

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4973936号
(P4973936)

(45) 発行日 平成24年7月11日(2012.7.11)

(24) 登録日 平成24年4月20日(2012.4.20)

(51) Int. Cl.		F I		
B O 1 J	19/00	(2006.01)	B O 1 J	19/00 Z A B A
B O 1 F	3/04	(2006.01)	B O 1 F	3/04 B
B O 1 F	1/00	(2006.01)	B O 1 F	1/00 A
C O 1 B	31/20	(2006.01)	C O 1 B	31/20 Z

請求項の数 5 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2007-158771 (P2007-158771)	(73) 特許権者	502152403
(22) 出願日	平成19年6月15日(2007.6.15)		小出 仁
(65) 公開番号	特開2008-307483 (P2008-307483A)		東京都豊島区東池袋2-6-1 大塚台ハイツ602
(43) 公開日	平成20年12月25日(2008.12.25)	(73) 特許権者	592131906
審査請求日	平成22年6月9日(2010.6.9)		みずほ情報総研株式会社 東京都千代田区神田錦町二丁目3番地
		(74) 代理人	110000051 特許業務法人共生国際特許事務所
		(72) 発明者	小出 仁 東京都豊島区東池袋2-6-1 大塚台ハイツ602
		(72) 発明者	篠田 淳二 東京都千代田区神田錦町二丁目3番地 みずほ情報総研株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 二酸化炭素の地中貯留方法及びその地中貯留システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

深部帯水層の地下水を揚水井から地上に汲み上げて注入水を作る段階と、
前記注入水を前記深部帯水層にとどくように設けられた注入井に脈動発生装置のピストンの往復動により発生する周波数0.5～30Hzの脈動圧を加えて圧入する段階と、
前記注入井の上部の前記圧入された注入水に二酸化炭素を直径10～50μmに微細気泡化して混合または溶解させることにより気液混合流体を作る段階と、を備えたことを特徴とする二酸化炭素の地中貯留方法。

【請求項2】

前記気液混合流体に、注入井の底部に設置された起振装置によって振動エネルギーを加える段階がさらに設けられることを特徴とする請求項1に記載の二酸化炭素の地中貯留方法。

10

【請求項3】

深部帯水層の地下水を揚水井から汲み上げる汲上装置と、
汲み上げた前記地下水を注入水として、注入井に送り込む注入水圧入装置と、
前記注入水圧入装置と前記注入井の間に設けられ、前記注入水に脈動圧を加える周波数が0.5～30Hzの低周波脈動発生装置と、
二酸化炭素を貯蔵タンクから前記注入井に送り込む気体圧入装置と、
前記深部帯水層にとどくように設けられた前記注入井の上で、前記二酸化炭素を直径

20

10 ~ 50 μmに微細気泡化し、前記注入水に混合または溶解して気液混合流体を生成する微細気泡化装置と、を備えることを特徴とする二酸化炭素の地中貯留システム。

【請求項4】

前記微細気泡化装置は、前記二酸化炭素を斜め下方に噴射する噴射管を有し、回転する筒体で構成されることを特徴とする請求項3に記載の二酸化炭素の地中貯留システム。

【請求項5】

前記注入井の底部に、前記気液混合流体に振動エネルギーを加える起振装置がさらに備えられることを特徴とする請求項3に記載の二酸化炭素の地中貯留システム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発電所などのプラント施設から発生する排気ガス中の二酸化炭素の地中貯留に係り、より詳しくは、二酸化炭素の地中への浸透性や拡散性を向上させた二酸化炭素の地中貯留方法及びその地中貯留システムに関する。

【背景技術】

【0002】

地球温暖化対策として、日本は2008年～12年の温室ガスの平均排出量を1990年比で6%削減することが義務付けられている。この目標を達成することが急務であり、現行の温暖化対策を大幅に強化した「京都議定書目標達成計画」が策定され、部門別の温室効果ガス（二酸化炭素を主とする）の削減量が掲げられている。2010年度は90年度比で、発電所などのエネルギー転換部門は16.1%減、産業部門は8.6%減とし、一方、運輸部門は15.1%増、業務その他部門は15%増、家庭部門は6%増以下としている。しかし、日本では二酸化炭素削減効果が期待できる産業部門での省エネ化が進んでいるので、産業界での新たな削減方策として、排出された二酸化炭素の地中や海中の貯留が検討されている。

