

〈自由論文〉

## 水耕栽培を促すアクアリウムの試行に関する一考察

—プロダクト・デザインの可能性を探る—

### Exploring the Possibilities of Product Design Using Aquariums to Encourage Hydroponics

黒 須 卓 也

Takuya Kurosu

當 間 勝 正

Katsumasa Toma

倉 方 雅 行

Masayuki Kurakata

當 間 政 義

Masayoshi Toma

#### 【Abstract】

The aim of this paper is to explore product design using hydroponics. This study was a research-based business feasibility study on plant factories. The three main points are as follows. First, the research focused on the growing conditions of plants. In terms of plant growth, if we focus on the possibility of reproducing a more natural environment as much as possible, we must consider the use of an aquarium system. Second, we derived the hypothesis "Is there any difference in plant growth between the existing plant factory system and the aquarium-based plant factory system? This hypothesis was then tested in a simple experiment. The results showed that the "hydroponics + aquarium" system is very effective. Finally, thirdly, the results of this study were considered to be valid for application and application in the architectural field. This perspective is to enhance business design in the sense of adding value. These are the results of this study.

#### 【キーワード】

水耕栽培, アクアリウム, 植物工場, ビジネス・デザイン

## 1. はじめに

本稿は、水耕栽培を用いたプロダクト・デザインを模索することを目的とする。これまでビジネスのデザインとして、植物工場（Plant Factory）に着目し、研究を行ってきた<sup>1)</sup>。この研究は、植物工場についての調査に基づいたビジネスの可能性を探る研究であったといえよう。そこで、本稿では、これまでの植物工場についてのビジネスのデザインという視点ではなく、植物工場の機能に着目して、この機能の拡張を模索する。具体的に

は、植物の育成状況について着眼し研究を行うことで、植物工場ビジネスそのものと部分的な機能を分離し、他のビジネス分野と組み合わせることでビジネスに更なる付加価値を加える可能性を探ることを試みるのである。

植物工場は、一般的に、植物の育成に必要な要素を極限までそぎ落とす状況の中で植物を育成すると言っても過言ではない。そうすることで、施設園芸と言われる植物工場の一番大きな効果が得られるからである。しかしながら、植物の育成は、工場のように必要な要素だけではなく、可能な限り自然な環境の再現と整備という条件の下で育成

する方が、植物の育成に違いが出るのではないかとすることに着眼したことが、研究の発端であった。そこで、本稿で着目するのがアクアリウム(Aquarium)である<sup>2)</sup>。これはあくまで観賞用である。水槽等で観賞魚を育成したり、水草等を育成したり、これらを合わせて可能な限り自然環境を再現する状況を観賞するものである。しかしながら、この機能に着目してみると次のような視点の切り替えが可能となる。具体的には、自然の風景や庭園空間の一部を切り取って、これを人工的に再現するといった状況を想定することができる。本稿では、このアクアリウムについて、自然を身近に感じる装置と捉え、この機能を有する最低限の自然環境を整えることと位置づけた。そして、水槽の中で再現可能な植物の育成状況に着目し、これを調査することとした。もう少しわかりやすく言えば、このアクアリウムと植物工場とで植物の育成状況に差異があるとすれば、ここに新たなビジネスのデザインが芽生える可能性があると考えられる。その際に、想定される具体的な分野としては、建築分野への応用である。植物工場の機能を分離しアクアリウムと融合されたシステムを構築することで、建築分野の付加価値の可能性が向上すると考えられるのである。本稿では、以上の点について考察することにする。

## 2. 水耕栽培を促すアクアリウムの特性

本稿では、植物の育成状況を調査していくうえで、アクアリウムと植物工場のシステムを比較するが、まずはこの両者に共通する水耕栽培という機能に着目して検討していくことにしよう。次いで、アクアリウムについて検討していくことにしよう。

### 2.1. 水耕栽培の特性

水耕栽培の特性については、次の通りである。水耕栽培は、いくつかある養液栽培の中の1つであると位置づけられる。これらの技術内容は、ほぼ同一なものと考えてよい。ここで養液栽培の定義について触れておくことにしよう。ハワード・

