

旭川工業高等専門学校

研 究 報 文

第 58 号

---

JOURNAL

OF THE

NATIONAL INSTITUTE of TECHNOLOGY,

ASAHIKAWA COLLEGE

NO.58

---

令和 3 年 3 月 / March, 2021

## 目 次

### 学術論文

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| 蹴鞠使用球の製作—レーザー加工機を利用した型取りの実践— ..... | 阿 羅 功 也 1 |
|                                    | 澤 田 直 人   |
|                                    | 高 橋 雄一郎   |

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| 上肢不自由者を対象としたアーク溶接補助装置の研究開発 ..... | 小 林 一 誠 11 |
|----------------------------------|------------|

### 研究紹介

|  |          |
|--|----------|
| 農業用栽培施設における空中浮遊糸状菌類の調査<br>～旭川地域の農薬耐性灰色かび病菌に注目して～ ..... | 富 樫 巖 17 |
|  | 寄 谷 明 香  |
|  | 菅 野 良 平  |
|  | 山 本 将 平  |
|  | 後 藤 静 香  |
|  | 藤 原 彩    |

|   |          |
|---|----------|
| 木材腐朽菌への拮抗能に優れた <i>Trichoderma</i> spp.の選抜<br>～木炭粉砕物への固定化に適した菌株～ ..... | 富 樫 巖 29 |
|   | 澤 田 栞    |
|   | 宮 崎 貞 之  |

### 総説・解説・評論等

|  |           |
|--|-----------|
| 宮沢賢治と「札幌市」、三十年のきれぎれ<br>— 自説を立てる筋道について— ..... | 石 本 裕 之 1 |
|--|-----------|

## CONTENTS

### Papers

Manufacturing of kemari ball

- Practical use of laser beam machine for material cutting – ..... Koya ARA 1  
Naoto SAWADA  
Yuichiro TAKAHASHI

Development of welding auxiliary equipment for

- upper limb disabilities ..... Kazuma KOBAYASHI 11

### Study Introduction

Elucidation of the distribution of airborne fungi in some plastic greenhouses for agriculture and their outsides

- We paid attention to existence of the fungicide- tolerant *Botrytis* spp.  
in the Asahikawa area – ..... Iwao TOGASHI 17  
Sayaka YOSETANI  
Ryohei KANNO  
Syohei YAMAMOTO  
Shizuka GOTOH  
Aya FUJIWARA

Attempt of the selection of *Trichoderma* spp. having an excellent competitive ability to wood rot fungi

- Strains suitable for the immobilization to charcoal – ..... Iwao TOGASHI 29  
Shiori SAWADA  
Sadayuki MIYAZAKI

### Review

KENJI MIYAZAWA`S POEM, "SAPPORO-SHI (SAPPORO CITY)",

FRAGMENTS OF THE AUTHOR'S THIRTY-YEAR STUDY

- How the Author Developed His Theory – ..... Hiroyuki ISHIMOTO 1

## 蹴鞠使用球の製作

### －レーザー加工機を利用した型取りの実践－

阿羅 功也<sup>\*</sup>  
澤田 直人<sup>\*\*</sup>  
高橋 雄一郎<sup>\*\*</sup>

## Manufacturing of kemari ball

### － Practical use of laser beam machine for material cutting －

Koya ARA  
Naoto SAWADA  
Yuichiro TAKAHASHI

#### Abstract

In recent years, a number of actions have been taken in Japan for promoting kemari (football lifting), including the launch of Kemari-kikuyukai. However, kemari balls are rare items and not something everyone can casually use because they are made of deer skin, which is not readily available, and ball manufacturing itself requires high skills. There has also been a shortage of ball manufacturers (marishi) in these days. Developing and promoting the world of kemari will be difficult unless these challenges are overcome. In this study, therefore, we tried a new manufacturing method by using a laser beam machine owned by our school in an attempt to mimic the techniques adopted by traditional manufacturers. Experiments were conducted for material cutting, a key process in the ball making. Since our laser beam machine had never been used for leather products, we were able to obtain new knowledge through the experiments. We also found that the laser beam machine can cut materials as accurately as marishi do. In addition, a new study method has been proposed, with which we can make good use of science technology in order to help promote Japan's traditional performing arts and culture.

---

\* 人文理数総合科助教

(2021年2月15日受理)

\*\* 技術創造部技術職員

## 1. はじめに

日本には古くから伝わる「蹴鞠」という身体活動を伴う文化・芸能が存在する。その文化体系は京都府に位置する蹴鞠保存会によって保持されている。平安時代から江戸時代にかけて家元制度によって定められたルール、所作や身体動作が現代にも引き継がれている。そして蹴鞠を実施する施設「鞠庭」や、「鞠垣」も同じように当初の体系を保っているのである。渡辺氏は「公家の鞠道家（難波、飛鳥井、御子左家）によって、十三世紀の段階で蹴鞠は技法（遊戯法、練習法含む）、作法、施設、用具等の面で一定の様式絵をもち、スポーツとしてかなり成熟した状態にできあがった」<sup>10)</sup>とその様子を指摘している。近年、蹴鞠の更なる普及と次世代への継承を目的とした団体、けまり鞠遊会が設立された。けまり鞠遊会では蹴鞠の体験活動や、蹴鞠に使われる使用球（以下、蹴鞠使用球と表記）の展示が行われている。

けまり鞠遊会の設立によって、蹴鞠に触れる機会が増えたことは間違いない。しかし、毎年奈良県桜井市に位置する談山神社にて開催されている鞠会から見て取れるように、蹴鞠は現在、鑑賞することはできるが気軽に体験することはできない。その原因として蹴鞠使用球の希少価値の高さが挙げられる。蹴鞠使用球は鹿皮が用いられている。蹴鞠使用球に適した鹿革は「雌鹿の春から夏の革が良い」<sup>3)</sup>とされ、「現在では入手が困難」<sup>3)</sup>である。また、蹴鞠使用球を製作する鞠師が少なく、担い手が減少していることも希少価値の高さの所以である。池氏が「鞠を括るには高い技術が必要ですので、鞠は高価でした」<sup>3)</sup>と指摘しているように、蹴鞠使用球は手に入りにくい材料で作られているだけでなく、その製作技術も求められる。蹴鞠文化の普及といった観点から、蹴鞠使用球の製作段階を今一度整理するとともに、新たな製作手法の提案と実践が必要である。

## 2. 研究の目的

けまり鞠遊会では継続的に蹴鞠使用球の製作を行っている。アトリエでの展示、自宅には蹴鞠製作を行う用具が備わっている蹴鞠工房とも呼べる施設がある。けまり鞠遊会の創設者である池田遊達氏は、数少ない鞠師なのである。2019年7月27日、池田氏へ調査協力をいただき、蹴鞠の製作方法や使用される用具を確認することができた。そこで蹴鞠製作技術の緻密さを再確認したわけである。蹴鞠使用球について池氏が「原則的には直径一尺二寸（約三六cm）に丸く切った二枚の鹿革の外側に目を打ち、毛の方を内側にして、この目を帯状にした馬の革で縫うようにして綴じて作ります」<sup>3)</sup>と指摘しているように、鹿革を丸く切り取り、その円周に縫うための穴を開ける作業は鞠師として技術が凝縮されているのであった。雌鹿の春から夏の革は希少価値が高いため、失敗も許されない。つまり、蹴鞠製作において丸く切り取る型取りは、重要な技術であるといえる。池田



図1 池田遊達氏による型取りの様子

遊達氏も「この型取りが上手くいくかどうかで鞆の出来が決まる根気のいる作業(2019年7月27日ヒアリング調査より)」と語っている。また、「こうした技術は代々と引き継がれ、鍛錬を経て現在まで続いている(2019年7月27日ヒアリング調査より)」と池田遊達氏は語る。鞆師は現在(2020年2月2日現在)、日本に数人しかおらず、技術の習得にもかなりの時間を要することは蹴鞠普及においては課題と言えるだろう。そこで、今回の研究の目的は、鞆師の型取り技術を高専技術の活用により、再現することとする。蹴鞠作成過程の簡易化を目指すといったことである。蹴鞠製作に関してはさまざまな工程があるが、この型取りが再現できるかどうかによって鞆の良し悪しが左右されるため、今回は型取りにフォーカスしていく。代々引き継がれてきた蹴鞠使用球製作技術を現代の技術で再現する再現歴史学の観点で研究を進めていく。本研究においてはけまり鞆遊会の協力を得た。

### 3. 研究の方法

#### 3.1 「けまり鞆遊会」への調査

蹴鞠製作技術を高専技術に還元できるか否かを確認するために調査が必要であった。調査回数は2019年7月27日、28日・2019年11月1日、2日(京都府京丹波町)、2019年11月22日(東京ビッグサイト)の5回に渡った。鞆師として蹴鞠使用球製作を実施している池田遊達氏が使用されている工具や製作過程のコツを、ヒアリングや動画撮影の許可をいただき記録した。記録したデータから高専技術に変換できる要素を抽出し実験を実施していくといった手法を用いた。

#### 3.2 レーザー加工機による実験

今回の型取りに用いる機材はレーザー加工機である。このレーザー加工機については旭川工業高等専門学校公式HPにて「レーザー光を用いて、非接触かつ高速、高精度で穴あけ等の金属切断ができる加工器である。薄板金属の切断・穴あけや角パイプ(φ100[mm]まで)の穴あけ等の精密部品加工が可能である。」<sup>11)</sup>と説明されている。レーザーは、レーザー発振器によって人工的に作られる光であり、凝縮されたエネルギー(レーザー光)の一部を外部に供給される。つまりレーザー加工機は、この光を使って材料を加工することができるのである。レーザー光の特徴としてはまっすぐに進み、波長が一定で波の山と谷が時間的に揃っているとされ、またレーザー光源から距離があっても、レーザー光に適した光学部品を使用することによって、レーザー光のエネルギーを低下させずに反射させて、射出する方向を変えることができ、さらにこのレーザー光のパワーはとても安定しているため、レーザー加工機は消耗しない万能ツ

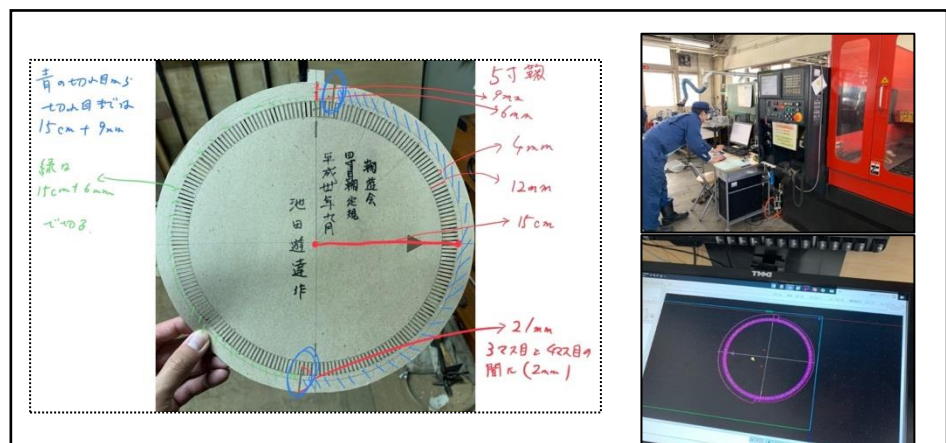


図2 採寸したデータを入力する様子

ル<sup>6)</sup>と評価されている。今回、実験に使用した製品名は『レーザー加工機（アマダ製：Quattro AF1000E）』である。鞣師のもつ技術をレーザー加工機に変換するために、鞣師のアドバイスをもとに記録したものをデータ化した。そのデータをレーザー加工機に入力し、出力を試みた（図2参照）。レーザー加工機を使用した実験は2019年11月25日、26日、2020年1月7日、6月6日、6月9日、8月4日の計6回実施した。旭川高専では革製品をレーザー加工した記録がなかったため、初回に関しては鉄板を使用した。原則として革製品の实践は、従来の刃物を使用した彫刻機や切削器具とは異なり、加工部品が材料と直接接触することがないため、材料に圧力や摩擦による抵抗がかからず、そのため、アクリル、木材、紙、皮革、布地などの材料に、美しく微細な加工を施すことができ<sup>6)</sup>、既に使用が認められていることをここに記しておく。

## 4. 型取り実験の手法・条件とその結果

### 4.1 アクリル板の实践

本研究の手始めとして、レーザー加工機での型取りが、入力した数値通りに実施できるか。革での实践のプレテストとしてステンレス板と亜鉛メッキ板にて行った。直径の大きさ、括りの際に使用する縫い目とも再現することに成功した（右図3）。ステンレス板と亜鉛メッキは旭川高専技術創造部において頻繁に使用されている素材である。この切り取ったレプリカ板を参考にし、革での加工を試みた。これらの鉄板は加工する際に置くだけで実施ができる。しかし、レーザー加工機にて革製品を使用するには、革が浮かないように固定しなければいけないことが明らかとなった。革製品では鉄板と異なり、固定という工程が必要となる。そのために治具の作成を試みた。

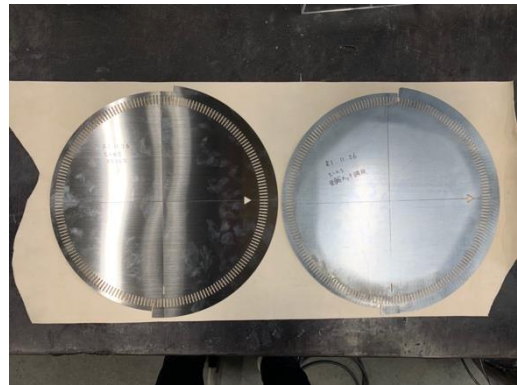


図3 型取りしたレプリカ板

### 4.2 革固定のための実験

治具とは、同一製品を数多く生産する場合は加工、組立、検査など、同じ作業を繰り返し行い、この場合、安全で精度よくバラツキが少なく、早く作業が出来る様にすることが重要であり、この目的のために部品を位置決めし、固定して作業を行える構造を持つ作業工具をジグ（治具）<sup>13)</sup>という。つまり今回に関しては、革製品が浮いてしまわぬよう、加工時に動いてしまわないようにするための工具である。革製品を固定するための治具は、刺繍の構造で実施することとした。刺繍は、刺繍枠と呼ばれる外枠に布地を当てはめ、布地を貼った状態にして針と糸でデザインする日本の伝統的手芸である。この様式を真似て、レーザー加工機にて刺繍枠を作成した。この刺繍枠に革製品を当てはめ、浮いたり動いたりといった課題を解消することができた。この方法で革製品の固定



図4 「刺繍枠治具」の使用



はできたわけであるが、革が刺繍枠治具よりも15cmほどの面積がなければ固定が難しいといった課題が発見された。また、治具への固定も時間を要してしまい効率的であるとは言えない。そこで固定に関する課題を克服するためにスプレーのりを使用することにした。製品は『3M スプレーのり 55 S/N55 430ml』である。紙や図、布や金箔に使用できるスプレーのりであり、貼ったのちに剥がすこともできる。土台として使用する木材板にスプレーのりを噴射し、空気の入らぬよう革製品を貼っていく。こうして固定することで革製品の大きさや固定の際の時間を短縮することが可能となった。また、刺繍枠治具での固定よりもレーザー加工でのずれや浮きもなく型取りを実施することができた。剥がした後の革製品への影響もなかったことから、レーザー加工機で革製品を取り扱う際には、スプレーのりを使用することが最適であることが明らかとなった。

### 4.3 革製品での型取り実験

鉄板でのプレテスト・革製品の固定といった条件が整い、革製品での型取りを実施した。今回使用した革製品について説明する。実験に用いた革製品は山羊革であり、東急ハンズにて購入したものである。この製品を選択した理由は2つあり、1つは本来使用される雌鹿の春から夏の革は入手が困難であったこと。二つ目は鞆師である池田遊達氏が山羊革での蹴鞠使用球の製作に成功しているといった点である。実際に池田氏が使用した山羊革を東急ハンズ札幌店にて入手することができたため、実施を試みる運びとなった。



図5 使用した山羊革

#### 4.3.1 型取り1回目

山羊革の型取りを行う際には、レーザー加工機の出力と位置が重要である。出力の設定を山羊革用に設定する必要があった。革製品に対しての出力設定は、プレテストにて一本線を幾つか開け、その中で穴周辺の焦げ目がなく、かつ正確に加工できている線を選出し設定した。出力設定後の型取り実験を1回目としてカウントすることとする。

| 項目 | 速度   | 出力   | 位置   | ガス   | ガス   | ガス  | ガス  | 補正量   | バック   | バック | バック | バック |
|----|------|------|------|------|------|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-----|
| 1  | 1200 | 1000 | 400  | 20   | 0.35 | 3   | 0.0 | 1.5   | 0.100 | 0   | 201 | 1.0 |
| 2  | 3000 | 1000 | 700  | 0.35 | 3    | 0.0 | 1.5 | 0.120 | 203   | 201 | 1.0 | 0   |
| 3  | 3000 | 1000 | 1000 | 70   | 0.35 | 3   | 0.0 | 1.5   | 0.120 | 203 | 201 | 1.0 |
| 4  | 3000 | 1000 | 1000 | 70   | 0.35 | 3   | 0.0 | 1.5   | 0.120 | 203 | 201 | 1.0 |
| 5  | 3000 | 1000 | 1000 | 70   | 0.35 | 3   | 0.0 | 1.5   | 0.120 | 203 | 201 | 1.0 |
| 6  | 3000 | 1000 | 1000 | 70   | 0.35 | 3   | 0.0 | 1.5   | 0.120 | 203 | 201 | 1.0 |
| 7  | 3000 | 1000 | 1000 | 70   | 0.35 | 3   | 0.0 | 1.5   | 0.120 | 203 | 201 | 1.0 |
| 8  | 3000 | 1000 | 1000 | 70   | 0.35 | 3   | 0.0 | 1.5   | 0.120 | 203 | 201 | 1.0 |
| 9  | 3000 | 1000 | 1000 | 70   | 0.35 | 3   | 0.0 | 1.5   | 0.120 | 203 | 201 | 1.0 |
| 10 | 3000 | 300  | 080  | 20   | 0.05 | 1   | 0.0 | 1.5   | 0.000 | 0   | 0   | 1.0 |

図6 出力の数値

1回目の型取りは周囲を完全に切り取ることができず、括り目に関しても同様であった。完全にレーザーによって切り取れている箇所とそうでない箇所が分かれた結果になったが、出力を鉄板での加工時よりも弱く設定しすぎたために、全体的にレーザーの出力不足であった。完全に切り取ることができなかったわけであるが、レーザー加工機による作業時間は約12分であった。これは鞆師が手作業で製作する時間と比べると非常に短い。差金や

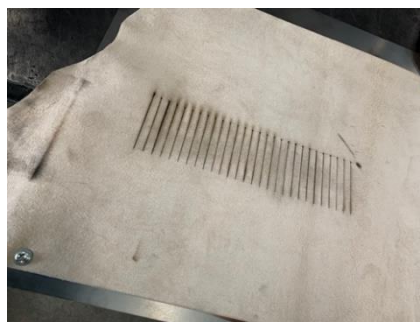


図7 プレテストの線 (裏面)

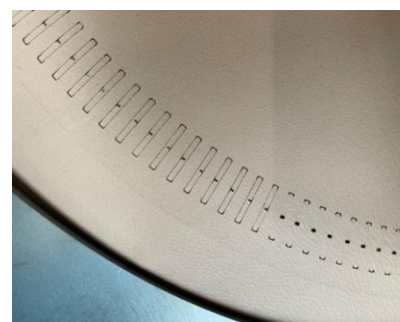


図8 まばらな括り目 (表面)



杭を用いて全 200 個の括るための穴を開けるわけであるから当然である。池田氏によるとこの括り穴を開ける作業は約 2~4 時間ほどの時間を要するという。今回の実験から、レーザー加工機での作業は手作業と比較すると、作業効率を格段に向上できることが明らかとなった。

また、鞣師による作業との違いは焦げ目が付着することである。しかしこの焦げ目については鞣を括る際に内側に当たる面に付着するため、問題はないと考えた。図 7 から見てもわかるように、鞣の表面にくる側には焦げ目は付着していない。今後レーザー加工機を革製品に使用するときには、この焦げ目が付着する面と付着しない面も考慮する必要性が明らかとなった。焦げ目が付着する面はレーザーが直接当たらない面である。

