

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5471616号  
(P5471616)

(45) 発行日 平成26年4月16日(2014.4.16)

(24) 登録日 平成26年2月14日(2014.2.14)

(51) Int.Cl. F I  
 HO 1 M 10/0567 (2010.01) HO 1 M 10/0567  
 HO 1 M 10/052 (2010.01) HO 1 M 10/052  
 HO 1 M 10/0569 (2010.01) HO 1 M 10/0569

請求項の数 5 (全 27 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2010-49585 (P2010-49585)                  (22) 出願日 平成22年3月5日(2010.3.5)                  (65) 公開番号 特開2011-187234 (P2011-187234A)                  (43) 公開日 平成23年9月22日(2011.9.22)                  審査請求日 平成25年2月28日(2013.2.28)</p>	<p>(73) 特許権者 000005968                  三菱化学株式会社                  東京都千代田区丸の内一丁目1番1号                  (72) 発明者 渡部 一貴                  茨城県稲敷郡阿見町中央八丁目3番1号                  株式会社三菱化学科学技術研究センター内                  (72) 発明者 古田土 稔                  茨城県稲敷郡阿見町中央八丁目3番1号                  株式会社三菱化学科学技術研究センター内                    審査官 井上 能宏</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非水系電解液及びそれを用いた非水系電解液二次電池

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

リチウムイオンを吸蔵・放出可能な負極及び正極、並びに非水系電解液とを備える非水系電解液二次電池に用いられる非水系電解液であって、該非水系電解液が、CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>H、CF<sub>2</sub>HCH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>H、CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H、CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>、CF<sub>2</sub>HCH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H、CF<sub>2</sub>HCH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H、CF<sub>2</sub>HCH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>、CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H、CF<sub>2</sub>HCF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H、CFH<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H、CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H、CF<sub>2</sub>HCF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H、CF<sub>2</sub>HCH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>OCF<sub>3</sub>、CF<sub>2</sub>HCH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H、CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>、CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H、CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>、CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>、CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>、CF<sub>2</sub>HCH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H、CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H及びCF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCF(C<sub>2</sub>F<sub>5</sub>)CF<sub>2</sub>Hよりなる群より選ばれる少なくとも一種のフッ素置換エーテル及び、モノフルオロリン酸塩及び/又はジフルオロリン酸塩を含有することを特徴とする非水系電解液。

【請求項2】

リチウムイオンを吸蔵・放出可能な負極及び正極、並びに非水系電解液とを備える非水系電解液二次電池に用いられる非水系電解液であって、CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>H、CF<sub>2</sub>

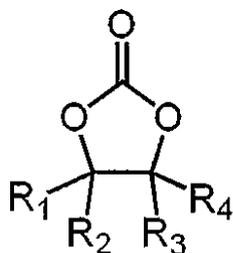
HCH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>H、CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H、CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>、CF<sub>2</sub>HCH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H、CF<sub>2</sub>HCH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H、CF<sub>2</sub>HCH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>、CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H、CF<sub>2</sub>HCF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H、CFH<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H、CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H、CF<sub>2</sub>HCF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H、CF<sub>2</sub>HCH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>OCF<sub>3</sub>、CF<sub>2</sub>HCH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H、CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>、CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H、CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>、CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>、CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>、CF<sub>2</sub>HCH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H、CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H及びCF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCF(CF<sub>2</sub>)CF<sub>2</sub>Hよりなる群より選ばれる少なくとも一種のフッ素置換エーテルと、エチレンカーボネート及び炭素-炭素不飽和結合を有する環状カーボネート化合物を含む三種以上の環状カーボネート化合物を含有し、且つエチレンカーボネートの体積が他の環状カーボネート化合物の合計量より少ないことを特徴とする非水系電解液。

10

## 【請求項3】

エチレンカーボネート及び炭素-炭素不飽和結合を有する環状カーボネート化合物以外の環状カーボネート化合物として、化学式(II)で表される環状カーボネートを含有することを特徴とする請求項2に記載の非水系電解液。

## 【化2】



(II)

20

(式中、R<sub>1</sub>からR<sub>4</sub>は水素原子、ハロゲン原子、もしくは水素原子がハロゲン原子で置換されていても良いメチル基又はエチル基を示す。)

## 【請求項4】

更に、モノフルオロリン酸塩及び/又はジフルオロリン酸塩を含有することを特徴とする請求項2又は3に記載の非水系電解液。

30

## 【請求項5】

リチウムイオンを吸蔵・放出可能な負極及び正極、並びに非水系電解液を含む非水系電解液二次電池であって、該非水系電解液が請求項1乃至4のいずれかに記載の非水系電解液であることを特徴とする非水系電解液二次電池。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、非水系電解液、及びそれを用いた非水系電解液二次電池に関するものである。

40

## 【背景技術】

## 【0002】

携帯電話機、ノート型パーソナルコンピュータ等の携帯用電子機器の急速な進歩に伴い、その主電源やバックアップ電源に用いられる電池に対する高容量化への要求が高くなっており、ニッケル・カドミウム電池やニッケル・水素電池に比べてエネルギー密度の高いリチウムイオン二次電池等の非水系電解液二次電池が注目されている。

リチウムイオン二次電池の電解液としては、LiPF<sub>6</sub>、LiBF<sub>4</sub>、LiN(CF<sub>3</sub>SO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>、LiCF<sub>3</sub>(CF<sub>2</sub>)<sub>3</sub>SO<sub>3</sub>等の電解質を、エチレンカーボネート、プロピレンカーボネート等の高誘電率溶媒と、ジメチルカーボネート、ジエチルカーボネート、エチルメチルカーボネート等の低粘度溶媒との混合溶媒に溶解させた非水系電解液が代表例とし

50

て挙げられる。

【0003】

また、リチウムイオン二次電池の負極活物質としては主にリチウムイオンを吸蔵・放出することができる炭素質材料が用いられており、天然黒鉛、人造黒鉛、非晶質炭素等が代表例として挙げられる。更に高容量化を目指してシリコンやスズ等を用いた金属又は合金系の負極も知られている。正極活物質としては主にリチウムイオンを吸蔵・放出することができる遷移金属複合酸化物が用いられており、遷移金属の代表例としてはコバルト、ニッケル、マンガン、鉄等が挙げられる。

【0004】

このようなりチウムイオン二次電池は、活性の高い正極と負極を使用しているため、電極と電解液との副反応に起因して、充放電の繰り返しや電池の保存により充放電容量が低下することが知られており、電池特性を改良するために、非水系溶媒や電解質について種々の検討がなされている。

特許文献1では、リチウム二次電池において、有機フッ素化エーテル化合物を電解液に用いることにより、サイクル寿命が長くなることが提案されている。

【0005】

特許文献2では、ハロゲン置換エーテル化合物の含有量が30体積%を超え90体積%以下であることを特徴とする非水系電解液を用いることで、サイクル特性および低温放電特性に優れ、かつ安全性に優れることが提案されている。

特許文献3では、特定の構造を持つハロゲン置換エーテルを含有した電解液を用いることにより、サイクル特性や保存特性等が優れることが提案されている。

【0006】

特許文献4には、モノフルオロリン酸リチウム、ジフルオロリン酸リチウムからなる群から選ばれた少なくとも1種の添加剤を非水系電解液に含有させることにより、保存特性が向上した電池が得られることが提案されている。

特許文献5には、フッ素原子を有するエーテル類と、モノフルオロリン酸塩及び/又はジフルオロリン酸塩を含有する電解液を用いることで、出力特性やサイクル特性に優れることが提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開平7-249432号公報

【特許文献2】特開平9-97627号公報

【特許文献3】特開平11-26015号公報

【特許文献4】特開平11-67270号公報

【特許文献5】特開2008-269982号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、近年の電池に対する高性能化への要求は、ますます高くなっており、高容量、高温保存特性、サイクル特性等の種々の電池特性を高い次元で達成することが求められている。

高容量化する方法として、例えば、電極の活物質層を加圧して高密度化して、電池内部の活物質以外の占める体積を極力少なくする方法や、正極の利用範囲を広げて高電位まで使用する方法が検討されている。しかし、電極の活物質層を加圧して高密度化すると、活物質を均一に使用することができにくくなり、不均一な反応により一部リチウムが析出したり、活物質の劣化が促進されたりして、十分な特性が得られないという問題が発生しやすくなる。また、正極の利用範囲を広げて高電位まで使用すると、正極の活性は更に高くなり、正極と電解液との反応により劣化が促進される問題が発生しやすくなる。特に充電状態において高温条件下で保存した場合、電極と電解液との副反応により、電池容量が低

10

20

30

40

50

下することが知られており、保存特性を改良するために、非水系溶媒や電解質について種々の検討がなされている。

【0009】

更に高容量化によって電池内部の空隙は減少し、電解液の分解で少量のガスが発生した場合でも電池内圧は顕著に上昇してしまうという問題も発生してくる。

よって、高温保存特性については、ガス発生を抑制することが求められるが、特許文献1～5に記載されている電解液を用いた非水系電解液二次電池では、満足しうるものではなかった。

【0010】

また、初期効率については、フッ素置換エーテルを用いることで改善が見られるものの、電解液の粘度が上昇し電気伝導度が低下するため十分な低温放電特性を得ることができなかった。

本発明は、上記従来の問題を解決すべくなされたものであり、初期効率、低温放電特性に優れ、且つ高温保存時のガス発生量が抑制された非水系電解液二次電池に用いるための非水系電解液と、この非水系電解液を用いた非水系電解液二次電池を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明者らは、上記目的を達成するために種々の検討を重ねた結果、特定の化合物を電解液中に含有させることによって、上記課題を解決できることを見出し、本発明を完成させるに至った。

すなわち、本発明の要旨は、下記に存する。

リチウムイオンを吸蔵・放出可能な負極及び正極、並びに非水系電解液とを備える非水系電解液二次電池に用いられる非水系電解液であって、該非水系電解液が、 $CF_3CH_2OCF_2H$ 、 $CF_2HCH_2OCF_2H$ 、 $CF_3CH_2OCF_2CF_2H$ 、 $CF_3CH_2OCF_2CH_3$ 、 $CF_2HCH_2OCF_2CF_2H$ 、 $CF_2HCH_2OCH_2CF_2H$ 、 $CF_2HCH_2OCF_2CH_3$ 、 $CF_3CF_2CH_2OCF_2CF_2H$ 、 $CF_2HCF_2CH_2OCF_2CF_2H$ 、 $CFH_2CF_2CH_2OCF_2CF_2H$ 、 $CF_3CF_2CH_2OCF_2CF_2CF_2H$ 、 $CF_2HCF_2CH_2OCF_2CF_2CF_2H$ 、 $CF_2HCH_2OCH_2OCF_3$ 、 $CF_2HCH_2OCH_2CH_2OCF_2CF_2H$ 、 $CF_3CH_2OCF_2CF_2OCF_2CF_3$ 、 $CF_3CH_2OCF_2CF_2OCF_2CF_2H$ 、 $CF_3CH_2OCH_2CH_2OCF_2CF_3$ 、 $CF_3CH_2OCH_2CH_2OCF_2CF_2H$ 、 $CF_3CH_2OCH_2CH_2OCF_2CF_3$ 、 $CF_2HCH_2OCH_2CH_2OCF_2CF_2H$ 、 $CF_3CF_2OCF_2CH_2OCF_2CF_2H$ 及び $CF_3CH_2OCF(C_2F_5)CF_2H$ よりなる群より選ばれる少なくとも一種のフッ素置換エーテル及び、モノフルオロリン酸塩及び/又はジフルオロリン酸塩を含有することを特徴とする非水系電解液。

