

# SF<sub>6</sub>ガス代替技術への移行に向けたロードマップ°

## ～送変電機器の環境負荷低減への取り組み～

2023年 9月 11日（改定 Rev.1）

（一社）日本電機工業会

SF<sub>6</sub>ガスWG SF<sub>6</sub>代替技術タスクフォース

# ロードマップ作成の主旨

- 「2050年 カーボン・ニュートラル（CN）」目標へ向け、世界的な取組みが急加速
- 欧州および北米と中心として、電力用SF<sub>6</sub>ガスの環境規制が具体化
- 欧州メーカーを中心としたSF<sub>6</sub>代替ガス機器の開発が加速、各種パイロットPJが急速に進展

- 国内機器メーカーとしても、環境負荷低減への貢献、海外事業展開の維持・拡大の両面から、実現性のあるロードマップを作成し、「7つの要件」\*に完全適合する着実な技術開発が必要
- 環境・社会への取組みを価値として認める評価制度のあり方について、業界一体となった議論が必要
- 送変電システムCN化へ向けて、実効性のあるタイミングや順序の明確化が必要

(\*11電力会社、7メーカー、7大学・研究機関から構成される「代替ガス検討会」の場で議論し、日本におけるSF<sub>6</sub>代替ガスの基本的要件を7つの視点でまとめたもの)

**国内開閉機器メーカー7社共同で、送変電領域における  
国内向けSF<sub>6</sub>代替ガス開閉機器の開発スケジュールを明示**

# SF<sub>6</sub>ガス代替技術に対する市場からの要件

## ● SF<sub>6</sub>代替ガス検討会\*提案の「7つの要件」に適合した製品開発を進めていく

(\*SF<sub>6</sub>代替ガス導入時の諸課題を把握するとともに、日本におけるSF<sub>6</sub>代替技術のあり方を検討するために設立。11電力会社、7メーカー、7大学・研究機関のオールジャパンの産学一体体制で構成。)

| No. | カテゴリ              | 要件   |
|-----|-------------------|--|
| (1) | EHS               | 分解ガス・分解生成物を含め毒性に対する取り扱いがSF <sub>6</sub> と同等である                       |
| (2) | Service Condition | 規格に定める常規使用状態で使用可能である   |
| (3) | Stable Supply     | 代替ガスは将来に亘り安定供給が可能であること、ガスは複数社にて供給できることが望ましい                          |
| (4) | Gas Handling      | SF <sub>6</sub> 代替ガスのハンドリングがシンプルであることが望ましい                           |
| (5) | Life Cycle Cost   | トータルコスト(機器・付帯工事費用、運転保守費用など)がSF <sub>6</sub> ガス機器と同等あるいは合理性があることが望ましい |
| (6) | Footprint         | 屋内・地下変電所等の据付空間に制限のある場所でのリプレースが可能であることが望ましい                           |
| (7) | Voltage Coverage  | 将来的には、系統の最高使用電圧 550 kV まで対応可能とすることが望ましい                              |

SF6ガス代替技術への移行に向けたJEMAロードマップ

(Rev.1: 2023年9月11日改定)

※製品リリース＝形式試験完了・販売開始時期（製造リードタイムは不含）

| 年度<br>(4月始まり) | 2021           | 2022           | 2023 | 2024                 | 2025 | 2026                 | 2027             | 2028 | 2029         | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 |
|---------------|----------------|----------------|------|----------------------|------|----------------------|------------------|------|--------------|------|------|------|------|------|
| 遮断器           | 72/84kV 製品リリース |                |      |                      |      |                      |                  |      |              |      |      |      |      |      |
|               |                |                |      | 120/168/204kV 製品リリース |      |                      |                  |      |              |      |      |      |      |      |
|               |                |                |      |                      |      | 240/300kV 製品リリース     |                  |      |              |      |      |      |      |      |
|               |                |                |      |                      |      |                      |                  |      | 550kV 製品リリース |      |      |      |      |      |
| GIS           |                | 72/84kV 製品リリース |      |                      |      |                      |                  |      |              |      |      |      |      |      |
|               |                |                |      |                      |      | 120/168/204kV 製品リリース |                  |      |              |      |      |      |      |      |
|               |                |                |      |                      |      |                      | 240/300kV 製品リリース |      |              |      |      |      |      |      |
|               |                |                |      |                      |      |                      |                  |      | 550kV 製品リリース |      |      |      |      |      |

