

## 特別講演

## 岡山の温泉

岡山理科大学教授 工学博士 石井 猛

## Hot Springs in Okayama Prefecture

Takeshi ISHII

Okayama University of Science, Okayama, Japan

この度は、第37回日本温泉科学会大会の特別講演の講師として会長の杉山隆二先生の御指名を頂き真にうれしく思っております。厚く御礼を申し上げます。

私が温泉の研究を始めたという動機は、諸先生方とは少し異なっている様に思います。と申しますのは、もともと私の専門は、電気化学<sup>1)</sup>、特に電気化学分析<sup>2)</sup>、機器分析<sup>3)</sup>を研究しております。それで工学博士の研究は「交流ポーラログラフイーによる石油工業製品に関する分析化学的研究」を行い、四エチル鉛、Mn、Cu、Znの分析など新しい分析方法などを案出し発表してきました。

その頃、日本では新しい型の公害すなわち光化学オキシダントで大きな波紋が投げかけられていました。その為、関東には東京都公害研究所、関西には兵庫県公害研究所が発足し私も関西の兵庫県公害研究所にて大気汚染、悪臭、水質汚濁問題について種々研究および調査を行ないました<sup>4)</sup>。大学においても環境衛生、産業衛生なども研究され、私は京都薬科大学の大学院の客員講師としても招かれたり、環境科学総合研究所とも共同研究などを行ってまいりました。

その時に、今、私が勤務しております岡山理科大学にも私立大学として岡山に始めて環境化学という課程が出来、昭和50年に赴任しました。今では環境化学：大気、水質、悪臭、土壌、農業、騒音、食品添加物など広範囲に公害の研究、それに続いて処理の研究まで現在研究しております<sup>5)</sup>。又目下、水質の総量規制がきびしくなり、私の大学においても合併汚泥処理を必要とすることから、水質管理センターも設置され昭和54年に所長として、活性汚泥と微生物処理の研究、下水道はもちろんの事、中水道、上水道としての飲料水としての植物プランクトン、動物プランクトンなど実にいろいろの研究を行っております。

今まで書きましたように、以上のような公害の研究をしておりますと、Gelentology 的な事を研究しないといけないという事が身にしみて感じます。私を感じるのと同じように、最近では「自然に帰れ」という言葉を耳にします。周知のごとく、公害、環境破壊が進み拡大し環境汚染に関する問題や事件がマスコミで取り上げられない日はない今日この頃でございます。

特に最近の水は不足し、さらに水は汚染しているということです。それは昨年9月頃から「日本全国の水は危ない」とか、東京、千葉の水道水の11ヶ所からも発がん性物質で高濃度汚染されているなど数々の危険性が報道されているという事です。

以上の様な水などが汚染された中で我々はどの様にして生きたら良いのかと真剣に考える必要があると思います。

そこで昔から、温泉水は薬として効果があるといわれてきております。我々の遠い祖先は、そ

の歴史の始めから水をのみ、水を浴びて、もろもろの病をいやしてきたといわれています。その他、各地の多くの温泉、鉱泉、あるいは自然の泉は、病気の療養にいろいろな効験のあることが語りつがられ、書き伝えられている。ヨーロッパなどでは飲んで病気をなおす温泉療法の有名な温泉がいくつもあるということです。

又日本は世界一の温泉所有国で、すばらしい歴史をもった温泉が21,315ヶ所もあります。2000年以上も昔から経験時に利用されてきている温泉には、興味ある未知の研究テーマが数々あるので、私も、こういったすばらしい温泉を環境化学という全く新しい立場から研究している者の一人です。

