



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

제주지역 골프장의 예지물 퇴비화  
방안에 관한 연구

제주대학교 산업대학원

건설환경공학과

환경공학전공

함 의 수

2009년 7월

석사학위논문

제주지역 골프장의 예지물 퇴비화  
방안에 관한 연구

지도교수 : 허 목

제주대학교 산업대학원

건설환경공학과

환경공학 전공

함 의 수

2009년 7월

# 제주지역 골프장의 예지물 퇴비화 방안에 관한 연구

지도교수 : 허 목

함 의 수

이 논문을 공학 석사학위 논문으로 제출함

2009년 7월

함의수의 공학석사학위 논문을 인준함

심사위원장 이 기 호



위 원 장 조 은 일



위 원 장 허 목



제주대학교 대학원

2009년 7월

# A Study on the Composting of Grass Clippings from Golf Courses at Jeju Island

Eui-Su Ham

*Department of Construction and Environmental  
Engineering*

*Graduate School of Industry  
Jeju National University*

*Supervised by Professor Mock Huh*

## Summary

As of January 2009, the number of golf courses in Jeju Island reached 35(26 are under operation). The 2007 grass clippings volume totaled 3,392 tons, of which 3,232.1 tons (95.3%) were incinerated and 46.9 tons (1.5%) were utilized. Also, most of grass clippings in golf courses are found to be incinerated and disposed of.

In this study, in line with the country's recent big policy, low carbon green growth, measures were examined to develop

technologies for turning grass clippings from golf courses into compost as part of recycling wastes, with a view to developing stable, fine-quality organic resources, and fully utilizing them.

To turn golf course grass clippings incinerated into compost, a by-product fertilizer which is made from food garbage (70%) and sawdust (30%) by Jeju Garbage Treatment Center, was used. This by-product fertilizer was mixed with grass clippings with the same weight, which, before the test, then was made to undergo one month of compost making and maturing. The resulting grass clippings compost (tentative name) was utilized as the seeding. In addition, additive materials such as sawdust and coconut peat were used.

As a result of the test, for making aerobic grass clippings compost, the optimal ratio of materials was found to be 3~4 : 1 : 0.5 for grass clippings, sawdust, and seeding, respectively, in terms of weight. If sawdust is difficult to supply, or the import price of coconut peat is low, coconut peat can be added to the materials.

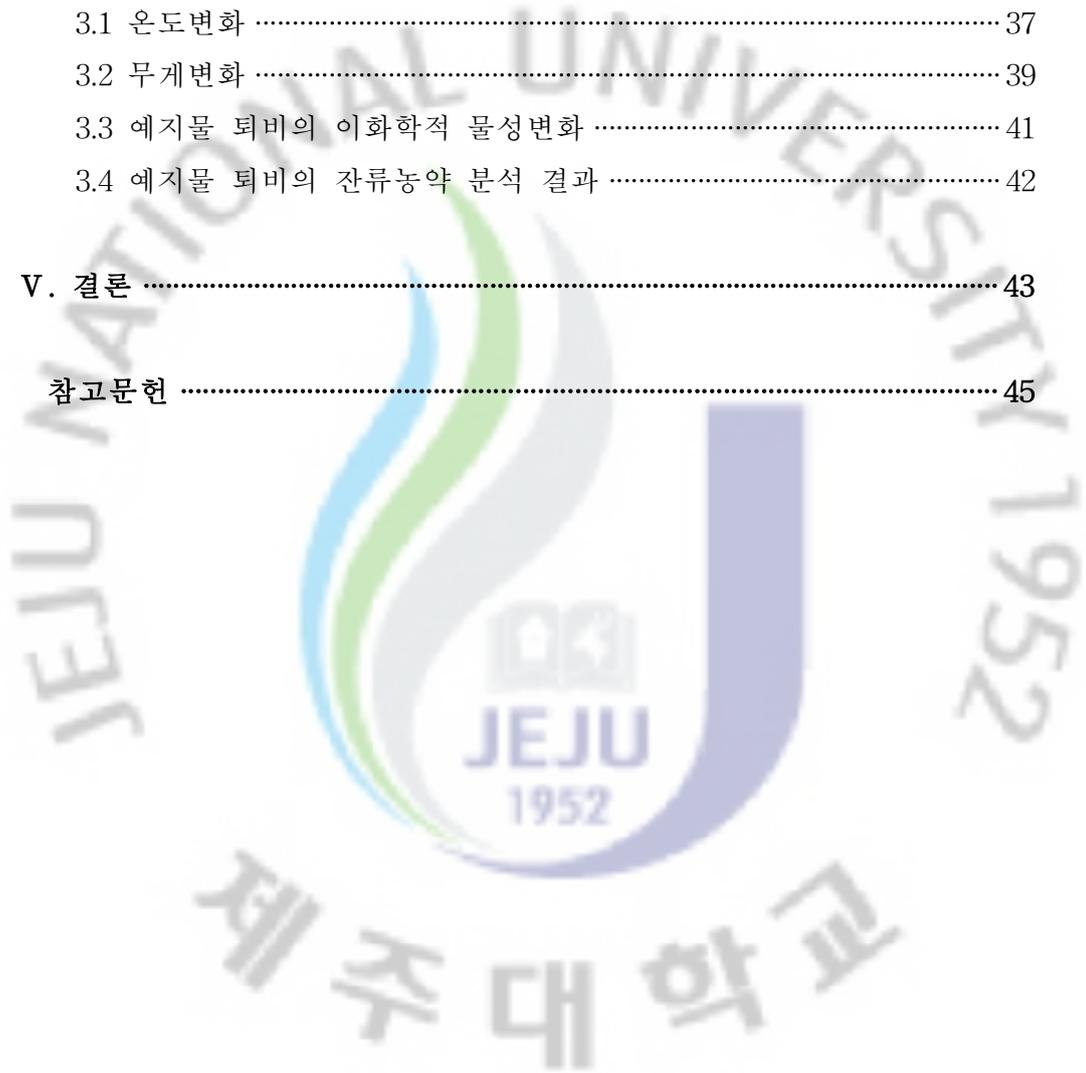
The characteristics of agricultural chemical residues in the grass clippings compost were analyzed; the chemicals were prompted to be decomposed through the high-temperature and high humidity mature process, and thus small amounts of hexaconazole and azoxystrobin at 0.181mg/kg and 0.049mg/kg, respectively, were detected. But, other agricultural chemical components were not detected.

