

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-14830  
(P2008-14830A)

(43) 公開日 平成20年1月24日(2008.1.24)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 V 1/38 (2006.01)	GO 1 V 1/38	
GO 1 V 1/00 (2006.01)	GO 1 V 1/00	C

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2006-187073 (P2006-187073)	(71) 出願人	000005902 三井造船株式会社 東京都中央区築地5丁目6番4号
(22) 出願日	平成18年7月6日(2006.7.6)	(74) 代理人	100066865 弁理士 小川 信一
		(74) 代理人	100066854 弁理士 野口 賢照
		(74) 代理人	100068685 弁理士 斎下 和彦
		(72) 発明者	竹田 博 岡山県玉野市玉3丁目1番1号 三井造船株式会社玉野事業所内
		(72) 発明者	星島 一輝 岡山県玉野市玉3丁目1番1号 三井造船株式会社玉野事業所内

最終頁に続く

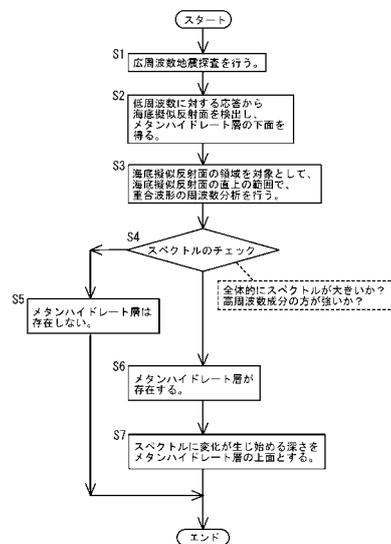
(54) 【発明の名称】 ハイドレートの存在領域探索方法及び探索システム

(57) 【要約】

【課題】 海底疑似反射面が存在する海底の地層において、メタンハイドレート存在領域を探索できるハイドレートの存在領域探索方法及び探索システムを提供する。

【解決手段】 広周波数帯域を有する震源を用いた地震探査の計測結果から低周波数帯域を用いて海底の地層構造図を作成し、この地層構造図から特定された海底疑似反射面の場所において、海底疑似反射面より上方の計測結果の信号のスペクトルを求め、探索の全周波数に渡ってスペクトルが大きく、かつ、高周波数帯域のスペクトル強度が低周波数帯域のスペクトル強度より大きい部位を抽出し、抽出部位が無ければハイドレートは存在しないと判定し、抽出部位があればこの抽出部位にハイドレートが存在すると判定する。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

反射法地震探査方法によって海底下のハイドレードを探査するためのハイドレードの存在領域探査方法であり、広周波数帯域を有する震源を用いて地震探査を行うステップと、該地震探査の計測結果から低周波数帯域を用いて海底の地層構造図を作成し、該地層構造図から海底疑似反射面の存在領域を特定するステップと、該海底疑似反射面が存在する場所において、広周波数帯域におけるスペクトルを求めるステップと、前記スペクトルにおいて、探査の全周波数に渡ってスペクトルが大きく、かつ、高周波数帯域のスペクトル強度が低周波数帯域のスペクトル強度より大きい部位を抽出するステップと、前記抽出部位が無ければ、ハイドレードは存在しないと判断するステップと、前記抽出部位があれば該抽出部位にハイドレードが存在すると判断するステップとを有してなることを特徴とするハイドレードの存在領域探査方法。 10

**【請求項 2】**

前記スペクトルを求める際に、共通反射点重合法を用いることを特徴とする請求項 1 記載のハイドレードの存在領域探査方法。

**【請求項 3】**

前記スペクトルを深さ方向に移動させる解析窓毎に求め、スペクトルにおいて前記抽出部位が生じ始める解析窓がある深さをハイドレード層の上面とするステップと、前記海底疑似反射面をハイドレード層の下面とするステップとを有してなることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のハイドレードの存在領域探査方法。 20

**【請求項 4】**

反射法地震探査方法によって海底下のハイドレードを探査するためのハイドレードの存在領域探査システムであり、広周波数帯域を有する音波を送信する震源となる送波器と、該送波器が発信した音波の地層からの反射波を受信する受信器と、該受信器で受信した反射波の信号を解析する解析手段とを有し、該解析手段が、地震探査の計測結果の低周波数帯域を用いて作成した海底の地層構造図から海底疑似反射面の存在領域を特定すると共に、該海底疑似反射面が存在する場所において、地震探査の計測結果の広周波数帯域において求めたスペクトルが、探査の全周波数に渡って大きく、かつ、高周波数帯域のスペクトル強度が低周波数帯域のスペクトル強度より大きい部位を抽出し、前記抽出部位が無ければ、ハイドレードは存在しないと判断し、前記抽出部位があれば該抽出部位にハイドレードが存在すると判断することを特徴とするハイドレードの存在領域探査システム。 30

