

2050 CN 実現へのロードマップ

～技術イノベーションと社会実装に向けて～

2022 年 5 月



一般社団法人 日本電機工業会

※CN : Carbon Neutrality (カーボンニュートラル)

目次

まえがき	1
(1) 背景・目的	1
(2) 基本的な考え方	1
(3) 電源構成と年間発電電力量の想定	1
1. 電力供給（電気を作る領域）	4
1.1 再生可能エネルギー	4
1.1.1 太陽光発電	5
1.1.2 風力発電	10
1.1.3 水力発電	16
1.1.4 地熱、バイオマス	20
1.2 水素・アンモニア発電	25
1.2.1 技術イノベーションロードマップ	25
1.2.2 現状と課題	29
1.2.3 JEMA としてのアクション	32
1.3 原子力発電	33
1.3.1 技術イノベーションロードマップ	35
1.3.2 現状と課題	44
1.3.3 JEMA としてのアクション	45
1.4 火力発電及び脱炭素技術	48
1.4.1 技術イノベーションロードマップ	48
1.4.2 現状と課題	51
1.4.3 JEMA としてのアクション	53
2. 電力ネットワーク（電気を送る領域）	55
2.1 基幹系統	55
2.1.1 技術イノベーションロードマップ	55
2.1.2 現状と課題	57
2.1.3 JEMA としてのアクション	61
2.2 分散型グリッド	62
2.2.1 技術イノベーションロードマップ	63
2.2.2 現状と課題	70
2.2.3 JEMA としてのアクション	73
3. 電力需要（電気を使う領域）	77
3.1 家庭部門におけるカーボンニュートラルの目標と取組	77
3.1.1 技術イノベーションロードマップ	91
3.1.2 現状と課題	92
3.1.3 JEMA としてのアクション	93

3.2 産業機器のカーボンニュートラル.....	95
3.2.1 技術イノベーションロードマップ	95
3.2.2 現状と課題.....	96
3.2.3 JEMA としてのアクション	100
3.3 燃料電池.....	103
3.3.1 技術イノベーションロードマップ	103
3.3.2 現状と課題.....	105
3.3.3 JEMA としてのアクション	106
3.4 電機業界の事業活動におけるカーボンニュートラル.....	107
3.4.1 カーボンニュートラルロードマップ	109
3.4.2 現状と課題.....	109
3.4.3 JEMA としてのアクション	111
4. まとめ.....	114

図目次

図 1-1	洋上風力人材プログラム	13
図 1-2	期待される地熱資源開発技術	21
図 1-3	バイオマス発電による地域経済の活性化	22
図 1-4	地熱開発プロセスと予算上の支援措置	23
図 1-5	出力継続時間・規模に対応した蓄エネルギーシステム	25
図 1-6	水素タービンの開発状況	26
図 1-7	想定される水素需給量	27
図 1-8	需要形態に応じた水素サプライチェーン例 1	27
図 1-9	需要形態に応じた水素サプライチェーン例 2	28
図 1-10	想定される脱炭素燃料の製造・流通・利用形態	28
図 1-11	想定される海外からの大規模な脱炭素燃料輸送形態	29
図 1-12	水素サプライチェーンの商用化イメージ	30
図 1-13	水素供給に関するポテンシャル価格の試算例	31
図 1-14	エネルギー資源の安定供給	33
図 1-15	安全を強化した軽水炉の例（1）次世代軽水炉（PWR）	36
図 1-16	安全を強化した軽水炉の例（2）次世代軽水炉（iB1350）	36
図 1-17	事故耐性燃料の例	36
図 1-18	プルサーマル高度化の例（軽水冷却高速炉の燃料集合体）	37
図 1-19	小型炉例（1）NuScale（米国の開発に参加）	38
図 1-20	小型炉例（2）BWRX-300（日米共同開発）	38
図 1-21	小型炉例（3）三菱小型軽水炉	39
図 1-22	高温ガス炉適用例	40
図 1-23	日米高速炉開発例（Natrium）	41
図 1-24	マイクロ炉例（1）	41
図 1-25	マイクロ炉例（2）	42
図 1-26	ITER 概念図	42
図 1-27	政府の核融合ロードマップ	43
図 1-28	高速炉による有害度低減概念図	45
図 1-29	2018 年 5 月 3 日の九州における電力需給状況	48
図 1-30	代表的な CO ₂ 回収技術	49
図 1-31	CO ₂ 回収・貯留の概念図	50
図 1-32	我が国の CO ₂ 貯留ポテンシャル試算例	50
図 1-33	各 CO ₂ 回収技術における回収量と所要エネルギー、設備面積、投資の関係	52
図 1-34	回収した CO ₂ の利活用に向けた技術開発課題	53
図 2-1	2040 年時点で想定される洋上風力導入量	56
図 2-2	市場主導型の系統接続ルールへの移行	58
図 2-3	検討されている地域間送電ルートの増強例	59
図 2-4	高電圧直流送電システムの構成例	59
図 2-5	系統用蓄電池の活用・導入促進に向けた取組み	60

図 2-6	脱 SF ₆ に向けた JEMA ロードマップ	61
図 2-7	分散型グリッド構成	62
図 2-8	VPP 基盤整備事業者と共同で実施する共通実証	63
図 2-9	DERMS の活用	64
図 2-10	分散型グリッド事業	66
図 2-11	分散型グリッド事例（六本木ヒルズ:都心部）	67
図 2-12	分散型グリッド事例（宮城県東松島市：地方都市部）	68
図 2-13	分散型電源サービス特別委員会活動計画（2021 年－2030 年）	69
図 2-14	系統連系国際標準化 インターフェース規格策定状況（2021 年度現在）	71
図 2-15	蓄電池活用による EMS 高度化と海外市場参入戦略	72
図 2-16	系統連系国際標準化 インターフェース開発計画（2022 年度以降計画）	74
図 3-1	家庭部門でのエネルギー源別消費量比（2019 年）	78
図 3-2	CO ₂ 排出係数（原単位）の推移予想	79
図 3-3	暖房の電化効果：暖房機器 1 MJ あたりの CO ₂ 排出量比較	80
図 3-4	給湯の電化効果：給湯 1 MJ 使用時の CO ₂ 排出量比較	81
図 3-5	調理の電化効果：1MJ の調理加熱での CO ₂ 排出量比較	82
図 3-6	世帯当たりの CO ₂ 排出量削減（原単位の改善、電化効果）	83
図 3-7	オール電化による世帯当たりの電力使用量の増加	84
図 3-8	家庭のカーボンニュートラルに向けた取り組み（20xx 年）	85
図 3-9	冷蔵庫、エアコンの省エネ化取組例	86
図 3-10	家庭の電力消費量に占める給湯器・機の割合（オール電化後）	88
図 3-11	ヒートポンプ給湯機の国内出荷実績累計出荷台数	89
図 3-12	欧州のサーキュラーエコノミー事例	91
図 3-13	部門別最終エネルギー消費の推移	97
図 3-14	製造業におけるエネルギー源別の消費割合	98
図 3-15	製造業におけるエネルギー消費原単位の推移	98
図 3-16	トップランナーモータ(IE3)の出荷実績（標準三相誘導電動機(0.75～37kW, 月平均・年度別）	99
図 3-17	FEMS に関する導入実績調査の結果	100
図 3-18	BEMS,FEMS の適用範囲	101
図 3-19	カーボンニュートラル実現に向けた JEMA グリーン技術・製品による貢献	108
図 3-20	カーボンニュートラルに向けた電機業界の取組み	112
図 3-21	環境価値の見える化と脱炭素社会に向けた取組み支援	113

表 目 次

表 0-1	2050 年電源構成の設定	2
表 1-1	再生可能エネルギーのロードマップ	4
表 1-2	太陽光発電のロードマップ	6
表 1-3	太陽光発電の JEMA のアクション	9
表 1-4	風力発電のロードマップ	11
表 1-5	風力発電の JEMA のアクション	15
表 1-6	水力発電のロードマップ	17
表 1-7	水力発電の JEMA のアクション	19
表 1-8	バイオマスのロードマップ	22
表 1-9	地熱・バイオマス JEMA のアクション	24
表 1-10	水素・アンモニア発電のロードマップ	29
表 1-11	水素・アンモニア発電の JEMA のアクション	32
表 1-12	現時点の計画に基づく原子力の比率試算	34
表 1-13	現時点の計画における原子力発電所（60 年運転を仮定した場合）	34
表 1-14	軽水炉発電のロードマップ	39
表 1-15	軽水炉以外の発電及び熱エネルギー供給のロードマップ	43
表 1-16	原子力のアクション	47
表 1-17	火力発電及び脱炭素技術のロードマップ	51
表 1-18	火力発電及び脱炭素化技術の JEMA のアクション	54
表 2-1	基幹電力システムのロードマップ	57
表 2-2	基幹電力システムの JEMA のアクション	61
表 2-3	分散型グリッドのロードマップ	65
表 2-4	分散型電源の JEMA のアクション	73
表 2-5	各国のグリッドコード一覧	75
表 2-6	電力広域的推進機関向けパブリックコメント（2021 年度）	76
表 3-1	エネルギー起源二酸化炭素の排出量目安（単位：百万 t-CO ₂ ）	77
表 3-2	世帯当たりの用途別エネルギー源別エネルギー消費量（2019 年）	78
表 3-3	家庭からの食品ロス発生量と、排出削減の見込み.....	90
表 3-4	家庭部門のカーボンニュートラルに向けた白物家電ロードマップ案.....	92
表 3-5	白物家電の JEMA としてのアクション	93
表 3-6	産業部門のカーボンニュートラルに向けた関連機器ロードマップ.....	96
表 3-7	産業機器分野の JEMA のアクション	102
表 3-8	燃料電池のロードマップ	104
表 3-9	燃料電池の JEMA アクション	106
表 3-10	電機業界の事業活動におけるカーボンニュートラルロードマップ.....	109
表 3-11	事業活動のカーボンニュートラルに関する現状と課題、今後の取組み.....	111

まえがき

(1) 背景・目的

2020 年 10 月、政府は 2050 年カーボンニュートラル（脱炭素社会）実現を目指すことを宣言しました。

- ① 日本電機工業会（以下、JEMA）は、「電気を作る領域」「電気を使う領域」「電気を送る領域」など幅広い分野において、製品・サービスを提供しており、これら全ての領域で、カーボンニュートラル実現に貢献することができます。
- ② 2050 年カーボンニュートラル実現は、極めて野心的な目標ではありますが、その実現に大きく貢献するために JEMA は強力な技術イノベーション政策を推進します。
- ③ また、イノベーションを完結するためには、当該技術・製品の社会実装が不可欠であり、JEMA はそのために様々なステークホルダーと広く議論を行い、課題解決を図ります。
- ④ 上記に加え、環境負荷低減のため、将来的な環境保全、サーキュラーエコノミーを強力に推進します。

2050 年カーボンニュートラル実現のためには、まず 2050 年のあるべき姿を想定し、そこからバックキャストした長期のロードマップが必要であり、現在保有する技術の将来展開予想ではなく、2030 年、2040 年の断面でどのような技術が必要かを想定し、それを実現するためのロードマップを策定しました。

(2) 基本的な考え方

ロードマップの策定にあたり、以下の項目を基本的な考え方としました。

- ① 2050 年カーボンニュートラル実現のためには「再生可能エネルギー（以下、再エネ）の主力電源化」が必須となります。しかしながら太陽光や風力などの非同期電源が増加し、火力電源などの同期電源が減少することは系統安定度や周波数の維持を阻害するという新たなリスクを伴います。そのため「系統安定化対策」という観点から、「最適な電源構成」を検討すると同時に、2030 年、2050 年断面における需給バランスと系統構成を想定し、その施策を検討しました。
- ② また、カーボンニュートラル実現に向けては、家庭、産業、運輸などあらゆる部門で電化・電動化の促進が必要です。
- ③ 同時に、施策推進にあたっては当然のことながら経済性の担保が必須です。電力コストの上昇により産業競争力の低下を招来することのないよう、全体コストにおける経済合理性を確認しなければいけません。
- ④ 以上の観点から、2030 年、2050 年における電源構成を想定し、その実現に向け必要となる技術イノベーション、社会実装課題を抽出し、それらの達成に向けた道筋をロードマップに落とし込みました。

(3) 電源構成と年間発電電力量の想定

前述のとおり、ロードマップを策定する前提条件として、2050 年における電源構成が重要な要素となります。再エネの主力電源化とそれに伴う系統安定化対策、経済性等を JEMA

として勘案し、最も妥当と考えられる「経済産業省 基本政策分科会」で検討中のシナリオのケース③※1を参考にしました。電源構成比率は、今後の技術イノベーション、社会実装に向けて議論する上で必要なため、仮設定しました。（多少の数値変動は、ロードマップ検討に影響を与えるものではないと考えています。）

※1 第43回基本政策分科会資料2 「2050年カーボンニュートラルのシナリオ分析（中間報告）」

基本的な考え方は、次に示すとおりであり、詳細は表0-1をご参照ください。

- ① 家庭、産業、運輸などあらゆる部門で電化・電動化が進むことから、電力需要は大幅に増加すると想定しました。

（総電力需要 1兆3,500億kWh=シナリオケース③を採用）

- ② 主力電源としての再エネの比率は、53%としました。変動型再エネについては、出力安定性の観点で太陽光と風力をバランス良く引き上げていくことが重要ですが、太陽光の比率が大きい現状の導入状態及び今後の導入実現性を加味して太陽光は30%、風力は8%と設定しました。

- ③ 安定供給と経済性に寄与するベースロード電源として原子力は20%を維持するものとしました。

- ④ 太陽光、風力など変動型再エネの導入拡大に対応する、需給調整、周波数調整機能としての一定規模の火力が必要としました。（CCS・CCUS火力23%）

- ⑤ サプライチェーン構築及び調達コスト低減の課題はあるものの、水素・アンモニアへの燃料転換を強力に推進することにしました。（水素・アンモニア4%）

表 0-1 2050年電源構成の設定

	(a)電源構成比(%)			(b)年間発電電力量(億kWh)			(c)設備容量(GW)			(d)設備利用率(%)		
	2019※1	2030※1	2050※2	2019※1	2030※1	2050※2	2019※1	2030※1	2050※3	2019※1	2030※1	2050※3
再エネ	18	36~38	53	1,853	3,530	7,200						
太陽光※4	6.7	14~16	30	690	1,460	4,030	50	118	300	16	14	15
産業用	(5.2)	(10~11.6)	(23)	(538)	(1,170)	(3,085)	(37)	(84)	(217)	(18)	(16)	16
住宅用	(1.5)	(4~4.4)	(7)	(152)	(380)	(945)	(13)	(34)	(83)	(14)	(13)	13
風力※4	0.7	5	8	77	510	1,080	4	24	42	24	24	29
陸上風力	(0.7)	(3.8)	(3)	(76.3)	(340)	(340)	(4)	(17.9)	(17)	(24)	(22)	(23)
洋上風力	(0.01)	(1.2)	(5)	(0.3)	(170)	(740)	-	(5.7)	(25)	-	(34)	(34)
地熱	0.3	1	1	28	110	137	0.6	1.5	2	53	84	80
水力	7.7	11	10	796	980	1,372	50	51	56	40	48	55
一般水力	-	-	-	(796)	(980)	(1,372)	(22.5)	(23.5)	(28.5)	(40)	(48)	(55)
揚水	-	-	-	-	-	-	(27.5)	(27.5)	(27.5)	-	-	-
バイオマス	2.6	5	4	262	470	581	5	8	11	75	67	60
水素アンモニア	-	1	4	-	90	500	-	1.5	8	-	70	70
原子力	6	20~22	20	614	1,880	2,700	9	31	36	77	70	85
火力・CCUS	76	41	23	7,782	3,840	3,100	127	63	51	70	70	70
合計	100	100	100	10,249	9,340	13,500						

出典) 2050年カーボンニュートラルのシナリオ分析に基づいて JEMA 試算

表 0-1 は、シナリオのケース③に基づいて仮設定しましたが、太陽光、風力等の内訳や設備利用率など、JEMA 独自に試算した部分もあります。2050 年の電源構成を考える上で、電源毎の特徴をどのようにしたら最大限生かすことができるのか考えました。仮設定した電源構成をより詳細に検討するため、JEMA 独自の試算を加えています。JEMA 独自に試算した部分のうち、特徴的なところを次に示します。表 0-1 の注記も以下のとおり示します。

【表 0-1 の特徴的なところ】

- ① 太陽光は、産業用と住宅用では、設置場所の導入ポテンシャル、導入施策などが異なるので、2 つに分類して検討しました。日本は、平地の割合が少ないので、限られた土地を有効活用する必要があり、産業用と住宅用に分けて、試算しました。
- ② 風力のうち、今後は洋上風力の開発が中心になると見通していることから、2030 年以降の陸上風力の設備容量は、洋上風力と比較して増加傾向が低いものと仮定していますが、電源構成としては更なる増加を追求すべきと考えます。また、洋上風力も利用できる海域、技術開発動向などを考えて控えめに試算してありますが、陸上風力と同様に更なる積み上げが期待されます。
- ③ 水力は、6GW の設備容量増加と設備利用率の 55% への引き上げを見込みました。発電未利用ダムの発電利用や天気予測技術 AI を活用することによりダム流入量を予測して、水資源の有効活用により設備利用率の向上を考えました。
- ④ 原子力の設備利用率は、85% への引き上げを見込みました。設備利用率 85% は、海外でも十分実績があるので、日本でも同様の設備利用率になると考えています。
- ⑤ 以上述べたとおり、将来の電源構成については、環境対策、安定供給、経済性、エネルギー安全保障という多角的な視点で想定することが重要となります。特に、エネルギー安全保障という観点については、JEMA としても様々なリスクを想定して「最適な電源構成（ベストミックス）」を実現するべきであると考えておりましたが、今年 2 月以降のロシアによるウクライナ侵攻によって、図らずもそのリスクが顕在化したと言えます。今般のウクライナ情勢は、世界のエネルギー政策に深刻な影響をもたらしており、特にエネルギー自給率が極めて低い日本においては、エネルギー資源の海外依存度の低減及び国産技術の活用が必須となります。そのためには、太陽光発電、風力発電等再エネの導入加速と同時に、原子力発電の有効活用が急務であると考えます。

【表 0-1 の注記】

※1 2019 年、2030 年の(a)電源構成比、(b)年間発電電力量、(c)設備容量は、資源エネルギー庁の資料から作成。(d)設備利用率は、JEMA で試算しました。

$$(d)設備利用率 = (b)年間発電電力量 / ((c)設備容量 \times 365 \text{ 日} \times 24 \text{ 時間}) \times 100$$

※2 2050 年の(a)電源構成比、(b)年間発電電力量は、「経済産業省 基本政策分科会」で検討中のシナリオを参考にしましたが、JEMA にて検討を加えた結果、同資料ケース③を採用することにしました。なお、再エネの内訳が示されていなかったため、JEMA で試算しました。(考え方は、前ページを参照)

※3 2050 年の(d)設備利用率は、JEMA で設定してから、(c)設備容量を試算しました。

$$(c)設備容量 = ((b)年間発電電力量 / (d)設備利用率 \times 100) / 365 \text{ 日} / 24 \text{ 時間}$$

※4 2050 年の太陽光産業用・住宅用、陸上風力、洋上風力、地熱、水力の(a)電源構成比、(b)年間発電電力量、(c)設備容量、(d)設備利用率は、JEMA で試算しました。

1. 電力供給（電気を作る領域）

1.1 再生可能エネルギー

再エネは、2012 年の固定価格買取制度（以下、FIT 制度）の導入以降、太陽光発電をけん引役として飛躍的に導入を拡大し、電源構成比に占める割合は、2011 年度 10.4%から 2019 年度 18.1%に増加しました。また、第 6 次エネルギー基本計画においては、再エネの主力電源化を徹底し、再エネに最優先の原則で取り組むことが明示され、2030 年度における再エネ比率を 36～38%とする導入目標と、更なる高みを目指す方針が示されています※1。更に 2050 年カーボンニュートラルを達成するためには、5 割を超える一層の再エネ電源比率の引き上げが必要であり早期に経済的に自立した長期安定電源にすること、また、電力ネットワーク上も持続可能な形で再エネを受容し、活用することが不可欠です。

以降の項目では、目標とする電源比率が大きい再エネについて述べますが、この他にも波力・潮力・海洋温度差発電といった海洋エネルギーは周囲を海洋に囲まれた我が国においてポテンシャルが高く、また事業化が加速化する洋上風力発電との併設が可能であり、2050 年を見据えた次世代の再エネとして実用化が期待されます。

※1：資源エネルギー庁「第 6 次エネルギー基本計画の概要」

表 1-1 再生可能エネルギーのロードマップ

大項目	中項目	小項目	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026～2030年度	2031～2040年度	2041～2050年度
新エネルギー分野	再エネ電源活用促進							36～38%		53%
		再エネ比率								
		再エネ市場統合					★2025年価格目標 太陽光 7円/kWh	★2030年価格目標 風力（陸上/洋上）8～9円/kWh		
		FIT制度※1							FIP制度※2	
		●FIT/FIPによらないビジネスモデル（PPA※3）推進 ●新築住宅へのPV導入強化、地域再生再エネ推進								
		産業基盤の整備/技術開発							カーボンニュートラルの実現	
		グリーンイノベーション基金事業							●再エネ余剰電力の活用 ●系統蓄電池、P2G※4	
		洋上風力発電の低コスト化 / 次世代太陽光電池開発								
		再エネを支えるネットワークインフラ整備								
		マスタープラン						マスタープランに基づく地域間連系線・基幹系統の増強		
		ノンファーム型接続 ▲基幹系統全国展開						▲ローカル・配電系統		

ロードマップの説明

ロードマップの矢印は、次のとおり色分けをして、分類している。

会員企業及び JEMA が主体となる活動

官公庁に働きかけるもの
（政策、制度、法整備など）

他団体と連携するもの

- ※1 FIT 制度：再生可能エネルギーの固定価格買取制度 (Feed In Tariff)
- ※2 FIP 制度：再エネ事業者が卸市場等で売電し、その売電価格に一定のプレミアム（補助額）を上乗せする制度 (Feed In Premium)
- ※3 PPA：第三者所有モデル (Power Purchase Agreement)
- ※4 P2G：再生可能エネルギーの電力を脱炭素ガス燃料に変換し貯蔵する技術 (Power to Gas)

これまで、FIT 制度を始めとする各種施策により、再エネ市場には様々なプレーヤーが参入し、特に太陽光発電は着実なコスト低下をもたらしました。一方、FIT 制度初期の高い買取価格による賦課金が増大し、国民負担をもたらしています。

また、平地面積が少なく、遠浅の海域が少ない我が国においては、適地の確保も課題であり、地域と共生し、事業規律の確保も喫緊の課題です。

系統制約においては、需給バランスの確保のための再エネ出力制御や系統の空き容量不足も顕在化し、今後の導入拡大の足かせとなりつつあります。再エネの導入拡大による社会便益を適切に評価した、系統増強や系統利用ルールの見直しが検討されています。自然変動電源の調整力として、水力・揚水発電の最大限の活用や、再エネ大量導入時代に対応したグリッドコードの整備や技術開発も重要です。

加えて、我が国においては、かつて生産量世界一だった太陽電池をはじめ、大型風力発電メーカーも相次いで撤退しました。再エネ主力化においては、安定供給の観点においても、その基盤となる戦略的な産業政策が不可欠です。

JEMA は再エネ機器メーカーの団体として、後述の太陽光・風力・水力などの再エネ分野の持続的導入拡大に貢献します。また、各分野の安全・技術基準・標準化活動を推進するとともに、再エネの主力電源化に向けた提言活動を推進します。

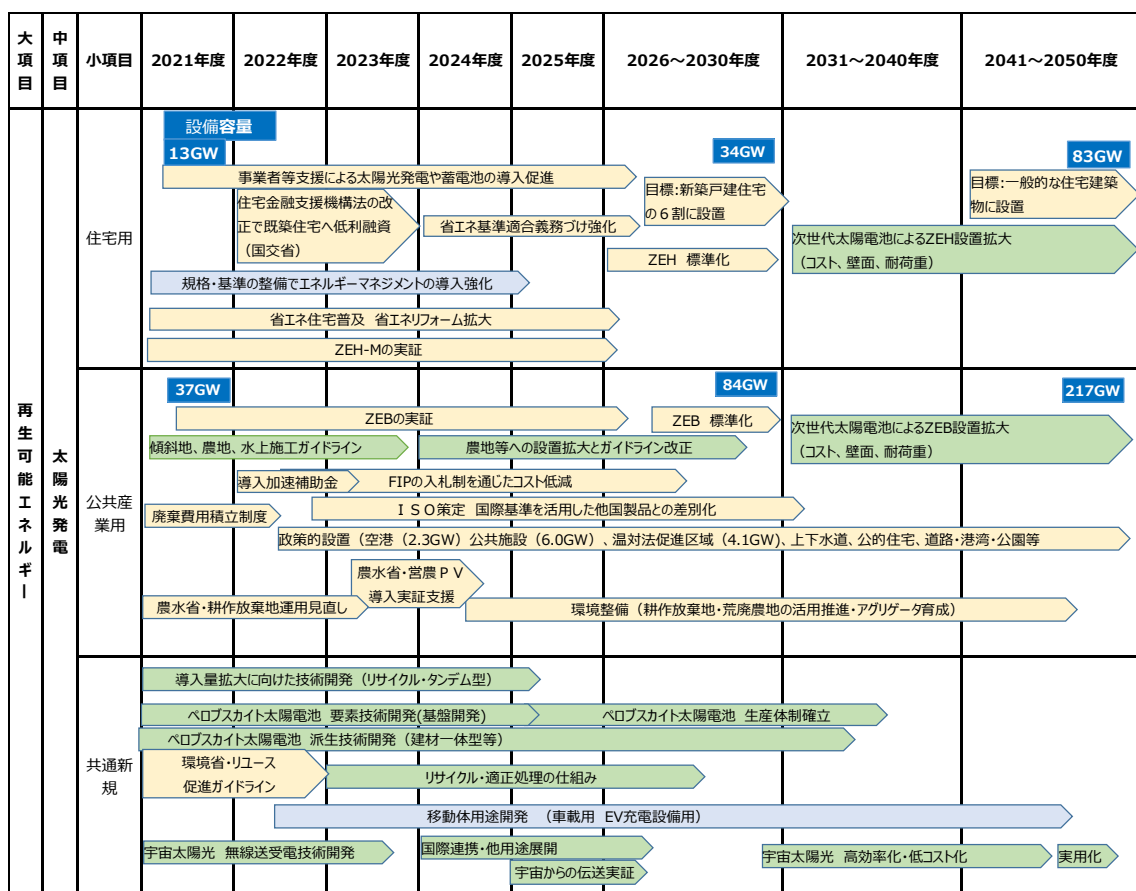
1.1.1 太陽光発電

(1) 技術イノベーションロードマップ

太陽光発電システムは、小型の住宅用から中規模な建築物に向けた産業用、さらにメガソーラーなどの大きな発電事業用まで幅広く活用が可能な発電システムで、再エネの中でも比較的短期間で導入することが可能であるため直近で最も大きなポテンシャルを持っていると言えます。日本におけるカーボンニュートラルを早期に実現するため、太陽光発電システムは 2019 年における設備容量 50GW、及び国内発電電力の電源構成比 6.7%に対して、2030 年には倍以上の設備容量 118GW、構成比 14%～16%を目指し導入が進められています。2050 年にはさらに倍以上の設備容量 300GW、構成比 30%が必要になると試算しています^{*1}。また、電力を使用する国内産業の立場からも SDGs、RE100、ESG 投資などの取り組みの必要性の高まりにより、それぞれが再エネによる電力の調達が必須となっており、太陽光発電がその中心的な役割を担うことで、生産プロセス等あらゆる産業の事業活動における脱炭素化の早期実現に貢献し、多くの製品の生産工程における使用エネルギーの環境負荷低減に寄与することで国際競争力の維持・向上につなげることが期待されます。2021 年時点における太陽電池の累計導入量が中国、米国に次ぐ世界第 3 位を誇る日本が、今後さらなる太陽光発電設備の市場導入を実現するために、製品としての技術開発のほか、長期稼働のための運用管理や保守点検の体制、導入環境の整備など様々な課題への取り組みを関連団体等とともに進めてまいります。

※1 地球環境産業技術研究機構「2050年カーボンニュートラルのシナリオ分析」
 (経済産業省総合資源エネルギー調査会基本政策分科会資料 シナリオ③をベースに JEMA 試算)

表 1-2 太陽光発電のロードマップ



(2) 現状と課題

1) 設置場所

日本は諸外国と比較して平地の割合が少なく、すでに大規模な発電用の太陽光発電システムを設置するための適地が少なくなっていると言われておりますが、環境省の調査によると 2050 年の設置目標に対し、これまでの設置方法によっても十分な導入ポテンシャルが確認されています。(事業性を考慮した導入ポテンシャル: 38GW～406GW) ※1。大規模な用地の件数が少なくても、これまでも日本では住宅や商業施設など建物屋根に設置する中小規模のシステムを中心に導入が進められており、今後導入が拡大する公共施設や駐車場、建物の壁面などへの設置を含め、電力消費設備の近くにシステムの設置が可能のため、送電によるロスも少なくすることができます。また、住宅用システムの普及率は現時点で住宅全体の約 1 割程度に留まるため、新築・既築それぞれで導入を促進する施策によって設置容量をさらに増やす余地も存在します。建築物関連以外でも、促進区域設定(ポジティブゾーニング)による設置適地の見える化や、営農が見込まれない耕作放棄地に対する運用の見直し、加えて水上や傾斜地、農地の活用(ソーラーシェアリング)等による太陽光導入適地の拡大

が見込まれています。

※1 環境省「我が国の再生可能エネルギー導入ポテンシャル」

<https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/doc/gaiyou3.pdf>

2) 導入施策

住宅用太陽光発電では既に事業者から購入する電力料金以下の発電単価を実現しており、設置したシステムからの電力を使用し購入電力を削減することで光熱費を抑えることができ、電力供給のひっ迫時における電力価格高騰の影響を和らげることもできるため、FIT 制度の買取期間（10kW 未満 10 年間）が終了しても太陽光発電を継続して活用するメリットがあります。特に日中の電力消費を太陽光の発電でまかなうことができるため、テレワークなど在宅の機会が増加している中、注目を集めています。さらに太陽光発電と蓄電池を組み合わせることにより昼間に蓄えた電気を夜間に使用することで、より多くの電気料金（光熱費）が削減できるほか、停電時の夜間も電気を使うことが出来るようになるため災害時の備えとしても役立ちます。

新規戸建住宅着工件数は約 75 万戸であり※2、仮に新築住宅の 6 割に太陽光発電システムが設置されると仮定した場合、 $75 \text{ 万} \times 6 \text{ 割} \times 3.5 \text{ kW} = 1.6 \text{ GW/年}$ の市場が創出されます※3。新築住宅等に対し太陽光発電の設置を義務づける施策は東京都や群馬県で特定規模の建築物に対して導入が検討されており※4、ほかの自治体でも同様の施策が実施される可能性があります。

既築戸建住宅は 2,800 万戸あり※5、太陽光発電システムの近年の普及率はまだ約 1 割であり、大きな導入余地が存在しています。既築住宅向けに太陽光発電システムを設置する場合にも低利融資の拡充等が検討されています。2020 年度は既築住宅に 5.9 万件のシステムが導入されており、平均 3.5kW のシステムが設置されると仮定すると今後も $5.9 \text{ 万} \times 3.5 \text{ kW} = \text{年 } 200 \text{ MW}$ 以上の市場導入が期待できます※6。

住宅用太陽光発電システム導入の課題は初期費用ですが、初期費用 0 円で導入ができる第 3 者所有モデル（PPA）の活用も増えており、環境性能のほか経済性や減災機能のメリットに加え、同モデルの理解が深まれば、改めて導入を検討される家庭が増えるものと思われます。

事業用太陽光発電では、現時点でも中東などで火力発電のコストを大幅に下回る例もあり（サウジアラビアの大規模太陽光発電所で 2.1 円/kWh）、経済的なメリットが世界的に太陽光発電の普及が進む背景になっています。我が国においても、2020 年時点で 12.9 円/kWh であった発電コストが 2030 年には 8.2～11.8 円/kWh に達する見通しです※7。その後も世界的な市場拡大に伴い発電コストは低下すると予測されており、長期継続的な導入拡大が期待されます。

FIT 制度の売電期間が終了する大型システムについては、グリーン電力証書等による環境価値の取引が一般化されることで売電期間以降の事業継続が期待できます。その際にはしっかりと管理・運用がされていることなどの客観的な評価が行われることで資金融資や取引が行われ、健全な事業者による長期安定電源としての社会インフラ化につながると想定されます。

公共産業用としては、各省庁や地方公共団体が管轄する工業用水道施設、公的賃貸住宅、

官庁施設、道路・空港・港湾・公園・下水道等の公共施設への太陽光の設置が自治体等で計画されています。

このほか自動車などの移動体でもガソリン燃料から電化が進む中、太陽電池は電気自動車（以下、EV）、ハイブリッド車などの電動車との組み合わせについても大きなポテンシャルを持っています。電動車を充電するためのカーポートへの設置が期待できるほか、電動車自体に太陽電池を搭載することで走行距離を伸ばし、充電頻度を減らすこともできます。グリーン成長戦略では、「8t 以下の小型車について、2030 年までに、新車販売で電動車 20～30%」を目指しています。^{※8} こちらにおいても新たな太陽電池の用途として期待ができます。

- ※2 国土交通省「建築着工統計調査報告」（令和3年計）P8 持家・借家・分譲計
<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/kencha21.pdf>
- ※3 国土交通省、経済産業省、環境省「脱炭素社会に向けた住宅・建築物における省エネ対策等のあり方・進め方」2030 年目標より。設置面積に制約がある案件が増えると想定し従来の平均容量より少なめに見積り。
<https://www.meti.go.jp/press/2021/08/20210823001/20210823001.html>
- ※4 東京都環境局「2030 年に向けた新築建物に関する取組について」
https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/basic/conference/council/kikaku.files/03_shintikutatemono.pdf?mselkid=4eea1e67d10a11ecaf604abaeb17c0db
群馬県「ぐんま 5 つのゼロ宣言実現条例」より。<https://www.pref.gunma.jp/contents/100239861.pdf>
- ※5 国土交通省「我が国の住宅ストックをめぐる状況について（補足資料）」P7 平成 30 年住宅・土地統計調査を元にした図表より。<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001323215.pdf>
- ※6 富士経済調べ。自家消費用として従来平均より小さな容量設置を想定
- ※7 経済産業省「基本政策分科会に対する発電コスト検証に関する報告」（総合資源エネルギー調査会基本政策分科会第 48 回資料）
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/2021/048/048_011.pdf
- ※8 経済産業省「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」
<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005-3.pdf>

3) その他

そのほか、既存の電気エネルギーの再エネへの切り替えだけではなく、化石燃料を燃やして熱エネルギーを使用する産業部門や、交通運輸における燃料の代替として再エネ由来の燃料を使用し、社会全体の脱炭素化を進める「セクターカップリング」として、グリーン水素やグリーンアンモニアの製造に向けた取り組みも始まっています。このような取り組みは再エネと組み合わせることで電力需給バランスの調整や再エネの貯蔵機能としても期待されます。

新型太陽電池の開発において、日本はペロブスカイト太陽電池について NEDO のプロジェクトで「2030 年度までに発電コスト 14 円/kWh 以下」を目標に研究開発から、製品化、生産体制等に係る基盤技術開発から実用化・実証事業まで一貫通貫で取り組み、2030 年度までの市場導入を目指しています。このペロブスカイト太陽電池による軽量化や低コスト化からの用途拡大と同様に、タンデム型太陽電池も高効率化による小面積での活用拡大により太陽電池の用途拡大や導入加速が期待されています。さらに将来を見据えて、宇宙太陽光発電システムの無線送受電技術の開発なども進められています。

(3) JEMA としてのアクション

内閣府、経済産業省、環境省、国土交通省、文部科学省、農林水産省、総務省、や各地方自治体の事業・支援などの施策・取り組み、一般社団法人 太陽光発電協会（JPEA）、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）など各関係機関との連携によりカーボンニュートラルの達成に向け太陽光発電の普及拡大に取り組んでまいります。

また太陽電池とパワーコンディショナ、蓄電池、エコキュート、HEMS や EV 充電器などエネルギー関連機器を組み合わせたシステムをソリューション事業として、日本の消費者や企業ユーザーに向けて提供する企業に対し、安心して事業展開ができるよう太陽電池モジュールの電氣的・構造的な長期信頼性を確保するため、「日本市場に対応した国際規格化」の取り組みを進めてまいります。

さらに、太陽光発電システムの導入拡大とともに、国内におけるネットワークが強みとなる保守点検・アフターサービスや定期的なメンテナンスの O&M 事業や、システムとしての評価や融資を行う金融・保険を含む関連事業との連携も強化し、関連するルール作りに参画することにより関連産業全体を支援してまいります。

それにより国際的な社会状況の変化による発電コストの変動が少なく、供給が途絶するリスクも少ない太陽光発電システムを再エネの主力として着実な導入拡大につなげ「2050 年カーボンニュートラル」の実現と、日本のエネルギー自給率の向上を目指し、エネルギー安全保障体制の強靱化にも寄与してまいります。

表 1-3 太陽光発電の JEMA のアクション

項目	時期	アクション	ステークホルダー
太陽光発電システム関連の国内産業の振興	継続	日本主導での国際規格の整備、車載用や建材一体型など新規製品規格の提案	部品・機器・自動車等のメーカー、販売施工等関係会社、経済産業省、ユーザー、JPEA、産総研、大学他
市場への啓発活動（住宅用、産業用）	継続	環境面・経済面・減災面における導入メリットと課題対応の状況理解と認識の形成	ユーザー、経済産業省、販売施工等関係会社、JPEA 他
国への環境整備要望（住宅用、産業用）	継続	PV 設置義務化、環境価値取引・PPA の普及拡大、アグリゲータ育成、O&M 事業振興	経済産業省、環境省、国土交通省、地方公共団体
国内外の関連規格の整備	継続	日本市場に適合した国内外規格の更新・整備	JPEA、産総研、販売施工等関係会社、大学他
新たな社会的ニーズへの対応	2022 年～	リユース・リサイクル制度や、サイバーセキュリティ対応規格の検討への参画	経済産業省、ユーザー、JPEA、販売施工等関係会社、大学他
人材育成	継続	関連機関に人材育成への取り組み強化要請、業界説明会の充実	販売施工等関係会社、大学他

JPEA：一般社団法人 太陽光発電協会

1.1.2 風力発電

風力発電は、世界では年 15～20%の成長率で市場が拡大し、国内においても FIT 制度により国内導入量の増加が見込まれ国内産業発展への寄与が期待されています。

JEMA では本ロードマップで 2050 年に、まえがき (3) に記載の通り「経済産業省基本政策分科会」で検討のシナリオケース③をベースに、陸上風力 17GW、洋上風力 25GW を想定しました。

また、他者のシナリオについては、2021 年 10 月に閣議決定された第 6 次エネルギー基本計画では 2030 年度野心的水準で陸上 17.9GW、洋上 5.7GW や、2020 年 12 月策定の洋上風力産業ビジョンでは風力発電の国内調達比率について 2040 年までに 60%を達成する目標や 2040 年までに洋上風力にて 45GW を新設するという意欲的な目標も設定されています。

さらに、一般社団法人日本風力発電協会 (JWPA) では予想される賦存量を基にして、2050 年に陸上 40GW・洋上 90GW を想定しています。

これらの意欲的な目標は、海外依存のエネルギー供給の不安定さから、日本国内で自給できる風エネルギーの利用による新設風力発電システムの急速な拡大がエネルギーセキュリティの面からも容易に予想できる状況にあります。これらの目標を達成するには、風況の良い地域から電気の消費地への送電線容量の設備拡充がカギとなり、現状ではこの送電設備容量が不足しており、政府主導によるプッシュ式の方策で設備拡充していく必要があります。

2021 年 4 月には「洋上風力の産業競争力強化に向けた技術開発ロードマップ」※1 が策定されており、そのロードマップの①調査開発・②風車（風車設計・ブレード・ナセル部品・タワー等）・③着床式基礎構造（モノパイル・ジャケット等）・④着床式設置（輸送・施工等）・⑤浮体式基礎構造（浮体・係留索・アンカー等）・⑥浮体式設置（輸送・施工等）・⑦電気システム・⑧運転保守（O&M）と整合を図る必要があります。

そのような観点から、今回の JEMA の風力発電に関するロードマップを策定しています。

※1 経済産業省 HP https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/yojo_furyoku/sagyo_bukai/pdf/003_03_00.pdf

(1) 技術イノベーションロードマップ

表 1-4 風力発電のロードマップ

大項目	中項目	小項目	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026～2030年度	2031～2040年度	2041～2050年度
再生可能エネルギー	風力発電	導入施策	第6次エネルギー基本計画策定			第7次エネルギー基本計画				電力構成★ 陸上17GW 洋上25GW
			洋上風力産業ビジョン10GW新設					20～35GW新設		
			洋上風力の産業競争力強化に向けた技術開発ロードマップ					着床式コスト8～9円/kWh		
								国内調達比率60%		
		JEMAメーカーの取り組み	風車大型化への対応並びに、IEC61400シリーズ規格への日本環境の織り込みの提案							
			ナセル大型化への対応、国内への工場誘致							
			廃却時リサイクル可能な分割翼の導入							
			分割翼の導入							
			ハイトワーへの対応							
			国内サプライチェーンの充実 分科会での意見発信							
			発電需要予測の向上、30分前市場の実現					さらなる技術向上		
			運転保守の高度化、ドローン・保守ロボット・故障予知による設備利用率の向上						さらなる高度化	
			据付費用の削減						さらなる検討	
			拠点港湾整備							
			人材育成							

(2) 現状と課題

1) 風車の大型化に向けて

風力発電の世界累積導入量は 2020 年末で 745GW であるものの、日本の累積導入量では 4.44GW と 2 桁遅れている状況にあり、2020 年単年の日本国内の新規導入量は 0.516GW (2019 年の 1.9 倍) に留まっています。

一方で、再エネ海域利用法の施行など今般の洋上風車設置の機運の高まりに伴い、2021 年 6 月の段階で 25GW を超える洋上風力発電の案件形成がされている状況です。さらに、2022 年 3 月段階では、それを上回る案件が予定されています。^{※1}

この多くの風力発電設備は北海道や北東北の風況の良い地域に建設することが予想されています。一方で、電気の消費地である関東等への大容量の送電線がない現状です。その対応策として、大容量直流送電線が必須であり、その必要機器として、高電圧直流遮断器及び大容量高電圧の交直変換器、さらには、交流系統・直流系統両者への保護・制御協調が必要となっており、その開発も視野に入れなければなりません。

