

ヨシからの有機汚濁成分等の溶出

Elution of Organic Pollutants from Reed

伊田 健司 山口 明男 水井 廣二
宮澤 裕子 松下 隆一

Kenji Ida, Akio Yamaguchi, Hiroji Mizui
Hiroko Miyazawa, Ryuichi Matsushita

要 旨

植物を利用した水質浄化方法において注目されている代表的植物であるヨシは、冬季に枯れて逆に汚濁負荷量を増加させてしまう。そこで、ヨシからの溶出負荷量を溶出条件を種々変えて実験的に検討した。

その結果、初期の溶出期間は比較的短く、約5日でピークを越え、2週間経過すると低下し、安定化した。そして、カットの程度が激しい場合ほど初期濃度が高く、温度影響も5℃に比べ20℃の方が約2倍高いことが分かった。また、生ヨシは枯れヨシより初期値で約5倍高く、負荷量でも数倍多くなった。さらに、常時好気的な状態で溶出した場合は嫌気的な状態で溶出した場合と比較して、初期濃度で約1/7と低くなり、BOD負荷量も約1/7に減少しているのが分かった。

これらの実験結果から、実際の北本自然観察公園について試算を行ったところ、実測値と比較して高いBOD濃度が得られ、ヨシからの負荷量が大きな影響を与えていることが分かった。

1 はじめに

環境との共生のモデルとして、近年、湿地生態系の保全と共に、それを利用した水質浄化が試みられている。特に、植物を利用した水質浄化方法は、良好な自然景観や、生活環境の形成を促す効果があり、年々高まっている身近な自然との触れ合いの場を求めるニーズにも合致している。多自然型川づくり、アーバンエコロジーパーク事業等のモデル事業の施策も地域に浸透し始め、今後、更に研究され、身近な自然環境の創造に役立てられていく水質浄化方法の一つではないかと思われる。当センターにおいても、現在、県で整備している北本自然観察公園等の調査を行い、研究を進めているところである。そして、その研究の中の物質

収支の調査の中で、湿地に最も広く分布するヨシからの溶出負荷量に着目した。

ヨシ等の抽水植物は水中、底質中から栄養塩を直接吸収したり、その茎及び根系における微生物の接触母材の役目を果たし、水系の浄化に大きく関与している¹⁾。しかし、気温の下がる秋季になると枯れるため、植物体内に蓄積した成分が溶出し、逆に、水系に還元され、富栄養化を促進してしまう。そこで、ヨシからの溶出成分の負荷量、溶出条件の影響を実験的に検討したので報告する。

2 方 法

2・1 供試試料

枯れたヨシ3本(5月中旬)及び生育途上のヨシ5

本（6月下旬）を北本自然観察公園より採取した。

2・2 実験方法

野村ら²⁾の方法を参考に、採取したヨシを風乾後、表1の溶出条件に合わせ、1分間ホモジナイズしたもの、1cmにカットしたもの、1本そのままのものを用意し、乾燥重量で約5gをBOD試験用希釈水1000ml（pH7.2, T-N0.43mg/l, T-P10.4mg/lを含む。）と共に広口瓶に取り、植種として北本自然観察公園からの最終排水40mlを添加して、溶出実験を行った。実験は現在まで約130日間継続して行っており、その間の経日変化を検討した。

2・3 溶出条件

表1のとおりRUN1-10の10種類の条件で実験した。

表1 溶出条件

RUN	枯・生	水分%	乾重g	破碎	温度℃	曝気
1	枯れ	7.5	5.63	ホモジナイズ*	20	15分/日
2	枯れ	7.5	5.58	1cmカット	20	15分/日
3	枯れ	7.5	5.73	1cmカット	5	15分/日*
4	枯れ	7.5	5.62	1cmカット	20	なし
5	生	45.9	4.97	1本	5	なし
6	生	45.9	5.66	1cmカット	5	なし
7	生	45.9	6.33	1本	20	なし
8	生	45.9	5.72	1cmカット	20	なし
9	生	45.9	5.60	ホモジナイズ*	20	なし
10	生	45.9	5.16	1cmカット	20	常時曝気

* 測定日ごとに曝気

2・4 分析項目

実験容器から検水を分取する直前に混合し、30分から1時間静置後、上澄水を50ml分取し、0.45μmのデュラポアメンブレン膜でろ過して試料水とした。これをJIS K 0102に基づき、pH、BOD、COD、窒素（T-N）、リン（T-P）を分析した。TOCは島津製TOC計（TOC5000）を使用し、紫外吸光度（以下「E₂₆₀」という。）は10mmセルを用いて波長260nmの吸光度を島津製紫外・可視分光光度計（UV-240）を使用し、溶存酸素（DO）はTOA製溶存酸素計（DO-25A）を使用し測定した。検水分取後にはBOD試験用希釈水50mlを補充した。

