

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6199552号

(P6199552)

(45) 発行日 平成29年9月20日(2017.9.20)

(24) 登録日 平成29年9月1日(2017.9.1)

(51) Int.Cl.	F 1
F 1 7 C 13/02 (2006.01)	F 1 7 C 13/02 3 0 1 Z
F 1 6 J 12/00 (2006.01)	F 1 6 J 12/00 A
F 1 7 C 1/06 (2006.01)	F 1 6 J 12/00 Z
	F 1 7 C 1/06

請求項の数 1 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2012-234982 (P2012-234982)	(73) 特許権者	000003207
(22) 出願日	平成24年10月24日(2012.10.24)		トヨタ自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2014-84957 (P2014-84957A)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(43) 公開日	平成26年5月12日(2014.5.12)	(74) 代理人	100079108
審査請求日	平成26年12月22日(2014.12.22)		弁理士 稲葉 良幸
審判番号	不服2016-9224 (P2016-9224/J1)	(74) 代理人	100109346
審判請求日	平成28年6月22日(2016.6.22)		弁理士 大貫 敏史
		(74) 代理人	100117189
			弁理士 江口 昭彦
		(72) 発明者	吉村 安成
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72) 発明者	小林 朋能
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高圧ガスタンクの検査方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

タンクライナの外周に繊維強化樹脂層を形成してなる高圧ガスタンクの検査方法であって、

前記高圧ガスタンクに検知ガスを封入するステップと、

前記高圧ガスタンクから単位時間あたりに漏出する前記検知ガスの漏出量を、前記高圧ガスタンクの口金に接続されるＯリングを透過して外部に漏出する前記検知ガスの量と、前記タンクライナ及び前記繊維強化樹脂層を透過する前記検知ガスの量とに基づき測定するステップと、

測定された前記漏出量に基づいて前記繊維強化樹脂層のガス透過度を算出するステップと、

前記ガス透過度が所定範囲内にあるかどうかに基づいて合否を判定するステップと、を有し、

前記検知ガスの漏出量 Q_{ALL} を、下記式(1)、(2)；

$$\frac{Q_{ALL} = Q_0 + GTR1 \times S_L \times (P_{TANK} - P_C) \times 1/D_L \cdots (1)}{GTR1 \times S_L \times (P_{TANK} - P_C) \times 1/D_L = GTR2 \times S_C \times (P_C - P_{ATM}) \times 1/D_C \cdots (2)}$$

Q_0 ：前記高圧ガスタンクの口金に接続されるＯリングを透過して外部に漏出するヘリウムガスの量、

S_L ：前記タンクライナの外周部分における表面積、

10

20

S_C ：前記繊維強化樹脂層の外周部分における表面積、

D_L ：前記タンクライナの厚さ、

D_C ：前記繊維強化樹脂層の厚さ、

P_{TANK} ：前記タンクライナ内に充填されたガスの圧力、

P_C ：前記タンクライナの外周面の位置におけるガスの圧力、

P_{ATM} ：前記繊維強化樹脂層の外周面の位置における気体の圧力、

$GTR1$ ：前記タンクライナのガス透過度、

$GTR2$ ：前記繊維強化樹脂層のガス透過度、

で表される関係に基づき測定することを特徴とする 高压ガスタンクの検査方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、タンクライナの外周に繊維強化樹脂層を形成してなる 高压ガスタンクの検査方法に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば燃料電池自動車や水素自動車に搭載される水素ガスタンク等、 高压のガスが内部に充填される 高压ガスタンクには、内部の圧力に耐えるために十分な強度を有することが求められる。このような 高压ガスタンクとしては、樹脂等により形成されたタンクライナの外周に繊維強化樹脂層を形成したものが用いられている。

20

【0003】

高压ガスタンクが十分な強度を有するかどうかを検査する方法の一つとしては、製造された 高压ガスタンクの一部を抜き取って破壊検査を行うことが考えられる。このような破壊検査は、例えば 高压ガスタンクの内部気圧を上昇させて行き、 高压ガスタンクが破損した時点における内部気圧が所定の閾値よりも大きいかな否かに基づいて合否判定を行うものである。

