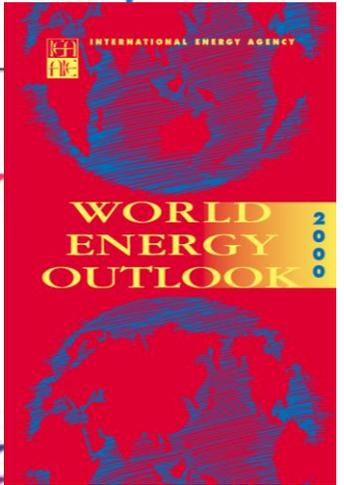
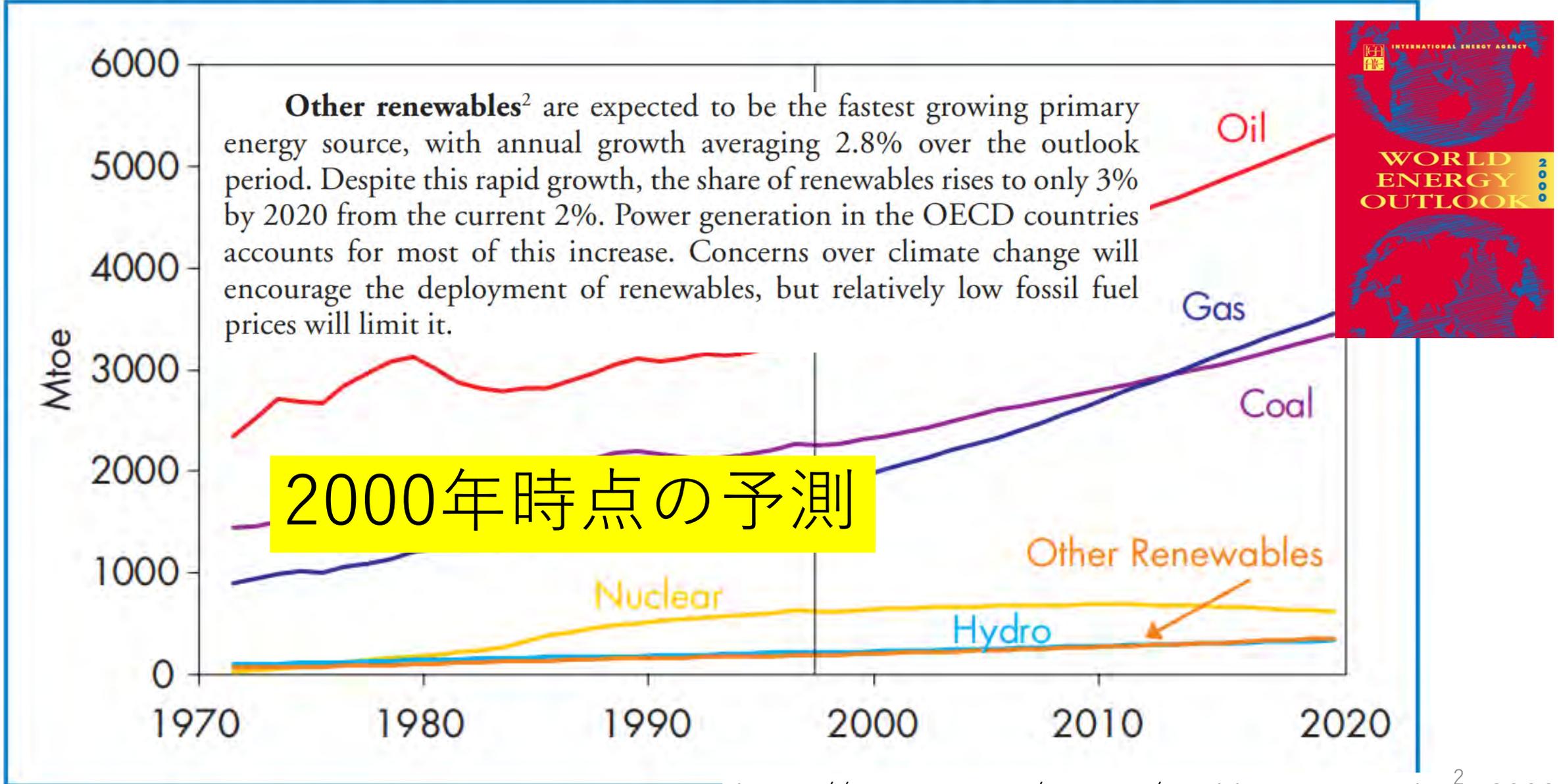


# これまでと、これからのエネルギー・温暖化シナリオ

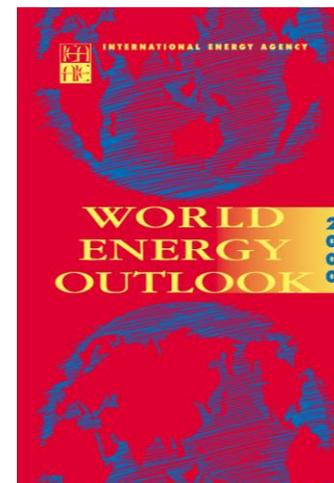
藤野純一 (fujino@iges.or.jp)

日本学術会議公開シンポジウム  
「2050年カーボンニュートラル実現に向けたエネルギーシナリオ」  
2022年4月1日@オンライン開催

Figure 2.1: World Primary Energy Supply by Fuel, 1971-2020

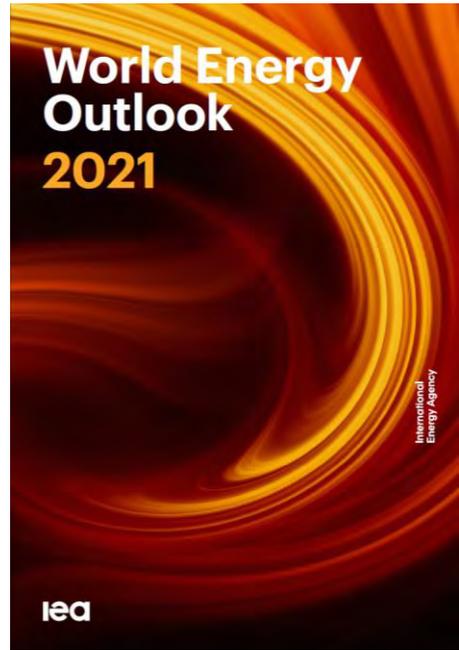
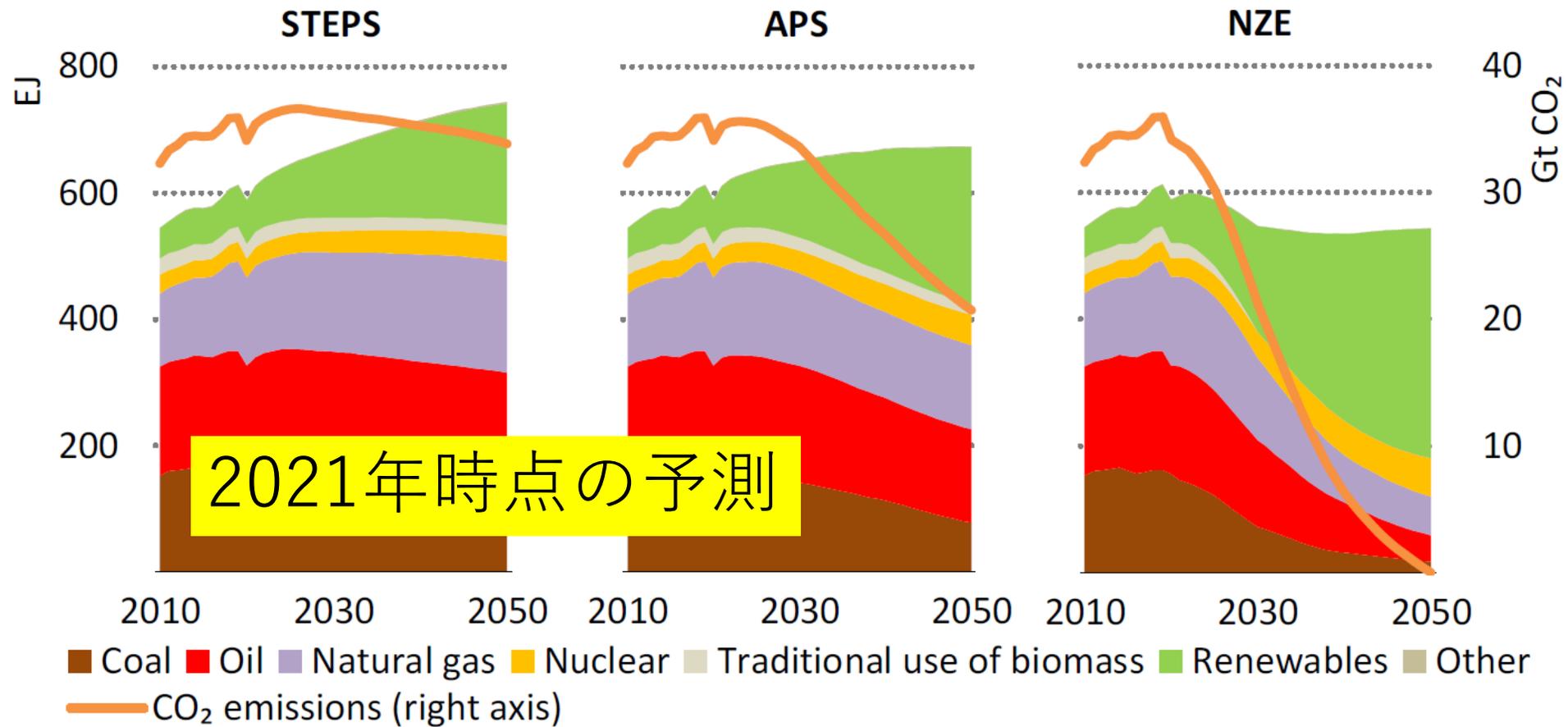