3 結果及び考察

3・1 測定項目間の関係

代表的な項目間の関係は図1（RUN1の例）のとおりで

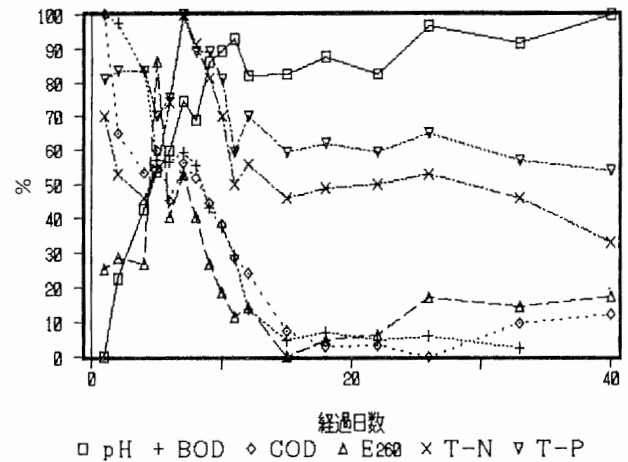


図1 項目変動率（RUN1）

あった。ここで言う項目変動率は、測定期間内の各項目の変化を最高値と最低値の差を100%として表したもので、経日変化が近似していれば、その項目の絶対値が異なってもグラフは重なったものとなる。今回の実験では単一の物質が溶出するのではなく、また、生物的分解を受けたり、代謝産物の放出を伴ったり、刻々変化するため一概には判定できないが、短期的にはBOD、COD、TOCは同一傾向を示し相関が高かった。また、pHはこれらの項目と逆相関の関係であった。T-NとT-Pの間にも初期に違いがあったが、それ以後は相関があった。

初期にpHが低下するのは嫌気的な微生物分解により、有機酸が生成したためと思われる³⁾、pHが下がるほど有機汚濁成分（BOD、COD、TOC等）の溶出が盛んであった。更に分解が進むとpHは回復し、有機汚濁成分は減少した。この時のT-N、T-Pの方向性ははっきりしなかった。E₂₆₀は調査後半にCODと傾向が似て、フミン質等の蓄積の指標になると思われる。

3・2 カットの程度の影響

ヨシは普通堅いセルロース膜により保護されているため、内容物は溶出し難いと考えられる。したがって、トータルに、また短時間に溶出量を把握するため、RUN1及びRUN9についてはミキサーにより1分間ホモジナイズしたヨシを用いた。通常は個体差を少なくするため、また、実験を容易にするため1cmにカットしたヨシを混合して用いたが、カットしないで1本の生ヨシをそのまま使用した実験も行った。枯れヨシについてはRUN1,2について、生ヨシについてはRUN7,8,9について検討した。

3・2・1 枯れヨシ(RUN1, 2)の比較

図2より、RUN1, 2とも1日目でpHが最も低下し、9～10日までに回復してpH約6.6で安定した。ホモジナイズしたRUN1の方が2-3日回復が速かった。100日目以降にpHの再低下が見られたが、これは硝化作用と思われる。

なお、参考として測定したDOは1日目ですでに急激に消費され、ほとんど嫌気状態となっていた。

BODは図3のとおりであった。RUN1は1日目で最高値に達していたが、RUN2は4日目が最高値であった。カットの程度による溶出し易さに約3日の差があった。4日後に同値となってからは、両者とも一致した減衰曲線をとって、急激に分解され減少した。15日目以降は約10mg/lと一定になり、それ以後は緩やかに減少しながら推移した。

CODは図4のとおりで、RUN1はBODと同様1日目で最高値に達し、15日目まで急激に減少し、それ以降60日目まではほぼ一定であった。しかし、その後再度上昇し、100日目で頂点を迎えた。RUN2はRUN1と比較して変動幅が少なく、4日目にBODと同様最高値に達し、12日目まで一定となった。また、RUN1と同様に、58日目以降上昇し106日目にピークを迎え、134日目でもRUN1で77mg/l、RUN2で49mg/lとかなり高い値で残存した。

図5のとおりTOCの経日変化の差もCODと同様の傾向であった。残存濃度はRUN1で34、RUN2で25mg/lであった。

E_{260} は図6のとおりで、RUN1は5日に鋭いピークを持ち、15日目に底を打つが、そこからは100日目まで上昇して大きななだらかなピークを持った。RUN2もRUN1と同様に5日目にピークを持ち、そこからはなだらかな上昇となり、COD、TOCと同様な幅広い大きなピークとなった。

T-Nは図7のとおりで、希釈水中に約0.43mg/l含まれているが、この濃度は溶出濃度に比べ十分小さかった。RUN1は1日目の溶出量が多く、また上昇、減衰幅も大きかった。7日前後の大きなピークを過ぎると再度の溶出量は少なかった。一方、RUN2は1日目の溶出量は小さく、7日目にRUN1と同様のピークを持つが、ピークが小さく、それ以降の溶出量が多かった。減衰もRUN1より9日程度遅れて安定化し、2-3mg/lとなった。

T-Pは図8のとおりで、希釈水中に約10.4mg/l含まれていた。従って、溶出の変動はベースが高く比

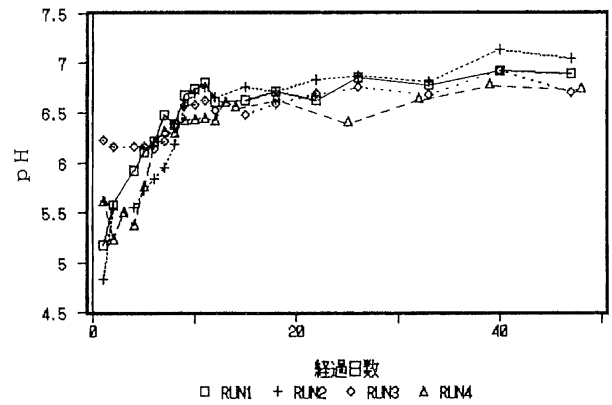


図2 pH経日変化 (RUN 1~4)

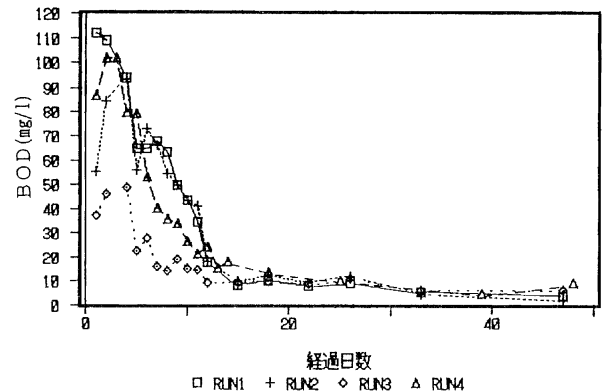


図3 BOD経日変化 (RUN 1~4)

