地球温暖化対策長期戦略の内外における検討状況、および今後の課題

キヤノングローバル戦略研究所　上席研究員　杉山大志

キヤノングローバル戦略研究所　エネルギー環境シンポジウム

2017年9月20日

（本講演は個人の見解です）

目次

1. パリ協定とIPCCシナリオ
2. 地球温暖化対策長期戦略の検討状況
3. ICTによる大幅なCO2排出削減の可能性
4. まとめ

1. パリ協定とIPCCのシナリオ

パリ協定における「長期目標」と「長期戦略」

1．パリ協定における長期目標（２℃目標）

①**世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く保つとともに、1.5℃に抑える努力**を追求。

②出来る限り早期に世界の温室効果ガスの排出量をピークアウトし、**今世紀後半に人為的な温室効果ガスの排出と吸収源による除去の均衡を達成。**

※先進国、途上国を問わず、特定年次に向けての世界の削減数値目標は合意されなかった。

2．長期低排出発展戦略

①パリ協定において、全ての締約国は、**長期的な温室効果ガスの低排出型の発展のための戦略**を作成し、及び通報するよう努力すべきであるとされた。

②COP21決定において、**2020年までの提出が招請**されている。

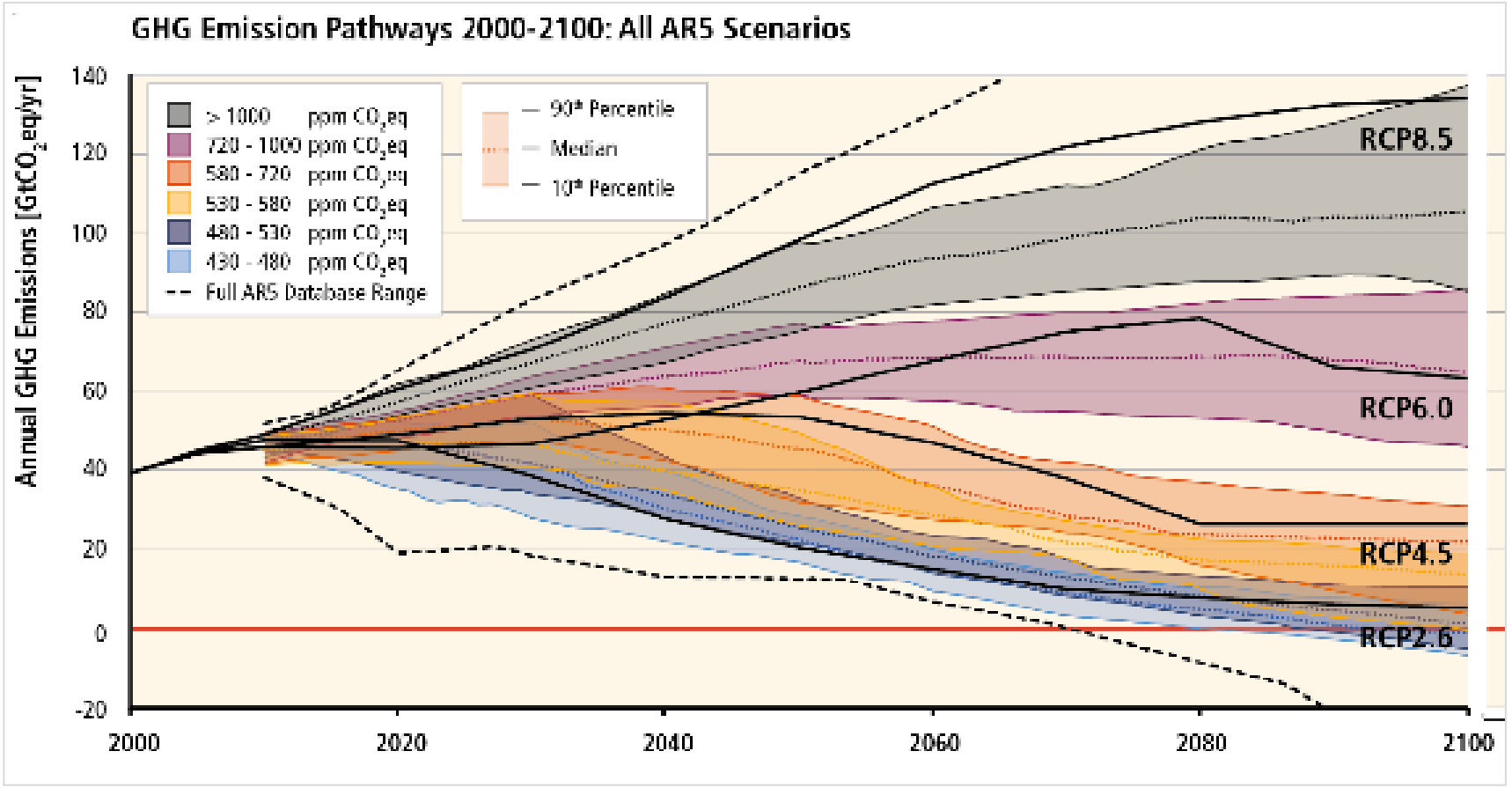
3．各国（米国、カナダ、メキシコ、ドイツ、フランス）の長期戦略の位置付け

①**いずれの国も、具体的な政策決定ではなく「ビジョン」を示したもの**であり、**具体的な政策については別途検討**することとしている。

②上記のほか、**低排出発電・省エネ・研究開発（イノベーション）の推進、経済的手法、定期的な見直し等について記載**があり、**複数のシナリオを記載**している国もある。