	Energy Demand (Mtoe)				Shares (%)				Growth Rates (% per annum)		
	1971	1997	2010	2020	1971	1997	2010	2020	1971-1997	1997-2010	1997-2020
<b>Total Primary Energy Supply</b>	<b>5012</b>	<b>8743</b>	<b>11390</b>	<b>13710</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>2.2</b>	<b>2.1</b>	<b>2.0</b>
Coal	1446	2255	2820	3350	29	26	25	24	1.7	1.7	1.7
Oil	2461	3541	4589	5494	49	41	40	40	1.4	2.0	1.9
<i>of which International Marine Bunkers</i>	<i>118</i>	<i>132</i>	<i>159</i>	<i>181</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>0.4</i>	<i>1.4</i>	<i>1.4</i>
Gas	900	1911	2724	3551	18	22	24	26	2.9	2.8	2.7
Nuclear	29	624	690	617	1	7	6	5	12.5	0.8	0.0
Hydro	104	221	287	336	2	3	3	2	2.9	2.1	1.8
Other Renewables	72	189	279	361	1	2	2	3	3.8	3.0	2.8
<b>Power Generation</b>	<b>1199</b>	<b>3150</b>	<b>4275</b>	<b>5201</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>3.8</b>	<b>2.4</b>	<b>2.2</b>
Coal	587	1374	1864	2305	49	44	44	44	3.3	2.4	2.3
Oil	268	279	316	328	22	9	7	6	0.1	1.0	0.7
Gas	206	556	966	1409	17	18	23	27	3.9	4.3	4.1
Nuclear	29	624	690	617	2	20	16	12	12.5	0.8	0.0
Hydro	104	221	287	336	9	7	7	6	2.9	2.1	1.8
Other Renewables	5	97	152	206	0	3	4	4	11.9	3.5	3.3
<b>Own Use &amp; Losses</b>	<b>587</b>	<b>1084</b>	<b>1398</b>	<b>1715</b>					<b>2.4</b>	<b>2.0</b>	<b>2.0</b>
<i>of which Electricity</i>	<i>75</i>	<i>213</i>	<i>300</i>	<i>385</i>					<i>4.1</i>	<i>2.7</i>	<i>2.6</i>
<b>Total Final Consumption</b>	<b>3627</b>	<b>5808</b>	<b>7525</b>	<b>9117</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>1.8</b>	<b>2.0</b>	<b>2.0</b>
Coal	620	635	693	757	17	11	9	8	0.1	0.7	0.8
Oil	1888	2823	3708	4493	52	49	49	49	1.6	2.1	2.0
Gas	608	1044	1338	1606	17	18	18	18	2.1	1.9	1.9
Electricity	377	987	1423	1846	10	17	19	20	3.8	2.9	2.8
Heat	68	232	244	273	2	4	3	3	4.8	0.4	0.7
Renewables	66	87	118	142	2	1	2	2	1.0	2.4	2.2



単位 (EJ)	2020年予測値 (WEO2000)	2020年実績値 (WEO2021)	予測値/ 実績値
Coal	80.0	155.8	1.9
Oil	131.2	171.4	1.3
Gas	84.8	139.1	1.6
Nuclear	14.7	29.4	2.0
Hydro	8.0	15.6	1.9
Other renewables	8.6	57.3	<b>6.6</b>
Total	327.4	568.6	<b>1.7</b>

Figure 4.1 ▶ Total primary energy supply by fuel and scenario



IEA. All rights reserved.

Closing the implementation gap between STEPS and APS requires achieving current pledges; new pledges are needed to close the “ambition gap” from the APS to NZE

STEPS = Stated Policies Scenario;  
 APS = Announced Pledges Scenario  
 Net Zero Emissions by 2050 Scenario

第374回 定例研究会 2002年11月20日

# わが国の長期エネルギー需給展望

—— 環境制約・市場自由化の下での  
2020年までの見通し ——

(財)日本エネルギー経済研究所  
理事 研究統括本部長 兼計量分析部長  
伊藤 浩吉

# 一次エネルギー総供給【基準ケース】

<https://eneken.iej.or.jp/data/pdf/523.pdf>

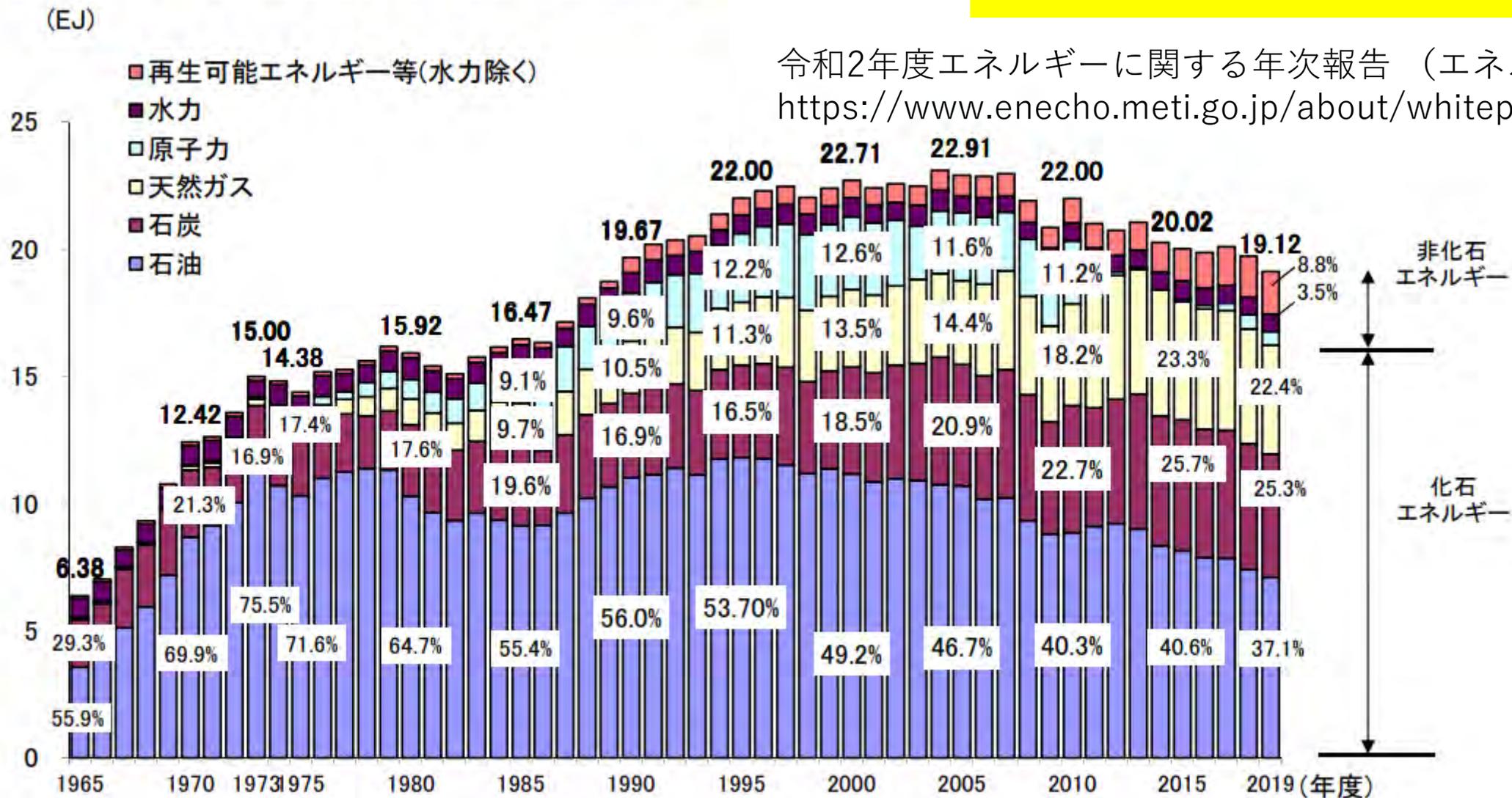
## 2002年時点の予測

(石油換算百万トン)

	実績				予測				年平均伸び率(%)		
	1990年度	構成比(%)	2000年度	構成比(%)	2010年度	構成比(%)	2020年度	構成比(%)	2000/1990	2010/2000	2020/2010
石炭	81	16.6	100	17.9	108	18.7	111	18.9	2.2	0.7	0.3
石油	284	58.3	289	51.8	279	48.4	266	45.4	0.2	-0.4	-0.5
天然ガス	49	10.1	73	13.1	86	14.9	93	15.8	4.1	1.5	0.8
原子力	46	9.4	69	12.4	75	13.1	87	14.8	4.3	0.9	1.4
水力・地熱	21	4.3	20	3.6	20	3.5	20	3.5	-0.4	0.1	0.0
新エネルギー	6	1.3	6	1.2	8	1.4	9	1.6	0.4	2.0	1.8
一次エネ総供給	486	100.0	559	100.0	576	100.0	586	100.0	1.4	0.3	0.2
実質GDP(兆円)	470		536		624		697		1.3	1.5	1.1
GDP原単位(90年度100)	100		101		89		81		0.1	-1.2	-0.9
CO2排出量	287		316		325		323		1.0	0.3	-0.1
(炭素換算百万トン) 1990年度比	-		10 %up		13 %up		12 %up				

石油依存度は低下するものの太宗を占める。天然ガス、石炭の割合が増加。

令和2年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書2021）  
<https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2021/pdf/>



(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。

(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(以下同様)。

出典: 経済産業省「総合エネルギー統計」を基に作成

## 2020年時点の実績

日本

単位 (EJ)	2000 実績	2010 実績	2020 予測	2020 実績	2020 比較
石炭	2.4	3.1	2.7	2.7	1.0
石油	6.9	5.5	6.4	4.0	0.6
天然ガス	1.7	2.5	2.2	2.6	1.2
原子力	1.6	1.5	2.1	0.2	0.1
水力・地熱	0.5	0.4	0.5	0.4	0.9
新・再 エネルギー	0.1	0.6	0.2	1.1	5.0
合計	13.3	13.6	14.0	11.1	0.8

# 視点

## 過去のシナリオ

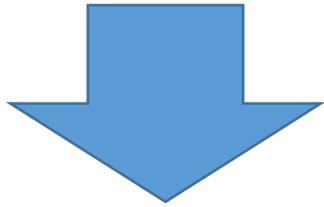
- 2000年から2020年への世界・日本の経緯を見ると、世界では予想以上にエネルギー需要が増え（1.7倍）、日本は少なかった（0.8倍）。世界（6.6倍）、日本（5.0倍）とも再エネは予想以上に増加した。
- IEA（国際エネルギー機関）は、より積極的にゼロカーボン・再エネシフトのシナリオを示している。

→ シナリオは水晶玉的な結果ではなく、その当時の最大限想定可能なインプットを、モデル開発者が考えるロジックに基づいて構築されたモデルに投入して、出力された結果。適宜、バウンダリー（境界）を設定してシミュレーション分析が行われている。

