

소나무 발효칩의 생활하수처리에서의 적용

엄민섭 · 김남찬[†]

광운대학교 공과대학 환경공학과

Application of Fermented Chip of a Pine Tree to Wastewater Treatment

Min-Seop Eom and Nam-Chan Kim[†]

Dept. of Environ. Eng., Kwangwoon University, Wolgye-dong 447-1, Nowon-gu, Seoul, 139-701, Korea

The objectives of this study are to apply pine tree as fermented chip and to determine the optimum operating condition of treating facility. Biological treating apparatus used in this study is constituted anoxic reactor and aerobic reactor. The removal efficiency of BOD₅ and COD_{Cr} is improved as increasing internal recycle ratio. The value of 2.5 for the internal recycle ratio is thought to be optimum to remove nitrogen from wastewater. Both media was found to be stable against a variation of incoming flowrates. It was found fermented chip are not suitable for the treatment of nitrogen with variation of incoming flowrates. The optimum temperature for C1 is 15°C and for C2 is 15°C to have a stable treatment efficiency. The removal rate in low temperature was quite low.

Key words: Fermented chip, Wastewater Treatment, Pine Tree, BOD, COD, Nitrification, Denitrification

1. 서 론

건축·건설 및 물류활동, 산림보호 등의 활동에서 발생하는 목재폐기물의 양은 날로 증가하고 있으나 적절한 처리가 이루어지지 않고 있으며, 2001년부터 수도권을 비롯한 전국의 매립지에서 가연성 폐기물의 직접매립을 금지하는 법안이 입안중에 있다.¹⁾ 목재폐기물은 주성분의 대부분이 분해하기 쉬운 섬유질로서 잠재된 경제적 가치가 충분하나 현재 톱밥이나 수분조절제, 보드류 등의 저부가가치 상품으로 재활용되고 있다.²⁾ 근 국내에서 오폐수처리를 위한 담체로 적용되기 시작한 목재발효칩은 연간 자연소멸되는 3~5%의 칩만을 보충하면 추가로 처리시설의 관리를 위한 인력이나 유지보수가 필요하지 않아 경제적인 것으로 각광받고 있다. 그러나 현재 사용중인 발효칩의 대부분은 수입산에 의존하고 있으며 국내산 톱밥이나 칩을 발효시켜 담체로 사용하는 경우는 극히 일부뿐인 실정이다.

국내에서 발생하는 목재폐기물을 발효칩으로 재활용할 경우 환경보호와 재활용을 위한 국가적 시책에 부

응하고 기업에 고부가가치의 이윤창출을 도모할 수 있다. 또한 국내에서 사용중인 수입산 발효칩을 국산 발효칩으로 대체함으로써 처리장 건설 및 운영의 원가절감이 가능하며 발효칩에 대한 기술축적이 이루어질 수 있을 것이다. 목재폐기물을 발효시키면 목재의 다공질화와 미생물의 흡착성을 향상시켜 담체로서의 효율성과 뛰어난 탈취효과를 기대할 수 있으며, 수명이 다한 후에도 생물학적 분해가 용이하여 다시 퇴비화의 원료로 재활용이 가능하다³⁻⁶⁾. 그러나 발효칩으로서의 재활용 가능성 및 처리효율에 대한 연구가 절실히 요구되고 있으나 그 기초자료는 부족한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 국내 수중분포의 65%를 차지하는 소나무⁷⁾를 대상으로 발효칩으로서의 적용가능성과 발효칩을 이용한 처리시설에서의 적절한 운전조건을 도출하기 위해 발효칩을 충전한 Anoxic reactor와 Aerobic reactor 각 1조로 이루어진 생물학적 처리장치를 이용하여 120일간 BOD, COD_{Cr}, T-N, TKN, NO₃-N, NO₂-N의 변화를 연속 측정하여 분석하고자 한다.

[†]To whom correspondence should be addressed.

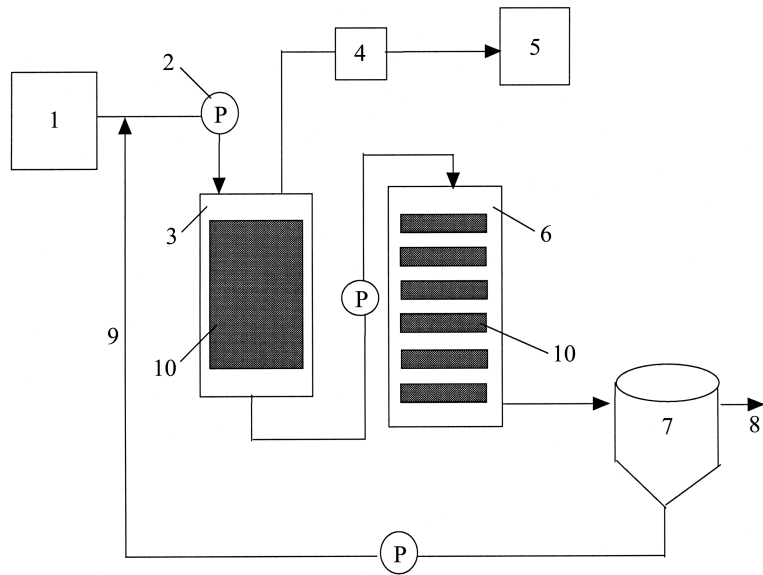
2. 재료 및 방법

2.1. 재료

사용된 칩은 모두 소나무로서 그 중 국내산 발효칩은 서울소재 A공업사에서, 일본에서 수입된 발효칩은 강원도 원주시 소재 D엔지니어링으로부터 구하였다. 본 연구에 사용된 원수는 서울소재 M아파트 단지 구내에서 발생하는 1차 처리된 일반 생활하수로서 1주일 간격으로 채취하여 사용하였다.

