

種子のサプライチェーン：タキイ種苗の事例に学ぶリスク管理

浜崎 章 洋

中野 幹 久

要 旨

サプライチェーン管理の領域では、需要の不確実性が高い工業製品を対象とした研究が多い。本稿では逆に、供給の不確実性が高い非工業製品であり、農業製品のひとつである種子に焦点を当てる。

国内大手のタキイ種苗の事例研究にもとづいて、まず種子のサプライチェーンを概観する。続いて、よく知られている Hau L. Lee の枠組みを使い、種子のサプライチェーン戦略をリスク管理重視に位置づけて、リスク管理の分析枠組みを設定する。その分析枠組みを使って、タキイ種苗によるリスク管理の取り組みについて議論し、同社の事例から有益な示唆を引き出す。

1. はじめに

サプライチェーン管理 (Supply Chain Management: SCM) の戦略としては、効率性重視 (例: リーン (lean)) や応答性重視 (例: アジャイル (agile)), 効率性と応答性の両方重視 (例: リーン/アジャイル (lean/agile)) といったタイプがよく知られている。効率性重視と応答性重視については、Fisher (1997) がこれらの基本戦略を提示した後、理論的な精緻化や実証研究の蓄積が進んでいる。また、効率性と応答性の両方重視についても、Qi et al. (2009) による先駆的な研究を始めとして、実証研究が出始めている (Nakano, 2015)。

これらの3つのタイプのサプライチェーン戦略は、いずれも「需要の不確実性」(demand uncertainty) の程度によって分類できる。すなわち、需要の不確実性が低い場合は効率性重視、高い場合は応答性重視を採用することが望ましく、高いがそれをなんらかの手段で意図的に減らすことができる場合は両方重視を採用することが可能になる (中野, 2014)。一方、これらの戦略を議論する際、「供給の不確実性」(supply uncertainty) については捨象されがちである。つまり、“モノは計画通りに生産・流通できる”ことを前提として議論されてきた。

著名な SCM 研究者の一人であるスタンフォード大学のハウ・リー (Hau L. Lee) は、需要と供給の両方の不確実性のマトリクスを使った SCM の戦略枠組みを提案している (Lee, 2002)。詳細は4節で説明するが、その枠組みは先述の Fisher (1997) の基本戦略を拡張したものと位置づけられる。しかし、その枠組みを用いた実証研究は、一部の論文 (e.g., Sun et al., 2009) を除いてあまり見られない。そのため、供給の不確実性が高いサプライチェーンの実態については、あまり理解が進んでいないのが現状である。

本稿では、需要の不確実性は低い、供給の不確実性が高いサプライチェーンとして、主に野菜

の「種子のサプライチェーン」を取り上げる。種子のサプライチェーンは、SCMの研究で通常取り上げられる工業製品と違い、そもそも先行研究が見当たらない。そこで、国内大手のタキイ種苗株式会社（以下、タキイ種苗）の事例を取り上げて、まず種苗ビジネスやサプライチェーンがどのようなになっているのかを概観することに紙幅を割くことにする。続いて、種子の供給の不確実性が高い理由を確認する。そして、リスク管理の理論的枠組みにそって、タキイ種苗による種子供給に関するリスク管理の取り組みを整理・議論する。なお、タキイ種苗の事例については、同社への2回のインタビュー調査と補足的な文献調査を通じて情報を収集した。

2. 種苗ビジネスとタキイ種苗

本節では、種子のサプライチェーンの話に入る前に、まず種苗ビジネスや種苗業界、大手企業であるタキイ種苗の概要を把握する。

2.1 種苗ビジネスが成立する理由

「種苗^{しゅびょう}」とは聞き慣れない言葉かもしれないが、文字通り、野菜や花の種^{たね}（種子）および苗^{なえ}のことである¹⁾。種苗を研究開発し、生産・販売しているのが種苗メーカーである。日本の代表的な種苗メーカーとしては、タキイ種苗やサカタのタネをあげることができる。異業種では、大手飲料メーカーであるサントリーのグループ会社（サントリーフラワーズ）が花卉^{かき}類の種苗ビジネスに参入している。

さて、種子²⁾については次の2種類に分けることができる。ひとつは「固定種」であり、長年にわたる自然淘汰や生産者などによる選抜の結果、遺伝的に固定（安定）している品種のことである（タキイ種苗のHP）。ある程度の遺伝的多様性が含まれるため、形状や色といった形質にバラツキが出るが、自然受精を経た後代にもほぼ同様の性質が受け継がれていく（同HP）。例えば、京野菜の賀茂なすや万願寺とうがらし、加賀野菜の赤ずいき、鹿児島島の桜島大根が有名である。ただし、地元市民や一部の土産用などに消費が限定されるため栽培量は多くはない。

もうひとつは「一代交配種」、いわゆるF₁種（First Filial Generation）であり、性質の異なる2種類の親品種（原種）を掛け合わせ作出した雑種第一代のことである（同HP）。F₁種は、両親に付与した優良形質を兼ね備えることができる。これはメンデルの法則のひとつ、「優劣の法則」（law of dominance）としてよく知られている（Mendel, 1866）。例えば、甘いが小さいトマトと、大きい甘くないトマトを交配すると、甘くて大きい品種ができる。さらに、「雑種強勢」（heterosis）と呼ばれる現象により、雑種第一代は両親よりも強健になり、生育が旺盛で不良環境下における栽培性が高く、収量性が向上する。

1) 栽培漁業において、稚魚のことを種苗と呼ぶが、本稿では取り上げない。

2) 種子とは、一般的に、発芽前の植物体である「胚」と発芽成長の開始に必要な養分を蓄える「胚乳」、それらを保護する「種皮」から構成される構造物である（種子生理生化学研究会, 2009）。

