

(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
2018年11月15日(15.11.2018)



(10) 国際公開番号

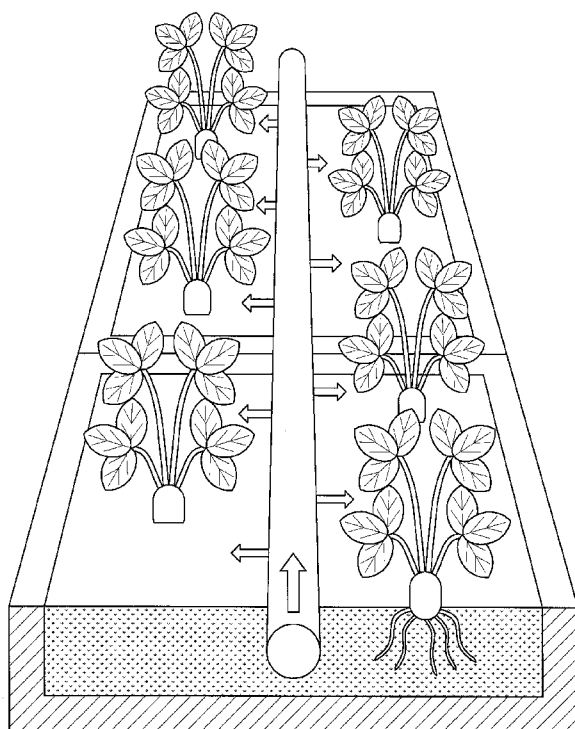
WO 2018/207667 A1

- (51) 国際特許分類:
A01G 7/00 (2006.01) H05H 1/24 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/017157
- (22) 国際出願日: 2018年4月27日(27.04.2018)
- (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 2017-093655 2017年5月10日(10.05.2017) JP
- (71) 出願人: 国立大学法人名古屋大学(NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION NAGOYA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒4648601 愛知県名古屋市千種区不老町 1 番 Aichi (JP).

- (72) 発明者:堀 勝(HORI Masaru); 〒4648601 愛知県名古屋市千種区不老町 1 番 国立大学法人名古屋大学内 Aichi (JP). 橋爪 博司(HASHIZUME Hiroshi); 〒4648601 愛知県名古屋市千種区不老町 1 番 国立大学法人名古屋大学内 Aichi (JP). 田中 宏昌(TANAKA Hiromasa); 〒4648601 愛知県名古屋市千種区不老町 1 番 国立大学法人名古屋大学内 Aichi (JP). 水野 正明(MIZUNO Masaaki); 〒4648601 愛知県名古屋市千種区不老町 1 番 国立大学法人名古屋大学内 Aichi (JP). 秋山 真一(AKIYAMA Shin'ichi); 〒4648601 愛知県名古屋市千種区不老町 1 番 国立大学法人名古屋大学内 Aichi (JP). 石川 健治(ISHIKAWA Kenji); 〒4648601 愛知県名古屋市千種区不老町 1 番 国立大学法人名古屋大学内 Aichi (JP).

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING AGRICULTURAL CROP

(54) 発明の名称: 農作物の生産方法



(57) Abstract: [Problem] To provide a method for producing an agricultural crop, whereby it becomes possible to improve the quality of the agricultural crop. [Solution] The method for producing an agricultural crop includes: an aqueous solution preparation step of preparing a first aqueous solution containing sodium L-lactate; a plasma irradiation step of irradiating the first aqueous solution with atmospheric pressure plasma to prepare a second aqueous solution; and an aqueous solution feeding step of feeding the second aqueous solution to soil where the agricultural crop is to be grown. Alternatively, a part of the agricultural crop which contains a growth point may be directly irradiated with atmospheric pressure plasma instead of feeding the second aqueous solution.

(57) 要約: 【課題】 農作物の品質を向上させることを図った農作物の生産方法を提供することである。【解決手段】 この農作物の生産方法は、L-乳酸ナトリウムを含有する第1の水溶液を準備する水溶液準備工程と、第1の水溶液に大気圧プラズマを照射して第2の水溶液とするプラズマ照射工程と、農作物を生育する土壤に第2の水溶液を供給する水溶液供給工程と、を有する。または、第2の水溶液を供給する代わりに、農作物の成長点を含む領域に大気圧プラズマを直接照射する。



(74) 代理人: 藤谷 修, 外 (FUJITANI Osamu et al.);
〒4600002 愛知県名古屋市中区丸の内2丁目1
8番25号 丸の内K Sビル16階 Aichi (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, JO, JP, 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.

(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))

明 細 書

発明の名称：農作物の生産方法

技術分野

[0001] 本明細書の技術分野は、農作物の生産方法に関する。

背景技術

[0002] プラズマ技術は、電気、化学、材料の各分野に応用されている。プラズマの内部では、電子やイオン等の荷電粒子の他に、紫外線やラジカルが発生する。これらには、生体組織の殺菌をはじめとして、生体組織に対する種々の効果があることが分かってきている。

[0003] 例えば、特許文献1には、水にプラズマを照射することにより水中の微生物等を殺菌する技術が開示されている。また、特許文献1のプラズマ装置は、水中に電流を流すことなくプラズマを水中に照射することができる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2009-183867号公報

特許文献2：特開2014-195450号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、特許文献2には、酵母に大量の大気圧プラズマを照射した場合には酵母の生菌数は減少するが、酵母に少量の大気圧プラズマを照射した場合に酵母の生菌数は増加することが記載されている。このように、プラズマを照射することにより酵母を活性化する可能性および死滅させる可能性について研究されてきている。しかし、その他の生物へのプラズマの影響については必ずしも明らかではない。

[0006] 本明細書の技術は、前述した従来の技術が有する問題点を解決するためになされたものである。すなわちその課題とするところは、農作物の品質を向上させることを図った農作物の生産方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0007] 第1の態様における農作物の生産方法は、L-乳酸ナトリウムを含有する第1の水溶液を準備する水溶液準備工程と、第1の水溶液に大気圧プラズマを照射して第2の水溶液とするプラズマ照射工程と、農作物を生育する土壤に第2の水溶液を供給する水溶液供給工程と、を有する。

[0008] この農作物の生産方法においては、農作物の果実等の内部においてポリフェノール類を増加させることができる。そのため、人がこの農作物を食べることにより、その人がより健康になる。

発明の効果

[0009] 本明細書では、農作物の品質を向上させることを図った農作物の生産方法が提供されている。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施形態のプラズマ発生装置のガス噴出口を走査するロボットアームの構成を説明するための概念図である。

[図2]図2. Aは第1のプラズマ発生装置の構成を示す断面図であり、図2. Bは電極の形状を示す図である。

[図3]図3. Aは第2のプラズマ発生装置の構成を示す断面図であり、図3. Bはプラズマ領域の長手方向に垂直な断面における部分断面図である。

[図4]実施形態における第3のプラズマ発生装置の概略構成を示す図である。

[図5]実施形態における第3のプラズマ発生装置の上部構造を示す概略構成図である。

[図6]実施形態における第3のプラズマ発生装置の下部構造を示す概略構成図である。

[図7]実施形態において第3のプラズマ発生装置がプラズマを照射している場合を説明するための図である。

[図8]実験Aにおける実験方法を説明するための図（その1）である。

[図9]実験Aにおける実験方法を説明するための図（その2）である。

[図10]イチゴに含まれるアントシアニンの量を示すグラフである。

[図11]イチゴの糖度を示すグラフである。

[図12]イチゴの酸度を示すグラフである。

[図13]イチゴの糖酸比を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、具体的な実施形態について、農作物の生産方法を例に挙げて図を参照しつつ説明する。本明細書において、農作物は果物と野菜とを含む。

[0012] (第1の実施形態)

第1の実施形態について説明する。第1の実施形態の農作物の生産方法においては、プラズマ活性化水溶液を農作物の土壤に供給する。このプラズマ活性化水溶液は、乳酸ナトリウムを含有する水溶液にプラズマを照射したものである。そのため、まず、プラズマを照射するプラズマ照射装置について説明する。

[0013] 1. プラズマ活性化水溶液製造装置

1-1. プラズマ活性化水溶液製造装置の構成

本実施形態のプラズマ活性化水溶液製造装置PMは、図1に示すように、プラズマ照射装置P1と、アームロボットM1とを有している。プラズマ照射装置P1は、プラズマを発生させるとともに、そのプラズマを溶液に向けて照射するためのものである。

[0014] アームロボットM1は、図1に示すように、プラズマ照射装置P1の位置をx軸、y軸、z軸方向のそれぞれの方向に移動させることができるようになっている。なお、説明の便宜上、プラズマを照射する向きを-z軸方向としている。これにより、溶液の液面と、プラズマ照射装置P1との間の距離を調整することができる。また、このプラズマ活性化水溶液製造装置PMは、予めプラズマ照射時間を設定することにより、その時間だけプラズマを照射することができるものである。

[0015] プラズマ照射装置P1には、後述するように、3種類の方式(第1のプラズマ発生装置P10および第2のプラズマ発生装置P20および第3のプラズマ発生装置P30)がある。そして、いずれの方式を用いてもよい。なお

、第3のプラズマ発生装置P30は、図1に示すロボットアームM1等を有していない。

[0016] 1-2. 第1のプラズマ発生装置

図2. Aはプラズマ発生装置P10の概略構成を示す断面図である。ここで、プラズマ発生装置P10は、プラズマを点状に噴出する第1のプラズマ発生装置である。図2. Bは、図2. Aのプラズマ発生装置P10の電極2a、2bの形状の詳細を示す図である。

[0017] プラズマ発生装置P10は、筐体部10と、電極2a、2bと、電圧印加部3と、を有している。筐体部10は、アルミナ (Al_2O_3) を原料とする焼結体から成るものである。そして、筐体部10の形状は、筒形状である。筐体部10の内径は2mm以上3mm以下である。筐体部10の厚みは0.2mm以上0.3mm以下である。筐体部10の長さは10cm以上30cm以下である。筐体部10の両端には、ガス導入口10iと、ガス噴出口10oとが形成されている。ガス導入口10iは、プラズマを発生させるためのガスを導入するためのものである。ガス噴出口10oは、プラズマを筐体部10の外部に照射するための照射部である。なお、ガスの移動する向きは、図中の矢印の向きである。

[0018] 電極2a、2bは、対向して配置されている対向電極対である。電極2a、2bの対向面方向の長さは、筐体部10の内径より小さい。例えば1mm程度である。電極2a、2bには、図2. Bに示すように、対向面のそれぞれに凹部（ホロー）Hが多数形成されている。そのため、電極2a、2bの対向面は、微細な凹凸形状となっている。なお、この凹部Hの深さは、0.5mm程度である。

[0019] 電極2aは、筐体部10の内部であってガス導入口10iの近傍に配置されている。電極2bは、筐体部10の内部であってガス噴出口10oの近傍に配置されている。そのため、プラズマ発生装置P10では、電極2aの対向面の反対側からガスを導入するとともに、電極2bの対向面の反対側にガスを噴出するようになっている。そして、電極2a、2b間の距離は、例え

ば 24 cm である。電極 2 a、2 b 間の距離は、これより小さい距離であってもよい。

[0020] 電圧印加部 3 は、電極 2 a、2 b 間に交流電圧を印加するためのものである。電圧印加部 3 は、商用交流電圧である、60 Hz、100 V を用いて 9 kV に昇圧するとともに、電極 2 a、2 b 間に電圧を印加する。

[0021] ガス導入口 10 i からアルゴンを導入するとともに、電圧印加部 3 により、電極 2 a、2 b 間に電圧を印加すると、筐体部 10 の内部にプラズマが発生する。図 2. A の斜線で示すように、プラズマが発生する領域をプラズマ発生領域 P とする。プラズマ発生領域 P は、筐体部 10 に覆われている。

[0022] 1-3. 第 2 のプラズマ発生装置

図 3. A はプラズマ発生装置 P 20 の概略構成を示す断面図である。ここで、プラズマ発生装置 P 20 は、プラズマを線状に噴出する第 2 のプラズマ発生装置である。図 3. B は、図 3. A のプラズマ発生装置 P 20 のプラズマ領域 P の長手方向に垂直な断面における部分断面図である。

