

今回は、渡邊に替わり喜多がテキストを担当します。広島の独立行政法人・酒類総合研究所では、以前から清酒、焼酎、ビールなど分野別に、全国から希望者を募り約1ヶ月程度の醸造講習を行っておられます。2005年1月末から2月中旬にかけてビールの講習(「第98回醸造講習」)がありました。そのなかで「ビールのびん・缶詰め」に関する講座を私が担当させていただきました。4大ビールメーカーの技術者や、権威ある研究者の方が原料、醸造技術、ダイアセチル、などなど各分野の講義をされる中で、指名いただいたことは大変光栄なことです。

(スライド1)

そこで、今回のBrewer's Tipsは、酒類総合研究所の講座で使用したスライドのダイジェスト版で、びん・缶詰め技術の要点をご紹介します。

(スライド2)

びん詰めビールが不味かったら、すぐに「びん詰め機が悪い」とか、「びん詰め技術に問題がある」と考えていませんか? 地ビールの場合には、びん詰め機とか、びん詰め技術以前の原因であることが多々あります。

客観的にはスライドのとおり4つの原因がありえます。本稿で今から解説するのは3ですが、1、2、4の各項目も再チェックしてください。すなわち、原料の保管方法、酵母の使い方、ビール移送時のホース内エア抜き手順、、、などなどの基本がきちんと行われているかどうか、です。個人的には、基本的にルーズな醸造所が増えてきているように感じて、少々懸念をもっています。

(スライド3)

びん詰め缶詰め製品を作る場合、濁りを除去して「清澄化」するのが一般的です。地ビールの場合は特に、最近は大手ビール各社も、「酵母入り」を特徴にするものがあります。しかし、その場合でも意図しない濁りを防止するのは大原則です。

濁りは、チルヘイズのような日常的なものから、乳酸菌汚染による混濁までさまざまですが、その原因を分類すると、スライドのように「微生物による混濁」と「非生物的混濁」に分けられることを確認してください。実際には複数の混濁のこともあり、原因特定は難しいものです。アイシングラス、PVPPなどの清澄剤の利用者は、地ビール解禁直後には少数派でしたが最近では使用する醸造所が増えているようです。本稿では触れませんが、びん詰めビールの品質を改善する上で清澄剤は検討の価値がある分野です。(これは「Brewer's Tips 第1回」に詳しい)

(スライド4)

濁りを清澄化(clarification)させる方法論としては、タンク内での「自然沈降(gravity sedimentation)」、「清澄剤で沈ませる(finishing)」、「遠心分離(centrifugation)」、珪藻土(DE)ろ過機、プレートフィルターなどの「ろ過(filtration)」の4つがあります。

スライドではこの4つのうちの後の2つ(「機械による清澄」)を紹介しています。機械の選択のための比較検討項目としては、初期投資額、ランニングコスト、ビールロス、ろ過径選択の可否、操作性、発生ごみ、酸化リスクの度合い、などなど多くの要素がありますので慎重に行わねばなりません。たとえば、「遠心分離機: 初期投資が大きい、ランニングコストは少ない、ロスは大変大きい、ろ過径の選択は出来ない、操作は大変」、「カートリッジフィルター: 初期投資は安い、ランニングコストは高い、ロス小さい、ろ過径の選択可能、操作簡単」と対極にあります。実際には二つ以上の設備を組み合わせるのが通常です。

最新トピックスとしては「クロスフローフィルター」があります。通常のフィルターは液の流れ方向をろ過メディアに「ぶつかると」ようにしますが、クロスフローではろ過メディアの表面を「平行」して流します。したがってろ過メディア上に固形物が堆積しないのが特徴。ビールだけでなく、ワインなどでも利用され始めていますね。

(スライド5)

びん詰めビールの基本は、意図した酵母以外の微生物汚染を防ぐこと、そしてびん(缶)詰め後の腐敗・変質を防止することです。英語で言えば、microbiological stabilizationとcolloidal stabilizationとなります。このための方法論をスライドにまとめました。

各項目のうち、「酸素量を減らす技術」、「清潔さを保つ技術」に関しては後で述べるとして、本項では「パストライゼーションやアセプティックなど」について確認しておきましょう。

(スライド6)