As such, when utilizing grass clippings compost to grow various crops, the hazards of residues of agricultural chemicals are thought to be insignificant.

# 목 차

요약문 .....	i
I. 서 론 .....	1
II. 이론적 배경	
1. 제주지역 골프장 현황 .....	3
1.1 골프장 현황 및 분포 .....	3
1.1.1 제주 지역 골프장 현황 .....	5
1.1.2 제주 지역 골프장 분포 .....	6
1.2 제주 지역 골프장의 농약사용현황 .....	7
1.3 제주 지역 골프장 잔디의 종류 및 특성 .....	11
2. 예지물의 퇴비화 기술 .....	15
2.1 퇴비화의 목적 .....	15
2.2 퇴비화의 효과 .....	16
2.3 퇴비화에 관여하는 인자 .....	18
2.4 퇴비화의 문제점 .....	22
3. 예지물의 특성과 퇴비 공정규격 .....	23
3.1 잔디 예지물 특성 및 문제점 .....	23
3.2 퇴비의 품질 검사 .....	24
III. 실험재료 및 방법 .....	25
1. 퇴비화 재료 .....	25
2. 퇴비화 실험장치 .....	28
3. 퇴비화 실험조건 .....	29
4. 퇴비화 실험 방법 .....	29
5. 잔디예지물 퇴비의 잔류농약 분석방법 .....	31

IV. 결과 및 고찰 .....	33
1. 예지물 발생 현황 .....	33
2. 예지물 처리 현황 .....	34
3. 퇴비화 실험 결과 .....	37
3.1 온도변화 .....	37
3.2 무게변화 .....	39
3.3 예지물 퇴비의 이화학적 물성변화 .....	41
3.4 예지물 퇴비의 잔류농약 분석 결과 .....	42
V. 결론 .....	43
참고문헌 .....	45



## List of Tables

Table 1. The Present Status of Golf Course in Jeju Island (Jan. 2009) ···	4
Table 2. The Present Status of Golf Course in Jeju Island ·········	5
Table 3. Total Agricultural Chemical Consumption and Consumption Per Hectare of Golf Course in Jeju Island ·········	8
Table 4. Yearly Agricultural Chemical Consumption and Consumption Per Hectare of Golf Course in Jeju Island ·········	9
Table 5. Kinds of Grass Overview in Golf Courses ·········	14
Table 6. Characteristics and Problems of Grass Clippings ·········	23
Table 7. Process Specifications for By-product Compost ·········	24
Table 8. Physical and Chemical Properties of Grass Clippings ·······	25
Table 9. Mixture Ratio of Compost Materials ·········	29
Table 10. Physical and Chemical Analysis Method for Compost ·······	31
Table 11. Grass Clipping Production Overview in Golf Courses ·······	33
Table 12. Grass Clipping Treatment Overview in Golf Courses ·······	35
Table 13. Grass Clipping Incineration Overview in Golf Courses (2007) ·	36
Table 14. Results of Grass Clipping Temperature Measurement ·······	37
Table 15. A Change in Compost Weight Before and After Fermentation ·	39
Table 16. A Change in Chemical and Physical Properties of Grass Clippings ·········	41
Table 17. Results of Analysis of Residual Agricultural Chemicals in Grass Clippings ·········	42

## List of Figures

Fig. 1. The Present Status of Golf Course in Jeju Island. ....	5
Fig. 2. Distribution Map of Golf Course in Jeju Island. ....	6
Fig. 3. Yearly Agricultural Chemical Consumption Trends in Golf Courses. ....	7
Fig. 4. Agricultural Chemical Consumption and Consumption Per Hectare of Golf Course in Jeju Island ....	8
Fig. 5. Equipment for Compost Making. ....	28
Fig. 6. Temperature Change During Compost Making Tests. ....	38
Fig. 7. A Change in Compost Weight Before and After Maturing. ....	40

## List of Photos

Photo 1. Grass being clipped (Fairway) .....	26
Photo 2. Grass being clipped (Green) .....	27
Photo 3. Grass being clipped (Tee) .....	27
Photo 4. Equipment for Compost Making .....	28
Photo 5. Compost Overturn During Compost Making .....	30
Photo 6. Temperature Change During Compost Making .....	30



## I. 서론

국내 골프 산업은 골프의 대중화, 주5일 근무제의 확산 등으로 해를 거듭할수록 꾸준히 증가를 지속하고 있으며, 특히 제주도의 경우에도 80년대의 자연경관 감상 위주의 관광에서 90년 중반 이후부터의 휴양 및 체험위주의 관광 목적의 변화에 힘입어 2000년 7개소에 불과했던 골프장이 2009년 1월 현재 35개소(운영중 26개소)로 증가를 나타내었다. 이와 같은 골프장 수의 증가에 따른 경제적, 사회 체육적, 도시적 발전 등의 긍정적 효과와 더불어 각종 환경적 악영향에 대한 문제점들도 다수 지적되고 있다. 이와 같이 급격하게 증가된 골프장의 수에 따른 부정적 문제점들 중의 하나는 바로 예지물(grass clippings)의 처리문제이다.

