

## 処理水の再利用に関する研究

### I 処理水の水質と栽培試験

吉田 勲\*・石井利幸\*\*

## Studies on the Reuse of Purified Wastewater

### I Water Qualities of Purified Wastewater and Cultivation Experiments

Isao YOSHIDA\*, and Toshiyuki ISHII\*\*

In this paper, the results of cultivation experiments for 3 years, in which flowers and vegetables were grown by using two kinds of water: service water and purified wastewater as irrigation water, are described. It can be derived within the limits of these experiments that the purified wastewater can be used as irrigation water like service water.

#### 緒 言

現在、農村では農村で生活をしている人達だけではなく、訪れる人達にとっても魅力ある所とするため、あるいは公共用水域の水質保全のために農業集落排水事業で処理場が建設されている。従って、従来、家庭から河川へ捨てられていた汚水は集落処理施設に集められ、そこで生物学的に処理された後、河川等の公共用水域に放流される。個々の施設から放流される水量は少ないが、農業集落排水処理施設は年々増加の一途を辿っているのて日本全体で考えれば、この処理水量は決して少なくない。しかも、この処理水量は年間を通じて毎日一定している

事、しかも水温がかなり高いという特徴がある。

現在、水資源確保用のダムを新しく建設する為には多大な経費と、長期に渡る住民交渉などを要し、ダム建設は決して容易なことではない。もし、処理場から出る水が再利用できるならば、『処理場の建設』は見方を変えれば、ある一定の水温を有する水源を新規に開発したとも考える事ができる。これは現在、水不足で悩んでいる離島などの水資源開発問題の解決の一手法として、あるいは将来の水不足に供える手段として役立つと思われる。処理水の再利用には農業<sup>1)</sup>、漁業、飲料水<sup>2)</sup>、せせらぎ、融雪などが考えられるが、ここでは処理水の農業利用について述べる。処理水を農業に利用するに当たっ

\* 鳥取大学農学部農林総合科学科生存環境科学講座

\* Department of Environmental Science, Faculty of Agriculture, Tottori University

\*\* 鳥取県土地改良事業団体連合会

\*\* Tottori Prefectural Federation of Land Improvement Association

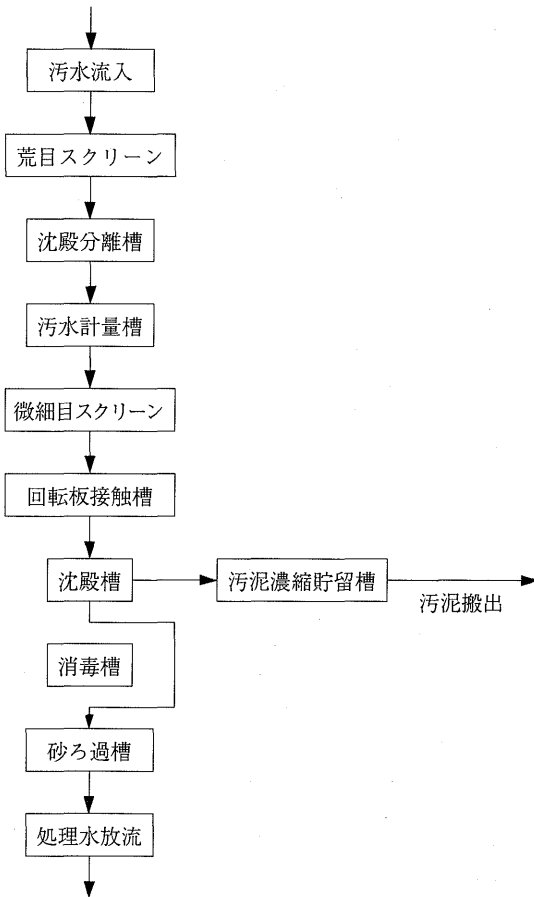
ては作物の生育状態、収穫量、土中への塩類集積、衛生学的問題が解決されなくてはならない。

鳥取県は日本農業集落排水協会の委託を受けて鳥取県東伯郡東郷町埴見地区農業集落排水処理施設の隣接地で、処理水再利用の可能性を探る栽培試験<sup>3)</sup>を行った。この報文はその成果の一部を概説するものである。

