

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015 年 9 月 11 日(11.09.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/133545 A1

- (51) 国際特許分類:
E21B 23/00 (2006.01) *E21B 33/12* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/056419
- (22) 国際出願日: 2015 年 3 月 4 日(04.03.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-044611 2014 年 3 月 7 日(07.03.2014) JP
特願 2014-147571 2014 年 7 月 18 日(18.07.2014) JP
- (71) 出願人: 株式会社クレハ(KUREHA CORPORATION) [JP/JP]; 〒1038552 東京都中央区日本橋浜町三丁目 3 番 2 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: ▲高▼橋 健夫(TAKAHASHI, Takeo); 〒1038552 東京都中央区日本橋浜町三丁目 3 番 2 号 株式会社クレハ内 Tokyo (JP). 大倉 正之(OKURA, Masayuki); 〒1038552 東京都中央区日本橋浜町三丁目 3 番 2 号 株式会社クレハ内 Tokyo (JP). 小林 卓磨(KOBAYASHI, Takuma); 〒1038552 東京都中央区日本橋浜町三丁目 3 番 2 号 株式会社クレハ内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人H A R A K E N Z O W O R L D P A T E N T & T R A D E M A R K (HARAKENZO WORLD PATENT & TRADE-

MARK); 〒5300041 大阪府大阪市北区天神橋 2 丁目北 2 番 6 号 大和南森町ビル Osaka (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: DEGRADABLE RUBBER MEMBER FOR DOWNHOLE TOOL, DEGRADABLE SEAL MEMBER, DEGRADABLE PROTECTIVE MEMBER, DOWNHOLE TOOL, AND WELL-DRILLING METHOD

(54) 発明の名称: ダウンホールツール用分解性ゴム部材、分解性シール部材、分解性保護部材、ダウンホールツール、及び坑井掘削方法

(57) Abstract: Provided are: a degradable rubber member for a downhole tool, formed of a rubber material containing 0.1-20 mass parts of a degradation accelerant per 100 parts of degradable rubber (other rubber materials and/or reinforcing materials may be included as well), preferably one that experiences at least a 5% decrease in mass or in compressive stress at 50% strain subsequent to immersion for 24 hours in 150°C water, and/or a rate of decrease in mass of 5-100% subsequent to immersion for 72 hours in 150°C water, and more preferably one experiencing tensile strain at rupture of 50% or above at 66°C, compressive stress at 70% strain of 10 MPa or above, and compressive strain at rupture of 50% or above; a degradable seal member or protective member for a downhole tool comprising said member; a downhole tool such as a well-drilling plug; and a well-drilling method.

(57) 要約: 分解性ゴム 100 質量部に対し分解促進剤 0.1~20 質量部を含有するゴム材料(他のゴム材料及び/または強化材を含有してもよい。)から形成され、好ましくは 150°Cの水に 24 時間浸漬後の質量又は 50%歪み圧縮応力の減少率が 5%以上、及び/または、150°Cの水に 72 時間浸漬後の質量減少率が 5~100%であり、所望により更に、66°Cでの引張破断ひずみ 50%以上、70%ひずみ圧縮応力 10MPa 以上かつ圧縮破断ひずみ 50%以上の、ダウンホールツール用分解性ゴム部材; 該部材からなるダウンホールツール用分解性シール部材又は保護部材; 坑井掘削用プラグ等のダウンホールツール及び坑井掘削方法。



WO 2015/133545 A1

明 細 書

発明の名称：

ダウンホールツール用分解性ゴム部材、分解性シール部材、分解性保護部材、ダウンホールツール、及び坑井掘削方法

技術分野

[0001] 本発明は、石油または天然ガス等の炭化水素資源を産出するために行う坑井掘削において使用する坑井掘削用プラグ等のダウンホールツール用分解性ゴム部材、分解性シール部材、分解性保護部材、ダウンホールツール、及び坑井掘削方法に関する。

背景技術

[0002] 石油または天然ガス等の炭化水素資源は、多孔質で浸透性の地下層を有する井戸（油井またはガス井。総称して「坑井」ということがある。）を通じて採掘され生産されてきた。エネルギー消費の増大に伴い、坑井の高深度化が進み、世界では深度9000mを超える掘削の記録もあり、日本においても6000mを超える高深度坑井がある。採掘が続けられる坑井において、時間経過とともに浸透性が低下してきた地下層や、さらには元々浸透性が十分ではない地下層から、継続して炭化水素資源を効率よく採掘するために、生産層を刺激（stimulate）することが行われ、刺激方法としては、酸処理や破碎方法が知られている。酸処理は、塩酸やフッ化水素等の強酸の混合物を生産層に注入し、岩盤の反応成分（炭酸塩、粘土鉱物、ケイ酸塩等）を溶解させることによって、生産層の浸透性を増加させる方法であるが、強酸の使用に伴う諸問題が指摘され、また種々の対策を含めてコストの増大が指摘されている。そこで、流体圧を利用して生産層に亀裂（フラクチャ、fracture）を形成させる方法（「フラクチャリング法」または「水圧破碎法」ともいう。）が注目されている。

[0003] 水圧破碎法は、水圧等の流体圧（以下、単に「水圧」ということがある。）により生産層に亀裂を発生させる方法であり、一般に、垂直な孔を掘削し

、続けて、垂直な孔を曲げて、地下数千mの地層内に水平な孔を掘削した後、それらの坑井孔（坑井を形成するために設ける孔を意味し、「ダウンホール」ということもある。）内にフラクチャリング流体を高圧で送り込み、高深度地下の生産層（石油または天然ガス等の炭化水素資源を産出する層）に水圧によって亀裂（フラクチャ）を生じさせ、該フラクチャを通して炭化水素資源を採取するための生産層の刺激方法である。水圧破碎法は、いわゆるシェールオイル（頁岩中で熟成した油）、シェールガス等の非在来型資源の開発においても、有効性が注目されている。

[0004] フラクチャリング流体等の高圧流体を使用して、高深度地下の生産層（シェールオイル等の石油またはシェールガス等の天然ガスなどの炭化水素資源を産出する層）に水圧によって亀裂（フラクチャ）を生じさせたり、また、穿孔を行ったりするという坑井処理を実施するためには、通常、以下の方法が採用されている。すなわち、地下数千mの地層内に掘削した坑井孔（ダウンホール）に対して、坑井孔の先端部から順次、目止めをしながら、所定区画を部分的に閉塞し、その閉塞した区画内にフラクチャリング流体等の流体を高圧で送入する、またはパーフォレーションガン等の火薬を内蔵したツールを用いて、生産層に亀裂を生じさせたり穿孔したりする。次いで、次の所定区画（通常は、先行する区画より手前、すなわち地上側の区画）を閉塞してフラクチャリング等を行い、亀裂や穿孔を進展させる。以下、この工程を必要な目止めとフラクチャリング等が完了するまで繰り返し実施する。

[0005] 新たな坑井の掘削だけでなく、既に形成された坑井孔の所望の区画について、再度フラクチャリングによる生産層の刺激を行うこともある。その際も同様に、坑井孔の閉塞及びフラクチャリング等を行う操作を繰り返すことがある。また、坑井の仕上げを行うために、坑井孔を閉塞して下部からの流体を遮断し、その上部の仕上げを行った後、閉塞の解除を行うこともある。

[0006] 坑井孔の閉塞及びフラクチャリング等を行うために坑井内で使用するツールであるダウンホールツールとしては、種々のものが知られている。例えば、特許文献1～3には、芯金の周囲に諸部材（諸要素）を配置することによ

り坑井孔の閉塞や固定を行うプラグ（「フラックプラグ」、「ブリッジプラグ」または「パッカー」等と称することもある。）が開示されている。

[0007] 特許文献1には、マンドレルの外周面上に金属製のスリップやエラストマー製のシール等が配置された拡張性かつ分解性のプラグが開示されている。特許文献2には、マンドレルの外周面上にスリップ (slip)、円錐状部材 (conical member) やエラストマーまたはゴム等から形成される可鍛性要素 (malleable element) 等が配置され、ボールやフラッパー (flapper) 等の障害 (impediment) を備える分解性のダウンホールプラグが開示されている。特許文献3には、長尺の筒状本体部材 (tubular body member) の外周面上にスリップや、複数のシール要素 (sealing element) からなるパッカー要素集合体 (packer element assembly) 等が配置された生分解性のダウンホールツール (フラックプラグ) が開示されている。

[0008] また、特許文献4には、中心部に通路 (passageway) を貫通して設けたフラクチャスリーブピストン (fracture sleeve piston。「ピストン」または「ピストンプラグ」という場合もある。) をスリーブの軸方向に移動可能に順次配列し、ボールシーラー (ball sealer。単に「ボール」ということもある。) とボールバルブシート (ball valve seat。「ボールシート」または単に「シート」と称されることもある。) により、順次閉鎖空間を形成するスリーブシステム（「フラックスリーブ」という場合もある。）が開示されている。

[0009] 坑井掘削用に使されるダウンホールツールは、坑井が完成するまで順次坑井孔内に配置され、高圧の流体によるフラクチャリングや穿孔等の坑井処理を実施するために、坑井孔内の所要の区間を流体圧力に抗して閉塞（シール）することができるシール性能が求められる。同時に、何らかの坑井処理が終了し、次の坑井処理を実施しようとするときには、容易にシール解除できることが求められる。さらに、シェールオイル等の石油またはシェールガス等の天然ガス（以下、総称して「石油や天然ガス」または「石油または天然ガス」ということがある。）などの生産が開始される段階では、シールを

解除するとともに、使用されたダウンホールツールを除去する必要がある。プラグ等のダウンホールツールは、通常、使用後に閉塞を解除して回収できるように設計されていないため、破碎 (mill)、ドリル空け (drill out) その他の方法で、破壊されたり、小片化されたりすることによって除去されるが、破碎やドリル空け等には多くの経費と時間を費やす必要があった。また、使用後に回収できるように特殊に設計されたプラグ (retrievable plug) もあるが、プラグは高深度地下に置かれたものであるため、そのすべてを回収するには多くの経費と時間を要していた。

[0010] さらに、坑井掘削用に使用されるダウンホールツールには、坑井が完成するまで順次坑井内に配置され、高圧の流体によるフラクチャリングや穿孔等の坑井処理を実施し、次いで、何らかの坑井処理が終了し、シール解除して、次の坑井処理を実施することを、順次繰り返し遂行することができるようにするために、種々のセンサーや流路等がダウンホールツール部材として配置されている。これらのセンサーや流路等は、ダウンホールツールを地下の坑井孔内に配置する際に摩擦や他の部材との接触や衝突により、また、坑井処理において使用される高圧流体により、破損や傷損が生じることがないように、保護部材や保護被覆による保護が行われており、例えば、ウレタンゴム等のゴム材料が使用されている。センサーや流路が、その要求される機能を発揮するときには、該保護部材や保護被覆を除去する必要がある。したがって、センサーや流路等を保護するダウンホールツール用保護部材にも、センサーや流路等に対する保護機能とともに、容易に除去または回収することができる機能が求められるようになってきた。

[0011] 特許文献 1 には、スリップやマンドレルを反応性金属等の分解性の金属要素から形成することが開示されている。特許文献 2 には、予め定められた温度、圧力、pH 等により分解するフラッパー、ボール等を備えることが開示されている。特許文献 3 には、プラグまたはその部材を生分解性の材料から形成される (formed from biodegradable materials) ことが開示されているが、具体的な使用の開示はない。なお、特許文献 4 には、フラックスリーブ

を分解性とすることについての開示はない。

[0012] エネルギー資源の確保及び環境保護等の要求の高まりのもと、特に、非在来型資源の採掘が広がる中で、一方では、高深度化など採掘条件がますます過酷なものとなり、他方では、採掘条件の多様化、例えば、温度条件としては深度の多様化等に付随して60℃未満から200℃程度など多様な環境条件での採掘が進んでいる。すなわち、フラックプラグ、ブリッジプラグ、パッカーやセメントリテイナー、スリーブシステム（フラックスリーブ）等のダウンホールツールに使用するダウンホールツール部材には、数千mの深度地下に部材を移送することができる機械強度（引張強度や圧縮強度）や、高深度地下のダウンホールの高温かつ高湿度の環境下で、回収対象である炭化水素と接触しても機械強度等が維持される耐油性、耐水性及び耐熱性を有することが求められる。また、ダウンホールツール部材には、例えば、ダウンホールツール用シール部材（ダウンホールツール用ゴム部材に属する。）においては、穿孔やフラクチャリングを実施するためにダウンホールの所要空間を閉塞するとき、ダウンホールツールと坑井孔の内壁、具体的には、坑井孔の内部に配置されるケーシングとの間の流体をシールすることにより、高圧の水圧によっても閉塞を維持することができるシール性能などの諸特性が求められ、同時に、必要に応じてシールを解除することができる特性が求められる。更に加えて、ダウンホールツール部材には、坑井掘削用の坑井が完成した段階では、その坑井の環境条件下（先に説明したように、深度の多様化等に付随し温度条件その他において多様な環境がある。）において、所望の期間内で、容易に除去することができ、流体のシールを完全に解除して生産効率を向上させることができるという特性を併せ有することが求められるようになってきた。また、ダウンホールツール用保護部材においても、ダウンホールツールの配置や坑井処理が行われる間、センサーや流路等を保護し、その後容易に除去できる特性が求められるようになってきた。