シナリオが作成された背景を理解し、シナリオは将来を考える定量的な補助線的なものとして捉え、活用して欲しい。

一方で、より幅広い観点での便益（投資／産業創出・雇用・地域活性化等）についても客観的なデータ・予測を示すことが求められる。

# IPCC 1.5°C 特別報告書



世界

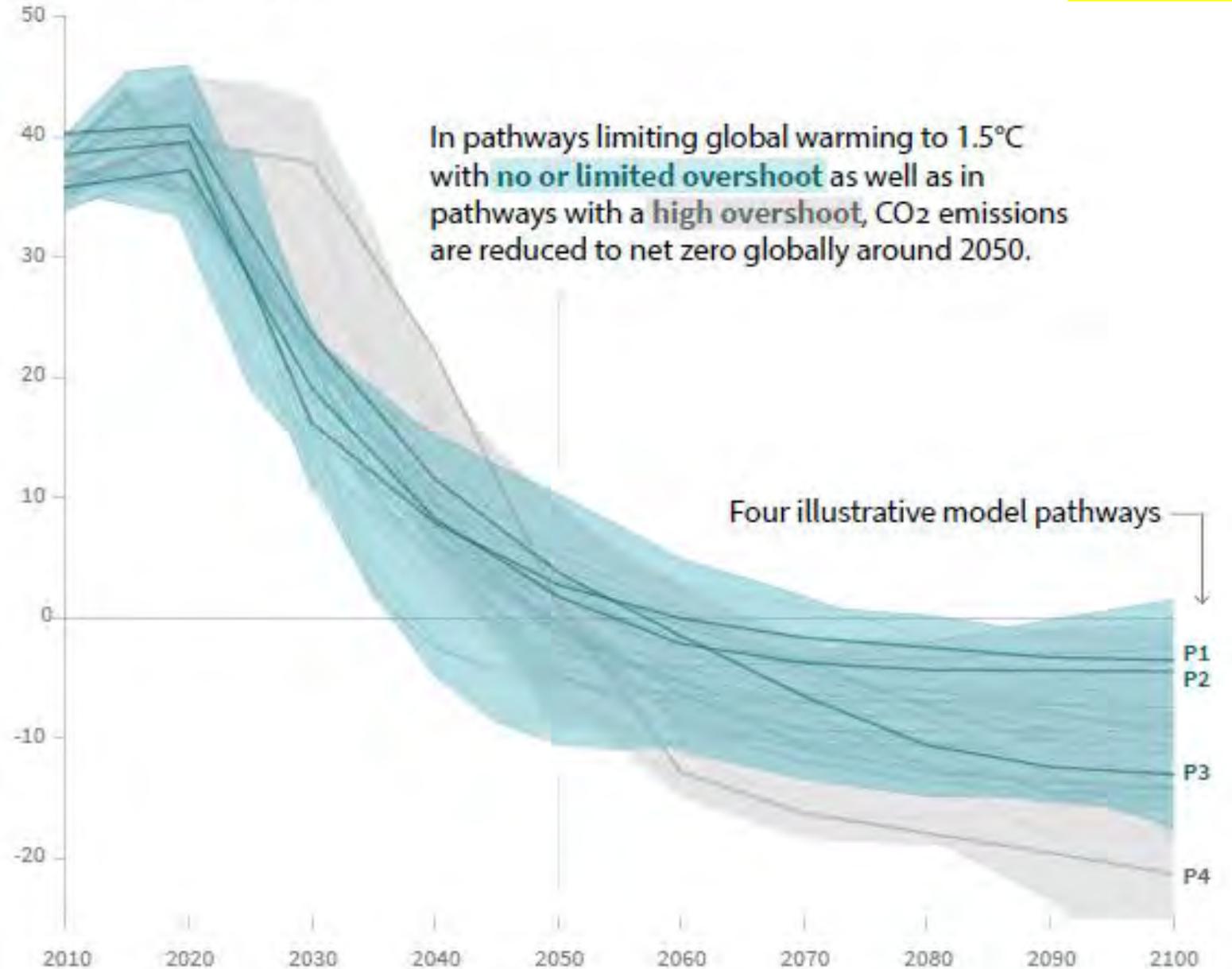
グラスゴー気候合意にも  
この成果が活用されている

## IV. Mitigation

17. Also recognizes that limiting global warming to 1.5 ° C requires rapid, deep and sustained reductions in global greenhouse gas emissions, including reducing global carbon dioxide emissions by 45 per cent by 2030 relative to the 2010 level and to net zero around mid-century, as well as deep reductions in other greenhouse gases;

## Global total net CO<sub>2</sub> emissions

Billion tonnes of CO<sub>2</sub>/yr



# 日本

(百兆 kcal)

60  
50  
40  
30  
20  
10  
0

- 石炭
- 石油
- 天然ガス
- 水力
- 原子力
- 薪炭
- 再エネ

平成29年度  
エネルギーに関する年次報告  
本電子媒体(PDF)は原本と相違ない。  
平成30年6月8日  
経済産業省 資源エネルギー庁  
第196回国会(常会)提出

## 薪炭から石炭へ

・薪炭 70% → 14%  
・石炭 27% → 78%  
(1890年→1920年)

(1890)  
薪炭70%  
石炭27%

(1920)  
薪炭14%  
石炭78%  
石油 2%

(1940)  
石炭66%  
石油 7%  
水力16%

(1960)  
石炭41%  
石油38%  
水力15%

## 石炭から石油へ

・石炭 66% → 15%  
・石油 7% → 77%  
(1940年→1973年)

(1973)  
石炭15%  
石油77%  
水力 4%

1962年  
原油輸入自由化

1973年、79年  
石油危機  
1973年  
資工庁設置

1997年  
京都議定書

2011年  
東日本大震災  
1 F 事故

## エネルギー多様化

石油・石炭  
92% → 70%  
(1973年→2000年)

(2000)  
石炭18%  
石油52%  
ガス13%  
原子力12%  
再エネ5%

(2010)  
石炭22%  
石油44%  
ガス18%  
原子力11%  
再エネ 5%

(2016)  
石炭25%  
石油44%  
ガス23%  
原子力1%  
再エネ7%

## 温暖化の要請

・石油・石炭 70% → 66%  
・ガス・原子力・再エネ 30% → 34%  
(2000年→2010年)

1920年  
石炭割合が最高へ  
(石炭：78%)

1946年  
水力割合が最高へ  
(水力：40%)

1973年  
石油割合が最高へ  
(石油：77%)

1998年  
原子力割合が最高へ  
(原子力：14%)

2014年  
天然ガス割合が最高へ  
(天然ガス：24%)

[百万kl]	2013年度		2030年度	
石油等	233	43%	130	31%
石炭	137	25%	80	19%
天然ガス	127	23%	80	18%
原子力	2	0%	40	9~10%
再エネ	46	8%	100	22~23%
水素・アンモニア	0	0%	2	1%
合計	544	100%	430	100%