본 연구에 사용된 실험장치(Fig. 1 참조)는 탈질과 유기물 제거를 위한 Anoxic reactor와 질산화를 위한 Aerobic reactor로 구성되어 있다. 실험장치는 모두 2기로 각 기에는 국내산 및 일본산 발효칩을 충전하였다. Aerobic reactor는 두께 5 mm의 아크릴을 사용하

여 가로 200 mm, 세로 260 mm, 높이 1,500 mm로 반응기 안에 가로 140 mm, 세로 200 mm, 높이 75 mm의 셀을 16개 설치하고 각각의 셀에 발효칩을 70% 충전하였다. Anoxic reactor의 경우 두께 10 mm의 아크릴을 사용하여 지름 200 mm, 높이 750 mm의 원통형으로 제작하였다. 각 반응기 상부에는 시료투입구를, 최하부에는 유출구를 설치하였으며 시료투입관은 10 mm 고무튜브관을 사용하였다. 특히 Anoxic reactor의 경우 반응기 상부에 가스유출부와 함께 산소의 영향을 최소화하기 위해 질소가스 투입구를 설치하였다. 질산화 반응에 의해 다량의 NO₃-N를 함유한 Aerobic reactor의 유출수는 Anoxic reactor로 순환되어 질소제거가 이루어지도록 설계되었다. 또한 일정량의 원수공급과 질소제거를 위한 내부반송을 위하여 정량펌프



- 1. Influent Basin
- 2. Pump
- 3. Anoxic reactor
- 4. 25% KOH sol'n vessel
- 5. Gas meter
- 6. Aerobic reactor
- 7. Effluent Basin
- 8. Effluent
- 9. Internal recycle
- 10. Fermented Chip

Fig. 1. Experimental Apparatus.

Table 1. Operational Condition of Reactor

Reacor	Condition	Type of chip	O ₂	Lab. Temp. (°C)	Weight of chip (kg)	Flow-rate (l/d)	Period (d)
C1	A	Domestic	Anoxic	20 ± 2	3.0	24	120
	B		Aerobic				
C2	A	Japanese	Anoxic	20 ± 2	3.0	24	120
	B		Aerobic				

(AX1-12, 천세 Feeder)를 사용하였다.

2.2. 방법

반응조의 운전조건을 Table 1에 나타냈으며 실험은 국내산 발효칩과 일본산 발효칩을 사용하여 동일한 조건에서 분석하였다. 사용된 발효칩은 대표성을 위하여 충분히 건조시킨 후 혼합하여 건조중량 기준으로 3.0 kg씩 반응조에 충전하였으며 유량은 24 l/d, 실험기간은 120일로 하였다. 반응기내에 충전된 발효칩의 물리·화학적 조성은 Table 2에 나타낸 것과 같이 국내산 발효칩은 일본산 발효칩에 비해 리그닌 양이 적고 셀룰로오스의 양이 많으며 C/N비가 29로 약간 높게 나타났다. 또한 국내산 발효칩의 공극율은 69%로 일본산 발효칩에 비해 11% 낮게 나타났다.

Table 3에 반응조 유입수의 수질을 나타내었다. 유입수 수질에 대한 실험은 신뢰도를 높이기 위하여 동일 시료 각각에 대하여 3회 실시하여 그 평균값을 취하였다. Table 3에서 보는 바와 같이 계절에 따라 수질의 차이가 존재하기는 하나 거의 무시할 수 있는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 유기물 및 질소의 양을 0.1 kg COD_{Cr}/m³-day, 60 g T-N/m³-day로 고정시켜 내부순환율에 따른 제거효율을 관찰하였다. 또한 충격부하에 대한 안정성을 관찰하기 위하여 내부순환율을 R=2.0으로 고정하고 유입유량을 20~100 l/d로 변화시켜 처리효율을 측정하였다. 또한 미생물의 성장조건인 온도에 따른 발효칩의 성능을 관찰하기 위하여 5~25 °C까지 변화시켜 각 항목에 대한 분석을 실시하였다.

유입된 일반오폐수내 영양염류의 제거효율을 관찰하기 위하여 반응조에서 주기적으로 처리수를 채취하여 BOD, COD_{Cr}, T-N, TKN, NO₃⁻-N, NO₂⁻-N의 5개 항

목을 측정하였다. 본 연구에서 채택한 분석방법은 다음과 같다.