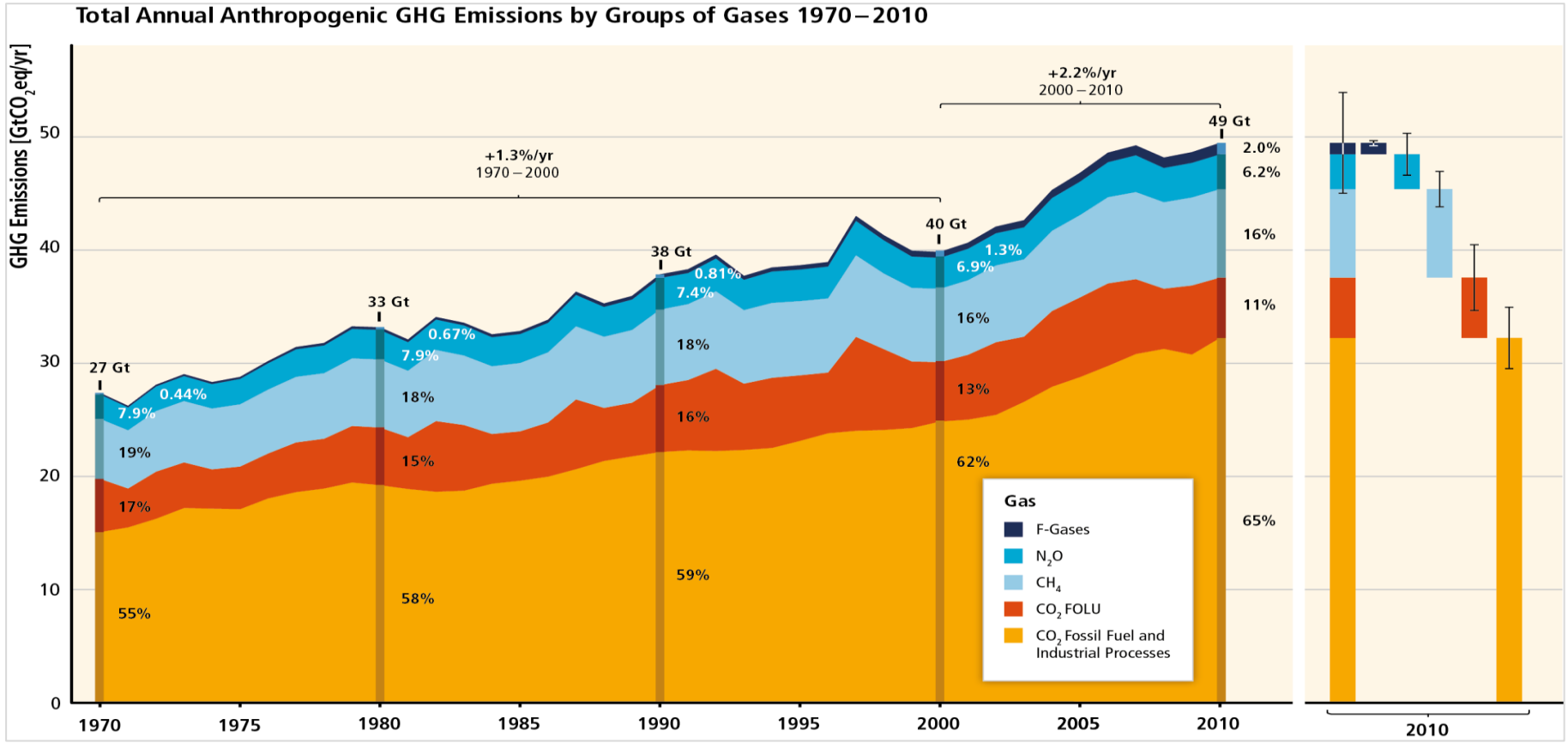
http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/ondanka_platform/kokunaitoushi/pdf/007_07_00.pdf

大規模排出削減のIPCCシナリオ



(IPCC 第5次評価第三部会報告書、2014年)

