

WEO 2019 のポイントー気候変動関連

評価できる点

- BECCS を中心とした Negative Emissions を基本的に排除している点
(2050年に0.25Gt分だけ Negative Emission はあるが。P.124)
- IPCC/SR1.5 報告書を良く研究・分析している
- SD シナリオとしてパリ協定・Universal Energy Access、Clean Air の同時達成を掲げているのは適切
- Key themes として
 - 現状 (How are we doing?)、目指すべき目標 (50%確率で 1.5°C、Where do we need to go?)、これを超えて 1.5°C達成可能性 (How much further can we go?) を掲げているのも適切
 - 目標実現に向けての投資に関して有益な示唆
 - SD シナリオの更なる技術的詳細については ETP2020 に期待

問題点

- GDP 比コスト及び MAC が無い点 政策担当者ほどのシナリオを目指すか判断不能 (MAC については Annex B に 2040 年に先進国\$140、一部途上国\$125 とあるが 2050 年は Silent で IPCC/SR1.5 との比較という意味で役立たない)
- SD シナリオに必要な投資額 (今後 30 年間で 115 兆ドル) と Finance の記述は充実しているが p.112
- ETP2070 では 2060 年の MAC が出ている (\$ 565 B2DS、\$240 2DS)

疑問点

- 気温目標と DAI の関係不明 (96 頁には to avert dangerous and irreversible changes in the global climate system とある)
- 66%、50%確率の意味
- CCUS の効果
 - (CCUS は WEO 2018 から頻繁に登場、しかし CCS と何が違うのか)
 - Figure 2.27 に 2070 年 CO2 ゼロとあるが、航空、鉄鋼、セメントの対策は各シナリオの気温上昇は何時の時点か Figure 2.28 から 2100 年か?
 - 気候感度は何°Cで計算したのか
- ETP 2017 で 2DS、B2DS とともに 2060 年には大量の BECCS に依存 (4.9Gt、2.7Gt)、今回これを外した理由 (当方には英断と思えるが)

シナリオの意味

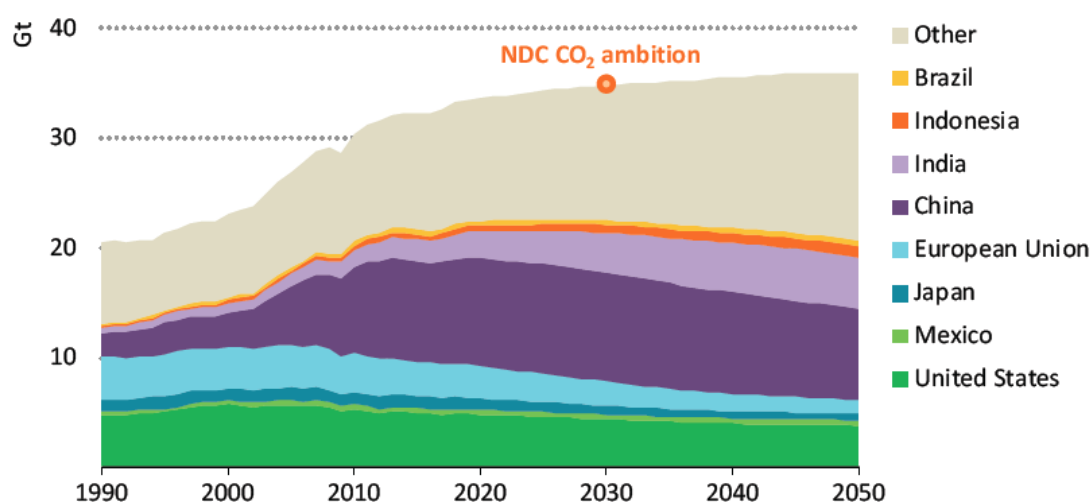
Current Policies シナリオ (現在の排出経路がそのまま続く場合)

Stated Policies シナリオ (STEP シナリオ) How are we doing?

