

最近のグラスライニング反応機の適用について

Recent Applications of Glass-Lined Reactors.



(化)エンジニアリング部
 阪上 達也
 Tatsuya Sakagami
 宮田 忠明
 Tadaaki Miyata

神鋼パンテックでは、長年にわたりグラスライニング反応機を製造してきた。その間、ユーザーニーズの変化に合わせて、ガラスの改良や攪拌技術の向上等を積み重ね多くのノウハウを蓄積してきた。本稿ではグラスライニングの優位性を中心に、最近のグラスライニング反応機の適用例を紹介する。

We, SHINKO PANTEC, has long manufactured glass-lined reactors. During this long time, we have improved material of glass and technology of agitation system. So we have accumulated much know-how. In this term paper, we introduce recent applications of glass-lined reactors focused glass lining superior point.

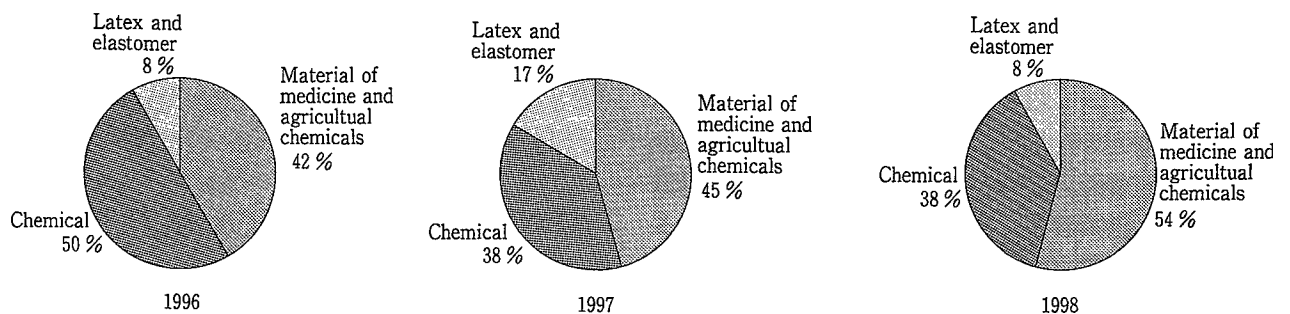
Key Words

グラスライニング (GL)	Glass Lining (GL)
付着特性	Characteristic of deposited particles
通気攪拌	Aerating operation with agitation
G M P	GMP

まえがき

グラスライニング (以下 GL) は金属素地に粉末状のガラスを吹き付け、炉内にて高温で焼成し、製造する複合材料である。ガラスの高い耐食性と鋼の機械的強度を併せ持つ優れた特長により、反応機材料として化学工業界をはじめ医薬、食品業界で広

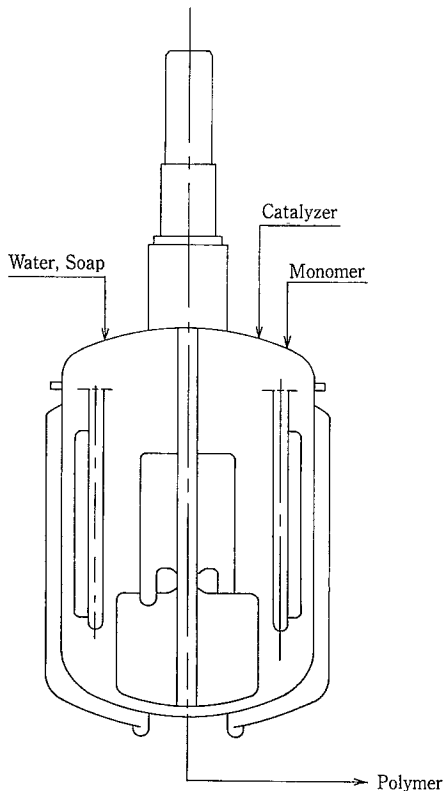
く使われている。本稿では最近の GL 反応機の適用について紹介する。第 1 図に最近 3 年間の当社 GL 反応機の用途別売り上げ動向を示す。この図によれば医農薬中間体用反応機が主流を占め、一般化学、樹脂・ゴム用途と続く。



