

Waseda-AVL Japan symposium, 2021

Current status and challenges toward carbon neutral
in 2050

2050年カーボンニュートラルに向けた現状と課題

Jin KUSAKA

Waseda University

The start of Carbon Neutral in Japan

- 「政治的な判断で出てきた2030年目標の数字(電力構成)です。緻密に積み上げられた数字ではなく、事実に基づかない。」

“A number(electricity target, see next page) of 2030 target that came out of a political decision. It is not a figure that has been accumulated with precision and has no basis in fact. ” (comment by Ministry of Environment)

- 「2013年のCO₂実績と比較して46%のCO₂削減という数字がおぼろげながら頭に浮かんだ。」

“The figure of 46 % CO₂ reduction compared to 2013’s CO₂ achievement came to mind dimly. ”

(previous minister’s comment)

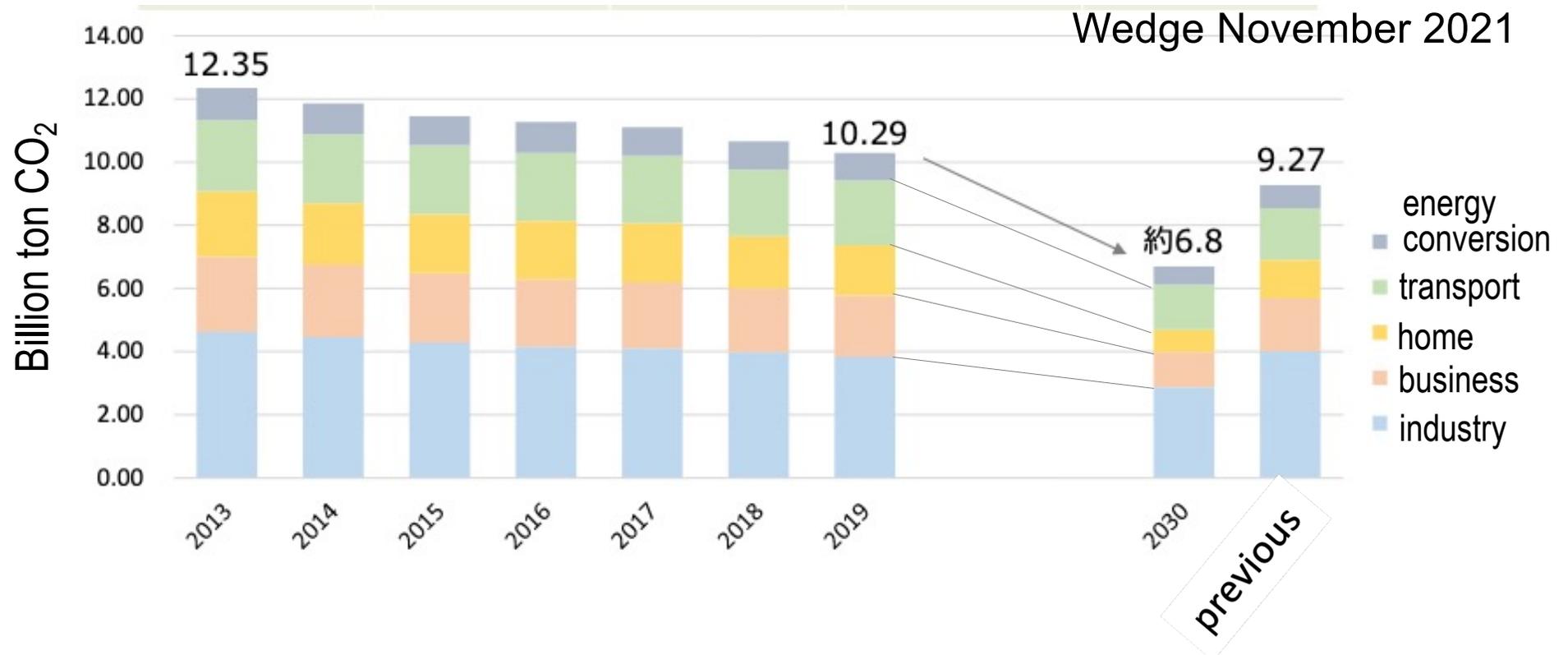
The start of Carbon Neutral in Japan

- エネルギー政策が日本の経済成長の足かせになる。

Energy policy will be a drag on Japanese economic growth.

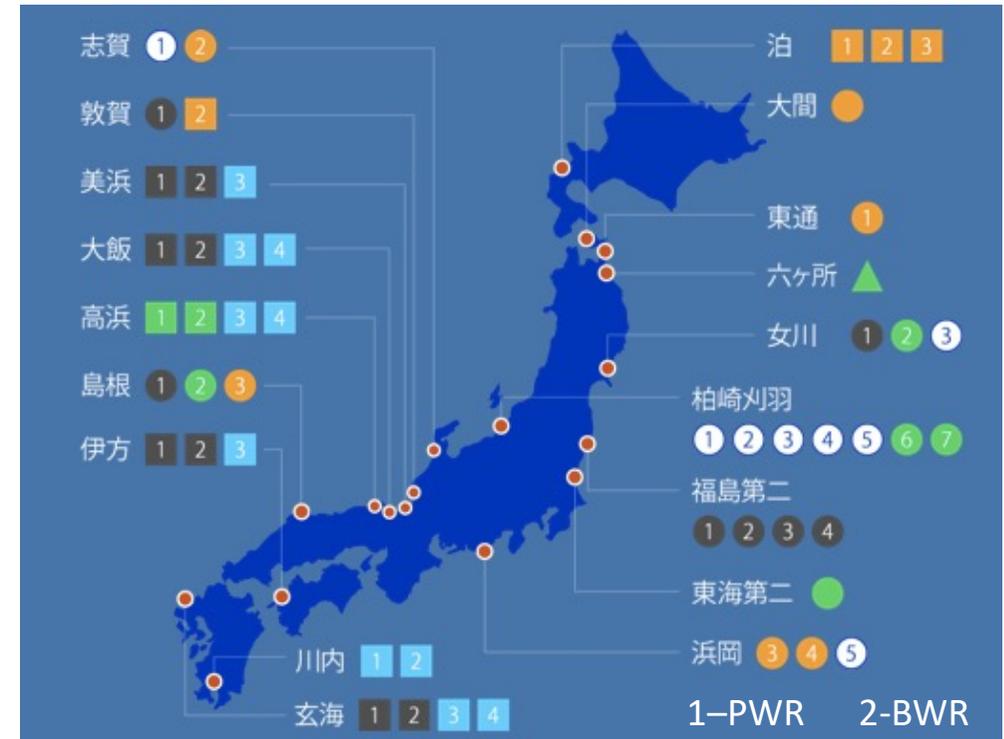
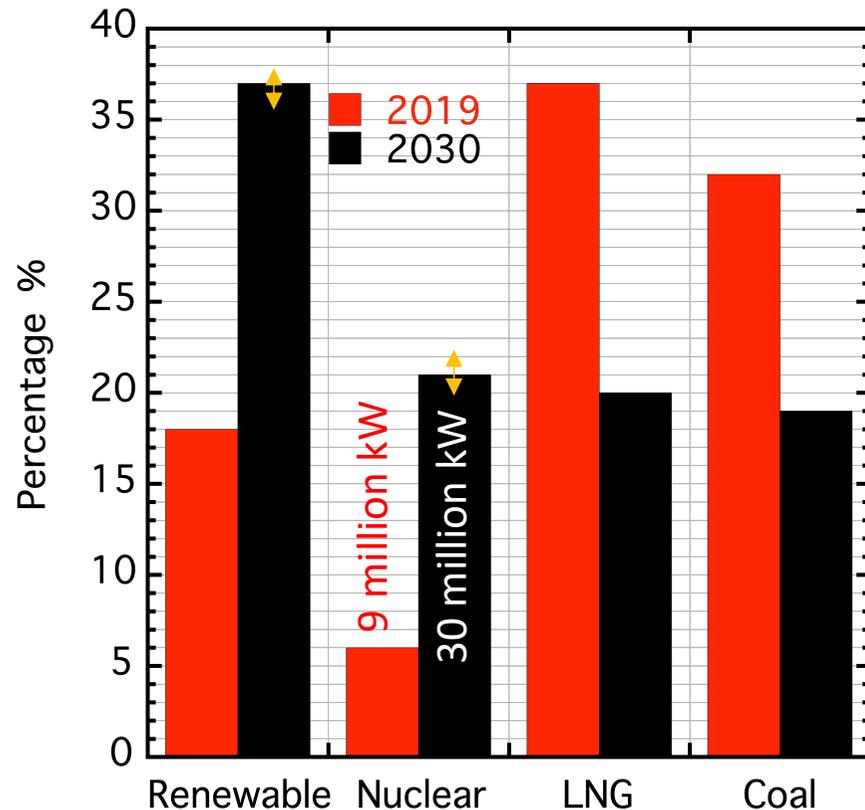
- 脱炭素の政策に伴うリスクと現実を冷静に見極める必要がある。