[0013] そこで、高深度化など採掘条件が多様なものとなっているもとで、確実にダウンホールツールとケーシングとの間の流体をシールすることにより、穿

孔やフラクチャリングを始めとするシール操作が必要な坑井掘削における種々の坑井処理の実施を容易にするとともに、多様なダウンホール環境下で、所望の期間シール機能を確実に維持し、かつ所望の期間でシールを解除し、その除去や流路の確保ができるよう、所望に応じて設計可能であることによって、経費軽減や工程短縮に寄与し、生産効率の向上に寄与できるダウンホールツール用分解性シール部材が求められ、また、ダウンホールツールの配置や坑井処理が行われる間、センサーや流路等を保護し、その後容易に除去できる特性を有することによって、同様に、経費軽減や工程短縮に寄与し、生産効率の向上に寄与できるダウンホールツール用保護部材が求められるようになってきた。

先行技術文献

特許文献

- [0014] 特許文献1：米国特許出願公開2011/0067889号明細書
特許文献2：米国特許出願公開2011/0277989号明細書
特許文献3：米国特許出願公開2005/0205266号明細書
特許文献4：米国特許出願公開2010/0132959号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0015] 本発明の課題の第1の側面は、高深度化など採掘条件が多様となっているもとで、確実に流体をシールすることにより、穿孔やフラクチャリングを始めとするシール操作が必要な坑井掘削における種々の坑井処理工程の実施を容易にするとともに、多様なダウンホール環境下で、所望の期間シール機能を確実に維持し、かつ所望の期間でシールを解除し、その除去や流路の確保ができるよう、所望に応じて設計可能であることによって、経費軽減や工程短縮に寄与し、生産効率の向上に寄与できるダウンホールツール用分解性シール部材や、ダウンホールツールの配置や坑井処理が行われる間、センサーや流路等を保護し、その後容易に除去できる特性を有することによって、同

様に、経費軽減や工程短縮に寄与し、生産効率の向上に寄与できるダウンホールツール用分解性保護部材に適用することができるダウンホールツール用分解性ゴム部材を提供することにある。さらに、本発明の課題の他の側面は、該ゴム部材を備えるダウンホールツールを提供することにある。また、本発明の課題の更に他の側面は、該ゴム部材を使用する坑井掘削方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0016] 本発明者らは、前記課題を解決するために鋭意研究した結果、ダウンホールツール用分解性ゴム部材を、分解性ゴムに所定量の分解促進剤を含有するゴム材料から形成することにより、課題を解決できることを見だし、本発明を完成した。

[0017] すなわち、本発明の第1の側面によれば、(1) 分解性ゴム100質量部に対して分解促進剤0.1～20質量部を含有するゴム材料から形成されることを特徴とするダウンホールツール用分解性ゴム部材が提供される。

[0018] さらに、本発明の第1の側面によれば、発明の別の態様として、以下(2)～(4)のダウンホールツール用分解性ゴム部材が提供される。

(2) 分解性ゴム100質量部に対して分解促進剤0.1～20質量部を含有するゴム材料から形成され、温度150℃の水に24時間浸漬後の質量または50%ひずみ圧縮応力の、浸漬前の質量または50%ひずみ圧縮応力に対する減少率が5%以上であることを特徴とするダウンホールツール用分解性ゴム部材。

(3) 温度150℃の水に72時間浸漬後の質量の、浸漬前の質量に対する減少率が5～100%である前記(2)のダウンホールツール用分解性ゴム部材。

(4) 分解性ゴム100質量部に対して分解促進剤0.1～20質量部を含有するゴム材料から形成され、温度150℃の水に72時間浸漬後の質量の、浸漬前の質量に対する減少率が5～100%であることを特徴とするダウンホールツール用分解性ゴム部材。

[0019] さらに、本発明の第1の側面によれば、発明の具体的な態様として、以下

(5)～(23)のダウンホールツール用分解性ゴム部材が提供される。

(5) 温度66℃における引張破断ひずみが50%以上、70%ひずみ圧縮応力が10MPa以上かつ圧縮破断ひずみが50%以上である前記(1)～(4)のいずれかのダウンホールツール用分解性ゴム部材。

(6) 表面硬度がA60～D80の範囲内である前記(5)のダウンホールツール用分解性ゴム部材。

(7) 温度66℃において、圧縮ひずみ5%における圧縮応力に対する、圧縮ひずみ70%における圧縮応力の比率が5倍以上である前記(1)～(6)のいずれかのダウンホールツール用分解性ゴム部材。

(8) ドライ環境下で安定であり、温度23℃の水に6時間浸漬後の50%ひずみ圧縮応力の、1時間浸漬後の50%ひずみ圧縮応力に対する減少率が5%未満である前記(1)～(7)のいずれかのダウンホールツール用分解性ゴム部材。

(9) 分解促進剤が酸性物質である前記(1)～(8)のいずれかのダウンホールツール用分解性ゴム部材。

(10) 酸性物質が酸生成物質である前記(9)のダウンホールツール用分解性ゴム部材。

(11) 分解促進剤が可塑剤である前記(1)～(8)のいずれかのダウンホールツール用分解性ゴム部材。

(12) 分解促進剤が、有機酸、無機酸、有機酸エステル、無機酸エステル及び酸無水物からなる群より選ばれる少なくとも1種を含有する前記(1)～(8)のいずれかのダウンホールツール用分解性ゴム部材。

(13) 分解促進剤が、グリコリド、ラクチド、 ϵ -カプロラクトン、ポリグリコール酸、ポリ乳酸、p-トルエンスルホン酸メチル及び3, 3', 4, 4'-ベンゾフェノンテトラカルボン酸二無水物からなる群より選ばれる少なくとも1種を含有する前記(1)～(8)のいずれかのダウンホールツール用分解性ゴム部材。

(14) 分解性ゴムは、ウレタンゴム、天然ゴム、イソプレングム、エチレンプロピレングム、ブチルゴム、スチレングム、アクリルゴム、脂肪族ポリエステルゴム、クロロプレングム、ポリエステル系熱可塑性エラストマー及びポリアミド系熱可塑性エラストマーからなる群より選ばれる少なくとも１種を含有する前記(1)～(13)のいずれかのダウンホールツール用分解性ゴム部材。

(15) 分解性ゴムは、加水分解性の官能基を有するゴムを含有する前記(1)～(14)のいずれかのダウンホールツール用分解性ゴム部材。

(16) ゴム材料は、強化材を含有する前記(1)～(15)のいずれかのダウンホールツール用分解性ゴム部材。

(17) 温度23℃における曲げ弾性率が0.005～10GPaの範囲である前記(1)～(16)のいずれかのダウンホールツール用分解性ゴム部材。

(18) シール部材である前記(1)～(17)のいずれかのダウンホールツール用分解性ゴム部材。

(19) 環状の成形体である前記(18)のダウンホールツール用分解性ゴム部材。

(20) 環状の成形体が、ダウンホールツールに備えられるマンドレルの軸方向と直交する外周面上に置かれるものである前記(19)のダウンホールツール用分解性ゴム部材。

(21) ボールまたはボールシートである前記(1)～(17)のいずれかのダウンホールツール用分解性ゴム部材。

(22) ダウンホールツール用分解性保護部材である前記(1)～(17)のいずれかのダウンホールツール用分解性ゴム部材。

(23) 坑井掘削用プラグに備えられる前記(1)～(22)のいずれかのダウンホールツール用分解性ゴム部材。

[0020] また、本発明の他の側面によれば、(24) 前記(1)～(23)のいずれかのダウンホールツール用分解性ゴム部材を備えるダウンホールツール、

好ましくは（２５）坑井掘削用プラグである前記（２４）のダウンホールツールが提供される。

[0021] 本発明の別の側面によれば、（２６）前記（１）～（２３）のいずれかのダウンホールツール用分解性ゴム部材を使用する坑井掘削方法、特に（２７）前記（１）～（２３）のいずれかのダウンホールツール用分解性ゴム部材（分解性シール部材）を使用して、ダウンホールツールとケーシングとの間の流体をシールする坑井掘削方法、及び、（２８）前記（１）～（２３）のいずれかのダウンホールツール用分解性ゴム部材（分解性シール部材）を使用して、坑井孔の目止め処理を行った後に、ダウンホールツールが分解される坑井掘削方法が提供される。

[0022] 本発明の更に別の側面によれば、発明の具体的な態様として、以下（２９）～（３２）の坑井掘削方法が提供される。

（２９）前記（１）～（２３）のいずれかのダウンホールツール用分解性ゴム部材を備えるダウンホールツールを使用して、坑井孔をシールした後に、坑井孔内で該ダウンホールツール用分解性ゴム部材が分解されることを特徴とする坑井掘削方法。

（３０）前記（１）～（２３）のいずれかのダウンホールツール用分解性ゴム部材を備え、さらに分解性材料を含有する他のダウンホールツール用部材を備えるダウンホールツールを使用して、坑井孔をシールした後に、坑井孔内で該ダウンホールツール用分解性ゴム部材が分解されることを特徴とする坑井掘削方法。

（３１）他のダウンホールツール用部材に含有される分解性材料がポリグリコール酸である前記（３０）の坑井掘削方法。

（３２）前記（１）～（２３）のいずれかのダウンホールツール用分解性ゴム部材を備え、該ダウンホールツール用分解性ゴム部材が、他のダウンホールツール用部材に接する、及び／または、他のダウンホールツール用部材を覆うように配置されてなるダウンホールツールを使用して、坑井処理を行った後に、坑井孔内で該ダウンホールツール用分解性ゴム部材が分解されるこ

とを特徴とする坑井掘削方法。

発明の効果

[0023] 本発明の第1の側面によれば、分解性ゴム100質量部に対して分解促進剤0.1～20質量部を含有するゴム材料から形成されることを特徴とするダウンホールツール用分解性ゴム部材であることによって、採掘条件が多様となるもと、確実に流体をシールして坑井処理を容易とし、かつ、所望の期間でシールを解除し、その除去や流路の確保ができるよう、所望に応じて設計可能な分解性シール部材や、センサーや流路等を保護し、その後容易に除去できるよう設計可能な分解性保護部材に適用可能であることによって、坑井掘削の経費軽減や工程短縮ができるダウンホールツール用分解性ゴム部材が提供されるという効果が奏され、さらに、本発明の別の側面によれば、該部材を備えるダウンホールツール、及び坑井掘削方法が提供されるという効果が奏される。

発明を実施するための形態

[0024] 1. ダウンホールツール用分解性ゴム部材

本発明の第1の側面によるダウンホールツール用分解性ゴム部材は、分解性ゴムに所定量の分解促進剤を含有するゴム材料から形成されることを特徴とする。そして、本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材は、ダウンホールツール用分解性シール部材やダウンホールツール用分解性保護部材に適用されることによって、坑井掘削の経費軽減や工程短縮ができる効果を奏するものである。以下、主としてダウンホールツール用分解性シール部材の具体例を示しながら、本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材を説明する。

1. 分解性ゴム

分解促進剤を所定量含有して、本発明のダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）を形成するゴム材料となる分解性ゴムとしては、従来、ダウンホールツール用分解性シール部材を形成するために使用されていた分解性ゴムを使用することができる。ダウンホールツール用分解性シール

ル部材を形成するゴム材料に含有される分解性ゴムは、1種単体で使用してもよいが、2種以上の分解性ゴムを混合して使用してもよい。

〔分解性〕

ダウンホールツール用分解性ゴム部材（分解性シール部材）を形成するゴム材料に含有される分解性ゴムにおける分解性とは、例えば、フラクチャリング等の坑井処理が実施される土壌中の微生物によって分解される生分解性、または、フラクチャリング流体等の溶媒、特に、水によって、更に所望により酸またはアルカリによって分解する加水分解性、中でも所定温度以上の水によって分解する加水分解性、更に他の何らかの方法によって化学的に分解することができる分解性を意味するほか、例えば、重合度の低下等によりゴムが本来有した強度が低下して脆くなる結果、極めて小さい機械的力を加えることにより、ダウンホールツール用のシール部材（分解性ゴム部材）が簡単に崩壊して形状を失うこと（崩壊性）も意味する。

