

## 広島発の秀逸バイオ技術, 軟水醸造法の 水質化学的および微生物学的要点

佐々木 健, 佐々木 慧

(平成28年10月3日受理)

### **Chemical water quality and microbiological points of *Nansui-Jyozouho*, a soft water brewing method for *Sake*, an excellent biotechnology from Hiroshima**

Ken SASAKI and Kei SASAKI

(Received October 3, 2016)

Focusing on the elucidation of the *Nansui-joyozouho*, a soft water brewing method for *Sake*, water quality of brewery in Hiroshima and all over Japan was investigated. *Miyamizu*, well water in Nada and Nishinomiya area was the hard water, however, well water in Hiroshima was the soft water except in Saijyo, Takehara, Mihara area. Well water in Fushimi (Kyoto), Saijyo, Takehara and Mihara was semi-hard water, classify between soft water and hard water. A soft water brewing method for *Sake*, developed by Senzaburo Miura, was summarized and discussed. His book entitled "Memory of practical improvement of *Sake* brewing" (1898) was discussed based on the chemical water quality and microbiological point of view, because these points were not elucidated so far. He mainly emphasized about the sanitary system during *Koji* making process. He might be succeeded making less-bacterial polluted *Koji* using the relatively dried *Koji* room (less moisture) which is a new trial in those days. And finally, he have succeeded to brew *Sake* without contamination and rot. Furthermore, he seemed to apply newly the intermittent sterilization system for washing and sterilizing fermentation vessels which process was not yet applied for *Sake* brewing in those days (in Meiji Period). These technologies are now applied for *Ginjyoushu-Sake* brewing.

**Keyword** : *Sake* brewing, soft water, less-polluted *Koji*, low temperature fermentation, intermittent sterilization

軟水醸造法の解明を念頭に置き広島および全国の醸造用水の水質を比較検討した。灘の宮水は硬水であったが、広島では西条、竹原、三原以外の大部分の酒蔵井戸は軟水であった。京都、伏見の井戸水は硬度とリン(P)とカリウム(K)の高い軽度の硬水(硬度, 107-142mg/L)か中等度の硬水(142-249mg/L)であった。軟水と硬水の間の中硬度水であった。三浦仙三郎の軟水醸造の業績をまとめ、著書「改醸法実践録」(1898年)の記述を水質化学的及び微生物学的観点から考察した。これら要点はいまだ十分に解明されていなかった。仙三郎は特に、当時(明治期)考えられなかった衛生管理に重点を置き、乾燥した麹室で、雑菌汚染の少ない微生物学的に健全な麴を造ることで、腐造なく酒を醸造することに成功していると思われた。加えて、桶の滅菌に間欠滅菌を導入するなど当時では最新の滅菌手法を実行、推奨していることが示唆された。これらの軟水醸造法の基本技術は、現在でも吟醸酒造りの基礎として広く応用されていると思われる。

キーワード：軟水醸造法, 低硬度水, 低細菌汚染麴, 低温発酵, 間欠殺菌

## 1. 緒言

日本酒の人气が焼酎に変わり再び高まっている。特に、すっきりとした淡麗で辛口の吟醸酒が若者や女性にも人气が高く、外国人にも人气がある。サケと言うと吟醸酒のことと思っている外国人も多い。輸出も好調である。例えば、「瀬祭」等、米国のオバマ大統領の歓迎夕食会の手土産に用いられ、一躍有名になり大発展を遂げた酒蔵もある。又「雨後の月」のほか大人気で手に入りにくい高価な吟醸酒も数点広島地方にはある。

ところが、この全国でも有名な吟醸酒の醸造には、広島、三津(安芸津)の杜氏、三浦仙三郎が明治時代に開発した、軟水醸造法が重要な基本となっており、この広島発のハイテク・バイオが、今の全国の日本酒ブームの支えになっていることは、あまり知られていない<sup>1, 2, 3)</sup>。

江戸時代から明治の終わりごろまで、硬水や中硬度水で醸造した灘や伊丹の芳醇濃厚な酒が我が国を代表する酒と言われ、一方、広島を含む地方の酒蔵では、軟水が多く、酒は造れても発酵不十分で品質が良くないか、あるいは腐造を繰り返すなどで安定した酒の醸造ができなかった。しかし仙三郎が軟水醸造法を開発し、三津ばかりか広島の酒蔵に広めたので、腐造も少なくなり品質も改良され、軟水でも安心して醸造できるようになった。明治の終わりには広島酒は全国一の評判を得るに至った<sup>1)</sup>。又、軟水醸造法を身に付けた三津杜氏は大正時代には、伏見、四国、九州、関東まで全国、さらに遠くハワイやサハリンでも酒造に活躍したとされている<sup>2)</sup>。

しかし、仙三郎の伝記や業績に関する本はあるが<sup>1, 4)</sup>この軟水醸造法の水質化学的及び微生物学的な研究はほとんど見られない。文献<sup>1)</sup>の伝記中に、元醸造試験場所長秋山祐一博士の解説などはあるが、必ずしも広島特有の軟水水質を反映したものではなく、また広島の醸造関係者、研究者間でも軟水醸造法の科学的評価、認知は十分ではないように思われる。

筆者らは、広島の名水の調査研究を進めるとともに<sup>4, 5)</sup>、広島の酒造用名水は西条や三原、竹原等古くから酒造が盛んな地域以外はほとんど軟水であり、軟水醸造法が広島の酒造りを支えていることを認識していた。筆者の一人は灘の硬水や中硬度水での醸造経験があったゆえに、広島の軟水醸造の素晴らしさ、秀逸さを深く認識していた。そして醸造用軟水の水質解析ばかりでなく、バイ

