



汚水処理と食糧生産の夢

橋 本 奨*

人類文明の歴史の中で、人間の排泄行為が、その場所つまりトイレというきまった場所で行われるようになってから、これまで、その様式は、各民族、各時代を通じて種々様々に変化し、食糧生産とのつながりが極めて深かった。トイレには、厠（川屋）、魚トイレ、豚トイレ、井戸トイレ、坑トイレ、水洗トイレ、火浄トイレ、汲取トイレ、オマル等いろいろ知られている。そこで、ここでは、世界の昔トイレと食糧生産とのかかわりをもつ古い二、三の事例を述べ、現在著者の研究室ではじめているある研究を紹介してみたいと思う。

世界の昔トイレ

世界の昔トイレは、地域環境の気候・風土から、図一1に示したように3つに大別できる。

①水に恵まれた温暖な或るいは熱帯の地方（日本、東南アジア、インド南部、チグリス・ユーフラテス地方等）では、川、海等を利用する水に流す方式がとられ、時には、これが魚類の栄養となり、人間がその魚を食物として利用する、所謂魚トイレが用いられた。この方式は、現在的水洗トイレの原形である。

②水の少ない温暖な或るいは熱帯の地方（ヨーロッパ、中国、ペルシャ、エジプト等）では、地上にそのままか、或るいは穴の中に排泄する方式で、時には土をかぶせ、水を汚さないように注意された。

③乾燥・寒冷地方（中国北部、北ヨーロッパ、朝鮮等）では、オマル方式や地上にそのまま放置して乾燥処理し、燃料として利用する方式、また、豚のえさとして利用し、その豚を人間が食糧に供する所謂豚トイレが用いられた。その他、農耕の広がりと共に下肥えとして人糞を利用するようになるにつれて、汲取便所が広まった。

これら昔トイレの中で、食糧生産とかかわりをもつものは、魚トイレと豚トイレで、前者は図一2のように川や池、海の上に木を組んで川屋形式の水上トイレをつくり、排泄物を魚に食べさせて、その魚を人間が食糧に供するもので、今なお東南アジア、中国南部モンスーン地帯で用いられているといわれる。また、後者の豚トイレは図一3に示したように、人間の排泄物を豚が食べ、その豚を人間が食べるという自然サイクルを利用したもので、中国北部、ノルウェーでも見られるといわれる。今、魚トイレからの養魚と蛋白生産を環境工学的に一寸試算してみると次のようになる。

即ち、日本人は、尿尿として1日1人当り、BOD 13g、全窒素 9g、全磷 0.57g を排泄する。これが池に排泄されると温暖な地域では約15~20日前後で、BOD の約99%は池の自浄作用で除去されてしまう。また、この時排泄された窒素は、大部分藻類に摂取され、これを魚が食べることになる。ここで9gの窒素から143gの藻類が生産される。一方、磷をベースにすると藻類増殖は63gとなるが、磷はまわりの土壌から供給されるとすると、同じく143gの藻類が得られるはずである。ところで、体長15~18cm程度のアユ（体重50gぐらい）1尾当りの摂食量はおよそ20g wet wt/day とされており、これは約4~5g dry wt/day ぐらいと考えられるので、143gの藻類で約30~35尾のアユを養えることになる。体重の純増加はかなり小さいが、1人1日当りの排泄量で魚にすれば7~15gの収穫になり得る。現在、クロレラ、セネデスムス、スピルリナなどのような藻類から蛋白質を得ることが工業的にも行われているが、これだと藻類の約45~50%は蛋白質なので、70g程度の良質の蛋白質が得られることになる。このように考えると、何戸かの集落

