

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5288560号
(P5288560)

(45) 発行日 平成25年9月11日(2013.9.11)

(24) 登録日 平成25年6月14日(2013.6.14)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 N 21/78 (2006.01) GO 1 N 21/78 C

請求項の数 4 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2009-249485 (P2009-249485)	(73) 特許権者	504136568 国立大学法人広島大学 広島県東広島市鏡山1丁目3番2号
(22) 出願日	平成21年10月29日(2009.10.29)	(74) 代理人	100095407 弁理士 木村 満
(65) 公開番号	特開2011-95111 (P2011-95111A)	(74) 代理人	100138955 弁理士 末次 涉
(43) 公開日	平成23年5月12日(2011.5.12)	(74) 代理人	100151873 弁理士 鶴 寛
審査請求日	平成24年7月30日(2012.7.30)	(74) 代理人	100109449 弁理士 毛受 隆典
		(72) 発明者	大山 陽介 広島県東広島市鏡山一丁目4番1号 国立 大学法人広島大学大学院工学研究科内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 水分検出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

式1で表される蛍光発光性化合物を試料に添加して紫外線を照射し、
 $R_2N-A-B-R \cdots$ (式1)

(式中、Rは水素、アルキル基、酸性プロトン性官能基または酸性プロトン性官能基を有する基であり、少なくとも1つのRは酸性プロトン性官能基または酸性プロトン性官能基を有する基、Aは酸素または CH_2 、Bは蛍光発光母体を表す。)

前記蛍光発光性化合物が双生イオン構造となって発する蛍光の強度を測定して、前記試料中の水分量を検出する、ことを特徴とする水分検出方法。

【請求項2】

前記酸性プロトン性官能基はカルボキシル基、スルホン酸基またはリン酸基であることを特徴とする請求項1に記載の水分検出方法。

【請求項3】

前記酸性プロトン性官能基を有する基はアルキルカルボキシル基、アルキルスルホン酸基またはアルキルリン酸基であることを特徴とする請求項1又は2に記載の水分検出方法。

【請求項4】

前記蛍光発光母体はアントラセン系骨格、クマリン系骨格またはピレン系骨格であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の水分検出方法。

【発明の詳細な説明】

10

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、試料に含まれる水分を検出する水分検方法に関する。

【背景技術】

【0002】

有機溶剤、固体材料、及び、大気中に含まれる微量水分を検出することは、生物工学、工業製品や食品等の品質管理、環境モニタリングなどの自然環境や人間生活の面で非常に重要である。

【0003】

微量水分を検出すべく、非特許文献1～3に示すように、蛍光性水センサー色素の開発が行われている。これらの蛍光性水センサー色素を用いた水分検出では、水分子の極性を利用し、水分含有量の増加に伴う試料の極性の増大を蛍光強度の減少によって追跡している。

10

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献1】「Optical sensor for on-line determination of solvent mixtures based on a fluorescent solvent polarity probe」Manfred A. Kessler, Jurgen G. Gailer, Otto S. Wolfbeis; Sensors and Actuators B, 3 (1991); 267 - 272

20

【非特許文献2】「Fluorescence water sensor based on covalent immobilization of chalcone derivative」Cheng-Gang Niu, Ai-Ling Guan, Guang-Ming Zeng, Yun-Guo Liu, Zhong-Wu Li; Analytica Chimica Acta 577 (2006); 264 - 270

【非特許文献3】「Fluorescence sensor for water in organic solvents prepared from covalent immobilization of 4-morpholinyl-1,8-naphthalimide」Cheng-Gang Niu, Ai-Ling Guan, Guang-Ming Zeng, Yun-Guo Liu, Zhong-Wu Li; Anal Bioanal Chem (2007) 387; 1067 - 1074

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、非特許文献1～3の蛍光性水センサー色素を用いた水分検出方法では、試料中に含まれる水分以外の極性物質に強く影響を受ける。すなわち、水分以外の極性物質が蛍光物質に付着してしまい、蛍光物質が発する蛍光強度が低下してしまう。このため、微量な水分量を正確に検出することは困難であった。

40

【0006】

本発明は、上記事項に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、試料中の極性物質の影響を受けることなく水分検出可能な水分検出方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る水分検出方法は、