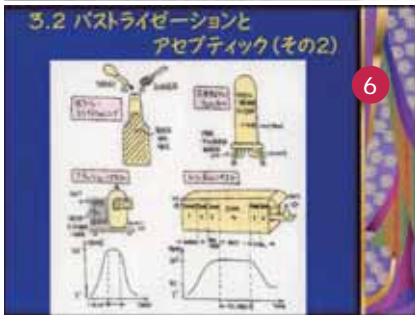
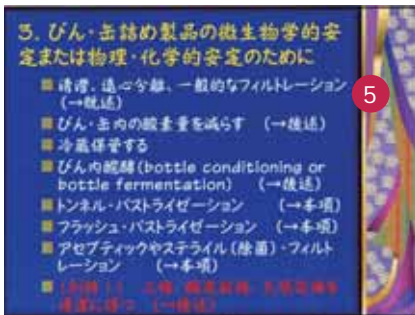
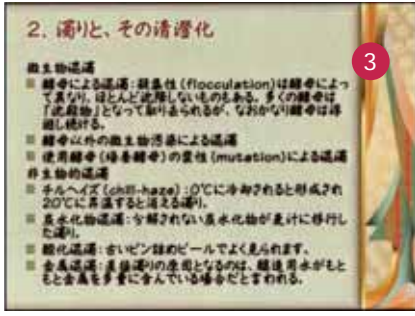
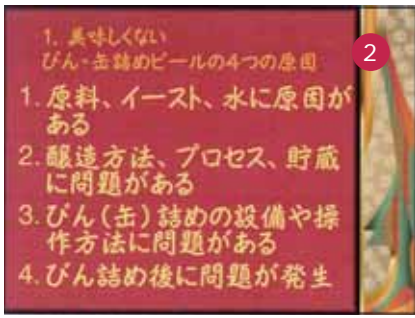
地ビールの場合「あえて短い賞味期間」とすることは一つのマーケティング手法でしょう。しかし実際の表示をどうするかは別として、基本姿勢としてより長いシェルフライフを目指す管理が重要です。ここでは、スライド5の中から4項目を取り上げています。

「トンネル・パストライゼーション」: びん詰めのおとつくかの温度ゾーンに別れた温水シャワートンネルをゆっくり通過させて70°C位まで品温を上げて加熱殺菌する方法。エネルギーは使いますが一番確実に殺菌ができます。

「フラッシュ(瞬間)パストライゼーション」: ビールを一気に80°C位に加熱して、またすぐに3°C付近に戻すことで殺菌する方法。びん詰め前に行います。従って注意すべき点は、びんや王冠の殺菌の方法は別途考慮しなければならないことです。

「アセプティック(無菌)充填」: 基本的にはフィルターで酵母・微生物を濾しとる方法で、もちろん醸造所内の雑菌対策も完璧でなければなりません。0.45ミクロンくらいのメンブランフィルターを使うのが一般的ですが、このサイズでは「味がやせる」と評価する人があります。ワインや清酒でも同じですが、議論の別なところでは、「ボトルコンデショニング」: びん詰め時に酵母を再投入して、びん内のエアを使いきってしまう。シュガーと酵母を投入してびん内二次醗酵をさせるベルギービールでは、賞味期間5年、などという例もあります。

びん内二次醗酵はシャンパンや、最近では清酒でも利用されている技術。ただ、経時的にアルコール度数が若干変化することを税務上留意すべきです。「酵母臭」はyeasty(酵母っぽい)、autolysed(自己消化した)、rotting yeast(腐ったイースト)などと表現され、あまりよい意味として使われませんが、個人的には「よい酵母臭」はビールでも清酒でもワインでも好きです。



3.3 アメリカの事例、日本の事例

■アメリカのクラフトビールの例:

「サミュエルアダムス」:
トンネル・パストライゼーション

「アンカースチーム」:
フラッシュ・パストライゼーション

「レッドフックエール」:
アセプティックに近い

「シェラネバダ」:
ボトルコンディショニング

・小規模なところは無いともある。

(スライド 7)

小規模ビール醸造が認可された 95 年頃、業界が注目したのがアメリカでした。90 年代の勢いこそ失いましたが、アメリカでは日本と違って今では「クラフトビール」が一定のシェアを占めています。スライドの 4 銘柄はアメリカン・クラフトビールの代表格。一番大規模に販売しているサム・アダム (2004 年の販売量はなんと 14 万 KI 以上! サントリーさんより少ないがオリオンさんより多い) は、トンネルパストです。また、シェラネバダはドイツのヘッフェ・ヴァイツェンのようにびんの底にイーストがたまっています。これは、びん詰め直前にイーストを再投入することによるものです。