また、風車生産に目を向けると、日本国内に大型風車メーカーが存在しない状況から、風車大型化への対応として、大型化したナセルの生産可能な日本国内への工場誘致やその施策を推進するために経済産業省へのインセンティブの働きかけ、廃却時リサイクル可能な長翼に対応した分割翼の導入の推進、さらに、風車大型化のハブ高さ高高度化に伴うハイトワーの国内生産の推進を実施していかなければなりません。

※1 経済産業省 発電所環境アセスメント情報サービス
https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/electric/detail/wind.html

2) 国内サプライチェーンの充実に向けて

電気事業法により、定格出力 500kW 以上の大型風車に対し、工事計画の届出や事業者による使用前自主検査と国による使用前安全管理審査の受審義務が課されています。この工事計画届の審査において、型式認証が事実上義務付けられていますが、この認証プロセスのうち「品質管理（QA）審査」と「生産及び建設における設計要件の実行」は、風車部品のサプライヤーに対する審査で、一旦、風車メーカーが型式認証を取得してしまうと、ベンダの変更が困難、すなわち、新規メーカーの参入を妨げることになります。「品質管理（QA）審査」と「生産及び建設における設計要件の実行」の部分は、国内のサプライチェーン強化のために、JIS や ISO の工場の品質保証の認定で代替可能とすることが必要と考えられます。「A 設計アセスメント」と JIS や ISO の認定の組み合わせで型式認証の代替とし得る運用が、風車稼働率を上げるための国内サプライヤーの育成を含めて、国内のサプライチェーンの充実に有効であると考えています。また、国内サプライヤーの育成には、1) 項にも記載しましたが、大型風車工場を国内誘致することも重要で、その中で、グローバルメーカーと協働しつつ、日本・アジア市場向けの洋上風車要素技術（次世代発電機、台風・落雷対応、低風速域向けブレード等）を開発し、設備利用率の向上及び大量生産技術の確立によりコスト低減することも必要です。

3) 発電需給予測の向上

風力や太陽光などの変動電源においては、天候を考慮した出力予測精度が向上すれば、インバランス市場への過度な負担がなくなり、燃料費が無料である風力発電量の最大化で二酸化炭素の排出最小化を図れ、さらには円滑な電力系統の運用が期待できます。

4) 運転保守の高度化

洋上風車では、陸上風車と比較して作業員のアクセスに難があり、故障が発生すると、作業員がアクセスして故障を修理するまで再起動ができないので、風況の良い冬場に故障が発生して風車が停止してしまうと設備利用率が極端に悪化します。設備利用率をできるだけ落とさずに風車の運転保守をするためには、保守を夏場を実施すべきことが知られています。そのために、風車運転保守データ及び CMS（Conditioning Monitoring System）データの高度化による故障予知や部品寿命予測の向上により、予防保全による保守を実現し、風車をできるだけ健全な状態で運転することによる設備利用率確保向上が求められています。

5) 据付費用の削減

着床式洋上風車及び浮体式洋上風車の据付費用については、風車機器費用と同等もしくはそれ以上のコスト構成を占めており、この両洋上風車の据付費用の削減は喫緊の課題になっています。

6) 人材育成

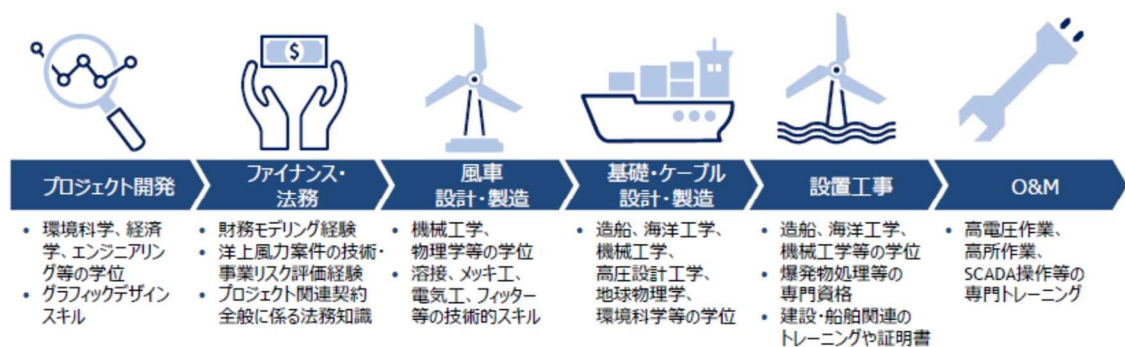
洋上風車については、英国では洋上風車のスキルの棚卸しを実施して、図 1-1 に示す多岐にわたるスキルが必要であることが紹介されています。

我が国でも、洋上風力発電に必要なスキルの棚卸しを行い、スキル取得のための方策を産官学で連携して検討し、プロジェクト開発、ファイナンス・法務、風車設計・製造、基礎・ケーブル設計・製造、設置工事、O&M を熟知した人材の育成を幅広く実施しなければなりません。

2（４）洋上風力人材育成プログラム

- 英国では、洋上風力サプライチェーン全域において必要となるスキルの棚卸しを実施。
- 我が国でも、洋上風力発電に必要なスキルの棚卸しを行い、スキル取得のための方策を産官学で連携して検討する。

英国における洋上風力関連スキルの例



(出所) Energy & Utility Skills 「Skills and Labour Requirements of the UK Offshore Wind Industry(October 2018)」, BCG分析

4:

出典：2021年6月18日 JEMA 第105回新エネルギー講演会基調講演「洋上風力の産業競争力強化に向けた取組」、Energy & Utility Skills 「Skills and Labour Requirements of the UK Offshore Wind Industry(October 2018)」, BCG分析

図 1-1 洋上風力人材プログラム

(3) JEMA としてのアクション

1) 風車の大型化に向けて

大形風車設置箇所から電気の消費地への大容量直流送電線に必要な機器として、高電圧直流遮断器及び大容量高電圧の交直変換器、さらには、交流系統・直流系統両者への保護・制御協調が必要となっており、その開発も視野に入れなければなりません。それらの案件の計画達成のため、業界団体として、

- ① 直流送電技術の確立（自励式交直変換器・高電圧直流遮断器）

② PCS の疑似慣性機能の開発支援

を実施していきます。本件の詳細は別項を参照ください。また、風車の大型化によりさらなる公衆安全を図る必要があることから、日本特有の環境・気象条件、即ち、高乱流・冬季雷・台風・地震・津波を考慮に入れた風車を継続して導入する必要があります。そのため、公衆安全のための IEC61400 シリーズ規格への日本環境の織り込みの提案を実施していきます。また、風車生産については、次の 2) 項に記載します。

2) 国内サプライチェーンの充実に向けて

国内のサプライチェーンの充実に向けて、JEMA として JWPA の洋上風力サプライチェーン分科会で、工業界を代表して意見発信し、国内のサプライチェーン強化や国内サプライヤーの育成に向けて意見を発信していきます。また、風力産業振興という立場で、大型化したナセルの生産可能な日本国内への工場誘致や風力国産化に対するインセンティブ適用の推進など、国内に風力産業が根付くような施策を経済産業省に働きかけるとともに、長翼に対応した分割翼の導入の推進、さらに、風車大型化のハブ高さ高高度化に伴うハイタワーの国内生産の推進を実施していきます。

3) 発電需給予測の向上

洋上風力発電所の出力変動を予測し、再エネ発電量の最大化を目指した電力システムのバランス維持のための技術確立を目指し、需給バランス市場への負担軽減のために、具体的には、スポット市場や 1 時間前市場の取引について、現在の 1 時間前市場→30 分前市場のようにできるだけ直前の取引ができるよう発電予測精度を高めていくことを目標とします。

4) 運転保守の高度化

運転保守の高度化について、CMS による故障予知技術を向上させて高い設備利用率を確保するため、工業界としてリードしていきます。

また、風車の翼については、これまでロープワークによる保守作業を実施してきましたが、翼への落雷後の翼点検を含めてカメラを搭載したドローンの活用による省力化が期待されており、ドローン技術の開発について工業界として注力していきます。将来的には、落雷後の再起動のため目視点検に変わりドローン点検等で再起動できるよう経済産業省とも調整していきます。

合わせて、保守ロボットによる保守作業の効率化を実現すべく、保守ロボットの実用化も視野に入れて工業界として対応していきます。

5) 据付費用の削減

据付費用の削減について、JEMA としては、JWPA など関連する業界団体と連携を取り、大型化する洋上風車の据付工事について、ナセル内機器の軽量化や工事のし易さなどを追及するよう業界団体として据付側との連携を図っていきます。

6) 人材育成

人材育成について、JEMA としては、会員メーカーに対して人材育成への取り組みの強化を求めていくとともに、風力を含めた電機業界に関する電機業界説明を各大学に対して継続実施し、国内サプライチェーン強化による産業力強化で魅力ある産業であることをアピールし風力を含む電機業界に優秀な大学生が就職するように仕向けていきます。また、一般向けには、新エネルギー講演会を通じて風力発電の脱炭素の優位性やエネルギーセキュリティの面で推進すべき電源であることなど啓発を図っていきます。

表 1-5 風力発電の JEMA のアクション

項目	時期	アクション	ステークホルダー
風力発電の大型化	継続	公衆安全のための IEC61400 シリーズ規格への日本環境の織り込みの提案	JWPA、風車メーカー、事業者、風車コンサルタント
工事計画届運用	継続	風車の設計認証かつコンポーネント単位の JIS Q 9001・ISO 9001 などの認定で型式認証取得済の風車と同等の扱いとするよう認証制度運用上の改善を働きかけ	経済産業省、JWPA
風力産業国産化	継続	① 風力国産化に対するインセンティブの適用の働きかけ及び大型風車向けナセル・廃却時リサイクル可能な分割翼並びにハイタワー生産可能な工場の誘致 ② 洋上風力 サプライチェーン分科会への業界を代表しての意見発信	経済産業省 経済産業省、JWPA
発電需給の統合予測	継続	洋上風力発電所の出力変動を予測し、再エネ発電量の最大化を目指した電力システムのバランス維持のための技術を確立	気象コンサルタント及び一般送配電事業者
運転保守高度化	継続	ドローン・保守ロボット・故障予知による設備利用率の向上	風車メーカー
据付費用の削減	継続	ナセル内機器の軽量化や工事のし易さなどを追及するよう業界団体として据付側との連携	風車メーカー JWPA 据付業者 風車コンサルタント
人材育成	継続	会員メーカーに対し人材育成への取り組み強化要請、風力を含めた電機業界説明会の充実	風車メーカー

JWPA：一般社団法人日本風力発電協会

1.1.3 水力発電

(1) 技術イノベーションロードマップ

1) 一般水力

現状の一般水力発電の設備容量は 22.5GW、発電電力量は 796 億 kWh、設備利用率は 40% 程度となっています。本ロードマップでは、2050 年水力発電の電源比率を 10% と仮定しました。以下のような施策を推進することで、6GW の設備容量の増加と利用率 55% への引き上げを見込みます。このためには、以下の活動を推進する必要があります。

- ① 従来の規制や制度を前提としないダム流量の発電未利用ポテンシャル^{※1}・地点調査
- ② 導入拡大のターゲット（地点・容量帯）を見据えた、ダム嵩上げや多目的ダムを含む発電未利用ダムの発電利用、機器／設置工事の標準化によるコスト低減の可能性などの施策検討
- ③ 最新の気象予測技術 AI を活用したダム流入量予測など、デジタル技術を活用した既存設備の有効利用、既存設備のリプレイス
- ④ 地域レジリエンスへの貢献（停電時の電力供給）

※1：環境省「再生可能エネルギー導入ポテンシャル」：

既開発発電所を除く導入ポテンシャル 8.9GW（うち経済性を考慮した導入ポテンシャル 3.2～4.1GW）

2) 揚水発電

再エネの導入拡大を進めるなかでは調整力の確保が課題となりますが、調整力の中でも世界第 2 位の設備容量（27.5GW）を有する揚水発電の最大限の活用が不可欠です。太陽光発電の導入が進むエリアでは、軽負荷期の需給バランスを維持するため、揚水発電の利用率は比較的高くなっていますが、全体としての揚水発電の利用率は低い状況です^{※2}。

諸外国では利用率 4～15% で稼働しており、また、欧州では、現状でも月別の平均利用率が 10% 前後で推移している事例^{※3}を鑑みると、揚水発電の利用率を、2030 年 11% 程度、2050 年 15% 程度に引き上げる必要があります。

そのためには以下のような施策が有効です。

※2：設備容量 27.5GW 平均利用率 約 4.6%（資源エネルギー庁 2020 年データより JEMA 試算）

※3：IEA Hydropower Special Market Report Figure 3.27：オーストリア、フランス、ドイツ、イタリア、ポルトガル、スペイン、スイスの 2019 年の利用率平均値（月別）

- ① アンシラリーサービスに寄与する揚水発電の社会便益の評価など、再エネ主力化時代における揚水の位置付け
- ② 既存揚水発電の最大限の活用を目的とした、変動性再エネの調整力として価値への対価、地域間連系線を活用した広域運用
- ③ 設備利用率の向上を目的とした、高速起動・高速運転切替、出力調整幅の拡大、可変速技術等を用いた調整幅の拡大
- ④ 所要調整力の確保に向けた揚水発電新設の必要性検討（経済性、環境影響、地元への還元などの課題、及び他電力貯蔵設備との比較検討）

表 1-6 水力発電のロードマップ

大項目	中項目	小項目	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026～2030年度	2031～2040年度	2041～2050年度
水力	一般水力	制度ほか	第6次エネ基の水力160億kWh増実現							
			FIP制度への移行（FIT制度 地域活用要件有を除く）							
			ポテンシャル調査						導入拡大容量帯へ施策	
			発電未利用ダム・治水用水・農業/工業用水利用						各種規制見直し、標準化コスト低減	
			FIP制度を活用した収益最大化						新規水資源開発	
		JEMA	水車・発電機の性能向上（CFDによる複雑形状ランナ等）							
			環境負荷低減技術の検討（潤滑油、制御油等）							
			中小水力向け制御装置の検討（一体型、AI/IoT活用等）							
			ハイブリッド発電（浮上PV、電池等）							
	揚水	制度ほか				容量市場開設				
			需給調整市場開設			需給調整市場への完全移行				
			既存設備の最大限の活用		アンシラリー機能価値への対価					
					既存揚水の利用率向上（全国大での広域運用）					
								揚水発電の新規開発		
		JEMA	揚水発電設備の運転範囲拡大、高速切替・高速起動追求実現							
			変換器技術に同期した可変速発電システム							
		既存揚水の可変速化								

(2) 現状と課題

1) 一般水力

第6次エネルギー基本計画において、2030年度 水力発電での発電電力量を、近年10年の平均値から約160億kWh増大させています。この内訳は、中小水力の設備容量増加(0.7GW)で約35億kWh、更なる新規開発による容量増加と既存発電の有効活用により約80億kWh、更なる野心的水準の施策強化分として50億kWh程度が積算されています。既存発電の有効活用は、ダムの嵩上げや未利用ダムの活用が施策と挙げられています。内閣府における再エネの規制見直し検討においても、第6次エネルギー基本計画の数値目標を達成するための施策とロードマップが提示されていますが、2030年までに約5.6億kWhの水力に関する施策が記載されており、これらの施策には、ダムの嵩上げ、洪水後のダム運用改善などの施策が盛り込まれています。

一方2012年にFIT制度が導入されて以降、中小水力の設備容量は9.6GWから9.8GWと0.2GWの増加にとどまっており、発生電力量もほぼ横ばいとなっています。これらを踏まえ、多目的ダムでの発電未利用水、発電未利用ダムなどにおいて、発生電力量を増加させることができるポテンシャル調査を実施するとともに、FIT制度やFIP制度以外の施策で、未利用水の発電利用を促進する方策を検討する必要があります。

2) 揚水発電

2020 年時点で、日本の揚水発電所の設備容量は約 27.5GW ありますが、その設備利用率は、変動再エネ比率の高い地域では 7%前後と比較的高い値を示しているものの、全国平均は 4.6%と、海外主要国の 4～15%に比べて低くなっています。

IEA では、再エネ導入拡大に向けて、発電設備、系統、需要、電力貯蔵設備それぞれで対策が必要となること、電力貯蔵設備としての対策は、既存揚水発電の活用促進が第一であるとの見解が示されています。また、RITE における試算では、再エネ比率 50%程度で必要とされる電力貯蔵設備容量は 870GWh^{※4}とされていますが、これに対し揚水発電所の運転継続時間を平均 5 時間と仮定すると、国内の既存揚水発電における総発電量は 137GWh となり、必要量の 1/6 に満たない状況です。今後、蓄電池の導入増加も見込まれますが、電力貯蔵設備として既存揚水発電所の活用促進がコスト効率的かつ実効性のある対応策です。

加えて、揚水発電所は、自然変動再エネが増加した場合に課題となる同期化力、慣性力、電圧維持機能などアンシラリーサービス機能を有していることから、地域編重がある揚水発電の設備利用率を総じて高めること、アンシラリーサービス機能へのインセンティブ制度などの検討が必要であると考えます。

※4：総合資源エネルギー調査会 第 43 回 基本政策分科会 資料 2

https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/2021/043/043_005.pdf

(3) JEMA としてのアクション

JEMA は、水力発電機器メーカーの視点で、水力発電（一般水力／揚水発電）の導入拡大に関する提言活動を行うため、2020 年 11 月に水力発電 WG を新設しました。2021 年度は、資源エネルギー庁含む関係省庁へ JEMA としての活動開始を報告し、水力・揚水発電の活用に関する意見を説明しています。今後、関係各機関との連携を深め、水力発電の社会実装促進に向け取り組みます。

1) 一般水力

- ① ポテンシャル調査実施の提言
- ② ポテンシャル調査結果を踏まえ、設備を増加させるための水力発電所の標準化検討
- ③ ポテンシャル調査結果を踏まえて、水力での発生電力量を増加させるための対策あるいは制度・規制緩和策の提言検討

2) 揚水発電

- ① 変動再エネ拡大に向けて、揚水発電の既存設備活用促進策の提言
- ② アンシラリーサービス機能の評価に関する提言

表 1-7 水力発電の JEMA のアクション

項目	時期	アクション	ステークホルダー
提言活動	2021 年～	政策・施策面での連携	資源エネルギー庁 国土交通省 環境省
	2022 年～	水力発電事業者との連携	電気事業連合会 公営電気事業者経営 者会議 他
	2022 年～	調整力／系統安定化価値の追及、連携	送配電網協議会 他

1.1.4 地熱、バイオマス

(1) 技術イノベーションロードマップ

1) 地熱

カーボンニュートラルに向けて再エネ電源の拡大は必須の重要課題ですが、地熱発電はベースロード電源となりうる電源であり、かつ慣性力を持つ再エネであることから大きな目標を立てて拡大すべきです。発電に加えて熱利用も拡大することにより、一次エネルギーに占める地熱の比率も高めるべく推進されるべきであると考えます。

我が国は世界第 3 位の地熱ポテンシャルを持つと言われており、現在国内における地熱発電の設備容量は開発中のものも含め 0.6GW ですが、熱水の開発ポテンシャルは 9.0～11.4GW（2019 年時点）存在することから、計画的に開発を進めることで 2050 年において 2.0GW を超える設備容量を確保できると想定します。高温岩体発電の開発ポテンシャルは 2.9GW 以上あり、主として開発される 7.5MW 以上の大規模発電設備は、広域電力システム中のベースロード電源として、基幹系統に接続されることを想定します。

一方、2.4GW 程度の開発ポテンシャルを有する天然熱水系を含む、2MW 以下の小規模な熱源は、熱電併給を想定した地域エネルギー源として活用が進むと考えます。今後、人工注水により発生蒸気量を安定化させる技術などが進歩することと合わせ、2050 年のエネルギーミックス中で一定の地位を占める電源になると考えます。地熱発電の開発を着実に進めるためには、図 1-2 に示すように人工地震波を用いた地下構造の三次元マッピングなどによる熱源探査精度の向上、PDC（多結晶ダイヤモンド焼結体：Polycrystalline Diamond Compact）掘削ビットの開発による熱資源の掘削効率化、及び運転開始後の蒸気量維持に向けた技術開発などが必要です。

また、海外の地熱資源を活用して日本の電力をグリーンにする試みも重要であり、検討が必要です。例えば、大規模開発が期待できる海外の地熱地帯で、地熱エネルギーの熱から水素やアンモニアなど火力発電の燃料になりうる燃料を製造し、日本に搬入するサプライチェーンの可能性を検討すべきと考えます。



出典) 総合資源エネルギー調査会 第 22 回 資源燃料分科会 資料 4

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shigen_nenryo/pdf/022_04_00.pdf

図 1-2 期待される地熱資源開発技術

2) バイオマス

バイオマス発電は、地域活用電源として 11GW が導入され、調整力の一端を担うものとして 60%程度 of 設備利用率が想定されます。主体となる木質燃料による年間総発電量は約 500 億 kWh と見込まれ、約 6,200 万 ton の木質燃料が必要となります^{※1}。このためには、間伐材など未利用木材活用を促進することに加え、燃料利用を目的とし広葉樹・早生樹からなる「エネルギーの森」を生成し、図 1-3 に示すような地域経済との持続可能な共生を実現することが必要です。また、北米、オセアニア、アジアからの安定的な木質ペレット・チップ供給ルートを形成することで、調整電源としての運用自由度を向上させることも必要です。また、バイオ燃料の製造に向けた、燃料材乾燥機、先進重機等の開発促進も期待されます。

バイオマス発電は、植物生育と燃焼で CO₂ を循環させるカーボンフリー電源として位置付けられますが、燃焼の際に発生する CO₂ を回収し貯留・利用する CCS (Carbon dioxide Capure and Strage) /CCUS (Carbone dioxide Capture, Utilize and Strage) 技術を併用することで、BECCS (Bio-Energy with Carbon Capture and Storage) としてネガティブエミッションへの貢献が可能となります。炭素価値を適切に設定することで地域経済あるいは企業活動を支える一要素となり、バイオマス発電の導入を一層進めるというスパイラルアップの実現が、2050 年カーボンニュートラルに向けて期待されます。

※1: 第 31 回 調達価格等算定委員会 資料 4、第 1 回 林業尾・木質バイオマス発電の成長産業化に向けた研究会 資料 2 より JEMA にて試算



出典) 第 31 回調達価格等算定委員会 資料 4

https://www.meti.go.jp/shingikai/santei/pdf/031_04_00.pdf

図 1-3 バイオマス発電による地域経済の活性化

表 1-8 バイオマスのロードマップ

大項目	中項目	小項目	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026～2030年度	2031～2040年度	2041～2050年度	
再生可能エネルギー	地熱		高温岩体発電の試掘・結果検証					事前評価	実証	普及	
			国内技術開発検証								国内外事業展開
			掘削技術、資源探査技術の高度化開発								
			▲行政手続きの合理化・簡素化					▲地熱開発に関する法的整備の推進			
			FIT制度による地域活用電源の導入促進を継続								
	バイオマス		発電高効率化・熱電併給の推進・設備費用/建設コストの低減								
			燃料需要向け林業の確立					バイオ燃料の流通量増大、持続性確保			
			バイオ燃料製造設備の導入支援								

(2) 現状と課題

1) 地熱

現在の地熱発電の導入量は約 0.2GW であり、調査・開発中のものを含めても 0.4GW 程度と、目標とする 2GW に向けては政策面も含め抜本的な対策が必要な状況です。前述の通り我が国は世界第 3 位の量の地熱ポテンシャルを持つと言われていますが、その多くは自然公園法により保護される地域内に所在し、自然保護と地熱資源開発の両立を実現しなければなりません。また日本は温泉大国であり、地熱資源が存在する地域には必ず温泉業が営まれているので、温泉業との共生も必須の課題です。さらに、地熱資源開発は他の資源開発同様に高いリスクを伴う事業であり、発電事業としては自立すべきものであると認識するものの、資源開発リスクに対しては、例えば図 1-4 に示す地熱開発プロセスの各段階における予算上の支援措置のような、国による支援が必要であると考えます。

地熱資源開発の初期調査については独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) による先導的資源量調査により、今まで調査されたことのない地域でのポテン

シャル調査が進められ、自然公園法の規制緩和も整いつつあり、地元理解のための支援事業も継続されています。これらの事業等が地熱発電拡大の目標以上達成するまで継続されることを望みます。

- 先導的資源量調査による新規開発地点の調査
- 自然公園内での開発に関わる規制緩和
- 地元理解促進事業の継続
- JOGMEC 及び国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）による技術開発の推進継続

新規地熱資源として NEDO が取り組んでいる超臨界地熱資源の開発は、従来まで取り組んできている地熱資源とは全く異なる熱源によるものであり、自然公園法により保護される地域外にも多く存在すると推定されていること、従来の地熱資源より高温であると推定されていることから、計画通りに推進されることを望みます。

- 超臨界地熱資源開発の推進
- クローズドループ技術による高温岩体発電（EGS：Enhanced Geothermal System）技術開発
- 2030 年までに全設備容量を 150 万 kW とする目標に加え、2050 年までに更に増大させるための目標設定

また、地熱資源の多くは山間に立地すること、資源開発には長期間を要する等の理由で開発コストが高く、地域活用電源として FIT 制度の枠組みを維持することが検討されています（～15MW：¥40/kWh、15MW～：¥26/kWh）※2。

※2：調達価格等算定委員会「令和4年度以降の調達価格に関する意見」

https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/20220204_report.html



出典）総合資源エネルギー調査会 第22回 資源燃料分科会 資料4

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shigen_nenryo/pdf/022_04_00.pdf

図 1-4 地熱開発プロセスと予算上の支援措置

2) バイオマス

現在のバイオマス発電設備容量は約 4.5GW であり、年間発電電力量は 262 億 kWh となっています。FIT 認定量 8.5GW のうち 90%以上が「未利用材」及び「一般木材・バイオマス燃料」であり※3、燃料材が林業者の重要な収益機会になりつつある一方、発電コストの 7 割を占める燃料コストの低減が必要な状況です。このためには、現状、建材向けに最適化されている木材の運搬・加工システムを、エネルギー利用向けの利用も視野に入れ最適化することが必要です。燃料用に用いられるのは、間伐材や林地残材など、建材用途などに利用できなかった木材の副次的利用が中心となりますが、建材需要動向に左右され供給量の見通しが立たず、また生産・輸送システムが燃料用途としては過剰で非効率なものとなっています。

また、燃料品質にばらつきがあると、バイオマス燃焼炉内の温度が安定せず、結果として設備利用率低下等の支障を生じるため、燃料品質を統一的に評価する仕組み作りも求められます。

※3：第 31 回 調達価格等算定委員会 資料 4 https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/031_04_00.pdf

(3) JEMA としてのアクション

分散グリッド中の地域活用電源として地熱・バイオマス発電の導入促進に向けた検討を進め、必要となる政策の提言、意見発信を行います。また、カーボンニュートラルに向けての変化を加速する世界市場において、電力・エネルギー全般にわたりインフラビジネスの輸出促進に向けた市場調査活動を推進し、我が国が技術優位性を有する地熱発電などの海外展開に向けた戦略策定に必要な情報の提供を行います。

- ① 地域性を有する電源の活用を考慮した分散グリッドの将来ビジョンの策定と、それに基づく地熱・バイオマス発電設備の導入促進に向けた提言、意見発信
- ② インフラビジネスの輸出促進に向けた市場調査活動の推進

表 1-9 地熱・バイオマス JEMA のアクション

項目	時期	アクション	ステークホルダー
提言活動	2022 年～	導入促進に向けた政策提言、意見交換・発信	経済産業省、資源エネルギー、林野庁、地方自治体、日本地熱協会、バイオマス発電事業者協会、他
調査活動	2022 年～	インフラビジネス輸出促進に向けた市場調査活動	JICA、JOGMEC

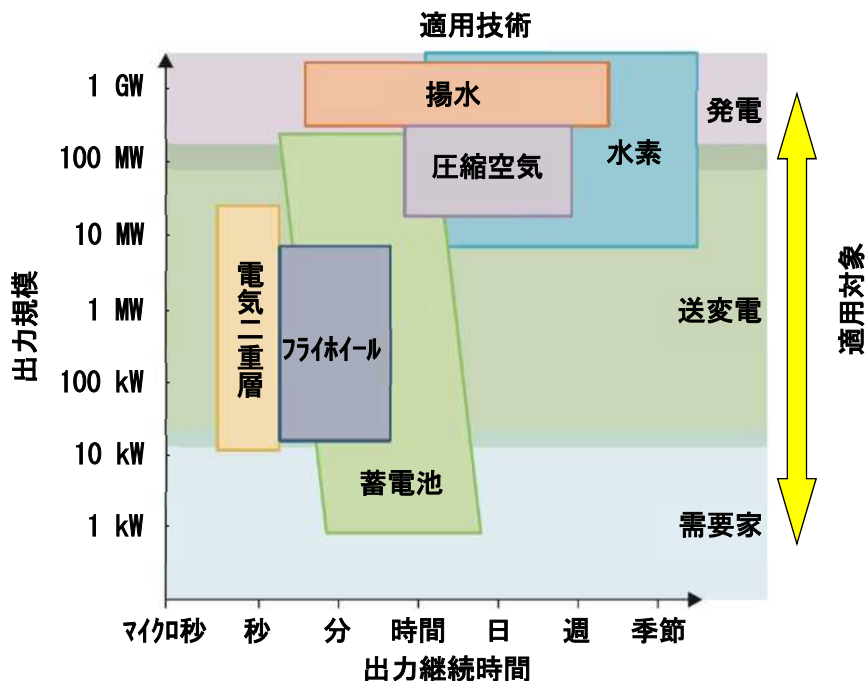
JICA：独立行政法人国際協力機構

JOGMEC：独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構

1.2 水素・アンモニア発電

1.2.1 技術イノベーションロードマップ

カーボンニュートラルなエネルギーシステムを実現する上で、脱炭素燃料である水素及びアンモニアが長距離の輸送、長期間の備蓄に適したエネルギー源として期待されています。図 1-5 に IEA の”Technology Roadmap – Hydrogen and Fuel Cell, 2015”にて述べられている、出力の継続時間と規模の観点で適切な蓄エネルギー方式について示しますが、電力システムにおける主要電源と位置付けられる数十 MW 以上の規模にて 1 週間を超えて発電するようなエネルギー源としては、水素が適しているとされています。また、電力系統制の安定性の観点では、これを維持するために不可欠な慣性力及び調整力を提供可能な電源として、原動機と同期発電機を組合せた発電システムは有用であり、水素あるいはアンモニアを燃料とする発電用原動機の開発が進められています。



出典） IEA Technology Roadmap-Hydrogen and Fuel Cell, 2015 のグラフを JEMA にて編集

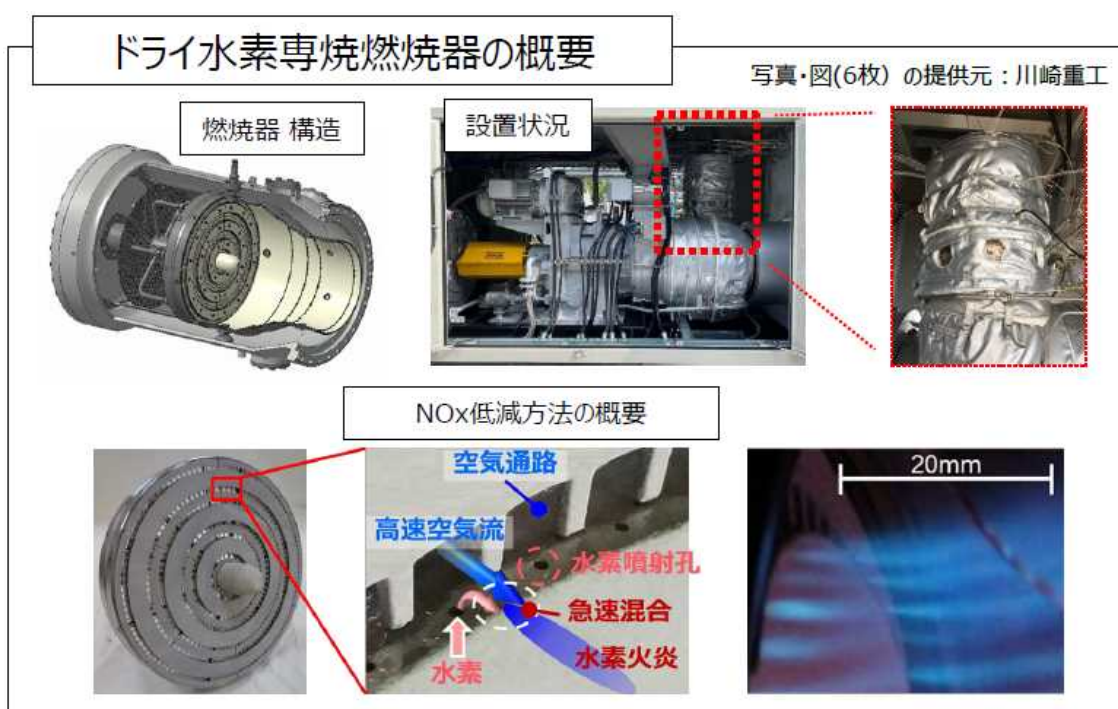
図 1-5 出力継続時間・規模に対応した蓄エネルギーシステム

一方、水素、アンモニア共に、現時点においても産業用途として一定規模の流通網が整備されていますが、エネルギー源としての活用を想定すると、遥かに大量の需要が創出されると考えられますので、製造から輸送、備蓄、配送に至るサプライチェーンを整備する必要があります。

(1) ガスタービンの技術展望

水素は天然ガスに比べ燃焼性が高いため、逆火の発生及び高 NOx 化が課題となります。

この対策として、例えば図 1-6 に示すように、空気と燃料を混合・燃焼することでタービンを作動する為の高温・高圧ガスを生成する燃焼器の開発が進められています。タービン、圧縮機などの他のガスタービン原動機の構成要素については、現在開発が進められている 1,700℃級ガスタービンの技術が活用可能です。燃焼器を交換するだけで低・脱炭素化を進める事ができること、H₂ 純度が高くななくても効率を下げることなく利用できることから、経済的負担も少なく、電源設備のカーボンニュートラル化を進めるに当たり、有望な技術と言えます。



出典) 第 27 回水素・燃料電池協議会 資料 1「水素社会実現に向けた社会実装モデルについて」より抜粋

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/027_01_00.pdf

図 1-6 水素タービンの開発状況

一方、アンモニアは天然ガスに比べ燃焼速度が遅く、火炎温度も低いため、失火及び未燃焼ガスの排出に対する対策が必要となります。また、燃料自体が窒素原子を含むため、高 NO_x 化への対策も必要となり、アンモニアに対応する燃焼器の開発が進められています。大規模発電用途では脱硝装置の改良が必要ですが、タービン本体等は既存技術の流用が可能です。水素、アンモニア共に脱炭素電源として実用化の目処は立っており、2050 年に向け今後混焼化の促進、専焼設備の社会実装が着実に進むと期待されます。

(2) サプライチェーンの充実

2050 年の断面で必要とされる水素量は、図 1-7 に示す経済産業省の試算では輸送・発電・原材料・熱需要の総計として 2,000 万 ton 程度と想定されています。市場における流通量の

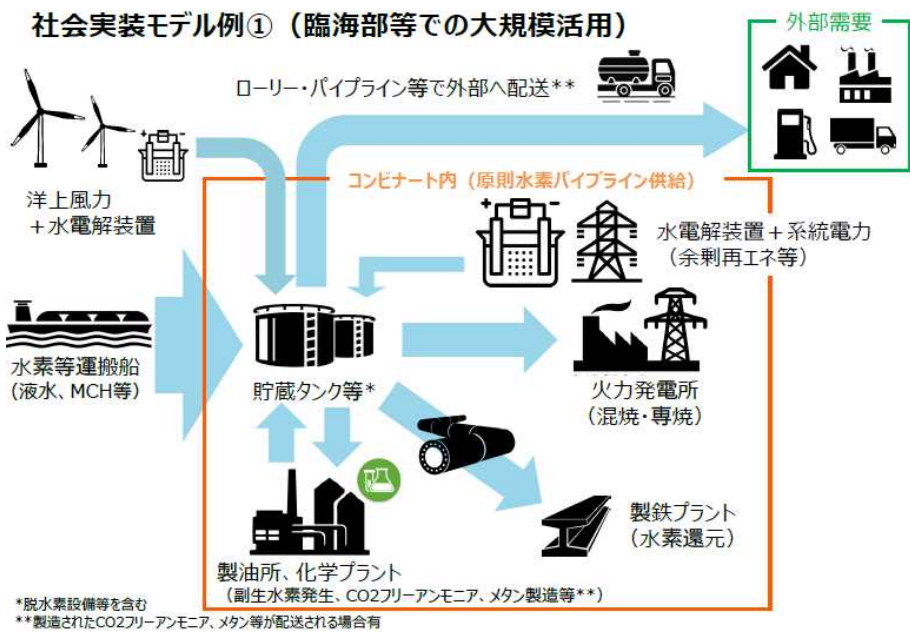
増大に応じ、例えば図 1-8 及び図 1-9 に示すような、需要形態に応じたサプライチェーンの構築、国際連携・協力体制の強化が必要です。

	短期（～2025年頃）	中期（～2030年頃）	長期（～2050年）
実績・目標量	約200万トン	最大300万トン	2000万トン程度
供給サイド			
既存供給源（副生水素等）	主要な水素供給源として最大限活用	供給源のグリーン化（CCUSの活用等）	
輸入水素	実証・準商用化等を通じた知見蓄積、コスト低減	商用ベースの大規模国際水素サプライチェーンの構築	調達源多様化・調達先多角化を通じた規模拡大
新たな国内供給源（電解水素等）	実証を通じた知見蓄積、コスト低減	余剰再エネ等を活用した水電解の立ち上がり	電解水素の規模拡大・新たな製造技術の台頭
需要サイド			
輸送部門	FCV、FCバスに加え、FCTラック等への拡大	船舶（FC船等）等の市場投入	航空機等への水素等（合成燃料等）の利用
発電部門	定置用燃料電池、小型タービンを中心に地域的に展開	大規模水素発電タービンの商用化（SCと一体）	電力の脱炭素化を支える調整力等として機能
産業部門（工業用原料）	原油の脱硫工程で利用する水素のグリーン化、製鉄、化学分野の製造プロセス実証等の実施		水素還元製鉄、グリーンケミカル（MTO等）等
産業・業務・家庭部門の熱需要	水電解装置の導入や、既存ガス管を含む供給インフラの脱炭素化等に伴い化石燃料を代替等する		インフラ整備や水素コスト低減を通じた供給拡大

出典）第 25 回 水素・燃料電池戦略協議会 資料 1

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/025_01_00.pdf

図 1-7 想定される水素需給量

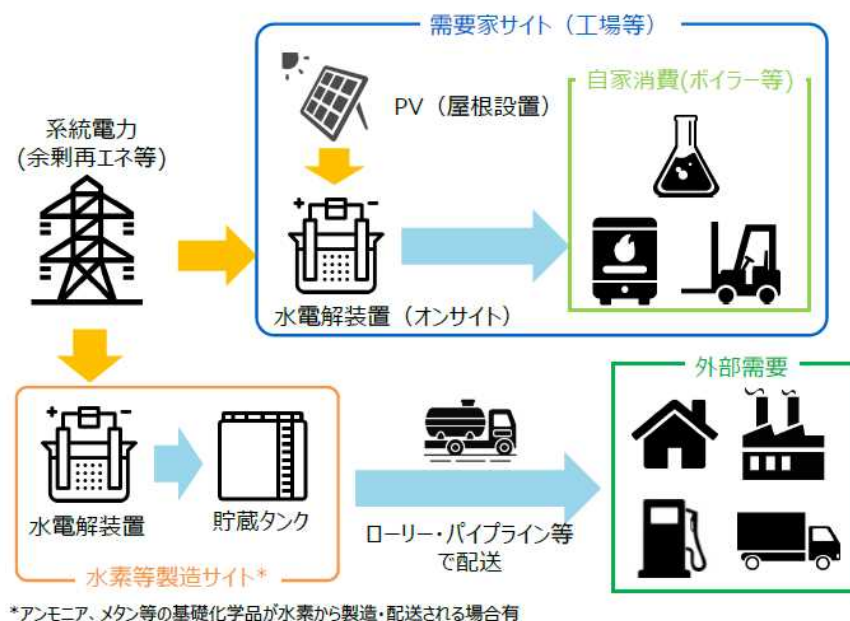


出典）第 27 回水素・燃料電池協議会 資料 1

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/027_01_00.pdf

図 1-8 需要形態に応じた水素サプライチェーン例 1

社会実装モデル例②（水電解装置等を用いた自家消費、周辺利活用）



出典）第 27 回水素・燃料電池協議会 資料 1

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/027_01_00.pdf

図 1-9 需要形態に応じた水素サプライチェーン例 2

水素、アンモニア等の脱炭素燃料の製造については、図 1-10 に示すように再エネ由来の電力を用いる方法、及び炭素を回収しつつ褐炭等の化石燃料を改質する方法などが挙げられます。また、アンモニアについては、モリブデンあるいはルテニウム等の触媒を用いた効率的な製造法の実用化が期待されます。

製造	輸送・貯蔵	利用	キャリア	液化水素	MCH	アンモニア	メタネーション
副生水素等 化石燃料+CCUS 再エネ等+水電解装置	圧縮水素 液化水素 MCH アンモニア メタネーション パイプライン	発電部門（タービン、燃料電池） 運輸部門（FCV、トラック、船舶等） 民生・業務部門（燃料電池等） 産業部門（石油精製、化学、鉄鋼等）	体積（対常圧水素） 液体となる条件、毒性 直接利用の可否 高純度化のための追加設備 特性変化等のエネルギーロス 既存インフラ活用、活用可否 技術的課題等	約1/800 -253℃、常圧 毒性無 N.A.（化学特性変化無） 不要 現在：25-35% 将来：18%	約1/500 常温常圧 トルエンは毒性有 現状不可 現在：35-40% 将来：25% 可（ケミカルタンカー等）	約1/1300 -33℃、常圧等 毒性、腐食性有 可（石炭火力混焼等） 必要（脱水素時） 水素化：7-18% 脱水素：20%以下 可（ケミカルタンカー等）	約1/600 -162℃、常圧 毒性無 可（都市ガス代替） 現在：-32% 可（LNGタンカー、都市ガス管等）
				大型海上輸送技術（大型液化器、運搬船等）の開発が必要	エネルギーロスの更なる削減が必要	直接利用先拡大のための技術開発、脱水素設備の技術開発が必要	原則、グリーン水素を利用、CO2供給が不可欠

