

平成28年度

高知県工業技術センター報告

THE REPORT ON WORKS OF  
KOCHI PREFECTURAL INDUSTRIAL TECHNOLOGY CENTER

No. 48 (2017)

平成29年10月

高知県工業技術センター

# 目 次

## I 平成 28 年度高知県工業技術センター研究報告

### 1. 食品開発課

酢酸イソアミルとカプロン酸エチルを高生産するセルレニン耐性酵母のスクリーニング …………… 1

飲酒による脳委縮を軽減する健脳飲料の研究開発

高濃度ビタミンB群およびビタミンC含有清涼飲料水の酔いや疲労、睡眠などの体調への影響調査 …………… 6

新規殺菌技術によるカット野菜生産技術の高度化

亜塩素酸ナトリウムを用いた県産大葉の殺菌試験 …………… 11

### 2. 生産技術課

マグネトロンを利用したマイクロ波加熱における最適導波管長さに関する研究 …………… 15

マイクロ波加熱のための液中照射用矩形アンテナの最適設計（再掲） …………… 22

粉末食品用計量充填機の開発 …………… 23

非接触三次元測定装置を活用した技術支援 …………… 26

### 3. 資源環境課

熱解析とシミュレーションを利用した厳寒地使用に対応するトンネル用導水材の開発 …………… 29

天然素材の風合いを活かしたファブリックラミネートシート (FLS) の開発事業に関する報告 …………… 35

不織布を用いたフレキシブルな高性能保冷剤の開発 …………… 37

## Ⅱ 平成 28 年度高知県工業技術センター業務年報

### 1. 総 説

1-1	沿 革	41
1-2	土地及び建物	42
1-3	組織と分掌	42
1-4	職員名簿	43
1-5	決算状況	44

### 2. 業務・事業の状況

### 3. 誌上・学会等発表

3-1	研究成果報告会	48
3-2	論文発表	48
3-3	その他の投稿	49
3-4	学会発表（ポスター発表含む）	49
3-5	その他の発表	50

### 4. 技術サービス

4-1	依頼試験、機器使用	52
4-2	審査員派遣	52
4-3	技能検定	54
4-4	技術指導アドバイザー派遣	55

### 5. 人材養成・技術研修

5-1	人材養成研修、技術講習会	56
5-2	講師派遣	57
5-3	研修生の受入	59

### 6. 産業財産権

### 7. 参考資料

7-1	主要設備	63
7-2	補助事業等	67
7-3	人事異動	68

# I 平成 28 年度高知県工業技術センター研究報告



食 品 開 発 課

# 酢酸イソアミルとカプロン酸エチルを高生産する セルレニン耐性酵母のスクリーニング

甫木 嘉朗 上東 治彦 加藤 麗奈 内山 貴雄\* 高橋 朋\* 渡邊 宗平\*

## Screening of Isoamyl Acetate and Ethyl Caproate High-Producing Ceruleinin-Resistant Mutants of Sake Yeast

Yoshiro HOKI Haruhiko UEHIGASHI Reina KATOH  
Takao UCHIYAMA\* Tomo TAKAHASHI\* Souhei WATANABE\*

平成 27 年度から平成 28 年度にかけて酢酸イソアミルとカプロン酸エチルを高生産する清酒酵母の開発を行った。当センターが保有している酢酸イソアミルを主に高生産する清酒酵母 A-14、AA-41、熊本低酸性酵母に変異処理を施し、セルレニン耐性を指標として 1697 株の耐性株を取得し、4 段階のスクリーニングを行い、酢酸イソアミルとカプロン酸エチルを高生産する 8 株を取得した。各年度において親株と比較したところ、新規取得した酵母は酢酸イソアミルを親株と同程度高生産し、さらに、カプロン酸エチルを親株の 2.7~7.3 倍生産していた。

### 1 目的

清酒の製造法の一つとして吟醸造りが知られている。これは原料米の精米歩合を 60%以下にし、もろみを低温で穏やかに発酵させる醸造法であり、製造された清酒は吟醸酒と呼ばれる。

吟醸酒の特徴の一つとして、吟醸香と呼ばれる果実様の華やかな香りが挙げられるが、原料の香味が製品に表れるワインとは異なり、香りや味に大きな特徴のない米を原料とするため、吟醸香は酵母が生成する香気に大きく依存している。

吟醸香の主な香り成分は、酢酸イソアミルとカプロン酸エチルである。酢酸イソアミルはアセチル-CoA とイソアミルアルコールを前駆体として酵母のアルコールアセチルトランスフェラーゼによって合成される。一方、カプロン酸エチルはカプロイル-CoA とエチルアルコールを前駆物質としてアルコールアシルトランスフェラーゼにより合成される。これらの香りの量とバランスは、製品の香味を特徴づけ、製品の多様化を図る上で重要である。それゆえ、香り成分を高生産あるいはバランス良く生産する酵母の育種が盛んに行われてきた。

清酒酵母の香り生成を促進させる育種方法として、薬剤耐性株のスクリーニングがある。酢酸イソアミルを高生産する酵母として、浅野らはエコナゾール耐性を<sup>1)</sup>、井上らはハイグロマイシン B 耐性を<sup>2)</sup>、芦田らは 5-5-5-トリフルオロロイシン耐性を<sup>3)</sup>、堤らはプレグネノロン耐性を<sup>4)</sup>、大原らはオーレオバ

シジン A 耐性<sup>5)</sup>を持った酵母を分離している。一方、カプロン酸エチルを高生産する酵母として、市川らはセルレニン耐性を<sup>6)</sup>を持った酵母を分離した。

他県の公設試験場においては、独自の酵母を得るために、薬剤による変異処理や、LED、イオンビーム照射を用いた耐性株のスクリーニングが行われている<sup>7)8)9)10)11)</sup>。

当センターでも、これまで高知吟醸酵母として酢酸イソアミルやカプロン酸エチル単独、あるいは、そのどちらも高生産する酵母を開発してきた。高知吟醸酵母を用いた清酒は世界最多の出品数を誇る市販清酒のみの品評会である SAKE COMPETITION 2017 においても、高い評価を得ている。

しかし、酢酸イソアミルとカプロン酸エチルのどちらか一方のみを高生産する酵母 (A-14、AA-41、CEL-19、CEL-66、CEL-24) は香りが単調に感じる傾向がある (表 1)。また、どちらも生産する酵母 (AC-17、AC-95) は種類が少なく、不快臭の原因となるピルビン酸が残存しやすいなど発酵管理が難しい (表 1)。

そこで、本研究では酢酸イソアミルとカプロン酸エチルを高生産する酵母の取得を目的とし、セルレニン耐性株のスクリーニングを行った。親株には、酢酸イソアミルを主に生産する酵母を用い、変異処理を施した後にセルレニン含有培地へ塗抹した。単離した耐性株は、総米 12.4g、155g、560g の小仕込み試験を行い、製成酒の香り成分を指標としてスクリーニングを進めた。

\* 高知大学農学部

表1 平成28酒造年度において県内酒造会社が単独使用した酵母とモロミの分析値平均

酵母	サンプル数	日数	日本酒度	アルコール (%)	ピルビン酸 (ppm)	酢酸イソアミル (ppm)	カプロン酸エチル (ppm)
協会701号	35	22.2	-9.8	15.52	122.0	4.12	2.41
KA-1	15	22.1	-5.1	16.09	196.6	2.42	2.71
A-14	7	23.8	-0.1	16.94	91.2	4.49	1.88
AA-41	52	19.8	-8.5	15.07	126.9	7.09	1.51
熊本低酸性酵母	23	20.3	-0.3	15.87	136.0	4.20	2.71
CEL-66	6	25.2	-3.8	15.78	187.8	1.71	5.36
CEL-19	19	22.0	-1.6	16.38	125.6	2.27	6.59
CEL-24	20	26.6	-19.6	13.31	166.0	0.76	22.61
AC-17	5	20.3	-2.2	15.64	178.9	3.03	4.02
AC-95	22	24.7	-2.8	16.57	174.4	6.51	5.88

## 2 方法

### 2.1 使用菌株

当センター保有のA-14とAA-41、熊本低酸性酵母を用いた。A-14は熊本酵母泡なし株と協会7号酵母の細胞融合株である。AA-41はA-14から育種した株である。

### 2.2 培地

酵母の培養にはYM培地(5%グルコース、0.5%ポリペプトン、0.3%酵母エキス、0.3%麦芽エキス)、あるいはこれに寒天を2%添加したYM平板培地を用いた。

変異処理に用いる酵母の培養にはYPD培地(2%グルコース、2%ポリペプトン、1%酵母エキス)を用いた。

セルレニン耐性株の分離には、25 $\mu$ Mセルレニンを含むSD平板培地(Cer培地)(2%グルコース、1%酵母エキス、2%ポリペプトン、2%寒天)を用いた。

### 2.3 一次スクリーニング

北本らの方法<sup>12)</sup>を参考に、エチルメタンサルフォナイト(EMS)を用いて酵母の変異処理を行い、菌株をCer含有培地に塗抹してコロニーを生育させた。生育したコロニーは再びCer含有培地へ植え継ぎ、30 $^{\circ}$ Cで10日間静置培養し、生育した耐性株を取得した。

### 2.4 小仕込み試験によるスクリーニング

#### 2.4.1 二次スクリーニング

一次スクリーニングで得られた耐性株をYM培地3mlに植菌し、30 $^{\circ}$ Cで2日間静置培養した。培地を除去し、そこに初添えとして70%精白乾燥麹(徳島製麹株式会社製)2.8g、水17ml、8.8%乳酸0.054mlを加え、20 $^{\circ}$ Cで2日間発酵させた。留として50%

または60%精白 $\alpha$ 化米(徳島製麹株式会社製)9.6gを加えて混合し、12 $^{\circ}$ C、21日間発酵させた。上槽は冷却遠心機を用いて10400 $\times$ G、8分間、4 $^{\circ}$ Cで遠心分離し、製成酒を得た。得られた製成酒の香気成分を分析し、親株と比較して、カプロン酸エチルが増加した耐性株を三次スクリーニングに供した。

#### 2.4.2 三次スクリーニング

二次スクリーニングで得られた耐性株をYM培地10mlに植菌し、30 $^{\circ}$ Cで3日間静置培養した。培地を除去し、蒸留水5mlで懸濁し酵母懸濁液とした。初添えとして酵母懸濁液と50%精白乾燥麹35g、水70ml、8.8%乳酸0.7mlを混ぜ、18 $^{\circ}$ Cで2日間発酵させた。留として50%または60%精白 $\alpha$ 化米120g、冷水176mlを加えて攪拌し、最高室温10 $^{\circ}$ Cで30日間発酵させた。上槽は高速冷却遠心機を用いて18800 $\times$ G、20分間、4 $^{\circ}$ Cで遠心分離し、製成酒を得た。製成酒のアルコールと日本酒度、香気成分を分析し、親株と比較して日本酒度とアルコールが同等以上で、カプロン酸エチルが増加した耐性株を四次スクリーニングに供した。

#### 2.4.3 四次スクリーニング

三次スクリーニングで得られた耐性株をYM培地50mlに植菌し、30 $^{\circ}$ Cで1日間振とう培養した。培地を除去し、蒸留水10mlで懸濁し酵母懸濁液とした。初添えとして酵母懸濁液と50%精白麹(県内の酒造場製)140g、水280ml、8.8%乳酸2.72mlを混ぜ、18 $^{\circ}$ Cで2日間発酵させた。留として白米換算420gに相当する蒸米と冷水490mlを加えて攪拌し、最高室温10 $^{\circ}$ Cで30日間発酵させた。上槽は三次スクリーニングと同様に行い、製成酒を得た。製成酒の成分分析を行い、親株と比較して、日本酒度、ア

ルコール取得量、酸度などの発酵特性が同等以上で、カプロン酸エチルが増加した耐性株をスクリーニングした。

### 3 結果

#### 3.1 一次スクリーニング

平成27年度はA-14から186株、AA-41から163株、熊本低酸性酵母から136株、合計485株のセルレニン耐性株を得た(表2)。

平成28年度はA-14から478株、AA-41からは214株、熊本低酸性酵母から520株、合計1212株のセルレニン耐性株を得た(表2)。

表2 一次スクリーニングの結果

酵母	平成27年度	平成28年度	合計
A-14 (株)	186	478	664
AA-41 (株)	163	214	377
熊本低酸性酵母 (株)	136	520	656
合計 (株)	485	1212	1697

#### 3.2 小仕込み試験

##### 3.2.1 二次スクリーニング

平成27年度はカプロン酸エチルを親株より高生産するセルレニン耐性株をA-14株から90株、AA-41株から85株、熊本低酸性酵母から9株を得た(表3)。

平成28年度はカプロン酸エチルを親株より高生産するセルレニン耐性株をA-14から92株、AA-41から95株、熊本低酸性酵母から125株を得た(表3)。

表3 二次スクリーニングの結果

酵母	平成27年度	平成28年度	合計
A-14 (株)	90	92	182
AA-41 (株)	85	95	180
熊本低酸性酵母 (株)	9	125	134
合計 (株)	184	312	496

##### 3.2.2 三次スクリーニング

平成27年度は親株と比較し日本酒度とアルコールが同等以上であり、カプロン酸エチル高生産するセルレニン耐性株をA-14から8株、AA-41から6株、合計14株を得た(表4)。

平成28年度は親株と比較し日本酒度とアルコールが同等以上であり、カプロン酸エチル高生産する

セルレニン耐性株をA-14から5株、AA-41から3株、熊本低酸性酵母株から11株を得た(表4)。

表4 三次スクリーニングの結果

酵母	平成27年度	平成28年度	合計
A-14 (株)	8	5	13
AA-41 (株)	6	3	9
熊本低酸性酵母 (株)	0	11	11
合計 (株)	14	19	33

##### 3.2.3 四次スクリーニング

平成27年度はA-14のセルレニン耐性株から5-1株と5-8株を得た(表5)。AA-41と熊本低酸性酵母の耐性株からは優良な株を得ることが出来なかった。5-1株は親株と比較して、不快臭であるアセトアルデヒドが低く、吟醸香であるカプロン酸エチルが約4.2倍増加した。さらに、アルコールとエキス分の比重を表す日本酒度が4ほど切れ、アルコールの収量を表す純アルコール取得量は同等であったが、溶け具合を表す固形分率と雑味や不快臭の原因となる酵母の死滅率は増加していた。5-8株は、親株と比較して、セメダイン臭の原因となる酢酸エチルや刺激臭のイソアミルアルコールが減少し、カプロン酸エチルが約3.9倍増加した。純アルコール取得量は同等であった。アセトアルデヒドの前駆体であるピルビン酸は減少したものの、アセトアルデヒドは増加した。また、香りの複雑さに寄与する $\alpha$ -プロパノールと味の濃厚さに寄与する酸度はやや減少した。両株とも酢酸イソアミルを親株と同等以上に高生産し、カプロン酸エチルも5ppm以上生成した。さらに、発酵力の強い親株と同等の純アルコール取得量を示したことから、新たな高知吟醸酵母としての利用が期待される。また、アセトアルデヒドや酢酸エチル、 $\alpha$ -プロパノール、イソアミルアルコールといった香気成分や酸度に差がみられたことから、目的に合った製品を造るために使い分けが可能である。

平成28年度はセルレニン耐性株から5-1-43、6-4-85、7-1-10、7-1-39、7-2-25、7-2-82をスクリーニングした(表6)。A-14とAA-41から1株ずつ、熊本低酸性酵母から4株の耐性株を得た。5-1-43株は親株と比較して、カプロン酸エチルが約6倍増加した。さらに、純アルコール取得量と酸度は増加し、ピルビン酸は減少したが、雑味の原因となるアミノ酸度と死滅率は増加していた。6-4-85株は親株と比

表5 平成27年度の四次スクリーニングの結果

酵母	アセトアルデヒド (ppm)	酢酸エチル (ppm)	n-プロパノール (ppm)	i-ブタノール (ppm)	酢酸イソアミル (ppm)	i-アミルアルコール (ppm)	カプロン酸エチル (ppm)	カプリル酸エチル (ppm)	酢酸 (ppm)
A-14	56.7	98.1	123.8	54.0	7.97	144.6	1.28	1.38	5.3
5-1	26.1	87.9	113.4	54.7	8.45	146.8	5.36	2.59	20.0
5-8	62.6	80.9	90.9	57.5	7.65	129.4	5.01	1.85	17.4

酵母	炭酸ガス減少量 (g)	日本酒度	固形分率 (%)	アルコール (%)	純アルコール収得量 (l/ton)	酸 (ml)	アミノ酸 (ml)	OD <sub>280</sub>	OD <sub>260</sub>	死滅率 (%)	全菌数 (x10 <sup>8</sup> )	グルコース (%)	ピルビン酸 (ppm)
A-14	374.8	+ 10.9	28.9	19.26	298	2.45	1.66	0.77	0.76	20.6	1.94	0.47	106.1
5-1	372.1	+ 14.9	29.7	19.31	294	2.50	1.61	0.76	0.73	25.2	1.94	0.44	105.4
5-8	385.4	+ 7.9	27.0	19.08	298	2.18	1.65	0.74	0.74	8.6	2.04	0.86	54.5

表6 平成28年度の四次スクリーニングの結果

酵母	アセトアルデヒド (ppm)	酢酸エチル (ppm)	n-プロパノール (ppm)	i-ブタノール (ppm)	酢酸イソアミル (ppm)	i-アミルアルコール (ppm)	カプロン酸エチル (ppm)	カプリル酸エチル (ppm)	酢酸 (ppm)	カプロン酸 (ppm)
A-14	49.3	74.3	89.0	43.4	4.84	138.4	1.69	1.34	43.2	3.8
5-1-43	44.7	61.7	72.9	42.6	4.38	127.7	10.08	2.33	54.9	23.9
AA-41	56.0	102.9	98.2	43.0	6.92	138.2	1.59	1.22	64.0	3.8
6-4-85	45.4	68.6	43.7	46.9	6.03	140.2	5.60	1.97	156.3	16.5
熊本低酸性酵母	71.7	74.0	86.8	48.4	4.75	136.0	2.26	1.80	118.5	7.0
7-1-10	64.1	62.6	103.1	52.6	5.21	140.6	6.82	2.37	133.8	15.8
7-1-39	85.4	66.1	114.5	69.5	6.13	225.0	16.52	4.91	90.3	38.5
7-2-25	49.9	63.2	66.2	41.2	4.49	135.1	9.10	2.89	61.0	21.8
7-2-82	54.7	103.2	126.4	41.0	6.28	119.7	6.05	2.04	74.4	13.8

酵母	炭酸ガス減少量 (g)	日本酒度	固形分率 (%)	アルコール (%)	純アルコール収得量 (l/ton)	酸 (ml)	アミノ酸 (ml)	OD <sub>280</sub>	OD <sub>260</sub>	死滅率 (%)	全菌数 (x10 <sup>8</sup> )	グルコース (%)	ピルビン酸 (ppm)
A-14	167.8	+ 14.0	31.0	17.75	254	2.25	1.12	0.61	0.60	6.2	2.43	0.49	40.5
5-1-43	158.4	+ 11.4	31.0	18.02	260	2.47	1.40	0.76	0.69	13.9	1.26	0.70	9.1
AA-41	162.3	+ 12.7	31.3	17.85	255	2.18	1.27	0.67	0.63	14.5	1.81	0.60	44.7
6-4-85	158.8	+ 6.8	30.6	17.95	261	1.86	1.39	0.71	0.64	11.8	2.11	1.16	6.5
熊本低酸性酵母	158.9	+ 10.8	32.9	18.10	254	2.06	1.57	0.89	0.70	32.3	1.94	0.89	5.3
7-1-10	163.2	+ 13.7	31.6	17.62	253	2.31	1.07	0.60	0.60	4.7	1.59	0.49	156.0
7-1-39	169.7	+ 11.5	30.2	17.60	253	2.33	1.17	0.67	0.63	12.3	1.83	0.65	37.8
7-2-25	161.7	+ 11.4	29.7	18.27	267	2.34	1.26	0.74	0.68	9.4	1.73	0.71	19.5
7-2-82	161.0	+ 14.0	29.6	18.44	273	2.10	1.11	0.62	0.62	1.2	2.05	0.52	98.8

較して、酢酸エチルが減少し、カプロン酸エチルの生成量が約3.5倍増加した。さらに、n-プロパノールと純アルコール収得量は増加し、ピルビン酸が減少したが、日本酒度と酸度が減少し、アミノ酸度、グルコースが増加した。7-1-10は親株と比較して、カプロン酸エチルが約3倍増加した。さらに、酸度が増加し、アミノ酸度、死滅率が減少したが、ピルビン酸が増加した。7-1-39は親株と比較して、酢酸イソアミルが約1.3倍、カプロン酸エチルが約7.3倍増加した。さらに、酸度が増加し、アミノ酸度、死滅率が減少したが、アセトアルデヒドとイソアミルアルコールは増加した。7-2-25株は親株と比較して、アセトアルデヒドが減少し、カプロン酸エチルが約4倍増加した。さらに、純アルコール収得量、酸度が増加し、アミノ酸度と死滅率は減少した。7-2-82株は親株と比較して、アセトアルデヒドが減少し、酢酸イソアミルが約1.3倍、カプロン酸エチルが約2.7倍増加した。n-プロパノールと純アルコール収得量が増加し、アミノ酸度と死滅率は減少したが、酢酸エチルは増加した。平成28年度に得られた全ての株が酢酸イソアミルを親株と同等以上に生

産し、なおかつ、カプロン酸エチルも高生産していた。また、酢酸イソアミルとカプロン酸エチルの生産量は株によって異なり、酸度にも差がみられた。

スクリーニングしたセルレニン耐性株はカプロン酸エチルが増加していることからFAS2遺伝子に変異が起こっていることが示唆された<sup>6)</sup>。しかし、親株並みの酢酸イソアミルの生成能を維持しつつ、カプロン酸エチルを高生産する酵母は全1697株中8株と少なかった。高橋らの報告では、オーレオバシジンAに耐性を持つ酢酸イソアミル高生産酵母に変異型FAS2遺伝子を人為的に導入しても低精白米仕込みではカプロン酸エチルの生産が促進されなかったことからFAS2遺伝子以外の変異が導入されている可能性が高いとしている<sup>16)</sup>。

死滅率は、熊本低酸性酵母を親株としたセルレニン耐性株ではいずれも改善しており、EMS処理のランダム変異によって、アルコール耐性能を獲得した可能性がある。一方、死滅率が親株よりも劣るセルレニン耐性株があったが、本試験では追い水は行っていないため、死滅しやすい条件であったことから、実醸造では追い水を行うことで死滅率の増加とそれ

に伴うアミノ酸度の増加を防ぐことが可能であると  
考えられる。

#### 4 まとめ

当センターで保有する酵母に変異処理を施し、セルレニン耐性株から酢酸イソアミルとカプロン酸エチルの両方を高生産する新規吟醸酵母の取得を試み、新たに優良な8株を得ることが出来た。今後は、高知県の酒造場で使われている酢酸イソアミルとカプロン酸エチルをバランスよく高生産するAC-95との比較試験を行う予定である。

#### 参考文献

- 1) T. Asano : *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 87 (5) : (1999) 697-699
- 2) S. Asida: *Agric. Biol. Chem.*, 51 (1987) 2061-2065
- 3) 堤浩子 (月桂冠 (株)) : 特願平 2000-397797 (2000)
- 4) T. Inoue: *BiosciBiotechnol Biochem.*, 76, (2012) 60-66
- 5) 大原佑介 : 平成 27 年度日本醸造学会大会講演要旨集、東京、(2015) 787
- 6) 市川栄治: *日本醸造協会誌*、88、(1993) 101
- 7) 高橋亨: *岩手県工業技術センター研究報告*、11、(2004) 46-48
- 8) 澤井美伯 : *岐阜県工業技術センター研究報告*、8、(2014) 48-50
- 9) 岡久修己 : *徳島県工業技術センター研究報告*、25、(2016) 43-45
- 10) 増淵隆: *群馬県立産業技術センター研究報告*、(2009) 12-14
- 11) 横掘正敏 : *埼玉県産業技術総合センター研究報告*、8、(2010) 45-47
- 12) 北本勝ひこ : *日本醸造協会誌*、84、(1989) 34-37
- 13) 吉沢淑 : *日本醸造協会雑誌*、61 (6)、(1966) 481-485
- 14) 吉沢淑 : *日本醸造協会雑誌*、61 (7)、(1966) 585-589
- 15) 注解編集委員会編 : 第 4 回改正国税庁所定分析法注解、(1993)
- 16) 高橋俊成: 平成 27 年度日本醸造学会大会講演要旨集、東京、(2015) 788



# 飲酒による脳萎縮を軽減する健脳飲料の研究開発

## 高濃度ビタミンB群およびビタミンC含有清涼飲料水の 酔いや疲労、睡眠などの体調への影響調査

岡本 佳乃 上東 治彦 上田 正人\*1 渡邊 浩幸\*2

### To Examine Whether Vitamin Drink Decrease The Rate of Accelerated Brain Atrophy for Habitual Drinkers

A Study for Evaluating The Effect to The Physical Condition  
of The Highly-concentrated Vitamin B6, B12, C and Folate

Yoshino OKAMOTO1 Haruhiko UEHIGASHI2  
Masato UETA\*1 Hiroyuki WATANABE\*2

高濃度のビタミンB群およびビタミンC含有清涼飲料水（ドリンク）を用いて、30歳以上の健康な男女141名に体感アンケートを実施し、86名の有効回答を得た。体感アンケートは、疲労感、酒の酔い方、お腹の調子、睡眠の質を質問項目とし、ドリンクと水を15日間交互に摂取するクロスオーバー試験で行った。その結果、酒の酔い方とお腹の調子、睡眠の質で統計的に有意な差がみられた。アルコール飲酒時の酔い方では、ドリンク群が水群と比較して酔い方の悪化を示す数値が低下した。お腹の調子では、ドリンク群が水群と比較してお腹の違和感を示す数値が低下した。睡眠では、ドリンク群が摂取前に比べて不眠の自覚を示す数値が低く、眠りの深さを示す数値が高く、就床時間に対して睡眠時間の占める比率が高くなった。ドリンク群では不眠の自覚が少なく、また、眠りが深く、すぐに眠れるようになったという主観的な睡眠の質向上が見られた。

#### 1 はじめに

ビタミンが必須の栄養素であることは広く知られている。さらに、近年では、アメリカやEUにおいてビタミンB6、B12について神経正常化や疲労低減等についての表示ができると報告されている<sup>1)</sup>。

ドリンクの製造企業と共同で、高濃度のビタミンB群とビタミンCを積極的に摂取することが、疲労感や酒の酔い方、さらに睡眠の質などの体感にどう影響するかを調べた。30歳以上の健康な男女を対象に、サンプルとして4種類のビタミンを配合したドリンクまたは対象となる水道水を用いて、前期15日間と後期15日間摂取後アンケート調査を行うクロスオーバー試験を行った。その結果、睡眠の質やお腹の調子などいくつかの項目で体感に差があることが示されたので報告する。

#### 2 実験方法

##### 2.1 対象

被験者は30歳以上で、以下のすべての条件に当てはまる健康な男女141名のボランティアとした。

- (1) 宴会や会合など機会があるときだけ飲酒する方（機会飲酒）、または晩酌など習慣的に飲酒する方（習慣性飲酒）

- (2) 医師による治療を受けていない方
- (3) 食物アレルギーがない方
- (4) ビタミンB6、B12、Cや葉酸入りのサプリメントや医薬品を飲んでいない方
- (5) 妊娠中でない方、もしくは妊娠の可能性がない方

アンケート調査に先立ち、参加者には内容説明を行い同意書の提出を受けた。

##### 2.2 実験材料

サンプルは、有効成分としてビタミンB6 12mg、B12 250µg、葉酸 700µg、C 60mgを含むドリンク（1本50mlあたり21Kcal、糖類6g）を無償配布した。また、対照飲料としては、水道水を用いた。一日50mlを自由な時に飲んでもらい、それ以外では、飲酒を含めて通常の生活を続けてもらった。