日本の地ビールにも 4 つすべてが存在します。少数派ですがトンネルパストやフラッシュパストも行われています。また、エチゴビールや博石館ビールではびん内二次醗酵で賞味期間が 2~3 年のビールを作っておられます。

ここで、パストライゼーションの「PU」(Pasteurization Unit) のことを解説しておきましょう。熱殺菌の効果は「温度」と「時間」で決まりますが、同じ PU なら高温・短時間と低温・長時間で効果は同じ、という概念です。**ビールは 14 から 15PU が必要**です。PU=(時間)x1.393 の (温度 - 60°C) 乗。 (60°C、すなわち華氏 140 度をポイントにしている。) たえば、64°C なら 1.393 の (64°C - 60°C) 乗が 3.76。15PU のためには 3.98 分必要であることがわかります。同じ計算で 66°C の場合、15PU のためには 2.06 分で、わずかの温度差で大きな時間差となることがわかります。(この部分、クンツェ - 有名なビール醸造テキスト - による。ただしクンツェでは PU でなく PE と表記)

「同じ PU なら高温・短時間と低温・長時間で効果は同じ」と書きましたが、殺菌以外の影響は異なります。パストライゼーションの一番の心配事は温度履歴による風味の劣化でしょう。元のビールが酵母入りかどうかにもよりますが、パストは「風味にあまり影響しない」と記載している文献が多いのです。因みに「キリンのラガービールが生ビールになった (と報道された) 」のは 96 年。それまではトンネル・パストライゼーションを行っていました。95 年と 96 年で決って味が大きく変わったわけではありません。

余談ですが、**最近清酒では「びん爛」と称して、新たにトンネルパスト設備を導入しびん詰め後に熱処理をするところが増えて**います。熱充填に比べてアロマがキープできるということでしょう。世界的には例外的ですが、日本ではワインも熱充填しているところが多いですね。ワインもびん爛をすれば面白いかもしれません。(いや、それこそソレイ・パスツールがやった事だったか、)

4. 醸造所を清潔に保つ: 洗浄と殺菌

■時間 (5分より10分、10分より20分がいい)

■温度 (基本的には高温がいい。薬品の場合は種類による)

■濃度 (基本は濃いほうがいい)

■物理力 (「つけおき」より「流す」など、力が働くほうが良い。流速と圧力)

(スライド 8)

微生物学的安定または物理・化学的安定のためには、「醸造所を清潔に保つこと」が大前提です。清潔に保つには **1) 「洗浄」と「殺菌」を分けて考えること、2) スライドに書いている「4 要素」**を押さえること、の 2 点が基本。これはすべての食品産業に共通です。

ビール樽の洗浄機を例にとりて説明しましょう。ビールの樽 (「ケグ」) は、口金をはずさず、しかも一箇所の接続部で内部を洗ったり充填もできる、画期的な発明品です。それまでの樽 (「カスク」) には穴が二つあって、充填・洗浄時には口金をはずしていました。口金をはずさない、見えない状態の内部を洗うだけに洗浄と殺菌の基本が守られています。

樽の自動洗浄プログラムは通常、「苛性ソーダ工程」と「蒸気工程 (またはコールドサニタイザー - 殺菌液工程) 」に大別されます。前者が「洗浄」工程で、後者が「殺菌」工程で、きちんと分けてあります。洗浄工程 (汚れの塊やスケールを落とす) なくして、殺菌はありえません。

次に 4 要素の話を。苛性ソーダの工程を取り上げると、時間、温度、濃度、物理力 (この場合にはポンプの流速と圧力) の 4 要素が洗浄効果のファクターとしてコントロールされていることがわかります。殺菌工程も同じ 4 要素です。

「改革なくして成長なし (copyright: 小泉首相) ではありませんが、洗浄なくして殺菌なし」これを肝に銘じましょう。たとえば、醸造所のホースを殺菌剤につけておけばきれいになっているかと思っている人がいますが、それは誤りです。もしホースの内面に汚れがこびりついていたら、まずそれを落とさないと、いくら殺菌液に長くつけておいても事故につながります。なお、最近の社会的要請として、ホース材質と使用する薬品の温度や種類によっては BPA (ビスフェノール A、環境ホルモンの一種) などの溶出リスクがあることも考慮すべきポイントです。

