

図1 LCA(環境ライフサイクル・アセスメント)の考え方

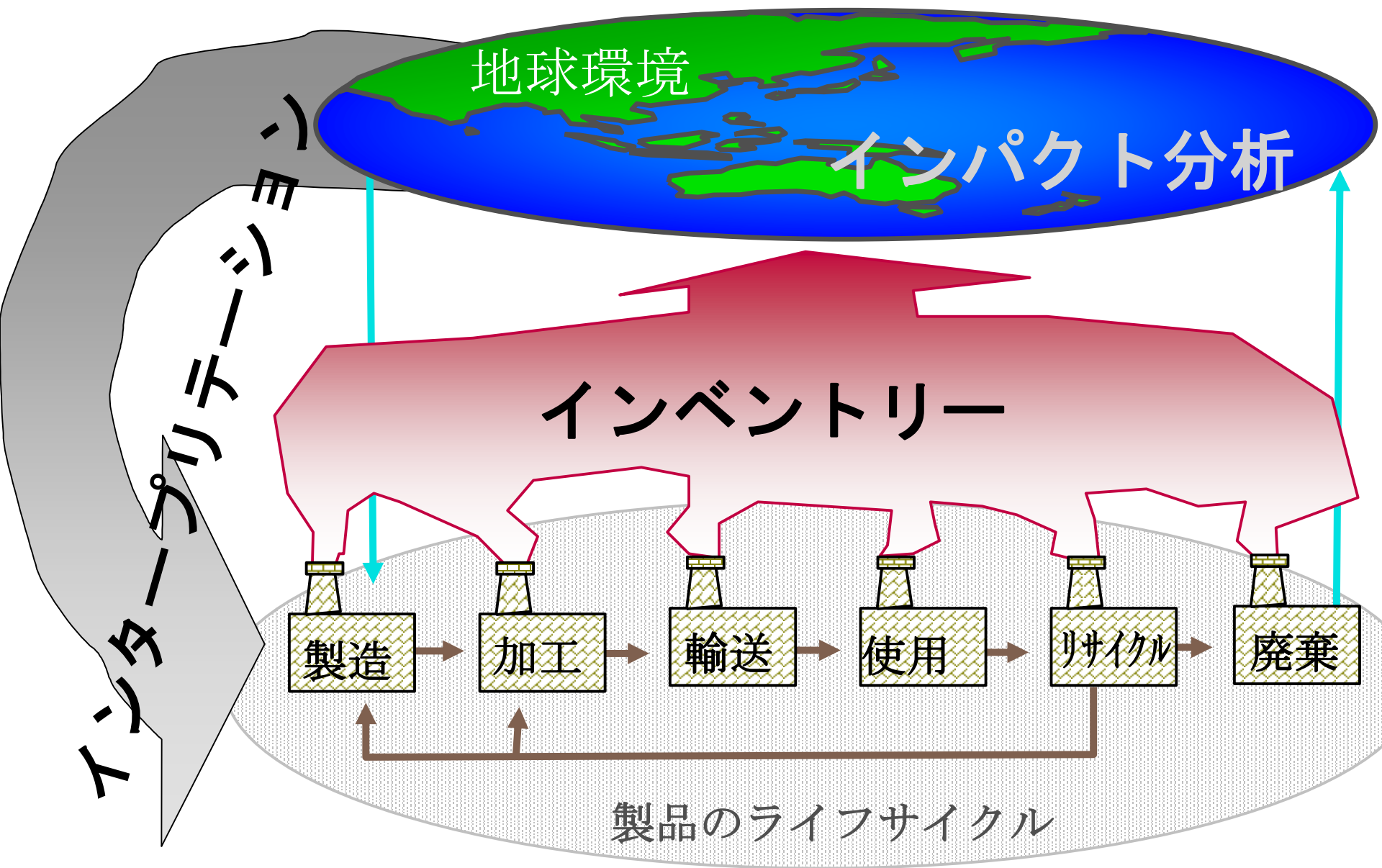


図1. LCAの3つのフェイズの概念図

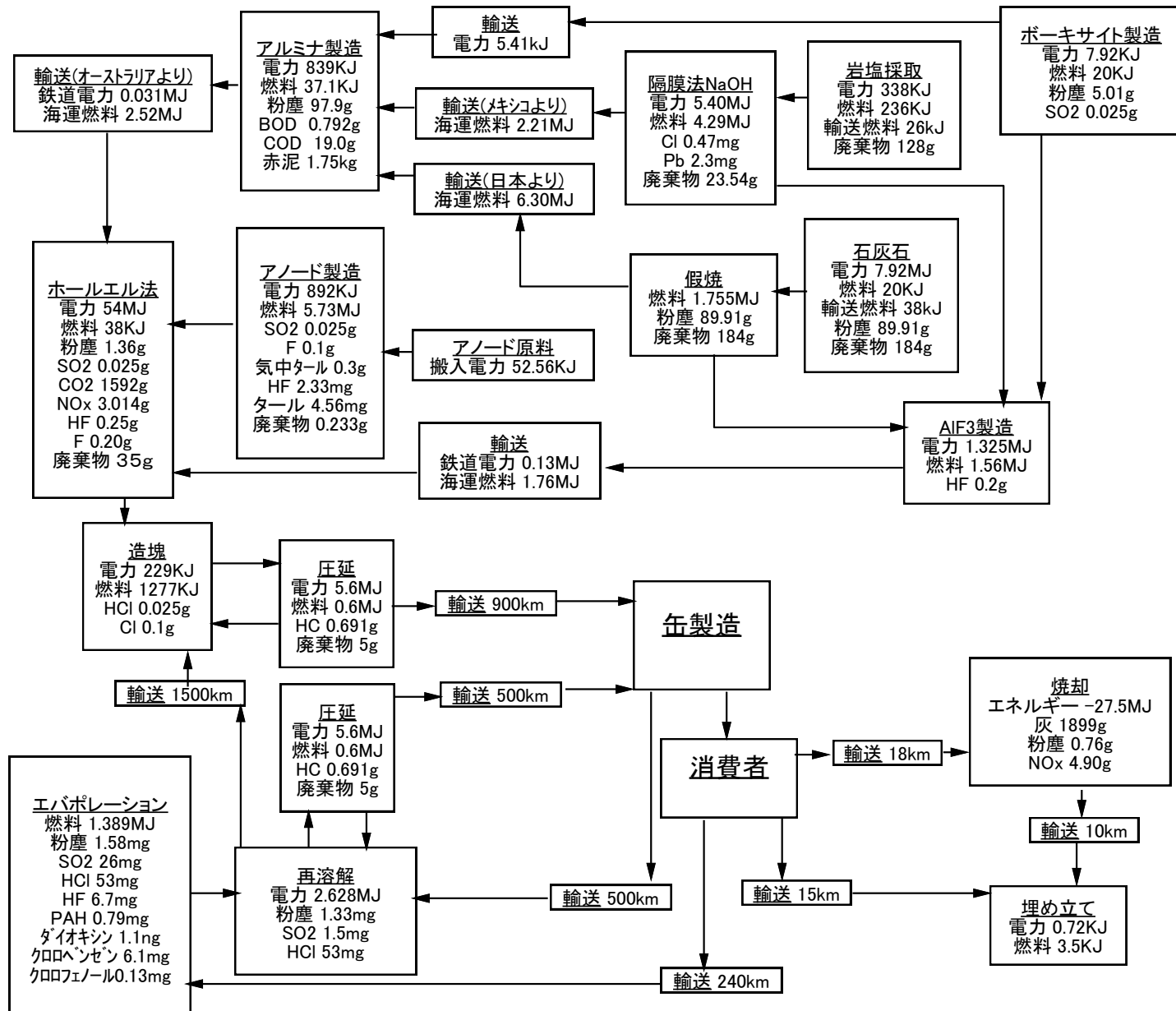
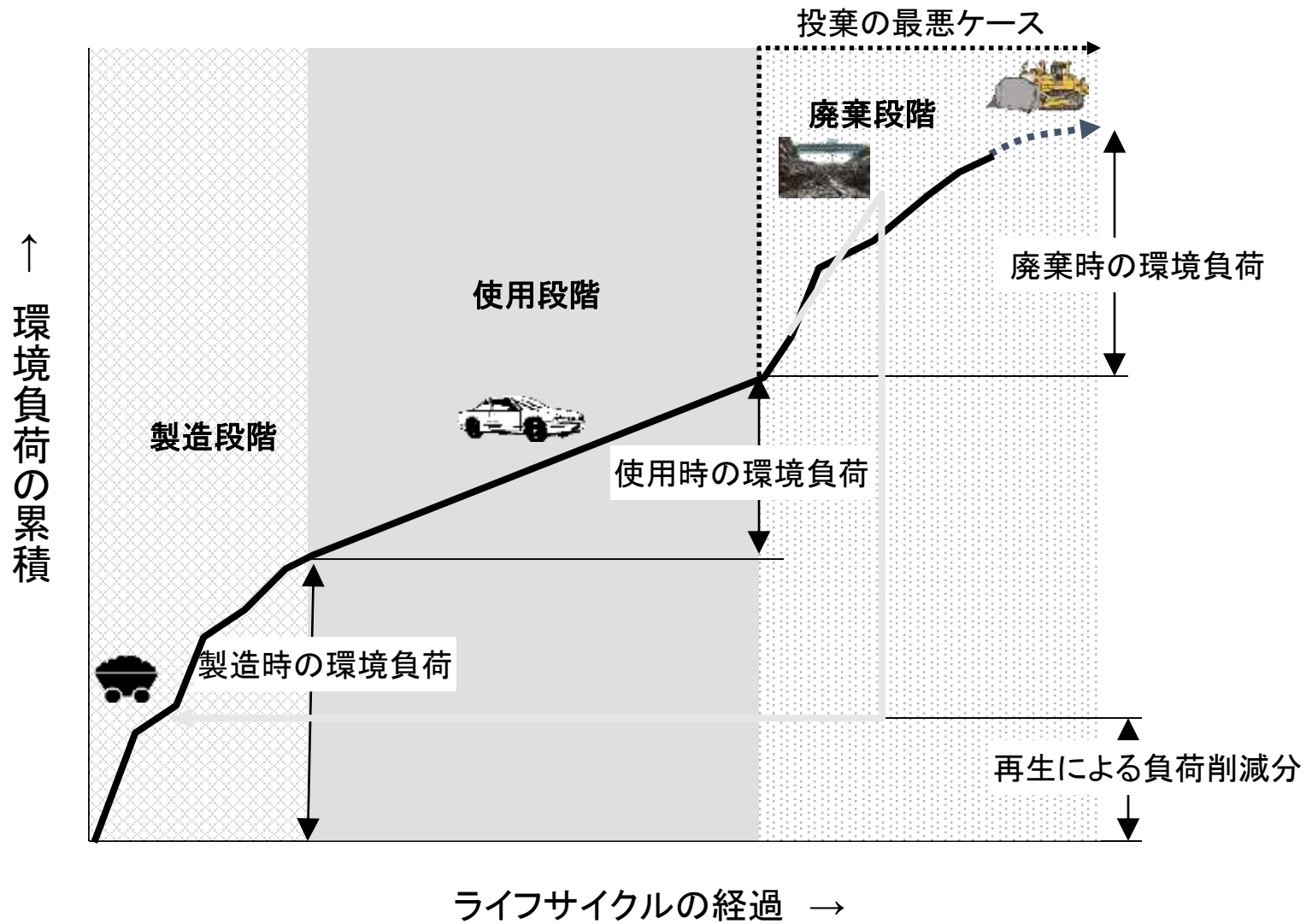


図4・7アルミニウム缶のLCAのインベントリー・ツリーの例
Chalmers工科大学の報告”packaging and the environment”に基づく

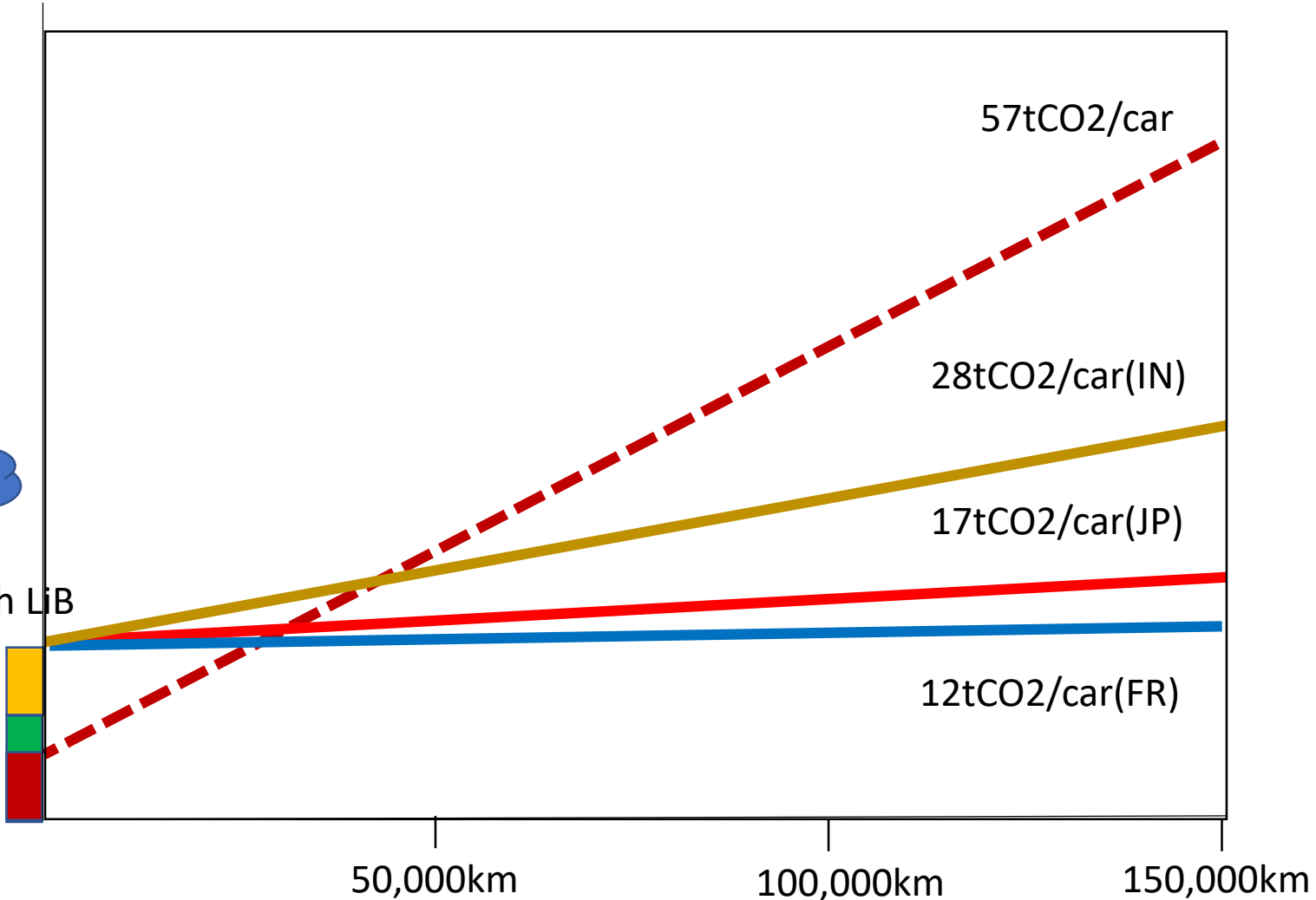


速報値

+4tCO₂/10kWh LiB

7tCO₂/car

5tCO₂/car



57tCO₂/car

28tCO₂/car(IN)