【0013】

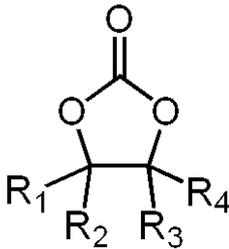
(2) リチウムイオンを吸蔵・放出可能な負極及び正極、並びに非水系電解液とを備える非水系電解液二次電池に用いられる非水系電解液であって、 $CF_3CH_2OCF_2H$ 、 $CF_2HCH_2OCF_2H$ 、 $CF_3CH_2OCF_2CF_2H$ 、 $CF_3CH_2OCF_2CH_3$ 、 $CF_2HCH_2OCF_2CF_2H$ 、 $CF_2HCH_2OCH_2CF_2H$ 、 $CF_2HCH_2OCF_2CH_3$ 、 $CF_3CF_2CH_2OCF_2CF_2H$ 、 $CF_2HCF_2CH_2OCF_2CF_2H$ 、 $CFH_2CF_2CH_2OCF_2CF_2H$ 、 $CF_3CF_2CH_2OCF_2CF_2CF_2H$ 、 $CF_2HCF_2CH_2OCF_2CF_2CF_2H$ 、 $CF_2HCH_2OCH_2OCF_3$ 、 $CF_2HCH_2OCH_2CH_2OCF_2CF_2H$ 、 $CF_3CH_2OCF_2CF_2OCF_2CF_3$ 、 $CF_3CH_2OCF_2CF_2OCF_2CF_2H$ 、 $CF_3CH_2OCH_2CH_2OCF_2CF_3$ 、 $CF_3CH_2OCH_2CH_2OCF_2CF_2H$ 、 $CF_3CH_2OCH_2CH_2OCF_2CF_3$ 、 $CF_2HCH_2OCH_2CH_2OCF_2CF_2H$ 、 $CF_3CF_2OCF_2CH_2OCF_2CF_2H$ 及び $CF_3CH_2OCF(C_2F_5)CF_2H$

よりなる群より選ばれる少なくとも一種のフッ素置換エーテルと、エチレンカーボネート及び炭素 - 炭素不飽和結合を有する環状カーボネート化合物を含む三種以上の環状カーボネート化合物を含有し、且つエチレンカーボネートの体積が他の環状カーボネート化合物の合計量より少ないことを特徴とする非水系電解液。

(3) エチレンカーボネート及び炭素 - 炭素不飽和結合を有する環状カーボネート化合物以外の環状カーボネート化合物として、化学式 (I I) で表される環状カーボネートを含有することを特徴とする上記 (2) に記載の非水系電解液。

【0014】

【化2】



(I I)

10

【0015】

(式中、 $R_1$  から  $R_4$  は水素原子、ハロゲン原子、もしくは水素原子がハロゲン原子で置換されていても良いメチル基又はエチル基を示す。)

20

(4) 更に、モノフルオロリン酸塩及び/又はジフルオロリン酸塩を含有することを特徴とする上記 (2) 又は (3) に記載の非水系電解液。

(5) リチウムイオンを吸蔵・放出可能な負極及び正極、並びに非水系電解液を含む非水系電解液二次電池であって、該非水系電解液が上記 (1) ~ (4) のいずれかに記載の非水系電解液であることを特徴とする非水系電解液二次電池。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、初期効率、低温放電特性に優れ、且つ高温保存後のガス発生量が抑制された非水系電解液電池を提供することができる。

30

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明の実施の形態について説明するが、本発明は以下の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、任意に変形して実施することができる。

< 非水系電解液 >

本発明の請求項 1 に係る非水系電解液は、一般的な非水系電解液と同様に、通常はその主成分として、電解質及びこれを溶解する非水溶媒を有し、更に化学式 (I) で表されるフッ素置換エーテル及び、モノフルオロリン酸塩及び/又はジフルオロリン酸塩を非水系電解液中に含有する。

40

【0018】

本発明の請求項 3 に係る非水系電解液は、一般的な非水系電解液と同様に、通常はその主成分として、電解質及びこれを溶解する非水溶媒を有し、更に化学式 (I) で表されるフッ素置換エーテル及び、エチレンカーボネート及び、炭素 - 炭素不飽和結合を有する環状カーボネート化合物を含む三種以上の環状カーボネート化合物を含有し、且つエチレンカーボネートの体積が他の環状カーボネート化合物の合計量より少ない。

【0019】

本発明の非水系電解液に含有されるフッ素置換エーテルは、化学式 (I) で表される構造を有する限り特に限定されないが、化合物の分子量は、通常 114 以上であり、通常 1000 以下、好ましくは 500 以下である。化学式 (I) で表されるフッ素置換エーテル

50

は単独で用いても、2種以上を併用してもよい。化学式(1)の構造を有するフッ素置換エーテルは、誘電率や蒸気圧が好ましいことから、他の溶媒との相溶性に優れ、且つ高温保存時の発生ガス量が少ない。

【0020】

本発明の非水系電解液に含有されるフッ素置換エーテルは、化学式(I)中、 $Rf_1$ が、水素原子、フッ素原子、少なくとも一部の水素原子がフッ素原子で置換されたメチル基を示し、 $Rf_2$ が、末端の炭素原子に結合した一つの水素原子を除く、少なくとも一部の水素原子がフッ素原子で置換された炭素数1~3のアルキル基又は少なくとも一部の水素原子がフッ素で置換されていてもよい炭素数2~5のアルコキシアルキル基を示す、化合物であることが好ましい。

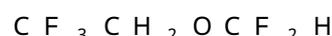
10

【0021】

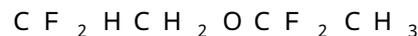
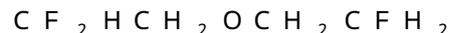
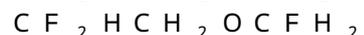
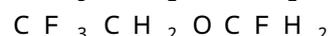
非水系電解液中の化学式(I)で表されるフッ素置換エーテルの含有量は、好ましくは0.001質量%以上であり、0.01質量%以上がより好ましい。濃度が低すぎると本発明の効果がほとんど発現しない場合がある。逆に濃度が高すぎると電気伝導度が低くなり電池の充放電容量が低下する傾向があるので、好ましくは60質量%以下であり、より好ましくは50質量%以下、更に好ましくは30質量%以下である。

【0022】

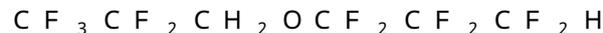
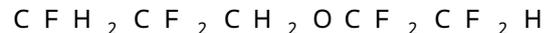
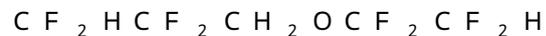
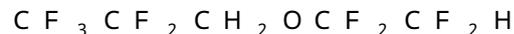
化学式(I)で表されるフッ素置換エーテルの具体例としては、例えば、以下の化合物が挙げられる。



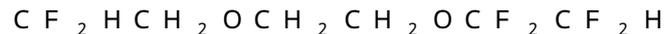
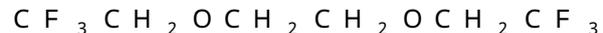
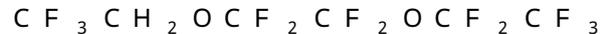
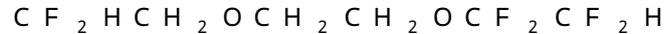
20



30



40



50

$CF_2HCH_2OCF_2CH_2OCF_2CF_2H$   
 $CF_3CF_2OCF_2CH_2OCF_2CF_2H$   
 $CF_3CH_2OCF(CF_3)CF_2H$   
 $CF_3CH_2OCF(CF_2H)CF_2H$   
 $CF_3CH_2OCF(C_2F_5)CF_2H$

中でも、

$CF_3CH_2OCF_2H$   
 $CF_2HCH_2OCF_2H$   
 $CF_3CH_2OCF_2CF_2H$   
 $CF_3CH_2OCF_2CH_3$   
 $CF_2HCH_2OCF_2CF_2H$   
 $CF_2HCH_2OCH_2CF_2H$   
 $CF_2HCH_2OCF_2CH_3$   
 $CF_3CF_2CH_2OCF_2CF_2H$   
 $CF_2HCF_2CH_2OCF_2CF_2H$   
 $CFH_2CF_2CH_2OCF_2CF_2H$   
 $CF_3CF_2CH_2OCF_2CF_2CF_2H$   
 $CF_2HCF_2CH_2OCF_2CF_2CF_2H$   
 $CF_2HCH_2OCH_2OCF_3$   
 $CF_2HCH_2OCH_2CH_2OCF_2CF_2H$   
 $CF_3CH_2OCF_2CF_2OCF_2CF_3$   
 $CF_3CH_2OCF_2CF_2OCF_2CF_2H$   
 $CF_3CH_2OCH_2CH_2OCH_2CF_3$   
 $CF_3CH_2OCH_2CH_2OCH_2CH_3$   
 $CF_3CH_2OCH_2CH_2OCH_2CH_2CF_3$   
 $CF_2HCH_2OCH_2CH_2OCF_2CF_2H$   
 $CF_3CF_2OCF_2CH_2OCF_2CF_2H$   
 $CF_3CH_2OCF(C_2F_5)CF_2H$

10

20

が好ましく、更に、

$CF_2HCH_2OCF_2H$   
 $CF_3CH_2OCF_2CF_2H$   
 $CF_2HCH_2OCF_2CF_2H$   
 $CF_2HCH_2OCH_2CF_2H$   
 $CF_3CF_2CH_2OCF_2CF_2H$   
 $CF_2HCF_2CH_2OCF_2CF_2H$   
 $CF_2HCH_2OCH_2OCF_3$   
 $CF_2HCH_2OCH_2CH_2OCF_2CF_2H$   
 $CF_3CH_2OCH_2CH_2OCH_2CF_3$   
 $CF_3CH_2OCH_2CH_2OCH_2CH_3$   
 $CF_3CH_2OCH_2CH_2OCH_2CH_2CF_3$   
 $CF_3CF_2OCF_2CH_2OCF_2CF_2H$   
 $CF_3CH_2OCF(C_2F_5)CF_2H$

30

40

が好ましい。

【0023】

上記化合物の中でも、1, 1, 2, 2 - テトラフルオロエチル - 2, 2, 3, 3 - テトラフルオロプロピルエーテル ( $CF_2HCF_2CH_2OCF_2CF_2H$ )、1, 1, 2, 2 - テトラフルオロエチル - 2, 2, 3, 3, 3 - ペンタフルオロプロピルエーテル ( $CF_3CF_2CH_2OCF_2CF_2H$ )、エトキシ - 2, 2, 2 - トリフルオロエトキシ - エタン ( $CF_3CH_2OCH_2CH_2OCH_2CH_3$ ) が特に好ましい。

【0024】

50

[モノフルオロリン酸塩及びジフルオロリン酸塩]

本発明の請求項1に係る非水系電解液はモノフルオロリン酸塩及び/又はジフルオロリン酸塩を含有する。

モノフルオロリン酸塩及びジフルオロリン酸塩のカウンターカチオンとしては特に限定はないが、リチウム、ナトリウム、カリウム、マグネシウム、カルシウム、及び、 $\text{NR}^1\text{R}^2\text{R}^3\text{R}^4$  (式中、 $\text{R}^1 \sim \text{R}^4$ は、各々独立に、水素原子又は炭素数1~12の有機基を表わす。)で表されるアンモニウム等が例示として挙げられる。