2020年度実績

36%

25%

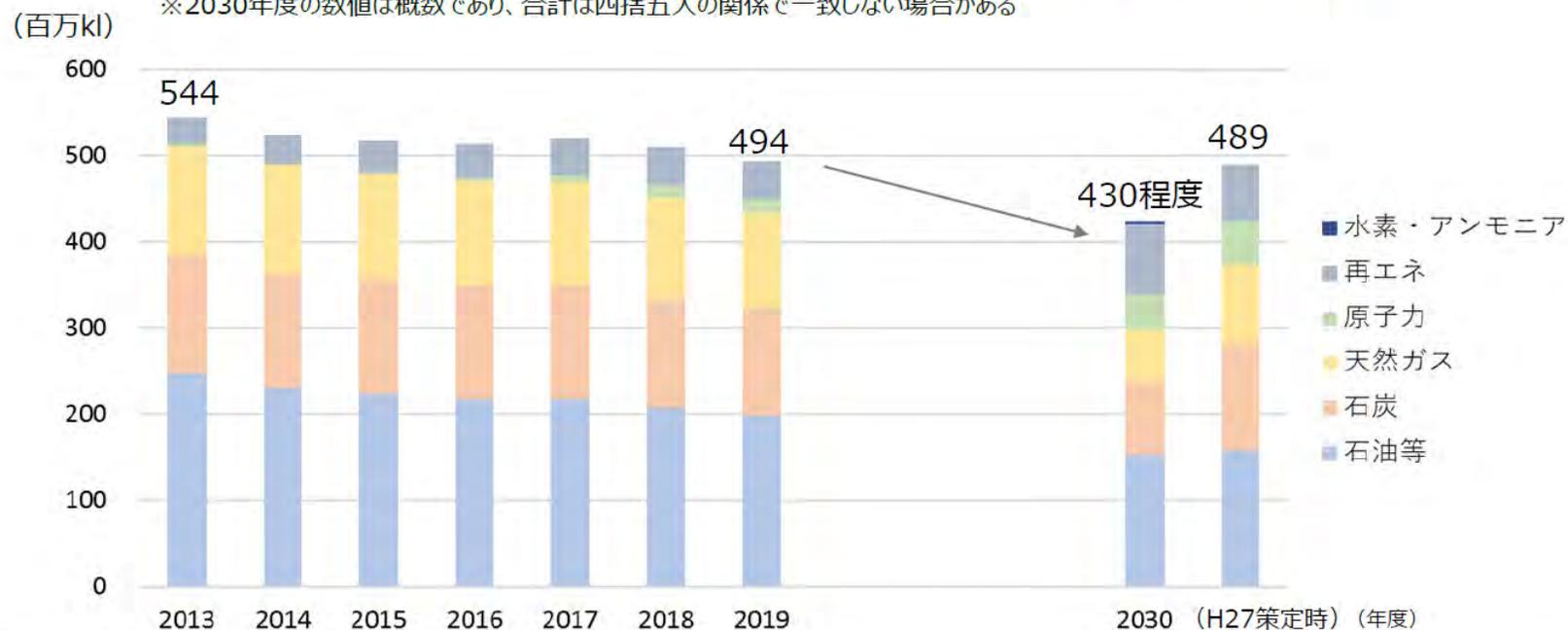
24%

2%

13%

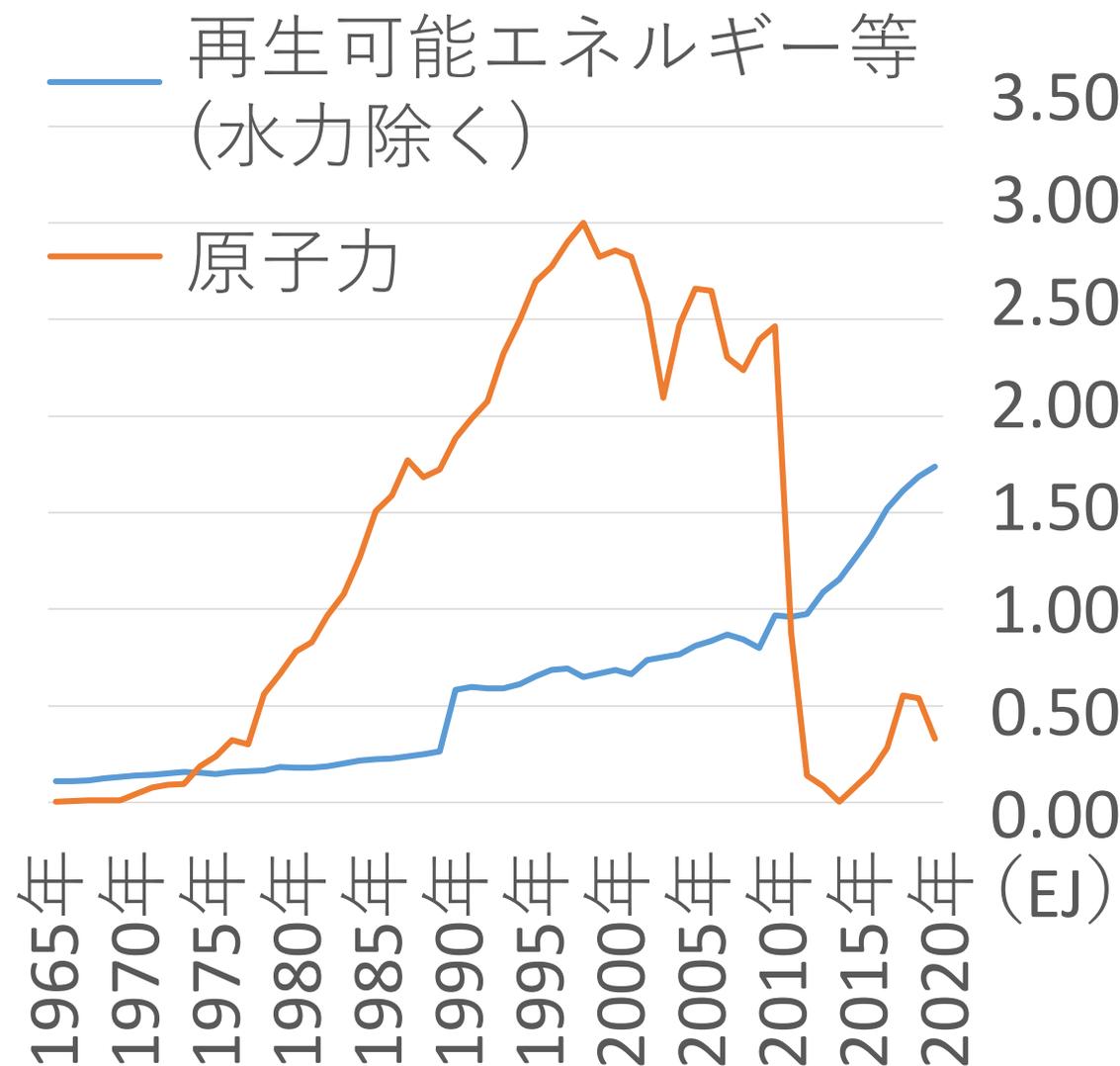
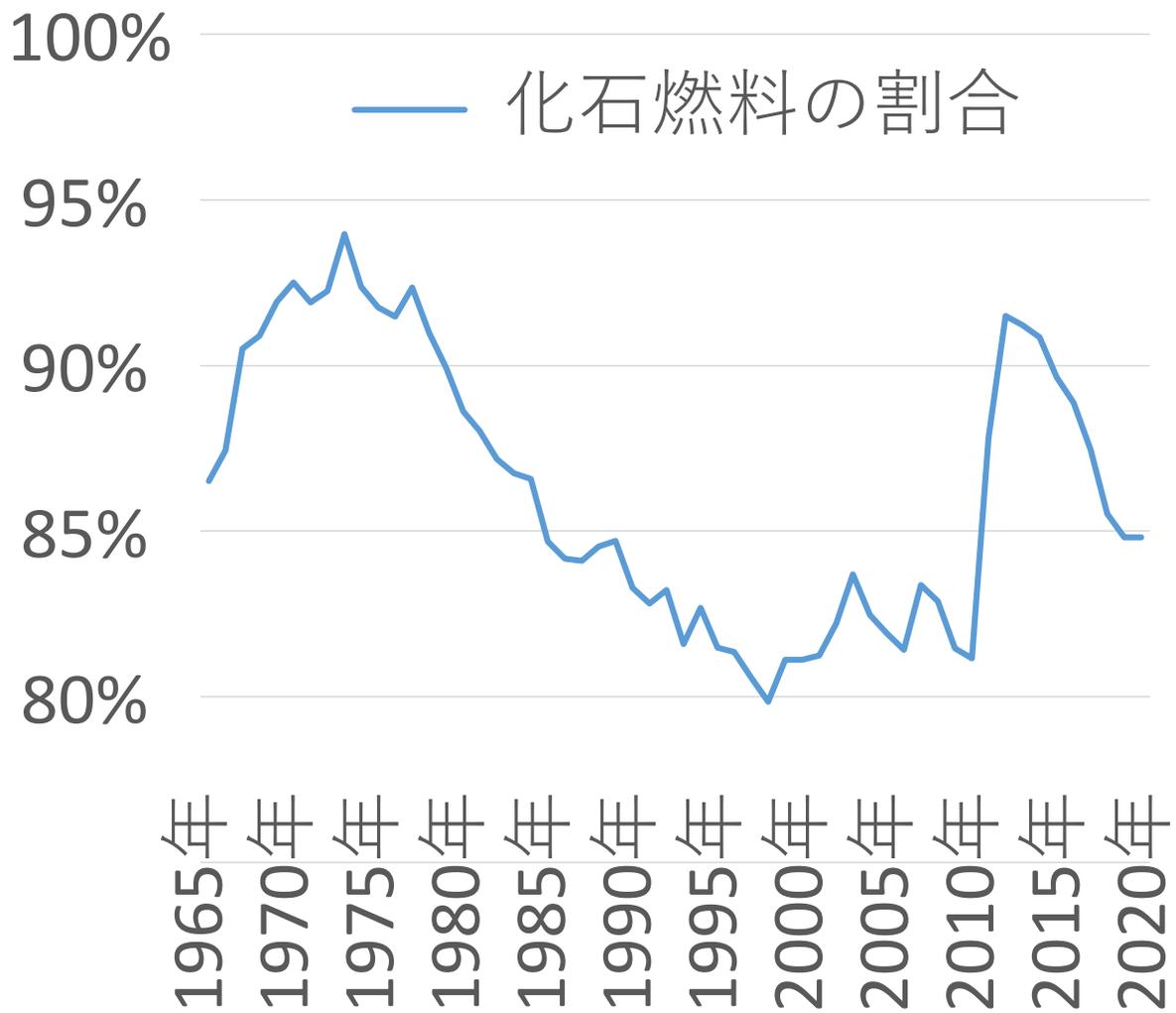
0%

※2030年度の数値は概数であり、合計は四捨五入の関係で一致しない場合がある



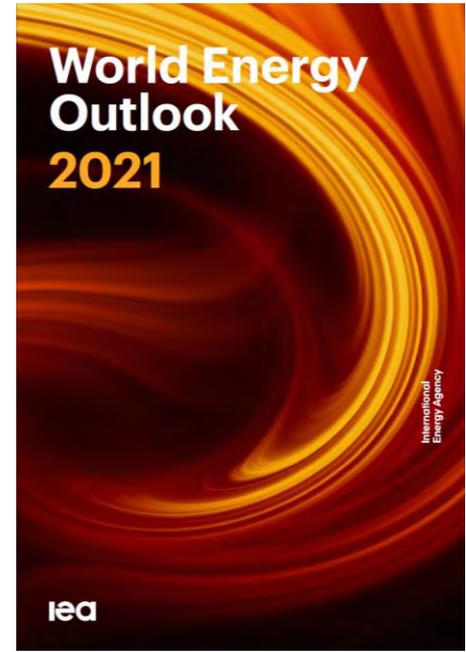
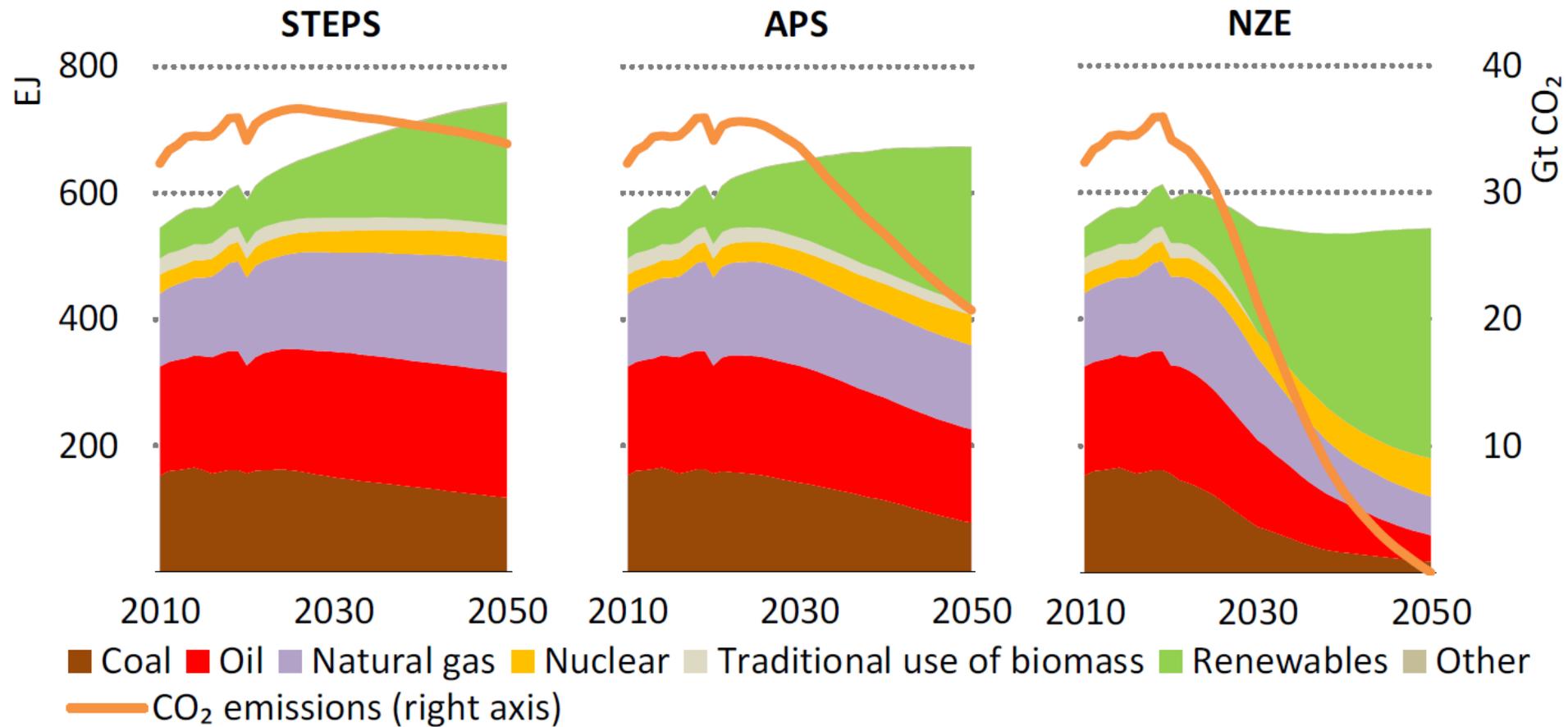
※ 再エネには、未活用エネルギーが含まれる