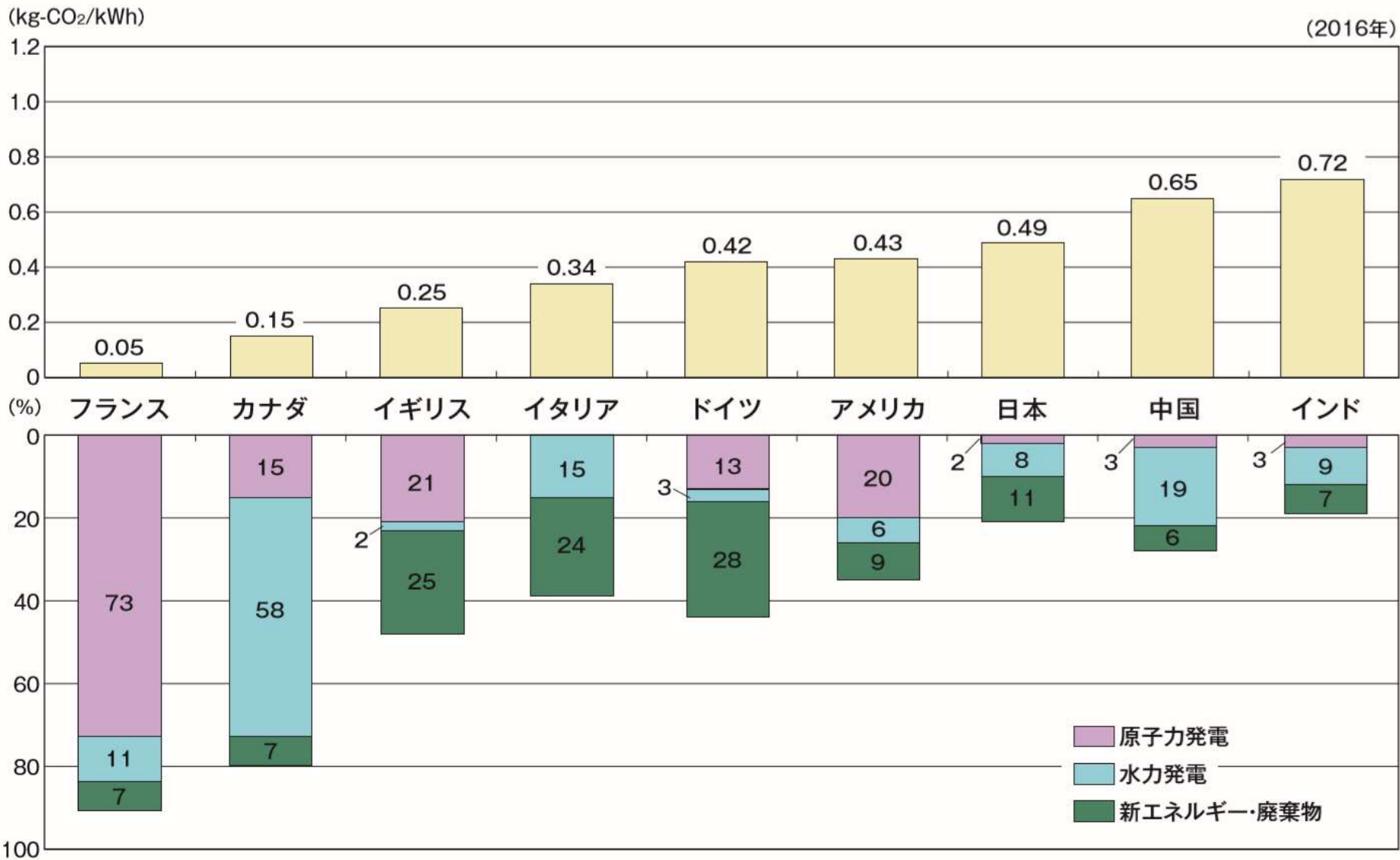
17tCO₂/car(JP)

12tCO₂/car(FR)

50,000km

100,000km

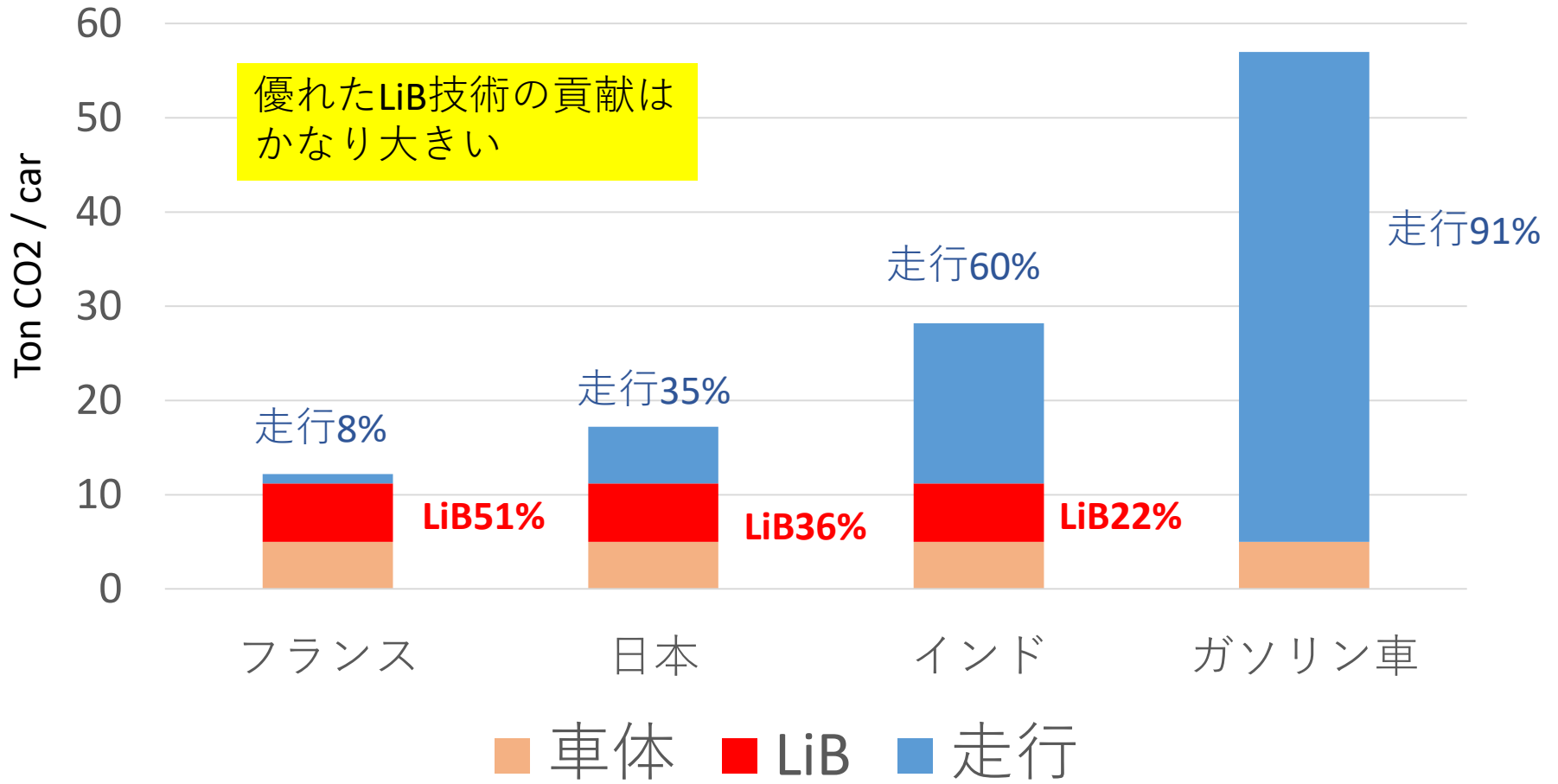
150,000km



LiBの詳細LCAにもとづく

15,000km走行のLife-cycle CO2

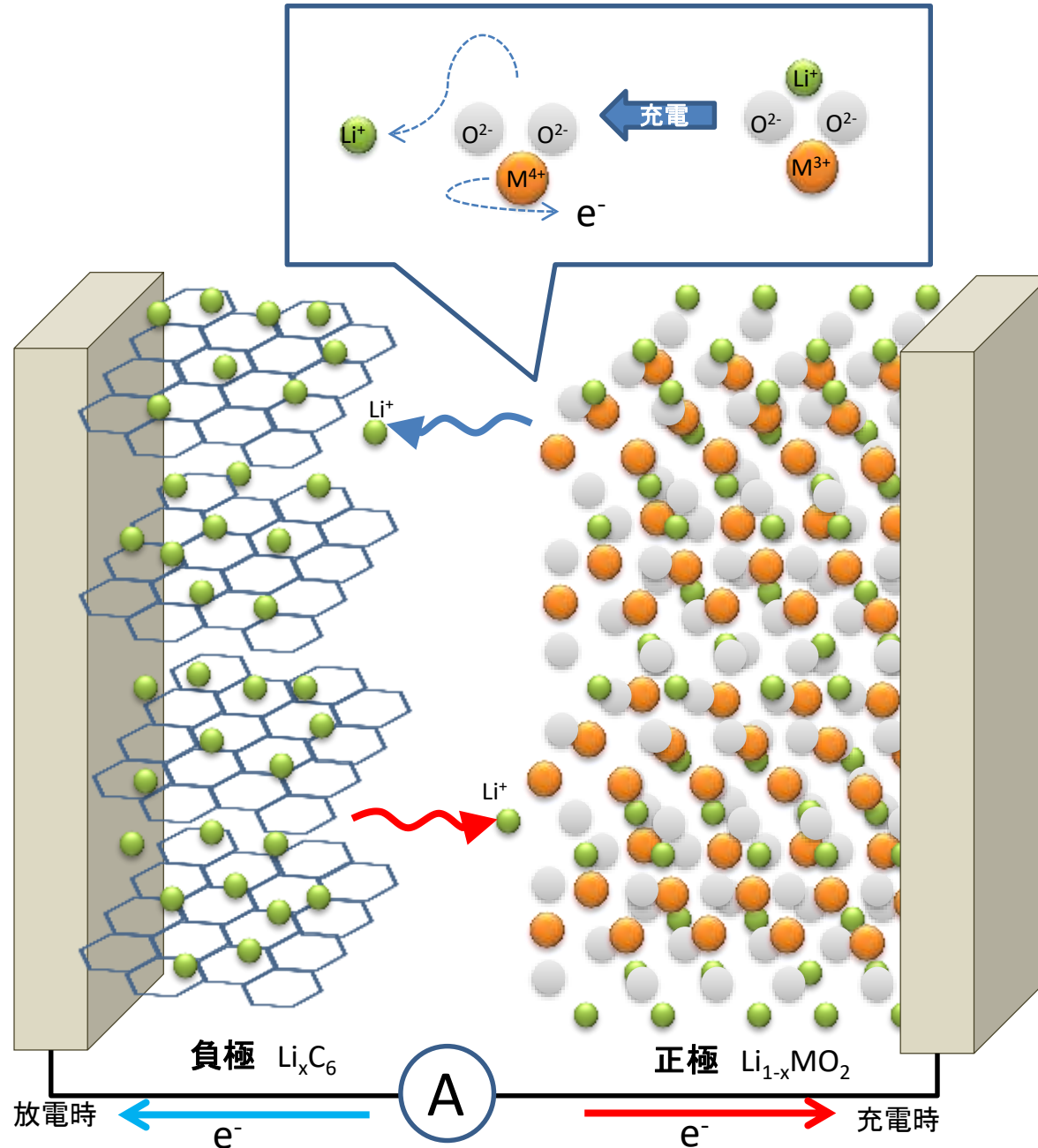
速報値



Bill of Material of 23.5kwh LiB

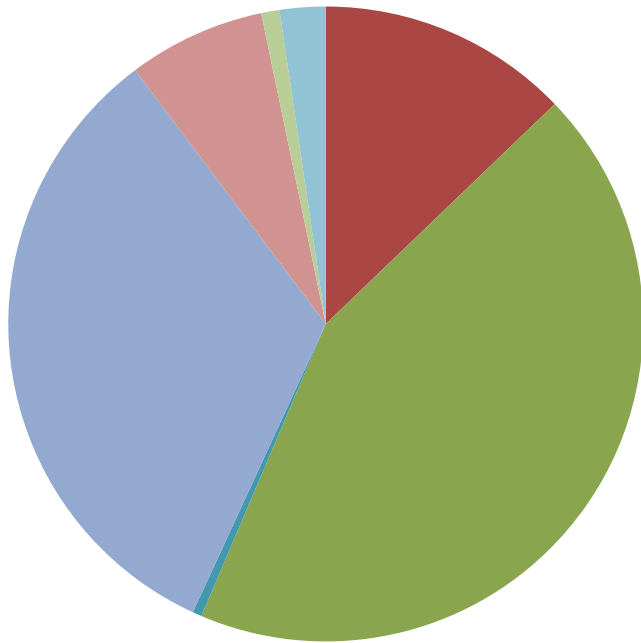
| | | kg | kg | | | kg | kg |
|----------------------|-------------------------------------|--------|----|----------------------------------|-----------------------|-------|----|
| TOTAL | | 164.98 | | | | | |
| Cell components (kg) | | 119.77 | | Module components sans cell (kg) | | 9.06 | |
| 正極 | | | | | Copper | 0.43 | |
| | Active cathode material | 41.52 | | | Aluminum | 7.22 | |
| | Aluminum | 9.8 | | | Plastic: Polyethylene | 0.18 | |
| | NMP | (39.6) | | | Insulation | 0.11 | |
| | Carbon black | 2.8 | | | Electronic part | 1.12 | |
| | Binder (PVDF) | 3.55 | | Pack components sans module (kg) | | 36.15 | |
| 負極 | | | | | Copper | 0.09 | |
| | Copper | 18.84 | | | Aluminum | 22.33 | |
| | Graphite | 23.18 | | | Steel | 1.02 | |
| 電解質 | | | | | Insulation | 0.69 | |
| | Electrolyte: LiPF6 | 2.66 | | | Coolant | 7.1 | |
| | Electrolyte: Ethylene Carbonate | 7.43 | | | Electronic part | 4.91 | |
| | Electrolyte: Dimethyl Carbonate | 7.43 | | | | | |
| セパレータ | | | | 設備 | | | |
| | Plastic: Polypropylene | 1.82 | | 組み立て電力 | | | |
| | Plastic: Polyethylene | 0.42 | | | | | |
| その他 | | | | | | | |
| | Plastic: Polyethylene Terephthalate | 0.34 | | | | | |

