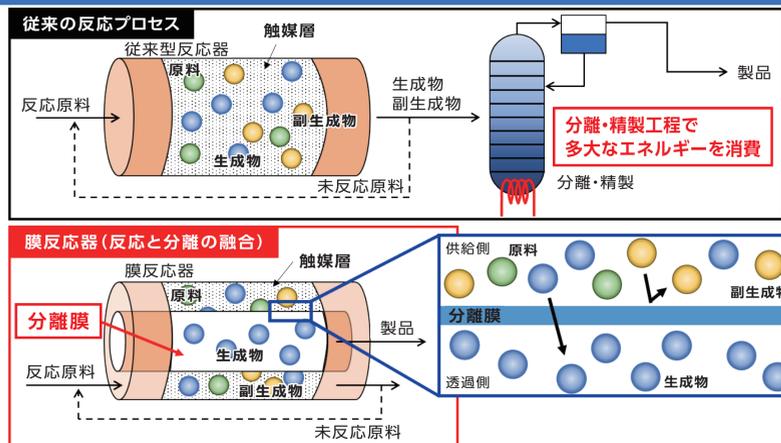


無機膜を用いた膜反応器

Membrane reactors using inorganic membranes

膜反応器 Membrane reactors

▶ 反応温度の低温化、分離精製工程の不要化あるいは小規模化
⇒ プロセスの簡素化および省エネルギー化が期待できる技術



膜反応器は“反応”と“分離”を同時に行うことのできる反応器であり、後段の分離精製工程が小規模化（あるいは不要化）することにより、省エネルギーかつ省スペースが期待できる技術です。

Membrane reactor combined “reaction” and “separation” is expected to saving the energy consumption and space.

膜反応器の分類 Classification of membrane reactors

[Extractor]	[Distributor]	[Active Contactor]
<p>平衡制約のある反応系に有効</p> <p>$A + B \rightleftharpoons C + D$</p> <p>目的物質あるいは不純物を反応系外に除去</p> <p>ex) メタン水蒸気改質反応 $CH_4 + 2H_2O \rightleftharpoons 4H_2 + CO_2$ エステル化反応 $CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$</p>	<p>逐次的に起こる反応系に有効</p> <p>$A + B \rightarrow C \rightarrow D$</p> <p>反応原料の供給量を制御</p> <p>ex) メタンの部分酸化反応 $2CH_4 + O_2 \rightleftharpoons 2CO + 4H_2$ 反応場に酸素を供給する量を制御し、完全酸化を抑制</p>	<p>$A + B \rightarrow C$</p> <p>細孔内での反応による生成物の制御</p> <p>ex) トルエン不均化反応</p> <p>$2 \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6 + \text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$</p> <p>パラ体の選択性が向上</p>

膜反応器は、反応場から目的物質あるいは不純物を引き抜く“Extractor型”、膜を介して反応場に原料を供給する“Distributor型”、膜の細孔を反応場とする“Active contactor型”の3つに大別されます。Extractor型は平衡反応、Distributor型は連鎖反応、Active contactor型は並発反応に有利です。

Membrane reactor is roughly divided three categories such as “Extractor-type” which is removed targets or impurities, “Distributor-type” which is supplied raw material through the membrane and “Active contactor-type” that uses the membrane pores as the reaction field. They have advantages for equilibrium reaction, sequential reaction and parallel reaction, respectively.

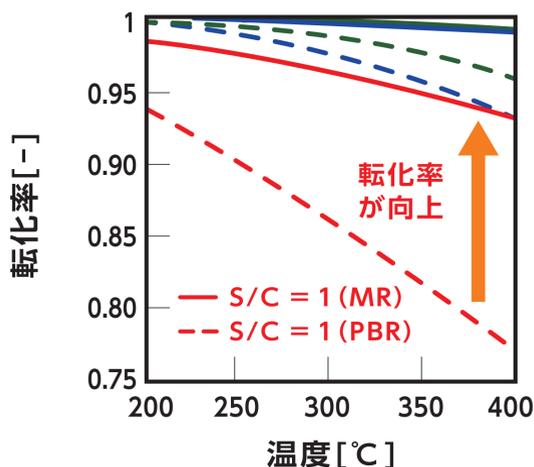
膜反応器に用いられる無機膜 Inorganic membranes used in membrane reactor

- 〈シリカ膜〉**
 - ✓ 脱水素反応（エタン、プロパン、シクロヘキサン、メチルシクロヘキサンなど）
 - ✓ 水蒸気改質反応（メタン、メタノールなど）
 - ✓ 水性ガスシフト反応
 - ✓ 分解反応（アンモニア、 H_2S など）
 - ✓ ISプロセス
 - ✓ ジメトキシブタンの合成
- 〈パラジウム膜〉**
 - ✓ 脱水素反応（エタン、プロパン、シクロヘキサン、メチルシクロヘキサン、エチルベンゼン、メタノール、エタノール、ブタノールなど）
 - ✓ 水蒸気改質反応（メタン、プロパン、ナフサ、グリコールなど）
 - ✓ 水性ガスシフト反応
 - ✓ 芳香族化（プロパンなど）
 - ✓ 分解反応（メタン、アンモニア、 H_2S など）
 - ✓ 水素化反応（エチレン）
 - ✓ 部分酸化反応（メタン、エタノールなど）
 - ✓ フィッシャー・トロプシュ合成
 - ✓ フェノール合成
- 〈ゼオライト膜〉**
 - ✓ 脱水素反応（プロパン、イソブタン、シクロヘキサン、エチルベンゼンなど）
 - ✓ メタセシス反応（プロパンなど）
 - ✓ メタノール、クメン等の合成反応
 - ✓ エステル化反応（酢酸+エタノール、酢酸+イソブタノールなど）
 - ✓ 水性ガスシフト反応
 - ✓ MTO反応
 - ✓ クネペナーゲル縮合
 - ✓ 異性化反応（C5、C6）
 - ✓ フィッシャー・トロプシュ合成
 - ✓ オリゴマー化（イソブタンなど）

膜反応器は、左の表に示す通り、様々な反応系への適用が検討されています。パラジウム膜であれば、水素が生成する反応系への適用が検討されています。水素分離を得意とするシリカ膜も同様です。ゼオライト膜の場合、その吸着性から水が生成する反応系への適用が多く検討されています。

Membrane reactors are investigated for various reaction system, as shown in the table on the left. In case of palladium membranes, its application to a reaction that produces hydrogen is developed. Silica membranes, which show good hydrogen permselective performance, are the same application with palladium. In case of zeolite membranes, this membrane reactors are applied to reaction where water is generated.

膜反応器の優位性 Advantages of membrane reactors



たとえば、水性ガスシフト反応($CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$)に水素を選択的に反応系外に除去する膜反応器を適用した場合、化学量論比である $S/C = 1$ の条件下にて通常の触媒充填層型よりも高い転化率が期待できます。

For example, when a membrane reactor that removes hydrogen from the reaction system is applied to a water gas shift reaction, conversion using membrane reactor under the $S/C = 1$, which is the stoichiometric ratio, can be expected higher comparing with that of conventional packed-bed reactor.

本成果は NEDO の委託事業により得られたものです。