

(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
2017 年 10 月 5 日(05.10.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/170975 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 21/27 (2006.01) *G01J 3/42* (2006.01)
G01J 3/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/013497
- (22) 国際出願日: 2017 年 3 月 24 日(24.03.2017)
- (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 2016-071835 2016 年 3 月 31 日(31.03.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社 トプコン(TOPCON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1748580 東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号 Tokyo (JP). 前田建設工業株式会社(MAEDA CORPORATION) [JP/JP]; 〒1028151 東京都千代田区富士見二丁目 1 0 番 2 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 半谷 一晴(HANYA, Issei); 〒1748580 東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号 株式会社トプコン内 Tokyo (JP). 秋山 秀吾(AKIYAMA, Shugo); 〒1748580 東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号 株式会社トプコン内 Tokyo (JP). 富沢 良介(TOMIZAWA, Ryosuke); 〒1748580 東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号 株式会社トプコン内 Tokyo (JP). 加曾

利 直人(KASORI, Naoto); 〒1748580 東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号 株式会社トプコン内 Tokyo (JP). 中島 良光(NAKAJIMA, Yoshimitsu); 〒1028151 東京都千代田区富士見二丁目 1 0 番 2 号 前田建設工業株式会社内 Tokyo (JP). 白根 勇二(SHIRANE, Yuji); 〒1028151 東京都千代田区富士見二丁目 1 0 番 2 号 前田建設工業株式会社内 Tokyo (JP). 末永 怜士(SUENAGA, Satoshi); 〒1028151 東京都千代田区富士見二丁目 1 0 番 2 号 前田建設工業株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 三好 祥二(MIYOSHI, Shoji); 〒1040032 東京都中央区八丁堀二丁目 2 2 番 5 号大島屋ビル 6 階 Tokyo (JP).

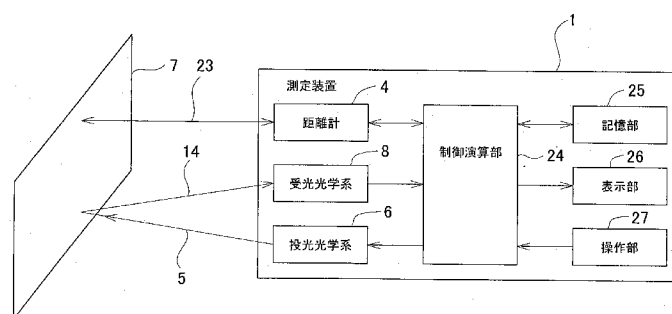
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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.

[続葉有]

(54) Title: SPECTRAL CURVE ACQUISITION DEVICE, CONCRETE MEASUREMENT DEVICE, SPECTRAL CURVE ACQUISITION METHOD, AND CONCRETE MEASUREMENT METHOD

(54) 発明の名称: 分光曲線取得装置及びコンクリート測定装置及び分光曲線取得方法及びコンクリート測定方法

図 3



- 1 Measurement device
4 Range finder
6 Projection optical system
8 Received-light optical system
24 Control calculation unit
25 Storage unit
26 Display unit
27 Operation unit

(57) Abstract: The present invention is equipped with: a projection optical system (6) for emitting irradiation light; a received-light optical system (8) for dispersing and receiving reflected irradiation light that is reflected by a measurement target (7); a range finder (4) for measuring the distance to the measurement target; a storage unit (25) for storing a plurality of reference spectral curves created on the basis of the received-light intensity for each wavelength when measuring a white reference plate at different distances; and a control calculation unit (24). Therein, on the basis of the reference spectral curve that corresponds to the measurement distance, the control calculation unit obtains the received-light intensity for each wavelength of the dispersed reflected irradiation light, corrects the measured spectral curve created on the basis of the received-light intensity, and prepares a spectral reflectance curve.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2017/170975 A1



(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))

照射光を照射する投光光学系 (6) と、測定対象物 (7) で反射された反射照射光を分光して受光する受光光学系 (8) と、前記測定対象物迄の距離を測定する距離計 (4) と、異なる距離で白色基準板を測定した際の波長毎の受光強度を基に作成された複数の基準分光曲線を格納する記憶部 (25) と、制御演算部 (24) とを具備し、該制御演算部は、測定距離に対応した前記基準分光曲線に基づき、分光された前記反射照射光の波長毎の受光強度を求め、該受光強度を基に作成された測定分光曲線を補正し、分光反射率曲線を作成する。

明 細 書

発明の名称

分光曲線取得装置及びコンクリート測定装置及び分光曲線取得方法及びコンクリー

5 ト測定方法

技術分野

本発明は、非接触且つ非破壊でコンクリートの塩害や中性化に関する情報を取得する分光曲線取得装置及びコンクリート測定装置及び分光曲線取得方法及びコンクリー

10 ト測定方法に関するものである。

背景技術

橋梁やトンネル等のインフラ構造物には、大量のコンクリートが用いられている。コンクリートは海水の飛来や凍結防止剤散布による塩害、大気中の二酸化炭素による

15 中性化等により経年劣化する。従って、構造物の維持管理の為、定期的にコンクリート中の塩分濃度や中性化の進行を計測し、コンクリートの健全性を診断することが近年求められている。

従来、コンクリートの経年劣化の測定では、測定対象の構造物から直接試験片を切出し、該試験片に対して各種試験を行うことで塩分濃度や中性化の進行等を測定し、

20 測定対象のコンクリートの劣化度合いを診断する破壊検査を行っていた。然し乍ら、破壊検査の場合、構造物に損傷を与える為、繰返し測定を行うのは困難であった。

又、非破壊でコンクリートの診断を行う方法として、コンクリートに近赤外光を照射し、コンクリートからの反射光を分光計測することでコンクリートの劣化度合いを診断する非破壊検査がある。

25 然し乍ら、コンクリートを非接触で遠隔測定する場合、コンクリート迄の距離に応じて受光する分光の波形形状が大きく変わってしまう。この為、従来の遠隔測定では塩害や中性化を正確に測定することができないという問題があった。

尚、特許文献1には、コンクリート面に近赤外線を照射した際の反射光を分光分析し、900～1700nmの波長域から水酸化カルシウムの濃度を検出し、1700

- ～2500nmの波長域からPLS回帰分析法を用いたケモメトリックス手法を用いて塩化物イオンの濃度を検出し、水酸化カルシウムの濃度と塩化物イオンの濃度から中性化と塩害による劣化を診断するコンクリートの診断方法が開示されている。然し乍ら、特許文献1には、コンクリート面との距離や、距離により分光の波形形状が変化することについては何ら開示されていない。

先行技術文献

特許文献

特許文献1：特開2008-14779号公報

10

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- 本発明は、コンクリートを遠隔測定する場合でも、正確な塩害や中性化に関する情報を取得する為の分光曲線を取得可能とする分光曲線取得装置及びコンクリート測定装置及び分光曲線取得方法及びコンクリート測定方法を提供するものである。

15

課題を解決するための手段

- 本発明は、照射光を照射する投光光学系と、測定対象物で反射された反射照射光を分光して受光する受光光学系と、前記測定対象物迄の距離を測定する距離計と、異なる距離で白色基準板を測定した際の波長毎の受光強度を基に作成された複数の基準分光曲線を格納する記憶部と、制御演算部とを具備し、該制御演算部は、測定距離に対応した前記基準分光曲線に基づき、分光された前記反射照射光の波長毎の受光強度を求め、該受光強度を基に作成された測定分光曲線を補正し、分光反射率曲線を作成する分光曲線取得装置に係るものである。

20

- 又本発明は、照射光を照射する投光光学系と、測定対象物で反射された反射照射光を分光して受光する受光光学系と、前記測定対象物迄の距離を測定する距離計と、異なる距離で白色基準板を測定した際の波長毎の受光強度を基に作成された複数の基準分光曲線を格納する記憶部と、制御演算部とを具備し、該制御演算部は、分光された前記反射照射光の波長毎の受光強度を基に測定分光曲線を作成し、該測定分光曲線を

25

測定距離に対応した前記基準分光曲線に基づき補正して分光反射率曲線を作成し、該分光反射率曲線の波形形状に基づき、前記測定対象物の塩害と中性化に関する情報を測定するコンクリート測定装置に係るものである。