「岡山の温泉」という単行本も執筆し、「岡山の温泉」についての研究もこういった背景からであるという事です<sup>6)</sup>。

岡山県も古い伝統を有し、数々の文化を育んだ土地であるが、特に温泉については、101もの湧出源があり自然を生かしたすぐれた温泉に恵まれている。岡山県内の温泉の歴史は古く、悪迷の限りをつくす鬼が負傷して傷を癒したという由来のある温泉は非常に多い。吉備津彦命の鬼退治という有名な伝承がある。これは吉備津彦命が備中の新山に城をかまえ、身長一丈四尺におよぶ鬼神・温羅を退治する話の中ででてくる物語であるが温羅とか吉備津彦命の家来が傷を癒したと言われる温泉に共通して言えることは、フッ素を含有しているということである。たとえば、鬼ヶ嶽温泉、浮田温泉、吉備津彦命の家来が入浴して効能があったと言い伝えのある、月の原温泉、鷺の巣温泉がある。そして美人湯として日本でも有名な、今この日本温泉科学会大会が開催されている奥津温泉の湯には、多量の諸物質とともに微量のヒ素が含まれており、人の肌をきれいにするのだと言われている。また湯郷温泉の湯は別名「子宝の湯」とも言われている。「子宝の湯」と言われている温泉の多くは、マンガンが含有されていると言われ、このマンガンが人体に特別な働きがあるものと温泉医学では推察されている。この他にも、ウランはもちろんのこと、ゲルマニウムが含有されていることも報告されている。

以上のように、温泉中に含有されているところの微量元素と人体に及ぼす効果との間には非常に関連性のあることが考えられ、興味あるところの研究課題がたくさん残されていると思われる。そこで演者は、私の専門の電気化学的分析法を生かし<sup>7)</sup>、ボルタメントリーストリッピング法を導入して温泉中の微量元素を定量方法を研究し好結果を得ている。このストリッピング法の技法は最近開発された方法であり、その利点としては数ppbの極微量元素が定量でき、しかも少量の試料溶液についても分析できる長所をもっている。またこの技法の応用範囲は広く、鉄鋼工業、医学、薬学、農学、原子力、高分子化学工業、染料、染色工業、ゴム工業などのあらゆる分野にまたがって利用されているようである。一般に、この技法は被定量物質を含む電解液中に作用電極として小容積の水銀電極または微小白金電極および対極を挿入して被定量物質をある電位で前電解して電極表面に析出させ、濃縮分離をおこなった後、正側(または負側)に電離電位走査または電流走査をおこなって完全に、または部分的にその析出物を溶出するような電位で溶液中に再び溶出させる。この溶出する際の電気はシグナルを測定し、溶液中の微量金属イオンを定量することができると同時に電気化学的な反応の考察もすることができる。このような技法が各研究者によって報告され、いろいろの名称がつけられているが、Barardrech はストリッピング・ボルタンメトリー(Stripping Voltametry)と呼んでいる。岡山県でも安藤らも利用している。

演者は、この電気化学的分析法を導入し「岡山の温泉中の銅、鉛、カドミウムおよび亜鉛の同時定量」する方法を案出した<sup>8)-10)</sup>。すなわちその基礎的なボルタングラムの一例を図1に(A)直流、(B)タスト、(C)パルスおよび(D)微分パルスボルタングラムをそれぞれ示す。