※注1 国内 84～204kV 更新需要立上り見込み

国内 300～550kV 更新需要立上り見込み

※注2 ※欧州 52<Um≤145kV 製品拡大・パイロット評価期間

★ 新規SF6機器の導入禁止  
(EU517改定ドラフト)

※欧州 145<Um≤420kV 製品拡大・パイロット評価期間

★ 新規SF6機器の導入禁止  
(EU517改定ドラフト)

※注1： 経年40年を想定した既設機器の更新時期見込み、JEMA調べ。  
（参考文献：塚尾,「SF6ガス代替技術の動向と要件」, 電気評論 (2020年)； 武田,「国際的なSF6ガス代替技術の動向を踏まえた国内の状況と対応について」, 電気学会全国大会シンポジウム (2021年)）

※注2： 下記共同ポジションペーパー、および Regulation (EU) No 517/2014改定ドラフトによる。Umは定格電圧。  
ENTSO-E and T&D Europe “Transition Times from SF6 to alternative technologies for HV and EHV applications”, <<https://www.tdeurope.eu/publicationss/position-papers.html>> (2021年10月)  
Proposal for Repealing Regulation (EU) No 517/2014 <[https://ec.europa.eu/clima/eu-action/fluorinated-greenhouse-gases/eu-legislation-control-f-gases\\_en](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/fluorinated-greenhouse-gases/eu-legislation-control-f-gases_en)> (2022年4月5日)

# SF<sub>6</sub>ガス代替技術への移行に向けたJEMAロードマップ ～作成にあたっての基本的な条件・考え方～

- ① 遮断器とGISとを分けて記載。  
(国内電力会社は遮断器とGISを分けて管理・カウントしていること、GIS導入の前に遮断器の技術審査を行うのが一般的であることなどを考慮)
- ② 「製品リリース」の定義： 形式試験完了・販売開始時期（※製造リードタイムは不含）
- ③ JEC-2300:2020に従い、「72/84kV」、「120/168/204kV」、「240/300kV」、「550kV」の4カテゴリでの表記とした。
- ④ 国内における更新需要立上り見込み時期、および欧州における規制スケジュールを併記。
- ⑤ 「系統の最高使用電圧550kVまでの将来的な拡張性（※7つの要件の(7)に該当）」については、技術的ハードルは極めて高いものの、低位系機器の開発経験および一定の技術検討を経て、将来的に対応可能であると想定。

# (※補足) SF<sub>6</sub>の地球温暖化係数

- 1997年12月の地球温暖化防止京都会議（COP3）でSF<sub>6</sub>が温室効果ガス排出削減対象ガスの一つに指定された。
- SF<sub>6</sub>ガスの地球温暖化係数（GWP）は25,200。（大気放出された場合の影響:SF<sub>6</sub> 1kg = CO<sub>2</sub> 25.2トン）

各種温暖化ガスのGWP（IPCC 第6次報告書, 2021）

| Gasses                              | Chemical formula | Atmospheric lifetime (years) | Radiative efficiency (W m-2 ppb-1) | GWP*   |
|-------------------------------------|------------------|------------------------------|------------------------------------|--------|
| Carbon dioxide                      | CO2              | (**)                         | 1.37E-05                           | 1      |
| Methane                             | CH4              | 12.4                         | 3.63E-04                           | 28     |
| Nitrous oxide                       | N2O              | 121                          | 3.00E-03                           | 264    |
| Hydrofluorocarbons (eg. HFC-134a)   | CH2FCF3          | 13.4                         | 0.16                               | 1,300  |
| Perfluorinated carbons (eg. PFC-14) | CF4              | 50,000                       | 0.09                               | 6,630  |
| Sulphur hexafluoride                | SF6              | 3,200                        | 0.57                               | 25,200 |

\* GWP for time horizon of 100 years

\*\* The CO2 response function is used. See the reference for details.