【0004】

また、下記特許文献 1 には、 高压ガスタンクの内部を 高压とした状態で、繊維強化樹脂層の損傷に基づく応力変化をピエゾ素子で検出するという検査方法が記載されている。

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2006-275223 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

製造された 高压ガスタンクの一部を抜き取って破壊検査を行う場合には、全ての 高压ガスタンクが十分な強度を有することを保証することができない。また、上記特許文献 1 に記載されているような検査方法では、ピエゾ素子の設置個所によっては繊維強化樹脂層の損傷を検知することができない場合がある。

40

【0007】

また、繊維強化樹脂層のガス透過度が低すぎると、タンクライナを透過したガスがタンクライナと繊維強化樹脂層との間に留まって 高压となり、当該ガスが繊維強化樹脂層の一部を破壊して外部に漏出し、破裂音が生じてしまうことがある。このため、繊維強化樹脂層は十分な強度を有することが求められる一方で、ある程度のガス透過度を有することも求められる。しかしながら、上記特許文献 1 に記載されているような検査方法では、繊維強化樹脂層のガス透過度が適切かな否かについて判断することができない。

【0008】

本発明はこのような課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、繊維強化樹脂層の全体が十分な強度を有するかどうかを非破壊で検査することができ、繊維強化樹脂層のガ

50

ス透過度が適切かどうかについても検査することができる高圧ガスタンクの検査方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するために、本発明に係る高圧ガスタンクの検査方法は、タンクライナの外周に繊維強化樹脂層を形成してなる高圧ガスタンクの検査方法であって、前記高圧ガスタンクに検知ガスを封入するステップと、前記高圧ガスタンクから単位時間あたりに漏出する前記検知ガスの漏出量を測定するステップと、測定された前記漏出量に基づいて前記繊維強化樹脂層のガス透過度を算出するステップと、前記ガス透過度が所定範囲内にあるかどうかに基づいて合否を判定するステップと、を有することを特徴としている。

10

【0010】

本発明に係る高圧ガスタンクの検査方法は、高圧ガスタンクに検知ガスを封入しておき、高圧ガスタンクから単位時間あたりに漏出する検知ガスの漏出量に基づいて、繊維強化樹脂層のガス透過度を算出する。算出されたガス透過度が所定範囲内にある場合には合格と判定する。換言すれば、繊維強化樹脂層のガス透過度が所定範囲の上限を上回った場合には、繊維強化樹脂層の強度が不十分であると推定されるために不合格と判定する。一方、所定範囲の下限を下回った場合には、破裂音が生じてしまう可能性があるため、やはり不合格と判定する。

【0011】

本発明では、高圧ガスタンクから漏出する検知ガスの漏出量に基づいて繊維強化樹脂層のガス透過度を判定するため、高圧ガスタンクを破壊することなく、繊維強化樹脂層の全体について検査が行われる。

20

【0012】

また、ガス透過度が所定範囲の上限を上回った場合に不合格と判定する他、所定範囲の下限を下回った場合にも不合格と判定する。すなわち、繊維強化樹脂層の全体の強度が不十分である場合のみならず、繊維強化樹脂層のガス透過度が低すぎて破裂音が生じてしまう可能性がある場合も不合格と判定する。このように、高圧ガスタンクの検査を従来よりも好適且つ確実に行うことができる。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、繊維強化樹脂層の全体が十分な強度を有するかどうかを非破壊で検査することができ、繊維強化樹脂層のガス透過度が適切かどうかについても検査することができる高圧ガスタンクの検査方法を提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の一実施形態に係る検査方法の検査対象である高圧ガスタンクの構造を示す断面図である。

【図2】図1に示した高圧ガスタンクの内外における圧力分布を示すグラフである。

【図3】図1に示した高圧ガスタンクを検査装置にセットした状態を模式的に示す図である。

40

【図4】繊維強化樹脂層のガス透過度と、繊維強化樹脂層の亀裂量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】

【0015】

以下、添付図面を参照しながら本発明の実施の形態について説明する。説明の理解を容易にするため、各図面において同一の構成要素に対しては可能な限り同一の符号を付して、重複する説明は省略する。