1. BOD₅는 DO meter(YSI #58 115 V)를 사용하여 측정하였다.
2. COD는 수질 공정시험법에 준하여 중크롬산칼륨(K₂Cr₂O₇)법을 사용하여 측정하였다.¹⁰⁾
3. T-N은 광전광도계(SHIMADZU UV-120)를 사용하여 220 nm에서 자외선 흡광도법으로 측정하였다.
4. TKN은 Standard Method에 준하여 측정하였다.
5. 질산성 질소(NO₃⁻-N)는 광전광도계(SHIMADZU UV-120)를 사용하여 410 nm에서 Brucine법으로 측정하였다.
6. 아질산성 질소(NO₂⁻-N)는 광전광도계(SHIMADZU UV-120)를 사용하여 540 nm에서 디아조화법으로 측정하였다.
7. 사용된 발효칩의 조성을 파악하기 위하여 목재과학 실험법에 준하여 셀룰로오스는 아염소산염법, 리그닌은 황산법, 펜토산은 비색법을 사용하였다.
8. 칩의 C/N비를 파악하기 위하여 건조 후 원소분석기(EA 1110, CE instrument)로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 내부순환율에 따른 유기물 및 질소제거

내부순환율에 따른 처리효율 특성을 관찰하기 위하여 유량을 20 l/d로 고정하고, 내부순환율(R)을 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0으로 변화시켜 실험하였다.

3.1.1. 유기물 제거 특성

Fig. 2에 내부순환율에 따른 각 반응조의 BOD₅값을 나타내었다. BOD₅의 경우 내부순환율에 관계없이 평균

Table 2. Physical and Chemical Property of Fermented Chip^{8),9)}

Type of chip	Type of tree	Composition(%)			C(%)	N(%)	C/N Ratio	Void Ratio (%)
		Cellulose	Lignin	Pentosan				
Domestic	Pinetree	65	25	10	56.71	1.96	29	69
Japanese	Pinetree	61	32	7	50.32	2.18	23	80

Table 3. Water Quality of Influent

(Unit : ppm)

Sampling Time	BOD ₅	COD _{Cr}	T-N	TKN	NO ₃ ⁻ -N	NO ₂ ⁻ -N
April	517	238	136	31	92	7.8
Jun	514	227	141	29	95	8.3
Aug	515	233	140	38	92	7.2
Mean	515±1.3	233±3.7	139±2.2	33±3.9	93±1.4	7.8±0.8

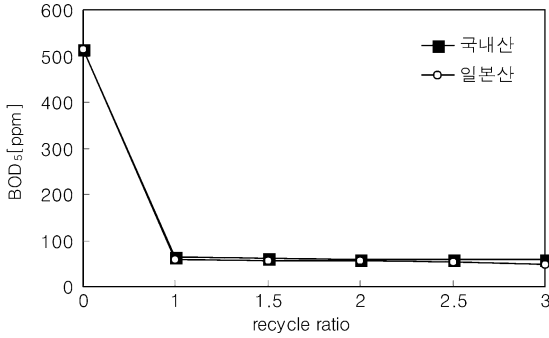


Fig. 2. BOD₅ Variation of Effluent with Recycle Ratio.

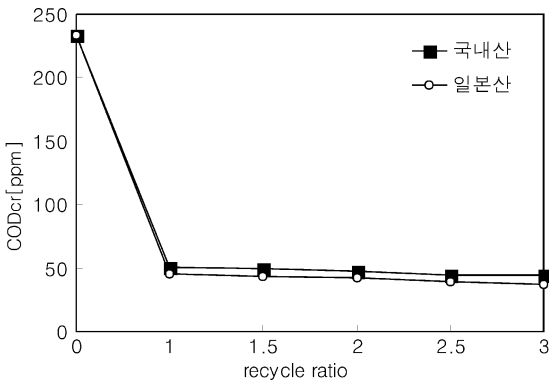


Fig. 3. COD_{Cr} Variation of Effluent with Recycle Ratio.

90%의 높은 제거효율을 보였다. 내부순환율(R)을 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0으로 변화시켰을 때 BOD₅의 제거효율은 국내산 발효칩을 사용한 C1의 경우 87.6%, 87.9%, 88.4%, 88.5%, 88.6%로, 일본산 발효칩을 사용한 C2의 경우 88.6%, 89%, 89.3%, 89.8%, 90.5%로 점차 증가하는 경향을 보였다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 COD_{Cr}의 경우도 BOD₅와 거의 유사하게 평균 80%의 높은 제거효율을 나타냈다. 내부순환율(R)에 따른 COD_{Cr}의 제거효율은 C1의 경우 78.2%, 78.8%, 79.7%, 80.8%, 81.6%로, C2의 경우 80.3%, 81.4%, 81.9%, 83.2%, 84%로 점차 증가하였다. 내부순환율이 증가하면서 유기물의 제거효율은 약간 향상되기는 했으나 R=1.0에서도 어느 정도 만족할만한 처리효과를 기대할 수 있었다. 따라서 유기물의 제거를 위하여 내부순환율을 R=1.0 이상으로 운전할 필요가 없을 것으로 생각된다.