**【請求項 5】**

前記解析手段が、前記スペクトルを求める際に、共通反射点重合法を用いることを特徴とする請求項 4 記載のハイドレードの存在領域探査システム。

**【請求項 6】**

前記解析手段が、前記スペクトルを深さ方向に移動させる解析窓毎に求め、スペクトルにおいて前記抽出部位が生じ始める解析窓がある深さをハイドレード層の上面とし、前記海底疑似反射面をハイドレード層の下面とすることを特徴とする請求項 4 又は 5 記載のハイドレードの存在領域探査システム。

**【発明の詳細な説明】** 40**【技術分野】****【0001】**

本発明は、海底の地層内等にあるハイドレードの存在領域探査方法及び探査システムに関し、より詳細には、海底疑似反射面が存在する海底の地層において、ハイドレードの存在領域を検出できるハイドレードの存在領域探査方法及び探査システムに関する。

**【背景技術】****【0002】**

日本周辺の海底にはエネルギー資源となりうるメタンハイドレート等のハイドレートが相当量存在しており、これを有効利用することが望まれている。そのためには、これらのハイドレートの資源の探査が必要となる。 50

## 【0003】

この探査手段の一つに反射法地震探査がある。この反射法地震探査では、海面付近や海中や海底で、圧縮した空気を瞬時に海中に放出するエアガンや圧電素子や超磁歪合金等の振動源（送波器）で、振動（音波）を発生させ、海底面や海底下の地層の境界面等で反射して戻って来る音波を、ストリーマーとよばれるケーブルに間隔を設けて配置されたハイドロホン（受波器）で受信し、この受信記録、即ち、海底面下の地震探査記録に現れる物性が異なる地層同士の境界面を探り、地質構造を解析している。

## 【0004】

この音波は、海中を伝わり、海中を伝わった音波は海底面で反射して、ある程度の音波が受波器まで戻って来る。しかし、海底面の下地層まで入っていく音波もあり、この地層の中に入った音波は地層同士の境界面でも反射して受波器まで戻って来る。海底面下の地震探査記録では、物性が異なる地層同士の境界面は黒い線で現れ、この境界面は地質構造を示す。この反射してきた音波を使って探査をするので反射法地震探査と呼ぶ。

10

## 【0005】

海底面下、どの程度の深さまで音波が到達し、受波器に戻ってくるかは、使用する機器によって異なるが、石油探鉱のための地震探査では、海底面下10,000m程度までの記録をとることもある。なお、最近の石油探鉱地震探査では、ストリーマーケーブルも6,000m以上となったり、複数本のストリーマーケーブルを同時に曳航して調査する場合もある。このストリーマーケーブルを複数本を使用する場合には、立体的な地震探査記録を得ることができるので、3次元地震探査という。

20

## 【0006】

この反射法地震探査に関して、海上探査では、距離が長く音波が減衰するため、100Hz程度の低周波数を使用するので、反射波の分解能が低く高精度の地層探査が困難となるため、海底近傍を航走させる自律型無人航走体から振動波を発生し、この振動波を、この自律型無人航走体が曳航しているストリーマーケーブルにより受信する海底地層探査システムが提案されている（例えば、特許文献1参照。）。

## 【0007】

そして、特に、メタンハイドレートを対象とした反射法地震探査では、エアガン等を用いた低周波（例えば、100Hz）による探査でハイドレート層の存在を示唆する海底疑似反射面を確認できるが、深海曳航体などによる高周波（例えば、600Hz）による探査では明確に確認できない場合があり、また、海底疑似反射面（BSR: Bottom Simulated Reflector）の直上に、振幅が小さくなるブランキング現象が確認される等の特徴が知られている。

30

## 【0008】

この海底下のハイドレート等の存在量を推定するために、正確な資源量評価手法が要求されているが、従来の評価手法では、地震探査記録に現れる海底疑似反射面の直上にハイドレートが存在すると考えられており、地震探査記録に現れる海底疑似反射面を検出することにより、ハイドレート存在領域を特定している。つまり、ハイドレートの存在指標とされている海底疑似反射面の分布に基づいて、地震探査記録上に現れる海底疑似反射面をハイドレートの下限とし、また、上限は、検層データ、地震探査結果の解釈（ブランキング、砂岩層分布）、精密重力探査等から推定し、ハイドレート層の層厚推定を行っている。

40

## 【0009】

また、本発明者らは、特願2004-327728号において、300Hz～1KHzの高周波数で探査して得た地震探査記録上に現れる短い間隔での反射波群の内、その一番早い時間の反射波をハイドレート層の上限とすることにより、従来技術では探査できなかったハイドレート層の上面を決めて、ハイドレート層の層厚を計測できるハイドレート層の層厚推定方法を提案した。

## 【0010】

このハイドレート層の層厚推定方法では、薄いハイドレート層と薄い地層の互層構造を

50

対象としているため、薄層互層構造の場合には高周波数帯域において境界面からの反射波が明瞭に観測されるので極めて有効であるが、適用できる範囲が薄層互層構造に限定されるという問題がある。