【0016】

図1は、本発明の一実施形態に係る検査方法の検査対象である高圧ガスタンクの構造を示す断面図である。図1に示したように、高圧ガスタンク1は、タンクライナ2と、繊維

50

強化樹脂層 3 と、口金 6 とを備えている。

【0017】

タンクライナ 2 は、高圧ガスタンク 1 のうち最も内側に配置されるものであって、高圧の水素ガスをその内部に保持できるように筒状を成す樹脂性の部材である。タンクライナ 2 の長手方向における一端部には口金 6 が取り付けられており、他端部は閉じられている。

【0018】

口金 6 は、タンクライナ 2 の長手方向の一端部に取り付けられた略円筒形状の金属部品であって、タンクライナ 2 の開口部に嵌入されている。口金 6 は、高圧ガスタンク 1 内の水素ガスをタンク外に供給する際において、外部のガス供給ラインとの接続を行うために使用される。

10

【0019】

繊維強化樹脂層 3 は、タンクライナ 2 の外周に繊維を巻きつけることによって形成される層である。具体的には、タンクライナ 2 の外周全体にカーボン繊維を巻き付けた後、当該カーボン繊維をエポキシ樹脂によりバインドすることで形成される層であり、所謂 C F R P (Carbon Fiber Reinforced Prastics) と称されるものである。このような繊維強化樹脂層 3 をタンクライナ 2 の外側に形成することで、充填した高圧の水素ガスの圧力に対する高圧ガスタンク 1 の強度を向上させている。

【0020】

本実施形態に係る高圧ガスタンクの検査方法は、上記のような高圧ガスタンク 1 において繊維強化樹脂層 3 が十分な強度を有するかどうかを検査するものである。同時に、繊維強化樹脂層 3 のガス透過度が適切か否かを検査するものである。尚、ガス透過度については以下で詳しく説明する。

20

【0021】

本実施形態に係る検査方法の説明に先立って、タンクライナ 2 及び繊維強化樹脂層 3 のガス透過度について図 2 を参照しながら説明する。図 2 は、高圧ガスタンク 1 の内外における圧力分布を示すグラフである。図 2 に示したグラフの横軸は、高圧ガスタンク 1 の内外における位置を、高圧ガスタンク 1 の中心軸（タンクライナ 2 の長手方向に沿った中心軸）からの距離により示している。位置 X 1 はタンクライナ 2 の内周面の位置であり、位置 X 2 はタンクライナ 2 の外周面の位置である（位置 X 2 は、タンクライナ 2 と繊維強化樹脂層 3 の境界部分の位置であるともいえる）。また、位置 X 3 は繊維強化樹脂層 3 の外周面の位置である。図 2 に示したグラフの縦軸は、それぞれの位置における気体の圧力を示している。

30

【0022】

図 2 に示したように、位置 X 1 よりも内側の部分（図 2 では左側の部分）はタンクライナ 2 の内側の空間であるから、当該部分の圧力は充填されたガスの圧力 (P_{TANK}) となっている。また、位置 X 3 よりも外側の部分（図 2 では右側の部分）は高圧ガスタンク 1 の外側の空間であるから、当該部分の圧力は大気圧 (P_{ATM}) となっている。

【0023】

タンクライナ 2 の内部に充填された高圧のガスは、内外の圧力差に起因して、タンクライナ 2 を構成する樹脂の内部を透過して外部（位置 X 2）に漏出する。単位時間当たりの当該漏出量は微量ではあるが、当該漏出に伴って位置 X 2 におけるガスの圧力 (P_C) は時間の経過とともに上昇する。

40

【0024】

同様に、位置 X 2 における気体の圧力 (P_C) と位置 X 3 における気体の圧力 (P_{ATM}) との差に起因して、高圧ガスタンク 1 に充填されたガスは繊維強化樹脂層 3 の内部をも透過して外部（位置 X 3）に漏出する。このため、位置 X 2 におけるガスの圧力 (P_C) は時間の経過とともに一定の圧力に落ち着き、高圧ガスタンク 1 の内外における圧力分布は図 2 に示したような分布となる。

【0025】

50

図2においては、グラフの傾きの絶対値の逆数が、当該部分におけるガス透過度 (Gas Transmission Rate) の大きさを示している。ガス透過度とは、単位面積、単位時間、及び単位分圧差当りのガスの透過量である。

