

Salt & Seawater Science Seminar 2023

母なる海の恵み～海水からのものづくり～ 「イオン交換膜法製塩工場における 有価資源回収の現状」

ナイカイ塩業株式会社

1)研究開発部, 2)製塩部, 3)化成品部

吉田 諒一¹⁾, ○小林 秀嗣¹⁾, 藤原 秀昭²⁾, 濱野 一平²⁾,
小田 慎也³⁾, 越宗 昭年³⁾, 田中 積伸³⁾, 石井 健²⁾



目次

- ナイカイ塩業について
- 海水中に溶存する主な資源
- 海水利用プロセス概略～2系統の利用プロセス～
弊社製品について
- 各溶存資源の利用状況
- 逆浸透(RO)膜を用いた海水利用について
- 今後の展開



えんぎょう ナйкаイ塩業について ～概要～

創業 : 1829年(文政12年)...創業194年
会社設立 : 1934年(昭和9年)4月
代表取締役社長 : 野崎 泰彦
資本金 : 180,000千円
従業員 : 145 人
業種 : 塩製造・化成品製造(工業薬品,添加物,肥料)・不動産
住所 : <本社>

〒711-0913 岡山県倉敷市児島味野1-11-19

TEL: 086-472-2002 FAX: 086-474-4328

<本社工場(塩・化成品の工場)>

〒706-0305 岡山県玉野市胸上2721番地

TEL: 0863-41-1501 FAX: 0863-41-1506

<https://www.naikai.co.jp>



岡山の地にて、塩・化成品製造をコアに
ナйкаイグループ10社で邁進中



えんぎょう ナйка塩業について ～沿革～



1829： 創業者の野崎武左衛門が倉敷市児島に入浜式塩田を築造し
(文政12年) **塩作りを開始**

1934： 株式会社野崎事務所設立

1938： 真空式製塩工場新設(15,000トン/年)

1941： 苦汁処理工場を併設し、化成品事業を開始

1962： 水酸化マグネシウムの生産を開始

1969： イオン交換膜法海水濃縮設備を稼働

1993： せんごう設備全面更新(最大210,000トン/年)

1999： 品質マネジメントシステムISO9002認証取得

2002： 酸化マグネシウム工場完成
(2009年 同第二工場完成)

2003： 品質マネジメントシステムISO9001登録

2006： 環境マネジメントシステムISO14001登録

2010： 炭酸マグネシウム工場完成

2017： 水酸化マグネシウム第二工場完成

2022： 食品安全システム認証FSSC22000取得



5



本社工場全景



化成品
工場

製塩工場



海水中に溶存する主な資源

陰イオン	濃度 [g/kg-海水]
Cl⁻	18.980
SO ₄ ²⁻	2.648
HCO ₃ ⁻	0.139
Br⁻	0.065

陽イオン	濃度 [g/kg-海水]
Na⁺	10.556
Mg²⁺	1.272
Ca ²⁺	0.400
K⁺	0.380

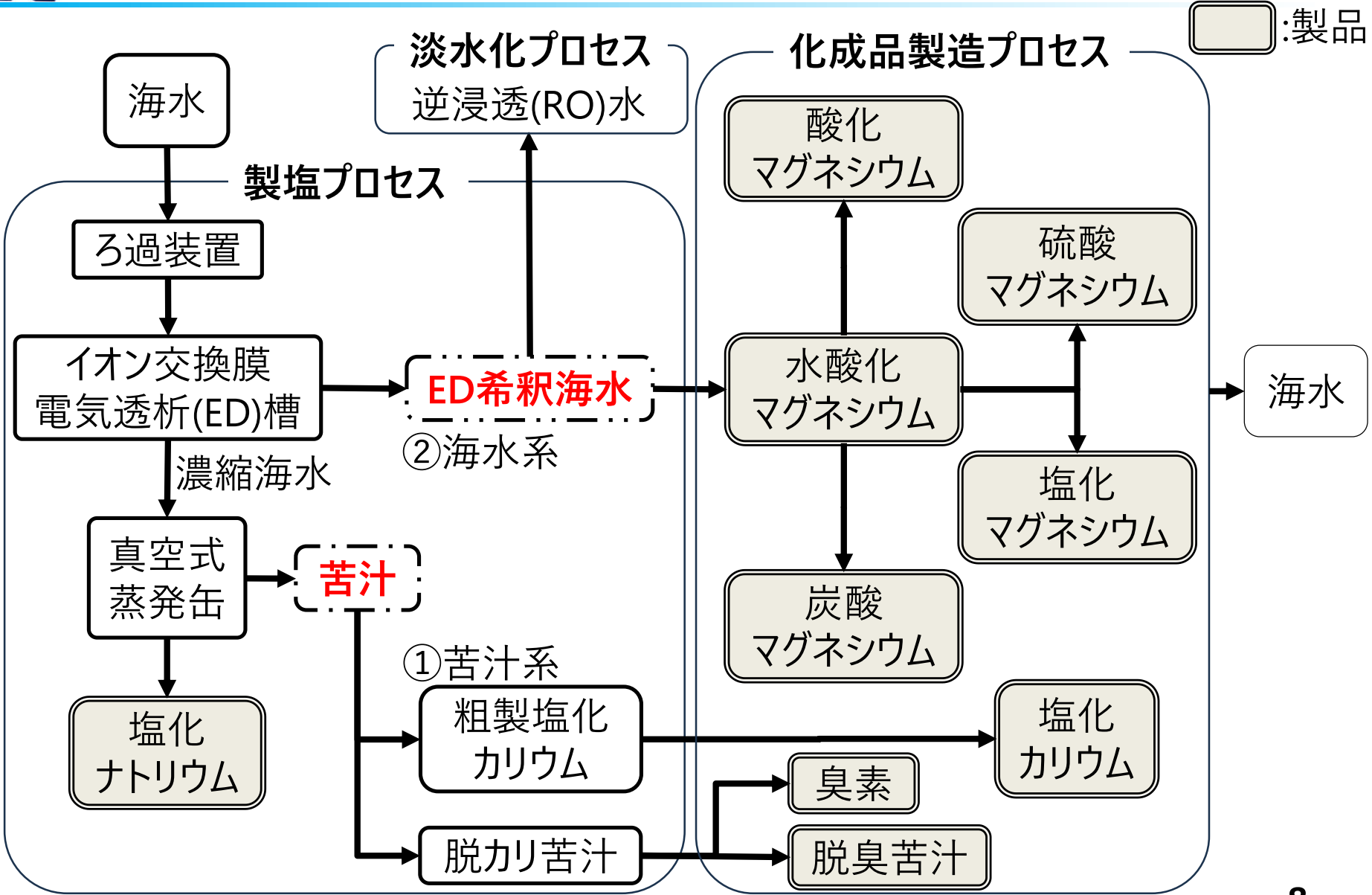
- ・主な資源を合計すると約35(g/kg-海水)
- ・Na⁺はNaCl、Mg²⁺はマグネシウム化合物、K⁺はKClとして利用
- ・溶存陰イオンであるBr⁻は、Br₂として利用

(引用文献：海水と製塩-データブック-((公財)塩事業センター発行)
海水の科学と工業(日本海水学会・ソルトサイエンス研究財団共著))