【0025】

上記アンモニウムの $\text{R}^1 \sim \text{R}^4$ で表わされる炭素数1~12の有機基としては特に限定はないが、例えば、ハロゲン原子で置換されていてもよいアルキル基、ハロゲン原子又はアルキル基で置換されていてもよいシクロアルキル基、ハロゲン原子又はアルキル基で置換されていてもよいアール基、置換基を有していてもよい窒素原子含有複素環基等が挙げられる。中でも $\text{R}^1 \sim \text{R}^4$ として、それぞれ独立に、水素原子、アルキル基、シクロアルキル基、又は窒素原子含有複素環基等が好ましい。

10

【0026】

モノフルオロリン酸塩及びジフルオロリン酸塩の具体例としては、モノフルオロリン酸リチウム、モノフルオロリン酸ナトリウム、モノフルオロリン酸カリウム、ジフルオロリン酸リチウム、ジフルオロリン酸ナトリウム、ジフルオロリン酸カリウム等が挙げられ、モノフルオロリン酸リチウム、ジフルオロリン酸リチウムが好ましく、ジフルオロリン酸リチウムがより好ましい。

20

【0027】

これらは単独で用いても、2種以上を併用してもよい。

一般に化学式(I)で表されるフッ素置換エーテルを使用することにより放電時の抵抗が増加するが、モノフルオロリン酸塩及び/又はジフルオロリン酸塩と併用することにより、放電時の抵抗上昇を抑制できるので好ましい。

本発明の請求項1に係る非水系電解液中におけるモノフルオロリン酸塩及び/又はジフルオロリン酸塩の割合は、好ましくは0.001重量%以上、より好ましくは0.01重量%以上、更に好ましくは0.1重量%以上、特に好ましくは0.2重量%以上であり、好ましくは5重量%以下、より好ましくは3重量%以下、更に好ましくは2重量%以下である。これよりも濃度が低すぎると、本発明の効果がほとんど発現しない場合がある。逆に濃度が高すぎると、低温下で析出しやすくなる。

30

【0028】

請求項3に係る発明の非水系電解液は、エチレンカーボネートと炭素-炭素不飽和結合を有する環状カーボネートを含む三種以上の環状カーボネートを含有する。

非水系電解液中のエチレンカーボネートの体積は他の環状カーボネート化合物の体積の合計量より少ない。エチレンカーボネートの体積を他の環状カーボネート化合物の体積の合計量より少なくすることにより、エチレンカーボネートが電極上で副反応を起こすことによる、ガス発生を抑制することができる。

【0029】

非水系電解液中の、エチレンカーボネートの体積の他の環状カーボネート化合物の体積の合計量に対する割合は、0.01以上であることが好ましく、0.1以上がより好ましく、特に好ましくは0.2以上であり、1未満が好ましく、0.9以下がより好ましく、0.8以下が特に好ましい。少なすぎる場合にはサイクル特性等の電池の特性が低下する可能性があり、多すぎる場合には発生ガス量が多くなる。

40

【0030】

[炭素-炭素不飽和結合を有する環状カーボネート化合物]

炭素-炭素不飽和結合を有する環状カーボネート化合物としては、例えば、ビニレンカーボネート、メチルビニレンカーボネート、エチルビニレンカーボネート、1,2-ジメチルビニレンカーボネート、1,2-ジエチルビニレンカーボネート、フルオロビニレンカーボネート、トリフルオロメチルビニレンカーボネート等のビニレンカーボネート化合

50

物；ビニルエチレンカーボネート、1-メチル-2-ビニルエチレンカーボネート、1-エチル-2-ビニルエチレンカーボネート、1-n-プロピル-2-ビニルエチレンカーボネート、1-メチル-2-ビニルエチレンカーボネート、1,1-ジビニルエチレンカーボネート、1,2-ジビニルエチレンカーボネート等のビニルエチレンカーボネート化合物；1,1-ジメチル-2-メチレンエチレンカーボネート、1,1-ジエチル-2-メチレンエチレンカーボネート等のメチレンエチレンカーボネート化合物；エチニルエチレンカーボネート、1,2-ジエチニルエチレンカーボネート等のエチニルエチレンカーボネート化合物、1,2-ジフェニルカーボネート、1,2-ジ(フェニルシクロヘキシル)エチレンカーボネート、1,2-ジ(ピフェニル)エチレンカーボネート、等のアール基を有したエチレンカーボネート化合物が挙げられる。これらのうち、ビニレンカーボネート、ビニルエチレンカーボネート、1,2-ジビニルエチレンカーボネートがサイクル特性や高温保存後の容量維持特性向上の点から好ましく、中でもビニレンカーボネート又はビニルエチレンカーボネートがより好ましく、特にビニレンカーボネートが好ましい。これらは単独で用いても、2種以上を併用してもよい。

10

## 【0031】

2種以上を併用する場合は、ビニレンカーボネートとビニルエチレンカーボネートとを併用するのが好ましい。

非水系電解液中における炭素-炭素不飽和結合を有する環状カーボネート化合物の割合は、通常0.01重量%以上、好ましくは0.1重量%以上、特に好ましくは0.3重量%以上、最も好ましくは0.5重量%以上である。炭素-炭素不飽和結合を有する環状カーボネート化合物が少なすぎると、電池のサイクル特性や高温保存後の容量維持特性を向上させるという効果を十分に発揮できない場合がある。しかし、炭素-炭素不飽和結合を有する環状カーボネート化合物の含有量が多すぎると、高温保存時にガス発生量が増大したりする場合があるので、通常8重量%以下、好ましくは4重量%以下、特に好ましくは3重量%以下である。

20

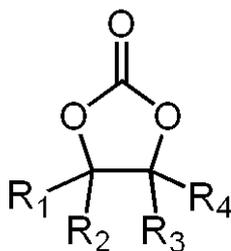
## 【0032】

請求項3に係る非水系電解液が含有する三種の環状カーボネート化合物のうち、エチレンカーボネートと炭素-炭素不飽和結合を有する環状カーボネート以外の環状カーボネート化合物としては、化学式(II)で表される環状カーボネート化合物であることが好ましく、非対称の環状カーボネート化合物、フッ素原子を有するカーボネート化合物がより好ましい。

30

## 【0033】

## 【化3】



(II)

40

## 【0034】

(式中、 $R_1$  から  $R_4$  は水素原子、ハロゲン原子、もしくは水素原子がハロゲン原子で置換されていても良いメチル基又はエチル基を示す。)

## 【0035】

[エチレンカーボネートと炭素-炭素不飽和結合を有する環状カーボネート以外の環状カーボネート化合物]

(非対称の環状カーボネート化合物)

非対称の環状カーボネート化合物としては、例えば、プロピレンカーボネート、ブチレ

50

ンカーボネート、4,4-ジメチル 1,3 ジオキソラン 2 オン、4-エチル-5  
メチル 1,3 ジオキソラン 2 オン、4,4,5 トリメチル 1,3 ジオキ  
ソラン 2 オン、4-プロピチル 1,3 ジオキソラン 2 オン、4-メチル-1  
,3-ジオキササン-2-オン、4,5-ジメチル-1,3-ジオキササン-2-オン、4,  
4,6-トリメチル-1,3-ジオキササン-2-オン、5-メチル-5-エチル-1,3  
-ジオキササン-2-オン、等が挙げられる。

【0036】

(フッ素原子を有する環状カーボネート化合物)

フッ素原子を有する環状カーボネート化合物としては、例えば、フルオロエチレンカー  
ボネート、1,2-ジフルオロエチレンカーボネート、1,1-ジフルオロエチレンカー  
ボネート、1,1,2-トリフルオロエチレンカーボネート、テトラフルオロエチレンカー  
ボネート、1-フルオロ-2-メチルエチレンカーボネート、1-フルオロ-1-メチ  
ルエチレンカーボネート、1,2-ジフルオロ-1-メチルエチレンカーボネート、1,  
1,2-トリフルオロ-2-メチルエチレンカーボネート、1,1-ジフルオロ-2,2  
-ジメチルエチレンカーボネート、トリフルオロメチルエチレンカーボネート等が挙げら  
れる。

【0037】

以上の中でも、エチレンカーボネートと炭素 炭素不飽和結合を有する環状カーボネ  
ート以外の環状カーボネート化合物としては、ブチレンカーボネート、プロピレンカーボ  
ネートおよびフルオロエチレンカーボネートが特に好ましい。これらは単独で用いても、2  
種以上を併用してもよい。エチレンカーボネートと炭素 炭素不飽和結合を有する環状カ  
ーボネート以外の環状カーボネート化合物は、通常5容量%以上、好ましくは10容量%  
以上、より好ましくは15容量%以上であり、通常90容量%以下、好ましくは80容量  
%以下、より好ましくは70容量%以下、が好ましい。上記範囲より少ない場合には電解  
質の解離度が低下することから充放電効率が低下し、上記範囲より多い場合には電解液の  
粘度が上昇することから低温放電特性が低下する可能性がある。

【0038】

本発明の請求項3に係る非水系電解液は、モルフルオロリン酸塩及び/又はジフルオロ  
リン酸塩を含有することができる。本発明の請求項5に係る非水系電解液中におけるモノ  
フルオロリン酸塩及び/又はジフルオロリン酸塩の割合は、好ましくは0.001重量%  
以上、より好ましくは0.01重量%以上、更に好ましくは0.1重量%以上、特に好ま  
しくは0.2重量%以上であり、好ましくは5重量%以下、より好ましくは3重量%以下  
、更に好ましくは2重量%以下である。これよりも濃度が低すぎると、本発明の効果がほ  
とんど発現しない場合がある。逆に濃度が高すぎると、低温下で析出しやすくなる。

【0039】

[非水溶媒]

非水溶媒は、本発明を逸脱しない範囲で、非水系電解液の溶媒として公知のものの中  
から適宜選択して用いることができる。例えば、環状カーボネート類、鎖状カーボネート類  
、環状エーテル類、鎖状エーテル類、環状カルボン酸エステル類、鎖状カルボン酸エステ  
ル類、含硫黄有機溶媒、含磷有機溶媒等が挙げられる。

環状カーボネート類としては、エチレンカーボネート、プロピレンカーボネート、ブチ  
レンカーボネート、ジメチルエチレンカーボネート、トリメチレンカーボネート、4-メ  
チル-1,3-ジオキササン-2-オン、5-メチル-1,3-ジオキササン-2-オン、4  
,6-ジメチル-1,3-ジオキササン-2-オン、5-メチル-5-プロピル-1,3-  
ジオキササン-2-オン、ネオペンチレンカーボネート等の炭素数2~8のアルキレン基を  
有するアルキレンカーボネート類が挙げられ、これらの中では、エチレンカーボネート、  
ブチレンカーボネート、プロピレンカーボネートが電池特性向上の点から好ましい。また  
、これらの化合物の水素の一部をフッ素で置換していてもよい。

【0040】

鎖状カーボネート類としては、ジアルキルカーボネートが好ましく、構成するアルキル

10

20

30

40

50

基の炭素数は、それぞれ、1～5が好ましく、より好ましくは1～4である。また、アルキル基の水素の一部をフッ素で置換していてもよい。

具体的には例えば、ジメチルカーボネート、ジエチルカーボネート、ジ-n-プロピルカーボネート等の対称鎖状アルキルカーボネート類；エチルメチルカーボネート、メチル-n-プロピルカーボネート、エチル-n-プロピルカーボネート等の非対称鎖状アルキルカーボネート類等のジアルキルカーボネートが挙げられる。中でも、ジメチルカーボネート、ジエチルカーボネート、エチルメチルカーボネートが電池特性向上の点から好ましい。

