名水と水質評価

水は、酒類、醤油及び味噌等の主要な原料であり、醸造用水の水質は製品の品質に大きく影響する。そこで、水質の評価や管理に詳しい筆者に、水のおいしさの水質化学成分による評価法、バイオセンサーによる水質の測定及び水処理技術の活用等について解説していただいた。

佐々木 健，岩 永 千 尋

1. はじめに

中国地方のある酒蔵で聞いた話だが、蔵の近くの川で大規模な護岸工事をするというので、洪水の恐れもなくなるだろうからと賛成したが、工事完成後3～5年たって井戸水の水質が変わり、やがて渴れはじめた。驚いて、当局に掛け合うと、親切にすぐ保障井戸を掘ってくれ水も多量に出た。水質分析値も持って来てくれ、この水は水道法による飲用適の水で良い水ですとの事。しかし、杜氏さんは当惑した。何か違う。以前と異なり良い酒ができない。仕方なく、自費で3本ボーリングをして、やっと良質の醸造用水水脈に当たり、再び昔のような良質の酒ができるようになった。

日本の各地の酒屋さんで、最近、似たような話を聞く。地下水脈への影響が、宅地造成、マンションやビルの建設、里山の樹木の伐採等らしいと様々だが、要は酒蔵の立地が、昔ながらの豊かな自然環境からかけ離れつつあるということである。前述の酒屋さんはまだ幸運だ。再び良い水脈に巡り合えたから。中には何本ボーリングしても良い水脈に達せず、水道水を使ったり、近所の井戸へ「もらい水」をしているところも多いと聞く。酒に良い水とはデリケートなものなのだ。

一方で、このような水質変動に対し、限外ろ過膜や逆浸透膜を用いて水を処理し醸造用水として使う食品工場や醸造工場も増えつつある。しかし、一度水を処理してしまうと、発酵等に重要なミネラルのバランスが狂うので、従来のように良好な発酵が維持できないというケースも多く見られる。お酒の発酵は微妙なミ

ネラルバランスで成り立っているからである。

灘の宮水は、ミネラル成分が豊富で発酵が促進されやすく、良い酒ができる名水としてよく知られている。しかし、この良い水質が毎年変化しないという保証はない。また、水処理を行うにしても、どのような水質を目標に処理を行うのか等、水質の微妙な管理手法はあまり検討されていないのが現状のようである。

本稿では、従来あまり考慮されなかった水質の微妙な管理にスポットを当て、水の水質化学成分による特性の認識を行うとともに、名水（おいしい水）や発酵に適する水の評価手法について述べる。

2. 名水（おいしい水）とは

最近の名水ブームで、都市近郊の名水と言われる湧水には人々が群がり、スーパーやデパートにはペットボトル入り名水が並んでいるが、どれがいったいおいしい名水なのか困惑している人も多い。イメージだけで購入して行く人も多く、意外と人々は水の味に無頓着なようだ。

名水とは由緒や伝説のあるものも多いが、ここでは一応、水のおいしさを科学的に評価するという意味での名水（＝おいしい水）として取り扱わせて頂く。

第1表に現在よく用いられているおいしい水の基準をまとめて示す。①に示す厚生省おいしい水の要件（以下、「要件」という）はこの中で最も厳しい基準と思える。②の厚生省おいしい水の条件（以下、「条件」という）は①の要件を緩和したものである。例えば硬度は幅をもたせ、有機物（主として汚れ？）は1.5→

Paratable Good Water and the Evaluations of Water Quality

Ken SASAKI, Chihiro IWANAGA (*Material Science and Engineering, Hiroshima-Denki Institute of Technology*)

