

## マウスにおける水の効用

石井 猛・寺澤 孝男・樋口 久直

岡山理科大学応用化学科 開発科学研究室

### 1. 緒 言

近年、水の汚染は、目に余るものがあり、河川は、農薬、化学肥料、生活廃水など、さまざまな原因によって汚染され始めている<sup>1)~4)</sup>。また、これらの汚れた河川水を浄水場で塩素殺菌する際にも、ごく微量ではあるが、発ガン性物質が生成される

Table 1 有害物質

飲料水中の人体影響の可能性を持つ化合物	
アクリルニトリル	エンドリン
アルドリン	ETU
ベンゼン	二酸化エチレン
ベルツ(a)ピレン	酸化エチレン
$\alpha$ -BHC	ハロゲン化フェノール
$\beta$ -BHC	ヘプタクロール
(リンデン)	ヘプタクロルエポキシド
クロロエチルエーテル	ヘキサクロルエタン
クロロプロピルエーテル	ケボン
プロモジクロルメタン	メトキシコール
プロモホルム	塩化メチレン
臭化アチル	ヨウ化メチル
四塩化炭素	ニトロソアミン
クロルデン	PCNB
クロルベンゼン	PBB
クロルジプロモメタン	PCB
クロロフォルム	多環芳香族炭化水素
DDE	シマジン
DDT	テトラクロルエチレン
ジプロモクロルプロパン	トルエン
1,2-ジプロモエタン	トキサヘン
ジクロルベンゼン	1,1,1-トリクロルエタン
1,2-ジクロルエタン	1,1,2-トリクロルエタン
ジクロロフルオメタン	トリクロルエチレン
2,4-D	トリクロルフルオメタン
ディルドリン	2,4,5-TP
1,4-ジオキサソ	塩化ビニル
1,1-ジフェニルヒドラジン	塩化ビニルデン
エピクロルヒドリン	キシレン

と指摘されている<sup>5)~7)</sup>。他にも水道水には、有害物質のトリハロメタン系に留まらず、Table 1に示された多数の物質が含まれていることが報告されており、さらに、マンションなどの集合住宅の急激な増加により、貯水タンクなどの貯水施設の利用が増え、衛生面での問題が取り上げられている。一見、清潔そうに見える貯水タンク内は、雨水の流入、カビ類の繁殖、中にはクモの巣が張りめぐり、鳥の死骸まであったという事実が報告されている。このような水道水中の微量有機物、細菌、赤錆、カビ類などが影響し、腸内異常発酵を引き起こし、それが臭い排泄物の原因と報告されている<sup>8)~10)</sup>。そこで著者らは、日本インテック浄水器で作られた水の違いをTable 2に示した。これらの事実をふまえ、浄水器を使って得られたpHの違う2種類の弱アルカリ性水と水道水を用意した。

Table 2 浄水器での水の組成

	単位	原水	改 水	
			アルカリ性電解水	酸性電解水
pH		6.77	9.70	4.10
伝導率	$\Omega$	230	240	200
還元電圧	mV	268	471	391
重量	mg/1	96.00	124.71	67.06
ナトリウム	mg/1	13.30	14.40	11.80
カリウム	mg/1	3.25	3.66	2.77
カルシウム	mg/1	26.80	34.84	18.76
マグネシウム	mg/1	7.04	9.15	4.93
残留塩素	mg/1	1.7	1.2	2.3
塩化物	mg/1	14.50	11.68	17.52
硝酸塩	mg/1	2.58	2.06	3.09
硫酸塩	mg/1	3.21	2.57	4.01

これらの水をそれぞれマウスに与えることにより、腸内発酵、体重増加および運動量に対してどのような影響を示すか等について、比較研究した。

## 2. 研究方法および操作

### 1) 水

この実験には、日本インテック A-88 浄水器を使用した。この浄水器は、Fig. 1 に示すように、水道水中の微量有機物、細菌、赤錆、カビ類などを中空糸膜、活性炭フィルターとで、濾過した後、水中のカチオンとアニオンを電気的に分離し、このことによって陽極板タンクには、塩素などを含む弱酸性水、陰極板タンクには、カルシウム、マグネシウムなどのミネラル成分が含まれた弱アルカリ性水が集まり、別々の蛇口から取り出した。このうち弱アルカリ性水を使って pH の違う二種

