明　細　書

発明の名称 ：

光照射装置、光照射システム及び光照射装置の作動方法

技術分野

[0001] 本発明は、光照射装置、光照射システム及び光照射装置の作動方法に関する。さらに詳しくは、本発明は、眼に光を照射して光によって効果的にＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させることができる光照射装置、光照射システム及び光照射装置の作動方法に関する。

背景技術

[0002] 光の人体への影響は、近年、様々な観点から検討され、新たな知見に基づいた報告がなされている。例えば、太陽光を浴びることによりサーカディアンリズムが改善すること（非特許文献１）、ＬＥＤ照明やＬＥＤをバックライトに使用した液晶ディスプレイ等から発する光が身体や心に大きく影響すること（非特許文献２）、バイオレットライトが近視の予防及び近視の発症を抑制すること（特許文献１）等が報告されている。特に最近、本発明者は、バイオレットライトが近視に及ぼす影響について報告しており、例えば特許文献１及び非特許文献３には、特定波長の光が近視の進行を予防したり抑制したりする効果があることを提案し、近視の人口が依然として世界的に増えている近年、大きな期待が寄せられている。

[0003] オプシン５（ＯＰＮ５）は、光受容タンパク質として知られ、人や動物における視覚機能や非視覚機能についての研究が進められている（非特許文献４）。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献1：羽鳥恵、坪田一男、アンチ・エイジング医学－日本抗加齢医学会雑誌、Ｖｏｌ．１１、Ｎｏ．３、０６５（３８５）－０７２（３９２），（２０１５）．

非特許文献2：坪田一男、「ブルーライト　体内時計への脅威」、集英社、２０１３年１１月２０日発行.

非特許文献3：Hidemasa Torii et al., EBioMedicine, 「DOI:http://dx.doi.org/10.1016/j.ebiom.2016.12.007」.

非特許文献4：山下高廣、「脊髄動物新規紫外光光受容タンパク質－ヒトも紫外線を感じる？－」、生物物理、５１（４），１８６－１８７（２０１１）.

特許文献

[0005] 特許文献1：ＷＯ２０１５／１８６７２３Ａ１

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ＯＰＮ５は、図１に示すように、３８０ｎｍにピークを持つ吸収スペクトルを示している。こうしたＯＰＮ５を効果的に活性化させることができれば、視覚機能や非視覚機能との関係や、本発明者が研究を進めている近視進行抑制との関係を明らかにすることが期待できる。

[0007] 本発明は、上記課題を解決するためになされたものである。その目的は、眼に光を照射して光によって効果的にＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させることができる光照射装置、光照射システム及び光照射装置の作動方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] （１）本発明に係る光照射装置は、眼に光を照射してＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させる光照射装置であって、前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルと重なる波長域の波長の光を照射する光源を有し、前記光源から照射される光の照射条件が設定されて前記ＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させる、ことを特徴とする。

[0009] この発明によれば、光源から発する光が眼に向けて照射され、その光がＯＰＮ５の吸収スペクトル（ピーク波長：約３８０ｎｍ）と重なる波長域の光

であるので、網膜に存在するＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させることができる。なお、ＯＰＮ５は網膜に存在するので、光は眼に向けて照射されるが、眼に直接照射される場合がより好ましく、より効果的にＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させることができる。前記光は、該光のスペクトルデータと前記ＯＰＮ５吸収スペクトルデータとの波長の重なりが大きい程、前記光がＯＰＮ５に、より多く吸収されることを意味する。

[0010] 本発明に係る光照射装置において、前記設定は、前記光源から照射される前記光を受光してなる前記光のスペクトルデータと前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルデータとを予め比較し又はその場で比較し、該比較した結果を基に行われるようにすることができる。

[0011] この発明によれば、光源から照射される光を受光してなる実際の光のスペクトルデータとＯＰＮ５の吸収スペクトルデータとを予め比較し又はその場（Ｉｎ－ｓｉｔｕ）で比較し、その比較した結果を基に、光の照射条件が設定されるので、より効果的にＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させることができる。

[0012] 本発明に係る光照射装置において、前記光源から照射される前記光を受光してなる前記光のスペクトルは、当該光の２８０～５００ｎｍの波長域の分光放射照度（Ｗ／ｍ^2／ｎｍ）と前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルデータの相対吸光度との波長ごとの積として計算される受光実効分光放射照度（Ｗ／ｍ^2／ｎｍ）の最大値が、ＡＭ１．５Ｇで規定された太陽光のスペクトルの分光放射照度（Ｗ／ｍ^2／ｎｍ）と前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルデータの相対吸光度との波長ごとの積として計算される基準実効分光放射照度（Ｗ／ｍ^2／ｎｍ）の最大値の０．２％以上となるように設定されている。

[0013] この発明によれば、被照射体が受光した光のスペクトルは、受光実効分光放射照度が基準実効分光放射照度の最大値の０．２％以上となるように設定されている。この光照射装置において、被照射体が受光した光のスペクトルは、受光実効分光放射照度が基準実効分光放射照度の０．２％以上となるように、ＯＰＮ５吸収スペクトルのピーク波長と重なる波長域の波長の光を照

射する光源について、当業者の技術常識に基づき適宜選択されていてもよく、光の照射方向、光の波長範囲、光の放射照度、光の照射時間帯、及び光の照射時間、から選ばれる１又は２以上が調節されていてもよい。その結果、より効果的にＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させることができる。上記範囲内の割合となる光は、被照射体又は被照射体周辺位置で測定された光のスペクトルを基に計算される。

[0014] また、光照射装置の変形例の一例として、ＯＰＮ５吸収スペクトルのピーク波長と重なる波長域の波長の光を照射する１又は２以上の光源を備え、被照射体が受光した前記光のスペクトルは、当該光の２８０ｎｍ～５００ｎｍの波長域の各波長の分光放射照度（Ｗ／ｍ^2／ｎｍ）と前記ＯＰＮ５吸収スペクトルデータの相対吸光度との波長ごとの積として計算される受光実効分光放射照度（Ｗ／ｍ^2／ｎｍ）について該波長域で積分をして得られる受光実効放射照度（Ｗ／ｍ^2）が、ＡＭ１．５Ｇで規定された太陽光スペクトルの分光放射照度（Ｗ／ｍ^2／ｎｍ）と前記ＯＰＮ５吸収スペクトルの相対吸光度との波長ごとの積として計算される基準実効分光放射照度（Ｗ／ｍ^2／ｎｍ）について該波長域で積分をして得られる基準実効放射照度（Ｗ／ｍ^2）の０．２％以上に設定されている、ことを特徴とする光照射装置、が挙げられる。

[0015] また、光照射装置の変形例の、前記と異なる例として、ＯＰＮ５吸収スペクトルのピーク波長と重なる波長域の波長の光を照射する１又は２以上の光源を備え、被照射体が受光した前記光のスペクトルは、当該光の２８０ｎｍ～５００ｎｍの波長域の各波長の分光放射照度（Ｗ／ｍ^2／ｎｍ）と前記ＯＰＮ５吸収スペクトルデータの相対吸光度との波長ごとの積として計算される受光実効分光放射照度（Ｗ／ｍ^2／ｎｍ）について、該波長域で積分をして得られる受光実効放射照度（Ｗ／ｍ^2）に照射時間（秒）を乗じた受光実効ドーズ量（Ｊ／ｍ^2）が、ＡＭ１．５Ｇで規定された太陽光スペクトルの分光放射照度（Ｗ／ｍ^2／ｎｍ）と前記ＯＰＮ５吸収スペクトルの相対吸光度との波長ごとの積として計算される基準実効分光放射照度（Ｗ／ｍ^2／ｎｍ）について、該波長域で積分をして得られる基準実効放射照度（Ｗ／ｍ^2）に照射時間（

秒）を乗じた基準受光実効ドーズ量（Ｊ／ｍ^2）のＯ．２％以上に設定されている、ことを特徴とする光照射装置、が挙げられる。

[0016] 本発明に係る光照射装置において、前記照射条件が、前記光の照射方向、前記光の波長範囲、前記光の波長形態、前記光の放射照度、前記光の照射時間帯、及び前記光の照射時間、から選ばれる１又は２以上である。

[0017] この発明によれば、照射条件が、光の照射方向、光の波長範囲、光の波長形態、光の放射照度、光の照射時間帯、及び光の照射時間から選ばれる１又は２以上であるので、光源から眼に向けて発する態様に応じて、効果的にＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させることができる１又は２以上の条件を設定することができる。前記設定の好ましい一態様は、前記光の照射方向、前記光の波長範囲、前記光の波長形態、前記光の放射照度、前記光の照射時間帯、及び前記光の照射時間、から選ばれる１又は２以上が調節される態様である。

[0018] 本発明に係る光照射装置において、前記光源から照射される光の照射条件の設定が、前記光源とともに設けられる又は別体として設けられる光設定部で行われる。

[0019] この発明によれば、光源から照射される光の照射条件の設定が光源とともに設けられる又は別体として設けられる光設定部で行われるので、比較した結果を基にその光設定部で設定することができる。その結果、照射目的等に応じた設定を光照射装置で又は別体として設けられる機器で行うことができる。なお、光照射装置に光設定部が設けられていない場合は、無線又は有線で別体として接続された制御機器（制御コンピュータを備えたスマートフォン等の移動体通信端末や、集中コントロール機器など）で照射目的等に応じた設定を行うことができる。また、この設定には、例えば特定の照射目的での使用が予め分かっている場合は、光の照射条件を具備するように製造段階で例えばファームウェアを設定しておくことも含まれる。

[0020] 本発明に係る光照射装置において、前記光の照射条件の設定は、前記比較した結果を基に、予め規定した前記ＯＰＮ５遺伝子の発現度又はＯＰＮ５の

活性化度に応じて設定される。

[0021] この発明によれば、光の照射条件の設定は、比較した結果を基に予め規定したＯＰＮ５遺伝子の発現度又はＯＰＮ５の活性化度に応じて設定されるので、光照射装置が設置される環境下で予め規定されたＯＰＮ５遺伝子の発現度やＯＰＮ５の活性化度に応じて設定される。その結果、光照射装置が設置される環境下で、照射目的等に応じた効果的な照射を行うことができる。なお、「比較した結果」は、上記においては予め比較した結果とその場（Ｉｎ－ｓｉｔｕ）で比較した結果があるが、その場で比較した結果では予め規定しにくいことがあり得ることから、ここでは「予め比較した結果」を指している。

[0022] 本発明に係る光照射装置において、前記光は、ＯＰＮ５の吸収スペクトルと重なる３６０～４００ｎｍの光であることが好ましい。

[0023] この発明によれば、３６０～４００ｎｍの光はＯＰＮ５の吸収スペクトル（ピーク波長：約３８０ｎｍ）と主に重なり、しかも３６０～４００ｎｍの光は眩しくないので、直接眼に向けて照射することができる。その結果、効果的にＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させることができる。

[0024] 本発明に係る光照射装置において、前記光源は、前記光が直接眼に向けて照射される位置、視野に入る位置、視線方向の位置、拡散材で拡散した拡散光として眼に照射される位置、及び、反射材で反射した反射光として眼に照射される位置、から選ばれる位置に配置されている。