また同様に水銀電極のかわりに固体電極を用いて、温泉中の微量四元素を同時に定量する方法

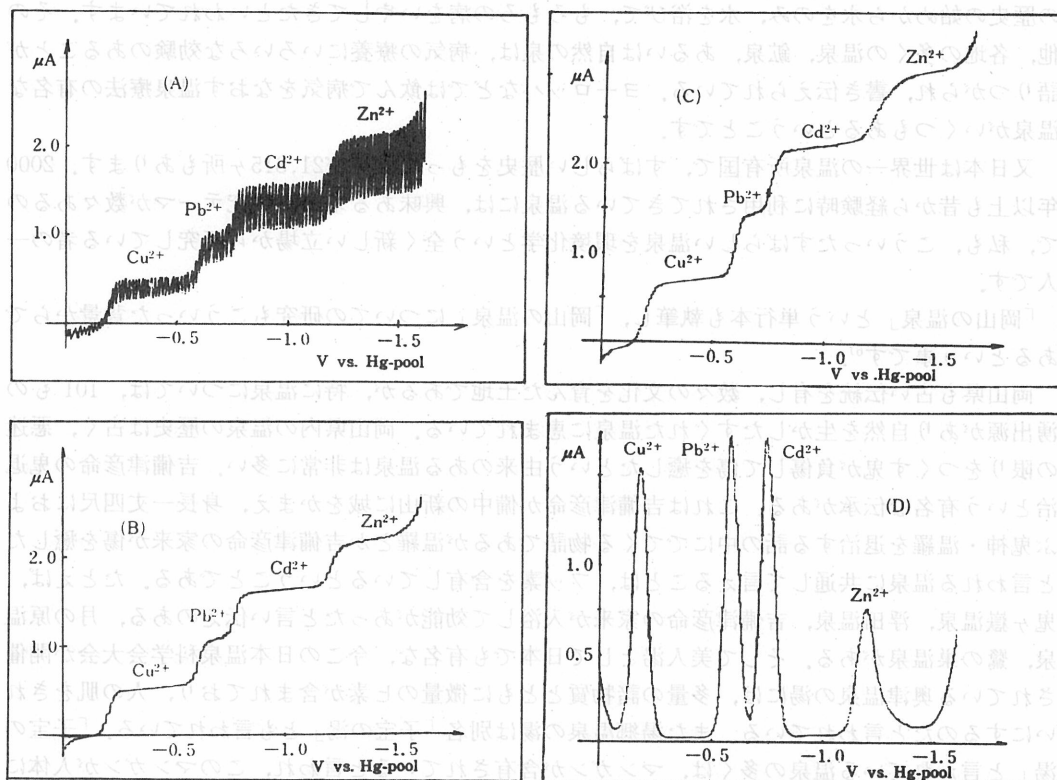


図1 直流、タスト、パルスおよび微分パルスボルタングラム

を得た<sup>11)</sup>。

さらに、化学修飾電極を使用することにより、温泉中のウランの迅速分析定量方法も案出することができた。

次に、周知のごとく水質汚濁は日増しに激増し、瀬戸内海、東京湾、伊勢湾においても総量規制が実施され、生活排水、産業排水が厳しく取締られている。そこでこれらの処理に利用されているものに、現在のところ、微生物による処理方法の中で活性汚泥法が最も多く用いられている。

現在の温泉旅館などから排出されているところの生活排水、産業排水、し尿等の処理については、今のところきびしく規制されていないような情報を得ている。演者は、以前から大学排水を処理する研究の発表もして好結果を得ている<sup>12),13)</sup>。

そこで温泉旅館などから排出されているし尿、産業および生活排水についての活性汚泥法による微生物処理に関する研究が必要であると考えられるので、これらの研究に取り組み新しい知見が得られたので、これらについての微生物の特長をならべたものを、それぞれ図2から図24に示す。

その他、興味ある研究として温泉にホテイアオイを導入して実験を行っている。このホテイアオイは現在、循環性の資源としてバイオマス (Biomass) とかファイトマス (Phytomas) と言われ重要視されているものである。我が国においてもホテイアオイ研究会も発足し、また岡山県でも活発に研究されている。演者らも、以前からこのホテイアオイの量産研究を始め<sup>14)</sup>、その一端としてホテイアオイを温泉中にて栽培し、その生長性を検討しているが好結果が得られている。



図2 Zoogloea ramigera ; 菌体は $1 \times 2 \sim 4 \mu$ の桿菌で、集落はゼラチン状物質に包まれて指状、樹状あるいは雲状に増殖してフロックを形成する。そして活性汚泥や生物膜にかなり多く出現する。

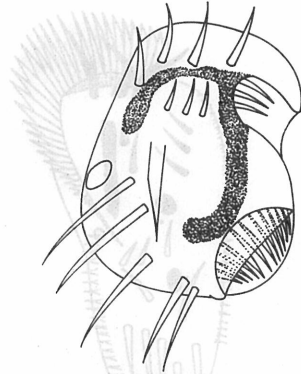


図3 Aspicisca ; この微生物は、 $50 \mu$ くらいで細菌を摂取し広範囲に生存している。そして排水の処理状態の悪いときに多く出現する。

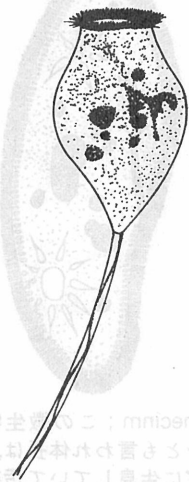


図4 Vorticella ; この微生物は、活性汚泥や生物膜にもっとも多く出現する種類で細胞の長さは $35 \sim 120 \mu$ 、柄の長さは $20 \sim 400 \mu$ である。他のVorticellaよりも罔口部の狭いのが特長である。