The need to calmly assess the risks and realities associated with decarbonization policies



Current status and targets of power generation mix

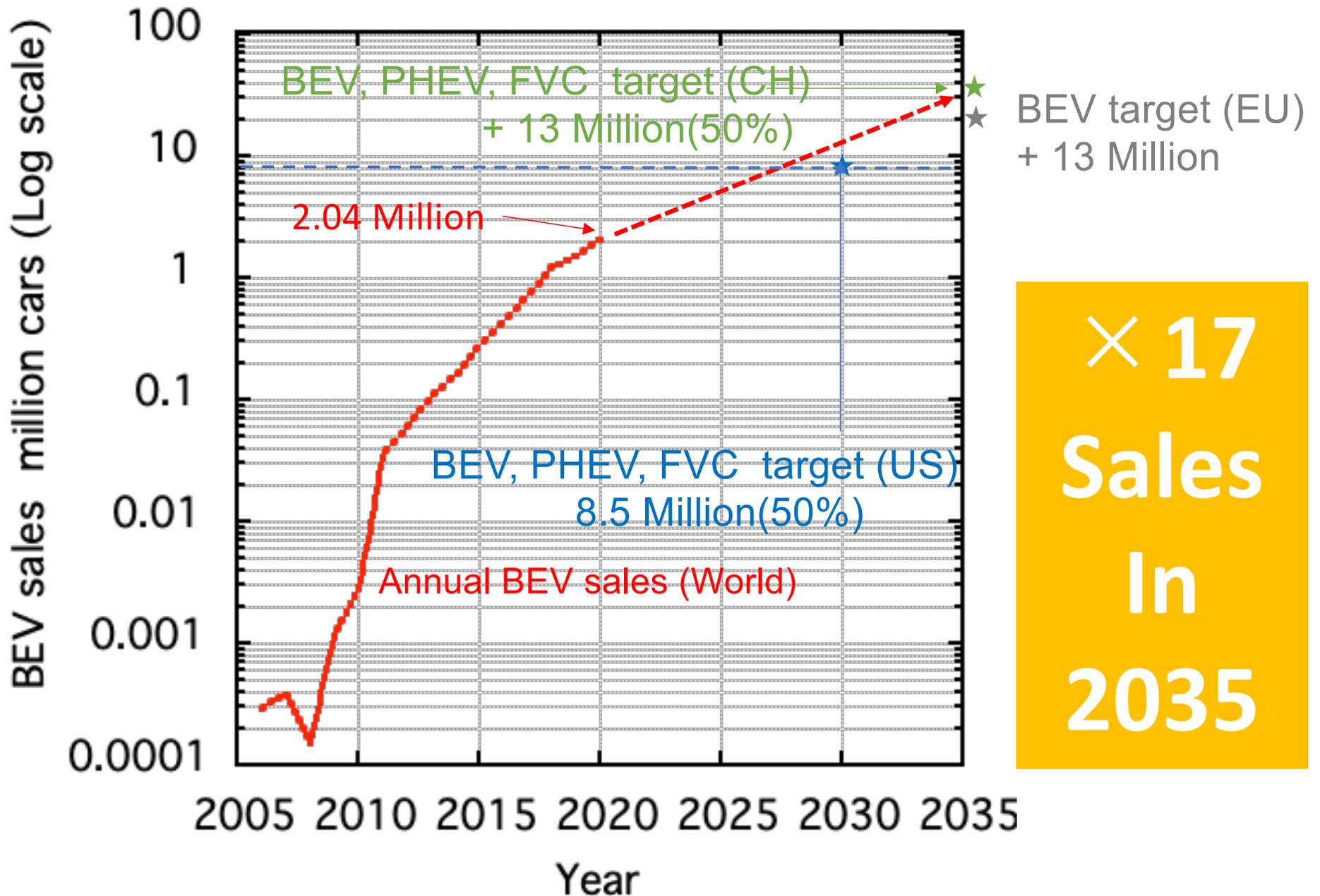
<https://www.fepec.or.jp/theme/re-operation/>



There are six plants that have not received the agreement of the local governments and are still waiting to be restarted in spite of getting permission.

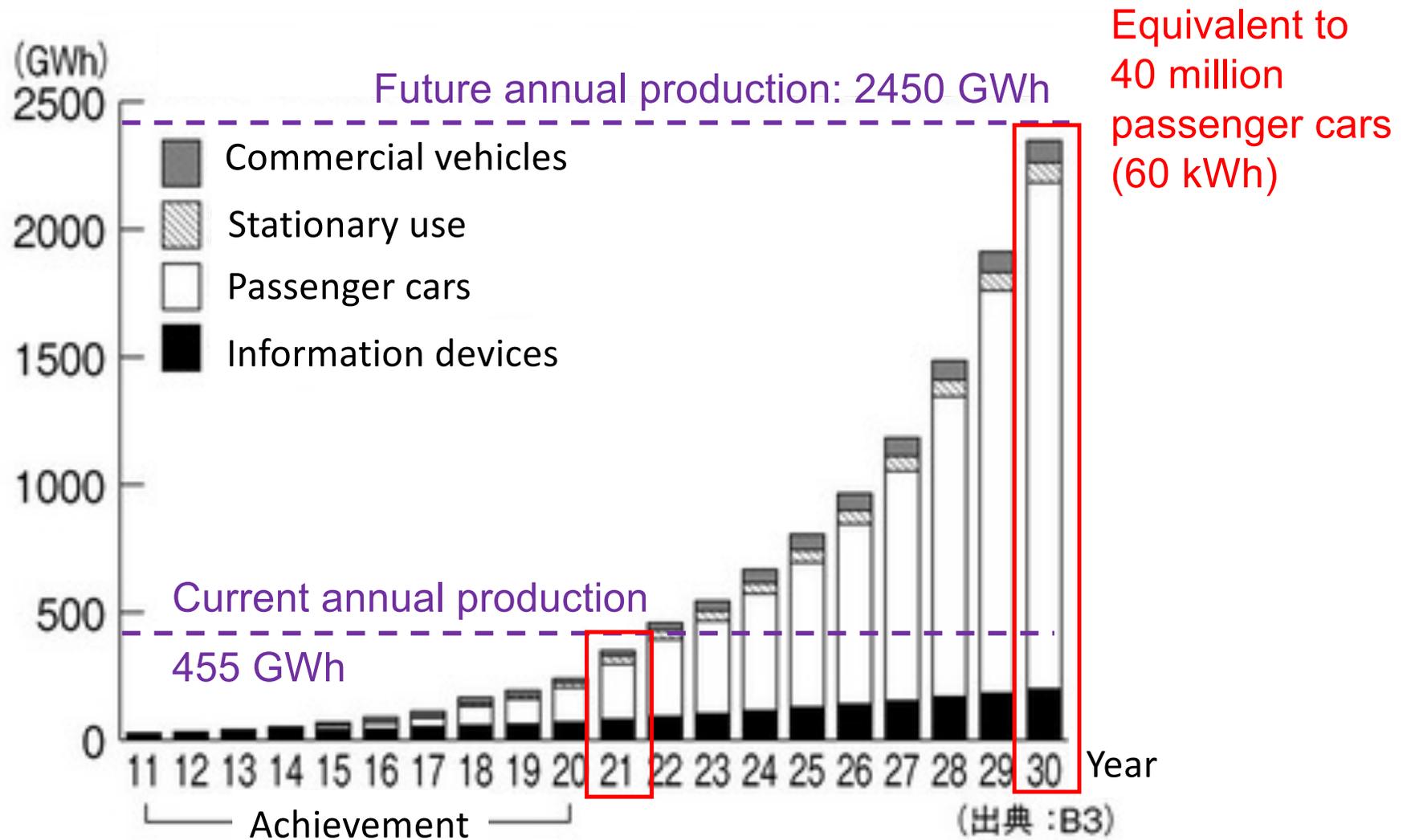
8 years left until 2030.