[0025] この発明によれば、例えば３６０～４００ｎｍの光は眩しくないので、光が直接眼に向けて照射される位置に光源が配置されていることが望ましい。一方、光を直接眼に向けて照射しない場合でも、視野に入る位置や視線方向の位置に光源が配置されていたり、拡散材で拡散した拡散光として眼に照射される位置に光源が配置されていたり、例えば３６０～４００ｎｍの光が反射する特別な反射材を適宜設け、そうした反射材で反射した反射光として眼に照射される位置に光源が配置されていたりすることができる。例えばデスクワークにおいては、眼の直前方向位置、視野位置、視線方向位置に光源を

設置することが望ましいが、それらの位置に設置できなかったり設置しにくい場合でも、拡散材や反射材を設け、その拡散材や反射材で光を拡散したり反射したりして拡散光や反射光を眼に照射することが好ましい。拡散材としては、拡散角特性や透過率特性を踏まえて各種の拡散材から選択することができ、反射材としては、前記した反射しにくい光を反射する特殊な反射材を、固定型、移動型又は携帯型として利用することで、光源の設置場所の自由度が増すという利点がある。

[0026] 本発明に係る光照射装置において、(i)前記光を直接眼に向けて照射する位置に前記光源が設けられている場合は、前記光源から人までの距離及び／又は角度によって前記光の放射照度が設定され、(ii)前記視野に入る位置又は前記視線方向の位置に前記光源が設けられている場合は、前記光源から人までの距離及び／又は角度によって前記光の放射照度が設定され、(iii)前記拡散材で拡散した拡散光として眼に照射する位置に前記光源が設けられている場合は、前記光源及び前記拡散材から人までの距離及び／又は前記拡散材の拡散角と透過率によって前記光の放射照度が設定され、(iv)反射材で反射した反射光として眼に照射する位置に前記光源が設けられている場合は、前記光源及び前記反射材から人までの距離及び／又は前記反射材の反射率によって前記光の放射照度が設定される。

[0027] この発明によれば、(i)～(iv)のそれぞれによって光の放射照度が設定されるので、網膜のＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させることができる必要な放射照度の光を人に届けることができる。

[0028] 本発明に係る光照射装置において、前記光源は、非限定な例として、床（足下も含む。）、壁、天井（吊り下げも含む。）、その他の構造物に取り付けられた構造物取付型光源、机、テーブル、パーティション（間仕切り、衝立）、棚、卓上部材、パソコン、ディスプレイ、ＰＣキーボード、テレビ、オーディオ、その他の機器若しくは設置物に取り付けられた設置物取付型光源、携帯型パソコン、タブレット、スマートフォン、その他の携帯端末の内蔵型若しくは取付型光源、視力矯正具、眼保護具、顔保護具、首吊り下げ具

、耳掛け具、頭部取り付け具、その他の身体装具に取り付け又はアタッチメントで着脱可能な身体装具取付型光源、ＡＲ用、ＶＲ用又はＭＲ用の機能機器（ゴーグル、ヘッドセット、その他の機能機器）に取り付けられた機能機器取付型光源、から選ばれるものであってもよい。

[0029] この発明によれば、光源が構造物、機器、設置物、携帯端末、身体装具、機能機器等へ取り付けられる光源であることが好ましく、こうした光源から発する光を人に効果的に照射することができる。上記のように、光源から発した光が直接眼に照射される位置に光源が設置されることが望ましいが、それ以外の場合には反射材を活用して光を眼に向けて照射することが好ましい。

[0030] 本発明に係る光照射装置において、前記光源は、手動又は自動により向き又は位置を設定する。

[0031] この発明によれば、光源の向き又は位置を手動又は自動により設定可能であるので、人に向けて直接又は反射させて効率的に照射する態様を任意に変更できる。その結果、網膜のＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させることができる。「向きを設定」とは、三次元のＸ，Ｙ，Ｚの各方向に任意に回転させて設定する意味であり、「位置の設定」とは、三次元のＸ，Ｙ，Ｚの各方向に任意に移動させて設定する意味である。

[0032] 本発明に係る光照射装置の一態様として、受光する前記光のスペクトルは、当該光の２８０～５００ｎｍの波長域の各波長の分光放射照度（Ｗ／ｍ^2／ｎｍ）と前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルデータの相対吸光度との波長ごとの積として計算される受光実効分光放射照度（Ｗ／ｍ^2／ｎｍ）が、ＡＭ１．５Ｇで規定された太陽光の吸収スペクトルの分光放射照度（Ｗ／ｍ^2／ｎｍ）と前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルの相対吸光度との波長ごとの積として計算される基準実効分光放射照度（Ｗ／ｍ^2／ｎｍ）と比較される。

[0033] この発明によれば、各波長における両者の積からなる受光実効分光放射照度（Ｗ／ｍ^2／ｎｍ）が、ＡＭ１．５Ｇで規定された太陽光の吸収スペクトルの分光放射照度とＯＰＮ５の吸収スペクトルとの波長ごとの積からなる基準

実効分光放射照度（Ｗ／ｍ²／ｎｍ）と比較され、評価されるので、測定地域や測定時間を問わず共通の基準実効分光放射照度に対する実際の受光実効分光放射照度の程度（例えば割合：％）を一般化して評価できる。その結果、網膜のＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させる効果との客観的な関係を明らかにすることができるとともに、そうした関係を明らかにするための装置として活用できる。

[0034] 前記態様において、前記受光実効分光放射照度が、前記基準実効分光放射照度のＯ．２％以上に設定されていることが好ましい。

[0035] この光照射装置の一態様として、前記光のスペクトルデータと、前記ＯＰＮ５吸収スペクトルデータについて、それぞれのスペクトルデータを規格化した上で、その重なり部分を比較する態様であってもよい。この場合において、前記重なり部分が大きい方が好ましい。

[0036] 本発明に係る光照射装置において、前記比較の一態様として、前記受光実効分光放射照度（Ｗ／ｍ²／ｎｍ）を前記比較対象の波長域で積分をして受光実効放射照度（Ｗ／ｍ²）が求められ、同じ波長域で前記基準実効分光放射照度（Ｗ／ｍ²／ｎｍ）も同様に積分をして基準実効放射照度（Ｗ／ｍ²）が求められ、得られた前記受光実効放射照度と前記基準実効放射照度とが比較される。

[0037] 前記態様において、前記受光実効放射照度が前記基準実効放射照度のＯ．２％以上に設定されていることが好ましい。

[0038] 前記した光照射装置の一態様として、前記受光実効放射照度（Ｗ／ｍ²）に照射時間（秒）を乗じた受光実効ドーズ量（Ｊ／ｍ²）と、前記基準実効放射照度（Ｗ／ｍ²）に照射時間（秒）を乗じた基準受光実効ドーズ量（Ｊ／ｍ²）とが比較される態様であってもよい。

[0039] こうした発明によれば、受光実効放射照度と基準実効放射照度とが比較され、さらに、受光実効ドーズ量（Ｊ／ｍ²）と基準受光実効ドーズ量（Ｊ／ｍ²）とが比較された結果（例えば割合：％）により、網膜のＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させる効果に対する光の照射時間依存性を評価す

ることができる。

[0040] 前記態様において、前記受光実効ドーズ量が前記基準受光実効ドーズ量の０．２％以上に設定されていることが好ましい。

[0041] 本発明に係る光照射装置において、前記比較の際の測定は測定部で行われる。該測定部は前記測定が可能であれば、その態様は特に限定されない。該測定部の非限定的な例として、前記光を照射する前記光源の形態に基づいて、めがね、イヤホン、腕時計、胸章その他身体に装着される物品に設けられている、身体自体に装着されている、又は、身体の近傍若しくは周囲の設置物に取り付けられている、といった態様が挙げられる。

[0042] この発明によれば、上記態様での取り付けは、光を照射する光源の設置形態（光源形態、光源の設置位置等）に基づいて任意に選択されて設けられているので、邪魔になりにくく、眼や身体が受ける光スペクトルデータを測定しやすい。

[0043] 本発明に係る光照射装置において、前記光は、点滅光及び／又は常灯光であり、それぞれの照射条件は、照射した光のスペクトルデータとＯＰＮ５の吸収スペクトルデータとを予め比較し又はその場比較し、該比較した結果を基に、前記点滅光及び／又は常灯光の照射条件が設定される。

[0044] この発明によれば、点滅光及び／又は常灯光それぞれの照射条件は、照射した光のスペクトルデータとＯＰＮ５の吸収スペクトルデータとを予め比較し又はその場比較した結果を基に設定されるので、光照射装置が設置される環境下で、照射目的等に応じた効果的な光（点滅光及び／又は常灯光）での照射を行うことができる。その結果、網膜のＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させることができる。

[0045] （２）本発明に係る光照射システムは、上記本発明に係る光照射装置が２以上組み合わされている、又は、上記本発明に係る光照射装置を構成する光源を２以上備えている、ことを特徴とする。

[0046] この発明によれば、２以上の光照射装置を組み合わせた光照射システム、又は光照射装置が備える光源を２以上組み合わせた光照射システムであるの

で、照射条件がそれぞれ設定された２以上の光照射装置を組み合わせた光照射システムでは、光照射装置ごとに役割（照射目的）を持たせたシステムを構成できる。その結果、例えば室内での行動や行動パターンに応じた位置にそれぞれ役割を持った光照射装置を配置することができる。また、光照射装置を構成する光源を２以上備えた光照射システムでは、それぞれの光源が特定の目的を達成するための役割（照射目的）を担うように、各光源の役割に対応した照射条件を設定し、全体の統一を図るシステムを構成できる。その結果、例えば室内での行動や行動パターンに応じた位置に特定の目的を達成するように設定された光を配置することができる。

[0047] （３）本発明に係る光照射装置の作動方法は、眼に光を照射してＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させる光照射装置の作動方法であって、前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルと重なる波長域の波長の光を照射する光源を配置する光源配置工程と、前記光源配置工程で配置した前記光源から照射した前記光を受光してなる前記光のスペクトルデータと前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルデータとを予め比較し又はその場比較する光データ比較工程と、前記光データ比較工程で比較した結果を基に前記光の照射条件を設定して前記ＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させる光設定工程と、を有する、ことを特徴とする。

[0048] この発明によれば、特に光設定工程において、光データ比較工程で比較した結果を基に、光源から照射される光の照射条件を設定してＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させるので、照射目的等に応じた設定を行うことができる。なお、この光設定工程は光照射装置で行われてもよいし、別体の機器で行われてもよい。別体の機器で行われる場合は、無線又は有線で別体として接続された制御機器（制御コンピュータを備えたスマートフォン等の移動体通信端末や、集中コントロール機器など）で光設定工程が実施されて照射目的等に応じた設定を行うことができる。また、この光設定工程での設定には、例えば特定の照射目的での使用が予め分かっている場合は、光の照射条件を具備するように製造段階で例えばファームウェアを設定しておく

ことも含まれる。

[0049] 本発明に係る光照射装置の作動方法において、前記光設定工程で設定する光の照射条件が、前記光源の設置位置、前記光の照射方向、前記光の波長範囲、前記光の波長形態、前記光の放射照度、前記光の照射時間帯、前記光の照射時間から選ばれる１又は２以上の条件である。

[0050] 本発明に係る光照射装置の作動方法において、前記光は、前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルと重なる３６０～４００ｎｍの光である。

発明の効果

[0051] 本発明によれば、眼の網膜のＯＰＮ５を光によって効果的に活性化させることができる光照射装置、光照射システム及び光照射装置の作動方法を提供することができる。