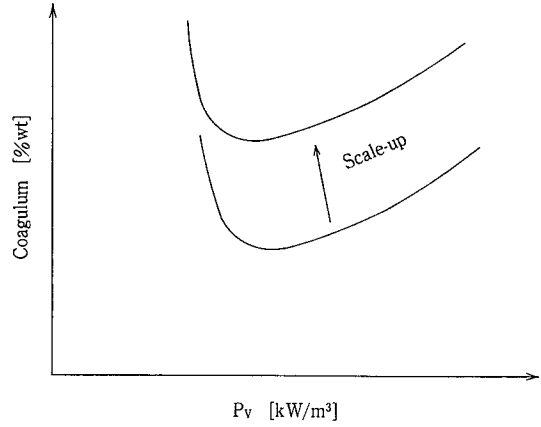
第 1 図 GL 反応機用途別売上動向
 Fig. 1 Trend of amount about GL-Reactor

1. 樹脂・ゴム用途の適用例 (GL 乳化重合反応機)

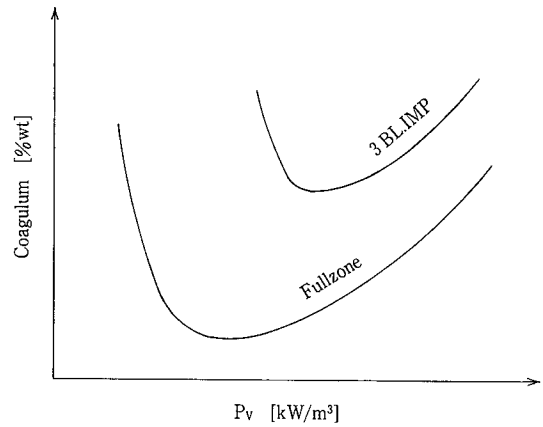
第2図に示すように乳化重合はモノマーを水、石鹸、重合助剤とともに攪拌混合し、これに触媒を加えて反応機内で乳化重合させて製造される。この反応では強い攪拌は乳化破壊(凝集物の発生)の点から好ましくなく、弱い攪拌は反応槽内の濃度、温度不均一および添加モノマーの表面分離の点から好ましくない。また付着による伝熱低下、コンタミ増加も課題である。これらの問題点を解決する方策としてフルゾーン翼(以下FZ翼)を設置したGL反応機が使用される。第3図は凝集物発生量(Coagulum)と攪拌動力の関係を概念的に表した物である。この図から判断できるようにこの乳化重合系は強い攪拌でも、弱い攪拌でもCoagulumの発生が増加し、さらに同種の翼でスケールアップしても増加の傾向にある。このような攪拌系では大型翼であるFZ翼が有効であり、第4図に示す通り同じ攪拌動力のもとではCoagulum発生量が3枚後退翼(ファウドラ翼)に比べ格段に少ない。この理由は同一の消費動力(循環流量とせん断力の積)ではFZ翼の方が循環流量が大きく、いわゆる低せ



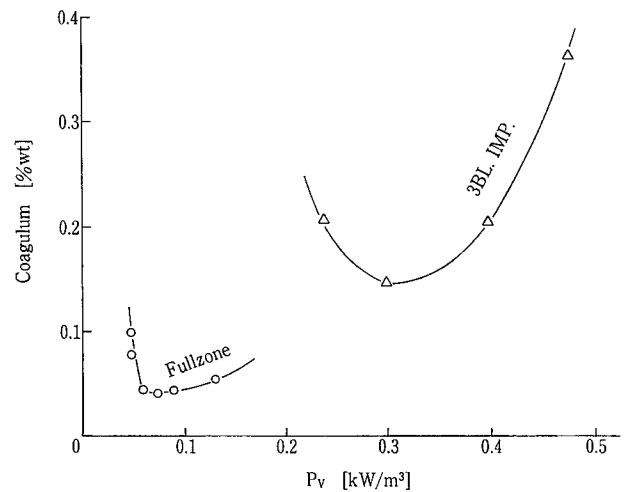
第2図 GL 乳化重合反応機
Fig. 2 GL-Reactor for polymerization



第3図 Coagulumと攪拌動力の関係
Fig. 3 Relation between Coagulum and P_v



第4図 Coagulumと翼形状の関係
Fig. 4 Relation between Coagulum and Agitator



第5図 15 m³ ABS グラフト乳化重合における Coagulumと攪拌動力の関係
Fig. 5 Coagulum in 15 m³ ABS Graft-Polymerizer

