

목질폐잔재 탄화물의 수질정화 효과*1

이 동 옥*2 · 김 병 로*2

Effect of Carbonized Wastewoods on Purification of Wastewater*1

Dong-Wook Lee*2 · Byung-Ro Kim*2

요 약

국내 주요 간벌재와 목질재료 탄화물중 성능면과 자원면을 고려하여 선정된 후 오수정화 실험을 실시하였다. 덩어리상태(약 3×3×3 cm)의 탄화물의 주방오수 및 정화조오수 정화실험에서 간벌재 탄화물보다 목질재료 탄화물의 정화능력이 뛰어났다. 덩어리상태에서는 미세세공보다는 파티클보드의 파티클 및 MDF의 섬유간의 간극이 정화에 더 유효하게 작용했기 때문이라고 판단된다. 처리오수의 색은 처리 후 옅어졌으며 목질재료탄이 간벌재탄보다 더 옅은 색을 보였다. 냄새는 모두 감소하는 경향을 보였다.

ABSTRACT

This study examined the effect of carbonized wastewoods on purification of waste water. The purification ability of charcoals(lump-shaped, approximately 3×3×3 cm) maded by wood-based material for waste water from a kitchen and septic tank was superior to those of thinned wood. For lump-shaped charcoal, gaps between particles in particleboard, and gaps between fibers in MDF were much more effective than micropore in purification of waste water. After purification test, color of waste water from wood-based material charcoals were much more lighter than thinned wood charcoals. In addition, odors of waste water from both charcoals tended to be decreased.

Keywords: carbonized wastewoods, purification of waste water, lump-shaped charcoal

* 1 접수 2001년 7월 23일, 채택 2001년 10월 30일

본 논문은 2000년도 농림부 농림기술개발사업의 연구개발 결과임.

* 2 충북대학교 농과대학 College of Agriculture, Chungbuk National University, Cheongju 360-763, Korea

1. 서 론

근래에 많은 인공조림지들이 간벌기에 달해 많은 양의 간벌재가 생산되고 있다. 또한 간벌재 뿐만 아니라 목재 및 여러 가지 목질재료를 이용한 목제품이 대량으로 생산되고 있고, 이에 따른 목질재료의 폐기량도 늘어나고 있는 실정이다. 그러나 이러한 대규모 인공조림지에서 간벌되는 막대한 양의 간벌재와 목재 및 목질재료 제품의 폐기물인 목질폐잔재들은 재이용율이 적어 유용한 자원인 목재가 대부분 폐기처분되고 있는 실정이다. 이러한 목질폐잔재를 재이용하는 방법 중 하나로서 목재를 탄화처리하는 것은 목질폐잔재의 부피와 무게의 감소효과를 가져올 뿐 아니라 탄화한 목탄을 이용하여 여러 분야에서 이용할 수 있는 이점도 가지고 있다. 따라서 최근에 김·공(1999, 2000, 2001)은 이들의 탄화물로서의 이용을 알아보기 위해 탄화특성, 탄화물의 물성 등에 대하여 조사하였는데 탄화물은 탄화조건, 수종, 목질재료 종류에 따라 차이가 있음을 보고하였다.

목탄의 이용방법 중의 하나가 환경정화재로서의 이용이다. 근년 유기염소화합물, 유해중금속, 생활폐수 등의 오염물질로 인해 하천, 호수, 토양, 지하수 등의 오염이 심각한 지경이다. 이들의 오염을 차단하기 위해서는 오수의 정화작업은 필수적이다. 활성탄은 수질정화재로서 이미 사용되고 있지만 제조시 탄화처리 후 부활공정이 필요하므로 가격이 비싸 넓게 사용되지 못하고 있다. 한편 목탄은 오래 전부터 연료로서 이용되어 왔지만 최근 우수한 흡착능이 밝혀지면서 정화조의 수질개선재로서의 이용을 위한 연구가 시도되고 있다. Yatagai 등(1995)은 수종의 수질정화시험에서 적송이 가장 높은 수질정화능을 나타냈다고 하였다. 安部(1996)는 하천의 정화에 목탄을 이용해 SS(부유고형물)은 40~60%, DOC(용존유기물)는 20% 정도 제거됐다고 보고하고 있다. 공(2001)에 의하면 목탄의 메칠렌블루흡착력은 수종, 탄화온도에 따라서는 시판활성탄보다 우수해 목탄이 정화재로서의 사용이 기대된다고 하였다.