[0052] 特に本発明に係る光照射装置及びその作動方法によれば、光源から発する光が眼に向けて照射され、その光がＯＰＮ５の吸収スペクトルのピーク波長（約３８０ｎｍ）と重なる波長域の光であるので、網膜に存在するＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させることができる。しかも、その光源は、照射される光を受光してなる実際の光のスペクトルデータとＯＰＮ５の吸収スペクトルデータとを予め比較し又はその場比較し、その比較した結果を基に、光の照射条件が設定されるので、より効果的にＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させることができる。

[0053] 本発明に係る光照射システムによれば、照射条件がそれぞれ設定された２以上の光照射装置を組み合わせた光照射システムでは、光照射装置ごとに役割（照射目的）を持たせたシステムを構成できる。その結果、例えば室内での行動や行動パターンに応じた位置にそれぞれ役割を持った光照射装置を配置することができる。また、光照射装置を構成する光源を２以上備えた光照射システムでは、それぞれの光源が特定の目的を達成するための役割（照射目的）を担うように、各光源の役割に対応した照射条件を設定し、全体の統一を図るシステムを構成できる。その結果、例えば室内での行動や行動パターンに応じた位置に特定の目的を達成するように設定された光を配置するこ

とができる。

図面の簡単な説明

[0054] [図1]ＯＰＮ５の吸収スペクトルの吸光度（無次元）である。

[図2]ＯＰＮ５、ＯＰＮ４、ロドプシン（Ｒｈ）、及び３つのフォトプシン（Ｓ，Ｍ，Ｌ）の吸収スペクトルである。

[図3]各波長における明所視標準比視感度（上段図）と光の色（下段図）である。

[図4]３６０～４００ｎｍが照射波長範囲のバイオレットライトＬＥＤの一例である。

[図5]（Ａ）は４００ｎｍを超える波長を含む広い波長範囲の光を照射する光源の一例であり、（Ｂ）は遮蔽フィルターにより照射光の波長範囲を３６０～４００ｎｍに制限した一例であり、（Ｃ）は上記（Ｂ）で制限された照射光とＯＰＮ５の吸収スペクトルとの重複を示す説明図である。

[図6]広いオフィス空間での光源の設置例である。

[図7]家庭内やオフィス内での光源の設置例である。

[図8]デスク上での卓上型光源やパソコン設置型光源の設置例である。

[図9]（Ａ）はＯＰＮ５の吸収スペクトルの吸光度（無次元）であり、（Ｂ）は３７５ｎｍにピークを持つバイオレットライトＬＥＤの分光放射照度であり、（Ｃ）は各波長における両者の積からなる受光実効分光放射照度である。

[図10]（Ａ）はＯＰＮ５の吸収スペクトルの吸光度（無次元）であり、（Ｂ）は３００ｎｍ以上の光を発する広域光源の分光放射照度であり、（Ｃ）は各波長における両者の積からなる受光実効分光放射照度である。

[図11]（Ａ）はＯＰＮ５の吸収スペクトルの吸光度（無次元）であり、（Ｂ）はＡＭ１．５Ｇで規定された太陽光の吸収スペクトルの分光放射照度であり、（Ｃ）は各波長における両者の積からなる基準実効分光放射照度である。

[図12]図１１（Ｃ）に示した基準実効分光放射照度（符号ｂ）と、図９（Ｃ

）に示した受光実効分光放射照度（符号ａ）とを対比したものである。

[図13]光照射装置の一例を示す模式図である。

[図14]ＯＰＮ５の活性化メカニズムの説明図である。

発明を実施するための形態

[0055] 以下、本発明に係る光照射装置、光照射システム及び光照射装置の作動方法について図面を参照しつつ説明する。本発明は、本願記載の要旨を含む限り以下の実施形態に限定されるものではなく、種々の態様に変形可能である。なお、本明細書において、「設定」は、その一態様として「調節」又は「調整」を包含する意味内容である。「設定される」は、「設定できる」という意味と、「既に設定されている」という意味とを包含するが、それぞれの意味内容表す前記２種の表現に分けることもできる。

[0056] ［光照射装置］

本発明に係る光照射装置は、眼に光を照射してＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させる光照射装置であって、前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルと重なる波長域の波長の光を照射する光源を有し、前記光源から照射される光の照射条件が設定されて前記ＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させる、ことを特徴とする。

[0057] この光照射装置は、光源から発する光が眼に向けて照射され、その光がＯＰＮ５の吸収スペクトル（ピーク波長：約３８０ｎｍ）と重なる波長域の光であるので、網膜に存在するＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させることができる。なお、ＯＰＮ５は網膜に存在するので、光は眼に向けて照射されるが、眼に直接照射される場合がより好ましく、より効果的にＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させることができる。

[0058] この光照射装置において、前記設定は、前記光源から照射される前記光を受光してなる前記光のスペクトルデータと前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルデータとを予め比較し又はその場（Ｉｎ－ｓｉｔｕ）で比較し、該比較した結果を基に行われるようにすることができる。こうすることにより、より効果的にＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させることができる。

[0059] また、この光照射装置において、前記光源から照射される前記光を受光してなる前記光のスペクトルは、当該光の２８０～５００ｎｍの波長域の分光放射照度（Ｗ／ｍ²／ｎｍ）と前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルデータの相対吸光度との波長ごとの積として計算される受光実効分光放射照度（Ｗ／ｍ²／ｎｍ）の最大値が、ＡＭ１．５Ｇで規定された太陽光のスペクトルの分光放射照度（Ｗ／ｍ²／ｎｍ）と前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルデータの相対吸光度との波長ごとの積として計算される基準実効分光放射照度（Ｗ／ｍ²／ｎｍ）の最大値の０．２％以上となるように設定される。こうすることにより、より効果的にＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させることができる。上記範囲内の割合となる光は、被照射体又は被照射体周辺位置で測定された光のスペクトルを基に計算される。

[0060] 各構成について詳しく説明する。

[0061] ＜ＯＰＮ５、ＯＰＮ５吸収スペクトル＞

ＯＰＮ５（オプシン５）は、光受容タンパク質であり、人の網膜に存在している。ＯＰＮ５は、図１に示すように、３８０ｎｍにピークを持つ吸収スペクトルを示している。本発明において「ＯＰＮ５吸収スペクトル」は図１に示すＯＰＮ５の吸収スペクトルであると定義する。この図１は、「Kojima D, Mori S, Torii M, Wada A, Morishita R, et al.(2011) UV-Sensitive Photoreceptor Protein OPN5 in Humans and Mice. PLoS ONE 6(10): e26388. doi:10.1371/journal.pone.0026388」のＦｉｇ．５Ａから引用したものであり、本願出願時に当業者にとって標準的なものとして理解されている。また、このＯＰＮ５の吸収スペクトルが３８０ｎｍに吸収ピークがあることも当該引用文献で明記されており、当業者に理解されている。本発明での光の照射により、被照射体である人の網膜に存在するＯＰＮ５の遺伝子の発現又は活性化が期待でき、種々の疾病の治療や症状改善、視覚機能や非視覚機能の改善や近視進行抑制等の実現や、それら研究の探求・発展に期待できる。なお、図２は、ＯＰＮ５、ＯＰＮ４、ロドプシン（Ｒｈ）、及び３つのフォトプシン（Ｓ，Ｍ，Ｌ）の吸収スペクトルである。

これも前記したKojimaらの引用文献のＦｉｇ．５Ａに記載されている。ＯＰＮ５は、これらの中でも最も低波長域に位置している。

[0062] ＯＰＮ５の吸収スペクトルは、３８０ｎｍのピークでの吸光度を１としたとき、図１に示すように、吸光度０．１以上となる波長範囲は約３００～約４４０ｎｍの範囲であり、吸光度０．５以上となる波長範囲は約３４０～約４２０ｎｍの範囲であり、吸光度０．７以上となる波長範囲は約３５０～約４１０ｎｍの範囲であり、吸光度０．８以上となる波長範囲は約３６０～約４００ｎｍの範囲である。こうした吸光度特性を有するＯＰＮ５に対しては、高い吸光度を示す波長範囲に光スペクトルを有する光を照射することが、効果的にＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させる上で好ましいといえる。

[0063] ＜光＞

光は、光源から照射され、ＯＰＮ５の吸収スペクトルの少なくとも一部の波長域と重なる波長域を有する光である。ここで、「ＯＰＮ５の吸収スペクトルの少なくとも一部の波長域」とは、図１に示すＯＰＮ５の吸収スペクトルのうち、その全部の波長域と重なっていてもよいし、部分的な一部の波長域と重なっていてもよいことを意味する。「ＯＰＮ５の吸収スペクトルの全部の波長域」とは、図１に示すように、約２７０～５００ｎｍの範囲である。「ＯＰＮ５の吸収スペクトルの一部の波長域」とは、上記したように、例えば、吸光度０．１以上となる波長範囲（約３００～約４４０ｎｍ）、吸光度０．５以上となる波長範囲（約３４０～約４２０ｎｍ）、吸光度０．７以上となる波長範囲（約３５０～約４１０ｎｍ）、吸光度０．８以上となる波長範囲（約３６０～約４００ｎｍ）等を挙げることができる。本発明の課題を解決する効果的な光としては、ＯＰＮ５の吸収スペクトルの吸光度が０．８以上となる波長範囲（約３６０～約４００ｎｍ）に重なる３６０～４００ｎｍのバイオレットライトであることが望ましい。

[0064] （光の波長範囲）

人に対しては３１５ｎｍ未満の光は眼に悪影響があると言われていること

から、光の下限波長としては、３４０ｎｍ、３５０ｎｍ、又は３６０ｎｍであることが好ましい。これらのいずれの波長を下限とするかは、その下限領域の光の放射照度に依存するので、下限近傍の光の放射照度が小さければ、３４０ｎｍであってもよいが、好ましくは３５０ｎｍ、より好ましくは３６０ｎｍを下限範囲とする光であることが好ましい。なお、図１に示すＯＰＮ５の吸収スペクトルでは、約３５０～約４１０ｎｍの波長範囲で吸光度は０．７以上となっており、約３６０～約４００ｎｍの波長範囲で吸光度は０．８以上となっていることから、好ましくは約３５０～約４１０ｎｍの波長範囲や約３６０～４００ｎｍの波長範囲の光を主に照射する光源を採用することで、ＯＰＮ５遺伝子の発現又はＯＰＮ５の活性化に寄与できる。

[0065] 光は、その上限波長が４００ｎｍ以下又は４１０ｎｍ以下の波長の光であることが好ましい。こうした波長の光は比視感度が小さい光である。比視感度が小さい光は、眩しくない光、及び／又は明るくない光である。「眩しくない光」とは、被照射体である人にとって眩しくない光のことであり、そうした光が照射されても、人は眩しさを認識しない又は認識しにくいので、人に向けた長時間照射を可能にする点で有利である。「明るくない光」とは、照度が低い光である。「比視感度が小さい４００ｎｍ以下又は４１０ｎｍ以下の波長の光の照射」については、４００ｎｍ超又は４１０ｎｍ超の光を放射しない又は実質的に放射しない光源から光を照射する場合を挙げることができ、そうした光源として特に好ましくは３６０～４００ｎｍのバイオレットライト又は３５０～４１０ｎｍの光である。また、４００ｎｍ超又は４１０ｎｍ超の波長の光を遮るフィルターを備えた光源から光を照射する場合や、４００ｎｍ超又は４１０ｎｍ超の波長の光を放射する場合であっても、４００ｎｍ以下又は４１０ｎｍ以下の波長の光を照射することができる。

