

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

C 0 1 B 31/20

C 0 1 B 31/20

Z

B 0 1 J 19/00

B 0 1 J 19/00

B

審査請求 有 請求項の数1 書面 (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平10-76394

(71) 出願人 591159491

運輸省船舶技術研究所長

東京都三鷹市新川6丁目38番1号

(22) 出願日 平成10年(1998) 2月19日

(72) 発明者 綾 威雄

東京都貫井北町3丁目3番小金井住宅37-41

(72) 発明者 汐崎 浩毅

東京都多摩市貝取5-2-6-105

(72) 発明者 山根 健次

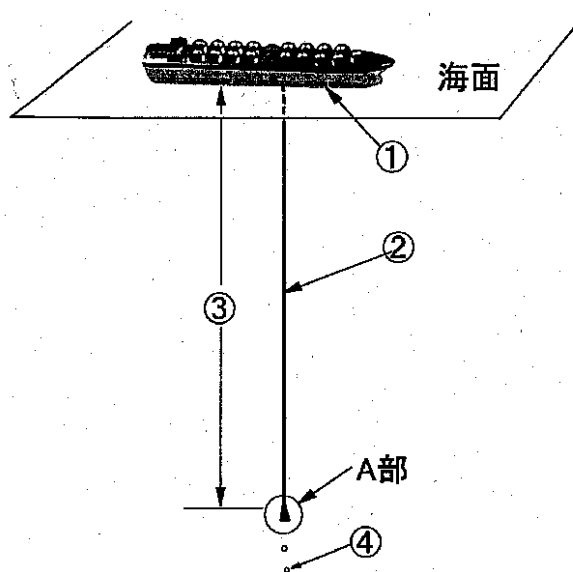
大阪府枚方市津田元町2丁目2番17号

(54) 【発明の名称】 自由沈降型液体二酸化炭素浅海投入システム

(57) 【要約】

【目的】二酸化炭素の深海貯留法は、二酸化炭素の大気からの隔離期間が海水の鉛直循環周期の2000年以上になることが期待できる有望な地球温暖化対策技術であるが、貯留可能な3500m以深に液体二酸化炭素を送り込まなければならないことが、二酸化炭素を中層に放出させる溶解法に比べて不利な点であると考えられてきた。本発明は、低温液体二酸化炭素は浅海でも海水より重くなることに着目し、低温二酸化炭素を大液泡として浅海に放出することにより貯留深度まで自由沈降させ、深海貯留を溶解法と同程度以下のコストで実現させることを目的としている。

【構成】 - 26 以下の低温二酸化炭素を直径0.7m以上の大液泡として深度500~750mの浅海に放出すると、5cm以上の厚みの氷層に被われる大液泡は、沈降とともに海水からの受熱により温度上昇するが、二酸化炭素が熱平衡状態で海水と同密度となる深度2750mに達するまで、沈降力を維持するための低温を保持でき、最終的には、貯留可能深度まで自由沈降する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 - 26 以下の低温二酸化炭素を限界直径 (0.7m) 以上の大液泡として深度 500 ~ 750 m の浅海に放出し、液体二酸化炭素が熱平衡状態で海水と等密度となる深度 2750m を通過するまで、二酸化炭素液泡の熱的非平衡性を保持させることにより、回収二酸化炭素を深海貯留が可能となる 3500m 以深まで自由沈降させる二酸化炭素浅海投入システム

【発明の詳細な説明】

【産業上の利用分野】

【0001】有望な地球温暖化対策技術として注目されている二酸化炭素の海洋処理法は、深度 1000 ~ 2000m の中層海域に溶解・拡散させる「溶解法」と 3500m 以深の深海底窪地に溜める「貯留法」とが考えられている。本発明は、二酸化炭素の海洋隔離期間が溶解法の 50 ~ 200 年よりはるかに長い 2000 年以上が期待できると貯留法に適用されると、その経済効果がよく発揮される。

【0002】

【従来の技術】液体二酸化炭素は、熱膨張率と圧縮率が海水の 10 倍以上と大きいため、熱平衡状態 (海水と同温度) では、深度 2750m 以浅で海水より軽く、それで深で重くなる。そのため、液体二酸化炭素が二酸化炭素飽和溶解海水より重くなるのが求められる貯留法の適用深度 3500m 以深に液体二酸化炭素を送り込むためには、少なくとも深度 2750m までパイプで送り込む必要があると考えられてきた。