エム・レッシは、1978年に、「土を使わず、礫・砂・ピート・パーミキュライト・軽石・おがくずなどを科学的に不活性な培地を使い、植物の生育に必要な元素すべてを与えて、植物を栽培する科学的方法」<sup>3)</sup>であると定義した。このように定義していることから水耕栽培を理解できる。そして、この水耕栽培に特筆すべき点があると考えられるため、それを下記に記述することにする。

はじめに記述したように、これまで植物工場ビジネスそのものについての利点や可能性について検討してきた。この植物工場の根幹は、まさに水耕栽培であった<sup>4)</sup>(図1参照)。この水耕栽培は、やはり水に関する点が重要であろう。水は、澱みで汚染しやすい性質がある。そのため、1週間に3回位の水替えが必要である。そして、水の循環がしにくいため均等に肥料が行き届かないことも考えられる。そのため、肥料を追加添付する必要がある。このようにメンテナンスの頻度が多く、発芽した後の植物の育成も、温度や湿度の管理等なかなか難しいことが予想される。

何よりも着目すべき点として、改良した水耕栽培専用の種子でないと育ちにくいことも重要な点である。この特別な種子や肥料等を購入することは、費用が嵩むことになる。可能な限り、自然に育成された植物から得られた種子、あるいは一般的に販売されている種子で賄える方が良いと考える。もちろん種子の発芽率には差異が生じるであろうが、遺伝子組み換え作物(Genetically Modified Organism: GMO)等を可能な限り使



図1 植物工場における水耕栽培システム  
出所：筆者作成。

用しない方が良いと考えているからに他ならない。

以上の点について、植物工場ビジネスへの参入者がそれほど多くない現状から考えると、ビジネスの対象となる植物の育成と収穫そして販売という、一見すると親しみやすく簡単そうに見えるが、現実的には容易なものではないことが理解できるであろう。

植物工場が非常に難しいビジネスであることを考えてみると、やはりそれは水耕栽培を利用した植物の育成が焦点となるのではないか。換言すれば、この植物工場を、ビジネスとして成立させる重要な点は、植物の育成にかかっていると言っても過言ではない。

## 2.2. アクアリウムの特性を生かした水耕栽培

そこで本稿では、植物工場の水耕栽培に焦点を当てて検討してみることにする。とりわけ、この水耕栽培における植物の育成について着目するのではなく、植物の生育環境の再現について着眼し、検討してみることにする。するとそこには、図2に見られるように、アクアリウムというシステムが存在することがわかるであろう。

このアクアリウムは次のような特徴を有している。それは魚をはじめとした水生動物を人工的に飼育する施設のことを意味している。広義には、人工池を含めるが一般には水槽を指す。18世紀には、ガラス水槽で金魚を飼育することに成功し

ている。そして、本格的な水槽飼育技術が確立するのは19世紀中ごろである。以後、水温維持及び汚濁処理あるいは酸素供給などの面でさまざまな技術改良が進み、現在では家庭で熱帯魚が飼えるようになってきている。さらに、人工海水の発達で海産動物の飼育も可能になっている。そして、19世紀中ごろから展示施設としてのアクアリウムに対する一般の関心が高まることで、研究所や動物園の付属施設として大規模なものが設置されるようになった。このアクアリウムと水耕栽培の間には特筆すべき点があると考えられる。それを下記に記述することにする。

まず、アクアリウムは、魚をはじめとする水生生物そして水草などを観賞用として水槽などで一緒に飼育するシステムである。本稿では、このアクアリウムのシステムを水耕栽培へ援用させていくことに着目した。それが図3である。アクアリウムで発生した魚のエサの食べ残しや排泄物や水中生物の死骸によって、肥料の代わりにバクテリアが発生することで水耕栽培の植物の成長を促すことが可能ではなかろうかという疑問である。より具体的には、アクアリウム内の魚や甲殻類などの生物が魚のエサや水草を捕食する。また、水中生物の死骸を、混泳している水中生物が食料として捕食することもある。ただし、死骸の大きさにもよる。それはそれで、自然界のサイクルを再現