温室効果ガス排出は増加してきた

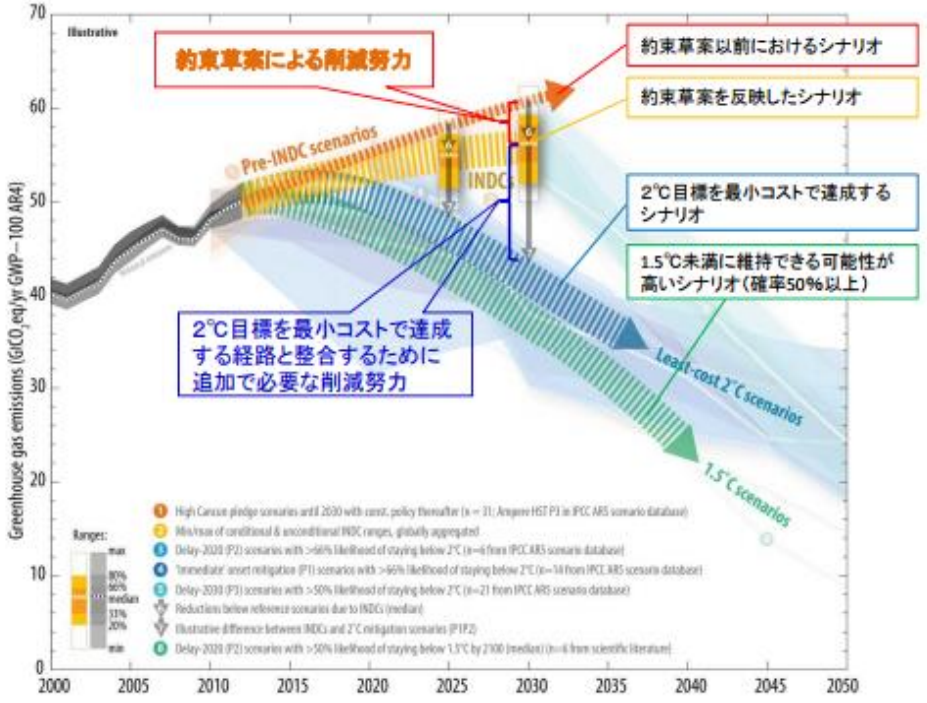


(IPCC 第5次評価第三部会報告書、2014年)

諸国の数値目標の合計は２度シナリオに達しない

2030年のGHG排出量と２℃目標のギャップ

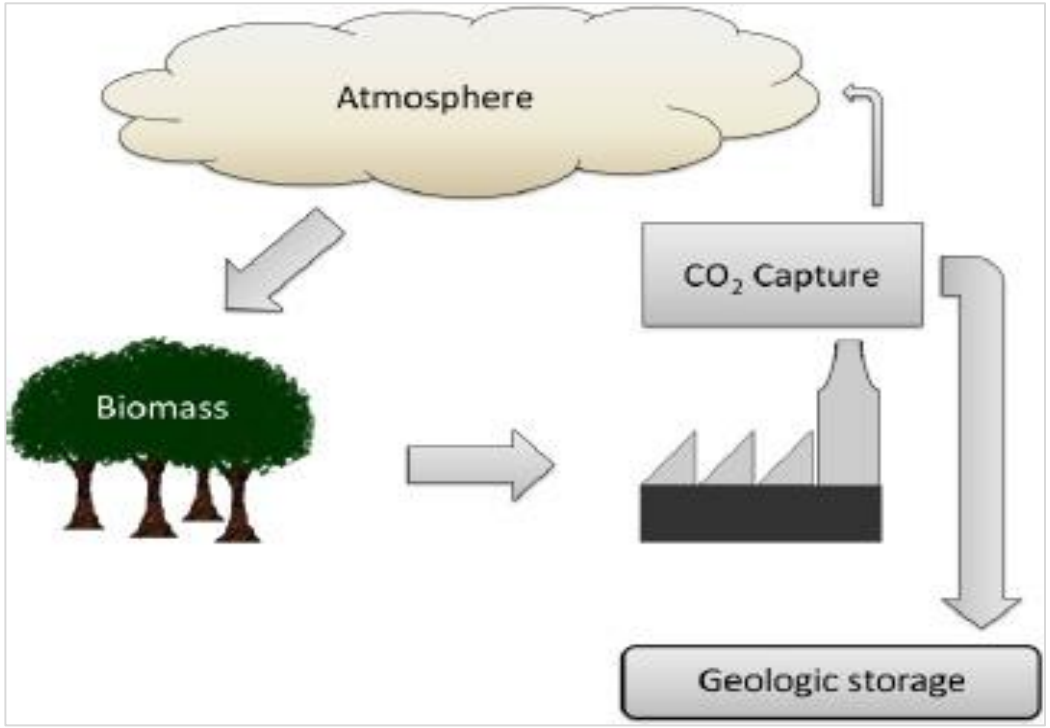
- 2016年5月にUNFCCCから出された報告書によると、各国が提出している約束草案を総計しても２℃目標を最小のコストで達成する経路には乗っておらず、追加の削減努力が必要となると指摘。また、UNEP、IEA等の分析でも同様の指摘がある。



（出所）UNFCCC「Aggregate effect of the intended nationally determined contributions: an update(2016)

環境省資料　http://www.env.go.jp/press/103822/105478.pdf

バイオエネルギーとＣＯ２回収貯留（BECCS)



出典：Global CCS institute

CO2を植林で吸収し、木材を燃やして発電し、CO2を地中に埋める

⇒数値モデルの「解」ではあるが、シナリオの実施可能性には疑問あり。

シナリオとイノベーション

- IPCCシナリオにおいて、イノベーションは多様な方法で表現されてきた。
  - マクロには:　過去の外挿、全要素生産性の改善、弾性値、
  - ミクロには:　個別の技術予測、技術コストの低減、習熟曲線
  だが、以上の方法論には限界。例. 未知の技術を扱えない。

- そもそも技術予測は難しい。
  - シェールガス　IPCC 2007年報告で殆ど言及なし -> 2014年報告までに大量生産
  - 運輸部門　IPCC 2014年報告で「最も削減困難」-> その後、自動運転、EV、カーシェアリングが発展。2021年報告では？

⇒定量化が難しいことを理由に深入りを避けてはいけない。長期戦略においてはイノベーションが本質である以上、イノベーションを検討の中心に据えた長期シナリオを構築すべきである。

２．地球温暖化対策長期戦略の検討状況

諸外国の長期戦略　“ビジョン”

