(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7702733号
(P7702733)

(45)発行日　令和7年7月4日(2025.7.4)

(24)登録日　令和7年6月26日(2025.6.26)

(51)国際特許分類
Ｆ２４Ｆ　3/14 (2006.01)

ＦＩ
Ｆ２４Ｆ　3/14

請求項の数　16　（全31頁）

(21)出願番号　特願2021-538455(P2021-538455)
(86)(22)出願日　令和1年9月15日(2019.9.15)
(65)公表番号　特表2022-517918(P2022-517918A)
(43)公表日　令和4年3月11日(2022.3.11)
(86)国際出願番号　PCT/IN2019/050673
(87)国際公開番号　WO2020/141539
(87)国際公開日　令和2年7月9日(2020.7.9)
審査請求日　令和4年8月23日(2022.8.23)
(31)優先権主張番号　201821050135
(32)優先日　平成30年12月31日(2018.12.31)
(33)優先権主張国・地域又は機関
インド(IN)
前置審査

(73)特許権者　521285894
ジャギルダル，ムリナル
ＪＡＧＩＲＤＡＲ，Ｍｒｉｎａｌ
インド３９５００７スラト、パール・ポイント、マスカティ・プロット・ナンバー１、サマルト・サルティ・アパートメント４０１
(74)代理人　100145403
弁理士　山尾 憲人
(74)代理人　100122297
弁理士　西下 正石
(72)発明者　ジャギルダル，ムリナル
インド３９５００７スラト、パール・ポイント、マスカティ・プロット・ナンバー１、サマルト・サルティ・アパートメント
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　溶体内の溶質の濃度を変化させる方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

溶体内の溶質の濃度を変化させる方法であって、以下：

複数の処理ユニットのうちの処理ユニットの第１の熱及び質量交換器（ｈｅａｔ　ａｎｄ　ｍａｓｓ　ｅｘｃｈａｎｇｅｒ）ＨＭＸ１によって、状態Ｄ$_{in}$にある前記溶体の第１の流れ、及び前記処理ユニットの第２の熱及び質量交換器ＨＭＸ２によって、状態Ｒ$_{in}$にある前記溶体の第２の流れを受け取ること；と、

前記ＨＭＸ１によって前記溶体の前記第１の流れを処理して、状態Ｄ$_{out}$にある前記溶体の第１の希薄流を生成することであって、ここで、前記ＨＭＸ１は、初期段階で前記溶体の前記第１の流れから第１の量の前記溶質を吸収する第１の乾燥剤を含む、処理すること；と、

前記初期段階において、前記ＨＭＸ２によって前記溶体の前記第２の流れを処理して、状態Ｒ$_{out}$にある前記溶体の第１の濃厚流を生成することであって、ここで、前記ＨＭＸ２は、前記初期段階で前記溶体の前記第２の流れ内で第２の量の前記溶質を放出する第２の乾燥剤を含む、処理すること；と、

前記初期段階において、前記状態Ｄ$_{out}$にある前記溶体の前記第１の希薄流を、前記処理ユニットから前記複数の処理ユニットのうちの連続処理ユニットの第１の熱及び質量交換器ＨＭＸ１－ｎへと誘導すること；と、

前記初期段階において、前記連続処理ユニットの前記ＨＭＸ１－ｎによって前記溶体の前記第１の希薄流を処理して、状態Ｒ$_{out-n}$にある前記溶体の濃厚流を生成すること；

と、
前記連続処理ユニットの第２の熱及び質量交換器ＨＭＸ２－ｎによって、状態Ｄｉｎ－ｎにある前記溶体の第１の流れを受け取ること；と、
前記初期段階において、前記連続処理ユニットの前記ＨＭＸ２－ｎによって前記溶体の前記第１の流れを処理して、状態Ｄｏｕｔ－ｎにある前記溶体の第２の希薄流を生成することであって、ここで、前記状態Ｄｏｕｔ－ｎにある前記溶体の前記第２の希薄流内の前記溶質の量は、前記状態Ｄｉｎにある前記溶体の前記第１の流れ内の前記溶質の量よりも少ない、処理することと、を含む、方法。
【請求項２】
後続段階において、前記ＨＭＸ１－ｎ及び前記ＨＭＸ２－ｎの動作の相互交換が、以下：
前記状態Ｄｏｕｔにある前記溶体の前記第１の希薄流を、前記連続処理ユニットの前記ＨＭＸ２－ｎへと誘導すること；と、
前記ＨＭＸ２－ｎによって前記溶体の前記第１の希薄流を処理して、前記状態Ｒｏｕｔ－ｎにある前記溶体の前記濃厚流を生成することであって、ここで、前記ＨＭＸ２－ｎは、前記初期段階の最中に吸収／吸着されている前記溶質から少なくとも一部を放出するように適合された乾燥剤を含む、処理すること；と、
前記連続処理ユニットの前記ＨＭＸ１－ｎによって前記状態Ｄｉｎ－ｎにある前記溶体の前記第１の流れを受け取ること；と、
前記ＨＭＸ１－ｎによって前記溶体の前記第１の流れを処理して、前記状態Ｄｏｕｔ－ｎにある前記溶体の前記第２の希薄流を生成することであって、ここで、前記ＨＭＸ１－ｎは、ある量の前記溶質を再吸収して前記溶体の前記第２の希薄流を生成するように適合された乾燥剤を含む、処理することと、を含む、請求項１に記載の方法。
【請求項３】
以下：
前記初期段階において、前記溶体の前記第１の希薄流の少なくとも一部を、前記処理ユニットの前記ＨＭＸ１から前記連続処理ユニットの前記ＨＭＸ２－ｎへと誘導すること；と、
前記ＨＭＸ２－ｎによって前記第１の希薄流の少なくとも前記一部を処理して、前記状態Ｄｏｕｔ－ｎにある前記第２の希薄流を生成することと、を更に含む、請求項１に記載の方法。
【請求項４】
以下：
前記溶体の前記状態Ｄｏｕｔにある前記第１の希薄流の少なくとも一部を、前記処理ユニットの第３の熱及び質量交換器ＨＭＸ３へと誘導すること；と、
前記処理ユニットの前記ＨＭＸ３によって前記溶体の前記第１の希薄流の前記少なくとも前記一部を処理して、状態Ｒｏｕｔにある前記溶体の濃厚流を生成することと、を更に含む、請求項１に記載の方法。
【請求項５】
以下：
状態Ｗｃ，ｉｎ，１にある流体の第１の流れを前記ＨＭＸ１へと誘導することであって、ここで、前記流体の第１の流れが、前記第１の乾燥剤による前記溶体の前記第１の流れからの前記第１の量の前記溶質の吸収中に発生した熱を吸収する、誘導すること；と、
状態Ｗｈ，ｉｎ，１にある流体の第２の流れを前記ＨＭＸ２へと誘導することであって、ここで、前記流体の第２の流れが、熱を放出して、溶体内にて前記第２の量の前記溶質を放出する前記第２の乾燥剤の温度を上昇させる、誘導することと、を更に含む、請求項１に記載の方法。
【請求項６】
以下：
状態Ｗｃ，ｉｎ，ｎにある水の第１の流れを前記ＨＭＸ１－ｎへと誘導することであって、ここで、前記水の第１の流れが、前記溶体の前記第１の流れからの前記第１の量の前記

溶質の吸収中に発生した熱を吸収する、誘導すること；と、
状態$W_{h,in,n}$にある水の第２の流れを前記ＨＭＸ２－ｎへと誘導することであって、ここで、前記水の第２の流れが、熱を放出して、溶体内にて前記第２の量の前記溶質を放出する前記第２の乾燥剤の温度を上昇させる、誘導することと、を更に含む、請求項１に記載の方法。
【請求項７】
前記第１の乾燥剤及び前記第２の乾燥剤の各々が、液体乾燥剤、固体乾燥剤、及び固体乾燥剤のペレットのうち１つである、請求項１に記載の方法。
【請求項８】
溶体内の溶質の濃度を変化させる方法であって、以下：
処理ユニットの第１の熱及び質量交換器ＨＭＸ１によって、状態D_{in}にある前記溶体の第１の流れを受け取ること；と、
前記ＨＭＸ１によって前記溶体の前記第１の流れを処理して、状態D_{out}にある前記溶体の第１の希薄流を生成することであって、ここで、前記ＨＭＸ１は、初期段階で前記溶体の前記第１の流れから第１の量の前記溶質を吸収する第１の乾燥剤を含む、処理すること；と、
前記初期段階において、前記溶体の前記第１の希薄流の少なくとも一部から成る前記溶体の第２の流れを、前記ＨＭＸ１から前記処理ユニットの第２の熱及び質量交換器ＨＭＸ２へと誘導すること；と、
前記ＨＭＸ２によって、前記第２の流れを処理して、状態R_{out}にある前記溶体の濃厚流を生成することであって、ここで、前記ＨＭＸ２は、前記初期段階で前記溶体の前記第２の流れ内で第２の量の前記溶質を放出する第２の乾燥剤を含む、処理すること；と、
第１の持続時間にわたって、前記状態D_{in}にある前記溶体の前記第１の流れを、前記ＨＭＸ２へと誘導すること；と、
前記状態D_{in}にある前記溶体の前記第１の流れを処理して、前記状態R_{out}にある前記溶体の第１の濃厚流を生成すること；と、
前記第１の持続時間に続く第２の持続時間にわたって、前記状態D_{out}にある前記溶体の前記第１の希薄流の少なくとも一部を、前記ＨＭＸ１から前記ＨＭＸ２へと誘導すること；と、
前記ＨＭＸ２によって前記溶体の前記第１の希薄流の少なくとも前記一部を処理して、状態R_{out}にある前記溶体の濃厚流を生成することと、を含む、方法。
【請求項９】
以下：
前記状態R_{out}にある前記溶体の前記濃厚流を、前記ＨＭＸ２から前記ＨＭＸ１へと誘導すること；と、
前記ＨＭＸ１によって前記溶体の前記濃厚流を処理して、前記状態D_{out}にある前記溶体の前記第１の希薄流を生成することと、を更に含む、請求項８に記載の方法。
【請求項１０】
溶体内の溶質の濃度を変化させる方法であって、以下：
複数の処理ユニットのうちの処理ユニットの第１の熱及び質量交換器ＨＭＸ１によって、状態D_{in}にある溶体の第１の流れ、及び前記処理ユニットの第２の熱及び質量交換器ＨＭＸ２によって、状態R_{in}にある前記溶体の第２の流れを受け取ること；と、
前記ＨＭＸ１によって前記溶体の前記第１の流れを処理して、状態D_{out}にある前記溶体の第１の希薄流を生成することであって、ここで、前記ＨＭＸ１は、初期段階で前記溶体の前記第１の流れから第１の量の前記溶質を吸収する第１の乾燥剤を含む、処理すること；と、
前記初期段階において、前記ＨＭＸ２によって前記溶体の前記第２の流れを処理して、状態R_{out}にある前記溶体の第１の濃厚流を生成することであって、ここで、前記ＨＭＸ２は、前記初期段階で前記溶体の前記第２の流れ内で第２の量の前記溶質を放出する第２の乾燥剤を含む、処理すること；と、

前記初期段階において、前記状態R_{out}にある前記溶体の前記第１の濃厚流を、前記処理ユニットから前記複数の処理ユニットのうちの連続処理ユニットの第２の熱及び質量交換器ＨＭＸ２－ｎへと誘導すること；と、
前記初期段階において、前記連続処理ユニットの前記ＨＭＸ２－ｎによって前記溶体の前記第１の濃厚流を処理して、状態D_{out-n}にある前記溶体の希薄流を生成すること；と、
前記連続処理ユニットの第１の熱及び質量交換器ＨＭＸ１－ｎによって、状態R_{in-n}にある前記溶体の第１の流れを受け取ること；と、
前記初期段階において、前記連続処理ユニットの前記ＨＭＸ２－ｎによって前記溶体の前記濃厚流を処理して、状態R_{out-n}にある前記溶体の第２の濃厚流を生成することであって、ここで、前記状態R_{out-n}にある前記溶体の前記第２の濃厚流内の前記溶質の量は、前記状態R_{out}にある前記溶体の前記第２の流れ内の前記溶質の量よりも多い、処理することと、を含む、方法。
【請求項１１】
後続段階において、前記ＨＭＸ１－ｎ及び前記ＨＸＭ２－ｎの動作が、互いに相互交換される、請求項１０に記載の方法。
【請求項１２】
前記第１の乾燥剤及び前記第２の乾燥剤の各々が、液体乾燥剤、固体乾燥剤、及び固体乾燥剤のペレットのうち１つである、請求項１０に記載の方法。
【請求項１３】
以下：
前記初期段階において、前記状態R_{in}にある前記溶体の第１の濃厚流を、前記処理ユニットの前記ＨＭＸ２へと誘導すること；と、
前記ＨＭＸ２によって、前記状態R_{in}にある前記溶体の前記第１の濃厚流を処理して、前記状態R_{out}にある前記溶体の第２の濃厚流を生成すること；と、
前記溶体の前記第２の濃厚流の少なくとも一部を、前記処理ユニットの前記ＨＭＸ１へと誘導すること；と、
前記ＨＭＸ１によって前記溶体の前記第２の濃厚流の少なくとも前記一部を処理して、前記状態D_{out}にある前記溶体の希薄流を生成することと、を更に含む、請求項１０に記載の方法。
【請求項１４】
以下：
前記初期段階において、前記状態R_{out}にある溶体の前記第１の濃厚流の少なくとも一部を、前記ＨＭＸ２から前記ＨＭＸ１－ｎへと誘導すること；と、
前記溶体の前記第１の濃厚流の少なくとも前記一部を処理して、状態R_{out-n}にある前記溶体の濃厚流を生成することと、を更に含む、請求項１０に記載の方法。
【請求項１５】
溶体内の溶質の濃度を変化させる方法であって、以下：
複数の処理ユニットのうちの処理ユニットの第１の熱及び質量交換器ユニットＨＭＸ１によって、状態D_{in}にある前記溶体の第１の流れを受け取ること；と、
前記処理ユニットの前記ＨＭＸ１によって前記溶体の前記第１の流れを処理して、状態D_{out}にある前記溶体の第１の希薄流を生成することであって、ここで、前記ＨＭＸ１は、前記溶体の前記第１の流れから、第１の所定量の前記溶質を吸収する乾燥剤を含む、処理すること；と、
前記乾燥剤を前記ＨＭＸ１から前記処理ユニットの第２の熱及び質量交換器ＨＭＸ２へと導き、状態R_{in1}にある前記溶体の濃厚流を前記ＨＭＸ２へと誘導すること；と、
前記ＨＭＸ２によって前記溶体の第１の濃厚流を処理して、前記溶体の第１の濃厚流を生成することであって、ここで、前記ＨＭＸ２によって受け取られた前記乾燥剤は、前記ＨＭＸ１中の前記溶体の前記第１の流れから、吸収／吸着されている、少なくとも前記第１の所定量の前記溶質を放出する、処理すること；と、