##### 2.3 アンケート方法

質問用紙でのアンケート調査を行った。疲労などに関する指標 Visual Analogue Scale (VAS) と、睡眠に関する指標のセントマリー病院睡眠質問票 (SMH)

\*1 酔鯨酒造株式会社

\*2 高知県立大学

を用いた。

### 2. 3. 1 試験デザイン

試験はクロスオーバー試験とした。試験デザインを表1と図1に示す。試験期間は30日間とし、そのうち15日間ドリンクを摂取した。スタート時(アンケート①)と飲用前後の2回(アンケート②または③)にアンケート調査を実施した。

試験は高知県立大学の健康栄養学研究倫理専門審査委員会の承認を受け(承認番号健研倫第16-09号)、公開データベースである大学病院医療情報ネットワーク(UMIN)に試験デザインを登録して実施した。

表1 群構成表

群	人数	前期(15日間)	後期(15日間)
I群	43	ドリンク	水
II群	43	水	ドリンク



図1 試験デザイン

### 2. 3. 2 試験項目

#### (1) VAS

VASは主観的な症状を評価するのに適した方法で、疲労感、酒の酔い方、お腹の調子の自覚症状を回答として得た。

疲労に関しては、日本疲労学会により制定された抗疲労臨床評価ガイドライン<sup>2)</sup>の基準を参考にした。疲労感については、0(疲れを全く感じない最良の感覚)から10(何もできないほど疲れ切った最悪の感覚)までの直線上に、自分の当てはまる状態の位置に×印を記載してもらった。同様に、アルコール摂取時の酔い方は、0(酔いを全く感じない)から10(何もできないほど酔った)まで直線上に、自分の当てはまる状態の位置に×印を記載してもらった。お腹の調子は、0(快便で腹部に全く違和感がない)から10(何もできないほど腹部に違和感を感じる)まで直線上に、自分の当てはまる状態の位置に×印

を記載してもらった。

#### (2) SMH

SMHは、直近24時間の睡眠の質の評価に広く用いられる質問紙法<sup>3)</sup>で、睡眠に関する自覚症状を回答として得た。質問内容は、「不眠の自覚」「就寝時刻(床についた時刻)」「就眠時刻(寝付いた時刻)」「目覚めの時刻」「起床時刻(床から出た時刻)」「眠りの深さ」「途中覚醒回数」「睡眠時間」「昼寝時間」「熟睡感」「目覚めの爽快感」「満足感」「早朝覚醒」「寝つき」「寝つくまでの時間」の15項目である。

### 2. 4 統計

全ての数値は、平均値±標準誤差で示した。クロスオーバー試験であるため群間効果および時期効果について、VASでは二元配置分散分析を、SMHではマンホイットニーのU検定を行った。群間効果および時期効果が認められない場合、薬剤効果についてVASでは対応のあるt検定を、SMHではウィルコクソンの符号付き順位和検定を行った。

### 3 結果

被験者登録141名の内、途中棄権2名、回答に不備があった53名を除く、86名から有効回答を得た。

#### (1) VAS

質問票への記入は図1に示すタイミングで3回行った。対照となる水群とドリンク群の前期と後期の値を表2に示した。

表2 VAS結果

平均±標準誤差、対応のあるt検定: \*\*p<0.01

	試料	前期(15日間)	後期(15日間)
VAS1	水	54.05±2.87	43.02±2.86
疲労感	ドリンク	40.42±2.84	39.37±2.60
VAS2	水	49.94±2.70	39.19±3.11
酔い方	ドリンク	35.58±2.86	40.74±2.99
VAS3	水	37.44±3.47	35.51±3.28
腹調子	ドリンク	29.35±3.11	30.58±3.01

疲労感では、対応のある二元配置分散分析により、時期に有意差が見られた(F=4.033, P=0.048)。これは、先に摂取した薬剤の効果が後に摂取する薬剤の効果に対して影響を与えているかもしれないと考えられた。今回、実施期間が短く適当なウォッシュアウト期間を組み入れられなかったことが関係してい



と思われる。

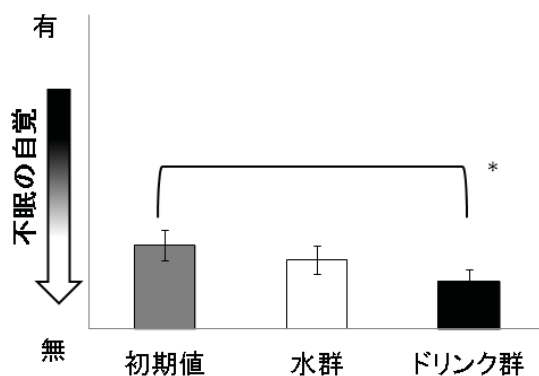
アルコール飲酒時の酔い方では、対応のある二元配置分散分析により、薬剤に有意差が見られた ( $F=4.417, P=0.039$ )。飲酒後翌朝に感じる酒酔い感では対応のある  $t$  検定で有意差が見られた ( $P=0.006$ )。ドリンク群は水群に比べて酔いの悪化を示す数値が低下した。また、交差作用が見られた ( $F=6.826, P=0.011$ ) が、これは試料 (水かドリンクか) と時期 (前期か後期か) との組み合わせで効果が異なることを示している。前期でドリンクを摂取する組み合わせでは酒に酔った感覚が低くなり、後期でドリンクを摂取する組み合わせで酒に酔った感覚が高いという結果となった。ただ後期のドリンク群は数値的には高くなっているがその差はわずかであった。

腹部の違和感についての項目では、対応のある二元配置分散分析により、薬剤に有意差が見られた ( $F=4.429, P=0.039$ )。腹部の調子がドリンク群と水群で対応のある  $t$  検定で有意差がみられた ( $P=0.003$ ) が、ドリンク群では下痢などの違和感を示す数値が低かった。

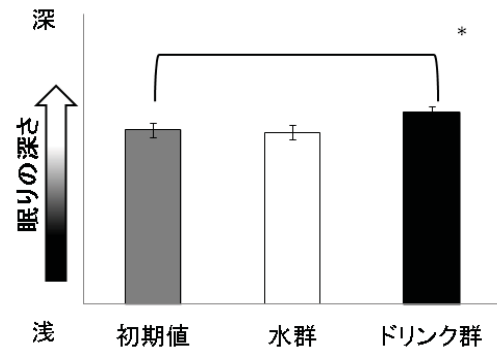
## (2) SMH

質問票への記入は図1に示すタイミングで3回行った。摂取前の初期値と水群、ドリンク群の値を図2に示した。

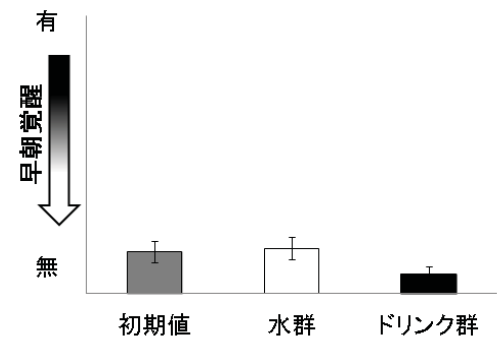
質問内容のうち「就寝時刻」、「就眠時刻」、「目覚めの時刻」、「起床時刻」から、就床時間 (起床時刻 - 就寝時刻) と睡眠時間 (目覚めの時刻 - 就眠時刻) を計算し、睡眠時間を就床時間で割った比率<sup>4)</sup>を睡眠の有効性として検定項目に加えた。



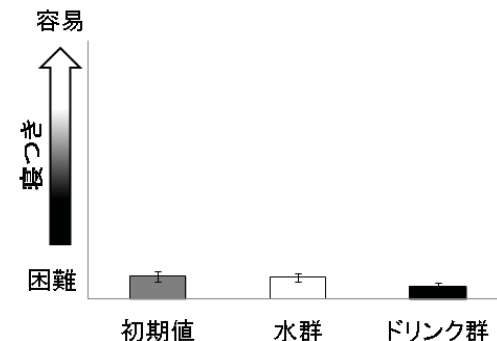
(a) 不眠はありますか？



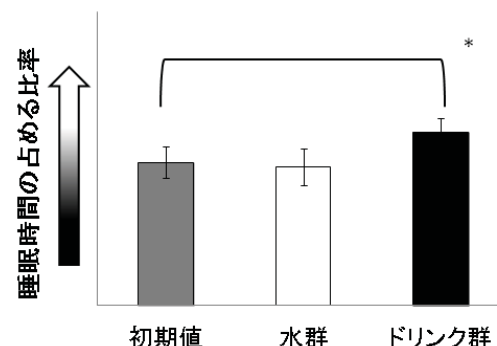
(b) あなたの睡眠は？



(c) 早く目が覚めて再び眠りにつけず困りましたか？



(d) 早く目が覚めて再び眠りにつくのはどのくらいむずかしかったですか？



(e) 睡眠時間 ÷ 就床時間

図2 SMH結果

平均±標準誤差。ウィルコクソンの符号付き順位和検定：\* $p<0.05$

薬剤効果について、「不眠の自覚」、「眠りの深さ」、「早朝覚醒」、「寝つき」、「就床時間に対して睡眠時間の占める比率」の5項目についての摂取前後の比較を、ウィルコクソンの符号付き順位和検定で行った。

(a)不眠の自覚では、ドリンク摂取前と後でのアンケート項目に有意差が見られた ( $P < 0.05$ )。ドリンク群では摂取前に比べて不眠を自覚する数値が低下した。

(b)眠りの深さでは、ドリンク摂取前と後でのアンケート項目に有意差が見られた ( $P < 0.05$ )。ドリンク群では摂取前に比べて眠りの深さを示す数値が高値を示した。

(c)早朝覚醒、(d)寝付きでは、水群、ドリンク群ともに差が見られなかった。

(e)就床時間に対して睡眠時間の占める比率では、ドリンク摂取前と後でのアンケート項目に有意差が見られた ( $P < 0.05$ )。ドリンク群では摂取前に比べて睡眠時間の占める割合を示す数値が高くなっていた。眠ろうと床に就いた就床時間に対して実際に眠っている睡眠時間の占める比率が高いことは、床についてすぐに眠りにつくことができたことを意味する。これは、主観的に有効な睡眠がとれていると感じていることを示している。

ドリンク群では、「不眠の自覚」、「眠りの深さ」「就床時間に対して睡眠時間の占める比率」が有意に改善されていた。これらの結果からドリンク摂取中の評価では、眠れないという自覚が少なくなり、眠りが深くなった、有効に眠れていると感じていることが推測された。

## 4 考察

### 4.1 安全性について

日本人の食事摂取基準は、国民の健康の保持・増進を図る上で摂取することが望ましいエネルギーや栄養素の量の基準として厚生労働省より示されている。その中で、不足しないための推奨量と過剰摂取による健康障害を避けるための耐容上限量が設定されている。

日本人の食事摂取基準 (2015年版)<sup>4)</sup>では、ビタミンB6は、推奨量が女性(70歳以上)1.2~男性(30~49歳)1.4mg/日の範囲、耐容上限量が女性(70歳以上)40~男性(30~49歳)60mg/日の範囲となる。ビタミンB12は、推奨量2.4 $\mu$ g/日が決められており、耐容上限量は決められていない。ビタミンC

は、推奨量100mg/日が決められており、耐容上限量は決められていない。葉酸は、推奨量240 $\mu$ g/日、耐容上限量が男性(70歳以上)900~女性(30~49歳)1000 $\mu$ g/日の範囲で決められている。なお、この葉酸の耐容上限量は、日常の食事で摂取する量は関係なくサプリメントなどで追加して摂る量を意味する。

今回サンプルとして用いたドリンクは、推奨量を上まわって上記4種類のビタミンが配合されている。通常の食事での量よりは多いが、耐容上限量は超えていない。そのため安全性の問題はないと考えている。

しかしながら、今回の試験中に2名から下痢のため途中離脱の申し出があったため、商品化に際しては体質に合わない場合の服用中止を注意喚起する必要があると思われる。

### 4.2 有効性の評価

VASでの有効性評価については、疲労について評価したガイドラインを参考とした。質問項目は、これまで高濃度ビタミンB群とビタミンC含有ドリンクを飲用した人から寄せられた意見を基に作成した。

睡眠への有効性は、機能性表示食品として睡眠の質の向上が表示されている味の素社の「グリナ」<sup>5)</sup>や、日常的に疲れを感じる方の睡眠改善を表示されているサントリー社の「セサミンEX」<sup>6)</sup>での評価方法を参考にした。グリナではSMHを用いて4項目に対して、また、セサミンでは独自の質問票を作成し3項目中3項目で主観的な評価での有意差が認められたこと、および客観的な睡眠ポリグラフ評価や血漿リポタンパク質酸化測定の結果をあわせ、睡眠の質が向上したと評価されていた。

統計処理では、食品でのアンケート調査においてクロスオーバー試験を実施した際に群間効果および時期効果、薬剤効果について解析した西村<sup>7)</sup>や、古瀬蘭<sup>8)</sup>、渡邊<sup>9)</sup>らの方法を参考にした。

ビタミンは必須栄養素であり、健康のために欠かすことができない成分であるという認識はこれまでも多くの人が持っている。今回それに加えて、高濃度ビタミンB群とビタミンC含有ドリンクは、主観的な評価のみという限定的な結果ではあるが睡眠の質向上が期待される結果となった。近年販売されている機能性表示食品でも睡眠の質の向上が表示されている商品が現れており、睡眠の質向上が期待されるドリンクは市場ニーズが高いと思われる。

## 5 まとめ

高濃度ビタミンB群とビタミンC含有ドリンク摂取後の疲労などに対する体感調査を行った。試験はクロスオーバー試験とし、試験期間30日間を前後期15日間に分け、水または清涼飲料水をサンプルとして摂取してもらった。アンケート調査は、疲労などに関する指標Visual Analogue Scale (VAS) と、睡眠に関する指標のセントマリー病院睡眠質問票

(SMH)を用いて行った群間効果、時期効果、薬剤効果について、解析を行った。疲労感はドリンク摂取後に低下した。また、飲酒後翌朝に感じる酒酔い感では、ドリンク摂取時に酔いの悪化を示す数値が低下した。一方で、お腹の調子は薬剤効果で有意差が見られ、ドリンク群は下痢などの違和感を示す数値が、摂取前後の比較でも有意に低下した。

SMHでは群間効果および時期効果が認められない5項目の薬剤効果について解析を行い、「不眠の自覚」、「眠りの深さ」、「就床時間に対して睡眠時間の占める比率」の3項目で有意差が見られ、ドリンク群で改善が見られた。

これらの結果から、被験者は、ドリンク摂取中において、眠れないという自覚が少なくなり、眠りが深くなった、有効に眠れていると感じていることが推測された。

## 謝辞

本研究は、公益財団法人高知県産業振興センターの地域研究成果事業化支援事業助成金(平成26~28年度)により実施することができた。

また、被験者として無償でご参加いただいたボランティアの皆様に感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 末木一夫: ビタミン、89(8)、(2015)437-442
- 2) 日本疲労学会: 抗疲労臨床評価ガイドライン 第5版、(平成23年)
- 3) Brian W.Ellis: Sleep, 4(1): (1981)93-97
- 4) 厚生労働省: 日本人の食事摂取基準(2015年版)の概要、(2014)23-25、28
- 5) W. Yamadera: Sleep and Biological Rhythms, 5: (2007)126-131
- 6) D. Takemoto: Global Journal of Health Science, 7(4) (2015)1-10
- 7) 西村大輔ら: 日本食品科学工学会誌、62(3)、(2015)147-155
- 8) 古瀬蘭エミリーら: Milk Science、59(2)、(2010)93-101
- 9) 渡邊映理ら: 日本補完代替医療学会誌、10(1)、(2013)9-16

# 新規殺菌技術によるカット野菜生産技術の高度化 亜塩素酸ナトリウムを用いた県産大葉の殺菌試験

森山 洋憲 下藤 悟 山下 賢治\*1

## Sterilization of Fresh-Cut Vegetables by Nonthermal Processes Bactericidal Effect of Sodium Chloride on Fresh-Cut *Perilla frutescens* Leaves (Ohba) harvested in Kochi

Hironori MORIYAMA Satoru SHIMOFUJI Kenji YAMASHITA

亜塩素酸ナトリウム（亜塩素酸 Na）を用いて、青シソ葉部である大葉の殺菌試験を行った。比較のために次亜塩素酸ナトリウム（次亜塩素酸 Na）による試験も行った。一般生菌数を測定したところ、殺菌処理を行わなかった試験区は 5.2 log CFU/g、次亜塩素酸 Na 処理区は 4.2 log CFU/g、亜塩素酸 Na 処理区は 3.0 log CFU/g をそれぞれ示した。大腸菌群数についても調べたところ無処理区は 2.9 log CFU/g、次亜塩素酸 Na 処理区は 1.3 log CFU/g、亜塩素酸 Na 処理区は 1.2 log CFU/g をそれぞれ示した。亜塩素酸 Na 処理が次亜塩素酸 Na 処理に比べて菌数減少効果が高いことが分かった。亜塩素酸 Na 処理後の保存温度による影響を調べた。その結果、10℃保存区は保存前とほぼ同じ菌数であったのに対し、20℃及び 30℃保存区は保存前に比べて明らかに菌数が増加していた。亜塩素酸 Na 処理による殺菌効果は、適切な温度管理下で維持されることが示唆された。

### 1. 目的

カット野菜は、生鮮野菜の価格が高い時の代替品として従来位置づけられていた。ところが近年、簡便化志向の中で使いきりのできるカット野菜の利便性が知られ、カット野菜の利用が定着したことから、需要が拡大している<sup>1)</sup>。その一方で、カット野菜及び生食用野菜による細菌性食中毒とその防止が課題となっている<sup>2)</sup>。

カット野菜は、日々品質が変動する生鮮野菜を原料としている。加熱殺菌が困難であることから、非加熱でかつ、物理的又は化学的な殺菌手法<sup>3)</sup>が利用される。これら手法の中でも有効な方法として、塩素系の殺菌剤である次亜塩素酸 Na、亜塩素酸 Na が挙げられる。次亜塩素酸 Na と亜塩素酸 Na の殺菌機序はそれぞれ塩素化と酸化によるものである。同様の機序ではあるものの、亜塩素酸 Na の方が次亜塩素酸 Na よりも殺菌効果が高く、有機塩素化合物をほとんど生成しないという点で優れている<sup>4)</sup>。しかしながら、簡便で、安価でもあるという理由で次亜塩素酸 Na の方が汎用されている。

高知県内のいくつかの事業者も設備投資を伴うカット野菜事業を拡大中である。県内向けとして大根、ネギ、ミョウガ、大葉といった水産物との付け合せ用商材、県外向けとしてキャベツ、タマネギといっ

たサラダや総菜用商材の生産量がそれぞれ増加傾向にある。品質管理の高度化を図ってはいるものの、原料の微生物汚染状況及び殺菌剤による効果を十分に検証できていないまま増産しているのが実状である。

本報告では、汚染状況や殺菌試験の報告例がほとんどない大葉を対象として、亜塩素酸 Na による殺菌効果を検証した。比較のために、次亜塩素酸 Na による効果も調べた。また殺菌試験後の保存性についても検討した。

### 2. 方法

#### 2. 1 試料

シソは用途によって芽、穂、葉がそれぞれ利用される。青シソ (*Perilla frutescens*) の葉部は大葉と呼ばれる。高知県産の大葉 120 g を高知市内の量販店で入手し、ナイフを用いて約 1 cm の幅で細断後、均質化したものを供試試料とした。

#### 2. 2 亜塩素酸 Na 溶液の調製

萩原らの方法<sup>5)</sup>を参考にして、次の手順で行った。2.50 mL の亜塩素酸 Na 溶液 (83,500 ppm 溶液:Keeper PRO, BioCide International, Inc 製) を密栓できるガラス容器に採取し、5 mL の 50%クエン酸溶液を加えて攪拌後、蒸留水で 2.5 L にメスアップした。

\*1 (有)四国サニタ

## 2. 3 殺菌試験

供試試料である大葉を5つに等分し、次に示す各試験区分の方法で処理した。

無処理区:特に処理をせずに各菌数測定に用いた。

水洗処理区:水道水に試料を浸漬して10分間攪拌し、ザルを用いて脱水後、各菌数測定に用いた。

クエン酸処理区:0.1%クエン酸に試料を浸漬して10分間攪拌し、水洗処理区と同様の処理をした後、各菌数測定に用いた。

次亜塩素酸Na処理区:100ppmに調整した次亜塩素酸Na溶液に試料を浸漬して10分間攪拌し、水洗処理区と同様の処理をした後、各菌数測定に用いた。

亜塩素酸Na処理区:上述の手順(項目2.2)で83.5ppmに調整した亜塩素酸Na溶液に試料を浸漬して10分間攪拌し、水洗処理区と同様の処理をした後、各菌数測定に用いた。

## 2. 4 菌数測定

試料10gと滅菌生理食塩水90mLを加えて均質化後、適宜希釈液を調整し、コンパクトドライ法<sup>6)</sup>によって一般生菌数及び大腸菌群数を測定した。一般生菌数測定はコンパクトドライTC(日水製薬製)を使用し、36℃、48時間の培養条件で行った。大腸菌群数測定はコンパクトドライCF(日水製薬製)を使用し、36℃、24時間の培養条件で行った。

各菌数測定結果は、繰り返し測定3回±標準偏差で示した。

## 2. 5 保存試験

保存試験用に大葉を入手し、上述の方法(項目2.3)で無処理区の試料と亜塩素酸Na処理区の試料とを調製した。両処理区の試料を10℃、20℃、30℃に設定したインキュベーター内に置き、それぞれ24時間保管した。

## 3. 結果

### 3. 1 殺菌試験

5つの処理区の大葉の一般生菌数を測定し、比較した(図1)。無処理の一般生菌数は5.2 log CFU/gを示したのに対して、水洗処理では4.1 log CFU/g、クエン酸処理では3.7 log CFU/g、次亜塩素酸Na処理では4.2 log CFU/g、亜塩素酸Na処理では3.0 log CFU/gをそれぞれ示した。いずれの処理区も無処理区よりも低い菌数を示した中で、亜塩素酸Na処理区が最も低い一般生菌数を示した。無処理に対する菌

数減少効果は2.2 log CFU/gであった。一方、次亜塩素酸Na処理は水洗とほぼ同等の効果であり、無処理に対して1.0 log CFU/gの菌数減少効果に止まった。

一般生菌数に続いて、各種処理区の大葉の大腸菌群数を比較した(図2)。無処理の大腸菌群数は2.9 log CFU/gを示したのに対して、水洗処理では2.4 log CFU/g、クエン酸処理では2.1 log CFU/g、次亜塩素酸Na処理では1.3 log CFU/g、亜塩素酸Na処理では1.2 log CFU/gをそれぞれ示した。一般生菌数の比較と同様に、各処理が菌数減少効果を示す中で、亜塩素酸Na処理区が最も低い大腸菌群数を示し、無処理に対する菌数減少効果は1.7 log CFU/gであった。亜塩素酸Naに次いで次亜塩素酸Na処理もほぼ同等の効果を示し、無処理に対して1.6 log CFU/gの菌数減少効果を示した。

### 3. 2 保存試験

亜塩素酸Naの殺菌効果を確認できたことから、殺菌後の菌数変化に対する保存温度の影響を検討した。保存温度条件は10℃、20℃、30℃の3種類、保存時間はそれぞれ24時間である。殺菌効果を確認するために、無処理の大葉についても菌数測定を行った。

野菜の保存温度条件は10℃以下が好ましい。他方

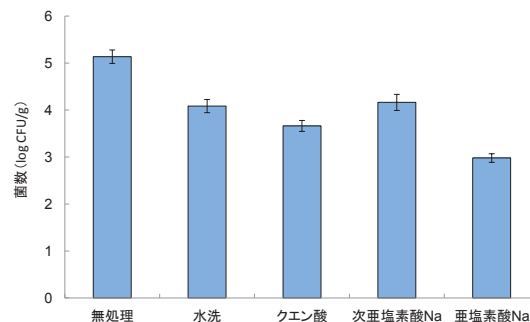


図1 殺菌処理された大葉の一般生菌数 (n=3)

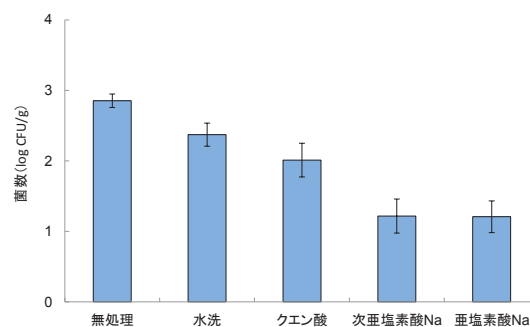


図2 殺菌処理された大葉の大腸菌群数 (n=3)



で 20℃及び 30℃は野菜の保存温度として好ましくないが、カット野菜の流通温度変化の現地調査で得られた実例を参考にしたものである。

保存試験前後に測定した大葉の一般生菌数を図 3 に示す。無処理の大葉の一般生菌数は 5.3 log CFU/g であった。亜塩素酸 Na 処理直後の大葉は 3.7 log CFU/g の値を示した。こうした大葉を 10℃で保存したところ、3.7 log CFU/g の値を示し、保存開始前とほぼ同等の菌数であることが分かった。一方、20℃の保存試料は 5.9 log CFU/g、6.1 log CFU/g の値を示し、保存前よりも 2 桁以上高い菌数であることが分かった。

一般生菌数に続いて、大腸菌群数についての結果を図 3 に示す。無処理大葉の大腸菌群数は 3.7 log CFU/g であった。亜塩素酸 Na 処理直後は 2.4 log CFU/g の値を示した。10℃保存区は 2.5 log CFU/g の値を示し、保存開始前とほぼ同等の菌数であることが分かった。一方、20℃の保存試料は 3.6 log CFU/g、3.8 log CFU/g の値を示し、保存前よりも 1 桁以上高い菌数であることが分かった。

## 4. 考察

### 4. 1 殺菌試験

綾部らは、大葉の一般生菌数と洗浄効果を検討した<sup>7)</sup>。未洗浄試料は 5.5 log CFU/g であり、30 秒の流水洗浄後の値は約 1 log CFU/g 低くなったものと、低くならなかったものがあつたと報告している。稲津らは、6 log CFU/g レベルに汚染された白菜を蒸留水で洗浄することにより、約 1 log CFU/g の生菌数を低下させたと報告している<sup>4)</sup>。長谷川らがカットキャベツを対象として行った実験結果<sup>8)</sup>によると、滅菌蒸留水への浸漬処理によって約 1 log CFU/g の生菌数を低下が確認できる。本実験では、大葉の水洗によって 1.1 log CFU/g の菌数低下が認められ、他報とほぼ同様の結果が得られた。他の報告と合わせて考察すると、水洗だけの処理では、野菜に付着している菌数を約 1/10 に低下させるのが限界であると考えられる。綾部らは大葉のように表面に凹凸のあるもの、産毛があるものなどは、水洗による菌数低下効果が弱く、物理的な方法の有効性を示唆している<sup>7)</sup>。水だけで菌数低下効果が高めるのであれば、太田らが報告<sup>9)</sup>しているように圧縮空気によるバブリングが有効であると考えられる。

稲津らは、6 log CFU/g レベルに汚染された白菜を pH 2.2 のクエン酸溶液で洗浄することにより、水

洗と同じ程度の殺菌効果が得られたと報告<sup>4)</sup>している

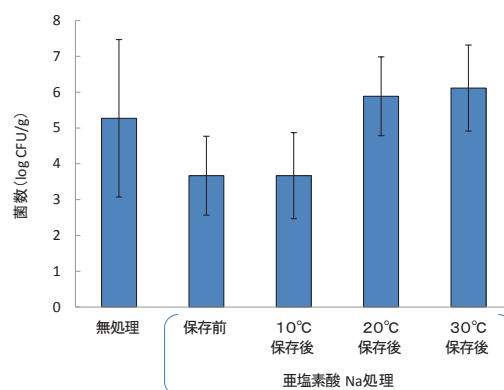


図3 亜塩素酸Na処理後に保存試験された大葉の一般生菌数 (n=3)