既に表明された政策のみを考慮し、このままだとどうなるかを示したもの。

EU をはじめいくつかの国・地域が長期の CO₂ 或いは GHG net ゼロを表明
或いは検討しているが、このうち公式にこれを採択した国は少ない。この場
合採択した国のみ STEP に加える (46 頁)。具体的には英仏瑞典のみ (96 頁)
エネルギー起源 CO₂ は 2045 年ピーク (36Gt) 後横ばい (Figure 2.12 p,96)
確率 66%だと 3.2°C 上昇, 50%では 2.7°C 上昇

Figure 2.12 ▶ Energy-related CO₂ emissions by region in the
Stated Policies Scenario



Emissions are expected to grow slightly and plateau around 2045

p. 96 排出は 2045 年にピーク、その後その状態が続く

Sustainable Development シナリオ Where do we need to go?

パリ協定の「2°Cを十分に下回り出来れば 1.5°Cに向けた努力」というパリ合
意を満たすと共に、全員のエネルギーアクセスと清浄大気の要件も満たす

Negative E なしで確率 66%だと 1.8°C、50%だと 1.65°C 上昇で安定 p.46, 80

もし今世紀後半に SR1.5°C と同程度の規模の NE があれば 1.5°C 達成可能
(確率 50%)。NE 無しで 1.5°C 達成にはエネルギー起源 CO₂ は 2050 年ま
でに排出ゼロが必要。このためには全く経験したことのない削減率が必要で、
且つエネルギー分野のみの努力では達成できない(農業とか Non-CO₂?)。

この真意は大量の NE がない限り 1.5°C は困難と言うことを意味している。

エネルギー起源 CO₂ は 2050 年 10Gt、2070 年ゼロ、以降ゼロ Fig. 2.5 p.88

STEP シナリオから SD シナリオへの追加削減 Fig. 2.1 p.79 (本メモ次頁)

Efficiency 37%、再エネ 32%、その他 31% (CCS9%、原子力 3%等)

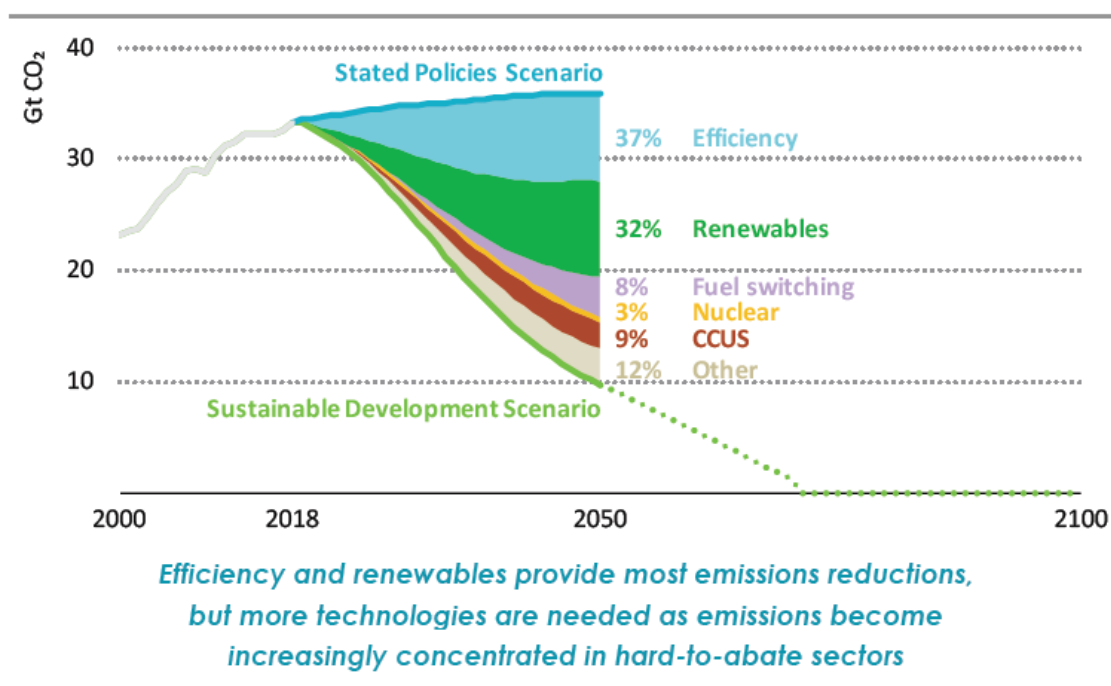
CCS は 2030 年までに年 0.7Gt だが 2050 年には 2.8Gt に上昇。内訳は発電

