



慶應義塾大学ビジネス・スクール

地球温暖化とバイオエコノミー

世界的リスクとして地球温暖化に関心が集まって久しい。2019年12月にはスペイン・マドリッドにおいてCOP25が開催され、2015年のパリ協定の実現方法が議論された。2018年に地球温暖化対策を求めて学校ストライキを主導し、にわかに時の人となったスウェーデンの16歳の環境活動家 Greta Ernman Thunberg (グレタ・エルンマン・トゥーンベリ) もマドリッドに滞在し、一連の発言を行い注目を浴びた。他方、小泉進次郎環境大臣も会議に参加したが、日本の存在感は希薄であり、むしろ石炭火力発電の促進などで温暖化対策が遅れる国としてNPO団体に繰り返し批判された。

1. 気候変動リスク

国連の世界気象機関 (WMO : World Meteorological Organization) は2019年の世界の気温は産業革命前の平均気温から1.1℃高いことを報告した^[1]。その原因として注目されているのが二酸化炭素、メタンガスなどの「温室効果ガス (GHG: Greenhouse Gas)」である。大気中の二酸化炭素濃度は2018年に過去最高レベルに達した。大気中の二酸化炭素は数世紀にわたり残り、海洋中ではさらに長く残存する^[2]。これらが地球温暖化をもたらし、世界にさまざまな影響を与えるとされる。例えば氷河が溶けることで水面レベルが上昇していることが判明している。北極と南極の氷河は過去最少面積となっている。海洋は熱と二酸化炭素を吸収する緩衝材の役割をはたしてきたが、最近ではその生態系が壊れることが危惧されている。このようなリスクを前にさまざまな国際機関、民間機関が危惧を表明している。WMOも現時点で抜本的対応をしない場合には21世紀末には3℃の気温の上昇が予

^[1] World Meteorological Organization, “Madrid, 3 December 2019 - The year 2019 concludes a decade of exceptional global heat, retreating ice and record sea levels driven by greenhouse gases from human activities. Average temperatures for the five-year (2015-2019) and ten-year (2010-2019) periods are almost certain to be the highest on record. <https://public.wmo.int/en/media/press-release/2019-concludes-decade-of-exceptional-global-heat-and-high-impact-weather>

^[2] Concentrations of carbon dioxide in the atmosphere hit a record level of 407.8 parts per million in 2018 and continued to rise in 2019. CO2 lasts in the atmosphere for centuries and the ocean for even longer, thus locking in climate change.

本事例教材は慶應義塾大学大学院経営管理研究科の姉川知史が授業用教材として作成した。

本ケースは慶應義塾大学ビジネス・スクールが出版するものであり、複製等についての問い合わせ先は慶應義塾大学ビジネス・スクールまで (〒223-8526 神奈川県横浜市港北区日吉4丁目1番1号、電話 045-564-2444、e-mail: case@kbs.keio.ac.jp)。慶應義塾大学ビジネス・スクールの許可を得ずに、いかなる部分の複製、検索システムへの取り込み、スプレッドシートでの利用、またいかなる方法 (電子的、機械的、写真複写、録音・録画、その他種類を問わない) による伝送も、これを禁ずる。ケースの購入は <http://www.bookpark.ne.jp/kbs/> から。

Copyright © 2020 Anegawa Tomofumi (2020年2月作成)

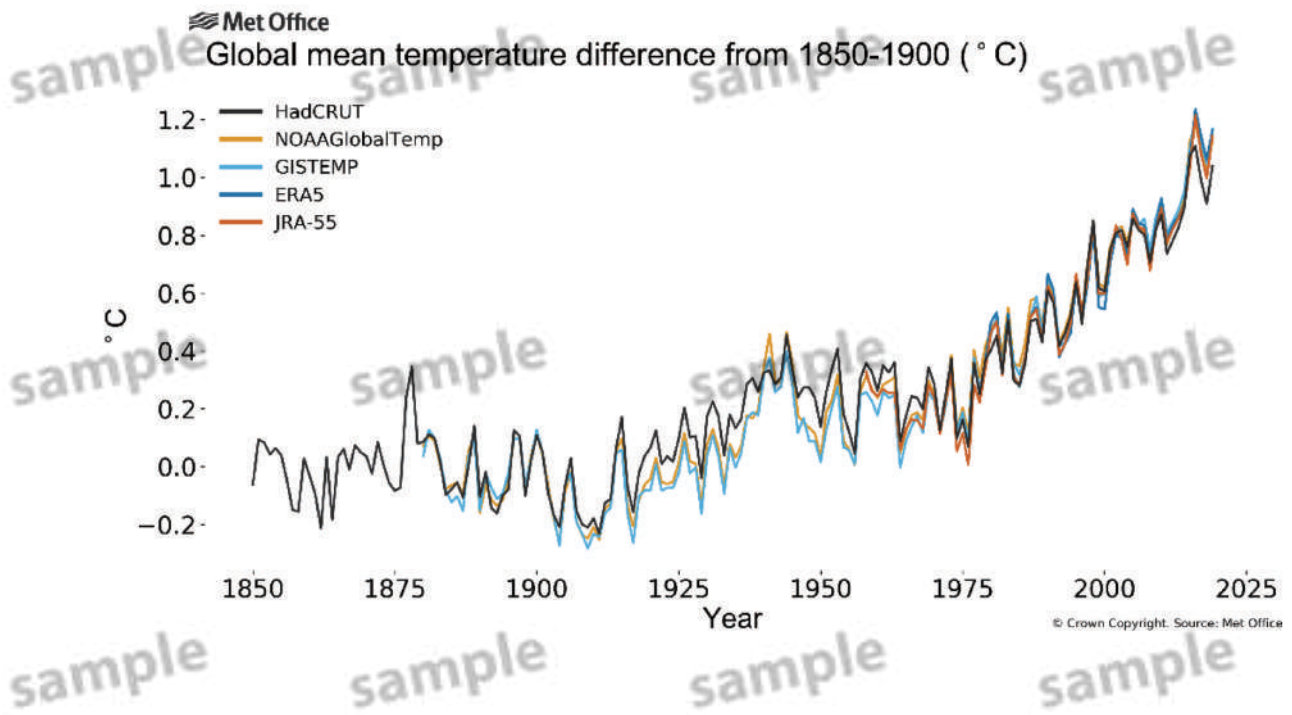
想され、深刻な損害を被ると予想する^[3]。これを日本の環境省他の報告書（2018）は次のように記述する。

5 気候変動の影響は、世界の様々な場所で、水環境・水資源、災害、自然生態系、食料、健康、
経済等、複数の分野に現れる。IPCC AR5（注、第5次調査報告）では、ここ数十年で観測された
10 気候変動に起因する影響の世界的な分布を図3.1.1（注、本文の図2）のようにまとめている。ここ数
十年の間に、すべての大陸と海洋において、気候変動が自然や人間社会に影響を及ぼしていること、
また、気候変動の影響は、自然システムにおいて最も強くかつ包括的に現れていることが指摘されて
15 いる。また、IPCC AR5では、世界の平均気温上昇量が人為起源二酸化炭素の累積排出量にほぼ
比例することが示された。図3.1.2（図3）は、気候変動によるリスク（左：A）、気温変化と累積二酸
化炭素排出量の関係（右上：B）、シナリオごとの累積二酸化炭素排出量と2050年までの年間温室
効果ガス排出量（%）の関係（右下：C）を示したものである。21世紀の間、気温上昇量を2°C未満
20 に留めると、気候変動リスクは「中程度」か「高い」の水準に留まる。人為起源の気温上昇を、66%
を超える確率で1861～1880年平均を基準として2°C未満に抑えるためには、1870年以降の全ての
人為起源発生源からの二酸化炭素累積排出量を約2,900GtCO₂未満に抑えることを要する。1870～
2011年までに既に約1,890 GtCO₂排出しているため、残された排出量の枠は約1,010 GtCO₂とな
る。2012年の世界の二酸化炭素の年間排出量は約36.5 GtCO₂であるため、このまま排出が続けば
30 年程度でこの上限を超えてしまうことになる。2°C未満の気温上昇を達成するためには、2050年ま
でに全世界の年間温室効果ガス排出量を2010年比で約40～70%削減し、2100年には排出水準を
ほぼゼロまたはそれ以下にする必要がある^[4]。

30 ^[3] “If we do not take urgent climate action now, then we are heading for a temperature increase of more than 3°C by the end of the century, with ever more harmful impacts on human wellbeing,” said WMO Secretary-General Petteri Taalas. “We are nowhere near on track to meet the Paris Agreement target.”

