

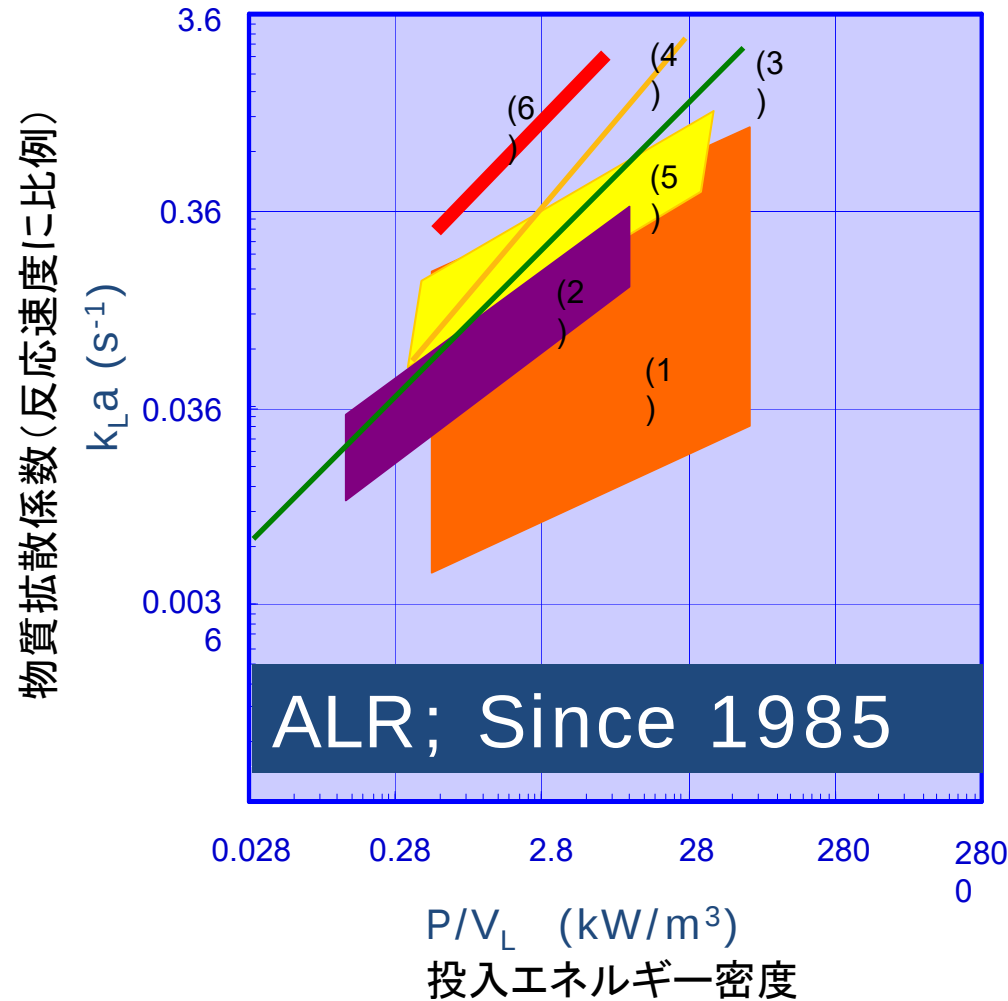
ガス-液反応系反応槽改善案

1. 各種反応槽 **Kla** 値と投入エネルギーMap
2. 内部熱交の外出し効果（ループリアクター効果の半分）
3. 攪拌型反応槽から（性能比較例）
4. 「ループリアクターへの道」；段階的性能アップと循環ポンプ
5. ガス-液反応系収率アップ提案
6. **TRG**型ガス注入器性能（Frings社資料）

平成27年8月
ユーロ・プロテック株式会社

1. 物質移動係数から見た各種反応缶の性能比較

(合体反応のない条件下で)



両対数目盛にご留意!

