

旭川工業高等専門学校

研 究 報 文

第 49 号

JOURNAL

OF THE

ASAHIKAWA NATIONAL

COLLEGE OF TECHNOLOGY

NO.49

目 次 / CONTENTS

平成 24 年 3 月 / March, 2012

目 次

学術論文

グリーン関数の重ね合せ法による3次元応力解析 (軸対称引張問題)	石 井 悟 1 舟 根 智 那
大根収穫機の自動化に関する研究 第3報 —測域センサをベルトコンベア内部に設置した小型モデルによる実験—	大 柏 哲 治 9 石 井 誠 士 大 津 淳
酵母と細菌に対する乳酸水溶液の低温環境での殺菌能.....	富 樫 巖 22 永 井 一 輝 亀 田 剛
オビスギ材の水蒸気乾燥排気から回収した精油の防カビ性能評価.....	富 樫 巖 28 後 藤 隆 之 故・藤 本 英 人
6菌株の木材腐朽菌による木材分解反応に対する固定化トリコデルマの阻害効果	富 樫 巖 35 小野寺 愛 木 下 俊 祐
研究紹介	
一酸化炭素拡散火炎の火炎色に関する研究	野 宮 翼 42 立 田 節 雄
教職員研究業績目録.....平成22年11月～平成23年10月.....	52

CONTENTS

Papers

Analysis of Three-Dimensional Stresses by Superposing the Green's Function (Axisymmetric Tension Problem)	Satoru ISHII Tomona FUNANE	1
A Study on Automatic Loading Control in a Harvester of Japanese White Radish III. -Fabrication of Small Proto-type Models with a Laser Range Scanner inside a Belt Conveyor-	Tetsuji OKASHIWA Seiji ISHII Jun OTSU	9
Sterilization Ability of Aqueous Solution of Lactic Acid at low Temperature to Yeasts and Bacteria	Iwao TOGASHI Kazuki NAGAI Tsuyoshi KAMEDA	22
Evaluation of Antifungal Activity of Essential Oil Obtained by the Steam Drying of Obisugi (<i>Cryptomeria japonica</i>) Wood against Filamentous fungi	Iwao TOGASHI Takayuki GOTOH Hideto FUJIMOTO	28
Inhibitory effects of <i>Trichoderma</i> spp. immobilized to heated wood particles on wood degradation by six strains of basidiomycete	Iwao TOGASHI Ai ONODERA Syunsuke KINOSHITA	35
Study Introduction		
Quantitative Determination of Flame Colors in Carbon Monoxide Diffusion Flames	Tsubasa NOMIYA Setsuo TATSUTA	42
A list of other papers and lectures by the Faculties of this college.(Nov.,2010~Oct.,2011)		52

グリーン関数の重ね合せ法による 3次元応力解析 (軸対称引張問題)

石井 悟*
舟根 智那**

Analysis of Three-Dimensional Stresses by Superposing the Green's Function (Axisymmetric Tension Problem)

Satoru ISHII
Tomona FUNANE

Abstract

In this paper, three-dimensional stresses are analyzed by superposing the Green's Function. The stress concentration problems for the bar with semi-circular groove under uniform tension were treated, and the stress concentration factors and stress distributions were accurately obtained. Then these results were compared with the other researcher's one. Finally, the availability of this method to three-dimensional elastic problem is shown.

1. まえがき

境界値問題の数値解析法として、汎用コンピュータの出現以来、有限要素法¹⁾が工学・理学の広い範囲で使われている。有限要素法は非線形の問題も含めてほとんどの問題に適用でき、比較的精度の高い解を与える。しかし、しばしば未知数の数が多くなり、計算時間が長くなることから現実には十分な解が得られない場合が多い。これに対して、境界要素法²⁾という効率のよい方法が生み出され、広く使われるようになった。有限要素法が領域を部分領域に分割するのに対し、境界要素法は境界を部分境界に分けるため、分割数が有限要素法に比べて少なくてよい。また、均質で線形な問題では、有限要素法より解析精度がよく、計算時間も短いとされている。

本研究で扱う解析法は、グリーン関数の重ね合せ法³⁾であり境界法、選点法というものに相当する。有限要素法と比較したとき、境界要素法と同じような特徴をもっているが、境界要素法と比較して、原理が簡単でプログラミングが容易、数値積分が不要で計算時間が短い、なめらかな境界の問題で精度が高い、誤差評価が容易であるといった長所を持っている。

* 機械システム工学科教授

(平成 23 年 11 月 11 日受理)

** 生産システム工学専攻2年

ところで、著者らはグリーン関数の重ね合せ法の 2 次元弾性問題への適用として、まず円孔および半円切欠きを有する帯板の応力集中問題を解析し、応力集中係数を精度よく求めた⁴⁾。次に、弾性接触問題への適用として、2つの剛体平面で圧縮される円柱を解析し、接触応力を Hertz 解と比較し、両者が非常によく一致することを示した⁵⁾。さらには、弾性体内に空隙や介在物などの欠陥が存在するような 2 つの弾性場からなる問題への適用を行い、この種の問題に対する適用性を示した⁶⁾。このように、本解析法の適用は 2 次元弾性体に対するものに限られていたが、実際の機械・構造物は 3 次元の広がりを持つため、本解析法の 3 次元弾性体への適用を示すことは、機械・構造物の強度解析を行う上で、極めて重要であると考えられる。

そこで、本報告は、グリーン関数の重ね合せ法の 3 次元弾性問題への適用を示すことにする。一般的に、複雑な 3 次元形状を持つ物体を扱うことは困難なため、本報告では 3 次元問題を比較的容易に扱える軸対称問題として、環状半円切欠きを有する丸棒の応力集中問題の解析を行う。切欠き半径が異なる 3 種類を扱い、最小断面の応力分布を示すとともに、応力集中係数を他の研究者によって与えられている値⁷⁾と比較し、本解析法の 3 次元軸対称問題に対する適用性と有用性を示すことにする。

2. 理論および解析

2.1 基礎理論

領域 D 、境界 S から成る 3 次元弾性体が境界 S 上に、合応力 \vec{T} または合変位 \vec{U} を受けて静的に釣り合いを保っているものとする。物体力は働かないとすれば、変位ベクトル $\vec{u}(u_1, u_2, u_3)$ の満たすべき方程式は

$$\nabla \nabla \vec{u} + (1 - 2\nu) \nabla^2 \vec{u} = 0 \quad \dots (1)$$

である。ここでは ν はポアソン比である。また、この変位ベクトルより応力 σ は

$$\sigma = \frac{2\nu G}{1 - 2\nu} \nabla \vec{u} \mathbf{I} + G(\nabla \vec{u} + \vec{u} \nabla) \quad \dots (2)$$

と表される。ここで \mathbf{I} は単位テンソルである。この変位ベクトル \vec{u} はスカラーポテンシャル ϕ とベクトルポテンシャル $\vec{\psi}$ によって

$$\vec{u} = \nabla \phi + \nabla \times \vec{\psi} \quad \dots (3)$$

と表すことができる。今、3 次元無限体の原点に集中力 $\vec{P}_0 (= \vec{i}X_0 + \vec{j}Y_0 + \vec{k}Z_0)$ が働くときの ϕ と $\vec{\psi}$ は

$$\left. \begin{aligned} \phi &= \frac{(1 - 2\nu)}{2G(1 - \nu)} \frac{\vec{P}_0 \cdot \vec{r}}{r} \\ \vec{\psi} &= \frac{1}{2G} \frac{\vec{r} \times \vec{P}_0}{r} \end{aligned} \right\} \quad \dots (4)$$

と与えられる⁸⁾。ここで、 r は原点からの距離、 \vec{r} はその点までの位置ベクトルを示す。具体的には、 $q(x_1^*, x_2^*, x_3^*)$ 点に作用する集中力 $\vec{P} = \vec{i}P_1 + \vec{j}P_2 + \vec{k}P_3$ によって、 $p(x_1, x_2, x_3)$ 点に生ずる変位 u_1, u_2, u_3 は、(4) 式を (3) 式に代入することによって

$$\begin{aligned}
u_1 &= \frac{1}{4\pi G} \left\{ (1-\beta) \frac{P_1}{r} + \frac{\beta x_1}{r^3} (r_1 P_1 + r_2 P_2 + r_3 P_3) \right\} \\
u_2 &= \frac{1}{4\pi G} \left\{ (1-\beta) \frac{P_2}{r} + \frac{\beta x_2}{r^3} (r_1 P_1 + r_2 P_2 + r_3 P_3) \right\} \\
u_3 &= \frac{1}{4\pi G} \left\{ (1-\beta) \frac{P_3}{r} + \frac{\beta x_3}{r^3} (r_1 P_1 + r_2 P_2 + r_3 P_3) \right\}
\end{aligned} \quad \dots (5)$$

となる。ここで、 $r_1=x_1-x_1^*$, $r_2=x_2-x_2^*$, $r_3=x_3-x_3^*$, G は横弾性係数, β は

$$\beta = \frac{1}{4(1-\nu)} \quad \dots (6)$$

と与えられている⁸⁾。

本報告では、軸対称問題を扱うので集中力成分も図 1 のように円柱座標系で表す。 x_3 軸に対して対称のため、 x_1-x_3 平面のみ考えることにする。このとき、円柱座標系成分(P_r, P_θ, P_z)は ρ = 一定の円柱上では一定値となる。また、直交座標系成分(P_1, P_2, P_3)とは

$$\left. \begin{aligned}
P_1 &= P_r \cos\theta - P_\theta \sin\theta \\
P_2 &= P_r \sin\theta - P_\theta \cos\theta \\
P_3 &= P_z
\end{aligned} \right\} \quad \dots (7)$$

なる関係がある。本報告では、引張問題しか扱わないので、ねじり問題に対する集中力成分 P_θ はゼロとすることができる。円柱座標系でグリーン関数 φ と $\vec{\psi} = (\psi_1, \psi_2, \psi_3)$ を表すと、(3)式より

$$\left. \begin{aligned}
\varphi &= \frac{(1-2\nu)}{2G(1-\nu)r} \left\{ P_r (x_1 \cos\theta - \rho) + P_z (x_3 - x_3^*) \right\} \\
\psi_1 &= \frac{1}{2Gr} \left\{ -P_r \sin\theta (x_3 - x_3^*) - P_z \sin\theta \right\} \\
\psi_2 &= \frac{1}{2Gr} \left\{ P_r \cos\theta (x_3 - x_3^*) - P_z (x_1 - \rho \cos\theta) \right\} \\
\psi_3 &= \frac{1}{2Gr} \left\{ P_r x_1 \sin\theta \right\}
\end{aligned} \right\} \quad \dots (8)$$

となる。

2.2 半円切欠を有する丸棒の引張問題

図 2 に示すように、半径 a の環状半円切欠きを有する直径 $2b$ 、長さ L の丸棒に一樣な引張応力 σ_0 が負荷される応力集中問題を考える。形状は $L/b=6.0$ で、切欠半径 $a/b=0.25, 0.5, 0.75$ の 3 種類の形状について解析を行う。材料定数は $E=206\text{GPa}$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ とした。また、図 2 は対称性より 1/4 のみ図示している。

2.3 境界分割とグリーン関数

図 2 に示すように、境界 S を N 分割し、その中央に選点 (ξ_j, η_j) を設ける。集中力は、実際の境界を拡大 (縮小) した仮想的な境界 S^* 上に配置する。 S と S^* の距離 t は、境界 S を仮に N 等分したときの長さを h とし、

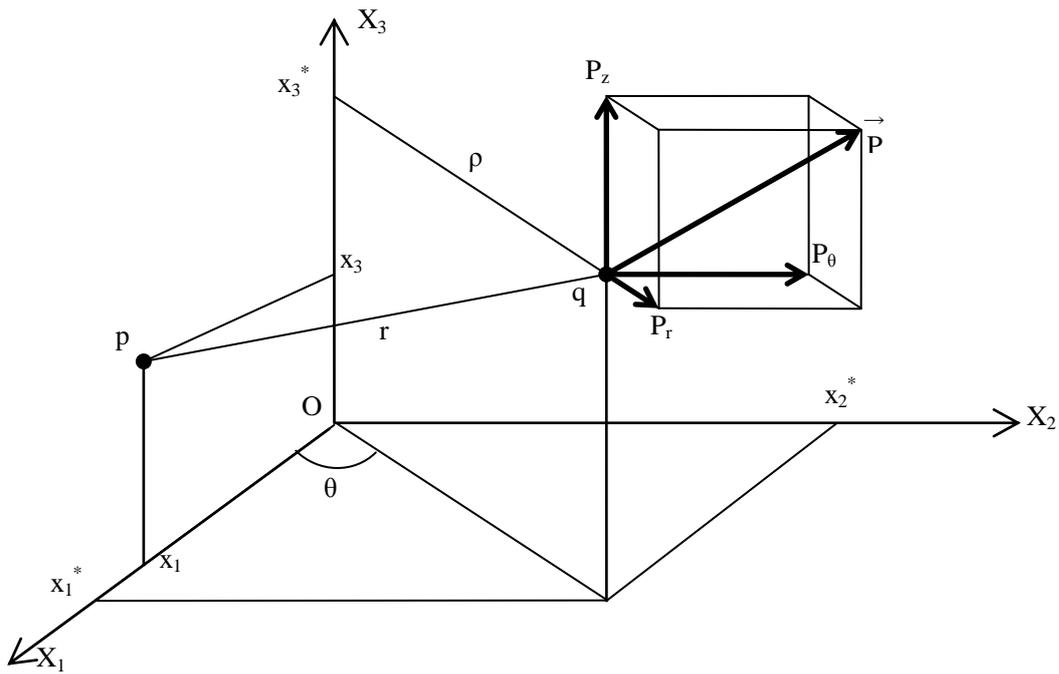


図1 円柱座標系における集中力成分

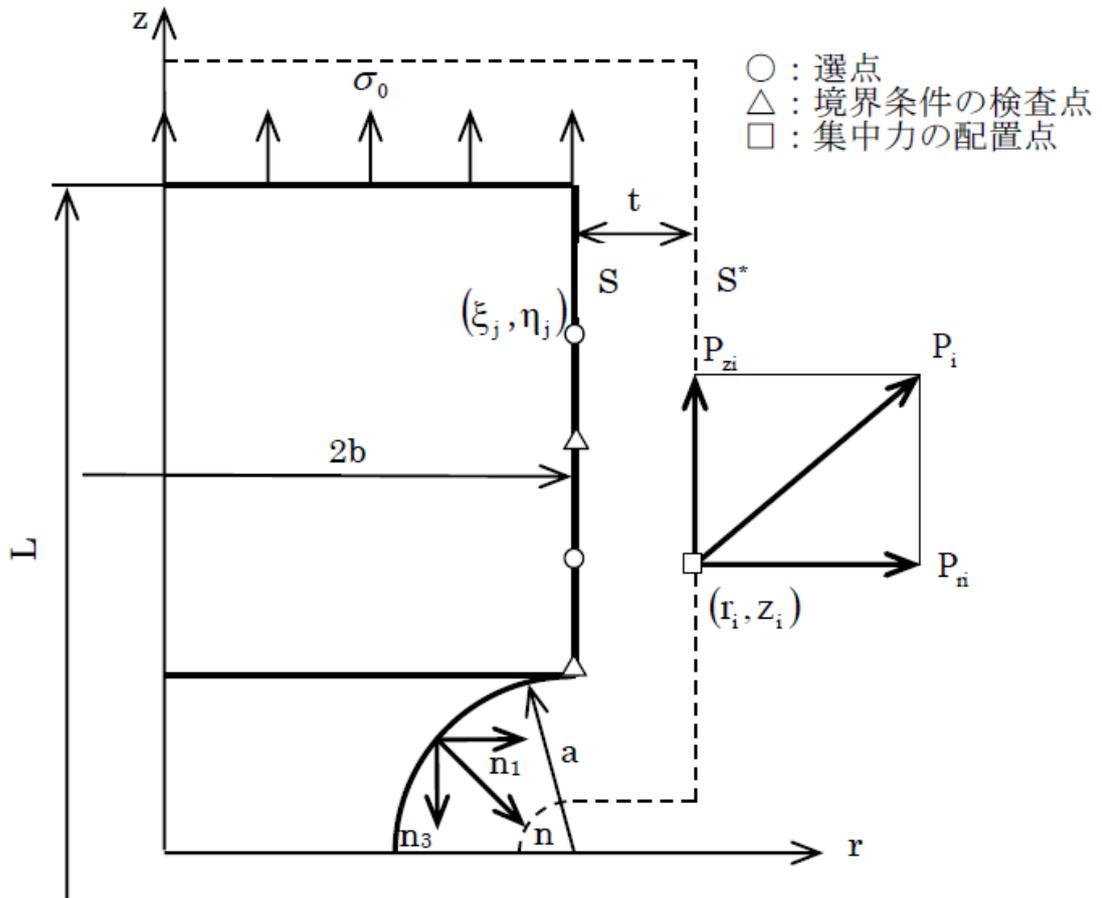


図2 形状、荷重条件および境界分割

この h に適当な距離係数 α_s ⁹⁾ を乗ずることによって決定する。

$$\mathbf{t} = \alpha_s \cdot \mathbf{h} \quad (\alpha_s > 0) \quad \dots (9)$$

さて、 S^* 上の点に配置された N 個の集中力 $\bar{\mathbf{P}}_i$ によるグリーン関数はそれぞれ φ_i , $\bar{\psi}_i$ として

$$\left. \begin{aligned} \varphi &= \sum_{i=1}^N \varphi_i \\ \bar{\psi} &= \sum_{i=1}^N \bar{\psi}_i \end{aligned} \right\} \quad \dots (10)$$

と表される。境界条件は

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= \sigma_{11} \cdot \mathbf{n}_1 + \tau_{13} \cdot \mathbf{n}_3 \\ T_3 &= \tau_{13} \cdot \mathbf{n}_1 + \sigma_{33} \cdot \mathbf{n}_3 \end{aligned} \right\} \quad \dots (11)$$

となる。ここで、 \mathbf{n}_1 , \mathbf{n}_3 は、境界の外向き法線ベクトルの x_1 方向, x_3 方向成分である。したがって、この問題は境界上の N 個の拘束点 (ξ_j, η_j) で、 $2N$ 個の境界条件を満たすように、 $\bar{\mathbf{P}}_i (P_{ii}, P_{zi})$ を決定すればよいことになる。これは、 $2N$ 元の連立一次方程式となり、ガウスの消去法等で未知量 $\bar{\mathbf{P}}_i (P_{ii}, P_{zi})$ を求めることができる。

本解析では、**図 2** のように選点と選点の間に境界条件の検査点を設け、解析精度の判定を行った。判定基準は

$$\left. \begin{aligned} \left| \frac{T_1^e - T_1^g}{\sigma_n} \right| &\leq 1.0 \times 10^{-2} \\ \left| \frac{T_3^e - T_3^g}{\sigma_n} \right| &\leq 1.0 \times 10^{-2} \end{aligned} \right\} \quad \dots (12)$$

とした。ここで、 σ_n は基準応力で、 $\sigma_n = \sigma_0 \cdot b^2 / (b-a)^2$ である。

T_1^e , T_3^e は境界条件として与えられた合応力成分, T_1^g , T_3^g は本解析から求められた合応力成分である。

(12) 式を満たすように、分割数 N および距離係数 α_s を変えながら解析することになる。

3. 解析結果

本解析では、 a/b のすべての場合において (12) 式の判定基準を満たした。このときの境界の分割数 N , 距離係数 α_s は、 $a/b=0.25$ の場合、 $N=210$, $\alpha_s=9.0$, $a/b=0.5$ の場合、 $N=210$, $\alpha_s=10.0$, $a/b=0.75$ の場合、 $N=210$, $\alpha_s=12.0$ であった。

環状半円切欠きを有する丸棒の引張問題に関する応力集中係数は、多くの研究者によって検討されているが、ここでは、村上の結果⁷⁾と比較検討する。

なお、応力集中係数は、切欠き底における応力 σ_{33} の最大値を最小断面公称応力 σ_n で除して求めた。

$$\alpha = \frac{\sigma_{33\max}}{\sigma_n} \quad \dots (13)$$

ここで、 $\sigma_n = \sigma_0 \cdot b^2 / (b-a)^2$ である。

図3は半円切欠きを有する丸棒について応力集中係数を比較したものである。この図から本解析における結果が村上の解と非常によく一致していることがわかる。このことから、本解析法の有用性が確認できる。

図4は、3種類の環状半円切欠きを有する丸棒における σ_{33} の最小断面応力を示したものである。この図から、

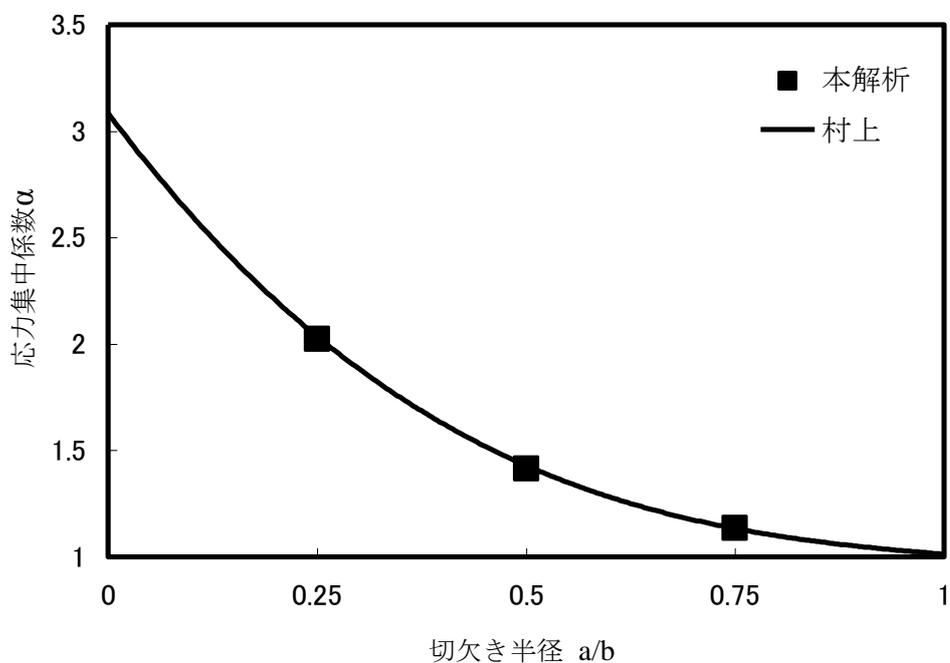


図3 応力集中係数の比較

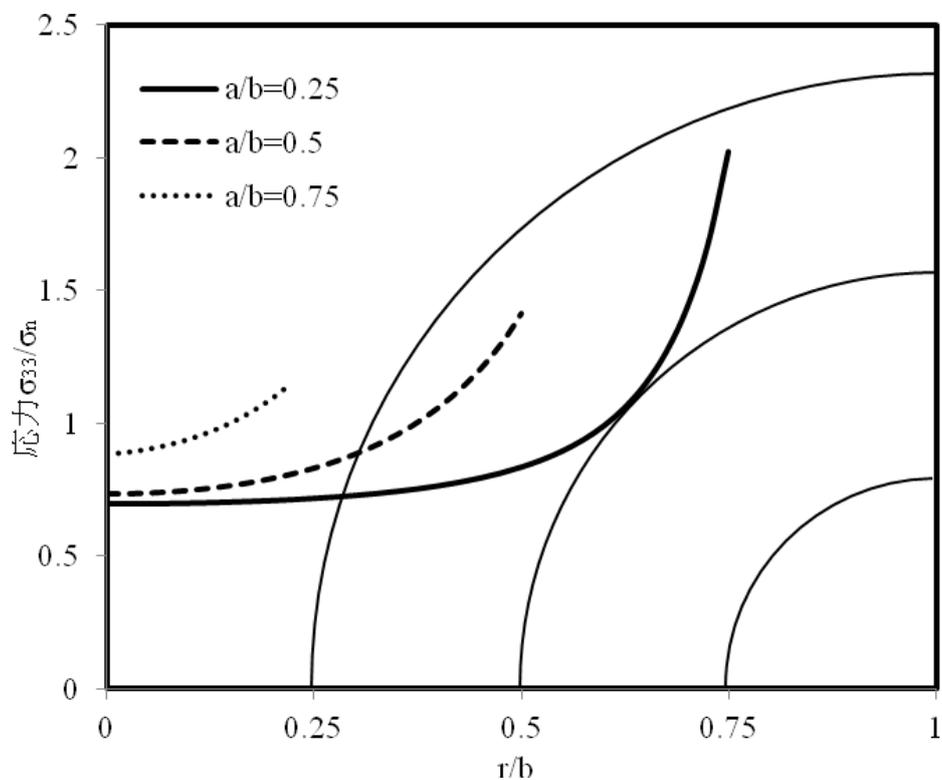


図4 最小断面の応力分布

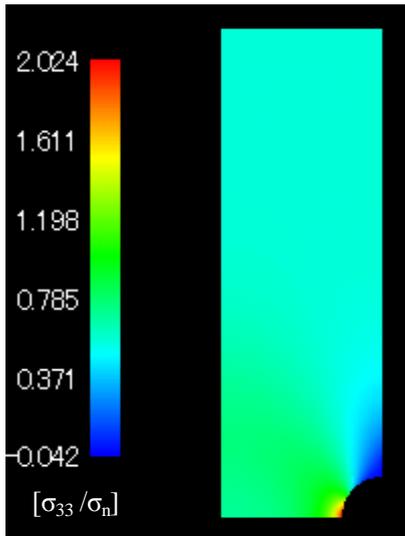


図 5 応力 σ_{33} ($a/b=0.25$)

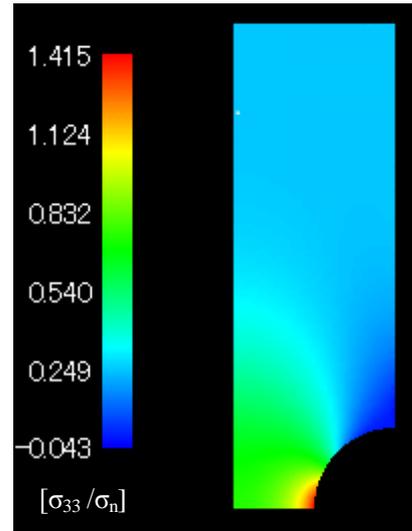


図 6 σ_{33} ($a/b=0.5$)

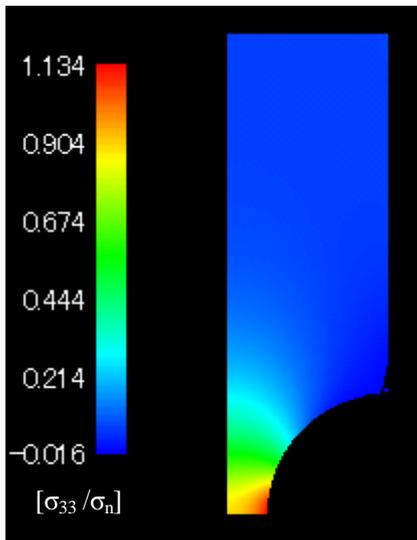


図 7 応力 σ_{33} ($a/b=0.75$)

切欠き半径が大きくなるに伴い、切欠き底における応力勾配が小さくなることを確認できる。

図 5~7 に応力 σ_{33} の棒全体の応力分布を示す。これらの図からも切欠き半径が小さなものほど切欠き底で大きな応力が生じていることが確認できる。

4. まとめ

本報告は、グリーン関数の重ね合せ法を 3 次元弾性問題へ適用した。複雑な 3 次元形状を持つ物体を扱うことは困難なため、3 次元問題を比較的容易に扱える軸対称問題として、環状半円切欠きを有する丸棒の応力集中問題の解析を行った。その結果、本解析で求められた応力集中係数が村上の解と非常によく一致することを示した。また、最小断面と棒全体の応力分布も示した。これらのことから、3 次元軸対称問題に対する本解析法の有用性と適応性を示すことができた。

参 考 文 献

- 1) O.C.ツィエンキーヴィッツ, マトリックス有限要素法, 培風館 (1975)
- 2) 田中正隆 他, 境界要素法の基礎と応用, 丸善 (1982)
- 3) 村島定行, 代用電荷法とその応用, 森北出版 (1983)
- 4) 石井, 旭川工業高等専門学校研究報文, 第 31 号(1994)
- 5) 石井, 旭川工業高等専門学校研究報文, 第 40 号(2003)
- 6) 石井, 旭川工業高等専門学校研究報文, 第 42 号(2005)
- 7) 日本機械学会編, 機械工学便覧 A4 材料力学基礎編, 日本機械学会 (1982)
- 8) 国尾武, 固体力学の基礎, 培風館 (1977)
- 9) 岸田・藤村, 機論, 48-427, (1982)

大根収穫機の自動化に関する研究 第3報

— 測域センサをベルトコンベア内部に設置した小型モデルによる実験 —

大 柏 哲 治^{*}
石 井 誠 士^{**}
大 津 淳^{***}

A Study on Automatic Loading Control in a Harvester of Japanese White Radish III.
-Fabrication of Small Proto-type Models with a Laser Range Scanner inside a Belt Conveyor-

Tetsuji OKASHIWA

Seiji ISHII

Jun OTSU

Abstract

We reported previously that a laser range scanner fitted under the front of a conveyer can successfully search for optimal spaces to load radishes into the container of harvesters, and that an automatic controller can move effectively the conveyer and the container to the optimum spots by receiving signals from the scanner. However, the fitting of the scanner under the front of the conveyer may damage radishes when dropping from the conveyer to the container through a relatively long distance, due to the space for the scanner.

