

令和3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. 53 (2022)

令和4年12月

高知県工業技術センター

# 目 次

## I 令和3年度高知県工業技術センター研究報告

### 1. 食品開発課

レモン系 RTD アルコール飲料を用いた市販品評価解析の一例…………… 1

### 2. 生産技術課

装置の見える化モジュールの開発……………7

高精度測位技術を活用した防災製品の開発……………11

CAE による熱カレンダーロールの熱と応力の連成解析と実証……………15

### 3. 資源環境課

養液栽培用成分濃度推測システムの構築と液肥調製装置の開発……………23

リニアアクチュエータを用いた *in-situ* 観察用超小型引張り試験機の製作……………26

## Ⅱ 令和3年度高知県工業技術センター業務年報

### 1. 総 説

1-1	沿 革	31
1-2	土地及び建物	32
1-3	組織と分掌	32
1-4	職員名簿	33
1-5	決算状況	34

### 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	40
3-2	論文発表	40
3-3	学会発表（ポスター発表含む）	40

### 4. 技術サービス

4-1	依頼試験、機器使用	42
4-2	審査員派遣	42
4-3	技能検定	43
4-4	技術指導アドバイザー派遣	45

### 5. 人材養成・技術研修

5-1	人材養成研修、技術講習会	46
5-2	講師派遣	47
5-3	研修生の受入	48

### 6. 産業財産権

### 7. 参考資料

7-1	主要設備	51
7-2	補助事業等	53
7-3	人事異動	54

## I 令和3年度高知県工業技術センター研究報告

食品開発課

# レモン系 RTD アルコール飲料を用いた市販品評価解析の一例

下藤 悟 甫木 嘉朗 森山 洋憲 上東 治彦\*

## An Example of Commercial Product Evaluation Analysis Using Lemon-based RTD Alcoholic Beverage

Satoru SHIMOFUJI Yoshiro HOKI Hironori MORIYAMA Haruhiko UEHIGASHI

市販されているレモン系 RTD 系アルコール飲料 58 品について官能評価を実施し、それらの関係性について解析した。官能評価は 15 名で行った。評価項目は、味、香りなどの品質特性 6 項目と、商品に訴求されていた表現（訴求表現）14 項目とした。訴求表現の評価結果の平均得点を目的変数、品質特性の評価結果の平均得点を説明変数とし、回帰分析として重回帰分析とランダムフォレストを適用したところ、果汁感と果実感には異なる評価傾向があることが示された。

### 1 まえがき

既報<sup>1)</sup>のとおり、マーケットインでの販売戦略の策定のためには品質の客観的な評価が求められている。また、マーケットから得た情報を商品開発・PR に活用するためには、製造者の意図（コンセプト）と消費者のイメージを合致させる必要がある。そのためには成分分析だけではなく、官能評価でのデータ収集・解析が重要となるが、専門の研究開発部門をもたない事業者ではそのノウハウが蓄積されておらず、大きな課題となっている。

そこで、県内酒造会社従業員を対象に官能評価とその解析の技術普及を目的とし、市販品の種類の豊富なレモン系 RTD (ready to drink) アルコール飲料を用いた官能評価を実施し、評価結果の関係性についての解析を行った。ここではその一部を報告する。

### 2 実験方法

#### 2.1 試料

令和3年度に販売されていたレモン系 RTD アルコール飲料 58 品を収集し、評価に供した。

#### 2.2 官能評価

評価は 15 名（当センター研究員と県内酒造会社従業員）で行った。評価項目は、味、香りなどの品質特性と、商品に訴求されていた表現（ここでは訴求表現とする）とした。品質特性は、研究員による予備試験の結果から香り・酸味・甘味・苦味・レモン感・人工的な風味の 6 項目とした。訴求表現として表 1 に示すように、果汁感、果実感、新しい、定番、飲みごたえのある、すっきりとした、キレが強い、甘くない、酸っぱい、苦味強い、アルコール感

強い、辛口の 12 項目が抽出できた。そこにまろやか、甘口を加えた 14 項目を訴求表現とした。

評価はデジタルデバイス（スマートフォン、タブレットなど）で行った（図 1）。品質特性については、左端を“想像でき得る限り最も弱い”、右端を“想像でき得る限り最も強い”とした 100 段階の LAM 尺度法で強弱を評価した。また訴求表現については項目に該当するか（該当ありを 1、なしを 0）を評価した。評点は平均得点を算出し解析に供した。

### 2.3 統計解析

#### 2.3.1 統計解析ソフトウェア

統計解析は Microsoft Excel 2016 及び R (version 3.5.3, <https://www.r-project.org/>) を用いた。

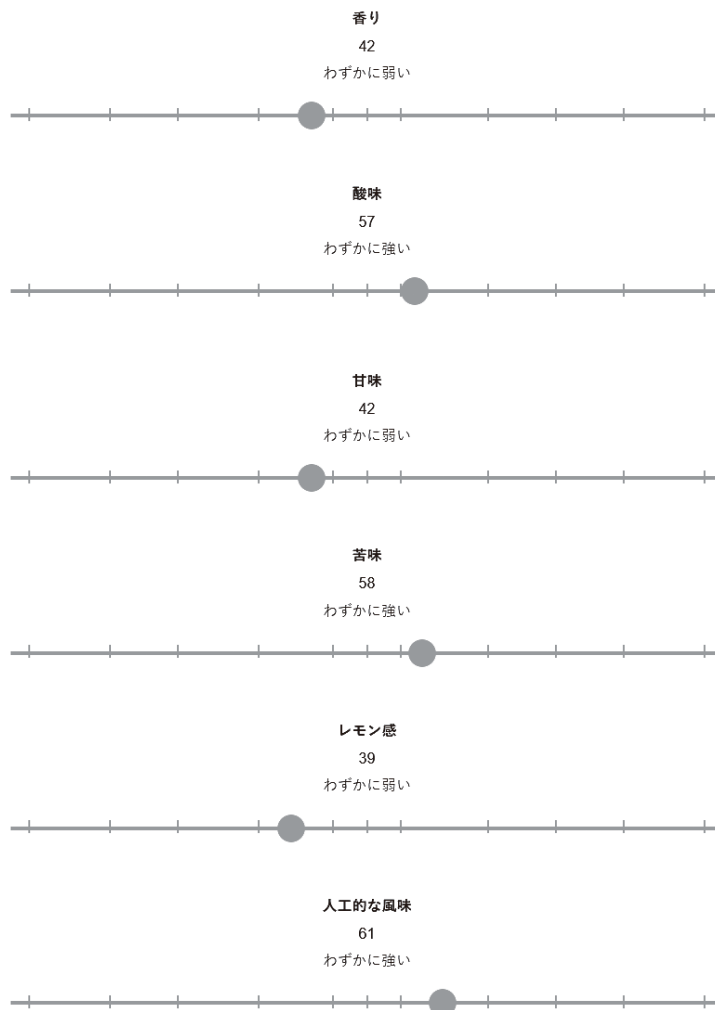
#### 2.3.2 品質特性と訴求表現の評価の関係性について

品質特性と訴求表現の評価の関係性については、平均得点を用いて解析を行った。個々の試料について、訴求表現の評価結果の平均得点を目的変数、品質特性の評価結果の平均得点を説明変数とし回帰分析を行った。回帰分析手法として重回帰分析とランダムフォレストを用いた<sup>2)</sup>。今回は本試験内の評価傾向の把握に限定し、汎化性能については検証せず考察を行った。交差検証は 5-fold cross validation とした。得られた回帰モデルのフィッティングは、自由度調整済み決定係数 ( $adjR^2$ ) で検証した。さらに、重回帰分析の結果から重回帰係数と、ランダムフォレストの結果から重要度を算出し、目的変数に対する説明変数の寄与について考察を行った。

\* 高知県酒造組合

表1 パッケージに記載されている試料の特徴

試料ID	果汁感	果実感	新しい	定番	飲みごたえのある	すっきりとした	キレが強い	甘くない	酸っぱい	苦味強い	アルコール感強い	辛口
1	●											
2	●											
3	●											
4	●											
5	●				●						●	
6							●				●	
7	●											
8												
9				●								
10						●		●				
11		●										
12											●	
13				●			●					●
14			●								●	
15			●								●	
16			●								●	
17	●											
18					●			●				
19					●			●				
20		●		●								
21		●		●								
22		●										
23		●										
24						●						
25						●						
26	●	●	●									
27			●					●	●			
28	●								●			
29					●							●
30		●		●								
31				●	●	●						
32				●								
33												
34												
35												
36							●					●
37									●			
38									●			
39										●		
40		●										
41												
42												
43						●						
44						●						
45									●			
46												
47				●		●	●					●
48	●	●	●									
49								●				
50	●					●						
51	●											
52			●					●			●	
53											●	
54												
55			●									
56	●	●										
57		●										
58		●										
該当数	13	12	8	8	5	8	4	6	5	1	7	4



果汁感	果実感
新しい	定香
飲みごたえのある	すっきりとした
キレが強い	まろやか
甘くない	酸っぱい
苦味強い	アルコール感強い
辛口	甘口

図1 官能評価結果の入力画面の例



表2 官能評価結果の平均得点

試料ID	品質特性						訴求表現													
	香り	酸味	甘味	苦味	レモン感	人工的な風味	果汁感	果実感	新しい	定番	飲みごたえのある	すっきりとした	キレが強い	まろやか	甘くない	酸っぱい	苦味強い	アルコール感強い	辛口	甘口
1	55	51	64	40	58	66	0.2	0.0	0.0	0.3	0.1	0.5	0.1	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3
2	53	60	36	61	54	63	0.1	0.1	0.0	0.2	0.1	0.3	0.1	0.0	0.1	0.1	0.3	0.2	0.3	0.0
3	52	64	42	69	56	61	0.3	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	0.1	0.0	0.4	0.3	0.3	0.1	0.0
4	61	57	60	42	64	45	0.5	0.1	0.1	0.4	0.0	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1
5	58	53	57	61	51	59	0.3	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.0	0.2	0.1	0.2	0.4	0.4	0.1	0.2
6	39	31	28	49	33	50	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.4	0.0	0.1	0.3	0.3	0.0
7	59	60	57	39	66	51	0.4	0.1	0.0	0.5	0.1	0.5	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1
8	47	55	40	60	54	62	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.5	0.2	0.3	0.1
9	55	58	49	54	59	47	0.3	0.1	0.1	0.3	0.1	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1
10	36	44	27	48	27	59	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0
11	61	58	65	37	58	57	0.3	0.1	0.2	0.0	0.1	0.2	0.0	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.5
12	68	66	46	63	64	63	0.3	0.3	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	0.0	0.3	0.3	0.5	0.3	0.1	0.0
13	46	46	30	52	37	59	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.5	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
14	70	66	57	56	69	62	0.3	0.0	0.0	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.4	0.1	0.1
15	61	47	81	24	51	51	0.3	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.9
16	62	61	41	68	55	64	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.3	0.2	0.0	0.2	0.0	0.3	0.5	0.1	0.1
17	67	64	53	57	58	64	0.1	0.1	0.0	0.1	0.3	0.2	0.4	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
18	57	66	29	58	63	55	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.6	0.2	0.0	0.3	0.3	0.3	0.1	0.3	0.0
19	52	66	30	54	57	55	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.5	0.3	0.0	0.3	0.2	0.2	0.1	0.3	0.0
20	51	65	51	56	59	57	0.4	0.0	0.0	0.2	0.1	0.4	0.2	0.0	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0
21	56	71	47	59	63	61	0.2	0.0	0.0	0.1	0.3	0.5	0.3	0.0	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1
22	56	67	44	46	68	53	0.3	0.1	0.0	0.2	0.1	0.6	0.2	0.0	0.3	0.4	0.0	0.1	0.1	0.1
23	63	63	32	56	65	65	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.5	0.2	0.0	0.3	0.4	0.2	0.3	0.3	0.0
24	56	63	51	51	63	55	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.4	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1
25	63	61	58	42	64	55	0.3	0.1	0.1	0.6	0.1	0.6	0.3	0.2	0.1	0.3	0.0	0.0	0.1	0.2
26	68	73	39	68	71	53	0.3	0.5	0.1	0.0	0.2	0.3	0.2	0.0	0.3	0.5	0.3	0.0	0.2	0.1
27	56	63	42	53	64	48	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.1	0.0	0.3	0.3	0.1	0.0	0.1	0.1
28	70	72	69	55	71	55	0.5	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.5	0.1	0.1	0.1	0.3
29	52	46	32	53	24	55	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3	0.2	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.0
30	66	75	48	64	73	61	0.4	0.1	0.0	0.0	0.4	0.3	0.1	0.0	0.1	0.5	0.1	0.1	0.0	0.1
31	66	68	53	62	69	60	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.0	0.1	0.0
32	70	66	60	55	73	46	0.7	0.2	0.1	0.3	0.2	0.4	0.2	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1
33	69	64	65	52	65	53	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.1	0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3
34	68	50	77	38	58	51	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
35	73	73	57	62	68	51	0.4	0.3	0.1	0.0	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
36	57	65	35	70	58	61	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.1	0.1	0.5	0.3	0.1	0.1
37	65	70	58	68	64	67	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.4	0.0	0.1	0.1
38	69	68	52	68	55	68	0.3	0.0	0.3	0.1	0.0	0.3	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	0.0	0.1	0.0
39	63	60	57	76	49	63	0.0	0.1	0.2	0.0	0.1	0.3	0.2	0.0	0.2	0.0	0.7	0.1	0.1	0.1
40	66	72	57	51	71	58	0.6	0.1	0.0	0.3	0.2	0.5	0.2	0.1	0.2	0.5	0.1	0.0	0.0	0.1
41	47	36	39	46	29	57	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0
42	43	39	34	48	25	56	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.5	0.1	0.1
43	59	55	55	57	60	60	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.4	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1
44	71	74	48	63	66	59	0.3	0.2	0.1	0.1	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.5	0.3	0.1	0.0	0.1
45	65	80	70	45	70	64	0.3	0.0	0.1	0.0	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.1
46	35	41	34	52	33	63	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.5	0.0	0.0	0.3	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0
47	46	50	33	52	41	57	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.0
48	73	71	57	56	67	62	0.3	0.1	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.2
49	38	49	26	43	48	48	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.5	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0
50	59	66	38	60	63	63	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.3	0.0	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0
51	67	67	58	62	68	65	0.4	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1
52	64	61	58	55	64	56	0.2	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.1	0.0	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2
53	64	64	47	60	65	49	0.2	0.1	0.0	0.2	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3	0.0	0.0
54	57	43	56	46	46	51	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2
55	55	52	49	50	46	55	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1
56	70	70	65	54	70	63	0.5	0.1	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.1	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.1
57	63	64	60	50	68	56	0.5	0.0	0.0	0.1	0.1	0.4	0.1	0.3	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2
58	71	71	74	53	69	68	0.3	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.0	0.1	0.4	0.1	0.1	0.0	0.5

表3 官能評価結果の要約

	最小値	平均値	最大値	標準偏差	変動係数	該当あり(品)	該当なし(品)
品質特性							
香り	35.2	59.2	73.3	9.5	0.16		
酸味	30.9	60.3	79.6	10.6	0.17		
甘味	25.5	49.5	80.5	13.4	0.27		
苦味	23.9	54.3	76.5	9.5	0.17		
レモン感	24.5	57.7	73.5	12.7	0.22		
人工的な風味	45.3	57.5	68.0	5.8	0.10		
訴求表現							
果汁感	0.0	0.2	0.7	0.2	0.71	48	10
果実感	0.0	0.1	0.5	0.1	1.15	36	22
新しい	0.0	0.1	0.3	0.1	1.10	34	24
定番	0.0	0.1	0.6	0.1	1.13	41	17
飲みごたえのある	0.0	0.2	0.4	0.1	0.70	52	6
すっきりとした	0.1	0.3	0.6	0.1	0.45	58	0
キレが強い	0.0	0.1	0.4	0.1	0.64	51	7
まろやか	0.0	0.1	0.5	0.1	1.16	35	23
甘くない	0.0	0.1	0.4	0.1	0.69	52	6
酸っぱい	0.0	0.2	0.7	0.2	0.77	48	10
苦味強い	0.0	0.1	0.7	0.2	1.05	43	15
アルコール感強い	0.0	0.1	0.5	0.1	1.00	39	19
辛口	0.0	0.1	0.3	0.1	1.03	37	21
甘口	0.0	0.1	0.9	0.2	1.34	40	18

表4 訴求表現と品質特性の関係性とモデルの適合度

	果汁感		果実感		新しい		定番		飲みごたえのある	
	重回帰係数	重要度	重回帰係数	重要度	重回帰係数	重要度	重回帰係数	重要度	重回帰係数	重要度
香り	-0.12	13.65	0.56	100.00	0.38	100.00	-0.15	38.56	0.42	83.39
酸味	0.26	61.15	-0.20	49.03	0.40	10.83	-0.48	67.41	0.37	41.33
甘味	0.27	56.69	-0.14	0.00	0.51	89.76	-0.08	42.42	0.15	55.29
苦味	-0.04	15.34	0.30	48.18	0.25	53.11	-0.21	100.00	0.20	48.71
レモン感	0.49	100.00	0.25	61.46	-0.87	68.30	0.73	90.69	-0.51	100.00
人工的な風味	-0.28	0.00	-0.25	11.11	-0.21	0.00	-0.04	0.00	-0.04	0.00
adjR <sup>2</sup>	0.66	0.94	0.41	0.90	0.32	0.89	0.17	0.92	0.26	0.91

	すっきりとした		キレが強い		まろやか		甘くない		酸っぱい	
	重回帰係数	重要度	重回帰係数	重要度	重回帰係数	重要度	重回帰係数	重要度	重回帰係数	重要度
香り	-0.57	100.00	0.22	45.24	0.36	22.74	0.02	30.44	-0.05	33.46
酸味	-0.13	24.78	0.43	100.00	-0.67	26.59	-0.34	36.17	0.96	100.00
甘味	-0.58	63.29	-0.45	74.17	0.50	100.00	-0.72	100.00	-0.17	8.57
苦味	-0.23	27.21	0.05	84.47	-0.16	21.11	0.01	14.54	-0.31	11.84
レモン感	0.97	80.91	-0.15	9.02	0.20	0.00	0.48	16.19	0.04	78.80
人工的な風味	-0.04	0.00	-0.23	0.00	-0.17	14.38	0.01	0.00	-0.04	0.00
adjR <sup>2</sup>	0.53	0.93	0.24	0.91	0.72	0.93	0.36	0.91	0.64	0.93

	苦味強い		アルコール感強い		辛口		甘口	
	重回帰係数	重要度	重回帰係数	重要度	重回帰係数	重要度	重回帰係数	重要度
香り	-0.07	0.00	0.24	4.86	0.03	27.56	0.14	29.27
酸味	-0.16	24.03	-0.51	100.00	-0.10	11.25	-0.32	22.04
甘味	0.07	35.59	-0.35	96.45	-0.76	100.00	0.60	100.00
苦味	0.81	100.00	0.30	76.95	0.01	33.06	-0.33	54.48
レモン感	-0.09	33.62	-0.15	62.14	0.24	4.39	0.07	20.88
人工的な風味	0.13	15.09	0.14	0.00	0.09	0.00	0.06	0.00
adjR <sup>2</sup>	0.61	0.94	0.46	0.91	0.44	0.91	0.68	0.95

### 3 結果及び考察

#### 3.1 試料の特徴

表1を見ると、果汁感に関する記載のある商品が13品、果実感に関する記載のある商品が12品あり、他の訴求表現の数と比べると多い。そのため、両項目を訴求している商品が多いことが見て取れる。また官能評価結果を表2に、これらの結果を要約したものを表3に示す。品質特性の結果の変動係数から、甘味、レモン感の幅が広い試料群であることが分かる。