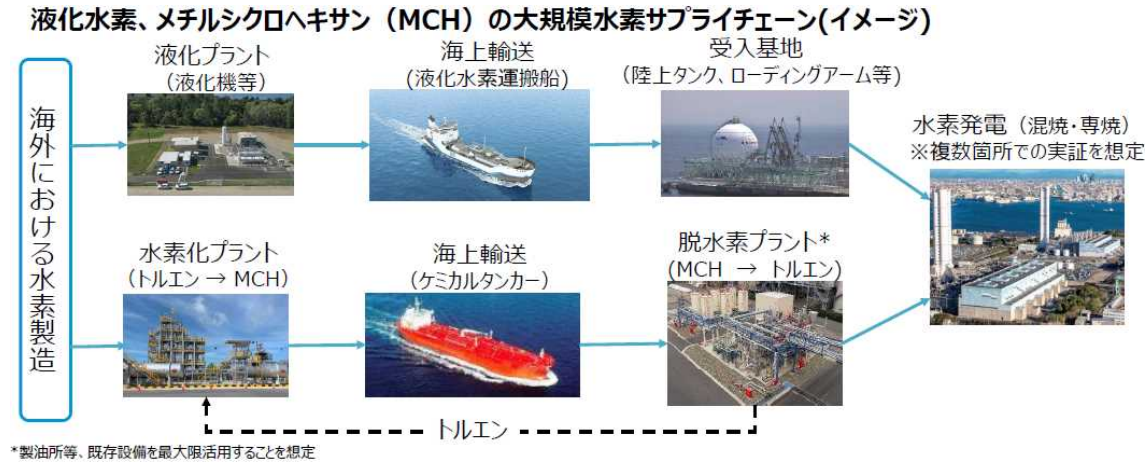
出典）第 27 回水素・燃料電池協議会 資料 1

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/027_01_00.pdf

図 1-10 想定される脱炭素燃料の製造・流通・利用形態

国内においては、地域エネルギーシステム内での太陽光・風力など変動性再エネ電源の発電量変動に対する調整、及び遠隔地の再エネ電源から大需要地へのエネルギー輸送を目的として、水の電気分解による水素製造法の活用が期待されます。一方、国内のエネルギー資源に限りがある我が国においては、エネルギー自給率の向上を図りつつも、一定量のエネルギーを確保する必要があり、海外の再エネが豊富な地域から再エネ電力由来、あるいは化石燃料の改質により得られた脱炭素燃料を輸入することが必要になると考えます。

脱炭素燃料の長距離輸送、及び備蓄に際しては、図 1-10 に示す液化水素、メチルシクロヘキサン（MCH）、アンモニア、メタネーション等の特性を考慮する必要があります。海外からの大規模な輸送の形態としては、最終的な利用の形態に即しそれぞれ特長に応じて、図 1-11 に示すようなサプライチェーンが構築され则认为します。



出典）第 27 回水素・燃料電池協議会 資料 1

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/027_01_00.pdf

図 1-11 想定される海外からの大規模な脱炭素燃料輸送形態

表 1-10 水素・アンモニア発電のロードマップ

大項目	中項目	小項目	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026～2030年度	2031～2040年度	2041～2050年度	
水素・アンモニア発電	水素		水素混焼技術の開発・実証				商用設備への導入・混焼率向上			水素専焼設備の導入	
			水素輸送技術の開発・実証				水素サプライチェーンの構築				
			水素製造技術の開発・実証促進						普及・コストダウン		
	アンモニア		水素・アンモニア資源開発・供給に関する国際連携・協力体制の強化								
			アンモニア混焼技術の実証			商用設備への導入					
			アンモニア専焼技術の開発						専焼技術の実証		商用化
			アンモニア製造技術の開発・実証促進						普及・コストダウン		
			アンモニア流通量の拡大・サプライチェーンの充実								

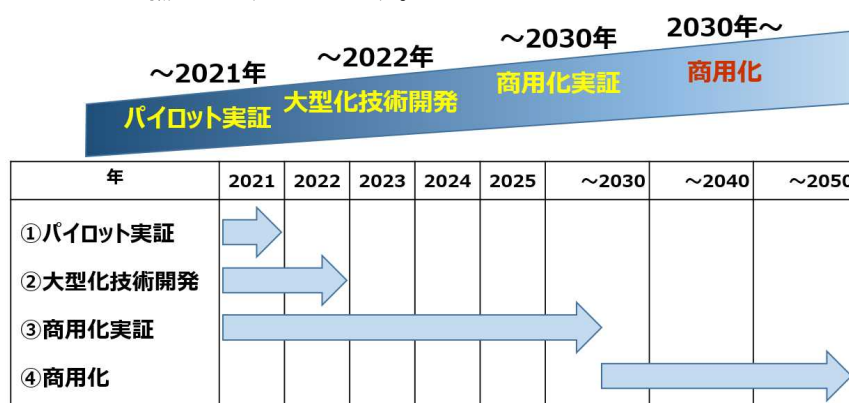
1.2.2 現状と課題

水素・アンモニア発電は、再エネの変動の調整力としても機能し、補完関係にあると言えます。電源設備としては、既存設備と大きく変わらないため投資費用も抑えられますが、電力料金としては燃料となる水素・アンモニアの価格に左右されます。従い、これら燃料コストの低減が非常に重要です。

(1) 水素の利用拡大について

水素ガスタービンについては、N₂希釈、水/水蒸気添加による NO_x 低減技術を採用したものは既に実用段階にあり、2027 年にオランダ Magnum 水素焚き転換 PJ にて専焼による商用運転が開始される予定です。一方、より発電効率を高めることができるドライ式低 NO_x 技術を採用した水素ガスタービンについては、小型器（1MW）での専焼の実証が開始されており、大型器（数十万 kW 級）は 30%の混焼率を達成するための燃焼器の技術開発が完了した段階です。水素の混焼率を向上し最終的な水素専を実現するための基幹パーツである燃焼器について、ガス火力と同程度の発電効率を達成するための技術開発が進められています。近い将来開発も終える予定で、既設のガスタービンをそのまま燃焼器を交換するだけで利用できる水素ガスタービンは、経済的かつ、カーボンニュートラル社会実現に貢献する設備と言えます。

水素のサプライチェーンについては、オーストラリアでの褐炭改質による製造と水素運搬船による長距離海上輸送に関するパイロット実証が 2020 年に完了しています。また、図 1-12 に示すように液化水素輸送貯蔵機器の大型化技術開発が進められており、今後商用化設備の設計検討が進められ、2030 年を完了目標として商用化実証が実施される計画です。液体水素は常圧で-253℃と極低温であること、金属材料に対する水素脆化の問題など、流通設備の面での技術開発及び実証、及び反応性が高いガスであることから、取扱に関する国内・国際的なルール整備も必要になります。



出典）政府「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を参考に JEMA にて作成

図 1-12 水素サプライチェーンの商用化イメージ

水素の活用を促進するには、経済合理性の確保が必要です。現状の国内水素ステーションにおける水素コストは約 100 円/N・m³ 程度ですが、既存の天然ガス火力に対し競争力を確保するには、製造コストとして約 20 円/N・m³ 以下の水準に引き下げる必要があります*1。水素製造～流通の各過程における現時点でのコスト試算例を図 1-13 に示しますが、目標とするレベルを達成するには、サプライチェーンの全てに亘るイノベーションだけでなく、その背景となる流通量の飛躍的増大が求められます。それには発電だけでなく、その他の産業界を含めた産官学一体となった取り組みも重要です。流通量の拡大は H₂ 純度に関わらず発電できる水素ガスタービンは特に有望で、非常に大きな量を使用するため水素コストを低減する事ができ、水素自体のグリーン化にも貢献しうるものと考えます。また、流通量を増やすには国際間も含めたサプライチェーンの構築・強化・拡大が必要です。インフラ導入促進

のためにも、参入しやすい制度・標準の整備が求められます。

※1：第2回 水素・燃料電池戦略ロードマップ評価ワーキンググループ 資料1

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/roadmap_hyoka_wg/pdf/002_01_00.pdf

製造		輸送		貯蔵・供給		供給価格						
海外	豪州褐炭 液化水素*1	42.3 円/Nm3	揚荷 1次基地*1	2.5~3.5 円/Nm3	内航船*2	5.4~13.0 円/Nm3	揚荷 2次基地*3	2.2~3.2 円/Nm3	33.3~34.3 円/Nm3	発電所向け		
		コスト低減			パイプライン*4	0.2~3.3円/Nm3			40.9~50.5 円/Nm3	2次基地周辺需 要向け (2次基地からの 3次配送は含まず)		
		30.8 円/Nm3							33.5~37.6 円/Nm3	製油・化学産業 プラント向け		
					液化水素 ローリー	2.6~4.6 円/Nm3	需要家 受入設備	1.1~1.3 円/Nm3	37.0~40.2 円/Nm3	水素CGS・ 港湾部 (荷役機械、 背後圏輸送)・ モビリティ 定置用 燃料電池向け		
国内	液化水素*5	90~145円/Nm3 コスト低減 60~85円/Nm3	パイプライン中心						61.1~86.3 円/Nm3			
	圧縮水素*5	90~145円/Nm3 コスト低減 80~115円/Nm3							81.1~116.3 円/Nm3			
	再エネ由来 水素*6	120円/Nm3 将来見通し 50円/Nm3							50~ 円/Nm3			

出典) JEMA 第107回 新エネルギー講演会「神戸関西圏における水素利活用の将来ビジョンと需給の定量化」

図 1-13 水素供給に関するポテンシャル価格の試算例

(2) アンモニアの利用拡大について

アンモニアについては、石炭との混焼バーナーの開発が完了し、2021年度から2023年度まで、実発電所での20%混焼の実証試験が実施される予定です。また、アンモニアを用いたガスタービンについても天然ガスに対し20%を混焼した2MW級の実証試験が完了しており、現在混焼率の向上、専焼化に向けた開発が進められています。

サプライチェーンについては、既に肥料用途を中心にアンモニア市場が存在しており、技術的には既存の製造・輸送・貯蔵技術を活用したインフラ整備が可能です。一方で、国内に現存する全石炭火力発電所にて20%のアンモニア混焼を想定すると、年間2,000万ton*2と現在国際的に流通している年間2,000万ton(2019年実績)*3と同規模となる大量のアンモニアが必要となるため、生産・流通設備の充実と共に、生産効率を高める製造技術の開発が進んでいます。また現在のグレーアンモニアから、将来的には海外からのブルー、グリーンアンモニアが拡大していくと予想しています。発電の燃料としての利用から需要量が増加し、アンモニアコストの低減に繋がりますが、制度設計の検討と共に、導入初期においては、インセンティブの考慮も必要と考えます。また一方で利用量が増えることで、取扱いや保安基準など規程の整備も必要となってきます。

*2：経済産業省 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略

<https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012-2.pdf>

*3：燃料アンモニア導入官民協議会 中間とりまとめ

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/nenryo_anmonia/pdf/20200208_1.pdf

1.2.3 JEMA としてのアクション

JEMA は、水素・アンモニア発電の社会実装を促進するため、安全・技術基準・標準化など設備導入に必要な提言活動だけでなく、燃料サプライチェーンも含めた活動を推進します。

- ① 水素・アンモニアを用いた発電技術の利点、必要性に関する情報発信
- ② 水素・アンモニア発電設備の導入促進に向けた政策や規程などへの提言・意見
- ③ 非化石燃料サプライチェーン構築に関する意見発信

表 1-11 水素・アンモニア発電の JEMA のアクション

項目	時期	アクション	ステークホルダー
提言活動	2021 年～	政策・施策面での連携	資源エネルギー庁 環境省
	2022 年～	水素・アンモニア発電関係事業者との連携	電気事業連合会、 NEDO、 水素エネルギー協会 他

NEDO：国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

1.3 原子力発電

2021 年 10 月に閣議決定された第 6 次エネルギー基本計画において、『原子力は、燃料投入量に対するエネルギー出力が圧倒的に大きく、数年にわたって国内保有燃料だけで生産が維持できる低炭素の準国産エネルギー源として、優れた安定供給性と効率性を有しており、運転コストが低廉で変動も少なく、運転時には温室効果ガスの排出もないことから、安全性の確保を大前提に、長期的なエネルギー需給構造の安定性に寄与する重要なベースロード電源である。』と記載されています。また、2050 年カーボンニュートラルを実現するために、『原子力については、国民からの信頼確保に努め、安全性の確保を大前提に、必要な規模を持続的に活用していく』こととしています。

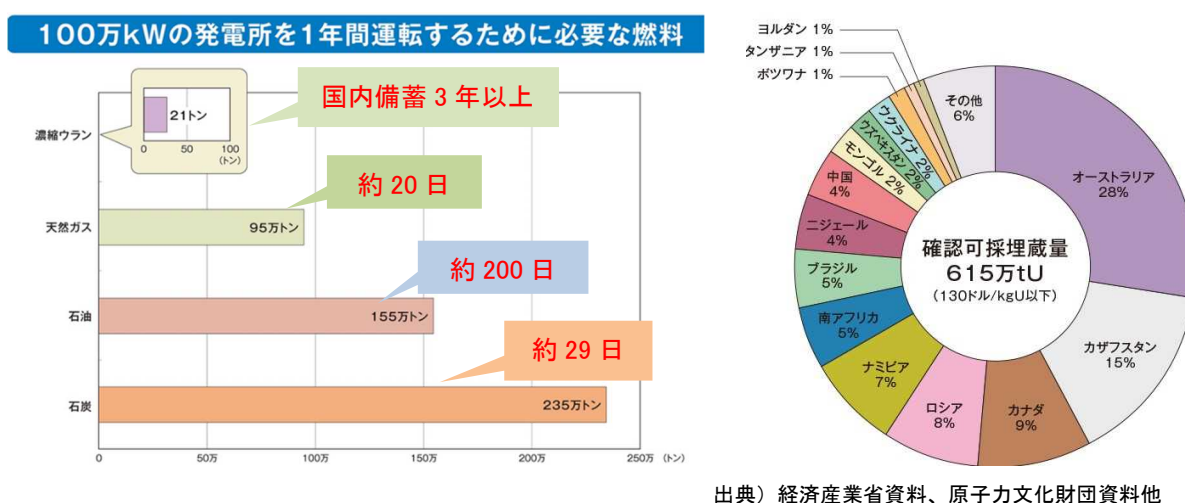


図 1-14 エネルギー資源の安定供給

JEMA では、2050 年カーボンニュートラルに貢献する有力な選択肢とし、2050 年における発電量 13,500 億 kWh/年の 20%である 2,700 億 kWh/年を原子力発電で担うと仮設定しました。原子力発電の稼働率は、海外でも十分実績がある 85%以上と設定し、設備容量 36GW 以上を確保するための課題等を検討します。

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災では、東京電力福島第一原子力発電所が、巨大な地震に耐えたものの、設計の想定を超える高さの津波に襲われ、すべての非常用電源が機能を喪失して大きな事故に拡大、住民の避難を要する事態に至ってしまいました。その後の関係者の努力により、事故の教訓を反映した安全対策により、原子力発電所の安全性は格段に向上しました。

2012 年に新たに原子力規制委員会が発足し、2013 年には新規規制基準が制定され、国内の電力会社は再稼働の申請を順次行いました。2022 年 4 月 1 日時点で、再稼働をした原子力発電所は 10 基、再稼働の許可を取得して安全対策工事等実施中が 7 基、審査中が 10 基となっています。さらに未申請の原子力発電所が 9 基ある一方、24 基（東日本大震災以降に 21 基）の廃止が決定されました。現在は、電力会社、メーカーとも、再稼働に全力を挙げて取り組んでいるところです。

既設発電所が全基再稼働する場合であっても、現法令の制限である 60 年運転期間を前提に、現在の技術によって達成可能な設備利用率 85%で試算した場合、2050 年において設備

容量 25.3GW、原子力発電の電源構成比率 14.0%となりますので、原子力の比率 20%確保には増設・リプレイスが必要となります。

2050 年原子力発電比率 20%を確保する上で、既設炉のみでは足りない 6.0%、約 10.7GW を補うため、増設・リプレイスは大型炉 8 基相当が必要といった仮定です。JEMA は、カーボンニュートラルの実現や電力の安定供給に向け、引き続きエネルギー基本計画への「増設・リプレイス」の記載を提言していきます。

表 1-12 現時点の計画に基づく原子力の比率試算

2030年エネ基引用、2050年の設定値												
項目	電源構成比(%)			年間発電電力量(億kWh)			設備容量(GW)			設備利用率(%)		
年	2019	2030	2050	2019	2030	2050	2019	2030	2050	2019	2030	2050
原子力	6	20~22	20	614	1,880	2,700	9	31	36	77	70	85

JEMAの見通し (利用率70%)	2030年	
	発電電力量	設備容量
	目標値	1,880億kWh 31GW
	申請済 27基	1,692億kWh 27.6GW
	未申請 9基	591億kWh 9.6GW
既設炉合計 36基	2,283億kWh	37.2GW

JEMA試算 (利用率85%)	2050年	
	発電電力量	設備容量
	目標値	2,700億kWh 36GW
	既設炉 23基	1,889億kWh 25.3GW

60年の運転制限

既設炉の再稼働加速に最大限取り組む

更なる導入の選択肢

①既設サイトへの中大型炉の増設・リプレイス等の追加
②静的安全システムを備えた小型炉など、原子力イノベーションの社会実装
③米国等国際的に進められている60年を超える運転の検討・実現

増設・リプレイスが必要

震災前計画 8基	862億kWh	11.6GW
合計 31基	2,751億kWh	36.9GW

表 1-13 現時点の計画における原子力発電所（60 年運転を仮定した場合）

既設炉	2050年4月1日時点 運転期間60年未満	2050年4月1日時点 運転期間60年以上
再稼働済み	大飯3/4、伊方3 玄海3/4	美浜3、高浜3/4 川内1/2
許可取得済み	女川2、柏崎6/7	島根2、高浜1/2 東海第二
審査中	泊2/3、東北東通1、浜岡4 志賀2、島根3、大間	泊1、浜岡3、敦賀2
未申請	女川3、柏崎2/3/4/5、東通1 志賀1、浜岡5	柏崎1

増設・リプレイス	2050年4月1日時点 運転期間60年未満	2050年4月1日時点 運転期間60年以上
震災前計画8基	東北東通2、東京東通2、浜岡6 上関1/2、川内3、敦賀3/4	

出典) 経済産業省 「平成 22 年度電力供給計画の概要について」、他

資源の乏しい日本における 2050 年カーボンニュートラルの実現に向けては、原子力発電プラントの新增設・リプレースは必須であり、これまでに蓄積した技術・知見を総動員し、安全性をさらに高めた軽水炉（中大型炉）の実用化に向けた取り組みを推進していきます。また、これまで 50 年以上に亘り国内企業に蓄積されてきた世界に誇る原子力技術・産業基盤の維持のためにも、国内における新規プラント建設の機会は非常に重要であり、早期に国としての原子力政策の方向性の明確化、新增設・リプレース計画の具体化が望まれます。

一方で、原子力規制委員会の審査が遅れ、立地の条件、電力自由化の環境下における投資予見性低下など、施設の有効活用がかなわないおそれがあります。このような状況に対して、技術によって課題を乗り越えるべく、民間の創意工夫に基づく新たな技術開発の動きが国内外で始まっています。既設原子力発電所の中で、増設可能なサイトへの建設、原子力エネルギーの産業利用、洋上原子力発電所による地震津波への耐性強化と洋上風力発電所の相互補完、出力変動運転等の再エネとの共存等、新たな活用方法を追求し、エネルギーの安定供給と脱炭素化を推進する具体的な検討が行われています。

海外に目を向けると、軽水炉の新たな技術として小型モジュール炉が提案され、既に許認可のプロセスが始まっているプロジェクトが複数あります。中には日本企業も参加して、設計の具体化やものづくりを中心に貢献が期待されています。また、高温ガス炉やナトリウム冷却高速炉も注目され、民間の技術開発への大胆な政府支援の下、技術開発が世界で行われています。原子力の技術開発は一般的に長期にわたることから、国際協力を通じてリソースやリスクをシェアしながら効率的に進めることは有力な手段と考えます。

このような新しい技術を国内で使用するためには、原子力規制委員会の審査が円滑に行われることが必要です。民間の新技术を導入しやすい仕組みを含め、業界一体でより良い姿を議論し追求していく必要があります。60 年を超える運転については、海外で行われているように技術的にその可否を判断すべきであり、一律な規定ではない適正な法改正が望まれます。投資の予見性の観点からは、原子力発電の政策上の位置付けの明確化や容量市場の円滑な運用など、電源の特性や国土の特徴にあわせて、国レベルで取り組むことが必要です。こうした課題を共有し、電源以外の脱炭素化、地域分散グリッドやエネルギーの地産地消への適用など、カーボンニュートラルの実現に向けてさまざまな検討を行います。

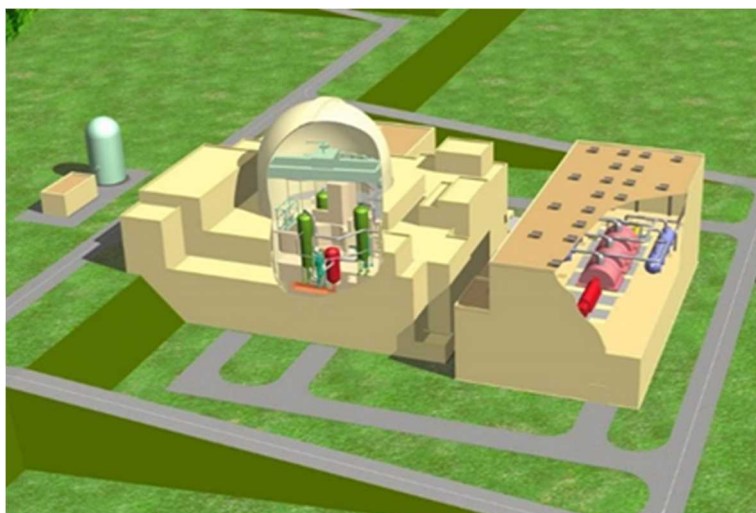
1.3.1 技術イノベーションロードマップ

(1) 軽水炉による原子力発電

1) 安全性を強化した軽水炉

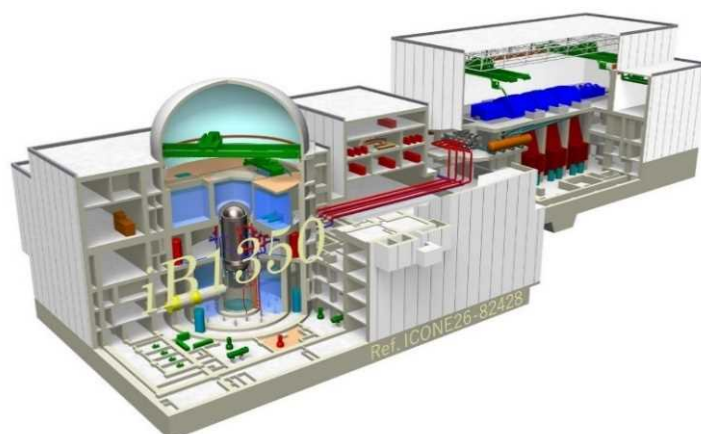
日本のメーカーにより、世界最高水準の安全性を有し、再エネとも共存する軽水炉（中大型炉）の開発が進められています。（図 1-15、図 1-16）東京電力福島第一原子力発電所事故を受けて新たに制定された日本の新規規制基準要求への適合性を踏まえ、地震・津波などの自然災害への耐性強化、事故耐性燃料（図 1-17）等最新の知見・技術を取り入れたシビアアクシデント対策や大規模航空機衝突等の外部脅威（テロ）等への耐性強化など、大幅に安全性・信頼性を向上させるプラントを実現します。また、引き続き安定的に安価な電力を供給するとともに、再エネとの共存等も踏まえた機能向上も図りつつ、社会に受け入れられやすいプ

ラントとして、早期の市場投入を目指して開発を推進していきます。



出典) 経済産業省総合資源エネルギー調査会第1回革新炉ワーキンググループ資料 8
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/kakushinro_wg/pdf/001_08_00.pdf

図 1-15 安全を強化した軽水炉の例 (1) 次世代軽水炉 (PWR)



出典) 経済産業省総合資源エネルギー調査会第1回革新炉ワーキンググループ資料 10
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/kakushinro_wg/pdf/001_10_00.pdf

図 1-16 安全を強化した軽水炉の例 (2) 次世代軽水炉 (iB1350)



出典) 文部科学省 第7回原子力研究開発・基盤・人材作業部会資料 1
https://www.mext.go.jp/content/20210215-mxt_genshi-000012819_1.pdf

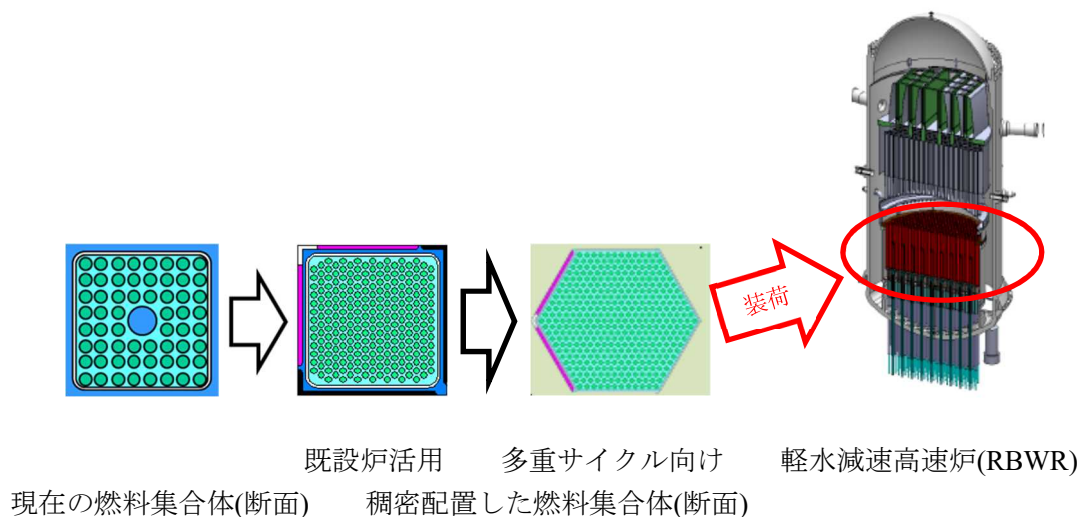
図 1-17 事故耐性燃料の例

2) 軽水炉によるプルトニウム利用；プルサーマル高度化

原子力発電に使用するウランは、燃えやすいウラン 235 が自然界において 0.7% しかありません。残りの 99.3% は燃えにくいウラン 238 ですが、原子力発電の過程でプルトニウムに核変換され、再度燃料として利用できます。既に一部の原子力発電所では、使用済燃料の再処理で抽出されたウラン/プルトニウム混合酸化物燃料（MOX 燃料；Mixed Oxide Fuel）の利用が始まっています（プルサーマル；軽水炉によるプルトニウム利用）。現在は燃料の三分の一程度に MOX 燃料を使用する計画です。審査中の大間原子力発電所は、最新の改良型沸騰水型原子炉（ABWR；Advanced Boiling Water Reactor）の全ての燃料に MOX 燃料を装荷することとなっています。

更に、経済産業省の補助事業（NEXIP；Nuclear Energy X Innovation Promotion）では、軽水冷却高速炉やナトリウム冷却高速炉等の開発が実施されています。使用済燃料に含まれるプルトニウムには、燃えやすい核種と燃えにくい核種が存在し、一般的な軽水炉からの使用済 MOX 燃料の再処理を繰り返すと、燃えにくいプルトニウムの割合が増加してしまいます。燃料棒を稠密に配置した新たな燃料集合体を用いれば、高速炉並みに燃えやすいプルトニウムの割合を高めて再利用しやすくなることができます。（図 1-18）プルサーマルを段階的に高度化させつつ、ウラン資源の利用効率を高め、原子力発電の利用期間を格段に長くすることが可能となります。

現在再稼働審査中の六ヶ所再処理施設は、使用済みのウラン燃料を対象とした施設です。使用済 MOX 燃料については、その処理・処分の方策について研究開発が進められているところです。我が国は、使用目的のないプルトニウムを持たない政策としていますので、ウラン資源価格、使用済燃料の保管量、プルトニウムの抽出量と利用計画のバランスを考慮することを前提に、早期に使用済 MOX 燃料再処理の推進を図り、戦略的なウラン資源長期利用への道筋を広げることができます。



出典) 文部科学省 第 7 回原子力研究開発・基盤・人材作業部会資料 1
https://www.mext.go.jp/content/20210215-mxt_genshi-000012819_1.pdf
経済産業省総合資源エネルギー調査会第 1 回革新炉ワーキンググループ資料 9
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/kakushinro_wg/pdf/001_09_00.pdf

図 1-18 プルサーマル高度化の例（軽水冷却高速炉の燃料集合体）

3) 小型軽水炉

国内の電力自由化、再稼働審査の遅れ、規制強化に伴うコスト増など、原子力発電の投資予見性が低下するおそれがあります。海外においては、大型原子力発電所の建設の遅延、コストの大幅な上昇などの新たな課題に対し、初期投資を抑制する小型軽水炉の開発が盛んに行われています。

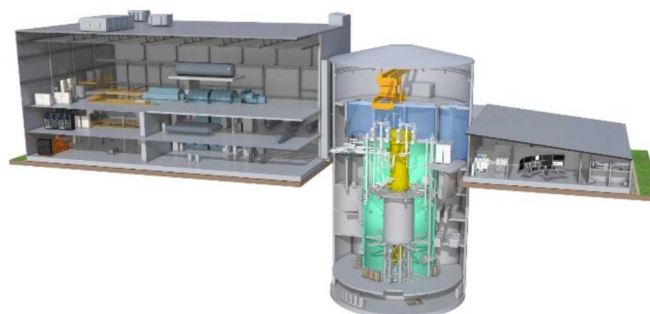
小型軽水炉は出力を小さくするだけではなく、大型のポンプや電源を必要としない非常用炉心冷却系（静的安全系）の採用等、シンプルなシステムで安全性と経済性を向上させる効果があります。また、工場生産の範囲を拡大し、現地工事の期間を短縮させるなど、早期に投資回収を開始できるメリットがあります。小型軽水炉を量産、同一敷地に複数建設して大型炉並みの電源として活用する小型モジュール炉（SMR；**S**mall **M**odule **R**eactor）は、基幹系統と分散グリッドの双方に活用できるため、機動的な利用方法として注目されています。

国内においても、メーカーの創意工夫を活かし、NEXIP において開発が進められています。（図 1-19、図 1-20、図 1-21）海外メーカーとの共同開発も行われており、一部の小型炉は海外の規制審査が進められています。（図 1-19、図 1-20）こうした海外プロジェクトへの参加を通して技術を蓄積しています。国内においては、小型炉導入に向けた規制に関する検討を行い、新技術の社会実装を目指します。



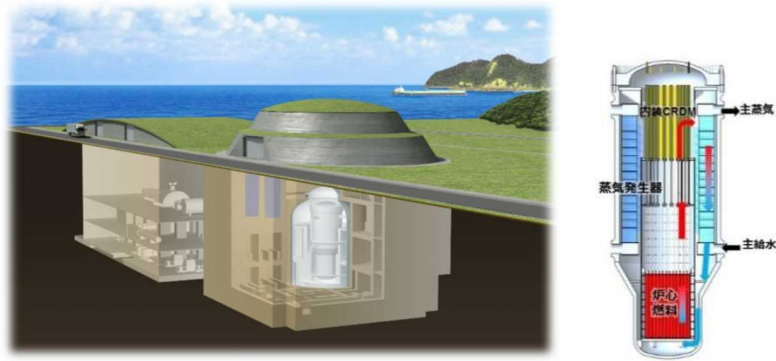
出典）経済産業省総合資源エネルギー調査会第 24 回原子力小委員会資料 3
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/pdf/024_03_00.pdf

図 1-19 小型炉例（1）NuScale（米国の開発に参加）



出典）経済産業省総合資源エネルギー調査会第 1 回革新炉ワーキンググループ資料 9
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/kakushinro_wg/pdf/001_08_00.pdf

図 1-20 小型炉例（2）BWRX-300（日米共同開発）



出典) 経済産業省総合資源エネルギー調査会第1回革新炉ワーキンググループ資料 8
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/kakushinro_wg/pdf/001_08_00.pdf

図 1-21 小型炉例 (3) 三菱小型軽水炉

表 1-14 軽水炉発電のロードマップ

大項目	中項目	小項目	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026～2030年度	2031～2040年度	2041～2050年度		
軽水炉による原子力分野	軽水炉	再稼働	既設炉の運転									
			許認可エンジニアリング・工事									
			稼働率向上開発・MOX本格利用と高度化開発									
		新設 (革新軽水炉)	新增設・リプレースの明記				設計・許認可・建設				新規建設設炉の運転	
		SMR	海外との共同開発・実証				海外で建設推進					
			NEXIP・事業化開発				海外で建設推進					
	軽水炉サイクル	MOX利用	ブルサーマル発電（1／3炉心）									
			大間原子力発電所の再稼働審査・建設工事				ブルサーマル発電（全炉心）					
			NEXIP・新型炉心燃料開発				高度化ブルサーマル					
		再処理	六カ所再処理工場の稼働									
			MOX再処理・MA分離開発				設備構築		処理開始			
			返還ガラス固化体貯蔵				新規ガラス固化体の貯蔵		地層処分事業開始			

(2) 軽水炉以外の原子力発電及び熱エネルギー供給

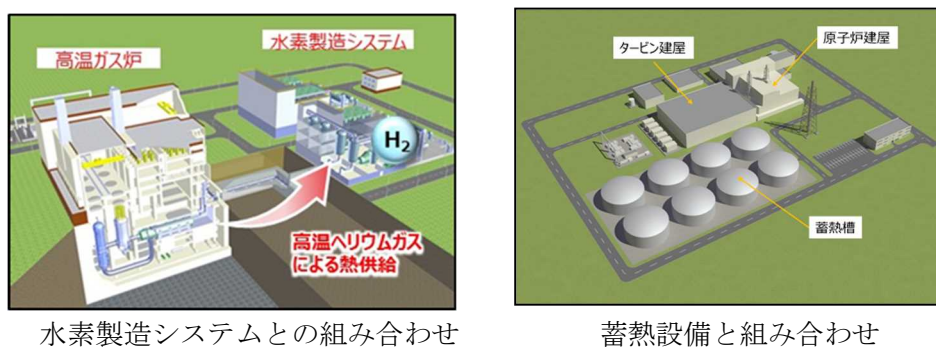
1) 高温ガス炉

高温ガス炉については、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 (JAEA ; Japan Atomic Energy Agency) 大洗研究所の高温工学試験研究炉 (HTTR ; High Temperature Engineering Test Reactor) が、新規規制基準に適合し、2021 年 7 月に再稼働しました。HTTR は、原子炉から 950℃の熱を取り出すことができ、水素製造等のカーボンフリーエネルギーの新たな産業利用への展開が期待されています。冷却材には不活性ガスであるヘリウムを採用、燃料は燃料核に熱分解炭素、炭化珪素で多重に被覆した微小粒子です。また、原子炉の熱出力密度を抑

え、事故時にも輻射の熱伝達により燃料の過熱を防ぐことができるなど、高い安全性を有しています。

海外においては、英米等で政府の開発プログラムが開始されています。国内関係機関は海外との共同開発に参加して技術を相互に活用すると共に、今後は実験規模から実証規模への開発規模を拡大させていきます。

国内では、メーカーの創意工夫を活かし、NEXIP において開発が進められています。（図 1-22）JEMA は、第 6 次エネルギー基本計画策定時に、高温ガス炉の産業利用について意見を発信しました。現在、JAEA における技術データの蓄積、高温ガス炉にふさわしい規制の在り方の検討が行われています。今後は、ユーザーを含む関係機関が協力して、発電以外のエネルギーの脱炭素化に取り組むことが望まれます。



出典）経済産業省総合資源エネルギー調査会第 1 回革新炉ワーキンググループ資料 8/10
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/kakushinro_wg/pdf/001_08_00.pdf
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/kakushinro_wg/pdf/001_10_00.pdf

図 1-22 高温ガス炉適用例

2) 高速炉サイクル・高速炉

原子力発電におけるプルトニウム利用は、原子炉冷却材を従来の軽水に代えて金属ナトリウムを使用して原子炉内の中性子の減速を抑制することで、高速中性子によりプルトニウムの核反応を効果的に促進できます（高速炉/FR；Fast Reactor）。さらに、ウラン 238 燃料を燃料領域の外側に配置してプルトニウムへの核変換を促進し、装荷したプルトニウムより多くのプルトニウムを生成することができます（高速増殖炉/FBR；Fast Breeder Reactor）。これまでの軽水炉では燃えにくかったウラン 238 の利用効率を大幅に向上させ、ウラン資源の利用効率を 60～100 倍（現在確認されたウラン資源埋蔵量約 100 年分から 6,000～10,000 年に拡大）に高める技術開発に挑戦しています。

日本では、2018 年 12 月に原子力閣僚会議で決定された戦略ロードマップ※¹に基づいて、日本原子力研究開発機構を中心に、常陽、もんじゅの建設・運転を通して蓄積してきた技術・人材・研究基盤の維持などの取り組みも進められており、高速炉開発、サイクル技術の実用化に向けた開発に取り組んでいます。国内では、メーカーの創意工夫を活かし、NEXIP において開発が進められています。

一方米国では、高速中性子を用いる多目的試験炉（VTR；Versatile Test Reactor）の建設、

従来の MOX 燃料高速炉に代わる、金属燃料小型高速炉（Natrium）（図 1-23）の開発プロジェクトが開始されました。従来の日仏プロジェクトに加え、新たな日米協力が開始され、高速炉の実用化開発が加速しつつあります。

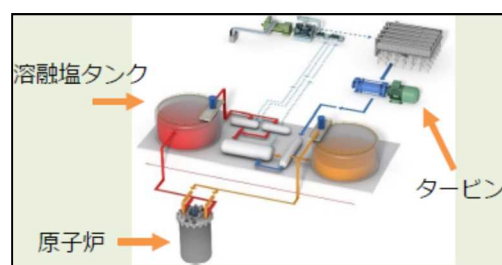
日米協力においては、国内の「常陽」「もんじゅ」の実績に基づき開発への日本側が貢献するとともに、日米双方で知見を共有する事が重要です。これらの知見を用いて、政府の戦略ロードマップにおける「21 世紀半ば頃の適切なタイミングにおいて、技術成熟度、ファイナンス、運転経験等の観点から現実的なスケールの高速炉が運転開始される」という目標に向け、着実に技術開発を推進します。高速炉で使用する燃料製造及び使用済み高速炉燃料の再処理設備（高速炉サイクル）については、それぞれ必要な時期に合わせてを整備することが必要です。

※1 原子力閣僚会議 戦略ロードマップ

https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/genshiryoku_kakuryo_kaigi/pdf/h301220_siryou.pdf



高速炉発電システム



蓄熱と組み合わせたプラント構成例

出典）経済産業省第 23 回原子力小委員会資料 9、第 24 回原子力小委員会資料 3

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/pdf/024_03_00.pdf

図 1-23 日米高速炉開発例（Natrium）

3) マイクロ炉

将来の更なる原子力エネルギー利用の拡大に向けて、燃料交換不要、長期間の遠隔・自動運転可能、メンテナンスフリー等をコンセプトに、超小型のポータブル原子炉（図 1-24）を始めとして、エネルギーセキュリティー、離島・僻地・災害用電源など多様な利用を目的として開発が進められています。（図 1-25）

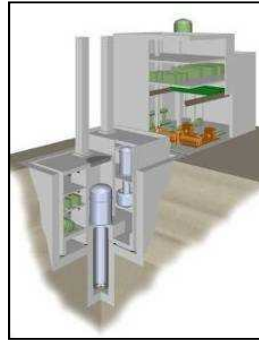


三菱マイクロ炉（ポータブル原子炉）

出典）経済産業省総合資源エネルギー調査会第 1 回革新炉ワーキンググループ資料 8

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/kakushinro_wg/pdf/001_08_00.pdf

図 1-24 マイクロ炉例（1）



小型高速炉(4S)



ヒートパイプ式超小型炉 (MoveluXTM)

出典) 経済産業省総合資源エネルギー調査会第1回革新炉ワーキンググループ資料10
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/kakushinro_wg/pdf/001_10_00.pdf

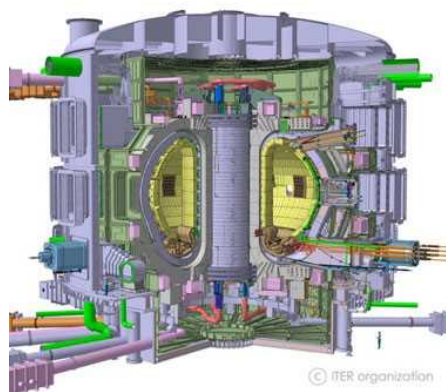
図 1-25 マイクロ炉例 (2)

4) 核融合

核融合は、少量の重水素と三重水素の核融合反応で生じる莫大なエネルギーを使う技術です。重水素は天然に存在する水から分離、三重水素はリチウムの核変換から容易に生成でき、地球上に大量に存在するので、資源問題の解決の有効な手段です。放射性廃棄物は、核融合反応で発生する中性子により放射化される低レベル放射性廃棄物のみです。

