

第 8 章

水質問題

第8章 水質問題

1 水質問題

(1) 農業用水基準とその主な被害

1) 農業（水稲）用水基準

「農業（水稲）用水基準」は、農林水産省が昭和44年春から約1か年間、汚濁物質別について「水稲」に被害を与えない限度濃度を検討し、学識経験者の意見も取り入れて昭和45年3月に定めた基準で、法的効力はないが水稲の正常な生育のために望ましい灌がい用水の指標として利用されている。

表8-1-1 農業（水稲）用水基準

項目	基準値
pH（水素イオン濃度）	6.0~7.5
COD（化学的酸素要求量）	6 mg/L以下
SS（浮遊物質）	100 mg/L以下
DO（溶存酸素）	5 mg/L以上
T-N（全窒素濃度）	1 mg/L以下
EC（電気伝導度）	0.3 dS/m以下
重金属 As（ヒ素）	0.05mg/L以下
Zn（亜鉛）	0.5 mg/L以下
Cu（銅）	0.02 mg/L以下

「単位を一部改変」

2) 項目別の主な被害

項目	主な被害																		
pH 水素 イオン 濃度	（水稲に対する影響） ①酸性が強い場合：根の発育が悪くなり獅子尾状根などが発生 ②アルカリ性が強い場合：鉄欠乏などによるクロロシス（黄化現象）が発生 （土壌に対する影響） ①酸性が強い場合：土壌から塩基が溶脱され老朽化を早める。 ②アルカリ性が強い場合：土壌粘土の分散、腐植の解膠構造の破壊																		
	COD 化学的 酸素 要求量	①土壌還元促進 ②有害物質（硫化水素、有機酸など）の発生 ③これらによる根の活力低下、根腐れの発生 〔参考〕CODと水稲被害率との関係（愛知県農業試験場） <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>COD (ppm)</td> <td>6</td> <td>9</td> <td>12</td> <td>15</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>収量割合 (%)</td> <td>99</td> <td>94</td> <td>92</td> <td>90</td> <td>89</td> </tr> <tr> <td>被害率 (%)</td> <td>1</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>10</td> <td>11</td> </tr> </table>	COD (ppm)	6	9	12	15	18	収量割合 (%)	99	94	92	90	89	被害率 (%)	1	6	8	10
COD (ppm)	6	9	12	15	18														
収量割合 (%)	99	94	92	90	89														
被害率 (%)	1	6	8	10	11														
SS 無機 浮遊物質	水中に浮遊する無機質の微粒懸濁物が水田に流入した場合、土壌中の間隙が詰まり、土壌の物理的性質（とくに透水性、通気性）が悪くなり、水稲の生育に障害を与える。																		

水稻に対する窒素の過剰害は次の諸特徴として現れる。

- ①過繁茂 ②倒伏 ③登熟不良 ④籾殻の大きさの縮小
- ⑤不稔もみの増加 ⑥米質の悪化

[参考]

用水の窒素濃度と水稻生育収量の関係(東京都農業試験場, 1967)

T-N (全窒素)	T-N	生育収量への影響
	1ppm以下	全くなし
1~3ppm	やや過繁茂	
3~5ppm	過繁茂時に収量減	
5~10ppm	収量減	
10ppm以上	収量激減	

根の生育が害され、新根の発生・根長・根重が劣る。また、根の呼吸が衰え、養分の吸収が悪く、玄米収量が減少する。

[参考] 東海農政局調査結果

D O (溶存酸素)	区分	D O (ppm)	玄米重 (g)
	対照区	9.0	97
汚染区A	B	4.0	59
	C	3.5	52
		3.5	74

灌がい水中の塩類濃度が高くなると、

- ①浸透圧の増加により根に吸水阻害が起こる。
- ②塩類の成分組成、成分濃度のアンバランスより作物の養分吸収に異常が起り、栄養と代謝が阻害される。
- ③外見としては、最初、葉先に黒褐色の斑点が生じ、その後その部分から下部へ白葉枯葉の外縁部の葉枯れに拡大して葉の先枯れが起こる。また、下葉は葉鞘付近から屈折下垂して流れ葉となる。

A s
(砒素) ①葉脈を残し黄変葉となり、さらに症状が進めば白葉化する。
②黄化葉は新葉から始まる。根は腐根となり、新根の発生抑制被害が大きいものは、全茎黄化し、枯死する。