類を用意した。これ以後、浄水器で作った pH7.65 の水を A<sub>1</sub> で示し、pH8.28 の水を A<sub>2</sub> で示す。水道水については、浄水器を通さない水 (pH6.80) を使用した。

### 2) マウス

今回の実験においては、Jil : ICR マウスを三週齢で離乳させたものを使用し、体重増加比および行動パターンの実験は、三週齢から行ない、腸内発酵の比較においては、四週齢より行なった。また、各実験には、一グループを 20 匹とし、それらの平均値を各実験のデータとした。

### 3) 実験操作

Fig. 2 に示したのは、フローチャートである。まず、マウスを生後三週間で離乳させて、その時点より各々の水 A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、および水道水を投与し始め、一世、二世、合わせて 6 グループ作り実験を

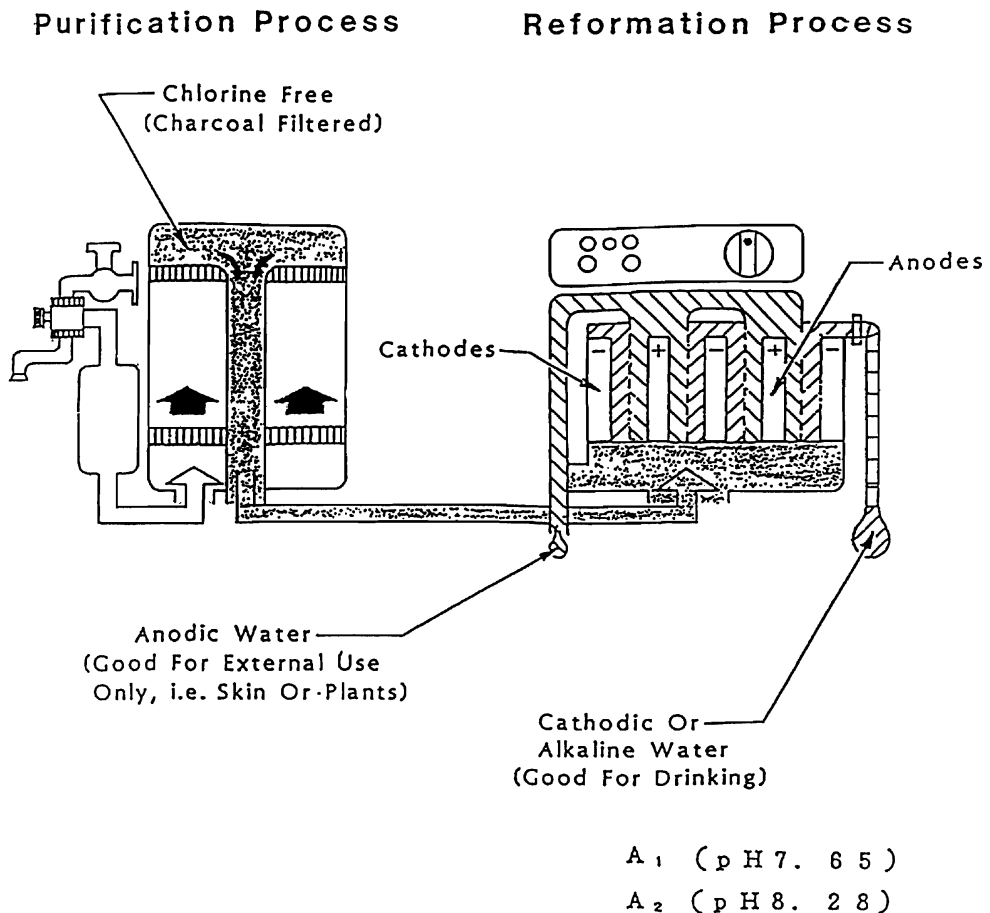


Fig. 1 THE ELECTRIC WATER PURIFORMER

行なった。つぎに、マウスを離乳させた時点より体重を八週齢まで測定した。なお、時間的な違いをおさえるために PM5:00±30min. に測定を行なった。

また、一日の行動パターンの測定を行なった。この実験には以前から使用され始めたラウンドランニング法を用いて行なった。この方法は、以前より使用されており、マウスの回転運動計にロータリーエンコーダーを接続し、マウスの運動によ