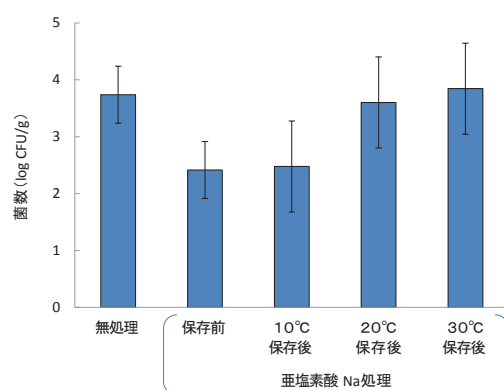


図4 亜塩素酸Na処理後に保存試験された大葉の大腸菌群数 (n=3)

る。萩原らは、大腸菌に対してクエン酸溶液では菌数の減少が見られず、有効な殺菌効果が得られなかったと報告している<sup>5)</sup>。本報ではクエン酸溶液への浸漬によって 1.5 log CFU/g の菌数低下が見られ、水洗よりもやや高いものの、ほぼ同じ程度の菌数低下効果であった。本実験で用いたクエン酸溶液の濃度は、稲津らと同条件であり、汚染された白菜、あるいは市販のそのままの大葉といった試料の違いがあるものの同様の結果が得られた。萩原らはクエン酸濃度が本実験で用いた濃度の 1/5 (0.02%) であることから、この有機酸濃度影響が菌数低下効果に影響したものと推察する。

カットキャベツの生菌に対して、亜塩素酸 Na は次亜塩素酸 Na よりもはるかに強い抗菌作用を示すことが報告されている。白菜を用いた実験<sup>4)</sup>では、亜塩素酸 Na の洗浄殺菌力は次亜塩素酸 Na よりも有意に強いことが示された。キャベツ、ニンジン、キュウリ、モヤシを用いた報告<sup>5)</sup>では、亜塩素酸 Na の方が次亜塩素酸 Na よりも低濃度で殺菌効果が得られることが分かっている。大葉を用いた本実験にお

いても、亜塩素酸Na処理の方が次亜塩素酸Na処理よりも生菌数減少効果が高く、強い殺菌効果を示すことが分かった。次亜塩素酸Naの活性種である次亜塩素酸は、容易に食品中の有機物やアミノ化合物と反応して活性を失い、その反応時に有機塩素化合物を生成する<sup>10~11)</sup>。一方、亜塩素酸ナトリウムはpH3以下の酸との反応で生成する二酸化塩素が主な活性種である。二酸化塩素は食品成分との反応性が低いため、次亜塩素酸と比較すると殺菌効果が失われにくい。次亜塩素酸Naの方が多用されているが、殺菌効果が高く、有機塩素化合物の懸念もないことから、亜塩素酸Naもカット野菜の生産現場に広く普及することが期待される。

#### 4. 2 保存試験

一般生菌数及び大腸菌群数について、10℃保存試験区が保存前の試料とほぼ同じ値を示した。20℃及び30℃の保存試験区は保存前よりも菌数の増加が確認された。亜塩素酸Na処理による殺菌効果を維持するには、10℃の保存条件が必要であることが分かった。

カット野菜品質・衛生管理ハンドブック<sup>12)</sup>に、流通過程における微生物制御のポイントとして、化学合成剤の利用、包装技術の利用が紹介されている。HACCP手法によるカット野菜の衛生管理マニュアル<sup>13)</sup>において、カット野菜生産までの工程については詳細に記述されているが、製造後の流通についての具体的な言及はほとんどない。カット野菜の流通過程において至極当然であるためか、温度管理について特に論じている資料は見当たらない。

実生産現場を見ると、衛生管理マニュアル<sup>13)</sup>の通り、原料野菜の入荷からカット野菜生産までの衛生管理に注意が向けられている。その一方で、出荷後の流通過程への注意が不足し、温度管理が疎かになっていることがある。このことによってカット野菜の品質が劣化し、クレームとなったケースもある。本実験において、不適切な温度帯では殺菌後の菌数増加が認められるのに対し、適切な温度管理によって微生物数制御が可能になることが示唆された。カット野菜の生産後の温度管理は物流段階だけでなく、物流のジョイント部、小売店舗の各段階においても重要である<sup>14)</sup>。県内カット野菜事業者に対して、工場内だけでなく、フードチェーン全体を見渡した技術支援が今後必要である。

#### 5. まとめ

亜塩素酸Naを用いた大葉の殺菌試験を行った。一般生菌数及び大腸菌群数を指標として試験を行ったところ、亜塩素酸Naは次亜塩素酸Naよりも高い殺菌効果を示すことが分かった。亜塩素酸Naで殺菌処理された大葉を10℃、20℃、30℃の温度条件で24時間保存した。10℃保存試験区が保存前とほぼ同じ菌数を示したのに対し、20℃及び30℃試験区は保存前よりも高い菌数を示した。亜塩素酸Na処理の効果を維持するために、処理後の適切な保存温度管理が重要であることが示唆された。

#### 6. 参考文献

- 1) (独) 農畜産業振興機構：平成24年度カット野菜小売販売動向調査事業報告
- 2) 稲津康弘：食糧、53、(2015) 5-13
- 3) 松田敏生：食衛誌、41(3)、(2000) 163-170
- 4) 稲津康弘ら：食品工業、47(10)、(2004) 46-52
- 5) 萩原博和ら：防菌防黴、37(2)、(2009) 81-90
- 6) 萩原博和ら：食科工、50(3)、(2003) 145-148
- 7) 綾部園子ら：調理誌、32(2)、(1999) 115-119
- 8) 長谷川ゆかりら：食衛誌、31(3)、(1990) 261-265
- 9) 太田英明ら：食工誌、34(7)、(1987) 432-438
- 10) 福崎智司：次亜塩素酸の科学、(2012) 37-39
- 11) 久保田浩樹ら：日食化誌、19(2)、(2012) 94-103
- 12) 泉秀実：カット野菜品質・衛生管理ハンドブック、サイエンスフォーラム、(2012) 188-195
- 13) (一社) 食品産業センター：HACCP手法によるカット野菜の衛生管理マニュアル、<http://haccp.shokusan.or.jp>
- 14) 低温流通食品研究会：低温流通食品管理の鉄則、サイエンスフォーラム、(2011) 15-20

生 產 技 術 課



# マグネトロンを利用したマイクロ波加熱における 最適導波管長さに関する研究

村井 正徳 松岡 修治\*<sup>1</sup> 山中 恭二\*<sup>1</sup> 平野 隆司\*<sup>1</sup>  
山中 義也\*<sup>1</sup> 高木 敏行\*<sup>2</sup> 内一 哲也\*<sup>2</sup>

## Research of Optimum Waveguide Length in Microwave Heating with a Magnetron

Masanori MURAI Shuji MATSUOKA\*<sup>1</sup> Kyoji YAMANAKA\*<sup>1</sup> Takasi HIRANO\*<sup>1</sup>  
Yoshinari YAMANAKA\*<sup>1</sup> Tetsuya UCHIMOTO\*<sup>2</sup> Toshiyuki TAKAGI\*<sup>2</sup>

マグネトロンを利用したマイクロ波加熱のためのアンテナやアプリケーションの設計に使用する数値解析技術では、計算領域の矩形導波管の端部に TE<sub>10</sub> モードの整合ポートを設置した境界条件で給電をモデル化することが多い。この境界条件を使用した数値解析では、導波管長さの影響は完全に無視されるが、実際には、加熱時に影響が出ることが報告されている。

本研究では、アプリケーション内への照射されるマイクロ波の振幅が最大になる最適導波管長さを、理論解析によって求める方法を提案し、数値解析と実験によってその効果を検証した。

### 1 緒言

マグネトロンで発生したマイクロ波を矩形導波管で給電し、アンテナを介して、液体やペースト状の加熱対象物に直接照射する技術を使って、濃縮装置や蒸留装置を開発してきた<sup>1-6)</sup>。アンテナやアプリケーションの設計時の数値解析では、矩形導波管の端部に TE<sub>10</sub> モードの整合ポートを設置した境界条件を使用して給電をモデル化することが多い<sup>4-6)</sup>。この境界条件は、アイソレータを使用している場合には、十分な精度が得られるとされるが、導波管長さの影響は無視される。ところが、これらの開発中の実験で、導波管長さを変えると、対象物の昇温速度が周期的に変化する現象が発生した<sup>1)</sup>。これまでのモデルでは、この現象を説明することができず、最適長さを決定するための設計法もない。本研究では、理論的に最適長さを決定する方法を導出し、数値解析と実験によって効果を実証した。

マイクロ波を矩形導波管で給電する場合、TE<sub>10</sub> モードの波形になることが知られており、以下ではこれを前提に議論を進める。また、特に断りがない限りマイクロ波の周波数は 2.45GHz、導波管内や導波管の壁面での損失はないものとして扱う。

矩形導波管の断面の長辺の長さを  $a_g$ 、短辺の長さを  $b_g$ 、導波管内に充填した媒質中の比透磁率を  $\mu$ 、比誘電率を  $\epsilon$ 、マイクロ波の周波数を  $f$ 、光速を  $c_0$  とすると、この媒質中の平面波の波長  $\lambda$  と管内波長  $\lambda_g$  は、式(1)、(2)のようになる。

$$\lambda = \frac{c_0}{f\sqrt{\mu\epsilon}} \quad (1)$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a_g}\right)^2}} \quad (2)$$

### 2 最適導波管長さの決定法

#### 2.1 理論的検討

##### 2.1.1 矩形導波管内のマイクロ波

矩形導波管内のマイクロ波の挙動については、文献<sup>7)</sup>が簡潔に説明している。大きく分けると、電界が進行方向に直角な成分しか含まない TE モードと磁界が進行方向に直角な成分しか含まない TM モードの二種類があるが、マグネトロンで発生したマイ

図1のように、矩形導波管の任意の断面の中心を原点とし、矩形断面の長辺方向を  $x$  軸、短辺方向を

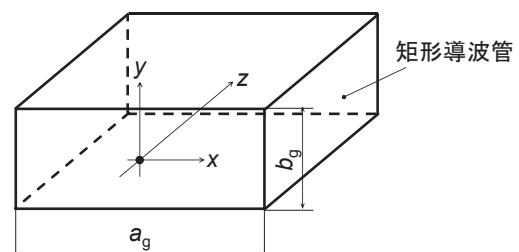


図1 座標系の設定

\*1 兼松エンジニアリング(株)

\*2 東北大学

$y$  軸、長手方向を  $z$  軸に定める。電界の  $x$  軸方向成分、 $y$  軸方向成分、 $z$  軸方向成分をそれぞれ  $E_x$ 、 $E_y$ 、 $E_z$  とすると、 $z$  軸正方向に進行する進行波は式(3)、(4)のようになる。

$$E_x = 0, E_z = 0 \quad (3)$$

$$E_y = E_i(x) \sin \left( 2\pi ft - \frac{2\pi}{\lambda_g} z + \phi_i \right) \quad (4)$$

ただし、振幅  $E_i(x)$  は、式(5)のようになっていて、場所により変化する。 $y$  方向には一定で、 $x$  にのみ依存している。なお、 $E_i$  は  $z$  軸上での振幅で  $\phi_i$  は位相で任意の値をとることができる。

$$E_i(x) = E_i \cos \left( \frac{\pi}{a_g} x \right), \left( -\frac{a_g}{2} \leq x \leq \frac{a_g}{2} \right) \quad (5)$$

$z$  軸負方向に進行する波は、式(4)で  $z$  軸の符号を逆にした式(6)で表すことができる。以下、下付き文字の  $i$  と  $r$  はそれぞれ  $z$  軸正方向に進行する波と  $z$  軸負方向に進行する波に関するものを表す際に使用する。

$$E_y = E_r(x) \sin \left( 2\pi ft + \frac{2\pi}{\lambda_g} z + \phi_r \right) \quad (6)$$

一般に、矩形導波管内の任意の  $TE_{10}$  モードのマイクロ波は、式(4)で表される入射波と式(6)で表される反射波の重ね合わせで表現できる。

### 2. 1. 2 空洞共振器

矩形導波管の両端を金属製の短絡板で遮断した構造の空洞共振器を考える。各辺に沿った方向の振動の腹の数を添え字にして、 $TE_{mns}$  直六面体共振器、 $TM_{mns}$  直六面体共振器などと呼ばれる<sup>8)</sup>。ここでは、導波

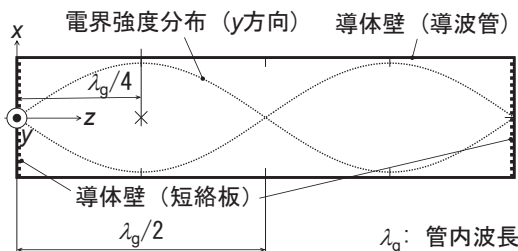


図2  $TE_{102}$  六面体共振器の構造

管の矩形断面の長辺方向に1個、短辺方向に0個、長手方向に  $s$  個 ( $s = 1, 2, \dots$ ) の腹を持つ  $TE_{10s}$  直六面体共振器を考える。

長手方向に2個の振動の腹をもつ  $TE_{102}$  直六面体共振器を模式的に示すと図2のようになる。空洞共振器として実際に使用する場合には、JIS C2565 に採用されているように短絡版に穴を開けて、マイクロ波を給電する。発振の特性から実用的ではないが、原理的には、×印の位置にマグネトロンを設置してもよい。内部のマイクロ波は定在波であり、入射波と反射波の振幅が同じで、位相の関係が式(7)のように、 $\pi$ だけずれている。

$$\phi_r = \phi_i - \pi \quad (7)$$

式(7)の関係は、空洞共振器の全長  $L$  が管内波長  $\lambda_g$  の半分の長さの整数倍のときのみ成り立つ。また、式(7)の関係が成り立たないときには、入射波と反射波の干渉によって、内部のマイクロ波が減衰する。

### 2. 1. 3 給電用導波管の最適長さ

マグネトロンで発生したマイクロ波を、矩形導波管を経由してアプリケーションに給電する場合、アプリケーションと導波管の接続部で2ポートのS行列を考える。導波管側をポート1、アプリケーション側をポート2とする。アプリケーションに照射されたマイクロ波がすべて消費される場合、ポート2への入射波は0としてよい。これを、模式的に表すと図3のようになる。図2に示した空洞共振器で使用している短絡板

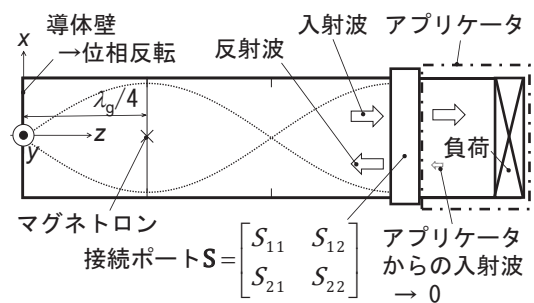


図3 給電用矩形導波管の構成

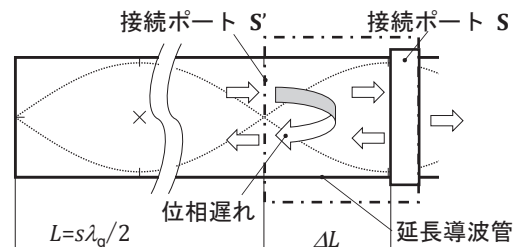


図4 延長導波管による位相の調整

は、 $|S_{11}|$ が1で、 $\angle S_{11}$ が $-\pi$ のポートと等価である。また、 $\angle S_{11}$ が $-\pi$ で、図2と同様に導波管の全長が管内波長の整数倍であれば、式(7)の関係が成り立つので、全反射をしていない場合でも、干渉によって弱め合うことはない。また、アプリケーションに照射されるマイクロ波の振幅は、入射波の振幅に比例するので、このときが最適な状態である。

導波管長さ  $L$  が半波長の  $s$  倍で、アプリケーションが接続されているときに、図4のように、長さ  $\Delta L$  の延長導波管を挿入する場合を考える。元の導波管と延長導波管の接続部をポート1、アプリケーション側をポート2とする新たな2ポートのS行列を  $\mathbf{S}'$  とする。接続ポート  $\mathbf{S}'$  のポート1への入射波に対する反射波は、延長導波管を挿入したことにより、延長導波管を往復する  $2\Delta L$  分だけ、長い距離を進む。このため、 $\mathbf{S}$  と  $\mathbf{S}'$  の(1, 1)成分を比較すると、式(8)のように大きさが同じで、位相に遅れが生じる。

$$|S'_{11}| = |S_{11}|, \quad \angle S'_{11} = \angle S_{11} - 2\pi \frac{2\Delta L}{\lambda_g} \quad (8)$$

式(7)の関係が成り立って、導波管が最適長さになるためには、 $\mathbf{S}'$  の(1, 1)成分の位相が、式(9)のようになればよい。ただし、 $k$  は整数である。

$$\angle S'_{11} = (2k - 1)\pi \quad (9)$$

アプリケーションやアンテナの設計時に、電磁界シミュレータ等を利用していけば、 $\angle S_{11}$  を数値解析で求めることができる。また、実験による測定も一般に行われている。したがって、式(8)、(9)から、 $\Delta L$  を求めることができ、最適導波管長さ  $L + \Delta L$  を決定することができる。

## 2.2 数値解析による検討

前節の理論解析では、入射波と反射波の位相の考察から最適導波管長さを導出した。ところが、マイクロ波を印加した場合に、アプリケーションに照射される電力はわからない。そこで、特性が既知のアンテナを経由して、加熱対象物に照射した場合の数値解析から、発熱量が最大値になる最適導波管長さを求める。

### 2.2.1 解析モデル

加熱対象物の液体とアンテナに相当する誘電体を導波管に配置したモデルでのアンテナ特性の理論解析が、文献<sup>6)</sup>に報告されている。図5で、下付き文字の1、2、3は、それぞれ給電側、アンテナ、加熱対象物に関する物性値や特性インピーダンスを表す。

図5で、アンテナに相当する部分の長さ  $l$  を管内波長  $\lambda_{g2}$  の4分の1とした場合の加熱対象物での発熱量と導波管長さの関係の数値解析によって求める。

図6に計算領域と境界条件を示す。計算領域には、給電側の導波管、アンテナ、加熱対象物、加熱対象物に照射されたマイクロ波を完全に吸収して、反射波をなくするための完全整合層 (Perfectly Matched Layers: PML) の構成である。また、対称性を考慮し、4分の1モデルである。境界条件は、導波管の金属壁面に、完全電気伝導体 (Perfect Electric Conductor: PEC) を設定し、対称性を考慮するため、 $xz$  平面に PEC と  $yz$  平面に完全磁気伝導体 (Perfect Magnetic Conductor: PMC) を設定する。導波管の端面から、管内波長の4分の1のところ、励振用の内部ポートを設定し、2.45GHz の  $TE_{10}$  モードマイクロ波を印加する。

### 2.2.2 解析条件

すべての材料で、比透磁率は1とし、導波管内の比誘電率は1とした。加熱対象物は、比誘電率を67、誘電正接を0.087とした。なお、加熱対象物での単位時間当たりの発熱量は、誘電損の時間平均で評価した。ポートに印加するマイクロ波は、整合負荷時にポート全体で400Wの出力になる条件で印加した。なお、4分の1対称のため、100Wが計算領域に印加される。ただし、反射波により干渉が生じる場

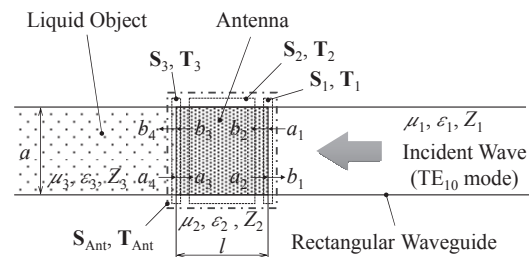


図5 加熱対象物の液体とアンテナに相当する誘電体を導波管に配置したモデル<sup>6)</sup>

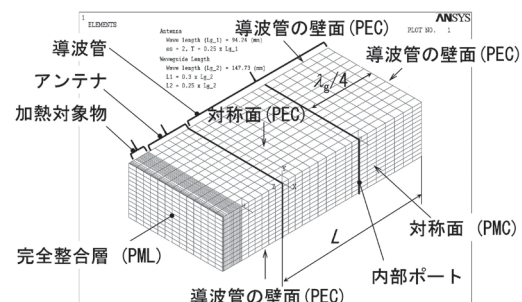


図6 解析モデルのメッシュと境界条件

合、より大きなエネルギーやより小さなエネルギーになる場合がある。アンテナの比誘電率と導波管長さをパラメータにして、ANSYS 10 Multiphysics<sup>9)</sup>を使用して、数値解析を行った。

### 3 実験方法

#### 3.1 実験装置

実験装置の構成は、マイクロ波発生装置、パワーモニタ、矩形導波管、アンテナ、アプリケーションのみとし、アイソレータは使用しない(図7)。マイクロ波発生装置には、(株)ニッシン製1.5kW マイクロ波電源(XPS-15)を使用した。この発生装置は、加熱専用のもので、スプリアスの発生は一般的なものである。導波管は分割式になっており、延長導波管を挿入することで長さの変更が可能である。また、入射電力と反射電力を測定するため、導波管の途中に同社製のパワーモニタ(方向性結合器N2PM-JとパワーメータユニットEX-MU)を設置した。ただし、アイソレータを使用していないため、反射波は導波管の端部で再反射するので、入射電力と反射電力は反射を繰り返した後の見かけの値である。アプリケーション

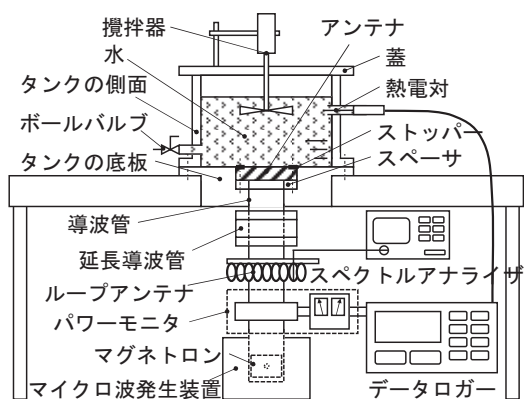


図7 実験装置の構成

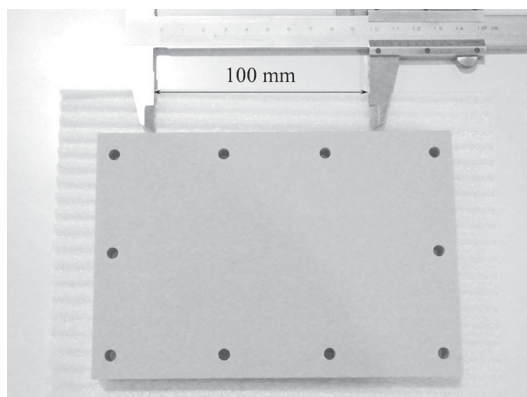


図8 実験に使用した矩形アンテナ

は直径300mm、高さ300mmの円筒状タンクで、10Lの水をマイクロ波加熱する。アプリケーションと矩形導波管をつなぐ部分に、セラミック(コーズライト)製の158mm×108mm×15mmの図8のような矩形アンテナがあり、矩形導波管から水へ直接マイクロ波を照射することができる。なお、このアンテナの特性には温度依存性があるが、水温が30~100°Cの範囲で、電力反射率は3%以下であった。さらに、わずかに漏えいするマイクロ波をループアンテナで受信し、スペクトルアナライザで、周波数スペクトルを求めた。

#### 3.2 実験条件

延長導波管は図9のように、長さの異なるものを多数用意し、場合によっては複数個を組み合わせることで、0mmから114mmまで、マグネトロンからアンテナの距離を延長した。マイクロ波の出力は最大(カタログ値1,500W)とし、タンク内の水は室温から65°C程度まで加熱した。マグネトロンで発振を開始してから安定するまでの時間を考慮して、55°Cから60°Cまで上昇するのに要した時間から水の昇温速度を求めた。周波数スペクトルは発振開始後20分以上経過した後に測定した。入射電力と反射電力は、発振を開始してから安定するまでの時間に加えてアンテナの温度依存性<sup>6)</sup>も考慮して、60°Cでの値を測定値とした。

### 4 結果と考察

#### 4.1 数値解析結果

アンテナの比誘電率を5、6、7、7.08、7.5、8、9、10とし、導波管長さ $L$ と、加熱対象物での誘電損失の時間平均値の関係を図10に示す。ただし、導波管長さは、導波管内の $TE_{10}$ モードのマイクロ波の波長 $\lambda_g$ で無次元化している。比誘電率が7.08よりも小

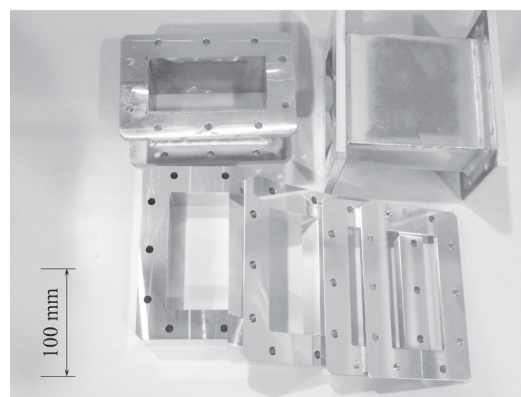


図9 延長導波管



さいときには、4分の1波長の奇数倍のところにピークが生じ、大きいときには、偶数倍（2分の1波長の整数倍）のところにピークが生じた。また、比誘電率が7.08のときが、最もピークが小さく、7.08から離れるほど、ピークが大きくなった。

#### 4.2 実験結果

延長導波管の長さを変化させた場合の昇温速度、入射電力の測定結果を図11に示す。昇温速度は、周囲温度や実験装置の温度履歴などの影響で値にばらつきが生じる。ここでは、2回の実験で生じた最大の差を誤差とした。ピークの位置が一致しており、

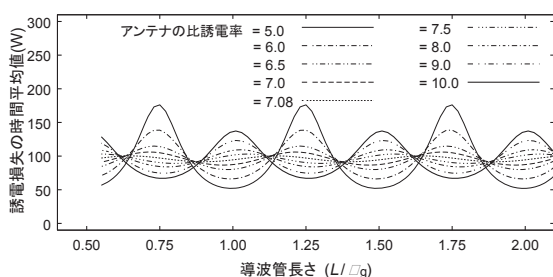


図10 解析結果

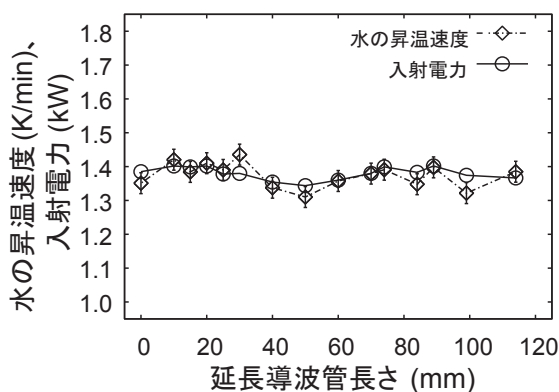


図11 昇温速度と入射電力の測定結果

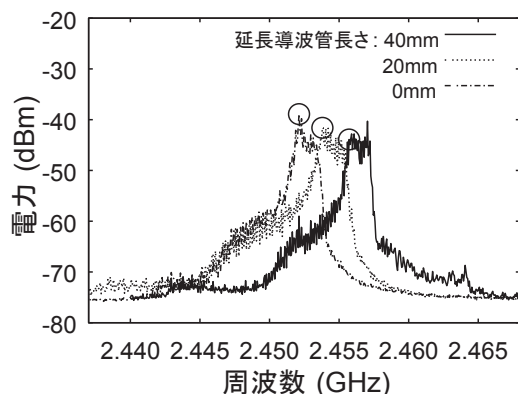


図12 周波数スペクトルの測定結果例

相関関係があること示している。なお、目盛りが重なっているのは偶然である。

周波数スペクトルの測定結果の例を図12に示す。発振周波数は鋭いピークにならず、ある程度の幅が生じた。これはマグネトロンを使った一般的な加熱用マイクロ波発生装置の特徴のひとつである。図12に丸印で示した部分にあるピークでマイクロ波の発振周波数を測定したときの、延長導波管の長さが入射電力、周波数の関係は図13のようになった。マイクロ波の発振周波数は、変動幅が2.452~2.455GHzで周期的な変動となった。また、入射電力が最大になるときに周波数が最小になるときのピークと逆のピークは近い場所に生じているが、わずかにずれた。また、延長導波管の長さや反射電力、周波数の関係は図14のようになった。ピークの傾向は、図13の入射電力と同様になった。