In this paper we report the fabrication of a new system in which the scanner is set inside the conveyer to make the radish dropping distance shorter. The new system worked well without the damage of radishes.

1. 緒 言

北海道上川地区では大根生産が大規模に行われており、収穫には大根収穫機が用いられている。農業における担い手不足とコストダウンのため大根収穫機も自動化による省力化が求められている。前報^{[1][2]}と本研究は、大根収穫機の大根積み込み装置による積み込み作業の自動化を行うことを目的としている。積み込み作業を自動化することにより、作業員の人数を減らしコストを削減することができる。

前報⁽¹⁾では、大根積み込み装置小型モデルに搭載したコンテナ内の一カ所で、大根が積み重なり山になったことをセンサで検出し、コンベアを大根がまだ積み込まれていない位置に移動させることを繰り返し、コンテナ内に十分に大根を積み込むことを自動で行うことを目的とした実験結果を報告した。センサとし

* システム制御情報工学科准教授

(平成 23 年 11 月 11 日受理)

** 石井鉄工場

*** 旭川高専専攻科

て測域センサを用い、コンベアの移動はティーチング・プレイバックにより行った。しかし、**図1**のように測域センサがコンベア前方下部に突き出すように取り付けられているため次の欠点がある。

- ・コンテナとコンベアを測域センサの大きさより接近させることができない。
- ・大根のコンベアからの落下距離が大きく、大根に傷がつく。

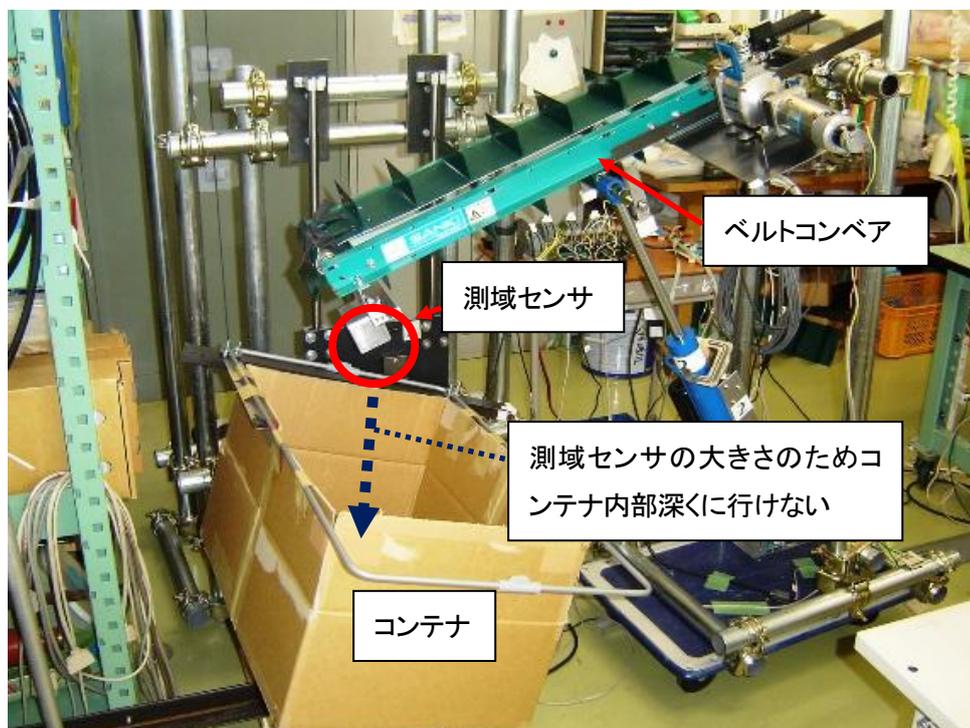


図1 ベルトコンベア前方下部に取り付けた測域センサ

この2つの欠点を解消するためには、測域センサをコンベア内部に取り付けるのが最も良い方法である。本報では、測域センサをコンベア内部に取り付けてもコンテナ内部の積み込み状況を検出可能にする、コンベアの構造と、検出方法について検討する。

2. 実験方法

2.1 コンベア内部の測域センサ取り付け位置

大根積み込み装置小型モデルのベルトコンベアのベルトをはずした様子を**図2**に示す。

ベルトコンベア先端内部に測域センサ（URG-04LX-UG01 北陽電機製）をボルトでコンベア側板に固定した（**図3**）。

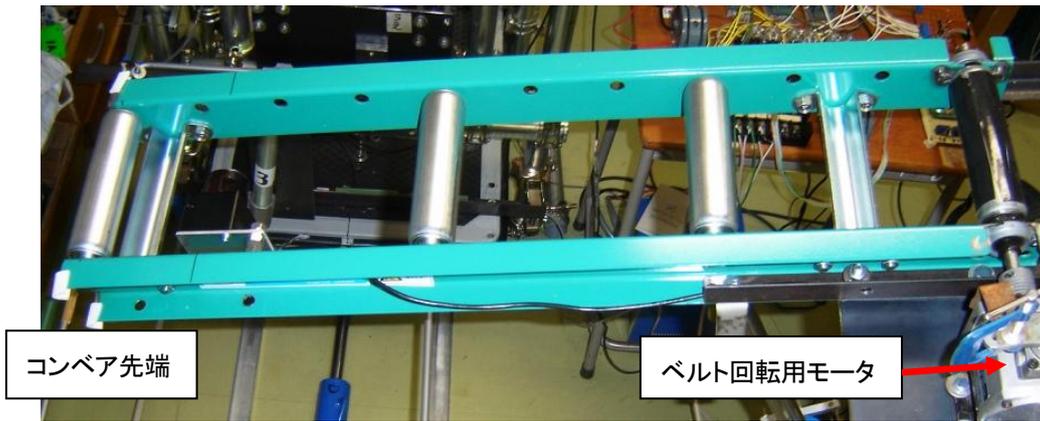


図2 ベルトを外したコンベアの外觀



図3 (a) 測域センサ取り付け (横から見る)

図3 (b) 測域センサ取り付け (上から見る)

2.2 ベルトの加工

幅150mm、100mm間隔で高さ50mm、厚さ約5mmの薄い突起が付いているベルトを用意した(図4(a))。



図4 (a) ベルト

図4 (b) ベルトにあけた穴

このままでは、ベルトで測域センサからのレーザー光が遮られ、コンテナ内部の大根積み込み状況を検出することができないので、ベルトを加工し、突起の間に約50mm×60mmの長方形の穴をあけ、突起には幅約60mmの溝をつけた(図4(b)に穴の様子、図5にベルトの寸法を示す)。加工したベルトをコンベアに取り付けた様子を図6(a)に示す。このコンベアベルトをコンテナに接近させたとき様子を図6(b)に示す。図1と比べてコンテナの端にコンベアがかなり接近できることがわかる。

コンベア下方のベルト穴から測域センサが見える様子を図7に示す。これで測域センサのレーザー光は図8のように、ベルト穴を通り、コンテナの積み込み状況を検出することができる。

現在製造・販売されている大根収穫機のコンベアを図9に示す。この収穫機においてはコンベアに巻いてあるのはベルトではなく、左右のチェーンと、その間に取り付けられた棒とゴム製突起からなるもので、左右のチェーンの回転と共に棒と突起も回転する。ゴムシートはコンベア上を流れる大根を上から押さえて、コンテナに入る前に落下するのを防ぐ。チェーン間に取り付けられた棒の間隔は約50mmから100mm、突起の間隔は約200mmで、それ以外は隙間が開いており、収穫機のコンベア内に測域センサを取り付けても、レーザー光は棒や、突起間を通り抜けることができるので、図10に示す作業中にコンテナの大根積み込み状況を検出することができる。

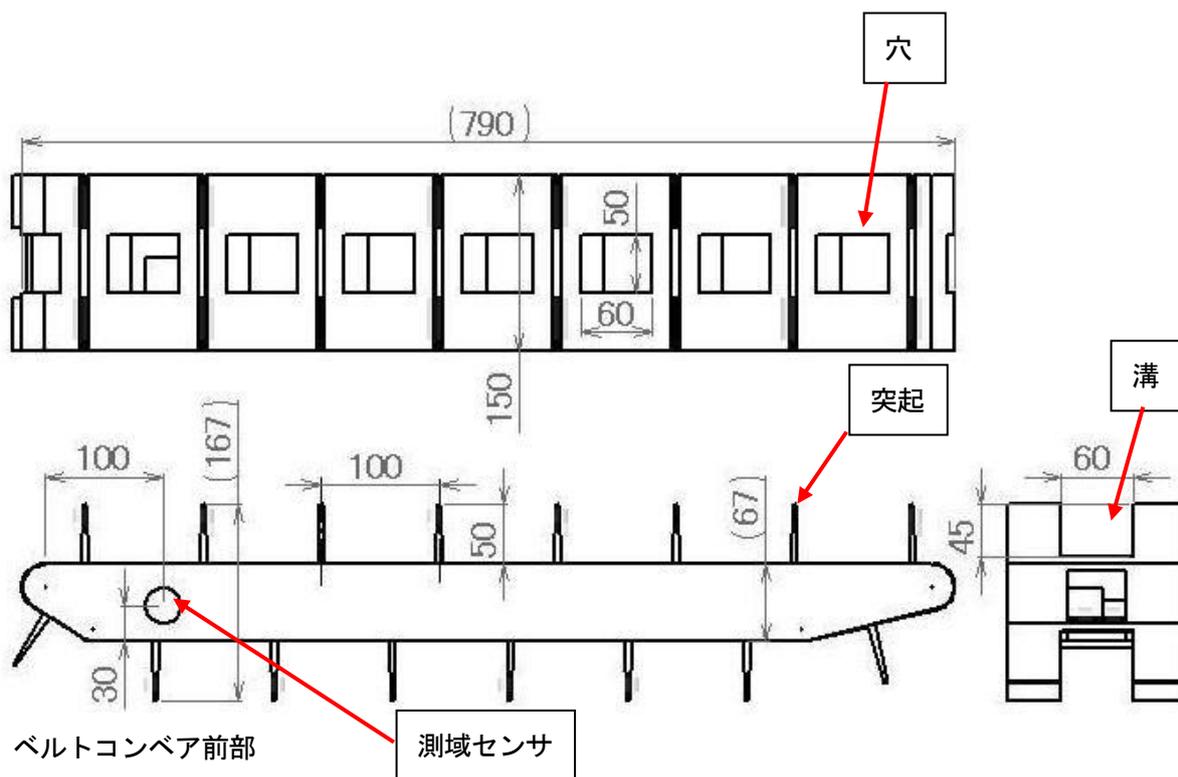


図5 ベルト寸法

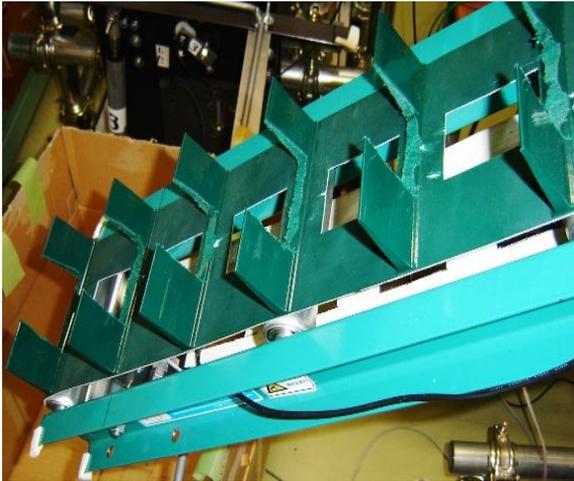


図6 (a) ベルトを取り付けた様子

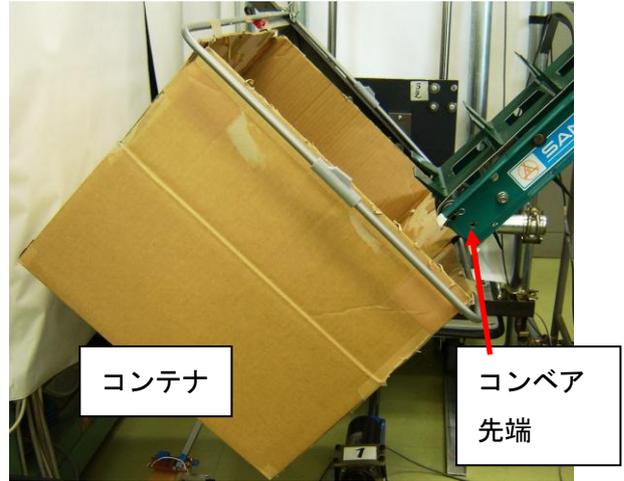


図6 (b) コンテナとコンベアを接近させた様子

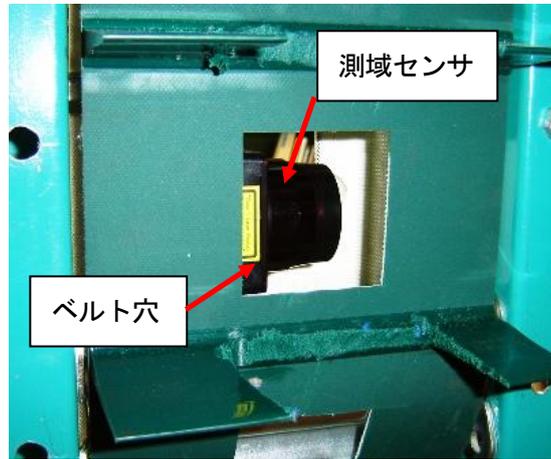


図7 ベルト穴から見える測域センサ

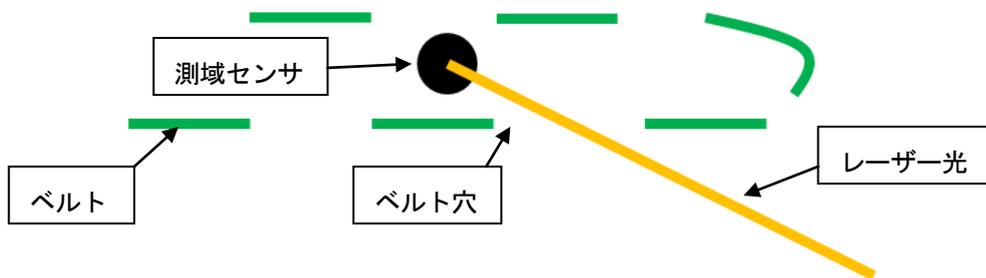


図8 レーザ光がベルト穴を通り抜ける様子

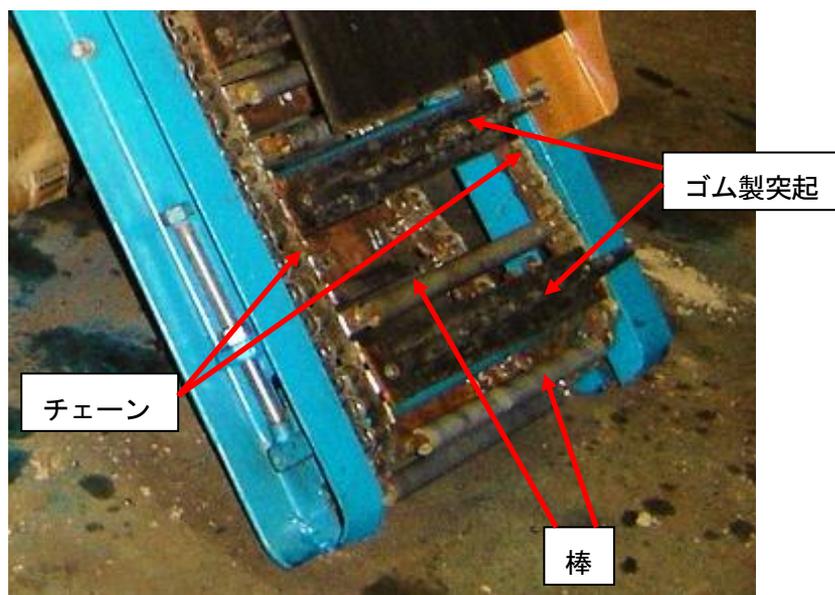


図9 大根収穫機のコンベア先端



図10 作業中のコンベア

3. 結果および考察

3.1 測域センサによるコンテナ積み込み状況の検出

コンテナに積み込まれる大根は、コンベアからの落下距離が30 cm以内であると大根に傷がつかないので、積み込み開始時のコンベア先端はコンテナ底部から約30 cmの高さにセットする。積み込みが開始され、大根がコンテナ内に重なって山になるが、山の高さが10 cmになったら、次の教示点にコンベアとコンテナを移動させる。具体的には、図11に示すように大根がコンベアから落下して20 cmだけy方向（鉛直方向）に下がった位置Aを測域センサで検出する。A点のx方向（水平方向）の位置は、コンベアから大根が落下した直後の、まだ大根とコンベアが接している時の、大根中心位置である。図の落下距

離Hは20cmである。コンベアの傾きが変わると測域センサの傾きも同じだけ変わるので、コンベアに固定した傾斜センサ (D5R-L02-60 オムロン製) により傾き角度変化を検出し、測域センサの検出位置を補正して常にA点を検出するようにした。

図12は、コンテナ内に大根が積み込まれたときの検出状況を示す。大根が積まれて高くなり、最高点がA点に到達すると大根が検出される。この時、この教示点で大根が十分に積み込まれたとしてコントローラに信号を送り、コントローラはコンテナを次の教示点 (まだ大根が山になっていない位置) に移動し大根を積み込む。

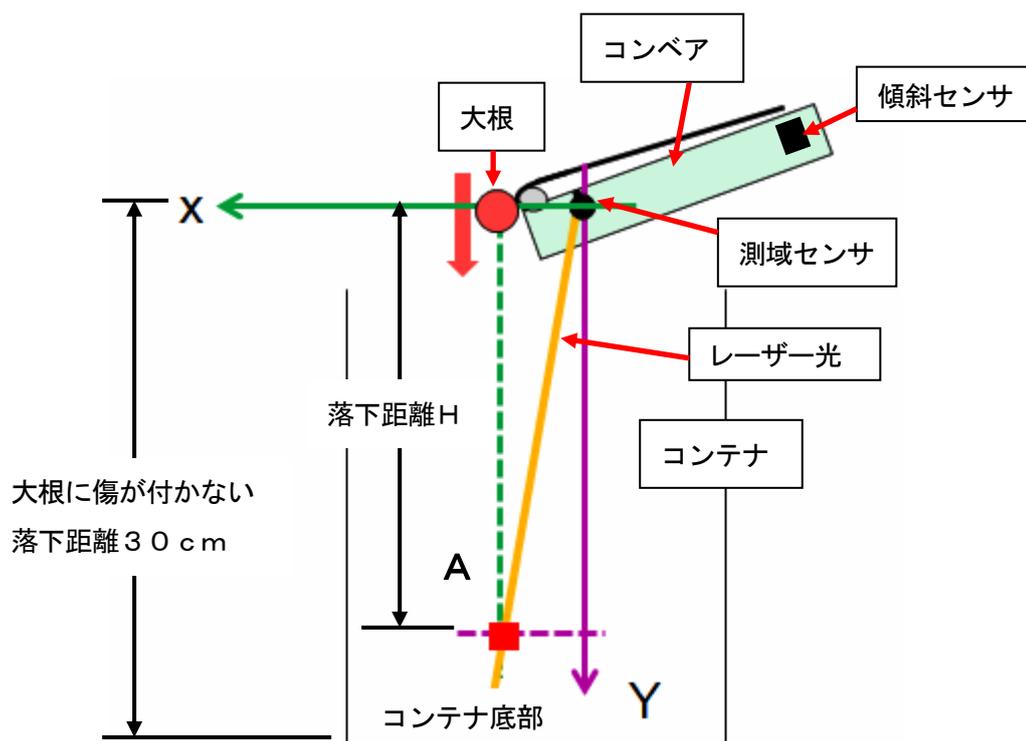


図11 測域センサによる検出位置

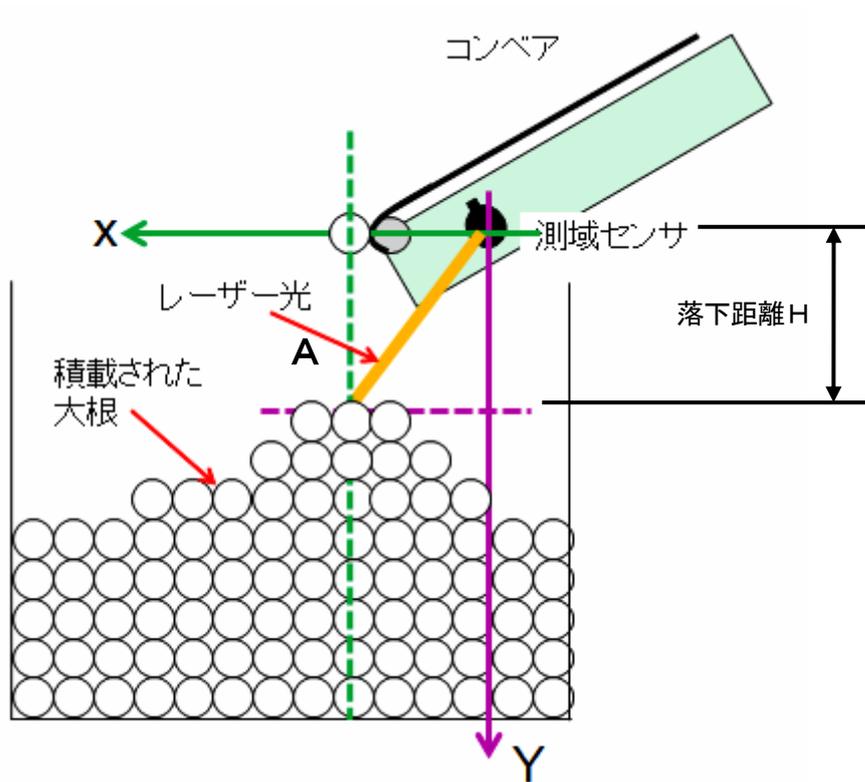


図12 コンテナ内に大根が積み込まれている様子

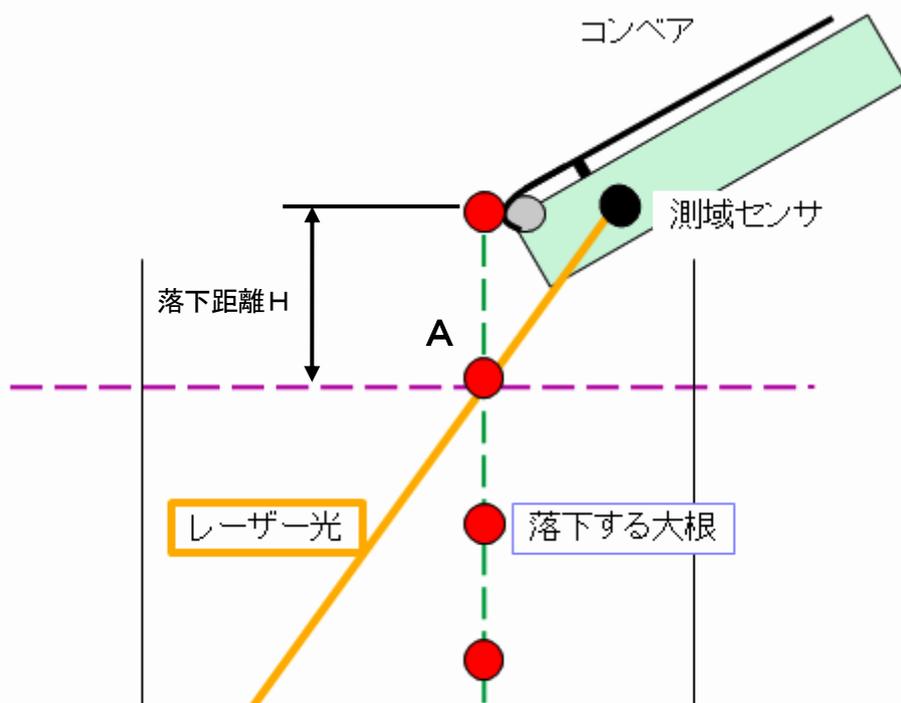


図13 コンベアから落下中の大根

しかし積み込まれた大根ではなく、**図13**のように落下中の大根を検出することもある。一定時間毎に測域センサでA点の大根を検出するが、その時に落下中の大根がA点を通過すると検出される。これは積み重なって山になり静止した大根の検出点ではないので無視しなければならない。本研究では、測域センサによりA点で一度検出された後、続けて2回検出された場合は**図12**のように積み込まれ山になった大根を検出したとして、コントローラに信号を送り次の教示点に移動する。A点で一度検出された後、続けて2回検出されない場合は落下中の大根を検出したとして無視し、コントローラに信号を送らないことにより落下中の大根の誤視を防ぐことができる。