Radiative efficiency

Time-dependent decay in abundance

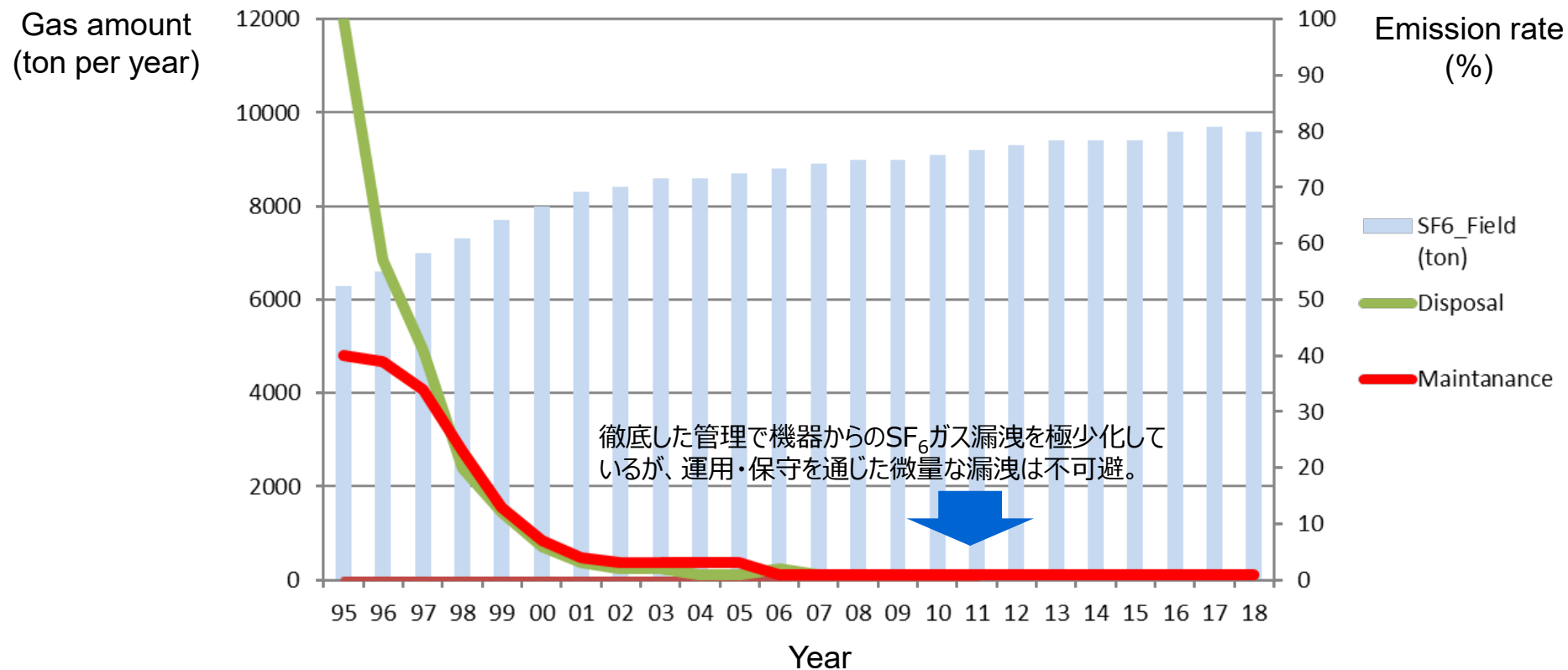
$$GWP_{SF6} = \frac{\int_0^{100yrs} (a_{SF6} \times x(t)) \cdot dt}{\int_0^{100yrs} (a_{CO2} \times r(t)) \cdot dt} = 25,200$$

CO<sub>2</sub> value as a unit

## (※補足) 日本における電力用SF<sub>6</sub>ガス排出抑制への取組み

- “Closed Cycle Concept”を徹底することで、2005年には自主削減目標※を達成。  
「SF<sub>6</sub>の漏洩を極少化し、にその優れた特性を最大限に活用する」という方針が基本。  
(※ 製造時<3%、点検時<3%、廃棄時<1%)
- その一方で、GIS大国である日本は、全世界の約2割に相当する多量のSF<sub>6</sub>ガスを使用している。