#### 4.3 結果の検討

図5に示したアンテナで誘電体の充填部の長さ  $l$  を  $\lambda_g/4$  とすると、アンテナの散乱特性を表すS行列  $S_{Ant}$  の(1, 1)成分  $S_{Ant 11}$  が、実部のみをもつことが知られている<sup>6)</sup>。また、アンテナ材料として、比透磁率が1、特性インピーダンスが  $Z_2 = Z_1 Z_3$  の関係

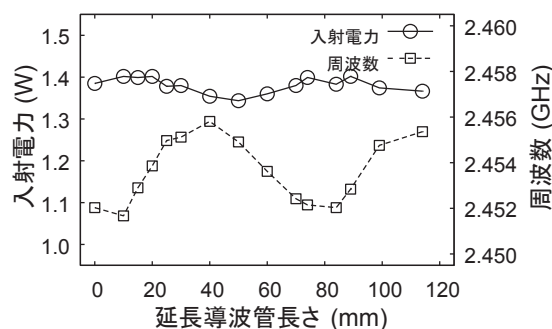


図13 周波数と入射電力の関係

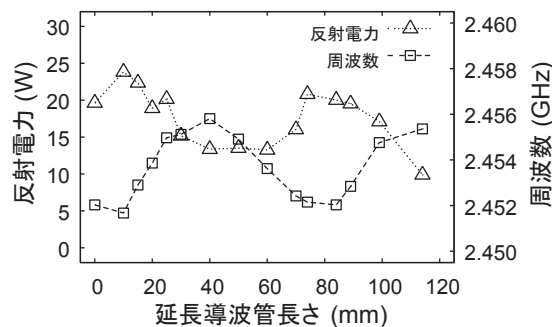


図14 周波数と反射電力の関係

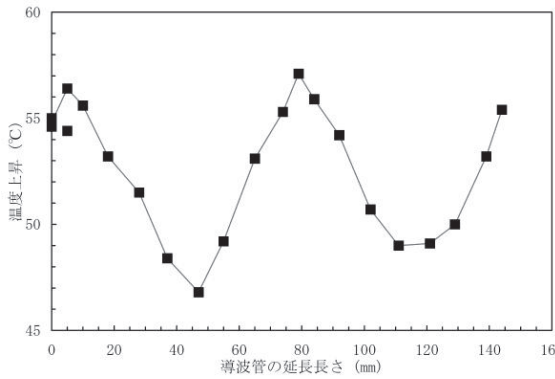


図15 延長導波管長さと水の温度上昇の関係<sup>1)</sup>

になるような比誘電率のものを選ぶと  $S_{Ant 11}$  は 0 になる。比誘電率がより大きなものを使用すると、 $\angle S_{Ant 11}$  は  $\pi$  になり、より小さなものを使用すると、 $\angle S_{Ant 11}$  は 0 になる。式(8)、(9)から最適な導波管長さを求めると、比誘電率が大きいときは、管内波長  $\lambda_g$  の半分の長さの整数倍で、比誘電率が小さいときは、管内波長  $\lambda_g$  の 4 分の 1 の長さの奇数倍である。これは、数値解析結果で、誘電損失の最大値が得られたところと一致している。また、 $S_{Ant 11}$  が 0 になる比誘電率は 7.08 であるが、文献<sup>6)</sup>にあるように、「電力の反射率は比誘電率を「大きくしていくと 100% に漸近する。」電力の反射率が 100% の極端な場合、空洞共振器と全く同じであることから、数値解析で得られたピークでは、減衰の大きな共振が発生していると考えてよい。文献<sup>1)</sup>で水 2L に 1.5kW のマイクロ波を 20 分照射したときの、水の温度上昇は図 15 のようになっていた。このときのピークの間隔は、2 分の 1 波長と考えられ、今回提案した最適長さの周期と一致している。また、ややとがった上向きに凸のピークの形状は、図 10 の解析結果に近い。

2. 1. 3 で導入した 2 ポートの S 行列  $S$  とアプリケーション側からの入射波がないことから、入射波の振幅とアプリケーション内のマイクロ波の振幅が比例関係になる。入射電力と誘電損失のいずれも、振幅の 2 乗に比例することから、入射電力と誘電損失の間に比例関係が存在する。誘電損失と発熱量が比例することから、入射電力と昇温速度は比例関係にある。図 11 に示したように、昇温速度と入射電力は比例関係になった。これは、前提条件となっているアプリケーション内で発生する反射波がないことを実証している。また、今後の議論では、ばらつきの大きい昇温速度ではなく、入射電力で評価なことを示している。

3. 1 で述べたように、入射電力と反射電力は反

射を繰り返した後の最終的なものであって、マグネトロンからの入射電力そのものではない。S 行列を使用した散乱解析からは、入射電力と反射電力の間に比例関係にあるように示されるが、実際にはマグネトロンがあるので、現象を数値解析で完全に再現するのは困難である。図 13、14 の入射電力と反射電力は、精度の低いパワーモニタによる測定のため、10~25W 程度の反射電力の測定値にかなりの誤差が含まれるが、実験結果からは入射電力と反射電力の間に相関関係があると考えられる。正確な数値解析と精度の高い実験は今後の検討課題である。

マイクロ波の周波数は、2.452~2.455GHz で周期的な変動になったが、式(2)から、波長を求めると、147.6mm から 147.2mm である。これは、導波管の全長が長いほど影響が大きくなり、10 波長 (約 1.5m) の導波管で 4mm である。文献<sup>1)</sup>のように、導波管が短く、5mm ピッチで導波管長さを調整する場合には、無視することができる。また、マイクロ波の周波数は、アンテナやアプリケーションの特性に影響を与えるものの、この程度の変動であれば微少な影響にとどまると考えている。

ところで、実際の矩形導波管では、マグネトロンの設置場所付近で、矩形断面の長辺の長さ  $a_g$  が短くなっている。これは、汎用のマグネトロンを設置する都合であるが、これによって、導波管の全長と管内波長の比を求めることが困難になっている。このため、実際の最適値と理論最適値の比較については今後の課題である。

## 5 まとめ

加熱対象物に照射されるマイクロ波の振幅が最大になる最適な矩形導波管長さについて、理論的な検討を行い、数値解析と実験から以下が明らかになった。

- 矩形導波管の最適長さは、管内波長の整数倍とアンテナやアプリケーションの特性から決まる補正項の合計で求めることができる。
- 矩形導波管すべてと、アプリケーションの一部を計算領域としたモデルでの数値解析により、矩形導波管の長さによって、加熱対象物の昇温速度が周期的に変化する現象を再現することができる。
- 矩形導波管の長さを変えることによって、マイクロ波の発振周波数が変化するが、微少範囲にとどまるため、最適な矩形導波管の長さに大きな影響はない。

## 参考文献

- 1) 村井正徳:高知県工業技術センター研究報告、37、(2006)8-13
- 2) 村井正徳:高知県工業技術センター研究報告、No. 39、(2008)19-22
- 3) 村井正徳:香料・テルペンおよび精油化学に関する討論会 講演要旨集、55、(2011)192-194
- 4) 村井正徳:高知県工業技術センター報告、42、(2011)25-28
- 5) M. Murai : International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, 52, (2016) 1525-1530
- 6) 村井正徳:日本 AEM 学会誌、24(4)、(2016) 331-339
- 7) 小西良弘:マイクロ波回路の基礎とその応用、総合電子出版社、(1995)75-86
- 8) 小西良弘:マイクロ波回路の基礎とその応用、総合電子出版社、(1995)164-167
- 9) ANSYS® Multiphysics、リリース 10.0、ヘルプ・システム、高周波電磁場解析ガイド、ANSYS, Inc.

# マイクロ波加熱のための液中照射用矩形アンテナの最適設計

村井 正徳 松岡 秀治\*<sup>1</sup> 山中 恭二\*<sup>1</sup> 平野 隆司\*<sup>1</sup>  
山中 義也\*<sup>1</sup> 内一 哲哉\*<sup>2</sup> 高木 敏行\*<sup>2</sup>

## Optimum Design of a Rectangular Antenna Element Used in Microwave Irradiation of Liquid Objects

Masanori MURAI Shuji MATSUOKA\*<sup>1</sup> Kyoji YAMANAKA\*<sup>1</sup> Takasi HIRANO\*<sup>1</sup>  
Yoshinari YAMANAKA\*<sup>1</sup> Tetsuya UCHIMOTO\*<sup>2</sup> Toshiyuki TAKAGI\*<sup>2</sup>

マイクロ波加熱は、家庭用の電子レンジ等で広く使われている技術で、内部加熱により熱伝導を利用したものに比べ高速に、かつ低コストで加熱が可能とされているが、工業的な利用は、一部の用途に限られている。この原因のひとつとして、工業用のマイクロ波加熱装置では、単位出力当りのデバイスコストが桁違いに高いことが挙げられる。マイクロ波の発振に使用する真空管デバイスのマグネトロンやそれを駆動するための発振回路に高出力、高耐久性が要求されるために高価になっている。また、家庭用電子レンジでは、低出力、短時間照射に限定することで、反射波が生じていても、無視して使用しているが、工業用のマイクロ波加熱装置では、反射波がマグネトロンに戻ると、過熱して破損したり、発振が不安定になったりする。このため、反射波の発生を抑制するインピーダンス整合装置や反射波をダミー負荷に誘導してマグネトロンへの逆流を防止するアイソレータなどの反射波対策のデバイスを搭載していることが多く、これも、コスト上昇の一因になっている。これまでに、反射波対策のデバイスを不要にするため、アンテナを介して液中にマイクロ波を直接、照射する技術を提案してきた。この方法では、マグネトロンで発生したマイクロ波は、導波管から封止窓に使用している誘電体を経由して、液中に照射される。この誘電体は、導波管から液中へマイクロ波を照射するためのアンテナのような役割もしているため、ここではアンテナと呼ぶ。加熱対象物の液体が水のようにマイクロ波を吸収しやすい場合、液中に照射されたマイクロ波はほぼすべて熱に変わり、反射波は極めて小さい。このため、反射波はアンテナでのみ発生すると考えてよい。

本研究では、アンテナが矩形の板状をした矩形アンテナを扱う。従来の研究では、アンテナの最適設計がなされていないため、反射波が発生していた。また、実験でも、インピーダンス整合装置を使用しなくても安定加熱と示されているのみで、検証が不十分であった。そこで、物性値が一定の液体を加熱対象物とし、2.45GHzのマイクロ波をこれに照射した際に反射波が生じないように、矩形アンテナの最適設計を行った。その効果を数値解析と実験で確認し、インピーダンス整合装置とアイソレータの両方を使用しなくても安定した運転が可能であることを示した。さらに、比誘電率など電気的性質が温度によって大きく変化する水を加熱対象物にした実験によって、電力の反射率の温度依存性を調べ、温度の影響が微小であることを確認した。

(日本 AEM 学会誌 平成 28 年 12 月 Vol. 24 No. 4 掲載)

---

\*1 兼松エンジニアリング(株)

\*2 東北大学



# 粉末食品用計量充填機の開発

毛利 謙作 村井 正徳 森山 洋憲 刈谷 学

## Development of Powder Food Filling Machine

Kensaku MOHRI Masanori MURAI Hironori MORIYAMA Manabu KARIYA

ショウガ等の粉末食品を対象とした計量充填機を開発した。独自のシンプルな粉末搬送方法を考案し、装置を設計製作、現場試験を行い、実用性と課題を明らかにした。小ビン、小袋への充填を対象とした、小ロット生産を行う中小企業向けの装置で、実際に商品を充填する試験において、その生産性向上効果を計測した。

### 1 はじめに

地産外商を図るため、農水産物の加工商品を開発する際、輸送費や保存性の観点から、乾燥粉末化が有効な選択肢の一つである。本県では、ショウガ、ユズ果皮、鰹節、青海苔、ウコン、山椒、塩等の粉末食品が既に商品化され、一部は輸出が始められている。

しかし、その生産工程において、ごく一部の大型事業所以外、計量充填作業は完全手作業で行われている。特に、5～20gといった小ビン、小袋に大きな手間がかかっている。

複雑で人手に頼らざるを得ない作業の多い食品加工工程の中で、計量充填作業は、正確性が求められる繰り返し作業で、比較的機械化しやすい分野である。粉末を対象とした計量充填機は市販されているが、多種の素材を確実に搬送するスクリー型で、高価（200万円以上）であり普及していない。

この少量の計量充填作業に適した装置を開発することにより、生産工程のボトルネックを解消し、地産外商を促すことを目的とする。

### 2 開発内容

#### 2.1 粉末搬送方法の開発

粉末の搬送方法について調査検討し、粉末吐出と、ホップ内でのブリッジ解消（詰まり防止）を1モーターで行う方法を考案した。多孔板の上で粉末をかき混ぜ、重力で自然落下させるシンプルな方法である（図1）。

当初は、複数のモーターを用いた振動搬送方式を計画していたが、より部品点数、コストを下げる事ができた。

#### 2.2 充填機本体の開発

上記搬送方法による計量充填機を試作した（図2）。

ベースとなる板にアルミフレームを立て、モータ及びホップを固定（上下移動可）している。

モータ固定部品、モータカバー、ホップ上部固定部品、ホップ下部固定部品、ホップ保護部品、ホップ

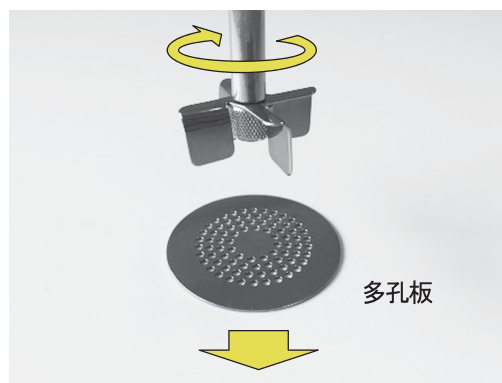


図1 粉末搬送方法



図2 試作計量充填機

パ蓋、多孔板10種(図3)、ブリッジ解消部品(図4)、小袋固定治具(図5)を設計製作した。工具なしで分解洗浄可能である。

多孔板及びブリッジ解消部品は、衛生対策のため、鏡面に研磨加工を施した。

電子天秤は、安価で入手性の良い汎用製品を利用した。電気回路は、これまでに試作した液体充填機と同様の構成(図6)で、ソフトウェアを改良した。運転、停止の操作、指定重量等の設定変更は、タッチパネルで行う。主な仕様は表1のとおり。

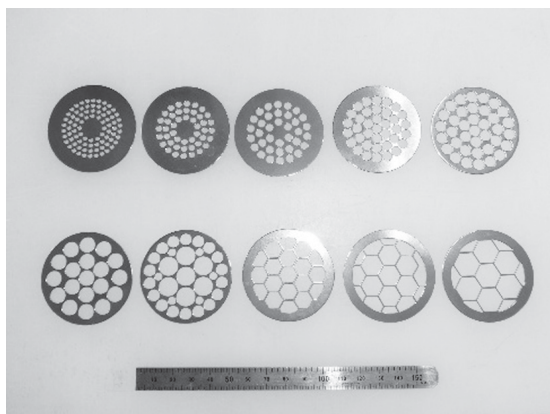


図3 多孔板

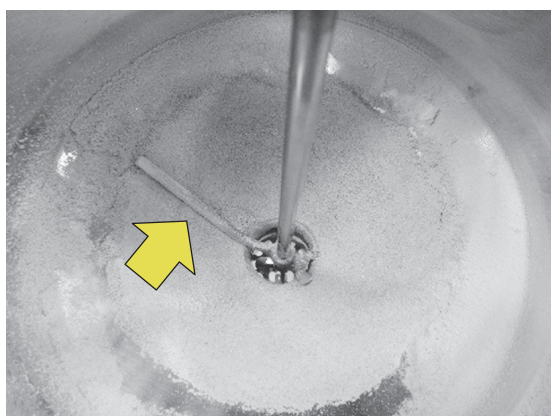


図4 ブリッジ解消部品



図5 小袋固定治具

### 3 現場試験

試作した装置の実用性の確認と、課題発見のため、企業の生産現場において、実際に商品を充填する現場試験を行った。

合同会社南国FOOD PLUSで、にんにく顆粒のプラスチック容器への充填試験(図7)、にんにく粉末の小袋への充填試験(図8)を行い、それぞれ手作業との作業時間を比較した。

また、ショウガ粉末のプラスチック容器への充填試験を刈谷農園で行った。

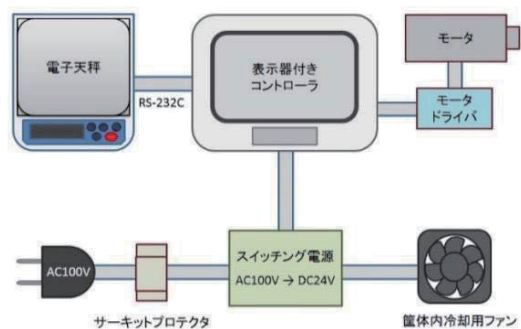


図6 電気部品構成図

表1 主な仕様

モータ	(株)ツカサ電工製 DC ブラシレスモータ TG-609B (24W)
多孔板の種類	丸穴：Φ2, 3, 4, 5, 6, 8, 10mm 6角穴：8, 10, 12mm (内接円径)
ホッパ容量	7L
本体重量	9.5kg
電源	AC100V



図7 にんにく顆粒充填現場試験



#### 4 結果及び考察

合同会社南国 FOOD PLUS で実施したにんにく顆粒のプラスチック容器への充填試験では、手作業に比べ生産性が2.8倍に、にんにく粉末の小袋への充填試験では、生産性が5.1倍に向上した(図9)。

充填量は同じ17gで、機械による充填時間(10回平均)は機械では大差ないが、小袋は、1枚ずつ取って口を開ける作業が必要で、容器に比べ手間がかかるため、特に機械化の効果が大きい。

また、小袋固定治具(図5)は、二つ作製しており、充填中に、次の袋の取り付けができる点も、機械での生産性向上に寄与している。

電子天秤の上に容器が置かれたことを自動検出するソフトウェアを開発しており、作業者は充填開始ボタンを押す必要がない<sup>1)</sup>。作業者の声として、手作業では細かな重量調整に気を遣うが、機械は精神的に楽で、疲労が軽減できているとのことであった。

手作業でも同じだが、充填後、小袋の開口部の熱シールする部分に付着した粉末を、手作業で取り除く必要がある(図10)。この作業が必要ない小袋固定治具の開発が課題である。

刈谷農園でのショウガ粉末充填試験では、最終吐

出部のテーパ部品内で、何度か詰まりが発生し、作業時間が計測できなかった(図11)。スムーズに充填できるよう形状変更等の改良が必要である。

同じショウガ粉末でも、粒度や乾燥具合により流れ方が違い、異なる対応が必要になる場合があることがわかった。

#### 5 まとめ

粉末食品用の計量充填機を試作し、現場試験で実用性を確認し、課題を明らかにした。

乾燥にんにくでは、手作業に比べ、2.8~5.1倍の生産性向上効果があった。

今後は、小袋の熱シール部に粉末が付着しない固定治具の開発、装置を使いやすくするためのソフトウェア改良を行い、対象粉末を広げ、現場試験を継続実施する。

#### 参考文献

- 1) 毛利謙作、刈谷 学、高橋利典：日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会2015 論文集、2P1-J03



図8 にんにく粉末充填現場試験



図10 熱シール部に付着した粉末を除去

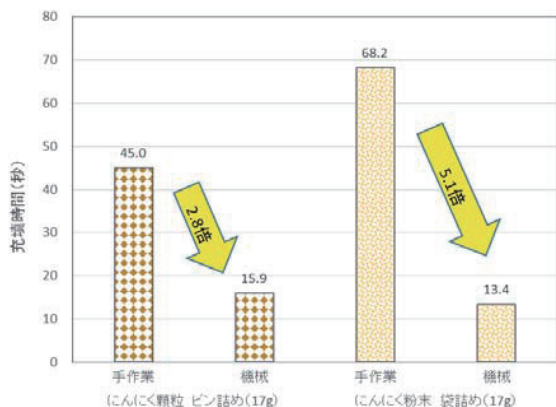


図9 現場試験による充填時間の比較

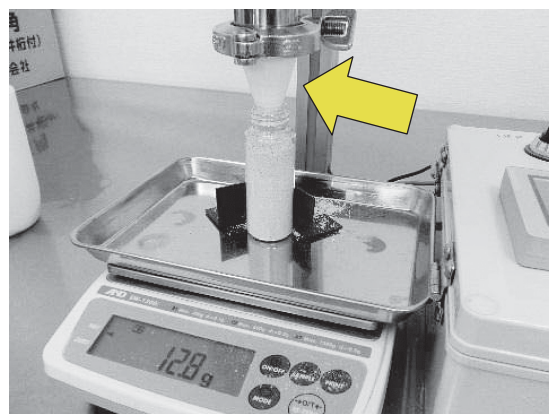


図11 最終吐出部

# 非接触三次元測定装置を活用した技術支援

山本 浩 島本 悟 毛利 謙作

## Technical Assistance Utilizing Noncontact 3D Measuring System

Hiroshi YAMAMOTO Satoru SHIMAMOTO Kensaku MOHRI

県内企業の強い要望に対応するため、平成 25 年度に非接触三次元測定装置を導入した。この測定装置は、製品形状の三次元 CAD データ化（リバースエンジニアリング）や製品全体の検査が可能である。平成 26 年度から 3 年間、測定装置を活用した技術支援や技術研修に取り組み、製品の三次元 CAD データ化や検査技術の高度化に努めた。その結果、今まで難しかった、熟練者が試作したモデルの三次元 CAD データ化や製品全体の精度検査が短時間で可能となった。

### 1 まえがき

近年、製品の設計・製造・検査などの一連の工程において、デジタルデータを使って効率化する試みがデジタルエンジニアリングとして取り組まれている。さらに、デジタルデータを活用してものづくりの工程の PDCA を回すことにより生産性を向上する取り組みへの期待が高まっている<sup>1)</sup>。また、機械部品の形状を測定する装置として、三次元測定装置がよく利用されている。高品質、高精度が要求される機械部品は、三次元測定装置での検査が必要となり、県内にも導入している企業が見られる。しかしほとんどが接触式三次元測定装置で、製品全体を三次元 CAD データ化して取り扱うことは困難である。そこで、当センターに高精度な非接触三次元測定装置を導入して欲しいとの強い要望があり、平成 25 年度に非接触三次元測定装置を導入した。導入後、県内企業に対して、様々な技術支援や技術研修を実施し、製品の三次元 CAD データ化を行ったので、その取り組みを報告する。

### 2 導入装置の概要

導入した装置の外観を図 1 に示す。メーカーは、ドイツの Steinbichler 社で、形式は、COMET L3D (8M) である。仕様は、以下のとおりである。

仕様：測定方法：CCD カメラ方式  
測定範囲（1 ショット最大）  
565×425×350mm  
自動測定による測定物重量 150kg（MAX）  
リバースエンジニアリング・検査ソフト  
（spScan、spGauge）

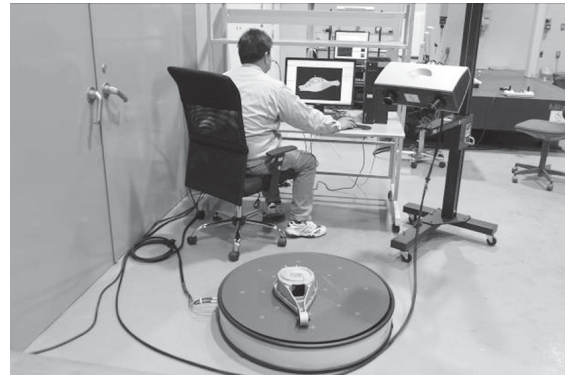


図 1 装置外観

### 3 技術支援内容

#### 3. 1 農業用耕うん爪

農業用耕うん爪は三次元設計を行っているが、鍛造で生産されることにより、設計形状とは異なる変形などが発生する恐れがある。そこで、耕うん爪製品を非接触三次元測定装置で測定してリバースエンジニアリングソフトウェアで三次元 CAD データ化を行った。測定の様子を図 2 に、作成した三次元 CAD データを図 3 に示す。

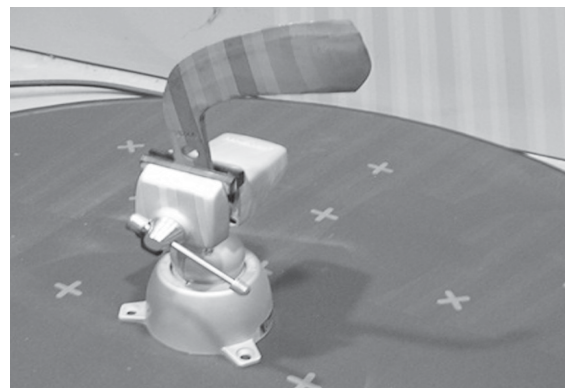


図 2 測定の様子

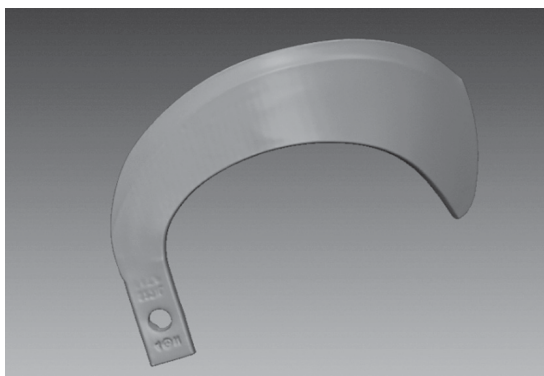


図3 耕うん爪三次元 CAD データ

利用された企業は装置の使用頻度も高く、この三次元 CAD データを自社に持ち帰り、詳細な形状確認やシミュレーションソフトによる各種試験を実施している。

### 3. 2 猟銃部品

機械加工された複雑な猟銃部品を非接触三次元測定装置で測定し、設計データとどれくらいの誤差があるか検証を行った。測定データは、ポリゴンと言われる三角のメッシュの状態で得られる。図4に測定データを示す。

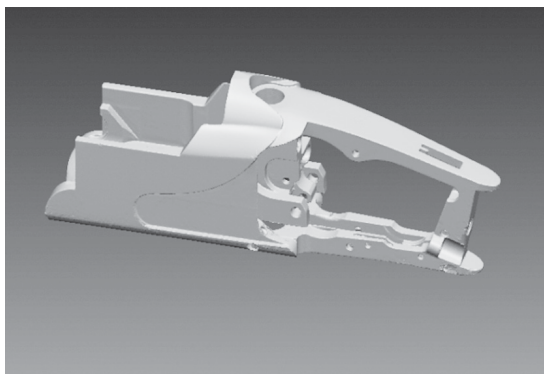


図4 複雑な猟銃部品

この測定データと三次元 CAD の設計データを重ね合わせて誤差の検証を行った。その結果、非常に複雑な形状でありながら、製品全体の約 35%が誤差±0.05mm、約 23%が±0.05～±0.1mm の範囲に入っていることがわかった。このような複雑な猟銃部品の製品全体にわたる加工誤差の確認が短時間で可能となった。

また、猟銃部品の銃床について、リバースエンジニアリングに取り込んだ。具体的には、熟練技術者が手仕上げで木材を削ってモデリングした銃床を測定し、三次元 CAD データ化を行った。従来困難であった全く図面のない職人の技術を簡単にデジタル化することが可能となった。測定データと三次元 CAD データの例を図5、6に示す。