【0011】

しかしながら、地震探査記録にはハイドレート層の上面からの明瞭な反射波が観測されない場合が多く、また、海底疑似反射面が存在する複数の地点において試掘したところ、海底疑似反射面が存在してもハイドレート層が存在しない場合もあることが明らかになってきた。このため、このような場合にも適用できる、より汎用的なハイドレートの存在領域探査方法の開発が望まれている。

【0012】

現状では、ハイドレート層の構造が解明されていないこともあり、有効な探査法は確立されていない。しかし、ハイドレート層を対象とした地震探査の結果から、低周波数の地震探査では海底疑似反射面が観測されるが、高周波数の地震探査では、海底疑似反射面が観測されず、また、どの周波数においてもハイドレート層の上面を特定できないことが分かっている。

【0013】

これらの結果から、本発明者は、次のような考察を行った。ハイドレート層が均質であれば、地層とハイドレート層内の音速が異なることからハイドレート層の上面から反射波が生じるが、反射波からハイドレート層の上面の検出ができないので、ハイドレート層は均質ではないと考えられる。

【0014】

また、低周波数の地震波により、ハイドレート層の下面に存在するフリー・ガス又は水からの反射波である海底疑似反射面を検出できるので、低周波数の地震波はハイドレート層からは大きな影響を受けないものと考えられる。また高周波数の地震波は、フリーガス層まで到達しないか、フリーガス層からの反射波が受信点まで到達していないので、ハイドレート層から影響を大きく受けるものと考えられる。

【0015】

そして、ハイドレート層が多数の散在する小ハイドレート塊で構成されていると仮定すると、低周波数の地震波はこれらのハイドレート塊では反射され難く、高周波数の地震波はこれらのハイドレート塊で反射され易いので、低周波数の地震波ではフリーガス層まで容易に到達できて、海底疑似反射面を観測することができるが、高周波数の地震波ではフリーガス層まで到達できず海底疑似反射面が観測できないということを説明できる。

【0016】

また、このハイドレート層の構成の場合には、高周波数の地震波を用いても、個々のハイドレート塊からの反射は微小であり、明瞭な反射波としては観測できないので、ハイドレート層の上面を特定するのは非常に難しいと考えられる。

【特許文献1】特開2003-19999号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

本発明は、上記の考察を基に、上記の問題を解決するためになされたものであり、その目的は、海底疑似反射面が存在する海底の地層において、ハイドレート存在領域を検出できるハイドレートの存在領域探査方法及び探査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】

【0018】

上記の目的を達成するための本発明のハイドレートの存在領域探査方法は、反射法地震探査方法によって海底下のハイドレートを探査するためのハイドレートの存在領域探査方法であり、広周波数帯域を有する震源を用いて地震探査を行うステップと、該地震探査の計測結果から低周波数帯域を用いて海底の地層構造図を作成し、該地層構造図から海底疑似反射面の存在領域を特定するステップと、該海底疑似反射面が存在する場所において、

10

20

30

40

50

広周波数帯域におけるスペクトルを求めるステップと、前記スペクトルにおいて、探査の全周波数に渡ってスペクトルが大きく、かつ、高周波数帯域のスペクトル強度が低周波数帯域のスペクトル強度より大きい部位を抽出するステップと、前記抽出部位が無ければ、メタンハイドレートは存在しないと判断するステップと、前記抽出部位があれば該抽出部位にメタンハイドレートが存在すると判断するステップとを有してなることを特徴とする。

#### 【0019】

この広周波数帯域とは、100Hz～800Hz、好ましくは100Hz～1000Hz程度の範囲内の周波数幅が700Hz～900Hzの周波数帯域のことを言い、低周波帯域とは、100Hz～200Hz程度の範囲に入る周波数帯域のことを言う。また、高周波帯域とは、低周波帯域よりも高い周波数帯域のことを言う。

10

#### 【0020】

また、海底疑似反射面とは、BSR (Bottom Simulated Reflector) とも呼ばれる、周辺の順序良く並んだ地層境界面を示す記録を無視して伸びる音波境界面のこと、海底面を示す記録にほぼ平行で、反射の性質が異なる(位相が逆転している)、反射の強度が強い(記録としては太い線として見える)もののことを言う。

#### 【0021】

このスペクトルは、高速フーリエ変換(FFT)法や最大エントロピー(MEM)法、ウェーブレット(WT)など任意の周波数分析法を適用して求めることができる。このスペクトルは、海底疑似反射面が存在する場所で、できるだけ広い範囲の周波数帯域のデータ、好ましくは計測した全ての周波数帯域のデータを用いて計算する。

20

#### 【0022】

また、探査の全周波数に渡ってスペクトルが大きいとは、周囲のハイドレートが存在しない領域におけるスペクトルと比較によって判断する。このハイドレートが存在しない領域は、ハイドレートが存在するための温度範囲、圧力範囲が分かっているため、ハイドレートが存在しないことは高い精度で判断できる。

