


「脱炭素社会 205X年 日本」 ーネット・ゼロという世界に向けてー



IGES 気候変動統合チーム(ICCT)
統括研究ディレクター川上 毅
R02/2/3

気候変動の脅威

2019年10月上旬 台風15号

- 台風15号：中心気圧960hpa、最大風速40m/sの強い勢力。10月9日未明、千葉市付近に上陸。**千葉県を中心に関東地方に甚大な被害。**
- 被害総額：267億3500万円。うち、ビニールハウスの倒壊・損壊が147億2000万円。
- **大規模停電の発生**：約93万軒（千葉県（約64万軒）や神奈川県など。強風による高圧鉄塔2本(君津市)の倒壊（約11万軒の停電）
- **復旧までに長期間**：倒木による多く電柱（2000本）の損壊。停電解消まで約16日間。
- **太陽光発電システム**がある家庭では「**停電の影響を免れた**」との声。
- 電気自動車(EV)やプラグインハイブリッド車(PHV)、燃料電池車(FCV)の**大容量蓄電池が非常用電源として活躍。**

日産自動車やトヨタ自動車:千葉県に電動自動車を派遣し、支援。

→電動自動車の普及により、こうした災害に対処できる住民が増えることが期待。

→現在の電力システムの持つ課題と
分散型エネルギーの有用性・必要性が明らかに

気候変動の脅威

2019年10月中旬 台風19号

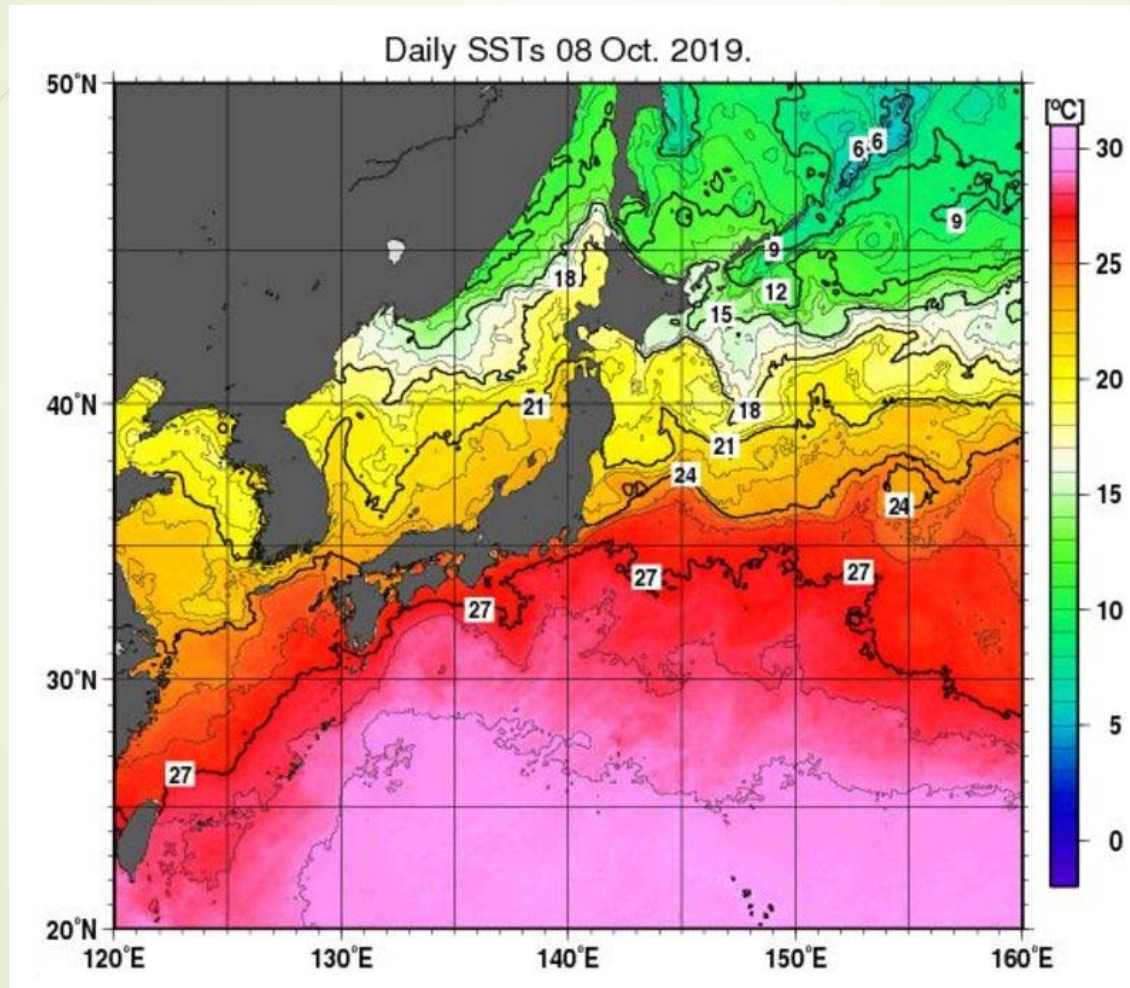
- ▶ 台風19号：中心気圧955hpa、最大風速40m/s、暴風域の直径650km。
- ▶ 12日夜、伊豆半島上陸、関東地方を通過し、東北地方を13日未明に抜けた。
→台風15号に比べ**非常に広範囲に甚大な被害**。
- ▶ 気象庁：1958年の「狩野川台風」に匹敵すると警鐘、警戒呼びかけ。
- ▶ 鉄道会社：計画運休。企業や飲食店：臨時休業。大手携帯キャリア三社：移動電源車の配備や無料充電サービスの実施。千葉県南房総市：県から発電機18台を借り上げ、各地域に配置。
- ▶ **全国7県71河川で140か所の堤防が決壊**。千曲川の氾濫により、長野市ほか複数の市で浸水被害。長野新幹線車両センターの北陸新幹線120両が浸水。福島県の阿武隈川が氾濫。**被害は、東日本の広範囲に**。
- ▶ 一方、埼玉県では、全長6.3kmの**巨大な地下放水路（首都圏外郭放水路）**が河川の氾濫を最小限に留め、完成に18年を要した治水対策が**役立った**。

⇒今後異常気象の頻度は増えると見込まれ、**治水の在り方、居住地の在り方など、日本のまちづくりについて、真剣に取り組むべきことを考えさせられる災害。**

狩野川台風 1958年9月21日発生、台風22号

- 中心気圧877ミリバールを観測
- 当時、台風のみならず最低気圧の世界記録。
- 中心付近の最大風速：100メートル。
- 直径15キロメートルの極めて明瞭な台風の眼
- 最盛期は非常に長く、中心気圧が900ミリバール以下であった期間は概略で48時間。
- 日本本土に接近する頃になると急速に減衰。
- 日本付近に横たわる秋雨前線を刺激し、東日本に大雨を降らせている。
- 狩野川で大きな被害。