	アメリカ	カナダ	メキシコ	ドイツ	フランス
長期戦略の位置付け	ビジョン （×具体的政策決定）	ビジョン （×具体的政策決定）	ビジョン （×具体的政策決定）	ビジョン （×具体的政策決定）	ビジョン （×具体的政策決定）
2050年の目標値	▲80%以上 （2005年比）	▲80% （2005年比）	▲50% （2000年比）	▲80-95% （1990年比）	▲75% （1990年比）
エネルギー構成	あり	あり	あり	なし	なし
主な対策	① 低排出発電の促進 ・再エネ、原子力、バイオマス、CCS等	①低排出発電の促進 ・再エネ（特に水力）、原子力（シナリオによる）、コジェネ、CCS等	① 低排出発電の促進 ・再エネ、原子力等	①低排出発電の促進 ・再エネ導入増、スマートグリッド等	①低排出発電の促進 ・再エネ投資の促進、高排出エネルギー源使用の抑制等
	②省エネの促進 ・電気機器等の高効率化等	②省エネの促進 ・モーダルシフト、断熱性能向上等	②省エネの促進 ・照明、エアコン、冷蔵庫、給湯等	②省エネの促進 ・新築の建物の省エネ基準導入・既存の建物のリノベーション等	②省エネの促進 ・建物の省エネ規制強化、省エネシステム導入等
	③電化の促進 ・電気自動車、冷暖房、温水器等	③電化の促進 ・産業、運輸、建物等	③鉄道、電気自動車の利用促進等	③自動車へのCO2フリー燃料供給、公共・鉄道交通促進等	③電気自動車の導入、モーダルシフトの促進等
	④低排出技術への研究開発投資促進	④低排出技術への研究開発投資促進	④イノベーション政策の推進	④CCU等の研究開発や市場導入促進	④イノベーションへの公的支援や投資、技術ロードマップの更新
	⑤カーボンプライシングの導入	⑤カーボンプライシングの導入	⑤GHG排出量を考慮したエネルギー価格の設定	⑤環境に配慮した税制や経済的インセンティブの見直し、排出権取引制度の強化	⑤産業競争力維持のためのリーケージ対策・EU域外での排出権取引制度の導入推進
その他	・定期的な見直し（5年毎） ・標準シナリオと５つの代替シナリオ	・4つのモデルによる7つのシナリオ	定期的な見直し ・緩和:最低10年に1回 ・適応:6年に1回	定期的な見直し	定期的な見直し（5年毎）

http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/ondanka_platform/kokunaitoushi/pdf/007_07_00.pdf

日本の長期戦略検討状況：　共通項は「イノベーション」

「地球温暖化対策計画」（政府）	「長期地球温暖化対策プラットフォーム報告書」（経産省）	「長期低炭素ビジョン」（環境省）
● 全ての主要国が参加する枠組みの下、経済と両立させながら、2050年80%削減を目指す。 ● 従来の取組の延長では実現困難。 ● イノベーションでの解決を追求。 ● 国内投資を促進して国際競争力強化	● 80%削減達成には、国内、既存技術内に閉じた対策では限界。 ● アプローチ ✓ 国際貢献（二国間クレジット、公的ファイナンス（JBIC等）） ✓ グローバル・バリューチェーン（低炭素製品等の国内外の普及による削減） ✓ イノベーション（省エネ、畜エネ、CO2固定化等）	● 国内での長期大幅削減を達成。 ● 既存技術の最大限の活用＋イノベーションの創出（経済社会のイノベーションを含む） ● 国内で80%削減を実現した場合、電力については、低炭素電源（再エネ、CCS付火力、原子力発電）が9割。

資源エネルギー庁「エネルギー基本計画の検討について」　http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/021/pdf/021_005.pdf

エネルギー・環境イノベーション戦略

内閣府　http://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/juyoukadai/wg_enekan/4kai/shiryo1.pdf