第 1 表 接触角測定結果 (測定時の温度28℃)
Table 1 Result of measured contact angle (at 28℃)

(Unit=Degree)

Surface treatment	Contact angle							
	SUS 304				SUS 316			
	Rmax (μ)	Pure water	Glycerine	Styrene monomer	Rmax (μ)	Pure water	Glycerine	Styrene monomer
# 150	3.8	115.5	104.5	33.3	3.3	109.5	105.5	32.2
# 150+EP	2.0	74.1	68.2	11.0	1.9	48.3	46.0	15.5
# 320	1.8	112.2	102.8	43.3	1.3	90.0	91.5	34.7
# 320+EP	1.0	80.2	75.7	16.5	0.9	55.0	52.5	13.0
# 400	0.9	91.6	93.8	32.5	0.8	79.0	78.1	27.3
# 400+EP	0.8	80.6	63.7	13.2	0.8	67.0	61.7	12.8
GL	0.9	7.0	15.0	Unable to measure ¹⁾	—	—	—	—

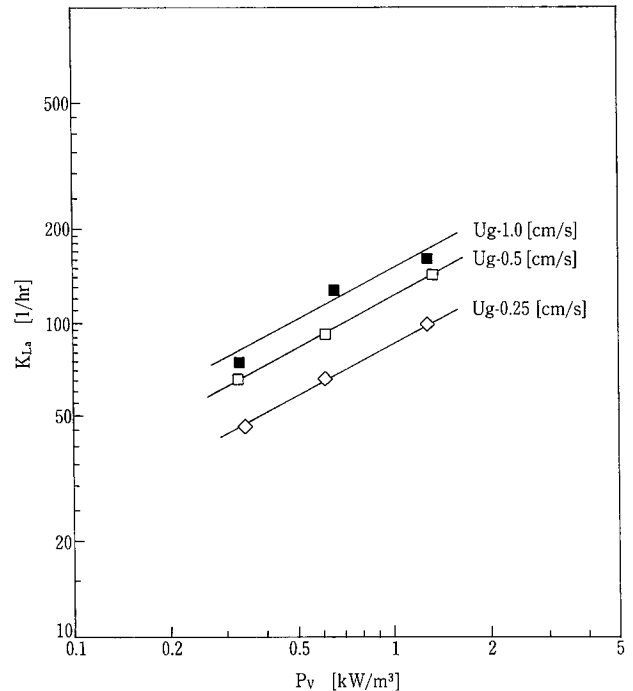
[NOTES]¹⁾ Unable to measure because solvents diffused too quickly on surface of glass.

ん断型の攪拌翼であるため翼近傍での流れによる乱れが小さいことによる。第 5 図に15 m³ABS グラフト乳化重合における凝集物量と攪拌動力の関係を FZ 翼と 3 枚後退翼で示す。この図からも FZ 翼の有効性がわかる。

次に付着について着目してみる。第 1 表に示されるように GL 表面での純水、グリセリンおよびスチレンモノマーの接触角は、ステンレス鋼表面をバフ研磨および電解研磨したものと比べて小さく、これが GL の付着特性のよさを表すと言われている。乳化重合用途においてはこの特性を活かし、耐食目的ではなく付着防止を目的として、GL 反応機が用いられる。一般に GL は炭素鋼を母材として施工され、この場合下引きガラス、上引きガラスとも数回施工している。付着防止目的のガラスは、ステンレス鋼を母材として下引きガラス、上引きガラスとも回数を 1~2 回に制限し、当社独自の焼成方法により、反応槽および攪拌翼を製作している。さらに付着を減らすよう要求される場合には、ガラスの表面処理として「Ag 処理」と呼ばれる手法を用いる。これはガラス表面の Na イオンを Ag イオンに置き換える処理で、耐付着性、耐水性が向上する。従って乳化重合反応機に用いると非常に有効であり、使用実績も数多い。

