

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5885461号  
(P5885461)

(45) 発行日 平成28年3月15日(2016.3.15)

(24) 登録日 平成28年2月19日(2016.2.19)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 N 25/56 (2006.01)

GO 1 N 25/56 B

GO 1 N 21/3554 (2014.01)

GO 1 N 21/3554

請求項の数 16 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2011-235049 (P2011-235049)  
 (22) 出願日 平成23年10月26日(2011.10.26)  
 (65) 公開番号 特開2013-92457 (P2013-92457A)  
 (43) 公開日 平成25年5月16日(2013.5.16)  
 審査請求日 平成26年9月17日(2014.9.17)

(73) 特許権者 000006666  
 アズビル株式会社  
 東京都千代田区丸の内2丁目7番3号  
 (74) 代理人 100079108  
 弁理士 稲葉 良幸  
 (74) 代理人 100109346  
 弁理士 大貫 敏史  
 (74) 代理人 100117189  
 弁理士 江口 昭彦  
 (74) 代理人 100134120  
 弁理士 内藤 和彦  
 (72) 発明者 五所尾 康博  
 東京都千代田区丸の内2丁目7番3号 株  
 式会社山武内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 乾き度測定装置及び乾き度測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

湿り蒸気に、水に吸収される波長帯域の光を照射する発光体と、  
 前記湿り蒸気を透過した前記光を受光する受光素子と、  
 前記湿り蒸気の温度又は圧力を測定する環境センサと、  
 湿り蒸気の吸光度と、湿り蒸気の乾き度と、の関係を、温度又は圧力毎に保存する関係  
 記憶部と、

前記受光素子を用いて測定された前記湿り蒸気の吸光度の測定値と、前記環境センサに  
 よる前記温度又は圧力の測定値と、前記関係と、に基づき、前記湿り蒸気の乾き度の値を  
 特定する乾き度特定部と、

を備える乾き度測定装置。

【請求項 2】

前記関係記憶部が、前記湿り蒸気の吸光度と、前記乾き度と、の関係を、前記温度又は  
 圧力毎、並びに前記湿り蒸気の光透過体積毎に保存する、請求項 1 に記載の乾き度測定装  
 置。

【請求項 3】

前記乾き度特定部が、前記湿り蒸気の吸光度の測定値と、前記温度又は圧力の測定値と  
 、前記湿り蒸気の光透過体積の値と、前記関係と、に基づき、前記湿り蒸気の乾き度の値  
 を特定する、請求項 2 に記載の乾き度測定装置。

【請求項 4】

前記湿り蒸気が冷媒である、請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の乾き度測定装置。

【請求項 5】

前記光が単一の波長を有する、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の乾き度測定装置。

【請求項 6】

前記光が複数の波長を有する、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の乾き度測定装置。

【請求項 7】

前記乾き度特定部が、前記複数の波長のそれぞれにおける前記湿り蒸気の吸光度の複数の測定値の大小関係に基づいて、前記乾き度の値を特定する、請求項 6 に記載の乾き度測定装置。

10

【請求項 8】

前記乾き度特定部が、2つの波長における前記湿り蒸気の吸光度の比に基づいて、前記乾き度の値を特定する、請求項 6 又は 7 に記載の乾き度測定装置。

【請求項 9】

湿り蒸気に、水に吸収される波長帯域の光を照射することと、  
前記湿り蒸気を透過した前記光を受光することと、  
前記湿り蒸気の温度又は圧力を測定することと、  
湿り蒸気の吸光度と、湿り蒸気の乾き度と、の温度又は圧力毎における関係を用意することと、

20

前記湿り蒸気を透過した前記光を用いて測定された前記湿り蒸気の吸光度の測定値と、前記温度又は圧力の測定値と、前記関係と、に基づき、前記湿り蒸気の乾き度の値を特定することと、

を含む乾き度測定方法。

【請求項 10】

前記湿り蒸気の吸光度と、前記乾き度と、の関係を、前記温度又は圧力毎、並びに前記湿り蒸気の光透過体積毎に用意する、請求項 9 に記載の乾き度測定方法。

【請求項 11】

前記湿り蒸気の吸光度の測定値と、前記温度又は圧力の測定値と、前記湿り蒸気の光透過体積の値と、前記関係と、に基づき、前記湿り蒸気の乾き度の値を特定する、請求項 10 に記載の乾き度測定方法。

30

【請求項 12】

前記湿り蒸気が冷媒である、請求項 9 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の乾き度測定方法。

【請求項 13】

前記光が単一の波長を有する、請求項 9 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の乾き度測定方法。

【請求項 14】

前記光が複数の波長を有する、請求項 9 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の乾き度測定方法。

40

【請求項 15】

前記複数の波長のそれぞれにおける前記湿り蒸気の吸光度の複数の測定値の大小関係に基づいて、前記乾き度の値を特定する、請求項 14 に記載の乾き度測定方法。

【請求項 16】

2つの波長における前記湿り蒸気の吸光度の測定値の比に基づいて、前記乾き度の値を特定する、請求項 14 又は 15 に記載の乾き度測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は測定技術に係り、乾き度測定装置及び乾き度測定方法に関する。

50

**【背景技術】****【0002】**

水は沸点に達した後、水蒸気ガス（気相部分）と、水滴（液相部分）と、が混合した湿り蒸気となる。ここで、湿り蒸気に対する水蒸気ガスの重量比を、「乾き度」という。例えば、水蒸気ガスと、水滴と、が半分ずつ存在すれば、乾き度は0.5となる。また、水滴が存在せず、水蒸気ガスのみが存在する場合は、乾き度は1.0となる。熱交換器等において、湿り蒸気が保有する顕熱と、潜熱と、を有効に利用することや、水蒸気タービンにおいて、タービン翼の腐食を防止すること、等の観点から、湿り蒸気の乾き度を1.0に近い状態にすることが望まれている。そのため、乾き度を測定する様々な方法が提案されている。

10

**【0003】**

例えば、特許文献1は、配管に設けられた圧力調節弁の前後で全エンタルピに変化がないことを利用して、圧力調節弁の前後の湿り蒸気流量及び圧力に基づき、飽和蒸気表を用いて飽和水エンタルピと、飽和蒸気エンタルピと、を求めて、乾き度を算出する技術を開示している。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0004】**

**【特許文献1】**特開平8-312908号公報

**【発明の概要】**

20

**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

しかし、特許文献1に開示された技術は、測定対象の湿り蒸気を二相状態から気相状態に状態変化させ、さらに測定対象を気相状態で安定化させる必要があるため、乾き度の測定に時間がかかるという問題がある。

**【0006】**

そこで、本発明は、乾き度を高速に測定可能な乾き度測定装置及び乾き度測定方法を提供することを目的の一つとする。

**【課題を解決するための手段】****【0007】**

30

本発明の態様は、(a)湿り蒸気に光を照射する発光体と、(b)湿り蒸気を透過した光を受光する受光素子と、(c)湿り蒸気の温度又は圧力を測定する環境センサと、(d)湿り蒸気を透過した光の強度と、湿り蒸気の乾き度と、の関係を、温度又は圧力毎に保存する関係記憶部と、(e)受光素子による光の強度の測定値と、環境センサによる温度又は圧力の測定値と、関係と、に基づき、湿り蒸気の乾き度の値を特定する乾き度特定部と、を備える乾き度測定装置であることを要旨とする。