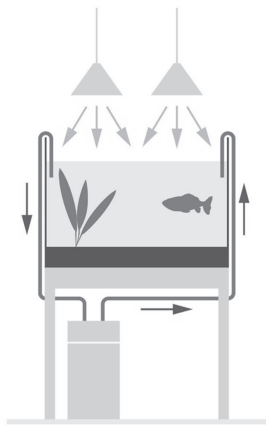


図2 アクアリウムの一般システム

出所：筆者作成。

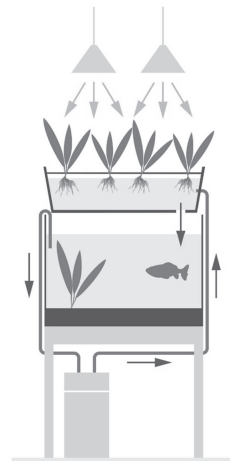


図3 アクアリウム+植物工場

出所：筆者作成。

しているとも言えるため、取り除くのは状況によると考えられる。そして、これらが排泄物を発生させ、バクテリアによる分解が促される。ここから植物の成長を促進させる物質が発生すると考えられる。そして、植物の成長促進へと影響を与えることで、連鎖を生むことが可能となり、植物の育成がより効率的になると考えられる。

### 2.3. 2つの水耕栽培から導出される仮説

記述してきたように、水耕栽培のシステムに着目することで、次のような2つのシステムについて検討する必要性が出てくる。それは、既成の植物工場用のシステムにおける育成状況と、アクアリウムを利用した（本研究で作成した）植物工場用のシステムでは、同一植物の成長に違いが起こるのかについて検証する必要性があるということである。より端的に言えば、植物工場用のシステムとアクアリウムを利用した植物工場用のシステムでは、植物の育成について差異があるのか、という仮説である。そして、この仮説を検証していくことにする。

## 3. 実験 - 分析手法

さて、本稿における仮説についての検証を行うことになるが、今一度、ここで仮説を記せば次の通りであった。それは、「植物の育成は、植物工場用のシステムとアクアリウムを利用した植物工場用のシステムで差異があるのか」であった。

本稿において、上記の仮説について検証するにあたり、この手順について次に述べていくことにする。

### 3.1. 実験手法

まず、本稿における実験手法は次の通りである。図4にみられるように、3つの水耕栽培システムを設置した。

まず、既成の水耕栽培キットAは、幅20cm×奥20cm×高さ30cmの大きさのシステムを用意した。このシステムはエアレーションがなく、液体肥料の投入するところがあるものを設置した。

既成の水耕栽培キットBは、幅50cm×奥26cm×高さ30cmの大きさのシステムを用意した。このシステムはエアレーションも液体肥料も投入するところがあるものを設置した。水の循環の確かめるために2つを設置した。

そして、本研究で作成した水耕栽培+アクアリウムのキットは、幅30cm×奥18cm×高さ35cmの大きさのシステムを用意した。このシステムは水中生物（小魚10匹、エビ5匹）の飼育と外部ろ過装置を備え、液体肥料の投入するところが無いものを設置した。

以上の2点、すなわち水耕栽培キットAとBそして水耕栽培+アクアリウムのキットは、同一の種子（市販のサニーレタス）を用い、室温や湿度は同一の条件の下で行った。ただし、水耕栽培キットAとBについては、1週間に1度、液体肥料を投与するものとした。

### 3.2. 実験期間

本実験は、2022年10月15日から開始し、1か月（30日）で実験を停止した。

### 3.3. 実験の結果

水耕栽培キット（AとB）そして水耕栽培+アクアリウムのキットにおける植物の育成状況については、図4に示された通りである。

水耕栽培キット（AとB）そして水耕栽培+アクアリウムのキットの間で1週間目の発芽時点では、植物の育成状況には、それほど大きな差異は見られなかった。その後、1か月経過すると、サニーレタスの育成には、顕著な差異がみられるようになってきた。キットAのサニーレタスでは平均すると6cmとなった。キットBのサニーレタスでも平均すると6cmとなった。水耕栽培+アクアリウムのキットのサニーレタスでは平均すると14cmとなった。

水耕栽培+アクアリウムのキットのサニーレタスの育成は、非常に良好で市販品に近い状況となった。他の水耕栽培キットAとBの成長を越すことが明らかになったので、この時点で育成をやめることとした。