폐기물관리법에 따르면 골프장 예지물은 사업장 폐기물로 분류되며, 동법 제17조에 의한 신고와 동법 제25조에 의한 허가를 받은 폐기물 처리업자에게 위탁하여 소각 처리하거나 동법 제46조에 의해 폐기물 재활용 신고를 한 자로 하여금 농경지의 퇴비 또는 가축의 먹이로 재활용할 수 있다고 규정되어 있다. 그러나 재활용 신고 절차의 이행과 재활용에 따라 발생할 수 있는 악취, 침출수 처리 시설에 따른 행·재정적 부담으로 인해 일반 농가에서의 이용은 소극적 자세를 취하고 있는 것이 현실이다. 따라서 제주지역 대부분의 골프장은 다량으로 배출될 수밖에 없는 골프장 잔디 예지물을 공공 소각장에 반입하여 소각 처분에 의존하고 있는 실정이다. 그리고 골프장에서의 농약사용은 병충해 및 잡초제거를 위하여 사용되어야 하는 필요한 요소이다. 이러한 골프장 농약사용에 따른 잔디 예지물 퇴비 중의 잔류농약의 성분은 퇴비로써 농업적 활용에 있어서 안전성에 중요한 요소가 된다.

이에 본 연구에서는 최근 국가적 화두로 떠오르고 있는 ‘저탄소 녹색 성장’이라는 국가 정책에 부응하기 위해 폐기물의 자원순환관리의 차원에서

골프장 잔디 예지물을 퇴비화 하는 기술 개발을 통하여 보다 안정된 양질의 유기자원을 개발하고, 그 활용을 극대화하고자 한다. 이는 과도한 처분 비용의 문제와 소각에 따른 이산화탄소의 배출 문제를 동시에 해결함으로써 골프 산업의 지속적인 친환경적 성장을 도모할 뿐만 아니라 제주지역 환경 보전을 이룩할 수 있는 계기가 될 것이다.



## II. 이론적 배경

### 1. 제주지역 골프장 현황

#### 1.1 골프장 현황 및 분포

제주지역 골프장의 수는 제주도가 관광 특구로 지정됨에 따라 활발한 증가세를 보이고 있다. 골프장 내장객의 증가, 도시 지역의 확대, 관광산업의 발전, 생활수준의 향상 등으로 인한 골프장의 건설은 1980년대 말부터 우리나라의 경제 발전에 힘입어 늘어나고 있다. 최근 들어 내수 침체에도 불구하고 골프의 점진적인 대중화와 주 5일 근무제의 확산, 접대 문화의 변화, 한국프로골퍼들의 맹활약 등 골프에 대한 인식의 변화 등으로 골프장의 수는 꾸준히 증가하고 있다. 2004년에는 전국 201개(회원제/대중제 구분) 골프장이 운영된 데 비해 2007년에는 총 280개가 운영되었다. 제주지역의 골프장의 수 또한 2004년 18개에서 2009년 35개로 크게 증가하였다. 제주지역 골프장의 현황(2009년 1월 기준)을 살펴보면 Table 1과 같다.

Table 1. The Present Status of Golf Course in Jeju Island (Jan. 2009)

Category	A Golf Course name	Address	Site Area (m <sup>2</sup> )			No. of Holes	
			Total	Private	Public	Private	Public
Total	35개소		41,965,564	34,467,826	7,497,738	702	192
Under operation	오라 CC	오라	2,012,304	2,012,304	-	36	-
	제주CC	영평	1,726,291	1,442,771	283,520	18	9
	중문CC	색달	917,764	917,764	-	18	-
	케슬렉스CC	광평	1,152,660	875,800	276,860	18	9
	크라운CC	북촌	996,240	852,866	143,376	18	9
	핑크스CC	상천	1,244,848	874,521	370,327	18	9
Total	35개소		41,965,564	34,467,826	7,497,738	702	192
Under approval	해비치CC	신흥	1,567,152	1,264,250	302,902	27	9
	나인브리지CC	광평	1,211,169	962,756	248,413	18	6
	레이크힐스CC	중문	1,213,904	1,213,904	-	27	-
	봉개프라자	봉개	442,376	-	442,376	-	9
	라운GC	저지	1,293,050	1,293,050	-	27	-
	엘리시안 CC	어음	1,545,143	1,131,858	413,285	27	9
	스카이힐제주CC	색달	1,717,934	1,248,282	469,652	27	9
	로드랜드 CC	봉성	1,164,583	1,164,583	-	27	-
	블랙스톤	금악	1,458,068	1,033,288	424,780	18	9
	수농샤인빌	가시	627,862	-	627,862	-	18
	사이프러스	성읍	1,886,000	1,420,000	466,000	27	9
	제피로스GC	와흘	959,076	959,076	-	18	-
	에버리스CC	어음	978,888	637,488	341,400	18	9
	라헨느	봉개	1,178,925	847,298	331,627	18	9
	한라산	오등	654,245	654,245	-	18	-
	테디벨리	서광	1,016,053	1,016,053	-	18	-
	세인트 포	김녕	1,728,257	1,728,257	-	36	-
	부영 CC	수망	1,483,474	1,112,941	370,533	27	9
	우리들 리조트	상호	1,086,689	1,086,689	-	18	-
	더 클래식	수망	767,120	767,120	-	18	-
소계	26개소	32,030,075	26,517,164	5,512,911			
Approved	오라관광지구	오라2동	815,666	815,666	-	18	-
	이어도	덕천	1,422,747	720,179	702,568	18	18
	그랑블 제주	금악	671,423	671,423	-	18	-
	재룡관광지구	협재	684,346	-	684,346	-	18
	비치힐스	대흘	1,356,409	1,356,409	-	27	-
	스프링데일	위미	717,594	717,594	-	18	-
Under approval	태양CC	서흥	1,297,879	1,297,879	-	18	6
	내쇼날CC	광평	1,543,000	1,020,262	522,738	18	9
	소계	2개소	2,015,473	2,015,473	522,738	36	15
Operator designated	블랙나이트	동광	1,360,050	1,360,050	-	27	-

( Data : City Planning Division of Jeju Province)

### 1.1.1 제주지역 골프장의 현황

제주지역에서 운영 중인 골프장은 2000년도 7개에서 2009년 26개로 꾸준한 증가를 보이고 있으며 제주지역 골프장을 이용하는 골프 인구도 51만 명에서 118만 명으로 급격하게 증가하고 있다. 제주도 골프장의 연도별 증가 현황을 살펴보면 Table 2와 같으며 이를 그래프로 나타내면 Fig.1과 같다.

