

高効率バッチリアクターシステム PI QFlux[®] の伝熱・省エネ性能検証

Heat Transfer and Energy-saving Performance Verification Results of High Performance “PI QFlux[®]” Batch Reactor System



岸 勇佑*
Yusuke Kishi



小川智宏*
Tomohiro Ogawa



前背戸智晴**
Tomoharu Maeseto
工学博士

英国 PTSC 社（Process Technology Strategic Consultancy Ltd）が開発している高効率バッチリアクターシステム PI QFlux[®] は、高効率バッチリアクター “PI reactor” を高精度単一熱媒供給ユニット “TCU” で制御するシステムである。当社と PTSC 社は共同で性能検証テストを実施し、当初の想定通り従来のグラスライニング（GL）反応機の 4 倍以上の伝熱性能を有すること、また、50% 以上ボイラー燃料消費を削減可能なことを確認した。

The PI QFlux[®] is a high-performance batch reactor system developed by Process Technology Strategic Consultancy Ltd (PTSC) of the UK, in which a “PI reactor” is controlled by a high accuracy single heat transfer fluid thermal control unit (TCU). The performance verification test of the PI QFlux[®] was jointly completed by PTSC and Kobelco Eco-Solutions Co., Ltd., and confirmed that the system delivers more than four times the heat transfer performance and can reduce the boiler fuel consumption of earlier glass-lined reactors by more than 50%.

Key Words :

高効率バッチリアクターシステム PI QFlux [®]	High performance PI QFlux [®] batch reactor system
高効率バッチリアクター PI reactor	High performance batch reactor PI reactor
高精度単一熱媒供給ユニット TCU	High accuracy single heat transfer fluid thermal control unit (TCU)
ハイブリッドグラスライニング	Hybrid glass-lining

【セールスポイント】

- ・ PI QFlux[®] を使用することで従来の GL 反応機の 4 倍以上加熱冷却時間を短縮することが可能。
- ・ PI QFlux[®] を使用することで加熱時に 50% 以上の省エネ（CO₂削減）が可能。

まえがき

当社は、化学・医薬プラントで利用される反応機、貯槽、熱交換器等に GL を施工して販売しており、2017年には GL 事業の創業70周年を迎え、化学機器メーカーとして国内化学産業の発展と共に歩んできた。GL 反応機は改良を加えつつ現代まで用いられてきているが、基本には大きく変化していない。近

年では連続生産が注目され、医薬原薬・中間体製造において海外で連続生産の実用化が始まっている¹⁾。

ファインケミカル・電子材料・石油化学といった化学分野や医薬原薬・中間体製造プラントの大部分は従来のバッチ反応機を用いたプロセスが使用されている。バッチ反応機を高効率化することで、反応

*プロセス機器事業部 技術部 開発室
**プロセス機器事業部 事業推進室

機の更新時に反応機を小型化可能、もしくは増産が可能である。そこで、英国 PTSC 社（Process Technology Strategic Consultancy Ltd）が開発している高効率バッチリアクターシステム“PI QFlux[®]”に着目し、共同でその性能検証を実施する契約を締結し、この度、当社播磨製作所内に設置した実証試験設備を用いて、その性能検証テストを実施した。その結果、当初の想定通り従来のグラスライニング（GL）反応機の4倍以上の伝熱性能を有すること、また、50%以上ボイラー燃料消費を削減可能なことを確認したので紹介する。

1. PI QFlux[®]

PI QFlux[®] は高効率バッチリアクター PI reactor（PI：Process Intensity）を高精度単一熱媒供給ユニット TCU で制御するシステムである。TCU は PTSC 社の子会社が販売している単一熱媒供給ユニットで、医薬・化学など幅広い産業分野で極低温から高温にわたる広い温度範囲の制御において数多くの実績を有する製品である。PI reactor と TCU のイメージ図を図1に示す（PI QFlux Introduction より抜粋）。

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=PzRmtHKJwpo>。

また、図2にPI QFlux[®] 実証試験設備の外観写真を示す。

PI reactor は TCU から供給される単一熱媒油で加熱冷却される。PI reactor は外套以外に反応機内部に特殊耐食合金製の加熱可能なバッフルを有しており、外套とバッフルの双方で加熱冷却が行われている。TCU は熱媒を加熱冷却するためにユーティリティとして蒸気、冷却水、ブラインを使用し、各々熱交換器を用いて熱媒を加熱冷却している。また、加熱については蒸気より電気ヒーターの方が効率が良いため、蒸気による熱交換の代わりに電気ヒーターにより直接熱媒油を加熱する構造をとることも可能である。