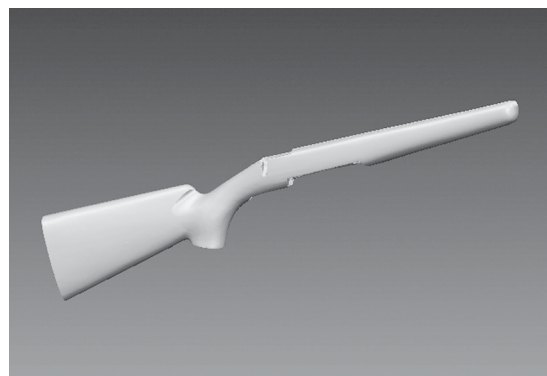


図5 銃床の測定データ

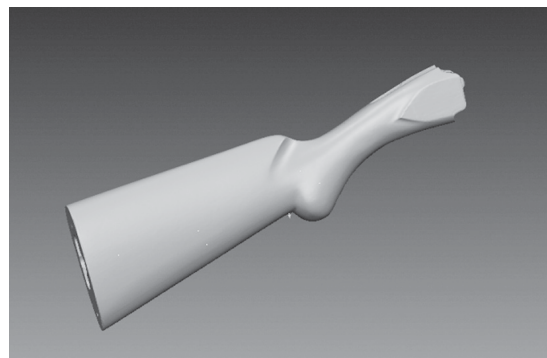


図6 銃床の三次元 CAD データ

猟銃部品で利用された企業も使用頻度が高く、主に測定データを自社に持ち帰り、猟銃の開発や生産に有効活用している。

### 3. 3 プレス製品

プレス製品は、金型の設計が製品の精度に大きく影響を与える。プレスで加工した製品と設計データとを比較して、誤差が大きい場合は金型の修正が必要となってくる。このプレス加工の誤差の検証を製品全体を短時間で、検証できるようにとの要望があり、これに応えることができた。プレス加工した製品と設計データを重ね合わせて、誤差の検証した結果を図7に示す。

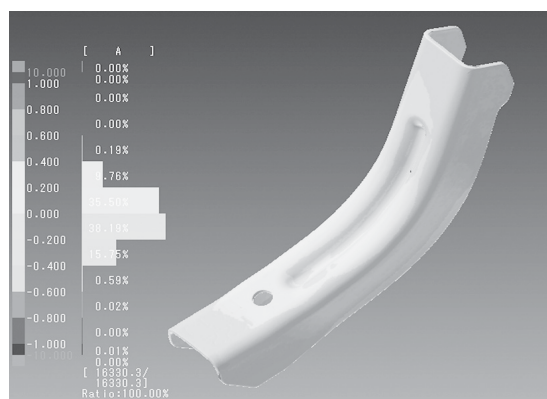


図7 測定データと設計データの検証結果



この結果から、測定データは、製品全体の99.2%が誤差±0.4mmの範囲に入っていることがわかった。他に数種類のプレス製品の誤差を検証し、プレス製品の精度確認を行った。今後、このような検証を重ね、著しい誤差が生じた場合は、金型の設計にフィードバックするといった活用を行っている。

### 3. 4 その他のリバースエンジニアリング

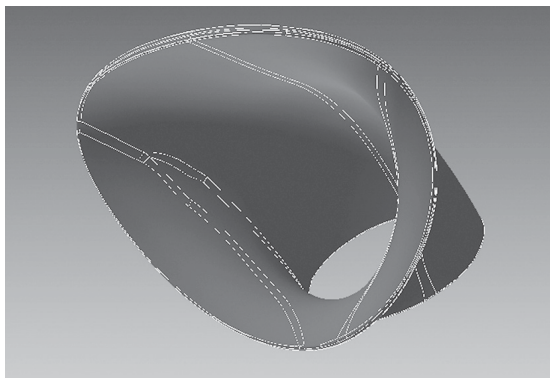


図8 三次元CADデータ(1)

非接触三次元測定装置で製品全体を測定し、リバースエンジニアリングソフトウェアで面貼りを実施し、三次元CADデータで取り扱えるサーフェスモデルを作成した。作成したデータの例を図8,9に示す。利用される企業は、この面が貼られたデータを自社の三次元CADに取り込み、業務に活用している。また、測定データのみを持ち帰り、設計変更を加えてリバースエンジニアリングを行う企業もある。

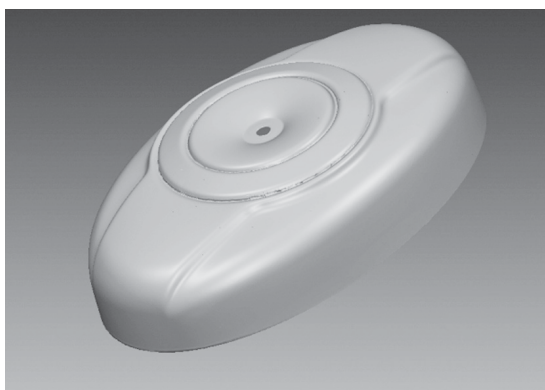


図9 三次元CADデータ(2)

リバースエンジニアリングを希望する企業は、三次元CADを所有し、自社でモデルの加工や修正ができる企業である。

### 4 技術研修

非接触三次元測定装置を導入後、県内企業の利用を促進するために技術研修を実施した。平成25年度から平成28年度までで、延べ37社、59人の技術者

の受講があった。研修の様子を図10に示す。



図10 研修の様子

## 5 利用状況について

非接触三次元測定装置の運用が始まった平成26年度～28年度の利用企業数と利用時間を表1に示す。

表1 利用企業数と利用時間

年 度	H26	H27	H28	合計	
利用企業数	14	13	10	37	
利用時間 (h)	148	101	117	366	
内 訳	測定装置本体	66	47	55	168
	データ処理装置	82	54	62	198

測定装置本体と簡易3Dプリンタも含めたデータ処理装置(リバースソフトウェア、検査ソフトウェア)の利用が3年間で、延べ37企業、利用時間として合計366時間あった。また、利用の目的を時間ベースで換算するとその8割がリバースエンジニアリングに利用されていることがわかった。

## 6 まとめ

非接触三次元測定装置を活用し、県内企業への技術支援に取り組んだ結果、熟練者が試作したモデルの三次元CADデータ化や製品全体の精度検査が短時間で可能となった。特に事例として掲載した県内の地場製品で日本一のシェアを持つ農業用耕うん爪と猟銃製品については、利用頻度が高かった。今後は、高精度3Dプリンタや切削加工機と連携させた取組みを進めていく。

## 参考文献

- 1) 産総研地域連携戦略プロジェクト「3Dスキャナと3Dプリンタの連携によるクローズループエンジニアリングの実証」ガイドライン、(2015)3

資 源 環 境 課

# 熱解析とシミュレーションを利用した 厳寒地使用に対応するトンネル用導水材の開発

堀川 晃玄 村井 正徳 刈谷 学 河野 敏夫  
宮田 稔久\*1 戸田 達也\*1 竹村 慶太\*1

Development of the tunnel surface aqueduct in severe cold place  
by using of thermal analysis and simulation

Kogen Horikawa\*1 Masanori Murai\*2 Manabu Kariya\*3 Toshio Kono\*3  
Toshihisa Miyta\*4 Tatsuya Toda\*4 Keita Takemura\*4

トンネル壁面からの漏水を、排水溝に導く導水材において、厳寒地でも水の凍結を防ぐことのできる導水材を、(株)西宮産業と共同で開発した。導水材を数値モデル化し、小規模実験による熱解析で検討を行った。結果、水を導水材中央部に集め、そこにヒーター線を設けて水を加熱する構造が、水の凍結防止に有効であることを見出した。この結果に基づいて作製した試作品を用いてシミュレーションを実施したところ、実際のトンネルサイズで水の凍結を防止し得ることが示唆された。

## 1 諸言

高速道路などのトンネルの内壁には、約 10m おきにコンクリートのつなぎ目が存在している。トンネル周辺の状況によっては、ここから地下水が染み出すことが知られている。この漏水をトンネル内に落下させないために、図 1 に示すような導水材が使用されることがある。



図 1 トンネル内で使用されている導水材

厳寒地のトンネルでは、導水材を使用しているにもかかわらず、漏水が凍結してつららになってしまう場合がある。つららが走行中の車に落下すると大変危険なため、現在は凍結発生時に手作業でつららを落としている。このため、水の凍結を防止できる導水材があれば、道路管理者の負担を大幅に軽減することができる。このようなニーズに基づき、導水

材を製造販売している(株)西宮産業は、工業技術センターと共同で研究開発を進めてきた。

(株)西宮産業が製造しているトンネル用導水材は、透明な部材を使用しているため、その施工箇所を裏を目視で点検でき、道路管理者にとって都合がよい。この特徴を生かしつつ、水の凍結を防止するためには、どのような構造の導水材にする必要があるのかを考える必要があった。ところが対象がトンネル用の導水材であるため、非常に大きな装置を作らないと実験ができないという問題があった。

そこで、水が流れている導水材を数値モデル化し、実験室スケールの結果を大規模スケールの結果に拡張して検討する手法を取った。本報ではその手法及び検討の結果について報告する。

## 2. 実験方法

### 2. 1 理論

水が流れている導水材は、低温側流体が空気、高温側流体が水である熱交換器とみなせる。低温側流体の温度が常に一定であると仮定すれば、定常状態における熱収支式は式(1)のようになる。

$$\rho V C_p (T_i - T_o) = UA \Delta T_{lm} = UA \frac{(T_i - T_o)}{\ln \frac{T_i - T_c}{T_o - T_c}} \quad (1)$$

ここで、

$\rho$ :水の密度

$V$ :水の体積流量

\*1 (株)西宮産業



$C_p$ : 水の定圧比熱

$U$ : 総括伝熱係数

$A$ : 伝熱面積

$T_i$ : 流入水温度

$T_o$ : 流出水温度

$T_c$ : 外気温

$\Delta T_{lm}$ : 対数平均温度差

である。これを $T_o$ について解くと式(2)を得る。

$$T_o = \frac{T_i - T_c}{\exp\left(\frac{ULw}{\rho VC_p}\right)} + T_c \quad (2)$$

ここで $L$ : 導水材の長さ、 $w$ : 導水材の幅である。この式を用いると $T_o$ と $L$ に関するグラフが得られ、導水材上を流れていく間に水温がどのように低下していくのかがわかる。

このモデルに基づく解析では、あらかじめ総括伝熱係数 $U$ を知っておく必要がある。 $U$ が小さいほど水温の変化が小さい事になり、凍りにくいことを示す。 $U$ は式(3)で求められる。

$$U = \frac{\rho VC_p(T_i - T_o)}{A\Delta T_{lm}} \quad (3)$$

すなわち、導水材上を流れる水の体積流量と、導水材上を通った前後での水温を測定すれば、 $U$ が求まることになる。厳密には、伝熱面積 $A$ が必要であるが、実測は困難であるため、伝熱面積は導水材幅と導水材長さの積であると仮定し、導水材の幅は0.232mで一定値として評価した。

## 2.2 実験

### 2.2.1 総括伝熱係数の測定装置

図2に実験装置の概略図を示す。エスペック社製の恒温恒湿槽 PL-4KPH 内に、約1mの長さの導水材に水を流下できるようにしたもの（セルと称する）を入れ、ここに4℃に冷却した水を流し込めるようにした。セルには入水口と出水口があり、タンクに貯めた水はポンプでセルの入水口に送り込まれる。出水口からの水はポンプでくみ上げ、再びタンクに戻すようにした。セルの入水口・出水口にはシーす付のK型熱電対を取り付け、水温を計測した。水の流量はキーエンス社製の非接液型流量計FD-M5AYを用いて計測した。セルは水平面に対して60°傾斜させて設置した。

セルの構造を図3に示す。(株)西宮産業製のトンネル用導水材 NS メッシュ D の背面に50mm厚さの建

材用発泡ポリスチレンフォーム（スタイロフォーム™）を貼り付け、上下に直径約10mmの入水口と出水口を取り付けたものをセルとした。背面にスタイロフォームを貼り付けることで、トンネル表面（分厚いコンクリートであるので、断熱壁と仮定した）に導水材が取り付けられた様子を再現した。

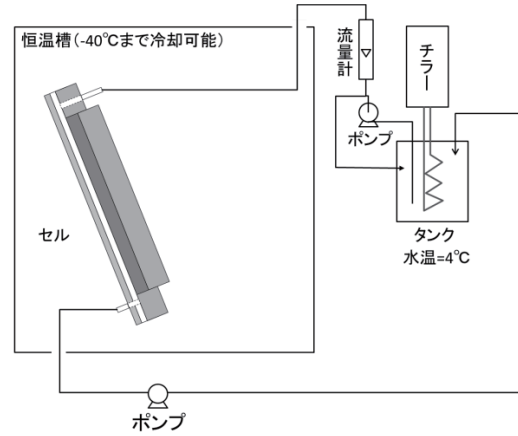


図2 総括伝熱係数測定装置の概略図

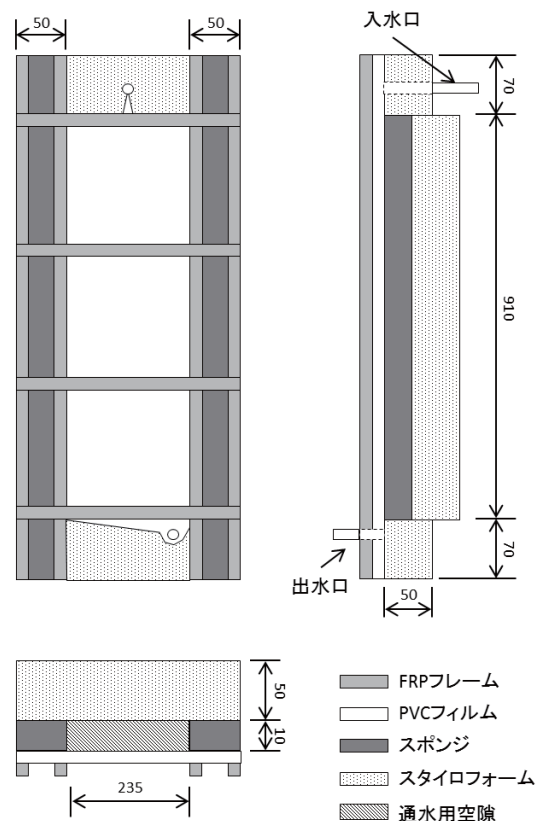


図3 セルの構造模式図

### 2.2.2 総括伝熱係数の測定

図2に示した装置によって、セルに所定の流量の水を流しつつ、恒温恒湿槽を任意の温度(-10~20℃)

に冷却した。槽内温度、出入口水温、流量はグラフィック社製のデータロガーGL-220を用いて0.1秒間隔でモニタリングを行い、温度が安定した時点から約5分間のデータを記録した。得られたデータ中、約120秒間数値が安定しているところの平均値を各測定値とし、総括伝熱係数の算出を行った。

### 3 結果および考察

#### 3.1 既存導水材の総括伝熱係数測定結果

図4に、図3に示したセルで測定した、既存の導水材の総括伝熱係数と流量の関係性を示す。総括伝熱係数は流量の増加に伴い、直線的に上昇する傾向をみせた。またその値は10~30 kcal/m<sup>2</sup>・h・°Cであり、筆者の経験上、自然対流伝熱の場合と同程度であった。

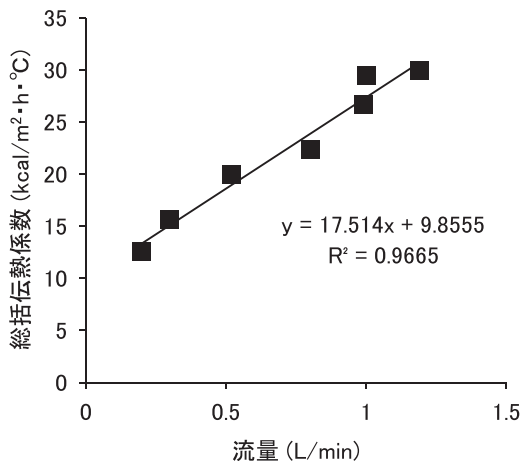


図4 平板型導水材における総括伝熱係数と流量の関係

#### 3.2 既存導水材上を流れる水の温度変化シミュレーション

次に、既存導水材を使用した場合の、水温の低下状況を検討した。かなり水量が多く、水が凍結しにくいと想定される状況下(2L/min)で、水温がどのように低下するかを式(2)を使ってシミュレーションした。結果を図5に示す。外気温は-20°C、-10°C、-5°Cの3パターンでシミュレーションを行ったが、-10及び-20°Cでは水が10m流れる前に0°Cになり、凍結する可能性があることが示唆された。後述するが導水材の長さは8m程度あり、既存の導水材は寒冷地での使用に適さないと思われる。

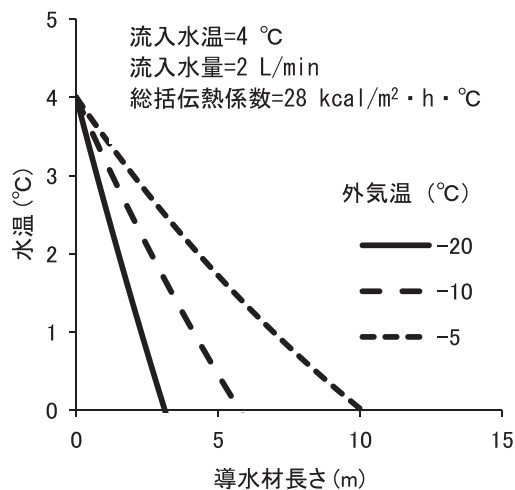


図5 既存導水材上における水温変化のシミュレーション結果

#### 3.3 既存導水材上を流れる水の流動状態観察

既存導水材に水を流した状態を観察したところ、流量が遅いほど水の流れが不安定になるのが確認できた。図6に水が流れている様子を示す。流量1.2 L/minでは、水は入水口から出水口に向けて直線的に落ちてゆくが、0.3 L/minでは水の流れは一定しておらず、分岐が発生し、水の流れの細いところから凍結が発生していた。

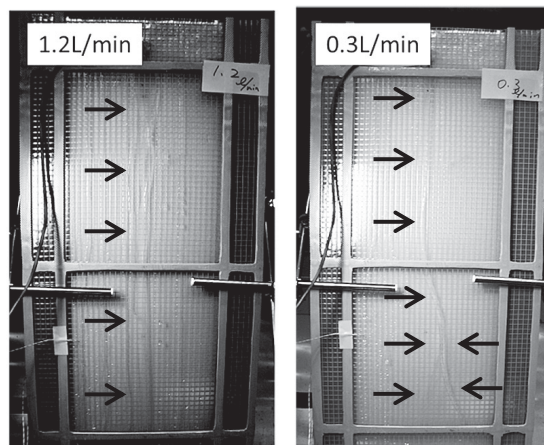


図6 平板型導水材上の水の流動状態(矢印部が流れる水。流量は左:1.2L/min、右:0.3L/min)

この観察結果より、水の流れを一か所に集め、水の分岐を防ぐことで凍結防止ができるのではないかと考えた。そこで、図7に示したセルを作製した。このセルは、図3のセルに用いた導水材の中央部に、自己制御型ヒーター線(泉電熱製、スーパーレースNSAH-21、電源はAC100V)を設置し、ヒーター線両側にゴム板で堤防を作り、水がヒーター線の周辺

にのみ流れるようにしたものである。

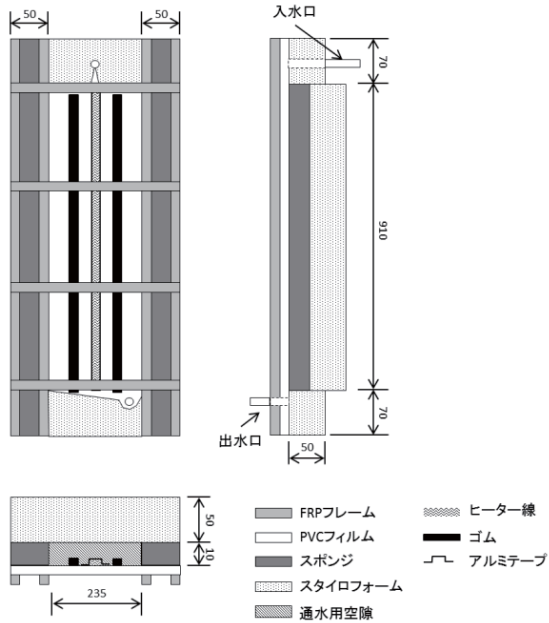


図 7 導水材に集水構造とヒーター線を設置したセルの構造模式図

### 3. 4 集水構造とヒーター線を設置した導水材の総括伝熱係数測定結果

図 7 に示したセルにて総括伝熱係数と流量の関係を測定したところ、図 8 に示す結果が得られた。水を集める機能の無い導水材に比べ、総括伝熱係数が 10 分の 1 程度まで小さくなっており、水が冷えることが確認できた。この効果は、ヒーターを使用しなくても発現した。

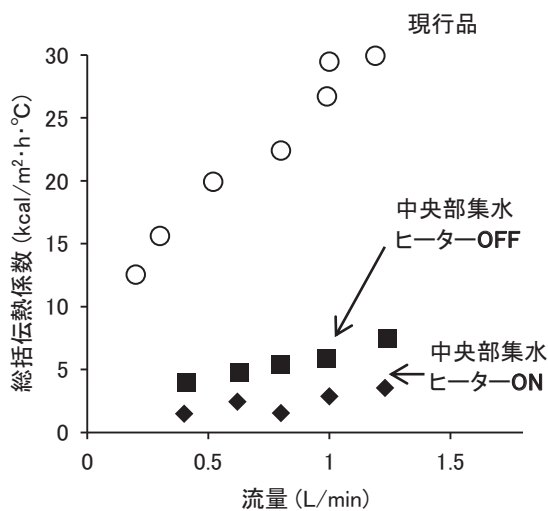


図 8 集水構造とヒーター線を設置した導水材における総括伝熱係数と流量の関係

図 7 のような構造は量産には不向きであるので、量産性のある構造を模索し、従来平板上であった導

水材を V 字にし、中央部に導水管を取り付けて、その内部にヒーター線を固定する方法を採用した。このような構造の導水材にて、総括伝熱係数と流量の関係性を測定した結果を図 9 に示す。

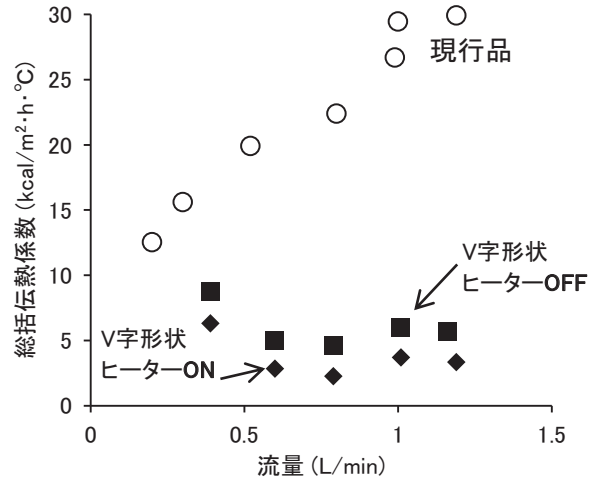


図 9 V 字断面導水材に集水管とヒーター線を設置した場合の総括伝熱係数と流量の関係

### 3. 5 既存導水材の改良

この結果を受け、従来の平板型導水材の構造の改良を検討した。改良型導水材の構造を図 10 に示す。従来品は通水部断面形状が長方形であったのに対し、改良品では V 字状とし、中央部に水が集まるようにした。また、ヒーター線の保持及び導水路として、ポリエステル繊維・ポリエステルモノフィラメントからなる編物でできた導水管（クラレプラスチック(株)製、クラドリップ、直径 10mm) を固定した。この中にヒーター線を通し、効率的に水を加熱できるようにした (図 11)。

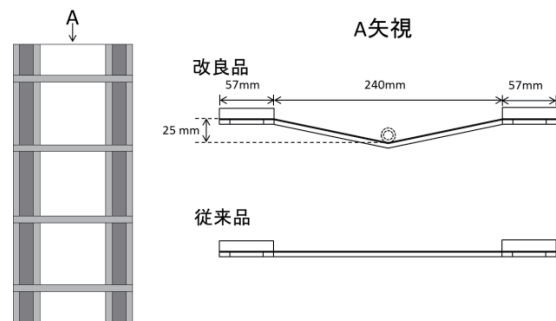


図 10 改良型導水材と従来品の断面形状比較

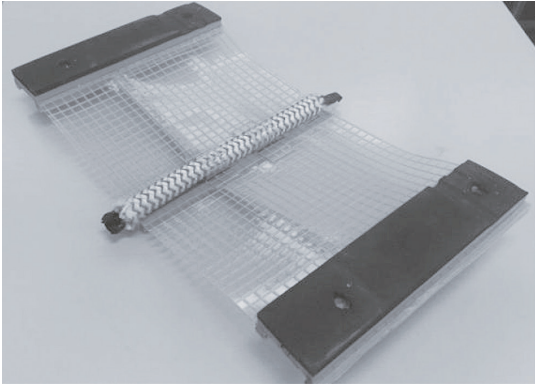


図 11 改良型導水材の外観写真(短く切断したもの)

### 3. 6 数値シミュレーションによる、実トンネルサイズにおける改良型導水材の効果検証

ここまでの検討により、導水材の構造を改良することができた。ところが冒頭に述べたように、改良効果を実際に検証するのは困難なため、数値解析によるシミュレーションで検証を行った。

まず、トンネルの数値モデルを構築した。資料<sup>1)</sup>によると、2車線のトンネルは半径5m程度の円弧状の断面形状であった。また西宮産業で販売している現行の導水材は、施工部1か所あたり15m程度が良く出るパターンであるということから、弧の長さが16m、すなわち半径5.09mの半円形状のトンネルを仮定した。水はトンネル天頂部からのみ流入し、全量が一方方向に流れるものと仮定した。

これまでの実験では、水の流れ落ちる角度(流下角)は常に一定であったが、実際のトンネルでは水の流れ落ちた距離に応じて、角度が変化する。半円形状のトンネル表面の導水材では、流下角 $\theta$ は壁面の任意の位置における円弧の接線角度に等しく(図12)、その角度はトンネルの天頂部から任意の位置までの、弧の長さ $l$ とトンネル半径 $r$ を用いれば、 $\theta = l/r$ で求められる。

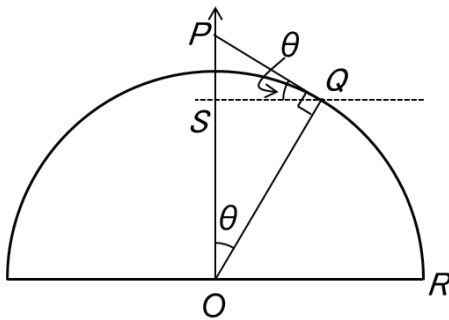


図 12 トンネル断面を円弧と仮定した場合における、壁面上接線角度( $\theta$ ):  $\theta = \angle SOQ = \angle PQS$

次に、曲面に貼られた導水材上での伝熱モデルを

構築した。曲面を無限小長さの直線区間の集合と考え、各区间における熱収支を取ると、式(4)のようになる。ここで $T$ は微小区間内の水温である。区間間での熱移動は無く、トンネル内面側へのみ熱が移動するものと仮定している。この式を差分化して任意の位置における水温 $T_{j+1}$ について解くと式(5)になる。ここで添字の $j$ は有限長の微小区間の位置を表す。曲面のトンネル上では各区间ごとに総括伝熱係数が異なるとして、式(4)を用いることで任意の位置における水温を予測することができる。

$$\rho V C_p dT = U w (T - T_c) dL \quad (4)$$

$$T_{j+1} = T_j + \Delta L \left\{ -\frac{U w}{\rho V C_p} (T_j - T_c) \right\} \quad (5)$$