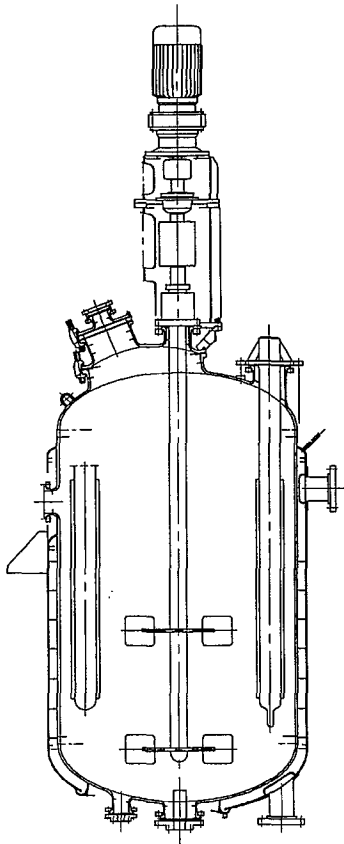
2. 一般化学用途の適用例 (GL 通気攪拌反応機)

攪拌槽内に積極的に反応ガスを通気し、気液接触反応を行う反応機は GL 分野についても多い。この気液系反応機では通気するガスの分散律速となる反

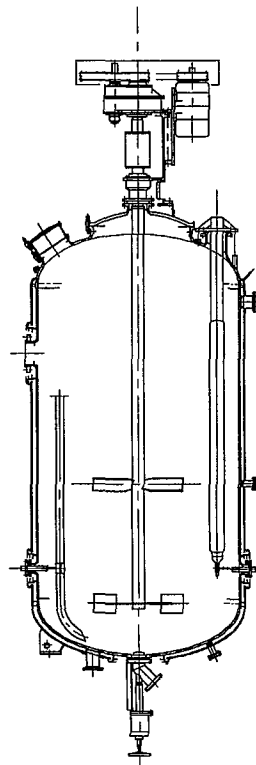


第 6 図 タービン翼における Pv と kLa 関係
Fig. 6 Relation between Pv and kLa using turbin Agitator.

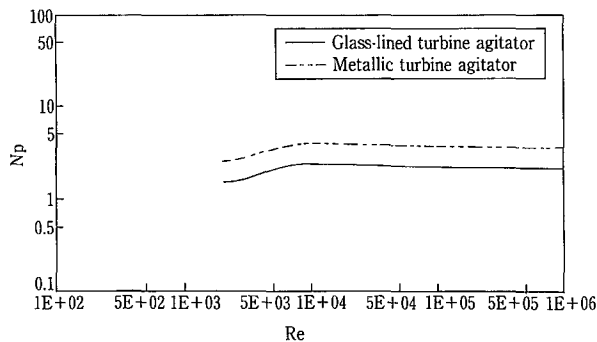
応が多く、第 6 図に示すように通気ガス速度 Ug と攪拌動力値 Pv によって、移動容量係数 kLa が決まる。従って一般の反応機に比べて通気攪拌反応機の攪拌動力は大きく設定される。第 7 図にはノンメタリック通気攪拌反応機の例を、第 8 図には缶体が GL で、攪拌翼が特殊金属の通気攪拌反応機の例を示す。これらの反応機は缶体容量に対し 3~4kW/m³