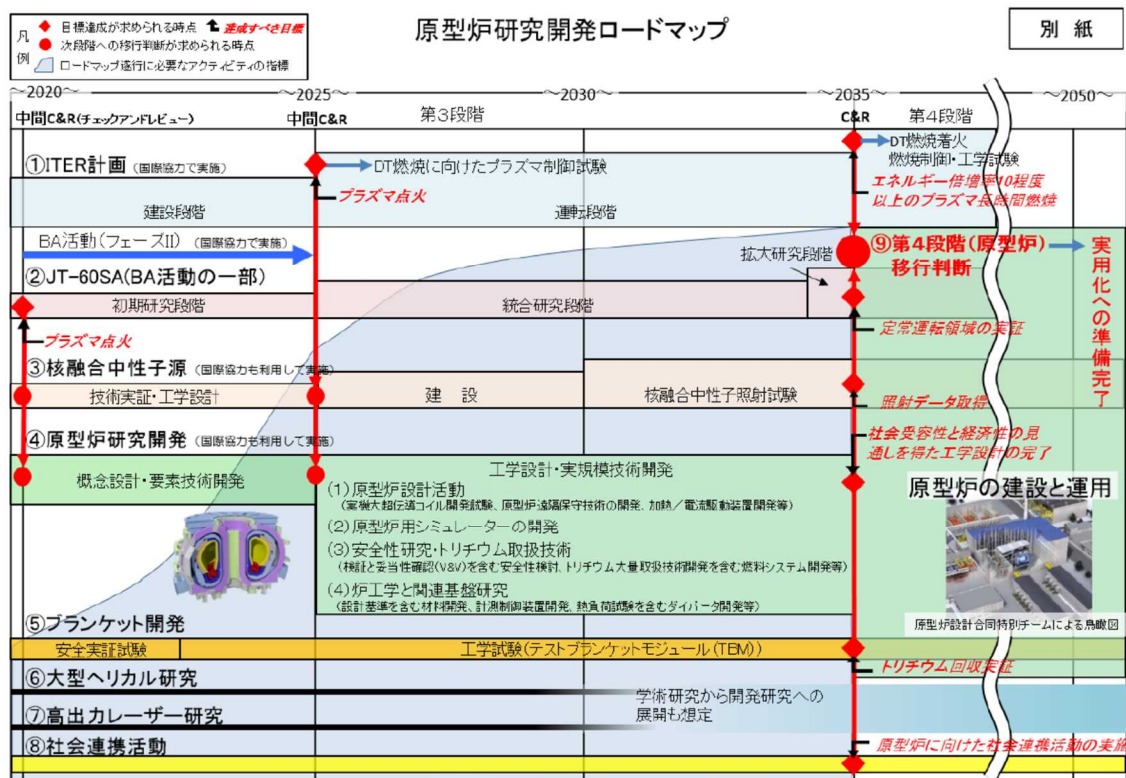
日本では、旧・日本原子力研究所等が研究を行い、那珂研究所の JT-60 装置をはじめとする実験装置で、核融合現象の確認がされております。現在では国立研究開発法人量子化学研究開発機構 (QST ; National Institutes for Quantum Science and Technology) に引き継がれ、日米欧等が参加し国際熱核融合実験炉 (ITER ; International Tokamak Experimental Reactor) を建設しています。(図 1-26) また、日本を始め、各国で ITER の成果を用いた原型炉の設計活動が行われ、国際協力と国際競争が活性化しております。(図 1-27)

開発には長期間を要しますが、QST が中心となって行うプロジェクトに関係機関参加し、着実に技術を開発すると共に、日本の科学技術の発展も期待されています。



出典) 文部科学省 第24回核融合科学技術委員会資料3
https://www.mext.go.jp/content/20210805-mxt_kaisen-000017008_6.pdf

図 1-26 ITER 概念図



出典) 文部科学省 原型炉研究開発ロードマップについて (一次まとめ)
https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2018/11/08/1408259_1.pdf

図 1-27 政府の核融合ロードマップ

表 1-15 軽水炉以外の発電及び熱エネルギー供給のロードマップ

大項目	中項目	小項目	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026～2030年度	2031～2050年度	2051～2100年度	
革新炉	高温 ガス 炉		JAEA/HTTR運転試験データ取得						新規建設炉の運転	水素供給	
		NEXIP(原子炉開発・水素製造開発)									
		海外共同研究プロジェクトの牽引						機器供給・人材育成			
	高速炉		米VTR共同開発・機器供給・データ取得						許認可・建設	原型炉	
		JAEAによる海外協力(米Natrium)の牽引・常陽の運転								商業炉	
	第二再処理	加速器駆動核破砕中性子による核変換開発(大学等)								高速炉再処理	
		乾式プロセス、高性能MA分離技術開発の推進									
		学術研究・JAEAによる開発・再処理版NEXIP									
	核融合		JT60-SA							実用化開発	
		機器供給・人材育成						ITER			
国家ビジョン策定と原型炉計画の具体化						機器供給・人材育成		原型炉(発電実証)			

1.3.2 現状と課題

原子力発電は、約 50 年に亘る実績に基づき、新たな技術開発を導入しながらエネルギーの安定供給に貢献しています。国内においては、使用済燃料を再処理して、再び資源として利用する方針としています。現在、六ヶ所再処理設備は新規制の許可を取得し、竣工に向けて推進しています。資源の有効利用、高レベル廃棄物の減容などの原子力発電全体の共通課題に対しては、高速炉サイクルの技術開発も行われており、原子力発電の共通課題の解決に向け、引き続き着実に推進する必要があります。

(1) 使用済燃料の課題

現在、使用済燃料約 2 万ト（金属ウラン換算）が保管されています。六ヶ所再処理施設の竣工後は、プルトニウムの利用計画に合わせて、再処理が進むことが期待されます。一部の原子力発電所では使用済燃料の保管容量が逼迫していますが、中間貯蔵施設による容量拡大も検討されており、燃料サイクル全般の運用の自由度が拡大しつつあります。金属キャスクによる中間貯蔵は空冷であり、停電等による事故のおそれはほとんどありません。金属キャスクは、JEMA 会員企業が原子力規制委員会の設計認証を取得し、原子力発電所への納入が進められています。青森県むつ市では、リサイクル貯蔵施設が新規制の許可を取得し、建設・竣工に向けて着実な進展が見られます。中間貯蔵施設の運用によって、原子燃料サイクル施設の運転や新技術の社会実装に十分な時間的余裕が確保できますので、再処理やプルトニウム利用、放射性廃棄物の処理処分等を段階的に着実に進めることが重要です。

(2) 高レベル放射性廃棄物の最終処分

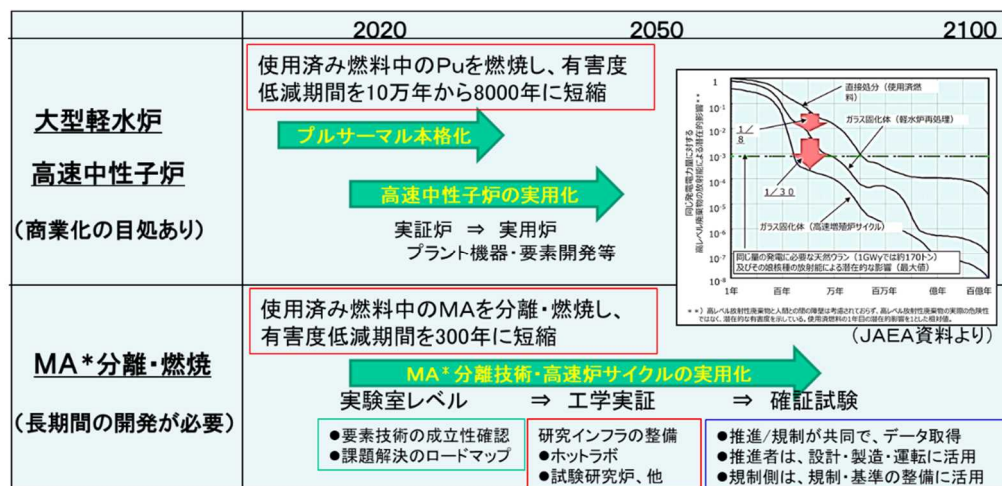
使用済み燃料の再処理により、再利用するウランとプルトニウムを抽出した後に、長半減期の放射性物質を含む廃液が残ります。これを化学的に安定なガラスと共に固化（高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体））し、30 年から 50 年の冷却後に、地上から 300m 以上深い安定な地層に埋設して、社会活動と切り離れた場所に最終処分がなされる計画です。現在、北海道の寿都町及び神恵内村において、最終処分法に基づく文献調査が実施されている段階です。

(3) 使用済燃料に含まれる長半減期核種の分離・核変換

使用済燃料に含まれる長半減期核種のうち、プルトニウムを除く超ウラン元素（MA；Minor Actinoid）を化学的に分離、高速炉で燃焼して、より短い半減期核種に変換して有害度を低減させることが実験で確認されています。（図 1-28）

現時点で実現可能な技術を使って設備を構築し、再処理施設から発生する高レベル放射性廃棄物から早期に MA を分離することは、ガラス固化体の保管管理や最終処分の環境負荷が低減することから有意義と考えます。

更に技術開発を続け、MA の分離効率を高めると共に、MA を高速炉や加速器駆動核変換システムで短い半減期の核種に変換することにより、将来の環境負荷低減や、変動に対するリスク要因を排除することができますので、JAEA を中心に関係機関において着実な研究開発を続ける必要があります。



出典) 文部科学省 第7回原子力研究開発・基盤・人材作業部会資料

図 1-28 高速炉による有害度低減概念図

1.3.3 JEMA としてのアクション

(1) 当面のS + 3 E確保

第6次エネルギー基本計画では、再エネの最大限の導入と共に、原子力発電を必要な規模を継続して活用することを示しています。2050年カーボンニュートラルの高い目標に向けた活動と同時に、エネルギーの安定供給を途切れることなく、また電気料金の上昇による経済活動や国民生活への影響を最小限にとどめるために、原子力発電所の再稼働を加速すると共に、早期に新增設・リプレースの導入が必要となります。

2012年に「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（原子炉等規制法）」が改正され、約10年が経過しましたが、再稼働をした原子力発電所は10基に留まっています。産業界における安全性向上の取り組みについては、電力会社やメーカー各社の努力の他、2014年に設立した電力中央研究所リスク研究センターにおいて研究が進められています。また、原子炉等規制法の運用については、2018年に設立した原子力エネルギー協議会において、原子力規制委員会との対話が進んでおります。JEMAは、安全性向上や規制審査の運用改善に向け、積極的にこれらの機関と協力していきます。

(2) 新技術の円滑な社会実装に向けた提言

原子力発電技術の社会実装には、試験研究炉等大型施設を用いた確証試験を経て、原子力規制委員会に認められる事によって可能となります。海外においては、最新の原子燃料や革新炉の導入が早期に達成可能となる国の試験施設整備や原子力規制委員会による開発段階のレビューなどが実施されています。一方、国内においては、原子力特有の放射線環境下の試験を行なう大型の試験炉や、日本固有の耐震試験が行える施設の廃止が決定されたり老朽化したりしています。このような大型施設は、民間で設置、保有することは現実的ではな

く、国全体として整備することが合理的です。開発促進や学術研究、人材育成に資する材料試験研究炉（JMTR ; Japan Material Test Reactor、2017 年廃炉決定）の後継炉をはじめとする大型施設は、国が予算措置をし、日本原子力研究開発機構等で早期に設置することが必要です。

また、新技術や新しい炉型は現状の法規制が想定していない技術や発想があるため、開発段階から規制に関する議論も必要となります。欧米では、国の明確な将来炉の開発方針明示のもと、原子力規制の当局が、将来炉の実装に必要な規制を検討するとともに、建設・運転に必要な法整備の提案を行っています。我が国においても、将来炉の実装を見据えて、研究開発段階から、原子力規制委員会との議論・対話を進めていくことが必要と考えます。長期間を要する新たな技術の実装に向けては、原子力規制委員会と電力会社やメーカーが共有できる試験データを取得し、それぞれの立場で評価・活用することで、実用化を加速する仕組みが効果的です。

このような認識の下、JEMA は関係する民間団体と協議するとともに、安全で経済的な新技術の早期導入に向けて、様々な提言活動を実施していきます。

(3) 共通課題の提言活動

国民の信頼回復、社会的受容性の向上のためには、原子力発電の社会的なメリットや安全性について、正しく社会に伝えていくことが重要です。JEMA は、国や電力会社が行っている広報活動をサポートし、JEMA 自身もわかり易い情報発信を積極的に推進していきます。

また、再稼働の遅れや、新規建設プロジェクトの中断により、人材やサプライチェーンの維持が困難になりつつあります。技術や人材の維持には、ものづくりの機会が途切れないことが重要です。2050 年のカーボンニュートラルの達成には、安全性の確保を大前提に経済的かつ安定的な原子力発電所の新增設・リプレースの推進が不可欠です。JEMA は、会員企業の実態に即し、エネルギー政策への提言や、技術開発等の基盤推進に向けた政策提言を実施していきます。人材育成については、企業内の努力継続と共に、原子力産業協会や日本原子力研究開発機構のリーダーシップの下、人材育成ネットワークの活動に参加しています。サプライチェーンについては、JEMA は一般産業品の原子力発電所への適用に向けた「一般産業用工業品採用ガイドライン」を作成しました。今後はガイドラインを試運用しつつ、電力会社と電機業界の共通理解として確立、運用されるよう努めていきます。このような様々な課題について、電気事業連合会や原子力産業協会をはじめとする関連する団体と協力しつつ、人材育成やサプライチェーンの維持に貢献していきます。

表 1-16 原子力の JEMA のアクション

項目	時期	アクション	ステークホルダー
提言活動	継続	エネルギー基本計画への新増設・リプレースの明記	経済産業省
		技術開発支援と社会実装に向けた事業環境整備	
	継続	大型試験設備整備と民間利用の推進、安全規制に必要なデータ取得の推進	文部科学省、経済産業省、電気事業連合会、原子力規制委員会/規制庁、JAEA 他
	継続	国の HTTR 等によるデータ取得、国際協力、他	経済産業省、文部科学省、JAEA 他
	継続	国の高速炉開発、民間の技術開発や国際協力への支援	経済産業省、文部科学省、JAEA 他
	継続	核燃料サイクル技術開発の着実な推進	経済産業省、文部科学省、JAEA、日本原燃 他
調査活動、技術的議論	継続	安全性向上活動と規制適正化	電気事業連合会、ATENA、NRRC 他
理解活動	継続	原子力の社会的受容性向上	経済産業省、電気事業連合会、日本原子力産業協会、原子力文化財団 他
人材育成	継続	原子力業界の技術・人材基盤の整備、原子力を目指す若手技術者の育成、等	経済産業省、文部科学省大学、JAEA、日本原子力産業協会、他

JAEA：国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

QST：国立研究開発法人量子化学研究開発機構

ATENA：原子力エネルギー協議会

NRRC：原子力リスク研究センター

1.4 火力発電及び脱炭素技術

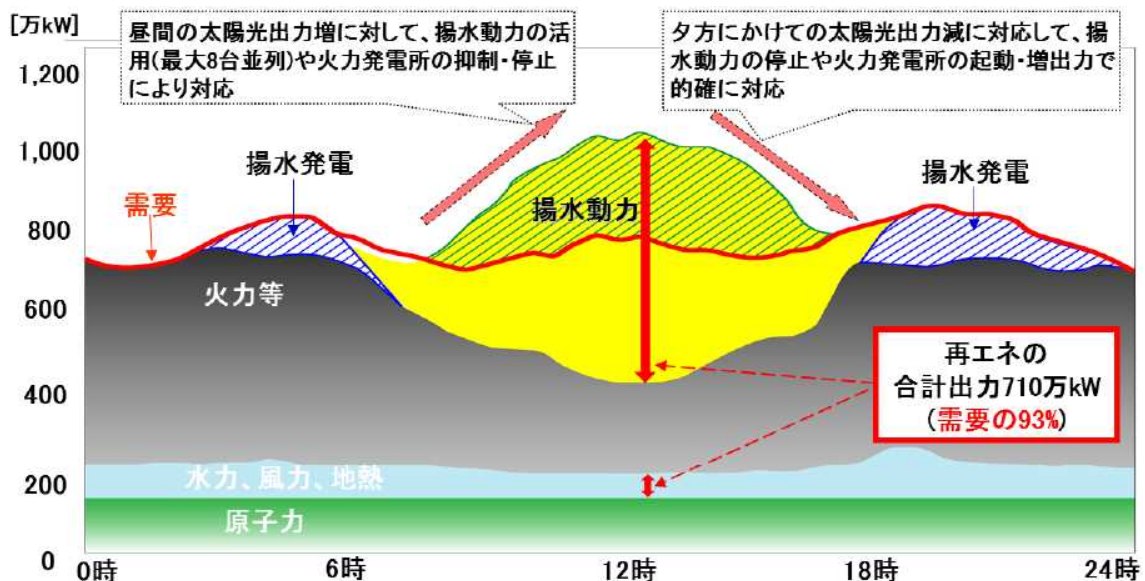
1.4.1 技術イノベーションロードマップ

2050 年カーボンニュートラルを実現するには、大量の再エネを導入する必要がありますが、その主力として期待されている太陽光発電は、昼間には大きな電力を生み出しますが夜間は発電できず、また天候により大きく発電量が変化します。過去の九州地方において、総電力需要が少なく、かつ太陽光の発電量が多くなった 1 日の発電量推移を例として図 1-29 に示しますが、このような変動性再エネを最大限活用するには、それらの変動に応じ出力を調整できる電源、及び揚水発電や蓄電池などのようなエネルギーを蓄積可能なシステムを活用し、電力需給をバランスさせる必要があります。

火力電源は、柔軟に出力を変動させることができるため、電力システムにおける調整力を提供できることが大きな特長です。CCS/CCUS 技術による CO₂ の回収を前提に、起動時間の短縮、運転最低負荷の引き下げ、同期調相機としての運用など、電力システムに対する調整力・慣性力の提供源という役割価値をより高めた上で、2050 年においても火力発電は主要な電源として一定の規模を担うと想定されます。単位発電量当たりの発生 CO₂ 量を削減するため、1,800℃級ガスタービン技術、及び IGCC・IGFC などの石炭ガス化技術の開発が進められており*1、AI、IoT などのデジタル技術を活用した運転最適化、排熱を有効活用する技術等と共に、2050 年に向け社会実装されると想定します。

*1：第 6 回次世代火力発電協議会 資料 5

https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/jisedai_karyoku/pdf/006_05_00.pdf



出典) 新エネルギー小委員会 第 17 回系統ワーキンググループ 資料 3

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/shin_energy/keito_wg/pdf/017_03_00.pdf

図 1-29 2018 年 5 月 3 日の九州における電力需給状況

火力発電を活用しつつカーボンニュートラルを実現する上で、発電に伴い発生する CO₂ の分離回収と、回収した CO₂ を貯留する、あるいは資源として利用することで大気中に放出しない CCS/CCUS の技術が必要となります。図 1-30 に CO₂ の分離回収の技術を示します

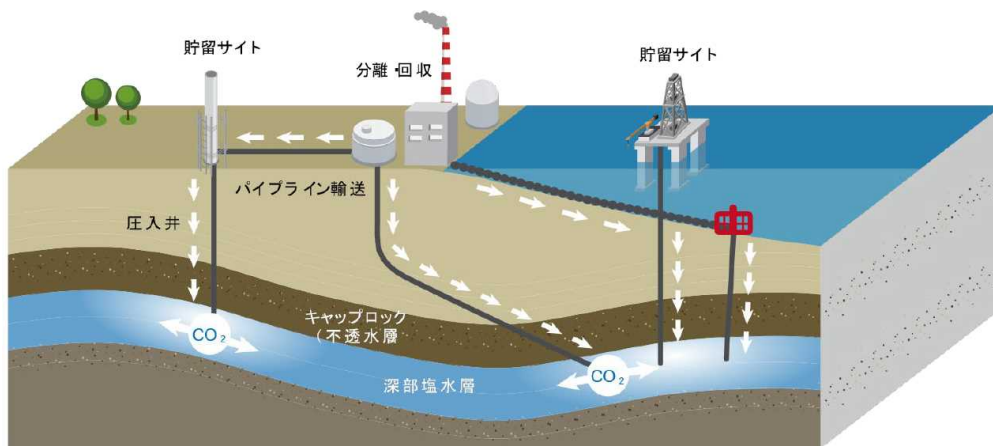
が、この分野においては我が国が優位性を持ち、資源分野では、化学吸収法、物理吸収法、深冷分離法、膜分離法などが既に実用されています。

発生源		分離回収法	駆動力	技術開発の状況
燃 焼 前 回 収	高圧ガスからのCO ₂ 分離 ※石炭ガス化ガス(IGCC)等	化学吸収法	温度差	EAGLE PJで検証。汎用のアミン溶液では、物理吸収法の方が効率が良いと報告されている。
		物理吸収法	分圧差(濃度差) 温度差	EAGLE PJで検証。高圧条件下では、化学吸収法よりエネルギー的に優位と報告される。OCG実証検討準備中。
		膜分離法	分圧差	ガス圧を利用するので、吸収法に比して、省エネ、低コストが期待される。実用化検討段階。発電では、H ₂ 圧力を維持する上で、CO ₂ 選択透過膜が望ましく、適用によりプロセス効率が向上する。
燃 焼 後 回 収	常圧ガスからのCO ₂ 分離 ※現行火力発電 等	化学吸収法	温度差	実証、実用化段階。一部、高炉ガス向け商業運転。エネルギー、コスト等、低減検討中。
		物理吸収法	分圧差(濃度差) 温度差	原理は吸収法と同じ。実用化検討段階。吸収材の開発、プロセスの開発が行われている。CO ₂ との反応性等の改善により、エネルギー消費、コスト面で吸収法よりも優位となる見込み。
		深冷分離法	温度差(相変化)	混合ガスの冷却液化で上流・部分凝縮により分離する。液化CO ₂ 精製技術。酸素燃焼との組合せでは、コスト面からCO ₂ 分離技術開発が必要。

出典) 第2回 次世代火力発電の早期実現に向けた協議会 資料 2-3 基づき JEMA にて作成

図 1-30 代表的な CO₂ 回収技術

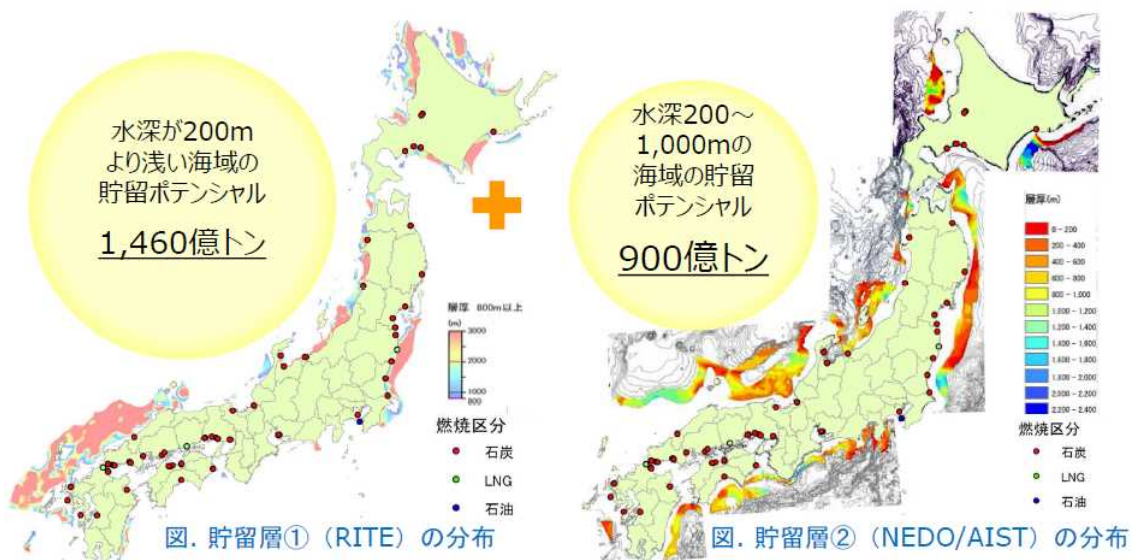
火力発電での CO₂ 回収としては、燃焼後回収の方法に加え、石炭火力では酸素燃焼、石炭ガス化発電 (IGCC : Integrated coal Gasification Combined Cycle) による燃焼前回収などの技術が実規模実証段階にあり、CO₂ 濃度などのガス性状、分離性能、経済性等を考慮して社会実装が進むと考えられます。なお、1.1.4 項で述べたように、バイオ燃料を用いたバイオマス発電に CCS/CCUS 技術を適用した BECCS では、ネガティブエミッションを実現できます。カーボンニュートラルを実現するには、発電以外からの CO₂ 排出量である年間 2 億 ton 程度のネガティブエミッションが必要と言われており、過去に排出されたものを含め大気中の CO₂ 量を低減することが可能な、ネガティブエミッション技術の社会実装は不可欠です。これらとは異なり、大気中の CO₂ を直接回収する DACCS (Direct Air Capture and Carbon Strage) については、0.04%という低濃度の CO₂ を効率よく回収する技術の開発が進められており、2050 年のカーボンニュートラル社会に向けての社会実装が期待されます。



出典) 二酸化炭素地中貯留技術研究組合「CO₂地中貯留技術事例集」

図 1-31 CO₂回収・貯留の概念図

回収された CO₂ は、図 1-31 に示すように地下 800m 以下の深度にある遮蔽構造を持つ地層に注入することで貯留が可能です。国内においては図 1-32 に示すように我が国における想定回収量の約 100～200 年分に相当する 1,460～2,360 億 ton、全世界では 7 兆 ton を上回る貯留ポテンシャルがあるとの調査結果があります。今後、海底下貯留技術、貯留した CO₂ のモニタリングの精緻化・自動化などの技術開発、事業化に向けた法整備などが進み、カーボンニュートラルの実現に向け社会実装されると考えます。



出典) 第 2 回 CCUS の早期社会実装会議 資料 3-3

https://www.env.go.jp/earth/ccs/3-3_Storage_200805_1.pdf

図 1-32 我が国の CO₂ 貯留ポテンシャル試算例

一方、回収した CO₂ を貯留するには貯留量に応じた圧入井の掘削が必要であり、総社会コストを抑制する観点で、CO₂ の資源としての再活用する方策が必要となります。CO₂ の活用法としては、生産量が低下した油田に CO₂ を圧入し産油量の増進を図る石油増進回収法

(EOR : Enhanced Oil Recovery)、あるいは溶接のシールドガス、ドライアイスなどとしての直接利用が挙げられますが、将来的なカーボンニュートラル社会においては、回収したCO₂を資源として流通し、燃料、化学品、コンクリートなどに再利用するカーボンリサイクルシステムが実装されると想定します。

表 1-17 火力発電及び脱炭素技術のロードマップ

大項目	中項目	小項目	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026～2030年度	2031～2040年度	2041～2050年度	
火力発電・脱炭素技術	火力発電		高効率化（更なる熱効率の向上、IoT、AIの活用による運転最適化）								
		IGCC、IGFC実証									
	脱炭素技術	CCS実証			コストダウン・適用拡大						
					CO2長距離輸送実証		CO2ネットワークの整備				
		脱炭素価値の確立、埋設候補地の確保、CO2貯留関連法整備									
		CO2利用技術の開発							普及・コストダウン		
		DACCS基盤技術開発									
		DACCS システムの構築・実証							普及・コストダウン		

1.4.2 現状と課題

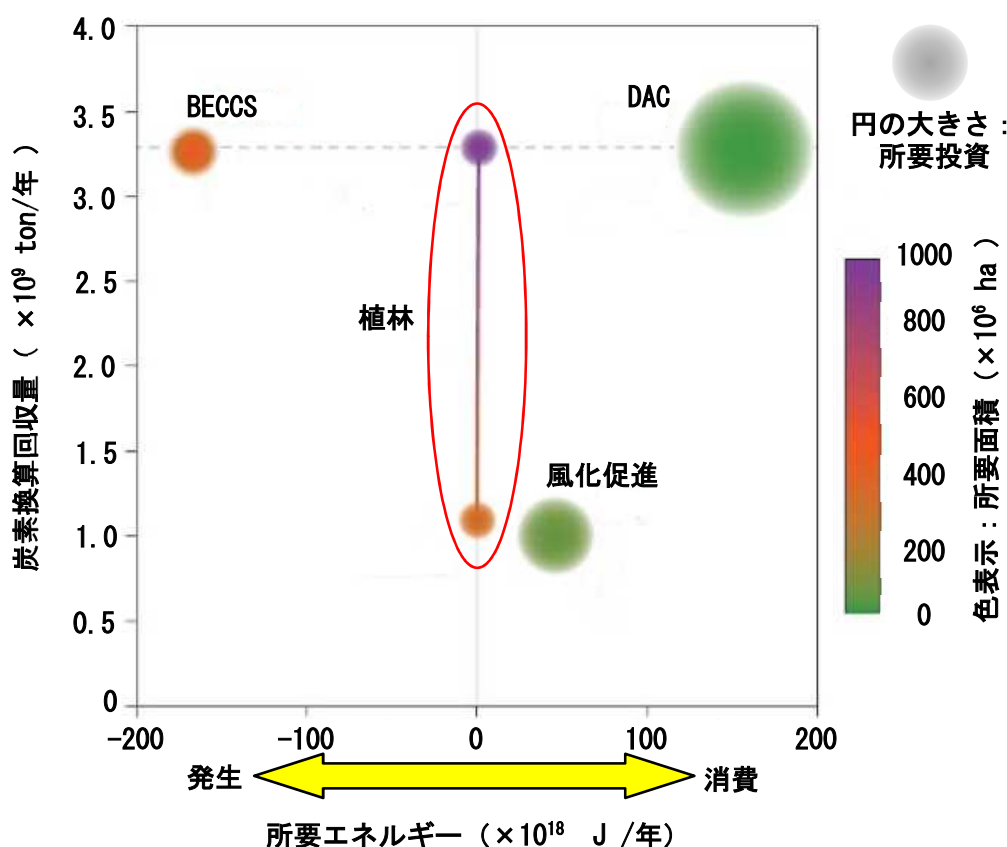
現在、化石燃料を用いた火力発電は、CO₂の大きな排出源としての側面がクローズアップされ、火力発電、特に石炭火力からのダイベストメントが大きく叫ばれていますが、再エネを大量に導入するには電力の需給バランスをとるための調整電源が不可欠であり、火力発電が持つ調整力としての経済性を十分に評価する必要があります。我々が将来に向け推進すべきは火力発電からのダイベストメントではなく、火力発電の脱炭素化であることを、社会全体の共通認識とすることが必要です。トランジション技術として位置付けを明確化し、価値評価の仕組みを早急に構築することが必要です。

その上で、カーボンニュートラルな電力システムの中での火力発電の役割と位置付けた、調整力の提供に向けての課題解決を進める必要があります。調整電源としての役割価値を向上するには、短時間・多数回の起動・停止への対応、運転最低負荷の引下げなど、熱負荷の増大に伴う耐久性への影響、発電効率の低下が課題となります。また、稼働率の低下による経済性の悪化を招く要因となります。現在、天然ガス火力においては1650℃級ガスタービン・コンバインドサイクル（GTCC : Gas Turbine Combined Cycle system）により64%以上の熱効率が達成されていますが、更なる熱効率の向上には一段の燃焼温度の上昇が必要であり、材料開発など総合的な技術開発が求められます。また、石炭火力においては43%以上の熱効率を達成するIGCCの実証が、中国電力・大崎、IGCC 勿来など国内の複数の拠点で進行中であり、早期の社会実装が期待されます。

火力発電の脱炭素化を進める上での鍵となるCO₂の分離回収については、国内外でアミン吸収液での実績はありますが、広く商用化するには一層のコスト低減が必要であり、国内外で排出源ごとに分離回収の研究開発が進められています。

我が国企業が技術的に先行する分野があり、苫小牧及び大崎上島での技術実証を通じて、基

礎技術は確立されていますが、更なる CO₂ 回収率の向上が課題となっています。



出典) P. Smith et al. “Biophysical and economic limits to negative CO₂ emissions”(2015)に基づき JEMA 編集

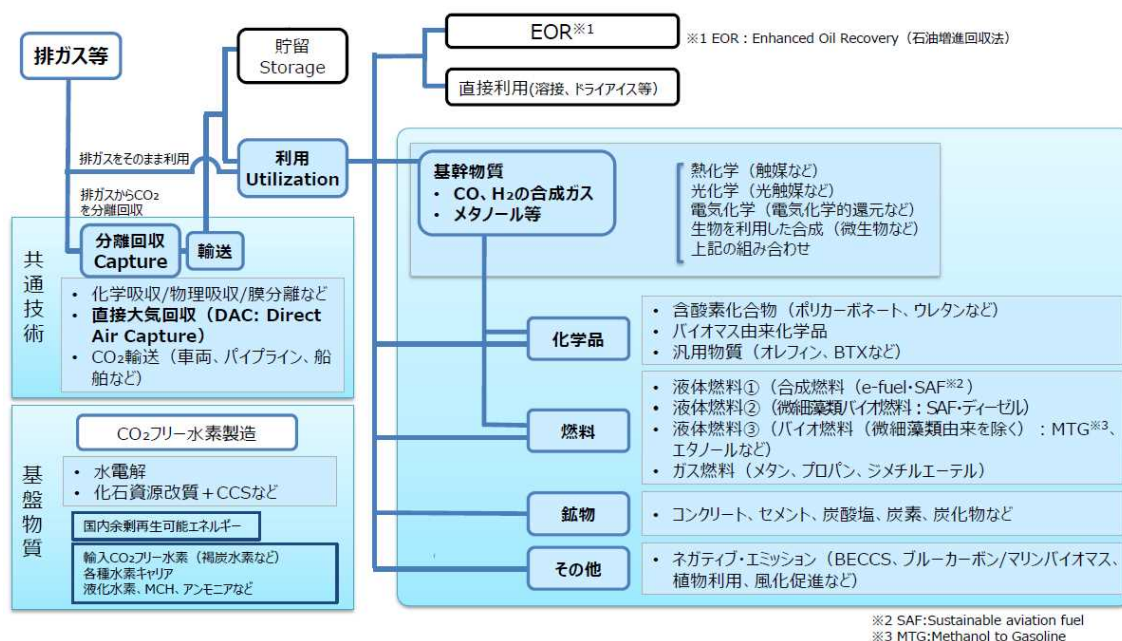
図 1-33 各 CO₂ 回収技術における回収量と所要エネルギー、設備面積、投資の関係

図 1-33 に CO₂ を回収する各技術について、回収に必要なエネルギー（横軸）、回収量（縦軸：炭素換算）、必要となる設備面積（円の色）及び設備投資規模（円の大きさ）の関係を示します。DAC については、大気中の CO₂ 濃度が火力発電所等から排出される CO₂ 濃度の 1/100～1/300 と極めて低く、回収に大量のエネルギーを消費することから、回収効率の向上に向けた技術開発と共に、安価なエネルギー源の確保が必要となっています。

CO₂ の貯留については、苫小牧市での大規模 CCS 実証試験において 2019 年 11 月時点で累計圧入量 30 万トンを達成するなど、操業技術は確立されており、現在は圧入後の CO₂ のモニタリングが継続実施されています。今後の商用化に向け、掘削・貯留・モニタリングそれぞれについて低コスト化を進めるとともに、陸域からのみでなく海上から海底下貯留技術も必要となります。また、日本の貯留ポテンシャルは約 1460～2360 億トンとされていますが、探査・調査井の掘削等を通してより精緻に貯留容量を特定し、経済性・社会的受容性を考慮して適地の選定を行うことが必要です。

また、掘削井 1 本あたりの年間の貯留可能量には限界があることから、圧入井の本数を確保すると共に、輸送ネットワークの整備も必要となります。海外では、100km を超える長距離パイプラインの実績がありますが、国内ではオンサイトでの輸送のみであり、排出地と貯留適地を結ぶ低コストな長距離輸送技術の確立が課題です。

CO₂ の利活用に向けての技術開発課題を図 1-34 に示しますが、国内外共に化学品・燃料・鉱物のいずれの分野においても研究開発・実証・事業化が本格化している段階です。コンクリート、燃料、化学品等の分野で概ね基礎技術を確立し、一部は既に実用化されていますが、既存製品と比べて高コストであり、今後のコスト低減が課題となっています。また、化学品・燃料の製品製造には水素を必要とするため、大量に水素を調達出来るサプライチェーンの構築も不可欠です。CO₂ 吸収型コンクリートについては、現状は用途が限定的であり、用途拡大に向けた性能向上が課題となっています。



出典）経済産業省「カーボンリサイクル技術ロードマップ」より抜粋

図 1-34 回収した CO₂ の利活用に向けた技術開発課題

一方、CCS/CCUS の社会実装に向けた事業環境の側面においては、海外では法整備が進んでいる国・地域もありますが、CCS に特化した法令はなく、様々な法律を規範としているため、手続きが煩雑かつ過剰なコスト負担を強いられている状況です。CO₂ 圧入後の長期的責任の面での事業リスクもあり、官民の役割・コスト分担を含めた議論が必要です。また、日本では低コストでの EOR の実現が困難なであり、政策的な支援によるインセンティブも求められます。

1.4.3 JEMA としてのアクション

火力発電の必要性を発信するとともに、事業性確保に必要となる提言を行っていきます。また CO₂ 回収・貯留のネットワークは必要不可欠で、構築促進のための活動も推進したいと考えております。また、カーボンニュートラルに向けての変化を加速する世界市場において、電力・エネルギー全般にわたりインフラビジネスの輸出促進に向けた市場調査活動を推進し、我が国が技術優位性を有する脱炭素エネルギーに関する技術の海外展開に向けた戦略策定に必要な情報の提供を行います。

- ① 火力発電の必要性発信
- ② 火力発電の事業性確保のための提言
- ③ CO₂回収・貯留ネットワーク構築に関する意見
- ④ ネガティブエミッションでの脱炭素価値確立
- ⑤ インフラビジネスの輸出促進に向けた市場調査活動の推進

表 1-18 火力発電及び脱炭素化技術の JEMA のアクション

項目	時期	アクション	ステークホルダー
提言活動	2021 年～	政策・施策面での連携	資源エネルギー庁 環境省
	2022 年～	火力発電及び CCS 関係事業者との連携	電気事業連合会 NEDO、JCOAL、 RITE 他
		ネガティブエミッション（DACCS、BECCS）での CO ₂ 回収に適切な対価が得られる制度提案	
調査活動	2022 年～	インフラビジネス輸出促進に向けた市場調査活動	JICA、 JCOAL 他

NEDO：国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

JCOAL：一般財団法人 石炭フロンティア機構

RITE：公益財団法人 地球環境産業技術研究機構

JICA：独立行政法人国際協力機構

2. 電力ネットワーク（電気を送る領域）

JEMA では、2050 年へ向け、カーボンニュートラルの目標を実現するためには、再エネの主力電源化を加速し、電源構成における再エネ比率 53%を達成することが必須となると考えています。2050 年の国内における総電力需要は 13,500 億 kWh と予測されており、家庭内需要が 27%、業務用需要が 34%を占めるとされていますが※1、これを考慮した上で再エネの主力電源化を確実に実現するためには、需要家側に分散配置される再エネ電源の活用や、それを可能とする IoT 技術、及び各再エネ電源の状態データを駆使した、エネルギーマネジメントサービスの実現が必要であると考えます。

再エネ電源である太陽光発電システム（メガソーラ）は計画から運用開始まで約 1 年程度と比較的早くまた、家庭向け太陽光発電設備も 2021 年より年々増加（新築の約 40%に設置※2）することが見込まれており、2050 年時点の太陽光発電設備容量は累計 300GW（2030 年時点で 118GW※1 内 34GW が家庭用）と予測されています。また、陸上風力発電は計画から運用開始まで 4～5 年と言われており※3、洋上風力についてはさらに長期間を要すると考えられます。電力ネットワークの整備は、これら再エネの主力電源化に応じた分散型電源化の進展を意識し進める必要があります。

このような、太陽光・風力等の変動性再エネの大量導入下では、電力の安定供給を維持するため、再エネの出力予測・出力制御ならびに既存電源及び蓄電池、DR（Demand Response: ディマンドリスポンス）等の組み合わせにより、再エネの大量導入が可能な系統システムの構築と分散電源側と系統側の電力ネットワーク連携技術の開発が求められます。電力を貯蔵する蓄電システムとしては、2030 年度時点での定置用蓄電池の累積容量は 226.4GWh※4、車載蓄電池の累積容量は 152.8GWh※5 に達するまでの普及拡大が見込まれています。

※1：日本総研 2018Rep.をベースに試算

※2：JPEA 太陽光発電の状況（2020/10/30）

※3：第 5 回コスト等検証委員会 資料 6-1 <https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/npu/policy09/pdf/20111125/siry06-1.pdf>

※4：『JEMA 蓄電システムビジョン Vol.6』に於いて、定置用蓄電池の平均容量を 7.52kWh、2030 年時点の累計台数 301 万台を基に算出。[https://www.jema-net.or.jp/jema/data/S7216\(20210527\).pdf](https://www.jema-net.or.jp/jema/data/S7216(20210527).pdf)

※5 2030 年段階の EV の累計台数はボストンコンサルティングのデータから推計(<https://www.bcg.com/ja-jp/press/10january2020-electric-car>)。車載蓄電池の平均容量は 50kWh と仮定し算出。なお、車載蓄電池容量は増加傾向であり、2022 年 1 月時点では最大 90kWh の電池を搭載する EV もある。

2.1 基幹系統

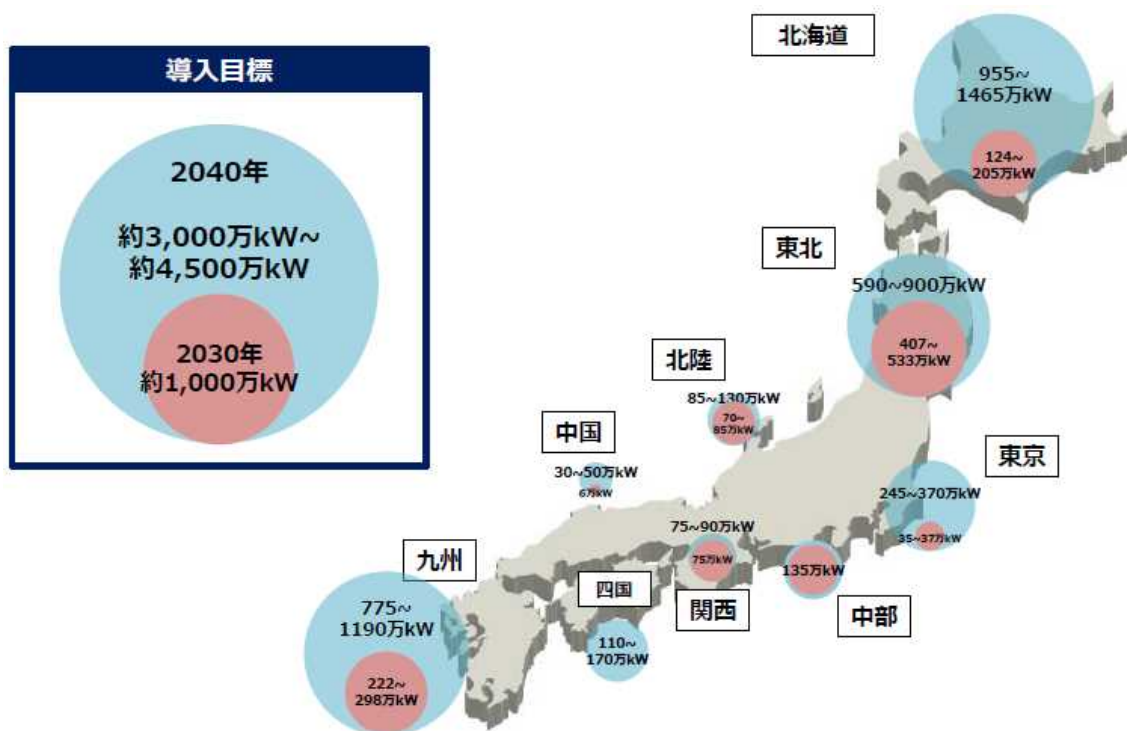
2.1.1 技術イノベーションロードマップ

2050 年カーボンニュートラルを実現するには、再エネの主力電源化などが必要であり、電源の分布が現在と大きく異なるようになると考えられます。例えば、今後大量に導入されると想定される洋上風力発電設備は、図 2-1 に示すように北海道、東北、九州といった電力の大消費地から遠く離れた地域で多く導入されると想定されており、これら電力を長距離輸送する必要があります。一方、太陽光発電については小規模のものが比較的に入人口分布に近く分散配置されると想定され、それら導入の進展に伴い地域内送配電網の最適化が進むと考えられます。