〔分解性ゴムの具体例〕

本発明のダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）を形成するゴム材料に含有される分解性ゴムは、ウレタンゴム、天然ゴム、イソプレングム、エチレンプロピレングム、ブチルゴム、スチレングム、アクリルゴム、脂肪族ポリエステルゴム、クロロプレングム、ポリエステル系熱可塑性エラストマー及びポリアミド系熱可塑性エラストマーからなる群より選ばれる少なくとも1種を含有する分解性ゴムが挙げられる。さらに、例えば後述する150℃24時間圧縮応力減少率が5%未満であるような必ずしも分解性ゴムとはいえないゴム、いわば非分解性ゴムであっても、後に説明する分解促進剤を所定量含有するゴム材料とすることによって、ダウンホールツール用分解性シール部材を形成することができることがあり、この場合は、当該いわば非分解性ゴムも、本発明の分解性ゴムに該当する。

[0025] また、分解性や崩壊性の観点から、分解性ゴムは、加水分解性の官能基（例えば、ウレタン基、エステル基、アミド基、カルボキシル基、水酸基、シリル基、酸無水物、酸ハロゲン化物等）を有するゴムを含有する分解性ゴム

も好ましく挙げられる。なお、ここで「官能基を有する」とは、ゴム分子の主鎖を形成する結合として有することや、例えば架橋点となるゴム分子の側鎖として有することを意味する。特に好ましい分解性ゴムとしては、ゴムの構造や硬度、架橋度等を調整したり、他の配合剤を選択したりすることによって、分解性や崩壊性の制御を容易に実施することができることから、ウレタンゴムが挙げられる。すなわち、特に好ましい分解性ゴムは、加水分解性のウレタン結合を有するウレタンゴムを含有するものである。また、同様に分解性ゴムは、ポリエステル系熱可塑性エラストマーまたはポリアミド系熱可塑性エラストマーを含有するものも好ましい。

〔ウレタンゴム〕

本発明のダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）を形成するゴム材料に含有される分解性ゴムとして特に好ましく使用されるウレタンゴム（「ウレタンエラストマー」ということもある。）は、分子中にウレタン結合（ —NH—CO—O— ）を有するゴム材料であり、通常、イソシアネート化合物と水酸基を有する化合物とを縮合して得られる。イソシアネート化合物としては、芳香族（複数の芳香族環を有してもよい。）、脂肪族、脂環族系のジ、トリ、テトラ系のポリイソシアネート類、またはこれらの混合物が用いられる。水酸基を有する化合物として、その主鎖にエステル結合を有するポリエステル型ウレタンゴム（以下、「エステル型ウレタンゴム」ということがある。）とその主鎖にエーテル結合を有するポリエーテル型ウレタンゴム（以下、「エーテル型ウレタンゴム」ということがある。）とに大別され、分解性や崩壊性の制御がより容易であることから、エステル型ウレタンゴムが好ましい場合が多い。ウレタンゴムは合成ゴムの弾性（柔らかさ）とプラスチックの剛性（固さ）を併せ持った弾性体であり、一般に、耐摩耗性、耐薬品、耐油性に優れ、機械的強度が大きく、耐荷重性が大きく、高弾性でエネルギー吸収性が高いことが知られている。ウレタンゴムとしては、成形方法の差異によって、i) 混練(ミラブル)タイプ：一般のゴムと同じ加工方法で成形できる、ii) 熱可塑性タイプ：熱可塑性樹脂と同じ加

工方法で成形できる、及び i i i) 注型タイプ：液状の原料を使用して熱硬化する加工方法で成形できる、というタイプ区分がされるが、本発明のダウンホールツール用分解性シール部材を形成するウレタンゴムとしては、いずれのタイプのものも使用することができる。

[0026] 特に、 i i i) 注型タイプのウレタンゴムの成形技術は、通常ワンショット法とプレポリマー法の2つに区分される。ワンショット法は、すべての反応素原料を反応容器内で混合攪拌した後、注型して一次熱処理によりほぼ反応を完了させた後に離形し、その後二次熱処理を行う方法である。経済性が高いが、発熱量が大きいので大型成形には不向きとされる。一方プレポリマー法は、ポリオールとジイソシアネートを前もって反応させてプレポリマーを合成する工程と、プレポリマーを他の不足原料と反応させて最終的にウレタンゴムを作る工程の2段階をとる。プレポリマー法によれば、均一に反応が進むため高物性のウレタンゴムが得られる、総発熱量が少なく大型成形が可能である、硬化剤を自由に選択したセグメント化ポリウレタンを製造できるなどの利点が多く、ほぼすべての注型ウレタンゴムがプレポリマー法によって製造されている。

〔ポリエステル系熱可塑性エラストマー〕

本発明のダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）を形成するゴム材料に含有される分解性ゴムとして好ましく使用されるポリエステル系熱可塑性エラストマーは、ポリエステル系ブロック共重合体を主成分としたエラストマーである。具体的には、例えばポリエステルからなるハードセグメントとポリエーテルからなるソフトセグメントとのブロック共重合体があり、ハードセグメントとして、芳香族ポリエステルや脂肪族ポリエステル、より具体的にはポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート、ポリブチレンナフタレート、ポリヒドロキシアルカン酸等が挙げられ、ソフトセグメントとして、例えばポリエチレングリコール、ポリプロピレングリコール、ポリテトラメチレンエーテルグリコール等のポリエーテルが挙げられる。またハードセグメント及びソフ

トセグメントがポリエステルからなるブロック共重合体があり、ハードセグメントとして、芳香族ポリエステル、より具体的にはポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート、ポリブチレンナフタレート等が挙げられ、ソフトセグメントとしては、ハードセグメントより低弾性率の脂肪族ポリエステル、例えばアルキル鎖長が2以上のポリヒドロキシアルカン酸が挙げられる。これらのハードセグメント及びソフトセグメントは、所望のエラストマーの物性、特に所望の分解特性及び機械特性に適合するように、ハードセグメントとソフトセグメントの種類またはこれらの比率を調整することが可能であり、更に必要に応じて各種配合剤との組み合わせによって所望の物性を有するポリエステル系熱可塑性エラストマーを得ることができる。ポリエステル系熱可塑性エラストマーは、プラスチックとゴムの両特性を備えており、射出成形、押出成形、ブロー成形等の各種成形加工が可能であり、また、エステル結合を有していることにより、所定時間で分解や崩壊しやすい特性がある。

〔ポリアミド系熱可塑性エラストマー〕

本発明のダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）を形成するゴム材料に含有される分解性ゴムとして好ましく使用されるポリアミド系熱可塑性エラストマーは、ポリアミドからなるハードセグメントとポリエーテル及び／またはポリエステルからなるソフトセグメントとのブロック共重合体である。具体的には、ハードセグメントとしては、例えば、脂肪族ポリアミド、より具体的にはナイロン6、ナイロン11、ナイロン12が挙げられ、ソフトセグメントとしては、例えばポリエチレングリコール、ポリプロピレングリコール、ポリテトラメチレンエーテルグリコール等のポリエーテルが挙げられる。これらのハードセグメント及びソフトセグメントは、所望のエラストマーの物性、特に所望の分解特性及び機械特性に適合するように、ハードセグメントとソフトセグメントの種類またはこれらの比率を調整することが可能であり、更に必要に応じて各種配合剤との組み合わせによって所望の物性を有するポリアミド系熱可塑性エラストマーを得ることがで

きる。ポリアミド系熱可塑性エラストマーは、ゴムとプラスチックの中間的な性質を有し、射出成形、押出成形、ブロー成形等の各種成形加工が可能であり、また、アミド結合を有していることにより、高温高圧下で加水分解を生じ、易分解や易崩壊となる特性がある。

[0027] なお、耐油性・耐熱性・耐水性等に優れていることから、従来、ダウンホールツール用に汎用されるゴムであるニトリルゴムや水添ニトリルゴムは、例えば、150℃24時間圧縮応力減少率を所定の範囲内のものとするのが困難であること等からみても、本発明のダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）を形成するゴム材料に含有される分解性ゴムには該当しない。

2. 分解促進剤

本発明のダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）に含有される分解促進剤とは、ダウンホールツール用分解性シール部材が使用されるダウンホール環境下において、分解性ゴムの分解や崩壊を促進することができる配合剤であり、特に、分解性ゴムの分解、中でも加水分解を促進することができるゴム材料に含有される配合剤である。分解性ゴムの分解を確実に果たす効果が期待できることから、分解促進剤としては、分解性ゴムのゴム分子の主鎖の結合を切断する機能または分解性ゴムを可塑化する機能を有する配合剤であることが好ましく、したがって、分解促進剤として好ましくは、酸性物質及び可塑剤が挙げられる。また、分解促進剤が、有機酸、無機酸、有機酸エステル、無機酸エステル及び酸無水物からなる群より選ばれる少なくとも1種を含有するものであることが好ましい。

〔酸性物質〕

本発明のダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）において、好ましい分解促進剤として酸性物質が挙げられる。酸性物質は、ダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）を形成するゴム部材に含有される分解性ゴムのゴム分子の主鎖の結合を切断することによって、該ゴム部材の分解を促進し、その結果、ダウンホールツール用分解性シール

部材の分解が促進される。すなわち、ダウンホールツール用分解性シール部材が、酸性物質を含有する分解性ゴムであるゴム材料から形成される場合、分解性ゴムの内部に、通常は均質に分散して、酸性物質が存在することにより、酸性物質が分解性ゴムの分子の多くに接触することができるので、例えば、ゴム材料から形成されるダウンホールツール用分解性シール部材を水（酸性物質を含有してもよい。）に浸漬する場合のように、該シール部材の表面から分解が進行する場合と比較して、より大きな速度で分解性ゴムの分解が進行するものと推察される。

[0028] 酸性物質としては、酸などの狭義の酸性物質であってもよいし、何らかの条件下、例えば、水中に浸漬されるときに加水分解して酸を生成するような酸生成物質でもよい。酸生成物質としては、有機酸や無機酸などの酸のほか、例えばオキシカルボン酸の二量体、三量体、オリゴマーまたは重合体等の加水分解性を有する酸の誘導体や、反応性が高い有機酸の誘導体、例えばスルホン酸誘導体であるスルホン酸エステル（有機酸エステルに該当する。）やスルホンアミド、酸無水物など、それ自体酸前駆体として公知の酸生成物質、好ましくは有機酸エステル、無機酸エステル及び酸無水物が挙げられる。酸性物質としては、所定量の酸性物質を含有する分解性ゴムであるゴム材料からダウンホールツール用分解性シール部材を形成するまでの間（分解性ゴムの重合中、溶融混練または溶融成形中など）に、分解したり揮散したりして消失しないものであることが求められる。具体的には、ラウリン酸等の炭素数8～20程度の飽和脂肪酸、グリコール酸、乳酸、リン酸、グリコリド、グリコール酸オリゴマー、ポリグリコール酸（PGA）、ラクチド、乳酸オリゴマー、ポリ乳酸（PLA）、 ϵ -カプロラクトン等のオキシカルボン酸またはその誘導体、p-トルエンスルホン酸メチル（MPTS）、o/p-トルエンスルホンアミド、N-ブチルベンゼンスルホンアミド等のスルホン酸誘導体、3, 3', 4, 4'-ベンゾフェノンテトラカルボン酸二無水物（BTDA）等の酸無水物などが挙げられる。特に好ましくは、分解促進剤が、グリコリド、ラクチド、 ϵ -カプロラクトン、PGA、PLA、MP