### 我が国における電力用SF<sub>6</sub>ガスの使用量と実排出率の推移

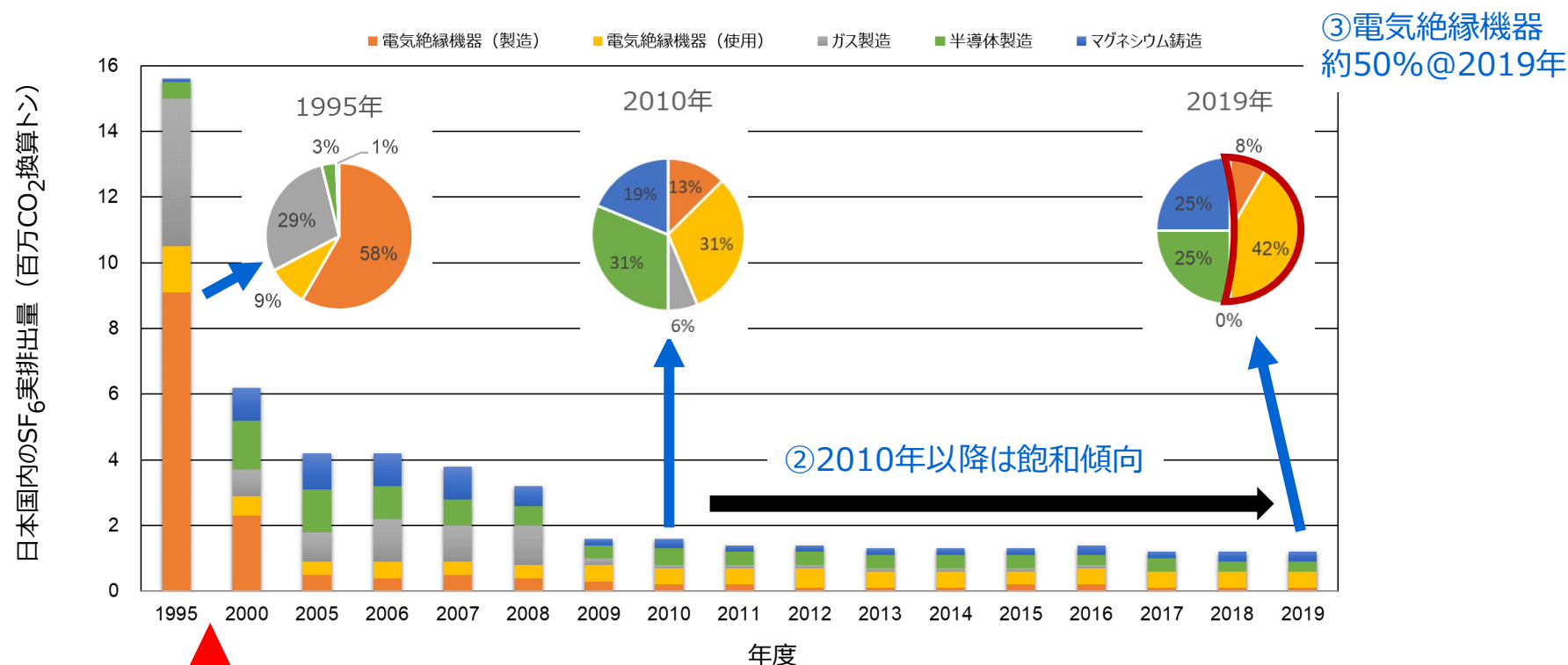


(出展：経済産業省のSF<sub>6</sub>排出量 (2019)のデータを基に作成)



# (※補足) 日本におけるSF<sub>6</sub>排出量と産業別内訳

- 日本国内のSF<sub>6</sub>ガス実排出量（全産業）は2000年代に大きく減少、2010年以降は飽和状態。
- 電気絶縁機器（製造、使用）は、2010年では全排出量の44%、2019年では50%を占める。