北海道、東北地方から首都圏に電力を送るには海底ケーブルによる長距離送電線の整備が必要になりますが、長距離の海底送電においては交流（AC：Alternative Current）より直流

(DC : Direct Current) の方が効率面では優れており、高電圧直流送電(HVDC : High Voltage Direct Current transmission system)網が導入されると想定します。また、送電容量確保の観点では、自励式無効電力補償装置 (STATCOM : self-commutated STATic var COMpensator) による無効電力の供給、蓄電池を活用した送電線利用率の向上など、幅広い技術シーズを活用し経済性の高い電力システムが構築され则认为します。

また、送電ロス低減の観点では超電導送電線が考えられ、超電導限流器による短絡電流の抑制などを含め、電力システム全体のイノベーションも期待されます。



出典) 第2回 洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会 資料 2-1
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/yojo_furyoku/pdf/002_02_01.pdf

図 2-1 2040 年時点で想定される洋上風力導入量

地域内送配電網については、域内に分散配置される小規模な電源、蓄電池などを需要側機器と統合制御し自律運転する分散型グリッドの導入が進み、また再エネ電源を最大限活用可能にするため、ゾーン制・ノード制など市場主導型の系統利用ルールが整備されると想定します。

第1章で述べたように、再エネを大量に導入するためには、電力の時々刻々の需給調整を行うための調整電源が必要であり、また電力システムを安定に保つためには一定の慣性力、同期化力なども必要となります。これらは現状では主に火力・原子力・水力発電により提供されていますが、再エネの導入拡大が進んだ2050年においては、適正な系統用蓄電池、疑似慣性力等の導入を含め、社会コストが最小化されるような電源ミックスの実現、及び広域エネルギーマネジメントシステム (EMS : Energy Management System) によるメリットオーダを考慮したインバランスネットティングの仕組みが導入されていると想定します。

一方、電力を基幹エネルギーとしたカーボンニュートラル社会では、電力の安定供給の重要性が今以上に高まります。AI・IoTを活用したアセットマネジメントの高度化、デジタル

技術を応用した保守作業の省人化・効率化など、経済性を高めつつ送変電設備の信頼性を高く維持する技術が社会実装されるものと期待されます。

また、カーボンニュートラルの実現には、エネルギー起源のCO₂削減のみでなく、各種目的で使用されている地球温暖化ガスの使用量を削減することが求められます。電力システムにおいては、特別高圧系統以上に用いられる開閉設備を主として地球温暖化係数が高いSF₆ガスが絶縁媒体として用いられていますが、六フッ化硫黄（SF₆）ガス代替技術を適用した送変電機器の開発が進められています。2020年代半ばには168kV級機器の市場導入が開始され、2030年までには国内最高電圧である550kV級の機器まで実用化が完了すると見込まれており、高経年機器の更新と合わせSF₆ガス代替技術へのリプレースが進むと想定します。

表 2-1 基幹電力システムのロードマップ

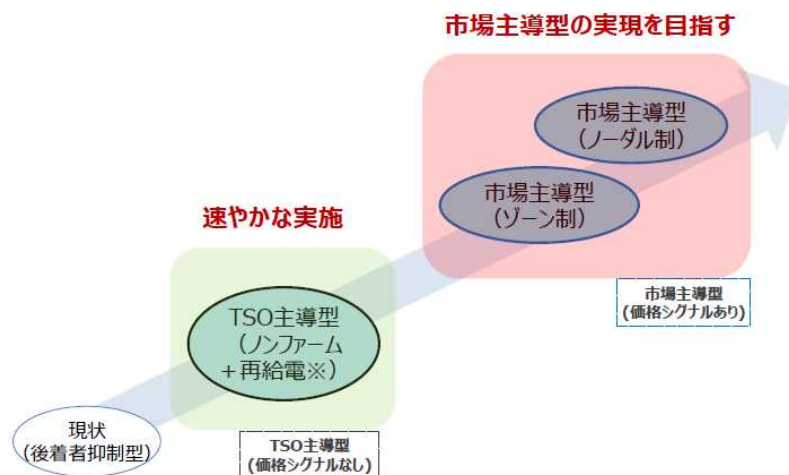
大項目	中項目	小項目	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026～2030年度	2031～2040年度	2041～2050年度	
電力ネットワーク	基幹系統		▼マスタープラン策定 ▼ノンファーム接続全基幹系統展開					▼連系統増強 ▼市場主導型	▼系統安定性の確保		
			調整力・慣性力の必要規模検討・提言複数シナリオの課題検討・提言					長距離HVDC送電ルートの構築			
				地域内・地域間連系統ルートの増強					超電導応用送電設備		
			疑似慣性力装置の開発・実装							実系統への導入	
			蓄電池の低コスト化開発・実証							実系統への導入	
			IoT・AIを活用した機器状態評価技術開発								
			設備保守・保全に関する政策提言							保守サービスの展開	
			SF6ガス代替技術の開発・実証								
			実系統への導入								
					▼168kV級		▼300kV級	▼550kV級	高経年機器の更新促進		

2.1.2 現状と課題

再エネの導入拡大により、大規模集中型電源から小規模分散型電源への移行が進みつつあり、エリア内基幹系統に加え、地域間連系統やローカル系統においても、限られた送電線に多数の電源が接続を求め、場合によっては接続ができない状況となる系統混雑が顕在化・拡大しつつあります。現状の先着順で送電容量を割り当てるファーム型接続では、太陽光、風力などの自然変動電源が増加するに従い送変電設備の利用率が低下し、またこれを前提に再エネを最大限活用すべく系統増強すると、これに必要なコストが膨大なものになります。

今後は、系統運用者（TSO：Transmission System Operator）が主導し系統混雑を許容するノンファーム型接続への移行を早急に進めると共に、将来の電源分布を予測し効率的な設

備投資を図るプッシュ型での設備形成が必要です。また、社会コスト最小となるよう最適な設備形成を目指したマスタープランの策定と共に、図 2-2 に示す通り、市場における電力価格による電源の立地誘導、系統の最適混雑処理を指向したノードル制などによる市場主導型の系統利用ルールへの早期の移行などが望まれます。



出典）第 23 回 再生可能エネルギー・次世代ネットワーク小委員会 資料 3

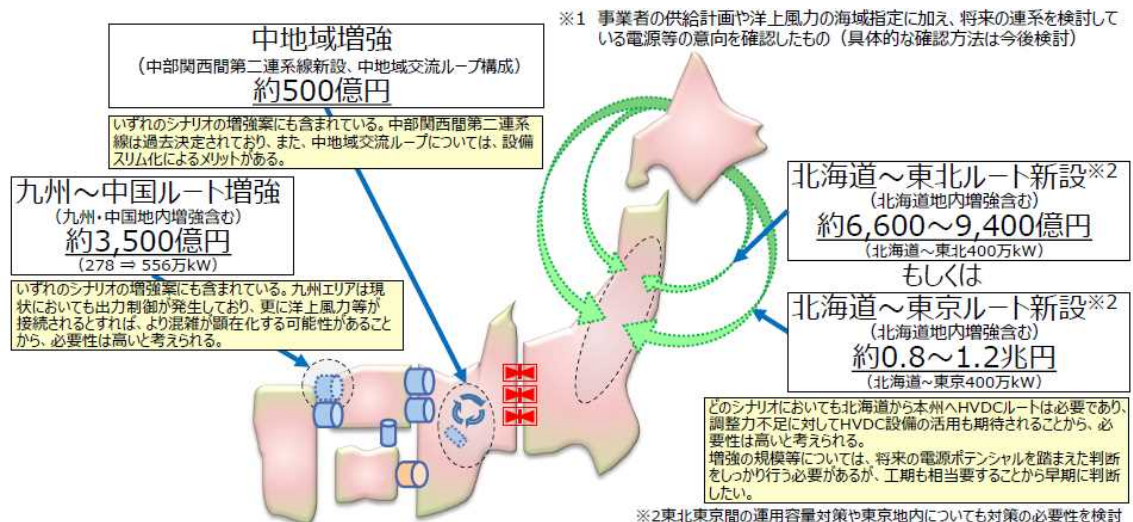
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/pdf/023_03_00.pdf

図 2-2 市場主導型の系統接続ルールへの移行

一方、再エネ電源として比較的単位規模が大きい風力発電については、風況等の条件が発電に適している地域に遍在することが想定されており、これら電源から大消費地に向けての電力輸送ルートの確保が課題となっています。現在、電力広域的運営推進機関（OCCTO：Organization for Cross-regional Coordination of Transmission Operators, Japan）にてマスタープランとして図 2-3 に示すような地域間送電ルートの増強が検討されていますが、特に北海道・東北地方から首都圏に向けての送電ルートについては、沿岸に沿って帯状に存在する洋上電源群からの電力輸送に適した送電路として、海底ケーブルを用いた HVDC が適しているとされています。

複数の電源を接続する多端子送電系統を構成するには、送電設備の故障に際し故障区間のみを適切かつ迅速に分離するための遮断器が不可欠ですが、数 kV 以上の高電圧直流電流遮断には既存の交流遮断器の技術は適用できず、特別な装置が必要となります。現在、主遮断部に半導体素子を用いた高電圧直流遮断器が各種提案されていますが、コスト面で大きな課題があり、機械式遮断部との併用あるいは純機械式遮断器などの開発が進められています。洋上風力発電所からの送電に向けた高電圧直流送電システムとしては、図 2-4 に示すように高電圧であることが必要な長距離送電経路を直流システムとして、比較的電圧が低くかつ短距離となるエリア内の風力発電機からの集電は交流システムで構築するなど、経済性を十分に考慮したシステム設計が望まれます。

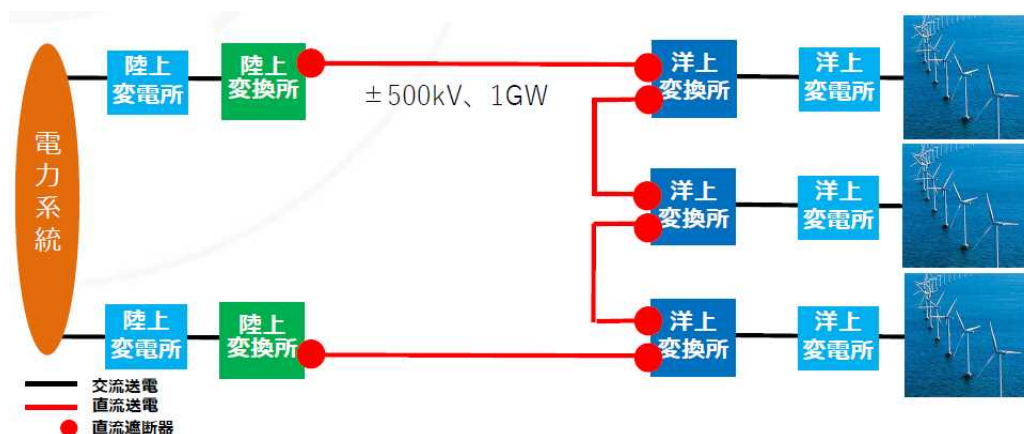
また、特に長距離となる地域間電力輸送については、将来主要なエネルギー媒体の一つになると考えられる水素・アンモニアの活用を含め、長期的な展望の下、経済合理性を慎重に評価しつつ、社会実装に向けた取り組みが必要となります。



出典) OCCTO「マスタープラン検討に係る中間整理」

https://www.occto.or.jp/iinkai/masutapuran/2021/files/masuta_chukan.pdf

図 2-3 検討されている地域間送電ルートの増強例



出典) 第1回 長距離海底直流送電の整備に向けた検討会 資料8

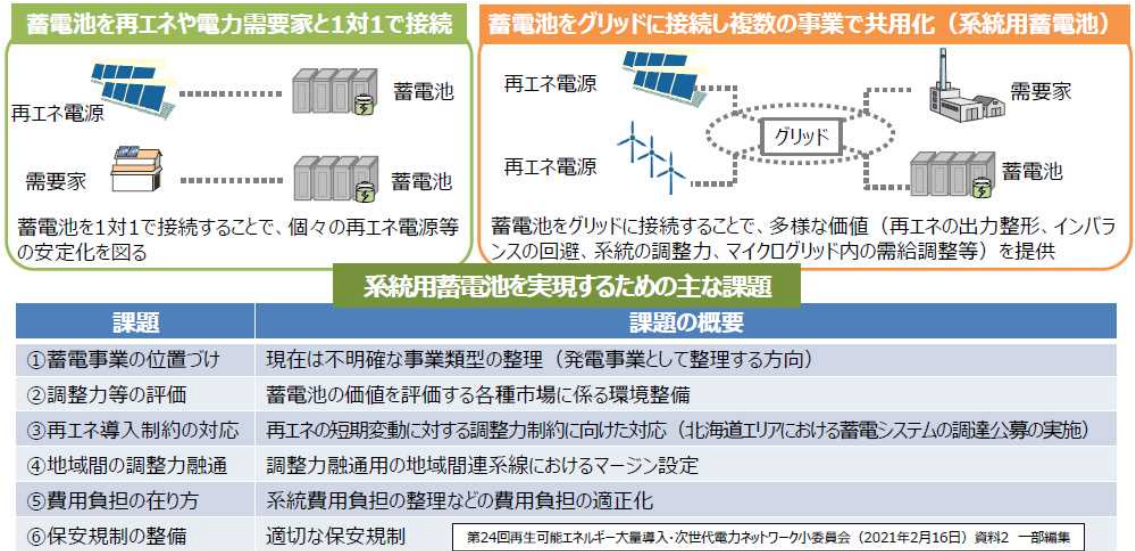
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/chokoryo_kaitei/pdf/001_08_00.pdf

図 2-4 高電圧直流送電システムの構成例

電力システムの安定化の側面では、現時点においては太陽光発電を主とした再エネによる大きな発電量の変動に対し、他の電源の出力調整力、あるいはエネルギーを一時的に蓄積する手段が充実していないことから、再エネの発電能力が高い時間帯において、電力システムへの接続ができない事例も発生しています。また、再エネの内、今後大量に導入が予測される太陽光、風力発電などは慣性力、同期化力を有しないため、外乱に対する安定性の維持が課題となります。太陽光発電の導入量を300GW、風力発電の導入量を42GWと仮定すると、必要となる調整力は概算で32GW程度となりますが、現状の火力及び水力で提供可能なものは10GW程度であり、今後相当規模の調整力として蓄電池他の導入が必要となります。このためには、市場において調整力の価値を適切に設定すると共に、各地域の電力需給の様相に応じた蓄電池の活用モデルを設定し、計画的な導入を進めるための助成なども必要であると考えます。

また、慣性力についてはパワーエレクトロニクス技術を用いた疑似慣性力等の開発も進

められていますが、電力量あるいは設備容量として市場での取引対象とはなっていないものの、電力供給の安定化に必要となる、これら慣性力及び同期化力を確保するためのコストについて、社会全体としての負担方法に関する議論・制度設計も必要となります。この他、蓄電池を電力系統において活用するにあたっては、図 2-5 に示すように事業としての位置付け、保安規制の整備などが進められており、早期の施策展開が求められます。



https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/energy_resource/pdf/017_03_00.pdf

図 2-5 システム用蓄電池の活用・導入促進に向けた取組み

送変電設備については、1970 年代以降の高度成長期において導入した機器が高経年化し、更新時期を迎えつつあります。電力供給の信頼性維持に向けた設備保守・保全に向けた取組み、高経年機器の計画的更新を着実に進める必要がありますが、一方でカーボンニュートラルに向けた電力システム再構築に伴うコスト増を最小限に抑制する必要があります。一般的に設備寿命が長い送変電設備については、足元の電力品質のみで設備の健全性を評価するのではなく、設備群の状況変化を観察しつつ計画的に保守・保全を図るための投資に対しても適切に評価する仕組みが必要です。今後我が国は少子高齢化社会を迎え、送変電設備の保守・保全を確実に進めるための技術伝承・人材確保が困難となることが予想されます。このためには、AI・IoT 等をはじめとしたデジタル技術を活用した、送変電設備の監視診断システム、アセットマネジメント支援システムなど、保守・保全作業の効率化・省人化、及び更新計画を合理的に進めるための実フィールドデータに基づく機器状態のモデル化など導入が必要です。

送変電機器に使用されている SF₆ ガスの代替技術については、基礎的な技術開発は完了しており 72/84kV 級以下の領域では実フィールドへの導入が開始されています。今後特別高圧から超高圧、超々高圧の領域にて既設機器のリプレースを進めるにあたっては、機器サイズ及びコストの面での改善が必要であると共に、地球温暖化ガス排出削減に向けた各方面での企業努力に対し適正な価値評価を与える仕組みの構築が必要と考えます。JEMA は図 2-6 に示すロードマップの下、会員各社をはじめとして、SF₆ ガス代替技術の社会実装を進めます。



図 2-6 脱 SF₆に向けた JEMA ロードマップ

2.1.3 JEMA としてのアクション

2050 年のカーボンニュートラル社会において、電力は基幹エネルギーとして一層の重要性をまします。JEMA は電力の安定供給に向けて必要となる技術について将来を展望すると共に、その実現に向け必要となる事業環境を整備するため、関連するステークホルダーと協調し、以下の活動を推進します。

- ① 電力需給調整力の評価、電力系統の整備に関する検討及び政策提言・意見発信
- ② 系統用蓄電池システムの社会実装促進に向けたモデル検討・意見発信
- ③ 高経年設備の更新促進、保守・保全の合理化に向けた提言
- ④ SF₆ ガス代替技術への移行に向けた政策提言・意見発信

表 2-2 基幹電力系統の JEMA のアクション

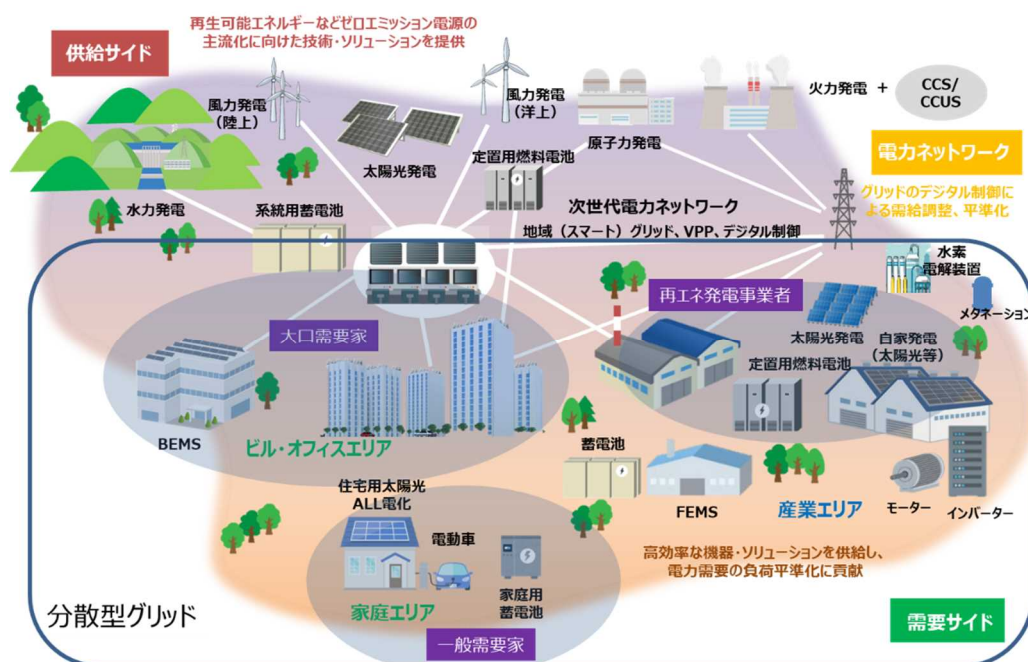
項目	時期	アクション	ステークホルダー
提言活動	2021 年～	調整力評価、電力系統の整備に関する政策・施策面での連携	資源エネルギー庁、OCCTO 他
	2022 年～	系統用蓄電池システムの社会実装促進に向けた発電事業者及び蓄電池関係事業者との連携	電気事業連合会、NEDO、BAJ 他
	2021 年～	高経年設備の更新促進、保守・保全の合理化に向けた政策・施策面での連携	経済産業省、資源エネルギー庁、送配電網協議会、OCCTO 他
	2021 年～	脱 SF ₆ 技術への移行に向けた政策・施策面での連携	経済産業省、環境省、送配電網協議会 他

OCCTO：電力広域的運営推進機関

NEDO：国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

BAJ：一般社団法人 電池工業会

2.2 分散型グリッド



出典）JEMA 作成資料

図 2-7 分散型グリッド構成

2015 年 4 月の電力広域的推進機関の設立、2016 年 4 月の小売市場の全面自由化、2020 年の送配電部門の法的分離を経て、日本の電力システム市場は大きく変化しています。

JEMA では、2050 年のエネルギー市場から、バックキャストし【人口 8000 万人、電力需用(13,500 億 kW)、太陽光発電容量(300GW)、家庭用蓄電池普及率（4.0%）※¹、EV（車載用蓄電池）普及伸張等】、地域毎の分散型グリッド社会が到来すると予測をしました。政府が目指すカーボンニュートラル 2050 を実現するために政策主導の一面もありますが、我々、民間企業にとっても 100 年に一度のビジネスモデルの大変革と捉えております。

この様な背景の下、JEMA 新事業・標準化推進部では、2020 年度より「需給一体型エネルギーサービス検討委員会」を組織し、脱炭素化に向けて温室効果ガス排出量の内、エネルギー起源 CO₂ 排出量で 42%※²（エネルギー転換部門※³）を占める電力エネルギー分野の新規事業として分散型グリッドサービスにフォーカスして検討を始めました。

更に、2021 年度より再エネ発電の大量導入における課題や、需要家側のインセンティブを伴うエネルギー制御サービスの市場開発にむけた、技術開発・制度改革を実践するための事業分野別の新設委員会を立ち上げました。

委員会は、低圧アグリゲーション事業を中心に検討する委員会(需要家：家庭・EV)とそれらの事業を分散型グリッドにおける DERMS(Distributed Energy Resources Management System)で支える委員会に大別されます。これらの委員会を介し、我々は市場を構成するステークホルダー、電力会社、経済産業省等と様々な市場に対する意見や要求仕様確認を実施した上で、配電エリアにおける「分散型グリッド」について「分散型電源サービス特別委員会」に於いて会員企業の意見集約と社会実装に向け具体的に事業化を進めています。

(図 2-7)

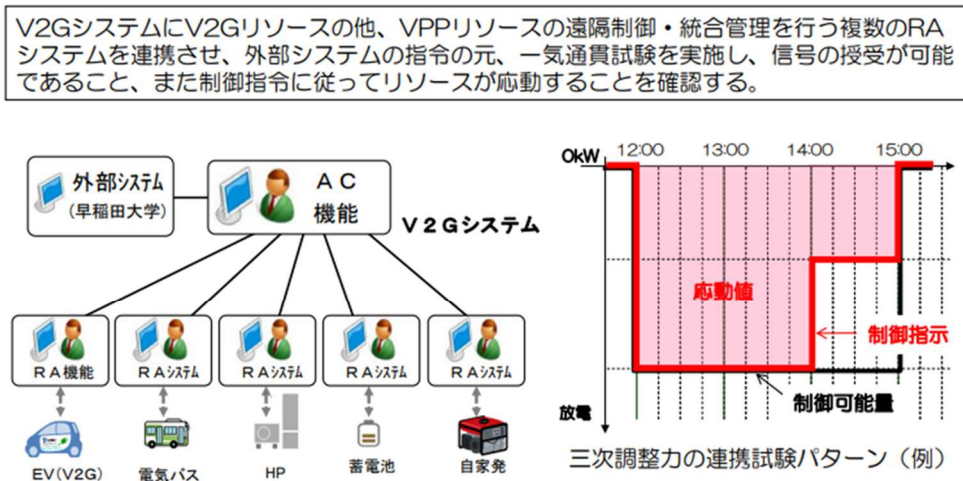
- ※1 第4回 定置用蓄電システム普及拡大検討会（資料4）定置用蓄電システム普及拡大検討会の結果とりまとめ
2021年2月2日（MRI）P105
- ※2 中央環境審議会地球環境部会中長期の気候変動対策検討小委員会・産業構造審議会産業技術環境分科会地球環境
小委員会地球温暖化対策検討WG合同会合（第3回）資料3 温室効果ガス現状等 P13
- ※3 エネルギー転換部門：化石燃料（石炭、LNG、石油）を燃焼させて電力や熱に転換している部門の事

2.2.1 技術イノベーションロードマップ

(1) DERMS（Distributed Energy Resources Management System）

太陽光発電システムや蓄電池システムなど、非同期電源である再エネが大量導入された場合、系統との接続安定性を維持することが必須となります。JEMA では、系統との接続安定性維持には DERMS が大きな役割を果たすと考えています。

DERMS は太陽光発電システムや蓄電システムなどの分散型電源[DER:（Distributed Energy Resources）]を統合的に管理・制御するシステムの総称で、コアデバイスとなるスマートインバータ[PCS（Power Conditioning System）]が持つ系統サポート機能の「無効電力制御」や「周波数調整機能」を適用し、系統接続時の電圧や周波数を自律的に制御、分散型グリッドと系統の安定接続を確保します。更に DERMS には「分散型電源の発電量予測や需要予測機能」「系統監視機能」等、分散型グリッド運用者の要求仕様や需要家側要求仕様実現に対する機能が実装され、DERMS と系統側の EMS（Energy Management System）が有機的にシステム連携する事で、分散型グリッドにおける多様な需要家ニーズに応えると同時に、レジリエンスも視野に系統連系を実現して行きます。



（参考）昨年度、外部システム（早稲田大学）との連携試験を実施し、外部システム・AC・RA間で制御可能量、基準値、制御指示、応動値の送受信を確認済

出典）令和2年度 需要家側エネルギーリソースを活用したバーチャルパワープラント構築実証事業費補助金 九州 VPP 実証事業（B 事業）成果報告書（SII 一般社団法人 環境共創イニシアチブ）

https://sii.or.jp/vpp02/uploads/B8_kyuden.pdf

図 2-8 VPP 基盤整備事業者と共同で実施する共通実証

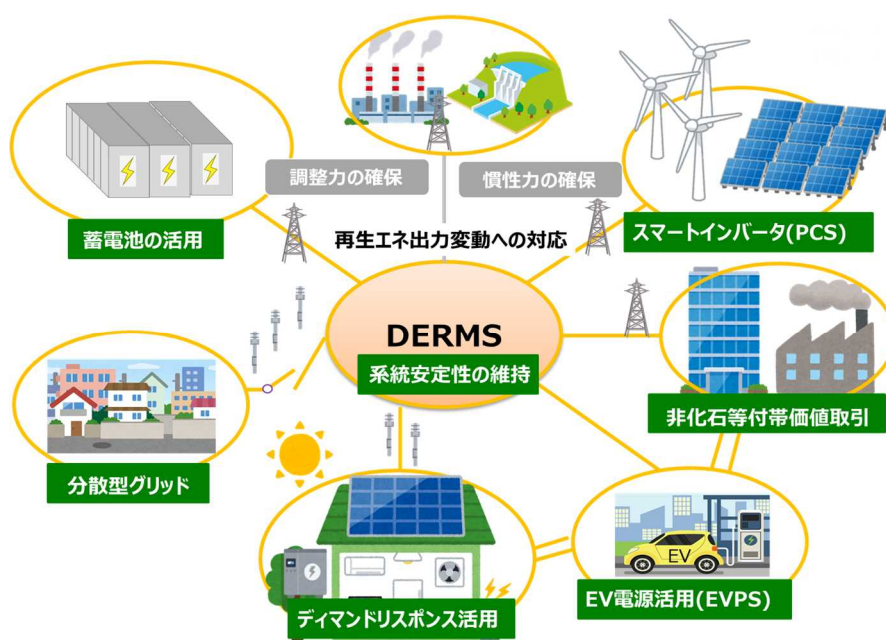
国内では2010年前後から、VPP^{※1}やDR^{※2}実証等の地域実証実験（図2-8）が様々な形態で、各地で実施され、貴重な技術ノウハウの蓄積と制度設計課題などが明確化されて来ました。

JEMAでは、2020年度より、システム（サービス）や機器を提供するメーカーの工業会の立場で、これらの貴重な経験から明確化された共通的に解決すべき技術課題の解決と需要家側のインセンティブを伴う事業モデルの確立に向けて検討を開始しています。

検討に当たっては、2050年における電源構成（表0-1 2050年電源構成の設定）や系統網と配電網（分散型グリッド）の在り方、更に再エネ機器の普及率や発電容量等の予測などからバックキャストして、JEMAとして、今、検討に着手しておくことが必要な、分散型グリッドにおける分散型電源サービスについて検討しました。

※1 VPP:Virtual Power Plant

※2 DR:Demand Response



出典）JEMA 作成資料

図 2-9 DERMS の活用

2021年度からは、DERMSの発電量予測、需要予測機能、系統接続安定性確保のための機能と系統側EMSとが連携することにより創出される、新たな市場開発に向けて現状の事業者にはアリング・調査分析を開始しました。また、将来の低圧リソースを活用した「需給調整市場」への参入を目指し ΔkW 価値（一次調整力、二次調整力市場）を提供するための要件調査も開始しました。

2022年度からは小売事業者がPPA^{※1}モデルでアセットすると考えられる分散型グリッドでHEMS等の制御装置とDERMS機能が連携することで、一般需要家が保有する太陽光発電や蓄電システム等のDERを統合制御し「DRによるネガワット取引」の価値等を提供する新たな事業モデルへの適用検討を開始。更に、2023年度から3カ年計画でこれらのシステムの社会実装に向けた各種取組みを実践する予定です。

※1：PPA: Power Purchase Agreement（電力販売契約）

表 2-3 分散型グリッドのロードマップ

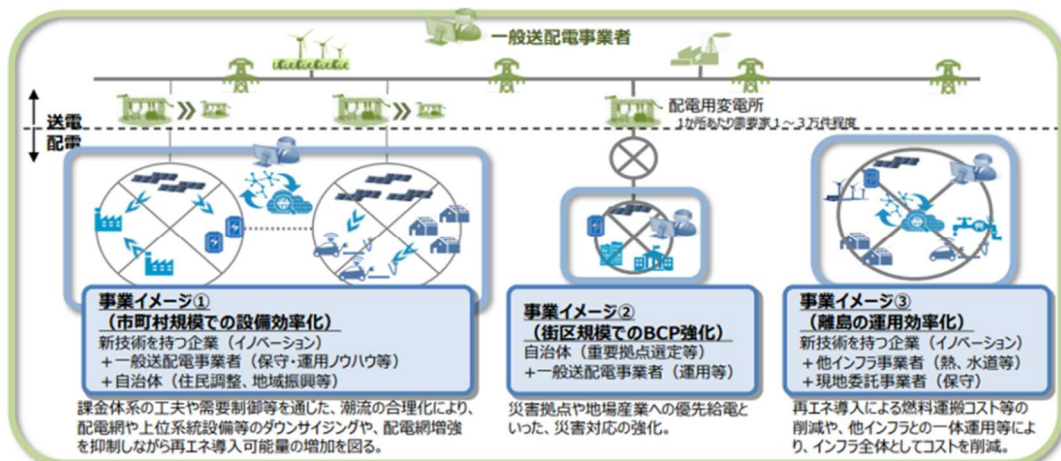
大項目	中項目	小項目	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026～2030年度	2031～2040年度	2041～2050年度
電力ネットワーク	分散型グリッド	DERMS技術動向	自律分散制御・予測機能（発電,需要）,蓄電池制御、系統安定化・疑似慣性推定、EMS統合							
			災害復旧・予防保全技術							
			小売事業者向けネガワット価値取引 低圧逆潮流アグリゲーションでの需給調整市場参入							
			ローカルフレキシビリティ							
		PCS国内技術動向	スマートインバータ（PCS）							疑似慣性機能付きPCS
			グリッドコード整備							
		PCS海外向け技術動向（グリッドコード対応）	スマートインバータ海外対応							疑似慣性機能付きPCS
			スマートインバータ向け系統連系要件・試験方法国際標準化（IEC/TS62786、IEC63409）							
		情報通信技術	通信セキュリティの高度化							
			IoT・AIクラウド活用							
				EV電源	普通充電器通信機能、車両情報入手、EV充電/運行管理					

本ロードマップ（表 2-3）に示すとおり、DERMS が社会実装され、その機能を発揮するためには、蓄電システムの普及拡大も重要なポイントとなります。蓄電システムは、再エネ発電の余剰電力発生時の出力抑制の回避、系統状況に対応した充放電による系統の安定性維持、ピークシフト等、様々な役割を果たします。蓄電システムも再エネ発電関連機器と共に今後、大きく普及拡大し、2030 年度時点での定置用蓄電池の累積容量は 226.4GWh※1 と想定されています。

国産蓄電池は優れた充放電特性、高い安全性を有しておりますが、今後はネットワーク制御を可能とするインターフェースの実装に向けた技術開発が期待されております。JEMA では優れた充放電特性（瞬発力、多数回充放電）を有する国産蓄電池と DERMS とを連携させ、低圧逆潮流アグリゲーションの電力小売、需給調整市場など、国内・海外市場参入に向けた実証実験・市場調査等を推進し、2025 年を目途に一次調整力市場へのソリューション提供を計画しています。

また、今後普及が期待される EV も DERMS の監視機能等を活用し、走行利用時以外は定置用蓄電池と同様の機能を果たすことが期待されます。2022 年度以降、JEMA では、自動車業界、電力業界と連携し、テレマティクスデータの活用とエネルギーマネジメントを連携し、新たな顧客価値を生み出すためのイノベーション技術開発を推進していきます。

※1 『JEMA 蓄電システムビジョン Vol.6』に於いて、定置用蓄電池の平均容量を 7.52kWh、2030 年時点の累計台数 301 万台を基に算出。[https://www.jema-net.or.jp/jema/data/S7216\(20210527\).pdf](https://www.jema-net.or.jp/jema/data/S7216(20210527).pdf)



出典）第5回持続可能な電力システム構築小委員会 資料1

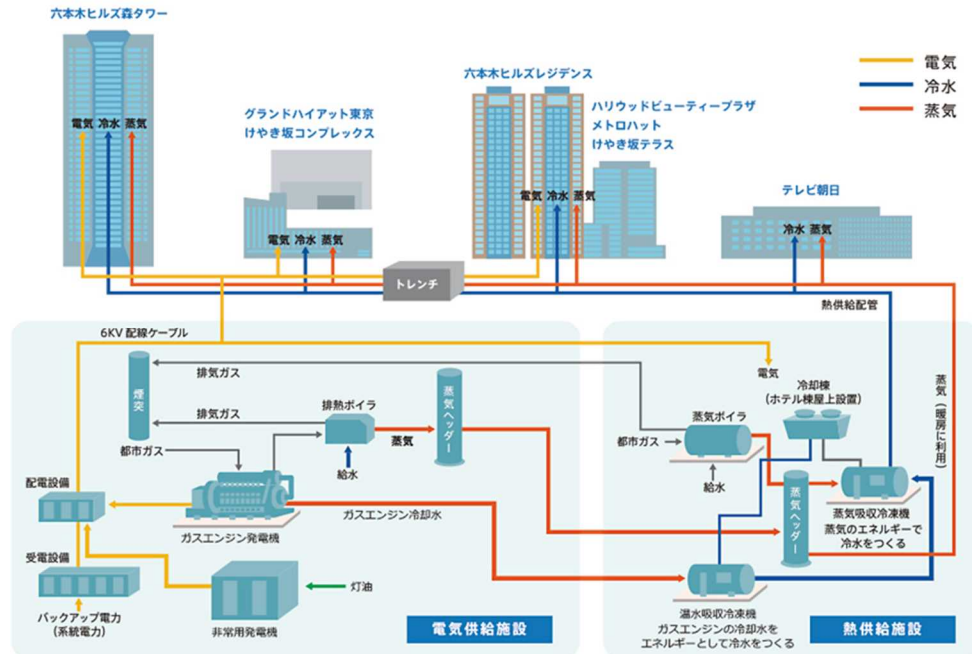
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/system_kouchiku/005/pdf/005_004.pdf

図 2-10 分散型グリッド事業

◆分散型グリッド

配電エリアにおける、分散型グリッドとは電力消費者の近くに発電施設を設置し、DER を利用することで安定的に電力を供給するという仕組みです。（図 2-7）都心部をはじめ、地方や、山間へき地離島等、様々な規模の分散型グリッドが存在します。（図 2-10）JEMA では、分散型グリッドにおけるエネルギー制御システム（DERMS）を事業者のシステム運用を支える共通ソリューション基盤として提供していく計画です。

- 六本木エネルギーサービス（株）が特定送配電事業者として、六本木ヒルズ各棟（テレビ局は除く）へ、中圧都市ガスを燃料としたガスエンジンコージェネレーション（熱電併給）設備で発電した電力を自営線で供給。
- 地震・台風などの災害時に系統電力が停電した場合は、系統連系を解列し、ガスエンジン発電機を自立運転に移行して、非常用発電機とともに電力供給を継続することで、災害に強い電力供給システムを構築。



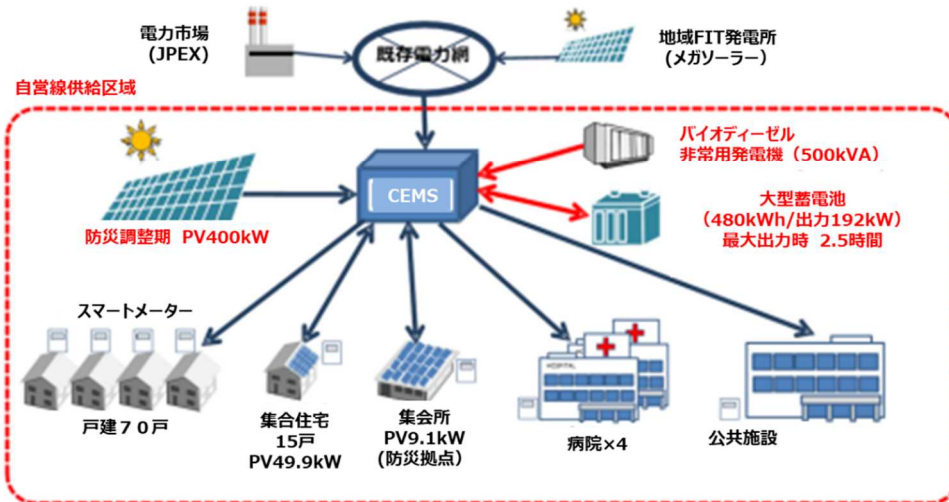
出典）第 6 回持続可能な電力システム構築小委員会（資料 2）

https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/system_kouchiku/006/006_05.pdf

図 2-11 分散型グリッド事例（六本木ヒルズ:都心部）

配電エリアにおける、分散型グリッドシステムの都心部での適用事例（図 2-11）として、東京都にある六本木ヒルズのシステム構成を例示します。本システムはビル内に発電設備を有しており、災害が発生し、系統電力が停止した場合には、自動的に系統解列し、自家発電設備でビル内の電力を供給するという、災害に強い電力供給システムとして構築されています。人や企業が集中（需要密度が高い）しているため、経済合理性を満たし、再投資による、インフラ拡充（蓄電池・EV アグリゲーションや AI 技術を活用した域内のエネルギー供給の安定性・安全性を確保する価値の高いサービスを提供する事）にも繋がり、持続可能な事業モデルとなっています。

- 東松島市から委託を受けた（一社）東松島みらいとし機構が、特定送配電事業者として、太陽光発電等を活用し、災害公営住宅や病院、公共施設に対して市の自営線により電力を供給。
- 太陽光発電の活用により年間約300tのCO₂を削減するほか、系統電力が遮断した場合にも、非常用発電機、太陽光発電、大型蓄電池を組みあわせ、3日～1週間継続して電力供給が可能な、エコで災害に強い電力供給システムを構築。



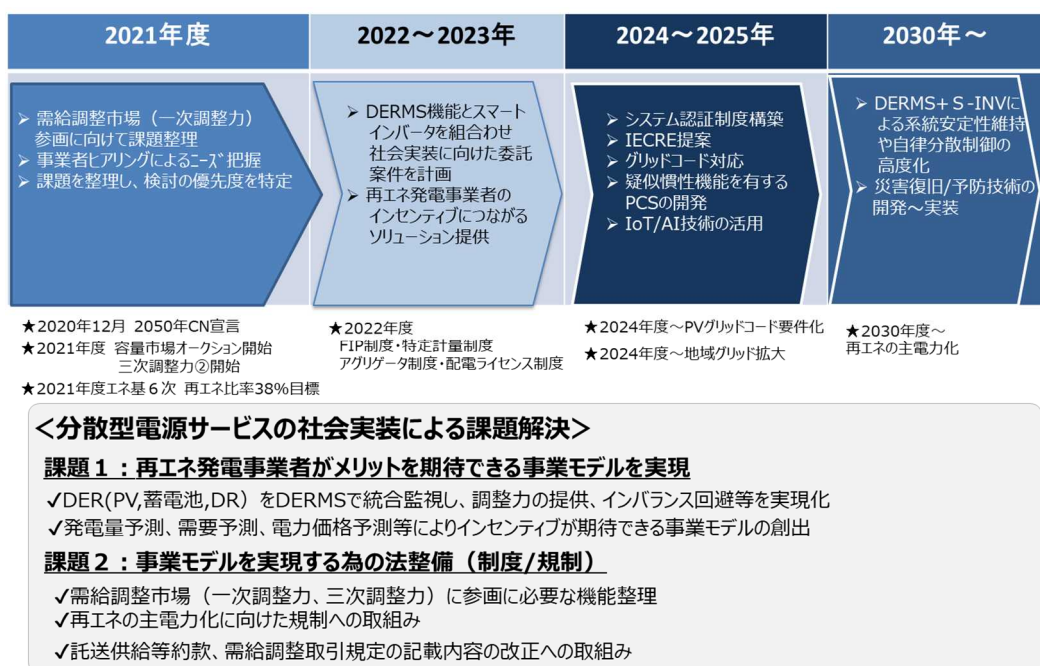
出典) 第 6 回持続可能な電力システム構築小委員会 (資料 2)

https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/system_kouchiku/006/006_05.pdf