式1で表される蛍光発光性化合物を試料に添加して紫外線を照射し、

$R_2N-A-B-R \cdots$ (式1)

(式中、Rは水素、アルキル基、酸性プロトン性官能基または酸性プロトン性官能基を有する基であり、少なくとも1つのRは酸性プロトン性官能基または酸性プロトン性官能基

50

を有する基、Aは酸素または CH_2 、Bは蛍光発光母体を表す。)

前記蛍光発光性化合物が双生イオン構造となって発する蛍光の強度を測定して、前記試料中の水分量を検出する、ことを特徴とする。

【0008】

また、前記酸性プロトン性官能基はカルボキシル基、スルホン酸基またはリン酸基であることが好ましい。

【0009】

また、前記酸性プロトン性官能基を有する基はアルキルカルボキシル基、アルキルスルホン酸基またはアルキルリン酸基であることが好ましい。

【0010】

また、前記蛍光発光母体はアントラセン系骨格、クマリン系骨格またはピレン系骨格であることが好ましい。

【発明の効果】

【0012】

本発明に係る水分検出方法に用いる蛍光発光性化合物は、水分子が介在すると双生イオン構造となり、蛍光を発する。この蛍光を蛍光強度計等で測定することにより、水分量の検出ができる。蛍光発光性化合物は水1分子に対して蛍光性の双生イオン構造を形成し、その双生イオンの生成量に伴って蛍光強度が増大する。この蛍光発光性化合物は極性溶媒があっても影響を受けない。このため、極性の有無によらず、有機溶媒等に含有する水分量を高感度に検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】水が存在しない状況下での蛍光発光性化合物のメカニズムを説明する図である。

【図2】水が存在しない状況下での蛍光発光性化合物のメカニズムを説明する図である。

【図3】水が存在する状況下での蛍光発光性化合物のメカニズムを説明する図である。

【図4】水が存在する状況下での蛍光発光性化合物のメカニズムを説明する図である。

【図5】実施例において、水分を含有する1,4-dioxaneに蛍光発光性化合物を添加した際の蛍光強度を示す。

【図6】実施例において、水分を含有する1,4-dioxaneに蛍光発光性化合物を添加した際の水分濃度と相対蛍光強度との関係を示すグラフである。

【図7】実施例において、水分を含有するTHFに蛍光発光性化合物を添加した際の蛍光強度を示す。

【図8】実施例において、THFに蛍光発光性化合物を添加した際の水分濃度と相対蛍光強度との関係を示すグラフである。

【図9】実施例において、水分を含有するacetonitrileに蛍光発光性化合物を添加した際の蛍光強度を示す。

【図10】実施例において、水分を含有するacetonitrileに蛍光発光性化合物を添加した際の水分濃度と相対蛍光強度との関係を示すグラフである。

【図11】実施例において、水分を含有するethanolに蛍光発光性化合物を添加した際の蛍光強度を示す。

【図12】実施例において、水分を含有するethanolに蛍光発光性化合物を添加した際の水分濃度と相対蛍光強度との関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0014】

(蛍光発光性化合物)

本実施の形態に係る蛍光発光性化合物は、式1で表される。

$\text{R}_2\text{N}-\text{A}-\text{B}-\text{R}\cdots$ (式1)

【0015】

式1中、Rは水素、アルキル基、酸性プロトン性官能基、または、酸性プロトン性官能基を有する基である。そして、少なくとも1つのRは酸性プロトン性官能基、または、酸

10

20

30

40

50

性プロトン性官能基を有する基である。

【0016】

所謂酸性プロトン性官能基は水が介在すると解離してプロトンを放出する機能を発揮する。酸性プロトン性官能基としては、上記機能を発揮する官能基であれば特に限定されないが、カルボキシル基、スルホン酸基、リン酸基が挙げられる。また、酸性プロトン性官能基を有する基としては、アルキルカルボキシル基、アルキルスルホン酸基、アルキルリン酸基が挙げられる。

【0017】

式1中、Aは、 $-O-$ （酸素）或いは $-CH_2-$ である（これらは、以下スペーサーともいう。）。後述するが、アミノ基と蛍光発光母体との間にこれらのスペーサーが導入されていることにより、アミノ基（窒素）の電子が蛍光発光母体に供与される。なお、アミノ基と蛍光発光母体が直接結合している場合には、アミノ基は蛍光発光母体の一部となり、アミノ基（窒素）から蛍光発光母体への電子供与は生じない。