20

【0003】

温室効果ガスは、二酸化炭素、メタン、代替フロンなどがある。日本で排出される温室効果ガスは、9割以上が二酸化炭素である。米国、EUでは温室効果ガス削減の有力な手法として二酸化炭素の地中貯留に取り組んでいる。二酸化炭素をシール層やキャップロック層の下側に大量に封じ込めるものである。しかし、二酸化炭素を気体や超臨界流体のままに大量に連続して地下に注入すると、固まり状態（プリューム）になりやすく、浸透性や拡散性に問題がある。また、気体や超臨界流体の二酸化炭素は水より軽いから、シール層やキャップロック層に隙間があると、地上側に漏れ出してくる心配がある。隙間の無いシール層やキャップロック層を確実に備えるような貯留に適する地層が、プラント施設の近くにない場合もある。二酸化炭素を効率よく処理でき、地中での浸透性や拡散性がよく、完全無欠なシール層やキャップロック層を備えていない一般の地質環境でも地中で安全確実に固定される処理方法が望まれている。

30

40

【0004】

特許文献1の「製鉄所設備を用いた二酸化炭素分離回収システムの運用方法」には、製鉄所の副生ガスから二酸化炭素を分離回収するシステムが示されている。製鉄所で回収された二酸化炭素は、パイプなどの輸送手段で固定化設備へ供給され、固定化設備から地中帯水層への注入、枯渇ガス田への注入、または海洋貯留することによって固定化することが提案されている。特許文献2の「ガス液化沈降装置」は、高圧をかけて液化した二酸化炭素と海水を交互に圧送し深海に送り込むことが記載されている。

【特許文献1】特開2004-237167号公報

【特許文献2】特開2000-227085号公報

【発明の開示】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明の目的は、気泡による目詰まりを防止し地中での浸透性や拡散性を向上させ、二酸化炭素が地中の土粒子または岩石の隙間に安全確実に分散固定でき、二酸化炭素の気体を注入水に効率よく混合または溶解させることができる二酸化炭素の地中貯留方法及び地中貯留システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記の目的を達成するため、本発明による請求項1に記載の二酸化炭素の地中貯留方法は、深部帯水層の地下水を揚水井から地上に汲み上げて注入水を作る段階と、前記注入水を前記深部帯水層にとどくように設けられた注入井に脈動発生装置のピストンの往復動により発生する周波数0.5～30Hzの脈動圧を加えて圧入する段階と、前記注入井の上部の前記圧入された注入水に二酸化炭素を直径10～50μmに微細気泡化して混合または溶解させることにより気液混合流体を作る段階と、を備えることを特徴とする。

10

【0007】

請求項2は、請求項1記載の発明であって、前記気液混合流体に、注入井の底部に設置された起振装置によって振動エネルギーを加える段階がさらに設けられることを特徴とする。

【0008】

本発明による請求項3に記載の二酸化炭素の地中貯留システムは、深部帯水層の地下水を揚水井から汲み上げる汲上装置と、汲み上げた前記地下水を注入水として、注入井に送り込む注入水圧入装置と、前記注入水圧入装置と前記注入井の間に設けられ、前記注入水に脈動圧を加える周波数が0.5～30Hzの低周波脈動発生装置と、二酸化炭素を貯蔵タンクから前記注入井に送り込む気体圧入装置と、前記深部帯水層にとどくように設けられた前記注入井の上部で、前記二酸化炭素を直径10～50μmに微細気泡化し、前記注入水に混合または溶解して気液混合流体を生成する微細気泡化装置と、を備えることを特徴とする。

20

【0009】

請求項4は、請求項3記載の発明であって、前記微細気泡化装置は、前記二酸化炭素を斜め下方に噴射する噴射管を有し、回転する筒体で構成されることを特徴とする。

30

【0010】

請求項5は、請求項3の発明であって、前記注入井の底部に、前記気液混合流体に振動エネルギーを加える起振装置がさらに備えられることを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

請求項1の二酸化炭素地中貯留の処理方法によれば、深部帯水層から汲み上げた地下水に二酸化炭素を微細気泡化して混合または溶解させ、気泡を多く含む気液混合流体を生成したので、深部帯水層の広い範囲に極めて早く拡散させることができる。二酸化炭素の気泡は、土粒子または岩石の隙間に入り込みやすいので、そこでトラップされ安定して固定化される。貯留する地層の上部にキャップ層などの遮蔽層を必要としない。注入水に低周波の脈動圧を加えたので、気液混合流体の流動性が向上し、静止圧だけで気液混合流体を深部帯水層に送り込むのに比較して、早く注入できる。脈動圧は微細気泡による目詰まりを防止する。注入井内の上部で微細気泡化を行うので、例えば、水圧が高い注入井底部で微細気泡化を行う場合に比較して、気泡の生成が容易で、二酸化炭素の気泡を多く含むボイド率(一定の体積に占める微細気泡の容積率)の高い気液混合流体を作ることができる。