営利農家のほとんどは後者の種子, つまり F_1 種を種苗メーカーから都度購入している。なぜ農家は自分の畑で採取した種子を使うのではなく, 種苗メーカーから種子を購入する必要があるのか。ひとつは, F_1 種は, 自家受精を経た後代の種子では全く同じ形質のものは収穫できないという特性を有するからである。雑種第二代では, メンデルの「分離の法則」(law of segregation) が働いて, 第一代では現れなかった劣性の遺伝子が発現する (Mendel, 1866)。さらに, 農家にとっても F_1 種を使うメリットがある。第一に, 種苗メーカーの種子は品質が良い。発芽率が高く, 種子の大きさが揃っているため生育が均質になる。その結果, 作物の品質や形状, 収穫期が揃うため, 農家の手間が省け, 廃棄ロスも削減できる。第二に, 自家採種するには, 種をまいてから収穫まで半年から1年程度の期間を必要とする。例えば, 法蓮草や小松菜は1-2カ月で収穫できるため, 自家採種するスペースを栽培スペースにした方が土地を有効活用できる。また, 自家採種の場合, 梅雨や台風で種子を収穫できなくなってしまうというリスクがある。第三に, 営利農家の生産コストの内, 種苗代はわずか5%程度である。肥料, 農薬, 施設, 農機具, 人件費の方が, 圧倒的に構成比が高い。わずかな種子代金を節約して得られるものは少なく, むしろ手間がかかる。

以上, 種苗ビジネスが成立する理由は, F_1 種の特性と経済合理性の両面から説明できる。

2.2 種苗業界の概要

タキイ種苗のHPによれば, 世界の種子市場は約3.1兆円と推定されている³⁾。その内訳は, 穀物種子が2兆7,400億円, 野菜種子が約4,000億円, 草花種子が約400億円である。日本では, 主要農産物種子法によって, 米や麦類, 大豆の種子の品種改良および販売は官(国および都道府県)に限定されており, 民間の種苗メーカーでは野菜と花卉に限定されている。野菜種子に限れば, 日本の市場規模は世界の17%を占めており, 約680億円と推定される。また, 草花種子の日本の市場規模は約80億円程度と言われている⁴⁾。

カナダに本部がある政策提言型市民グループであるETC⁵⁾ (Action Group on Erosion, Technology and Concentration) が発表した資料 (ETC Group, 2008) に記載されている, 世界の種苗メーカーの売上高と市場シェアを表1に示す。首位のモンサント (Monsanto) は農業分野のバイオ企業であり, 「種子メジャー」(日経ビジネス, 2010) の代表格である。除草剤「ラウンドアップ」(Roundup) のメーカーとしてもよく知られている。同社を含む上位の欧米企業は, 野菜や花卉だけでなく, 小麦や大豆, トウモロコシの種子も取り扱っているため, 売上規模が大きい。これらの企業は, 化学肥料や農薬, 農業用資材を自社で製造・販売している, あるいはそのためのグループ会社を保有しており, 農業

3) セブン-イレブンの平成25年2月期のチェーン全店(約1万5千店)の売上高が約3兆5千億円であることから, 世界の市場規模が約3兆円という点, 産業界ではそれほど大きくない方だと言えるだろう。

4) 世界および日本の種苗の市場規模が推定値で, 毎年データが更新されないのは, 業界特性によるものと思われる。農家の自家採種や特定産地だけで流通している種子もあり, 工業製品と比べて, 把握することが難しいようである。

5) ETCの紹介は西川・根本(2010)の第9章に詳しく記載されている。

に必要なものを総合的に供給していると言える。さらに、モンサント、デュポン (DuPont)、シンジェンタ (Syngenta) の上位3社は、遺伝子組み換え (Genetically Modified: GM) 作物の種子も製造・販売しており、米国や南米を中心に売上高を伸ばしている (日経ビジネス, 2010) ことから、これらの企業が種子メジャーとして、さらにシェアを伸ばす可能性が高くなっている。

日本企業では、第8位にサカタのタネ、第10位にタキイ種苗がランキングされている。先述した通り、両社とも穀物の種子は扱っていないため、売上規模は上位企業と比較して小さいが、野菜・花卉の種苗だけを見ると、世界でトップクラスである⁶⁾。タキイ種苗のHPによれば、同社は世界の野菜種子市場で6%のシェアを占めており、モンサント、リマグレイン・グループ (Groupe Limagrain)、シンジェンタに続く第4位に位置づけられている。なお、サカタもタキイも農業用資材、農薬、化学肥料などを販売しているが、これらの商材は国内外のメーカーから仕入れたものを販売している卸売業である。

表1 世界の種苗メーカーの売上高と市場シェア (2007年)

会社名	売上高 (US\$ millions)	市場シェア (%)
1 Monsanto (US)	\$4,964	23
2 DuPont (US)	\$3,300	15
3 Syngenta (Switzerland)	\$2,018	9
4 Groupe Limagrain (France)	\$1,226	6
5 Land O'Lakes (US)	\$917	4
6 KWS AG (Germany)	\$702	3
7 Bayer Crop Science (Germany)	\$524	2
8 Sakata (Japan)	\$396	<2
9 DLF-Trifolium (Denmark)	\$391	<2
10 Takii (Japan)	\$347	<2

2.3 タキイ種苗の概要

タキイ種苗は京都市に本社を置く株式非公開の企業である。1835年 (天保6年) に創業され、180年近い歴史がある。野菜・草花・牧草などの種子、野菜・花卉の苗、球根、農業用フィルム・肥料・農薬など農業用資材の販売、農園芸用図書出版発行などを事業にしている。1905年にカタログを発行、我が国で初めて種苗の通信販売を開始しており、現在も続いている。札幌、仙台、東京、福岡に営業拠点としての支店があり、北海道、茨城県、長野県、滋賀県、和歌山県に開発拠点としての研究農場を保有している。滋賀県湖南市にある研究農場内には、次世代の農家を育成するための園芸専門学校がある。海外の営業拠点も多く、米国、ブラジル、チリ、オランダ、フランス、デンマーク、インドネシア、タイ、中国、韓国、インドに進出している。図1は過去5年間の売上高と経常利益

6) 業界では、「野菜のタキイ、花のサカタ」と言われている (日経産業新聞, 2005)。

の推移である。同社の業績は、世界的な金融危機や東日本大震災のような自然災害の影響をそれほど受けていないことがわかる。高品質種子を開発し、世界に供給するという使命を実践するために、揺るぎない経営基盤の下、一步一步着実に成長している様子が伺える。