オセンサーによる軟水の発酵力評価<sup>7)</sup>や、麹からのミネラル溶出等の実験<sup>8)</sup>を経て、軟水醸造法の科学的解析を行ってきた。

本稿では、これまでの我々の軟水醸造法の解析研究を基に、現在まで判っている水質化学的、また、微生物学的視点からの要点について解説する。

## 2 宮水の特徴および酒造と水質の関係

酒造用名水として江戸時代より有名な灘の宮水は、1840年頃見出されたが、十分な発酵を支えて、腐造しにくい「強い水」といわれている<sup>9)</sup>。また、宮水以外でも全国の酒造地帯で、それぞれ「強い水」という井戸や湧水が存在している<sup>10)</sup>。第2次大戦後、分析技術の進歩もあり、宮水や「強い水」の化学的な成分解析が1950–1960年代に活発に行われた。

嘉納<sup>11)</sup>は、全国、主に西日本のいわゆる名醸造地の、54の用水の無機成分を分析した。そして、灘、伏見、広島の無機成分水質は酷似しており、カリウム(K)が多いこと、また宮水はリン(P)含量が極端に高い水であることを明らかにした。一方、山田ら<sup>9)</sup>は全国29か所の醸造用水を分析し、「強い水」はPやKに関係がなく、硬度(カルシウム, Caとマグネシウム, Mg)が高く、塩化物イオン, Clの量が多いことが重要と報告している。吉沢<sup>10)</sup>は、「強い水」には、Cl, P, 蒸発残差が多く、さらに、優良醸造家の井戸水にはSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が多いことも報告している。若林ら<sup>12)</sup>は、酵母の増殖を指標としたバイオアッセイで、醸造用水には、PとMgは5mg/L以上、Kが25mg/L以上が必要と結論している。さらに嘉納<sup>13)</sup>は、第一報<sup>11)</sup>の54か所に加え、全国、主に東北地方22か所の名醸造地の水分析を行い、Pが多いのは宮水に特異的であり、その他ではPは少なく、Kが20mg/L近く、Caもまた20–40mg/Lで多かった。結局、日本酒醸造への水の良否は、K, Na, Ca, Mg, Cl, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が重要と結論した。Pは必要だが米の溶解により充分供給されるとした。市川ら<sup>14, 15)</sup>は、完全合成培地による、無機塩類の酵母の増殖、発酵への影響を検討し、K, Mg, Pは無くてもならない成分であり、NaはKの代替をすることを報告した。さらに、CaはMgが共存することで、発酵を促進することを見出した。また嘉納<sup>16, 17)</sup>は、速醸酛、生酛(山麩酛)仕込み後に、液状部のP, Mg, Ca, Naが2–3割減少するが充分量保たれ、Kは6–7割と大きく減少し不足気味であることを明らかにした。1970年代では、難波ら<sup>18)</sup>は、Octadiagrammuと言う新規の水ミネラル成分分類法で、試験醸造による発酵との関係を検討したが、明確な水分類との関係性は見いだせなかった。このように、1950–1960年代には、日本酒醸造用水と発酵との化学的関係が多く研究されており、様々な知見が報告されている。1970年代以降は醸造用水に関する研究はあまりなく、総合的にはK, Mg, Ca, Na等の無機成分が発酵には重要と認識されているようである。

## 3 広島の醸造用水の水質と他の酒造地帯の用水の水質

旧国税庁が定める醸造用水の硬度による分類を表1に、ドイツ硬度ばかりでなく、現在の一般的なアメリカ硬度表示も示す<sup>19)</sup>。

我々は広島の醸造用水の調査研究を長年おこなってきた。広島の醸造用水水質及び古い文献値<sup>20, 21)</sup>からの広島での水質、および古くからある各醸造地の代表的な水質データを表2に示す。まず宮水であるが、表中の灘と西宮の水であるが、いずれも軽度の硬水あるいは中等度の硬水に分類される硬度の高い水で、Pが他の地域より突出して高い。江戸時代からの酒蔵がある伏見の水や伊丹の水も、軽度の硬水から中等度の硬水で、硬度は高く、いずれも「強い水」であるがPは少な

表1 水の硬度の分類 (国税庁醸造試験所注解<sup>19)</sup>)

軟水	<3度(53.4 mg/L)	
中等度の軟水	3度 ---- 6度(107 mg/L)	
軽度の硬水	6度 ---- 8度(142 mg/L)	度数はドイツ硬度を表す (1度=17.8mg/L)。特に, 中等度の軟水および軽度の硬水は, 広島ではそれぞれ中硬度水, 軽度硬水と呼ばれている。この現場で使い慣れた名称で以下記述する。
中等度の硬水	8度 ---- 14度(249 mg/L)	
硬水	14度 ---- 20度(356 mg/L)	
強度の硬水	<20度	

表2 広島および各名醸地の醸造用水の水質 (mg/L)

	総硬度	Ca	Mg	K	Na	P	蒸発残留物	出典
広島, 竹原, 竹鶴	126	48.0	16.5	----	----	----	562	鹿又 <sup>20, 21)</sup> (1909年)
三津, 西山	31.2	14.9	2.44	----	----	----	65.6	
三津, 三浦	56.9	32.0	痕跡	----	----	----	----	
西条, 島 (白牡丹)	31.3	14.6	----	----	----	----	----	
西条, 木村 (賀茂鶴)	23.1	13.0	0	----	----	----	----	
西条, A酒造	90.0	29.7	3.84	4.87	27.9	0.16	258	佐々木ら <sup>7)</sup> (1998年)
西条, B酒造	84.0	25.9	4.52	7.78	44.5	0.15	244	
呉, A酒造	44.2	15.6	1.26	3.15	19.7	0.03	138	
呉, B酒造	48.0	18.0	1.73	1.62	30.5	0.03	264	
その他, A酒造	31.8	10.8	1.17	1.72	10.1	0.08	138	
その他, B酒造	32.0	10.8	1.14	1.31	9.31	0.02	100	
比治山	133	43.1	6.1	7.8	25.7	0.12	259	嘉納 <sup>11, 13)</sup> (1953年)
西条, 福美人	134	35.6	10.9	11.2	35.2	0.17	332	
三原, 酔心	153	42.2	11.6	12.1	26.6	0.49	338	
新潟, 朝日山酒造	52.1	14.4	4.0	5.0	19.0	0.06	131	
山形, 沖正宗酒造	61.3	16.8	4.7	15.7	20.4	0.09	183	
京都, 伏見, 月桂冠	107	33.8	5.4	22.6	21.6	0.32	235	
伏見, 英勲	105	30.2	7.4	20.0	28.8	0.05	291	
兵庫, 灘, 菊正宗	91.7	28.8	4.8	19.1	31.6	2.45	269	
西宮, 白鹿	135	42.0	7.2	21.8	36.0	2.1	337	
西宮, 日本盛	120	38.5	5.7	19.4	31.4	1.95	331	
伊丹, 白雪	171	43	15.6	7.0	4.49	0.09	409	
東京, 醸造試験所	13.2	2.28	1.83	----	----	0.1	113	吉沢 <sup>10)</sup> (1955年)
長野, 池田酒造	11.1	3.36	2.11	----	----	0.07	94.0	
宮坂酒造	10.1	3.48	0.35	----	----	痕跡	163	
新潟, 笹口酒造	58.7	----	----	----	----	----	258	
福島, 末広酒造	117	36.4	6.3	12.5	33.3	0.14	250	嘉納 <sup>13)</sup> (1961年)
辰泉	113	30.8	8.9	20.0	25.5	0.34	269	
秋田, 蘭慢	70.5	19.0	5.6	0.2	48.2	0.19	245	
高清水	71.0	15.3	8.0	12.0	43.3	0.07	262	