#### 4.3.2 型取り 2 回目

1 回目で得た山羊革での型取り結果をもとに、2 回目を実施した。今回はマシンの数値を変更することにより出力を強め、特に括り目がしっかりと切り取れるよう留意した。その結果、括り目は全て括り紐が通せるよう切り取ることができた。しかしながら右図にあるように、外枠を完全に切り取ることができていない。周囲には焦げ目は見られるが、出力不足のため切り外すことができなかった。外枠の出力を括り目の出力より数値を下げたのには理由がある。蹴鞠使用球は直径一尺二寸(約三六cm)に丸く切った二枚の鹿革を重ねて括り紐で閉じていく。そこで、両方の面に重ね合わせるためのスリットを入れる必要がある。出力を上げすぎるとこの僅かなスリット部分が括り目と重なり切れてしまう危険性を考慮し、外枠の出力を下げたわけである。その結果として、革製品そのものと切り離すことができなかった。スリット部分を再現し、なおかつ切り離しを成功させるためには、今回よりも若干の外枠出力を上げることが求められよう。



図9 2 回目の型取り



図10 重ね合わせるための切り込み



図11 スリットのかみ合わせ

### 4.3.3 型取り3回目

型取りの1回目では革製品の固定と全体の出力不足であった。型取りの2回目では外枠の出力調整が不十分であった。これらの課題を3回目では微調整を行った。3回目にしてようやく外枠の出力が十分であり、革製品全体から切り外すことができ、かつ括り目も切り取ることができた（下図12, 13参照）。



図12 3回目の型取り

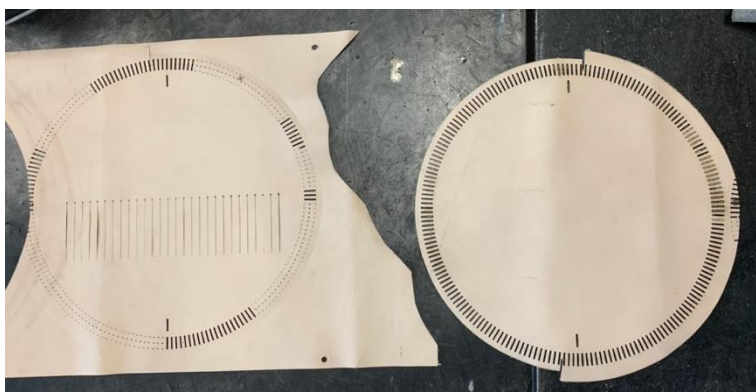


図13 1回目型取り結果（左）と3回目型取り結果（右）比較

その後、4回目5回目と山羊革製品にて同じ出力を用いて型取りを実施した。その結果どちらも3回目と同様に採寸も問題なく型取りすることが可能であった。蹴鞠使用球は2枚の型取りの大きさや採寸、括り目の位置が一致していなければいけないが、その条件もクリアできた（図12は2枚の型取りを重ね合わせている）。また、急ハンズで購入した山羊革のサイズからは2枚の型取りが実施できることも明らかとなった。山羊革一枚で蹴鞠使用球1球分を製作できる。図14から見て取れるように、別々の山羊革で型取りを行ったとしても、レーザー加工機は正確な位置決めにより数ミリもずれがないため、鞣師である池田氏が採寸板として使用している図11のように重ね合わせることが可能である（図14）。つまり、レーザー加工機に出力した数値を用いることができれば、羊革に関して言えばレーザー加工機があれば型取りが実施できる。高専においてこのレーザー加工機を備えているケースは多く、この結果は蹴鞠文化の保持、普及といった観点から見ても有益である。

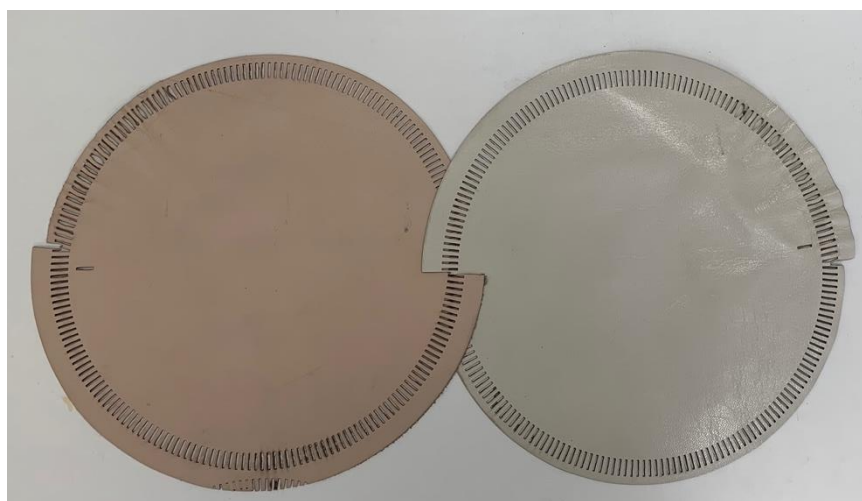


図14 別々に「レーザー加工機」で型取った2枚

### 4.4 レーザー加工機における出力について

ここで、レーザー加工機についてまとめていく。まず、鉄板を使用した際の出力と皮を用いた際の出力を比較していく。鉄板は垂鉛メッキ鋼板とステンレス鋼板を使用した。



| 【材料名称】 C-SUS0.5                  |        |        |      |       |      |      |      |         |          |        |        |         |        |   |
|----------------------------------|--------|--------|------|-------|------|------|------|---------|----------|--------|--------|---------|--------|---|
| 【材質】 C-SUS                       |        |        |      |       |      |      |      |         |          |        |        |         |        |   |
| 【材料情報】 標準 / 厚板 / クリーン / アルミ / 高速 |        |        |      |       |      |      |      |         |          |        |        |         |        |   |
| 【水ノズル】 ON / OFF                  |        |        |      |       |      |      |      |         |          |        |        |         |        |   |
| ガス圧単位 ; MPa                      |        |        |      |       |      |      |      |         |          |        |        |         |        |   |
| 条件 NO.                           | 速度 [F] | 出力 [S] | 周波数  | デューティ | ガス圧  | ガス種類 | 切換時間 | ノズルキヤップ | 補正量 [mm] | エッジデータ | アプロデータ | 焦点 [mm] | パルスタイプ |   |
| 1                                |        | 800    | 100  | 10    | 0.50 | 4    | 0.0  | 0.3     | 0.066    | 0      | 201    | 2.0     | 0      |   |
| 2                                | 1200   | 1000   | 1000 | 35    | 0.50 | 4    | 0.0  | 0.3     | 0.075    | 0      | 201    | 2.0     | 0      |   |
| 3                                | 2500   | 1000   | 1500 | 58    | 0.50 | 4    | 0.0  | 0.3     | 0.060    | 0      | 201    | 2.0     | 0      |   |
| 4                                | 2500   | 1000   | 1500 | 58    | 0.50 | 4    | 0.0  | 0.3     | 0.060    | 0      | 201    | 2.0     | 0      |   |
| 5                                | 2500   | 1000   | 1500 | 58    | 0.50 | 4    | 0.0  | 0.3     | 0.060    | 0      | 201    | 2.0     | 0      |   |
| 6                                | 2500   | 1000   | 1500 | 58    | 0.50 | 4    | 0.0  | 0.3     | 0.060    | 0      | 201    | 2.0     | 0      |   |
| 7                                | 2500   | 1000   | 1500 | 58    | 0.50 | 4    | 0.0  | 0.3     | 0.060    | 0      | 201    | 2.0     | 0      |   |
| 8                                | 2500   | 1000   | 1500 | 58    | 0.50 | 4    | 0.0  | 0.3     | 0.060    | 0      | 201    | 2.0     | 0      |   |
| 9                                | 2500   | 1000   | 1500 | 58    | 0.50 | 4    | 0.0  | 0.3     | 0.060    | 0      | 201    | 2.0     | 0      |   |
| 10                               | (ケガキ)  | 3000   | 500  | 1500  | 45   | 0.50 | 4    | 0.0     | 1.5      | 0.000  | 0      | 0       | 2.0    | 0 |

図15 亜鉛メッキ鋼板の加工時における数値

| 【材料名称】 SECC0.8                   |        |        |      |       |      |      |      |         |          |        |        |         |        |   |
|----------------------------------|--------|--------|------|-------|------|------|------|---------|----------|--------|--------|---------|--------|---|
| 【材質】 SECC                        |        |        |      |       |      |      |      |         |          |        |        |         |        |   |
| 【材料情報】 標準 / 厚板 / クリーン / アルミ / 高速 |        |        |      |       |      |      |      |         |          |        |        |         |        |   |
| 【水ノズル】 ON / OFF                  |        |        |      |       |      |      |      |         |          |        |        |         |        |   |
| ガス圧単位 ; MPa                      |        |        |      |       |      |      |      |         |          |        |        |         |        |   |
| 条件 NO.                           | 速度 [F] | 出力 [S] | 周波数  | デューティ | ガス圧  | ガス種類 | 切換時間 | ノズルキヤップ | 補正量 [mm] | エッジデータ | アプロデータ | 焦点 [mm] | パルスタイプ |   |
| 1                                |        | 1000   | 100  | 12    | 0.35 | 3    | 0.0  | 1.5     | 0.090    | 0      | 201    | 1.0     | 0      |   |
| 2                                | 1200   | 1000   | 400  | 28    | 0.35 | 3    | 0.0  | 1.5     | 0.100    | 0      | 201    | 1.0     | 0      |   |
| 3                                | 3000   | 1000   | 1000 | 70    | 0.35 | 3    | 0.0  | 1.5     | 0.120    | 203    | 201    | 1.0     | 0      |   |
| 4                                | 3000   | 1000   | 1000 | 70    | 0.35 | 3    | 0.0  | 1.5     | 0.120    | 203    | 201    | 1.0     | 0      |   |
| 5                                | 3000   | 1000   | 1000 | 70    | 0.35 | 3    | 0.0  | 1.5     | 0.120    | 203    | 201    | 1.0     | 0      |   |
| 6                                | 3000   | 1000   | 1000 | 70    | 0.35 | 3    | 0.0  | 1.5     | 0.120    | 203    | 201    | 1.0     | 0      |   |
| 7                                | 3000   | 1000   | 1000 | 70    | 0.35 | 3    | 0.0  | 1.5     | 0.120    | 203    | 201    | 1.0     | 0      |   |
| 8                                | 3000   | 1000   | 1000 | 70    | 0.35 | 3    | 0.0  | 1.5     | 0.120    | 203    | 201    | 1.0     | 0      |   |
| 9                                | 3000   | 1000   | 1000 | 70    | 0.35 | 3    | 0.0  | 1.5     | 0.120    | 203    | 201    | 1.0     | 0      |   |
| 10                               | (ケガキ)  | 3000   | 300  | 800   | 20   | 0.05 | 1    | 0.0     | 1.5      | 0.000  | 0      | 0       | 1.0    | 0 |

図16 ステンレス鋼板の加工時における数値

レーザー加工機の出力には主に3つの項目がある。まずは「繰り返し周波数」である。これは、1秒間に繰り返されるオン・オフの回数である<sup>12)</sup>。次に、「デューティ比」が挙げられる。デューティ比は、オン・オフ1周期に占めるオンの時間の割合であるとされている<sup>12)</sup>。そして残りが「平均出力とピーク出力」である。平均出力は、1秒間のパルスエネルギーの総和である。平均出力が同じで、デューティ比が低いほど、パルス当たりのエネルギー（ピーク出力）が大きくなる<sup>12)</sup>。これらの数値を記録・比較していくことで蹴鞠製作におけるレーザー加工機を使用する際の条件を確実なものにすることができる。図15と図16は、亜鉛メッキ鋼板とステンレス鋼板の詳細データである。この数値を革製品「山羊革」を加工した際の数値と比較していくこととする。

鉄板と革製品の大きな違いは、平均出力とピーク出力にあった。革製品は鉄板と比べると平均出力とピーク出力が弱い。しかし結果にて示したように、低く設定し過ぎることによって完全に切り取ることが出

| 【材料名称】 PAPER                     |        |            |      |       |      |      | 00100        |        | N00400         |       |         |
|----------------------------------|--------|------------|------|-------|------|------|--------------|--------|----------------|-------|---------|
| 【材質】 C-SUS                       |        | 【板厚】 21.00 |      |       |      |      | 【材料名称】 PAPER |        | 【板厚】 4.50      |       |         |
| 【材料情報】 標準 / 厚板 / クリーン / アルミ / 高速 |        |            |      |       |      |      | 【材質】 C-SUS   |        | 【材料情報】 クリーン    |       |         |
| 【水/スル】 ON / OFF                  |        |            |      |       |      |      | 【条件NO.】 E 4  |        |                |       |         |
| ガス圧単位: MPa                       |        |            |      |       |      |      | 速度           |        | 2300 mm/s 100% |       |         |
| 条件 No.                           | 速度 [F] | 出力 [S]     | 周波数  | デューティ | ガス圧  | ガス種類 | 速度           | 0 W    | 100%           |       |         |
| 1                                | 600    | 800        | 100  | 8     | 0.50 | 4    | 速度           | 0 W    | 100%           |       |         |
| 2                                | 2600   | 250        | 300  | 10    | 0.50 | 4    | 周波数          | 300 Hz | 100%           |       |         |
| 3                                | 2600   | 250        | 300  |       | 0.50 | 4    | デューティ        | 0 %    | 100%           |       |         |
| 4                                | 2600   | 250        | 300  | 20    | 0.50 | 4    | ガス圧          | 0.00   | 100%           |       |         |
| 5                                | 2500   | 1000       | 1500 | 50    | 0.50 | 4    | ガス種類         | 4      | 切換時間           | 0.0   |         |
| 6                                | 2500   | 1000       | 1500 | 50    | 0.50 | 4    | ガス種類         | 0.3    | 補正量 (mm)       | 0.060 |         |
| 7                                | 2500   | 1000       | 1500 | 50    | 0.50 | 4    | ガス種類         | 2.0    | ガスタイプ          | 0     |         |
| 8                                | 2500   | 1000       | 1500 | 50    | 0.50 | 4    | 焦点位置 (mm)    | 2      | ピッチNO.         | 101   |         |
| 9                                | 2500   | 1000       | 1500 | 50    | 0.50 | 4    | 加工ヘッド        | X      | 930.00         | Z     | 2100.00 |
| (ケガキ)                            |        |            |      |       |      |      |              | 実速度    | 42426 mm/s     |       |         |
| 10                               | 3000   | 30         | 100  | 3     | 0.50 | 4    |              | 平均出力   | 0W             |       |         |
|                                  |        |            |      |       |      |      |              | Y      | 930.00         |       |         |

図17 革製品「山羊革」の加工における数値

来ないといったケースも考えられるため、出力設定は重要であった。次に、革製品においては焦げ付きを防ぐために周波数とデューティ比の微調整が必要であった。焦げ付く箇所が裏面であるとしても、二つに型取った面をつなぎ合わせる括りにおいて不具合が生じないためにも周波数とデューティ比の微調整は必須である。

また、図で示した数値には残らなかったが、革製品をレーザー加工する際に重要な点が二つ確認できた。一つはレーザーの焦点距離の設定である。鉄板などの金属材料であれば、機械が自動で材料を検知するため高さを合わせるが、革製品の場合、機械側で検知が出来ず手動で設定する必要がある。このため1回目の実験においては、低く設定したためレーザー加工機の先端が革製品に引っかかるといった現象も見受けられた。二つ目として、レーザー加工機における材料を設置する部分を平行にする作業が必要であった。革製品は何より変形する素材であるため、直接ではなく木材の上に革製品を設置するといった工夫が必要であった。革固定の実験の中で示したスプレートの作業は、この木材に張り付けるわけである。

## 5. 総括

本研究では、代々引き継がれてきた「鞠師」の蹴鞠使用球製作技術を「型取り」を対象として高専技術にて再現すること。蹴鞠使用球において新しい製作手法を提案することを目的とした。蹴鞠の普及・発展にはまず、誰もが気軽に蹴鞠という文化に触れられるような環境が必要である。この観点からみると、蹴鞠に使用される鞠は希少価値が高く、製作には高度な技術を要することから、高価であり入手が困難な状況であった。蹴鞠に似た「パスゲーム式フットボール」であるミャンマーの国技「チンロン」というスポーツは、競技で使用されるボールが安価で購入できる体制が整っていることから、日本国内においても大学の講義内で取り扱われているケースも見受けられる。蹴鞠も同様に、この「手に入りにくい」を解決することで、文化体験や講義として取り扱うことも可能になることだろう。こうした課題に着目し、実験を行った。今回対象とした型取りは、池氏の「原則的には直径一尺二寸（約三六cm）に丸く切った二枚の鹿革の外側に目を打ち、毛の方を内側にして、この目を帯状にした馬の革で縫うようにして綴じて作ります」

3)といった説明にもあるように、蹴鞠製作において手始めの作業である。蹴鞠製作について調査対象であるけまり鞠遊会の池田氏は、現代における鞠師であり、池田氏の技術を動画撮影、ヒアリングをもとにまとめた。現地で得られたこれらの資料を参考に、旭川高専に備えられているレーザー加工機にて技術の再現を試みた(使用した機材は『レーザー加工機(アマダ製: Quattro AF1000E)』)。

実験は計3回にわたって実施した。1回目では革の固定方法を定め、固定に成功したが、出力が足りずに完全に型取ることができなかった。2回目では円周の括り目の出力設定は定めることが出来たが、2つの面をかみ合わせるスリッドを考慮し出力を低く設定したために型取ることが出来なかった。3回目に関しては1回目と2回目の出力を参考に加工を行った。その結果、鞠師が型取ったものと相違ない型取りを再現することができた。「相違ない」というのは、括り目は枠の大きさに誤差が生じなかったということである。今回の実験により、レーザー加工機において型取りを再現することが可能であることが判明した。その際の留意点としては、鉄板と革製品とでは材質が違うことから、固定する必要があること、焦点距離を設定する必要があること、土台を用いて平行にする必要があること、焦げを考慮し出力を設定する必要があることが挙げられる。レーザー加工機を用いることで鞠師が手作業にて型取りを行い、完成させるまでの時間の約10分の1で型取りを実施することができたことは有益な結果であった。

今後の展望としてはこのレーザー加工機での作業が、山羊革ではなく鹿革においても応用ができるのか確認する必要がある。また、今回型取りした面を括る作業を高専の技術にて再現できるか検討することも視野に入れ、新たな蹴鞠製作手法の提案を継続していく。

## 参 考 文 献

- 1) 尾形弘紀, 蹴鞠の哲学, または地を這う貴族たち: 院政期精神史のひとつの試み(3), 中央大学文学部紀要, 59巻: 177-217(2017)
- 2) 郭新宇, 蹴鞠についての研究—中国古代資料に基づいて: 岩大語文, 21号: 61-75(2016)
- 3) 池修, 日本の蹴鞠, 光村推古書院, 33, 35(2016)
- 4) 稲垣弘明, 中世蹴鞠史の研究—鞠会を中心に—, 思文閣出版(2008)
- 5) 株式会社小林機械: レーザー加工機, <https://www.kkmt.co.jp/machines/32678>, 2020年12月23日
- 6) trotec: レーザー, レーザー加工機とは, <https://www.troteclaser.com/ja/faqs/how-does-a-laser-work/>, 2020年1月22日
- 7) 池田遊達, 日本伝統文化と「蹴鞠」: 鹿皮から鞠革へ—伝統工芸の復活, 日本鹿研究, 10巻: 76-78(2019)
- 8) 幅鎌真理, 蹴鞠の鞠製作技術紹介: 池田遊達氏の事例, 天理参考館報, 32巻: 27-38(2018)
- 9) 町田香, 蹴鞠の舞台装置「鞠垣」による屋外文化の復元的考察: 京都造形芸術大学紀要, 20巻: 98-107(2015)
- 10) 渡邊融, 桑山浩然, 蹴鞠の研究—公家鞠の成立, 東京大学出版(1994)
- 11) 旭川高専: 実習工場, <http://www.asahikawa-nct.ac.jp/facilities/factory/>, 2020年1月10日
- 12) 株式会社光響: レーザー加工機におけるパルス加工, <https://optipedia.info/app/laserproc/pulse-2/>, 2020年1月15日
- 13) 日本治具株式会社: 治具とは, <https://www.sugino.com/site/profile-nihonjig/jig.html>, 2020年1月16日

# 上肢不自由者を対象としたアーク溶接補助装置の研究開発

小林 一誠 \*

## Development of welding auxiliary equipment for upper limb disabilities

Kazuma KOBAYASHI

### Abstract

This study aimed at the realization of the CO<sub>2</sub> gas shielded arc welding auxiliary equipment for both-upper limb disabilities.

This auxiliary equipment realized a sole operation type and a knee clip operation type to give response for variety of input.