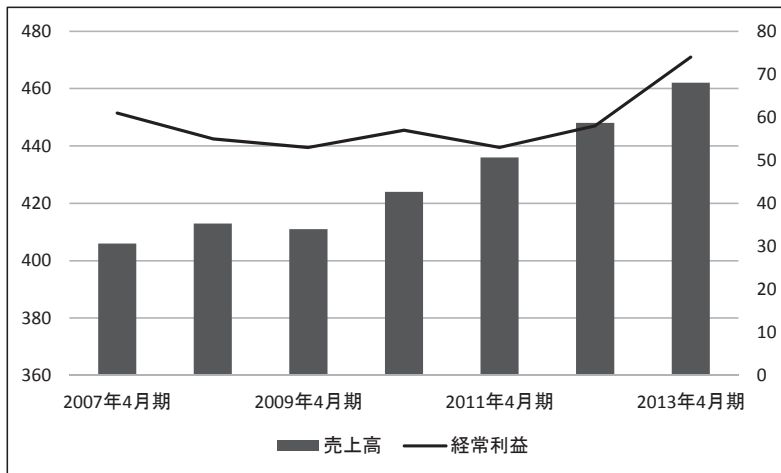


図1 タキイ種苗の売上高 (左軸) と経常利益 (右軸) (単位: 億円)

タキイ種苗は、創業当初は京都に数多くある種苗会社のひとつであった。同社が世界的な種苗会社に成長したのは、1935年に京都府乙訓郡(現在の長岡京市)に設置された実験農場をはじめとした、研究農場での育種(品種改良)研究の成果によるものである。特に、1950年に世界で初めてアブラナ科野菜の F_1 種子、キャベツ長岡交配「一号」甘藍、ハクサイ長岡交配「一号」白菜を開発したのを皮切りに、60年代に入って、大根(1961年)、タマネギ(1962年)、ブロッコリー(1963年)、ニンジン(1964年)、カリフラワー(1969年)と相次いで F_1 種子を新発売していく。こうして、同社は F_1 種子メーカーの先駆けとしての存在を確立していった(日経産業新聞, 1989)。その後、同社はトマトの「桃太郎」、ナスの「千両二号」、カボチャの「えびす」、タマネギの「Dr. ケルシー」、ハクサイの「お黄にいり」といった、スーパーマーケットや八百屋の店先でお馴染みのブランド品種の開発に次々成功し、売上規模が拡大していった(写真1)。現在では、トマト、ナス、ニンジン、カボチャ、白菜など、主要な野菜の種子で6-7割のシェアを握っている(日経産業新聞, 2013)。



写真1 タキイ種苗が販売している野菜の種子（写真提供：タキイ種苗）

3. 種子のサプライチェーン

本節からは、種子のサプライチェーンに焦点を当てていく。以下では、種子の品種改良、親に当たる原種の生産、子に当たる種子の生産、さらには精選・検査・包装の過程を経て、流通される一連の過程を概観する。

3.1 品種改良と原種生産

野菜・花卉の F_1 種の品種改良には、おおよそ10年の月日が必要になる。トマトの新品種の品種改良を例に説明しよう。大玉で甘く、収穫量が多く、早生（収穫が早い）で、また病害虫や寒さに強いトマトを育種（品種改良で作ridす）したいとする。それらの特性を持つトマトを選抜し、何代も交配を重ね、大玉で収穫量が多く病害虫に強いトマトAと、小玉だが甘く早生で寒さに強いトマトBを作りだす。このトマトAとトマトBはさまざまなトマトを交配してできているため、その子孫には遺伝的なばらつきが出てくる。そこで、数世代にわたってトマトAだけを交配し、トマトAの遺伝子だけを持つ純粋なトマトAを作りだす。トマトBも同じように純粋なトマトBを作りだす。こうして作られたトマトAとトマトBは「原種」と呼ばれる。トマトAの原種とトマトBの原種を交配して採取した種子が F_1 種となる。

タキイ種苗では、研究農場のブリーダー（breeder）と呼ばれる技術者が品種改良を担当している。ブリーダーの担当作物は、大きく野菜グループと花卉グループに分かれており、野菜グループはさらに果菜類ナス科（例：ナス、トマト、ピーマン、トウガラシ）、果菜類ウリ科（例：キュウリ、カボチャ、メロン、スイカ）、葉菜類（例：ハクサイ、キャベツ、ブロッコリー、ホウレンソウ）、根

菜類 (例: ダイコン, ニンジン, カブ), ネギ科 (例: 玉ねぎ, 葉ネギ) の5つの担当から構成されている。自然交配による育種を行うタキイ種苗では, プリーダーが生産者 (農家) と同じように畑を耕し, 種をまき, 野菜や花卉を栽培しながら新しい品種を開発している。栽培される地域や時期によって異なる気候・土壌の条件に適応するとともに, 生産者や流通業者からの要望の違い (例: 形状, 味, 収量性, 貯蔵性, 耐病性) に応えるために, 同社はこれまでに野菜で1,500, 草花で500の品種を開発してきた。

3. 2 種子生産

このようにして生産された原種は, 新品種, 既存品種ともに, 販売に必要な種子量を確保するために, 大量に生産される。といっても, 種子は工場で生産できるものではないので, 一般の農作物と同様に畑に作付けを行って生産される。具体的には, 採種農家や採種会社への委託生産となり, 種苗メーカーから原種が配布され, 採種農家や採種会社が栽培・交配し, 種子が収穫されるというプロセスで行われる。

一般的な品種を栽培する場合, 農家は前述したように F_1 種を使用するため, 雑種強勢という遺伝的特徴から比較的栽培は容易で, かつ播種 (種まき) から収穫までの期間も短い。一方, 種子生産のための原種を栽培する際, 原種は近親交配を重ねているため植物体として弱い場合があり, 無事に育成させるには病虫害の駆除や雑草の除草といった手間がかかるケースがある。また, 原種同士を無事に交配させるため, 開花の時期を合わせるなどの注意が必要となる。さらに, 原種以外の花粉と交雑しないよう, 近隣の圃場 (畑) や空き地の雑草の駆除などの環境整備が必要なため, 技術力が高く, 手間を厭わない農家でなければならない。また, 種苗メーカーにとっては, 長い歳月をかけて開発した原種を配布することになるため, 信頼できる誠実な農家にしか委託できない。タキイ種苗は, 技術力があり信頼のおける国内の採種農家と古くから付き合いってきたが, 近年は就業者が高齢化し, 後継者不足のため, 採種農家が減少しつつある。加えて, 日本には広い作付面積と隔離された場所⁷⁾ が少なく, 長雨や台風などの天候不順による不作のリスクを回避するために, 海外での採種が増えている。初田 (2013), 松浦 (2012) によれば, 日本で流通している種子の90% (面積ベース) 以上は海外で生産されている⁸⁾。タキイ種苗では, 南ヨーロッパや南米のように, 日照量が多く雨が少ない気候の良い地域の採種農家や採種会社と契約し, 同社から原種を配布して採種している。