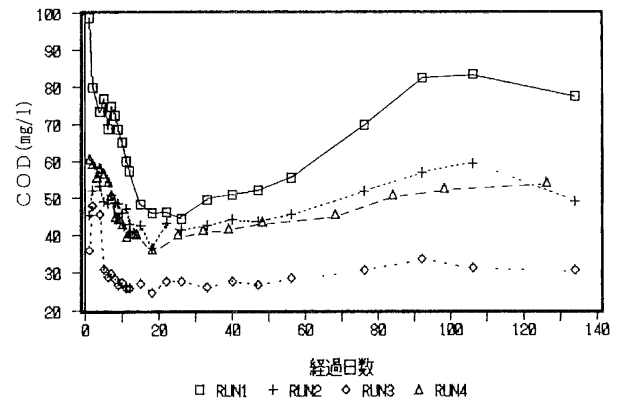


図4 COD経日変化 (RUN 1~4)

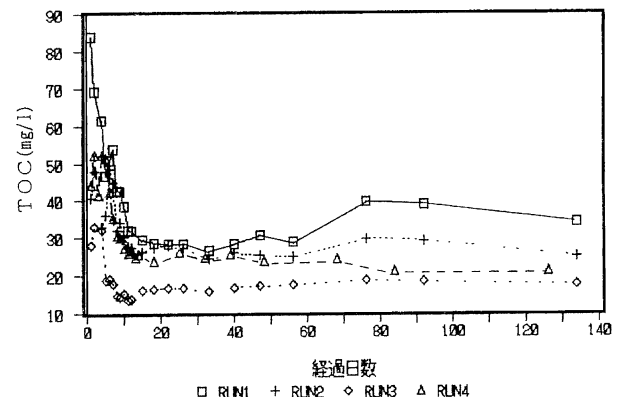


図5 TOC経日変化 (RUN 1~4)

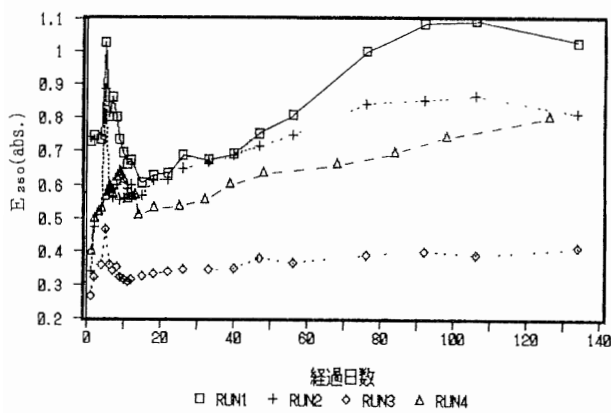


図6 E₂₆₀経日変化 (RUN1~4)

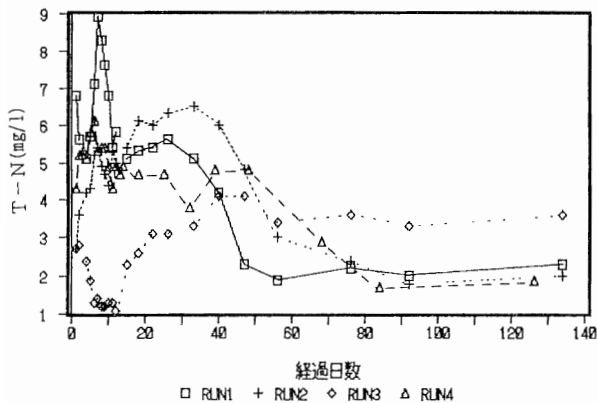


図7 T-N経日変化 (RUN1~4)

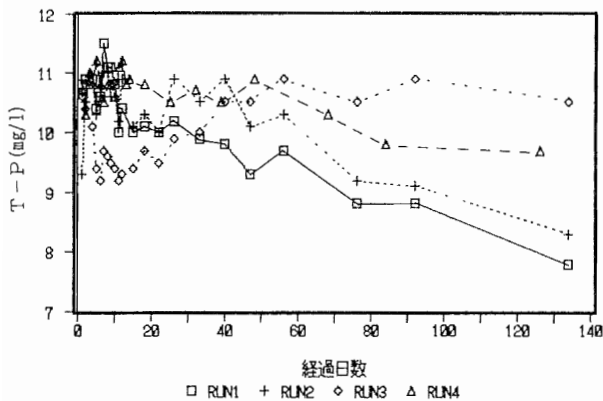


図8 T-P経日変化 (RUN1~4)

較的判断しづらいが、RUN1の方が最初の3日間高く、4日目以降は似た挙動を示した。栄養塩として微生物に取り込まれ、少しずつ減少したものと思われる。

このように、予想どおりRUN1はRUN2よりカットの程度が激しいため初期濃度が高く、変動幅が一般に大きかった。しかし、溶出が初期に完了しているため減少速度は速く、安定化するまでの期間は同じであった。

3・2・2 生ヨシ(RUN7, 8, 9)の比較

図9のとおり、RUN7のpHの下がりかたは小さく、

pHの回復も早く、7.5で安定した。RUN8は安定化するのに14日程度必要で、最終pHが最も低かった。RUN9はpHの低い期間が7日続き、11日目からはRUN7と同様の傾向を示した。

