

## オドンチオダのジベレリンによる開花促進

日本大学生物資源科学部 窪田 聡

### 1. はじめに

日本における洋ランの鉢物生産はシンビジウム、ファレノプシス、デンドロビウムが主力となっているが、この他にもカトレア、オドントグロッサム、ミルトニアなど様々なものがあり、多様な消費者のニーズに対応している。ラン科植物は属間で交配が可能な植物群であり、人為的に多くの属間交配種が作出されている。

オドンチオダ (*Odontioda* 属) はメキシコから南米の高地にかけて約300種が分布するオドントグロッサムと、アンデス山脈に5種が分布するコクリオーダ (小田, 1984) の属間交配種である。花色は黄色や桃色に加えて非常に鮮明

な赤色まで非常に幅広く、花の大きさや花模様も豊富であることから、今後生産量が増加する可能性を秘めている。

毎年1~2本のシュートが新たに発生し、このシュートに約10枚の葉を分化したのち葉の分化は停止する。そして、上位節から2節と3節との節間が急激に伸長・肥大し、偽球茎を生ずる (図-1A)。偽球茎の形成直後から偽球茎直下の節にある腋芽が花茎に分化する (図-1B)。花茎は伸長し、無限花序となり通常10輪程度の小花をつける (図-1C)。1つのシュートから複数の花茎を発生させる場合もあるが、その節位は偽球茎直下から2~3節目までであり、下位



図-1 オドンチオダのシュートの形態と花  
A:上位2節と3節の節間が肥大した偽球茎を持つ。一番手前が当年のシュート, その後が昨年発生したシュート。B:偽球茎より下の節にある葉をすべて取り除いてある。花茎は偽球茎直下の節から発生し、新しいシュートはそれよりも3~4節下から発生する。C:花茎が伸長し先端部分に10輪程度の小花を形成する。品種‘ペラノ’の花色は赤色で花卉に特徴的な模様をもつ。

節からは花茎が発生することはない。開花が終わると、花茎発生節位よりも3~4節下の腋芽から栄養芽が成長し、次世代のシュートとなる。すなわち、シュートの各節にある腋芽はシュートの縦方向に対して明確な発育相の勾配が存在するといえる。概ね1年以内で上記の生育過程を繰り返り、1株に複数の茎を持つ株に成長する。

偽球茎は複数の茎をもつラン科植物に多く見られる形態的特徴で、水分と炭水化物等を貯蔵する働きを持っており、栄養成長中に貯蔵した炭水化物は次世代のシュートの発生時に利用されることが明らかとなっている (Kubota et al., 2005)。また、特定の開花誘導要因を持たないため、普通栽培では開花時期がばらつくことが多い。このため、茎頂切除によってシュート発生時期をコントロールし、間接的に開花時期を斉一化する技術が開発されている (窪田ら, 2006)。栽培適温は23℃程度と日本の夏季のような高温になると生育が停滞するとともに (Kubota et al., 2005)、花茎発生の抑制と小花の分化が阻害されるため (渡部ら, 2003)、開花率は高くても70%程度とやや低い場合が多い。このため、わが国における栽培適地は高冷地に限定されるが、高冷地においても夏季の温室内気温は30℃を超えることが多く、温度管理以外の新たな方法によって開花率を向上させる必要性が高まっている。

ジベレリン (GA) またはその関連物質を用いて開花調節を行う試みは比較的多く行われている。たとえば、ストックの開花はジベレリンの生合成阻害剤であるプロヘキサジオンカルシウム塩の低濃度散布によって促進される (Hisamatsu et al., 1998)。ラン科植物のミルトニアではGA<sub>3</sub>単独処理によって花茎発生が早

まり (Matsumoto, 2006)、またファレノプシスはGA<sub>3</sub>単独処理によって非花成誘導温度においても、通常発生しない主茎頂部から花茎が発生する (窪田ら, 2009) ことが知られている。このため、オドンチオダにおいてもGA<sub>3</sub>処理によって開花が促進する可能性が考えられた。そこで、筆者らはオドンチオダの開花率の向上を目指し、BA処理および日長との組み合わせによるGA<sub>3</sub>処理の開花促進効果について検討するとともに、今後内生GA生合成量を明らかにするための基礎資料として内生GAの同定を行ったので、これらについて報告する。