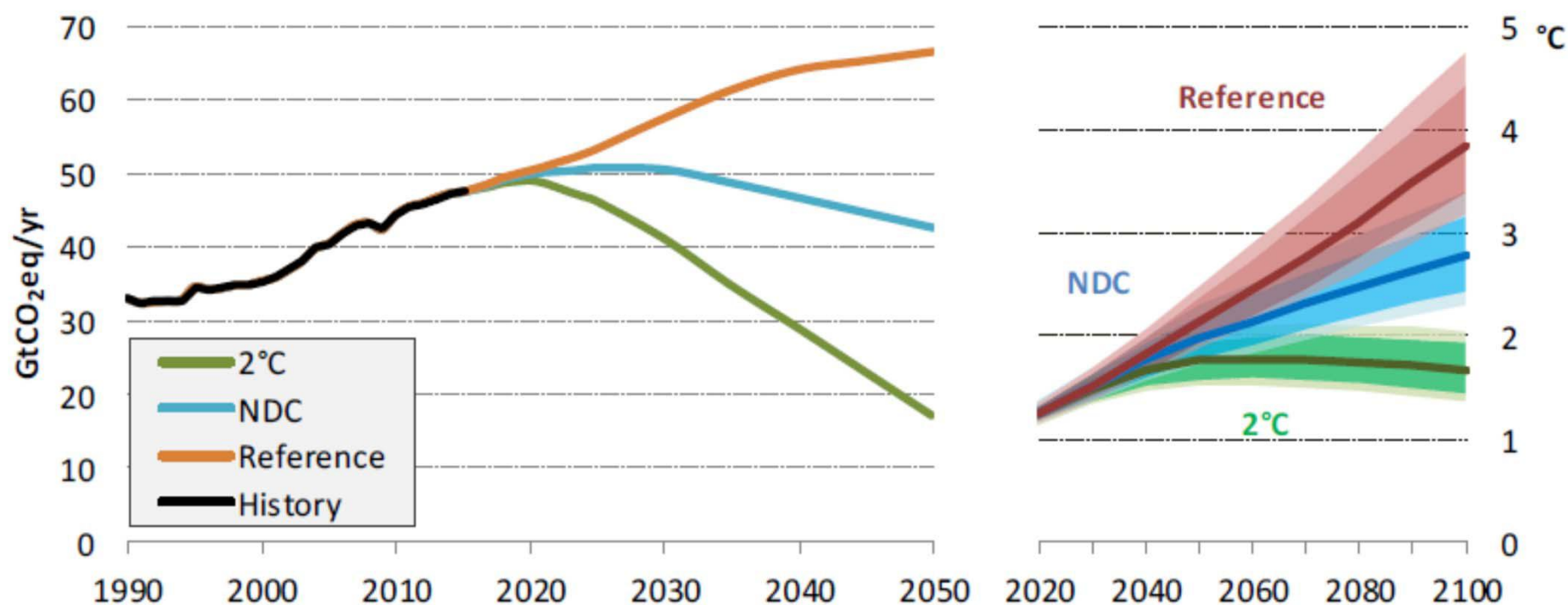
日本近海の海面水温の分布 [°C]



出典：気象庁

現状では世界的な平均気温が3°C上昇する見込み

Figure 1: Left: world emissions (GtCO₂eq) and percent change in emissions intensity per unit of GDP. Right: global average temperature change.




Source: POLES-JRC model (left), used in combination with MAGICC model (right).

現時点では、産業革命以前と比べて、世界的な平均気温が約1°C上昇している。

1.5°Cに抑える必要性 (IPCC 1.5°Cレポート)

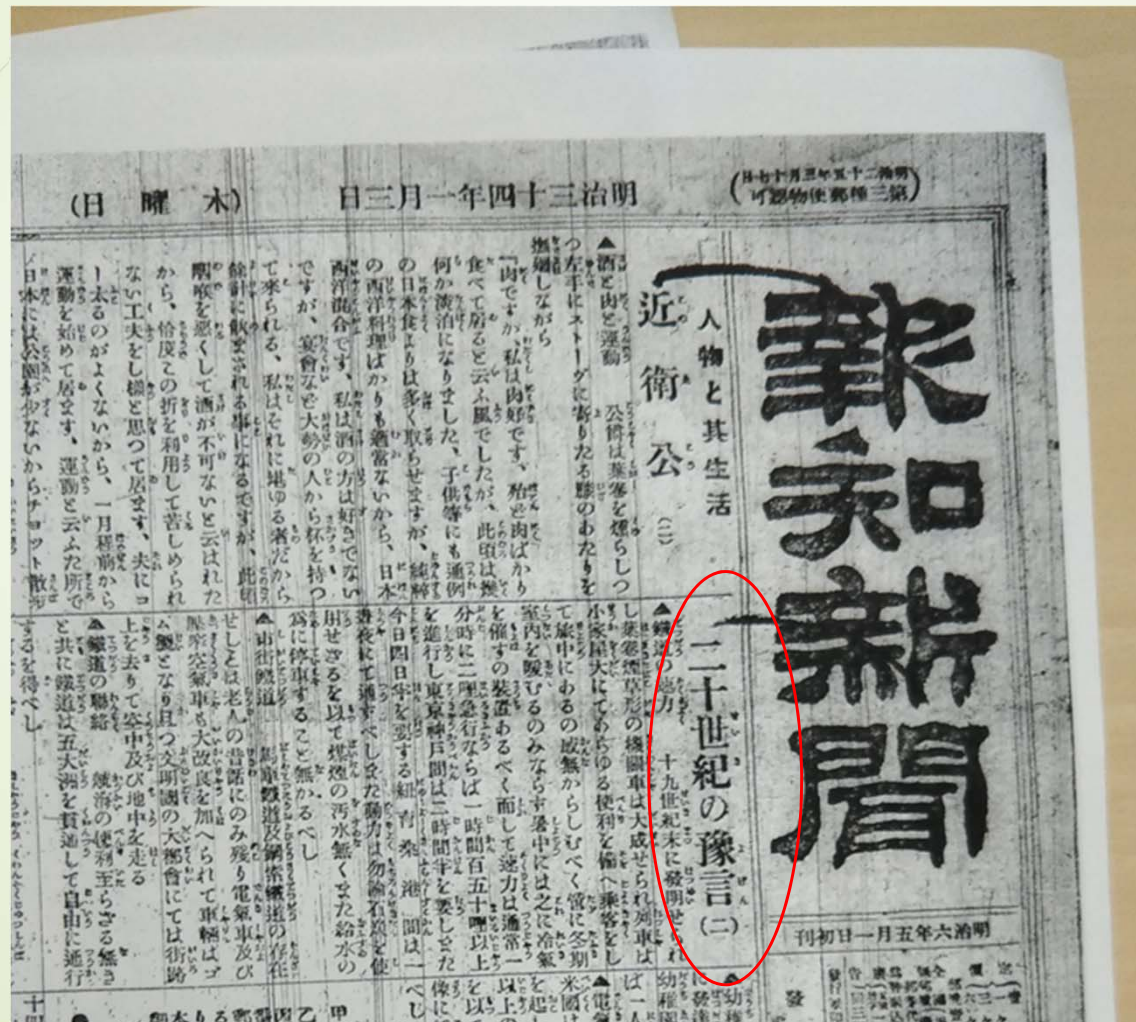
1.5°Cの上昇に抑えられた場合	影響の分野	2°C上昇の場合
(2°C上昇に比較して。以下同じ。)		(1.5°C上昇に比較して。以下同じ)
◎ 少ない	熱波や豪雨などの極端現象	× 多い
○ 10 c m程度低い	2100年までの海面上昇	× 10 c m程度高い
◎ 1 0 0 0万人ほど少ない	海面上昇の影響を受ける人	× 1 0 0 0万人ほど多い
◎ 少ない。サンゴ礁は70-90%減少	生物多様性のロス、種の絶滅	× 多い。サンゴ礁はほぼ絶滅。
◎ 東南アジア、中央アメリカ、南アメリカで減少の割合が少ない	主要穀物の生産量の減少	×
◎ 5 0 %少ない	より厳しい水不足にさらされる人	× 2倍
◎ 少ない	漁業や漁業者の暮らしのリスク	× 多い
◎ 数億人少ない	2 0 5 0年までに気候関連リスクや貧困の影響を受けやすい人	× 数億人多い