5 又本発明は、前記制御演算部は、前記測定分光曲線と、測定距離に対応した前記基準分光曲線との受光強度の差分から演算された受光蓄積時間を補正情報として前記測定分光曲線を補正し、前記分光反射率曲線を作成するコンクリート測定装置に係るものである。

10 又本発明は、前記記憶部に塩分濃度と pH が既知である試験片から作成された分光反射率曲線である複数の劣化分光反射率曲線が更に格納され、前記制御演算部は、前記複数の劣化分光反射率曲線の中から前記分光反射率曲線と波形形状が合致又は近似する劣化分光反射率曲線を選択し、選択された該劣化分光反射率曲線を基に前記測定対象物の塩害と中性化に関する情報を測定するコンクリート測定装置に係るものである。

15 又本発明は、前記制御演算部は、前記分光反射率曲線に基づき PLS 回帰分析法により前記測定対象物の塩害と中性化に関する情報を測定するコンクリート測定装置に係るものである。

20 又本発明は、光源からの距離が異なる複数の位置で白色基準板をそれぞれ測定した際の波長毎の受光強度を基に複数の基準分光曲線を作成し、照射光を測定対象物に向けて照射し、該測定対象物からの反射照射光を分光して受光した際の波長毎の受光強度を基に測定分光曲線を作成し、前記光源から前記測定対象物迄の距離を測定し、測定された距離に基づいて対応する前記基準分光曲線を選択し、選択された該基準分光曲線と前記測定分光曲線とから求めた補正情報に基づき前記測定分光曲線を補正し、分光反射率曲線を作成する分光曲線取得方法に係るものである。

25 又本発明は、照射光を測定対象物に向けて照射し、該測定対象物からの反射照射光を分光して受光した受光結果により前記測定対象物の塩害及び中性化に関する情報を測定するコンクリート測定方法であって、光源からの距離が異なる複数の位置で白色基準板をそれぞれ測定した際の波長毎の受光強度を基に複数の基準分光曲線を作成し、前記受光結果の波長毎の受光強度を基に測定分光曲線を作成し、前記光源から前記測定対象物迄の距離を測定し、測定された距離に基づいて前記基準分光曲線を選択し

、選択された該基準分光曲線と前記測定分光曲線から求めた補正情報に基づき前記測定分光曲線を補正して分光反射率曲線を作成し、該分光反射率曲線の波形形状に基づき前記測定対象物の塩害及び中性化に関する情報を測定するコンクリート測定方法に係るものである。

- 5 更に又本発明は、塩分濃度とpHが既知である複数の試験片を測定して取得した分光反射率曲線である複数の劣化分光反射率曲線を作成し、該複数の劣化分光反射率曲線の中から前記分光反射率曲線に対応する劣化分光反射率曲線を選択し、選択された該劣化分光反射率曲線を基に前記測定対象物の塩害と中性化に関する情報を測定するコンクリート測定方法に係るものである。

10

発明の効果

本発明によれば、照射光を照射する投光光学系と、測定対象物で反射された反射照射光を分光して受光する受光光学系と、前記測定対象物迄の距離を測定する距離計と、異なる距離で白色基準板を測定した際の波長毎の受光強度を基に作成された複数の

15 基準分光曲線を格納する記憶部と、制御演算部とを具備し、該制御演算部は、測定距離に対応した前記基準分光曲線に基づき、分光された前記反射照射光の波長毎の受光強度を求め、該受光強度を基に作成された測定分光曲線を補正し、分光反射率曲線を作成するので、測定距離に拘わらず、塩害と中性化に関する情報の測定に必要な分光反射率曲線を取得することができる。

- 20 又本発明によれば、照射光を照射する投光光学系と、測定対象物で反射された反射照射光を分光して受光する受光光学系と、前記測定対象物迄の距離を測定する距離計と、異なる距離で白色基準板を測定した際の波長毎の受光強度を基に作成された複数の基準分光曲線を格納する記憶部と、制御演算部とを具備し、該制御演算部は、分光された前記反射照射光の波長毎の受光強度を基に測定分光曲線を作成し、該測定分光
- 25 曲線を測定距離に対応した前記基準分光曲線に基づき補正して分光反射率曲線を作成し、該分光反射率曲線の波形形状に基づき、前記測定対象物の塩害と中性化に関する情報を測定するので、前記測定対象物との距離の変化により、前記測定分光曲線の波形形状が大きく変化する場合であっても正確な測定結果を得ることができ、安定した遠隔測定が可能となる。

又本発明によれば、光源からの距離が異なる複数の位置で白色基準板をそれぞれ測定した際の波長毎の受光強度を基に複数の基準分光曲線を作成し、照射光を測定対象物に向けて照射し、該測定対象物からの反射照射光を分光して受光した際の波長毎の受光強度を基に測定分光曲線を作成し、前記光源から前記測定対象物迄の距離を測定し、測定された距離に基づいて対応する前記基準分光曲線を選択し、選択された該基準分光曲線と前記測定分光曲線とから求めた補正情報に基づき前記測定分光曲線を補正し、分光反射率曲線を作成するので、測定距離に拘わらず、塩害と中性化に関する情報の測定に必要な分光反射率曲線を取得することができる。

更に又本発明によれば、照射光を測定対象物に向けて照射し、該測定対象物からの反射照射光を分光して受光した受光結果により前記測定対象物の塩害及び中性化に関する情報を測定するコンクリート測定方法であって、光源からの距離が異なる複数の位置で白色基準板をそれぞれ測定した際の波長毎の受光強度を基に複数の基準分光曲線を作成し、前記受光結果の波長毎の受光強度を基に測定分光曲線を作成し、前記光源から前記測定対象物迄の距離を測定し、測定された距離に基づいて前記基準分光曲線を選択し、選択された該基準分光曲線と前記測定分光曲線から求めた補正情報に基づき前記測定分光曲線を補正して分光反射率曲線を作成し、該分光反射率曲線の波形形状に基づき前記測定対象物の塩害及び中性化に関する情報を測定するので、前記測定対象物との距離の変化により、前記測定分光曲線の波形形状が大きく変化する場合であっても正確な測定結果を得ることができ、安定した測定が可能となる。

図面の簡単な説明

図1は本発明の実施例に係る測定装置を示す斜視図である。

図2は本発明の実施例に係る測定装置の投光光学系、受光光学系及び分光器を示す構成図である。

図3は本発明の実施例に係る測定装置の制御系を示すブロック図である。

図4（A）は基準分光曲線を示すグラフであり、図4（B）は測定分光曲線を示すグラフである。

図5は塩分濃度が異なる複数の分光反射率曲線を示すグラフである。

図6（A）は1次微分した前記分光反射率曲線を示すグラフであり、図6（B）は

2次微分した前記分光反射率曲線を示すグラフである。

図7はpHが異なる複数の分光反射率曲線を2次微分したグラフである。

発明を実施するための形態

5 以下、図面を参照しつつ本発明の実施例を説明する。

先ず、図1、図2に於いて、本発明の実施例に係る測定装置1について説明する。

該測定装置1は三脚2上に設置されている。前記測定装置1には分光計3が内蔵され、前記測定装置1の上面には距離計4が設けられている。尚、該距離計4は、前記測定装置1に内蔵されていてもよい。

10 前記分光計3は、近赤外光を含む照射光を投光光軸5上に照射する投光光学系6を有すると共に、測定対象物7、例えば橋梁の脚部等のコンクリート構造物からの反射照射光を受光する受光光学系8を有している。

前記投光光学系6は前記投光光軸5を有し、該投光光軸5上に光源9、リレーレンズ11、ミラー12、対物レンズ13が設けられている。前記光源9からの照射光が
15 前記リレーレンズ11、前記対物レンズ13を介して前記測定対象物7に照射される様になっている。

前記受光光学系8は、前記投光光軸5上に設けられた前記ミラー12を有している。更に、前記受光光学系8は、前記ミラー12で分岐された受光光軸14上に設けられた結像レンズ15と、該結像レンズ15の結像側に設けられた受光部16とを有す
20 る。前記ミラー12は、前記測定対象物7で反射された反射照射光の少なくとも一部を前記受光光軸14上へと反射させる様になっている。