7) アブラナ科のハクサイのように, 他殖性 (他家受精する) 作物の場合, 異品種が交雑しないように, 地理的に隔離された圃場を確保する必要がある。

8) 古在 (2010) は, 海外採種の要因として, 国内の採種コストに占める人件費の比率が高いことをあげている。一方で人件費が安価な国は, 社会インフラの未整備, 不安定な政治経済, 人件費の上昇傾向により, 種子の安定的な確保が容易ではないことを指摘している。合わせて, 将来的には植物工場により, 国内で効率的安定的な採種が期待できることを提案しており, このような試みはほとんど実施されていないが, 今後の課題になると言及している。農林水産先端技術産業振興センター (2009b) は, 植物工場の採種への利用可能性を認めつつ, 設置及び運営コストの低下の動きに注目する必要があると述べている。

また、チリには現地法人を設立して種子の生産を行っており、日本へ輸入している。

原種を採種農家に配布した後、タキイ種苗生産部の社員が農家への技術指導を行う。播種時期の設定から育苗、栽培管理、交配、肥料や農薬の散布、農地の環境整備、種子の収穫・精選に至るまで、きめ細かく指導するとともに、農家から栽培記録の報告を受け、生育状況を管理している。採種量や品質は栽培方法だけでなく、自然環境にも大きな影響を受ける。日本の多くの地域では、原種の花が咲く春から初夏には梅雨があり、種子を収穫する秋には台風が多い。播種から収穫まで短くて半年、長いものでは2年かかるが、その間、採種農家も生産部社員も気が休まるときがない。

3.3 種子の精選・検査・包装

国内や海外から入荷した種子は、^{ふうたい}風袋と呼ばれる綿の袋などに入れられて（写真2）、タキイ種苗の京都本社にすべて届けられる。この段階での種子の精選度はあまり高くなく、袋には収穫時に混じった小石や莢（種子がはいっている殻）、茎などが入っていたりする。タキイ種苗では、商品管理部が次のような精選作業を担当する。まず、^{ふるい}篩にかけて、莢や茎などの種子以外のものを取り除く。次に、篩で取り除けなかった種子と同程度の大きさの小石などを風力選別機、色彩選別機、転選機を使って取り除く。さらに、比重選別機や振動デッキを使って、規格よりも小さい種子や軽い種子を取り除く。最後に、作物の生育状況が揃うように、サイジング機で種子の大きさを揃えて精選が終了する。

精選が終わった種子は、サンプルを取り、品質管理センターの専門検査員によって、シャーレに種をまいて特定の条件下でどれだけ発芽するか（発芽検査）、何日目までに発芽するか（発芽勢検査）、病原菌が付着していないか（病理検査）などの検査が行われる。これらの検査は、国際種子検査協会（International Seed Testing Association：ISTA）が定める種子検査手法にそって行われる。また、種子がF₁種として遺伝的に問題がないかという遺伝子検査も行っている。

商品管理部は、検査に合格した種子を小袋や缶に包装して商品化する。包装材には、防湿や日光が遮断される素材が使われている。近年、農家の負担軽減や作物の生育を揃えるために、種子にさまざまな加工が施されている。例えば、天然素材を主成分とする粉体を用いて、種子を核として均一な球状に成形したのが「ペレット種子」である（写真3）。不整形種子や偏平種子、花卉類などの微細種子をペレット加工することで、農家での取り扱いや機械播種が容易になり、生産性が向上する。



写真2 風袋に入れて保管される種子（写真提供：タキイ種苗）

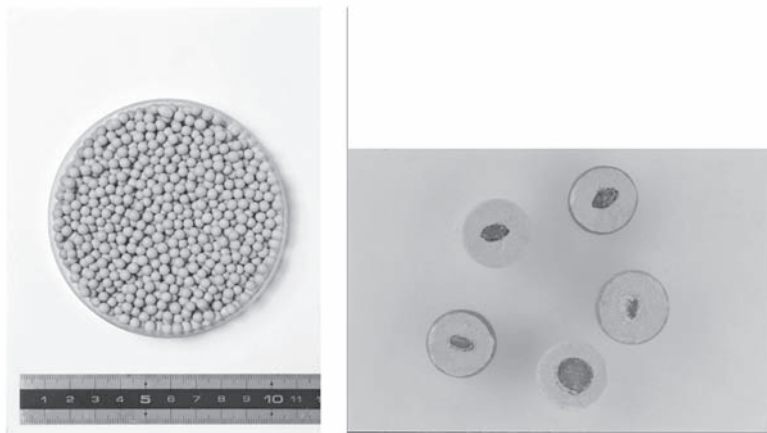


写真3 ペレット種子と断面図（写真提供：タキイ種苗）

3. 4 種子の流通

農家向けの種子の流通は、図2のように、種苗メーカーから種苗卸、さらに全国各地の種苗店（約1,500店）やJAグループ（都道府県段階の全農、市町村段階の地域農協）を経由して、産地の各農家へ流通している。種苗店については、年商数千万円の小規模店もあれば、同数十億円規模の大型店もあるが、大多数は1～2億円程度のものである。種苗のほか、肥料や農薬、農業資材も販売しており、種苗卸も兼ねる大規模な種苗店は、種子販売後、つまり播種後の農家や産地へのアフター・フォローを積極的に行っている。一般の消費者は、種苗店以外に、ホームセンターや園芸店、生花店などで小袋入りの種子を購入したり、種苗メーカーの通信販売を利用する。最近、専業農家向け種苗、農業資材の販売を目的としたホームセンターの地方型店舗が現れており、種苗店やJAと競合