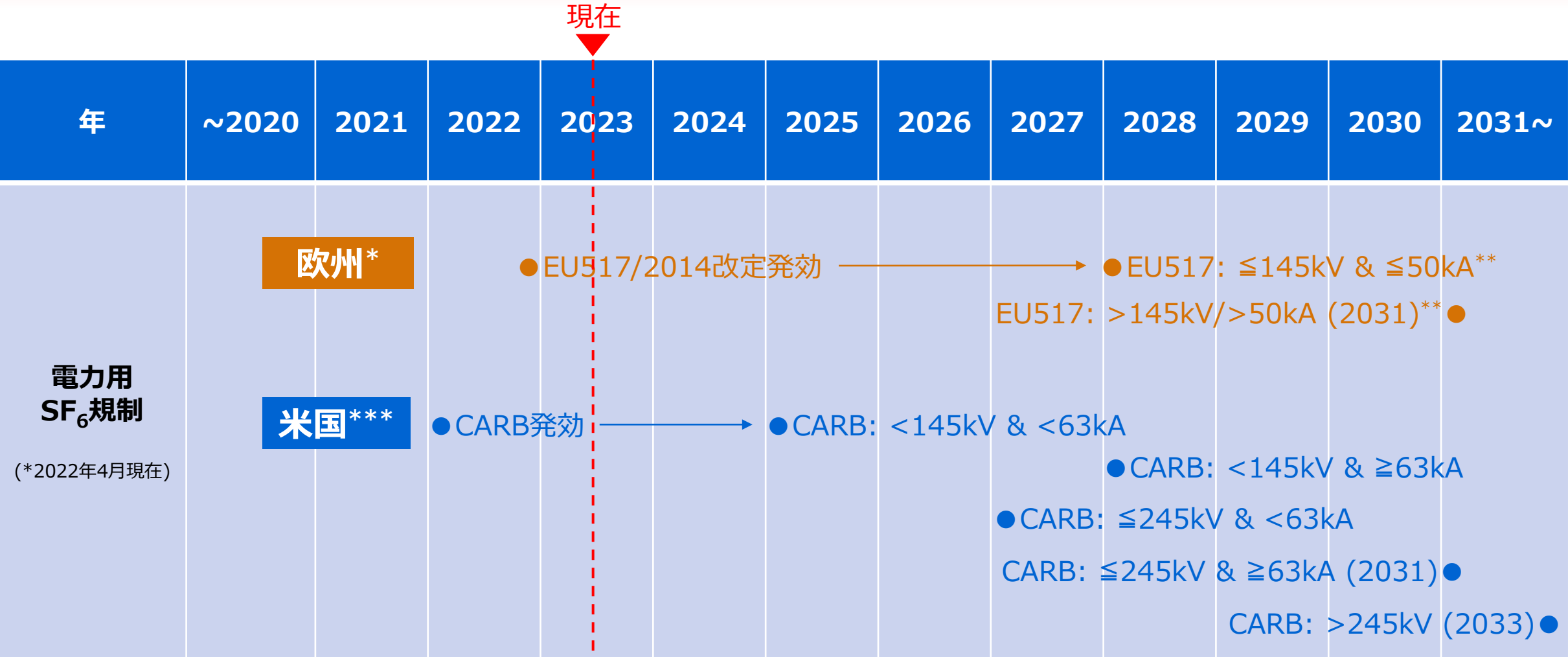


（出展：経済産業省のSF<sub>6</sub>排出量（2019）のデータを基に作成）



# (※補足) 欧米における電力用SF<sub>6</sub>機器の新規導入禁止スケジュール

- 国内においても海外における重要イベントのスケジュールを意識した対応が必要



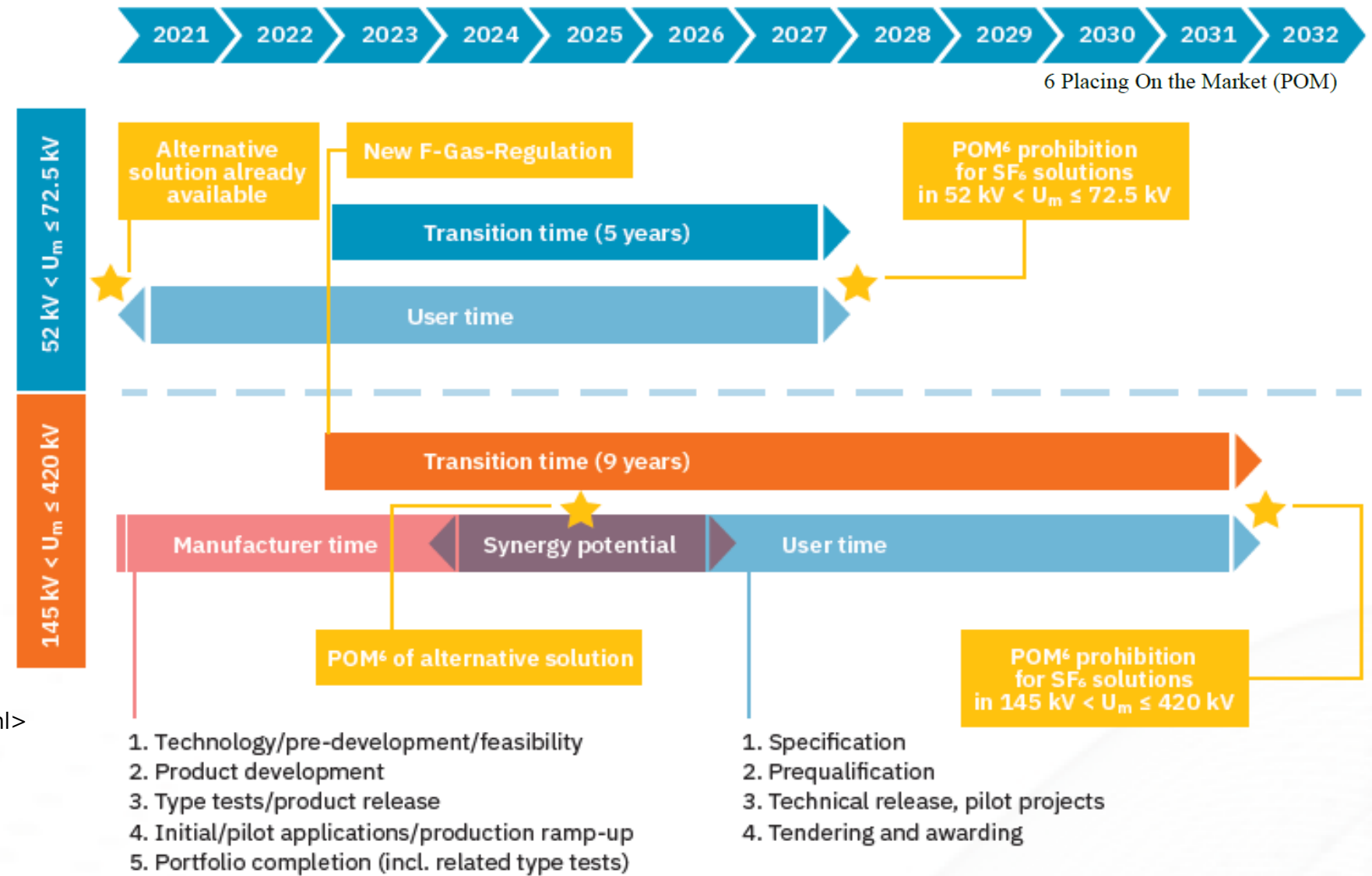
\*EU517： 欧州フッ素系温暖化ガスに関する規制（Regulation (EU) No 517/2014 on fluorinated greenhouse gases）  
\*\*2022年4月5日公開の改定案(Proposal document)による <[https://ec.europa.eu/clima/eu-action/fluorinated-greenhouse-gases/eu-legislation-control-f-gases\\_en](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/fluorinated-greenhouse-gases/eu-legislation-control-f-gases_en)>  
\*\*\*CARB： 米国カリフォルニア州大気資源局（California Air Resource Board）

## (※補足) 欧州TSOと電機メーカーによるロードマップ<sup>6</sup>(2021年10月)

- 電力業界が共同で制御可能なロードマップ<sup>6</sup>を明示、規制スケジュールの議論を主導
- Fガス規制発行の後、新規販売禁止の前に5～9年の「移行期間」を提案