3.2 教示点の移動によるコンテナ積込の平準化

上記の検出方法による積み込み実験を行った。大根の代わりに円筒形の紙筒を積み込んだ。ティーチングによる教示点は、コンテナの直線移動、回転移動、コンベアの上下移動があり複雑になるが、コンテナを固定して、コンテナに対する相対運動を用いて、コンテナ内に教示点移動を記入すると**図14**のようになる。

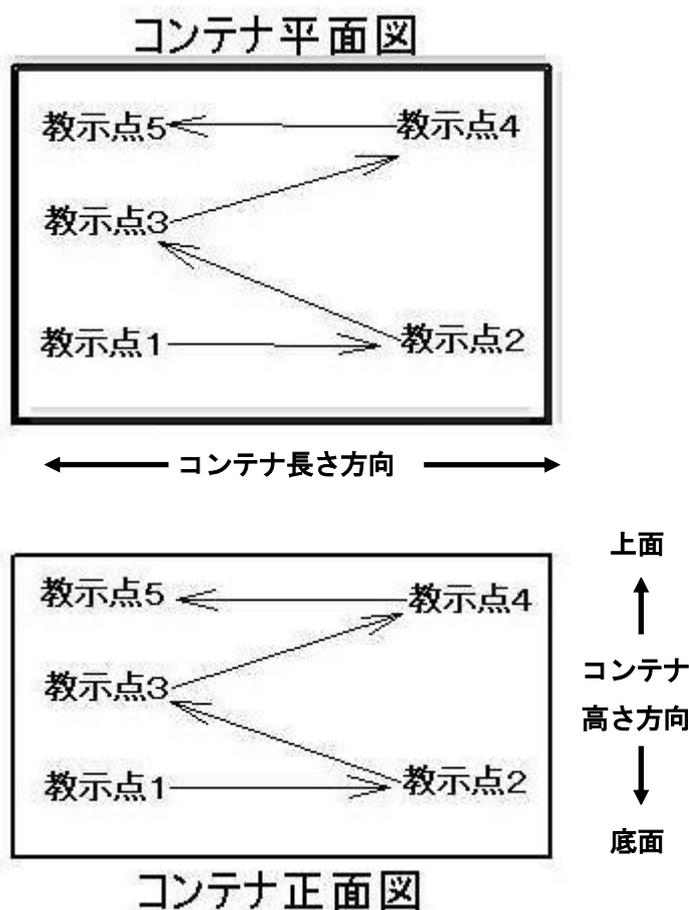


図14 コンテナを固定した時の教示点移動

実際の積み込みの様子は以下の通りである。

- ①積み込み開始位置 (図 1 5 (a)) : 原点からこの積み込み開始位置に移動する。
- ②教示点 2 (図 1 5 (d)) : 積み込み開始位置からコンテナが水平移動する。
- ③教示点 3 (図 1 5 (f)) : 教示点 2 からコンテナの水平移動とコンベアの上昇。
- ④教示点 4 (図 1 5 (h)) : 教示点 3 からコンテナの回転とコンテナの水平移動。
- ⑤教示点 5 (図 1 5 (j)) : 教示点 4 からコンベア上昇。
- ⑥終点 (図 1 5 (l)) : 教示点 5 から終点 (原点) に移動する。

の 6 点である。ただし、積み込み開始位置へは原点から移動し、終点はこの原点にしている。

教示点 2 から 3、3 から 4、4 から 5、5 から終点への移動は、測域センサにより円筒の山を検出することにより行われている。その様子を図 1 5 に示すが、写真では移動の様子がわかりづらいため、コンテナ水平移動用シリンダ、コンベア上下移動用シリンダ、コンテナ回転用シリンダの教示点の座標を参考として記す。

この教示点は各シリンダに取り付けられたエンコーダが、シリンダの伸縮に伴い出力するパルスをカウントした値である。原点ですべての値はゼロである。

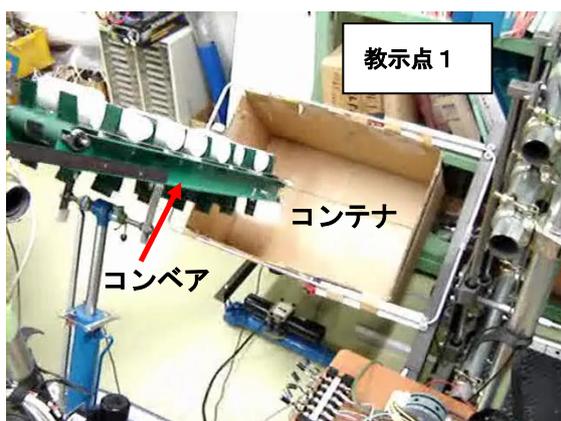


図 1 5 (a) 積み込み開始位置



図 1 5 (b) 円筒の積み込み開始

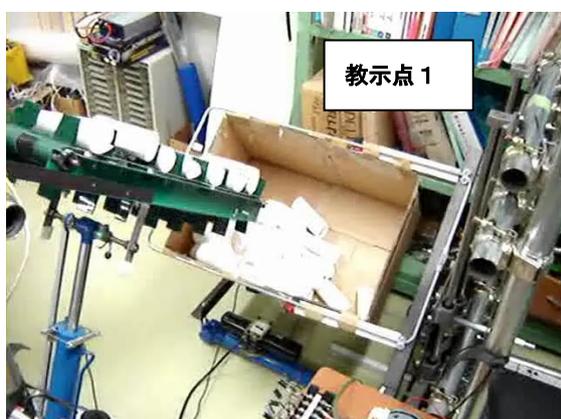


図 1 5 (c) 円筒の山ができる

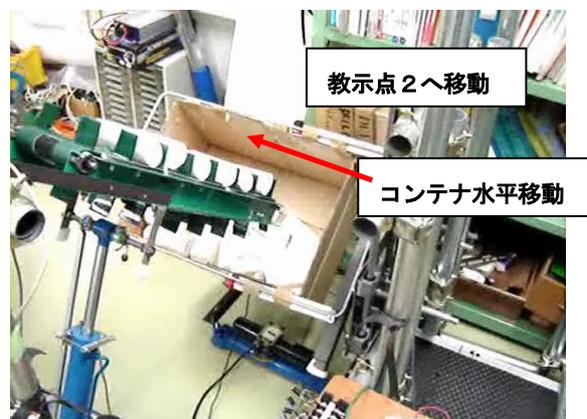
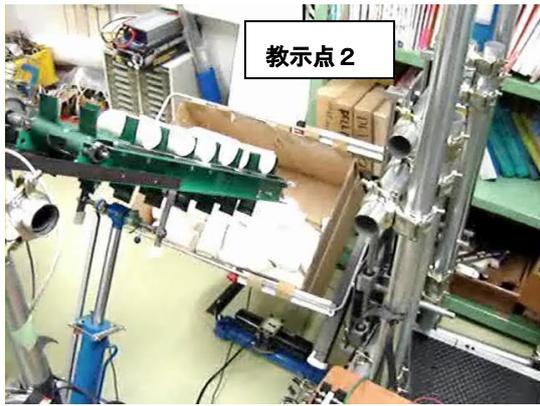


図 1 5 (d) 次の教示点に移動



教示点 2 : コンテナ水平方向 = 1 1 8 8、コンベア上下方向 = 9 8 4、コンテナ回転方向 = 9 3

図 1 5 (e) 円筒の山ができる

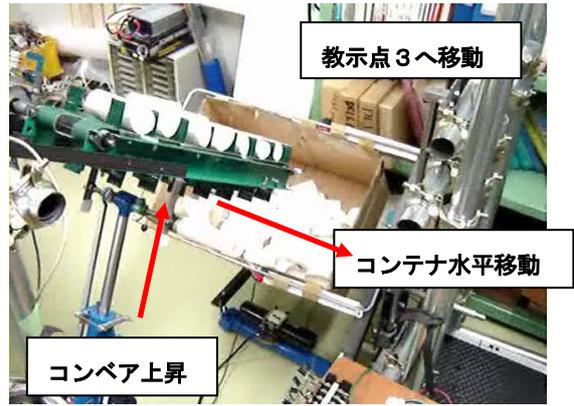


図 1 5 (f) 次の教示点に移動

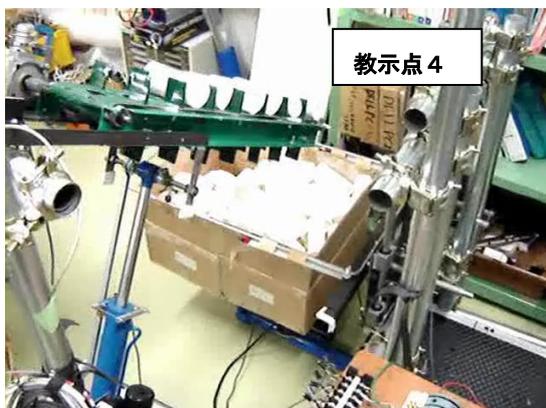


教示点 3 : コンテナ水平方向 = 5 1、コンベア上下方向 = 8 1 9、コンテナ回転方向 = 9 4

図 1 5 (g) 円筒の山ができる



図 1 5 (h) 次の教示点に移動



教示点 4 : コンテナ水平方向 = 1 3 5 1、コンベア上下方向 = 8 1 9、コンテナ回転方向 = 0

図 1 5 (i) 円筒の山ができる

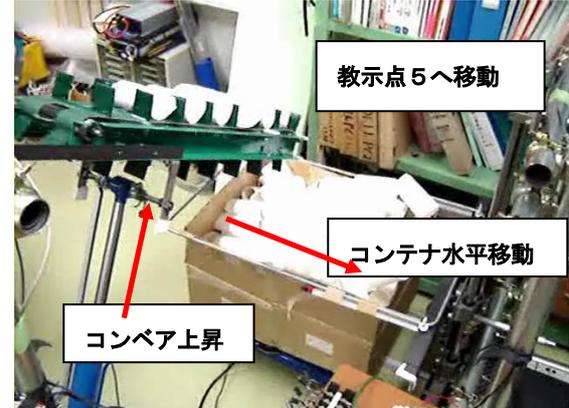
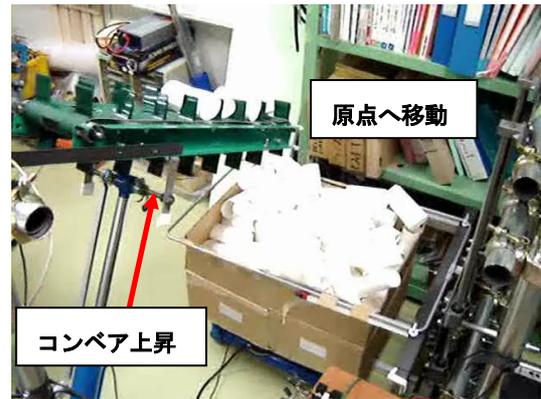
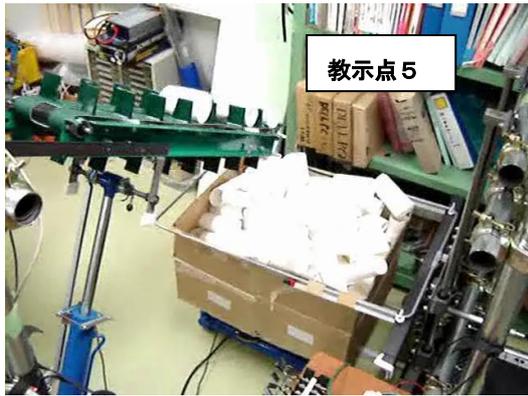


図 1 5 (j) 次の教示点に移動



教示点5：コンテナ水平方向=24、コンベア上下方向=605、コンテナ回転方向=0

図15(k) 円筒の山ができる

図15(l) 終点(原点)に向かう

積み込みの結果は図16に示す通りであり、コンテナ内に円筒が均一に積み込まれていることが分かる。



図16 積み込み結果

4. 今後の展開

本報告は大根積み込み装置小型モデルにより実験を行った。現在、石井鉄工場で図17に示す小型コンバイン台車を改造し、コンベアを搭載して小型大根収穫機を製作中である。この収穫機の大根積み込み装置を本報告の方法により自動化する予定である。



図17 小型コンバイン台車

5. 謝 辞

実験装置製作で学生に機械加工の指導をしていただいた実習工場技術職員の皆様に感謝いたします。
本研究は平成22年度の校長裁量経費重点配分プロジェクトの研究促進費で行なわれたものであります。

参 考 文 献

- 1) 旭川高専研究報文第48号(平成22年度):大根収穫機の自動化に関する研究 第2報 大柏、石井、長岡、三島、小川:
15-34
- 2) 旭川高専研究報文第47号(平成21年度):大根収穫機の自動化に関する研究 大柏、石井:23-42

酵母と細菌に対する乳酸水溶液の低温環境での殺菌能

富 樫 巖^{*}
永 井 一 輝^{**}
亀 田 剛^{***}

Sterilization Ability of Aqueous Solution of Lactic Acid at low Temperature to Yeasts and Bacteria

Iwao TOGASHI
Kazuki NAGAI
Tsuyoshi KAMEDA

Abstract

The sterilization performance of low concentration lactic-acid solution (0.01~0.1%(w/v)) at -80, -20 and 7°C was evaluated against two kinds of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*, *Candida albicans*) and two kinds of bacterium (*Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*). The freezing of 0.05-0.1%(w/v) lactic acid solution at -20°C showed an effective sterilization to *S. cerevisiae* and *C. albicans*, giving 0.1% of viability of the both yeast after 5days. The freezing procedure showed similar sterilization effects to *E. coli* at -20°C, but no effect to *B. subtilis* at any temperatures. The gas generation ability of *S. cerevisiae* survived after 5 days freezing at -20°C was the same as that without freezing, suggesting no irreversible damage of the *S. cerevisiae* during the freezing sterilization.

1. 緒 言

ビン内2次発酵による発泡性清酒の開発に取り組んでいる企業から、同発酵を終えた製品を温度約-20°Cの環境下にて10日間程度凍結状態にすると、ビン内酵母の生菌数が大きく減少するとの情報が寄せられた。同清酒中に含まれる酵母を-20°C程度の環境下で死滅させることが再現性・安定性を持って可能ならば、2次発酵の停止および製品の殺菌処理に活用できることになる。

そこで、著者らは発泡性清酒に含まれる成分に注目して①炭酸水、②エタノール水溶液、③炭酸水・エタノール混合液および④炭酸水・エタノール・乳酸混合液を供試し、*Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex Hansen を含む7菌株の酵母に対する-80~7°Cの凍結・冷蔵時の殺菌能を検討した。その結果、0.05%(w/v)以上の乳酸濃度とした④の混合液を-20°Cで凍結した場合にのみ、5日間程度以上保持することで酵母生菌

* 物質化学工学科教授

(平成23年11月11日受理)

** 応用化学専攻修了生 (現・長岡技術科学大学大学院)

*** 物質化学工学科卒業生 (現・群馬大学工学部)

数が千分の一以下に減少することを見出した¹⁾。

全報に引き続き本研究では、寒冷地で活用できる新たな微生物制御の可能性を探るために *S. cerevisiae* を含む2種類の酵母および2種類の細菌に対する低濃度乳酸水溶液(0.01~0.1%(w/v))の低温環境下での殺菌能を検討した。加えて、乳酸水溶液中で凍結処理した *S. cerevisiae* と Control (未凍結 *S. cerevisiae*) のガス発生能を測定することにより、酵母が受けた損傷の度合いを調べた。

2. 実験方法

2.1 供試材料

乳酸は食品添加物用(純正化学株)を使用して0.01, 0.05, および0.1%(w/v)の水溶液を調製した。また、供試菌としては以下に示す4菌株のコレクション菌株を用いた。

酵母: 2 菌株

- *S. cerevisiae* NBRC 0308
- *Candida albicans* (Robin) Berkhout NBRC 1594

細菌: 2 菌株

- *Bacillus subtilis* (Ehrenberg 1835) Cohn 1872 NBRC 3134
- *Escherichia coli* (Migula 1895) Castellani and Chalmers 1919 NBRC 3972

これらの供試菌株はいずれも継代培養保存されていたもので、各試験に用いる場合には酵母についてはPDA 平板培地、細菌についてはブイヨン寒天平板培地にて25°Cで2日間培養したものを種菌とした。

2.2 乳酸水溶液の殺菌能評価方法

乳酸水溶液の殺菌性能の評価は以下のように行った。50 mlの三角フラスコに各濃度の乳酸水溶液を10 ml分注し、各供試菌株を接種したものを出発試料とした。それらを1.5mlのエッペンドルフマイクロチューブに1 ml分注し、温度-80, -20, 7°Cの環境下(それぞれ小型超低温槽(日本フリーザ(株)製), アルミブロック超低温槽(株トミー精工製), 冷凍冷蔵庫(株日立製作所製))に5日間凍結または冷蔵した。なお、出発試料の菌体濃度はトーマの血球計算盤で全菌数をカウントし、原則 10^6 個/mlレベルに調整した。

出発試料、および室温で融解させた凍結処理試料1 mlを生理食塩水9 mlに投入することにより順次10~10000倍の希釈液を調製した。各希釈液0.2 mlを直径9 cmのPDA 平板培地(酵母)およびブイヨン寒天平板培地(細菌)に接種し、25°Cで2日間培養することにより30~300個のコロニー数が発現したPDA 平板培地から生菌数 cfu/mlを算出した²⁾。なお、各平板培地の繰り返し数は2枚とした。

2.3 凍結処理後に生き残った *S. cerevisiae* のガス発生能

0.1%(w/v)乳酸水溶液にて温度-20°Cで5日間凍結処理し、生菌数の測定時に発現したコロニーの菌体およびControl(未凍結 *S. cerevisiae*)の菌体を、生理食塩水と遠心分離機(7500 rpm, 1分間)を用いて3回洗浄した。次に、それらの菌体を100 mlのYM培地に接種して全菌数が $1.0\sim 1.1\times 10^5$ 個/mlの懸濁液を調製した。この懸濁液16 mlをアインホルン発酵管に分注し、25°Cで培養を行って経時的にガス発生量を測定した³⁾。同発酵管の繰り返し数は5本とし、最大と最小値を除いた3本の値を用いて平均ガス発生量を求め、

初発生菌数あたりのガス発生量を算出した。

3. 結果と考察

3.1 乳酸水溶液の酵母と細菌に対する殺菌能の把握

各濃度の乳酸水溶液に*S. cerevisiae* NBRC 0308を接種した出発試料および各温度で5日間保持した試料中の生菌数（生存率）を表1に示す。いずれの場合においても生菌数が減少するが、その減少割合は実験条件により異なる。すなわち、生菌率は微生物の凍結保存に用いられる -80°C ⁴⁾で出発試料の約20~60%と最も減少幅が小さく、 7°C では約2~3%である。これに対して -20°C の生菌率は大きく低下し、0.01%(w/v)で0.6%、0.05と0.10%(w/v)では10倍希釈液の平板培地1枚あたりのコロニー発現数が信頼限界値の30個を切り²⁾、0.2%未満となる。

表1 乳酸水溶液中に5日間保持した*S. cerevisiae* NBRC 0308の生菌数の変化 (単位: $\times 10^6$ cfu/ml)

保持温度 ($^{\circ}\text{C}$)	乳酸濃度 (%(w/v))	保持日数 (d)	
		0	5
-80	0.01	2.9 (100%)	1.1 (38%)*
	0.05	1.5 (100%)	0.44 (29%)
	0.1	3.0 (100%)	0.61 (20%)
-20	0.01	1.6 (100%)	0.010 (0.63%)
	0.05	1.0 (100%)	<0.0015 (<0.15%)
	0.1	1.4 (100%)	<0.0015 (<0.11%)
7	0.01	2.9 (100%)	0.090 (3.1%)
	0.05	1.5 (100%)	0.030 (2.0%)
	0.1	3.0 (100%)	0.070 (2.3%)

*: 括弧内の数値は出発試料の生菌数を100%とした生存率; 注: 生菌数測定のリピート数は2とした。

表2は、*C. albicans* NBRC 1594を種々の濃度の乳酸水溶液に接種後、 -20°C で5日間凍結した際の生菌数（生存率）を示している。0.01%(w/v)の生存率が5%、0.05と0.1%(w/v)の生菌率が0.09%未満へと減少した。すなわち、0.05%(w/v)以上の乳酸水溶液と -20°C 凍結の組み合わせは*S. cerevisiae*以外の酵母に対しても同様の殺菌能を発揮することがわかる。

表3には0.1%(w/v)の乳酸水溶液に2菌株の細菌を接種し、 -20°C 凍結または 7°C 冷蔵で保持した際の生菌数（生存率）変化を示した。その結果、酵母に対する挙動とは異なり、 -20°C で*B. subtilis* NBRC 3134に対する殺菌能はみられず、*E. coli* NBRC 3972に対しては両温度において殺菌能の発現がみられる。一般的に酢酸や乳酸などの有機酸は、1%以下の濃度でも（常温で）細菌に対する殺菌能を有していることから⁵⁾、非凍結状態においてもその性能が発揮された可能性が考えられる。*B. subtilis*に対して殺菌能が発現しない原因としては、芽胞形成菌であることで形成された芽胞への薬剤や水分の浸透が行なわれ難く、今回の乳酸

や-20℃凍結の影響をほとんど受けなかった可能性が高い。

表2 乳酸水溶液で-20℃・5日間凍結処理した *C. albicans* NBRC 1594 の生菌数変化 (単位: ×10⁶ cfu/ml)

乳酸濃度 (%(w/v))	保持日数 (d)	
	0	5
0.01	1.7 (100%)	0.090 (5.3%)*
0.05	1.6 (100%)	<0.0015 (<0.09%)
0.1	1.6 (100%)	<0.0015 (<0.09%)

*: 括弧内の数値は出発試料の生菌数を100%とした生存率; 注: 生菌数測定のリピート数は2とした。

表3 0.1%(w/v)乳酸水溶液で-20℃または7℃で5日間保持した細菌の生菌数変化 (単位: ×10⁶ cfu/ml)

菌株と保持温度		保持日数 (d)	
		0	5
<i>B. subtilis</i> NBRC 3134	7℃	—*1	—*1
	-20℃	0.10 (100%)	0.10 (100%)*2
<i>E. coli</i> NBRC 3972	7℃	2.2 (100%)	<0.0015 (<0.07%)
	-20℃	2.2 (100%)	<0.0015 (<0.07%)

*1: 未測定; *2: 括弧内の数値は出発試料の生菌数を100%とした生存率; 注: 生菌数測定のリピート数は2とした。

有機酸水溶液が *S. cerevisiae* に与える凍結殺菌の要因については主に酢酸をベースに検討されており、酢酸が菌を凍結感受性にした可能性と凍結に起因する濃縮酸液との接触致死作用が挙げられているが、乳酸水溶液でも同様の現象が生じると報告⁹⁾されている。一方、本検討結果から乳酸水溶液による凍結殺菌対象となる酵母が *S. cerevisiae* に限定されないことが新規に明らかになった。さらに対象微生物が細菌の場合には芽胞形成菌の *B. subtilis* には効果がなく、*E. coli* に対しては凍結と非凍結に関係なく0.1%(w/v)の乳酸水溶液が殺菌能を発揮した。乳酸は清酒の速醸酵母造りにおいて *S. cerevisiae* の活動を阻害する雑菌対策に利用されている⁷⁾ことを考えると矛盾は生じない。