따라서 본 연구에서는 공(2001)의 연구에 기초하여 성능면과 자원면을 고려하여 국내조림수종과 목질재

Table 1. Descriptions of the samples.

Species	DBH (cm)	Age	Height (m)	A.S.G
<i>Pinus koraiensis</i> S. et Z.	7.0	12	55	0.43
<i>Larix leptolepis</i> Gordon	10.0	19	8.0	0.76
<i>Quercus acutissima</i> Carruth	7.5	16	65	0.98
Wood-based materials	Adhesives	A.S.G		
Particleboard Medium density fiberboard	Urea resin	0.71		
	Urea resin	0.75		

*A.S.G : Air dry specific gravity.

료의 탄화물을 선정하여 오수 수질정화 실험을 실시하여 이들 목질폐잔재 탄화물의 수질정화재로서의 효과 및 활용방안에 대하여 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 실험에서 사용된 공시재료는 간벌재로 잣나무, 낙엽송, 상수리나무이며 목질재료는 파티클보드, MDF(Medium density fiberboard)로 각각의 간벌재와 목질재료를 이동식 급속탄화장치에서 탄화한 탄(급속탄)과 전통적 숯가마에서 탄화한 탄(재래탄), 산림조합중앙회 임산물종합유통센터에서 탄화한 탄(산림조합탄)을 사용하였다. 생활오수중 주방오수는 충북대 농대 구내식당에서 채취하였으며, 정화조 오수도 충북대 농대 구내정화조에서 채취하였다. 공시재료의 평균 수고, 수령, 기건비중은 Table 1과 같다.

2.2 방법

2.2.1 탄화

급속탄화장치(제작사:日本伊勢工業所 IMS-502, 용량 50 l)에 의한 탄화는 시료를 30 cm 길이로 절단하여 탄화기에 잘 세워서 넣고 점화구를 이용하여 시료에 불을 붙인 후 불이 붙으면 점화구의 입구를 막고 승은 밸브를 이용하여 400℃에서 탄화를 실시하

여, 탄화가 완료되면 정련을 실시하고, 정련이 완료되면 소화하여 출탄하였다. 전통적 숯가마(충북 진천군 백곡면 소재)에 의한 탄화는 흑탄으로 재래방법에 의하여 탄화하였다. 산림조합탄은 산림조합중앙회 임산물종합유통센터의 기계식 연속형 대형탄화로(탄화온도 800℃)에서 제조된 낙엽송탄이다.

2.2.2 가정생활오수의 정화

탄화후 공시목탄을 약 3×3×3 cm 크기의 덩어리로 제조한 후 양과보관용 땅에 0.5 kg씩 담아 10 l 플라스틱 용기에 담겨진 5 l의 생활오수(주방오수 및 정화조오수)를 일주일간 상온에서 방치한 다음 측정하였다. 측정항목은 pH, BOD, COD, 암모니아성 질소, 아질산성질소, 인산염인, 색도, SS(suspended solids), 냄새 등을 환경오염공정시험법(1997)에 의해 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 가정생활오수의 정화

3.1.1 주방오수

Table 2는 간벌재 및 목질재료의 급속탄과 산림조합탄으로 주방오수의 처리 결과를 나타낸 것이다. pH는 처리전 4.37에서 처리 후 6.80~7.54의 범위로 증가하였고, BOD는 처리 전 121.2 mg/l에서 처리 후 66.70~93.80 mg/l, COD는 242.40 mg/l에서