い。Kは宮水のように高い。ところが同じように古くから酒蔵がある新潟、山形、長野等では、硬度はほぼ軟水の水であった。秋田や福島では中硬度水であったがKはそれほど高くなかった。いずれにしても、宮水のみが特異的にPが高いのであり、嘉納<sup>13)</sup>も認めているように、これは必ずしも「強い水」の条件にはならない。善光<sup>22)</sup>によると「強い水」は一般に硬度の高い水であると、試験醸造で結論している。

一方、広島では江戸時代から酒蔵がある三原、竹原、西条、広島の一部では、硬度のやや高い中等度の軟水（広島では中硬度水という）であり、発酵が促進されお酒が造り易かったものと思われる。ところが、仙三郎の故郷、三津や、広島の呉地区、その他の地域ではほとんど軟水（硬度、30-50mg/L）であった。軟水の所では、軟水醸造法が導入される前には、腐造や火落ち（乳酸菌の異常増殖でお酒が酸敗し飲めなくなる）も多かったという。

ただ注目すべきは、西条には江戸時代から酒蔵があったが、明治42年のデータでは、島と木村はいずれも西条を代表する酒蔵であるが、軟水であったことが示されている。西条では大正ごろ水質が変化したようで<sup>1, 2)</sup>、軟水から中硬度水と、より酒の造り易い水質に変わっているようで、現在は軟水醸造法ではなく中硬度水独特の西条流の造りを行っている。おそらく、昔の浅井戸は表層水も混入し硬度が低い場合が多いが、町が発展し地下水取水が増えると、地下水位が低下し、井戸も深くなっていった。そのことで、西条地下特有のシルト層（西条湖成層、粘土質）からのミネラル溶出も大きくなり、次第に軟水から中硬度水に変わっていったのであろう。現在でも西条では浅いボーリング井戸よりも深い井戸の方が硬度が高い傾向は認められる。ただ、明治42年記載の西条のかなりの軟水（木村用水、おそらく浅井戸）は、用水であって当時実際の仕込みに使っていたかは水質化学的には疑問が残る。きれいすぎて硝酸還元菌や乳酸菌が不在で、生酏の初期発酵が難しかったと思われるからだ。

軟水醸造といっても、硬度が10-20mg/Lの我々が現在飲んでもおいしい軟水とは違った、少し硬度の高い水でないと昔は酒造には使えなかったようだ。当時の生酏では、仕込みの後硝酸還元菌（生成亜硝酸で野生酵母の増殖を抑える）や乳酸菌の増殖が起こり、生成した乳酸で酏のもろみを滅菌し、その後清酒酵母が増殖するプロセス<sup>2)</sup>である。しかし硬度10-20mg/Lの鉄やマンガンが極端に低い水は、水がきれいすぎて種となる硝酸還元菌や乳酸菌や一般細菌が全くといっていいぐらい生息していないことにより、生酏自体が正常に自然発酵できなかつたと、水質化学的には考えられる。特に広島の花崗岩質地帯の地下水では、現実、硬度20mg/L以下では一般細菌はほとんど検出されない<sup>5, 6)</sup>。この水では江戸、明治前半期に生酏での酒造はほぼ不可能であったろう。

また、表2に示した全国の醸造地の用水の鉄やマンガンは、広島を含めていずれも極めて低く、0.02mg/L以下のところが大部分であった（データは示していない）。これは鉄が多いと酒が黄色に着色するためで、鉄の低い水が経験的に酒造には選ばれていることによる。鉄による酒の着色については、国税庁の蓼沼誠博士により麴の造るデフェリフェリクリシンによるものと1960年代に解明されている<sup>23)</sup>。また、マンガンが多いと熟成による着色が大きいといわれている。

#### 4 三浦仙三郎、軟水醸造法開発への足跡および業績

三浦仙三郎は明治27年ごろ軟水醸造法をほぼ確立したと思われるが、明治9年に酒造業を始めたものの腐造や火落ちを繰り返し、新しく蔵を建てたりしたがやはり腐造し、ずいぶんと経営にも苦しんだと言われる<sup>1)</sup>。表3に仙三郎の年譜、業績を、技術的なことに焦点を絞り示す。灘の酒蔵に

身分を隠して半年間研修に出かけ、灘の手法の「ぎり配」を持ち帰り導入するなどして少しずつ酒造法に改良を加えていった。さらに古い感覚で前例のみ重視する杜氏を更迭し、新しい若い杜氏に変え、自分の改醸法を貫いた。次第に腐造も少なくなり酒質も向上してきた。