**【0008】**

本発明の他の態様は、(a)湿り蒸気に光を照射することと、(b)湿り蒸気を透過した光を受光することと、(c)湿り蒸気の温度又は圧力を測定することと、(d)湿り蒸気を透過した光の強度と、湿り蒸気の乾き度と、の温度又は圧力毎における関係を用意することと、(e)湿り蒸気を透過した光の強度の測定値と、温度又は圧力の測定値と、関係と、に基づき、湿り蒸気の乾き度の値を特定することと、を含む乾き度測定方法であることを要旨とする。

40

**【発明の効果】****【0009】**

本発明によれば、乾き度を高速に測定可能な乾き度測定装置及び乾き度測定方法を提供可能である。

**【図面の簡単な説明】****【0010】**

**【図1】**本発明の第1の実施の形態に係る乾き度測定装置の模式図である。

50

【図 2】本発明の第 1 の実施の形態に係る標準大気圧における水の状態変化を示すグラフである。

【図 3】本発明の第 1 の実施の形態に係る水分子のクラスタの模式図である。

【図 4】本発明の第 1 の実施の形態に係る乾き度に依存する水分子の状態を示す模式図である。

【図 5】本発明の第 1 の実施の形態に係る水分子のクラスタが有する平均水素結合数と、温度と、の関係の例を示すグラフである。

【図 6】本発明の第 1 の実施の形態に係る水分子の吸収スペクトルの例を示すグラフである。

【図 7】本発明の第 1 の実施の形態に係る単独で存在する水分子の模式図である。

10

【図 8】本発明の第 1 の実施の形態に係る一つの水素結合で結合している二つの水分子の模式図である。

【図 9】本発明の第 1 の実施の形態に係る二つの水素結合で結合している三つの水分子の模式図である。

【図 10】本発明の第 1 の実施の形態に係る湿り蒸気への加熱量と、湿り蒸気を透過した光の強度と、の関係を示すグラフである。

【図 11】本発明の第 2 の実施の形態に係る湿り蒸気への加熱量と、吸光度の比と、の関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

20

以下に本発明の実施の形態を説明する。以下の図面の記載において、同一又は類似の部分には同一又は類似の符号で表している。但し、図面は模式的なものである。したがって、具体的な寸法等は以下の説明を照らし合わせて判断するべきものである。また、図面相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることは勿論である。

【0012】

(第 1 の実施の形態)

本発明の第 1 の実施の形態に係る乾き度測定装置は、図 1 に示すように、測定対象の湿り蒸気に光を照射する発光体 11 と、測定対象の湿り蒸気を透過した光を受光する受光素子 12 と、測定対象の湿り蒸気の温度又は圧力を測定する環境センサ 13 と、を備える。さらに、乾き度測定装置は、予め取得された、湿り蒸気を透過した光の強度と、湿り蒸気の乾き度と、の関係を、温度又は圧力毎に保存する関係記憶部 401 と、受光素子 12 による光の強度の測定値と、環境センサ 13 による温度又は圧力の測定値と、関係記憶部 401 に保存されている関係と、に基づき、測定対象の湿り蒸気の乾き度の値を特定する乾き度特定部 301 と、を備える。ここで、光の強度とは、受光素子 12 による光の受光強度であっても、湿り蒸気による光の吸光度であってもよい。

30

【0013】

図 2 に示すように、標準大気圧下においては、水は沸点 (100) に達した後、液滴としての水と、蒸気と、が混合し、共存態にある湿り蒸気となる。ここで、湿り蒸気全量に対する、蒸気の重量比を、「乾き度」という。したがって、飽和蒸気の乾き度は 1 となり、飽和液の乾き度は 0 となる。あるいは、乾き度は、潜熱の比エンタルピに対する、湿り蒸気の比エンタルピと飽和液の比エンタルピとの差の比、としても定義される。

40

【0014】

水は、水分子どうしが形成する水素結合の数の違いにより、相が変化する。湿り蒸気においては、水分子どうしは、水素結合を介して結合し、図 3 に示すように、クラスタを形成しうる。図 4 及び図 5 に示すように、乾き度が 0 の湿り蒸気におけるクラスタが有する平均水素結合数は、大気圧下で、例えば 2.13 である。クラスタが有する平均水素結合数は、乾き度が 1 に近づくにつれて減少し、単独で存在する水分子が増加する傾向にある。

【0015】

図 6 は、水分子が示す吸収スペクトルの一例である。図 7 に示すように単独で存在する

50

水分子は、1840又は1880nmにピークを有する吸収スペクトルを与える。図8に示すように一つの水素結合で結合している二分子の水分子は、1910nmにピークを有する吸収スペクトルを与える。図9に示すように二つの水素結合で結合している三分子の水分子は、1950nmにピークを有する吸収スペクトルを与える。水分子が形成するクラスタに含まれる水素結合数が増えるほど、吸収スペクトルのピークの波長は長くなる傾向にある。

#### 【0016】

図1に示す乾き度測定装置は、湿り蒸気となった冷媒等が通過するパイプ21に接続される。発光体11は、単一の波長を有する光を発する。例えば、発光体11が発する光の波長は、クラスタにおける水分子どうしが形成した水素結合の数と関連するよう、設定される。例えば、発光体11が発する光の波長は、水素結合数が0の場合の水分子の吸光ピークが表れる1880nmであってもよく、水素結合数が1の場合の水分子の吸光ピークが表れる1910nmであってもよい。ただし、発光体11が発する光の波長は、水に吸収される波長帯域内であれば、水分子の吸光ピーク波長と異なっていてもよい。例えば、発光体11が発する光の波長は、1880乃至1910nmの間であってもよい。発光体11には、発光ダイオード、スーパーluminescentダイオード、半導体レーザ、レーザ発振器、蛍光放電管、低圧水銀灯、キセノンランプ、及び電球等が使用可能である。

#### 【0017】

発光体11には、光導波路31が接続されている。光導波路31は、発光体11が発した光を、パイプ21の内部に伝搬する。例えば、光導波路31は、パイプ21の側壁を貫通している。あるいは、パイプ21の側壁に光透過性の窓を設け、窓に光導波路31を接続してもよい。光導波路31で伝搬された光は、光導波路31の端部からパイプ21の内部に進入する。光導波路31には、ポリメタクリル酸メチル樹脂(PMMA: Poly(methyl methacrylate))からなるプラスチック光ファイバ、及び石英ガラスからなるガラス光ファイバ等が使用可能であるが、発光体11が発した光を伝搬可能であれば、これらに限定されない。

#### 【0018】

発光体11が、例えば、波長が1880nmの光を発した場合、パイプ21の内部において、波長が1880nmの光は、湿り蒸気に含まれる、単独で存在する水分子によって吸収される。上述したように、水分子クラスタが有する平均水素結合数は、乾き度が0から1に近づくにつれて減少する。したがって、パイプ21内部の湿り蒸気の乾き度が0から1に近づくにつれて、波長が1880nmの光はより多く吸収される傾向にある。

#### 【0019】

あるいは、発光体11が、例えば、波長が1910nmの光を発した場合、パイプ21の内部において、波長が1910nmの光は、湿り蒸気に含まれる、一つの水素結合で結合している二分子の水分子によって吸収される。波長が1910nmの光は、パイプ21内部の湿り蒸気の乾き度が0から1に近づくにつれて、より少なく吸収される傾向にある。

