

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-36056

(P2010-36056A)

(43) 公開日 平成22年2月18日(2010.2.18)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 0 1 J 19/00 (2006.01)	B 0 1 J 19/00 E	4 G 0 7 5
F 2 5 B 9/06 (2006.01)	F 2 5 B 9/06 K	
C 1 0 G 45/02 (2006.01)	C 1 0 G 45/02	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2008-198342 (P2008-198342) (22) 出願日 平成20年7月31日 (2008.7.31)	(71) 出願人 000003285 千代田化工建設株式会社 神奈川県横浜市鶴見区鶴見中央2丁目12番1号
特許法第30条第1項適用申請有り 発行者名 エネルギー・資源学会 刊行物名 第27回エネルギー・資源学会 研究発表会講演論文要旨集 発行日 平成20年6月5日 発行者名 エネルギー・資源学会 刊行物名 第27回エネルギー・資源学会 研究発表会講演論文要旨集のCD-ROM 発行日 平成20年6月5日	(71) 出願人 000004444 新日本石油株式会社 東京都港区西新橋1丁目3番12号
(出願人による申告) 平成19年度 新エネルギー・産業技術総合開発機構、「エネルギー使用合理化技術戦略的開発/エネルギー使用合理化技術実用化開発/コプロダクション設計手法開発と設計支援ツールの研究開発」に係る共同研究業務及び委託業務、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願	(71) 出願人 301021533 独立行政法人産業技術総合研究所 東京都千代田区霞が関1-3-1
	(71) 出願人 504137912 国立大学法人 東京大学 東京都文京区本郷七丁目3番1号
	(74) 代理人 100088155 弁理士 長谷川 芳樹

最終頁に続く

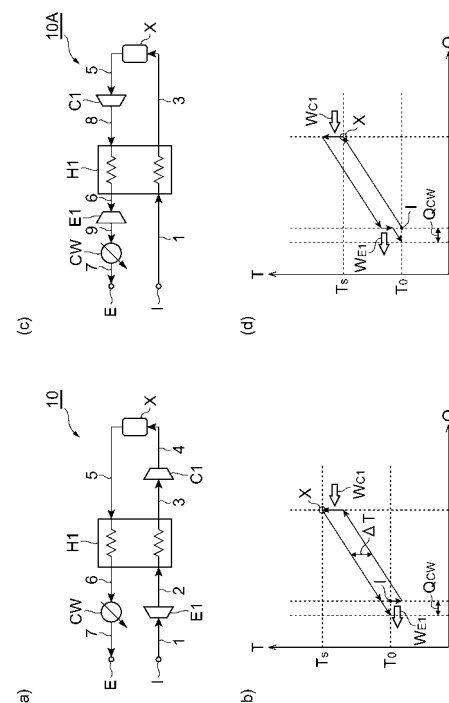
(54) 【発明の名称】 加熱モジュール及び冷却モジュール

(57) 【要約】

【課題】省エネルギー効果の高い加熱モジュール及び冷却モジュールを提供する。

【解決手段】加熱モジュール10は、入力流体が入力される入力端Iと、入力流体が入力される単位操作部Xから出力される出力流体を出力する出力端Eと、単位操作部Xと入力端I及び出力端Eとの間に配置され、単位操作部Xに入力される入力流体と、単位操作部Xから出力される出力流体との間で熱交換を行う第1熱交換器H1と、単位操作部Xと第1熱交換器H1との間に配置され、気体の入力流体を圧縮させることによって昇温させる第1圧縮機C1と、第1熱交換器H1と入力端Iとの間に配置され、気体の入力流体を膨張させることによって降温させる膨張機E1とを備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入力流体が入力される入力端と、
前記入力流体が入力される単位操作部から出力される出力流体を出力する出力端と、
前記単位操作部と前記入力端及び前記出力端との間に配置され、前記単位操作部に入力される前記入力流体と、前記単位操作部から出力される前記出力流体との間で熱交換を行う第 1 熱交換器と、
前記単位操作部と前記第 1 熱交換器との間に配置され、気体の前記入力流体及び気体の前記出力流体の少なくとも一方を圧縮させることによって昇温させる第 1 圧縮機と、
前記第 1 熱交換器と前記入力端との間に配置され、気体の前記入力流体を膨張させることによって降温させる膨張機と、
を備える、加熱モジュール。

10

【請求項 2】

入力流体が入力される入力端と、
前記入力流体が入力される単位操作部から出力される出力流体を出力する出力端と、
前記単位操作部と前記入力端及び前記出力端との間に配置され、前記単位操作部に入力される前記入力流体と、前記単位操作部から出力される前記出力流体との間で熱交換を行う第 1 熱交換器と、
前記単位操作部と前記第 1 熱交換器との間に配置され、気体の前記出力流体を圧縮させることによって昇温させる第 1 圧縮機と、
前記第 1 熱交換器と前記出力端との間に配置され、気体の前記出力流体を膨張させることによって降温させる膨張機と、
を備える、加熱モジュール。

20

【請求項 3】

入力流体が入力される入力端と、
前記入力流体が入力される単位操作部から出力される出力流体を出力する出力端と、
前記単位操作部と前記入力端及び前記出力端との間に配置され、前記単位操作部に入力される前記入力流体と、前記単位操作部から出力される前記出力流体との間で熱交換を行う第 1 熱交換器と、
前記単位操作部と前記第 1 熱交換器との間に配置され、気体の前記入力流体及び気体の前記出力流体の少なくとも一方を圧縮させることによって昇温させる第 1 圧縮機と、
を備え、
前記第 1 熱交換器は、液体の前記入力流体を気化させて気体の前記入力流体を出力すると共に、気体の前記出力流体を液化させて液体の前記出力流体を出力する、加熱モジュール。

30

【請求項 4】

前記単位操作部と前記第 1 圧縮機との間に配置され、前記単位操作部に入力される前記入力流体と、前記単位操作部から出力される前記出力流体との間で熱交換を行う第 2 熱交換器と、
前記単位操作部と前記第 2 熱交換器との間に配置され、気体の前記入力流体及び気体の前記出力流体の少なくとも一方を圧縮することによって昇温させる第 2 圧縮機と、
を更に備える、請求項 1～3 のいずれか一項に記載の加熱モジュール。

40

【請求項 5】

前記出力端から出力される前記出力流体の温度が、前記入力端に入力される前記入力流体の温度と同じであり、
前記出力端から出力される前記出力流体の圧力が、前記入力端に入力される前記入力流体の圧力と同じである、請求項 1～4 のいずれか一項に記載の加熱モジュール。

【請求項 6】

入力流体が入力される入力端と、
前記入力流体が入力される単位操作部から出力される出力流体を出力する出力端と、

50

前記単位操作部と前記入力端及び前記出力端との間に配置され、前記単位操作部に入力される前記入力流体と、前記単位操作部から出力される前記出力流体との間で熱交換を行う第１熱交換器と、

前記第１熱交換器と前記入力端及び前記出力端の少なくとも一方との間に配置され、気体の前記入力流体及び気体の前記出力流体の少なくとも一方を圧縮させることによって昇温させる第１圧縮機と、

前記単位操作部と前記第１熱交換器との間に配置され、気体の前記入力流体及び気体の前記出力流体の少なくとも一方を膨張させることによって降温させる膨張機と、を備える、冷却モジュール。

【請求項 7】

入力流体が入力される入力端と、

前記入力流体が入力される単位操作部から出力される出力流体を出力する出力端と、

前記単位操作部と前記入力端及び前記出力端との間に配置され、前記単位操作部に入力される前記入力流体と、前記単位操作部から出力される前記出力流体との間で熱交換を行う第１熱交換器と、

前記第１熱交換器と前記入力端及び前記出力端の少なくとも一方との間に配置され、気体の前記入力流体及び気体の前記出力流体の少なくとも一方を圧縮させることによって昇温させる第１圧縮機と、

前記単位操作部と前記第１熱交換器との間に配置され、前記単位操作部に入力される液体の前記入力流体を冷却する冷却器と、

前記単位操作部と前記第１熱交換器との間に配置され、液体の前記入力流体及び液体の前記出力流体の少なくとも一方を膨張させるバルブと、を備え、

前記第１熱交換器は、気体の前記入力流体を液化させて液体の前記入力流体を出力すると共に、液体の前記出力流体を気化させて気体の前記出力流体を出力する、冷却モジュール。

【請求項 8】

前記第１圧縮機と前記入力端及び前記出力端との間に配置され、前記入力端に入力される前記入力流体と、前記第１熱交換器から出力される前記出力流体との間で熱交換を行う第２熱交換器と、

前記第２熱交換器と前記入力端及び前記出力端の少なくとも一方との間に配置され、気体の前記入力流体及び気体の前記出力流体の少なくとも一方を圧縮することによって昇温させる第２圧縮機と、

を更に備える、請求項 6 又は 7 に記載の冷却モジュール。

【請求項 9】

前記出力端から出力される前記出力流体の温度が、前記入力端に入力される前記入力流体の温度と同じであり、

前記出力端から出力される前記出力流体の圧力が、前記入力端に入力される前記入力流体の圧力と同じである、請求項 6 ～ 8 のいずれか一項に記載の冷却モジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、加熱モジュール及び冷却モジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

NGL（天然ガスコンデンセート）中の硫黄分を水素によって除去する水素化脱硫装置が知られている（例えば特許文献 1 参照）。この水素化脱硫装置では、水素ガスをコンプレッサーで圧縮し、NGLと混合する。得られた混合流体は、熱交換器を経て加熱器で加熱された後、水素化脱硫反応器に入力される。水素化脱硫反応器から出力された脱硫 NGL は、上記熱交換器に入力される。この熱交換器では、圧縮された水素ガスと NGL との

10

20

30

40

50

混合流体と、脱硫 N G L との間で熱交換を行う。

【特許文献 1】特開 2 0 0 7 - 2 3 8 8 3 2 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 3】

しかしながら、上記水素化脱硫装置では、混合流体を加熱器で加熱しており、加熱器で混合流体に与えた熱量と同程度の熱量が系外に排出されている。よって、上記水素化脱硫装置の省エネルギー効果は不十分である。

【0 0 0 4】

本発明は、上記事情に鑑みて為されたものであり、省エネルギー効果の高い加熱モジュール及び冷却モジュールを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 5】

上述の課題を解決するため、本発明の加熱モジュールは、入力流体が入力される入力端と、前記入力流体が入力される単位操作部から出力される出力流体を出力する出力端と、前記単位操作部と前記入力端及び前記出力端との間に配置され、前記単位操作部に入力される前記入力流体と、前記単位操作部から出力される前記出力流体との間で熱交換を行う第 1 熱交換器と、前記単位操作部と前記第 1 熱交換器との間に配置され、気体の前記入力流体及び気体の前記出力流体の少なくとも一方を圧縮させることによって昇温させる第 1 圧縮機と、前記第 1 熱交換器と前記入力端との間に配置され、気体の前記入力流体を膨張させることによって降温させる膨張機と、を備える。

【0 0 0 6】

本発明に係る加熱モジュールでは、膨張機によって入力流体を膨張させることにより、入力流体を降温させる。このとき、膨張機により、仕事としてエネルギーを回収することができる。

【0 0 0 7】

また、第 1 圧縮機を用いて入力流体又は出力流体に仕事を加えることにより、入力流体又は出力流体を所定温度まで昇温させる。このため、第 1 熱交換器に入力される出力流体の温度及び圧力を、第 1 熱交換器から出力される入力流体の温度及び圧力よりも高くすることができる。よって、第 1 熱交換器における熱交換効率を向上させることができる。

【0 0 0 8】

この加熱モジュールでは、第 1 圧縮機によって入力流体又は出力流体を圧縮する際に所定エネルギーの仕事が必要になる。しかし、入力流体を第 1 熱交換器に入力する前に圧縮したり、第 1 熱交換器から出力された入力流体を別途ボイラー等の加熱炉で加熱する必要は殆どなくなる。第 1 圧縮機により入力流体又は出力流体を圧縮する際に必要な所定エネルギーの一部は、膨張機により仕事として回収できる。このため、別途ボイラー等の加熱炉で加熱する際に必要なエネルギーに比べて、入力流体又は出力流体を圧縮する際に必要な正味のエネルギーは非常に小さい。