Fig. 4에서 보는 바와 같이 대부분의 유기물 제거가 Anoxic reactor에서 이루어진다는 사실을 알 수 있었다. 이는 Aerobic reactor에서 생성된 NO₂-N, NO₃-N이 Anoxic reactor에서 질소가스로 환원되기 위해서 에너

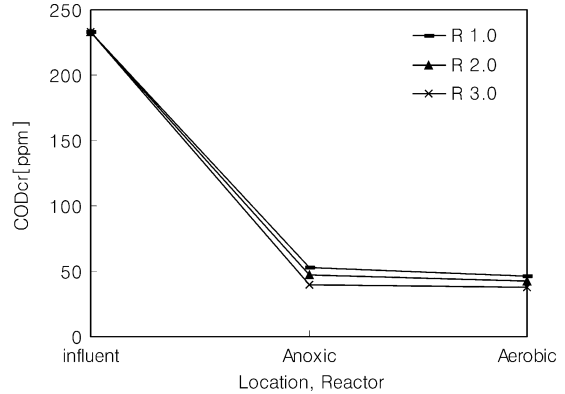


Fig. 4. COD_{Cr} Variation of C1 each Reactor Effluent with Recycle Ratio.

지원으로 유기물질이 요구되기 때문에 NO_x-N과 유기물질의 제거가 동시에 일어났음을 말해준다. 내부순환율의 증가에 따라 유기물 제거효율이 증가하는 것은 순환량의 증가에 따른 희석효과와 Aerobic reactor에서 순환되어지는 순환량의 증가에 따라 NO₃-N이 증가하게 되고 이에 따라 탈질에 소모되어지는 유기물의 양이 증가하기 때문으로 생각된다. 실제 Fig. 3에서 보는 바와 같이 내부순환율이 3.0으로 증가함에 따라 Anoxic reactor 유출수내의 유기물이 현저히 제거되었음을 알 수 있다.

3.1.2. 질소 제거 특성

3.1.2.1. TKN 제거(Nitrification)

질소를 제거하기 위해서는 유기성 질소에서 NH₄⁺-N, NO₂-N, NO₃-N, N₂로의 반응이 적체 없이 진행되어야 한다. TKN(Total Kjeldhal Nitro-gen)은 유기성 질소와 NH₄⁺-N을 통칭하는 것으로서 유기성 질소가 주로 Anoxic reactor에서 질산화과정과 미생물의 생장에 필요한 세포 구성물질로 사용된다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 내부순환율(R)이 증가하면서 C1의 TKN 제거효율은 65.7%, 70%, 73.6%로 증가하다가 R=2.5에서 65.6%, R 3.0에서 63.8%로 감소하였으며 C2의 TKN 제거효율은 68.8%, 75.3%, 76.9%, 77.5%, 79.7%로 계속 증가하는 경향을 보였다. 따라서 국내산 발효칩의 경우 R이 2.5~3이 되면 TKN의 제거효율이 저하되어 탈질에 방해요인으로 작용할 수 있을 것이며 그 이유는 탈질에 소요되는 유기물의 부족때문으로 생각된다.

3.1.2.2. 탈질반응(Denitrification) 및 총 질소(T-N) 제거¹¹⁾

질산화 과정의 중간대사산물인 NO₂-N은 질산화가 완전히 일어났을 때 매우 낮게 나타나는데 이는 반응기

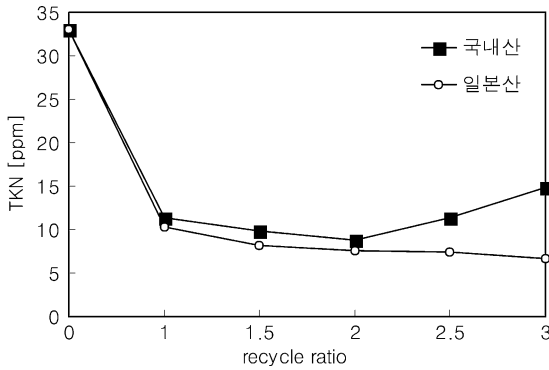


Fig. 5. TKN Variation of Effluent with Recycle Ratio.

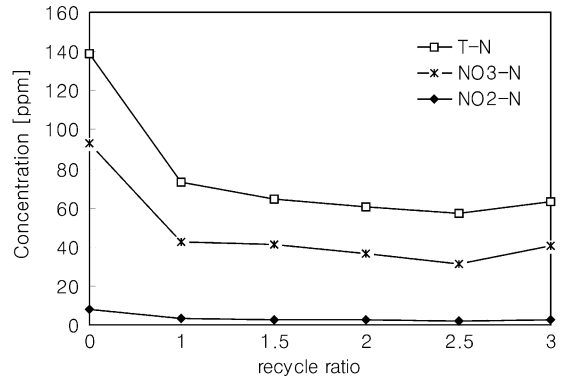


Fig. 7. T-N Variation of C2 Effluent with Recycle Ratio.