第7図 GL製ノンメタリック構造反応機
Fig. 7 Non-metallic GL-Reactor



第8図 GL缶体+金属製翼
Fig. 8 GL-Reactor+metallic agitator



第9図 Re-Np線図
Fig. 9 Re-Np diagram

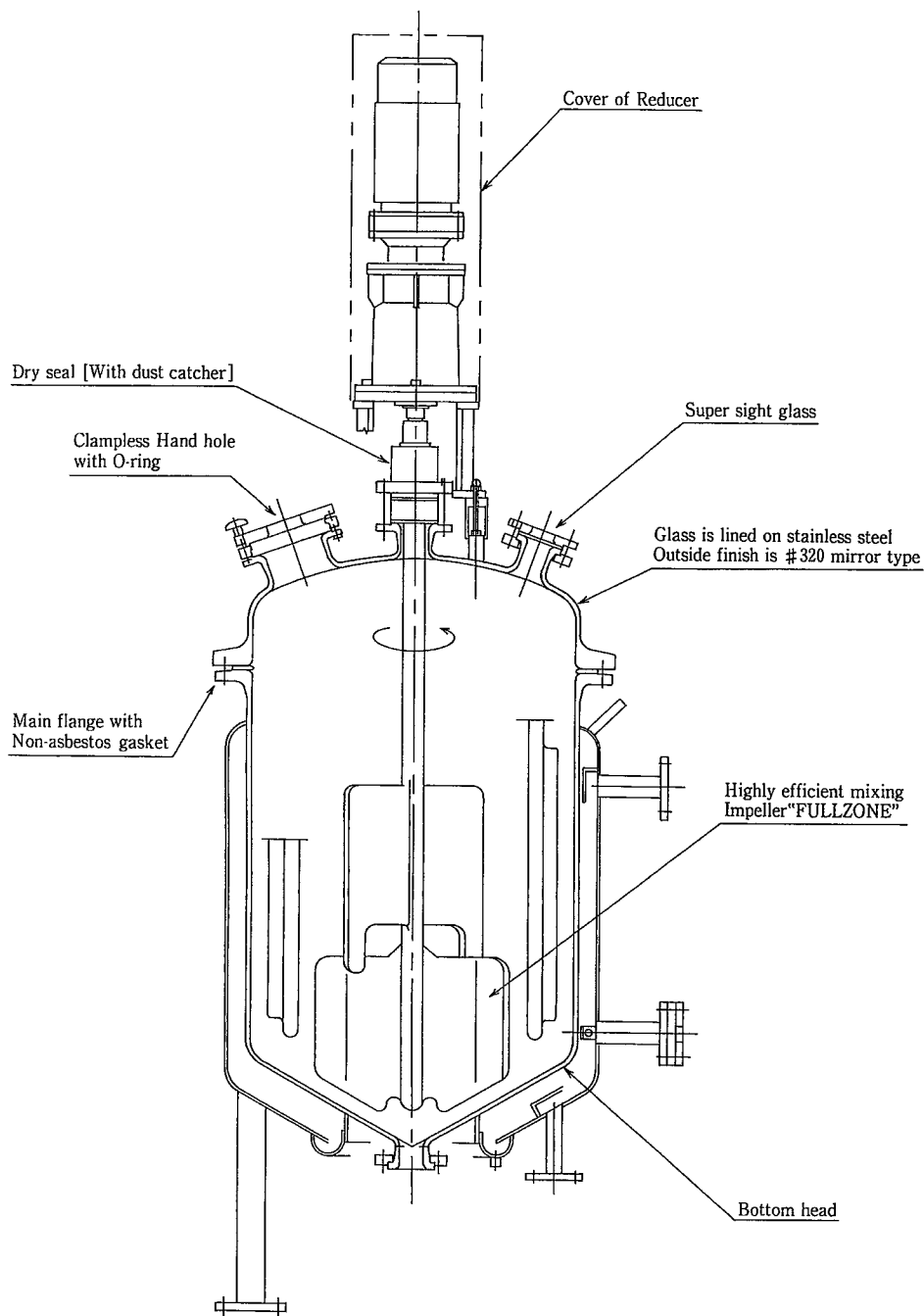
のモータが搭載されている。攪拌翼はせん断力の強いタービン翼が適しており、バッフル強度も一般の攪拌槽に比べて大きく設計している。

ここで注意が必要なのは、GL製タービン翼と金属製タービン翼とでは攪拌動力数（ N_p 値）が大きく異なる点である。GL製の部材は焼成上の問題で、端部にR加工を施す必要がある。このため、これ

を攪拌翼に適用すると、翼先端の丸みを付けることとなり、流動抵抗値を減少させてしまう。つまり攪拌動力数が小さくなってしまう。第9図にGL製タービン翼（先端に丸みがある）とステンレス製タービン翼（先端に丸みがない）のRe-Np線図を示す。

またこのような通気攪拌反応機では、攪拌動力が大きいいため、バッフルへの負荷荷重が大きい。GL缶体の場合、バッフルは上部ノズルから片持ちの状態に取り付けられることが多く、攪拌による反力を適正に設計するには経験と技術力を要する。攪拌の反力としてのバッフル付け根の曲げ応力の評価だけでなく、バッフル近傍の流れに起因するカルマン渦の発生頻度と、バッフル自身の固有振動数が近い場合、共振して大きな振動を発生してしまう。これを避けるような設計手法が求められ、当社ではこのような手法を設計基準に織り込んでいる。

最近の適用事例としてはジフェニルメタンジイソシアネート（MDI）製造用GL反応機がこの種の通気攪拌反応機に当たる。この反応機では精製されたメチレンジアニリン（MDA）/液にホスゲン/ガスを反応させて粗MDIを得る。



