

施設園芸先進国オランダの現状と技術開発

齊藤 章 (株式会社 誠和 研究開発部)

(1) はじめに

オランダは、人口と国土面積が九州とほぼ同じ大きさの国である。しかし、野菜と花卉の施設園芸においては世界で最も高い技術力を有し高生産性を実現している国であり、研究者と生産者の技術レベルは共に世界を牽引していると言っても過言ではない。そのため、オランダの栽培方法や栽培施設は欧米を中心に標準技術や仕様となっており、オランダの施設園芸に関わる関連企業は輸出に力を入れている。一方、我が国のこれらの技術は、閉鎖的、保護的な農業環境の中で発展したためか、日本独特の栽培方法や栽培施設が普及しており、我が国の工業分野で問題視されている「ガラパゴス化」と同じ現状であると考えられる。

オランダにおける施設園芸は、重要な輸出産業であり、オランダで生産されるトマトやパプリカの70～80%は欧州を中心に輸出され、パプリカの一部は日本にも入ってきている。図1に主要国の農産物貿易額を示す。この図によればオランダは農業大国を押し のけて米国に次ぐ世界第2位の農産物の輸出国である。つまり、オランダの施設園芸は狭い国土での集約型農業と言えよう。例えばトマトで言えば、我が国の施設栽培での収量は、栽培方法や地域により異なるがおよそ 10～20kg/m² 程度である。一方オランダは、30年ほど前は日本と同じ 20kg/m² 程度であったが、現在は世界でも最

高水準の 60kg/m² である。しかも、この収量は年々増加しているのが特徴であり、オランダ国内でもレベルの高い生産者ではすでに 70kg/m² 程度まで到達している。更に試験的には 100 kg/m² が実現しており、理論的にはトマトは 120 kg/m² 生産できるといっている。一方我が国での収量は、1980年頃に養液栽培の技術が導入され10kg/m²程度の収量が20kg/m²程度まで向上したが、その後単価は下がってきたものの収量はほとんど増えていない生産者が多い。

(2) オランダの施設園芸の問題点

1) 生産物の価格低迷

オランダの産地間競争の相手は、温暖な気候と安価な施設と労働力で生産量と輸出量を増加させているスペインやイスラエルである。また、オランダの野菜ハウス面積は、1980年以降若干減少しているが、生産者数は約25年の間に半分以下となっている(図2)。つまり生産者が淘汰され、1件あたりの栽培面積が拡大していることになる。しかし、この間に面積あたりの収量は2倍以上に増えているので、オランダ国内での生産量は2倍になったといえる。そのため、近年は世界的な金融危機の影響もあり、欧州全土で青果物が過剰になり、今年の価格はここ20年でもっとも悪かったとも言っている。農業では生産者が販売単価をコントロー