#### 【0023】

また、上記のハイドレートの存在領域探査方法において、前記広周波数帯域におけるスペクトルを求める際に、共通反射点重合法を用いると、計算精度を高めることができる。この共通反射点重合法はCDP (Common Depth Point) 重合法とも呼ばれ、経路の異なる反射波をその共通反射点(CDP)位置での垂直走時に変換(NMO: Normal Move out 補正)して重合(加算)し、反射点が共通となる距離の異なる反射記録の到達時間を補正し足し合わせて、反射波を強調する方法である。

30

#### 【0024】

さらには、上記のハイドレートの存在領域探査方法において、前記スペクトルを深さ方向に移動させる解析窓毎に求め、スペクトルに変化が生じ始める解析窓がある深さをハイドレート層の上面とするステップと、前記海底疑似反射面をハイドレート層の下面とするステップとを有して構成すると、ハイドレート層の上下面を特定できるようになる。この切り出し部位である解析窓は、深さ、言い換えれば、反射波が受波器に到達する時間に関する窓であり、オーバーラップしても、連続しても、また、間隔があいていてもよい。

#### 【0025】

そして、上記の目的を達成するためのハイドレートの存在領域探査システムは、反射法地震探査方法によって海底下のハイドレートを探査するためのハイドレートの存在領域探査システムであり、広周波数帯域を有する音波を送信する震源となる送波器と、該送波器が発信した音波の地層からの反射波を受信する受信器と、該受信器で受信した反射波の信号を解析する解析手段とを有し、該解析手段が、地震探査の計測結果の低周波数帯域を用いて作成した海底の地層構造図から海底疑似反射面の存在領域を特定すると共に、該海底疑似反射面が存在する場所において、地震探査の計測結果の広周波数帯域において求めたスペクトルが、探査の全周波数に渡って大きく、かつ、高周波数帯域のスペクトル強度が低周波数帯域のスペクトル強度より大きい部位を抽出し、前記抽出部位が無ければ、ハイドレートは存在しないと判断し、前記抽出部位があれば該抽出部位にハイドレートが存在

40

50

すると判定するように構成される。

【0026】

また、上記のハイドレート層の存在領域探査システムにおいて、前記解析手段が、前記スペクトルを求める際に、共通反射点重合法を用いるように構成される。

【0027】

さらには、上記のハイドレート層の存在領域探査システムにおいて、前記解析手段が、前記スペクトルを深さ方向に移動させる解析窓毎に求め、スペクトルにおいて前記抽出部位が生じ始める解析窓がある深さをハイドレート層の上面とし、前記海底疑似反射面をハイドレート層の下面とするように構成される。

【0028】

これらのハイドレートの存在領域探査システムによれば、上記のハイドレートの存在領域探査方法を実施でき、同様の効果を奏することができる。

【発明の効果】

【0029】

本発明のハイドレートの存在領域探査方法及び探査システムによれば、ハイドレートの存在領域を海底地震探査により推定できるようになるので、コストの高い試掘を行う必要がなくなり、経済的にハイドレートを利用することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

以下図面を参照して本発明に係るハイドレートの存在領域探査方法及び探査システムの実施の形態について、自律型無人航走体を使用してメタンハイドレートを探索する場合を例にして説明する。

【0031】

最初に、このハイドレートの存在領域探査方法を実施するためのハイドレートの存在領域探査システムについて説明する。図1に示すように、この探査システムは、自律型無人航走体1と母船6と海底5に設置されたトランスポンダ4等から構成される。

【0032】

自律型無人航走体1は、その底部に可変周波数振動源(送波器)2を、船尾に送受信装置7をそれぞれ備え、また、船尾からストリーマケーブル3を曳航する。この可変周波数振動源2は、自律型無人航走体1の規模と動力源などの関係からエアガンを使用できないため、小型軽量で省電力型の圧電素子や超磁歪合金などで構成される。これらは、連続的に発信でき、また、波形などを電氣的に処理できる等のメリットがある。また、ストリーマケーブル3は、反射波を捉えるハイドロホン(受波器)、深度、方位、温度などを検出するセンサモジュール、データの伝送を行う伝送モジュール、自律型無人航走体1の振動をストリーマケーブル3に伝えないようにする振動制御モジュール、ストリーマケーブル3の姿勢制御を行うスタビライザモジュール等を備えて構成される。

【0033】

この自律型無人航走体1は、母船6によって探査海域まで運搬された後、海中に降ろされて、予め海底5に設置された複数のトランスポンダ4から発信される信号を受信しながら、また、船尾の送受信装置7と母船6の送受信器8により、交信したり相対位置を検出しながら、所定の海域を所定の水深で航走する。例えば、海底より数m~数百mの高さを保って航走する。

【0034】

この自律航走中に、自律型無人航走体1の底部の可変周波数振動源2から海底5に向けて振動波P1を発する。この振動波P1の反射波は、自律型無人航走体1によって曳航されているストリーマケーブル3のハイドロホンによって受信され、記録装置に記録される。この場合において、振動波P1が比較的高い周波数であっても、海底5の近傍から発射され、その反射波を海底近傍で曳航されているストリーマケーブル3のハイドロホンで受信するため高感度で反射波を受信できる。そのため、高い分解能を得ることができる。