海水利用プロセス概略

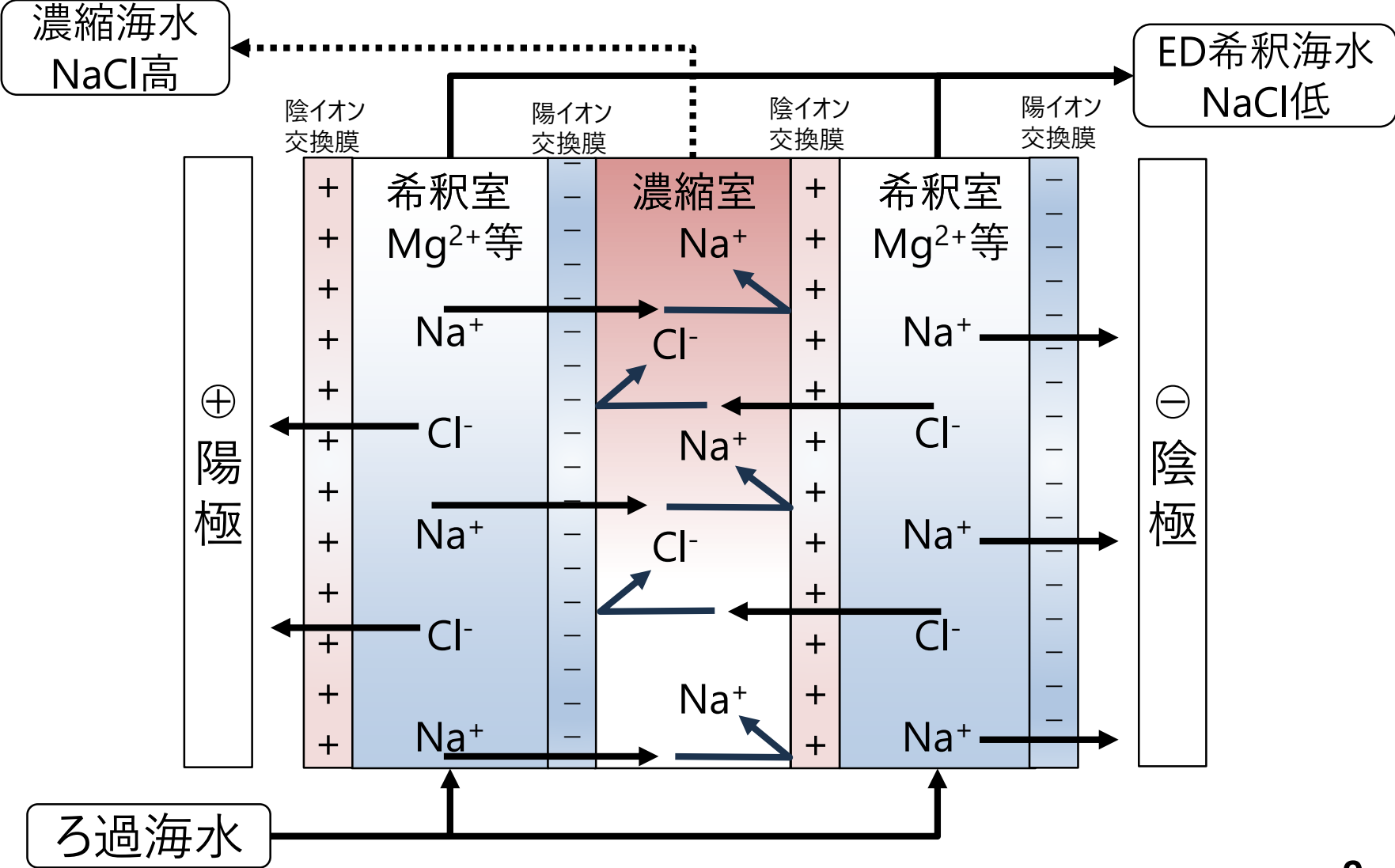
:製品





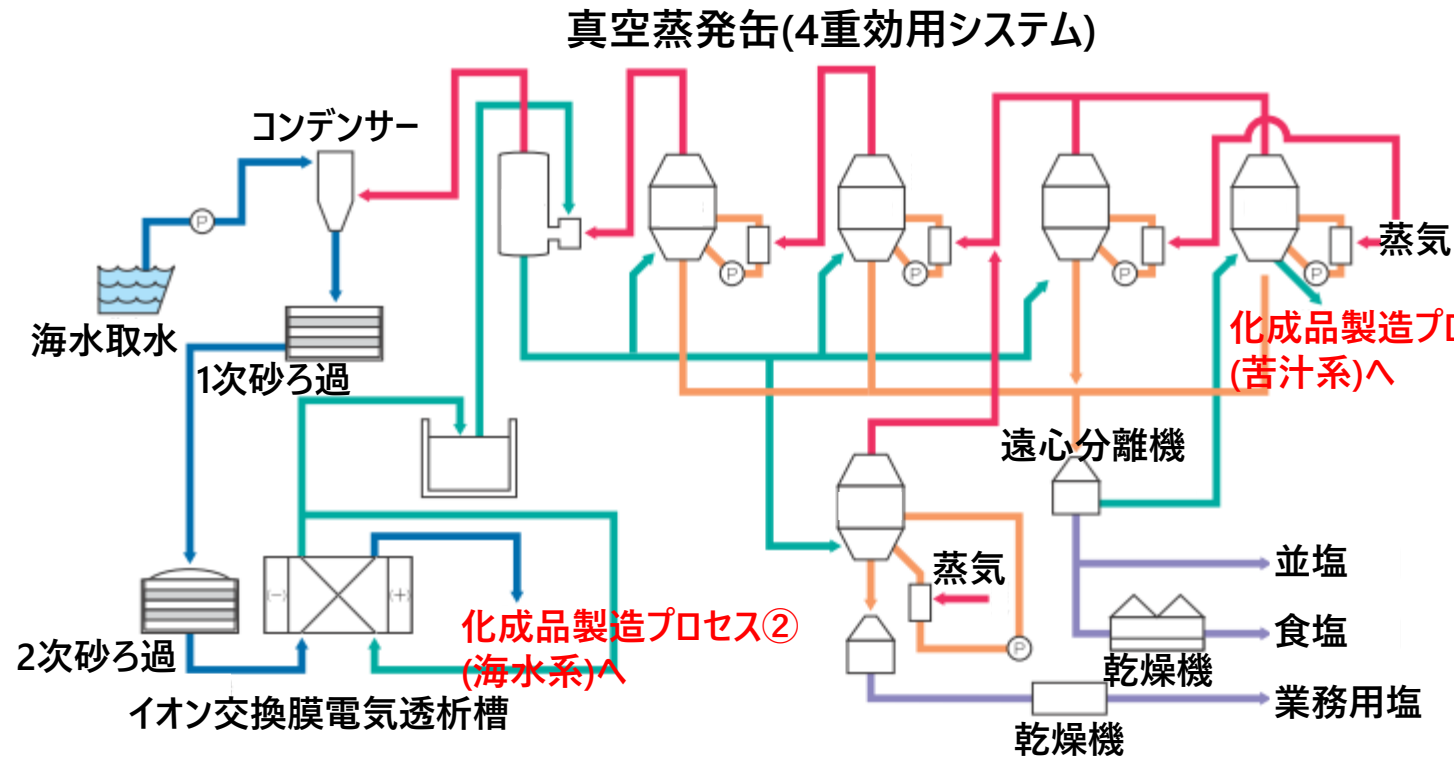
イオン交換膜電気透析槽

電気透析(ED): electrodialysis





製塩プロセス



真空蒸発缶



ボイラー



1 次砂ろ過装置



2次砂ろ過装置



イオン交換膜電気透析槽