[0066] 比視感度については、例えば「高瀬正典、岡嶋克典、内川恵二、池田光男、『直接比較時における色光の明るさの変化』、光学、第１９巻（第３号）、１９９０年発行」には、直接比較法、交照法、逐次法、ＭＤＢ法、絶対閾値法等で測定でき、ＣＩＥ標準比視感度関数は主に交照法で求められること

が記載されており、一般的には直接比較法と交照法で評価される。なお、比視感度（分光視感効率）のデータは、「ｈｔｔｐｓ：／／ｅｌａｗｓ．ｅ－ｇｏｖ．ｇｏ．ｊｐ／ｄｏｗｎｌｏａｄ？ｌａｗ＿ｕｎｉｑｕｅ＿ｉｄ＝４０４Ｍ５０００４０００８０＿２０１６１００１＿０００００００００００００００＆ｆｉｌｅ＿ｔｙｐｅ＝ＰＤＦ＿Ｈ１」の別表第八に挙げられている。比視感度（明所における比視感度）は、５５５ｎｍの波長の光（緑色光）で規格化されており、この表から例えば比視感度が０．０１以下というのは、短波長側では４３０ｎｍ未満の波長域である。このように、人は緑色の光を最も明るく感じ、それより波長が増しても減っても明るさの感覚は弱くなる。比視感度は、波長５５５ｎｍの明るさを１とし、これと同じエネルギーをもつ他の波長の明るさを比較値で表わしたものである。図３は、明所視標準比視感度を示している。実際に眩しくない光として感じる程度は個体差があるので、図３で示される縦軸の相対数値でどの程度の値であるかを断定しにくいが、上記した４００ｎｍ以下又は４１０ｎｍ以下の波長の光は、比視感度が０．０１以下の４３０ｎｍ未満の波長域よりも低波長であるので、比視感度はさらに小さく、少なくとも０．０１未満の比視感度ということができる。こうした極めて小さい値の比視感度となる４００ｎｍ以下又は４１０ｎｍ以下の波長の光は、個体差を問わず比視感度が０．０１を超えるような他の波長域の光に比べ眩しくない光といえる。その結果、人に眩しさを感じさせることなく光を照射する場合に、人に照射したり長時間照射したりすることができる点で有利である。なお、本願において、被照射体と、人又は人の眼とは同じ意味であるので、相互に言い換えることができる。こうした光は、ＯＰＮ５の吸収スペクトルと重る部分が大きく、且つ眩しくないので、光が眼に入っても気になることがなく、例えば網膜に存在するＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させることができる。

[0067] 既述のとおり、図１に示すＯＰＮ５の吸収スペクトルでは、約３５０～４１０ｎｍの波長範囲で吸光度は０．７以上となっており、約３６０～４００ｎｍの波長範囲で吸光度は０．８以上となっていることから、３５０～４１

０ｎｍの波長範囲や３６０～４００ｎｍの波長範囲の光を主に照射する光源を採用することでＯＰＮ５の活性化に寄与できる。なお、本発明者は、３６０～４００ｎｍの波長範囲の光をバイオレットライトと呼んでいるので、以下ではこれらの波長範囲の光を「バイオレットライト」といって説明することがある。

[0068] ＜ＯＰＮ５遺伝子の発現又はＯＰＮ５の活性化＞

ＯＰＮ５遺伝子の発現については、本発明者が含まれる先行技術文献（ＷＯ２０２０／０２７３０５Ａ１には、ＯＰＮ５遺伝子発現の定量化が可能であり、そうした定量化を利用して遺伝子の発現の程度を評価できることが記載されている。評価としては、上記のように、ＯＰＮ５の吸収スペクトルの吸光度が０．８以上となる３６０～４００ｎｍの光を照射しない場合を対比基準値とし、その対比基準値からどの程度遺伝子が発現したかをＯＰＭ５遺伝子の発現度として評価し、照射条件と疾病への効果とを総合評価して望ましい照射条件や光源の設置位置を決めることができる。本発明に係る光照射装置は、網膜に光を照射する場合の照射条件や光源の設置位置を決める際に、ＯＰＮ５遺伝子を発現させるという観点で実施することにより、多様な疾病に対しての効果に期待できる。

[0069] ＯＰＮ５の活性化についても、ＯＰＮ５遺伝子の発現の場合と同様に評価できる。なお、ＯＰＮ５の活性化の評価においては、光の照射によって反応した脳波を測定して、活性化の程度を評価できる。実際には、上記同様の先行技術文献（ＷＯ２０２０／０２７３０５Ａ１、及び、https://www.mdpi.com/2075-4426/11/6/557）にも、３６０～４００ｎｍの光の照射により特異的な脳活性（脳波）がみられていることから、脳波の発生によりＯＰＮ５の活性化を評価することができる。ＯＰＮ５は、Ｇｉ－ｔｙｐｅ ＧＰＣＲという光受容体のため、細胞レベルで活性を測定する場合は、細胞を培養して光を当て、K^+イオンの細胞内レベルの増加と、ｃＡＭＰの増加を測定することになる。なお、３８０ｎｍの光でＯＰＮ５が活性化してK^+が流入し、細胞内のｃＡＭＰも増加して、シグナルを上げることは論文（https://www.pnas.or

g/doi/10.1073/pnas.1012498107）にも記載されている。本発明に係る光照射装置は、網膜に光を照射する場合の照射条件や光源の設置位置を決める際に、ＯＰＮ５を活性化させるという観点で実施することにより、多様な疾病に対しての効果に期待できる。

[0070] ３６０～４００ｎｍの波長の光を照射することによるＯＰＮ５の活性化は、図１４に示すように、網膜にある網膜神経節細胞の中のＯＰＮ５タンパク質が活性化し、脳の中枢に刺激が伝達され、ミエリンが増えることで神経伝達効率が増加するというメカニズムである。このメカニズムは、本願発明者の論文（Violet light modulates the central nervous system to regulate memory and mood、https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2021.11.02.466604v1）でも紹介している。なお、「ミエリン」は、脳の適切な神経シグナルの伝達に重要であり、認知症、うつ病、睡眠、パーキンソン病等の様々な脳機能や脳機能疾患との関係が知られていることから、本願発明は、３６０～４００ｎｍの波長範囲の光を照射することで、ミエリンが増えて神経伝達効率を増加させることができ、網膜に光を照射する場合の照射条件や光源の設置位置を決める際に、ＯＰＮ５を活性化させるという観点で実施することにより、多様な疾病に対しての効果に期待できる。

[0071] ＜光源＞

光源は、上記した波長範囲の光を照射する光源であれば特に限定されない。「波長範囲の光を照射する」とは、光源自体の発光スペクトルが上記した波長範囲（例えば３６０～４００ｎｍや３５０～４１０ｎｍの光）を持つものでもよいし、光源自体の発光スペクトルは上記した波長範囲の上限を超えるものであっても遮蔽フィルターを介することによって上記した波長範囲内で照射するものであってもよい。波長範囲内の眩しくない光を主に照射する場合においては、図４に示すように、４００ｎｍを超える波長の光を放射しない又は実質的に放射しない光源（例えば３７５ｎｍにピーク波長を持ったバイオレットライトＬＥＤ光源）を採用してもよいし、図５（Ａ）に示すように、４００ｎｍを超える波長を含む広い波長範囲の光を照射する光源に対

しては、図５（Ｂ）に示す遮蔽フィルターを備えた光源を採用してもよい。なお、図５（Ｂ）は遮蔽フィルターにより照射光の波長範囲を３６０～４００ｎｍに制限した光源の一例であり、図５（Ｃ）は光源から照射された光とＯＰＮ５の吸収スペクトルとの重複を示す説明図である。

[0072] 例えば３６０～４００ｎｍや３５０～４１０ｎｍの光は、３８０ｎｍにピークを有するＯＰＮ５の吸収スペクトルと重る部分が大きく、且つ比視感度が小さくて眩しくないので、光が眼に直接光として、拡散光として、又は反射光として照射されても比較的気になることがなく、例えば網膜に存在するＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させることができる。

[0073] 光源は、より好ましくは、ＯＰＮ５の吸収スペクトルのピーク波長である３８０ｎｍの±２０ｎｍの範囲と主に重なる光を発する光源であることが好ましい。こうした光を発する光源は、３８０ｎｍの±２０ｎｍの範囲と主に重なる３６０～４００ｎｍの光の照射によってＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させることができる。「主に重なる光」とは、例えば図４に示すような３８０ｎｍの±２０ｎｍの範囲内にピークを有する発光スペクトルを有する光であってもよいし、例えば図５（Ａ）に示すような３８０ｎｍの±２０ｎｍの範囲内にピークを有しないものであってもその範囲内に強い分光放射照度を示す発光スペクトルを有する光であってもよい。こうした光源により、例えば図５（Ｃ）に示すように、光源から照射された光とＯＰＮ５の吸収スペクトルとが主に重複することになる。

[0074] ＜光源の設置形態＞

光源は、１又は２以上設けられている。光源については、一般家庭等の家屋・部屋、校舎・教室、庁舎、社屋・事務室・作業場、体育館・室内運動場等の建物の中や、屋根で覆われてはいるものの壁の無いような建物内にそのまま取り付けられた光源、又は、家具や設置物に取り付けられた光源等の屋内設置型光源であることが好ましい。また、人が携帯できる携帯型光源や人が装着できる光源であってもよい。

[0075] 人が携帯できる携帯型光源としては、例えば携帯型パソコン、タブレット

、スマートフォン等の携帯端末に装着可能な光源を挙げることができ、人が装着できる光源としては、例えば視力矯正具、眼保護具、顔保護具、首吊り下げ具、耳掛け具、頭部取り付け具等に取り付けた光源を挙げることができる。なお、人が装着できる光源については、視力矯正機能の有無は問わず人が装着できるめがねに光源を取り付けためがね装着型光源、そうしためがねに着脱できるアタッチメント光源、機能用、ＡＲ用、ＶＲ用及びＭＲ用のゴーグル型装置に取り付けた光源であってもよい。

[0076] 光源は、床（足下も含む。）、壁、天井（吊り下げも含む。）、その他の構造物に取り付けられた構造物取付型光源、机、テーブル、パーティション（間仕切り、衝立）、棚、卓上部材、パソコン、ディスプレイ、ＰＣキーボード、テレビ、オーディオ、その他の機器若しくは設置物に取り付けられた設置物取付型光源、携帯型パソコン、タブレット、スマートフォン、その他の携帯端末の内蔵型若しくは取付型光源、視力矯正具、眼保護具、顔保護具、首吊り下げ具、耳掛け具、頭部取り付け具、その他の身体装具に取り付け又はアタッチメントで着脱可能な身体装具取付型光源、ＡＲ用、ＶＲ用又はＭＲ用の機能機器（ゴーグル、ヘッドセット、その他の機能機器）に取り付けられた機能機器取付型光源、から選ばれる態様であってもよい。光源は、その設置形態に応じて、構造物、設置物、機器、携帯端末等への設置型光源、身体装具型光源、機能機器設置型光源とすることが好ましく、光源から発する光を人に直接光として、拡散光として、又は反射光として照射することができる。図６～図８は光源の設置例であり、図６は広いオフィス空間での光源の設置例であり、図７は家庭内やオフィス内での光源の設置例であり、図８はデスク上での卓上型光源やパソコン設置型光源の例である。このように、光源は様々な態様で設置できる。