第1表 現在よく使われる名水（おいしい水）の基準

	①厚生省 おいしい水の要件	②厚生省 おいしい水の水質 条件	③大阪大学, 橋本奨ら* おいしい水のイン デックス (OI)	④大阪大学, 橋本奨ら* 健康によい水のイン デックス (KI)
pH	6.0~7.5	6.0~7.5		
臭味	なし	臭気度3以下		
水温 (°C)	—	20以下	$\frac{\text{Ca} + \text{K} + \text{SiO}_2}{\text{Mg} + \text{SO}_4}$	$\text{Ca} - 0.87\text{Na}$
硬度 (mg/l)	50以下	10~100		
遊離炭酸 (mg/l)	—	3~30		
有機物 (KMnO ₄ 消費量) (mg/l)	地下水 1.5以下	3.0以下	$\geq 2.0 \frac{\text{mg}}{\text{mg}}$	$\geq 5.2\text{mg}$
蒸発残渣 (mg/l)	50~2000	30~200		
残留塩素 (mg/l)	—	0.4以下		
鉄 (mg/l)	0.02以下	0.02以下		
塩素イオン (mg/l)	50以下	—		

* 橋本奨ら, 水処理技術, 19 (1), 13-28 (1988)

3.0 mg/l と緩くしている。この②の条件が現在, 広く名水（おいしい水）の基準として用いられているが, 広島などの地方では, 湧水や井戸水にはまだまだ①の要件に合致するおいしい水がたくさん存在する。筆者の調査では, ①の要件に合致する水は, 多くの人がおいしい水と認識するという結果を得ている。

③のおいしい水インデックス (O index)¹⁾は主にミネラル水に適用し得る。つまり, ミネラルの多い水の場合, 水をおいしくする成分の Ca, K, SiO₂ (ケイ酸) と, 水をまずくする成分の Mg, SO₄ の比が2以上の時おいしいと評価する方法である。

一方, 健康に良い水のインデックス (K index)¹⁾は, Ca が多く Na の少ない水を長年飲用する人には, 脳卒中, 高血圧, 糖尿病等の成人病が少ないというデータから定められている基準である¹⁾。従って, O index も K index も共に高い水はおいしくて健康に良い水ということになる。

また, 松下ら²⁾は水の ¹⁷O-NMR スペクトルから識別される水のクラスターの大小が, おいしい水や健康に良い水の指標となることを報告している。しかし, 最近, 大河内ら³⁾により, この NMR スペクトルは水のクラスターの大小を示すものでないことが明らかにされている。つまり, 水のクラスターの大小は今の科学レベルでは実測できず, おいしさや健康は論じられないということである³⁾。

さらに, πウォーター, 磁気水, アルカリイオン水,

電子水, 波動水など多くの機能水が出回っている⁴⁾。このうち, 磁気水やアルカリイオン水については種々の生理作用を示す科学的データが蓄積されつつあるが, その他の水については, おいしさとの関係は必ずしも明確とは言い難いと思われる⁴⁾。

筆者らは10年以上も前より, 広島をはじめ, 全国の名水と言われる湧水, 井戸水及び沢水の水質分析ときき水を実施してきたが, その過程で, 水のおいしさは基本的には, 硬度や有機物などの水質化学成分で認識可能で, かつ, 要件に合致するという点でおいしさの表現は十分できると考えるに至った⁵⁻⁷⁾。そこで, 要件を基準にしておいしい水の水質評価が実際可能か否かを検討した。

3. 重回帰分析によるおいしい水の判定⁸⁾

全国の名水と言われる水（湧水, 井戸水, 沢水, 河川水）の分析ときき水を実施した。これら82点の分析データは別報に詳しく記述したが⁸⁾, これらデータ群を広島地区 (n=47点) と, 岡山, 京都, 富山, 東北地方等のグループのいわゆる他地区 (n=35点) にグループ分けした。広島地区は名水と言われる昔からのおいしい水が多いので, 一般の河川水なども含めると水のおいしさや水質成分の関係がよく表現できるデータ集団と考えられる。そこで, 広島地区と他地区の水の水質化学成分と, きき水との単相関係数をまとめたのが第2表である。広島地区, 他地区とも同じよう