Table 2. The Present Status of Golf Course in Jeju Island

Category	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07
No. of golf courses	7	8	9	9	12	16	19	23
No. of holes	198	225	252	252	324	432	513	612
Users (1,000)	516	572	701	782	848	977	1,017	1,188
Users per hole (people)	2,606	2,542	2,782	3,103	2,617	2,262	1,982	1,941
Increase rate in users (5%)	100	97.6	109.4	111.6	84.3	86.4	87.7	97.9

( Data : City Planning Division of Jeju Province)

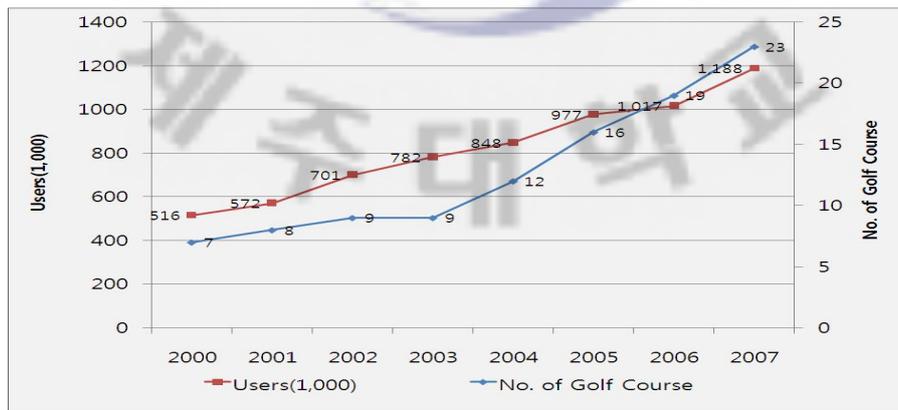


Fig. 1. The Present Status of Golf Course in Jeju Island.

### 1.1.2 제주지역 골프장 분포

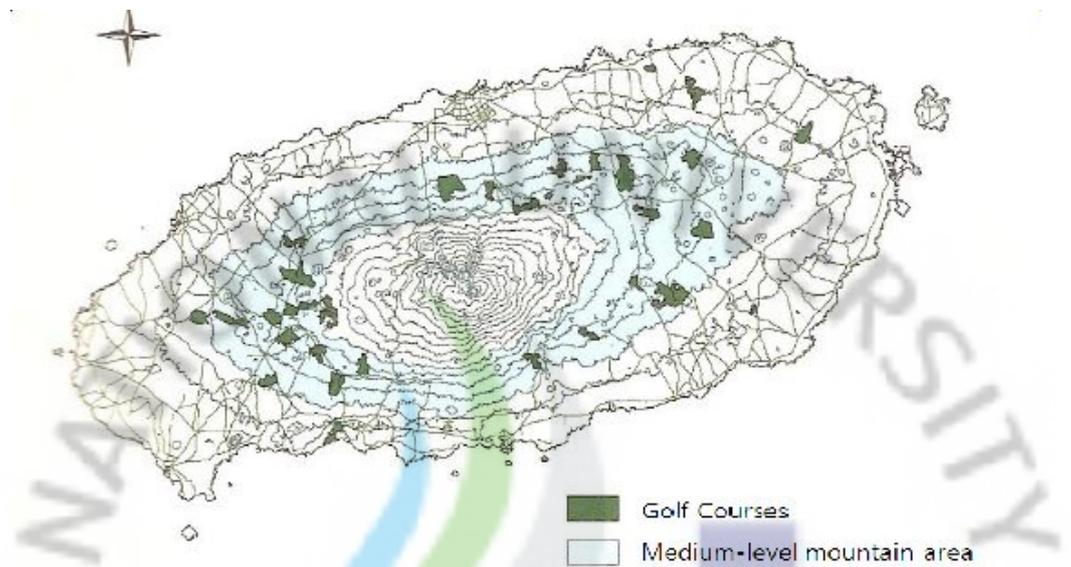


Fig. 2. Distribution Map of Golf Course in Jeju Island.

Fig. 2에서와 같이 제주지역 골프장은 거의 대부분이 해발 200~600 m 사이의 중산간 지대에 위치하고 있다. 이와 같은 분포의 원인은 중산간 지대의 지가가 해안 지역에 비해서 비교적 저렴하였기 때문으로 추정된다. 지하수의 충전 지역의 역할을 담당하여 왔던 중산간 지역의 골프장 분포도가 높은 것은 생태 변화와 수량 수질 등의 수문적 변화를 초래할 수 있는 문제점들을 내포하고 있음을 뜻하기도 한다.

## 1.2 제주지역 골프장의 농약 사용 현황

골프 코스 내 잔디예지물의 재활용 방안을 연구하기에 앞서 골프코스에 뿌려지는 농약의 양을 조사하였다.

체육시설의 설치 이용에 관한 법률 제25조 및 동법 시행규칙 제24조에 의해 골프장의 농약 사용량 조사 및 농약 잔류량 검사는 상반기와 하반기 연2회 실시되고 있다. 2007년도 골프장 농약 사용실태조사 결과에 따르면 농약 사용량은 골프장 수의 증가에 비례하여 증가하고 있는 것으로 나타났다. 전국 314개 골프장에서 2007년 연간 사용한 농약은 총 322.6톤으로 전년도 총사용량 272.4톤보다 18.4 %(50.2톤)가 늘어났으며 단위면적(ha)당 사용량은 2006년 12.03 kg에서 2007년 12.8 kg으로 6.4 %(0.77 kg) 증가하였다.