## 2. 花茎発生と開花に及ぼすGA<sub>3</sub>とBA施用の影響

オドンチオダ マリーノエル ‘ベラノ’ を用いて実験を行った。実験に供試した株はプラスチック出し後約2年経過し、少なくとも3つの偽球茎を持った株で、長さが約18cmで葉数が約8枚の新しいシュートが発生したものをを用いた。これらの株は3号黒ビニルポットにパーク単用植えとし、最高/最低気温を約23/18℃に設定した自然日長条件下の温室で栽培した。実験区はGA<sub>3</sub>濃度を0, 1, 10および100 ppmの4処理、BA濃度を0, 0.1, 1および10 ppmの4処理とし、それぞれを組合せて計16区とした。GA<sub>3</sub>とBAはメタノールに溶解し、メタノールの最終濃度が10%となるように調整した。偽球茎が発生した株を順次各区に均等になるように割り付けGA<sub>3</sub>とBAの施用を開始した。施用は週1回、計3回行い、偽球茎直下の節位に1回当たり500 μLをマイクロピペットで滴下した。花芽の形成は偽球茎とその直下の葉を押し広げて確認し、通常の状態では偽球茎と葉の間から花芽が出現した時を花茎発生とした。

花芽確認率は処理間に有意な差はなかった

表-1 オドンチオダの花茎発生と開花に及ぼす GA<sub>3</sub> と BA 施用の影響

GA <sub>3</sub> (ppm)	BA (ppm)	花芽確認率 (%)	花茎発生率 (%)	開花率 (%)	花茎発生 本数 <sup>γ</sup> (本/株)	花茎長 (cm)
0	0	91.7	33.3	33.3	1.3	54.8
	0.1	80.6	50.0	50.0	1.3	63.7
	1	66.7	33.3	33.3	1.0	69.9
	10	72.2	11.1	11.1	1.0	70.0
1	0	69.4	8.3	8.3	2.0	22.3
	0.1	100.0	36.1	36.1	1.0	69.5
	1	69.4	33.3	33.3	1.0	57.0
	10	83.3	11.1	11.1	1.0	72.5
10	0	58.3	41.7	41.7	1.0	82.8
	0.1	100.0	55.6	33.3	1.2	45.2
	1	80.6	27.8	27.8	1.0	74.8
	10	66.7	38.9	38.9	1.3	77.4
100	0	91.7	91.7	91.7	1.0	69.9
	0.1	91.7	66.7	66.7	1.2	66.5
	1	83.3	66.7	58.3	1.1	69.9
	10	91.7	66.7	66.7	1.0	71.2
有意差 <sup>z</sup>	GA <sub>3</sub>	N.S.	**	**	N.S.	*
	BA	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
	GA <sub>3</sub> ×BA	N.S.	N.S.	N.S.	**	**

<sup>z</sup>分散分析により, \*\*は1%, \*は5%の危険率で有意差あり, N.S.は有意差なしを示す

<sup>γ</sup>偽球茎直下から発生した花茎の偽球茎発生からの発生所要日数及び開花所要日数

(表-1)。花茎発生率にはやや大きなばらつきが見られたが, BA の効果は無く GA<sub>3</sub> 濃度が100ppm になると高くなり, 特に GA<sub>3</sub>100ppm 単独施用では91.7%と著しく高くなった。開花率も同様の傾向が見られ, GA<sub>3</sub>100ppm 単独施用では無施用の33.3%に比べて約3倍高くなった。花茎発生本数には処理間に影響はなく, 花茎長は GA<sub>3</sub> 施用で長くなる傾向にあった。

一般的に, 静止している腋芽を活性化させるにはBAとGAの併用処理が効果的である。本種のように腋芽が花茎となるランの場合, BA と GA の併用処理によって花茎発生が促進されるものとしてファレノプシスがある。ファレノプシスでは主茎が旺盛な生育を示す高温条件では,

腋芽から花茎を発生することはなく, 腋芽から花茎を発生させるためには低温処理を必要とする。しかし, 花茎が発生しない高温条件でも, 腋芽付近にBAとGA<sub>3</sub>を投与すると花茎が発生する(後藤ら, 2010)。また, 低温処理中のファレノプシスの腋芽をサンプリングして, 内生サイトカイニン濃度を調べると, 腋芽の内生Z濃度の上昇につづいて, 花茎の発育が始まることが明らかとなっている(窪田ら, 2009)。これはオドンチオダとファレノプシスにおいて, サイトカイニンに対する反応が一見異なるように見える。しかし, 両者の茎と花茎との関係を見ると, 次のようになる。