#### 3.2 重回帰係数と重要度から見る品質特性と訴求表現の関係性

訴求表現で特に多かった果汁感、果実感という微妙にニュアンスの異なる言葉に着目し、結果を考察していく。

表2に示す評価データを用いて重回帰分析を行った結果得られた重回帰分析の重回帰係数とランダムフォレストの重要度、モデルの適合度を示す  $adjR^2$  を表4に示す。これらの結果から、今回評価したパネルの評価傾向を読み取ることができる。

果汁感と果実感について見比べると、果汁感は甘味、酸味が強いものが感じられやすいことに対し、

果実感は香り、苦味が強く、酸味が弱いものが感じられやすい傾向にあることが分かる。

このように微妙にニュアンスの異なる言葉を訴求表現として用いる場合、どんな言葉を用いるのか慎重に選択を行う必要があると考えられる。

### 4 まとめ

官能評価の結果に対して重回帰分析を行うことで、品質特性と訴求表現の関係性を限定的にはあるが明確にすることができた。実際には評価者の選定や対象とするサンプル、評価項目によって結果は大きく変わるものではあるが、適切に条件設定をすることで、製造者の意図が消費者に伝わるかどうかを試験することができると思われる。

今後は、対象試料を変えてさらに知見を集めるとともに、県内事業者に対して官能評価とその解析の技術普及を進めていく。

### 参考文献

- 1) 下藤悟他：高知県工業技術センター報告、No.50(2019)、20-24
- 2) 下藤悟他：日本食品工学会誌、21 巻(2020)、37-50

生産技術課

# 装置の見える化モジュールの開発

中澤 亮太 島内 良章 今西 孝也 毛利 謙作\*

## Module development for visualization of operation status

Ryota NAKAZAWA Yoshiaki SHIMANOUCI Koya IMANISHI Kensaku MOHRI\*

携帯電話網を使い、産業装置をIoT化するデバイス「見える化モジュール」の開発を行った。データ保存、表示には既存のクラウドサービスを利用し、サーバ構築等の工数を大幅に省くことにより、システムを容易に構築できるようにした。1年強の長期間にわたり実機試験を行い、産業装置の稼働データを自動で取得できることを確認した。

### 1 まえがき

県内機械製造業が製造販売する産業装置は、ニッチで高いシェアを持つ一方、全体的にIoT化が遅れており、販売後の稼働状況が分からない場合が多くある。社内LANに接続できる制御装置は既に市販されているが、ネットワーク設定の手間、セキュリティ、費用対効果の面から一部でしか使われていない。

そこで、携帯電話網を使い、SIM搭載マイコンボード「Wio LTE JP Version」(図1)を用いて、簡易で安価なIoT化に取り組んだ。

本稿では、産業装置の稼働状況をモニタリングするシステムの試作開発を行い、実機試験を行った結果について報告する。

### 2 システムの開発

#### 2.1 システム構成

構築したシステムの概要を図2に示す。

IoT デバイスは産業装置の電流及び、周囲の温湿度を計測することで、稼働状況をモニタリングする構成とした。デバイスの通信には携帯電話網を利用し、データ保存には既存のクラウドサービスを利用することとした。それぞれの仕様及び機能を以下で紹介する。

##### 2.1.1 IoT デバイス

図3に試作したIoTデバイスの外観を示す。SIM搭載マイコンボードに、電流センサ及び温湿度センサを接続した構成となっている。表1に使用した主要部品を示す。本研究では、このIoTデバイスを「見える化モジュール」と呼ぶこととした。

見える化モジュールは、接続された温湿度センサ、電流センサの出力を読み取って、1分間隔でクラウドサーバへデータ送信を行っている。

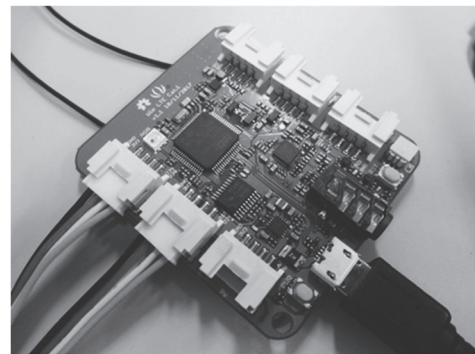


図1 SIM搭載マイコンボード

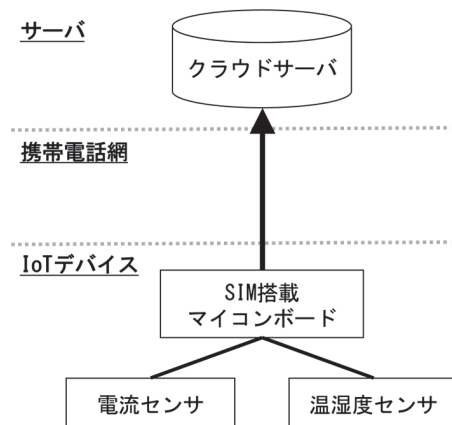


図2 システム構成

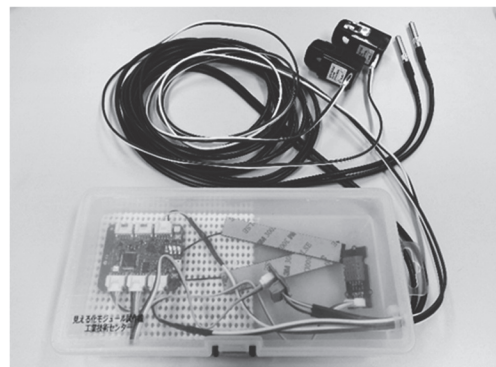


図3 試作したIoTデバイス

\* 研究企画課

表1 使用した主要部品

	型式等
マイコンボード	Wio LTE JP Version
電流センサ	GTT-24-CLS-CV250
温湿度センサ	GROVE - デジタル温度・湿度センサ (DHT11)

## 2. 1. 2 通信ネットワーク

見える化モジュールから送信されたデータは、(株)NTT ドコモが提供する回線を経由して、クラウドサーバに保存される。

本システムでは、(株)ソラコムが提供するクラウドサービスである「SORACOM Harvest」を利用して、見える化モジュールからの送信データを保存している。クラウドサーバを選択した理由としては、以下のことが挙げられる。

- ・物理サーバを導入する場合と比較して、初期コストを低く抑えることができる。
- ・サーバ側のシステム構築にかかる工数を大幅に省くことができ、IoT 機器導入の敷居を下げることができる。
- ・インターネット環境があれば、サーバにアクセスすることができるため、データ確認が容易である。

## 2. 2 データの可視化

本システムにおける、データ可視化の流れを図4に示す。ユーザへのデータの可視化には、(株)ソラコムが提供するサービスである「SORACOM Lagoon」を活用している。

「SORACOM Lagoon」とは、IoT デバイスから「SORACOM Harvest」に蓄積されたデータを表示するためのダッシュボードを提供するサービスである。円形ゲージやグラフ表示などの、蓄積されたデータを整理するためのテンプレートがあらかじめ用意されているため、迅速にデータの可視化を実現することができる。ユーザはPC やタブレットなどの端末でWEB ブラウザからダッシュボードを閲覧することができ、産業装置の稼働状況を視覚的に確認することができる。

図5に実機試験向けに作成したダッシュボードの表示画面を示す。見える化モジュール周辺の温湿度や産業装置の負荷電流、累計稼働時間がリアルタイムで定量的に確認できるようになっている。また、

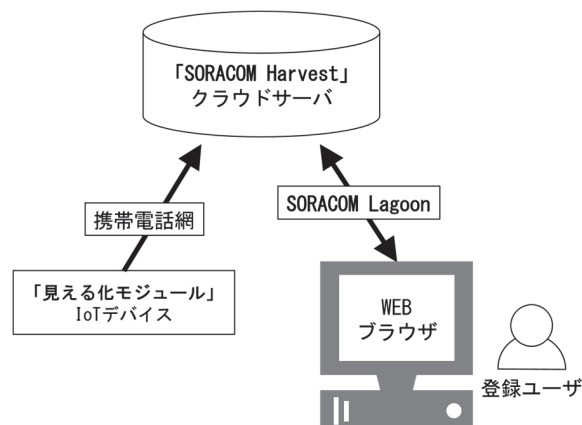


図4 データ可視化の流れ



図5 WEB ブラウザでのデータ表示画面

アラートを設定することが可能で、稼働開始時、その通知をメールで携帯に送ることもできた。

## 3 実機試験

本研究では、(株)垣内の造粒機「粒造くん」を対象として、2021年1月から2022年3月の間、実機試験を行った。工業技術センター内、(株)垣内社内での試験を経て、関東地方へ販売、設置する造粒機3台(図6)に、見える化モジュールを取り付けた。

図7に見える化モジュールを設置した制御盤内の様子を示す。見える化モジュール周辺の温湿度を温湿度センサによって計測し、遮断器の二次側に電流センサを接続して、造粒機に供給される電流を負荷電流として、稼働データの蓄積を行っている。

また、「SORACOM Harvest」のデータ保持期間は通常、40日間であるため、毎月手動でクラウドサーバからCSV形式で、ローカル環境にもデータ保存を行った。

表2に、実機試験において、見える化モジュール



で取得したデータ項目を示す。温度、湿度、負荷電流については、それぞれ接続しているセンサ出力から取得している。消費電力はセンサが取得した負荷電流値から算出している。運転時間は負荷電流が5A以上流れている時間を算出している。また、造粒機主電源と見える化モジュールの電源が同系統であるため、見える化モジュール通電時間を、装置の「通電時間」として算出している。1年間以上、実機試験を行い、見える化モジュールが安定して稼働していることが確認できた。

なお、初期費用は部品代約35,000円、ランニングコストは通信料等約1,500円/月と安価に実現できた。

#### 4 データ整理及び考察

図8に、試験期間中のある1日における、見える化モジュールによって記録された造粒機の負荷電流変動を示す。プロットした点は見える化モジュールの送信データがクラウドサーバに登録されたことを示しており、16~17時周辺のようにプロットがない領域はクラウドサーバにデータが登録されていないことを示している。

見える化モジュールは1分間隔で電流センサの出力をクラウドサーバに送信するように設定しているため、データの欠落がない場合には、1日あたり1,440件のデータが登録されることになる。それに対して、実際に登録されている1日あたりのデータ件数は平均1,300件であったため、おおよそ90%のデータ取得率であった。

この結果から、設置した見える化モジュールは測定対象の傾向を把握することを目的とした運用に適していると考えられる。一方、測定対象のデータを抜かりなく記録したい場合や、データの取得率を向上させて運用したい場合には、外部アンテナを使用するなどして、通信環境の強化が必要であることが分かった。

図9に、とある1か月間の同曜日における、造粒機の1時間ごとの平均負荷電流を示す。造粒機稼働時は1号機、2号機と比較して、3号機の負荷電流が低くなる傾向にあることが確認できる。このことから原料の投入量が少なく、各機への供給が安定していないことが分かった。これを改善することで、ユーザは生産効率を向上させることができ、消耗品であ

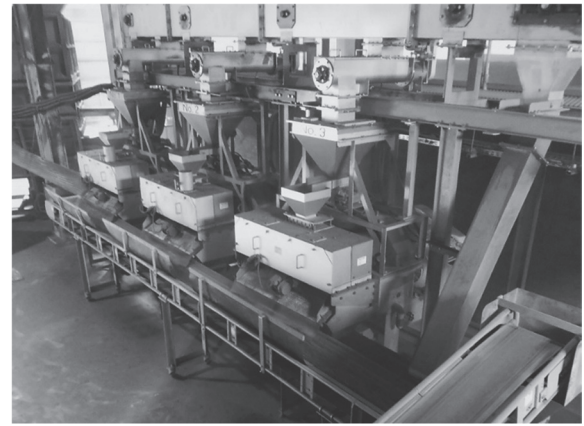


図6 実機試験を行った造粒機3台

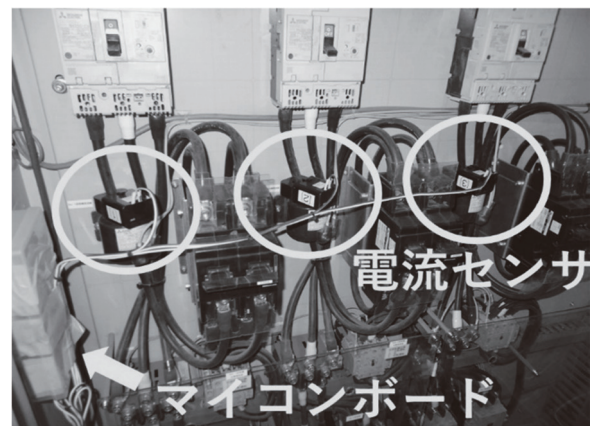


図7 制御盤内

表2 取得したデータ項目

項目	取得方法
温度	温湿度センサ
湿度	
負荷電流	電流センサ
消費電力	負荷電流値から算出
運転時間	
通電時間	見える化モジュールの電力供給時間

るダイスの摩耗の偏りを避けることができると考えられる。

稼働試験の結果として、遠隔地の産業装置の稼働状況が見える化され、稼働時間に想定と差があることや、3台の負荷にバラツキがあることが分かった。長期的に継続してデータを蓄積することにより、ダイスの寿命予測による予防保全や、トラブル時の早期対応等のサポートに活用できると考えられる。

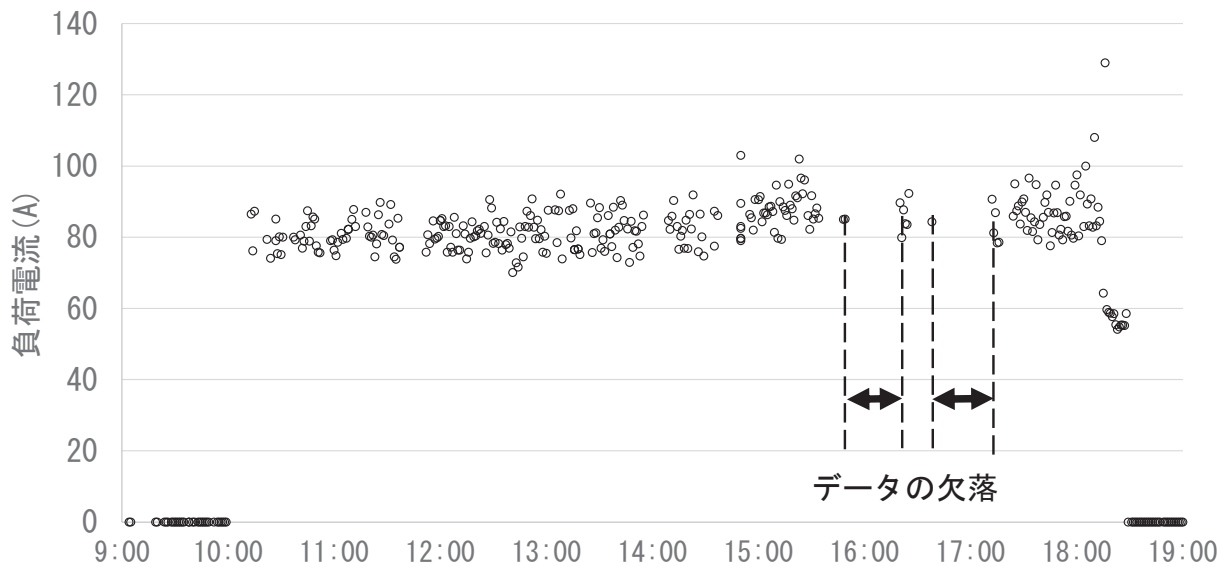


図8 見える化モジュールの送信データ（造粒機負荷電流）

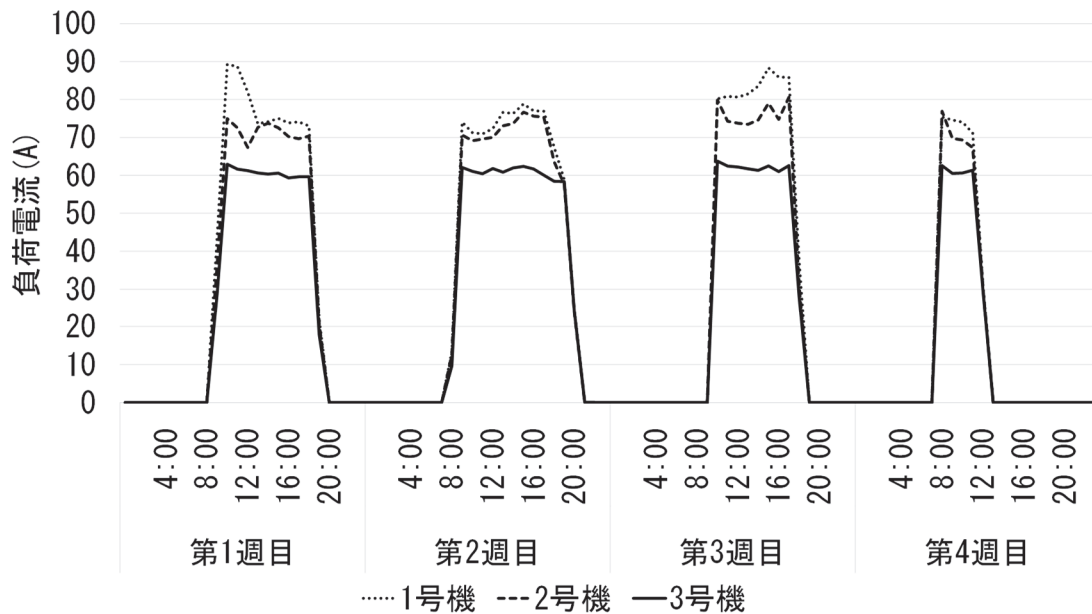


図9 造粒機の平均負荷電流

## 5 まとめ

携帯電話網を使って産業装置の簡易的なIoT化に取り組み、1年以上の実機試験により、見える化モジュールの安定稼働を確認し、産業装置の稼働状況をリアルタイムで定量的に把握することや、稼働データを自動的に蓄積することが可能となった。

クラウドサービスを活用することによって、ネットワーク設定やセキュリティ設定の手間を省き、IoT導入の敷居を下げながら、システムの実現した。



# 高精度測位技術を活用した防災製品の開発

今西 孝也 中澤 亮太 島内 良章 上田 竜平 保科 公彦  
毛利 謙作\*1 山下 実\*2

## Development of Disaster Prevention Kit using Precise Positioning Technology by Global Navigation Satellite System

Koya IMANISHI Ryota NAKAZAWA Yoshiaki SHIMANOUCI Ryuhei UETA Kimihiko HOSHINA  
Kensaku MOHRI\*1 Minoru YAMASHITA\*2

衛星測位システムの高精度測位技術において誤差数センチメートルの精度が実際にどの程度なのか評価した。そして、衛星測位システムを活用した防災製品の開発用に、NTRIP 中継局 (NTRIP Caster) を構築した。また、衛星測位システムの高精度測位技術において AI 技術を活用し、位置情報の補正精度を評価した。

### 1 はじめに

GPS (米国)、GLONASS (ロシア)、Galileo (EU) と呼ばれる衛星測位システム「GNSS (Global Navigation Satellite System)」は、防災製品や小型運転ナビなど、いろいろな分野に応用展開されている。近年では、日本の準天頂衛星みちびき (QZSS) の利用が始まり、GPS 等と組合せて活用することにより、その位置情報精度を、誤差数センチメートルまで高めることができると言われている。衛星測位システムによる測位精度は、上空の視界が十分に開けた場所であれば、精度が高い一方で、上空の視界が十分に確保できない場所では、精度は状況に応じて低下することが知られている。この精度低下の原因としては、GNSS 衛星の配置・補足数不足、建物や山の反射 (マルチパス)、衛星と受信機側の時計誤差、衛星軌道情報の誤差、大気遅延 (電離層・対流圏) 等がある。

一方、地すべりの移動速度は、一般に 0.01mm/day ~10mm/day 程度で、目に見えないほど緩やかなもので、よほど注意して観察しない限り、地すべりの活動を実感することは少ない。

今回、準天頂衛星みちびきを利用し、地すべりの発見に GNSS 受信機の位置データを適応する実験を行った。実験では、位置データは時系列であるという特徴を生かし、位置データ解析の精度を上げるため、時系列分析モデルである LSTM<sup>1)</sup>/RNN<sup>2)</sup>を適用した実験を実施した。