[0077] 「１又は２以上の光源」とは、光源は上記した各種の光源（設置型光源、身体装具型光源、機能機器設置型光源）から選ばれる１又は２以上の光源という意味である。光源が１つの場合は、光源から発した光が眼に向くように配置されていることが望ましい。

[0078] 設置型光源の具体的な設置形態としては、例えば図６や図７に示すように、オフィスでデスクワークや学校・自習室・家庭で学習ワークを主にする場合のように視線の方向があまり変わらない場合には、視線の先に設置型光源１０が配置され、眼の方向Ｄに向けて光が発するように設置型光源１０の向きが設定されていることが望ましい。また、図６や図７では、視野に入る位置や視線方向の位置に光源１０が配置されており、こうした位置に光源１０が配置されていてもよい。また、光源１０が人に向かっていない場合でも拡散材や反射材１１（図６及び図７参照）を利用して光を眼に照射できる位置（例えば視野以外や視線方向以外の位置）に光源１０を配置してもよい。このように、１又は２以上の光源１０を種々の位置に設けることができる。図６及び図７では、光源１０を、主に壁、天井からの吊り下げ、机、テーブル、床（足下も含む）等に設けた設置型光源の例を示しているが、その他の構造物に設けたり、パーティション（間仕切り、衝立）、棚、卓上部材その他の設置物に設けたりしてもよい。また、図８に示すように、光源１０を視野に入る位置や視線方向の位置、例えばディスプレイの枠部又はその延長線上の位置や、パソコンのキーボードサイド位置に設置型光源１０の向きが設定されて設けられていることが望ましい。

[0079] また、図７に示すように職場や家庭等で視線の方向が変わる可能性がある場合には、２つ以上の複数の設置型光源１０を配置し、できるだけ眼の方向に向けて光が発するように光源１０の位置と向きが設定されていることが望ましい。例えば、椅子やソファーに座ることが多い場合は、できるだけ眼の高さに設置型光源１０を配置し、その高さでできるだけ眼に向かう方向になるように光源を設置することが望ましい。また、立っていることが多い場合も同様、できるだけ眼の高さに設置型光源１０を配置し、その高さでできるだけ眼に向かう方向になるように光源を設置することが望ましい。なお、座ったり立ったりする場合には、その両方を満たすように設置型光源１０を設置し、それぞれの高さでできるだけ眼に向かう方向になるように設置型光源１０を設置することが望ましい。

[0080] 上記した光（例えば４００ｎｍ以下程度の波長の光）は、通常は反射しにくい光であるので、上記のように光が直接眼に向けて照射される位置に光源が配置されていることが望ましい。一方、光を直接眼に向けて照射しない場合でも、ａ）視野に入る位置や視線方向の位置に光源が配置されていたり、ｂ）拡散材で拡散した拡散光として眼に照射される位置に光源が配置されていたり、ｃ）４００ｎｍ以下の波長の光が反射する特別な反射材を適宜設け、そうした反射材で反射した反射光として眼に照射される位置に光源が配置されていたりすることができる。例えばデスクワークにおいては、眼の直前方向位置、視野位置、視線方向位置に光源を設置することが望ましいが、それらの位置に設置できなかったり設置しにくい場合や太陽光が光源の場合でも部屋の壁や床の材質が当該光を反射や拡散をしづらく室内に入り込めないため、それに適した拡散材や反射材を用い、その拡散材や反射材で光を拡散したり反射したりして拡散光や反射光を眼に照射することが好ましい。こうした手段を１又は２以上複合して光を眼に照射することが好ましい。拡散材としては、拡散角特性や透過率特性を踏まえて各種の拡散材から選択することができ、反射材としては、前記した反射しにくい光を反射する特殊な反射材を、固定型、移動型又は携帯型として利用することで、光源の設置場所の自由度が増すという利点がある。

[0081] 設置型光源は、いずれも光の向きを眼の方向に予め設置する態様や、視野に入る位置や視線方向の位置に設置する態様が好ましい。また、光源の設置位置を手動又は自動で変更したり、光源から発する光の角度を手動又は自動で変更したりしてもよい。人の眼を検知して、又は人の動きを検知して照射する追尾システムを光源に備えるのも効果的である。光源を様々な方向にスイングさせたり、発光の指向角が広い光源を用いたりするのも有効である。なお、拡散材や反射材を利用する場合は、光源位置の変更等の設定を行ってもよいし、拡散材の種類や反射材の設置角度を変更等して設定してもよい。

[0082] 携帯端末設置型光源は、例えば携帯型パソコン、タブレット、スマートフォン等の携帯端末に取り付けられる光源を挙げることができるが、これら以

外の携帯端末に装着可能な光源であってもよい。携帯端末設置型光源も設置型光源同様、光の向きを眼の方向に予め設置等しておくことが好ましい。また、光源の設置位置を手動又は自動で変更したり、光源から発する光の角度を手動又は自動で変更したりしてもよい。上記同様、追尾システムを光源に備えるのも効果的であり、光源を様々な方向にスイングさせたり、発光の指向角が広い光源を用いたりするのも有効である。

[0083] 身体装具型光源は、視力矯正具、眼保護具、顔保護具、首吊り下げ具、耳掛け具、頭部取り付け具等に取り付け又は着脱可能なアタッチメント光源等を挙げることができるが、身体に装着可能であればこれら以外の光源であってもよい。身体装具型光源も上記各光源同様、光の向きを眼の方向に予め設置等しておくことが好ましい。なお、身体装具型光源は、眼との距離が短いので、上記した各光源に比べて設置位置の変更は要しないが、必要に応じて手動又は自動で変更したり、光源から発する光の角度を手動又は自動で変更したりしてもよい。

[0084] 機能機器設置型光源は、ＡＲ用、ＶＲ用及びＭＲ用等の機能機器（ゴーグル、ヘッドセット等）に取り付けた光源であるが、これら以外の機器に装着可能な光源であってもよい。機能機器設置型光源は、上記身体装具型光源同様、眼との距離が短いので、上記した各光源に比べて設置位置の変更は要しないが、必要に応じて手動又は自動で変更したり、光源から発する光の角度を手動又は自動で変更したりしてもよい。

[0085] ＜照射形態＞

光源から発した光は、人に向けて、特に好ましくは眼に向けて照射される。「照射され」とは、光源から発した光が人に照射されることであり、光源を人に向けてその光源から発した光が直接人に照射されてもよいし、視野に入る位置や視線方向の位置の光源から発した光が照射されてもよいし、光源を人に向けないでもその光源から発した光が拡散光又は反射光として照射されてもよい。「直接又は反射させて」とは、光源から人（好ましくは眼）に向けて直接照射されてもよいし、反射材で反射させて照射されてもよいこと

を意味する。また、「直接照射」には、光を拡散材で拡散した拡散光とし、その拡散光が眼に照射されることも含む。また、光源は、手動又は自動により向き又は位置を設定してもよい。こうすることにより光源の向き又は位置を手動又は自動により設定可能であるので、人に向けて直接又は反射させて効率的に照射する態様を任意に変更できる。その結果、ＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させることができる。「向きを設定」とは、三次元のＸ，Ｙ，Ｚの各方向に任意に回転させて設定する意味であり、「位置の設定」とは、三次元のＸ，Ｙ，Ｚの各方向に任意に移動させて設定する意味である。

[0086] こうした光照射装置において、(i)光が直接眼に向けて照射される位置に光源が設けられている場合は、光源から人までの距離及び／又は角度によって光の放射照度が設定され、(ii)視野に入る位置又は視線方向の位置に光源が設けられている場合は、光源から人までの距離及び／又は角度によって光の放射照度が設定され、(iii)拡散材で拡散した拡散光として眼に照射される位置に光源が設けられている場合は、光源及び拡散材から人までの距離及び／又は拡散材の拡散角と透過率によって光の放射照度が設定され、(iv)反射材で反射した反射光として眼に照射される位置に光源が設けられている場合は、光源及び反射材から人までの距離及び／又は反射材の反射率によって光の放射照度が設定される、ことが好ましい。こうした(i)～(iv)のそれぞれによって光の放射照度が設定されるので、ＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させる必要な放射照度の光を人に届けることができる。

[0087] （反射材）

反射材は、バイオレットライトを特定の方向に反射する部材である。バイオレットライトは、通常の白色光が反射する反射材では反射しない。そのため、バイオレットライトを反射する特別な反射材を設けることにより、バイオレットライトを直接人に向けて照射しない場合や設置の都合上直接照射できない場合や人が光源（例えば太陽光）から離れた位置（太陽光に対して、部屋の窓から奥に入った位置）にいたとしても、バイオレットライトを反射

材で反射して人に向けて照射することができる。

[0088] 光源の設置事情により、直接眼に向けて光を照射できる位置に光源を配置できない場合には、上記した特別な反射材を適当な位置に設置することで、反射した光を眼に向けて照射することが可能である。例えば図６に示すデスクワークにおいては、眼の前方に光源１０を設置することが望ましいが、眼の前方に光源を設置できない場合には、眼の前方に反射材１１を設け、その反射材１１で光を反射して眼に向けることが好ましい。図６の符号１１の反射材は、天井に散り下げた光源からの光を眼に向けて反射させる反射材の例である。反射材として、例えば固定型、移動型又は携帯型の反射材を利用することで、光源の設置場所の自由度が増すという利点がある。このように、光源から発した光が直接眼に照射される位置に光源が設置されることが望ましいが、それ以外の場合には反射材を活用して光を眼に向けて照射することが好ましい。

[0089] 反射材は、板材や壁にレジストインクを塗布して設置できる。具体的には、例えば岡本硝子株式会社製の紫外線高反射白色レジストインク等を挙げることができる。その白色レジストインクを厚さ２０μｍでガラス基板に塗布形成してなる反射材は、日亜化学工業株式会社製のＮＳＰＵ５１０ＣＳ（砲弾型ＬＥＤ、ピーク波長：３７５ｎｍ）を反射材から１０ｃｍ離して６９μＷ／ｃｍ^{2}の放射照度で照射した実験では、反射率が約２．９倍アップさせることができる。

[0090] 太陽光を光源とした場合に、バイオレットライトを通すガラス窓を通して部屋の中に入るバイオレットライト、もしくは窓を開けて太陽光を直接部屋の中に入れたとしても、本発明者による窓を開けて測定（視線は開いている窓の外を向いている態様で測定）した結果によれば、窓から１メートル室内に入った地点でバイオレットライトの光の強さは、窓地点の３２６μＷ／ｃｍ^{2}から６７μＷ／ｃｍ^{2}に急激に落ちてしまウというような結果が得られており、部屋のもっと中にまでバイオレットライトを届かせるには、壁材や床材に高反射率のものを用いるか、窓ガラスの拡散性を上げればよい。そのた

めには、窓ガラス自体を組成的にもしくは構造的にバイオレットライトが拡散するものにする、又は、そのような機能を持つシートを窓ガラスに貼ることで、部屋のより中までバイオレットライトが拡散して入り、窓際ではないところに机を構える人の眼にもバイオレットライトが届くようにすることができる。