BODは図10のとおりであった。RUN7の初期値が最も小さく、最高値に達するまでに4日かかり、11日目まで続き、14日目には一気に下がり安定化した。RUN8は最高値に達するまでに3日かかり、少しずつ低下し、RUN7と同様に、14日目に一気に低下し、安定化した。RUN9は1日目に最高値に達しており、14日目まで速やかに減少し、安定化した。したがって、最高値に達する日数はカットの程度に関係し、カットの程度が激しいほど早く、その濃度も高くなっていった。しかし、14日目にはいずれのRUNにおいても安定化し、数値には若干差異は見られるが一定となった。

CODは図11のとおりで、BODが3-4日後に最高値に達する傾向を示したのとは違い、いずれのRUNも1日目から最高値となった。その値はやはりカットの程度が激しいものほど高かった。また、安定化する日数はBODより5日間ほど早く、いずれのRUNも10-11日目で、結局初期値が高いRUNほど低下速度が速い結果となった。一定値となった値は20-30mg/lとBODの約10mg/lに比較して高かった。

TOCは図12のとおりで、BODと似てRUN7, 8に溶出遅れがあったが、BODとは違い、CODと似て10日目には低下した。

E₂₆₀は図13のとおりで、CODと同様の傾向を示し、溶出遅れはなかった。カットの程度の差が吸光度の差となった。

T-Nは図14のとおりで、BOD, CODと違い、30-40日後の溶出濃度が高くなった。RUN9は比較的BOD, CODと似た挙動を示し、初期濃度が高く、10日目まで急激に減少し、それ以後再溶出が始まり32日目までゆっくり上昇し、次に徐々に減少した。RUN7は10日目まで溶出が進み、それ以後17日目まで安定しているが徐々に上昇し、42日目に最高値を示した。その後減少するがRUN9より高い値となった。RUN8は初期値がRUN7より高いが3-15日の間は同様の傾向を示した。しかし、15日目以降より高い値となり、32日目に最高値となった。

T-Pは図15のとおりで、1日目はやはりRUN9が最も高く、RUN9は10日目まで一気に減少し、それから少し上昇し17日目で安定化した。希釈水濃度より低い値であった。RUN8は1-7日目まではほぼ一定であったが、

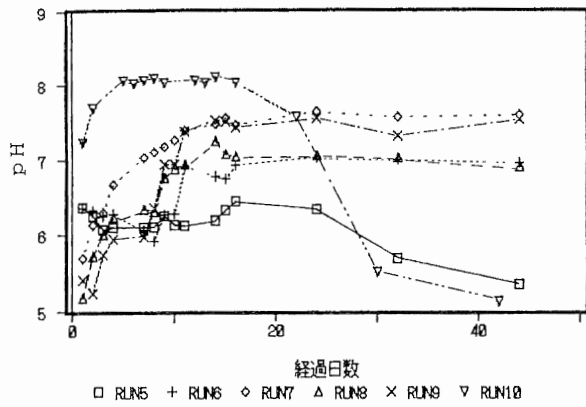


図9 pH経日変化 (RUN 5~10)

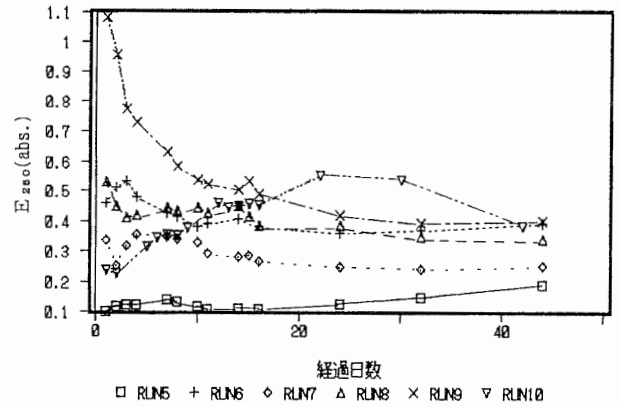


図13 E₂₆₀経日変化 (RUN 5~10)

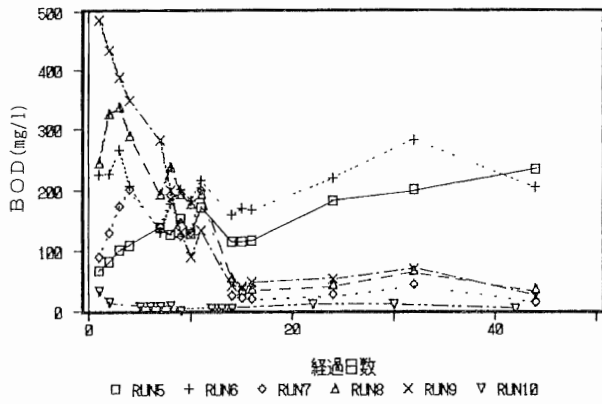


図10 BOD経日変化 (RUN 5~10)

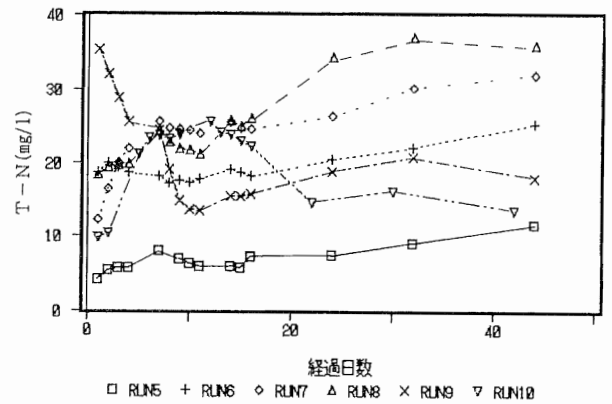


図14 T-N経日変化 (RUN 5~10)