本研究報告の流れを各章の順で簡単に説明する。

\*1 研究企画課

\*2 資源環境課

まず、第2章では GNSS 衛星測位システムの単独測位と RTK 測位について紹介し、評価した。第3章では中継局使用の概念を示した。第4章では衛星測位システムの精度を上げるため位置データの補正に時系列分析モデルである LSTM を適用した実験を示した。最後に、第5章でまとめた。

### 2 GNSS による測位

GNSS 受信機を使用して静止している移動局の単独測位と、複数の受信機を使用する RTK (Real Time Kinematic) 測位の位置情報の精度の比較評価を行った。図1に受信機とアンテナ、図2に測位の環境を示す。

#### 2. 1 単独測位

単独測位は、GNSS 衛星から送信される位置情報を1台のアンテナで受信することにより、衛星から電波が発信されてから受信機に到達するまでに要した時間を測り、距離に変換する。位置が分かっている GNSS 衛星を基準点として、4個以上の衛星から観測点までの距離を同時に知ることにより、位置を決定するものである。図3に単独測位の概念図を示す。



図1 GNSS 受信機とアンテナ

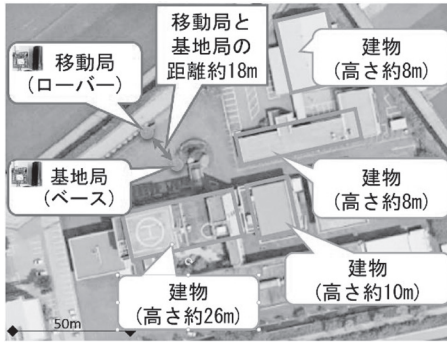


図2 GNSS測位の環境概念図

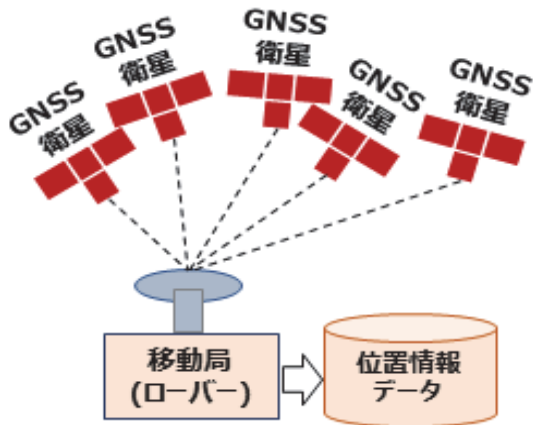


図3 単独測位の概念図

## 2.2 RTK 測位

RTK 測位は、基地局と移動局の2台受信機を使用し、GNSS 衛星を両点で位相の測定を行う。基地局は、観測した位相データを移動局に送信し、移動局は、受信データと基地局からの位相データを解析して位置情報を決定する。図4にRTK測位の概念図を示す。

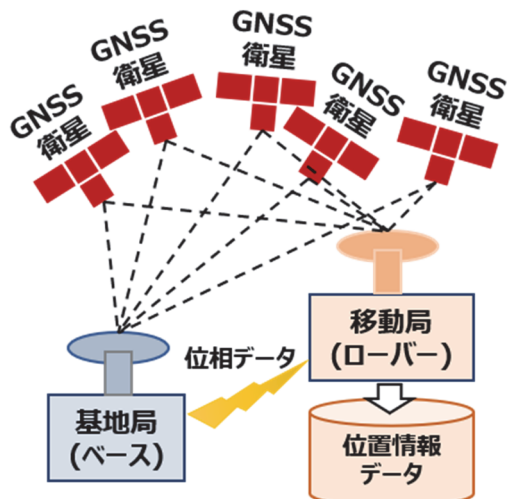


図4 RTK測位の概念図

## 2.3 衛星測位システムの評価

表1に静止している移動局の位置情報の分散を示す。10分間の単独測位の結果を図5に、RTK測位の結果を図6に示す。横軸は計測時間を、縦軸はGNSSが測定した値である緯度と経度の平均値との差をn(ナノ)度で表している。(度の場合: 1n度 = 約0.111mm)

図5と図6の結果において、静止している移動局のGNSS測位について、10分間の緯度と経度の平均値との差から基地局を使うRTK測位の有効性を示した。しかし、建物が近くにある環境では大きな誤差を発生していることが分かった。精度が劣化する要因は、建物の遮蔽で可視衛星数が少なくなることや信号強度が減衰することが考えられる。これは、図6に示すとおりRTK測位を使い、精度を上げてても十分な補正はできていません。

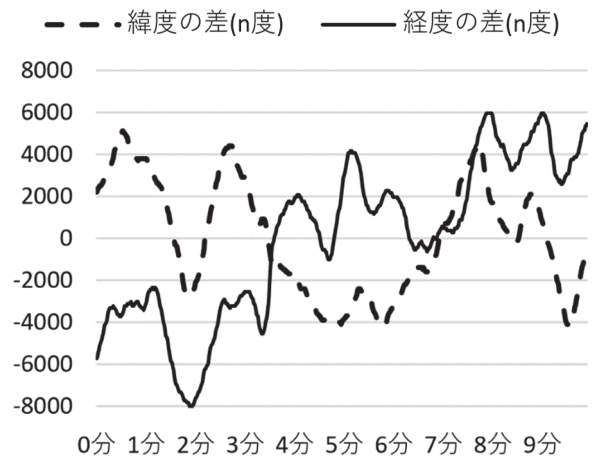


図5 10分間単独測位 平均値との差 (n度)

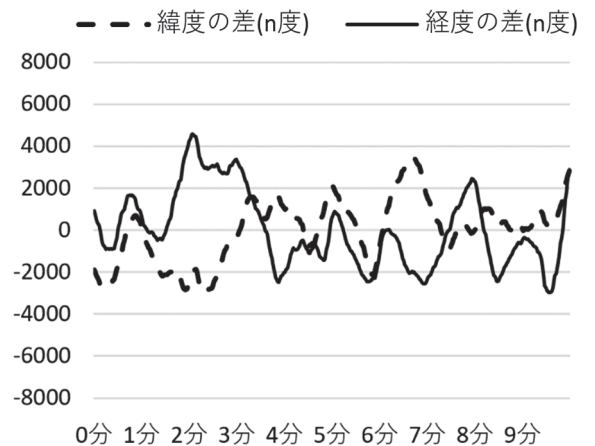


図6 10分間RTK測位平均値との差 (n度)

表1 測位の分散

	緯度の分散(度)	経度の分散(度)
単独測位	0.007422117	0.013697847
RTK 測位	0.002298493	0.003247231

### 3 NTRIP 中継局の構築

NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) は、GNSS の観測データや補正データを基地局 → NTRIP 中継局 → 移動局で送り、移動局の位置は位相データを解析し、決定する。図7にNTRIP 中継局使用の概念図を示す。

このNTRIP 中継局をLinux サーバで構築し、工業技術センターのインターネット環境で運用を行った。

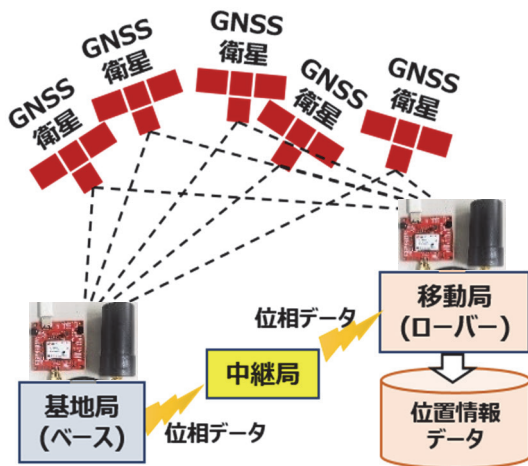


図7 NTRIP 中継局使用の概念図

### 4 衛星測位システムの時系列分析モデル

衛星測位で位置情報を決定する際、建物が近くにある環境では、壁や屋根などが衛星信号の遮蔽物となり、受信できる衛星数が少なくなることや信号強度が減衰する。RTK 測位でも十分な補正はできず、正確な位置情報の精度が落ちることが考えられる。図8に衛星数が少ない様子を示す。

今回、精度を上げるため位置データに時系列分析モデルであるLSTM を適用した実験を行った。

#### 4.1 時系列分析モデルの構成

今回開発した衛星測位システムの時系列分析モデルの構成は、静止したGNSS 移動局で補正した位置情報のGNSS データ(緯度、経度、高さ等)を定期的に取り得している。測位方式は単独測位とRTK 測位を選択できるようにした。そして、AI コンピュー

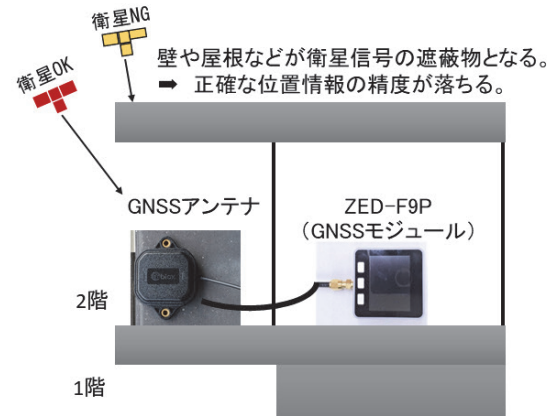


図8 衛星数が少ない様子

ターであるJetson Xavier に測位した位置情報を入力し、開発した時系列モデルの分析処理をしたあと、デスクトップのWeb ブラウザで結果を表示している。

この環境でLSTM とRNN の時系列分析モデルのプログラムを開発し、計算処理をJetson Xavier のGPU で高速に行った。図9に衛星測位システムの時系列分析モデルを示す。

位置情報の時系列データには、ノイズ(衛星数が減少、信号強度が減衰など)が加わっており、補正の効果が期待できる。また、静止している受信機なので、位置情報はすべて同じ値を取るはずである。したがって、補正した結果から、異常値を示せば地すべり検知ということになる。

#### 4.2 時系列分析のパラメータ

表2に設定できる衛星測位システムの時系列分析モデルのパラメータを示した。

本手法では、表2の実験のパラメータで稼働させ、静止している位置情報を476分間で1分間ごとにデータを取得した。そして、位置情報補正は前半の376分を学習用、後半の100分をテスト用データに分割し、補正を評価した。

表2 時系列分析のパラメータ

内容	パラメータ	実験のパラメータ
測位方式	単独測位、RTK 測位など	単独測位
位置情報	緯度、経度、高さ	緯度
測定間隔	1, 10, 60 秒 10, 30 分など	1 分
時系列分	RNN、LSTM、移動平均など	LSTM
訓練回数	10, 25, 50 回	25 回



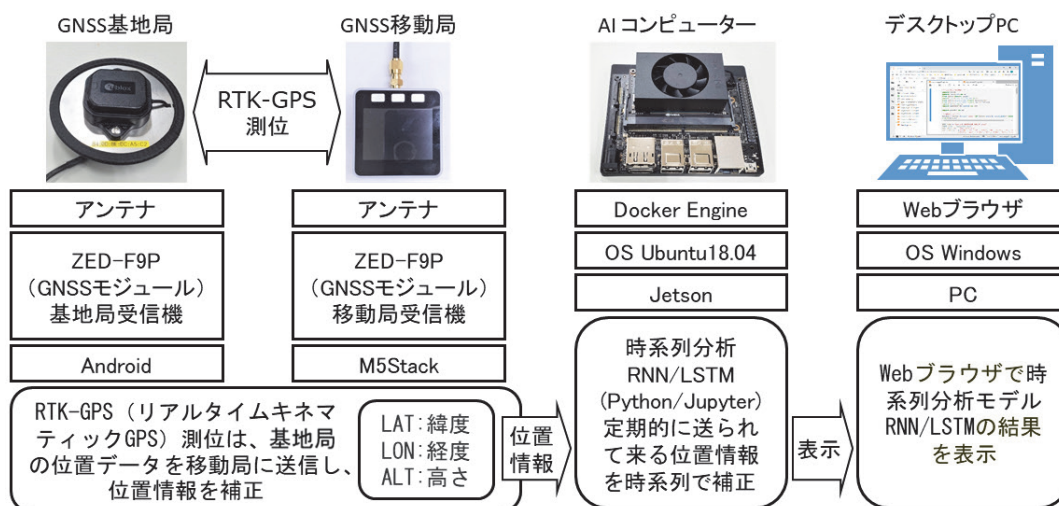


図9 衛星測位システムの時系列分析モデル

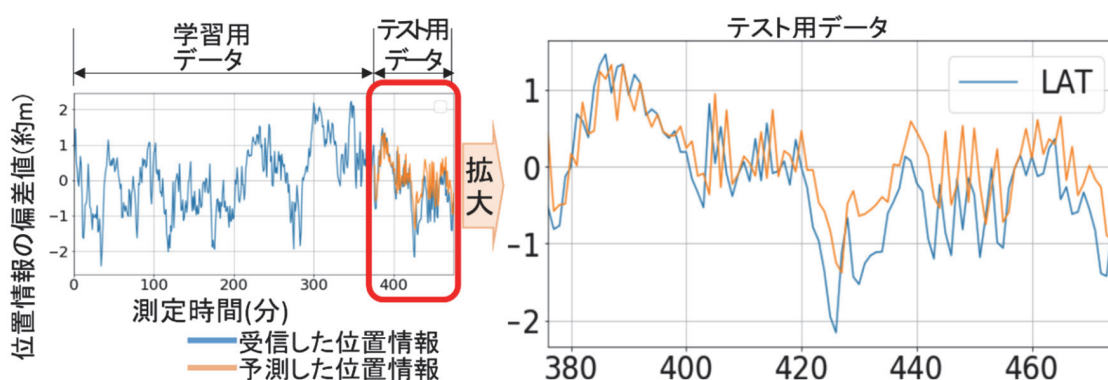


図10 位置情報補正の結果

### 4. 3 時系列分析の結果

本手法により衛星測位システムの位置情報補正を行い、時系列分析モデルより評価を行った結果を図10に示す。

図10で示すそれぞれの数値は、位置情報の偏差値(約m)である。受信した位置情報と予測した位置情報との比較で、深層学習を導入することの有効性が確かめられる。比較すると、全ての時間において提案手法の予測値に0mから約1mまでとばらつきがある。これは、ばらつきがあるものの受信した位置情報が最大約2mの誤差と比較すると、微かだが位置情報の補正を実現している。

## 5 まとめ

RTK測位は、単独測位に比べ、基地局と移動局の2台の受信機を必要とするが、測位の分散が小さくなる傾向にあり、位置情報の精度がより正確なことを確認した。しかし、地すべりの活動をモニタするには、衛星からの信号を多くとる方法やキネマティック解析等の後処理をするなど位置情報の精度を上げ

る必要がある。

予測した位置情報の精度が時間によってばらつきがあり、周期的な値等から関係性を捉えることは難しい。

今後、位置情報の精度を向上させ、RTK測位技術とNTRIP中継局を用い、防災用振動転倒検知装置と屋外自動運転台車の開発に応用していく。また、予測した位置情報の精度を向上させるために、時系列分析のパラメータをいろいろ変えて、実験を行う予定である。

### 参考文献

- 1) Nal Kalchbrenner Learning, Ivo Danihelka, Alex Graves : Grid Long Short-Term Memory
- 2) Kyunghyun Cho, Bart van Merriënboer, Caglar Gulcehre, Dzmitry Bahdanau, Fethi Bougares, Holger Schwenk, Yoshua Bengio : Phrase Representations using RNN Encoder-Decoder for Statistical Machine Translation

# CAEによる熱カレンダーロールの熱と応力の連成解析と実証

村井 正徳 上田 竜平 山下 実<sup>\*1</sup> 殿山 真央<sup>\*2</sup>

## Experimental Verification of Numerical Simulation of Thermal-Stress Coupled Field Analysis for a Thermal Calendar Roll Process Heating System

Masanori MURAI Ryuhei UETA Minoru YAMASHITA<sup>\*1</sup> Mao TONUYAMA<sup>\*2</sup>

加熱したロールで原料の紙に力を加えて均一に仕上げる熱カレンダー装置では、生産現場でのロールの変形挙動の把握が難しい。これを数値化して装置導入の事前検討や抄紙条件の決定時に利用する目的で、ロールが荷重と熱で変形する様子のCAEによる数値解析と実証実験を行った。

### 1 はじめに

熱カレンダー装置(図1)は、加熱したロールで紙に力を加えて、厚みや表面平滑性を均一に仕上げる装置で、高付加価値製品の製造に不可欠である。本研究では、これまで生産現場での可視化が難しかった熱カレンダーロールの変形挙動を数値化して、装置導入の事前検討や抄紙条件の決定時に利用する目的で、ロールが荷重と熱で変形する様子についてCAEによる数値解析と実証実験を行った。

ロールの仕様書に記載された概略構造のみで作成したモデルによる解析値と実験値を比較検証し、最適なCAEの解析条件を確立することで、より実用性を高めた。

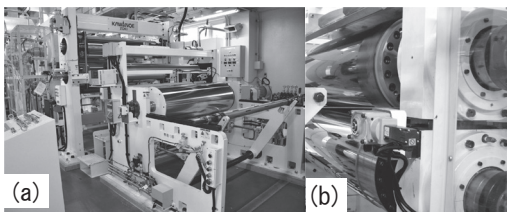


図1 熱カレンダー装置

(高知県紙産業技術センター)

(a)全体 (b)熱カレンダーロール

### 2 熱カレンダー装置の機構及び発生する変位

熱カレンダーロールの基本的な構造は、図2のように2本のロールで紙を挟んで、加熱、加圧する。片側のロールの軸受は装置のフレームにしっかりと固定され、対となるロールの軸受は油圧等で可動式になっており、紙への荷重印加に使用される。

ロールには十分な剛性があり、荷重によって生じる変形は微小である。ロールを加熱すると熱膨張が

発生して微小な変形が生じる。変形によって生じるロール各所の変位の解析結果や実測結果からロールの変形を評価した。以下には、ロールに生じる変位の特徴を述べる。

#### 2.1 荷重による変位

ロールには等方性材料である鋼材が使われることが多く、以下ではすべて等方性材料として議論を進める。

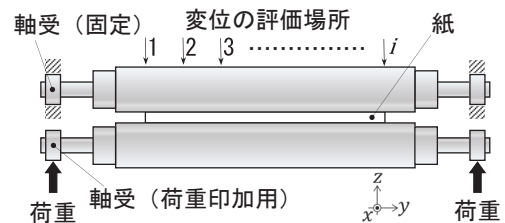


図2 熱カレンダーロールの概略構造

紙への荷重は、図2のように軸受を介して印加される。一般に、抄紙条件として荷重を扱う場合、紙の単位幅当たりに印加される力(線圧)で整理される。以降の荷重は線圧で整理する。微小変形の場合、線圧 $L_p$ とそれによって生じた任意の場所の変位 $\mathbf{u}_p = (u_{px}, u_{pz}, u_{pz})$ は、式(1)のような比例関係( $k_{px}$ 、 $k_{py}$ 、 $k_{pz}$ は比例定数)になる。

$$\mathbf{u}_p = L_p(k_{px}, k_{py}, k_{pz}) \quad (1)$$

式(1)で示した任意の場所の変位 $\mathbf{u}_p$ は、一般的に、解析的に求めることが難しいので、CAEによる数値解析がよく利用される。

図2示した固定ロールの紙と反対側の変位は、 $u_{px}$ が0である。また、ロールの円筒度は数 $\mu\text{m}$ の精度で加工されており、熱によるロールの伸び( $u_{px} \neq$