*橋本 奨 (Susumu HASHIMOTO), 大阪大学, 工学部, 環境工学科, 教授, 医博・工博

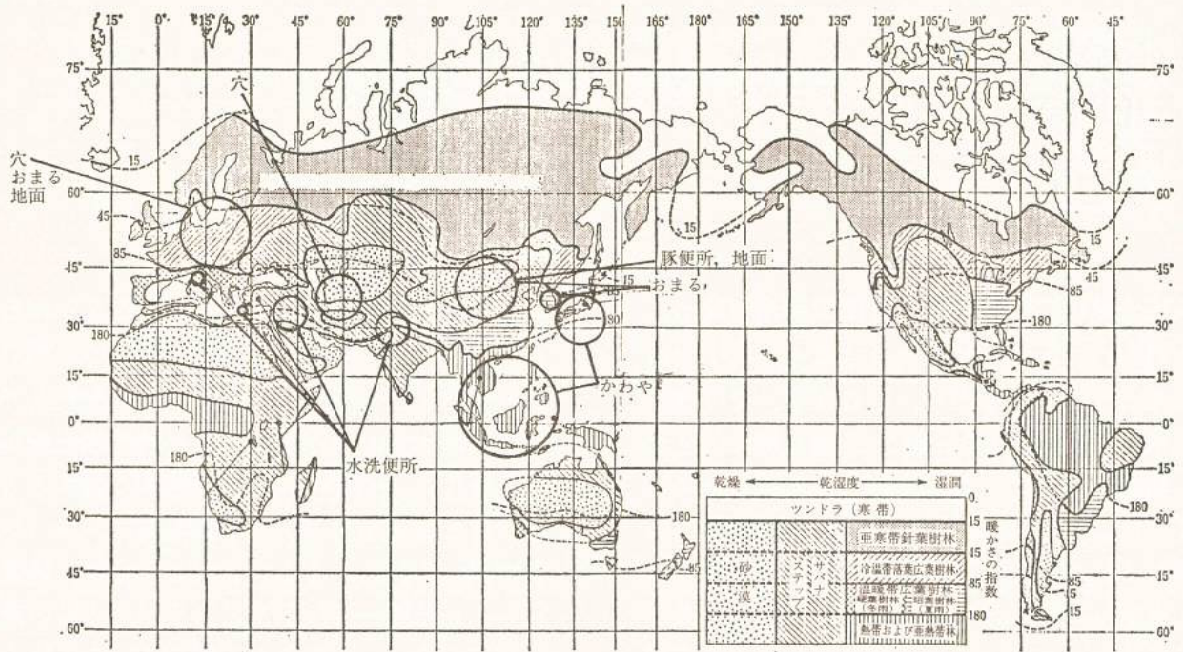


図1 世界の生態気候区分図 (吉良, 1976から引用)

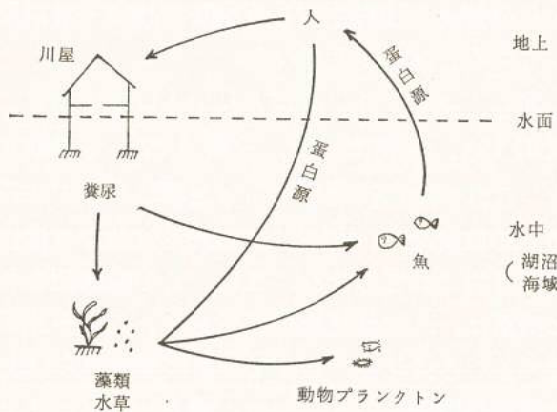


図2 川屋を組み込んだ生態模式図

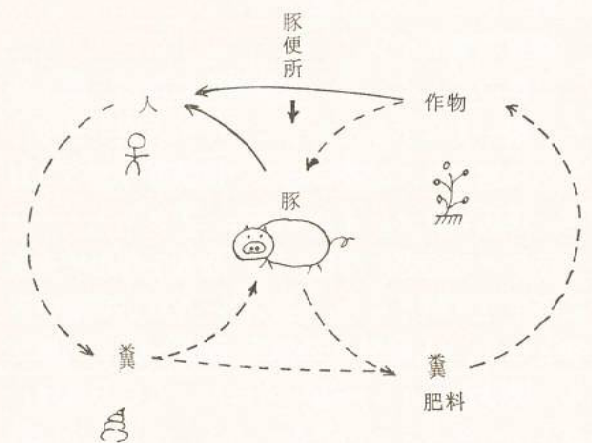


図3 豚便所による原始リサイクリングシステム
——食物の流れ
……廃棄物利用の流れ

が1つの川屋を共有することにより、多量の魚や蛋白質を生産することができるはずである。勿論、悪臭や寄生虫、病原菌、衛生害虫等の衛生的問題はありますが、果して今日的に夢の実現はどうだろうか？