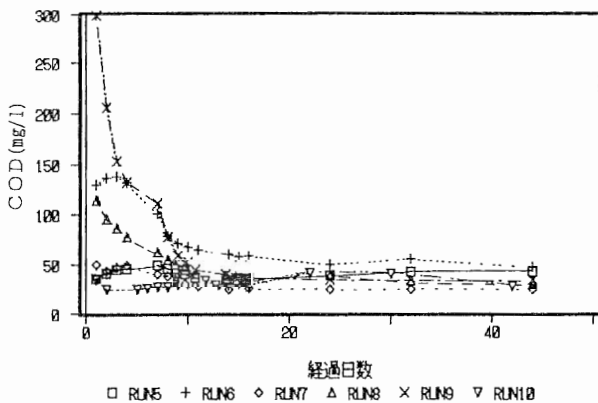


図11 COD経日変化 (RUN 5~10)

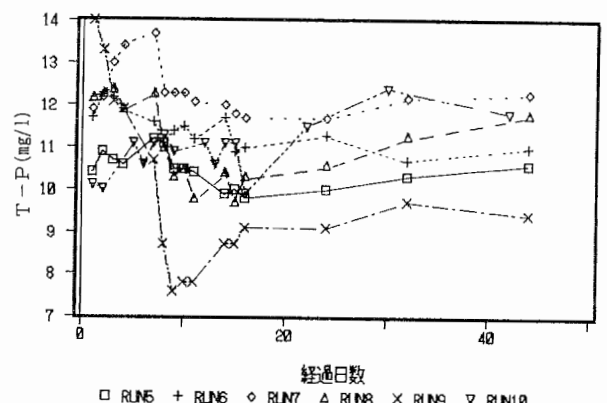


図15 T-P経日変化 (RUN 5~10)

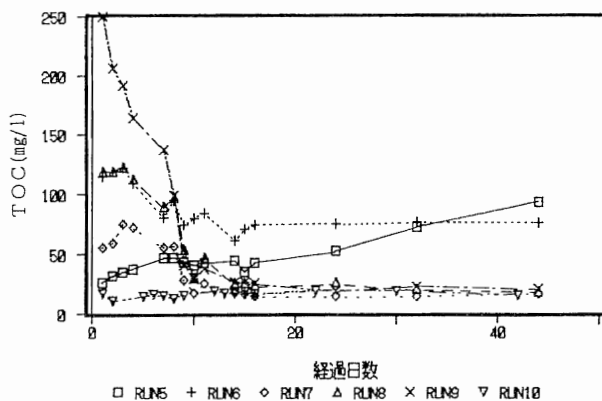


図12 TOC経日変化 (RUN 5~10)

8-15日に減少した。しかし、再溶出があり、60日目をピークとし、希釈水より少し高い (+1.4mg/l) 値となった。RUN7もRUN8と似た挙動を示した。値は最も高かった。

このように、いずれの項目も絶対値には差があったが、カットの程度の差としては3・2・1と似た挙動を取った。

3・3 温度の影響

ヨシからの有機汚濁成分の溶出においては物理化学

的にも生物学的にも温度の影響は多大なものと考えられる。埼玉県においてヨシの枯れる季節の水温をその代表的な河川である荒川の平均水温で考えると約17-12℃(10-11月)である。また冬季の水温は約5℃である¹⁾。これを参考に実験では5℃と20℃で比較した。

3・3・1 枯れヨシ(RUN2, 3)の比較

図2よりRUN2(20℃)ではpH4.8まで1日目で低下し、10日目で6.7に回復したが、RUN3(5℃)では1日目でそこまで低下せず(6.2)、回復も遅かった。

DOは曝気が15分/日であったため、RUN2は飽和させたDOがすぐに消費され、翌日には既になくなっていった。RUN3は5-7日目に消費が多くなったが、それ以後は6mg/l程度残存し、生物活動が緩慢であることが分かった。

BODは図3のとおりで、傾向はRUN2,3同様であったが、初期濃度はRUN2がRUN3の約2倍であった。4日目に最大値を示し、12日目まで減少し、それ以降は安定した値で両方とも同じ値に近づいた。22日目以降は逆にRUN3がやや高かった。微生物の活動度の差によるものと考えられる。

CODも図4のとおりで、RUN2,3の傾向は同様であった。2-3日後に最初の鋭いピークを迎えたが、BODと比較し、RUN2と3の値の差が少なかった。また、4日目以降はその差が開いたままで接近することがなかった。また、RUN2では100日前後に、RUN3では90日前後に値の上昇があり、特に、RUN2では初期濃度を越えて最大値となった。CODの蓄積が多いことが分かった。

TOCは図5のとおりで、最初の10日間の傾向はBODと類似し、それ以降はCODと類似した傾向を示した。

E₂₆₀は図6のとおりで、RUN2,3の1日目の値の差は比較的小さかった(吸光度で約0.1)。しかし、RUN2の増加率は大きく、RUN3の約2倍で6日目からは漸増に変わったが、100日目まで増加し続けた。RUN3もゆっくり増加傾向であった。

T-Nは図7のとおりで、RUN2は7-10日目に初期の溶出、消費の乱れはあるが、32日目をピークの頂点とする大きな山を描き、60日目頃から低く安定化した。RUN3は10日目前後に初期の溶出成分が吸収分解され、それ以後溶出が本格化し、40-44日目をピークとし、60日目以後RUN2より高い値で残存した。