5-14リチウムイオン電池の充放電過程

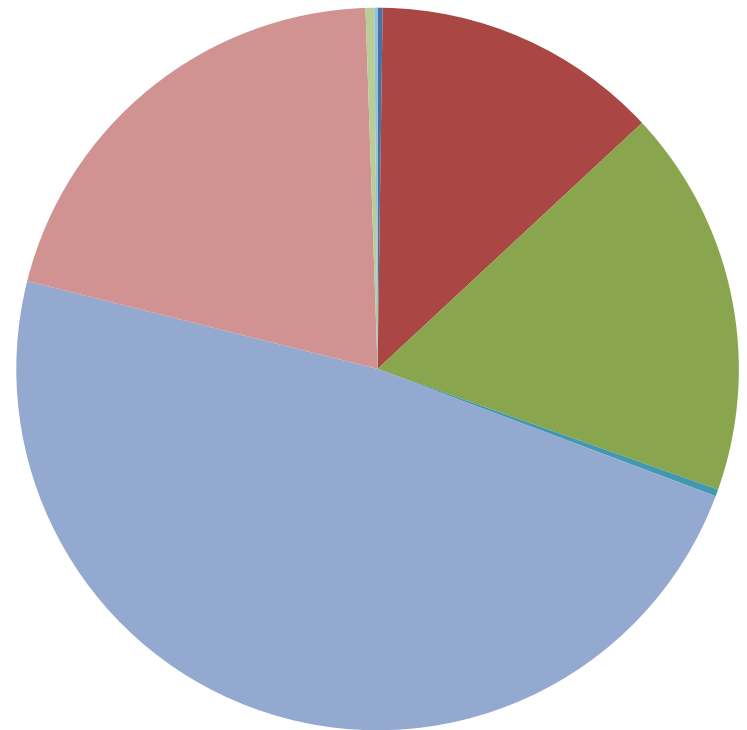


Li 2017

生產量
43000t



埋藏量
16000000



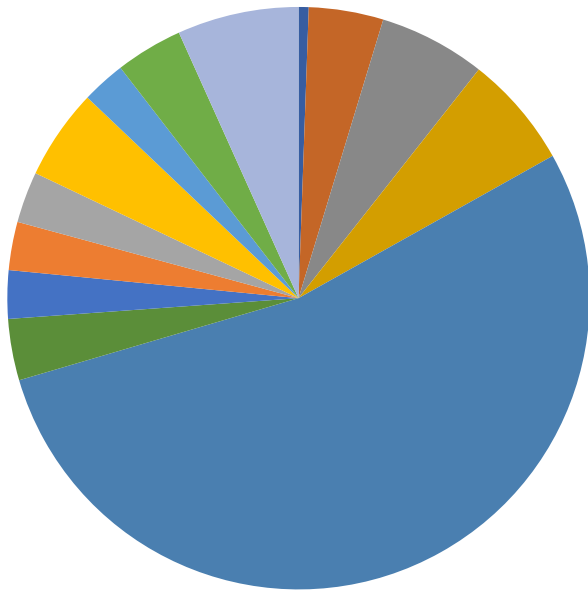
Co 2017

生產量

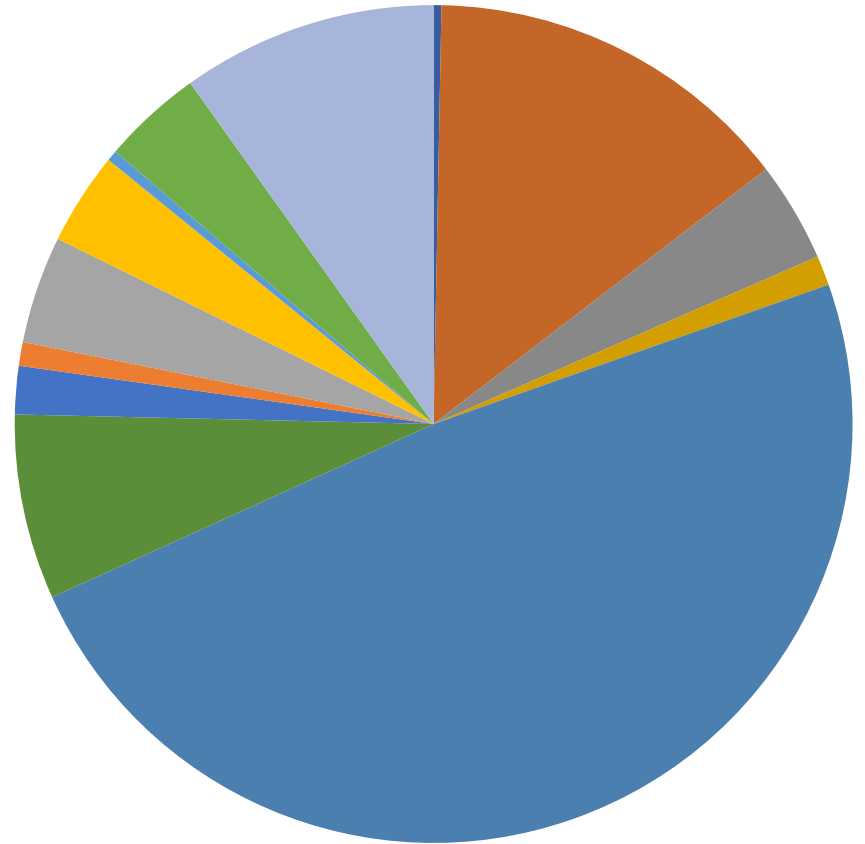
123,000ton

埋藏量

7,000,000ton

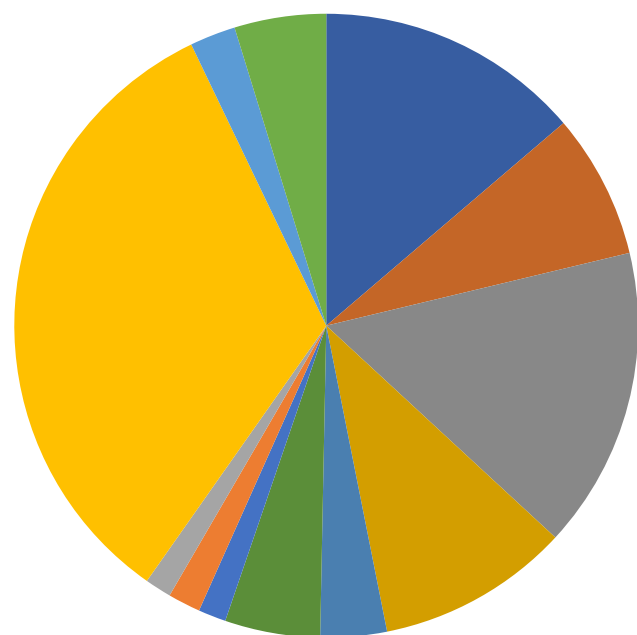


- US
- AU
- CA
- CN
- congo
- cuba
- madagascar
- new caledonia
- PH
- RU
- ZA
- zambia
- othr

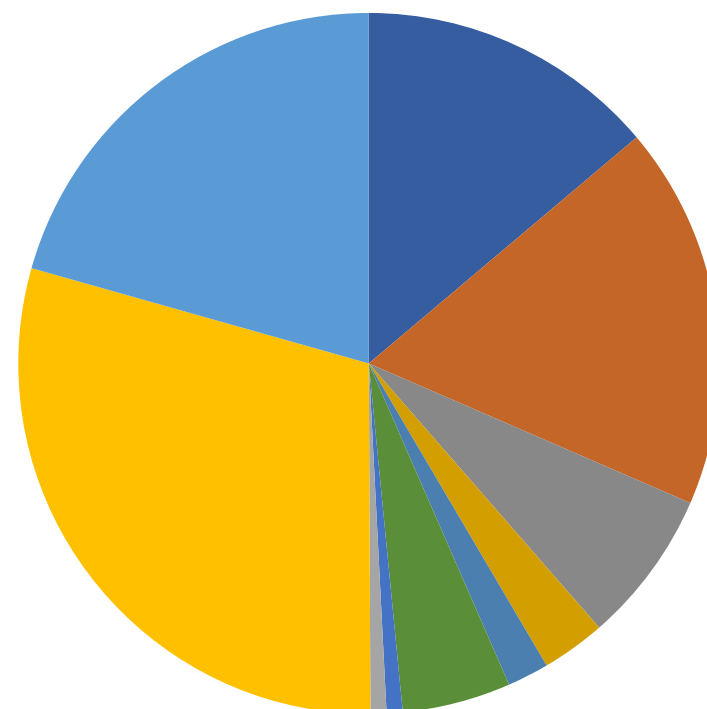


Mn 2017

生產量
16000kt

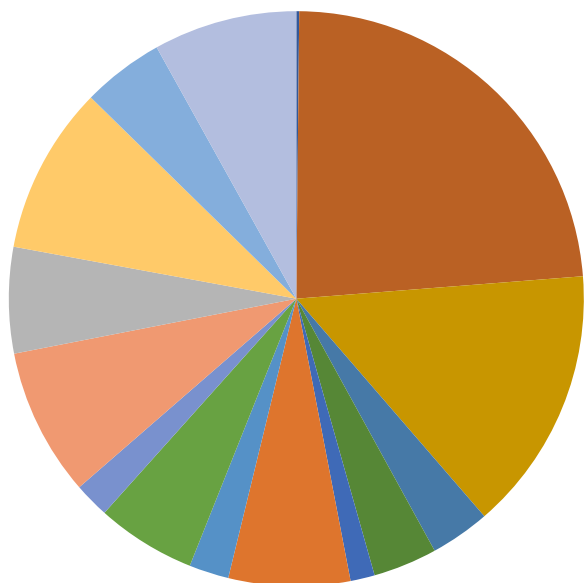


埋藏量
680000kt



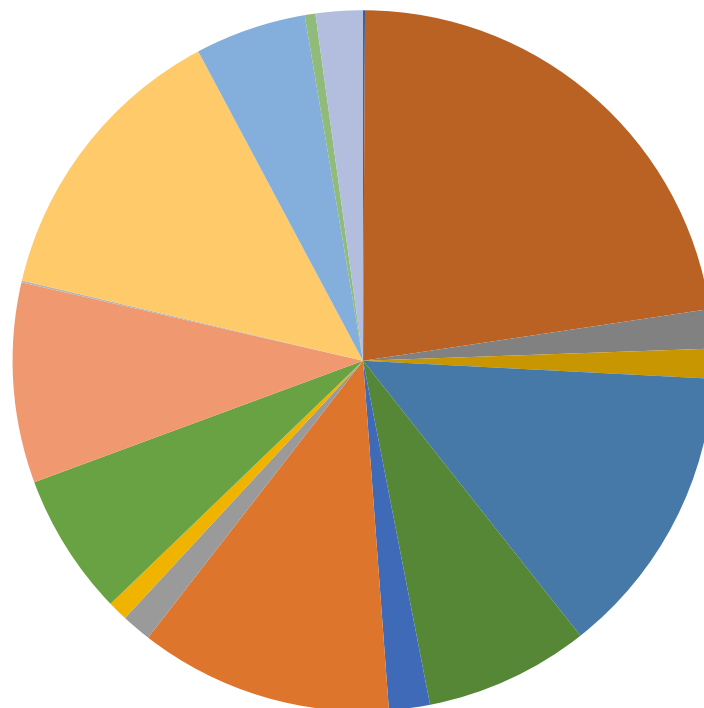
Ni 2017

生產量
2100kt



- US
- AU
- Botswana
- BR
- CA
- CN
- Colombia
- CU
- Dominica
- Greece
- Guatemala
- IN
- Madagascar
- New Caledonia
- PH
- RU
- ZA
- Zimbabwe
- other

