

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004 年 10 月 21 日 (21.10.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/090171 A1

(51) 国際特許分類: C13D 1/02, C12P 7/08, C10J 3/00

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/004962

(22) 国際出願日: 2004 年 4 月 6 日 (06.04.2004)

(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2003-102534 2003 年 4 月 7 日 (07.04.2003) JP  
特願2004-027016 2004 年 2 月 3 日 (03.02.2004) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): アサヒビール株式会社 (ASAHI BREWERIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1048323 東京都中央区京橋 3 丁目 7 番 1 号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 小原 聡 (OHARA, Satoshi) [JP/JP]; 〒3020198 茨城県守谷市緑 1-1-21 アサヒビール株式会社 技術開発研究所内 Ibaraki (JP). 富野 義孝 (TOMINO, Yoshitaka) [JP/JP]; 〒3020198 茨城県守谷市緑 1-1-21 アサヒビール株式会社 技術開発研究所内 Ibaraki (JP). 杉本 明 (SUGIMOTO, Akira) [JP/JP]; 〒8913102 鹿児島県西之表市安納 1742-1 独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構 九州沖縄農業研究センター 作物機能開発部 さとうきび育種研究室内 Kagoshima (JP). 氏原 邦博 (UJIHARA, Kunihiro) [JP/JP]; 〒8913102 鹿児島県西之表市安納 1742-1 独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構 九州沖縄農業研究センター 作物機能開発部

さとうきび育種研究室内 Kagoshima (JP). 寺島 義文 (TERAJIMA, Yoshifumi) [JP/JP]; 〒8913102 鹿児島県西之表市安納 1742-1 独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構 九州沖縄農業研究センター 作物機能開発部 さとうきび育種研究室内 Kagoshima (JP).

(74) 代理人: 熊倉 禎男, 外 (KUMAKURA, Yoshio et al.); 〒1008355 東京都千代田区丸の内 3 丁目 3 番 1 号 新東京ビル 中村合同特許法律事務所 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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, 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, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: PROCESS FOR PRODUCING SUGAR AND USEFUL SUBSTANCE

(54) 発明の名称: 砂糖及び有用物質を製造する方法

(57) Abstract: It is intended to provide a process for producing sugar and ethanol wherein energy to be consumed in the step of producing sugar and ethanol, etc. can be almost completely covered by energy obtained by burning sugar cane bagasse without causing any loss in sugar yield. Namely, a process for producing sugar and a useful substance from sugarcane which comprises: (a) the step of producing press juice and bagasse from sugarcane; (b) the step of producing sugar and waste molasses from the press juice; and (c) the step of producing energy and a useful substance from the press juice, the waste molasses and the bagasse obtained in the steps (a) and (b); characterized by the sugarcane containing 15% by mass of more fibers in the stem, the dry yield thereof per unit area being 40 t/ha/year or larger, and 90% or more of the energy required in the all steps of the above-described production process being covered by the energy obtained by burning the bagasse.

(57) 要約: 本発明は、砂糖の減量を招くことなく、サトウキビからの搾り粕を燃焼して得られるエネルギーにより砂糖及びエタノールの製造工程等で消費されるエネルギーのほぼすべてを賄うことができる砂糖及びエタノールの製造方法を提供することを目的とする。本発明は、(a) サトウキビから搾汁及び搾り粕を生成する工程と、(b) 前記搾汁から砂糖及び廃糖蜜を生成する工程と、(c) 工程 (a) 及び (b) より得られる搾汁、廃糖蜜及び搾り粕を原料とするエネルギー及び有用物質を生産する工程とを含むサトウキビから砂糖及び有用物質を製造する方法であって、前記サトウキビの底茎部に 15 質量%以上の繊維分を含有し、かつ、単位面積当たりの乾物収量が 40 t/ha/year 以上であり、前記搾り粕を燃焼して得られるエネルギーから前記製造方法のすべての工程で必要とされるエネルギーの 90%以上を得ることを特徴とする前記方法を提供する。

WO 2004/090171 A1

## 明細書

## 砂糖及び有用物質を製造する方法

## (発明の背景)

本発明はサトウキビから砂糖及び廃糖蜜を原料とするアルコール、プラスチック等を製造する方法に関する。

植物由来の燃料用エタノールは炭酸ガス増加を防ぐガソリン代替液体燃料として期待されている。植物由来のエタノールの製造に関して、従来からサトウキビを原料とする製造方法が知られている(図1)。この方法では、搾り粕を燃焼して得られるエネルギーから、エタノール製造で必要とされるほぼすべてのエネルギーを得ることができるという利点を有している。しかしながら、サトウキビをエタノール原料とした場合、砂糖生産と競合するため、現在の耕作面積でエタノールを作ると、食糧である砂糖生成量の減量を招くという問題がある。

一般に、サトウキビからの砂糖(粗糖)の製造は図2に示す方法で生成される。ここで、砂糖の製造工程で副生される廃糖蜜を用いてエタノールを製造する方法も提案されている(図3)。この方法では、通常繊維分含量が10～12質量%程度のサトウキビを使用し、砂糖を製造しつつ、搾り粕を燃焼させて砂糖及びエタノール製造に必要なエネルギーを補っている。従って、上記の砂糖の減量という問題は解消されるが、搾り粕を燃焼して得られるエネルギーが少なく、これでは砂糖製造工程等で消費されるエネルギーを賄うことはできず、エネルギーの不足分を電力又は重油から得られるエネルギーで補う必要がある。さらに、廃糖蜜が少ないために得られるエタノール量も少ない。

(発明の開示)

従って、本発明は砂糖の減量を招くことなく、製造されるエタノール量を増大し、サトウキビからの砂糖及びエタノールの製造において排出される搾り粕を燃焼して得られるエネルギーにより、前記砂糖及びエタノールの製造工程等で消費されるエネルギーのほぼすべてを賄うことができる、サトウキビから砂糖及びエタノールを製造する方法を提供することを目的とする。

上記問題点に関して、本発明者らが鋭意検討した結果、サトウキビとして、特にサトウキビの蔗茎部に15質量%以上の繊維分を含有するサトウキビを用いて製造方法を最適化することにより、砂糖生産及びエタノール生産を両立し、エネルギー的にも効率よく製造できることがわかった。本発明は、上記知見に基づいて完成されたものである。

すなわち、本発明は、

- (a) サトウキビから搾汁及び搾り粕を生成する工程と、
  - (b) 前記搾汁から砂糖及び廃糖蜜を生成する工程と、
  - (c) 工程 (a) 及び (b) より得られる搾汁、廃糖蜜及び搾り粕を原料とするエネルギー及び有用物質を生産する工程とを含むサトウキビから砂糖及び有用物質を製造する方法であって、
- 前記サトウキビの蔗茎部に15質量%以上の繊維分を含有し、かつ、単位面積当たりの乾物収量が40 t/ha/year以上であり、
- 前記搾り粕を燃焼して得られるエネルギーから前記製造方法のすべての工程で必要とされるエネルギーの90%以上を得ることを特徴とする前記方法を提供する。

(図面の簡単な説明)

図1は、サトウキビからエタノールを製造する方法の概略である

図2は、サトウキビから砂糖を製造する方法の概略である。

図 3 は、廃糖蜜からエタノールを製造する方法の概略である。

図 4 は、本発明の粗糖及び廃糖蜜の製造方法の 1 つの例の製造フローを示す。

図 5 は、砂糖の結晶化のマスバランスを示す。

図 6 は、エタノールの製造方法の 1 つの例の概略である。

図 7 は、エタノールの製造方法の 1 つの例の製造フローを示す。

図 8 は、本発明の砂糖及びエタノールの製造方法の 1 つの例の概略である。

図 9 は、バガスの燃焼エネルギーの計算方法を示す。

図 10 は、結晶化回数と粗糖収量及び収率との関係を示すグラフである。

図 11 は、糖蜜中の蔗糖残存率を示すグラフである。

図 12 は、糖蜜中の HMF 及び色度を示すグラフである。

(発明を実施するための最良の形態)

本発明の砂糖及びエタノールを製造する方法は、

- (a) サトウキビから搾汁及び搾り粕を生成する工程と、
- (b) 前記搾汁から砂糖及び廃糖蜜を生成する工程と、
- (c) 工程 (a) 及び (b) より得られる搾汁、廃糖蜜及び搾り粕を原料とするエネルギー及び有用物質を生産する工程とを含む。

サトウキビから搾汁及び搾り粕を準備する工程は、当業者に公知の方法、例えば圧搾工程により行うことができる。具体的には、刈り取ったサトウキビの蔗莖部をカッターで 15～30 cm に切断し、シュレッダーで細かく碎き、ミルロールで糖汁を搾り出す。搾出率をよくするために最終ロールに注水して 95～97% の糖分を搾り出す。次いで、ジュースヒーターで 80～100℃ に加熱し、石灰混和槽において、石灰を添加して不純物を石灰塩として沈殿させ、上澄液を蒸発濃縮する。得られる搾汁は、主にスクロース、グルコース等を含む。また、搾り粕は、主にセルロース、ヘミセルロース、リグニン等を含む。