【0026】

図2から明らかなように、定常状態における P_c は、タンクライナ2のガス透過度GTR1が大きいほど（グラフの傾きが小さいほど）大きくなる。また、繊維強化樹脂層3のガス透過度GTR2が大きいほど（グラフの傾きが小さいほど）小さくなる。

【0027】

仮に繊維強化樹脂層3の強度が低い場合には、繊維強化樹脂層3の亀裂量が多いため、繊維強化樹脂層3のガス透過度GTR2が大きくなって P_c が小さくなる。逆に、繊維強化樹脂層3の強度が高い場合には、繊維強化樹脂層3の亀裂量が少ないため、繊維強化樹脂層3のガス透過度GTR2が小さくなって P_c が大きくなる。

【0028】

このため、繊維強化樹脂層3の強度を十分なものとするだけで考慮すれば、繊維強化樹脂層3のガス透過度GTR2をできるだけ小さくし、結果として P_c が大きくなる程望ましいようにも思われる。しかし、 P_c が大きくなり過ぎてしまうと、位置X2において高圧となったガスが繊維強化樹脂層3の一部を破壊して外部に漏出し、破裂音が生じてしまうことがある。また、それに伴って繊維強化樹脂層3が白濁してしまうことがある。従って、繊維強化樹脂層3のガス透過度GTR2はできるだけ小さくするのではなく、所定の上限值と下限値との間に収めることが望ましい。

【0029】

図3を参照しながら、本実施形態に係る検査方法を行うための検査装置について説明する。図3は、検査対象である高圧ガスタンク1を検査装置100にセットした状態を模式的に示す図である。図3に示したように、検査装置100は、チャンバーCHと、リークディテクタLDと、ヘリウム充填装置HFとを備えている。

【0030】

チャンバーCHは、高圧ガスタンク1を内部に収納するための気密な容器である。チャンバーCHは、高圧ガスタンク1を出し入れするための図示しない開口部と、当該開口部を気密に塞いだ状態とする図示しない開閉機構を備えている。

【0031】

リークディテクタLDは、気体を吸引して当該気体に含まれるヘリウムガスの量を測定する装置であって、図3に示したようにバルブB1を介してチャンバーCHの内部空間と接続されている。バルブB1を開いた状態においてリークディテクタLDによる測定を開始すると、リークディテクタLDはチャンバーCHの内部から気体を吸引する。リークディテクタLDは、吸引した気体に含まれるヘリウムガスの量に基づいて、単位時間当たりのヘリウムガスの漏出量をリアルタイムに表示する。

【0032】

以上のような構成の検査装置100を用いて、高圧ガスタンク1の検査を行う方法について説明する。まず、検査対象である高圧ガスタンク1をチャンバーCHの内部にセットする。具体的には、チャンバーCHの開口部から高圧ガスタンク1を投入し、チャンバーCHの内部空間に高圧ガスタンク1を設置する。このとき、高圧ガスタンク1の口金6に対して、バルブB2を介してヘリウム充填装置HFを接続した状態としておく。また、バルブB1、B2はいずれも閉じた状態としておく。その後、チャンバーCHの開閉機構を操作し、開口部を気密に塞いだ状態とする。

【0033】

続いて、バルブB2を開いた状態でヘリウム充填装置HFを動作させることにより、高圧ガスタンク1の内部にヘリウムガスを充填し封入する。ヘリウムガスの充填は、高圧ガスタンク1の内部圧力が大気圧よりも高い所定の圧力となるまで行われる。ヘリウム充填装置HFによるヘリウムガスの充填が完了すると、バルブB2を閉じる。

【0034】

続いて、バルブ B 1 を開いてリークディテクタ L D による気体の吸引を開始する。リークディテクタ L D は、吸引した気体に含まれるヘリウムガスの量に基づいて、単位時間当たりのヘリウムガスの漏出量 Q_{ALL} をリアルタイムに表示する。この漏出量 Q_{ALL} は、高圧ガスタンク 1 の内部からタンクライナ 2 及び繊維強化樹脂層 3 の内部を透過し、チャンパー C H の内部空間に単位時間あたりに漏出したヘリウムガスの量である。