り発生した電流 (Ampere) をレコーダーにより24時間測定する。

四週齢からは、腸内発酵の目安として排泄物中のメルカプタンをガスクロマトグラフィーを使用し、FTD (カラム PEG-20M 2 m, キャリアガス N<sub>2</sub>, 検出器250℃, 注入口200℃, カラム温度130℃, 測定レンジ10<sup>2</sup>×2<sup>2</sup>, 本体圧力 6 kg) により測定した。

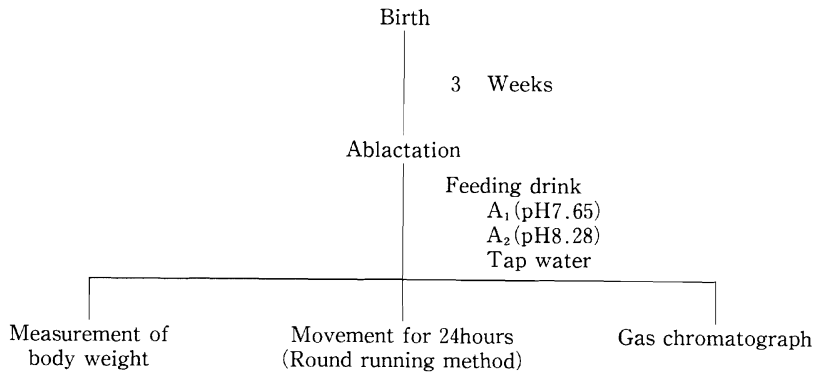


Fig. 2 Flow chart

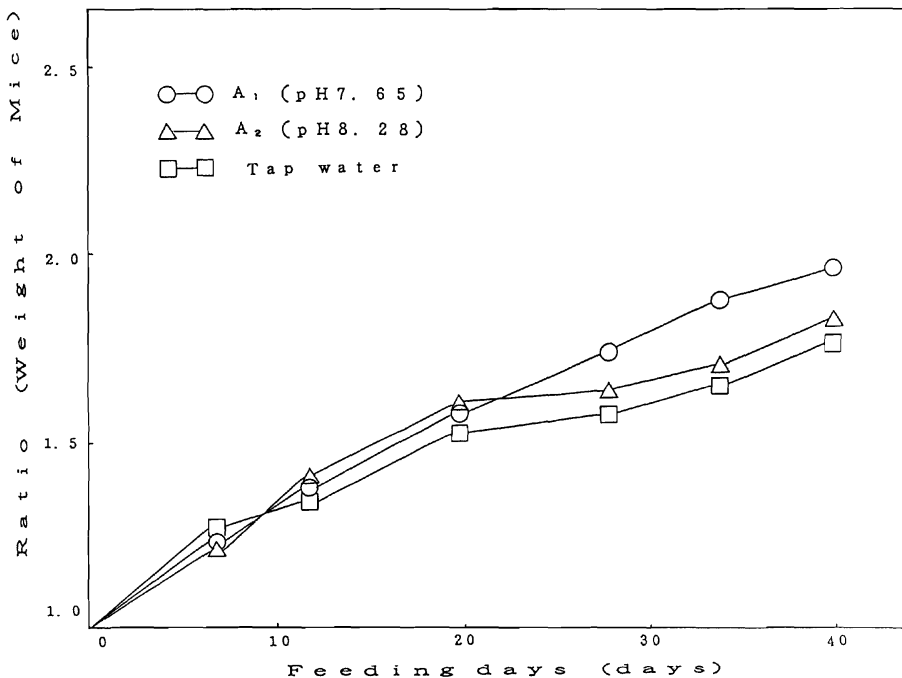


Fig. 3 Measurement of body weight (Mouse I)