前記乾燥剤を前記ＨＭＸ２から前記処理ユニットの第３の熱及び質量交換器ＨＭＸ３へ、及び前記状態Ｄ$_{out}$にある前記溶体の第１の希薄流の少なくとも一部を前記ＨＭＸ１から前記ＨＭＸ３へと誘導すること；と、

前記ＨＭＸ３によって前記溶体の前記第１の希薄流の少なくとも前記一部を処理して、前記溶体の第２の濃厚流を生成することであって、ここで、前記ＨＭＸ２から前記ＨＭＸ３によって受け取られた前記乾燥剤は、前記ＨＭＸ１中の前記溶体の第１の流れから、吸収／吸着されている、少なくとも第２の所定量の前記溶質を放出する、処理すること；と、

前記乾燥剤を前記ＨＭＸ３から前記処理ユニットの前記ＨＭＸ１へと誘導することであって、ここで、前記乾燥剤は、前記ＨＭＸ１に導かれた別の流れから第２の量の前記溶質を再吸収する、誘導することと、を含む、方法。

【請求項１６】

前記乾燥剤が、液体乾燥剤、及び固体乾燥剤のペレットのうちの１つである、請求項１５に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、溶体内の溶質の濃度を変化させる方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

室内人員、データセンタ、発電所、製造業、化学産業、石油及びガス産業等の熱的快適性のためなど、様々な用途のために制御された湿度レベルを維持することは、現代では極めて重要である。湿度を制御すること、特に湿度を低減すること（この処理は除湿として知られる）は、通常、非常に大量のエネルギーを消費する。ほとんどの場合、蒸気圧縮冷凍サイクル（ｖａｐｏｕｒ　ｃｏｍｐｒｅｓｓｉｏｎ　ｒｅｆｒｉｇｅｒａｔｉｏｎ　ｃｙｃｌｅ：ＶＣＲＳ）は、除湿を達成するために使用される。強力な除湿、及び／又は適度に高い温度（８０℃超）での廃熱を利用可能な特定の用途では、乾燥ホイール（ｄｅｓｉｃｃａｎｔ　ｗｈｅｅｌ）が使用されることがある。しかしながら、乾燥ホイールは、（ｉ）ほとんどの用途において（適度に高い温度で）廃熱源を利用することが困難であること、（ｉｉ）除湿中の乾燥剤の顕熱が水分を吸着する能力を低下させることに起因して、限定的にしか成功しなかった。これらの制限を認識して、既存の実装形態の１つでは、除湿処理を実行するために、交差冷却式乾燥除湿器が使用される。交差冷却式乾燥除湿器は、通常、交差流配置にある、乾燥剤被覆作動空気チャネルと冷却空気チャネルとの交換からなる。そのような除湿器は、同時の除湿及び吸着熱除去を可能にし、より良好な除湿性能をもたらす。別の既存の実装形態では、除湿処理及び加湿処理を実行するために、内部加熱／冷却を備えた固体又は液体乾燥剤ベースの質量交換器を使用することができる。このような質量交換器では、熱及び質量移動（除湿及び再生）に直接関与する空気流の上方に、熱移動のみに関与する（物質移動ではない）２つの流れ（高温流体及び低温流体）が更に存在する。除湿中、低温流体は収着熱を吸収する一方で、再生中、高温流体は収着熱を供給する。

【０００３】

一部の用途では除湿が重要であるが、他の用途では加湿が不可欠である。地球の実質的な陸地は、大気中の湿度レベルが人々の快適性に不充分である乾燥地域及び半乾燥地域で覆われている。更に、水不足は、生活を非常に困難にする。一般に、加湿器は水を利用して空気の湿度を高め、この空気はその後、人員の熱的快適性のために屋内空間へと吹き込まれる。水不足に関する限り、従来の解決策のいくつかは、地下水の使用、甘水が豊富な地域から水不足の地域への水の輸送、脱塩等を含む。多くの場合、これらの解決策は非実用的又は高価であり得る。したがって、研究者らは、空気中の水分から水を抽出する可能性を経時的に調査してきた。従来の大気水ハーベスタ又は大気水発生器（Ａｔｍｏｓｐｈｅｒｉｃ　Ｗａｔｅｒ　Ｇｅｎｅｒａｔｏｒ：ＡＷＧ）は、コイルを大気の露点温度未満に冷却するために蒸気圧縮冷凍サイクルを利用する。更に、これは高価である可能性があり

、乾燥している地域（特に、零度以下の露点温度の場合）では実用的ではない可能性がある。そこで、溶体内の溶質の濃度を変化させることで、加湿及び除湿処理を行う方法が求められている。

【発明の概要】

【０００４】

この概要は、本発明の詳細な説明で更に説明される概念の選択を簡略化された形式で紹介するために提供される。この概要は、本発明の重要な又は本質的な発明概念を特定することを意図しておらず、本発明の範囲を決定することも意図していない。

【０００５】

本開示の一実施形態では、溶体内の溶質の濃度を変化させる方法が開示される。本方法は、複数の処理ユニットのうちの処理ユニットの第１の熱及び質量交換器（ｈｅａｔ　ａｎｄ　ｍａｓｓ　ｅｘｃｈａｎｇｅｒ）ＨＭＸ１によって、状態D_{in}にある溶体の第１の流れを受け取ることと、処理ユニットの第２の熱及び質量交換器ＨＭＸ２によって、状態R_{in}にある溶体の第２の濃厚流を受け取ることと、を含む。更に、本方法は、ＨＭＸ１によって溶体の第１の流れを処理して、状態D_{out}にある溶体の第１の希薄流を生成することを含む。ＨＭＸ１は、初期段階において溶体の第１の流れから第１の量の溶質を吸収する、第１の乾燥剤を含む。

【０００６】

本方法はまた、初期段階において、ＨＭＸ２によって溶体の第２の流れを処理して、状態R_{out}にある溶体の第１の濃厚流を生成することも含む。ＨＭＸ２は、初期段階で溶体の第２の流れの中に第２の量の溶質を放出する、第２の乾燥剤を含む。本方法は、初期段階において、複数の処理ユニットのうちの連続処理ユニットの第１の熱及び質量交換器ＨＭＸ１－ｎによって、処理ユニットから状態D_{out}にある溶体の第１の希薄流を誘導することを含む。更に、本方法は、初期段階において、連続処理ユニットのＨＭＸ１－ｎによって溶体の第１の希薄流を処理して、状態R_{out-n}にある溶体の濃厚流を生成することを含む。更に、本方法は、連続処理ユニットの第２の熱及び質量交換器ＨＭＸ２－ｎによって、状態D_{in-n}にある溶体の第１の流れを受け取ることを含む。更に、本方法は、初期段階において、連続処理ユニットのＨＭＸ２－ｎによって溶体の濃厚流を処理して、状態D_{out-n}にある溶体の第２の希薄流を生成することを含む。状態D_{out-n}にある溶体の第１の希薄流内の溶質の量は、状態D_{in}にある溶体の第１の希薄流内の溶質の量よりも少ない。

【０００７】

本発明の利点及び特徴を更に明確にするために、添付の図面に示されている本発明の特定の実施形態を参照することによって、本発明のより詳細な説明が提供される。これらの図面は、本発明の典型的な実施形態のみを示しており、したがって、その範囲を限定するものと見なされるべきではないことが理解される。本発明は添付の図面を用いて更に具体的かつ詳細に説明される。

【図面の簡単な説明】

【０００８】

本発明のこれら及び他の特徴、態様、及び利点は、添付の図面を参照して以下の詳細な説明を読めば、よりよく理解されるであろう。添付の図面では、図面全体を通して、同様の符号は同様の部分を表す。

【図１】図１は、本開示の一実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を変化させるためのシステムの概略図を示す。

【図２】図２は、本開示の一実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を希薄化することによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を実施するシステムを示す。

【図３】図３は、本開示の別の実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を希薄化することによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を実施するシステムを示す。

【図４ａ】図４ａは、本開示の一実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を希薄化することによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を実施するシステムの処理ユニットのブ

ロック図を示す。
【図４ｂ】図４ｂは、本開示の別の実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を希薄化することによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を実施するシステムの処理ユニットのブロック図を示す。
【図４ｃ】図４ｃは、本開示の更に別の実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を希薄化することによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を実施するシステムの処理ユニットのブロック図を示す。
【図４ｄ】図４ｄは、本開示の別の実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を希薄化することによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を実施するシステムの処理ユニットのブロック図を示す。
【図５】図５は、本開示の別の実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を希薄化することによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を実施するシステムの処理ユニットのブロック図を示す。
【図６ａ】図６ａは、本開示の一実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を希薄化することによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を図示する、フローチャートを示す。
【図６ｂ】図６ｂは、本開示の一実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を希薄化することによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を図示する、フローチャートを示す。
【図７ａ】図７ａは、本開示の一実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を希薄化することによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を図示する、フローチャートを示す。
【図７ｂ】図７ｂは、本開示の一実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を希薄化することによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を図示する、フローチャートを示す。
【図８】図８は、本開示の一実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を増加させることによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を実施するシステムを示す。
【図９】図９は、本開示の一実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を増加させることによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を実施するシステムを示す。
【図１０】図１０は、本開示の一実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を増加させることによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を実施するシステムの処理ユニットのブロック図を示す。
【図１１ａ】図１１ａは、本開示の一実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を増加させることによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を図示する、フローチャートを示す。
【図１１ｂ】図１１ｂは、本開示の一実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を増加させることによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を図示する、フローチャートを示す。
【図１２ａ】図１２ａは、本開示の一実施形態にかかる、持続時間に対する溶体の比湿及び温度の変動を図示する、グラフィカル・プロットを示す。
【図１２ｂ】図１２ｂは、本開示の一実施形態にかかる、持続時間に対する溶体の比湿及び温度の変動を図示する、グラフィカル・プロットを示す。
【図１２ｃ】図１２ｃは、本開示の一実施形態にかかる、持続時間に対する溶体の比湿及び温度の変動を図示する、グラフィカル・プロットを示す。
【図１２ｄ】図１２ｄは、本開示の一実施形態にかかる、持続時間に対する溶体の比湿及び温度の変動を図示する、グラフィカル・プロットを示す。
【図１３ａ】図１３ａは、本開示の一実施形態にかかる、システムの第１の処理ユニットに入り最後処理ユニットから出る溶体に対応する時間平均空気状態を図示する、心理測定的プロットを示す。
【図１３ｂ】図１３ｂは、本開示の一実施形態にかかる、処理ユニットに入る溶体に対応する時間平均空気状態を図示する、心理測定的プロットを示す。
【図１４ａ】図１４ａは、本開示の一実施形態にかかる、持続時間に対する溶体の比湿及び温度の変動を図示する、グラフィカル・プロットを示す。
【図１４ｂ】図１４ｂは、本開示の一実施形態にかかる、持続時間に対する溶体の比湿及び温度の変動を図示する、グラフィカル・プロットを示す。
【図１４ｃ】図１４ｃは、本開示の一実施形態にかかる、持続時間に対する溶体の比湿及