【0035】

10

20

30

40

50

この地震探査後に、自律型無人航走体 1 を母船 6 に回収して、記録装置に記録されたデータを解析して地層構造等の解析を行う。これによって、振動波 P 1 による地震探査が行われる。

【0036】

なお、ここでは、このハイドレードの存在領域探査方法を実施するためのハイドレードの存在領域探査システムとして、自律型無人航走体を使用する反射法地震探査システムを例にしているが、その他の反射法地震探査システムとすることができ、所定の低周波と高周波による探査ができるシステムであればよい。

【0037】

このハイドレードの存在領域探査システムの解析装置（解析手段）は、データ収集部とデータ処理部で構成される。データ収集部はハイドロホンで受信したデータを記録装置に記録する部分であり、データ処理部は、地震探査処理部とハイドレード存在領域探査部で構成される。この地震探査処理部で地層の構造を描画し、メタンハイドレート層の下面と推定される海底疑似反射面の検出を行い、ハイドレード存在領域探査部では、メタンハイドレードの存否の判定と、メタンハイドレート層の上面を推定して、ハイドレード存在領域を特定するための処理を行う。

10

【0038】

このハイドレードの存在領域探査方法は、メタンハイドレードの探査においては、図 2 のフローに示すように、最初の S 1 ステップで、100 ~ 800 Hz 好ましくは 100 ~ 1000 Hz 程度の広周波数帯域の地震波を用いて、広周波数地震探査を行う。

20

【0039】

次の S 2 ステップで、この計測結果のデータにおいて、100 ~ 200 Hz の範囲に入るような低周波数に対する応答データから海底疑似反射面（BSR）を検出し、メタンハイドレート層の下面を得る。つまり、応答波形の 100 Hz 付近の低周波成分を用いて、通常地震探査処理により海底の地層構造図を描画し、この地層構造図から海底疑似反射面を探索し、検出した海底疑似反射面をメタンハイドレート層の下面とする。

【0040】

次の S 3 ステップで、海底疑似反射面の存在領域を対象として、海底疑似反射面の直上の範囲で、共通反射点（CDP）重合法等の重合法を用いて、経路の異なった反射波をその共通反射点位置での垂直走時に変換して重合（加算）し、この重合波形について周波数分析を行う。つまり、海底疑似反射面が検出された部位の上部において、広い範囲の、好ましくは、計測した全ての範囲の周波数帯域を用いて重合波形を計算し、この計算された重合波形の周波数分析を行う。

30

【0041】

この周波数分析は、図 3 に示すように、解析窓（時間窓）W を設けて、この解析窓の中にある信号の周波数分析を行い、一種のソナグラムを得る。この解析窓 W を縦軸の深さ方向（時間軸の時間方向）に移動させて、各深さにおけるスペクトルを得る。この解析窓 W はオーバーラップしても、連続しても、また、間隔があいていてもよく、要は深さ方向のスペクトルの変化の情報を得られればよい。また、この周波数分析においては、高速フーリエ変換法（FFT）、最大エントロピー法（MEM）、ウェーブレット（WT）などの任意の周波数分析法を適用することができ、これにより、周波数別の強度分布、あるいはエネルギー分布であるスペクトルを得る。

40

【0042】

次の S 4 ステップでは、スペクトルのチェックを行い、解析窓 W の移動に応じて順次得られるスペクトルの態様を検査し、全体的にスペクトルが大きいのか、低周波数成分よりも高周波数成分の方が強いのかを判定する。なお、メタンハイドレートの有無のみの判定であれば、海底疑似反射面より上のメタンハイドレートが存在しそうな範囲をカバーする大きな解析窓一つのスペクトラムでチェックしてもよい。

【0043】

この S 4 ステップの判定で、通常と比較してスペクトルが大きくなり、又は、図 4 に模

50

式的に示すように、低周波成分と比較して高周波成分のスペクトル値が大きくない場合には、S5ステップに行き、メタンハイドレートが存在しないものと判定する。これにより、探査を終了し、必要に応じて次の領域における探査を行う。

【0044】

また、このS4ステップの判定で、通常のスpektralと比較してspektralが大きく、かつ、図5に模式的に示すように、低周波成分と比較して高周波成分のspektral値が大きい場合には、S6ステップに行き、メタンハイドレートが存在するものと判定する。

【0045】

この通常のスpektralとは、海底疑似反射面よりもかなり上の領域や周囲のメタンハイドレートが存在しない領域におけるspektralのことである。このメタンハイドレートが存在可能かどうかは、メタンハイドレートが存在するための温度範囲、圧力範囲が分かっているため、これらのデータを併用することにより、高い精度で判定できる。また、実用上は、海底疑似反射面よりもかなり上の領域や周囲のメタンハイドレート層が存在しない領域におけるspektralとの比較によって判定する。