[0023] プラズマ発生装置 P 20 は、筐体部 11 と、電極 2 a、2 b と、電圧印加部 3 と、を有している。筐体部 11 は、アルミナ (Al_2O_3) を原料とする焼結体から成るものである。筐体部 11 の両端には、ガス導入口 11 i と、多数のガス噴出口 11 o とが形成されている。ガス導入口 11 i は、図 3. A の左右方向を長手方向とするスリット形状をしている。ガス導入口 11 i からプラズマ領域 P の直上までのスリット幅（図 3. B の左右方向の幅）は、例えば 1 mm である。

[0024] ガス噴出口 11 o は、プラズマを筐体部 11 の外部に照射するための照射部である。ガス噴出口 11 o は、円筒形状もしくはスリット形状である。円筒形状の場合のガス噴出口 11 o は、プラズマ領域の長手方向に沿って一直線状に形成されている。ガス噴出口 11 o の内径は 1 mm 以上 2 mm 以下の範囲内である。また、スリット形状の場合には、ガス噴出口 11 o のスリット幅を 1 mm 以下とすることが好ましい。これにより、安定したプラズマが形成される。また、ガス導入口 11 i は、電極 2 a と電極 2 b とを結ぶ線と

交差する向きにガスを導入するようになっている。

[0025] 電極 2 a、2 b および電圧印加部 3 については、図 1 に示したプラズマ発生装置 P 1 0 と同じものである。そして、同様に、商用交流電圧を用いて、電極 2 a、2 b 間に電圧を印加する。これにより、プラズマを一直線状に噴出することができる。

[0026] また、この一直線状にプラズマを噴出するプラズマ発生装置 P 2 0 を図 3 . B の左右方向に列状に並べて配置すれば、プラズマをある長方形の領域にわたって平面的に噴出することができる。

[0027] 1 - 4 . 第 3 のプラズマ発生装置

図 4 は、第 3 のプラズマ発生装置 P 3 0 の概略構成を示す概念図である。プラズマ発生装置 P 3 0 は、収容している溶液にプラズマを照射するためのものである。

[0028] 図 4 に示すように、プラズマ発生装置 P 3 0 は、第 1 電極 1 1 0 と、第 2 電極 2 1 0 と、第 1 の電位付与部 1 2 0 と、第 2 の電位付与部 2 2 0 と、第 1 のリード線 1 3 0 と、第 2 のリード線 2 3 0 と、ガス供給部 1 4 0 と、ガス管結合コネクタ 1 5 0 と、ガス管 1 6 0 と、第 1 電極保護部材 1 7 0 と、第 2 電極保護部材 2 4 0 と、第 1 電極支持部材 1 8 0 と、密閉部材 1 9 1 と、結合部材 1 9 2 と、容器 2 5 0 と、封止部材 2 6 0 と、架台 2 7 0 と、を有している。

[0029] 1 - 4 - 1 . 電極の概略構成

第 1 電極 1 1 0 は、筒形状部 1 1 0 a を有している。そして、その筒形状部 1 1 0 a の内部にプラズマガスを供給することができるようになっている。つまり、第 1 電極 1 1 0 の内部は、ガス供給部 1 4 0 と連通している。第 1 電極 1 1 0 は、筒形状部 1 1 0 a から第 2 電極 2 1 0 に向けてガスを吹き出すようになっている。そして、第 1 電極 1 1 0 の先端部は、注射針形状をしている。つまり、第 1 電極 1 1 0 の先端部は、第 1 電極 1 1 0 の軸方向に垂直な方向に対して傾斜する傾斜面を有している。そして、第 1 電極 1 1 0 の先端部には、マイクロホローが形成されている。

[0030] 第2電極210は、第1電極110と対向する電極である。第2電極210は、棒状電極である。第2電極210は、円柱形状である。もしくは、多角柱形状であってもよい。もしくは、先端の尖った針形状であってもよい。ここで、第2電極210は、先端部211を有している。第2電極210の先端部211は、イリジウムを含有するイリジウム合金でできている。例えば、イリジウムと白金との合金である。または、イリジウムと白金とオスミウムとの合金である。イリジウム合金は、硬度が高く、耐熱性に優れている。そのため、イリジウム合金は、第2電極210の先端部211に好適である。また、イリジウムの代わりに、白金を用いてもよい。もしくは、パラジウムであってもよい。または、イリジウムと白金とパラジウムとのうちの少なくとも一種以上を含む金属もしくは合金であるとよい。また、第2電極210の先端部211は金であってもよい。また、放電時には、第2電極210は、容器250に收容されている溶液に浸かっている。

[0031] 第1の電位付与部120は、第1電極110に周期的に変化する電位を付与するためのものである。第2の電位付与部220は、第2電極210に周期的に変化する電位を付与するためのものである。ここで、第1の電位付与部120と第2の電位付与部220とのうちのどちらか一方は、接地されていてもよい。第1のリード線130は、第1電極110と第1の電位付与部120とを電氣的に接続するためのものである。第1のリード線130は、ニッケル合金もしくはステンレスであるとよい。第2のリード線230は、第2電極210と第2の電位付与部220とを電氣的に接続するためのものである。第2のリード線230は、ニッケル合金もしくはステンレスであるとよい。これにより、第1電極110と第2電極210との間に高周波の電圧が印加されることとなる。つまり、第1の電位付与部120および第2の電位付与部220は、第1電極110と第2電極210との間に電圧を印加するための電圧印加部である。

[0032] 1-4-2. ガス供給経路

プラズマ発生装置P30は、前述したように、ガス供給部140と、ガス

管結合コネクタ１５０と、ガス管１６０と、を有している。そのため、ガス供給部１４０は、ガス管１６０およびガス管結合コネクタ１５０を介して、第１電極１１０の筒形状部の内部にプラズマガスを供給する。ここで、ガス供給部１６０は、例えば、Ａｒガスを供給する。もしくは、その他の希ガスを供給してもよい。もしくは、酸素ガス等その他のガスを微量に含んでもよい。そのため、プラズマガスは、第１電極１１０から溶液２５０に収容されている溶液に向けて吹き付けられることとなる。

[0033] １－４－３．上部構造の構成

図５は、プラズマ発生装置Ｐ３０の上部構造を示す図である。図５に示すように、第１電極１１０は、先端部１１１を有している。先端部１１１は、図４に示すように、第２電極２１０に対面する位置に配置されている。第１電極１１０の先端部１１１は、傾斜面１１１ａを有している。傾斜面１１１ａは、第１電極１１０の軸方向に垂直な面に対して傾斜している面である。また、先端部１１１には、マイクロホロー１１１ｂが形成されている。マイクロホロー１１１ｂは、長さ０．５ｍｍ以上１ｍｍ以下、幅０．３ｍｍ以上０．５ｍｍ以下の微小な凹部である。

[0034] また、前述したように、プラズマ発生装置Ｐ３０は、密閉部材１９１と、結合部材１９２と、を有している。密閉部材１９１は、図４に示す容器２５０に取り付けられるとともに容器２５０の内部を密閉するためのものである。結合部材１９２は、第１電極１１０とガス管結合コネクタ１５０とを、密閉部材１９１等を介して連結するための部材である。

[0035] １－４－４．下部構造の構成

図６は、プラズマ発生装置Ｐ３０の下部構造を示す図である。前述したように、プラズマ発生装置Ｐ３０は、容器２５０と、封止部材２６０と、架台２７０と、を有している。容器２５０は、内部に溶液を収容することができるようになっている。ここで、溶液とは、水溶液や有機溶剤をも含むこととする。また、容器２５０は、第１電極１１０および第２電極２１０を内部に収容している。また、容器２５０は、目盛を有しているとよい。容器２５０

の内部に收容されている溶液の量を計量するためである。

[0036] 封止部材 260 は、第 2 電極保護部材 240 と、容器 250 との間の隙間を塞ぐためのものである。封止部材 260 として、例えば、オーリングが挙げられる。容器 250 の密閉性を確保し、溶液が容器 250 の底部に漏れ出すのを防止するものであれば、これ以外の部材を適用してもよい。架台 270 は、容器 250 その他の各部材を支持するためのものである。

[0037] 2. プラズマ発生装置により発生されるプラズマ

2-1. 第 1 のプラズマ発生装置および第 2 のプラズマ発生装置

プラズマ発生装置 P10、P20 により発生されるプラズマは、非平衡大気圧プラズマである。ここで、大気圧プラズマとは、0.5 気圧以上 2.0 気圧以下の範囲内の圧力であるプラズマをいう。

[0038] 本実施の形態では、プラズマ発生ガスとして、主に Ar ガスを用いる。プラズマ発生装置 P10、P20 により発生されるプラズマの内部では、もちろん、電子と、Ar イオンとが生成されている。そして、Ar イオンは、紫外線を発生させる。また、このプラズマは大気中に放出されているため、酸素ラジカルや窒素ラジカル等を発生させる。

[0039] このプラズマのプラズマ密度は、 $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下の範囲内である。なお、誘電体バリア放電により発生されるプラズマにおけるプラズマ密度は、 $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 以下の程度である。したがって、プラズマ発生装置 P10、P20 により発生されるプラズマのプラズマ密度は、誘電体バリア放電により発生されるプラズマのプラズマ密度に比べて、3 桁程度大きい。したがって、このプラズマの内部では、より多くの Ar イオンが生成する。そのため、ラジカルや、紫外線の発生量も多い。なお、このプラズマ密度は、プラズマ内部の電子密度にほぼ等しい。

[0040] そして、このプラズマ発生時におけるプラズマ温度は、およそ 1000 K 以上 2500 K 以下の範囲内である。また、このプラズマにおける電子温度は、ガスの温度に比べて大きい。しかも、電子の密度が $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下の範囲内の程度であるにもかかわらず、ガスの温度はお

よそ1000K以上2500K以下の範囲内である。このプラズマの温度は、プラズマの発生しているプラズマ発生領域Pでの温度である。したがって、プラズマの条件や、ガス噴出口から水面までの距離を異なる条件とすることにより、液面の位置でのプラズマ温度を室温程度とすることができる。

[0041] 2-2. 第3のプラズマ発生装置

図7は、プラズマ発生装置P30がプラズマを発生させている様子を模式的に示す図である。プラズマ発生装置P30により発生されるプラズマは、非平衡大気圧プラズマである。

[0042] 図7に示すように、ガス供給部140から供給されるプラズマガスは、第1電極110から矢印K1の向きに放出される。そして、第1電極110と第2電極210との間に高周波の電圧を印加すると、第1電極110と第2電極210との間にプラズマ発生領域PG1が形成される。図7のプラズマ発生領域PG1は、概念的に描かれている。

[0043] 第1の電位付与部120および第2の電位付与部220が、第1電極110と第2電極210との間に電圧を印加する電圧印加時には、第2電極210は、液体の内部に配置されている。このように、第1電極110と第2電極210との間には、容器250に収容されている液体と大気とがある。そして、第1電極と第2電極とを結ぶ線が、液体の液面LL1と交差している。

[0044] そのため、液体の液面LL1と第1電極110との間にプラズマが発生する。このとき、液体の液面LL1は、第1電極110から矢印K1の向きに放出されるプラズマガスの風圧を受けて、液体の側に向かって凹んでいる。そして、液体の内部では溶液が部分的に電気分解し、気化する。その気化したガスの内部でもプラズマが発生する。また、プラズマ発生領域PG1は、液体の液面LL1に接触している。

[0045] 以上により、大気もしくは水に由来するラジカルが発生する。そして、溶液にラジカルが照射されることとなる。これにより、ラジカルは、水分子もしくは溶液中の溶質と反応する。

[0046] 3. プラズマ活性化水溶液の製造方法

3-1. 水溶液準備工程

まず、第1の水溶液を準備する。第1の水溶液とは、プラズマを照射する前の水溶液のことをいう。第1の水溶液は、L-乳酸ナトリウムと、塩化ナトリウムと、塩化カリウムと、塩化カルシウムと、を含有する。