オドンチオダは花茎発生の前にはシュートの茎

頂部の葉の分化が停止するため、頂芽優勢が解除されていると考えられる。分析はしていないが、おそらくこの時点において腋芽におけるサイトカイニン濃度が高くなり、腋芽の発育が開始すると考えられる。このため、外部からBAを投与しても腋芽の発育開始、すなわち花芽確認率にはほとんど効果がなかったのだろう。一方、ファレノブシスは生涯1個体に1本の茎しか持たず、温度条件によって成長に差はあるものの常に栄養成長を続けている。特に茎の栄養成長が活発な非花成誘導条件（高温）では頂芽優勢が強く働き、人為的に腋芽を発生させるためには外生サイトカイニンを投与する必要があると考えられる。

### 3. 花茎発生と開花に及ぼすGA<sub>3</sub>と日長の影響

上述の実験から、オドンチオダではBA剤の効果は無くGA<sub>3</sub>100ppm単独施用で花茎発生促進効果があったことから、日長と組み合わせた場合のGA<sub>3</sub>の効果について検討した。

オドンチオダ マリーノエル ‘ベラノ’を用いて実験を行った。供試株は少なくとも3つの偽球茎を持った株で、約45cmの新しいシュートが発生したものをを用いた。これらの株は3号ビニルポットにパーク単用植えとし、最高/最低気温が約23/18℃の温度設定条件下で栽培した。

実験区は日長処理を10時間日長（8:00～18:00）と暗期中断（明期8:00～18:00、22:00～2:00の4時間の光中断）の2処理、GA<sub>3</sub>濃度は0、100ppmの2処理とし、これらを組み合わせ計4区とした。繰り返しは3反復、1反復あたり15株とし、全供試株数は180株とした。日長の制御は2重にしたビニル製遮光シートでベンチを覆い調整した。昼間は自然光とし、朝8:00

～9:30、夕方16:30～18:00に補光としてバルックポールスパイラルA15型（National、松下電器産業株式会社）3灯を設置し日長を制御した。夜間の光中断は植物の高さで光合成光量子束密度（PPFD）が約15 μmol・m<sup>-2</sup>・s<sup>-1</sup>となるようにした。GA<sub>3</sub>100ppmは99.5%アセトンに溶解し、蒸留水を加え最終濃度を10%となるように調整した。

GA<sub>3</sub>施用は偽球茎が発生し始めた株から順次行った。施用方法は毎週1回、計4回行い、偽球茎直下の節位に1回当たり500 μLをマイクロピペットを用いて点滴施用した。ただし、施用途中で花茎が確認できた株に対しては、その時点で施用を中止した。偽球茎と葉を押し広げ偽球茎の基部に花芽が確認できた時点を花芽確認日、偽球茎と葉の間から花芽が出現した時を花茎発生日とした。

花芽確認率は日長やGA<sub>3</sub>処理の違いにかかわらず、各区とも偽球茎発生後から順調に高まり、偽球茎発生後8週間で90%以上に達した（図-2）。一方、花茎発生率は10時間日長と暗期中断ともに、偽球茎発生後6～7週目からGA<sub>3</sub>処理の影響が現れはじめ、GA<sub>3</sub>100ppm施用は無施用に比べると順調に花茎発生率が高まり日長処理の違いにかかわらず最終的な花茎発生率は80～90%に達した（図-3）。GA<sub>3</sub>0ppmでは日長の影響が見られ、10時間日長において最終的な花茎発生率が高まった。

これらのことから、オドンチオダは偽球茎発生後8週間でほぼ100%花芽分化しているが、その後の花茎の伸長と花芽の発達の日長条件によって影響を受け、長日条件では花茎の伸長と花芽の発達が抑制されることが明らかとなった。近縁属のミルトニアでは低温処理前に短日におくことで開花が促進される（Lopez et al.,