5. エア混入の防止 (≪ 酸化の防止)

1. タンクにビールを移すときのバージ不足
2. タンクから充填機までのホース内のバージ不足
3. 使用しているビールポンプがエアタイトでない
4. フィルトレーションがはずれてエアをかませた
5. 水平タンク (ヘッドスペースの接触面積が大きい)
6. 残留リンズ水 (水道水は溶存酸素が多い)
7. その他

(スライド 9)

醗酵終了時点ではビール液中の溶存酸素はほとんど 0 (具体的には 0.0 から 0.01mgO₂/l 程度) になります。酸素はその後に混入するわけですが、ご存知のとおり酸素が混入したびん・缶詰めビールは経時的に劣化します。びん詰め作業で、ビール内に酸素が入りうる可能性をまとめたものが、このスライドです。びん詰め機械そのものより、それまでの作業手順で酸化させてしまうリスクがいかに多いか理解していただけたらと思います。

リンズに水道水を使用している醸造所も多いと思いますが、**水道水には結構溶存酸素が含まれ**、かつリンズ水はびん内に結構残留します。たとえば、「13ppm の酸素を含む水道水 (リンズ水) がびん内に 1.5ml 残留した」というのは現実的な状況ですが、計算上これだけでびん詰め製品として総酸素量を 0.02mg も押し上げます!

5.1 充填機そのものに依存するエア混入の要因

ア: フィラーボールの中
イ: 充填するとき
ウ: ビール充填機、王冠打栓までの間
(注: 実際には王冠打栓後も酸素が進入する→オキシゲンスカベンジャー王冠の使用など)

(スライド 10)

充填機本体で酸素が混入する (先ほどのスライド 9 のなかの 6 に当たる) ポイントを、さらにア、イ、ウの 3 つにブレイクダウンしたスライドです。「プリエバキューション (後述) 」を行っているから大丈夫 などという人がいますが、実際には「フィラーボールの中」や「充填終了から王冠打栓まで」のほうが、インパクトが大きかったりするの要注意です。

なお、エに括弧書きしている通り、厳密には打栓後も酸素が進入します。王冠のライナー (日本の場合にはポリエチレン) に酸素透過性があるためです。日本の地ビールでも脱酸素王冠 (oxygen scavenger crown) が一部で使用されていますが、これはヘッドスペース中の酸素を吸収すると同時に、外部からの酸素進入を防ぐ意味合いもあります。

5.3 HAとDOの目安

(スライド 11)

びんビールの酸化を議論する時には HA、DO、TO を理解しなければなりません。

「**HA (Head Space Air)**」: びんまたは缶の上部空間の空気、単位は通常 ml (ミリリットル) を使用します。測定には Zahm & Nagel のエアテスターを利用するのが通例です。「**DO (Dissolved Oxygen)**」: ビール液中に存在している酸素量で、単位は ppm または mg/l を使用。測定にはオービスファアの測定器などがよく利用されます。「**TO (Total Oxygen)**」: HA + DO で計算するもので、単位は mg です。

酸素が均衡状態に達していない場合、DO と HA は別々のものを測定しているのであり、結果の数値はお互いに変換性もなくまた直接比較できるものではないことを確認しておきましょう。また、酸素は物理的に液中に溶ける (溶解) 以外に化学反応による固定的取り込みもあり大変複雑であることも考えねばなりません。(固定的取り込みの結果、長期間経過後にはびん・缶ビールの溶存酸素量は 0 になります。1 年くらい経過した缶ビールは溶存酸素計の 0 点校正用に使したりします。)

アメリカの Siebel Institute (有名なビール醸造プライベートスクール) が 1955 年に発行した “Bottling and Canning of Beer” という本によれば、12Ozびん (ほぼ小びんと同じ) に入っているエアの量として、“Over 2cc(=ml)/Poor、2-1.5cc/Fair、1.5-1cc/Good、Up to 1cc/Excellent” と書かれています。確かに 20-30 年ほど前まではこの程度でも許容されていましたが、近年その水準はどんどん高くなって、地ビールと言えども 1ml 以下であたりまえ、**0.5ml 以下が望ましい**といえます (実際には 2-5ml 入っている地ビールも多いのですが)。なお、大手ビールでは 0.1ml 以下です。