[0047] 3-2. プラズマ照射工程

次に、プラズマ活性化水溶液製造装置PMによりプラズマ発生領域に発生させた大気圧プラズマを第1の水溶液に照射する。プラズマを照射する際における液面とプラズマ噴出口との間の距離は、例えば、3 mmである。また、この距離は、例えば、0.1 cm以上3 cm以下の範囲内で変えてもよい。プラズマ発生領域におけるプラズマ密度は、 $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下の範囲内である。そして、このプラズマにおけるプラズマ温度は、およそ1000 K以上2500 K以下の範囲内である。ただし、このプラズマ温度は、液面では、室温程度（300 K程度）まで下げることができる。これらのプラズマ条件を表1に示す。これらの条件は、あくまで一例である。

[0048] [表1]

条件	数値範囲	
液面－噴出口距離	0.1 cm以上	3 cm以下
プラズマ密度	$1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ 以上	$1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下
プラズマ温度	1000 K以上	2500 K以下

[0049] このように、第1の水溶液に大気圧プラズマを照射することにより、第1の水溶液を第2の水溶液にする。大気圧プラズマの照射により、第1の水溶液の成分とプラズマに由来するラジカル等とが反応すると考えられる。また、水溶液中に亜硝酸イオンや硝酸イオンが増加する。第1の水溶液の成分は、これらのイオン等とも反応すると考えられる。この第2の水溶液は、農作物に含まれるポリフェノール類を増加させるプラズマ活性化水溶液である。

[0050] 大気圧プラズマのプラズマ密度は、例えば、 $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ である。大気

圧プラズマの照射時間は、例えば、30秒以上600秒以下である。大気圧プラズマを照射する際の第1の水溶液の体積は、例えば、10ml以上1000ml以下である。

[0051] この場合には、第2の水溶液における単位体積当たりのプラズマ密度時間積は、 $6 \times 10^{14} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{ml}^{-1}$ 以上 $1.2 \times 10^{18} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{ml}^{-1}$ 以下である。ここで、単位体積当たりのプラズマ密度時間積とは、（プラズマ密度）×（照射時間）／（第1の水溶液の体積）である。つまり、単位体積当たりのプラズマ密度時間積は、単位体積当たりの第1の水溶液に照射されるプラズマ生成物の量である。

[0052] 4. プラズマ活性化水溶液の効果

本実施形態のプラズマ活性化水溶液は、L-乳酸ナトリウムを含有する水溶液にプラズマを照射したものである。より具体的には、L-乳酸ナトリウムと、塩化ナトリウムと、塩化カリウムと、塩化カルシウムと、を含有する第1の水溶液に大気圧プラズマを照射したものである。このプラズマ活性化水溶液は、後述するように、農作物に含まれるポリフェノール類の量を増加させる。ポリフェノール類は、抗酸化物質の一種である。より具体的には、増加するポリフェノール類は、アントシアニンである。そのため、この農作物を食べた人はより健康になる。また、果物の果実等の発色もよい。

[0053] 5. プラズマ活性化水溶液を用いた農作物の生産方法

本実施形態の農作物の生産方法は、L-乳酸ナトリウムを含有する第1の水溶液を準備する水溶液準備工程と、第1の水溶液に大気圧プラズマを照射して第2の水溶液とするプラズマ照射工程と、農作物を生育する土壤に第2の水溶液を供給する水溶液供給工程と、を有する。

[0054] 5-1. 水溶液準備工程

前述したように、水溶液準備工程では、L-乳酸ナトリウムと、塩化ナトリウムと、塩化カリウムと、塩化カルシウムと、を含有する第1の水溶液を準備する。

[0055] 5-2. プラズマ照射工程

次に、プラズマ照射工程を実施する。前述したように、この工程では、第 1 の水溶液に大気圧プラズマを照射して第 2 の水溶液とする。

[0056] 5-3. 水溶液供給工程

次に、水溶液供給工程を実施する。この工程では、第 2 の水溶液を農作物の土壤に供給する。このとき、全体の体積に対して第 2 の水溶液を 5 倍以上 1000 倍以下の濃度で添加する。土壤に供給する水溶液における単位体積当たりのプラズマ密度時間積は $6 \times 10^{11} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{ml}^{-1}$ 以上 $2.4 \times 10^{17} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{ml}^{-1}$ 以下とする。この第 2 の水溶液の希釈率は、好ましくは、25 倍以上 500 倍以下である。また、もちろん、農作物の土壤に肥料や水等を別途供給する。

[0057] 6. 変形例

6-1. 第 3 のプラズマ発生装置

プラズマ活性化水溶液を製造するにあたってプラズマ発生装置 P30 を用いてもよい。そのために、プラズマ発生装置 P30 によりプラズマ発生領域に発生させた大気圧プラズマを第 1 の水溶液に照射する。第 1 電極 110 を第 1 の水溶液の外に配置するとともに第 2 電極 210 を第 1 の水溶液の中に配置する。そして、第 1 電極 110 の筒形状部 110a から第 1 の水溶液に向かってガスを照射する。そして、その状態で第 1 電極 110 と第 2 電極 210 との間に電圧を印加する。

[0058] 6-2. 第 3 のプラズマ発生装置の第 1 電極

本実施形態のプラズマ発生装置 P30 では、第 1 電極 110 の筒形状部 110a は、円筒形状である。しかし、円筒形状に限らない。筒形状であれば、多角形状であってもよい。

[0059] 6-3. 小型化したプラズマ発生装置

プラズマ発生装置 P10、P20 等をさらに小型化してもよい。十分に小型化することにより、ペン型のプラズマ発生装置を製造することができる。その場合であっても、プラズマ発生装置 P10、P20 と同等のプラズマ密度が得られる。

[0060] 6-4. 冷凍工程

また、第2の水溶液を保存するために冷凍工程を実施してもよい。冷凍工程は、プラズマ照射工程の後であって水溶液供給工程の前に実施する。冷凍工程では、第2の水溶液を -196°C 以上 0°C 以下の範囲内で冷凍する。具体的には、冷凍庫に保存する。冷凍庫として例えば、生物実験用冷蔵庫（例えば、日本フリーザー株式会社製のバイオフィリーザーGS-5203KHC）を用いることができる。

[0061] この冷凍庫で冷凍した第2の水溶液の保存温度は、 -28°C 以上 -14°C 以下の範囲内である。また、第2の水溶液の保存温度は、この範囲に限らない。通常の冷凍温度であればよい。例えば、 -196°C 以上 0°C 以下の範囲内である。好ましくは、 -196°C 以上 -10° 以下である。より好ましくは、 -150°C 以上 -20°C 以下である。さらに好ましくは、 -80°C 以上 -30°C 以下である。

[0062] この冷凍工程をすることにより、プラズマ活性化水溶液を保存することができる。そのため、農作物の土壌に供給する前に冷凍状態のプラズマ活性化水溶液を解凍すればよい。

[0063] 6-5. プラズマ発生装置の数値

第1のプラズマ発生装置P10および第2のプラズマ発生装置P20の数値範囲は、例示である。そのため、本実施形態における数値範囲に限らず適用することができる。

[0064] 6-6. 組み合わせ

第1の実施形態の変形例を適宜組み合わせてもよい。

[0065] 7. 本実施形態のまとめ

以上詳細に説明したように、本実施形態のプラズマ活性化水溶液は、L-乳酸ナトリウムを含む第1の水溶液にプラズマを照射したものである。このプラズマ活性化水溶液を農作物の土壌に供給すると、農作物のポリフェノール類は増加する。

[0066] （第2の実施形態）

第2の実施形態について説明する。第2の実施形態においては、第1の実施形態のプラズマ活性化水溶液を用いない。その代わりに、第2の実施形態においては、大気圧プラズマを農作物に直接照射する。大気圧プラズマ装置は、第1の実施形態と共通のものをを用いることができる。そのため、第1の実施形態と異なる点について説明する。

[0067] 1. 農作物の生産方法

1-1. プラズマ照射工程

このプラズマ照射工程においては、農作物の成長点を含む領域に大気圧プラズマを直接照射する。ここで、成長点とは、植物の茎の先端部付近に位置するとともに細胞分裂が活発に行われている箇所である。プラズマの照射口と農作物の成長点との間の距離は、例えば、0 cm以上10 cm以下である。また、プラズマの照射口は農作物の成長点を向いているとよい。

[0068] プラズマ密度は、第1の実施形態と同様である。プラズマを照射する時間は例えば30秒以上600秒以下である。例えば、大気圧プラズマのプラズマ密度を $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ とすると、大気圧プラズマのプラズマ密度と照射時間との積であるプラズマ密度時間積は、 $6 \times 10^{17} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3}$ 以上 $1.2 \times 10^{19} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3}$ 以下である。

[0069] 2. プラズマを農作物に直接照射する効果

農作物の成長点を含む領域に大気圧プラズマを照射することにより、後述するように、農作物に含まれるポリフェノール類の量が増加する。より具体的には、増加するポリフェノール類は、アントシアニンである。そのため、この農作物を食べた人はより健康になる。

[0070] このように、農作物の成長点を含む領域に大気圧プラズマを直接照射することにより、窒素原子または酸素原子に由来する原子・分子、イオン、ラジカル等が農作物の成長点に供給される。その結果、農作物は、このような外的刺激に対して抗酸化作用を自発的に強化していると予測される。この結果、果物の果実にポリフェノール類といった抗酸化物質が多く生成されると考えられる。

実施例

[0071] 1. 実験A

1-1. 農作物（イチゴ）

本実験では、農作物としてイチゴを栽培した。イチゴの品種は紅ほっぺ（登録商標）である。ここでは、花芽形成されたイチゴの苗をビニールハウス内部に定植した。

[0072] 1-2. プラズマ活性化水溶液の製造

本実験のプラズマ活性化水溶液は、ラクテック（登録商標）と同じ成分の水溶液にプラズマを照射した溶液（PAL: Plasma Activated Lactec（Lactecは登録商標））である。ラクテック（登録商標）は、塩化ナトリウムと、塩化カリウムと、塩化カルシウムと、L-乳酸ナトリウムと、を含有する乳酸リンゲル液である。塩化ナトリウムの濃度は、6.0 g/Lである。塩化カリウムの濃度は、0.3 g/Lである。塩化カルシウム水和物の濃度は、0.2 g/Lである。L-乳酸ナトリウムの濃度は、3.1 g/Lである。

[0073] プラズマ装置として、プラズマ発生装置P20を用いた。プラズマの照射時間は、1回あたり5分であった。ガスの種類としてアルゴンガスを用いた。プラズマ発生装置P20では、プラズマ発生領域と第1の水溶液との間の距離は、2 mmであった。プラズマ発生装置P20におけるプラズマ密度は、 $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ であった。

[0074] 1-3. プラズマ活性化水溶液の供給

図8に示すように、定植したイチゴの土壤にプラズマ活性化水溶液（PAL）を供給した。定植されたイチゴの苗に配水用のパイプを配置し、そのパイプの貫通孔からプラズマ活性化水溶液を散水した。また、実験効果を比較するために、その他の水溶液を散布した。

[0075] 表2は、イチゴの苗のグループ分けを示す表である。表2に示すように、多数のイチゴの苗をグループ分けして、それぞれ別の供給物等を供給した。もちろん、いずれのグループに対しても水や肥料を同程度与えた。つまり、

表 2 は、同じビニールハウスの内部で与えたもののうち、グループ毎に異なる供給物等について抜き出した表である。グループ A には、通常の水および肥料の他には何も与えていない。グループ C には、グループ D－G で与える水溶液の水量と同じ量の蒸留水を与えた。つまり、グループ C の水量は、グループ A の水量よりも多い。

[0076] 1－4. プラズマの直接照射

また、グループ B においては、イチゴの苗にプラズマを直接照射した。その際には、イチゴの苗における成長点に向けてプラズマを照射した。イチゴの成長点とプラズマ照射装置の照射口との間の距離は、3 cm 程度である。そのため、プラズマは、イチゴの成長点を含む領域に照射されることとなる。なお、プラズマガスとしてヘリウムガスを用いた。