Annual BEV sales and target for EU, US and CH

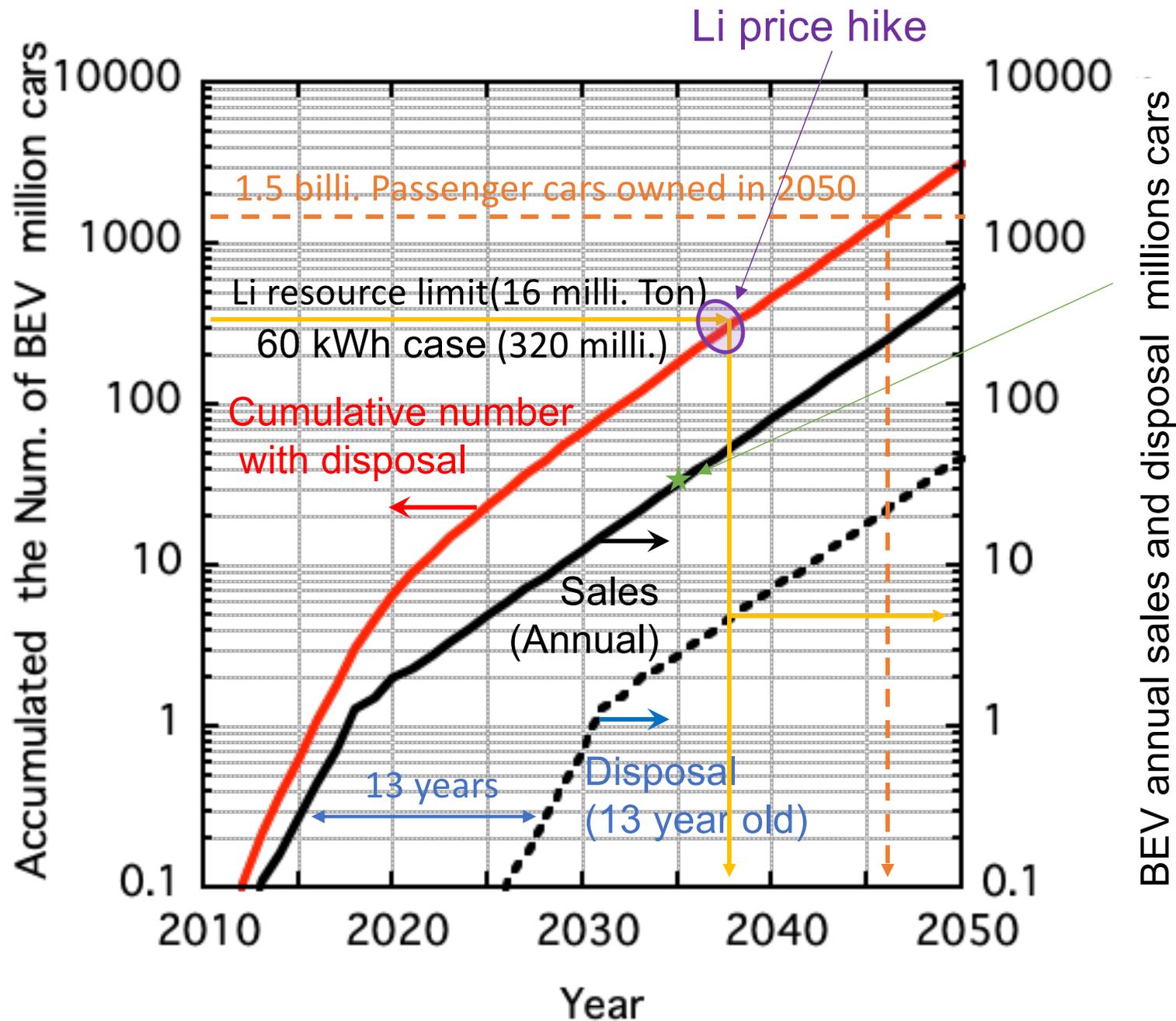


Lithium-ion battery demand in the world

<https://newswitch.jp/p/29008>



Sales, disposal and cumulative num.