以上をまとめると、0.05~0.1%(w/v)程度の希薄な乳酸水溶液は-20℃程度で凍結することで非凍結条件では期待できない酵母に対する顕著な殺菌能を示すことから、寒冷地における殺菌方法の一つとして利用できる可能性が考えられる。一方で、北海道の冬季間であっても-20℃が連続して5日以上続くことは考え難い。今後、乳酸水溶液が酵母に対する殺菌能を発揮する凍結温度帯の精査、必要な殺菌能を得るための凍結時間の把握が不可欠となる。

3.2 凍結殺菌処理後に生き残った *S. cerevisiae* のガス発生能

乳酸水溶液中での凍結処理を経て生き残った *S. cerevisiae* が受けている損傷の度合いを把握する試みの一つとして、同処理を施していない菌体とのガス発生能の差異を観察した。初発菌数あたりのガス発生量を算出した結果を図1に示すが、両菌体のガス発生量に顕著な違いは観察されなかった。また、乳酸水溶液

中で凍結処理を経て生き残った菌体は、Controlの菌体と同様にPDA平板培地で増殖することから不可逆的な損傷を受けていないと考えられる。この挙動は、スパークリングワイン中で凍結処理後に生き残った*S. cerevisiae*と同じである¹⁾。

凍結殺菌後に生存している酵母については、環境条件が整うことで無処理酵母と同様な速度で増殖が可能で、かつ能力的にも両者に差異がないことになる。本殺菌法を今後実用化する場合に、十分に配慮すべきポイントと考える。

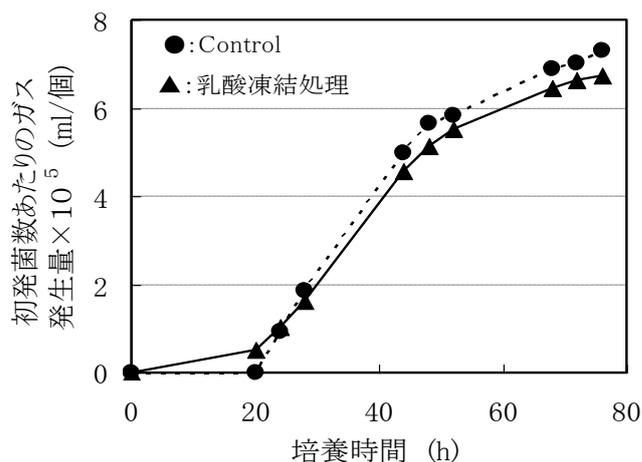


図1 0.10%(w/v)乳酸水溶液と-20°Cの凍結処理が*S. cerevisiae*のガス発生能に与える影響(25°C)

注) ガス発生量の繰り返し数は3とした。

4. 結 論

寒冷地で活用できる新たな微生物制御の可能性を探る目的で、アルコール発酵酵母の*S. cerevisiae*とタイプの異なる酵母の*C. albicans*、および2種類の細菌、*B. subtilis*と*E. coli*、に対する低濃度乳酸水溶液(0.01~0.1%(w/v))の低温環境下(-80, -20, 7°C)での殺菌能を観察した。その結果、0.05と0.1%(w/v)の乳酸水溶液中における 10^6 cfu/mlの両酵母は、-20°Cの凍結状態においてのみ、 10^3 cfu/ml以上の生菌数減少を示した。0.1%(w/v)の乳酸水溶液中の2種類の細菌に対しては、*E. coli*においてのみ-20°Cの凍結状態と7°Cの非凍結状態で同レベルの生菌数減少が観察された。また、-20°Cで5日間凍結処理された0.1%(w/v)乳酸水溶液中で生き残った*S. cerevisiae*の菌体のガス発生能が同処理を経ていない菌体のもと同様の値を示したから、不可逆的な損傷を受けていない可能性が示唆された。

以上、低濃度乳酸水溶液中の酵母に対して-20°C程度で凍結することで顕著な殺菌能が発現することから、本手法は殺菌対象微生物を限定した微生物制御の一つとして活用可能と考えられる。

謝 辞

本研究は、平成21年度校長裁量経費重点配分プロジェクトに採択された、課題名「アロニア果汁を原料とする旭川特産発泡酒の開発ー日本酒醸造技術の利用と瓶内発泡技術の確立ー」の一部として行なわれました。記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 富樫 巖, 永井一輝, 亀田 剛: 酵母と細菌に対するスパークリングワインの凍結殺菌能, 旭川工業高等専門学校研究報文, No.48 : 35-43 (2011)
- 2) 保田仁資: 食品衛生実験, 東京化学同人: 125-128 (2005)
- 3) 化学実験テキスト研究会: バイオテクノロジー, 産業図書, 120-123 (2003)
- 4) 中川恭好: 微生物の保存方法ー微生物管理の実際ー, 防菌防黴, 34(2) : 95-103 (2006)
- 5) 高嶋明, 宮澤三雄: 食品の化学的保存技術 14. 各論 4) その③有機酸, 防菌防黴, 38(5) : 351-359 (2010)
- 6) 早川潔, 佐藤光弘: 有機酸水溶液中における *Saccharomyces cerevisiae* の凍結障害, 醗酵工学会誌, 60(4) : 191-196 (1982)
- 7) 村尾澤夫, 荒井基夫: 応用微生物学改訂版. 培風館, 110-125 (2008)

オビスギ材の水蒸気乾燥排気から回収した精油の防カビ性能評価

富 樫 巖*
後 藤 隆 之**
故・藤本英人***

Evaluation of Antifungal Activity of Essential Oil Obtained by the Steam Drying of Obisugi (*Cryptomeria japonica*) Wood against Filamentous fungi

Iwao TOGASHI
Takayuki GOTOH
Hideto FUJIMOTO

Abstract

Antifungal activity of the essential oil and the exhaust-steam condensate which were obtained by steam drying of Obisugi wood was evaluated against six kinds of filamentous fungus. Two % (v/v) of the essential oil in plate media strongly inhibited the mycelial growth of *Botrytis* spp., appreciably that of *Fusarium* spp., and slightly that of *Trichoderma* spp.. Fifty % (v/v) the exhaust-steam condensate in the media inhibited *Botrytis* spp. growth to some extent. The addition of ethyl alcohol at 2 % (v/v) into the media containing the essential oil or the exhaust-steam condensate increased the inhibition activity against *Botrytis* spp., while the alcohol addition into agar media without the oil or the condensate showed no inhibition. The essential oil and the exhaust-steam condensate from Obisugi wood can be used as a natural fungicide against *Botrytis* spp..

1. 緒 言

2000年4月1日に施行された「住宅の品質確保の促進等に関する法律」により、割れや狂いが少ない安定した品質の建築材が求められるようになった。その対策として水蒸気加熱を用いて木材を乾燥する熱気乾燥が脚光を浴び、同処理材の需要が高まった。一方、同乾燥処理工程では木材の乾燥に伴って精油などを含む蒸気が排出され、その凝縮液については産業廃棄物として処分されているのが現状である。

宮崎県産ブランドのスギ(*Cryptomeria japonica* D. Don)であるオビスギ材には多量の精油が含まれている^{1,2)}ため、その排気蒸気凝縮液の有効利用の検討²⁾、含有物質の分析が行なわれてきた^{3,4)}。その結果、同凝縮液には α -ムーロレンなどのセスキテルペンが多く存在することが明らかになった⁴⁾ことから、何らかの微

* 物質化学工学科教授

(平成23年11月11日受理)

** 物質化学工学科卒業生 (現・長岡技術科学大学大学院)

*** 元・宮崎県木材利用技術センター材料開発部長

生物に対する生育阻害性能が存在する可能性が示唆⁵⁾される。そこで本研究では、同凝縮液から回収した精油または同凝縮液そのものの防カビ性能を評価することで、利用可能性を検討することとした。防除対象微生物としては植物やキノコの栽培作目に病害を起こす植物病原性の糸状菌(カビ)に注目した。この試みが未利用バイオマス資源の有効活用に繋がることを期待したい。

2. 実験方法

2.1 供試材料

オビスギの心持ち柱材を熱気加熱式 IF(インターナルファン)式乾燥機を用いて乾球温度 90~120℃、湿球温度 80~95℃の条件で水蒸気乾燥させ、水蒸気乾燥開始後 54~93 時間の間に排気ダクトを通過する排気蒸気を冷却して回収した排気蒸気凝縮液、すなわちスギ精油と水分の懸濁液(以下、材油エマルジョン)、さらに材油エマルジョンから分離したスギ精油を用いた(いずれも宮崎県木材利用技術センターで調製)⁴⁾。

2.2 供試菌株

実験に用いた植物病原性の糸状菌は、①*Botrytis* spp. (ボトリチス属菌)として旭川高専保存株 ANCT-06001 と ANCT-06022(2006 年に旭川市内と東川町内の葉菜水耕栽培施設より分離)、②*Fusarium* spp. (フザリウム属菌)として ANCT-06033 と ANCT-06039(いずれも旭川市内の同栽培施設より分離)、③*Trichoderma* spp. (トリコデルマ属菌)として ANCT-05090 (愛別町内の原木シイタケ栽培施設より分離) と NBRC 33016(帯広市内の菌床シイタケ栽培施設より分離)の合計 6 菌株である。いずれも直径 6cm のポテトデキストロース寒天(以下、PDA)平板培地で継代培養保存されていたものである。

以上の供試菌株を各試験に供する場合には、温度 25℃にて直径 9cm の PDA 平板培地にてそれぞれ 5 日間前培養し、コルクボーラーで菌叢から寒天培地ごと打ち抜いた直径 5mm の円盤を接種源として用いた。

2.3 防カビ性能の評価方法

PDA 培地にスギ精油、材油エマルジョン、および必要に応じてエタノール(特級試薬 99.5%)を添加した直径 9cm の平板培地を調製した。PDA 培地へのスギ精油の添加濃度は 0.5~2.0%(v/v)、材油エマルジョンの添加濃度は 1.0~50%(v/v)、エタノールの添加濃度は 0.5~2.0%(v/v)とした。各平板培地中央に供試菌株の接種源を載せ、温度 25℃で 10 日間培養して菌糸成長量(コロニー半径)を経時的に測定して PDA のみのコントロール培地における挙動と比較した(図 1 参照)。なお、繰り返し数は 3 とした。

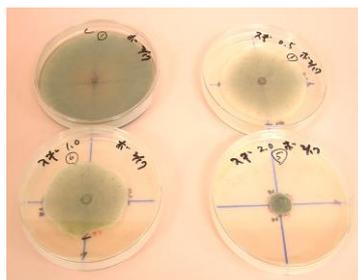


図 1 同心円状に成長するボトリチス属菌のコロニー(ANCT-06001 : 左上 コントロール, 右上 スギ精油 0.5%(v/v), 左下 スギ精油 1.0%(v/v), 右下 スギ精油 2.0%(v/v))
注) 温度25℃・10日間培養.

2.4 培地 pH の測定

各平板培地の pH については、加熱溶解後にガラス電極を用いて測定した。

3. 結果と考察

3.1 スギ精油の防カビ性能

スギ精油に対するボトリチス属菌，フザリウム属菌，およびトリコデルマ属菌の菌糸成長の経時変化を図 2~4 にそれぞれ示した。この結果から，1.0~2.0%(v/v)濃度のスギ精油によってボトリチス属菌の菌糸成長が顕著に阻害され，以下にフザリウム属菌が続き，トリコデルマ属菌の菌糸成長は影響を受け難いことがわかる。なお，スギ精油を添加した各平板培地の pH は 5.1~5.2 であり，コントロール培地の値(5.3)と差がなかった。

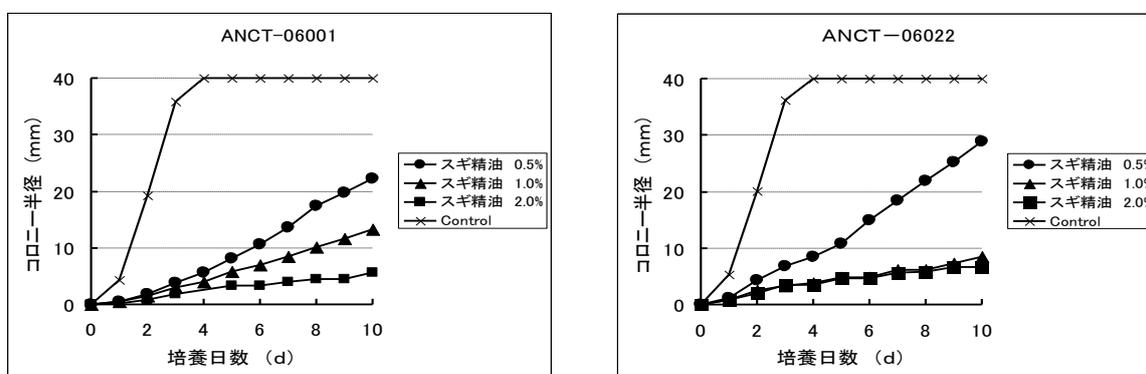


図 2 スギ精油を添加した PDA 平板培地におけるボトリチス属菌の菌糸成長量(左: ANCT-06001, 右: ANCT-06022)

注) 培養温度 25°C, Control はコントロール培地を示す。

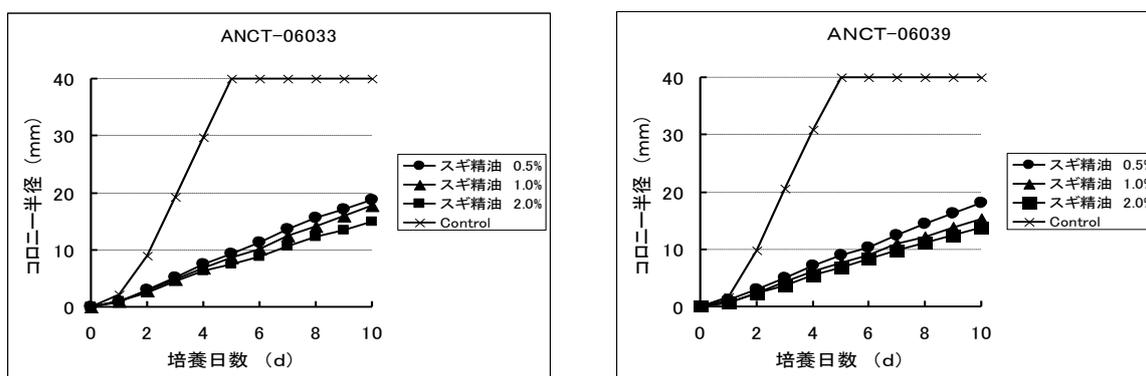


図 3 スギ精油を添加した PDA 平板培地におけるフザリウム属菌の菌糸成長量(左: ANCT-06033, 右: ANCT-06039)

注) 図 2 と同じ。

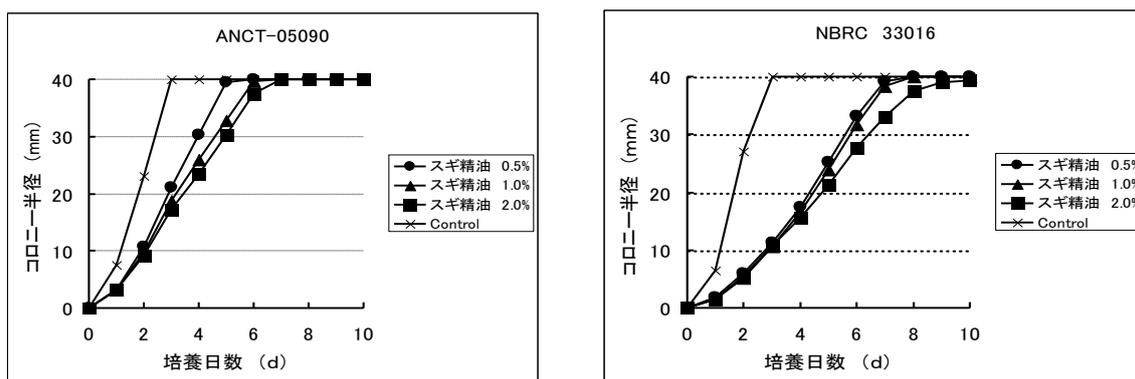


図4 スギ精油を添加した PDA 平板培地におけるトリコデルマ属菌の菌糸成長量(左：ANCT-05090, 右：NBRC 33016)

注) 図2と同じ。

3.2 材油エマルジョンの防カビ性能

3.1 に示したように、ボトリチス属菌の菌糸成長に対するスギ精油の阻害効果が高い。そこで同様の方法を用いて材油エマルジョンの阻害効果を測定し、その結果を図5に示した。供試菌株によって挙動は異なるものの50%(v/v)の添加濃度で、ある程度の菌糸成長阻害効果が観察された。よって、スギ材の乾燥に伴って大量に回収される材油エマルジョンについて、その有効利用の可能性が示されたものと考察した。

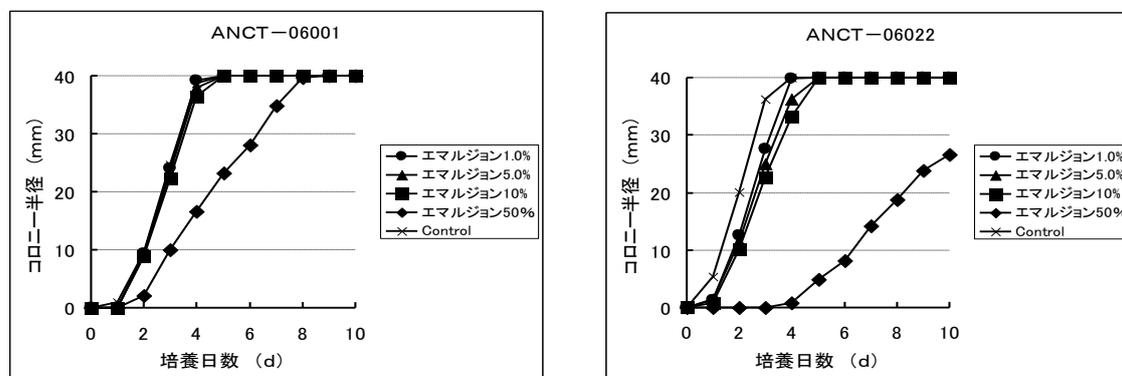


図5 材油エマルジョンを添加した PDA 平板培地におけるボトリチス属菌の菌糸成長量(左：ANCT-06001, 右：ANCT-06022)

注) 培養温度 25℃, エマルジョンは材油エマルジョンを示す, Control はコントロール培地を示す。

材油エマルジョンにはセスキテルペン類に加えて酢酸が含まれる²⁾ことから酸性であり、同エマルジョンを添加した PDA 培地の pH は 5.1(1.0%(v/v)), 4.7(5.0%(v/v)), 4.5(10%(v/v)), および 3.2(50%(v/v))となった。本論文にデータは示していないが、供試菌株を含むボトリチス属菌は pH が 4.0 を下回った場合や 7.5 を超えた場合に菌糸成長量が減少する傾向が観察されている⁶⁾。よって、材油エマルジョン 50%(v/v)で生じた菌糸成長阻害効果には、培地 pH の低下による影響もある程度関与している可能性がある。

3.3 スギ精油および材油エマルジョンへのエタノールの添加効果

スギ精油または材油エマルジョンにエタノールを添加したPDA平板培地を用いてボトリチス属菌の菌糸成長を観察し、得られた結果を第6～7図に示す。添加濃度は以上に示した実験結果を考慮し、スギ精油は1.5または2.0%(v/v)、材油エマルジョンは50%(v/v)の各濃度とした。いずれの図にもスギ精油または材油エマルジョン単独の場合およびエタノールを添加した場合のボトリチス属菌の菌糸成長を示している。スギ材油と比較して材油エマルジョンにエタノールを1.0～2.0%(v/v)添加した場合に供試菌株の菌糸成長に対する阻害効果が顕著になる傾向がみられる。図7のANCT-06022において、エタノール1.0%添加培地と同2.0%添加培地よりも菌糸成長に対する阻害効果が高くなっている。これは2.0%濃度の3枚の供試平板培地中2枚において同菌株の菌糸成長が全く観察されなかったものの、残りの1枚において菌糸成長がみられたためであり、今後においてその原因究明を図りたい。

エタノールを添加した各PDA培地のpHは、スギ精油においていずれも5.1、材油エマルジョンにおいて3.3～3.5であり、その影響はほとんどなかった。従って、材油エマルジョンの50%(v/v)濃度にエタノールを添加してもpHの値がほぼ変わらないにも関わらず、ボトリチス属菌の菌糸成長を大きく阻害したことになる。一方、エタノールのみを0.5、1.0、および2.0%(v/v)添加したPDA平板培地を用いて測定したANCT-06001の菌糸成長の経時変化を図8に示した。2.0%(v/v)濃度においても図6や図7でみられたような菌糸成長に対する阻害効果はほとんど観察されなかった。こうした結果から、ボトリチス属菌の菌糸成長に対する阻害効果はスギ精油や材油エマルジョンの特性が基礎となっており、そこに数%濃度添加されたエタノールが同効果を支援する働きをすることで、前者の阻害効果が増強されたと考察される。なお、2.0%(v/v)までのエタノールの添加によるPDA培地にpHの変化はなく、いずれも5.3の値であった。

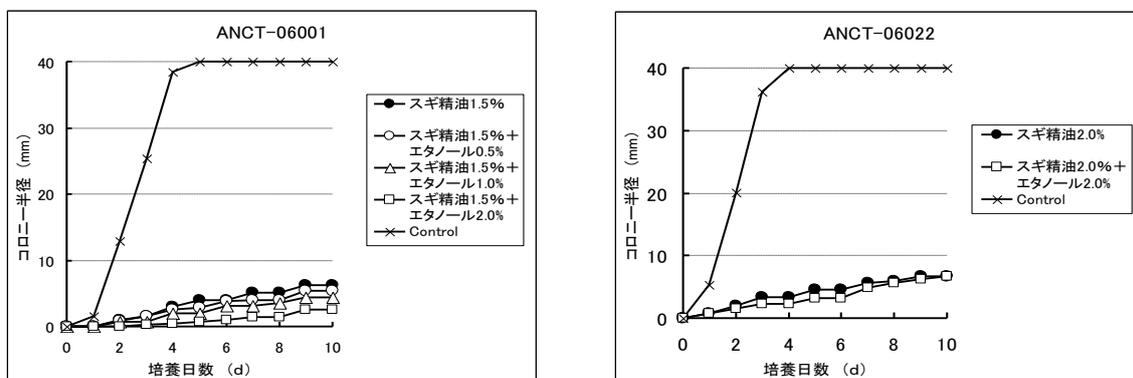


図6 スギ精油とエタノールを添加したPDA平板培地におけるボトリチス属菌の菌糸成長量(左: ANCT-06001, 右: ANCT-06022)

注) 図2と同じ。

一般的に用いられる消毒用エタノールは、微生物に対する殺菌効果が最も高い濃度とされる70%(v/v)前後の高濃度エタノール水溶液である。高濃度エタノールは微生物の細胞表面のタンパク質を急激に変性させ、種々の機能障害を引き起こして瞬時に殺菌する。しかし、5%程度の低濃度エタノール水溶液にも殺菌効果がある。低濃度エタノールは微生物細胞内に浸透して行き酵素などのタンパク質を徐々に変性・失活さ

せ、ゆっくり殺菌する⁷⁾。スギ精油や材油エマルジョンがボトリチス属菌の細胞のどの部分を攻撃するのかについては不明であり、今後の研究課題である。低濃度エタノールの支援効果と作用点を考慮しながら検討を進めたいと考えている。

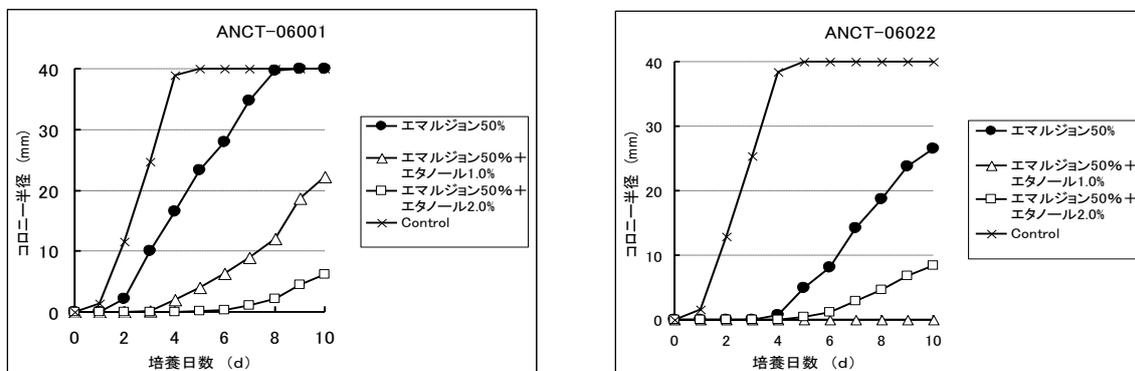


図7 材油エマルジョンとエタノールを添加した PDA 平板培地におけるボトリチス属菌の菌叢成長量 (左 : ANCT-06001, 右 : ANCT-06022)