109.70~144.30 mg/l, NH₄-N은 27.60 mg/l에서 13.23~22.43 mg/l, NO₂-N은 2.40 mg/l에서 1.46~2.77 mg/l, PO₄-P에서도 8.51 mg/l에서 3.80~12.54 mg/l로 낮아졌다. 대체적으로 탄화온도 400℃의 급속탄은 간벌재(잣나무, 낙엽송) 탄화물보다 목질재료(파티클보드, MDF) 탄화물이 좋은 정화 효과를 나타냈다. 본 실험의 수중간과 목질재료간에는 뚜렷한 차이 없이 항목에 따라 효과가 높은 것과 낮은 것이 있는 것으로 나타났다. 또한 탄화온도 800℃의 산림조합탄은 pH 7.16, BOD 59.40 mg/l, COD 84.80 mg/l, NH₄-N 7.60 mg/l, NO₂-N 0.84 mg/l, PO₄-P 3.18 mg/l의 값으로 가장 좋은 값을 나타냈다. Yatagai 등(1995)은 목탄의 가정오수 수질정화 효과에서 소나무탄이 가장 좋은 정화효과를 나타냈으며, 낙엽송탄의 인산염인이 9.21 ppm에서 처리 후 7.69 ppm으로 본 실험과 비슷한 결과를 나타냈다.

Table 3은 주방오수 처리 후의 외관상 변화와 냄새를 나타낸 것이다. 처리오수의 색상은 초기의 농황색에서 처리후 모두 황색 또는 담황색으로 변화되었고, 목질재료 탄화물이 간벌재 탄화물보다 더 옅은 색을 보였다. SS는 263.33 mg/l에서 68.00~87.00 mg/l의 범위로 낮아졌고 간벌재 탄화물보다 목질재료 탄화물이 낮은 값을 보였으며 산림조합탄은 77.00 mg/l의 값을 나타냈다. 安部(1996)는 東京都日野市の 平山用水에서 목탄에 의한 정화실험에서 SS의 40~80% 제거율을 보였다고 하였다. 냄새는 모두 감소하는 경향을 보였다. 우리나라 수질환경 보전법 규정에 의하면 1일 폐수배출량이 2000 m³ 미만인 경우 I 급수는 BOD 40 mg/l, COD 50 mg/l, 총인 4

Table 2. Effects of charcoal on the purification of kitchen-waste water.

	pH	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)
Original waste water	4.37	121.20	242.40	27.60	2.40	8.51
<i>Pinus koraiensis</i> (F.C) ¹⁾	6.80	76.30	109.70	22.43	2.77	12.54
<i>Larix leptolepis</i> (F.C)	6.81	93.80	144.30	19.44	2.16	5.22
Particleboard(F.C)	7.12	92.08	115.10	13.23	1.46	3.80
MDF(F.C)	7.54	66.70	111.10	14.43	1.60	4.68
<i>Larixleptolepis</i> (S.C) ²⁾	7.16	59.40	84.80	7.60	0.84	3.18

¹⁾ F.C : Fast-carbonized charcoal, ²⁾ S.C : Sanrimjohap charcoal.

Table 3. Appearances of kitchen-waste waters after charcoal treatments.

	Colors	Suspended solids (mg/ℓ)	Smells
Original waste water	Dark yellow	26333	+++ ³⁾
<i>Pinus koraiensis</i> (F.C) ¹⁾	Yellow	87.00	++
<i>Larix leptolepis</i> (F.C)	Yellow	84.00	++
Particleboard(F.C)	Light yellow	68.00	++
MDF(F.C)	Light yellow	74.00	++
<i>Larix leptolepis</i> (S.C) ²⁾	Light yellow	77.00	++