\*1 資源環境課

\*2 高知県立紙産業技術センター

0) に対しても、 $u_{pz}$ の測定値への影響が非常に小さく、実験での変位の評価が容易である。なお、 $i$ 番目の評価場所での $z$ 方向変位 $u_{piz}$ は $k_{piz}$ を比例定数として式(2)のように表すことができる。

$$u_{piz} = k_{piz}L_p \quad (2)$$

$k_{piz}$ は装置全体をばねと見なしたときのばね定数に相当する。

## 2. 2 熱による変形

自由に変形が可能な長さ $l$ の物体を加熱する場合、開始の前後とも温度分布が一様で、温度上昇が $\Delta T$ のとき、加熱後の長さ $l'$ は、線膨張係数 $\alpha$ を用いて式(3)のようになる。

$$l' = l(1 + \alpha\Delta T) \quad (3)$$

このように、自由な変形が可能な場合、応力は発生しない。一方で、温度分布が一様と見なせる微小範囲の変形を考える。その場所での温度上昇 $\Delta T$ と $x$ 、 $y$ 、 $z$ 各方向の熱ひずみ $\varepsilon_{Tx}$ 、 $\varepsilon_{Ty}$ 、 $\varepsilon_{Tz}$ の関係は式(4)のようになる<sup>1)</sup>。

$$\varepsilon_{Tx} = \varepsilon_{Ty} = \varepsilon_{Tz} = \alpha\Delta T \quad (4)$$

線圧による変形が小さく、変形が温度分布に影響しない場合、 $i$ 番目の評価場所で熱と線圧によって生じる複合的な $z$ 方向変位 $u_{iz}$ は、式(5)のように線圧によって生じる変位 $u_{piz}$ と熱によって生じる変位 $u_{Tiz}$ の和になる。

$$u_{iz} = u_{piz} + u_{Tiz} \quad (5)$$

## 2. 3 CAEによる変形の数値解析

### 2. 3. 1 構造と伝熱の連成解析

有限要素法を使った一般的な構造解析用のCAEソフトウェアは、変位の自由度を持ち、適切な境界条件を設定可能な要素<sup>2)</sup>で数値解析を行う。荷重として、線圧と熱応力が生じないときの温度を基準とした温度分布が入力可能<sup>3)</sup>であれば、任意のモデルに対して式(1)、(4)を数値解析で解くことができる。

また、有限要素法を使った一般的な伝熱解析用のCAEソフトウェアは、温度の自由度を持ち、適切な境界条件が設定可能な要素<sup>3)</sup>で数値解析を行う。こ

れを用いれば、加熱時のロールの温度分布の解析が可能である。

構造と伝熱など、複数の分野を一元的に扱う解析手法を連成解析という。連成解析は、一度の解析で必要な計算を終わらせる強連成と複数のCAEソフトウェアを連携させる弱連成の2種類に大きく分けられる。強連成に対応したCAEソフトウェアでは、変位と温度の自由度を持つ要素<sup>4)</sup>が使用可能で、変位と温度分布の両方を一度の計算で求めることができる。弱連成のCAEソフトウェアでは、ソフトウェアを連携させるため、何らかの工夫が必要になっている。

温度分布が変位に影響を与え、変位も温度分布に大きな影響を与える場合、一度で必要な計算が終了する強連成が望ましい。弱連成では、双方の結果に変化がなくなるまで構造と伝熱の計算を繰り返す必要<sup>5)</sup>がある。

本研究では、加圧によって生じるロールの変形は非常に小さく、温度分布に影響しない。このため、弱連成の一種で、はじめに温度分布を解析し、この結果を考慮に入れて変位を解析する片方向の荷重転送法<sup>5)</sup>や逐次物理連成<sup>6)</sup>と呼ばれる手法が使用できる。この方法は、2回に分けての解析が必要であるが、要求メモリ容量が少なく、合計の計算時間も強連成よりも短い特徴がある。なお、CAEソフトウェアにはANSYS<sup>®</sup> Mechanical 19.2を使用した。

### 2. 3. 2 解析モデル

熱カレンダーロールの詳細構造は公開されないことが多い。本研究で使用したロールは、二重構造になっており、仕様書等で一部の寸法が公開されている。そこで、公開された主要構造のみで、対称性を考慮した図3のような2分の1モデルを構築した。図1に示した本研究の解析と実験に使用したロールの材料は、ロール外部には軸受鋼SUS2が、軸部の材質には、炭素鋼S45Cが使用されていた。物性値として、縦弾性係数は炭素鋼で205GPa、軸受鋼で208GP、横弾性係数は炭素鋼で82GPa、軸受鋼で80GPを用いた。熱伝導率は炭素鋼で45W/mK、軸受鋼で45W/mK、線膨張係数は文献<sup>8)</sup>から0~300°Cのときの値を採用し、炭素鋼 $13.0 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ 、軸受鋼 $13.4 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ とした。

一段階目の伝熱解析の境界条件は、図3のように設定した。内部温度は一様とし、ロールの外側中央の温度が所定の値になるように調整した。ロールの加



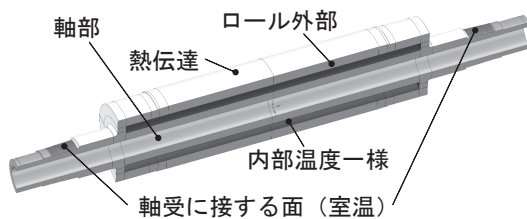


図3 熱カレンダーロールの主要構造と伝熱解析の境界条件

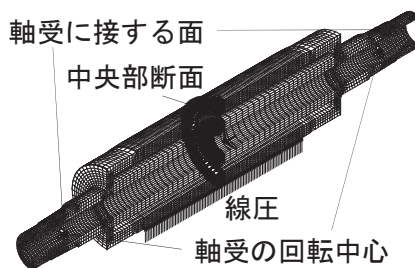


図4 構造解析の境界条件とメッシュ分割

熱中でも、熱カレンダー装置のフレーム部分の温度が室温から大きく変化しないことが経験から分かっており、軸受に接する面の温度は室温に設定した。軸受間の外部は、熱伝達係数  $2 \times 10^{-5} \text{W/mm} \cdot \text{°C}$  に設定した。その他の面は断熱とした。

二段階目の構造解析では、伝熱解析の結果から熱分布を設定した。対称性を考慮して2分の1にした線圧を荷重として印加した(図4)。

熱カレンダーロールの軸受には、熱膨張した場合でも円滑に動作するように、想定される間隙よりも大きな内部隙間を設定した自動調心ころ軸受が使われている。図3と4で示した軸受に接する面の境界条件は、ANSYS® MechanicalのGUI(グラフィカルインターフェース)であるWorkbench上で以下のようなリモート変位<sup>6)</sup>として設定した。

- 自動調心軸受の球面中心をリモート変位の原点に設定した。
- リモート変位の挙動は弾性体に設定した。
- ロールの軸方向(図2のy方向)の変位は自由とし、その他の方向(x, z方向)の変位は拘束した。
- ロールの軸周り(y軸周り)の回転を拘束し、x、z軸周りについては、リモート変位の原点(軸受の回転中心)を中心に自由に回転できるように設定した。

ソフトウェアの内部コマンドをマニュアルで確認すると、このリモート変位の設定は、軸受に接する面が以下のような剛体面と接触している場合に相当

している。

- 軸受に接する面はこの剛体面上を自由に滑ることができる(ロールは自由に回転可能)。
- この剛体面の並進運動は、y方向のみ自由とし、その他の方向については拘束した(ロールの回転軸の位置が固定)。
- この剛体面は、軸受の回転中心でx、z軸周りに自由に回転可能とし(自動調心の回転が可能)、y軸周りは固定した。

このように、境界条件を設定した場合、追加した剛体面とロールにy方向の変位を拘束するものがなく、計算が発散するおそれがある。ロールの中央部断面を対称面と考えて、y方向の自由度を拘束した。実際のロールでは、軸の片側に回転機構があり、反対側にはロール内部にある加熱装置へ給電するための端子等があるので、完全に対称な変位になるとは限らないことに注意する必要がある。追加面には、ソフトウェアから自動的に非常に弱いばねが付加される。

### 3 ロールに生じる変位の測定方法

#### 3.1 変位センサの設置

第2.1節で述べたように、固定ロールの荷重が負荷される面の反対側の変位が測定しやすいため、図1に示した装置の上段ロールの上側に、5個の変位センサを設置した(図5)。設置場所は、ロールの中央と中央からの距離が25cmと50cmのところである。中央と中央からの距離が50cmの3か所には、渦電流式の変位センサ((株)オムロン製ZX-EM02H)を使用し、他の2か所には、レーザセンサ((株)オムロン製ZX2-LD50V)を使用した。

ロールを加熱すると、ロール周辺に発生した対流や放射によって、変位センサやそれを固定する治具も加熱される。温度が変化して、治具に熱変形が生じると、変位の測定に影響を与える。したがって、

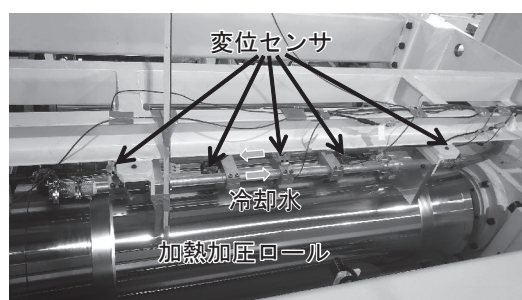


図5 変位センサの設置

治具の温度を一定に保つため、ロールの上側からセンサを支える梁の部分に冷却水を通した。

### 3. 2 軸受内部の隙間の影響

第2. 3. 2節で述べたように熱カレンダーロールに使用される自動調心ころ軸受では、自動調心の機能が安定して動作するように、内部に隙間が設けられている。回転軸の位置を精密に保持するためには、内部に隙間のない他の形式の軸受の方がよいが、ロールを加熱したときに生じる伸びを吸収するため、隙間を想定される間隙よりも大きくしたものが採用されることが多い。本研究の実験に使用する熱カレンダー装置(図1)でも、テーパー穴で、内部隙間が標準より大きく設定された軸受 (NTN(株)製 23140EMKD1 C3) が使われている。ロール、軸受、装置のすべてが微小な弾性変形をしていれば、式(2)のように線圧と変位は比例関係になるが、軸受内部に隙間があるので、隙間がなくなるまでは小さな線圧で大きな変位が生じる。この隙間によって生じる*i*番目の評価場所での変位を $\Delta u_i$ とすると式(2)は式(6)のように修正できる。

$$u_{piz} = k_{piz}L_p + \Delta u_i \quad (6)$$

### 3. 3 軸受、装置本体の変形の影響

軸受や装置本体は荷重によってわずかに変形する。2本のロールの軸が平行で、両側の軸受到均等な力がかかる場合でも、軸受や装置本体のわずかな変形によって変位の測定値には影響が生じる。荷重の方向からロールの軸中心の変位は*z*方向のみ考慮すれば十分で、線圧に比例するので、式(7)のように表すことができる。

$$u_{bz} = k_b L_p \quad (7)$$

ただし、 $u_{bz}$ は軸中心の*z*方向変位、 $k_b$ は比例定数で、軸受のばね定数に相当する。ロールの変形によって生じる*i*番目の評価場所での*z*方向の変位 $u_{riz}$ と軸中心の*z*方向変位 $u_{bz}$ を使って、式(6)を表すと式(8)のようになる。

$$u_{piz} = u_{riz} + u_{bz} + \Delta u_i \quad (8)$$

式(8)を線圧で整理すると式(9)のようになる。

$$u_{piz} = (k_{ri} + k_b)L_p + \Delta u_i \quad (9)$$

ただし、 $u_{riz} = k_{ri}L_p$ で、 $k_{ri}$ は比例定数で、*i*番目の評価場所でのロールのばね定数に相当する。

### 3. 4 実験条件

軸受の内部隙間がなければ、式(2)のように線圧と変位は比例関係になるので、荷重の変化は最小限でよい。実際には、式(9)のようになっているので、 $k_b$ や $\Delta u_i$ は実験値と解析値を比較して推定する必要がある。そこで、統計的な処理を可能にするため、表1のように温度条件を4段階と線圧を6段階に設定した。実験当日の室温は15°Cである。ロールの昇温時とロールへの荷重が無い状態でセンサのゼロ点を取る際は、ロール間には何も挿入しなかった。一方、線圧を加える際のみ、ロールの損傷防止のため幅1mの紙を挿入した。装置の処理速度は5m/min(ロール回転数:3.54rpm)とした。ロールを回転させながら、表1に示した所定温度まで加熱し、安定した後に読み所定の線圧を加えて、センサの読みを記録した。

表1 温度と線圧の設定

ロール温度 (°C)	線圧 (kN/m)
15(室温)	0
100	50
150	100
200	150
-	200
-	250

## 4 結果

### 4. 1 解析結果

第2. 3. 1節で述べた伝熱解析の条件では、各所の温度と初期温度である室温との差は、内部温度と室温の差に比例する。この性質を利用すると、1度の予備解析で、ロールの外側中央の温度が所定の値になるように調整できる。ロール温度が15°C、線圧が0kN/mのとき、変位を0とし、表1の実験条件に合わせて、数値解析を行った。

逐次物理連成解析の第1段階目の伝熱解析結果の一例として、ロール温度を200°Cに設定したときの温度分布を等温線図で示すと図6のようになった。ただし、単位は°Cで、対称性を考慮して、解析モデルの4分の1のみを表示した。図6で、ロールの内部は200.5°CのマークHの線で囲まれており、設定温度の200°Cよりも高温であることが分かる。199.5°CのマークGの線はロール端部の一段細くな



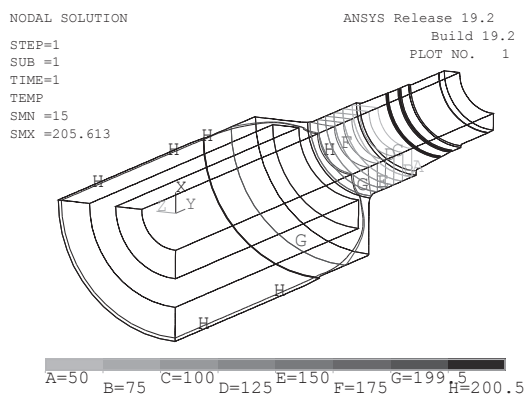


図6 ロール温度を200°Cに設定したときの伝熱解析結果

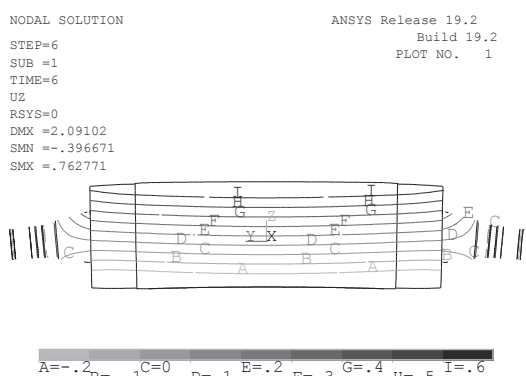


図7 ロール温度を200°C、線圧を250kN/mに設定したときのz方向変位

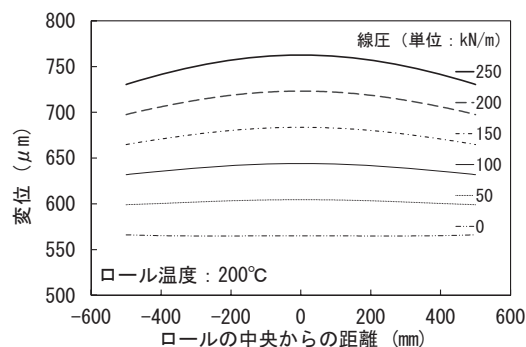


図8 ロール温度を200°Cに設定したときの評価場所でのz方向変位の解析結果

ったところにある。紙を挟む円筒部分の表面温度は、マークG (199.5°C) とマークH (200.5°C) の間になっていることから、設定温度の±0.5°C以内というロールの仕様は解析モデル上で再現できた。

逐次物理連成解析の第2段階の構造解析結果の一例として、ロール温度を200°C、線圧を250kN/mに設定したときのz方向変位を等変位線図で示すと図7のようになった。ただし、変形は200倍に拡大し

て表示した。図7からロールに加わる荷重が一樣であっても、図2で示した変位の評価場所では、中央部が大きいアーチ型になることが分かる。

本研究では実験値と解析値の比較のため、図2で示したように、ロールに線圧を加える面の反対側で変位を評価する。一例として、ロール温度を200°Cに設定したときに、線圧をパラメータにして、評価場所で生じたz方向変位の解析結果を示すと図8のようになった。ただし、x軸は、ロールの長手方向の位置を表し、x=0は中央で、負の方向の端部にロールの駆動装置がある。

#### 4.2 時刻歴から変位の抽出

第3.4節で述べたように、昇温を開始し、設定温度で安定した後、線圧を50kN/mごとに250kN/mまで上げ、すべての計測が終了した時点で、次の昇温行程に入ると同時に線圧を除荷する作業を、ロールの設定温度ごとに繰り返した。データロガーには温度ごとに時刻歴が保存される。典型例として、ロール温度を100°Cに設定したとき、中央部に設置したセンサから取得したデータは図9のようになった。

図9から、線圧を50kN/mに設定したときのデー

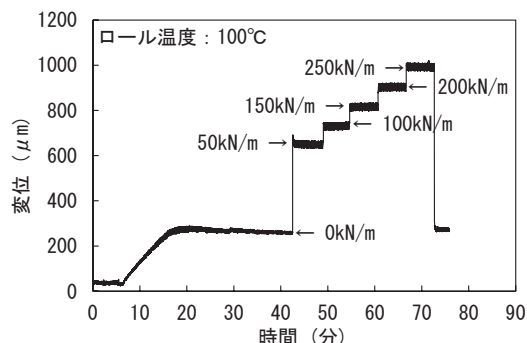


図9 ロール温度を100°Cに設定したときのロール中央部での時刻歴

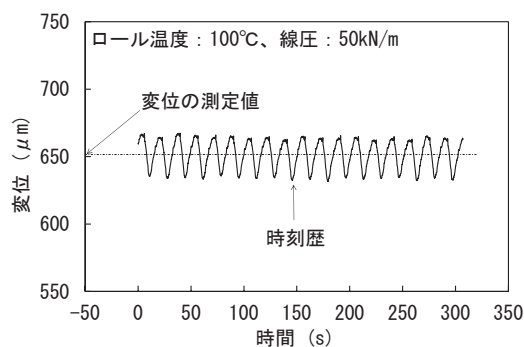


図10 ロール温度を100°C、線圧を250kN/mに設定したときのロール中央部での振れ回り振動

タ、約 5 分間分 (サンプリング周期:0.1s、3072 点分) を取り出すと、図 10 のようになった。時刻歴では、ロールの回転に同機した振れ回り振動が見られた。ロールの回転数が 3.54rpm と小さいことから、この振動は、ロールの組立誤差又は軸受に起因し、ロールの変形とは無関係と考えられる。そこで、図 10 のように DC 成分を抽出して変位とすることを考える。振動現象を時系列表示から、周波数領域での表示に変換する方法として高速フーリエ変換 (FFT) がよく用いられる。FFT 処理し、0Hz でのスペクトル密度から逆高速フーリエ変換 (IFFT) したデータを、変位の測定値とした。ただし、ロールの設定温度が 15°C、線圧が 0kN/m のときの変位は 0 $\mu$ m とした。

### 4. 3 線圧による変形

第 4. 2 節で述べた方法で求めた変位と線圧の関係を、典型的な例として、ロール温度を 100°C に設定したときのロール中央部 ( $x = 0$  の位置) のみ示すと図 11 のようになった。温度と評価場所ごとに回帰直線の傾きと Y 切片を求めると表 2 のようになった。この回帰直線の傾きが式 (9) の傾き ( $k_{ri} + k_b$ ) の実験値  $\overline{k_{ei}}$  である。以後、実験値には変数の上側にバー、解析値には下側にバーをつけて区別する。

第 2. 3. 2 節で述べた条件で数値解析を行うと、式 (9) の比例定数  $k_{ri}$  の解析値  $\underline{k_{ri}}$  は、温度依存性がなく、評価場所ごとに一定値になる。