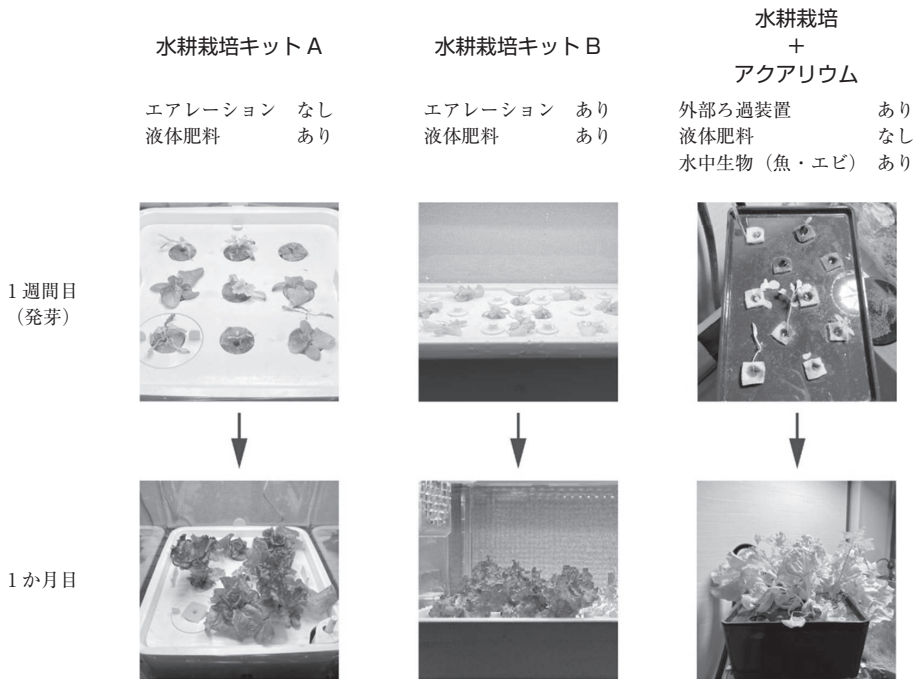


図 4 2つの水耕栽培システムと植物の成長過程

出所：筆者作成。

一方、水耕栽培キット A と B のサニーレタスの育成は良好とは言えず、赤茶色に変色してしまった。

今回の検証では、水耕栽培キットの A も B もサニーレタスの育成状況は、水耕栽培+アクアリウムのキットのサニーレタスの育成と比較すると顕著に異なっており、水耕栽培+アクアリウムのキットの方が良好であった。

### 3.4. 実験の考察

さて、今回の実験では、水耕栽培キット（A と B）そして水耕栽培+アクアリウムのキットの間では、植物（サニーレタス）の成長について、顕著な差異がみられることとなった。よって、これが仮説に対する検証結果である。

この実験結果について、ここで考察していきたい。ただし、本稿で注目した水耕栽培+アクアリウムのシステムについての考察を述べておくことにする。

まず、水の中の生態系としての仮想現実なシステムを作成することによって得られる水耕栽培+

アクアリウムのシステムは、この循環によって生まれる栄養を利用して植物の成長を促進させることが特徴となっていた（図 5 参照）。水の中の生態系の循環により、水替えのサイクルが少なくて済むことは利点として大きいといえる。植物の成長を促進させることで、植物の収穫サイクルを早くさせることも考察できる。また、このシステムは肥料を投下していないため、肥料の費用がかからない利点を持っていた。すなわち肥料を必要としなくても植物の成長を促進することができたということでもある。水の浄化・ろ過をすることで水替えのサイクルを長くすることが考察でき、水替えによる水質の極端な変化を避けることができるといえる。これらによって構成される景観は、言わば自然および庭園などの景観を最小の空間に再現し創造しているといっても過言でない。特に日本人にとっては、元来、自然および庭園と建築との関係は身近なものであった。そのため、居住する人間の心理的あるいは精神的な側面での回復効果などが期待される。