40

【0012】

請求項2によれば、注入井の底部に設置した起振装置によって気液混合流体に振動エネルギーが加えられる段階を設けたので、注入水に低周波の脈動圧と合わせて、気泡による目詰まりが防止され、気液混合流体を深部帯水層の広い範囲に拡散させることができる。

50

【 0 0 1 3 】

請求項 3 の二酸化炭素の地中貯留システムによれば、深部帯水層から汲み上げた地下水に、二酸化炭素を微細気泡化して混合または溶解させるので、多量の二酸化炭素を処理できる。このような気泡を多く含む気液混合流体は、土粒子または岩石の隙間への浸透性も良く、土粒子または岩石の鉱物と反応して例えば炭酸塩鉱物に変化するから二酸化炭素を地中に固定できる。注入水圧入装置と注入井の間に低周波脈動発生装置を設けたので、気液混合流体の流動性が向上され、気液混合流体を効率よく深部帯水層に圧入できる。注入井内の上部に設けられた微細気泡化装置は、注入井底部の水圧に抗して気泡を生成する場合に比較し、気泡の発生が容易である。微細気泡は注入井上部から底部に進むにしたがって、漸増する水圧で形状が小さくなり、土粒子または岩石の隙間に入り込み易い。

10

【 0 0 1 4 】

請求項 4 によれば、微細気泡化装置は、回転する筒体で構成されるから、注入水に旋回流を与えることができる。すなわち深部帯水層への気液混合流体の流れに依存しないで気泡の発生ができる。二酸化炭素を斜め下方に噴射する噴射管は、筒体とケーシング管の間の注入水の流速の早い個所に設けられるので、注入水と二酸化炭素の圧力差を大きくするので、二酸化炭素の噴射が促進され、微細気泡が多く生成され、ポイド率の大きな気液混合流体を生成することができる。

【 0 0 1 5 】

請求項 5 によれば、注入井の底部に起振装置を設置したので、気液混合流体に加えられた振動エネルギーによって気泡の目詰まりが防止され、深部帯水層の広い範囲に気液混合流体を拡散させることができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 6 】

以下、図面を参照して本発明による二酸化炭素の地中貯留方法及びその地中貯留システムを説明する。

【実施例】

【 0 0 1 7 】

図 1 は本発明による二酸化炭素の地中貯留システムの構成図である。二酸化炭素の貯留システム 1 0 0 は、深部帯水層 5 0 に達する揚水井 2 0 から地下水 5 3 を汲み上げる汲上装置 1 と、深部帯水層 5 0 に到る注入井 2 1 に、汲み上げた地下水 5 3 を注入水 5 4 として送り込む注入水圧入装置 2 と、注入水圧入装置 2 と注入井 2 1 の間に設けられ、注入水 5 4 に脈動圧を加える低周波脈動発生装置 3 と、外部のプラント施設 3 0 の排気ガスなどから分離回収した二酸化炭素 5 5 を注入井 2 1 に送り込む気体圧入装置 4 と、注入井 2 1 内の上部に設けられ、二酸化炭素 5 5 を微細気泡化し、注入水 5 4 に混合して気液混合流体 5 6 を生成する微細気泡化装置 5 と、を備える。プラント施設 3 0 は、具体的には火力発電所、ごみ焼却施設、石油精製施設、セメント施設などがある。

30

【 0 0 1 8 】

深部帯水層 5 0 は、細かい砂層などからなり水資源には向かない塩水で飽和された層のことで、5 0 0 ~ 1 2 0 0 m の深度での二酸化炭素の注入利用が考えられる。二酸化炭素 5 5 は、注入井 2 1 内の上部で微細気泡化され一部は注入水 5 4 に溶け、一部は溶けずに気泡のまま気液混合流体 5 6 となり、深部帯水層 5 0 に圧入される。なお、地盤表面 5 8 から深部帯水層 5 0 に至るまでには多数の層があるが図示を省略している。