前記受光部16は、受光ファイバ17、分光板18、受光素子19を有している。前記受光ファイバ17の一端面は受光面であり、該受光面は前記結像レンズ15の焦点位置に配置されている。又、前記受光ファイバ17の射出端には集光器17aが設
25 けられ、射出端からの反射照射光は該集光器17aにより平行光束とされ、前記分光板18に入射される。更に、該分光板18で反射された分光は前記受光素子19によって受光される。該受光素子19からの受光信号は後述する制御演算部24に出力される。尚、前記分光板18と前記受光素子19とで分光器21が構成される。

前記光源9は、例えば近赤外光を含む照射光を発光するハロゲンランプである。フ

ィラメント 22 に通電することで、前記光源 9 は例えば劣化の状態が現れる 900 nm ～ 2500 nm 程度の波長帯域の近赤外光を含む照射光を発光する。

又、前記距離計 4 は、前記投光光軸 5 と平行な測距光軸 23 上に測距光を射出し、前記測定対象物 7 で反射された反射測距光を受光することで、該測定対象物 7 迄の距離を測定できる様になっている。尚、前記測距光軸 23 と前記投光光軸 5 との間の距離は既知となっている。

次に、図 3 に於いて、前記測定装置 1 の制御系について説明する。

該測定装置 1 は、前記測定対象物 7 迄の距離を測定する前記距離計 4 と、前記測定対象物 7 に照射光を照射する前記分光計 3 の前記投光光学系 6 と、前記測定対象物 7 からの反射照射光を受光する前記分光計 3 の前記受光光学系 8 と、CPU 等の前記制御演算部 24 と、記憶部 25 と、表示部 26 と、操作部 27 とを有している。

前記記憶部 25 は、例えば HDD、半導体メモリ 等である。該記憶部 25 には、前記距離計 4 に前記測定対象物 7 迄の距離を測定させる為の測距プログラム、前記測定対象物 7 からの反射照射光を基に分光データを取得する分光計測プログラム、分光データの各波長毎の受光強度を基に測定分光曲線を作成する分光曲線作成プログラム、作成された測定分光曲線を測定された距離に対応する基準分光曲線（後述）を基に補正する補正プログラム、測定分光曲線と基準分光曲線を基に反射率を演算し分光反射率曲線を作成する分光反射率曲線作成プログラム、測定された距離に対応する複数の劣化分光反射率曲線（後述）と分光反射率曲線とを比較し、分光反射率曲線と波形形状が合致又は近似する劣化分光反射率曲線を選択する分光反射率曲線選択プログラム、選択された劣化分光反射率曲線に基づき前記測定対象物 7 の状態を測定する測定プログラム等のプログラムが格納されている。

又、前記記憶部 25 には、作成された分光反射率曲線を基に、例えば PLS 回帰分析により塩分濃度や pH を演算し、劣化を判定する劣化判定プログラム等のプログラムが格納されている。

又、前記記憶部 25 には、作成された測定分光曲線、分光反射率曲線等が格納されると共に、予め作成された基準分光曲線や劣化分光反射率曲線等のデータが格納されている。

前記表示部 26 は、例えば前記測定装置 1 に設けられたモニタであり、前記測定対

象物 7 の測定結果等が表示される。尚、前記表示部 26 は、前記測定装置 1 に接続された外部モニタであってもよい。

前記操作部 27 は、例えば前記測定装置 1 に接続されたキーボードであり、測定の際の各種設定等が行える様になっている。尚、前記表示部 26 をタッチパネルとし、

5 該表示部 26 と前記操作部 27 とを兼用としてもよい。

前記基準分光曲線は、前記測定装置 1 に正対させた白色基準板 7a を前記測定対象物 7 として測定した際の各波長毎の受光強度から作成された分光曲線となっている。前記測定装置 1 と前記白色基準板 7a との距離を変更し、各距離毎に該白色基準板 7a を測定することで、各距離に対応した複数の基準分光曲線が取得される様になっている。

10 いる。

又、前記劣化分光反射率曲線は、塩分濃度や pH が既知であるコンクリート、例えば試験片を前記測定対象物 7 として測定した際の分光反射率曲線となっている。塩分濃度、pH が異なる複数の試験片を、それぞれについて前記測定装置 1 との距離を変更して測定することで、距離と塩分濃度と pH とが関連付けられた複数の劣化分光反射率曲線が取得される。尚、塩分濃度や pH の測定には、分光データを用いた測定や試験片の破壊検査による測定等、種々の手段が用いられる。

15

次に、前記測定装置 1 を用いたコンクリート製の前記測定対象物 7 の測定について説明する。

先ず、前記分光計 3 により、前記測定対象物 7 が分光計測される。前記光源 9 より前記投光光軸 5 上へと照射された照射光は、前記リレーレンズ 11、前記対物レンズ 13 を透して前記測定対象物 7 へと照射される。

20

該測定対象物 7 で反射された反射照射光の一部は、前記対物レンズ 13 を透過した後、前記ミラー 12 で前記受光光軸 14 上へと反射され、前記結像レンズ 15 で集光されて前記受光ファイバ 17 の受光面に入射する。

25 反射照射光は、前記受光ファイバ 17 から放出される際に前記集光器 17a によって平行光束とされ、前記分光板 18 へと入射する。該分光板 18 は、反射照射光を所定の波長を有する複数の分光へと分割して反射し、前記受光素子 19 へ受光させる。

又、前記分光計 3 の計測と並行して、前記距離計 4 が前記測距光軸 23 上へと測距光を射出し、前記測定対象物 7 からの反射測距光が前記距離計 4 へと受光される。

前記制御演算部 24 は、反射測距光の受光情報に基づき測定対象物 7 迄の距離を演算し、又前記受光素子 19 に受光された受光情報を基に分光データを取得する。前記制御演算部 24 は、分光データを基に各波長毎の受光強度から測定分光曲線 29（図 4（B）参照）を作成する。

- 5 又、前記制御演算部 24 は、前記測定対象物 7 迄の距離に基づき、測定距離に対応する基準分光曲線 28（図 4（A）参照）（測定距離に対応した基準分光曲線の変化の情報）を選択する。前記制御演算部 24 は前記基準分光曲線 28 を基に前記測定分光曲線 29 を補正、標準化し、分光反射率曲線 31（図 5 参照）（基準の測定距離で測定したと仮定した場合に得られる前記測定分光曲線 29）を作成する。
- 10 前記制御演算部 24 は、前記分光反射率曲線 31 の波形形状を基に PLS 回帰分析法等により前記測定対象物 7 の塩害及び中性化に関する情報、即ち該測定対象物 7 の塩分濃度や pH を測定する。

- 或は、前記制御演算部 24 は、複数の劣化分光反射率曲線の中から前記分光反射率曲線 31 と波形形状が合致又は近似する劣化分光反射率曲線を選択し、選択された劣
- 15 化分光反射率曲線に基づき前記測定対象物 7 の塩害及び中性化に関する情報、即ち該測定対象物 7 の塩分濃度や pH を測定する。尚、近似する劣化分光反射率曲線が複数ある場合は、複数の劣化分光反射率曲線を平均化した副劣化分光反射率曲線を演算し、該副劣化分光反射率曲線に基づき、塩分濃度や pH を測定する。

- 該測定対象物 7 の測定結果（診断結果）は、前記表示部 26 に表示される。尚、前
- 20 記分光反射率曲線 31 を劣化分光反射率曲線と比較するかどうかは、測定の目的に応じて適宜設定される。

以下、前記測定対象物 7 の測定の詳細について説明する。

- 図 4（A）は、前記測定装置 1 と前記白色基準板 7a との距離を 2 m、3 m、4 m とした場合に取得された、基準分光曲線 28a、28b、28c をそれぞれ示している。
- 25 又、図 4（B）は、前記測定装置 1 と測定対象物 7（コンクリート）との距離を 2 m、3 m、4 m とした場合に取得された、測定分光曲線 29a、29b、29c をそれぞれ示している。尚、図 4（A）、図 4（B）では、縦軸を反射照射光の受光強度のカウント数、横軸を波長（nm）としている。又、以下の説明では、前記基準分光曲線 28a、28b、28c を総称して前記基準分光曲線 28、前記測定分光曲線