Z n
(亜鉛) ①葉脈間がクロロシスを呈し、青枯れの症状を示す。
②根の生育が阻害される。

C u
(銅) ①葉の先端部から黄化し、根が萎縮して伸びない。
②0.1ppm で根の生育障害を起こし、0.6ppm で青枯れの症状を示す

「農業土木技術者のための水質入門」(田淵俊雄編著)に一部加筆

2 養液栽培に用いる原水

(1) 養液栽培に用いる原水

養液栽培には養液土耕・砂耕・れき耕等のように固形培地を使用する栽培法と水耕のように固形培地を使わない栽培法があり、後者の方が良質の原水を必要とする。

一般的に水道水を用いると栽培上の問題点は少ないが、コストが高くなるので出来れば地下水や河川水などの天然水を使用したい。しかし、天然水は硝酸態窒素、鉄、塩素、カルシウム、マグネシウム、マンガン、重炭酸、ナトリウムなどが過剰に含まれていることがあるため注意が必要である。点滴かん水を行う栽培法では、原水に含まれる成分とその量によりかん水チューブが目詰まりする可能性があるため、表8-2-1に示したように、特定の成分を基準値以上含む原水の使用は控えた方が無難である。

表8-2-1 養液土耕栽培における水質判定基準 {大塚化学(株)作成}

水質	pH	EC	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	MnO
A	~7.0	~0.2	~1	~1	~10	~5	~25	~20	~0.5
B	7.0~7.3	0.2~0.5	1~5	1~10	10~30	5~50	25~50	20~40	0.5~1.0
C	7.3~7.6	0.5~1.0	5~10	10~50	30~50	50~100	50~100	40~60	1.0~1.5
D	7.6~	1.0~	10~	50~	50~	100~	100~	60~	1.5~

水質	B ₂ O ₅	Fe	Cu	Zn	Mo	Na	Cl	SO ₄	HCO ₃
A	~0.5	~0.5	~0.05	~0.05	~0.05	~30	~25	~30	~50
B	0.5~1.0	0.5~1.5	0.05~0.15	0.05~0.15	0.05~0.15	30~50	25~50	30~50	50~100
C	1.0~1.5	1.5~3.0	0.15~0.20	0.15~0.20	0.15~0.20	50~80	50~80	50~150	100~200
D	1.5~	3.0~	0.20~	0.20~	0.20~	80~	80~	150~	200~

単位：ECはdS/m、NH₄-N以下はppm

A：全く問題のない水質である

B：多少目詰まりの心配があるが、使用可能な水質である。

C：目詰まりの恐れ大、できるだけ使用を避け他の水源を検討する。

D：使用不可、使用に当たっては鉄、マンガン除去装置など適切な水処理が必要である。

(2) 原水の濃度を考慮した栽培

原水中に有効成分が基準値の範囲内で多く含まれる場合には、その濃度を考慮した培養液の作成が可能であり、そのことにより肥料の削減も出来る。しかし、この場合単肥を用いて培養液を作成する必要があるが、市販の配合肥料は使えない。

ナトリウム、塩素、各種微量元素などは植物に吸収される量が少ないため、原水中の濃度が高い場合には集積しやすいので、ロックウールなどを使用している場合にはその洗浄が必要となる。また、高濃度の重炭酸が含まれる場合には培養液のpHを上昇させることになるので注意が必要である。

(3) 鉄分を多く含む原水の水質改善

地下水には鉄濃度が高い原水が多く、灌水装置の目詰まりなどの原因になっている。これを解消するためには、原水中に空気を送り込んでばっ気を行い、鉄を酸化し沈殿させた後フィルターにより除去する方法がある。この場合、フィルターの目詰まりを掃除する必要があり、その方法としては高圧水などで洗浄する手法と塩酸に浸漬して溶解する手法がある。また、ばっ気後に静置し、鉄が沈殿した上澄み液を使用することも可能である。

(4) 原水の必要量

1日に必要な原水の量は、トマトやキュウリで1株当たり2～3Lとされている。10a当たりの栽植密度が2500株と仮定すると、1日に必要な用水量は5t～7.5t程度となるため、水量の確保も重要である。

(5) 畑地灌がい水の水質基準

現在のところ畑地灌がい水としての水質基準の明確なものはない。今までに、塩素濃度の基準がいくつか示されているので高知県の例を以下に示す。

表8-2-2 ハウス栽培における灌がい用水の塩素濃度の類型（高知県）

塩素mg/L	判 定
80以下	すべての作物に用いて差し支えない
80～150	耐塩性の弱い作物の長期栽培に不適當
150～250	耐塩性の弱い短期栽培及び耐塩性の強い作物の長期栽培に不適當
250以上	すべての作物に用いることは不適當

(6) 各種肥料成分濃度を示す単位

水に含まれる肥料成分を表す単位として「me」、「ppm」、「mg/L」、「mM」等がある。「me」はmg当量とも言われる。mg当量とはg当量の1000分の1である。g当量とは分子量を原子価で割ったものである。硝酸カリ（ KNO_3 ）を例にとると、この分子量は約101で、これは K^+ （分子量約39）と NO_3^- （分子量約62）からなっている。 K^+ は1価の陽イオンであるので原子価は1。すなわち、 $39/1=39$ となり、Kのg当量は39gとなり、Kの1me溶液とは、培養液1L中に39mgのKがあることになる。これは、39ppm、39mg/Lと同じ意味である。表8-2-3に窒素、リン、カリ、カルシウム、マグネシウムについて濃度単位の変換例を示した。