- 
- これより「ネット・ゼロという世界 2050年日本」という、現在研究中のレポートから、ネット・ゼロの可能性（定量分析）とネット・ゼロの世界（定性的記述）を概観いたします。
 - もとより30年先の未来の話であり、2050年の日本がそうならなかったからといって、責任を負いかねますこと、予めご承知おきください。

100年前の将来予測

報知新聞 「二十世紀の預言」1901年1月2日、3日

国立国会図書館所蔵



100年前の将来予測

報知新聞 「二十世紀の預言」 1901年1月2日、3日

預 言	◎	△	×
機関車は、冷暖房完備となり、東京神戸を2時間半で結ぶ		✓	
都会では、電車が街路を去り、地下や空中を走るようになる	✓		
欧州の戦場に行かずに、天然色の写真を添えて、東京で最新の戦争記事が書けるようになる	✓		
十里離れたところにいる恋人と愛をささやくことができる	✓		
手元の商品図録を見ながら、その場で買い物ができ、地中管で配達される		✓	
世界一周は、7日間でできるようになる（当時は八十日を要した）	✓		
天災の予測が1か月前に可能となる。台風は大砲で雨と為す			✓
薪炭石炭枯渇し、電気が燃料となる	✓		
電気を以て野菜を育てる	✓		
蚊や蚤が絶滅する		✓	
犬猫猿と自由に対話できるようになり、犬が人の使いで歩き回る			✓