本明細書において「サトウキビ」とは、一般にイネ科 (Gramineae)、キビ亜科 (Panicoideae)、オガルカヤ族 (Andropogoneae)、サトウキビ属 (Saccharum L.) に属する多年生草本で *Saccharum spontaneum* L.、*Saccharum officinarum* L.、*Saccharum robustum* Jeswiet、*Saccharum Barberi* Jeswiet、*Saccharum sinense* Roxb.、*Saccharum edule* の 6 種と、それら相互の種間雑種を言うが、さらに近縁属植物 (Miscanthus 属、Sorghum 属、Erianthus 属、Ripidium 属等) との属間雑種で、可製糖 (スクロース) を 5 % 以上含有しているものを含む。なお、種間雑種、属間雑種は *Saccharum hybrids* と総称されている。本発明の製造方法で使用するサトウキビは、サトウキビ属植物間の種間交雑、サトウキビ属植物と近縁属植物 (Sorghum 属、Miscanthus 属、Erianthus 属、Ripidium 属等) との属間交雑、及びそれらの 3 系交雑によって作出された雑種のうち、温帯地域の畑地においてサトウキビの通常株出栽培法に従って 1 年間栽培した時に、サトウキビの蔗茎部の繊維分含有量が 15 質量% 以上のものであり、好ましくは 20 ~ 25 質量% のものである。繊維分含有量が 15 質量% 以上の場合には、上記搾り粕を燃焼して得られるエネルギー量から、本発明の製造方法のすべての工程で必要とされるエネルギーの 90 % 以上を得ることができる。本発明の製造方法のすべての工程で必要とされるエネルギーの 95 % 以上を得ることがより好ましく、特に 100 % を得るのがより好ましい。

ここで、サトウキビの蔗茎部の繊維分含有量の測定は製糖化学便覧 (日本分蜜糖工業会) に記載されている方法に準拠して行うことができる。例えば、以下の手順で繊維分含有量を測定できる。

- (1) サトウキビ (測定に用いるサンプル) の蔗茎部 10 本をシュレッダーで細断する。
- (2) 細断したサンプルから 500 g を計り取る。
- (3) 油圧プレスで 500 g の上記サンプルを搾汁する。

(4) 残差の質量(搾汁バガス重)を測定し、布袋に入れて乾燥機で乾燥させる。

(5) 90℃で48時間以上乾燥させた後、乾燥後のバガス質量(乾燥バガス重)を測定する。

(6) 下記式からバガス繊維重を算出する。

バガス繊維重 = 乾燥バガス重 - (搾汁バガス重 - 乾燥バガス重) × 搾汁 / (100 - 搾汁)

(7) 次いで、下記式から繊維分含有量を算出する。

繊維分含有量 = バガス繊維重 / 500 g × 100

さらに、本発明の製造方法で使用するサトウキビは、単位面積当たりの乾物収量が40 t / ha / year以上の多収性品種である。このような収量であれば、製造される砂糖の減量を招くことはない。さらに砂糖及び有用物質、特にアルコールやプラスチックを効率よく製造するためには、単位面積当たりの乾物収量が65 t / ha / year以上であることが好ましく、80 t / ha / year以上であることがさらに好ましい。サトウキビの単位面積当たりの乾物収量は、例えば、以下の手順で測定できる。

(1) 収穫したサトウキビの茎の中から生育が中庸なサンプル5本を選ぶ(できるだけ枯れ葉を落とさないようにサンプリングしてくる)。

(2) 選んだ5本の茎すべての生重を枯れ葉や梢頭部をつけた状態で測定する。

(3) 生重を測定した5本の茎をネットに詰めて、乾燥機で乾燥させる(時間はものによって変わってくるが、茎は乾燥しにくいので、搾り粕を乾燥させるよりも時間がかかる)。

(4) 乾燥後、5本の茎の乾燥質量を測定する。

(5) 下記式から乾物率を算出する。

乾物率 = 5本の茎の乾燥質量 / 5本の茎の生重 × 100

(6) 単位面積当たりの収穫した全体の生重（枯れ葉、梢頭部含む）に乾物率を乗じて、単位面積当たりの乾物量を得る。

本発明の製造方法で使用する上記サトウキビとしては、例えば本発明者らが育種・開発したサトウキビである 95GA-27、S8-42、KRSp93-21 及び KRSp93-30（杉本明、熱帯農業，46，Extra Issue 2，p49-50（2002））、S3-32、S3-10、SY480、SY435、SY478 及び 97S-133（杉本明、熱帯農業，45，Extra Issue 2，p57-58（2001））、及び S3-31（杉本明、熱帯農業，45，Extra Issue 2，p59-60（2001））等が挙げられる。これらのサトウキビの繊維分含量及び乾物収量を表 1 に示す。なお、表 1 には比較としてサトウキビの普及品種の平均値及び従来種（NC0310）についてのデータも併せて示す。

表1

| サトウキビ品種                                                         | 乾物収量<br>(t/ha/year) | 繊維分含量<br>(質量%) |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------|----------------|
| 95GA-27 <sup>1)</sup>                                           | 66.4                | 20.5           |
| S3-32 <sup>2)</sup>                                             | 91.4                | 20.8           |
| S3-10 <sup>2)</sup>                                             | 90.8                | 23             |
| SY480 <sup>2)</sup>                                             | 84.7                | 21.1           |
| SY435 <sup>2)</sup>                                             | 72                  | 17.1           |
| SY478 <sup>2)</sup>                                             | 71.7                | 17.3           |
| 97S-133 <sup>3)</sup>                                           |                     | 19.1           |
| S3-31 <sup>4)</sup>                                             | 73                  | 15.7           |
| S8-42 <sup>1)</sup>                                             | 44.6                | 19.1           |
| KRSp93-21 <sup>1)</sup>                                         | 53.1                | 22.4           |
| KRSp93-30 <sup>1)</sup>                                         | 58.5                | 22.5           |
| サトウキビ普及品種 (従来種:<br>NC0310、NiF5、Ni<br>F8、Ni12の平均値) <sup>2)</sup> | 17.0                | 12.0           |
| NC0310 (従来種) <sup>4)</sup>                                      | 14.2                | 10.5           |

<sup>1)</sup> 3反復乱塊法 (杉本明、熱帯農業, 46, Extra Issue 2, p 49-50 (2002))。

<sup>2)</sup> 約9ヶ月栽培、反復なし (杉本明、熱帯農業, 45, Extra Issue 2, p 57-58 (2001))。

<sup>3)</sup> 12ヶ月栽培、反復なし (杉本明、熱帯農業, 45, Extra Issue 2, p 57-58 (2001))。



- 4) 約150日栽培、反復なし（杉本明、熱帯農業、45, Extra Issue 2, p 59-60 (2001))。

従来、砂糖製造に適したサトウキビとして奨励される品種は、蔗糖（スクロース）含量が多く、繊維分含量が少ない品種であった。しかしながら、本発明の製造方法においては、逆に砂糖製造には奨励されない繊維分含量の多い品種を原料として使用することによって、砂糖及び有用物質、特にアルコールやプラスチックの製造工程で必要とされるほぼすべてのエネルギーを繊維分から得ることができ、これを特徴としている。さらに、乾物収量の多い品種を原料として使用することで、砂糖生産量及び有用物質、特にアルコールやプラスチックの生産量を高めることができ、従って、本発明の製造方法は、砂糖及び有用物質、特にアルコールやプラスチックの生産性の向上と省エネルギーとを達成し、当該関連産業の発達に資する技術である。従来、我が国で品種として認められているサトウキビは、砂糖原料となる蔗糖（スクロース）の含量が高く、生産性向上の為に、蔗茎部の繊維分含量が低い品種が多い。品種改良により作られた遺伝資源の中には、全体収量は多いが、蔗糖含量が少なく、繊維分含量が多いものがある。これらの中には、上記理由により、未だ品種として認められていないものがある。上記のような品種として未登録なサトウキビ遺伝資源を本システムで用いれば、生成搾り粕が多いため、製造工程に必要なエネルギーのすべてを搾り粕を燃焼して得ることができ、また全体収量増により蔗糖含量の少なさがカバーできる。本システムで用いるサトウキビとしては、蔗茎部の可製糖（スクロース）が7質量%以上、かつ、全糖として10質量%以上含有しているものが好ましい。

前記搾汁から砂糖及び廃糖蜜を生成する工程は、当業者に公知の方法で、例えば砂糖を結晶化することにより行うことができる。具体的には、前記搾汁を少量ずつ（0.5～1kl）吸引減圧下で加熱濃縮を繰り返し、一定の大きさ以上の

砂糖結晶を取り出す。遠心分離機で砂糖結晶と廃糖蜜とに分離する。本発明の粗糖及び廃糖蜜の製造方法の1つの例の製造フローを図4に示す。

前記砂糖の結晶化は2回以下であるのが好ましい。図5に示すように、砂糖の結晶化においては、回数を経ることによって得られる砂糖の量が減少し、エネルギー的にも効率が低下する。本発明においては、上述した特定のサトウキビを用いることによって、2回以下の砂糖の結晶化であっても製造される砂糖の減量を招くことなく、効率的にエタノールを製造することができる。さらに、結晶化回数に比例して増加するエタノール発酵阻害物質の抑制を図ることができる。本発明においては、前記砂糖の結晶化は1回とするのが好ましい。

上記工程(a)及び(b)より得られる搾汁、廃糖蜜及び搾り粕を原料とするエネルギー及び有用物質を生産する工程は、当業者に公知の方法で行うことができる。ここで有用物質とは、糖質及び植物性セルロース分を原料とする燃料及び物質をいい、例えば、メタノール、エタノール、ブタノール等のアルコール、メタン、水素等の可燃性ガス、ポリ乳酸、ポリヒドロキシアルカノエート等の糖質を原料とする生分解性プラスチック及びアミノ酸、蛋白質等の微生物産生の機能性物質等が挙げられる。本発明の1つの実施態様において、前記廃糖蜜からエタノールを生成する工程は、当業者に公知の方法で行うことができる。エタノール製造方法としては、廃糖蜜に酵母などの発酵性微生物を作用させてエタノールを生産させる方法がよく行われている。また発酵方法については、発酵微生物と廃糖蜜を所定の割合で添加し発酵させる回分式、発酵性微生物を固定化後、廃糖蜜を連続供給し発酵させる連続式などある。さらに、生成したエタノールを精製分離する方法として、蒸留法、膜分離法が知られている。