T-Pは図8のとおりで、RUN2は1日目は低いが、

60日目頃まで一定の値を前後し、80日目を越えてから減少した。RUN3は5-25日目まで低かったが、それ以後上昇し安定した。

このように温度の影響により、有機汚濁成分(BOD, COD, TOC等)については初期濃度が温度の高い方が高くなった。しかし、約2週間後にはいずれも安定した値となった。また、pH, BODは同一の値に収束したが、COD, TOC, E₂₆₀, T-N, T-Pは差が開いたままであった。そして、T-N, T-Pは50日目前後に値の高低が逆転した。微生物活動が直接温度に影響されて活動度に差が出たことと、次の3・4に述べる溶存酸素の残存の有無が影響したと思われる。

3・4 曝気の影響

溶出には様々な微生物が関与しているため、溶存酸素の有無が重要な影響を与えている。ヨシの生育は底質が嫌氣的であっても可能であり、倒伏してからの溶出も溶存酸素の有無で大きく変わることが予想される。そこで、曝気をしないRUN8と常時曝気したRUN10を比較した。

図9のとおり、RUN8は1日目でpHが急低下した(有機酸)が回復は早く、最初の上昇は8日目まで、2段目の上昇は16日目までで、それ以後7前後で一定となった。RUN10は最初のpH低下がなく、逆に上昇し、4日目で8となり安定し、16日目まで一定であった。しかし、それ以後急低下(硝化)、41日目で最小値5.1となった。それ以後また上昇し、72日目で回復し7となり安定した。

BODは図10のとおりで、曝気のないRUN8は12日目まで非常に高い値であったが、14日目からは低く安定した。一方、RUN10は1日目こそ35mg/lであったが、2日目以降は10前後に減少しそれ以後高くなることはなかった。

CODは図11のとおりで、1日目は3倍近くRUN8が高いが14日目までに収束し、それ以降はどちらも安定して同値であった。曝気しているRUN10は初日からそれほど高くなり、経日変化で若干上下するが約30mg/lであった。

TOCは図12のとおりで、CODと同一傾向であった。

E₂₆₀は図13のとおりで、COD等と傾向が異なった。RUN8は最初高い(0.53)が3日で下がり(0.40)、それ以後は余り変化しなかった。RUN10は最初低い

(0.23)が、25日目まで増加し(0.55)、次に50日目まで一度低下するが(0.38)、それから100日目まで再上昇した(0.75)。

T-Nは図14のとおりで、RUN8は30日目まで増加するが(38)、それ以後の減少は少なく高いままであった。RUN10は最初RUN8の1/2であったが、12日目頃に追いつくがすぐに減少した。それ以後徐々に減少し、100日目では少なくなった(1.8)。

T-Pは図15のとおりで、RUN8の初期濃度が20%高く、14日目頃に一度低下するがそれ以後高いままであった。RUN10は最初希釈水濃度と同程度であったが30日目に高くなり、それ以後減少し、100日目では10%低かった。

3・5 枯、生ヨシの差

ヨシは枯れる前にそれまで蓄えてきた栄養分を地上部から根系部に移行させ、次年度の成長に備える。従って、生ヨシと枯ヨシではその蓄積量、形態が異なると考えられる。

3・5・1 ホモジナイズしたヨシ(RUN1, 9)の比較

pHは図2, 9のとおり、10日目までほぼ同じ値であった。しかし、安定した値はRUN1が低く(6.8)、RUN9は少し高い(7.5)。RUN1は100日目に低下し、硝化が進んだ。

BODは図3, 10のとおり、初期値に5倍の差があり、RUN9が高い。減少傾向は同様であるがこの差は長い期間続いた。

CODは図4, 11のとおり、初期値に3倍の差があった。しかし、RUN9の減少速度は速く、10日後にはほぼ同じ値となり、逆に少し低くなった。15日目以降は安定した値で推移したが、RUN1は100日目頃に再度少し高い値となった。

TOCは図5, 12のとおり、CODと同様の傾向を示した。

E₂₆₀は図6, 13のとおりで、RUN9は初期値が高く、以後減少したが、RUN1では一度減少後、100日目に初期値の最高値より高くなった。

T-Nは図7, 14のとおり、初期値で5倍程度の差があり、RUN9が高かったが、経日変化は良く似た傾向を示した。

T-Pは図8, 15のとおり、RUN9の初期値は希釈水濃度より約3.5mg/l高くなったが、減少は早く10日目には最小値(7.5mg/l)となった。しかし、それ以上に

は減少せず、再溶出が起こり、30日目以降はRUN1と同様の値を示し、漸減した。RUN1は変動幅が少なかった。

3・5・2 1cmカット, 20°Cでのヨシ(RUN4, 8)の比較

1cmカット, 20°CのRUN4, 8では図2, 6, 図9, 13のとおり、pH, BOD, COD, TOC, E₂₆₀は初期値の絶対値に差はあったが、その経日変化の傾向はRUN1, 9と同様であった。ただし、T-N, T-Pについては、特に、RUN8, 9の差があったため、やや傾向が異なった。RUN1, 4は近似していた。

3・5・3 1cmカット, 5°Cでのヨシ(RUN3, 6)の比較

1cmカット, 5°CのRUN3, 6ではpHはRUN4, 8より変化の幅は小さかったが傾向は同じであった。BODではRUN6は減少が緩慢でばらついた値であった。100日目になってもまだ高い値であった。CODは初期値でRUN6が3倍高いが傾向は同じで100日目には同一の値に近づいた。TOCはCODと同様の傾向であったが、100日目ではまだ少し差があった。E₂₆₀では初期値に2倍の差があった。RUN3は15日以降微増しているが、RUN6はほぼ一定で80日目で値がクロスした。