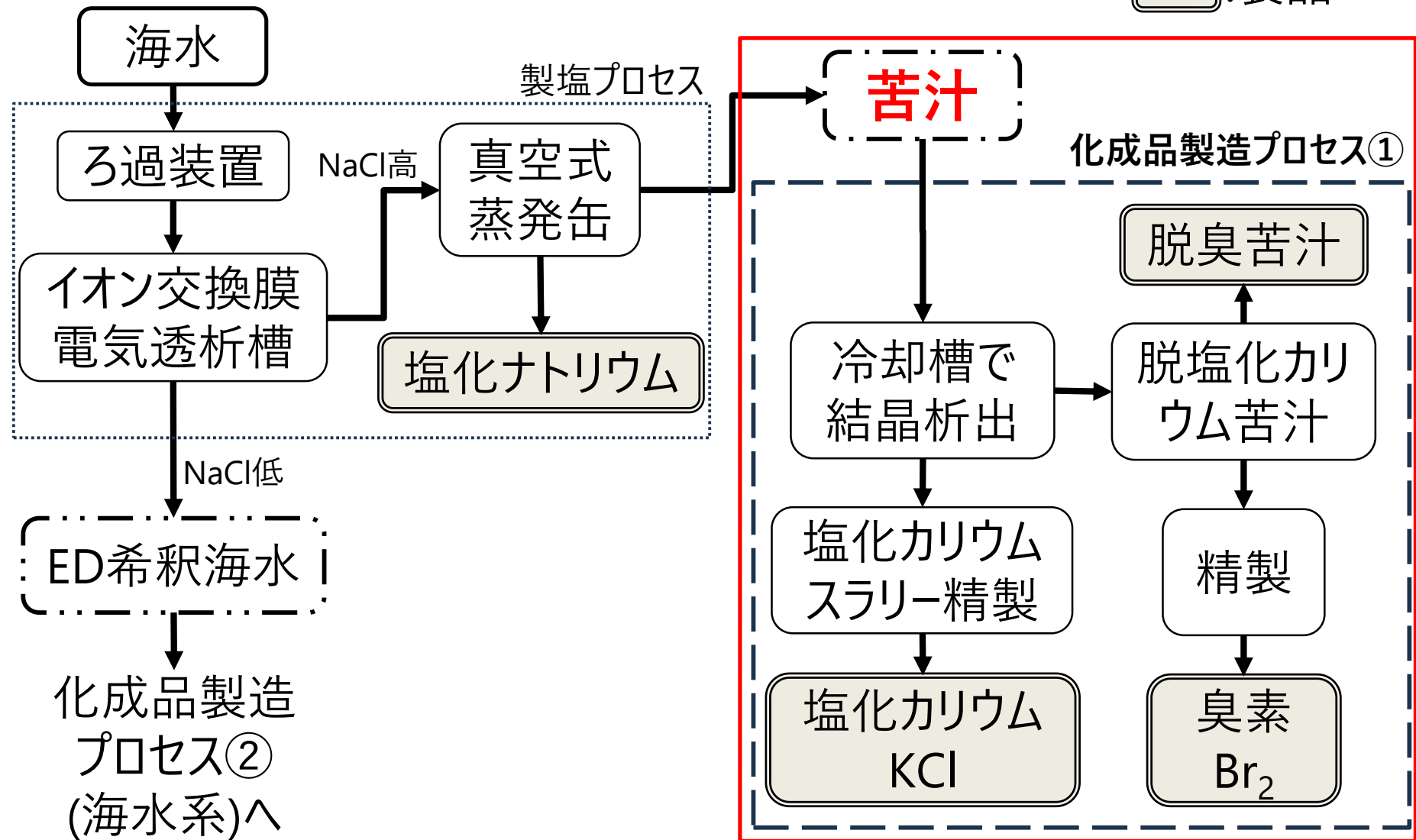


充填包装



化成品製造プロセス①(苦汁系)概略

:製品

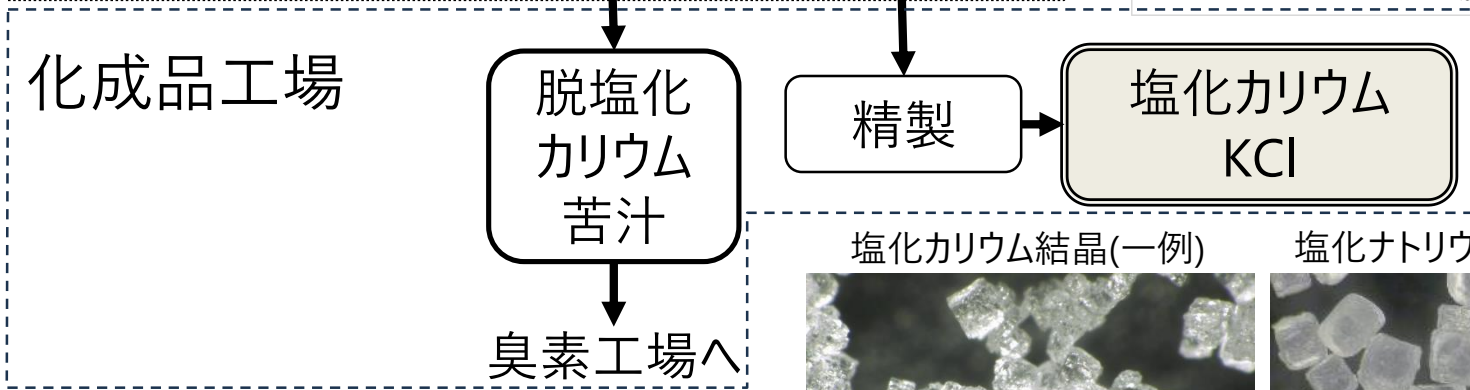
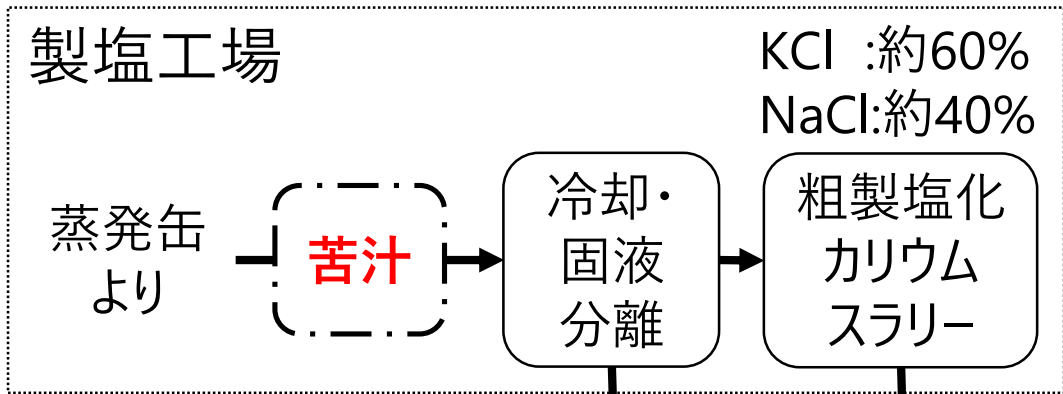
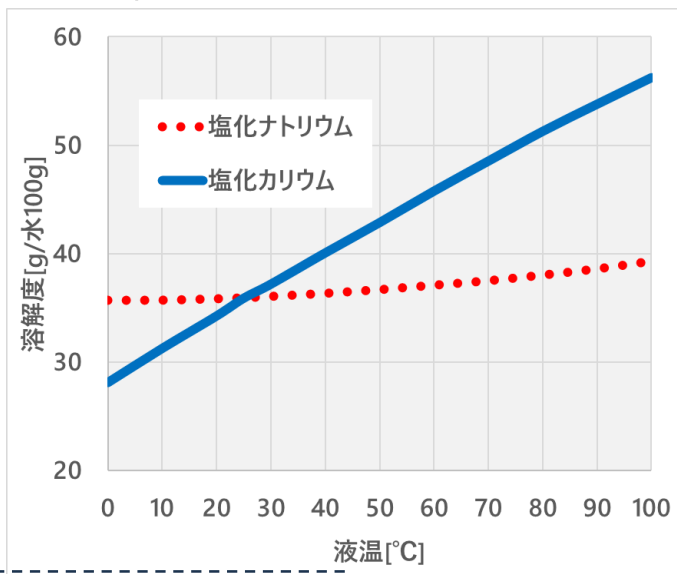