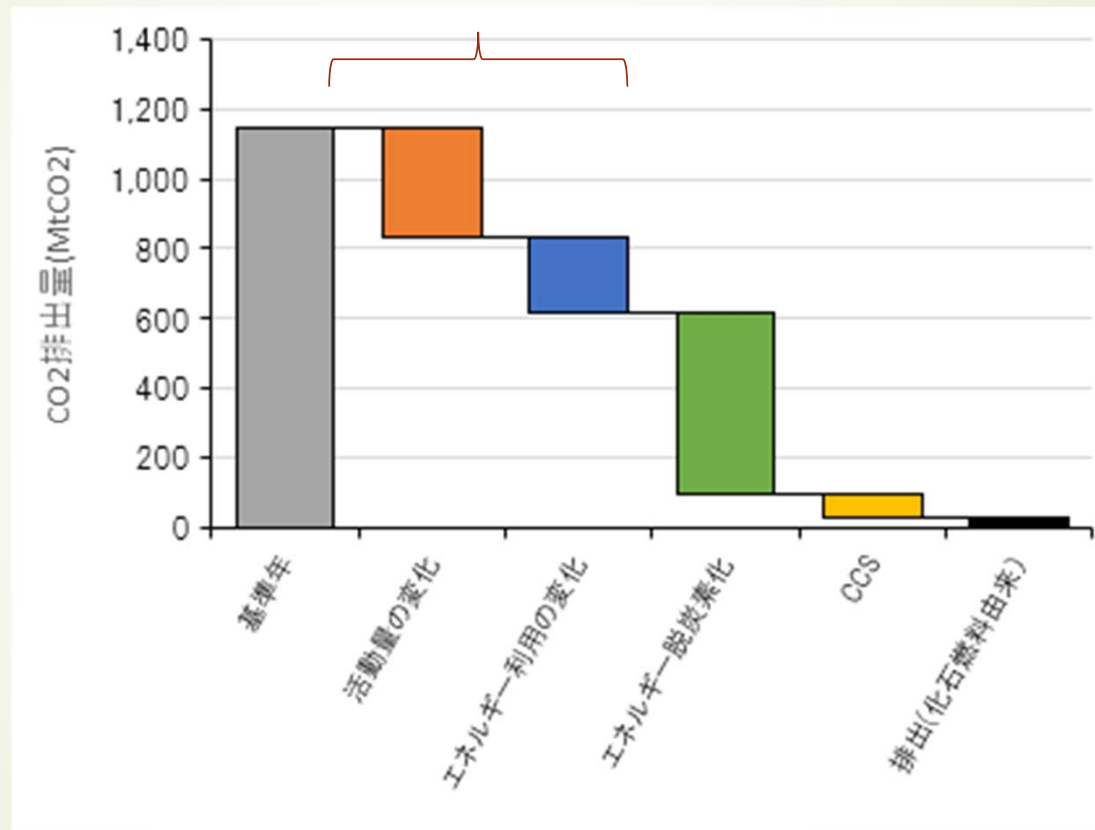
評価は、講演者の主観による



イラスト制作：ad-manga.com

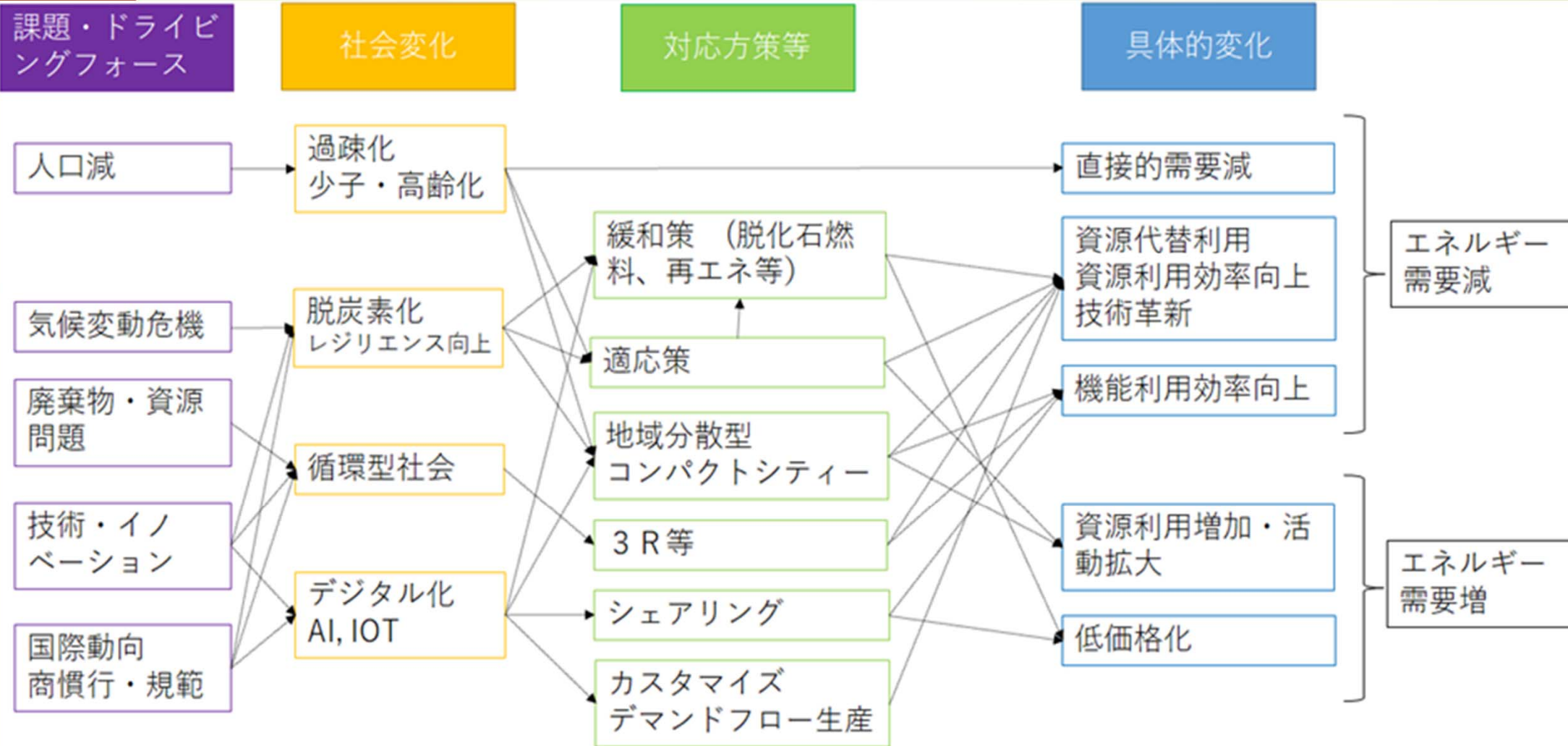
最終エネルギー消費量削減ポテンシャル推定の考え方

社会変化に伴うエネルギー必要量の変化



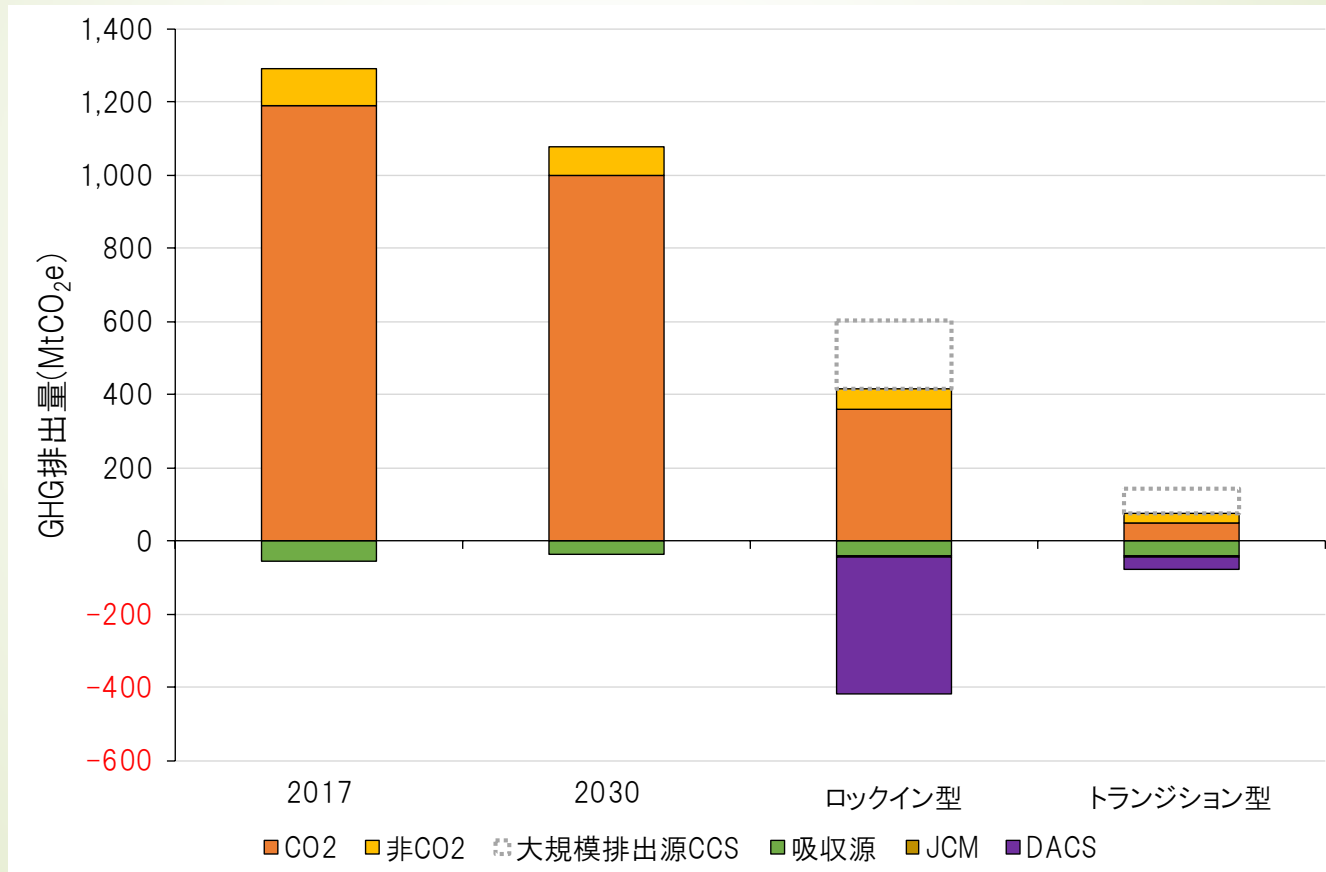
注：社会変化を想定していることから、エネルギー必要量が減少しても、生活水準を上げることができる。