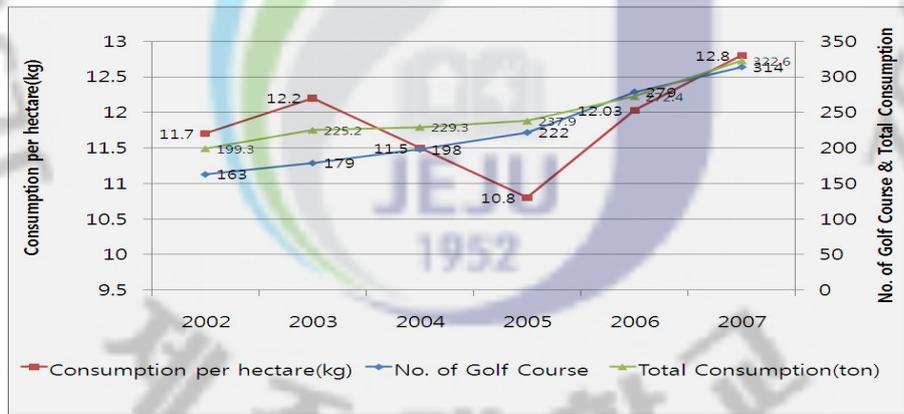


Fig. 3. Yearly Agricultural Chemical Consumption Trends in Golf Courses.

제주지역 골프장의 농약 사용량과 ha당 농약사용량을 2002년부터 2007년 까지 연도별로 나타내면 Table 3과 같다.

Table 3. Total Agricultural Chemical Consumption and Consumption Per Hectare of Golf Course in Jeju Island

Year	'02	'03	'04	'05	'06	'07
Total Consumption(kg)	18,392	22,526	28,563	38,036	38,271	41,212
Consumption Per Hectare(kg)	18.4	19.8	18.5	21.6	18.9	16.8



Fig. 4. Agricultural Chemical Consumption and Consumption Per Hectare of Golf Course in Jeju Island.

골프장의 수는 2000년 7개에서 2009년 26개로 증가하였으며 그에 따라 농약 총 사용량은 2002년 약 18톤에서 2007년 약 41톤으로 증가하였다. 골프장의 수가 늘어남에 따라 골프장에서 사용하는 농약의 총 사용량도 꾸준히 증가하였음을 알 수 있다. 그러나 제주지역 골프장의 ha당 농약 사용량은 Fig. 3의 전국 골프장 농약 사용량의 추이와 비교해 볼 때 다른 양상을 나타내고 있음을 알 수 있다. 전국 골프장 농약 사용량의 변화 추이를 살펴보면 2004년과 2005년에 다소 감소하는 듯하였으나, 다시 증가 추세를 보이고 있는 반면 제주지역 골프장의 ha당 농약 사용량은 2005년을 기점으로 감소 추세를 보이고 있다. 제주지역 골프장의 ha당 농약 사용량이 전국 평균보다 높게 나타나기는 하나 사용량이 큰 폭으로 감소하고 있다는 사실을 알 수 있다.

Table 4. Yearly Agricultural Chemical Consumption and Consumption Per Hectare of Golf Course in Jeju Island

Golf Course Overview			Yearly Agricultural Consumption(kg)					
A golf course name	Address	No. of holes	'07	'06	'05	'04	'03	'02
총 23개소	총사용량	582	41,212	38,271	38,036	28,563	22,526	18,392
	ha당 사용량		16.8	18.9	21.6	18.5	19.8	18.4
오라CC	제주시 오라동	36	3,608	3,918	4,081	3,807	3,960	4,014
제주CC	제주시 영평동	18	526	1,294	1,579	2,414	2,193	2,236
		9	182	149	519	499	317	
중문GC	서귀포시	18	2,236	1,778	2,008	2,345	2,580	1,883
케슬렉스CC	안덕면 광평리	18	1,653	1,289	1,699	1,949	2,305	1,836
		9	552	430	566	655	769	612
클라운 CC	조천읍 북촌리	18	2,080	856	1,683	2,010	2,522	2,299
		9	714	151	632	703	129	91
핑크스 GC	안덕면 상천리	18	1,030	1,255	1,743	1,962	1,711	1,621
		9	447	355	762	926	859	793

Golf Course Overview			Yearly Agricultural Consumption(kg)					
A golf course name	Address	No. of holes	'07	'06	'05	'04	'03	'02
해비치 CC	남원읍 신흥리	18	950	1,021	464	424	943	1,123
		9	297	325	1,775	1,765	360	428
나인브릿지CC	안덕면 광평리	18	1,138	1,385	1,775	1,765	1,560	1,456
		6	44	62	169	38		
레이크힐스 CC	서귀포시 중문	27	4,203	4,617	3,851	4,948	2,318	
봉개프라자	제주시 회천동	9	297	385	429	234		
라운	제주시 한경면	27	2,094	2,097	1,955	1,704		
제주스카이힐	서귀포 색달동	27	2,465	4,516	2,692	663		
		9	831	1,556	665	205		
엘리시안	애월읍 어음리	27	2,146	2,151	4,068	170		
		9	495	697				
로드랜드	애월읍 봉성리	27	2,049	2,184	2,121			
블랙스톤	한림읍 금악리	18	1,218	1,824	1,734			
		9	619	911	729			
수농샤인빌	표선면 가시리	9	406	536	940			
제피로스	제주시 조천읍	18	1,842	1,760				
사이프러스	서귀포 표선읍	27	880	531				
		9	315	223				
에버리스	제주시 애월읍	18	1,421					
		9	607					
한라산 CC	제주시 오등동	18	828					
제주라헨느	제주시 봉개동	18	439					
테디벨리	서귀포 안덕면	18	1,141					
세인트 포	제주시 구좌읍	36	1,445					

### 1.3 제주지역 골프장 잔디의 종류 및 특성

#### 1.3.1 한지형 잔디(Cool-Season Turfgrasses)

한지형잔디의 생육 최적 온도는 15.5~24℃이다. 한지형잔디는 비교적 낮은 온도에서 지상부 생장이 왕성하게 이루어지는 초종으로 한랭아습윤(寒冷亞濕潤) 기후와 한랭반건조 기후를 나타내는 지역뿐만 아니라 우리나라와 같이 한지와 난지가 함께하는 전이지역(transition zone)에도 분포함으로써 비교적 넓은 지역에 걸쳐서 분포되어 있다. 밤의 온도가 낮은 가을에 화아 분화하여 겨울의 저온 기간을 걸쳐서 늦봄에 개화, 결실하게 된다. 그러나 우리나라의 여름기후에 생육이 정지되거나 하고현상(summer depression)으로 인해 생육이 떨어지는 문제를 지니고 있기는 하나 잎의 색이 진하고 질이 좋으며 푸른 기간이 길게 지속되는 등 많은 장점을 지니고 있다. 또한 종자 파종이 원활하여 잔디 면의 조성이 쉬울 뿐만 아니라 조성 속도도 빨라 조기 녹화에 유용하며 그늘이나 습지에서 생육이 잘되는 등의 특성도 지니고 있다. 한지형잔디의 종류로는 블루그래스류(Blue grasses), 벤투그래스류(Bent grasses), 페스큐류(Fescues), 라이그래스류(Ryegrasses)가 있다.