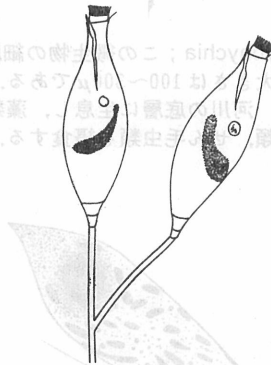


図5 Opercularia ; この微生物の細胞の大きさは、 $45 \sim 65 \mu$ で通常群体は小さく3~6個体で構成されている。有機質が分解して細菌の多いところに生息している。



図6 Epistylis ; この微生物は、せん毛中類で細胞の大きさは $30 \sim 140 \mu$ である。枝分れをして増殖し、活性汚泥では $10 \sim 30$ 個体の群れをつくり $3 \text{ mm}$ にも成長することが多い。

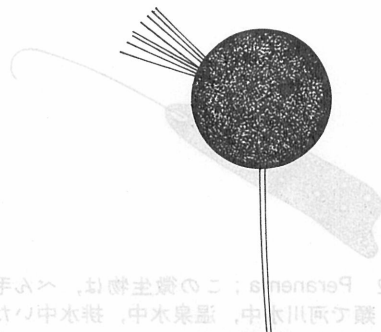


図7 Podophrya ; この微生物の細胞は、球形で直径 $10 \sim 50 \mu$ で、汚濁水域中では水生植物、礫などに固着して生活し、Paramecium, Cyclidium, Stylonychiaなどのせん毛虫類を摂食する。

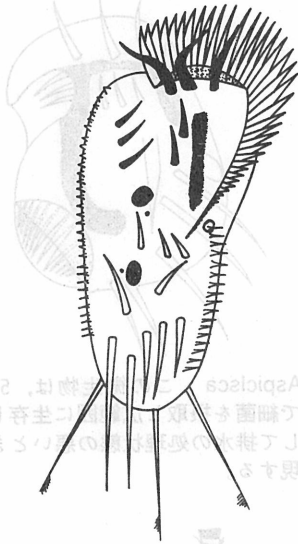


図8 Stybnychia ; この微生物の細胞は、偏平で大きさは100~300 $\mu$ である。おもに湖沼、河川の底層に生息し、藻類、べん毛虫類、せん毛虫類を摂食する。