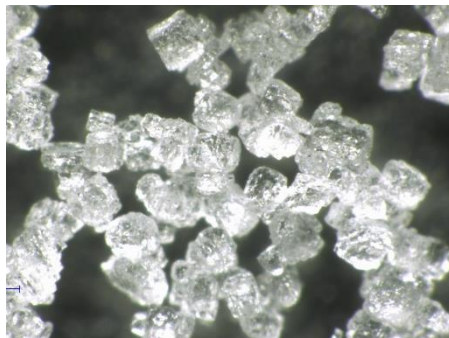
塩化カリウム

- 用途：肥料、工業薬品
- 形状：無色立方晶

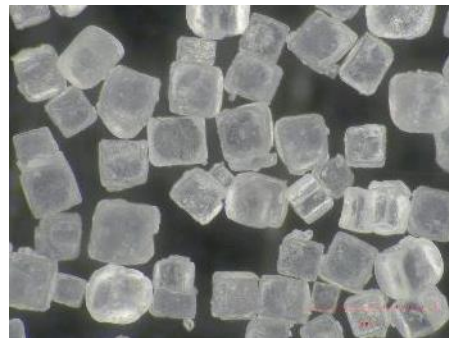
溶解度の温度依存性



塩化カリウム結晶(一例)



塩化ナトリウム結晶(一例)



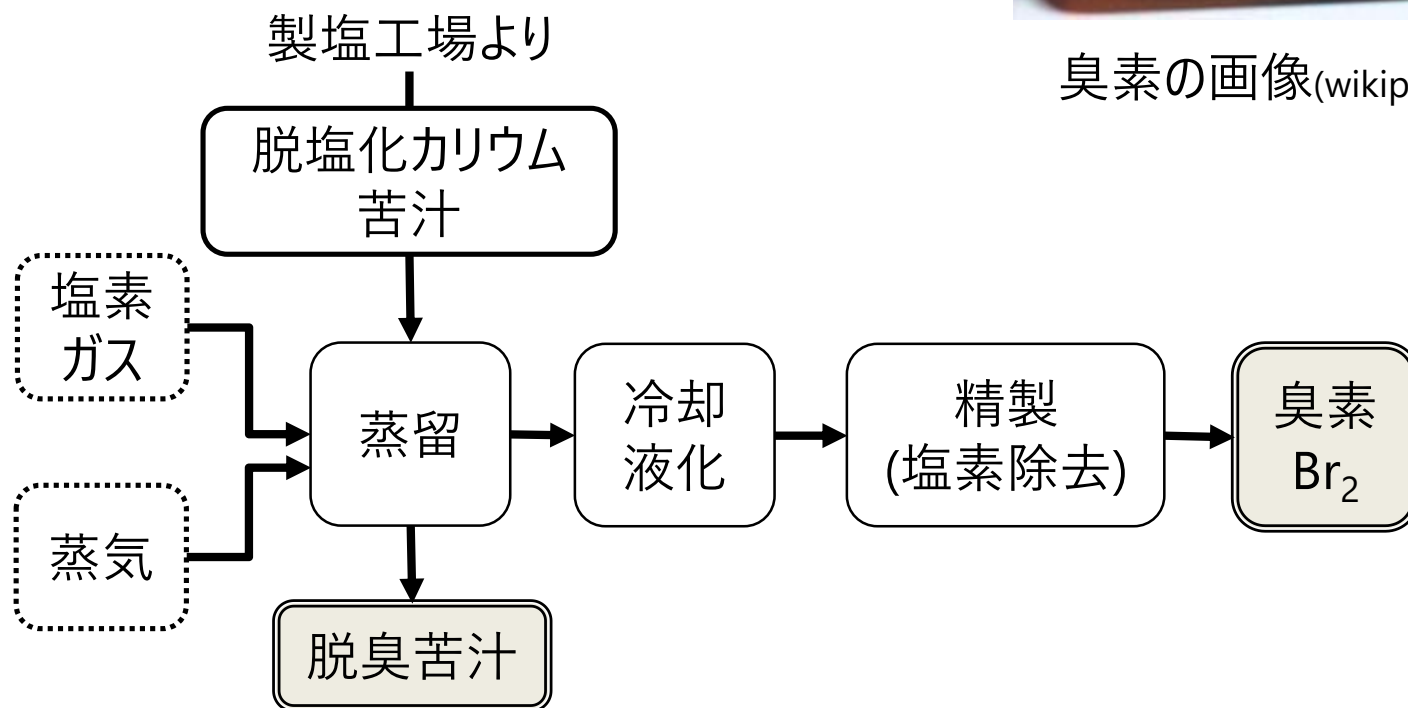


臭素

- 用途：難燃剤原料、農薬、工業薬品
- 反応： $\text{MgBr}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{Br}_2 \uparrow$
- 脱臭素した後の苦汁は「脱臭苦汁」として活用

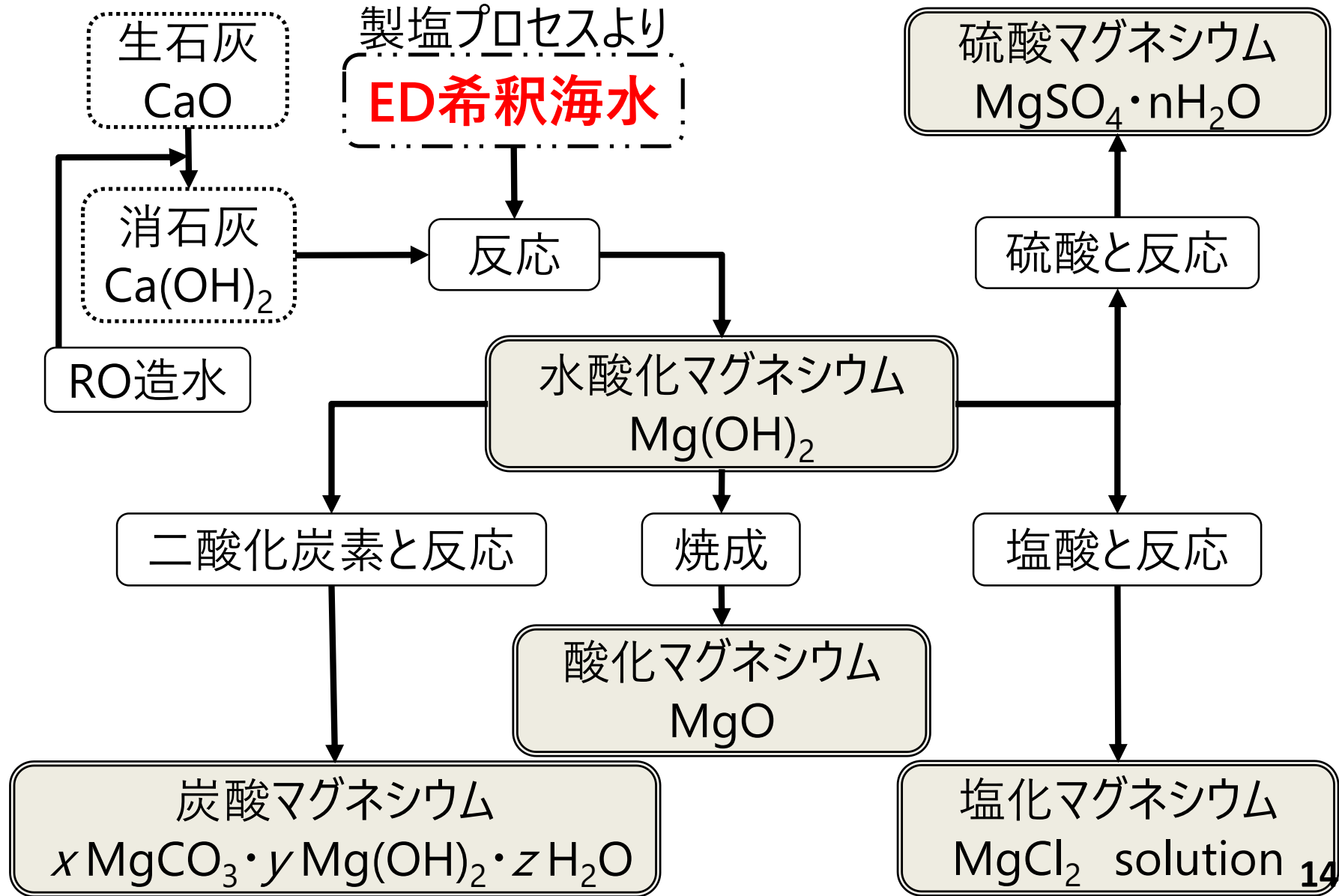


臭素の画像(wikipediaより)