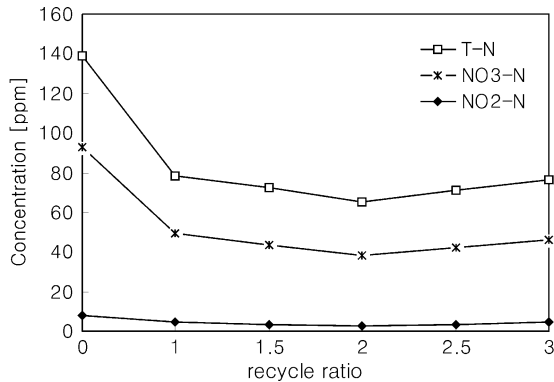


Fig. 6. T-N Variation of C1 Effluent with Recycle Ratio.

내에 충분한 용존산소가 존재하여 NO₂-N이 NO₃-N으로 산화되었기 때문이다. 최종 유출수내의 NO₃-N이 NO₃-N 모두 Anoxic reactor로 순환되어 탈질미생물에 의해 질소가스로 환원된다. C1의 경우 Fig. 6에서 보는 바와 같이 R 2.5에서부터 NO₃-N의 양이 증가하여 탈질반응이 저해를 받았다. C1 유출수의 T-N 제거효율을 보면 43.7%, 47.9%, 52.9%로 증가하다가 R=2.5에서 48.7%, R=3.0에서 45.0%로 감소하는 경향을 보였다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이 C2는 내부순환율이 증가할수록 질산화율은 점점 증가하였으나 Fig. 7에서 내부순환율과 NO₃-N의 관계처럼 R 3.0에서 NO₃-N의 증가에 의하여 탈질반응이 저해를 받고 있다는 사실을 알 수 있다. 내부순환율에 따른 T-N의 제거효율을 보면 47.6%, 53.7%, 56.6%, 58.8%로 증가하다가 R 3.0에서 54.5%로 다시 감소하는 경향을 나타내었다. T-N의 변동은 일반적인 질소제거 경향을 나타내며 Fig. 7이 이 사실을 뒷받침한다. 위의 결과를 볼 때 국내산 발효칩을 사용한 C1의 경우는 내부순환율(R)을 2.5 이상으로 증가시켰을 때, 일본산 발효칩을 사용한 C2의 경우

는 내부순환율(R)을 3.0 이상으로 증가시켰을 때 탈질반응은 저해를 받는다는 사실을 알 수 있었다. Fig. 6과 Fig. 7은 내부순환율에 따른 최종 유출수내 T-N 농도변화가 NO₂-N, NO₃-N의 변화양상과 일치하는 것을 보여준다.

3.1.2.3. 탈질저해요인

내부순환율의 증가에 따른 탈질율의 저해요인으로 순환수 증가에 따른 Anoxic reactor 내부의 용존산소 농도 증가, 유입유량의 증가에 따른 수리학적 체류시간의 감소, 발효칩으로의 유기물 및 NO₃-N의 확산저해 등을 들 수 있다. 또한 Anoxic reactor에서 NO₃-N 환원효소가 활성화되어 탈질 박테리아에 NO₂-N 농도가 상대적으로 증가할 경우 NO와 N₂O의 축적으로 인해 탈질화에 영향을 미친다.¹²⁾

그러나 본 연구에서는 N₂가스로 충분히 purging하여 Anoxic reactor의 용존산소 농도가 0.37 ppm 이하였고 내부순환율의 증가에 따라 NO₂-N의 증가현상이 나타

Table 4. C/N Ratio of Anoxic reactor with Internal Recycle Ratio

	Inertial Recycle Ratio (R)	C/N Ratio	Generation of N ₂ gas (ml/hr)
	C1	1.0	1.52
1.5		1.47	1.20
2.0		1.47	1.31
2.5		1.25	1.22
3.0		1.08	1.09
C2	1.0	1.69	1.21
	1.5	1.62	1.28
	2.0	1.54	1.37
	2.5	1.49	1.14
	3.0	1.21	1.31

나기는 하였으나 농도가 C1의 경우 5 ppm, C2의 경우 3 ppm 이하로 낮게 나타났으며 증가폭 역시 적게 나타났다. 따라서 NO, N₂O의 축적으로 인한 탈질저해는 거의 무시할 수 있는 것으로 판단된다. 또한 탈질율은 C/N비의 변화에 따라 영향을 받게 되는데 C/N비의 변화에 따른 탈질반응의 영향을 살펴보기 위해 Table 4에 각 내부순환율의 변화에 따른 Anoxic reactor 내부의 C/N비를 측정하여 나타내었다. 내부순환율이 증가할수록 C/N비는 점차 감소하는 경향을 보였고, 이 수치를 바탕으로 각 C/N비에 따른 N₂ 가스발생량을 비교하여 나타내었다.