[0077] 図 9 は、イチゴにプラズマを直接照射する様子を示す図である。ここでイチゴの成長点は、イチゴの葉部が成長する茎部の頂点付近に点在する。

[0078] なお、プラズマ活性化水溶液およびプラズマの直接照射については、1 日に 2 回を 1 セットとし、1 週間に 3 セットを実施した。つまり、1 週間に 6 回プラズマを照射した。

[0079] [表 2]

グループ	供給物等	希釈率
グループ A	追加無し (c t r l)	—
グループ B	プラズマ直接照射	—
グループ C	蒸留水	—
グループ D	ラクテック (登録商標)	1 0 0 倍希釈
グループ E	プラズマ活性化水溶液	1 0 0 倍希釈
グループ F	ラクテック (登録商標)	2 5 倍希釈
グループ G	プラズマ活性化水溶液	2 5 倍希釈

[0080] 1－5. 実験結果

図 1 0 は、収穫済みのイチゴに含まれるアントシアニンの量を示すグラフである。図 1 0 に示すように、グループ A のアントシアニン含有量は 1 6 m

g / 100 g 程度であった。グループBのアントシアニン含有量は20 mg / 100 g 程度であった。グループCのアントシアニン含有量は16 mg / 100 g 程度であった。グループDのアントシアニン含有量は13 mg / 100 g 程度であった。グループEのアントシアニン含有量は18 mg / 100 g 程度であった。グループFのアントシアニン含有量は12 mg / 100 g 程度であった。グループGのアントシアニン含有量は19 mg / 100 g 程度であった。

[0081] 図10に示すように、誤差を考慮したとしても、プラズマを直接照射したグループBと、PALを供給したグループE、Gとは、プラズマの成分を供給していないその他のグループと比較してより多くのアントシアニンを含有している。

[0082] グループAとグループBとを比較すると、プラズマを直接照射することによりグループBのアントシアニンの含有量は25%程度増加している。ここで、グループAとグループBとに与えた水および肥料の量は同程度である。

[0083] グループEとグループDとを比較すると、PALを与えたグループEのアントシアニンの含有量は45%程度増加している。ラクテック（登録商標）を与えたグループDのアントシアニンの含有量は、蒸留水を与えたグループCと比較して18%程度減少している。つまり、ラクテック（登録商標）の成分自体は、アントシアニンの含有量を減少させる効果を担っている。しかし、プラズマを照射することにより活性化させたPALは、アントシアニンの含有量を増加させる効果を奏する。また、PALを与えたグループEのアントシアニンの含有量は、蒸留水を与えたグループCのアントシアニンの含有量よりも13%程度高かった。

[0084] グループGとグループFとを比較すると、PALを与えたグループGのアントシアニンの含有量は55%程度増加している。ラクテック（登録商標）を与えたグループFのアントシアニンの含有量は、蒸留水を与えたグループCと比較して18%程度減少している。このように、ラクテック（登録商標）の希釈の度合いによらず、同様の傾向が得られた。また、PALを与えた

グループGのアントシアニンの含有量は、蒸留水を与えたグループCのアントシアニンの含有量よりも19%程度高かった。

[0085] 1-6. 考察

上記のように、イチゴの成長点を含む領域にプラズマを照射したグループBと、PALを供給したグループE、Gとにおいては、イチゴにプラズマ生成物に由来する物質が作用したと考えられる。例えば、活性酸素種（ROS）等がイチゴの成長点に作用することにより、イチゴの苗が活性酸素種に対抗するために抗酸化物質の一種であるアントシアニンを増加させたという考え方もできる。

[0086] 2. 実験B

2-1. サンプルの作製

実験Aと同様にサンプルを作製して実験を行った。その際に表3に示すように9種類のサンプルを作製した。表3は、イチゴの苗のグループ分けを示す表である。表3は、表2と同様に、グループ毎に異なる供給物等を抜き出した表である。

[0087] ここで、グループB1は、イチゴ苗栽培の前期および後期にプラズマを1回あたり30秒間直接照射したサンプルである。グループB2は、イチゴ苗栽培の前期および後期にプラズマを1回あたり120秒間直接照射したサンプルである。グループB3は、イチゴ苗栽培の後期に追加的に用意したサンプルである。そのため、グループB3は、イチゴ苗栽培の後期のデータのみをまとめたものである。

[0088] なお、プラズマ活性化水溶液およびプラズマの直接照射については、1日に2回を1セットとし、1週間に3セットを実施した。つまり、1週間に6回プラズマを照射した。

[0089] [表3]

グループ	供給物等	希釈率
グループA	追加無し (c t r l)	—
グループB1	プラズマ直接照射 (30秒)	—

グループB 2	プラズマ直接照射（120秒）	—
グループB 3	プラズマ直接照射（後期、120秒）	—
グループC	蒸留水（DW）	—
グループD	ラクテック（登録商標）	100倍希釈
グループE	プラズマ活性化水溶液	100倍希釈
グループF	ラクテック（登録商標）	25倍希釈
グループG	プラズマ活性化水溶液	25倍希釈

[0090] 2-2. 実験結果2

図11は、イチゴの糖度を示すグラフである。図11に示すように、グループA（照射無し）の糖度は11.6%程度であった。グループB1（30秒直接照射）の糖度は、12.3%程度であった。グループB2（120秒直接照射）の糖度は、11.8%程度であった。グループB3（栽培後期、120秒直接照射）の糖度は、12.3%程度であった。グループC（蒸留水）の糖度は、11.8%程度であった。グループD（100倍未照射）の糖度は、12.1%程度であった。グループE（100倍PAL）の糖度は、11.9%程度であった。グループF（25倍未照射）の糖度は、11.4%程度であった。グループG（25倍PAL）の糖度は、11.4%程度であった。

[0091] 図11に示すように、プラズマを直接照射するグループB1-B3の糖度は、プラズマを照射しないグループAの糖度より高い。蒸留水（グループC）に比べて、100倍希釈のグループD、Eの糖度はやや高く、25倍希釈のグループF、Gの糖度はやや低い傾向にある。また、全体として、グループAに比べて、プラズマを直接照射するか、PALを供給したイチゴの糖度は高い傾向にある。

[0092] 図12は、イチゴの酸度を示すグラフである。図12に示すように、グループA（照射無し）の酸度は、0.69%程度であった。グループB1の酸度は、0.70%程度であった。グループB2の酸度は、0.66%程度であった。グループB3の酸度は、0.67%程度であった。グループCの酸

度は、0.64%程度であった。グループDの酸度は、0.66%程度であった。グループEの酸度は、0.65%程度であった。グループFの酸度は、0.66%程度であった。グループGの酸度は、0.61%程度であった。

[0093] 図12に示すように、プラズマを直接照射するグループB1-B3の酸度は、プラズマを照射しないグループAの酸度より低い傾向にある。また、PALを供給したグループE、Gの酸度は、グループA、Cに比べて低い傾向にある。また、グループGの酸度が最も低かった。

[0094] 図13は、イチゴの糖酸比を示すグラフである。糖酸比は、糖度/酸度である。図13に示すように、グループAの糖酸比は16.8程度であった。グループB1の糖酸比は17.6程度であった。グループB2の糖酸比は17.8程度であった。グループB3の糖酸比は18.7程度であった。グループCの糖酸比は18.5程度であった。グループDの糖酸比は18.4程度であった。グループEの糖酸比は18.4程度であった。グループFの糖酸比は17.5程度であった。グループGの糖酸比は18.7程度であった。

[0095] 図13に示すように、プラズマを照射しないグループAに比べて、プラズマを直接照射するグループB1-B3の糖酸比は十分に高い。PALを用いるグループE、Gの糖酸比は、グループAの糖酸比に比べて十分に高い。

[0096] このように、プラズマを照射することにより、イチゴの糖酸比は上昇する。

[0097] A. 付記

第1の態様における農作物の生産方法は、L-乳酸ナトリウムを含有する第1の水溶液を準備する水溶液準備工程と、第1の水溶液に大気圧プラズマを照射して第2の水溶液とするプラズマ照射工程と、農作物を生育する土壤に第2の水溶液を供給する水溶液供給工程と、を有する。

[0098] 第2の態様における農作物の生産方法においては、水溶液供給工程では、第2の水溶液における単位体積当たりのプラズマ密度時間積を $6 \times 10^{11} \text{ s e}$

$c \cdot cm^{-3} \cdot ml^{-1}$ 以上 $2.4 \times 10^{17} sec \cdot cm^{-3} \cdot ml^{-1}$ 以下とする。

[0099] 第3の態様における農作物の生産方法は、第2の水溶液を冷凍する冷凍工程を有する。冷凍工程では、第2の水溶液を $-196^{\circ}C$ 以上 $0^{\circ}C$ 以下の範囲内で冷凍する。

[0100] 第4の態様における農作物の生産方法においては、農作物の成長点を含む領域に大気圧プラズマを直接照射する。

[0101] 第5の態様における農作物の生産方法においては、大気圧プラズマのプラズマ密度と照射時間との積であるプラズマ密度時間積は、 $6 \times 10^{17} sec \cdot cm^{-3}$ 以上 $1.2 \times 10^{19} sec \cdot cm^{-3}$ 以下である。