化成品製造プロセス②(海水系)概略





海水中に溶存する陽イオンの濃度

陽イオン	濃度 [g/kg-海水]
Na ⁺	10.556
Mg²⁺	1.272
Ca ²⁺	0.401
K ⁺	0.387

・Mg²⁺ は、Na⁺ に次ぐ2番目に多い陽イオン。

・海水中の資源量：マグネシウム換算で 1.8×10^7 億トン



水酸化マグネシウム

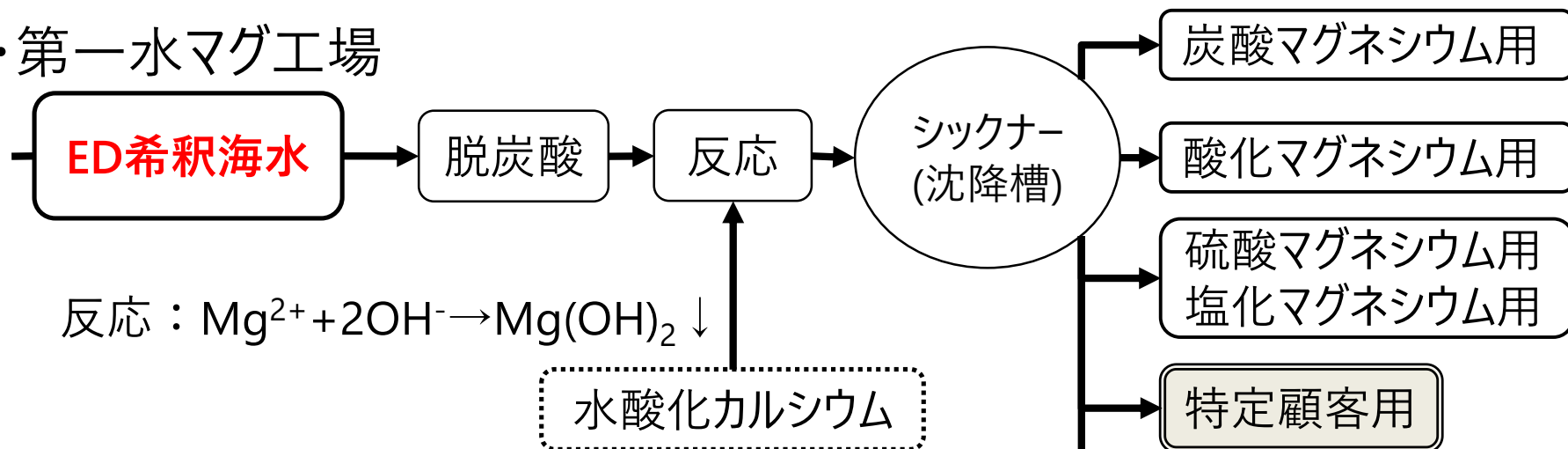
- 用途：排煙脱硫、排水中和、難燃剤、工業薬品
- 現在の製品種別は大きく2種類

種別	特徴
スラリー品 (主に排煙脱硫用)	一般用 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ：35%品
	一般用 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ：40%品
	特定顧客用
乾燥品	一般用(工業用)
	特定顧客用
	肥料用

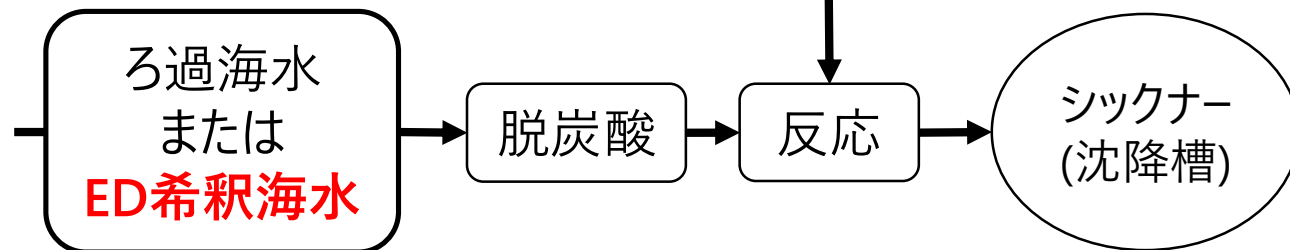


水酸化マグネシウム製造プロセス

・第一水マグ工場



・第二水マグ工場



シックナー(手前側 直径50m,
奥側 直径25m)



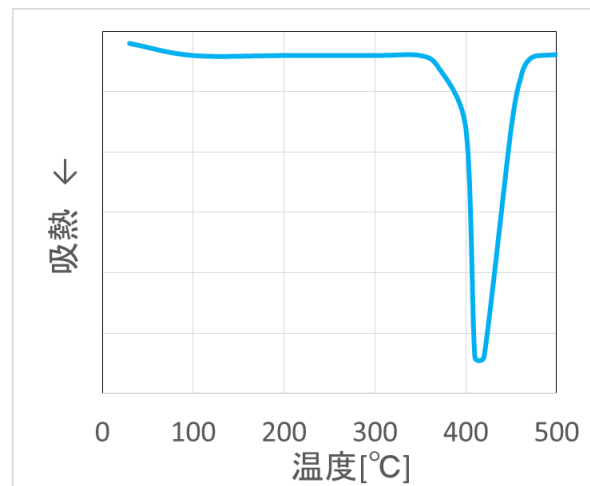


酸化マグネシウム

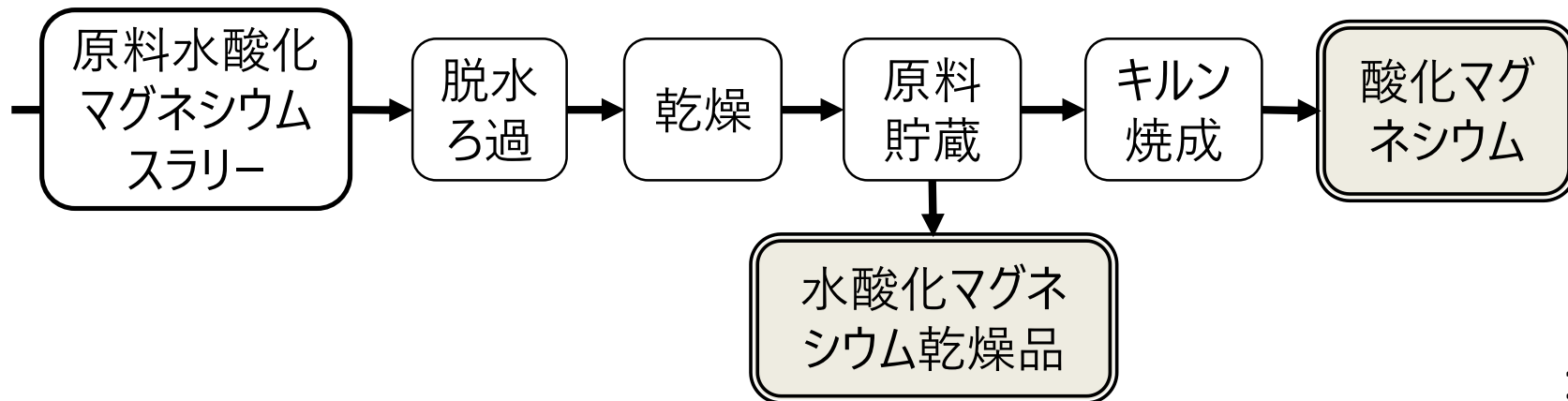
- 用途：医薬品原料、工業用(ゴム充填材等)
- 反応： $\text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{MgO} + \text{H}_2\text{O}$
- 焼成温度の違いで数グレード