び温度の変動を図示する、グラフィカル・プロットを示す。
【図１４ｄ】図１４ｄは、本開示の一実施形態にかかる、持続時間に対する溶体の比湿及び温度の変動を図示する、グラフィカル・プロットを示す。
【図１５ａ】図１５ａは、本開示の一実施形態にかかる、システムの第１の処理ユニットに入り最後処理ユニットから出る溶体に対応する時間平均空気状態を図示する、心理測定的プロットを示す。
【図１５ｂ】図１５ｂは、本開示の一実施形態にかかる、処理ユニットに入る溶体に対応する時間平均空気状態を図示する、心理測定的プロットを示す。
【０００９】
更に、当業者は、図面の要素が簡略化のために示されており、必ずしも縮尺通りに描かれていない場合があることを理解するであろう。例えば、フローチャートは、本発明の態様の理解を向上させるのを助けるために含まれる最も顕著な工程に関して方法を示す。更に、装置の構成に関して、装置の１つ以上の構成要素は従来の記号によって図面に表されることがあり、図面は、本明細書の説明の恩恵を受ける当業者には容易に明らかになる詳細により図面を不明瞭にしないように、本発明の実施形態の理解に関連する特定の詳細のみを示すことがある。
【発明を実施するための形態】
【００１０】
図面の詳細な説明
本発明の原理の理解を促進する目的のため、ここで、図面に示された実施形態を参照し、それを説明するため特定の用語を使用する。それにもかかわらず、本発明の範囲の限定はこれによって意図されず、示されたシステムにおけるそのような変更及び更なる修正、並びにそこに示されているような本発明の原理のそのような更なる用途は、本発明が関連する当業者には通常想起されるように企図されることが理解されよう。
【００１１】
添付の図面を参照して、本発明の実施形態を以下で詳細に説明する。
【００１２】
図１は、本開示の一実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を変化させるためのシステム１００の概略図を示す。システム１００は、様々な用途において様々な濃度の溶質を有する溶体を用いるために使用することができる。図１を参照すると、システム１００は、互いに流体連通する複数の処理ユニット１０２を含み得る。一実施形態では、複数の処理ユニット１０２の各々は、処理ユニット１０２－１、処理ユニット１０２－２、処理ユニット１０３－２、．．．．、及び処理ユニット１０２－ｎと個別に呼ばれ得る。更に、複数の処理ユニット１０２は、本開示の範囲から逸脱することなく、処理ユニット１０２と交換可能に言及され得る。
【００１３】
示される実施形態では、処理ユニット１０２の各々は、互いに流体連通する複数の熱及び質量交換器ＨＭＸを含み得る。一実施形態では、複数の熱及び質量交換器ＨＭＸは、本開示の範囲から逸脱することなく、第１の熱及び質量交換器ＨＭＸ１、第２の熱及び質量交換器ＨＭＸ２、第３の熱及び質量交換器ＨＭＸ３、．．．．、及び第ｎの熱及び質量交換器ＨＭＸｎと個別に呼ばれ得る。ＨＭＸの各々は、以下のうちの１つとして具体化することができる（ただし、これらに限定されない）。
（ａ）乾燥剤被覆されたフィンチューブ式熱交換器；
（ｂ）乾燥剤被覆されたチューブ群（ｄｅｓｉｃｃａｎｔ　ｃｏａｔｅｄ　ｂａｎｋｓ　ｏｆ　ｔｕｂｅ：ＤＣＢＴ）；
（ｃ）吸着／吸収冷却器に見られる熱及び質量交換器；
（ｄ）内部冷却された乾燥ホイール；
（ｅ）液体乾燥剤ベースの内部冷却／加熱された質量交換器；
（ｆ）流動床反応器；
（ｇ）固定床反応器；

（ｈ）スプレー塔（スプレーカラム／スプレーチャンバ）。

【００１４】

示される実施形態では、ＨＭＸ１及びＨＭＸ２は、溶体内の溶質の濃度を変化させるように構成され得る。本実施形態では、溶体及び溶質は、本開示の範囲から逸脱することなく、それぞれ、空気及び水分として具体化され得る。そのような実施形態では、ＨＭＸの各々は、溶体内の溶質の濃度を変化させるために加湿処理及び除湿処理を実行するように構成され得る。一実施形態では、ＨＭＸの各々は、上述の（ａ）、（ｂ）、及び（ｃ）ユニットのうちの１つとして具体化され得る。そのような実施形態では、ＨＭＸ１及びＨＭＸ２は、除湿処理と再生処理とを周期的に交互に実行し得る。したがって、しばらくすると、除湿される空気は、状態Ｄｉｎ，１にある処理ユニット１０２－１のＨＭＸ２に入り、再生空気流は、状態Ｒｉｎ，１などにある処理ユニット１０２－１のＨＭＸ１に入る。例として、初期段階において、ＨＭＸ１及びＨＭＸ２は、丁寧に（ｒｅｓｐｅｃｔｆｕｌｌｙ）除湿処理及び加湿処理を実行し得る。更に、後続段階において、ＨＭＸ１は加湿処理を実行し、ＨＭＸ２は除湿処理を実行し得る。

【００１５】

別の実施形態では、ＨＭＸの各々は、先に述べたようにユニット（ｄ）として具体化され得る。そのような実施形態では、処理ユニット１０２－１のＨＭＸ１及びＨＭＸ２は、空気をそれぞれ除湿（吸収／吸着による）及び加湿（再生処理中の水分の放出による）する領域である。処理ユニット１０２－２のＨＭＸ１及びＨＭＸ２は、それぞれ空気の加湿及び除湿などを行う部分である。更に別の実施形態では、ＨＭＸの各々は、先に述べたようにユニット（ｅ）として具体化され得る。そのような実施形態では、処理ユニット１０２－１のＨＭＸ１は、液体乾燥剤が水分を吸収する空気調和機である。一方、処理ユニット１０２－１のＨＭＸ２は、液体乾燥剤が水分を放出する再生器である。処理ユニット１０２－２のＨＭＸ１及びＨＭＸ２は、それぞれ、再生器及び空気調和機などである。

【００１６】

空気流及び水流の相対方向、規模、及び持続時間、並びにいくつかのＨＭＸに関する限りでは、可能性のある変動のいくつかは、以下の通りである（ただし、これらに限定されない）。

【００１７】

（ａ）空気流は、並流、交差流、又は向流配置のいずれかであり得る。

【００１８】

（ｂ）空気流及び水流の対は、並流、交差流、又は向流配置のいずれかであり得る。

【００１９】

（ｃ）単に、ＨＭＸ１（「熱及び質量交換器」とも称される）及びＨＭＸ２の代わりに、該目的（空気の除湿）を達成するために使用される複数のＨＭＸが存在してもよい。その上、除湿及び再生されるユニットの数は同じでなくともよい。

【００２０】

（ｄ）空気流の流量は、安定している必要も、又はＨＭＸ間で等しい必要もない。空気流量はサイクルごとに変化してもよく、また１つの処理（除湿又は再生）ごとに変化してもよい。

【００２１】

図２は、本開示の一実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を希薄化することによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を実施するシステム１００を示す。一実施形態では、溶体及び溶質は、本開示の範囲から逸脱することなく、それぞれ、水分及び空気として具体化され得る。そのような実施形態では、溶体内の溶質の濃度を希薄化する方法は、除湿処理と称され得る。

【００２２】

本開示の図２、図３、図４ａ～図４ｄ、図５、図６ａ～図６ｂ、及び図７ａ～図７ｂは、除湿処理に関して説明されている。しかしながら、本開示は、本開示の範囲から逸脱することなく、異なる種類の溶体内の溶質の濃度を変化させるための他の処理と同等である

ことを、当業者は理解すべきである。

【００２３】

本質的に、本明細書で提案される除湿処理とは、除湿処理（また、同時冷却又は完全／部分的な排熱も含む）を受けた後の除湿済み空気流が、再生処理（同時内部加熱を含む）のための入口空気流として完全に又は部分的に使用されることである。この空気流は、再生／乾燥後に乾燥剤マトリックスを廃棄することができるが、再生に利用されない除湿済み空気流の一部、又は前述の処理の２段階以上の後の除湿済み空気流のいずれかが、有用な生成物として利用される。そのような生成物は、用途に応じて、最終生成物又は中間生成物のいずれかと見なされ得る。

【００２４】

図２を参照すると、示される実施形態では、第１の熱及び質量交換器ＨＭＸ１は、複数の処理ユニット１０２のうちの処理ユニット１０２－１の、状態D_{in}（D_{in-1}と互換的に呼ばれる）にある溶体の第１の流れを受け取るように構成され得る。更に、第２の熱及び質量交換器ＨＭＸ２である処理ユニット１０２－１は、状態R_{in}（R_{in-1}と互換的に呼ばれる）にある溶体の第２の流れを受け取るように構成され得る。

【００２５】

第１の流れを受け取る際、ＨＭＸ１は、初期段階において、溶体の第１の流れを処理して、状態D_{out}（D_{out-1}と互換的に呼ばれる）にある溶体の第１の希薄流を生成し得る。ＨＭＸ１は、初期段階において溶体の第１の流れから第１の量の溶質を吸収する、第１の乾燥剤を含み得る。第１の乾燥剤は、状態$W_{c,in,1}$にある流体の第１の流れがＨＭＸ１へと誘導された場合、第１の希薄流からの溶質の吸収及び吸着などの収着を行い得る。一実施形態では、流体は、本開示の範囲から逸脱することなく、水及び当技術分野で知られるいずれかの他の適切な流体のうちの１つとして具体化され得る。流体の第１の流れは、第１の乾燥剤による溶体の第１の流れからの第１の量の溶質の収着中に発生した熱を吸収することができる。これにより、溶体の第１の希薄流がＨＭＸ１の出口で高温にならないようにすることができる。

【００２６】

続いて、第２の流れを受け取る際、ＨＭＸ２は、状態R_{in-1}にある溶体の第２の流れを処理して、状態R_{out}（R_{out-1}と互換的に呼ばれる）にある溶体の第１の濃厚流を生成し得る。ＨＭＸ２は、初期段階で溶体の第２の流れの中に第２の量の溶質を放出する、第２の乾燥剤を含み得る。特に、溶体の第２の流れは、状態$W_{h,in,1}$にある流体の第２の流れがＨＭＸ２へと誘導された場合、第２の乾燥剤から溶質を取り込み得る。

【００２７】

流体の第２の流れは、熱を放出して、溶体内の第２の量の溶質を放出する第２の乾燥剤の温度を上昇させる。第２の乾燥剤は、状態$W_{c,in,1}$にある流体の第１の流れがＨＭＸ１へと誘導された場合、第１の希薄流からの溶質の吸収及び吸着などの収着を行い得る。流体の第１の流れは、第１の乾燥剤による溶体の第１の流れからの第１の量の溶質の収着中に発生した熱を吸収することができる。第１の乾燥剤及び前記第２の乾燥剤の各々は、液体乾燥剤、固体乾燥剤、及び固体乾燥剤のペレットのうち１つとして具体化され得る。

【００２８】

除湿処理中、ＨＭＸ２によって生成された状態R_{out-1}の第１の濃厚流は、システム１００から廃棄され得る。初期段階において、処理ユニット１０２－１のＨＭＸ１は、複数の処理ユニット１０２のうちの連続処理ユニット１０２－ｎの第１の熱及び質量交換器ＨＭＸ１－ｎへと、状態D_{out-1}にある溶体の第１の希薄流を供給するように構成され得る。示される実施形態では、ＨＭＸ１は、状態$D_{out,1}$にある溶体の第１の希薄流を、連続処理ユニット１０２－２（処理ユニット１０２－２と互換的に呼ばれる）のＨＭＸ１－ｎ（ｎ＝２）に供給するように構成され得る。ＨＭＸ１－２に供給される状態D_{out-1}にある第１の希薄流は、状態R_{in-2}にある第１の希薄流と互換的に呼ぶことができる。

【００２９】
続いて、初期段階において、ＨＭＸ１－２は、状態R_{in-2}にある溶体の第１の希薄流を処理して、状態R_{out-2}にある溶体の濃厚流を生成し得る。示される実施形態では、ＨＭＸ１－２によって生成された状態R_{out-2}にある濃厚流は、システム１００から廃棄され得る。更に、第２の熱及び質量交換器ＨＭＸ２－２である処理ユニット１０２－２は、別の流れ、すなわち状態D_{in-2}にある溶体の第１の流れを受け取るように構成され得る。状態D_{in-2}にある第１の流れを受け取る際、ＨＭＸ２－２は、初期段階において、状態D_{in-n}にある溶体の第１の流れを処理して、状態D_{out-n}にある溶体の第２の希薄流を生成し得る。示される実施形態では、状態D_{out-2}にある溶体の第２の希薄流内の溶質の量は、状態D_{in-1}にある溶体の第１の希薄流内の溶質の量よりも少なくてもよい。更に、最終処理ユニット、すなわち処理ユニット１０２－ｎから受け取った空気流は、最小値である比湿を有することがあり、それによって最終生成物として使用することができる。
【００３０】
更に、後続段階において、後続処理ユニットのＨＭＸ１－ｎ及びＨＸＭ２－ｎの動作は、互いに相互交換され得る。示される実施形態では、処理ユニット１０２－２のＨＭＸ１－２及びＨＭＸ２－２の動作は、互いに相互交換され得る。後続段階では、処理ユニット１０２－２のＨＭＸ２－２は、状態D_{out}にある溶体の第１の希薄流を受け取り得る。更に、ＨＭＸ２－２は、溶体の第１の希薄流を処理して、状態R_{out-2}にある溶体の濃厚流を生成し得る。ＨＭＸ２－２は、初期段階中に吸収／吸着されている溶質から少なくとも一部を放出するように適合された乾燥剤を含む。更に、ＨＭＸ１－２は、処理ユニット１０２－２のＨＭＸ１－２により、状態D_{in-2}の溶体の第１の流れを受け取り得る。続いて、ＨＭＸ１－２は、溶体の第２の濃厚流を処理して、状態D_{out-2}にある溶体の第２の希薄流を生成し得る。ＨＭＸ１－２は、ある量の溶質を再吸収して溶体の第２の希薄流を生成するように適合された乾燥剤を含む。ＨＭＸ１－２及びＨＭＸ２－２の各々の乾燥剤は、液体乾燥剤、固体乾燥剤、及び固体乾燥剤のペレットのうち１つとして具体化され得る。
【００３１】
同様に、後続段階において、処理ユニット１０２のＨＭＸ１及びＨＭＸ２の動作は、互いに相互交換され得る。後続段階では、ＨＭＸ１の第１の乾燥剤は、第１の乾燥剤によって吸収／吸着されている第１の量の溶質から少なくとも一部を放出し、ＨＭＸ２の第２の乾燥剤は、ある量の溶質を吸収して、溶体の第１の希薄流を生成する。
【００３２】
図３は、本開示の別の実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を低減させることによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を実施するシステムを示す。簡略化のために、図１及び図２の説明で既に詳細に説明されているシステム１００の特徴は、図３の説明では詳細に説明されない。
【００３３】
図３を参照すると、示される実施形態では、ＨＭＸ１は、状態D_{out}にある第１の希薄流の少なくとも一部を、連続ユニット、すなわち処理ユニット１０２－２のＨＭＸ２－ｎ（ｎ＝２）に供給し得る。第１の希薄流の少なくとも一部を受け取る際、ＨＭＸ２は、受取分を処理して、状態D_{out-2}にある第２の希薄流を生成し得る。
【００３４】
図４ａは、本開示の一実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を希薄化することによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を実施するシステムの処理ユニットのブロック図を示す。本実施形態の詳細を、処理ユニット１０２－１のＨＭＸ１及びＨＭＸ２に関して説明する。
【００３５】
しかしながら、本実施形態は、本開示の範囲から逸脱することなく、システム１００の他の処理ユニット１０２に関して等しく実施することができることを、当業者は理解され