注) 図5と同じ。

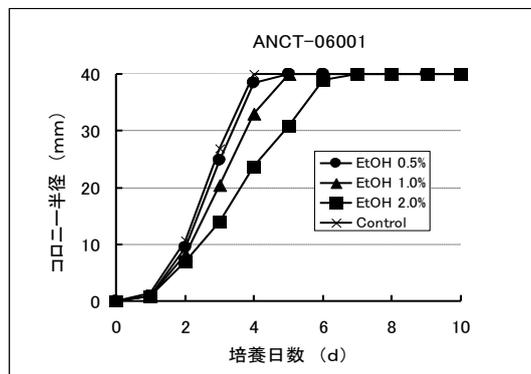


図8 エタノールを添加した PDA 平板培地におけるボトリチス属菌 ANCT-06001 の菌系成長量

注) 図2と同じ。なお、EtOHはエタノールを示す。

以上から、オビスギ材の熱気乾燥処理工程の排気蒸気を凝縮・回収して得たスギ精油と材油エマルジョンは、種々の野菜や花きなどの施設栽培で発生する灰色かび病⁸⁾の病原菌であるボトリチス属菌の防除に利用できる可能性が得られた。特に、スギ精油と材油エマルジョンに数%のエタノールを添加することで防カビ性能が向上することに注目したい。今後は、それら混合液のボトリチス属菌に対する MIC (最低生育阻止濃度) の把握などが求められる。

一方、スギ精油と材油エマルジョンは、各種セスキテルペン類を含有している⁴⁾ことで匂いが強く、灰色かび病防除のために両者を栽培作物へ直接散布することは考え難い。具体的な利用方法としては栽培施設内の環境殺菌にそれらを用いることで、同施設内におけるボトリチス属菌の分布濃度を減少させるなど病

害予防対策への活用が考えられる。また、本研究で供試したボトリチス属菌 ANCT-06001 は汎用される農薬のトップジン M に耐性を獲得した菌株⁹⁾であるが、スギ精油と材油エマルジョンに対しては薬剤耐性を持っていない ANCT-06022 と同様な感受性を示したことも興味ある成果と考えている。この試みが未利用バイオマス資源の有効活用に繋がることを期待したい。

4. 結 論

オビスギ材の水蒸気乾燥時に得られた排気凝縮液(材油エマルジョン)から回収したスギ精油および材油エマルジョンの防カビ性能を評価した。その結果、2.0%(v/v)濃度のスギ精油はボトリチス属菌の菌糸成長を最も強く阻害し、次にフザリウム属菌が続き、トリコデルマ属菌の菌糸成長に対する阻害が最も弱かった。そして、50%(v/v)濃度の材油エマルジョンもボトリチス属菌の菌糸成長を阻害した。

一方、スギ精油および材油エマルジョンに2.0%(v/v)濃度になるようにエタノールを添加したところ、ボトリチス属菌の菌糸成長に対する阻害効果が増大した。なお、エタノールのみでは、ボトリチス属菌の菌糸成長に対する阻害はほとんど観察されなかった。以上から、灰色かび病の病原菌であるボトリチス属菌防除にオビスギの材油エマルジョンおよびスギ精油を利用できる可能性が示された。

謝 辞

本研究は、平成 18 年度校長裁量経費重点配分プロジェクトに採択された、課題名「各種バイオマス資源に関する抗菌特性の把握と利用開発」として行なわれました。記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) Wikipedia : 飼肥杉, <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E9%A3%AB%E8%82%A5%E6%9D%89>, 2011.09.20
- 2) 藤本英人: ゴキブリ忌避剤およびどの製造方法, 特開 2008-169190 (2008)
- 3) 松井隆尚, 松下洋一, 菅本和寛, 宮窪建児: 蒸煮処理により生成するスギ材蒸煮水溶液の成分分析, 宮崎大学工学部紀要, No.33 : 75-79 (2004)
- 4) 松井隆尚, 松下洋一, 菅本和寛, 宮窪建児, 藤本英人, 落合克紀: 水蒸気乾燥により生成するスギ材水蒸気乾燥凝縮液の成分分析, 宮崎大学工学部紀要, No.34 : 23-26 (2005)
- 5) 岡村大悟, 鮫島正浩, 谷田貝光克: 樹木の精油成分とその抗菌活性, 木材保存, 28(6) : 224-235 (2002)
- 6) 寄谷明香: 施設園芸の環境微生物調査—灰色カビの特性把握の試み—, 旭川工業高等専門学校・専攻科応用化学専攻平成 20 年度特別研究論文, 49-51 (2009)
- 7) 高麗寛紀, 河野雅弘, 野原一子: わかりやすい殺菌・抗菌の基礎知識, オーム社 : 91-95 (2001)
- 8) 愛知県あいち病害虫情報: 灰色かび病, <http://www.pref.aichi.jp/byogaichu/seitaitoboujyo/yasaikyoutuu/yasai-haikabi.html>, 2011.09.20
- 9) 菅野良平: 北海道の施設園芸における灰色かび病菌の特性把握, 旭川工業高等専門学校・物質化学工学科平成 18 年度卒業研究論文 : 12-19 (2007)

6 菌株の木材腐朽菌による木材分解反応に対する 固定化トリコデルマの阻害効果

富 樫 巖*
小野寺 愛**
木 下 俊 祐**

Inhibitory effects of *Trichoderma* spp. immobilized to heated wood particles on wood degradation by six strains of basidiomycete

Iwao TOGASHI
Ai ONODERA
Syunsuke KINOSHITA

Abstract

Effects of *Trichoderma* spp. on wood degradation with six basidiomycetes, *Fomitopsis palustris*, *Trametes versicolor*, and four wild strains, were examined. Japanese white birch blocks were covered with four *Trichoderma* spp. strains immobilized on wood particles heated at 240-280°C, and exposed to the basidiomycetes at 25 °C for 8-12 weeks to measure block mass losses. Each *Trichoderma* spp. showed a wood degradation inhibition, and ANCT-05013 gave the strongest inhibition. Mass losses without the immobilized *Trichoderma* spp. were 20-87 %, whereas ones with ANCT-05013 were 16 % and 1-3 % by exposing to *Trametes versicolor* and the other basidiomycetes, respectively.

1. 緒 言

木材を土木・建築用資材として使用する場合、木材腐朽菌やシロアリ等による腐朽や食害から保護するための処理が求められる。そのため、同資材に種々の防腐・防蟻薬剤を塗布・注入する木材保存技術が確立されてきた^{1,2)}。一方、近年社会問題化した化学物質過敏症などから化学薬剤に頼らない木材利用ニーズが生まれ、幼児や子どもが利用する公園等の整備において彼らの体が触れる木製の遊具・デッキ等(以下、木製土木構造物)の薬剤処理が敬遠されるケースがある。

そこで著者らは、木材防腐剤に依存しない土木用の木材保存技術の確立を目指し、菌寄生菌であるトリコデルマ属菌の生菌を用いて木材腐朽菌の活動を抑制する技術開発に着手した³⁻⁶⁾。木製土木構造物に注目すると、特に地際部が腐朽しやすいことが知られている⁷⁾。その対応として、**図 1**に示すように *Trichoderma*

* 物質化学工学科教授

(平成 23 年 11 月 11 日受理)

** 物質化学工学科卒業生 (現・北海道大学農学部)

** 物質化学工学科卒業生 (現・長岡技術科学大学工学部)

spp.を固定化した担持材料(以下、固定化トリコデルマ)を地際部に配置する利用デザインをイメージした。これまでに、保護しようとする木材そのものに *Trichoderma* spp.を接種する試み⁸⁻¹⁰⁾はあるが、固定化トリコデルマによる木材保存の検討は見当たらない。

本報告では、6 菌株の木材腐朽菌の木材分解反応に対する固定化トリコデルマの阻害効果を述べる。木材腐朽菌としては、コレクション菌株のオオウズラタケ(*Fomitopsis palustris* (Berk. & M.A.Curtis) Gilb. & Ryvarden)とカワラタケ(*Trametes versicolor* (Linnaeus) Lloyd)に加え、北海道で採取・分離した野生菌株 4 菌株を用いた。

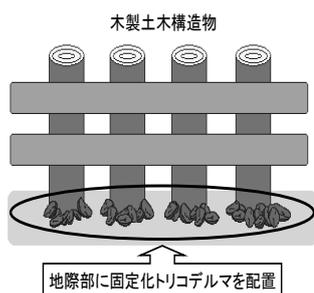


図1 木製土木構造物の地際腐朽を保護する固定化トリコデルマ

2. 実験方法

2.1 供試菌株

木材腐朽菌としては、JIS K 1571 で利用されるオオウズラタケ(*F. palustris* FFPRI 0509)として MAFF 420001, 同じくカワラタケ(*T. versicolor* FFPRI 1030)として NBRC 30340 の 2 菌株のコレクション菌株に加え、富良野市内の木製歩道、和寒町内の木製雪崩防止柵、旭川市内の駐車場の木製車止め腐朽木片からそれぞれ分離した ANCT-08036, 同 09001, 同 09002, および旭川市内の空中浮遊菌として分離した同 09003 の 4 菌株の野生菌株を用いた。この 4 菌株については、いずれの菌糸にも担子菌特有のクランプ・コネクション(かすがい連結)が存在することを顕微鏡観察で確認した。

Trichoderma spp. としては、ポテトデキストロース寒天(PDA)平板培地での対峙培養で選抜したもの⁶⁾で、上述の両木材腐朽菌のコレクション菌株に対して攻撃力に優れる ANCT-05083, 中庸な攻撃力の同 05013, 攻撃力に劣る同 05082 の 3 菌株の旭川高専保存菌株(いずれも上川管内の原木シイタケ栽培舎の落下菌)に加え、NBRC 33016(*T. harzianum* Rifai, 十勝管内の菌床シイタケ栽培舎の落下菌)の合計 4 菌株を用いた。

以上の木材腐朽菌と *Trichoderma* spp.の各菌株は、いずれも直径 6 cm の PDA 平板培地で継代培養保存されており、各試験に供する場合には温度 25℃にて直径 9 cm の同平板培地にてそれぞれ 5 日間(ANCT-05013, 同 05083, NBRC 33016), 7 日間(カワラタケ, ANCT-08036, 同 09003, 同 05082), 9 日間(オオウズラタケ), 14 日間(ANCT-09001, 同 09002) 培養した菌叢から寒天培地ごとコルクボーラーで打ち抜いた直径 5 mm の円盤を接種源として用いた。

2.2 担持材料と固定化トリコデルマの調製

温度 240~280℃で熱処理された市販の木材粉砕物(竹内木材工業(資)製ベイクウッド, 平均サイズ:19×8×3

mm, pH=4.3, 図2参照)を使用した。この担持材料 130 ml (見かけ体積) に麦芽エキス 2%溶液を 20ml 加えて高圧蒸気殺菌処理(121℃・15 分, 以下同じ)を行った後, 麦芽エキス 2%溶液を液体培地として各 *Trichoderma* spp. を 25℃で 2 日間にわたり 120 rpm で攪拌培養(各乾燥菌体量: 1mg/ml)した種菌を 20ml 接種し, 同温度で 14 日間培養したものを固定化トリコデルマとして試験に用いた。

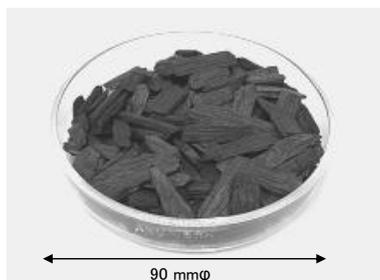


図2 *Trichoderma* spp. の担持材料として用いた 240~280℃で熱処理された市販の木材粉砕物 (竹内木材工業 (資) 製ベイクウッド, pH=4.3)

2.3 木材分解反応に対する固定化トリコデルマの阻害効果の評価

図3に示すようにPDA培地を30 ml分注した200 ml ガラス培養瓶に木材腐朽菌を接種し, 25℃で菌株ごとに2.1に示した期間と同様に培養した。各菌叢上に60℃で恒量化し, 80℃で1日3時間の乾熱殺菌処理を3日間繰り返した4×5×25 mmのシラカンバ(*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara)木片を瓶当たり3本載せた。その上部を約30 mlの固定化トリコデルマで覆い, 25℃で8~12週間培養を行って同木片の質量減少率を算出した。なお, 腐朽菌の菌叢上に木片のみを載せた試験区をコントロールとし, 各試験区の木片の繰り返し数は9~12とした。

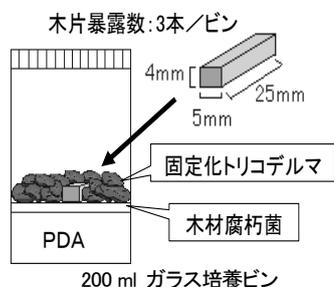


図3 固定化トリコデルマを用いた木片の腐朽試験

2.4 木材腐朽菌の菌糸成長に及ぼす培養温度の評価

直径9 cmのPDA平板培地の中央に各供試菌株の接種源を載せ, 温度15~35℃で最大14日間培養し, 経時的に菌糸成長量を測定して温度特性を観察した。なお, 同平板培地の繰り返し数は3とした。

3. 結果と考察

3.1 オオウズラタケとカワラタケによる木材分解反応に対する固定化トリコデルマの阻害効果

固定化トリコデルマの担持材料には, 無菌または同状態に近いことや *Trichoderma* spp. が一般的に酸性側を好むことを考慮して上述のベイクウッドを使用した。ベイクウッドは園芸用マルチ資材などとして用いられており, 炭化処理に近い状態で調製されていることから木材腐朽菌の作用を受けにくいことが報告さ

れている¹¹⁾。実用化を意識した場合にベイクウッドの単独利用は考えにくい(図1参照)、腐朽菌の菌叢上に木片のみを載せた試験区をコントロールとした。

また、恒量化温度では木片の殺菌処理が不完全でコンタミネーションが生じてしまうため乾熱殺菌温度を80℃とした。しかし、恒量化温度より20℃高かったためシラカンバ木片には0.6%の質量減少が生じた。以下に示す種々の試験の木片質量減少率にはこの質量減少も含まれている。

表1に、オオウズラタケとカワラタケに12週間曝露したシラカンバ木片の質量減少に及ぼす固定化トリコデルマの阻害効果を示した。12週間の曝露によってコントロール区の質量減少率は前者で75%、後方で87%となり、木材腐朽菌による腐朽の進行が速い。一方、固定化トリコデルマ区ではANCT-05082のカワラタケを除いた全てにおいてコントロール区を下回る質量減少率となり、木材腐朽に対する*Trichoderma* spp.による阻害効果がみられる。ANCT-05013と同05083の固定化トリコデルマの阻害効果が大きく、固定化する *Trichoderma* spp.菌株により木材腐朽に対する阻害効果が異なることが明らかである。特に、ANCT-05013の固定化トリコデルマの性能が優れており、オオウズラタケに対して3%、カワラタケに対して16%と最も大きな阻害を示す。前報⁹⁾のPDA平板培地での対峙培養試験では両木材腐朽菌に対する攻撃力はANCT-05083が最も優れ、ついで同05013であったが、本研究における固定化トリコデルマを用いた実験では、その評価結果は異なる。

表1 25℃でオオウズラタケおよびカワラタケに12週間曝露したシラカンバ (*Betula platyphylla* var. *japonica*) 木片の質量減少率(%)に対する固定化トリコデルマの影響

試験区 \ 担子菌	オオウズラタケ ^{a)}	カワラタケ ^{b)}
コントロール区 ^{c)}	75.2±0.63 ^{e)}	87.0±2.30
固定化トリコデルマ区		
ANCT-05013 ^{c)}	3.3±0.99	15.8±9.97
ANCT-05082 ^{d)}	65.5±10.22	89.3±2.16
ANCT-05083 ^{c)}	14.7±8.04	26.5±8.59
NBRC 33016 ^{d)}	61.5±5.71	75.0±15.4

a) *Fomitopsis palustris* MAFF 420001(FFPRI 0509); b) *Trametes versicolor* NBRC 30340(FFPRI 1030);

c) 木片繰り返し数12; d) 木片繰り返し数9; e) 平均値±標準偏差。

3.2 野生の木材腐朽菌による木材分解反応に対する固定化トリコデルマANCT-05013の阻害効果

ANCT-05013の固定化トリコデルマについては、カワラタケの木材腐朽に対する阻害性能に改良の余地があるもののオオウズラタケによるシラカンバ木片の質量減少率を3%台(表1参照)に抑えたことから、実用的な可能性を有していることが示唆される。そこで、野生の木材腐朽菌による木材分解反応に対する同固定化トリコデルマの阻害性能評価を試みた。

野生の木材腐朽菌4菌株の温度特性と木材腐朽力を、オオウズラタケとカワラタケの値と併せて図4と図5にそれぞれ示した。PDA平板培地での温度15~35℃・5日間培養後の各菌糸成長量は、ANCT-08036、同09001、同09002ではカワラタケと同様に30℃を超えると値が低下し、ANCT-09003ではオオウズラタケと同様に30℃を超える温度において値が増大した。

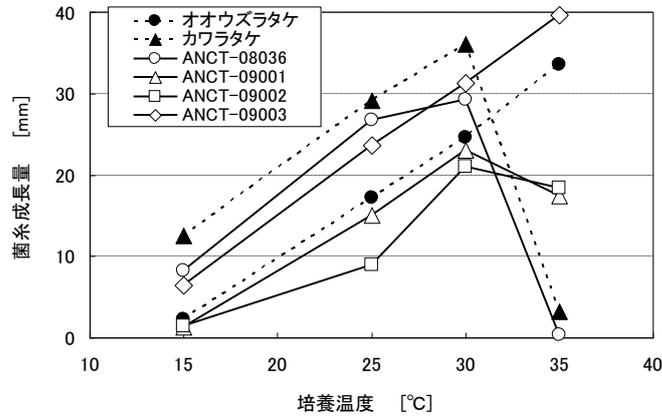


図4 培養温度 15～35°Cでの木材腐朽菌 6 菌株の菌糸成長量 (5 日間培養)

注) PDA 平板培地使用; 繰り返し数 3; オオウズラタケとカワラタケ 表 1 と同一菌株;
 ANCT-08036 富良野市内の腐朽材より分離; 同 09001 和寒町内の腐朽材より分離;
 同 09002 旭川市内の腐朽材より分離; 同 09003 旭川市内の空中浮遊菌として分離。

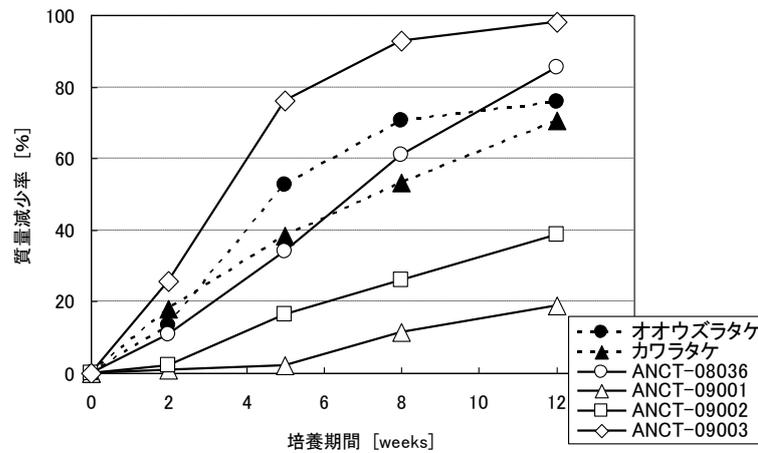


図5 木材腐朽菌 6 菌株の木材腐朽力 (25°C)

注) シラカンバ木片使用; 繰り返し数 12; 全ての供試菌株は図 4 と同じ。

木材腐朽力については、2.3に示したコントロール区と同様の方法を用いて経時的に測定した。シラカンバ木片の質量減少率は、いずれの木材腐朽菌においても培養期間と共に値が徐々に増大し、12週間経過後の値がオオウズラタケとカワラタケよりも大きいもの(ANCT-08036, 同09003)と小さいもの(ANCT-09001, 同09002)に大別された。また、オオウズラタケの場合と同様にANCT-09001の腐朽木片は褐変して繊維方向に直角にひび割れが生じたことで褐色腐朽菌の可能性が高く、その他の3菌株はカワラタケと同じく白色腐朽菌と考えられた¹²⁾。

オオウズラタケとカワラタケを用いるJIS K 1571では12週間の木片暴露となっていることから、

ANCT-09001と同09002の木材分解反応に対する固定化トリコデルマの阻害効果の評価ではその暴露期間を踏襲した。一方、ANCT-08036と同09003では、**図5**の結果からより短期間でコントロール区の木片の質量減少が期待できると考えて25°C・8週間暴露で固定化トリコデルマの阻害効果の評価した。得られた結果を**表2**に示すが、ANCT-08036と同09003のコントロール区の木片の質量減少率はいずれも86%弱、ANCT-09001のコントロール区は20%弱、そしてANCT-09002のコントロール区は5%弱であるのに対し、固定化トリコデルマのANCT-05013区においては、いずれの木材腐朽菌による木材分解反応に対しても木片の質量減少率が1~3%前後である。なお、**図5**においてANCT-09002に対する12週間暴露の木片の質量減少率は39%に達したものの、同一実験条件の**表2**におけるコントロール区ではその値が大きく低下した。この原因は不明であるが、同菌の木材腐朽力が何らかの事情により発揮されなかった可能性が高く、再試験による評価が望ましいと考えている。

表2 25°Cで野生の木材腐朽菌に8または12週間暴露したシラカンバ木片の質量減少率(%)に対する固定化トリコデルマ ANCT-05013 の影響

試験区 \ 担子菌	ANCT-08036 ^{a)}	ANCT-09001 ^{b)}	ANCT-09002 ^{b)}	ANCT-09003 ^{a)}
コントロール区 ^{c)}	85.6±10.08 ^{d)}	19.7±23.2	4.9±12.45	85.7±13.37
ANCT-05013区 ^{c)}	1.5±0.80	1.8±0.55	0.9±0.48	3.4±0.97

a) 8週間暴露; b) 12週間暴露; c) 木片繰り返し数12; d) 平均値±標準偏差。

図6には、ANCT-08036に8週間暴露したシラカンバ木片の様子を示した。明らかにコントロール区の木片が腐朽されているのに対し、トリコデルマ区の木片は原型を留めていることが分かる。以上からANCT-05013の固定化トリコデルマは、少なくとも3菌株の野生菌株の木材腐朽に対してJIS K 1571の防腐性能室内試験の性能基準である木材の質量減少率3%以下をほぼ満たす性能を発揮したことになる。一方、ANCT-08036と同09003は白色腐朽菌と考えられることから、固定化トリコデルマの木材分解反応に対する阻害効果は白色腐朽菌に対しても有効に作用すると考えられる。今後はカワラタケの木材分解反応に対する阻害効果の改善が求められることになる。この課題は、*Trichoderma* spp.を接種した木片をカワラタケ等の木材腐朽菌に暴露する腐朽促進試験の結果⁸⁻¹⁰⁾と一致している。

4. 結 論

担持材料に固定化した *Trichoderma* spp.生菌(固定化トリコデルマ)が、6菌株の木材腐朽菌(オオウズラタケ、カワラタケ、4菌株の野生菌株)による木材分解反応に及ぼす阻害効果の評価した。用いる *Trichoderma* sp.菌株によって阻害効果に差異が生じ、供試した4菌株の中で最も阻害効果の高いANCT-05013の固定化トリコデルマは、25°C・8~12週間の暴露試験でオオウズラタケと3菌株の野生の木材腐朽菌による木片の質量減少率を1~3%前後に抑えたが、カワラタケに対しては16%であった。今後においては、カワラタケの木材分解反応に対する固定化トリコデルマの阻害効果の改善が求められる。



図6 木材腐朽菌 ANCT-08036 に 25℃・8 週間曝露した
シラカンバ木片(上段：コントロール区；下段：
固定化トリコデルマ ANCT-05013 区)

謝 辞

本研究の一部は、(独)科学技術振興機構地域イノベーション創出総合支援事業平成 20 年度「シーズ発掘試験」A(発掘型)に採択された課題番号 01-002，課題名「バイオリジカル・コントロールを用いた木製土木構造物の腐朽遅延技術の開発」として行なわれました。記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 小林智紀：木材保存の現状と将来 1.，防菌防霉，38(7)：455-463 (2010)
- 2) 長野行紘：木材保存の現状と将来 2.，防菌防霉，38(7)：465-472 (2010)
- 3) 宮崎貞之，富樫 巖：Trichoderma spp.生菌を用いた木材保存技術，日本木材学会北海道支部講演集，No.38：18-20 (2006)
- 4) 宮崎貞之，阿部和真，富樫 巖：Trichoderma spp.生菌を用いた木材腐朽遅延技術の検討，日本化学会北海道支部 2007 年夏季研究発表会講演要旨集：48 (2007)
- 5) 富樫 巖，宮崎貞之，阿部和真，東 真史，黒田裕一：固定化トリコデルマの木材腐朽に対する阻害活性と耐候性，日本木材学会北海道支部講演集，No.41：11-12 (2009)
- 6) 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)
- 7) 森 満範：企画講演・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，No.39：35-38 (2007)
- 8) Bruce A, King B: Decay Resistance of Wood Removed from Poles Biologically Treated with *Trichoderma*., *Holzforchung*, 45(4): 307-311 (1991)
- 9) 土居修一，山田 敦：Trichoderma による木材腐朽防止，林産試験場報，6(2)：1-5 (1992)
- 10) Doi S, Yamada A, Mori M: Antagonistic effects of *Trichoderma* spp. isolated from sawdust media of edible fungi against wood decay fungi, *Material u. Organismen*, 28(2): 131-141 (1994)
- 11) 竹内久彌，竹内 保，葛西 章，宮崎淳子，森 満範，橋口智聡，橋本晴美，山田哲夫，青山政和：ベイクウッドの物性とその耐朽性，木質炭化学会誌，5 (2)：64-69 (2009)
- 12) 原口隆英：木材保存(社)日本木材保存協会編，文教出版，50-61 (1982)

一酸化炭素拡散火炎の火炎色に関する研究

野 宮 翼*

立 田 節 雄**

Quantitative Determination of Flame Colors in Carbon Monoxide Diffusion Flames

Tsubasa NOMIYA

Setsuo TATSUTA

Abstract

The colors of carbon monoxide diffusion flames were quantitatively determined in accordance with the CIE 1931 standard colorimetric system. The chromaticity coordinates (x,y) and spectral distributions of visible radiation emitted from the flames were measured with a spectroradiometer. The differences of the flame colors were examined by plotting the measured (x,y) on a CIE 1931 chromaticity diagram. The experimental results indicated that the flame colors of carbon monoxide diffusion flames were almost uniform and independent of flame height, surrounding air velocity and carbon monoxide purity. The values of the (x,y) were constantly (0.224~0.226,0.224~0.226).