40

【 0 0 1 9 】

二酸化炭素 5 5 は、微細気泡化して注入水 5 4 に混合または溶解させれば、深部帯水層に広く拡散させることができる。微細気泡 3 4 は、地下水 5 3 との接触面積が格段に大きいので、二酸化炭素の溶解速度は、気体や超臨界流体の固まりとして地中に存在している場合より数 1 0 0 ~ 数 1 0 0 0 倍も早い。加えて、微細気泡 3 4 が土粒子または岩石の隙間に入り込むことで二酸化炭素が固定されるから、確実なシール層や不透水層が上方に存在しない一般の深部帯水層でも有効である。なお、1 気圧、2 5 の二酸化炭素の重さは、 $1.8 \text{ kg} / \text{m}^3$ であるから、例えば、二酸化炭素が水 1 m^3 に $5 0 \text{ kg}$ 溶解すること

50

は、おおよそ1気圧25 の気体約28m³が1m³の地下水で固定化されることである。

【0020】

ここで二酸化炭素の固定は、つぎのようなプロセスでおきる。微細泡状で土粒子または岩石の微小な間隙に分散注入された二酸化炭素は、岩石鉱物の表面に吸着される場合や、毛細管効果により岩石中の残留ガスとしてトラップされるが、周囲の地下水に次第に溶解する。溶解した二酸化炭素は地下水中に豊富に含まれる各種イオンや周囲の鉱物と反応し、例えば、 $2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{CaSiO}_3 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- + \text{H}_4\text{SiO}_4$ (1)式のようにイオン化して、地下水中でより安定化する。さらに、 $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (2)式という反応が起こり、 CO_2 の半分は(1)式に戻るが、 CaCO_3 は炭酸塩化合物であるから、二酸化炭素はほぼ永久的に固定化される。

10

【0021】

汲上装置1は、内管6と外管7からなる二重管8の揚水井20、揚水ポンプ9、ジェット吸引部10、集水タンク11等からなる。地下水53を汲み上げるため、揚水ポンプ9で加圧水57を内管6に送り込み、ジェット吸引部10で地下水53を汲み上げ、注入水54として集水タンク11に蓄える。ジェット吸引部10は、加圧水57の流速を早めて負圧を作り出し、地下水53を吸い込む。揚水ポンプ9に投入する水は、集水タンク11に蓄えられた地下水を循環して再利用してもよい。

【0022】

20

注入水圧入装置2は、注入井21に注入水54を圧送するための圧入ポンプ12、圧力流量調整弁13などからなる。圧力流量調整弁13は、圧入ポンプ12の注入水54の圧入の抵抗が一定値を超えるような場合に、弁を開いて注入水54を集水タンク11に戻すものである。揚水井20と注入井21の間の距離は、通常500m~1km離されるので、集水タンク11とは別にパイプラインで結んだ注水タンクを設け、注入水圧入装置2に組み入れてもよい。

【0023】

深部帯水層から汲み上げた地下水は、かん水と呼ばれ、注入水として好ましい。かん水は、電解質イオンを多量に含むから、微細な気泡の消滅を抑制する作用がある。かん水は、海水の三分の一以上の塩分濃度があり、生活に利用できないので地域の理解を得やすい。かん水のある帯水層は、新生代の第三~四紀の堆積盆の地層構造に広く分布している。かん水は、電解質イオンがその濃度に比例して気体の溶解度を低下させる(Salting out現象)から、微細気泡34の逸散を防止して微細気泡34を高密度に生成できる。

30

【0024】

低周波脈動発生装置3は、コントローラ14、脈動発生器15からなる。コントローラ14は、脈動圧の周期、大きさを指定することができる。脈動圧は低周波で、具体的には0.5Hz~30Hzである。脈動圧は低周波なので注入井21の底部まで伝わる。脈動圧は、気液混合流体56の流動性を高めるので、静的圧力だけで圧入するよりも効率がよい。

40

【0025】

プラント施設30は、一例として燃焼炉16の排気ガスに含まれる二酸化炭素の分離回収装置17を含む。化学吸収法によれば、二酸化炭素の濃度を99%以上に濃縮することができるが、本微細気泡注入方式では二酸化炭素はもっと低くても注入に利用できる。回収した二酸化炭素を一時的に蓄えるタンクを設けてもよい。なお、大きな火力発電所では、年間200~300万トンの二酸化炭素が排出される。

【0026】

気体圧入装置4は、貯蔵タンク24及びコンプレッサ22などで構成される。なお、図示しないが、圧力調整弁、流量計、圧力計が取り付けられる。二酸化炭素55は、パイプラインあるいはタンクローリ18の輸送手段で貯蔵タンク24まで送られるが、プラント