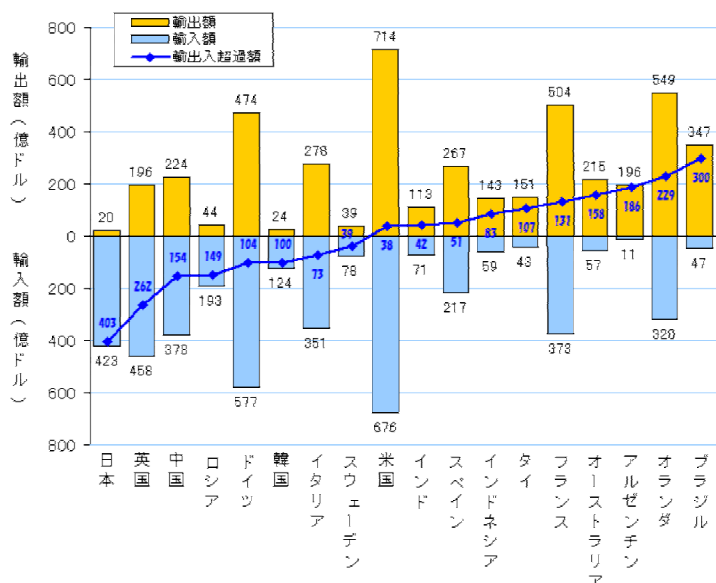


図1 主要国の農産物貿易額(2006年)
出典:FAOSTAT

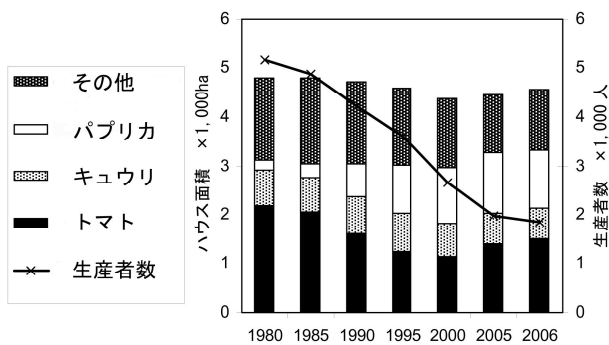


図2 オランダにおける野菜栽培ハウスの面積と生産者の推移

ルすることが難しいため、オランダの生産者は一定の収益を確保するためにハウス面積を拡大し、単位面積あたりの収量を増やすことに力を入れている。

2) 原油（天然ガス）価格の高騰

多くの施設園芸は、暖房や除湿などのハウス内空調のために化石燃料を使用して出荷時期の調整や品質向上などを実現し、高付加価値の農産物を生産する栽培方法である。オランダの施設園芸では経費に占める天然ガスの割合は20～30%である。この割合は我が国の施設園芸でもほぼ同じである。オランダの施設園芸は、北海の豊富で安価な天然ガスをハウスのエネルギー源として利用し発展してきた。その結果、施設園芸での天然ガスの使用量はオランダ国内での消費量の10%を占めるようになった(日本のそれは石油消費量の約0.4%)。2002年以降の原油価格の高騰により、それまで固定されていた施設園芸で使用される天然ガスの価格が自由化され、一時は自由化前の4倍程度まで高騰し現在は2倍程度の価格で落ち着いている。そのためオランダの施設園芸では、省エネという考えはもちろん重要だが、施設園芸の持続的な発展のためにエネルギー効率(投入エネルギー量に対する収量)に注目している。現在では、次のステップとして施設園芸業界からの総CO₂排出量を削減するために、他産業との連携も行なわれるようになった。

(3) 低炭素社会に向けた施設園芸

1) CHP

天然ガスの高騰により、面積あたりの天然ガス使用量が多いトマト、パプリカ、バラ等の90%以上の新設ハウスでは、CHP(Combined Heat and Power)が導入されるようになった(図3)。CHPはガ

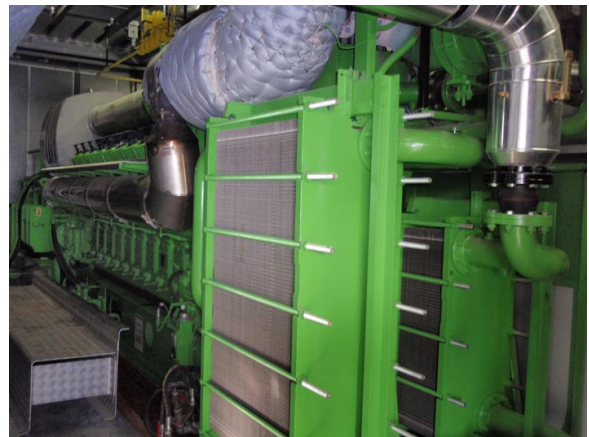


図3 ハウスに導入されているCHPのエンジン



図4 CHPで発電した電力を利用したトマトでの補光栽培

スエンジンにより、電気と熱を供給することができる熱電併給設備である。更に施設園芸では、天然ガスを燃焼させた時に生じる炭酸ガスを光合成促進のためにハウス内に施用できるので、トリジェネレーションシステムとも呼ばれている。CHPの導入コストは、約20ユーロ/m²と高額であり、通常の温湯ボイラーと比べてメンテナンスのための維持コストが高く、耐久年数も短いという欠点がある。しかし天然ガスの高騰により、CHP稼働時の発電をハウス内の補光へ利用したり(図4)電力会社に売却したりしたときのメリットの方が大きいため急速に普及した。生産者では、CHP導入費の償却を早めるために、積極的にCHPを稼働させ売電により利益を得ているが、ハウスで栽培される生産物の利益より売電の利益の方が多く見られる。まさにオランダの施設園芸は半農半電である。