式 (9) の傾き ( $k_{ri} + k_b$ ) の実験値  $\overline{k_{ei}}$  の定義から、式 (7) の比例定数  $k_b$  の実験値  $\overline{k_b}$  は式 (10) のように表すことができる。

$$\overline{k_b} = \overline{k_{ei}} - \overline{k_{ri}} \quad (10)$$

ロールの変形によって生じる変位  $k_{ri}L_p$  の実験値と解析値がほぼ等しいと仮定すると式 (11) のようになり、式 (10) は式 (12) のように既知の値である  $\overline{k_{ei}}$  と  $\underline{k_{ri}}$  で表示することができる。

$$\overline{k_{ri}} \cong \underline{k_{ri}} \quad (11)$$

$$\overline{k_b} \cong \overline{k_{ei}} - \underline{k_{ri}} \quad (12)$$

式 (12) は、表 2 で示した温度ごと、評価場所ごとの実験値と評価場所ごと解析値  $\underline{k_{ri}}$  から、ロールの軸中心の変位を記述した式 (7) の比例定数  $k_b$  の実験値

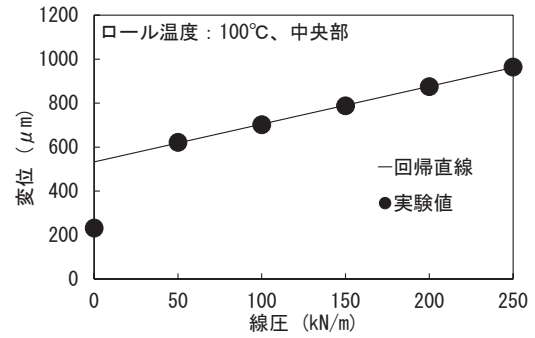


図 11 ロール温度を 100°C に設定したときの線圧と中央部の変位の関係

表 2 回帰直線の傾き  $\overline{k_{ei}}$  (単位:  $\mu\text{m}/(\text{kN}/\text{m})$ ) と Y 切片 (単位:  $\mu\text{m}$ )

	温度 (°C)	評価場所の x 座標 (mm)				
		-500	-250	0	250	500
傾き	15	1.51	1.72	1.72	1.68	1.55
	100	1.50	1.70	1.72	1.68	1.48
	150	1.48	1.67	1.66	1.65	1.54
	200	1.56	1.74	1.77	1.71	1.60
	解析値	0.657	0.756	0.791	0.756	0.657
Y 切片	15	304.4	327.9	318.8	315.6	334.6
	100	540.2	568.9	532.5	549.2	583.2
	150	653.0	689.1	646.2	653.5	686.1
	200	768.4	804.6	747.8	760.4	809.6

$k_b$  が推定できることを示している。表 2 に示した実験値と解析値から、求めた値を平均すると、 $\underline{k_b} = 0.907$  ( $\mu\text{m}/(\text{kN}/\text{m})$ ) となった。これは、50kN/m ずつ線圧を増加させたときに、45.4 $\mu$ m ずつロールの軸中心が変位することを表している。ロールの軸中心の位置が変化すること考慮し、以後の解析結果では線圧が 50kN/m 増加するごとに、z 方向変位の解析値に 45.4 $\mu$ m ずつ上乗せしたものを新たな解析値とした。

変位の測定値から、表 2 に示した Y 切片の値を差し引くと、回帰直線が原点を通り、線圧と変位の関係が式 (2) のような比例関係になるので、これを線圧

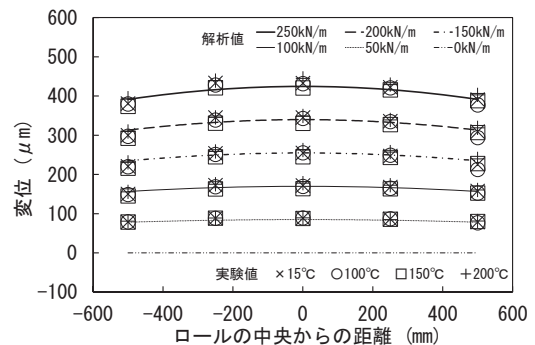


図 12 線圧によるロールの変形

によってロールが変形したときに生じる変位の実験値とした。このときの実験値と解析値を、横軸がロールの中央からの距離（評価場所の $x$ 座標）、縦軸が変位、線圧をパラメータとして、表示すると図12のようになった。変位の実験値と解析値がよく一致しているため、式(11)の仮定の妥当性が検証できた。

#### 4. 4 温度の影響

ロール温度を15°C、線圧を0kN/mに設定したときのロールの変位を0 $\mu\text{m}$ とし、線圧を負荷せずに、ロール温度のみを変化させたときの変位は、表3のようになった。経験上、ロール温度の設定を変えても、軸受付近で温度変化は生じない。これは、式(3)に示したように、軸受付近での変位が小さく、ロールの軸中心があまり動かないことを示している。したがって、表3に示した値がロールの設定温度を変えたときに生じる変位で、式(5)の $u_{Tiz}$ 項の実験値である。式(9)で、軸受の隙間の影響で生じる変位 $\Delta u_i$ の項を取り除いたとき、線圧によって生じる変位 $u_{piz}$ の実験値を図12に示した。式(5)から、熱と線圧によって生じる複合的な $z$ 方向変位 $u_{iz}$ は $u_{piz}$ と $u_{Tiz}$ の和であるから、図12に示したものと表3に示したものの和をとって、図12と同様に横軸がロールの中央からの距離（評価場所の $x$ 座標）、縦軸を変位で表示すると図13のようになった。図13から全体の傾向が一致することが分かった。

表3 線圧が0kN/mのときに、ロールの加熱で生じた変位

温度 (°C)	評価場所 $x$ (mm)				
	-500	-250	0	250	500
100	247.6	256.2	231.7	248.8	263.8
150	414.6	432.5	401.1	405.5	428.7
200	601.2	620.9	572.2	578.6	634.2

#### 5 考察

本研究で用いた図3や4の解析モデルは、仕様書に記載されたわずかなデータから作成したもので、実際の構造とかけ離れているが、図12で示したように、線圧の影響はよく一致している。また、図13から、温度特性を含む全体の傾向が一致しているので、装置に要求される抄紙の条件として、線圧、温度等が既知であれば、CAEによる解析で変位状態の数値化が可能と考えられる。なお、ロールの簡易モデルから算出した表2の解析値やロールの軸中心の変位と線圧の関係を表す比例定数を算出する本作業

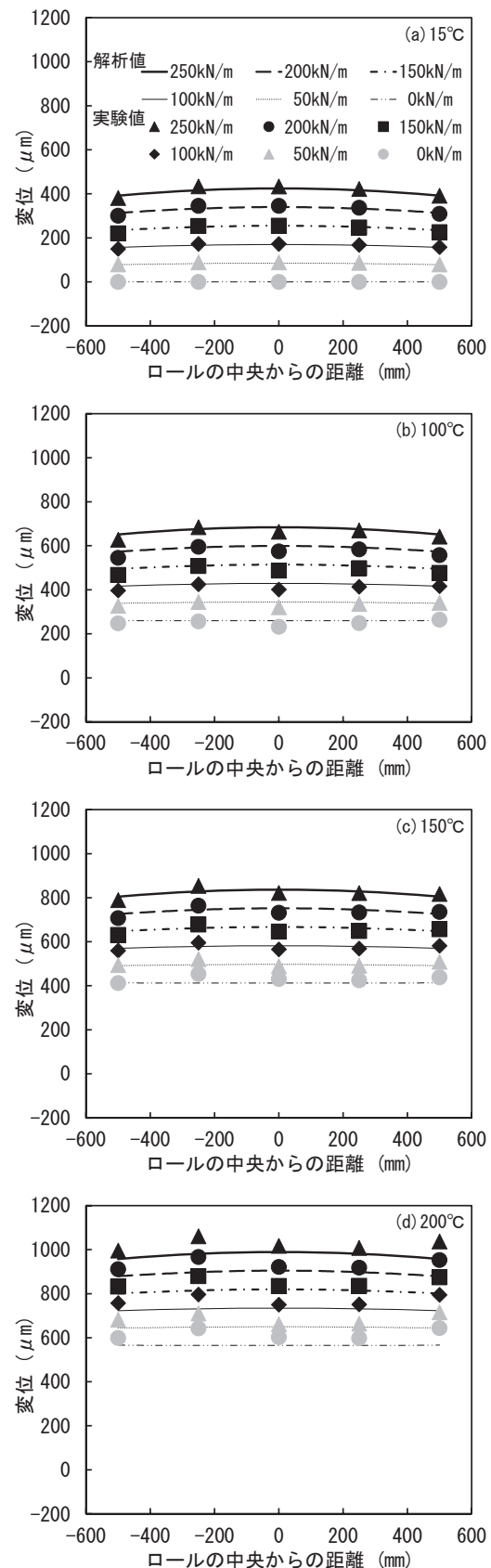


図13 ロール温度を200°Cに設定したときの伝熱解析結果  
ロールの設定温度：(a) 15°C (b) 100°C (c) 100°C (d) 200°C

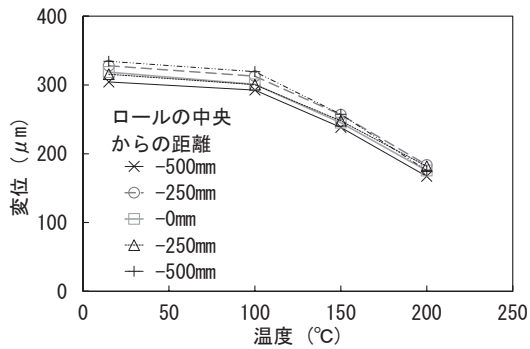


図 14 軸受の内部隙間の影響によって生じる変位

は、解析値と実験値の簡便なフィッティング法として、詳細なモデルの作成が現実的でない軸受や装置本体の影響を簡易的に表すことが有効であることが示された。しかし、CAE による数値解析のみで抄紙条件を決定するためには、実験値と解析値を現状より精度を上げて一致させる必要があると考えている。特に、図 13 については全体の傾向が一致しているが、詳細を見ると、温度が高いほど解析結果が小さくなる傾向がみられた。温度を変えると実験値がばらつく傾向もみられた。これらの理由については、以下のように考えた。

まず、温度が変化すると中心軸の位置は、z 軸正方向に移動する可能性があると考えている。式(6)で示した軸受の内部隙間の影響によって生じる変位 $\Delta u_i$ の温度ごとの実験値は、表 2 の Y 切片の値から、表 3 の加熱で生じた変位を差し引くと得られ、図 14 のようになる。この値は、ロール温度が高くなると小さくなっており、ロールが軸方向に伸びたことによって、軸受内部の状態が変わることを示している。また、ロールの軸方向の伸び影響は、二つの軸受に均等に現れるとは限らず、変位の測定値との関係は、今後の検討課題となった。

次に変位センサの熱影響が考えられる。ロール温度が高くなると、変位センサは室温から最大 60°C 程度まで上昇した。渦電流式の変位センサについては、周囲温度が変化したときの温度特性をメーカーが公表しているが、本研究では補正を行っていないため、補正の有無による影響の検証も必要である。レーザーセンサについては、ノイズが大きく、一部で使用可能温度範囲 (50°C) を超えることがあった。図 12 に示した線圧によるロールの変形の結果からは、問題がないように見えるが、何らかのトラブルが発生していた可能性も考えられる。

## 6 まとめ

仕様書に記載された概略構造のみで作成したモデルによる熱カレンダーロールの変位の解析値と実機による実験値の比較検証により、以下のことが明らかになった。

- ・仕様書に記載された概略構造のみで作成したモデルによる解析値でも、装置導入の事前検討には使用可能である。
- ・CAE による数値解析のみで抄紙条件を決定するためには、実験値と解析値をより精度良く一致させる必要がある。
- ・軸受や本体の変形の影響を簡易的に補正し、実験値と解析値の比較が容易になる方法を示した。
- ・ロールの温度が変化したときの軸中心の位置変化については、今後の課題となった。

## 参考文献

- 1) 阿部博之、関根英樹：弾性学、コロナ社、(1983) 53
- 2) ANSYS® Mechanical APDL、リリース 19.2、ヘルプ・システム、エレメントリファレンス 7. 要素ライブラリ 3次元 20 節点構造ソリッドソリッド SOLID186、ANSYS, Inc.
- 3) ANSYS® Mechanical APDL、リリース 19.2、ヘルプ・システム、エレメントリファレンス 7. 要素ライブラリ 3次元 20 節点伝熱ソリッド SOLID90、ANSYS, Inc.
- 4) ANSYS® Mechanical APDL、リリース 19.2、ヘルプ・システム、エレメントリファレンス 7. 要素ライブラリ 3次元 20 節点連成場ソリッド SOLID226、ANSYS, Inc.
- 5) ANSYS® Mechanical APDL、リリース 19.2、ヘルプ・システム、連成場解析ガイド 第3章 荷重転送法連成場解析、ANSYS, Inc.
- 6) ANSYS® Workbench、リリース 19.2、ヘルプ・システム、ユーザズガイド 3.4. 2番目のシステムの作成とリンク、ANSYS, Inc.
- 7) ANSYS® Mechanical アプリケーション、リリース 19.2、ヘルプ・システム、Mechanical ユーザズガイド 17.2.3.3. リモート境界条件、ANSYS, Inc.
- 8) 社団法人 日本金属学会編：金属データブック、丸善株式会社、(2004) 132

資源環境課



# 養液栽培用成分濃度推測システムの構築と液肥調整装置の開発

隅田 隆 伊吹 哲

## Construction of component concentration estimation system for nutrient solution cultivation and development of liquid fertilizer adjustment device

Takashi SUMIDA Satoru IBUKI\*

循環方式の養液栽培において、イオン電極計と電気伝導率計を用いた液肥の各成分を推測する技術開発に取り組んでいる。イオン電極計の精度を調べた結果、一般的な測定方法であるイオンクロマトグラフ法や原子吸光分光法と比較することで信頼性の高いことを確認した。実測及び計算それぞれで求めた電気伝導率を比較した結果、両者の相関係数 ( $R^2$ ) が 0.97 と高い相関を確認した。

### 1 はじめに

循環方式での養液栽培は、土を使わずに肥料を水に溶かした液肥を循環させて、繰り返し利用しながら作物を栽培する方法である。みどりの食料システム戦略（農林水産省 2021 年）では、2050 年までに輸入原料や化石燃料を原料とした化学肥料の使用量の 30%低減を目標としている。循環方式での養液栽培は、肥料の再利用であるため、目標に向けた有効な技術と考えられる。野菜・花きの多くの品目では養液栽培の普及が進んでおり、循環方式での養液栽培が今後さらなる普及が見込まれる。しかしながら、養液栽培では液肥成分の調整は電気伝導率計が主流だが、循環方式により繰り返し使用することで作物に吸収されない成分などが電気伝導率 (EC) を変化させ、液肥調整に影響を与えるため正確な濃度調整ができなくなる可能性が考えられる<sup>1)~3)</sup>。

本研究は、この課題を解決するため、電気伝導率計に最低限のイオン電極計を加えることによって液肥の各成分濃度を推測し、適正な組成に調整する装置の開発に取り組んでいる。本報では、装置の要となるイオン電極計の精度確認、液肥成分を推測するために必要な計算式を構築するための実測と理論値の比較を行ったので報告する。

### 2 実験方法

#### 2. 1 測定装置

液肥の測定では、イオン電極計（堀場アドバンスドテクノ F-74）、電気伝導率計（東亜 DKK AOL-40）、原子吸光分光分析装置（アナリテックイェナ novAA800F）、ICP 発光分析装置（SII VISTA-PRO）、分光光度計（SHIMADZU UV-1800）、イオンクロマトグ

ラフ（日本ダイオネクス DX-320）、全有機炭素計（SHIMADZU VOC-V<sub>GH</sub>）を用いた。

#### 2. 2 測定項目

測定項目は、ナトリウムイオン、カリウムイオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオン、アンモニウムイオン、塩素イオン、硝酸イオン、リン酸イオン、硫酸イオン、炭酸イオン、全有機炭素を測定した。ここで、原子吸光分光法もしくは ICP 発光分光法を用いて、ナトリウム、カリウム、カルシウム、マグネシウムを測定した。これらの手法では、元素の励起状態での元素特有の波長を測光するため、イオンでなくトータルの元素量を測定することとなるが<sup>4)</sup>、両者の濃度の差はほとんどないと考えられ、また、本報ではイオンについて論じるため元素イオン表記とした。

#### 2. 3 イオン電極計の精度確認

ほ場での測定を想定しているイオン電極計とラボ等試験室で測定を行う原子吸光分光分析装置及びイオンクロマトグラフとの測定結果を比較することで測定精度を調べた。測定項目は硝酸イオンとカリウムイオンの2つの項目とした。

#### 2. 4 EC の実測値と計算値の比較

(1)式に示した Kohlrausch のイオン独立移動の法則<sup>5)</sup>により、溶液を極限まで希釈することで溶液の当量電気伝導率は存在するイオンの当量電気伝導率の合計で求めることができる。これは、無限希釈によりイオン間の相互作用が無視できるという考えに基づいている。ここで、当量電気伝導率とは1当量あたりの EC 値である。

表1 イオン電極計での液肥測定結果 (n=8)

	硝酸イオン				カリウムイオン			
	液肥 A	液肥 B	液肥 C	液肥 D	液肥 A	液肥 B	液肥 C	液肥 D
測定値 (mg/L)	430	350	510	440	100	100	110	160
標準偏差 (mg/L)	18	21	77	50	14	11	37	48
標準偏差率 (%)	4.2	6.0	15	11	13	11	35	30
別法測定値 (mg/L)	420	370	470	440	100	110	110	170
	イオンクロマトグラフ法				原子吸光分光法			

$$\Lambda_0 = \lambda_{0+} + \lambda_{0-} \quad (1)式$$

$\Lambda_0$ : 極限当量電気伝導率、 $\lambda_{0+}$ 、 $\lambda_{0-}$ : カチオン・アニオン極限当量電気伝導率

また、計算による EC は、実測したカチオンやアニオンの各成分の当量濃度にそれぞれのイオンの極限当量電気伝導率を乗じ合計することで求めることができるが、(1)式で述べたとおり無限に希釈しなければ、実存溶液ではイオン間の静電気力等相互作用により EC の値に影響が生じる。そこで、活量と呼ばれるイオン間の影響をできるだけ少なくした実効濃度を用いることとした。活量については、以下の(2)式で求めることができる。

$$a_i = f_i \times c_i \quad (2)式$$

$a_i$ : 活量、 $f_i$ : 活量係数、 $c_i$ : イオン  $i$  の濃度

ここで、活量係数は Debye - Hückel の理論<sup>9)</sup>からイオンの電荷と濃度の関係式として(3)式で求めることができる。

$$\log f_i = - \frac{AZ_i^2\sqrt{\mu}}{1+B\alpha\sqrt{\mu}} \quad (3)式$$

A: 定数 0.509 (25°C)、B: 定数  $3.29 \times 10^7$  (25°C)、 $Z_i$ : イオンの価数、 $\alpha$ : 水和イオン径に相当するパラメーター、 $\mu$ : イオン強度

また、イオン強度とはイオン間相互作用の大きさである強度を表す量として定義され(4)式で表す。

$$\mu = \frac{1}{2} \sum (c_i \times Z_i^2) \quad (4)式$$

以上(2)~(4)式から活量を求め、前項の極限当量電気伝導率に乗ずることで液肥中の各成分の EC となり、それらを合計することで計算値の EC とした。

実測で求めた EC と上記により計算で求めた EC を比較した。

## 2. 5 電荷収支

液肥の測定結果から化学種の電荷バランスの確認のため、アニオン、カチオンについてその合計を求め比較した。

## 3 結果及び考察

### 3. 1 イオン電極計の精度確認

表1に硝酸イオンとカリウムイオンの測定結果を示す。各液肥の測定値はイオンクロマトグラフ法や原子吸光分光法の測定値と近い値を得ることが確認できた。しかしながら、測定によっては、標準偏差率が高くばらつきが大きいことがあり、測定結果にはばらつきを考慮した取り扱いが必要と思われる。