Appearance tests and bending tests were conducted on test specimens after CO<sub>2</sub> gas shielded arc welding using the realized auxiliary equipment. In the appearance tests, the knee clip operation type was passed to criteria of the qualification test of welding technicians. By contrast, the sole operation type was not passed to criteria of the qualification test of welding technicians. Both operation types failed to pass the strength criterions in the bending tests. This is due to the lack of weaving motion, which is essential for welding. In the future, the auxiliary equipment improve to allow weaving motion.

### 1. はじめに

本校では機械システム工学科及びシステム制御情報工学科の工作実習において、アーク溶接の実習を行っているが、学生が部活等において腕や指をゲガしてしまい、溶接実習が困難になる事が時々起きている。

また、近年地域企業等から「溶接工の人材不足で仕事を断っている」という話を耳にするようになってきている。

この 2 つの事をキッカケに、上肢不自由者に対する溶接補助装置(以下、本装置とする)があれば、溶接業界に就労できる潜在的人材を発掘できると考え、本研究を計画した。なお、「平成 28 年生活のしづらさなどに関する調査」<sup>1)</sup>によると、65 歳未満の身体障害者手帳所持者の中で、上肢不自由者は全国に約 20 万人おり、本装置を用いることで溶接作業が可能になると思われる、1 級～3 級(両上肢機能全廃等～一上肢の全指を欠く等)の方は約 16.4 万人いる。その裾野の広さから、この補助装置の利用による、ある程度の就労可能者の発掘が可能となれば、一定の社会的効果が期待できると考えた。

更に、本校溶接実習において、学生にも本装置を使用させる事で、上肢不自由者に対し、どのような対

\* 技術創造部技術専門職員

(2021 年 2 月 2 日受理)



策が必要かを考えさせる教育的効果も期待できると考えた。

本研究では、両上肢不自由者が炭酸ガスアーク溶接を行う為の補助装置を開発し、それをを用いて、日本溶接協会が実施する溶接技能者評価試験(以下、評価試験とする)の合格基準を満たすことを最終目的とした。ただし、本研究では報告者が両上肢を使わず操作し、評価試験の実技課題を行い、本装置の有効性を評価した。

本報では、装置の開発過程、試験評価結果について報告する。

## 2. 補助装置開発過程

### 2.1 装置全体設計から製作

設計においては、全体の開発期間短縮を目指し、本校現有設備である3次元CADのSolidWorks2019を用いて、各部品の組み合わせから動作のシミュレーションを行いながら進めた。なお、設計時に考慮すべき項目としては以下のことが挙げられた。

- ①溶接作業に必要な要素(溶接トーチ角度、運棒速度等)を満足できること
- ②下肢を用いた動作のため、困難な姿勢にならないこと
- ③作業者の安全が担保できること

当初は図1(a)の通り、溶接台とスライド機構を分離した構造としていた。しかしながら、両上肢不自由者が溶接台にスライド機構をセッティングすることが困難である事から、図1(b)の様に、専用の溶接台に門型のスライド機構を設置した一体構造を採用した。

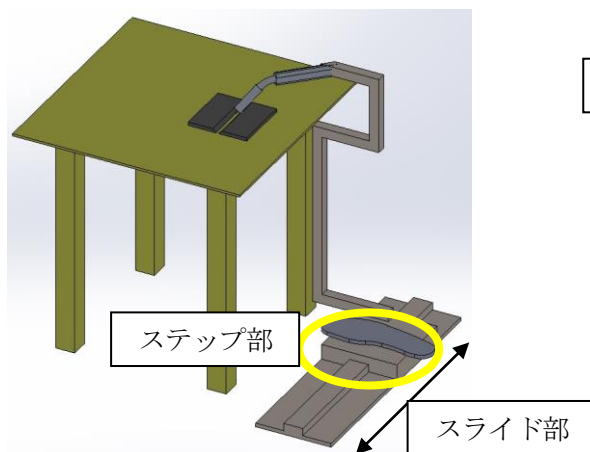


図1(a) 分離構造略図

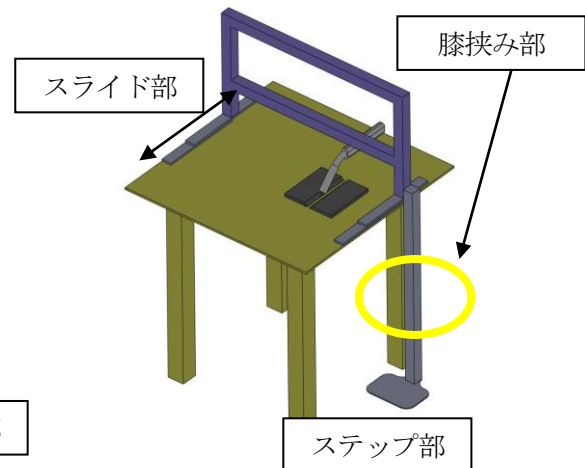


図1(b) 門型一体構造概略図

操作方法としては、

- ①ステップに足の裏を乗せ、左右に動かす操作(足裏操作)
- ②棒を膝で挟み込み、左右に動かす動作(挟み操作)

の2パターンを想定した為、両方の操作が可能な構造として図1(b)のようなステップ部を取り付けることとした。

製作は、実際の使用感や改善点を速やかにフィードバックできるよう、市販のアルミフレームを用いて組立を行い、各部品を固定するための金具については本校設備を用いて製作した。

## 2.2 装置を用いた溶接訓練

本装置を用いて溶接を行うにあたり、評価試験には後述する図2の様に定められている試験材料を準備した。また、開発段階である為、安全性の確保の観点から、報告者が自ら両上肢を使わずに溶接作業する事とした。よって、溶接施工に関しては相当知識を持った上での操作となっている。実際には溶接に対して知識がない方が使用する事も視野に入れているが、本研究ではそこまでの検証を行っていない。

## 2.3 装置の有効性評価

本装置は、炭酸ガスアーク溶接を補助する装置であり、溶接業界では、溶接装置本体の有効性評価指標が存在しない。市販の溶接機を用いて溶接作業者自身の技能レベルを認定するための評価試験を受けることが一般的である。評価試験では最終製品の品質が保たれていれば技能を認定される仕組みでもある事から、溶接技能者評価試験のうち、溶接後の材料を評価する、外観評価試験及び曲げ試験を本装置の有効性評価指標として、採用することとした。

しかし、現在の評価試験では補助装置を用いて実技試験を受験する事を想定していない為、上肢不自由者が実際の評価試験を受験する際に、本装置を用いることについては難しいと思われる。

### 2.3.1 溶接技能者評価試験 中板裏当て金あり下向き突き合わせ溶接(SA-2F)

評価試験には、溶接種類(手溶接, 半自動溶接等), 溶接姿勢(下向, 立向, パイプ等), 材料厚(薄板, 中板, 厚板等), 材種(鋼材, ステンレス鋼等), 裏当て金の有無等により, 200種類近くの区分がある。

本研究では、開発初期段階である為、比較的容易な試験である中板裏当て金あり下向き突き合わせ溶接を実施することとした。

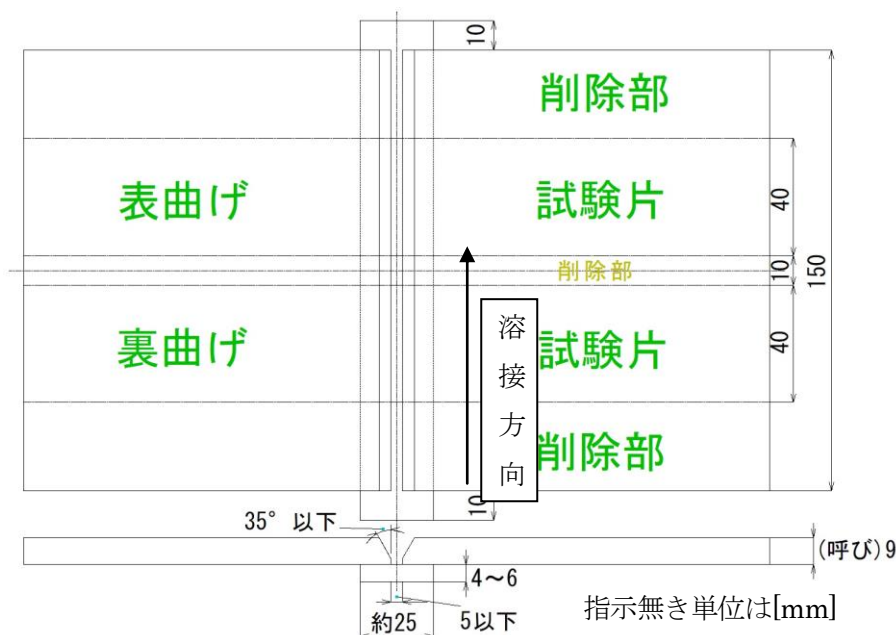


図2 中板裏当て金あり下向き突き合わせ溶接(SA-2F)の試験材寸法

なお、中板裏当て金あり下向き突き合わせ溶接(SA-2F)の試験材は図2の通りである。

試験材料中央部の開先面を正対させ、溝を埋めるように溶接を行うが、側面図の通り、V形開先を取る為、材料表面に向かって溶接幅が広がる。

基本的な手技として、真っすぐ溶接するだけで溶接幅が確保できない場合は、前後(溶接幅)方向へ移動しながら幅の広い溶接を行う、ウィービング動作を行い、溶接幅を確保する必要がある。

しかし本研究では、脚での操作となる為、前後方向の動きを行わず横移動のみで実験を行った。

なお、評価試験では、溶接終了後の外観評価を行い、外観試験に合格後、曲げ試験(表曲げ試験、裏曲げ試験)を実施し、曲げ試験に合格することで認定を受けることができる。

### 2.3.2 外観評価

外観評価では、余盛幅、余盛高さ、のど厚不足、ビード不整、アンダカット、オーバーラップ、角変形、目違い等の項目を、外観試験の合否判定指針<sup>2)</sup>に基づき評価する。1つでも欠陥が存在すると不合格となる。報告者は、日本溶接協会から溶接技能者評価員として委嘱を受け、実際の溶接技能者評価試験の合否判定を行っていることから、指針に基づき自己判定を行った。



図3 溶接終了後外観(溶接ビード面拡大)

### 2.3.3 曲げ試験評価

曲げ試験は、図3の通り溶接した試験材料を次の①～④の通り加工し、作成した試験片を180度に折り曲げ、不良部が存在するか否かを目視で評価する。

- ①試験材料表面に盛り上がっている溶接ビードを、板厚まで切削する。
- ②試験材料裏面の裏当て金を削除し、板厚まで切削する。
- ③表面をサンダー等で滑らかにする。
- ④溶接終始端部の30mm及び中央部の10mmを除いた、40mm幅の試験片2枚を切り出す。

以上の前処理を行い、図4(a)のように精密万能試験機(島津製作所製 オートグラフ AG-X 250kN)に3点

曲げ治具を取り付けて実施した。なお、曲げ試験は、JIS規格のローラ曲げ試験<sup>3)</sup>に基づき実施し、パンチ先端R20[mm]、支点間距離64[mm]、パンチ降下速度0.5[mm/sec]で実施した。

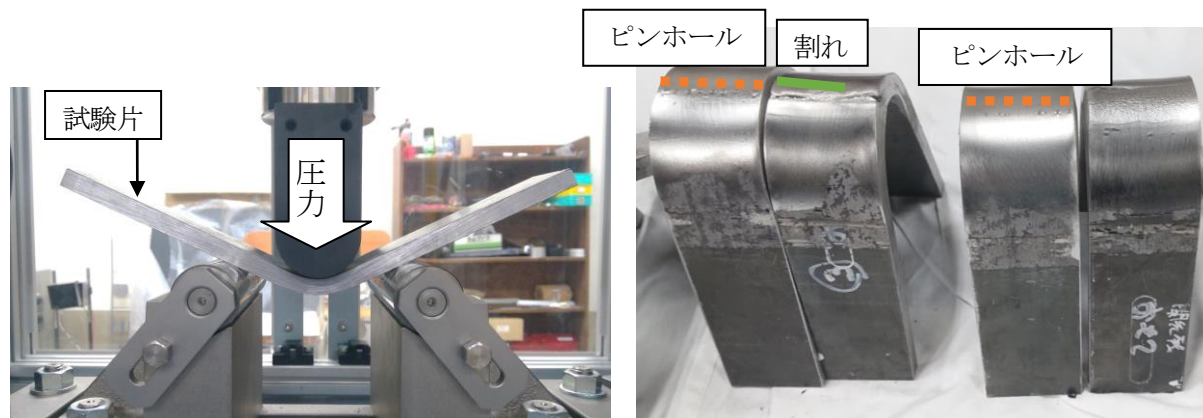


図4(a) 曲げ試験の様子

図4(b) 曲げ後の試験片

図4(b)は、曲げ後の試験片であり、2組の試験片それぞれ左が裏曲げ試験片、右が表曲げ試験片である。なお、裏曲げは裏面(裏当て金側)を観察するため、折り曲げ後裏面が外側に見えるように曲げる事であり、表曲げはその逆である(図5参照)。図4(b)は2組共不良が混在しており、特に左側の試験片は表裏両方に割れ又はピンホールがみられる(図4(b)破線直下にピンホール、実線直下に割れが見える)。

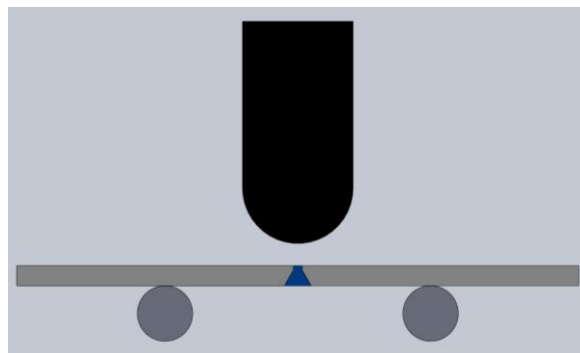


図5(a) 表曲げ

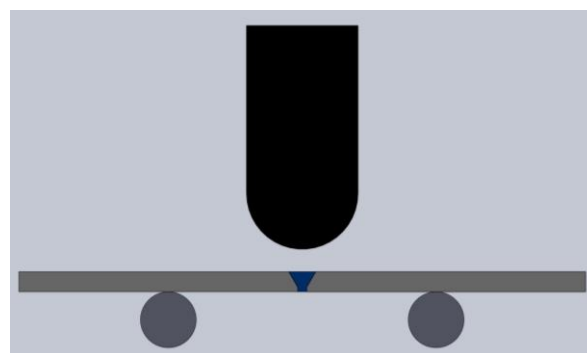


図5(b) 裏曲げ

### 3. 評価結果

#### 3.1 補助装置を用いた溶接による試験評価結果

補助装置を用いてある程度操作の習熟訓練を行い、2.1節で述べた、足裏操作及び挟み操作による溶接をそれぞれ5回行い、溶接評価試験による評価を実施したところ、表1のような結果となった。

結果としては、挟み操作、足裏操作ともに表曲げ試験全てにおいて割れが発生してしまい、結果としては不合格となった。挟み操作においては外観と表曲げ試験はすべてクリアしているが、足裏操作においては外観、表曲げ試験ともに合格レベルとは言えない状態であった。

原因として考えられることは、本装置を使用せず手で溶接トーチを保持する場合、ウィービングという

|     | 外観試験 | 表曲げ | 裏曲げ |
|-----|------|-----|-----|
| 1回目 | ◎    | ×割れ | ◎   |
| 2回目 | ◎    | ×割れ | ◎   |
| 3回目 | ◎    | ×割れ | ◎   |
| 4回目 | ◎    | ×割れ | ◎   |
| 5回目 | ◎    | ×割れ | ◎   |

表 1(a) 挟み操作の評価結果

|     | 外観試験  | 表曲げ | 裏曲げ     |
|-----|-------|-----|---------|
| 1回目 | ◎     | ×割れ | ×割れ     |
| 2回目 | ×開先残存 | ×割れ | ◎       |
| 3回目 | ×開先残存 | ×割れ | ◎       |
| 4回目 | ×開先残存 | ×割れ | ×ブローホール |
| 5回目 | ×開先残存 | ×割れ | ×ブローホール |

表 1(b) 足裏操作の評価結果

幅広い溶接に適した動作を行うことが一般的であり、本装置ではその動作を実現できない事が主因として挙げられる。

### 3.2 補助装置の有効性と今後の開発

3.1節の結果の通り、本装置を用いて溶接した材料は、評価試験の合格レベルには達しないことが明らかとなったので、現時点では本装置の有効性は無いと結論付けられる。

しかし、本装置においてウィービング動作を実現する事が出来れば、外観評価の開先残存や表曲げ試験の割れについては解決できるものとする。

よって、今後は下肢を利用しできるだけ簡易にウィービング動作をできる機構を本装置に追加し、評価試験の合格レベルに達する溶接を可能にすることを目標とする。

### 参 考 文 献

- 1) 厚生労働省：平成28年生活のしづらさなどに関する調査（全国在宅障害児・者等実態調査）結果，  
[https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/seikatsu\\_chousa\\_b\\_h28.pdf](https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/seikatsu_chousa_b_h28.pdf), 2021年1月8日最終閲覧
- 2) 一般社団法人日本溶接協会 溶接技能者認証委員会：溶接技能者資格認証のための評価試験における外観試験の評価基準，  
 (2018)
- 3) 日本産業規格：JIS Z 3122 突合せ溶接継手の曲げ試験方法 (2013)

【研究紹介】 農業用栽培施設における空中浮遊糸状菌類の調査  
～旭川地域の農薬耐性灰色かび病菌に注目して～

富樫 巖 \*  
寄谷 明香 \*\*  
菅野 良平 \*\*  
山本 将平 \*\*  
後藤 静香 \*\*  
藤原 彩 \*\*

Elucidation of the distribution of airborne fungi  
in some plastic greenhouses for agriculture and their outsides  
-We paid attention to existence of the fungicide-  
tolerant *Botrytis* spp. in the Asahikawa area-

Iwao TOGASHI  
Sayaka YOSETANI  
Ryohei KANNO  
Syohei YAMAMOTO  
Shizuka GOTOH  
Aya FUJIWARA

**Abstract**

To explain the fungal contamination in the agricultural area of Asahikawa suburbs, we explained airborne fungal flora in three plastic greenhouses for hydroponic culture of vegetables and in the neighborhood area by use of an air sampler from February in 2007 to January in 2009. Furthermore, antifungal effects of sterilizer for several kinds of agriculture on 73 isolates of *Botrytis* spp. collected from airborne fungi and the vegetables were studied. As a result, it was revealed that 26 strains of 73 strains (36%) showed tolerance to Thiophanate-methyl (TM) / Iprodione (Ro) water dispersible powder agents.

ANCT-06001 of the multidrug-tolerant strain was accepted as *Botrytis* sp. NBRC 114508 in June, 2020.