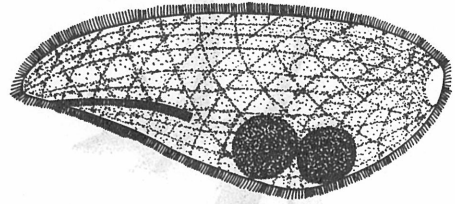


図9 Colpidium ; この微生物の大きさは、50~120 $\mu$ で細菌および微小のべん毛虫を摂食する。

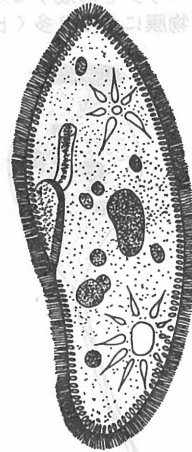


図10 Paramecium ; この微生物は、別名ゾウリムシとも言われ体長は、300 $\mu$ 約で下水槽などに生息して汚染の代表的な指標生物である。

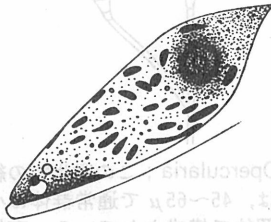


図11 Euglena ; この微生物は、べん毛虫類で河川水虫、温泉水中排水中いたるところで観察できる。



図13 Notosolenus ; この微生物は、べん毛虫類で細胞の大きさは5~20 $\mu$ 程度である。そして酸化池法などに優占的に出現する。

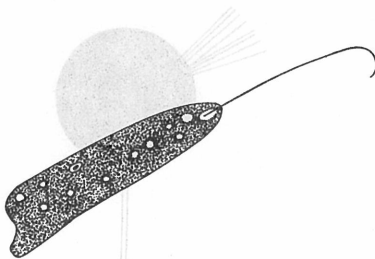


図12 Peranema ; この微生物は、べん毛虫類で河川水中、温泉水中、排水中いたるところで観察できる。

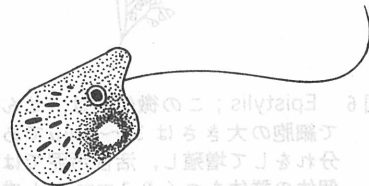


図14 Oikomonas ; 中間汚泥に出現する。

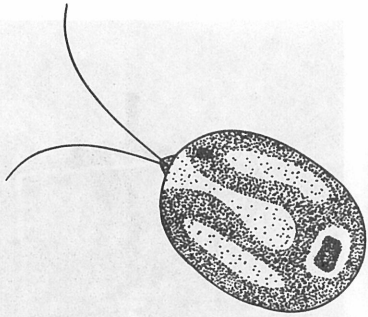


図15 Chlamydomonas ; 中間汚泥に出現する。

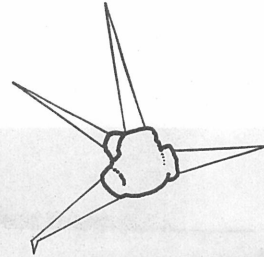


図16 Ceratium hirundinella ; 中間汚泥に出現する。

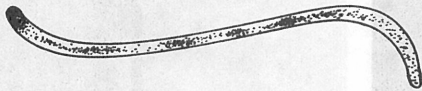


図17 Begiatoa ; この微生物は、イオウ細菌で主として硫化物を酸化し菌体内または菌体外にイオウ粒を蓄積するので赤色のはん点が見られる。そして長さは10μから時には500μまで達する。