¹⁾F.C : Fast-carbonized charcoal

²⁾S.C : Sanrimjohap charcoal

³⁾ +++ : strong bad smell, ++ : somewhat bad smell, + : weak bad smell.

mg/ℓ 이하였고, II 급수는 BOD 80 mg/ℓ, COD 90 mg/ℓ, 총인 8 mg/ℓ 이하였으며, III·IV 급수의 기준은 BOD 120 mg/ℓ, COD 130 mg/ℓ, 총인 8 mg/ℓ 으로 규정하고 있는데 주방오수를 처리한 본 실험에서 나타난 결과는 산림조합탄이 II 급수의 기준을 만족하였고, 다른 탄화물은 III, IV 급수의 기준에 만족을 하였다.

3.1.2 정화조 오수

Table 4는 간벌재 및 목질재료의 급속탄, 간벌재 재래탄 및 산림조합탄에 의한 정화조 오수처리의 결과를 나타낸 것이다. Table 3에서 pH는 처리 전 7.29에서 7.39~9.52의 범위로 증가하였고, BOD는 처리 전 46.74 mg/ℓ 에서 10.45~33.55 mg/ℓ, COD는 131.40

mg/ℓ 에서 18.00~98.00 mg/ℓ, NH₄-N은 105.35 mg/ℓ 에서 2.42~66.43 mg/ℓ, NO₂-N는 33.60 mg/ℓ 에서 0.86~22.78 mg/ℓ, PO₄-P에서는 20.59 mg/ℓ 에서 4.91~41.05 mg/ℓ 으로 낮아졌고, 주방오수와 마찬가지로 간벌재 탄화물보다 목질재료 탄화물이 좋은 효과를 나타냈다. 산림조합탄은 pH 8.86, BOD 30.60 mg/ℓ, COD 51.00 mg/ℓ, NH₄-N 14.48 mg/ℓ, NO₂-N 3.66 mg/ℓ, PO₄-P 7.91 mg/ℓ 의 값을 보여 BOD, COD에서는 적은 효과를 나타냈으나 나머지는 목질재료탄과 비슷한 값을 나타냈다. 수종간과 목질재료간에는 주방오수와 같이 뚜렷한 차이없이 항목에 따라 효과가 높은 것과 낮은 것이 있는 것으로 나타났다. 간벌재 탄화물에서는 급속탄과 재래탄 중 급속탄의 성능이 더 좋은 것으로 나타났다. Yatagai 등(1995)은 낙엽송 탄화물을 이용한 COD와 총인을 측정된 결과 COD는 6.4 mg/ℓ, 총인은 7.69 mg/ℓ 로 보고하였으나 원수의 COD와 총인 값이 낮아 제거율로 비교를 하면 COD는 38.3%, 총인은 49.7%의 제거율을 보였다. 본 실험에서 나타난 값은 급속탄의 COD가 32 mg/ℓ, 재래탄이 98 mg/ℓ 로 각각 75%, 25%의 제거율을 보여주어 Yatagai 등(1995)의 보고보다 높거나 비슷한 값을 보였다. 그러나 총인의 경우는 제거율이 13.5% 정도로 낮은 제거율을 보였다.

Table 5는 정화조 오수의 처리 후의 외관상 변화와 냄새를 나타낸 것이다. 처리오수의 색상은 초기 미처리 오수의 갈색에서 대부분 없어지는 효과를 나타냈으며 그 중에서 낙엽송, 파티클보드 급속탄과 산림조

Table 4. Effects of charcoal on the purification of septic tank-waste waters.