#### 1.3.2 난지형 잔디(Warm Season Turfgrasses)

난지형잔디는 온난습윤, 온난아습윤, 온난반건조기후의 지역과 한지와 난지가 함께하는 전이지대에 걸쳐서 널리 분포되어 있고, 약 14종이 난지형잔디로 이용되고 있다. 난지형 잔디는 생육 최적 온도가 26.6~35℃로 한지형잔디와 달리 비교적 높은 온도에서 지상부 생장이 이루어지는 초종이다. 한지형잔디의 원산지가 대부분 유럽인 것과는 달리 난지형잔디의 원산지는 아프리카, 남미, 아시아 등지이다. 베티다그래스류의 원산지는 인도양 주위의 동아프리카에서부터 동 인도까지이다.

난지형잔디와 한지형잔디를 비교해 보면 일반적으로 난지형잔디가 한지

형잔디에 비해 낮게 자라며(초장이 짧음), 낮은 깎기에 강하고, 빈번한 예지, 수직 깎기 등 특수한 관리법에도 잘 견딘다. 난지형잔디는 근계 심도가 깊고 내한성(耐寒性), 내서성, 내마모성이 높은 편이나 저온에 약하고 엽색이 변한다는 단점을 지니고 있다. 또한 대부분의 한지형잔디는 종자에 의해 번식을 하나 난지형잔디는 대부분이 영양번식을 한다. 난지형 잔디의 종류로는 버뮤다그래스(Bermuda grasses), 한국잔디류(Zoysia grasses) 등이 있다.

한국잔디연구소에서 골프장 한지형 잔디의 부분적 이용에 대한 현황을 조사한 결과에 따르면 전국 골프장 249개 중 45.5% 정도가 티(teeing ground), 혹은 그린(green) 주변에 한지형 잔디를 이용하고 있었으며, 난지형 잔디인 한국잔디로 조성된 경우는 약 54.6%에 달하는 것으로 나타났다. 이렇게 한지형 잔디의 부분적 이용이 증가하는 것은 첫째, 골프장의 내장객 증가에 따라 집중답압지역에 조성된 한국잔디는 생육최성기인 여름을 제외한 봄, 가을, 겨울 동안에 생육이 떨어지거나 혹은 휴면상태에 있기 때문에 답압에 의한 마모가 심하게 발생하는 단점을 보완하기 위하여 한지형 잔디를 이용하는 것으로 보이며, 둘째 그린(green)주변에 한지형 잔디를 조성하여 그린(green)색의 윤곽을 뚜렷이 나타나게 함으로써 조형적인 미를 향상시키기 위함이며, 셋째로는 한지형 잔디는 생육기간이 길어 난지형잔디인 한국잔디에 비하여 녹색의 티(teeing ground)를 제공할 수 있다는 장점 때문에 그 이용이 점차 증가 하는 것으로 보인다. 특히 제주지역의 경우 기후적으로 연중 녹색 유지가 가능하고 영업적으로 유리하다는 이유 때문에 대부분 골프장이 한지형 잔디로 조성되었다.

최근 제주지역 골프장에서는 지구온난화로 인한 여름철 계속되는 고온현상으로 한지형잔디의 관리에 어려움을 겪고 있다. 봄철 녹색화가 빠른 이점에 비해 고온에 약하고 잦은 관수(灌水)와 다비(多肥)를 요구하는 한지형잔디의 관리상의 어려움을 보완하고자 최근 티잉그라운드와 페어웨이에 난지형잔디로 교체한 골프장도 있다. 2008년 오라 골프장의 경우 티와 페어웨이

에 난지형잔디인 Bermudagrass로 교체 하였고 제주케슬렉스 골프장도 회원제에 난지형잔디인 Zoysiagrass(중지)로 교체하였다. 그러나 아직까지 제주 지역 대부분 골프장 골프코스의 잔디 종류는 Table 5와 같이 한지형잔디인 Kentucky bluegrass와 Creeping bentgrass로 구성되어 있다(한지형 잔디인 Perennial Ryegrasses를 혼합하여 파종하는 골프장도 있음).



Table 5. Kinds of Grass Overview in Golf Courses

Category	A Golf Courses Name	Address	Kinds of Grass (Tee, Fairway, Green)
under operation	오라 CC	오라	Bermudagrass, Creeping bentgrss
	제주CC	영평	Kentuckybluegrass, Creeping bentgrss
	중문CC	색달	Bermudagrass, Creeping bentgrss
	케슬렉스CC	광평	Kentuckybluegrass, Zoysiagrass, Creeping bentgrss
	클라운CC	북촌	Kentuckybluegrass, Zoysiagrass, Creeping bentgrss
	핑크스CC	상천	Kentuckybluegrass, Creeping bentgrss
	해비치CC	신흥	Kentuckybluegrass, Zoysiagrass, Creeping bentgrss
	나인브리지CC	광평, 봉성	Creeping bentgrss
	레이크힐스CC	중문	Kentuckybluegrass, Creeping bentgrss
	봉개프라자	봉개	Kentuckybluegrass, Creeping bentgrss
	라운GC	저지	Kentuckybluegrass, Creeping bentgrss
	엘리시안 CC	어음	Kentuckybluegrass, Creeping bentgrss
	스카이힐제주CC	색달	Creeping bentgrss
	로드랜드 CC	봉성	Creeping bentgrss
	블랙스톤	금악	Kentuckybluegrass, Creeping bentgrss
	샤인빌	가시	Kentuckybluegrass, Creeping bentgrss
	사이프러스	성읍	Kentuckybluegrass, Creeping bentgrss
	체피로스GC	와흘	Kentuckybluegrass, Creeping bentgrss
	에버리스CC	어음	Kentuckybluegrass, Creeping bentgrss
	라헨느	봉개	Creeping bentgrss
	한라산	오등	Kentuckybluegrass, Creeping bentgrss
	테디벨리	서광	Bermudagrass, Creeping bentgrss
	세인트 포	김녕	Kentuckybluegrass, Creeping bentgrss
	부영 CC	수망	Kentuckybluegrass, Creeping bentgrss
	우리들 리조트	상효	Kentuckybluegrass, Creeping bentgrss
	더 클래식	수망	Kentuckybluegrass, Creeping bentgrss
Total	No. of 26		