と産業 (鉄鋼、セメント) で半々 p.47, 109。しかし政策の進展無し p.85

STEP と SD シナリオの比較は Table 2.1 を見よ (本メモ末尾参照)

現状では SD シナリオへの排出経路に乗っていない

Figure 2.1 ▶ Energy-related CO₂ emissions and reductions by source in the Sustainable Development Scenario



SD シナリオと ETP2017 の Beyond 2 degree scenario (B2DS)の相違

B2DS (2DS) は 2060 年時点で 4.9Gt (2.7Gt) の BECCS に依存し、2100 年に 50%の確率で 1.75°C (2°C) に達するシナリオ、SD Scenario は BECCS ほとんどなし (2050 年 0.25Gt) で 1.65°C (確率 50%)、後者の方がきつい

SD シナリオとエネルギー分野

石炭

使用は SDS では激減、しかし鉄鋼・セメントで残る。うち 1/3 は CCS。発電部門は 2045 年に CCS 無しの石炭はゼロ (90 頁)

再エネ

2050 年には世界の排出量の半分が風力と PV

原子力

特に先進国で老朽化が進み（平均で 35 年間使用）、2028~2040 年の間に運転期間延長か新設無しでは容量は 1/3 になってしまう。

運転期間を延長すれば MW あたり \$40-60 の発電コストで再エネが下がっても競争力あり p.91 （日本ではこの計算当てはまらないのでは？）

発電

電化の進展で fuel mix に占める電力のシェアは現在 19%→2050 年倍増
CCS 無し石炭は 2045 年にゼロへ

低炭素発電は 2050 年に 94%へ（現在 36%）炭素原単位は 475→23g/KWh

バイオ資源

航空は 2050 年に燃料の 60%は advanced biofuel (bio-kerosene)

海運は 1/3 以上が advanced biofuel (biodiesel) p. 107

Sustainable bioenergy の potential は年間 130~240EJ でこれは現在の石油需要 4450Mtoe にほぼ同じ

SD シナリオでは 2050 年に約 80EJ のバイオエネルギーの使用を想定、この場合、BECCS を使って 0.25Gt の Negative CO2 emissions を実現。これは IPCC/SR1.5 の 4.7Gt に比べるとほとんど Negligible

削減技術の例 Table 2.3 p.117

Table 2.3 ▷ **Examples of technologies that scale from low levels today to over 3% market share in the Sustainable Development Scenario**

	By 2030	After 2030
Liquids supply	Bio-liquids (jet fuel, diesel and gasoline)	CCUS on refinery hydrogen supply.
Natural gas supply	Remote, continuous methane leak detection	Biomass gasification. Clean hydrogen in gas supply to buildings.
Power generation and supply	Solar PV Smart meters	Small modular nuclear reactors. Battery storage. Biomass-fired power generation.
Buildings	Heat pumps Near-zero emissions buildings Home biogas digesters for clean cooking	Hydrogen fuel cells and boilers.
Transport	Electric cars and trucks	Alternative drivetrains for ships. Hydrogen-powered heavy trucks.
Industry	CCUS for iron and steel and cement	Electrolytic hydrogen feedstock for industrial processes. Heat pumps for industrial heat.