符号の説明

[0102] P 1 … プラズマ照射装置

M 1 … ロボットアーム

P M … プラズマ活性化水溶液製造装置

P 1 0、P 2 0、P 3 0 … プラズマ発生装置

1 0、1 1 … 筐体部

1 0 i、1 1 i … ガス導入口

1 0 o、1 1 o … ガス噴出口

2 a、2 b … 電極

P … プラズマ領域

H … 凹部（ホロー）

1 1 0 … 第1電極

1 2 0 … 第1の電位付与部

1 3 0 … 第1のリード線

1 4 0 … ガス供給部

1 5 0 … ガス管結合コネクター

1 6 0 … ガス管

1 7 0 … 第1電極保護部材

2 1 0 … 第2電極

2 2 0…第2の電位付与部

2 3 0…第2のリード線

2 4 0…第2電極保護部材

2 5 0…容器

2 6 0…封止部材

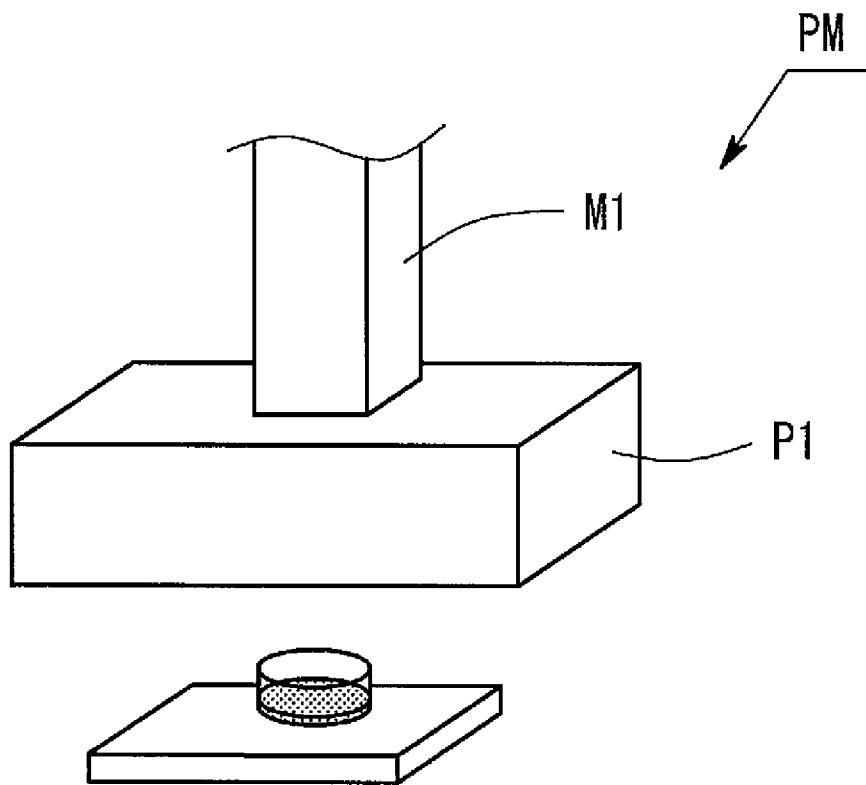
2 7 0…架台

請求の範囲

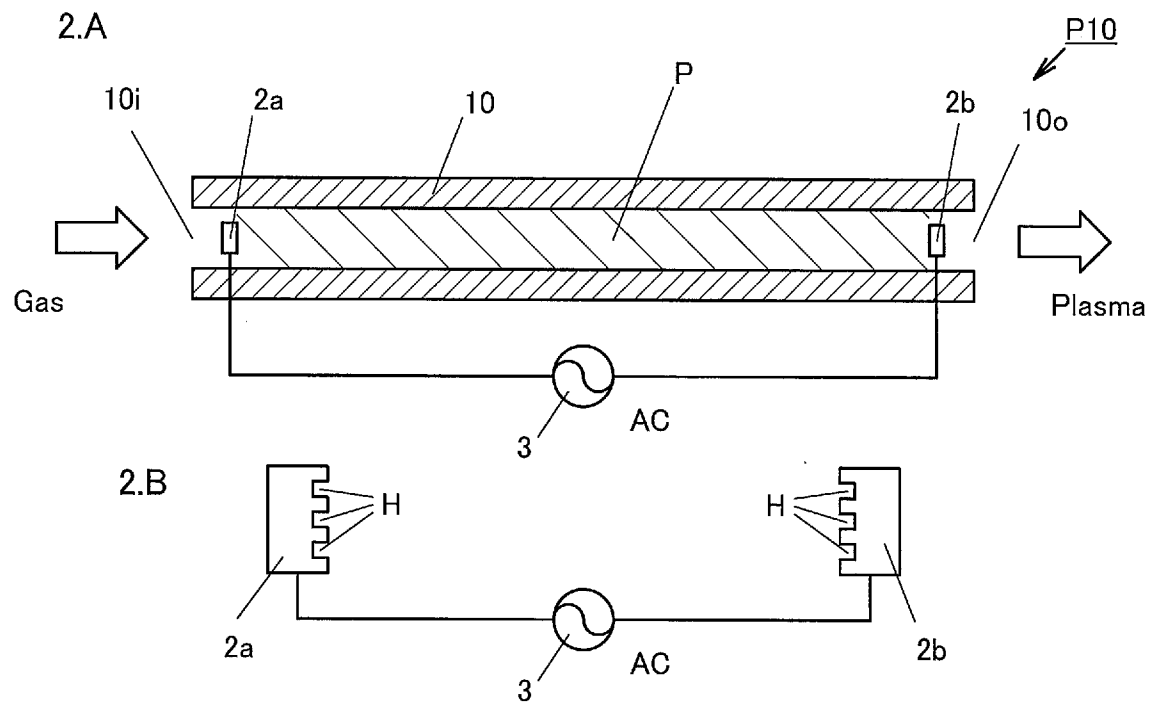
- [請求項1] L-乳酸ナトリウムを含有する第1の水溶液を準備する水溶液準備工程と、
 前記第1の水溶液に大気圧プラズマを照射して第2の水溶液とするプラズマ照射工程と、
 農作物を生育する土壌に前記第2の水溶液を供給する水溶液供給工程と、
 を有すること
 を特徴とする農作物の生産方法。
- [請求項2] 請求項1に記載の農作物の生産方法において、
 前記水溶液供給工程では、
 前記第2の水溶液における単位体積当たりのプラズマ密度時間積を $6 \times 10^{11} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{ml}^{-1}$ 以上 $2.4 \times 10^{17} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{ml}^{-1}$ 以下とすること
 を特徴とする農作物の生産方法。
- [請求項3] 請求項1または請求項2に記載の農作物の生産方法において、
 前記第2の水溶液を冷凍する冷凍工程を有し、
 前記冷凍工程では、
 前記第2の水溶液を -196°C 以上 0°C 以下の範囲内で冷凍すること
 を特徴とする農作物の生産方法。
- [請求項4] 農作物の成長点を含む領域に大気圧プラズマを直接照射すること
 を特徴とする農作物の生産方法。
- [請求項5] 請求項4に記載の農作物の生産方法において、
 前記大気圧プラズマのプラズマ密度と照射時間との積であるプラズマ密度時間積は、
 $6 \times 10^{17} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3}$ 以上 $1.2 \times 10^{19} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3}$ 以下であること

を特徴とする農作物の生産方法。

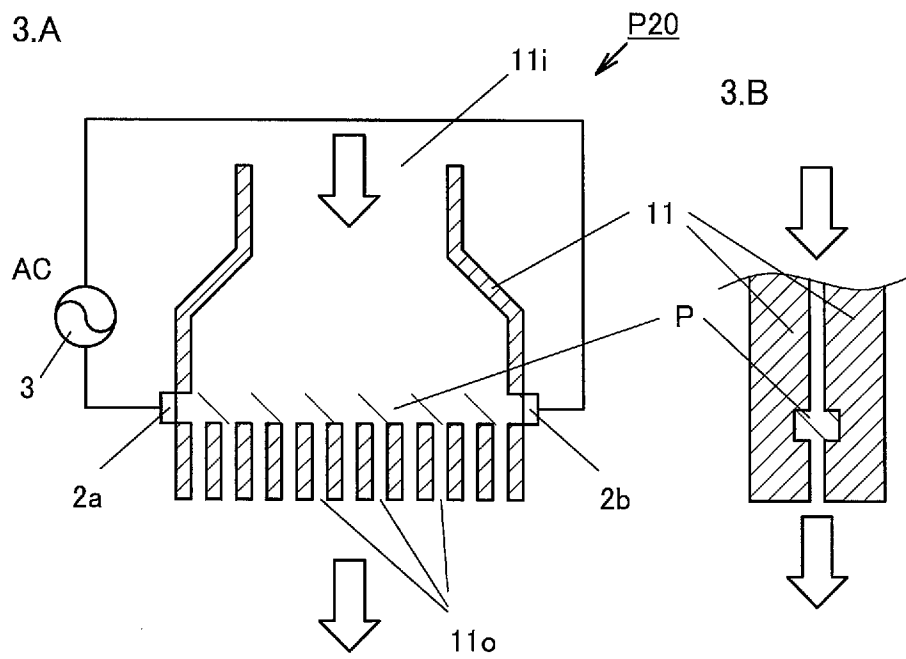
[図1]



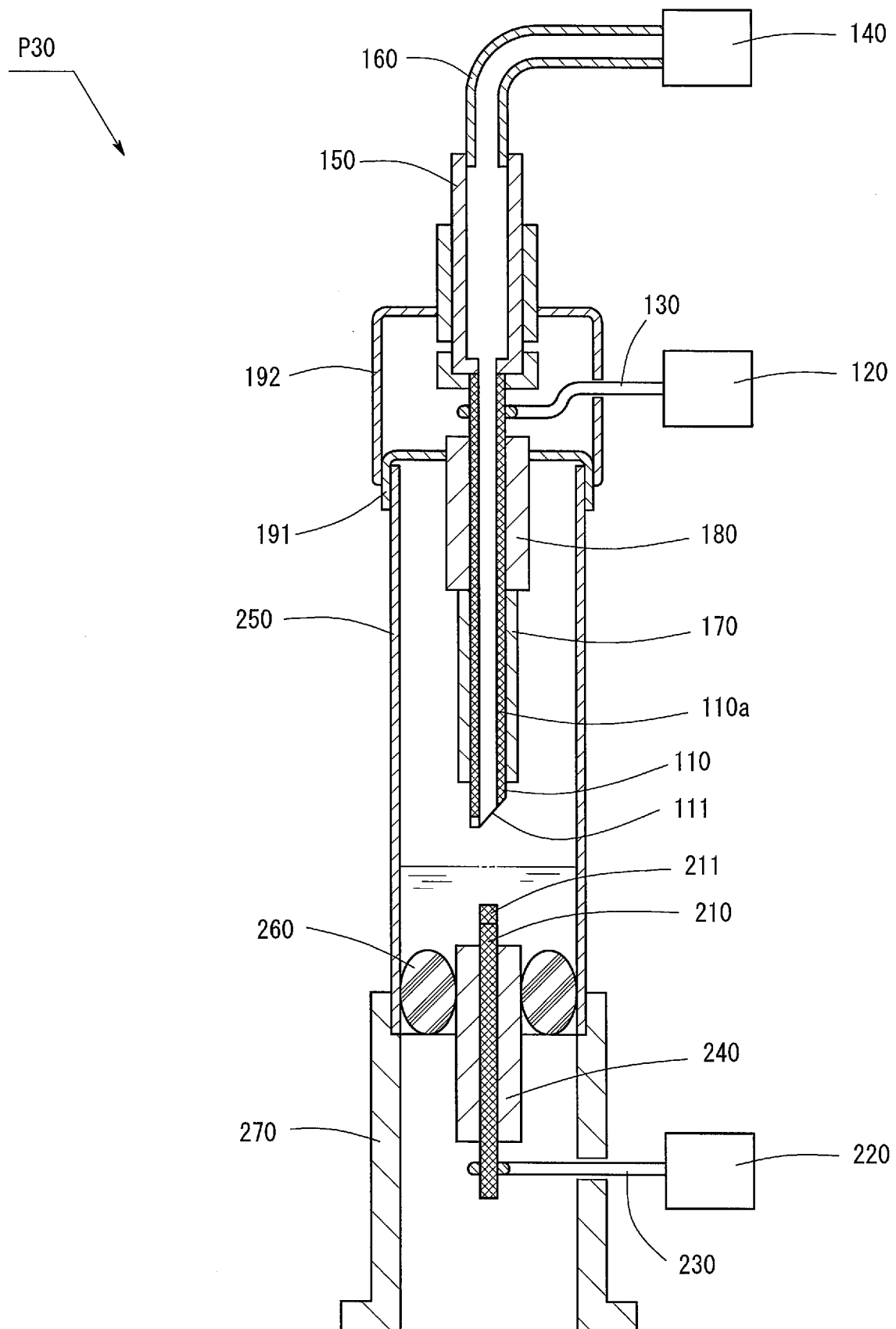
[図2]