29 a, 29 b, 29 c を総称して前記測定分光曲線 29 としている。

図 4 (A)、図 4 (B) に示される様に、前記測定装置 1 と前記測定対象物 7 との距離が離れる程、前記測定装置 1 への受光強度が低下し、前記基準分光曲線 28、前記測定分光曲線 29 の波形形状が変化している。又、前記測定装置 1 と前記測定対象物 7 との距離が同じであれば、受光強度に差はあっても、例えば前記基準分光曲線 28 a と前記測定分光曲線 29 a の様に、前記基準分光曲線 28 と前記測定分光曲線 29 の形状自体は似通ったものとなっている。

ここで、受光強度が低下し、波形形状が変化すると、例えば同じ塩分濃度の前記測定対象物 7 であっても測定結果が変化する。従って、距離が異なっても同様の受光強度が得られる様、受光蓄積時間を変化させる必要がある。即ち、受光蓄積時間を補正情報として設定し、設定された補正情報に基づき前記測定分光曲線 29 を補正する。

補正情報を設定する際には、先ず前記測定分光曲線 29 と対応する前記基準分光曲線 28 を選択する。即ち、前記測定分光曲線 29 と同じ距離で前記白色基準板 7 a を測定し取得された前記基準分光曲線 28 を選択し、選択された該基準分光曲線 28 と前記測定分光曲線 29 との差分を演算する。

演算した差分を基に、該測定分光曲線 29 を補正して前記基準分光曲線 28 と同等の受光強度とする為の補正情報、即ち反射照射光を受光する受光蓄積時間を演算する。

又、前記白色基準板 7 a に照射光を照射した際に、反射照射光の受光強度が最大となるので、前記白色基準板 7 a を測定した際の受光強度と演算した差分とを比較することで、各波長毎の前記白色基準板 7 a に対するコンクリートの反射率を演算することができる。各波長毎の反射率と補正情報に基づき前記測定分光曲線 29 を補正し標準化することで、該測定分光曲線 29 から前記分光反射率曲線 31 が作成される。

図 5 は、縦軸を反射率、横軸を波長 (nm) とした場合の、塩分濃度が既知である 4 つの試験片の分光反射率曲線 31 a ~ 31 d を示している。尚、前記分光反射率曲線 31 a は 1 立方メートル当たりの塩化物イオンの量が 0 kg の試験片の分光反射率曲線を示し、前記分光反射率曲線 31 b は 1 立方メートル当たりの塩化物イオンの量が 5 kg の試験片の分光反射率曲線を示し、前記分光反射率曲線 31 c は 1 立方メートル当たりの塩化物イオンの量が 10 kg の試験片の分光反射率曲線を示し、前記分

光反射率曲線 3 1 d は 1 立方メートル当たりの塩化物イオンの量が 2 0 k g の試験片の分光反射率曲線を示している。

又、図 6 (A) は、前記分光反射率曲線 3 1 a ~ 3 1 d を 1 次微分した分光反射率曲線 3 1 a' ~ 3 1 d' を示し、図 6 (B) は前記分光反射率曲線 3 1 a ~ 3 1 d を
5 2 次微分した分光反射率曲線 3 1 a'' ~ 3 1 d'' を示している。

前記分光反射率曲線 3 1 a ~ 3 1 d を 2 次微分した前記分光反射率曲線 3 1 a'' ~ 3 1 d'' では、2 2 6 0 n m 付近の波長帯域に於いて、塩分濃度が高い程反射率が増加し、波形形状に顕著な差異が出ているのが分る。

従って、前記測定対象物 7 の塩分濃度の測定は、前記分光反射率曲線 3 1 を作成し
10 、2 2 6 0 n m 付近の波長帯域、例えば 2 2 6 6 n m に於ける反射率を求めることで測定することができる。

又、図 7 は中性化が進行していない試験片 A と試験片 B の分光反射率曲線 3 1 e , 3 1 f (図示せず) を 2 次微分した分光反射率曲線 3 1 e'' , 3 1 f'' (実線) と、試験片 A と試験片 B を高濃度二酸化炭素環境下に安置する等により、中性化を進
15 行させた場合の分光反射率曲線 3 1 g , 3 1 h (図示せず) を 2 次微分した分光反射率曲線 3 1 g'' , 3 1 h'' (破線) を示している。

図 7 に示される様に、前記分光反射率曲線 3 1 e'' , 3 1 f'' と前記分光反射率曲線 3 1 g'' , 3 1 h'' とを比較すると、1 4 1 0 n m 付近の波長帯域に於いて、中性化が進行することで反射率が低下しているのが分る。

20 従って、前記測定対象物 7 の中性化の有無は、前記分光反射率曲線 3 1 を作成し、1 4 1 0 n m 付近の波長帯域に於ける反射率を求めることで測定することができる。

尚、中性化が進行した場合、1 4 1 0 n m 付近の波長帯域だけでなく、塩分濃度の変化により変化する波長帯域も変化することが分っている。即ち、中性化が進行していた場合には、2 2 6 0 n m 付近の波長帯域の反射率だけでは、正確な塩分濃度を測
25 定することはできない。

本実施例では、予め塩分濃度と p H が既知である多数の試験片に対して測定が行われる。作成された試験片の前記分光反射率曲線 3 1 が前記測定装置 1 との距離や塩分濃度、p H と関連付けられた劣化分光反射率曲線として保存蓄積され、データベース化されて前記記憶部 2 5 に格納されている。

前記測定対象物 7 の状態を測定する際には、該測定対象物 7 の前記分光反射率曲線 3 1 を作成した後、蓄積された劣化分光反射率曲線の中から前記分光反射率曲線 3 1 と合致又は近似する劣化分光反射率曲線を選択する。又、選択された劣化分光反射率曲線と関連付けられた塩分濃度と pH とが、前記測定対象物 7 の塩害と中性化に係る情報、即ち塩分濃度と pH として出力される。

前記分光反射率曲線 3 1 と劣化分光反射率曲線とが合致又は近似しているかどうかは、例えば 2 つの曲線全体の相関係数を求める、或は予め設定された波長範囲の相関係数を求める等により判断することができる。

又、求めた相関係数の値に基づき、前記測定対象物 7 の塩分濃度や pH を推定値として出力してもよい。

上述の様に、本実施例では、反射照射光の受光蓄積時間を補正情報として、該補正情報に基づき前記測定装置 1 と前記測定対象物 7 との距離に応じて、得られた前記測定分光曲線 2 9 を補正している。

従って、前記測定装置 1 と前記測定対象物 7 との距離が変化し、前記測定分光曲線 2 9 の波形形状が大きく変化する場合であっても、同等の前記分光反射率曲線 3 1 を得ることができる。即ち、測定距離に拘わらず、塩分濃度、pH の測定に必要な分光反射率曲線を取得することが可能となる。又、該分光反射率曲線 3 1 を用いることで、距離に拘わらず正確な測定結果を得ることができ、安定した遠隔測定が可能となる。

又、前記白色基準板 7 a を異なる距離で複数回測定し、複数の前記基準分光曲線 2 8 を予め作成し、距離毎にデータベース化されて前記記憶部 2 5 に格納されているので、前記測定対象物 7 の測定の度に前記白色基準板 7 a の測定を行う必要がなく、作業性を向上させることができる。

又、本実施例では、前記分光反射率曲線 3 1 の中の特定の波長帯域に着目するのではなく、該分光反射率曲線 3 1 全体の波形形状に着目している。該分光反射率曲線 3 1 の波形形状と合致又は近似する波形形状を有する劣化分光反射率曲線を、前記記憶部 2 5 に格納された複数の劣化分光反射率曲線から選択し、選択された劣化分光反射率曲線を基に前記測定対象物 7 の塩分濃度や pH を測定している。

従って、塩害と中性劣化とが同時に発生し、特定の波長帯域の反射率だけでは正確

な塩分濃度やpHが測定できない様な場合であっても、前記測定対象物7の塩分濃度やpHを測定することができる。

尚、前記分光反射率曲線31だけでは、正確な塩分濃度やpHの測定はできないが、塩分濃度の大小や中性化の有無については特定の波長帯域の反射率により判断可能であるので、正確な測定値を必要としない場合、例えば単に補強箇所の順番のみを決める様な場合では、前記分光反射率曲線31と劣化分光反射率曲線との比較は行わなくてもよい。