1. 結 言

一酸化炭素を燃料とする火炎では、燃焼条件によって火炎の形状や明るさは変化するが、火炎色はほとんど変化しない。図 1¹⁾は円管バーナー上に形成された一酸化炭素火炎の写真である。左から順に、拡散火炎、当量比が 8.0, 2.0, 1.2 の予混合火炎である。いずれの火炎も青白色であり、目視観察では、火炎色の違いは認められない。一酸化炭素火炎の可視発光は、CO 分子が O 原子と再結合反応をするさいの化学発光 ($\text{CO}+\text{O}\rightarrow\text{CO}_2^*\rightarrow\text{CO}_2+h\nu$) によるものである。火炎色を決定している可視発光の相対分光分布は、近紫外から可視域の全域にわたって広がる連続スペクトルであり、波長が 350nm から 450nm の範囲で発光強度が最も強い。このような相対分光分布の形状は、拡散火炎および予混合火炎で類似のものとなることが知られている²⁾。一酸化炭素火炎の可視発光に関する研究は数多くなされているが、火炎色そのものに関する研究例はほとんどない³⁾。

本研究では、円管バーナー上に形成された一酸化炭素層流拡散火炎について、火炎色を分光放射輝度計を用いて XYZ 表色系色度座標で定量化した。火炎の位置および燃焼条件による火炎色の違いを調べるとともに、燃料の一酸化炭素を不活性ガスで希釈して、燃料純度による火炎色の違いを調べた。

* 生産システム工学専攻 2 年

(平成 23 年 11 月 11 日受理)

** 機械システム工学科教授

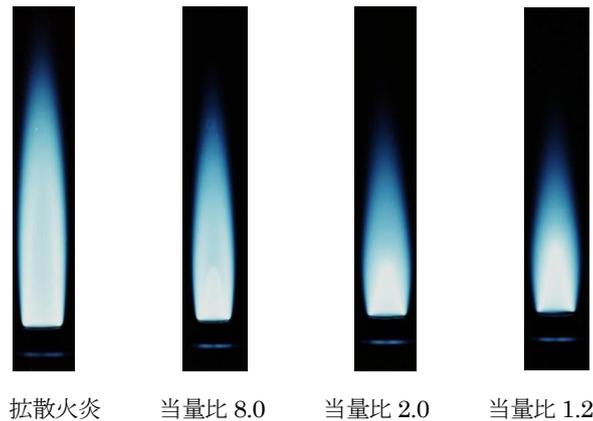


図1 一酸化炭素火炎²⁾

2. 火炎色の定量化

火炎色について研究する場合、火炎色を定量的に表現する必要がある。色を定量化する方法はいくつかあるが、本研究では CIE(国際照明委員会)が定めた XYZ 表色系色度座標⁴⁾を用いた。XYZ 表色系では、火炎等の光源から放射される色光 C は、以下の等色式で表される。

$$C \equiv X[X] + Y[Y] + Z[Z] \quad (1)$$

ここで、 $[X], [Y], [Z]$ は基本的な色刺激であり、原刺激と呼ばれる。また、 X, Y, Z は三刺激値であり、それぞれの原刺激の混合量を表す。これらの三刺激値は、色光 C の放射量の単色放射エネルギー流束から、以下のように算出される。

$$X = k \int_{380nm}^{780nm} E_{\lambda} \bar{x}(\lambda) d\lambda \quad (2)$$

$$Y = k \int_{380nm}^{780nm} E_{\lambda} \bar{y}(\lambda) d\lambda \quad (3)$$

$$Z = k \int_{380nm}^{780nm} E_{\lambda} \bar{z}(\lambda) d\lambda \quad (4)$$

ここで、 E_{λ} は色光 C の単色放射エネルギー流束、 λ は波長、 $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ は、XYZ 表色系の等色関数である。また、 k は三刺激値 Y の値を輝度等の測光量に一致させるための比例定数である。測光量の絶対値を求める必要がない場合は、 $k = 1$ とする。三刺激値から、XYZ 表色系色度座標 (x, y, z) は次式で求めることができる。

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad (5)$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad (6)$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z} \quad (7)$$

なお、 $x + y + z = 1$ の関係が成り立つため、火炎色は (x, y) のみで表現できる。

3. 実験装置および実験方法

3.1 実験装置

実験装置の概略を図2に示す。内径8mm、外径10mmの銅製円管バーナーの上に層流拡散火炎を形成した。燃料として純度99%以上の一酸化炭素を使用した。燃料流量はニードルバルブで調整し、燃料流量の測定にはオリフィスを用いた。火炎の揺らぎを抑えるため、火炎の周囲に空気を同軸状に流した。周囲空気はハニカムおよび金網で整流されている。送風器には層流型流量計が接続されており、周囲空気の流速を調節することができる。周囲空気流速 U_a は1.0m/sとし、火炎色におよぼす U_a の影響を調べる実験では、0.5m/sおよび2.0m/sとした。燃料純度の影響を調べる実験では、一酸化炭素を10vol%の窒素および二酸化炭素で希釈した燃料を用いた。

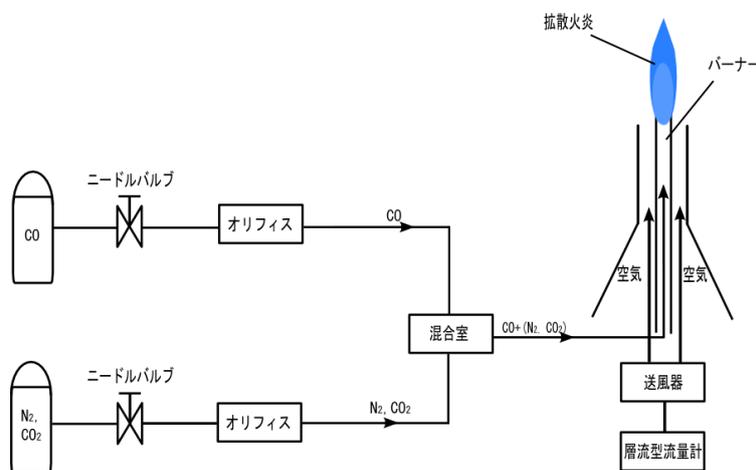


図2 実験装置

3.2 分光放射輝度計

火炎色を分光放射輝度計(KONICA MINOLTA CS-2000)を用いて測定した。この装置では、測定角を3段階(1度, 0.2度, 0.1度)で切り替えることができるが、測定時間を考慮して測定角を1度に設定した。測定に要する時間は、測定位置の輝度によって異なるが、およそ1秒から10秒の範囲である。測定角が1度の場合の主な仕様を表1⁵⁾に示す。実験のさい、受光部にクローズアップレンズを装着した。クローズアップレンズを用いた場合、最小測定径は $\phi 1\text{mm}$ となり、局所的な火炎色を測定できる。

3.3 実験方法

火炎色の測定方法を図3に示す。火炎の中心軸上において、軸方向の位置を変えて火炎色を測定した。測定は、バーナー先端からの軸方向距離 H を火炎長 FH で無次元化した値 H/FH が、0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9となる位置で行った。一酸化炭素の拡散火炎は、火炎の先端位置が不明瞭であるため、便宜的に、輝度が 5cd/m^2 となる位置を火炎の先端とした。分光放射輝度計の焦点を火炎中心軸上で合わせた。分光放射輝度計は三脚に固定されており、測定位置を変えるさい、雲台を上下方向に動かした。位置を正確に調節するため、可動部にスケールを設置した。測定データはUSBケーブルを介して、コンピュータへ転送される。

各測定位置において、色度座標(x, y), 輝度 L_v および単色放射エネルギー流束 E_λ を、同時に 3 回ずつ測定した。それらのデータから、色度座標の平均値 x_{mean} , y_{mean} , 色度座標の標準偏差 σ_x , σ_y , 輝度の平均値 $L_{v,\text{mean}}$ を計算した。単色放射エネルギー流束 E_λ から相対分光分布を求めるさい、波長ごとの E_λ の値を波長 555nm における E_λ の値 $E_{\lambda 555}$ で正規化した⁹⁾。測定時における火炎の揺らぎの影響を少なくするために、3 回ずつ測定した相対分光分布を平均化した。

表 1 主な仕様 (測定角 1 度の場合)⁵⁾

測定波長範囲	380 ~ 780 nm
表示波長間隔	1.0 nm
波長精度	± 0.3 nm
測定輝度範囲	0.003 ~ 5,000 cd/m^2
色度の確度	$x, y \pm 0.003$ (0.003 ~ 0.005 cd/m^2) $x, y \pm 0.002$ (0.005 ~ 0.05 cd/m^2) $y \pm 0.001$ (0.05 cd/m^2)
色度の繰返し性	0.002 (0.003 ~ 0.005 cd/m^2) 0.001 (0.005 ~ 0.1 cd/m^2) 0.0006 (0.1 ~ 0.2 cd/m^2) 0.0004 (0.2 ~ 5,000 cd/m^2)
測定時間	最短約 1 秒 ~ 最長約 243 秒
最小測定径	$\phi 5$ mm (クローズアップレンズ使用時: $\phi 1$ mm)
最短測定距離	350 mm (クローズアップレンズ使用時: 55 mm)

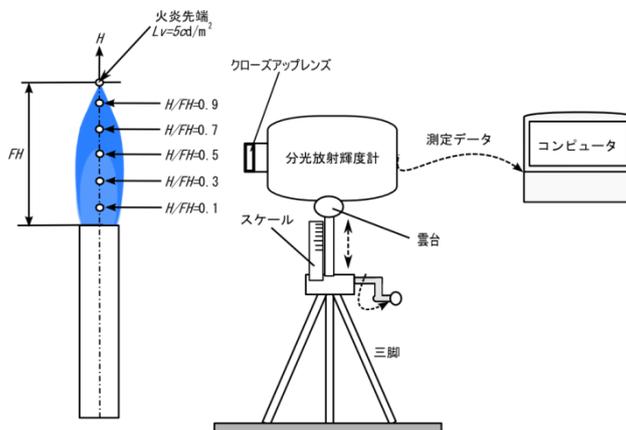


図 3 火炎色の測定方法

4. 実験結果および考察

4.1 火炎の位置による火炎色の違い

最初に、火炎の軸方向位置による火炎色の違いを調べた。対象とした火炎の写真を図 4 に示す。火炎長 FH は 40mm, 周囲空気流速 U_a は 1.0m/s, 燃料流量 Q_{CO} は 11.3 cm^3/s である。参考までに輝度の平均値 $L_{v,\text{mean}}$ の軸方向分布を図 5 に示す。火炎の輝度は、基部側で最も高く、最大約 80 cd/m^2 である。 $H/FH \geq 0.3$ では、火炎の先端側ほど、輝度がほぼ直線的に低下している。



図4 火炎写真

($FH=40\text{mm}$, $U_a=1.0\text{m/s}$, $Q_{CO}=11.3\text{cm}^3/\text{s}$)

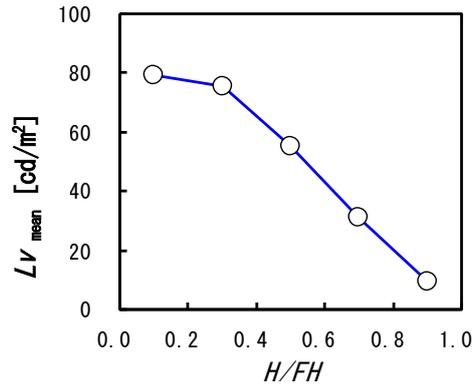


図5 輝度の平均値

各位置における色度座標の平均値 x_{mean} , y_{mean} および標準偏差 σ_x , σ_y を表 2 に示す。標準偏差 σ_x , σ_y はいずれも 0.0001 以内であり、分光放射輝度計における色度の繰返し性の範囲内である。したがって、測定結果の再現性は極めて良好であり、火炎の揺らぎなどの影響は無視できると考えられる。火炎基部側の $H/FH \leq 0.5$ の位置において、 x_{mean} は 0.225~0.226, y_{mean} は 0.224~0.226 の範囲にある。視覚的に分かりやすくするため、色度座標の平均値を xy 色度図上に整理したものを図 6 に示す。図中の正方形の領域は、 x , y ともに 0.224~0.226 の範囲を示している。火炎基部側の $H/FH \leq 0.5$ の位置において、色度座標の平均値はこの領域内にある。一方、火炎先端側の $H/FH \geq 0.7$ の位置では、色度座標の平均値は火炎先端側ほど、この領域から離れている。色度区分が表示された xy 色度図⁷⁾より、火炎色の色名は位置によらず青みの白であり、 $H/FH=0.9$ の位置では他の位置に比べてわずかに白みが強いことがわかる。

火炎色を数値化した色度座標は、火炎から放射される可視光の相対分光分布によって決定されている。 $H/FH=0.1, 0.5, 0.9$ における相対分光分布を図 7 に示す。図の横軸は波長 λ , 縦軸 $E_\lambda/E_{\lambda 555}$ は単色放射エネルギー一流束 E_λ を波長 555nm での単色放射エネルギー一流束 E_{555} で正規化した相対強度である。一酸化炭素火炎の可視発光は、CO 分子が O 原子と再結合反応をするさいの化学発光 ($\text{CO} + \text{O} \rightarrow \text{CO}_2^* \rightarrow \text{CO}_2 + h\nu$) によるものである。その相対分光分布の形状を見ると、相対強度が短波長側で強く、長波長側ほど弱くなっている。火炎の位置による相対分光分布の違いは極めてわずかではあるが、 $H/FH=0.9$ の位置では、他の位置より短波長側の相対強度がわずかに弱くなっており、長波長側では逆に強くなっている。このことが、 $H/FH=0.9$ での火炎色が、他の位置に比べて白みが強くなる原因であると考えられる。

表 2 色度座標の平均値と標準偏差

H/FH	x_{mean}	y_{mean}	σ_x	σ_y
0.1	0.2253	0.2254	0.0000	0.0000
0.3	0.2253	0.2248	0.0000	0.0000
0.5	0.2254	0.2246	0.0000	0.0001
0.7	0.2262	0.2253	0.0000	0.0001
0.9	0.2298	0.2296	0.0000	0.0001

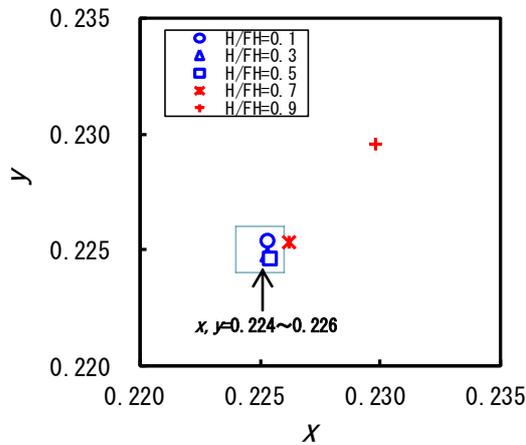


図6 火炎の位置による色度座標の違い

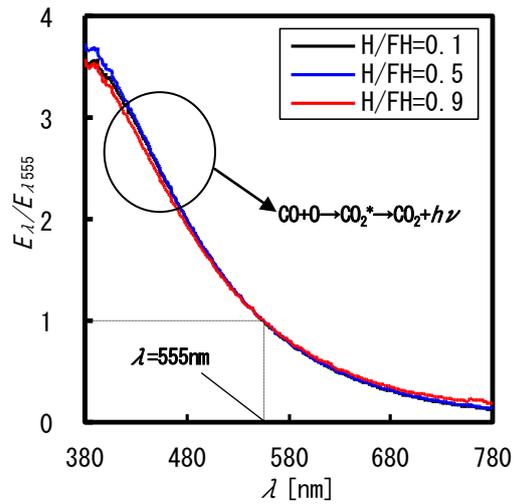


図7 火炎の位置による相対分光分布の違い

4.2 燃焼条件による火炎色の違い

次に、燃焼条件による火炎色の違いを調べた。火炎長による火炎色の違いを調べる実験では、 U_a を1.0m/sとし、一酸化炭素の流量を変えて火炎長を20mm、60mmとした。また、周囲空気流速による火炎色の違いを調べる実験では、火炎長を40mmに保ち、 U_a を0.5m/s、2.0m/sとした。測定対象とした火炎の写真を図8および図9に示す。いずれの火炎においても、目視観察による火炎色の違いは確認できない。

火炎長 FH が20mm、60mmの火炎における色度座標の平均値を図10に、周囲空気流速 U_a が0.5m/s、2.0m/sの火炎における色度座標の平均値を図11に示す。いずれの燃焼条件においても、 $H/FH \leq 0.5$ の位置では x_{mean} 、 y_{mean} ともに0.224~0.226の範囲にあり、火炎基部側での火炎色は変化しないことがわかる。火炎先端側では、燃焼条件によって、わずかな違いがみられる。

相対分光分布を図12および図13に示す。 $H/FH=0.1$ および0.5の位置では相対分光分布の形状はよく一致している。このことから、 $H/FH \leq 0.5$ の位置では、相対分光分布もまた燃焼条件によって変化しないことがわかる。 $H/FH=0.9$ の位置では、前節で示した結果と同様に、相対強度が短波長側でわずかに弱く、長波長側ほど強くなる傾向が見られる。



(a) $FH=20\text{mm}(U_a=1.0\text{m/s}, Q_{CO}=6.1\text{cm}^3/\text{s})$

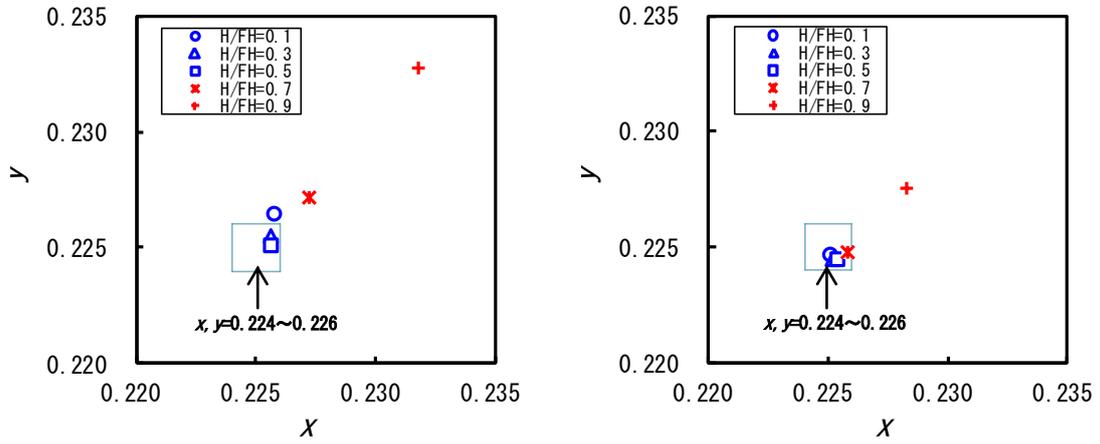
(b) $FH=60\text{mm}(U_a=1.0\text{m/s}, Q_{CO}=17.8\text{cm}^3/\text{s})$

図8 火炎写真



(a) $Ua=0.5\text{m/s}$ ($FH=40\text{mm}$, $Q_{CO}=11.2\text{cm}^3/\text{s}$) (b) $Ua=2.0\text{m/s}$ ($FH=40\text{mm}$, $Q_{CO}=11.9\text{cm}^3/\text{s}$)

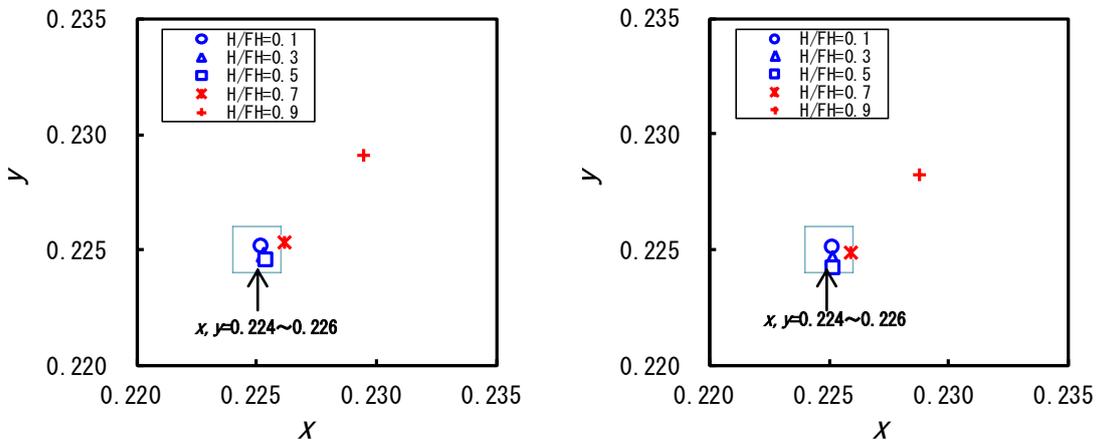
図9 火炎写真



(a) $FH=20\text{mm}$

(b) $FH=60\text{mm}$

図10 火炎長による色度座標の違い



(a) $Ua=0.5\text{m/s}$

(b) $Ua=2.0\text{m/s}$

図11 周囲空気流速による色度座標の違い

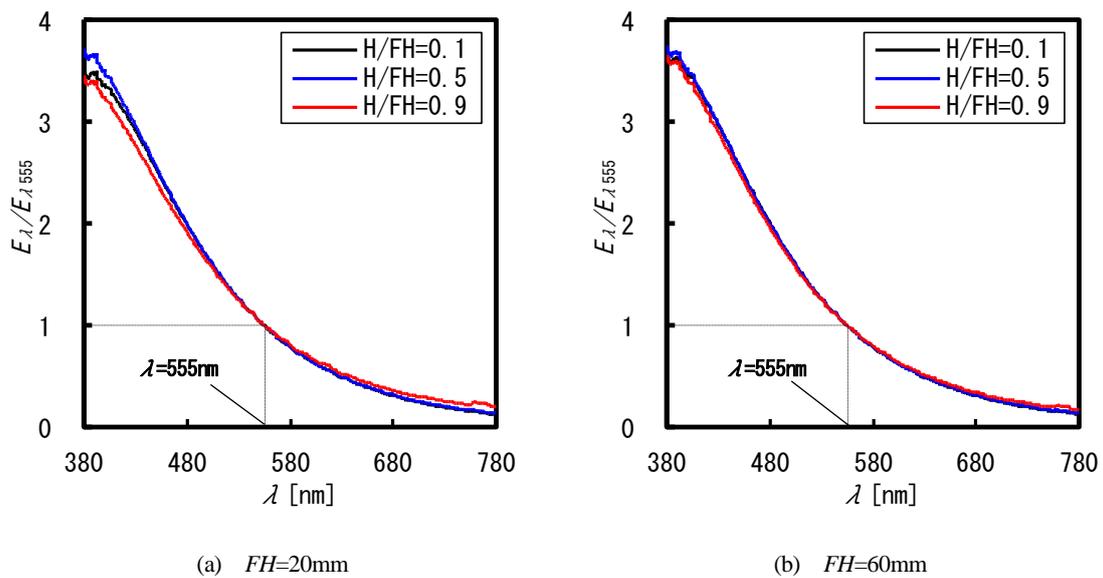


図 12 火炎長による相対分光分布の違い

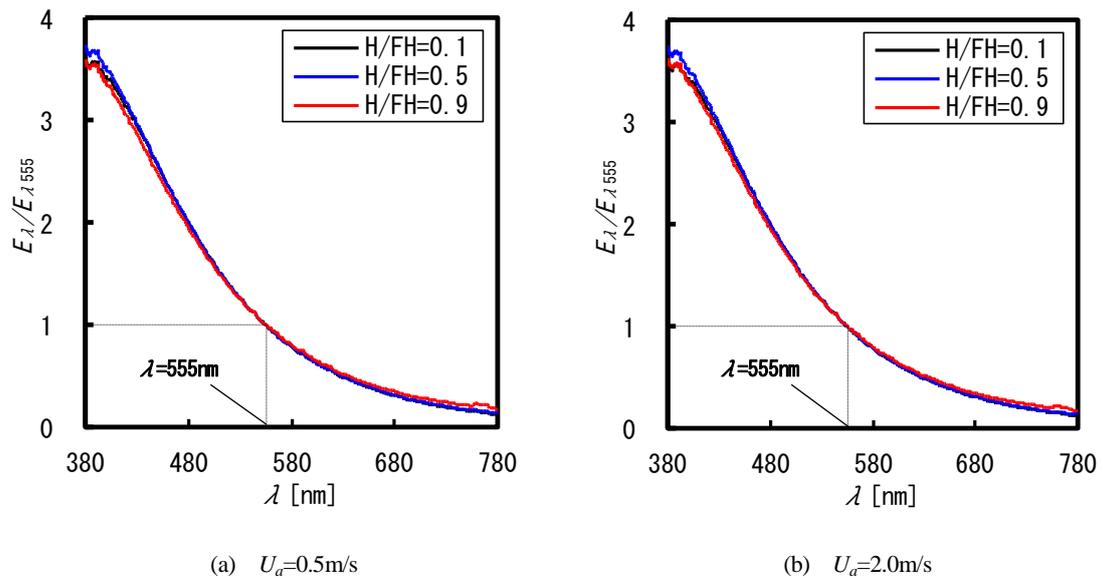


図 13 周囲空気流速による相対分光分布の違い

4.3 燃料純度による火炎色の違い

本研究で用いた一酸化炭素には、微量の不活性ガスなどが含まれている。燃料純度による火炎色の違いを調べるため、一酸化炭素を窒素 N_2 または二酸化炭素 CO_2 で 10vol% 希釈した燃料を用いて、同様の実験を行った。実験条件を表 3 に示す。