50

施設 30 と注入井 21 との輸送距離および年間の地中貯留量による経済性を勘案して選択する。タンクローリー 18 で二酸化炭素を運ぶ場合、二酸化炭素 55 は高圧がかけられ液化された状態で運搬される。この場合、二酸化炭素 55 は、液体から気体に戻されるので体積が数百倍に増える。

【 0027 】

微細気泡化装置 5 は、注入井 21 内の上部に設けられ、二酸化炭素 55 を微細気泡化し、注入水 54 に混合して気液混合流体 56 を生成する。微細気泡化装置 5 は、挿入管 26 に連結され、地上側の高速回転する回転駆動装置 31 で回転される。ケーシング管 25 と挿入管 26 の間に注入水 54 が圧入され、挿入管 26 には二酸化炭素 55 が圧入される。微細気泡化装置 5 で微細気泡 34 が生成され、気液混合流体 56 となって、ケーシング管 6 の底部側面のスリット 35 から、深部帯水層 50 に送り込まれる。

10

【 0028 】

微細気泡 34 は、注入井 21 底部に向かって移動する間に、水圧が高くなっていくことにより気泡体積が漸減し、気泡生成時よりもさらに微細な気泡となる。より詳細には、微細気泡 34 は、注入井 21 の底部に移動する間に、圧力と温度の条件や二酸化炭素 55 のガス純度により、気泡、液滴、あるいは超臨界流体泡へと相変化する。本発明は、このような微細な気泡の相変化を含むものである。注入井 21 の位置や注入深度は、深部帯水層 50 のサイト条件（地質構造、地圧、地熱温度）を踏まえて、気泡の相変化も考慮して決めることができる。

【 0029 】

図 2 は、揚水井の二重管の断面図である。ジェット吸引部 10 は、内管 6 からの加圧水 57 の流速を早めるため逆漏斗型としている。逆漏斗型の内部は負圧となるので地下水 53 が吸い込まれる。吸い込まれた地下水 53 は、内管 6 と外管 7 の間を上昇する。

20

【 0030 】

図 3 は、詳細な微細気泡化装置の断面図である。微細気泡化装置 5 は、斜め下方に噴射する噴射管 41 を側面に有し、回転駆動装置 31 によって回転する挿入管 26 に連結された筒体 40 からなる。注入水 54 は、筒体 40 とケーシング管 25 の狭い流路を通過するので流速が速められる。流速が速ければ圧力がその分低くなるので、二酸化炭素 55 が微細気泡 34 として引出し易い。生成された気液混合流体 56 は、筒体 40 の高速回転（例として 500 ~ 3000 rpm）に引きずられて回転され、噴射管 41 で細分化される。そのため微細気泡 34 の径は 10 μm ~ 50 μm と小さく、水中で消滅せずに長い時間滞留する。

30

【 0031 】

気液混合流体 56 のポイド率は 30 ~ 50 % 程度にできる。例えば、年間 10 万トンの二酸化炭素を深部帯水層に微細気泡として地中貯留するには、約 300 トン/日の二酸化炭素を汲み上げた地下水に混入させることになる。1日当たりの地下水の汲み上げ水量は、対象とする堆積盆の地質構造などにもよるが、実績では、孔隙率が 30 ~ 40 % の地質構造の深部帯水層から地下水を平均的に 1100 m^3 /日汲み出せる。微細気泡内の二酸化炭素は高圧になるため密度が高くなり、また溶解も考慮すれば、圧力温度等の条件が良好であれば、1100 m^3 の水に二酸化炭素 300 トンを微細気泡の状態に混合注入できる。

40

【 0032 】

揚水井から汲み上げた 1100 m^3 /日の地下水に、約 300 トン/日の二酸化炭素を微細気泡化して混入させれば、たとえば深度 1000 m 程度の深部帯水層に年間 10 万トンの二酸化炭素を地中貯留することができる。世界の深部帯水層は、少なくとも 2 兆トンから 3 兆トンの二酸化炭素を地中貯留できると評価されるので、地球温暖化対策として十分な貯留ポテンシャルがある。

【 0033 】

高いポイド率の気液混合流体 56 を地層の隙間に送り込む際に、微細気泡 34 による閉塞トラブルに陥りやすい。この対処法としては、地層の隙間空間を脈動させ、微細気泡 3