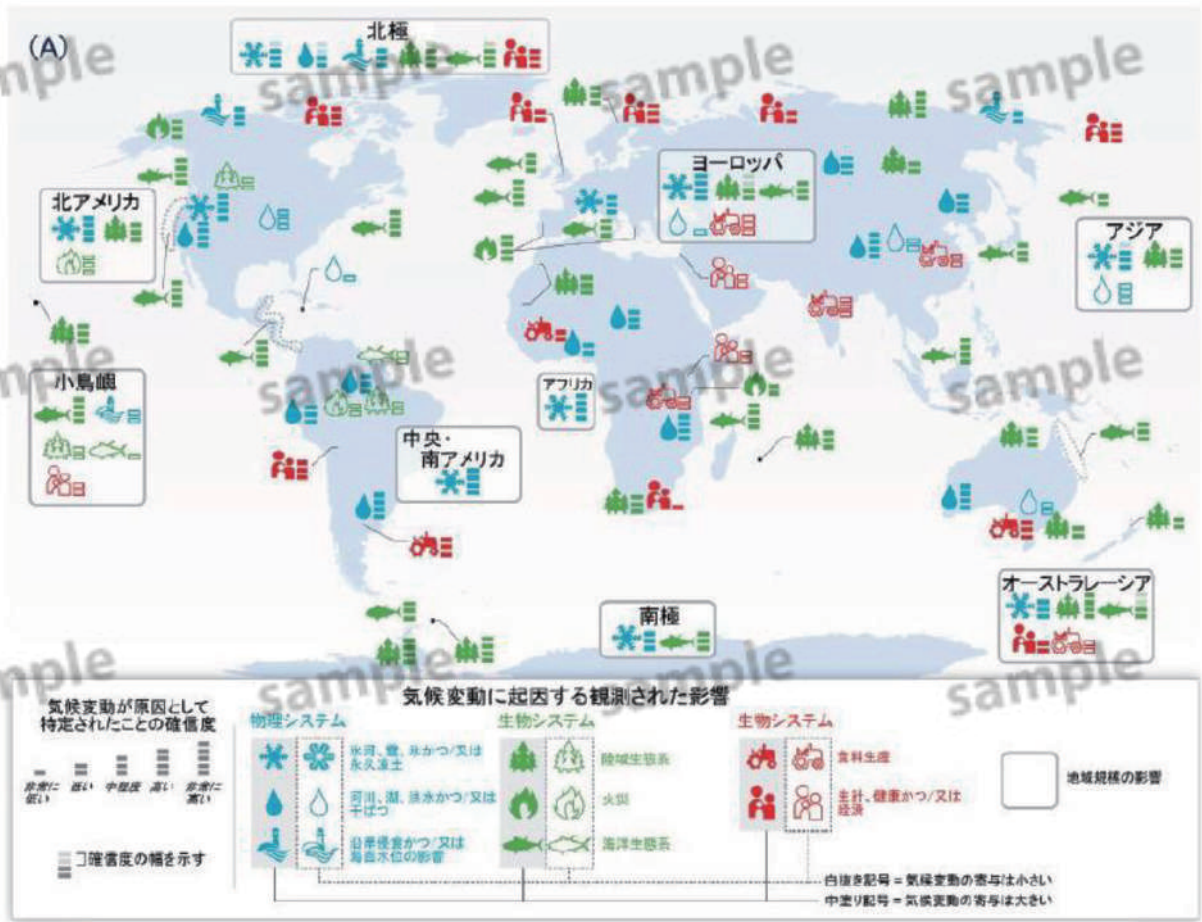
^[4] 環境省、文部科学省、農林水産省、国土交通省、気象庁『気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート2018』2018年2月 pp.59-60。

図 1. 世界の平均気温（1850-1900 年平均からの乖離）



出所：WMO, 2019 concludes a decade of exceptional global heat and high-impact weather, <https://public.wmo.int/en/media/press-release/2019-concludes-decade-of-exceptional-global-heat-and-high-impact-weather>

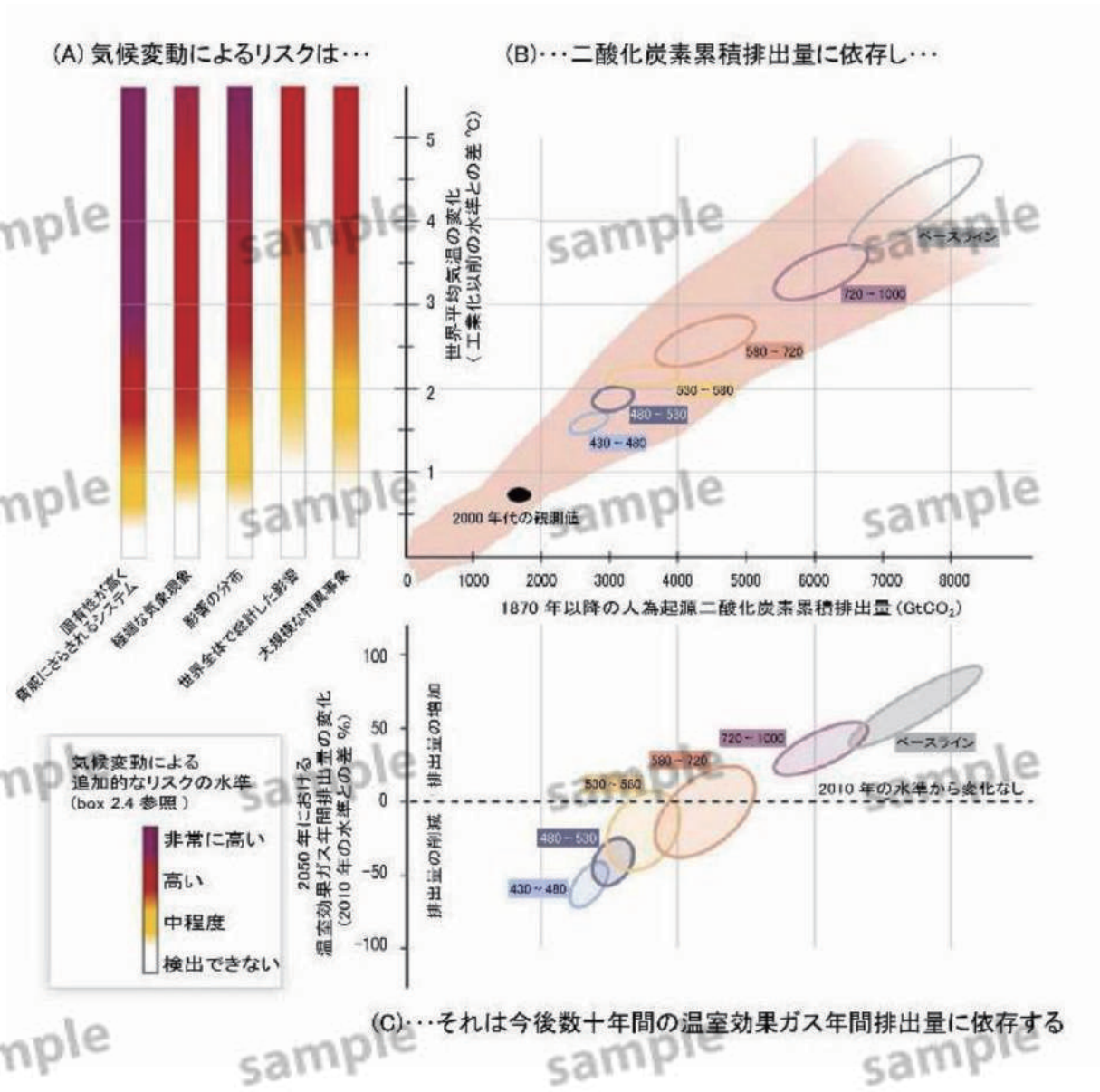
図 2. 気候変動の影響の世界分布



出所：環境省，文部科学省，農林水産省，国土交通省，気象庁『気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート2018』p.60. 図 3.1.1 気候変動に起因する観測された影響の世界分布

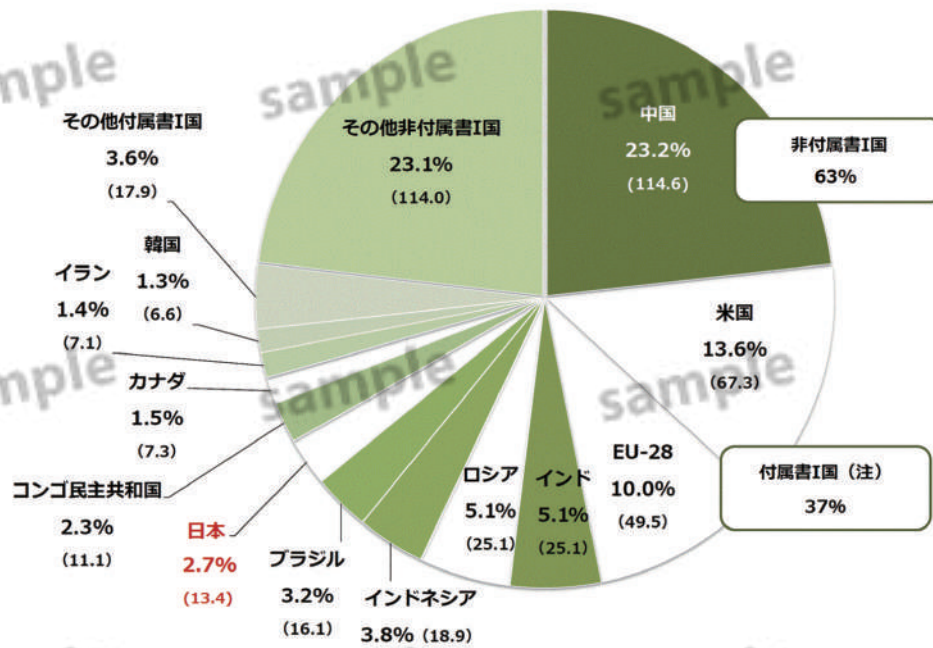
図 3. 気候変動リスク

図 3.1.2 気候変動によるリスク（左：A）、気温の変化・二酸化炭素累積排出量（右上：B）及び 2050 年までの温室効果ガス年間排出量変化の間の関係（右下：C）



環境省，文部科学省，農林水産省，国土交通省，気象庁『気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート2018』

図 4. 各国別の温室効果ガス排出量シェア



出所：経済産業省，資源エネルギー庁「今さら聞けない「パリ協定」～何が決まったのか？私たちは何をすべきか？～」2017年8月

<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/tokushu/ondankashoene/pariskyotei.html#topic01>