T S 及び B T D A からなる群より選ばれる少なくとも 1 種を含有するものである。

[0029] これらの酸性物質を分解性ゴムを製造する反応素原料に添加する方法としては、例えば先に説明した注型タイプのウレタンゴムに含有させる場合は、通常プレポリマーへの酸性物質の注入によって添加を行う。より具体的には、あらかじめプレポリマーを温度 80℃程度に加温し、攪拌しながら所定量の酸性物質を投入し、3～5 分間程度攪拌した後、プレポリマーの脱泡と温度調整を行い(または、脱泡を行った後に温度調整して、酸性物質を添加してもよい。)、硬化剤を添加してから、温度調整した型に注入し、一次加硫(一次熱処理)を完了させ、その後二次加硫(二次熱処理)を行う。前記一次加硫は、脱型後、形状を保持できる状態になるまで、例えば注型タイプのウレタンゴムでは通常 30～60 分間程度の時間を要する。プレポリマーに酸性物質を添加する場合、酸性物質の種類によって、(1) 通常の加硫時間と変化しないもの、(2) 通常の加硫時間より短くなるもの、(3) 通常の加硫時間よりも長時間を要するもの、(4) 一次加硫が進まない(硬化しない)ものがあることが分かった。酸による結合切断が並行して起こると一次加硫の進行が抑制される(硬化しない)場合もある。例えばグリコール酸等の酸は、硬化反応の進行中にも結合切断を起こしたり、また硬化剤との反応により硬化剤を失活させたりするため、注型タイプのウレタンゴム 100 質量部に対して 5 質量部程度含有させると硬化反応が進まないことがある。したがって、酸性物質としては、例えばダウンホールツール用分解性ゴム部材を使用する過程において経時で酸を放出することができるものが好ましく、先に挙げたグリコリド、ラクチド、 ϵ -カプロラクトン、PGA、PLA、MPTS または B T D A 等の酸生成物質が好ましい。

[0030] 酸性物質は、ダウンホールツール用分解性シール部材(分解性ゴム部材)を形成するゴム材料に含有される分解性ゴム中において、相溶状態になっている場合と、顆粒状(「粒状」といってもよい。)に分散している場合とがある。例えば、分解性ゴムであるウレタンゴムに酸性物質を含有させる場合

、グリコリド、ラクチド、グリコール酸、MP T S等は相溶状態となることが多く、PGA、PLA、BTDA等は融点等の関係から顆粒状に分散することが多い。また、ラウリン酸は温度条件等によって相溶状態と顆粒状に分散する場合があります、成形品からはブリードアウトする場合もあることが目視で観察された。いずれの場合でも分解性ゴムの分解を促進する効果があるが、通常、相溶状態になっている場合の方が、分解促進効果が大きいといえるが、適度な分散径で顆粒状またはパウダー状等で分散するものでも、分解性ゴム部材が微粉状態に分解することができるのであれば使用上問題はない。分解性ゴム100質量部に対する分解促進剤である酸性物質の含有量は、特に限定がないが、通常0.1～20質量部であり、多くの場合0.3～15質量部、ほとんどの場合0.5～10質量部の範囲で分解性ゴムに対する分解促進効果を有する。なお、例えばグリコール酸等の酸は、硬化反応の進行中に結合切断や硬化剤の失活を起こすことがないように、その含有量を5質量部未満の少量とすることが好ましく、3質量部未満がより好ましく、2質量部未満が更に好ましいことが多い。

〔可塑剤〕

また、本発明のダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）において、好ましい分解促進剤として可塑剤が挙げられる。可塑剤は、ダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）を形成するゴム部材に含有される分解性ゴムを可塑化する機能（トルク低下、軟化等）を有するものである結果、分解性ゴムを分解、例えば加水分解する水（酸性物質またはアルカリ性物質を含有してもよい。）のダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）への浸入が促進されるので、先に酸性物質について説明したと同様に、ダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）の表面から分解が進行する場合と比較して、より大きな速度で分解性ゴムの分解が進行するものと推察される。可塑剤としては、例えば、ジブチルフタレート、ジイソノニルフタレート、ジオクチルフタレート、ジオクチルアジペート、ジイソノニルアジペート、ジブチルセバケート等を挙げる

ことができるが、分解性ゴムに対する可塑化効果の有無や大小が異なるので、好適な可塑剤の種類は、分解性ゴムとの組み合わせによって定まる。分解性ゴム100質量部に対する可塑剤の含有量は、特に限定されず、先に説明した可塑剤と分解性ゴムとの組み合わせによって分解促進効果を発揮する最適範囲を定めることができるが、通常0.1～20質量部であり、多くの場合0.3～15質量部、ほとんどの場合0.5～10質量部の範囲で分解性ゴムに対する分解促進効果を有する。

〔分解促進剤の使用〕

分解促進剤としては、好ましく挙げた酸性物質及び可塑剤のほか、分解性ゴムの分解、特に加水分解を促進する効果を奏するものを使用することができる。分解促進剤は、1種の化合物単独でもよいし、2種以上の化合物を含有してもよく、また、例えば酸性物質と可塑剤とを含有してもよい。また、先に酸性物質について説明したように、分解促進剤の含有態様としては、相溶性でもよいし、顆粒状でもよいが、ゴム材料からダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）を形成するまでの間（分解性ゴムの重合中、溶融混練または溶融成形中など）に、分解したり揮散したりして消失しないことが必要である。分解促進剤の含有量は、分解促進剤と分解性ゴムとの組み合わせによって最適範囲を選択することができるが、分解性ゴム100質量部に対して通常0.1～20質量部であり、多くの場合0.3～15質量部、ほとんどの場合0.5～10質量部の範囲で分解性ゴムに対する分解促進効果を有する。分解促進剤の含有量が少なすぎると、分解性ゴムに対する分解促進効果が不足し、所望の期間内にダウンホールツール用分解性シール部材を分解してシールを解除できなくなるおそれがあり、坑井掘削の経費軽減や工程短縮が損なわれることがある。分解促進剤の含有量が多すぎると、フラクチャリング等の坑井処理において、ダウンホールツール用分解性シール部材による流体シールが必要とされる期間が経過する前に、シールが解除されてしまうおそれがあり、坑井掘削に大きな支障を生じることがある。したがって、分解促進剤の種類または分解促進剤の含有量により分解速度

を制御することが可能である。本発明のダウンホールツール用分解性シール部材は、分解性ゴム100質量部に対して分解促進剤0.1～20質量部を含有するゴム材料から形成されることにより、分解性ゴムの分解が促進されるので、坑井処理の終了後に行う、または坑井掘削の完了後に行う、ダウンホールツール用分解性シール部材によるシールの解除を、より低温で、及び／またはより短時間で実施することができるので、採掘条件が多様となるもと、所望の期間でシールの解除を行うことができ、坑井掘削の経費軽減や工程短縮ができる。さらに、ダウンホールツール用分解性シール部材を形成するゴム材料に含有される分解性ゴムを、該シール部材の表面からでなく内部から分解することができるので、シール解除後のダウンホールツール用分解性シール部材を、従来より微粉化することができるので、坑井処理終了後や坑井掘削完了後の回収操作が容易かつ迅速に行えるようになる。

3. 分解性ゴム100質量部に対して分解促進剤0.1～20質量部を含有するゴム材料

〔他の配合成分〕

本発明のダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）は、分解性ゴム100質量部に対して分解促進剤0.1～20質量部を含有するゴム材料から形成されることを特徴とするが、ダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）を形成するゴム材料は、分解性ゴム及び所定量の分解促進剤に加えて、本発明の目的を阻害しない範囲で、更に他の配合成分として、他の樹脂（分解性ゴム以外の分解性高分子や、分解性を有しない樹脂やゴムでもよい。）や、安定剤、着色剤、強化材等の各種添加剤を含有することができる。特に、ダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）を形成するゴム材料は、強化材を含有してもよい。なお、分解性ゴム100質量部に対して分解促進剤0.1～20質量部を含有するゴム材料が、分解性ゴム以外の分解性高分子や、分解性を有しない樹脂やゴムを含有する場合、該ゴム材料に含有される分解促進剤は、分解性ゴム100質量部に対して0.1～20質量部である割合で含有されるように調製される

。

〔強化材〕

強化材としては、従来、機械的強度や耐熱性の向上を目的として樹脂材料等の強化材として使用されている材料を使用することができ、繊維状強化材や、粒状または粉末状強化材を使用することができる。強化材は、分解性ゴム100質量部に対して、通常150質量部以下、好ましくは10～100質量部の範囲で含有させることができる。本発明のダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）を形成するゴム材料が、強化材を含有するものであると、ダウンホール環境が分解性ゴムの融点（溶融軟化点）に近い環境であっても、処理に必要な期間、シール（分解性ゴム部材においては保護）を行うことが可能となることがある。

[0031] 繊維状強化材としては、ガラス繊維、炭素繊維、アスベスト繊維、シリカ繊維、アルミナ繊維、ジルコニア繊維、窒化硼素繊維、窒化珪素繊維、硼素繊維、チタン酸カリ繊維等の無機繊維状物；ステンレス、アルミニウム、チタン、鋼、真鍮等の金属繊維状物；アラミド繊維、ケナフ繊維、ポリアミド、フッ素樹脂、ポリエステル樹脂、アクリル樹脂等の高融点有機質繊維状物質；などが挙げられる。繊維状強化材としては、長さが10mm以下、より好ましくは1～6mm、更に好ましくは1.5～4mmである短繊維が好ましく、また、無機繊維状物が好ましく使用され、ガラス繊維が特に好ましい。

[0032] 粒状または粉末状強化材としては、マイカ、シリカ、タルク、アルミナ、カオリン、硫酸カルシウム、炭酸カルシウム、酸化チタン、フェライト、クレー、ガラス粉（ミルドファイバー等）、酸化亜鉛、炭酸ニッケル、酸化鉄、石英粉末、炭酸マグネシウム、硫酸バリウム等を用いることができる。強化材は、それぞれ単独で、または2種以上を組み合わせで使用することができる。強化材は、必要に応じて、集束剤または表面処理剤により処理されていてもよい。

〔他の樹脂〕

本発明の目的を阻害しない範囲で、更に他の配合成分として含有することができる他の樹脂（分解性ゴム以外の分解性高分子や、分解性を有しない樹脂やゴムでもよい。）としては、シール機能の喪失を促進することが所望される場合には、分解性ゴム以外の分解性高分子である、例えば、ポリグリコール酸、ステレオコンプレックス型ポリ乳酸、ポリブチレンサクシネート、ポリブチレンアジペート／テレフタレート、及びポリブチレンサクシネート／アジペートなどを含有することができる。

[0033] さらに、他の樹脂としては、分解性を有しない樹脂やゴムでもよく、具体的には、芳香族ポリエステル（ポリエチレンテレフタレート等）、ポリスチレンなどの熱可塑性樹脂；ニトリルゴム、水添ニトリルゴム、エチレン・プロピレン・ジエン三元共重合体（EPDM）などの分解性を有しないゴムなどが挙げられる。ゴム材料が他の樹脂（分解性ゴム以外の分解性高分子や、分解性を有しない樹脂やゴムでもよい。）を含有する場合の他の樹脂の含有量は、ダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）の分解を阻害しない範囲であり、分解性ゴム100質量部に対して、通常100質量部以下、好ましくは50質量部以下の範囲である。

4. ダウンホールツール用分解性ゴム部材

分解性ゴム100質量部に対して分解促進剤0.1～20質量部を含有するゴム材料から形成される本発明のダウンホールツール用分解性シール部材等のダウンホールツール用分解性ゴム部材は、従来、使用されていたダウンホールツール用分解性シール部材やダウンホールツール用分解性保護部材と同様の構成、構造、形状を有するものとすることができ、また、従来と同様の機械的特性等を有するものとすることができ、これによって、従来と同様の用途や使用態様に適用することができる。以下、ダウンホールツール用分解性シール部材の具体例について説明する。

〔150℃24時間質量減少率〕

本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材は、さらに、ダウンホール環境において、確実に分解性を発揮する観点から、温度150℃の水に24

時間浸漬後の質量の、浸漬前の質量に対する減少率（以下、「150℃24時間質量減少率」ということがある。）が5%以上であることが好ましい。ダウンホールツール用分解性ゴム部材の150℃24時間質量減少率は、厚み、長さ及び幅各20mmに切り出したダウンホールツール用分解性ゴム部材の試料を、温度150℃の水（脱イオン水等）400mL中に浸漬し、24時間経過後に取り出した後に測定した試料の質量と、予め温度150℃の水に浸漬する前に測定した試料の質量（以下、「当初質量」ということがある。）とを比較して、当初質量に対する減少率（単位：%）を算出するものである。なお、温度150℃の水に浸漬中に、ダウンホールツール用分解性ゴム部材が、分解したり溶出したりして形状を失いまたは消失する場合は、前記の質量減少率を100%とする。