50

4を規則的に縮小や移動をさせながら注入する脈動化注入が有効である。脈動化注入により円滑に注入処理するための必須条件は、気泡径を $50\mu\text{m}$ (0.05mm)以下の微細気泡34を大量に生成することであり、ミリバブルが多いと、脈動化注入しても閉塞トラブルを回避できない。

【0034】

図4は、低周波脈動発生装置3の構成図である。コントローラ14は、例としてモータ27と油圧シリンダ28で構成される。モータ27が回転すると油圧シリンダ28のピストンが動き、グラフG1に示すような一定周期の油圧がかかる。この油圧で脈動発生器15のゴム管29の径を伸縮させる。油圧の大きさは油圧シリンダ28の出口に電磁弁を設けて圧力を逃がすことで制御できる。モータ27の回転を 1200rpm とすれば、周期は1秒間に20回(20Hz)となる。グラフG2に示すように、圧入ポンプ12を出した注入水54の圧力は、脈動圧が加えられて、注入水54はグラフG3に示すような圧力となる。なお、低周波脈動発生装置3の上流側に、高負荷状態で圧力が伝達されないように逆止弁が設けられてもよい。脈動圧の振幅は、例として、注入水54の水圧を P とすると、脈動後の水圧 P_d は、振幅の係数を 0.5 とし、 $(P - 0.5P) < P_d < (P + 0.5P)$ とすることができる。 P は、約 $1\sim 3\text{MPa}$ ($=$ 約 $10\sim 30\text{kg/cm}^2$)以上が望ましい。

【0035】

通常、脈動圧の周波数は $0.5\sim 30\text{Hz}$ とされる。ここでは気液混合流体であることも考慮するなら $0.5\sim 10\text{Hz}$ が望ましい。例えば、気泡径 1mm の気泡の固有振動数 f_0 は約 3kHz であり、気泡径が微細になるほど 3kHz より高い周波数の固有振動数をもつ。気泡の固有周波数 f_0 より大きい高周波領域では、脈動圧の圧力波が気泡群を透過できずにその先まで伝わらない波のカットオフ現象が生じる。一方、周波数が 10Hz を超えると気泡群を透過する圧力波のエネルギーが急激に低下する。従って、本システムでの脈動圧の周波数は、脈動波の透過力が強い 10Hz 以下とした。なお、圧力波が気泡に到達後、圧力波の伝搬速度が遅くなる現象は、圧力波の伝搬エネルギーが気泡の縮小化エネルギーに転化されることによる。

【0036】

図5は、注入井での注入水と気体である二酸化炭素の圧力関係図である。微細気泡化装置5の深度 L_1 は、挿入管26と一体化して回転させても構造上問題のない深度とすべきであり、 $5\sim 50\text{m}$ が好ましい。深度 L_1 での注入水54の水圧を P_1 とする。また、注入井21の底部のスリット35までの深度を L_0 とする。さらに、深度を L_0 での水圧を P_0 とする。気液混合流体56の場合、微細気泡34による水圧減少(P_c)があるから、その分(P_c)は、注入水54を加圧する。すなわち、注入水54の注入圧力が $P_d + P_c$ とする必要がある。この圧力から圧入ポンプ12の吐出圧が決められる。 P_d については、静的な加圧状態での注入試験を現地で実施し、注入井21の底部スリット35付近の水圧測定を行い、微細気泡34の生成量の変化に伴う水圧減少のキャリブレーションにより把握する。静的加圧の場合でも、注入試験で求めたキャリブレーション値の P_d には、微細気泡34の浮力の影響のほかに微細気泡34に吸収される静的な加圧エネルギーの減少分も含まれている。気体の二酸化炭素55は、 L_1 での注入水54の圧力が $P_1 + P_d + P_c$ となるので、これより大きな値となるよう $P_1 + P_d + P_c + C$ とする。 C は、約 $1\sim 3\text{MPa}$ ($=$ 約 $10\sim 30\text{kg/cm}^2$)とした。

【0037】

図6は、注入井21の底部に起振装置が設置された場合の構成図である。起振装置49は、収納箱52に収納された起振器51、コイル60、反力板62、磁石59からなる。起振装置49は、注入井21のケーシング管25の底部に固められた 1m 程度の高さのコンクリート48の上に、3本の吊り下げワイヤ47で降ろして設置する。吊り下げワイヤ47に固定された電源コード46によって電源が送られる。磁石59を磁化してコンクリート48の打設時に設けたアンカー付き埋め込みの鉄板61に結合させる。磁石59の磁力を遠隔制御で消すことにより、起振装置49を地上に回収できる。ケーシング管25に