社会変化のドライビングフォースとエネルギー需要

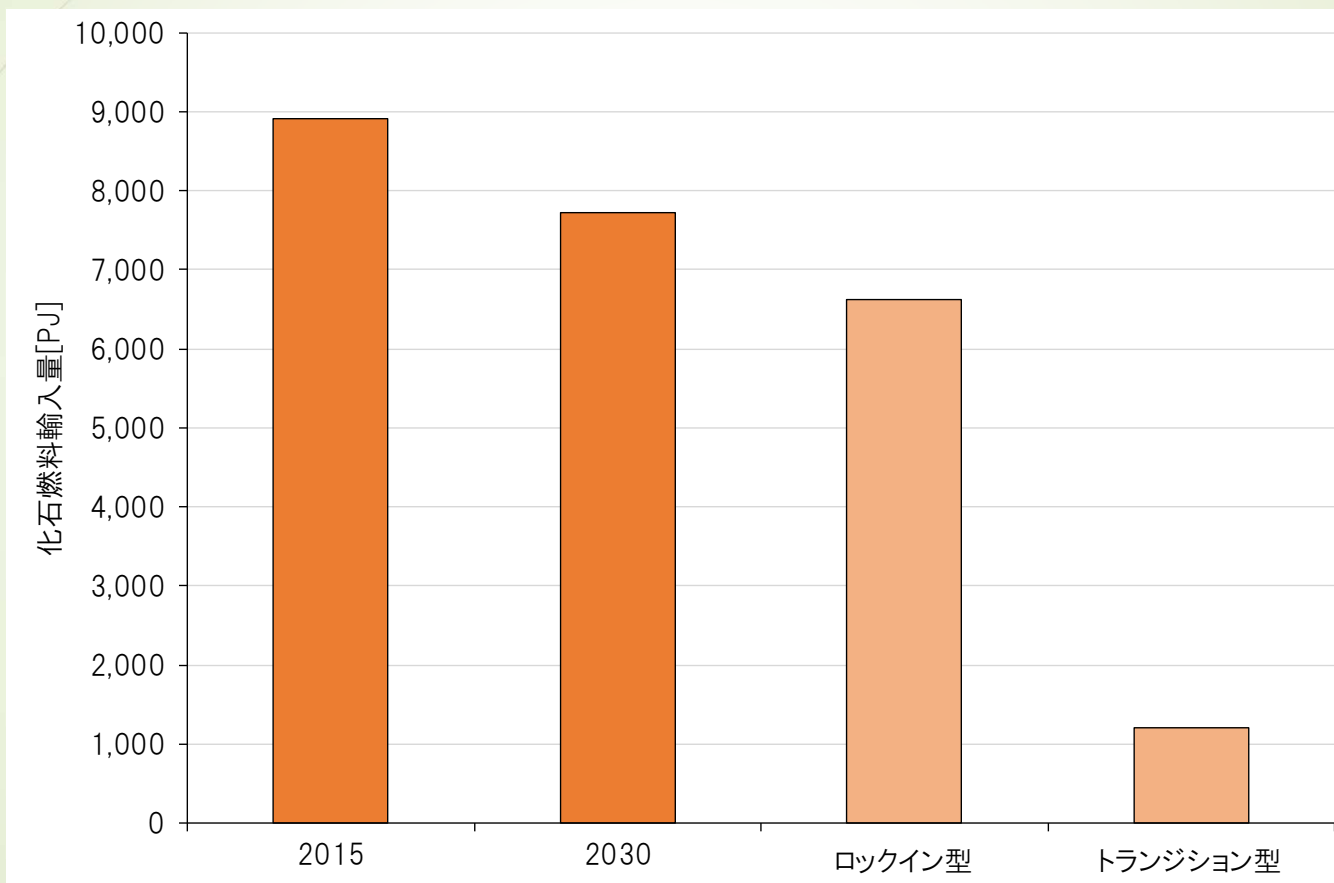


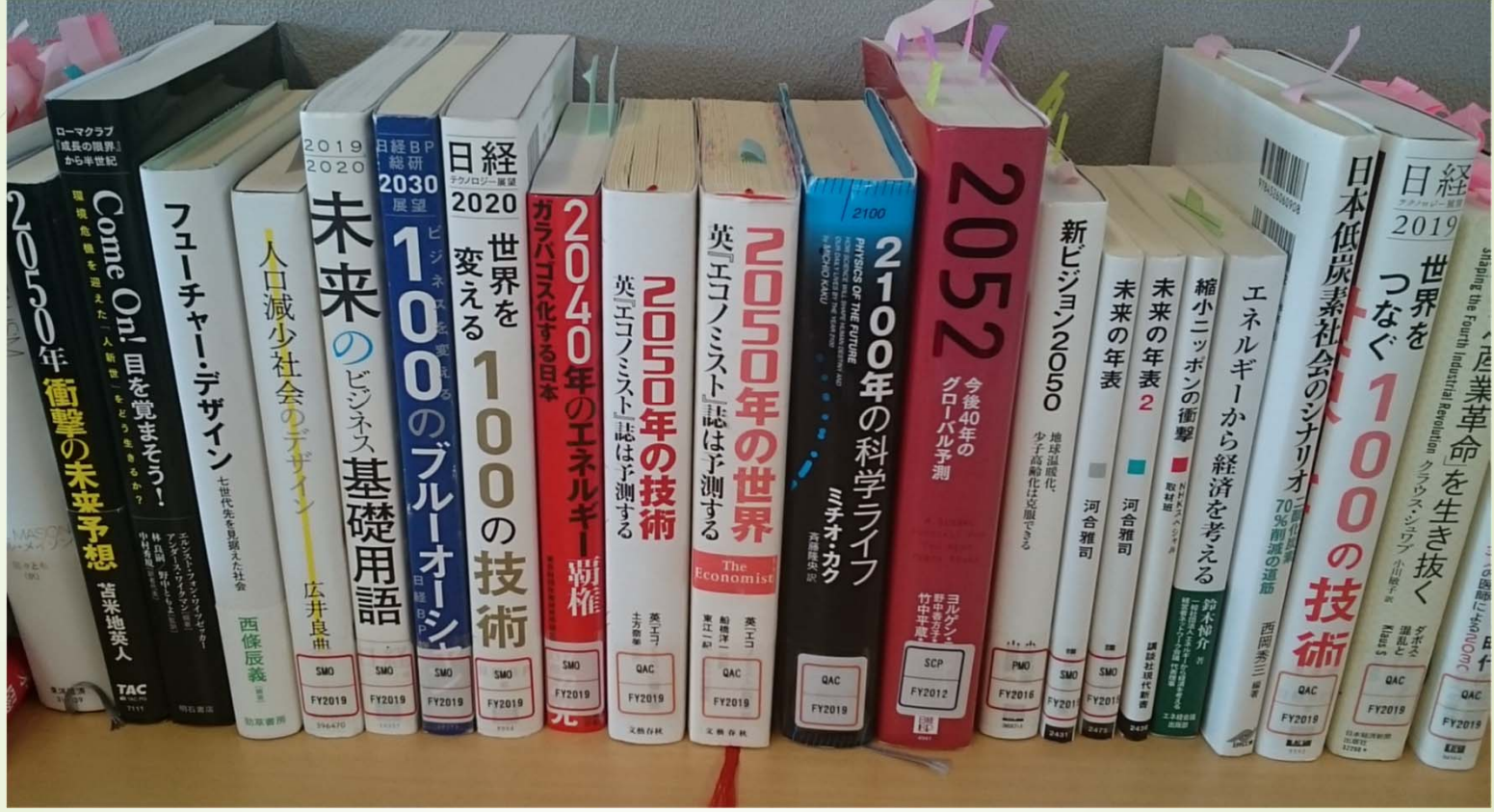
将来のGHG排出量を二つのシナリオから比較

トランジションシナリオ： 抜本的な社会変革が起きる
ロックインシナリオ： 社会変革がほとんど起きない



各シナリオの化石燃料輸入量





[133] 資源エネルギー庁, 環境共創イニシアチブ, ネット・ゼロ・エネルギー・ビル実証事業調査発表会2019, 東京, 2019.

[134] 大和ハウスグループ, ZEBを新たな技術で実現。電力自給オフィスでも環境にも優しく, 東京, 2019.

[135] IEA, Energy Technology Perspectives 2017: Catalysing Energy Technology Transformations, International Energy Agency, Paris, France, 2017.

[136] 国土交通省, 全国都市交通特性調査 集計データ(都市別指標), 東京, 2018.

[137] 小宮山宏, 山田興一, 新ビジョン2050:地球温暖化、少子高齢化は克服できる, 日経BP社, 東京, 2016.

[138] 国土交通省, 自動車燃費一覧(平成31年3月), 2019.

[139] 高行男, 自動車を構成する3大材料とボディ, JAMAGAZINE(一般社団法人日本自動車工業会), (2013).

[140] 山田久美, 炭素繊維でクルマは30%も軽くなる:EVの弱点「電池の持ち」を大きく改善する可能性, 東京, 2010.

[141] 大橋美美, 自動車構造材の軽量化と多様化, 東京, 2014.

[142] M. Liebreich, Liebreich: Planes, Trains and Automobiles – the Electric Remake, (2018).

[143] WRT, 2050年までに貨物輸送を脱炭素化, World Railw. Technol. 2019.1. (2019).

[144] 国土交通省, 自動車輸送統計調査(2015年度), 東京, 2016.

[145] European Commission, In-depth analysis in support on the COM(2018) 773: A Clean Planet for all - A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy, European Commission, Brussels, Belgium, 2018.

[146] 木船弘康, 山下幸生, 新政憲, 加納義明, 阿部貴志, 船舶用電動力応用システムの技術動向, 電気学会産業応用部門大会. (2017).

[147] 一般社団法人日本船舶工業会, 一般社団法人日本船舶技術研究会, 欧州における電池推進船の動向調査, 2018.

[148] 宗えりか, 自動車に続いて航空機にも電動化の波 CO2排出削減の切り札になるか?, Newsweek. (2019).