例えば下記のような方法で行うことができる(図6及び7)。

1) 発酵性微生物：日本醸造協会酵母、例えば協会7号(*Saccharomyces cerevisiae*)。

2) 発酵方法：アルギン酸カルシウムゲルに酵母を固定化し、発酵温度 10～20℃で行う。生成したエタノールは蒸留および膜分離処理により分離精製する。

3) 培養液：廃糖蜜を糖濃度 20%になるように希釈調整して用いる。

本発明の砂糖及びエタノールの製造方法の 1 つの例の概略を図 8 に示す。

なお、工程のエネルギーを生成するために必要な搾り粕の量を超えて発生した余剰搾り粕については、当業者に公知な方法を用いて糖化することで、新たな発酵原料とすることができる。

搾り粕の糖化工程は、例えば酸による加水分解、セルラーゼ等の酵素による糖化、高温高压水による加水分解等により行うことができる。具体的には、酸加水分解では、搾り粕を塩酸、硫酸等の酸に浸漬させて、搾り粕の主成分であるセルロースのグルコシド結合を開裂させることによりグルコースを得る。使用した酸は回収・再利用する。セルラーゼによる酵素糖化では、例えば搾り粕を粉碎し、アルカリ処理等により前処理した後、セルラーゼを作用させて搾り粕の主成分であるセルロースをグルコースに変換する。高温高压水による加水分解では、例えば 300℃以上の亜臨界、超臨界状態の高温高压の水中に搾り粕を導入し、搾り粕の主成分であるセルロースを分解し、グルコースを得る。

#### 実施例 1：砂糖及びエタノールの製造

##### (圧搾工程)

刈り取ったサトウキビ (97S-133) の蔗茎部をカッター (ナイフ 13～72 枚、375～675 rpm) で 15～30 cm に切断し、シュレッダーで細裂化する。細裂化されたサトウキビを 3 本 1 組の 4 重 (12 本) 又は 5 重 (15 本) のミルロールで圧搾し、糖汁を搾り出す。搾出率をよくするために最終ロールに注水して 95～97% の糖分を搾り出す。搾汁の糖度は Bx 13～15 である。次いで、ジュースヒーターで糖汁を 80～100℃ に加熱し (加熱面積 4 m<sup>2</sup>)、石灰混和槽において、灰を添加して (pH 7.6～8.0、0.07% Ca

O(対サトウキビ))、不純物を石灰塩として沈殿させ(上澄液は濃縮工程に送る)、オリバーフィルタ(回転数6rpm、ケーキ量2~4%(対サトウキビ)、水洗量:ケーキの150%、ケーキの糖分:0.8~1.7%)で濾過して濾液を濃縮工程に送る。上澄液及び濾液を四重効用缶で、減圧化で連続的に蒸発濃縮を行い、搾汁を得る(Bx60)。

#### (結晶化工程)

砂糖晶析缶において、濃縮工程で得られた搾汁を少量ずつ(0.5~1kl)吸引減圧下で加熱濃縮を繰り返し、一定の大きさの砂糖結晶を取り出す(Bx92~93)。次いで、遠心分離機で一定量ずつ(200~400リットル)砂糖結晶と廃糖蜜とに分離する(1200~1500rpm、5~10分間サイクル、下網8メッシュ上網0.35)。

#### (エタノール製造工程)

純粋分離した酵母菌株(日本醸造協会9号酵母)を前培養培地①(グルコース2.0%(w/v)、Yeast Nitrogen Base(w/o:AA-AS)0.17%(w/v)、硫酸アンモニウム0.5%(w/v))を含む試験管に植菌し、30℃で12時間振盪培養した(125rpm)。次に、前培養培地②(グルコース2.0%(w/v)、Yeast Extract1.0%(w/v)、Bacto Peptone2.0%(w/v))を含む坂口フラスコ(容量500ml)に $2 \times 10^6$  cell/mlとなるように酵母を植菌し、30℃で6時間振盪培養し(125rpm)、対数増殖期(4世代増殖後)の酵母を発酵用として採取した。

得られた酵母を $2 \times 10^7$  cell/mlとなるように植菌して三角フラスコ中の500ml発酵用培地に移し、30℃でエタノール発酵させた。結晶化工程で分離された廃糖蜜を糖濃度10%(w/v)となるように調整し、発酵用培地とした。嫌気条件下で3日間静置し、発酵させた。発酵終了後は、発酵液を0.45μm孔径のメンブランフィルターで濾過した後、ガスクロマトグラフ法によ

りエタノール濃度を測定した。エタノール 4.5% (w/v) の発酵液が得られた。

実施例 2：多収性サトウキビ 95GA-27 と従来種（サトウキビ普及品種）から得られる生成物量及びエネルギー計算

多収性サトウキビ 95GA-27 と従来種（サトウキビ普及品種）から得られる粗糖及びエタノール生産量及びエネルギー生産量を結晶化回数を変えて計算した。実施例 1～3 は得られるバガスを全量燃焼した場合であり、実施例 4～6 は必要なエネルギー分だけバガスを燃焼し、残りのバガスは糖化後エタノール生産に使用した場合であり、比較例 1～3 は得られるバガスを全量燃焼した場合である。計算結果を表 4 に示す。

なお、それぞれの値は以下のようにして計算した。

(1) 粗糖、エタノール及びバガス生産量

表 2 に示したデータを用いて、下記式に従って、粗糖、エタノール及びバガス生産量を計算した。

①粗糖生産量[t/ha]  
=サトウキビ単位収量[t/ha] ×  $\frac{\text{可製糖率}[\%]}{100}$  ×  $\frac{\text{圧搾効率}[\%]}{100}$  ×  $\frac{100 - \text{清澄化ロス}[\%]}{100}$  ×  $\frac{\text{結晶化収率}[\%]}{100}$  ×  $\frac{100 - \text{遠心ロス}[\%]}{100}$

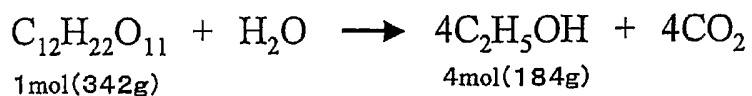
②廃糖蜜中の可製糖量[t/ha]  
=サトウキビ単位収量[t/ha] ×  $\frac{\text{可製糖率}[\%]}{100}$  ×  $\frac{\text{圧搾効率}[\%]}{100}$  ×  $\frac{100 - \text{清澄化ロス}[\%]}{100}$  ×  $\frac{100 - \text{結晶化収率}[\%]}{100}$  ×  $\frac{100 - \text{遠心ロス}[\%]}{100}$

③廃糖蜜中の非可製糖量[t/ha]  
=サトウキビ単位収量[t/ha] ×  $\frac{\text{非可製糖率}[\%]}{100}$  ×  $\frac{\text{圧搾効率}[\%]}{100}$  ×  $\frac{100 - \text{清澄化ロス}[\%]}{100}$  ×  $\frac{100 - \text{遠心ロス}[\%]}{100}$

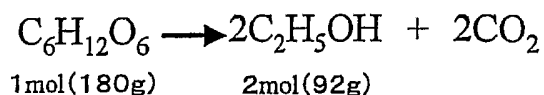
④エタノール生産量[t/ha]  
= (廃糖蜜中可製糖量[t/ha] × 0.69[kL/t] + 廃糖蜜中非可製糖量[t/ha] × 0.655 [kL/t]) ×  $\frac{\text{発酵効率}[\%]}{100}$

⑤バガス生成量[t/ha]  
=サトウキビ単位収量[t/ha] ×  $\frac{\text{繊維分含率}[\%]}{100}$  ×  $\frac{100}{\text{水分含率}[\%]}$

可製糖（スクロース）



非可製糖（グルコース, フルクトース）



理論収量

可製糖 1 [g] → エタノール 0.538 [g] = 0.690 [mL]

非可製糖 1 [g] → エタノール 0.511 [g] = 0.655 [mL]

表2 計算に使ったデータ

|         |      |       |
|---------|------|-------|
| 圧搾効率    |      | 95%   |
| 清澄化ロス   |      | 1.5%  |
| 結晶化収率   | 1回   | 71.7% |
|         | 2回   | 87.5% |
|         | 3回   | 95.4% |
| 遠心分離ロス  | 可製糖  | 5%    |
|         | 非可製糖 | 10%   |
| 発酵効率    |      | 95%   |
| バガス水分含率 |      | 50%   |

## (2) バガスの燃焼エネルギー

バガスの燃焼エネルギーは図9に示す理論的考察に基づいて計算した。得られたバガスの燃焼エネルギーは、蒸気量に関して、バガス1トン当たり1.85トンであり、発電量に関して、バガス1トン当たり74kWhである。

## (3) 粗糖製造に必要なエネルギー

粗糖製造に必要な蒸気量は、「平成13/14年 さとうきび及び甘しや糖生

産実績」(沖縄県農林水産部)の80ページの表のバガスと重油の燃料消費量から上記バガスの燃焼エネルギーの考察に基づいて、原料1トン当たりの蒸気量として求めた。また、粗糖製造に必要な発電量は、「原料糖製造法」(山根獄雄著、精糖技術研究会発行)の43ページに記載のデータに基づいて決定した。さらに、結晶化回数を1回及び2回に減らしたときの蒸気量及び発電量を、「原料糖製造法」(山根獄雄著、精糖技術研究会発行)の41～43ページの表2・1及び表2・3に示すデータに基づいて計算した。すなわち、結晶化に関する「煎糖、助晶、分蜜」の部分のエネルギーを3分割して回数によって配分して計算した。得られた粗糖製造に必要な蒸気量及び発電量を表3に示す。

