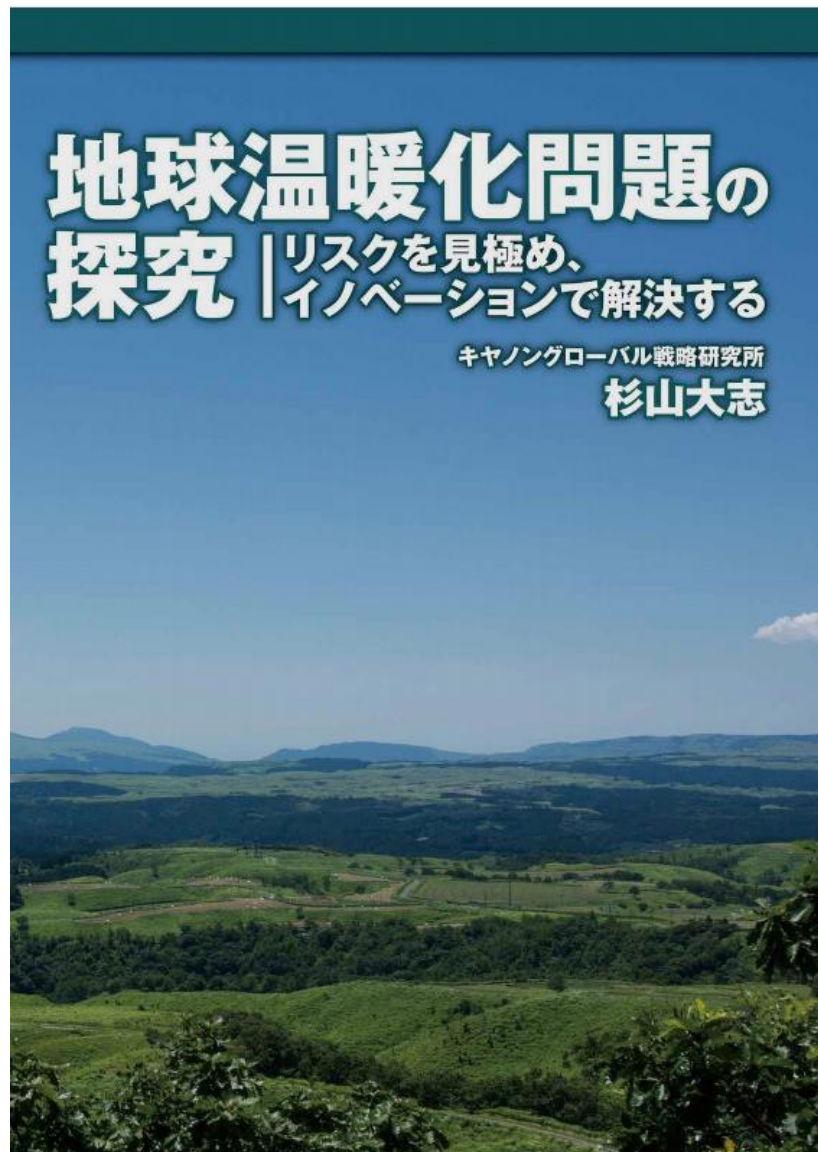
アフォーダブルな温暖化対策技術の誕生

]: Society5.0実現のための11システム
 ※科学技術イノベーション戦略2015で策定
 ●: 現行SIP事業
 □: ターゲット領域候補
 ■: 30年度に設定することが望ましいターゲット領域
 ○: 主要要素技術・アプリケーション

本講演中の文献

* 本講演中のウェブリンクは全て講演時点のものであります。

- IPCC (2014) IPCC第5次評価第3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). シヤープ「企業敗戦」の深層. イースト・プレス



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

1) ペーパーバック 2,510円

www.amazon.co.jp/dp/B07L3YVHDZ 他

2) 電子書籍 108円

Amazon、楽天ブックス、Yahoo!ブックストア、honto、BookLive!、eBookJapan 他