10

【0018】

式1中、Bは、蛍光発光母体である。蛍光発光母体として、光照射を受けて蛍光を発するものであれば制限されることはなく、例として、 $-C_{14}H_8-$ 等のアントラセン系骨格、 $-C_9H_4O_2(CH_3O)_2-$ 等のクマリン系骨格または $-C_{16}H_8-$ 等のピレン系骨格が挙げられる。

【0019】

上述した蛍光発光性化合物は、水分子が存在しない状況下では、蛍光を発しない。蛍光は、蛍光発光母体に光（紫外線）が照射されて、励起状態になり基底状態に戻る際に発生されるものである。蛍光発光性化合物は水が介在しない状況下では、図1に示すように、光が蛍光発光性化合物に照射されると、電子供与体であるアミノ基（窒素）から蛍光発光母体へ電子が供与される。蛍光発光母体の近くに電子密度の高い電子供与体があると、所謂光誘起電子移動特性（PET: Photo-induced Electron Transfer）が起こるためである。

20

【0020】

より詳細に説明すると、図2に示すように、光が蛍光発光性化合物に照射されると、蛍光発光母体が励起されて、HOMO準位の電子がLUMO準位に移る。そして、蛍光発光母体にスペーサーを介して結合しているアミノ基（窒素）のHOMO準位は、蛍光発光母体のHOMO準位よりも高いエネルギー準位にあり、光誘起電子移動特性によって、アミノ基（窒素）のHOMO準位の電子は、より低いエネルギー準位にある蛍光発光母体のHOMO準位に移ることになる。このアミノ基（窒素）からの電子移動は、蛍光発光母体のLUMO準位からHOMO準位への電子移動よりも先に起こる。このように、蛍光発光母体のLUMO準位からHOMO準位への電子移動が阻害されるので、蛍光発光母体は蛍光を発しない。

30

【0021】

このように、蛍光発光母体が励起され、LUMO準位に移った電子がHOMO準位に戻ることができないので、蛍光発光母体は蛍光を発しない。

【0022】

一方で、蛍光発光性化合物は、水分子が存在する状況下では、光誘起電子移動特性が起こらず、蛍光を発することになる。図3に示すように、水が存在すると、蛍光発光性化合物のカルボキシル基等の酸性プロトン性官能基は解離して、水素イオンを放出する。この水素イオンは窒素と結合して、双生イオン構造となる。より詳細には、放出された水素イオンは水分子と結合してオキソニウムイオン（ H_3O^+ ）となり、このオキソニウムイオンがアミノ基の窒素と配位結合することになる。そして、アミノ基（窒素）のHOMO準位は低くなる。

40

【0023】

この状態で、光が蛍光発光性化合物に照射され、蛍光発光母体が励起されると、図4に示すように、蛍光発光母体のHOMO準位からLUMO準位に電子が移る。この電子は再

50

度HOMO準位に戻ってくるので、この際に蛍光を発する。

【0024】

アミノ基（窒素）のHOMO準位はオキソニウムイオンとの配位結合によって、蛍光発光母体のHOMO準位よりも低くなっているため、アミノ基（窒素）の電子はそれよりもエネルギー準位の高い蛍光発光母体のHOMO準位に移ることはなく、LUMO準位に移った電子がHOMO準位に戻ることを妨げないからである。