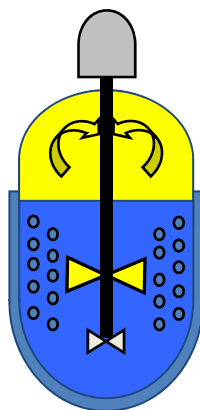
旧型リアクターと比較しても
約5 倍の反応速度を示している

1. 攪拌槽型オートクレーブ (外部ジャケット方式)
2. 従来型熱交内臓型6枚羽タービン式オートクレーブ
3. 従来型熱交内臓型自己吸引式オートクレーブ
4. 従来型熱交内臓型EKATO
自己吸引式オートクレーブ
5. 旧型ループ・リアクター
6. **Advanced Loop Reactor [ALR]**

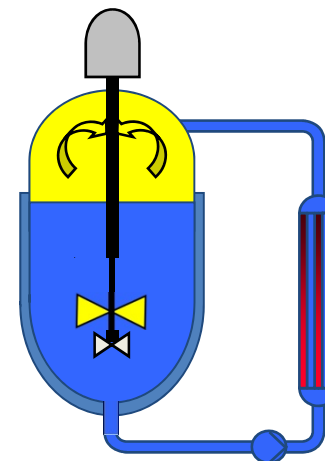
出典

- 1) Van Dierendonck et al. (1988)
- 2) Ekato's Mixing Handbook
- 3) Ph D thesis ETH Zürich
- 4) PhD University Groningen

2.1 外置き熱交換器のメリット



VS.



ジャケット・コイル・分散板つき攪拌槽:

外部熱交方式反応槽:

α_{Heat} is 100-500 W/m²/C

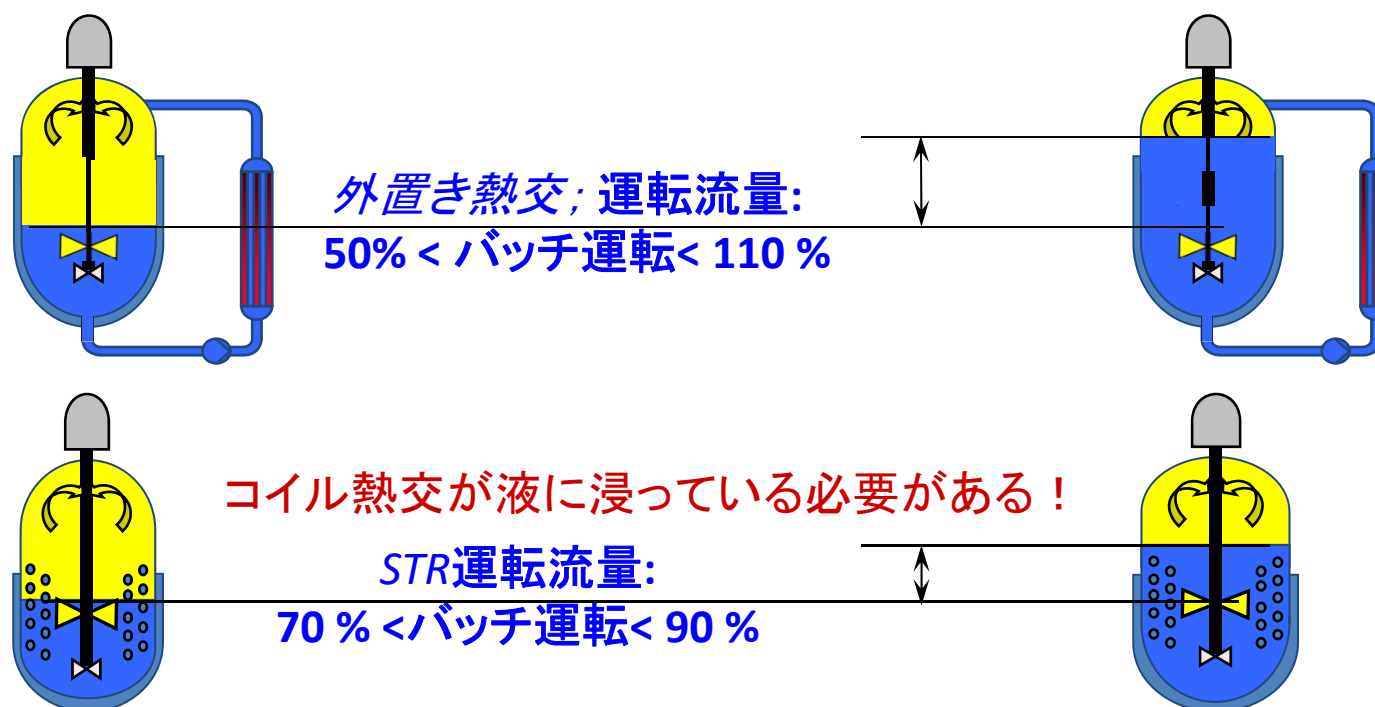
α_{Heat} is 900-1200 W/m²/C

伝熱面積は攪拌槽の大きさに依存
 伝熱面積は攪拌槽への充填量に依存しない
 伝熱面積は< 8 m²/ m³
 槽内流動パターンが粘度など物性に大きく依存
 ➡ 熱伝達率が計算に乗らない ➡ 温度管理が難
 槽内付属品が多く、洗浄が難 ➡ クロスコンタミ

伝熱面積は攪拌槽の大きさに依存しない
 伝熱面積は攪拌槽への充填量に依存しない
 伝熱面積は>> 8 m²/ m³
 熱交管内通過の流動パターンは計算に乗る
 ➡ 温度管理が容易 ➡ 副生成物少ない
 槽内洗浄が容易 ➡ 品質向上

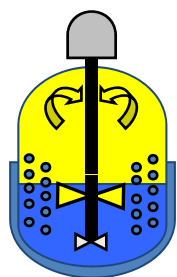
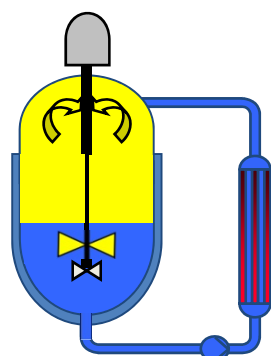
2.2 外置き熱交換器のメリット