仙三郎が軟水と硬水の違いを認識したのは、明治25年、杜氏を伴い灘で再度研修を行った頃といわれている<sup>1)</sup>。あるいは、明治26年、京都の酒造家、大八木正太郎の講演を聞いてからともいわれる<sup>1)</sup>。当時は水を煮詰めて蒸発残渣量を計ることで硬水と軟水の違いを識別したようである。明治26年には仙三郎は当時珍しかった寒暖計を用いて、いわゆる「七、九、十法」の実行を始めた。すなわち、麴、配（酒母）、もろみの最高温度を、華氏100度（約38℃）、90度（約32℃）、70度（約21℃）に制御する温度管理法を始めた。これまでは手の感覚のみで品温管理を行ってきたが、今では当たり前の寒暖計による精密な温度管理を始めた。さらに明治27年には麴室の改築を行った。麴室の改築で腐造がほとんどなくなった。従ってこの明治27年ごろが、仙三郎の軟水醸造法の基礎が一応確立されたといっていると思う。

明治28年には京都の内国勸業博覧会で仙三郎の「花心」（はなごころ）が3等賞に、また広島県賀茂郡酒造組合品評会に4年連続1等賞を取るなど、広島を代表する酒造りができるようになった。

さらにこの方法を「改醸法実践録」という本<sup>24)</sup>にまとめて、明治31年に出版した。これは、いろいろな技術者の解説を誘発し注目され、全国の軟水で腐造に苦しむ醸造家への有力な指針になったに違いない。

明治35年パリ万国博覧会で「花心」が銀杯を獲得した。明治39年ごろには軟水醸造法は広島では広く行き渡っている。

先に述べた広島の西条、三原、竹原の中硬度水のやや「強い水」以外は、広島ではほとんど軟水（硬度30-50mg/L）と書いたが、これらの軟水の酒蔵は大正か昭和の創業が多く、これはすでに軟水醸造法が普及していたので、軟水が出る地域でも安心して酒造業を営むことができたからであろう。

明治40年、醸造協会主催全国第1回清酒品評会で広島竹原の「龍勢」（藤井酒造）と倉橋の「三谷春」（林酒造）が灘や伏見や全国著名の酒を抑えて優等1等、優等2等を独占した。これはこれまで酒造業界では考えられなかったことで皆驚いた。阪谷芳郎大蔵大臣（当時）も大いに驚いたと記録にある。いかに仙三郎の軟水醸造法が秀逸なバイオ技術であるかを実証した事例である。

しかしながら、仙三郎は明治41年7月脳溢血で倒れ、8月15日帰らぬ人となった。仙三郎に子供がいなくて後を継いだ弟三浦忠造は仙三郎の遺志を継ぎ、明治42年、「花心」は第2回醸造協会清酒品評会で2等入賞を果たしている。

大正時代に入ると、軟水醸造法は広く全国にも認知され、その技術を有する三津杜氏は全国より招かれ、伏見ばかりでなく、四国、九州、静岡、長野、関東や遠くサハリン、ハワイまで酒造りに出かけて行った<sup>2)</sup>。どのような水でも安心して良いお酒ができるという画期的な技術保持者として雇用され、活躍した。

大正10年には仙三郎の功績をたたえ菩提寺に銅像が建立された（平成2年、榊山神社に再建）。

## 5 「改醸法実践録」の水質化学的、微生物学的要点

「改醸法実践録」<sup>24)</sup>の原本は現在広島には全く残っておらず国会図書館に1部あるだけである<sup>1)</sup>。コピーは可能（写真1）。この本は43ページの短い文章で古い文体での記述の本である。この中

表3 三浦仙三郎，軟水醸造法の技術的視点からの略歴，業績

	技術的事蹟	関連事項
弘化4年(1847)	三津，三浦忠兵衛（母マチ）の長男として誕生。	
文久3年(1861)	父，中風で倒れ16歳で雑貨問屋を継ぐ。	明治4年二方町医師
明治9年(1871)	酒造業を始める。三津南本町の酒蔵を買い取り。	長女園と結婚。
明治10年(1877)	腐造。同11年腐造せず，しかし売る前に火落。 11年—15年，腐造。	
明治14年(1881)	新蔵に移転。腐造の酒桶多し。	
明治16年(1883)	酒造休む。単身，灘の酒蔵に酒造研修。	
明治17年(1884)	灘より蔵人を雇い「ざり酛」開始（4本）。成功。	明治19年日本工芸新書
明治19年(1886)	杜氏更迭。若い杜氏と改醸始める。	（醸造雑誌）創刊。
明治24年(1891)	第一回賀茂郡酒造組合品評会で三等，第2回で二等。	明治24年酵母純粋培養
明治25年(1892)	杜氏を伴い灘に再研修。この時軟水，硬水を認識。	技術開発（古在由直）。
明治26年(1893)	京都の醸造家，大八木正太郎を招き講演会。この時， 軟水と硬水を確信。「七，九，十法」始。寒暖計使用。	
明治27年(1894)	杜氏と共に灘に研修（5日）。麹室改築。腐造がこれ よりほとんど無。軟水醸造法ほぼ完成。	明治27年山陽鉄道 西条経由で開通。
明治28年(1895)	第4回内国勸業博覧会（京都）で三等賞。広島県賀 茂酒造組合品評会で明治25年より4年連続一等賞。 この頃から経過実験記表を記入開始。	明治28年賀茂郡三 津町議会議員当選。
明治31年(1898)	「改醸法実践録」を出版。	明治31年三津町長
明治32年(1899)	全国意匠工芸博覧会で二等賞。広島の品評会で1,2等。	当選（9月辞任）。広島
明治33年(1900)	パリ万国博覧会で「花心」が銀杯。	県酒造組合設立。
明治35年(1902)	広島税務管理局鑑定課技官，橋爪陽と出会う。 第5回内国勸業博覧会解説書を執筆。	明治34年三津町議会 議員当選。
明治36年(1903)	仙三郎，杜氏研修会を主催，講師橋爪陽。第5回内国 博覧会（大阪）で「花心」が一等賞。審査員に選任さる。海」創刊。	明治35年雑誌「醸
明治39年(1906)	軟水醸造法が広島で広く普及。	明治37年醸造試験
明治40年(1907)	醸造協会主催第1回清酒品評会で，広島「龍勢」（藤井 酒造），「三谷春」（林酒造）が灘や伏見の酒を抑え， 1位と2位入賞。皆驚く。	場創設（東京滝野川）。 明治42年山廃酛 開発（嘉儀金一郎）。
明治41年(1902)	7月8日脳溢血で倒れ，8月15日死去。享年61歳。	明治43年速醸酛
明治42年(1903)	第2回醸造協会清酒品評会で「花心」（三浦忠造）2位。	開発（江田謙次郎）。
大正時代	軟水醸造法は全国に広まる。ハワイ，サハリンまでも。	大正3—4年大腐造。
大正10年(1921)	三浦仙三郎銅像，菩提寺の蓮光寺の建立。	大正6年広島県工業
平成2年(1990)	榊山神社に仙三郎銅像再建。大戦時金属供出で失われた。	試験場醸造部開設。