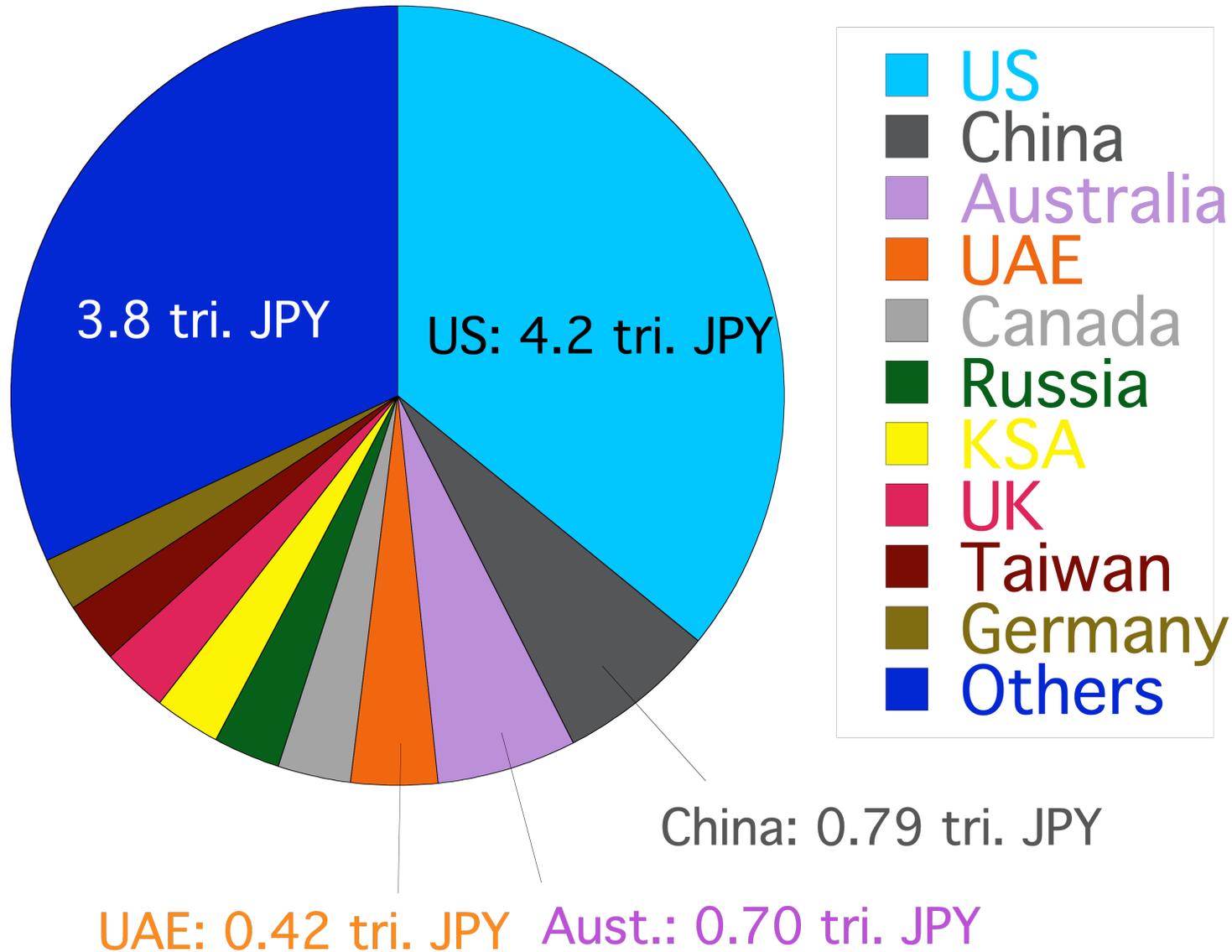


Annual target
33 milli.
EU+US+CH

Li
price
rise
in
2035

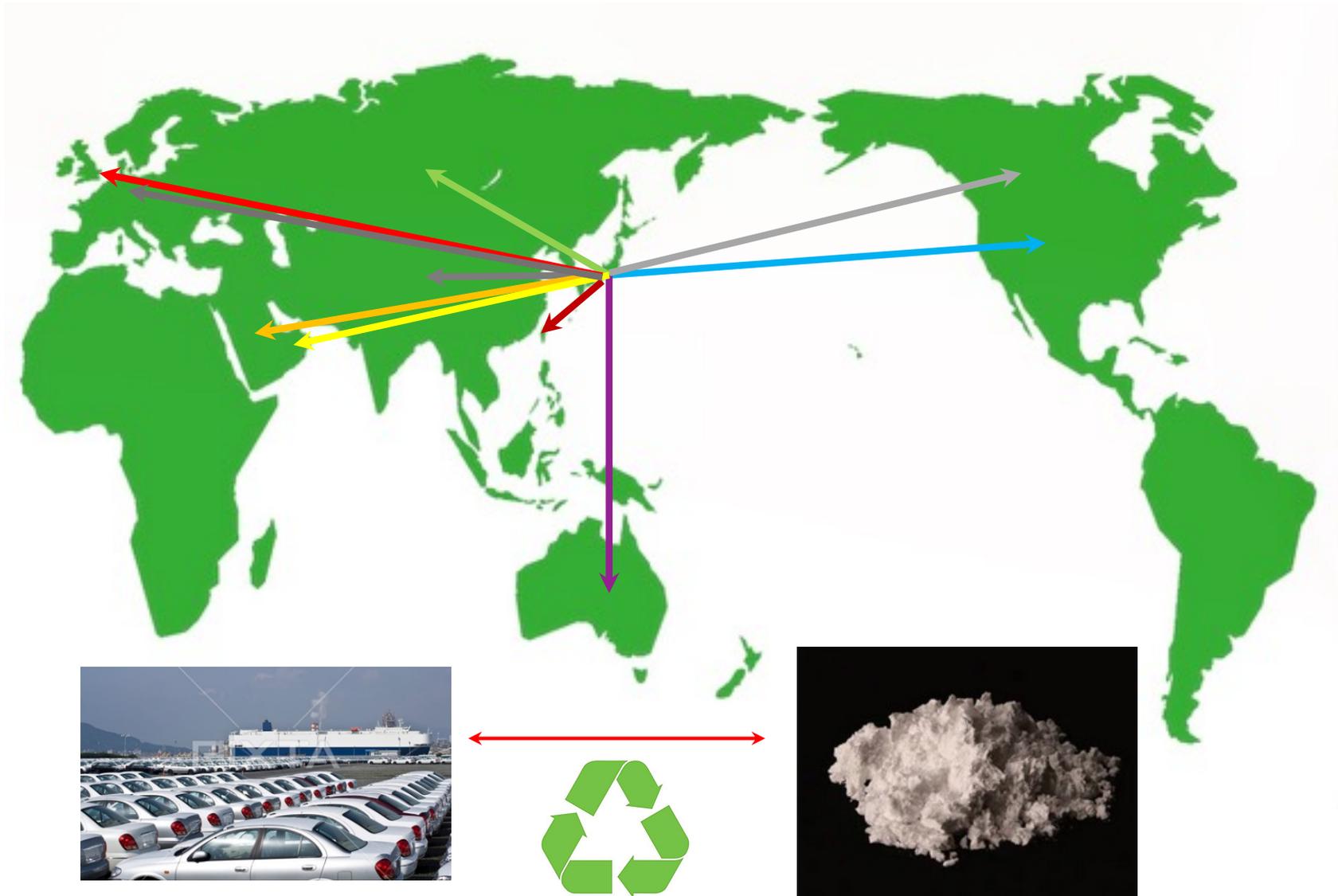
Top 10 Japanese car export partners

https://www.customs.go.jp/toukei/suii/html/data/y8_1.pdf

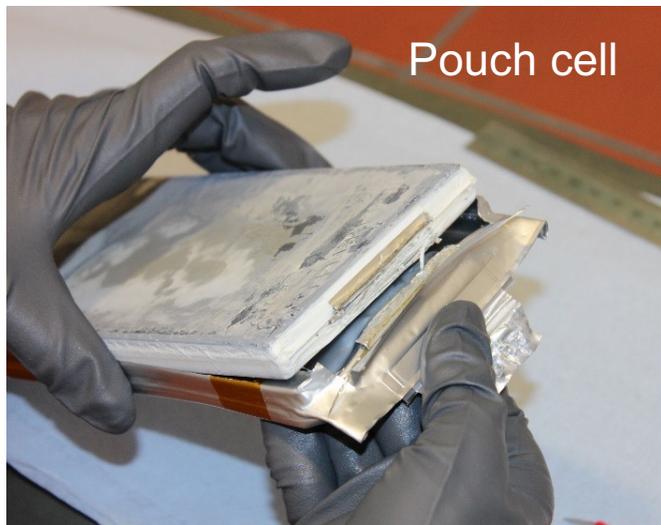
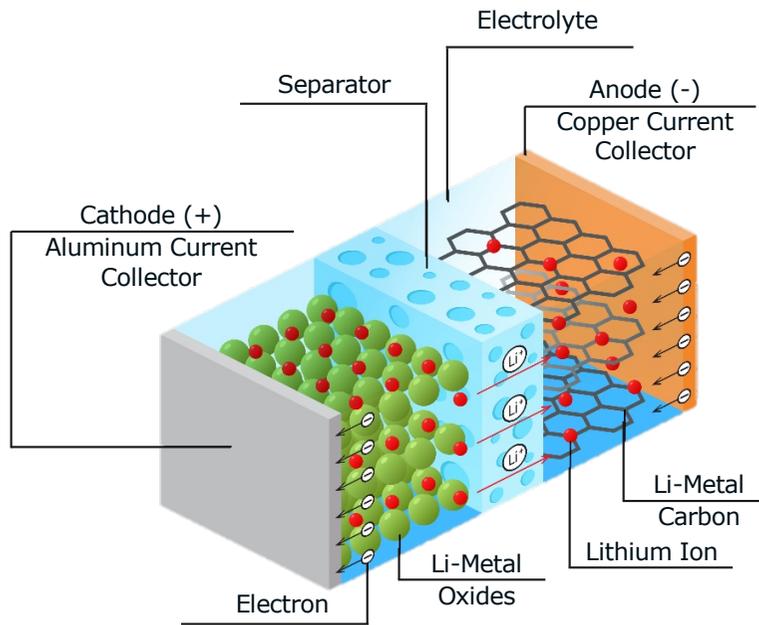


**Total
12
Trillion
JPY**

How to recycle lithium from overseas



Lithium ion battery



Battery 60 kWh for 340 km range
 Total pack weight: Ca. 430 kg

	Material	[kg / kWh]	in Battery 60 kWh [kg]
Anode	Graphite	0.89	53.68
	Cathode (NMC622)		
	Co	0.18	10.74
	Ni	0.55	32.84
	Mn	0.17	10.11
	Lithium (in Cathode and LiPF6)	0.19	11.37
Current Collectors	Al	0.17	10.11
	Cu	0.25	15.16
Electrolyte	LiPF6	0.63	37.77