とに非常に慎重であるのが一般的である。もちろん、新品種の収穫量が多い場合や耐病性に優れている場合には、品種を変えることもあるが、農家は栽培する作物や品種について、基本的には保守的な態度をとると考えてよいだろう。供給側から見れば、一度産地で採用されると、継続的かつ安定的な需要が見込めるのである。

一方、野外で生産（採種）される種子は、天候等の影響が大きいいため、供給が不安定になりやすい¹⁰⁾。例えば、種子を収穫する直前に台風が生産地を直撃し採種できなくなることがある。また、長雨などの天候不順により、種子の品質や収量が安定しないといったこともある。交配させる花が同時に咲かないといけないうのに時期がずれたり、同時に咲いても、受粉を助ける虫がこない場合もある。さらに、採種場の近くにある畑の作物が収穫されずに花を咲かせ、その花粉が交雑する、いわゆる「コンタミネーション」が発生するといったこともまれに起こる。労働環境を管理した室内で生産する工業製品と違い、種子の生産は事前の予想や人間による制御が容易ではない自然環境から影響を受けやすく、かつ品質改善活動を通じて成果を上げようとしても時間がかかる。こうした理由のため、種子は供給を安定させるのが難しいのである。

また、近年では新たな供給の不確実性が発生している。ひとつは、高齢化による国内採種農家の減少である。海外では、例えばバイオエタノールの価格が上昇すると、採種から穀物栽培へ切り替える圃場が出て、採種農家が減りかねない。さらに、新品種の開発競争が激しく、採種性の高さよりも付加価値（例：形状、味）を重視する傾向が高まっているため、種子の生産管理が難しくなっている。

以上より、種子は需要の不確実性は低い、供給の不確実性は高いことがわかる。

4. 2 種子のサプライチェーン戦略

本稿の冒頭で紹介した Lee (2002) が提示したサプライチェーン戦略の枠組みは、図3に示すように、需要の不確実性と供給の不確実性のマトリクスになっている。需要の不確実性とは、製品の需要がどの程度予測できるのかを意味する。Lee は、同じく冒頭で触れた Fisher (1997) の枠組みをそのまま用いており、functional products では需要の不確実性が低く、innovative products ではそれが高い。彼らが functional products と呼ぶものは、革新性や独自性が低い製品と捉えればわかりやすいだろう。同様に、彼らが innovative products と呼ぶものは、革新性や独自性が高い製品とみなされる。供給の不確実性については、製造プロセスやその基盤となる技術、サプライベース¹¹⁾といった供給プロセスが対象になる。製造プロセスや基盤技術が成熟しており、かつサプライベースが確立されている場合、

10) 農林水産先端技術産業振興センター (2009a) でも、台風や長雨で生産が安定しなかった事例が報告されている。ハウス栽培へ移行した事例もあるが、梅雨の多湿が問題になるようである。ほかにも、鳥害（例：ヒワがダイコンの種子を食べた）の事例が見られる。

11) サプライベースとは、買い手である焦点企業が、部品や素材、サービスの契約・購買を通じて積極的に管理しているサプライヤー・ネットワークの一部のことである (Choi and Krause, 2006)。

供給の不確実性は低い。一方、製造プロセスや基盤技術が十分に開発されておらず、変わりやすく、結果として、サプライベースが確立されていない場合は供給の不確実性は高くなる。

		需要の不確実性	
		低い	高い
供給の不確実性	低い	効率性重視の サプライチェーン (グローサリー, 定番衣料品, 食品, 石油・ガス)	応答性重視の サプライチェーン (ファッション衣料品, コンピュータ, ポップミュージック)
	高い	リスク管理重視の サプライチェーン (水力発電, 生鮮食品)	俊敏性重視の サプライチェーン (通信, 高性能 コンピュータ, 半導体)

図3 Lee (2002) によるサプライチェーン戦略の枠組み (筆者らが若干修正)

Lee (2002) では、需要の不確実性が低く、供給の不確実性が高い場合 (マトリクスの左下) を、「リスク管理重視のサプライチェーン¹²⁾」(risk-hedging supply chains) と位置づけている。典型的な製品としては、水力発電と生鮮食品があげられている。前者は雨量、後者は気象条件に依存することが供給の不確実性が高くなる要因となる。種子のサプライチェーンは、この戦略タイプに該当するとみなされる。

4.3 リスク管理の方法を整理する枠組み

では、リスク管理重視のサプライチェーンでは、どのようなリスク管理の方法がとられるのか。Lee (2002) があげているのは、①主要原材料の安全在庫を増やす、②複数のサプライベースを構築する、③インターネットを活用する、の3つである。しかし、これらの方法は、いくつかの例にすぎないと解釈される。より体系的な理論的枠組みはないだろうか。

SCMにおけるリスク管理の研究分野である「サプライチェーン・リスク管理」(Supply Chain Risk Management: SCRM) の文献に目を向けると、そこで使われている枠組みはあまり体系的ではないように筆者らには思える。例えば、Tang (2006) による、「収益性と継続性を確保するために、サプライチェーン・パートナーの間での調整や協働を通じて行われるリスク管理」という SCRM の定義がよく引用されている。しかし、サプライチェーン・パートナー間の調整や協働といった「企業間関係」「業務プロセス」といった側面以外にも、リスク管理の方法はあるのではないか。Chopra and Sodhi (2004) は、リスクを軽減 (mitigation) するさまざまな方法をあげており、Lee (2002) と共

12) Lee (2002) は「リスクヘッジ重視のサプライチェーン」と呼んでいるが、「ヘッジ」という言葉を使うと、狭い意味に捉えられかねない。後に述べるように、本稿ではより体系的な議論をするために、「リスク管理重視のサプライチェーン」と呼ぶことにする。

通する在庫の増加やサプライヤーとの取引における冗長性の獲得, さらに Lee (2002) では取り上げられていない柔軟性や応答性の能力向上といった方法が見られる。しかし, リスクを「軽減」する以外の方法もあるのではないか。