# 日本



資源エネルギー庁の総合エネルギー統計から作成

Figure 4.1 ▶ Total primary energy supply by fuel and scenario

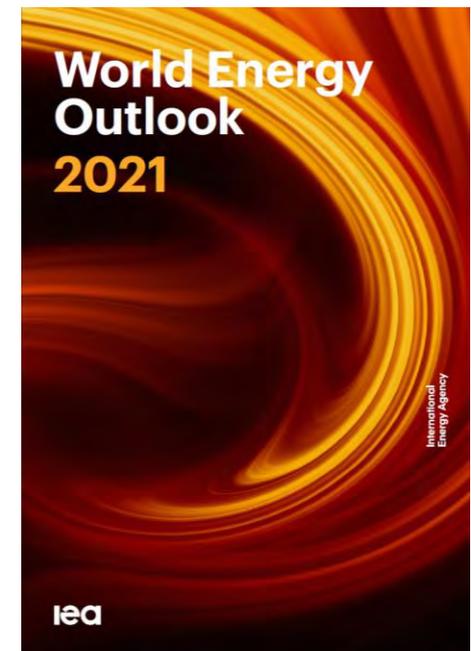
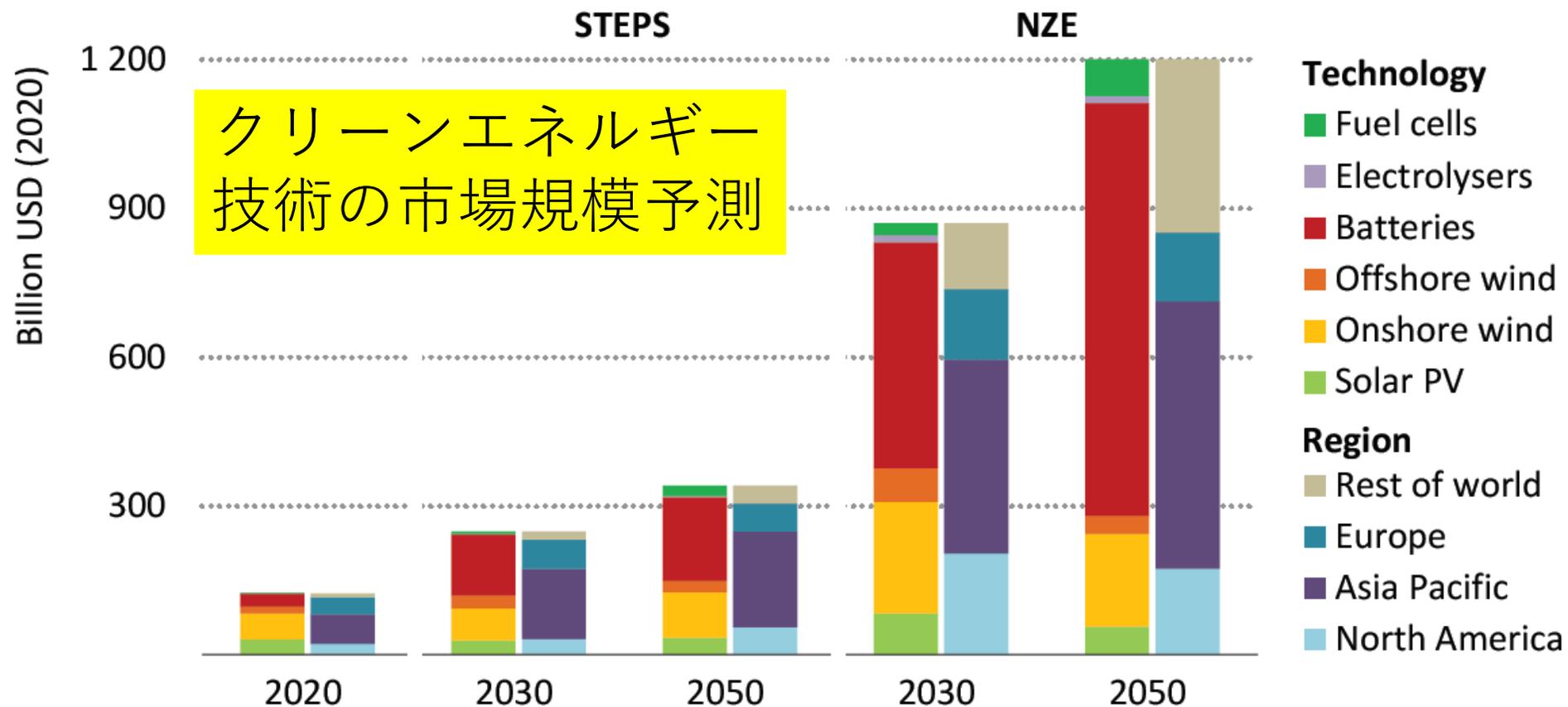


IEA. All rights reserved.

*Closing the implementation gap between STEPS and APS requires achieving current pledges; new pledges are needed to close the “ambition gap” from the APS to NZE*

STEPS = Stated Policies Scenario;  
APS = Announced Pledges Scenario  
Net Zero Emissions by 2050 Scenario

**Figure 1.3** ▶ Estimated market size for selected clean energy technologies by technology and region, 2020-2050

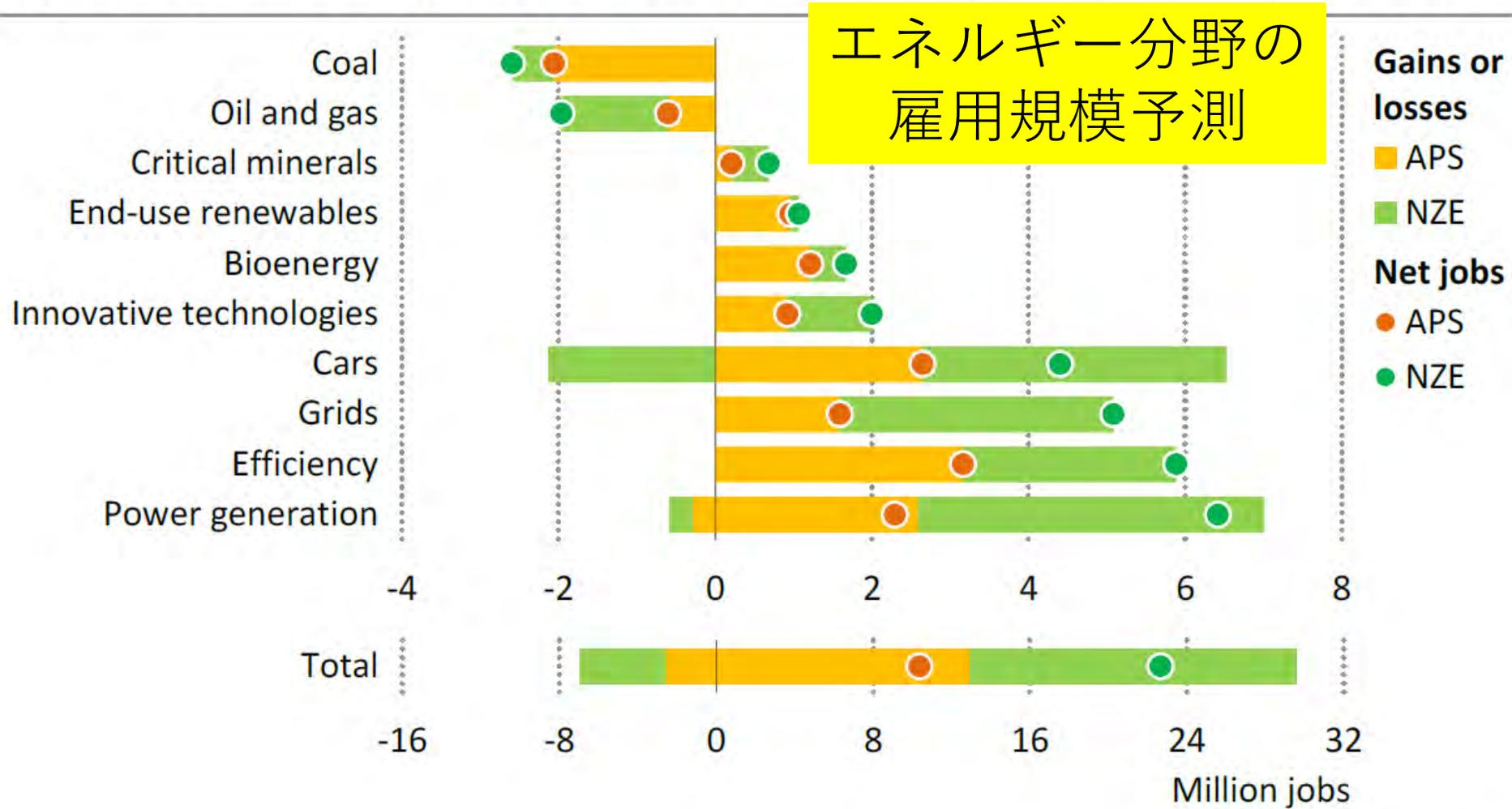


IEA. All rights reserved.

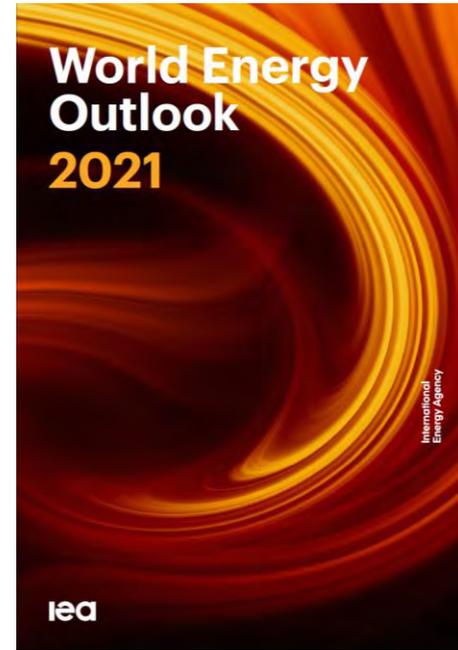
*There is explosive growth in clean energy technologies over the next decade in the NZE, leading to a clean energy market worth a cumulative USD 27 trillion by 2050*

**Figure 1.15** ▶ Employment growth in clean energy and related areas to 2030

世界

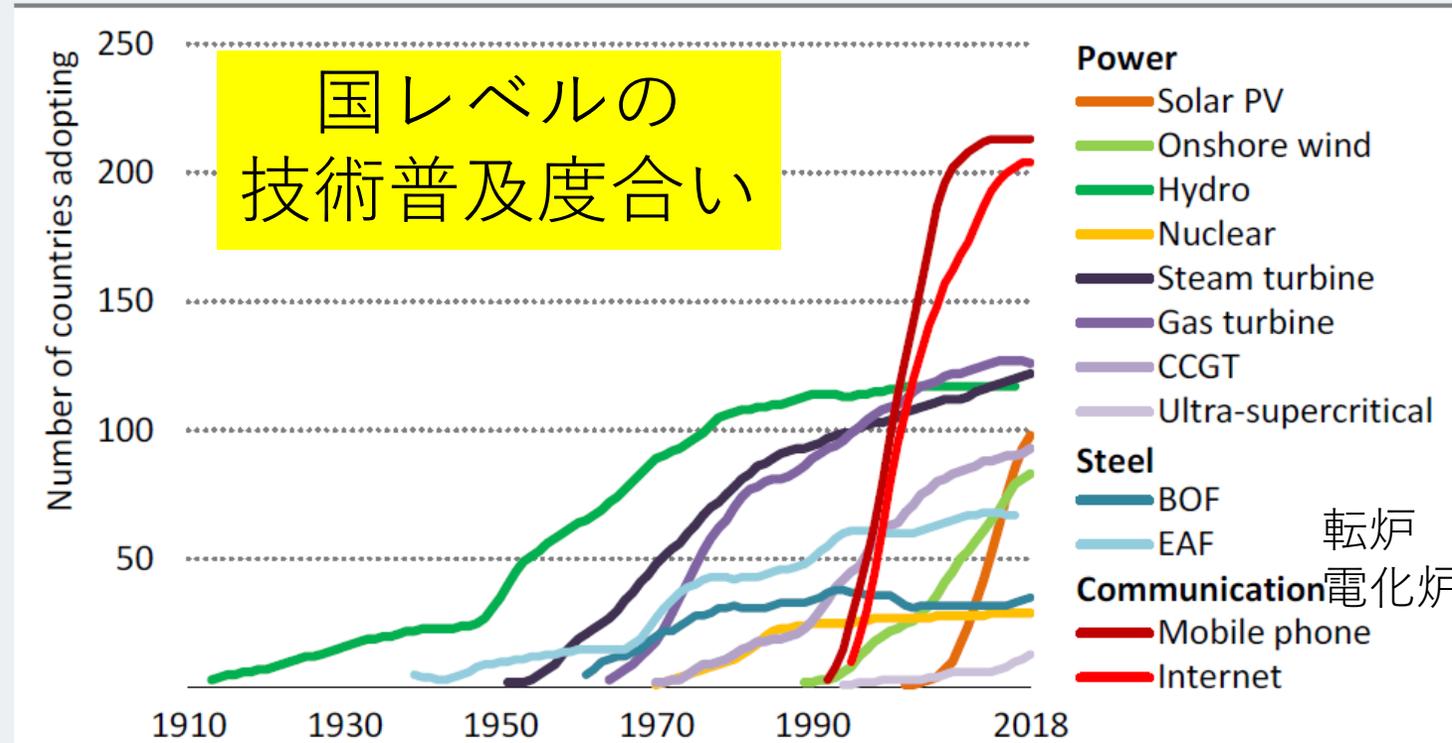


IEA. All rights reserved.