* AVL data

Current recycling of Li-ion battery

Li-ion battery



Incineration



DOWA eco system

black mass



BASF

Fe
Al
Cu
Co
Ni
Li

Electric furnace



Melting slag



Road material



Disassembly of lithium-ion battery

Governing equations for battery modeling

Concentration (C_s, C_e), Diffusion (D_s, D_e), Potential (ϕ_s, ϕ_e), Electric Conductivity (κ, σ) are changeable at different temperatures.

e⁻ transport in active material

e⁻ transport in electrolyte

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\sigma \frac{\partial \phi_s}{\partial x} \right) - j^{Li} = 0 \quad (1) \quad \frac{\partial}{\partial x} \left(\kappa \frac{\partial \phi_e}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\kappa \frac{\partial \ln(C_e)}{\partial x} \right) + j^{Li} = 0 \quad (2)$$

Li-ion transport in active material

Li-ion transport in electrolyte

$$\frac{\partial C_s}{\partial t} = \frac{D_s}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial C_s}{\partial r} \right) \quad (3) \quad \frac{\partial (\varepsilon_e C_e)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial C_e}{\partial x} \right) + \frac{1-t}{F} j^{Li} \quad (4)$$

Interface between active material and electrolyte

$$j^{Li} = a_s k (C_e)^\alpha (C_{s,max} - C_{s,e})^\alpha (C_{s,e})^\alpha \left[\exp \left(\frac{\alpha F}{RT} \eta \right) - \exp \left(- \frac{\alpha F}{RT} \eta \right) \right] \quad (5)$$

Li-ion Battery pack for PC

Voltage	V	14.4
Capacity	mAh	200
Num. of cell		4
Cell type		Cylindrical

Disassembly of lithium-ion battery(1)

* Never imitate us !

Start

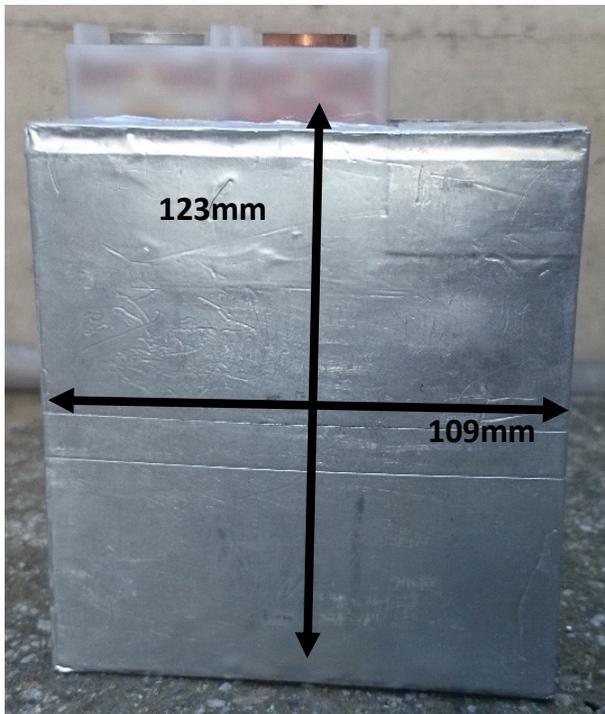
Completely discharge
the battery !



Cell disassembly is
extremely inefficient for
batteries of all shapes
and sizes.

Disassembly of lithium-ion battery(2)

* Never imitate us !



Prototype Li-ion Battery cell	
Capacity Ah	26
Voltage range V	3.75
Anode active material	Graphite
Cathode active material	LiMn ₂ O ₄ - LiCo _{1/3} Mn _{1/3} Ni _{1/3} O ₂
Solvent	EC/EMC/DMC
Salt	LiPF ₆

Disassembly of lithium-ion battery(2)

* Never imitate us !

Start

Completely discharge
the battery !



Drilling holes for
extracting electrolyte

Simple type Drafter
filled with argon



Extracted electrolyte



Degassing and drying

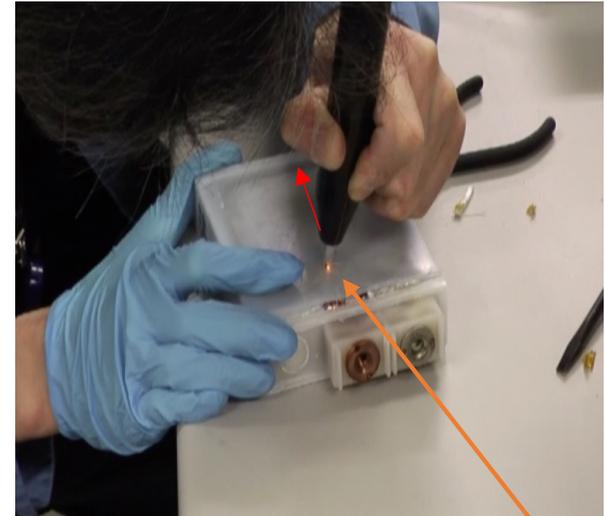
Drying



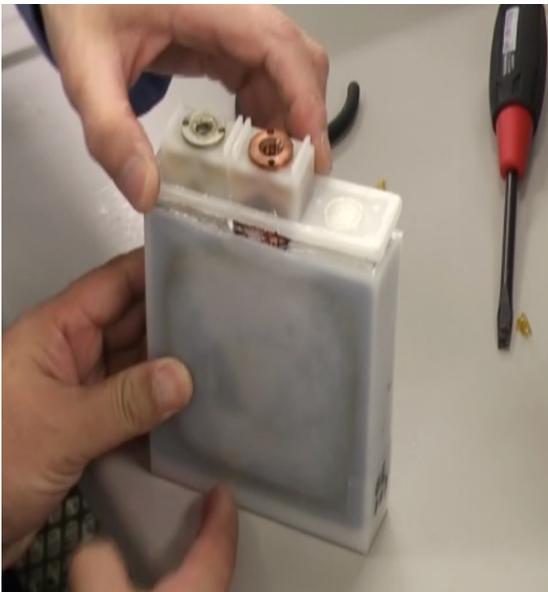
Ultrasonic cutter



Cutting around the top lid



Cutting on the sides
Spark for shorting the circuit



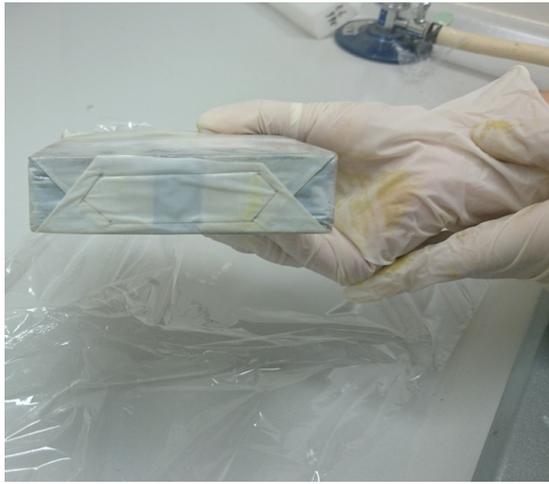
Disconnecting the top and sides



Removing the sides



Finish (20 min.)