**試験の概要**

**1. 埴見地区集落排水処理施設**

埴見集落排水処理施設は1987年3月に竣工した。処理方式は省エネ型の回転板法で、地区の全戸数は44戸(対象人口は220人)で計画平均水量は59.4m<sup>3</sup>/日である。目標放流水質は生物化学的酸素要求量(BOD)=20ppm, 全窒素(T-N)=20ppm, 懸濁物質(SS)=30ppm, pH=5.8~8.6および大腸菌群数=3000個/cc以下である。



第1図 処理場のフローシート

当処理場に入って来た汚水は第1図に示すように、砂だまり→荒目スクリーン→沈殿分離槽→流量調整槽→汚水計量槽→微細目スクリーン→回転板接触槽→沈殿槽→砂ろ過槽などを通過する間に処理される。栽培試験には最後の砂ろ過槽から出てきた水(以後、これを処理水という)を使用した。

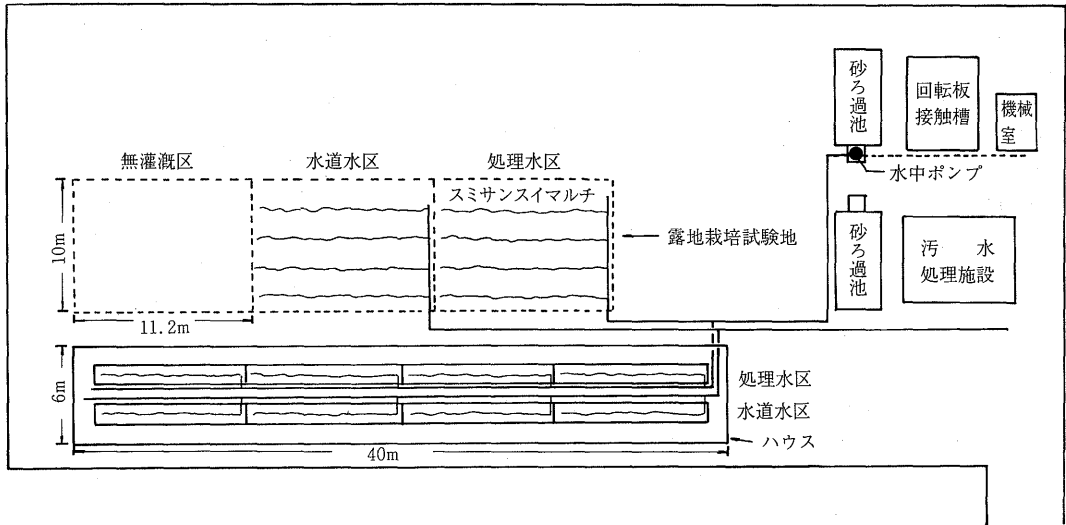
栽培試験期間中、ほぼ一週間ごとに、これらの水を採水しpH, SS, 亜硝酸態窒素, 硝酸態窒素, T-N, 溶存酸素(DO), 化学的酸素要求量(COD), BOD, 全リン(T-P), 電気伝導度(EC)などについて測定した。

**2. 栽培圃場**

埴見処理施設に隣接して栽培圃場を第2図のように設けた。栽培圃場は露地とハウスとからなり、露地は約10m×40m, ハウスは6m×40mの広さを有している。ハウスは幅6m, 高さ3.6mで、その中に幅1.4mの畝を2つ設けた。この中の試験区に花や作物を植え、水道水と処理水のカンガイによる比較栽培試験を行った。作付計画に当たり、次の5条件, すなわち、①東郷町内で栽培されている ②栽培管理の労力が比較的少なく、栽培管理技術による成育の差があまり表れない ③無カンガイ, 水道水および処理水をカンガイしたことにより成育差が比較的表れ易いと考えられる ④水量過多による成育障害が少ない ⑤当施設への見学者が多く見込まれるため展示効果のあるものなどを満たす作物を選んだ。露地とハウスで栽培した植物を年代別に示すと第1表のようになる。