*Clean energy job gains outpace losses in fossil fuels jobs in the APS and job growth in clean energy and related segments doubles in the NZE*

**Figure 3.5** ▶ Number of countries that have adopted selected energy and non-energy technologies, 1910-2018



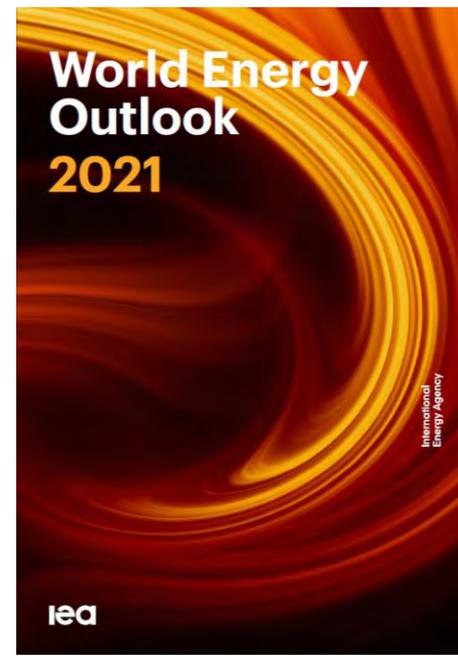
IEA. All rights reserved.

*Compared with historical rates, a substantial acceleration in international diffusion of clean energy technologies is required on the path to net zero emissions*

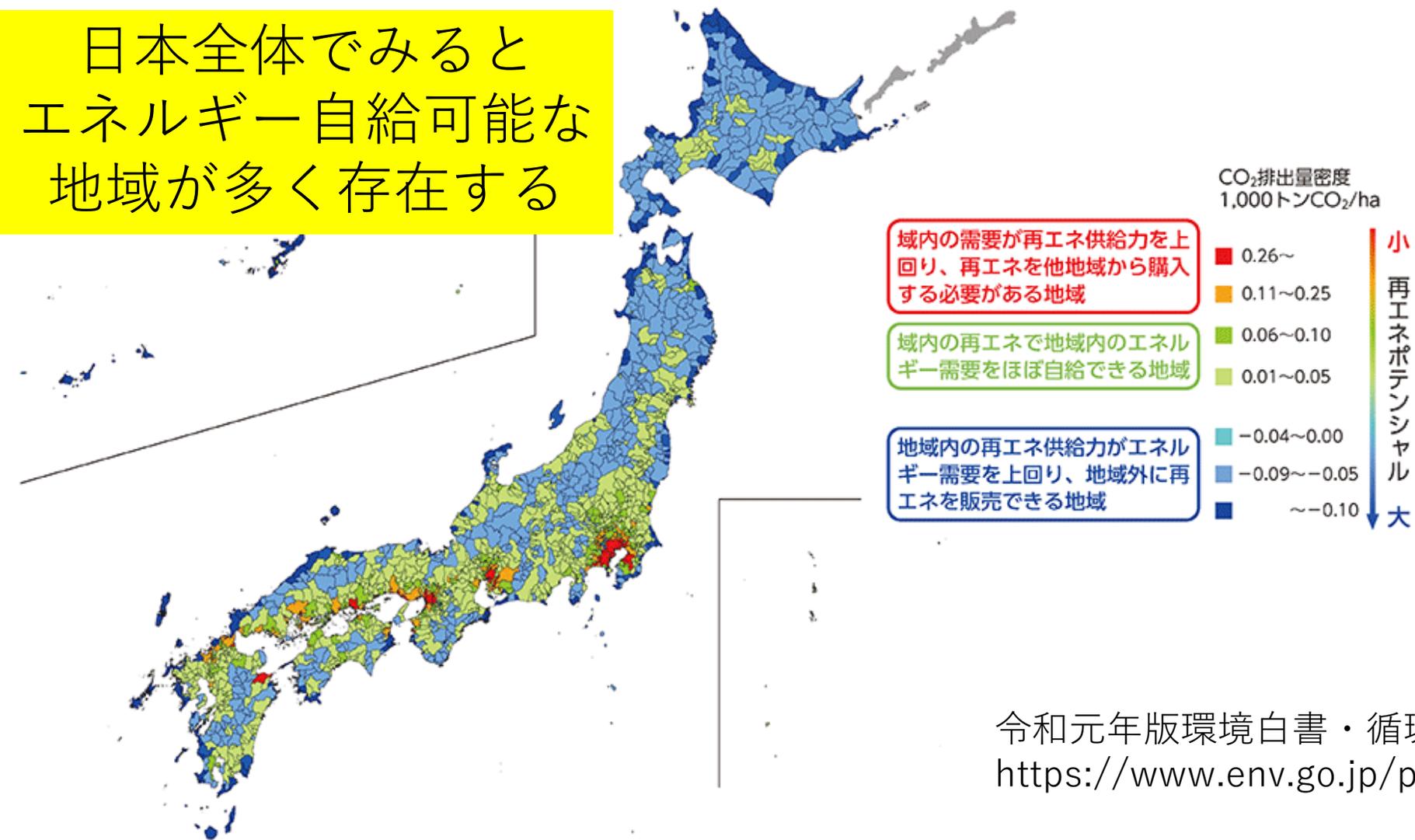
Notes: CCGT = combined-cycle gas turbine; BOF = basic oxygen furnace; EAF = electric arc furnace. Adoption is not defined here as the first observed exploitation of the technology, but rather exploitation at or above a threshold level, defined as 3% of the maximum ever observed per capita technology exploitation of the early adopters.

Sources: IEA calculations based on data from Comin and Hobijn, (2009); Maddison Project Database, (2020); S&P Global (March 2021); WSA, (various years); World Bank, (2021).

世界



日本全体で見ると  
エネルギー自給可能な  
地域が多く存在する

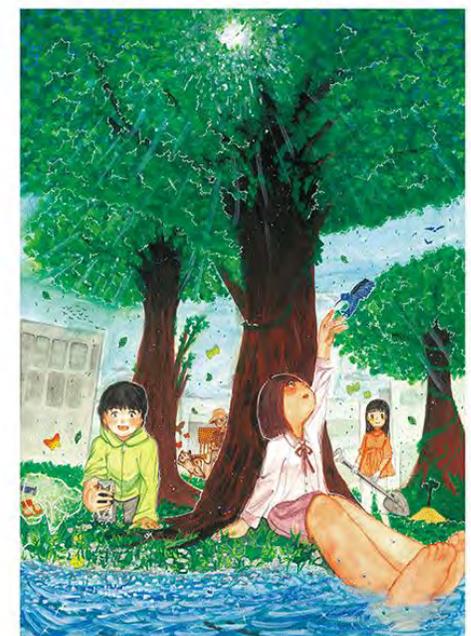


令和元年版

# 環境白書



循環型社会白書 / 生物多様性白書



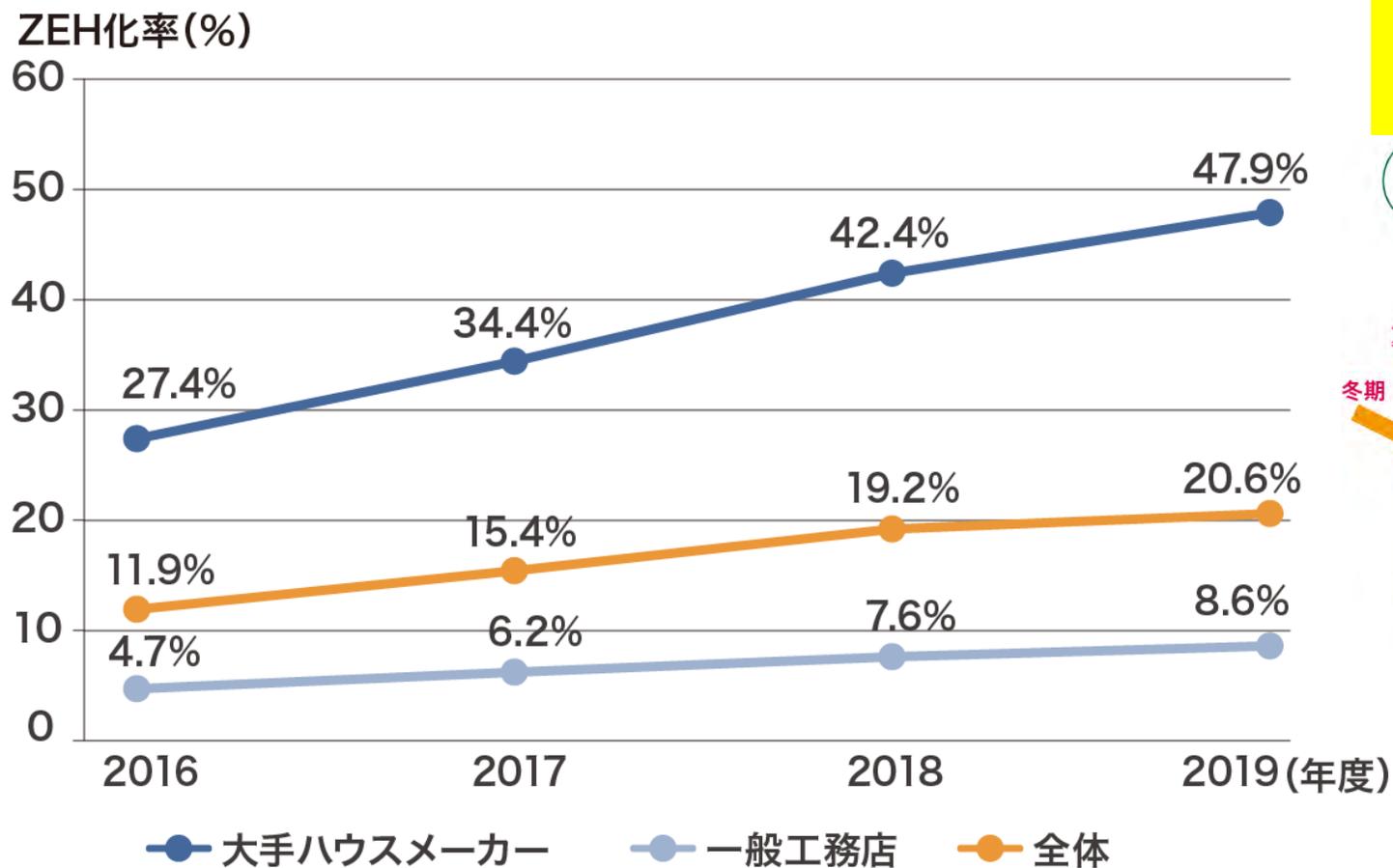
持続可能な未来のための地域循環共生圏  
~気候変動影響への適応とプラスチック資源循環の取組~