埋藏量
74000kt



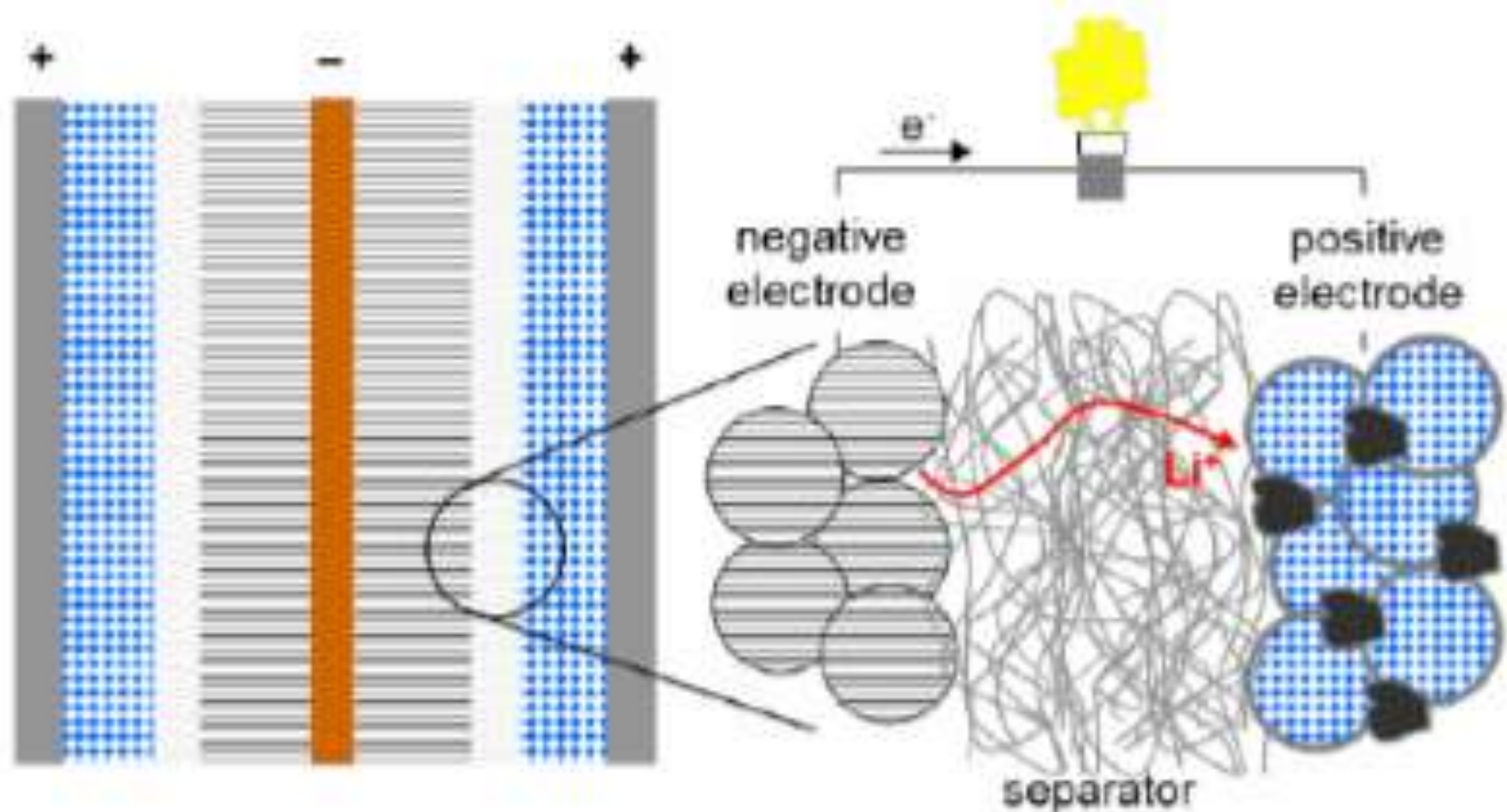
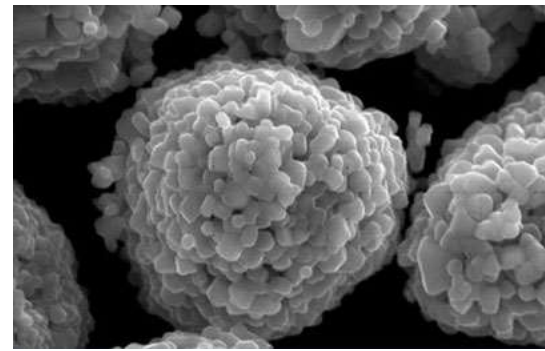
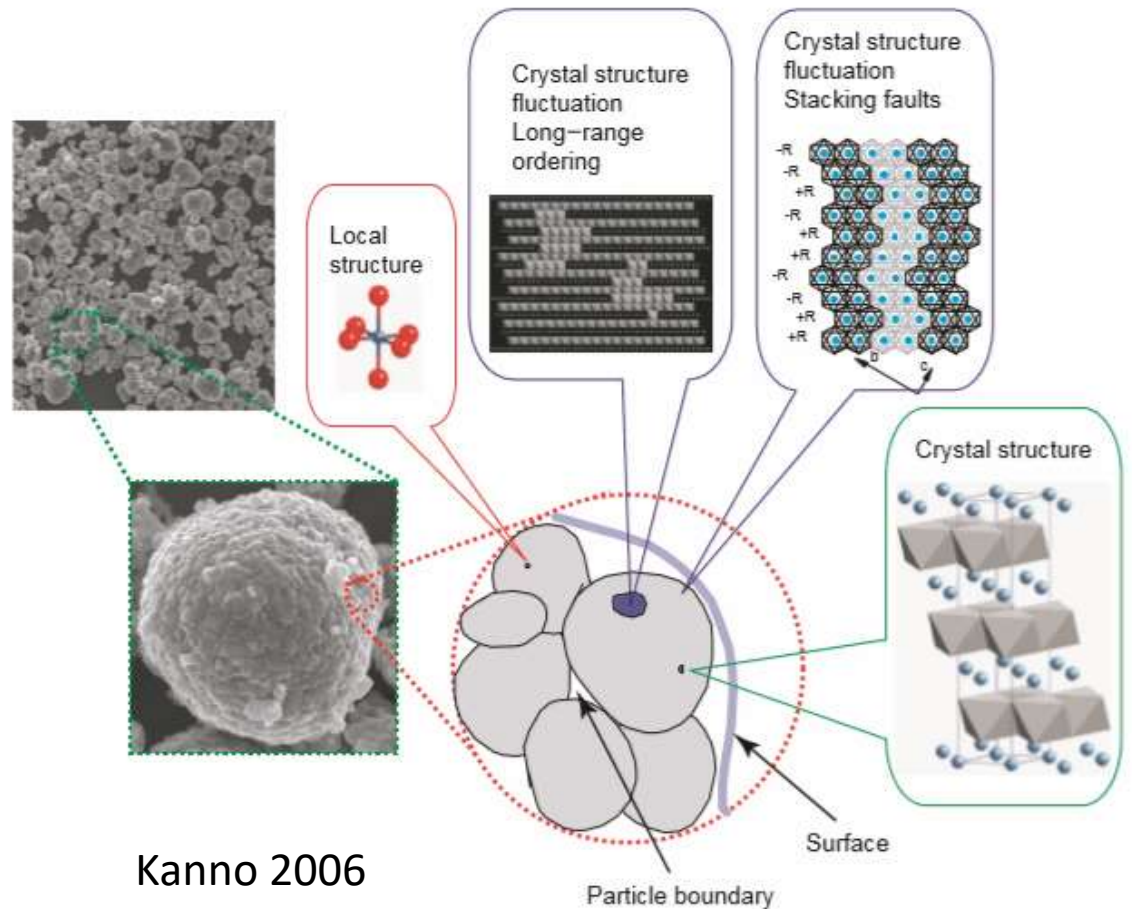


Figure 9 Cell Chemistry in a Lithium-Ion Battery
(Source: Nelson et al. 2011)



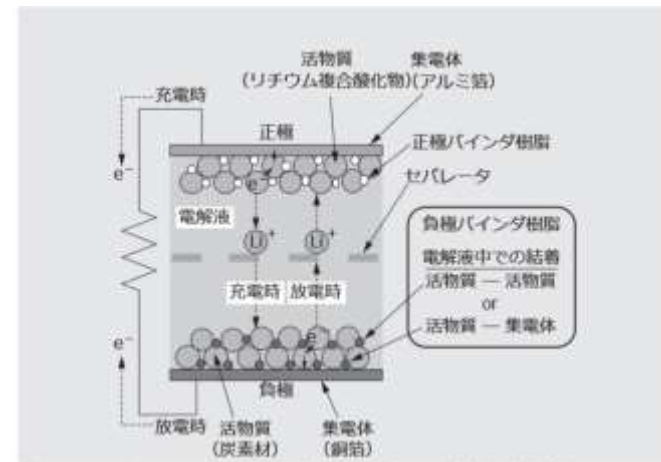
- LNCM: LiNiCoMnO_2 (Ni:Co:Mn=5:2:3) 層状岩塩型 酸化物



Kanno 2006

- PVDF(ポリフッ化ビニリデン) 正極バインダ
 $-(C_2H_2F_2)_n-$

- SBRスチレンブタジエンゴム
 負極バインダ



- CMCカルボキシメチルセルロース
 負極増粘剤、分散剤

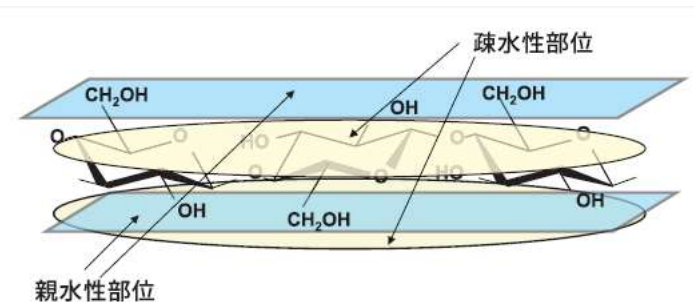


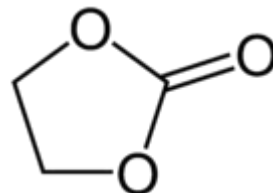
図2 セルロースの一次構造(化学構造)と疎水、親水サイト

電解質物質

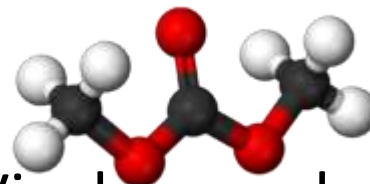
- LiPF₆ヘキサフルオロリン酸リチウム (lithium hexafluorophosphate) 電解質



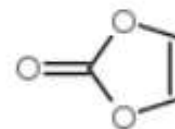
- EC 炭酸エチレン



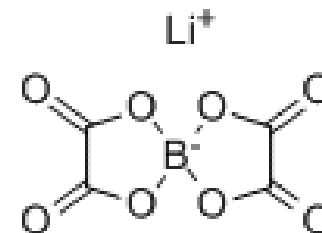
- DMC 炭酸ジメチル



- VCビニレンカーボネート Vinylene carbonate



- LIBOBリチウムビスオキサレ-トボラ-ト



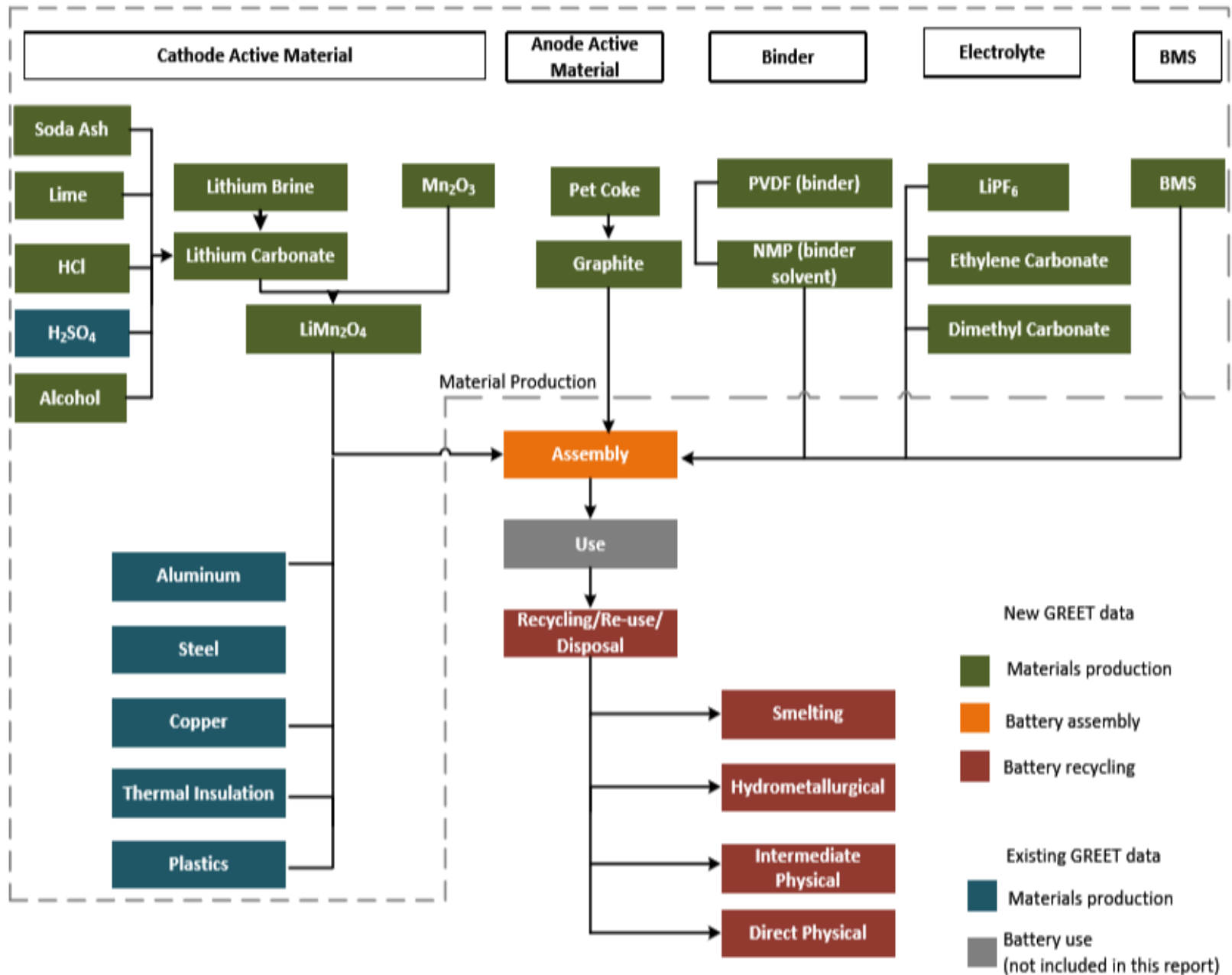
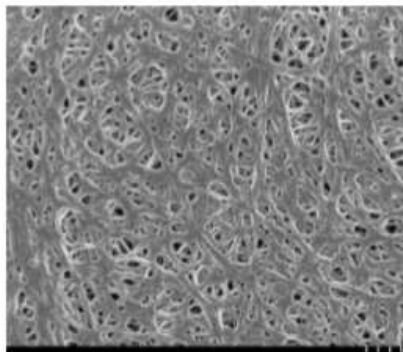


FIGURE 1 Components and Processes with Material and Energy Flows in GREET

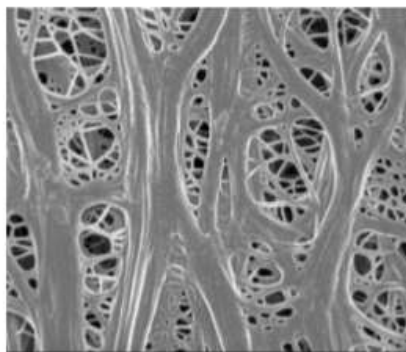
HIPORE (湿式)

CELGARD (乾式)