10

【0046】

なお、下記の地層モデルによるシミュレーションの結果から考えると、メタンハイドレートが存在しない領域と、メタンハイドレートが存在する領域で、模式的には、図4、図5のようなspektralが得られることが予想されるが、実際にはspektralは震源の周波数特性やその他の影響を受けて、曲線になり、その形態も状況に応じて変化すると考えられる。

20

【0047】

次のS7ステップに行き、深さ方向に移動させた解析窓W毎のspektralを比較して、spektralに変化が生じ始める深さをメタンハイドレート層の上面とする。この最初にメタンハイドレートが存在すると判定される深さから、海底疑似反射面までをメタンハイドレート存在領域とする。これにより、探査を終了し、必要に応じて次の領域における探査を行う。

【0048】

次に、多数の散在する微小なメタンハイドレートの塊で構成されるメタンハイドレート層を有する地層モデルに対する地震応答をシミュレーション計算により求めた結果を示す。図6にこのメタンハイドレート層15を有する地層モデル10を示し、図7にメタンハイドレートの小塊群の詳細を示す。また、比較のために、メタンハイドレート塊群を取り除いた地層モデルに対する地震応答も求めた。図8にこのメタンハイドレート塊群15を取り除いた地層モデル10Aを示す。

30

【0049】

これらの地層モデル10, 10Aでは、海水11の下に第1地層12とフリーガス層13と第2地層14を設け、地層モデル10では、このフリーガス層13の上に、メタンガスハイドレート塊群15を配置した。この地層モデル10は、実物大とし、幅390mで、水深320mの海水部分を含めた全深さが440mであり、第1地層12は厚さ55mなので、フリーガス層13は、厚さ5mで、第2地層14は厚さ60mとした。また、メタンハイドレート塊群15の小塊15aは、実際の寸法では上底の長さ1m、下底の長さ3m、高さ1mの台形形状のものに相当する寸法とした。そして、それぞれの層に対してそれぞれの層の物性値を与えている。また、メタンハイドレート内の音速は3000m/s(縦波)、1175m/s(横波)とした。

40

【0050】

この地震応答試験では、水深280mの送波点のトランスデューサ(送波器)16から音波を発信し、水深280mの受波点のハイドロホン(受波器)17で反射波を受信した。この送受波点を移動して、送波点と受波点との間の距離Dを50mから90mに変更しながら反射波を受信した。

【0051】

この地層モデル10, 10Aにおいては、地層の縦波速度を1800m/sと仮定する

50

と、1 mは1800 Hzの波長に相当することになる。また、100 Hzの波長は18 m、500 Hzの波長は3.6 m、1000 Hzの波長は1.8 mである。

【0052】

図9～図12に、それぞれ100 Hz、200 Hz、400 Hz、500 Hzにおける地震応答を示す。それぞれ、図の(a)はメタンハイドレートの塊15aがある場合を示し、図の(b)はメタンハイドレートの塊15aがない場合を示す。これらの図において、横軸は送受波点間の距離(オフセット)Dであり、縦軸は時刻tであり、深さに対応する。この時刻tは震源であるトランスデューサ16が音波を発生した時刻をゼロとして表示している。

【0053】

この図9～図12によると、主として反射波は2つ現れており、図中のAで示す反射波は、海底面からの反射波であり、Bで示す反射波はフリーガス層からの反射波であり、海底疑似反射面に相当する。図9からは、周波数が100 Hzの場合には、メタンハイドレートの塊15aの影響が小さく、メタンハイドレートの塊15aの有無による違いが殆ど無いことが分かる。一方、図10～図12に示すように周波数が高くなれば、海底疑似反射面に相当する反射が小さくなり、この海底疑似反射面の直前に微小な反射波が発生することが分かり、これらの変化は周波数が高くなるほど大きくなることも分かった。これらの地震応答結果は、従来知見とよく符合している。

【0054】

次に、図9～図12の計測データに対して、共通反射点(CDP: Common Depth Point)重合を行った結果を図13～図16に示す。図13では、重合波形においてもメタンハイドレートの塊15aの有無による違いが殆ど見られないが、図14では海底疑似反射面の強度が若干弱くなっており、矢印Cで示すように海底疑似反射面の前に微小な反射が見られる。この傾向は図15及び図16では強くなっている。

【0055】

上記の図9～図12に示した地震応答波形、及び、図13～図16に示した重合波形の検討から、多数散在するメタンハイドレートの小塊15aでメタンハイドレート層15が構成されている地層モデル10において、そのメタンハイドレート層15の探査に有効であることが確認され、本発明は、多数散在するメタンハイドレートの小塊15aで構成されたメタンハイドレート層15に対しては、有効なハイドレートの存在領域探査法となる