#### 【0020】

パイプ21には、パイプ21の内部を通過した光が進入する光導波路32が接続されている。光導波路32は、パイプ21の内部の湿り蒸気を透過した光を、受光素子12に導く。光導波路32の端部は、光導波路31の端部と対向している。また、例えば、光導波路32は、パイプ21の側壁を貫通している。あるいは、パイプ21の側壁に光透過性の窓を設け、窓に光導波路32を接続してもよい。

#### 【0021】

なお、発光体11をパイプ21の側壁に配置し、光導波路31を省略してもよい。また、受光素子12をパイプ21の側壁に配置し、光導波路32を省略してもよい。また、図1では、発光体11と、受光素子12と、が対向しているが、発光体と、受光素子と、の両方が一体化した発光受光素子を用いてもよい。この場合、発光受光素子と対向するパイプの側壁に、反射板が配置される。発光受光素子から発せられた光は、パイプ内部を進行

10

20

30

40

50

し、反射板で反射され、発光受光素子に受光される。受光素子 1 2 には、フォトダイオード等の光強度検出素子が使用可能である。

【 0 0 2 2 】

図 1 0 は、発光体 1 1 から波長 1 9 0 4 n m の光を発生し、所定の温度又は圧力条件下の湿り蒸気を加熱した場合に、受光素子 1 2 で受光された光の強度の変化の実測例を示すグラフである。波長が 1 9 0 4 n m の光は、湿り蒸気に含まれる、一つの水素結合で結合している二分子の水分子によって吸収されるため、湿り蒸気が加熱され、乾き度が 0 から 1 に近づくにつれて、湿り蒸気による吸収が低下し、受光素子 1 2 による受光強度が上昇する。したがって、パイプ 2 1 の内部の湿り蒸気の乾き度と、受光素子 1 2 による受光強度と、は、相関する。換言すれば、パイプ 2 1 の内部の湿り蒸気の乾き度と、湿り蒸気による光の吸光度と、は、相関する。

10

【 0 0 2 3 】

ここで、図 2 に示したように、水の沸点は、標準大気圧下では 1 0 0 であるが、圧力に応じて変動する。したがって、上述したように、パイプ 2 1 の内部の湿り蒸気の乾き度と、湿り蒸気を透過した光の強度と、は、相関するが、相関の様子は、パイプ 2 1 の内部の湿り蒸気の温度又は圧力によって変化する。

【 0 0 2 4 】

図 1 に示す環境センサ 1 3 には、任意の温度センサ又は圧力センサが使用可能である。

受光素子 1 2 及び環境センサ 1 3 には、中央演算処理装置 ( C P U ) 3 0 0 が接続されている。乾き度特定部 3 0 1 は、 C P U 3 0 0 に含まれている。 C P U 3 0 0 には、関係記憶部 4 0 1 を含むデータ記憶装置 4 0 0 が接続されている。関係記憶部 4 0 1 は、例えば、予め取得された、受光素子 1 2 による受光強度と、湿り蒸気の乾き度と、の関係、温度又は圧力条件毎に保存する。受光強度と、乾き度と、の関係は、式として保存されてもよいし、表として保存されてもよい。

20

【 0 0 2 5 】

受光素子 1 2 による受光強度と、湿り蒸気の乾き度と、の関係は、例えば、ボイラ等で湿り蒸気を加熱しながら、従来の乾き度計で湿り蒸気の乾き度を測定し、あわせて湿り蒸気を透過した光の強度を測定することによって、予め取得することが可能である。従来、種々の乾き度計があるが、関係を取得する際には、それらのいずれかを単独で用いても、組み合わせて用いてもよい。

30

【 0 0 2 6 】

乾き度特定部 3 0 1 は、例えば、受光素子 1 2 から、パイプ 2 1 内部の湿り蒸気を透過した光の受光強度の測定値を受信する。また、乾き度特定部 3 0 1 は、環境センサ 1 3 から、パイプ 2 1 内部の湿り蒸気の温度又は圧力の測定値を受信する。さらに乾き度特定部 3 0 1 は、関係記憶部 4 0 1 から、湿り蒸気の温度又は圧力の測定値に対応する温度又は圧力条件下の、受光素子 1 2 による受光強度と、湿り蒸気の乾き度と、の関係を読み出す。

【 0 0 2 7 】

ここで、乾き度特定部 3 0 1 は、温度又は圧力の測定値に一致する温度又は圧力条件下の関係が関係記憶部 4 0 1 に保存されている場合は、温度又は圧力の測定値に一致する温度又は圧力条件下の関係を関係記憶部 4 0 1 から読み出す。また、乾き度特定部 3 0 1 は、例えば、温度又は圧力の測定値に一致する温度又は圧力条件下の関係が関係記憶部 4 0 1 に保存されていない場合は、温度又は圧力の測定値に最も近似する温度又は圧力条件下の関係を関係記憶部 4 0 1 から読み出す。

40

【 0 0 2 8 】

乾き度特定部 3 0 1 は、読み出した関係と、受光強度の測定値と、に基づいて、湿り蒸気の乾き度の値を特定する。例えば、関係が、受光強度を独立変数とし、乾き度を従属変数とする式で表現されている場合、乾き度特定部 3 0 1 は、式の受光強度の独立変数に、受光強度の測定値を代入して、パイプ 2 1 内部の測定対象の湿り蒸気の乾き度の値を算出する。

50

## 【0029】

CPU300には、さらに入力装置321、出力装置322、プログラム記憶装置323、及び一時記憶装置324が接続される。入力装置321としては、スイッチ及びキーボード等が使用可能である。関係記憶部401に保存される温度又は圧力条件毎の受光強度と、乾き度と、の関係は、例えば、入力装置321を用いて入力される。出力装置322としては、光インジケータ、デジタルインジケータ、及び液晶表示装置等が使用可能である。出力装置322は、例えば、乾き度特定部301が特定したパイプ21内部の湿り蒸気の乾き度の値を表示する。プログラム記憶装置323は、CPU300に接続された装置間のデータ送受信等をCPU300に実行させるためのプログラムを保存している。一時記憶装置324は、CPU300の演算過程でのデータを一時的に保存する。

10

## 【0030】

以上説明した第1の実施の形態に係る乾き度測定装置、及び乾き度測定装置を用いる乾き度測定方法によれば、光学的手法により、湿り蒸気の相状態を変化させることなく、高い精度で高速に湿り蒸気の乾き度を測定することが可能となる。また、第1の実施の形態に係る乾き度測定装置は、配管に絞り弁や分流配管を設ける必要がない。そのため、第1の実施の形態に係る乾き度測定装置は、低いコストで設置することが可能である。

## 【0031】

また、従来、超音波を用いた乾き度計があるが、超音波は、湿り蒸気の気相部分と、液相部分と、の境界面における音響インピーダンスの差が大きいため、境界面においてほとんど反射する。そのため、超音波を用いた乾き度計は、乾き度を実用的に測定できる水準に至っていない。これに対し、光は、気相部分と、液相部分と、の境界面を透過可能である。そのため、第1の実施の形態に係る光学式の乾き度測定装置は、乾き度を正確に測定することが可能である。