\* 物質化学工学科嘱託教授

(2020年12月1日受理)

\*\* 物質化学工学科卒業生



## 1. はじめに

著者らは、食用キノコ栽培施設における環境微生物の把握や薬剤耐性菌（糸状菌類）防除に取り組んできた<sup>1-7)</sup>。閉鎖空間ではほぼ単一作物を栽培するため、栽培施設内の微生物汚染状況の確認や環境殺菌などキノコ生産に悪影響を及ぼす害菌・雑菌への対応が求められる。一方で簡易ハウスを用いる野菜類の周年栽培においては、圃場栽培がベースにあるからか、夏季にハウスの側面などを一部開放するためか、栽培環境中の微生物分布に配慮する発想や環境殺菌による微生物制御の取り組みが見当たらない。施設栽培農業にキノコ栽培の施設管理の考え方を導入することができれば、栽培作物の更なる安定生産に寄与できる可能性があると考えられる。

植物病原菌の7~8割は菌類（カビ類など）<sup>8)</sup>とされ、施設栽培であれば低温期にその被害が発現し易く、かつ多犯性植物病原菌である灰色カビ（*Botrytis cinerea* Pres.など）に注目したい。灰色かび病対策の農薬選定において、栽培環境に分布する薬剤耐性を持つ非感受性（耐性）菌株の占有率を把握した後に防除効果が期待できるものを決めるノウハウはなく、生産者の経験と勘に頼るのが現状である。そこで本研究では農薬選定のノウハウ確立を目指し、田園地帯における空中浮遊糸状菌類の分布状況の把握および同浮遊菌類から分離したボトリチス属菌（*Botrytis* spp.）の薬剤感受性の評価を行った。調査対象は、旭川市郊外にある葉菜の水耕栽培施設3棟（メイン1棟とサブ2棟）とそれらの施設の屋外環境とした。本稿では予備調査を含めた施設内部の2年間の調査（2006~2007年度）、屋外環境の1年間の調査（2008年度）の合計3年間の結果を解説する。本研究紹介はNew Food Industry 第59巻4号p.1-12（2017年）<sup>9)</sup>に掲載された技術解説の要旨に、それ以後の進展状況を加筆したものである。

## 2. 田園地帯の栽培施設内と近隣における空中浮遊糸状菌調査

### 2.1 施設内および屋外のサンプリング方法および菌数・菌相の調査方法

旭川市郊外の葉菜栽培施設（メインとサブの栽培施設、サブの2棟は隣接）において、2007年2月から2008年3月までの期間に毎月1回程度の頻度で施設内の空中浮遊糸状菌類を採取した。サンプリング方法としては、直径90mmのシャーレ（以下、同様）とポテトデキストロース寒天（日水製薬製、以下PDAと略す）を用いて作成したPDA平板培地、高圧蒸気殺菌したPDA培地に濃度0.1%（w/v）になるように市販の農業用殺菌剤であるTM水和剤（主成分：チオファネートメチル70.0%含有）を添加した平板培地（TM平板培地）、同じく0.1%（w/v）になるようにRo水和剤（主成分：イプロジオン50.0%含有）を添加した平板培地（Ro平板培地）を供試し、図1に示すようエアースンプラー（MERCK製、MAS100）を用いて地面から約1mの高さで100ℓの空気を1分間で吸引した<sup>10,11)</sup>。各平板培地の供試数はサンプリング箇所あたり2枚とした。

両栽培施設から200~300m離れた屋外2地点、およびメインとサブの栽培施設の中間点（いずれからも約3500m離れた屋外地点）の合計3か所にて、2008年5月から2009年1月までの期間に毎月1回程度の頻度で上述と同様に空中浮遊糸状菌類を採取した。

空中浮遊糸状菌類を採取したPDA、TM、およびRoの各平板培地を25℃で最大7日間培養し、発現した糸状菌類のコロニー数を生菌数（CFU/plate）とした。各コロニーについては、目視による観察と顕微鏡

観察（実体顕微鏡と生物顕微鏡）による菌糸，分生子柄，および分生孢子形態などの確認を行い，種々の文献<sup>12-15)</sup>を参考にして属レベルの同定を行った。



図1 エアサンプラー・MAS100を用いた空中浮遊糸状菌のサンプリングの様子（左：栽培施設内，右：屋外）

## 2.2 栽培施設内部における菌数と菌相

メインの施設（2005年度から稼働した床面積約680㎡×1棟）の栽培施設内における空中浮遊糸状菌類の生菌数変化を図2に示す。2007年6～9月にPDA平板培地の生菌数が150 CFU/plateを超え，2007年3月および11月～2008年3月の生菌数は50 CFU/plate未満であった。TMとRo平板培地の生菌数はPDA平板培地よりも少ない傾向を示したが，同様の変動がみられた。調査時の施設内温度範囲は7.5～30.0℃（冬季～夏期）であった。以上から，浮遊糸状菌類の生菌数は夏季に増加して冬季には減少する傾向があり，季節変化と共に周期的な変動を繰り返していることが推察された。本調査に先立ち2006年1～12月に実施した，5分間PDA平板培地を開放することで測定した落下糸状菌数測定（予備調査）でも同様の傾向が確認された。夏季には日射による施設内の温度上昇を避ける目的で施設の側面解放を行うため，屋外の浮遊糸

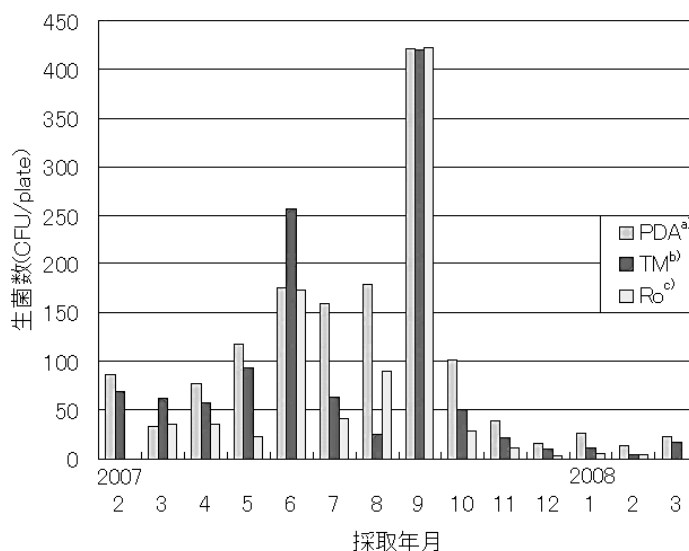


図2 メインの栽培施設内（約680㎡）における各供試培地での浮遊糸状菌の生菌数  
 符号：a) PDA平板培地での生菌数； b) 0.1%(w/v) TM添加PDA平板培地での生菌数；  
 c) 0.1%(w/v) Ro添加PDA平板培地での生菌数，

注：100ℓの空気を吸引採取して25℃で最大7日間培養した；生菌数は各平板培地の繰り返し2枚の平均値；2007年2月と2008年3月にはRo添加PDA平板培地の採取は行わず

状菌が土埃と共に入り込む。冬季には施設の部分解放を行うことはなく、かつ積雪により屋外の地面全体が覆われて土埃が生じ難いことで、浮遊糸状菌数が減少すると解釈できる。なお、サブの調査対象（床面積約400㎡×2棟）の栽培施設の測定結果も同様の傾向を示した。

PDA 平板培地における14か月分をまとめた空中浮遊糸状菌類の菌相としては、占有率の高いものから、クラドスポリウム属菌、菌糸型不完全菌類、ペニシリウム属菌、アクレモニウム属菌、アスペルギルス属菌、ボトリチス属菌、アルタナリア属菌、ウロクラディウム属菌、フザリウム属菌、アリスリニウム属菌となり、他にリゾープス属菌、ムコール属菌、フィアロフォーラ属菌などであった。そして、調査対象3棟の栽培施設における優占種はいずれもクラドスポリウム属菌であった。表1には、メインの栽培施設内のクラドスポリウム属菌、そして植物病原菌として注目したボトリチス属菌の占有率（調査時毎に検出された全カビ数を100とした）を培地別に示す。全調査を取りまとめたトータルの生菌数におけるクラドスポリウム属菌の占有率はPDA 平板培地で約90%であった。一方、トータルの生菌数に対するボトリチス属菌の生菌数の占有率はPDA 平板培地0.2%、TM 平板培地0.1%、Ro 平板培地0%であった。このようにトータルの生菌数に対するボトリチス属菌の占有率は低いが、サンプリング時にボトリチス属菌が検出される頻度は14回中6回で、必ずしも低いとはいえない。なお、サブの2棟におけるトータルの生菌数に対するボトリチス属菌の占有率はPDA 平板培地で0.3%と0.9%、TM 平板培地で0%と0.4%、Ro 平板培地では検出されなかった。

**表1** メインの栽培施設内（約680㎡）設内における各供試培地での浮遊糸状菌・生菌数におけるクラドスポリウム属菌とボトリチス属菌の占有率（%）

| サンプリング年月          |    | PDA <sup>a)</sup> |        | TM <sup>b)</sup> |        | Ro <sup>c)</sup> |        |
|-------------------|----|-------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|
| 年                 | 月  | クラドスポリウム属         | ボトリチス属 | クラドスポリウム属        | ボトリチス属 | クラドスポリウム属        | ボトリチス属 |
|                   | 2  | 95.4              | 0.0    | 99.3             | 0.0    | -                | -      |
|                   | 3  | 86.6              | 0.0    | 99.2             | 0.0    | 93.0             | 0.0    |
|                   | 4  | 90.2              | 0.7    | 96.6             | 0.0    | 81.4             | 0.0    |
|                   | 5  | 94.9              | 0.4    | 98.9             | 0.0    | 84.8             | 0.0    |
| 2007              | 6  | 92.0              | 0.0    | 96.1             | 0.2    | 96.0             | 0.0    |
|                   | 7  | 95.0              | 0.6    | 89.8             | 0.0    | 90.2             | 0.0    |
|                   | 8  | 96.3              | 0.0    | 88.0             | 0.0    | 96.6             | 0.0    |
|                   | 9  | 97.4              | 0.1    | 95.5             | 0.2    | 96.0             | 0.0    |
|                   | 10 | 62.4              | 0.5    | 72.3             | 0.0    | 63.2             | 0.0    |
|                   | 11 | 83.5              | 0.0    | 97.7             | 0.0    | 95.7             | 0.0    |
|                   | 12 | 51.5              | 0.0    | 84.2             | 0.0    | 66.7             | 0.0    |
| 2008              | 1  | 27.5              | 0.0    | 54.5             | 0.0    | 63.6             | 0.0    |
|                   | 2  | 18.5              | 0.0    | 14.3             | 0.0    | 0.0              | 0.0    |
|                   | 3  | 57.4              | 0.0    | 54.3             | 0.0    | -                | -      |
| 各培地でのトータル生菌数中の占有率 |    | 89.5              | 0.2    | 93.6             | 0.1    | 93.0             | 0.0    |

符号：図2と同じ，注：図2と同じ

### 2.3 屋外における菌数と菌相

メインの栽培施設とサブの栽培施設から各200~300m離れた道路沿いの2地点（いずれも水田横）の空中浮遊糸状菌類の生菌数の調査結果を図3に示す。メインの栽培施設の屋外地点においては2008年7月にPDA 平板培地で200 CFU/plateを超え、積雪状態となった2008年12月と2009年1月は10 CFU/plate未満であった。栽培施設内の場合と同様で、空中浮遊糸状菌類の生菌数は夏季に増加して冬季には減少する季

節変動がみられた。TM と Ro 平板培地の生菌数は PDA 平板培地よりも少ないが、調査時期により Ro 平板培地の値が PDA 平板培地の値を超えることもあった。サブの栽培施設の屋外地点においてもほぼ同様の傾向を示し、同じく Ro 平板培地の生菌数が TM 平板培地より多かった。図を示していないが、メインとサブの栽培施設の間地点（河川沿い）の空中浮遊糸状菌類の生菌数も同様の季節変動を示し、2008年6～8月において PDA 平板培地で 150 CFU/plate を超えた。TM と Ro 平板培地の生菌数は PDA 平板培地よりも常に少なかったが、Ro 平板培地の生菌数は TM 平板培地より多かった。

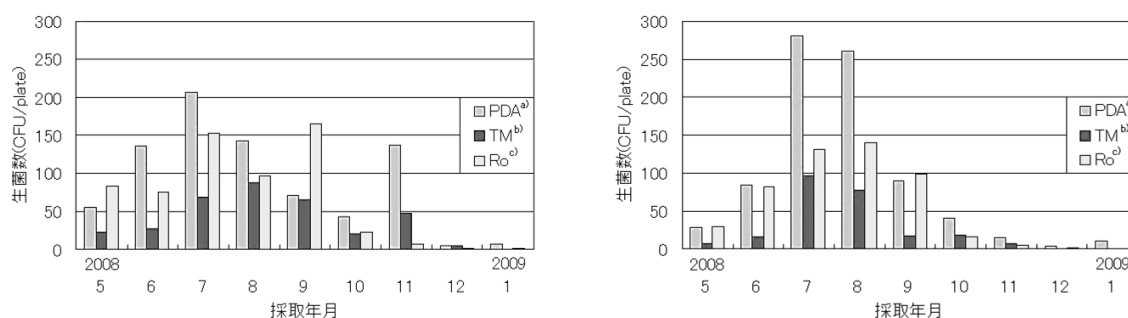


図3 メインの栽培施設の屋外地点（左）、サブの栽培施設の屋外地点（右）における各供試培地での浮遊糸状菌の生菌数

符号：図2と同じ，注：100ℓの空気を吸引採取して25℃で最大7日間培養した；

生菌数は各平板培地の繰り返し2枚の平均値

屋外で空中浮遊糸状菌類の生菌数が夏季に増加して冬季に減少する季節変動を生じる原因としては、上述のように夏季には糸状菌類が土埃の飛散と共に多数浮遊し、冬季には積雪により地面全体が覆われて土埃が舞うことが少ないため、糸状菌数が浮遊し難いと考えられる。

表2~4には屋外3地点の浮遊糸状菌類の菌相として優勢種のクラドスポリウム属菌、およびボトリチス属菌の占有率を培地別に示す。クラドスポリウム属菌の全PDA平板培地でのトータル生菌数における占有率は52~85%、ボトリチス属菌のトータル生菌数における占有率はPDA平板培地0.6~0.9%、TM平板培地0.4~0.8%、Ro平板培地では0.1%であった。クラドスポリウム属菌とボトリチス属菌以外の浮遊糸状菌類の菌相としては、メインの調査対象とした施設内の菌相とほぼ同様であった。なお、調査時の3地点の気温範囲は-14.5~25.1℃（冬季~夏期）であった。

本調査に先立って実施した栽培施設内の落下糸状菌数測定（予備調査）でPDA平板培地などからランダムに分離・選択したクラドスポリウム属菌10菌株、および *Cladosporium cladosporioides* NBRC 6348 を0.05% (w/v) TM または0.05% (w/v) Ro の各水和剤添加グルコース・ペプトン (GP) 液状培地<sup>16)</sup>で、25℃・5日間静置培養を行い、乾燥菌体量を測定した。その結果、NBRC 6348と比較して半数の5菌株がTM添加培地での成長に優れ（コントロールのGP培地と同程度の菌体量生成）、同様に7菌株がRo添加培地で成長に優れた（コントロールのGP培地と同程度の菌体量生成）。TMとRoの両者に耐性を示したものは3菌株、両者に耐性を示さなかったものは1菌株であった。以上から、図3において0.1% (w/v) Ro平板培地で発現した浮遊糸状菌類の生菌数が0.1% (w/v) TM平板培地より多かった要因の一つとして、調査地域にはTMよりもRoに耐性を示すクラドスポリウム属菌などが多数分布していた可能性がとえられる。

**表2** メインの栽培施設から200~300mの屋外地点における各供試培地での浮遊糸状菌・生菌数におけるクラドスポリウム属菌とボトリチス属菌の占有率(%)

| サンプリング年月 |                   | PDA <sup>a)</sup> |        | TM <sup>b)</sup> |        | Ro <sup>c)</sup> |        |     |
|----------|-------------------|-------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|-----|
| 年        | 月                 | クラドスポリウム属         | ボトリチス属 | クラドスポリウム属        | ボトリチス属 | クラドスポリウム属        | ボトリチス属 |     |
| 2008     | 5                 | 74.1              | 2.7    | 37.8             | 0.0    | 74.7             | 0.0    |     |
|          | 6                 | 89.3              | 2.2    | 61.8             | 1.8    | 80.9             | 0.0    |     |
|          | 7                 | 94.9              | 0.5    | 40.6             | 0.0    | 45.2             | 0.0    |     |
|          | 8                 | 92.6              | 0.4    | 76.6             | 0.6    | 92.2             | 0.5    |     |
|          | 9                 | 71.8              | 0.7    | 73.3             | 0.8    | 70.6             | 0.0    |     |
|          | 10                | 46.5              | 1.2    | 36.6             | 0.0    | 57.8             | 0.0    |     |
|          | 11                | 26.0              | 0.4    | 7.4              | 0.0    | 86.7             | 0.0    |     |
|          | 12                | 22.2              | 0.0    | 0.0              | 0.0    | 66.7             | 0.0    |     |
|          | 2009              | 1                 | 20.0   | 0.0              | 0.0    | 0.0              | 0.0    | 0.0 |
|          | 各培地でのトータル生菌数中の占有率 |                   | 74.7   | 0.9              | 52.1   | 0.4              | 69.1   | 0.1 |

符号：図2と同じ，注：図3と同じ

**表3** サブの栽培施設から200~300mの屋外地点における各供試培地での浮遊糸状菌・生菌数におけるクラドスポリウム属菌とボトリチス属菌の占有率(%)

| サンプリング年月 |                   | PDA <sup>a)</sup> |        | TM <sup>b)</sup> |        | Ro <sup>c)</sup> |        |     |
|----------|-------------------|-------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|-----|
| 年        | 月                 | クラドスポリウム属         | ボトリチス属 | クラドスポリウム属        | ボトリチス属 | クラドスポリウム属        | ボトリチス属 |     |
| 2008     | 5                 | 51.8              | 5.4    | 64.3             | 7.1    | 44.8             | 0.0    |     |
|          | 6                 | 82.5              | 1.8    | 71.0             | 0.0    | 77.8             | 0.0    |     |
|          | 7                 | 97.5              | 0.5    | 91.2             | 0.5    | 86.3             | 0.0    |     |
|          | 8                 | 97.3              | 0.0    | 73.7             | 1.3    | 90.0             | 0.0    |     |
|          | 9                 | 71.9              | 0.0    | 50.0             | 0.0    | 44.2             | 0.5    |     |
|          | 10                | 37.5              | 0.0    | 11.4             | 0.0    | 29.0             | 0.0    |     |
|          | 11                | 10.3              | 0.0    | 0.0              | 0.0    | 0.0              | 0.0    |     |
|          | 12                | 16.7              | 0.0    | 0.0              | 0.0    | 0.0              | 0.0    |     |
|          | 2009              | 1                 | 4.5    | 0.0              | 0.0    | 0.0              | 0.0    | 0.0 |
|          | 各培地でのトータル生菌数中の占有率 |                   | 85.4   | 0.6              | 71.6   | 0.8              | 72.5   | 0.1 |

符号：図2と同じ，注：図3と同じ

**表4** メインとサブの栽培施設の間屋外地点における各供試培地での浮遊糸状菌・生菌数におけるクラドスポリウム属菌とボトリチス属菌の占有率(%)

| サンプリング年月 |                   | PDA <sup>a)</sup> |        | TM <sup>b)</sup> |        | Ro <sup>c)</sup> |        |     |
|----------|-------------------|-------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|-----|
| 年        | 月                 | クラドスポリウム属         | ボトリチス属 | クラドスポリウム属        | ボトリチス属 | クラドスポリウム属        | ボトリチス属 |     |
| 2008     | 5                 | 61.1              | 1.4    | 63.6             | 0.0    | 36.6             | 0.0    |     |
|          | 6                 | 87.3              | 2.3    | 75.9             | 0.0    | 62.2             | 0.0    |     |
|          | 7                 | 95.4              | 0.6    | 50.0             | 0.0    | 59.3             | 0.0    |     |
|          | 8                 | 91.9              | 0.0    | 84.2             | 1.8    | 91.7             | 0.6    |     |
|          | 9                 | -                 | -      | -                | -      | -                | -      |     |
|          | 10                | 68.8              | 0.9    | 37.1             | 0.0    | 44.8             | 0.0    |     |
|          | 11                | 6.4               | 0.0    | 5.9              | 0.0    | 16.7             | 0.0    |     |
|          | 12                | 18.8              | 0.0    | 0.0              | 0.0    | 20.0             | 0.0    |     |
|          | 2009              | 1                 | 0.0    | 0.0              | 0.0    | 0.0              | 0.0    | 0.0 |
|          | 各培地でのトータル生菌数中の占有率 |                   | 82.1   | 0.9              | 59.6   | 0.4              | 63.4   | 0.1 |

符号：図2と同じ，注：図3と同じ

本調査の空中浮遊糸状菌類のサンプリングにおいて PDA 平板培地に加え、TM および Ro 平板培地を供試したのは、2006 年 1~12 月に実施した栽培施設内の予備調査から TM および Ro に耐性を持つ落下糸状菌類や空中浮遊糸状菌類の存在把握ができることを確認したことによる。そして、0.1% (w/v) の TM および Ro 平板培地に発現する糸状菌類のコロニーから分離した菌株は 100% の確率で TM や Ro に耐性を有していた。

### 3. 灰色カビの農業用殺菌剤に対する感受性

#### 3.1 灰色カビの農業用殺菌剤 (TM 水和剤, Ro 水和剤) に対する感受性評価

供試菌株には、予備調査 (落下菌) と本調査 (空中浮遊菌) で各平板培地より分離したボトリチス属菌の 73 菌株 (ANCT 株: 旭川高専保存株), そして NBRC の *B. cinerea* 3 菌株 (9760, 30915, 33008) を用いた。7°C で継代培養保存していたこれらの合計 76 菌株を PDA 平板培地に接種して 25°C で 4~7 日間前培養し、成育した菌叢から培地ごと打ち抜いた直径 5 mm の各菌体円盤を接種源とした。

