

# 健康寿命の延伸に、高い割合で温泉入浴が寄与することの 既成の統計資料を用いた解析

大分産業保健総合支援センター相談員  
青野裕士

## 1. はじめに

「健康上の問題で日常生活が制限されることなく生活できる期間」と定義される健康寿命を延伸するには、人々が、平均自立期間を享受できるかにかかっている。

Marmotらは、平均自立期間にマックスに働く、年齢調整病欠率が、職階の高い人から低い人に向かって、上昇することを、明らかにしている。しかし、この格差は、喫煙、飲酒の保健行動、責任、技能などの業務特性、仕事に対する満足度などの心理・精神的要因、家庭など職場以外の要因を調整しても消失しなかった。これらの成績から、Marmotらは、行動医学的あるいは社会・文化的な調整をしても、まだ、説明できない病欠率の職階級別格差をもたらす要因があることを示唆している。

そこで、健康寿命の延伸が、各年齢階層で異なった割合で起こっているのか、また、文化的な調整が、日本では、日本人に好まれる温泉入浴により、比較的高く起こっているのか、さらに、関連する生活環境要因とその寄与度に違いがあるために起こるのかを明らかにすることは重要である。

## 2. 対象と方法

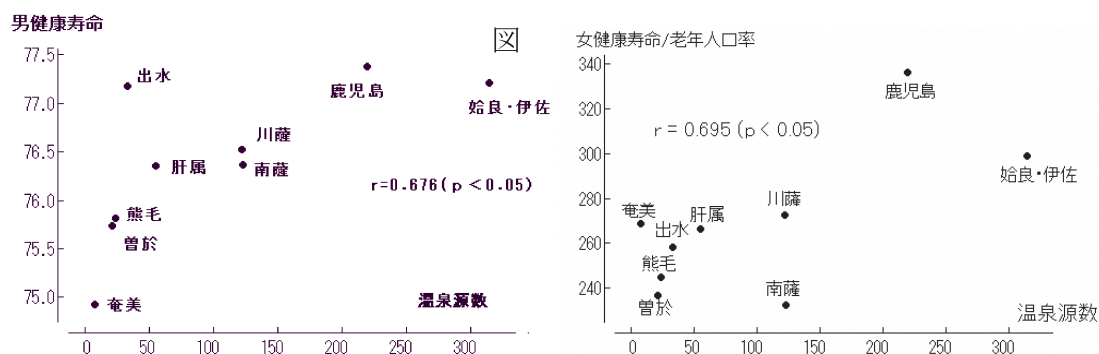
九州の7県では、豊富に温泉水が湧出し、古くから温泉文化が幅広く広がっているが、島根県と山口県も同様に、計9県を対象とした。各県の人口、死亡数、要介護認定者のデータを、公表されている国および自治体の既存統計表から得て、平均自立期間として2016年の健康寿命を算出した<sup>1)</sup>。さらに、算出した健康寿命を従属変数として、公表されている9県の同年の温泉源数および総務省の社会生活指標<sup>2)</sup>などを独立変数にして、重回帰分析し、健康寿命との関連要因を明らかにした。さらに、温泉泉質による健康寿命の違いを推定する為、詳しい温泉情報のある大分県の各種指標を用いて、

大分市の地区別の健康寿命とおおまかな温泉泉質との関係を明らかにした。解析には、SPBSとExcelを活用した。

各県の二次医療圏別の健康寿命は、宮崎県健康づくり推進センターの作成した算出プログラムで算出した<sup>1)</sup>。全国で通用できるように「健康寿命の算定方法の指針」に基づいている。

### 3. 結果

医療サービスレベルがほぼ均等になり、一次・二次医療が確保される二次医療圏別に、健康寿命と温泉源数との関連を見ると、図（男女別の図）に示す、鹿児島県のように、温泉源数が多いほど、男女とも健康寿命が高くなっていった（鹿児島県 図 有意な正相関）。同様に、健康寿命と温泉源の間に正の関連が、大分県、福岡県、長崎県、佐賀県、熊本県、宮崎県、さらに、島根県、山口県のいずれの場合でも、男女ともみられた<sup>3) 4)</sup>。



男の健康寿命と65歳健康寿命に寄与する要因は、温泉源数、ネガティブに寄与する要因は、健康寿命で、心筋梗塞年齢調整死亡率、脳血管疾患年齢調整死亡率、喫煙率が、社会生活指標の中から抽出された<sup>5)</sup>。女の健康寿命と65歳健康寿命では、温泉源数、一人当たりの教育費、通勤通学時間、ネガティブに寄与する要因は、悪性新生物年齢調整死亡率、睡眠時間、飲酒率が、抽出された。

表 多変量解析より見た健康寿命に寄与する温泉源数、および社会生活指標

		社会生活指標	寄与率	t 値	(有意水準)
男	健康寿命	温泉源数	0.166	5.190	(p<0.01)
		悪性新生物年齢調整死亡率			
		心筋梗塞年齢調整死亡率	0.166	-2.827	(p<0.05)
		脳血管疾患年齢調整死亡率	0.160	-2.696	(p<0.01)
		一人当たりの教育費	—		
		勤務・通学時間	—		
		睡眠時間	—		
		飲酒率	—		
		喫煙率	0.175	-3.479	(p<0.05)
	65歳健康寿命	温泉源数	0.163	4.932	(p<0.01)
		悪性新生物年齢調整死亡率	—		
		心筋梗塞年齢調整死亡率	—		
		脳血管疾患年齢調整死亡率	—		
		一人当たりの教育費	—		
		勤務・通学時間	—		
		睡眠時間	—		
		飲酒率	—		
		喫煙率	—		
		女	健康寿命	温泉源数	0.143
悪性新生物年齢調整死亡率	0.139			-5.928	(p<0.001)
心筋梗塞年齢調整死亡率	—				
脳血管疾患年齢調整死亡率	—				
一人当たりの教育費	0.143			6.526	(p<0.001)
勤務・通学時間	0.152			3.516	(p<0.05)
睡眠時間	0.142			-6.317	(p<0.001)
飲酒率	0.147			-7.287	(p<0.001)
喫煙率	—				
65歳健康寿命	温泉源数		0.142	6.313	(p<0.001)
	悪性新生物年齢調整死亡率		0.130	-4.996	(p<0.01)
	心筋梗塞年齢調整死亡率		—		
	脳血管疾患年齢調整死亡率		—		
	一人当たりの教育費		0.142	6.292	(p<0.001)
	勤務・通学時間		0.152	3.409	(p<0.05)
	睡眠時間		0.142	-6.317	(p<0.001)
	飲酒率		0.137	-5.71	(p<0.001)
	喫煙率		—		

### ↑ 9 県の既存統計の利用

大分市は、大分川を挟んで東側は、ナトリウム塩化泉が多く湧出し、西側は、炭酸水素単純泉がよく湧出し、前者地域の65歳健康寿命が、男17.68、女20.46に対し、後者は男15.08、女15.71と低かった。

#### 4. 考察

Marmotら6)は、平均自立期間にマイナスに働く、年齢調整病欠率の候補として、生物医学的要因として慢性的ストレスの指標と考えている血清フィブリンゲンや社会・文化的要因による病欠に対する規範の欠如等を上げている。温泉入浴と温泉文化が、大いに花開く地域で、更なる文化の洗練により、健康寿命が伸びることが期待できよう7)。仕事と生活の調和(ワーク・ライフ・バランス)の推進、男女共同参画社会の形成などが保障される、豊かな社会生活への各種行政施策が、欠かすことのできないものとなっている。