第５期科学技術基本計画（超スマート社会）

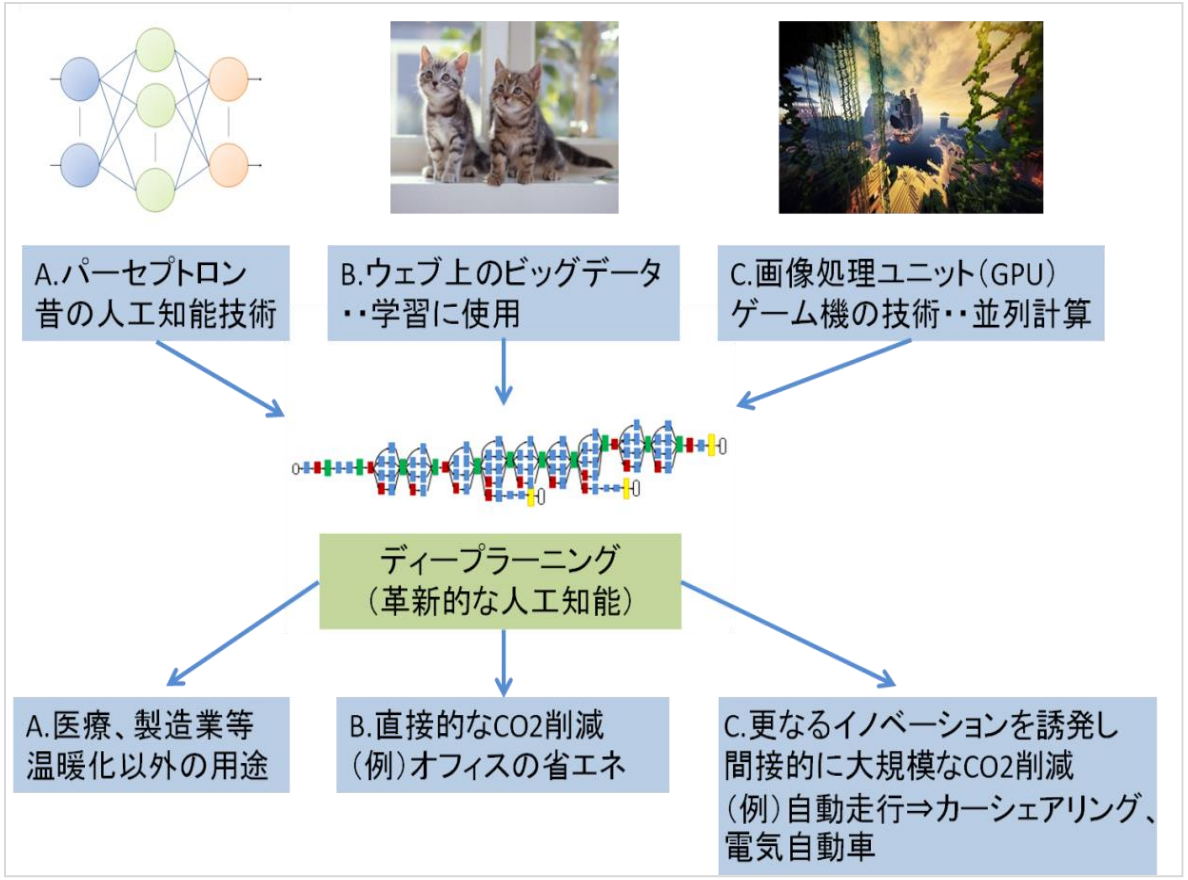
http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5gaiyo.pdf

内閣府　総合科学技術・イノベーション会議「第５期科学技術基本計画」　**（平成28～平成32年度）**平成28年1月閣議決定。

新産業構造ビジョン(抜粋)

経産省HP　http://www.meti.go.jp/press/2017/05/20170530007/20170530007-2.pdf

イノベーションの構造：　ディープラーニングの例



「温暖化対策イノベーション」は真空から生まれるものではない。
ICT等の科学技術イノベーション全般の推進が重要。

3. ICTによる大幅なCO2排出削減の可能性

IOTはあらゆる分野で活用される

図表5-4-1-5 IoTの適用分野の例

分野	適用イメージ例
施設	・施設内設備管理の高度化（自動監視・制御等）
エネルギー	・需給関係設備の管理を通じた電力需給管理 ・資源探査や運搬等に係る管理の高度化
家庭・個人	・宅内基盤設備管理の高度化 ・宅内向け安心・安全等サービスの高度化
ヘルスケア・生命科学	・医療機関/診察管理の高度化 ・患者や高齢者のバイタル管理 ・治療オプションの最適化 ・創薬や診断支援等の研究活動の高度化
産業	・工場プロセスの広範囲に適用可能な産業用設備の管理・追跡の高度化 ・鉱業、灌漑、農林業等における資源の自動化
運輸・物流	・車両テレマティクス・追跡システムや非車両を対象とした輸送管理の高度化 ・交通システム管理の高度化
小売	・サプライチェーンに係る高度な可視化 ・顧客・製品情報の収集 ・在庫管理の改善 ・エネルギー消費の低減
セキュリティ・公衆安全	・緊急機関、公共インフラ（環境モニタリング等）、追跡・監視システム等の高度化
IT・ネットワーク	・オフィス関連機器の監視・管理の高度化 ・通信インフラの監視・管理の高度化

（出典）総務省「グローバルICT産業の構造変化及び将来展望等に関する調査研究」（平成27年）

平成27年版情報通信白書　特集テーマ　「ICTの過去・現在・未来」
http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h27/pdf/n5400000.pdf