20

## 【0032】

なお、関係記憶部401は、湿り蒸気による吸光度と、湿り蒸気の乾き度と、の関係を保存していてもよい。この場合、乾き度特定部301は、発光体11の発光強度と、受光素子12による受光強度と、から、測定対象の湿り蒸気による吸光度の測定値を算出し、吸光度と乾き度との関係と、吸光度の測定値と、に基づいて、測定対象の湿り蒸気の乾き度の値を特定すればよい。

## 【0033】

また、パイプ21の内部の湿り蒸気の乾き度と、湿り蒸気を透過した光強度と、の相関の様子は、湿り蒸気内の光透過体積によっても変化し得る。例えば、光透過体積の変化の要因としては、パイプ径や発光体の面積並びに受光素子の面積などが挙げられる。したがって、関係記憶部401は、湿り蒸気的光透過体積毎に、湿り蒸気の乾き度と、湿り蒸気を透過した光強度と、の相関を保存してもよい。この場合、乾き度特定部301は、関係記憶部401から、湿り蒸気の温度又は圧力の測定値、並びに測定対象の湿り蒸気的光透過体積の値に対応する、受光強度と、乾き度と、の関係を読み出せばよい。

30

## 【0034】

(第2の実施の形態)

第1の実施の形態においては、図1に示す発光体11が、単一の波長を有する光を発する例を示した。これに対し、第2の実施の形態においては、発光体11は、少なくとも二つの異なる波長の光を発する。例えば、少なくとも二つの異なる波長の一つは、水素結合数が0の場合の水分子の吸光ピークが表れる1880nmであり、他の波長は、水素結合数が1の場合の水分子の吸光ピークが表れる1910nmである。このように、第2の実施の形態においては、発光体11が発する光は、複数の波長のそれぞれにおける吸光度が、クラスタにおける水分子どうしが形成した水素結合の数と相関するよう、設定される。

40

## 【0035】

発光体11は、それぞれ異なる波長の光を発する複数の発光素子を備えていてもよい。あるいは、発光体11は、広波長帯域の光を発してもよい。発光体11が広波長帯域の光を発する場合は、少なくとも二つの異なる波長のみを透過させるフィルタを受光素子12

50

の前に配置してもよい。例えば受光素子 12 は、少なくとも、水素結合数が 0 の場合の水分子が最も吸光する 1880 nm の波長の光と、水素結合数が 1 の場合の水分子が最も吸光する 1910 nm の波長の光と、を受光する。

【0036】

図 11 は、所定の温度又は圧力条件の下、波長が 1880 nm の光の吸光度を  $I_1$ 、波長が 1910 nm の光の吸光度を  $I_2$ 、とし、下記式 (1) で与えられる比 R の実測例を、湿り蒸気への加熱量に対してプロットしたグラフである。

$$R = I_1 / I_2 \cdots (1)$$

【0037】

吸光度の比 R は、一つの水素結合で結合している二分子の水分子からなるクラスタに対する、水素結合を形成していない単独で存在する水分子の比、と相関する。上述したように、クラスタが有する平均水素結合数は、乾き度が 0 から 1 に近づくにつれて減少し、単独で存在する水分子が増加する傾向にある。したがって、吸光度の比 R は、湿り蒸気が加熱され、乾き度が 0 から 1 に近づくにつれて大きくなる傾向にある。

10

【0038】

なお、波長が 1760 nm の光の吸光度を  $I_0$  とし、下記式 (2) で与えられる比 R を、湿り蒸気への加熱量に対してプロットしても、同様の結果が得られる。

$$R = (I_1 - I_0) / (I_2 - I_0) \cdots (2)$$

ここで、波長が 1760 nm の光の吸光度を  $I_0$  は、水の分子吸光と無関係な部分であるが、捉えようとしている吸光スペクトルの増減に影響を及ぼす。したがって、式 (2) において、 $I_1$  と  $I_0$  との差、並びに  $I_2$  と  $I_0$  との差、をとることにより、分光スペクトルのベースラインを一定にすることが可能となる。

20

【0039】

第 2 の実施の形態において、関係記憶部 401 は、例えば、上記式 (1) 又は式 (2) で表される吸光度の比 R と、乾き度と、の予め取得された関係を、温度又は圧力条件毎に保存する。吸光度の比 R と、乾き度と、の関係は、式として保存されてもよいし、表として保存されてもよい。

【0040】

第 2 の実施の形態において、乾き度特定部 301 は、複数の波長のそれぞれにおける湿り蒸気を透過した光の強度の複数の測定値の大小関係に基づいて、湿り蒸気の乾き度を算出する。例えば、乾き度特定部 301 は、受光素子 12 から、パイプ 21 内部の湿り蒸気を透過した光の強度スペクトルを受信する。さらに、乾き度特定部 301 は、パイプ 21 内部の湿り蒸気を透過する前の光の強度スペクトルと、パイプ 21 内部の湿り蒸気を透過した光の強度スペクトルと、に基づき、湿り蒸気による光の吸収スペクトルを算出する。またさらに、乾き度特定部 301 は、吸収スペクトルに基づいて、上記式 (1) 又は式 (2) で表される吸光度の比 R の値を算出する。

30

【0041】

さらに、乾き度特定部 301 は、関係記憶部 401 から、湿り蒸気の温度又は圧力の測定値に対応する温度又は圧力条件下の、吸光度の比 R と、乾き度と、の関係を読み出す。乾き度特定部 301 は、算出された吸光度の比 R の値、並びに吸光度の比 R と、乾き度と、の関係に基づき、パイプ 21 内部の湿り蒸気の値を算出する。

40

【0042】

第 2 の実施の形態に係る乾き度測定装置のその他の構成要件は、第 1 の実施の形態と同様である。第 2 の実施の形態に係る乾き度測定装置によれば、複数の波長の光を用いることにより、発光体 11 の出力のばらつきや、ノイズの影響を抑制することが可能となる。そのため、より高い精度で測定対象の湿り蒸気の乾き度の値を特定することが可能となる。

【0043】

(その他の実施の形態)

上記のように本発明を実施の形態によって記載したが、この開示の一部をなす記述及び

50

図面はこの発明を限定するものであると理解するべきではない。この開示から当業者には様々な代替実施の形態、実施例及び運用技術が明らかになるはずである。例えば、第2の実施の形態では、波長1880nmにおける吸光度と、波長1910nmにおける吸光度と、を比較する例を示した。ここで、上記式(1)及び式(2)のそれぞれの右辺の分母と分子とを置き換えてもよい。また、水素結合数0に相関する波長の吸光度と、水素結合数2に相関する波長の吸光度と、を比較してもよい。あるいは水素結合数0に相関する波長の吸光度と、水素結合数3に相関する波長の吸光度と、を比較してもよい。さらには、水素結合数1に相関する波長の吸光度と、水素結合数2に相関する波長の吸光度と、を比較してもよいし、水素結合数1に相関する波長の吸光度と、水素結合数3に相関する波長の吸光度と、を比較してもよいし、水素結合数2に相関する波長の吸光度と、水素結合数3に相関する波長の吸光度と、を比較してもよい。この様に、異なる水素結合数に相関する任意の複数の波長の吸光度の比に基づき、乾き度を算出してもよい。あるいは、異なる水素結合数に相関する任意の複数の波長の吸光度の差と、乾き度と、の相関を予め取得し、複数の波長の吸光度の差の測定値から乾き度の値を求めてもよい。本発明はここでは記載していない様々な実施の形態等を包含するということを理解すべきである。