第2表 広島地区および他地区の水の水質化学成分ときき水結果との単相関係数

	広島地区 (n=47)	他地区 (n=35)	広島地区+他地区 (n=82)
pH	-0.2705	-0.4294**	-0.1630
総硬度 (mg/l)	-0.4616**	-0.4775**	-0.3469**
有機物 (mg/l)	-0.6249**	-0.5148**	-0.5711**
蒸発残留物 (mg/l)	-0.0690	-0.5623**	-0.2860**
Cl ⁻ (mg/l)	-0.3683*	-0.1810	-0.2530*
Iron (mg/l)	-0.4667**	-0.4070**	-0.4527**
NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	-0.0360	-0.0332	-0.0980
NO ₃ ⁻ -N (mg/l)	-0.0150	0.1952	-0.1040
NO ₂ ⁻ -N (mg/l)	-0.1470	-0.0987	-0.1690
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	-0.3130*	-0.0953	-0.1750
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	-0.5682**	-0.6338**	-0.4348**
電気伝導度 (μS/cm)	-0.3830*	-0.6032**	-0.4040**
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	-0.2250	-0.3247*	-0.1900
SiO ₃ ²⁻ (mg/l)	-0.1900	-0.0406	-0.1850
F ²⁻ (mg/l)	-0.1540	-0.2097	-0.1210
Mn ²⁺ (mg/l)	-0.2470*	-0.1370	-0.2150*
Ca ²⁺ (mg/l)	-0.4930**	-0.5632**	-0.3550**
Mg ²⁺ (mg/l)	-0.1490	-0.3357**	-0.1730
K ⁺ (mg/l)	-0.2280	-0.2569*	-0.2160
Na ⁺ (mg/l)	-0.1110	-0.3548**	-0.2010
O-index ¹⁾	0.1590	0.1856	0.1750
K-index ¹⁾	0.524**	-0.2766*	0.5260**
相乗平均判定法 ²⁾	0.5236**	0.5808**	0.5300**

1) 橋本¹⁾ : $(Ca^{2+} + SiO_2 + K^+) \cdot (Mg^{2+} + SO_4^{2-})^{-1}$ (mg・mg⁻¹)

2) 佐々木ら²⁾

* : 有為, ** : 高度に有為

な傾向を示しているが、特に、広島地区+他地区をみると、総硬度、有機物、蒸発残留物、鉄、重炭酸イオン、電気伝導度及びCaなどが、きき水と高度な相関を示していた。このうち、蒸発残留物とCaは化学的に総硬度と対応しており、電気伝導度も総硬度と有機物に対応している。結局、よく見てみると、第1表の要件に出てくる総硬度、有機物、鉄及び重炭酸イオンで水のおいしさが表現し得る可能性が考えられた。

ここで注意したいのは負の相関が多いということである。一般にはミネラルが多いと（硬度が高いと）おいしいと思われがちだが、実は逆で、少ない方がおいしいということである⁸⁾。これは、ミネラル水は一般に冷やして飲むのでおいしいと思いついでいることや、硬度の低い水には清涼感があり、これがおいしさを引き立てているものと思われる。

これら主な4成分を組合せて重回帰分析を行った。その結果を広島地区と他地区に分け第3表に示すが、

広島地区及び他地区のデータ共に、有機物、総硬度、重炭酸イオン及び鉄の組合せで、相関係数0.8218(広島地区)と0.8401(他地区)とに、高い相関を示し、F値も十分有為な値を示していた。また、有機物、総硬度、鉄の3つの組合せでも比較的高い相関を示していた。

これらのことから、要件を基にして、重炭酸イオンを加えた上記4成分で水のおいしさがある程度評価し得る可能性が考えられる。このことにさらに検討を加えるため、ファジィ推論を適用して水のおいしさの評価の検討を行った。

4. ファジィ推論によるおいしい水の評価^{9,10)}

重回帰分析の結果、有機物、総硬度、重炭酸イオン、鉄の4成分が水のおいしさを表現する重要な因子と考えられたので、これら成分をメンバーシップ関数として表現し、さらにきき水結果（百点満点に換算）とともに