IOT　≠　モノをつなぐ

・IOT＝モノではなくサービスを売ること

運用サービス
導入サービス
アプリケーション・ソフトウェア
アナリティクス・ソフトウェア
プラットフォーム
クラウド
コネクティビティ
モノ

大野治(2016) IOTで激変する日本型製造業ビジネスモデル、日刊工業新聞社

サービスを売る事例

- 航空エンジン
- タイヤ
- マイクロセンサー
- LED照明

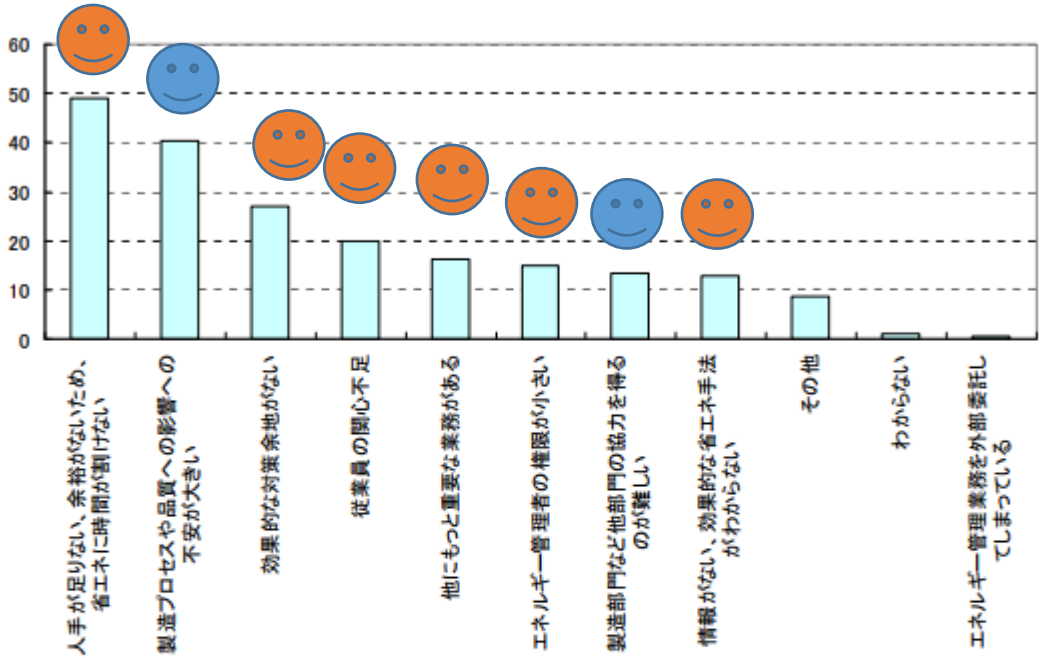
企業と顧客が近くなり、共通の便益のために
無駄を減らす（省エネ）

大野治(2016) IOTで激変する日本型製造業ビジネスモデル、日刊工業新聞社

ICTは省エネを妨げるバリアを除く

- ICTによる改善見込み大
  省エネ情報の収集・分析

- ICTによる改善見込み有り
  ICTによる生産工程管理・改善



（注１）平成 19 年度に第 1 種エネルギー管理指定工場に指定されている、鉱業、製造業およびエネルギー供給（電気業、ガス業、熱供給）の製造業 5 業種（以下、工場）の全 5,758 事業所に対し調査を行った。
（注２）「省エネ推進の障害」に対して上位 3 つまで回答するという複数回答方式を採用。
（出所）日本エネルギー経済研究所、平成 21 年度国際エネルギー使用合理化等対策事業　省エネルギー政策共同研究事業　省エネ政策評価研究―我が国のエネルギー管理政策実態調査―アンケート調査より抜粋

図 2.5.2　省エネルギー推進のバリア

「省エネ行動とエネルギー管理に関する研究会 とりまとめ　日本エネルギー経済研究所　2011年 http://eneken.ieej.or.jp/data/4049.pdf」 に筆者加筆。

リスボンの自動運転車シェアリング分析

- 「移動パターン不変」の前提で自動運転車シェアリングの効果分析
- 車両数は現状の１０%以下しか必要なくなる。
- ありえない前提だが、定量的分析が可能になった

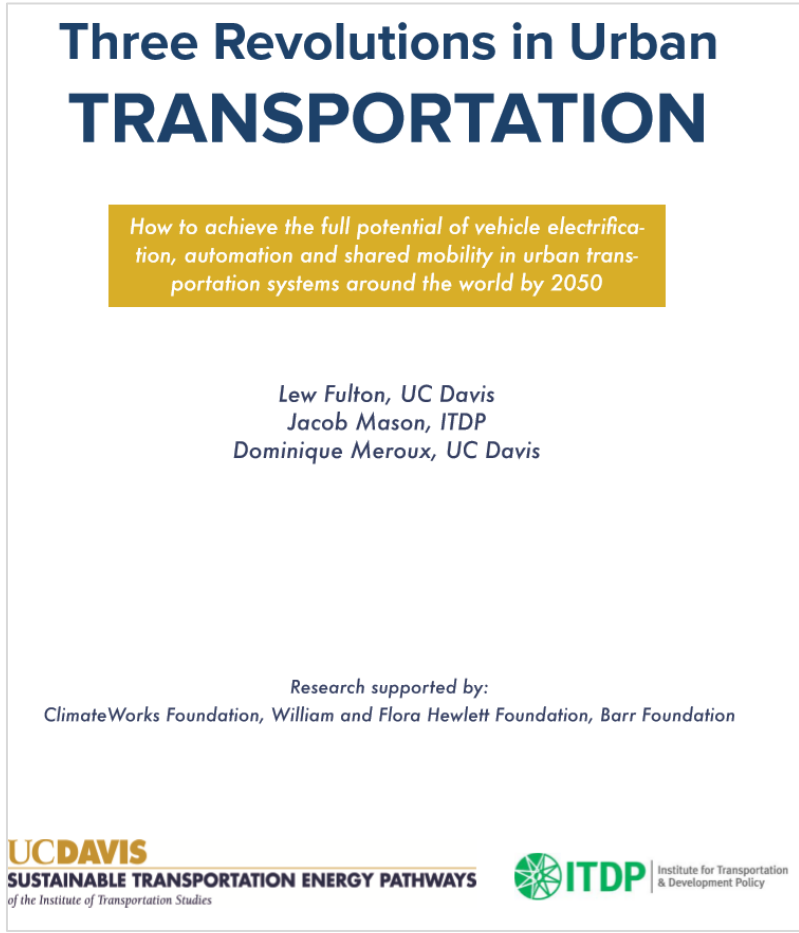
地球規模の運輸部門CO2シナリオ

- 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 CO_2 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