국내산 발효집을 사용한 C1의 경우 C/N비가 1.52와 1.41, 즉 R=1.0과 2.0을 비교하여 보면 가스발생량이 C/N비가 1.41일 때 더 크다는 사실을 알 수 있다. 또한 일본산 발효집을 사용한 C2의 경우 C/N비가 1.69와 1.49, 즉 R=1.0과 2.5를 비교하여 보면 가스발생량이 C/N비가 1.49일 때 더 크다는 것을 알 수 있다. 이것은 C1의 경우 1.0에서 2.0으로, C2의 경우 R이 1.0에서 2.5로 증가하면서 탈질율이 증가하는 경향을 설명하고 있다. C1의 경우 C/N비가 1.41에서 1.25로, C2의 경우 C/N비가 1.49에서 1.21로 감소함에 따라 가스 발생량이 감소하였다. 이것은 탈질에 소요되는 유기물의 양이 부족한 것을 나타내는 것이며 이러한 결과로 내부순환율이 C1의 경우 2.0에서 2.5로, C2의 경우 R이 2.5에서 3.0으로 증가하여도 탈질율이 저하되는 것은 탈질에 소요되는 유기물의 부족에 기인한 것으로 예측할 수 있다.

3.2. 온도변화에 따른 유기물 및 질소제거

온도에 따른 처리효율 특성을 관찰하기 위하여 내부순환율은 R=2.0, 유입유량은 20 l/d로 고정하고 유입되는 폐수의 온도를 5~30°C까지 변화시켜 실험하였다.

3.2.1. 유기물 제거 특성°C

실험결과 예상했던 것보다는 온도변화에 따른 유기물 제거효율의 변화는 크지 않은 것으로 나타났다. Fig. 8에서 보는 바와 같이 C1이 상대적으로 온도에 대한 변화가 크다. C1은 88.8%, 88.4%, 87.9%로 낮아지다가 10°C부터 83.8%, 80.1%로 급격히 낮아졌다. 또한 C2의 경우 온도가 낮아질수록 90.2%, 89.3%, 88.7%, 88.1%로 완만하게 낮아지다가 5°C에서는 84.9%로 크게 낮아졌다. 이 결과로 볼때 C1은 15°C 이상, C2의 경우 10°C 이상이면 대체적으로 온도변동에 대한 안정적인 처리효율을 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

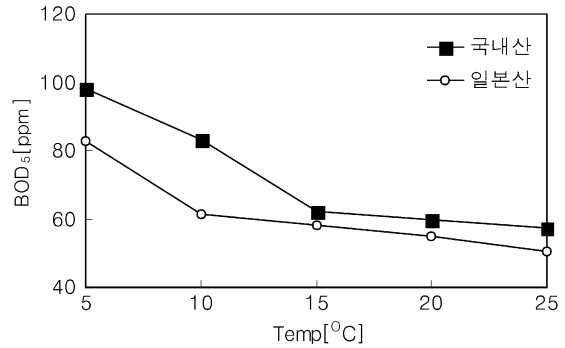


Fig. 8. BOD₅ Variation of Effluent with Temperature.

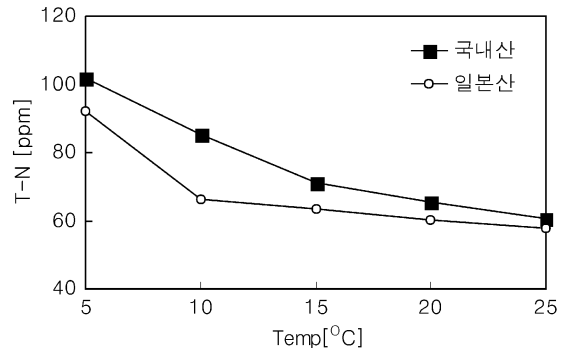


Fig. 9. T-N Variation of Effluent with Temperature.

3.2.2. 질소 제거 특성

Fig. 9에서 보는 바와 같이 C1의 경우 56.3%, 52.9%, 48.7%로 낮아지다가 10°C에서 38.5%, 5°C에서 26.8%로, C2의 경우 온도에 따라 58.5%, 56.6%, 54.4%, 52.3%로 낮아지다가 5°C에서 33.6%로 급격히 낮아져 거의 처리가 이루어지지 않았다. 온도가 떨어지더라도 유기물과 질소제거율이 서서히 감소하는 것은 미생물이 발효집에 고농도로 고정화되었기 때문으로 생각된다. 따라서 겨울철 유입수의 수온이 떨어지더라도 BOD₅와 같은 유기물의 제거는 기대할 수 있다. 그러나 질소의 경우 최적의 조건에서 처리율이 60% 미만에 불과하여 온도에 대한 영향이 상대적으로 커서 겨울철 안정적인 처리효율을 기대하기 어렵다.

3.3. 유입유량 변화에 따른 안정성

유입유량 변화에 따른 충격부하 안정성을 관찰하기 위하여 내부순환율을 R=2.0으로 고정하고 유입유량을 20~100 l/d로 변화시켜 처리효율을 측정하였다.