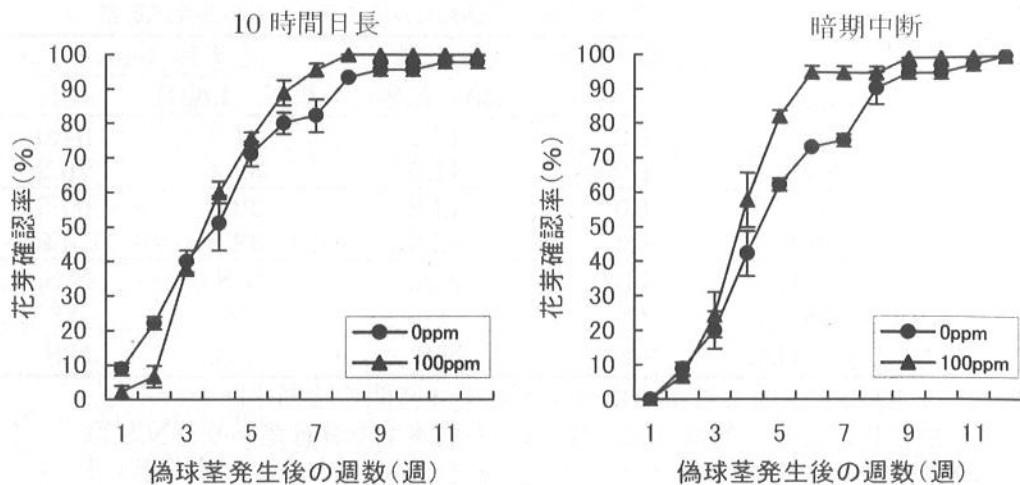


図-2 花芽確認率に及ぼす GA<sub>3</sub> 施用と日長の影響

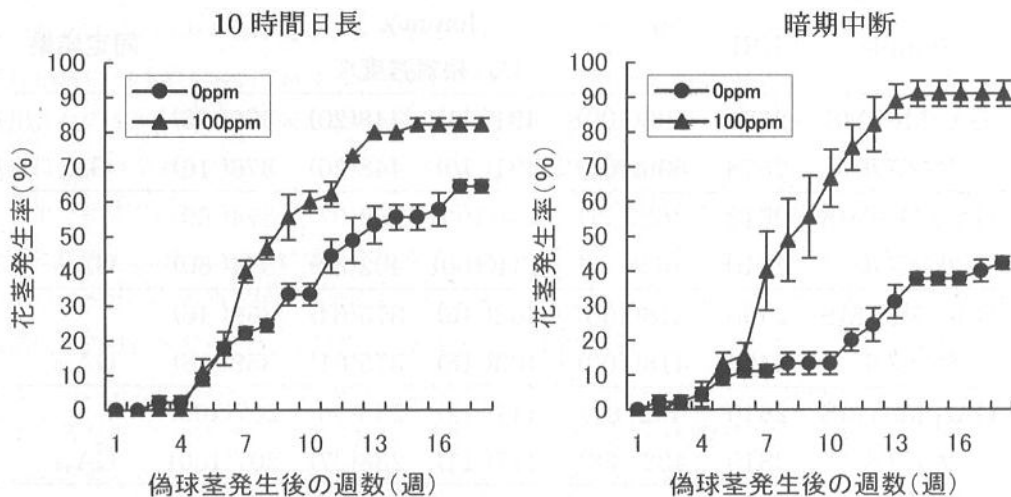


図-3 花茎発生率に及ぼす GA<sub>3</sub> 施用と日長の影響

2005) ことから、オドンチオダにおいても同様の性質を持つと考えられるが、10時間という短日条件においても花茎発生率は60%程度であった。これに対して、GA<sub>3</sub>を処理するといずれの日長においても花茎発生率が著しく向上した。このため、オドンチオダの花茎発生率の低下は花芽分化ではなく、花芽の発達が何らかの要因によって抑制されているためであり、それにはGAの生合成かGAに対する感受性が関係して

いるものと考えられる。

花茎発生本数はGA<sub>3</sub>100ppmで多くなる傾向にあったものの、花茎当たりの小花数は約2輪少なくなった(表-2)。また、花茎長は明らかに長くなり、特に基部から1輪目までの花茎において著しく伸長した。これはGA<sub>3</sub>施用によって着蕾数がやや少なくなる傾向にあったことと、蕾が枯死する割合がやや高く開花に至らなかったためであった。蕾の枯死は花茎の基部に近い