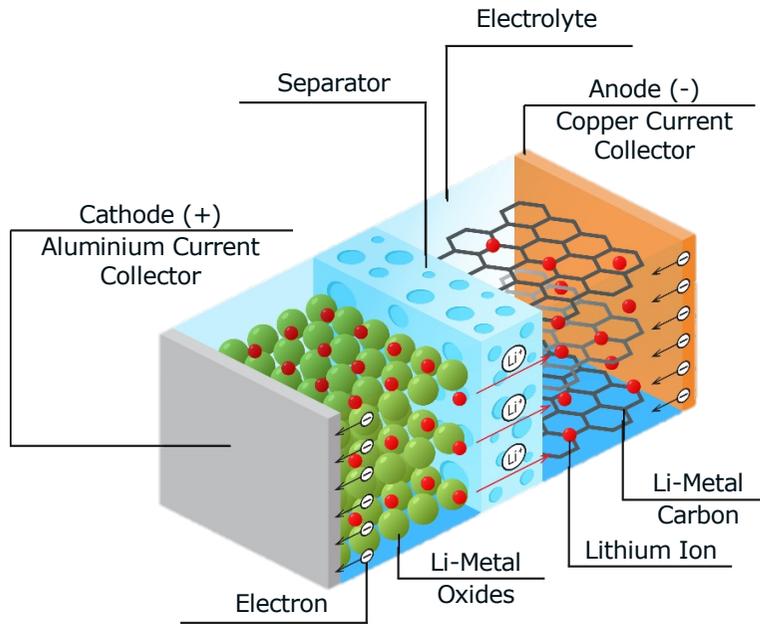
Fin.



- Direct recovery takes log time for unit cell
- Inactive gas draft chamber is needed.
- Sometimes dangerous, especially, shorting circuit and electrolyte ignited by the spark

Lithium recycle engineering

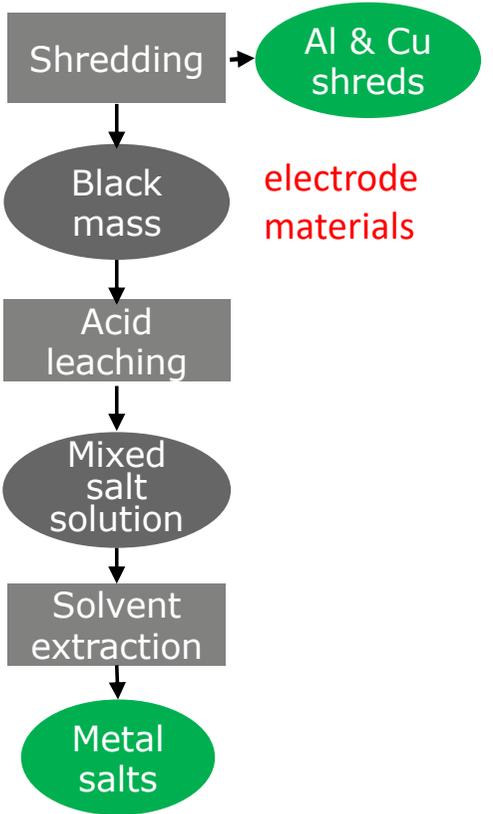
Stack → Module → **cell**



Hydro-Metallurgy

"Wet Processing", e.g. leaching

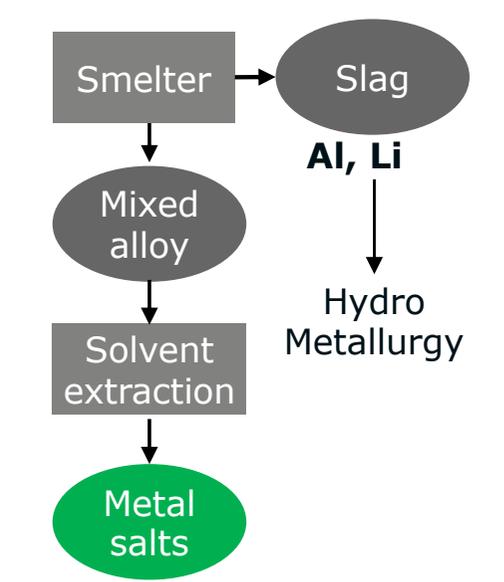
Pretreatment: discharge, sintering



Pyro-Metallurgy

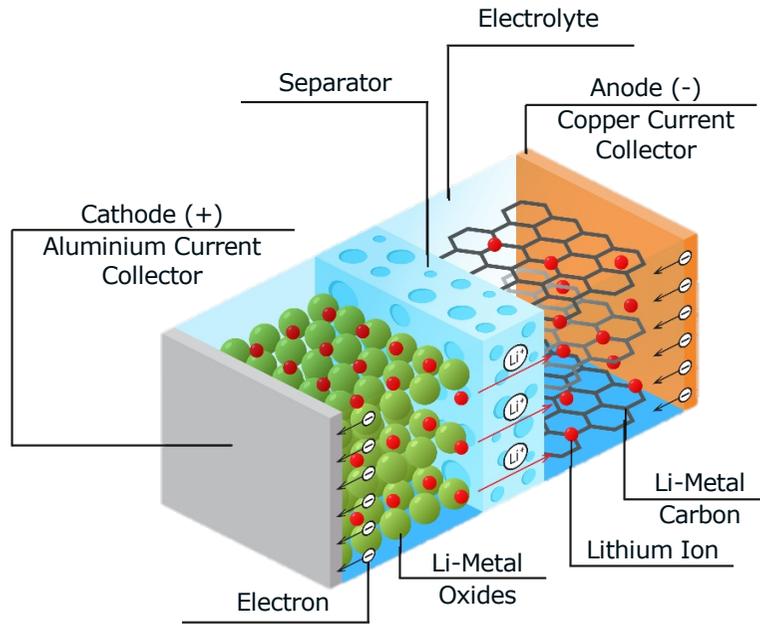
High temperature process, e.g. smelting or burning