#### 5. 引用および参考文献

- 1) プログラム 宮崎県健康づくり推進センター 平成24年度厚生労働科学研究費補助金(循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業)による健康寿命における将来予測と生活習慣病対策の費用対効果に関する研究班 平成24(2012)年9月 <http://toukei.umin.jp/kenkoujyumyou/>
- 2) 統計でみる都道府県のすがた2019 総務省統計局
- 3) 平均自立期間の算定方法の指針 平成19年度厚生労働科学研究費補助金(循環器疾患等生活習慣病対策総合研究事業)による健康寿命の地域指標算定の標準化に関する研究班:平成20(2008)年3月
- 4) 厚生労働科学研究費補助金 循環器疾患等生活習慣病対策総合研究事業 健康寿命の地域指標算定の標準化に関する研究 平成19年度～20年度 総合研究報告書 研究代表者 橋本修二 平成21(2009)年3月
- 5) 平成16年度地域保健推進特別事業 島根県における健康寿命の改善に関する研究報告書 平成17年3月 島根県保健環境科学研究所
- 6) Marmot MG. Social determinants of health inequalities. Lancet 2005; 365 : 1099-1104.
- 7) 平成24年度地域保健推進特別事業 島根県における平均自立期間(健康寿命)延伸に向けた評価システムの構築と地域差の関連要因にする研究報告書(平成23年度から年度から24年度) 平成25年6月 島根県保健環境科学研究所

# 温泉分析における 知覚的試験（臭気）と成分分析値とのデータ比較

公益社団法人大分県薬剤師会 検査センター

中渡瀬 真樹・高井 亮  
大城 あやめ

## 要 旨

平成 23～29 年度に大分県薬剤師会検査センターで温泉成分を分析した大分県内の泉源 548 件について、知覚的試験の臭気と関連成分とのデータ比較を行った。548 件中 131 件（24%）から、硫化水素臭など 5 種類の臭気が 4 段階の強度で検出され、2 種類の臭気を共有する検体もあった。各臭気と関連成分の濃度について検討した結果、硫化水素臭は遊離硫化水素 0.3mg/kg 以上、金気臭は  $\text{Fe}^{2+}$  イオン 3.9mg/kg 以上が、知覚的試験で各臭気を検出するための目安になる閾値と考えられた。

## 1. はじめに

温泉には種々の成分が含まれるため、色や濁り、匂いや味は様々であり、その温泉の特徴を表す指標の一つにもなっている。鉱泉分析法指針<sup>1)</sup>では、現地あるいは試験室で行う重要な試験項目として外観（色、清濁）及び臭味が規定されており、知覚的試験の結果として温泉分析書に記載される。これにより、泉質の推定や分析すべき成分の選択、現地処理の方法や利用上の注意事項等が明らかになる可能性があると考えられている。

当会では、平成 28 年度温泉調査研究において、味と成分分析値とのデータ比較を行い、有用な研究結果<sup>2)</sup>を得ることができた。そこで今回は「臭気」に着目し、成分分析値とのデータ比較を行い、各臭気検出の指標となる関連成分を選定するとともに、臭気検出時の指標成分の濃度境界（以下、閾値という）等について検討したので報告する。

## 2. 調査方法

### 2.1 データの集計方法

平成 23 年 4 月から 30 年 3 月までに、大分県薬剤師会検査センターにおいて温泉成分分析を行った大分県内の泉源 548 件について検討した。今回は、同一泉源であっても、検体採取日が異なる場合は季節的変動を考慮して集計データに含めた。

### 2.2 分析項目

鉱泉分析法指針<sup>1)</sup>では臭気の知覚的試験として、その程度（微弱、弱、中、強）と種類（無臭、土臭、泥炭臭、腐臭、硫化水素臭、亜硫酸臭、石油臭、鉱物臭、金気臭等）を検査することとされている。そこで、これら臭気の種類に関連する指標成分として下記の項目を設定し、臭気の知覚的試験と成分分析値との比較検討を行った。

なお、本報告では、臭気の「程度」は「強度」、微弱～強の臭気をまとめて表現するときは「有臭気」と標記することとした。

[ 臭気種類及び指標成分 ]

- ・硫化水素臭：遊離硫化水素及びチオ硫酸
- ・金 気 臭：鉄（II）イオン
- ・鉍 物 臭：アンモニウムイオン、メタけい酸

## 2.3 試験方法

### 2.3.1 臭気の知覚的試験

鉍泉分析法指針<sup>1)</sup>に従って試験した。即ち、現地にて試料 50mL を密栓できる容器に入れ強く振り混ぜたのち、開栓し、直ちに臭気を検査し、この時の臭気の種類（無臭、土臭、泥炭臭、腐臭、硫化水素臭、亜硫酸臭、石油臭、鉍物臭、金気臭等）とその程度（微弱、弱、中、強）を記録した。今回は、原則として現地試験での検査結果を用いてデータ比較を行った。

### 2.3.2 関連成分の分析

鉍泉分析法指針<sup>1)</sup>に従って試験した。即ち、pH 値はガラス電極法、遊離硫化水素及びチオ硫酸は原子吸光光度法及び吸光光度法、鉄（II）イオンはジピリジル法による比色法、アンモニウムイオン及びメタけい酸は、イオンクロマトグラフ法及び吸光光度法により、それぞれ測定した。

また、泉温は現地においてデジタル温度計及び標準水銀温度計により計測した。

## 2.4 検出下限及び閾値の設定

検出下限は、今回調査した各臭気の有臭気検体中、指標となる関連成分の濃度が最も低い値に基づいて設定した。

閾値は、臭気ごとの微弱臭における指標成分の平均濃度を基に設定した。

## 3. 結果及び考察

### 3.1 臭気の検出状況

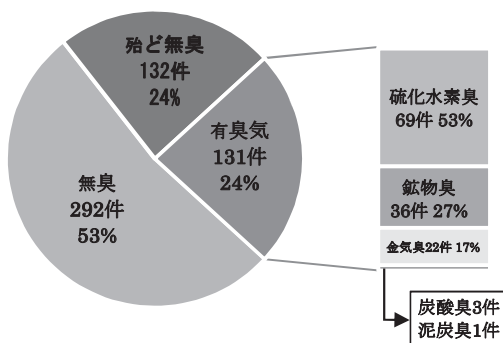


図1-1 臭気の検出状況  
(N=548 内7件は2種の有臭よりN=555)

今回検討した 548 件中、有臭気は 131 件で 24%、無臭気は 292 件で 53% を占めた。また、臭気の種類は特定できないが無臭気ではない「殆ど無臭」が 132 件あり 24% を占めた。有臭気 131 件中、臭気が 1 種類のもの（単独臭気）は 124 件（有臭気全体の 95%）、2 種類の臭気を共有するもの（2 種臭気）は 7 件（同 5%）で、3 種類以上の臭気の共有は無かった。

臭気の種類別の検出状況は硫化水素臭が 69 件（有臭気中 53%）で最も高く、鉍物臭 36 件（有臭気中 27%）、金気臭 22 件（有臭気中 17%）、炭酸臭 3 件（有臭気中 2%）、泥炭臭 1 件（有臭気中 1%）であった。（図 1-1）

### 3.2 各臭気の大分県内分布状況



図 2-1 大分県内の各臭気種類別の市町村分布状況

有臭気 131 件について、大分県内の臭気種類別の市町村分布状況を図 2-1 に示す。

硫化水素臭は全 69 件中、別府市が 35 件 (51%) と最も多く、日田市で 10 件 (14%)、大分市・由布市・竹田市・玖珠郡でそれぞれ 5 件程度 (6~9%) 検出された。鉱物臭は全 36 件中、大分市が 28 件 (78%) と最も多く、九重町で 3 件 (8%)、玖珠町で 2 件 (5%) 検出された。金気臭は全 22 件中、竹田市が 7 件 (32%) と最も多く、大分市・別府市・由布市・豊後高田市・国東市でそれぞれ 2 件程度 (9~14%) 検出された。炭酸臭は大分市で 2 件、由布市で 1 件検出され、泥炭臭は別府市で 1 件検出された。