2018/19

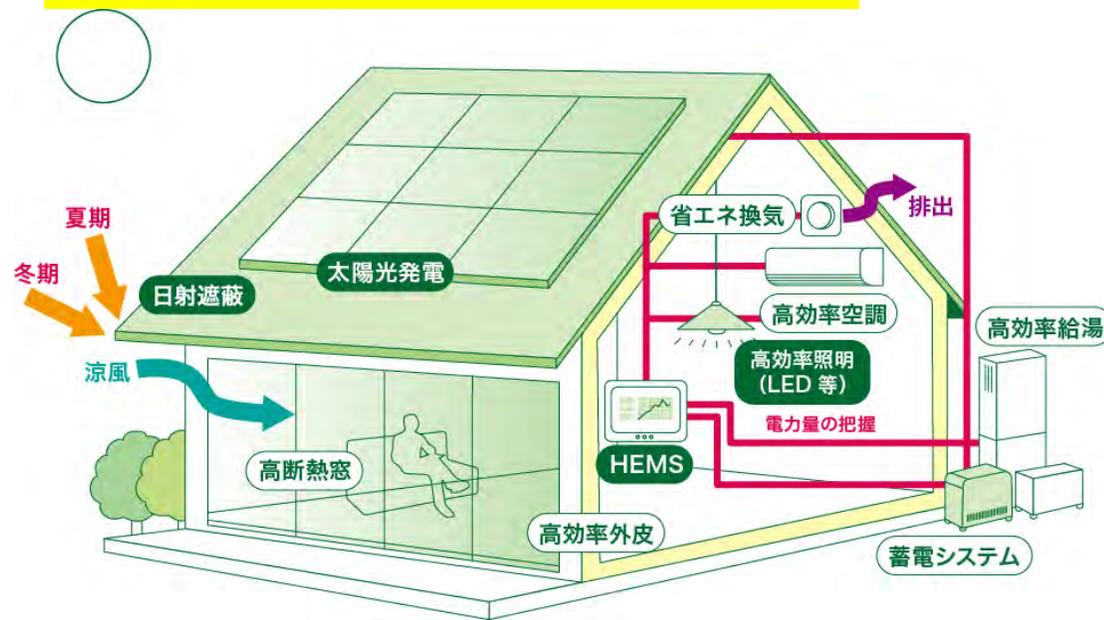
令和元年版環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書  
<https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/r01/index.html>

注：市町村単位の電力エネルギー（太陽光（住宅用、公共系等）、陸上風力、中小水力（河川部）、地熱発電）導入ポテンシャル（設備容量）から年間電力発電量を求めCO<sub>2</sub>換算。市町村単位の熱エネルギー（太陽熱、地中熱）導入ポテンシャルは熱量ベースをCO<sub>2</sub>換算。洋上風力については、海上の風速計測地点から最寄りの市町村（海岸線を有する）に対して送電することを仮定して、各市町村の風速帯別の導入ポテンシャル（設備容量）から年間電力発電量を求めてCO<sub>2</sub>換算。市町村のCO<sub>2</sub>排出量から差し引いて図面を作成。CO<sub>2</sub>換算に当たり、電力エネルギーは各地域の電力事業者の電力CO<sub>2</sub>排出係数（トンCO<sub>2</sub>/kWh）、熱エネルギーは原油のCO<sub>2</sub>排出係数（トンC/GJ）を用いてCO<sub>2</sub>換算。

# 新築注文住宅のZEH化率の推移



ZEH住宅の普及は進んでいるが、目標（2020年度50%）から遅れており、省エネ基準も低い



区分	国の省エネ基準	ZEH (ゼッチ)	とっとり健康省エネ住宅性能基準		
			T-G1	T-G2	T-G3
基準の説明	次世代基準 (H11年)	2020年標準 政府推進	冷暖房費を抑えるために必要な <b>最低限レベル</b>	経済的で快適に生活できる <b>推奨レベル</b>	優れた快適性を有する <b>最高レベル</b>
断熱性能 U <sub>A</sub> 値	0.87	0.60	0.48	0.34	0.23
気密性能 C値	—	—	1.0	1.0	1.0
冷暖房費削減率	0%	約10%削減	約30%削減	約50%削減	約70%削減
住まいる上乗せ額	—	—	定額10万円	定額30万円	定額50万円
住まいる最大助成額	—	—	最大110万円	最大130万円	最大150万円
世界の省エネ基準との比較	<p>寒 ← ●日本 (0.87) ●今の日本 (0.87) ●今の欧米 (0.40) ●フランス(0.36) ●英国(0.42) ●米国(0.43) → 暖</p> <p>日本は努力義務 欧米は義務化</p>				

※断熱性能(UA値):建物内の熱が外部に逃げる割合を示す指標。値が小さいほど熱が逃げにくく、省エネ性能が高い。  
 ※気密性能(C値):建物の床面積当りの隙間面積を示す指標。値が小さいほど気密性が高い。  
 ※「住まいる」とは“とっとり住まいる支援事業”の略称。県内工務店により一定以上の県産材を活用する木造戸建て住宅が対象となる補助金。  
 ※ZEHは、ネット・ゼロ・エネルギー・ハウスの略。断熱化による省エネと太陽光発電などの創エネにより、年間の一次消費エネルギー量(空調・給湯・照明・換気)の収支をプラスマイナス「ゼロ」にする住宅をいう。

# 視点

- 化石資源の乏しい日本において、Securityの向上につながる自国のエネルギー発掘（+省エネ）による自給率の向上をどこまで高められるか？

→ コスト＝受け手にとっては投資に回せる資金。国外に出すコストを減らして、国内のインフラ改良・産業発展にどこまでお金を回せるか？

- 日本のエネルギー・温暖化施策のアジア諸国等への影響・連携は？

→ 日本にとっての望ましい姿とそのためのトランジションを複数シナリオで幅広く示し、議論する必要あり。

- 地域視点での”Stability, Self-Sufficiency, Sustainability + Resilience (3S + R)”による、国益・地球益への貢献の可能性は？

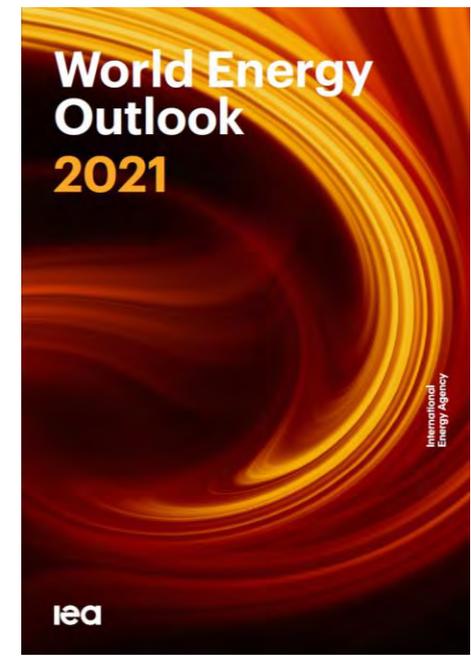
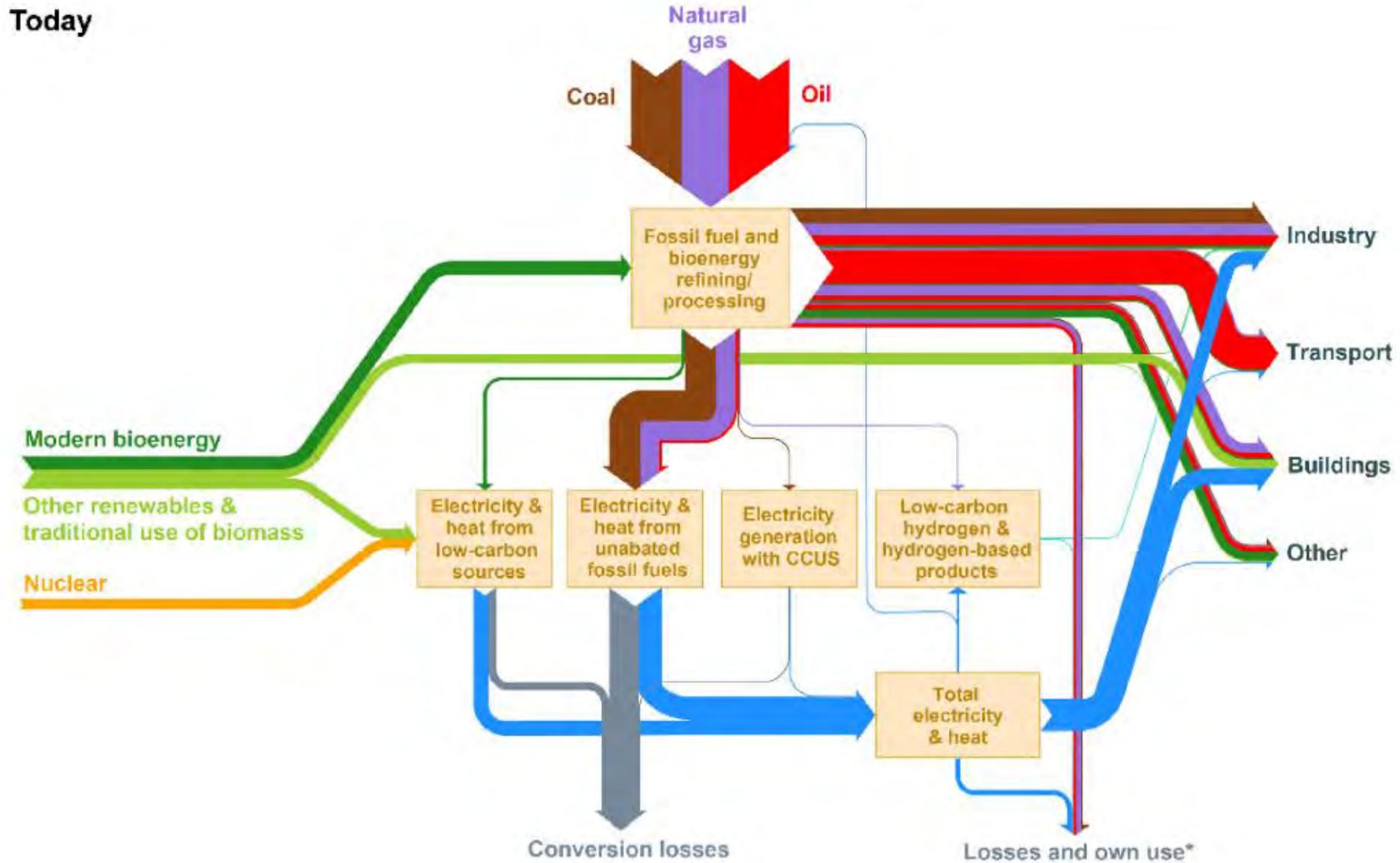
→ 供給サイド中心のシナリオから、Saturation（飽和）する世界に対して、需要側（家庭・業務・運輸等）を組み合わせたDX等による対応能力の向上、市場・雇用・地域経済への効果も含めたシナリオの提示の必要性。