第1表 栽培作物のまとめ

| 年    | 露 路            | ハ ウ ス                                  |
|------|----------------|--|
| 1988 | 大豆             | ストック(早麗,高波:1年作)                        |
| 1989 | スイートコーン        | スターチス, トルコギキョウ<br>(春夏作:1年作)            |
|      | ヤマノイモ<br>(1年作) | ストック<br>(早麗,高波:秋冬作,2年作)                |
| 1990 | ブロッコリー         | チンゲンサイ, トルコギキョウ<br>(春夏作:2年作)           |
|      | ヤマノイモ<br>(2年作) | ハウレンソウ(1年作)<br>ストック<br>(早麗,高波:秋冬作,3年作) |
| 1991 |                | ストック<br>(早麗,高波:秋冬作,4年作)<br>キンギョソウ      |



第2図 実験圃場の概要

### 3. カンガイ法

カンガイ水に処理水と水道水を使用し、チューブでカンガイした。カンガイ方法は無カンガイ、カンガイ5mm/日、5日おきに15mmカンガイおよび $pF=2.0$ でカンガイする方法を採用した。ここで、無カンガイとは作物が枯れない程度にカンガイすることを、 $pF=2.0$ カンガイとは地表下10cmの土壤水分張力が $pF=2.0$ 以上になると、圃場容水量に見合った量をカンガイすることを意味している。

### 実験結果と考察

#### 1. 気象調査

埴見地区に気象観測所がないので隣の倉吉市の観測所で測定した資料を利用する。

1988年の気温は4～5月は低めで、特に5月第2半旬、第5半旬、7月第4半旬～8月の第4半旬は低温であった。日照については4～11月に平年値を上まわった旬は殆ど見られなかった。5～8月においてはその較差が特に大きい。降雨量が半旬で50mmを越えたのは7月の第3、第4半旬、8月の第4半旬、9月の第5、第6半旬、10月の第1、第6半旬であった。8月前半に降雨量は少なかつたものの、曇天(日照不足)がお多かったため、露地では灌水を必要とする日数は少なかつた。

1989においては、2～5月上旬にかけて気温は平年より高めであったが、6月の第1半旬～7月の第3半旬並びに8月の第1半旬～9月の第2半旬にかけては平年値

を下回った。その後は特に9月の第2～第5半旬及び10月の第6半旬～11月の第3半旬の間で平年より高く推移した。降水量は2月並びに、8月下旬～9月中旬が目立って平年より高く、特に、9月の第1半旬と第4半旬は100mmを越える雨量となった。これに反し、梅雨の雨量は平年より少ない。日照が平年値を上回る半旬は数回しか見られず、施設栽培においても日照不足は作物成育にいくらかの影響を与えたものと思われる。

1990年については、日照は5月から7月の第2半旬にかけて低い値となっている。平均気温は年間を通じて1984～1989の平均データよりも高めに推移しており、特に、8月から9月にかけて大幅に上回っている。その結果、露地の畑作物では6月から8月にかけて干ばつを受けやすい状況となった。以上のことから、栽培実験期間中においては冬は暖かく、夏は涼しい傾向が窺える。

#### 2. 処理場の浄化能力

原水と処理水の水質試験結果(1988～1990に、それぞれ総数106回測定)の平均値を求めると、それぞれBODは99.3, 7.1ppm, CODは60.2, 8.1ppm, T-Nは27.46, 9.15, T-Pは4.75, 2.44ppm, ECは454, 352 $\mu$ S/cm,  $Cl^-$ は168, 81ppmであった。処理水中には大腸菌群数は検出されない場合の方が多かった。

処理水と水道水に含まれる重金属含有量(ppm)を測定したところ、それぞれ、鉄(Fe)は0.068, 0.048, 銅(Cu)は0.018, 0.012, 亜鉛(Zn)は0.151, 0.140, ヒ素(As)は0.006, 0.001, マンガン(Mn)は0.193,

0.001以下となり、カドミウム (Cd) は両者とも0.005以下、クロム (Cr) も両者とも0.01以下、ニッケル (Ni) も0.005以下、鉛 (Pb) も0.05以下であった。なお、水道水の水質はpHは6.82, DOは5.8ppm, BODは0.6ppm, CODは0.2ppm, T-Nは0.40ppm, T-Pは0.10ppm,  $Cl^-$ は12ppm, ECは110  $\mu s/cm$ であった。