文献1) — 4) の記述に基づき加筆修正した。

で、仙三郎はほぼ半分の20ページを麴製造の記述に割り振っている。次の11ページが配、仕込みは9ページ、その他、搾り上げと桶洗浄、火入釜仕立に残りの7ページを割いている。いかに仙三郎が麴造りが重要かを、また、麴が軟水醸造法の要点である、ということを考えさせるものである。

微生物学的理解に重要なので、現在の配造りの違い（生配、山廃配、速醸配）を図1に示す。江戸時代から明治時代の配はほとんど全て生配であった。米、麴、水で配を仕込み、配すり（山おろしともいう）という米をすりつぶす操作（これが大変な重労働）で米を溶解させ、自然発生の硝酸還元菌や乳酸菌の増殖（主に用水由来）を促し、生成する

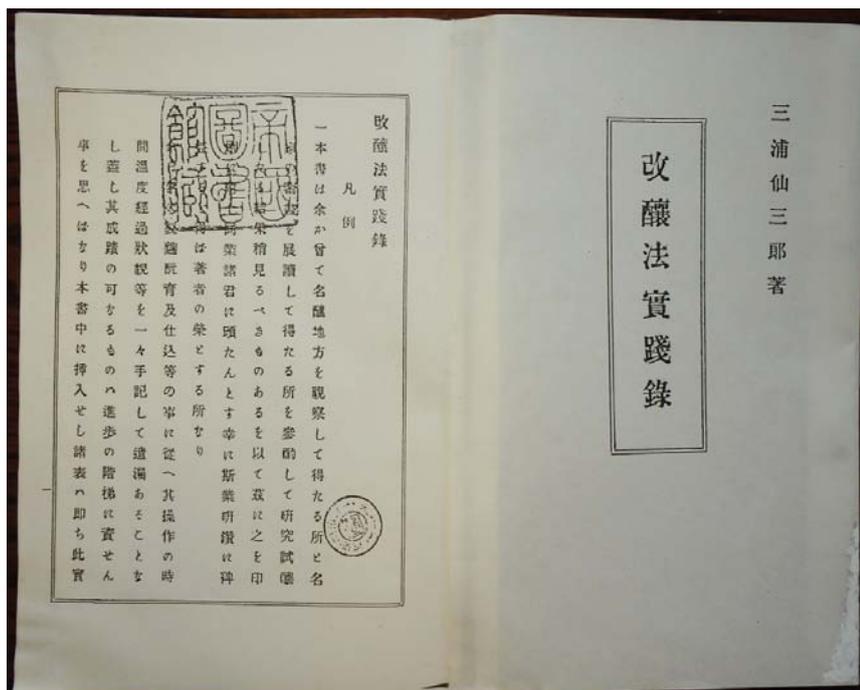


写真1 「改醸法実践記録」, 三浦仙三郎著の書き出し部分 (明治31年, 1898) (コピー)

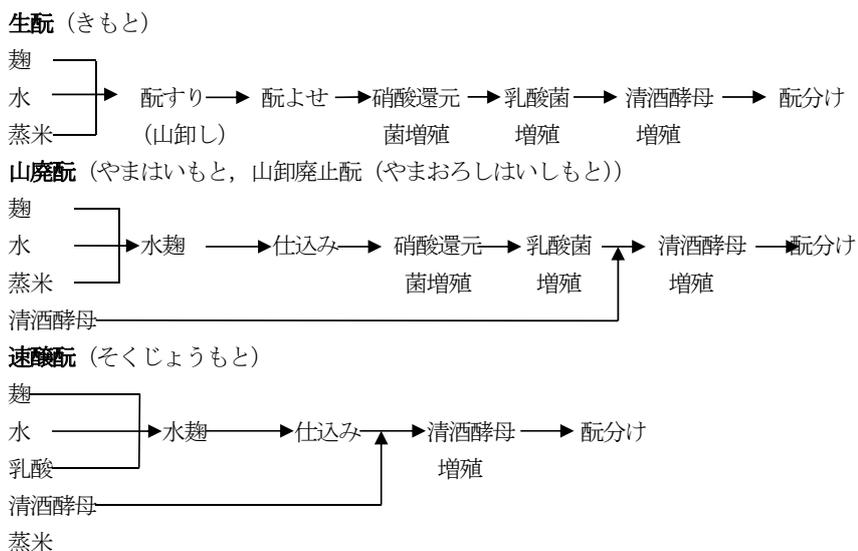


図1 配 (= 酒母) 醸造における、生配、山廃配、速醸配の仕込みの概要

亜硝酸や乳酸で野生酵母の増殖を抑えつつ乳酸生成を継続し、十分に乳酸菌が発育して、比較的高濃度の乳酸による雑菌（乳酸菌も含む）の滅菌をおこない、清酒酵母が増殖してくるプロセスである。その後明治42年には、この配すり（山おろし）を廃止、省略した「山廃配」の手法が嘉儀金一郎により開発された。米を人力ですりつぶすのではなく酵素の力のみで溶解するものである。蔵人は重労働から少し解放された。また、明治43年（学会発表）には、初めから乳酸を添加し滅菌を行い清酒酵母を添加する「速醸配」が江田謙次郎により開発された。現在ではほとんどがこの「速醸配」を使って腐造なく日本酒を醸造している。