たい。簡略化のために、図１、図２、及び図３の説明で既に詳細に説明されているシステム１００の特徴は、図４ａの説明では詳細に説明されない。

【００３６】

図４ａを参照すると、示される実施形態では、熱及び質量交換器ＨＭＸ１は、溶体の第１の希薄流の少なくとも一部を処理ユニット１０２－１のＨＭＸ２に供給するように構成され得る。続いて、ＨＭＸ２は、溶体の第１の希薄流の少なくとも一部を処理して、状態R_{out}にある溶体の濃厚流を生成し得る。示される実施形態では、状態R_{out}にある濃厚流は、システム１００から廃棄され得る。一実施形態では、状態D_{out}にある第１の希薄流は、部分的に、すなわち流れの少なくとも一部を、再生流、すなわちR_{in}として使用し得る。そのような実施形態では、第１の希薄流の残りの部分は、システム１００からの最終生成物として利用され得る。

【００３７】

別の実施形態では、状態D_{out}にある第１の希薄流は、再生流、すなわちR_{in}として完全に使用され得る。そのような実施形態では、状態D_{out}にある第１の希薄流を、周期的な定常状態が達成されるまで、再生流として完全に使用し得る。しかしながら、周期的な定常状態が達成される場合、状態D_{out}にある第１の希薄流は、部分的に再生流として使用されることがあり、第１の希薄流の残りの部分は、最終生成物として使用され得る。

【００３８】

図４ｂは、本開示の別の実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を低減させることによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を実施するシステム１００の処理ユニットのブロック図を示す。本実施形態の詳細を、処理ユニット１０２－１のＨＭＸ１及びＨＭＸ２に関して説明する。

【００３９】

しかしながら、本実施形態は、本開示の範囲から逸脱することなく、システム１００の他の処理ユニット１０２に関して等しく実施することができることを、当業者は理解されたい。簡略化のために、図２、図３、及び図４ａの説明で既に詳細に説明されているシステム１００の特徴は、図４ｂの説明では詳細に説明されない。

【００４０】

図４ｂ（ａ）を参照すると、示される実施形態では、ＨＭＸ２は、第１の持続時間（例えば、５０秒）の間、状態D_{in}にある第１の流れなどの大気流を受け取り得る。続いて、ＨＭＸ２は、状態D_{in}にある第１の流れを処理して、状態R_{out}にある第１の濃厚流などの濃厚流を生成し得る。図４ｂ（ｂ）を参照すると、第１の持続時間の完了後、ＨＭＸ２は、ＨＭＸ１によって生成された状態D_{out}にある第１の希薄流の少なくとも一部を受け取り得る。

【００４１】

特に、ＨＭＸ２は、第１の持続時間に続く第２の持続時間（例えば、４０秒）の間、状態D_{out}にある第１の希薄流の少なくとも一部を受け取り得る。その後、ＨＭＸ２は、状態D_{out}にある第１の希薄流の受取分を処理して、状態R_{out}にある溶体の濃厚流を生成し得る。第２の乾燥剤は、第１の希薄流の受取分の溶質の濃度を増加させて、状態R_{out}にある濃厚流を生成し得る。一実施形態では、第１の持続時間及び第２の持続時間の各々は、第１の希薄流で必要とされる希薄化、及び第１の希薄流の必要とされる流量に基づいて選択され得る。

【００４２】

本実施形態の利点は、最初の数秒では、溶体の濃厚流を生成するためには高度に乾燥した空気（低ＲＨ）が必ずしも必要ではないことである。しかしながら、時間が経過し、ＨＭＸ内の乾燥剤がより乾燥するにつれて、より乾燥した空気（低ＲＨ）が必要とされ、次いで、状態D_{out}にある第１の希薄流などの除湿された空気は、ＨＭＸ２の乾燥性乾燥剤へと部分的に再誘導されなければならない。

【００４３】

図４ｃは、本開示の更に別の実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を希薄化すること

によって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を実施するシステム１００の処理ユニットのブロック図を示す。本実施形態の詳細を、処理ユニット１０２－１のＨＭＸ１及びＨＭＸ２に関して説明する。

【００４４】

しかしながら、本実施形態は、本開示の範囲から逸脱することなく、システム１００の他の処理ユニット１０２に関して等しく実施することができることを、当業者は理解されたい。簡略化のために、図１、図２、図３、図４ａ、及び図４ｂの説明で既に詳細に説明されているシステム１００の特徴は、図４ｃの説明では詳細に説明されない。

【００４５】

図４ｃを参照すると、示される実施形態では、ＨＭＸ２は、初期段階において状態R_{in}にある第１の濃厚流を受け取り得る。状態R_{in}にある第１の濃厚流は、図３ｂに関して説明したように、ＨＭＸ１によって生成される状態D_{out}にある第１の希薄流の再誘導部分として具体化され得る。更に、ＨＭＸ２は、溶体の第１の濃厚流を処理して、状態R_{out}にある溶体の第２の濃厚流を生成し得る。続いて、ＨＭＸ１は、ＨＭＸ２から溶体の第２の濃厚流の少なくとも一部を受け取り得る。その後、ＨＭＸ１は、溶体の第２の濃厚流の受取分を処理して、状態D_{out}にある溶体の第１の希薄流などの希薄流を生成し得る。

【００４６】

図４ｄは、本開示の別の実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を低減させることによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を実施するシステム１００の処理ユニットのブロック図を示す。本実施形態の詳細を、処理ユニット１０２－１のＨＭＸ１、ＨＭＸ２、及びＨＭＸ３に関して説明する。

【００４７】

しかしながら、本実施形態は、本開示の範囲から逸脱することなく、システム１００の他の処理ユニット１０２に関して等しく実施することができることを、当業者は理解されたい。簡略化のために、図１、図２、図３、図４ａ、図４ｂ、及び図４ｃの説明で既に詳細に説明されているシステム１００の特徴は、図４ｄの説明では詳細に説明されない。

【００４８】

図４ｄを参照すると、示される実施形態では、ＨＭＸ１は、状態D_{in}にある溶体の第１の流れを受け取るように構成され得る。更に、ＨＭＸ１は、溶体の第１の流れを処理して、状態D_{out}にある溶体の第１の希薄流を生成し得る。ＨＭＸ１は、溶体の第１の流れから第１の量の溶質を吸収する、乾燥剤を含み得る。乾燥剤は、液体乾燥剤、及び固体乾燥剤のペレットのうち１つとして具体化され得る。

【００４９】

更に、第１の希薄流の生成時に、ＨＭＸ１からの乾燥剤は、矢印４０２によって示されるように、処理ユニット１０２－２のＨＭＸ２へと誘導され得る。続いて、ＨＭＸ２は、状態$R_{in,1}$にある溶体の濃厚流を受け取り得る。ＨＭＸ２は、状態$R_{in,1}$にある溶体の濃厚流を処理して、溶体の第１の濃厚流を生成し得る。ＨＭＸ２によって受け取られた乾燥剤は、ＨＭＸ１中の溶体の第１の流れから、吸収／吸着されている、少なくとも第１の所定量の溶質を放出し得る。

【００５０】

第１の濃厚流が生成される際、乾燥剤は、矢印４０４によって示されるように、ＨＭＸ２からＨＭＸ３へと誘導され得る。続いて、ＨＭＸ３は、ＨＭＸ１からＨＭＸ３への状態D_{out}の溶体の第１の希薄流の少なくとも一部を受け取り得る。ＨＭＸ３は、溶体の第１の希薄流の少なくとも一部を処理して、溶体の第２の濃厚流を生成し得る。ＨＭＸ２からＨＭＸ３によって受け取られた乾燥剤は、ＨＭＸ１中の溶体の第１の流れから、吸収／吸着されている、少なくとも第２の所定量の溶質を放出し得る。続いて、乾燥剤は、処理ユニット１０２－１のＨＭＸ３からＨＭＸ１に誘導され得る。更に、乾燥剤は、ＨＭＸ１へと誘導された別の流れから第２の量の溶質を再吸収し得る。

【００５１】

図５は、本開示の別の実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を希薄化することによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を実施するシステム１００の処理ユニットのブロック図を示す。本実施形態の詳細を、処理ユニット１０２－１のＨＭＸ１、ＨＭＸ２、及び第３の熱及び質量交換器ＨＭＸ３に関して説明する。

【００５２】

しかしながら、本実施形態は、本開示の範囲から逸脱することなく、システム１００の他の処理ユニット１０２に関して等しく実施することができることを、当業者は理解されたい。簡略化のために、図１、図２、図３、図４ａ、図４ｂ、図４ｃ、及び図４ｄの説明で既に詳細に説明されているシステム１００の特徴は、図５の説明では詳細に説明されない。

【００５３】

図５を参照すると、示される実施形態では、処理ユニットは、３つの熱及び質量交換器ユニット、すなわちＨＭＸ１、ＨＭＸ２、及びＨＭＸ３と共に使用することができる。そのような実施形態では、ＨＭＸ１及びＨＭＸ２の各々は、状態D_{in}にある溶体の第１の流れを受け取り得る。ＨＭＸ１及びＨＭＸ２の各々は、状態D_{out}において、受け取った第１の流れを処理して、第１の希薄流などの希薄流を生成し得る。その後、一実施形態では、ＨＭＸ２からの希薄流は、連続処理ユニットのＨＭＸ１－ｎ又はＨＭＸ２－ｎへと誘導され得る。更に、ＨＭＸ１は、溶体の状態D_{out}にある第１の希薄流の少なくとも一部を、処理ユニット１０２－１のＨＭＸ３に供給し得る。

【００５４】

溶体内の溶質を希薄化するためのシステム及び方法に関する詳細は、図２、図３、図４ａ、図４ｂ、図４ｃ、及び図５に示すような構成に関して説明されることに留意されたい。しかしながら、そのような詳細は、本開示の範囲から逸脱することなく、他の構成に関して等しく実施することができることが、当業者によって理解されるべきである。

【００５５】

図６ａ及び図６ｂは、本開示の一実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を低減させることによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法６００を図示する、フローチャートを示す。簡略化のために、図１、図２、図３、図４ａ、図４ｂ、図４ｃ、図４ｄ、及び図５の説明で既に詳細に説明されているシステム１００の特徴は、図６ａ及び図６ｂの説明では詳細に説明されない。

【００５６】

図６ａを参照すると、ブロック６０２では、方法６００は、複数の処理ユニット１０２のうちの処理ユニット１０２－１のＨＭＸ１によって、状態D_{in}にある溶体の第１の流れを受け取ることと、処理ユニット１０２－１のＨＭＸ２によって、状態R_{in}にある溶体の第２の流れを受け取ることと、を含む。更に、ブロック６０４では、方法６００は、ＨＭＸ１によって溶体の第１の流れを処理して、状態D_{out}にある溶体の第１の希薄流を生成することを含む。ＨＭＸ１は、初期段階において溶体の第１の流れから第１の量の溶質を吸収する、第１の乾燥剤を含む。

【００５７】

ブロック６０６では、方法６００は、初期段階において、ＨＭＸ２によって溶体の第２の流れを処理して、状態R_{out}にある溶体の第１の濃厚流を生成することを含む。ＨＭＸ２は、初期段階で溶体の第２の流れの中に第２の量の溶質を放出する、第２の乾燥剤を含む。更に、ブロック６０４では、方法６００は、初期段階において、複数の処理ユニット１０２のうちの連続処理ユニット１０２－ｎのＨＭＸ１－ｎへと、処理ユニットから状態D_{out}にある溶体の第１の希薄流を誘導することを含む。ブロック６０８では、方法６００は、初期段階において、連続処理ユニットのＨＭＸ１－ｎによって溶体の第１の希薄流を処理して、状態R_{out-n}にある溶体の濃厚流を生成することを含む。

【００５８】

図６ｂを参照すると、ブロック６１０では、方法６００は、連続処理ユニット１０２－ｎのＨＭＸ２－ｎによって、状態D_{in-n}にある溶体の第１の流れを受け取ることを含む

。更に、ブロック６１２では、方法６００は、初期段階において、連続処理ユニットのＨＭＸ２－ｎによって溶体の第１の流れを処理して、状態Ｄｏｕｔ－ｎにある溶体の第２の希薄流を生成することを含む。状態Ｄｏｕｔ－ｎにある溶体の第２の希薄流内の溶質の量は、状態Ｄｉｎにある溶体の第１の流れ内の溶質の量よりも少なくともよい。