#### 【0041】

環状エーテル類としては、テトラヒドロフラン、2-メチルテトラヒドロフラン等及びこれらの化合物の水素の一部をフッ素で置換した化合物等が挙げられるが挙げられる。

鎖状エーテル類としては、ジメトキシエタン、ジエトキシエタン等及び、これらの化合物の水素の一部をフッ素で置換した化合物が挙げられる。

環状カルボン酸エステル類としては、 $\gamma$ -ブチロラクトン、 $\epsilon$ -バレロラクトン等及びこれらの化合物の水素の一部をフッ素で置換した化合物が挙げられる。

#### 【0042】

鎖状カルボン酸エステル類としては、酢酸メチル、酢酸エチル、酢酸プロピル、酢酸イソプロピル、酢酸ブチル、酢酸sec-ブチル、酢酸イソブチル、酢酸t-ブチル、プロピオン酸メチル、プロピオン酸エチル、プロピオン酸プロピル、プロピオン酸イソプロピル、酪酸メチル、酪酸エチル、酪酸プロピル、吉草酸メチル、吉草酸エチル等及びトリフルオロ酢酸プロピル、トリフルオロ酢酸ブチル等のこれらの化合物の水素の一部をフッ素で置換した化合物等が挙げられ、酢酸メチル、酢酸エチル、酢酸プロピル、酢酸ブチル、プロピオン酸メチル、プロピオン酸エチル、プロピオン酸プロピル、酪酸メチル、酪酸エチル、吉草酸メチルがより好ましい。

#### 【0043】

含硫黄有機溶媒としては、スルホラン、2-メチルスルホラン、3-メチルスルホラン、ジエチルスルホン等及びこれらの化合物の水素の一部をフッ素で置換した化合物が挙げられる。

含燐有機溶媒としては、リン酸トリメチル、リン酸トリエチル、リン酸ジメチルエチル、リン酸メチルジエチル、リン酸エチレンメチル、リン酸エチレンエチル等及びこれらの化合物の水素の一部をフッ素で置換した化合物が挙げられる。

#### 【0044】

これらは単独で用いても、2種類以上を併用してもよいが、2種以上の化合物を併用するのが好ましい。例えば、アルキレンカーボネート類や環状カルボン酸エステル類等の高誘電率溶媒と、ジアルキルカーボネート類や鎖状カルボン酸エステル類等の低粘度溶媒とを併用するのが好ましい。

本発明の請求項1に係る非水系電解液において、非水溶媒の好ましい組合せの一つは、エチレンカーボネートとジアルキルカーボネートを主体とする組合せである。なかでも、非水溶媒に占めるエチレンカーボネートとジアルキルカーボネートとの合計が、70容量%以上、好ましくは80容量%以上、より好ましくは90容量%以上であり、かつエチレンカーボネートとジアルキルカーボネートとの合計に対するエチレンカーボネートの割合が5容量%以上、好ましくは10容量%以上、より好ましくは15容量%以上であり、通常50容量%以下、好ましくは35容量%以下、より好ましくは30容量%以下、更に好ましくは25容量%以下のものである。これらの非水溶媒の組み合わせを用いると、これを用いて作製された電池のサイクル特性と高温保存特性（特に、高温保存後の残存容量及び高負荷放電容量）のバランスが良くなるので好ましい。

#### 【0045】

エチレンカーボネートとジアルキルカーボネートの好ましい組み合わせの具体例としては、エチレンカーボネートとジメチルカーボネート、エチレンカーボネートとジエチルカーボネート、エチレンカーボネートとエチルメチルカーボネート、エチレンカーボネート

10

20

30

40

50

とジメチルカーボネートとジエチルカーボネート、エチレンカーボネートとジメチルカーボネートとエチルメチルカーボネート、エチレンカーボネートとジエチルカーボネートとエチルメチルカーボネート、エチレンカーボネートとジメチルカーボネートとジエチルカーボネートとエチルメチルカーボネート等が挙げられる。

【0046】

これらのエチレンカーボネートとジアルキルカーボネート類との組み合わせに、更にプロピレンカーボネートを加えた組み合わせも、好ましい組み合わせとして挙げられる。

プロピレンカーボネートを含有する場合には、エチレンカーボネートとプロピレンカーボネートの容量比(エチレンカーボネート/プロピレンカーボネート)は、0.4以上が好ましく、より好ましくは1.0以上、特に好ましくは1.5以上である。更に、非水溶媒全体に占めるプロピレンカーボネートの割合は、下限は、通常0.1容量%以上、好ましくは1容量%以上、より好ましくは2容量%以上、また上限は、通常20容量%以下、好ましくは8容量%以下、より好ましくは5容量%以下である。この濃度範囲でプロピレンカーボネートを含有すると、エチレンカーボネートとジアルキルカーボネートとの組み合わせの特性を維持したまま、更に低温特性が優れるので好ましい。

【0047】

エチレンカーボネートとジアルキルカーボネートとの組み合わせの中で、ジアルキルカーボネートとして非対称鎖状アルキルカーボネート類を含有するものが更に好ましく、特に、エチレンカーボネートとジメチルカーボネートとエチルメチルカーボネート、エチレンカーボネートとジエチルカーボネートとエチルメチルカーボネート、エチレンカーボネートとジメチルカーボネートとジエチルカーボネートとエチルメチルカーボネートといったエチレンカーボネートと対称鎖状アルキルカーボネート類と非対称鎖状アルキルカーボネート類を含有するものが、サイクル特性と大電流放電特性のバランスが良いので好ましい。中でも、非対称鎖状アルキルカーボネート類がエチルメチルカーボネートであるのが好ましく、又、アルキルカーボネートのアルキル基は炭素数1~2が好ましい。

【0048】

また、非水溶媒中にジエチルカーボネートを含有する場合は、全非水溶媒中に占めるジエチルカーボネートの割合が、下限は、通常10容量%以上、好ましくは20容量%以上、より好ましくは25容量%以上、更に好ましくは30容量%以上であり、また、上限は、通常90容量%以下、好ましくは80容量%以下、より好ましくは75容量%以下、更に好ましくは、70容量%以下となる範囲で含有させると、高温保存時におけるガス発生が抑制されるので好ましい。

【0049】

また、非水溶媒中にジメチルカーボネートを含有する場合は、全非水溶媒中に占めるジメチルカーボネートの割合が、下限は、通常10容量%以上、好ましくは20容量%以上、より好ましくは25容量%以上、更に好ましくは30容量%以上であり、また上限は、通常90容量%以下、好ましくは80容量%以下、より好ましくは75容量%以下、更に好ましくは、70容量%以下となる範囲で含有させると、電池の負荷特性が向上するので好ましい。

【0050】

中でも、ジメチルカーボネートとエチルメチルカーボネートを含有し、ジメチルカーボネートの含有割合をエチルメチルカーボネートの含有割合よりも多くすることにより、電解液の電気伝導度を確保しながら、高温保存後の電池特性が向上するので好ましい。

全非水溶媒中に占めるジメチルカーボネートのエチルメチルカーボネートに対する容量比(ジメチルカーボネート/エチルメチルカーボネート)の下限値は、電解液の電気伝導度の向上と保存後の電池特性を向上させるため、1.1以上が好ましく、1.5以上がより好ましく、2.5以上が更に好ましい。容量比(ジメチルカーボネート/エチルメチルカーボネート)の上限値は、低温での電池特性を向上させるため、40以下が好ましく、20以下がより好ましく、10以下が更に好ましく、8以下が特に好ましい。

【0051】

また、上記アルキレンカーボネート類とジアルキルカーボネート類を主体とする組合せにおいては、他の溶媒を混合してもよい。

好ましい非水溶媒の他の例は、エチレンカーボネート、プロピレンカーボネート、ブチレンカーボネートよりなる群から選ばれた1種の有機溶媒、又は該群から選ばれた2以上の有機溶媒からなる混合溶媒が全体の40容量%以上を占めるものである。この混合溶媒を用いた非水系電解液は、高温で使用しても溶媒の蒸発や液漏れが少なくなる。中でも、非水溶媒に占めるエチレンカーボネートとプロピレンカーボネートとの合計が、50容量%以上、好ましくは60容量%以上、更に好ましくは70容量%以上であり、かつエチレンカーボネートとプロピレンカーボネートの容量比(エチレンカーボネート/プロピレンカーボネート)が1.0以下、好ましくは0.9以下であるものを用いると、一般にサイ

10

#### 【0052】

また、本発明の請求項1に係る非水系電解液は、炭素-炭素不飽和結合を有する環状カーボネート化合物やフッ素原子を有する環状カーボネート化合物を併用しても良く、サイクル特性向上や高温保存特性向上の点から、併用するのが好ましい。

本発明の請求項3に係る非水系電解液において、非水溶媒の好ましい例は、エチレンカーボネート、炭素-炭素不飽和結合を有する環状カーボネート化合物、に加え、フルオロエチレンカーボネート、ブチレンカーボネート、プロピレンカーボネート及びフルオロエチレンカーボネートよりなる群から選ばれた1種以上の有機溶媒と、ジアルキルカーボネート類の組み合わせである。中でも、非水溶媒に占めるジアルキルカーボネート類が、20容量%以上、好ましくは30容量%以上、更に好ましくは40容量%以上であるものを用いると、高温保存特性と低温放電特性のバランスが良くなる。

20

なお、本明細書において、非水溶媒の容量は25%での測定値であるが、エチレンカーボネートのように25%で固体のものは融点での測定値を用いる。

#### 【0053】

##### [電解質]

本発明の非水系電解液に用いる電解質に制限は無く、目的とする非水系電解液二次電池に電解質として用いられるものであれば公知のものを任意に用いることができる。

本発明の非水系電解液をリチウム二次電池に用いる場合には、通常は、電解質としてリチウム塩を用いる。

30

電解質の具体例としては、 $\text{LiClO}_4$ 、 $\text{LiAsF}_6$ 、 $\text{LiPF}_6$ 、 $\text{LiBF}_4$ 等の無機リチウム塩； $\text{LiFSO}_3$ 、 $\text{LiCF}_3\text{SO}_3$ 、 $\text{LiN}(\text{FSO}_2)_2$ 、 $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$ 、 $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$ 、リチウム環状1,2-テトラフルオロエタンジスルホニルイミド、リチウム環状1,3-ヘキサフルオロプロパンジスルホニルイミド、 $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)(\text{C}_4\text{F}_9\text{SO}_2)$ 、 $\text{LiC}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_3$ 、 $\text{LiPF}_4(\text{CF}_3)_2$ 、 $\text{LiPF}_4(\text{C}_2\text{F}_5)_2$ 、 $\text{LiPF}_4(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$ 、 $\text{LiPF}_4(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$ 、 $\text{LiBF}_2(\text{CF}_3)_2$ 、 $\text{LiBF}_2(\text{C}_2\text{F}_5)_2$ 、 $\text{LiBF}_2(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$ 、 $\text{LiBF}_2(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$ 等の含フッ素有機リチウム塩；リチウムビス(オキサト)ボレート、リチウムトリス(オキサト)ホスフェート、リチウムジフルオロオキサトボレート、リチウムジフルオロビス(オキサト)ホスフェート等の含ジカルボン酸錯体リチウム塩；等が挙げら