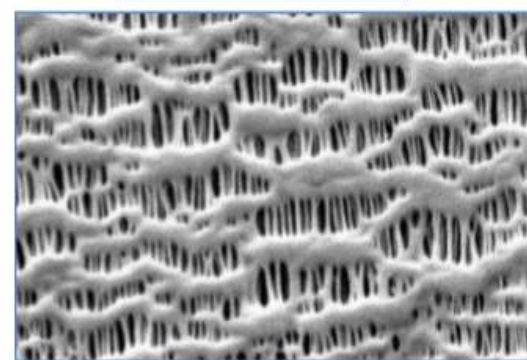
基材膜



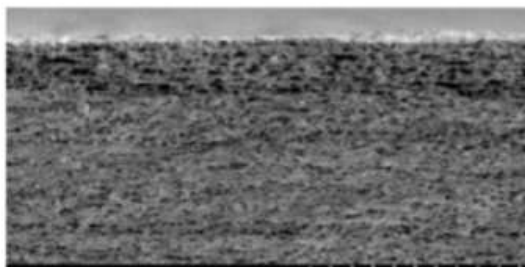
Nシリーズ



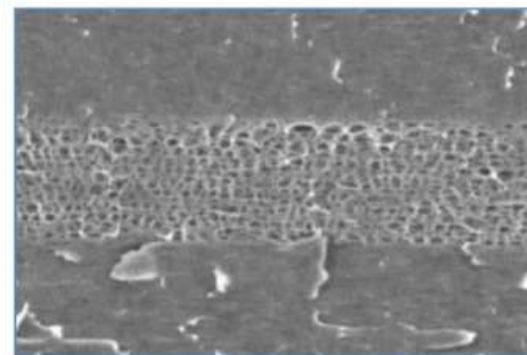
Sシリーズ



PP単層

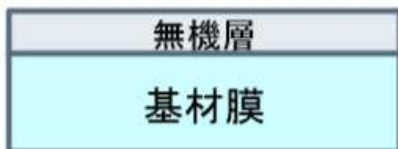


積層膜



PP/PE/PP三層

塗工



セラミック系
(耐熱性)



ポリマー系
(接着性)



複合系
(耐熱+接着性)

湿式法

- ・ポリマー
- ・可塑剤

【湿式法の特徴】

可塑剤・ポリマー・延伸条件など制御因子が多く
多様な孔設計/制御が可能。極薄膜の作成も可能

プロセス

- ポリマー・可塑剤を加熱混合、押出してフィルムを形成
- 延伸してフィルムの構造を制御。長さ・幅両方向の二軸延伸が一般的
- 可塑剤を抽出し微多孔を形成



乾式法

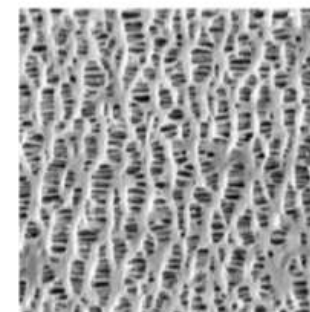
- ・ポリマー

【乾式法の特徴】

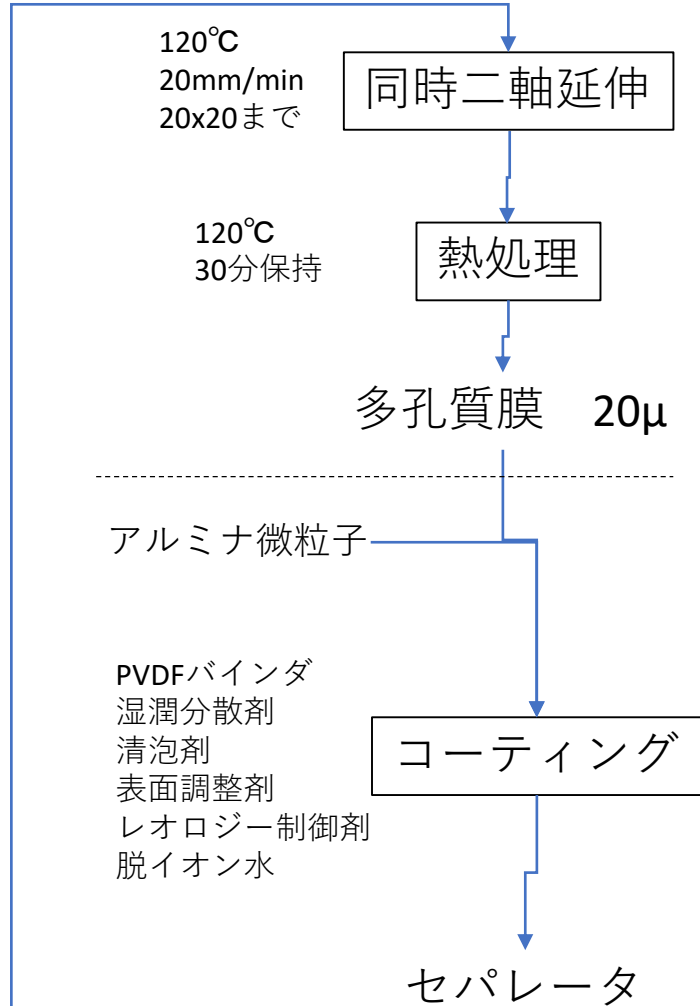
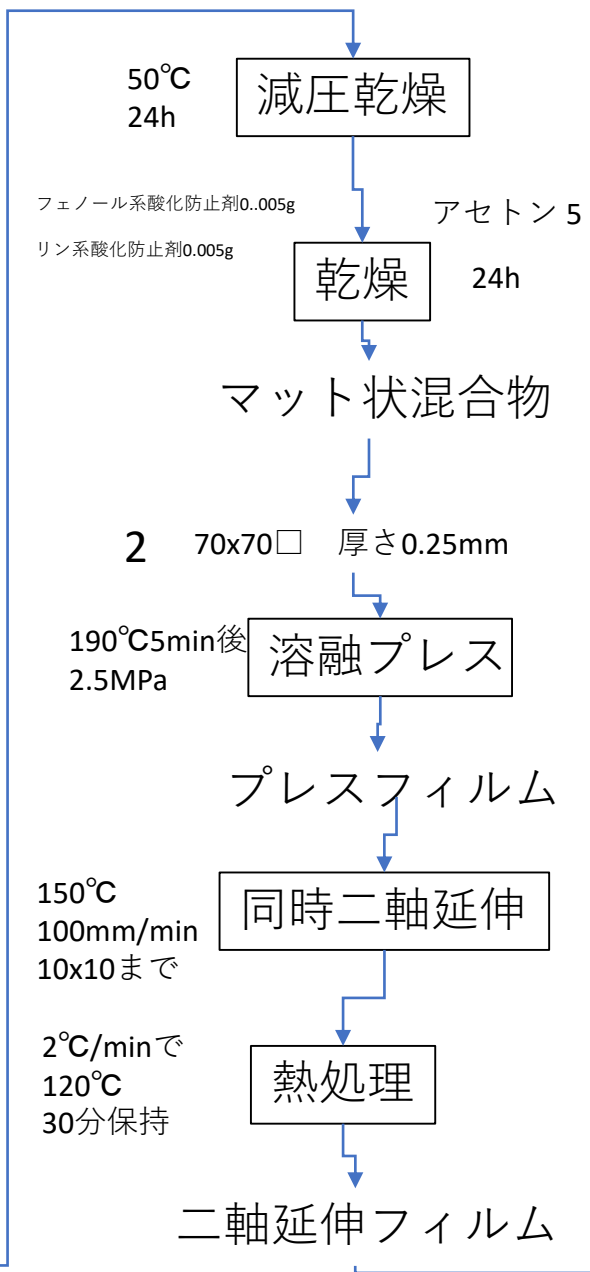
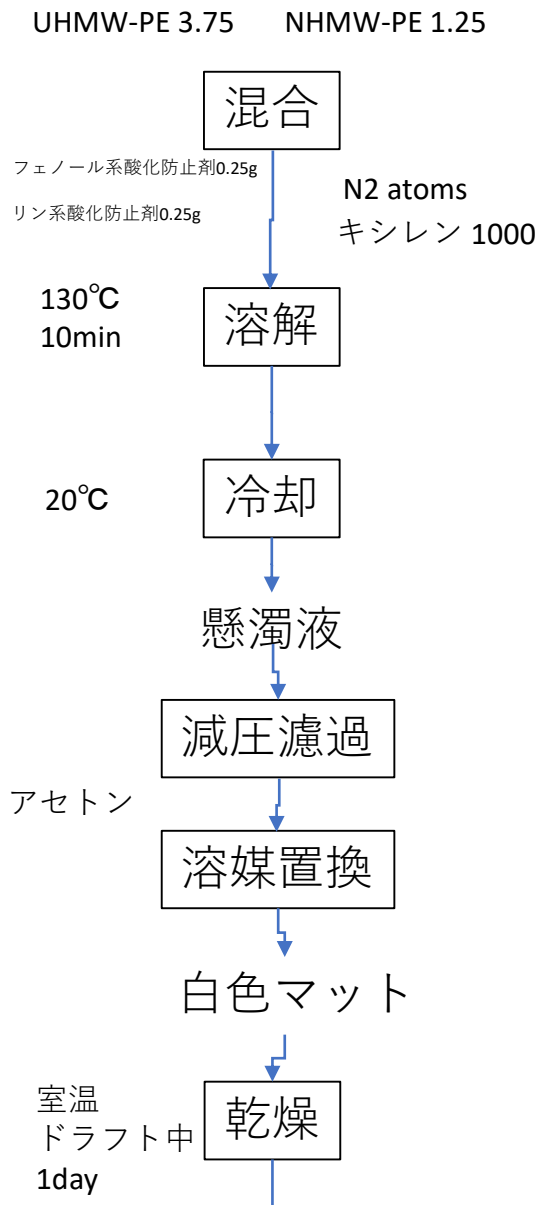
可塑剤を抽出する必要がないので、溶媒の回収
工程が不要。プロセスが単純で低コスト

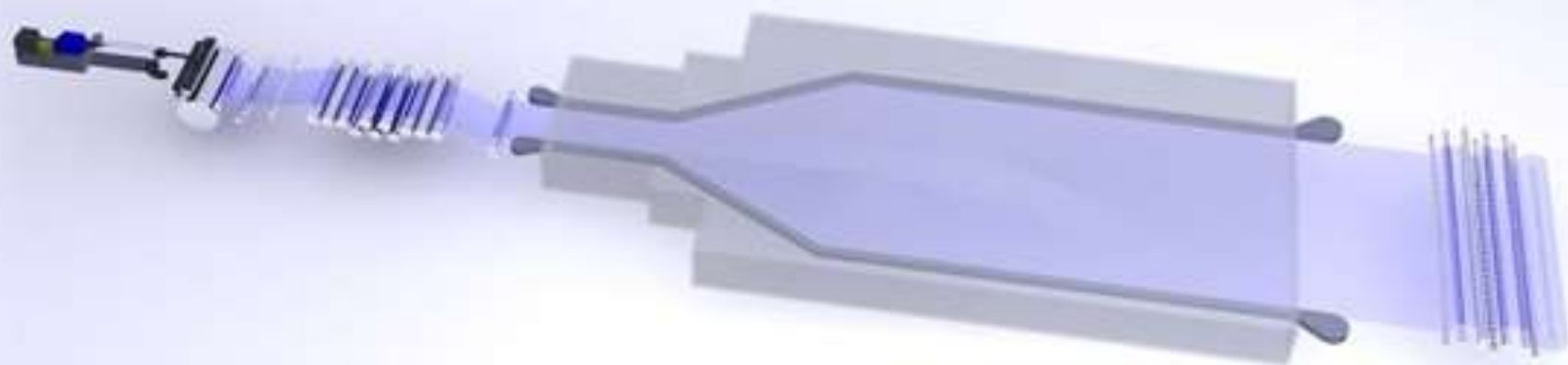
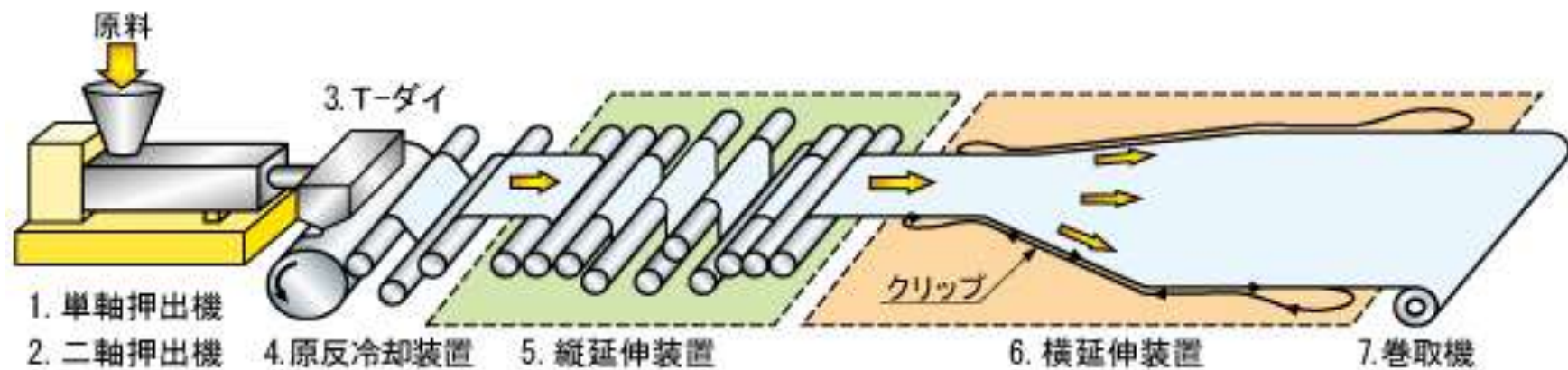
プロセス