スライド下半分のイラストは、地ビール醸造家のために泡の立ち方と HA のおおよその目安を記したものです。ビールを吹きこぼす量が多いと HA は減りますが、欠減とトレードオフになります。なお、酸素の詳細については当社のウェブサイト、『ピン / 缶詰めビールの残留酸素について』に詳しく記載しています。<http://www.kitasangyo.com/Archive/Technical-RP/Zanryu-O2-1.htm>

6.ビールをワイルドにしない 12

- ビールの温度が高い
- 流速が早すぎる (移送ホースの内径が小さすぎる)
- タンクに移送後、短時間しかたっていない
- ろ過を行っていない、ろ過の程度が低い
- 非常に高いカーボネーションのビール
- タンク内で均衝圧を無視した圧力になっていた
- 充填機側のカウンタプレッシャ不足などで、充填機内やびんの中でビールがワイルドになった

(スライド 12)

ビールが「ワイルド (= 荒れている)」だと充填しにくい。充填時に泡が立ちすぎて安定した充填ができないし、酸素の混入も多くなります。これは小規模醸造所では実務的に大事なポイントです。スライドは、充填機由来以外でビールがワイルドになる要素をまとめたものです。たとえば、ホース径の選択。ホース径は小さすぎるとビールがワイルドになります。クラフトビールの経験則として「**ビールの流速は通常 3m/分以下、早くても 5m/分**」がのぞましい。たとえば 500ml びんを 10 本 / 分で充填する場合、5l / 分のビールが必要。内径 1 インチ (断面積約 5.1cm²) のホースで送る場合、「5000cm²/5.1cm² = 約 1m/分」となり、3m/分以下で問題なし。しかし内径 1cm のホースで送ると約 6.4m/分となり、問題が生じます。また、レデュサなどで径を変更して接続する場合、小さくするのは問題が少ないですが、大きくすると (例えば 1S のホースで 1.5S 入り口の充填機にビールを供給すると) 問題が起きることがあります。径が広がったところで圧力低下がおきて泡が生じることがあるのです。

7.炭酸ガスヴォリュームを理解する 13

「2.7ガスヴォリュームのビール」とは、全く炭酸ガスを含まないビールと、0°C、1気圧でそのビール量の2.7倍の炭酸ガス量からなる(に分けられる)ことを意味する。

(スライド 13)

清涼感、きれいな泡を作る、香味成分の散逸を防ぐ、などなど炭酸ガスは冷やして飲むビールにとって欠かせないファクターです。「ビール中の炭酸ガスの量」は、「ビールから炭酸ガス (気体) を取り出した時にそのビール (液) の量の何倍であるか」という考え方で、「**ガスヴォリューム**」という呼称 (あるいは単位) を使います。スライドの例でいうと、「2.7 ガスヴォリュームのビール」とは、全く炭酸ガスを含まないビール 1 部と、0°C、1 気圧でその 2.7 部の炭酸ガス量からなる (に分けられる) ことを意味します。

7.2温度による圧力変化 14

(スライド 14)

ガスヴォリュームは、そのビールが均衡状態になった状態での温度と圧力を測定し、「CO2 ガスヴォリューム換算表 (チャート)」にあてはめることにより簡単に知ることができます。「**均衡状態**」とは、ビールから出ていく CO2 ガスの量と、ビールに溶け込む CO2 ガスの量が均衡した状態を指します。この、「均衡状態で測定する」ということと、「正確な測定機器で温度、圧力を測る」ことが、ガスヴォリュームを決定する上できわめて重要です。スライドは CO2 ガスヴォリュームチャートの一部を拡大したものです。温度変化で圧力がどのように変化するか、チャートを使って示しましょう。タンクまたはびん / 缶等の密封容器に入った均衡状態のビールを考えてください。それが仮に 2°C、ヘッドスペース圧力 0.7 kgf/cm² だったとすれば、表から 2.66 ヴォリュームという数字が読み取れます。すなわち、このビールにはその体積の 2.66 倍の炭酸ガスが含まれることがわかります。密封された容器ではこの 2.66 という値は変わらないから、仮にこのビールの温度を 5°C に上げたとしても、表の 5°C と 2.66 のところを読み取って、ヘッドスペース圧力は 0.9 kgf/cm² に上昇することが解ります。なお炭酸ガスヴォリュームチャートは、日本では **JAS チャート = BCOJ (ビール醸造組合) チャート** が標準的ですが、アメリカでは **ASBC チャート** (American Society of Brewing Chemists) を使い、両者は若干の違いがあります。余談ですがヴォリュームチャートはいまだ、SI 単位系の採用が遅れている分野ですね。BCOJ チャートにもポンド・パー・スクエアインチ (psi) が併記されています。大手ビールでは社内チャートが存在するのかもしれませんが、誰かが一般用の「パスカル・摂氏」のチャートを作らないと、と思います。なお、1 kg/cm² = 1 bar = 14.7 psi = 0.1 Mpa です。