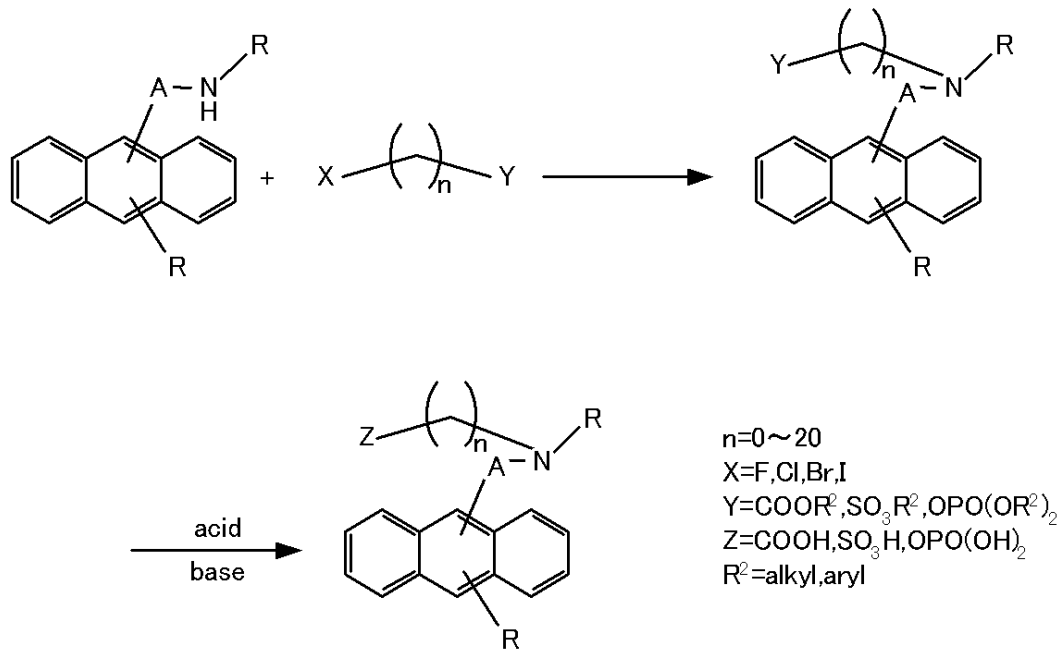
【0025】

上述した式(1)で表される蛍光発光性化合物を合成できるならば、どのような方法であっても構わないが、一例として以下のようにして合成することができる。

【0026】

アントラセン系骨格、クマリン系骨格、またはピレン系骨格の蛍光発光母体にスパーサーを介してアミノ基が結合した化合物と、ハロゲン（X）を有するカルボン酸エステル化合物、スルホン酸エステル化合物、またはリン酸エステル化合物とを反応させることで、各種のエステル基を導入した前駆体を得られる。この前駆体を酸及びアルカリで処理することによってエステル基が加水分解され、アミノ基の窒素に酸性プロトン性官能基であるカルボキシル基、スルホン酸基、リン酸基、または、酸性プロトン性官能基を有する基であるアルキルカルボキシル基、アルキルスルホン酸基、アルキルリン酸基が結合した蛍光発光性化合物が得られる。上記の反応式を下記に例示する。

【化1】



上述したように水分子と接触することで、蛍光性の双生イオン構造を形成する。この試料に紫外線を照射することにより、双生イオンの生成量に伴って蛍光を発する。この双生イオンの生成量に伴う蛍光強度の増大を、蛍光強度計等を用いて測定することにより、試料に含まれる微量水分の検出をすることができる。

【0029】

蛍光発光性化合物は、水1分子に対して蛍光性の双生イオン構造を一個形成し、蛍光を発する。蛍光強度は、双生イオンの生成量に応じて強くなるので、微量な水分量であっても高感度で、且つ、定量的に検出することができる。

【0030】

更に、蛍光発光性化合物の蛍光発光特性は試料の極性に影響を受けない。このため、極性溶媒等の試料においても含有する水分量を正確に検出することができる。

10

【0031】

なお、蛍光発光性化合物は水と接触すると双生イオン構造になるが、この双生イオンは熱を加えることで元の蛍光発光性化合物に戻る。このため、使用した蛍光発光性化合物を試料から分離して取り出すことで再利用することもできる。

【実施例】

【0032】

(蛍光発光性化合物(4-(Anthracen-9-ylmethyl-methyl-amino)-butyric acid)の合成)

【0033】

9-(Methylaminomethyl)-anthracene(2.0g(9.04mmol))(シグマアルドリッチジャパン株式会社)を三口フラスコにてアセトニトリル(70ml)に溶解させた。

20

【0034】

これにNaH(1.45g(36.2mmol))を添加し、室温で1時間攪拌した。

【0035】

その後、Ethyl 4-bromobutyrate(8.81g(45.2mmol))(和光純薬工業株式会社)をゆっくり加えながら室温で1時間攪拌した。反応終了後、反応溶液を減圧濃縮して塩化メチレン-水で抽出・洗浄後、減圧下で濃縮した。