### 3.3 臭気と泉温及び液性 (pH) の関係

#### 3.3.1 臭気と泉温分類の関係

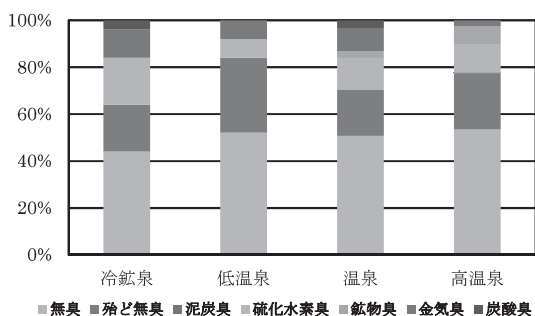


図 3-1 臭気と泉温分類の関係

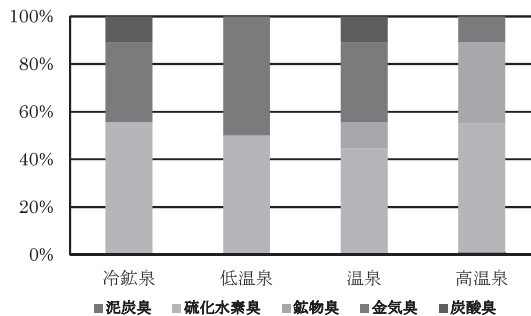


図 3-2 有臭気と泉温分類の関係

臭気と泉温分類の関係を図 3-1 に示す。低温泉～高温泉では無臭～殆ど無臭の割合が 7 割～8 割を占めたが、冷鉱泉 (泉温 25℃未満) では、6 割程度であった。泉温の分類別に有臭気率を見ると、冷鉱泉が 36% (9 件/25 件) で最も高く、低温泉 16% (4 件/25 件)、温泉 30% (18 件/61 件)、高温泉 23% (100 件/444 件) となり、泉温別では有臭気率に特徴的な傾向は見られなかった。

次に、有臭気の種類と泉温分類の関係を図 3-2 に示す。硫化水素臭および金気臭はすべての泉温において見られたが、炭酸臭は泉温分類の温泉以下 (泉温 42℃未満)、鉱物臭は温泉以上 (泉温 34℃以上) のみで見られた。

#### 3.3.2 臭気と液性分類の関係

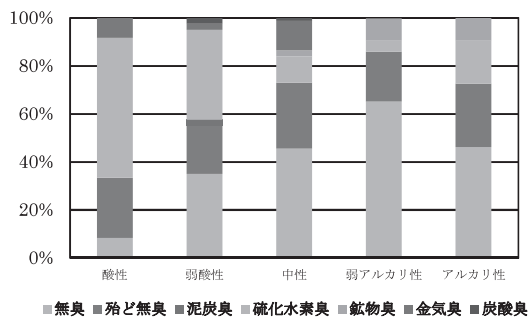


図 3-3 臭気と液性分類の関係

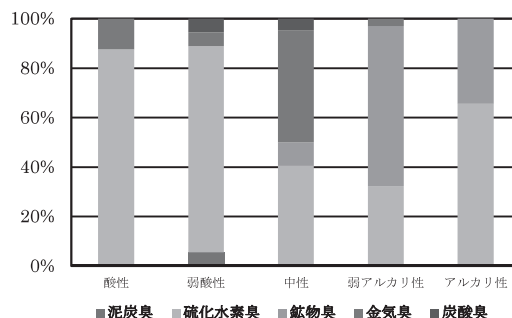


図 3-4 有臭気と液性分類の関係

臭気と液性分類の関係を図 3-3 に示す。中性～アルカリ性 (pH6 以上) では無臭気～殆ど無臭気の割合が 7 割以上を占めたが、酸性側になるにつれて有臭気率の割合が高くなる傾向を示した。

次に、有臭気の種類と液性分類の関係を図 3-4 に示す。硫化水素臭は、すべての液性で見られたが、酸性～弱酸性 (pH6 未満) において割合が高くなる傾向を示した。金気臭は、アルカリ性 (pH8.5 以上) 以外で認められ、中性 (pH6 以上 7.5 未満) では最も多く、約 50% を占めていた。鉱物臭は、中性以上 (pH6 以上) で認められ、弱アルカリ性以上のアルカリ性側 (pH7.5 以上) で高い割合を示した。

### 3.4 臭気の種類と指標成分との関係

#### 3.4.1 硫化水素臭と硫黄成分の関係

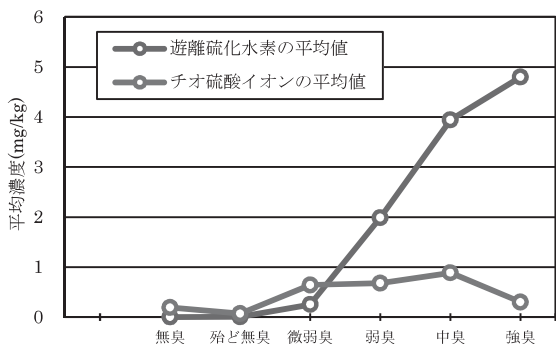


図4-1 硫化水素臭と硫黄成分項目の関係

硫化水素臭		無臭	殆ど無臭	微弱臭	弱臭	中臭	強臭
調査件数		292	132	42	18	7	2
遊離硫化水素濃度 (mg/kg)	Min.	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	4.2
	Max.	0.3	0.5	3.8	11.4	7.1	5.4
	Ave.	<0.1	<0.1	0.3	2.0	3.9	4.8
	SD	<0.1	0.1	0.8	3.4	3.1	0.8
チオ硫酸イオン濃度 (mg/kg)	Min.	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	Max.	15.2	2.5	7.0	3.4	5.0	0.6
	Ave.	0.2	0.1	0.6	0.7	0.9	0.3
	SD	1.2	0.3	1.4	0.9	1.9	0.4

表 1 硫化水素臭と硫黄成分項目の関係

硫化水素臭は有臭気率が最も高く、有臭気 131 件中 69 件 (約 53%) から検出されており (図 1-1)、その指標としては硫黄成分との関連性が考えられる。

そこで、硫黄成分の関連分析項目である遊離硫化水素及びチオ硫酸イオンとの関係を調べた結果を図 4-1 に示す。臭気強度別に見た両項目の平均濃度値はそれぞれ全く異なった様相を示し、遊離硫化水素は臭気が強くなるにつれて平均濃度も高くなる正の相関関係が認められたのに対し、チオ硫酸イオンでは、臭気の強さにかかわらずほぼ低値の平均濃度で推移した。

以上の結果から、硫化水素臭検出の指標成分としては遊離硫化水素が適当と考えられた。

また、遊離硫化水素臭の強度と成分濃度値の関係を表 1 に示す。遊離硫化水素臭は下限値 0.1mg/kg 以上で検出されており、微弱臭における平均値は約 0.3mg/kg であった。

これらの結果から、知覚的試験における硫化水素臭の検出は遊離硫化水素を指標成分とし、検出下限は 0.1mg/kg、閾値を 0.3mg/kg 以上に設定することが適当と考える。

#### 3.4.2 遊離硫化水素と泉温及び液性 (pH 値) の関係

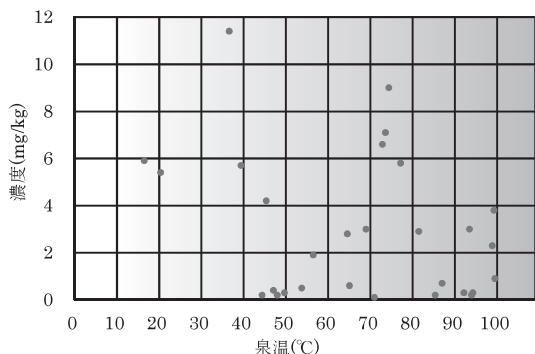


図4-2 遊離硫化水素と泉温の関係

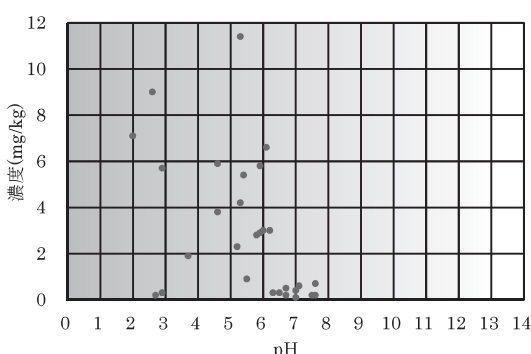


図4-3 遊離硫化水素と液性の関係



遊離硫化水素の検出状況と泉温の関係を図 4-2 に示す。遊離硫化水素の検出泉は泉温 42℃以上の高温泉が 86% (25 件/29 件) を占めた。また、液性 (pH 値) との関係を図 4-3 に示す。遊離硫化水素の検出泉は、液性分類の酸性～中性 (pH 値 7.5 未満) が 90% (26 件/29 件) を占めた。これは、硫黄成分が火山性温泉のマグマ由来であり、遊離硫化水素が気体成分である為に酸性側で存在することを示している。