7.3炭酸ガス含有量の3つの表現方法: 「CO2GV」、「%」、「g/l」 15

(スライド 15)

溶存炭酸ガス量は、「**2.7 ガスヴォリューム**である」といった表現の他に、「**0.5% の炭酸ガス**を含む」とか、「**6g/l の炭酸ガス**を含む」等の重量 % の表現をする人がいます。「ビール中に 0.5% の炭酸ガスを含む」ということは、「ビール 100ml 中に 0.5g の炭酸ガスを含む」事を意味します。この値とガスヴォリュームの関係は、炭酸ガスの密度が 1.97kg/m³ (@ 0°C、1atm) であるので 100ml では 0.197g となり、 $\frac{0.5}{0.197} \times 2.53$ (ガスヴォリューム) × 0.197 ビール比重を仮に 1 とすると (実際は 1 より多いですが) ガスヴォリューム値に換算して 2.53 であることが判ります。一方、「6g/l」という表現は、0.6g/100ml であり 0.6% の炭酸ガスが含まれるとなるのでガスヴォリューム値では $\frac{0.6}{0.197} = 3.04$ であることとなります。スライドはこれらの関係を示しています。(以下次号に続く) text T. Kita

/(ビールの比重) = 0.5』の関係式となり、「6g/l」という表現は、0.6g/100ml であり 0.6% の炭酸ガスが含まれるとなるのでガスヴォリューム値では 0.6/0.197=3.04 であることとなります。スライドはこれらの関係を示しています。(以下次号に続く) text T. Kita

経験とノウハウが違います!

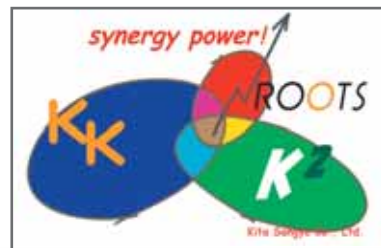
喜多産業はお酒 (清酒・焼酎・泡盛・ワイン・ビールなど) のパッケージとパッケージングマシンのスペシャリスト。「高付加価値商品の企画・提案力」が我々の行動指針です。お酒に関する商品企画・商品設計については、お気軽に当社へご相談ください。ご照会は下記まで。

西日本担当: 喜多産業大阪営業部 Tel. 06-6731-0251 e-mail: osaka@kitasangyo.com
 東日本担当: 喜多産業東京営業部 Tel. 03-3851-5191 e-mail: tokyo@kitasangyo.com
 機械設備担当: ルーツ機械研究所 Tel.0742-64-3129 e-mail: rml@kitasangyo.com

本書の著作権は、喜多産業株式会社または / かつ写真製品の企業に属します。
 Copyright reserved by Kita Sangyo Co., Ltd. and/or the brand owners.
 このニュースレターの全体または一部の無断転載及びコピーを禁止します。
 No material herein should be reprinted without written permission of Kita Sangyo Co., Ltd.

編集・作製 喜多産業株式会社 企画・開発グループ
 TEL: 06-6711-2288 FAX: 06-6712-6023

<http://www.kitasangyo.com>



喜多産業株式会社
 KITA SANGYO CO., LTD.

本社: 大阪府住野区桃井1丁目3番9号 〒544-0034 TEL. 06-6731-0251
 HEAD OFFICE: 1-3-9 MOMODANI, KUNOKU, OSAKA, 544-0034 TEL. 06-6712-6023
 東京支店: 東京都千代田区若本町1丁目15番15号 〒101-0032 TEL. 03-3851-5191
 TOKYO BR.: 1-15-15 WAKOTOCHO, CHYODOKU, TOKYO, 101-0032 FAX. 03-3864-9137