3.3.1. 유기물 제거특성

Fig. 10에 유입유량 변화에 따른 각 반응조의 BOD₅ 값을 나타내었다. 유입유량의 증가에 따라 C1은 88.4%,

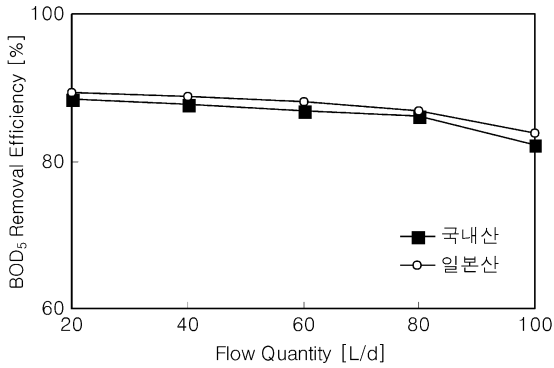


Fig. 10. BOD₅ Removal Efficiency of Effluent with In fluent Flow Quantity.

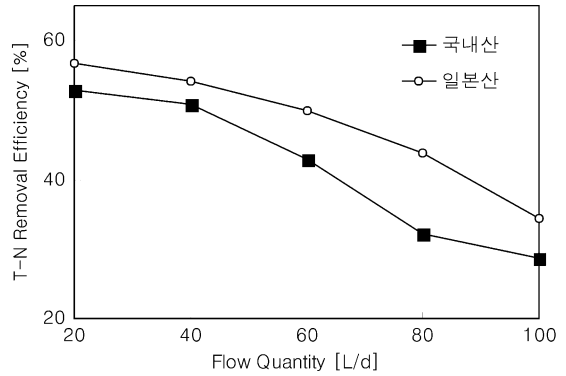


Fig. 12. T-N Removal Efficiency of Effluent with Inluent Flow Quantity.

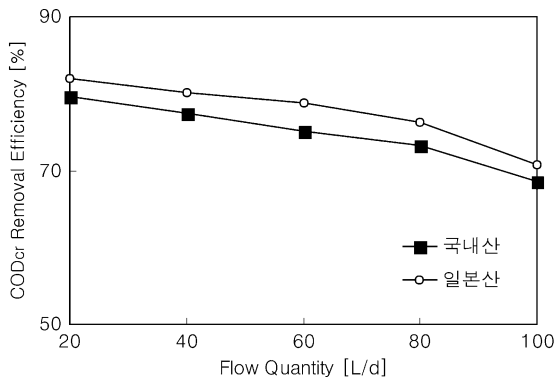


Fig. 11. COD_{Cr} Removal Efficiency of Effluent with Inluent Flow Quantity.

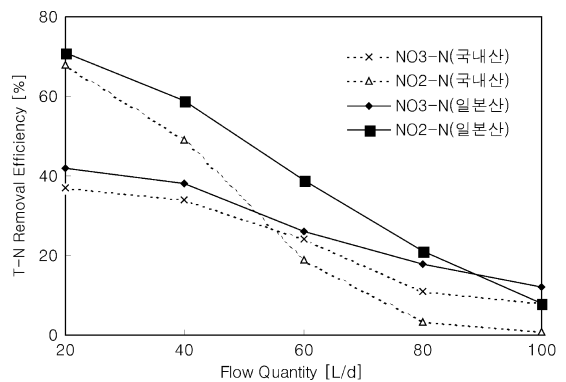


Fig. 13. NO₃-N and NO₂-N Removal Efficiency of Effluent with Inluent Flow Quantity.

87.7%, 86.8%, 86.1%, 82.3%로, C2는 89.3%, 88.8%, 88.1%, 86.9%, 83.8%로 BOD₅ 제거율이 감소하였다. 그러나 제거효율이 감소하여도 80% 이상의 처리효율을 기대할 수 있어 대체적으로 만족할 만한 것으로 생각된다.

Fig. 11에 유입유량의 증가에 따른 각 반응조의 COD_{Cr} 값을 나타내었다. 유입유량의 증가에 따라 C1은 79.7%, 77.4%, 75.1%, 73.3%, 68.5%로, C2는 81.9%, 80.1%, 78.8%, 76.3%, 70.7%로 COD_{Cr} 제거율이 감소하였다. COD_{Cr} 제거율의 감소경향 역시 BOD₅의 결과와 유사하게 나타났는데 이러한 현상은 유량증가에 따라 유기물이 과다하게 유입되기 때문에 미생물이 발효칩에 조밀하게 부착되어 공극이 폐쇄되어 기질과 미생물의 접촉이 발효칩의 표면에서만 이루어지기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 위의 결과로 볼 때 생활오수와 같은 저 농도의 유기성 폐수는 유입유량변동에 따른 충격부하가 발생하여도 대체로 만족할 만한 BOD₅ 및 COD_{Cr} 제거효율을 얻을 수 있을 것

으로 생각된다.

3.3.2. 질소 제거 특성

Fig. 12는 충격부하가 발생할 경우 질소제거를 위하여 담체로써 발효칩이 효과적이지 못하다는 것을 보여 준다. 충격부하에 따른 탈질율의 영향은 앞서 수행한 BOD₅와 COD_{Cr}의 결과와 비교했을 때 상대적으로 매우 큰 것으로 나타났다. 질소량이 증가되었을 때 탈질율은 C1의 경우 52.9%, 50.8%, 42.9%, 32.2%, 28.6%로, C2의 경우 56.7%, 54.1%, 49.8%, 43.7%, 34.3%로 감소하였다. 특히 C1은 C2보다 충격부하에 대한 탈질영향이 크게 나타났다. 이것은 내부순환율에 따른 탈질율이 C2보다 C1이 상대적으로 낮았다는 사실과도 무관하지 않다. 유입유량이 증가할수록 탈질율이 저해되는 것은 발효칩의 공극이 폐쇄되어 기질과 용존산소가 발효칩 내부로 제대로 전달되지 못하여 Fig. 13에서 보는 바와 같이 Aerobic reactor에서 질산화율이 저해되기 때문인 것으로 생각된다.