【0035】

ヘリウム充填装置 H F と口金 6 とを接続する配管等には O リングが用いられている。当該 O リングを透過してチャンパー C H 内に漏出するヘリウムガスの量（単位時間当たりの漏出量）を Q_0 とし、タンクライナ 2 の外周部分における表面積を S_L とし、繊維強化樹脂層 3 の外周部分における表面積を S_C とし、タンクライナ 2 の厚さを D_L とし、繊維強化樹脂層 3 の厚さを D_C とすれば、漏出量 Q_{ALL} は、以下の 2 式で表すことができる。

$$Q_{ALL} = Q_0 + GTR1 \times S_L \times (P_{TANK} - P_C) \times \frac{1}{D_L} \cdots (1)$$

$$GTR1 \times S_L \times (P_{TANK} - P_C) \times \frac{1}{D_L} = GTR2 \times S_C \times (P_C - P_{ATM}) \times \frac{1}{D_C} \cdots (2)$$

【0036】

このうち、 P_{TANK} 、 P_{ATM} 、 S_L 、 S_C 、 D_L 、 D_C は既知の値である。また、 $GTR1$ 及び Q_0 は繊維強化樹脂層 3 の状態によらない値であり、高圧ガスタンク 1 毎に異なるものではないため、事前の測定等により予め求めておくことができる。従って、リークディテクタ L D が表示した漏出量 Q_{ALL} を上記の式 (1) 及び式 (2) に代入し、これらを連立させて解けば、未知の値である $GTR2$ 及び P_C を算出することができる。

【0037】

以上のように、本実施形態に係る高圧ガスタンクの検査方法によれば、高圧ガスタンク 1 から単位時間あたりに漏出するヘリウムガスの漏出量 Q_{ALL} を測定し、当該漏出量 Q_{ALL} に基づいて繊維強化樹脂層 3 のガス透過度 $GTR2$ を算出する。

【0038】

図 4 は、繊維強化樹脂層 3 のガス透過度 $GTR2$ と、繊維強化樹脂層 3 の亀裂量との関係を示すグラフである。図 4 に示したように、算出されたガス透過度 $GTR2$ が大きいほど、繊維強化樹脂層 3 の亀裂量が多い、すなわち、繊維強化樹脂層 3 の強度が低い。

【0039】

また、図 4 に示した C 1 は、繊維強化樹脂層 3 の亀裂量の許容下限値であって、亀裂量がこれを下回った場合には前述の破裂音や白濁が生じてしまう値である。図 4 に示した C 2 は、繊維強化樹脂層 3 の亀裂量の許容上限値であって、亀裂量がこれを上回った場合には繊維強化樹脂層 3 の強度が不十分なものになってしまう値である。

【0040】

図 4 に示した関係に基づいて、C 1 に対応するガス透過度 $GTR2$ （ガス透過度 $GTR2$ の下限値 GL ）と、C 2 に対応するガス透過度 $GTR2$ （ガス透過度 $GTR2$ の上限値 GU ）とを予め実験等により求めておく。

【0041】

本実施形態においては、高圧ガスタンク 1 の使用時において充填されるガス（水素ガス）とは異なるガス（ヘリウムガス）を、検知ガスとして用いている。このため、検査に用いる上記下限値 GL 及び上限値 GU は、このようなガス種の違いを考慮して予め求めておく必要がある。

【0042】

尚、検知ガスとして用いることができるのはヘリウムガスに限られず、水素ガスを用いてもよい。この場合には、ヘリウム充填装置に替えて水素充填装置を用いる必要がある。また、ヘリウムガス用のリークディテクタ L D に替えて、水素ガス用のリークディテクタを用いる必要がある。

【0043】

本実施形態に係る高圧ガスタンクの検査方法においては、漏出量 Q_{ALL} に基づいて算出されたガス透過度 $GTR2$ が、予め求めておいた下限値 GL と上限値 GU とで定まる所定

10

20

30

40

50

範囲内にあるかどうかを判断し、当該判断に基づいて高圧ガスタンク 1 の合否を判定する。すなわち、算出されたガス透過度 $GTR2$ が下限値 GL よりも小さければ、破裂音や白濁が生じる可能性があるために不合格と判定する。ガス透過度 $GTR2$ が上限値 GU よりも大きければ、繊維強化樹脂層 3 の強度が不十分であるために不合格と判定する。ガス透過度 $GTR2$ が下限値 GL と上限値 GU とで定まる所定範囲内であれば、合格と判定する。