0.05% (w/v) の TM または Ro の水和剤を添加した PDA 平板培地の中央に各供試菌株の菌体円盤 1 個を接種し、25°C で 10 日間培養して経時的に菌糸成長を測定した。なお、農業用殺菌剤を添加していない PDA 平板培地をコントロールとして用いた。繰り返し数はいずれも 3 とし、菌糸成長の挙動から (1) TM または Ro 平板培地でコントロール程度の菌糸成長が観察されたボトリチス属菌 (薬剤耐性, 判定表記: +), (2) TM または Ro 平板培地で菌糸成長が観察されない, または活着程度しか観察されないボトリチス属菌 (薬剤感受性, 判定表記: -) に区分けを行った。

#### 3.2 灰色カビの農業用殺菌剤 (TM 水和剤, Ro 水和剤) に対する感受性

以上の 76 菌株について、TM 水和剤と Ro 水和剤に対する感受性の評価結果を表 5 に示す。その結果、ANCT 株 73 菌株の 35.6% にあたる 26 菌株に薬剤耐性が確認された。このうち TM と Ro の両者に耐性を示す菌株が 15 菌株で、その内訳は栽培施設内 10 菌株、屋外 5 菌株であった。メインの栽培施設では TM と Ro が使用されており、TM のみに耐性を示したものの 1 菌株に対して両者に耐性を示したものの 8 菌株であった。サブの栽培施設では TM のみの使用であり、TM のみに耐性を示したものの 1 菌株に対して両者に耐性を示したものの 2 菌株であった。屋外では TM のみに耐性を示したものの 5 菌株、Ro のみに耐性を示したものの 4 菌株、両者に耐性を示したものの 5 菌株であった。

表 6 に示すように、ANCT 株 73 菌株の TM と Ro に対する感受性を栽培施設内で採取した菌株と屋外で採取した菌株に分けて比較すると、TM/Ro (TM or Ro および TM and Ro) の耐性菌株は栽培施設内 28.6% (42 菌株中 12 菌株)、屋外 45.2% (31 菌株中 14 菌株) で後者の比率が高かった。TM and Ro の耐性菌株は栽培施設 23.8% (42 菌株中 10 菌株)、屋外 16.1% (31 菌株中 5 菌株) で前者の比率が高かった。調査した栽培施設ごとの TM/Ro 耐菌株は、メインの栽培施設内 29.0% (31 菌株中 9 菌株)、サブの栽培施設内 27.3% (11 菌株中 3 菌株) で同程度の割合であった。以上から、屋外で TM/Ro の耐性菌株の比率が高く、栽培施設内で TM and Ro の耐性菌株の比率が高い傾向を示したことになる (図 4 参照)。調査地域に分布するボトリチス属菌は TM/Ro の耐性を有すものが多く、これらが葉菜の栽培施設内に侵入することで TM and Ro の耐性を高める刺激を受けたことが推察される。



表5 農業用殺菌剤に対するボトリチス属菌 (76 菌株) の感受性評価

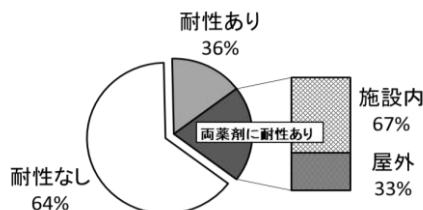
| 菌株番号       | TM | Ro | 菌株番号       | TM | Ro | 菌株番号       | TM | Ro |
|------------|----|----|------------|----|----|------------|----|----|
| ANCT-06001 | +  | +  | ANCT-07032 | -  | -  | ANCT-08013 | -  | -  |
| ANCT-06015 | +  | +  | ANCT-07033 | -  | -  | ANCT-08014 | -  | +  |
| ANCT-06016 | +  | +  | ANCT-07034 | -  | -  | ANCT-08015 | -  | -  |
| ANCT-06021 | +  | +  | ANCT-07035 | -  | -  | ANCT-08016 | -  | -  |
| ANCT-06022 | -  | -  | ANCT-07042 | -  | -  | ANCT-08017 | -  | -  |
| ANCT-06027 | +  | +  | ANCT-07043 | -  | -  | ANCT-08018 | -  | -  |
| ANCT-06035 | -  | -  | ANCT-07044 | +  | -  | ANCT-08019 | +  | -  |
| ANCT-06036 | -  | -  | ANCT-07045 | +  | +  | ANCT-08020 | -  | -  |
| ANCT-06037 | -  | -  | ANCT-07046 | -  | -  | ANCT-08021 | -  | -  |
| ANCT-06038 | -  | -  | ANCT-07047 | +  | +  | ANCT-08022 | +  | +  |
| ANCT-06047 | -  | -  | ANCT-07048 | -  | -  | ANCT-08023 | +  | -  |
| ANCT-06048 | -  | -  | ANCT-07049 | -  | -  | ANCT-08024 | +  | +  |
| ANCT-06049 | -  | -  | ANCT-07050 | -  | -  | ANCT-08025 | -  | -  |
| ANCT-06050 | -  | -  | ANCT-07051 | -  | -  | ANCT-08026 | +  | -  |
| ANCT-07006 | -  | -  | ANCT-07052 | -  | -  | ANCT-08027 | +  | +  |
| ANCT-07007 | -  | -  | ANCT-07053 | -  | -  | ANCT-08028 | -  | -  |
| ANCT-07008 | -  | -  | ANCT-07059 | +  | +  | ANCT-08029 | +  | +  |
| ANCT-07019 | +  | +  | ANCT-08004 | -  | -  | ANCT-08030 | +  | -  |
| ANCT-07020 | -  | -  | ANCT-08005 | -  | -  | ANCT-08031 | -  | +  |
| ANCT-07021 | +  | -  | ANCT-08006 | -  | -  | ANCT-08032 | -  | +  |
| ANCT-07027 | -  | -  | ANCT-08008 | +  | +  | ANCT-08033 | -  | -  |
| ANCT-07028 | -  | -  | ANCT-08009 | -  | -  | ANCT-08034 | -  | -  |
| ANCT-07029 | -  | -  | ANCT-08010 | -  | -  | ANCT-08035 | -  | +  |
| ANCT-07030 | -  | -  | ANCT-08011 | -  | -  | NBRC 9760  | -  | -  |
| ANCT-07031 | +  | +  | ANCT-08012 | +  | -  | NBRC 30915 | -  | -  |
|            |    |    |            |    |    | NBRC 33008 | -  | -  |

注：供試菌株の分離源：白色：メインの栽培施設内，灰色：サブの栽培施設内（2棟），  
 黒（白抜き文字）：屋外（3箇所）； TM： TM水和0.05%(w/v)添加PDA平板培地，  
 Ro： Ro水和剤0.05%(w/v)添加PDA平板培地；  
 農業用殺菌剤に対する感受性区分け： 薬剤耐性 +， 薬剤感受性 -

**表6** 農業用殺菌剤に対するボトリチス属菌（ANCT株73菌株）の薬剤感受性

| 分離源 | 分離菌株数 | 各耐性菌株数    |           |            | 合計         |
|-----|-------|-----------|-----------|------------|------------|
|     |       | TMのみ耐性あり  | Roのみ耐性あり  | TMとRoに耐性あり |            |
| 施設内 | 42    | 2 (4.8%)  | 0 (0%)    | 10 (23.8%) | 12 (28.6%) |
| 屋外  | 31    | 5 (16.1%) | 4 (12.9%) | 5 (16.1%)  | 14 (45.2%) |
| 合計  | 73    | 7 (9.6%)  | 4 (5.5%)  | 15 (20.5%) | 26 (35.6%) |

注：TM：TM水和剤，Ro：Ro水和剤



**図4** 農業用殺菌剤のTM水和剤とRo水和剤に対するボトリチス属菌（ANCT株73菌株）の薬剤感受性と非感受性（耐性）の評価

注：「耐性あり36%」はTM水和剤とRo水和剤の両者，若しくは一方に耐性があるものを意味する

表5に示したようにNBRCの3菌株はいずれもTM/Roの耐性を示さなかった。それに対してANCT株は、種々の作物の栽培のために用いられるTMやRoなどの農業用殺菌剤と接触している地域から採取されたものであり、薬剤耐性を持つ菌株が分離される確率が高かった可能性が考えられる。聞き取り調査によると、メインの栽培施設ではTM水和剤が効果的との資材業者情報によって同薬剤の利用を決め、約1年後にRo水和剤との交互利用とした。しかし、栽培施設の屋外に分布するボトリチス属菌のバイオバーデン的視点（環境中の微生物負荷：農業用殺菌剤の対する植物病原菌の感受性）から考えると、効果的な選択とは思われない。微生物の存在は肉眼で確認できず、その薬剤感受性は勘や経験では分からない。環境中の微生物負荷に注目した薬剤選択に切り替えるべきである。

### 3.3 環境中の微生物負荷を考慮した灰色かび病対策のための農業用殺菌剤の選定の試み

高圧蒸気殺菌したPDA培地に濃度が0.05と0.10% (w/v) になるように市販の農業用殺菌剤であるTM, Ro, Be (主成分：ペノミル 50.0%含有), Bc (主成分：イミノクタジナルベシル酸塩 40.0%含有), およびGe (主成分：ジエトフェノンカルブ 12.5% + チオファネートメチル 52.5%含有) の各水和剤をそれぞれ添加した平板培地を作成した。農業用殺菌剤を添加していないPDA平板培地をコントロールとした。各平板培地にANCT-06001（メインの栽培施設内の浮遊菌）と同06022（サブの栽培施設の葉菜より分離）を供試し、2.1と同様に供試菌株の菌体円盤を接種して25°Cで10日間培養し、経時的に菌糸成長量を測定した。各平板培地の繰り返し数は3とした（半径方向の菌糸成長量を平板当たり4か所測定するため、データ数は12となる）。

得られた結果を菌株ごとに図5～6に示す。ANCT-06001はTMに対して耐性を有していることが分かる。さらに、両菌株共にBeに対しても耐性を示した。同栽培施設ではBeを使用したことがないが、両菌株は

ベンズイミダゾール系薬剤 (TM のチオファネートメチル, Be のベノミル) に交叉耐性を有していた<sup>2,3)</sup>。また, ANCT-06001 は Ro と Bc に対しても添加濃度に関係なく一定の菌糸成長を示した。ANCT-06022 は Bc に対して添加濃度に関係なく一定の菌糸成長を示したが, それ以外の水和剤に対しては感受性を示した。一方, 両菌株に対して Ge が高い菌糸成長阻害効果を示した。Ge の主成分はジエトフェノンカルブとチオファネートメチルであり, ANCT-06001 は後者の成分に対して耐性を示す。しかし, 前者の成分が後者の成分に対して負の交叉耐性を発揮することから<sup>17)</sup>, 前者の性能が勝ったものと考えられる。

以上の結果から, ANCT-06001 の様な特性を持つボトリチス属菌による灰色かび病が顕在化した場合には Ge が効果的となる。しかし, Ge のみの利用を継続した場合の影響も考慮する必要もある。一般的に農業用殺菌剤のローテーション利用が推奨されており<sup>18)</sup>, 本研究で供試していない他の薬剤効果の検証が必要である。灰色かび病を中心とした一部の病害対策に特化するのであれば, バチルス・ズブチリスを主成分とする微生物農薬の利用も考えられる。実際に, 本調査対象のメインの栽培施設においても Ro 水和剤の利用に続いて微生物農薬の利用を始めた。

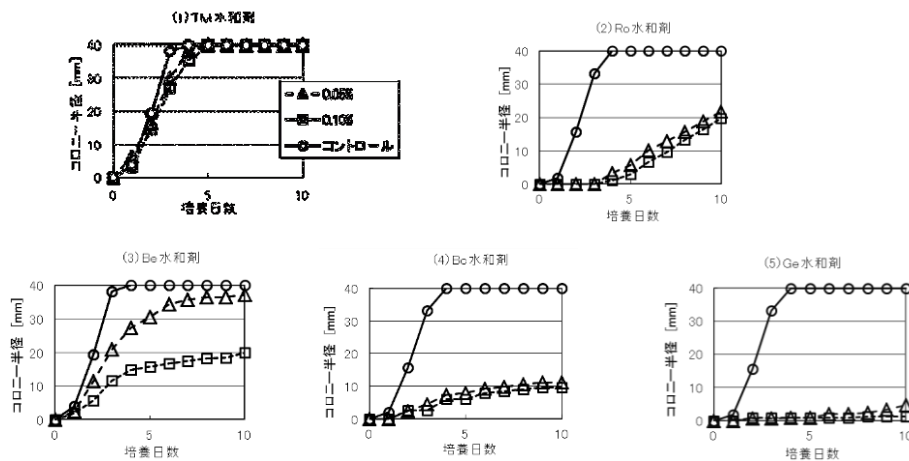


図5 ANCT-06001 の菌糸成長に対する各種農業用殺菌剤の影響 (温度 25°C)

注: 各平板培地の繰り返し数は3とした (半径方向の菌糸成長量を平板当たり4か所測定することで試験区当たりのデータ数は12)

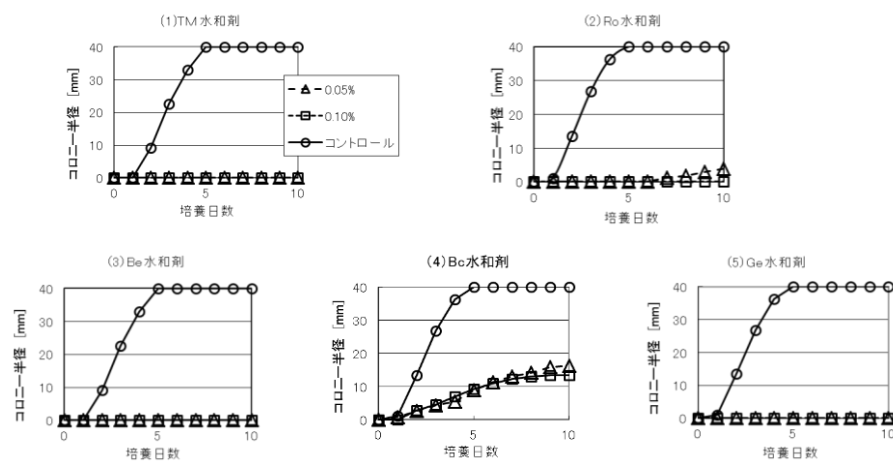


図6 ANCT-06022 の菌糸成長に対する各種農業用殺菌剤の影響 (温度 25°C)

注: 図5と同じ

#### 4. まとめ

旭川市郊外の田園地帯の一部を調査対象とし、環境中の微生物負荷と農業用殺菌剤の関係を調査・分析した。予備調査を含めた本調査中（2005～2008年度の4年間）において、一部の葉菜に灰色かび病の発生が1～2回確認されたものの顕在化・蔓延化したことはなく、薬剤耐性を有す灰色カビの菌株が分布していることと必ずしも直結しなかった。栽培施設内では空気の流れを作る設備的な工夫がされていたことで灰色カビなど植物病原菌の生育や分布濃度が抑えられた可能性もある。一方、当該地域の微生物負荷を把握し、その状況を理解できていたならば、本調査のメインの栽培施設においてTMの次に使用する農業用殺菌剤としてRoを選定するには至らなかった可能性が高い（TMやRoなど農業用殺菌剤の使用頻度：原則的に播種から収穫までの1サイクル（約2～4か月）に1回）。今後における農薬選定時に本研究の調査結果が活用されることを期待したい。

以上の結果から、農業活動（農業用殺菌剤の利用）の積み重ねが調査地域に分布する空中浮遊糸状菌に影響を及ぼしている可能性が考えられた。そこで調査範囲を拡大して、2008年5月から2010年12月の期間において「市街地」の旭川市中心部、「田園地帯」の旭川市郊外、および日本海に面した「水産および果樹栽培」地域である留萌管内沿岸部（増毛町含む）の3地域で空中浮遊糸状菌の調査・分析を行った。分離されたボトリチス属菌のTM水和剤に対する非感受性（耐性）菌株の発現割合は、3地域のサンプル数に偏りはあるが旭川市中心部9%、旭川市郊外24%、留萌管内沿岸部30%となった<sup>19)</sup>。

近年、高等教育機関として地域に貢献する高専が求められ、「農工連携」や「医工連携」など地域密着型の複合領域・学際領域の研究が叫ばれている。その取り組みの一つとして著者らが有するノウハウを生かし、栽培環境中の微生物分布調査を試みた。農業用殺菌剤というキーワードは、食糧生産を支える重要な要素技術でありながら一般消費者に対する話題としてはマイナスのイメージが付きまとう。著者らは栽培施設の調査を許可した事業主の英断に感謝すると共に、農業活動を支える農業用殺菌剤の必要性、その効果的な利用に関心を持つ一般消費者が増えることを期待する。

なお、複数の農業用殺菌剤に非感受性（耐性）を示した菌株のANCT-06001については、（独）製品評価技術基盤機構バイオテクノロジーセンター・NBRCから寄託の受入れが認められ（2020年6月）、*Botrytis* sp. NBRC 114508として一般利用が可能になった。今後の産業利用や試験研究への利活用を期待したい。

#### 参 考 文 献

- 1) 富樫 巖, 伊藤 清, 宜寿次盛生, 原田 陽: 北海道における菌床シイタケ発生施設の糸状菌汚染状況と*Trichoderma* spp.分離菌株に対するベンジル水和剤の影響. 木材学会誌, 42(12): 1258-1263(1996)
- 2) 富樫 巖, 宜寿次盛生, 原田 陽: ベンズイミダゾール系薬剤に耐性を持った*Penicillium* spp. に対するグルコン酸クロルヘキシジンとグルタルアルデヒドの防除効果. 木材学会誌, 44(9): 375-379(1998)
- 3) Togashi I, Gisusi S, Harada A: Antifungal activity of commercial Disinfectants against a benomyl-tolerant strain of *Trichoderma harzianum*. Journal of Wood Science, 44(5): 414-416(1998)
- 4) 富樫 巖: 北海道の菌床シイタケ栽培施設で分離されたトリコデルマ属菌の培養特性. 北方林業, 50(12): 273-275(1998)
- 5) 富樫 巖: 北海道の菌床シイタケ栽培施設で分離されたトリコデルマ属菌の培養特性 (その2). 北方林業, 51(6): 145-148(1999)
- 6) 富樫 巖: 北海道のキノコ栽培施設で分離されたベンズイミダゾール系薬剤耐性 *Penicillium crustosum*. 日本菌学会会報, 40(1): 11-13(1999)

- 7) 富樫 巖, 大谷奈緒, 芳賀 仁, 宮崎貞之: 原木シイタケ栽培施設に分布するトリコデルマ属菌の特性把握の試み, 第56回日本木材学会大会研究発表要旨集(秋田市): 127(2006)
- 8) 米山伸吾, 安東和彦, 都築司幸: 第2編2 殺菌作用のメカニズム. 病気・害虫の出方と農薬選び. 米山伸吾編, 東京, 農山漁村文化協会: 71-77(2006)
- 9) 富樫 巖, 寄谷明香, 菅野良平, 山本将平, 後藤静香, 藤原 彩: 浮遊糸状菌の分布調査を寒冷地農業に生かす試み その1- 灰色カビに注目したパイオバーデンと施設栽培-. *New Food Industry*, 59(4): 1-12(2017)
- 10) 鈴木宏美: メルク・エアースンプラーMAS100について. 製剤機会技術研究誌, 9(1): 26-32(2000)
- 11) 鈴木宏美: 環境菌あるいは空中浮遊菌回収並びに生育培地の選択. 防菌防黴, 29(6): 417-423(2001)
- 12) David Malloch (宇田川俊一, 室井哲夫 訳): カビの分離・培養と同定, 東京, 医歯薬出版: 100(1984)
- 13) 渡邊恒雄: 土壌糸状菌一培養株の検索と形態, 東京, ソフトサイエンス社: 393(1993)
- 14) 山崎省二: 環境微生物, 東京, オーム社: 154(2002)
- 15) 宮道慎二: 微生物の世界, つくば, 筑波出版会: 211(2006)
- 16) 高鳥浩介, 佐々木 輝, 太田利子(高鳥浩介編): 第2章 カビの検査法. 一目でわかる図説かび検査・操作マニュアル, 東京, テクノシステム: 40-123(1991)
- 17) (独) 農林水産消費安全技術センターホームページ住友化学: <http://www.acis.famic.go.jp/syouroku/diethofencarb/index.htm> (取得年月日: 2016/12/27)
- 18) 長野県ホームページ: [www.pref.nagano.lg.jp/bojo/yaku/documents/28-03ipm.pdf](http://www.pref.nagano.lg.jp/bojo/yaku/documents/28-03ipm.pdf) (取得年月日: 2016/12/27)
- 19) 富樫 巖, 本多信治, 福田拓巳, 寄谷明香旭川: 浮遊糸状菌の分布調査を寒冷地農業に生かす試み その2-旭川・留萌地域に分布する灰色カビの薬剤感受性-. *New Food Industry*, 60(3): 28-36(2018)

## 【研究紹介】木材腐朽菌への拮抗能に優れた *Trichoderma* spp. の選抜 ～木炭粉碎物への固定化に適した菌株～

富樫 巖 \*  
澤田 栞 \*\*  
宮崎 貞之 \*\*\*

Attempt of the selection of *Trichoderma* spp. having  
an excellent competitive ability to wood rot fungi  
- Strains suitable for the immobilization to charcoal -

Iwao TOGASHI  
Shiori SAWADA  
Sadayuki MIYAZAKI

### Abstract

One hundred and thirteen strains of *Trichoderma* spp., mycoparasite-fungi, isolated mainly from some green houses for cultivation of *Lentinula edodes* in Hokkaido were evaluated in terms of the superior growth on PDA (potato-dextrose-agar) plate-media of pH  $\approx$  9 and the antagonistic effects against wood rot fungi (*Fomitopsis palustris* MAFF 420001 and *Trametes versicolor* NBRC 30340).