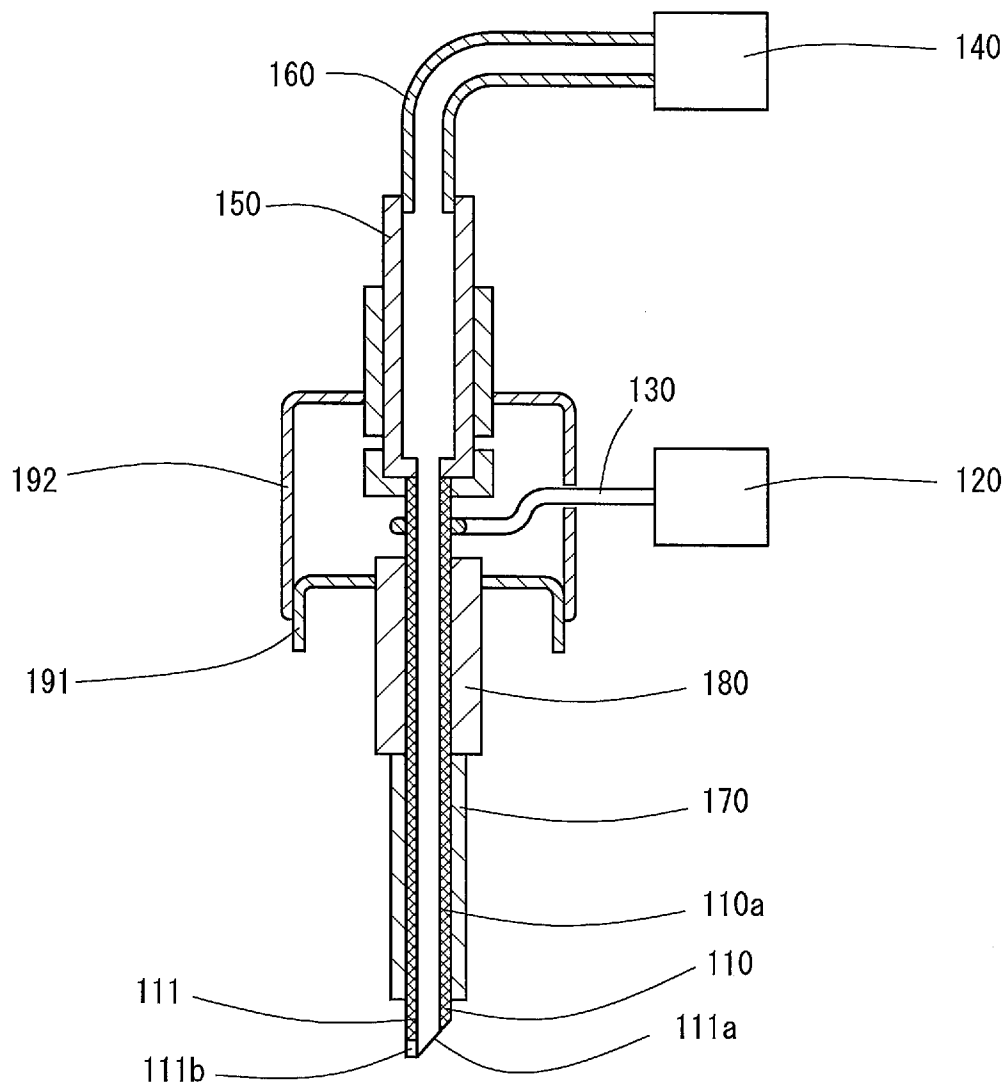
[図3]



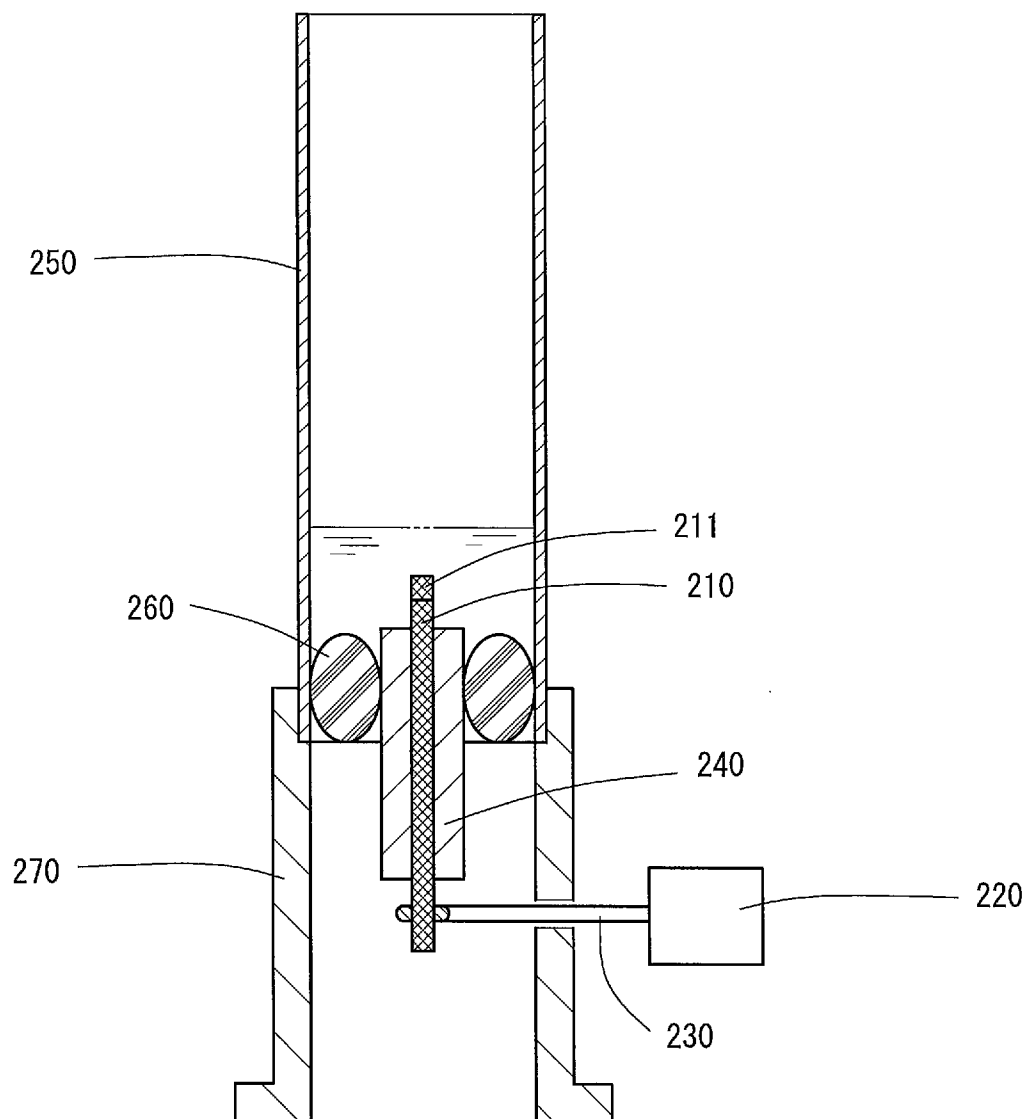
[図4]



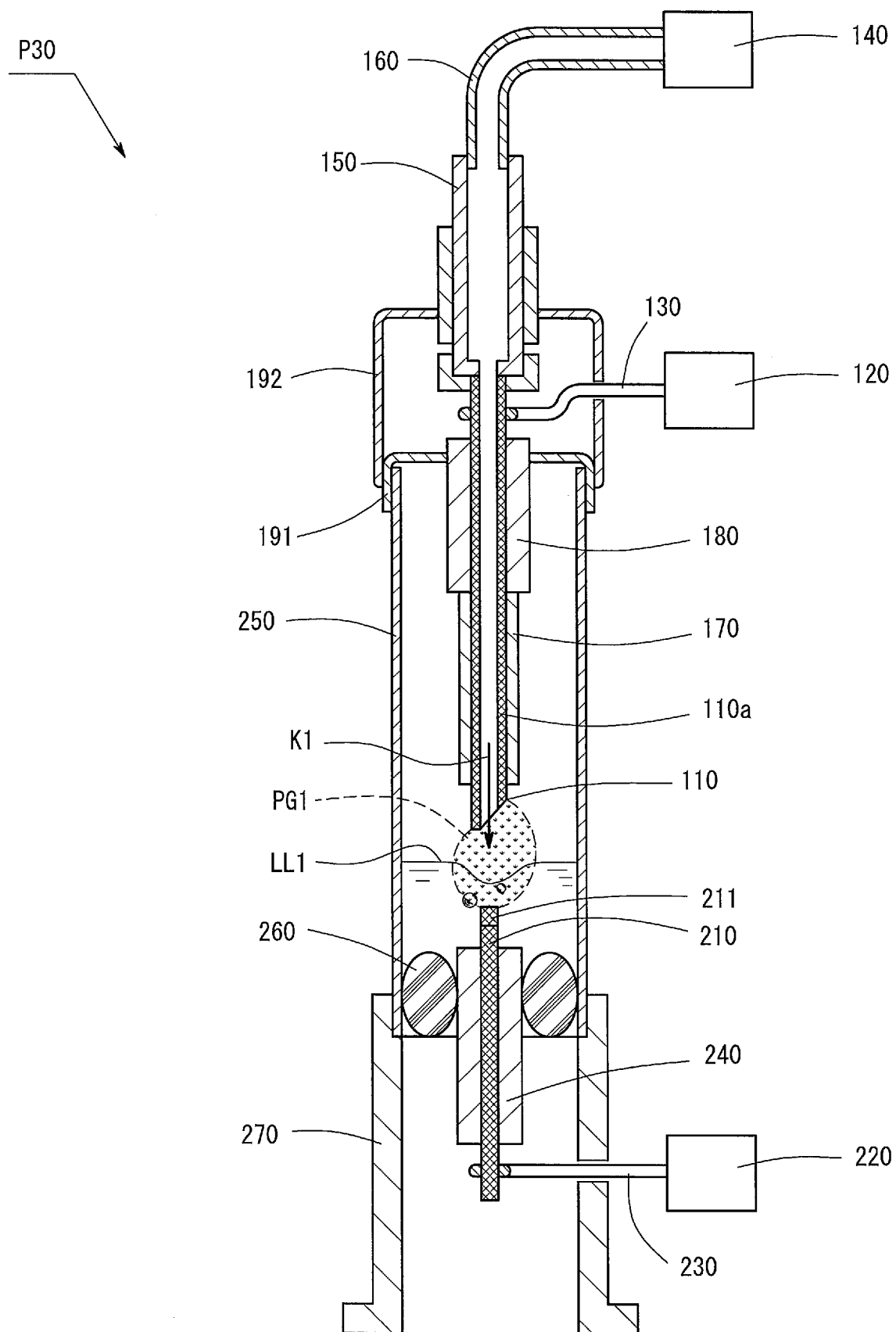
[図5]



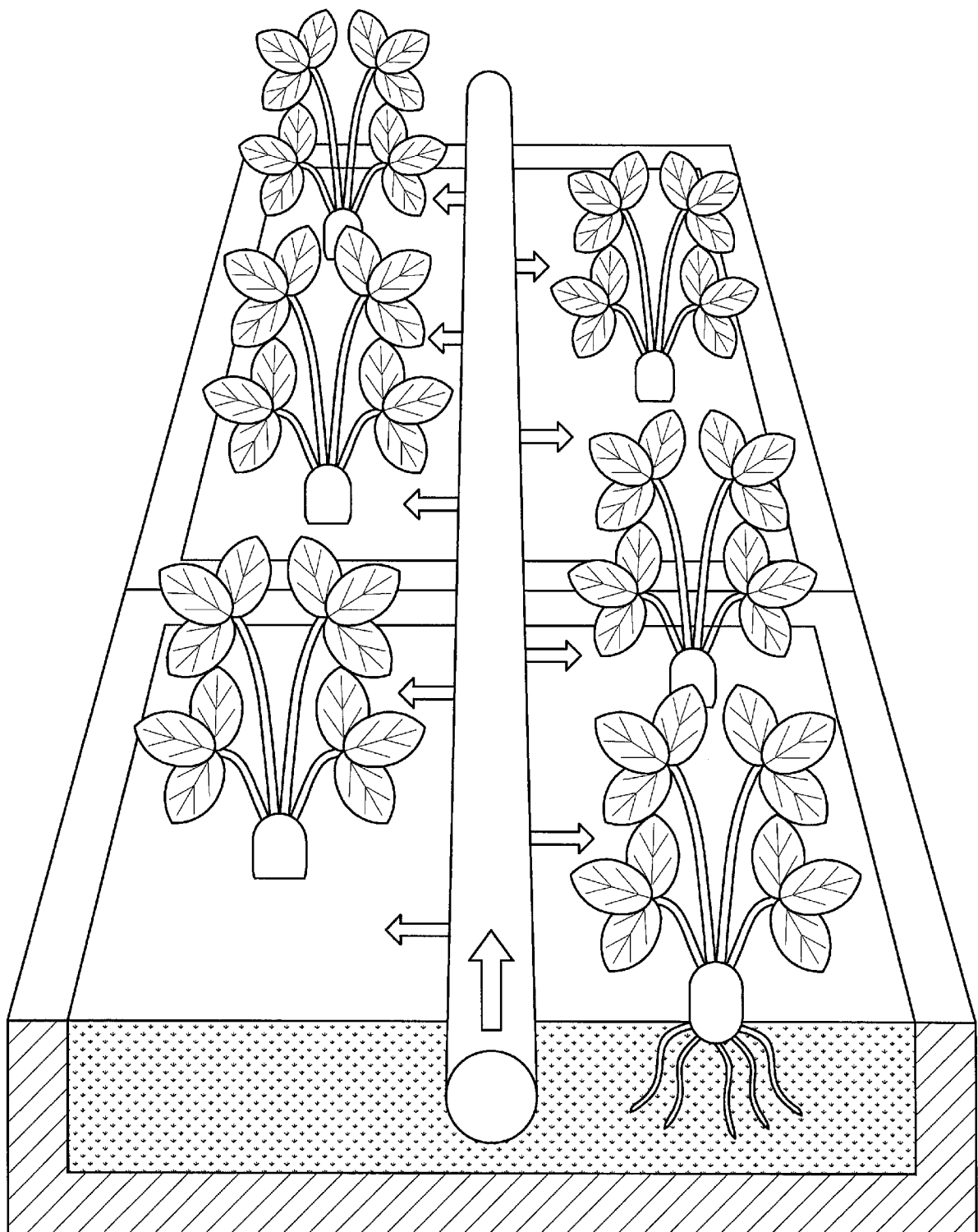
[図6]