## 5-1 麴

本には麴の章の冒頭に「麴室は醸酒の基礎にしてその構造の清粗はただちに製麴の良否を来し製麴の良否はすなわち成酒の醇否に關す」とある。いかに麴室が重要かを書いており着想が素晴らしい。麴室は、「敷地は乾燥した土質を選び、一尺掘り下げ小石と砂利で埋めた上に漆喰を3寸の厚さに塗り、湿気と鼠の浸入を防ぐ」と、乾燥に重点を置いている。麴室の内部構造や棚等も細かく寸法まで記述されている。特に天窗を2か所設け換気に重点を置いている。その構造は、現在の小規模な地方の蔵の麴室とほとんど変わらない。仙三郎のするどい衛生感覚と先駆性をうかがわせる。つまり、乾燥した場所で外気を入れ換気することで室内を乾燥状態とし、乳酸菌や雑菌等細菌が増殖しにくい環境を造っているのである。従来の麴室は保温のため地下か半地下に設置し換気は行われていなかった。そのため室内に湿気が多くたちこめ、細菌が麴に多く繁殖していわゆる清浄でない、雑菌汚染した麴造りが主流であったのである。室内に導く蒸米の量の120倍以上スペースをとる等、乾燥が進むようにと務めている。2つの天窗を配することで、湿度ばかりでなく温度上昇も防ぎ、麴菌が良く繁殖し細菌類があまり繁殖しない環境づくりに意を注いでいる。

さらにこの乾燥状態は、麴菌の米内部への増殖（ハゼ込み）を促進し、麴菌が米の表面のみ増殖する塗りハゼ麴にならないように、突きハゼ、総ハゼ麴に極力なるようにもなっているようである。そして、アミラーゼ等の水中での酵素力価確保にも、この乾燥環境づくりは貢献しているものと筆者らは考えている。

さらに、種麴の保存方法を細かく記し、麴を製造（製麴）する時には温度管理を綿密に行い麴菌が良く繁殖するように、そして雑菌が増殖しにくいような温度管理を行っている。微生物の生理の知識が全くなかった当時、実験と経験により編み出した麴の温度管理手法はとても素晴らしい。さらに別の7工場の製麴の時間と温度経過（室温まで）の、实例の具体的な表まで添付してある。微生物学が未発達約120年も前にこの管理方法を着想したことに驚かされる。

日本醸造協会誌27巻（1909年）によると、軟水醸造法の麴は、三浦家においては明らかに若い麴を推奨している。これも製麴の終わりごろになってからの米表面への細菌感染を恐れてのことであろう。作業によって人の手が入るのでどうしても細菌が蔓延してしまうのである。

我々は、仙三郎の麴造りが軟水醸造法の要点と見て、乾燥した状態で造った麴からのミネラルの溶出について、純水、軟水名水湧水（硬度12mg/L）を用いて実験を行った。総ハゼ麴と突きハゼ麴を用いた実験ではいずれの麴といずれの水でも、1日後に多くのNa, K, Ca, Mgの水中への溶出を観察している<sup>8)</sup>。特にKは通常の仕込み歩合の84g麴/300ml水のデータでは、溶出1日後に総ハゼ麴で純水、軟水でそれぞれ33.7mg/L, 41.5mg/L, 突きハゼ麴では、それぞれ、36.0mg/L, 43.0mg/Lであった。この量は、若林ら<sup>12)</sup>が明らかにしている発酵に必要なK量の、15mg/Lを大きく超えており、麴からのKの供給は醗のもろみの発酵を考える上で重要と考えられる。さらにこの麴溶出液は多量のミネラルの溶出により、いずれの麴や水を用いた場合でも、協会7号酵母の増殖を充分支えることも、我々は実験で確かめている<sup>8, 25)</sup>。

このように乾燥状態で、細菌の少ない健全な麴からは醗やもろみの仕込み初期に、多くのNa, K, Ca, Mgが溶出することが認められている<sup>8, 25)</sup>。こうした麴の力で軟水でも「強い水」に匹敵するミネラル確保が、仕込み後短時間に可能になっていると思われる。このことが、軟水でも醗の仕込み初期には、十分な硝酸還元菌、乳酸菌および清酒酵母の増殖を促し、他の雑菌の増殖を抑えて、健全な発酵を促し、健全な生醗に育成につながり、腐造防止に役だったのではないかと我々は考察

している。また、もろみでは添、踊、仲、留の各仕込みの時期に、麴からのミネラル供給で清酒酵母の活発な増殖を支えていると思われる。

## 5-2 酏

仙三郎は酏の育成にも注目している。当時（明治20-30年代）は酏すりを廃止する「山廃酏」や現在の乳酸と培養清酒酵母を添加する「速醸酏」は未だ開発されておらず、全て生酏であった。生酏の醸造には、仙三郎は「ぎり酏」という灘で行われていた操作を導入した。「ぎり酏」とは小さな木の樽（暖気樽という）に湯か水を入れ（主に熱湯）、それを酏の桶のなかでぎりぎりかき回し、酏の温度調節を行う手法である。しかも仙三郎はこの操作の時、手の温度感覚ではなく、製麴と同様に寒暖計を用いて綿密な温度管理を行っている。雑菌や野生酵母の増殖を抑え、清酒酵母のみ優先的に増殖をさせる手法を確立している。このことも詳細に記述している。もちろん、麴の項に述べている健全で雑菌が少なく、ミネラルの溶出しやすい麴を用いてこそ、この「ぎり酏」の操作が生きてくと筆者らは考えている。仙三郎は製麴と同じように、この「暖気樽」を入れる時期や時間、酏の品温を詳細に表にまとめて記述しており、ここでも徹底した温度管理がなされている。広島ばかりでなく、ほかの地方の醸造場での温度経過表も添付して、「ぎり酏」との温度の差異や、自分の酏の状況が判断しやすいように工夫している。