【0036】

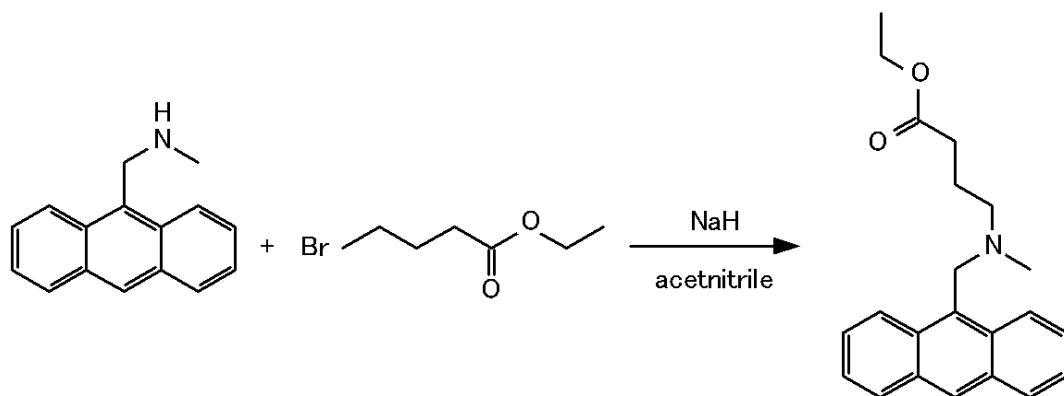
得られた濃縮物をカラムクロマトグラフィー(展開溶媒:塩化メチレン:酢酸エチル=3:1)により分離精製し、4-(Anthracen-9-ylmethyl-methyl-amino)-butyric acid ethyl ester(0.90g, 30%)を得た。

30

【0037】

上記の化学反応式を示す。

【化4】



40

【0038】

50

得られた 4 - (Anthracen - 9 - ylmethyl - methyl - amino) - butyric acid ethyl ester の測定値を以下に示す。

IR (ATR) : = 1728, cm^{-1} ; ^1H NMR ($[\text{D}_6]$ Acetone, TMS) = 1.12 (t, 3H), 1.77 - 1.82 (m, 2H), 2.20 - 2.23 (m, 5H), 2.59 (t, 2H), 3.92 - 3.97 (m, 2H), 4.46 (s, 2H), 7.47 - 7.55 (m, 4H), 8.06 (d, 2H), 8.54 (t, 3H); EI (+) MS m/z 335 (M^+).

【0039】

続いて、得られた 4 - (Anthracen - 9 - ylmethyl - methyl - amino) - butyric acid ethyl ester (0.72 g (2.15 mmol)) を三口フラスコ中にてエタノール (30 ml) に溶解させた。

10

【0040】

これに、水 (50 ml) に NaOH (0.43 g (10.7 mmol)) を溶解させた NaOH 水溶液を加え、60 で3時間撹拌した。

【0041】

その後、反応溶液を減圧濃縮して塩化メチレン - 10% 塩酸水溶液で抽出・洗浄後、減圧下で濃縮した。

【0042】

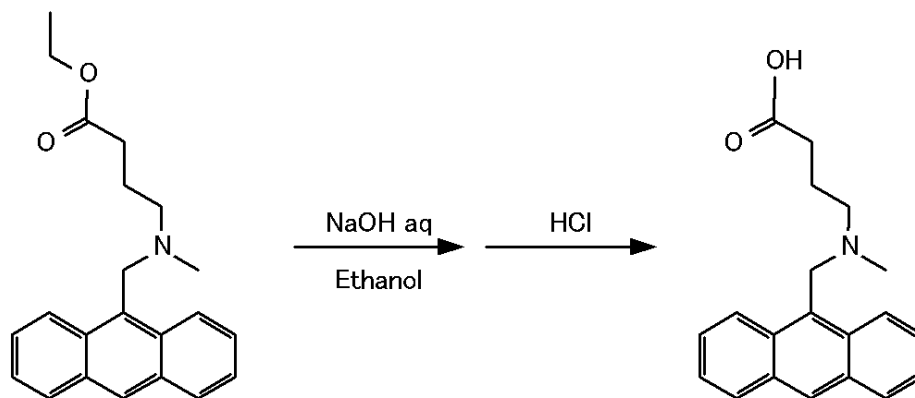
得られた濃縮物を塩化メチレン : ヘキサン = 3 : 1 の混合溶媒を用いて再沈殿を行い、4 - (Anthracen - 9 - ylmethyl - methyl - amino) - butyric acid (0.64 g, 97%) を得た。