Three strains of *Trichoderma* spp. (ANCT-05013, ANCT-05083, ANCT-05103) which were inoculated individually to charcoal particles strongly inhibited the wood rot fungi.

ANCT-05013 and ANCT-05103 which had been superior in ability to protect wood from rot, were accepted as NBRC 113097 and NBRC 113098, respectively (January, 2018).

### 1. はじめに

生体材料である木材を建築・土木分野で使用する場合、木材腐朽菌やシロアリ等による腐朽や食害からの対策を講じる必要がある。そのため、防腐・防蟻性能を持つ各種薬剤の開発やそれらを木材に塗布または注入する各種木材保存技術が検討・確立されてきた。一方、近年社会問題化している化学物質過敏症や揮発性有機化合物 (VOC, Volatile Organic Compounds) 被害から化学薬剤に頼らない木材利用も求められ、特に幼児や子どもが利用する公園等の整備において木製遊具・木製遊歩道・木柵等 (以下、木製土木構造物) の薬剤処理が敬遠される場合がある。

---

\* 物質化学工学科嘱託教授

(2021年2月1日受理)

\*\* 物質化学工学科卒業生

\*\*\* 専攻科応用化学専攻修了生

著者らは木製土木構造物の防腐方法として、菌寄生菌であるトリコデルマ属菌 (*Trichoderma* spp.) の生菌を用いるバイオロジカルコントロールの可能性を検討してきた<sup>1,3)</sup>。一般的に木製土木構造物では地際部が腐朽し易い<sup>4)</sup>。その被害を防ぐ手法として、図1に示すように『トリコデルマ属菌を固定化した担持材料』(以下、固定化トリコデルマ)を地際に配置することを想定した。種々の検討から<sup>1,2)</sup>、木材腐朽菌に対するトリコデルマ属菌の拮抗能を最大限に発揮させることが可能な担持材料としては木炭粉砕物(アルカリ性, pH≒9.3)が適すことを見出した<sup>3)</sup>。本研究では、pH≒9の環境下に耐えて一定以上の菌糸成長が可能であり、トリコデルマ属菌単独でも白色腐朽菌のカワラタケ (*Trametes versicolor* (Linnaeus) Llyod) と褐色腐朽菌のオオウズラタケ (*Fomitopsis palustris* (Berkeley) Teixeira) に対する拮抗能に優れ、かつ木炭粉砕物に固定化した場合に両木材腐朽菌により大きなダメージを与える菌株選抜を目標とした。これまで、木炭粉砕物への固定化用菌株として旭川高専保存株の *Trichoderma* sp. ANCT-05013 が利用可能であることを見出している<sup>3)</sup>が、著者らが収集・保存している *Trichoderma* spp. の全113菌株から、より高いポテンシャルを有す菌株の存在を期待した。

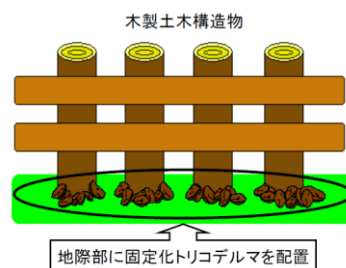


図1 木製土木構造物における地際部の腐朽を抑制する固定化トリコデルマの利用イメージ

## 2. 実験方法

### 2.1 供試菌株と供試材料

トリコデルマ属菌 (*Trichoderma* spp.) としては上川管内愛別町を中心としたシイタケ栽培施設(落下菌、ホダ木や子実体からの分離菌)や技術相談などで持ち込まれた種々のサンプルから、2005年から2010年に分離・保存した113菌株を供試した(以下の表1に旭川高専保存株番号を示す)。木材腐朽菌(担子菌)としては、JIS K 1517(木材保存剤の性能試験方法および性能基準)に指定されるオオウズラタケ(MAFF 420001)とカワラタケ(NBRC 30340)を供試した。各試験に際し、以上の菌株をPDA平板培地(直径9cm, 以下同じ)に接種して25°Cでトリコデルマ属菌5日間、担子菌7~9日間前培養したコロニーから、それぞれ寒天培地ごとコルクボーラーで打ち抜いた直径5mmの菌体ディスクを接種源とした。

トリコデルマ属菌の担持材料としては、市販品の土壌改良材用木炭粉砕物(pH=9.3; 北海道カーボナーナイズ(株)製(本社; 名寄市)、以下においては木炭と記述)を用いた。

### 2.2 固定化トリコデルマの調製

2%麦芽エキス水溶液を高圧蒸気滅菌(121°C, 15分)した液体培地100mlにトリコデルマ属菌の菌体円盤を2個接種し、25°Cで2日間振とう培養(70 rpm)したものを液体種菌として用いた。なお、液体種菌中の菌体量については同種菌を5ml採取し、ろ過後に60°Cで恒量化することで求めた。

200 ml ガラス培養瓶に約 130 ml の木炭を投入し、2% 麦芽エキス水溶液を 35 ml 加えて高圧蒸気滅菌した。同培養瓶 1 本あたりにトリコデルマ属菌の液体種菌 20 ml を接種し、25°C で 7 日間培養したものを固定化トリコデルマとした。

### 2.3 トリコデルマ属菌の選抜方法

トリコデルマ属菌の全供試菌株を PDA 平板培地 (pH=5.3) の中央に接種して 25°C で 3 日間培養し、平均菌糸成長量 (菌体ディスクの縁からコロニーの先端までの半径方向を平板培地 1 枚あたりに 4 か所測定) が 40 mm 以上のものを 1 次選抜した (平板培地の供試数 3, データー数 12)。その後、PDA 培地調製時の純水 10% を 0.1N NaOH で置き換えることで pH=9 に調製した平板培地を作成し (以下、アルカリ性平板培地と記述)、上述の 1 次選抜菌株をアルカリ性平板培地の中央に接種して 25°C で 2 日間培養して平均菌糸成長量が 20 mm 以上のもの<sup>3)</sup>を 2 次選抜した。

木材腐朽菌との対峙培養による選抜のために、PD 濃度が 1/1 と 1/2 の PDA 平板培地を調整した (寒天濃度はいずれも 1.5%)。PD 濃度が 1/1 の PDA 平板培地において直径の 1/4 の位置にオオウズラタケの菌体ディスク 1 個を接種し、25°C で 6 日間培養した後に同菌のコロニー端から 15 mm 離れた位置に 2 次選抜したトリコデルマ属菌の菌体ディスク 1 個を接種した。同温度で 10 日間培養を継続し、両者のコロニーの挙動から、図 2 に示すように (1) トリコデルマ属菌優勢 (判定表記: +), (2) 両者拮抗 (判定表記: ±), (3) トリコデルマ属菌劣勢 (判定表記: -) の区別を行った (平板培地の供試数 3)。また、PD 濃度が 1/2 の PDA 平板培地において直径の 1/4 の位置にカワラタケの菌体ディスク 1 個を接種し、25°C で 4 日間培養した。その後、オオウズラタケの場合と同様にトリコデルマ属菌を接種して両者のコロニー挙動についての区分を行った (平板培地の供試数 3)。オオウズラタケとカワラタケの対峙培養で、いずれも「+」を示したトリコデルマ属菌株を 3 次選抜した。

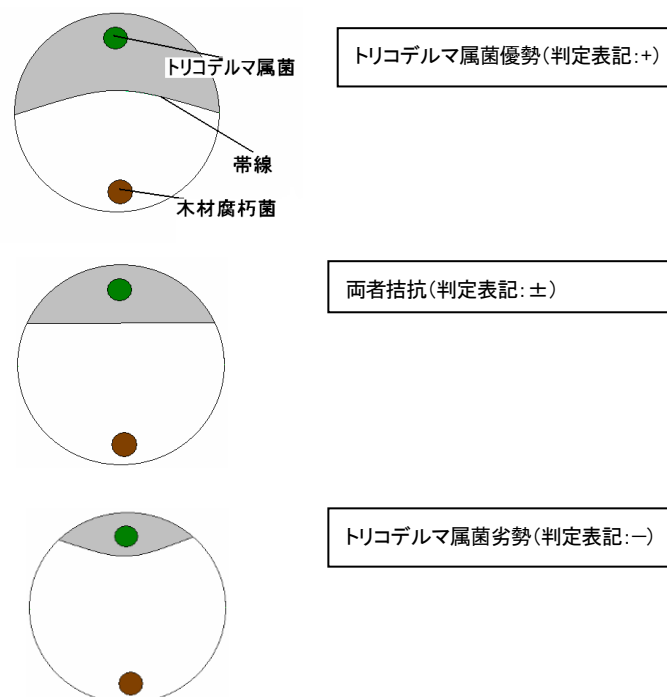


図 2 PDA 平板培地での木材腐朽菌とトリコデルマ属菌の対峙培養 (区分けパターン)



200 ml ガラス培養瓶に PDA を約 30 ml 分注して高圧蒸気滅菌後、オオウズラタケの菌体ディスク 2 個を接種して 25°C で 9 日間培養した。図 3 に示すように、そのコロニー上を 3 次選抜したトリコデルマ菌株の固定化トリコデルマ約 30ml で被い、25°C で 4 週間培養を継続して以下に述べる方法でオオウズラタケが被ったダメージを判定した（ガラス培養瓶の供試数 3）。また、オオウズラタケをカワラタケに替えて 7 日間培養することでカワラタケが被ったダメージを判定した。

対峙培養後の木材腐朽菌のダメージ判定には、0.02% となるようにベンレート（主成分：ペノミル、50% 濃度）を添加した PDA 平板培地を用いた。対峙培養後のガラス培養瓶から固定化トリコデルマを除去し、木材腐朽菌のコロニーの中心部の一部とヘリ部の一部を切り出し（図 3 参照）、0.02% ベンレート PDA 平板培地に接種して 25°C で 7 日間培養し、両培地における木材腐朽菌の生育状況を観察した。（1）0.02% ベンレート PDA 平板培地で木材腐朽菌の成長なし（判定表記：+）、（2）同培地で木材腐朽菌の成長が僅か～多少あり（判定表記：±）、（3）同培地で木材腐朽菌が十分に成長した（判定表記：-）の区分けを行った（平板培地の供試数 3）。なお、ペノミル非感受性菌株のトリコデルマ属菌を除き、0.02% ベンレート添加 PDA 培地では通常菌株のトリコデルマ属菌の菌糸成長は強く阻害され、担子菌類のオオウズラタケとカワラタケの菌糸成長はほぼ影響を受けないことを確認している<sup>15)</sup>。

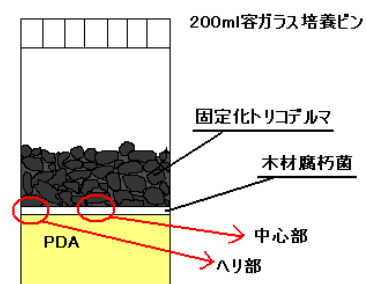


図 3 200 ml 培養瓶での木材腐朽菌と固定化トリコデルマの対峙培養

## 2.4 培地の pH 測定

トリコデルマ属菌の液体種菌や各種平板培地の pH 等についてはいずれもガラス電極を用いて測定した。なお寒天平板培地については加熱溶解後に 50°C 以下で測定した。固定化トリコデルマについては、同トリコデルマ 10 g に対して純水を 25 ml 加えて 30 分間攪拌した後に測定した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 1 および 2 次選抜の結果（菌糸成長量測定）

113 菌株のトリコデルマ属菌の 1 次選抜の結果を表 1 に示す。85% に当たる 96 菌株が 25°C ・ 3 日間の培養後に 40 mm 以上の菌糸成長量を示した。そして、この 96 菌株のアルカリ性平板培地での 2 次選抜の結果を表 2 に示す。同平板培地の pH は平均 8.9 であり、約 30% に当たる 28 菌株が 25°C ・ 2 日間で 20 mm 以上の菌糸成長量を示した。この 28 菌株の pH=8.9 での菌糸成長量は 20.1 mm (ANCT-05083) ～30.8mm (ANCT-05118), pH=5.3 (コントロール) での菌糸成長量は 30.1 mm (ANCT-05009) ～40 mm (ANCT-05013,

表 1 PDA 平板培地での 1 次選抜の判定結果 (菌糸成長量)

| 菌株番号  | 菌糸成長量 | 菌株番号  | 菌糸成長量 | 菌株番号  | 菌糸成長量 | 菌株番号  | 菌糸成長量 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 05001 | ○     | 05050 | ○     | 05097 | ○     | 05125 | ○     |
| 05002 | ○     | 05051 | ○     | 05098 | ○     | 05126 | ×     |
| 05003 | ○     | 05052 | ○     | 05099 | ×     | 05127 | ○     |
| 05004 | ○     | 05053 | ○     | 05100 | ○     | 05129 | ○     |
| 05005 | ○     | 05054 | ○     | 05101 | ○     | 05130 | ○     |
| 05006 | ○     | 05055 | ○     | 05102 | ○     | 05131 | ○     |
| 05007 | ○     | 05056 | ○     | 05103 | ○     | 05132 | ○     |
| 05008 | ○     | 05057 | ×     | 05104 | ○     | 05133 | ○     |
| 05009 | ○     | 05058 | ○     | 05105 | ○     | 05134 | ○     |
| 05011 | ○     | 05059 | ○     | 05106 | ○     | 05135 | ○     |
| 05013 | ○     | 05060 | ○     | 05107 | ○     | 05136 | ×     |
| 05014 | ○     | 05061 | ○     | 05108 | ○     | 05137 | ×     |
| 05015 | ×     | 05075 | ○     | 05109 | ○     | 05138 | ×     |
| 05016 | ○     | 05076 | ○     | 05110 | ○     | 05139 | ×     |
| 05017 | ○     | 05077 | ○     | 05111 | ○     | 05140 | ×     |
| 05020 | ○     | 05078 | ×     | 05112 | ○     | 05142 | ×     |
| 05022 | ○     | 05080 | ×     | 05113 | ○     | 06002 | ×     |
| 05023 | ○     | 05081 | ○     | 05114 | ○     | 06003 | ○     |
| 05024 | ○     | 05083 | ○     | 05115 | ○     | 06004 | ○     |
| 05025 | ○     | 05084 | ○     | 05116 | ○     | 06005 | ○     |
| 05026 | ○     | 05088 | ○     | 05117 | ○     | 06010 | ○     |
| 05030 | ○     | 05089 | ○     | 05118 | ○     | 06018 | ○     |
| 05031 | ×     | 05091 | ○     | 05119 | ○     | 06019 | ○     |
| 05039 | ×     | 05092 | ○     | 05120 | ○     | 06020 | ○     |
| 05044 | ○     | 05093 | ○     | 05121 | ×     | 06029 | ○     |
| 05045 | ○     | 05094 | ○     | 05122 | ○     | 09006 | ×     |
| 05046 | ○     | 05095 | ○     | 05123 | ○     | 09022 | ○     |
| 05047 | ○     | 05096 | ○     | 05124 | ○     | 09023 | ○     |
|       |       |       |       |       |       | 10026 | ○     |

注) 菌株番号には ANCT-の接頭語を付けるが表中では省略した (例: ANCT-05001);  
 菌糸成長量の○: 25℃・3 日間の菌糸成長量が 40 mm 以上,  
 菌糸成長量の×: 25℃・3 日間の菌糸成長量が 40 mm 未満; 繰り返し数 3

表 2 アルカリ性平板培地での 2 次選抜の判定結果 (菌糸成長量)

| 菌株番号  | アルカリ性成長量 | 菌株番号  | アルカリ性成長量 | 菌株番号  | アルカリ性成長量 | 菌株番号  | アルカリ性成長量 |
|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|
| 05001 | ×        | 05047 | ×        | 05095 | ×        | 05120 | ×        |
| 05002 | ×        | 05050 | ×        | 05096 | ×        | 05122 | ×        |
| 05003 | ×        | 05051 | ×        | 05097 | ×        | 05123 | ×        |
| 05004 | ×        | 05052 | ×        | 05098 | ×        | 05124 | ○        |
| 05005 | ○        | 05053 | ×        | 05100 | ×        | 05125 | ○        |
| 05006 | ×        | 05054 | ×        | 05101 | ×        | 05127 | ×        |
| 05007 | ○        | 05055 | ×        | 05102 | ×        | 05129 | ○        |
| 05008 | ○        | 05056 | ○        | 05103 | ○        | 05130 | ○        |
| 05009 | ○        | 05058 | ×        | 05104 | ×        | 05131 | ×        |
| 05011 | ×        | 05059 | ×        | 05105 | ○        | 05132 | ○        |
| 05013 | ○        | 05060 | ×        | 05106 | ○        | 05133 | ○        |
| 05014 | ×        | 05061 | ○        | 05107 | ×        | 05134 | ×        |
| 05016 | ×        | 05075 | ○        | 05108 | ○        | 05135 | ×        |
| 05017 | ○        | 05076 | ×        | 05109 | ○        | 06003 | ○        |
| 05020 | ○        | 05077 | ×        | 05110 | ×        | 06004 | ×        |
| 05022 | ×        | 05081 | ×        | 05111 | ○        | 06005 | ×        |
| 05023 | ×        | 05083 | ○        | 05112 | ×        | 06010 | ×        |
| 05024 | ×        | 05084 | ×        | 05113 | ×        | 06018 | ×        |
| 05025 | ×        | 05088 | ×        | 05114 | ×        | 06019 | ×        |
| 05026 | ×        | 05089 | ×        | 05115 | ×        | 06020 | ×        |
| 05030 | ×        | 05091 | ×        | 05116 | ×        | 06029 | ×        |
| 05044 | ○        | 05092 | ×        | 05117 | ○        | 09022 | ×        |
| 05045 | ×        | 05093 | ×        | 05118 | ○        | 09023 | ×        |
| 05046 | ×        | 05094 | ○        | 05119 | ×        | 10026 | ×        |

注) 菌株番号の ANCT-は省略した;  
 菌糸成長量の○: 25℃・2 日間の菌糸成長量 20 mm 以上,  
 菌糸成長量の×: 25℃・2 日間の菌糸成長量 20 mm 未満; 繰り返し数 3

ANCT-05130, ANCT-05133, ANCT-05118) であった。不合格となった 68 菌株の pH=8.9 での菌糸成長量は 7.2 mm (ANCT-05102) ~19.9 mm (ANCT-05097), pH=5.3 での菌糸成長量は 23.1 mm (ANCT-05081) ~40 mm (ANCT-05005, ANCT-05006, ANCT-05092, ANCT-05097, ANCT-06019) であった。いずれの菌株も培地 pH がアルカリ性となることでコントロールと比較して菌糸成長量が減少した。

### 3.2 3次選抜の結果（木材腐朽菌との対峙培養）

2次選抜したトリコデルマ属菌 28 菌株を供試して行った 3次選抜の判定結果を表 3 に示す。オオウズラタケとの対峙培養では PD 濃度が 1/1 の PDA 培地 (pH=5.3) を用い、カワラタケとの対峙培養では PD 濃度が 1/2 の PDA 培地 (pH=5.4) を用いた。PD の濃度を変えたのは、トリコデルマ属菌と対峙培養した場合に木材腐朽菌の攻撃性が優勢となる条件が異なることによる<sup>1)</sup>。この対峙培養から、両木材腐朽菌に対してトリコデルマ属菌優勢と判定されたものは、ANCT-05083, ANCT-05103, ANCT-05111, ANCT-05117 および ANCT-05118 の 5 菌株であった。以降においては同 5 菌株に加え、木炭に固定化することで両木材腐朽菌の活動を阻害する能力が高いことがすでに確認されている ANCT-05013<sup>3)</sup>を加えた合計 6 菌株の固定化トリコデルマを使用することとした。