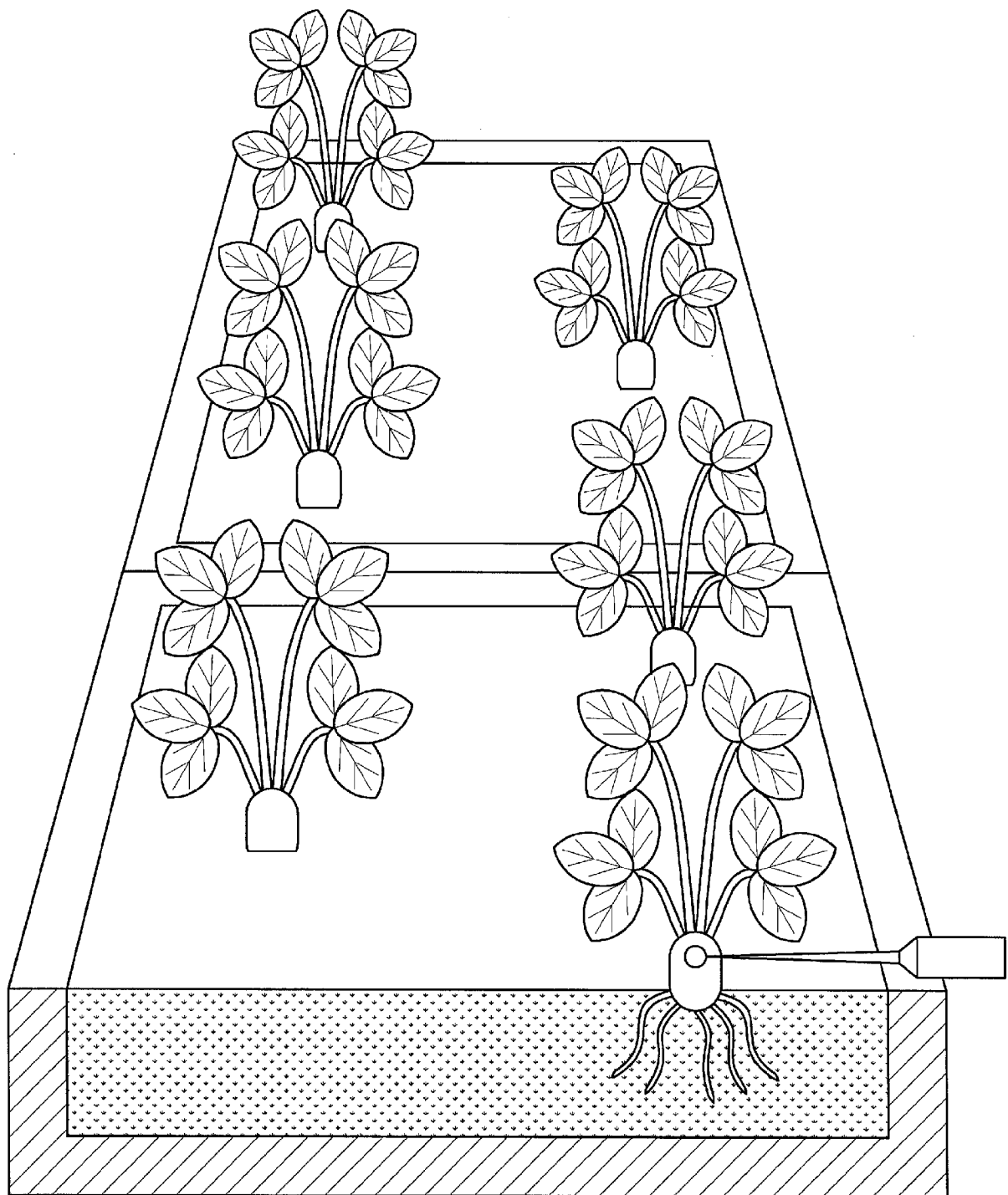
[図7]



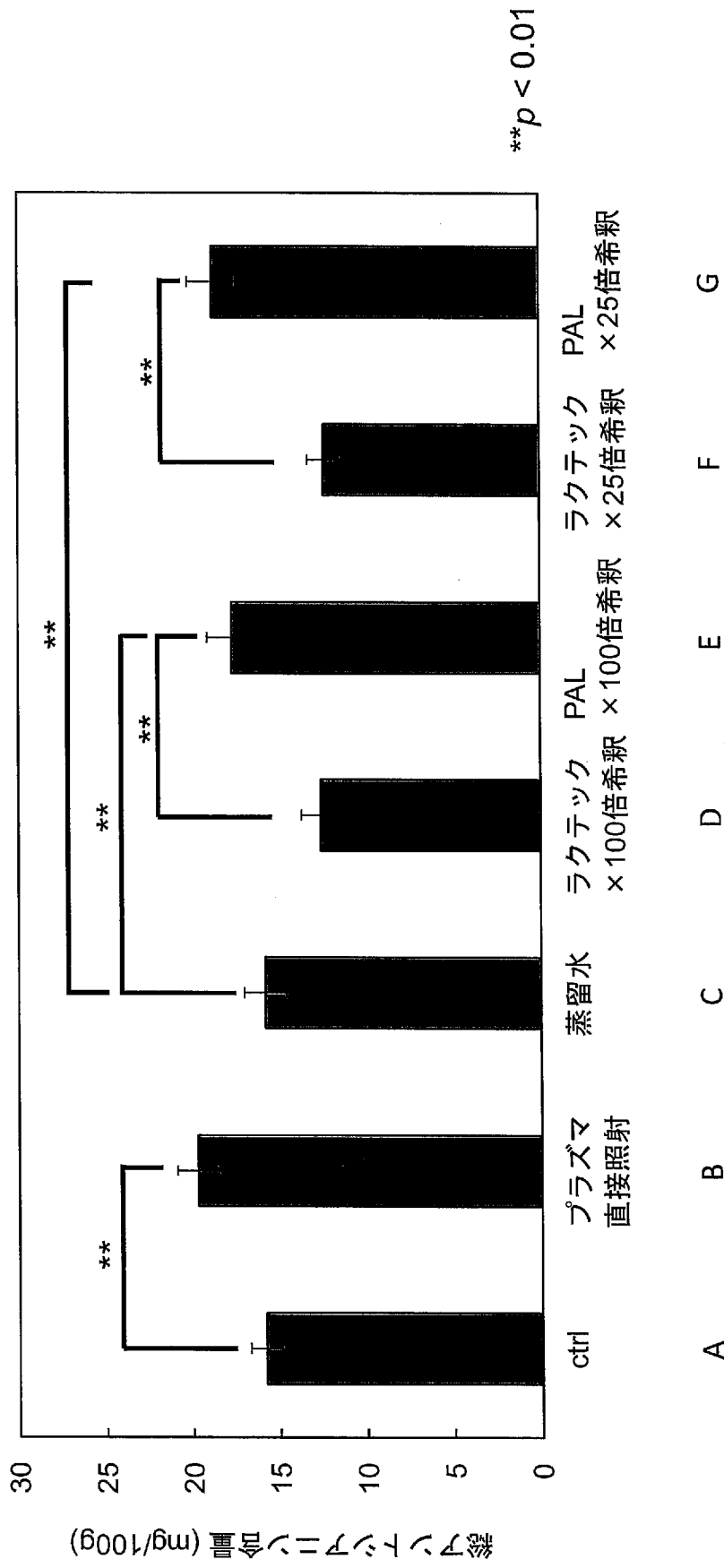
[図8]



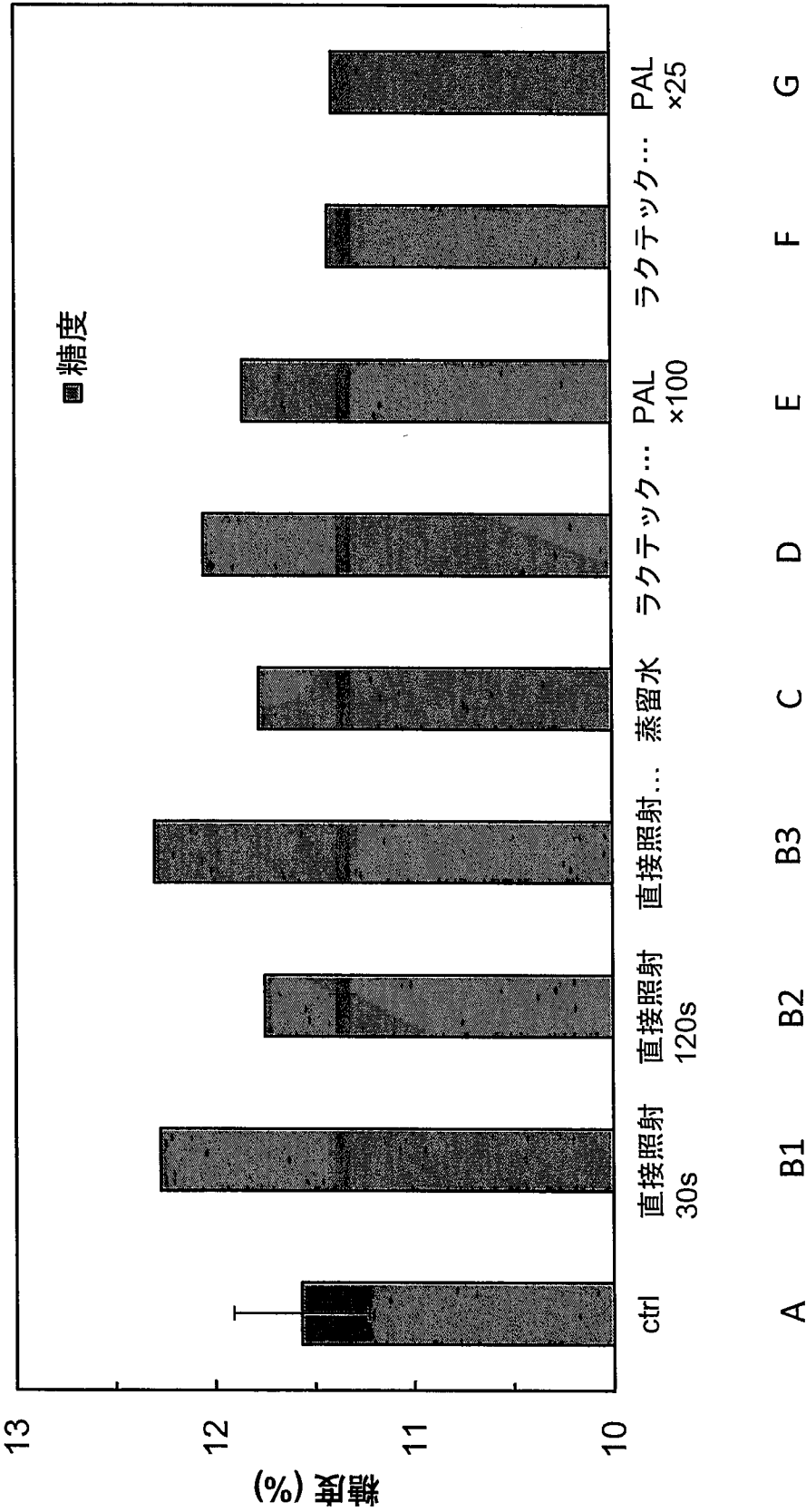
[図9]