[0091] なお、拡散材としては、拡散角特性や透過率特性に特徴のあるものが上市されているので、そうした特性を踏まえて各種の拡散材から選択することができる。

[0092] （指向性）

光の指向性については、特に顔の向き（目線）に光が届くように光源を設置したり、拡散材や反射材を設置したりすることが望ましい。光源の高さも重要な要素であり、例えばオフィスや家庭内での行動様式に基づいた位置に光源を設置するとともに、その高さや方向を設定することが好ましい。指向性を高めるための手段としては、光源から発する光が眼に直接向かうように光源を設置したり、光源から発する光が眼に向かいやすいように視野に入る位置や視線方向の位置に光源を設置したりすることが好ましい。例えば視線軸の変動が比較的小さい場合（例えば図６や図８に示すようなデスクワーク作業中）には、人の仮想視線軸に対して３０°以下の角度で照射される位置に設置することが好ましい。こうすることにより、光を眼に照射できるので、ＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させることができる。

[0093] ＜スペクトルデータ＞

次に、本発明の光照射装置において、光の照射条件や光源の設置位置の決定に考慮される重要なデータ（光のスペクトルデータ、ＯＰＮ５の吸収スペクトルデータ等）について説明する。本発明に係る光照射装置は、人の眼に光を照射して眼の網膜のＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させることができる装置であるので、光の照射条件や光源の設置位置を決める際に必要なデータを比較して、光の照射条件や光源の設置位置を設定する装置である。

[0094] そうしたデータを取得する測定装置は、図１３に一例を示すように、本発明に係る光照射装置が備えていてもよいし、光照射装置とは別体の測定装置であってもよい。測定装置２１としては、受光した光スペクトルデータを測定する測定部２２と、前記光スペクトルデータとＯＰＮ５の吸収スペクトルデータとを演算する演算部２３とを有し、その演算部２３は、内部に内蔵されている、又は内部に内蔵されておらず通信手段で外部の演算部に送信されるように構成することができる。なお、メモリ２４は、ＯＰＮ５の吸収スペクトルデータ等を記憶している。表示部２５は、演算結果を表示する。

[0095] この測定装置２１の例では、受光した光スペクトルデータを測定部２２で測定し、測定された光スペクトルデータとＯＰＮ５の吸収スペクトルデータとを内部又は外部の演算部２３で演算するので、光によってＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させることができるか否かを評価するためのデータを取得することができる。この評価データは、受光した光とＯＰＮ５遺伝子の発現又はＯＰＮ５の活性化との関係の評価を行うための基礎データとして活用でき、特に、測定された光スペクトルデータとＯＰＮ５の吸収スペクトルデータとの重なり度合い等を演算して数値化することで、ＯＰＮ５を通した身体的効果の客観的な評価に活用できる。こうした活用によって、例えば、どのような波長範囲の光を、どの程度の放射照度で、どの時間帯で、どの程度の時間照射することが、ＯＰＮ５の身体的影響との関係で効果があるかの評価に活用できる。なお、「受光した光スペクトルデータ」における光は、本発明の光照射装置での光源からの光に限らず、測定される光の全てを含む光スペクトルデータの意味である。また、この測定装置２１は、人の眼に入る光を精度よく測定可能なものであることが好ましく、特に人に装着されるもの又は人への装着部材に取り付けられているものであることが好ましい。

[0096] この測定装置２１の例での演算部は、図９及び図１０に示すように、各波長における光スペクトルデータとＯＰＮ５の吸収スペクトルデータとの波長ごとの積を受光実効分光放射照度（Ｗ／ｍ^2／ｎｍ）として演算する。こうす

ることにより、各波長における両者の積からなる受光実効分光放射照度（Ｗ／ｍ²／ｎｍ）を評価データとすることができるので、得られた評価データとＯＰＮ５を通した身体的効果との客観的な関係を明らかにするための照射装置として活用できる。

[0097] また、演算部では、図１１に示すように、ＡＭ１．５Ｇで規定された太陽光の吸収スペクトルの分光放射照度（Ｗ／ｍ²／ｎｍ）とＯＰＮ５の吸収スペクトルとの波長ごとの積からなる基準実効分光放射照度（Ｗ／ｍ²／ｎｍ）が、受光実効分光放射照度（Ｗ／ｍ²／ｎｍ）と演算部で演算されるようにしてもよい。こうすることにより、ＡＭ１．５Ｇで規定された太陽光の吸収スペクトルの分光放射照度とＯＰＮ５の吸収スペクトルとの波長ごとの積からなる基準実効分光放射照度（Ｗ／ｍ²／ｎｍ）が、受光実効分光放射照度（Ｗ／ｍ²／ｎｍ）と演算部で演算されるので、共通の基準実効分光放射照度に対する実際の受光実効分光放射照度の程度（例えば割合：％）を一般化して評価できる。演算された結果に基づいて、ＯＰＮ５を通した身体的効果との客観的な関係を明らかにすることができる。

[0098] 図１２は、図１１（Ｃ）に示した基準実効分光放射照度（符号ｂ）と、図９（Ｃ）に示した受光実効分光放射照度（符号ａ）を対比したものである。このように、例えば図９で得られた受光実効分光放射照度を、各波長におけるＡＭ１．５Ｇで規定された太陽光のスペクトルの分光放射照度とＯＰＮ５の吸収スペクトルとの波長ごとの積からなる基準実効分光放射照度（Ｗ／ｍ²／ｎｍ）と比較して評価することができる。こうすることにより、共通の基準実効分光放射照度に対する実際の受光実効分光放射照度の程度（割合：％）を一般化して評価できる。この図１２に示された結果では、例えば２８０～５００ｎｍの波長範囲で積分した実効放射照度は、太陽光（符号ｂ）では５７Ｗ／ｍ²であり、バイオレットライト（符号ａ）では３．３Ｗ／ｍ²であり、太陽光の場合を１００％として基準化すると、バイオレットライトの場合は６％と評価できる。このように、太陽光の場合を１００％として基準化したものと対比することで、その対比結果とＯＰＮ５を通した身体的効果と

の客観的な関係を明らかにすることができる。また、得られた受光実効放射照度は、太陽光の基準実効放射照度と比較するだけでなく、別の光源系で得た受光実効放射照度と比較することができ、光源間での比較を行うことができる。

[0099] なお、「ＡＭ１．５Ｇ」とは、太陽電池開発等の標準規格レベルで採用されている太陽光のデータであり、「ＡＭ」とはＡｉｒ　Ｍａｓｓの意味である。このＡＭ１．５Ｇは、「ｈｔｔｐｓ：／／ｕｎｉｔ．ａｉｓｔ．ｇｏ．ｊｐ／ｒｐ－ｅｎｖｅｎｅ２０２２／ＰＶ／ｊａ／ａｂｏｕｔ＿ｐｖ／ｏｕｔｐｕｔ／ｍｅａｓｕｒｅ．ｈｔｍｌ」のＵＲＬにあるように、ＡＳＴＭ（米国材料試験協会）が標準化しているものであり、「ｈｔｔｐｓ：／／ｔｉｎｙｓｔｏｎｅｓ．ｎｅｔ／ｐｖ／ｐｖ０４．ｈｔｍｌ」（米国エネルギー省の再利用可能エネルギー研究所（ＮＲＥＬ））でデータが公開されている（「ｈｔｔｐｓ：／／ｗｗｗ．ｎｒｅｌ．ｇｏｖ／ｇｒｉｄ／ｓｏｌａｒ－ｒｅｓｏｕｒｃｅ／ｓｐｅｃｔｒａ．ｈｔｍｌ」）。

[0100] 図１１（Ｃ）より、実効分光放射照度の最大値は０．９３Ｗ／ｍ^2／ｎｍ（４０２ｎｍでの値）であることがわかる。実効放射照度は、前記のとおり、２８０～５００ｎｍの波長域での積分値は５７Ｗ／ｍ^{2}である。ＡＭ１．５Ｇの太陽光を１日３時間浴びたときの実効ドーズ量は、上記の５７Ｗ／ｍ^{2}に１０８００秒を掛け合わせた値であり、６１５，６００Ｊ／ｍ^2（＝６１５．６ｋＪ／ｍ^2）となることがわかる。なお、最大値は、実効分光放射照度の最大値を約１Ｗ／ｍ^2／ｎｍとすると、その１０倍である１０Ｗ／ｍ^2／ｎｍを最大値とすることができる。実効放射照度は、この実効分光放射照度が矩形型（Ｓｑｕａｒｅ型）のスペクトルの時を想定して、１０Ｗ／ｍ^2／ｎｍ×２２０ｎｍ＝２２００Ｗ／ｍ^{2}とすることができ、実効ドーズはこの実効放射照度で１日３時間照射するものとして、２１，６００，０００Ｊ／ｍ^2（＝２１．６ＭＪ／ｍ^2）とすることができる。

[0101] 上記したとおり、２８０～５００ｎｍの波長範囲で積分した実効放射照度は、太陽光では５７Ｗ／ｍ^{2}であり、バイオレットライトでは３．３Ｗ／ｍ^2

であった。こうした値について、例えば最低値として、実効分光放射照度は０．０１Ｗ／ｍ²／ｎｍ、実効放射照度は０．１Ｗ／ｍ²、実効ドーズ量は１０００Ｊ／ｍ²とする例を挙げることができる。また、最高値として、実効分光放射照度は１０Ｗ／ｍ²／ｎｍ、実効放射照度は２２００Ｗ／ｍ²、実効ドーズ量は２１．６ＭＪ／ｍ²（Ｍはｍｉｌｌｉｏｎ）とする例を挙げることができる。なお、実効放射照度は３時間照射としたときの値である。

[0102] 光スペクトルデータは、ＯＰＮ５の吸収スペクトルの全部又は一部の波長域で比較して演算してもよい。こうすることにより受光した光が様々な光スペクトルデータを含む場合であっても、ＯＰＮ５の吸収スペクトルの全部又は一部の波長域と比較して演算することができるので、フィルター等を用いて光の波長域を特定した評価のいずれにも適用可能である。その結果、ＯＰＮ５を通した身体的効果が、ＯＰＮ５の吸収スペクトルの全波長域の受光実効分光放射照度と関係があるのか、ＯＰＮ５の吸収スペクトルの特定の波長域の受光実効分光放射照度と関係があるのか等を明らかにするための照射装置として活用できる。なお、フィルター等を用いた光の波長域の特定として、例えば３６０～４００ｎｍの波長域のバイオレットライト等のような特定の波長域に特定することもできるので、波長域等を特定した詳細な効果の検証にも活用できる。

[0103] この測定装置２１の例での演算部では、波長域での比較の際に、受光実効分光放射照度を比較対象の波長域で積分をして受光実効放射照度（Ｗ／ｍ²）を求め、同じ波長域で基準実効分光放射照度も同様に積分をして基準実効放射照度（Ｗ／ｍ²）を求め、得られた受光実効放射照度と基準実効放射照度とを比較（例えば割合：％）して評価することができる。

[0104] 積分結果の対比については、得られた結果を特定の波長範囲で積分して得た実効放射照度（Ｗ／ｍ²）を、例えば太陽光の基準実効放射照度と、バイオレットライトＬＥＤの受光実効放射照度とで比較し、太陽光の基準実効放射照度に対するバイオレットライトＬＥＤの受光実効放射照度として対比することができる。図１２に示された結果では、例えば２８０～５００ｎｍの波