위의 결과를 종합하여 보면 유입유량의 변화로 유기

물의 양이 증가함에 따라 정도의 차이는 있었으나 대체적으로 처리효율이 감소하였다. 이것은 공극폐쇄의 문제와 함께 미생물의 탈리와도 밀접한 관계가 있을 것으로 생각된다. 본 연구에 사용된 반응기의 경우 미생물이 발효침에 부착되어 성장함으로써 유기물량이 증가할수록 부착되어진 미생물의 두께가 증가되고, 이에 따라 미생물에 대한 전단응력이 증가하여 미생물의 탈리가 증가했을 것으로 생각된다. 또한 유입되는 유량의 증가가 발효침에서의 전단력 증가를 발생시켜 미생물의 탈리가 발생했을 것이다.

4. 결 론

본 연구의 목적은 소나무 발효침의 담체 적용가능성과 발효침을 이용한 처리시설에서의 적절한 운전조건을 도출하는데 있다. 또한 물리·화학적 조성이 다른 국내산 발효침과 일본산 발효침을 비교 분석하여 그 성능의 개선방안을 제시하고자 한다.

발효침을 충전한 Anoxic reactor와 Aerobic reactor 각 1조로 이루어진 생물학적 처리장치를 이용하여 실험을 한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 내부순환율(R)을 증가시키기에 따라 각 반응조의 BOD₅ 제거효율은 국내산 발효침을 사용한 C1의 경우 88.6%, 일본산 발효침을 사용한 C2의 경우 90.5%까지 증가하였으며 COD_{Cr} 제거효율은 C1의 경우 81%, C2의 경우 84%까지 증가하였다.

2. 탈질을 위해서는 내부순환율에 따른 T-N의 제거 효율로부터 R=2.5정도의 순환율이 적당할 것으로 생각된다.

3. 온도변화에 따른 유기물 제거율은 C1이 C2에 비해 상대적으로 온도에 대한 변화가 크다는 사실을 알 수 있었다.

4. 온도변화에 따른 탈질율은 C1의 경우 15°C에서 48.7%였으나 10°C에서 38.5%로, C2의 경우 10°C에서 52.3%였으나 5°C에서 33.6%로 낮아졌다.

5. 유입유량을 변화시켜 유기물의 양을 증가시킨 결

과 BOD₅ 제거율은 C1이 82.3%, C2가 83.8%까지 감소하였고 CODCr의 제거율은 C1이 68.5%, C2가 70.7%까지 감소하였다.

6. 유입유량을 증가시켰을 때 탈질율은 C1의 경우 28.6%, C2의 경우 34.3%까지 감소하여 발효침이 유량 변동에 대해 대단히 민감한 것을 알 수 있었다.

7. 전체적으로 국내산 발효침은 일본산에 비하여 처리효율이 낮았다. 이것은 국내산의 경우 일본산에 비하여 셀룰로오스의 함량이 4% 높고 공극율이 11% 낮으며 C/N비가 29로 약간 높아 미생물의 부착, 물리적 흡착 및 원활한 산소공급이 어려웠기 때문으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 2002년도 광운대학교 교내학술연구비의 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 김재현, 정상기, 성규철, “폐목재의 발생 및 재활용 실태”, 1996, 임업연구원 연구자료, 140.
- 2) 김재현, 정상기, 성규철, “폐목재의 발생 및 재활용 실태”, 1998, 임업연구원연구자료, 142, 99-111.
- 3) Gabriel Bitton, “Wastewater Microbiology”, 1996, John Wiley and Sons, 88-106.
- 4) Glass, J. and Brien, *Microbiology*, 1995, 50, 1023-1028.
- 5) 김창원, “환경미생물학”, 1990, 동화기술, 312-313.
- 6) Metcalf and Eddy, “Wastewater Engineering”, 3rd ed., 1993, McGraw Hill, 435-440.
- 7) 임업연구원, “전국 산림실태 조사보고서”, 1987-1992.
- 8) 김종호, “임업부문과 타산업부문간의 산업관련분석에 관한 연구”, 1980, 서울대학교 석사학위논문, 34-59.
- 9) 임업연구원, “임업경제동향 : 년차보고서”, 1996, 임업연구원 연구자료, 120.
- 10) 최규철, 강선태, 김용환, “수질오염 공정시험방법 주해”, 1999, 동화기술, 283-289.
- 11) B. Halling-Sorensen, “The Removal of Nitrogen Compounds from Wastewater”, 1994, ELSEVIER, 47-51.
- 12) 김미영, 김인수, *대한환경공학회지*, 1998, 21(1), 119-130.