## 2. 예지물의 퇴비화 기술

### 2.1 퇴비화의 목적

퇴비화는 환경에 악영향을 미치지 않고 호기성 조건 하에서 생물학적으로 유기물을 안정화 시키는 유기성 폐기물 자원화 방법 중 하나이다. 즉, 도시 폐기물 중의 음식물폐기물, 축산폐기물, 낙엽 또는 하수 처리장 슬러지와 같은 유기물을 고분자이고 안정한 상태의 부식토로 변환시키는 생화학적 공정이다. 부산물인 퇴비는 100 % 안정화된 유기물은 아니며 퇴비내의 유기물질은 매우 느린 속도로 계속해서 분해 될 것이다. 그러나 그 분해 속도는 매우 느려 토양 주입 기간 동안 발생된 열에 의해 다른 처리 방법에서는 살아남을 가능성이 있는 많은 병원균을 파괴 시킬 수 있다는 점이다.

농장에 적합한 토양을 만들려면 10a 당 1,000~1400 kg의 유기물을 사용할 필요가 있다. 그러나 단지 유기물을 사용하는 것만으로는 오히려 토양에 해가 될 수 있기 때문에, 퇴비화 과정을 거치는 것이 필요하다. 유기물을 퇴비화 하는 목적은 다음과 같다.

#### ■ 불안정한 유기물의 분해

유기물은 자연계에서 언젠가는 분해되어가며 이때 산소를 소비한다. 이 분해 속도가 너무 빠르면 토양중의 산소가 결핍되어 식물에 해를 준다. 채소 밭에 사용하는 유기물은 충분히 분해되어야 한다. 퇴비화의 첫째 목적은 원료중의 분해되기 쉬운 유기물을 분해 제거하여 안정화 하는 것이다.

#### ■ C/N비의 개선

농업잔사나 도시 쓰레기와 같은 유기성 폐기물은 탄소 C와 질소 N의 함유물비인 C/N비 크다. 즉 질소분에 비하여 탄소분이 많다. 이와 같은 유기

물을 농지에 직접 사용하면 이 탄소분이 토양중의 질소분과 반응해서 이것을 소비하기 때문에 작물이 작용할 수 있는 질소분이 감소해 버린다. 이것을 질소기아라고 한다. 현재 C/N비가 5인 퇴비를 C/N비가 10인 토양에 사용했다고 하면 퇴비의 토양부식 과정에서 질소 비료성분이 유리해서 작물에 유효한 질소원으로서 작용한다. 즉 지효성(遲效性)으로 계속적인 질소 비료로서 기능을 하게 된다. 반대로 사용하는 비료의 C/N비가 토양의 C/N비보다 높은 경우에는 셀룰로오스를 주체로 한 탄소화합물을 부식화하는 과정에서 미생물은 토양 중의 질소분을 고정하므로, 작물이 섭취할 수 있는 유효 질소성분이 토양에서 빼앗기게 된다. 퇴비화 과정에서는 탄소분은 이산화탄소로 되어 대기 중에 휘산하므로 C/N비가 개선된다. 이것이 퇴비화의 두 번째 목적이다.

#### ■ 세균, 해충, 잡초종자의 불활성화

퇴비화 과정 중에 일어나는 하나의 특징은 온도의 상승이다. 재료가 50~60℃라는 고온에 노출됨에 따라 병원균 세균, 병충란, 유해곤충란, 바이러스, 잡초종자 등의 대부분이 불활성화 되고 식물이나 사람, 가축에 무해하게 된다. 살균, 살충작용에 의한 불활성화도 퇴비화의 목적의 하나이다.

#### ■ 원료의 오물감 해소

식물성 폐기물이 갖는 독특한 오물감이나 악취는 퇴비화 과정을 거침에 따라 현저히 경감해서 취급하기 쉽게 된다.

## 2.2 퇴비화의 효과

퇴비를 사용함에 따라 포장에는 여러 가지 효과가 나타난다. 퇴비의 효능으로서 들을 수 있는 것을 정리하면 다음과 같다.

#### ■ 부식질의 공급과 토양구조의 개선

앞에서 서술한 바와 같이 퇴비의 사용은 토양에 부식질을 공급해서 입단구조(粒團構造)를 만들고, 토양의 물리 화학적 성상을 개선한다. 퇴비를 사는 것은 부식질에 돈을 지불하는 것이라고 하는 사람이 있을 정도이다.

#### ■ 미생물의 공급과 병충해의 억제

퇴비를 사용한 토양에는 각종세균, 원생동물, 지렁이 등이 많아지고, 이들이 복잡한 먹이 연쇄를 형성함에 따라 유해병원미생물의 급격한 증식을 억제한다.

#### ■ 비료성분의 유지

입단구조(粒團構造)가 된 수분함유가 좋은 토양은 비료 함유력도 좋다 또한 부식질은 퇴비성분인 암모니아, 칼슘, 같은 양이온을 유지하는 능력이 있다.

#### ■ 완충능의 증대

화학비료를 많이 사용하면 토양 pH 등의 화학적 성질이 변화한다. 그러나 다양한 물질을 함유하고 있는 퇴비는 이 변화를 작게 할 수 있다.