【0 0 0 9】

したがって、本発明の加熱モジュールでは、省エネルギー効果が大幅に高くなる。

【0 0 1 0】

また、本発明の加熱モジュールは、入力流体が入力される入力端と、前記入力流体が入力される単位操作部から出力される出力流体を出力する出力端と、前記単位操作部と前記入力端及び前記出力端との間に配置され、前記単位操作部に入力される前記入力流体と、前記単位操作部から出力される前記出力流体との間で熱交換を行う第 1 熱交換器と、前記単位操作部と前記第 1 熱交換器との間に配置され、気体の前記出力流体を圧縮させることによって昇温させる第 1 圧縮機と、前記第 1 熱交換器と前記出力端との間に配置され、気体の前記出力流体を膨張させることによって降温させる膨張機と、を備える。

【0 0 1 1】

本発明に係る加熱モジュールでは、膨張機によって出力流体を膨張させることにより、

出力流体を降温させる。このとき、膨張機により、仕事としてエネルギーを回収することができる。

【0012】

また、第1圧縮機を用いて出力流体に仕事を加えることにより、出力流体を所定温度まで昇温させる。このため、第1熱交換器に入力される出力流体の温度及び圧力を、第1熱交換器から出力される入力流体の温度及び圧力よりも高くすることができる。よって、第1熱交換器における熱交換効率を向上させることができる。

【0013】

この加熱モジュールでは、第1圧縮機によって出力流体を圧縮する際に所定エネルギーの仕事が必要になる。しかし、入力流体を第1熱交換器に入力する前に圧縮したり、第1熱交換器から出力された入力流体を別途ボイラー等の加熱炉で加熱する必要は殆どなくなる。第1圧縮機により入力流体又は出力流体を圧縮する際に必要な所定エネルギーの一部は、膨張機により仕事として回収できる。このため、別途ボイラー等の加熱炉で加熱する際に必要なエネルギーに比べて、入力流体又は出力流体を圧縮する際に必要な正味のエネルギーは非常に小さい。

【0014】

したがって、本発明の加熱モジュールでは、省エネルギー効果が大幅に高くなる。

【0015】

また、本発明の加熱モジュールは、入力流体が入力される入力端と、前記入力流体が入力される単位操作部から出力される出力流体を出力する出力端と、前記単位操作部と前記入力端及び前記出力端との間に配置され、前記単位操作部に入力される前記入力流体と、前記単位操作部から出力される前記出力流体との間で熱交換を行う第1熱交換器と、前記単位操作部と前記第1熱交換器との間に配置され、気体の前記入力流体及び気体の前記出力流体の少なくとも一方を圧縮させることによって昇温させる第1圧縮機と、を備え、前記第1熱交換器は、液体の前記入力流体を気化させて気体の前記入力流体を出力すると共に、気体の前記出力流体を液化させて液体の前記出力流体を出力する。

【0016】

本発明に係る加熱モジュールでは、液体の入力流体が第1熱交換器を通過することによって気体の入力流体となると共に、気体の出力流体が第1熱交換器を通過することによって液体の出力流体となる。このため、第1熱交換器において、気体の出力流体が液化する際の潜熱を、入力流体によって回収することができる。

【0017】

また、本発明に係る加熱モジュールでは、第1圧縮機を用いて入力流体又は出力流体に仕事を加えることにより、入力流体又は出力流体を所定温度まで昇温させる。このため、第1熱交換器に入力される出力流体の温度及び圧力を、第1熱交換器から出力される入力流体の温度及び圧力よりも高くすることができる。よって、第1熱交換器における熱交換効率を向上させることができる。

【0018】

この加熱モジュールでは、第1圧縮機を用いて入力流体又は出力流体を圧縮する際に所定エネルギーの仕事が必要になる。しかし、第1熱交換器から出力された入力流体を別途ボイラー等の加熱炉で加熱する必要は殆どなくなる。別途ボイラー等の加熱炉で加熱する際に必要なエネルギーは、第1圧縮機により入力流体又は出力流体を圧縮する際に必要な所定エネルギーに比べて非常に大きい。

【0019】

したがって、本発明の加熱モジュールでは、省エネルギー効果が大幅に高くなる。

【0020】

上記加熱モジュールは、前記単位操作部と前記第1圧縮機との間に配置され、前記単位操作部に入力される前記入力流体と、前記単位操作部から出力される前記出力流体との間で熱交換を行う第2熱交換器と、前記単位操作部と前記第2熱交換器との間に配置され、気体の前記入力流体及び気体の前記出力流体の少なくとも一方を圧縮することによって昇

温させる第2圧縮機と、を更に備えることが好ましい。

【0021】

この場合、例えば第2圧縮機によって入力流体又は出力流体を僅かに圧縮して温度調整することができる。このため、第1熱交換器だけを用いた場合の熱交換効率に比べて、第1熱交換器及び第2熱交換器のトータルの熱交換効率を大きくすることができる。

【0022】

また、前記出力端から出力される前記出力流体の温度が、前記入力端に入力される前記入力流体の温度と同じであり、前記出力端から出力される前記出力流体の圧力が、前記入力端に入力される前記入力流体の圧力と同じであることが好ましい。これにより、加熱モジュールを標準化されたモジュールとすることができる。

10

【0023】

本発明の冷却モジュールは、入力流体が入力される入力端と、前記入力流体が入力される単位操作部から出力される出力流体を出力する出力端と、前記単位操作部と前記入力端及び前記出力端との間に配置され、前記単位操作部に入力される前記入力流体と、前記単位操作部から出力される前記出力流体との間で熱交換を行う第1熱交換器と、前記第1熱交換器と前記入力端及び前記出力端の少なくとも一方との間に配置され、気体の前記入力流体及び気体の前記出力流体の少なくとも一方を圧縮させることによって昇温させる第1圧縮機と、前記単位操作部と前記第1熱交換器との間に配置され、気体の前記入力流体及び気体の前記出力流体の少なくとも一方を膨張させることによって降温させる膨張機と、を備える。

20

【0024】

本発明に係る冷却モジュールでは、膨張機によって入力流体又は出力流体を膨張させることにより、降温させる。このため、第1熱交換器に入力される出力流体の温度及び圧力を、第1熱交換器から出力される入力流体の温度及び圧力よりも低くすることができる。よって、第1熱交換器における熱交換効率を向上させることができる。また、膨張機により、仕事としてエネルギーを回収することができる。

【0025】

さらに、第1圧縮機を用いて入力流体又は出力流体に仕事を加えることにより、入力流体又は出力流体を所定温度まで昇温させる。このとき、所定エネルギーの仕事が必要になる。しかし、入力流体又は出力流体を別途冷却する必要は殆どなくなる。第1圧縮機により入力流体又は出力流体を圧縮する際に必要な所定エネルギーの一部は、膨張機により仕事として回収できる。このため、別途冷却する際に必要なエネルギーに比べて、入力流体又は出力流体を圧縮する際に必要な正味のエネルギーは非常に小さい。

30

【0026】

したがって、本発明の冷却モジュールでは、省エネルギー効果が大幅に高くなる。

【0027】

本発明の冷却モジュールは、入力流体が入力される入力端と、前記入力流体が入力される単位操作部から出力される出力流体を出力する出力端と、前記単位操作部と前記入力端及び前記出力端との間に配置され、前記単位操作部に入力される前記入力流体と、前記単位操作部から出力される前記出力流体との間で熱交換を行う第1熱交換器と、前記第1熱交換器と前記入力端及び前記出力端の少なくとも一方との間に配置され、気体の前記入力流体及び気体の前記出力流体の少なくとも一方を圧縮させることによって昇温させる第1圧縮機と、前記単位操作部と前記第1熱交換器との間に配置され、前記単位操作部に入力される液体の前記入力流体を冷却する冷却器と、前記単位操作部と前記第1熱交換器との間に配置され、液体の前記入力流体及び液体の前記出力流体の少なくとも一方を膨張させるバルブと、を備え、前記第1熱交換器は、気体の前記入力流体を液化させて液体の前記入力流体を出力すると共に、液体の前記出力流体を気化させて気体の前記出力流体を出力する。

40

【0028】

本発明に係る冷却モジュールでは、気体の入力流体が第1熱交換器を通過することによ

50

って液体の入力流体となると共に、液体の出力流体が第1熱交換器を通過することによって気体の出力流体となる。このため、第1熱交換器において、気体の入力流体が液化する際の潜熱を、出力流体によって回収することができる。

【0029】

また、本発明に係る冷却モジュールでは、バルブを用いて入力流体又は出力流体を膨張させ、冷却器を用いて、第1熱交換器から出力された入力流体を冷却する。このため、第1熱交換器に入力される出力流体の温度及び圧力を、第1熱交換器から出力される入力流体の温度及び圧力よりも小さくすることができる。よって、第1熱交換器における熱交換効率を向上させることができる。

【0030】

この冷却モジュールでは、第1圧縮機を用いて入力流体又は出力流体を圧縮する際に所定エネルギーの仕事が必要になる。しかし、入力流体又は出力流体を別途冷却する必要は殆どなくなる。別途冷却する際に必要なエネルギーは、第1圧縮機により入力流体又は出力流体を圧縮する際に必要な所定エネルギーに比べて非常に大きい。

【0031】

したがって、本発明の冷却モジュールでは、省エネルギー効果が大幅に高くなる。

【0032】

また、上記モジュールは、前記第1圧縮機と前記入力端及び前記出力端との間に配置され、前記入力端に入力される前記入力流体と、前記第1熱交換器から出力される前記出力流体との間で熱交換を行う第2熱交換器と、前記第2熱交換器と前記入力端及び前記出力端の少なくとも一方との間に配置され、気体の前記入力流体及び気体の前記出力流体の少なくとも一方を圧縮することによって昇温させる第2圧縮機と、を更に備えることが好ましい。

【0033】

この場合、例えば第2圧縮機によって入力流体又は出力流体を僅かに圧縮して温度調整することができる。このため、第1熱交換器だけを用いた場合の熱交換効率に比べて、第1熱交換器及び第2熱交換器のトータルの熱交換効率を大きくすることができる。

【0034】

また、前記出力端から出力される前記出力流体の温度が、前記入力端に入力される前記入力流体の温度と同じであり、前記出力端から出力される前記出力流体の圧力が、前記入力端に入力される前記入力流体の圧力と同じであることが好ましい。これにより、冷却モジュールを標準化されたモジュールとすることができる。

【0035】

なお、上記構成要素を任意に組み合わせてもよいし、本発明の表現を方法、コンピュータプログラム、当該コンピュータプログラムが記録された記録媒体としてもよい。

【発明の効果】

【0036】

本発明によれば、省エネルギー効果の高い加熱モジュール及び冷却モジュールが提供される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0037】

以下、添付図面を参照しながら本発明の実施形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において、同一又は同等の要素には同一符号を用い、重複する説明を省略する。

(気体を用いた加熱モジュール)

【0038】

図1(a)は、第1実施形態に係る加熱モジュールを模式的に示す図である。図1(b)は、第1実施形態に係る加熱モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。図1(a)に示される加熱モジュール10は、入力端I、単位操作部X、出力端E、第1熱交換器H1、圧縮機C1(第1圧縮機)及び膨張機E1を備える。第1熱交換器H1は、入力端I及び出力端Eと単位操作部Xとの間に配置される。圧縮機C1は、単

10

20

30

40

50

位操作部 X と第 1 熱交換器 H 1 との間に配置される。膨張機 E 1 は、第 1 熱交換器 H 1 と入力端 I との間に配置される。

【0039】

入力端 I には、入力流体が入力される。入力流体は、単一成分を含んでもよいし、複数の成分を含んでもよい。入力流体は、気体、気液混合物のいずれであってもよい。一実施例において、入力流体は気体のブタンである。