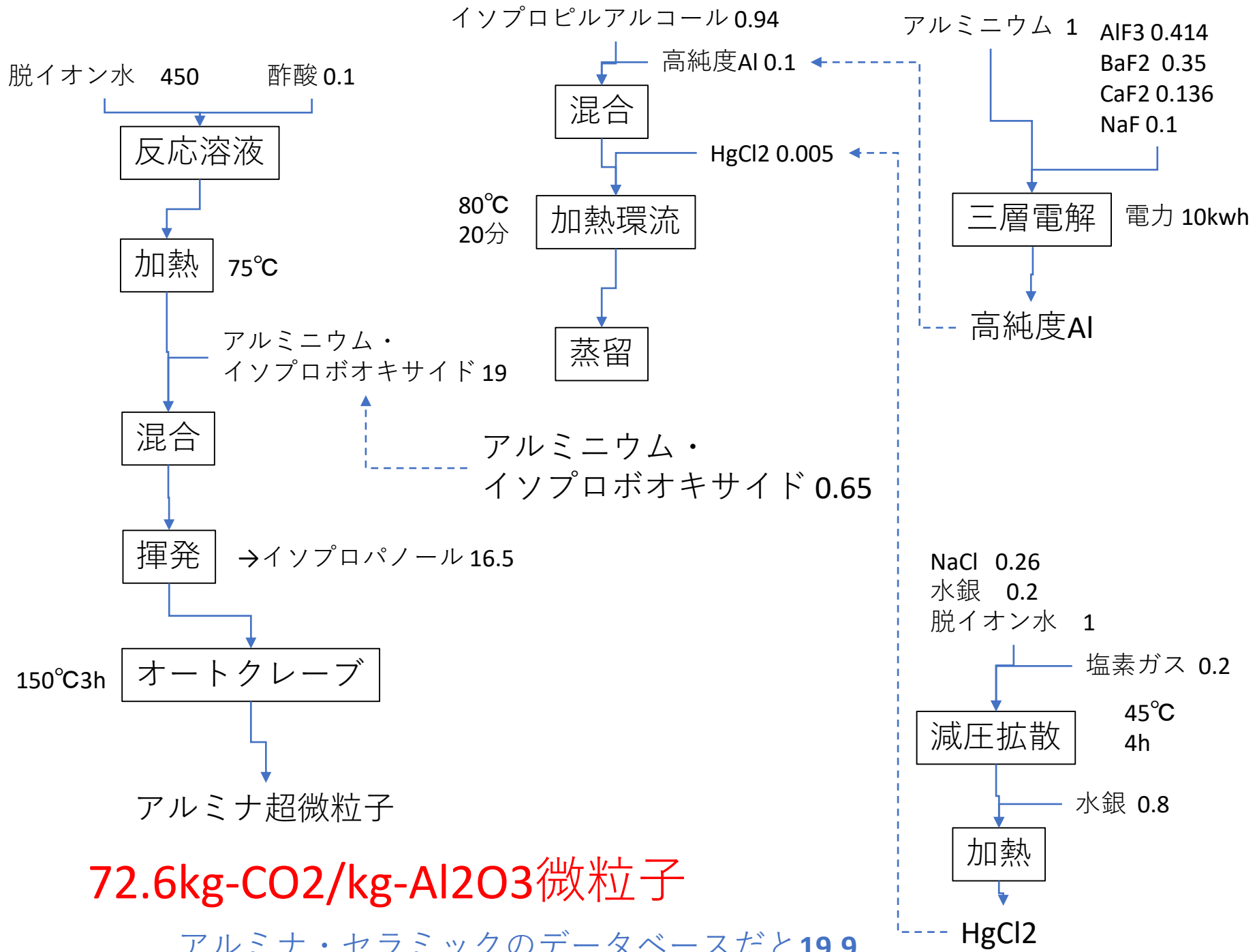
- 結晶性ポリマーを加熱・溶融して押し出しフィルムを形成
- 延伸によって結晶間の界面を剥離させ微多孔を形成



WO2014/034448 WHMw-PE for LiB







72.6kg-CO₂/kg-Al₂O₃微粒子

アルミナ・セラミックのデータベースだと**19.9**

アルミナ微粒子のCO2インベントリー

速報値

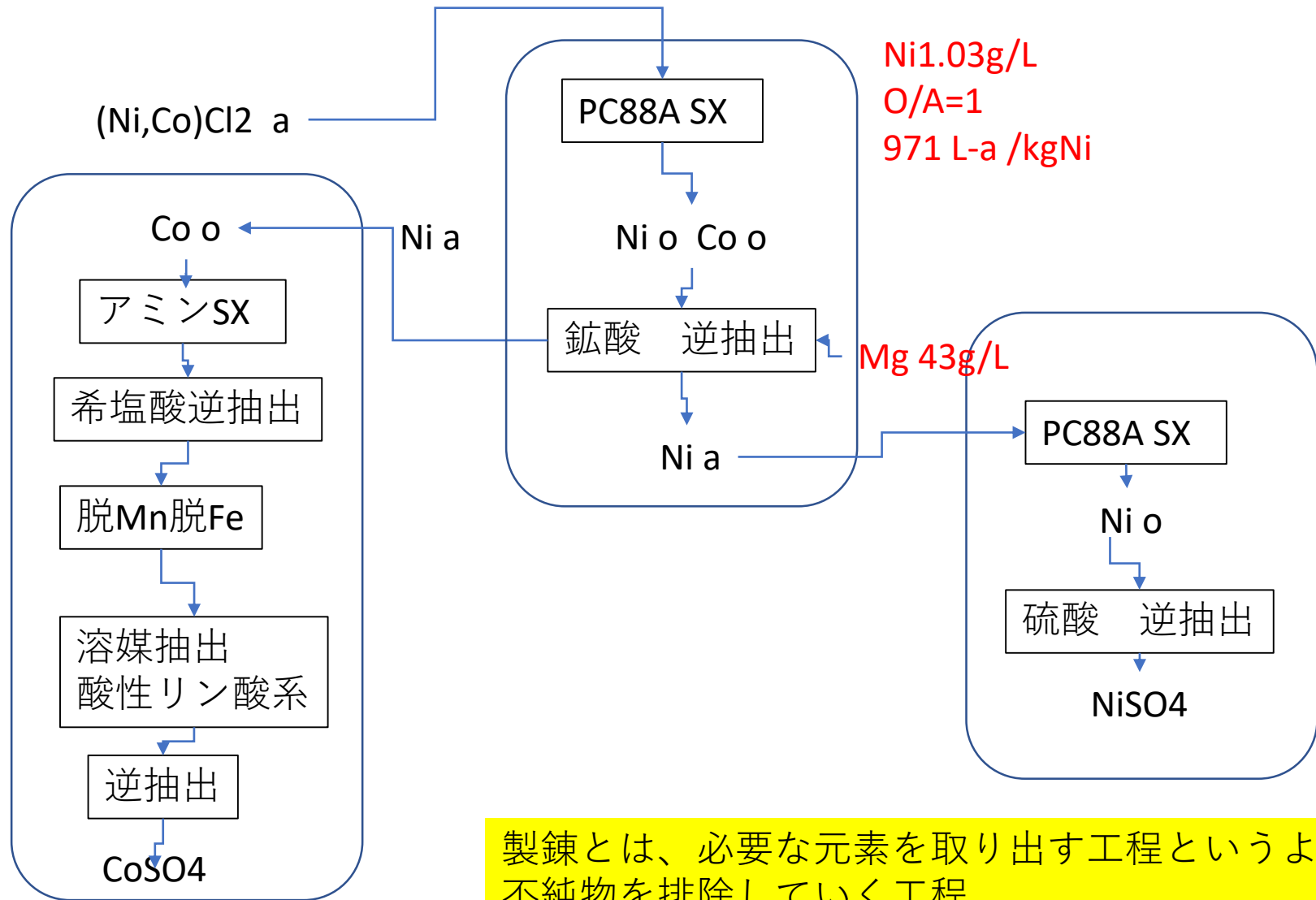
| | | 使用量 | CO2 | |
|---------|------------------|---------|--------|-----|
| | アルミニウム | 0.650 | 6.885 | 9% |
| 三層電解 | 電力 | 0.650 | 3.118 | 4% |
| | AlF3 | 0.269 | 0.718 | 1% |
| | BaF2 | 0.227 | 1.819 | 3% |
| | CaF2 | 0.088 | 0.154 | 0% |
| | NaF | 0.065 | 0.129 | 0% |
| | 高純度Al | 0.650 | 12.823 | |
| | イソプロピルアルコール | 6.088 | 14.245 | 20% |
| | HgCl2 | 0.032 | 0.022 | 0% |
| 加熱 | | | 0.144 | 0% |
| | | | 5.996 | 8% |
| 蒸留 | 揮発 | 1.754 | 0.160 | 0% |
| | アルミニウム・イソプロオキサイド | 4.222 | 33.391 | |
| | 脱イオン水 | 100.000 | 38.300 | 53% |
| | 酢酸 | 0.022 | 0.032 | 0% |
| 攪拌 | | | 0.000 | 0% |
| 揮発 | | 3.667 | 0.020 | 0% |
| オートクレーブ | | | 0.848 | 1% |
| | | 1.000 | 72.591 | |

高純度硫酸ニッケル

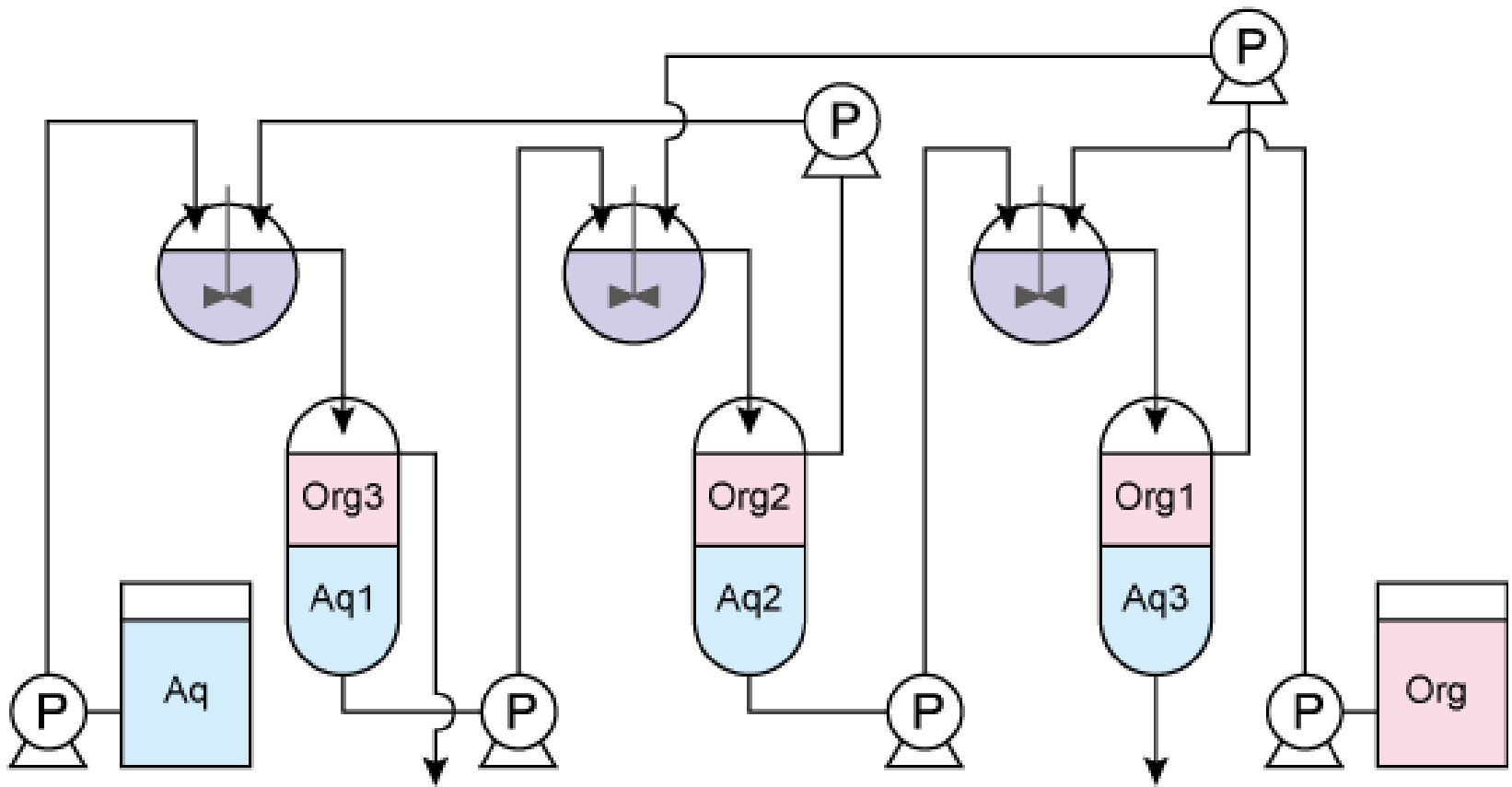
速報値

| Ni,Co塩化物溶液 | | 1kgNi分 | 10.93363 | kgCO2 | 6水和NiSO4 | | 1kgNi分 | 45.0213 | kgCO2 |
|------------|-------|----------|----------|-------|-----------|-------|----------|----------|-------|
| | | kg(kwh) | kgCO2 | | | | kg | kgCO2 | |
| 採掘 | | 40 | 0.376 | 1% | 溶液 | | 942.5959 | | |
| 選鉱 | | 40 | | | PC88A溶媒抽出 | | | | |
| | 電力 | 0.418 | 0.20064 | 0% | | PC88 | 0.188519 | 13.69092 | 30% |
| | 消石灰 | 0.13 | 0.3029 | 1% | | クレンゾル | 0.754077 | 1.070789 | 2% |
| | 青化ソーダ | 0.013 | 0.67249 | 1% | | 廃液 | 0.942596 | 6.598171 | 15% |
| マット製錬 | | 8.333333 | | | | 鉍酸 | | | 0% |
| | 重油 | 0.5 | 1.55 | 3% | | 塩酸循環 | -1.20339 | -10.3612 | |
| | 石炭 | 0.541667 | 1.28375 | 3% | PC88A溶媒抽出 | | | | |
| 粉砕 | | 8.333333 | 0.015871 | 0% | 溶液 | | 942.5959 | | |
| 浸出 | | | | | | PC88 | 0.188519 | 13.69092 | 30% |
| | CuCl2 | 2.288136 | | 0% | | クレンゾル | 0.754077 | 1.070789 | 2% |
| | 水 | 100 | 0.17 | 0% | | 廃液 | 0.942596 | 6.598171 | 15% |
| | 加熱 | 100 | 3.36 | 7% | | 鉍酸 | | | 0% |
| | 放熱 | 100 | 0.178004 | 0% | 硫酸逆抽出 | | | | |
| 塩素浸出 | | | | | | 硫酸 | 4.983051 | 0.65278 | 1% |
| | Cl2 | 1.20339 | 0.99039 | 2% | | 水 | 937.6129 | 1.593942 | 4% |
| Cuセメンテーション | | | | 0% | pH調整 | | | | |
| | マット | 循環 | | 0% | プレス | | | | |
| | CuCl2 | 循環 | | 0% | | 排水循環 | 940.8648 | | |
| Fe析出 | | | | | 乾燥 | | | | |
| | NiCO3 | 0.1 | 1.833586 | 4% | | 蒸発 | 1.731117 | 0.520951 | 1% |