[149] Y. Liu, J. Deng, C. Liu, S. Li, Energy optimization analysis of the more electric aircraft, IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 113 (2018) 012152. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/113/1/012152>.

[150] European Commission, Supplementary information for the In-depth Analysis in Support of the Commission Communication COM (2018) 773 A Clean Planet for all - A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy., (2018) 114.

[151] 岩崎博, 三森輝夫, CCS(二酸化炭素回収貯留)の概要と展望 - CO2分離回収技術の評価と課題 -, 2016.

[152] RITE, CO2分離・回収技術の高度化・実用化への取り組み, 2017.

[153] International CCS Knowledge Centre, The Shand CCS Feasibility Study Public Report, 2018.

[154] 経済産業省製造産業局住宅産業部建材課, セメント産業における省エネ製造プロセスの普及拡大方策に関する調査-混合セメントの普及拡大方策

に関する検討-報告書, 東京, 2016.

[155] 土木学会コンクリート委員会, 混和材を大量に使用したコンクリート構造物の設計・施工指針(案), 東京, 2018.

[156] E. Hurmekoski, How can wood construction reduce environmental degradation?, European Forest Institute, 2017.

[157] 住友林業, 街を森にかえる環境木化都市の実現へ木造超高層建築の開発構想W350計画始動, 東京, 2018.

[158] 大林組, 日本初の高層純木造耐火建築物の建設に着手, 東京, 2019.

[159] ETC, Reaching zero carbon emissions from Plastics, Energy Transitions Commission, 2019.

[160] 東京大学, 九州大学, 科学技術振興機構(JST), 世界最高の活性を示すアンモニア合成触媒の開発に成功 ~モリブデン錯体を触媒とした常温・常圧での窒素固定反応~, (2017).

[161] 日本ソーダ工業会, ソーダ製品の説明, (2019).

[162] 日本製紙連合会, 製紙産業の現状(紙・板紙), 2019.

[163] CNF研究会, セルロースナノファイバー関連サンプル提供企業一覧(第8版2019年9月24日現在), 京都, 2019.

[164] 日本製紙グループ, セルロースナノファイバー(CNF) cellenpia, n.d.

[165] エイモリーロピンス, 新しい火の創造, ダイヤモンド社, 東京, 2012.