表8-2-3 単位の変換例

		N	P	K	Ca	Mg
mM	→ me	× 1	× 3	× 1	× 2	× 2
mM	→ ppm	× 14	× 31	× 39	× 40	× 24
me	→ mM	/ 1	/ 3	/ 1	/ 2	/ 2
me	→ ppm	× 14	× 10.3	× 39	× 20	× 12
ppm	→ mM	/ 14	/ 31	/ 39	/ 40	/ 24
ppm	→ me	/ 14	/ 10.3	/ 39	/ 20	/ 12

3 施肥による水質問題

我が国では、肥料成分に由来する水質問題は、閉鎖性水域等における過剰な肥料成分の流出による富栄養化や地下水の硝酸汚染があげられる。

(1) 閉鎖系水域における富栄養化

県最南部に位置する児島湖の水質は、現在化学的酸素要求量（COD）、全窒素、全リンが共に環境基準値を上回っている。また、児島湖は昭和60年に湖沼水質特別措置法に基づく指定湖沼に指定され、以来5年ごとに湖沼水質保全計画を策定し水質保全対策に取り組んでいる。平成24年3月の「児島湖に係る第6期湖沼水質保全計画」では、農地対策として、岡山県持続性の高い農業生産方式の導入の促進に関する指針に基づき、有機物の適切な農地還元等による土づくりを基本に、土壌診断による適正かつ効率的な施肥等により化学肥料の施用量を低減し、生産性の向上と環境負荷の低減を調和させた将来とも持続可能な農業を推進するとともに、水田の水質浄化機能を活かした水管理など環境保全型農業を推進する、としている。

具体的には①土づくりに関する技術の普及として、堆肥や緑肥の利用、②化学肥料低減技術の普及として、局所施肥、肥効調節型肥料の施用、リン酸・カリ含量の少ない被覆複合肥料（L字型肥料）の施用、③水・畦畔管理技術の普及として、代かきや施肥後の適切な水管理及び畦畔管理を推進している。

(2) 地下水の硝酸汚染

1999年には硝酸性窒素および亜硝酸性窒素は水質環境基準の健康項目に追加され、河川や地下水などの公共用水域に含まれる「硝酸性窒素および亜硝酸性窒素」の環境基準値が10mg/Lと定められた。

環境省が行っている全国の地下水質調査（環境基準項目）のうち、硝酸性窒素および亜硝酸性窒素の近年の測定結果を表8-3-1に示す。その結果、硝酸性窒素および亜硝酸性窒素の超過率は、3～6%程度であった。

表8-3-1 環境省による地下水質測定結果（硝酸および亜硝酸態窒素）

調査年度（平成）	調査した井戸の数	環境基準を超過した井戸の数	超過率（%）
16	4,260	235	5.5
17	4,122	174	4.2
18	4,193	179	4.3
19	4,232	172	4.1
20	3,830	167	4.4
21	3,895	149	3.8
22	3,361	144	4.3
23	3,227	117	3.6
24	3,240	117	3.6

環境省：平成24年度地下水質測定結果（冊子版）より抜粋

また、汚染原因の内訳としては施肥が最も多くなっている(表8-3-2)。このため、農地からの施肥による環境負荷を軽減するためには、施肥量削減とともに、作物にできるだけ効率的に肥料を利用させるための技術の普及が急務である。水質問題を考慮した施肥改善のポイントは、下記のとおりである。

- ・局所施肥、マルチの利用など、施肥方法の改善
- ・肥効調節型肥料、硝化抑制剤入り肥料の利用
- ・土壌診断・栄養診断を行い、診断結果に応じた適切な施肥体系の確立
- ・有機質資材の含有成分量と肥効率を考慮した土づくり

表8-3-2 硝酸性窒素および亜硝酸性窒素の汚染原因の内訳
(平成24年度末時点)

家畜排泄物	605 (42%)
施肥	1,328 (93%)
生活排水	578 (41%)
その他	25 (2%)

汚染原因が特定・推定された1,427事例が対照

(複数の汚染原因による事例があるため各件数の和と一致しない)

* 環境省、平成24年度地下水質測定結果(概要版)より引用

(3) 農地の水質浄化機能

一方、水田は土壌粒子が灌がい水中の肥料成分を吸着し、水稻に供給すること、また、湛水時には水田土壌は還元条件のため、硝酸性窒素が流入した場合には脱窒作用により窒素ガスとして大気中へ放出されることから、水質を浄化する機能を有している。

しかし、灌がい水の肥料成分が少ない中山間地域等では、水田から窒素・リンが河川等に排出され環境に負荷を与えている場合もみられる。そこで、このような地域でも環境に負荷を与えないように、以下の点に注意し水田の水質浄化能を発揮させることが可能となる。

- ・漏水や減水深の多い水田では、客土、耕盤の締め固め、代かき回数を多くするなどの節水対策を実施する。
- ・代かき時の水深を浅くし、降雨による田面水の越流を防止するとともに、田植え前の強制落水を行わない。