負荷変動への柔軟な対応性

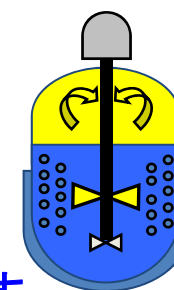
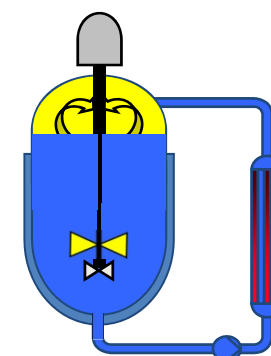


2.3 外置き熱交換器のメリットー総括

負荷変動への柔軟な対応性



	熱交外置き型	従来型攪拌槽
製品々質向上	大	No
反応速度	大	No
除熱能力	大	No
バッチ間時間	短	大
攪拌動力	小	大
反応槽サイズ	小	大
もし、エジェクター採用が可能なら		
ガス循環 / 分散	大	No
反応速度	特大	No



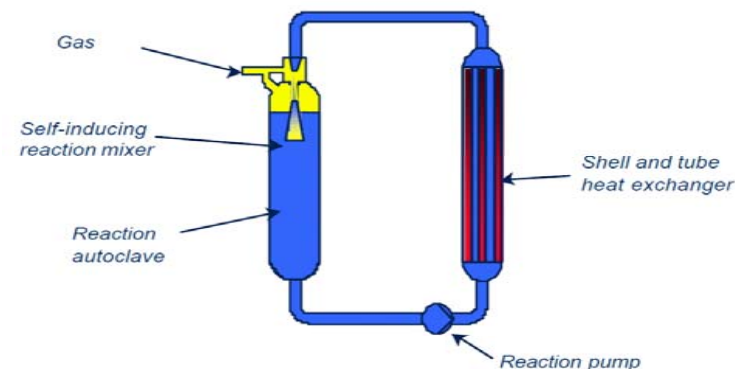
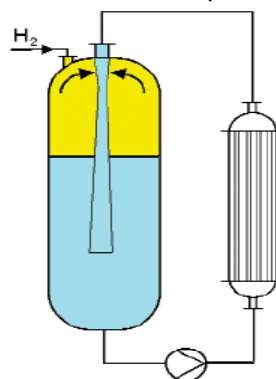
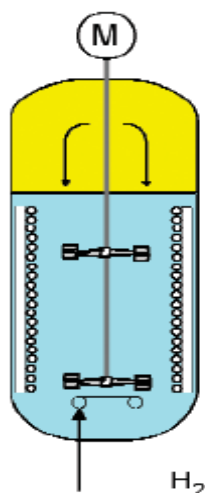
以上のメリットの多くは、低剪断力且つ高ガス伴流性能によります
EOポンプが最適です。