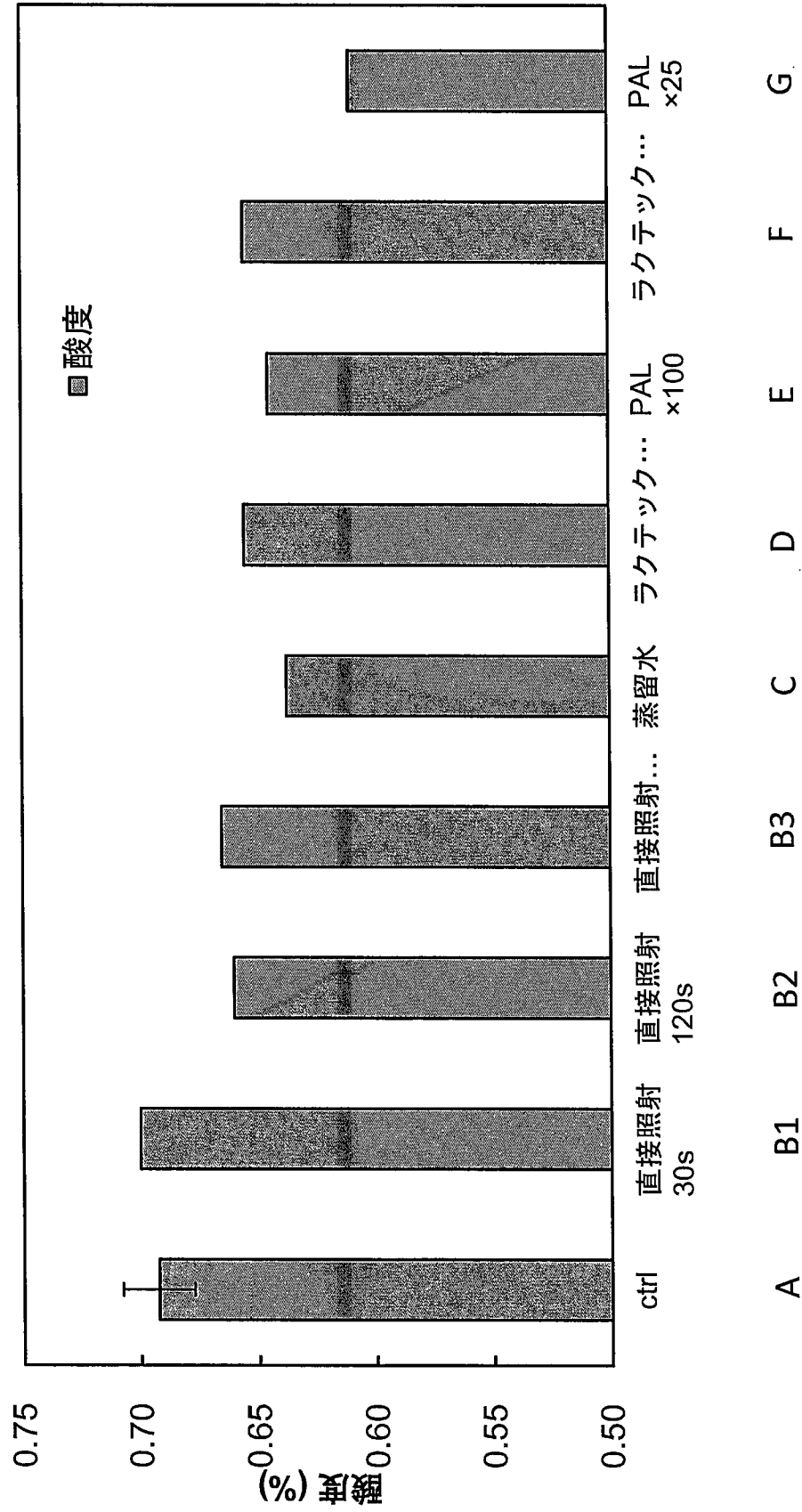
[図10]



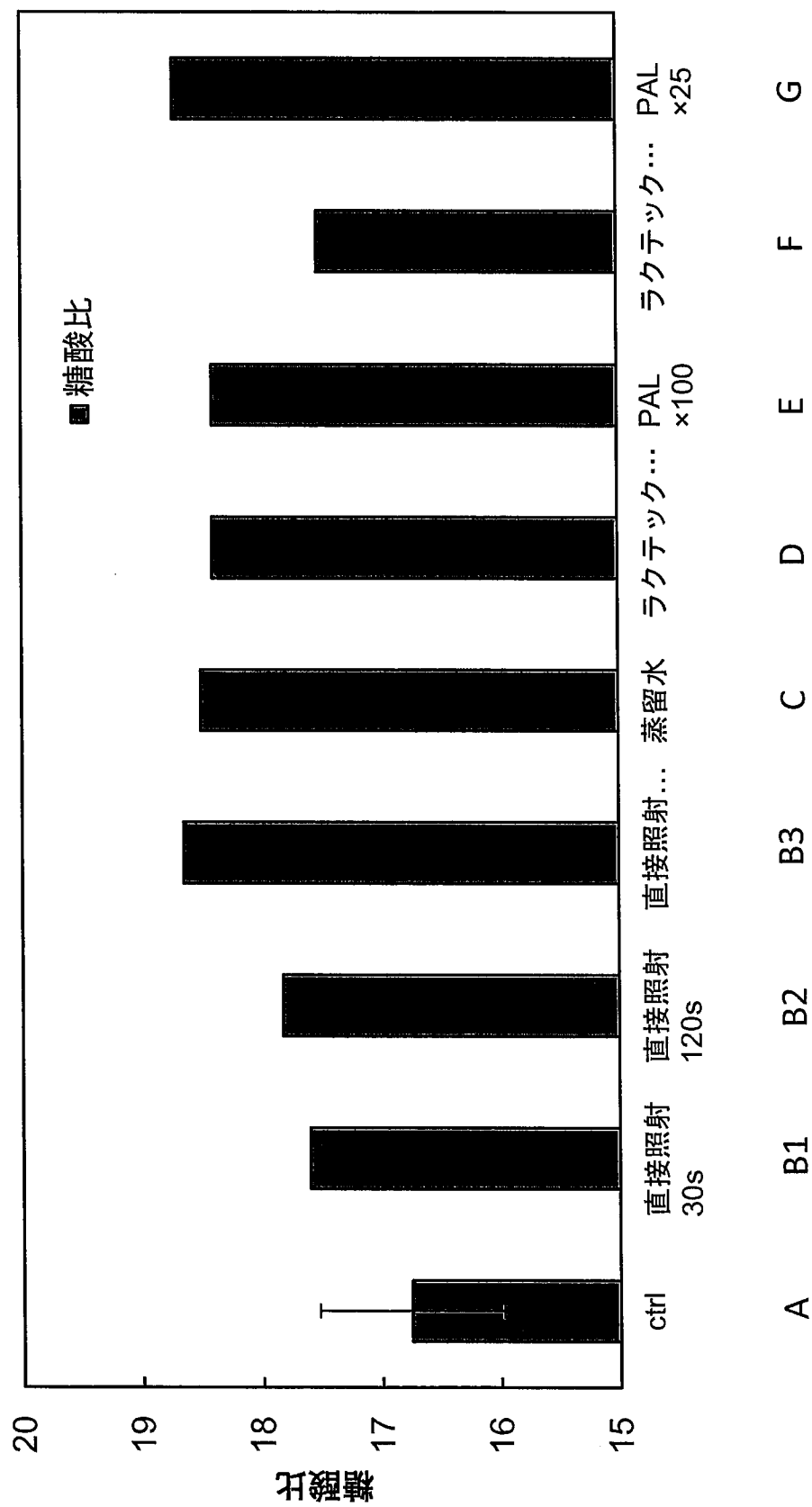
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/017157

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. A01G7/00 (2006.01) i, H05H1/24 (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)

Int.Cl. A01G7/00, H05H1/24

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-216872 A (PANASONIC IP MANAGEMENT CO., LTD.) 07 December 2015, paragraphs [0049]-[0058] (Family: none)	1-5
A	JP 2011-36213 A (PANASONIC ELECTRIC WORKS CO., LTD.) 24 February 2011, claim 9 (Family: none)	1-5
A	JP 2000-253810 A (MUSASHINO CHEMICAL LABORATORY, LTD.) 19 September 2000, paragraph [0013] (Family: none)	1-5
X	WO 2011/093497 A1 (KYUSHU UNIVERSITY) 04 August 2011, paragraphs [0026]-[0027] & US 2012/0315684 A1, paragraphs [0031]-[0032]	4, 5
X	KOGA, Kazunori et al., "Simple method of improving harvest by nonthermal air plasma irradiation of seeds of Arabidopsis thaliana (L.)", Applied Physics Express, 2016, 9, 016201	4, 5

☐ 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
26 July 2018 (26.07.2018)

Date of mailing of the international search report
07 August 2018 (07.08.2018)

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/JP2018/017157

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

It is clear that although the invention in claim 1 and claims 2-3 referring to claim 1 have the same special technical feature and the invention in claim 4 and claim 5 referring to claim 4 have the same technical feature, there is no special technical feature common to all of claims 1-5.

Also, the claims are classified into two inventions respectively having the following special technical features.

(Invention 1) Invention in claims 1-3

A method for producing a crop, wherein the method is characterized by comprising: an aqueous solution preparation step for preparing a first aqueous solution containing L-sodium lactate; a plasma irradiation step for irradiating the first aqueous solution with atmospheric plasma to obtain a second aqueous solution; and an aqueous solution supplying step for supplying the second aqueous solution to the soil in which the crop is raised.

(Invention 2) Invention in claims 4-5

A method for producing a crop, wherein the method is characterized in that atmospheric plasma is radiated directly onto a region including a growing point of the crop.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. A01G7/00(2006.01)i, H05H1/24(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. A01G7/00, H05H1/24

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2015-216872 A（パナソニック I P マネジメント株式会社） 2015.12.07, [0049] - [0058]（ファミリーなし）	1-5
A	JP 2011-36213 A（パナソニック 電工株式会社）2011.02.24, [請求 項9]（ファミリーなし）	1-5
A	JP 2000-253810 A（株式会社武蔵野化学研究所）2000.09.19, [0 013]（ファミリーなし）	1-5

☒ 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

26.07.2018

国際調査報告の発送日

07.08.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

竹中 靖典

2 B

9507

電話番号 03-3581-1101 内線 3237

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
X	WO 2011/093497 A1 (国立大学法人九州大学) 2011.08.04, [0026] - [0027] & US 2012/0315684 A1, [0031]-[0032]	4, 5
X	Kazunori Koga et al., Simple method of improving harvest by nonthermal air plasma irradiation of seeds of <i>Arabidopsis thaliana</i> (L.), Applied Physics Express, 2016, 9, 016201	4, 5

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求項1とそれを引用する請求項2－3に係る発明、請求項4とそれを引用する請求項5に係る発明には、それぞれ同一の特別な技術的特徴が存在するものの、請求項1－5の全てに共通する特別な技術的特徴が存在しないことは明らかである。

そして、請求の範囲は、各々下記の特別な技術的特徴を有する2の発明に区分される。

（発明1）請求項1－3に係る発明

L-乳酸ナトリウムを含有する第1の水溶液を準備する水溶液準備工程と、前記第1の水溶液に大気圧プラズマを照射して第2の水溶液とするプラズマ照射工程と、農作物を生育する土壤に前記第2の水溶液を供給する水溶液供給工程と、を有することを特徴とする農作物の生産方法。

（発明2）請求項4－5に係る発明

農作物の成長点を含む領域に大気圧プラズマを直接照射することを特徴とする農作物の生産方法。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。