40

#### 【0054】

これらのうち、 $\text{LiPF}_6$ 、 $\text{LiBF}_4$ 、 $\text{LiCF}_3\text{SO}_3$ 、 $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$ 、 $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$ 、リチウム環状1,2-テトラフルオロエタンジスルホニルイミド、リチウム環状1,3-ヘキサフルオロプロパンジスルホニルイミドが好ましく、特に $\text{LiPF}_6$ 、 $\text{LiBF}_4$ が好ましい。

また、これらのリチウム塩は、1種を単独で用いてもよく、2種以上を任意の組み合わせ及び比率で併用してもよい。中でも、特定の無機リチウム塩の2種の併用や、無機リチウム塩と含フッ素有機リチウム塩との併用により、高温保存時のガス発生が抑制され、若しくは高温保存後の劣化が抑制されるので好ましい。

50

## 【0055】

特に、 $\text{LiPF}_6$ と $\text{LiBF}_4$ との併用や、 $\text{LiPF}_6$ 、 $\text{LiBF}_4$ 等の無機リチウム塩と、 $\text{LiCF}_3\text{SO}_3$ 、 $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$ 、 $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$ 、リチウム環状1,2-テトラフルオロエタンジスルホニルイミド、及びリチウム環状1,3-ヘキサフルオロプロパンジスルホニルイミド等の含フッ素有機リチウム塩とを併用することが好ましい。

## 【0056】

$\text{LiPF}_6$ と $\text{LiBF}_4$ を併用する場合には、 $\text{LiPF}_6$ と $\text{LiBF}_4$ の合計に占める $\text{LiBF}_4$ の含有割合は、好ましくは0.01質量%以上、より好ましくは0.05質量%以上、特に好ましくは0.1質量%以上であり、好ましくは20質量%以下、より好ましくは10質量%以下、特に好ましくは5質量%以下、最も好ましくは3質量%以下である。この範囲未満の場合には所望する効果が得られないことがあり、この範囲を超える場合は高負荷放電特性等の電池の特性が低下することがある。

## 【0057】

一方、 $\text{LiPF}_6$ 、 $\text{LiBF}_4$ 等の無機リチウム塩と、 $\text{LiCF}_3\text{SO}_3$ 、 $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$ 、 $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$ 、リチウム環状1,2-テトラフルオロエタンジスルホニルイミド、及びリチウム環状1,3-ヘキサフルオロプロパンジスルホニルイミド等の含フッ素有機リチウム塩とを併用する場合、両者の合計に占める無機リチウム塩の含有割合は、70質量%以上、99質量%以下であることが望ましい。

## 【0058】

非水系電解液中のこれらの電解質の濃度は、本願発明の効果を発現するためには、特に制限はないが、通常0.5モル/リットル以上、好ましくは0.8モル/リットル以上、より好ましくは1.0モル/リットル以上であるが、1.1モル/リットル以上が更に好ましく、1.2モル/リットル以上が特に好ましい。また、通常3モル/リットル以下、好ましくは2モル/リットル以下、より好ましくは1.8モル/リットル以下、更に好ましくは1.6モル/リットル以下である。濃度が低すぎると、電解液の電気伝導度が不十分の場合があり、一方、濃度が高すぎると、粘度上昇のため電気伝導度が低下する場合があり、電池性能が低下する場合がある。

## 【0059】

## [その他の化合物]

本発明に係る非水系電解液は、本発明の効果を損ねない範囲で、従来公知の過充電防止剤等の種々の他の化合物を助剤として含有していてもよい。

過充電防止剤としては、ピフェニル、2-メチルピフェニル、2-エチルピフェニル等のアルキルピフェニル、ターフェニル、ターフェニルの部分水素化体、シクロペンチルベンゼン、シクロヘキシルベンゼン、シス-1-プロピル-4-フェニルシクロヘキサン、トランス-1-プロピル-4-フェニルシクロヘキサン、シス-1-ブチル-4-フェニルシクロヘキサン、トランス-1-ブチル-4-フェニルシクロヘキサン、t-ブチルベンゼン、t-アミルベンゼン、ジフェニルエーテル、ジベンゾフラン、メチルフェニルカーボネート、エチルフェニルカーボネート、ジフェニルカーボネート、トリフェニルホスフェート、トリス(2-t-ブチルフェニル)ホスフェート、トリス(3-t-ブチルフェニル)ホスフェート、トリス(4-t-ブチルフェニル)ホスフェート、トリス(2-t-アミルフェニル)ホスフェート、トリス(3-t-アミルフェニル)ホスフェート、トリス(4-t-アミルフェニル)ホスフェート、トリス(2-シクロヘキシルフェニル)ホスフェート、トリス(3-シクロヘキシルフェニル)ホスフェート、トリス(4-シクロヘキシルフェニル)ホスフェート等の芳香族化合物；2-フルオロピフェニル、3-フルオロピフェニル、4-フルオロピフェニル、4,4'-ジフルオロピフェニル、o-シクロヘキシルフルオロベンゼン、p-シクロヘキシルフルオロベンゼン等の上記芳香族化合物の部分フッ素化物；2,4-ジフルオロアニソール、2,5-ジフルオロアニソール、2,6-ジフルオロアニソール、3,5-ジフルオロアニソール等の含フッ素アニソール化合物等が挙げられる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 0 】

これらの中でもビフェニル、2 - メチルビフェニル等のアルキルビフェニル、ターフェニル、ターフェニルの部分水素化体、シクロペンチルベンゼン、シクロヘキシルベンゼン、シス - 1 - プロピル - 4 - フェニルシクロヘキサン、トランス - 1 - プロピル - 4 - フェニルシクロヘキサン、シス - 1 - ブチル - 4 - フェニルシクロヘキサン、トランス - 1 - ブチル - 4 - フェニルシクロヘキサン、t - ブチルベンゼン、t - アミルベンゼン、ジフェニルエーテル、ジベンゾフラン、メチルフェニルカーボネート、ジフェニルカーボネート、トリフェニルホスフェート、トリス(4 - t - ブチルフェニル)ホスフェート、トリス(4 - シクロヘキシルフェニル)ホスフェート等の芳香族化合物；2 - フルオロビフェニル、3 - フルオロビフェニル、4 - フルオロビフェニル、4 , 4 ' - ジフルオロビフェニル、o - シクロヘキシルフルオロベンゼン、p - シクロヘキシルフルオロベンゼン等の上記芳香族化合物の部分フッ素化物が好ましく、ターフェニルの部分水素化体、シクロペンチルベンゼン、シクロヘキシルベンゼン、シス - 1 - プロピル - 4 - フェニルシクロヘキサン、トランス - 1 - プロピル - 4 - フェニルシクロヘキサン、シス - 1 - ブチル - 4 - フェニルシクロヘキサン、トランス - 1 - ブチル - 4 - フェニルシクロヘキサン、t - ブチルベンゼン、t - アミルベンゼン、メチルフェニルカーボネート、ジフェニルカーボネート、トリフェニルホスフェート、トリス(4 - t - ブチルフェニル)ホスフェート、トリス(4 - シクロヘキシルフェニル)ホスフェート、o - シクロヘキシルフルオロベンゼン、p - シクロヘキシルフルオロベンゼンがより好ましく、ターフェニルの部分水素化体及びシクロヘキシルベンゼンが特に好ましい。

10

20

## 【 0 0 6 1 】

これらは2種以上併用して用いてもよい。2種以上併用する場合は、特に、ターフェニルの部分水素化体やシクロヘキシルベンゼンとt - ブチルベンゼンやt - アミルベンゼンとの組み合わせや、ビフェニル、アルキルビフェニル、ターフェニル、ターフェニルの部分水素化体、シクロヘキシルベンゼン、t - ブチルベンゼン、t - アミルベンゼン等の酸素を含有しない芳香族化合物から選ばれるものと、ジフェニルエーテル、ジベンゾフラン等の含酸素芳香族化合物から選ばれるものとを併用するのが過充電防止特性と高温保存特性のバランスの点から好ましい。

## 【 0 0 6 2 】

非水系電解液中におけるこれらの過充電防止剤の含有割合は、通常0 . 1質量%以上、好ましくは0 . 2質量%以上、より好ましくは0 . 3質量%以上、更に好ましくは0 . 5質量%以上であり、通常5質量%以下、好ましくは3質量%以下、より好ましくは2質量%以下である。濃度が低すぎると所望する過充電防止剤の効果がほとんど発現しない場合がある。逆に濃度が高すぎると高温保存特性等の電池の特性が低下する傾向がある。

30

## 【 0 0 6 3 】

他の助剤としては、エリスリタンカーボネート、スピロ - ビス - ジメチレンカーボネート、メトキシエチル - メチルカーボネート、メトキシエチル - エチルカーボネート、エトキシエチル - メチルカーボネート、エトキシエチル - エチルカーボネート等のカーボネート化合物；無水コハク酸、無水グルタル酸、無水マレイン酸、無水イタコン酸、無水シトラコン酸、無水グルタコン酸、無水ジグリコール酸、シクロヘキサジカルボン酸無水物、シクロペンタンテトラカルボン酸二無水物及びフェニルコハク酸無水物等のカルボン酸無水物；コハク酸ジメチル、コハク酸ジエチル、コハク酸ジアリル、マレイン酸ジメチル、マレイン酸ジエチル、マレイン酸ジアリル、マレイン酸ジプロピル、マレイン酸ジブチル、マレイン酸ビス(トリフルオロメチル)、マレイン酸ビス(ペンタフルオロエチル)、マレイン酸ビス(2 , 2 , 2 - トリフルオロエチル)等のジカルボン酸ジエステル化合物；2 , 4 , 8 , 10 - テトラオキサスピロ[5 . 5]ウンデカン、3 , 9 - ジビニル - 2 , 4 , 8 , 10 - テトラオキサスピロ[5 . 5]ウンデカン等のスピロ化合物；エチレンサルファイト、プロピレンサルファイト、1 , 3 - プロパンスルトン、1 , 4 - ブタンスルトン、1 , 3 - プロペンスルトン、1 , 4 - ブテンスルトン、メチルメタンスルホネート、エチルメタンスルホネート、メチル - メトキシメタンスルホネート、メチル - 2 - メトキ

40

50

シエタンスルホネート、ブスルファン、ジエチレングリコールジメタンスルホネート、1, 2 - エタンジオールビス(2, 2, 2 - トリフルオロエタンスルホネート)、1, 4 - ブタンジオールビス(2, 2, 2 - トリフルオロエタンスルホネート)、スルホラン、3 - スルホレン、2 - スルホレン、ジメチルスルホン、ジエチルスルホン、ジビニルスルホン、ジフェニルスルホン、N, N - ジメチルメタンスルホンアミド、N, N - ジエチルメタンスルホンアミド等の含硫黄化合物；1 - メチル - 2 - ピロリジノン、1 - メチル - 2 - ピペリドン、3 - メチル - 2 - オキサゾリジノン、1, 3 - ジメチル - 2 - イミダゾリジノン及びN - メチルスクシイミド等の含窒素化合物；ヘプタン、オクタン、ノナン、デカン、シクロヘプタン、メチルシクロヘキサン、エチルシクロヘキサン、プロピルシクロヘキサン、n - ブチルシクロヘキサン、t - ブチルシクロヘキサン、ジシクロヘキシル等の炭化水素化合物；フルオロベンゼン、ジフルオロベンゼン、ヘキサフルオロベンゼン等のフッ化ベンゼン；2 - フルオロトルエン、2 - フルオロトルエン、4 - フルオロトルエン、ベンゾトリフルオライド等のフッ化トルエン；アセトニトリル、プロピオニトリル、ブチロニトリル、マロノニトリル、スクシノニトリル、グルタロニトリル、アジポニトリル、ピメロニトリル等のニトリル化合物；メチルジメチルホスフィネート、エチルジメチルホスフィネート、エチルジエチルホスフィネート、トリメチルホスホノフォルメート、トリエチルホスホノフォルメート、トリメチルホスホノアセテート、トリエチルホスホノアセテート、トリメチル - 3 - ホスホノプロピオネート、トリエチル - 3 - ホスホノプロピオネート等の含リン化合物等が挙げられる。これらの中で、高温保存後の電池特性向上の点からエチレンサルファイト、1, 3 - プロパンスルトン、1, 4 - ブタンスルトン、1, 3 - プロパンスルトン、1, 4 - ブタンスルトン、ブスルファン、1, 4 - ブタンジオールビス(2, 2, 2 - トリフルオロエタンスルホネート)等の含硫黄化合物；アセトニトリル、プロピオニトリル、ブチロニトリル、マロノニトリル、スクシノニトリル、グルタロニトリル、アジポニトリル、ピメロニトリル等のニトリル化合物が好ましい。