符号の説明

10	1	測定装置
	3	分光計
	4	距離計
	6	投光光学系
	7	測定対象物
15	8	受光光学系
	9	光源
	16	受光部
	24	制御演算部
	25	記憶部
20	28	基準分光曲線
	29	測定分光曲線
	31	分光反射率曲線

請求の範囲

[請求項 1]

照射光を照射する投光光学系と、測定対象物で反射された反射照射光を分光して受
5 光する受光光学系と、前記測定対象物迄の距離を測定する距離計と、異なる距離で白
色基準板を測定した際の波長毎の受光強度を基に作成された複数の基準分光曲線を格
納する記憶部と、制御演算部とを具備し、該制御演算部は、測定距離に対応した前記
基準分光曲線に基づき、分光された前記反射照射光の波長毎の受光強度を求め、該受
光強度を基に作成された測定分光曲線を補正し、分光反射率曲線を作成する分光曲線
10 取得装置。

[請求項 2]

照射光を照射する投光光学系と、測定対象物で反射された反射照射光を分光して受
光する受光光学系と、前記測定対象物迄の距離を測定する距離計と、異なる距離で白
15 色基準板を測定した際の波長毎の受光強度を基に作成された複数の基準分光曲線を格
納する記憶部と、制御演算部とを具備し、該制御演算部は、分光された前記反射照射
光の波長毎の受光強度を基に測定分光曲線を作成し、該測定分光曲線を測定距離に対
応した前記基準分光曲線に基づき補正して分光反射率曲線を作成し、該分光反射率曲
線の波形形状に基づき、前記測定対象物の塩害と中性化に関する情報を測定するコ
20 ンクリート測定装置。

[請求項 3]

前記制御演算部は、前記測定分光曲線と、測定距離に対応した前記基準分光曲線と
の受光強度の差分から演算された受光蓄積時間を補正情報として前記測定分光曲線を
25 補正し、前記分光反射率曲線を作成する請求項 2 のコンクリート測定装置。

[請求項 4]

前記記憶部に塩分濃度と pH が既知である試験片から作成された分光反射率曲線で
ある複数の劣化分光反射率曲線が更に格納され、前記制御演算部は、前記複数の劣化

分光反射率曲線の中から前記分光反射率曲線と波形形状が合致又は近似する劣化分光反射率曲線を選択し、選択された該劣化分光反射率曲線を基に前記測定対象物の塩害と中性化に関する情報を測定する請求項 2 又は請求項 3 のコンクリート測定装置。

5 [請求項 5]

前記制御演算部は、前記分光反射率曲線に基づき PLS 回帰分析法により前記測定対象物の塩害と中性化に関する情報を測定する請求項 2 又は請求項 3 のコンクリート測定装置。

10 [請求項 6]

光源からの距離が異なる複数の位置で白色基準板をそれぞれ測定した際の波長毎の受光強度を基に複数の基準分光曲線を作成し、照射光を測定対象物に向けて照射し、該測定対象物からの反射照射光を分光して受光した際の波長毎の受光強度を基に測定分光曲線を作成し、前記光源から前記測定対象物迄の距離を測定し、測定された距離
15 に基づいて対応する前記基準分光曲線を選択し、選択された該基準分光曲線と前記測定分光曲線とから求めた補正情報に基づき前記測定分光曲線を補正し、分光反射率曲線を作成する分光曲線取得方法。

 [請求項 7]

20 照射光を測定対象物に向けて照射し、該測定対象物からの反射照射光を分光して受光した受光結果により前記測定対象物の塩害及び中性化に関する情報を測定するコンクリート測定方法であって、光源からの距離が異なる複数の位置で白色基準板をそれぞれ測定した際の波長毎の受光強度を基に複数の基準分光曲線を作成し、前記受光結果の波長毎の受光強度を基に測定分光曲線を作成し、前記光源から前記測定対象物迄
25 の距離を測定し、測定された距離に基づいて前記基準分光曲線を選択し、選択された該基準分光曲線と前記測定分光曲線から求めた補正情報に基づき前記測定分光曲線を補正して分光反射率曲線を作成し、該分光反射率曲線の波形形状に基づき前記測定対象物の塩害及び中性化に関する情報を測定するコンクリート測定方法。

[請求項 8]

- 塩分濃度と pH が既知である複数の試験片を測定して取得した分光反射率曲線である複数の劣化分光反射率曲線を作成し、該複数の劣化分光反射率曲線の中から前記分光反射率曲線に対応する劣化分光反射率曲線を選択し、選択された該劣化分光反射率
- 5 曲線を基に前記測定対象物の塩害と中性化に関する情報を測定する請求項 7 のコンクリート測定方法。

図 1

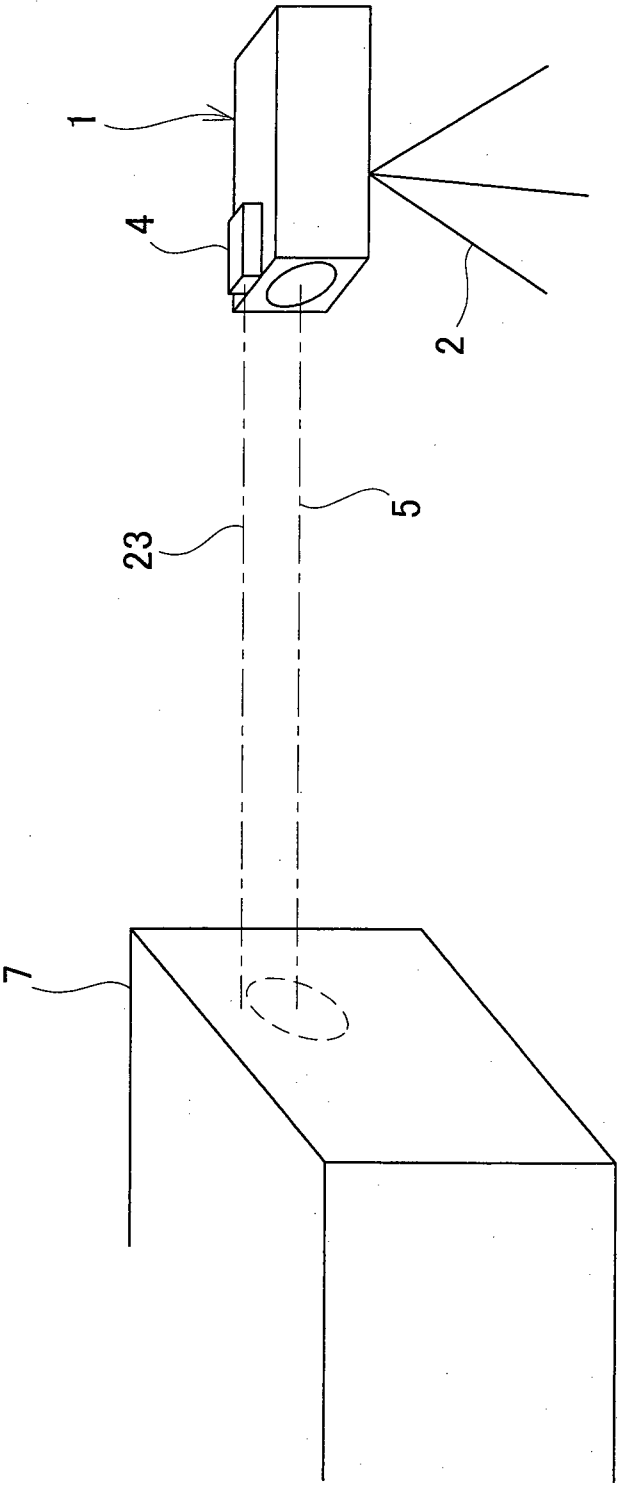
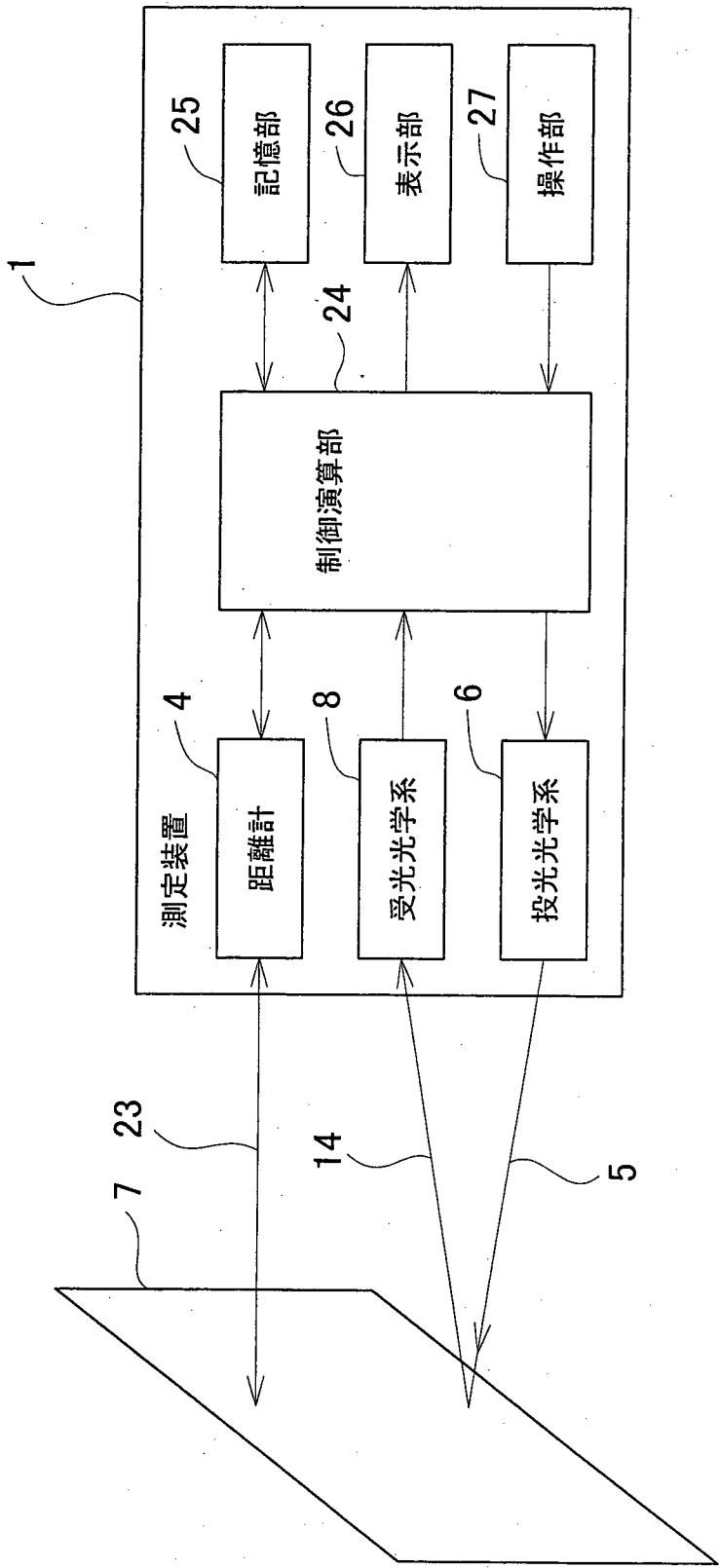