よく広島や中央の酒造技術者の間では、この「ぎり酏」操作が軟水醸造の秘訣、要点であるという人がいるが、それは、健全な麴造りのもとでこそ成り立っているのであって、酏の操作のみが要点になっているとは言えないと筆者らは考えている。

この「ぎり酏」操作の暖気樽に入れる湯や水の温度にまで、本では細かく指示がなされており、最高温度を華氏80度（26.7℃）以上に上げないようにしている、この徹底した温度管理が、雑菌の増殖を抑え、比較的低温で長期発酵を行い、十分な清酒酵母の増殖と発酵を促したものと推定される。いわゆる「冷掛け」といわれる、軟水醸造法特有の操作である。この「冷掛け」は、現在の吟醸酒醸造に大いに生かされ、低温長期発酵による香りの良い、キレのよい、淡麗辛口の吟醸酒の醸造に応用されている。

## 5-3 仕込み、もろみ

改醸法のもろみの記述は麴、酏に比べて少なくなっているが、ここでも温度を記した経過表を添付して、徹底した温度管理が行なわれるようにしている。このもろみの操作は、ほかの地方のやりかたと変わらないと述べている、強く健全な酏があれば発酵は十分うまく行くという仙三郎の自信の表れを、この記述の少なさからも垣間見れる。

## 5-4 桶洗浄、火入れ

最後に桶洗浄の項目を特に設けている。この項目は1ページにも満たない少ない記述で、これまで技術者、研究者、ジャーナリストを含めだれも注目していなかった。だが、極めて重大な微生物学的要点が記述してあると筆者らは考えている。

仙三郎は使用した桶には熱湯を入れ10時間以上保ち、さらに水を抜いた後、開口部を北に向けて横向きに置き、水分が良く切れるようにしている。北に向けるのは広島では一般に冬の北風は中国山地からの吹き下ろしで、雑菌も少ない乾燥した風が多いと想定しているものと考えられる。さら

に、打湯として乾燥後再び熱湯滅菌操作を毎日か隔日に行い、乾燥後、蓋をして蔵内に保管するように詳細に指示している。本文は打湯とあり、お湯（熱湯）をかける打ち湯のことである。

この記述が重要な記述である。日本酒の火入れは、いわゆる低温殺菌法で、フランスのルイ・パスツールが1865年に発明したとして有名だが、我が国では実に300年も以上も前から行っていた。このことは、明治維新で我が国に来た外国人科学者らが指摘して、ずいぶんと有名になった。しかし、仙三郎の記述を見て彼はさらなるより完全な滅菌を当時行っていたと読み取れる。熱湯殺菌後、1日か2日置いて再び打ち湯をし、それを繰り返すと記述してある。これは、いわゆる現在の間欠殺菌法である。これを明治27年ごろすでに行っていたということは、微生物学の本にはどこにも書いていない。

火入れという低温殺菌法は通常1回のみである。それでも火落ちする場合は数日後か数週間後に再び火入れを行う。そして何とか希釈し別の酒に混ぜたり、酢の業者に販売したりする。だめなら夜中に川に廃棄した<sup>3)</sup>。仙三郎は火落ちと醸造中の酒の腐造は、微生物学的に違いと認識していたのではないだろうか。筆者の新提案である。つまり、火落ちは主に乳酸菌による異常繁殖であり、1回の火入れでほぼ死滅する。しかし、仕込みの時腐造が起こるのは、乳酸菌ばかりでなく、他の嫌気性菌、例えば孢子形成能のある、バシラスやクロストリジウム等の細菌の異常繁殖も伴っていたのではないか。腐造の時の鼻を突く嫌な、くさいにおいと言う記述が種々の文献にみられるのは<sup>3)</sup>、必ずしも甘酸っぱいにおいという乳酸菌の繁殖ばかりではなさそうなのである。

仙三郎の行った間欠殺菌法によると、孢子形成能のあるバシラスやクロストリジウムおよび孢子形成の不良の野生酵母等もほぼ滅菌できる。つまり、熱湯で滅菌して乳酸菌等の生菌はいなくなるが、孢子を有する菌の孢子が生き残っている。1日か2日後に孢子が発芽して生菌になると低温殺菌でも滅菌できる。これを3回以上繰り返せば、完全な間欠殺菌なのだ。通常は1日おきであるが、冬季なので孢子の発芽も遅いので2日くらいでもいいとある。これで、木の桶の隙間などに潜んだ、孢子形成能のある嫌気生菌や、孢子形成能を有する酒造への不良の野生酵母を根絶やしにできたに違いない。もし、これらの嫌気性菌が発酵容器である桶に生き残っていたら、種になり清酒酵母より先に増殖して腐造になる可能性が出てくるのだ。

仙三郎は、容器の雑菌汚染、特に嫌気性細菌の生き残りが腐造の主な原因と気付いていたに違いない。滅菌を1-2日ごとに繰り返すという注意書きがそれを表していると思われる。短い記述であるが、微生物学的に重要な要点を含んでいる。

実際、筆者の一人も約40年前に体験をしたが、厳しい杜氏さんのもとでは、酒造という作業のほとんどが掃除、清掃、滅菌であった。現在もそうである。当時はすでに速醸酛が主流であったが、ある地方の会社は腐造と言う噂は時々聞こえてきた。衛生管理に不備があったのであろう。明治当時はあまり顧みられなかった衛生、微生物と言う概念を、仙三郎がすでに強く意識していたことは間違いない。

## 6 現在の吟醸酒造りと軟水醸造法

現在の吟醸酒造りは、約120年前に仙三郎が着想した軟水醸造法の真髓を実践しているといっても過言ではない、と筆者は考えている。逆にいえば、軟水醸造法がなかったら、現在の様な日本酒、吟醸酒ブームはあり得なかったかもしれない。少なくとも広島や山口での、種々の品評会で金賞を受賞する吟醸酒はほとんど軟水での醸造である。つまり、軟水の「弱い水」の特性を逆手に