#### 【0064】

これらは2種以上併用して用いてもよい。

非水系電解液中におけるこれらの助剤の含有割合は、本願発明の効果を発現するためには、特に制限はないが、通常0.01質量%以上、好ましくは0.1質量%以上、特に好ましくは0.2質量%以上であり、通常8質量%以下、好ましくは5質量%以下、より好ましくは3質量%以下、特に好ましくは1質量%以下である。これらの助剤を添加することにより、高温保存後の容量維持特性やサイクル特性を向上させることができる。この下限より低濃度では助剤の効果がほとんど発現しない場合がある。また、逆に濃度が高すぎると高負荷放電特性等の電池の特性が低下する場合がある。

また、上記助剤のうちフッ化ベンゼン、フッ化トルエンは溶媒としても使用することが可能であり、そのときのフッ化ベンゼンの濃度は、非水系電解液全体に対し8質量%以上、50質量%以下の範囲とすることが好ましい。

#### 【0065】

##### [電解液の調製]

本発明の請求項1に係る非水系電解液は、非水溶媒に、電解質、化学式(I)で表されるフッ素置換エーテル、モノフルオロリン酸及び/又はジフルオロリン酸、必要に応じて他の化合物を溶解することにより調製することができ、本発明の請求項3に係る非水系電解液は、非水溶媒に、電解質、化学式(I)で表されるフッ素置換エーテル、エチレンカーボネート及び炭素 炭素不飽和結合を有する環状カーボネート化合物を含む三種以上のカーボネート化合物、必要に応じて他の化合物を溶解することにより調製することができる。

#### 【0066】

非水系電解液の調製に際しては、各原料は、電解液とした場合の水分を低減させるため予め脱水しておくのが好ましい。通常50ppm以下、好ましくは30ppm以下、特に好ましくは10ppm以下までそれぞれ脱水するのがよい。また、電解液調製後に、脱水、脱酸処理等を実施してもよい。

本発明の非水系電解液は、非水系電解液電池の中でも二次電池用、即ち非水系電解液二次電池、例えばリチウム二次電池用の非水系電解液として用いるのに好適である。以下、本発明の非水系電解液を用いた非水系電解液二次電池について説明する。

【0067】

<非水系電解液二次電池>

本発明の非水系電解液二次電池は、リチウムイオンを吸蔵・放出可能な負極及び正極、並びに非水系電解液を含む非水系電解液電池であって、該非水系電解液が上記本発明の非水系電解液であることを特徴とするものである。

【0068】

[電池構成]

本発明に係る非水系電解液二次電池は、上記本発明の非水系電解液を用いて作製される以外は従来公知の非水系電解液二次電池と同様、リチウムイオンを吸蔵・放出可能な負極及び正極、並びに非水系電解液を含む非水系電解液電池であり、通常、正極と負極とを上記本発明の非水系電解液が含浸されている多孔膜を介してケースに収納することで得られる。従って、本発明の非水系電解液二次電池の形状は特に制限されるものではなく、円筒型、角型、ラミネート型、コイン型、大型等のいずれであってもよい。

【0069】

[負極]

負極活物質としては、リチウムイオンを吸蔵・放出可能なものであれば特に制限はない。その具体例としては、炭素質材料、合金系材料、リチウム含有金属複合酸化物材料等が挙げられる。

これらの負極活物質は、単独で用いても、2種以上を混合して用いてもよい。中でも好ましいものは炭素質材料、合金系材料である。

黒鉛は、学振法によるX線回折で求めた格子面(002面)のd値(層間距離)が0.335~0.338nm、特に0.335~0.337nmであるものが好ましい。また、学振法によるX線回折で求めた結晶子サイズ(Lc)は、通常10nm以上、好ましくは50nm以上、特に好ましくは100nm以上である。灰分は、通常1質量%以下、好ましくは0.5質量%以下、特に好ましくは0.1質量%以下である。

【0070】

黒鉛の表面を非晶質の炭素で被覆したものとして好ましいのは、X線回折における格子面(002面)のd値が0.335~0.338nmである黒鉛を核材とし、その表面に該核材よりもX線回折における格子面(002面)のd値が大きい炭素質材料が付着しており、かつ核材と核材よりもX線回折における格子面(002面)のd値が大きい炭素質材料との割合が質量比で99/1~80/20であるものである。これを用いると、高い容量で、かつ電解液と反応しにくい負極を製造することができる。

【0071】

炭素質材料の粒径は、レーザー回折・散乱法によるメジアン径で、通常1μm以上、好ましくは3μm以上、より好ましくは5μm以上、最も好ましくは7μm以上であり、通常100μm以下、好ましくは50μm以下、より好ましくは40μm以下、更に好ましくは30μm以下である。

炭素質材料のBET法による比表面積は、通常0.3m<sup>2</sup>/g以上、好ましくは0.5m<sup>2</sup>/g以上、より好ましくは0.7m<sup>2</sup>/g以上、更に好ましくは0.8m<sup>2</sup>/g以上であり、通常25.0m<sup>2</sup>/g以下、好ましくは20.0m<sup>2</sup>/g以下、より好ましくは15.0m<sup>2</sup>/g以下、更に好ましくは10.0m<sup>2</sup>/g以下である。

【0072】

また、炭素質材料は、アルゴンイオンレーザー光を用いたラマンスペクトルで分析し、1570~1620cm<sup>-1</sup>の範囲にあるピークP<sub>A</sub>のピーク強度をI<sub>A</sub>、1300~1400cm<sup>-1</sup>の範囲にあるピークP<sub>B</sub>のピーク強度をI<sub>B</sub>とした場合、I<sub>B</sub>とI<sub>A</sub>の比で表されるR値(=I<sub>B</sub>/I<sub>A</sub>)が、0.01~0.7の範囲であるものが好ましい。また、1570~1620cm<sup>-1</sup>の範囲にあるピークの半値幅が、26cm<sup>-1</sup>以下、特に25cm<sup>-1</sup>以下

10

20

30

40

50

であるものが好ましい。

【0073】

合金系材料としては、リチウムを吸蔵・放出可能であれば特に限定はされず、リチウム合金を形成する単体金属及び合金、又はそれらの酸化物、炭化物、窒化物、珪化物、硫化物、リン化物等の化合物のいずれであってもよい。好ましくはリチウム合金を形成する単体金属及び合金を含む材料であり、13族及び14族の金属・半金属元素（即ち炭素を除く）を含む材料あることがより好ましく、更にはアルミニウム、ケイ素、及びスズ（これらを以下「特定金属元素」という場合がある）の単体金属、及びこれらの元素を含む合金又は化合物である事が好ましい。

【0074】

特定金属元素から選ばれる少なくとも1種の元素を有する負極活物質の例としては、何れか1種の特定金属元素の金属単体、2種以上の特定金属元素からなる合金、1種又は2種以上の特定金属元素とその他の1種又は2種以上の金属元素とからなる合金、並びに、1種又は2種以上の特定金属元素を含有する化合物、及びその化合物の酸化物、炭化物、窒化物、珪化物、硫化物、リン化物等の複合化合物が挙げられる。負極活物質としてこれらの金属単体、合金又は金属化合物を用いることで、電池の高容量化が可能である。

【0075】

また、これらの複合化合物が、金属単体、合金、又は非金属元素等の数種の元素と複雑に結合した化合物も例として挙げることができる。より具体的には、例えばケイ素やスズでは、これらの元素と負極として動作しない金属との合金を用いることができる。また例えばスズでは、スズとケイ素以外で負極として作用する金属と、更に負極として動作しない金属と、非金属元素との組み合わせで5～6種の元素を含むような複雑な化合物も用いることができる。

【0076】

これらの負極活物質の中でも、電池にしたときに単位質量当りの容量が大きいことから、何れか1種の特定金属元素の金属単体、2種以上の特定金属元素の合金、特定金属元素の酸化物や炭化物、窒化物等が好ましく、特に、ケイ素及び/又はスズの金属単体、合金、酸化物や炭化物、窒化物等が、単位質量当りの容量が大きく好ましい。

また、金属単体又は合金を用いるよりは単位質量当りの容量には劣るものの、サイクル特性に優れることから、ケイ素及び/又はスズを含有する以下の化合物も好ましい。

【0077】

・ケイ素及び/又はスズと酸素との元素比が通常0.5以上であり、好ましくは0.7以上、更に好ましくは0.9以上、また、通常1.5以下であり、好ましくは1.3以下、更に好ましくは1.1以下のケイ素及び/又はスズの酸化物。

・ケイ素及び/又はスズと窒素との元素比が通常0.5以上であり、好ましくは0.7以上、更に好ましくは0.9以上、また、通常1.5以下であり、好ましくは1.3以下、更に好ましくは1.1以下のケイ素及び/又はスズの窒化物。

・ケイ素及び/又はスズと炭素との元素比が通常0.5以上であり、好ましくは0.7以上、更に好ましくは0.9以上、また、通常1.5以下であり、好ましくは1.3以下、更に好ましくは1.1以下のケイ素及び/又はスズの炭化物。

また、これらの合金系材料は粉末のものでも薄膜状のものでもよく、結晶質のものでもアモルファスのものでもよい。

【0078】

合金系材料の平均粒径は、本願発明の効果を発現するためには、特に制限はないが、通常50µm以下、好ましくは20µm以下、特に好ましくは10µm以下、通常0.1µm以上、好ましくは1µm以上、特に好ましくは2µm以上である。粒径が大きすぎる場合、電極の膨張が大きくなり、サイクル特性が低下してしまう可能性がある。また、小さ過ぎる場合、集電が取りにくくなり、容量が十分に発現しない可能性がある。

【0079】

負極活物質として用いられるリチウム含有金属複合酸化物材料としては、リチウムを吸

10

20

30

40

50

蔵・放出可能であれば、特に限定はされないが、リチウムとチタンの複合酸化物（以下、「リチウムチタン複合酸化物」と略記する）が好ましい。

また、リチウムチタン複合酸化物のリチウムやチタンの一部が、他の金属元素、例えば、Na、K、Co、Al、Fe、Mg、Cr、Ga、Cu、Zn及びNbからなる群より選ばれる少なくとも1種の元素で置換されているものも好ましい。