表-2 オドンチオダの花茎発生本数, 小花数, 花茎長に及ぼす日長と GA<sub>3</sub> 施用の影響

日長	GA <sub>3</sub> (ppm)	花茎発生本数 (本/株)	小花数 (輪/花茎)	花茎長 (cm)	
				基部~1輪目	全長
10時間	0	1.2	13.2	31.3	64.0
	100	1.3	11.5	39.4	76.2
暗期中断 <sup>z</sup>	0	1.0	14.8	29.3	65.5
	100	1.3	12.3	38.8	74.6
有意差 <sup>y</sup>	日長	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
	GA <sub>3</sub>	**	**	**	**
	日長×GA <sub>3</sub>	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

<sup>z</sup> 午後10時~午前2時まで白色蛍光灯で4時間の暗期中断を行った

<sup>y</sup> 分散分析により, \*\*は1%, \*は5%の危険率で有意差あり, N.S.は有意差なしを示す

表-3 オドンチオダの内生ジベレリンの同定

Sample	KRI	Ion m/z				同定結果
		(% 相対強度) <sup>z</sup>				
GA <sub>1</sub> -MeTMS	2681	506(100)	491(11)	448(20)	376(16)	-
サンプル	2678	506(100)	491(10)	448(20)	376(16)	GA <sub>1</sub>
GA <sub>19</sub> -MeTMS	2612	462(7)	434(100)	402(37)	374(69)	-
サンプル	2610	462(5)	434(100)	402(32)	374(60)	GA <sub>19</sub>
GA <sub>20</sub> -MeTMS	2496	418(100)	403(16)	375(64)	359(16)	-
サンプル	2497	418(100)	403(16)	375(61)	359(16)	GA <sub>20</sub>
GA <sub>44</sub> -MeTMS	2810	432(67)	417(12)	238(36)	207(100)	-
サンプル	2810	432(68)	417(11)	238(37)	207(100)	GA <sub>44</sub>
GA <sub>53</sub> -MeTMS	2510	448(71)	416(21)	389(42)	207(100)	-
サンプル	2513	448(69)	416(18)	389(42)	207(100)	GA <sub>53</sub>

第1小花で観察されるものが多かった。おそらく、花芽発達の段階に達しても高濃度のGA<sub>3</sub>が施用されたことが原因と考えられることから、施用回数を減らすことによってこれらの点は改善できるものと考えられる。

以上のことより、オドンチオダに対してGA<sub>3</sub>100ppmを単独施用すると、小花数がやや減少する傾向にあるものの、従来に比べて花茎

発生率が大幅に向上することから、花茎発生率の安定化には極めて有効な手段であると考えられた。

#### 4. オドンチオダの内生GAの同定

花茎を持つオドンチオダの偽球茎、葉、花茎を凍結乾燥し、乾燥粉末試料にした。これを常法により溶媒で抽出・精製後、ODS-HPLCとN

(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-HPLCで精製し、短銀坊主による生物検定を行った。活性フラクションをメチル化、TMS化により誘導体化した後、GC/MSにてKRIとフラグメントイオンを観測し内生GAの同定を行った。

その結果、内生GAとしてGA<sub>1</sub>, GA<sub>19</sub>, GA<sub>20</sub>, GA<sub>44</sub>, GA<sub>53</sub>の5つのGAが同定され、いずれも早期13位水酸化経路に属するGAであった。このため、オドンチオダのGA生合成経路は主に早期13位水酸化経路が機能していると考えられた。ラン科植物において内生GAの同定を行った報告は少なく、オドンチオダ以外にはファレノプシスが知られている (Su et al., 2001)。ファレノプシスの内生GAはオドンチオダと同様に早期13位水酸化経路に属する一連のGAが検出されており、両者は共通するGA生合成経路を持っているようである。

オドンチオダは特定の節間に偽球茎を形成することはすでに述べたが、偽球茎が形成される前の茎の形状はいわゆる短縮茎である。偽球茎は節間が急激に伸長・肥大していることから、おそらく偽球茎の形成時にはGAの内生量が増加しているだろう。そして、内生GA量が増加していると考えられる偽球茎近くの腋芽が花茎となり、偽球茎から離れると栄養芽を分化することは、内生GAが腋芽の発育相の転換を制御している可能性を伺わせる。