10

【産業上の利用可能性】

【0044】

本発明の実施の形態に係る乾き度測定装置は、減圧弁による潜熱増加効果の可視化、最適ボイラ効率を得るための乾き度計測、水蒸気タービンの湿り損失計測、熱効果器の最適乾き度制御、製麺蒸し工程等の食品製造工程の制御、及び化学工程の制御等に利用可能である。

20

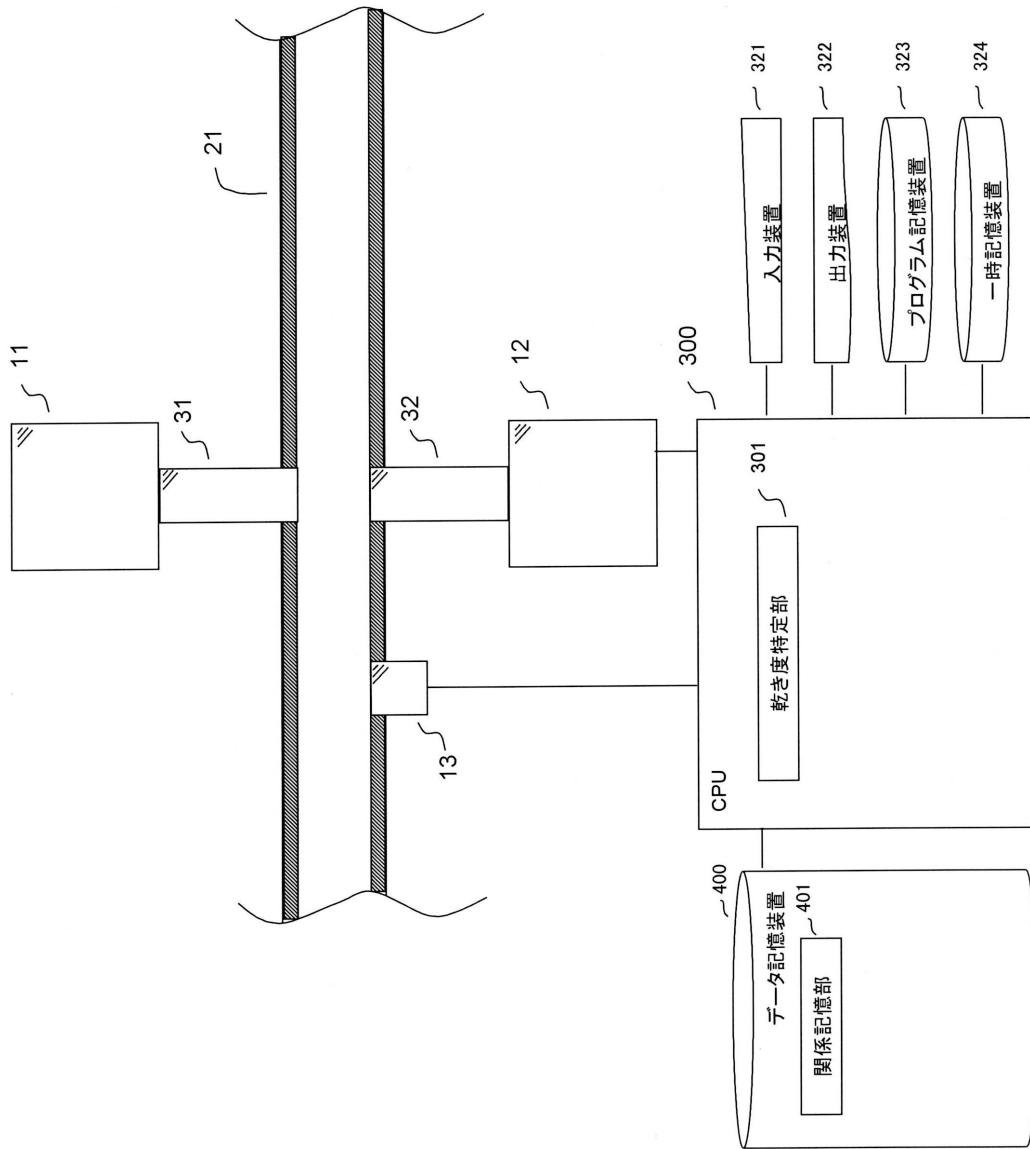
【符号の説明】

【0045】

- 1 1 発光体
- 1 2 受光素子
- 1 3 環境センサ
- 2 1 パイプ
- 3 1、3 2 光導波路
- 3 0 1 乾き度特定部
- 3 2 1 入力装置
- 3 2 2 出力装置
- 3 2 3 プログラム記憶装置
- 3 2 4 一時記憶装置
- 4 0 0 データ記憶装置
- 4 0 1 関係記憶部