このように、枯れ、生ヨシの比較では、初期値に3-5倍の差があり、溶出量が異なったが、溶出経過、傾向には大差がなかった。

3・6 溶出量, 消費量, 負荷量

表2に水分を換算したヨシの乾燥重量当たりでの各項目の溶出量, 消費量, 負荷量(溶出量から消費量を減じたもの)を百分率で示す。これはある測定日から次の測定日まで一定なら溶出をゼロとし、増加していればその分を溶出とし、減少していれば消費されたとして、それを乾燥重量百分率(以下「乾重%」)という)で表し(RUN1のBODの例を図16に示す。), 1日目から集計期間内(最終測定日まで約130日間)の合計を溶出量, 消費量及び負荷量とした。ただし、検水採取後に加える希釈水にはT-Nで0.43mg/l, T-Pで10.4mg/l(他の項目はゼロとし、希釈されるとした。)含まれているので毎回換算し、E₂₆₀については吸光度を濃度とみなして計算した。

BODについては図17のとおりであった。約130日間のテスト期間内では、20°Cの枯れヨシの溶出量については各RUNとも約2%で余り差はなく、5°Cではその約6割であった。しかし、負荷量については約0.2%で同一であった。また、約30日間のテスト期間で集計し

表2 ヨシからの流出量・消費量・負荷量

RUN	BOD			COD			TOC			E 260			T-N			T-P		
	溶出	消費	負荷	溶出	消費	負荷	溶出	消費	負荷	溶出	消費	負荷	溶出	消費	負荷	溶出	消費	負荷
1	2.24	2.05	0.19	2.83	1.14	1.69	2.01	1.21	0.80	0.032	0.010	0.022	0.23	0.17	0.06	0.21	0.23	-0.02
2	2.30	2.09	0.21	1.64	0.52	1.11	1.41	0.82	0.59	0.025	0.008	0.017	0.16	0.11	0.05	0.20	0.21	-0.01
3	1.28	1.07	0.21	1.18	0.50	0.68	0.77	0.37	0.40	0.012	0.003	0.008	0.12	0.05	0.07	0.20	0.18	0.02
4	2.12	1.93	0.20	1.60	0.41	1.20	1.30	0.78	0.52	0.020	0.003	0.017	0.16	0.12	0.05	0.21	0.19	0.02
5	8.18	4.62	3.56	1.38	0.42	0.96	2.55	1.10	1.45	0.006	0.001	0.005	0.37	0.04	0.33	0.22	0.16	0.06
6	9.36	7.59	1.77	2.71	1.81	0.90	3.13	2.26	0.87	0.012	0.004	0.008	0.58	0.13	0.46	0.22	0.17	0.05
7	6.20	5.74	0.46	1.16	0.67	0.49	1.46	1.17	0.29	0.008	0.003	0.005	0.60	0.07	0.53	0.21	0.11	0.10
8	8.07	7.41	0.66	2.22	1.58	0.64	2.79	2.36	0.43	0.012	0.004	0.007	0.78	0.22	0.56	0.24	0.15	0.09
9	10.4	9.68	0.70	5.65	4.70	0.95	4.89	4.39	0.50	0.023	0.012	0.010	0.80	0.61	0.20	0.27	0.26	0.02
10	0.92	0.82	0.10	1.39	0.59	0.80	0.77	0.39	0.38	0.020	0.004	0.016	0.58	0.49	0.09	0.25	0.21	0.04

単位：ヨシ乾燥重量当たり百分率（%）

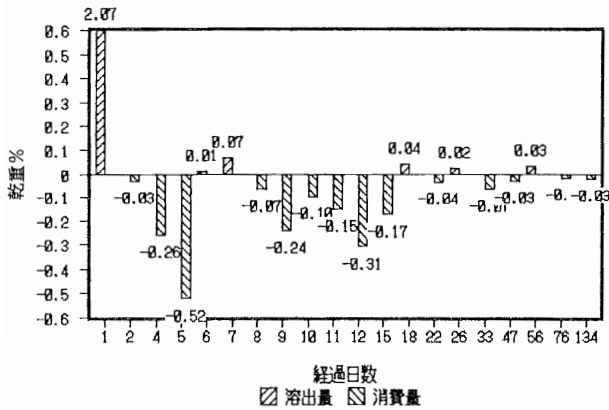


図16 溶出・消費変動 (RUN 1 - BOD)

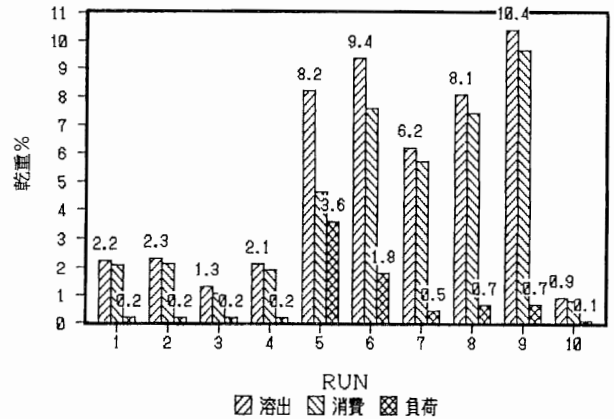


図17 ヨシからの溶出・負荷 (RUN 1~10 - BOD)

た場合も、溶出量には少し差があったが、負荷量は約0.3%で温度による差はなかった。一方、生ヨシについては各RUNの差が大きく、20℃より5℃の方が多くなった。RUN5,7を比較すると、20日目までの溶出量ではRUN7の方が1%ほど多いが、後半の24-52日目の溶出量がRUN5の方が5倍多く、結果的にRUN5の溶出量の方が多くなった。RUN6,8においても同様のことが言えた。20日目以降に5℃の溶出量が増加する原因ははっきりしないが、白濁し、微生物量が増加し、検水のろ過が非常に困難になったこと、また、RUN5においてはpHが再低下したこと等から、溶存酸素が不足し、嫌氣的分解が進行したのではないと思われる。溶出量と消費量の差が5℃の方が大きいことからそのような傾向を推察できる。