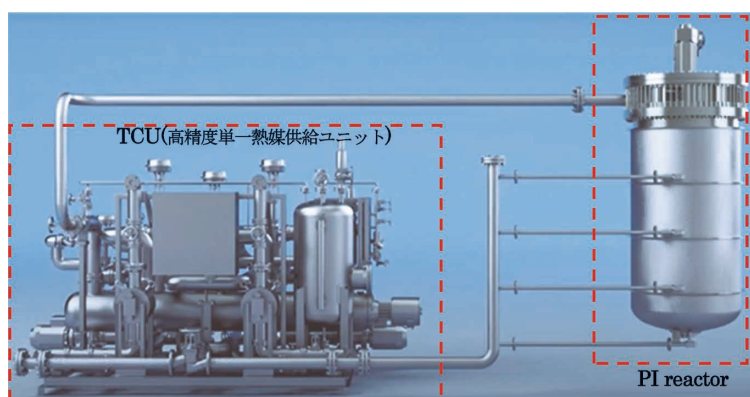


図1 PI QFlux[®]

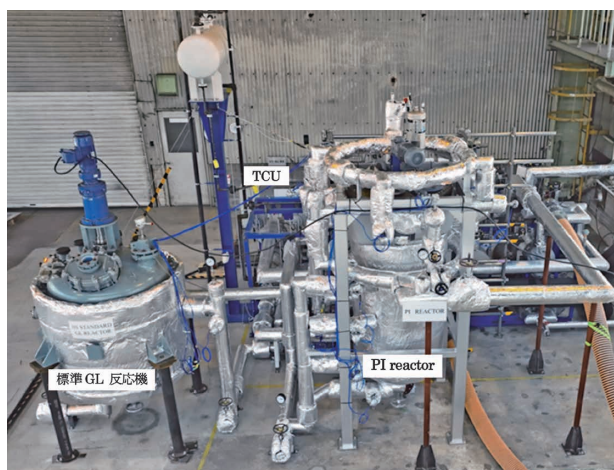


図2 PI QFlux[®] 実証試験設備外観

2. 実証試験

今回は容量 1 m³ の PI reactor と標準 GL 反応機(当社製品 WS-R) を使用した。内容液は水と油（コーンオイル）の2種類を使用し、水の場合は5℃から95℃への加熱と95℃から40℃までの冷却、油の場合は10℃から160℃への加熱と160℃から40℃までの冷却における所要時間で伝熱性能を比較した。PI reactor と標準 GL 反応機の本体はいずれも GL 製のため、熱衝撃による GL 破損を防止するために $\Delta T=100 \sim 120$ ℃ の制限を設けて外套側からの加熱冷却制御を行った。

なお、冷却に関しては、冷却側ユーティリティ性能不足問題があり、標準 GL 反応機より約1/3に冷却時間を短縮可能なことまでは確認できた。性能不足問題を解消し、加熱時と同等の ΔT が取れば理論上加熱時同様に1/5～1/4に冷却時間も短縮可能である。本稿では冷却時の結果詳細報告は割愛した。

3. 実証試験結果

内容液が水の場合の加熱時の両者比較結果を図3に、内容液が油（コーンオイル）の場合の比較結果を図4に示す。内容物が水、油いずれの場合においても同じ加熱蒸気圧力（温度）では約1/4、PI

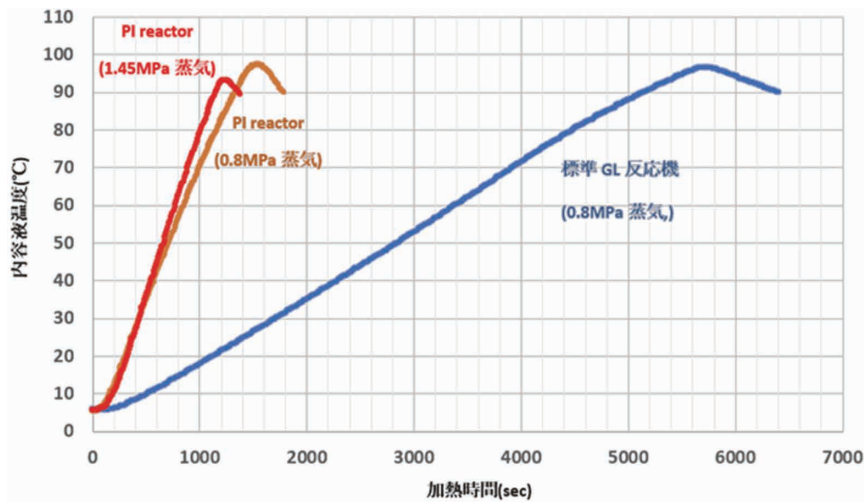


図3 PI reactor と標準 GL 反応機加熱時間比較結果
 内容液：水 加熱源：標準 GL 反応機 0.8 MPa 蒸気, PI reactor 0.8 MPa, 1.45 MPa 蒸気の 2 ケース