この数値モデルの適用には、水の流下角と総括伝熱係数の関係を実験で把握しておく必要がある。これまで述べた手法を用いて、流下角と総括伝熱係数の関係性を測定した。導水材に改良型導水材を用い、ヒーターに通電した場合とそうでない場合、それぞれで測定した。その結果を図13に示す。ヒーターに通電しない場合、総括伝熱係数は流下角50~60°で最大になった。一方ヒーターに通電した場合、総括伝熱係数の流下角依存性は著しく小さくなった。流下角と総括伝熱係数の関係性は、測定値のばらつきが大きい一定の傾向を見出し難かったので、流下角に関わらず一定値の場合と流下角に対して依存性ありの場合の2パターンでのシミュレーションを行った。前者では全領域において総括伝熱係数 $U$ を2 kcal/m<sup>2</sup>・h・°Cとした。後者では、 $U$  [kcal/m<sup>2</sup>・h・°C] = -0.0181 $\theta$  + 2.3656 ( $\theta$ は流下角、単位は度)とした。

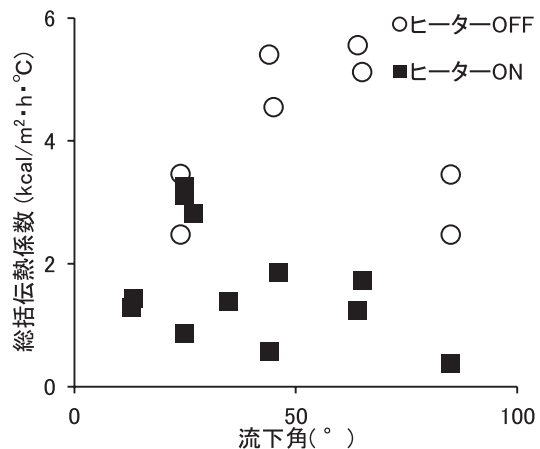


図 13 改良型導水材における、傾斜角度と総括伝熱係数の関係 (流量約0.2 L/min)

式(5)は差分式であるため、刻み幅 $\Delta L$ によって計算結果が変化する。試行錯誤の結果、 $\Delta L=0.01\text{m}$ で計算結果がほぼ収束したため、この刻み幅で以降の計算を行った。それ以外の諸条件は、ヒーターON、外気温 $-10^{\circ}\text{C}$ 、流入水温 $4^{\circ}\text{C}$ 、水の流量 $0.2\text{L}/\text{min}$ とした。

シミュレーションの結果を図14に示す。最大導水長は $8\text{m}$ であるが、流下角一定とした場合もそうでない場合も、全領域において水温が $0^{\circ}\text{C}$ 以上であり、凍結を防止できる可能性が示唆された。

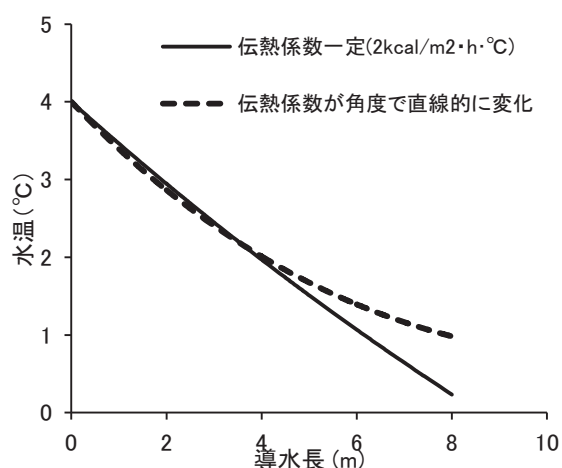


図14 円弧形状のトンネル内壁面に設置した改良型導水材における水温変化シミュレーション

#### 4 まとめ

トンネル内壁面に設置する導水材において、厳寒地でも流れる水を凍らせないようにするための構造を、導水材の伝熱モデル検討および導水実験により明らかにした。改良導水材を実際に試作し、測定した伝熱パラメータに基づき、実際のトンネルに設置した際の水温の低下をシミュレーションしたところ、流れる水を凍らせずに流せる可能性が示唆された。

#### 参考文献

- 1) 東日本高速道路(株)、中日本高速道路(株)、西日本高速道路(株)：設計要領 第三集 トンネル編、(株)高速道路総合技術研究所、(平成26年)18-31



# 天然素材の風合いを活かしたファブリックラミネートシート (FLS) の 開発事業に関する報告

鶴田 望 堀川 晃玄 河野 敏夫\*1 篠原 速都\*2

## Development of Fabric Laminate Sheet Utilizing the Texture of Natural Materials

Nozomu TSURUTA Kogen HORIKAWA  
Toshio KONO\*1 Hayato SHINOHARA\*2

高知県の伝統的産業製品である土佐和紙の新たな利用を検討した。現状の意匠材は、安価に大量に生産することが重要視され、印刷や塗装等で意匠性や質感を再現しているものがほとんどである。この研究では、土佐和紙の意匠性を活用し、他の素材と組み合わせることで、従来和紙が使用されていない分野へ適応できないか、技術検証を行った。

### 1 まえがき

高知県の伝統的産業製品である土佐和紙をこれまで実績のない分野に進出するためにどのような方法で新分野へ適応させるかを検討した。

土佐和紙は、文化財の修復や、包装材等様々な用途に使用されているが、紙以外の分野や工業材料といった全くの異分野で使われることはなかった。近年、手漉きの土佐和紙が、意匠材等に使用される事例が出てきたが、まだ少数である。

一方、他の産業分野では、自社の製品価値を向上させ、他社との差別化を図るために新たな素材を求めている。風合いの独特性や希少性から、和紙を意匠として取り組む動きがあるものの大きな流れになっていない。その理由として、和紙に対する先入観や材料として求められる均質性がないことなど工業的に使用しづらい背景がある。

当研究では、和紙を工業的に利用するための加工方法やその性能評価を行い、利用の可能性を検証した。

### 2 実験方法

#### 2.1 試験片について

和紙をポリオレフィン系の表面フィルムもしくは難燃フィルムではさみ、110°C、0.4MPa で加熱加圧して和紙ラミネートシートを作製した<sup>1)</sup>。作製した和紙ラミネートシートは、熱貼合もしくは両面テープでアルミ板に貼り付けた。また塩ビ板に対しては、両面テープで貼合した。また比較のために何も加工しない和紙を両面テープで塩ビ板に貼合したサンプルも作製した。

#### 2.2 試験方法について

バス、鉄道用の車両内装材としての使用を検討するため、火災時における燃焼性を評価した。試験方法は、JIS D1201「自動車室内用有機資材の燃焼試験方法」に基づいて試験を行った。燃焼試験の概略を図1に示す。

試験は、開口側試験片端部から38mmの位置をA標線、A標線から254mm離れた位置にB標線を設定する。開口側試験片端部に15秒間着火し、A標線からB標線まで燃焼した時間を計測し、燃焼時間を算出し、燃焼性を評価した。

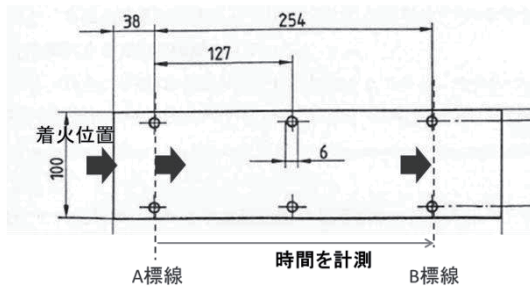
### 3 試験結果と考察

表1に試験に供試した試験片を示す。JIS D1201に準じた試験結果を表2に示す。また、各試験片の燃焼試験後の状態を図2に示す。JIS D1201には、金属板等の不燃物を基材に用いた場合、基材を含む構成物は不燃物として取り扱ってよいとなっているが、和紙を直接貼合している試験片は、和紙のみが燃焼する懸念があった。しかしながら、各試験片とも明確な燃焼は観察されなかった。特に、和紙を直接貼合した試験片でも燃焼せず、和紙が、そのまま残ったことは、難燃性の高い基材を組み合わせることで、燃焼を食い止められることがわかった。

各試験片とも、燃焼しなかったことから難燃性があることがわかり、バスの内装材として提案できることがわかった。

\*1 研究企画課 課長

\*2 高知県立紙産業技術センター 所長



着火したあと、A標線を越えてからB標線に達する時間を計測する。  
 燃焼速度は下記の式により求める。

$$B = \frac{60 \cdot D}{T}$$

B: 燃焼速度(単位:mm/分)  
 D: 254mmまたは、燃焼の進行が停止するまでに試験片が燃焼した長さ(mm)  
 T: 距離Dを燃焼するために要した時間、または、強制的な燃焼の進行停止作業を開始するまでの時間(秒)

図1 燃焼試験の概略図

表1 試験に供試した試験片の構成

	ラミネート材	基材	貼合
A	日泉 PE	アルミ板	熱
B	日泉 PE	アルミ板	両面テープ
C	日泉 PE	塩ビ板	両面テープ
D	難燃 PE	アルミ板	両面テープ
E	難燃 PE	塩ビ板	両面テープ
F	難燃 PET	塩ビ板	両面テープ
G	和紙	塩ビ板	両面テープ

表2 燃焼試験結果

試験片	試験結果
A	燃焼せず
B	燃焼せず
C	燃焼せず
D	燃焼せず
E	燃焼せず
F	燃焼せず
G	燃焼せず

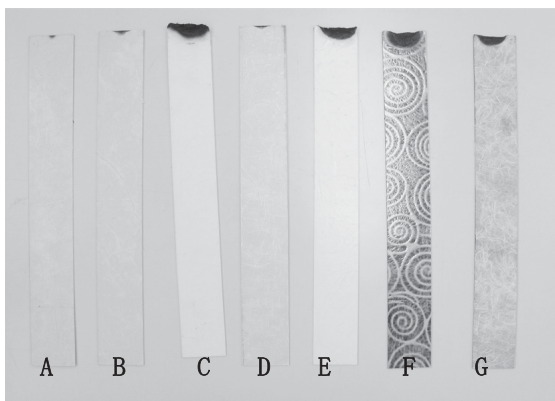


図2 燃焼試験後の試験片の状態

#### 4. まとめ

異種素材と組み合わせることで、難燃性が確保で

き、土佐和紙の利用価値を向上させることができた。

和紙と金属板とを貼合した加飾金属板に関しては、重電機メーカーにプレゼンテーションを行い、関心を持っていただいております、今後の事業化を検討している。

謝辞

この事業に参加、ご協力いただいた企業の皆様に感謝申し上げます。

燃焼試験機をお借りした岐阜県産業技術センターに感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 鶴田 望、堀川 晃玄、河野 敏夫、篠原 速都 2016 高知県工業技術センター 研究開発&企業支援成果報告書 No.12 p38-39
- 2) バス車体規格専門委員会 バス車体規格集 2010年版 p311

# 不織布を用いたフレキシブルな高性能保冷剤の開発

遠藤 恭範

## Development of Flexible High-Performance Ice Pack Using Non-Wovens

Yasunori ENDO

強度と柔軟性を持つ不織布を基材としたシート型の保冷剤の開発を行った。不織布の保水率が大きいほど保冷効果が高く、冷凍品を対象とした場合、同じ重量の市販保冷剤と比較して保冷効果はほぼ同じであり、粘性の高い高分子水溶液を含浸させた不織布では市販保冷剤よりも低温維持時間が長かった。また、不織布表面にポリエチレンフィルムを複合することで、冷凍魚を対象とした比較では 10℃以下の維持時間及び 0℃以下の維持時間において、それぞれ市販保冷剤より 140 分、200 分長く維持することができた。

### 1 はじめに

保冷剤は現在の生活に欠かせないものの一つである。猛暑時の冷却や発熱時の体温低下などにも使われるが、最も重宝されているのは腐敗を防ぎ鮮度保持をする食品分野である。商圏拡大による遠距離の輸送や賞味期間の延長のために、しっかりと低温を保つ保冷剤が役立っている。

一般的な保冷剤はポリアクリル酸塩等の高分子吸水剤等に水を吸収させ、形状安定剤や防腐剤等を添加した構成である。基本的な形状は図1のようにプラスチックフィルムで包装されたピロー形状(枕型)であり、他にも保冷効果の高い液体を硬いプラスチック容器に封入したブロック型等もある。



図1 一般的な枕形状の保冷剤

保冷剤の使用例の多くはその包装容器内の環境(雰囲気)を低温に維持するものである。しかし、空気の熱伝導率は 0.0241 (0℃) であり、例えばガラスの熱伝導率 0.55~1.00 (20℃) と比べても非常に小さい。そのため、現行の使用例では保冷する商品に対して、保冷剤の冷却能力を十分に伝えられていないと思われる。

また、熱伝導(熱伝達)は一般的に気体<液体<固体の順で熱を伝えやすいことが知られている。したがって、保冷剤が保冷対象物(以下、対象物とする。)と広い面積で接触することにより、その効果が

発揮されやすいと考える。しかしながら、現行の枕型や板型では商品の形状に合わせた接触は難しいため、その冷却能力を効率よく伝達することが難しい。

そこで、形状の自由度が高い不織布に着目した。不織布は厚みが薄く柔軟性に富み、保水量も紙と比べて多く、濡れた時の強度も十分維持している。このようなフレキシブルに変形できる不織布を利用して、現行市販されている保冷剤とは視点を変えた、対象物に形状を合わせることができ、その保冷能力を効率よく発揮できるシート型の新規保冷剤の開発を行った。

### 2 試験

#### 2.1 装置及び方法

保冷性能を評価する試験装置は図2のとおりである。

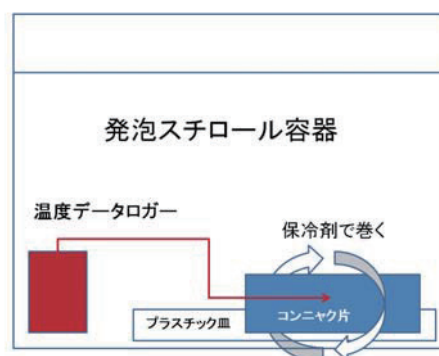


図2 保冷性能試験装置略図

蓋付きの発泡スチロール製容器(内容積:長さ 205mm×幅 124mm×深さ 130mm)の中にプラスチック製容器を入れ、その中に温度データロガー(ティール・アンド・ディ製 おんどとり Jr RTR-502)のセンサーを差し込んだ市販のコンニャク片を保冷剤で巻

いて包んだ状態で置いた。その状態を図3に示す。試験環境は室温20～25℃とし、試験回数は2回以上行って測定温度の平均を算出し、その変化を追跡した。

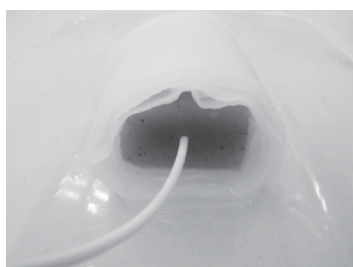


図3 保冷剤を巻いて包んだ状態

比較として使用した保冷剤は市販品のピロー形状で、保冷剤の入っている部分の大きさが70mm×60mm、総重量30gのサイズとし、試験にはコンニャク片が挟みこめるようにピローが2個つながった状態（以下、市販保冷剤とする。）とした。

対象物と仮定したコンニャクは95%以上の水分を持っており、約90%程度が多い農産物（野菜類）や70%以上の水分を持つ水産物（魚類）に近似するほか、取り扱いが容易であることから試験サンプルとして採用した。コンニャク片は約45gの重さになるようなサイズに切り分けて試験に用いた。

市販保冷剤は繰り返しの冷凍・解凍を行うと、封入した高分子吸水剤が劣化して保冷能力の低下を引き起こすが、商品にはその使用回数を明記していない。そこで、今回は試験の正確性を担保するため、比較とする市販保冷剤は同一のもので5回まで使用した後に新しいものに交換することにした。

対象物は様々なものが想定されるが、今回は冷凍品の保冷効果を検証した。センサーを差し込んだコンニャク片の周囲に保冷剤を巻き付け固定した状態のままマイナス20℃で18時間以上冷凍させた後、容器内にセットし温度変化を確認した。

## 2.2 使用する不織布の種類を選択

不織布は保冷剤に適した製品を選択する必要がある。用意した不織布サンプルの構成及び保水率は表1のとおりである。

不織布はその製造工程により湿式と乾式に大別され、それぞれに使用する繊維の種類や重さ等の違いにより性能が異なる。また、保冷剤（蓄冷剤）の重量（容量）が大きいほど温度上昇が遅いという報告がある。<sup>1)</sup> 不織布において保冷剤の重量評価に相

当する機能は保水量があり、これに対応する試験項目として保水率がある。保水率はJIS L-1913に規定された方法により測定した。

表1 不織布サンプルの構成

	不織布A	不織布B	不織布C	不織布D
坪量 g/m <sup>2</sup>	50	81	47	81
使用繊維	木材パルプ 及び レーヨン繊維	木材パルプ 及び レーヨン繊維	レーヨン繊維	木材パルプ 及び ポリオレフィン系繊維
製造方法	湿式 スパルネス	湿式 スパルネス	乾式 カカボンド	乾式 エアレット
坪量 g/m <sup>2</sup>	50	81	47	81
保水率 %	1124	1225	1252	1567

## 2.3 試験項目

### 2.3.1 不織布の保冷能力の検証

表1の不織布サンプルについて、その保冷能力を冷凍品を対象に検証した。なお、不織布はそれぞれ縦横の長さを合わせて同一の面積に裁断し含水させた1枚を2つ折りにして巻きつけた。

### 2.3.2 市販保冷剤との比較

2.3.1で保冷剤に適すると選抜した不織布について、これを含水させ試作した保冷剤（以下、含水不織布とする。）を、市販保冷剤と保冷効果を比較した。

### 2.3.3 不織布の複合加工による保冷効果向上の検討

不織布の両面に厚さ30ミクロンのポリエチレンフィルムを両面テープでずれないように固定、複合させた後、含水させて試作した保冷剤（PEフィルム両面複合含水不織布）について、フィルムを複合しない状態との温度変化の比較を行った。

### 2.3.4 仮定した保冷状況における実証試験

対象物は冷凍したトビウオ1匹（冷凍重量180～220g）とし、胴体側面中央に切れ込みを入れ、そこにデータロガーのセンサーを差し込んだ状態で、マイナス20℃の冷凍庫内で15時間以上冷凍した。

PEフィルム両面複合含水不織布（不織布保冷剤）は含水させて重量約180gとした後、円筒状に固定させてトビウオと同じ条件で冷凍させた。また、比較する市販保冷剤も不織布保冷剤とほぼ同じ重量に調整し同じく円筒状に固定させ同じ条件で冷凍させた。

試験は冷凍したトビウオを保冷剤の円筒内に挿入した後、ポリエチレン製のチャック付き袋（フィル



ム厚み 40 ミクロン) 内に移し、この状態で上部を開放した発泡スチロール製容器内に静置させて、データロガーの温度変化を追跡した。トビウオを使った試験状態を図4に示す。

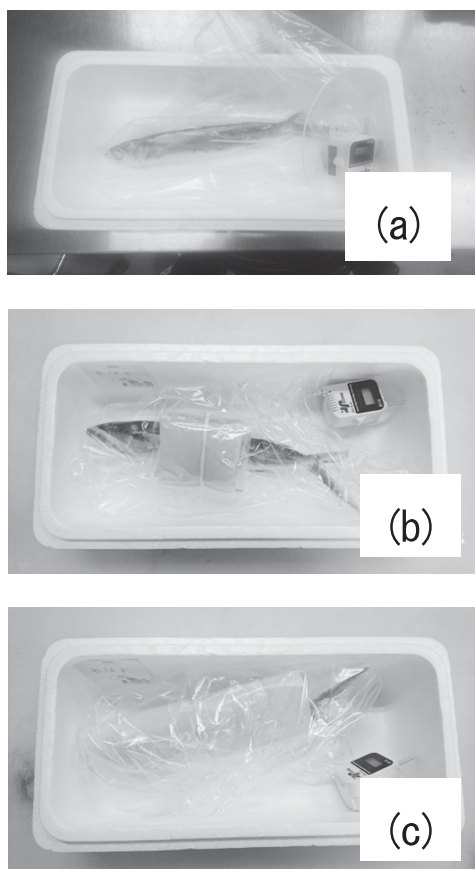


図4 トビウオ試験状態

(a) 保冷剤無し (b) 市販保冷剤 (c) 不織布保冷剤

### 3. 結果

#### 3.1 不織布の保冷能力の検証

不織布サンプル別の温度変化は図5のとおりである。

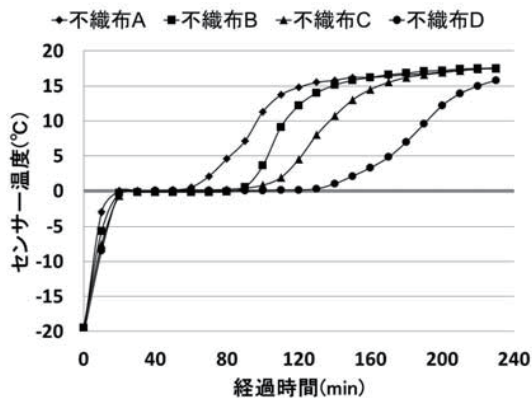


図5 不織布サンプル別保冷効果

低温維持時間は、使用する繊維と製造方法が同じ

不織布の場合、坪量が大きくなるにつれて保冷効果が大きくなる傾向が確認された。また、製造方法による違いは繊維の種類が一部異なるものの、同じ坪量の不織布の場合エアレイド法の方が、保冷効果が大きくなるのが分かった。

次に表1に示された保水率と図5で測定した10°C以下を保持する時間（以下、低温維持時間とする。）の関係を図6に示す。

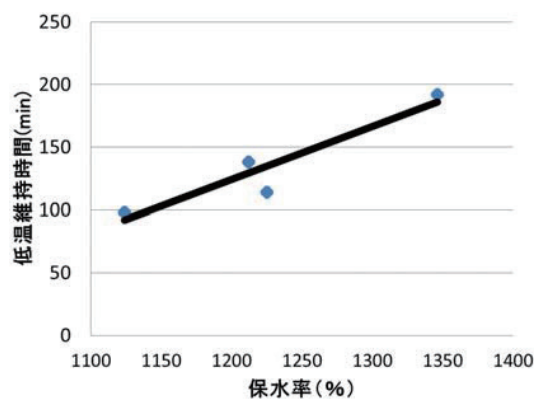


図6 不織布の保水率と低温維持時間の関係

回帰直線の精度を示す決定係数 $R^2$ は0.886となり、保水率と低温維持時間（保冷性能）は良好な関係性であることが分かった。以上のことより、保水率が大きい不織布が保冷剤開発に適しており、エアレイド法によって製造された不織布Dが基材として有効であることが示唆された。

#### 3.2 市販保冷剤との比較

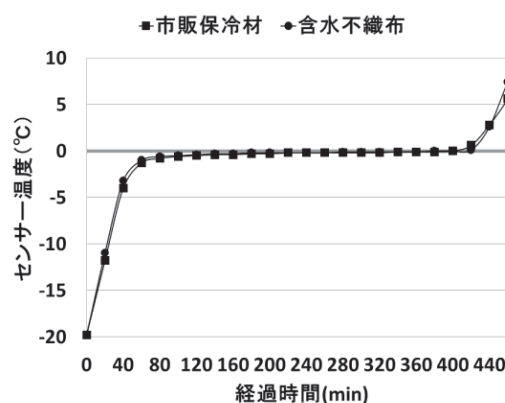


図7 市販保冷剤と含水不織布の比較

図7の結果から、不織布Dを使った含水不織布と市販保冷剤の温度変化の差はほとんど見られず、市販保冷剤と同等の保冷能力を持っていることを示している。



### 3. 3 不織布の複合加工による保冷効果

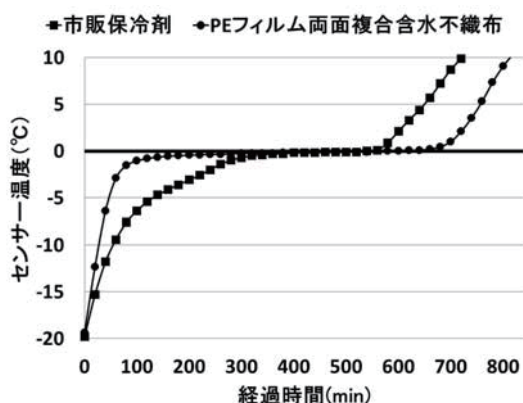


図8 フィルム両面複合による保冷効果の比較

図8の結果より、ポリエチレンフィルムを両面に貼り合わせ複合させることにより、市販保冷剤よりも低温維持時間が約11%向上した。

### 3. 4 仮定した保冷状況における実証試験

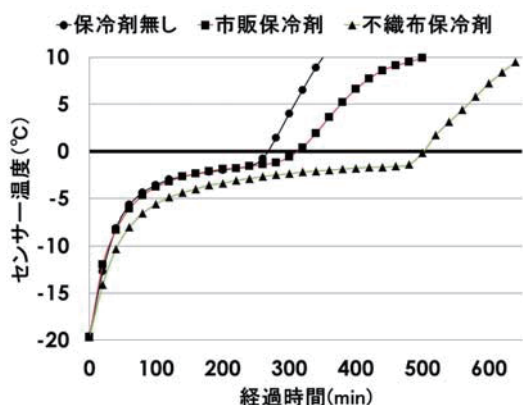


図9 トビウオ保冷試験での温度変化の比較

図9に示した結果から、保冷剤の無い冷凍トビウオは、低温維持時間が360分であったが、市販保冷剤を使用したトビウオでは約500分、不織布保冷剤では640分であった。保冷剤の無い場合と比べて不織布保冷剤は280分長く、市販保冷剤より140分長い時間低温を維持した。また、0°C以下の保持時間を比べると、市販保冷剤は300分、不織布保冷剤は500分であり、200分長い時間維持することが分かった。

### 4. まとめ

不織布を用いたシート型の保冷剤は、同じ重量の市販のピロー型保冷剤と比べて面積が大きく、柔軟性を利用して対象物を包み込んで密着度も大きくすることができる。よって、冷却効果を効率よく伝達することができるようになり、冷凍品の保冷に対し、不織布を含水させるだけで、高分子吸水剤を内包している市販の保冷剤と同等の保冷能力を持つことが分かった。また、ポリエチレンフィルムを両面に複合することで、保冷効果の優れた不織布保冷剤を開発することができた。

### 参考文献

- 1) 打田宏ら：日本包装学会誌 Vol 4 No. 1, (1995) 40-47

## Ⅱ 平成 28 年度高知県工業技術センター業務年報

# 1. 総 説

## 1-1 沿 革

昭和

- 16年11月 高知県商工奨励館試験場から独立し、高知県紙業試験場と併設のまま化学、醸造、地下資源、機械の4部門設置
- 18年3月 工芸部門が商工奨励館から移管
- 19年1月 庶務部を設置
- 19年8月 高知市棧橋通2-11-15に新築
- 20年 戦争により庶務部、化学部のみとなる
- 21年5月 職員の帰還により工芸部門復活
- 22年5月 高知県木工技術養成所を吸収し木竹部を新設、機械係を置く
- 23年4月 地下資源部門を復活し、窯業地源部となる
- 24年2月 工芸部を木竹部に吸収
- 26年1月 金属機械部設置
- 27年4月 窯業地源部が石灰部と改称
- 30年8月 庶務部を総務課に、化学、石灰、金属機械、木竹の各部を科に改称
- 36年4月 デザイン科を新設
- 37年4月 石灰科を窯業科と改称
- 38年4月 食品科を新設
- 41年4月 技術相談室設置（高知県中小企業指導所技術係及び当時各科長が兼任）
- 45年10月 技術相談室を技術・公害相談室と改称
- 53年4月 金属機械科を金属科と機械科に分科
- 55年4月 次長制度新設
- 56年4月 木竹科を木材加工科と木材指導科に分科