EVブーム

内燃自動車全廃の発表（英２０４０、仏２０４０、インド２０３０）
背景：　イノベーション、クリーンディーゼル・スキャンダル
現状：　EVは４０万台／年／世界、技術も課題あり

政治：　PVブームの再現？
技術：　3R(EV+自動運転+カーシェアリング)は
　　イノベーションの起爆剤に
　　グーグル、アマゾン等のR&D～１兆円/年～トヨタ自動車。

運輸部門はIOTの１対象。変化は全部門で起きる。

- ●運輸部門：　３R(EV+自動運転+カーシェアリング）、
- ●家庭、業務部門：　空家・空室の稼働率向上。ロボット（足、頭、目、腕）：人の居る場所・時間だけ適切に空調・照明する。完璧なエネルギー管理を実践する（夜間に窓を開けて冷気を導入する、ブラインドを閉める、すだれを下げる．．）
- ●産業部門：　生産工程のコスト最適化で省エネも実施。産業用ロボット。IOTでサービスを売るー＞　モノの高稼働率化、長寿命化、リサイクル

ドライバー　**１）テクノロジー**、２）環境制約、３）資源価格高騰

⇒　CO2はどこまで減らせるのか？

無駄はあらゆる部門に存在する

- 自動車の稼働率は４％
- 空き家が１３％
- 薬は半分以上の人が飲み残す
- 食品は３分の１が廃棄される
- 女性のクローゼットには未使用の服が２２着
- ホテルは４割が空き室

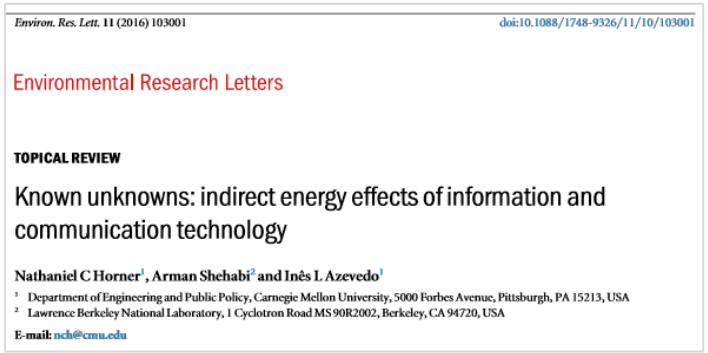
(レイシー＆ルトクヴィスト(2015) サーキュラーエコノミー、日本経済新聞出版社　p411、他)

ICTによる省エネ効果試算のレビュー

例）GPSの場合は：
物流改善・紙使用減で省エネ、
GPS機器生産・使用・廃棄の増エネ、
混雑減で物流増大で増エネ、
時間が余って経済活動増大で増エネ、
自動運転に波及して省エネ、増エネ、
利便性向上で物流増大で増エネ..

複雑な計算。個々の技術については
大幅省エネ～増エネまで誤差大。

Effect	Scope	GPS System Example
Embodied energy	Direct	Energy to produce a GPS system
Operational energy		Energy to operate a GPS system
Disposal energy		Energy to dispose of a GPS system at end-of-life
Efficiency	Indirect: Single-service	More efficient traffic flow due to GPS-enhanced routing
Substitution		Replacement of paper-based maps
Direct rebound		More travel due to lower cost of traffic congestion
Indirect rebound	Indirect: Comple-mentary services	Energy consumed during time saved by more efficient travel
Economy-wide rebound (Structural change)	Indirect: Economy-wide	GPS enables autonomous vehicles and causes growth of intelligent transportation system manufacturing
Systemic Transformation	Indirect: Society-wide	Autonomous vehicles alter patterns in where people choose to live and work


Environ. Res. Lett. 11 (2016) 103001 doi:10.1088/1748-9326/11/10/103001

Environmental Research Letters

TOPICAL REVIEW

Known unknowns: indirect energy effects of information and communication technology

Nathaniel C Horner[1], Arman Shehabi[2] and Inês L Azevedo[1]

[1] Department of Engineering and Public Policy, Carnegie Mellon University, 5000 Forbes Avenue, Pittsburgh, PA 15213, USA
[2] Lawrence Berkeley National Laboratory, 1 Cyclotron Road MS 90R2002, Berkeley, CA 94720, USA

E-mail: nch@cmu.edu

●不確実性は大きい。試算は予測では無く、洞察を得るためのもの。

GeSI* “Smarter2030”