図 2-12 分散型グリッド事例（宮城県東松島市：地方都市部）

地方都市部の分散型グリッド（図 2-12）については、一定程度人口が密集している地域では需要を確保する事が可能となり、経済合理性を確保出来ます。また、域内の住宅及び商業・公共施設等に設置されている太陽光発電や蓄電池等を活用した再エネ電力を地産地消する事により、域内での経済活性化と新たな送配電網への設備投資の抑制を実現し、需要家の電力コスト削減に繋がると考えております。更に、レジリエンスの観点からも地震や台風等の災害による停電の際、主幹系統から切り離し、独立して域内に電力供給を継続できる点においても、自然災害の激甚化から需要家の命と財産を守る、今後の新たな電力供給の在り方として、分散型グリッドサービスの検討を加速させます。

また、分散型グリッドの対象としては、山間へき地・離島があります。都心部や地方都市と比べ、再エネの大量導入が期待できる一方、現状では、人口は減少する可能性が高く、電力需要の確保が困難な地域となり経済性が見込めません。JEMA では、まずは経済性が望める都心部や地方都市部の分散型グリッドにおけるビジネスモデルを優先的に検討を進めます。



出典）JEMA 作成資料

図 2-13 分散型電源サービス特別委員会活動計画（2021 年～2030 年）

2021 年度より、JEMA では、配電エリアに於ける分散型グリッドの在るべき形態を検討する活動を「分散型電源サービス特別委員会」にて、経済産業省や資源エネルギー庁での検討や、電力会社、事業者からの課題のヒアリング、海外の事業実態の調査等を行いながら推進中です。

検討の範囲としては、先述した都心部や地方都市部を含む「地域マイクログリッド事業者」（自治体や第三セクター、民間事業者等）、これら域内に於ける「再エネ発電事業者」や配電事業者（アグリゲータや小売事業者）によって電力供給を受ける「一般需要家」を対象とし、特高電圧市場で培った市場取引ルールや運用システム等のノウハウを高圧・低圧側リソースに展開する方法で優先順位を付けて社会実装してゆく計画です。

2020 年 6 月に成立したエネルギー供給強靱化法に基づき 2022 年度から新たに導入される配電事業者ライセンス制度を適用する配電事業者にとって、DERMS 機能による配電エリアの統合制御や系統監視とスマートインバータ（PCS）を組合せ、分散型グリッド内の再エネ出力制御の合理化、電力品質や安定性維持、混雑緩和等を実現する事は最重要技術課題と位置付けられています。JEMA では、更に、これらの配電ライセンサーや一般送配電事業者からの要求仕様を詳細に分析する必要があると考えています。

2022 年度は、2023 年から開始予定の DERMS の社会実装に向けた経産省委託事業による実証試験の準備に入ります。2023 年度から 3 カ年での社会実装を目指しており、まずは DERMS 機能の社会実装に向けた技術・制度課題を洗い出し、解決に向けたアプローチを策定、2025 年の一次調整力市場への導入を目指します。

最終的には 2030 年を目途に、一般需要家（EV 含む）の低圧逆潮流アグリゲーーションで需給調整市場への参入に向けた取組みを進め、2030 年以降は 2050 年の配電エリア（特に高圧・低圧需要家動向）の事業形態を随時見直し、事業計画を修正しながら検討を進める必要があると考えます。（図 2-13）

2.2.2 現状と課題

我が国においては、再エネの大量導入に対応（急激な出力変動や小刻みな出力変動等）したグリッドコードへの対応や電力取引市場制度（容量市場や需給調整市場）の整備、DERMS や疑似慣性を有する PCS 等の関連技術開発が課題としてあげられます。

再エネ導入比率の高い欧米では、再エネ導入拡大（風力発電や太陽光発電）に対応したグリッドコードを定め、DERMS の各機能（系統監視機能や発電量予測機能）で DER を統合管理することで、系統の安定性を維持しています。我が国では更に精度の高い疑似慣性機能付き PCS を開発し、分散電源を自在に制御する、日本固有のシステム技術と試験方法を組み合わせ IEC 規格に反映し、グローバル市場で適用するルールメーク戦略（差別化）を実践することで、グローバル市場でのシステム（ソリューション）事業展開を目指します。

1) DERMS

我が国では、再エネの急激な出力変動や小刻みな出力変動等に対応するために、火力発電が調整力として使われております。また、需給バランスの制御は、再エネの出力抑制しか行われておらず、再エネが十分に有効活用されているとは言い難い状態です。

一方、海外では、DERMS が持つ発電量予測や系統監視機能等を活用して、増加する分散型電源を統合管理し、急激な出力変動や小刻みな出力変動に対応した効率的な再エネ利用が実現されています。我々が開発すべき DERMS については、コアデバイスとなるスマートインバータ（PCS）の性能をソフトウェアで最大限引き出し、より効率的に、かつ精緻に再エネ電源の制御を実現します。そのためには、ハードウェアと需要家サービスを実現するインターフェース仕様に準じたソフト開発により、高性能ハードウェアとシステムソフトを組み合わせたソリューション提供をする事業モデルを目指す必要があります。

2) 疑似慣性機能を有する PCS

火力発電等の大規模集中電源の発電機は機械的に回転磁界を発生させる同期発電機方式ですが、太陽光発電をはじめとする分散型電源はパワー半導体を使った PCS により電力変換を行います。PCS が太陽光発電した直流電源を交流電源に変換し電力供給を実現しています。PCS は機械的な回転（慣性力）が無いため、PCS が系統に大量導入されると需給不平衡時の周波数変動が大きくなり系統の周波数や電圧低下に繋がり、系統が不安定になる可能性があります。例えば、太陽光発電の大量導入に伴い、急激な負荷変動が発生した場合、系統の周波数変動が発生し、それを解消するために応答速度が速い疑似慣性力を有する PCS の開発と実用化に向けた、系統連系規定の見直しや認証制度との整合性が必要となります。

3) 分散型電源系統連系国際標準化

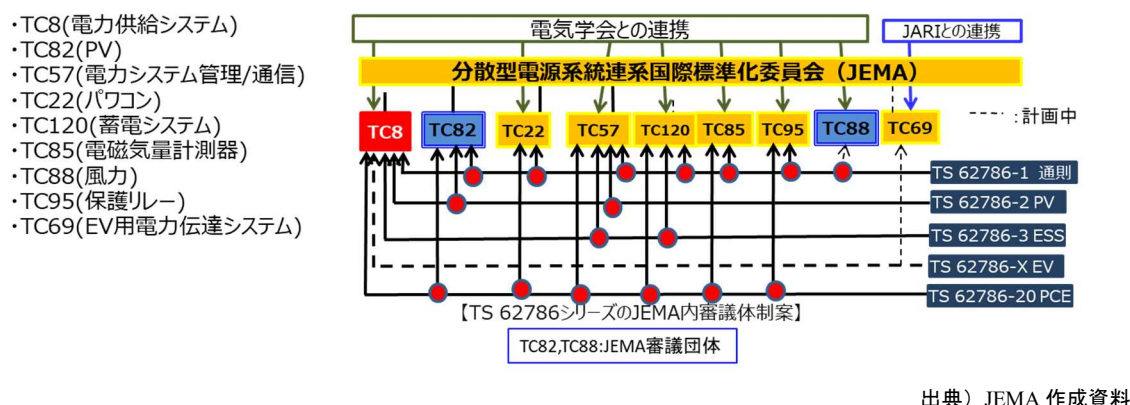


図 2-14 システム連系国際標準化 インターフェース規格策定状況 (2021 年度現在)

先述の通り、今後、DERMS の各種機能とスマートインバータ (PCS) とを組合せたシステムによるエネルギーマネジメントをソリューション提供する事業が重要になります。本事業分野での国際競争力の強化を目的に、JEMA では TC82 (PV)、TC120 (電気エネルギー貯蔵システム)、TC88 (風力) 等の分散型電源と TC8 (電力供給システム) とを連携させ、分散型電源の系統連系要件や、系統安定性維持を実現するスマートインバータ (PCS) の仕様並びに試験要件の国際標準化を、産業技術総合研究所 (AIST) と連携して推進しております。

現在、太陽光発電システムの系統連系要件規格 (IEC/TS62786-2) や PCS の系統連系要件規格 (IEC/TS62786-20) の策定について、日本がリーダーとなって IEC にて主導的に国際規格策定を進めています。また、TC82 向けに提案しているスマートインバータ (PCS) の試験規格 (IEC63409 シリーズ) については日本が全体取りまとめ役を担い主導的に進めています。(図 2-14)

試験規格の提案においては、ミニモデル (スマートインバータ (PCS) を容量のみスケールダウンした試験用装置) を用いた実証試験も実施し、日本固有の試験方法技術として提案、国際規格に反映し、グローバルに適用する試験方法とすることで、日本の性能評価基準や試験手順を規格化し、他国の追随を許さない、優位性確保を図っています。

2022 年度以降は、分散型電源の系統連系要件において、まだ国際標準化の検討が進んでいない領域、特にスマートインバータ (PCS) と DERMS 等の上位システムとの連携に関する国際標準化についても、日本主導で標準化を推進すると同時に、今後はセキュリティー対策についても取り組む計画です。

4) EV 電源活用

今後、増加が見込まれる EV は、走行利用時以外は定置用蓄電池と同様の機能を果たすことが期待されています。

自動車業界との十分な調整が必要ですが、市場が求めるタイミングで EV 側から必要な量の調整力情報を提供するために、EV 側データ (車両 ID、SOC、放電可能電力量、走行計画等) をアグリゲータが予め把握しておくことが必要となります。実現に向けては、車両データのオープン化とセキュリティーの確保が鍵となります。

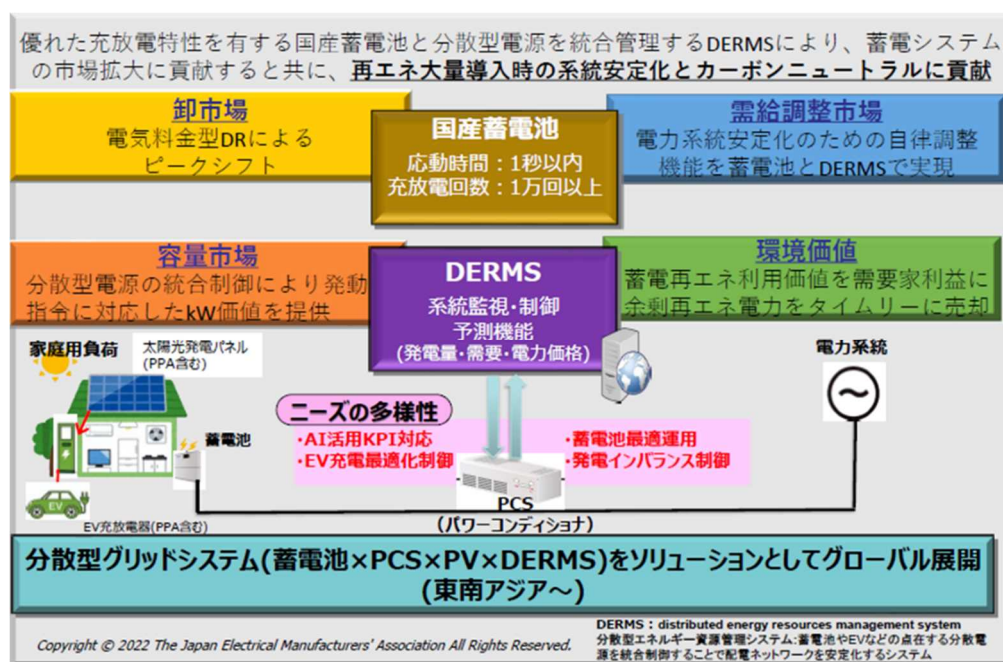
また、家庭に設置される普通充電器自体は通信機能を持たないため、DERMS が EV を制御するためのシステム構成の特定、通信インターフェース仕様、データモデル等の検討が必要となり、これらは、共通仕様としてルールメイクが必要となります。

5) グリッドコード整備

欧米では、再エネ導入拡大に対応（急激な出力変動や小刻みな出力変動等）したグリッドコードが整備されており、最大出力抑制機能や周波数調定率制御機能、FRT（Fault Ride Through）※1等の制御機能により、系統の安定性が維持されています。我が国でも再エネの導入拡大に向け（PV 発電・蓄電池）、系統安定や電力品質を維持する技術開発（出力抑制機能や周波数制御機能）と再エネ導入拡大に対応したグリッドコードへの見直しや整備を進めます。同時に市場として狙う国・地域のグリッドコード分析を進めています。

※1 電力品質を確保するために必要となる系統擾乱時の分散型電源の運転継続性能

6) 需給調整市場への価値提供



出典) JEMA 蓄電池産業戦略検討官民協議会資料

図 2-15 蓄電池活用による EMS 高度化と海外市場参入戦略

JEMA では、低圧逆潮流アグリゲーションの需給調整市場（一次調整力等）、電力小売り等の国内市場への参入と海外展開に向け、日本の強みである ECHONET Lite（エコーネットライト）規格に準拠し、優れた充放電特性（瞬発力、多数回充放電）を有する国産蓄電池と DERMS との連携を推進し、実証試験を通し、市場調査を進める事が必要と考えております。

現状の制度では、低圧逆潮流アグリゲーションの需給調整市場への参入は認められておらず、送配電網協議会、電力広域的運営推進機関、経済産業省等と連携し制度改正に向け、機会を捉えて政策提言を進めています。先ずは、2022 年 3 月の経済産業省「蓄電池産業戦略検討官民協議会」で、低圧需要家側 蓄電池システムを需給調整市場に向けた調整力として活用するための制度改革を政策提言として実施しました。（図 2-15）

2.2.3 JEMA としてのアクション

2.2.2 に示した技術課題、制度課題を解決し、分散型グリッドサービスを支えるシステムソリューションを提供する JEMA 会員企業と、これらのシステムを利用するサービス提供事業者(アグリゲータ、電力小売事業者、配電ライセンサー等)のビジネスを早期に立上げ事業に貢献するために、JEMA として以下の取組みを推進します。(表 2-4)

表 2-4 分散型電源の JEMA のアクション

項目	時期	アクション	ステークホルダー
DERMS 機能の活用による調整力市場等への参入	～2030 年	・ DERMS 機能の実装が実現するよう、課題を特定し、解決に向け経済産業省委託案件(実証試験)の計画/実行できる活動を行う。	経済産業省
疑似慣性機能付 PCS の開発による DER+DERMS の導入促進	～2030 年	・ 産業技術総合研究所と連携し、開発プロジェクトに於いて疑似慣性機能付 PCS の実用化に向けた取組み	送配電網協議会(電事連) NEDO
分散型電源毎に系統連系との要件を国際標準化すると共に、その要件を満たす PCS の仕様、試験方法を国際標準化し、PCS をグローバルに展開	～2023 年	・ 系統連系国際標準化(IEC/TC6278 シリーズ)において TC8 と TC82、TC22 との連携を図る為の通信 IF 策定	送配電網協議会(電事連) JPEA
	～2030 年	・ 上記と同様に TC120,TC88, TC69 と TC8 との通信 IF 策定し DERMS と上位システム(EMS)との連携を実現 ・ 海外グリッドコード対応 PCS の通信 I/F の国際規格化を行い、海外展開(東南アジア諸国)	送配電網協議会(電事連) JARI BAJ
EV 電源(車載電池)を活用した調整力市場への参入	～2030 年	自動車業界(JAMA/JARI)と連携して車両データ開示や通信 I/F 仕様の統一を実現	JARI JAMA
国内グリッドコードの整備による DER+PCS の導入促進	～2030 年	・ 電力広域的運営推進機関(OCCTO*6)を中心とするグリッド検討会に参加しメーカー意見の反映を図る。	送配電網協議会(電事連) OCCTO
低圧逆潮流アグリゲーションの需給調整市場参入に向けた取組	～2030 年	・ 経済産業省等や OCCTO、送配電網協議会に対して低圧逆潮流アグリゲーションの実現を働きかける。	経済産業省 送配電網協議会(電事連) OCCTO

NEDO：国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、

JPEA：一般社団法人太陽光発電協会、JARI：一般財団法人 日本自動車研究所

BAJ：一般社団法人 電池工業会、JAMA：一般社団法人 日本自動車工業会

OCCTO：電力広域的運営推進機関

1) DERMS

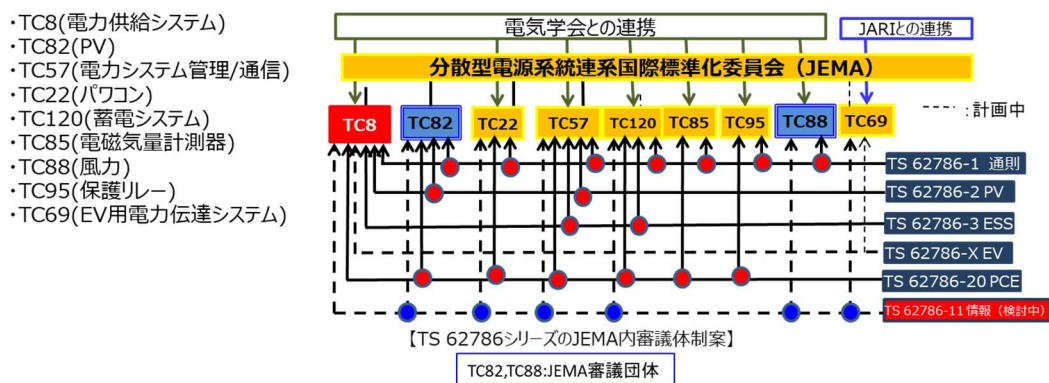
再エネの主電力化にはエネルギーサービス事業者が保有する DERMS の機能（発電/需要予測）を活用し、分散型電源（PV、蓄電池等）と DERMS の間でリアルタイムにデータを相互通信し、再エネ発電事業者や需要家が WIN-WIN となるような最適な電力サービスを提供する必要があります。

発電量・需要量予測に関しては、JEMA としてメーカーが蓄積してきた電力ネットワークシステムのデータ分析技術を機械学習などの AI に適用する事で実現してゆきます。また、より精度の高いソリューションを提供するためにシステムの予防保全技術と DERMS の系統監視機能等との連携が必要になると予測しており、これには多変量解析(因子分析)結果データとのセキュア通信仕様の標準化が必要と考え、社会実装に向けた実証試験等も検討しています。

2) 疑似慣性機能を有する PCS

再エネの導入拡大に向け、システムの周波数変動に対する応答速度が速い疑似慣性機能を有する PCS の開発、実用化が必要と考えています。産業技術総合研究所等と連携し、製品開発にむけた市場ニーズのヒアリングや、実用化に向けた系統連系規定に対する見直し提言を実施していきます。疑似慣性機能の開発では、システムの安定性維持の更なる向上と、DERMS の系統監視機能を組合せることや、日本固有の試験方法技術を国際規格に反映し、グローバルに適用する試験方法とすることで、海外勢のソリューションとの差別化を図ります。

3) 分散型電源系統連系国際標準化



出典) JEMA 作成資料

図 2-16 システム連系国際標準化 インターフェース開発計画 (2022 年度以降計画)

先述した通り、JEMA 会員企業は、再エネ発電事業者や地域マイクログリッド事業者、一般需要家等の分散型電源保有者に対し、DERMS の機能を活かしたソリューション基盤の提供が新規事業の一部となると想定しています。従って、DERMS の系統監視機能とスマートインバータ (PCS) 間の系統連系に係わる情報伝送 (相互運用性) 関連の規格化について更なる検討を進めています。

2022 年度以降には EV と EVPS (PCS)、EV と PV 等の各種インターフェース規格の開

発を進め、日本の優れた技術と認証方式によるルールメーク化を目指します。（図 2-16）

4) EV 電源活用

自動車メーカー業界[日本自動車工業会(JAMA)、日本自動車研究所(JARI)]と連携して、EV 側が持つ車両データの開示や通信インターフェース仕様/データモデル仕様等の標準化を実現します。また、2022 年度から会員企業の社用車の EV 化の実態調査を開始すると同時に、EV 導入を促進し、EV 電源活用サービス実現に向けた技術実証に活用します。

5) グリッドコード整備

再エネ導入比率の高い欧米では、再エネ導入拡大（風力発電や太陽光発電）に対応したグリッドコードを定めており、我が国も再エネ導入拡大に対応（急激な出力変動や小刻みな出力変動等）したグリッドコードの整備が喫緊の課題となっています。JEMA では再エネ導入拡大に対応したグリッドコードの整備に向けてメーカー意見をまとめ、OCCTO を中心とする検討会に参加し、再エネ導入拡大に対応したグリッドコードの整備と反映を進めています。また、PCS の市場拡大に向け、制御装置である DERMS や他装置との接続通信仕様の標準化に向けた検討を加速してゆきます。（表 2-5）

更に、国内メーカーの分散型グリッドサービスやスマートインバータ（PCS）の海外展開に向け、東南アジア諸国のグリッドコードの動向を把握（標準仕様化の観点）し、ハードウェア仕様に反映させてゆきます。

表 2-5 各国のグリッドコード一覧

<各国の調査対象の詳細> ✓：中長期要件化検討対象に関連する記載がある、各国・地域グリッドコードの要件有

中長期要件化検討 対象要件	欧州 RfG	欧州 EN	GB	IE	DK	米 FERC	米 NERC	IEEE	ERCOT	CAISO	CPUC
周波数変化の抑制対策(上昇側) 周波数変化の抑制対策(低下側)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
発電設備の制御応答性	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	
負荷周波数制御	✓			✓	✓			✓P2800	✓		✓
発電設備の運転可能周波数（上昇側）	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
周波数変化率耐量（RoCoF）	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	
出力（有効電力）の増加速度の上限	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓
出力変化速度の上限	✓		✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓
出力変化速度の下限		✓									
慣性力の供給(疑似慣性)	✓		✓	✓				✓	✓		
事故電流の供給(事故時の保護リレー検知に必要な電流の供給)	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓
電圧・無効電力制御	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
系統安定化装置(PSS)/自動電圧調整装置(AVR)の仕様・性能(定常電圧・過渡電圧制御)	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓P2800	✓		
制御・保護システムの協調・優先順位	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
事故時優先順位指定(FRT中有効・無効電力制御)	✓		✓	✓	✓			✓	✓		
情報提供（系統安定化・慣性力・事故電流）	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度	✓	✓			✓				✓		
電圧上昇側 Voltage Ride Through		✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓
瞬動予備力（連続制御）	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓P2800	✓	✓	
運転時の最低出力			✓	✓					✓	✓	
単独運転防止機能		✓	✓					✓	✓		✓

出典）欧米におけるグリッドコード改定状況と関連技術動向に関する調査報告（OCCTO）

6) 需給調整市場への価値提供

2024 年に開設される、一次調整市場への参入に向けて、国（経産省・エネ庁）、OCCTO、送配電網協議会に、パブリックコメントを提出（表 2-6）し、意見招請会議に計画的に参加し、2030 年を目途に低圧逆流アグリゲーション市場への参入を実現します。

また、DERMS の機能が需給調整市場の参入要件に対応可能であることを確認するために 2023 年から実施予定の経産省の実証試験を活用し結果を公開する予定です。

表 2-6 電力広域的推進機関向けパブリックコメント（2021 年度）

タイトル	年月	提出先	現行案	要望事項
一次調整力～二次調整力②、複合商品、三次②のルール見直し等に関する市場設計案について	2021年12月	電力広域的推進運営機関	（技術要件） 周波数計測間隔：0.1 秒以下 周波数計測誤差：0.02Hz 以下 不感帯：0.01Hz 以下 調定率：5% 以下 遅れ時間：2 秒以内	● 技術要件緩和 ● 不感帯周波数を 0.02Hz 以下 ● 不感帯有無による商品カテゴリーの設定
一次調整力～二次調整力②、複合商品、三次②のルール見直し等に関する市場設計案について	2021年12月	電力広域的推進運営機関	低圧リソースの参入は認めない	低圧リソースの参入を要請

出典）一次調整力～二次調整力②、複合商品、三次②のルール見直し等に関する意見 募集の結果との対応について
第 28 回需給調整市場検討小委員会 資料 3-1 2022 年 2 月 24 日より抜粋

3. 電力需要（電気を使う領域）

3.1 家庭部門におけるカーボンニュートラルの目標と取組

「2050 年カーボンニュートラル」宣言で、2030 年度 46%温室効果ガス削減（2013 年度比）目標等の実現に向けた施策が、2021 年 10 月 22 日、地球温暖化対策計画として閣議決定されました。この中で、家庭部門では、エネルギー起源の CO₂ 排出量は 2013 年度比 66%削減が目標とされており（表 3-1）、住宅の省エネルギー性能の向上、省エネルギー性能の高い設備、機器の導入促進、徹底的なエネルギー管理の実施などの取組が示されています。

表 3-1 エネルギー起源二酸化炭素の排出量目安（単位：百万 t-CO₂）

	13 年度 実績	19 年度 実績	2030 年		
			30 年度 目安	13 年度比 削減率	19 年度比 削減率
産業部門	463	384	289	▲38%	▲25%
業務その他部門	238	193	116	▲51%	▲40%
家庭部門	208	159	70	▲66%	▲56%
運輸部門	224	206	146	▲35%	▲29%
エネルギー転換部門	106	89.3	56	▲47%	▲37%

出典）「地球温暖化対策計画」全体版 環境省 <https://www.env.go.jp/earth/211022/mat01.pdf>

この章では、それらを踏まえつつ、改めて、温室効果ガス排出量削減について白物家電として取組むべき内容を、2050 年のあるべき姿から検討しました。

(1) 家庭でのエネルギー消費の現状

まず現状認識として、2019 年の家庭でのエネルギー源別消費量の内訳を図 3-1 に示します。図のように、家庭でのエネルギー消費量は、電力エネルギーと、化石エネルギーでほぼ等分されています。



出典) 『エネルギー・経済統計要覧 2021』 (日本エネルギー経済研究所)

図 3-1 家庭部門でのエネルギー源別消費量比 (2019 年度)

その中で、化石エネルギーの用途は、表 3-2 に示すように、暖房、給湯、厨房であり、それぞれ直接燃焼の形で利用されています。

表 3-2 世帯当たりの用途別エネルギー源別エネルギー消費量 (2019 年度)

	(千kcal/世帯・年)					
	電力	太陽熱	都市ガス	LPG	灯油	石炭等
冷房	212					
暖房	528		285	81	1,101	4
給湯	307	28	1,032	492	277	4
厨房	211		270	249		1
動力他	2,675					

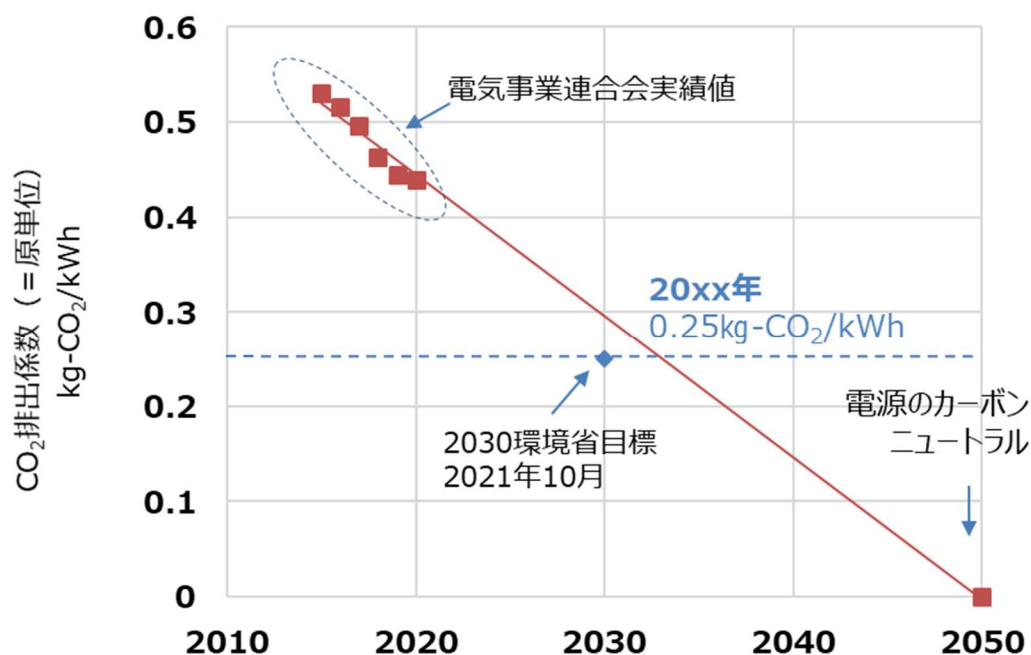
化石燃料の直接燃焼

出典) 『エネルギー・経済統計要覧 2021』 (日本エネルギー経済研究所)

2050 年では、電源構成の変化で、電気の CO₂ 排出係数が実質ゼロであることを前提とすれば、家庭内の暖房、給湯、厨房で使用されている化石燃料機器は、2050 年までに、全て電化されていることが望ましいと言えます。

(2) 電源の CO₂ 排出係数の低下と、暖房、給湯、厨房の電化による CO₂ 排出量削減

それではいつから電化を行うべきか、電源の CO₂ 排出係数低下、電化によるエネルギー利用の高効率化、そして電化に伴う電力需要量増大の影響等を考慮し検討したいと思います。



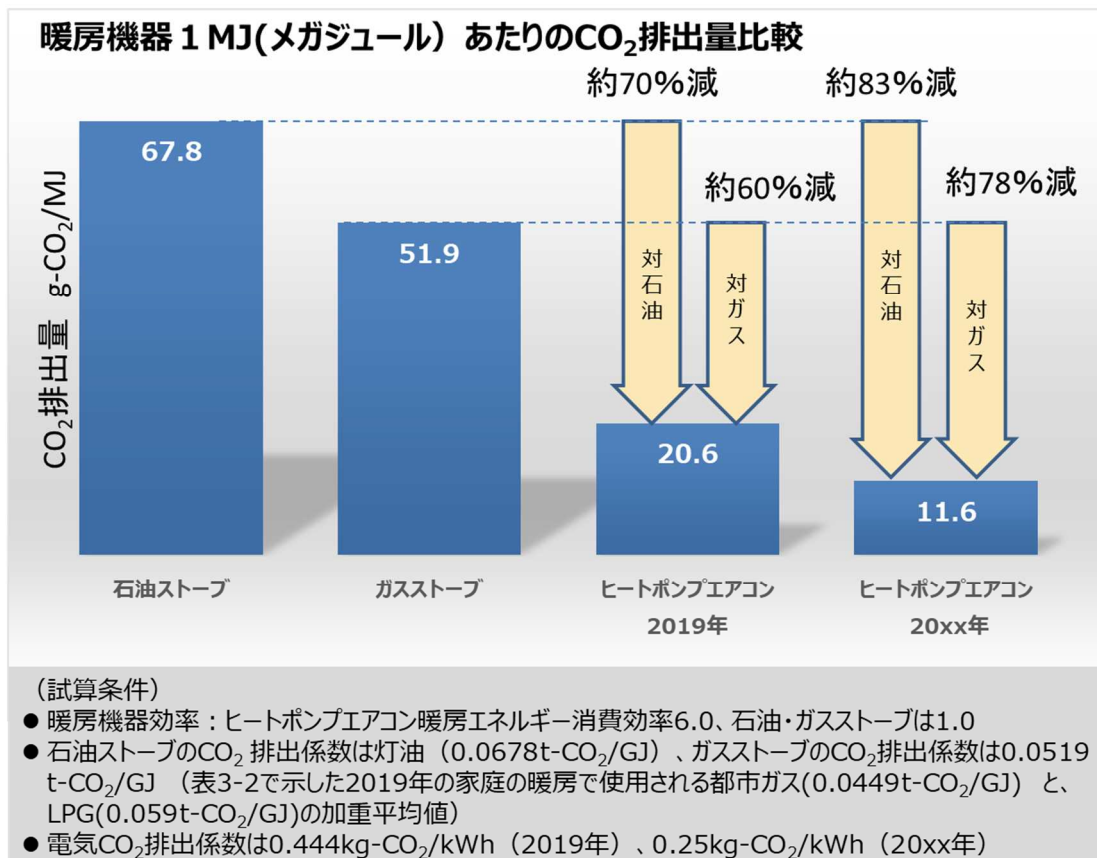
出典)

2020年までのCO₂排出係数：2021エネルギーと環境 電気事業連合会 https://www.fepc.or.jp/library/pamphlet/pdf/21_environment.pdf

2030年の新目標値：地球温暖化対策計画 地球温暖化計画における対策の削減量の根拠 <http://www.env.go.jp/earth/211022/kohyou.pdf>

図 3-2 CO₂ 排出係数（原単位）の推移予想

図 3-2 は、電気事業連合会が発表した 2015～2020 年の電気の CO₂ 排出係数実績値と、2050 年の CO₂ 排出係数実質ゼロを直線近似したものです。図中には、2021 年 10 月に閣議決定された地球温暖化対策計画において対策の削減量の根拠として用いられた 2030 年の CO₂ 排出係数（＝0.25kg-CO₂/kWh）も合わせてプロットしています。以下では、CO₂ 排出係数 0.25kg-CO₂/kWh の達成時期を 20xx 年（xx は 30～）として議論を続けます。



出典)

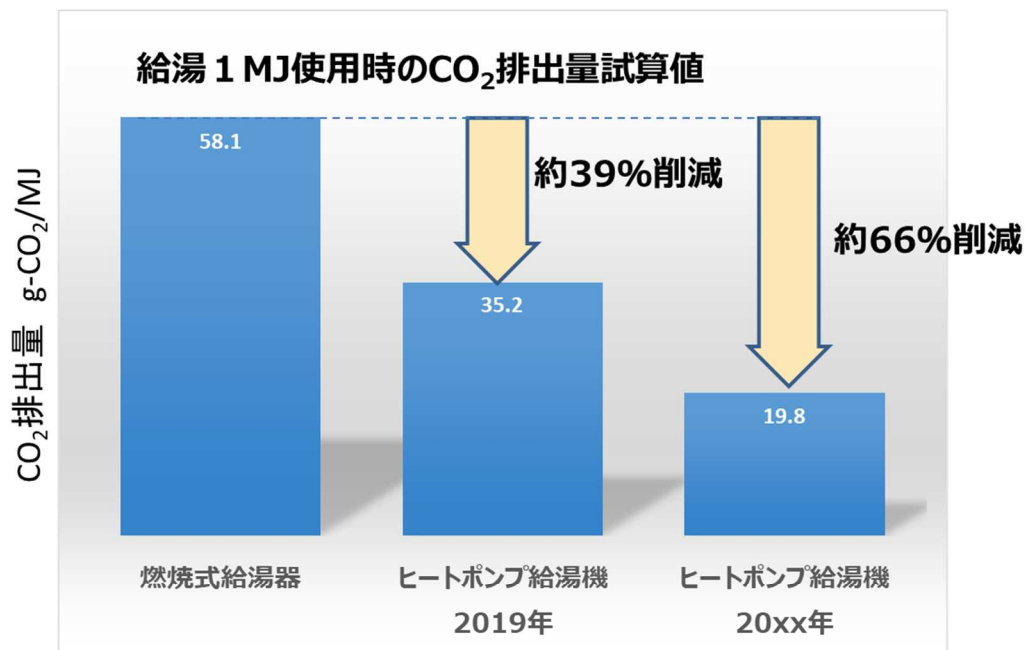
暖房機器効率：ヒートポンプ・蓄熱センター https://www.hptcj.or.jp/Portals/0/data0/information/media/images/201102_2.pdf

燃料の CO₂ 排出係数：算定・報告・公表制度における算定方法 環境省 https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calco/itiran_2020_rev.pdf

電気の CO₂ 排出係数：2021 エネルギーと環境 電気事業連合会 https://www.fepec.or.jp/library/pamphlet/pdf/21_environment.pdf

図 3-3 暖房の電化効果：暖房機器 1 MJ あたりの CO₂ 排出量比較

まず、“暖房の電化効果”について検討します。図 3-3 は暖房機で生み出される熱エネルギー 1 MJ あたりの CO₂ 排出量を比較したものです。図のように、石油ストーブやガスストーブをヒートポンプエアコンに置換えることで、2019 年時点の CO₂ 排出係数でも、約 60～70%の CO₂ 排出量を削減する効果があることが分かります。さらに 20xx 年には、CO₂ 排出係数の低下効果もあり、2019 年度比、約 78～83%の削減が見込まれ、暖房の電化が CO₂ 排出量削減に大きく寄与することが分かります。



(試算条件)

- 給湯機器効率：ヒートポンプ給湯機の年間給湯効率3.5、従来型燃焼式給湯器効率0.95
- 燃焼式給湯器のCO₂排出係数は 0.0552t-CO₂/GJ (表3-2で示した2019年の家庭の給湯で使用される都市ガス(0.0449t-CO₂/GJ) とLPG(0.059t-CO₂/GJ)、灯油 (0.0678t-CO₂/GJ) の加重平均値)
- 電気のCO₂排出係数は0.444kg-CO₂/kWh (2019年)、0.25kg-CO₂/kWh (20xx年)

出典)

ヒートポンプ給湯効率：ヒートポンプ・蓄熱センター https://www.hptcj.or.jp/Portals/0/data0/information/media/images/201102_2.pdf

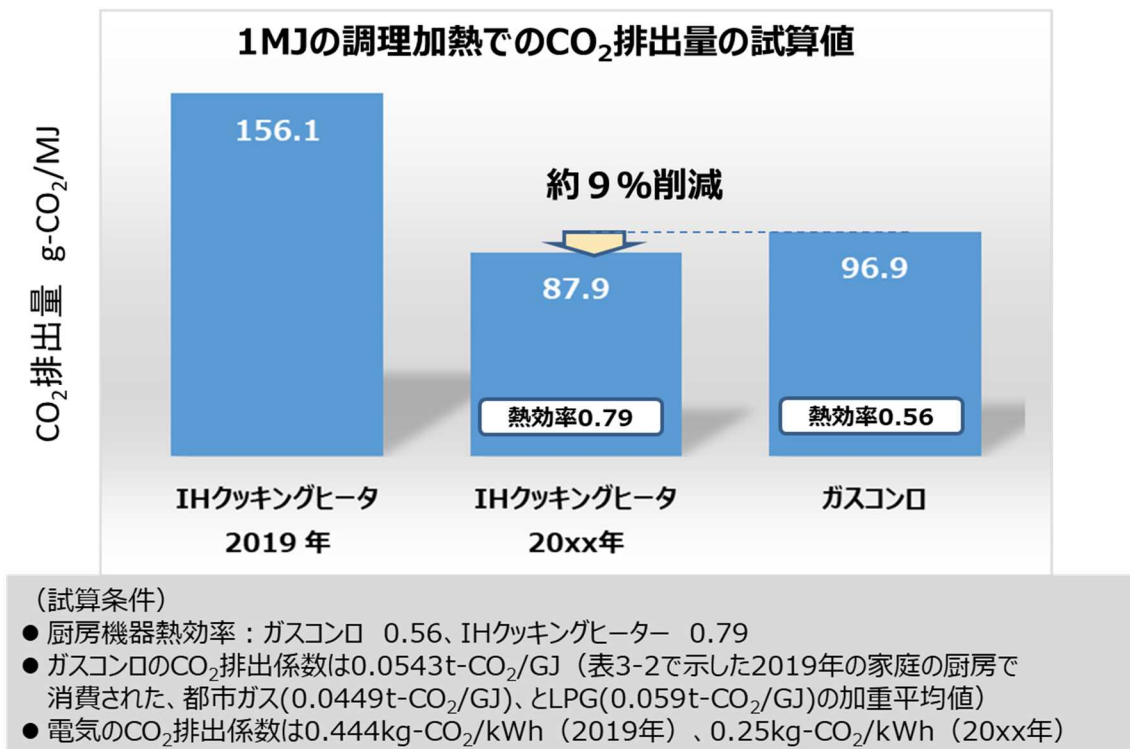
ガス給湯器効率：一般社団法人 日本ガス協会 エコジョーズ値 <https://www.gas.or.jp/gas-life/ecojozu/>

燃料のCO₂排出係数：算定・報告・公表制度における算定方法 環境省 https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calco/itiran_2020_rev.pdf

電気のCO₂排出係数：2021 エネルギーと環境 電気事業連合会 https://www.fepec.or.jp/library/pamphlet/pdf/21_environment.pdf

図 3-4 給湯の電化効果：給湯 1 MJ 使用時の CO₂ 排出量比較

次に、“給湯の電化効果”について検討します。図 3-4 から、2019 年時点の CO₂ 排出係数でも、燃焼式給湯器をヒートポンプ給湯機に置換えることで、約 39%の CO₂ 排出量を削減する効果があり、さらに 20xx 年には CO₂ 排出係数の低下効果もあり、2019 年度比、約 66%の CO₂ 排出量の削減に寄与することが分かります。



出典)

厨房機器熱効率：東京ガスの環境活動 2009 東京ガス <https://www.tokyo-gas.co.jp/sustainability/download/archive/pdf/2009/env2009.pdf>

燃料のCO₂排出係数：算定・報告・公表制度における算定方法 環境省 https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/itiran_2020_rev.pdf

電気のCO₂排出係数：2021 エネルギーと環境 電気事業連合会 https://www.fepec.or.jp/library/pamphlet/pdf/21_environment.pdf

図 3-5 調理の電化効果：1MJ の調理加熱での CO₂ 排出量比較

同様に“厨房の電化効果”について検討します。図 3-5 にはガスコンロを IH クッキングヒーターに置換えた場合について示したものです。厨房では 20xx 年に電気の CO₂ 排出係数が想定レベルまで低下すると、機器熱効率が高いこともあり、ガスコンロよりも CO₂ 排出量を抑えられることが分かります。

(3) 暖房、給湯、厨房のオール電化による家庭での CO₂ 排出量削減効果と電力需要増

以上のように、電気の CO₂ 排出係数の低下効果や、機器効率の高さから、化石燃料を使用してきた暖房、給湯、厨房機器を電化することで CO₂ 排出量が削減されることが分かりました。次にこれらの電化が、家庭部門の CO₂ 排出量削減や電力需要増に与える影響の大きさについて検討して行きたいと思います。



(試算条件)

- 世帯当たりの用途別エネルギー消費量2019年（表3-2）の化石燃料を利用した暖・給・厨を電化
- 電気のCO₂排出係数は0.444kg-CO₂/kWh（2019年）、0.25kg-CO₂/kWh（20xx年）
- 暖房は、図3-3の条件で、石油ストーブ、ガスストーブを、ヒートポンプエアコンへ電化
- 給湯は、図3-4の条件で、燃焼式給湯器を、ヒートポンプ給湯機へ電化
- 厨房は、図3-5の条件で、ガスコンロを、IHクッキングヒーターへ電化

出典)

世帯当たりの用途別エネルギー消費量：省エネルギーセンター 『エネルギー・経済統計要覧 2021』

電気のCO₂排出係数：2021 エネルギーと環境 電気事業連合会 https://www.fepec.or.jp/library/pamphlet/pdf/21_environment.pdf