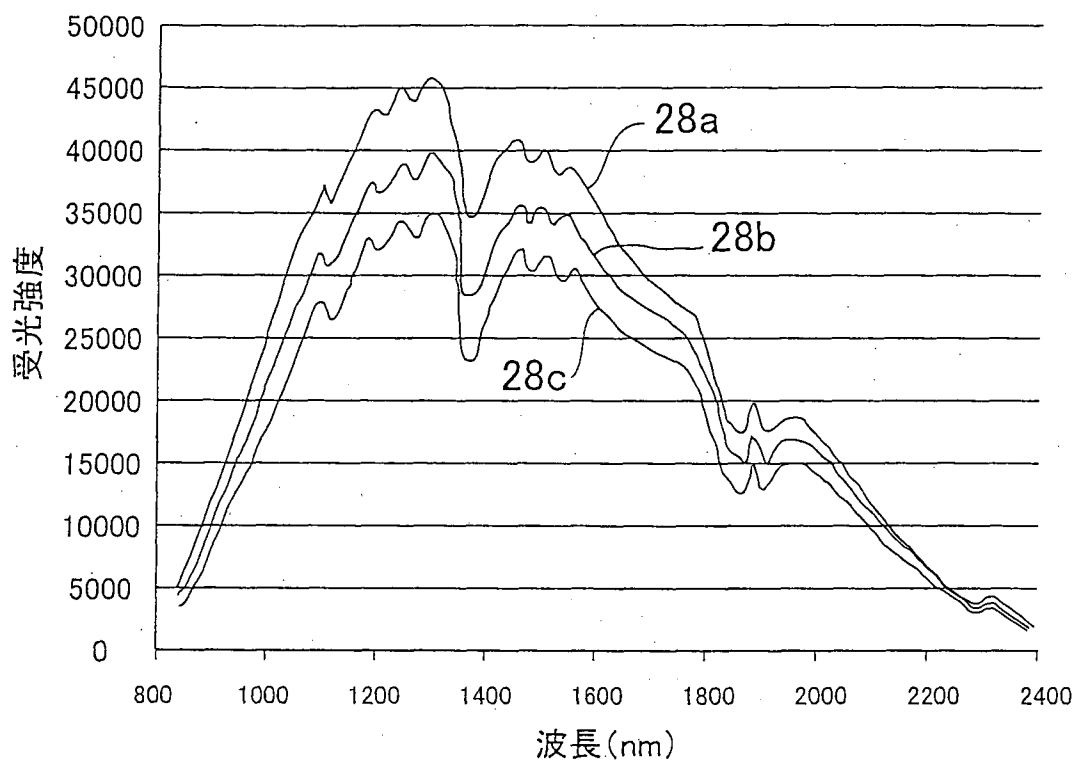
図 3



4/7

図 4

(A)



(B)