### 3.4.3 金気臭と鉄(Ⅱ)イオンの関係

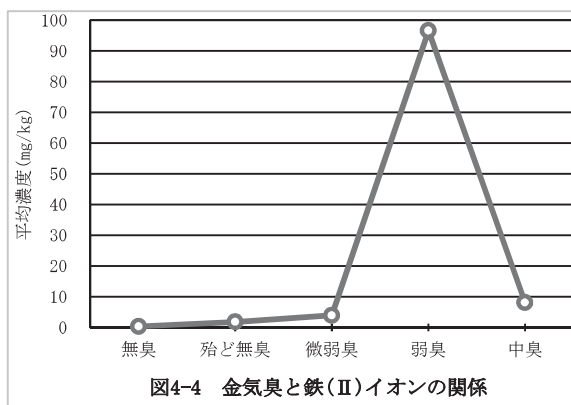


図4-4 金気臭と鉄(Ⅱ)イオンの関係

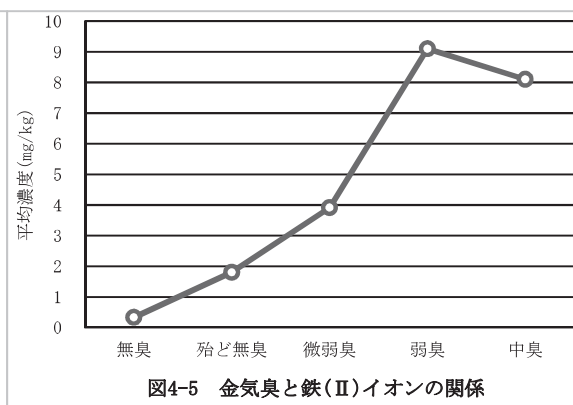


図4-5 金気臭と鉄(Ⅱ)イオンの関係

金気臭	無臭	殆ど無臭	微弱臭	弱臭	中臭	強臭
調査件数	292	132	16	4	2	0
鉄(Ⅱ)イオン濃度 (mg/kg)	Min.	<0.1	<0.1	0.5	1.0	6.6
	Max.	15.1	47.6	17.4	20.2	9.6
	Ave.	0.3	1.8	3.9	9.1	8.1
	SD	1.2	5.6	4.2	9.9	2.1

表 2 金気臭と鉄(Ⅱ)イオン濃度の関係

金気臭は有臭気率が 3 番目に高く 22 件(17%) から検出されており (図 1-1)、温泉に含まれる金属成分との関連性が高いと考えられる。そこで、金属成分の関連分析項目である、鉄(Ⅱ)イオンとの関係を調べた結果を、図 4-4 に示す。図中の、弱臭では、鉄(Ⅱ)イオンの平均濃度が極端な高値を示した。これは、由布市の 1 泉源が高値を示したためで、これを除外した結果を図 4-5 に示す。図 4-5 からは、臭気強度と鉄(Ⅱ)イオンの平均濃度とに正の相関関係が見られ、金気臭検出の指標成分は鉄(Ⅱ)イオンが適当と考えられた。

また、図 4-4 に基づく金気臭強度と成分濃度値の関係を表 2 に示す。金気臭は 0.5mg/kg を下限として検出されており、微弱臭における平均値は約 3.9mg/kg であった。

これらの結果から、知覚的試験における金気臭の検出は鉄(Ⅱ)イオンを指標成分とし、検出下限は 0.5mg/kg、閾値を 3.9mg/kg 以上に設定することが適当と考える。

### 3.4.4 鉄(Ⅱ)イオンと泉温及び液性 (pH 値) の関係

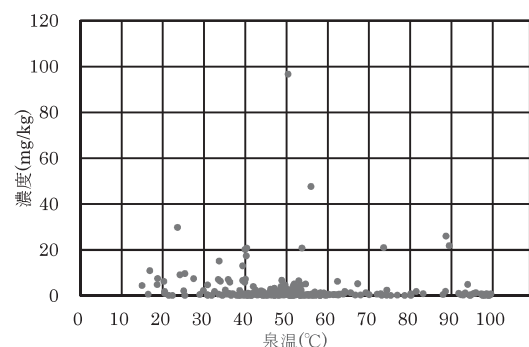


図4-6 鉄(Ⅱ)イオンと泉温の関係

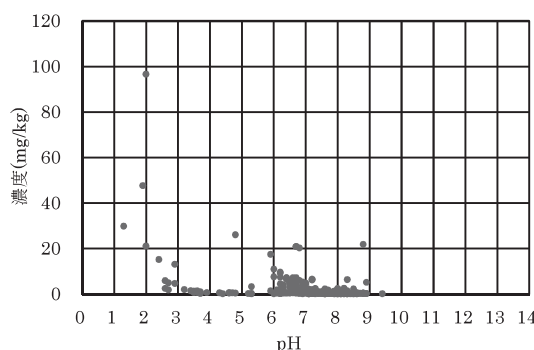


図4-7 鉄(Ⅱ)イオンと液性の関係

鉄(II)イオンと泉温の関係を図 4-6 に示す。泉温約 20℃～100℃までにはほぼ均一に分布しており、特徴的な傾向は見られなかった。また、液性 (pH 値) との関係を図 4-7 に示す。pH 値についてもほぼ均一に分布しており、特徴的な傾向は見られなかった。

### 3.4.5 鉱物臭とアンモニウムイオン及びメタけい酸の関係

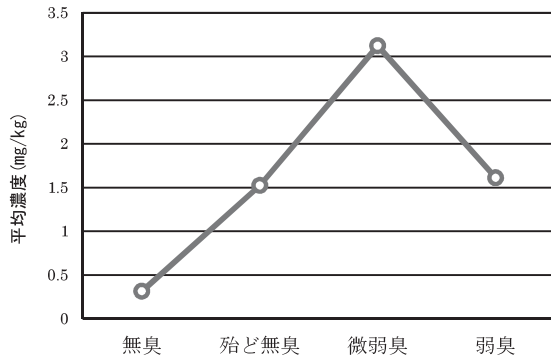


図4-8 鉱物臭とアンモニウムイオンの関係

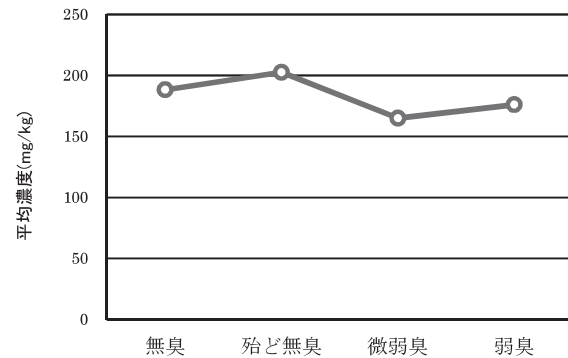


図4-9 鉱物臭とメタけい酸の関係

鉱物臭		無臭	殆ど無臭	微弱臭	弱臭	中臭	強臭
調査件数		292	132	27	9	0	0
アンモニウムイオン濃度 (mg/kg)	Min.	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	-	-
	Max.	42.8	36.3	14.1	4.0	-	-
	Ave.	0.3	1.5	3.1	1.6	-	-
	SD	2.6	4.6	4.2	1.7	-	-
メタけい酸 (mg/kg)	Min.	28.5	0.2	52.2	44.8	-	-
	Max.	685	620	294	223	-	-
	Ave.	188	203	165	176	-	-
	SD	89.5	123	68.1	51.7	-	-