【００５９】

図７ａ及び図７ｂは、本開示の一実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を希薄化することによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法６００を図示する、フローチャートを示す。簡略化のために、図１、図２、図３、図４ａ、図４ｂ、図４ｃ、図４ｄ、図５、図６ａ、及び図６ｂの説明で既に詳細に説明されているシステム１００の特徴は、図７ａ及び図７ｂの説明では詳細に説明されない。

【００６０】

図７ａを参照すると、ブロック７０２では、方法７００は、処理ユニット１０２－１のＨＭＸ１によって、状態Ｄｉｎにある溶体の第１の流れを受け取ることを含む。更に、ブロック７０４では、方法は、処理ユニットのＨＭＸ１によって溶体の第１の流れを処理して、状態Ｄｏｕｔにある溶体の第１の希薄流を生成することを含む。ＨＭＸ１は、溶体の第１の流れから第１の量の溶質を吸収する、乾燥剤を含む。

【００６１】

ブロック７０６では、方法７００は、乾燥剤を処理ユニット１０２－１のＨＭＸ１からＨＭＸ２へと誘導することと、状態Ｒｉｎ１にある溶体の濃厚流をＨＭＸ２へと誘導することと、を含む。更に、ブロック７０８では、方法は、ＨＭＸ２によって溶体の第１の濃厚流を処理して、溶体の第１の濃厚流を生成することを含む。ＨＭＸ２によって受け取られた乾燥剤は、ＨＭＸ１中の溶体の第１の流れから、吸収／吸着されている、少なくとも第１の所定量の溶質を放出する。

【００６２】

図７ｂを参照すると、ブロック７１０では、方法７００は、乾燥剤を処理ユニットのＨＭＸ２からＨＭＸ３へと誘導することと、状態Ｄｏｕｔにある溶体の第１の希薄流の少なくとも所定の部分を、ＨＭＸ１からＨＭＸ３へと誘導することと、を含む。更に、ブロック７１２では、方法７００は、ＨＭＸ３によって溶体の第１の希薄流の少なくとも所定の一部を処理して、溶体の第２の濃厚流を生成することを含む。ＨＭＸ２からＨＭＸ３によって受け取られた乾燥剤は、ＨＭＸ１中の溶体の第１の流れから、吸収／吸着されている、少なくとも第２の所定量の溶質を放出する。ブロック７１４では、本方法は、乾燥剤を処理ユニットのＨＭＸ３からＨＭＸ１へと誘導することを含む。乾燥剤は、ＨＭＸ１へと誘導された別の流れから第２の量の溶質を再吸収する。

【００６３】

図８は、本開示の一実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を増加させることによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を実施するシステムを示す。一実施形態では、溶体及び溶質は、本開示の範囲から逸脱することなく、それぞれ、水分及び空気として具体化され得る。そのような実施形態では、溶体内の溶質の濃度を増加させる方法は、加湿処理と称され得る。

【００６４】

本開示の図８、図９、図１０、及び図１１ａ～１１ｂは、加湿処理に関して説明される。しかしながら、本開示は、本開示の範囲から逸脱することなく、異なる種類の溶体内の溶質の濃度を変化させるための他の処理と同等であることを、当業者は理解すべきである。

【００６５】

再生空気流は、再生処理中に乾燥剤を乾燥／再生した後（処理中、同時に加熱されながら）、それ自体が湿気を帯びる。次いで、この湿った空気流は、除湿処理（また、同時冷却又は完全／部分的な排熱も含む）のための入口空気流として使用され、その間に乾燥剤は吸着／吸収処理によって水分を充填／含浸される。除湿空気流は廃棄してもよいが、単一ユニット内の２つの処理（再生及び除湿）の２回以上のそのようなサイクルの後の湿った空気流は、ブリードアウトされてもよく、有用な生成物として（用途に応じて最終生成

物又は中間生成物のいずれかとして）、又は前述の処理の２段階以上後に有用な生成物として利用され得る。

【００６６】

図８を参照すると、示される実施形態では、ＨＭＸ１は、複数の処理ユニット１０２のうちの処理ユニット１０２－１の状態D_{in}にある溶体の第１の流れを受け取るように構成され得る。更に、ＨＭＸ２である処理ユニット１０２－１は、状態R_{in}（R_{in}と互換的に呼ばれる）にある溶体の第２の流れを受け取るように構成され得る。第１の流れを受け取る際、ＨＭＸ１は、初期段階において、溶体の第１の流れを処理して、状態D_{out}にある溶体の第１の希薄流を生成し得る。

【００６７】

ＨＭＸ１は、初期段階において溶体の第１の流れから第１の量の溶質を吸収する、第１の乾燥剤を含み得る。第１の乾燥剤は、状態$W_{c,in,1}$にある流体の第１の流れがＨＭＸ１へと誘導された場合、第１の希薄流からの溶質の吸収及び吸着などの収着を行い得る。流体の第１の流れは、第１の乾燥剤による溶体の第１の流れからの第１の量の溶質の収着中に発生した熱を吸収することができる。これにより、溶体の第１の希薄流がＨＭＸ１の出口で高温にならないようにすることができる。

【００６８】

続いて、第２の流れを受け取る際、ＨＭＸ２は、状態R_{in}にある溶体の第２の流れを処理して、状態R_{out}にある溶体の第１の濃厚流を生成し得る。ＨＭＸ２は、初期段階で溶体の第２の流れの中に第２の量の溶質を放出する、第２の乾燥剤を含み得る。特に、溶体の第２の流れは、状態$W_{h,in,1}$にある流体の第２の流れがＨＭＸ２へと誘導された場合、第２の乾燥剤から溶質を取り込み得る。

【００６９】

流体の第２の流れは、熱を放出して、溶体内の第２の量の溶質を放出する第２の乾燥剤の温度を上昇させる。第２の乾燥剤は、状態$W_{c,in,1}$にある流体の第１の流れがＨＭＸ１へと誘導された場合、第１の希薄流からの溶質の吸収及び吸着などの収着を行い得る。流体の第１の流れは、第１の乾燥剤による溶体の第１の流れからの第１の量の溶質の収着中に発生した熱を吸収することができる。

【００７０】

加湿処理中、ＨＭＸ１によって生成された状態D_{out}の第１の希薄流は、システム１００から廃棄され得る。初期段階において、処理ユニット１０２－１のＨＭＸ２は、複数の処理ユニット１０２のうちの連続処理ユニット１０２－ｎのＨＭＸ２－ｎへと、状態R_{out}にある溶体の第１の濃厚流を供給するように構成され得る。示される実施形態では、ＨＭＸ２は、状態R_{out}にある溶体の第１の濃厚流を、連続処理ユニット１０２－２（処理ユニット１０２－２と互換的に呼ばれる）のＨＭＸ２－ｎ（ｎ＝２）に供給するように構成され得る。状態R_{out}にある第１の濃厚流は、そのような流れ、を除湿流、すなわちD_{in-2}として用いるために、ＨＭＸ２－２へと誘導され得る。

【００７１】

続いて、初期段階において、ＨＭＸ２－２は、状態D_{in-2}にある溶体の第１の濃厚流を処理して、状態D_{out-2}にある溶体の希薄流を生成し得る。示される実施形態では、ＨＭＸ２－２によって生成された状態D_{out-2}にある希薄流は、システム１００から廃棄され得る。更に、第１の熱及び質量交換器ＨＭＸ１－２である処理ユニット１０２－２は、別の流れ、すなわち状態R_{in-2}にある溶体の第２の流れを受け取るように構成され得る。

【００７２】

状態R_{in-2}にある第２の流れを受け取る際、ＨＭＸ１－２は、初期段階において、状態R_{in-2}にある溶体の第２の流れを処理して、状態R_{out-2}にある溶体の第２の濃厚流を生成し得る。一実施形態では、溶体の第２の濃厚流は、システムの最終生成物として使用することができる。別の実施形態では、状態R_{out-2}にある溶体の第２の濃厚流は、後続処理ユニット１０２－ｎ（ｎ＝３）のＨＭＸへと誘導され得る。

【００７３】
示される実施形態では、状態R_{out-2}にある溶体の第２の濃厚流内の溶質の量は、状態R_{in-1}にある溶体の第２の流れ内の溶質の量よりも多くともよい。また、状態R_{out-2}にある溶体の第２の濃厚流内の溶質の量は、状態R_{out-1}にある溶体の第１の濃厚流内の溶質の量よりも多くともよい。
【００７４】
図９は、本開示の一実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を増加させることによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を実施するシステムを示す。簡略化のために、図１及び図８の説明で既に詳細に説明されているシステム１００の特徴は、図９の説明では詳細に説明されない。
【００７５】
図９を参照すると、示される実施形態では、ＨＭＸ２は、状態R_{out}にある第１の濃厚流の少なくとも一部を、連続ユニット、すなわち処理ユニット１０２－２のＨＭＸ１－ｎ（ｎ＝２）に供給し得る。第１の濃厚流の少なくとも一部を受け取る際、ＨＭＸ１－ｎは、受取分を処理して、状態R_{out-2}にある第２の濃厚流などの濃厚流を生成し得る。状態R_{out-2}にある第２の濃厚流は、処理ユニット１０２－３などの後続処理ユニットのＨＭＸ１－ｎ（ｎ＝３）へと更に誘導され得る。
【００７６】
図１０は、本開示の一実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を増加させることによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法を実施するシステム１００の処理ユニットのブロック図を示す。本実施形態の詳細を、処理ユニット１０２－１のＨＭＸ１及びＨＭＸ２に関して説明する。
【００７７】
しかしながら、本実施形態は、本開示の範囲から逸脱することなく、システム１００の他の処理ユニット１０２に関して等しく実施することができることを、当業者は理解されたい。簡略化のために、図１、図８、及び図９の説明で既に詳細に説明されているシステム１００の特徴は、図１０の説明では詳細に説明されない。
【００７８】
図１０を参照すると、示される実施形態では、熱及び質量交換器ＨＭＸ２は、溶体の第１の濃厚流の少なくとも一部を処理ユニット１０２－１のＨＭＸ１に供給するように構成され得る。続いて、ＨＭＸ１は、溶体の第１の濃厚流の少なくとも一部を処理して、状態D_{out}にある溶体の希薄流を生成し得る。示される実施形態では、状態D_{out}にある希薄流は、システム１００から廃棄され得る。一実施形態では、状態R_{out}にある第１の濃厚流は、部分的に、すなわち流れの少なくとも一部が、除湿流、すなわちD_{in}として使用され得る。そのような実施形態では、第１の濃厚流の残りの部分は、システム１００からの最終生成物として利用され得る。
【００７９】
別の実施形態では、状態R_{out}にある第１の濃厚流は、除湿流、すなわちD_{in}として完全に使用され得る。そのような実施形態では、状態R_{out}にある第１の濃厚流を、周期的な定常状態が達成されるまで、除湿流として完全に使用し得る。しかしながら、周期的な定常状態が達成される場合、状態R_{out}にある第１の濃厚流は、部分的に除湿流として使用されることがあり、第１の濃厚流の残りの部分は、最終生成物として使用され得る。
【００８０】
溶体内の溶質を濃厚化するためのシステム及び方法に関する詳細は、図８、図９、図１０、図１１ａ、及び図１１ｂに示すような構成に関して説明されることに留意されたい。しかしながら、そのような詳細は、本開示の範囲から逸脱することなく、他の構成に関して等しく実施することができることが、当業者によって理解されるべきである。
【００８１】
言うまでもなく、除湿処理に関して論じた異なる構成、ユニットの詳細、空気流及び水流の相対方向、規模、及び持続時間、並びにいくつかのＨＭＸに関する全ての可能性が、

加湿処理にもまた存在する。

【００８２】

図１１ａ及び図１１ｂは、本開示の一実施形態にかかる、溶体内の溶質の濃度を増加させることによって溶体内の溶質の濃度を変化させる方法１１００を図示する、フローチャートを示す。簡略化のために、図１、図８、図９、及び図１０の説明で既に詳細に説明されているシステム１００の特徴は、図１１ａ及び図１１ｂの説明では詳細に説明されない。

【００８３】

図１１ａを参照すると、ブロック１１０２では、方法１１００は、複数の処理ユニットのうちの処理ユニットのＨＭＸ１によって、状態Ｄｉｎにある溶体の第１の流れを受け取ることと、処理ユニットのＨＭＸ２によって、状態R_{in}にある溶体の第２の流れを受け取ることと、を含む。更に、ブロック１１０４では、方法１１００は、ＨＭＸ１によって溶体の第１の流れを処理して、状態D_{out}にある溶体の第１の希薄流を生成することを含む。ＨＭＸ１は、初期段階において溶体の第１の流れから第１の量の溶質を吸収する、第１の乾燥剤を含む。

【００８４】

更に、ブロック１１０６では、方法は、初期段階において、ＨＭＸ２によって溶体の第２の流れを処理して、状態Ｒｏｕｔにある溶体の第１の濃厚流を生成することを含む。ＨＭＸ２は、初期段階で溶体の第２の流れの中に第２の量の溶質を放出する、第２の乾燥剤を含む。ブロック１１０８では、方法は、初期段階において、複数の処理ユニットのうちの連続処理ユニットのＨＭＸ２－ｎへと、処理ユニットから状態Ｒｏｕｔにある溶体の第１の濃厚流を誘導することを含む。