以上の事柄から、水耕栽培+アクアリウムのシ

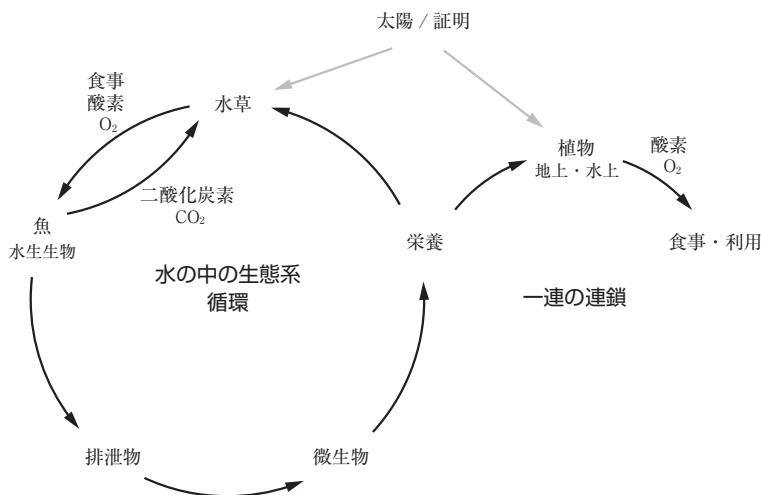


図5 水の中の生態系による循環と植物一連の連鎖

出所：筆者作成。

ステムは、食料用の植物を育成するのに理にかなった装置とすることができるであろう<sup>5)</sup>。

#### 4. プロダクト・デザイン化の可能性

上述した実験の結果およびこれから導かれる考察が示した事柄を踏まえて、水耕栽培+アクアリウムの特徴を把握することができる。これらの機能を援用するとすれば、プロダクトの新たな付加価値としてデザインを描くことが可能となるであろう<sup>6)</sup>。これを本稿では提案することにする。

そこで本稿の提案として、これまで示してきたデザインの利点を活かし、いかなるプロダクトに援用することで価値をより高めることになるのかという視点から検討していくことにしよう。具体的には、植物工場の機能（水耕栽培+アクアリウム）を建築分野への応用である。この点について具体的に考えていこう。

##### 4.1. 使途の有用価値と付加価値

本稿の実験結果から得られた利点について、今一度、ここで整理をしておく必要がある。本稿で着目した水耕栽培+アクアリウムは、表1に掲げられるようにいくつかの特徴があった。

水耕栽培+アクアリウムの特徴を吟味したうえ

表1 水耕栽培+アクアリウムの特徴

	特徴
①	水中の生態系によって発生する栄養を利用した植物育成
②	化学肥料の不投与による植物育成の促進
③	特別な化学肥料の費用の無発生
④	水中の生態系によって水替えのサイクルが少なくて済む
⑤	水中の生態系の利用で植物育成・収穫サイクルを早期化
⑥	水の浄化・ろ過の利用による水替えのサイクルを長期化
⑦	食料植物の育成に手間のかからない装置

出所：筆者作成。

で、次の通り、いくつかの用途との関連性を模索することを検討してみることにしよう。

##### 4.1.1. インテリア

植物と水の生態系を再現した装置として、インテリア・デザインあるいはプロダクト・デザインにまとめることができる。

アクアリウムは、水中での自然環境を再現したものであり、建築内部空間であるインテリアのひとつとしても機能を有している。これは、自然環境の一部を切り取って再現することを意味する。そして、この装置は、1リットル未満から水族館規模までの空間に再現することが可能であろう。

現代の住宅設備（トイレや風呂など）は、従来、外界となる自然界にあったものを凝縮し、一体化し、規格化するなど、機能面からデザインするこ

とで建築内部に組み込まれてきた。代表的なものは、近代以降の住宅の様式などに窺える。他の装置もこれらと同じように内部に収めることが可能であることを意味する。そして、それと同じくアクアリウムでも水槽、水質（栄養・バクテリアなど）、ろ過装置、照明を一体化することによって、水上あるいは水中での自然環境や庭園などの外部空間を凝縮して、建築内部に取り込むことが行われてきた。これは、日本の戦後の近代建築における 51C 型と呼ばれる集合住宅のデザインなどに代表される建築デザインを鑑みても明白なことである<sup>7)</sup>。

また、庭園の視点から見てみると、このアクアリウムは、外部の自然空間を水槽によって切り取られた部分に再現することであり、建築内部に設置することが可能である。これは、建築の内部に設ける点では、町屋などに見られる中庭および坪庭などと同じ手法の最小単位のものと言えるであろう。また、逆の視点からみると、庭園技法といえる借景は、外部の風景と敷地内の空間を繋ぐことで一体化して風景を創造するものである。その繋ぐことで、社会性を窺わせる効果として、社会的なメッセージを付与していると考えられる<sup>8)</sup>。このように、アクアリウムは、建築内部に設置することで自然性を窺わせる効果と、自然を身近に体験し想像させることのできる自然環境を含んだ社会的メッセージの付与の両方を兼ね備えていると言えるであろう。