第3表 広島地区と他地区の重回帰分析結果

(1) 広島地区データ (n=47)		(2) 他地区データ (n=35)	
説明変数	重回帰分析結果	説明変数	重回帰分析結果
有硬	重回帰式 $y = -6.0314x_1 - 0.5788x_2 + 89.5760$	有硬	重回帰式 $y = -10.2640x_1 - 0.1204x_2 + 77.2544$
	相関係数 0.7889		相関係数 0.7046
	決定係数 0.6224		決定係数 0.4965
	F値 74.1609 $F(2, 44; 0.005) = 6.0664$		F値 32.5023 $F(2, 44; 0.005) = 6.0664$
有硬鉄	重回帰式 $y = -6.2106x_1 - 0.5852x_2 + 15.4667x_4 + 89.8329$	有硬鉄	重回帰式 $y = -8.5058x_1 - 0.1207x_2 - 105.8529x_4 + 77.5011$
	相関係数 0.7892		相関係数 0.7126
	決定係数 0.6229		決定係数 0.5078
	F値 74.3147 $F(3, 43; 0.005) = 4.9759$		F値 33.9962 $F(3, 43; 0.005) = 4.9759$
有硬炭	重回帰式 $y = -5.661721x_1 - 0.318x_2 - 0.8425x_3 + 94.5882$	有硬炭	重回帰式 $y = -10.1970x_1 + 0.0653x_2 - 0.3635x_3 + 85.0229$
	相関係数 0.8214		相関係数 0.8274
	決定係数 0.6746		決定係数 0.6846
	F値 93.3176 $F(3, 43; 0.005) = 4.9759$		F値 71.6153 $F(3, 43; 0.005) = 4.9759$
有硬炭鉄	重回帰式 $y = -5.8659x_1 - 0.1384x_2 - 0.8438x_3 + 17.6725x_4 + 94.8894$	有硬炭鉄	重回帰式 $y = -7.7858x_1 + 0.0703x_2 - 0.3743x_3 - 145.0506x_4 + 85.5912$
	相関係数 0.8218		相関係数 0.8401
	決定係数 0.6753		決定係数 0.7057
	F値 93.5890 $F(4, 42; 0.005) = 4.3738$		F値 79.1615 $F(4, 42; 0.005) = 4.3738$

有硬：有機物と総硬度の組み合わせ
 有硬鉄：有機物と総硬度と鉄の組み合わせ
 有硬炭：有機物と総硬度と重炭酸イオンの組み合わせ
 有硬炭鉄：有機物と総硬度と重炭酸イオンと鉄の組み合わせ
 x_1 ：有機物、 x_2 ：総硬度、 x_3 ：重炭酸イオン、 x_4 ：鉄

に簡略化ファジィ推論を用いて水のおいしさの解析を試みた⁹⁾。味のようにあいまいな評価にはファジィ推論などの適用がよく試みられる。筆者らも広島カキ(Oyster)の鮮度判定にこの簡略化ファジィ推論を適用して好結果を得ている^{11,12)}。

用いたファジィルールは

If $X_1 = A_{i1}$ and $X_2 = A_{i2}$ and $X_3 = A_{i3}$ and $X_4 = A_{i4}$ Then $y = T_i$ (i =ルール番号)

ここで X_1 は有機物、 X_2 は総硬度、 X_3 は重炭酸イオン、 X_4 は鉄を表わし、 T_i は水のおいしさを示す百点満点の点数である。詳細は原報を参照されたいが^{9,10)}、「If～」部を前件部、「Then～」を後件部として、前件部は三角形メンバシップ関数で表現した。後件部の

点数 (T_i) は、きき水の経験則から大まかに百点満点の点数を割り当てた数値である。

種々検討し、チューニングも行い、最終的にきき水結果を最もよく表現できると思われるメンバシップ関数と後件部 T_i の数値の例を第1図に示す。

さらに、前述の重回帰分析による判定と、ファジィ推論で評価した水のおいしさの比較も併せて実施した¹⁰⁾。広島地区と他地区に分けて、きき水結果と判定点との相関関係をそれぞれ第2図と第3図に示す。すべて、有機物、総硬度、重炭酸イオン及び鉄との組合せで実施している。第2図(広島地区)及び第3図(他地区)とも、ファジィ推論の方が決定係数 (R^2) で表示した相関は高くなっていることが判る。ちなみ