【００８５】

図１０ｂを参照すると、ブロック１１１０では、方法１１００は、初期段階において、連続処理ユニットのＨＭＸ２－ｎによって溶体の第１の濃厚流を処理して、状態D_{out-n}にある溶体の希薄流を生成することを含む。更に、ブロック１１１２では、方法１１００は、連続処理ユニットのＨＭＸ１－ｎによって、状態R_{in-n}にある溶体の第１の流れを受け取ることを含む。ブロック１１１４では、方法は、初期段階において、連続処理ユニットのＨＭＸ２－ｎによって溶体の濃厚流を処理して、状態Ｒｏｕｔ－ｎにある溶体の第２の濃厚流を生成することを含む。状態R_{out-n}にある溶体の第２の濃厚流内の溶質の量は、状態R_{out}にある溶体の第２の流れ内の溶質の量よりも多くともよい。

数学的モデル

【００８６】

本明細書で使用される数学的モデルは、空気流の向流配置のためのＤＣＦＴＨＸ（ｄｅｓｉｃｃａｎｔ ｃｏａｔｅｄ ｆｉｎ ｔｕｂｅ ｈｅａｔ ｅｘｃｈａｎｇｅｒ：乾燥剤被覆フィンチューブ式熱交換器）の性能をシミュレートするためのものである。これは、学術誌である、Ｊａｇｉｒｄａｒ Ｍ及びＬｅｅ ＰＳ、「Ｍａｔｈｅｍａｔｉｃａｌ ｍｏｄｅｌｉｎｇ ａｎｄ ｐｅｒｆｏｒｍａｎｃｅ ｅｖａｌｕａｔｉｏｎ ｏｆ ａ ｄｅｓｉｃｃａｎｔ ｃｏａｔｅｄ ｆｉｎ－ｔｕｂｅ ｈｅａｔ ｅｘｃｈａｎｇｅｒ」、Ａｐｐｌｉｅｄ Ｅｎｅｒｇｙ（２０１８年）に提示されているものと同様である。前述の学術誌開示されているような数学的モデルは、本開示で説明されているような方法（複数可）の認知においてわずかに変更される。本明細書で実装される数学的モデルは、式（１）によって得られる除湿処理の場合に、再生されるＨＭＸなどのユニットへの（空気の）入口境界条件を使用する。この条件は、所望の最終生成物が除湿済み空気である、図４（ａ）の構成と同様の構成に適用されることに留意されたい。

【００８７】

【数１】

$$Y_a(L_x,z,t) = Y_a(L_x,z,t-t_1);\ t_1 \le t < t_1+t_2,\ \frac{H_f}{2}+H_d < z \le \frac{H_f}{2}+H_d+\frac{H_a}{2} \qquad (1)$$

【００８８】

一方、ＨＭＸのような再生処理のために除湿処理を行うユニットについては、式（２）によって得られる。この条件は、所望の最終生成物が加湿済み空気である、図１０の構成と同様の構成に適用されることに留意されたい。

【００８９】

【数２】

$$Y_a(0,z,t) = Y_a(0,z,t+t_1);\ 0 \le t < t_1, \frac{H_f}{2} + H_d < z \le \frac{H_f}{2} + H_d + \frac{H_a}{2} \quad (2)$$

【００９０】

ここで、Ｙａ（Ｌｘ，ｚ，ｔ）とは、時間「ｔ」における空気流を横切る方向（空気チャネルの高さに沿う）の位置「ｚ」における空気を再生するＤＣＦＴＨＸの入口（ｘ＝Ｌｘ）における、空気の比湿度である。ｔ１及びｔ２とは、それぞれ、除湿処理及び再生処理の期間である。Ｈｆ、Ｈｄ、及びＨａとは、それぞれ、フィンの厚さ、乾燥剤層の厚さ、及び空気チャネルの高さである。

実験データ

【００９１】

シミュレーションを実行するために選択された変数は、別段明記しない限り、除湿処理及び加湿処理について表１に提示する通りである。表１は本開示のより良い理解を提供するために含まれており、したがって、限定として解釈されるべきではないことが、当業者によって理解されるべきである。

【００９２】

【表１】

表１：シミュレーションのための入力データ

乾燥剤特性					
乾燥剤密度	800kg／m^3	吸着剤の質量分率	0．9	乾燥剤の比熱	921J／(Kg･K)
乾燥剤多孔度	0．3	細孔径	10nm		
DCFTHXの幾何学パラメータ					
長手方向チューブピッチ	22mm	チューブ長（HXの高さ）	600mm	乾燥剤厚さ	0．15mm
横手方向チューブピッチ	25．4mm	チューブ内径	8．5mm	フィン厚さ	0．1mm
フィン長さ	44mm	チューブ外径	9．5mm		
フィン幅	304．8mm	フィンピッチ	2mm		
除湿の場合での流体流条件					
除湿時間	120秒	除湿中の（冷）水の入口温度	30℃	除湿中の作動空気の入口比湿	0．0197kg／kg(d．a．)
再生時間	120秒	再生時の（温）水の入口温度	40℃	再生中の作動空気の入口比湿	0．0197kg／kg(d．a．)
温水の質量流量	4kg／秒	除湿中の作動空気の入口温度	32℃		
冷水の質量流量	4kg／秒	再生中の作動空気の入口温度	32℃		
加湿の場合のシミュレーションでの流体流条件					
除湿時間	可変	除湿中の（冷）水の入口温度	15℃	除湿中の作動空気の入口比湿	0．0032kg／kg(d．a．)
再生時間	可変	再生時の（温）水の入口温度	25℃	再生中の作動空気の入口比湿	0．0032kg／kg(d．a．)
温水の質量流量	4kg／秒	除湿中の作動空気の入口温度	15℃		
冷水の質量流量	4kg／秒	除湿中の作動空気の入口温度	15℃		

【００９３】

図１２ａ及び図１２ｂは、本開示の一実施形態にかかる、持続時間に対する溶体の比湿及び温度の変動を図示する、グラフィカル・プロット１２０２、１２０４を示す。グラフィカル・プロットは、図１で説明した構成のための溶体の比湿度及び温度における変動を示す。実験目的のため、ｎ＝１２（すなわち、１２ユニット又は１２段階）及び０．７５９ｍ／秒の空気流速が、向流構成における除湿及び再生空気流の両方について考慮される。

【００９４】

図１２ａでは、入口比湿Ｙａ，ｉｎ，ｄｅが高い（０．０１９７ｋｇ／ｋｇ（ｄ．ａ．））にもかかわらず、除湿中（０～１２０秒）の出口比湿が低いことを明確に観察することができる。ある段階から次の段階に進む間、出口比湿は低下し、段階１２の後、０．０００４８１ｋｇ／ｋｇ（ｄ．ａ．）の超低比湿（除湿期間の時間平均値０～１２０秒）が実現される。これは、わずか１０℃（温水流と冷水流との間）の温度スイングでは前例のないことである。更に、図１２ｂに示すように、全段階の出口除湿空気の温度は、３０℃の冷水温度まで近づく。

【００９５】

図１２ｃ及び図１２ｄは、本開示の一実施形態にかかる、持続時間に対する溶体の比湿及び温度の変動を図示する、グラフィカル・プロット１２０６、１２０８を示す。グラフィカル・プロットは、図４ａで説明した構成のための溶体の比湿度及び温度における変動を示す。実験目的では、除湿空気の空気流速、すなわちD_{in}を０．７５９ｍ／秒、再生

空気の空気流速、すなわちR_{in}を０．６８３ｍ／秒とする。これらの速度の違いは、有用な生成物として使用される除湿空気の一部がブリードアウトするためであることを理解されたい。

【００９６】

図１２ｃでは、入口比湿Ｙａ，ｉｎ，ｄｅが高い（０．０１９７ｋｇ／ｋｇ（ｄ．ａ．））にもかかわらず、除湿中（０～１２０秒）の出口比湿が低い（除湿期間０～１２０秒の間における出口比湿の時間平均値は０．００２９７ｋｇ／ｋｇ（ｄ．ａ．））ことを明確に観察することができる。更に、図１２ｄに示すように、出口除湿空気の温度は、除湿期間中に３０℃の冷水温度まで近づく。

【００９７】

図１３ａは、本開示の一実施形態にかかる、システムの第１の処理ユニット１０２－４に入り最後処理ユニット１０２－ｎから出る溶体に対応する時間平均空気状態を図示する、心理測定的プロット１３０２を示す。特に、心理測定的プロットは、それぞれ、ユニット／段階１、すなわち処理ユニット１０２－１、及びユニット／段階１２、すなわち処理ユニット１０２－１２の入口及び出口における除湿空気流に対応する時間平均空気状態を図示する。

【００９８】

図１３ｂは、本開示の一実施形態にかかる、処理ユニットに入る溶体に対応する時間平均空気状態を図示する、心理測定的プロット１３０４を示す。特に、心理測定的プロットは、図４ａで説明した処理ユニット１０２－１の入口及び出口における除湿空気流に対応する、時間平均空気状態を図示する。

【００９９】

図１４ａ及び図１４ｂは、本開示の一実施形態にかかる、持続時間に対する溶体の比湿及び温度の変動を図示する、グラフィカル・プロット１４０２、１４０４を示す。グラフィカル・プロットは、図１で説明した構成のための溶体の比湿度及び温度における変動を示す。実験目的のため、ｎ＝３（すなわち、３ユニット又は３段階）及び０．７５９ｍ／秒の空気流速が、向流構成における除湿及び再生空気流の両方について考慮される。

【０１００】

図１４ａでは、入口比湿Ｙａ，ｉｎ，ｄｅが低い（０．００３２ｋｇ／ｋｇ（ｄ．ａ．））にもかかわらず、加湿中の出口比湿が高いことを明確に観察することができる。ある段階から次の段階に進む間、出口比湿は増加し、段階３の後、０．０１１ｋｇ／ｋｇ（ｄ．ａ．）の比湿（加湿期間の時間平均値１００～１６０秒）が実現される。ここで、ｔ１及びｔ２は可変であることに留意されたい。これは、わずか１０℃（温水流と冷水流との間）の温度スイングでは前例のないことである。更に、図１４ｂに示すように、全段階の出口加湿空気の温度は、２５℃の比較的温かい水温まで近づく。

【０１０１】

図１４ｃ及び図１４ｄは、本開示の一実施形態にかかる、持続時間に対する溶体の比湿及び温度の変動を図示する、グラフィカル・プロット１４０６、１４０８を示す。グラフィカル・プロットは、図１０で説明した構成のための溶体の比湿度及び温度における変動を示す。図１４ａでは、入口比湿度Ｙａ，ｉｎ，ｄｅは低い（０．００３２ｋｇ／ｋｇ（ｄ．ａ．）が、加湿中の出口比湿は高く、数値は、サイクル５では０．０１０３ｋｇ／ｋｇ（ｄ．ａ．）である（加湿期間中の時間平均値１２０～１８０秒間）ことを明確に観察することができる。ここで、ｔ１及びｔ２がここでは異なり、サイクルごとに異なることに留意されたい。これは、わずか１０℃（温水流と冷水流との間）の温度スイングでは前例のないことである。図１４ｂで見られるように、全段階の出口加湿空気の温度は、２５℃の比較的温かい水温まで近づく。

【０１０２】

図１５ａは、本開示の一実施形態にかかる、システムの第１の処理ユニット１０２－４に入り最後処理ユニット１０２－ｎから出る溶体に対応する時間平均空気状態を図示する、心理測定的プロット１５０２を示す。心理測定的プロットは、本開示の図８に示すよう

な構成の除湿空気流に対応する、時間平均空気状態を図示する。特に、心理測定的プロットは、それぞれ、ユニット／段階１、すなわち処理ユニット１０２－１、及びユニット／段階３、すなわち処理ユニット１０２－３の入口及び出口における除湿空気流に対応する時間平均空気状態を図示する。

【０１０３】

図１５ｂは、本開示の一実施形態にかかる、処理ユニットに入る溶体に対応する時間平均空気状態を図示する、心理測定的プロット１５０４を示す。特に、心理測定的プロットは、図１０で説明した処理ユニット１０２－１の入口及び出口における加湿空気流に対応する、時間平均空気状態を図示する。

【０１０４】

空気を除湿するための図２及び図４ａに示す構成で実装される方法（複数可）は、加熱及び冷却流体（この場合、水）との間の小さな温度差に対して達成される比湿度の低減に関して、非常に良好に機能することが最終的に示されている。除湿のための新規な方法を確認するいくつかの可能な構成のうち、２つの構成が試験され、一方は複数の段階を有し、他方は再生のために同一ユニットにおいて除湿空気を再誘導することを含む。試験した構成の出口における生成空気は、入口空気湿度が０．０１９７ｋｇ／ｋｇ（ｄ．ａ．）であった場合、それぞれ、約０．０００５ｋｇ／ｋｇ（ｄ．ａ．）及び約０．００３ｋｇ／ｋｇ（ｄ．ａ．）の湿度であった。

【０１０５】

空気を加湿するために図８及び図１０に示す構成で実装される方法（複数可）もまた、非常に良好に機能することが最終的に示されている。達成可能な比湿度は非常に高い。実際に、この方法を用いると、加熱及び冷却流体（この場合、水）との間の小さな温度差であっても、相対湿度は理論的には飽和（１００％）に達することができる。加湿のための新規な方法を確認するいくつかの可能な構成のうち、２つの構成が試験され、一方は複数の段階を有し、他方は再生のために同一ユニットにおいて加湿空気を除湿することを含む。試験した構成の出口における生成空気は、入口比湿が０．００３２ｋｇ／ｋｇ（ｄ．ａ．）であった場合、それぞれ、０．０１１ｋｇ／ｋｇ（ｄ．ａ．）及び０．０１０３ｋｇ／ｋｇ（ｄ．ａ．）の湿度であった。