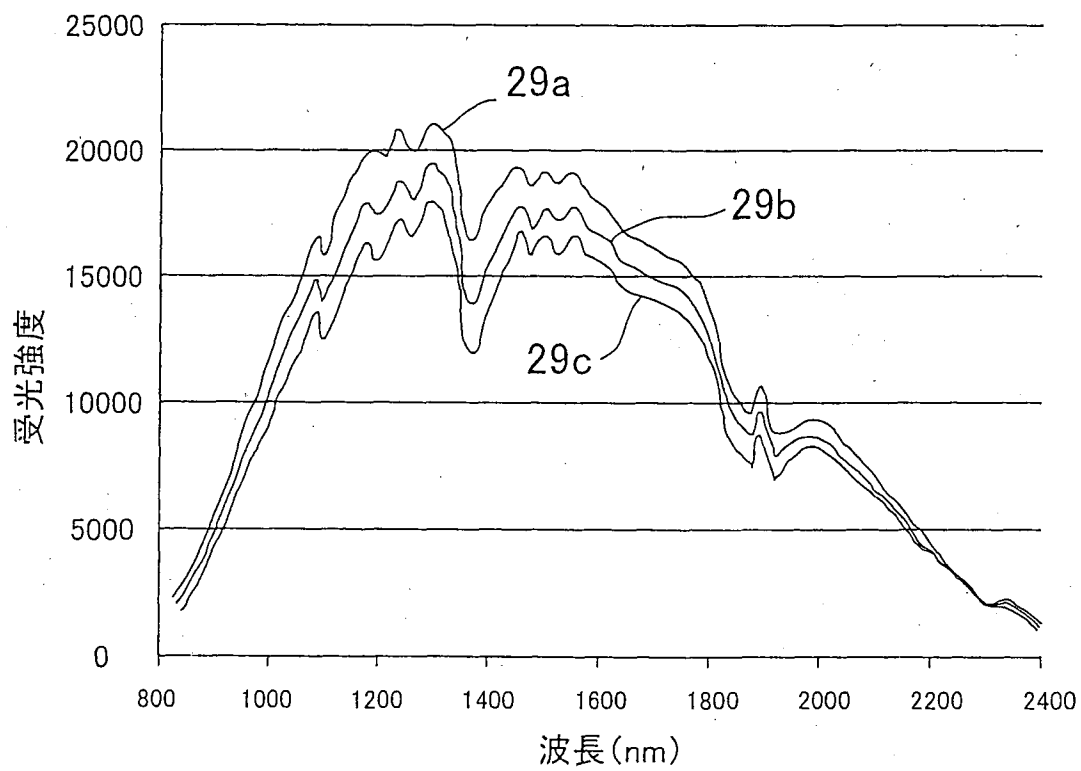


図 5

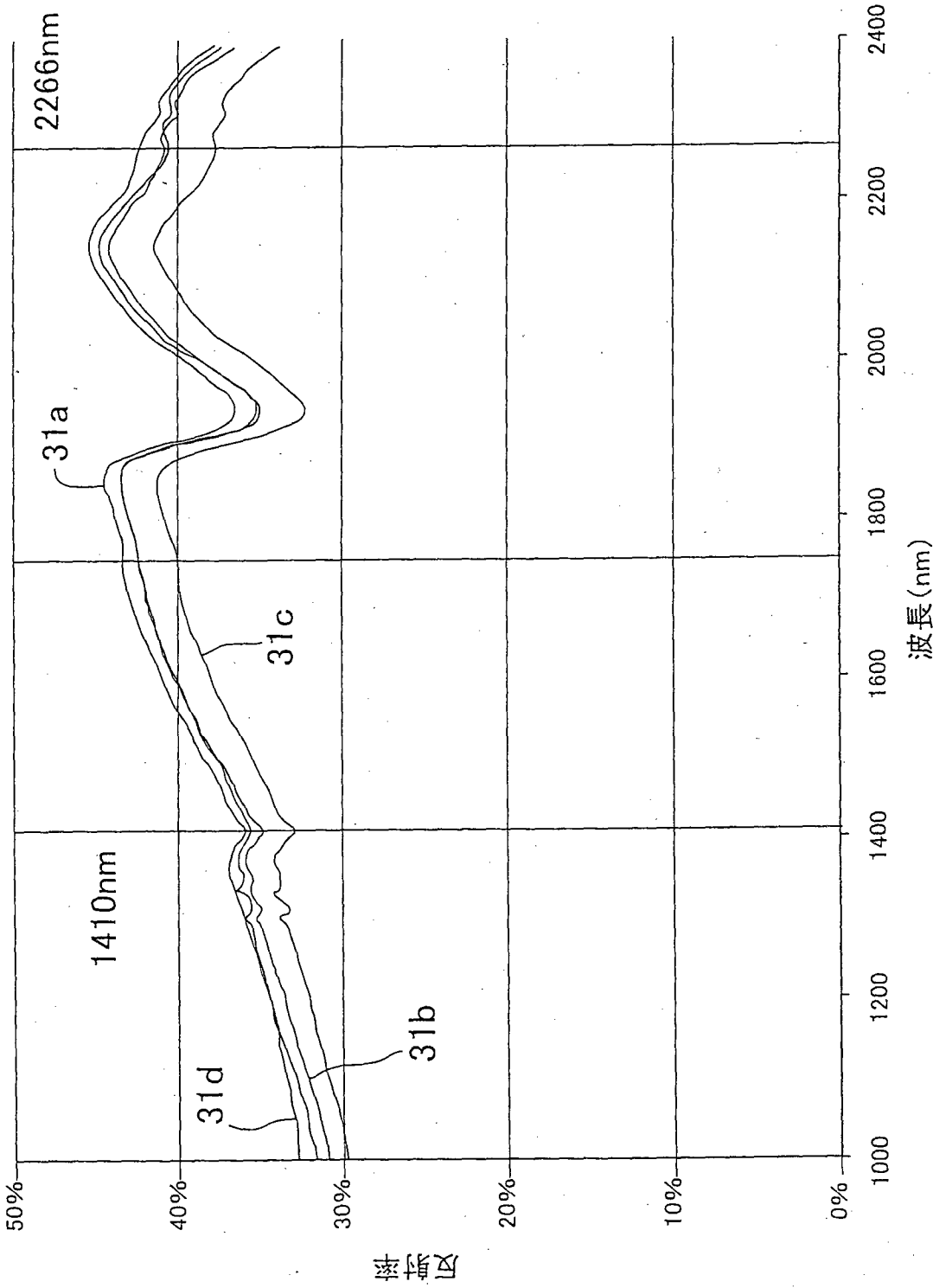


図 6

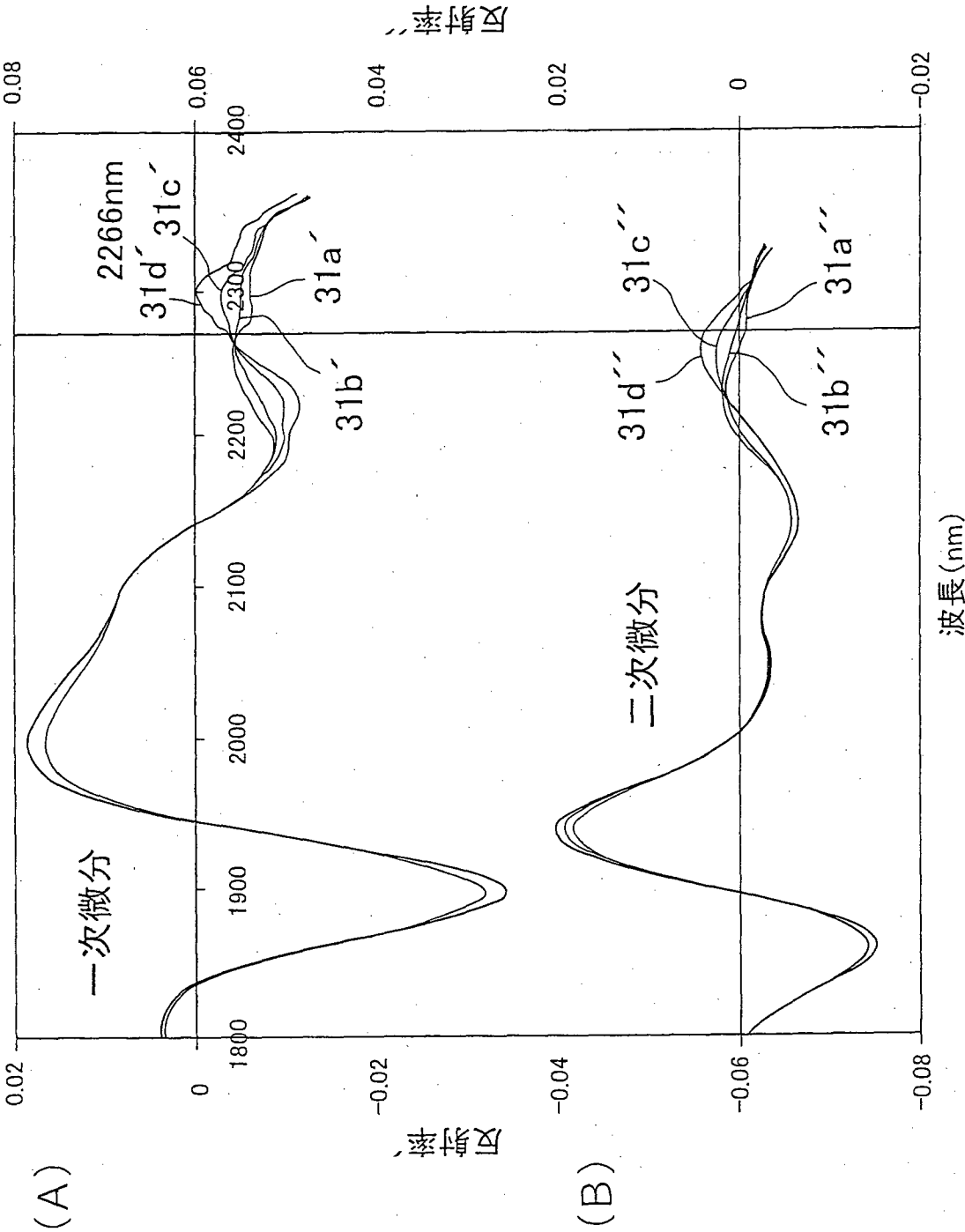
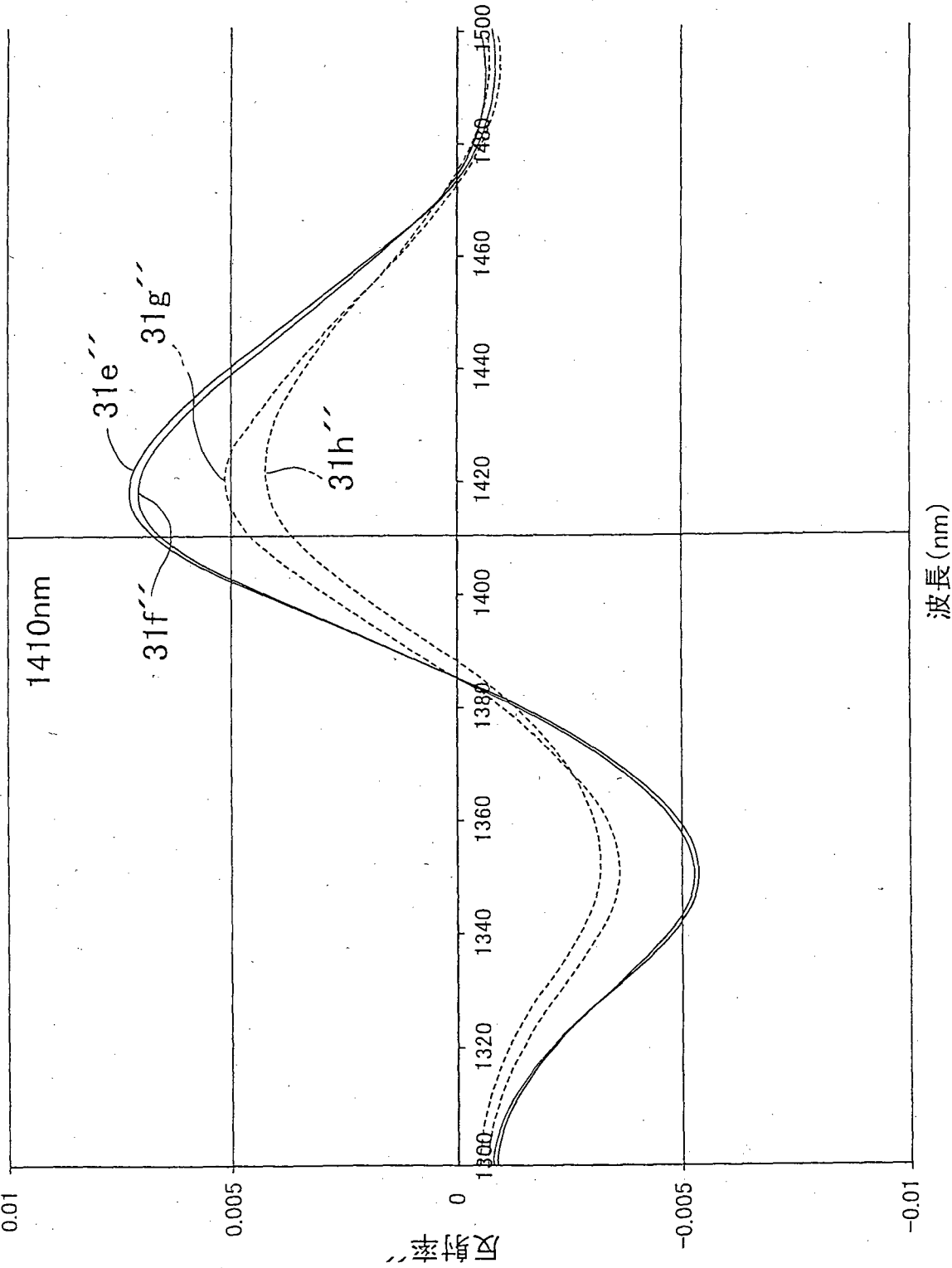


図 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/013497

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N21/27(2006.01)i, G01J3/02(2006.01)i, G01J3/42(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)

G01N21/27, G01J3/02, G01J3/42, G01N21/3563, G01N21/88

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 1996-2017

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2017 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2017

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

JSTPlus/JST7580(JDreamIII), Scopus

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 9-257577 A (Biological Specific Industry Technological Research Propellant Organization), 03 October 1997 (03.10.1997), paragraphs [0008] to [0015]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1, 6 2, 5, 7 3-4, 8
Y A	JP 2008-14779 A (IHI Corp.), 24 January 2008 (24.01.2008), paragraphs [0014] to [0018], [0040] to [0049]; fig. 1 (Family: none)	2, 5, 7 3-4, 8
Y	JP 1-118755 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 11 May 1989 (11.05.1989), page 2, lower left column, lines 6 to 10 (Family: none)	2, 5, 7

☒ 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
05 June 2017 (05.06.17)Date of mailing of the international search report
13 June 2017 (13.06.17)Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/013497

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-354097 A (Kabushiki Kaisha Uchu Joho Gijutsu Kenkyusho), 16 December 2004 (16.12.2004), entire text (Family: none)	1-8
A	WO 2010/046968 A1 (West Nippon Expressway Engineering Shikoku Co., Ltd.), 29 April 2010 (29.04.2010), entire text (Family: none)	1-8
A	JP 2008-134091 A (IHI Corp.), 12 June 2008 (12.06.2008), entire text (Family: none)	1-8
A	JP 8-285767 A (Chino Corp.), 01 November 1996 (01.11.1996), entire text (Family: none)	1-8