[0034] ダウンホールツール用分解性ゴム部材が、150℃24時間質量減少率が5%以上であることによって、ダウンホール環境（深度の多様化等に付随し約60℃程度～200℃程度の温度であり、近年は更に25～40℃程度の低温のダウンホール環境もある。）において、数時間～数週間以内で、所定量の分解促進剤を含有するゴム材料から形成されるダウンホールツール用分解性ゴム部材（分解性シール部材）が分解または崩壊、更に望ましくは消失（本発明においては、総称して「分解」ということがある。）することにより、ダウンホールツール用分解性ゴム部材（分解性シール部材）によるシール機能が喪失されるので坑井掘削のための経費軽減や工程短縮に寄与することができる。ダウンホールツール用分解性ゴム部材（分解性シール部材）には、種々のダウンホールの温度等の環境や当該環境において実施する工程に応じて、多様なシール機能の機能維持時間及び機能喪失時間が求められるが、本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材（分解性シール部材）は、150℃24時間質量減少率が、5%以上が好ましいものであり、より好ましくは10%以上、更に好ましくは50%以上、特に好ましくは80%以上、最も好ましくは90%以上、望ましくは上限値である100%であることにより、分解促進剤の機能と相まって、例えば、温度177℃（350°F

）、 163°C （ 325°F ）、 149°C （ 300°F ）、 121°C （ 250°F ）、 93°C （ 200°F ）、 80°C または 66°C 、更には $25\sim 40^{\circ}\text{C}$ などの種々のダウンホールの温度環境において、一定時間シール機能を発揮し、その後シール機能を喪失してシールを解除する特性を有するものとすることができる。ダウンホールツール用分解性ゴム部材の 150°C 24時間質量減少率を制御する因子や制御できる程度は、ダウンホールツール用分解性ゴム部材を形成するゴム材料に含有される分解性ゴムの種類によって異なるが、例えば、加硫度の調整つまり分子鎖間の架橋の度合いをコントロールすることによる分解速度の制御、加硫方式の変更や架橋剤の種類と比率の変更による分解速度の制御、硬度による分解速度の制御（一般には、硬度を上げると分解が抑制され、硬度を下げると分解が促進される。）、ゴム材料中の加水分解抑制剤等の配合剤や充填物の種類と量の調整による分解速度の制御、成形条件や硬化条件の変更による分解速度の制御ができる。

〔 150°C 24時間圧縮応力減少率〕

本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材は、ダウンホール環境において、確実に分解性を発揮する観点から、温度 150°C の水に24時間浸漬後の50%ひずみ圧縮応力の、浸漬前の50%ひずみ圧縮応力に対する減少率（以下、「 150°C 24時間圧縮応力減少率」ということがある。）が5%以上であることが好ましい。ダウンホールツール用分解性ゴム部材の 150°C 24時間圧縮応力減少率の測定方法は以下のとおりである。すなわち、所定形状の試料（厚み、長さ及び幅各5mmに切り出した試料を使用する。）を、温度 150°C の水（脱イオン水等）400mL中に浸漬し、24時間経過後に取り出して、JIS K7181（ISO604準拠）に従って、常温で圧縮応力を測定し、圧縮ひずみ50%における圧縮応力（単位：MPa。以下「50%ひずみ圧縮応力」ということがある。）を求める。予め温度 150°C の水に浸漬する前に測定した50%ひずみ圧縮応力（「当初の圧縮応力」）の値と比較して、当初の圧縮応力に対する減少率（単位：%）を算出する。なお、温度 150°C の水に浸漬中に、ダウンホールツール用分解

性ゴム部材が、分解したり溶出したりして形状を失ったり消失したりする場合、または、圧縮応力を測定しているときに50%ひずみ到達前にダウンホールツール用分解性ゴム部材が崩壊する場合は、前記の減少率を100%とする。

[0035] 本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材の当初の圧縮応力、すなわち、温度150℃の水への浸漬前の50%ひずみ圧縮応力としては、高深度地下にあるダウンホール内において、フラクチャリング等の坑井処理を行うのに要する期間（プラグの所定位置までの搬入・移送、ダウンホールツール用分解性ゴム部材によるダウンホールの閉塞、及び、穿孔またはフラクチャリングの準備及び実施等を含む時間であり、概ね1～2日間程度である。）
、ダウンホールツール用分解性ゴム部材の強度が維持され、ダウンホールの閉塞を確実に継続できる限り、特に限定はないが、通常5MPa以上、多くの場合7MPa以上であり、10MPa以上であることが特に好ましい。ダウンホールツール用分解性ゴム部材の当初の50%ひずみ圧縮応力は、上限値が特にないが、取扱い性や分解性（または崩壊性）の観点から、通常200MPa以下、多くの場合150MPa以下のものが使用される。

[0036] ダウンホールツール用分解性ゴム部材が、150℃24時間圧縮応力減少率が5%以上であることにより、ダウンホール環境（深度の多様化等に付随し約60℃程度～200℃程度の温度であり、近年は更に25～40℃程度の低温のダウンホール環境もある。）において、数時間～数週間以内の所望の期間内で、所定量の分解促進剤を含有するゴム材料から形成されるダウンホールツール用分解性ゴム部材（分解性シール部材）が分解または崩壊することにより、ダウンホールツール用分解性ゴム部材（分解性シール部材）によるシール機能が喪失されるため、その回収や物理的な破壊など多くの経費と時間を費やす必要がないので、坑井掘削のための経費軽減や工程短縮に寄与することができる。ダウンホールツール用分解性ゴム部材（分解性シール部材）には、種々のダウンホールの温度等の環境や当該環境において実施する工程に応じて、多様なシール機能の機能維持時間及び機能喪失時間が求め

られるが、本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材（分解性シール部材）は、 150°C 24時間圧縮応力減少率が、5%以上が好ましいものであり、より好ましくは20%以上、更に好ましくは50%以上、特に好ましくは70%以上、最も好ましくは100%であることによって、分解促進剤の機能と相まって、例えば、温度 177°C 、 163°C 、 149°C 、 121°C 、 93°C 、 80°C または 66°C 、更には $25\sim 40^{\circ}\text{C}$ などの種々のダウンホールの温度環境において、一定時間シール機能を発揮し、その後シール機能を喪失してシールを解除する特性を有するものとすることができる。

[0037] なお、ダウンホールツール用分解性ゴム部材の 150°C 24時間圧縮応力減少率を制御する因子や制御できる程度は、先に説明したと同様に、ダウンホールツール用分解性ゴム部材を形成するゴム材料に含有される分解性ゴムの種類によって異なるが、例えば、加硫度の調整つまり分子鎖間の架橋の度合いをコントロールすることによる分解速度の制御、加硫方式の変更や架橋剤の種類と比率の変更による分解速度の制御、硬度による分解速度の制御（一般には、硬度を上げると分解が抑制され、硬度を下げると分解が促進される。）、ゴム材料中の加水分解抑制剤等の配合剤や充填物の種類と量の調整による分解速度の制御、成形条件や硬化条件の変更による分解速度の制御ができる。ダウンホールツール用分解性ゴム部材の 150°C 24時間圧縮応力減少率の上限は、100%である。本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材は、必要に応じて、 150°C 24時間圧縮応力減少率が100%であって、温度 93°C 、 66°C 、 40°C または 25°C などの種々の温度の水に24時間浸漬後の50%ひずみ圧縮応力の浸漬前の50%ひずみ圧縮応力に対する減少率が、例えば50%以下、30%以下、10%以下、更には5%未満であるように調製することもできる。

〔 150°C 72時間質量減少率〕

本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材は、さらに、ダウンホール環境において、確実に分解性を発揮する観点から、温度 150°C の水に72時間浸漬後の質量の、浸漬前の質量に対する減少率（以下、「 150°C 72

時間質量減少率」ということがある。)が5～100%であることが好ましい。ダウンホールツール用分解性ゴム部材の150℃72時間質量減少率は、先に150℃24時間質量減少率について説明したと同様にして、厚み、長さ及び幅各20mmに切り出したダウンホールツール用分解性ゴム部材の試料を、温度150℃の水（脱イオン水等）400mL中に浸漬し、72時間経過後に取り出した後に測定した試料の質量と、予め温度150℃の水に浸漬する前に測定した試料の質量（当初質量）とを比較して、算出するものである。ダウンホールツール用分解性ゴム部材が、150℃72時間質量減少率が5～100%であることにより、ダウンホール環境（深度の多様化等に付随し約60℃程度～200℃程度の温度であり、近年は更に25～40℃程度の低温のダウンホール環境もある。）において、数時間～数週間以内に、所定量の分解促進剤を含有するゴム材料から形成されるダウンホールツール用分解性ゴム部材（分解性シール部材）が分解または崩壊、更に望ましくは消失（本発明においては、総称して「分解」ということがある。）することにより、ダウンホールツール用分解性ゴム部材（分解性シール部材）によるシール機能が喪失されるので坑井掘削のための経費軽減や工程短縮に寄与することができる。ダウンホールツール用分解性ゴム部材（分解性シール部材）には、種々のダウンホールの温度等の環境や当該環境において実施する工程に応じて、多様なシール機能の機能維持時間及び機能喪失時間が求められるが、本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材（分解性シール部材）は、150℃72時間質量減少率が、より好ましくは10～100%、更に好ましくは50～100%、特に好ましくは80～100%、最も好ましくは90～100%であることにより、後に説明する分解促進剤の機能と相まって、例えば、温度177℃、163℃、149℃、121℃、93℃、80℃または66℃、更には25～40℃などの種々のダウンホールの温度環境において、一定時間シール機能を発揮し、その後シール機能を喪失してシールを解除する特性を有するものとすることができる。ダウンホールツール用分解性ゴム部材の150℃72時間質量減少率を制御する因子や制御

できる程度は、先に 150℃ 24 時間質量減少率について説明したと同様である。

〔66℃引張破断ひずみ〕

本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材は、所望により、温度 66℃における引張破断ひずみ（以下、「66℃引張破断ひずみ」ということがある。）が 50%以上であることにより、フラクチャリング等の坑井処理を行うのに要する期間、ダウンホールツール用分解性ゴム部材の強度が維持され、ダウンホールの閉塞（分解性保護部材についてはセンサー等の保護。以下同様である。）をより確実に継続できるので好ましい。すなわち、ダウンホールツール用分解性ゴム部材を使用して坑井孔の閉塞（シール）を行う場合に、ダウンホールツール用分解性ゴム部材が、ダウンホールツールの形状及びダウンホールの形状（ケーシングの形状）に確実に係合するように変形しても、具体的には大きな引張力（及び圧縮力）を受けながら変形しても、破断するおそれがないので、ダウンホールツール用分解性ゴム部材とケーシングとの当接面積が大きくなり、閉塞が確実となる。さらに、例えばフラクチャリング等のシールが必要とされる処理を実施するために、流体による極めて高い圧力が負荷されることで、大きな引張力（及び圧縮力）を受けることがあっても、流体のシールが破壊されにくい効果がある。66℃引張破断ひずみは、ISO 37（JIS K 6251）に準拠して、温度 66℃で測定するものである。66℃引張破断ひずみは、より好ましくは 80%以上、更に好ましくは 100%以上である。66℃引張破断ひずみは、上限値がないが、66℃引張破断ひずみが大きすぎると、所要の坑井処理後にダウンホールツール用分解性ゴム部材を分解させて強度が失われる際に小片となりにくくなる場合があることから、通常 500%以下、多くの場合 480%以下である。

〔66℃圧縮応力〕

本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材は、所望により、温度 66℃における 70%ひずみ圧縮応力（以下、「66℃圧縮応力」ということがあ

ある。)が10MPa以上であることにより、フラクチャリング等の坑井処理を行うのに要する期間、ダウンホールツール用分解性ゴム部材の強度が維持され、ダウンホールの閉塞をより確実に継続できるので好ましい。すなわち、ダウンホールツール用分解性ゴム部材を使用して坑井孔の閉塞（シール）を行う場合に、ダウンホールツール用分解性ゴム部材が、ダウンホールツールの形状及びダウンホールの形状（ケーシングの形状）に確実に係合するように変形しても、具体的には大きな圧縮力（及び引張）を受けながら変形しても、破断するおそれがないので、ダウンホールツール用分解性ゴム部材とケーシングとの当接面積が大きくなり、閉塞が確実となる。さらに、例えばフラクチャリング等のシールが必要とされる処理を実施するために、流体による極めて高い圧力が負荷されることで、大きな圧縮力（及び引張力）を受けることがあっても、流体のシールが破壊されにくい効果がある。66℃圧縮応力は、ISO14126（JIS K7018）に準拠して、温度66℃で測定する、圧縮ひずみ70%における圧縮応力（単位：MPa）または圧縮ひずみ70%到達以前に破断する際には破断時までの最大応力値を表す。66℃圧縮応力は、より好ましくは20MPa以上、更に好ましくは30MPa以上である。66℃圧縮応力は、上限値が特にないが、通常200MPa以下、多くの場合150MPa以下である。