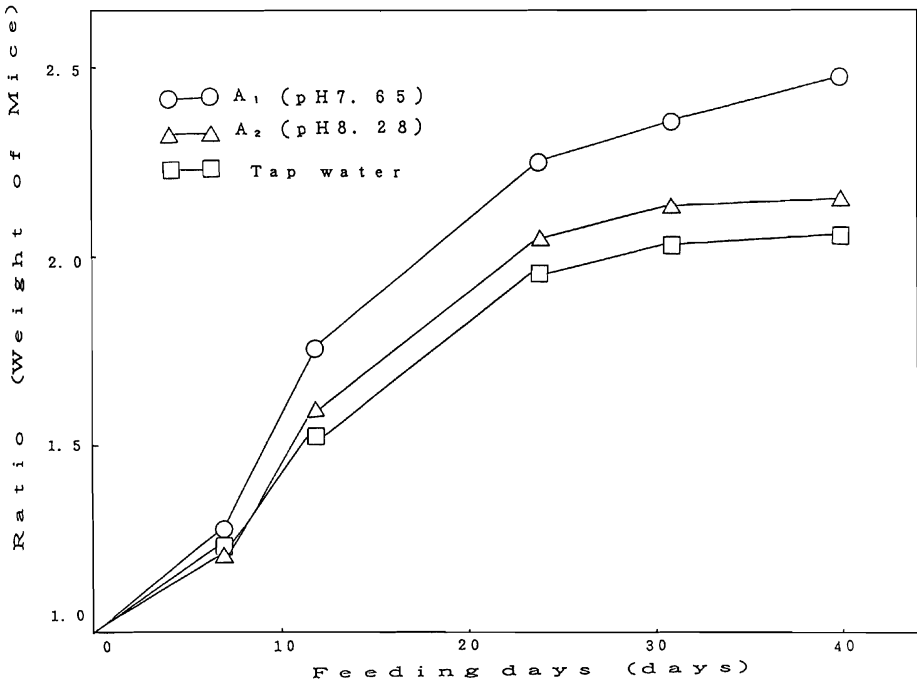


Fig. 4 Measurement of body weight (Mouse II)

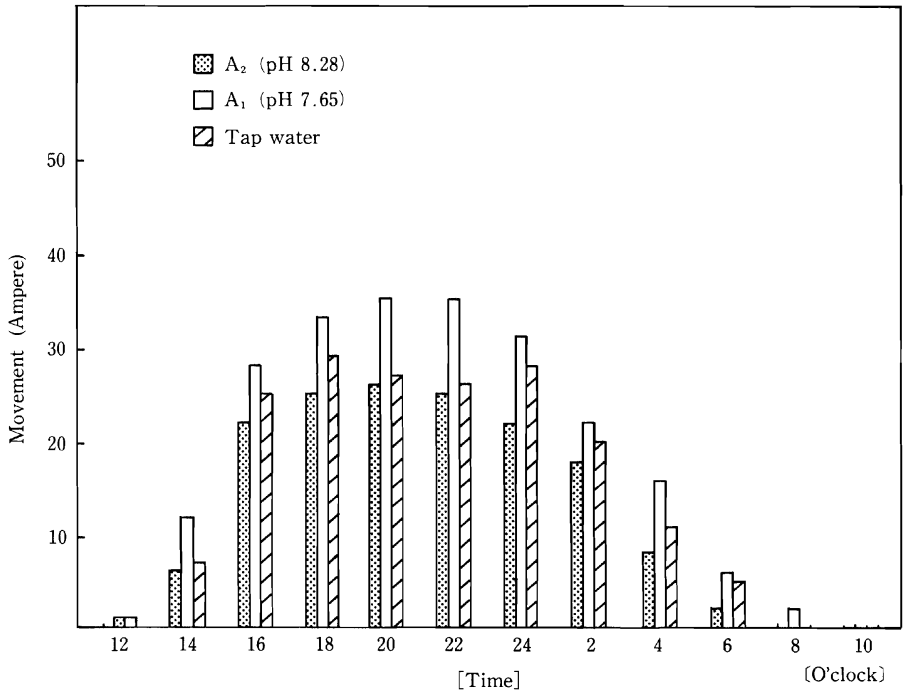


Fig. 5 Round running method

### 3. 研究結果および考察

#### 1) 一世マウスの体重増加比

Fig. 3は、一世マウスの体重増加比を示した。縦軸に離乳時の体重を1としたときの増加比、横軸に三週時を0日として各水の投与日数を取りプロットした。A<sub>1</sub>を与えたマウスは、21日目以後他のマウスの成長率を追い越し、一定で増加したのに対して、A<sub>2</sub>は7日目から12日目までは最も成長率が良く、12日目以後水道水とA<sub>2</sub>は、不規則な変化を示しながら同様なカーブをえがいた。40日目(生後61日)では、水道水を与えたマウス1に対してA<sub>1</sub>は1.11倍、A<sub>2</sub>で1.03倍となり、A<sub>1</sub>を与えたマウスが最も良く成長した。

#### 2) 二世マウスの体重増加比

Fig. 4は、各水を与えた一世マウスから生まれたものを二世マウスとして使用した。体重増加比は、水道水は、7日目から12日目まで他のA<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>