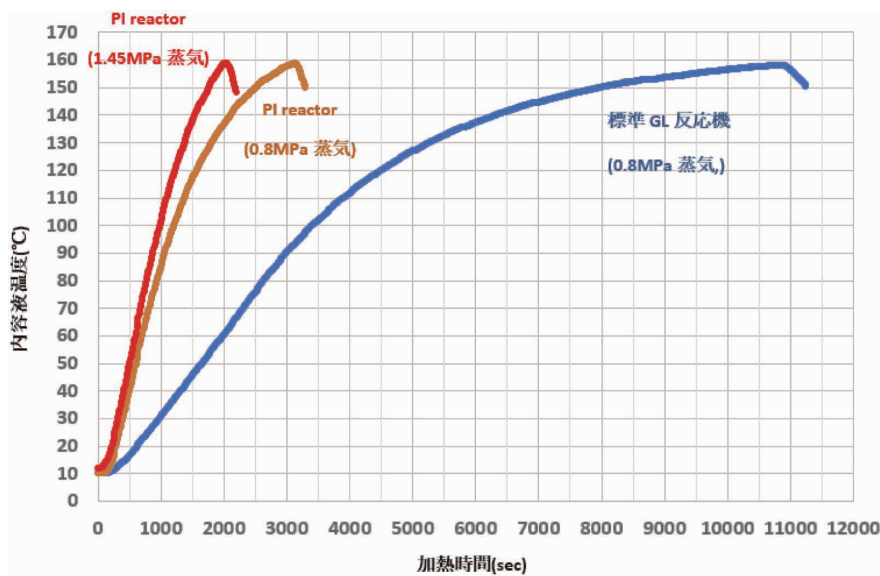


図4 PI reactor と標準 GL 反応機加熱時間比較結果
 内容液：油 加熱源：標準 GL 反応機 0.8 MPa 蒸気, PI reactor 0.8 MPa, 1.45 MPa 蒸気の 2 ケース

reactor の加熱蒸気圧力（温度）を上げることで約 1/5 に加熱時間が短縮されていることがわかる。PI reactor 内部にある加熱可能なバッフルについては GL 施工された本体側と異なり ΔT の制限がないため、加熱蒸気圧力（温度）を上げ供給する熱媒温度を上げることで加熱時間短縮を実現している。TCU については単一熱媒を使用しているが、内部制御により PI reactor 外套側は ΔT 制御した熱媒を、内部の加熱可能なバッフルは ΔT 制御なしのより高温の熱媒を各々供給可能となっている。加熱時にボイラーが消費した燃料を実測して PI reactor の省エネ性能を確認した結果、標準 GL 反応機に比べて 50 ~ 60 % 燃料消費量が少ないことを確認した。

PTSC 社の方には今回来日して約 1 ヶ月間の実証試験対応を頂いた。当初の想定通りの性能が確認出



図5 PTSC 社の方と QFlux 実証試験完了記念写真
 （中央青い上着が PTSC 社の方 2 名）

来たことを記念し PTSC 社の方と実証試験装置前で写真撮影を行った（図5）。

む す び

今回使用したPI reactorはPTSC社が設計したASME準拠の仕様で製作した。第一種・第二種压力容器といった国内法規に対応するためには設計変更が必要であり、今後当社にて設計変更を進めていく。TCUによる単一熱媒使用に関しては設備導入による初期投資が必要ではあるが、従来の蒸気、冷却水、ブラインの媒体切り替え作業が不要、外套内部の発錆による伝熱性能低下の回避、外套内部洗浄作業などのメンテナンス作業減、発錆による減肉がないため機器寿命の長寿命化など多くのメリットがある。PI QFlux[®]については、前述したように加熱冷却時

間短縮による生産性向上と省エネ（CO₂削減）効果があり、ユーザーにとって魅力あるシステムとなり得ると考えている。また、TCUを活用した従来バッチ反応機との組合せなど、ユーザーの要求にあった提案ができるよう各種検討を進めていく予定である。本システムを開発、上市することで国内および海外の多様な産業の発展に貢献していきたいと考えている。

[参考文献]

- 1) “カネカ 医薬品 GMP 準拠の連続生産設備が本格稼働”, 2018/7/23,
URL: <https://www.kaneka.co.jp/topics/news/nr>