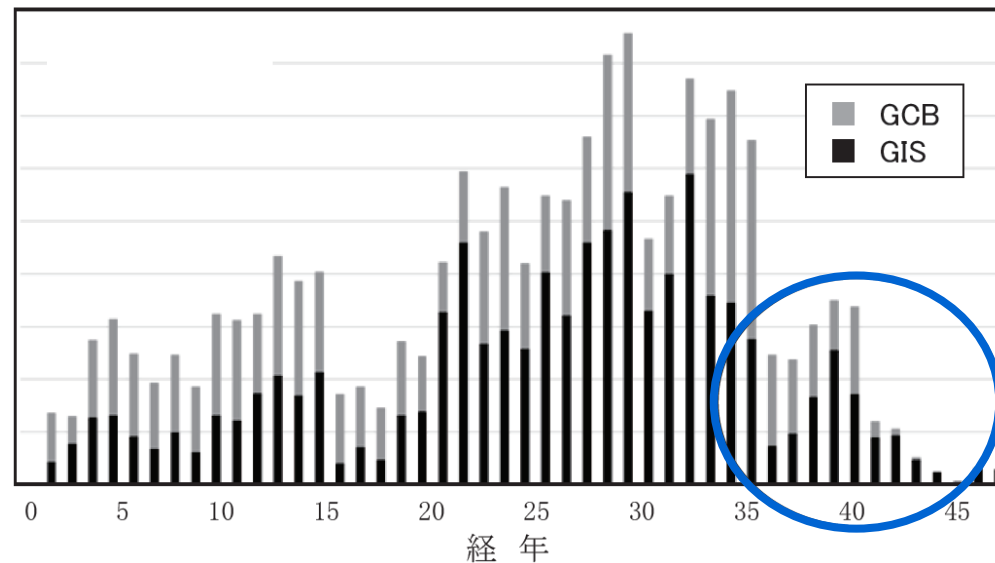
※以下URLからダウンロード可能  
<<https://www.tdeurope.eu/publicationss/position-papers.html>>



## (※補足) 我が国における既設機器更新のスケジュール感

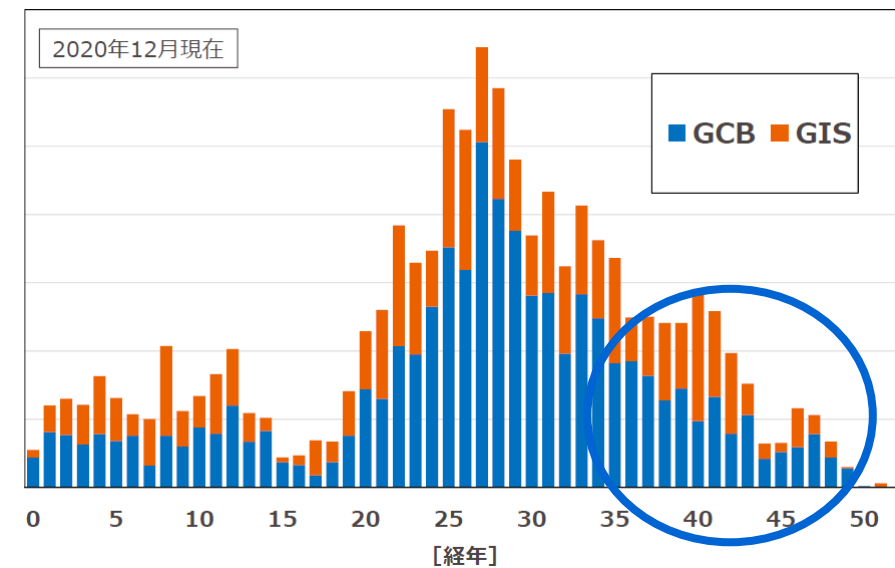
- 実効的なSF<sub>6</sub>削減のためには、既設機器の更新立上り時期にミートした製品提供が必須
- 大よそのスケジュール感 (※ 経年40年を想定した既設機器の更新時期見込み、JEMA調べ)
  - ・ 72kV、168kV : 2023～2027年頃
  - ・ 300kV、550kV : 2026～2035年

既設開閉機器の経年分布  
東京電力PG、2020年



(2020年9月 電気評論  
塚尾「SF<sub>6</sub>ガス代替技術の動向と要件」から抜粋)