[166] 西岡秀三, 日本低炭素社会のシナリオ-二酸化炭素70%削減の道筋-, 日刊工業新聞社, 東京, 2008.

[167] 国土交通省, 建築着工統計調査(【住宅】利用関係別 構造別 建て方別 都道府県別 戸数), 東京, 2019.

[168] 国土交通省, 建築着工統計調査(【建築物】構造別・用途別), 東京, 2019.

[169] 名古屋大学, 東京大学, 国立環境研究所, 平成29年度 環境経済の政策研究(我が国に蓄積されている資源のストックに関する調査・検討)研究報告書, 2018.

[170] 国土交通省, 我が国の住生活をめぐる状況, 東京, 2015.

[171] 総務省, 統計でみる市区町村のすがた2016, 東京, 2016.

[172] 国土交通省, 道路統計年報2019 道路の現況, 東京, 2019.

[173] 日本道路協会, 舗装設計便覧, 東京, 2006.

[174] 日本建築学会, 建物のLCA指針:温暖化・資源消費・廃棄物対策のための評価ツール, 2006.

[175] EPA, Global Non-CO2 Greenhouse Gas Emission Projections & Marginal Abatement Cost Analysis: Methodology Documentation, 2019.

[176] 股部泰紀, 硬質ウレタンフォームの発泡剤をめぐる 環境問題対策の動向について, ニチアス技術時報. 1 (2014) 1-8. <https://www.nichias.co.jp/research/technique/pdf/364/03.pdf>.

[177] イプロスのづくり, PFC・PFN除害装置「クリーンエスPF・PFN」ホクエツ, (2020). <https://www.ipros.jp/product/detail/2000111459?hub=146+1+除害装置>.

[178] 電子情報技術産業協会, 半導体業界におけるPFC等ガスの 排出削減活動の推進, (2016) 7-9. <https://www.jeita.or.jp/japanese/assets/pdf/letter/vol15/07.pdf>.

[179] 低炭素社会実行計画第三者評価委員会, 2018年度低炭素社会実行

計画第三者評価委員会評価報告書, 2019.

[180] W. Steffen, J. Rockström, K. Richardson, T.M. Lenton, C. Folke, D. Liverman, C.P. Summerhayes, A.D. Barnosky, S.E. Cornell, M. Crucifix, J.F. Donges, I. Fetzer, S.J. Lade, M. Scheffer, R. Winkelmann, H.J. Schellnhuber, Trajectories of the Earth System in the Anthropocene, Proc. Natl. Acad. Sci. 115 (2018) 8252-8259. <https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115>.

[181] 産経新聞, 「走る蓄電池」が被災地で活躍 自動車各社がEV貸与, ITmediaNEWS. (2019).

[182] 福井新聞, 浸水の北陸新幹線120両「廃車」, 福井新聞オンライン. (2019).

[183] 内閣府, 科学技術基本計画, 東京, 2016.

[184] 首相官邸, バリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略, 首相官邸, 東京, 2019.

[185] 内閣府, エネルギー・環境イノベーション戦略に関するロードマップ, 東京, 2017.

[186] 経済産業省, 自動車新時代戦略会議中間整理, 経済産業省自動車新時代戦略会議, 東京, 2018.

[187] 経済産業省, 水素・燃料電池戦略ロードマップ, 東京, 2019.

[188] 内閣府, 成長戦略実行計画, 2019.

[189] 内閣府, 未来投資戦略 2018, 東京, 2018.

[190] 内閣府, 統合イノベーション戦略 2019, 2019.

[191] 環境省, 長期低炭素ビジョン, 東京, 2017.

[192] 環境省, プラスチック資源循環戦略, 東京, n.d.

[193] 国土交通省, 国土のグランドデザイン2050 ~対流促進型国土の形成~, 国土交通省. (2014).

[194] 河合雅司, 未来の年表-人口減少日本でこれから起きること-, 講談社, 2017.

[195] カクミチオ, 2100年の科学ライフ, NHK出版, 2012.

[196] NHKスペシャル取材班, 縮小ニッポンの衝撃, 講談社, 2017.

[197] 日高洋祐, 牧村和彦, 井上岳一, 井上佳三, MaaS モビリティ革命の先にある全産業のゲームチェンジ, 日経BP, 2018.

[198] 梅津光弘, ビジネスの倫理学, 丸善, 東京, 2002.

[199] メイノンポール, ポストキャピタリズム:資本主義以後の世界, 東洋経済新報社, 2017.

[200] 温室効果ガスインベントリオフィス, GIO, つくば, 2019.

[201] 日経BP社, 世界を変えよう100の技術, 1st ed., 日経BP社, 2018.

[202] 資源エネルギー庁, パーチャルバリュープラント(VPP)・ダイヤモンドリソース(DR)とは, 経済産業省 資源エネルギー庁. (2014).

[203] パーマカルチャーセンター, パーマカルチャーとは, (n.d.).

[204] イーズ未来共創フォーラム, 気候非常事態を宣言した日本の自治体, (2019).

[205] スターバックス, 会社案内, スターバックス コーヒー ジャパン 株式会社. (2019).

[206] 林哲史, 「自動運転はバス会社の強みを奪う」路線バスの未来, 未来コトバジメ. (2019).

[207] 小松哲也, DeNAとヤマト, 自動運転車両によるドライバーレス配送の実証実験を藤沢市内で実施, Response.20th. (2018).

ネット・ゼロ社会における人々の考え方と行動、 社会変化（総論）

- 所有価値から機能価値へ
- 都市形態、インフラ整備の変化（人口減少が資源・エネルギー面で大きなインパクト）
- 頻発する気象災害から安全・防災意識の一層の高まり
- 移動形態の大きな変化（電動化、公共交通の利用促進）
- ライフスタイル・ワークスタイルの変化
- 循環型社会、共有経済(Sharing economy)の浸透

- ▶ 「所有価値」から「機能価値」へ
人々が重視する価値の転換が進み、同じ効用を得るために必要となる資源やエネルギーが社会全体で大きく減少
- ▶ 環境面での合理性の重視
モノやサービスの購入に際して、価格の安さ（経済的合理性）だけでなく、環境面での価値が見極められる（環境面での合理性）。こうした需要をマーケティングに恒常的に活用
⇒供給されるモノやサービスが需要に大きな影響を受ける。
- ▶ 炭素の社会的な費用コスト（Social cost of Carbon）が広く認識され、相応の炭素価格（カーボンプライシング）が導入されている。