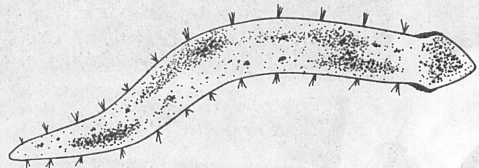


図18 Aerosoma Hemprichi ; この微生物は、環形動物の中の貧毛綱で2~20mmになることもある。

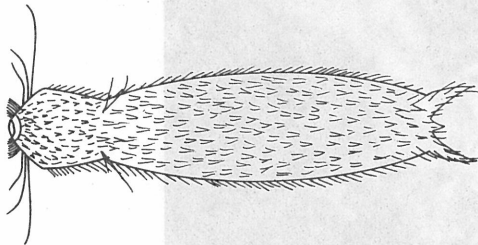


図19 Lionotus ; この微生物の体長は、100~300μである。

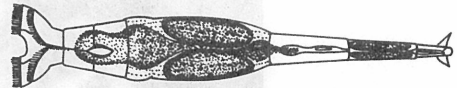


図20 Rotaria ; この微生物は、袋形動物の無吻袋虫亜間、輪虫綱で排水処理には関係しないとされている。

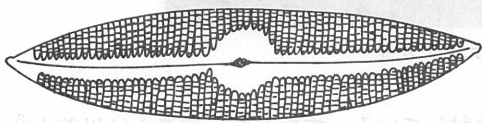


図21 Navicula viridula ; 汚泥状態の悪い時に出現する。

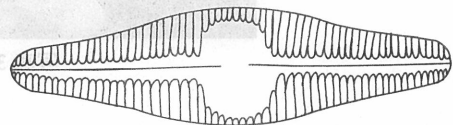


図22 Achnanthes lan ceolata ; 汚泥状態の悪い時に出現する。

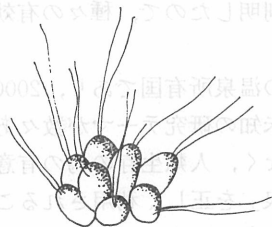


図23 Synura ; 汚泥状態の悪い時に出現する。

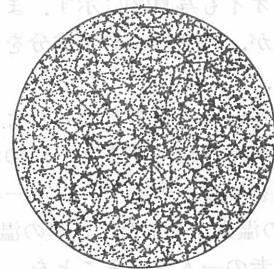


図24 Volvox ; 汚泥状態の悪い時に出現する。



写真1 水泳方法

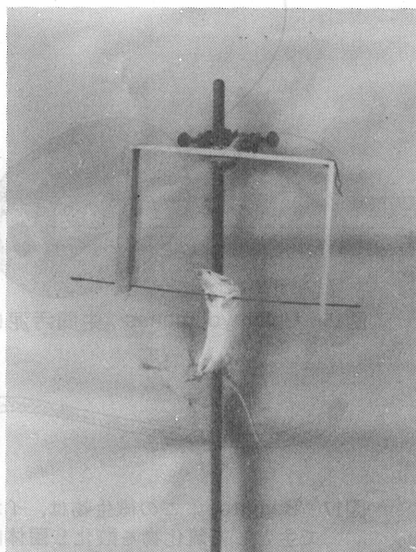


写真2 ぶらさがり方法

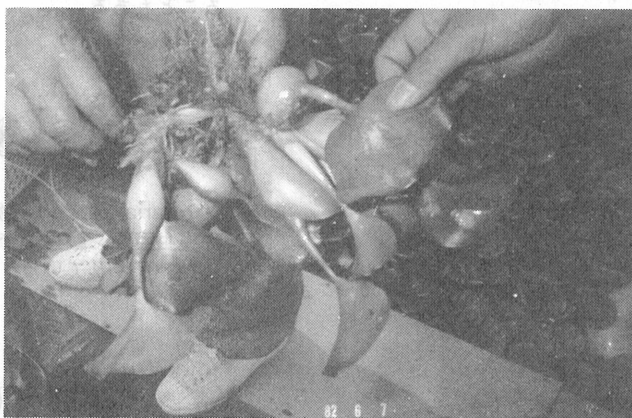


写真3 ホテイアオイ

さらに、ホテイアオイの有効利用についても検討している。すなわち、演者らは以前よりマウスを用いて、ホテイアオイを投与してその運動能力〔水泳方法は写真(1)に、ぶらさがり方法は写真(2)にそれぞれ実験風景を示す〕の比較研究などを行い新しい知見が得られている。ここに用いたホテイアオイも写真(3)に示す。また、このホテイアオイの含有成分を分析しまとめたものを、表1に示すが、各種類の有用成分を含有していることが判明したので、種々の有効利用を目下検討中である。

以上、いろいろと報告しましたように、日本は世界一の温泉所有国であり、2000年以上も昔から経験的に利用されているところの温泉には、興味ある未知の研究テーマが数々あるので、日本古来の温泉を単なる娯楽やレジャーに利用されるのではなく、人類生存の為の有意義なものとして、「岡山の温泉」をまた「日本の温泉」いや「世界の温泉」を正しく利用されることを願って止まない研究者の一人であることを、ここに表明する次第であります。さらには、日本の水が非常に悪くなっている他に、従来、<sup>くさ</sup> <sup>くさ</sup> (草) を楽しむのが、本来の薬という字での漢方薬でした。そ

表1 ホテアオイの乾物当り成分含有率

			全 体	茎 葉 部	根 部
* 新鮮物の水分	%		95.52	95.58	94.43
* 新鮮物の乾燥物率	%		4.48	4.42	5.08
窒素全量	N	%	3.44	3.68	3.43
りん酸全量	PO	%	1.74	1.86	1.20
(りん)	P)	%	0.76	0.81	0.52
加里全量	KO	%	9.65	10.00	4.32
(カリウム	K)	%	8.01	8.30	3.59
石灰全量	CaO	%	2.00	2.11	1.12
(カルシウム	Ca)	%	1.43	1.51	0.80
苦土全量	MgO	%	0.79	0.85	0.72
(マグネシウム	Mg)	%	0.48	0.51	0.43
ナトリウム	Na	%	0.55	0.76	0.48
強熱減量		%	78.07	77.67	81.96
炭素	C	%	37.31	37.27	34.65
炭素率	C/N	%	10.8	10.1	10.1
粗けい酸	SiO <sub>2</sub>	%	0.82	0.50	4.85
**塩素	Cl	%	5.77	5.71	1.39
**硫酸	SO <sub>4</sub>	%	0.92	0.95	1.34
水溶性窒素	N	%	1.11		
水溶性りん酸	PO <sub>4</sub>	%	1.36		
アンモニア性窒素		ppm	1230		
硝酸性窒素		ppm	335		
鉄	Fe	ppm	730	310	4620
マンガン	Mn	ppm	413	226	2240
亜鉛	Zn	ppm	43	45	73
			<5.41>		
銅	Cu	ppm	11	6	29
ヒ素	As	ppm	0.1	0.4	2.1
			<0.0029>		
カドミウム	Cd	ppm	0.18	0.18	0.64
			<0.084>		
水銀	Hg	ppm	0.02	0.01	0.02
			<0.014>		
粗たん白質	%		21.50	23.03	21.45
粗脂肪	%		3.39	3.56	1.17
粗繊維	%		17.98	17.33	18.69
粗灰分	%		21.92	22.33	18.04
可溶無窒素物	%		35.19	33.75	40.66