【図面の簡単な説明】

【0056】

【図1】反射法地震探査システムの構成を説明するための図である。

【図2】本発明に係わるハイドレート層の存在領域探査方法のフローを説明するための図である。

【図3】本発明に係わるメタンハイドレート層の存在領域探査方法の実施の形態を説明するための図である。

【図4】メタンハイドレート層が存在するときのスペクトルを模式的に示す図である。

【図5】メタンハイドレート層が存在しないときのスペクトルを模式的に示す図である。

【図6】メタンハイドレート層を有する地層モデルを示す図である。

【図7】メタンハイドレートの小塊群からなるメタンハイドレート層を示す図である。

【図8】メタンハイドレート層が無い地層モデルを示す図である。

【図9】周波数100 Hzの地震応答波形を示す図で、(a)はメタンハイドレート層ありの場合を示し、(b)はメタンハイドレート層無しの場合を示す。

【図10】周波数200 Hzの地震応答波形を示す図で、(a)はメタンハイドレート層ありの場合を示し、(b)はメタンハイドレート層無しの場合を示す。

【図11】周波数400 Hzの地震応答波形を示す図で、(a)はメタンハイドレート層ありの場合を示し、(b)はメタンハイドレート層無しの場合を示す。

【図12】周波数500 Hzの地震応答波形を示す図で、(a)はメタンハイドレート層

10

20

30

40

50

ありの場合を示し、(b)はメタンハイドレート層無しの場合を示す。

【図13】周波数100Hzの重合波形を示す図で、(a)はメタンハイドレート層ありの場合を示し、(b)はメタンハイドレート層無しの場合を示す。

【図14】周波数200Hzの重合波形を示す図で、(a)はメタンハイドレート層ありの場合を示し、(b)はメタンハイドレート層無しの場合を示す。

【図15】周波数400Hzの重合波形を示す図で、(a)はメタンハイドレート層ありの場合を示し、(b)はメタンハイドレート層無しの場合を示す。

【図16】周波数500Hzの重合波形を示す図で、(a)はメタンハイドレート層ありの場合を示し、(b)はメタンハイドレート層無しの場合を示す。

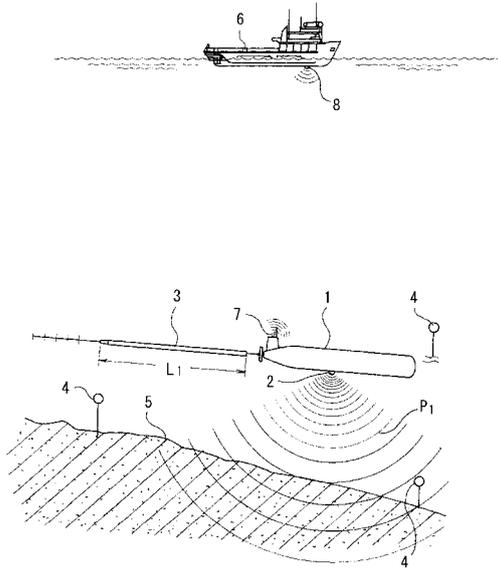
【符号の説明】

10

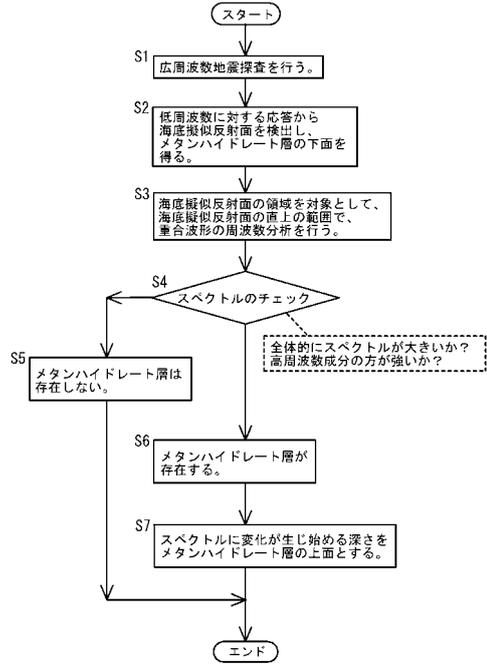
【0057】

- |     |                     |    |
|-----|---------------------|----|
| 1   | 自律型無人航走体            |    |
| 2   | 振動源(送波器)            |    |
| 3   | ストリーマケーブル           |    |
| 4   | トランスポンダ             |    |
| 5   | 海底                  |    |
| 6   | 母船                  |    |
| 7   | 送受信装置               |    |
| 8   | 送受信器                |    |
| 10  | メタンハイドレート層を有する地層モデル | 20 |
| 10A | メタンハイドレート層が無い地層モデル  |    |
| 11  | 海水                  |    |
| 12  | 第1地層                |    |
| 13  | フリーガス層              |    |
| 14  | 第2地層                |    |
| 15  | メタンハイドレート層          |    |
| 15a | メタンハイドレート小塊         |    |
| 15b | 地層                  |    |
| 16  | トランスデューサ(送波器)       |    |
| 17  | ハイドロホン(受波器)         | 30 |