### 3. 栽培試験結果

#### 1) 1988年度の栽培試験

##### (1) ストック栽培試験

ストックを選択した理由は前述の(5)条件にあうと言う事と、モリブデンやヒ素に敏感であると言われているからである。

出蕾が始まり、栄養成長から生殖成長中心への転換期に当たる生育中期の10月26日に①草丈, ②成葉数, ③最大葉長, ④最大葉巾, ⑤生育障害などの項目について、各区20株ずつについて観測及び計測を行った。ダンカンの多重解析によれば、水道水を高波に5 (mm/日) およびpF=2.0区でカンガイした試験区の草丈は処理水カンガイ区のそれよりも長いと5%水準で判定された。しかし、その他の調査項目では各カンガイ水区間の差はほとんど見られなかった。生育後期の調査として各区で開花の始まる日を観察した。また、12月9日に各区で開花の進んでいる個体から順に10株ずつの切り花を収穫し、①切り花長, ②切り花重, ③莖径 (地際から約10cmの部分の莖の直径), ④花穂長, ⑤生葉数 (商品性のない下葉を除去した後の葉数), ⑥下葉除去範囲長 (商品性のない下葉を除去した範囲), ⑦カリ欠乏症指数の項目について計測及び観察を行った。その結果、開花始めは全体に早麗の方が早く、高波が遅い。カンガイ法別に比較すると早麗は無カンガイ区で、高波は処理水5 (mm/日) 及び水道水 (pF2.0) カンガイ区で早く開化したが、両品種ともカンガイ水が開花に影響を与えるとの判定はできなかった。

切り花については早麗が高波より多い。次ぎに品種別にみると、高波の開花輪数は無カンガイ試験区で多く、処理水及び水道水をpF=2.0でカンガイした試験区で少ない。

早麗の開花数についてはカンガイ水の種類やカンガイの方法による差は見られなかった。

以上のことを総括すると、切り花長, 切り花茎重等は全体的に処理水5 (mm/日) カンガイ区の生育量がやや低く、逆に無カンガイ区の生育が良いという傾向がみられた。また、下葉の黄化, カリ欠乏症が処理水カンガイ区では見られたが、これらの差は顕著なものではなく、

また処理水5 mm/日カンガイ区の一部の排水がやや悪いなど圃場条件の差が原因となっていることも考えられ、処理水のカンガイがストックの生育に対して有益だったか、逆に有害だったか、今回の調査だけでは判断できなかった。

##### (2) 大豆栽培試験

大豆 (タマホマレ) を6月20日に露地試験区に播種し、9月27日から10月17日まで5日おきにカンガイし、生育調査を10月15日, 収穫調査を11月8日に行った。

カンガイ実施が9月27日 (粒肥大中期) と遅かったため、生育への影響は全く無かった。収量も無カンガイ, 水道水, 処理水カンガイ区の順に多かったが、土壤水分調査によれば、湿害の出る土壤水分ではなかった (pF1.5以上) ,カンガイする前の生育前~中期の土壤の排水性による生育差が影響していると考えられる。よって、処理水と水道水の影響およびカンガイと無カンガイの影響も明かにできなかった。

##### 2) 1989年度の栽培試験

高波の生育, 収量を見ると処理水区の方が水道水カンガイ区を上回る傾向が見られたが、その差は極めて小さい。草丈についてのみt検定の5%水準で有意差が認められたものの、各試験区間に開花期の早晩は認められなかった。

春夏作として、ハウス内ではスターチスとトルコギキョウの栽培試験をし、処理水カンガイが対象作物の生育並びに収量に及ぼす影響を調査した。その結果、スターチスについては各試験区間に、切り花本数, 切り花重などに差が認められなかった。また、トルコギキョウについては、無カンガイ区で切り花本数は変わらないものの生育は劣り、商品性のある切り花は得られなかった。ダンカンの多重検定によると水道水カンガイ区の切り花重や切り花長が優れ5%水準で有意差が見られた。処理水カンガイ区間では差がなかった。