よりも成長率が落ち、12日目以後A<sub>2</sub>と水道水は、同様なカーブをえがきつつ30日目以後には、体重の変化が見られなくなったのに対して、A<sub>1</sub>は、30日目以後も成長しつづけた。40日目(生後61日)では、水道水に対してA<sub>1</sub>は1.11倍、A<sub>2</sub>で1.04倍となり、一世マウス同様A<sub>1</sub>に良い結果が得られた。

#### 3) マウスにおける運動量

Fig. 5は、マウスにおける24時間の運動量を示す。縦軸に運動量、横軸に時間を取りプロットした。行動時間では、水道水が6時から12時まで、A<sub>2</sub>が6時から10時までそれぞれ行動しないのに対して、A<sub>1</sub>は他よりも行動時間の延長が見られた。また、運動量についても水道水を1としたときの比でしめすと、A<sub>1</sub>で1.39倍、A<sub>2</sub>で1.16倍となり運動量、行動時間共にA<sub>1</sub>が最良となった。

#### 4) 悪臭物質の測定

悪臭物質にも指定されているメチルメルカプタン、エチルメルカプタンが、排泄物中にも含まれ

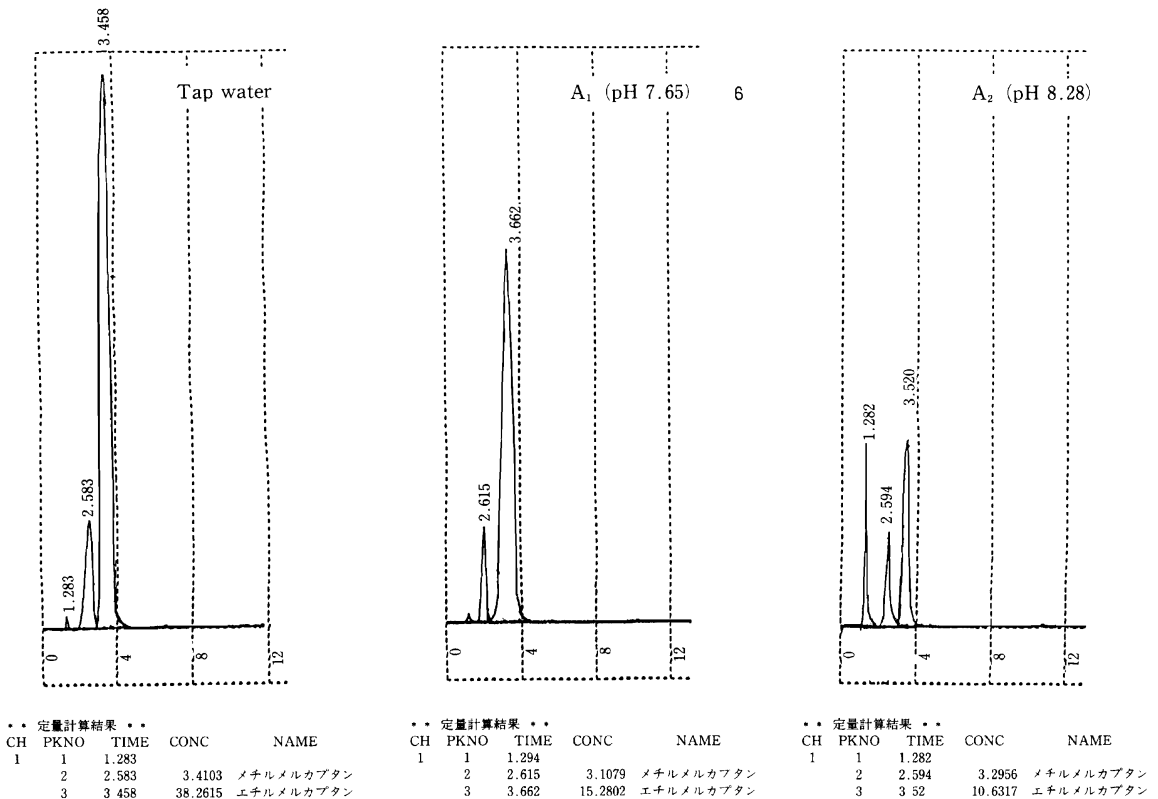


Fig. 6 Chromatograms

Table 3 Ratio of concentrations between Methylmercaptane and Ethylmercaptane in Mouse I (II)