【0003】一方、二酸化炭素は海水中では、深度 450 ~ 900m (深度の違いは海域によって海水温度が数度異なるため) 以深で、海水と反応しハイドレートを生成する。従来のハイドレート研究は、溶解しにくい天然ガスハイドレートを対象としてきたため、二酸化炭素ハイドレートも非溶解との期待が強く、二酸化炭素ハイドレートを二酸化炭素固定化のエースと考えられた時期もあった。しかし、水によく解ける二酸化炭素はハイドレートとなっても海水によく溶けることが申請者らの実験から明らかにされた。また、ハイドレートは液体二酸化炭素と海水との界面に厚さ数ミクロンの膜状として生成されるため、塊としての二酸化炭素ハイドレートを製造することは容易ではない。以上より、ハイドレート化による二酸化炭素の深海貯留は得策でない。

【0004】固体二酸化炭素 (ドライアイス) は全ての深度で海水より十分重いいため、ドライアイスの塊を海上から投げ込むと、一部は昇華または溶解するが、残りは深海底まで沈降し、やがて海水からの熱により液体となる。この方法による投入法も考えられるが、ドライアイスの製造時に大きな熱損失があるという問題がある。

【0005】

【発明が解決しようとしている課題】二酸化炭素タンカーから 2750m 以深まで下ろしたパイプで液体二酸化

炭素を送り込むという従来考えられてきた深海貯留法に対しては、送り込み管の長いことによる経済性の問題や長い送り込み管開発の技術上の問題が指摘されてきた。

【0006】従って、本発明で解決しようとしている課題は、従来の二酸化炭素深海送り込み法の経済性と技術上の問題を同時に解決することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】海水より重い低温液体二酸化炭素を液泡として浅海に放出すると、液泡は海中を沈降するが、回りの海水からの熱供給により平均温度は上昇を続け、やがて海水より軽くなり、上昇に転ずる。しかしながら、海水からの熱供給による液泡の平均温度の上昇は大きな液泡ほど小さくなることから、ある限界径以上の低温二酸化炭素液泡は、浅海に放出されても、等密度深度の 2700m を無事通過し、3500m 以深の貯留深度に達することができる。

【0008】氷点下の低温二酸化炭素液泡は氷層で被われるため、下記の実施例に示される液泡沈降過程の解析には、氷層による浮力効果を考慮した。

【0009】氷層と低温二酸化炭素液泡との境界面には、海水より重いハイドレート膜が生成されるが、厚みが数ミクロンと極めて薄いため、液泡全体への密度効果は無視できる。

【0010】大液泡が沈降途中で分裂することが懸念されるが、液泡を被う氷層は、既存の熱伝達式 (甲藤好郎著: 伝熱概論 [養賢堂 1966 年] 153 頁) を使えば、放出温度 - 26、液泡径 0.7m の場合、5cm を越える厚みとなり、分裂を起こさせない強度を有している。

【0011】

【作用】第 1 図は、低温二酸化炭素の大液泡が、深度 750m 程度の浅海に放出された場合に、自由沈降して行く様子を示している。二酸化炭素タンカー①で輸送される二酸化炭素は、現在行われている陸上輸送と同様、-40、1MPa に保たれる。-40 の液体二酸化炭素は、海水より十分重いいため、二酸化炭素送り込み管②内を無動力で沈降し、放出深度 750m③に達する。放出ノズル (A 部) で形成される低温二酸化炭素の大液泡が④のように海中を自由沈降する。

【0012】第 2 図は、放出ノズル例を示している。二酸化炭素タンカーから送り込まれる低温液体二酸化炭素は、放出ノズルのフード⑤内面で大気泡に成長し、所用寸法に達した二酸化炭素液泡が次々に自由沈降を繰り返す。

【0013】

【実施例】深度 2750m まで自由沈降する二酸化炭素液泡の直径の計算例を説明する。第 3 図は、深度 750m における密度差比 $[\quad / \quad]_{SEA} = (\text{二酸化炭素密度} / \text{海水密度}) - 1$ が 0.1 (-38) と 0.05 (-26) の場合に、液泡径 d をパラメータとして沈