\* 新鮮物量は、水洗後、根を掌で握りしめ、水滴をしたたらせた後軽く振って水切りしたものについて測定

\*\*粗灰分について測定

< >は、石井研究室に於いて測定



れが最近では「化学薬品」となり「農薬」となっており、毎日、毎日、今では「農薬汚染」でなやまされております。そして「食」も従来、人間を良くするためのものなのですがそれが食品添加物として世界の中で日本は最も多く、現在は336品目が許可されています。それも、さらに7品目の化学物質が追加されるということで、実に恐ろしいことであります。そのようなことで演者は「化学薬品」や「農薬」などを全く用いない「自然農法」による米とその他の農作物をつくり、健康的な食品を食べて長寿(Gelontology)することを<sup>15)</sup>、温泉と合わせて研究し、推進、実施しております<sup>16) - 20)</sup>。

我々は誇り高き日本人でありますぞ！ 呉々もそれをお忘れにならないように、「岡山の温泉」を通して、皆様の御健康を心からお祈り致します。

どうも長時間、ご静聴を真に有難うございました。

### 文 献

- 1) Tomihito Kambara Ed.: "Modern Aspects of Polarography" P.160~P.164. Plenum Press (1966).
- 2) 日本分析化学会編：“分析化学辞典”共立出版(1971).
- 3) 舟阪 渡編：“石油機器分析の実際”南口堂(1972).
- 4) 石井 猛：“環境汚染公害の諸問題とその対策について”環境科学総合研究所(1973).
- 5) 環境技術研究会編：“重金属含有廃水の処理および分析法”環境技術研究会(1974).
- 6) 石井 猛，円堂 稔：“岡山の温泉”日本文教出版(1976).
- 7) 石井 猛：“環境汚染物質の電気化学分析法”共立出版(1977).
- 8) 石井 猛，勝野泰光，川崎一嘉：ストリップング・ボルタンメトリーによる温泉中の微量元素の定量，水処理技術，18(4)，319~326(1977).
- 9) 石井 猛，愛甲博美，村井 豊，富山良子：ボルタンメトリーによる微量元素の研究，環境科学総合研究所年報，7，189~201(1979).
- 10) 石井 猛，愛甲博美：アノードック・ストリップングボルタンメトリーによる微量元素の定量，岡山理科大学紀要，16，107~116(1981).
- 11) 石井 猛：“環境化学ガイドブック”内田老鶴園新社(1978).
- 12) 石井 猛：微生物利用による土地改善の研究，環境科学総合研究所年報，2，189~199(1982).
- 13) 石井 猛，愛甲博美，村井 豊，加納悦雄：岡山の温泉旅館などから排出されるし尿，産業および生活排水についての活性汚泥法による微生物処理に関する研究，温泉工学会誌，16(1)，7~23(1981).
- 14) 石井 猛，浜田誠司，倉石浩哉：ホテイアオイのエネルギー変換(メタンガス)その他の利用について，ホテイアオイ研究会，4，3~5(1984).
- 15) 石井 猛，愛甲博美：岡山県内の自然農法と有肥農法による農作物の比較について，自然農法，p.145~154(1981).
- 16) 石井 猛：岡山の温泉を出版して，温泉，44(10)，5~6(1976).
- 17) 石井 猛：温泉雑筆—日本のいでゆ—志道，37(7)，33~35(1976).
- 18) 石井 猛：水と健康，蓮昌寺記念特集号，33~37(1984).
- 19) 石井 猛：岡山の温泉，きび野，14，9(1984).
- 20) 岡山県郷土文化財団：“岡山の自然と文化—郷土文化講座(V)”印刷中。