NiSO₄ and CoSO₄

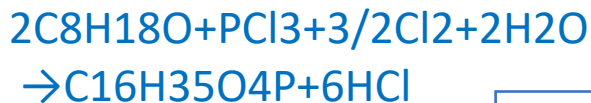


製錬とは、必要な元素を取り出す工程というより不純物を排除していく工程

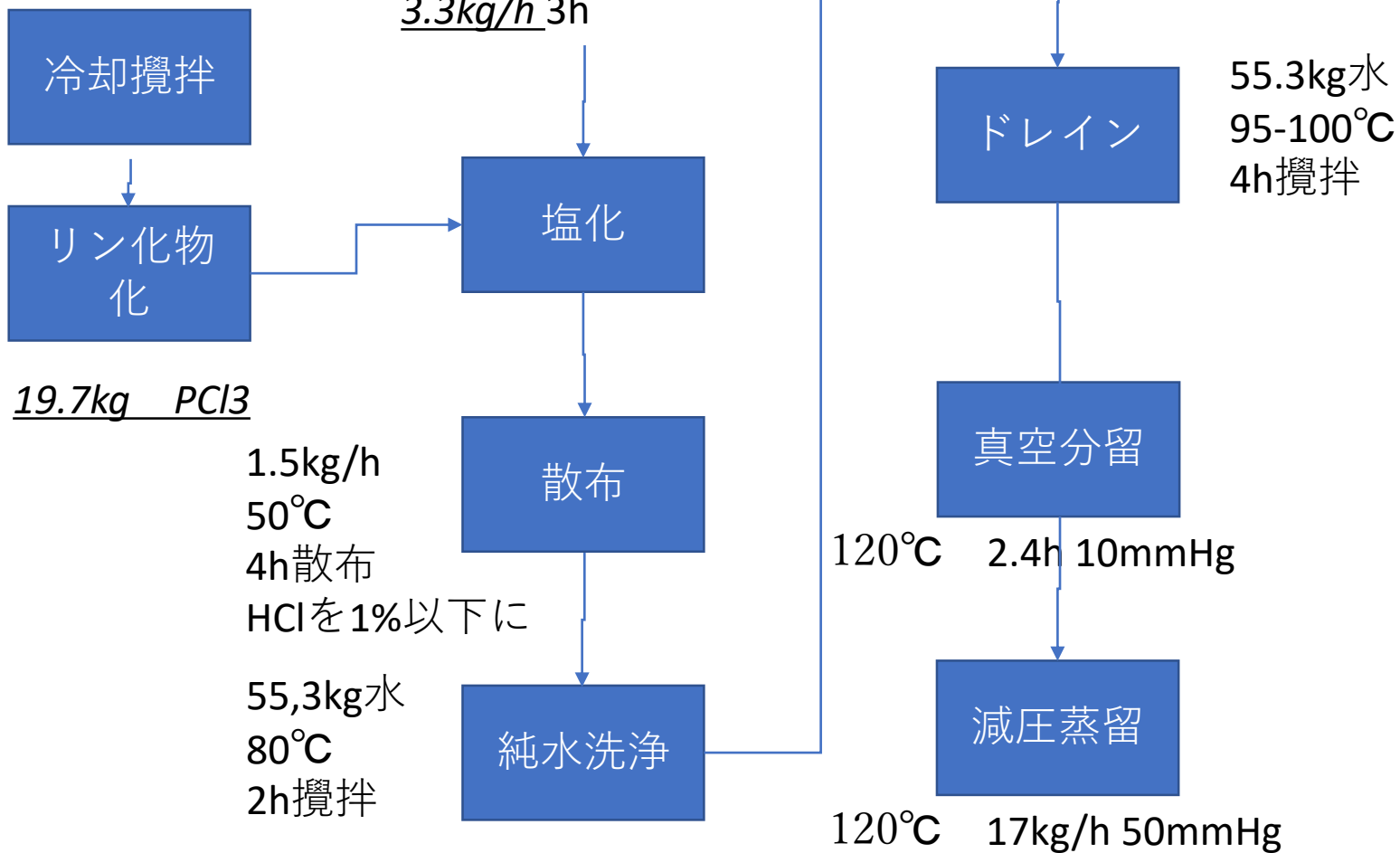


D2EHPA Di-(2-ethylhexyl)phosphoric acid $C_{16}H_{35}O_4P$ (322)

54.54kg 2-ethylhexanol
 $C_8H_{18}O$ (130) CFP-DB



塩素ガス(71)
3.3kg/h 3h



正極 活物質

水255, 6水和NiSO4 98.4 ,1水MnSO4 64.6 硫酸Fe7水11.1

Li2CO3 53.2

遷移金属元素を含有する溶液
硫酸塩が望ましい

KOH100

535重量部

NaOH2-8mol/L

純水

Ph10以上に

40°C~80°Cに保持しながら接触

水936 KOH15.8に30°Cで KOH溶液165+Ni系95.1滴下

濃縮 クロスフロー濾過
10wt%<x<30wt%固形分

スラリー100 を0.4MPaGで滷液50抜き出し

純水洗浄繰り返し

50水 繰り返し12wt%固形

LPG燃烧乾燥 60分で
40wt%固形分

250°C スラリー2.4kg/h

流動層乾燥機 110-150°C 60分

乾燥物含水3.5%

混合

Li化合物 OH,Cl,NO3

ロッキングミル4h

焼成

650-900°C 870°C6h
0.5-8h 大気雰囲気

二回繰り返し

粉碎

ボールミル
ジェットミル

洗浄

蒸留水

乾燥

150°C6h

アニール

300°C6h

100

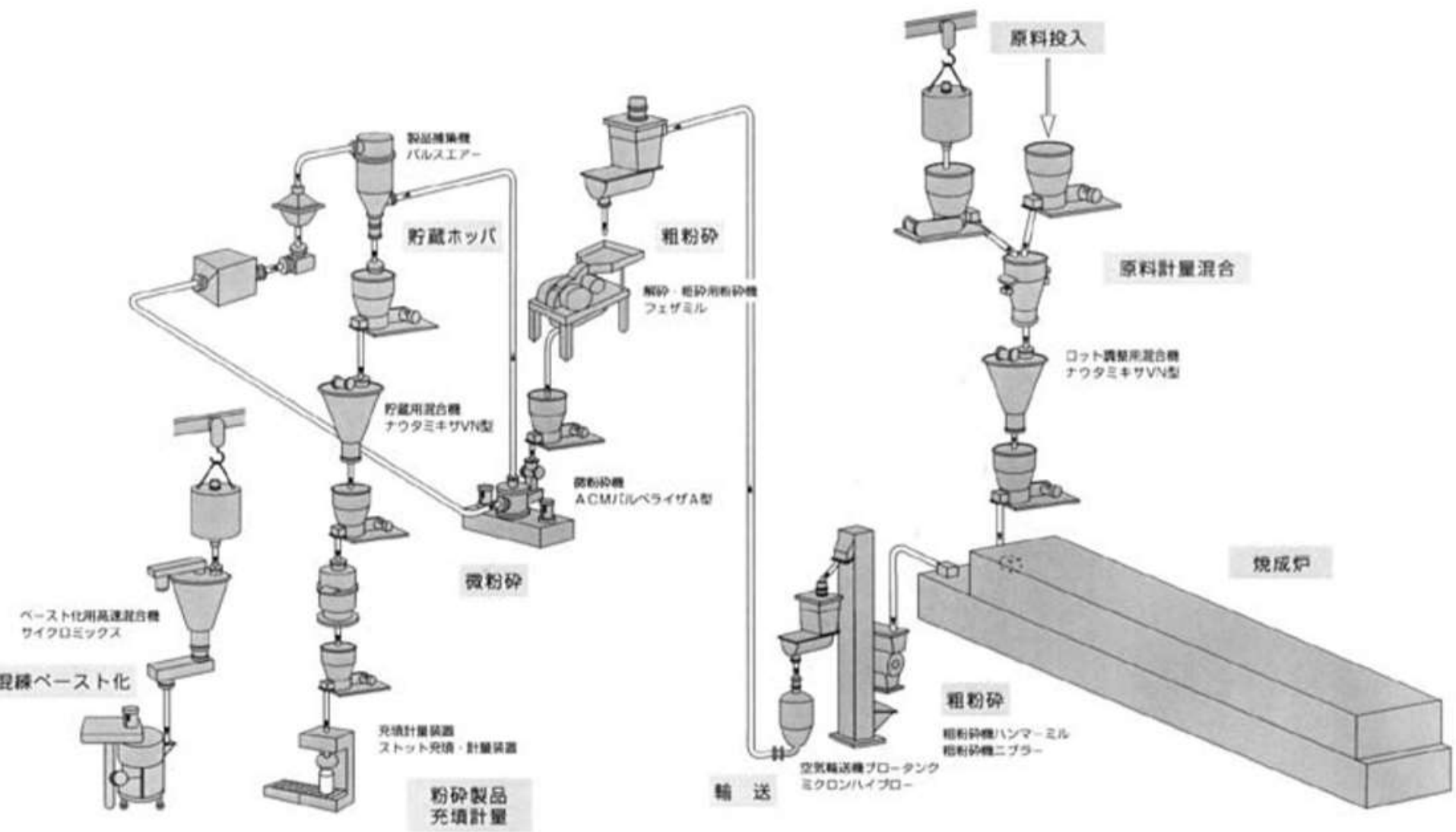
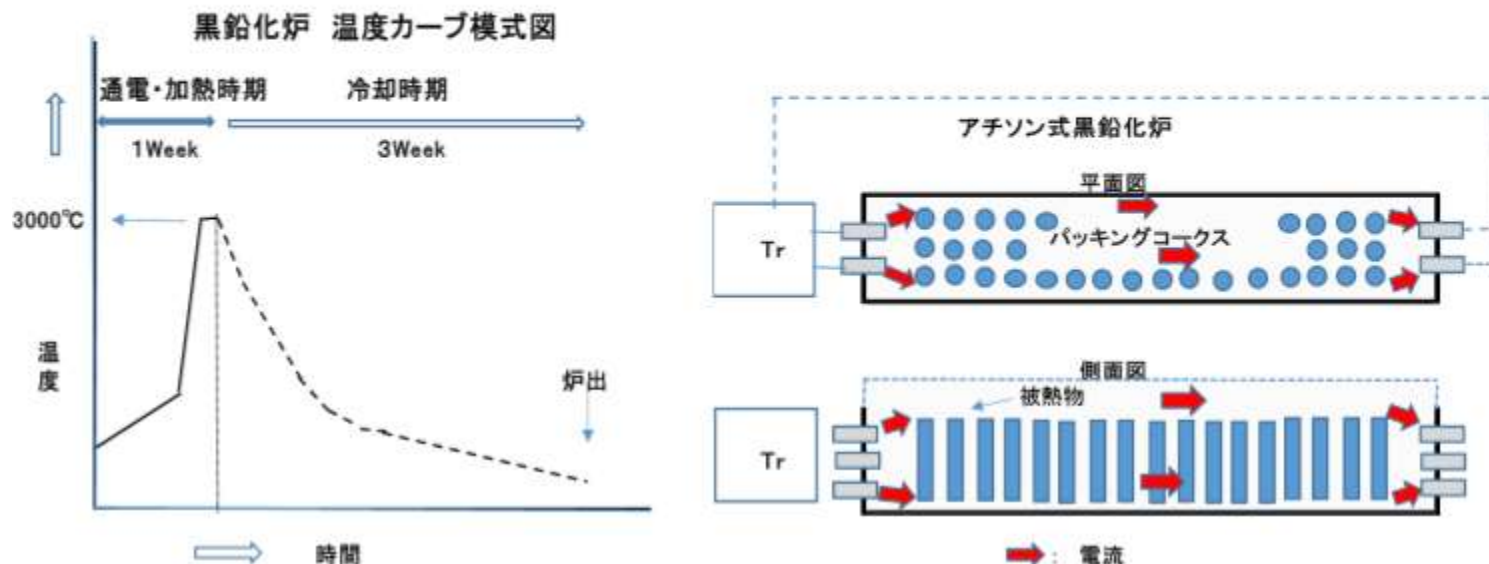