表3 粗糖製造に必要なエネルギー

|       | 必要蒸気量<br>[t-蒸気/t-甘蔗] | 必要電力量<br>[kWh/t-甘蔗] |
|-------|----------------------|---------------------|
| 3回結晶化 | 0.470                | 18.0                |
| 2回結晶化 | 0.418                | 16.7                |
| 1回結晶化 | 0.366                | 15.4                |

#### (4) エタノール製造に必要なエネルギー

エタノール製造に必要な蒸気量及び発電量は、精糖産業の副産物—産業利用への導入—(日本分蜜糖工業会編)の262ページの表11に示される製造データB、C及びDの平均から求めた。得られたエネルギーは、蒸気量に関して、エタノール1kL当たり5.38トンであり、発電量に関して、エタノール1kL当たり120kWhである。



表 4

|                       | さとうきび品種                    |            | 実施例1    | 実施例2    | 実施例3    |
|-----------------------|----------------------------|------------|---------|---------|---------|
|                       | 95GA27                     |            | (3回結晶化) | (2回結晶化) | (1回結晶化) |
| さとうきび品種の<br>品種特性      | 結晶化回数                      |            |         |         |         |
|                       | 粗糖結晶化収率                    | [%]        | 95.4    | 87.5    | 71.7    |
|                       | 単位収量                       | [t/ha]     |         | 162.5   |         |
|                       | 乾物収量                       | [dry-t/ha] |         | 66.4    |         |
|                       | 可製糖率                       | [%]        |         | 8.8     |         |
|                       | 非可製糖率                      | [%]        |         | 3.6     |         |
| 最終生産物量                | 繊維分率                       | [%]        |         | 20.5    |         |
|                       | 粗糖生産量                      | [t/ha]     | 12.13   | 11.12   | 9.11    |
|                       | エタノール生産量                   | [kL/ha]    | 3.47    | 4.16    | 5.55    |
|                       | バガス生産量(燃焼量)                | [t/ha]     |         | 66.63   |         |
|                       | バガス燃焼による発生蒸気量              | [t/ha]     |         | 123.26  |         |
|                       | バガス燃焼発電量                   | [kWh/ha]   |         | 4930    |         |
| 蒸気使用量                 | 粗糖生産                       | [t/ha]     | 76.38   | 67.93   | 59.48   |
|                       | エタノール製造                    | [t/ha]     | 18.66   | 22.39   | 29.85   |
| 電力使用量                 | 粗糖生産                       | [kWh/ha]   | 2925    | 2714    | 2503    |
|                       | エタノール製造                    | [kWh/ha]   | 416     | 499     | 666     |
| バガス燃焼<br>エネルギー<br>貢献率 | 総消費エネルギーに占める<br>バガス蒸気貢献率   | [%]        | 130     | 136     | 138     |
|                       | 総消費エネルギーに占める<br>バガス発電電力貢献率 | [%]        | 148     | 153     | 156     |

表 4 (続き)

|                       | さとうきび品種                    | 実施例4       |  | 実施例5    |  | 実施例6    |  |
|-----------------------|----------------------------|------------|--|---------|--|---------|--|
|                       |                            | (3回結晶化)    |  | (2回結晶化) |  | (1回結晶化) |  |
| さとうきび品種の<br>品種特性      | 結晶化回数                      |            |  |         |  |         |  |
|                       | 粗糖結晶化収率                    | [%]        |  | 87.5    |  | 71.7    |  |
|                       | 単位収量                       | [t/ha]     |  | 162.5   |  |         |  |
|                       | 乾物収量                       | [dry-t/ha] |  | 66.4    |  |         |  |
|                       | 可製糖率                       | [%]        |  | 8.8     |  |         |  |
|                       | 非可製糖率                      | [%]        |  | 3.6     |  |         |  |
| 最終生産物量                | 繊維分率                       | [%]        |  | 20.5    |  |         |  |
|                       | 粗糖生産量                      | [t/ha]     |  | 12.13   |  | 11.12   |  |
|                       | エタノール生産量                   | [kL/ha]    |  | 5.05    |  | 6.00    |  |
|                       | バガス生産量(燃焼量)                | [t/ha]     |  | 55.96   |  | 54.18   |  |
|                       | バガス燃焼による発生蒸気量              | [t/ha]     |  | 103.53  |  | 100.23  |  |
|                       | バガス燃焼発電量                   | [kWh/ha]   |  | 4141    |  | 4009    |  |
| 蒸気使用量                 | 粗糖生産                       | [t/ha]     |  | 76.38   |  | 67.93   |  |
|                       | エタノール製造                    | [t/ha]     |  | 27.14   |  | 32.29   |  |
| 電力使用量                 | 粗糖生産                       | [kWh/ha]   |  | 2925    |  | 2714    |  |
|                       | エタノール製造                    | [kWh/ha]   |  | 605     |  | 720     |  |
| バガス燃焼<br>エネルギー<br>貢献率 | 総消費エネルギーに占める<br>バガス蒸気貢献率   | [%]        |  | 100     |  | 100     |  |
|                       | 総消費エネルギーに占める<br>バガス発電電力貢献率 | [%]        |  | 117     |  | 117     |  |
|                       |                            |            |  |         |  |         |  |
|                       |                            |            |  |         |  |         |  |

表4 (続き)

|                            | 比較例1       | 比較例2    | 比較例3    |
|----------------------------|------------|---------|---------|
|                            |            |         |         |
| さとうきび品種                    |            |         |         |
| 結晶化回数                      | (3回結晶化)    | (2回結晶化) | (1回結晶化) |
| 粗糖結晶化収率                    | [%]        | 87.5    | 71.7    |
| 単位収量                       | [t/ha]     | 64.7    |         |
| 乾物収量                       | [dry-t/ha] | 26.4*1  |         |
| 可製糖率                       | [%]        | 13.3    |         |
| 非可製糖率                      | [%]        | 3.6*2   |         |
| 繊維分率                       | [%]        | 13.3    |         |
| 粗糖生産量                      | [t/ha]     | 7.30    | 5.48    |
| エタノール生産量                   | [kL/ha]    | 1.46    | 2.71    |
| バガス生産量(燃焼量)                | [t/ha]     | 17.21   |         |
| バガス燃焼による発生蒸気量              | [t/ha]     | 31.84   |         |
| バガス燃焼発電量                   | [kWh/ha]   | 1274    |         |
| 粗糖生産                       | [t/ha]     | 30.41   | 23.68   |
| エタノール製造                    | [t/ha]     | 10.12   | 14.60   |
| 粗糖生産                       | [kWh/ha]   | 1165    | 996     |
| エタノール製造                    | [kWh/ha]   | 226     | 326     |
| 総消費エネルギーに占める<br>バガス蒸気貢献率   | [%]        | 83      | 83      |
| 総消費エネルギーに占める<br>バガス発電電力貢献率 | [%]        | 95      | 96      |

\*1 95GA-27の乾物収量/単位収量の比の値と同等として算出した。

\*2 95GA-27と同等とみなした。

表4から分かるように、本発明の方法を用いることで、従来法に比べエタノール生産量が大きく増加しており、さらに従来法では、バガスの燃焼エネルギーから粗糖製造及びエタノール製造に必要なエネルギーのすべてを得ることはできなかったが、本発明の方法を用いることで、バガスの燃焼エネルギーから粗糖製造

及びエタノール製造に必要な蒸気量及び発電量のすべてを得ることができる。

実施例 3：多収性サトウキビ 95GA-27 を用いた粗糖及び廃糖蜜の製造（ラボスケール）

（1）サトウキビの圧搾・搾汁の清澄化

収穫後のサトウキビ（95GA-27）の蔗茎部約 3 kg をシュレッダーで裁断後、4 重ミルロールで圧搾し、搾汁 2 L（糖度 Bx = 15.2）を得た。搾汁を 3 L 三角フラスコに移し、ウォーターバスにて 70℃まで加熱した後、1.00 g（搾汁重量に対して 0.05%）の  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  を添加して 30 分間攪拌することにより不純物を沈殿させた。次いで、アングルロータ型遠心分離機にて 8000 rpm で 10 分間遠心分離し、上澄みの清澄化搾汁と沈殿物を分離した。

（2）清澄化搾汁の濃縮・結晶化

上記で得られた清澄化搾汁を 3 L 容のロータリーエバポレーターにてフラスコ内温 50℃の吸引減圧下（70～110 mmHg）で約 4 時間濃縮し（蒸発水分量 1700 mL）、約 300 mL の濃縮シラップ（Bx = 80.0）を得た。

（3）濃縮シラップの結晶化

濃縮シラップに、種結晶として市販グラニュー糖（粒径 250～500  $\mu\text{m}$ ）50 g を添加し、フラスコ内温 50℃の吸引減圧下（120 mmHg）で約 4 時間結晶化させた。

（4）粗糖と糖蜜の分離

上記で結晶化させた糖及び糖蜜の混合物を、50～100  $\mu\text{m}$  メッシュの濾布を用いた有孔壁型遠心分離機にて 3000 rpm 20 分間遠心分離し、結晶化糖（一番糖）と糖蜜（一番蜜）に分離した。回収した一番糖は一晩乾燥・放冷後、秤量し、種結晶添加量を差し引いて収量とした。

（5）糖蜜の再結晶化

上記で得られた糖蜜（一番蜜）に注水し、Bx = 80 に合わせた後（3）及

び（４）の作業を繰り返して二番糖及び二番蜜を得た。更にもう一度注水した後（３）及び（４）の作業を繰り返して三番糖及び三番蜜（廃糖蜜）を得た。結晶化回数と粗糖収率の関係を図１０に示す。