ロータリーキルン



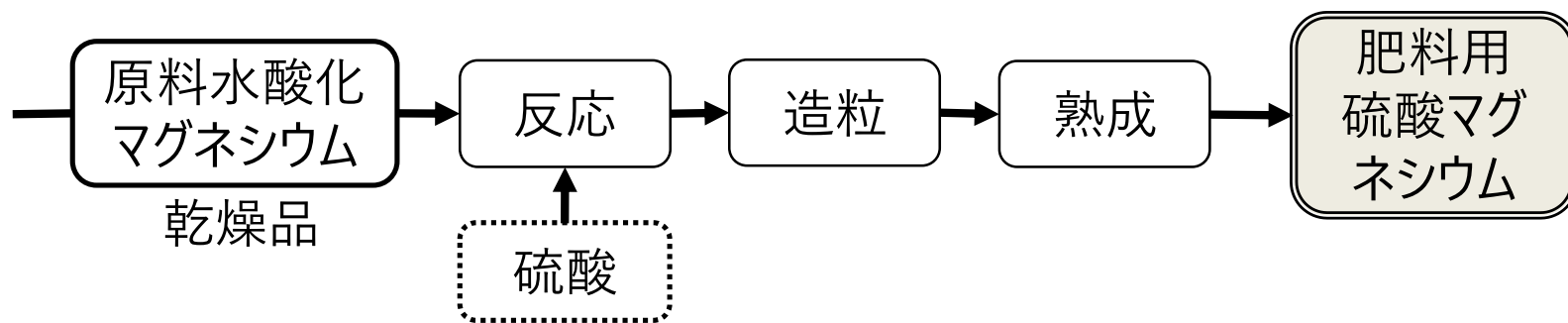
水酸化マグネシウムの示差熱分析
(海水利用ハンドブックより)





硫酸マグネシウム①

- 硫酸マグネシウム($\text{MgSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)：粒状、粉状
- 反応： $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MgSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 反応後に水分添加して転動造粒

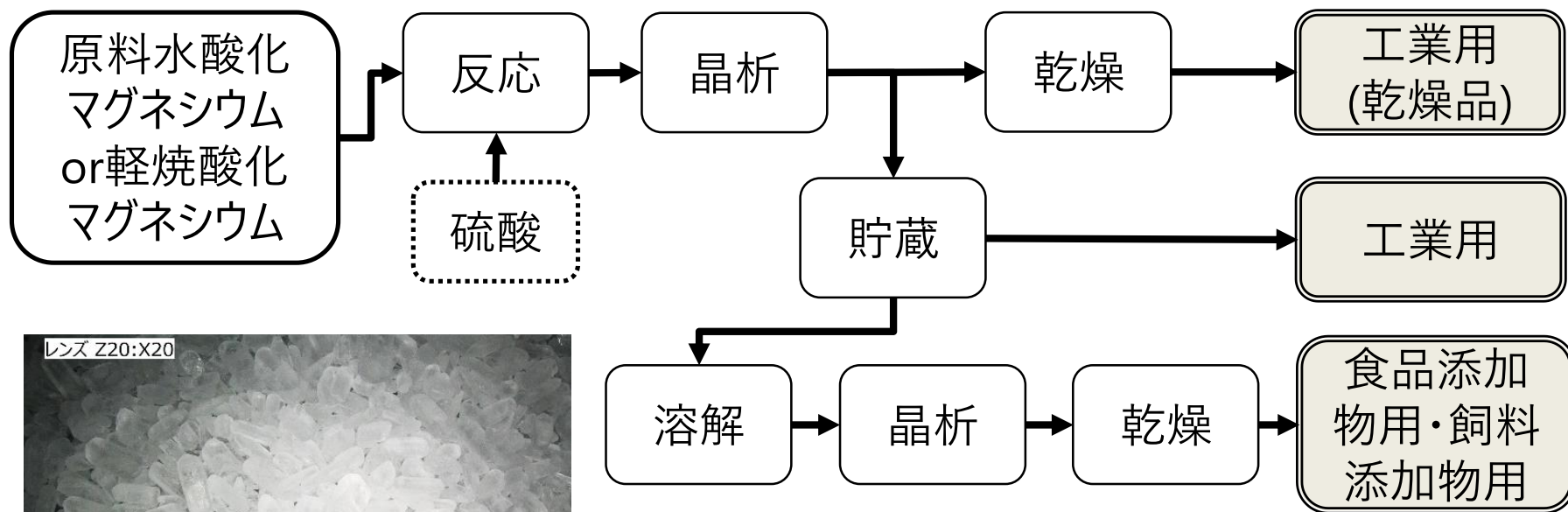


粒状品



硫酸マグネシウム②

- 硫酸マグネシウム($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)：無色柱状結晶
- 反応： $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MgSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$



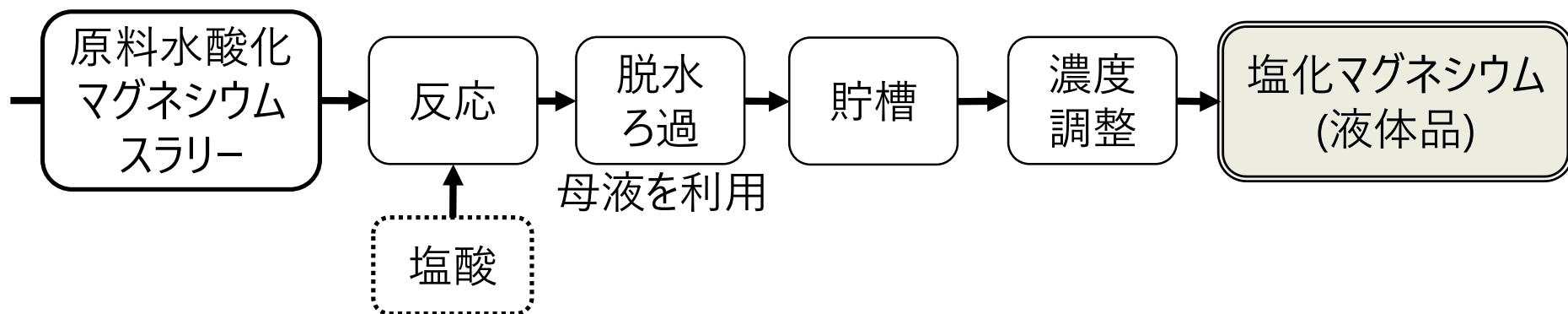
乾燥後の結晶

浴用剤用途で好調



塩化マグネシウム

- 用途：排水中和、防塵剤・耐火原料
- 反応： $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$



・現在、フレーク(薄片状)品は製造委託し、弊社は品質保証のみ実施



炭酸マグネシウム

化学名： 塩基性炭酸マグネシウム

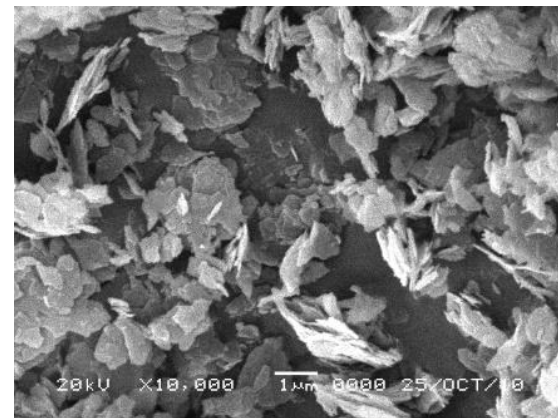
- ・医薬・工業分野にて、一般的に炭酸マグネシウムはこれを指す。
- ・「炭マグ」や「炭麻」と呼ばれている。

化学式： $x\text{MgCO}_3 \cdot y\text{Mg(OH)}_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}$

- ・ $x : y : z = 3 \sim 5 : 1 : 3 \sim 7$ の組成が知られている。
- ・製法、製造条件に依存し、様々な化学組成が知られている