【0040】

入力端 I に入力された入力流体は、配管 1 を通って膨張機 E 1 に到達する。膨張機 E 1 は、気体の入力流体を膨張させることによって降温させる。膨張機 E 1 は、例えばパワーリカバリータービンである。膨張機 E 1 の膨張比は 1.5 ～ 5 であることが好ましい。膨張機 E 1 は、入力流体の温度を 10 ～ 50 °C 低下させることが好ましい。膨張機 E 1 は、入力流体を断熱膨張させることができる。膨張機 E 1 によって膨張した入力流体は、配管 2 を通って第 1 熱交換器 H 1 に到達する。第 1 熱交換器 H 1 から出力された入力流体は、配管 3 を通って圧縮機 C 1 に到達する。

【0041】

圧縮機 C 1 は、気体の入力流体を圧縮させることによって昇温させる。圧縮機 C 1 は、例えばターボ圧縮機である。圧縮機 C 1 の圧縮比は 1.5 ～ 5 であることが好ましい。圧縮機 C 1 は、入力流体の温度を 10 ～ 50 °C 上昇させることが好ましい。圧縮機 C 1 は、入力流体を断熱圧縮することができる。圧縮機 C 1 によって圧縮された入力流体は、配管 4 を通って単位操作部 X に到達する。

【0042】

単位操作部 X は、単位操作によって入力流体から生成される出力流体を出力する。単位操作部 X としては、例えば反応器、分離器、膜分離器、蒸留塔、抽出装置、ガス吸収装置、吸着装置、乾燥機、加熱装置、フラッシュドラム等が挙げられる。単位操作部 X 中の温度は、例えば 100 ～ 300 °C である。

【0043】

単位操作部 X から出力された出力流体は、配管 5 を通って第 1 熱交換器 H 1 に到達する。第 1 熱交換器 H 1 では、単位操作部 X に入力される入力流体と、単位操作部 X から出力される出力流体との間で熱交換を行う。第 1 熱交換器 H 1 から出力された出力流体は、配管 6 を通って冷却装置 C W に到達する。出力流体は、冷却装置 C W によって例えば標準温度（環境温度）まで冷却される。冷却装置 C W は、例えば冷却水により流体を冷却する。冷却装置 C W によって冷却された出力流体は、配管 7 を通って出力端 E に到達する。出力端 E は出力流体を出力する。

【0044】

ここで、入力端 I に入力される入力流体のエネルギーと、出力端 E から出力される出力流体のエネルギーとは、略同じであることが好ましい。例えば、出力端 E から出力された出力流体の流量、温度、圧力は、入力端 I に入力される入力流体の流量、温度、圧力と略同じであることが好ましい。これにより、加熱モジュール 10 を標準化されたモジュールとすることができる。

【0045】

本実施形態に係る加熱モジュール 10 では、図 1 (b) に示されるように、温度 T_0 の入力流体が入力端 I に入力される。その後、膨張機 E 1 によって入力流体を膨張させることにより、入力流体を降温させる。このとき、膨張機 E 1 により、仕事 W_{E1} としてエネルギーを回収することができる。例えば、膨張機 E 1 としてパワーリカバリータービンを用いれば、電力を回収することができる。次に、入力流体が第 1 熱交換器 H 1 を通過することによって、昇温される。続いて、圧縮機 C 1 を用いて入力流体に仕事 W_{C1} を加えることにより、入力流体を温度 T_s まで昇温させる。このため、第 1 熱交換器 H 1 に入力される出力流体の温度及び圧力を、第 1 熱交換器 H 1 から出力される入力流体の温度及び圧力よりも高くすることができる。よって、第 1 熱交換器 H 1 における熱交換効率を向上させることができる。さらに、出力流体が第 1 熱交換器 H 1 を通過することによって、降温

される。続いて、冷却装置 C W によって熱量 $Q_{C W}$ が放出される。その結果、出力流体は温度 T_0 まで降温される。

【0046】

上述のように、加熱モジュール 10 では、圧縮機 C 1 によって入力流体を圧縮する際に所定エネルギーの仕事 $W_{C 1}$ が必要になり、冷却装置 C W によって熱量 $Q_{C W}$ が放出される。しかし、入力流体を第 1 熱交換器 H 1 に入力する前に圧縮したり、第 1 熱交換器 H 1 から出力された入力流体を別途ボイラー等の加熱炉で加熱する必要は殆どなくなる。

【0047】

図 20 (a) は、第 1 比較例に係る加熱モジュールを模式的に示す図である。図 20 (b) は、第 1 比較例に係る加熱モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。図 20 (a) に示される加熱モジュール 100 は、圧縮機 C 1 及び膨張機 E 1 を備えず、加熱炉 F H を備える点で加熱モジュール 10 と相違している。したがって、配管 3 を通った入力流体は、加熱炉 F H に到達し、加熱炉 F H において加熱された入力流体が単位操作部 X に入力される。

10

【0048】

加熱モジュール 100 では、入力流体及び出力流体を圧縮せず、膨張させてもいない。このため、図 20 (b) に示されるように、入力流体を十分に昇温するために、加熱炉 F H において入力流体に熱量 $Q_{F H}$ が加えられる。この熱量 $Q_{F H}$ と同程度の熱量 $Q_{C W}$ は冷却装置 C W において放出される。加熱炉 F H で加熱する際に必要な熱量は、圧縮機 C 1 により入力流体又は出力流体を圧縮する際に必要な正味のエネルギー ($W_{C 1} - W_{E 1}$) に比べて非常に大きい。

20

【0049】

したがって、本実施形態に係る加熱モジュール 10 では、省エネルギー効果が大幅に高くなる。さらに、加熱モジュール 10 では、単位操作部 X に入力される気体の入力流体の圧力 $P 1$ を、入力端 I に入力される気体の入力流体の圧力 $P 2$ と略同じにすることができる。したがって、略定圧状態で、単位操作部 X において単位操作を行うことができる。

【0050】

図 1 (c) は、第 2 実施形態に係る加熱モジュールを模式的に示す図である。図 1 (d) は、第 2 実施形態に係る加熱モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。図 1 (c) に示される加熱モジュール 10 A は、圧縮機 C 1 及び膨張機 E 1 の配置を変えたこと以外は加熱モジュール 10 と同様の構成を有する。圧縮機 C 1 は、単位操作部 X から出力された出力流体を圧縮する。膨張機 E 1 は、第 1 熱交換器 H 1 と出力端 E との間に配置される。

30

【0051】

入力端 I に入力された入力流体は、配管 1 を通って第 1 熱交換器 H 1 に到達する。第 1 熱交換器 H 1 から出力された入力流体は、配管 3 を通って単位操作部 X に到達する。単位操作部 X から出力された出力流体は、配管 5 を通って圧縮機 C 1 に到達する。圧縮機 C 1 は、気体の出力流体を圧縮させることによって昇温させる。圧縮機 C 1 によって圧縮された出力流体は、配管 8 を通って第 1 熱交換器 H 1 に到達する。第 1 熱交換器 H 1 から出力された出力流体は、配管 6 を通って膨張機 E 1 に到達する。膨張機 E 1 は、気体の出力流体を膨張させることによって降温させる。膨張機 E 1 によって膨張した出力流体は、配管 9 を通って冷却装置 C W に到達する。冷却装置 C W によって冷却された出力流体は、配管 7 を通って出力端 E に到達する。

40

【0052】

加熱モジュール 10 A では、図 1 に示される加熱モジュール 10 と同様の作用効果が得られるので省エネルギー効果が大幅に高くなる。さらに、加熱モジュール 10 A では、単位操作部 X に入力される気体の入力流体の圧力 $P 1$ を、入力端 I に入力される気体の入力流体の圧力 $P 2$ と略同じにすることができる。したがって、略定圧状態で、単位操作部 X において単位操作を行うことができる。

【0053】

50

図 2 (a) は、第 3 実施形態に係る加熱モジュールを模式的に示す図である。図 2 (b) は、第 3 実施形態に係る加熱モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。図 2 (a) に示される加熱モジュール 10B は、圧縮機 C1 の配置を変えたこと以外は加熱モジュール 10 と同様の構成を有する。圧縮機 C1 は、単位操作部 X から出力された出力流体を圧縮する。

【0054】

第 1 熱交換器 H1 から出力された入力流体は、配管 3 を通って単位操作部 X に到達する。単位操作部 X から出力された出力流体は、配管 5 を通って圧縮機 C1 に到達する。圧縮機 C1 によって圧縮された出力流体は、配管 8 を通って第 1 熱交換器 H1 に到達する。

【0055】

加熱モジュール 10B では、図 1 に示される加熱モジュール 10 と同様の作用効果が得られるので省エネルギー効果が大幅に高くなる。さらに、加熱モジュール 10B では、単位操作部 X に入力される気体の入力流体の圧力 P_1 を、入力端 I に入力される気体の入力流体の圧力 P_2 よりも小さくすることができる。したがって、減圧状態で、単位操作部 X において単位操作を行うことができる。

【0056】

図 3 (a) は、第 4 実施形態に係る加熱モジュールを模式的に示す図である。図 3 (b) は、第 4 実施形態に係る加熱モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。図 3 (a) に示される加熱モジュール 10C は、加熱モジュール 10 の構成に加えて、圧縮機 C2 及び膨張機 E2 を備える。加熱モジュール 10C は、加熱モジュール 10 と加熱モジュール 10A とを組み合わせたような構成を有している。圧縮機 C2 は、圧縮機 C1 と同様のものであり、出力流体を圧縮して昇温させる。膨張機 E2 は、膨張機 E1 と同様のものであり、第 1 熱交換器 H1 と出力端 E との間に配置され、出力流体を膨張させて降温させる。

【0057】

本実施形態に係る加熱モジュール 10C では、図 3 (b) に示されるように、膨張機 E1 により仕事 W_{E1} としてエネルギーを回収すると共に膨張機 E2 により仕事 W_{E2} としてエネルギーを回収することができる。一方、圧縮機 C1 によって入力流体を圧縮する際に所定エネルギーの仕事 W_{C1} が必要になり、圧縮機 C2 によって出力流体を圧縮する際に所定エネルギーの仕事 W_{C2} が必要になる。さらに、冷却装置 CW によって熱量 Q_{CW} が放出される。

【0058】

加熱モジュール 10C では、図 1 に示される加熱モジュール 10 と図 1 (c) に示される加熱モジュール 10A の両方の作用効果が得られるので省エネルギー効果が大幅に高くなる。さらに、加熱モジュール 10C では、加熱モジュール 10、10A と同様に、単位操作部 X に入力される気体の入力流体の圧力 P_1 を、入力端 I に入力される気体の入力流体の圧力 P_2 と略同じにすることができる。

【0059】

図 4 は、第 5 実施形態に係る加熱モジュールを模式的に示す図である。図 4 に示される加熱モジュール 10D は、加熱モジュール 10 の構成に加えて、第 2 熱交換器 H2 及び圧縮機 C3 (第 2 圧縮機) を更に備える。圧縮機 C3 は、圧縮機 C1 と同様のものであり、入力流体を圧縮して昇温させる。

【0060】

第 2 熱交換器 H2 は、単位操作部 X と圧縮機 C1 との間に配置され、単位操作部 X に入力される入力流体と、単位操作部 X から出力される出力流体との間で熱交換を行う。圧縮機 C3 は、単位操作部 X と第 2 熱交換器 H2 との間に配置され、気体の入力流体を圧縮することによって昇温させる。圧縮機 C3 を配管 5 の途中に配置して、気体の出力流体を圧縮することによって昇温させてもよい。

【0061】

圧縮機 C1 によって圧縮された入力流体は、配管 4 を通って第 2 熱交換器 H2 に入力さ

10

20

30

40

50

れる。第2熱交換器H2を通過した入力流体は、配管11を通過して圧縮機C3に入力される。圧縮機C3によって圧縮された入力流体は、配管12を通過して単位操作部Xに入力される。単位操作部Xから出力された出力流体は、配管5を通過して第2熱交換器H2に入力される。第2熱交換器H2を通過した出力流体は、配管13を通過して第1熱交換器H1に入力される。