さらに誰もが安価に利用できる持続可能なエネルギーの普及（affordability）の視点を、Saturationの最前線にいる日本から発信できないか？

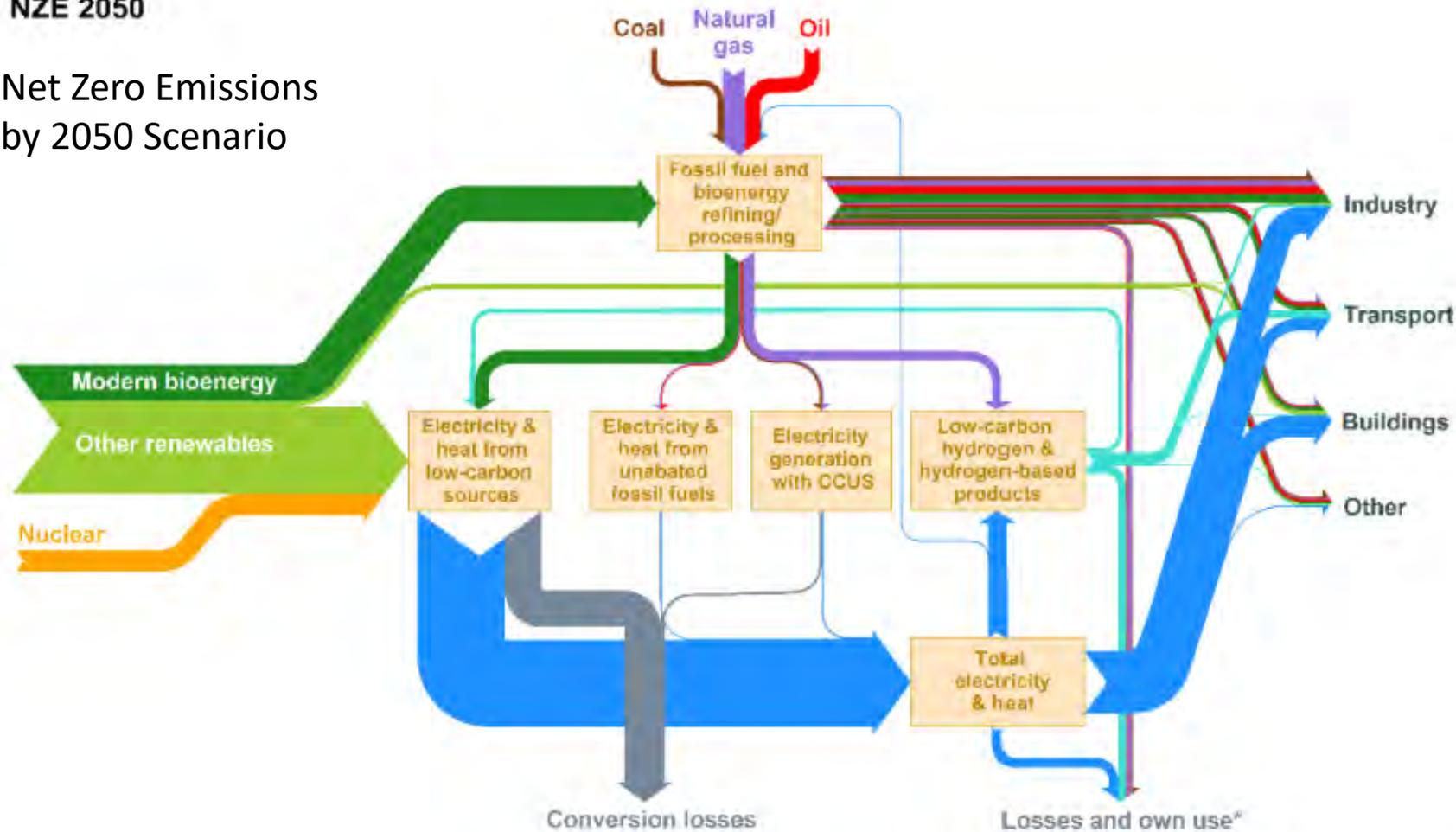
予備スライド

**Figure 6.2** ▶ Global energy system today and in 2050 in the Net Zero Emissions by 2050 Scenario

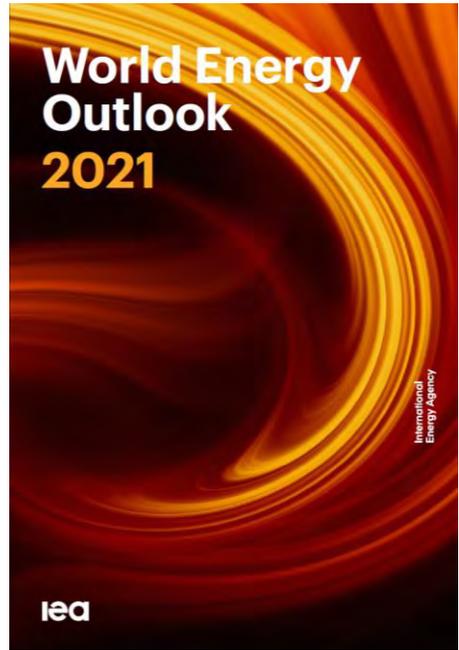
世界



Net Zero Emissions by 2050 Scenario



IEA. All rights reserved.

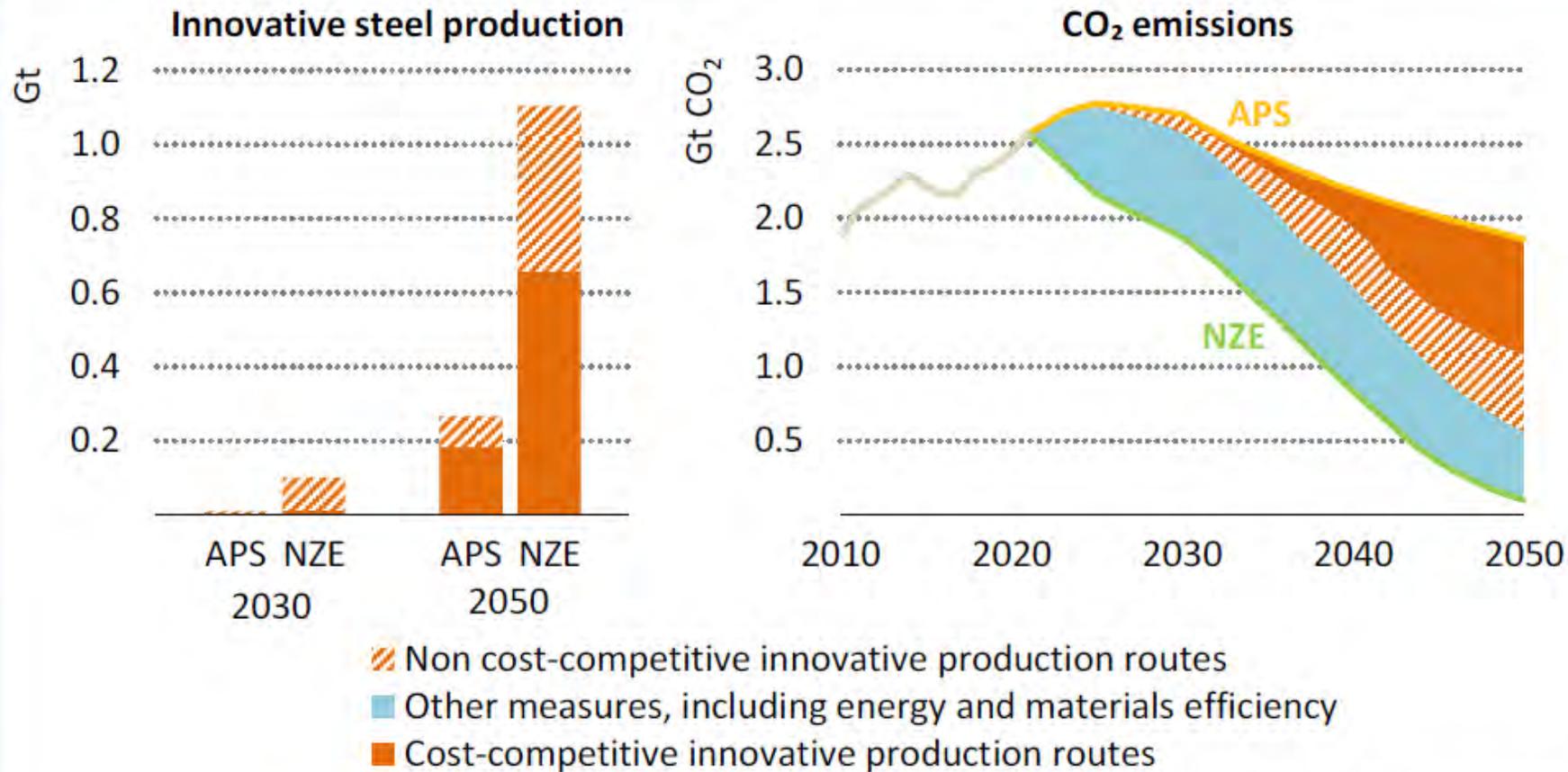


*Transformative changes in the energy system occur on the path to net zero emissions*

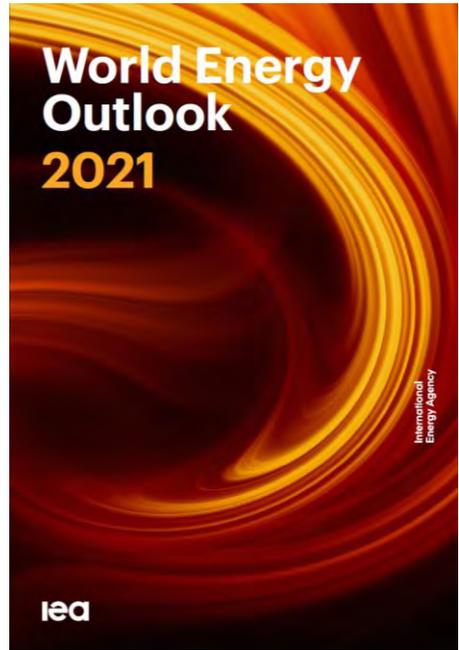
\* Includes transformation losses and fuel consumed in refining/processing, generation lost or consumed in the process of electricity production, and transmission and distribution losses.

Note: Traditional use of biomass in the buildings sector today is completely phased out by 2050 in the NZE and replaced by modern fuels.

**Figure 3.18** ▶ Cost-competitive steel production from innovative technologies and related CO<sub>2</sub> emissions in the Announced Pledges and Net Zero Emissions by 2050 scenarios



IEA. All rights reserved.



*Innovative steel production technologies become cost-competitive in the long term, if the move from experimental to industrial scale takes place before 2030*