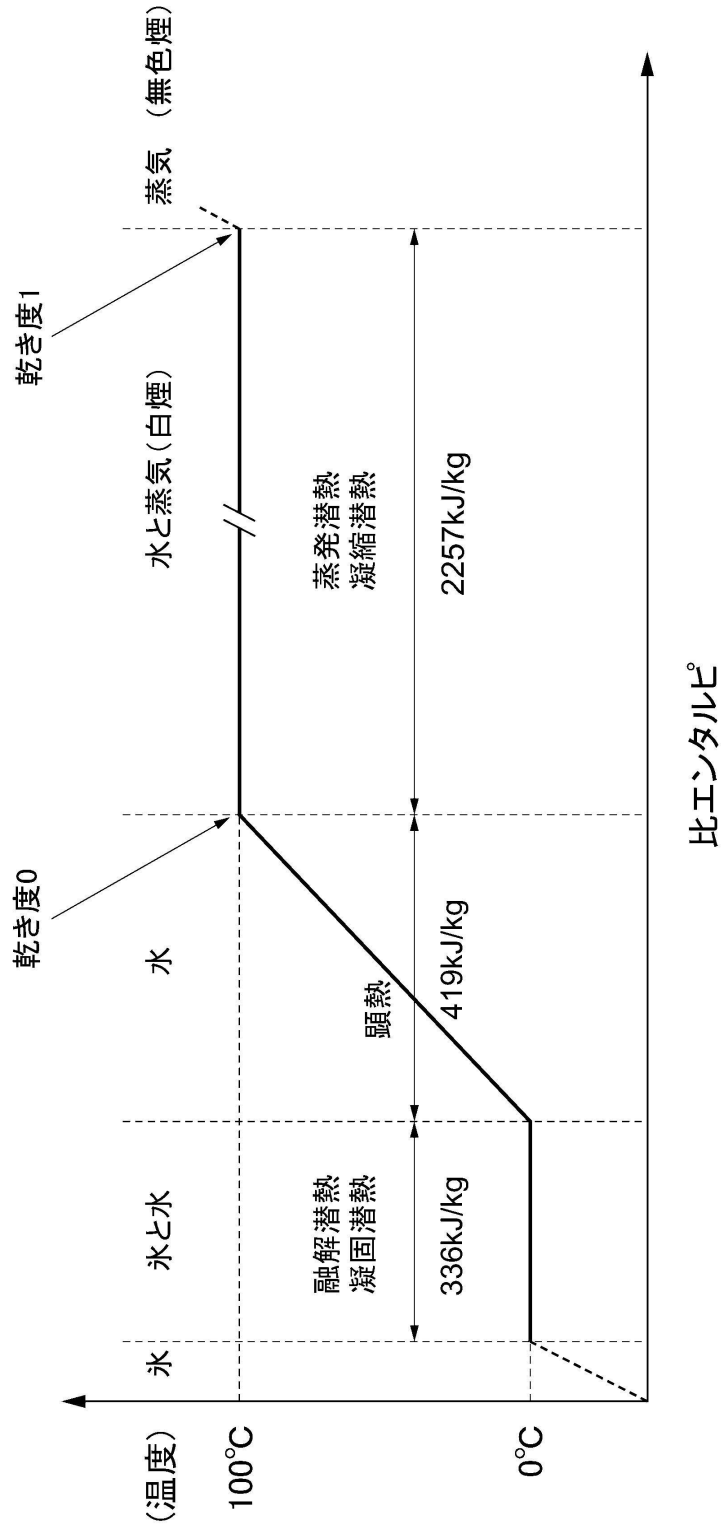
30

【図1】

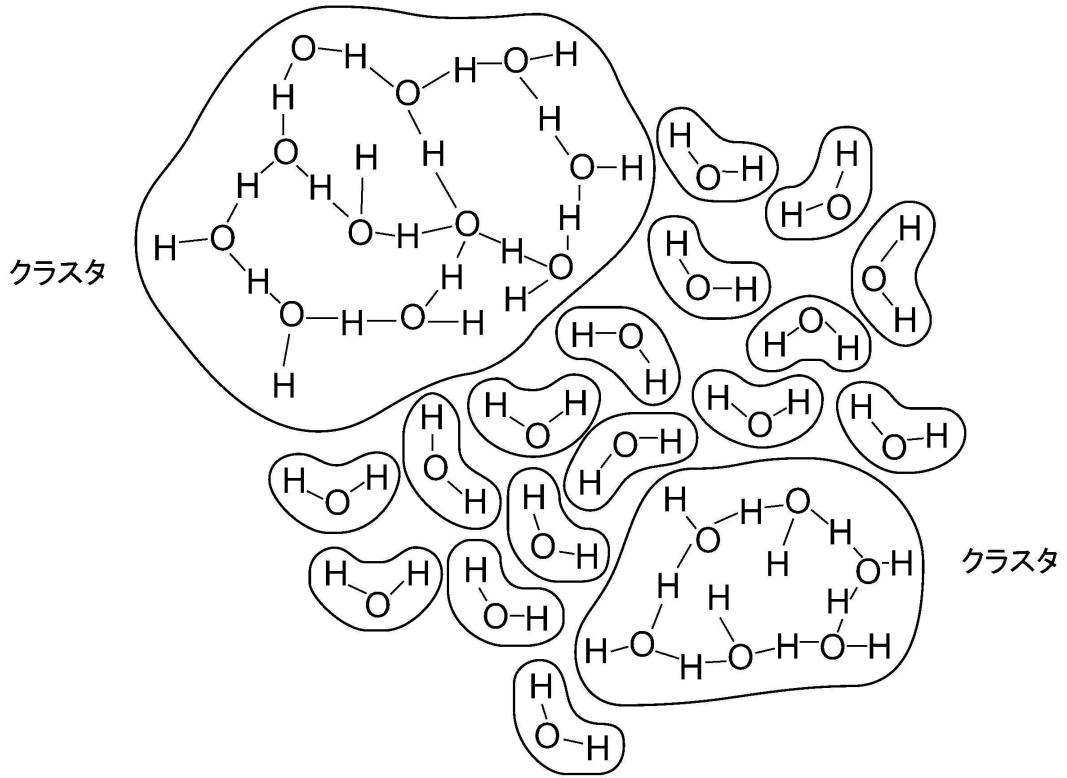


【 図 2 】

標準大気圧における水の状態変化

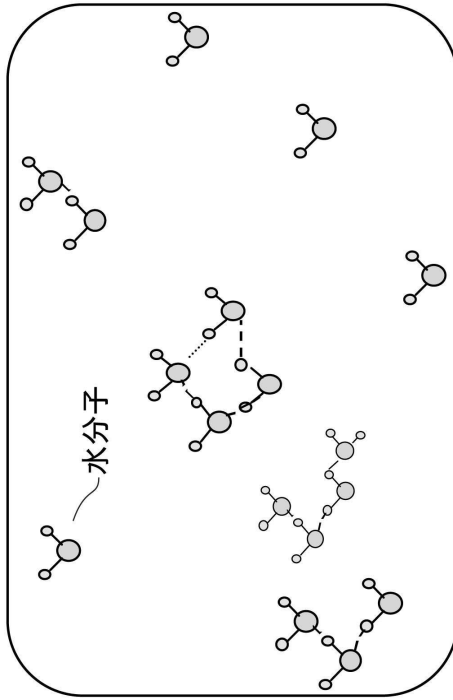


【図3】

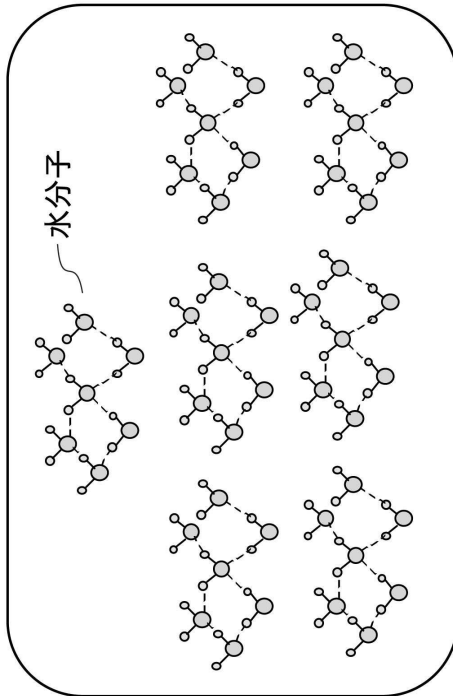


【 図 4 】

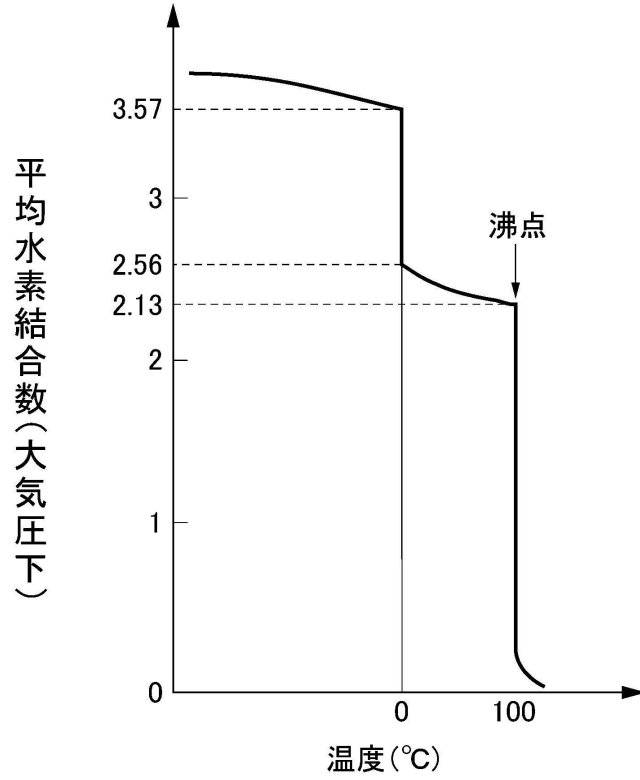
乾き度=1 (無色煙)