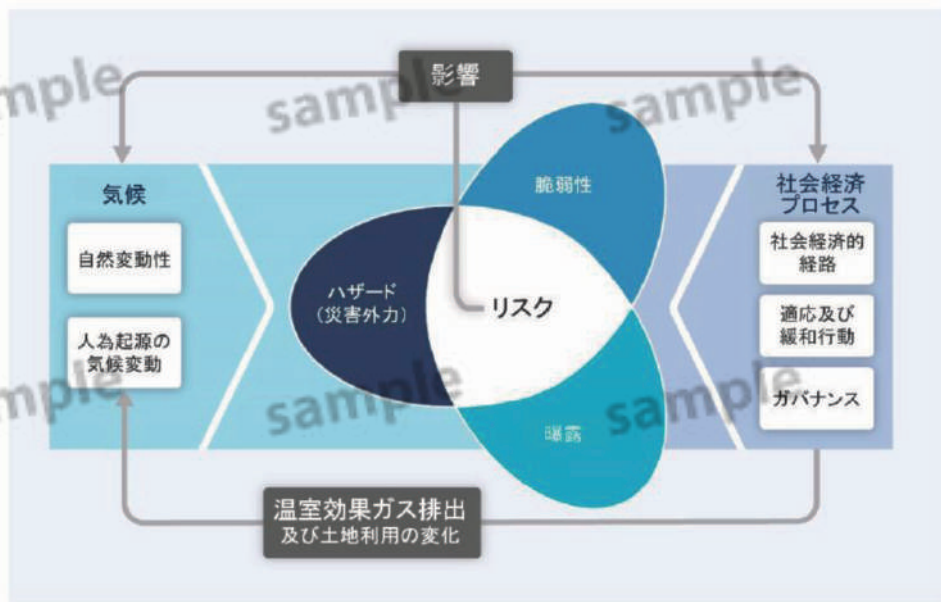
2. リスク概念

気候変動のリスクにおいては、次の異なるリスク概念を区別することが強調される。これを環境省他の
前述レポートは次のように説明する。

気候変動リスクの大小は、気候関連のハザード（災害外力）、曝露、脆弱性の3つの要素によって
決まる。気候関連のハザードとは、例えば、極端に暑い日、強い台風、豪雨の頻度等を指す。一方
で曝露は、ハザードの大きな場所に人や資産の存在していることを、脆弱性はハザードに対する感受
性の高さや適応能力の低さを指す。緩和策はハザードの制御（気候変化の抑制）のために、適応策
は曝露・脆弱性の制御のために実施される。気候変動による気象災害リスクの変化を検討する場合、
強い台風の上陸数や豪雨頻度等の「ハザード」の変化、すなわち気候の変化のみに注目しがちになる。
しかし、気象災害リスクの大小は、「ハザード」の大小だけでは決まらず、人口や建造物の数といった
「曝露」の大きさにも依存する。また、リスクの大小は、防災インフラの整備を実施するための経済力
や技術力、あるいは過去の被災経験といった諸条件に基づく「脆弱性」にも依存する。例えば、人口
が密集する地域（曝露：大）で豪雨の頻度が高く（ハザード：大）なれば、被害を受ける可能性の
ある人や資産が増えるため、この場合は気候変動リスクが大きくなる。これが、堤防やダム、下水処
理施設等のインフラ整備が進んでいない（脆弱性：大）途上国であれば、さらにリスクは大きくなる。
気候変動リスク管理に際しては、緩和策によるハザード軽減に取り組むとともに、適応策により曝露・
脆弱性を減らすことで、許容可能な範囲にリスクを抑えることが大事になる^[5]。

^[5] 環境省, 文部科学省, 農林水産省, 国土交通省, 気象庁『気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート2018』p.61.

図5 リスク、ハザード、脆弱性の関係

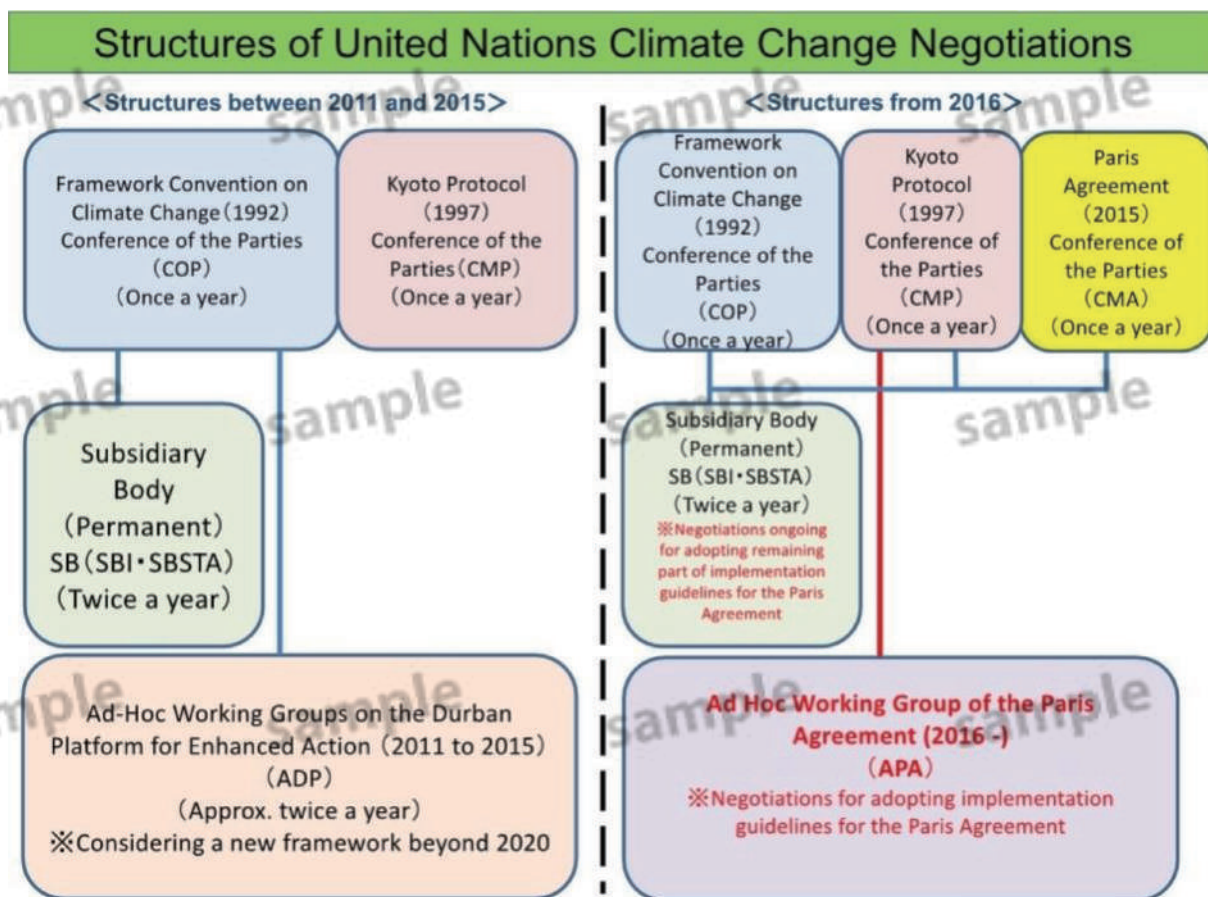


出所：環境省，文部科学省，農林水産省，国土交通省，気象庁『気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート2018』

3. 国連気候変動枠組条約締約国会議（COP）

国際的に気候変動に対処する条約の枠組みが「国連気候変動枠組条約締約国会議（通称 COP）」である。この枠組みでは 1997 年の COP3 では京都議定書が採択され、温暖化の原因とされる「温室効果ガス（GHG：Green House Gas）」の排出量削減の法的義務を先進国に課した。しかし、その後、途上国の急速な経済発展によって排出量を急増させ、2016 年の温室効果ガス排出量シェアでは中国が 23.2% で 1 位、インドが 5.1% でロシアと並んで同率 4 位となり、日本の温室効果ガス排出量シェアは 2.7% である。これを受けて、2015 年の COP21 では京都議定書の後継となる「パリ協定」が採択された。これは表 1 の内容を含む。

図 6. 国連の気候変動交渉枠組み



出所：外務省 Climate Change, Process under UNFCCC (COP, CMP, CMA, SB, APA) https://www.mofa.go.jp/ic/ch/page22e_000921.html

表 1. 2015 年パリ協定の内容

世界共通の長期目標として 2°C 目標のみならず 1.5°C への言及

主要排出国を含むすべての国が削減目標を 5 年ごとに提出・更新すること、共通かつ柔軟な方法での実施状況を報告し、レビューを受けること

5 二国間クレジット制度（Joint Crediting Mechanism : JCM）を含む市場メカニズムの活用が位置づけられたこと

森林等の吸収源の保全・強化の重要性、途上国の森林減少・劣化からの排出を抑制する仕組み

適応の長期目標の設定及び各国の適応計画プロセスと行動の実施

先進国が引き続き資金を提供することと並んで途上国も自主的に資金を提供すること

10 イノベーションの重要性が位置づけられたこと

5 年ごとに世界全体の状況を把握する仕組み

協定の発効要件に国数及び排出量を用いるとしたこと

「仙台防災枠組」への言及（COP 決定）

15 出所：環境省「国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会議（COP21）及び京都議定書第 11 回締約国会合（COP/MOP11）の結果について」

20

25

30

4. 気候変動の経済的影響予測

気候変動とその防止活動は世界全体に対して 100 年を超えて長期的影響を与えることが予想されている。また、その影響は不可逆的で地球の生態系や人類の生存や活動の在り方を基本から変えてしまう可能性がある。このときその経済的影響に限定して少なくとも数世紀単位で気候変動とそれにもなう諸活動の影響を予測する必要がある。このとき使用されるのが「費用・便益分析 (Cost-Benefit Analysis)」である。これはある政策を実施するとき社会が負担すべき費用と社会の人々が享受する便益をそれぞれ金額によって比較して政策効果を評価しようとするものである^[6]。この費用便益分析を実際に行うには政策の費用の範囲、便益の範囲、測定方法等についてさまざまな困難がある。さらにこれを気候変動に応用するときには気候変動の原因、影響は多岐にわたり、温室効果ガスの削減費用の測定、気候変動防止の便益の測定が著しく困難なことがある。さらに気候変動の防止策は現時点で実施する必要があるが、その効果は数十年から数世紀に及ぶものであり、その長期にわたる影響を評価する必要がある。ここで費用・効果分析は将来時点の費用と便益を割り引いて現在価値にした数値に表示する。ところが、長期分析では割引率のわずかな違いが現在価値を大きく変えることが知られている。例えば割引率を 1%前後に設定した Stern Review では地球温暖化の影響は極めて大きい。これに対して割引率を 5%前後と想定した Nordhaus のシミュレーションでは将来の世代が被る便益は現在の世代の被る便益に比べて極めて小さく評価される。その結果、気候変動は重要事ではないという結論が導かれやすい。

$$NV(\text{純便益}) = \sum_t^{\infty} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