〔66℃圧縮破断ひずみ〕

本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材は、所望により、温度66℃における圧縮破断ひずみ（以下、「66℃圧縮破断ひずみ」ということがある。）が50%以上であることにより、フラクチャリング等の坑井処理を行うのに要する期間、ダウンホールツール用分解性ゴム部材の強度が維持され、ダウンホールの閉塞をより確実に継続できるので好ましい。66℃圧縮破断ひずみは、ISO14126に準拠して、温度66℃で測定するものである。66℃圧縮破断ひずみは、より好ましくは60%以上、更に好ましくは70%以上である。66℃圧縮破断ひずみは、上限値が100%であるが、通常99%以下である。

〔表面硬度〕

本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材は、先に説明した 66℃引張破断ひずみ、66℃圧縮応力及び66℃圧縮破断ひずみの所望の特性に加えて更に、シール機能の観点から表面硬度が A60～D80 の範囲であることが好ましい。ダウンホールツール用分解性ゴム部材を形成するゴム材料の表面硬度とは、ISO7619 に準拠して測定されるデュロメータ硬度のタイプ A（以下、「表面硬度 A」または単に「硬度 A」ということがある。）またはタイプ D（以下、「表面硬度 D」または単に「硬度 D」ということがある。）で表される表面硬度を意味するものである。デュロメータ硬度としては、一般ゴム等に適合する中硬さ用のタイプ A、硬質ゴム等に適合する高硬さ用のタイプ D、及びスポンジ等に適合する低硬さ用のタイプ E がある（例えば、硬度 A100 は、概ね硬度 D60 程度に相当することが多い。）。本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材を形成するゴム材料は、硬度 A60～D80 の範囲であることによって、更に所望によりゴム部材の構造等を併せて調整することにより、フラクチャリング等の高圧流体加圧に抗して坑井孔のシールを行うことができるよう構成することができる。ダウンホールツール用分解性ゴム部材を形成するゴム材料の表面硬度は、より好ましくは表面硬度 A65～D78、更に好ましくは表面硬度 A70～D75 の範囲である。

〔23℃圧縮応力減少率〕

本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材は、更に所望により、ドライ環境下で安定であり、温度 23℃の水に 6 時間浸漬後の 50%ひずみ圧縮応力の、1 時間浸漬後の 50%ひずみ圧縮応力に対する減少率（以下、「23℃圧縮応力減少率」ということがある。）が 5%未満であることにより、フラクチャリング等の坑井処理を行うのに要する期間、ダウンホールツール用分解性ゴム部材の強度が維持され、ダウンホールの閉塞をより確実に継続できるので好ましい。すなわち、坑井掘削のための採掘条件が多様なものとなっているもとで、予期しない短時間で、ダウンホールの閉塞（保護部材に

において、センサー等の保護機能）が喪失されるようなことがない。特に、ダウンホールツール用分解性ゴム部材は、ドライ環境下で安定であることにより、本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材を備えるダウンホールツールを坑井孔内に配置し、フラクチャリング等の坑井処理を行うに至る前段階において、シール機能（保護部材においては、保護機能）を喪失することがない。ダウンホールツール用分解性ゴム部材の23℃圧縮応力減少率の測定方法は、先に説明した150℃24時間圧縮応力減少率の測定方法と同様であり、温度150℃の水に浸漬するのに代えて、温度23℃の水に、所要時間浸漬することにより測定することができる。23℃圧縮応力減少率は、より好ましくは4%未満、更に好ましくは3%未満である。23℃圧縮応力減少率は、下限値が0%である。なお、本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材について、「ドライ環境下で安定」であるとは、温度23℃相対湿度50%の環境下において168時間（7日間）以上、圧縮応力の減少が生じないことをいう。

〔66℃圧縮応力比率〕

本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材は、更に所望により、温度66℃において、圧縮ひずみ5%における圧縮応力に対する、圧縮ひずみ70%における圧縮応力の比率（以下、「66℃圧縮応力比率」ということがある。）が5倍以上であることにより、フラクチャリング等の坑井処理を行うのに要する期間、ダウンホールツール用分解性ゴム部材の強度が維持され、ダウンホールの閉塞をより確実に継続できるので好ましい。すなわち、ダウンホールツール用分解性ゴム部材を使用して坑井孔の閉塞（シール）を行う場合に、ダウンホールツール用分解性ゴム部材の初期の圧縮ひずみが小さい（変形しやすい）ため、ダウンホールツールの形状及びダウンホールの形状（ケーシングの形状）に確実に係合するように変形可能であって、さらに、大きな圧縮力（及び引張力）を受けながら変形する際には、変形量が大きな領域でゴム部材の応力が大きく立ち上がることで、例えばゴム部材とケーシングの当接部分のゴム部材が高い圧縮応力（及び引張力）を有する状態となる

ので、例えばフラクチャリング等のシールが必要とされる坑井処理を実施する際に、大きな圧力等がかかっても、十分なシール性能を有し、閉塞が確実となる。66℃圧縮応力比率は、ISO 14126 (JIS K 7018) に準拠して、温度66℃で測定するものである。66℃圧縮応力比率は、より好ましくは8倍以上、更に好ましくは10倍以上である。66℃圧縮応力比率は、上限値が特にないが、通常200倍以下、多くの場合150倍以下である。なお、66℃圧縮応力比率が5倍以上である本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材は、多くの場合、他の温度、例えば室温～177℃のような温度範囲においても、圧縮ひずみ5%における圧縮応力に対する、圧縮ひずみ70%における圧縮応力の比率が5倍以上であれば、上記の広い温度範囲においてシール機能等を果たすことができるので、より望ましいものとなる。ただし、上記の温度範囲の一部、例えば温度149℃において、上記の圧縮応力の比率が5倍未満であるようなダウンホールツール用分解性ゴム部材でも、66℃圧縮応力比率が5倍以上であれば、実用性があるダウンホールツール用分解性ゴム部材である。

〔曲げ弾性率〕

本発明のダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）は、多様なダウンホール環境において、シール機能を確実に発揮する観点から、所望によっては、温度23℃における曲げ弾性率が0.005～10GPaの範囲であるものとすることができる。本発明のダウンホールツール用分解性シール部材の温度23℃における曲げ弾性率が0.005～10GPaの範囲であれば、ダウンホール環境、例えば、温度177℃、163℃、149℃、121℃、93℃、80℃または66℃、更には25～40℃などの環境内において坑井孔の閉塞を行う、例えば、ダウンホールツールとケーシングとの間の流体をシールしようとする場合、該ダウンホール環境内ではダウンホールツール用分解性シール部材の曲げ弾性率が適度に低下するため、ダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）が、ダウンホールツールの形状及びケーシングの形状に確実に係合するように変形すること

ができる。したがって、ダウンホールツール用分解性シール部材とケーシングとの当接面積が大きくなり、閉塞が確実となる。さらに、例えばフラクチャリング等のシールが必要とされる処理を実施するために、流体による極めて高い圧力が負荷されても、流体のシール（分解性保護部材については保護）が破壊されにくい効果がある。温度 23℃における曲げ弾性率は、JIS 7113（ISO 178に相当）に準拠して測定する。

[0038] ダウンホール環境内においてシール機能を確実にする変形が容易なものとなる観点から、ダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）の温度 23℃における曲げ弾性率は、好ましくは 9 GPa 以下、より好ましくは 8 GPa 以下、更に好ましくは 7 GPa 以下であり、特に厚みが 5 mm を超えるようなシール部材において有効である。ダウンホールツール用分解性シール部材の温度 23℃における曲げ弾性率が小さすぎると、高い流体圧力が負荷されるときに、変形してシールが破壊されてしまう場合があるので、好ましくは 0.008 GPa 以上、より好ましくは 0.01 GPa 以上、更に好ましくは 0.02 GPa 以上とするとよい。

〔ダウンホール環境内でのゴム部材の分解〕

本発明のダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）は、分解性ゴムに所定量の分解促進剤を含有するゴム材料から形成されるものから選択することにより、既に説明したダウンホール環境〔深度の多様化等に付随して、多くは 60℃（140度F）～204℃（400度F）程度の温度であり、近年は更に 25～40℃程度の低温のダウンホール環境もある。〕において、数時間～数週間以内で、所望によっては数日間以内で、該分解促進剤により促進される分解性ゴムの分解に由来して、ダウンホールツール用分解性シール部材がシール機能を喪失してシールを解除するものとしてすることができる。ダウンホールツール用分解性保護部材については、センサーや流路等に対する保護を解除して、露出したセンサーや流路等が本来の機能を発揮することができる。

[0039] 例えば、硬度 A82° の熱硬化性ポリウレタン（ウレタンゴム）100質

量部に対して、分解促進剤としてグリコリド（酸生成物質に該当する。）5質量部を含有させた場合、温度66℃の水に24時間浸漬後の圧縮応力減少率（温度66℃の水に浸漬することを除き、先に説明した「150℃24時間圧縮応力減少率」と同様にして、50%ひずみ圧縮応力を測定し算出するものである。他の温度についても同様である。）32%及び質量減少率（温度66℃の水に浸漬することを除き、先に説明した「150℃24時間質量減少率」と同様にして、測定し算出するものである。他の温度についても同様である。）-10.1%、48時間浸漬後の質量減少率-1.8%、72時間浸漬後の圧縮応力減少率100%（温度66℃の水に浸漬中に、ダウンホールツール用分解性ゴム部材が、分解したり溶出したりして形状を失ったり消失したりする場合、または、圧縮応力を測定しているときに50%ひずみ到達前にダウンホールツール用分解性ゴム部材が崩壊する場合を意味する。他の温度についても同様である。）及び質量減少率-1.9%、168時間浸漬後の圧縮応力減少率100%及び質量減少率-0.1%であり、温度80℃の水に24時間浸漬後の圧縮応力減少率55%及び質量減少率-1.9%、48時間浸漬後の質量減少率-2.2%、72時間浸漬後の圧縮応力減少率100%及び質量減少率-1.4%、168時間浸漬後の質量減少率8.4であった。

[0040] また、硬度A82°の熱硬化性ポリウレタン（ウレタンゴム）100質量部に対して、分解促進剤としてMPTS1質量部を含有させた場合、温度66℃の水に24時間浸漬後の圧縮応力減少率100%及び質量減少率-1.6%、48時間浸漬後の質量減少率3.2%、72時間浸漬後の圧縮応力減少率100%及び質量減少率10.4%、168時間浸漬後の圧縮応力減少率100%及び質量減少率33.5%であり、温度80℃の水に24時間浸漬後の圧縮応力減少率100%及び質量減少率4.5%、48時間浸漬後の質量減少率17.9%、72時間浸漬後の圧縮応力減少率100%及び質量減少率29.5%、168時間浸漬後の圧縮応力減少率100%及び質量減少率49.8%であり、取り出し前のサンプルに割れなどが発生していた。

同じく、硬度 A 8 2° の熱硬化性ポリウレタン（ウレタンゴム）100質量部に対して、分解促進剤として M P T S 5 質量部を含有させた場合、温度 66℃ の水に 24 時間浸漬後の圧縮応力減少率 100% 及び質量減少率 26.5%、48 時間浸漬後の質量減少率 38.0%、72 時間浸漬後の圧縮応力減少率 100% 及び質量減少率 46.0%、168 時間浸漬後の圧縮応力減少率 100% 及び質量減少率 50.8% であり、48 時間以上浸漬では取り出し前のサンプルに割れなどが発生していた。また、温度 80℃ の水に 24 時間浸漬後の圧縮応力減少率 100% 及び質量減少率 44.5%、48 時間浸漬後の圧縮応力減少率 100% 及び質量減少率 50.6%、72 時間浸漬後の圧縮応力減少率 100% 及び質量減少率 83.1%、168 時間浸漬後の圧縮応力減少率 100% であり、24 時間以上浸漬した場合には取り出し前のサンプルに割れなどが発生していた。

[0041] さらに、硬度 A 8 2° の熱硬化性ポリウレタン（ウレタンゴム）100質量部に対して、以下の分解促進剤の所定量を含有させた場合についての、温度 66℃ または 80℃ の水に所定時間浸漬後の圧縮応力減少率及び質量減少率は、それぞれ表 1 のとおりであった。なお、グリコリド 10 質量部を含有させたダウンホールツール用分解性ゴム部材（「グリコリド*」及び「グリコリド**」で表記される 2 列をいう。）における分解性ゴムとしては、それぞれ、硬度 A 9 6° の熱硬化性ポリウレタン（ウレタンゴム）及び硬度 A 9 0° の熱硬化性ポリウレタン（ウレタンゴム）を使用した。

[0042]

[表1]