燃料純度による色度座標の違いを図 14 に示す。不活性ガスで希釈した場合においても、 $H/FH \leq 0.5$ の位置での色度座標の平均値 x_{mean} , y_{mean} は 0.224~0.226 の範囲内にある。このことから、 $H/FH \leq 0.5$ の位置での火炎色は、燃料純度の影響を受けないことがわかる。相対分光分布の違いを図 15 に示す。相対分光分布の形状についても、燃料純度の影響をほとんど受けないことが明らかとなった。

表3 実験条件

	N ₂ 10%希釈	CO ₂ 10%希釈
火炎長FH[mm]	40	40
周囲空気流速U _a [m/s]	1.0	1.0
CO流量Q _{co} [cm ³ /s]	11.2	11.2
N ₂ 流量Q _{N₂} [cm ³ /s]	1.2	-
CO ₂ 流量Q _{CO₂} [cm ³ /s]	-	1.2

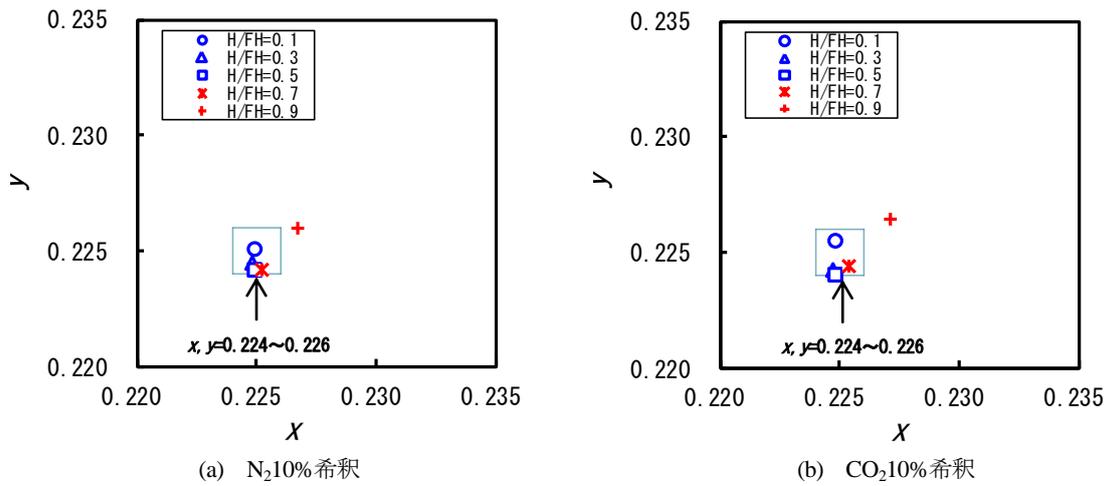


図14 燃料純度による色度座標の違い

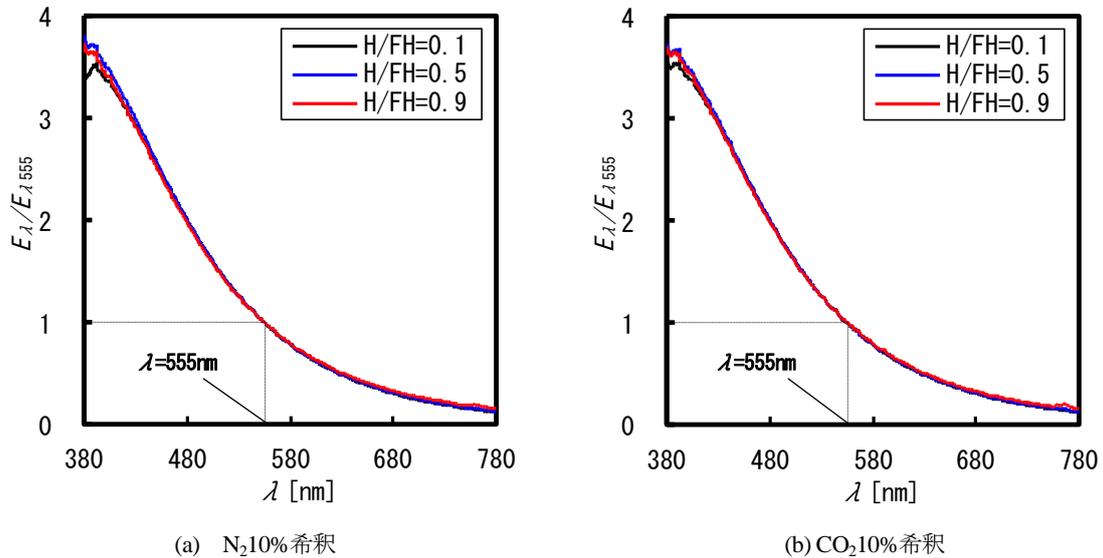


図15 燃料純度による相対分光分布の違い

5. 結 言

本研究では、一酸化炭素層流拡散火炎の火炎色を色度座標で定量化し、燃焼条件などによる火炎色の違いを詳細に調べた。その結果、以下のことが明らかになった。

- (1) $H/FH \leq 0.5$ の位置では、色度座標の平均値 x_{mean} , y_{mean} はいずれも 0.224~0.226 の範囲にあり、それらの値は燃料流量, 周囲空気流速, 燃料純度に依存しない。火炎色は火炎の基部側で極めて均一であり、その色名は青みの白である。
- (2) 一酸化炭素火炎の可視発光は、CO 分子と O 原子が再結合反応するさいの化学発光によるものである。火炎色を決定している相対分光分布の形状は、短波長側で相対強度が強く、長波長側ほど弱くなる。 $H/FH \leq 0.5$ の位置において、火炎色を決定している相対分光分布の形状もまた、燃料流量, 周囲空気流速, 燃料純度にほとんど依存しない。

参 考 文 献

- 1) 立田節雄：火炎色の定量的表現に関する基礎研究，学位論文（北海道大学）1999
- 2) Gaydon, A.G. : The Spectroscopy of Flames 2nd ed, Chapman and Hall : 127 (1974)
- 3) Tatsuta, S., Fujita, O., Ito, K. : On the Colors of Laminar Flames, Journal of the Asahikawa National College of Technology , No.36. : 11-19 (1999)
- 4) JIS Z 8710-1995(XYZ 表色系および $X_{10}Y_{10}Z_{10}$ 表色系による色の表示方法)
- 5) KONICA MINOLTA : 分光放射輝度計 CS-2000/CS2000-A 取扱説明書 : 86
- 6) 成定, 百田, 入江編：電気・電子工学大百科事典第 19 巻, 電気書院 : 8 (1983)
- 7) JIS Z 8110-1984 (光源色の色名)

教職員研究業績目録

平成 22 年 11 月～平成 23 年 10 月 (Nov.2010～Oct.2011)

この業績目録の論文は、本校教職員が上記期間中に他紙等へ発表した研究業績である。

*は本校教職員以外の共著者又は共同研究者である。

I 著 書

著者名：書名，総頁数，発行所（西暦発行年）

[機械システム工学科]

- 1) 北川 能*, 香川利春* 監修, 江頭 竜 他 23 名 : 学生と技術者のための水力学問題演習, 152, パワー社(2011)
 - 2) 岡田昌樹 : Excel で解く機械設計計算, 182 頁, オーム社 (2011)
-

[一般人文科]

- 1) デヴィッド・カービー*/メルヤ-リーサ・ヒンカネン* 著, 玉木俊明*, 牧野正憲*, 谷澤毅*, 根本聡, 柏倉知秀* 訳 : ヨーロッパの北の海—北海・バルト海の歴史—, 452, 2011, 刀水書房, (2011)
-

[一般理数科]

- 1) 高専の数学教材研究会*[編] 長岡耕一 : 「高専テキストシリーズ 基礎数学」, 244 頁, 森北出版 (2011)
-

II 学術論文

著者名：論文題名，雑誌名，巻（号）：最初頁—最後頁（西暦発行年）

[機械システム工学科]

- 1) 岡田昌樹，技能からアプローチする「ものづくり」教育，独立行政法人国立高等専門学校機構論文集「高専教育」，第34号，29-34(2011).
 - 2) 宮崎忠*，佐々木邦哲*，岡田昌樹：アルミニウム薄板の電磁シーム圧接における衝突挙動シミュレーション，軽金属，61(1): 20-23(2011).
 - 3) 松岡俊佑，日野善規*，市川周一*：AES 暗号と Camellia 暗号に対する暗号鍵を固定したハードウェア特殊化回路，電子情報通信学会論文誌 D，Vol. J94-D，No.10，pp.1696-1700(2011)
-

[電気情報工学科]

- 1) K. Taguchi*, T. Kashiwa*, K. Ohshima, T. Kawamura*, "Propagation analysis of electromagnetic waves in 700 MHz band at intersection for inter-vehicle communications using the FDTD method," IEICE Trans. Electron, vol. E94-C, no. 1, pp. 18-23, Jan. 2011.
 - 2) Teppei Shimada, Takayuki Tsuchida*, Tatsuo Tsuji*, Ken Higuchi*: Distributed construction of data cubes from tuple stream, International Journal of Business Intelligence and Data Mining, Volume 6 (No.3): pp.302-320, pp.302-320 (2011)
 - 3) 畑口雅人，西川崇之*，川口秀樹*，鏡愼*：マイクロ波励起表面波プラズマ半導体処理装置の数値解析コードにおけるプラズマ電子密度分布の計算も含めた解析スキームの検討、日本 AEM 学会誌、Vol.19,No.2 : pp348-353
-

[システム制御情報工学科]

- 1) Akira Abe : Accuracy Improvement of the Method of Multiple Scales for Nonlinear Vibration Analyses of Continuous Systems with Quadratic and Cubic Nonlinearities, Mathematical Problems in Engineering, Article ID 890813 : 12 Pages (2010)

- 2) Akira Abe : Anti-Sway Control for Overhead Cranes Using Neural Networks, *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 7(7B) : 4251-4262(2011)
 - 3) Akira Abe : Trajectory Planning for Flexible Cartesian Robot Manipulator by Using Artificial Neural Network: Numerical Simulation and Experimental Verification, *Robotica*, 29(5) : 797-804(2011)
 - 4) 阿部晶, 伊藤周太郎* : ソフトコンピューティングを用いた巻き上げ機構を有する天井クレーンのオープンループ制御, *日本機械学会論文集 C 編*, 77(778) : 2201-2210(2011)
-

[物質化学工学科]

- 1) Satoshi Umeda, Hiroshi Nakade*, Toyoji Kakuchi* : Preparation of superabsorbent hydrogels from poly(aspartic acid) by chemical crosslinking, *Polymer Bulletin*, 67(7), 1285-1292(2011)
- 2) Misaka Hideki*, Sakai Ryosuke, Satoh Toshifumi*, Kakuchi Toyoji* : Synthesis of high molecular weight and end-functionalized poly(styrene oxide) by living ring-opening polymerization of styrene oxide using the alcohol/phosphazene base initiating system *Macromolecules*, in press.
- 3) Zhang Chunhong*, Liu Fangbin*, Geng Qianqian*, Zhang Shuang*, Shen Xi*, Kakuchi Ryohei*, Misaka Hideki*, Kakuchi Toyoji*, Satoh Toshifumi*, Sakai Ryosuke : Synthesis of a novel one-handed helical poly(phenylacetylene) bearing poly(L-lactide) side chains *European Polymer Journal*, 47(10), 1923-1930 (2011)
- 4) Sakai Ryosuke, Sakai Naoya*, Satoh Toshifumi*, Li Wen*, Zhang Afang*, Kakuchi Toyoji* : Strict size specificity in colorimetric anion detection based on poly(phenylacetylene) receptor bearing second generation lysine dendrons *Macromolecules*, 44(11), 4249-4257 (2011).
- 5) Satoh Toshifumi*, Tamaki Masaki*, Taguchi Tsukasa*, Misaka Hideki*, Nguyen To Hoai*, Sakai Ryosuke, Kakuchi Toyoji* : Synthesis of novel hyperbranched polymer through cationic ring-opening multibranching polymerization of 2-hydroxymethyloxetane *Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry*, 49(11), 2353-2365 (2011).
- 6) Zhang Chunhong*, Shen Xiande*, Sakai Ryosuke, Gottschaldt Michael*, Schubert Ulrich S. * Hirohara Shiho* Tanihara Masao*, Yano Shigenobu*, Obata Makoto* Xiao Nao*, Satoh Toshifumi*, Kakuchi Toyoji* : Syntheses of 3-arm and 4-arm star-branched polystyrene Ru(II) complexes by the click-to-chelate approach, *Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry*, 49(3), 746-753 (2011)

- 7) Shigeaki Abe*, Katsutoshi Nakayama*, Daisuke Hayashi*, Tsukasa Akasaka*, Motohiro Uo*, Fumio Watari*, Tomoya Takada: Development of a novel transparent substrate coated by carbon nanotubes through covalent bonding, *Physics Procedia*, 14: 147 – 151 (2011)
- 8) Shigeaki Abe*, Katsutoshi Nakayama*, Hirohisa Kobayashi*, Takayuki Kiba*, Tsukasa Akasaka*, Shin-ichiro Sato*, Motohiro Uo*, Fumio Watari*, Tomoya Takada: Versatile Surface Modification by Carbon Nanotubes Through an Amide – bond Formation, *Nano Biomedicine*, 3(1): 208 – 216 (2011)
- 9) Shigeaki Abe*, Tomoki Ishida*, Chika Koyama*, Tsukasa Akasaka*, Motohiro Uo*, Fumio Watari*, Tomoya Takada: Morphology – controlled calcification (CaCO₃); A doughnut – shaped crystal growth breaking through a carbon nanotube “blanket”, *Journal of the Australian Ceramic Society*, 46(2): 48 – 53 (2010)
- 10) Tomoya Takada: Theoretical Study on the Mechanism of Formaldehyde Reduction with Scallop Shell Ceramics, *Nano Biomedicine*, 3(Special Issue): 123 (2011)
- 11) Tomoya Takada, Desharin Santida*, Shigeaki Abe*: Suitable Conditions for Sidewall Carbosylation of Multi-Walled Carbon Nanotubes, *Nano Biomedicine*, 3(1): 208 – 216 (2011)
- 12) 富樫巖, 永井一輝*, 亀田剛*, 土田義之*: スパークリングワイン中および乳酸水溶液中の酵母に対する低温の影響, *日本菌学会会報*, 第 52 巻(第 1 号): 43-46(2011)
- 13) 富樫巖, 永井一輝*, 亀田剛*, 土田義之*: 酵母と細菌に対するスパークリングワインの凍結殺菌能, *旭川工業高等専門学校研究報文*, 第 48 号: 35-43(2011)
- 14) 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*, 第 48 号: 44-50(2011)

[一般人文科]

- 1) 神林勲*, 木本理可, 塚本未来*, 鍋谷佳裕*, 内田英二*, 武田秀勝*: 大学生における生理的および心理的指標からみた教育実習中のストレス度合, *北海道教育大学紀要 教育科学編*, 第 61 巻第 2 号: 285-295(2011)
- 2) 木本理可, 神林勲*, 塚本未来*, 東郷将成*, 内田英二*, 武田秀勝*: 継続時間の異なる中強度有酸素運動による脂質利用動態の比較, *北海道体育学研究*, 第 46 巻: 35-41(2011)

- 3) 塚本未来*, 神林勲*, 北館健太郎*, 飯嶋孝行*, 木本理可, 武田秀勝*: 低分子化ポリフェノールの摂取が高強度間欠的運動時の酸化ストレスおよび血清総抗酸化能に与える影響, 北海道体育学研究, 第 45 卷, 1-9(2010)
 - 4) 倉持しのぶ: 「人となることは難きを」—笠金村「神亀五年戊辰秋八月の歌」についての考察—, 北海道大学国語国文学会『国語国文研究』, 140 号: 46-58(2011)
 - 5) Suzuki T. & Sogawa K. (2010). A case study of motivation raising instruction for successful learners. HELES Journal, 10, 3-17.
 - 6) Yuko Mizuno: Preposed and Postposed Although Clauses in Discourse: A Text Based Study from English, Empirical and Experimental Methods in Cognitive/Functional Research, edited by Sally Rice & John Newman: 225-239 (2010)
 - 7) Yuko Mizuno: A Quantitative Analysis of Although and Though Clauses: Their Commonalities and Differences, 北海道英語英文学, 55: 41-60 (英文学研究 支部統合号, 3: 47-66)(2011)
-

III 学会シンポジウム (講演論文)

発表者名: 演題名, 学会名, シンポジウム名, 開催場所: 最初頁—最後頁 (西暦発行年)

[機械システム工学科]

- 1) 宇野直嗣: 三次元 CAD/CAE および三次元プリンタを活用したモノづくり教育の試み, 平成 23 年度全国高専教育フォーラム, 鹿児島大学, pp. 542-543(2011 年 8 月).
- 2) 宇野直嗣: 部品一つのモノづくりを通じた機械工学の学び, 日本工学教育協会, 第 59 回年次大会工学教育研究講演会, 北海道大学, pp. 381-382(2011 年 9 月).
- 3) 岡田昌樹: 非円形歯車自動設計システムの評価, 機械学会, 機械学会 2011 年度年次大会, 東京工業大学 大岡山キャンパス, No.11-1, 1-4 (2011).
- 4) 岡田昌樹, 富樫巖, 小林一誠, 高橋弘, 五日市晃子: 旭川高専の地域産学連携「ものづくり人材育成講座」, 国立高等専門学校機構, 平成 23 年度全国高専教育フォーラム, 鹿児島大学, 229-230 (2011).

- 5) 佐々木邦哲*, 宮崎忠*, 岡田昌樹: 電磁シーム圧接に及ぼす間隙の影響に関する変形シミュレーション, 軽金属学会, 軽金属学会第 119 回秋季大会講演概要, 長岡技術科学大学 (長岡市), 259-260 (2010).
- 6) 松岡俊佑, 鏡慎*, 川口秀樹*: 電磁石とネオジム磁石による吸引型磁気浮上装置の製作, 第 19 回 MAGDA カンファレンス, 北海道大学, pp387-390(2010)
- 7) 谷地亮輔*, 松岡俊佑, 川口秀樹*: マイコンを用いた吸引型磁気浮上装置の製作, 電気学会全国大会, 大阪大学, A102-C4, No.5, pp328(2011).
- 8) 横井直倫, 谷勝弘*, 前田貴章*, 島谷祐一*, 船水英希*, 相津佳永*: バイオスペckル画像データのフレームレート解析と麻酔下ラット血行動態計測への応用, 応用物理学会, 第 46 回光波センシング技術研究会講演論文集, 東京理科大学神楽坂校舎森戸記念館(東京), 151-156 (2010)
- 9) 米岡篤志*, 横井直倫, 島谷祐一*, 船水英希*, 相津佳永*: 2 波長単眼撮影光学系による血流・血液濃度変化スペckルイメージング, 応用物理学会, 第 58 回応用物理学関係連合講演会講演予稿集(CD-ROM), 神奈川工科大学(厚木), RONBUNNO.26P-BH-3 (2011)
- 10) N. Yokoi, Y. Shimatani* and Y. Aizu*: Measurements of blood flow and hemoglobin concentration change in anesthetized rat using two-wavelength laser speckle imaging, The Optical Society of America, Conference program of the CLEO2011 -Conference on Lasers and Electro-Optics 2011, Baltimore Convention Center (Baltimore), 67 (2011)
- 11) 松宮路恵*, 米岡篤志*, 横井直倫, 船水英希*, 相津佳永*: 血流・血液濃度変化同時イメージングのための 2 波長スペckルイメージング光学系, 日本機械学会北海道支部, 日本機械学会北海道支部第 50 回講演会講演概要集, 旭川工業高等専門学校(旭川), 141-142 (2011)

[電気情報工学科]

- 1) 松田大樹*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也*, 大島功三, 川村武*: ブロック塀により構成された住宅地交差点における 700MHz 帯 FDTD 電波伝搬解析, 電気学会電磁界理論研究会(会津), EMT-10-106, pp. 23-28, Nov. 2010.
- 2) 森下隆司*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也*, 大島功三: 窓ガラスを考慮した自動車搭載アンテナに対する近傍界・遠方境界に関する一検討, 平成 22 年度 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム, pp. 6-7, Feb. 2011.

- 3) 松田大樹*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也*, 大島功三, 川村武*: 狭路交差点における 700MHz 帯 FDTD 電波伝搬特性解析, 平成 22 年度 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム, pp. 8-9, Feb. 2011.
- 4) 佐藤亮人*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也*, 大島功三: FDTD(2,4)法を用いた住宅地交差点電波伝搬解析, 平成 22 年度 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム, pp. 10-11, Feb. 2011.
- 5) 青山良輔*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也*, 大島功三, 川村武*: 交差点の 3 次元 FDTD 電波伝搬解析における PML 吸収境界条件に関する一検討, 平成 22 年度 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム, pp. 16-17, Feb. 2011.
- 6) 佐藤亮人*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也*, 大島功三, 川村武*: 住宅地交差点における 700MHz 帯及び 5.8GHz 帯 FDTD 電波伝搬特性解析, 電子情報通信学会総合大会(東京), C-1-20, Mar. 2011.
- 7) 青山良輔*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也*, 大島功三, 川村武*: 軽量コンクリート塀で囲まれた住宅地交差点における 720MHz 帯の 3 次元 FDTD 電波伝搬解析, 電気学会電磁界理論研究会(北見), EMT2011-11-95, pp. 205-209, July 2011.
- 8) 佐藤亮人*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也*, 大島功三, 川村武*: 軽量コンクリート塀で囲まれた住宅地交差点における 720MHz 帯及び 5.8GHz 帯 FDTD 電波伝搬解析, 電子情報通信学会, エレクトロニクスシミュレーション研究会(北見), EST2011-63, pp. 263-266, July 2011.
- 9) 佐藤亮人*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也*, 大島功三, 川村武*: 送信側自動車位置を考慮した住宅地交差点における 720MHz 帯及び 5.8GHz 帯 FDTD 電波伝搬解析, 電子情報通信学会ソサイエティ大会(札幌), C-1-10, Sept. 2011.
- 10) 青山良輔*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也*, 大島功三, 川村武*: FDTD 法を用いた住宅地交差点の 720MHz 帯 3 次元電波伝搬解析, 電子情報通信学会ソサイエティ大会(札幌), C-15-10, Sept. 2011.
- 11) 内村隼一*, 大島功三, 村本充*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也*: MUSIC 法を用いた近傍波源到来方向推定の推定誤差に関する一検討, 平成 23 年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会(函館), 95 Oct. 2011.
- 12) 高橋祥崇*, 大島功三, 村本充*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也*: GA を用いた近傍波源 2 次元到来方向推定に関する一検討, 平成 23 年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会(函館), 96 Oct. 2011.