図１０から明らかなように、粗糖収率は一番糖で約７０％であり、一番糖と二番糖を合わせると約９０％となる。

上記で得られた糖蜜（一番蜜、二番蜜）について、蔗糖残存率並びに発酵阻害物質であるHMF（ヒドロキシメチルフルフラール）の生成量及び色度を測定し、従来法での廃糖蜜（三番蜜）と比較した。蔗糖残存率は、実施例１の濃縮シロップに含まれる蔗糖量を１００％として、各結晶化糖の収率を減じて算出した。HMFについては、「シュガーハンドブック」（浜口栄次郎，桜井芳人監修、朝倉書店、１９６４）の６８２ページに記載の方法（波長２８４μmの吸光度と波長２４５μmの吸光度の差を濃度既知の検量線から求める方法）で行った。色度は水に３０倍希釈した後、石英セルに入れ、比色計（EBC）を用いて測定した。結果を図１１及び図１２に示す。

図１１から結晶化回数が少ない方が蔗糖残存率が高く、これらをエタノール発酵原料とした場合にエタノール収量が多くなることが分かる。

また、図１２から結晶化回数が少ない方が発酵阻害物質HMF生成量及び色度が低下する。すなわち、結晶化回数の少ない糖蜜を使う方が良好な発酵を示し、且つ、製造後の排水の着色の問題が軽減されることが分かる。

#### （産業上の利用の可能性）

本発明の製造方法は、搾り粕を燃焼して得られるエネルギーから、本発明の製造工程のすべての工程で必要とされるほとんどのエネルギーを得ることができる。

また、砂糖生産量の減量を招くことなく有用物質、例えばエタノールを製造することができる。

サトウキビ原料から砂糖とエタノールとを単一のシステムで製造するために、砂糖及びエタノールをエネルギー的に効率よく製造することができる。

砂糖の結晶化回数を減らすことができるため、メイラード反応生成物の生成を低減することができ、その結果、着色を防止し、発酵阻害物質（フルフラール等）の生成を低減することができる。また、砂糖の結晶化回数を減らすことにより、従来廃糖蜜の発酵原料用途としての問題である糖に対する塩濃度の濃縮（特開昭7-59187号公報に記載される問題点）も低減でき、耐塩性を持たない発酵性微生物でも利用できるようになる。

## 請求の範囲

1. (a) サトウキビから搾汁及び搾り粕を生成する工程と、  
(b) 前記搾汁から砂糖及び廃糖蜜を生成する工程と、  
(c) 工程 (a) 及び (b) より得られる搾汁、廃糖蜜及び搾り粕を原料とするエネルギー及び有用物質を生産する工程とを含むサトウキビから砂糖及び有用物質を製造する方法であって、  
前記サトウキビの蔗茎部に 15 質量%以上の繊維分を含有し、かつ、単位面積当たりの乾物収量が  $40 \text{ t/ha/year}$  以上であり、  
前記搾り粕を燃焼して得られるエネルギーから前記製造方法のすべての工程で必要とされるエネルギーの 90%以上を得ることを特徴とする前記方法。
2. 単位面積当たりの乾物収量が  $65 \text{ t/ha/year}$  以上である、請求項 1 記載の方法。
3. 前記工程 (c) が工程 (b) より得られる廃糖蜜からエタノールを生成する工程である、請求項 1 又は 2 に記載の方法。
4. 工程 (b) において行われる砂糖の結晶化工程が 2 回以下である、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の方法。
5. 工程 (b) において行われる砂糖の結晶化工程が 1 回である、請求項 4 に記載の方法。
6. 記搾り粕を燃焼して得られるエネルギーから前記製造方法のすべての工程で

必要とされる消費エネルギーの 95%以上を得る請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の方法。



FIG. 1

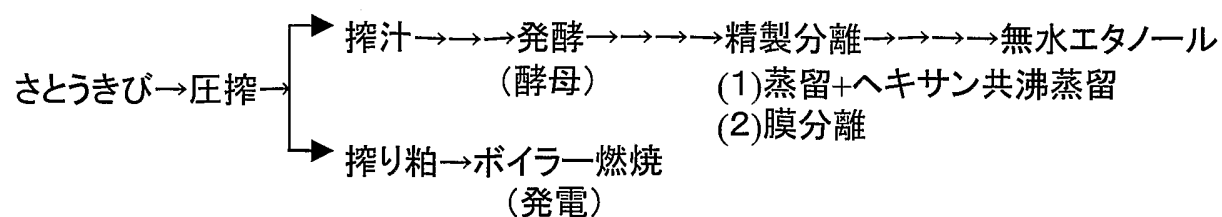


FIG. 2

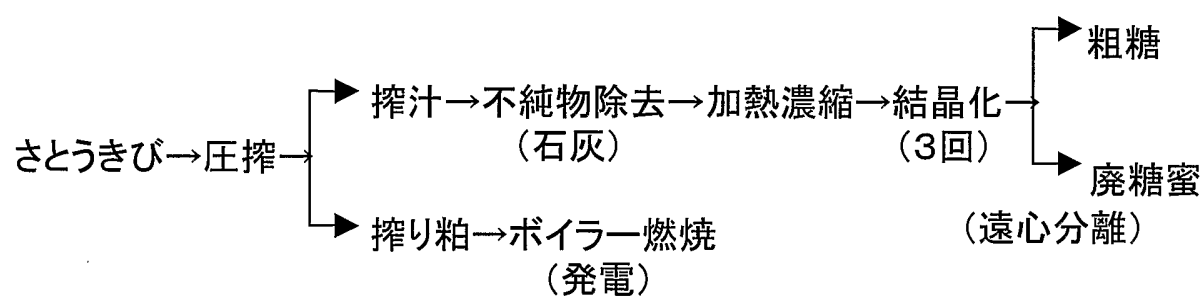


FIG. 3

廃糖蜜→発酵→精製分離→無水エタノール

FIG. 4

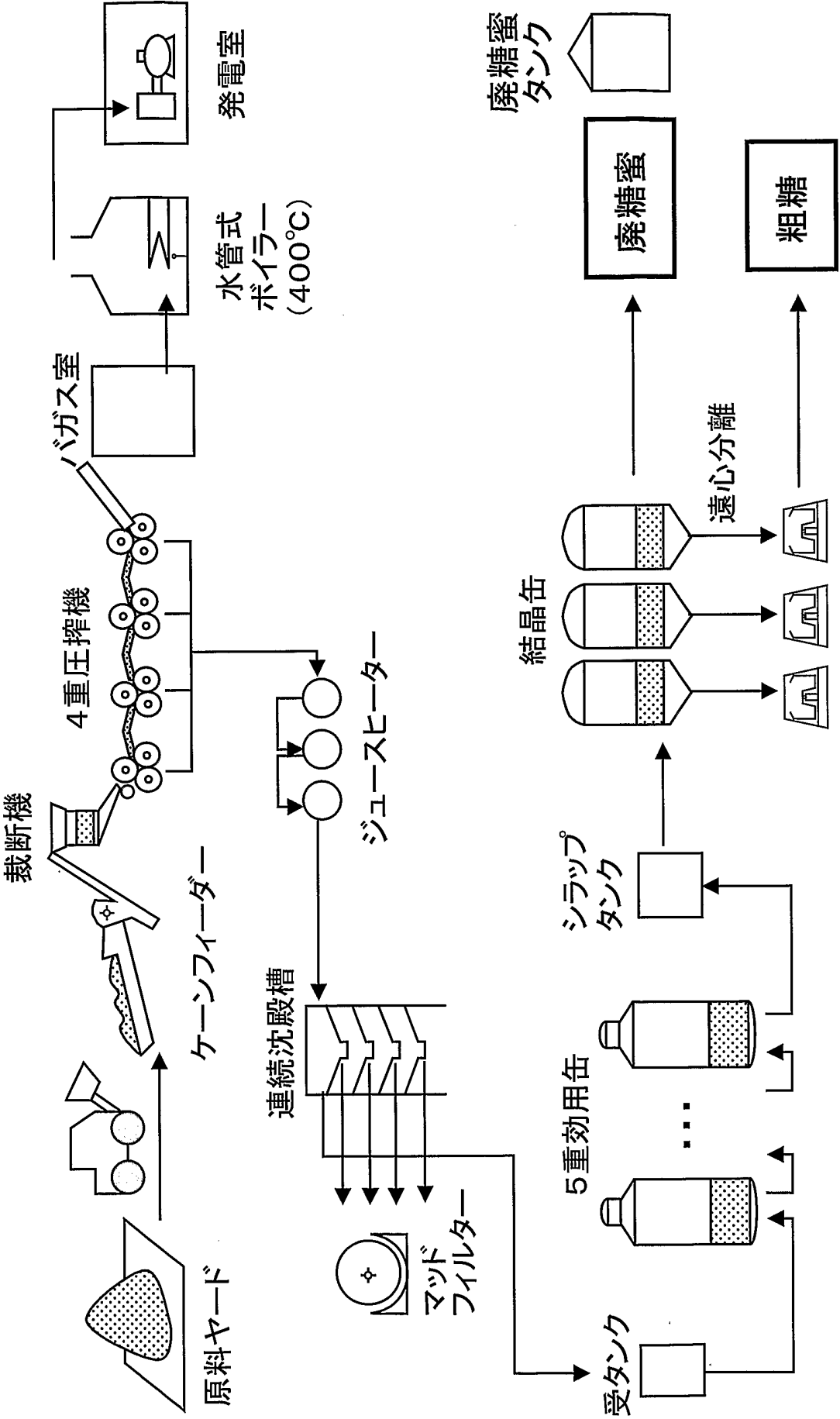
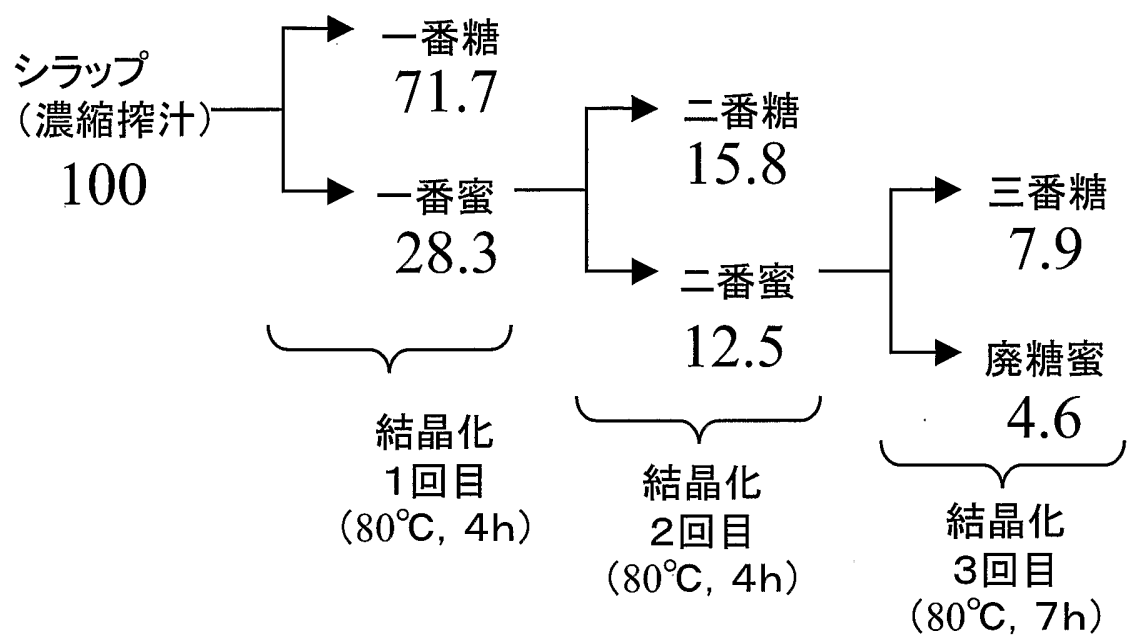