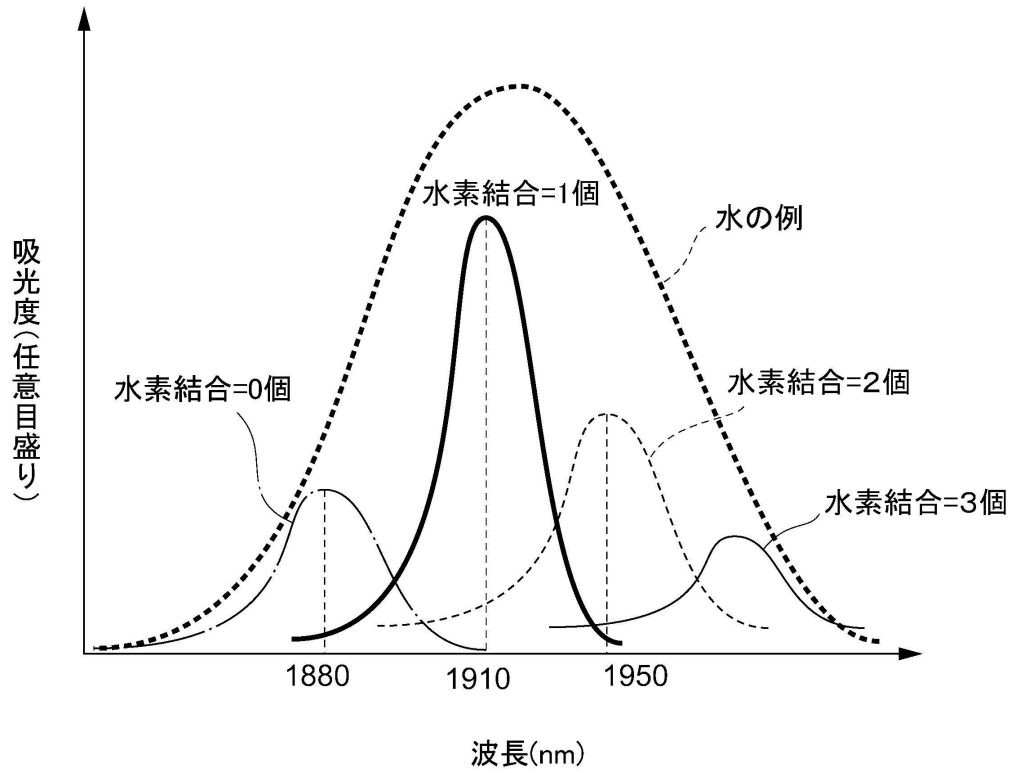
乾き度=0 (白煙)