3. 攪拌槽とループリアクター性能比較

ALR; Since 1985

各種典型的水添反応缶運転条件比較

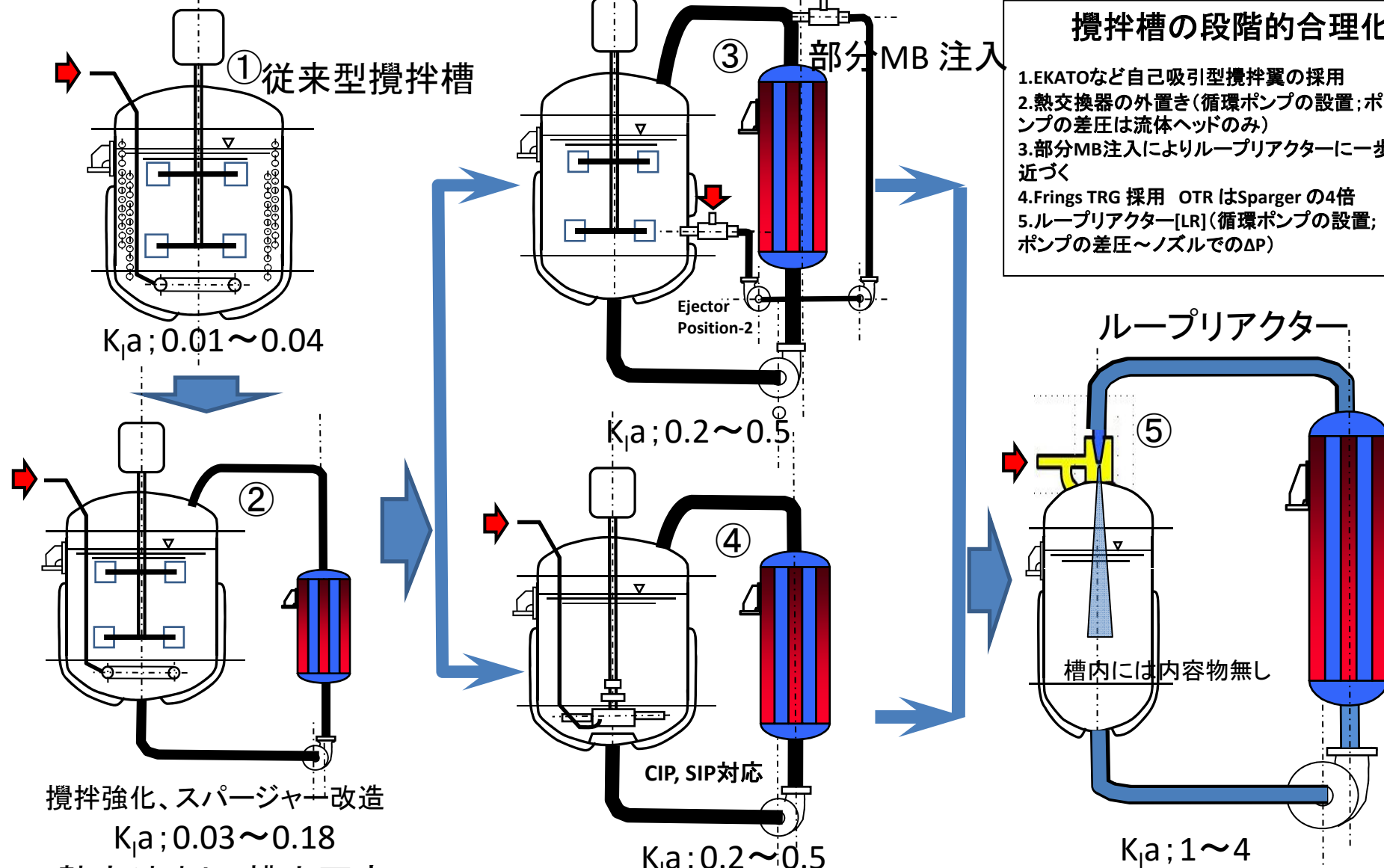
運転条件*		Stirred tank reactor	Loop Reactor	Advance Loop Reactor
運転圧力	[barg]	80-100	30-40	15-20
運転温度	[° C]	120-190	120-200	100-160
触媒充填量	[%]	2-12	0.5-2.0	0.2-2.0
反応時間	[Minutes]	180-420	90-120	60-120