暖房機器効率：ヒートポンプ・蓄熱センター https://www.hptcj.or.jp/Portals/0/data0/information/media/images/201102_2.pdf

ヒートポンプ給湯効率：ヒートポンプ・蓄熱センター https://www.hptcj.or.jp/Portals/0/data0/information/media/images/201102_2.pdf

ガス給湯器効率：一般社団法人 日本ガス協会 <https://www.gas.or.jp/gas-life/ecojozu/>

厨房機器熱効率：東京ガスの環境活動 2009 <https://www.tokyo-gas.co.jp/sustainability/download/archive/pdf/2009/env2009.pdf>

燃料のCO₂排出係数：算定・報告・公表制度における算定方法 経産省 https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calculiran_2020_rev.pdf

図 3-6 世帯当たりの CO₂ 排出量削減（原単位の改善、電化効果）

図 3-6 は、2019 年の世帯当たりの CO₂ 排出量が、化石燃料機器の電化や CO₂ 排出係数（原単位）の低下で、どの程度削減されるかを試算した例です。図から、2019 年時点でも、化石燃料を直接燃焼する暖房・給湯器を、エアコンやヒートポンプ給湯機に置換え、電化することで CO₂ 排出量を約 15%削減できたことが分かります。さらに 20xx 年に、電気の CO₂ 排出係数が想定する値にまで低下することで、暖房・給湯器の電化に加えて、厨房機器を IH クッキングヒーターに置換えることで、2019 年度比 51%の CO₂ 排出量削減が見込まれるという結果となりました。

この削減量は、章の冒頭に、表 3-1 で示した、2030 年の家庭での CO₂ 排出量の目標値 70 百万 t-CO₂（2013 年度比 66%削減、2019 年度比 56%削減）に近い値で、2030 年に全戸数がオール電化を達成すれば CO₂ 削減目標に大きく寄与できることを示唆します。



(試算条件)

- 世帯当たりの用途別エネルギー消費量 2019年(表3-2)の化石燃料を利用した暖・給・厨を全電化
- 暖房機器効率：ヒートポンプエアコン暖房エネルギー消費効率6.0、石油、ガスストーブは1.0
- 給湯機器効率：ヒートポンプ給湯機の年間給湯効率3.5、従来型燃焼式給湯器効率0.95
- 厨房機器熱効率：ガスコンロ 0.56、IHクッキングヒーター 0.79

出典)

世帯当たりの用途別エネルギー消費量：省エネルギーセンター 『エネルギー・経済統計要覧 2021』

暖房機器効率：ヒートポンプ・蓄熱センター https://www.hptcj.or.jp/Portals/0/data0/information/media/images/201102_2.pdf

ヒートポンプ給湯効率：ヒートポンプ・蓄熱センター https://www.hptcj.or.jp/Portals/0/data0/information/media/images/201102_2.pdf

ガス給湯器効率：一般社団法人 日本ガス協会 <https://www.gas.or.jp/gas-life/ecojozu/>

厨房機器熱効率：東京ガスの環境活動 2009 <https://www.tokyo-gas.co.jp/sustainability/download/archive/pdf/2009/env2009.pdf>

図 3-7 オール電化による世帯当たりの電力使用量の増加

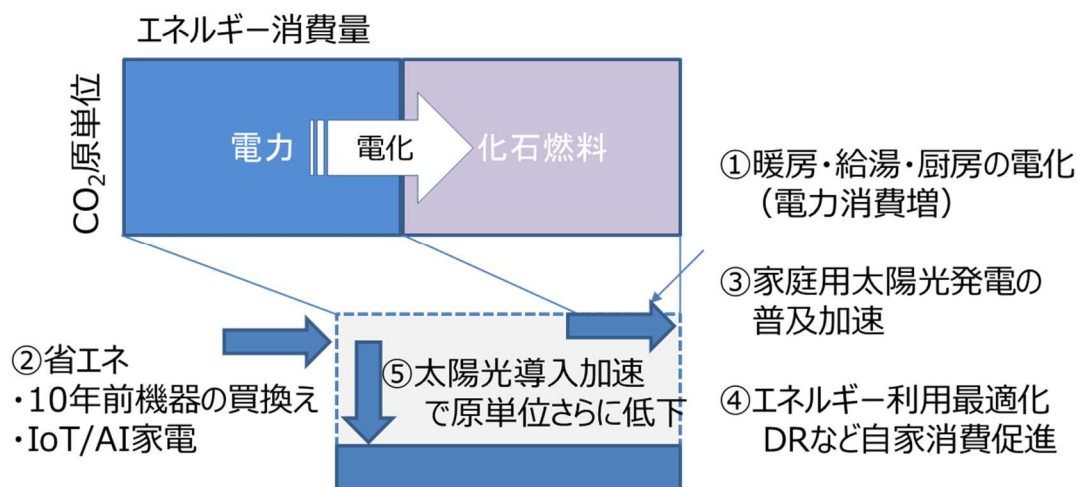
オール電化は CO₂ 削減に寄与しますが、化石燃料を代替した分、電力消費は増えることになります。図 3-7 に示すように 2019 年の時点で使用されていた、暖房・給湯・厨房の化石燃料機器を電化すると、世帯当たりの年間電力消費は 2019 年度比で 128% (5,853kWh) になると試算できます。一方、表 0-1 で想定した 2030、2050 年の電源構成での年間発電電力量は、2019 年度比で、それぞれ 92%と 132%でした。このため家庭の CO₂ 排出量削減を電化で加速すると、電力不足となる可能性があります。2019 年に全世帯がオール電化したとすると、家庭部門での年間電力消費は、3,457 億 kWh (世帯当たりの年間電力消費量×世帯数：世帯数は、2019 年の世帯数 59,071,519^{※1}とした) となり、その 28%は約 758 億 kWh となります。これは、表 0-1 の電源構成で示した住宅用太陽光発電の 2019 年 (152 億 kWh) から 2050 年 (945 億 kWh) への増分 793 億 kWh に匹敵する規模で、家庭の排出量削減の電化加速と並行し、太陽光発電導入のさらなる前倒しが必要と考えます。

※1： [住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数調査 調査の結果 年次 2020 年 \(e-stat.go.jp\)](https://www.e-stat.go.jp)

(4) 家庭のカーボンニュートラルへのシナリオと具体的な取り組み

これまで議論してきたように、家庭のカーボンニュートラル達成には、まず、電化によるエネルギー起源の CO₂ 排出量削減や、電化に伴う電力不足への対応等の導入シナリオが必要です。さらに、家庭の中の日常生活で発生する食品ロス等、非エネルギー起源の温暖化要因の削減や、エアコン等に使われる代替フロン等 (温暖化係数の高い冷媒) の利用削減についても検討しておく必要があります。

1) エネルギー起源の CO₂ 削減



出典) 第3回 グリーンイノベーション戦略推進会議 資料4を参考に作成
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/pdf/gi_003_04_00.pdf

図 3-8 家庭のカーボンニュートラルに向けた取り組み（20xx 年）

図 3-8 は、家庭のカーボンニュートラルに向けた、エネルギー起源の CO₂ 削減として、20xx 年までに取り組むべき内容を記した概念図です。2050 年までに CO₂ を削減していくためには、①暖房、給湯、厨房の電化を進め、電化で増えた電力消費量を補うために、②最新の省エネ機器に買換えることなどで電力消費を抑制すると共に、③家庭用の太陽光発電の導入拡大を（表 0-1 に示したタイミングより）一層早める必要があります。ここで、太陽光発電は日照量変化の影響を受けることから、導入拡大とともに、④家庭でのデマンドリスポンス（DR）を行い発電時に積極的に電力の自家消費を高めるなど、電力利用最適化に取り組むことも重要です。家庭用太陽光発電の導入加速は、⑤原単位を下げることに寄与するため、結果として CO₂ 削減目標の達成も加速します。以下では、特に、②の省エネ、④の家庭でのデマンドリスポンスなどの具体的な取り組みについて記載します。

① 機器の省エネ化と普及

図 3-9 は、エアコン、冷蔵庫の様々な省エネ技術の取り組みを示しています。

a. ルームエアコンディショナ

エアコンは、10 年前の製品に比べ約 5%の省エネ化^{※1}（冷暖房兼用・壁掛け形・冷房能力 2.8kW クラス・省エネルギー型の代表機種 of 単純平均値 2021 年度/2011 年度比）がされており、買い替えによる電力消費の抑制が期待できます。また近年、エアコンは寒冷地でも暖房能力を発揮することが可能となりました。今後、買い替え促進とともに、普及が遅れている寒冷地での化石燃料を使用した暖房機器の電化促進が重要な取り組みとなります。また、将来的に、高断熱住宅が普及していくことも視野に入れ、低負荷可動域での効率化など

の開発も進められています。

※ 1：一般社団法人 日本冷凍空調工業会 WEB データ

https://www.jraia.or.jp/product/home_aircon/e_energy_consumption.html

b. 電気冷蔵庫

電気冷蔵庫は大型・高品位製品を中心に、インバータ化や、真空断熱材の導入が進められてきました。今後、大型・高品位製品でのさらなる省エネ化を進めるとともに、これまで開発してきた省エネ技術を中小型・普及製品へ展開していくための低コスト化開発も重要となります。

エアコンの取組	冷蔵庫の取組
・インバータ搭載率 100% 出典1)：日冷工 WEBデータ ・効率改善 全体 13.4% ①圧縮機の性能向上 新冷媒対応、圧縮機モータ効率・制御用電機品効率向上、機械損失・熱損失低減 ②送風系の性能向上 ③熱交換器の性能向上 出典2)：METI エアコン最終とりまとめ	・インバータ搭載率 63.3% ・真空断熱材搭載率 53.5% 出典3)：経産省 冷蔵庫判断基準WG 取りまとめ（2016/2/25）から、2013年度JEMA 国内出荷統計をベースに算出。 ・インバータ搭載による 効率改善：12%程度 ・真空断熱材搭載による 熱負荷低減：25%程度 出典4)：経済省 電気冷蔵庫等判断基準小委員会 最終とりまとめ（2006/7/6）

出展)

- 1) 一般社団法人 日本冷凍空調工業会 WEB データ [2201_shimo4_B.pdf \(jraia.or.jp\)](https://www.jraia.or.jp/2201_shimo4_B.pdf)
- 2) 総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会 省エネルギー小委員会 エアコンディショナー及び電気温水機器判断基準ワーキンググループ 電気温水機器 取りまとめ
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/sho_energy/air_denki/20220208_report.html
- 3) 総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会 省エネルギー小委員会 電気冷蔵庫等判断基準ワーキンググループ取りまとめ
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/sho_energy/denki_reizoko/20160225_report.html
- 4) 総合エネルギー調査会 省エネルギー基準部会 電気冷蔵庫判断基準小委員会最終とりまとめ <https://www.eccj.or.jp/toprunner/ref/index.html>

図 3-9 冷蔵庫、エアコンの省エネ化取組例

c. 熱交換型換気扇

生活空間の空室改善に寄与する換気は、外部への熱（暖気、冷気）の流出を伴うため、生活空間に蓄積されたエネルギーに、ロスが発生します。エネルギー流出を少なくするため、導入する外気と室内の熱エネルギーを交換する熱交換型換気扇を利用することで省エネ化が図れます。

② IoT/AI を活用した省エネ

図 3-10 は、IoT/AI による省エネ（CO₂削減）について各社取り組み例を挙げています。

a. ルームエアコンディショナ

エアコンでは、部屋の中の在不在、活動状態（覚醒、睡眠等）、気象情報や、部屋の環境

(部屋の方位や、熱負荷容量)などをデータ分析することで把握し、換気や、送風などを組み合わせることで、生活パターンに合わせた快適性と省エネを両立する空調技術が開発されています。

b. 電気冷蔵庫

電気冷蔵庫では、ドアの開閉や、庫内の利用状態(食品量、種類)、食品の鮮度保持、季節、利用者の生活パターンなどをセンシングデータで状態把握し、きめ細やかな温湿度管理をする等、IoT/AI 技術を活用した省エネ技術開発が進められています(図 3-10 中、食品ロス削減による CO₂ 排出量削減については後述)。

エアコンの取組例	冷蔵庫の取組例
状態センシング - 床温度、室内外の気温、在室人数、住宅環境、気象情報等 データ分析・予測(クラウド処理) - 行動予測(睡眠、在不在) - 部屋環境(熱負荷、方位) 省エネ制御 - 生活パターンに合わせて無駄な空調削減 - 不在時の出力低下 - 気流による体感温度の効果的な低下 - 冷房送風のハイブリッド	状態センシング - 温度(各部屋)、湿度、室温、扉開閉、食品収納量、庫内画像、利用者位置等 データ分析・予測(クラウド処理) - 行動予測(ドア開、食品投入) 省エネ制御 - 不在時の省エネ - 食品収納量に応じた冷却(節電) - 冬場など冷やしすぎを防止し省エネ 食品ロス削減による排出量抑制 - 食品ロスの排出原単位 - 食品 1 t 廃棄で、CO ₂ 排出量0.46 t

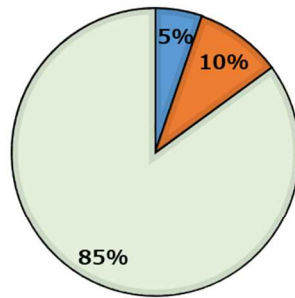
出典) 各社製品 HP より

図 3-10 エアコン、冷蔵庫の IoT/AI による省エネ(CO₂削減)取組例

③ 蓄熱を利用したディマンドリスポンス(DR)と、電力利用の最適化

太陽光発電の導入が進むと、日照量や日照時間で変動する発電量の最適利用が重要となり、揚水発電や、定置用蓄電池の活用や利用促進が進められていますが、ここでは、家庭で広く普及している貯湯タンク付き給湯器・機の活用について考えてみます。

■ 2019年時点での電気温水器+ヒートポンプ給湯機による電力消費量
 ■ 燃烧式給湯器をヒートポンプ給湯機へ電化することで増えた電力消費量
 □ その他、オール電化後の電力消費量



(試算条件)

世帯当たりの用途別エネルギー消費量2019年(表3-2)から化石燃料を利用した暖房・給湯・厨房機器をオール電化したときに、給湯に用いられる電力が、電力消費量全体に占める割合を求めた。青色は2019年時点での電気温水器、およびヒートポンプ給湯機の電力消費量が占める割合。赤色は、2019年時点での燃烧式給湯器をヒートポンプ給湯機へ電化することで発生する電力消費量が占める割合。試算条件は図3-7と同じ。

出典)

世帯当たりの用途別エネルギー消費量：省エネルギーセンター 『エネルギー・経済統計要覧 2021』

暖房機器効率：ヒートポンプ・蓄熱センター https://www.hptcj.or.jp/Portals/0/data0/information/media/images/201102_2.pdf

ヒートポンプ給湯効率：ヒートポンプ・蓄熱センター https://www.hptcj.or.jp/Portals/0/data0/information/media/images/201102_2.pdf

ガス給湯器効率：一般社団法人 日本ガス協会 <https://www.gas.or.jp/gas-life/ecojozu/>

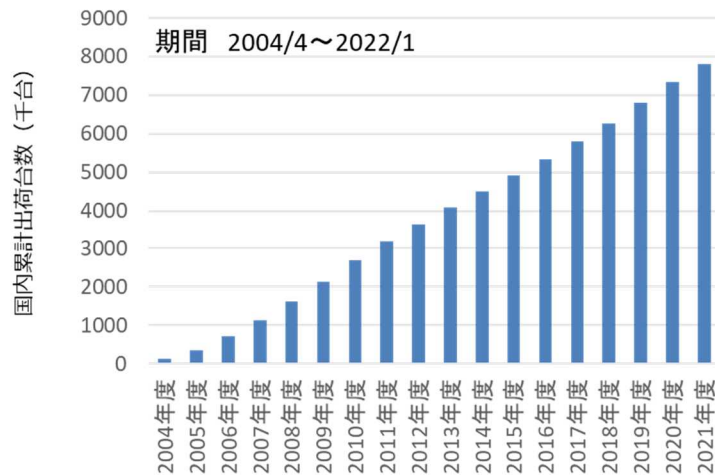
厨房機器熱効率：東京ガスの環境活動 2009 <https://www.tokyo-gas.co.jp/sustainability/download/archive/pdf/2009/env2009.pdf>

図 3-10 家庭の電力消費量に占める給湯器・機の割合(オール電化後)

図 3-10 のように、2019 年時点で、家庭で化石燃料を使用している暖房、給湯、厨房機器それぞれを、エアコン、ヒートポンプ給湯機、IH クッキングヒーターへと置き換えたとき、家庭の電力消費量に占める給湯器・機(電気温水器+ヒートポンプ給湯機)の割合は約 15% となります。これは、太陽光発電の発電量が多いときに、積極的にお湯を沸かし、貯湯タンクに蓄熱することで、ディマンドリスポンス(上げ DR)ができるポテンシャルが家庭電力全体の約 15%あることを意味します。

図 3-7 で議論したように 2019 年時点で、全世帯がオール電化をした場合、家庭部門の年間電力消費量は 3,457 億 kWh と見積もられますが、その 15%は、517.6 億 kWh になります。これは表 0-1 の電源構成で、2050 年に導入が想定されている住宅用太陽光発電の年間発電電力量 945 億 kWh の約 54.7%に相当し、蓄熱利用の重要性を示唆します。

現在、図 3-12 に示す通りヒートポンプ給湯機の国内累計出荷台数は約 781.5 万台の実績がありますが、今後、太陽光発電など、自然エネルギー由来の余剰発電電力が多い日時を予測し、インターネットなどを経由で、ユーザーにヒートポンプ給湯機の稼働を促す、あるいは、IoT 化した給湯機が自律的に貯湯タンクへの蓄熱を行うなど、自然エネルギー利用の最適化へ大きく寄与することが期待されます。



出典) 家庭用ヒートポンプ給湯機 (エコキュート) 国内出荷実績 一般社団法人 日本冷凍空調工業会
<https://www.jraia.or.jp/statistic/detail.html?ca=0&ca2=1>

図 3-11 ヒートポンプ給湯機の国内出荷実績累計出荷台数

④ 家電の自律的な電力調整機能による電力系統の周波数安定化 (レジリエンス対応)

電力の需給バランスが崩れ、需要 (電力消費) が、供給 (発電量) を上回ると、系統電力の周波数が低下します。周波数が低下し続けると、不測の広範囲におよぶ停電 (ブラックアウト) が発生するおそれがあり、これを回避するため、供給側では、周波数低下リレー URL が動作し、一定量の送電を停止する仕組みがあります※¹。一方、需要側の取り組みとして、エアコンなどの家電機器が周波数の低下を検知し、自律的に電力使用を抑制させることで、系統電力の負荷を軽減し、停電などを回避することが提案され※²、導入が検討※³ されています。

※¹ 需要と供給のバランスについて 東京電力 <https://www.tepco.co.jp/forecast/html/uf-j.html>

※² 平成 24 年電気学会全国大会 自律分散形負荷制御方式の開発と実験的検証 電中研

※³ 今後の省エネ法について 経済産業省
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/sho_energy/pdf/036_01_00.pdf

⑤ ZEH (ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス) による省エネ

断熱性と、日射遮蔽性に優れている ZEH では、冷暖房の省エネに効果があります※¹。またガス機器に比べて機器熱効率が高い IH クッキングヒーター※² は、余分な熱 (輻射熱 熱損失) が少なくすみ、また室内での CO₂ 排出が伴わないため、空調や、換気による熱エネルギーの外部流出を少なくすることが期待できます。

※¹ ZEH: 資源エネルギー庁 https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/general/housing/index.html

※² 厨房機器熱効率: 東京ガス <https://www.tokyo-gas.co.jp/sustainability/download/archive/pdf/2009/env2009.pdf>

⑥ DC 電源化での省エネ

家庭用の太陽光発電や、蓄電池・蓄電システムが普及し、直流電源をベースとする住宅インフラが充実すると、交流⇒直流の変換ロスをなくすることができるため、インバータ搭載家電（エアコン、冷蔵庫など）や、LED や有機 EL を用いた照明・ディスプレイ、PC など、エネルギー利用の効率化が期待できます※¹。

※¹ 直流利用に関する技術マップ及び技術ロードマップ策定に関する調査報告書
https://www.ieiej.or.jp/activity/environment/pdf/NEDORReport_ieiej2019.pdf

以上では、家庭のカーボンニュートラル達成に向けた取り組みとして、エネルギー起源の二酸化炭素の排出量を、2013 年度比で 66%削減する取組について述べてきましたが、家庭からの二酸化炭素排出の削減のためには、「非エネルギー起源の二酸化炭素削減」や「代替フロン削減」なども必要な取組です。以下ではそれについて触れたいと思います。

2) 非エネルギー起源の CO₂ 削減（脱炭素ライフスタイルへの変換）

① 食品廃棄ロス削減

食品ロス 1 トンは、CO₂ を 0.46 トン排出することに等しく、2030 年では家庭の食品ロスを 216 万トン（2013 年度比で 28.5%削減）にすることが目標とされています（表 3-3）。家電の取り組みとして、電気冷蔵庫などでは食品の在庫管理機能（重量センサーや庫内撮像カメラなど）の搭載や、残食材を使った調理レシピ提案（冷蔵庫、調理家電のスマホアプリ）などで、食品ロス削減に寄与する製品が開発されています。

表 3-3 家庭からの食品ロス発生量と、排出削減の見込み

	2013	2019	2030
家庭からの食品ロス発生量（万トン）	実績 302	実績 261	目標※ ¹ 216
2013年からの食品ロス削減量（万トン） （2013年増減比）	0	41 （▲13.6%）	86 （▲28.5%）
2013年からの排出削減見込み量 （万 t -CO ₂ ）	0	18.9	39.6
食品ロス削減量 = 食品ロス量（各年） - 食品ロス量（2013年） 排出削減量 = 食品ロス削減量 × 食品ロスによるエネルギー起源CO ₂ の排出原単位※ ² ※ ¹ 2030年度216万トンは、2030年度までに家庭から発生する食品ロスを2000年度比で半減することを目標 （食品ロス削減の推進に関する基本的な方針:2020年3月閣議決定）を踏まえた推計 ※ ² 排出原単位 0.46t-CO ₂ /t			

出典)

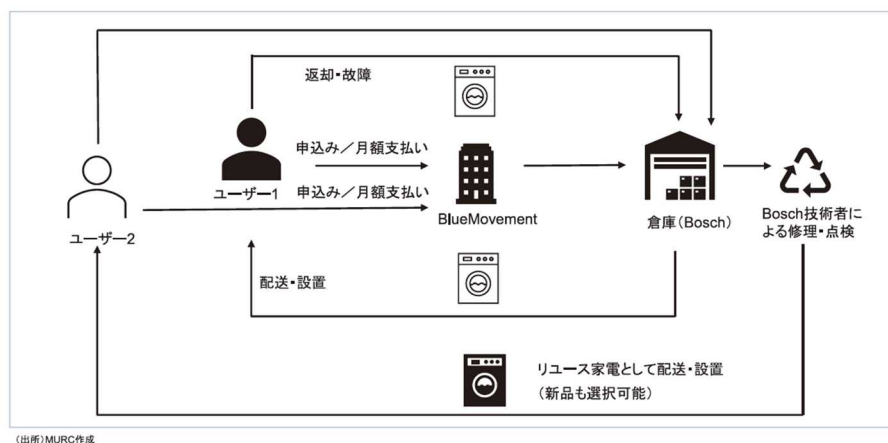
地球温暖化対策計画 環境省 <https://www.env.go.jp/press/109931/116705.pdf>

地球温暖化対策計画における対策の削減量の根拠 環境省 <http://www.env.go.jp/earth/211022/kohyou.pdf>

食品ロス量 令和元年度推計値 農林水産省 <https://www.maff.go.jp/j/press/shokuhin/recycle/211130.html>

② 循環経済（サーキュラーエコノミー）

欧州では家電のリユース、リサイクルなど、使い捨てにするのではないビジネスモデルの実証や事業化が進んでいます（図 3-12）。日本においても、サーキュラーエコノミーに向けて、資源の有効活用、安全面、新たな付加価値サービスなど、様々な角度から課題の検討が進められています。



出典） 家電サブスクリプションビジネスのグローバル調査（MURC/JEMA）

図 3-12 欧州のサーキュラーエコノミー事例

3) 代替フロン等削減などの取り組み

① 低 GWP（地球温暖化係数）冷媒への転換

地球温暖化は CO₂ 起源だけではなく、エアコンや除湿器などの冷媒の大気流出も影響します。代替フロンである「HFC（ハイドロフルオロカーボン）」は、オゾン層を破壊しないものの、地球温暖化係数（GWP）が二酸化炭素の数 10 倍から 10,000 万倍以上と高く、地球に強力な温暖効果をもたらします^{※1}。2016 年「モントリオール議定書」の第 28 回締約国会議において、HFC の生産及び消費量の段階的削減義務等を定める本議定書の改正（キガリ改正）が行われました。キガリ改正では、日本を含む先進国は、2019 年から削減を開始し、2036 年までに HFC の生産量を 2011～2013 年の平均数量等を基準値として 85%を段階的に削減することが義務付けられており、低 GWP 冷媒の検討が進められています^{※2}。

※1 産業構造審議会製造産業分科会第 9 回化学物質政策小委員会 令和 3 年度第 1 回化学物質審議会 合同会議 資料 4 008_04_00.pdf (meti.go.jp)

※2 NEDO 環境部フロン対策分野のあゆみ 2021 <https://www.nedo.go.jp/content/100555300.pdf>

3.1.1 技術イノベーションロードマップ

2050 年家庭部門におけるカーボンニュートラルへの取組として、白物家電を中心に、a. エネルギー起源の CO₂ 削減、b. 非エネルギー起源の CO₂ 削減、c. 代替フロン等削減について述べてきましたが、それらをロードマップ案として表 3-4 にまとめます。

表 3-4 家庭部門のカーボンニュートラルに向けた白物家電ロードマップ案

大項目	中項目	小項目	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026～2030年度	2031～2040年度	2041～2050年度
家電分野	排出量目標	エネルギー起源CO ₂ 排出量	2019年 世帯排出量 年間2.72 t-CO ₂					2030年 家庭部門'13年比▲66%、'19年度比▲56% 全戸数、暖房、給湯、厨房のオール電化達成時 19年度比CO ₂ 排出量51%減		カーボンニュートラル オール電化達成時 実質ゼロ
	電源	原単位	2019年 原単位 0.444kg-CO ₂ /kWh					20xx年 原単位 0.25kg-CO ₂ /kWh		2050年 原単位 実質ゼロ
	白物家電（主にエネルギー起源のCO ₂ 削減）	需要最適化の運用		蓄熱を利用したDR 規格・基準整備 レジリエンス 規格・基準整備				電力需要の増大 自然エネルギー増 利用促進に向けた運用・制度見直し（IoT給湯器の貯湯タンク利用） 利用促進に向けた運用・制度見直し（エアコンの自律分散制御）		
		電化普及（IoT化、レジリエンス含む）		HP給湯 オール電化② ヒートポンプ給湯機の普及促進（IoT対応機種）の普及拡大 エアコン オール電化① ヒートポンプエアコン普及（寒冷地等）。レジリエンス（自律分散型制御）対応拡大				IHCH オール電化③ IHクッキングヒーターの普及促進		
		大型家電（エアコン、冷蔵庫）における省エネルギー化（トップランナー（TR）制度）や、低GWP冷媒転換		エアコン 新TR制度2022発効：目標年度2027 キガリ改正による低GWP冷媒搭載率の向上 冷蔵庫 新TR制度202x発効：目標年度2030 仮 真空断熱材搭載率向上、インバータ搭載率の向上				低GWP冷媒転換・新冷媒対応JIS さらなる低GWP冷媒への転換 全機種に真空断熱材およびインバータを搭載		
		未利用熱の利用促進：		全熱交換器搭載換気扇の普及・拡大						
	住宅	ZEH/DC化	省エネ住宅普及・断熱性向上			住宅トップランナー基準の強化			住宅のDC電源導入検討 再エネ導入を促す制度	
						行動予測、利用予測に基づく、利用者の快適性を損なわない省エネ 外部環境、生活パターン、収納密度、活動量、位置情報、開閉動作、在庫などセンシング 消費期限通知、メニュー提示など、食品廃棄ロス減少によるCO ₂ 排出量の削減（非エネルギー起源のCO ₂ 削減）				

3.1.2 現状と課題

白物家電ロードマップ案では、技術的に、実現性が高いものを優先して選んでいます。社会実装をしていく上では、解決すべき多くの課題があります。例えば2050年に電源の原単位が実質ゼロとなるタイミングに合わせて、一斉にオール電化にシフトすることは、電力需要と供給のバランスや、オール電化に必要な住宅設備の準備の点等に課題があります。

そのため2050年に向けた通過地点である2030年度で、2013年比66%のCO₂排出量削減に向け、今からオール電化仕様の住宅や、太陽光発電のさらなる普及拡大、そして気象予測データと、ヒートポンプ給湯機の蓄熱機能を組み合わせたディマンドリスポンスの実証開発などを推進していくことが必要です。

また非エネルギー起源のCO₂削減として、食品廃棄ロス削減に向けた家電の啓発や、サーキュラーエコノミーに向けた制度上の課題整理、代替フロン等の削減のための低GWP冷媒の開発や、既存製品の低GWP冷媒への置き換えなどを推進していくことも必要です。

以下、これらの取り組み課題を列挙します。

(1) エネルギー起源の CO₂ 削減

- ① 暖房、給湯、厨房のオール電化促進
- ② 省エネトップランナー機器技術の、低コスト化（普及価格帯への展開）
- ③ オール電化を促進する上で、不足電力を補う家庭などでの太陽光設備導入加速
- ④ 太陽光設備導入に伴う自家消費促進、電力利用最適化のためのデマンドリスポンスの仕組みづくり（太陽光発電等の発電量予測データ連携を含む）
- ⑤ IoT 給湯機（貯湯タンクによるデマンドリスポンス対応）の開発や、家庭用をはじめとする蓄電池の導入加速
- ⑥ 2050 年の全戸数オール電化を前提とした住宅設計
（DC・200V など配電、給湯機、蓄電池・蓄電システムなどの設備設置スペース確保）

(2) 非エネルギー起源の CO₂ 削減

- ① 食品廃棄ロスの削減を支援する家電の開発と啓発活動
- ② サークュラーエコノミーに向けた課題整理（修理部品の保管年数、修理業者の認定、修理製品の保障、セキュリティ対策など）

(3) 代替フロン等削減

- ① 低 GWP 冷媒の検討加速。製品の冷媒ガス切り替え。代替フロンの回収率の向上など

3.1.3 JEMA としてのアクション

以上を踏まえ、2050 年の家庭でのカーボンニュートラル達成に向けて、次の項目に取り組めます。

表 3-5 白物家電の JEMA としてのアクション

項目	時期	アクション	ステークホルダー
家庭のカーボンニュートラルに向けた提言活動	2022 年～	暖房（空調）、給湯、厨房のオール電化による排出量削減効果や、エアコン、冷蔵庫などの買換えによる省エネ、太陽光発電導入の必要性など、家庭部門での排出量▲66%にむけた取組について、関係省庁に提言を行う	経済産業省（情報産業課、省エネ課）国土交通省（住宅産業課）、環境省など関連省庁や、関連業界団体
省エネ調査活動	2022 年～	省エネ性能に関する調査	

省エネ・暖房電化活動 エアコントップランナー 基準作り	継続	JIS 測定法改定（高断熱住宅の冷暖評価、寒冷地における暖房評価）	経済産業省（省エネ課）、 日本冷凍空調工業会
省エネ活動 冷蔵庫トップランナー基 準作り	継続	JIS 測定法改定	経済産業省（省エネ課）
給湯の電化・蓄熱利用 蓄熱型ディマンドリスポ ンス	2022 年～	蓄熱を用いた、家庭内のエネルギー 最適利用について、社会実装を進め る上での課題検討と実装化推進	経済産業省、 日本冷凍空調工業会
レジリエンス対応	2022 年～	家電機器の電力消費抑制による系統 電力の安定化の規格化	経済産業省（省エネ課）
省エネ、CO ₂ 削減などの 啓発活動	2021 年～	IoT/AI を活用した快適な生活と CO ₂ 削減の両立を意識した啓発活動。エ アコン、冷蔵庫の適切な使い方。食 品廃棄ロス削減による CO ₂ 排出量の 抑制など脱炭素型ライフスタイル提 案活動	経済産業省、環境省
サーキュラーエコノミー に向けた 議論	2021 年～	家電のリユース・リサイクルなど進 める上での諸課題について関連団体 を含め検討	経済産業省、環境省、家電 製品協会、全国家庭電気製 品公正取引協議会
低 GWP 冷媒	2022 年～	除湿機の低温暖化係数（GWP）化	経済産業省（情報産業課）

3.2 産業機器のカーボンニュートラル

政府のエネルギー基本計画にも挙げられている様に、需要サイドにおけるカーボンニュートラルに向けた取組を加速させるためには、従来の省エネルギー施策に加えて、新たな取組が必要です。具体的には、非化石エネルギーを含む全てのエネルギーの使用の合理化、需要サイドでの非化石エネルギーの導入拡大、再エネ電気有効利用のための需要の最適化、変動電源の導入拡大に対応した系統安定化に貢献するための需要サイドにおけるレジリエンス強化が挙げられます。

3.2.1 技術イノベーションロードマップ

製造部門や業務部門においてカーボンニュートラルに向けた施策として、より高い省エネ設備の採用と更新に加えて、製造・業務プロセスにおける非化石エネルギーの採用が重要です。従来の化石燃料を使用してきたプロセスを電化・電動化した装置に置き換えるにあたり、電機業界としては従来にない装置の開発、電力を効率的に使用する技術革新が必要となります。従来からの省エネ対策は継続して、より効率を高めるため素材を含めた製品の開発を継続していく必要があります。EV、FCVを始めとする輸送装置分野は電化・電動化が進んでいきますが、これに採用される周辺装置（例えばEVの充電システム機器）やEVのコンポーネント機器について効率を上げる技術革新が必要です。業務部門、製造部門では施設のBEMS、FEMSの採用が加速することから、これらEMSを担うシステム・機器を継続的に開発していく必要があります。

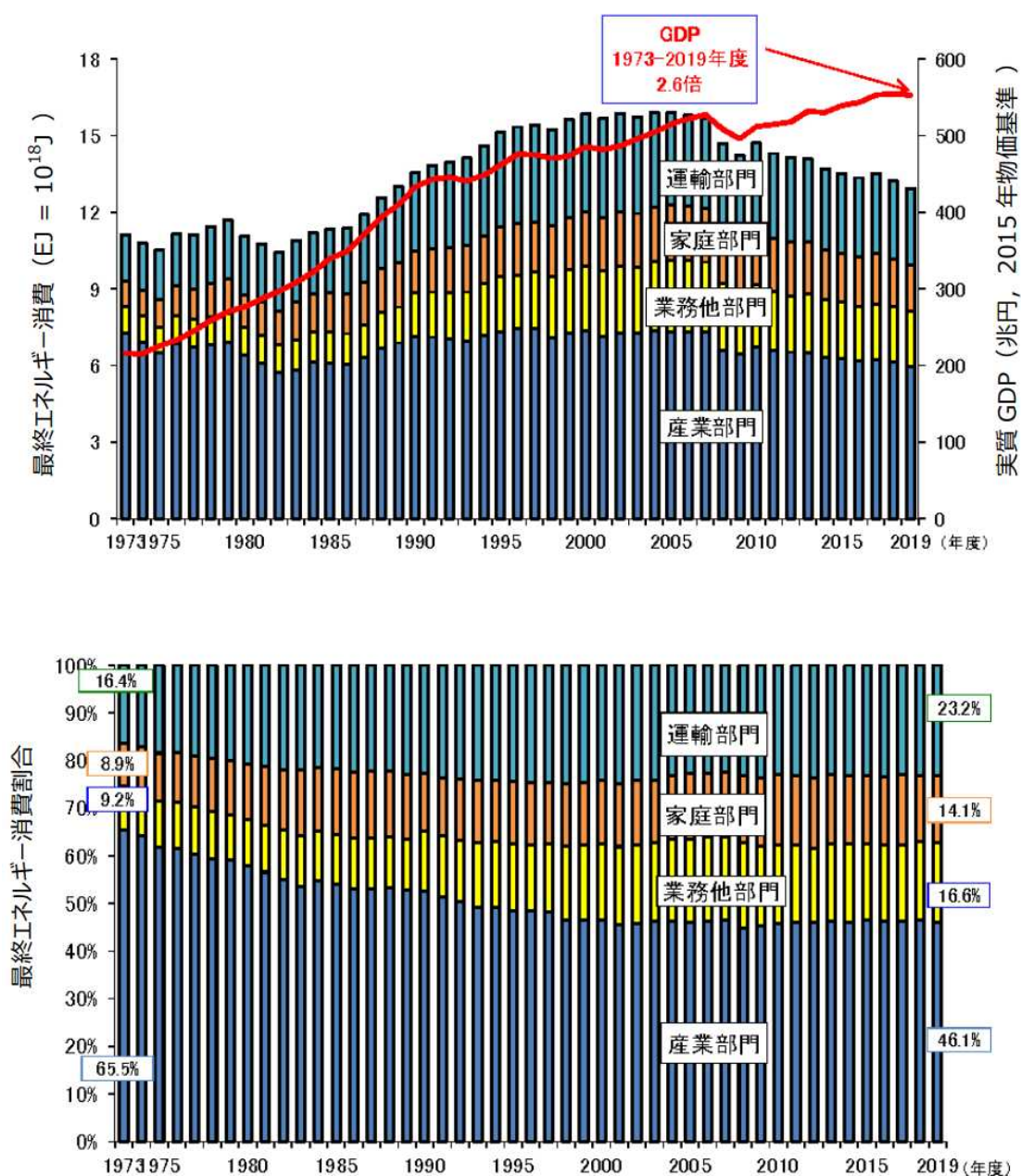
表 3-6 産業部門のカーボンニュートラルに向けた関連機器ロードマップ

大項目	中項目	小項目	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	2026～2030年	2031～2040年	2041～2050年
産業機器分野	脱炭素	動力や業務プロセスの 非化石エネルギー化	電化・電動化の採用拡大・機器の効率改善							
			低温ヒートポンプの採用拡大				高温ヒートポンプ・電炉の開発・高効率化による化石燃料ボイラ代替			
			パワーエレクトロニクス技術高度化				技術革新の推進			
							燃焼プロセスへの炭素除去技術の実装			
							燃焼プロセスにおけるグリーン水素の採用			
	省エネ	製品、システムの省エネ化	トップランナーモータの普及				トップランナーモータ省エネ量 2012年度比 原油換算▲147万kL(2030年度)			
			規制と普及援助事業 新たな基準の検討と国への提案				規制と普及援助事業 新たな基準の検討と国への提案			
							高効率化技術開発			
			インバータの普及				インバータ省エネ量 2012年度比 原油換算▲135.7万kL(2030年度)			
			インバータの装着普及				高効率化技術開発			
			トップランナー変圧器の普及				トップランナー変圧器省エネ量 2012年度比 原油換算▲5.9万kL(2030年度)			
			規制と普及援助事業 新たな基準の検討と国への提案				規制と普及援助事業 新たな基準の検討と国への提案			
							高効率化技術開発			
							高効率化技術開発			
	省エネ	輸送装置の コンポーネント機器、 周辺設備	電動モータ・ジェネレータの採用拡大				EV・FCVコンポーネント機器の高効率化技術開発			
			EV充電機器の採用拡大				ワイヤレス充電システムの技術革新・採用拡大			
	省エネ	BEMS, FEMS	新施設へのEMSの採用拡大				監視・制御技術革新 クラウドシステムの拡充			
							監視・制御技術革新			

3.2.2 現状と課題

産業部門におけるエネルギー消費は、図 3-13 に示すとおり、近年はその総量が減少傾向にあるものの、部門別でみるとなお大きな割合を占めています。また、産業部門に次いで運輸部門、業務他部門の順となっています。

カーボンニュートラルに向けては、これら産業部門、さらに運輸部門、業務他部門における産業機器に関して、効率的なエネルギーの使用や非化石エネルギーの導入拡大が望まれます。



出典) 経済産業省 資源エネルギー庁 エネルギー白書 2021 年版

図 3-13 部門別最終エネルギー消費の推移

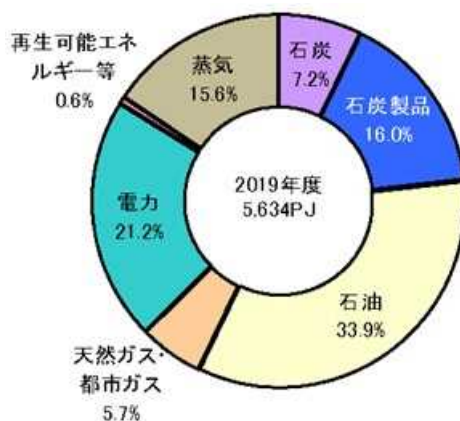
(1) 産業機器の動力における非化石エネルギー化

産業部門のうち、製造業におけるエネルギー源では現在までに石炭及び石炭製品は減少してきたものの、図 3-14 に示すとおり、石油や天然ガス・都市ガスと合わせて化石エネルギーの占める割合が 6 割と多く、再エネ等や電力、蒸気の占める割合が少ないのが現状です。

カーボンニュートラルに向けてはエネルギー消費割合の多い産業部門、また運輸部門、業務他部門における非化石エネルギー化を推進する必要がある、これには例えば工場の製造プロセスにおいて直接再エネを設置する対策や遠隔地からの電力を使用した製造装置の電

化・電動化をさらに進めることが有効です。

また、工場排熱等の未利用エネルギーを活用できるような技術開発の強化が必要です。



出典) 経済産業省 資源エネルギー庁 エネルギー白書 2021 年版

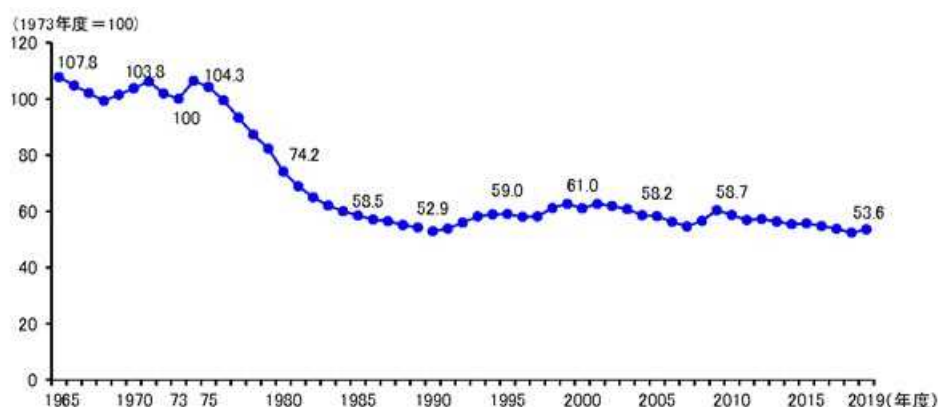
図 3-14 製造業におけるエネルギー源別の消費割合

(2) 省エネ努力の底上げ

産業部門においては、省エネ法に基づく規制等もあり、エネルギー消費原単位（単位量の製品や額を生産するのに必要なエネルギー消費量の総量）は改善しています。図 3-15 は製造業におけるエネルギー消費原単位の推移を示します。1973 年を 100 としたその数値は 2019 年時点で 53.6 まで改善しています。