$T_i = 100, 100, 93, 53, 100, 95, 7,$
 $4, 45, 66, 57, 53, 24, 13, 5,$
 $0, 0, 95, 80, 49, 20, 95, 80,$
 $40, 11, 32, 24, 19, 0, 0, 0, 0,$
 $0, 27, 19, 15, 0, 19, 10, 6, 0,$
 $0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,$
 $0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,$
 $0, 0, 100, 100, 93, 54, 100,$
 $95, 74, 45, 66, 58, 54, 24,$
 $13, 1, 1, 0, 95, 80, 49, 20,$
 $95, 80, 40, 11, 32, 24, 20,$
 $0, 0, 0, 0, 0, 28, 19, 15, 0,$
 $19, 11, 7, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,$
 $0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,$
 $0, 0, 0, 0, 0, 0, 100, 100,$
 $94, 55, 100, 79, 75, 46, 67,$
 $59, 55, 26, 14, 6, 2, 0, 63,$
 $54, 50, 21, 54, 45, 41, 12,$
 $33, 25, 21, 0, 0, 0, 0, 0, 29,$
 $0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,$
 $0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,$
 $100, 100, 100, 58, 100, 92,$
 $78, 49, 70, 62, 57, 28, 17,$
 $9, 5, 0, 65, 57, 53, 24, 57,$
 $48, 44, 15, 36, 28, 24, 0, 0,$
 $0, 0, 0, 32, 23, 19, 0, 0, 15,$
 $10, 0, 2, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,$
 $0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,$
 $0, 0, 0, 0, 0$

第1図 ファジィ推論によるおいしい水判定に用いるメンバシップ関数と後件部の判定点, T_i
 (ともにチューニング後のもの)⁹⁾

重回帰式による判定

ファジィ推論による判定

第2図 広島地区の水の重回帰およびファジィ推論による名水判定点ときき水との相関

R^2 : 決定係数, D : 推定誤差 有硬～有硬炭鉄: 第3表参照。

重回帰式による判定

ファジィ推論による判定

第3図 他地区の水の重回帰およびファジィ推論による名水判定点ときき水との相関

R^2 : 決定係数, D : 推定誤差 有硬～有硬炭鉄: 第3表参照。

に、 $\sqrt{R^2}=r$ が相関係数となる。さらに、判定点と実際のきき水結果とのズレの大小を示す推定誤差、Dもファジィ推論適用の方が全体的に小さい値を示している。

$$D = \sqrt{\frac{\sum (y - T_0)^2}{N}}$$

ここでy：判定点、T₀：きき水結果（点）、N：データの個数を示す。

このことはファジィ推論の方が、水の味など微妙なかつ比較的あいまいなものの評価に、すぐれた評価特性を発揮していることを示している。

また、このファジィルールは要件を基に作製されたルールであり、広島地区、他地区とも同じルールを用いて高い相関が得られたことは、要件で表現されるいわゆる軟水が基本的にはおいしい水であることを、間接的に示唆していると思われる。もちろん、今回のデータの基となるきき水データは、軟水（広島地区は軟水がほとんど）に慣れた広島地区の人々のきき水結果であるので、全国の人のきき水結果も導入して評価を繰り返す必要はある。

5. バイオセンサーシステム¹³⁾

近年、日本の各地で前述のごとく良質の井戸水が得難くなっている所もあり、また、地下水位が低下して、醸造期間中水質が変動し、発酵に影響することもあり得る。水質分析は大変で手間もかかり、かつ、微妙な水質の管理を行うには高度の熟練した分析技術が必要とする。そこで、簡便に水質が評価できるバイオセンサーを考案した。

第4図に試作したバイオセンサーの原理を示す。純水にグルコースとビタミン類（発酵を支える十分なビ

タミン）を添加し、固定化酵母（協会9号）に接すると、検水中のミネラル分（Ca, Mg, K, P等）に対応してアルコール生成が起こる。このアルコールをガスセンサー等で検知すれば、水のミネラル分を潜在的発酵力として認識でき、水質管理に重要な情報を得ることができよう。また有機物や鉄分は極力少ない方がよいので、手分析で検知し、総合的にファジィ推論等を用いて水質評価をするものである。