B: 便益, C: 費用, r: 割引率

^[6] 国土交通省道路局都市局『費用便益分析マニュアル』平成 30 年 2 月 http://www.mlit.go.jp/road/ir/hyouka/plcy/kijun/ben-eki_h30_2.pdf

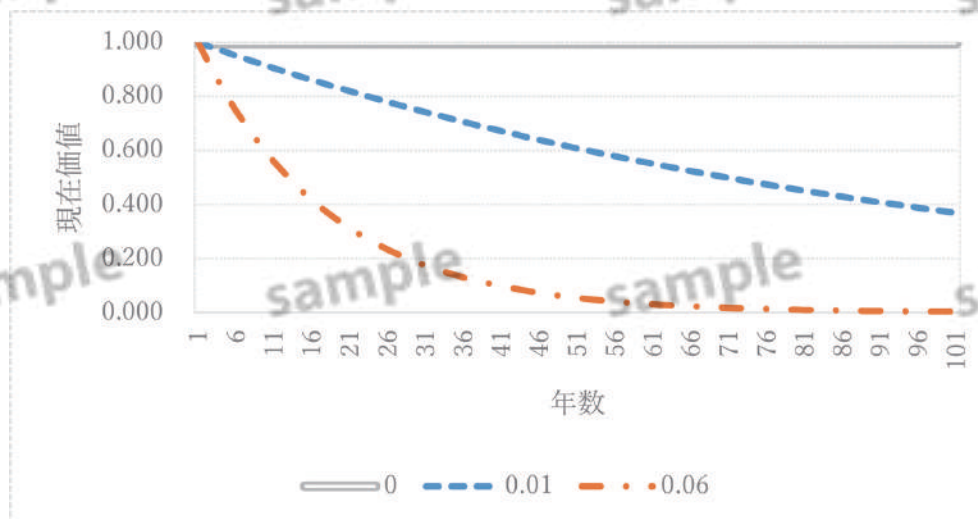
表 2. 気候変動の経済的影響予測の例

年	[現状維持]				年間 1% の排出量を削減					
	E_t	S_t	ΔT_t	影響	E_t	S_t	ΔT_t	影響	費用	純便益
2010	50	430	0°	0	50	430	0°	0	0.65	-0.65
2020	55	460	0.5°	0.54	45	460	0.5°	0.43	0.83	-0.72
2030	62	490	1°	1.38	41	485	1°	1.11	1.07	-0.79
2040	73	520	1.5°	2.66	37	510	1.4°	2.13	1.36	-0.83
2050	85	550	2°	4.54	33	530	1.8°	3.63	1.75	-0.84
2060	90	580	2.3°	6.77	30	550	2°	5.81	2.23	-1.27
2070	95	610	2.7°	9.91	27	550	2°	7.44	2.86	-0.38
2080	100	640	3°	14.28	25	550	2°	9.52	3.66	1.10
2090	105	670	3.3°	20.31	22	550	2°	12.18	4.69	3.44
2100	110	700	3.7°	28.59	20	550	2°	15.60	6.00	7.00
2110	115	730	4°	39.93	18	550	2°	19.97	7.68	12.28

注： E_t はギガトン（10 億立方トン） CO_2 換算、 S_t は大気中 CO_2 の ppm、気温変化 ΔT_t は $^{\circ}\text{C}$ 、「影響」「費用」「実質便益」は 2007 年の兆ドル単位である。排出量削減費用は各年の GDP の 1% とし、世界の GDP は 2010 年の 65 兆ドルから実質ベースで 2.5% の上昇を予想している。温暖化による影響は、 1°C 上昇につき各年の GDP の 1.3% と推計されている。

出所：ピンダイク・ルーベンフェルド『マイクロ経済学 II』中経出版，2014，p.419.

図 7. 割引率に応じた X 年後 1 円の現在価値 (X=0 ~ 100 年)



出所：筆者作成

注：各年の 1 円の現在価値，割引率が年率 0%，1%，6% の場合

表 3. 二酸化炭素の社会的費用推測

Social Cost of Carbon (2010 U.S. Dollars / Ton of CO₂)

Scenario	2015	2020	2025	2030	2050
Base parameters					
Baseline	30.0	35.7	42.3	49.5	98.3
Optimal controls	29.5	35.3	41.8	49.2	99.6
2.5 degree maximum					
Maximum	184.1	229.0	284.0	351.0	1,008.4
Max. for 50 years	147.2	183.2	227.2	280.4	615.6
Stern Review discounting					
Uncalibrated	256.5	299.6	340.7	381.7	615.5
Alternative discount rates					
2.5%	111.1	133.4	148.7	162.3	242.6
3%	71.6	85.3	94.4	104.0	161.7
4%	34.0	39.6	44.5	49.8	82.1
5%	18.9	21.7	24.8	28.1	48.4

Source: W. D. Nordhaus, NBER Working Paper No. 22933

Source: Nordhaus, William D. "PROJECTIONS AND UNCERTAINTIES ABOUT CLIMATE CHANGE IN AN ERA OF MINIMAL CLIMATE POLICIES," *NBER, Working Paper 22933*, <http://www.nber.org/papers/w22933>

Original Note: Global social cost of carbon by different assumptions for best-guess parameters

The social cost of carbon is measured in 2010 international US dollars. The years at the top refer to the date at which emissions take place. Therefore, \$30.0 is the cost of emissions in 2015 in terms of consumption in 2015. (a) Calculation along the reference path with current policy. In the baseline calculation, welfare is maximized as in (1) but when damages are set to zero for the optimization but included in the ex post calculation. (b) Calculation along the optimized emissions path. Note that for the temperature ceilings, the damages are included. By putting a cap on temperature, this implicitly assumes that the damages are infinite beyond that limit.

5. 日本の対策の遅れ

ドイツの環境団体「Germanwatch」は地球温暖化の影響を指標化して報告している。その Global Climate Risk Index (CRI) は極端な天候が及ぼす影響を国ごとに指標化したもので、2018 年には度
 5 重なる集中豪雨で被害を受けた日本を世界でもっとも影響を受けた国として発表した。第 2 は巨大台風
 の被害を受けたフィリピン、第 3 位は熱波に襲われたドイツであった。これらの気候リスクは地球温暖化
 によるものと解釈されている (表 4)。

表 4. 2018 年に気候変動に最も影響を受けた国

10 Table 1: The 10 most affected countries in 2018

Ranking 2018 (2017)	Country	CRI score	Death toll	Deaths per 100 000 inhabitants	Absolute losses (in million US\$ PPP)	Losses per unit GDP in %	Human Development Index 2018 Ranking ¹²
1 (36)	Japan	5.50	1 282	1.01	35 839.34	0.64	19
2 (20)	Philippines	11.17	455	0.43	4 547.27	0.48	113
3 (40)	Germany	13.83	1 246	1.50	5 038.62	0.12	5
4 (7)	Madagascar	15.83	72	0.27	568.10	1.32	161
5 (14)	India	18.17	2 081	0.16	37 807.82	0.36	130
6 (2)	Sri Lanka	19.00	38	0.18	3 626.72	1.24	76
7 (45)	Kenya	19.67	113	0.24	708.39	0.40	142
8 (87)	Rwanda	21.17	88	0.73	93.21	0.34	158
9 (42)	Canada	21.83	103	0.28	2 282.17	0.12	12
10 (96)	Fiji	22.50	8	0.90	118.61	1.14	92

PPP = Purchasing Power Parities. GDP = Gross Domestic Product.

25 出所 : Germanwatch, *Global Climate Index 2020*. December, 2019.

他方、同じ Germanwatch は国ごとの気候変動対策を CCPI (Climate Change Performance Index) を作成報告している。これは対策を 1. GHG (Green House Gas: 温暖化ガス) 排出量, 2. 再生エ
 30 ネルギー, 3. エネルギー使用, 4. 気候変動政策のカテゴリーで評価して、それぞれ 40%, 20%,
 20%, 20%のウェイトで評価したものである。1-3 のカテゴリーにおいては、現状、過去からの趨勢、
 「平均気温 2℃低下目標」と現状の整合性、さらにこれを実現するための 2030 年目標との整合性によ
 って評価し、4 のカテゴリーは各国の政策について、専門家による評価にもとづく。この指標で日本

は世界 51 位と極めて低い評価を下された^[7]。これは「国民一人当たりの温暖化ガスの高い排出量とエネルギー使用量, 再生エネルギー導入の遅れ, 政策的リーダーシップの不在を理由としたものである。その結果, 2050 年に 1990 年の排出量を 80%削減するという政府目標実現の困難, 2019 年 G20 会合における議長国としてのリーダーシップの欠如, 石炭火力発電所依存」が批判された^{[8] [9]}。

また, NPO「気候ネットワーク」は COP25 開催期間中では温暖化対策の進まない国として日本に対する「化石賞」授賞を 2 度にわたり決定した。

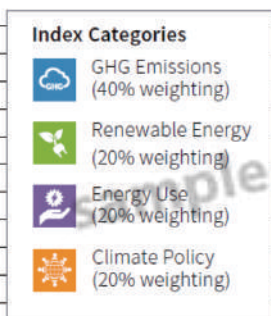
図 8. CCPI : Climate Change Policy Index 順位

上位グループ

Rank	Country	Score***	Categories
1.*	-	-	
2.	-	-	
3.	-	-	
4.	- Sweden	75.77	
5.	▲ Denmark	71.14	
6.	▼ Morocco	70.63	
7.	▲ United Kingdom	69.80	
8.	▼ Lithuania	66.22	
9.	▲ India	66.02	
10.	▲ Finland	63.25	

下位グループ

48.	▲ Turkey	40.76	
49.	▼ Bulgaria	40.12	
50.	▼ Poland	39.98	
51.	▼ Japan	39.03	
52.	- Russian Federation	37.85	
53.	▼ Malaysia	34.21	
54.	▼ Kazakhstan	33.39	
55.	▼ Canada	31.01	
56.	▼ Australia	30.75	
57.	▲ Islamic Republic of Iran	28.41	
58.	▼ Korea	26.75	
59.	▼ Chinese Taipei	23.33	
60.	- Saudi Arabia	22.03	
61.	▼ United States	18.60	



* None of the countries achieved positions one to three. No country is doing enough to prevent dangerous climate change.
 ** The position of Ukraine in the overall ranking is highly influenced by the effects of the ongoing conflict in the Donbas region on key CCPI indicators.
 ***rounded

出所 : Germanwatch, *Climate Change Policy Index 2020*. 2019.