4.ループリアクターへの道

攪拌槽の段階的合理化

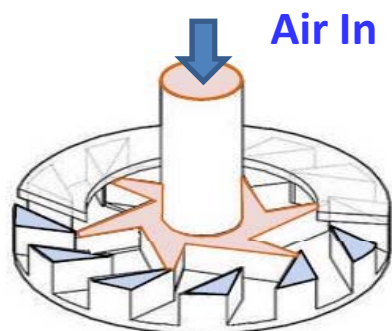
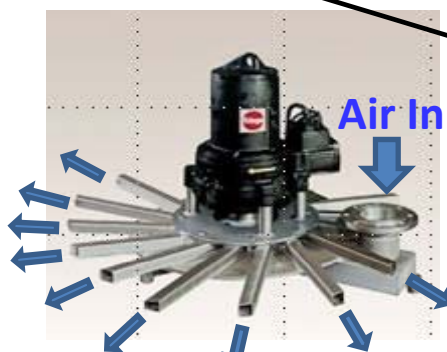
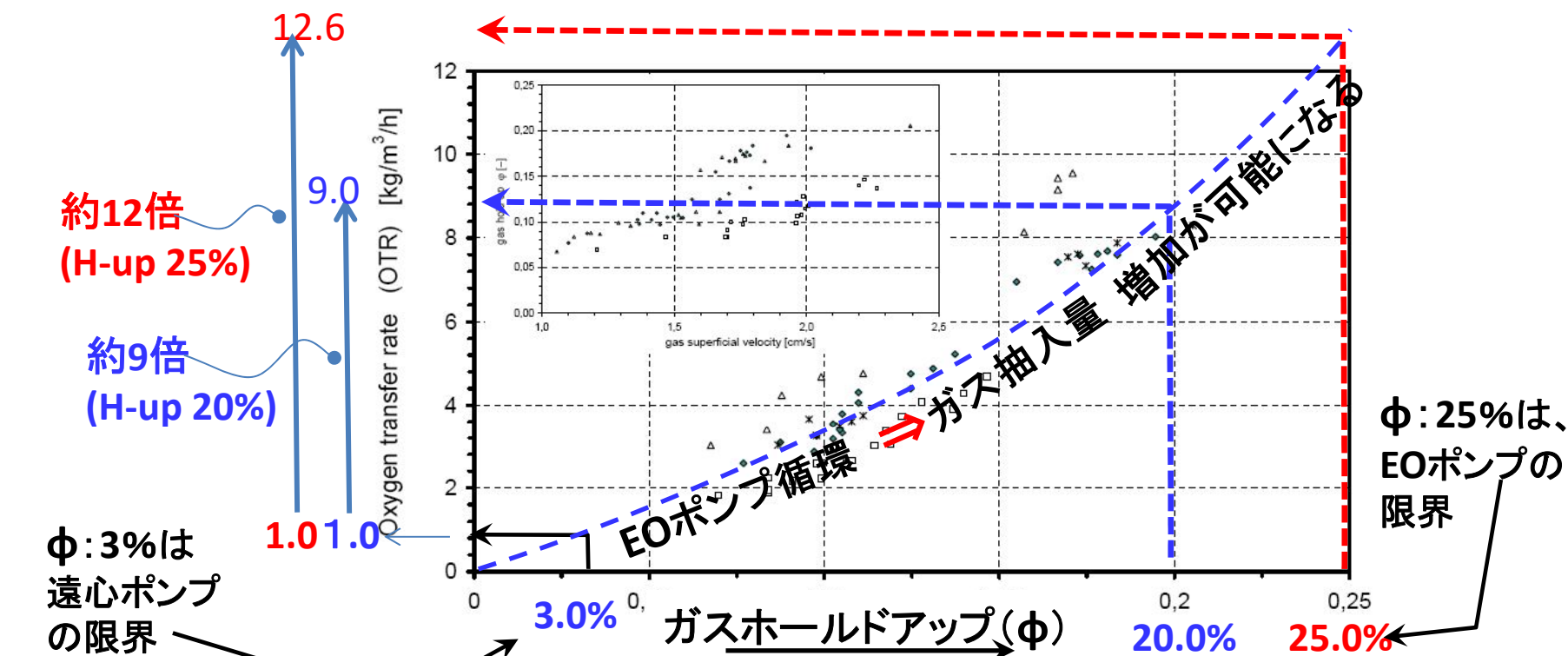
- 1.EKATOなど自己吸引型攪拌翼の採用
- 2.熱交換器の外置き(循環ポンプの設置;ポンプの差圧は流体ヘッドのみ)
- 3.部分MB注入によりループリアクターに一步近づく
- 4.Frings TRG 採用 OTRはSpargerの4倍
- 5.ループリアクター[LR](循環ポンプの設置;ポンプの差圧~ノズルでの ΔP)