こうした視点から、自然の風景、庭園、畑などの外部空間による、癒し、安らぎ、開放的な感覚を具備することによって、建築内部で一辺 30cm 以上の空間を水上および水中につくり出すことを可能にする<sup>9)</sup>。

以上、述べてきたように、このアクアリウムを利用したシステムは、鑑賞面、食用面、生態系のしくみを知る学びの面など、様々な側面の機能を有した装置であるということが出来る。

#### 4.1.2. 植物工場（水耕栽培）

水耕栽培+アクアリウムは、自然界における水の生態系の循環と一連の連鎖について、一辺が

30cm 以上の空間からそれをひとつのデザインにまとめ、パッケージ化することが可能である。建築内部で栽培することで害虫被害あるいは天候による影響を受けない利点を有している。そして、住宅など日常的に人が滞在している内部空間であれば、成長過程や状況を日常的に確認することも可能であろう。

既存の水耕栽培キットと比較すると、水耕栽培+アクアリウムのろ過装置、バクテリアの繁殖、水中生物による循環作用などによって、安定した自然環境により近い形で再現され、安定した水耕栽培を行える可能性があることは言うまでもない。

植物の育成を体験することにより、生物の仕組み、育成の重要性、食物連鎖などの点から、現代における食物の問題に対しての取り組みを考え、取り組むことが可能となる。

## 4.2. 付加価値

これまで述べてきたように、水耕栽培+アクアリウムのシステムを建築物の中に組み込むことが、建築分野の中でもより有効なデザインになることを検討してきた。次に建築物の中に組み込むことで得られる付加価値について、検討していくことにする。具体的には、住宅およびマンションという居住空間および飲食店へ導入することで付加価値を高めることが考えられる。

### 4.2.1. 住宅への付加価値

水耕栽培+アクアリウムのシステムは、住宅での家庭菜園やバルコニーのプランター栽培などといった、圃場や畑のような外部空間から内部空間へ機能を移動させることで実現されるものである（図 6 参照）。このシステムが可能となることで、生活により身近になる。そして、メンテナンスの容易さや親しみ易さと相乗し、自然あるいは庭園といった環境を身近に体感できるようになる。これはプランターや家庭菜園の進化版であると考えて良いであろう。

機能面では、自然界の一部である水槽内での循環の作用、植物の景観構成、水分による加湿機能、食料製造、ディスプレイ、照明などの機能を一体



図6 住宅室内設置イメージ図

出所：筆者作成。

にしたプロダクト・デザインである。

そして、水耕栽培+アクアリウムのシステムは、最低30cmほどの大きさから水族館規模のものまで設置が可能である点も重要な価値を生む点であるといえる<sup>10)</sup>。

#### 4.2.2. マンションへの付加価値

エントランスにおけるディスプレイ性の高さは注目するに値するであろう。庭園を設置すると考えれば、十分その機能を果たすことになると考えられる(図7参照)。ただし、これを設置するのが困難であると考えられる場所、例えば、1㎡程

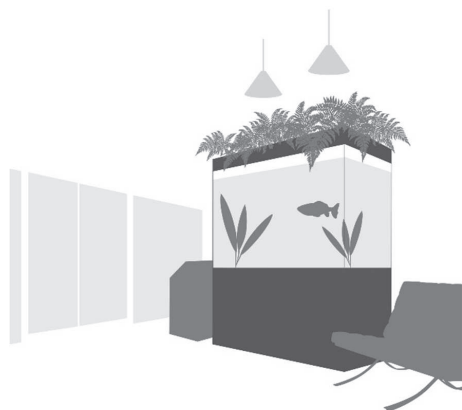


図7 マンションエントランス設置イメージ図

出所：筆者作成。

の空間であれば、この水耕栽培+アクアリウムのシステムを設置することが可能である。また、このシステムは、植物の育成に照明装置を用いることから、エントランスにおける照明の機能も果たすと考えれば、非常に合理的な利用でもある。こういった付加価値があると考えられる。