Pretreatment: discharge, sintering



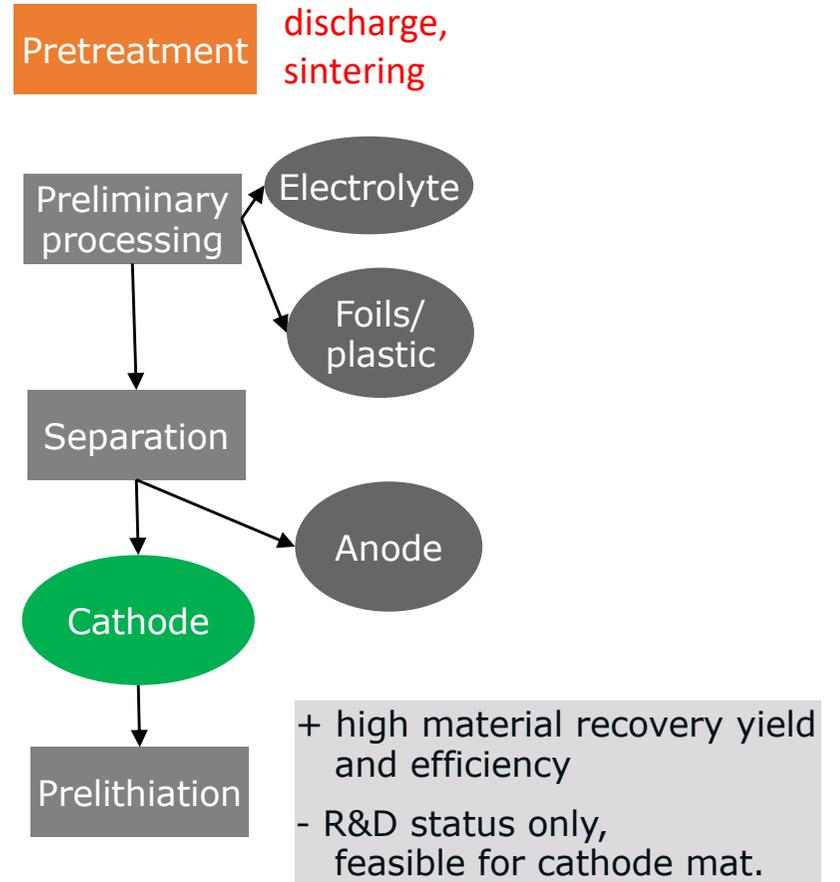
* AVL data

Future Lithium recycle engineering



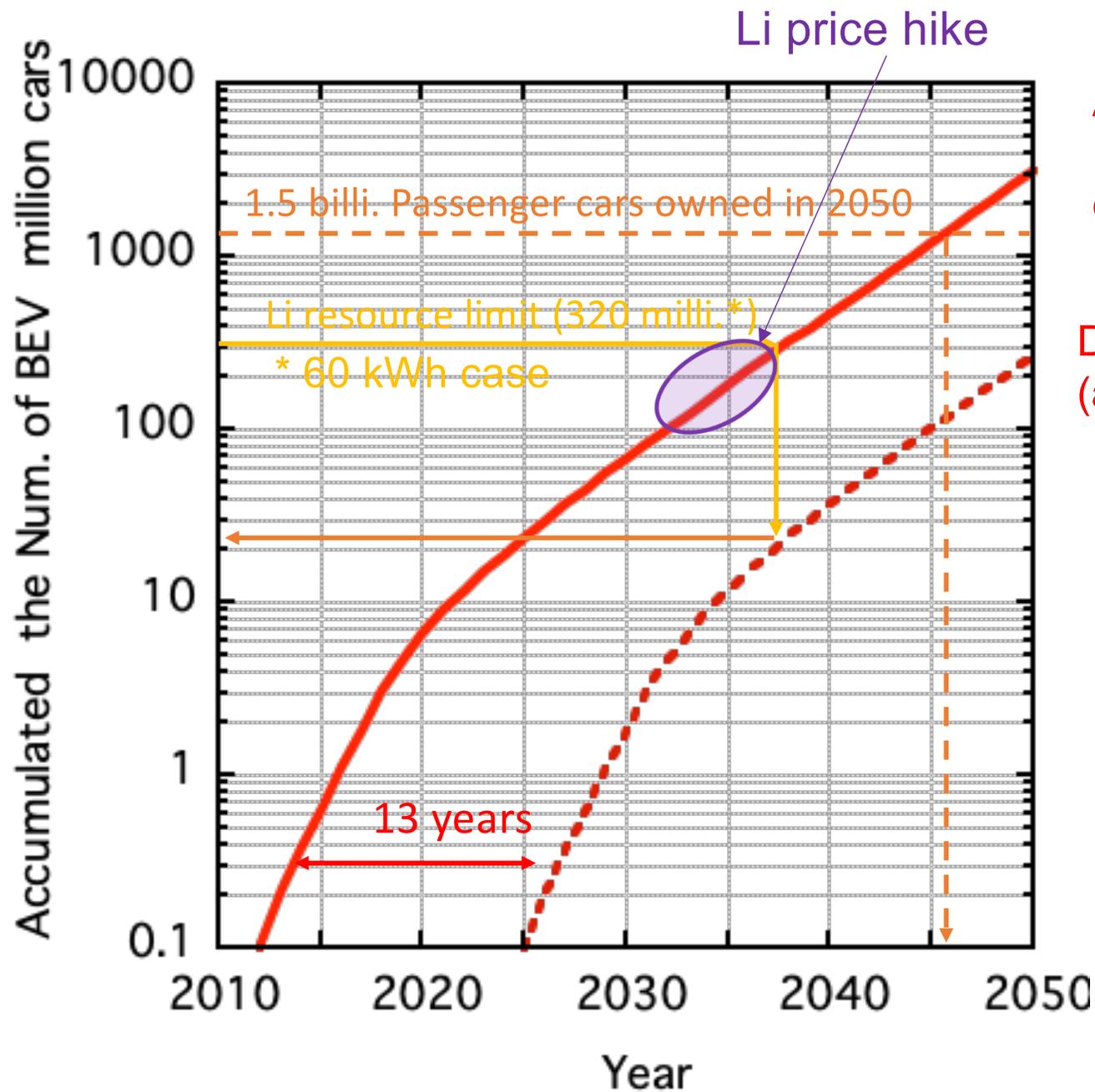
Direct Recovery

(R&D) mechanical removal of cathode material



* AVL data

Sales, disposal and cumulative num.



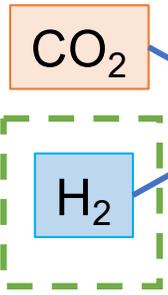
Accumulative
Num. with
disposal

Disposal
(accumulated)