【０１０６】

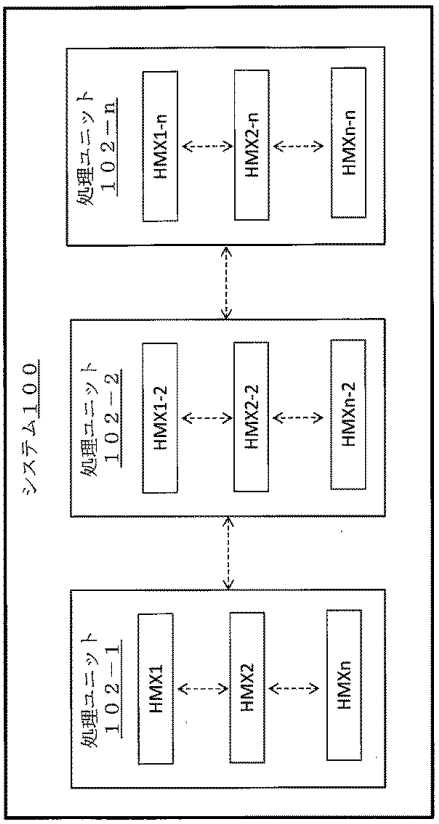
本開示で説明される方法（複数可）は、脱塩、水の蒸留、及び発電所、産業等でも使用され得る加湿器を含むが、これらに限定されない、様々な用途に使用することができる。したがって、本開示の方法（複数可）は、広範囲の用途を有する。

【０１０７】

本主題を説明するために特定の用語が使用されているが、それに起因して生じるいかなる制限も意図されていない。当業者には明らかなように、本明細書で教示される本発明の概念を実施するためには、本方法に様々な作業上の修正を加えることができる。図面及び前述の説明は、実施形態の例を提供する。当業者は、記載された要素のうちの１つ以上が単一の機能要素にうまく組み合わされ得ることを理解するであろう。あるいは、特定の要素は、複数の機能要素に分割され得る。一実施形態からの要素を別の実施形態に追加することができる。

【図面】

【図１】



【図２】

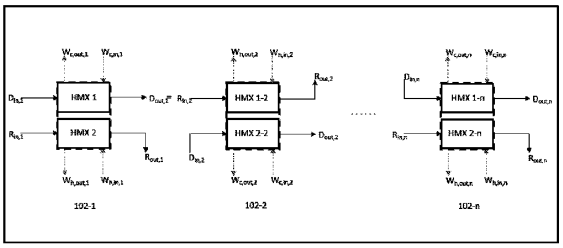


Figure 2

【図３】

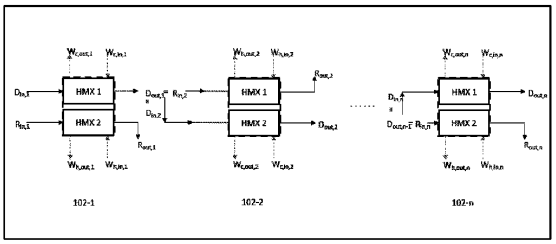


Figure 3

【図４ａ】

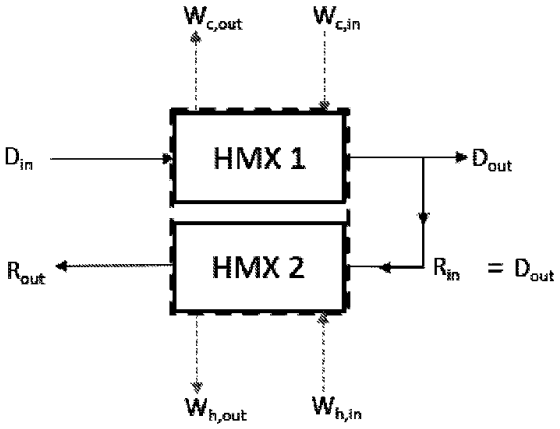


Figure 4a

【図４ｂ】

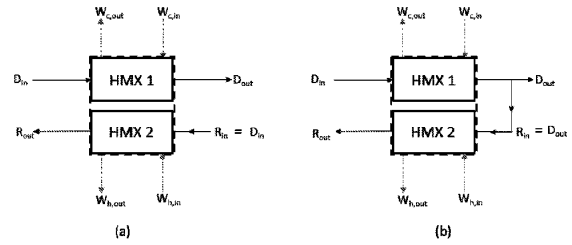


Figure 4b

【図４ｃ】

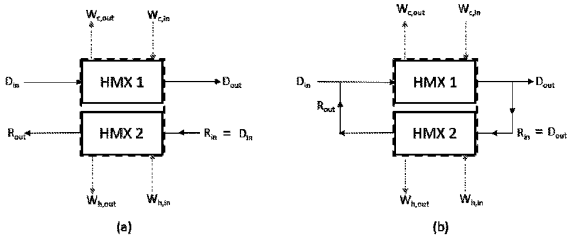


Figure 4c

【図４ｄ】

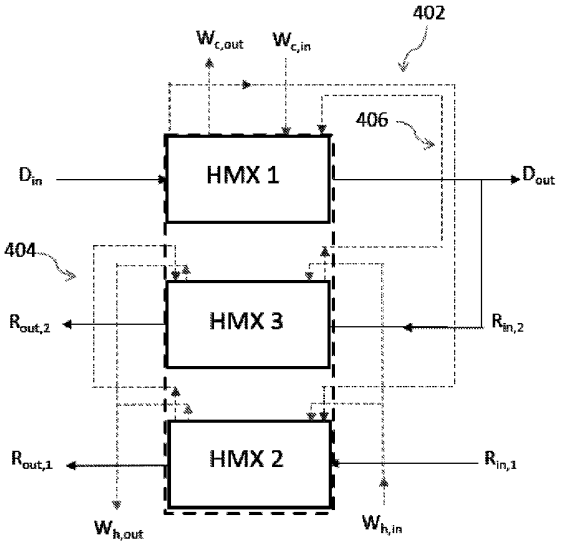


Figure 4d

【図５】

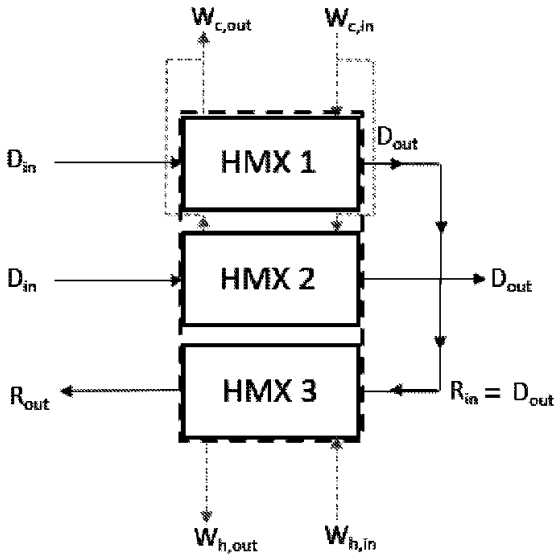
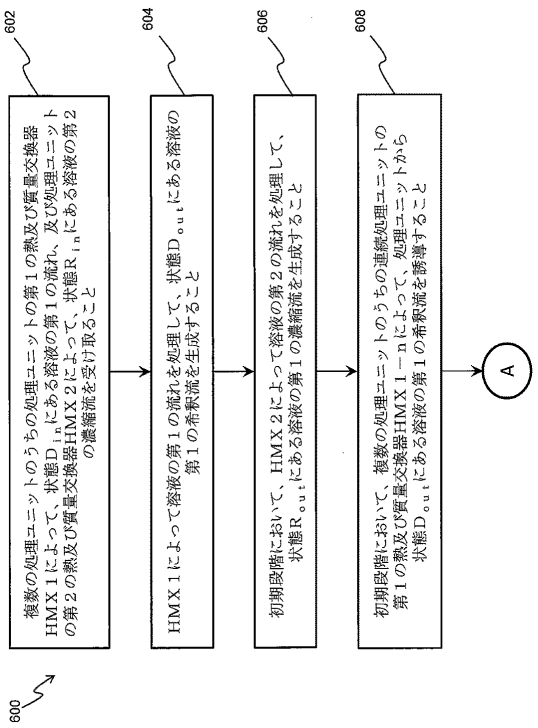
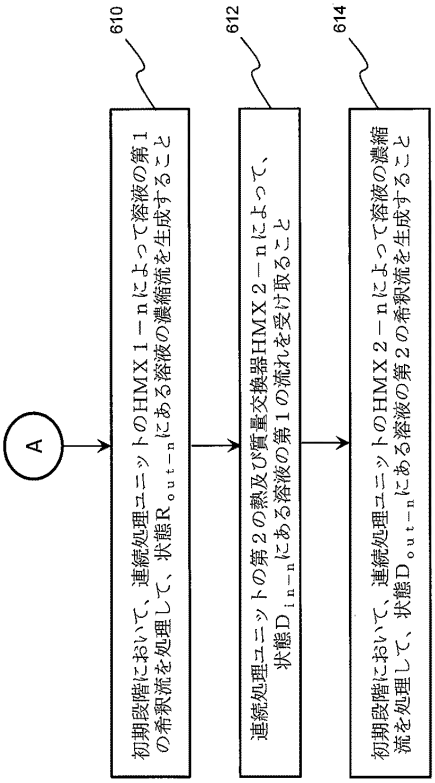