A	WO 2007/083755 A1 (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 26 July 2007 (26.07.2007), paragraphs [0169] to [0181] & US 2009/0152475 A1 paragraphs [0211] to [0224] & EP 1959250 A1 & CN 101371128 A	1-8
A	US 2015/0330911 A1 (HOWARD), 19 November 2015 (19.11.2015), entire text (Family: none)	1-8
A	Hisashi KANEDA et al., "Application of Near-infrared Spectral Imaging for Componential Analysis of Concrete", Concrete Journal, 2006. 04, vol.44, no.4, pages 26 to 32	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01N21/27(2006.01)i, G01J3/02(2006.01)i, G01J3/42(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 (IPC))

Int.Cl. G01N21/27, G01J3/02, G01J3/42, G01N21/3563, G01N21/88

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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)

JSTPlus/JST7580 (JDreamIII), Scopus

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
X Y A	JP 9-257577 A (生物系特定産業技術研究推進機構) 1997. 10. 03, [0008]-[0015], 図 1-2 (ファミリーなし)	1, 6 2, 5, 7 3-4, 8
Y A	JP 2008-14779 A (株式会社 I H I) 2008. 01. 24, [0014]-[0018], [0040]-[0049], 図 1 (ファミリーなし)	2, 5, 7 3-4, 8
Y	JP 1-118755 A (石川島播磨重工業株式会社) 1989. 05. 11, 第 2 頁左下欄第 6-10 行 (ファミリーなし)	2, 5, 7

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

05. 06. 2017

国際調査報告の発送日

13. 06. 2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/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)

塚本 丈二

2W

3304

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

C (続き) . 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	JP 2004-354097 A (株式会社宇宙情報技術研究所) 2004. 12. 16, 全文 (ファミリーなし)	1-8
A	WO 2010/046968 A1 (西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社) 2010. 04. 29, 全文 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2008-134091 A (株式会社 I H I) 2008. 06. 12, 全文 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 8-285767 A (株式会社チノー) 1996. 11. 01, 全文 (ファミリーなし)	1-8
A	WO 2007/083755 A1 (住友電気工業株式会社) 2007. 07. 26, [0169]-[0181] & US 2009/0152475 A1, [0211]-[0224] & EP 1959250 A1 & CN 101371128 A	1-8
A	US 2015/0330911 A1 (HOWARD) 2015. 11. 19, 全文 (ファミリーなし)	1-8
A	金田尚志 ほか, 近赤外分光イメージングによるコンクリートの分析, コンクリート工学, 2006. 04, Vol. 44, No. 4, pp. 26-32	1-8