表 3 PDA 平板培地での 3次選抜の判定結果（木材腐朽菌との対峙培養）

| 菌株番号  | 攻撃性の判定結果 |       |
|-------|----------|-------|
|       | オオウズラタケ  | カワラタケ |
| 05005 | +        | ±     |
| 05007 | -        | ±     |
| 05008 | -        | ±     |
| 05009 | ±        | ±     |
| 05013 | ±        | ±     |
| 05017 | -        | -     |
| 05020 | ±        | ±     |
| 05044 | -        | -     |
| 05056 | ±        | ±     |
| 05061 | -        | ±     |
| 05075 | ±        | ±     |
| 05083 | +        | +     |
| 05084 | -        | ±     |
| 05103 | +        | +     |
| 05105 | -        | ±     |
| 05106 | -        | ±     |
| 05108 | ±        | ±     |
| 05109 | -        | ±     |
| 05111 | +        | +     |
| 05117 | +        | +     |
| 05118 | +        | +     |
| 05124 | -        | ±     |
| 05125 | ±        | +     |
| 05129 | -        | ±     |
| 05130 | ±        | ±     |
| 05132 | ±        | ±     |
| 05133 | +        | ±     |
| 06003 | ±        | ±     |

注) 菌株番号の ANCT-は省略した； 攻撃性の判定結果の+：トリコデルマ属菌優勢，  
 同±：両者拮抗，同一：トリコデルマ属菌劣勢； 繰り返し数 3

### 3.3 トリコデルマ属菌の液体種菌の物性

3.2 で示したトリコデルマ属菌 6 菌株について、各液体種菌の pH と乾燥菌体量の測定結果を表 4 と表 5 にそれぞれ示す。pH については ANCT-05013 と ANCT-05083 が多少高い値を示しているが、それ以外の 4 菌株は 5.3~5.8 に分布した。乾燥菌体量については 0.6~1.1 mg/ml の範囲にあり、ANCT-05013 は 0.8 mg/ml

であった。

表4 液体種菌のpH

| 菌株番号  | pH  |
|-------|-----|
| 05013 | 6.0 |
| 05083 | 6.2 |
| 05103 | 5.4 |
| 05111 | 5.4 |
| 05117 | 5.3 |
| 05118 | 5.8 |

注) 菌株番号の ANCT-は省略した；  
 25℃・2日間振とう培養

表5 液体種菌の乾燥菌体量

| 菌株番号  | 菌体量[mg/ml] |
|-------|------------|
| 05013 | 0.8        |
| 05083 | 1.1        |
| 05103 | 0.6        |
| 05111 | 0.6        |
| 05117 | 0.6        |
| 05118 | 1.0        |

注) 菌株番号の ANCT-は省略した；  
 25℃・2日間振とう培養，繰り返し数2

### 3.4 固定化トリコデルマとの対峙培養による木材腐朽菌のダメージ

3.3に示した6菌株の液体種菌を用いて調製した各固定化トリコデルマのpHを表6に示す。値は7.4～7.7の範囲に分布し、アルカリ性(pH9.3)の木炭を用いたことでいずれの固定化トリコデルマも弱アルカリ性のpHを示した。

表6 固定化トリコデルマのpH

| 菌株番号  | pH  |
|-------|-----|
| 05013 | 7.7 |
| 05083 | 7.7 |
| 05103 | 7.4 |
| 05111 | 7.4 |
| 05117 | 7.4 |
| 05118 | 7.6 |

注) 菌株番号の ANCT-は省略した；25℃・7日間培養

表7 木材腐朽菌に対する固定化トリコデルマの攻撃性の判定結果

| 菌株番号  | 固定化トリコデルマの<br>攻撃性の判定結果 |       |
|-------|------------------------|-------|
|       | オオウズラタケ                | カワラタケ |
| 05013 | +                      | +     |
| 05083 | +                      | +     |
| 05103 | +                      | +     |
| 05111 | ±                      | -     |
| 05117 | -                      | -     |
| 05118 | ±                      | ±     |

注) 菌株番号の ANCT-は省略した； 攻撃性の判定結果の+：0.02%ベンレートPDA平板培地で木材腐朽菌の成長なし，同±：木材腐朽菌の成長が僅か～多少あり，同一：木材腐朽菌が十分に成長した。

この6菌株の固定化トリコデルマと両木材腐朽菌の対峙培養を行い、木材腐朽菌が受けたダメージの判定結果を表7を示す。その結果、判定「+」では固定化トリコデルマの攻撃性が優勢で木材腐朽菌

の菌糸再生が不可能な状態に至り、「-」では固定化トリコデルマの攻撃性が劣勢で木材腐朽菌の菌糸再生が容易な状態であり、「±」は対峙培養後の木材腐朽菌が両者の中間状態にあると考えられる<sup>1)</sup>。そして、両木材腐朽菌共に「+」判定のトリコデルマ属菌は、ANCT-05013, ANCT-05083 および ANCT-05103 の3菌株であった。

#### 4. まとめ

以上から、アルカリ性 (pH9 前後) 環境下でも一定の菌糸成長が維持され、トリコデルマ属菌単独でも白色腐朽菌のカワラタケと褐色腐朽菌のオオウズラタケに対する拮抗能に優れ、かつ木炭粉砕物に固定化した場合に両木材腐朽菌に大きなダメージを与える菌株として ANCT-05013, ANCT-05083, ANCT-05103 が選抜された。一方、ANCT-05013 と ANCT-05083 についてはこれまでの研究から拮抗能に優れるものとしてすでに選抜されおり<sup>1-3)</sup>、前者は木炭に固定化とすることでオオウズラタケとカワラタケの木材腐朽を強く阻害することが確認されているが、後者は木炭に固定化しても両木材腐朽菌の木材腐朽を阻害する能力が低いことが明らかになっている<sup>3)</sup>。従って、新規に選抜された菌株は ANCT-05103 のみとなる。

その後の検討により、木炭に固定化した ANCT-05103 は ANCT-05013 と同様にオオウズラタケとカワラタケの木材腐朽を強く阻害することが分かった<sup>6,7)</sup>。ANCT-05013 (愛別町原木シイタケ栽培舎の落下菌, 2005年7月分離) と ANCT-05103 (同, 2005年8月分離) については、(独) 製品評価技術基盤機構バイオテクノロジーセンター・NBRC から寄託の受入れが認められ (2018年1月)、それぞれ *Trichoderma* sp. NBRC 113097 と NBRC 113098 として一般利用が可能になった。今後の産業利用や試験研究への利活用を期待したい。

#### 参 考 文 献

- 1) 富樫 巖, 宮崎貞之: 木材腐朽菌に対するトリコデルマ属菌59 菌株の攻撃性評価. 旭川工業高等専門学校研究報文, No.48: 44-50(2011)
- 2) 富樫巖, 小野寺愛, 木下俊祐, 宮崎貞之, 黒田裕一, 東真史, 阿部和真: 担子菌による木材腐朽に対する担時持料に固定化した *Trichoderma* spp. の阻害効果. 日本菌学会会報, 52(2): 62-67(2011)
- 3) 富樫 巖, 谷口, 平沢: オオウズラタケとカワラタケの木材腐朽に対する木炭に固定化した *Trichoderma* spp. の阻害性能. 日本菌学会会報, 53(2): 88-92 (2012)
- 4) 森 満範: 屋外環境下における耐久性について考える. 日本木材学会北海道支部講演集, No.39: 35-38 (2007)
- 5) 富樫 巖, 宜寿次盛生, 原田 陽: トリコデルマとシイタケの菌糸成長に及ぼす高圧蒸気殺菌したペノミル水和剤の影響. 林産試験場報, 13(1): 1-5(1999)
- 6) 富樫 巖, 高橋 剛, 渡部智弘, 原 大貴: 数種類の担子菌による木材腐朽に対する木炭固体化トリコデルマの阻害効果および *Trichoderma* spp. が木材強度に及ぼす影響. 日本菌学会会報, 54(2): 66-69(2013)
- 7) 富樫 巖, 渡部智弘, 高橋 剛: *Trichoderma virens* を用いた木炭固定化トリコデルマの木材防腐性能および固定化トリコデルマにおける木炭粉砕物の働き. 日本菌学会会報, 56(2): 43-48(2015)

# 宮沢賢治と「札幌市」、三十年のきれぎれ

—自説を立てる筋道について—

石本 裕之 \*

## KENJI MIYAZAWA`S POEM, "SAPPORO-SHI (SAPPORO CITY)", FRAGMENTS OF THE AUTHOR`S THIRTY-YEAR STUDY —How the Author Developed His Theory—

Hiroyuki ISHIMOTO

### Abstract

The author once presented a theory about Kenji Miyazawa's poem, "Sapporo-shi (Sapporo City)". He proposed that the stage of this poem is Sapporo (not Hanamaki) : Nish 6-chome, Odori, Sapporo City. He pointed out that this address is the very site of "elm square to commemorate the cultivation". He was recently given an opportunity to describe the reasons or grounds of his theory. These are described in this article.

---

\* 人文理数総合科教授

## 宮沢賢治と「札幌市」、三十年のきれぎれ

―自説を立てる道筋について―

石本裕之

### 一 はじめに

筆者はかつて、宮沢賢治の詩「札幌市」について、ある説を提示した。

それは、この詩の舞台が（花巻ではなく）札幌市である、という説である。札幌市大通西六丁目。そこが「開拓記念の楡の広場」であることを述べた、その経緯を説明する機会が、最近与えられた。それらを本稿に記す。

稿の前半では、これまでの論考間の関係を整理し、後半では、二三の逸話を交えながら検討三十年のきれぎれを紡ぐ。引用文の関係で、稿中に数字標記の不統一がある点は、ご容赦願いたい。

なお、本稿で言及する拙著・拙稿の基本情報は一括して、第二章末尾及び後掲の《同封したリスト》に記されている。

### 二 「開拓記念の楡の広場」に「再説

本誌に以前「開拓記念の楡の広場に―宮沢賢治札幌セミナー（二〇〇五）その後―」を載せた。「本稿では、詩編「札幌市」に関するいわゆる「オホーツク挽歌行・大通公園」説の形成過程をたどったのち、「オホーツク挽歌行復路」

説について言及する。」（第一章）というものである。

最終第七章の結文に次のように書いた。

気象台から西へ向かった。先行の作品論のことを考えたり、「札幌市」の詩句を口ずさんだりしながら。遠くなだれる灰光と…、きれぎれ青い神話に変へて…\*、開拓記念の楡の広場に……。しばらくして札幌市大通西六丁目に着いた。大通公園随一の緑の広場である。（中略）この広場を象徴するものは、開拓記念碑とニレ科の落葉高木、ケヤキの大樹六本である。

「宮沢賢治研究 Annual」第十八号（宮沢賢治学会イーハトーブセンター編集委員会。二〇〇八・三）による概要にいう（15頁）。

石本裕之「開拓記念の楡の広場に―宮沢賢治札幌セミナー（二〇〇五）その後―」旭川工業高等専門学校研究報文、第4号、旭川工業高等専門学校。07年3月、1―11頁

詩編「札幌市」に歌われるのが札幌市大通公園に立つ「開拓記念碑」とする自説を踏まえつつ、賢治の大通公園来訪の日付をこれまでのオホーツク挽歌往路の1923年8月1日説から修正し、挽歌行復路の8月9日あるいは10日の可能性を述べる。（小関）



「自説」というのは、拙稿「賢治と『札幌市』」(宮沢賢治, 第一〇号, 洋々社, 九〇年一月)以来のものを指す。いわゆる(詩「札幌市」の「舞台」札幌説)である。また、「修正」というのは、同稿で展開した、賢治来札の日記に関する部分に対して施したものである。つまり、宮沢賢治が詩「札幌市」の着想を得た、札幌訪問の日が「いつか」という問題である。それは、同稿を収録した拙著『宮沢賢治 イーハトーブ札幌駅』(響文社・二〇〇五)の「あとがき」の言葉に自ら応じた一つの例であった。

その「あとがき」では、(舞台「札幌説」の修正すべき要点と参照すべき文献を示しながら、このように呼びかけた。

「賢治と『札幌市』」(一九九〇)についてはことわり書きをしておきたい。

「いつどこで」の説で述べたように、「オホーツク挽歌」の旅の途中、大正十二年八月一日午後、宮沢賢治が札幌に滞在したらしいことは筑摩書房『校本全集』の年譜に依拠したのであるが、二〇〇一年刊『新校本全集』の年譜では、この日の旅程記述に関する重要な改定増補があり、現在、八月一日説は採れない。なぜなら……、その先はともわくわくする展開なので、同年譜二二七頁からの数頁とそこに紹介されている、ますむら・ひろしのエッセイ『宮沢賢治』(十三号)と入沢康夫氏の随想(右掲)〔賢治の尽きせぬ魅力…その一面についての随想 、『解釈と鑑賞』一九九六・一一) 〔筆者注〕、さらには萩原昌好『宮沢賢治「銀河鉄道」への旅』(河出書房新社)を「ご覧いただきたい。(中略)

ところで、「いつ」が揺らいでも、「どこ」の説はかわらない。すると、賢治が「開拓記念の楡の広場」を訪れたのはどの日か。新たな謎に、今これを読んでくださっている皆さんも、ぜひ創造をふくらませてみてください。「きれいにすきとほつた風」が吹いてきますように。

先ほど引用した「先行の作品論のことを考えたり、「札幌市」の詩句を口ずさんだりしながら。遠くなだれる灰光と…、きれぎれ青い神話に変へて…、開拓記念の楡の広場に…。」(傍線は筆者)の部分には、詩「札幌市」に関する論考のタイトルを潜ませている。引用文「\*」の部分は、稿の本文では注の「⑥」に当たり、「恩田逸夫「青い神話」―宮沢賢治作「札幌市」をめぐる『宮沢賢治論2』(一九八一。東京書籍)、斉藤征義「遠くなだれる」(『北方文芸』一七八号「特集 北海道の中の宮沢賢治」。昭和五七・一一)を参照。」と注記した。

恩田逸夫「青い神話」稿、斉藤征義「遠くなだれる」稿で展開されるのは、周知のように、詩「札幌市」の舞台は花巻であるとする解釈。いわゆる(詩「札幌市」の「舞台」花巻説)である。

その周知のことを、のちに「イーハトーブ サツポロ市」(北海道文学館編『宮沢賢治く科学と祈りのこころ』・二〇一六)で明記することにした。時が経つにつれて(詩「札幌市」の「舞台」花巻説)が徐々に忘れられ、それを知らない人々も増えてきたように思われたからである。

同稿の「\*詩「札幌市」の風景」章から「\*「青い神話」と大通公園」章にかけて、関係部分を、少し長くなるが示してみる。

詩「札幌市」は推敲の跡が夥しい作品で、かつては「下書稿(二) 手入れの五行、「遠くなだれる灰光と／歪んだ町の広場の砂に…」で紹介されるが多かった。

今日見慣れた七行の本文は「下書稿(三)」に手が加えられた最終形であるが、原稿には大きく×印が付されている。

いずれ五行乃至七行の本文を、深く捉えて詳述するのは容易なことであるまい。

恩田逸夫氏の「青い神話―宮沢賢治作『札幌市』をめぐって」はその嚆矢。斎藤征義氏の「遠くなだれる」も大作で、恩田論を大筋で承認した上で詩の推敲過程を再検討したもの。(中略)

その論点をいくつか挙げてみる(順不同)。

- ・詩のトーンは「復命書」に見えるような、札幌に対する賢治の印象とは異なる。
- ・「歪んだ町」は札幌にふさわしくない。
- ・詩の最初の草稿にはタイトルが無い。
- ・詩の成立は「春と修羅 第三集」の時期に属し、北海道旅行からは時間が経っている。
- ・その頃賢治は営農に関する無力感を抱いていた。
- ・「青い神話」は、賢治が営農に抱いた希望や理想の比喩と解される。
- ・詩の風景は札幌市でなく、花巻町であろう。

\*「青い神話」と大通公園

驚いた。だが、「遠くなだれる灰光」は何、なぜ「歪んだ町」か、「湧きあがるかなしさを」「青い神話に変へ」とはどういうこと、それはいつ、どこのことか、と改めて問われたらどうか。調査することにした。

『春と修羅』や『春と修羅 第三集』、『復命書』、『校本全集』年譜を読み直し、管区気象台を訪れ、大通や中島公園を歩き、岩手県の気象台や図書館等に問い合わせながら、解釈に選択の余地がありそうならなるべく切り捨てずに、詩の言葉の意味を問い直した。

あれこれ考えるうちに、サッポロも広大なイーハトーブの町のひとつだったのだということに気づきはじめていた。

発表先のもなく書いた「賢治と『札幌市』」だったが、『宮沢賢治』

第十号(洋々社、一九九〇年)に掲載していただいた。

拙稿の執筆動機は、二十五年経って、今明かした。

なお、『宮沢賢治研究 Annual』創刊号(宮沢賢治学会イーハトーブセンター編集委員会、一九九一・三)による概要は次のようであった(15頁)。

石本裕之「賢治と『札幌市』」宮沢賢治、第10号、洋々社、90年11月、176―187頁

「春と修羅 第三集」の「札幌市」に注目し、この詩が、第一集の「オホーツク挽歌」詩群の一つとして位置付けることが可能であることを、詩の分析、現地調査をもとに論じたもの。(鈴木)

さて、「開拓記念の楡の広場に」稿の副題は「宮沢賢治札幌セミナー(二〇〇五)その後」であった。稿の書き出しにいう。

二〇〇五年七月一六―一七日、宮沢賢治学会イーハトーブセンターの地方セミナー『青い神話』の行方に」が札幌市で開催された折、筆者は日程二日目のツアー「宮沢賢治『復命書』を歩く」を担当した。(中略)ツアーでは大通公園西六丁目広場を案内することがとりわけ意義深かった。「開拓記念の楡の広場」について賢治学会員や愛好者の方々に対して、現地で直接お話しする初めての機会だったのである。朝日新聞に「新説」と紹介されたのはそのためであろう。

「宮沢賢治『復命書』を歩く」ツアーは、いわば「詩「札幌市」の実践編であった。また、同趣旨のツアー、文学散歩「札幌の宮沢賢治―その足どりをた

どる」を二〇一六年九月三〇日にも行った。北海道立文学館特別展「二〇一六年の宮沢賢治―科学と祈りのこころ」(九月一七日～二月二六日)の企画イベントである。

「宮沢賢治研究 Anna」第十七号(宮沢賢治学会イーハトーブセンター編集委員会。二〇〇七・三)には次のようにある(14頁)。

石本裕之「賢治」『修学旅行復命書』を歩く―宮沢賢治札幌セミナー(二〇〇五)から―

「修学旅行復命書」に記された札幌市内の主要な場所を軸に「イーハトーブセンター札幌セミナー」(〇5年7月実施)のツアーの概略について記す。「復命書」の記述の細部を検討して、「北海道石炭会社」を「訪問地」としている説への疑義を示す。また、詩「札幌市」の背景が大通公園西6丁目であることを推定。ツアー当日の「資料」1ページを付す。(小関)

以上、稿と稿との間に補助線を引いてみたわけだが、試みに各稿の章立てを並べてみる。

稿の展開がいかなるものか、以て推論材料に供されたい。

「賢治と「札幌市」」(洋々社『宮沢賢治』第一〇号・一九九〇)

- 一 はじめに
- 二 詩編「札幌市」
- 三 いつどこで
- 四 「札幌市」の詩作
- 五 『春と修羅 第三集』
- 六 「一九二七、三、二八、」
- 七 おわりに

「賢治」『復命書』を歩く―宮沢賢治札幌セミナー(二〇〇五)から―

(道教育大旭川校『旭川国文』第二〇号・二〇〇六)

- 一 「青い神話」の行方に
- 二 賢治「修学旅行復命書」を歩く
- 三 途中／北海道石炭会社石灰岩採を販るあり、
- 四 開拓記念の石碑の下に
- 五 「ポラーノの広場」へ
- ・(稿末資料Ⅱ宮沢賢治学会2005札幌セミナー企画「賢治」『復命書』を歩く)配布資料

「開拓記念の楡の広場に―宮沢賢治札幌セミナー(二〇〇五)その後―

(旭川高専『研究報文』第四四号・二〇〇七)