筆者は従来から洋ランの開花生理の解明に取り組んできた。近年はファレノプシスの花成誘導とGAとの関連性についての研究に取り組んでいるが、形態的にも生態的にも大きく異なるファレノプシスとオドンチオダの開花がGAによって大きな影響を受け、GAの生合成経路も共通であることは興味深い。今後は代表的な洋ランの内生GA生合成経路と花成誘導メカニズ

ムについての解明も検討課題となるだろう。

## 引用文献

- 後藤綾香, 堀本大雅, 窪田聡, 腰岡政二. ジベレリンによるファレノプシスの頂芽開花に対する温度とサイトカイニンの影響. 2010. 園学研. 9 (別2): 543.
- Hisamatsu, T., M. Koshioka, S. Kubota. 1998. Effect of gibberellin A4 and GA biosynthesis inhibitors on growth and flowering of Stock [*Matthiola incana* (L.) R. Br.]. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 67:537-543.
- 窪田 聡, 堀本大雅, 宮崎瑞穂, 田口敦子, 腰岡政二. 2009. GA3施用はファレノプシスの頂芽の花芽分化を誘導する. 園学研. 8 (別2): 313.
- 窪田 聡, 堀本大雅, 宮崎瑞穂, 田口敦子, 大橋恵利佳, 濱田理絵, 腰岡政二. 2009. ファレノプシスの花成誘導期間中の腋芽における内生植物ホルモンの動態. 園学研. 8 (別2): 314.
- 窪田 聡, 金子由恵, 高橋 愛, 松浦真夕美, 逆井 肇, 渡部一夫, 伊藤真広. 2006. オドンチオダの茎頂切除によるシュート発生時期の斉一化. 園学研. 5: 165-169.
- Kubota, S., J. Yamamoto, Y. Takazawa, H. Sakasai, K. Watanabe, K. Yoneda and N. Matsui. 2005. Effects of light intensity and temperature on growth, flowering and single-leaf CO<sub>2</sub> assimilation in *Odontioda* Orchid. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 74: 330-336.
- Lopez, R. G., E. S. Runkle and R. D. Heins. 2005. Flowering of the *Miltoniopsis* Augres 'Trinity' is influenced by photoperiod and temperature. Acta Hort. 683: 175-179.
- Matsumoto, T. K., 2006. Gibberellic acid and

benzyladenine promote early flowering and vegetative growth of *Miltoniopsis* Orchid Hybrids. HortScience 41: 131-135.

小田善一郎. 1984. 洋ラン 品種・育種・栽培・繁殖. p. 309-312. 博友社. 東京.

Su, W., W. Chen, M. Koshioka, L. N. Mander, L. Hung, W. Chen, Y. Fu, K. Huang. 2001. Changes in gibberellin levels in the flowering shoot of

*Phalaenopsis* hybrida under high temperature conditions when flower development is blocked. Plant Physiol. Biochem. 39:45-50.

渡部一夫, 市丸容子, 窪田 聡, 米田和夫. 2003. オドンチオダの花芽分化過程と花芽分化に及ぼすバルブ形成開始後の温度の影響. 園学雑. 72 (別1): 120

## 植物成長調整剤

花類の節間伸長抑制に

**ビーナイン**<sup>®</sup>  
(ダミノジッド) 顆粒水溶剤

ぶどうの品質向上に

日曹 **フラスター**<sup>®</sup> 液剤  
(メピコートクロリド)

## 除 草 剤

だいず・とうもろこし・☆  
キャベツ畑の除草剤

**フィールドスター**<sup>®</sup> 乳剤  
(ジメテナミド)

スズメノカタビラを含む  
イネ科雑草の防除に  
全面茎葉処理型除草剤

**ホーネスト**<sup>®</sup> 乳剤  
(テプラロキシジム)



イネ科雑草の除草に。

生育期処理  
除草剤 **ナブ**<sup>®</sup> 乳剤 (セトキシジム)

だいず・ばれいしょ・てんさいは  
8葉期まで使用できます。



**日本曹達株式会社**

本社 〒100-8165 東京都千代田区大手町2-2-1 ☎ 03-3245-6178  
ホームページアドレス <http://www.nippon-soda.co.jp/nougyo/>