#### 【0080】

更に、 $Li_x Ti_y M_z O_4$  で表されるリチウムチタン複合酸化物であり、 $0.7 < x < 1.5$ 、 $1.5 < y < 2.3$ 、 $0 < z < 1.6$ であることが、リチウムイオンの吸蔵・放出の際の構造が安定であることから好ましい（Mは、Na、K、Co、Al、Fe、Mg、Cr、Ga、Cu、Zn及びNbからなる群より選ばれる少なくとも1種の元素を表わす）。

10

#### 【0081】

中でも、 $Li_x Ti_y M_z O_4$  で表されるリチウムチタン複合酸化物のx、y、zが以下の(a)～(c)のいずれかを満足する場合の構造が、電池性能のバランスが良好なため特に好ましい。

(a)  $1.2 < x < 1.4$ 、 $1.5 < y < 1.7$ 、 $z = 0$

(b)  $0.9 < x < 1.1$ 、 $1.9 < y < 2.1$ 、 $z = 0$

(c)  $0.7 < x < 0.9$ 、 $2.1 < y < 2.3$ 、 $z = 0$

特に好ましい代表的な組成は、(a)では $Li_{4/3} Ti_{5/3} O_4$ 、(b)では $Li_{1/2} Ti_2 O_4$ 、(c)では $Li_{4/5} Ti_{11/5} O_4$ である。

20

また、 $Z = 0$ の場合の構造については、例えば、 $Li_{4/3} Ti_{4/3} Al_{1/3} O_4$ が好ましいものとして挙げられる。

#### 【0082】

##### [正極]

正極活物質としては、リチウムイオンを吸蔵・放出可能なものであれば特に制限はない。リチウムと少なくとも1種の遷移金属を含有する物質が好ましく、例えば、リチウム遷移金属複合酸化物、リチウム含有遷移金属リン酸化合物が挙げられる。

リチウム遷移金属複合酸化物の遷移金属としてはV、Ti、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu等が好ましく、具体例としては、 $LiCoO_2$ 等のリチウム・コバルト複合酸化物、 $LiNiO_2$ 等のリチウム・ニッケル複合酸化物、 $LiMnO_2$ 、 $LiMn_2O_4$ 、 $Li_2MnO_3$ 等のリチウム・マンガン複合酸化物、これらのリチウム遷移金属複合酸化物の主体となる遷移金属原子の一部を他の金属で置換したもの、即ち、 $LiCoO_2$ 等のリチウム・コバルト複合酸化物のCoの一部をAl、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Li、Ni、Cu、Zn、Mg、Ga、Zr、Si等の他の金属で置換したもの、 $LiNiO_2$ 等のリチウム・ニッケル複合酸化物のNiの一部をAl、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Li、Cu、Zn、Mg、Ga、Zr、Si等の他の金属で置換したもの、 $LiMnO_2$ 、 $LiMn_2O_4$ 、 $Li_2MnO_3$ 等のリチウム・マンガン複合酸化物のMnの一部をAl、Ti、V、Cr、Fe、Co、Li、Ni、Cu、Zn、Mg、Ga、Zr、Si等の他の金属で置換したもの等が挙げられる。置換されたものの中では、 $LiNi_{1-a-b}Mn_aCo_bO_2$ （a、bは0以上1未満の数字を表すが、a、bが共に0の場合を除く）、 $LiNi_{1-c-d-e}Co_cAl_dMg_eO_2$ （c、d、eは0以上1未満の数字を表すが、c、d、eが共に0の場合を除く）が好ましく、更には $LiNi_{1-a-b}Mn_aCo_bO_2$ （ $0 < a < 0.4$ 、 $0 < b < 0.4$ ）、 $LiNi_{1-c-d-e}Co_cAl_dMg_eO_2$ （ $0 < c < 0.3$ 、 $0 < d < 0.1$ 、 $0 < e < 0.05$ ）が好ましく、特に $LiNi_{1/3}Co_{0.1/3}Mn_{1/3}O_2$ 、 $LiNi_{0.5}Co_{0.3}Mn_{0.2}O_2$ 、 $LiNi_{0.5}Mn_{0.5}O_2$ 、 $LiNi_{0.85}Co_{0.10}Al_{0.05}O_2$ 、 $LiNi_{0.85}Co_{0.10}Al_{0.03}Mg_{0.02}O_2$ が好ましい。

30

40

#### 【0083】

リチウム含有遷移金属リン酸化合物の遷移金属としては、V、Ti、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu等が好ましく、具体例としては、例えば、 $LiFePO_4$ 、 $Li_3Fe_2(PO_4)_3$ 、 $LiFeP_2O_7$ 等のリン酸鉄類、 $LiCoPO_4$ 等のリン酸コバルト類

50

、これらのリチウム遷移金属リン酸化合物の主体となる遷移金属原子の一部を他の金属で置換したものの、即ち、 $\text{LiFePO}_4$ 、 $\text{Li}_3\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_3$ 、 $\text{LiFeP}_2\text{O}_7$ 等のリン酸鉄類のFeの一部を、Al、Ti、V、Cr、Mn、Co、Li、Ni、Cu、Zn、Mg、Ga、Zr、Nb、Si等の他の金属で置換したもの、 $\text{LiCoPO}_4$ 等のリン酸コバルト類のCoの一部をAl、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Li、Ni、Cu、Zn、Mg、Ga、Zr、Nb、Si等の他の金属で置換したもの等が挙げられる。

#### 【0084】

これらの正極活物質は単独で用いても、複数を併用しても良い。

また、これら正極活物質の表面に、主体となる正極活物質を構成する物質とは異なる組成の物質（表面付着物質）が付着したものをを用いることもできる。表面付着物質としては酸化アルミニウム、酸化ケイ素、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化マグネシウム、酸化カルシウム、酸化ホウ素、酸化アンチモン、酸化ビスマス等の酸化物、硫酸リチウム、硫酸ナトリウム、硫酸カリウム、硫酸マグネシウム、硫酸カルシウム、硫酸アルミニウム等の硫酸塩、炭酸リチウム、炭酸カルシウム、炭酸マグネシウム等の炭酸塩等が挙げられる。

10

#### 【0085】

表面付着物質の量としては、本願発明の効果を発現するためには、特に制限はないが、正極活物質に対して質量で、好ましくは0.1ppm以上、より好ましくは1ppm以上、更に好ましくは10ppm以上、好ましくは20%以下、より好ましくは10%以下、更に好ましくは5%以下で用いられる。表面付着物質により、正極活物質表面での非水系電解液の酸化反応を抑制することができ、電池寿命を向上させることができるが、その付着量が少なすぎる場合その効果は十分に発現せず、多すぎる場合には、リチウムイオンの出入りを阻害するため抵抗が増加する場合がある。

20

#### 【0086】

##### [電極]

活物質を結着する結着剤としては、電極製造時に使用する溶媒や電解液に対して安定な材料であれば、任意のものを使用することができる。例えば、ポリフッ化ビニリデン、ポリテトラフルオロエチレン等のフッ素系樹脂、ポリエチレン、ポリプロピレン等のポリオレフィン、スチレン・ブタジエンゴム、イソプレンゴム、ブタジエンゴム等の不飽和結合を有するポリマー、エチレン-アクリル酸共重合体、エチレン-メタクリル酸共重合体等のアクリル酸系ポリマー等が挙げられる。

30

#### 【0087】

電極中には、機械的強度や電気伝導度を高めるために増粘剤、導電材、充填剤等を含有させてもよい。

増粘剤としては、カルボキシメチルセルロース、メチルセルロース、ヒドロキシメチルセルロース、エチルセルロース、ポリビニルアルコール、酸化スターチ、リン酸化スターチ、ガゼイン等が挙げられる。

#### 【0088】

導電材としては、銅又はニッケル等の金属材料、グラファイト又はカーボンブラック等の炭素材料等が挙げられる。

40

電極の製造は、常法によればよい。例えば、負極又は正極活物質に、結着剤、増粘剤、導電材、溶媒等を加えてスラリー化し、これを集電体に塗布、乾燥した後、プレスすることによって形成することができる。

#### 【0089】

また、活物質に結着剤や導電材等を加えたものをそのままロール成形してシート電極としたり、圧縮成型によりペレット電極としたり、蒸着・スパッタ・メッキ等の手法で集電体上に電極材料の薄膜を形成することもできる。

負極活物質に黒鉛を用いた場合、負極活物質層の乾燥、プレス後の密度は、通常1.45g/cm<sup>3</sup>以上であり、好ましくは1.55g/cm<sup>3</sup>以上、より好ましくは1.60g/cm<sup>3</sup>以上、特に好ましくは1.65g/cm<sup>3</sup>以上、である。

50

## 【0090】

また、正極活物質層の乾燥、プレス後の密度は、通常 $2.0 \text{ g/cm}^3$ 以上であり、好ましくは $2.5 \text{ g/cm}^3$ 以上、より好ましくは $3.0 \text{ g/cm}^3$ 以上である。

集電体としては各種のものが用いることができるが、通常は金属や合金が用いられる。負極の集電体としては、銅、ニッケル、ステンレス等が挙げられ、好ましいのは銅である。また、正極の集電体としては、アルミニウム、チタン、タンタル等の金属又はその合金が挙げられ、好ましいのはアルミニウム又はその合金である。

## 【0091】

## [セパレータ、外装体]

正極と負極の間には、短絡を防止するために多孔膜（セパレータ）を介在させる。この場合、電解液は多孔膜に含浸させて用いる。多孔膜の材質や形状は、電解液に安定であり、かつ保液性に優れていれば、特に制限はなく、ポリエチレン、ポリプロピレン等のポリオレフィンを原料とする多孔性シート又は不織布等が好ましい。

本発明に係る電池に使用する電池の外装体の材質も任意であり、ニッケルメッキを施した鉄、ステンレス、アルミニウム又はその合金、ニッケル、チタン、ラミネートフィルム等が用いられる。

上記した本発明の非水系電解液二次電池の作動電圧は通常 $2 \text{ V} \sim 6 \text{ V}$ の範囲である。

## 【0092】

## [作用機構]

本発明に係る非水系電解液が、初期効率、低温放電特性や高温保存時の発生ガス量を抑制する理由は明らかではなく、また、本発明は下記作用機構に限定されるものではないが、次のように推察される。

化学式(Ⅰ)で表されるフッ素置換エーテルは、負極上で還元され負極表面上に安定な保護皮膜を形成し、電解液成分の副反応を抑制することで、充放電効率の上昇や高温保存時の発生ガス量の抑制の効果をもたらしているものと考えられる。且つ、蒸気圧が適切な範囲となることで、高温保存時の発生ガス量を抑制しているものと考えられる。また、化学式(Ⅰ)で表されるフッ素置換エーテルは他の溶媒との相溶性に優れるため、低温下やリチウムイオン濃度が変化した場合などにも相分離を起こさず、放電特性が向上するものと考えられる。

## 【0093】

モノフルオロリン酸塩やジフルオロリン酸塩は、正極上に吸着しリチウムイオンの移動を補助することで、放電特性を向上させるものと考えられる。モノフルオロリン酸塩やジフルオロリン酸塩はいずれも、イオン強度やイオン体積が類似した無機アニオンからなり、同様の効果を発現させるものと考えられる。また、これらの塩は電解液中で電離したアニオンにより効果を生じるため、カウンターカチオンの種類に関係なく、同様に正極上でリチウムイオンの移動の補助をすることができるものと考えられる。

## 【0094】

また、化学式(Ⅰ)で表されるフッ素置換エーテルと、エチレンカーボネート及び炭素-炭素不飽和結合を有する環状カーボネート化合物を含む三種以上の環状カーボネートを含有し、且つエチレンカーボネートの体積が他の環状カーボネートの合計量より少ない範囲とすることで、リチウムイオン濃度を維持しつつ、エチレンカーボネートの正極上での酸化分解の反応量を抑制することができるので、高温保存ガス量の抑制がなされているものと考えられる。