【0062】

加熱モジュール10Dでは、図1に示される加熱モジュール10と同様の作用効果が得られるので省エネルギー効果が大幅に高くなる。さらに、例えば圧縮機C3によって入力流体を僅かに圧縮して温度調整することができる。このため、第1熱交換器H1だけを用いた場合の熱交換効率に比べて、第1熱交換器H1及び第2熱交換器H2のトータルの熱交換効率を大きくすることができる。

10

【0063】

より具体的には、図1(b)において、第1熱交換器H1中で入力流体の温度が上昇するに連れて、入力流体と出力流体との温度差 ΔT が徐々に大きくなっていく場合に、圧縮機C3によって入力流体を圧縮すると、温度差 ΔT を小さくすることができる。そのため、第1熱交換器H1及び第2熱交換器H2中において、入力流体の温度上昇線と出力流体の温度下降線とを略平行にすることができる。よって、熱交換効率が向上する。

(気体を用いた冷却モジュール)

【0064】

図5(a)は、第1実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図である。図5(b)は、第1実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量Qと温度Tとの関係を示すグラフである。図5(a)に示される冷却モジュール20は、入力端I、単位操作部X、出力端E、第1熱交換器H1、圧縮機C1及び膨張機E1を備える。圧縮機C1は、入力端Iと第1熱交換器H1との間に配置される。膨張機E1は、第1熱交換器H1と単位操作部Xとの間に配置される。

20

【0065】

入力端Iには、入力流体が入力される。入力流体は、単一成分を含んでもよいし、複数の成分を含んでもよい。入力流体は、気体、気液混合物のいずれであってもよい。一実施例において、入力流体は気体のブタンである。

【0066】

入力端Iに入力された入力流体は、配管1を通過して圧縮機C1に到達する。圧縮機C1によって圧縮された入力流体は、配管2を通過して第1熱交換器H1に到達する。第1熱交換器H1から出力された入力流体は、配管3を通過して単位操作部Xに到達する。

30

【0067】

単位操作部Xは、単位操作によって入力流体から生成される出力流体を出力する。単位操作部Xとしては、例えば反応器、分離器、膜分離器、抽出装置、ガス吸収装置、吸着装置、冷却器、フラッシュドラム等が挙げられる。

【0068】

単位操作部Xから出力された出力流体は、配管5を通過して膨張機E1に到達する。膨張機E1によって膨張した出力流体は、配管8を通過して第1熱交換器H1に到達する。第1熱交換器H1から出力された出力流体は、配管6を通過して冷却装置CWに到達する。冷却装置CWによって冷却された出力流体は、配管7を通過して出力端Eに到達する。出力端Eは出力流体を出力する。

40

【0069】

ここで、入力端Iに入力される入力流体のエネルギーと、出力端Eから出力される出力流体のエネルギーとは、略同じであることが好ましい。例えば、出力端Eから出力された出力流体の流量、温度、圧力は、入力端Iに入力される入力流体の流量、温度、圧力と略同じであることが好ましい。これにより、冷却モジュール20を標準化されたモジュールとすることができる。

【0070】

50

本実施形態に係る冷却モジュール20では、図5(b)に示されるように、温度 T_0 の入力流体が入力端Iに入力される。その後、圧縮機C1を用いて仕事 W_{c1} を加えることにより、入力流体を圧縮する。これにより、入力流体を昇温させる。次に、入力流体が第1熱交換器H1を通過することによって、降温される。続いて、膨張機E1を用いて出力流体を膨張させることにより、出力流体を温度 T_s まで降温させる。このため、第1熱交換器H1に入力される出力流体の温度及び圧力を、第1熱交換器H1から出力される入力流体の温度及び圧力よりも低くすることができる。よって、第1熱交換器H1における熱交換効率を向上させることができる。なお、膨張機E1により、仕事 W_{e1} としてエネルギーを回収することができる。さらに、出力流体が第1熱交換器H1を通過することによって、昇温される。続いて、冷却装置CWによって熱量 Q_{cw} が放出される。その結果、出力流体は温度 T_0 まで降温される。

10

【0071】

上述のように、冷却モジュール20では、圧縮機C1によって入力流体を圧縮する際に所定エネルギーの仕事 W_{c1} が必要になり、冷却装置CWによって熱量 Q_{cw} が放出される。しかし、第1熱交換器H1から出力された入力流体を別途冷却器で冷却したり、第1熱交換器H1から出力された出力流体を別途冷却する必要は殆どなくなる。別途冷却する際に必要なエネルギーは、圧縮機C1により入力流体を圧縮する際に必要な正味のエネルギー($W_{c1} - W_{e1}$)に比べて非常に大きい。

【0072】

したがって、冷却モジュール20では、省エネルギー効果が大幅に高くなる。さらに、冷却モジュール20では、単位操作部Xに入力される気体の入力流体の圧力P1を、入力端Iに入力される気体の入力流体の圧力P2よりも大きくすることができる。したがって、昇圧状態で、単位操作部Xにおいて単位操作を行うことができる。

20

【0073】

図6(a)は、第2実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図である。図6(b)は、第2実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量Qと温度Tとの関係を示すグラフである。図6(a)に示される冷却モジュール20Aは、膨張機E1の配置を変えたこと以外は冷却モジュール20と同様の構成を有する。膨張機E1は、単位操作部Xから出力された出力流体を膨張させる。

【0074】

第1熱交換器H1から出力された入力流体は、配管3を通過して膨張機E1に到達する。膨張機E1は、気体の入力流体を膨張させることによって降温させる。膨張機E1によって膨張した入力流体は、配管4を通過して単位操作部Xに到達する。単位操作部Xから出力された出力流体は、配管5を通過して第1熱交換器H1に到達する。

30

【0075】

冷却モジュール20Aでは、図5(a)に示される冷却モジュール20と同様の作用効果が得られるので省エネルギー効果が大幅に高くなる。さらに、冷却モジュール20Aでは、単位操作部Xに入力される気体の入力流体の圧力P1を、入力端Iに入力される気体の入力流体の圧力P2と略同じにすることができる。したがって、略定圧状態で、単位操作部Xにおいて単位操作を行うことができる。

40

【0076】

図6(c)は、第3実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図である。図6(d)は、第3実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量Qと温度Tとの関係を示すグラフである。図6(c)に示される冷却モジュール20Bは、圧縮機C1の配置を変えたこと以外は冷却モジュール20と同様の構成を有する。圧縮機C1は、第1熱交換器H1と出力端Eとの間に配置される。

【0077】

入力端Iに入力された入力流体は、配管1を通過して第1熱交換器H1に到達する。第1熱交換器H1から出力された出力流体は、配管6を通過して圧縮機C1に到達する。圧縮機C1は、気体の出力流体を圧縮することによって昇温させる。圧縮機C1によって圧縮さ

50

れた出力流体は、配管 9 を通って冷却装置 C W に到達する。

【0078】

冷却モジュール 20 B では、図 5 (a) に示される冷却モジュール 20 と同様の作用効果が得られるので省エネルギー効果が大幅に高くなる。さらに、冷却モジュール 20 B では、単位操作部 X に入力される気体の入力流体の圧力 P 1 を、入力端 I に入力される気体の入力流体の圧力 P 2 と略同じにすることができる。したがって、略定圧状態で、単位操作部 X において単位操作を行うことができる。

【0079】

図 7 (a) は、第 4 実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図である。図 7 (b) は、第 4 実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。図 7 (a) に示される冷却モジュール 20 C は、膨張機 E 1 の配置を変えたこと以外は冷却モジュール 20 B と同様の構成を有する。膨張機 E 1 は、第 1 熱交換器 H 1 から出力された入力流体を膨張させる。

10

【0080】

第 1 熱交換器 H 1 から出力された入力流体は、配管 3 を通って膨張機 E 1 に到達する。膨張機 E 1 は、気体の入力流体を膨張させることによって降温させる。膨張機 E 1 によって膨張した入力流体は、配管 4 を通って単位操作部 X に到達する。単位操作部 X から出力された出力流体は、配管 5 を通って第 1 熱交換器 H 1 に到達する。

【0081】

冷却モジュール 20 C では、図 5 (a) に示される冷却モジュール 20 と同様の作用効果が得られるので省エネルギー効果が大幅に高くなる。さらに、冷却モジュール 20 C では、単位操作部 X に入力される気体の入力流体の圧力 P 1 を、入力端 I に入力される気体の入力流体の圧力 P 2 よりも小さくすることができる。したがって、減圧状態で、単位操作部 X において単位操作を行うことができる。

20

【0082】

図 8 (a) は、第 5 実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図である。図 8 (b) は、第 5 実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。図 8 (a) に示される冷却モジュール 20 D は、冷却モジュール 20 A の構成に加えて、圧縮機 C 2 及び膨張機 E 2 を備える。冷却モジュール 20 D は、冷却モジュール 20 A と冷却モジュール 20 B とを組み合わせたような構成を有している。

30

【0083】

本実施形態に係る冷却モジュール 20 D では、図 8 (b) に示されるように、膨張機 E 1 により仕事 W_{E1} としてエネルギーを回収すると共に膨張機 E 2 により仕事 W_{E2} としてエネルギーを回収することができる。一方、圧縮機 C 1 によって入力流体を圧縮する際に所定エネルギーの仕事 W_{C1} が必要になり、圧縮機 C 2 によって出力流体を圧縮する際に所定エネルギーの仕事 W_{C2} が必要になる。さらに、冷却装置 C W によって熱量 Q_{CW} が放出される。

【0084】

冷却モジュール 20 D では、図 6 (a) に示される冷却モジュール 20 A と図 6 (c) に示される冷却モジュール 20 B の両方の作用効果が得られるので省エネルギー効果が大幅に高くなる。さらに、冷却モジュール 20 D では、冷却モジュール 20 A、20 B と同様に、単位操作部 X に入力される気体の入力流体の圧力 P 1 を、入力端 I に入力される気体の入力流体の圧力 P 2 と略同じにすることができる。

40

【0085】

図 9 (a) は、第 6 実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図である。図 9 (b) は、第 6 実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。図 9 (a) に示される冷却モジュール 20 E は、冷却モジュール 20 の構成に加えて、冷却器 C L を更に備え、冷却装置 C W を備えていない。冷却器 C L は、第 1 熱交換器 H 1 と単位操作部 X との間に配置される。

【0086】

50

第1熱交換器H1から出力された入力流体は、配管3を通過して冷却器CLに到達する。冷却器CLは、液体の入力流体を温度 T_s まで冷却する。冷却器CLによって冷却された入力流体は、配管4を通過して単位操作部Xに到達する。第1熱交換器H1から出力された出力流体は、配管6を通過して出力端Eに到達する。

【0087】

冷却モジュール20Eでは、図5(a)に示される冷却モジュール20と同様の作用効果が得られるので省エネルギー効果が大幅に高くなる。また、冷却装置CWによる熱量 Q_{CW} が放出されずに、冷却器CLによって熱量 Q_{CL} が放出される。さらに、冷却モジュール20Eでは、単位操作部Xに入力される気体の入力流体の圧力P1を、入力端Iに入力される気体の入力流体の圧力P2よりも大きくすることができる。したがって、昇圧状態で、単位操作部Xにおいて単位操作を行うことができる。

10

【0088】

図10(a)は、第7実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図である。図10(b)は、第7実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量Qと温度Tとの関係を示すグラフである。図10(a)に示される冷却モジュール20Fは、冷却モジュール20Aの構成に加えて、冷却器CLを更に備え、冷却装置CWを備えていない。冷却器CLは、膨張機E1と単位操作部Xとの間に配置される。

【0089】

膨張機E1によって圧縮された入力流体は、配管14を通過して冷却器CLに到達する。冷却器CLは、液体の入力流体を温度 T_s まで冷却する。冷却器CLによって冷却された入力流体は、配管4を通過して単位操作部Xに到達する。

20

【0090】

冷却モジュール20Fでは、図6(a)に示される冷却モジュール20Aと同様の作用効果が得られるので省エネルギー効果が大幅に高くなる。また、冷却装置CWによる熱量 Q_{CW} が放出されずに、冷却器CLによって熱量 Q_{CL} が放出される。さらに、冷却モジュール20Fでは、単位操作部Xに入力される気体の入力流体の圧力P1を、入力端Iに入力される気体の入力流体の圧力P2と略同じにすることができる。したがって、略定圧状態で、単位操作部Xにおいて単位操作を行うことができる。