露地栽培のスイートコーンでは試験区間に有為な差が認められなかった。ヤマノイモについては9月から11月 (いも肥大期) に処理水の効果を見ようとしたが、当時期は降雨量が多く、土壤水分がpF=2.0を上回る日が見られず、カンガイする必要が無かった。従って、試験区間に有為な差が認められなかった。ちなみに、収穫期に任意に30個のイモ重を測定したところ499 g/1個であった。

##### 3) 1990年度の栽培試験

1988年と1989年との試験成績では、処理水のカンガイによる供試作物の生育や収量に及ぼす影響がはっきりし

なかった。そこで、本年の試験ではハウス内でトルコギキョウとストックを3年連続栽培して、処理水の連続カンガイが作物に与える影響を調査した。この為、試験区の設定は前年度と同じ位置とした。

また、前年度の供試作物は花や根菜あるいはスイートコーンのように食用となる部分に直接処理水がかからないものばかりであった。そこで、本年度はカンガイ水が食用部分の葉や花に直接かかるチンゲンサイ、ホウレンソウ（ハウス）とブロッコリー（露地）を栽培して、処理水のカンガイがこれらの作物の生育に与える影響や食用とする場合に懸念される衛生的観点からの安全性の調査をした。前年度には降雨が多く、カンガイ不要であったヤマノイモについても前年と同様に栽培試験した。なお、本年度は無カンガイ区の設定をしなかった。春夏作物としてトルコギキョウ、チンゲンサイ（ハウス）、ブロッコリー（露地）を秋冬作物としてストック、ホウレンソウ（ハウス）を栽培した。また、ヤマノイモを露地栽培した。以下簡単に作物ごとに調査結果を述べる。

#### (1) トルコギキョウ

6月15日調査では処理水カンガイ区の最大葉長が水道水区をやや上回ったが、7月11日では水道水区と処理水区の間には生育差はほとんど見られなかった。また、カンガイ水別による開花期の早晩も認められなかった。処理水カンガイによる肥料効果は殆ど認められず、観察により品質を比較しても特に処理水の影響は認められなかった。切花数、切花重についても区間差はほとんど認められなかった。以上の結果から、本試験3年目においてもトルコギキョウ（2年目）の生育と収量に対して、処理水の肥料効果は認められなかった。

#### (2) ストック

生育調査を2回行ったが、2回の調査とも各調査項目の区間差は極めて小さく、有意差は認められなかった。収量調査結果についても切花重、花穂長とも区間差は極めて小さく、有意差は認められなかった。高波の生育と収量については処理水カンガイ区の方が水道水カンガイ

区を上回る傾向が見られたが、その差は極めて小さく、草丈のみに有意差が認められた。また、各試験区間に開花期の早晩も認められなかった。

#### (3) ブロッコリー、ストックチンゲンサイ、ホウレンソウ、ヤマノイモ

これらの作物に対する栽培試験においてブロッコリー、ストック、チンゲンサイ、ホウレンソウ、ヤマノイモ等の生育、収量に処理水のカンガイしたことによる肥料効果はほとんど認められなかった。

## 結 言

1988年から1990年にかけて、処理水を使って農作物の栽培試験を行った。試験区がもともと排水不良であった事もあって初年度はハウス内の生育にむらがあった。このため無カンガイ区の生育がカンガイ区よりも優れるといった例も観察された。しかし、暗渠排水施設の効果が出始めた2年目以降では、ハウス内の生育が揃い生育差は見られなかった。

3年間を通じた結果から、処理水のカンガイで供試作物の生育や収量あるいは品質が助長されたり、あるいは逆に阻害されるといった結果は認められなかった。

これらのことから、当処理場の処理水に肥料効果はなく、処理水は水道水と同様にカンガイ用水として利用できるという結果がえられた。

## 引 用 文 献

- 1) G.A.Gunn: AWT Plant Makes Wastewater Portable, *Water and Wastes Engineering* 16 (11) 36-44 (1979)
- 2) Horst Ewert: Internationales Symposium Organische-satorische, Okologische Probleme der Abwasserland-behandlung 27-28, Abwasserverband Braunschweig 1979
- 3) 鳥取県土地改良事業団体連合会：処理水の再利用マニュアル, 鳥取県土地改良事業団体連合会, 平成4年4月