こういった問題意識から, われわれは SCM 以外の領域に目を向け, 保険とリスクマネジメントの基本原則を解説した教科書で紹介されている枠組みをベースにすることにした。具体的には, この領域でよく知られているリスクマネジメントのテキスト, *Risk Management and Insurance* (訳書のタイトルは『保険とリスクマネジメント』) (Harrington and Niehaus, 2004) が提示した枠組みを若干修正して用いる。彼らは, リスク管理の主な方法を, 「リスク・コントロール」「リスク・ファイナンス」「内部リスク軽減」の3つに分けている。次項では, それぞれの方法をさらに具体的に説明しつつ, 彼らの枠組みにそってタキイ種苗の取り組みを整理・議論する。

4. 4 ディスカッション

表2は, タキイ種苗の事例に見られるリスク管理の方法を整理した結果である。補足として, SCM の文献にそれらの方法が見られるかを確認している。上から順番に見ていこう。

(1) リスク・コントロール

リスク・コントロールとは, 発生する損失の頻度と強度の両方またはいずれかを回避・予防したり軽減するために資源を投資する(または投資を見送る)場合の意思決定である。その方法は3つある。ひとつは「リスクな活動水準を引き下げること」であり, 極論すれば, 活動水準をゼロに引き下げれば(活動に従事しなければ), リスクを完全に除去できる。種子メーカーの場合, 供給の不確実性が高い種子生産をやめて, もっと不確実性の低いものを生産することを意味する。しかし, タキイ種苗の業績(図1)を見ても, 着実に成長している様子が伺えることから, この方法は本稿では議論の対象とならない。

表2 タキイ種苗の事例に見られるリスク管理の方法

リスク管理の方法	SCM の文献	タキイ種苗の事例
リスク・コントロール	リスクな活動水準の引き下げ	— (確認できず)
	より慎重な行動	Kleindorfer and Saad (2005) 果菜類の手交配, 特定品種のハウス利用
	リスク軽減	Chopra and Sodhi (2004), Kleindorfer and Saad (2005) (確認できず)
リスク・ファイナンス	リスク保有	Lee (2002), Chopra and Sodhi (2004) 数年分の安全在庫の保有
	リスク移転	Wakolbinger and Cruz (2011) (確認できず)
内部リスク軽減	分散	Lee (2002), Chopra and Sodhi (2004), Kleindorfer and Saad (2005) 生産拠点の分散
	情報の収集・共有	Lee (2002), Kleindorfer and Saad (2005), Wakolbinger and Cruz (2011) 生産部門による生育状況の把握と営業部門との情報共有

リスク・コントロールの2つ目の方法は、「リスクな活動水準が一定であることを前提にして、より慎重な行動をとること」である。Harrington and Niehaus (2004) では、自動車の運転において、十分な検査を行うことや安全装置を設置する予防措置が例示されている。SCMの文献では、例えば Kleindorfer and Saad (2005) が、シックス・シグマのような品質管理手法を適用する例をあげている。タキイ種苗の事例で見られるのは、ひとつは手交配（人手による交配）である。葉根菜類は、自家不和合性や雄性不稔といった遺伝的特性を利用して虫媒による交配が行われるのに対して、トマトやキュウリ、ナスといった果菜類は手交配が主である。これにより、確実に受粉させることができ、「コンタミネーション（交雑）」の問題も避けることができるため、収量や品質を安定させられる。もうひとつは、特定品種でのハウスを利用した種子生産である。例えば、雨に弱い場合や原種同士の花が咲く時期が大幅にずれる場合に利用され、安定した生産や供給が期待できる。

こういった慎重な行動で指摘されるのは、コストが増えるというデメリットである。果菜類の場合、1粒の種子から実がたくさんとれるので、1粒単価が高く、手間暇のかかる手交配の労賃を支払っても利益をあげられる。ハウスの利用は特定品種に限られるため、生産コストの大幅な上昇は招いていない。

リスク・コントロールの最後は、損失の強度を低下させる「リスク軽減」である。SCMの文献で言えば、柔軟性・応答性の能力向上（Chopra and Sodhi, 2004）や製品／プロセスのモジュール化（Kleindorfer and Saad, 2005）が該当すると考えられる。しかし、種子は工業製品と違って、柔軟に生産量を変更したり、生産リードタイムを短縮することはできない。また、製品やプロセスのモジュール化も難しい。よって、この手段についても議論の対象外となる。

(2) リスク・ファイナンス

リスク・ファイナンスとは、損失が生じたときの対応をどうするか意思決定であり、リスク保有（risk retention）とリスク移転（risk transfer）に分かれる。リスク保有とは、発生する損失を埋め合わせるために資金を入手することであるが、ここでは内部の流動資産で損失を埋め合わせることにする。SCMの文献では、原材料や製品の安全在庫を抱えておくことが指摘されている（Lee, 2002; Chopra and Sodhi, 2004）。タキイ種苗では、在庫を保有することで、仮に本年度分の種子生産がすべて停止することになっても販売機会ロスが発生しないようにしている。種子は生き物であるため寿命があり、品目によってその寿命は異なる。また、種子の品質は保管状況に応じて大きく変化するため、温度、湿度、光などに配慮した低温低湿で暗所といった適切な管理で保管して品質の低下を最小限に留めるようにしている¹³⁾。

保険によって、ほかの経済主体にリスクを移転することについては、机上では例えば、保険会社の天候デリバティブ（降雨量や台風の頻度を指標として、条件が満たされた場合に補償金を受け取

13) ただし、豆類やネギ類は例外的に種子の寿命が短いため長期在庫には不向きである。

る契約)を購入するといったことが考えられるだろう。しかし、SCMの文献やタキイ種苗の事例には見られなかった。

保険以外の契約によるリスク移転として、SCMの文献では、Wakolbinger and Cruz (2011) がリスク共有契約 (risk-sharing contracts) を取り上げている。よく見られるリスク共有契約の議論は、需要の不確実性が高く、取引量が変動しやすいときに、売り手が買い手に契約を提案する (買い手が売り手に補償する) 場合である。彼らの主張は、逆に供給の不確実性が高い場合の売り手から買い手への補償契約である。