【0091】

図10(c)は、第8実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図である。図10(d)は、第8実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量Qと温度Tとの関係を示すグラフである。図10(c)に示される冷却モジュール20Gは、冷却モジュール20Bの構成に加えて、冷却器CLを更に備え、冷却装置CWを備えていない。冷却器CLは、第1熱交換器H1と単位操作部Xとの間に配置される。

30

【0092】

第1熱交換器H1から出力された入力流体は、配管3を通過して冷却器CLに到達する。冷却器CLは、液体の入力流体を温度 T_s まで冷却する。冷却器CLによって冷却された入力流体は、配管4を通過して単位操作部Xに到達する。

【0093】

冷却モジュール20Gでは、図6(b)に示される冷却モジュール20Bと同様の作用効果が得られるので省エネルギー効果が大幅に高くなる。また、冷却装置CWによる熱量 Q_{CW} が放出されずに、冷却器CLによって熱量 Q_{CL} が放出される。さらに、冷却モジュール20Gでは、単位操作部Xに入力される気体の入力流体の圧力P1を、入力端Iに入力される気体の入力流体の圧力P2と略同じにすることができる。したがって、略定圧状態で、単位操作部Xにおいて単位操作を行うことができる。

40

【0094】

図11(a)は、第9実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図である。図11(b)は、第9実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量Qと温度Tとの関係を示すグラフである。図11(a)に示される冷却モジュール20Hは、冷却モジュール20Cの構成に加えて、冷却器CLを更に備え、冷却装置CWを備えていない。冷却器CLは、膨

50

張機 E 1 と単位操作部 X との間に配置される。

【0095】

膨張機 E 1 によって圧縮された入力流体は、配管 1 4 を通って冷却器 C L に到達する。冷却器 C L は、液体の入力流体を温度 T_s まで冷却する。冷却器 C L によって冷却された入力流体は、配管 4 を通って単位操作部 X に到達する。

【0096】

冷却モジュール 20 H では、図 7 (a) に示される冷却モジュール 20 C と同様の作用効果が得られるので省エネルギー効果が大幅に高くなる。また、冷却装置 C W による熱量 $Q_{C W}$ が放出されずに、冷却器 C L によって熱量 $Q_{C L}$ が放出される。さらに、冷却モジュール 20 H では、単位操作部 X に入力される気体の入力流体の圧力 P_1 を、入力端 I に入力される気体の入力流体の圧力 P_2 よりも小さくすることができる。したがって、減圧状態で、単位操作部 X において単位操作を行うことができる。

【0097】

なお、図 8 に示される冷却モジュール 20 D の構成に冷却器 C L を加えて、冷却装置 C W を除去してもよい。この場合、冷却器 C L は、膨張機 E 1 と単位操作部 X との間に配置される。

(液体から気体への相変化を用いた加熱モジュール)

【0098】

図 12 (a) は、第 6 実施形態に係る加熱モジュールを模式的に示す図である。図 12 (b) は、第 6 実施形態に係る加熱モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。図 12 (a) に示される加熱モジュール 30 は、入力端 I、単位操作部 X、出力端 E、第 1 熱交換器 H 1 及び圧縮機 C 1 を備える。圧縮機 C 1 は、単位操作部 X と第 1 熱交換器 H 1 との間に配置される。

【0099】

入力端 I には、入力流体が入力される。入力流体は、単一成分を含んでもよいし、複数の成分を含んでもよい。入力流体は、液体、気液混合物のいずれであってもよい。一実施例において、入力流体は液体のベンゼンである。

【0100】

入力端 I に入力された入力流体は、配管 1 を通って第 1 熱交換器 H 1 に到達する。第 1 熱交換器 H 1 から出力された入力流体は、配管 3 を通って圧縮機 C 1 に到達する。圧縮機 C 1 は、気体の入力流体を圧縮させることによって昇温させる。圧縮機 C 1 によって圧縮された入力流体は、配管 4 を通って単位操作部 X に到達する。

【0101】

単位操作部 X から出力された出力流体は、配管 5 を通って第 1 熱交換器 H 1 に到達する。第 1 熱交換器 H 1 から出力された出力流体は、配管 6 を通ってバルブ V 1 に到達する。バルブ V 1 は、第 1 熱交換器 H 1 と出力端 E との間に配置されており、液体の出力流体を膨張させる。バルブ V 1 によって膨張した液体の出力流体は、配管 9 を通って冷却装置 C W に到達する。出力流体は、冷却装置 C W によって例えば標準温度 (環境温度) まで冷却される。冷却装置 C W によって冷却された出力流体は、配管 7 を通って出力端 E に到達する。出力端 E は出力流体を出力する。

【0102】

第 1 熱交換器 H 1 は、液体の入力流体を気化させて気体の入力流体を出力すると共に、気体の出力流体を液化させて液体の出力流体を出力する。

【0103】

ここで、入力端 I に入力される入力流体のエネルギーと、出力端 E から出力される出力流体のエネルギーとは、略同じであることが好ましい。例えば、出力端 E から出力された出力流体の流量、温度、圧力は、入力端 I に入力される入力流体の流量、温度、圧力と略同じであることが好ましい。これにより、加熱モジュール 30 を標準化されたモジュールとすることができる。

【0104】

10

20

30

40

50

本実施形態に係る加熱モジュール30では、第6実施形態に係る加熱モジュールを模式的に示す図である。図12(b)は、第6実施形態に係る加熱モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。(b)に示されるように、温度 T_0 の液体の入力流体が入力端Iに入力される。その後、入力流体が第1熱交換器H1を通過することによって、沸点 T_b よりも高い温度まで昇温される。その結果、気体の入力流体が第1熱交換器H1から出力される。続いて、圧縮機C1を用いて入力流体に仕事 W_{c1} を加えることにより、入力流体を温度 T_s まで昇温させる。このため、第1熱交換器H1に入力される出力流体の温度及び圧力を、第1熱交換器H1から出力される入力流体の温度及び圧力よりも高くすることができる。よって、第1熱交換器H1における熱交換効率を向上させることができる。さらに、出力流体が第1熱交換器H1を通過することによって、沸点 T_b よりも低い温度まで降温される。その結果、液体の出力流体が第1熱交換器H1から出力される。続いて、冷却装置CWによって熱量 Q_{cw} が放出される。その結果、出力流体は温度 T_0 まで降温される。

10

【0105】

上述のように、加熱モジュール30では、圧縮機C1によって入力流体を圧縮する際に所定エネルギーの仕事 W_{c1} が必要になり、冷却装置CWによって熱量 Q_{cw} が放出される。しかし、入力流体を第1熱交換器H1に入力する前に圧縮したり、第1熱交換器H1から出力された入力流体を別途ボイラー等の加熱炉で加熱する必要は殆どなくなる。さらに、加熱モジュール30では、第1熱交換器H1において、気体の出力流体が液化する際の潜熱を、入力流体によって回収することができる。

20

【0106】

図21(a)は、第2比較例に係る加熱モジュールを模式的に示す図である。図21(b)は、第2比較例に係る加熱モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。図21(a)に示される加熱モジュール100Aは、圧縮機C1及びバルブV1を備えず、加熱炉FHを備える点で加熱モジュール30と相違している。したがって、配管3を通った入力流体は、加熱炉FHに到達し、加熱炉FHにおいて加熱された入力流体が単位操作部Xに入力される。

【0107】

加熱モジュール100Aでは、入力流体及び出力流体を圧縮せず、膨張させてもいない。このため、図21(b)に示されるように、入力流体を十分に昇温するために、加熱炉FHにおいて入力流体に熱量 Q_{FH} が加えられる。この熱量 Q_{FH} と同程度の熱量 Q_{cw} は冷却装置CWにおいて放出される。加熱炉FHで加熱する際に必要な熱量は、圧縮機C1により入力流体又は出力流体を圧縮する際に必要な所定エネルギーの仕事 W_{c1} に比べて非常に大きい。さらに、加熱モジュール100Aでは、第1熱交換器H1において、気体の出力流体が液化する際の潜熱を、殆ど回収することができない。

30

【0108】

したがって、加熱モジュール30では、省エネルギー効果が大幅に高くなる。さらに、加熱モジュール30では、単位操作部Xに入力される気体の入力流体の圧力 $P1$ を、入力端Iに入力される液体の入力流体の圧力 $P2$ よりも大きくすることができる。

【0109】

40

図13(a)は、第7実施形態に係る加熱モジュールを模式的に示す図である。図13(b)は、第7実施形態に係る加熱モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。図13(a)に示される加熱モジュール30Aは、バルブV1の配置を変えたこと以外は加熱モジュール30と同様の構成を有する。バルブV1は、第1熱交換器H1と入力端Iとの間に配置される。

【0110】

入力端Iに入力された入力流体は、配管1を通過してバルブV1に到達する。バルブV1は、液体の入力流体を膨張させる。バルブV1から出力された入力流体は、配管2を通過して第1熱交換器H1に到達する。第1熱交換器H1から出力された出力流体は、配管6を通過して冷却装置CWに到達する。

50

【0111】

加熱モジュール30Aでは、図12(a)に示される加熱モジュール30と同様の作用効果が得られるので省エネルギー効果が大幅に高くなる。さらに、加熱モジュール30Aでは、単位操作部Xに入力される気体の入力流体の圧力P1を、入力端Iに入力される液体の入力流体の圧力P2と略同じにすることができる。

【0112】

図13(c)は、第8実施形態に係る加熱モジュールを模式的に示す図である。図13(d)は、第8実施形態に係る加熱モジュールにおける熱量Qと温度Tとの関係を示すグラフである。図13(c)に示される加熱モジュール30Bは、圧縮機C1の配置を変えたこと以外は加熱モジュール30と同様の構成を有する。圧縮機C1は、単位操作部Xから出力された出力流体を圧縮する。

10

【0113】

第1熱交換器H1から出力された入力流体は、配管3を通過して圧縮機C1に到達する。圧縮機C1によって圧縮された入力流体は、配管4を通過して単位操作部Xに到達する。単位操作部Xから出力された出力流体は、配管5を通過して第1熱交換器H1に到達する。

【0114】

加熱モジュール30Bでは、図12(a)に示される加熱モジュール30と同様の作用効果が得られるので省エネルギー効果が大幅に高くなる。さらに、加熱モジュール30Bでは、単位操作部Xに入力される気体の入力流体の圧力P1を、入力端Iに入力される液体の入力流体の圧力P2と略同じにすることができる。

20

【0115】

図14(a)は、第9実施形態に係る加熱モジュールを模式的に示す図である。図14(b)は、第9実施形態に係る加熱モジュールにおける熱量Qと温度Tとの関係を示すグラフである。図14(a)に示される加熱モジュール30Cは、圧縮機C1の配置を変えたこと以外は加熱モジュール30Aと同様の構成を有する。圧縮機C1は、単位操作部Xから出力された出力流体を圧縮する。

【0116】

第1熱交換器H1から出力された入力流体は、配管3を通過して単位操作部Xに到達する。単位操作部Xから出力された出力流体は、配管5を通過して圧縮機C1に到達する。圧縮機C1によって圧縮された出力流体は、配管8を通過して第1熱交換器H1に到達する。

30

【0117】

加熱モジュール30Cでは、図13(a)に示される加熱モジュール30Aと同様の作用効果が得られるので省エネルギー効果が大幅に高くなる。さらに、加熱モジュール30Cでは、単位操作部Xに入力される気体の入力流体の圧力P1を、入力端Iに入力される液体の入力流体の圧力P2よりも小さくすることができる。

【0118】

図15(a)は、第10実施形態に係る加熱モジュールを模式的に示す図である。図15(b)は、第10実施形態に係る加熱モジュールにおける熱量Qと温度Tとの関係を示すグラフである。図15(a)に示される加熱モジュール30Dは、加熱モジュール30Aの構成に加えて、圧縮機C2及びバルブV2を備える。加熱モジュール30Dは、加熱モジュール30Aと加熱モジュール30Bとを組み合わせたような構成を有している。バルブV2は、バルブV1と同様のものであり、出力流体を膨張させる。