污水处理と食糧生産

現在、我が国は、経済発展と生活の高度化で水質汚濁は農山村地域にまで波及するようになってきた。従来、広く多用されてきた活性汚泥法は、都市型の資源エネルギー消費型の処理法であったので、農山村地域の水質汚濁防除には少なからず問題を残し、全国的な立場から農山村型、省資源・省エネルギー型の処理法が、と

みに要求されるようになってきた。

吾々はこれまで、酸素溶解に多量の電気エネルギーを消費する従来の活性汚泥法を改変するため、土地の高低落差を利用した水路型自然表面曝気槽を考案し、これを用いて従来の活性汚泥法と同一の原理で汚水を処理できることを見出ししている。この水路型自然表面曝気槽に、現在タイ国で食糧として用いられている Thai Pak Bung (Water green) やまた、クレソン等の食用水生植物を植えつけ、太陽エネルギー照射下の戸外で本植物を育成させて、汚水中の

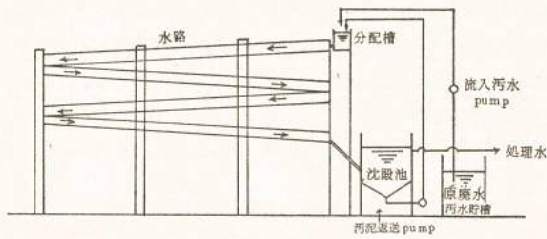


図4 水路型自然表面曝気槽

汚染有機物を摂取除去させるとともに、常時、上部の葉部を収穫し、更にこの水路内に「ドジョウ」の稚魚を放ち、その成育を兼ねさせて両者の食糧生産に供することを試み、次のような研究を計画している。

夢はバラ色にできるか？

○ Thai Pak Bung とドジョウの成育条件の検討：本植物は、水耕栽培が可能で、活性泥汚と汚水の混合液を含む水路型自然表面曝気槽で Thai Pak Bung とドジョウの成育する条件（温度、pH、照射光、TOC 濃度、BOD 濃度、溶存酸素、 NH_4 濃度、 NO_3 濃度、 NO_2 濃度、Total-N、有機性N、P、K、その他無機元素等）を種々検討し、最適成育条件を探索する。

○ 水路型自然表面曝気槽の酸素移動性能の検討：水路型自然表面曝気槽は、河川と同様に表面からの再曝気による酸素移動に依存し、その曝気性能は主として水路の形状と流速によって決定される。ここでは、図4に示すような傾斜角度可変型水路、沈殿池、汚泥返送ポンプ、汚水貯留槽、分配槽及び汚水流入ポンプから成るパイロットプラントを作製し、酸素移動に及ぼす操作因子として、水路流速、流量、温度などの影響を検討すると共に、あわせて、動力当り

の酸素溶解効率を従来の都市型活性汚泥曝気槽と比較する。

○ 水路型自然表面曝気槽の汚水処理機能に関する検討：水路型自然表面曝気槽は、押し出し流れ型生物反応槽の一種と考えられ、まず、押し出し流れ型浄化反応 model 式を作製し、Thai Pak Bung 及びドジョウの存在しない条件下で浄化機能を実測し、このモデルの適合性を合成汚水について検討する。さらに、Thai Pak Bung 及びドジョウを水路型自然表面曝気槽にて成育した場合にも適合するように、上記 model 式を発展させ、先に決定した最適成育条件下での Thai Pak Bung 及びドジョウの成育と汚水の浄化機能の関係を明らかにする。また、ここで得られた結果をもとに、スケールアップの具体的な方法（必要水路長さ、必要高低落差等）について検討する。

夢はバラ色に？：本装置によれば高低落差を利用するため、ごくわずかのエネルギー消費で多量の酸素が溶解し、簡単に汚水処理が行われる。しかも、たいした設備投資も必要とせず、農山村、開発途上国には最適な方法といえよう。また、食糧に供することのできる Thai Pak Bung の成育を通じ、汚水中の除去されにくい窒素、磷を除くことができ、かつ食糧生産を計ることができる。更に淡水魚の一例として、汚水に強いドジョウを選び、これを成育し、蛋白資源の生産を行う。これは、各国に準じその国特有の淡水魚を利用すればよい。

以上のように、汚水を有効資源として徹底的に利用すれば、環境へのインパクトを減ずることができる。果して、夢はバラ色にできるか？