長範囲で積分した実効放射照度は、太陽光では５７Ｗ／ｍ²であり、バイオレットライトでは３．３Ｗ／ｍ²であり、太陽光の場合を１００％として基準化すると、バイオレットライトＬＥＤの場合は６％と評価できる。このように、太陽光の場合を１００％として基準化したものと対比することで、その対比結果とＯＰＮ５を通した身体的効果との客観的な関係を明らかにすることができる。また、得られた受光実効放射照度は、太陽光の基準実効放射照度と比較するだけでなく、別の光源系で得た受光実効放射照度と比較することができ、光源間での比較を行うことができる。

[0105] さらに、演算部では、光実効放射照度（Ｗ／ｍ²）に照射時間（秒）を乗じた受光実効ドーズ量（Ｊ／ｍ²）と、基準実効放射照度（Ｗ／ｍ²）に照射時間（秒）を乗じた基準受光実効ドーズ量（Ｊ／ｍ²）とを比較（例えば割合：％）して、ＯＰＮ５を介し身体が光を吸収することで与える身体への影響に対する光の照射時間依存性を評価することができる。なお、ドーズ量は１日に当たる光の量であり、当てる時間は短くても強い光を当てても（例えば、強いフラッシュ状の光を短く当てる場合）、弱い光を長い時間当てても構わない。一方、当てる時刻（時間帯）は特に限定されないが、実際は昼間に当てる方が効果的である。

[0106] こうした実効放射照度による評価と実効ドーズ量による評価により、ＯＰＮ５を介し身体が光を吸収することで与える身体への影響を定量的に評価することができる。こうした関係性を明らかにすることにより、例えば、どのような波長範囲の光を、どの程度の放射照度で、どの時間帯で、どの程度の時間照射することが、ＯＰＮ５の身体的影響との関係で効果があるかの評価に活用できる。

[0107] 測定部は、例えば図８（Ａ）（Ｂ）に示したセンサー１２を例示でき、めがね、イヤホン、腕時計、胸章その他身体の上半身に装着される物品に設けられている、身体自体に貼り付け等で装着されている、又は、身体近傍若しくは周囲の設置物に取り付けられている、ことが好ましい。こうした態様での取り付けは、光を照射する光源の設置形態（光源形態、光源の設置位置等

）に基づいて任意に選択されて設けられているので、日常において邪魔になりにくく、眼や身体が受ける光スペクトルデータを測定しやすい。

[0108] （スペクトルデータの測定）

光のスペクトルデータは、通常、分光器（スペクトロメーター）やＵＶメーター（パワーメーターともいう。）で測定することができる。分光器は、分光放射照度を測定して取得でき、その結果を波長に対して積分すると放射照度となる。特定範囲の波長域で積分すれば、その波長域での放射照度として表すことができるので好ましく使用できる。一方、ＵＶメーターは、放射照度をダイレクトに表示できるものであり、例えば市販のＵＶＡメーターは、３２０～４００ｎｍの光を感知してその波長域における放射照度を表示するので便利であるが、定量性の観点からは用いられているセンサーに応じた補正がなされているものが好ましい。したがって、ＵＶメーターは分光情報（波長依存性）を測れないので、本発明における各種分光量への適用は難しいといえる。なお、「ドーズ量」は、単に放射照度に照射時間（秒）を掛け算して求めたものである。

[0109] ＜目的に応じた照射条件等の設定＞

本発明に係る光照射装置は、人の眼に光を照射して該眼の網膜のＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させるが、その結果として、多様な疾病に対して望ましい照射条件等を設定するのに役立つことができる。多様な疾病としては、鬱の改善又は予防、ストレスの抑制又は予防、集中力の改善又は増加、アルツハイマー病の改善又は予防、認知症や認知機能の改善又は予防、近視進行抑制（例えば眼軸長の伸長抑制）、近視の発生抑制、脈絡膜の厚さ、脳血流や神経系への影響、その他（精巣、皮膚等）に対して望ましい照射条件等を設定するのに役立つことができる。

[0110] 照射条件としては、より効果的な疾病等の改善効果を実現できるように、本発明に係る光照射装置を利用すれば、各疾病の改善効果が発現できる照射態様（放射照度、照射時間、照射時間間隔、放射照度変化サイクル、照射周期等）について決めることができる。特に、対象とする疾病ごとに照度態様

（放射照度、照射時間、照射時間間隔、放射照度変化サイクル、照射周期等）を設定するのに極めて有利である。また、本発明に係る光照射装置で効果的に採用されるバイオレットライトは、常灯光の他にも点滅光も好ましく採用できるので、そうした点滅光の照度態様（ＯＮ強度、ＯＦＦ強度、照射時間周期、ピーク照射時間、放射照度変化サイクル、Ｄｕｔｙ比等）についても、本発明に係る光照射装置を適用して、その照射条件等を評価することができる。しかも、本発明に係る光照射装置は、網膜のＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させる効果との客観的な関係を明らかにすることができるので、被検査に効果的な処理を提供するという被験者主体の観点からも望ましい。

[0111] また、そうした疾病への効果を評価する際にも、測定地域や測定時間を問わず共通の基準実効分光放射照度に対する実際の受光実効分光放射照度の程度（例えば割合：％）を一般化して評価できる。その結果、網膜のＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させる効果との客観的な関係を明らかにすることができるとともに、そうした関係を明らかにするための装置として活用できる。

[0112] ［光照射装置の作動方法］

本発明に係る光照射装置の作動方法は、上記した光照射装置（人の眼に光を照射してＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させる光照射装置）の作動方法であって、前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルと重なる波長域の波長の光を照射する光源を配置する光源配置工程と、前記光源配置工程で配置した前記光源から照射した前記光を受光してなる前記光のスペクトルデータと前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルデータとを予め比較し又はその場比較する光データ比較工程と、前記光データ比較工程で比較した結果を基に前記光の照射条件を設定して前記ＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させる光設定工程と、を有することを特徴とする。

[0113] この光照射装置の作動方法は、上記した光照射装置で説明した構成要素と同様である。なお、この光照射装置の作動方法において、上記した光設定工

程で設定する光の照射条件が、光源の設置位置、光の照射方向、光の波長範囲、光の波長形態、光の放射照度、光の照射時間帯、光の照射時間から選ばれる１又は２以上の条件であることや、光がＯＰＮ５の吸収スペクトルと重なる３６０～４００ｎｍの光であることも、上記した光照射装置で説明した構成要素と同様である。

[0114] この作動方法では、特に光設定工程において、光データ比較工程で比較した結果を基に、光源から照射される光の照射条件を設定してＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させるので、照射目的等に応じた設定を行うことができる。なお、この光設定工程は光照射装置で行われなくてもよく、その場合は、無線又は有線で別体として接続された制御機器（制御コンピュータを備えたスマートフォン等の移動体通信端末や、集中コントロール機器など）で光設定工程が実施されて照射目的等に応じた設定を行うことができる。また、この光設定工程での設定には、例えば特定の照射目的での使用が予め分かっている場合は、光の照射条件を具備するように製造段階で例えばファームウェアを設定しておくことも含まれる。

[0115] ［光照射システム］

次に、光照射システムについて説明する。本発明に係る光照射システムは、上記した本発明に係る光照射装置が２以上組み合わされている、又は、上記した本発明に係る光照射装置を構成する光源を２以上備えている、ことに特徴がある。

[0116] 照射条件がそれぞれ設定された２以上の光照射装置を組み合わせた光照射システムでは、光照射装置ごとに役割（照射目的）を持たせたシステムを構成できる。その結果、例えば室内での行動や行動パターンに応じた位置にそれぞれ役割を持った光照射装置を配置することができる。また、光照射装置を構成する光源を２以上備えた光照射システムでは、それぞれの光源が特定の目的を達成するための役割（照射目的）を担うように、各光源の役割に対応した照射条件を設定し、全体の統一を図るシステムを構成できる。その結果、例えば室内での行動や行動パターンに応じた位置に特定の目的を達成す

るように設定された光を配置することができる。

[0117] （光センサー）

光照射システムでは、眼が実際に受けた受光実効分光放射照度を特定するので、光センサーで測定することで、眼が受ける光の実質的な分光放射照度を測定する。光センサーとしては、例えばＧａＡｓＰフォトダイオードを挙げることができ、これらを任意に選択して適用できる。こうした光センサー１２は、例えば図８に示すように、めがねに設置した光センサー１２であってもよいし、胸章態様のセンサー１２であってもよいし、眼の周囲に設置した光センサーであってもよいし、特に限定されない。めがねに光センサーを設ける手段や、眼の周囲への光センサーを設ける手段等は特に限定されない。めがねに直に固定したり、フック等で掛けたりしてもよい。また、耳掛け治具等に光センサーを固定して耳に掛けてもよい。

[0118] （光源の設置形態と光のコントロール）

光照射システムでは、光源の設置形態（必要に応じて拡散板又は反射板を設けた場合の配置形態を含む。）と、眼に届ける光のコントロールとが重要である。以下に説明する光源の設置形態と光のコントロールとにより、眼に届く光をコントロールしてＯＰＮ５遺伝子の発現又はＯＰＮ５の活性化を実現できる。光のコントロールの態様としては、光の照射条件に関するコントロール手段と、光の指向性のコントロール手段とを挙げることができる。

[0119] 「光の照射条件に関するコントロール手段」としては、例えば、１又は２以上の光源から発する光が、波長範囲の設定又は変更、放射照度の設定又は変更、時間帯の設定又は変更、照射時間の設定又は変更、から選ばれる１又は２以上の手段で設定されることが好ましい。

[0120] 「波長範囲の設定又は変更」について、「特定の波長範囲の設定」とは、光源から照射する光の波長範囲を設定することであり、例えば特定の波長範囲の光を発する光源を設けたり、光源の前面に特定の波長範囲を透過するフィルターを設けて特定の波長範囲の光を発したりする手段を挙げることができる。また、「特定の波長範囲の変更」とは、光源から照射する光の波長範

囲を変更することであり、例えば異なる波長範囲の光を発する光源を別に設けて切り換えて変更したり、光源の前面に特定の波長範囲を透過する別のフィルターに切り換えて異なる波長範囲の光を透過したりする手段を挙げることができる。

[0121] 「放射照度の設定又は変更」とは、光源から発する光の放射照度を任意の値に設定したり変更したりすることである。このような放射照度の設定又は変更は、眼がどの程度の受光実効分光放射照度を受けたかによって設定され又は変更されることが好ましい。本発明の評価方法に基づいて評価したＯＰＮ５の光効果の観点から十分な受光実効分光放射照度を受けた場合には、照射を停止してもよいし、放射照度を小さくしてもよい。一方、本発明の評価方法に基づいて評価したＯＰＮ５の光効果の観点からまだ不十分な受光実効分光放射照度を受けた場合には、放射照度を大きくしてもよい。具体的には、例えば波長３６０～４００ｎｍのバイオレットライトを発するバイオレットライトＬＥＤ光源を用いた場合、通常は、眼に届く放射照度の下限値や上限値は特に限定されない。放射照度の下限値としては、好ましくは０．０５Ｗ／ｍ^2（５μＷ／ｃｍ^2）、より好ましくは０．１０Ｗ／ｍ^2、さらに好ましくは０．２Ｗ／ｍ^{2}とすることができる。放射照度の上限値としては、好ましくは５０Ｗ／ｍ^2（５０００μＷ／ｃｍ^2）、より好ましくは２０Ｗ／ｍ^2、さらに好ましくは１０Ｗ／ｍ^{2}とすることができる。実際の放射照度の範囲は、上記した下限値と上限値とを組み合わせた範囲とすることができ、そうした範囲で任意に放射照度を設定したり変更したりすることが好ましい。