10

20

30

40

50

は、水圧計 4 2、温度計 4 3、電気伝導率計 4 4 が、深度に応じて配置される。A - A 断面、B - B 断面におけるこれら計測器の配置例を図 6 右側に示す。

【 0 0 3 8 】

微細気泡 3 4 は完全には液滴に相変化しないから、脈動化注入は不可欠である。地上側の低周波脈動発生装置 3 のみでは脈動化注入の効果が得にくい場合、スリット 3 5 の近くの注入井 2 1 の底部に起振装置 4 9 を設置する。気液混合流体 5 6 に、運動エネルギーを起振装置 4 9 から与え、注入の際の微細気泡 3 4 の閉塞を防ぐ補助的設備として併用する。スリット 3 5 付近に設けた水圧計データによる脈動化水圧の挙動を確認しながら起振器 5 1 の起振力を調整する。起振器 5 1 は、比較的浅い地質構造を弾性波探査する際に使用される可変周波数型の電磁式バイブレーターでよく、高圧防水の収納箱 5 2 に内蔵される。収納箱 5 2 は複数本の耐腐食性のコイル 6 0 で支えられており、コイル 6 0 の下端側は電磁波の遮断性能が高い材質の反力板 6 2 に固定されており、反力板 6 2 と強力な磁力を発生させる磁石 5 9 とは一体化構造になっている。

10

【 0 0 3 9 】

注入井 2 1 内で二酸化炭素の微細気泡 3 4 が注入水に溶解した量の把握は、あらかじめ注入井 2 1 に注入する前の地下水について、新たに溶解する二酸化炭素重量と電気伝導率との関係をキャリブレーションにより求めておき、電気伝導率計 4 4 で測定した電気伝導率に対して、キャリブレーション結果を用いて二酸化炭素の溶解量を推定する。

【 0 0 4 0 】

図 7 は、二酸化炭素の地中貯留方法のフローチャートである。符号 S 7 0 ~ S 7 4 は各段階を示す。S 7 0 は深部帯水層から地下水を汲み上げる段階である。S 7 1 は注入水を深部帯水層にとどく注入井に脈動圧を加えて圧入する段階である。S 7 2 は、注入井の上部で、圧入された注入水に二酸化炭素を微細気泡化して混合し、気液混合流体を作る段階である。S 7 3 は、気泡による閉塞が発生するかを判定する段階である。S 7 4 は、S 7 3 で閉塞が発生している場合、注入井の底部に起振装置を設置して振動エネルギーを気液混合流体に与え、微細気泡の移動を活発化させる段階である。

20

【産業上の利用可能性】

【 0 0 4 1 】

本発明は、二酸化炭素の他の地球温暖化ガスの地中貯留に好適である。また、二酸化炭素を圧入して原油を取り出す E O R (原油増進回収法) にも適用できる。

30

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 2 】

【図 1】二酸化炭素の地中貯留システムの構成図である。(実施例 1)

【図 2】揚水井の二重管の断面図である。(実施例 1)

【図 3】微細気泡化装置の断面図である。(実施例 1)

【図 4】低周波脈動発生装置の構成図である(実施例 1)

【図 5】注入井での注入水と二酸化炭素の圧力関係図である。(実施例 1)

【図 6】注入井に起振装置が設置された場合の構成図である。(実施例 1)

【図 7】二酸化炭素の地中貯留方法のフローチャートである。(実施例 1)

【符号の説明】

40

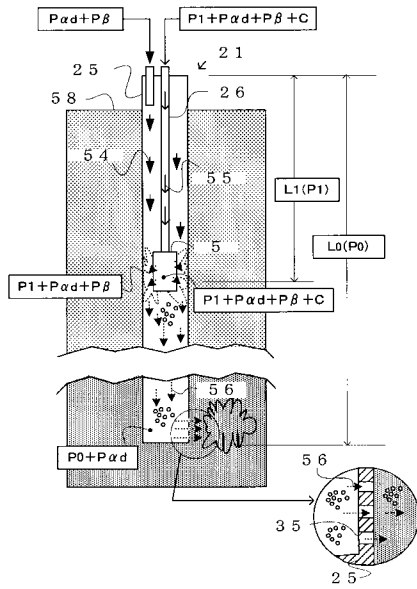
【 0 0 4 3 】

- 1 汲上装置
- 2 注入水圧入装置
- 3 注入水用の低周波脈動発生装置
- 4 気体圧入装置
- 5 微細気泡化装置
- 6 内管
- 7 外管
- 8 二重管
- 9 揚水ポンプ