降する液泡の密度差比がどのように変化するかを示したものであり、横軸は温度、縦軸は深度とそれに対応するゲージ圧力を示し、図中の多くの斜めの線は、二酸化炭素と海水の等密度比線 ρ_{CO_2} / ρ_{SEA} を表している。飽和線より下方において二酸化炭素は液体となる。C.P. は二酸化炭素の臨界点 (31.06, 7.383 MPa) である。鎖線は、北太平洋と北大西洋の鉛直温度分布を考慮した海水の密度比 (両海域で数度の温度差があるが、密度比にはほとんど差が現れない) を示している。従って、液泡の密度差比が、深度2750mで鎖線より左側にあれば、2750m以深で海水と温度平衡になっても、深海底まで沈降が続くことになる。

【0014】低温二酸化炭素液泡が海中を沈降する場合、液泡表面は直ちに氷で被われ、液泡からの冷熱供給を受けて氷の暑さが増す。沈降速度は、液泡平均温度と深度から定まる液泡と海水との密度差から氷層による浮力効果を差し引いた沈降力が沈降に伴う抗力とバランスすることから求められる。氷層厚みは、沈降速度と液泡径から定まる熱伝達率を基に計算される。第3図の二酸化炭素液泡の密度比は、このような仮定の下に計算された値である。

【0015】第3図から、深度750mで放出される二酸化炭素の密度比が0.05、つまり、放出温度が-26の時、液泡径が0.7m以上であれば、限界深度2750mまで自由沈降を続けることができるだけの熱的非平衡を確保できることが分かる。

* 【0016】そして、当然のことながら、放出時の二酸化炭素密度比が大きくなるほど、限界液泡径は小さくなる。従って、二酸化炭素をタンクローリーで陸上輸送する際の-40で放出する場合は、限界直径は0.7mより小さくなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】低温二酸化炭素大液泡浅海放出の概念を示す図である。

【符号の説明】

- 10 ① 二酸化炭素タンカー
- ② 二酸化炭素送り込み管
- ③ 放出深度(750m)
- ④ 自由沈降する低温二酸化炭素の大液泡

【図2】二酸化炭素大液泡を作るための放出ノズルの作用を示す図である。

【符号の説明】

- 20 ⑤ 放出ノズルフード
- ⑥ 成長中の低温二酸化炭素液泡

【図3】浅海放出された低温二酸化炭素液泡の沈降中密度比の計算例を示す図である。

【記号の説明】

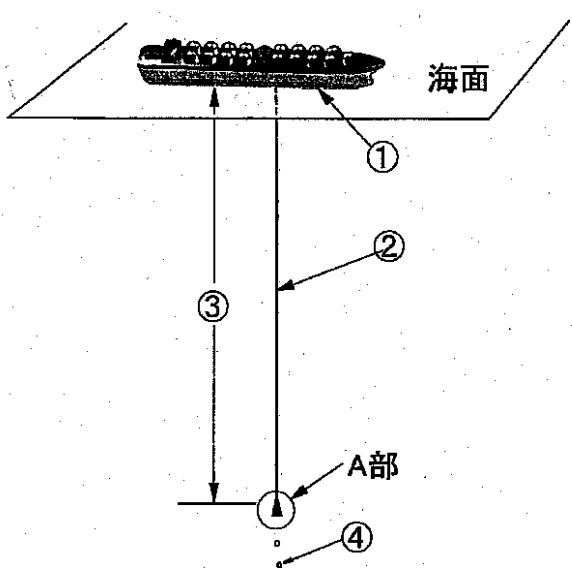
$$\text{密度差} = \text{二酸化炭素密度} - \text{海水密度}$$

$$\rho_{SEA} = \text{深度(圧力)と海水温度を考慮した海水密度}$$

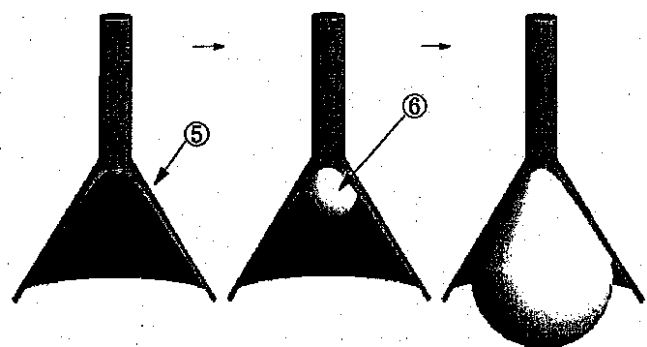
$$\rho_{H_2O} = \text{標準状態の清水密度}$$

C.P. 二酸化炭素の臨界点 (31.06, 7.383 MPa)

【図1】



【図2】



【図3】