水耕栽培+アクアリウムのシステムは、以上に述べたように、エントランスのディスプレイ性の高さを活用することで、パブリックスペースの機能をより助長させることができる。

#### 4.2.3. 飲食店への付加価値

これまで、人間が居住する空間を前提として、付加価値を検討してきた。次に、ビジネスの現場、代表的なものは飲食店などであるが、インテリア性、和(なごみ)感、落ち着き感等の心理的効果も非常に大きいと考えられるので、ここで検討していくことにしよう(図8参照)。

まず、飲食店において水耕栽培+アクアリウムのシステムの利点の第1は、何と言っても顧客の目の前で採れた食材を直接使用する安心感がある。そして、第2に、話題性や独自性を創造することが可能であることから、いわゆる店産店消が可能となる。また、照明、空間構成、自然や庭園空間を一体化して限られた空間に取り込むことができる。こうした効果は、店内に和やかな雰囲気を醸



図8 飲食店設置イメージ図

出所：筆者作成。



成させる効果が期待できるであろう。

## 5. むすびに代えて

本稿では、植物工場における水耕栽培に対して考察を行ってきた。これまで、ビジネスの視点から可能性を探る議論はかなり多くなされてきたが、本稿では、植物工場における水耕栽培の植物の育成状況について焦点を当てることで、建築分野のビジネスに効果的な側面を見出す検討を行った。

植物の育成は、現在の植物工場よりも自然環境を再現できることに着目すると、アクアリウム・システムの援用を検討しなければならない。そこで本稿では、植物の育成は、植物工場用のシステムとアクアリウムを利用した植物工場用のシステムとで差異があるのか、という仮説を導出し、この仮説を検証した。その結果は、水耕栽培+アクアリウムのシステムが非常に有効であることが分かった。特に、水を人工的（強制的）に循環させることは必要であるが、肥料を投下せずとも植物が発育することが示されたのは意義深いことであった。そして、本稿の考察した特筆すべき点であるが、上記の検証結果がもたらす有効な議論として、このシステムが建築分野のビジネスのデザインにおいて十分に可能性を見出すことが可能なものであるということを本項の締めくくりに述べておきたい。

最後になるが、水耕栽培+アクアリウムのシステムで示された循環は、土壌の浸食をなくす上で重要であろう。世界的にSDGsを志向する状況の中で、土壌汚染に直接的に影響を与えない。水槽の水に肥料を投下しないで植物が栽培できるのであれば非常に重要な近現代的なシステムと言えるであろう。この点については今後の課題である。

### 【注】

- 1) これまで植物工場に関する確証は、著者による主たる研究論文においてまとめられているので参照されたい。代表的なものは、次の3点である。①当間政義・倉方雅行・当間政義（2013）「植物工場の機能とビジネスの可能性に関する一考察—住宅メーカーの付加価値創造とデザイン性に着目して—」、『和光経済』（第45巻第2号）、和光大学社会経済

研究所、pp. 13-31。②当間政義・倉方雅行・当間勝正（2013）「植物工場の現状と特徴に関する一考察—4社の事例を中心に—」、『和光経済』（第46巻第1号）、和光大学社会経済研究所、pp. 57-62。③当間政義（2014）「植物工場のビジネス化に関する調査」、『東西南北2014』和光大学総合文化研究所、pp. 63-77。

- 2) アクアリウムの定義については、論文等の文献において、参考となる文献がほとんど存在せず、概念として存在しているだけであった。したがって、このアクリウムの定義については、画一化されたものではないと考察できる。
- 3) 養液栽培の定義については、次の文献を引用した。川井一之（1987）「地域開発と先端技術（16）」、『農業技術』農業技術協会、pp. 442-445。〈<https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2010353134.pdf>〉（閲覧日：2023年1月5日）
- 4) 水耕栽培についての指摘は、次の文献を参照とした。「前掲稿」pp. 442-445を引用。
- 5) 株式会社平凡社『世界大百科事典』第2版〈<https://kotobank.jp/word/%E3%82%A2%E3%82%AF%E3%82%A2%E3%83%AA%E3%82%A6%E3%83%A0-423293>〉（閲覧日：2023年1月5日）
- 6) 当間政義（2014）「前掲稿」参照。
- 7) ここで記述した近代建築における51C型と言うのは、建築分野のほんの1例に過ぎない。これらは、次の文献を参考にした。
- 8) 進士五十八（1986）「『借景』に関する研究」、『造園雑誌』50（2）、pp. 77-88。
- 9) 本稿で建築内部の30cm以上からしたのは、設備機器との兼ね合いメンテナンスが容易に行える最小範囲という理由からである。具体的にはこれ以下の範囲では一体のデザインと言うには理にかなわないということである。
- 10) 同上。