第5図に試作したバイオセンサーのミネラル分検知システムを示す。中央部の約50 mlのポリエチレンチャンバー（円筒型）に寒天に固定化した酵母を入れ、初めにグルコースとビタミン類を添加した純水を流し、この時のアルコールセンサーの出力をベースラインとし、次にグルコースとビタミン類を添加した検水（井戸水、醸造用水等）を流すと、検水中のミネラル分の発酵関与成分が総合的にアルコール発酵を促し、アルコールが検出されてくる。第6図にその状況を模式的に示すが、ベースラインからセンサー出力が最高に達した時の出力差（ΔV）は硬水である外国産のミネラル水と、軟水である広島の水を比べると、広島の水の方がΔVが少ない¹⁴⁾。

日本酒醸造における水のミネラル成分の関与は微妙で、多過ぎても少な過ぎても発酵に悪影響を与える。従がってこのΔVをもって発酵管理の一助となればと考えている。約20分で水質の良否が大まかに判定し得るからである。

広島の醸造用水を用いてこのセンサーにかけ、出力と総硬度の関係を検討したところ、総硬度とは相関が認められ（相関係数 $\gamma=0.7891$ ）¹³⁾、広島のいわゆる軟水醸造の地でも、水のミネラル分の微妙な管理が発

第4図 バイオセンサーと名水判定原理

第5図 バイオセンサー構成図

(a) 外国産のミネラルウォーターの例

(b) 広島の名水の例

第6図 バイオセンサー出力の例(模式図)

↓で検水(グルコース、ビタミン類添加)に切り換え、↓で純水(グルコース、ビタミン類添加)に戻す。最初はこの純水でベースラインを書かせる。出力差の ΔV が水の潜在的発酵力を示すと思われる。

酵に大きく影響される可能性が示唆された。また、総硬度が少し低くても結構、発酵力を示す水もあるのだ¹³⁾、この様な水には何が発酵促進として働いているのか、現在、検討中である。ミネラル成分間の相乗効果で発酵が促進されることも考えられる。

ちなみに、広島地区の軟水醸造による酒造りでは、総硬度の低い水(硬度、30~50 mg/ℓ、ドイツ硬度として2~3度)でお酒をうまく造っているが、軟水にもかかわらず結構、発酵力のある状態で酒造りを行っている(いわゆるモロミのキレがよい)。

このように、バイオセンサーを利用すると、水質化学分析だけでは充分表現しきれない水の特性を認識でき、かつ、コスト的にも低く水質管理ができる可能性

がある。

なお、このバイオセンサーは約1ヶ月は安定で、校正を行えば2~3ヶ月は使える。現在、より長期の安定性と小型化を検討中である。

6. 水の加工と水質管理

良質の醸造用水が得難くなることに対処するため、浄水器を使って水を加工して発酵に用いる工場もある。一部の醸造場や食品工業では水質の劣化が深刻な問題ともなっており、浄水器を製造プロセスに組み込む工場も将来、増加するであろう。

最近では、限外ろ過膜(UF)や逆浸透膜(RO)を使って水を処理することもよく行われている。特に、

第4表 逆浸透膜を用いた用水の浄化と水質例

	原水		ろ過水	
	A 工場	B 工場	A 工場	B 工場
pH	6.80	7.7	6.20	7.6
硬度 (mg/l)	140	97	6	検出せず
有機物 (mg/l)	3.16	3.20	1.26	1.0 以下
塩素イオン (mg/l)	19	50	4.3	2.6
蒸発残留物 (mg/l)	242	230	118	20
鉄 (mg/l)	0.01 以下	0.05	0.01 以下	検出せず
硝酸イオン (mg/l)	0.35	0.11	検出せず	検出せず
硝酸態窒素 (mg/l)	2.36	3.60	0.29	0.40

逆浸透膜ろ過機は協和機械（株） R0-300型を使用 * 同社パンフレットより

逆浸透膜を用いて膜ろ過を行うと、水の軟水化や有機物除去も可能となる。超純水を造るのではなく、適度のミネラル成分を含みかつ有機物や鉄分の少ない、いわゆる醸造名水も自分で造り出すことも可能となる。