CHPは、このような利用方法でハウスへの導入が年々進み、現在ではオランダ国内に供給される電気のうち10%がハウスで発電されるようになった。この発電量は、約1,200MWで発電所約2基分に相当し、ハウスはオランダ国内での重要なエネルギー供給源となっている。これらハウスでのCHPの利用は、オランダで使用される天然ガスを約10億 m^3 節約していることになる。更には、発電所から排出される炭酸ガスも減らすことになり、CO₂排出量を国家レベルで削減して低炭素社会の実現に貢献していると言える。

2) 半閉鎖型ハウス

CHPの利用は、国家レベルで見たときのCO₂排出量の観点からは非常に好ましいことだが、施設園芸業界全体での天然ガス使用量とCO₂排出量は結果的に増加しているという問題がある。更には、北海の天然ガスがあと20年ほどで枯渇すると言う危機感もある。そのため、脱化石燃料を実現するために、ヒートポンプを利用した半閉鎖型ハウス (Semi-Closed Greenhouse) が注目を集めている (図5)。

このハウスの基本的な考え方は次のようなものである。ハウスは、太陽熱を収集しやすい構造になっており、太陽熱で容易にハウス内を加温することができる。オランダの場合、ハウスに入ってくる太陽エネルギーは、ハウスで年間必要とする暖房エネルギーの2~3倍量ある。そのエネルギーを夏場に換気により放出しなしてヒートポンプにより収集して蓄熱できれば、冬場の天然ガスを用いた暖房が要らなくなり、更にハウスから熱を供給できるようになると考えられる。具体的な管理方法は、まずハウス内の冷却が必要なときにヒートポンプ(図6)と熱交換器を使いハウス内を冷却する。この熱交換された熱を地下100m前後にある帯水層(ほとんど移動がない水域)をタンクとして蓄熱する(約20~25℃)。一方、暖房が必要なときは、この帯水層の熱を使いヒートポンプと熱交換器でハウス内を暖房し、熱交換された冷水を別の帯水層に蓄熱(約5℃)し夏場の冷房に利用する。この方法は、CO₂排出量の削減だけでなく、夏場に冷房によりハウスを閉め切ることができるため、特に湿度と炭酸ガス濃度を作物にとって最適な環境にすることができ高収量を実現できるという特徴がある。また、天窓からの病虫害の侵入も少なくなり農薬の使用量を減らすことが可能となり、葉から蒸散された水分もほぼ回収でき水の消費量も削減できる。ただし、夏の高温期も完全に閉鎖型にできるようヒートポンプ容量を設計するとコスト



図5 バラの半閉鎖型ハウス、柱の横に設置されて機器が空調用の熱交換器



図6 半閉鎖型ハウスでのヒートポンプと空調のための配管

的に合わないため、一時的に天窓を開けることがあることから半閉鎖型ハウスと呼ばれている。

3) エネルギー供給ハウス

オランダでは、CHPや半閉鎖型ハウスを導入することは、ハウスはエネルギーを消費する施設ではなく、「ハウスはエネルギー源である (Greenhouse as Energy Source)」という考え方が広まっている。そして2020年以降、オランダで建設されるハウスは環境に対してニュートラルなものにして、CO₂排出量を48%削減することを目標としている。Wageningen URが行なっている「Sunergy Greenhouse」という構想の試験ハウスでは、天然ガス相当で年間約30 m^3/m^2 のエネルギーを作ることができるが、実際に使用する量は25 m^3/m^2 である。つまり、このハウスでは天然ガス相当で年間約 5 m^3/m^2 のエネルギーを作ることができる。また、Greenportkasというハウスを中心とした街づくりの構想も動き出している。この構想で