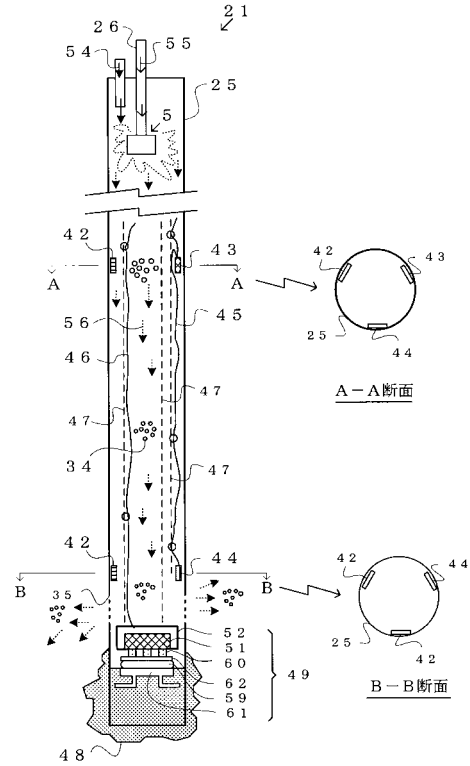
50

1 0	ジェット吸引部	
1 1	集水タンク	
1 2	圧入ポンプ	
1 3	圧力流量調整弁	
1 4	コントローラ	
1 5	脈動発生器	
1 6	燃焼炉	
1 7	分離回収装置	
1 8	タンクローリ	
2 0	揚水井	10
2 1	注入井	
2 2	コンプレッサ	
2 4	二酸化炭素の貯蔵タンク	
2 5	ケーシング管	
2 6	挿入管	
2 7	モータ	
2 8	油圧シリンダ	
2 9	ゴム管	
3 0	プラント施設	
3 1	回転駆動装置	20
3 4	微細気泡	
3 5	スリット	
4 0	筒体	
4 1	噴射管	
4 2	水圧計	
4 3	温度計	
4 4	電気伝導率計	
4 5	計測コード	
4 6	電源コード	
4 7	吊り下げワイヤ	30
4 8	コンクリート	
4 9	起振装置	
5 0	深部帯水層	
5 1	起振器	
5 2	収納箱	
5 3	地下水	
5 4	注入水	
5 5	二酸化炭素	
5 6	気液混合流体	
5 7	加圧水	40
5 8	地盤表面	
5 9	磁石	
6 0	コイル	
6 1	鉄板	
6 2	反力板	
S 7 0 ~ S 7 4	二酸化炭素の地中貯留方法の各段階	
1 0 0	二酸化炭素貯留システム	

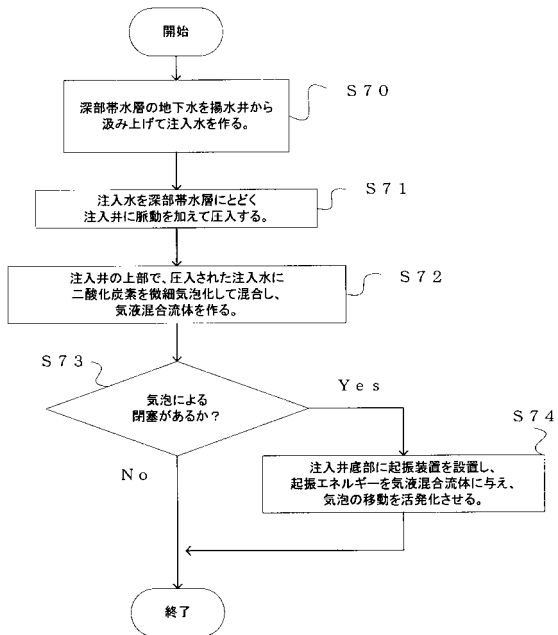
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

審査官 北村 龍平

- (56)参考文献 特開平06 - 170215 (JP, A)
特開2001 - 129577 (JP, A)
特開平03 - 258340 (JP, A)
特開平02 - 243804 (JP, A)
特開平06 - 086921 (JP, A)
特開2006 - 167175 (JP, A)
特開2002 - 079290 (JP, A)
特開2001 - 058195 (JP, A)
特開2004 - 050167 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B01J 19/00