FIG. 5



※シラップ中の純糖量を100とする

FIG. 6

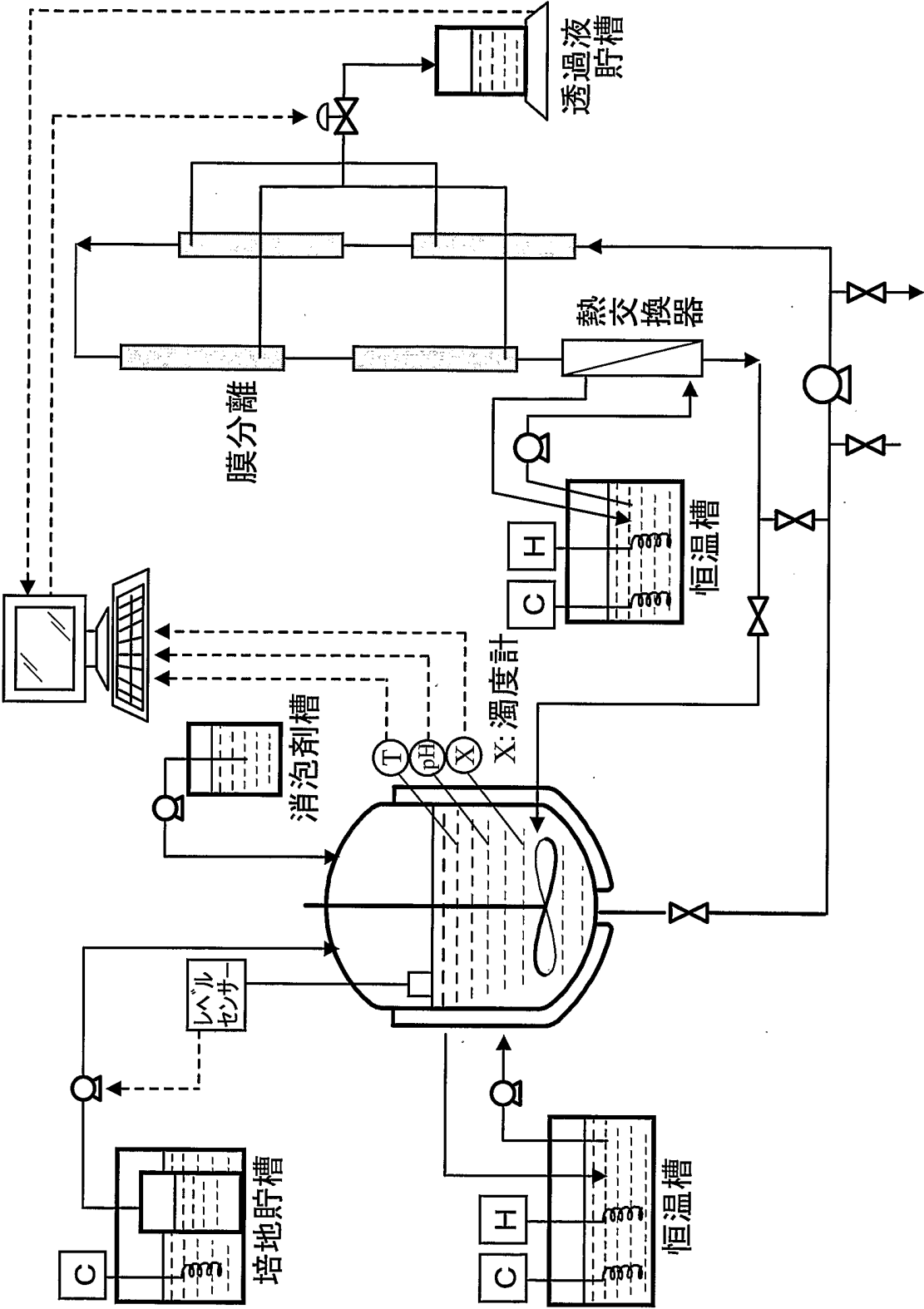


FIG. 7

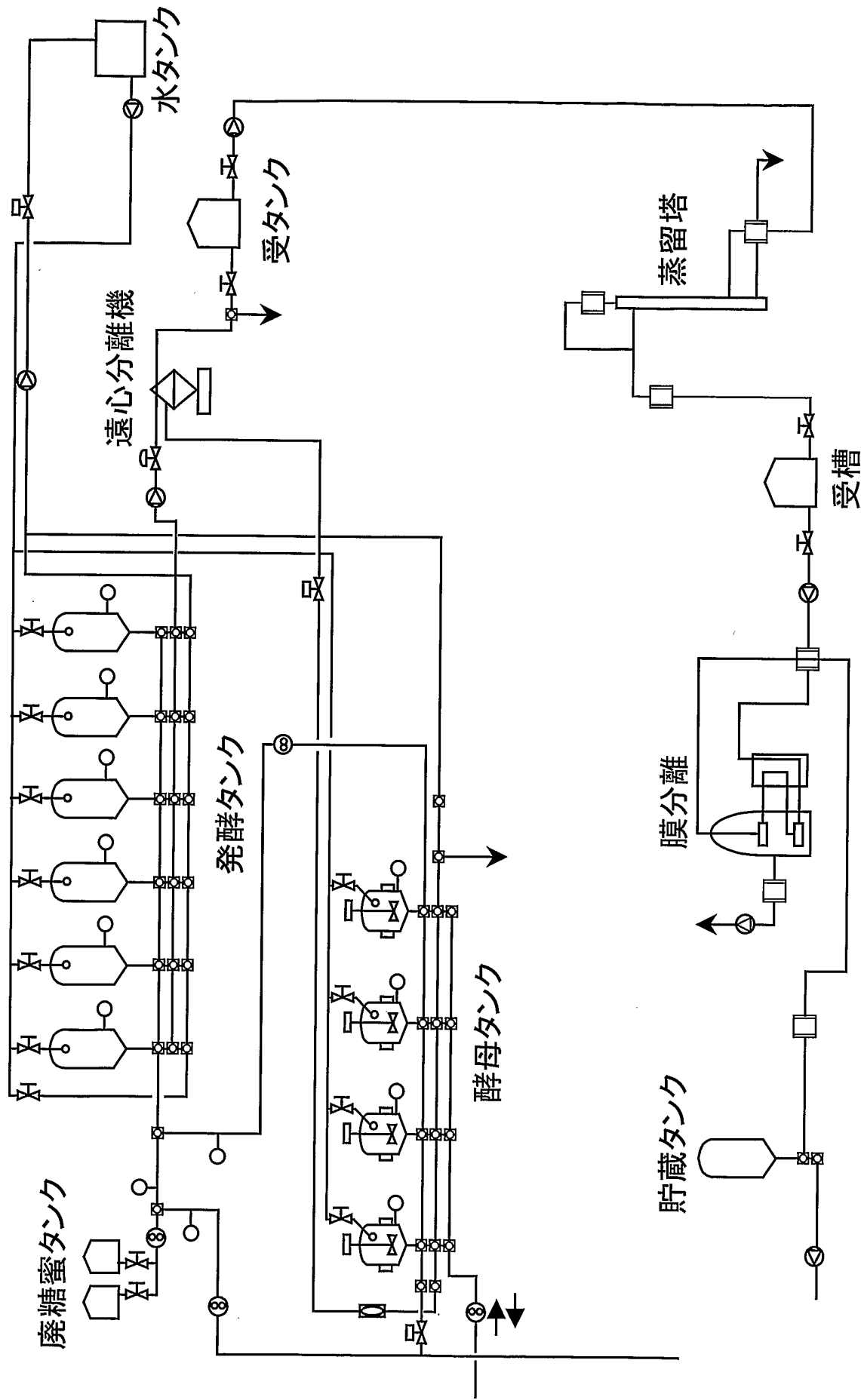
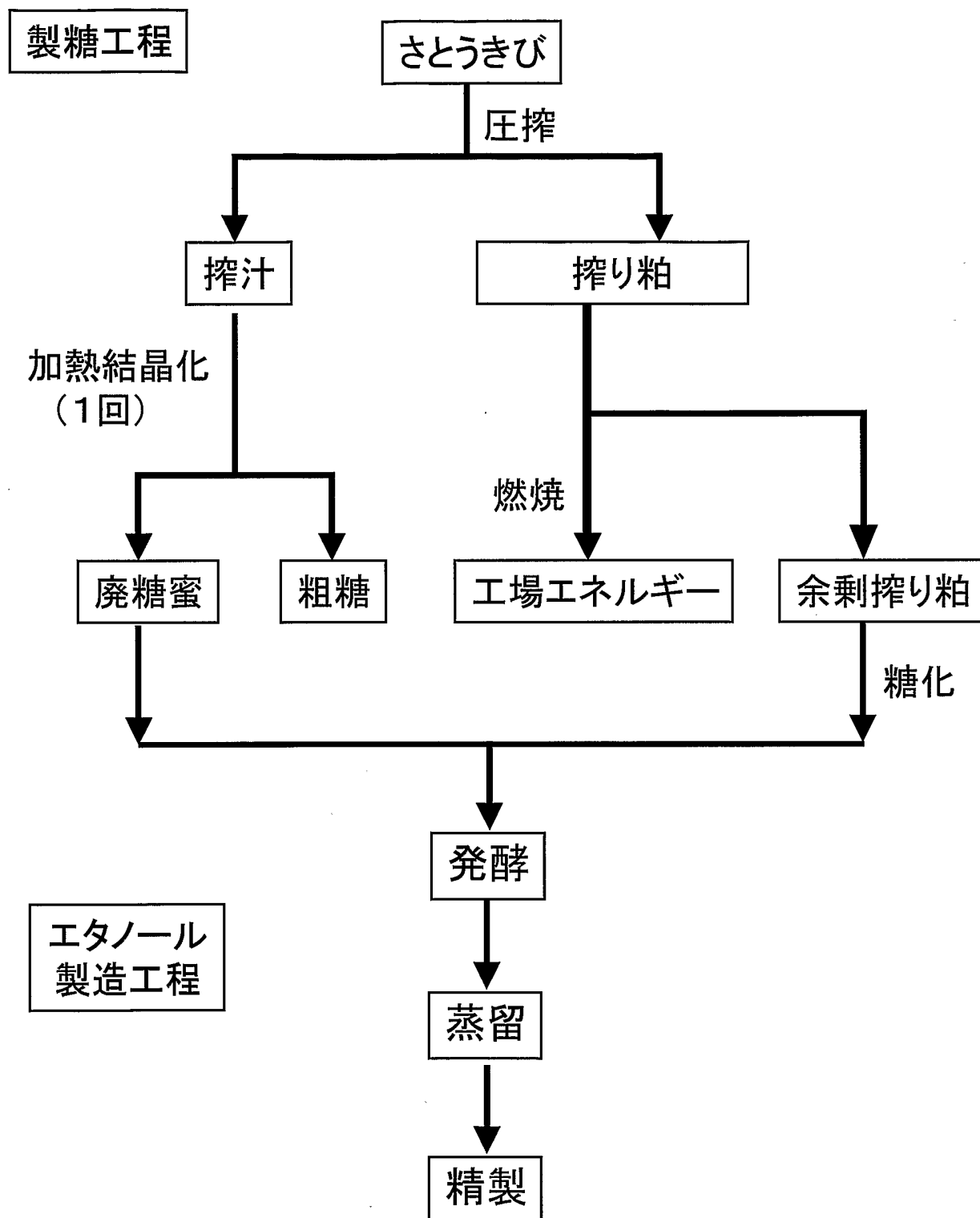