Notes: Market share defined as share of global sales or additions of equipment for the provision of equivalent energy services. For CCUS and hydrogen supply, shares refer to the emissions captured and gas delivered.

1.5°Cの可能性 How much further can we go?

SD シナリオと IPCC/SR1.5 シナリオとの相違 下記 Figure 2.27 p. 122

NO Negative Emissions で 1.5°C達成には 2050 年排出ゼロが必要

メタン等その他ガスの減少がなければ更なる削減が必要

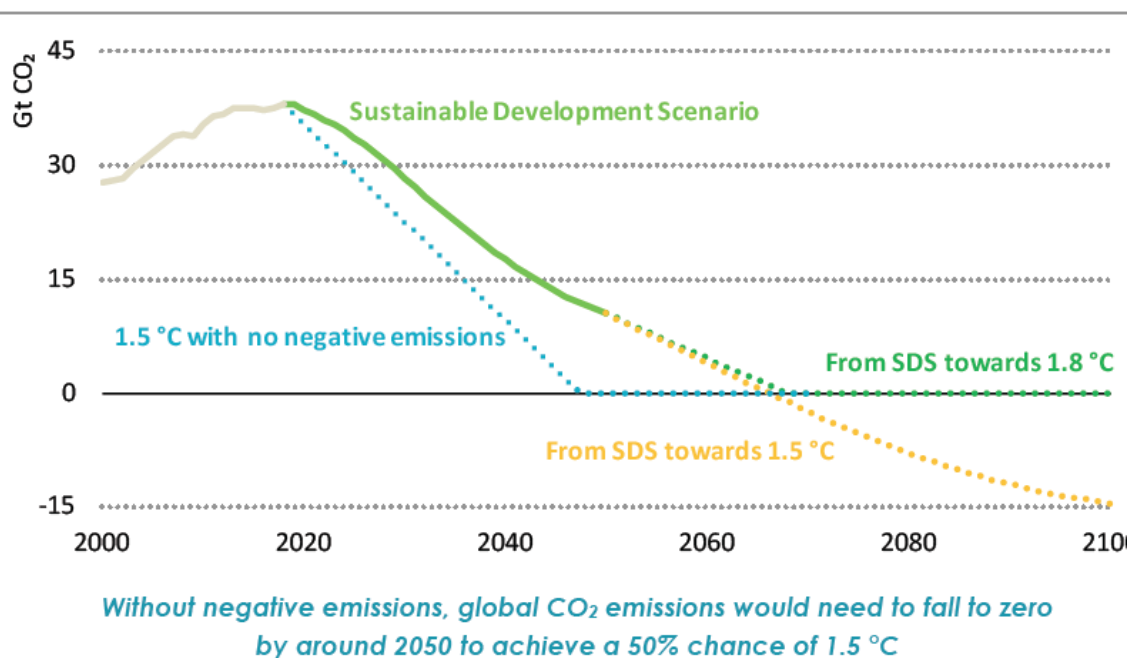
SR1.5 では 1.5°C (50%) の Remaining 炭素予算を 580 (770) GtCO₂ としている (前者は SAT、後者は GMST の場合)

SD シナリオでは 2070 年までの排出量は 880Gt (50%確率では 1.65°C)。

もし 2100 年までに 300Gt の NE があれば SD シナリオでも今後の累計排出量が 580Gt を下回り、確率 50%で 1.5°C達成が可能

但し Negative Emissions の規模、その悪影響とコストには不確実性がある

Figure 2.27 ▶ Emissions trajectories for total CO₂ emissions in the Sustainable Development Scenario and to limit warming to 1.5 °C