	Methylmercaptane	Ethylmercaptane
Tap water	100 %	100 %
A <sub>1</sub> (pH7.65)	74.83%	71.87%
A <sub>2</sub> (pH8.28)	70.52%	60.00%

ていることから、ガスクロマトグラフィーで測定したデータを Fig. 6 に示した。2分50秒付近でメチルメルカプタン、3分30秒付近でエチルメルカプタンをそれぞれ測定した。

Table 3 は、各メルカプタンの検出量を水道水 100% とした比で示した。メチルメルカプタンは、A<sub>1</sub> で 74.83%、A<sub>2</sub> で 70.52% であった。エチルメルカプタンは、A<sub>1</sub> で 71.87%、A<sub>2</sub> で 60.00% となり、二世のマウスに対しても同様な結果となった。また、一世、二世共に A<sub>2</sub> に良い結果が出た事より、排泄物中の悪臭は、弱アルカリ性水の方に減少が確認された。

### 5) 考察

浄水器で電気分解された水を日本電子の松下和弘研究員が、磁気の性質を利用し物質中の原子状態を NMR で調査した結果、水の挙動を捕らえる事ができ、Fig. 7 に示したのは、水が水素結合を行いながら、最低 5 分子以上つながっており、絶えず離散集合をくり返している。この分子の運動の速さを周波数で表すと、水道水で 100Hz 以上になるのに対し、弱アルカリ性水 (pH9.4) は 61Hz と極めて小さい事から分子の運動が速く、水分子の集団 (クラスター) が大変小さいと言うことが認められた<sup>11),12)</sup>。これらの事実から、弱アルカリ性水は、ミネラル分も多く含まれており、また、細胞への浸透力も高くなり、新陳代謝を活発にするため水道水よりも電気分解された弱アルカリ性水の方が良く、また、A<sub>2</sub> は最も腸内発酵を抑えて悪臭を少なくするが、体重増加、運動量共に A<sub>1</sub> より低かったのは、便が、A<sub>2</sub> は A<sub>1</sub> より軟便であったために体調を崩し、このような結果になったと推察

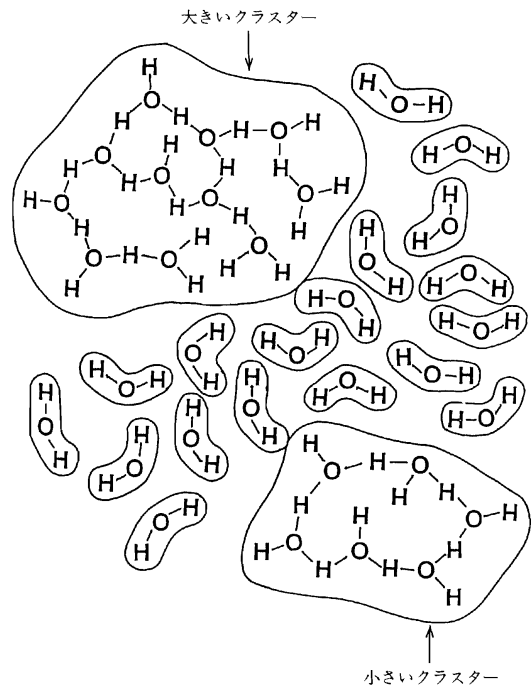


Fig. 7 水分子集団モデル

される。

### 参考文献

- 1) 榮森康次郎：わかりやすい上水道と給水装置，東京電気大学出版局，1968.
- 2) 堀越正雄：日本の上水，北斗出版，1970.
- 3) 山田國廣：水循環思考，北斗出版，1989.
- 4) 上平 恒：生体系の水，講談社サイエンティフィック，1989.
- 5) 水道水に発ガン物質/全米七十九都市で発見：1975年4月19日，読売新聞.
- 6) 水に発ガン物質全米で検出/細胞処理で発生：1975年4月19日，京都新聞.
- 7) 水道水は発ガン物質：1980年6月19日，日本経済新聞.
- 8) Quark：1989年7月号，P. 34～39，講談社.
- 9) 光岡知足：腸内細菌の話，岩波新書.
- 10) 林 秀光：水で死ぬ，メタルモ出版，1990.
- 11) Quark：1990年8月号，P. 34～39，講談社.
- 12) 松下和弘：遠赤外線とNMR法，人間と歴史社，1990.