^[7] Ranked 51st in this year's CCPI, Japan falls by two ranks and remains in the group of very low performers. Though Japan managed to reduce its relatively high level of per capita emissions and energy use over recent years, national experts caution that without strengthened policy frameworks, this trend is most unlikely to continue. The need for more ambitious policy is underlined by the low rating for well below 2°C compatibility of the country's 2030 targets for emissions reduction, renewables and energy use. Further, experts note that Japan's long-term strategy, aiming at 80% reductions by 2050, is too unambitious and lacks a concrete roadmap for implementation. Together with the notable lack of leadership in the context of this year's G20 presidency and the continued large provision of public finance for coal overseas, this results in a very low rating for the Climate Policy category.

^[8] Germanwatch, *Climate Change Performance Index, Results 2020*.

^[9] 「逆風下でも進む石炭火力の新設～金融・政策で増す不透明感, 科学記者の目 編集委員 滝順一」 2019/7/17 4:30 日本経済新聞 電子版

図 9. GHG 排出評価

Greenhouse Gas Emissions – Rating table for G20 countries*							
Rank	Country	Score**	Overall Rating	GHG per Capita - current level (incl. LULUCF)***	GHG per Capita - current trend (excl. LULUCF)	GHG per Capita (incl. LULUCF) - compared to a well-below-2°C pathway	GHG 2030 target - compared to a well-below-2°C pathway
6.	United Kingdom	77.8	High	Medium	High	High	High
11.	India	71.9	High	Very high	Very Low	Very high	Very high
17.	France	62.9	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium
18.	Brazil	62.7	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium
21.	European Union (28)	59.3	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium
22.	Italy	59.1	Medium	Medium	High	Medium	Low
24.	Germany	57.7	Medium	Low	Medium	Low	Medium
31.	Turkey	51.8	Low	High	Very Low	High	Low
32.	South Africa	51.6	Low	Low	High	Low	Low
35.	Russian Federation	50.8	Low	Low	Medium	High	Low
39.	Mexico	48.3	Low	Medium	Very Low	Low	Low
43.	Japan	46.5	Low	Low	High	Very Low	Low
44.	Australia	45.5	Low	Very Low	Medium	Medium	Medium

図 10. 再生可能エネルギー評価

Renewable Energy (RE) – Rating table for G20 countries*							
Rank	Country	Score**	Overall Ranking	Share of RE in Energy Use (TPES)*** - current level (incl. hydro)	Share of RE in Energy Use (TPES) - current trend (excl. hydro)	Share of RE in Energy Use (TPES) (excl. hydro) - compared to a well-below-2°C pathway	RE 2030 Target (incl. hydro) - compared to a well-below-2°C pathway
12.	Brazil	54.8	High	Very high	Low	High	Medium
13.	Turkey	47.5	High	Medium	Very high	Medium	Low
16.	United Kingdom	45.3	High	Low	Very high	High	Very Low
22.	Germany	40.4	Medium	Medium	High	High	Low
25.	China	38.7	Medium	Low	Very high	Low	Very Low
26.	India	37.3	Medium	Medium	Medium	Low	High
27.	European Union (28)	37.2	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium
29.	Italy	36.0	Medium	Medium	Low	High	Medium
32.	Korea	33.0	Medium	Very Low	Very high	Very Low	Very Low
34.	Indonesia	31.8	Medium	Medium	Medium	Low	Low
41.	France	28.5	Low	Low	High	Low	Low
44.	Saudi Arabia	27.0	Low	Very Low	Very high	Very Low	Very Low
45.	Japan	25.7	Low	Low	High	Low	Low
50.	Australia	23.0	Low	Low	High	Low	Very Low

出所：Germanwatch, *Climate Change Policy Index 2020*. 2019.

6. 日本のエネルギー需給

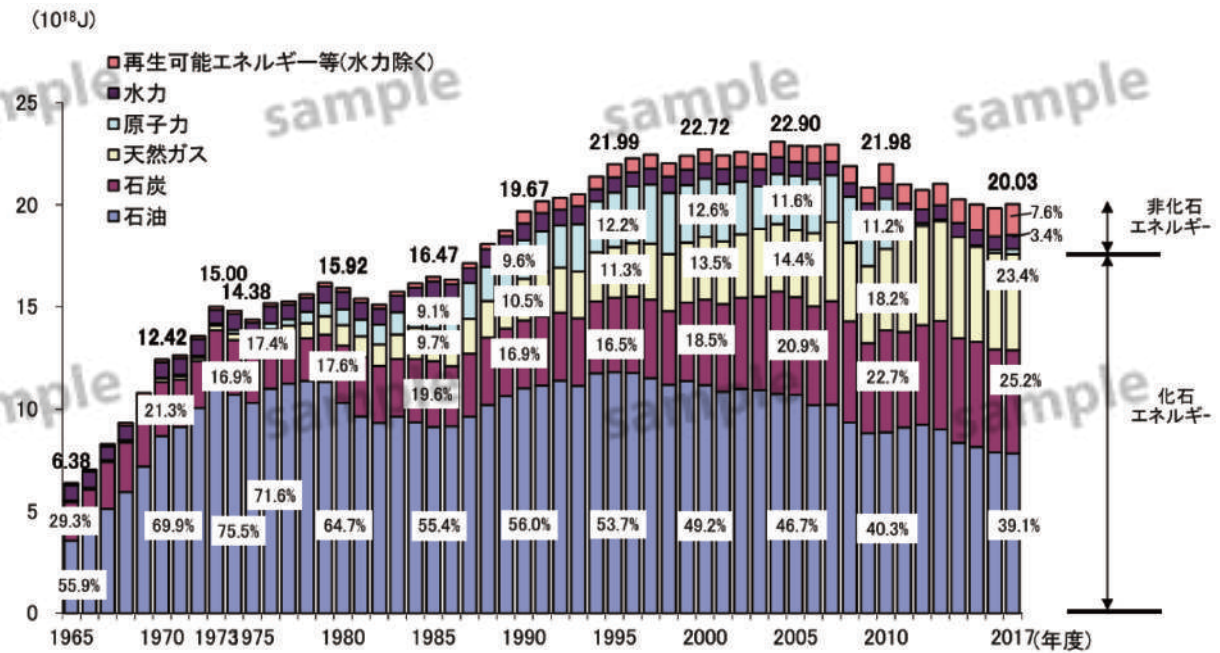
エネルギーが生産・供給され消費されるまでには様々な段階、経路を介す。原油、石炭、天然ガスなどのエネルギー源を用いて、電気を発電し、石油製品に転換のために供給する「第一次エネルギー供給」と呼ぶ。さらに、最終段階の消費者が使用する「最終エネルギー消費」と呼ぶ。2017年度の日本の一次エネルギー供給の67%が最終エネルギー消費となる。

日本のエネルギー需要は1960年代以降に増大し、中東地域などで生産される安価な石油を輸入することで1973年度には一次エネルギー国内供給の75%を石油に依存するようになった。しかし、1973年に発生した第一次石油ショックをきっかけに原子力、天然ガス、石炭などの比率を増大させ、2010年度には石油の40%に対し、石炭23%、天然ガス18%、原子力11%となった。ところが、2011年の東日本大震災による福島原発事故、原発稼働中止によってその後、石油への依存度が上昇した。さらに石炭、天然ガス消費量が増加した^[10]。

しかし、2011年に発生した東日本大震災とその後の原子力発電所の停止により、原子力の代替発電燃料として化石燃料の割合が増加し、石油の割合は震災直後の2012年度には45%まで上昇したが、2017年度には再生可能エネルギーの導入や原子力の再稼働等によって石油の割合は5年連続で減少し40%を下回った。ところが、逆に石炭、天然エネルギーのシェアは増加した。

^[10] 資源エネルギー庁『資源エネルギー白書2019』2019.