平成

- 2年3月 高知市布師田3992-3（現在地）へ移転
- 2年4月 高知県工業試験場を高知県工業技術センターに改称し、開所 同時に技術・公害相談室を企画情報室、化学科、窯業科を技術第1部、食品科を技術第2部、機械科、金属科を技術第3部、木材加工科、木材指導科、デザイン科を技術第4部に機構改革
- 6年4月 技術次長制度を新設し、次長（事務）、技術次長の2次長制となる
- 10年4月 企業化支援センターを工業技術センター内に設置
- 11年4月 工業技術センター土佐山田分室を森林総合センター内に設置
- 13年4月 企画情報室を企画室に、技術第1部を資源環境部に、技術第2部を食品加工部に、技術第3部を生産情報部と材料技術部に、技術第4部を資源環境部と材料技術部に、それぞれ再編して改称
- 17年4月 企画室を研究企画部に、食品加工部を食品開発部に、生産情報部と材料技術部を生産技術部に、それぞれ再編して改称  
土佐山田分室と産業構造改革支援センターを森林技術センターに業務移管
- 19年4月 研究企画部、食品開発部、生産技術部、資源環境部をそれぞれ課に改称
- 23年3月 食品加工研究棟竣工

## 1-2 土地及び建物 (平成29年3月31日現在)

### (1) 庁舎

- ①位 置 高知市布師田 3992-3 (〒781-5101)  
 ②敷地面積 13,757.76 m<sup>2</sup>  
 ③建物面積 9,315.89 m<sup>2</sup>

名 称	構 造	面 積
本館棟	鉄筋コンクリート5階	3,833.15 m <sup>2</sup>
技術研修棟	鉄筋コンクリート2階	777.19 m <sup>2</sup>
機械等木材工芸棟	鉄筋コンクリート2階	2,387.46 m <sup>2</sup>
機械金属実験棟	鉄骨ALC折板葺	299.39 m <sup>2</sup>
木材加工実験棟	鉄骨ALC折板葺	377.47 m <sup>2</sup>
食品加工研究棟	鉄骨折板葺	195.75 m <sup>2</sup>
渡り廊下	鉄筋コンクリート2階	28.80 m <sup>2</sup>
車庫棟	鉄骨ALC折板葺	107.21 m <sup>2</sup>
産業廃棄物置場	鉄骨スレート	6.00 m <sup>2</sup>
危険物倉庫	鉄筋コンクリート	10.00 m <sup>2</sup>
物置場	鉄骨折板葺	43.20 m <sup>2</sup>
特殊ガス、LPG棟	鉄筋コンクリート	31.50 m <sup>2</sup>
計量検定所	鉄筋コンクリート	462.77 m <sup>2</sup>
技術交流実験棟	鉄筋コンクリート2階	756.00 m <sup>2</sup>

### (2) 本館内関係機関利用状況

階	室 別	面 積
4 階	(一社)高知県発明協会	211.30 m <sup>2</sup>
4 階	(一社)高知県工業会	37.19 m <sup>2</sup>

## 1-3 組織と分掌 (平成29年3月31日現在)

総務課 (3名内兼1名) ・ ・ ・ ・ ・ 管理、運営全般に関すること

研究企画課 (3名) ・ ・ ・ ・ ・ 試験研究、技術者養成、産学官連携、企画調整、成果普及、技術移転、企業化支援研究室 等に関すること

食品開発課 (9名うち兼1名) ・ ・ 食品素材、農水産加工品、醸造食品、バイオテクノロジー技術、食品加工システム 等に関すること

生産技術課 (7名) ・ ・ ・ ・ ・ 電気・電子、メカトロ技術、情報技術、機械加工、金属材料、鋳造、表面改質 等に関すること

資源環境課 (8名) ・ ・ ・ ・ ・ 化学工業技術、セラミックス、窯業、土石、環境技術、塗装技術、木材加工、プラスチック 等に関すること

## 1-4 職員名簿

(平成29年3月31日現在)

課名	職名	氏名	備考
	所長	篠原 速都	H28.4.1～
	副参事	川北 浩久	H28.4.1～ 海洋深層水研究所所長
	次長	矢野 憲秀	H28.4.1～ 兼務
	技術次長	上東 治彦	兼務
	技術次長	刈谷 学	H28.4.1～
総務課	課長	矢野 憲秀	H28.4.1～ 兼務
	チーフ	森岡 孝子	
	主幹	谷内 雅美	H28.10.1～
研究企画課	課長	河野 敏夫	H28.4.1～
	チーフ	竹内宏太郎	H28.4.1～
	研究員	下藤 悟	
食品開発課	課長	上東 治彦	兼務
	チーフ(食品加工担当)	森山 洋憲	
	チーフ(食材応用担当)	岡本 佳乃	H28.4.1～
	主任研究員	近森 麻矢	
	主任研究員	加藤 麗奈	
	主任研究員	阿部 祐子	
	主任研究員	竹田 匠輝	
	研究員	秋田もなみ	
	研究員	甫木 嘉朗	
生産技術課	課長	島本 悟	H28.4.1～
	チーフ(機械加工担当)	山本 浩	
	チーフ(制御技術担当)	眞鍋 豊士	
	主任研究員	今西 孝也	
	主任研究員	毛利 謙作	
	主任研究員	土方啓志郎	
	主任研究員	村井 正徳	
資源環境課	課長	隅田 隆	
	チーフ(環境技術担当)	遠藤 恭範	H28.4.1～
	チーフ(資源活用担当)	鶴田 望	
	主任研究員	伊吹 哲	
	主任研究員	岡崎 由佳	
	研究員	矢野 雄也	
	研究員	鈴木 大進	
	研究員	堀川 晃玄	



1 - 5 決算状況

歳入(特定財源)

款	項	目	節	決算額
				平成28年度
8. 使用料及び手数料				円 24,070,198
	1. 使用料	5. 商工労働使用料	(2)工業技術センター使用料	9,699,108 9,699,108 9,699,108
	2. 手数料	4. 商工労働手数料	(2)工業試験手数料	14,371,090 14,371,090 14,371,090
14. 諸収入				23,033,686
	6. 受託事業収入	1. 受託事業収入	(3)産業技術振興受託事業収入	22,246,718 22,246,718 22,246,718
	8. 雑入	11. 商工労働部収入	(3)新産業推進課収入	786,968 786,968 786,968
合 計				47,103,884

歳 出

款	項	目	節	決算額
				平成28年度
7. 商工労働費	1. 商工費	4. 産業技術振興費		円
				444,273,404
				444,273,404
				444,273,404
			(2)給料	139,806,000
			(3)職員手当等	64,936,636
			(4)共済費	44,111,484
			(7)賃金	5,712,920
			(8)報償費	7,508,328
			(9)旅費	8,533,672
			(11)需用費	58,597,077
			(12)役務費	820,555
			(13)委託料	79,477,484
			(14)使用料及び賃借料	4,507,019
12. 土木費	6. 建築費	3. 建築費	(18)備品購入費	29,703,973
			(19)負担金補助及び交付金	553,256
			(27)公課費	5,000
				2,585,779
			(11)需用費	2,585,779
歳 出 合 計				446,859,183

## 2. 業務・事業の状況

### 2-1 研究開発及び技術支援

#### ○ものづくり産業振興事業

##### (1) 産学官連携推進事業

- ①高機能情報提供システムに関する研究開発 (H26～H28、生産技術課)
- ②高知県の鉱産資源 (石灰) の活用とフッ素資源の循環利用に資するフロン分解原理の研究開発 (H28～29、資源環境課)

##### (2) ものづくり産業推進事業

- ①三次元形状測定技術を活用したものづくり支援研究 (H26～H28、生産技術課)
- ②光学ガラスレンズ用新規研磨材の開発 (H26～H29、資源環境課)
- ③加熱むらを改善したマイクロ波照射口の開発 (H27～H29、生産技術課)
- ④粉末食品用計量充填機の開発 (H27～H28、生産技術課)
- ⑤液肥循環システムのための滅菌装置の開発 (H27～H29、資源環境課)
- ⑥防災向け耐障害性組込みシステムの開発 (H28～29、生産技術課)
- ⑦シンクロキャスト法による中空鋳物の生産技術開発 (H28～29、生産技術課)
- ⑧複雑な曲面に対応可能な高意匠ラミネート製品の技術開発 (H28～29、資源環境課)

#### ○食品産業振興事業

##### (1) 食品加工産業振興事業

- ①新規殺菌技術によるカット野菜生産技術の高度化 (H26～H28、食品開発課)
- ②競争力の高い県産酒開発のための新規酵母・酒米・醸造技術に関する研究 (H27～H30、食品開発課)
- ③不織布を使ったフレキシブルな高性能保冷剤の開発 (H27～H28、食品開発課)
- ④飲酒による脳萎縮を軽減する健脳飲料の研究開発 (H26～28、食品開発課)
- ⑤常温流通可能な高付加価値おろしショウガの開発 (H28～30、食品開発課)
- ⑥魚類のコラーゲンタンパク質に着目した冷凍技術の開発 (H28～31、食品開発課)
- ⑦懸濁結晶法による凍結濃縮システムの事業化 (H28～29、食品開発課)
- ⑧県内で単離した乳酸菌を用いた商品開発 (H28～29、食品開発課)
- ⑨食品酸化劣化の迅速・精確な評価方法の確立 (H28～29、資源環境課)
- ⑩市販品マッピングと Web サービス活用とを組み合わせた新商品開発プロセスの検討 (H28～30、食品開発課)

##### (2) 地域アクションプラン重点支援事業

#### ○地域資源等活用推進事業

##### (1) 天然素材新分野展開研究事業

- ①天然素材の風合いを活かしたファブリックラミネートシート (FLS) の開発事業 (H26～H28、資源環境課)

#### ○成長戦略推進事業

##### (1) 高機能素材加工技術に関する技術的調査研究 (H27～H28、資源環境課)

##### (2) 県産植物の機能性成分活用事業

- ①健康・機能性食品の開発・事業化研究 (H27～H29、資源環境課)
- ②県産植物による化粧品開発・事業化研究 (H27～H29、資源環境課)
- ③機能性探索研究 (H27～H29、資源環境課)

## 2-2 企業化支援の推進

県内業界の技術開発支援や企業化を推進するため、国を始めとする様々な方面の提案公募型事業に企業や大学とともに積極的な挑戦を行い、技術開発に関する外部ファンドの獲得に努めた。

企業からの依頼分析、設備使用、技術相談など、日常的な技術サービスに迅速に対応するとともに、遠方からの問い合わせに対応するため、電子メールによるオンライン技術相談の活用を推進した。

また、主要な既設設備・機器を企業技術者に広く開放して利用拡大を図るため、設備利用についての広報に努めるとともに、関連企業の品質管理、商取引上の証明、新製品開発のための分析試験を迅速に行いながら、企業の競争力向上を図った。

## 2-3 産学官の連携

高知県産業振興計画で推進する産学官連携事業における本県の取り組むべき研究テーマや共同研究推進の手法などについて検討し、具体的な研究の頭出しや大学、企業とのネットワークを構築させるコーディネートを行った。

また、各省庁や県内外の団体等との連携を深めるため、情報交換を積極的に行うとともに、企業等との連携コーディネーター役として、四国地域イノベーション創出協議会への参画を始めとする各種の支援活動を行った。

また、県内業界の技術開発支援や企業化を推進するため、国を始めとする様々な方面の提案公募型事業に企業や大学とともに積極的な挑戦を行い、技術開発に関する外部ファンドの獲得に努めた。

## 2-4 技術人材養成及び職員の資質向上

主に食品加工分野及び機械金属分野の企業技術者を対象に製造技術や品質管理を研修・指導するため、外部の技術指導アドバイザーや職員が講師となって、研修・指導を行い、産業の担い手となる製造技術者の養成を図った。

また、外部から登用した食品加工特別技術支援員及び資源利用加工特別技術支援員が、職員とともに企業等の技術レベルに応じた技術相談、巡回指導、商品開発の支援を行った。

土佐FBC人材創出事業等の人材育成事業を積極的に推進するとともに、研修生受け入れ事業などにより、企業技術者の育成を図り、県内企業の研究開発力向上に努めた。

職員の資質向上のため、産総研での研修や支援事業を積極的に利用し、研究者としてのスキル習得に努めた。

## 2-5 技術サービス

企業からの依頼分析、設備使用、技術相談など、日常的な技術サービスに迅速に対応するとともに、企業の生産現場等へ出向いて熱処理や溶接などに関する技術指導、さらに最新の技術情報や研究内容等についての講習会を実施するなど、幅広い分野に対する技術関連サービスを適時開催した。

## 2-6 情報の収集、提供及び技術成果の普及

新鮮な情報をタイムリーに発信するため、当センターホームページを逐次更新し、国の支援施策や様々な講演会等の情報など企業にとって有益な情報を発信した。

また、研究や支援活動によって得られた成果は、研究開発・企業支援成果報告会やホームページ等を通じて普及を図った。

研究報告、研究開発&企業支援成果報告書等を発行するとともに、(公財)高知県産業振興センターの情報誌「情報プラットフォーム」に、センターの活動内容を掲載して積極的な広報活動を行い、センターの活動内容を広く知っていただくように努めた。

また、高校生を対象に工業技術体験セミナーの開催や研究開発現場の見学会等を行い、製造業の技術開発について興味を持っていただく活動も行った。

以上、所長以下5課33名の体制で、商工労働部以外にも、産業振興推進部等の県庁各部や県内自治体、(一社)高知県工業会、(公財)高知県産業振興センター等の関係団体、大学等及び関係業界と連携を図りながら、県内産業界の技術支援機関として各々の業務を実施した。

### 3. 誌上・学会等発表

#### 3-1 研究成果報告会

発表題目、発表者	期 日	参加者数
工業技術センター研究&企業支援活動成果報告会 ○開会のあいさつ 工業技術センター所長 篠原速都	H28.9.9	87
○食品開発課 「飲酒による脳委縮を軽減する健脳飲料の研究開発」 チーフ（食材応用担当） 岡本佳乃		
「どろめの鮮度保持方法の検討」 主任研究員 竹田匠輝		
「賞味期限の設定について」 主任研究員 加藤麗奈		
「競争力の高い県産酒開発のための酒米に関する研究」 研究員 甫木嘉朗		
○生産技術課 「空気清浄機用ロータリーフィルターの生産技術開発」 主任研究員 毛利謙作		
「マイクロ波を液体対象物へ照射するための円錐台型アンテナの最適設計」 主任研究員 村井正徳		
「高機能情報提供システムに関する研究開発」 主任研究員 今西孝也		
「新ダイカスト法による高品質薄肉大型一体化アルミ部品の試作開発」 チーフ（制御技術担当） 眞鍋豊士		
○資源環境課 「香粧品・健康食品開発に向けた機能性評価方法の開発研究」 研究員 鈴木大進		
「トンネル内壁用導水材表面を流れる水の温度予測とその応用」 研究員 堀川晃玄		
「ICP-MSの原理と事例」 研究員 矢野雄也		
「赤外分光光度計を用いた評価事例について」 チーフ（資源活用担当） 鶴田 望		
○閉会のあいさつ 技術次長 刈谷 学		

#### 3-2 論文発表

テーマ・著者	掲 載 誌
(生産技術課) Optimum Design of a Truncated Cone Antenna Element for Irradiation to Liquid Objects with Microwave Power 村井正徳、松岡修治、平野隆司、山中義也、山中恭二、高木敏行、内一哲哉	International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, Vol.52, pp. 1525-1530 (2016)



テーマ・著者	掲載誌
マイクロ波加熱のための液中照射用矩形アンテナの最適設計 村井正徳、松岡修治、山中恭二、平野隆司、山中義也、内一哲哉、高木敏行	日本AEM学会誌, Vol.24, No.4, 331-339(2016)

### 3-3 その他の投稿

テーマ・著者	掲載誌
(食品開発課) 高知の酒造りと技術支援 加藤麗奈	FOOD Style 21 2016年9月号 Vol. 20 No. 9
高知県発フードイノベーション②ブントンの酵素剥皮技術の開発 森山洋憲、下藤 悟	FOOD Style 21 2016年10月号 Vol. 20 No. 10

### 3-4 学会発表（ポスター発表含む）

発表題目	学会名	期日	場所
(食品開発課) 高知県産ヤギ乳の食品化学特性 川添建太郎（川添ヤギ牧場）、中島悦子、吉金 優、沢村正義（高知大学・土佐 FBC）、森山洋憲（工技）	日本食品化学学会第22回学術大会	H28. 6. 2	高知県高知市
真空含浸による土佐ブントンの酵素剥皮 森山洋憲、下藤 悟	日本食品科学工学会第63回大会	H28. 8. 26	愛知県名古屋
高知県産物の6次産業化と地産外商に向けた研究開発 森山洋憲、下藤 悟	日本農芸化学会2016年度中四国支部大会ミニシンポジウム	H28. 9. 16	高知県高知市
チアミンの吟醸酒醸造に及ぼす影響 高橋 朋、内山貴雄、上東治彦、加藤麗奈、甫木嘉朗、森山洋憲、近森麻矢、村松久司、永田信治、伊藤伸一、神谷昌宏	日本農芸化学会2016年度中四国支部大会	H28. 9. 16	高知県高知市
高知県の酒造りと商品開発 加藤麗奈	日本農芸化学会2016年度中四国支部大会ミニシンポジウム	H28. 9. 16	高知県高知市
(資源環境課) 第75回分析化学討論会「燃焼-イオンクロマトグラフ法による高分子材料中の全臭素の定量」隅田 隆、鈴木大進、矢野雄也、岡崎由佳	日本分析学会	H28. 5. 30	岐阜薬科大学

発 表 題 目	学 会 名	期 日	場 所
第 10 回ケミルミネッセンス研究会 「ビスケット類の賞味期限評価」 遠藤恭範	マテリアルライ フ学会	H29. 3. 14	早稲田大 学
日本農芸化学会 2017 年度大会 「ハマアザミ (Cirsium maritimum Makino) の抗アレ ルギー活性とその活性物質」鈴木大進、渡邊浩幸、田 中 守、岡本威明	日本農芸化学会	H29. 3. 18	京都女子 大学

### 3-5 その他の発表

講演会等名称及び題目	発表者	主 催	期 日	場 所
(研究企画課) ミクロものづくり大学「粉体技術講習 会」、「地方公設試の技術支援業務につ いて～石灰業界を例として～」	河野敏夫	岡山県工業技術 センター	H28. 11. 29	岡山県岡 山市
(食品開発課) 「シーズ・研究内容紹介」酵素で一皮剥けた 商品開発～ブントンのカットフルーツ化～	森山洋憲 下藤 悟	高知県産学官民 連携センター	H28. 6. 29	高知県高 知市
土佐文旦振興対策協議会総会および生産者 交流会 実需者との共創とビジネスモデル	森山洋憲 下藤 悟	土佐文旦振興対 策協議会	H28. 7. 4	高知県高 知市
第二回オープンイノベーションネットワー ク in 松山「過酸化水素を用いた生シラス洗 浄技術開発」	竹田匠輝	産業技術総合研 究所四国センタ ー	H28. 11. 2	愛媛県松 山市
(生産技術課) 「シーズ・研究内容紹介」高機能情報提供シ ステムに関する研究開発～まるごと東部博 における実証試験とクラウド型電子案内板 の開発～	今西孝也	高知県産学官民 連携センター	H28. 6. 29	高知県高 知市
新ダイカスト法による試作開発	眞鍋豊士	産業技術連携推 進会議 ナノテ クノロジー・材 料部会 素形材 分科会 第 12 回 鑄造技術研究会	H28. 9. 23	高知県高 知市
(資源環境課) 「シーズ・研究内容紹介」健康食品・香粧品 開発に向けた県内植物の探索 ～抗アレ ルギー・抗老化機能について～	鈴木大進	高知県産学官民 連携センター	H28. 6. 29	高知県高 知市

講演会等名称及び題目	発表者	主 催	期 日	場 所
平成 28 年度 産業技術連携推進会議 中国地域部会・四国地域部会合同 環境・エネルギー技術分科会 「化粧品・健康食品開発に向けた機能性評価方法の開発～抗アレルギー・抗老化機能について～」	鈴木大進	産業技術総合研究所 産業技術連携推進会議	H28.11.17	高知県高知市
平成 28 年度 産業技術連携推進会議 四国地域部会 食品健康産業分科会 第 3 回 食品機能性評価技術研究会 「高知県の未利用植物資源を利用したヘルスケア・ビューティケア素材のご提案」	鈴木大進	産業技術総合研究所 産業技術連携推進会議	H29.1.30	香川県高松市

## 4. 技術サービス

### 4-1 依頼試験、機器使用

担当課	依頼試験		機器使用	
	受付件数	項目数	受付件数	項目数
総務課	—	—	67	70
食品開発課	243	1,133	132	548
生産技術課	75	545	396	1,172
資源環境課	407	2,012	429	1,751
合計	725	3,690	1,024	3,541

### 4-2 審査員派遣

審査会等名称	期日	主催	派遣者	会場
(所長・技術次長) H27年度補正 ものづくり・商業 ・サービス革新補助金 地域採 択審査委員会	H28. 5.16	高知県中小企業団体 中央会	篠原速都	中央会相談室
ものづくり産業強化事業（設備 投資促進事業（特別型））審査 会	H28. 6.20	高知県商工労働部工 業振興課	〃	工業技術セン ター
〃	H28.10.11	〃	〃	〃
〃	H29. 2.15	〃	〃	〃
第1回高知県防災関連製品認定 審査会	H28. 7. 7	高知県防災関連産業 交流会(工業振興課)	〃	高知文学館
第1回ものづくり競争力強化支 援事業審査会	H28. 8. 1	公益財団法人高知県 産業振興センター	〃	おばさんセン ター
IoT推進事業（課題抽出）委託業 務プロポーザル審査委員会	H28.11. 2	高知県商工労働部工 業振興課	〃	工業技術セン ター
第2回 〃	H28.12. 7	〃	〃	高知城ホール
第31回高知県地場産業大賞審査 委員会	H29. 1.11	公益財団法人高知県 産業振興センター	〃	おばさんセン ター
高知県リサイクル製品等認定審 査会	H29. 1.20	高知県林業振興・環 境部 環境対策課	〃	高知共済会館
H28年度補正 革新的ものづくり ・商業・サービス革新補助金 地域採択審査委員会	H29. 2.23	〃	〃	〃

審査会等名称	期日	主催	派遣者	会場
IoT人材育成事業委託業務プロポーザル審査委員会	H29. 3. 15	高知県商工労働部工業振興課	〃	工業技術センター
第1回高知県食品衛生管理認証審査会	H28. 5. 30	高知県健康政策部食品・衛生課	刈谷 学	高知県庁
第1回高知県新事業分野開拓者認定審査会・高知県モデル発注制度認定審査会	H28. 9. 15	高知県商工労働部工業振興課	〃	高知共済会館
第2回高知県食品衛生管理認証審査会	H28. 10. 19	高知県健康政策部食品・衛生課	〃	総合あんしんセンター
第3回高知県食品衛生管理認証審査会	H28. 12. 9	高知県健康政策部食品・衛生課	〃	本町ビル
第4回高知県食品衛生管理認証審査会	H29. 3. 16	高知県健康政策部食品・衛生課	〃	本町ビル
(食品開発課) SAKE COMPETITION 2016	H28. 5. 17 ～ 5. 19	SAKE COMPETITION 実行委員会	上東治彦	東京都立産業貿易センター
2016 全米日本酒鑑評会	H28. 7. 20 ～ 7. 21	U.S.National Sake Appraisal	上東治彦	ハワイコンベンションホール
平成 28 年度県内酒造場庫内品質管理調査会	H28. 7. 27 7. 28 7. 29	須崎税務署 安芸税務署 高知税務署	上東治彦 加藤麗奈 甫木嘉朗	須崎税務署 安芸税務署 高知税務署
平成 28 年度四国清酒鑑評会	H28. 10. 4 10. 7	高松国税局	加藤麗奈 甫木嘉朗	高松国税局
高知県酒審会市販酒審査会	H28. 11. 8	高知県酒審会	上東治彦 加藤麗奈 甫木嘉朗	サンライズホテル
平成 28 年度四国市販酒調査会	H29. 3. 7 ～ 3. 8	高松国税局	加藤麗奈	高松国税局
平成 28 酒造年度四国吟醸酒研究会	H29. 3. 22	高松国税局	上東治彦	高松国税局
平成 28 酒造年度県新酒鑑評会	H29. 3. 30	高知県酒造組合	上東治彦 加藤麗奈 甫木嘉朗	高知県酒造会館
(生産技術課) 南国市中小企業振興事業における新製品等研究開発事業審査委員会	H28. 7. 1	南国市	島本 悟	南国市役所



審査会等名称	期日	主催	派遣者	会場
南国市技能功労者表彰審査会	H28. 10. 31	南国市	島本 悟	南国市役所
J I S 溶接技能者評価試験補助員	H28. 11. 5	一般社団法人高知県溶接協会	土方啓志郎	高知高等技術学校
〃	H29. 2. 26	〃	〃	〃

#### 4-3 技能検定（高知県職業能力開発協会主催）

検定名称	期日	派遣者	会場
機械加工（普通旋盤）3級 機械加工（フライス盤）3級	H28. 7. 9	毛利謙作	高知高等技術学校
機械検査 3級	H28. 7. 23	島本 悟 山本 浩	地域職業訓練センター
機械加工（マシニングセンタ）2級 機械加工（平面研削盤）3級	H28. 7. 30	島本 悟 山本 浩	高知旭光精工(株)
機械加工（数値制御旋盤）1級	H28. 7. 30	村井正徳	高知精工メッキ(株)
機械加工（普通旋盤）3級	H28. 7. 30	毛利謙作	高知工業高等学校
機械加工（普通旋盤）1、2級 機械加工（フライス盤）2級、3級	H28. 7. 31	山本 浩	ポリテクカレッジ高知
機械加工（マシニングセンタ）1、2級	H28. 8. 6	島本 悟	高知精工メッキ(株)
機械加工（普通旋盤）2級	H28. 8. 7	村井正徳	高知工業高等学校
機械加工（採点）	H28. 8. 10	島本 悟 山本 浩 毛利謙作 村井正徳	工業技術センター
金属熱処理（一般熱処理） 1、2級	H28. 8. 28	土方啓志郎	地域職業訓練センター
油圧装置調整 1、2級	H29. 1. 21	山本 浩 村井正徳	地域職業訓練センター
パン製造 1、2級	H29. 1. 22	加藤麗奈	学校法人龍馬学園
工場板金（数値制御タレットパンチプレス板金）2級 工場板金（機械板金）2級	H29. 1. 22	村井正徳	(株)栄光工業
機械加工（普通旋盤）3級	H29. 1. 28	毛利謙作	高知工業高等学校
自動販売機調整 1、2級	H29. 1. 28	刈谷 学	地域職業訓練センター

検 定 名 称	期 日	派遣者	会 場
電気機器組立て（シーケンス制御作業） 1、2 級	H29. 1. 29	刈谷 学	地域職業訓練センター
機械検査 1、2、3 級	H29. 2. 4	島本 悟 山本 浩	地域職業訓練センター
油圧装置調整 2 級		村井正徳	
酒造 1 級	H29. 2. 5	加藤麗奈	土佐鶴酒造(株)

#### 4-4 技術指導アドバイザー派遣

分野	アドバイザー	派遣先	期日
機械・金属	旗手 稔	(株)黒石鋳工所	H28. 6. 27
食品加工	木村 昭雄	(株)小谷穀粉	H28. 11. 24 H28. 11. 25
食品加工	久武 陸夫	(株)土佐清水元気プロジェクト	H29. 2. 27
他	井上加代子	(株)KAWAMURA	H29. 2. 14 H29. 3. 1 H29. 3. 15

## 5. 人材養成・技術研修

### 5-1 人材養成研修、技術講習会

講習会名、講演題目	期 日	参加者数
(総務課) 化学物質リスクアセスメント研修会	H29. 2. 9	47
(研究企画課) 新技術セミナー in 高知	H28. 7. 22	79
(食品開発課) 高知県酒造技術研究会 「県内酒市販酒きき酒研修会」 「平成 27 酒造年度の醸造結果について」 「高松国税局鑑評会出品利き酒会及び酒造技術講習会」	H28. 4. 18 H28. 8. 26 H28. 9. 13	11 21 10
普及指導員専門技術研修	H28. 8. 3	10
精油抽出装置利用講習会	H28. 6. 23	4
異物分析セミナー (初級編)	H29. 2. 8	12
〃 (中級編)	H29. 2. 17	11
(生産技術課) 高知県溶接技術コンクール事前体験講習	H28. 5. 7	11
非接触三次元形状測定装置の利用研修	H28. 6. 30 H28. 12. 7	6 2
3D プリンタ利用研修	H28. 7. 7 H28. 12. 14	4 3
全国溶接技術競技会事前講習会	H28. 8. 27	4
ひずみ測定研修	H28. 8. 30	9
CNC 輪郭形状測定機 (粗さ測定・輪郭測定) 利用研修	H28. 8. 31	4
タッチパネル制御研修	H28. 9. 15	13
WES8103(2 級)溶接管理技術者認証基準に基づく溶接技術者の勉強会	H28. 10. 26 ～11. 2	17
三次元測定装置 (入門編) 利用研修	H28. 12. 9	4