表 3 鉱物臭とアンモニウムイオン及びメタけい酸の関係

鉱物臭気は有臭気率が 2 番目に高く 36 件 (27%) から検出されている (図 1-1)。鉱物臭気は前述した各臭気の県内分布状況 (図 2-1) において大分平野に集中しており、非火山性温泉 (化石海水型及び深層地下水型) 特有のものである傾向が見られた。そのため、臭気と温泉成分の関連性はフミン質等の有機物若しくは化石 (鉱物) 由来ではないかと考えられ、有機窒素の分解生成物質であるアンモニウムイオンとの関係を調べた結果を図 4-8 に、鉱物の主成分であるメタけい酸との関係を調べた結果を図 4-9 に示す。

アンモニウムイオンは、臭気強度の検出頻度分布に、明白な相関関係は認められなかった。メタけい酸については、臭気強度によらずほぼ一定の値となった。

以上で得られた臭気強度と各成分濃度の推移傾向から、鉱物臭検出の指標成分としては両成分共に不相当と考えられた。

### 3.4.6 アンモニウムイオンと泉温及び液性の関係

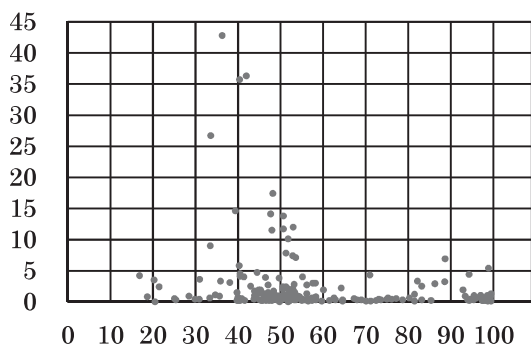


図4-10 アンモニウムイオンと泉温の関係

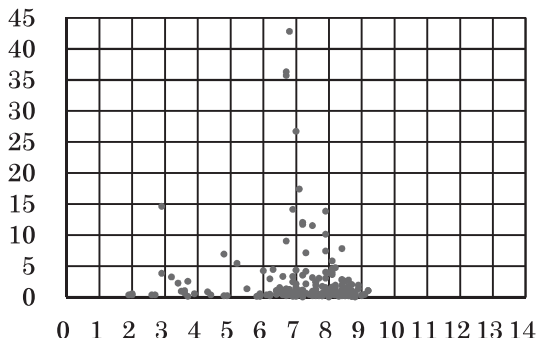


図4-11 アンモニウムイオンと液性の関係

アンモニウムイオンと泉温の関係を図 4-10 に示す。泉温約 30℃～55℃の間に高濃度のアンモニウムイオンが分布しており、その外は比較的低い濃度分布となった。また、アンモニウムイオンと液性 (pH 値) の関係を図 4-11 に示す。pH 約 6.5～8 の間に高濃度のアンモニウムイオンが分布しており、その外は比較的低い濃度分布となった。

これは、大分平野に存在する温泉の泉温及び液性の傾向と類似しており、今回調査したアンモニウムイオンの動態は、大分平野由来の非火山性温泉の成因と密接に関連しているものと推察された。

### 3.4.7 鉱物臭とメタンガスの関係

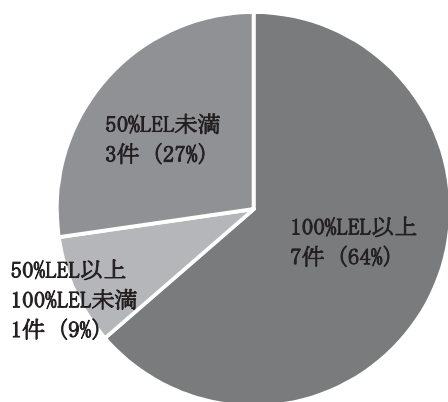


図 4-12 鉱物臭とメタンガスの関係

	市町村	メタン濃度	臭気	色	深度(m)	泉温(℃)	アンモニウムイオン
1	大分市	100	微弱鉱物臭	無色	800	51.8	10.1
2	大分市	100	微弱鉱物臭	無色	800	43.9	1.7
3	大分市	100	微弱鉱物臭	微弱黄色	800	47.7	14.1
4	大分市	100	弱鉱物臭	微弱黄色	700	46.5	3.9
5	大分市	100	弱鉱物臭	中黄褐色	800	38.7	<0.2
6	大分市	100	弱鉱物臭	弱黄色	700	51.3	2.4
7	大分市	100	弱鉱物臭	弱黄褐色	700	52.2	<0.2
8	大分市	88	微弱鉱物臭	微弱黄色	700	54.1	0.9
9	大分市	28	微弱鉱物臭	弱黄褐色	700	53.2	1.6
10	大分市	22	弱鉱物臭	弱黄色	1000	51.0	1.1
11	大分市	1.6	弱鉱物臭	中黄色	700	48.6	0.4

表 4 メタンガスと関連成分の関係

アンモニウムイオンと同様に、有機物の腐敗や発酵などにより生成される物質としてメタンガスが挙げられる。メタンガスは、すべての泉源において実施すべき検査項目ではない為、データ数は少ないが、当会にて検査した泉源について、鉱物臭とメタンガスの関係を調べた結果を図 4-12 に示す。鉱物臭を有す泉源の内、メタンガス分析を行ったものが 11 件あり、そのすべてからメタンガスが検出された。この内、基準値 (水上置換法) の 50%LEL を超える泉源は 8 件 (73%) 認められた。

また、メタンガスと関連成分の関係を表 4 に示す。メタンガス濃度と鉱物臭気強度、色強度 (フミン質由来による黄褐色)、アンモニウムイオン濃度との間に関連性は認められなかった。

#### 4. まとめ

今回、臭気の知覚的試験と関連成分とのデータ比較により、両者の関係を数値に基づいて明確化する目的で検討を行った。

表5には、臭気の種類と今回設定した指標成分の検出下限及び味検出の目安となる閾値を示した。この閾値を参考にすることで、実際の温泉分析において成分濃度の希釈倍率等をあらかじめ予測したり、泉質の推定等に役立てることができると思われる。

また、硫化水素臭および鉱物臭に関しては、硫化水素ガスやメタンガス等の死亡事故原因ともなりうる有毒ガスに対し、現場において様々なリスク予測や事故対策に非常に有効であると思われる。

臭いの臭気	硫化水素臭	金気臭	鉱物臭
指標成分	遊離硫化水素	鉄(Ⅱ)イオン	アンモニウムイオン
閾値	0.3mg/kg	3.9mg/kg	今回設定せず
検出下限	0.1mg/kg	0.5mg/kg	今回設定せず

表5 臭気検出の指標成分とその閾値

注) 検出下限：今回調査の有臭気検体事例を基に設定

また、鉱物臭に関しては前述のとおり、今回比較に用いた温泉の黄褐色強度や無機イオン等では十分な指標とはならなかった。今後の課題として有機物（TOC・一般細菌等）による考察も行っていきたい。

#### 5. 参考文献

- 1) 環境省自然環境局編「鉱泉分析法指針（平成26年改訂）」
- 2) 長澤未佳他：温泉分析における知覚試験と成分分析値とのデータ比較，大分県温泉調査研究会報告，No68,69-76（2017）

# 別府温泉藻類RG92の培養条件の検討

株式会社サラヴィオ化粧品 サラヴィオ中央研究所  
岩田俊祐・加世田国与士

## 要 旨

抗炎症作用のある別府温泉藻類RG92(*Mucidosphaerium* sp. RG92株)において、糖脂質がその有効成分の一つであることが確認された。私たちは温泉藻類RG92の培養において、光がどのような影響を与えるか検証を行った。今回の条件では、藻体の増殖には光照射よりも炭素源の添加が有効であること、不飽和脂肪酸を有する糖脂質の効率的な産生には光合成が関与することが示された。

## 1 はじめに

肌荒れや痛み・痒みには炎症が関与している。私たちは別府温泉で発見した藻類RG92の抽出物に抗炎症作用があることを報告した<sup>1)</sup>。炎症はメタボリックシンドロームの発症や症状の悪化にも関与しているため、別府温泉藻類RG92は美容と健康の改善に広く貢献することが期待される。最近、RG92の抗炎症作用に糖脂質Digalactosyldiacylglycerol(DGDG)が関与していることを見出した<sup>2)</sup>。