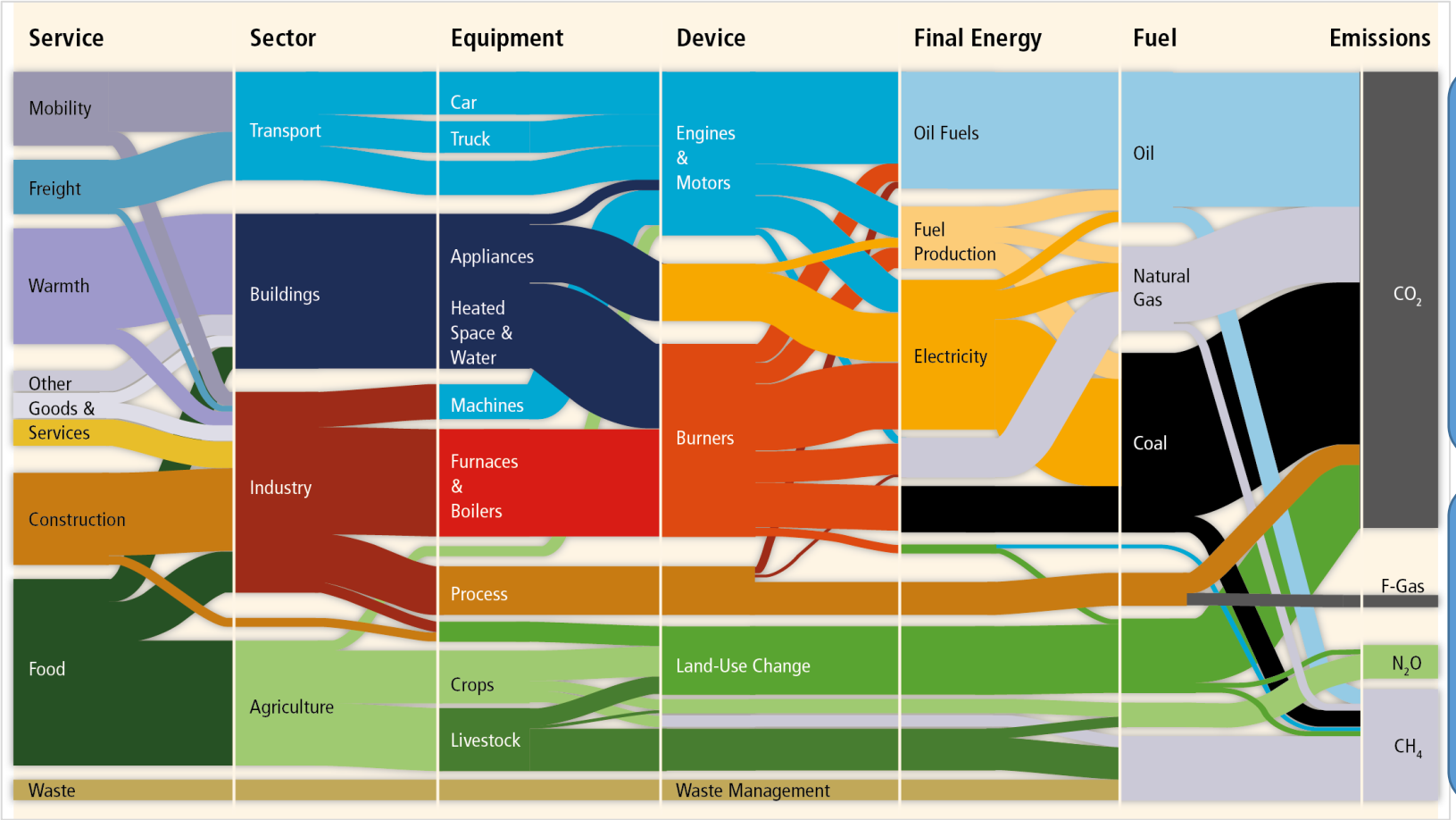
http://smarter2030.gesi.org/downloads/Full_report.pdf

- 世界全体で2030年に12GtCO2の削減ポテンシャル（cf 現在世界～33Gt)
  運輸3.0、製造業2.7、農業2.0、民生2.0、エネルギー1.8
- 使用事例(Use Case)毎の積上げ
  Smart-Energy, S-Manufacturing, S-Agricalture, S-Logistics,
  Connected Private Transportation, S-Building, Traffic Control,
  E-Work, E-Health, E-Commerce, E-Learning, E-Banking
  例：E-Health：*f*(病院の数、CO2排出; 病院の距離・燃費・患者数..)
- リバウンド効果は10～30%程度と想定

*About GeSI： The Global e-Sustainability Initiative (GeSI) is a strategic partnership of Information and Communication Technology (ICT) companies and organizations committed to creating and promoting technologies and practices to foster economic, environmental and social sustainability.

温暖化対策の長期戦略

●ビジョンとしての地球温暖化対策長期戦略（～2050年）は、製品・サービスがICT等のイノベーションによって大きく変わることを念頭に置くべきである



注目！

運輸・民生は電化に期待あり

産業・農業は電化に限界あり

ICT等のイノベーションで製品・サービス需給が変わる

(IPCC 第5次評価第三部会報告書、2014年に筆者加筆)

イノベーションと環境のバランス

イノベーション自体は「環境中立」に起きる

＊ICTによる効率↑　→　サービス供給↑（リバウンド効果）
→　環境負荷↑？
＊ICTによる効率↑　→　資源価格↓　→　使い捨て↑？
＊技術情報がタダ　→　資源の無駄が減る　→　効率の最大化？
OR　→ 人を騙すコストがタダ　→　浪費の最大化？

⇒　一定の「環境規制」は必要。だが、イノベーションを阻害しては元も子もない。

４．まとめ

まとめ

- イノベーションが温暖化対策の本質。イノベーションを検討の中心に据えて長期的な温暖化対策シナリオを構築すべきである。
- 「温暖化対策イノベーション」は真空から生まれるものではない。ICT 等の科学技術全般のイノベーション推進が重要。
- 温暖化対策シナリオにおけるイノベーションの試算は、予測では無く、洞察を得るために実施すべきである。
- 地球温暖化対策の長期戦略（～2050年）は、製品・サービスがICT等のイノベーションによって大きく変わることを念頭に置くべきである。
- ICT等のイノベーションには、長期的に見て(～2050年)、大規模なCO2排出削減のポテンシャルがある。