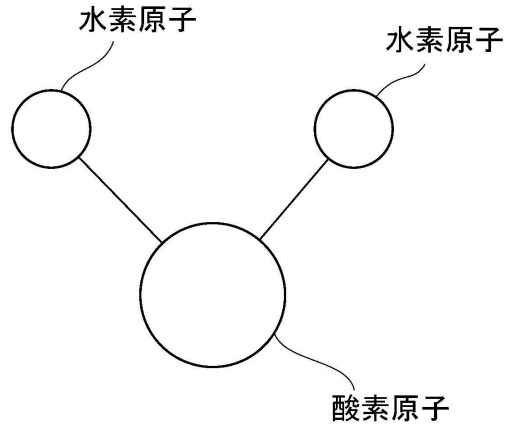
【図5】



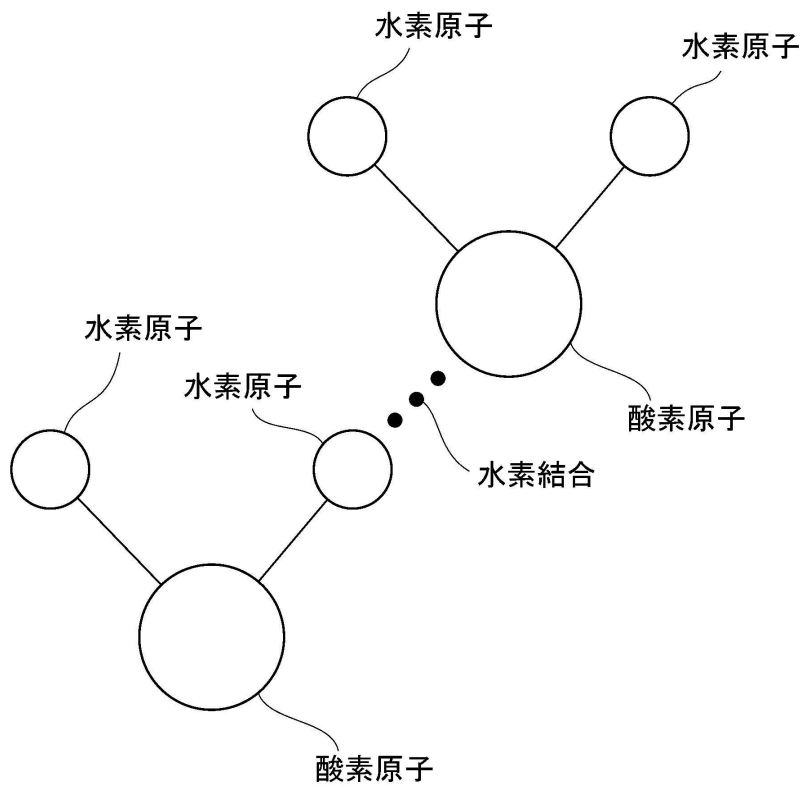
【図6】



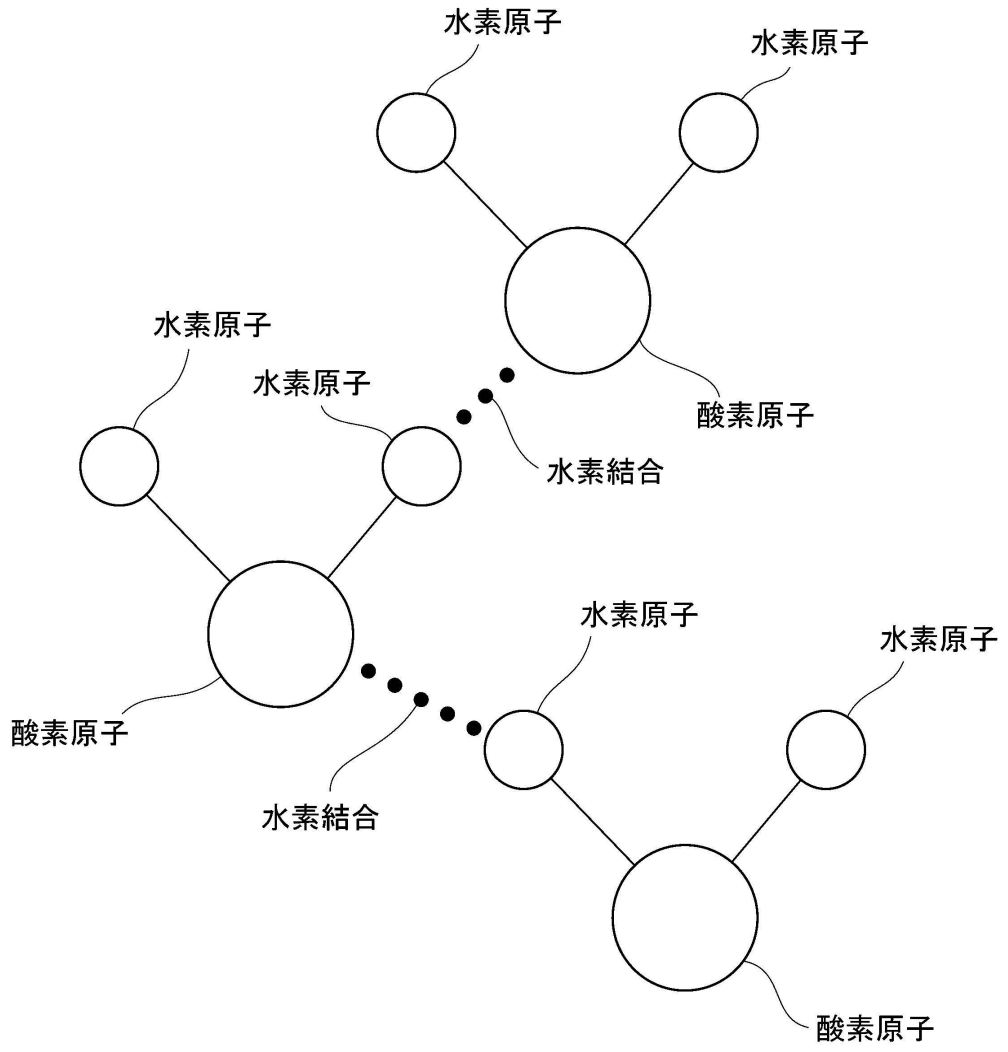
【図7】



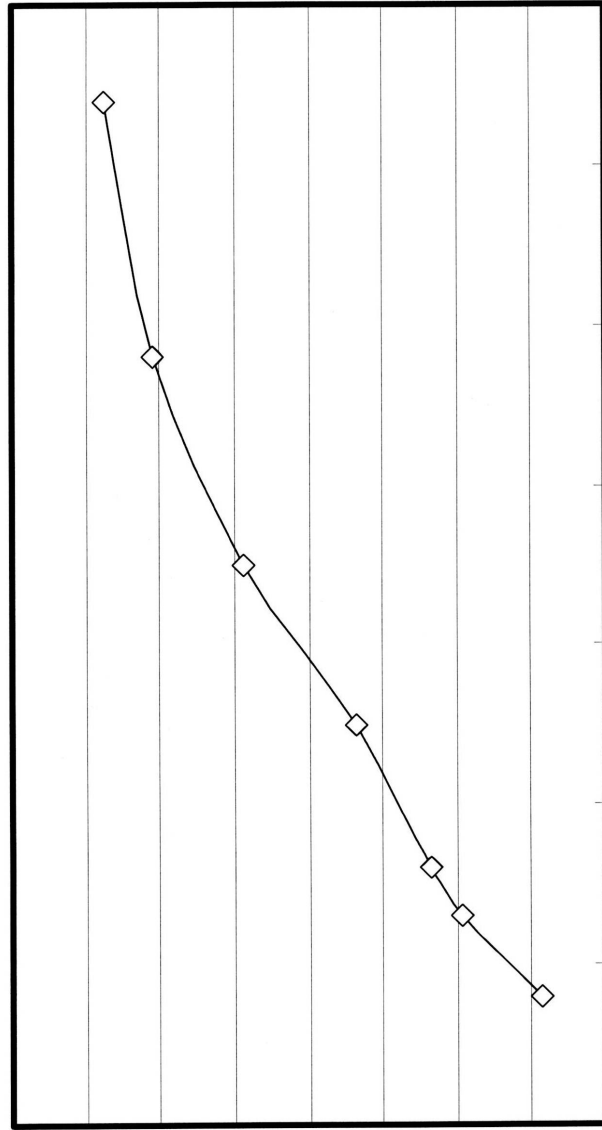
【図8】



【図9】



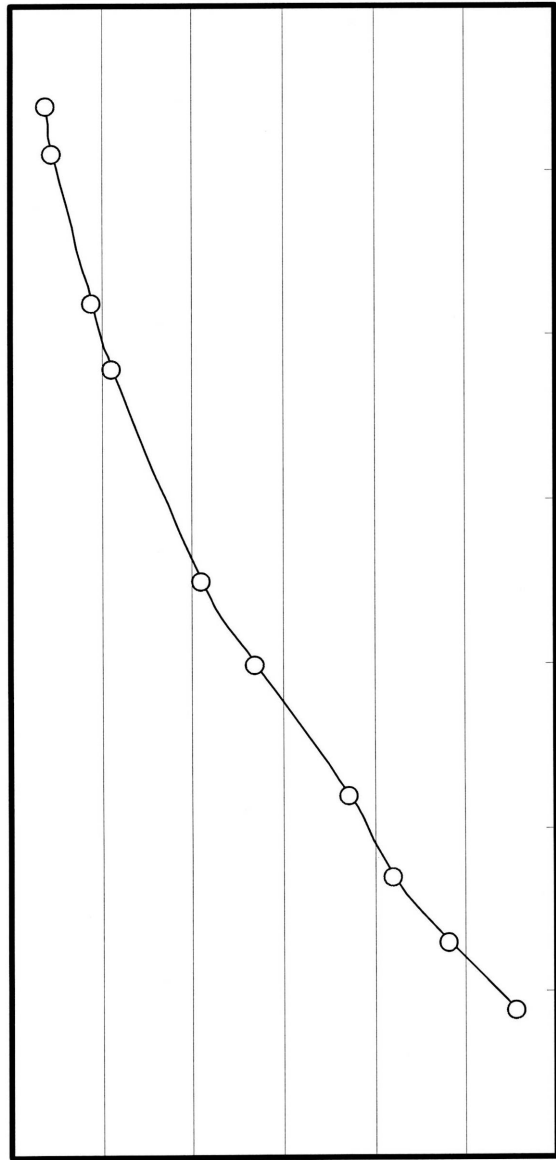
【図10】



受光強度(任意目盛)

加熱量(任意目盛)

【図 11】



吸光度の比R(任意目盛)

加熱量(任意目盛)

---

フロントページの続き

(72)発明者 西野 義一  
東京都千代田区丸の内2丁目7番3号 株式会社山武内

審査官 山口 剛

(56)参考文献 特開2000-266430(JP,A)  
特開昭57-199943(JP,A)  
特開昭58-014033(JP,A)  
特開2005-156438(JP,A)  
阿部英幸, “近赤外分光法で捕えた水の形態変化とその意味”, ニューセラミックス, 1993年 8月25日, Volume 6, Number 9, Pages 47-50

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G01N 25/00 - 25/56  
G01N 21/3554  
JSTPlus(JDreamIII)