これは、製造業種の変化もその効果要因であります。モーターや変圧器といったエネルギーを変換・消費する装置に関連し、製造業や業務他部門においてモーターや変圧器を中心にトップランナー制度に基づく製品の採用等を進めてきた成果と考えられます。

（1980 年代後半から 2000 年までは国際原油価格の低迷によりエネルギー消費原単価に上昇が見られましたが、2000 年以降は省エネ努力の強まりにより再び改善しています。）

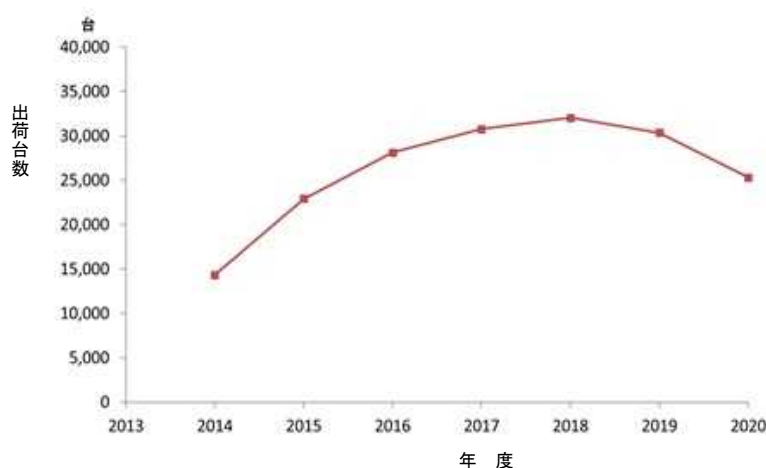


出典) 経済産業省 資源エネルギー庁 エネルギー白書 2021 年版

図 3-15 製造業におけるエネルギー消費原単位の推移

一方で、設備のライフサイクルが長いこと、多くの場合に初期投資が大きく設備更新が進まないこと等が課題としてあげられます。

図 3-16 には一例としてトップランナーモーターの出荷実績を示します。IE3 モーターの採用後、出荷が伸びていましたがその後は鈍化しています。（2020 年以降は新型コロナウイルスの影響もある。）これより、省エネ機器の採用を促進する対策が継続して望まれるところです。



出典) JEMA 統計データ

図 3-16 トップランナーモータ（IE3）の出荷実績
（標準三相誘導電動機（0.75～37kW，月平均・年度別））

(3) 輸送部門に貢献するコンポーネント機器、周辺設備

輸送部門においては非化石エネルギーを使わない、輸送手段の電化・電動化が世界的に急激に進んでいきます。これらの国内に限らない世界的な動きに対して、輸送手段の電動装置に使用されるコンポーネント機器について、エネルギー効率をより高める技術革新が必要になってきます。例えば、EV や FCV、電車などの電動パワートレインシステム、モータジェネレータ（MG）や電動パワーステアリング等、小さな機器ではありますが、多くの輸送手段で多数が使用されることからその電動効率の改善は輸送部門のエネルギー消費に貢献できます。

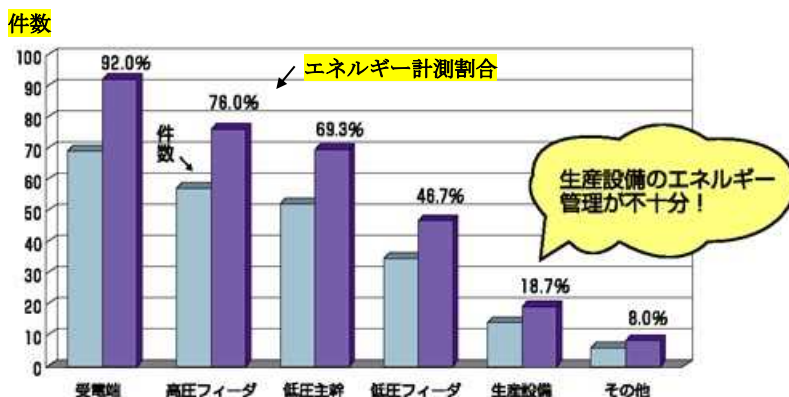
(4) BEMS、FEMS などの施設トータルなエネルギー管理

業務部門や産業部門において、近年、BEMS（Building Energy Management System）や FEMS（Factory Energy Management System）などのエネルギー管理システムが採用されています。これらは施設の受配電設備の他にエレベータ、照明、空調などを含めた建屋設備の最適な動きを監視・制御するエネルギー管理するシステムです。工場の FEMS においては、これに加えて生産設備のエネルギー・制御・管理を行います。

図 3-17 に、JEMA で過去に実施した工場のエネルギー管理状況に関する調査結果を示し、アンケート調査の件数とエネルギー計測割合を棒グラフで表します。この結果から受変電設備やユーティリティ設備の単位でのエネルギー管理が確認できましたが、生産設備単位

におけるエネルギー管理が不十分であることが確認されました。一方で、最新の生産設備を導入している場合、省エネルギーの大きな効果をあげている例も確認されています。

将来的には BEMS、FEMS 分野における特定計量制度により、再エネを含むエネルギーマネジメントシステムによる管理の高度化を行い、エネルギーの最適制御による省エネを実現して行きます。



出典) JEMA「FEMS 導入のすすめ」

図 3-17 FEMS に関する導入実績調査の結果

3.2.3 JEMA としてのアクション

(1) 動力や業務プロセスの非化石エネルギー化

製造部門や業務部門において従来化石燃料を使用してきた装置類の電化・電動化が必要となります。化石燃料を使用してきたボイラなどで脱炭素装置を設置することや、将来的には高温ヒートポンプ、電炉など電力による非化石エネルギー化を進めます。また、化石燃料に代わるグリーン水素の採用を進めます。このため電機業界はこれら装置の開発・高効率化を継続して推進します。

(2) 省エネ努力の底上げ

ポンプ・ファンなどあらゆる動力源に高効率モーターへの置き換え省エネルギー化を狙い、補助金制度によるトップランナーモーターを普及させます。同様に受変電設備の変圧器についても高効率変圧器への置き換えによる省エネルギー化を狙い、制度も利用してトップランナー変圧器を普及させます。モーターや変圧器は、既に効率が上限にきており、質量や寸法を増加させることなく損失低減するには、電磁鋼板など素材の更なる進化が必要です。

製造部門、業務部門で多く採用されているモーターをインバータ化するように普及促進し、インバータ化による課題や対策なども使用者に分かり易く提案し、省エネ化に寄与します。

(3) 輸送装置のコンポーネント機器、周辺装置

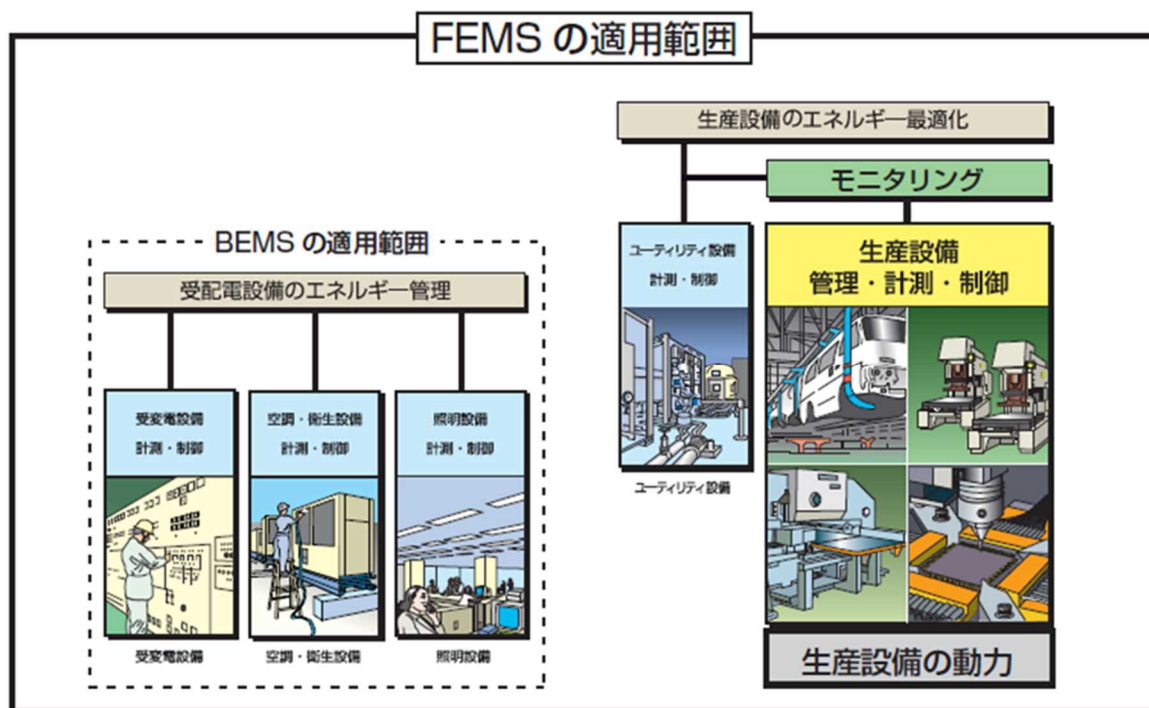
運輸部門ではEV、FCV など電化・電動化が加速されます。電機業界として輸送装置に使用されるモーター、ジェネレータなどのコンポーネント機器について、高効率化の開発を進めていきます。また、周辺の設備である充電装置についてワイヤレス化したシステム、機器の開発を行っていきます。

(4) BEMS, FEMS

製造部門や業務部門では、BEMS 採用による受配電設備のエネルギー監視・制御による効率化に始まり、工場全体のエネルギー使用状況・稼働状況を把握し、エネルギー使用の合理化及び工場内設備・機器のトータルライフサイクル管理の最適化を進めるための FEMS の採用を進めてきました。

図 3-18 に BEMS、FEMS の現状の適用範囲を示しますが、これらエネルギーを監視・制御するシステム、装置の提供はもちろんのこと、装置の技術革新を進めていきます。

また、電動機のインバータ化、DC 化による AC⇔DC 変換ロス削減、カーボンニュートラルに向けた再エネや蓄電池の導入、電化・電動化も行いながら、工場全体の効率化、更には、工場間や地域での電力融通を実現するための EMS 機能の拡充を進めます。



出典) JEMA 「FEMS 導入のすすめ」

図 3-18 BEMS, FEMS の適用範囲

表 3-7 産業機器分野の JEMA のアクション

項目	時期	アクション	ステークホルダー
産業機器の動力、プロセス設備における非化石エネルギー化	継続	・ 電化・電動化に使用する機器の効率改善 ・ ヒートポンプ、電炉の高効率化 ・ パワーエレクトロニクス機器の技術高度化 ・ 炭素除去装置の技術高度化 ・ グリーン水素に関連するシステム・装置の開発	経済産業省 日本機械工業連合会 日本産業機械工業会
省エネ努力の底上げ	継続	・ トップランナーモーター、変圧器の更なる高効率化を目指した技術革新、国への基準見直し提案，JIS 化を行う。 ・ トップランナーモーター、変圧器の普及啓発 ・ インバータの普及阻害要因の分析 ・ インバータの普及のための政策提言，経済産業省への提案 ・ 次世代 低損失素材（電磁鋼板等）の開発促進、補助金要請 ・ 新材料の標準化活動 ・ 環境に配慮が必要な据え付けられた機器の新設または更新に向けた普及啓発活動	経済産業省 日本産業機械工業会 等モーターのユーザー団体
輸送装置のコンポーネント機器、周辺装置	継続	・ 電動パワートレインシステム、モータジェネレータ（MG）、電動パワーステアリングなどコンポーネント機器の技術高度化 ・ ワイヤレス充電装置の開発、高効率化	経済産業省 日本自動車工業会 日本自動車部品工業会
BEMS、FEMS	継続	・ EMS に関連する監視、制御システム、装置の開発、技術革新	経済産業省、環境省、 日本機械工業連合会、 日本産業機械工業会 日本電機計測工業会

3.3 燃料電池

3.3.1 技術イノベーションロードマップ

燃料電池は、分散型電源として、発電所、家庭、病院、商業施設など様々なシーンにおいて低炭素社会実現に向けた環境にやさしい発電装置として期待されています。

燃料の持つエネルギーを熱や運動エネルギーに変換することなく、直接電気エネルギーに変換するため、高い発電効率を得ることができ、CO₂の排出量を抑えるなど環境性にも優れており、分散・コジェネ発電システムへの活用により、さらに有効なエネルギー利用が可能です。

また、発電部には機械駆動部分がないため、発電時の騒音がなく、発電規模が小さくても効率良く発電ができることが特徴です。

太陽光や風力などの再エネの貯蔵・移送応用で進展が期待される水素社会にも適していると考えられます。

従来、燃料電池の適用用途としては定置用発電設備が中心であり、我が国では 2009 年に家庭用燃料電池「エネファーム」を世界に先駆けて商品化し、政府・地方自治体等の積極的な導入支援策と民間企業の開発から販売に至る努力の結果、発売開始から 12 年で累積販売台数が 42 万台（2021 年 12 月末）を越えるに至りました。また業務・産業用の燃料電池についても、NEDO の開発・実証等の成果をもとに 2017 年より市場投入され、この分野の技術面で先行している国のひとつとなっています。

近年、全世界的に移動体用の燃料電池が適用用途として拡大してきています。燃料電池フォークリフトは、国内では数百台がすでに稼働していますが、海外では北米を中心に年間 10000 台もの燃料電池フォークリフトを出荷しています。従来の蓄電池式のフォークリフトに比して、エネルギーの再充填のための時間が短いために稼働率を高くすることが可能、充電の充電スペースを確保する必要がないことから、運用のために必要な設備スペースの縮小が可能などのメリットがあります。燃料電池ト레인については、欧州で商業運転が開始され、英国を含め複数の燃料電池ト레인のプロジェクトが進められています。アジア圏では我が国と韓国では燃料電池ト레인、中国では燃料電池トラムの開発が進められています。燃料電池ト레인は、非電化地域における鉄道網の脱炭素化に重要な位置を占めると考えられます。

船舶についても、2018 年 4 月に国際海事機関（IMO）において、国際海運分野からの GHG 排出量を 2050 年に半減させ、今世紀中早期にゼロとすることを目指す「GHG 削減戦略」が採択されたことを受け、燃料電池化の検討が進められており、短距離航海用のものから、遠距離を航行する外航船まで含めて、多数のプロジェクトで検討が進められています。海上交通の脱炭素化は、船舶業界にとって大きなテーマと考えられます。

空のアプリケーションとしては、小型のドローンから小型飛行機、大型機の検討が進められています。ドローンは飛行時間を延長するための手法として燃料電池化が検討されてきました。航空機の脱炭素化については、燃料を再生航空燃料（SAF）へ置換えることが大きな流れの一つであり、これと併せて、対応した機体やエンジン等の技術開発（水素燃焼向けエンジン、燃料電池システム等）が進められています。

なお、第 6 次エネルギー基本計画では、以下のように記載されています。

「産業・業務・家庭・運輸部門においては、徹底した省エネルギーによるエネルギー消費

効率の改善に加え、脱炭素化された電力による電化という選択肢が採用可能な分野においては電化を進めることが求められる。一方、電化が困難な熱需要や製造プロセスにおいては、水素・合成メタン・合成燃料などの利用や革新的技術の実装が不可欠となる。例えば、水素は、余剰の再エネ等の電力を水素に転換し、産業・業務・家庭・運輸部門で活用することで、セクターカップリングによる脱炭素化にも貢献することが可能となる。」

表 3-8 燃料電池のロードマップ

大項目	中項目	小項目	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026～2030年度	2031～2040年度	2041～2050年度
再生可能エネルギー	燃料電池分野	定置用関連	水素需要拡大・発電部門 定置用燃料電池、小型タービンを中心に地域的に展開					水素需要拡大 水電解装置や純水素燃料電池の導入 既存ガス管を含む供給インフラの脱炭素化等		
			家庭用・業務産業用 補助金制度再開 規制見直し、基準、制度の整備、緩和					セル/スタック関連さらなる技術革新 セル特性向上、触媒開発、製造プロセス改良等 →高効率化、長寿命化、CD		
			業務産業用 導入支援施策の再整備 国地方自治体等の施設への率先導入					システム関連さらなる仕様改善 高発電効率化、コンパクト化、大容量化、CD		
			電力システム改革 蓄電池、水電解装置などのコスト低減などを通じた実用化→調整力の脱炭素化							
			燃料電池のポテンシャルを最大限活用できる環境整備→電力系統にて供給力・調整力として活用する実証等 純水素燃料電池の導入拡大							

大項目	中項目	小項目	2021 年度	2022 年度	2023 年度	2024 年度	2025 年度	2026～2030 年度	2031～2040 年度	2041～2050 年度
再生可能エネルギー	燃料電池分野	移動体用 物流 船舶・飛行機等	水素需要拡大・輸送部門 FCV、FCバスに加え、FCトラック等への拡大					フォークリフト 2030年迄に1万台程度の導入を目指す		
			トラック・バス 長い走行距離や短い充填時間といった長所を生かせる用途として、長距離輸送用途のFCトラックや走行時間の長い路線バスなどで活用					システム関連さらなる仕様改善 高発電効率化、コンパクト化、大容量化、CD		
			船舶 IMO-GHG削減戦略 国際海運の平均効率を約40%以上改善（対2008年比）					船舶 IMO-GHG削減戦略 国際海運の平均効率を約80%以上改善（対2008年比）		
			船舶 外航船寿命：約20年 →2030年頃から、2050年到達目標を実現する船舶の投入を開始必要 →大出力モータ開発、水素貯蔵・供給関連技術開発					システム関連さらなる仕様改善 高発電効率化、コンパクト化、大容量化、CD		
			航空機 国際航空のCO2総排出量を 2020年以降増加させない							
			航空機 水素の直接利用以外にSAF(持続可能な航空機燃料)の内、水素起因燃料の活用も期待							

3.3.2 現状と課題

(1) 燃料電池システム導入に関する公的サポート

家庭用燃料電池「エネファーム」は、継続的な国の導入支援補助金制度とメーカーやエネルギー事業者等による開発・販売努力により、コスト低減や自立運転機能の具備等の商品性向上等を達成し、事業自立が見通せるところまで到達してきました。一方、国の定めた普及台数目標は2030年累計300万台に見直されたものの、その到達には依然乖離が大きく、メーカー及び販売事業者の一層の努力に加え、これまでの補助金による直接支援に代わる政策的な普及促進策・制度による支援の継続が望まれます。

(2) 住宅の省エネルギー性能評価

エネファームは、国が目指す2050年のカーボンニュートラル及び家庭部門におけるゼロエネルギー化につながる特にトランジション期に有望な商品・技術です。新築戸建住宅において特に大手ハウスメーカー（価格帯の高い住宅）は、一般の給湯設備よりも高額ながら、高いエネルギー利用効率を有しゼロエネルギー住宅における環境貢献度が高いことからエネファームを多く採用してきた実績があります。エネファームは火力発電より発電効率が高いことに加え、排熱を有効利用できる総合効率の高い省エネルギー機器であること、及び昼夜・天候を問わず安定した発電による電力供給力・調整力の提供が可能でレジリエンス性に優れた創エネルギー機器であることを踏まえ、住宅の省エネルギー性能評価上の措置（発電電力について系統の火力発電を代替したとみなし、優位に評価する等）や、ZEH等支援上の措置（各ZEHにおけるエネファーム導入の追加補助対象化や補助要件化等）が望まれます。

(3) 集合住宅

膨大なストック数を有しているものの、低炭素化・ゼロエネルギー化の手段はほとんどない既存集合住宅に対するエネファームの導入は、家庭部門の低炭素化に大いに貢献できます。したがって、既存集合住宅向けに設置が可能なエネファームの軽量化・薄型化や施工方法の改善などの商品開発の支援、またゼロエネルギーマンション実現に向けた集合住宅におけるエネファームの標準化・義務化等の普及支援が望まれます。

(4) 燃料電池関連 国際規格

カーボンニュートラルへ向けて、水素インフラの確立が必要です。欧州においては既存の天然ガス配管網を用いて、水素の濃度を徐々に高めていく水素混入天然ガス、さらに進めて純水素の配送が計画されていますが、我が国においては、水素インフラの構築は大きな課題と考えられます。既存の都市ガス配管を用いての水素インフラ構築をとした場合、従来の燃料電池システムの性能試験方法では、我が国の燃料電池システムの優位性を的確に評価できないケースが発生すると考えられます。

(5) 燃料電池モジュール

燃料電池の市場として、欧州などでは従来から運転に必要な最低限の補機類などを組み込んだ燃料電池モジュールを製品化する動きがありましたが、今般、ヘビーデューティー用途向けの燃料電池モジュールに関する標準開発活動 StaSHH が動き始めており、このような動きが活発化しています。我が国としては、この動きを注視するとともに、日本の定置用燃料電池システムをベースとして進められてきた製品開発の活動が後塵を拝することの無いよう、注意が必要です。

3.3.3 JEMA としてのアクション

燃料電池業界における以下の提案活動等に参画し、市場の拡大、業界団体企業の業務活性化を図ります。

表 3-9 燃料電池の JEMA アクション

項目	時期	アクション	ステークホルダー
システム導入サポート	継続/新規	・ エネファーム、業務・産業用の定置用燃料電池システム導入に対する補助金提案	経済産業省 地方自治体
共通認証基準	継続	・ 住宅のゼロエネルギー化の推進貢献 → 共通認証基準（JEMA 作成）見直し検討	燃料電池メーカー 試験団体
国際標準化活動	継続/新規	・ 水素混合燃料及び純水素燃料を想定した既存規格の改正 ・ 燃料電池モジュールの規格化 ・ 部品規格化	試験団体 燃料電池メーカー 部品メーカー
燃料電池モジュール	継続	・ 欧州の StaSHH プロジェクト動向注視 ・ 定置用燃料電池をベースとしたモジュールの検討	燃料電池メーカー

3.4 電機業界の事業活動におけるカーボンニュートラル

国連・気候変動枠組条約「パリ協定」の下、政府は「2050年カーボンニュートラル」の長期目標、「2030年度に温室効果ガス排出量の46%削減を実現する」国別約束の中期目標を策定しました。これら目標に係る法定計画「地球温暖化対策計画（2021年10月閣議決定）」では、産業界に長期ビジョンや自主取組み「カーボンニュートラル行動計画」の策定・報告を要請し、審議会での進捗チェックとレビューを実施しています。JEMAは、電機・電子関係団体で組織する「電機・電子温暖化対策連絡会」の幹事団体として、2020年1月にグローバル・バリューチェーンの排出抑制・削減の取組みにチャレンジする長期戦略（電機・電子業界「気候変動対応長期ビジョン」）、2021年12月に「カーボンニュートラル行動計画」のフェーズⅡ計画を策定し、以下の取組みを推進します。

(1) カーボンニュートラル行動計画（フェーズⅡ計画）

1) 事業活動（生産プロセス）の2030年度目標

新たなフェーズⅡ計画（2030年度）の目標として、生産プロセスのエネルギー原単位改善のコミットを継続すると共に、チャレンジ目標として2030年度のCO₂排出量削減目標を次の通り策定しました。

- ① コミット目標：エネルギー原単位改善率 年平均1%改善
- 基準年度（2020年度）比で2030年度に9.56%改善
- ② チャレンジ目標：CO₂排出量を2013年度基準で、46%程度削減

2) 製品・サービス（ソリューション）等による排出抑制貢献

電機産業が、社会の各部門に提供する「技術、製品・サービス（ソリューション）」によるライフサイクルCO₂排出量や削減貢献の定量化を推進し、その価値を説明していきます。その一環として、カーボンフットプリントや削減貢献量の算定・コミュニケーションに係る方法論の国際ルール[IEC国際規格（IEC 63372）]の開発（2024年発行を予定）を日本主導で行い、CO₂排出削減努力の見える化と社会への貢献が説明できるように努めます。

(2) 気候変動対応長期ビジョン

業界のバリューチェーン全体に係る温室効果ガス排出を、グローバル規模で抑制し、バリューチェーンを上げて社会の各部門の削減に貢献します。

また、「技術開発」「共創/協創」「レジリエンス」の視点から、多様な事業（次世代の省エネ・脱炭素化技術の革新、高度情報利活用ソリューションの社会実装）を通じて社会の排出削減に貢献していきます。

電機・電子業界「気候変動対応長期ビジョン」

<http://www.denki-denshi.jp/vision.php>

(3) JEMA ポジションペーパー

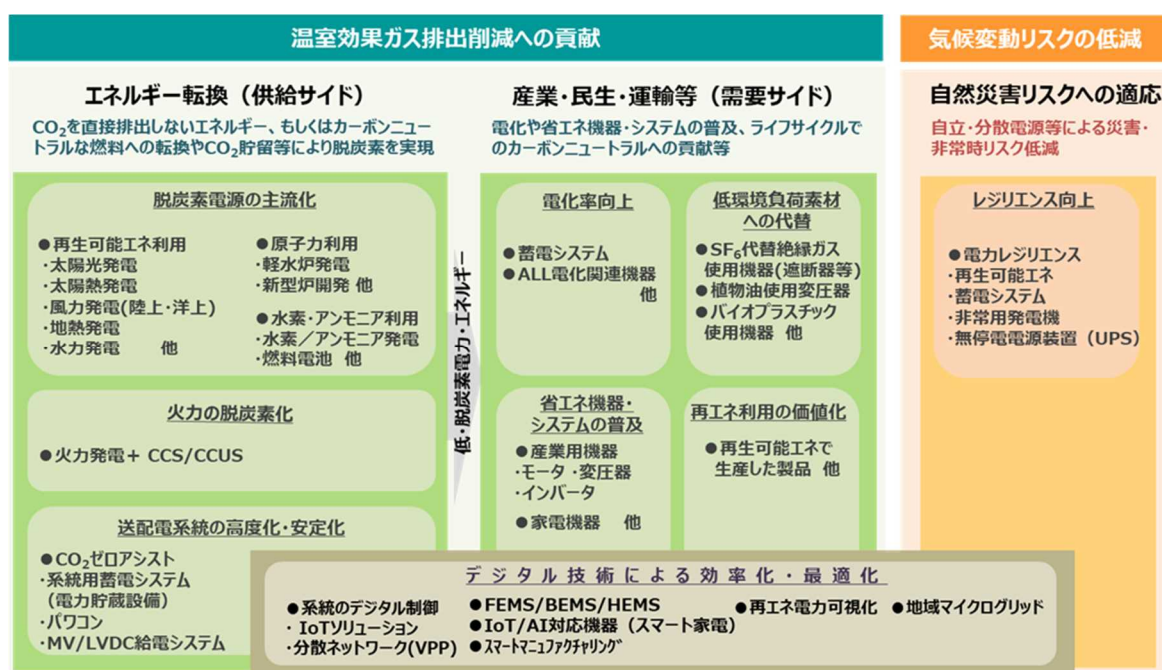
JEMA は、2050 年カーボンニュートラルの実現に向けて、電機産業が果たす役割と貢献のあり方を環境価値として整理し、我々が提供する具体的な技術・製品等のソリューションを「JEMA グリーン技術・製品」と定義し、その分類・リストを 2021 年 11 月に策定しました。

- ①電機産業による 2050 年カーボンニュートラル実現への貢献～JEMA「グリーン技術・製品」について～

<https://www.jema-net.or.jp/Japanese/info/211126-1.pdf>

- ②JEMA グリーン技術・製品マップ Ver.1

<https://www.jema-net.or.jp/Japanese/info/211126-2.pdf>



出典) JEMA

図 3-19 カarbonニュートラル実現に向けた JEMA グリーン技術・製品による貢献

3.4.1 カーボンニュートラルロードマップ

表 3-10 電機業界の事業活動におけるカーボンニュートラルロードマップ

大項目	中項目	小項目	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026～2030年度	2031～2040年度	2041～2050年度
気候変動への対応	温室効果ガス削減	CO ₂ 排出量削減	長期ビジョン(改訂)			非化石エネ導入・利用目標(*省エネ法判断基準)策定		カーボンニュートラル行動計画：2030年度目標 46%削減(2013年度基準)		2050年 カーボン ニュートラル
		電化						事業所内・物流で消費する化石燃料の削減		
		省エネ						工場の生産プロセスのエネルギー原単位の毎年1%削減	継続的なBAT導入	
	環境価値の評価	環境価値評価	削減貢献定量化：IEC規格(IEC 63372)開発					カーボンニュートラル行動計画：2030年度目標 9.56%削減(2020年度基準)		CO ₂ 排出 実質ゼロ
		JEMA グリーン技術・製品 マップ V1.0	TCFD対応 ガイダンス1.0					グリーン技術・製品へのインセンティブ構築 環境関連情報の効果的な開示促進・ルールメイク 会員企業の脱炭素経営の促進		

出典) JEMA

3.4.2 現状と課題

(1) 事業活動(生産プロセス)の取組み

1) 脱炭素(非化石)電力・電源設備等の導入

電機・電子業界(カーボンニュートラル行動計画参加企業)において、これらの導入量は年々増加していますが、再エネ由来電力の供給量制約や、自家発電設備の再エネ化等には工場等の立地・敷地条件の制約や導入コストの面で課題があります。

2) 事業所内の電化、物流対策

現時点で、事業所(工場・オフィス)のエネルギー消費の約85%は電化されています。今後は、物流で消費する化石燃料削減に向けて、自家・委託物流車両のEV化等による非化石エネルギー利用への転換推進も課題となります。

3) 省エネ

2013年度から省エネ法^{※1}の努力目標である、工場の生産プロセスのエネルギー原単位の改善(年平均1%の改善)を継続しており、将来的に目標達成状況に応じてBAT^{※2}の導入による省エネの推進が必要と考えます。

2022年の省エネ法改正により、特定事業者等は工場等で使用するエネルギーについて、

化石エネルギーから非化石エネルギーへの転換が求められることとなり、中長期計画の策定及び非化石エネルギーの利用状況の報告が2024年度（2023年度実績）から必要となります。このため、業界として導入量に関する目標設定を進めるとともに、推進するための支援や政策提案等の検討が必要です。

※1 エネルギーの使用の合理化及び非化石エネルギーへの転換等に関する法律

※2 Best Available Technology

(2) 脱炭素・環境経営への取り組み

1) グリーン技術・製品（環境価値の可視化と市場拡大）

カーボンニュートラルを実現するためには、脱炭素や省エネに資するグリーンな技術・製品の市場拡大や社会実装を進めることが重要であり、それらの価値が充分理解、認識される必要があります。電機産業が社会の幅広い分野に、グリーン技術・製品・サービスを提供することによる貢献を、対外的に説明するための統一的な基準・ルール等は開発途上にあります。カーボンニュートラルを実現する移行期（トランジション）において、技術開発やイノベーションを促進するためにも、製品・サービスによるCO₂排出削減貢献(Avoided emissions)を国際的なルールに基づき定量化し、それらの価値についてスタークホルダーへ理解を促すことが重要です。

また、JEMA グリーン技術・製品については資源循環等、気候変動以外の評価軸の拡大や、対象となる技術・製品自体の見直しなど、社会や技術動向に即してアップデートをしていく必要があります。

2) 環境経営・情報開示の促進

製品・技術面だけでなく、企業経営全体における脱炭素への転換と説明が求められています。このため企業はTCFD^{※3}等の枠組みに基づく情報開示対応に努めていますが、会員企業全体ではまだ十分ではない状況です。

※3 気候関連財務情報開示タスクフォース（Task Force on Climate-related Financial Disclosures）

表 3-11 事業活動のカーボンニュートラルに関する現状と課題、今後の取組み

大項目	中項目	小項目	2050年の姿	現状と課題	今後の取組み
気候変動への対応	温室効果ガス排出量削減	CO ₂ 排出量削減	カーボンニュートラル 事業活動からのCO ₂ 排出量実質ゼロ	(現状) *約1,300万t-CO ₂ *2019年度:電機・電子カーボンニュートラル行動計画参加企業実績 (課題) 再エネ由来電力供給量の制約・コスト高、自家発電設備での化石燃料消費	◆2030年度: CO ₂ 排出量46%減(2013年度比) *電機・電子カーボンニュートラル行動計画 ◆進捗毎年把握(CO ₂ 排出量) ◆非化石由来電力の導入促進、自社敷地内への再エネ発電設備導入拡大 他 ◆各社計画を基に導入目標等策定
		電化		(現状) *電化率約85% *2019年度:電機・電子カーボンニュートラル行動計画参加企業実績 (課題) 事業所内化石燃料消費(約15%)のエネ転換(⇒電化)	◆社用車、構内・委託物流等で消費する化石燃料の削減(電気自動車等への転換 他) ◆各社計画を基に削減計画等策定
		省エネ		(現状) 生産プロセスのエネルギー原単位改善(*年平均1%)を継続 *省エネ法基準、電機・電子カーボンニュートラル行動計画 (課題) 省エネの投資効率低下	◆2030年度: エネ原単位改善9.56%削減(2020年度比) *電機・電子カーボンニュートラル行動計画 ◆進捗毎年把握(原単位) ◆継続的なBAT導入
		脱炭素・環境経営の取組み(環境価値の可視化)	ESGに立脚した企業経営	(現状) 脱炭素貢献価値とグリーン製品の整理・リスト(グリーンマップ) (課題) ・グリーン製品の社会全体への需要拡大、実装 ・脱炭素経営への転換	◆グリーン技術・製品へのインセンティブ制度構築 ◆GHG削減貢献のルール化(IEC国際規格開発) ◆環境関連情報の効果的開示 ◆貢献著しい会員企業対外アピール

出典) JEMA

3.4.3 JEMA としてのアクション

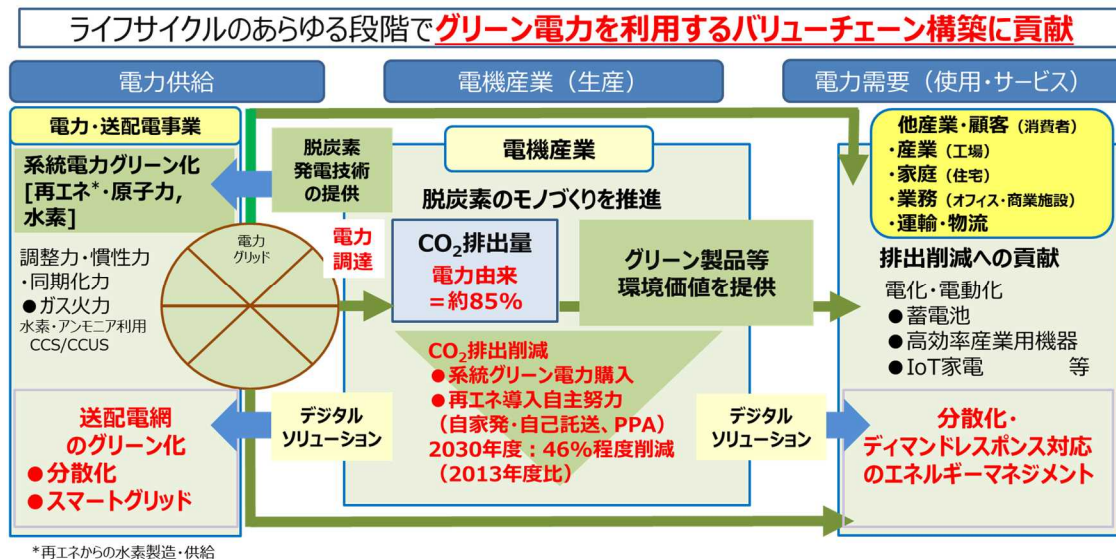
(1) 事業活動(生産プロセス)の取組み

事業活動の生産プロセスにおいては、2030 年度の中期的な「カーボンニュートラル行動計画」の推進に留まらず、さらに、以下の取組みを推進することで実質的な CO₂ ゼロエミッションを目指していきます。

- 1)脱炭素（非化石）電力・電源設備の最大限の導入
 - ① 非化石由来電力調達やグリーン電力証書等の購入
 - ② 自社敷地内の発電設備の非化石化（オンサイト PPA※⁴ の導入など）
 - ③ オフサイト PPA の拡大
- 2)電化・電動化の徹底（事業所内・物流等エネルギー消費における化石燃料使用削減）
- 3)電化・電動化に伴い増加する電力需要抑制に向けた省エネ、継続的な BAT 導入

これら、カーボンニュートラルを実現するために必要な取組みのアクションプランも設定し、電機産業全体の状況を把握・共有することで、方向性をリードしていきます。

※4 Power Purchase Agreement（電力販売契約）



出典) JEMA

図 3-20 カーボンニュートラルに向けた電機業界の取組み

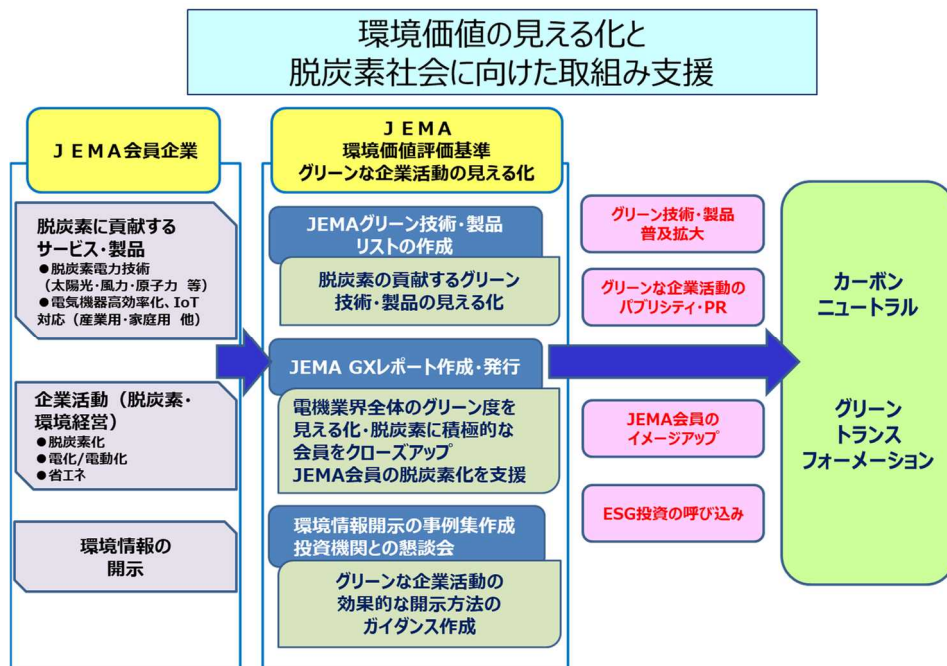
また、長期的に、業界のグローバル・バリューチェーンに係る温室効果ガス排出の削減、さらに、バリューチェーンを拡げ、社会の各部門の削減への貢献をより明確にするものとして、2022 年度には業界長期ビジョンをリニューアルし、発信していきます。

(2) 脱炭素・環境経営への取組み

会員企業が社会に幅広く提供する、低・脱炭素に貢献する製品・システム、デジタル技術によるソリューションサービスを普及させるとともに、それらの CO₂ 排出削減貢献量を定量化し、情報を開示する方法論として、IEC 国際規格 (IEC 63372) を策定 (～2024 年) する等、業界としてルールを整備することで電機産業の貢献を明確化します。

また、そうしたグリーン製品・技術等の環境価値情報をベースに、普及拡大を後押しするインセンティブとなる政策を要望・提案していきます。

さらに、企業活動におけるカーボンニュートラルに向けた取組みを積極的に対外発信する他、TCFD 等の枠組みによる企業のカーボンニュートラルに係る効果的な情報開示について、ガイダンスの提供や機関投資家との対話を通じて支援し、電機業界全体の環境情報の発信力を高め、脱炭素経営への転換を支援します。



出典) JEMA

図 3-21 環境価値の見える化と脱炭素社会に向けた取組み支援

4. まとめ

我が国では、2021 年 10 月に閣議決定された第 6 次エネルギー基本計画で、2050 年のカーボンニュートラル実現を見据えた 2030 年に向けた政策対応が示されました。

温室効果ガス排出量を 2030 年までに 2013 年度比 46%削減し、2050 年までに排出を全体として実質ゼロとする目標です。非常に野心的な目標であり、カーボンニュートラル実現に向けて、電機業界は政府と一体となり、電力・エネルギーの脱炭素化や電化・電動化、徹底した省エネ化の推進をし、地球温暖化等の環境課題を解決するとともに、我が国の経済成長につなげていく必要があります。

カーボンニュートラル達成には、既存技術に加えて様々な技術開発の促進が重要となります。再エネの主力電源化に向けた『次世代型太陽光発電』や『洋上風力発電』、再エネを効率的に送る『直流送電』や電力貯蔵のための『蓄電池』、『二酸化炭素回収・貯留技術』、『水素・アンモニアへの燃料転換』といった様々な技術開発項目です。更に原子力分野では、原子力の再稼働が重要である一方、『小型モジュール炉』、『高温ガス炉』、『高速炉』などの多様な選択肢として技術開発し、次世代電源として期待されています。

2050 年という目標が明確になった今、2050 年に向けた最適な電源構成や技術イノベーション、社会実装への課題や電力料金・エネルギーコスト等の付随する諸課題について、関係官庁、関係団体、会員企業と議論し、総合的に検討を進めていくには、ロードマップの共有が必要であり、JEMA ロードマップを作成しました。

2050 年カーボンニュートラルに向けた JEMA ロードマップ Ver.1 として取りまとめました。今後、このロードマップに基づいて、中長期的な視点で、電力・エネルギーの脱炭素化、電化・電動化、徹底した省エネ化等に向けた提言や技術イノベーションを推し進めるとともに、グリーン社会実現に向けて、会員企業、官庁、電力事業者などあらゆるステークホルダーと積極的に議論し、2050 年のカーボンニュートラル達成に向けて、2022 年度以降の JEMA 事業計画に取り入れながら、検討を進めて参ります。

2050 CN 実現へのロードマップ

～技術イノベーションと社会実装に向けて～

2022 年 5 月

発行所 一般社団法人 日本電機工業会 企画部
〒102-0082 東京都千代田区一番町 17-4
電話：03(3556)5882、FAX：03(3556)5892
URL <http://www.jema-net.or.jp/>

本書の記事、データの無断転載、コピー禁ず