	水への浸漬	分解促進剤 及び 含有量(ウレタンゴム100質量部に対する質量部)										
		グリコリド 5	グリコリド* 10	グリコリド*** 10	グリコリド 1	MPTS 1	MPTS 5	BTDA 1	ラウリン酸 1	ラウリン酸 5	PGA 5	(なし) 0
圧縮応力減少率 %	水の浸漬時間											
	24時間	32	29	32	—	100	100	—	—	21	—	0
	72時間	100	100	100	1	100	100	—	-10	18	25	0
	168時間	100	100	100	12	100	100	17	14	27	48	7
80°C	24時間	55	100	100	12	100	100	—	22	31	29	0
	48時間	—	100	100	—	100	100	—	—	—	—	—
	72時間	100	100	100	—	100	100	—	—	—	—	2
	168時間	—	100	100	100	100	100	—	41	100	100	27
66°C	24時間	-10.1	-0.7	-0.2	-1.4	-1.6	26.5	-1.5	-2.0	-2.0	-5.7	-1.5
	48時間	-1.8	—	—	-1.9	3.2	38.0	-2.0	-2.0	-2.5	-2.0	—
	72時間	-1.9	1.7	0.4	-1.9	10.4	46.0	-1.9	-2.0	-2.6	-2.0	-1.8
	168時間	-0.1	7.5	6.6	-0.6	33.5	50.8	-1.8	-1.4	-2.2	-1.1	-1.3
80°C	24時間	-1.9	3.7	0.1	-2.0	4.5	44.5	-2.3	-2.2	-2.8	-2.2	-1.3
	48時間	-2.2	—	—	-2.3	17.9	50.6	-2.5	-2.5	-3.0	-2.5	—
	72時間	-1.4	12.8	9.7	-2.3	29.5	83.1	-2.3	-2.2	-3.1	-2.5	-2.1
	168時間	8.4	27.5	38.3	-1.2	49.8	—	-1.4	-1.6	-2.0	0.0	-1.6

したがって、ダウンホール環境に応じて、分解性ゴム及び分解促進剤の最適の組み合わせを選択することにより、坑井掘削用プラグ等のダウンホールツールとケーシングとの間の空間の閉塞（シール）を解除したり、センサーや流路等の保護を解除したりすることを目的として、ダウンホールツール用の部材を回収したり物理的に破壊するなどのために、多くの経費と時間を費やす必要がなくなるので、坑井掘削（炭化水素資源の回収）のための経費軽減や工程短縮に寄与することができる。さらに、ダウンホールツールを、本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材とともに、分解性材料から形成される他の部材を備えるものとするにより、ダウンホールツール用の種々の部材を回収したり物理的に破壊する操作を完全に不要とすることができる。本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材を備える坑井掘削用プラグ等のダウンホールツールには、種々のダウンホールの温度等の環境や当該環境において実施する工程に応じて、多様な強度等の性能維持時間及び分解時間が求められるが、本発明のダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）は、例えば、温度 177℃、163℃、149℃、121℃、93℃、80℃または66℃、更には25～40℃などの種々のダウンホールの温度環境において、一定時間シール機能を維持し、その後シール機能を喪失してシールを解除する特性を有することができる。本発明のダウンホールツール用分解性シール部材において、シール機能の維持時間やシール機能を喪失する速度等を制御する因子や制御が可能である程度は、分解促進剤と分解性ゴムの種類や組み合わせによっても異なり、種々の手法により調整可能である。

〔ダウンホールツール用分解性ゴム部材の形状及び大きさ〕

本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材の形状及び大きさは、特に限定されず、ダウンホールツール用分解性シール部材やダウンホールツール用分解性保護部材等のダウンホールツール用分解性ゴム部材を備えるダウンホールツールの種類、形状や大きさに適合するように調製することができる。例えば、ダウンホールツール用分解性シール部材については、シート状（

薄いフィルム状、厚板状等）、棒状（丸棒状、角柱状等）、直方体状（立方状を含む）、ボール状、その他の塊状（定形、不定形等）などの形状でもよい。本発明のダウンホールツール用分解性シール部材がシート状であったり、シーリング材またはパッキング材（詰め物様）であったりする場合は、必ずしも所定の形状を有する成形体である必要はない。また、本発明のダウンホールツール用分解性シール部材を備えるダウンホールツールが、坑井掘削用プラグ等である場合は、環状の成形体であるダウンホールツール用分解性シール部材とすることができ、更に具体的には、環状の成形体がダウンホールツールに備えられるマンドレルの軸方向と直交する外周面上に置かれるものであるダウンホールツール用分解性シール部材などとすることができ、フラックプラグまたはブリッジプラグ等の坑井掘削用プラグに備えられるダウンホールツール用分解性シール部材とすることができ、また、ボールまたはボールシートであるダウンホールツール用分解性シール部材とすることができる。同様に、ダウンホールツール用分解性保護部材についても、保護の対象であるセンサーや流路等の形状や大きさを踏まえて、シート状、センサー等の形状に対応する所定の形状、更には不定形のものでもよく、必要に応じた大きさに調製することができる。

５．ダウンホールツール用分解性ゴム部材の製造方法

本発明のダウンホールツール用分解性シール部材等のダウンホールツール用分解性ゴム部材は、製造方法が特に限定されるものではない。例えば、射出成形、押出成形（固化押出成形を含む。）、遠心成形、圧縮成形その他の公知の成形方法により、所定量の分解促進剤、分解性ゴム、及び所望により含有させる他の配合成分を含有するゴム材料である組成物を成形原料として、所定形状の成形品を成形し、または適宜形状（例えば、棒状体や厚板等）の予備成形品を成形した後、必要に応じて切削加工や穿孔等の機械加工した後、それ自体公知の方法によって組み合わせて、ダウンホールツール用分解性ゴム部材を得ることができる。

１１．ダウンホールツール

本発明によれば、前記のダウンホールツール用分解性ゴム部材を備えるダウンホールツールが提供される。ダウンホールツールの種類、形状や大きさは、特に限定されない。例えば、本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材は、スリーブシステム（フラックスリーブ）におけるシール部材、ダウンホールツール内におけるボールバルブ、フラッパーバルブ等のシール部材、ダウンホールツールとケーシングの間の開口部に配置されることで一時的に流体を遮断できるシール部材、更に金属製のダウンホールツール部材、センサーや流路等を覆って保護やシールを行う形で存在し、これら金属部分等が拡張することで坑井孔をシールするなどの他の多くのシール用途におけるシール部材として、または保護部材として使用することができる。本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材の特性である分解性に由来する崩壊性をより有効に発揮することができる観点から、好ましいダウンホールツールとしては、坑井掘削用プラグが挙げられ、より好ましくはフラックプラグまたはブリッジプラグが挙げられる。

〔坑井掘削用プラグ〕

本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材を備えるダウンホールツール（以下、「本発明のダウンホールツール」ということがある。）として、より好ましい坑井掘削用プラグは、通常、マンドレル（中実でも中空部を有するものでもよい。）と、マンドレルの軸方向に直交する外周面上に置かれる種々のダウンホールツール部材とを備える、それ自体周知の構造を備えるものが適合する。ダウンホールツール部材としては、拡張してダウンホールツール（坑井掘削用プラグ）とケーシングとの間の空間を閉塞して流体をシールすることができる拡張可能な環状のシール部材、及び／または、拡張してダウンホールツール（坑井掘削用プラグ）とケーシングとを相互に固定するスリップや、ウェッジ、リングその他の部材が挙げられ、それ自体周知の部材（例えば、センサー等）を備えるものとすることができる。

[0043] 本発明のダウンホールツールは、例えば環状の成形体であるダウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）を備えるものであり、好まし

くはマンドレルの軸方向と直交する外周面上に置かれる環状の成形体である
ダウンホールツール用分解性シール部材を備えるものであり、また、ボール
またはボールシートであるダウンホールツール用分解性シール部材を備える
ものとすることができる。

[0044] 本発明のダウンホールツールが備える他のダウンホールツール部材、例え
ば、マンドレル、スリップ、ウエッジまたはリングなどは、従来、当該ダウ
ンホールツール部材として使用されてきた材料、形状や大きさ、機械的特性
等を有するものの範囲から選択することができる。したがって例えば、マン
ドレル等としては、分解性材料から形成されるものを使用してもよく、また
、強化材を含有する材料から形成されるものを使用してもよく、さらに、他
の材料から形成される別部材との複合材から形成されるものを使用してもよ
い。さらに、マンドレルについていえば、中空部を有してもよいし、軸方向
に沿って径が変化するものでもよいし、外表面に固定部、段部、凹部、凸部
等を有するものでもよい。

〔ダウンホールツールによるダウンホールのシール〕

ダウンホールツールの流体シールを確実なものとするために、本発明のダ
ウンホールツール用分解性シール部材（分解性ゴム部材）は、例えば環状の
成形体として、好ましくはダウンホールツールに備えられるマンドレルの軸
方向と直交する外周面上に置かれる環状の成形体として、軸方向に圧縮され
て縮径することに伴い軸方向と直交する方向に拡径する部材として、また例
えばボールまたはボールシートとして、坑井孔のケーシングとダウンホール
ツールとの間の空間を閉塞し、流体をシールするものとすることができる。

[0045] 本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材は、分解性ゴム 100 質量
部に対して分解促進剤 0.1 ~ 20 質量部を含有するゴム材料から形成され
ることにより、流体シール性に優れたものとすることができる。流体シール
性は、以下の方法によって測定することができる。すなわち、(1) ダウン
ホールツール用分解性ゴム部材から、外径 90 mm、内径 60 mm で特定形
状に切削した試料（環状のゴム部材）を、内径 103.1 mm の外筒及び外

径60mmの芯棒が付帯している治具にセットする、(2)該試料(環状のゴム部材)を治具の軸方向に圧縮して、治具の外筒及び芯棒部が該試料(環状のゴム部材)でシールされるようにする、(3)水圧負荷を行い、シール不良が発生する(多くの場合、試料、すなわち環状のゴム部材の治具の軸方向両端部に大きな変形力がかかることにより該部位が破壊され、シール不良が発生する。)ときの水圧(以下、「破壊水圧」ということがある。)を測定する。破壊水圧が、20MPa以上であれば、流体シール性が優れているということができ、好ましくは23MPa以上、より好ましくは26MPa以上である。ダウンホールツール用分解性ゴム部材の破壊水圧は、分解性ゴムの種類、分解促進剤の種類や含有量等によって調整することができる。例えば、硬度A90°の熱硬化性ポリウレタン(ウレタンゴム)100質量部に対して、分解促進剤としてグリコリドを5質量部含有させることにより、破壊水圧を29MPa程度とすることができる。また、硬度A98°の熱硬化性ポリウレタン(ウレタンゴム)100質量部に対して、分解促進剤としてグリコリドを10質量部含有させることにより、破壊水圧を46MPa超過(46MPaの水圧を負荷しても、シール不良が発生しない。)とすることができる。さらに、硬度A90°の熱硬化性ポリウレタン(ウレタンゴム)100質量部に対して、分解促進剤としてMPTSを0.1質量部含有させることにより、破壊水圧を37MPa程度とすることができ、同じくMPTSを0.5質量部含有させることにより、破壊水圧を30MPa程度とすることができる。

111. 坑井掘削方法

本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材を使用する坑井掘削方法、例えばダウンホールツール用分解性シール部材を備える坑井掘削用プラグ等のダウンホールツールを使用して、ダウンホールツールとケーシングとの間の流体をシールする坑井掘削方法によれば、並びに、本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材を使用して、例えばダウンホールツール用分解性シール部材を備える坑井掘削用プラグ等のダウンホールツールを使用して、坑

井孔の目止め処理を行った後に、ダウンホールツールが分解される、具体的には、ダウンホールツール用分解性シール部材を備える坑井掘削用プラグ等のダウンホールツールの一部または全部が分解される坑井掘削方法によれば、所定の諸区画のフラクチャリングが終了し、または、坑井の掘削が終了して坑井が完成し、石油や天然ガス等の生産を開始するときには、坑井孔を閉塞しているダウンホールツール用分解性シール部材によるシールを、当該のダウンホール環境において所望する期間内に、容易にシール解除することができるように設計することができる。同様に、ダウンホールツール用分解性保護部材を備えるダウンホールツールを使用する坑井掘削方法においても、当該のダウンホール環境において所望する期間内に、センサーや流路等に対する保護を解除することができるように設計することができる。この結果、本発明の坑井掘削方法によれば、従来、坑井処理の終了後または坑井完成後に、シール解除を行うためにシール機能を喪失させる操作や、保護部材による保護を解除する操作のために、更には、坑井内に残置されていた多数の坑井掘削用プラグまたはシール部材や保護部材等の部材を、破砕、穿孔その他の方法によって破壊したり、小片化したりするために要していた多くの経費と時間が不要となるので、坑井掘削の経費軽減や工程短縮ができる。