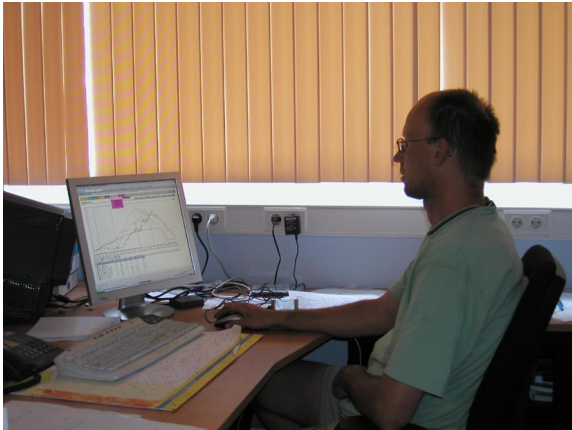


図7 コンピュータを利用したハウス内環境制御

はCHPで発電された余剰電気は電力会社に売却し、熱(高温)は近所の福祉施設や学校の暖房に供給される。ヒートポンプで蓄熱された熱(低温)は、自身のハウスと近所のハウスの暖房に利用される。このように、Greenportkas では、CHPの燃焼ガスを利用した炭酸ガス施用(省エネ)、ヒートポンプと帯水層を利用した暖房(蓄エネ)、そして発電した余剰電気の売電、ヒートポンプによるエネルギー供給(創エネ)ができ、CO₂排出量削減の観点からは大変有効な方法である。

(4) 生産性向上のためのコンピュータ機器

オランダの栽培施設は、1件あたりの栽培面積が年々拡大しており、トマトやパプリカでは10ha以上のハウスが一般的になってきた。最近では、30haほどのメガハウスと呼ばれるハウスも出現してきた。その結果、生産量、エネルギー使用量、従業員数が増え、それらの管理にはほぼ100%コンピュータが導入され効率的に運用されている。

ハウス内の機器の制御やエネルギーの管理には、専用の環境制御コンピュータが導入されており(図7)、ハウス内外の環境や植物の状態をモニタリングしながら、植物にとって最適な環境を各種機器を制御しながら創造している。従業員については、10haのハウスだと多いときで約50人近い人を管理する必要がある。また、多くの労働者は海外(最近ではポーランドが多い)からの出稼ぎ労働者なので、各従業員の管理のためには各自に入力端末を持たせ(図8、9)、収穫等の作業時間や作業量を計測できるようになっている。選果施設や出荷施設にもこれらの機器が設置されており出荷量や品質を確認することができる。

そして経営者は、ハウス内の環境データ、植物の



図8 作業時は各従業員がこの入力端末を持つ



図9 各畝ごとにICタグが付いており、作業前に入力端末をかざしてから作業にとりかかる。

生育データ、労務管理データ、収量・品質データを統合して、その後のハウス管理の方向性、作業工程を決めていく。また、生産者同士のグループ内では、これらのデータをインターネットを通じて共有化して経営の改善に利用している。

(5) おわりに

現在、我が国では植物工場(Plant Factory)という言葉で農業業界を問わずマスコミでも多く耳にする。この場合、外部とは隔離された施設で電気を光源にレタス等を栽培する施設をイメージする人が多いと思われるが、「工場」という言葉を強調するとオランダの施設園芸はまさに植物工場であるといえる。残念ながら我が国の施設園芸は、面積がオランダの1/10~1/100であるためスケール

メリットが出ないことが多い。そのため、いまだ
勘と経験で行なう手作業の農業が中心でありビジ
ネス化していないと言わざるを得ない。今後の食

料自給率の向上等を考えると、これらを改善し農
業を産業として確立することが望まれる。