図 11. 一次エネルギー国内供給の推移

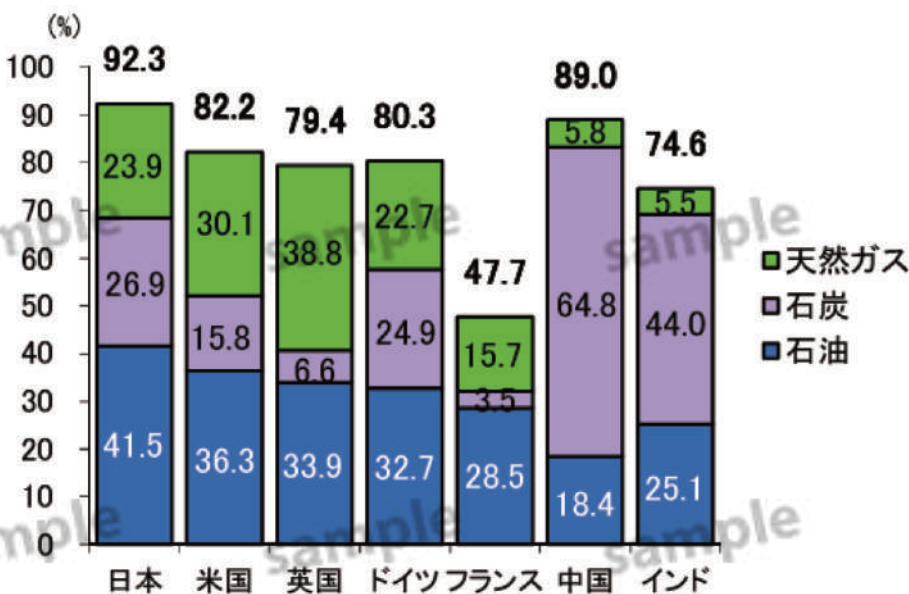


出所：経済産業省，資源エネルギー庁『エネルギー白書 2019』2019.

(原注 1) 「総合エネルギー統計」は、1990 年度以降、数値について算出方法が変更されている。

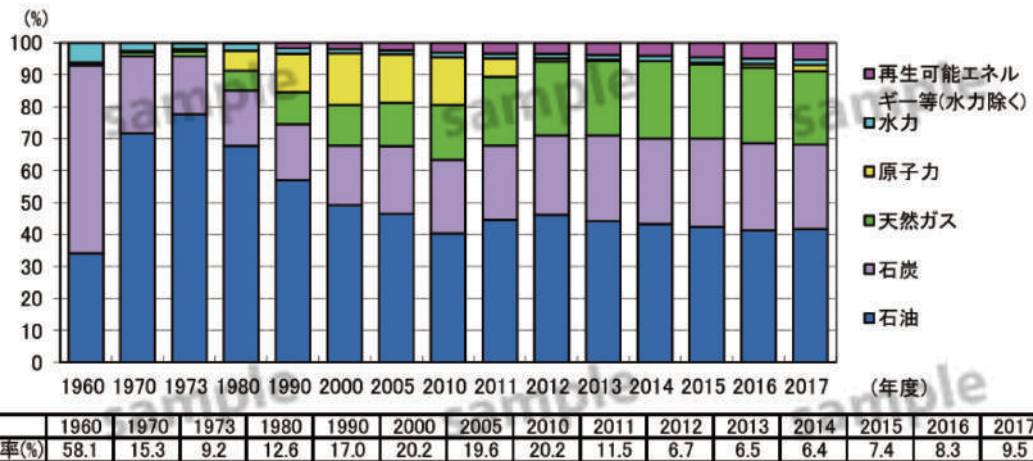
(原注 2) 「再生可能エネルギー等 (水力除く)」とは、太陽光、風力、バイオマス、地熱などのこと

図 12. 主要国の化石エネルギー依存度 (2016 年)



出所：経済産業省，資源エネルギー庁『エネルギー白書 2019 年度』2019.

図 13. 一次エネルギー国内供給構成及び自給率の推移



出所：経済産業省，資源エネルギー庁『エネルギー白書 2019』2019

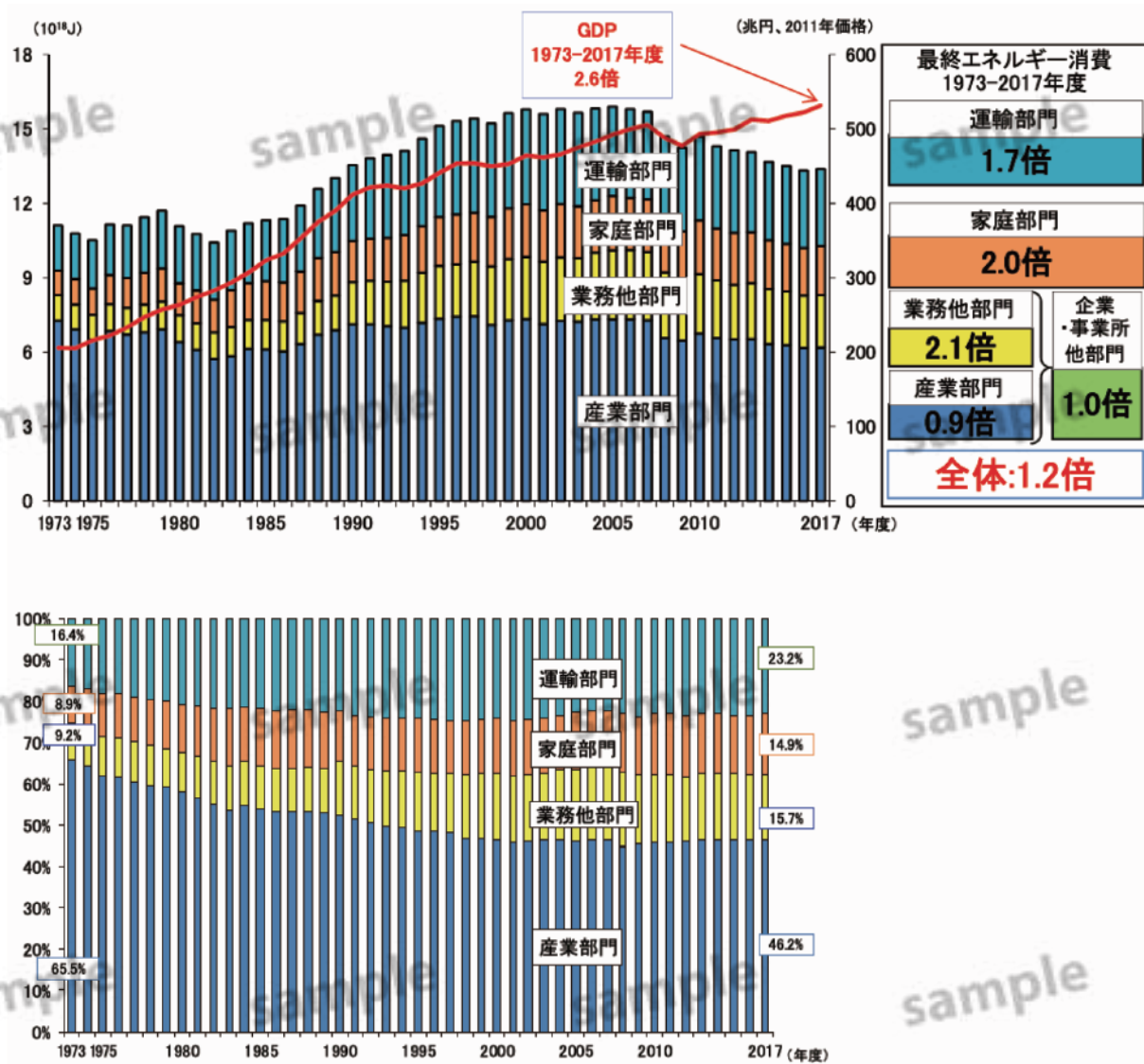
(注 1) IEA は原子力を国産エネルギーとしている。

(注 2) エネルギー自給率 (%) = 国内産出 / 一次エネルギー供給 × 100。

日本のエネルギー消費は 1970 年代までの高度経済成長期に国内総生産 (GDP) よりも高い伸び率で増加した。しかし，1970 年代の二度の石油ショックを契機に，製造業を中心に省エネルギー化が進むとともに，省エネルギー型製品の開発も盛んになり，エネルギー消費を抑制しながら経済成長を果たすことができた。ところが，1990 年代を通して原油価格が低水準で推移する中で，家庭部門、業務他部門を中心にエネルギー消費は増加した。2000 年代半ば以降は再び原油価格が上昇したこともあり，2005 年度をピークに最終エネルギー消費は減少傾向になり，2011 年度からは東日本大震災以降の節電意識の高まりなどによってさらに減少が進んだ^[11]。