糖脂質は、葉緑体を構成する膜脂質の重要な成分であるので、糖脂質代謝と光合成との関係は興味深い。光エネルギーと藻類培養の関係については多くの報告がなされており、光の強度や照射時間によって産生される脂肪酸の種類や量が異なる<sup>3)</sup>。

近年、DHAやEPAなど健康に良いとされる脂肪酸が注目を集めている。これらの不飽和脂肪酸の二重結合は非常に酸化されやすい。一方、糖脂質分子内において、糖部位は不飽和脂肪酸の酸化を抑えることも報告されている<sup>4)</sup>。

本研究では、温泉藻類RG92に含まれる糖脂質の効率的な産生を目的として、光の影響について検証した。

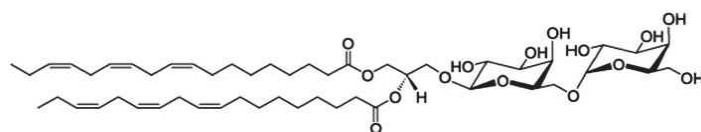


図1 糖脂質DGDGの構造<sup>5)</sup>

## 2 調査方法

### 2-1. 培養系

培地に炭素源としてグルコースを添加し、遮光で培養したものを従属栄養培養とした。グルコース濃度は0.8%とした(培養温度25℃、振盪100 rpm)。培地に炭素源は添加せず、蛍光灯の光を照射して培養したものを独立栄養培養とした。また、グルコース濃度0.8%で蛍

光灯を照射して培養したものを混合栄養培養とした。全ての培養条件において、光照射は12時間/日とした。これらの培養液を経時的にサンプリングし、藻体の増殖量として吸光度(660nm)を測定した。

## 2-2. グルコース濃度の影響

グルコース濃度を変えて混合栄養培養を行った(培養温度25°C、振盪100 rpm)。培養液を経時的にサンプリングし、吸光度(660nm)を測定した。

## 2-3. 糖脂質の定量

上記の各条件で培養した同重量の藻体からBligh&Dyerの方法<sup>6)</sup>により脂質を抽出し、Gabrieleらの方法<sup>7)</sup>によって糖脂質を分画してHPLCで各種糖脂質を定量した(カラム, ODS; オープン, 35°C; 溶離液, アセトニトリル:メタノール:水=23:70:7; 流速, 0.5ml/min; 検出, UV 205nm)。標準Monogalactosyldiacylglycerol (MGDG)、DGDGを比較対照とした。なお、UV 205nmは不飽和脂肪酸を有する糖脂質を検出する。

## 2-4. 従属栄養培養後に光照射培養した藻類の糖脂質

グルコース濃度0.8%で従属栄養培養を行った後に、光を照射した条件においても同様に糖脂質を解析した。

# 3 結果及び考察

## 3-1. 独立栄養培養と従属栄養培養

図2に、各培養条件下における温泉藻類RG92の増殖曲線を示す。混合栄養培養と従属栄養培養は、ほぼ同じ増殖曲線を辿り、光照射の影響は認められなかった。一方、独立栄養培養は培養5日目以降ほぼ横ばいであり、観察期間内ではほとんど増殖しなかった。今回行った振盪条件では二酸化炭素の取り込みが不足していたものと推察される。したがって、混合栄養培養の増殖スピードはグルコースに依存しており、光照射の効果はほとんど得られていないように見える。

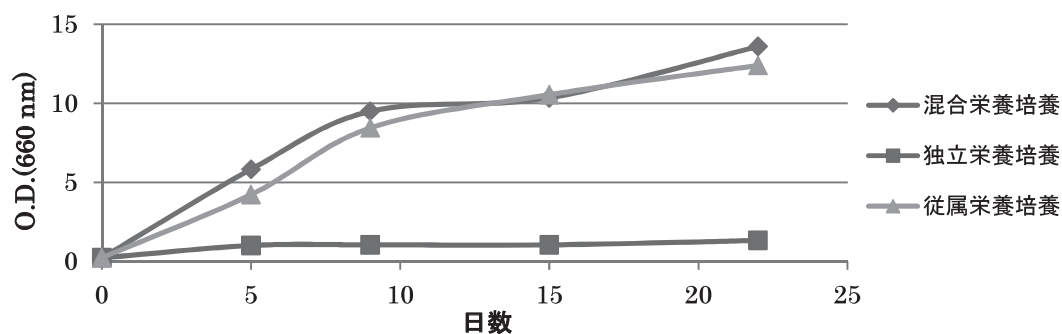


図2 各培養条件における温泉藻類RG92の増殖曲線

### 3-2. グルコース濃度の影響

図3に、混合栄養培養においてグルコース量を変化させたときの増殖曲線を示す。藻の増殖がグルコース濃度に強く依存しており、独立栄養培養で不足している炭素源を、グルコースによって補っていることが確認された。

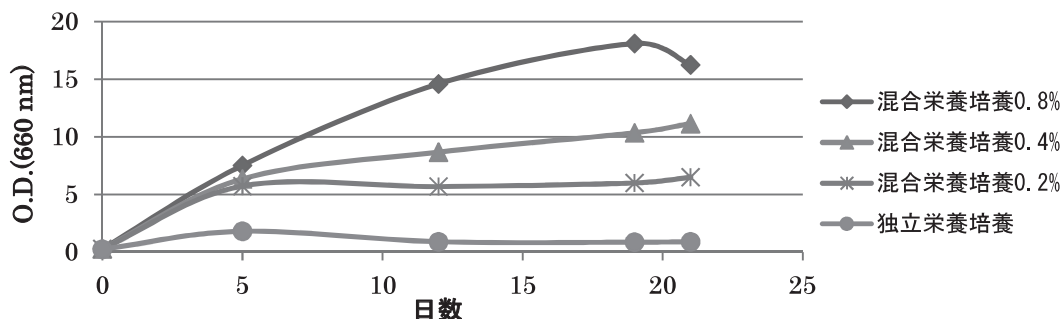


図3 混合栄養培養におけるグルコース濃度の影響

### 3-3. 培養条件と糖脂質の関係

培養した藻類の糖脂質をHPLCで解析した。図4に、温泉藻類RG92由来の糖脂質のHPLCチャートを示す。まず、従属栄養培養では、糖脂質はほとんど検出されなかった。混合栄養培養のグルコース濃度0.8%では、40~70minでいくつかの明確なピークが確認された。グルコースを添加せず、光を照射した独立栄養培養では、40~120minの間により大きな多数のピークが出現していた。このことから、温泉藻類RG92の糖脂質は、独立栄養培養の条件によって糖脂質中の不飽和脂肪酸の含有量を高められることが示唆された。また、グルコース濃度0.2、0.4%の混合栄養培養では、グルコース濃度0.8%の混合栄養培養よりも高いピークが観察された。これは、糖脂質に含まれる脂肪酸の不飽和化には、グルコースの資化よりも、光合成によるエネルギーの代謝経路がより密接に関与していることを示している。