FIG. 8



**FIG. 9**

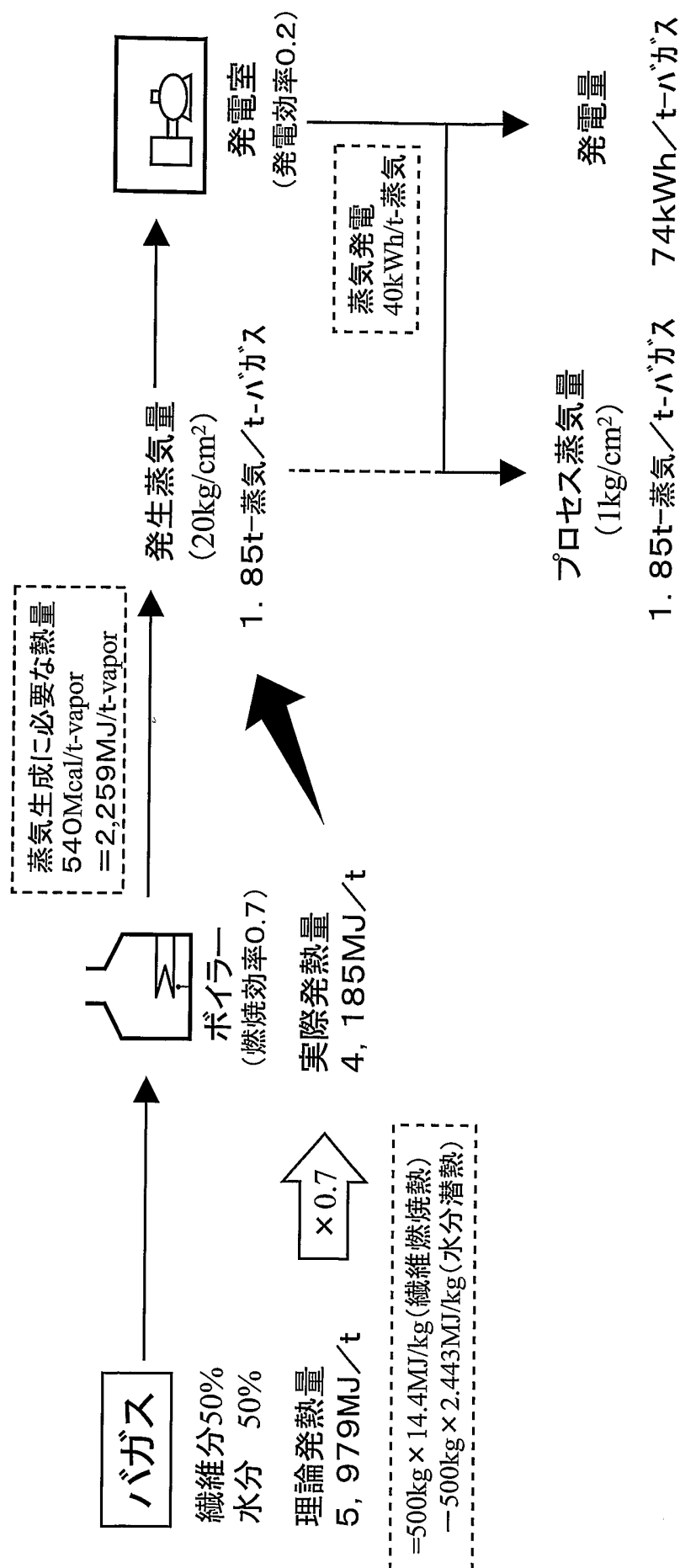


FIG. 10

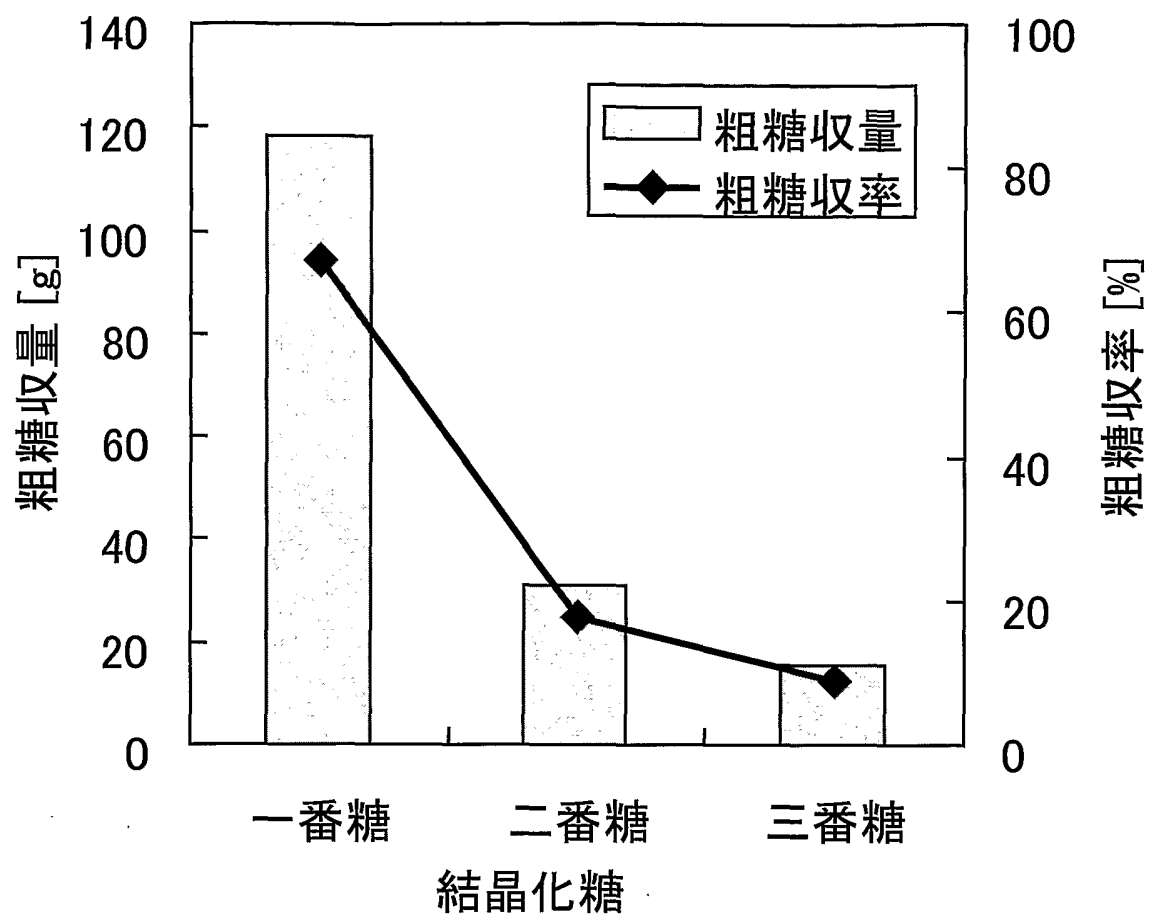




FIG. 11

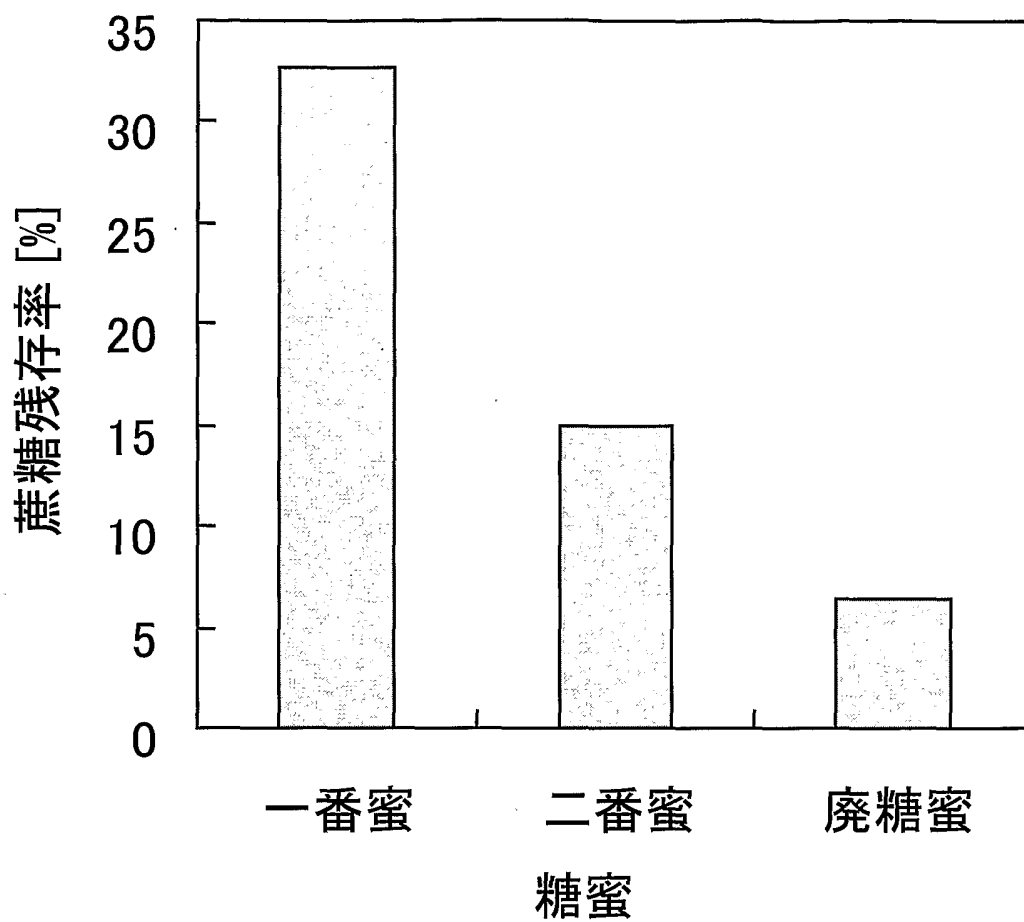
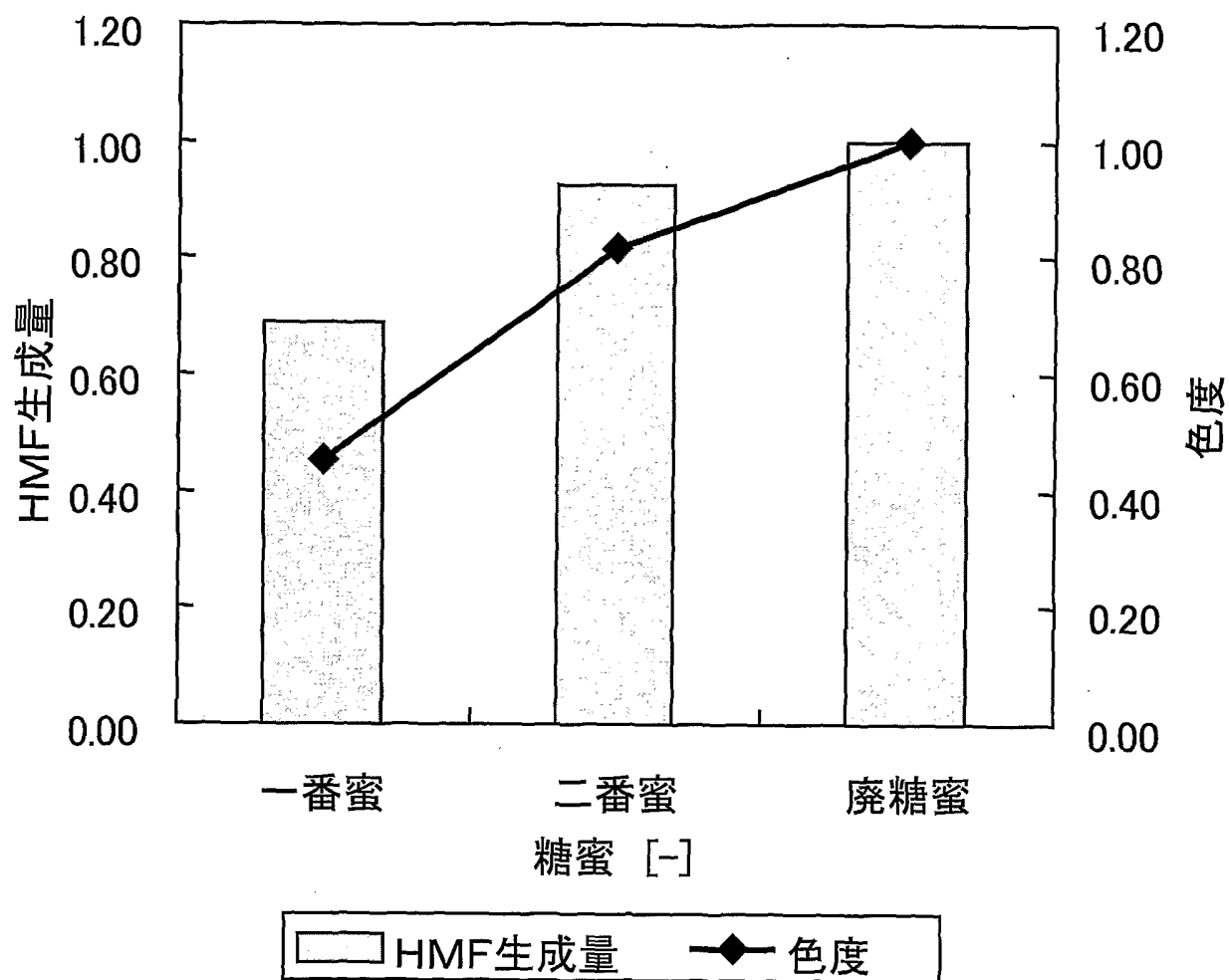


FIG. 12



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/004962

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> C13D1/02, C12P7/08, C10J3/00

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<sup>7</sup> C13D1/00-3/00, C13F1/00-1/12, C12P7/06-7/14, A01H5/00

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

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 2001-104000 A (Yoshinori TERAOKA),<br>17 April, 2001 (17.04.01),<br>(Family: none)                             | 1-6                   |
| A         | JP 2-268675 A (Yoshio GOMI),<br>02 November, 1990 (02.11.90),<br>(Family: none)                                   | 1-6                   |
| A         | JP 57-177695 A (Japan Chemical Eng. &<br>Machinery Co., Ltd.),<br>01 November, 1982 (01.11.82),<br>(Family: none) | 1-6                   |

☐ 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  
02 July, 2004 (02.07.04)

Date of mailing of the international search report  
27 July, 2004 (27.07.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl<sup>7</sup> C13D1/02, C12P7/08, C10J3/00

## 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<sup>7</sup> C13D1/00~3/00, C13F1/00~1/12,  
C12P7/06~7/14, A01H5/00

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

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<br>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<br>請求の範囲の番号 |
|-----------------|-------------------------------------------------------|------------------|
| A               | JP 2001-104000 A (寺尾 佳則) 2001.04.17<br>(ファミリーなし)      | 1-6              |
| A               | JP 2-268675 A (五味 吉男) 1990.11.02<br>(ファミリーなし)         | 1-6              |
| A               | JP 57-177695 A (日本化学機械製造株式会社) 1982.11.01<br>(ファミリーなし) | 1-6              |

☐ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ 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

02.07.2004

国際調査報告の発送日

27.7.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

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)

鈴木 恵理子

4N

8114

電話番号 03-3581-1101 内線 3448