[11] 経済産業省，資源エネルギー庁『エネルギー白書 2019』2019。

図 14. 最終エネルギー消費と実質 GDP の推移



出所：経済産業省，資源エネルギー庁『エネルギー白書 2019』2019

(原注 1) J (ジュール) = エネルギーの大きさを示す指標の 1 つで、1MJ=0.0258×10⁻³ 原油換算 kl。

(原注 2) 「総合エネルギー統計」は、1990 年度以降の数値について算出方法が変更されている。

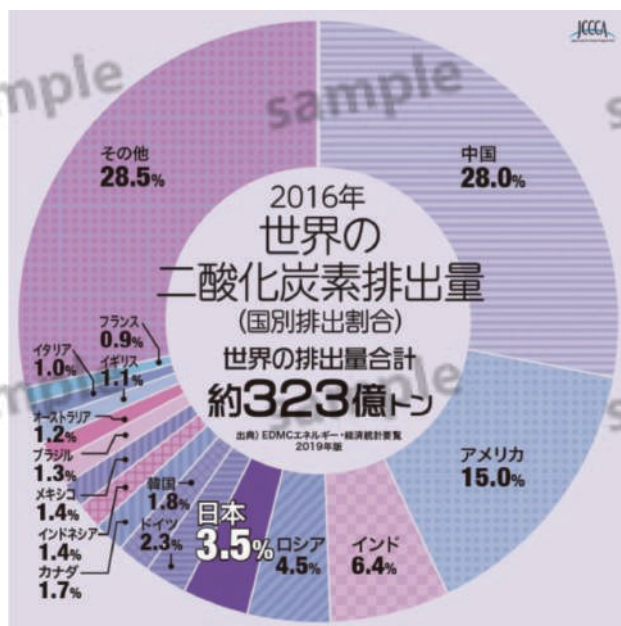
(原注 3) 産業部門は農林水産鉱建設業と製造業の合計。

(原注 4) 1993 年度以前の GDP は日本エネルギー経済研究所推計

7. 日本の温室効果ガス（GHG）排出量

2016年温室効果ガス排出量では世界上位は中国，アメリカ合衆国，インド，ロシアに次いで，日本が3.5%である。

図 15. 世界の二酸化炭素排出量（2016年）



出所：JCCCA（Japan Center for Climate Change Actions, 全国地球温暖化防止活動推進センター）、「すぐ使える図表集」

出典）EDMC / エネルギー・経済統計要覧 2019年版

https://www.jccca.org/chart/chart03_01.html

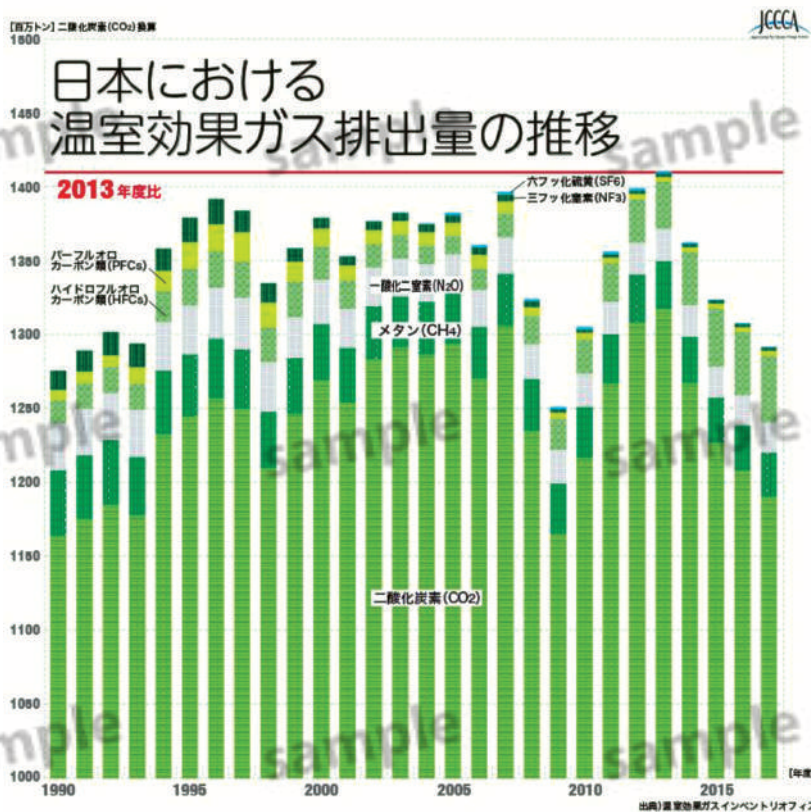
温室効果ガスの総排出量は、2014 年度以降 5 年連続で減少。また、実質 GDP あたりの温室効果ガスの総排出量は、2013 年度以降 6 年連続で減少。

○ 前年度、2013 年度と比べて排出量が減少した要因としては、電力の低炭素化に伴う電力由来の CO2 排出量の減少や、エネルギー消費量の減少（省エネ、暖冬等）により、エネルギー起源の CO2 排出量が減少したこと等が挙げられる。

○ 2005 年度と比べて排出量が減少した要因としては、エネルギー消費量の減少（省エネ等）により、エネルギー起源の CO2 排出量が減少したこと等が挙げられる。

○ 総排出量の減少に対して、冷媒におけるオゾン層破壊物質からの代替に伴う、ハイドロフルオロカーボン類（HFCs）の排出量は年々増加している^[12]。

図 16. 日本の温室効果ガス排出量

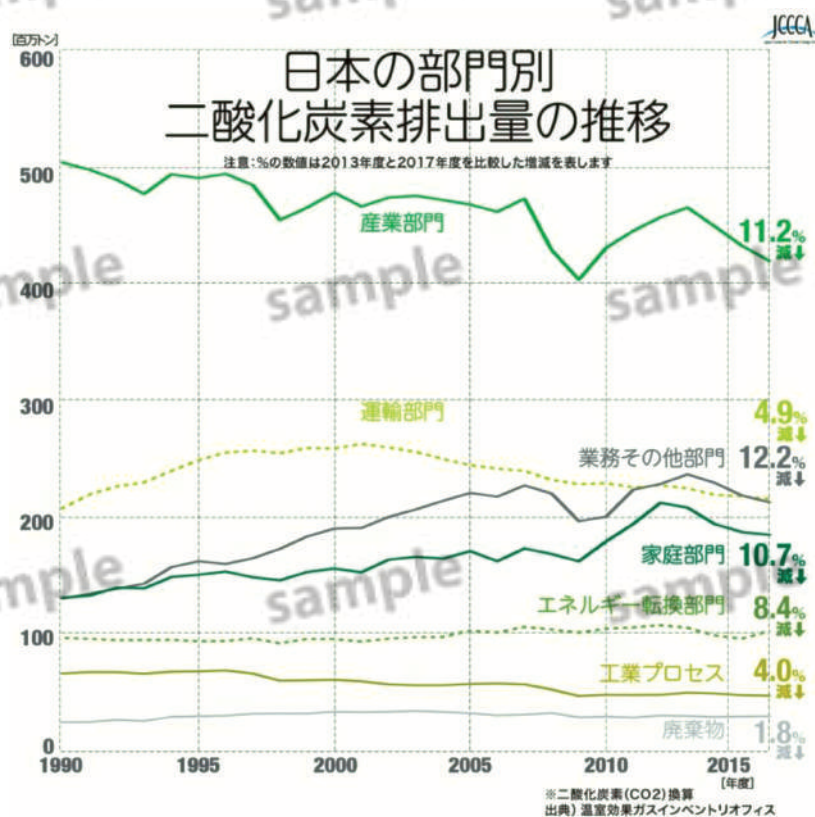


出所：JCCCA 「日本における温室効果ガス排出量の推移（1990-2017 年度）」
出典）温室効果ガスインベントリオフィス

[12] 環境省「2018 年度（平成 30 年度）の温室効果ガス排出量（速報値）について」

2018年度のCO2排出量は11億3,900万トンであり、前年度と比べて5,020万トン（4.2%）減少した。また、2013年度と比べて1億7,810万トン（13.5%）減少、2005年度と比べて1億5,430万トン（11.9%）減少した。部門別排出量について、発電及び熱発生に伴うエネルギー起源のCO2排出量を、電気及び熱の生産者側の排出として計上した値（電気・熱配分前）とその推移を示す。また、電力及び熱の消費量に応じて、エネルギー起源のCO2排出量を各部門に配分した値（電気・熱配分後）とその推移を示す^[13]。

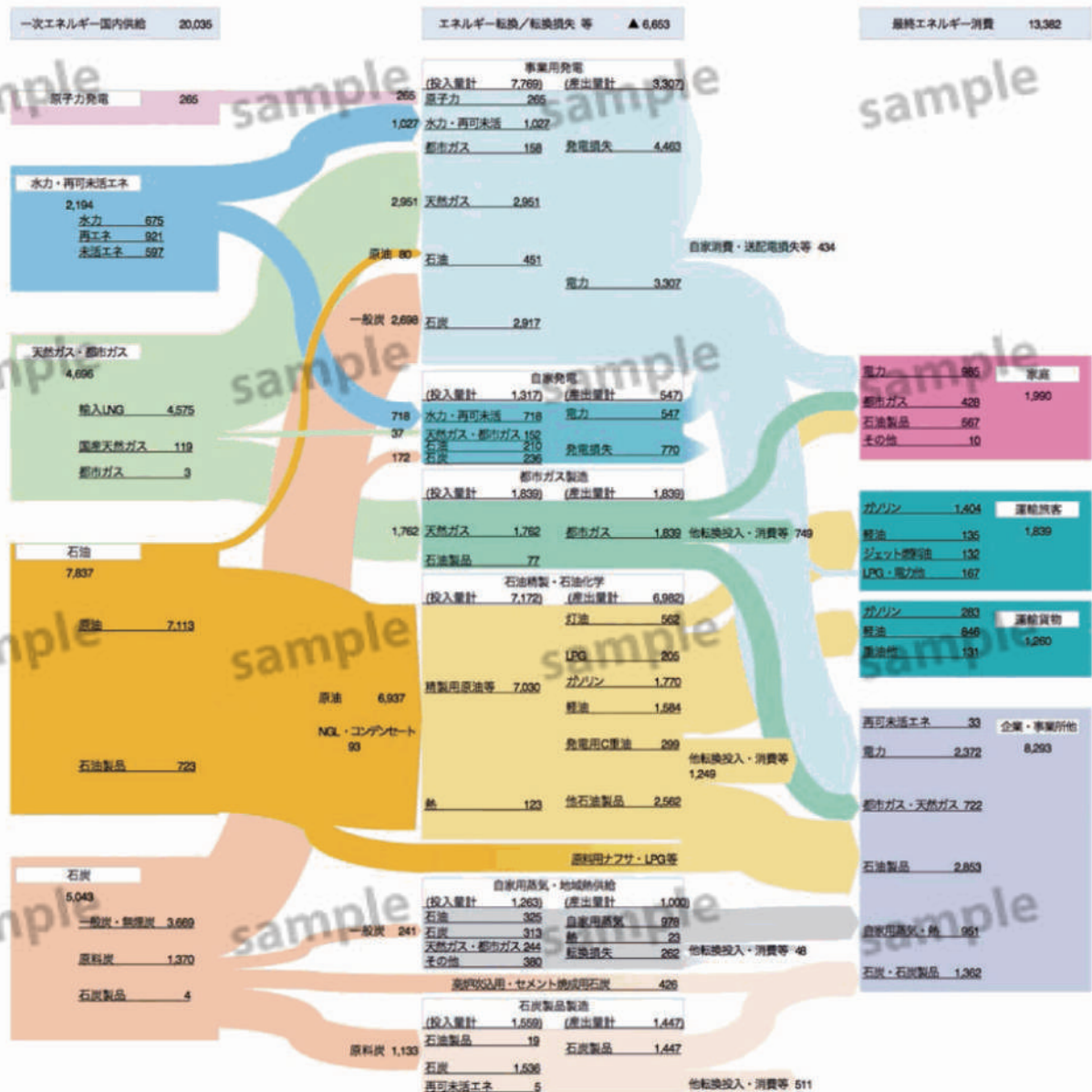
図 17. 日本の部門別二酸化炭素排出量の推移



出所：JCCCA「日本の部門別二酸化炭素排出量の推移（1990-2017年度）」
出典）温室効果ガスインベントリオフィス

[13] 環境省「2018年度（平成30年度）の温室効果ガス排出量（速報値）について」

図 18. 我が国のエネルギーバランス・フロー概要（2017 年度）



出所：経済産業省，資源エネルギー庁『資源エネルギー白書 2019』

8. IPCC と緩和・適応

IPCC は国連気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change）の略である。人為起源による気候変化、影響、適応及び緩和方策に関し、科学的、技術的、社会経済学的な見地から包括的な評価を行うことを目的として、1988年に国連環境計画（UNEP）と世界気象機関（WMO）により設立された。