	pH	BOD (mg/ℓ)	COD (mg/ℓ)	NH ₄ -N (mg/ℓ)	NO ₂ -N (mg/ℓ)	PO ₄ -P (mg/ℓ)
Original waste water	7.29	46.74	131.40	105.35	33.60	20.59
<i>Pinus koraiensis</i> (F.C) ¹⁾	8.30	25.54	46.00	42.84	14.69	17.92
<i>Pinus koraiensis</i> (T.C) ²⁾	7.57	33.55	61.00	49.70	16.24	19.89
<i>Larix leptolepis</i> (F.C)	7.98	23.04	32.00	49.68	12.26	17.79
<i>Larix leptolepis</i> (T.C)	7.52	30.20	98.00	35.27	19.55	23.89
<i>Quercus acutissima</i> (T.C)	7.39	10.45	19.00	66.43	22.78	41.05
Particleboard(F.C)	9.52	16.10	25.60	2.42	0.86	4.91
MDF(F.C)	8.94	11.88	18.00	10.55	2.81	6.97
<i>Larix leptolepis</i> (S.C) ³⁾	8.86	30.60	51.00	14.48	3.66	7.91

¹⁾F.C : Fast-carbonized charcoal, ²⁾T.C : Traditional charcoal, ³⁾S.C : Sanrimjohap charcoal.

Table 5. Appearances of septic tank-waste waters after charcoal treatments.

	Colors	Suspended solids (mg/ℓ)	Smells
Original waste water	Brown	11.00	+++ ¹⁾
<i>Pinus koraiensis</i> (F.C.) ¹⁾	Light yellow	11.00	+
<i>Pinus koraiensis</i> (T.C.) ²⁾	Yellow	14.00	++
<i>Larix leptolepis</i> (F.C.)	White	8.00	+
<i>Larix leptolepis</i> (T.C.)	Dark yellow	9.00	++
<i>Quercus acutissima</i> (F.C.)	Brown	11.00	++
Particleboard(F.C.)	Light yellow	12.00	+
MDF(F.C.)	White	13.00	+
<i>Larix leptolepis</i> (S.C.) ³⁾	White	14.00	+

¹⁾ F.C : Fast-carbonized charcoal

²⁾ T.C : Traditional charcoal

³⁾ S.C : Sanrimjohap charcoal

¹⁾ +++ : strong bad smell, ++ : somewhat bad smell, + : weak bad smell.

합탄이 가장 큰 효과를 나타냈다. SS는 11.00 mg/ℓ에서 8.00~14.00 mg/ℓ의 범위로 나타났는데 부유물질이 처리 전보다 높게 나타난 것은 처리 전 부유물질 값이 11.00 mg/ℓ로 낮은 상태에서 목탄으로부터 떨어진 입자의 영향이라고 생각한다. 냄새도 간벌재 급속탄(잣나무, 낙엽송), 목질재료 급속탄은 개선의 효과가 컸지만 재래탄, 간벌재 급속탄(상수리탄)은 개선효과가 적었다. 위에서 밝힌 수질환경 보전법 규정과 본 실험에서 측정된 결과를 비교하면 BOD, COD는 II급수의 기준에 모든 탄화물이 합당한 것으로 나타났고 총인의 경우는 파티클보드 급속탄과 MDF 급속탄 및 산림조합탄이 II급수의 기준에 만족하는 것으로 나타났다.

위의 주방오수와 정화조오수의 정화실험에서 같은 수종으로 급속탄화장치와 재래 숯가마에 의해 제탄된 간벌재 탄화물이 산림조합의 기계식 연속형 대형탄화로에서 제탄된 탄화물보다 열악한 정화능을 나타내는 것은 탄화온도에 의한 것으로 생각한다. 급번 이용한 소형탄화로의 탄화온도는 약 400℃이고, 대형탄화로의 탄화온도는 약 800℃였다. 김 등(2001)과 공(2001)의 탄화물의 흡착특성에서 나타난 바와 같이 탄화온도가 높으면 흡착능이 높아지는 것에 기인한 것으로 생각된다. 탄화로간에는 구조와 방법보다 온