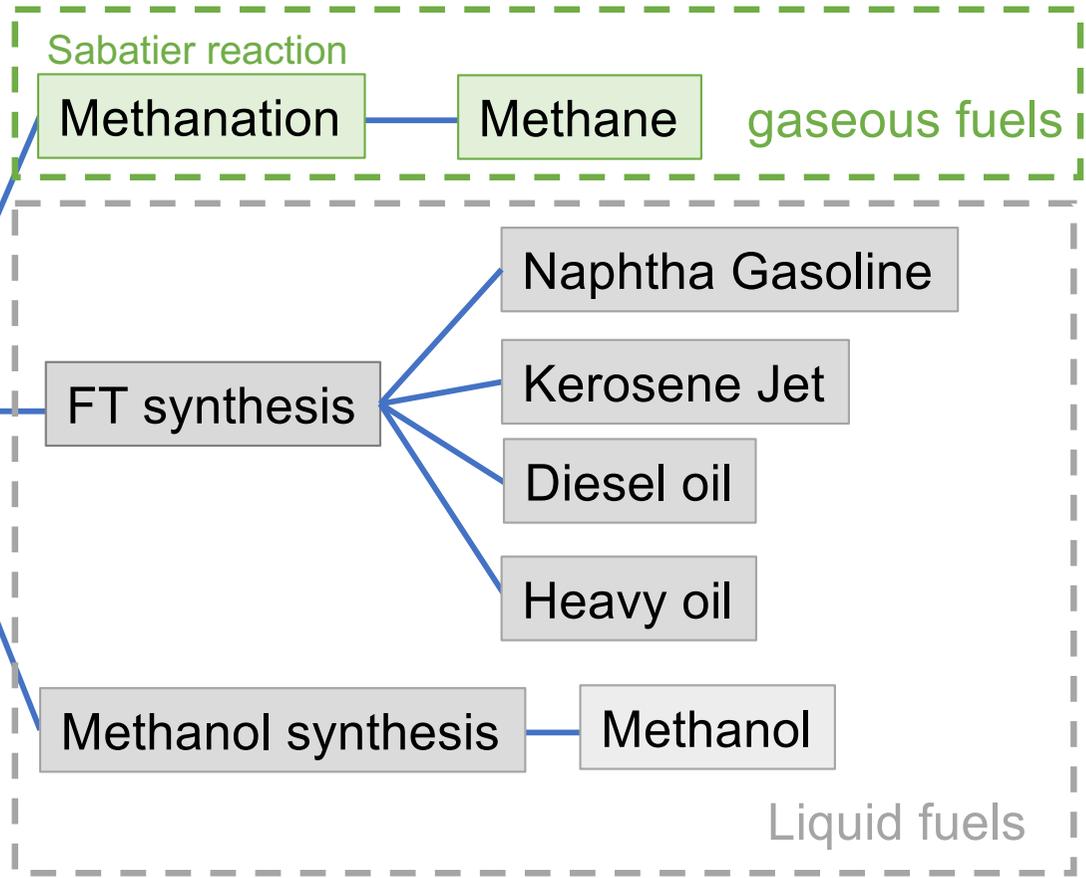
**6 % Li
Not
recycled**

Carbon neutral fuels

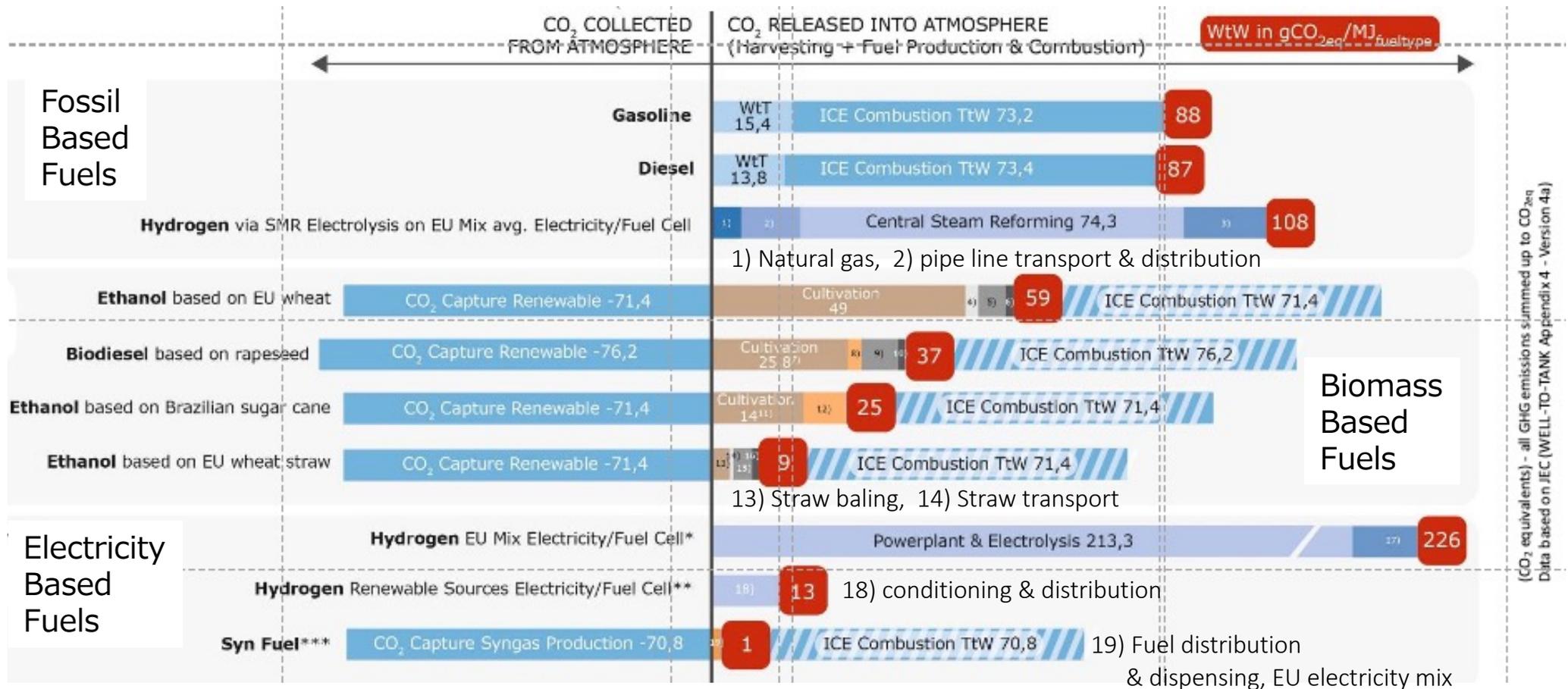
- DAC
- Bio-mass
- Recovery from waste



- Water electrolysis using electricity from renewable energy sources



GHG Emissions for Fuels Well-to-Tank / Tank-to-Wheel



(CO₂ equivalents) - all GHG emissions summed up to CO₂eq
 Data based on JEC (WELL-TO-TANK Appendix 4 - Version 4a)

*High voltage supply, central electrolysis, 880 bar at Retail site.

**Central electrolysis, H₂ pipeline transport, 880 bar at Retail site.
 Fuel conditioning at dispenser based on avg. EU mix electricity.

***Power to Liquid (ren. Electricity) to SynDiesel via methanol/CO₂ from flue gas.
 Fuel conditioning at dispenser based on avg. EU mix electricity.



Textbook, § 6. Energy carrier

Lectured by Michael Hold

Summary 1

- 産業部門のCO₂削減が2030年に起こると、鉄鋼・化学工業、さらには機械系製造業が停滞する恐れがある。このため、経済成長との両立は難しい。逆の言い方をすると2030年のカーボンニュートラルが、経済がますます悪化させる恐れがある。その反面、欧州からはおそらく強ちにCO₂削減を迫られる

If the reduction of CO₂ emissions in the industrial sector in 2030, the steel industry may stagnate. This will make economics worse. On the other hand, Europe will probably press us hard to reduce CO₂ emissions.

Summary 2

- BEVの普及には、バッテリーの低価格化が必要であるが、バッテリーが低価格だと、現在のリサイクル事業の採算性が見合わない。バッテリーのリサイクルが成立することは資源価格の高騰を意味する。

The spread of BEVs requires low-cost batteries, but the profitability of the recycling business is not commensurate. The establishment of battery recycling will mean a rise in the price of resources.

Summary 3

- バッテリーのリサイクルが進まないと、今後大量に廃棄される電気自動車のリチウムの回収が進まず散逸するので、リチウムリサイクルに強力にインセンティブが必要である。輸出するバッテリーのリチウム回収も問題である。

If battery recycling does not proceed, the lithium from the large number of electric vehicles that will be disposed of in the future will not be recovered and will be dissipated. Thus, need strong incentives for lithium recycle business. Lithium recovery from batteries to be exported is also an issue.

Summary 4

- カーボンニュートラル燃料は水素燃料が製造面からは有望である。炭素を含むカーボンニュートラル燃料の場合、C原子は DAC由来、Bio-mass 由来、廃棄物由来に限る。化石燃料由来の炭素を使用することはできない。

Hydrogen fuel is a promising carbon-neutral fuel from a production standpoint. For carbon-neutral fuels containing carbon, C atoms should be limited to DAC-derived, bio-mass-derived, and waste-derived. Fossil fuel-derived carbon cannot be used.

Summary 5

- Drop in Fuel を使用する場合, 合成に要するエネルギーとしてはrenewable energy を使用することが望ましい.
- 燃料製造にバイオマス、Renewable energyを使用するのであれば合成燃料がW2W で有利である.

When using Drop in Fuel, it is desirable to use renewable energy as the energy required for synthesis.

If biomass and renewable energy are used for fuel production, synthetic fuels are advantageous in W2W.

COP26

新車CO₂ゼロ 24カ国宣言

「40年までに」日中米は不参加

【ロンドン＝藤沢有哉】

開催中の国連気候変動枠組み条約第二十六回締約国会議(COP26)の議長国・英国は十日、二酸化炭素(CO₂)を出す新車の販売を二〇四〇年までにやめるとの宣言を発表した。電気自動車(EV)などCO₂を排出しない「ゼロエミッション車」への移行を進める。二十四カ国が賛同したもの、日本、中国、米国も不参加で、宣言の実効性は不透明な状況だ。

排出量取引の合意焦点④

宣言では、すべての新車販売をゼロエミッション車にするの目標に取り組むと明

記。先進国などの主要市場で二五年までに、世界的には四〇年までに、ハイブリッド車(HV)を含めたガソリン車やディーゼル車の新車販売をやめる。

賛同したのは英国の他にカナダやチリ、イスラエル、ノルウェーなど。世界最大の自動車市場を抱える中国と第二位の米国、輸出大国の日本、ドイツなどは不参加で、切り替えがどれだけ進むかは見通せない状況だ。

英紙フィナンシャル・タイムズによると、環境団体のCOP26代表団長は「宣言が信頼性を持つには、米独といったすべての主要自動車生産国が参加す

る必要がある」と指摘した。

日本は三五年までに、乗用車の新車販売をハイブリッド車(HV)も含めた電動車にするとの目標を掲げる。英政府の宣言発表を受け、萩生田光一経済産業相は十日の記者会見で「日本は多様な技術の選択肢を追

求するため、今回の完全EVという約束には参加しない」と説明。エネルギー関連施策は「地域性や国の事情を含め、最善の方策をとることが必要」と述べ、不参加は「後ろ向きな話ではない」と強調した。

宣言には、自動車メーカーとしても主要市場では三五年までに、新車販売のゼロエミッション車への切り替えを目指すことを盛り込んだ。米ゼネラル・モーターズ(GM)や英ジャガー・ランドローバーなど十一社が賛同したが、日本勢は加わっていない。

Today's TOKYO new paper

At COP 26, 24 countries agreed to reduce CO₂ emissions from new cars to zero by 2040.

The United States, China, Japan, and Germany will not participate.

The minister of Economy, Trade and Industry said that "Japan will not participate in this commitment to full BEVs, as it will pursue a variety of technology options."