- 13) 佐藤亮人*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也*, 川村武*, 大島功三: FDTD法を用いた住宅地交差点における720MHz帯及び5.8GHz帯電波伝搬特性解析, 平成23年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会(函館), 106 Oct. 2011.
- 14) 青山良輔*, 今井卓*, 田口健治*, 柏達也*, 大島功三, 川村武*: 住宅地交差点における720MHz帯の3次元FDTD電波伝搬解析, 平成23年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会(函館), 107 Oct. 2011.
- 15) K. Taguchi*, S. Imai*, T. Kashiwa*, K. Ohshima, and T. Kawamura*: FDTD simulation of radio wave propagation at intersection surrounded by concrete block walls in residential area for inter-vehicle communications using 720 MHz band, ISAP, Paper ID: C02-1002, Jeju, Korea, Oct. 2011.
- 16) Hisayuki Sasaoka: Approach for Agent Actions' Acquiring Method using Ant Colony Optimization, Japan Society for Fuzzy Theory and intelligent informatics, Proceedings of Joint 5th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 11th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, Okayama Convention Center(岡山), 117-120 (2010).
- 17) 笹岡久行: マルチエージェントシステムにおけるACOを用いた行動獲得手法の提案, 情報処理学会, 第73回全国大会, 東京工業大学大岡山キャンパス(東京), 講演論文集 第二分冊 35-36 (2011).
- 18) Hisayuki Sasaoka: Introduction of Acquiring Method for Agents' Actions with Simple Ant Colony Optimization in Multi-agent System(Team Description), RoboCup2011 National Committees, RoboCup2011 Rescue Simulation League Competition, Proceedings of RoboCup2011, Istanbul Expo Center(イスタンブール, トルコ), CD-ROM(2011)
- 19) Hisayuki Sasaoka: Introduction for Agent Actions' Acquiring Method using Ant Colony Optimization in Multi-Agent System, Japan Society for Fuzzy Theory and intelligent informatics, Proceedings of 12th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, LA VIE D'OR Resort(水原, 韓国), 174-175 (2011).
- 20) 篁耕司, 井口傑, 大島功三, 小山貴夫, 舟木聡: 学生に考えることを誘導する創成教育の実践例, 国立高等専門学校機構, H23年度全国高専フォーラム教育研究活動発表会, 鹿児島, 149-150(2011)
- 21) 篁耕司, 井口傑, 大島功三, 小山貴夫, 舟木聡: 「考えさせる」創成教育の取り組みーミニ四駆レースを利用した太陽光発電のエネルギー管理ー, 日本工学教育協会, H23年度工学教育研究講演会, 札幌, 576-577(2011)

- 22) 竹内智彦*, 菅野隆太郎*, 後藤竜介*, 篁 耕司, 吉本 健一: 酸素無供給下での SrTiO₃-Nb 薄膜の成長とアニール効果, 応用物理学会, 第 46 回応用物理学会北海道支部学術講演会, 室蘭, 18 (2011)
- 23) 土橋 剛: Ti/Hf/Nb 積層膜の陽極酸化による Ti 酸化膜の伝導度制御, 電子情報通信学会, 2011 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 北海道大学, C-6-6(2011)

[システム制御情報工学科]

- 1) Akira Abe , Shutaro Ito* : Anti-Sway Control for Overhead Cranes with Load Hoisting by Evolutionary Computation, Joint 5th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 11th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, Okayama, 855-860(2010)
- 2) 阿部晶, 小椋数馬*: フレキシブルマニピュレータの省エネルギーフィードフォワード制御法, 計測自動制御学会第 11 回 SI 部門講演会, 仙台, 731-734(2010)
- 3) Akira Abe, Kazuma Komuro* : An Energy Saving Open-Loop Control Technique for Flexible Manipulators, 2011 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, Beijing, 416-421(2011)
- 4) 阿部晶, 根本翔太*: 2 自由度フレキシブルマニピュレータの省エネルギーフィードフォワード制御法, 日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2011, 高知, 10 Pages (2011)
- 5) 阿部晶, 梶原裕哉*: 柔軟劣駆動マニピュレータのフィードバック制御に関する研究, 日本機械学会北海道支部第 50 回講演会, 旭川, 175-176(2011)
- 6) 大津淳*, 大柏哲治: 大根収穫機の移動の自動化に関する研究, 日本機械学会北海道学生会第 40 回学生員卒業研究発表講演会, 室蘭工業大学, 講演論文集 P.365-366(2011)
- 7) 大津淳*, 大柏哲治, 石井誠士*: 測域センサをベルトコンベア内部に設置した大根積み込み装置に関する研究, 日本機械学会北海道支部第 50 回講演会, 旭川高専, 講演概要集 No.112-2 P.159-160(2011)
- 8) 齊藤史明*, 佐藤陽亮, 今野廣: 積雪量測定システムの開発, 機械学会, 日本機械学会北海道支部第 50 回講演概要集, 旭川高専, 177-178(2011)

- 9) 相田俊*, 林朗弘*, 原慎真也*, 佐竹利文: マルチエージェント概念を用いた運動学計算システム構築ツールの開発, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2011, 岡山コンベンションセンター, 1A1-O05, 2011.5
- 10) 富永潤*, 林朗弘*, 原慎真也*, 佐竹利文: 一軸慣性系モデルによるマニピュレータの位置決め制御と補間法の検討, 精密工学会, 精密工学会秋季学術講演会講演論文集, Vol. 2011A (2011), 金沢大学, K80, 2011.9
- 11) 野村啓太*, 佐竹利文, 林朗弘*: 多軸機械用動作指令出力プログラムの自動生成システム情報処理学会, 情報処理北海道シンポジウム 2011 講演論文集, A-7, PP19-22, 2011.10
- 12) 丸山翼*, 戸村豊明: ユーザの手による物体操作が可能な AR アプリケーションの開発, 公益社団法人精密工学会, 2011 年度精密工学会春季大会, 東洋大学白山キャンパス, 647-648 (2011).
- 13) 林宙佑*, 戸村豊明: 自然特徴点の 3 次元復元を用いたマーカレス AR に関する研究, 公益社団法人精密工学会北海道支部, 2011 年度精密工学会北海道支部学術講演会, 81-82 (2011).
- 14) 丸山翼*, 戸村豊明: 手を用いたウィンドウ操作が可能な AR アプリケーションの開発, 公益社団法人精密工学会北海道支部, 2011 年度精密工学会北海道支部学術講演会, 27-28 (2011).
- 15) 加藤大貴*, アグス・スバギョ*, 中村基訓, 末岡和久*: 同一 CNT 上に作製したサイドコンタクト構造およびエンドコンタクト構造 CNT-FET の伝導特性評価, 第 72 回応用物理学会学術講演会, 山形大学(2011)
- 16) 堀川紀孝: 薄肉の球状黒鉛鋳鉄の強度評価および渦電流法による非破壊評価, 鑄造工学会第 158 回全国講演大会, 東京, 115(2011)
- 17) 間翔平*, 堀川紀孝: 渦電流法によるオーステナイト系ステンレス鋼のひずみ検出, 日本機械学会 2011 年度年次大会, 東京, DVD(2011)
- 18) 小玉翔*, 堀川紀孝: 鑄造シミュレーションによる冷却速度と薄肉の球状黒鉛鋳鉄の組織, 強度分布の変化との相関, 鑄造工学会第 159 回全国講演大会, 松江, 25(2011)
- 19) 三井聡, 源津憲昭*, 村上孝志*: マイスターを活用した地域ニーズ対応型創造力育成教育, 平成 23 年度工学教育研究講演会, 北海道大学大学院工学研究院, 218-219 (2011)
- 20) 高橋優貴*, 森川一: Java Applet 等を利用した制御工学 e ラーニング・コンテンツの拡充, 日本

機械学会, 北海道学生会第 40 回学生員卒業研究発表会講演論文集, 室蘭工業大学, 403-404(2011)

- 21) 沼田菜々*, 三島結花*, 森川一: 歯列模型 STL データ編集プログラムの開発, 日本機械学会, 北海道学生会第 40 回学生員卒業研究発表会講演論文集, 室蘭工業大学, 419-420(2011)
- 22) 三島結花*, 森川一: 歯科矯正用 CAD2 システムの開発～DICOM 画像からの歯の 3D モデル構築～, 日本機械学会, 北海道支部第 50 回講演会講演概要集, 旭川工業高等専門学校, 139-140(2011)
- 23) 森川一: 「制御工学」補習教育における演習を中心とした e ラーニングの有用性, 日本工学教育協会, 第 59 回工学教育研究講演会講演論文集, 北海道大学, 664-665(2011)

[物質化学工学科]

- 1) Sakai Naoya*, Sakai Ryosuke, Satoh Toshifumi*, Zhang Afang*, Kakuchi Toyoji*: Chirality sensing towards amino acid using poly(phenylacetylene) conjugated with l-lysine through urea linkage, 241st ACS National Meeting & Exposition, Anaheim, CA, United States (2011)
- 2) Misaka Hideki*, Sakai Ryosuke, Satoh Toshifumi*, Kakuchi Toyoji*: Living anionic ring-opening polymerization of styrene oxide catalyzed by phosphazene base, 241st ACS National Meeting & Exposition, Anaheim, CA, United States (2011)
- 3) 中村亮介*, 堺井亮介, 梅田哲, 青山陽子, 佐藤敏文*, 覚知豊次*: ポリ (ピリレンメチン) の合成と pH 応答性の評価, 第 45 回 (2010 年度) 高分子学会北海道支部研究発表会, 札幌, (2011)
- 4) 田口主*, 堺井亮介, 佐藤敏文*, 覚知豊次*: アミド基を側鎖に導入したポリ(フェニルアセチレン) によるキラルカルボン酸塩の検出, 第 45 回 (2010 年度) 高分子学会北海道支部研究発表会, 札幌, (2011)
- 5) 後藤文倫*, 堺井亮介, 梅田哲, 青山陽子, 津田勝幸: エステル基を有する新規エチニルスチレン誘導体の合成とラジカル重合に関する研究, 第 45 回 (2010 年度) 高分子学会北海道支部研究発表会, 札幌, (2011)
- 6) 中川大輔*, 堺井亮介, 梅田哲, 青山陽子, 津田勝幸: 長い共役系を有する新規エチニルスチレン誘導体の合成とラジカル重合の検討, 第 45 回 (2010 年度) 高分子学会北海道支部研究発表会, 札幌, (2011)

- 7) 酒井直哉*, 堺井亮介, 佐藤敏文*, 覚知豊次*: アミノ酸由来ウレア基を有するポリ(フェニルアセチレン)のキラル比色検出能, 第45回(2010年度)高分子学会北海道支部研究発表会, 札幌, (2011)
- 8) Mingxian Jian*, 堺井亮介, 佐藤敏文*, 覚知豊次*: ポリジアセチレンマイクロ繊維を用いた揮発性有機化合物の色彩検出, 化学系学協会北海道支部2011年冬季研究発表会, 札幌, (2011)
- 9) 島田遼太郎*, 堺井亮介, 佐藤敏文*, 覚知豊次*: ウレア基を有するポリ(p-フェニレン)を用いたアニオン応答性蛍光プローブの開発, 化学系学協会北海道支部2011年冬季研究発表会, 札幌, (2011)
- 10) 岩本晋也*, 千葉香織*, 瀧瀬啓太*, 堺井亮介, 佐藤敏文*, 覚知豊次*: 有機超強酸を触媒に用いたグループトランスファー重合の動力学的研究, 化学系学協会北海道支部2011年冬季研究発表会, 札幌, (2011)
- 11) Sugimoto K., Ogasawara N., Senda M., Kasai D., Masai E., Fukuda M. & Senda T.: Reaction mechanism of an extradiol type dioxygenase DesB from *Sphingobium* SYK-6, 第84回日本生化学会大会, 京都, 4T10a-11 (口頭発表), 4P-0193 (ポスター発表) (2011)
- 12) 阿部薫明*, 磐寺信喜*, 伊藤佐智子*, 石川紘佑*, 赤坂司*, 宇尾基弘*, 林大輔*, 高田知哉, 米澤徹*, 亘理文夫*: マイクロ・ナノ物質の体内動態の追跡と生体への影響, ナノ・バイオメディカル学会第4回大会 (ナノ・バイオメディスンシンポジウム), Session2 (Nano Risk 2) (2011)
- 13) Katsutoshi Nakayama*, Yoshihito Honda*, Tomoya Takada, Shigeaki Abe*: Amide Bond Formation Between Carboxylated Multi-Walled Carbon Nanotubes And Glass Surface By Using Carbodiimide Condensing Agent, KJF International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics, Busan(Korea), PB125 (2011)
- 14) Tomoya Takada: Theoretical study on the mechanism of formaldehyde reduction with scallop shell ceramics, The 3rd International Symposium on Surface and Interface of Biomaterials, Sapporo, 123(2011)
- 15) 高田知哉, 今野勇司*, 田地川浩人*: 水素結合クラスターの電子状態と動的挙動, 化学系学協会北海道支部2011年冬季研究発表会, 北海道大学, 175(2011)
- 16) 高田知哉, デーシャリン・サンティダー*, 阿部薫明*: ラジカル反応による多層カーボンナノチューブのカルボキシル化の反応速度論, 化学系学協会北海道支部2011年冬季研究発表会, 北海道大学, 174(2011)

- 17) 中山勝利*, 阿部薫明*, 林大輔*, 赤坂司*, 宇尾基弘*, 亘理文夫*, 高田知哉: ラジカル反応によるカルボキシル化多層カーボンナノチューブの作製と透明導電体作製への応用, 化学系学協会北海道支部 2011 年冬季研究発表会, 北海道大学, 173(2011)
- 18) 安藤元*, 千葉誠, 高橋英明: 多肉植物の光合成メカニズムを利用した発電システムの開発, 化学系学協会北海道支部 2011 年冬季研究発表会, 札幌(2011)2/1-2
- 19) 中山雄貴*, 松本拓弥*, 千葉誠, 高橋英明: Cl^- , Cu^{2+} を含む高温水溶液中におけるアルミニウム合金の腐食について, 化学系学協会北海道支部 2011 年冬季研究発表会, 札幌(2011)2/1-2
- 20) 波田野智章*, 千葉誠, 高橋英明: 高温流水中における鉄の腐食形態におよぼすリン酸塩インヒビターの影響, 化学系学協会北海道支部 2011 年冬季研究発表会, 札幌(2011)2/1-2
- 21) 堀本優衣*, 千葉誠, 高橋英明: 応力による銅表面のホウ酸塩水溶液中における酸化挙動の影響, 化学系学協会北海道支部 2011 年冬季研究発表会, 札幌(2011)2/1-2
- 22) 中山雄貴*, 松本拓弥*, 千葉誠, 高橋英明: Cl^- , Cu^{2+} を含む高温水溶液中におけるアルミニウム合金の腐食挙動と合金元素の関連, (社)表面技術協会 第 123 回講演大会(関東学院大学), 横浜(2011)3/17-18,
- 23) 波田野智章*, 千葉誠, 高橋英明: 高温流水中における鉄の腐食に対するインヒビターの影響, (社)表面技術協会 第 123 回講演大会(関東学院大学), 横浜(2011)3/17-18,
- 24) 中山雄貴*, 松本拓弥*, 千葉誠, 高橋英明: Cu^{2+} , Cl^- を含む高温水溶液中における Al の腐食, 日本化学会北海道支部 2011 年 夏季研究発表会, 室蘭(2011)7/23
- 25) 波田野智章*, 千葉誠, 高橋英明: リン酸塩インヒビターを含む流水中における鉄の腐食, 日本化学会北海道支部 2011 年 夏季研究発表会, 室蘭(2011)7/23
- 26) 中山雄貴*, 平賀拓也*, 千葉誠, 高橋英明: Cu^{2+} を含む高温水溶液中におけるアルミニウム合金の腐食に対する Cl^- 濃度依存性, (社)表面技術協会 第 124 回講演大会(名古屋大学), 名古屋(2011)9/21-22
- 27) 波田野智章*, 千葉誠, 高橋英明: リン酸塩インヒビターを含む流水中における鉄の腐食に及ぼす遊離腐食生成物の影響, (社)表面技術協会 第 124 回講演大会(名古屋大学), 名古屋(2011)9/21-22

- 28) 富樫巖, 佐藤明日香*, 後藤隆之*, 藤本英人*: オビスギ材水蒸気乾燥凝縮液の防カビ性能, 日本木材学会北海道支部会, 第 42 回日本木材学会北海道支部研究発表会, 札幌市, 講演集 WEB 版 P-3(2010)
- 29) 福田拓巳*, 富樫巖: 酵母の凍結殺菌における糖類の影響, 化学系学協会北海道支部 2011 年冬季研究発表会, 札幌市, 講演要旨集 106(2011)
- 30) 佐藤明日香*, 富樫巖: 生活環境にみられるカビの防除—精油の防カビ性能—, 化学系学協会北海道支部 2011 年冬季研究発表会, 札幌市, 講演要旨集 136(2011)
- 31) 千野佳奈子*, 富樫巖: 酵母に対する有機酸水溶液の殺菌性能, 化学系学協会北海道支部 2011 年冬季研究発表会, 札幌市, 講演要旨集 137(2011)
- 32) 谷口大樹*, 平沢大樹*, 富樫巖: 木炭を用いた固定化トリコデルマの木材腐朽阻害活性, 化学系学協会北海道支部 2011 年冬季研究発表会, 札幌市, 講演要旨集 138(2011)
- 33) 富樫巖: バイオロジカル・コントロールを用いた木材保存技術, 第 9 回全国高専テクノフォーラム, 東京都, 資料集, 44(2011)
- 34) 阿部翔太*, 沼田ゆかり: 熱機械分析による機能性バクテリアセルロースゲルの評価, 第 45 回高分子学会北海道支部研究発表会, 北海道大学, 42 (2011)
- 35) 佐藤悠介*, 古崎睦: ホタテ貝殻入りコンクリートブロックの二酸化炭素吸収機構, 化学系学協会北海道支部 2011 年冬季研究発表会, 札幌, 40(2011)
- 36) 宮越昭彦, 角幡大史*, 横井創一*: マイクロ波加熱を利用するメタン転換プロセスの開発 —金属炭化物担持 HZSM-5 触媒の加熱特性とメタン分解性能—, 触媒学会, 第 108 回触媒討論会, 北見工業大学, P081(2011)
- 37) 菅原猛司*, 安田佳一郎*, 宮越昭彦: マイクロ波加熱を利用するエトリンサイト由来結晶化物の多孔質化とフッ素吸着特性, 化学系協会北海道支部 2011 年冬季研究発表会, 北海道大学, p.39 (2011)
- 38) 安田佳一郎*, 菅原猛司*, 宮越昭彦: エトリンサイト由来結晶化物の調製条件とフッ素吸着特性, 化学系協会北海道支部 2011 年冬季研究発表会, 北海道大学, p.38(2011)

[一般人文科]

- 1) 石本裕之：2011 靖没後 20 年に，井上靖記念館文学講座，旭川市井上靖記念館，資料 1-8(2011)
- 2) 木本理可，神林勲*，塚本未来*，東郷将成*，内田英二*，武田秀勝*：継続時間の異なる中強度有酸素運動における脂質利用動態の比較，平成 22 年度北海道体育学会研究大会，北海道大学(2010)
- 3) 木本理可，神林勲*，塚本未来*，東郷将成*，内田英二*，武田秀勝*：温度条件の異なる環境が運動誘発性酸化ストレスに与える影響，第 66 回日本体力医学会大会，海峡メッセ下関（下関市）(2011)
- 4) 塚本未来*，神林勲*，木本理可，内田英二*，東郷将成*，武田秀勝*：安静時における成人男女の血清一酸化窒素生成レベルの検討，平成 22 年度北海道体育学会研究大会，北海道大学(2010)
- 5) 塚本未来*，神林勲*，木本理可，東郷将成*，福士宗光*，内田英二*，武田秀勝*：120 分のヨガが好中球スーパーオキシド生成能および NK 細胞活性に与える影響，第 23 回北海道スポーツ医科学研究会第 13 回日本体力医学会北海道地方会合同学術集会，北海道大学(2011)
- 6) 東郷将成*，神林勲*，塚本未来*，木本理可，武田秀勝*：高脂肪食摂取がラット肝臓ミトコンドリアの呼吸機能および膜流動性に与える影響，平成 22 年度北海道体育学会研究大会，北海道大学(2010)
- 7) Suzuki T. : Challenges in introducing almost-all-English classes: Keys for successful transitions. Japan Society of English Language Education. Kadai Kenkyuu Forum, “How to conduct English Lessons in English.” Yamagata University at Koshirakawa. 417-718. (2011).
- 8) 谷口牧子：教育現場における知財教育担当者の育成～知財教育実践からの一考察，日本知財学会第 9 回年次学術研究発表会，専修大学生田キャンパス，(平成 23 年 6 月)

[一般理数科]

- 1) 青山陽子：高専生と大学生の「有機化学」への取り組みについて－高等教育に求められている講義と学生に求められている自学自習とは－，日本工学教育協会，第 59 回工学教育研究講演会，北海道大学，92-93(2011)

- 2) 近藤真一：学習到達度試験と3学年数学成績の相関について，日本数学教育学会，第93回全国算数・数学教育研究大会，神奈川，p552(2011)
 - 3) 富永徳雄，降旗康彦：強可換自己共役作用素の解析と異常磁気モーメントを伴うスピン1/2の粒子への応用，日本数学会 2011 年度年会(函数解析学分科会)，早稲田大学(講演アブストラクト pp.1-2) (2011)
 - 4) 長岡耕一：複素関数論における「正則関数の定義」の導入について，日本数学教育学会，第93回全国算数・数学教育（神奈川）大会，横浜市，p.554(2011)
-

IV その他（総説・解説・評論等含む）

[校長]

- 1) 高橋英明：アノード酸化ポーラスアルミナ研究の過去・現在・未来—新しいテクノロジー開発に向けて—，表面技術，62 巻7号：324-329 (2011)
 - 2) 高橋英明：アルミニウムアノード酸化研究と私，軽金属，61 巻，360 (2011)
 - 3) 高橋英明：旭川高専における教育と研究，軽金属，61 巻，366 (2011)
 - 4) 菊地竜也*，坂入正敏*，高橋英明：アノード酸化皮膜のマイクロ・ナノテクノロジー，軽金属，61 巻，373(2011)
-

[機械システム工学科]

- 1) 後藤孝行：実体モデルをベースとする形状設計法と形状評価法，第3回北海道地区高専テクノ・イノベーションフォーラム，札幌，pp.13(2011.1)
 - 2) 後藤孝行：測定点群データに基づく形状生成法と形状評価法，第9回全国高専テクノフォーラム，東京，pp.54(2011.8)
-

[電気情報工学科]

- 1) 笹岡久行：RoboCup シミュレーションリーグ春季競技会，情報処理学会，東京工業大学大岡山キャンパス（東京），第73回全国大会イベント企画セッション，ポスター発表(2011).
 - 2) 笹岡久行：RoboCup JapanOpen2010，ロボカップ日本委員会，インテック大阪（大阪），ポスター発表(2011).
 - 3) 笹岡久行，井口傑：“高専電気系科目における ICT を活用した教育素材開発の試み”，独立行政法人国立高等専門学校機構，学術総合センター，第9回全国高専テクノフォーラム，ポスター発表（2011）.
 - 4) 笹岡久行，篁耕司，井口傑：“旭川高専電気情報工学科における現状について”，長岡技術科学大学，高等専門学校—長岡技術科学大学教員交流研究集会，講演論文集 CD-ROM (2011).
-

[物質化学工学科]

- 1) 宮越昭彦：特殊反応場を利用する水圏環境浄化材の作成とメタン高度転換プロセスの開発，第3回全国高専—技術科学大学マテリアルサイエンスフォーラム，長岡技術科学大学，(2011)
 - 2) 宮越昭彦：技大—高専間連携，高専間連携がもたらしたもの，平成23年度高専—長岡技科大（物質・材料系）教員交流研究集会（テーマ：超先進的教育プログラムの実践に向けた高専技大連携の模索），長岡技術科学大学，(2011)
 - 3) 富樫巖，永井一輝*，亀田剛*，土田義之*：微生物に対するスパークリングワインの凍結殺菌能，New Food Industry，第52巻（第12号）：18-24(2010)
 - 4) 富樫巖：「微生物の小話講座」-その8 オビスギ材の精油で微生物をいじめる-，ウッドイ エイジ 2011年2月号， No.690：1-4(2011)
 - 5) 沼田ゆかり：機能性材料としてのバクテリアセルロースゲル(ナタデココ)の利用，New Food Industry, 53(1): 39-46 (2011)
-

[一般人文科]

- 1) 石本裕之：小熊秀雄賞詩人，第43回小熊秀雄賞（選考委員選評），旭川市花月会館，(2011)
- 2) Suzuki T. : Tips in Teaching Writing, 北海道教育大学旭川校英語教育研究会（ELTA），北海道教育大学旭川校，(2011)
- 3) 十河克彰：Live in Clover 左うちわで暮らす 『英語表現アラカルト』，啓林館，
www.shinko-keirin.co.jp/keirinkan/koei/english/eng_index.html，2010.11
- 4) 十河克彰：Catalyst 触媒/変化を速めるもの 『英語表現アラカルト』，啓林館，
www.shinko-keirin.co.jp/keirinkan/koei/english/eng_index.html，2010.12
- 5) 十河克彰：Serendipity セレンディピティ/棚ぼた発見？ 『英語表現アラカルト』，啓林館，
www.shinko-keirin.co.jp/keirinkan/koei/english/eng_index.html，2011.1
- 6) 十河克彰：Don't Be a Busybody 他人のことに干渉する者になるなかれ 『英語表現アラカルト』，啓林館，
www.shinko-keirin.co.jp/keirinkan/koei/english/eng_index.html，2011.2
- 7) 十河克彰：Produce 見えていないものを取り出す 『英語表現アラカルト』，啓林館，
www.shinko-keirin.co.jp/keirinkan/koei/english/eng_index.html，2011.3
- 8) 十河克彰：We Need Results 結果を出さねばならん 『英語表現アラカルト』，啓林館，
www.shinko-keirin.co.jp/keirinkan/koei/english/eng_index.html，2011.4
- 9) 十河克彰：Agree or Ugly? アグリーはアグリーでない 『英語表現アラカルト』，啓林館，
www.shinko-keirin.co.jp/keirinkan/koei/english/eng_index.html，2011.5
- 10) 十河克彰：Study Hall スタディーホール 『英語表現アラカルト』，啓林館，
www.shinko-keirin.co.jp/keirinkan/koei/english/eng_index.html，2011.6
- 11) 十河克彰：If You Carry High, It's a Boy. If You Carry Low, It's a Girl. 高ければ男の子、低ければ女の子 『英語表現アラカルト』，啓林館，
www.shinko-keirin.co.jp/keirinkan/koei/english/eng_index.html，2011.7
- 12) 十河克彰：Kangaroo Court カンガルーコート 『英語表現アラカルト』，啓林館，
www.shinko-keirin.co.jp/keirinkan/koei/english/eng_index.html，2011.8

- 13) 十河克彰：The Inn Is Still There! 懐かしい宿屋 『英語表現アラカルト』, 啓林館,
www.shinko-keirin.co.jp/keirinkan/koei/english/eng_index.html, 2011.9
 - 14) 谷口牧子：グローバル化社会に対応した実務に役立つ実践的な知財学習, 独立行政法人工業所有
権情報・研修館主催平成 23 年度「知的財産に関する創造力・実践力開発推進事業」研究中間報
告会, 全日通震が関ビル (平成 23 年 8 月)
 - 15) 根本聡：知られざるスウェーデン, 旭川高専公開講座, 旭川工業高等専門学校, 1-24 (2011)
-

[一般理数科]

- 1) 岡島吉俊：「あさひかわ」と自然科学 ～広く、浅く、そして新しい芽をめざして～, 旭川ウェ
ルビーイング・コンソーシアム/旭川市教育委員会共催 2010 年度連携公開講座「あさひかわ学」
(道民カレッジ連携講座), 教育ネットワークサテライトキャンパスHI・RO・BA, 連携公
開講座 2010 報告集 22-22 (2010)
 - 2) 長岡耕一：新学習指導要領における「整数」—高校の数学で扱われる内容について—, 数学共育
会 研究集録第 15 号, pp.13-15 (2011)
-