## 【実施例】

## 【0095】

以下、実施例及び比較例を挙げて本発明を更に具体的に説明するが、本発明は、その要旨を超えない限り、これらの実施例に限定されるものではない。

尚、下記実施例及び比較例で得られた電池の各評価方法を以下に示す。

## [初期効率評価]

非水系電解液二次電池を、ガラス板で挟んで加圧した状態で、 $25$  において、 $0.2$

10

20

30

40

50

Cに相当する定電流で4.1Vまで充電した後、0.2Cの定電流で3Vまで放電した。これを3サイクル行って電池を安定させた。次いで、0.7Cの定電流で4.2Vまで充電後、4.2Vの定電圧で電流値が0.05Cになるまで充電を実施し初期充電容量を求めた。この後、0.2Cの定電流で3Vまで放電して、初期放電容量を求めた。初期充電容量に対する初期放電容量の割合を求め、これを初期効率(%)とした。

ここで、1Cとは電池の基準容量を1時間で放電する電流値を表し、例えば、0.2Cとはその1/5の電流値を表す。

【0096】

[低温放電特性評価試験]

初期容量評価試験の終了した電池を、25°Cにおいて0.7Cの定電流で4.2Vまで充電後、4.2Vの定電圧で電流値が0.05Cになるまで充電した。次いで-10°Cまで冷却させ、1Cの定電流で3Vまで放電し、低温放電容量を求めた。初期放電容量に対する低温放電容量の割合を求め、これを低温放電特性(%)とした。

10

【0097】

[高温保存時発生ガス量評価試験]

初期効率評価試験の終了した電池を、25°Cにおいて0.7Cの定電流で4.2Vまで充電後、4.2Vの定電圧で電流値が0.05Cになるまで充電した。次いで、エタノール浴中に浸して体積を測定した後、85°Cで1日間保存した。

電池を25°Cまで冷却させた後、エタノール浴中に浸して体積を測定し、保存前後の体積変化から発生したガス量を求めた。

20

【0098】

(実施例1)

<非水系電解液の調製>

乾燥アルゴン雰囲気下、エチレンカーボネート(EC)とブチレンカーボネート(BC)とエチルメチルカーボネート(EMC)と、1,1,2,2-テトラフルオロエチル-2,2,3,3-テトラフルオロプロピルエーテル(A1)の混合溶媒(容量比30:10:55:5)に、非水系電解液中の含有量としてジフルオロリン酸リチウム(B1)0.5質量%を混合し、次いで十分に乾燥したLiPF<sub>6</sub>を1モル/リットルの割合となるように溶解して電解液を調製した。

【0099】

<正極の作製>

正極活物質としてのリチウムコバルト酸化物(LiCoO<sub>2</sub>)94質量%と、導電材としてアセチレンブラック3質量%と、結着剤としてのポリフッ化ビニリデン(PVdF)3質量%とを、N-メチルピロリドン溶媒中で、ディスパーザーで混合してスラリー化した。これを厚さ15μmのアルミニウム箔の両面に均一に塗布、乾燥した後、正極活物質層の密度が3.1g/cm<sup>3</sup>になるようにプレスして正極を作製した。

30

【0100】

<負極の作製>

負極活物質として人造黒鉛粉末KS-44(ティムカル社製、商品名)98質量部に、増粘剤、バインダーとしてそれぞれ、カルボキシメチルセルロースナトリウムの水性ディスパージョン(カルボキシメチルセルロースナトリウムの濃度1質量%)100質量部、及び、スチレン-ブタジエンゴムの水性ディスパージョン(スチレン-ブタジエンゴムの濃度50質量%)2質量部を加え、ディスパーザーで混合してスラリー化した。このスラリーを厚さ10μmの銅箔の片面に均一に塗布、乾燥した後、負極活物質層の密度が1.6g/cm<sup>3</sup>になるようにプレスして負極を作製した。

40

【0101】

<二次電池の作製>

上記の正極、負極、及びポリエチレン製のセパレータを、正極、セパレータ、負極、セパレータ、正極の順に積層して電池要素を作製した。この電池要素をアルミニウム(厚さ40μm)の両面を樹脂層で被覆したラミネートフィルムからなる袋内に正・負極の端子

50

を突設させながら挿入した後、非水系電解液を袋内に注入し、真空封止を行ない、シート状の非水系電解液二次電池を作製した。

この非水系電解液二次電池を用いて、初期効率評価試験、低温放電特性評価試験及び高温保存時発生ガス量評価試験を実施した。評価結果を表 2 に示す。

【 0 1 0 2 】

( 実施例 2 ~ 1 3、比較例 1 ~ 1 1 )

表 1 に記載した組成の非水系電解液を用いた以外は実施例 1 と同様にし、初期効率評価試験、低温放電特性評価試験及び高温保存時発生ガス量評価試験を実施した。評価結果を表 2 に示す。

【 0 1 0 3 】

ここで表 1 における記号は以下の通りである。

EC : エチレンカーボネート

VC : ビニレンカーボネート

VEC : ビニルエチレンカーボネート

BC : ブチレンカーボネート

PC : プロピレンカーボネート

FEC : フルオロエチレンカーボネート

A1 : 1, 1, 2, 2 - テトラフルオロエチル - 2, 2, 3, 3 - テトラフルオロプロピルエーテル ( $\text{CF}_2\text{HCF}_2\text{CH}_2\text{OCF}_2\text{CF}_2\text{H}$ )

A2 : 1, 1, 2, 2 - テトラフルオロエチル - 2, 2, 3, 3, 3 - ペンタフルオロプロピルエーテル ( $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CH}_2\text{OCF}_2\text{CF}_2\text{H}$ )

A3 : エトキシ - 2, 2, 2 - トリフルオロエトキシ - エタン ( $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$ )

B1 : ジフルオロリン酸リチウム

【 0 1 0 4 】

10

20

【表 1】

表 1

	EC ／体積%	炭素－炭素 不飽和結合 を有する環 状カーボネー ト化合物 ／体積%	その他の 環状カーボ ネート ／体積%	EMC ／体積%	フッ素置換 エーテル ／体積%	ジフルオロ リン酸塩 ／質量%
実施例1	30	VC 2		63	A1 5	B1 0.5
実施例2	15	VC 2	BC 15	63	A1 5	
実施例3	15	VC 2	BC 15	63	A1 5	B1 0.5
実施例4	15	VC 2	BC 15	63	A2 5	B1 0.5
実施例5	15	VC 2	BC 15	63	A3 5	B1 0.5
実施例6	10	VC 2	BC 20	63	A1 5	
実施例7	15	VEC 1	BC 15	64	A1 5	B1 0.5
実施例8	15	VC 2	PC 15	63	A1 5	B1 0.5
実施例9	15	VC 2	FEC 15	63	A1 5	B1 0.5
比較例1	30	VC 2		68		
比較例2	30	VC 2		63	A1 5	

10

20

【 0 1 0 5 】

【表 2】

表 2

	初期効率 ／％	低温放電特性 ／％	高温保存時発生ガス 量／ml
実施例1	99.2	28	0.34
実施例2	99.3	25	0.31
実施例3	99.4	31	0.29
実施例4	99.3	28	0.32
実施例5	99.2	31	0.33
実施例6	99.2	28	0.28
実施例7	99.2	25	0.27
実施例8	99.2	33	0.28
実施例9	99.4	28	0.35
比較例1	99.0	24	0.40
比較例2	99.1	20	0.36

## 【0106】

表 2 より、実施例 1 と比較例 1 および 2 との比較から、化学式(1)で表されるフッ素置換エーテル及びはジフルオロリン酸塩を同時に使用することにより、初期効率、低温放電特性が向上し、且つ高温保存時発生ガス量が抑制されていることがわかる。

また、化学式(1)で表されるフッ素置換エーテルと、エチレンカーボネートと炭素-炭素不飽和結合を有する環状カーボネート化合物を含む三種以上の環状カーボネートを含有し、且つエチレンカーボネートの体積が他の環状カーボネートの合計量より少ない範囲とすることで、初期効率、低温放電特性が向上し、且つ高温保存時発生ガス量が抑制されていることがわかる（実施例 2、6）。

加えて、ジフルオロリン酸塩を同時に使用することにより更に、初期効率、低温放電特性が向上し、且つ高温保存時発生ガス量が抑制されることがわかる（実施例 3～5、7～9）。

## 【0107】

[相溶性試験]

(実施例 10)

乾燥アルゴン雰囲気下、エチレンカーボネート（EC）とエチルメチルカーボネート（EMC）と 1, 1, 2, 2 - テトラフルオロエチル - 2, 2, 3, 3 - テトラフルオロプロピルエーテル（A1）の混合溶媒（容量比 30 : 50 : 20）に、十分に乾燥した  $\text{LiPF}_6$  を 1 モル / リットルの割合となるように溶解した。この電解液を 25 及び - 10 にて目視で確認したところ、相分離は観察されなかった。

## 【0108】

(実施例 11)

乾燥アルゴン雰囲気下、エチレンカーボネート（EC）とエチルメチルカーボネート（EMC）と 1, 1, 2, 2 - テトラフルオロエチル - 2, 2, 3, 3, 3 - ペンタフルオロプロピルエーテル（A2）の混合溶媒（容量比 30 : 50 : 20）に、十分に乾燥した  $\text{LiPF}_6$  を 1 モル / リットルの割合となるように溶解した。この電解液を 25 及び - 10 にて目視で確認したところ、相分離は観察されなかった。

## 【 0 1 0 9 】

(実施例 1 2)

乾燥アルゴン雰囲気下、エチレンカーボネート ( E C ) とエチルメチルカーボネート ( E M C ) とエトキシ - 2 , 2 , 2 - トリフルオロエトキシ - エタン ( A 3 ) の混合溶媒 ( 容量比 3 0 : 5 0 : 2 0 ) に、十分に乾燥した  $LiPF_6$  を 1 モル / リットルの割合となるように溶解した。この電解液を 2 5 及び - 1 0 にて目視で確認したところ、相分離は観察されなかった。

## 【 0 1 1 0 】

(比較例 3)

乾燥アルゴン雰囲気下、エチレンカーボネート ( E C ) とエチルメチルカーボネート ( E M C ) とノナフルオロブチルエチルエーテルの混合溶媒 ( 容量比 3 0 : 5 0 : 2 0 ) に、十分に乾燥した  $LiPF_6$  を 1 モル / リットルの割合となるように溶解した。この電解液を 2 5 及び - 1 0 にて目視で確認したところ、いずれの温度においても相分離が観察された。

10

## 【 0 1 1 1 】

実施例 1 0 乃至 1 3 と比較例 3 との比較から、化学式 ( I ) で表されるフッ素置換エーテルを用いることで相溶性が向上し、電解液の安定性が増していることがわかる。

【産業上の利用可能性】

## 【 0 1 1 2 】

本発明によれば、初期効率、低温放電特性に優れ、且つ高温保存時発生ガス量が抑制された非水系電解液電池を提供することができる。

20

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2008-269982(JP,A)  
国際公開第2008/133207(WO,A1)  
特開2008-176987(JP,A)  
特開2007-200695(JP,A)  
特開2001-052737(JP,A)  
特開2000-294281(JP,A)  
国際公開第2009/035085(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01M 4/00 ~ 4/62  
H01M 10/05 ~ 10/0587