講習会名、講演題目	期 日	参加者数
(資源環境課)		
実験の基礎	H28. 9. 2	5
無機分析の基礎-原子吸光・ICP 発光分析法・ICP 質量分析計	H28. 9.16	8
ガスクロマトグラフ質量分析計	H28. 9.30	3
熱分析装置による有機材料の分析	H28.10. 7	3
顕微 IR を用いた微小異物の分析 実践講座	H28.10.14	6
蛍光 X 線装置	H28.10.28	3
機器分析の応用-湿式分解処理による微量元素分析	H28.11.04	3
電子顕微鏡	H28.11.11	6
燃焼-イオンクロマトグラフィ装置	H28.11.25	3
今日からできる！画像解析の基礎	H28.12. 2	4
深層水成分分析講座	H28.12. 9	8
X 線回折装置	H29. 3.10	17
熱電対を用いた温度計測の方法	H29. 3.24	2

## 5-2 講師派遣

### (1) 大学等への派遣

大 学 等 名 称	派 遣 者	期 日
(技術次長) 高知大学大学院総合人間自然科学研究科 客員准教授 海洋深層水科学講座 「海洋深層水機能学」	上 東 治 彦	H28. 4. 1 ~ H29. 3.31
(食品開発課) 高知大学農学部現代応用生物科学 「高知県の清酒酵母と酒造り」	加 藤 麗 奈	H28.10.28

### (2) 講習会等への派遣

講習会名、講演題目等	派 遣 者	期 日	人 数
(食品開発課) SAKE COMPETITION 吟醸酒勉強会 「SAKE COMPETITION 分析結果及び高知の酒造りの取り組み」	上東治彦	H28. 5.18	200
高知県高等学校教育研究会理科部会春季研究大会 「高知県の食を支える微生物 ー酵母発酵を中心にー」	上東治彦	H28. 5.29	32
土佐技術交流プラザ 「高知の酒造りについて (米、酵母、醸造技術)」	上東治彦	H28. 6.16	25
土佐酒アドバイザー研修会 「高知の酒造りについて (高知酵母について)」	上東治彦	H28. 8. 3	17
佐賀県酒造組合夏期講習会 「高知の酒造りについて (米、酵母、醸造技術、サケコンペ分析)」	上東治彦	H28. 9. 8	60
宮城県酒造組合高知県酒造場視察 「高知の酒造りについて (米、酵母、醸造技術、サケコンペ分析)」	上東治彦	H28. 9.26	15

講習会名、講演題目等	派遣者	期日	人数
ロンドン土佐酒フェア 「高知の酒造りについて（米、酵母、醸造技術）」	上東治彦	H28. 10. 19 10. 20	68 15
土佐香美農業協同組合 搾汁作業講習会	近森麻矢 岡本佳乃	H28. 10. 25	6
高知県酒審会研修会	上東治彦	H28. 11. 8	35
高知県酒米品評会表彰式セミナー 「高知の酒造りについて（米、酵母、醸造技術）」	加藤麗奈	H29. 1. 13	100
土佐 FBCⅡ座学 「食品学」	森山洋憲	H28. 5. 31	25
「発酵化学」	上東治彦	H28. 11. 22	25
土佐 FBCⅡ 「現場実践学」			
第1回 酒類・発酵調味料製造管理実習	森山洋憲 加藤麗奈 甫木嘉朗	H28. 7. 21	14
第2回 衛生・品質管理、施設・設備設計の基礎	近森麻矢	H28. 7. 21	14
第3回 農産加工実習	岡本佳乃	H28. 7. 28	14
第4回 成分分析・微生物検査	近森麻矢	H28. 10. 6	14
第5回 水産加工実習	竹田匠輝 阿部祐子 秋田もなみ	H28. 10. 20	13
第6回 企業視察研修	上東治彦	H29. 1. 25	12
平成28年度 高知県食品衛生監視員研修会	竹田匠輝	H29. 2. 3	24
有限会社タカシン水産 「食品加工場の衛生管理について」	阿部祐子 竹田匠輝 秋田もなみ	H28. 11. 28	11
有限会社土佐佐賀産直出荷組合 「食品加工場の衛生管理について」	阿部祐子 竹田匠輝 秋田もなみ 野村 明	H29. 1. 6	9
有限会社土佐佐賀産直出荷組合 「食品加工場の衛生管理について」	阿部祐子 竹田匠輝 秋田もなみ 野村 明	H29. 2. 16	9
有限会社土佐佐賀産直出荷組合 「食品加工場の衛生管理について」	阿部祐子 竹田匠輝 秋田もなみ 野村 明	H29. 3. 17	9
(生産技術課)			
ものづくり担い手育成事業 熱処理技術者研修 (主催：高知県中小企業団体中央会)	本川高男 土方啓志郎	H28. 9. 23 ～10. 28	10
溶接実践講習（各種姿勢編） 半自動溶接学科 (県立高知高等技術学校主催)	土方啓志郎	H28. 10. 15 H29. 2. 18	10 13



講習会名、講演題目等	派遣者	期 日	人数
機械加工技術者研修（金属材料の破損・不良解析） （主催：高知県中小企業団体中央会）	眞鍋豊士 土方啓志郎	H29. 1.17 ～ 2.14	7

### 5 - 3 研修生の受入

事 業	所 属	期 間	人数
高知大学連携協定による大学院生受け入れ	高知大学大学院 農学研究科	H28. 4. 1～H29. 3.31	2
高知県工業技術センター外部研究員	高級アルコール工業(株)	H28. 4. 1～H29. 3.31	1

## 6. 産業財産権

○登録

登録年月日	登録番号	発明の名称	発明者名	共同 単独 の別	備 考
平成19年 3月16日	特許 第3930491号	三次元成型可能な天然 木突き板及びその製造 方法	篠原 速都 鶴田 望	単独	
平成19年 5月18日	特許 第3955923号	真空、乾燥・濃縮装置	村井 正徳	共同	兼松エンジニアリ ング株式会社
平成19年10月19日	特許 第4025845号	木材の曲げ加工方法及 び木材の曲げ加工装置	関田 寿一 篠原 速都 鶴田 望	共同	株式会社ミロクテ クノウッド 金川靖
平成20年11月21日	特許 第4218904号	ステアリングホイール に模様を転写する転写 装置	篠原 速都 山下 実望 鶴田 望	共同	実施企業数1社 東海理化販売株式 会社
平成23年10月14日	特許 第 4843353 号	生物防汚剤、防汚処理 方法および防汚処理物 品	浜田 和秀 篠原 速都 山下 実望 鶴田 望	共同	大日精化工業株式 会社 高知工科大学
平成23年10月14日	特許 第 4843354 号	生物防汚剤、防汚処理 方法および防汚処理物 品	浜田 和秀 篠原 速都 山下 実望 鶴田 望	共同	大日精化工業株式 会社 高知工科大学
平成23年10月28日	特許 第 4849578 号	マイクロ波を利用した 抽出装置	浜田 和秀 村井 正徳	共同	実施企業数1社 兼松エンジニアリ ング株式会社
平成24年 1月13日	特許 第 4899179 号	ステアリングホイール に模様を転写する転写 方法	篠原 速都 山下 実望 鶴田 望	共同	株式会社東海理化 クリエイト
平成24年11月 9日	特許 第 5124810 号	エンドセリン-1 産生抑 制剤	野村 明 岡本 佳乃	共同	国立研究開発法人 産業技術総合研究 所
平成24年12月21日	特許 第 5158989 号	転写シート及び該転写 シートを用いた成形品 への加飾膜形成方法	篠原 速都	共同	株式会社フジコー 大日精化工業株式 会社
平成25年 4月 5日	特許 第 5236568 号	酸素酸イオン吸着剤、 その製造方法およびイ オン吸着処理方法	篠原 速都 伊藤 毅 隅田 隆 川北 浩久 河野 敏夫 山下 実望 鶴田 望 岡崎 由佳	共同	大日精化工業株式 会社 福富 元

登録年月日	登録番号	発明の名称	発明者名	共同 単独 の別	備 考
平成25年 4月 5日	特許 第 5236569 号	酸素酸イオン吸着剤の 製造方法、酸素酸イオン 吸着剤およびその使用 方法	篠原 速都 伊藤 毅 隅田 隆 川北 浩久 河野 敏夫 山下 実 鶴田 望 岡崎 由佳	共同	大日精化工業株式 会社 福富 元
平成25年 4月 26日	特許 第 5252261 号	真空、乾燥・濃縮シス テム	村井 正徳	共同	兼松エンジニアリ ング株式会社
平成25年 7月 19日	特許 第 5320008 号	防汚・抗菌剤、抗菌剤 組成物および防汚・抗 菌処理	篠原 速都 山下 実 鶴田 望	共同	大日精化工業株式 会社
平成25年 9月 13日	特許 第 5362313 号	防汚・抗菌剤、抗菌剤 組成物および防汚・抗 菌処理	篠原 速都 山下 実 鶴田 望	共同	大日精化工業株式 会社
平成26年11月 28日	特許 第 5652890 号	イオン吸着材、その製 造方法およびその使用 方法	篠原 速都 伊藤 毅 隅田 隆 川北 浩久 河野 敏夫 山下 実 鶴田 望 岡崎 由佳	単独	
平成26年12月 19日	特許 第 5667526 号	複雑な形状のインモー ルド成型を行う方法、 そのインモールド成型 に使用する転写シート 、および当該方法で形 成された樹脂成形品	篠原 速都 鶴田 望	共同	東洋機械金属株式 会社、株式会社ミ ロク製作所
平成27年 1月 9日	特許 第 5675572 号	インモールド成型方法 および当該方法で形成 された樹脂成形品	篠原 速都 鶴田 望	共同	株式会社ミロク製 作所、東洋機械金 属株式会社
平成27年 4月 20日	特許 第 5725595 号	圧密木材複合成型品の 成形方法	篠原 速都 山下 実 伊藤 毅 鶴田 望	単独	
平成26年 5月 9日	特許 第 5531262 号	凍結濃縮装置および凍 結濃縮方法	森山 洋憲	共同	株式会社垣内、高 知工科大学、株式 会社泉井鐵工所
平成27年 1月 9日	特許 第 5675572 号	インモールド成形方法 および当該方法で形成 された樹脂成形品	篠原 速都 鶴田 望	共同	東洋機械金属株式 会社、株式会社ミ ロク製作所

## ○公開中

公開年月日	公開番号	発明の名称	発明者名	共同 単独 の別	備 考
平成25年 7月 4日	特開 2013-129637	ジンゲロール含有組成物	森山 洋憲	共同	高知大学、有限会社川上食品、株式会社高南メディカル、ひまわり乳業株式会社、株式会社ソフィ、藤田竜

## 7. 参考資料

### 7-1 主要設備

名 称	規 格	製 作 所	導入 年度
(食品開発課)			
流動造粒機	ファイリュウサー-EXRS-60	不二パケタル(株)	S58
二波長クロマトスキャナー	CS-930	(株)島津製作所	S59
クリーンベンチ	CCV-801EC	ヤマト科学(株)	S59
超微粒磨砕機(マスコロイター)	MIKZ A-10-10型	増幸産業(株)	S59
細胞融合装置	SSH-2	(株)島津製作所	S63
高速液体クロマトグラフ	L-6200	(株)日立製作所	S63
製菓製パン用機械装置	混合機 NAM-50 モルター KR型 回転式万能練り機 CKOS451	(株)愛工舎製作所 (株)鎌田機械製作所 (株)フジ機械製作所	H1 H1 H1
水分活性測定装置	HYGROSKOP DT型	ロトロック社 (クンゼ産業)	H1
真空凍結乾燥機	RLE-52	共和真空(株)	H1
超低温フリーザー	BFU-500	(株)日本フリーザー	H1
恒温恒湿器(インキュベーター)	PR-1FP	タバエスベック(株)	H1
恒温恒湿器(インキュベーター)	PR-1FP	タバエスベック(株)	H1
ボイラー式	GX-350S	三浦工業(株)	H1
安全キャビネット	SCV-1303EC II B	日立製作所(株)	H1
クロマトグラフシステム	FPLCシステム	ファルマシア	H2
遠赤外線乾燥試験装置	NJZ1205	新日本無線(株)	H2
ガスクロマトグラフ	HP5890シリウス II	ヒューレットパッカート社	H2
超低温恒温恒湿器	PSL-2PG	タバエスベック(株)	H2
恒温振とう培養機	BR-300	タイテック	H2
真空回転釜	UMF-12型	ステファン社	H4
くん製装置	SU-50F	大道産業(株)	H4
全自動発酵機	PR-36S	(株)ツギカイ	H5
粉碎機一式	TAP-1WZ	東京アトマイザー製造(株)	H6
解凍機一式	SE-DEPAK500	サンテツ(株)	H6
濃縮装置一式	防爆型ロータリーエバポレーター-RE-10S-100	柴田科学器械工業(株)	H6
真空乾燥機(食品用)一式	NRD-300M	新日本製鐵(株)	H6
恒温振とう培養機	BR-300	タイテック(株)	H7
粗脂肪抽出装置	ソクステックシステム2HT型	テイケーター社	H7
連続式遠心分離機	日立CR22	日立工機(株)	H7
遺伝子増幅システム一式	TP-3000	宝酒造(株)バイオ事業部	H8
精米装置	SDB2A小型醸造精米器	(株)佐竹製作所	H8
糖化蒸留装置	TM-50(糖化装置)、V-20S(蒸留装置)	(株)ケーアイ	H8
分取用高速液体クロマトグラフ	AKTA,explorer100	ファルマシアバイオテック(株)	H9
天然高分子用高速液体クロマトグラフ	PU-980 他	日本分光(株)	H9
ハットスペースガスクロマトグラフ	HP7694、HP6890	ヒューレットパッカート社	H10
低分子量ガスマス	HP5973MSD	ヒューレットパッカート社	H10
鮮度測定器	UP980	日本分光(株)	H10
チラー装置	ファーストチラーキング DCU-R502A0T-S	第一工業(株)	H11
LC/MS分析装置	LCQ-DUO イオントラップ型	サーモクエスト社	H12
高速液体クロマトグラフ	LC-VP	(株)島津製作所	H13
遠心濃縮装置一式	VEC-310	旭テクノガラス	H13
ハットスペースオートサンプリャー	7694A(EPC仕様)	アジレントテクノロジー社	H13
紫外可視近赤外分光光度計 (強酸、強塩基)	U-2001(強酸・強塩基対応機)	(株)日立製作所	H13
デジタルマイクロスケープ	VH-P40	(株)キーエンス	H13
自動細菌同定検査装置	miniAPI	日本ビオメリュー(株)	H13



名 称	規 格	製 作 所	導 入 年 度
テクスチャーアナライザー	TA/XT2i	SMS社	H13
冷却遠心機	CENTRIFUGE GRX-220	TOMY	H14
電熱ホブソ	EBSPS-222B	(株)フジサリ	H15
オートサンブラー(高速液体クロマト用)	PU-980用AS-2051	日本分光(株)	H16
耐候試験機	ソーラーボックス1500e	コフォメグラフ社	H16
小型高温高压調理殺菌機	達人釜FCS-KM75	SANYO	H17
全自動高速アミノ酸分析計	JLC-500/V2 AminoTac	日本電子(株)	H18
機能性成分高速分析システム	ACQUITY UltraPerformanceLC	日本ウォータース(株)	H21
スライサー	ECD-702型フードスライサー	エムラ社	H21
微量香气成分定量装置	7890A (GC) 、5975C (MSD)	GERSTEL社・Agilent社	H21
冷風乾燥機	乾燥野菜専用コンパクト型乾燥試験機DV-5P	(株)ユニマック	H21
食品香气成分分析用 情報処理装置		アジレント社	H21
柑橘搾汁試験機	処理能力500kg/h	川島博孝製	H21
温度調整ユニット	XT/PCヘルシキヤビネット	STABLE MICRO SYSTEMS社	H21
パルパーフィニッシャー	HC-PF SP		H21
クリープメーター	RE2-33005B コントロールモジュール	(株)山電	H21
果実洗浄装置	洗浄ライン：五条式	川島博孝製	H21
微量成分分離分取高速システム	テールタ600システム	ウォータース(株)	H22
機能性成分高速分析システム	X-LCシステム	日本分光(株)	H22
フリーズドライ	RLE II - 103	共和真空技術(株)	H22
精油成分抽出用減圧蒸留装置	EXT-V40P06	兼松エンジニアリング(株)	H22
ホストカラム誘導体化HPLCシステム	UPLC H-Classコアホストカラム誘導体化システム	日本ウォータース(株)	H22
微粉粒磨砕機	MKCA6-2Jα	増幸産業(株)	H22
窒素分析装置	Kjeltec8400	FOSS	H24
脂肪酸分析装置	GC-2010plus	(株)島津製作所	H25
柑橘果皮用スライサー		川島博孝製	H26
超急速凍結機	283 L	ホシザキ電気(株)	H27
ハットスペース付きカラムオートグラフ		アジレント・テクノロジー(株)	H27
(生産技術課)			
型彫フライス盤	KGJ-CF型	KK牧野フライス製作所	S38
旋盤	RAMO T-37-8	大阪機工(株)	S43
カセットシャー	SS5-4	(株)大一鉄工所	S57
マイクロビッカース硬度計	MS-1	(株)明石製作所	S57
三次元測定装置	FJ1006	(株)ミトヨ	S61
表面粗さ計	サーフェスト-501	(株)ミトヨ	S63
万能測定顕微鏡	TUM-220BH	(株)トプコン	H1
歯車試験機	CLP-35	大阪精密機械(株)	H1
真空溶解炉	FVM - 5、FBT - 30、FTH - 50 - 3VM	富士電波工業(株)	H1
鍛造用加熱炉		(有)坂本鉄工所	H1
EMI・EMC測定システム	R2542B、EMC-5000T1	(株)アトバンテスト、松賀機器(株)、(株)ノイズ研究所	H1
コンターマシン	VA-400	(株)アマダ	H2
走査型レーザードップラー振動計	モデルPSV-100型	ポリテック社	H6
消失模型鑄造用プラント	LFT-1	大洋鑄機(株)	H6
切削動力計	4成分動力計#9272	キスター社	H8
振動試験装置(動電型加振機)	VS-2000A-140T	IMV(株)	H9
ゲラインディングセンタ	YBM-640V	安田工業(株)	H9

名 称	規 格	製 作 所	導 入 年 度
ワイヤカット放電加工機	FX-10	三菱電機(株)	H9
精密平面研削盤	SGM-63E2	(株)カセインテック	H9
構造解析装置	ANSYS/Multiphysics Unigraphics Product Bunkle	ANSYS社、UGS社	H10
ギヤ加工精度試験装置	Bright Apex 1220(特殊仕様)	(株)ミットヨ	H10
円運動精度試験装置	QC10	レニヨー(株)	H11
ポータブルオシロスコープ	TDS3032	ソニー・テクトロニクス(株)	H11
レーザー寸法測定装置	3Z4L-S506R 他	オムロン(株) 他	H11
メモリコーダ	8841	日置電機(株)	H11
デジタルオシロスコープ	TDS784D-1M	ソニー・テクトロニクス(株)	H11
デジタル超音波探傷器	UDS-15	日本クラウトクレマー(株)	H11
プリント基板作成装置	LPKF95S II	日本LPKF(株)	H11
ボシジョンキャリブレーション	DISTAX L-IM-21B-02	(株)東京精密	H11
FFTアナライザ	CF-3200J	小野測器(株)	H12
赤外線炭素硫黄同時分析装置	CS-444LS	LECO社	H13
CAMシステム	MasterCam	(株)セネック	H14
3次元CADシステム	SolidWorks	クボタリットテクノロジー(株)	H15
鋳造シミュレーションシステム	TOPCAST	(株)トヨタシステムリサーチ	H15
固体発光分析装置	ARL QUANTRIS	ThermoELECTRON社	H16
有限要素法解析ワークステーション	A9665A#ABJ	ヒューレットパッカード社	H16
超微粒子ビーム成膜装置	KT-AD-03-HP	カキウチテクノサービス(株)	H16
金属組織検査試料作成装置		丸本スルアス(株)	H17
ノイズイミュニティ試験装置	ESS-2000AX	(株)ノイズ研究所	H20
金属顕微鏡システム	MA200、SMZ1500	(株)ニコン	H21
乾式X線透過装置	SMX-3500	(株)島津製作所	H21
CNC輪郭形状測定機	SV-C4000CNCシステム	ミットヨ	H22
万能試験機	UH-F1000KNI	(株)島津製作所	H23
冷熱衝撃試験機	TSA-72ES-A	エスベック(株)	H24
非接触三次元形状測定装置	COMET L3D-8M	Steinbichler社	H25
CNC三次元測定装置	CRYSTA-ApexS 122010	(株)ミットヨ	H25
マイクロハッカース硬度計	HM-220D	(株)ミットヨ	H26
小型電子顕微鏡	TM3030、SwiftED3000	(株)日立ハイテクノロジーズ	H26
ひずみ測定装置	EDX-200A、UCAM-60B	(株)共和電業	H27
超低温恒温恒湿試験器	EC-86LHHP	日立アプライアンス(株)	H27
(資源環境課)			
耐圧試験機	C7-100、C-TK10A	東京衡機製造所(株)	S50
冷間等方圧プレス(CIP)	CL45-22-30	日機装(株)	S60
高速昇温電気炉	KSH-3	東洋科学産業(株)	S60
切断・研削盤	セラミクロンMX-833	(株)マルトー	S60
逆浸透膜実験装置	RUW-4X	日東電気工業(株)	S62
UV装置	KUV-10251-1X	東芝電気(株)	H1
熱伝導率測定装置	QTM-D3	京都電子工業(株)	H2
アルカリ・シカ反応試験装置		(株)島津製作所	H2
熱機械的分析装置(TMA)	TMA/SS 350	セイコー電子工業(株)	H5
絶対反射率測定装置	ASR-3145	(株)島津製作所	H5
全有機体炭素計(TOC)	TOC-5000	(株)島津製作所	H5

名 称	規 格	製 作 所	導 入 年 度
耐候試験機	WEL-75XS-HC-B-EcS	スガ試験機(株)	H7
システム光学顕微鏡	BX60-53MU	オリンパス(株)	H7
膜厚計	D211-D	(株)ケット科学研究所	H7
床性能測定試験装置	JIS A5705及びJIS A6519	高知計量(有)	H8
軟X線TV検査システム	H-100	ハイテックス	H8
元素分析計	全自動元素分析装置2400 II CHNS/O	(株)パーキンエルマー・ジャパン	H9
イソクロマトグラフ	DX-320	日本タニテックス(株)	H10
比表面積測定装置	NOVA2000	エアサアイオニクス(株)	H10
カスクロマトグラフ分析計	GC-17AAPtFw	(株)島津製作所	H10
成形機	NS60-9A	日精樹脂工業(株)	H10
走査型プローブ顕微鏡	JSPM-4200	(株)日本電子	H10
熱分析装置	TG-DTA2000S, DSC3100S	マックサイエンス(株)	H13
遊星型ボールミル	P-5/4	フリッチェ社	H13
粉碎機(シヨークラッシャー方式)	ベストファインブレーカー	小川サンブリング(株)	H13
混合攪拌装置	押出装置ONE-20	(株)小平製作所	H13
高周波誘導結合プラズマ発光分光分析装置(ICP)	VISTA-PRO	セイコーインスツルメンツ(株)	H15
原子吸光分光光度計	SpectrAA-880Z, 220F	パリアンテクノロジー・システムズ・ジャパンリミテッド	H15
小型チャンバー法測定装置	ADPAC SYSTEM(W)	(有)アドテック	H16
3次元成形機	TA-10-60-10	(株)山本鉄工所	H18
水銀分析装置	マーキュリー/SP-3D	日本インスツルメンツ(株)	H18
精密万能材料試験機	AG-50kNISD MS形	(株)島津製作所	H18
恒温恒湿槽	PL-4KPH	エスベック(株)	H19
粒度分布測定装置	SALD-2200	(株)島津製作所	H19
万能加熱脱泡ミキサー	25AM-Qr	品川工業所	H20
高周波誘導結合プラズマイオン源質量分析装置	7500CX	アジレント・テクノロジー	H21
カスクロマトグラフ質量分析計	JMS-Q1000GC Mk II	日本電子(株)	H21
走査電子顕微鏡	JSM-6701F	日本電子(株)	H21
ドライフィルムレジネーター	ファーストレジネーター (MA-II)	大成レジネーター(株)	H22
汎用全面熱転写装置	2230熱転写装置	ヤマト商工(有)	H22
ヒートサンブラー	TK-4100型	東京化学(株)	H23
シーケンシャル型ICP発光分光分析装置	SPS3520UV-DD	エアアイ・ナテクノロジー(株)	H24
フーリエ変換型赤外分光計	FT/IR-6600	日本分光(株)	H26
カスクロマトグラフ分析計	GC-17AAPeFw	(株)島津製作所	H27
多機能性マルチモードプレートリーダー	Variaskan LUX multimode microplate reader	サーモフィッシャー サイエンティフィック(株)	H28
X線回折装置	Empyrean	スベクトリス(株)	H28
バイオクリンハンチ	MCV-B161F-PJ	パナソニックヘルスケア(株)	H28

## 7-2 補助事業等

年度	項目	事業名	事業費 (千円)	補助金等 (千円)	部課名	備考
H28	設備拡充 ・X線回折装置	公設工業試験研究所の 設備拡充補助事業	22,842	15,228	資源環境課	2/3補助（公益財団法人JKA）
	高知県産カヤ種子油のスキンケア製品の開発	マッチングプランナー プログラム「探索試験」	850	850	資源環境課	委託研究（国立研究開発法人 科学技術新機構）
	高性能情報提供システムに関する研究開発	マッチングプランナー プログラム「探索試験」	500	500	生産技術課	委託研究（国立研究開発法人 科学技術新機構）
	高知県の鉱産資源（石灰）を活用とフッ素資源の循環利用に資するフロン分解原理	高知県産学官連携産業 創出研究推進事業	1,482	1,482	資源環境課	受託研究（大旺新洋(株)）
	極小深孔加工を可能にする革新的なガンドリルマシンとガンドリルの開発	こうち産業振興基金地 域研究成果事業化支援 事業	300	300	生産技術課	研究等助成金、助成率10/10（公益財団法人高知県産業振興センター）
	県産独自技術を発展させた次世代空気清浄機の事業化	〃	500	500	生産技術課	〃
	飲酒による脳萎縮を軽減する健脳飲料の研究開発	〃	659	659	食品開発課	〃
	競争力の高い吟醸「土佐酒」の開発と販路拡大	農商工連携販路拡大等 支援事業	1,499	1,499	食品開発課	〃

### 7-3 人事異動

(平成 29 年 4 月 1 日付)

#### ○転入・内部異動等

氏 名	職 名	旧所属
森 学	商工労働部産業技術振興監兼所長	商工労働部新産業推進課長
矢野 憲秀	次長兼総務課長、兼計量検定所次長	次長兼総務課長
矢野 雄也	主任研究員	研究員
島内 良章	研究員	新採

#### ○転出等

氏 名	職 名	新所属
篠原 速都	所長	紙産業技術センター所長

平成28年度高知県工業技術センター報告第48号  
平成29年10月1日 印刷発行

〒781-5101 高知市布師田3992-3

編集兼 高知県工業技術センター  
発行所

Kochi Prefectural  
Industrial Technology Center

印刷所 西 富 膳 写 堂

この資料は再生紙を使用しています。