〔坑井孔の閉塞〕

シール及びシールの解除について更に説明すると、本発明のダウンホールツールは、ダウンホールツール用分解性シール部材に対して、例えば、1対のリングにマンドレルの軸方向の力を加えることにより、ダウンホールツール用分解性シール部材が、軸方向に圧縮されて縮径することに伴い、マンドレルの軸方向と直交する方向に拡径して、軸方向に直交する方向の外方部がダウンホールの内壁と当接するとともに、軸方向に直交する方向の内方部がマンドレルの外周面に当接することにより、ダウンホールツールとダウンホールとの間の空間を閉塞し、流体をシールすることができる。なお、ダウンホールツール用分解性ゴム部材が短時間で分解してしまうような高温環境にあるダウンホール内において、上記した閉塞（シール）や、ダウンホールツ

ールの保護等を行う場合には、地上から流体を注入して (cooldown injection)、ダウンホールツール用分解性ゴム部材の周辺温度を低下させた状態にコントロールすることによって、所望の時間、シール性能(強度等)や保護機能を維持するような処理方法を採用することができる。

〔ダウンホールツールの分解〕

本発明の坑井掘削用プラグ等のダウンホールツールは、所定の諸区画のフラクチャリングが終了した後、通常は、坑井の掘削が終了して坑井が完成し、石油や天然ガス等の生産を開始するときに、生分解、加水分解または更に他の何らかの方法による化学的な分解や溶剤への溶解のみならず、分解促進剤を崩壊させることができる多様な手段により、ダウンホールツール用分解性シール部材のシール機能を喪失させ、更に所望により、分解性を有するマンドレルやスリップ、リング等のダウンホールツール用分解性シール部材以外の他のダウンホールツール部材とともに、容易に分解または崩壊させて除去することができる。すなわち、本発明のダウンホールツール用分解性シール部材を使用して坑井孔の目止め処理を行った後に、ダウンホールツール用分解性シール部材がシール機能を喪失し、更に所望により分解されることによって、(i) 坑井内において流体の移動を妨げるためのシールが所望期間内に解除できる、(ii) 生産を妨げる不要なダウンホールツールの除去が容易となる、(iii) ダウンホールツールに備えられる他の部材をPGAやPLA等の分解性材料、より好ましくはPGAから形成することによれば、生産開始前にダウンホールツールやダウンホールツール部材の破砕処理が全く不要であるダウンホールツールを得ることができる、(iv) フラクチャリング工程に使用されるダウンホールツールに限られることなく、何らかのシールが必要とされる多様な工程において使用される種々のダウンホールツールに適用することができる、などの利点がある。本発明のダウンホールツール用分解性保護部材を使用してセンサー等の保護を行う坑井掘削方法についても、同様の利点がある。なお、坑井処理が終了した後に残存するダウンホールツール用分解性ゴム部材は、生産を開始するまでに完全に消失して

いることが好ましいが、完全に消失していないとしても、強度が低下してダウンホール中の水流等の刺激により崩壊するような状態となれば、崩壊したダウンホールツール用分解性ゴム部材は、フローバックなどにより容易に回収することができ、ダウンホールやフラクチャに目詰まりを生じさせることがないので、石油や天然ガス等の生産障害となることがない。また通常、ダウンホールの温度が高い方が、短時間でダウンホールツール用分解性ゴム部材の分解や強度低下が進行する。なお、坑井によっては地層中の含水量が低いことがあり、その場合にはフラクチャリング時に使用した水ベースの流体を、フラクチャリング後に回収することなく坑井中に残留させることで、ダウンホールツールの分解を促進させることができる。

[0046] 本発明の具体的態様によれば、更に、i) 本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材を備えるダウンホールツールを使用して、坑井孔をシールした後に、坑井孔内で該ダウンホールツール用分解性ゴム部材が分解されることを特徴とする坑井掘削方法、ii) 本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材を備え、さらに分解性材料（好ましくはPGA）を含有する他のダウンホールツール用部材を備えるダウンホールツールを使用して、坑井孔をシールした後に、坑井孔内で該ダウンホールツール用分解性ゴム部材が分解されることを特徴とする坑井掘削方法、及び、iii) 本発明のダウンホールツール用分解性ゴム部材を備え、該ダウンホールツール用分解性ゴム部材が、他のダウンホールツール用部材に接する、及び／または、他のダウンホールツール用部材を覆うように配置されてなるダウンホールツールを使用して、坑井処理を行った後に、坑井孔内で該ダウンホールツール用分解性ゴム部材が分解されることを特徴とする坑井掘削方法が提供される。

産業上の利用可能性

[0047] 本発明は、分解性ゴム100質量部に対して分解促進剤0.1～20質量部を含有するゴム材料から形成されることを特徴とするダウンホールツール用分解性ゴム部材であることによって、採掘条件が多様となるもと、確実に流体をシールして坑井処理を容易とし、かつ、所望の期間でシールを解除し

、その除去や流路の確保ができるよう、所望に応じて設計可能な分解性シール部材や、センサーや流路等を保護し、その後容易に除去できるよう設計可能な分解性保護部材に適用可能であることによって、坑井掘削の経費軽減や工程短縮ができるダウンホールツール用分解性ゴム部材を提供することができ、更に、該部材を備えるダウンホールツール、及び坑井掘削方法を提供することができるので、産業上の利用可能性が高い。

請求の範囲

- [請求項1] 分解性ゴム100質量部に対して分解促進剤0.1～20質量部を含有するゴム材料から形成されることを特徴とするダウンホールツール用分解性ゴム部材。
- [請求項2] 分解性ゴム100質量部に対して分解促進剤0.1～20質量部を含有するゴム材料から形成され、温度150℃の水に24時間浸漬後の質量または50%ひずみ圧縮応力の、浸漬前の質量または50%ひずみ圧縮応力に対する減少率が5%以上であることを特徴とするダウンホールツール用分解性ゴム部材。
- [請求項3] 温度150℃の水に72時間浸漬後の質量の、浸漬前の質量に対する減少率が5～100%である請求項2記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材。
- [請求項4] 分解性ゴム100質量部に対して分解促進剤0.1～20質量部を含有するゴム材料から形成され、温度150℃の水に72時間浸漬後の質量の、浸漬前の質量に対する減少率が5～100%であることを特徴とするダウンホールツール用分解性ゴム部材。
- [請求項5] 温度66℃における引張破断ひずみが50%以上、70%ひずみ圧縮応力が10MPa以上かつ圧縮破断ひずみが50%以上である請求項1乃至4のいずれか1項に記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材。
- [請求項6] 表面硬度がA60～D80の範囲内である請求項5記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材。
- [請求項7] 温度66℃において、圧縮ひずみ5%における圧縮応力に対する、圧縮ひずみ70%における圧縮応力の比率が5倍以上である請求項1乃至6のいずれか1項に記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材。
- [請求項8] ドライ環境下で安定であり、温度23℃の水に6時間浸漬後の50%ひずみ圧縮応力の、1時間浸漬後の50%ひずみ圧縮応力に対する

減少率が5%未満である請求項1乃至7のいずれか1項に記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材。

[請求項9] 分解促進剤が酸性物質である請求項1乃至8のいずれか1項に記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材。

[請求項10] 酸性物質が酸生成物質である請求項9に記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材。

[請求項11] 分解促進剤が可塑剤である請求項1乃至8のいずれか1項に記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材。

[請求項12] 分解促進剤が、有機酸、無機酸、有機酸エステル、無機酸エステル及び酸無水物からなる群より選ばれる少なくとも1種を含有する請求項1乃至8のいずれか1項に記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材。

[請求項13] 分解促進剤が、グリコリド、ラクチド、 ϵ -カプロラクトン、ポリグリコール酸、ポリ乳酸、p-トルエンスルホン酸メチル及び3, 3', 4, 4'-ベンゾフェノンテトラカルボン酸二無水物からなる群より選ばれる少なくとも1種を含有する請求項1乃至8のいずれか1項に記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材。

[請求項14] 分解性ゴムは、ウレタンゴム、天然ゴム、イソプレンゴム、エチレンプロピレンゴム、ブチルゴム、スチレンゴム、アクリルゴム、脂肪族ポリエステルゴム、クロロプレンゴム、ポリエステル系熱可塑性エラストマー及びポリアミド系熱可塑性エラストマーからなる群より選ばれる少なくとも1種を含有する請求項1乃至13のいずれか1項に記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材。

[請求項15] 分解性ゴムは、加水分解性の官能基を有するゴムを含有する請求項1乃至14のいずれか1項に記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材。

[請求項16] ゴム材料は、強化材を含有する請求項1乃至15のいずれか1項に記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材。

- [請求項17] 温度 23℃における曲げ弾性率が0.005～10GPaの範囲である請求項1乃至16のいずれか1項に記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材。
- [請求項18] シール部材である請求項1乃至17のいずれか1項に記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材。
- [請求項19] 環状の成形体である請求項18に記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材。
- [請求項20] 環状の成形体が、ダウンホールツールに備えられるマンドレルの軸方向と直交する外周面上に置かれるものである請求項19に記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材。
- [請求項21] ボールまたはボールシートである請求項1乃至17のいずれか1項に記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材。
- [請求項22] ダウンホールツール用分解性保護部材である請求項1乃至17のいずれか1項に記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材。
- [請求項23] 坑井掘削用プラグに備えられる請求項1乃至22のいずれか1項に記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材。
- [請求項24] 請求項1乃至23のいずれか1項に記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材を備えるダウンホールツール。
- [請求項25] 坑井掘削用プラグである請求項24に記載のダウンホールツール。
- [請求項26] 請求項1乃至23のいずれか1項に記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材を使用する坑井掘削方法。
- [請求項27] 請求項1乃至23のいずれか1項に記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材を使用して、ダウンホールツールとケーシングとの間の流体をシールする坑井掘削方法。
- [請求項28] 請求項1乃至23のいずれか1項に記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材を使用して、坑井孔の目止め処理を行った後に、ダウンホールツールが分解される坑井掘削方法。
- [請求項29] 請求項1乃至23のいずれか1項に記載のダウンホールツール用分

解性ゴム部材を備えるダウンホールツールを使用して、坑井孔をシールした後に、坑井孔内で該ダウンホールツール用分解性ゴム部材が分解されることを特徴とする坑井掘削方法。

[請求項30] 請求項1乃至23のいずれか1項に記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材を備え、

さらに分解性材料を含有する他のダウンホールツール用部材を備えるダウンホールツールを使用して、坑井孔をシールした後に、坑井孔内で該ダウンホールツール用分解性ゴム部材が分解されることを特徴とする坑井掘削方法。

[請求項31] 他のダウンホールツール用部材に含有される分解性材料がポリグリコール酸である請求項30記載の坑井掘削方法。

[請求項32] 請求項1乃至23のいずれか1項に記載のダウンホールツール用分解性ゴム部材を備え、該ダウンホールツール用分解性ゴム部材が、他のダウンホールツール用部材に接する、及び／または、他のダウンホールツール用部材を覆うように配置されてなるダウンホールツールを使用して、坑井処理を行った後に、坑井孔内で該ダウンホールツール用分解性ゴム部材が分解されることを特徴とする坑井掘削方法。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/056419

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E21B23/00(2006.01) i, E21B33/12(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

E21B23/00, E21B33/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2013/183363 A1 (Kureha Corp.), 12 December 2013 (12.12.2013), paragraph [0022] & AU 2013272915 A & CA 2868975 A & CN 104204404 A	1-32
A	US 2011/0067889 A1 (Marya et al.), 24 March 2011 (24.03.2011), paragraphs [0023] to [0034]; fig. 1 to 3 & CA 2808081 A	1-32
A	US 2005/0205266 A1 (Todd et al.), 22 September 2005 (22.09.2005), paragraphs [0018] to [0022]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-32

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
18 May 2015 (18.05.15)

Date of mailing of the international search report
26 May 2015 (26.05.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. E21B23/00(2006.01)i, E21B33/12(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. E21B23/00, E21B33/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2013/183363 A1（株式会社クレハ）2013.12.12, [0022] & AU 2013272915 A & CA 2868975 A & CN 104204404 A	1 - 3 2
A	US 2011/0067889 A1 (Marya et al.) 2011.03.24, [0023] - [0034], 図1 - 3 & CA 2808081 A	1 - 3 2
A	US 2005/0205266 A1 (Todd et al.) 2005.09.22, [0018] - [0022], 図1 - 2（ファミリーなし）	1 - 3 2

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 8 . 0 5 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 6 . 0 5 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

石川 信也

2 D

3 7 0 7

電話番号 03-3581-1101 内線 3241