20

【0043】

上記の化学反応式を以下に示す。

【化5】



30

【0044】

得られた 4 - (Anthracen - 9 - ylmethyl - methyl - amino) - butyric acid の測定値を以下に示す。

IR (ATR) : = 1706 cm^{-1} ; ^1H NMR ($[\text{D}_6]$ Acetone, TMS) = 1.84 (t, 2H), 2.22 - 2.28 (m, 5H), 2.68 (t, 2H), 4.51 (s, 2H), 7.48 - 7.57 (m, 4H), 8.07 (d, 2H), 8.56 (t, 3H); EI (+) MS m/z 307 (M^+).

40

【0045】

(水分量の検出)

得られた 4 - (Anthracen - 9 - ylmethyl - methyl - amino) - butyric acid を用いて、各種溶液の水分量の検出を行った。

【0046】

4 - (Anthracen - 9 - ylmethyl - methyl - amino) - butyric acid を約 5×10^{-6} mol (1.6 mg 程度) を、市販の無水溶媒

50

である1,4-dioxaneに溶解させ、50 mL (1×10^{-4} mol/L)の溶液を作った。

【0047】

作成した溶液にそれぞれ異なる分量の水を入れ、種々の水分量の試料溶液とした。

【0048】

カールフィッシャー法にて、それぞれの試料溶液 (2×10^{-5} mol/L)の水分量 (wt%)を測定した。なお、試料溶液の水分量が0~1wt%の試料溶液では電量滴定法を、サンプル水分量が5~80wt%の試料溶液では容量滴定法を用いた。

【0049】

それぞれの水分量の試料溶液について蛍光強度を測定した。その結果を図5に示す。なお、測定条件は以下の通りである。

測定装置：HITACHI F-4500 測定条件：励起波長(光照射波長)：366 nm スキャンスピード：1200 nm/min 励起側スリット：5.0 nm 蛍光側スリット：5.0 nm ホトマル：400 V レスポンス：0.004 s

【0050】

そして、カールフィッシャー法にて測定した水分濃度 (wt%) vs. 相対蛍光強度 (Relative Fluorescence Intensity) (I/I_0)のプロットを行った。なお、相対蛍光強度は、図5において蛍光強度が高かった蛍光極大波長417 nmの値を用いた。ここで、 I_0 は初期蛍光強度(最も微量な水分量の試料溶液の蛍光強度)とし、 I は各水分濃度での蛍光強度である。

【0051】

カールフィッシャー法にて測定した水分濃度 (wt%)および相対蛍光強度 (I/I_0)を表1に示す。また、水分濃度と相対蛍光強度との関係を図6に示す。なお、図6はカールフィッシャー法において水分濃度1.2重量%以下についてプロットを行なったものである。

【表1】

H ₂ O/(wt/wt) (カールフィッシャー法)	Relative Fluorescence Intensity (I/I_0) ($\lambda_{em}^{max}=417nm$)
0.013	1
0.23	1.0102
0.829	1.0369
1.028	1.0472
5	1.8978
10.232	6.5385
19.62	26.557
40.062	46.344
60.277	58.805
76.365	47.154

【0052】

図6を見ると、カールフィッシャー法にて測定した水分濃度 (wt%)の増加に対し、相対蛍光強度は直線的に高くなっている。水分濃度と相対蛍光強度は比例関係を示していることから、蛍光発光性化合物を用いることで、水分濃度が1重量%以下と微量な場合でも、精度よく検出できることがわかる。

【0053】

更に、無水溶媒として極性を有するTHF (Tetrahydrofuran)、acetonitrile、ethanolを用い、上記の1,4-dioxaneを用いた場合と同様に、カールフィッシャー法による水分濃度の測定、蛍光強度の測定を行なった