### 3. 2 EC 実測値と EC 計算値の比較

2019年から2年間にかけて、循環方式の養液栽培を行っているほ場にて液肥成分を測定した。得られた各種成分濃度から EC を計算し、実測の EC と比較した。その結果を図2に示す。図2の近似式が示す EC 計算値と EC 実測値の誤差の影響については、液の EC が 100~200 (mS/m) 程度であることから誤差が 4%程度であり問題がないものと考えられる。また、両者の相関係数 ( $R^2$ ) は 0.97 と高い相関が認められ、活量を用いての EC 値が有効であると思われる。

### 3. 3 電荷収支

前項の測定結果の平均値を表2に示す。表2により、アニオン、カチオンの合計はそれぞれ 9.6meq/L、10.3meq/L だった。なお、測定試料の平均 pH は 5.86 でありほぼ中性であるため、水素イオン、水酸化イオンの濃度は相対的に非常に低くなるため除外した。

一般的にアニオン、カチオン両者の計は電氣的に中性であるが、測定結果での差は 0.7meq/L カチオン

リッチとなった。今回の測定で、全有機炭素の平均値が1.5mM 検出しており、養液栽培で作物や培地からの溶出される有機酸等のアニオンが存在していることが推測される。このため、有機酸を測定していない分、アニオンの合計値がカチオン合計値を下回る結果となったと思われる。したがって、電荷の収支では、アニオンに0.7meq/Lを加算することで補正することとした。

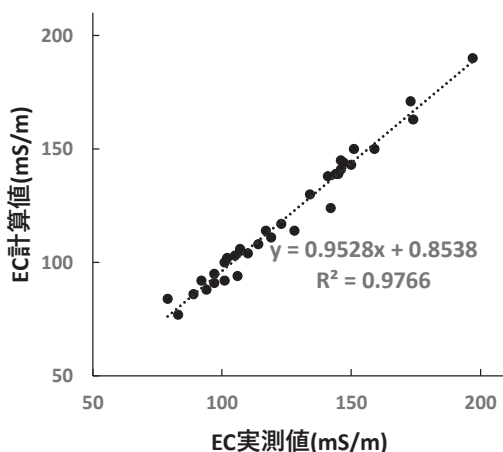


図2 実測したECと計算により求めたECの比較

表2 測定した液肥成分の平均値

アニオン	値 (meq/L)	カチオン	値 (meq/L)
Cl <sup>-</sup>	0.58	Na <sup>+</sup>	0.83
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	7.7	K <sup>+</sup>	3.14
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.77	Ca <sup>2+</sup>	4.53
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.45	Mg <sup>2+</sup>	1.11
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.06	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.65
計	9.6	計	10.3

### 3. 4 成分濃度推測システムの構築

前項までのEC実測値と計算値、電荷収支により、液肥の成分の濃度を推測する計算式(5)(6)を考察した。

$$\text{実測値 EC} = \text{計算値 EC} \quad (5) \text{式}$$

$$\text{カチオンの合計値} = \text{アニオンの合計値} \quad (6) \text{式}$$

ここで、循環方式の養液栽培での液肥経路は閉鎖系であり、液肥の補充と農作物への吸収が濃度変化として現れる。このため、液肥以外の成分は濃度が低くおおむね一定であると考えられ、定数として取り扱うことができる。液肥成分に関しては、最低限のイオン電極で測定することで未測定成分を(5)、(6)式で求めることが可能となる。

このため、例えば液肥の三大成分である窒素、リン、カリの濃度を把握したい場合では、イオン電極計でうへの成分のうち1成分を測定し、その他の2成分を(5)、(6)式により求めることができる。

これらの精度確認については、今後検証を行いシステムの構築に取り組む予定である。

## 4 まとめ

循環方式の養液栽培における液肥成分濃度の推測システム構築のために、イオン電極計の精度確認及び液肥の実測値と理論値の比較を行った。

イオン電極計の精度では、正確度は10%以下の誤差となったが、繰り返し測定でのばらつきが4%~最大35%となった。現場での測定では、このばらつきを考慮した値の取り扱いが必要と考えられた。

ECの実測値と計算値の比較では、両者の誤差が4%程度で相関係数(R<sup>2</sup>)が0.97と高い相関が認められ、計算値で活量を用いたECが有効であると思われた。

電荷収支では、実測値のアニオンとカチオンの比較を行った結果、0.7meq/Lでカチオンリッチとなった。これは、有機酸が原因と考えられ補正值として取り扱うこととした。

EC実測値と計算値、電荷収支により、液肥の成分の濃度を推測する計算式を考察した。今後、精度の確認を行い、システムの構築に取り組む予定である。

## 参考文献

- 1) 板東宏、町田治幸：徳島農試研報、28、(1992)35-42
- 2) 岩崎泰永、三枝正彦：日本土壤肥料科学雑誌、72(2)、(2001)214-222
- 3) 石原良行、人見秀康、八巻良和：園学研、6(3)、(2007)391-397
- 4) J. Nolte, "ICP Emission Spectrometry-A Practical Guide", Wiley-VCH, (2003)11-19
- 5) 例えば(公社)日本化学会編、化学便覧基礎編、丸善、(1984)II 451-461、II 464-473



# リニアアクチュエータを用いた *in-situ* 観察用超小型引張り試験機の製作

堀川 晃玄 村井正徳\* 上田竜平\*

Assembling of small-sized strain tester for *in-situ* observation by using liner actuators

Kogen HORIKAWA Masanori MURAI\* Ryuhei UETA\*

サンプル両端部を同時に引っ張ることのできる試験機を、リニアアクチュエータを用いて作成し、その駆動特性について評価した。

## 1 はじめに

引張り試験は簡便な方法で多くの知見が得られるため様々な分野で使用されている。一般的な引張り試験機は試料の一端を固定し、その反対側を引っ張ることで試験を行う。このような装置は引張り駆動部の制御系統が1系統で良いため、装置構造が簡単になる一方、試料中のある一点は引張り試験中に駆動方向側に移動してゆく。これにより引張り試験中の試料変化を *in-situ* 観察するためにはカメラなどの観察系を駆動系と同期させて動かす必要がある(図1中a)。

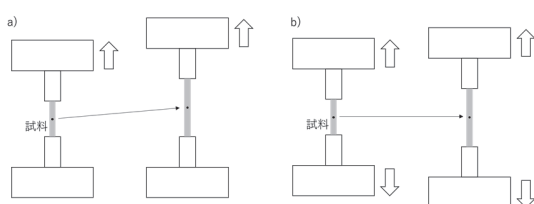


図1 引張り試験機の動作方式

この問題を解決するために、サンプルを固定した部分を同軸上でそれぞれ反対方向に運動するようにした装置が市販されている。この機構であれば、引張り変形中の試料中央部は原理的に静止しているため、試料中央部をカメラで見続けければ破壊状態を観察できる(図1中b)。

今回の実験では、試料の引張り試験中の破壊状態観察の必要が生じたため、上述したような引張り試験機が必要になった。そこで比較的安価に購入することのできる部品を組み合わせ、超小型の引張り試験機の作成を行ったのでその詳細について報告する。

## 2 実験方法

### 2.1 部品選定

二つの固定部を同時かつ反対方向に駆動させるた

め、一般的にはねじ切り方向の異なるネジを組み合わせたものを用意し、これを一つのモータで回転させる方法が知られている。しかしこのようなネジは汎用部品として入手が困難であり、サンプル固定部の加工が難しくなるので採用しなかった。そこで2台のリニアアクチュエータを用い、一つの固定部を一つのモータで駆動させる方法を用いた。使用するリニアアクチュエータの必要諸元としては、1)小型軽量であること、2)移動の位置再現性及び精度が良いこと、3)試験に必要なストロークが確保できること、4)安価であることとした。これを満たすものとしてSMC製のカードモータLAT3-30を用いた。LAT3-30は内部にリニアエンコーダを内蔵しており、その分解能は30 $\mu$ m、位置決め精度は $\pm 90\mu$ mである。引張り時の駆動力についてはカタログに記載が無いが、押し当て時の最大推力が6Nとされていたことから数N程度の引張り力には耐えられると判断した。

引張り試験では試料に印加される変位と荷重を同時に測定する必要がある。これを実現するために変位信号と荷重信号を一つのデータロガーに入力して記録することにした。データロガーには各信号を電圧として入力してやれば良いので、変位信号・荷重信号を最終的に電圧に変換する方法を検討した。全ての機器に共通する項目として、高速での計測が可能であることを設定した。今回作成した引張り試験機では、高速で引っ張った際の試料の変化を高速度カメラで撮影することにしており100~1000Hz程度の頻度で計測ができる部品を選定していくことにした。

変位信号はカードモータが内蔵しているリニアエンコーダから取り出すことが可能である。具体的にはリニアエンコーダのシグナルをカウンタ経由で取り出した。カウンタには鶴賀電機製の可逆積算カウンタ472B-A-2-X-05-Xを使用した。カードモータの

\* 生産技術課

リニアエンコーダの出力パルス形式は無電圧パルス、カウンタはラインドライバパルス対応であったため、エム・システム技研製の信号変換器 RPPD-AA1J1N-K を介して両者を接続した。

荷重信号はミネベアミツミ製のロードセル UTA-1K (容量 9.807N) で検出し、A&D 製のストレングージ式センサー用インジケータ AD-4532B に接続して電圧信号に変換した。変位信号と荷重信号を記録するロガーとしては、T&D 製のおんどとり MCR-4V を用いた。

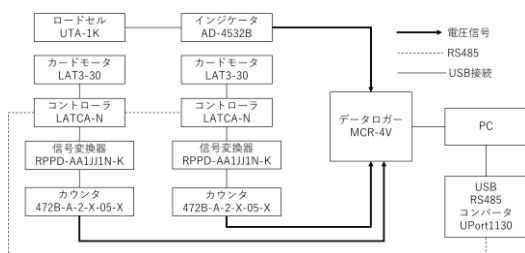


図2 作成した引張り試験機のシステムダイアグラム

## 2.2 ソフトウェア設計・作成

カードモータはパソコンのUSBポートに取付けたMOXA製のRS485コンバータであるUPort1130を経由し、専用コントローラLATCA-Nを介してRS485シリアル通信により制御した。制御用のソフトウェアはExcelVBAを用いて開発した(カードモータの駆動コマンドは独自のフォーマットであり、詳細はマニュアル<sup>1)</sup>を参照のこと)。

ここで注意が必要であったのは、2台のカードモータの同期である。モータの駆動命令自体は1行で完結するが、ExcelVBAの処理の遅さに加え、シリアル通信を行うモジュールそのものもExcelVBAで組んでいるため、1行のコマンドをコントローラに送り、次のコマンドを実行するまでに時間がかかった。このため、2台のコントローラをExcelVBA単体で制御させようとすると目視で分かるほどの同期遅延が発生して試験には使えなかった。そこでカードモータの駆動速度といった基本的な情報はコントローラに書き込んでおいた上で、VBAからShellコマンドを利用してバッチファイルを呼び出し、ここから処理が高速なターミナルエミュレータTera Term<sup>2)</sup>のマクロを動作させることで駆動開始命令のみ送出することにした。これにより低遅延での同期駆動が可能になった。

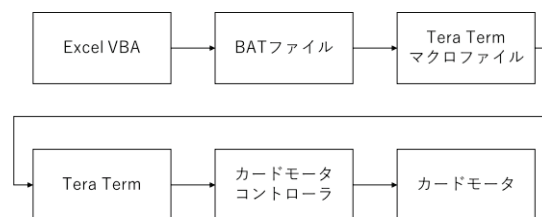


図3 カードモータの制御方法概略図

コントローラへの動作条件書き込みはパソコンとコントローラを専用ケーブルで接続した後、SMC製の専用設定ソフトウェアであるLATC-Configuratorを用いて行った。設定値は表1のとおりとし、2台のコントローラで設定値は共通とした。

表1 コントローラLATCA-Nの設定値

パラメータ	設定値
通信速度 (bps)	59600
原点位置	引込み端原点
ステップデータ入力方式	速度入力
運転方法	位置決め
動作方法	INC
目標位置 (mm)	-1×任意量
速度 (mm/s)	任意量
加速度 (mm/s <sup>2</sup> )	10000
減速度 (mm/s <sup>2</sup> )	10000
積載質量 (g)	150

## 2.3 構造設計・作成

図4の概略図にあるように各部品を組み合わせた。各パーツの詳細は図5～図9(図中寸法単位はいずれもmm)に示す。カードモータの駆動負荷を下げるため、カードモータに乗せて使用する部品はアルミニウムで、剛性が必要なベースプレートやつかみジグはSUS304で作成した。把持ブロックにつけるシャフトは両端にねじを切った剛性の高い棒であれば良く、ここでは廣杉計器製のERU-2030を用い、六角ナットを使って固定した。

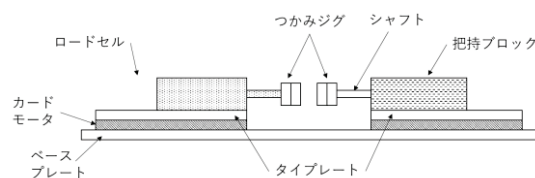


図4 各部品の組み合わせ図

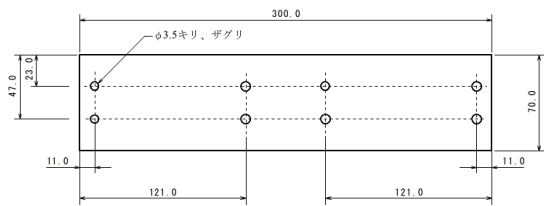


図5 ベースプレートの加工図  
(材質：SUS304、板厚 5 mm)

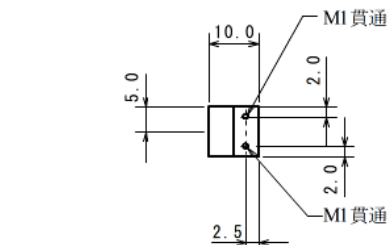
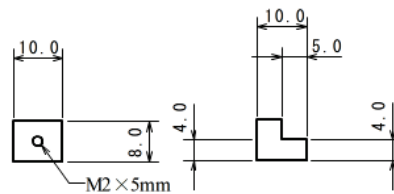


図8 つかみジグ (下)の加工図  
(材質：SUS304)

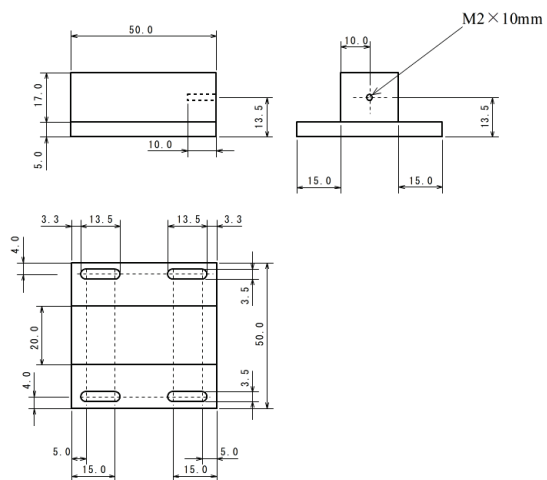


図6 把持ブロックの加工図  
(材質：アルミニウム)

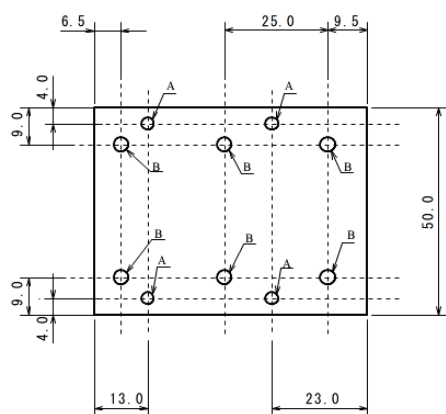
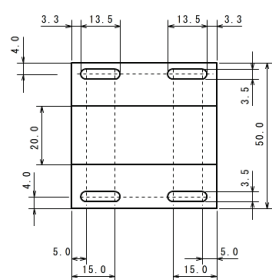
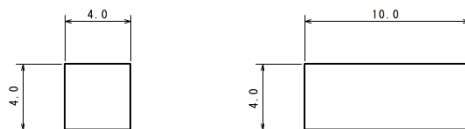


図7 タイプレートの加工図  
(材質：アルミニウム、板厚 5 mm)

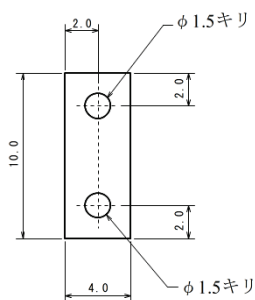


図9 つかみジグ (上)の加工図 (材質：SUS304)

### 3 結果と考察

#### 3.1 駆動特性の確認

完成した引張り試験機を用い、カードモータの駆動特性を確認した。図10はつかみジグに何も取付けていない状態において、5mm/sの設定速度でカードモータを同時に駆動させ、5ms間隔でデータを取得した際の各モータ移動量の経時変化である。モータはプロット上ではほぼ同期して駆動しており、移動中の速度はほぼ一定であった。このデータに回帰直線を当てはめた際の傾きと切片を表2に示す。この回帰直線の傾きは移動速度、切片は同期遅延により発生するモータ移動量のズレを表す。Motor1の方が2よりも大きな切片となっているが、これはプログラム上Motor1から先に動かしており、同期遅延時間後にMotor2が動き出すためである。Motor1と2の切片の差は0.08mmであり、カードモータの位置決め精度に近い値となっているため、この引張り試験機の位置制御誤差といえる量である。切片を傾きで割った値は駆動開始までの遅延時間を示し、Motor1の値が基準となるため、Motor1と2の遅延時間の差である16msがこの装置における同期遅延時間となる。

同様の実験を100mm/sの駆動速度で行った結果を図11と表3に示す。速度が増したが速度安定性は良好であった。同期遅延時間は20msで速度が変わっても表2の時とほとんど変わらないことから、今回作成した試験器システムにおける固有の遅延時間は20ms前後であると言える。

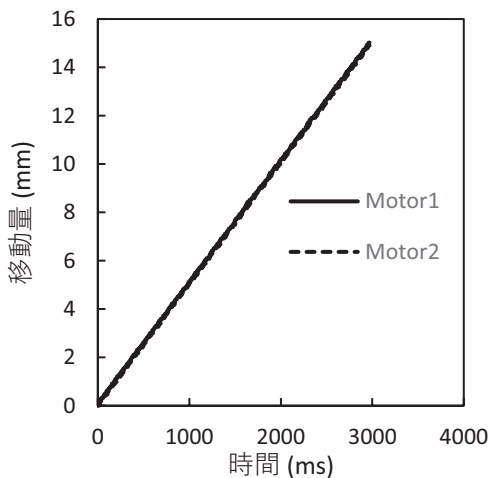


図10 無負荷における各カードモータの駆動特性 (5 mm/s)

表2 図10における各カードモータ移動距離-時間の回帰直線パラメータ

	Motor1	Motor2
傾き [mm/s]	5.0	5.0
切片 [mm]	0.09	0.01
切片/傾き [ms]	18	2

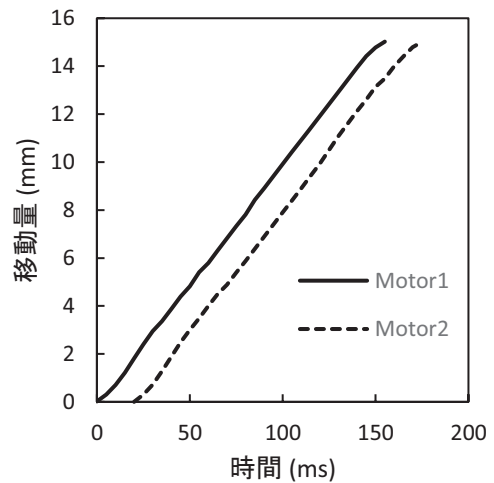


図11 無負荷における各カードモータの駆動特性 (100mm/s)