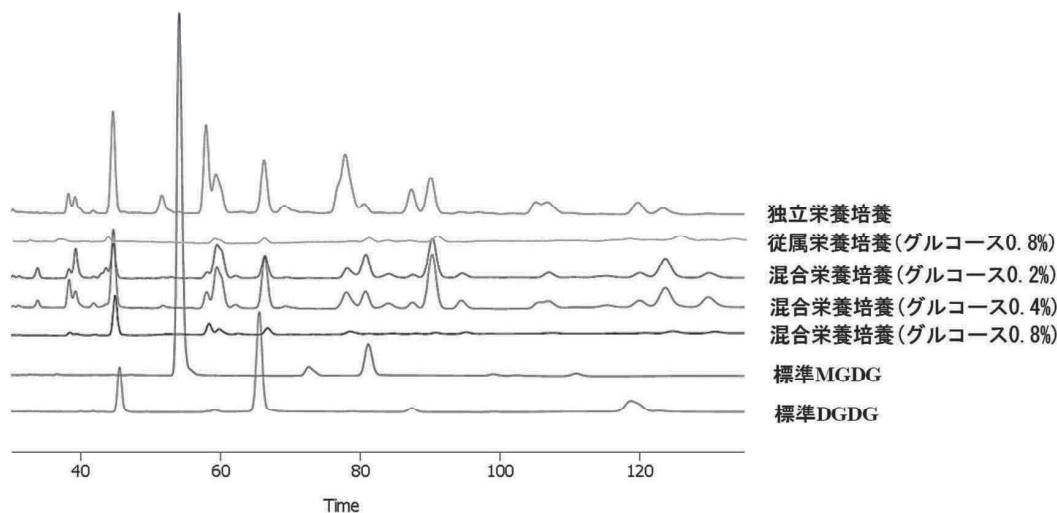


図4 各培養条件における糖脂質のHPLCチャート

### 3-4. 従属栄養培養後に光照射した藻類の糖脂質

図5に従属栄養培養後に光照射培養した温泉藻類RG92糖脂質のHPLCチャートを示す。従属栄養培養ではほとんど認められない糖脂質のピークが、その後の光照射により顕著に増加した。このことから、従属栄養培養で増殖した後でも、光の照射によって不飽和脂肪酸を含有する糖脂質の産生を促進できることが示唆された。

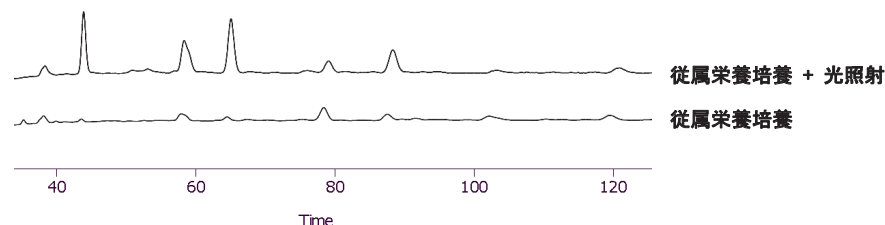


図5 従属栄養培養後に光照射培養した温泉藻類RG92の糖脂質

## 4 まとめ

温泉藻類RG92の増殖は、従属および混合栄養培養で効率が良く、糖脂質においては、独立栄養培養で最も多くの不飽和脂肪酸を含む糖脂質が検出された。これは、資化性が高いグルコース等の炭素源は、藻体回収率を上げるために適しているが、糖脂質中の不飽和脂肪酸の量は光合成に強く影響されることを示唆している。

従属栄養培養後に光を照射したところ、不飽和脂肪酸を含む糖脂質の増加が認められた。微細藻類の光制御培養において、光照射時間及び光強度と脂肪酸組成の関係<sup>3)</sup>や光波長の影響<sup>9)</sup>が報告されている。今後は、どの波長域で温泉藻類RG92の糖脂質が、最も効率良く産生されるのか検討する予定である。一方、今回の実験ではほとんど藻の増殖が見られなかった独立栄養培養ではあるが、二酸化炭素をより効率的に供給することにより増殖が促進されるかもしれない。二酸化炭素の供給は光合成を促進させることが知られており<sup>8)</sup>、糖脂質の産生を促進する可能性がある。

### (参考文献)

- 1) Miyata, M. et al., A novel *Mucidosphaerium* sp. from Beppu hot spring down-regulates inflammatory gene expression in skin and articular cells. *Altern Ther Health Med.* (in press)
- 2) 宮田光義ら, 別府温泉由来微細藻類*Mucidosphaerium* sp. RG92株の抗炎症作用. *温泉科学*, 68:204-215(2018)
- 3) Zahra, A. K. et al., Effect of light intensity and photoperiod on biomass and fatty acid composition of the microalgae, *Chlorella vulgaris*. *Aquacult Int*, 20:41-49(2012)
- 4) Noor, Y. B. H. et al., Comparison of oxidative stability of monogalactosyl diacylglycerol, digalactosyl diacylglycerol, and triacylglycerol containing polyunsaturated fatty acids. *Food Nutr Sci*, 9: 221-234(2018)
- 5) <https://avantilipids.com/product/840524>
- 6) Bligh, E. G. et al., A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol*, 37:911-917(1959)



- 7) Marcolongo, G. et al., Diacylglycerolipids isolated from a thermophile cyanobacterium from the Euganean hot springs. *Nat Prod Res*, 20(8):766-774(2006)
- 8) Tsuzuki, M. et al., Effects of CO<sub>2</sub> concentration during growth on fatty acid composition in microalgae. *Plant Physiol*, 93: 851-856(1990)
- 9) Gokce, K. et al., Effect of different wavelengths of light on growth, pigment content and protein amount of *Chlorella vulgaris*. *Fresenius Environ Bull*, 26(12):7974-7980(2017)



## 大分県温泉調査研究会会則

第1条 この会則は、大分県温泉調査研究会（以下「研究会」という。）の組織及び運営に関し必要な事項を定めるものとする。

第2条 研究会の事務局を大分県生活環境部自然保護推進室内に置く。

第3条 研究会は大分県内における温泉の科学的調査研究をして公共の福祉の増進に寄与することを目的とする。

第4条 研究会は前条の目的を達成するために下記の事業を行う。

- (1) 温泉脈及び温泉孔の分布状況調査
- (2) 噴気に関する研究調査
- (3) 温泉に対する影響圏の調査
- (4) 化学分析による温泉調査
- (5) 療養的価値よりみたる温泉の調査
- (6) 温泉に関する図書及び機関紙の発行
- (7) その他研究会の目的達成に必要な事業

第5条 研究会は下記の構成員をもって組織する。

- (1) 学識経験者
- (2) 県及び温泉所在地市町村の代表
- (3) 関係行政庁の吏員
- (4) 本研究会の趣旨に賛同する団体及び個人

第6条 研究会の役員は下記のとおりとし、総会によって選任する。

- (1) 会 長 1名
- (2) 副会長 2名
- (3) 常務理事 1名
- (4) 理 事 若干名
- (5) 監 事 2名

2 役員は任期は2年とする。ただし、役員に欠員を生じた場合の補欠役員は前任者の残任期間とする。

第7条 会長は会務を総理し、会議の議長となる。

- 2 会長に事故のあるときは副会長が、会長及び副会長に事故があるときは常務理事がその職務を代理する。
- 3 常務理事は会長を補佐して研究会の庶務に従事する。ただし、研究会の会計事務は常務理事が処理するものとする。
- 4 理事は会務に従事する。
- 5 監事は会計を監査する。

第8条 研究会に顧問を置くことができる。

- (1) 顧問は役員会の承認を得て会長が委嘱する。この場合、総会に報告しなければならない。
- (2) 顧問は研究会の事業について会長の諮問に応ずるものとする。

第9条 研究会に下記の職員を置く。

- (1) 書記 若干名
- (2) 書記は会長が任命又は委嘱する。
- (3) 書記は上司の指示を受け庶務に従事する。

第10条 会議は総会及び役員会とする。

第11条 総会は会長が招集する。

- 2 総会は通常総会及び臨時総会とし、臨時総会は会長が必要と認めたとき、又は会員の5分の1の請求があったときに招集する。
- 3 総会の招集は開会の5日前までに会員に届くように会議に付議する事項、日時及び場所を通知しなければならない。

第12条 総会において下記の事項を議決する。

- (1) 会則の変更
- (2) 役員を選出
- (3) 予算及び事業計画
- (4) 解散
- (5) その他重要事項

第13条 総会は会員の過半数が出席しなければ議事を開き議決することはできない。

- 2 議事は出席会員の過半数で決し、可否同数のときは議長の決するところによる。
- 3 議事に関しては議事録を調整し、会長の指名した2名以上の者がこれに署名しなければならない。