。そして、相対蛍光強度を求めた。

【 0 0 5 4 】

図 7 に T H F を用いた場合の蛍光強度、図 8 に T H F を用いた場合の水分濃度と相対蛍光強度との関係を示す。また、図 9 に a c e t o n i t r i l e を用いた場合の蛍光強度、図 1 0 に a c e t o n i t r i l e を用いた場合の水分濃度と相対蛍光強度との関係を示す。また、図 1 1 に e t h a n o l を用いた場合の蛍光強度、図 1 2 に e t h a n o l を用いた場合の水分濃度と相対蛍光強度との関係を示す。

【 0 0 5 5 】

また、表 2 に T H F 中の水分濃度と相対蛍光強度との関係を、表 3 に a c e t o n i t r i l e 中の水分濃度と相対蛍光強度との関係を、表 4 に e t h a n o l 中の水分濃度と相対蛍光強度との関係をそれぞれ示す。

【 0 0 5 6 】

【表 2】

H ₂ O/(wt/wt) (カールフィッシャー法)	Relative Fluorescence Intensity (I/I ₀) ($\lambda_{em}^{max}=417nm$)
0.025	1
0.247	1.0312
0.652	1.0489
0.832	1.0709
1.065	1.1021
5.197	1.1534
10.372	2.6424
20.3679	12.848
41.63	37.579
63.379	46.65
84.591	48.02

【 0 0 5 7 】

【表 3】

H ₂ O/(wt/wt) (カールフィッシャー法)	Relative Fluorescence Intensity (I/I ₀) ($\lambda_{em}^{max}=417nm$)
0.03	1
0.4262	1.1987
0.604	1.2641
0.713	1.3621
0.909	1.4047
1.134	1.4456
5.12	1.9882
10.309	3.078
20.467	3.6407
41.405	5.5299
63.727	6.8984
87.140	7.2668

【 0 0 5 8 】

【表 4】

H ₂ O/%(wt/wt) (カールフィッシャー法)	Relative Fluorescence Intensity (I/I ₀) ($\lambda_{em}^{max}=417nm$)
0.067	1
0.243	1.2162
0.43	1.3377
0.669	1.4414
0.847	1.4766
1.038	1.476
5.1	1.8263
10.204	2.0928
20.231	2.8156
40.769	3.6946
60.880	4.5066
87.002	4.7862

10

【 0 0 5 9 】

図 8 , 1 0 , 1 2 を見ると、カールフィッシャー法で測定した水分濃度と相対蛍光強度はそれぞれ大凡比例関係にあることがわかる。蛍光発光性化合物を用いることで、極性を有する溶媒中の微量水分であっても、溶媒の極性に影響を受けることなく、精度よく検出できることがわかる。

20

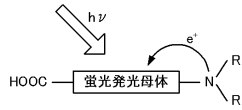
【産業上の利用可能性】

【 0 0 6 0 】

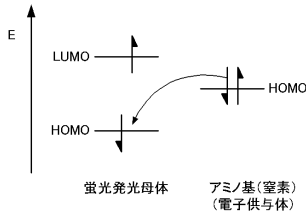
蛍光発光性化合物は、水分子が介在すると双生イオン構造となり、蛍光を発する。この蛍光を蛍光強度計等で測定することにより、水分量の検出ができる。蛍光発光性化合物は水 1 分子に対して蛍光性の双生イオン構造を形成し、その双生イオンの生成量に伴って蛍光強度が増大する。そして、蛍光発光性化合物は極性溶媒があっても影響を受けない。このため、極性の有無によらず、有機溶媒等に含有する水分量を高感度に検出することができ、化学薬品や医療品等の品質管理、排管等の水漏れの検出等、種々の分野にて利用可能である。