[0122] 「時間帯の設定又は変更」とは、光源から光を放射する時間帯を任意に設定したり変更したりすることである。時間帯の設定又は変更は、本発明の評価方法に基づいて評価したＯＰＮ５の光効果の観点からどの時間帯に光を照射すべきかによって設定され又は変更されることが好ましい。具体的には、例えば太陽が沈んだ夕方以降の場合には、ＯＰＮ５の吸収スペクトルの範囲の光が屋外で太陽からは得られないので、太陽が沈んだ夕方以降の時間帯には、サーカディアンリズムを乱さないという観点から、屋内での光を照射す

るような設定や変更は行わないことが望ましい。また、時間帯は任意に設定できるので、定期的又は間欠的な時間帯であってもよい。

[0123] 「照射時間の設定又は変更」とは、光源から光を放射する照射時間を任意に設定したり変更したりすることである。照射時間の設定又は変更は、本発明の評価方法に基づいて評価したＯＰＮ５の光効果の観点からどの程度の時間の長さで光を照射すべきかによって設定され又は変更されることが好ましい。具体的には、例えば間欠的又は断続的に照射してもよい。なお、照射時間の設定や変更の場合は、放射強度も併せて設定されることが好ましい。

[0124] 「光の指向性のコントロール手段」としては、例えば、１又は２以上の光源から発する光が前記眼に向かうように、光源の設置又は変更（必要に応じて拡散板又は反射板を設けた場合の光源の設置又は変更を含む。）、光源から発する光の角度の設定又は変更、光を拡散する拡散材が設けられた場合はその拡散材の拡散角及びその拡散材を利用する光源の設置又は変更、光を反射する反射材が設けられた場合はその反射材の反射角度設定及びその反射材を利用する光源の設置又は変更、から選ばれる１又は２以上の手段で設定されることが好ましい。この態様は、光の指向性のコントロール手段である。「指向性」は、ＯＰＮ５の光効果の観点から重要な要素であり、例えばデスクワークの場合には、その視線の先に光源が眼の方向に向けて照射するように設けられていることが特に望ましい。また、図７に示すように、光の向きが「Ｄ」から「Ｄ’」に自動又は手動で変更できるようになっていることが好ましい。

[0125] 「光源の設置又は変更」、「光源から発する光の角度の設定又は変更」、「光を拡散する拡散材の設置又は変更」、「光を反射する反射材の設置又は変更」は、いずれも光の向きを眼の方向に予め設置したり、任意の方向に変更することができるように設置したりすることが好ましい。

[0126] こうした光照射システムは、ＯＰＮ５遺伝子の発現又はＯＰＮ５の活性化という光効果を効果的に達成するためのシステムであり、例えば、近視進行抑制（例えば眼軸長の伸長抑制）、近視の発生抑制、脈絡膜の厚さ、脳血流

や神経系への影響、その他（精巣、皮膚等）への影響を評価する上で望ましい。

符号の説明

[0127] １０　光源

１１　反射材

１２　センサー

Ｄ，Ｄ’　光の向き

２１　光照射装置

２２　測定部

２３　演算部

２４　メモリ

２５　表示部

請求の範囲

[請求項1] 眼に光を照射してＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させる光照射装置であって、前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルと重なる波長域の波長の光を照射する光源を有し、前記光源から照射される光の照射条件が設定されて前記ＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させる、ことを特徴とする光照射装置。

[請求項2] 前記設定は、前記光源から照射される前記光を受光してなる前記光のスペクトルデータと前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルデータとを予め比較し又はその場で比較し、該比較した結果を基に行われる、請求項１に記載の光照射装置。

[請求項3] 前記光源から照射される前記光を受光してなる前記光のスペクトルは、当該光の２８０～５００ｎｍの波長域の分光放射照度（Ｗ／ｍ^2／ｎｍ）と前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルデータの相対吸光度との波長ごとの積として計算される受光実効分光放射照度（Ｗ／ｍ^2／ｎｍ）の最大値が、ＡＭ１．５Ｇで規定された太陽光のスペクトルの分光放射照度（Ｗ／ｍ^2／ｎｍ）と前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルデータの相対吸光度との波長ごとの積として計算される基準実効分光放射照度（Ｗ／ｍ^2／ｎｍ）の最大値の０．２％以上となるように設定される、請求項１に記載の光照射装置。

[請求項4] 前記照射条件が、前記光の照射方向、前記光の波長範囲、前記光の波長形態、前記光の放射照度、前記光の照射時間帯、及び前記光の照射時間、から選ばれる１又は２以上である、請求項１～３のいずれか１項に記載の光照射装置。

[請求項5] 前記光の照射条件の設定が、前記光源とともに設けられる又は別体として設けられる光設定部で行われる、請求項１又は２に記載の光照射装置。

[請求項6] 前記光の照射条件の設定は、前記比較した結果を基に、予め規定した前記ＯＰＮ５遺伝子の発現度又はＯＰＮ５の活性化度に応じて設定

される、請求項１～３のいずれか１項に記載の光照射装置。

[請求項7] 前記光は、前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルと重なる３６０～４００ｎｍの光である、請求項１～３のいずれか１項に記載の光照射装置。

[請求項8] 前記光源は、前記光が直接眼に向けて照射される位置、視野に入る位置、視線方向の位置、拡散材で拡散した拡散光として眼に照射される位置、及び、反射材で反射した反射光として眼に照射される位置、から選ばれる位置に配置されている、請求項１～３のいずれか１項に記載の光照射装置。

[請求項9] (i)前記光を直接眼に向けて照射する位置に前記光源が設けられている場合は、前記光源から人までの距離及び／又は角度によって前記光の放射照度が設定され、(ii)前記視野に入る位置又は前記視線方向の位置に前記光源が設けられている場合は、前記光源から人までの距離及び／又は角度によって前記光の放射照度が設定され、(iii)前記拡散材で拡散した拡散光として眼に照射する位置に前記光源が設けられている場合は、前記光源及び前記拡散材から人までの距離及び／又は前記拡散材の拡散角と透過率によって前記光の放射照度が設定され、(iv)反射材で反射した反射光として眼に照射する位置に前記光源が設けられている場合は、前記光源及び前記反射材から人までの距離及び／又は前記反射材の反射率によって前記光の放射照度が設定される、請求項１～３のいずれか１項に記載の光照射装置。

[請求項10] 前記光源は、床（足下も含む。）、壁、天井（吊り下げも含む。）、その他の構造物に取り付けられた構造物取付型光源、机、テーブル、パーティション（間仕切り、衝立）、棚、卓上部材、パソコン、ディスプレイ、ＰＣキーボード、テレビ、オーディオ、その他の機器若しくは設置物に取り付けられた設置物取付型光源、携帯型パソコン、タブレット、スマートフォン、その他の携帯端末の内蔵型若しくは取付型光源、視力矯正具、眼保護具、顔保護具、首吊り下げ具、耳掛け具、頭部取り付け具、その他の身体装具に取り付け又はアタッチメン

トで着脱可能な身体装具取付型光源、ＡＲ用、ＶＲ用又はＭＲ用の機能機器（ゴーグル、ヘッドセット、その他の機能機器）に取り付けられた機能機器取付型光源、から選ばれる、請求項１～３のいずれか１項に記載の光照射装置。

[請求項11] 前記光源は、手動又は自動により向き又は位置を設定する、請求項１～３のいずれか１項に記載の光照射装置。

[請求項12] 受光する前記光のスペクトルは、当該光の２８０～５００ｎｍの波長域の各波長の分光放射照度（Ｗ／ｍ²／ｎｍ）と前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルデータの相対吸光度との波長ごとの積として計算される受光実効分光放射照度（Ｗ／ｍ²／ｎｍ）が、ＡＭ１．５Ｇで規定された太陽光の吸収スペクトルの分光放射照度（Ｗ／ｍ²／ｎｍ）と前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルの相対吸光度との波長ごとの積として計算される基準実効分光放射照度（Ｗ／ｍ²／ｎｍ）と比較して評価される、請求項１又は２に記載の光照射装置。

[請求項13] 前記受光実効分光放射照度が、前記基準実効分光放射照度の０．２％以上に設定されている、請求項１２に記載の光照射装置。

[請求項14] 前記比較の際には、前記受光実効分光放射照度（Ｗ／ｍ²／ｎｍ）を前記比較対象の波長域で積分をして受光実効放射照度（Ｗ／ｍ²）が求められ、同じ波長域で前記基準実効分光放射照度（Ｗ／ｍ²／ｎｍ）も同様に積分をして基準実効放射照度（Ｗ／ｍ²）が求められ、得られた前記受光実効放射照度と前記基準実効放射照度とが比較される、請求項１２に記載の光照射装置。

[請求項15] 前記受光実効放射照度が、前記基準実効放射照度の０．２％以上に設定されている、請求項１４に記載の光照射装置。

[請求項16] 前記受光実効放射照度（Ｗ／ｍ²）に照射時間（秒）を乗じた受光実効ドーズ量（Ｊ／ｍ²）と、前記基準実効放射照度（Ｗ／ｍ²）に照射時間（秒）を乗じた基準受光実効ドーズ量（Ｊ／ｍ²）とが比較される、請求項１４に記載の光照射装置。

[請求項17] 前記受光実効ドーズ量が、前記基準受光実効ドーズ量の０．２％以上に設定されている、請求項１６に記載の光照射装置。

[請求項18] 前記比較の際の測定は測定部で行われ、該測定部は、前記光を照射する前記光源の形態に基づいて、めがね、イヤホン、腕時計、胸章その他身体に装着される物品に設けられている、身体自体に装着されている、又は、身体の近傍若しくは周囲の設置物に取り付けられている、請求項１又は２に記載の光照射装置。

[請求項19] 前記光は、点滅光及び／又は常灯光であり、それぞれの照射条件は、照射した光のスペクトルデータとＯＰＮ５の吸収スペクトルデータとを予め比較し又はその場比較し、該比較した結果を基に、前記点滅光及び／又は常灯光の照射条件が設定される、請求項１～３のいずれか１項に記載の光照射装置。

[請求項20] 請求項１～１９のいずれか１項に記載の光照射装置が２以上組み合わされている、又は、請求項１～１９のいずれか１項に記載の光照射装置を構成する光源を２以上備えている、ことを特徴とする光照射システム。

[請求項21] 眼に光を照射してＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させる光照射装置の作動方法であって、

前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルと重なる波長域の波長の光を照射する光源を配置する光源配置工程と、

前記光源配置工程で配置した前記光源から照射した前記光を受光してなる前記光のスペクトルデータと前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルデータとを予め比較し又はその場で比較する光データ比較工程と、

前記光データ比較工程で比較した結果を基に前記光の照射条件を設定して前記ＯＰＮ５遺伝子を発現又はＯＰＮ５を活性化させる光設定工程と、を有することを特徴とする光照射装置の作動方法。

[請求項22] 前記光設定工程で設定する光の照射条件が、前記光源の設置位置、前記光の照射方向、前記光の波長範囲、前記光の波長形態、前記光の

放射照度、前記光の照射時間帯、前記光の照射時間から選ばれる１又は２以上の条件である、請求項２１に記載の光照射装置の作動方法。

[請求項23] 前記光は、前記ＯＰＮ５の吸収スペクトルと重なる３６０～４００ｎｍの光である、請求項２１又は２２に記載の光照射装置の作動方法。