第14条 下記の事項について会長は専決することができる。

(1) 総会の議決事項であっても軽易な事項

(2) 緊急を要する事項

(3) 会員の入会・退会

2 下記の事項については総会に報告し、承認を得なければならない。

(1) 前項の専決事項

(2) 前年度の事業及び決算

第15条 役員会は会長が招集する。

2 役員会は総会に付議する事項、顧問の推薦、その他会長が必要と認める事項を審議する。

第16条 第14条第1項及び第2項の規定は役員会に準用する。

第17条 研究会は議事遂行上必要がある場合は、専門委員会を設けることができる。

2 前項の委員会に関する事項は総会で決定する。

第18条 研究会の経費は負担金及び補助金、委託料、寄附金等その他の収入をもってこれにあてる。

第19条 研究会の会計年度は毎年4月1日から始まり翌年3月31日に終わる。

2 年度における余剰金は翌年度に繰越することができる。

3 会計証拠書類は5年間保存する。

#### 附 則

前条の規定にかかわらず、昭和24年度の会計年度は6月1日から始めるものとする。

#### 附 則

この会則の改正は、昭和46年4月1日から適用する。

この会則の改正は、昭和48年4月1日から適用する。

この会則の改正は、平成2年4月1日から適用する。

この会則の改正は、平成7年5月1日から適用する。

この会則の改正は、平成9年4月1日から適用する。

この会則の改正は、平成16年4月1日から適用する。

この会則の改正は、平成18年4月1日から適用する。

この会則の改正は、平成21年8月3日から適用する。

この会則の改正は、平成26年8月27日から適用する。

この会則の改正は、平成28年8月26日から適用する。

## 大分県温泉調査研究会会員名簿（順不同）

（令和元年6月1日現在）

所 属 ・ 職 名	氏 名	備 考
京都大学 名誉教授	由 佐 悠 紀	会 長
大分大学 名誉教授	川 野 田 實 夫	副 会 長
大分県生活環境部自然保護推進室 室長	橋 本 昌 樹	副 会 長
大分県生活環境部自然保護推進室 室長補佐（総括）	松 木 京 子	常 務 理 事
九州大学 名誉教授	矢 永 尚 士	
仁泉会畑病院 介護老人保健施設メディケア別府 施設長	安 田 正 之	
九州大学 名誉教授	牧 野 直 樹	理 事
九州大学病院別府病院内科 教授	堀 内 孝 彦	
九州大学病院別府病院内科 准教授	前 田 豊 樹	
元岡山理科大学理学部基礎理学科 教授	北 岡 豪 一	
立正大学地球環境科学部 教授	河 野 忠	
大分大学教育学部 教授	大 上 和 敏	理 事
京都大学名誉教授	竹 村 恵 二	
京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設 教授	大 沢 信 二	理 事
京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設 准教授	柴 田 智 郎	
北海道大学総合博物館 准教授	山 本 順 司	
広島大学理学研究科地球惑星システム学専攻地球惑星化学グループ 教授	柴 田 知 之	
京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設 技術職員	三 島 壯 智	
広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻 CAP研究員	芳 川 雅 子	
京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設・火山研究センター 助教	宇 津 木 充	
京都大学名誉教授・阿蘇ジオパーク推進協議会地球科学専門員	鍵 山 恒 臣	
龍谷大学経済学部 准教授	山 田 誠	
日鉄鉱業株式会社	酒 井 拓 哉	
秋田大学大学院理工学研究科システムデザイン工学専攻 土木環境工学コース	網 田 和 宏	
GERD 地熱技術開発株式会社 技術部	長 谷 英 彰	
別府ONSEN地療法研究会（畑病院）	畑 洋 一	
別府ONSEN地療法研究会（畑病院）	畑 知 二	
大分大学医学部 精神神経医学 教授	寺 尾 岳	
大分大学医学部 講師	塩 月 一 平	
元大分大学医学部	青 野 裕 士	
別府大学国際経営学部国際経営学科 教授	中 山 昭 則	
立命館アジア太平洋大学 アジア太平洋学部 准教授	マヒチ・ファエゼ	
東海大学海洋学部 教授	齊 藤 雅 樹	
株サラヴィオ化粧品専務取締役兼サラヴィオ中央研究所 所長	加 世 田 国 与 士	
公益社団法人大分県薬剤師会 会長	安 東 哲 也	
公益社団法人大分県薬剤師会検査センター 施設環境課 課長	甲 斐 美 穂	
タナベ環境工学(株) 代表取締役	藤 澤 剛	
タナベ環境工学(株) 環境部 部長	後 藤 弘 樹	
タナベ環境工学(株) 環境調査課 課長代理	相 垣 明 子	
環境工研(株) 代表取締役	松 尾 広 暁	
環境工研(株) 技術営業部	秋 月 香 菜 子	
九電産業(株) 環境部 取締役環境部長	佐 藤 信 治	
九電産業(株) 環境部 地熱グループマネージャー	西 村 眞 吾	
九電産業(株) 環境部 課長	能 登 征 美	
九電産業(株) 環境部	小 野 光 一	
株住化分析センター 大分ラボラトリー環境科学グループ グループリーダー	深 浦 友 美	

所 属 ・ 職 名	氏 名	備考
(櫛住)分析センター 大分ラボラトリー環境科学グループ チームリーダー	長 屋 敦	
一般財団法人 九州環境管理協会 技術部長	川 村 秀 久	
一般財団法人 九州環境管理協会 先進領域課長	芦 川 信 雄	
一般財団法人 九州環境管理協会 品質管理課長	天 日 美 薫	
一般財団法人 九州環境管理協会 分析試験課長	右 田 義 臣	
一般財団法人 九州環境管理協会 環境調査課長	小 野 孝	
大 分 市 長	佐 藤 樹 一 郎	理 事
別 府 市 長	長 野 恭 紘	理 事
中 津 市 長	奥 塚 正 典	
日 田 市 長	原 田 啓 介	理 事
臼 杵 市 長	中 野 五 郎	
竹 田 市 長	首 藤 勝 次	理 事
杵 築 市 長	永 松 悟	
宇 佐 市 長	是 永 修 治	
由 布 市 長	相 馬 尊 重	理 事
国 東 市 長	三 河 明 史	
姫 島 村 長	藤 本 昭 夫	
九 重 町 長	日 野 康 志	理 事
玖 珠 町 長	宿 利 政 和	
別府市観光戦略部温泉課 課長	野 田 哲 也	監 事
別府市観光戦略部温泉課 温泉政策係長	河 野 文 彦	
大分県東部保健所 所長	内 田 勝 彦	監 事
大分県東部保健所 次長	土 師 文 明	
大分県衛生環境研究センター 所長	小 林 貴 廣	理 事
大分県衛生環境研究センター微生物担当 専門研究員 (総括)	成 松 浩 志	
大分県衛生環境研究センター微生物担当 主幹研究員	神 田 由 子	
大分県衛生環境研究センター微生物担当 主任研究員	溝 腰 朗 人	
大分県衛生環境研究センター微生物担当 主任研究員	佐々木 麻 里	
大分県衛生環境研究センター水質担当 主幹研究員 (総括)	後 藤 郁 夫	
大分県衛生環境研究センター水質担当 主幹研究員	水 江 智 子	
大分県衛生環境研究センター水質担当 研究員	秋 吉 貴 太	
大分県衛生環境研究センター水質担当 研究員	白 石 桃 子	
大分県衛生環境研究センター水質担当 研究員	山 崎 信 之	

(会員数 79名)

書 記

所 属 ・ 職 名	氏 名	備考
大分県生活環境部自然保護推進室 主幹	手 島 淳	
大分県生活環境部自然保護推進室 主事	水 嶋 孝 介	
大分県生活環境部自然保護推進室 非常勤職員	安 部 弘	

(書記 3名)

## 大分県温泉調査研究会報告 第70号

令和元年8月 印刷  
令和元年8月 発行

発行者 大分県温泉調査研究会  
〒870-8501 大分市大手町3丁目1-1  
大分県生活環境部  
自然保護推進室内(事務局)  
TEL 097-506-3025  
FAX 097-506-1749

印刷社 〒870-0841 大分市六坊北町4485番地の1  
株式会社 大分出版印刷  
TEL 097-546-0200

毎年の「大分県温泉調査研究会報告」・「大分県環境審議会温泉部会内規（抜粋）」・平成27年度策定の「おおいた温泉基本計画」は、大分県のホームページで閲覧することができます。