- 一 はじめに
- 二 宮沢賢治の詩「札幌市」描写の風景は大通の記念碑
- 三 「開拓記念碑」Ⅱ札幌市中央区大通西六丁目
- 四 Subject:「今さら探検隊」について
- 五 Subject:宮沢賢治の詩と作品について
- 六 開拓記念碑の隣に宮沢賢治の詩碑を
- 七 オホーツク挽歌行復路(・稿末資料Ⅱ「復命書」を歩くツアー)資料添付)

「イーハトーブ サッポロ市」

(北海道文学館編『宮沢賢治―科学と祈りのこころ』・二〇一六)

- (緒言) \* 生誕百年以後 \* 詩「札幌市」の風景 \* 「青い神話」と大通公園 \* 中島公園と「ポラーノの広場」

### 三 かいっぱい撒いたけれども

本稿のはじめに、「経緯を説明する機会が、最近与えられた。」と書いた。それは筆者が令和二年(二〇二〇)春頃、いくつかの文献を目にしたことがきっかけであった。

『宮沢賢治研究 Annual』第三十号(宮沢賢治学会イーハトーブセンター編集委員会。二〇二〇・三)にいう(22頁)。

「高橋励起「宮沢賢治 心象スケッチ」二〇一九 札幌市」論

詩「札幌市」に関して従来の先行研究を整理し、推敲過程から新たな解釈を試みたもの。詩「札幌市」と一九二四年の北海道修学旅行引率・「修学旅行復命書」との関連も探る。直筆原稿自体を検証し新たな改稿過程(下書稿(二))の読みを行った。

(大島)

論者は「詩『札幌市』に関して従来の先行研究を」どのように「整理し」たのであろう。筆者がその論考を読んで疑問を持ったのは、先行研究を明示せずにあたかも独自の手法、主張であるかのように述べる箇所が少なからず見受けられた点である。そのうちのいくつかは、次章に触れる。

一方、論者は自身の論文の内容、研究の成果について各所で報告しているようだ。読んでみると(抄出する)。

『宮沢賢治』を未来世代に繋ぐ

(『宮沢賢治記念館通信』第一二二号(二〇一九年九月二十日発行))

現在、私は副読本を元に賢治作品の啓発活動、また「札幌市」をはじめとする北海道ゆかりの賢治作品の研究を進めている。(中略)／私が研究している題材も、最後に関係する論文が出されたのは30年も前だ。詳しく話を聞きたくても、すでに他界されている方もいる。私たちの世代が、こうした賢治さんの研究をしっかり引き継がないと、文化はあつという間に過去に消えてしまう。／未来世代の若者に、何を残せるのか。賢治研究に関わる皆さんと、ぜひ真剣に考えていきたい。

『宮沢賢治と『札幌市』』

(北海道新聞・夕刊(二〇一九年(令和元年)九月二十五日付))

(前略)長らく研究が進んでいなかった本作品について、先般、私たちは新たな研究成果を論文にまとめ上梓した。(中略)／研究者の中では、タイトルと内容は乖離しており、札幌市とは関連性がないという主張がなされてきたのだ。／しかし、今回、私たちは開拓記念の「楡の廣場」が、札幌市大通公園西6丁目にある「開拓記念碑」の前にあるケヤキの広場であると断定するに至った。(中略)大通公園西6丁目の「開拓記念碑」の横に、この「札幌市」の詩碑を建立したい。そして、ぜひもう一度、賢治が私たち札幌市民にのこした「札幌市」という宿題を、皆さんとともに解いてみたいと考えている。

『「札幌市」の詩碑 建てたい』★宮沢賢治研究者の高橋励起さん

(北海道新聞・日曜版(二〇一九年(令和元年)一〇月十三日付))

(前略)詩の中に出てくる「開拓記念の楡の廣場」は中央区大通西6の開拓記念碑とその周りのケヤキを指す言葉と考えています。ケヤキは同じニレ科の落葉高木です。(中略)／詩の存在や賢治の関わりを市民に広く知ってもらおうとパンフレットもつくり、配布しました。詩碑建立の機運をぜひ盛り上げていきたいと考えています。

などとある。

論者の研究分野では一九八九以降に論文は無く、このたび新説を提示したということらしい。

論者は賢治作品の啓発活動を進めている宮沢賢治研究者とのことであるが、もしかしたら一九八二年の『北方文芸』十一月号・特集「北海道の中の宮沢賢

治」以降のことをご存じないのではないかと思われた。

そこで筆者は、拙稿の抜き刷りや記事等のコピーを一式用意して《リスト》をまとめ、(記事に毎回が記載されている勤務先名気付で) 論者宛に郵送して差し上げることにした。

質問状に、この三〇年のきれぎれを記した。

#### 四 三〇年のきれぎれ

拝啓 時下ますますご清栄のこととお慶び申し上げます。

突然に失礼します。旭川市在住の石本と申します。此度「宮澤賢治 心象スケッチ「二〇一九 札幌市」論」を拝読しました。久しぶりの《詩「札幌市」の研究》に期待しますが、拝読して疑問な点、お教えいただきたい点があり、お邪魔しました。その件は後程述べるとして、お目にかかったことは無いと感じ、ご挨拶がてら少々お話し致しますが御免下さい。

御稿に、宮沢賢治の詩は「永訣の朝」以外、「あまり知られていないのが現状」、詩「札幌市」は「一般的にはほとんど知られていない現状がある。」とありますが、これでも、いずれの認知度も三十年前と比べても彼我の差が有ると思います。発行物だけでなく、特にインターネットの普及で個人ブログでも詩「札幌市」や開拓記念碑に触れたものをわりと見かけます。半面、不十分・正確な「情報」も出されるが、詩解釈の変遷を射程に入れたものは稀です。

情報収集といえは、以前は電話や手紙で問合せ、訪問予約を要することも多かった上、たとえば、气象台を訪問しても、過去の記録では現在と使用記号が異なっていて、气象台の方に直接伺ってさえよく分からないということも有り

ました。

いろいろ垣根が高かったかもしれませんが、『宮澤賢治語彙辞典』は賢治研究上の金字塔の一つ(従って影響大)ですが、たとえば定本版に寄せた文章「宮澤賢治の語彙」にあるように、入沢康夫さんにも思い当たることが有ったそうです。小生の場合には『宮澤賢治語彙辞典』《楡の広場》項の解説をめぐって原字朗先生と通信往還する機会があり、開拓記念碑、大通、かなしき等を含む議論でしたが、それがその後どのように反映された(ている)か。『新・語彙辞典』(1999) 同項の追記部分のとおり、却って要が外れてしまいました。

定説を揺さぶる以前に、聞き届けられること自体が骨の折れる仕事です。現在では通説として捉えられている「賢治作品と北海道の関係」ですが、80年代以前を振り返れば今昔の感に堪えません「1」。

「1」『イーハトーブ札幌駅』所収「賢治百年 旭川周辺」参考。

賢治詩「札幌市」が以前どう分析され解釈されていたか。小生にとつて宝物のように親しんでいた作品だけに、その有様を知った時は衝撃でした。権威ある「定説」が有り、それに異を唱える論考は見当たらず、北海道の人たちまで陰に陽にそれを認めている。幾人かにお尋ねしても(「定説」とは怖いもの)殆ど受け流される。賢治北海道旅行を知らないというのだろうか。この詩を札幌にとにかく取り戻さなければと、構想を練って検討を開始—

詩「札幌市」を初めて読む人は、「へえ、宮沢賢治が札幌のことを詩に書いてるんだ。」と軽く驚くでしょう。素直に読めばそうなります。「賢治はこの日、札幌の、開拓を記念する楡の広場でかなしきを詩に詠んだ」と理解し納得するかもしれません。短い詩で、《いつ・どこで・何を》詠んだのかはすぐ分かる

と思う人は多いと思われれます。しかし、そのような理解や納得は抽象的どころか間違いです。

曖昧な理解に満足せず、具体的に詩を捉えようと試みたのは恩田逸夫氏です。氏の仮説は、それまで殆ど放置されてきた詩の日付の問題を捉え、見事にクリアしました。その見地から詩の《いつ・どこで・何を》に解釈を与えた、その独創によって拓かれた地平の総体が所謂《舞台Ⅱ花巻論》です。舞台は花巻だというのが《舞台Ⅱ花巻論》なのではありません(以上は《舞台Ⅱ札幌論》でも同じこと)。この仮説に対する反論は特段見られぬままに時が経ち、(十年以上経つても斎藤征義さんはこの説を支持し、)その仮説は《権威ある「定説」》になっていった。

この《舞台Ⅱ花巻論》に比べて、日付の問題を含めた詩の《いつ・どこで・何を》を解釈するものとして、より確かそうな仮説を立てる人は長い間いない。詩解釈の一環として碑や大通西六広場を同定した人もいない。難しい挑戦と予想されました。

「賢治と「札幌市」」を書きました。斯界の様相も知らぬ身には姿の見えぬ巨人に組みつくようなもので、不用意に躓かぬよう顧慮しました<sup>[2]</sup>。批正対象の名指しを避け、解釈に選択の余地があるなら切り捨てずに写真でも語り、金字塔「堀尾年譜」に従って日取りを検証する。一般読者の詩への関心も集まるようスタイルに意を用いる、など。稿は1990年になって洋々社『宮沢賢治』第十号に掲載されました。

全国版専門誌なので《舞台Ⅱ花巻論》を支持する相応の方々目の目に留まったはずで、何処からかお叱り(反論、抵抗)が来るか注視しつつ、一方、授業や講座で《舞台Ⅱ開拓記念の楡の広場論》の講義・解説を継続。追々、講演や企画参加の機会に与るようになります。

[2] 「イーハトーブ サッポロ市」『宮沢賢治―科学と祈りのこころ』、洋々社版「賢治と「札幌市」」『宮沢賢治』101参照。

待つこと数年、結果として拙稿の主題を論難する論考には出会いませんでした。拙稿・拙論を紹介するコメントは多少有ったが、旧説《舞台Ⅱ花巻論》を支持する論はその後も見かけず、この間を振り返れば、賢治詩の札幌帰帰は静かに進行していたような淡い触感が有ります。

十五後にこの稿を収載した著書を刊行し、賢治学会・札幌セミナーで「賢治『修学旅行復命書』を歩く」ツアーも行いました<sup>[3]</sup>が、この頃ようやく開かれた場で「新説」と呼ばれたように思います。《権威ある「定説」》がこれからは「旧説」と呼ばれるようになっていくのか、詩「札幌市」は札幌に帰って来ている、と思われました。今や《舞台Ⅱ花巻論》を知る人も少ないでしょう。

そこで先程の逸話ですが、かつて入沢さんとお話したことには、あの時点では、《楡の広場》の解説が修正されるか、《開拓記念の楡の広場》の項が新設されるかしていれば、賢治詩の札幌帰帰はもっとスムーズだったと思います(別背景も多少聞き及んではいますが)。

[3] 「賢治『修学旅行復命書』を歩く」『旭川国文』88及び「開拓記念の楡の広場に」(旭川高専『研究報文』5)参照。

付言すれば、《舞台Ⅱ札幌論》における(一九三三年八月一日の午後が作品の着想時期)の件が2005年時点の見解ではない点は、著書「あとがき」にことわり書きが有り、背景も示したので確認は比較的容易と思います。修正を施した代替の仮説はその後の論考<sup>[4]</sup>で述べました。ただ、いずれにせよ着想時期の問題は、真に正確な旅程の解明と明確な物的証拠の出現でもない限り、



あくまでも仮説です。

〔4〕「開拓記念の楡の広場に」（旭川高専『研究報文』）を参照。

右に、これまでどこかで話したり書いたりしたことを幾つか拾って並べました。「どこかで話してきたこと」はいずれ整理してまとめる予定ですが、説明不十分な所があれば、随所「」書きに触れた主な文献の複写類を新聞記事も含めて同封しますのでご参照ください。また、賢治研究上、お勧めしたいものに、ブログ【緑いろの通信】と【宮沢賢治の詩の世界（mental sketches hyperlinked）】が有ります。特に後者では、論文類を含めた豊富な賢治情報を幅広く提供くださっています。

「宮沢賢治 イーハトーブ札幌駅」や「開拓記念の楡の広場」,「楡の広場 札幌」,「宮沢賢治 修学旅行復命書」などをインターネットで検索すれば、このブログも拙稿のことも、上位にヒットすると思います。

さて、先般、『日本近代文学会北海道支部会報』22号を読んだ方が、稿の要旨と著者関連情報をお知らせくださいました。『宮沢賢治 イーハトーブ札幌駅』以外のものを参照してない可能性があり、直接確認なさってください、との旨ご指摘があり、遅まきながら、「宮沢賢治 心象スケッチ 「二〇一九札幌市」論」を拝読。成程と思いました。「復命書をたどるワークシヨップ」を取材した記事等も読みました。

先にワークシヨップの記事でお尋ねしたいのですが、この「石碑」がいまも大通西6丁目にある「開拓祈り念碑」ではないかと、研究者たちが指摘し

ています。今回高橋先生たちは、そこに新たな解釈を加えました。とあるところ、既に触れたように、〈研究者たちが指摘〉していることを小生は詳しく知りません。どのような方たちがどこで指摘しているか、ご教示くだされば幸いです。

次いで御稿ですが、分析は割愛します。話題は「一、背景」の最終段落（前半）とその一つ手前の段落に絞ります。

最終一つ手前の短い段落で、「他に、」と添加（付加）されるのが著書『宮沢賢治 イーハトーブ札幌駅』です。これについて、〈著者は二〇〇五年に書いたこの書の中で、賢治の旅の行程と天候を調査して一九二三年八月一日の午後が作品の着想時期として最有力とし、「札幌市」は花巻の情景からではなく、北への感傷旅行を思い出した綴った「思い出の詩」であると論じた。〉と概説されています。もとよりその説は2005年に書いたものではありませんし、それよりも、この段落には「開拓記念の楡の広場」や「開拓記念碑」、「大通西六」、「修学旅行復命書」等の語句が見られず、それがなぜなのかが分かりません。重要語句だと思いませんが。

最終段落前半は、言語明快な本文全体に似ず、含意不明瞭な語や指示語が散見されて読み取りづらく感じます。「三十年以上前」のものは『北方文芸』（1982）を指すと思いますが、〈尊重しながらも〉という（先人が培ってきた解釈）が、どれを指しているのか、読んでいて分かりませんでした。ご解説いただければ幸いです。

当該部は、縮約するところ、次のような指摘と理解されます。

《他に、作品を「思い出の詩」と論じた著書（2005）があるが、これを除けば、／

残念ながら、詩「札幌市」に関する考察・研究は三十年以上前からなされていない現状がある。》

これについてお尋ねしたいのですが、

詩「札幌市」に関する考察・研究は、参照可能なものを調べても確認されなかったのでしょうか。

また、著書概説ですが、「思い出の詩」と論じた」というのがその論考の主意である、との指摘でしょうか。

締め括りに、当該部について感想と意見を添えさせていただきたいと思えます。

これも亦見えぬ相手と組み合うようなものと思いましたが、やはり見過ごしはよくないと判断しお伝えすることにしたものです。

右縮約1行目は添加(付加)部分と見受けられ、2005年の著書のこと辛うじて触れられている様子ですが、仮にこれが無く、2行目だけだったなら支障が生じると思います。これから先、賢治詩「札幌市」解釈変遷史を考究しようとする人が現れて参照した場合、その人の考究過程に、不要な迂回作業(点検・確認、修正の手間)を課すことが案じられます。研究的態度として好ましいこととは言えません。

……詩「札幌市」に関する考察・研究は三十年以上前からなされておらず、先人が培ってきた事を聞くようにも、亡くなった方もいてできないが、継承するのが務めである。……

詩「札幌市」に関する研究について聞くよう努力するならば、先の〈指摘〉

しているという〈研究者たち〉にお尋ねになれば宜しいことで、考察・研究ばかりか、人までなくなるといふのは誠に忍びないことです。

思いのほか長くなり失礼しました。誤読や誤認があればご指摘賜りますようお願い申し上げます。

末筆ながら一層のご発展をお祈り申し上げます。

令和二年五月二十六日

敬具

\*

抜刷りや記事のコピーとともに同封したのが左のリストである。

《同封したリスト》(宮沢賢治詩「札幌市」稿関連リスト)

1) 「賢治と『札幌市』」

…洋々社『宮沢賢治』第十号・1990. 11

…賢治詩「札幌市」に関する《舞台Ⅱ花巻》説(旧説)に対して、《舞台

Ⅱ札幌》説(新説)を立てる。

2) 『宮沢賢治イーハトーブ札幌駅』…響文社2005. 8

…洋々社『宮沢賢治』10号・12号、『北方文芸』350号等に掲載した1990年以降の宮沢賢治論考を収録。「賢治と『札幌市』」、「馬は嘔み、

馬は冷たく、「二つの『津軽海峡』」、「宮沢賢治立ち寄り地―生誕百年・旭川周辺」、「雨ニモマケズと論語」、「タネリの地勢」等

3) 「賢治『修学旅行復命書』を歩く―宮沢賢治札幌セミナー(二〇〇五)から」：『旭川国文』(道教大旭川国語国文学会) 20号2006. 3  
：賢治「修学旅行復命書」に基づく、札幌における賢治の足跡を検証し、賢治詩「札幌市」《舞台Ⅱ札幌》説を補足。宮沢賢治学会「札幌セミナー」ツアーでの実地検証も紹介。

4) 「開拓記念の楡の広場に―宮沢賢治札幌セミナー(二〇〇五)その後」  
：旭川高専『研究報文』44号・2007. 3  
『J-STAGE』(科学技術情報発信・流通総合システム)にて公開(PDF)  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/asahikawa/44/0/44\\_KJ00004686765/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/asahikawa/44/0/44_KJ00004686765/_article/-char/ja/)

：賢治詩「札幌市」《舞台Ⅱ札幌》説における、開拓記念碑及び大通西6広場の同定。また、賢治北海道旅程の見直しがなされたことを受けて着想時期の修正案を示す。

5) 「イーハトーブ サッポロ市」  
：『宮沢賢治く科学と祈りのこころ』2016. 9, 平成28年度開催  
覧会図録(北海道立文学館)  
：賢治詩「札幌市」に関する《舞台Ⅱ花巻》説(旧説)の位置づけについて整理し、《舞台Ⅱ札幌》説を立てた事情について解説。

## 五 おわりに

論者が研究機関の方であれば、論文掲載に至るまでの流れを所属先の先生方に直接お尋ねすることができたろう。返事を待つ間に、掲載誌を発行する、日本近代文学会北海道支部事務局に問い合わせをした。直接引用は避けるが、論文掲載に関する説明は概ね次のようであった、

「支部例会で発表したものを投稿した論文である。発表の際に意見が出たが、投稿論文に関して助言は行われていない。掲載誌は、会員が自由に投稿できるもので査読雑誌ではない。指導下にある学生であれば、教育的配慮から添削した上で掲載する。学外の会員の投稿に関してはそのまま掲載するのが原則であり、その内容に関して事務局はお答えする立場にはない。」と。

標準的な規約上の流れと思われる。

しばらくして論者から回答の文書と電話とがあった。発表稿について補足なり注記なりを、追って施すお考えも無いようである。質問状と回答文書については、文書中に表れる方々等関係者に対して、論者自身から直接お見せすることができるとのことであった。

そうしていただくことになったが、その後のことはわからない。

これらのことについて、もし筆者に判断の誤りや論文・記事類の誤読があれば是非ご指摘いただきたいのだが、質問状に対する回答の中で、発表稿に関する事情説明は要点を抜き出せば、

作品や作品論に関する研究・考察は、イーハトーブセンターを尋ね、担当者の方と過去の論考について調べた結果である。

詩「札幌市」に関する石本《舞台Ⅱ札幌論》は現在の定説であると考えられており、定説を自分の論考にわざわざ記載する必要はないと考えた。

賢治記念館の某氏や北海道大学の某教授、北海学園大学の某教授からは、研究者の権威ある定説を直接聞いてしまうかどうかでも萎縮してしまうから、フラットな立場で今感じている感性のまままで書いた方が良いというアドバイスを受けた。論文執筆については、両教授から細部にわたるまでご指導いただいた。

とのことである。

「これから先、賢治詩「札幌市」解釈変遷史を考究しようとする人が現れて参照した場合、その人の考究過程に、不要な迂回作業（点検・確認、修正の手間）を課すことが案じられます。研究的態度として好ましいこととは言えません。」「やはり見過ごしはよくないと判断しお伝えすることにしましたものです。」  
とは、先程述べた。