既設開閉機器の経年分布  
関西電力送配電、2020年

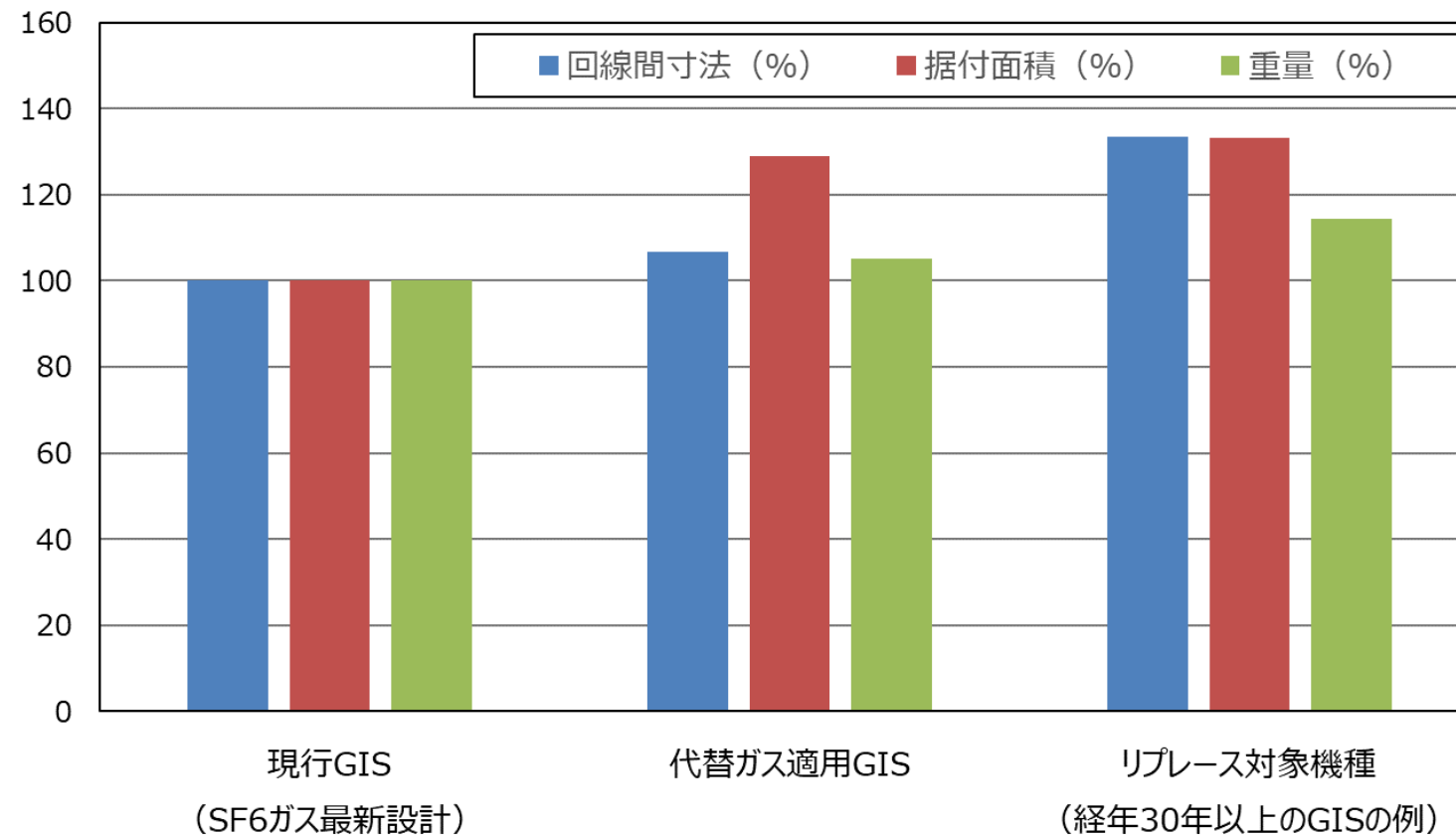


(2021年3月 電気学会全国大会シンポジウム  
武田「国際的なSF<sub>6</sub>ガス代替技術の動向を踏まえた  
国内の状況と対応について」から抜粋)

## (※補足)「7つの要件」(6) Footprint (既設機器とのリプレース性) への適合性

- 代替ガスは絶縁・冷却性能等がSF<sub>6</sub>よりも低く、現状では最新SF<sub>6</sub>機器より1.2～1.5倍程度の大形化が見込まれる
- 当面リプレースを迎える経年40年の機器とのリプレース性は確保できる見通し
- 設計技術の向上および新技術の適用、高ガス圧化等により、継続的な小形化が必要

GISの体格および重量比較の例 (※72kV GISを対象とした事例)



## 改定履歴

|          |              |
|----------|--------------|
| 初版発行     | 2022年 5月 31日 |
| 改定 Rev.1 | 2023年 9月 11日 |