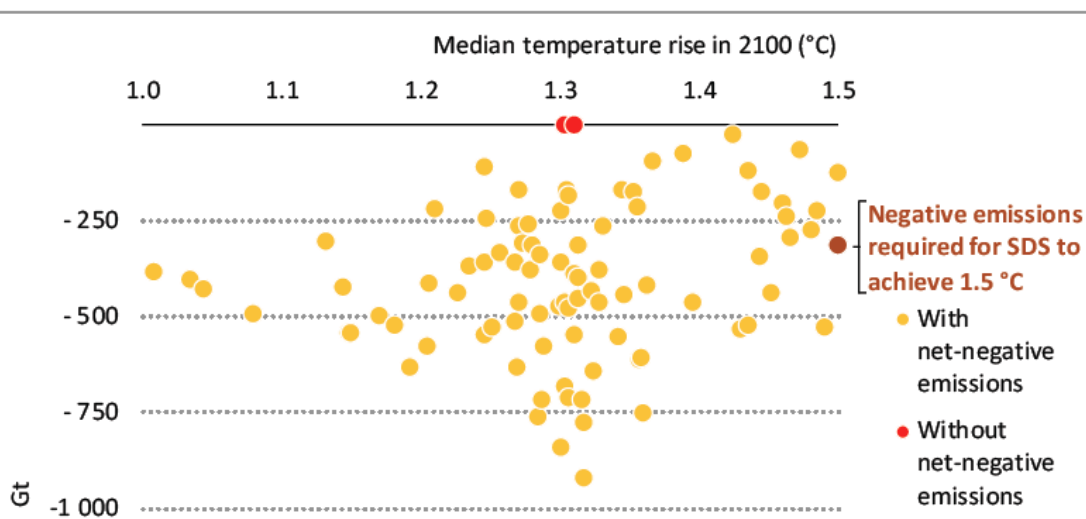


IPCC/SR1.5 の吟味

SR1.5 で 50%以上の確率で 1.5°C達成可能な 90 のシナリオの中 2つを除いて NE に頼っており (下記 Figure 2.28 の赤丸)、累計 NE の Median は 420Gt である (p. 123 及び Figure 2.28 p.124。この図から SD シナリオ目標達成の時期は 2100 年と推定される)。

2050年のSR1.5のNEのMedianは4.7Gt、これに対してSDシナリオは0.25Gt

Figure 2.28 ▶ Cumulative net-negative CO₂ emissions between 2018 and 2100 in 1.5 °C scenarios assessed by the IPCC



Only two of the 90 scenarios assessed by the IPCC with at least a 50% chance of 1.5 °C warming in 2100 achieve this without recourse to negative emissions

Notes: SDS = Sustainable Development Scenario. Cumulative from the point at which energy sector emissions reach net zero until 2100.

NE無しに1.5°Cを達成する為には2050年にゼロエミ達成が必要。そのためには2018年から毎年1.3Gtの削減が必要。これは毎年4.9億台の乗用車（全体の4割）をゼロエミ電源の電気自動車に換える、あるいは世界の石炭火力の14%の容量を閉鎖するのと同じ。Tremendous SDシナリオでも累計NE（主としてBECCS）が300Gt以上あれば1.5°C目標は達成可能であるが、BECCSの技術はunprovenで、種の多様性と食糧安全保障とTrade-offの関係にある。

NE技術は航空、鉄鋼、セメント部門のように削減が極めて困難な部門での排出を相殺する。

脱炭素に向けた将来の技術開発がない場合、また大幅NEが不可能な場合でSDシナリオで1.5°Cを達成しようとする、こうした部門での活動量の減少が必要になるだろう（実現不可能の間接的表現）。

発電部門の脱炭素化技術はあるが、それを 2050 年までに達成するのはコストも含めて容易ではない。経済全体で 2050 年にゼロエミを実現するには、発電部門では先進国は 2030 年代、途上国も 2040 年程度迄にゼロエミを実現していなくてはならない。既存の火力発電所には CCS を付帯せねばならない。