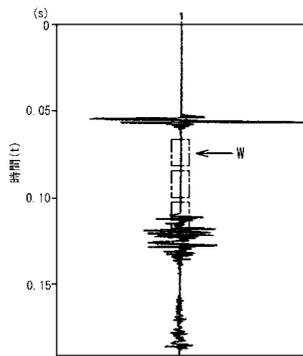
【 図 1 】



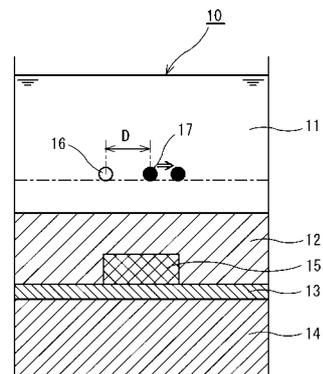
【 図 2 】



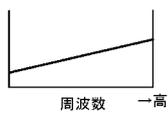
【 図 3 】



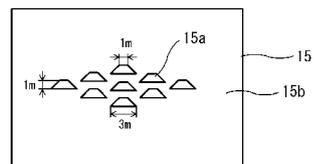
【 図 6 】



【 図 4 】



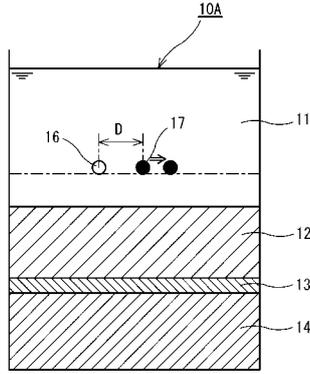
【 図 7 】



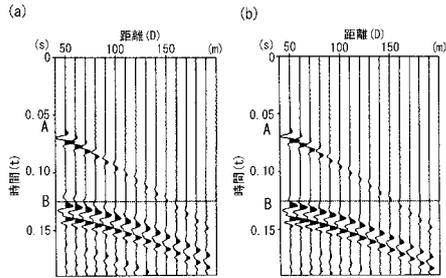
【 図 5 】



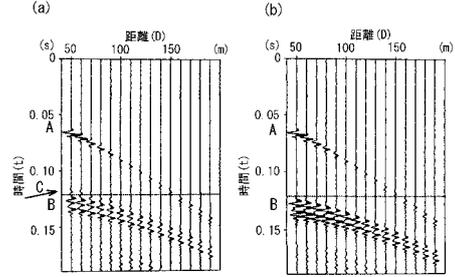
【 図 8 】



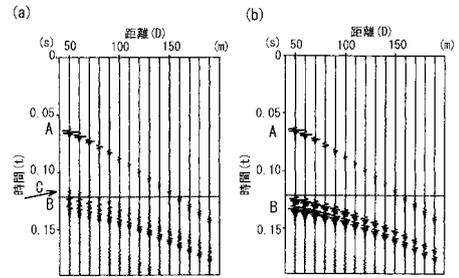
【 図 9 】



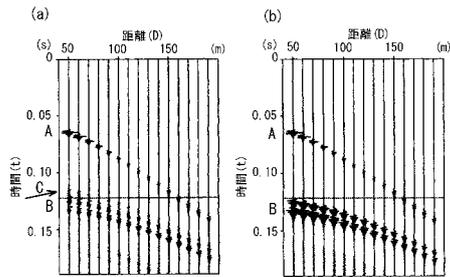
【 図 10 】



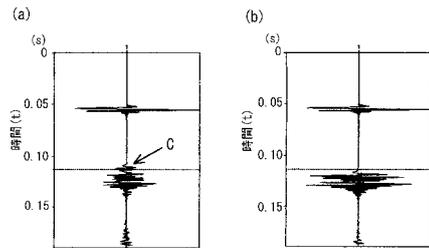
【 図 11 】



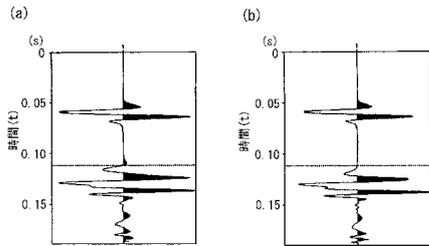
【 図 12 】



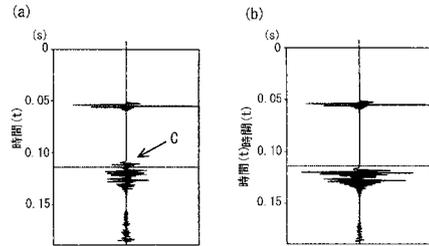
【 図 15 】



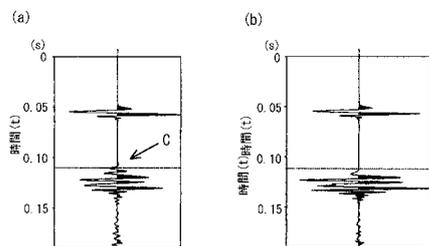
【 図 13 】



【 図 16 】



【 図 14 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 門元 之郎  
東京都中央区築地5丁目6番4号 三井造船株式会社内
- (72)発明者 西田 泰憲  
東京都中央区築地5丁目6番4号 三井造船株式会社内