第4表に、逆浸透膜を用いて水を処理した場合の水質変化の一例を示す。A工場の例をみると、少々汚染された傾向のある水も、まるで名水の湧水（広島地区にある）のように浄化されているのが判る。この浄水はミネラル分が低いので発酵力は弱いですが、原水や他の井戸水を適度にブレンドしたりすることで、自由に発酵力をコントロールでき得るだろう。この際、前述のようなバイオセンサーシステムで水質管理を行えば、安定して良好な発酵維持が可能となってくる。特に、この膜は有機物除去能があり、有機物量が汚染等で上昇してくると、鉄分もそれに伴い増加し、酒が着色しやすくなることもあり、この有機物除去能は有用な特性と思われる。このことは、今後、日本各地で地下水の水質が劣化してゆく傾向もあることを考えると、膜ろ過法による水質の改善も検討に値すると考えられる。本来は、周囲の環境のこともよく考え、将来も水質が劣化しないように保全することが、良質の醸造用水の確保には最も大切なことではあるのだが。

7. お わ り に

本稿では水質評価でも、特に微妙な評価を要求される水、おいしい水（名水）の評価方法及びバイオセンサーを用いた醸造用水の評価につき、筆者らの研究例を中心に記述した。

半導体工場などでは超純水を使用し、使用する水の

グレードが半導体製品のグレードを決定するとも言われている。醸造工場でも、目標とする水質成分は半導体工場とは全く異なるが、考え方は同じようにあるべきかも知れない。これまでは自然環境もよく、水はいくらでもあると思われていた。しかし、最近は良い水はお金を出して買う時代になってきつつあるからである。

他地区や外国へ工場を移転し、その地で操業する際も、水質が問題になることも多々あると聞く。今後、水質の微妙な管理が重要な品質管理の鍵となることも予想される。

抗生物質のような生理活性物質生産にしても、従来は発酵原料成分のコントロールが発酵管理の大切な仕事であったが、水質によっては低効率でしか生産が行えないというケースも起こり得るし、実際、気付かなくても起こっている可能性もあろう。水は生命の基本となる最も重要な生体材料だからである。

今後、水質と発酵生産の関連をより詳細に検討し、本稿で述べた水質管理システムをより完成度の高いものにして行くことが、より良い発酵管理システム確立にとって重要と思われる。

（広島電機大学物質工学専攻）

文 献

- 1) 橋本奨：用水と廃水，29，825（1987）
- 2) 松下和弘：水環境学会誌，15，98（1992）
- 3) 大河内正一，石原義正，荒井強，上平恒：水環境学会誌，17，517（1994）
- 4) 久保田昌治：新しい水の基礎知識，P 20，オー

- ム社 (1993)
- 5) 佐々木健, 岩原正人, 大槻和男, 丸山誠, 鈴木洸次郎: 用水と廃水, **31**, 804 (1989)
 - 6) 佐々木健: 広島中国路・水紀行, P 2, 溪水社 (広島) (1989)
 - 7) 佐々木健: 名水紀行, P 2, 春陽堂 (1993)
 - 8) 佐々木健, 岩永千尋, 渡辺昌規, 鈴木洸次郎, 浜岡尊, 近藤暹, 日本農芸化学会誌, **70**, 1103 (1996)
 - 9) 岩永千尋, 佐々木健: 水環境学会誌, **19**, 209 (1996)
 - 10) 岩永千尋, 佐々木健, 浜岡尊: 日本ファジィ学会誌, **9**, 373 (1997)
 - 11) 佐々木健, 岩永千尋, 片山裕二郎, 浜岡尊: 日本ファジィ学会誌, **5**, 1439 (1993)
 - 12) 佐々木健, 岩永千尋, 浜岡尊: 日本ファジィ学会誌, **6**, 14 (1994)
 - 13) 佐々木健, 岩永千尋, 竹野健次, 浜岡尊, 土屋義信: 生物工学会誌, 投稿中
 - 14) 佐々木健: BIO INDUSTRY, **14** (5), 44 (1997)
-