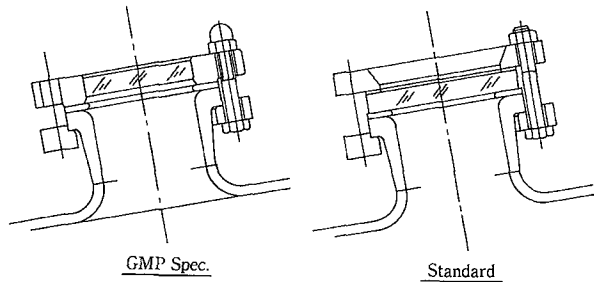
第10図 GMP仕様GL反応機
Fig.10 GMP Spec. GL-Reactor

3. 医農薬中間体用途の適用例（GL/GMP反応機）

1995年頃より医農薬の中間体が製薬メーカよりアウトソーシングされる割合が増加し、それを化学業界が受けたことに伴い、GL反応機を使った医農薬中間体製造プラントが数多く製造された。一方同時に厚生省よりバルク（中間体）製造設備にもバリデーションを必要要件とする旨の指針が出された。

バリデーションとは「設備、工程、方法を科学的根拠、妥当性をもって設計し、それが初期の目的通り恒常的に機能していることを科学的に検証し、文書化すること」とされている。医薬中間体の製造において、その品質を守るために設備側に要求される項目は次のとおりである。

- ① 耐食性に優れていること
- ② 機械部品からの異物が混入せぬこと



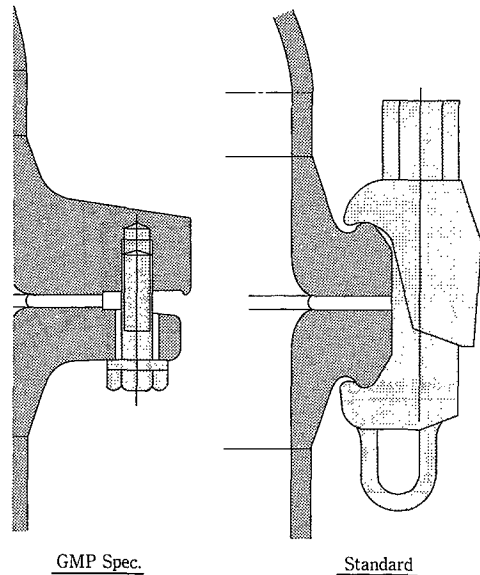
第11図 視窓
Fig.11 Sight Glass

③ 洗浄性が良いこと

GL 反応機は上記の要求に適合する安価な設備であるため、最近の医農薬中間体製造プラントでは GL 反応機が主役を占めるに至った。

第10図に GMP 適合の GL 反応機を示す。クリーンルームに設置される場合などは、発錆防止（外面を水で洗浄する）のためにステンレス鋼を母材とした GL が採用される。第11, 12図に示すように本体フランジ、覗きガラスも洗浄水の溜まりが少なく、洗浄しやすい形状を採用している。メカニカルシールは封液の不要なドライシール（摩耗粉の受けを設置）が一般的であるが、無菌室ではエタノール水を封液とするダブルメカニカルシールも採用される。缶体下部を円錐状に設計するのは少量の液量まで攪拌できることと、洗浄液が溜まらずに排出されるためである。

GL の耐食性は特に塩酸酸性に優れているが、高温の純水に対しては GL 素材中の Na イオンが溶出



第12図 本体フランジ
Fig.12 Main Flange

しやすく、極微量のコンタミが許されないような場合には注意を要する。

む す び

GL は優れた素材であり、現在の化学、医薬、食品分野で数多く使用されている耐食材料である。この優れた素材機能を活かし、新しい分野への用途開発も我々の責務と考えると同時に、GL 製品の規格化、コストダウンに努め顧客の皆様により使いやすい GL にして行きたいと考える。GL 反応機だけでなく GL 熱交換器、GL 貯槽、GL 濾過器、GL 濾過乾燥機、GL 薄膜蒸発機、GL CDB 乾燥機などについても当社にご相談をかけていただけることをお願いしたい。

連絡先

阪上 達也 化工機事業部
エンジニアリング部
TEL 0794 - 36 - 2514
FAX 0794 - 36 - 2542
E-mail t.sakagami@pantec.co.jp

宮田 忠明 化工機事業部
エンジニアリング部
担当次長
TEL 0794 - 36 - 2513
FAX 0794 - 36 - 2542
E-mail t.miyata@pantec.co.jp