2015/10/19
2015年8月

不許複製; : 本書類の版權はユーロ・プロテック株式会社及びEmil Egger社にあります

5. ガス-液反応系収率アップの提案



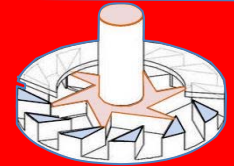
2015/10/19
2015年8月

不許複製: 本書類の著作権はユーロ・プロテック株式会社及びEmil Egger社にあります

6.1 TRGガス注入機性能 (Frings社資料より抜粋)

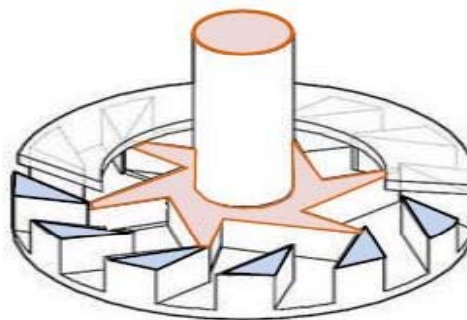
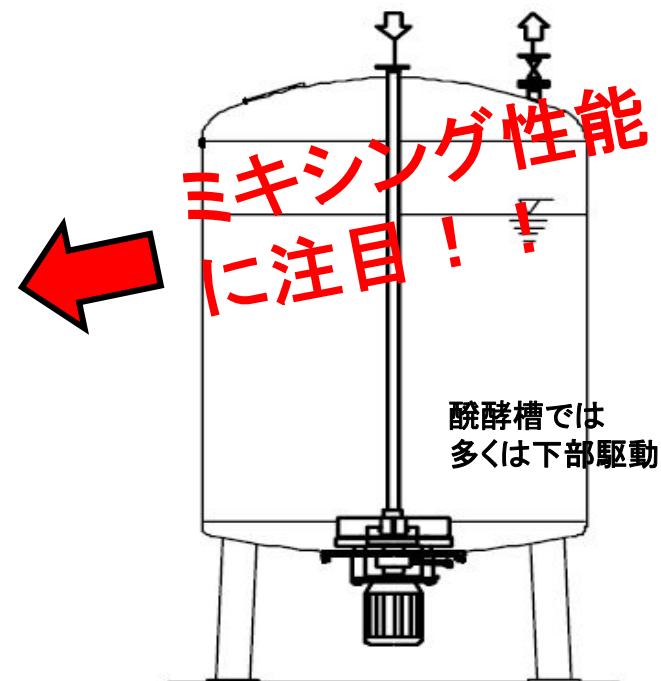
仕様項目	使用範囲	特性	備考
適用槽サイズ	$V = 10 \sim 500 \text{ m}^3$	縦横比 (高さ H / 直径 D): $\xi < 3$	小規模反応槽の場合は、自己吸引タイプ FRIBORATOR が適している
ガス注入力	$q = 0.01 \sim 5 \text{ vvm}$	高ガス注入では、ガス循環筒が有効な場合がある	
適用温度	$T < 80 \text{ }^\circ\text{C}^{**}$	ガス注入量は流体の運転温度での蒸気圧、や運転圧力に関わる。	蒸気圧が低い場合は、高温もあり得る。
流体側粘度	$\eta < 300 \text{ mPas}$	粘度レベルに応じた機種	粘度が高い場合は、低速運転のハイブリッド機構: TRG + low speed mixer
エネルギー入力	$P/V = 0.5 \sim 20 \text{ kW/m}^3$	P =星型タービン駆動パワー+ガス注入に要するパワー	大型反応槽の上限: $P/V = 4 \text{ kW/m}^3$
流体力学的ストレス	$\varepsilon / \varepsilon_0 >> 40$ (最大エネルギー逸散率を平均エネルギー逸散率で割った値)	流体ストレスは、タービン先端線速度が支配的	ストレスに敏感な触媒 (菌糸体) を使用する場合は、テストが必要
固体成分	$< 20\%$		Raney Nickel 触媒が含まれていても、運転可能
運転圧力	$P < 5 \text{ bar}$		特殊な場合 100 気圧以上の反応槽に適用可能
ガス注入対象流体	- 分散コロイド、 - 乳化型反応、 - 懸濁型反応	バブル合体禁止剤が有効	バブル合体が大きいと溶解込み酸素量は限定的になる
使用材料	標準使用材; DIN1.4571 (SUS316Ti)	表面粗度 $< 0.4\mu$	耐酸性、耐アルカリ性、耐腐食性金属も可

6.2 ガス注入性能比較 : TRG vs. 攪拌翼

	FRINGS TRG		DISK BLADE STIRRER	
醗酵槽容量[m ³]		100		100
槽直径[m]		4,8		4,8
運転圧力(abs.) [mbar]		1013		1013
D(ローター径)/d(槽径)		0,22		0,33
ローター段数		1		3
羽根形状		6 star		6x90°
回転数[rpm]		348		100***
空気注入量[Nm ³ /h]		6600		6600
ブロー動力[kW]	231	96	430	126
ローター駆動力[kW]		135		304
ローター駆動トルク[Nm]		3567		29050
レイノズル数		1,84x10 ⁶	約半分	0,84x10 ⁶
ニュートン数		0,43		13,82
ΔP [mbar]		170		0
動粘度** [Pas]		0,004		0,004
比重力[kg/m ³]		1070		1070
O ₂ 飽和濃度* [mg/L]		6		6
ミキシングタイム(t ₉₀ [s])		55		45 – 60
酸素供給量 [kgO ₂ /m ³ /h]		5,1		2,9 – 4,5**
酸素注入効率 [kgO ₂ /kWh]		2,2	2倍以上	0,7 * - 1,1

6.3 FRINGS社TRGガス注入機

ミキシング強度は攪拌翼と変わらない事が特徴; $t_{90} \sim 11\text{sec}$.



<#>

2015/10/19
2015年8月

不許複製; : 本書類の版權はユーロ・プロテック株式会社及びEmil Egger社にあります

ご静聴有難う御座いました。



バイオ・エタノール・プラント

2014年7月納入の醗酵プロセス用
EOポンプ2 機種;

何れも、ガス搬入率20 [vol.%]



酵母・健康食品醗酵プラント



<#>

2015/10/19
2015年8月

不許複製; : 本書類の版權はユーロ・プロテック株式会社及びEmil Egger社にあります