種子のサプライチェーンで言えば、生産を請け負う採種会社との間で、契約した生産量を納品できない場合の補償契約が想定される。しかし、タキイ種苗の事例からは、そのような事実を確認できなかった。3.2項で説明したように、種子生産の委託元 (種子メーカー) と委託先 (採種農家、採種会社) の取引は信頼がベースになっている。互いに長い時間をかけて蓄積してきた、個々の地域の気候や土壌の条件に適した生産ノウハウ、さらには現場だけでなく経営トップまで含めた人間関係でつながっており、また「技術の結晶」とも言える原種を配布するため、その流出を防ぐ意味でも、必然的に継続的な取引関係となる。また、2.2項で見たように、業界の市場規模はそれほど大きくないため、次から次へと乗り換えられるほど採種会社の数は多くない。国際種子連盟 (International Seed Federation: ISF) やアジア太平洋種子協会 (The Asia and Pacific Seed Association: APSA) には、加盟国の種子メーカーと採種会社が会員になっており、毎年の会合で顔を会わせる。つまり、競合他社からサプライヤーまで、顔の見えるプレーヤーとの間で種苗ビジネスが行われているのもこの業界の特徴である。したがって、委託先側のなんらかの原因で契約した生産量を納品してもらえず、種子メーカー側が損失を被ることがあっても、長期的な信頼関係を重視して、補償契約のような短期的な解決手段はとらないのである。

(3) 内部リスク軽減

内部リスク軽減とは、発生する損失の頻度や強度を変えることはできない、つまり損失の期待値は変わらないが、期待値の分散 (variance) を小さくする、または正確な予測を可能とする手段である。Harrington and Niehaus (2004) では、「分散」 (diversification) と「情報の収集」 (investment in information) が提示されている。分散とは文字通り活動を分散させること、情報の収集とは優れた期待損失の予測を行うために情報収集を行うことである。SCMの文献で前者に該当するとみなされるのは、複数のサプライベース (Lee, 2002; Chopra and Sodhi, 2004; Kleindorfer and Saad, 2005) と拠点分散 (Kleindorfer and Saad, 2005) である。後者については、情報を収集するだけでなく、サプライチェーンの構成メンバーと共有することを含めると、インターネットの活用 (Lee, 2002)、協働的な情報共有とベスト・プラクティス (Kleindorfer and Saad, 2005)、情報共有による共同問題解決 (Wakolbinger and Cruz, 2011) が当てはまる。

タキイ種苗の事例でも、両方の取り組みが見られる。前者については、同じ品種の種子を、地理

的に分散させて生産することで、台風や天候不順による被害を抑えられる。国内だけでなく海外で生産することにより、さらにリスクを軽減できる¹⁴⁾。特に、季節が反対である北半球と南半球の双方に採種地を持つことで、年2回の採種が可能となり、より安定した種子の供給ができるようになっている(図4)。ただし、生産地を分散させることにより、その分、生産部の管理対象となる圃場は増加する。工場内の設備で生産する工業製品と異なり、気象や土壌など栽培条件が異なる生産地でも同じ品質の種子を生産するには、生産部のきめ細かな管理・指導が不可欠になる。

	N年6~7月	N年8月	N+1年 3~4月	N+1年 6~7月
北半球 (例:日本)	収穫 (採種)	原種 播種	開花	収穫 (採種)
	N年4月	N年10月	N+1年 2月	N+1年4月
南半球 (例:豪州)	原種 播種	開花	収穫 (採種)	原種 播種

図4 キャベツの種子における生産地の分散事例

情報の収集・共有について、タキイ種苗の事例で見られるのが、生産部門による生育状況の把握と営業部門との情報共有である。採種農家や採種会社に種子生産を委託するにあたっては、同社の生産部が生産量を提示する。その際、品目・品種別の過去の予想生産量と実績生産量の誤差率を踏まえて、見込まれる販売量よりも多めの生産量を設定するようにしている。播種後、3.2項で紹介したように、生産部は採種農家への技術指導を行う。その過程で、台風や天候不順の影響、交配状況、コンタミネーションの発生、花の数や莢の中に入っている種子の数といった情報を集め、過去の状況と実績生産量の関係を比較して、「今年は基準となる品質を満たす種がどれぐらいとれそうか」という予想収量を算定する。これを営業部門と共有することで、同部門では在庫量も加味して、例えば多めに採れそうときは拡販の営業戦略を練ったり、少なくなりそうなら産地に対して早めの発注を促すといった活動にいかせるのである。

4.1項で述べたように、種子は一度産地で採用され、推奨品種として指定されれば、継続的かつ安定的な需要が見込める。しかし、個々の産地に供給される品種はほかの品種では代替できない。つまり、欠品したらほかの品種で対応するというわけにはいかない。仮に欠品して産地に迷惑をかけ、他社の品種への「ブランド・スイッチ」が起きれば、基本的に保守的な態度をとる栽培農家に対して、再スイッチを期待することは難しい。だからこそ、産地に対する供給責任は非常に重いのである。

14) しかし、海外採種には国内から持ち込んだ原種の流出という別のリスクがある(農林水産先端技術産業振興センター, 2009b)。

タキイ種苗の営業担当者は、各自が担当する産地に供給する品種の在庫量を常日頃から確認し、その品種を担当する生産部の担当者とも個別にやりとりして、できるだけ早く予想収量を把握するように努めているという。供給の不確実性が高い場合、供給責任を果たす上で、生販の情報共有がきわめて重要であることがわかる。

5. 本稿の貢献

本稿の学術面での貢献は、ひとつは SCM の文献ではこれまでほとんど取り上げられてこなかった種子のサプライチェーンを明らかにしたことである。もうひとつは、需要と供給の不確実性の視点から、種子はリスク管理重視のサプライチェーン戦略に該当することを論じるとともに、リスク管理の方法に関する体系的な整理・議論を試みたことである。SCM の領域では、どちらかと言えば需要の不確実性が高い工業製品を対象とした研究が多い。供給の不確実性が高い非工業製品である種子を対象にすることで、本稿の研究成果は、SCM の理論体系の隙間を埋めるのに役立つと筆者らは考えている。