とって、長期発酵に持ち込むことができるからである。「強い水」である硬水や中硬度水だとしても発酵が早く終わってしまい、淡麗さやすっきり感や香りが出せない。軟水を使い、軟水醸造法の「冷がけ」操作の応用で、12℃以下、むしろ10℃以下の超低温での長期発酵は、現在のおいしい吟醸酒の醸造を可能にしている、現在は衛生概念や衛生関連技術も進歩し、微生物学的にも酵母や細菌の生理は良く分かっているので、雑菌汚染がなく長期発酵が可能となっている。

また、我々は高感度のバイオセンサーを試作し、ミネラル成分と発酵の関係を、特に軟水地帯の水を用いて実験したところ、水中のCa量がMgとの共存で、大きく発酵をコントロールしていることを突きとめている<sup>7)</sup>。このことは、麴からのCaの溶出を制御することで、例えば、突きハゼ麴や若い麴の使用、また麴の歩合を減少することで<sup>25)</sup>、発酵の自在な制御も可能なことを示唆しており、ゆっくり発酵ができるようになりうる。低温にして「冷掛け」を実行することも、現在では冷却装置の普及により、「ぎり酀」もせずに、容易に温度制御が可能になっている。現在の吟醸酒の醸造理論は、約120年前に仙三郎が着想した軟水醸造法の真髄とほとんど同じと、筆者らは考えている。

さらに最近広島では、軟水のうちでも硬度10や15mg/L程度の、超軟水を使ったり、30%以下まで精米した米で醸造したり、ごく低温で発酵(4-10℃)するなど、いわゆる「新軟水醸造法」(筆者が提案)を実行している蔵もある。淡麗辛口で香りも良くしかもコクがあるすっきりした酒を醸造するような若い杜氏が現れ、品評会でも金賞を多く受賞するなど実績を上げてきている。近年あの有名な「獺祭」もこの「新軟水醸造法」であることは間違いないと思われる。池田<sup>1)</sup>は、すでに軟水醸造法を吟醸酒の発祥と位置付け「吟醸酒を造った男」として、三浦仙三郎の業績、伝記を2001年に出版しているが、我々も実験を通じてこのことを確信しつつある。このように、軟水醸造法は現在の吟醸酒の醸造に大いに貢献をし、もはや必須の基本技術となっていると考えられる。

## 7 まとめ

軟水醸造法の解明に取り組んできて約30年が経過した。最初は軟水醸造地帯の水質の解析と水質の化学的意義の解明に取り組んだが、難解な古い文章の「改醸造法実践録」や古い明治時代の文献も読み返し、筆者の一人の灘や広島での酒造経験も踏まえ、麴造りにその要点があると考えに至った。麴からのミネラルの溶出や、抽出液の発酵、バイオセンサーによるミネラルの発酵への効果など、種々実験を通じて検証を行ってきた。それらを総合して、「軟水醸造法」の要点を考察すると、次のようにまとめられる。

- 1 ミネラルが溶出しやすい、雑菌汚染の少ない麴の醸成に成功しており、これが健全な酀やもろみの発酵に貢献している。軟水醸造の要点は主に麴にあると思われる。麴室の乾燥と寒暖計を使った厳密な温度管理がこの健全麴育成に貢献している。
- 2 同じく寒暖計を用いた「ぎり酀」の操作、特に低温維持の「冷掛け」操作で、酀での雑菌増殖や野生酵母の増殖を抑え、清酒酵母の育成を可能にした。
- 3 乾燥や間欠滅菌による衛生管理を徹底し、使用器具の微生物汚染を防止した。

## 参 考 文 献

- 1) 池田明子：「吟醸酒を造った男」, p3-193, 時事通信社 (2001)
- 2) 秋山祐一, 熊谷千栄子：「吟醸酒の話」, p3-277, 技報堂出版 (2000)
- 3) 篠田次郎：「吟醸酒誕生」, p7-267, 実業之日本社 (1992)
- 4) 坂田泰正：「三浦仙三郎 — その生と死」, p1-74, 安芸津記年病院郷土資料室 (1975)
- 5) 佐々木健：「広島中国路水紀行」, p2-214, 溪水社 (1993)
- 6) 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, 1103-1116 (1996)
- 7) 佐々木健, 岩永千尋, 竹野健次, 浜岡尊, 土屋義信：日本生物工学会誌, 76, 51-57 (1998)
- 8) 古谷大輔, 竹野健次, 佐々木健：日本生物工学大会講演要旨集, 平成17年度, p208 (2005)
- 9) 山田正一, 吉沢淑, 井上博, 岡田徳一郎：日本醸造協会誌, 50, 48-50 (1955)
- 10) 吉沢淑：日本醸造協会誌, 51, 51-54 (1956)
- 11) 嘉納成三：日本農芸化学会雑誌, 27, 881-887 (1953)
- 12) 若林謙太郎, 魚住政二, 塚原寅次：日本醸造協会誌, 52, 54-60 (1957)
- 13) 嘉納成三：日本農芸化学会雑誌, 35, 1304-1308 (1961)
- 14) 市川邦介, 前田嘉道：日本発酵工学会誌, 41, 530-537 (1963)
- 15) 市川邦介, 前田嘉道：日本発酵工学会誌, 41, 538-542 (1963)
- 16) 嘉納成三：日本農芸化学会雑誌, 36, 484-488 (1962)
- 17) 嘉納成三：日本農芸化学会雑誌, 36, 489-495 (1962)
- 18) 難波康之裕, 猿渡一由, 大町得蔵, 奥田利光, 若林三郎：日本醸造協会誌, 72, 749-752 (1977)
- 19) 国税庁醸造試験所：「国税庁所定分析法注解」, p134, 日本醸造協会 (1993)
- 20) 鹿又親：醸造試験所報告, 26, 1-74 (1909)
- 21) 鹿又親：醸造試験所報告, 27, 77-180 (1909)
- 22) 善光則之：日本醸造協会誌, 56, 125-129 (1963)
- 23) 蓼沼誠, 佐藤信：日本醸造協会誌, 62, 1288-1295 (1967)
- 24) 三浦仙三郎：「改醸法実践録」, p1-43, 葆光社 (1898)
- 25) 佐々木慧, 古谷大輔, 竹野健次, 佐々木健：生物工学会誌, 印刷中