需要面

現状は車の走行距離で 5%、暖房の 11%、産業の 17%が低炭素 source に過ぎない。2050 年ゼロ (1.5°C) には従来車は先進国で 2030 年、途上国ではその数年あとに販売停止、電気自動車は 2030 年に 1 億台 (現状は 200 万台) 建物、鉄鋼・セメントなどの産業部門、航空、トラック等の削減がきわめて困難な分野でも大幅に削減が必要であるが、そのためには既存新築住宅への規制、Public Acceptance、行動様式の変化が必要。後者の例として航空機利用抑制、肉食低減などがある。

燃料 Mix の観点から、鉄鋼生産の 3/4 は石炭によっているが、今後 20 年間で世界の鉄鋼プラントの 80%が改造または閉鎖されねばならない。

石油は航空機などで引き続き使われるだろうが石油需要は 2050 年にかけて大幅減となる (石油産業の将来に関わる問題)。

上記を総合判断し、IEA は 1.5°Cシナリオではなく、SD シナリオを設定した。これでもパリ協定と整合的である。この場合でももし今世紀後半に累計 300Gt の Negative Emissions があれば 1.5°Cも視野に入る、としている。

以上

Table 2.1 ▶ **Key energy indicators in the Sustainable Development and Stated Policies scenarios** 2つのシナリオのGap

	2018	Sustainable Development		Stated Policies	
		2030	2050	2030	2050
SDG 7: Access (million people)					
Population without access to electricity	862	0	0	623	736
Population without access to clean cooking	2 651	0	0	2 302	1 538
Related premature deaths	2.5	0.6	0.8	2.4	1.8
SDG 13: Energy-related GHG emissions					
CO₂ emitted (Gt)	33.2	25.2	9.75	34.9	35.9
CO ₂ captured with CCUS (Mt)	32	763	2 776	71	154
Methane (CH ₄) (Mt)	127	51	30	116	108
<i>of which from oil and gas operations</i>	77	20	14	66	63
SDG 3: Air pollution (million people)					
Premature deaths from energy-related outdoor air pollution	3.0	2.7	3.0	3.6	5.1
Primary energy supply					
Total primary energy supply (Mtoe)	14 314	13 750	13 110	16 311	18 832
Share of low-carbon supply	19%	30%	61%	23%	29%
Energy intensity of GDP (toe/\$1 000)	106	67	37	79	53
<i>average annual reduction from 2018</i>		3.8%	3.2%	2.4%	2.1%
Power generation					
CO₂ intensity of power (g CO₂/kWh)	476	237	23	370	262
Share of low-carbon generation	36%	61%	94%	46%	57%
<i>of which renewables</i>	71%	80%	84%	80%	86%
Final consumption					
Total final consumption (Mtoe)	9 954	9 904	9 225	11 607	13 555
<i>of which renewables</i>	10%	21%	44%	14%	21%
Industry					
Share of electricity	28%	31%	40%	29%	31%
CO ₂ intensity (t CO ₂ /\$1 000 VA)	0.26	0.15	0.06	0.20	0.15
Transport					
Electric cars % of new car sales	2%	47%	72%	15%	27%
Carbon intensity of new PLDVs (g CO ₂ /v-km)	175	62	21	121	90
Carbon intensity of truck fleet (g CO ₂ /t-km)	82	55	21	65	50
Shipping emissions (Mt CO₂)	878	832	435	1 064	1 276
Aviation emissions (Mt CO₂)	982	925	625	1 217	1 661
Buildings					
Energy intensity: residential (toe/dwelling)	1.04	0.72	0.59	0.94	0.88
Energy intensity: services (toe/\$1 000 VA)	0.016	0.012	0.007	0.014	0.010

STEP と SDS の主たる相違は CCS（前者は 154Mt、後者は 2776Mt）、1 次エネルギー供給も 30%減、低炭素発電は 57%に対して 94%、運輸は電気自動車増、海運航空での減（But How?）。p.83