実務面では、リスク管理について、タキイ種苗の取り組みから学ぶことができる。需要の不確実性が高い工業製品では、製造業は需要予測の精度向上や供給能力の改善に力を入れてきた。東日本大震災後は、サプライベースを増やしたり、生産拠点を分散させる動きも顕著である。しかし、生販の情報共有については、実はそれほどうまくいっていないケースが多く見られる。供給の不確実性がそれほど高くないため、販売部門では在庫は当然倉庫にあるものだと考えていないだろうか。また、生産部門は供給制約を販売部門に伝える努力を怠っていないだろうか。4.4 項で述べたように、種子は工業製品と違って、柔軟に生産量を変更したり、生産リードタイムを短縮することはできない。もちろん、数年分の安全在庫を保有できるという製品特性もあるが、タキイ種苗はそれに甘んじることなく、生販の情報共有に当たり前のように取り組んできた。そういった取り組みの背景にあるのは、「種子の安定供給によって、農業と食を支えるという社会的責任を負っている」という意識を、同社の社員が共有しているからであろう。つまり、生産と販売のように、目標や行動原理が異なる部門間の情報共有を、IT ツールの導入のような小手先で行うのではなく、より深く社内に根付かせるには、企業の理念や使命のような、より高次のレベルで意識を共有できていなければならないということ、タキイ種苗の事例が教えてくれる。

謝辞

事例研究にあたって、タキイ種苗株式会社に多大なご協力をいただいた。また、リスク管理について、京都産業大学経営学部の諏澤吉彦先生に貴重なコメントをいただいた。ここに記して感謝申し上げたい。もちろん、ありうべき誤謬は筆者らに帰するものである。

参考文献

Choi, T.Y. and Krause, D.R. (2006) "The supply base and its complexity: Implications for transaction costs, risks, responsiveness, and innovation," *Journal of Operations Management*, Vol. 24, pp. 637-652.

Chopra, S. and Sodhi, M.S. (2004) "Managing risk to avoid supply-chain breakdown," *Sloan Management Review*, Fall, pp. 53-61.

ETC Group (2008) *Who owns nature? Corporate power and the final frontier in the commodification of life*, Communiqué Issue #100.

Fisher, M.L. (1997) "What is the right supply chain for your product?," *Harvard Business Review*, March/April, pp. 105-116.

Harrington, S.E. and Niehaus, G.R. (2004) *Risk management and insurance* (Second edition), NY: McGraw-Hill (米山高生・箸方幹逸監訳 (2005) 『保険とリスクマネジメント』東洋経済新報社).

初田和雄 (2013) 「野菜種苗産業の現状と今後の国際戦略」『JATAFF ジャーナル』1 巻 9 号, 2-7 頁.

久野秀二 (1998) 「種苗事業の構造と機能に関する一考察」『農経論叢』54 巻, 21-37 頁.

Kleindorfer, P.R. and Saad, G.H. (2005) "Managing disruption risks in supply chains," *Production and Operations Management*, Vol. 14, No. 1, pp. 53-68.

古在豊樹 (2010) 「進化する植物工場の未来と課題」『SRI』(静岡県立大学グローバル地域センター) 103 号, 3-7 頁.

Lee, H.L. (2002) "Aligning supply chain strategies with product uncertainties," *California Management Review*, Vol. 44, No. 3, pp. 105-119.

松浦武蔵 (2012) 『戦略研レポート 種子産業：担い手の変化と市場の拡大』三井物産戦略研究所.

Mendel, G. J. (1866) "Versuche über Pflanzen-Hybriden," *Verhandlungen des Naturforschenden Vereines in Brünn*, IV Band, pp. 3-47 (岩槻邦男・須原準平訳 (1999) 『雑種植物の研究』岩波文庫).

中野幹久 (2014) 「サプライチェーン・マネジメント論：戦略・構造・プロセス・パフォーマンス」『京都産業大学ディスカッションペーパーシリーズ』2014-01.

Nakano, M. (2015) "Exploratory analysis on the relationship between strategy and structure/processes in supply chains: Using the strategy-structure-processes-performance paradigm," *International Journal of Logistics Management*, Vol. 26, No. 2.

西川芳昭・根本和洋 (2010) 『奪われる種子・守られる種子』創成社.

Qi, Y., Boyer, K.K. and Zhao, X. (2009) "Supply chain strategy, product characteristics, and performance impact: Evidence from Chinese manufacturers," *Decision Sciences*, Vol. 40, No. 4, pp. 667-695.

Sun, S., Hsu, M. and Hwang, W. (2009) "The impact of alignment between supply chain strategy and environmental uncertainty on SCM performance," *Supply chain Management: An International Journal*, Vol. 14, No. 3, pp. 201-212.

社団法人農林水産先端技術産業振興センター (2009a) 『平成 21 年度 海外及び国内野菜採種現地調査報告書』.

社団法人農林水産先端技術産業振興センター (2009b) 『平成 21 年度報告書 わが国における野菜種苗の安定供給に向けて』.

種子生理生化学研究会編 (2009) 『種子の科学とバイオテクノロジー』学会出版センター.

Tang, C.S. (2006) "Perspectives in supply chain risk management," *International Journal of Production Economics*, Vol. 103, pp. 451-488.

Wakolbinger, T. and Cruzb, J.M. (2011) "Supply chain disruption risk management through strategic information acquisition and sharing and risk-sharing contracts," *International Journal of Production Research*, Vol. 49, No. 13, pp. 4063-4084.

日経ビジネス (2010) 「食料がなくなる日 種子メジャーの野望, 日本の無策」, 2010/7/19, 24-33 頁.

日経産業新聞 (1989) 「タキイ種苗 アグリバイオで新品種」 1989/6/19.

日経産業新聞 (2005) 「サカタのタネ タキイを追撃」 2005/12/1.

日経産業新聞 (2013) 「アグリフューチャー 新種創造 旨いピーマン」 2013/7/31.

タキイ種苗株式会社の HP <http://www.takii.co.jp/> (2015 年 1 月 14 日現在)

Seed supply chain: Risk management learning from Takii's case

Akihiro HAMASAKI

Mikihisa NAKANO

ABSTRACT

In the research area of supply chain management (SCM), there is a vast amount of studies on industrial products with high demand uncertainty. This paper, on the contrary, focuses on seed, which is non-industrial product with high supply uncertainty and an agricultural product.

On the basis of case study of Takii, which is a leading company of the domestic market, first, seed supply chain is described. Next, its supply chain strategy is positioned as risk-hedging one using well-known Hau L. Lee's framework. In addition, an analytical framework of risk management is set up. Finally, the authors discuss Takii's approaches of risk management based on the framework and lead to useful implications.