▶ 製造の生産性の向上

循環経済化でサプライチェーン全般にわたる効率化が進む。

精度の高いマーケティングときめ細かな販売方策（ダイナミック・プライシングなど）により売れ残りは激減する。

在庫管理の面でも時間的・空間的に最適化が進む。

▶ 再生可能エネルギー

国際的な再生可能エネルギー価格の低下により、化石燃料由来のエネルギーに対してコスト面でも競争力が高まり最大限に活用されている。

▶ 電気自動車

世界規模での市場拡大を受けた蓄電池価格低下などにより最大限に導入されている。



■ 時間の価値を重視

☑ AI、IoTによる効率化やロボットによる代替等

⇒ 家事、買い物などの時間が大幅に短縮。

☑ 乗換えの効率化、最適な手段・経路の提示

⇒ 時間が相当程度短縮。移動中にVR小旅行、3Dドラマも。

■ 休日や自由時間の増加

⇒ 自己実現に費やすことのできる時間の増加。

➡ 上質な空間への要求の高まり

☑ 滞在する空間の、占有部分の広さ、快適さ（静音の保持、振動の少なさ）、通信の安定性といった質を重視。

☑ 座って乗れる公共交通機関

➡ 天候変化への備えの高度化

⇒ 気象の予測やリアルタイムでの情報が詳細なメッシュで発信され、交通機関の対応も含め急な天候変化に備えられる。

➡ 量子コンピューター

⇒ 電子計算に必要なエネルギー消費量が大幅に減少

都市と地域の構造



都市と地域の構造の具体的な変化

- 認識の変化：人口増加に伴う都市拡大から、人口減少による都市の縮小へと発想や認識が大きく変化。
- 安全・安心を含め生活の質を多くの面から高めたいとの意識が拡大。
- 新たな社会資本の選択・整備：人口減少による非居住地拡大を、新たな街の創造の機会と捉え、効率的な再構築が進む。
- 環境面での民意の反映：個人レベルの活動の限界を超え、地域社会・コミュニティとして、エネルギー効率向上や燃料転換が可能となる街作りが進み、インフラも公平に選択される。



■ 社会インフラの選択と集中：

質の高いメンテナンスが行われている道路や駐車場には太陽光パネルが敷かれ、無線給電も。


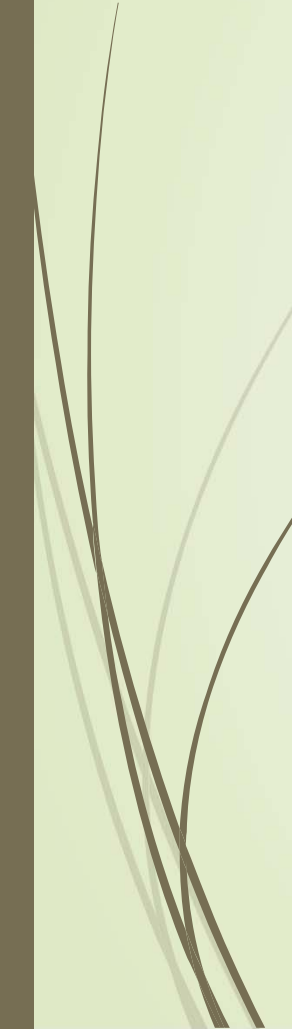
農地周辺ではソーラーシェアリングや野菜工場の導入が進む。再生可能エネルギー発電事業と高品質の野菜の販売事業が複合したサービスが広がり、都市郊外や地方都市（農地、山間）における地産地消が進み、雇用の下支えに貢献し、地域経済が活性化している。

（地域循環共生圏）



■街のコンパクト化：

- ☑生活に必要なあらゆるサービスが徒歩圏内で賄える。
- ☑通勤や娯楽の移動には、自動運転化され、最適な停留場をAIがリアルタイムで指示するバスや電車を利用。乗客数に合わせて客室部が分割されるなど、エネルギーの無駄が極めて少ない公共交通サービスが一般化。
- ☑到着時間や健康増進など、その日の気分や目的に合わせて、交通手段（徒歩、自転車含む）やルートを最適化したプランが選択でき、生活の満足度が高まる。


- 
- 
- ▶ 一部の未利用地：植林やCO₂直接空気回収貯留（DACCS: Direct Air Capture and Storage）などのネガティブ・エミッション技術の拡大のために利用されている。DACCSは、安全性が確認された貯留適地周辺（沿岸部や居住者のいない内陸部）でプラント設置が進み、熱源は太陽熱やガス燃焼（CCS付き）で補われている。
 - ▶ 安全安心：気候変動適応や防災の観点から、都市と地域の脆弱性を踏まえた住宅や産業インフラの再構築が進み、山間部、河川流域、沿岸部に至るあらゆる場所のレジリエンスが向上し、安全・安心な生活空間が創出されている。

暮らし



暮らしの変化の具体的事項

- ▶ デバイス：ウェアラブルや超小型チップ、高精度のセンサーなどにより個人の識別が正確化、迅速化。VRなど新たな機器により、認証、購買、健康状態の確認など様々な面で日常生活における変革、効率化が進む。
- ▶ 移動：高性能の車いす、自走式の機材や靴、動く歩道・パネル、高齢者の移動が確保できる製品などの開発が進み、移動の形態が多様化する。
- ▶ 健康志向：健康寿命の伸長が個人レベルで求められ、健康志向が高まる。ウェアラブル機器が体調を把握し、ディープラーニングによって、各個人にフィードバックされるため病気の予防が進んでいる。生活習慣病の予防はごく普通になり、過食が避けられ、市場に出回る食材も健康面で良いものが増えている。



■ 高度な循環型社会：「捨てる」ことによるコストが個人レベルで適切に認識される。また外部性（処理費用等）が価格・手数料などに適切に組み込まれるなど制度的、技術的な対応と相俟って、個人においては、使い捨てるの習慣から、社会レベルでは、大量廃棄するシステムからの脱却が図られている。

■ 防災：現在より台風や豪雨の強度が高まり、がけ崩れ、道路の通行止め、停電・断水など生活インフラの寸断が頻発。

⇒災害に対する自治意識が否応なしに高まっている。生活の安全確保の観点から家庭でエネルギーを自立的に確保できること、また仕事についても災害発生時にはその影響を最小限にとどめられる柔軟な勤務形態などがとられるようになってきている。

想像・創造してみよう

@J大学

- ▶ 暮らし：どんな暮らしをしているか・したいか
- ▶ 技術・エネルギー：どのような技術・エネルギーが発達しているか
- ▶ 食：どんなものを食べているか・食べたいか
- ▶ 移動：どのように移動しているか
- ▶ 買い物：どのように買い物をしているか
- ▶ 街並み：街、道路、ビルはどのようにになっているか



ご清聴有難うございました。

I G E S I C C T (気候変動統合チーム)
ネット・ゼロ・ジャパン
担当：栗山、有野、川上 (統括)