40

【0119】

本実施形態に係る加熱モジュール30Dでは、図15(b)に示されるように、圧縮機C1によって入力流体を圧縮する際に所定エネルギーの仕事 W_{c1} が必要になり、圧縮機C2によって出力流体を圧縮する際に所定エネルギーの仕事 W_{c2} が必要になる。さらに、冷却装置CWによって熱量 Q_{cw} が放出される。

【0120】

加熱モジュール30Dでは、図13(a)に示される加熱モジュール30Aと図13(c)に示される加熱モジュール30Bの両方の作用効果が得られるので省エネルギー効果

50

が大幅に高くなる。さらに、加熱モジュール 30D では、加熱モジュール 30A, 30B と同様に、単位操作部 X に入力される気体の入力流体の圧力 P_1 を、入力端 I に入力される気体の入力流体の圧力 P_2 と略同じにすることができる。

(気体から液体への相変化を用いた冷却モジュール)

【0121】

図 16 (a) は、第 10 実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図である。図 16 (b) は、第 10 実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。図 16 (a) に示される冷却モジュール 40 は、入力端 I、単位操作部 X、出力端 E、第 1 熱交換器 H1、圧縮機 C1、冷却器 CL 及びバルブ V1 を備える。圧縮機 C1 は、入力端 I と第 1 熱交換器 H1 との間に配置される。冷却器 CL は、単位操作部 X と第 1 熱交換器 H1 との間に配置され、液体の入力流体を冷却する。バルブ V1 は、単位操作部 X と第 1 熱交換器 H1 との間に配置され、液体の出力流体を膨張させる。

10

【0122】

入力端 I には、入力流体が入力される。入力流体は、単一成分を含んでもよいし、複数の成分を含んでもよい。入力流体は、気体、気液混合物のいずれであってもよい。一実施例において、入力流体は気体のベンゼンである。

【0123】

入力端 I に入力された入力流体は、配管 1 を通って圧縮機 C1 に到達する。圧縮機 C1 は、気体の入力流体を圧縮させることによって昇温させる。圧縮機 C1 によって圧縮された入力流体は、配管 2 を通って第 1 熱交換器 H1 に到達する。第 1 熱交換器 H1 から出力された入力流体は、配管 3 を通って冷却器 CL に到達する。冷却器 CL は、液体の入力流体を温度 T_c まで冷却する。冷却器 CL によって冷却された入力流体は、配管 4 を通って単位操作部 X に到達する。

20

【0124】

単位操作部 X から出力された出力流体は、配管 5 を通ってバルブ V1 に到達する。バルブ V1 によって膨張された液体の出力流体は、配管 8 を通って第 1 熱交換器 H1 に到達する。第 1 熱交換器 H1 から出力された出力流体は、配管 6 を通って出力端 E に到達する。

【0125】

第 1 熱交換器 H1 は、気体の入力流体を液化させて液体の入力流体を出力すると共に、液体の出力流体を気化させて気体の出力流体を出力する。

30

【0126】

ここで、入力端 I に入力される入力流体のエネルギーと、出力端 E から出力される出力流体のエネルギーとは、略同じであることが好ましい。例えば、出力端 E から出力された出力流体の流量、温度、圧力は、入力端 I に入力される入力流体の流量、温度、圧力と略同じであることが好ましい。これにより、冷却モジュール 40 を標準化されたモジュールとすることができる。

【0127】

本実施形態に係る冷却モジュール 40 では、図 16 (b) に示されるように、温度 T_0 の気体の入力流体が入力端 I に入力される。その後、圧縮機 C1 を用いて入力流体に仕事 W_{c1} を加えることにより、入力流体を昇温させる。さらに、入力流体が第 1 熱交換器 H1 を通過することによって、沸点 T_b よりも低い温度まで降温される。その結果、液体の入力流体が第 1 熱交換器 H1 から出力される。第 1 熱交換器 H1 から出力された液体の入力流体は、冷却器 CL によって温度 T_c まで冷却される。このとき、熱量 Q_{CL} が放出される。続いて、単位操作部 X から出力された液体の出力流体をバルブ V1 により膨張させる。このため、第 1 熱交換器 H1 に入力される出力流体の温度及び圧力を、第 1 熱交換器 H1 から出力される入力流体の温度及び圧力よりも低くすることができる。よって、第 1 熱交換器 H1 における熱交換効率を向上させることができる。さらに、出力流体が第 1 熱交換器 H1 を通過することによって、沸点 T_b よりも高い温度 T_0 まで昇温される。その結果、気体の出力流体が第 1 熱交換器 H1 から出力される。

40

【0128】

50

上述のように、加熱モジュール40では、圧縮機C1によって入力流体を圧縮する際に所定エネルギーの仕事 W_{c1} が必要になり、冷却器CLによって熱量 Q_{CL} が放出される。しかし、加熱モジュール40では、第1熱交換器H1において、気体の入力流体が液化する際の潜熱を、出力流体によって回収することができる。

【0129】

したがって、加熱モジュール40では、省エネルギー効果が大幅に高くなる。さらに、加熱モジュール40では、単位操作部Xに入力される気体の入力流体の圧力P1を、入力端Iに入力される液体の入力流体の圧力P2よりも大きくすることができる。

【0130】

図17(a)は、第11実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図である。図17(b)は、第11実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量Qと温度Tとの関係を示すグラフである。図17(a)に示される冷却モジュール40Aは、バルブV1の配置を変えたこと以外は冷却モジュール40と同様の構成を有する。バルブV1は、第1熱交換器H1と冷却器CLとの間に配置され、液体の入力流体を膨張させる。

【0131】

第1熱交換器H1から出力された入力流体は、配管3を通過してバルブV1に到達する。バルブV1は、液体の入力流体を膨張させる。バルブV1から出力された入力流体は、配管14を通過して冷却器CLに到達する。冷却器CLによって冷却された入力流体は、配管4を通過して単位操作部Xに入力される。単位操作部Xから出力された出力流体は、配管5を通過して第1熱交換器H1に入力される。

【0132】

冷却モジュール40Aでは、図16(a)に示される冷却モジュール40と同様の作用効果が得られるので省エネルギー効果が大幅に高くなる。さらに、冷却モジュール40Aでは、単位操作部Xに入力される液体の入力流体の圧力P1を、入力端Iに入力される気体の入力流体の圧力P2と略同じにすることができる。

【0133】

図17(c)は、第12実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図である。図17(d)は、第12実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量Qと温度Tとの関係を示すグラフである。図17(c)に示される冷却モジュール40Bは、圧縮機C1の配置を変えたこと以外は冷却モジュール40と同様の構成を有する。圧縮機C1は、第1熱交換器H1と出力端Eとの間に配置される。

【0134】

入力端Iに入力された入力流体は、配管1を通過して第1熱交換器H1に到達する。第1熱交換器H1から出力された出力流体は、配管6を通過して圧縮機C1に到達する。圧縮機C1によって圧縮された出力流体は、配管7を通過して出力端Eに到達する。

【0135】

冷却モジュール40Bでは、図16(a)に示される冷却モジュール40と同様の作用効果が得られるので省エネルギー効果が大幅に高くなる。さらに、冷却モジュール40Bでは、単位操作部Xに入力される液体の入力流体の圧力P1を、入力端Iに入力される気体の入力流体の圧力P2と略同じにすることができる。

【0136】

図18(a)は、第13実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図である。図18(b)は、第13実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量Qと温度Tとの関係を示すグラフである。図18(a)に示される冷却モジュール40Cは、圧縮機C1の配置を変えたこと以外は冷却モジュール40Aと同様の構成を有する。圧縮機C1は、第1熱交換器H1から出力された出力流体を圧縮する。

【0137】

入力端Iから出力された入力流体は、配管1を通過して第1熱交換器H1に到達する。第1熱交換器H1から出力された出力流体は、配管6を通過して圧縮機C1に到達する。圧縮機C1によって圧縮された出力流体は、配管7を通過して出力端Eに到達する。

【0138】

冷却モジュール40Cでは、図17(a)に示される冷却モジュール40Aと同様の作用効果が得られるので省エネルギー効果が大幅に高くなる。さらに、冷却モジュール40Cでは、単位操作部Xに入力される液体の入力流体の圧力 P_1 を、入力端Iに入力される気体の入力流体の圧力 P_2 よりも小さくすることができる。

【0139】

図19(a)は、第14実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図である。図19(b)は、第14実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。図19(a)に示される冷却モジュール40Dは、冷却モジュール40Aの構成に加えて、圧縮機C2及びバルブV2を備える。冷却モジュール40Dは、冷却モジュール40Aと冷却モジュール40Bとを組み合わせたような構成を有している。

10

【0140】

本実施形態に係る冷却モジュール40Dでは、図19(b)に示されるように、圧縮機C1によって入力流体を圧縮する際に所定エネルギーの仕事 W_{c1} が必要になり、圧縮機C2によって出力流体を圧縮する際に所定エネルギーの仕事 W_{c2} が必要になる。さらに、冷却器CLによって熱量 Q_{CL} が放出される。

【0141】

冷却モジュール40Dでは、図17(a)に示される冷却モジュール40Aと図17(c)に示される冷却モジュール40Bの両方の作用効果が得られるので省エネルギー効果が大幅に高くなる。さらに、冷却モジュール40Dでは、冷却モジュール40A、40Bと同様に、単位操作部Xに入力される液体の入力流体の圧力 P_1 を、入力端Iに入力される気体の入力流体の圧力 P_2 と略同じにすることができる。

20

【0142】

以上、本発明の好適な実施形態について詳細に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されない。

【0143】

例えば、加熱モジュール10だけでなく、加熱モジュール10A～10C、30、30A～30Dの構成に、第2熱交換器H2及び圧縮機C3を追加してもよい。また、冷却モジュール20、20A～20H、40、40A～40Dの構成に、第2熱交換器H2及び圧縮機C3を追加してもよい。

30

【0144】

以下、実施例及び比較例に基づいて本発明をより具体的に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

(実施例1)

【0145】

図1(c)に示される加熱モジュール10Aについて、プロセスシミュレータ(PRO/IITM)を用いてシミュレーションを行った。全ての熱交換器内の最小近接温度差は10度とした。実在気体の状態方程式として、Soave-Redlich-Kwong式を用いた。入力端Iに入力される入力流体として、気体のブタンを用いた。入力端I及び出力端Eにおけるブタンの流量を100kg・mol/時間、温度(T_0)を300K、圧力を100kPaとした。単位操作部Xにおける温度(T_s)を400Kとした。

40

【0146】

シミュレーションの結果、圧縮機C1により圧縮された出力流体(配管8中)の圧力は144kPa、温度は410Kであった。第1熱交換器H1から出力された出力流体(配管6中)の温度は313Kであった。膨張機E1により膨張した出力流体(配管9中)の圧力は144kPa、温度は303Kであった。

【0147】

また、圧縮機C1において必要な仕事は33.9kWであった。また、膨張機E1により回収できる仕事は25.4kWであった。よって、実施例1の加熱モジュールに必要なエネルギー量は8.5kWであった。

50

(比較例 1)

【0148】

図 20 (a) に示される加熱モジュール 100 について、プロセスシミュレータ (PRO/IITM) を用いて、実施例 1 と同様にシミュレーションを行った。

【0149】

シミュレーションの結果、配管 3 を通る入力流体の温度は 390 K であり、配管 6 を通る出力流体の温度は 313 K であった。加熱炉 FH において必要な熱量は 34.6 kW であった。

【0150】

実施例 1 の結果と比較例 1 の結果とを比較すると、実施例 1 では比較例 1 に比べて大幅な省エネルギーが実現されていることが分かる。

10

(実施例 2)

【0151】

図 13 (a) に示される加熱モジュール 30A について、プロセスシミュレータ (PRO/IITM) を用いて、入力端 I に入力される入力流体として液体のベンゼンを用いたこと以外は実施例 1 と同様にシミュレーションを行った。