30

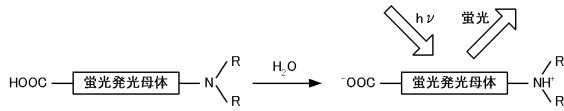
【 図 1 】



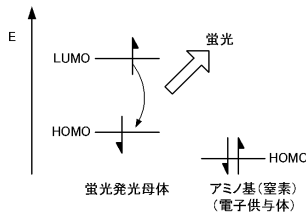
【 図 2 】



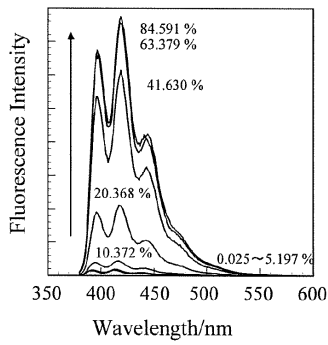
【 図 3 】



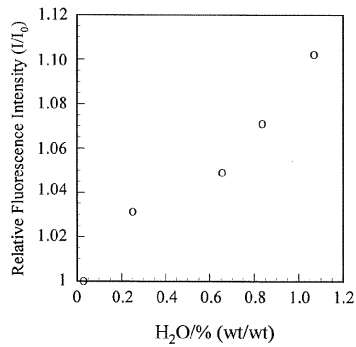
【 図 4 】



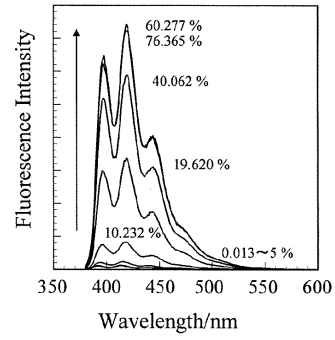
【 図 7 】



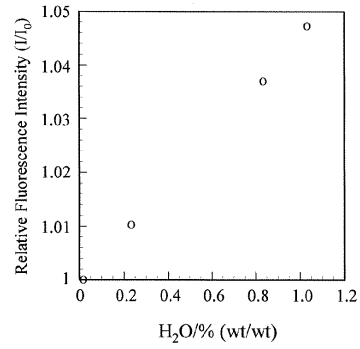
【 図 8 】



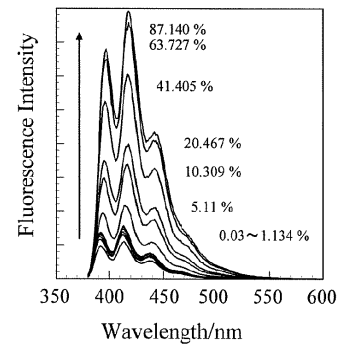
【 図 5 】



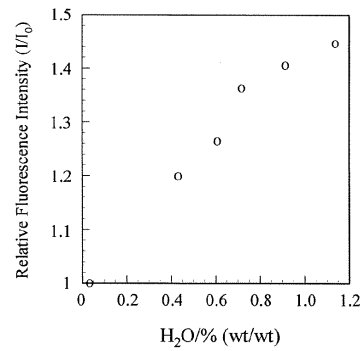
【 図 6 】



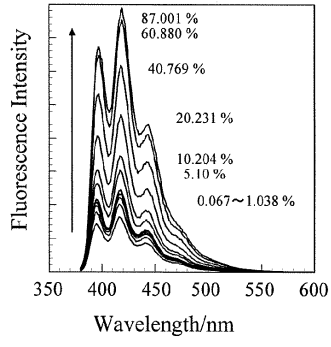
【 図 9 】



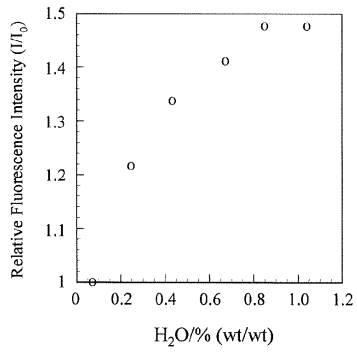
【 図 10 】



【 1 1 】



【 1 2 】



フロントページの続き

(72)発明者 播磨 裕

広島県東広島市鏡山一丁目4番1号 国立大学法人広島大学大学院工学研究科内

審査官 谷垣 圭二

(56)参考文献 特表2005-500512(JP,A)

特表2004-519677(JP,A)

特開2006-036664(JP,A)

特開2001-165849(JP,A)

Ooyama, Yousuke et al., The design of a novel fluorescent PET sensor for proton and water: A phenylaminonaphtho[1,2-d]oxazol-2-yl-type fluorophore containing proton donor and acceptor groups, Dyes and Pigments, 2009年 7月, No.82, 58-64

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/78

JSTPlus/(JDreamII)