表3 図11における各カードモータ移動距離-時間の回帰直線パラメータ

	Motor1	Motor2
傾き (mm/s)	100.1	100.4
切片 (mm)	-0.15	-2.11
切片/傾き (ms)	-1	-21

実際にサンプルを取付け、引張り速度2mm/sでの引張り試験を行った際に記録した動作特性と荷重値を図12に示す。モータ移動量は直線的に変化しており、サンプルを取付けたことにより発生する荷重にモータが引き負けていないことを示す。

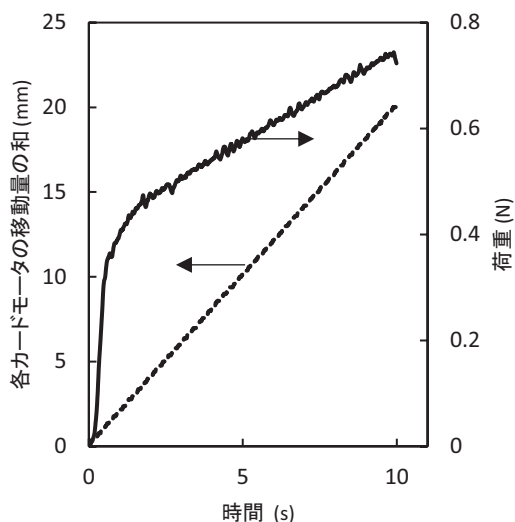


図 12 引張試験実施時における各カードモータの駆動特性及び測定荷重（引張速度=2mm/s）

#### 4 まとめと今後の展望

リニアアクチュエータを用いた引張り試験機の作成に成功した。これを用いて引張り中のサンプル変化を観察することにも成功し、今後様々な実験に使用できそうである。

一方で、約 20ms の同期遅延は高速駆動時の障害

になるため改良が必要である。現在のシステムはいわば PLC をソフトウェア上で実現しているような状態であり、パソコンの負荷率によって遅延の影響を受けやすい状態にあると考える。そこで、現在 Tera Term が行っている駆動命令送出手を Arduino (ワンボードマイコン) に行わせることで、同期遅延を短縮することを考えている。カードモータは内部にエンコーダが内蔵されており、コントローラから直接位置情報を読み出すことが可能であるため、Arduino の利用によりカウンタと信号変換器が不要になり、スマートなシステムにすることができる。またデータもデジタルデータとして直接パソコンに取り込めるようになることから、データ処理の作業負荷低減にもつながる。

#### 参考文献

- 1) SMC 株式会社、シリアル通信仕様書、  
<https://www.smcworld.com/assets/manual/ja-jp/files/OMS0019.pdf>
- 2) Tera Term Home Page,  
<https://ttssh2.osdn.jp/>

## Ⅱ 令和3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、高知県工業試験場設立、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に新設
〃 22年5月	高知県木工技術養成所を吸収し、木竹部を新設
〃 26年1月	金属機械部を設置
〃 36年4月	デザイン科を新設
〃 38年1月	増改築工事本館竣工
〃 38年4月	食品科を新設
〃 41年4月	技術相談室を設置
平成 2年3月	高知市布師田3992-3（現在地）へ新築移転
〃 〃 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 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、金属科、機械科を技術第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
〃 10年4月	高知県企業化支援センター設立
〃 11年4月	土佐山田分室設置。高知県産業構造改善支援センター設立
〃 13年4月	企画情報室を企画室に、技術第1部から技術第4部を資源環境部、食品加工部、生産情報部、材料技術部、に機構改革
〃 17年4月	企画室を研究企画部、食品加工部を食品開発部、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、土佐山田分室と高知県産業構造改善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	食品加工研究棟を新設
〃 30年4月	計量検定所を計量検定室として統合

## 1-2 土地及び建物 (令和4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	鉄骨平屋	195.75 m <sup>2</sup>
渡り廊下	鉄筋コンクリート平屋	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	鉄骨スレート平屋	6.00 m <sup>2</sup>
危険物倉庫	鉄筋コンクリート平屋	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	鉄筋コンクリート平屋	31.50 m <sup>2</sup>
計量検定所	鉄筋コンクリート2階	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 (令和4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 (4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 (8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 (8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

計量検定室 (5名内兼1名) . . . . . 計量法に定められた各種業務等に関すること



## 1-4 職員名簿

(令和4年3月31日現在)

課名	職名	氏名	備考
	所長	川北 浩久	R3.4.1～
	副参事	河野 敏夫	海洋深層水研究所所長
	次長	大崎 俊道	
	次長	小松 立和	
	技術次長	島本 悟	R3.4.1～
	技術次長(連携担当)	隅田 隆	R3.4.1～
総務課	課長	大崎 俊道	兼務
	チーフ	野島 慈	R3.4.1～
	主幹	畠中 栄子	
研究企画課	課長	山本 浩	
	チーフ	毛利 謙作	R3.4.1～
	主任研究員	竹田 匠輝	
	主任研究員	竹家 均	R3.4.1～
食品開発課	課長	森山 洋憲	
	チーフ(食品加工担当)	近森 麻矢	
	チーフ(食材応用担当)	加藤 麗奈	R3.4.1～
	主任研究員	阿部 祐子	
	主任研究員	下藤 悟	
	主任研究員	秋田もなみ	R3.4.1～
	研究員	甫木 嘉朗	
	研究員	土居 睦卓	新採
生産技術課	課長	眞鍋 豊士	
	チーフ(機械加工担当)	土方啓志郎	
	チーフ(制御技術担当)	保科 公彦	R3.4.1～
	主任研究員	村井 正徳	
	研究員	島内 良章	
	研究員	上田 竜平	
	研究員	中澤 亮太	新採
	専門員	今西 孝也	再任用
資源環境課	課長	山下 実	R3.4.1～
	チーフ(環境技術担当)	伊吹 哲	
	チーフ(資源活用担当)	鶴田 望	
	主任研究員	岡崎 由佳	
	主任研究員	矢野 雄也	
	主任研究員	堀川 晃玄	
	研究員	竹吉 優樹	R3.4.1～
	研究員	瀧石 朋大	
計量検定室	室長	小松 立和	兼務
	チーフ	竹内 啓祐	R3.4.1～
	主幹	小野 栄典	
	主幹	久保 慶太	R3.4.1～
	専門員	野島 敬一	再任用

1-5 決算状況

歳入(特定財源)

款	項	目	節	決算額
				令和3年度
8. 使用料及び手数料				円
	1. 使用料	5. 商工労働使用料	(2)工業技術センター使用料	35,524,315
				14,380,045
				14,380,045
				14,380,045
	2. 手数料	6. 商工労働手数料	(1)計量器検査等手数料	21,144,270
			(3)工業試験手数料	21,144,270
				5,706,870
				15,437,400
14. 諸収入				25,089,430
	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	24,203,735
				24,203,735
				24,203,735
	8. 雑入	12. 商工労働部収入	(3)工業振興課収入	885,695
				885,695
				885,695
合 計				60,613,745

歳 出

款	項	目	節	決算額
				令和3年度
7. 商工労働費	1. 商工費	3. 工業振興費		円
				628,176,427
				288,517,824
			(2)給料	165,373,099
			(3)職員手当等	72,953,062
			(4)共済費	50,191,663
				339,658,603
			4. 産業技術振興費	
			(1)報酬	20,862,995
			(2)給料	1,417,500
			(3)職員手当等	4,427,983
			(4)共済費	4,113,336
			(8)報償費	2,981,200
			(9)旅費	3,049,546
			(11)需用費	105,752,968
			(12)役務費	2,486,160
			(13)委託料	48,396,868
			(14)使用料及び賃借料	1,606,494
			(15)工事請負費	37,765,000
(18)備品購入費	105,446,433			
(19)負担金補助及び交付金	1,291,320			
(27)公課費	60,800			
12. 土木費	6. 建築費	3. 建築費		1,603,800
				1,603,800
			(11)需用費	1,603,800
歳 出 合 計				629,780,227

## 2. 業務・事業の状況

### 2-1 研究開発及び技術支援

#### ○食品分野研究事業

- (1) 県産農産物一次加工品の製造工程管理の最適化
- (2) 特産品を用いた常温長期保存できる商品の開発
- (3) 土佐酒の県産米利用率向上を牽引する新規酒米に関する研究
- (4) 感性価値を高めた新規食品開発
- (5) (新)酵母ライブラリーの拡充と醸造特性の解析
- (6) (新)メジカの高付加価値化に向けたヒスタミン管理と新規利用方法の開発
- (7) (新)巣ごもり対応食品の商品化促進に向けた研究開発

#### ○ものづくり分野研究事業

- (1) 養液栽培用成分濃度推測システムの構築と液肥調製装置の開発
- (2) 軽作業用協働ロボットの開発
- (3) 高機能耕運爪の耐久性を向上させる特殊熱処理技術の開発
- (4) 装置の見える化モジュールの開発
- (5) 高精度測位技術を活用した防災製品の開発
- (6) (新)生産現場におけるデジタルデータの利活用に関する研究
- (7) (新)プラスチックフィルム製袋(せいたい)プロセスの生産性向上に関する研究
- (8) (新)減圧加熱技術を用いた深層水塩の粒径制御および塩とニガリの成分調整技術の構築
- (9) (新)消臭添加剤の開発
- (10) (新)自動車用ゴム製品向け CNF フィラーの開発支援
- (11) アクションプラン支援

#### ○公設試連携研究事業

- (1) CAE による熱カレンダーロールの熱と応力の連成解析と実証

#### ○新技術普及事業

- (1) 県内企業における生分解性プラスチックの利用促進に関する分科会活動
- (2) (新)品質管理支援のための可搬型 X 線残留応力測定装置の利用促進

### 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。

## 2-7 計量検定室

### 1 目的

計量法に基づき、計量関係事業の登録・届出の事務や各種特定計量器の検定・検査業務等を行うことにより、適正な計量の実施を確保する。

### 2 業務の概要

#### (1) 計量関係事業の届出・登録及び指定に関する業務

計量関係の事業を行おうとするときは、事業の種別に応じて、経済産業大臣や都道府県知事への届出又は登録が義務づけられており、届出等に関する事務を行うとともに、関係事業者への指導を行った。

計量関係事業者の状況

指定製造事業者数	届出製造事業者数	届出修理事業者数	販売事業者数	特定計量証明事業者数	計量証明事業者数	適正計量管理事業所数
1	9	20	171	1	14	339

#### (2) 特定計量器の検定及び装置検査業務

取引や証明に使用される特定計量器は、指定検定機関が実施する検定等に合格することが義務づけられており、その特定計量器に応じた検定を行った。また、特定計量器によっては検定等の有効期限が定められており、有効期限を更新するための検定や装置検査を行った。

##### 【特定計量器】

計量器のうち取引や証明、又は一般消費者の生活の用に使用される計量器のうち、法令に基づいてその構造や器差に係る基準を定める必要があるとされたもの（タクシーメーター、質量計（非自動はかり、分銅等）、体積計（水道・ガス・燃料油メーター等）、流速計、電力量計、照度計、騒音計、濃度計など18種）

検定等実施状況

タクシーメーター 装置検査	燃料油メーター	液化石油 ガスメーター	質量計
1,193	431	15	15

#### (3) 基準器の検査業務

検定検査機関が検定や検査に使用する際の基準となる基準器（分銅など）は、有効期限が定められており、有効期限を更新するための基準器検査を行った。

検査実施状況

基準分銅	液体メーター用 基準タンク
325	2

#### (4) 計量証明事業に使用する計量器の検査業務

計量証明（第三者からの依頼に基づいて、貨物の質量や物質の濃度などの測定結果を証明するもの）に使用する特定計量器は、特定計量器ごとに検査を受けるべき期間が定められており、この期間ごとの計量器検査を行った。

検査実施状況

質量計	濃度計	騒音計
6	3	2

(5) 特定計量器（質量計）の定期検査業務

取引や証明に使用される質量計は、2年ごとの検査が義務づけられており、県下全市町村（高知市を除く）を2分し、隔年ごとに市町村を巡回して質量計の検査を行った。

検査実施状況

検査戸数	検査器物数
1,129	3,050

(6) 計量に関する立入検査業務

不正計量を防止し、計量の安全確保を図るため、計量関係事業者の業務遂行状況や使用している特定計量器の管理状況などについて、関係事業所に立ち入って検査を行い、取り締まりや指導を行った。

立入検査実施状況（商品量目関係）

検査店舗数	検査商品数
20	981

(7) 適正計量の普及啓発業務

適正な計量が秩序ある経済活動を維持し、安心して生活できる社会を支えていることを広く県民に理解してもらうため、消費者や計量関係団体、市町村の協力を得て、啓発ポスターの掲示や計量に関する図画の募集・表彰、消費者による一日計量指導員などの計量記念事業（計量記念日：11月1日、計量強調月間：11月）を行った。

図画応募総数
54

以上、所長以下6課室40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	開催日	参加者数
土佐まるごとビジネスアカデミー専科「シーズ・研究内容紹介」 主催：高知県・大学等連携協議会 第6回（全7回）「工業系試験研究機関の研究・支援事例の紹介」  ○食品開発課 おいしさの数値化に関する研究と活用事例 主任研究員 下藤 悟  ○生産技術課 IoT活用の支援事例について 研究員 島内 良章  ○資源環境課 牧野富太郎博士にゆかりのある植物「ミソハギ」の機能性に関する研究 主任研究員 岡崎 由佳	R4. 1.12 ～ 1.19	43

#### 3-2 論文発表

テーマ・著者	掲載誌
該当なし	

#### 3-3 学会発表（ポスター発表含む）

発表題目	学会名	発表日	場所
（食品開発課） マイクロ波を利用したバイオマス再資源化装置の開発と利用 近森麻矢	日本食品科学工学会第68回大会	R3.8.27	オンライン
カワハギ科魚類3種（カワハギ、ウスバハギ、ウマヅラハギ）皮由来の酸可溶性コラーゲン（ASC）およびペプシン可溶性コラーゲン（PSC）の精製 菅井哲朗、秋田もなみ、足立亨介、森岡克司	令和3年度日本水産学会中国・四国支部例会	R3.12.4～12.5	オンライン
産学官連携シンポジウム「酒国土佐のフロンティア魂」：高知の新しい酒米「土佐麗」と異端児酵母「CEL24」の今 甫木 嘉朗	日本農芸化学会中四国支部第61回講演会（例会）	R4.1.22	オンライン
吟醸酒醸造のためのリンゴ酸高生産性高知酵母の育種 河野佑芽、甫木嘉朗、畠中菜美季、工藤溪汰、小椋梨花、村松久司、上東治彦、永田信治	日本農芸化学会中四国支部第61回講演会（例会）	R4.1.22	オンライン

発 表 題 目	学 会 名	発 表 日	場 所
(資源環境課) 燃焼-イオンクロマトグラフ法による石灰中フッ素の 定量 隅田 隆・八幡美和子・堀川晃玄・竹家 均・伊吹 哲	日本分析化学会 分析化学討論会	R3. 5. 22	オンライ ン
(招待講演) 燃焼-イオンクロマトグラフ装置を用いた固体試料中の ハロゲン分析 隅田 隆	日本分析化学会 年会	R3. 9. 22	オンライ ン
電子部材の塩素分析における用具からの汚染の影響 隅田 隆・八幡美和子	日本分析化学会 イオンクロマト グラフ研究懇談 会	R3. 12. 3	オンライ ン

## 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	—	—	28	32
食品開発課	111	511	206	692
生産技術課	71	345	321	1,598
資源環境課	335	2,181	659	2,353
合計	517	3,037	1,214	4,675

### 4-2 審査員派遣

審査会等名称	派遣日	主催	派遣者	会場
(所長・技術次長) 生産性向上計画認定審査会	R3. 4. 9	高知県商工労働部 工業振興課	隅田 隆	書面審査
事業戦略等推進事業費補助金審査会(1次募集)	R3. 6. 2	高知県産業振興センター	島本 悟	高知県ちばさんセンター
第1回高知県食品総合衛生管理認証審査会	R3. 6. 9	高知県健康政策部 薬務衛生課	隅田 隆	保健衛生総合庁舎
中小企業等外国出願支援企業選考審査委員会	R3. 6. 11	高知県発明協会	川北浩久	工業技術センター
第2回高知県食品総合衛生管理認証審査会	R3. 6. 23	高知県健康政策部 薬務衛生課	隅田 隆	保健衛生総合庁舎
中小企業等外国出願支援企業選考審査委員会(2次)	R3. 7. 6	高知県発明協会	川北浩久	工業技術センター
令和3年度第1回防災製品認定審査会	R3. 8. 6	高知県防災製品関連 産業交流会事務局	川北浩久	高知会館
第3回高知県食品総合衛生管理認証審査会	R3. 10. 18	高知県健康政策部 薬務衛生課	隅田 隆	保健衛生総合庁舎
中小企業等外国出願支援企業選考審査委員会(3次)	R3. 11. 1	高知県発明協会	川北浩久	工業技術センター
令和3年度第36回高知県地場産業大賞審査委員会	R3. 11. 22 R4. 1. 15	高知県産業振興センター	川北浩久	高知ちばさんセンター
令和3年度第2回防災製品認定審査会	R3. 12. 6	高知県防災製品関連 産業交流会事務局	川北浩久	高知会館
第4回高知県食品総合衛生管理認証審査会	R3. 12. 8	高知県健康政策部 薬務衛生課	隅田 隆	保健衛生総合庁舎
高知県リサイクル製品等認定審査会	R4. 1. 27	高知県林業振興・環境部環境対策課	隅田 隆	保健衛生総合庁舎

審査会等名称	派遣日	主催	派遣者	会場
令和3年度第3回高知県下水汚泥有効利用検討委員会	R4. 2.17	高知県土木部公園下水道課	隅田 隆	高須浄化センター
第5回高知県食品総合衛生管理認証審査会	R4. 3.23	高知県健康政策部薬務衛生課	隅田 隆	保健衛生総合庁舎
(食品開発課)				
第1回高知県食品産業総合支援事業費補助金審査会	R3. 5.27	高知県産業振興推進部地産地消・外商課	森山洋憲	ちより街テラス
令和3年度県内酒造場庫内品質管理調査会	R3. 7.26 7.27 8.29	高知税務署 安芸税務署 須崎税務署	甫木嘉朗	高知税務署 安芸税務署 須崎税務署
第2回高知県食品産業総合支援事業費補助金審査会	R3. 8.19	高知県産業振興推進部地産地消・外商課	森山洋憲	高知共済会館
高知県食品輸出競争力強化施設整備等事業費補助金審査会	R3. 8.25	高知県産業振興推進部地産地消・外商課	森山洋憲	ちより街テラス
水産加工食品製造業技能実習評価試験	R3. 9.22	全国水産加工業協同組合連合会	阿部祐子	かるぽーと
第3回高知県食品産業総合支援事業費補助金審査会	R3.10.13	高知県産業振興推進部地産地消・外商課	森山洋憲	ちより街テラス
水産加工食品製造業技能実習評価試験	R3.11.19	全国水産加工業協同組合連合会	阿部祐子	かるぽーと
第4回高知県食品産業総合支援事業費補助金審査会	R3.12. 3	高知県産業振興推進部地産地消・外商課	森山洋憲	ちより街テラス
事業戦略策定支援会議	R4. 3. 2	高知県産業振興推進部地産地消・外商課	森山洋憲	ちより街テラス
令和3酒造年度県新酒鑑評会	R4. 3.25	高知県酒造組合	甫木嘉朗	高知県酒造組合
(生産技術課)				
高知県溶接技術コンクール運営委員会、審査員会	R3. 4. 2	高知県 高知県溶接協会 高知県工業会	土方啓志郎	工業技術センター
第17回高校生ものづくりコンテスト四国大会 旋盤作業部門大会	R3. 6.26 6.27	四国工業教育研究会 高知県工業教育研究会	島本 悟 上田竜平	高知職業能力開発促進センター
高知県溶接技術コンクール総合審査会	R3. 7. 2	高知県 高知県溶接協会 高知県工業会	土方啓志郎	工業技術センター
令和3年度南国市技能功労者表彰審査会	R3.10.13	南国市	眞鍋豊士	南国市役所