도의 영향이 큰 것으로 생각한다. 그리고 주목되는 실험결과로서, 급속탄화장치에 의한 탄화에 있어 목질재료, 즉 파티클보드 및 MDF는 정화능이 간벌재 탄화물보다 또는 대상오수에 따라서는 산림조합탄보다 높은 정화능을 나타냈다. 즉 공(2001)의 분말탄화물(60 mesh)의 흡착성능평가에서 같은 온도하에서의 메틸렌블루흡착량은 간벌재 탄화물이 목질재료 탄화물보다 현저하게 높게 나타났는데, 본 연구의 덩어리상태의 오수정화실험에서는 반대로 나타났다. 이는 덩어리상태에서는 미세한 공극보다는 파티클보드의 파티클 및 MDF의 섬유간의 다소 큰 간극이 더 유효한데 따른 결과로 생각된다. 따라서 이들 목질재료 탄화물은 부유물이 많은 생활오수의 처리에는 간벌재 탄화물보다 현저한 효과가 있을 것으로 생각한다. 현재 목제품의 주류를 이루고 있는 파티클보드, MDF 등의 목질재료는 앞으로 목질폐기물중 대부분을 차지할 것으로 예상되나 이들 폐기물은 대부분 비닐계통이나 LPM이 오버레이된 제품으로 폐기처리에 어려울 뿐만 아니라 재활용에도 많은 문제점을 가지고 있다. 따라서 이들의 탄화처리 이용이 재활용의 좋은 방안의 하나라고 생각한다. 이들 탄화물은 김·공(1999, 2000)의 물성조사 결과와 같이 이물질(목재성분외의 접착제, 오버레이물질 등)에 의한 안전성의 위험도 없으며 평가 항목에 따라서는 간벌재(원목)보다 우수해 이들의 탄화에 의한 탄화물로서의 이용은 환경문제 해결과 아울러 경제성을 창조하는 이상적인 폐기물 재활용이 될 것으로 생각된다. 또한 목질재료의 경우 낮은 온도에서 탄화하여도 오수처리에서 충분한 효과를 거둘 수 있을 것으로 기대되며 낮은 온도에서 탄화함으로써 비용절감 효과를 얻을 수도 있을 것으로 생각된다.

4. 결 론

국내 주요 간벌재와 목질재료 탄화물중 성능면과 자원면을 고려하여 선정된 후 오수수질정화 실험을 실시하여, 이들 목질폐간재 탄화물의 수질정화재료로서의 효과에 관하여 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 덩어리상태(약 3×3×3 cm)의 탄화물의 주방

오수 및 정화조오수 정화실험에서 간벌재 탄화물보다 목질재료 탄화물의 정화능력이 뛰어났다. 덩어리상태에서는 미세세공보다는 파티클보드의 파티클 및 MDF의 섬유간의 간극이 정화에 더 유효하게 작용했기 때문이라고 판단된다. 처리오수의 색은 처리 후 얼어졌으며 목질재료탄이 간벌재탄보다 더 옅은 색을 보였다. 냄새는 모두 감소하는 경향을 보였다.

참 고 문 헌

1. 공석우. 2001. 국산 주요 수종 및 목질재료 탄화물의 흡착 특성. 석사학위논문. 충북대학교대학원.
2. 공석우, 김병로. 1999. 미이용목질폐잔재의 탄화 이용개발 (I). 목재공학 27(2): 70~77.
3. 공석우, 김병로. 2000. 미이용목질폐잔재의 탄화 이용개발(II). 목재공학 28(2): 57~65.
4. 金炳魯, 孔錫牛, 三城昭義. 2001. 韓國産主要樹種及び木質材料炭化物の吸着特性. 日本木材學會大會研究 發表要旨集. 672.
5. 김종택. 1997. 환경오염공정시험법. 신광출판사: 118~129.
6. 安部郁夫. 1996. 木炭吸着劑の製造と利用. 木材工業 51(7): 294~300.
7. Yatagai, M., R Ito, T, Ohira and K, Oba. 1995. Effect of charcoal on purification of wastewater. Moku-zai Gakkaishi 41(4): 425~432.