【0152】

シミュレーションの結果、バルブ V1 により膨張した入力流体 (配管 2 中) の圧力は 64.7 kPa、温度は 300 K であった。第 1 熱交換器 H1 から出力された入力流体 (配管 3 中) の圧力は 64.7 kPa、温度は 390 K であった。圧縮機 C1 により圧縮された入力流体 (配管 4 中) の圧力は 100 kPa、温度は 400 K であった。第 1 熱交換器 H1 から出力された出力流体 (配管 6 中) の圧力は 100 kPa、温度は 311 K であった。

20

【0153】

また、圧縮機 C1 において必要な仕事は 38.9 kW であった。よって、実施例 2 の加熱モジュールに必要なエネルギー量は 38.9 kW であった。

(比較例 2)

【0154】

図 21 (a) に示される加熱モジュール 100A について、プロセスシミュレータ (PRO/IITM) を用いて、実施例 2 と同様にシミュレーションを行った。

30

【0155】

シミュレーションの結果、第 1 熱交換器 H1 から出力された入力流体 (配管 3 中) の温度は 353 K であり、第 1 熱交換器 H1 から出力された出力流体 (配管 6 中) の温度は 353 K であった。加熱炉 FH において必要な熱量は 897.3 kW であった。

【0156】

実施例 2 の結果と比較例 2 の結果とを比較すると、実施例 2 では比較例 2 に比べて大幅な省エネルギーが実現されていることが分かる。

【図面の簡単な説明】

【0157】

【図 1】第 1 ～ 第 2 実施形態に係る加熱モジュールを模式的に示す図、及び第 1 ～ 第 2 実施形態に係る加熱モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。

40

【図 2】第 3 実施形態に係る加熱モジュールを模式的に示す図、及び第 3 実施形態に係る加熱モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。

【図 3】第 4 実施形態に係る加熱モジュールを模式的に示す図、及び第 4 実施形態に係る加熱モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。

【図 4】第 5 実施形態に係る加熱モジュールを模式的に示す図である。

【図 5】第 1 実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図、及び第 1 実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。

【図 6】第 2 ～ 第 3 実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図、及び第 2 ～ 第 3 実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。

50

【図 7】第 4 実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図、及び第 4 実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。

【図 8】第 5 実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図、及び第 5 実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。

【図 9】第 6 実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図、及び第 6 実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。

【図 10】第 7 ～ 第 8 実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図、及び第 7 ～ 第 8 実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。

【図 11】第 9 実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図、及び第 9 実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。

10

【図 12】第 6 実施形態に係る加熱モジュールを模式的に示す図、及び第 6 実施形態に係る加熱モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。

【図 13】第 7 ～ 第 8 実施形態に係る加熱モジュールを模式的に示す図、及び第 7 ～ 第 8 実施形態に係る加熱モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。

【図 14】第 9 実施形態に係る加熱モジュールを模式的に示す図、及び第 9 実施形態に係る加熱モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。

【図 15】第 10 実施形態に係る加熱モジュールを模式的に示す図、及び第 10 実施形態に係る加熱モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。

【図 16】第 10 実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図、及び第 10 実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。

20

【図 17】第 11 ～ 第 12 実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図、及び第 11 ～ 第 12 実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。

【図 18】第 13 実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図、及び第 13 実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。

【図 19】第 14 実施形態に係る冷却モジュールを模式的に示す図、及び第 14 実施形態に係る冷却モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。

【図 20】第 1 比較例に係る加熱モジュールを模式的に示す図、及び第 1 比較例に係る加熱モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。

【図 21】第 2 比較例に係る加熱モジュールを模式的に示す図、及び第 2 比較例に係る加熱モジュールにおける熱量 Q と温度 T との関係を示すグラフである。

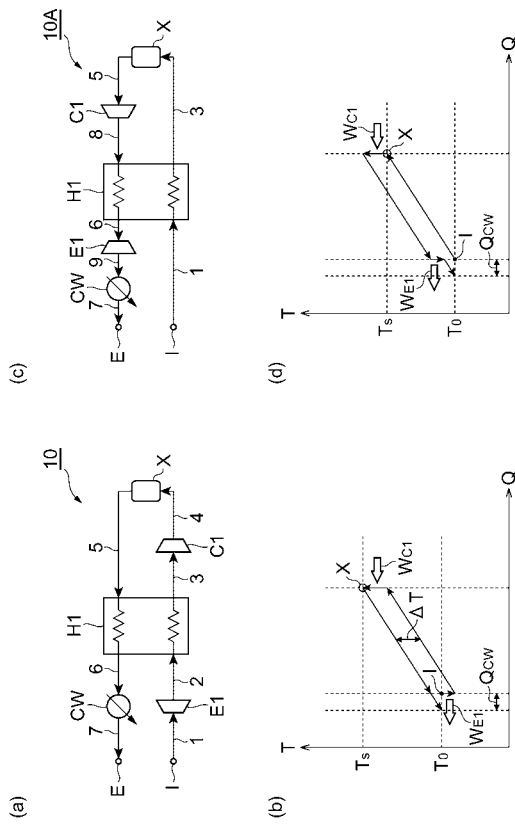
30

【符号の説明】

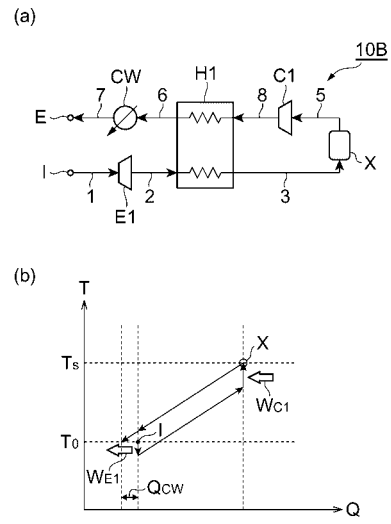
【0158】

I … 入力端、X … 単位操作部、E … 出力端、H1 … 第 1 熱交換器、C1 … 第 1 圧縮機、E1 … 膨張機、10, 10A ～ 10D, 30, 30A ～ 30D … 加熱モジュール、H2 … 第 2 熱交換器、C3 … 第 2 圧縮機、20, 20A ～ 20H, 40, 40A ～ 40D … 冷却モジュール、CL … 冷却器、V1 … バルブ。