#### 4-3 技能検定（高知県職業能力開発協会主催）

検定名称	派遣日	派遣者	会場
電子機器組立て（電子機器組立て作業） 随時3級	R3. 4.13	島内良章	(株)土佐電子
プラスチック成形（射出成形作業）基礎級	R3. 4.28	村井正徳	睦月電機(株)

検 定 名 称	派遣日	派遣者	会 場
電子機器組立て（電子機器組立て作業） 随時3級	R3. 7. 3	島内良章	(株)土佐電子
機械検査3級	R3. 7.17	島本 悟 山本 浩	地域職業訓練センター
機械加工（普通旋盤）3級	R3. 7.31	毛利謙作	高知工業高等学校
鋳造1、2級	R3. 8. 1	眞鍋豊士	(株)トミナガ
機械加工（マシニングセンタ）1、2、 3級	R3. 8. 8	島本 悟	高知精工メッキ(株)
機械加工（数値制御旋盤作業）1級	R3. 8. 8	村井正徳	高知精工メッキ(株) 本社 工場
仕上げ（機械組立仕上げ作業）随時3級	R3. 8.17	村井正徳	(有)創律
めっき（電気めっき）	R3. 8.22	矢野雄也	地域職業訓練センター 高知精工メッキ（株）
金属熱処理（実技試験）1、2、3級	R3. 8.29	眞鍋豊士 土方啓志郎	地域職業訓練センター
機械加工（普通旋盤）2級	R3. 9. 4	山本 浩	高知高等技術学校
電気機器組立て（電子機器組立て作業） 随時3級	R3. 9. 4	島内良章	(株)土佐電子
水産練り製品製造（かまぼこ製品製造作 業）	R3. 9. 7	阿部祐子	(株)けんかま
金属プレス加工（金属プレス作業）随時 3級	R3. 9.21	村井正徳	(株)ササオカ
機械加工（フライス盤）随時3級	R3. 9.25	山本 浩	高知旭光精工(株)
機械加工（普通旋盤作業）随時3級	R3.10. 6	村井正徳	高知高等技術学校
仕上げ（機械組立仕上げ作業）随時3級	R3.10. 6	村井正徳	高知高等技術学校
油圧装置調整 1、2 級	R4. 1.15	山本 浩 村井正徳	地域職業訓練センター
機械検査2、3級	R4. 1.22 2. 5	島本 悟 山本 浩	地域職業訓練センター
電気機器組立て（シーケンス制御作業） 1、3級	R4. 1.22	島内良章	地域職業訓練センター
パン製造1、2級	R4. 1.23	加藤麗奈	RKC 調理製菓専門学校
工場板金（数値制御タレットパンチプレ ス作業）2級	R4. 1.23	村井正徳	(株)栄光工業
金属材料試験（実技試験）1、2級	R4. 1.29	眞鍋豊士 土方啓志郎	(株)エスイージー
工場板金（機械板金作業）随時3級	R4. 2. 3	村井正徳	(株)栄光工業
機械加工（普通旋盤）3級	R4. 2. 5	毛利謙作	高知高等技術学校
電子機器組立て（電子機器組立て作業） 随時2級	R4. 2.26	島内良章	(株)土佐電子
電子機器組立て（電子機器組立て作業） 随時2級（採点）	R4. 3. 1	島内良章	地域職業訓練センター

検 定 名 称	派遣日	派遣者	会 場
鑄造 随時3級	R4. 3.16	眞鍋豊士	(株)トミナガ

#### 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	派遣日
食品加工	野村 明	有限会社タカシン水産	R3. 4.28
		カワクボ FACTORY 株式会社	R3. 7.30 R3.12.14
		有限会社山本かまぼこ店	R3. 8.10
		有限会社ヤマア	R3.10. 8 R4. 1.25
		株式会社美阿丸	R4. 1.11
		四万十マヒマヒ丸企業組合	R4. 3.22 R4. 3.23
溶接	金子 和之	一般社団法人高知県溶接協会	R4. 3.27

## 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	開催日	参加者数
(研究企画課) 生産性向上セミナー	R3. 7. 30	58
データ分析セミナー	R4. 2. 4	77
カーボンニュートラル・グリーン化に関する講演会	R4. 2. 8	73
(食品開発課) 第1回酒造技術研究会	R3. 4. 16	21
濁酒（どぶろく）製造に係る技術講習	R3. 6. 11	6
第2回酒造技術研究会	資料配付 のみ	17
第3回酒造技術研究会	資料配付 のみ	12
レトルト技術研修（実践編）	R3. 11. 4	15
味の数値化勉強会（動画配信）	R3. 12. 6 ～12. 10	19
(生産技術課) 高知県溶接技術コンクール事前体験講習	R3. 5. 8	18
3Dモデリング&造形セミナー	R3. 7. 14	3
IoT概論－活用事例セミナー	R3. 9. 28	27
材料工学論-熱処理欠陥と対策 （残留応力、残留オーステナイトの生成と功罪について）	R3. 10. 8	12
刃物研修	R3. 10. 8	3
CAE体験研修-リアルタイム解析	R3. 10. 27	3
精密測定概論-特殊測定	R3. 11. 4	1
IoT入門研修	R3. 11. 9	9
X線残留応力測定推進分科会 基礎編	R3. 11. 11	6
精密測定-非接触三次元形状測定装置	R3. 11. 19	4
精密測定-CNC三次元測定装置	R3. 11. 24	3
材料試験-材料試験（全2回） （高知県中小企業団体中央会 令和3年度ものづくり担い手育成事業）	R3. 11. 24 R3. 12. 1	6



講習会名、講演題目	開催日	参加者数
AI セミナー～意思決定のための AI・機械学習～	R3. 12. 8	19
材料試験-金属組織 (全 2 回) (高知県中小企業団体中央会 令和 3 年度ものづくり担い手育成事業)	R3. 12. 8 R3. 12. 15	3
材料試験-金属成分分析 (高知県中小企業団体中央会 令和 3 年度ものづくり担い手育成事業)	R4. 1. 13	5
AI 技術講習会	R4. 1. 26	6
X 線残留応力測定促進分科会 応用編	R4. 3. 9	8
(資源環境課) プラスチック代替素材利用促進分科会	R3. 5. 28 R3. 8. 31 R4. 1. 21	18 18 17
湿式分析-実験の基礎	R3. 10. 8	9
湿式分析-無機分析の基礎-原子吸光法・ICP 発光分光分析法	R3. 10. 15	6
X 線分析-X 線回折装置	R3. 10. 22	2
湿式分析-燃焼-イオンクロマトグラフ装置	R3. 11. 12	2
顕微鏡観察/異物分析-顕微 FT-IR	R3. 12. 3	5
X 線分析-蛍光 X 線分析装置	R3. 12. 10	6
顕微鏡観察/異物分析-電子顕微鏡	R3. 12. 17	3
機器分析概論-材料分析のための機器ガイド	DVD 配布の み	4

## 5-2 講師派遣

### (1) 大学等への派遣

大学等名称	派遣者	派遣期間
愛媛大学大学院連合農学研究科	甫木嘉朗	R3. 4. 1~R6. 3. 31

### (2) 講習会等への派遣

講習会名、講演題目等	派遣者	派遣日	人数
(食品開発課) アルファ・モス官能分析セミナー	森山洋憲	R3. 6. 24	281
高知県濁酒研究会 どぶろくに関わる基礎知識について どぶろくマップの作成と販売、商品開発への活用の提案	甫木嘉朗 下藤悟	R3. 9. 30	6



## 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	実施企業数1社
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)
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 鶴田 望	共同	実施企業数1社 東海理化販売(株)
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)
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 鶴田 望	共同	(株)東海理化クリ エイト
平成26年 5月 9日	特許 第 5531262 号	凍結濃縮装置	森山洋憲	共同	高知工科大学
平成26年11月28日	特許 第 5652890 号	イオン収着材	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 ルド成形を行う方法、 そのインモールド成形 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)、(株)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	(株)ミロク製作 所、東洋機械金属 (株)
平成28年 3月18日	特許 第 5899604 号	マイクロ波を利用した バイオマス再資源化装 置	村井正徳 浜田和秀 近森麻矢	共同	実施企業数1社 兼松エンジニアリ ング(株)
平成28年 4月 1日	特許 第 5906541 号	ジングロール含有組成 物	森山洋憲	共同	国立大学法人高知大 学、有限会社川上食 品、(株)高南メディ カル、ひまわり乳業 (株)、(株)ソフィ、 藤田竜

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29年 7月28日	特許 第 6179779 号	樹脂フィルム及びこれを用いた突板シート並びに自動車内装部材	篠原速都 山下 実 鶴田 望	共同	日泉化学(株)
平成29年10月13日	特許 第 6221027 号	拡張現実感技術による計測器管理システム及びプログラム	今西孝也	共同	(株)オサシ・テクノス
平成30年 2月16日	特許 第 6288825 号	複合シート及びこれを用いた樹脂成形部材	篠原速都 山下 実 鶴田 望	共同	日泉化学(株)
令和 2年 4月16日	特許 第 6692474 号	漆喰材	河野 敏夫 矢野 雄也 堀川 晃玄	共同	実施企業数 1 社 田中石灰工業(株)
令和 2年 7月 8日	特許 第 6731231 号	自動充填方法	毛利謙作 刈谷 学	単独	
令和 2年 7月20日	特許 第 6736815 号	コンクリート片防護シート	堀川晃玄 村井正徳 刈谷 学 河野敏夫	共同	(株)西宮産業
令和 3年 5月11日	特許 第 6882730 号	ハマアザミ抽出物を含む免疫調節用組成物	篠原速都 川北浩久 岡本佳乃 岡崎由佳 鈴木大進	共同	高知県公立大学法人
令和 3年12月13日	特許 第 6992772 号	フロンガスの分解方法及びその装置並びに水素の製造方法、フッ化カルシウムの製造方法及び燃料電池	河野敏夫 矢野雄也	共同	実施企業数 1 社 大旺新洋(株)、国立大学法人高知大学
令和 4年 1月12日	特許 第 7007663 号	クロモジ抽出物	篠原速都 川北浩久 岡本佳乃 岡崎由佳 鈴木大進	共同	国立大学法人高知大学、高知県公立大学法人

○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
令和 2年 7月 9日	特開 2020-104067	中空糸膜の洗浄方法	隅田 隆 伊吹 哲 矢野雄也 鈴木大進	共同	(株)太陽

## 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)			
くん製装置	SU-50F	大道産業(株)	H4
精米装置	SDB-2A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
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
紫外可視近赤外分光光度計	U-2001	(株)日立製作所	H13
デジタルマイクロスコープ	VH-8000	(株)キーエンス	H13
電熱オーブン	EBSPS-222B	(株)フジサワ	H15
小型高温高压調理殺菌機	達人釜FCS-KM75	SANYO	H17
機能性成分高速分析システム	ACQUITY UltraPerfomanceLC	日本ウォーターズ(株)	H21
スライサー	ECD-702型	榎村鐵工所	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	DV-5P (乾燥野菜専用コンパクト型)	(株)ユニマック	H21
柑橘搾汁試験機	処理能力500kg/h	川島博孝	H21
パルパーフィニッシャー	HC-PF型	(株)サンフードマシナリ	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	H21
微量成分分離分取高速システム	テック600システム	日本ウォーターズ(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
ポストカラム誘導体化HPLCシステム	ACQUITY UPLC H-Class	日本ウォーターズ(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
微粉粒磨砕機	MKCA6-2J α	増幸産業(株)	H22
フリーズドライ	RLE II-103	共和真空技術(株)	H22
窒素分析装置	Kje1tec8400	FOSS	H24
脂肪酸分析装置	GC-2010plus	(株)島津製作所	H25
超急速凍結機	283L	ホンザキ電気(株)	H27
ヘッドスペース付きガスクロマトグラフ	7890B	アジレント・テクノロジー(株)	H27
迅速溶媒抽出装置	ST243Soxtec	FOSS	H29
ブライン凍結機	RF-10L	米田工機(株)	H29
生物顕微鏡システム	BX53F	オリンパス(株)	H29
味認識装置	TS-5000Z	(株)インテリジェントセンサーテクノロジー	H29
多感覚器分析システム機器	フラッシュGC ノーズHERACLES II /HS/Sほか	アルファ・モス・ジャパン(株)	H29
スクリュープレス	MKSS-1特殊仕様	池田機械工業(株)	H29
分析天秤及び自動秤量システム	XPE205DRV	メトラー・トレド(株)	H29
スチームコンパクションオーブン	FSCCWE101G	(株)フジマック	R1
粘体充填機	パズル充填機RD703	(株)ナオミ	R1
小型調理殺菌装置	RCS-40SPXTG-FAM	(株)日阪製作所	R1
嗜好的機能特性評価システム	高速アミノ酸分析計LA-8080、 分光光度計UH5300	(株)日立ハイテクサイエンス	R1
自動ガス真空包装機	FVS II-500 II G	(株)古川製作所	R2
缶詰巻締め機	MVC4H	木村エンジニアリング(株)	R2
ガス置換カップシーラー	PM-500AS-G	第一パック機工業(株)	R2
超低温フリーザー	MDF-DU300H	PHC(株)	R2
高速大容量冷却遠心機	Model7000	久保田商事(株)	R2
恒温振とう培養機	BR-180LF	タイテック(株)	R2
水分活性測定器	EZ-200	フロイント産業(株)	R2
ポータブル画像解析装置	Portable PITA PH-01 A/L	(株)セイシン企業	R2
低温乾燥機	FDD-12B	(株)ネスター	R2
LC-MS システム	X500R Q-TOF LC-MSシステム	(株)エービー・サイエックス	R3
(生産技術課)			
グライインディングセンタ	YBM-640V	安田工業(株)	H9
ワイヤカット放電加工機	FX-10	三菱電機(株)	H9
メモリレコーダ	8841	日置電機(株)	H11
FFTアナライザ	CF-3200J	(株)小野測器	H12
赤外線炭素硫黄同時分析装置	CS-444LS	LECO社	H13

名 称	規 格	製 作 所	導 入 年 度
固体発光分析装置	ARL 3460	ThermoELECTRON社	H16
金属組織検査試料作成装置	ラボプレス3、ラボホルム6、ラボフォース3ほか	(株)丸本ストルアス	H17
ノイズコミュニティ試験装置	ESS-2000AXほか	(株)ノイズ研究所	H20
金属顕微鏡システム	ECLIPSEMA200、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	(株)ミットヨ	H22
万能試験機	UH-F1000KNI	(株)島津製作所	H23
表面粗さ計	サーフテスト-501	(株)ミットヨ	H23
冷熱衝撃試験機	TSA-72ES-A	エスペック(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
マイクロビッカース硬度計	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-4H、UCAM-60B-AC	(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
CAE	Mechanical CFD Maxwell 3Dほか	ANSYS社	H29
インクジェット方式3Dプリンタ	AGLISTA-3200	(株)キーエンス	H29
振動試験装置	FH-26K/60	エミック(株)	R1
デジタルオシロスコープ	DSOS204A	キーサイト・テクノロジー(株)	R2
可搬型X線残留応力測定装置	SmartSite RS	(株)リガク	R2
(資源環境課)			
熱機械的分析装置	TMASS350	セイコー電子工業(株)	H5
遊星型ボールミル	P-5/4	フリッチェ社	H13
水銀分析装置	マーキュリー/SP-3D	日本インスツルメツ(株)	H18
精密万能材料試験機	AG-50kNIS型	(株)島津製作所	H18
恒温恒湿槽	PL-4KPH	エスペック(株)	H19
粒度分布測定装置	SALD-2200	(株)島津製作所	H19
高周波誘導結合プラズマ光源質量分析装置	7500CX	アジレント・テクノロジー(株)	H21
ガ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
ビードサンプラー	TK-4100型	東京科学(株)	H23
シーケンシャル型ICP発光分光分析装置	SPS3520UV-DD	エスアイ・ナテクノロジー(株)	H24
フーリエ変換型赤外分光光度計	FT/IR-6600	日本分光(株)	H26
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	スペクトリス(株)	H28
熱分析装置	Thermo plus EV02	(株)リガク	H29
デジタルマイクロスコープ	モニター一体型VHX-6000、SP1464	(株)キーエンス	H29
パライザーガスクロマトグラフ質量分析装置	EGA/PY-3030D、JMS-Q1500GC	日本電子(株)	H30
マイクロ波前処理装置	ETHOS EASY	マイルストーンゼネラル(株)	R1
原子吸光分光光度計	novAA800F	(株)アナリティクイエナ	R2
ICP発光分光分析装置	5800VDV ICP-OES	アジレント・テクノロジー(株)	R3
ライフサイクルアセスメントシステム	MiLCA v2	(一社)サステイナブル経営推進機構	R3
蛍光X線分析装置	ZSX PrimusIV	(株)リガク	R3
衝撃試験機	IT	(株)東洋精機製作所	R3
溶融樹脂流動性測定装置	No. 120-FWP	(株)安田精機製作所	R3

## 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
R3	設備拡充 ・ ICP発光分光分析装置 ・ 蛍光X線分析装置	公設工業試験研究所の 機械設備拡充補助事業	31,713	21,142	資源環境課	2/3補助（公益財団法人JK A）
	プラスチックフィルム製 袋プロセスの生産性向上 に関する研究	公設工業試験研究所等 が主体的に取り組む共 同研究	3,844	2,563	資源環境課	2/3補助（公益財団法人JK A）
	小規模酒造でも実施 可能な超短期的かつ 自在な新酒開発事業 の創出	高知県産学官連携産業 創出支援事業	1,129	499	食品開発課	高知大学からの受託研究
	巣ごもり対応食品の 商品化促進に向けた 研究開発	令和3年度新型コ ロナウイルス感染 症対応地方創生臨 時交付金事業	3,000	2,866	食品開発課	内閣府
	公設試験研究機関機 能強化事業 ・ ライフサイクルア セスメントシステ ム ・ 衝撃試験機 ・ 強度試験片成型用 金型 ・ 熔融樹脂流動性測 定装置 ・ DSCオートサンプラ ー ・ FT-IR用データベー ス ・ 分取クロマトシス テム ・ CO <sub>2</sub> インキュベータ ー	令和3年度新型コ ロナウイルス感染 症対応地方創生臨 時交付金事業	27,220	27,220	資源環境課	内閣府



### 7-3 人事異動

(令和4年4月1日付)

#### ○転入・内部異動等

氏名	新所属及び職名	旧所属
石原 浩二	次長兼総務課長	県民生活課 課長補佐
柏木 宏之	計量検定室 主幹	須崎土木事務所 主幹
鈴木 大進	資源環境課 主任研究員	海洋深層水研究所 主任研究員
殿山 真央	研究企画課 主任研究員	紙産業技術センター 主任研究員
竹吉 優樹	資源環境課 主任研究員	資源環境課 研究員
甫木 嘉朗	食品開発課 主任研究員	食品開発課 研究員
竹田 匠輝	食品開発課 主任研究員	研究企画課 主任研究員
瀧石 朋大	研究企画課 研究員	資源環境課 研究員

#### ○転出等

氏名	新所属及び職名	旧所属及び職名
大崎 俊道	退職（再任用） 中央西土木事務所 総務課長	次長兼総務課長
竹家 均	紙産業技術センター 主任研究員	研究企画課 主任研究員
秋田 もなみ	海洋深層水研究所 主任研究員	食品開発課 主任研究員
小松 俊之	（再任用） 計量検定室 専門員	福祉指導課 専門員
今西 孝也	（再任用） 工業技術センター 専門員	工業技術センター 専門員
野島 敬一	退職	工業技術センター 専門員

令和3年度高知県工業技術センター報告第53号

令和4年12月1日 印刷発行

〒781-5101 高知市布師田3992-3

編集兼  
発行所 高知県工業技術センター

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。