【0044】

ところで、高圧の水素ガスを封入する高圧ガスタンクには、水素ガスの漏出量が所定値以下であることを確認するための気密試験を行うことが法令で定められている。このような気密試験は、図 3 を参照しながら説明したものと同様の方法により検知ガス（ヘリウムガス）の漏出量 Q_{ALL} を測定し、当該漏出量 Q_{ALL} が所定の閾値よりも小さいかどうかを確認する試験である。

10

【0045】

すなわち、本実施形態に係る高圧ガスタンクの検査方法は、法令で実施が定められている気密試験を行うことにより漏出量 Q_{ALL} を測定すると同時に、ガス透過度 $GTR2$ を算出してそれが適切な値であるか（下限値 GL と上限値 GU とで定まる所定範囲内にあるか）を確認することができる。換言すれば、充填されたガスの漏出量が所定値以下であることを確認すると同時に、繊維強化樹脂層 3 の強度が適切か否かについても確認することができる。

20

【0046】

以上、具体例を参照しつつ本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明はこれらの具体例に限定されるものではない。すなわち、これら具体例に、当業者が適宜設計変更を加えたものも、本発明の特徴を備えている限り、本発明の範囲に包含される。例えば、前述した各具体例が備える各要素およびその配置、材料、条件、形状、サイズなどは、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。また、前述した各実施の形態が備える各要素は、技術的に可能な限りにおいて組み合わせることができ、これらを組み合わせたものも本発明の特徴を含む限り本発明の範囲に包含される。

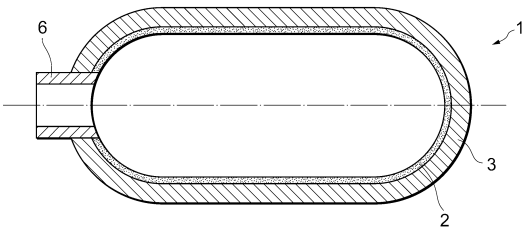
【符号の説明】

【0047】

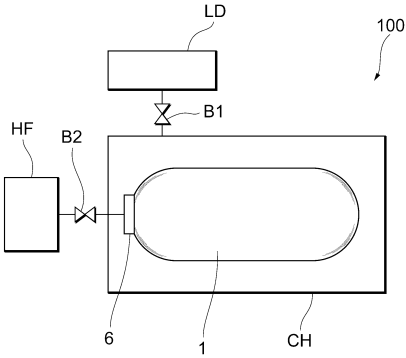
- 1：高圧ガスタンク
- 2：タンクライナ
- 3：繊維強化樹脂層
- 6：口金
- 100：検査装置
- B1, B2：バルブ
- CH：チャンバー
- HF：ヘリウム充填装置
- LD：リークディテクタ

30

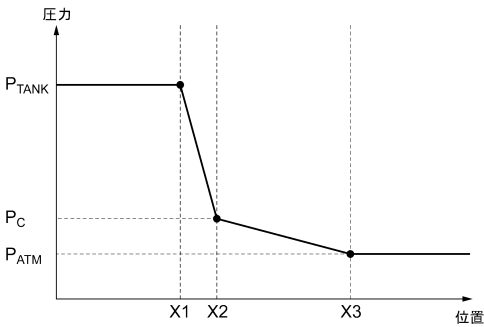
【図 1】



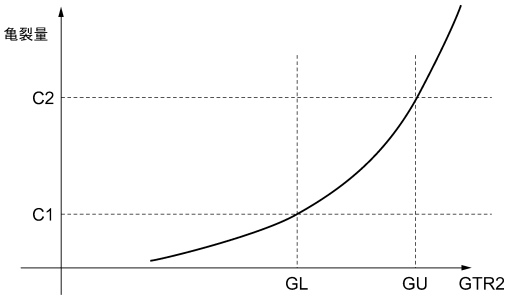
【図 3】



【図 2】



【図 4】



フロントページの続き

合議体

審判長 平岩 正一

審判官 刈間 宏信

審判官 長清 吉範

(56)参考文献 特開2009-216133 (JP, A)
特開2007-85807 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F17C 13/02 F16J 12/00 F17C 1/06