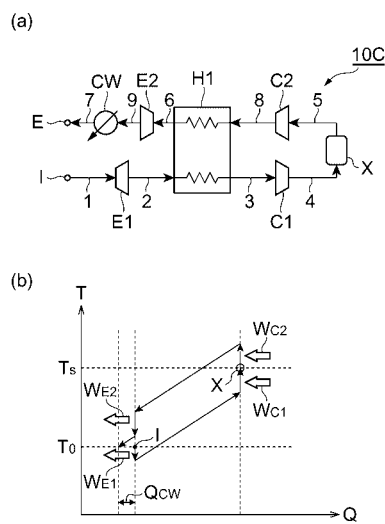
【図 1】



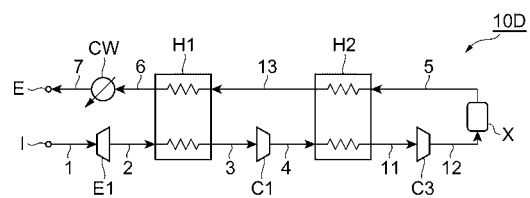
【図 2】



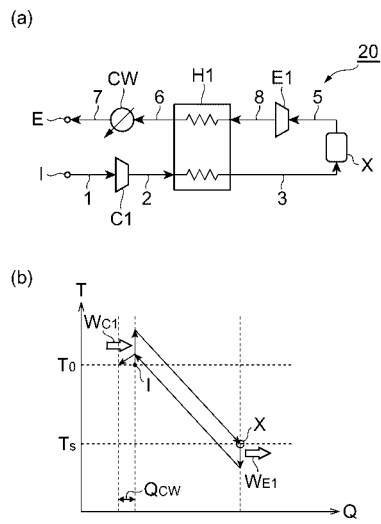
【図 3】



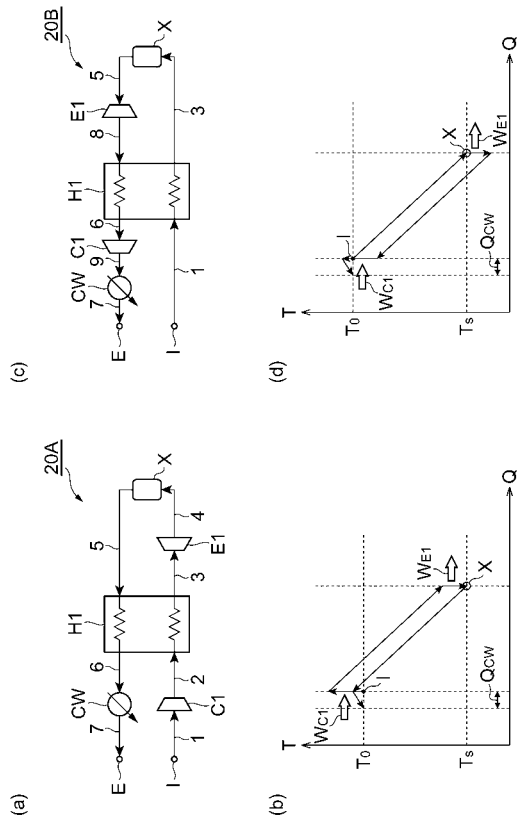
【図 4】



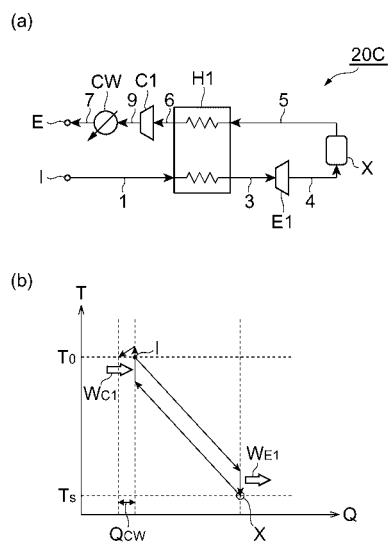
【図 5】



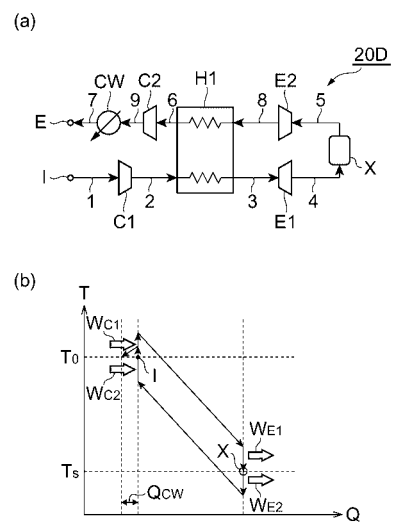
【図 6】



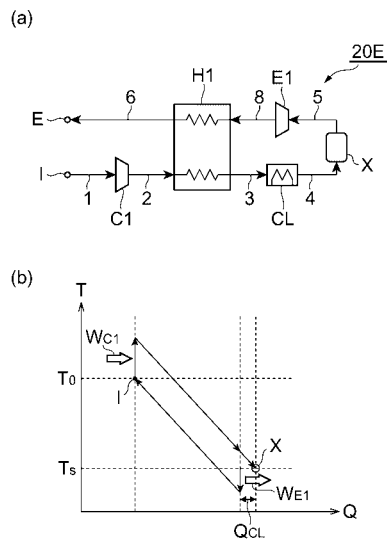
【図 7】



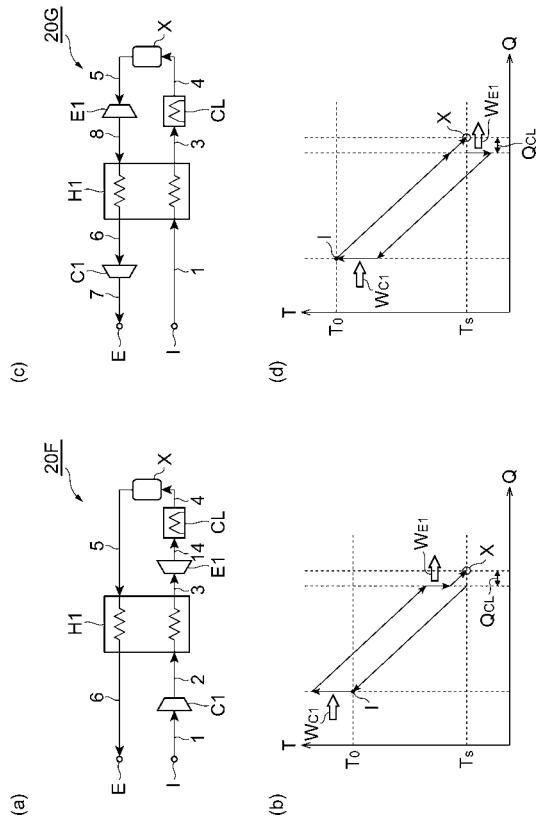
【図 8】



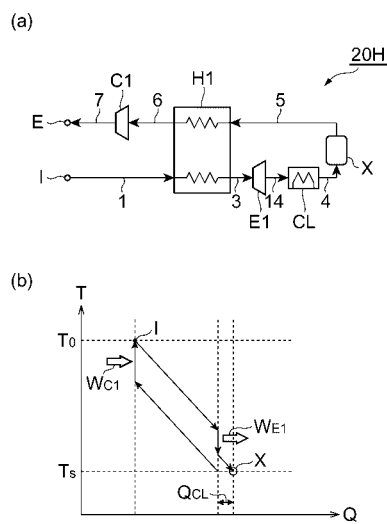
【図 9】



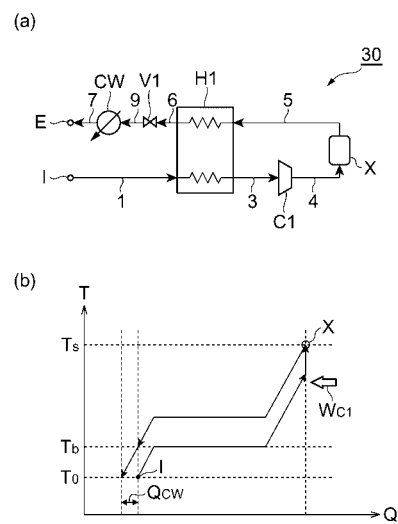
【図 10】



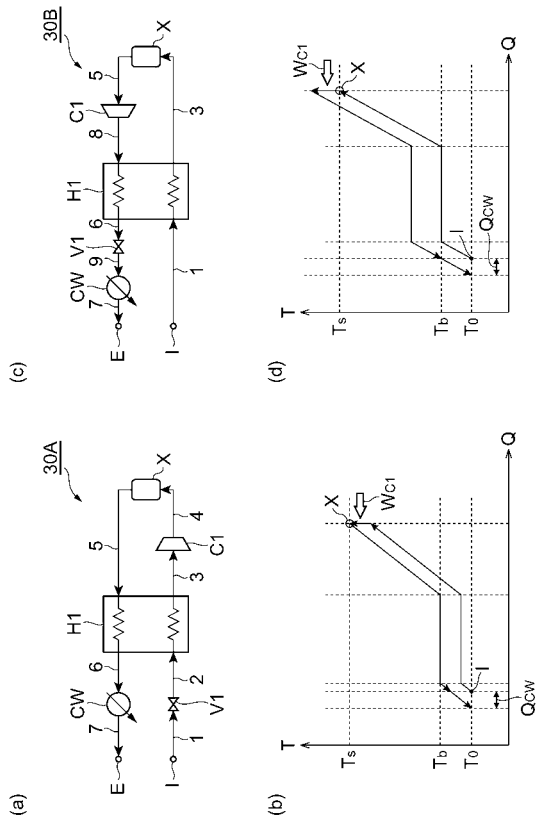
【図 11】



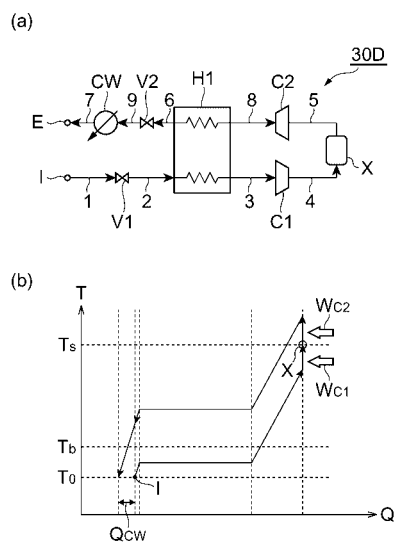
【図 12】



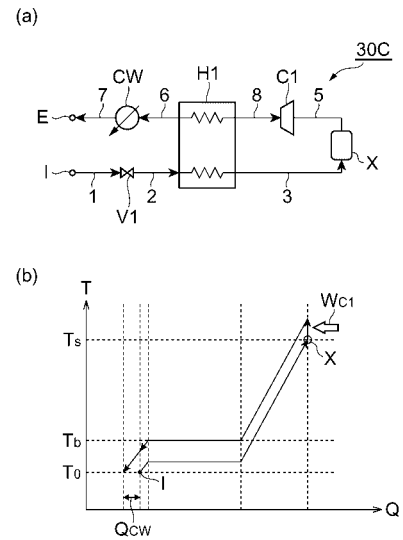
【図 13】



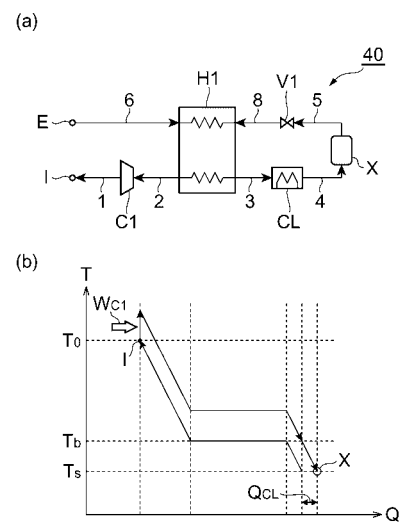
【図 15】



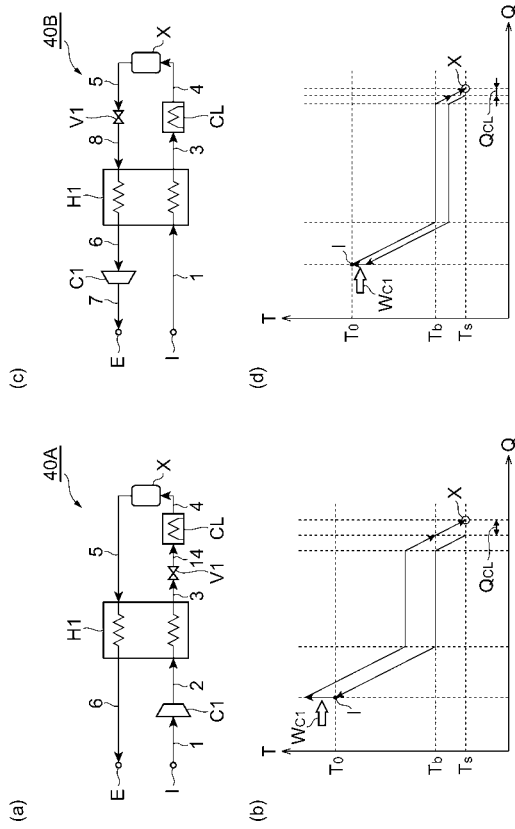
【図 14】



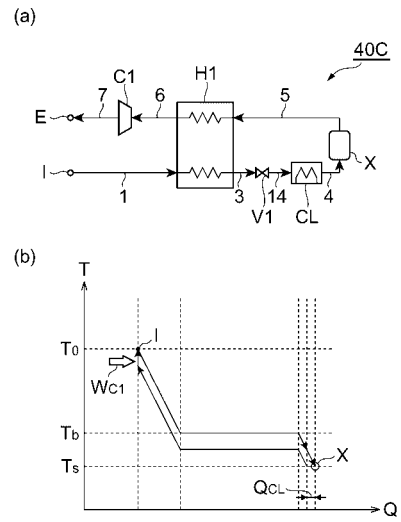
【図 16】



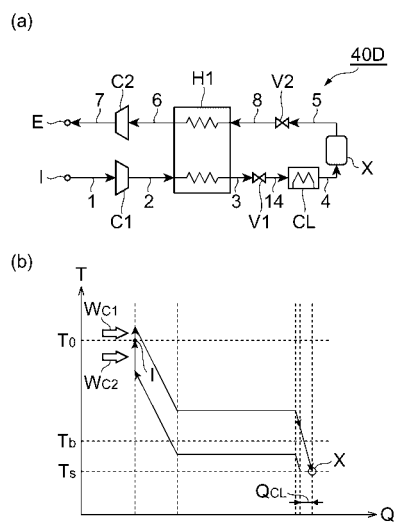
【図 17】



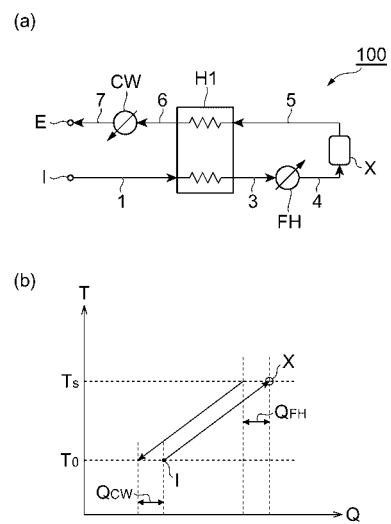
【図 18】



【図 19】

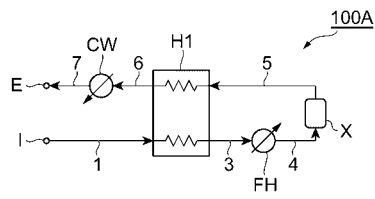


【図 20】

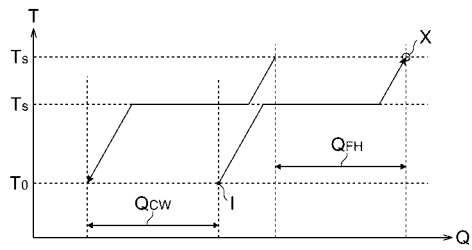


【図 2 1】

(a)



(b)



フロントページの続き

- (74)代理人 100113435
弁理士 黒木 義樹
- (74)代理人 100128381
弁理士 清水 義憲
- (74)代理人 100140453
弁理士 戸津 洋介
- (72)発明者 松田 一夫
神奈川県横浜市鶴見区鶴見中央2丁目12番1号 千代田化工建設株式会社内
- (72)発明者 広地 芳一
神奈川県横浜市鶴見区鶴見中央2丁目12番1号 千代田化工建設株式会社内
- (72)発明者 蛙石 健一
神奈川県横浜市鶴見区鶴見中央2丁目12番1号 千代田化工建設株式会社内
- (72)発明者 佐藤 玲維
神奈川県横浜市鶴見区鶴見中央2丁目12番1号 千代田化工建設株式会社内
- (72)発明者 味村 健一
神奈川県横浜市神奈川区新浦島町1丁目1番地25号 千代田アドバンスト・ソリューションズ株式会社内
- (72)発明者 下河原 薫
神奈川県横浜市神奈川区新浦島町1丁目1番地25号 千代田アドバンスト・ソリューションズ株式会社内
- (72)発明者 鹿谷 裕
東京都港区西新橋一丁目3番12号 新日本石油株式会社内
- (72)発明者 國清 浩志
東京都港区西新橋一丁目3番12号 新日本石油株式会社内
- (72)発明者 竹下 隆顯
東京都港区西新橋一丁目3番12号 新日本石油株式会社内
- (72)発明者 中岩 勝
茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内
- (72)発明者 堤 敦司
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
- (72)発明者 伏見 千尋
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
- (72)発明者 鶴 直樹
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
- (72)発明者 甘蔗 寂樹
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内

Fターム(参考) 4G075 AA03 AA41 BA05 BB02 BB03 BB04 BB05 BB10 CA02 CA03
DA01 EA06