生ヨシの20℃におけるカットの程度の差は顕著で、カットの程度の低いものほど少なかった。

RUN10（曝気）は他のRUNに比べ非常に溶出量を減少させている形になっているが、これは曝気により生ヨシが生きたままであったこと、好氣的微生物による同

化速度が早かったこと等を考慮すべきではないと思われる。

生ヨシは枯れヨシの約4倍の溶出量であった。

CODについてはホモジナイズしたものが顕著に多く、温度の差は比較的少なかった。BODでは曝気の影響が非常に強かったが、CODはBODの場合ほど強くは現れなかった。また、枯れヨシと生ヨシの差もBODより小さかった。

T-Nの溶出量は20℃のRUNが多く、また、カットの程度の激しいものほど多かった。曝気したRUNの溶出量の中ではRUN10は少なかったが、消費量は多かった。枯れヨシと生ヨシの溶出量では生ヨシが4-5倍多かった。

T-Pは希釈水濃度が高いためやや判断しづらかった。枯れ、生ヨシの差は少なく、温度差も顕著ではなかった。カットの程度の差は比較的是っきり現れた。曝気したRUNは他の項目のように少なくはならなかった。消費量にはカットの程度の差が現れた。

3・7 溶出濃度試算

北本自然観察公園について各項目の溶出濃度を試算してみた。北本自然観察公園は約330,000㎡あり、その内ヨシ原の占める面積は概算で53,000㎡である。ヨシ生育量を115本/㎡、ヨシ乾燥重量約42g/本、公園の排水流量518m³/日、滞留日数30日(排水流量で公園内湛水量を除いて求めた。)、雨量1,200mm/年で各RUNの項目別溶出濃度を概算したのが表3である。公園の最終排水の9-11月の実測BOD平均値は3.5mg/ℓで、特にこの時期が他の時期と比較して高い値とはなっていない。表3の枯れヨシのBODの値は、実測値と比較して高い濃度となり、ヨシからの負荷量が大いなる影響を与えていることが分かった。実測値が低いのは、公園内のヨシ原は水深も浅く、比較的好気的な条件で溶出が行われていると考えられること、及び、底質の浄化能力等が高いためと思われる。

表3 試算濃度(北本自然観察公園)

RUN	BOD	COD	TOC	T-N	T-P
1	15.8	50.6	32.6	5.8	4.1
2	17.5	45.7	30.7	6.3	4.8
3	12.9	29.5	17.9	2.9	3.7
4	16.7	44.9	29.9	4.8	4.1
5	209	46.9	61.6	8.4	5.3
6	228	56.8	80.2	20.8	6.0
7	35.5	23.9	16.2	24.1	5.8
8	61.9	42.2	32.7	34.0	5.3
9	74.6	44.0	29.9	19.8	3.9
10	12.8	45.0	45.0	18.9	7.2

単位: mg/l

4 ま と め

ヨシからの溶出はその溶出条件により大きく影響され、また、自然状態の溶出条件を実験的に近似させるのは困難であるが、今回の実験から次のことが分かった。

- (1) 初期の有機汚濁成分の溶出期間は比較的短く5日でピークを越え、2週間で低下し安定化した。この期間の相互の相関は高く、pHとは逆相関の関係であった。

- (2) 各分析項目ともカットの程度が激しい程、初期濃度が高かった。急激な溶出を少なくするためには、植物組織を壊さないことが重要である。
- (3) 溶出温度の影響では、BODの溶出濃度は、20℃のRUNが5℃のRUNに比較し、初期濃度が約1.5-2倍高かった。しかし、2週間程度たつと20℃のRUNは微生物に消費される量が多く、数値は低下し、安定化した。また、その値は微生物の活動度の差が出て初期値とは逆に、5℃のRUNの値より低くなった。
- (4) 約130日間のテスト期間内では、枯れヨシの20℃のBOD溶出量は乾重当たり約2%で、5℃ではその約6割であった。しかし、負荷量は約0.2%で同一であった。生ヨシでは5℃のRUNの負荷量が20℃のRUNより数倍高くなったが、これは、テスト期間のうち24-52日目の溶出量が増加したことと、消費量が20℃のRUNより少ないためであった。
- (5) 15分/日の曝気では20℃では早期に溶存酸素が消費され、嫌気状態となった。従って、曝気しないRUNと同程度の結果となった。5℃のRUNでは溶存酸素が比較的長く残存していた。常時曝気のRUNは好気的微生物活動が活発で、消費量が多く、初期濃度で約1/7、BOD負荷量も約1/7であった。
- (6) 生ヨシはBODの初期値で約5倍枯れヨシより高く、負荷量でも数倍多かった。
- (7) 今回の室内実験結果を元に、北本自然観察公園を例に試算したところ、BODは公園排水の実測値と比較して高い値となり、ヨシからの負荷量が大いなる影響を与えていることが分かった。

文 献

- 1) 細見正明: ヨシ湿地による水質浄化, 水, 34(10), 61~68, 1992.
- 2) 野村宗弘ら: 池に対する落葉の影響に関する実験的研究, 日本水処理生物学会誌 別巻13号, pp16, 1993.
- 3) 公害防止の技術と法規編集委員会編: 公害防止の技術と法規 水質編(4訂), pp204, 1994.
- 4) 埼玉県企業局水道部: 平成2年度事業年報, pp215, 1991.