対策としてここで強調されるのが「緩和 (Mitigation)」と「適応 (Adaptation)」の方法である。温室効果ガスの排出削減と吸収の対策を行うことを「緩和」とする。省エネルギーの取組みや、再生可能エネルギーなどの低炭素エネルギー、CCS（Carbon Capture and Storage）、植物によるCO₂の吸収源対策などが挙げられる^[14]。

これに対して、気候変動影響への防止・軽減のための備えと、新しい気候条件の利用を行うことを「適応」とする。影響の軽減、リスクの回避・分散・需要と、機会の利用のような対策のことで、渇水対策や農作物の新種の開発や、熱中症の早期警告インフラ整備などが例として挙げられる^[15]。

IPCC の概要^[16]

国連気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change）の略。人為起源による気候変化、影響、適応及び緩和方策に関し、科学的、技術的、社会経済学的な見地から包括的な評価を行うことを目的として、1988年に国連環境計画（UNEP）と世界気象機関（WMO）により設立された組織です。

世界の科学者が発表する論文や観測・予測データから、政府の推薦などで選ばれた専門家がまとめます。科学的な分析のほか、社会経済への影響、気候変動を抑える対策なども盛り込まれます。国際的な対策に科学的根拠を与える重みのある文書となるため、報告書は国際交渉に強い影響力を持ちます。

各国政府を通じて推薦された科学者が参加し、5～6年ごとにその間の気候変動に関する科学研究から得られた最新の知見を評価し、評価報告書（assessment report）にまとめて公表します。第5次報告の第1作業部会の場合、日本からは10人の執筆陣が参加しました。特定のテーマに関する

^[14] JCCCA, 全国地球温暖化防止活動推進センター, <https://www.jccca.org/ipcc/about/index.html>

^[15] 前掲書。

^[16] JCCCA, 全国地球温暖化防止活動推進センター
<https://www.jccca.org/ipcc/about/index.html> を引用

特別報告書（special report）や気候変動に関する方法論に関する指針なども作成、公表します^[17]。

第1作業部会（WG1）：科学的根拠、第2作業部会（WG2）：影響・適応・脆弱性、第3作業部会（WG3）：緩和策、それぞれの報告書と三つの報告書を統合した統合報告書（Synthesis Report）の4つの報告書から構成されています。

三つの作業部会の報告書は、それぞれ「政策決定者向け要約（SPM）（Summary for Policy-Makers）」と、より専門的で詳細な情報が記載されている「技術要約（Technical Summary）」から出来ています。

「緩和（Mitigation）と適応（Adaptation）」

温室効果ガスの排出削減と吸収の対策を行うことが「緩和」です。省エネの取組みや、再生可能エネルギーなどの低炭素エネルギー、CCS^(※)の普及、植物によるCO₂の吸収源対策などが挙げられます。

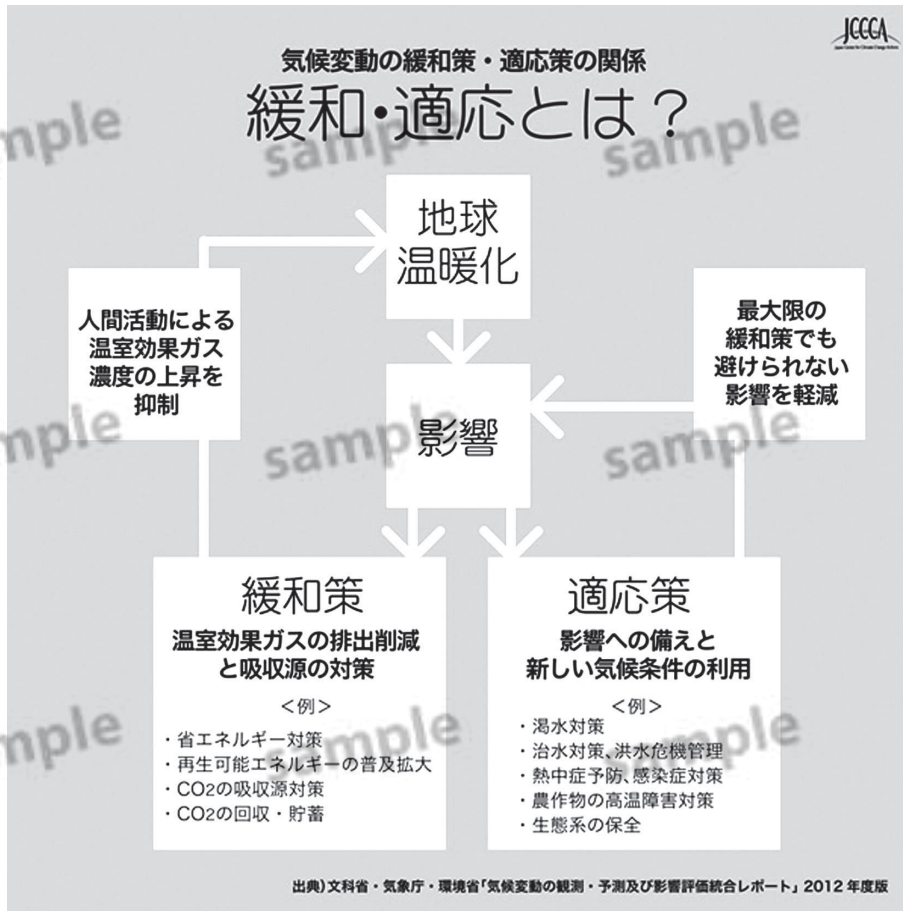
これに対して、既に起こりつつある気候変動影響への防止・軽減のための備えと、新しい気候条件の利用を行うことを「適応」と言います。影響の軽減をはじめ、リスクの回避・分散・需要と、機会の利用をふまえた対策のことで、渇水対策や農作物の新種の開発や、熱中症の早期警告インフラ整備などが例として挙げられます。

^(※) CCSとは

工場や発電所などから発生するCO₂を大気放散する前に回収し、地中貯留に適した地層まで運び、長期間にわたり安定的に貯留する技術。

^[17] JCCCA, 全国地球温暖化防止活動推進センター「IPCC 第5次評価報告書特設ページ」
<https://www.jccca.org/ipcc/about/index.html>

図 19. 緩和と適応



出所：JCCCA, 全国地球温暖化防止活動推進センター
気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 英語ページ
<http://www.ipcc.ch/>

9. EU とバイオエコノミー

2012年頃からEUは“Bioeconomy”という名称で新しい産業政策・技術政策を推進するようにした。これは「資源利用の効率的な使用」と「持続可能性」を実現する目的で、持続可能な農・漁業、食品安全、工業用途の再生可能な生物資源利用、生物多様性、環境保護等を追求しようとするものである^[18]^[19]。

これを実現するためにEUは次の3点を強調する。第1は、バイオエコノミーのための新技術とプロセスの開発、第2は、バイオエコノミーの市場開発と競争力の向上、第3は、政策担当者とステークホルダーの共同の確立である。EU委員会は「Common Agricultural Policy」、「Common Fisheries Policy」、「Horizon 2020」、「European environmental initiatives」、海洋部門に関する「Blue Growth」、「European Innovation Partnership on Sustainable Agriculture」などのEUの多様なプログラムを調整する。

バイオエコノミーに必要な科学的な研究能力はEU各国において蓄積されている。また、バイオエコノミーが目的とする資源の効率的利用、持続可能性はヨーロッパ各国の国民の意識に合致する。他方、技術革新の商業化においてはEUはアメリカ合衆国、中国に遅れがちであり、競争力を格段に向上させることが必要であるとして、EU全体としてこれを実現しようとするものであり、EUの産業政策、技術政策の中核をなす。

また、このEUのバイオエコノミーは気候変動対策とも密接に関連する。パリCOP21 当時からバイオエコノミーによって、CO2 排出の大幅削減が可能となり、環境と経済成長の同時実現が可能になるとされている。

^[18] EU, Bioeconomy policy : Policy background, strategy and contribution to the Commission's political agenda of bioeconomy policy.
<https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/index.cfm?pg=policy>

^[19] “Europe is setting course for a resource-efficient and sustainable economy. The goal is a more innovative and low-emissions economy, reconciling demands for sustainable agriculture and fisheries, food security, and the sustainable use of renewable biological resources for industrial purposes, while ensuring biodiversity and environmental protection.”

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

sample

不 許 複 製

慶應義塾大学ビジネス・スクール