Figure 5

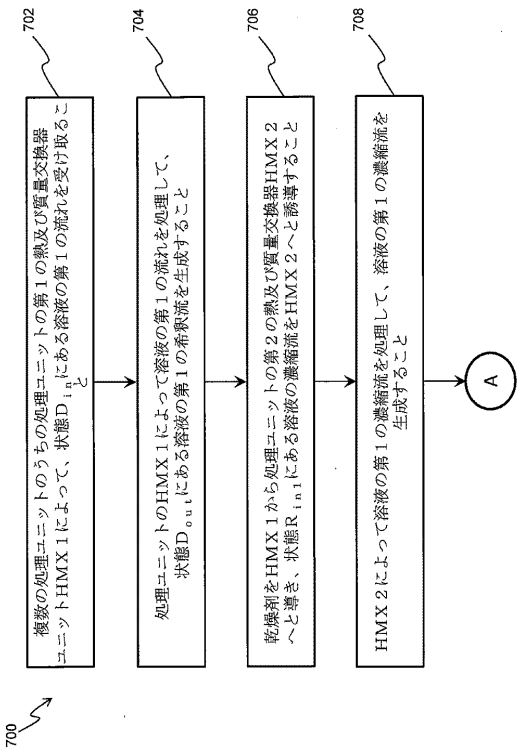
【図６ａ】



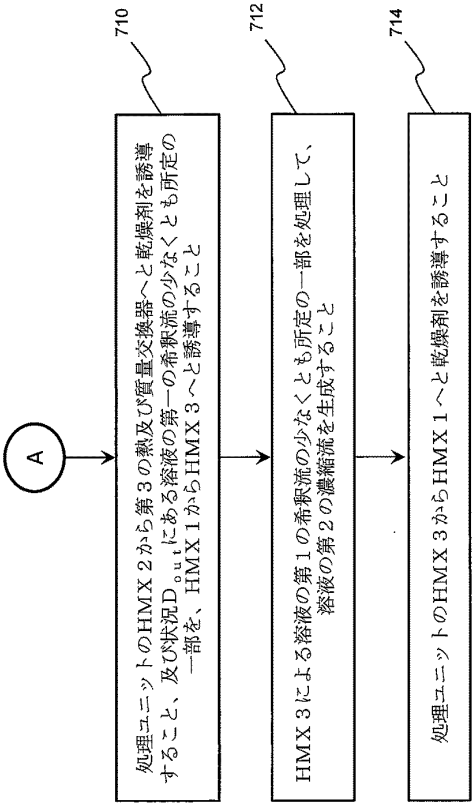
【図６ｂ】



【図７ａ】



【図７ｂ】



【図８】

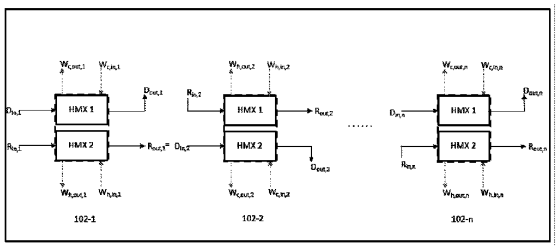


Figure 8

【図９】

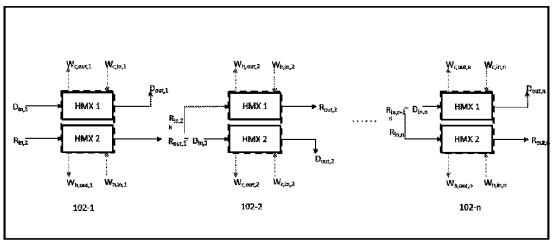


Figure 9

【図１０】

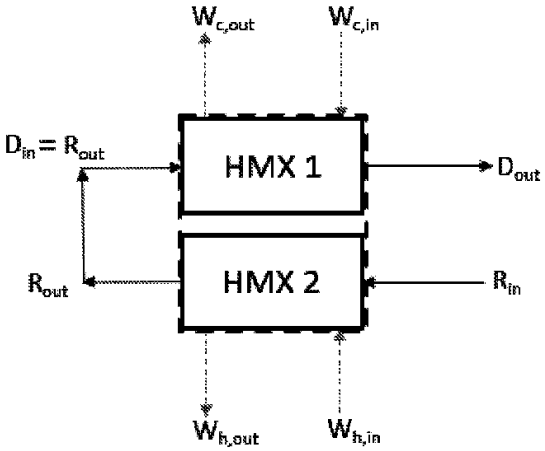
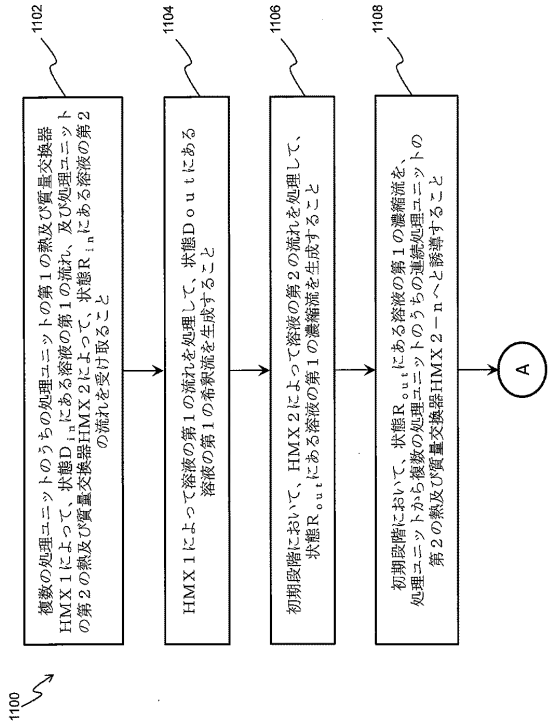
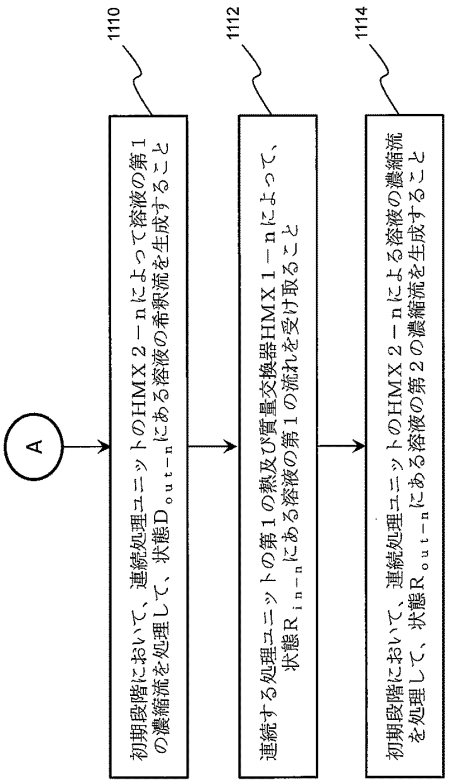


Figure 10

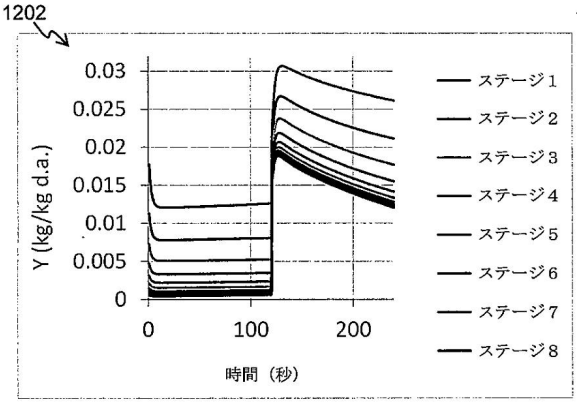
【図１１ａ】



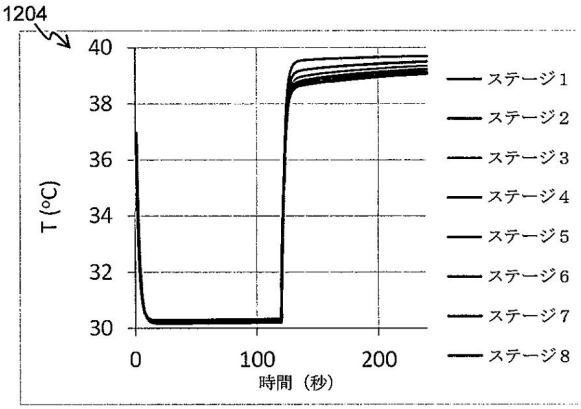
【図１１ｂ】



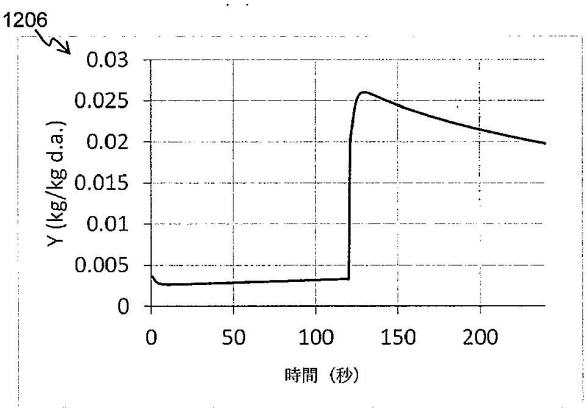
【図１２ａ】



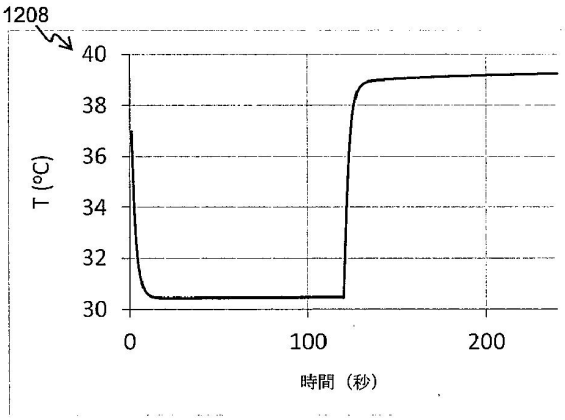
【図１２ｂ】



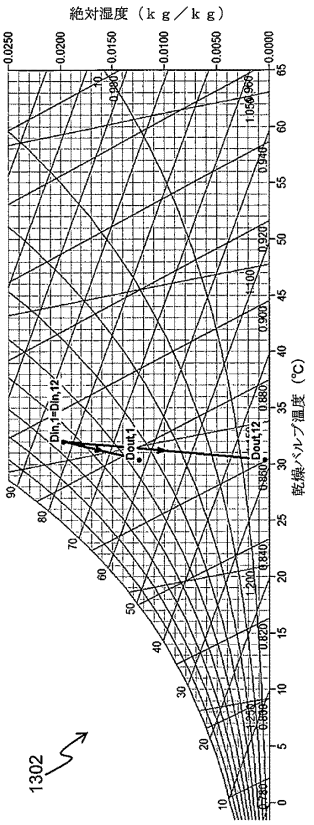
【図１２ｃ】



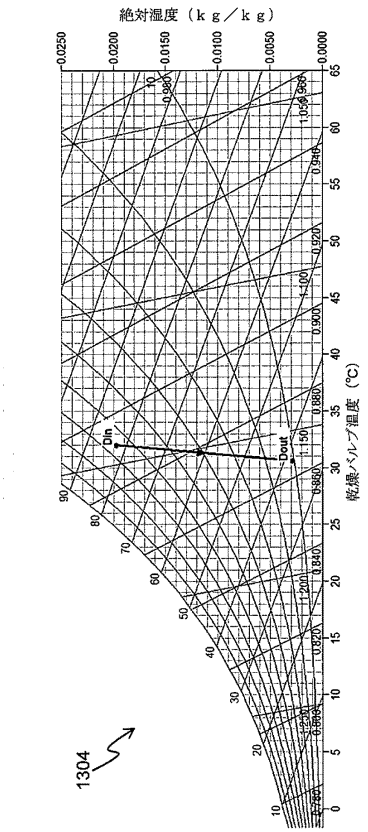
【図１２ｄ】



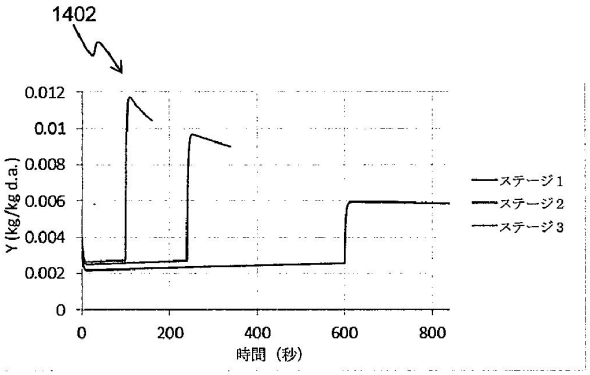
【図１３ａ】



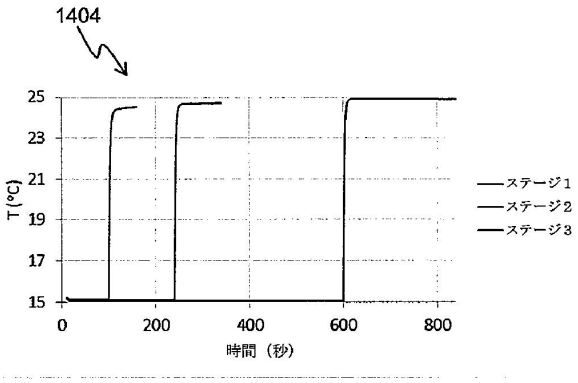
【図１３ｂ】



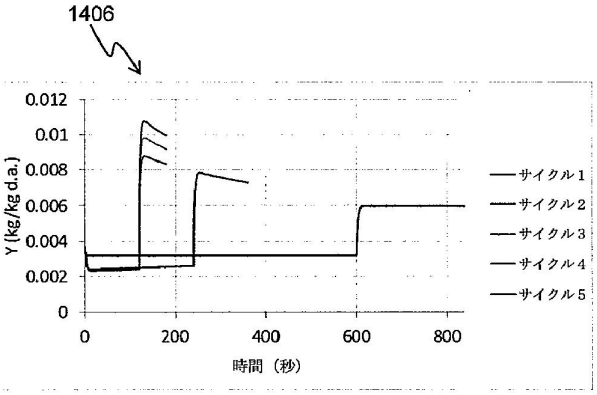
【図１４ａ】



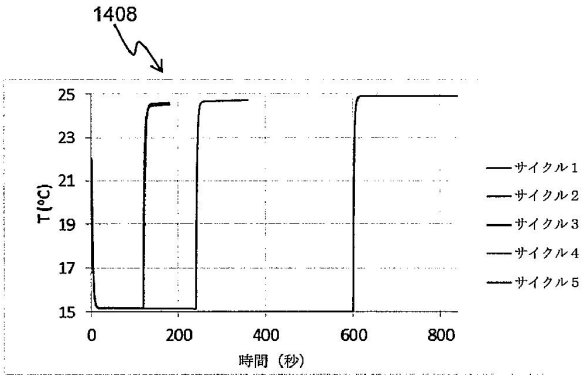
【図１４ｂ】



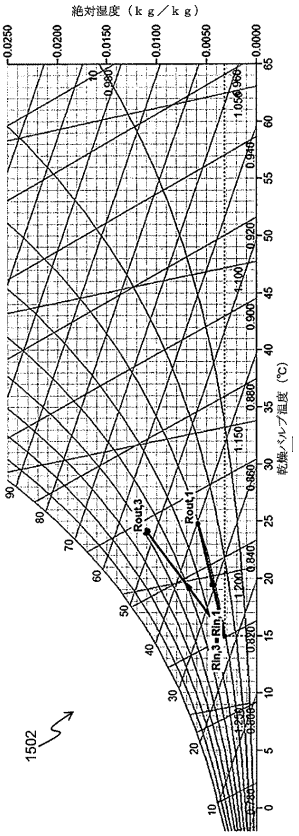
【図１４ｃ】



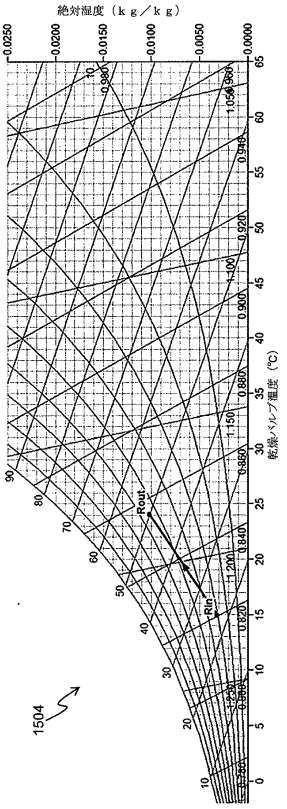
【図１４ｄ】



【図１５ａ】



【図１５ｂ】


絶対湿度（ｋｇ／ｋｇ）
0.0250
0.0200
0.0150
0.0100
0.0050
0.0000
乾球バルブ温度（℃）
Rout
Rin
1504

フロントページの続き

ント４０１

審査官　安島 智也

(56)参考文献　特開昭４８－０７２７４０（ＪＰ，Ａ）
特開２０１７－００３２２４（ＪＰ，Ａ）
特表２００８－５０６９１７（ＪＰ，Ａ）
特表２０１５－５２６６９０（ＪＰ，Ａ）
米国特許第０５１７０６３３（ＵＳ，Ａ）
米国特許第０６１５６１０２（ＵＳ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)

Ｆ２４Ｆ　３／１４