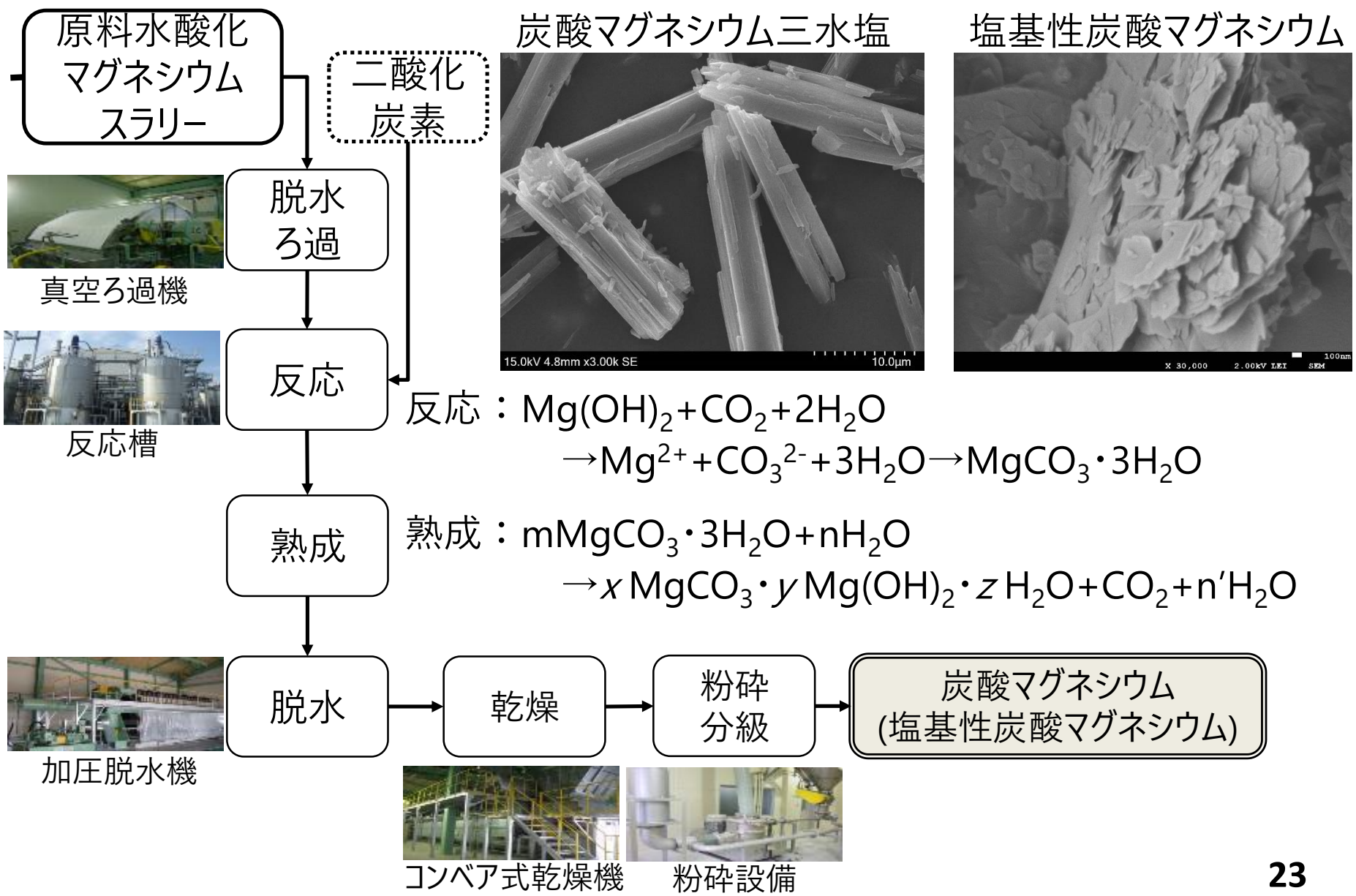
物 性：

- ・アルカリ性の板状結晶
- ・約170°Cで結晶水放出、約350°Cで分解
- ・屈折率が天然ゴムとほぼ同じ





炭酸マグネシウム製造プロセス

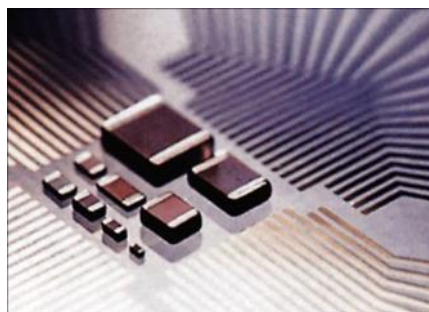




炭酸マグネシウムの使用用途

食品添加物グレード

- ・医薬品原料または原薬原料
- ・固結防止剤(塩etc.)
- ・化粧品や研磨剤(歯磨き)
- ・滑り止め(体操競技・クライミング) 等



工業用グレード

- ・ゴム添加剤
- ・樹脂添加剤
- ・焼成助剤(セラミックコンデンサ)
- ・難燃剤 等





炭酸マグネシウムのグレード

- 工業用 : 粉体物性重視の顧客が多い
- 食品添加物 : 成分規格重視の顧客が多い

種別	当社規格	日本食添	日本薬局方	欧州食添	欧州薬局方	米国食添	米国薬局方
工業用	○						
食品添加物		○					
特定顧客向け	○		○	○			
欧州向け	○			○	○		
北米向け						○	○



ナイカイから世界へ

- 当社炭酸マグネシウムのうち2/3は海外向け
- 海水原料の高純度炭酸マグネシウムは珍しい
→不純物が少ないというアピールポイント





当社取得の認証

- FSSC22000(食品安全) : 塩, 炭酸マグネシウム
- ISO9001(品質) : 全製品
- ISO14001(環境) : 全製品
- HALAL認証 : 全製品
- KOSHER認証 : 全製品
- EU-REACH規則 : 炭酸マグネシウム本登録済

自社商材の付加価値を高め、
販売に繋げるためのツールとして利用



溶存資源の利用について

- ・塩製品、化成品、苦汁に分けて利用率を算出
- ・算出条件：2022年度製造実績

$$\text{利用率(\%)} = \frac{\text{製造実績} \times \text{各溶存資源の換算係数}}{\text{※資源の総存在量}} \times 100$$