図2 リチウムイオン電池材料の粉体プロセスの一例

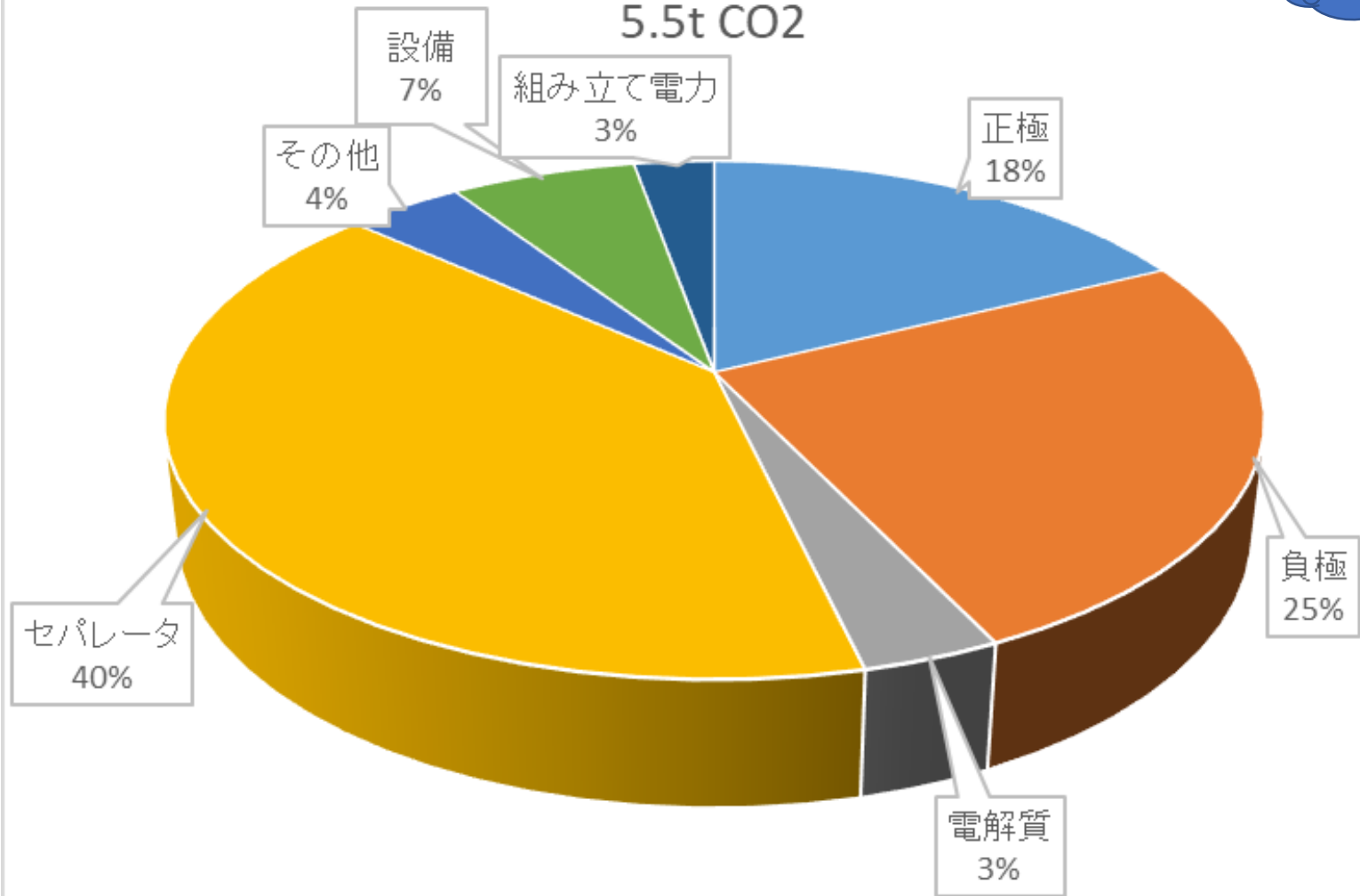
アチソン炉の説明



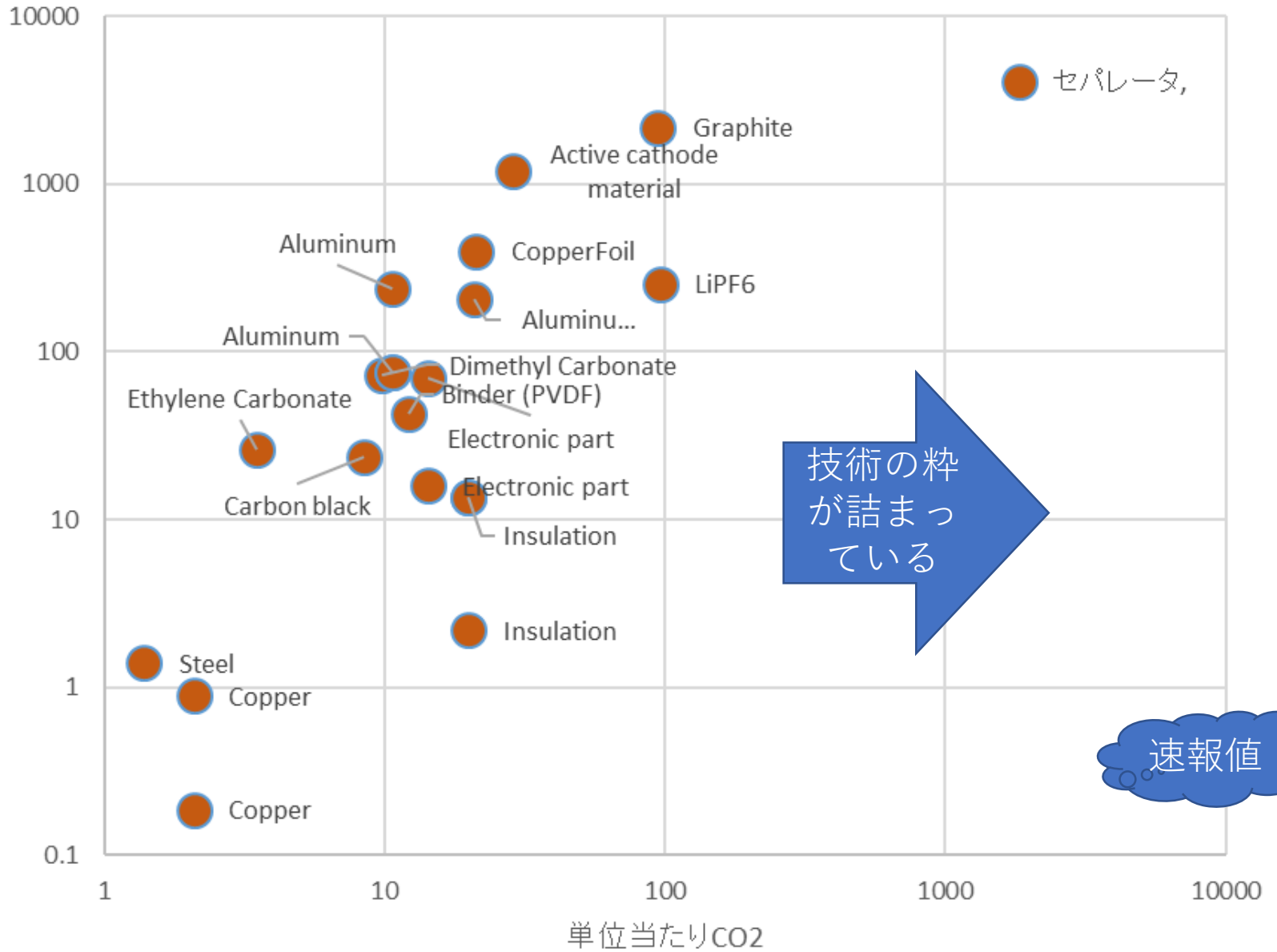
- ・19世紀末、米国の化学技術者E.G.Achesonにより発明された抵抗加熱による黒鉛化炉。
- ・幅3m、高さ4m、長さ18m～24m程度の耐火断熱レンガの筐体で、両端に通電用固定極を備える。
- ・1炉(1筐体)に被加熱炭素材30～50トンとその3～4倍のパッキングコークスを炉詰する。
- ・低電圧(250～350V)、大電流(12～15万A)で約1週間で3000°Cまで加熱し以後3週間ほど自然冷却する。電流はパッキングコークス中を流れ、パッキングコークスを発熱させ、間接加熱で被加熱物を昇温させる。この過程で、炭素質を黒鉛質に変える。

CO2/13.5kwLiB
5.5t CO2

速報値



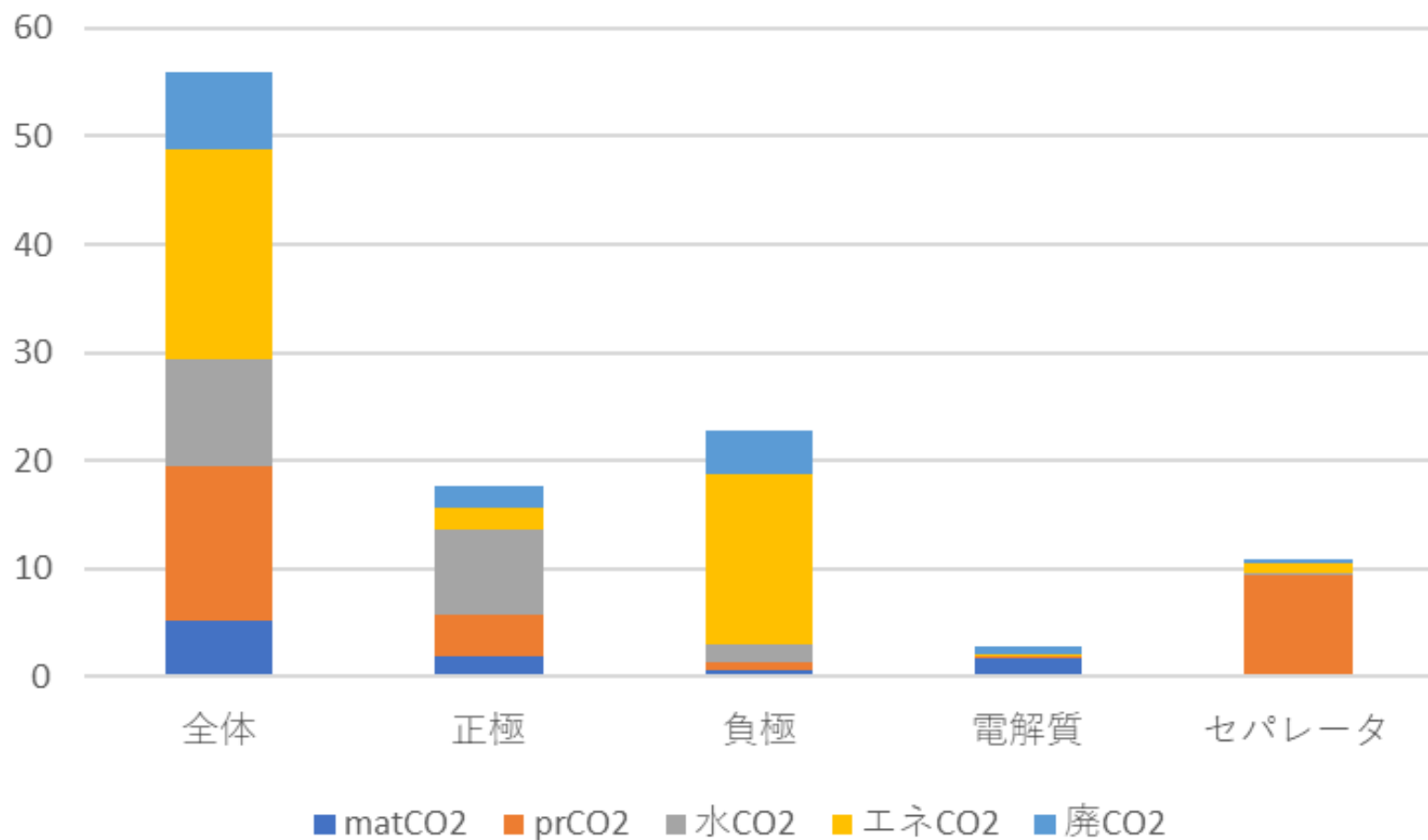
パーツ毎CO2



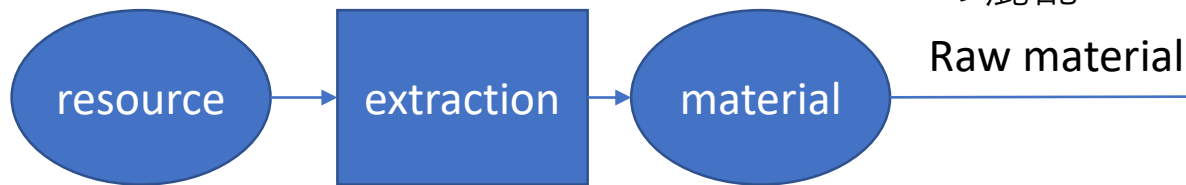
技術の粋が詰まっている

速報値

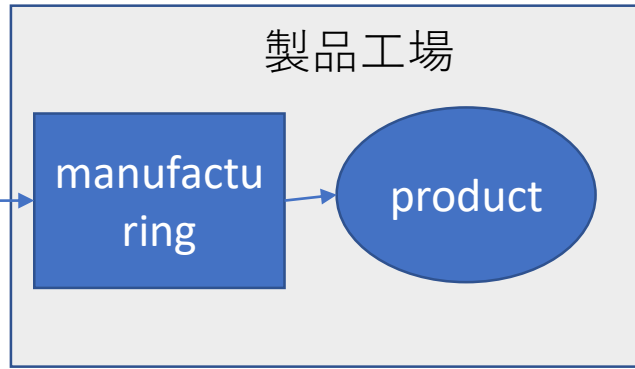
各要素別のCO2発生寄与



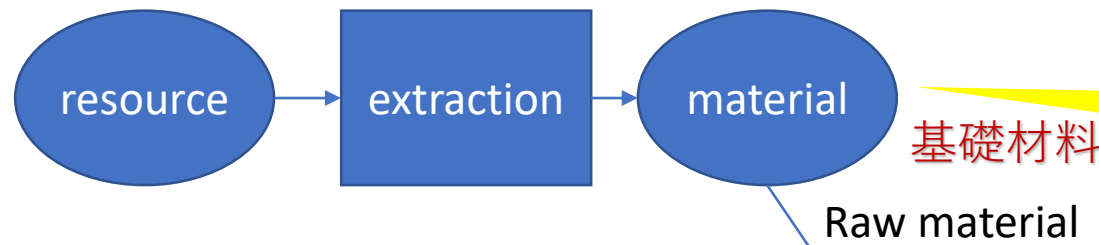
素材構成型



素材と材料の混乱



技術積上げ型



基礎材料

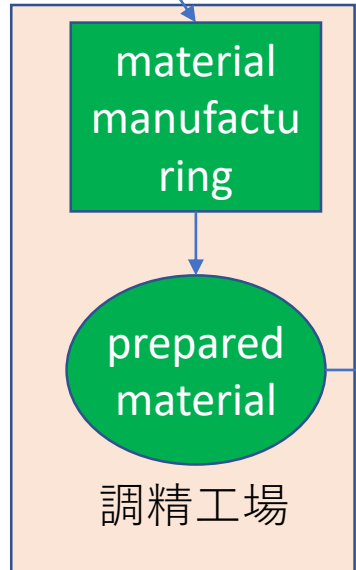
両者を区別できる適切な表現が必要

機能出現能
素材のエントロピー調整

品位 形態
物質の不純物管理
粒度、結晶条件、

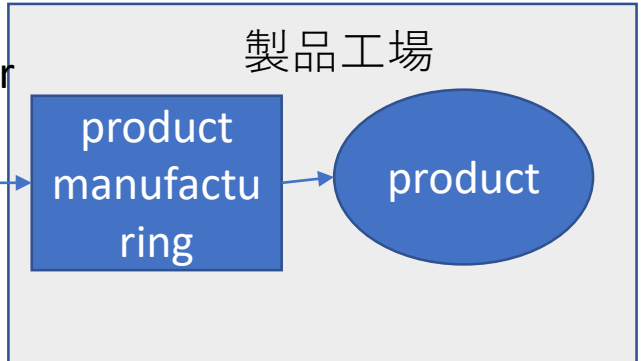
膜厚等
界面条件

ナノテクノロジー



機能化素材
アセンブル要素 assembly

Member subject



LiBの環境影響

- 素材構成(Bill of Material)よりも、機能の効果的発現のための不純物管理、素材構造制御へのエネルギー投入、物質投入の影響が大きい。
- そのために、量は少なくとも環境影響の大きな物質が多用されている。
- 最終製品には残らないプロセス素材が対象物よりはるかに大量で使用されその環境影響が大きい。
- プロセス素材を媒体にした加熱、加圧、浄化などの雰囲気制御に技術の工夫がなされており、この部分(ナノテクノロジー)をこそ精査すべきである。