### 【参考文献】

- 足立辰雄編著（2016）『ビジネスをデザインする—経営学入門—』ミネルヴァ書房。
- Damman, Ruediger ed., (1993), *Öko-Test Ratgeber: Bauen und Renovieren*, Rowohlt Taschenbunch Verlag GmbH, Reinbeck bei Hamburg（邦訳：エコテスト・マガジン編、高橋元訳（1995）『エコロジー建築』青土社）。
- Doczi, György, (1981) *The Power of Limits: Proportional Harmonies in Nature, Art & Architecture*, Shambhala Publications, Inc.（邦訳：多木浩二訳（1999）『デザインの自然学—自然・芸術・建築におけるプロポーション—』青土社）。
- 土井麻記子・高村嘉幸・深津和彦・鴻野雅一（2004）「アクアリウムを用いた生態系に対する排水の安全性評価に関する研究」、『水環境学会誌』（Vol. 27, No. 5）、pp. 343-348。
- 後藤武・佐々木正人・深澤直人（2004）『デザインの生態学』東京書籍。
- 池田英男（2010）『植物工場ビジネス』日本経済新聞出版社。
- Innoplex『植物工場・農業ビジネス』〈<http://innoplex.org/>〉（2012年10月参照）。
- 伊藤ていじ（1966）『日本デザイン論』SD選書5、鹿島研究所出版会。

- 川井一之 (1987)「地域開発と先端技術 (16) —施設園芸の第3の波「養液栽培」の現状と課題—」,『農業技術』(42巻10号), 農業技術協会, pp. 442-445.
- 川井一之 (1988)『バイオ革命は農業を革新できる』御茶の水書房.
- 環境デザイン研究会編 (1997)『環境をデザインする』朝倉書店.
- 斎藤毅憲・渡辺峻編著 (2017)『自分で企業を作り、育てるための経営学入門』文眞堂.
- 倉方雅行 (2006)「オリジナルデザイン製品化への道—デザイン応募から生まれたビジネスチャンス」,『プロダクト・デザイン・ワールド 04号』(株)ワークスコーポレーション編.
- 進士五十八 (1986)「『借景』に関する研究」,『造園雑誌』50 (2), pp. 77-88.
- 鈴木成文 (1988)『住まいの計画・住まいの文化』彰国社.
- 高辻正基 (1990)『植物工場の誕生』日本工業新聞社.
- 高辻正基 (2010)『植物工場』日刊工業新聞社.
- 高辻正基・森康裕 (2011)『LED 植物工場』日刊工業新聞社.
- 高辻正基 (2012)『完全制御型植物工場のコストダウン手法』日刊工業新聞社.
- 当間政義・倉方雅行・当間政義 (2013)「植物工場の機能とビジネスの可能性に関する一考察—住宅メーカーの付加価値創造とデザイン性に着目して—」『和光経済』(第45巻第2号), 和光大学社会経済研究所, pp. 13-31.
- 当間政義・倉方雅行・当間勝正 (2013)「植物工場の現状と特徴に関する一考察—4社の事例を中心に—」,『和光経済』(第46巻第1号), 和光大学社会経済研究所, pp. 57-62.
- 当間政義 (2014)「植物工場のビジネス化に関する調査」,『東西南北 2014』和光大学総合文化研究所, pp. 63-77.
- 当間政義 (2021)『食料生産に学ぶ新たなビジネス・デザイン—産業間イノベーションの再構築へ向けて—』文眞堂.
- 日本施設園芸協会・日本養液栽培研究会共編 (2002)『養液栽培のすべて』誠文堂新光社.
- 鷺田祐一 (2021)『デザイン経営』有斐閣.

(2023年1月6日 受稿)  
(2023年2月14日 受理)