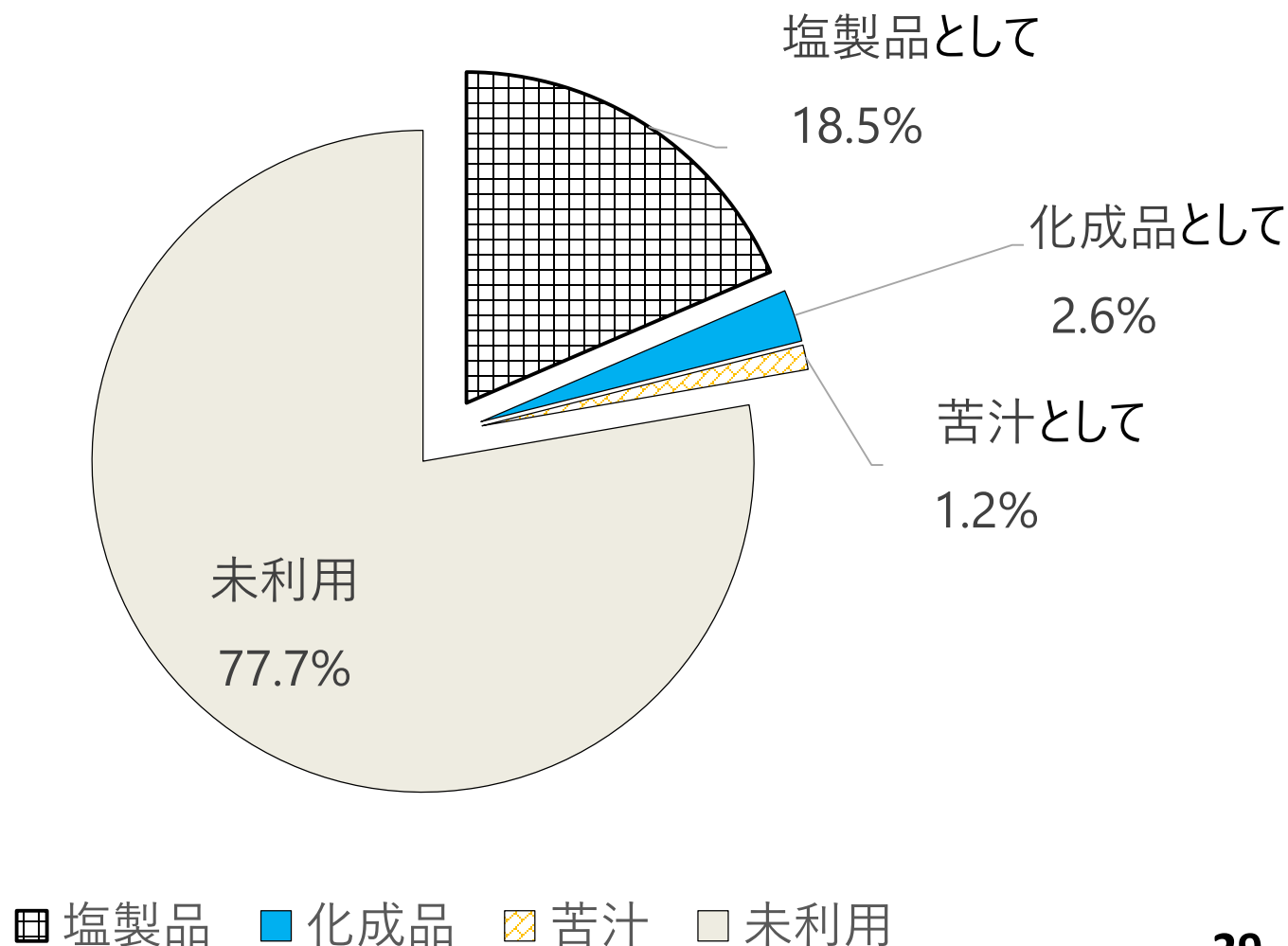
※資源の総存在量

$$\text{主な資源} \left[\begin{array}{ccc} \text{Na}^+ & \text{Cl}^- & \dots \text{塩製品・苦汁} \\ \text{Mg}^{2+} & \text{K}^+ & \text{Br}^- \dots \text{化成品・苦汁} \\ \text{Ca}^{2+} & \text{SO}_4^{2-} & \text{HCO}_3^- \end{array} \right] \text{の濃度} \times \text{総海水量}$$



主な溶存資源(全体)の利用状況

- 主な資源の総存在量を100%とした場合、当社ではそのうち塩製品18.5%+化成品2.6%+苦汁1.2%=**22.3%を利用**





溶存資源(個別)の利用率

- 資源毎、個別に利用率を算出(条件は2022年度実績)

$$\text{個別利用率(\%)} = \frac{\text{製造実績} \times \text{各溶存資源の換算係数}}{\text{個別の溶存資源量} \times \text{総海水量}} \times 100$$

	利用形態	個別利用率[%]
Na ⁺	NaCl + 苦汁	24.0
Mg ²⁺	Mg(OH) ₂ + 苦汁	81.1
K ⁺	KCl + 苦汁	16.1
Br ⁻	Br ₂ + 苦汁	20.0
Cl ⁻	主にNaClと苦汁	26.0



逆浸透(RO)膜を用いた海水利用

- 淡水化プロセスにて得られるRO造水→製造に利用
- RO膜の状況把握のため、RO原水(ED希釈海水)とRO造水中の電気伝導度とともにNa, K, Cl, SO₄, Ca, Mgをモニタリング中
- 淡水化プロセスにおける塩除去率は次の式で算出した

$$\text{塩除去率(\%)} = 100 - \left[\left(\frac{\text{RO造水中の塩類}}{\text{RO原水中の塩類}} \right) \times 100 \right]$$

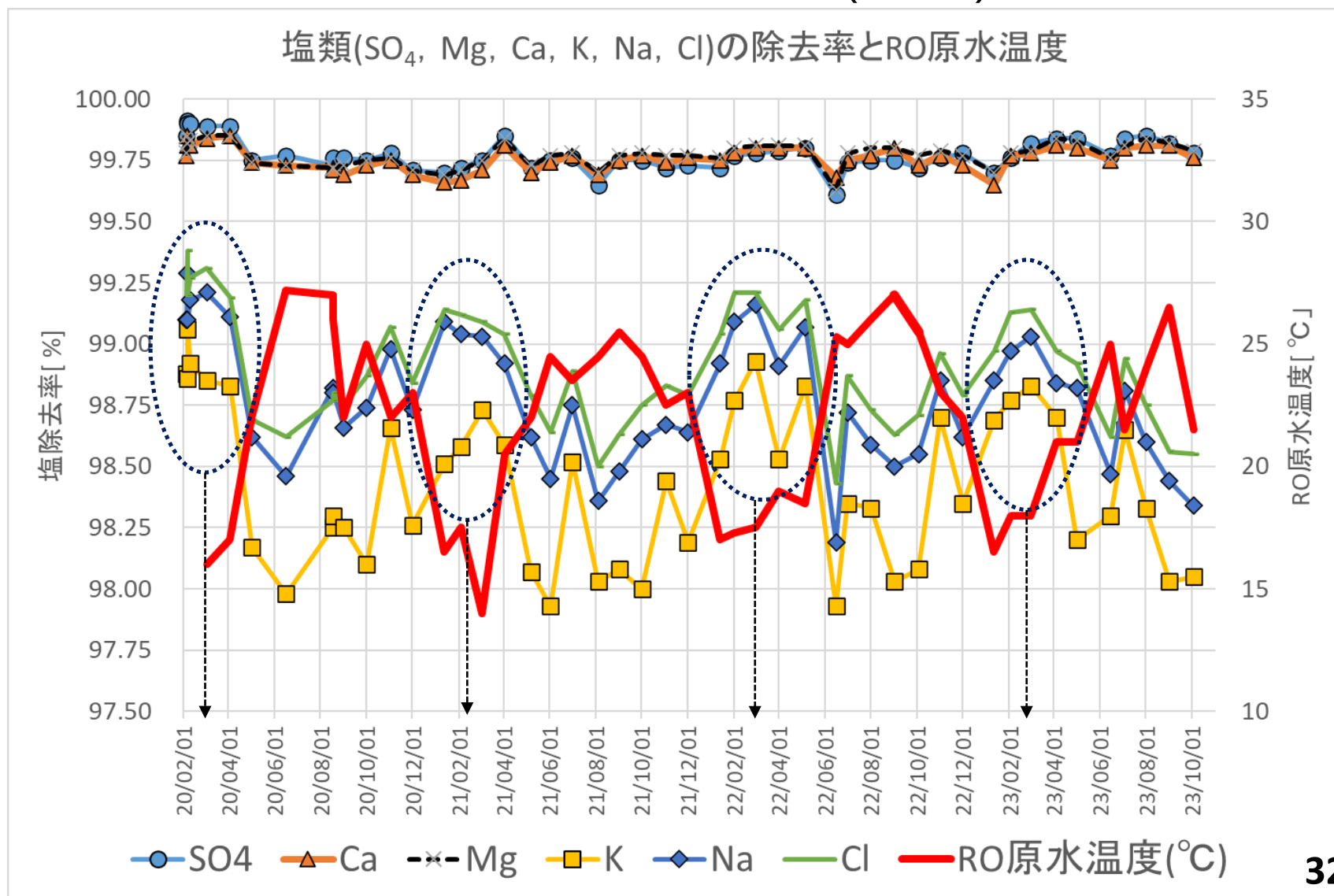


RO造水設備(ナイカイ塩業内)



RO原水・RO造水のモニタリング

- 集計期間：2020年2月～2023年10月(n=46)





今後の展開

- 多能工化・DX：生産性向上
- 化成品9工場のオペレーションを集約＝センター化
- 溶存資源の利用率向上と新規用途創出
- 工場のビルド＆スクラップ



おわりに

- 当社は、これからも変わることなく「品質のナイカイ」「技術のナイカイ」の伝統を大切に、お客様と地域に貢献する企業として、不断の努力を続けていく所存です。

ご清聴ありがとうございました。