#### ■ 유해물의 저지

부식질은 알루미늄과 결합하는 능력이 강하다 일본의 밭에는 산성토양이 많으며, 이러한 토양에는 반응하기 쉬운 알루미늄이 많다. 알루미늄은 뿌리를 상하게 하기도 하고 인산을 고정해서 식물에 흡수할 수 없는 형태로 하는 힘이 있다. 퇴비는 알루미늄과 반응해서 식물에 해를 주지 않는 형태로 해 준다. 동, 납, 카드뮴에 대해서도 같은 작용을 한다.

### ■ 비료성분과 미량원소의 공급

퇴비비료는 질소, 인산, 칼륨의 비료의 3요소를 함유하고 있고, 또한 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 규산, 망간, 몰리브덴 등의 미량원소도 함유하고 있다. 그러나 함유량은 그다지 크지 않으므로 이 효과를 과대하게 생각해서는 안 된다.

## 2.3 퇴비화에 관여하는 인자

### ■ 통기량 (공기량 aeration)

성공적인 퇴비화 반응을 위해서 필수적인 성분이 산소이다. 미생물이 에너지를 얻기 위하여 탄소를 산화시킴에 따라 산소는 사용되고 이산화탄소가 생성된다. 충분한 산소가 없다면 그 과정은 혐기성으로 되고 저급지방산, 황화수소 등의 심한 악취가 발생하게 된다. 계란이 썩는 냄새가 나게 되면 황화수소 가스가 발생하여 혐기성으로 전환되었다는 것을 알 수 있다. 반대로 산소가 너무 많으면 미생물의 산화열이 냉각되어 퇴비화 반응기 내의 온도가 올라가지 않으며 저온에서의 분해 속도는 고온보다도 상대적으로 느리게 된다. 대기 중의 산소농도가 21 %이지만 퇴비화에 있어서 유용한 호기성미생물은 5 %보다 낮은 영역의 산소농도에서도 살아남을 수 있다 가능한 내부온도의 냉각을 방지하면서 10 %이상의 산소 농도를 유지한다면 호기성 조건을 유지하는 것이 가능하다. 이러한 산소공급을 위하여 많은 장치에서 다양한 방법으로 접근하고 있다 외부에서 브로워를 통하여 공기를 공급하기도 하고 주기적으로 퇴비더미를 뒤집기 하기도 한다.

### ■ 통기 개량제 (bulking agent)

하수오니 식품폐기물 등과 같이 유기물이 점성을 유지할 경우 산소의 통기가 어려워져 혐기성 반응이 일어나 반응속도에 영향을 미치므로 전처리

과정 중에 통기개량제인 볏짚, 왕겨, 톱밥, 나무껍질 등을 혼합하여 통기를 개량하는 외에 C/N비와 수분함유량을 조절하는 데 사용 된다.

#### ■ 온도

퇴비화 과정 중에 자연 발생하는 열에 의하여 온도가 적절하게 유지되나 온도가 높거나 낮을 때에는 분해율이 저하 된다 보통 대형 퇴비화시설에서는 온도제어를 하지 않고 있으나 때에 따라서는 제어가 요구 된다. 퇴비화 과정 중에 온도는 70℃ 이상까지도 유지되나 일반적 제어 온도 50℃, 60℃에서 이루어지며 탄소 분해율이 좋은 온도는 60℃로 알려져 있다. 퇴비화의 초기에는 미생물에 의하여 분해되기 쉬운 당류 단백질 지방 등이 분해되어 발열반응에 의하여 온도 상승을 가져온다 온도가 높은 상태에서 고열 균이 우점 종으로 나타나며 유기물이 분해되고 수분이 저하되면 온도가 떨어지게 된다.

#### ■ 수분함량

물은 미생물의 세포구성인자로서 미생물은 양분을 유동상태에서만 흡수 가능하다. 유기물 중에 수분함량이 30 % 미만일 경우 미생물의 활동에 지장을 주게 된다. 또한 함수율이 높은 경우 산소의 확산을 저해하고 공기의 통기성을 저하시켜 반응속도가 저하 된다 보통 초기 수분 함유량은 40~60 % 하수오니의 경우에는 60 %가 최적이다.

#### ■ 수소이온농도(pH)

미생물은 생육에 알맞은 pH를 가지고 있다. 일반적 세균은 pH치가 5~9 범위에서 생육되며 중성 부근에서 미생물의 활동이 전반적으로 높아진다. 퇴비화 과정에서 관찰되는 pH 범위는 5.5~8.5 사이로서 일반적으로 초기에는 낮은 값을 유지하고 퇴비화반응이 진행됨에 따라 약 알칼리성을 진행 한

다 퇴비화반응의 초기에는 원료입자의 내부에 충분한 산소가 공급되지 않은 채로 내부물질이 혐기적으로 분해됨으로 저급지방산등이 발생하고, 시간이 지남에 따라 공기공급이 원활히 되면서 분해가 활발히 진행되어 질소 성분 중의 암모니아가 발생되게 된다. 이러한 암모니아의 발생이 활발하게 되면서 물질 내에 암모늄이온이 잔존되어 약 알칼리성을 띠어 8이상의 pH를 유지하게 된다. 퇴비화 과정 중에 많이 일어나는 현상 중에 하나가 공기가 적게 공급될 시에 pH가 4.5이하로 떨어지는 것으로 이러한 현상이 일어날 경우에는 공기공급을 원활히 하고 동시에 소석회와 같은 중화제를 사용하여 pH를 농도를 올려주어야 한다.

- 1) 퇴비화의 경우 초기에는 약산성으로 되나 반응이 진전되면서 8이상으로 된다.
- 2) 퇴비화 시에 산성을 유지할 경우 C/N비가 높거나 점도가 높아 혐기성 발효가 일어나 유기산이 생성된다.
- 3) 알칼리를 유지할 경우 암모니아가 유리되어 pH 상승한다.
- 4) pH 조절을 위하여 석회나 유황을 첨가한다.

#### ■ 영양물질(C/N비)

많은 원소 중에서 탄소와 질소는 생물에게 매우 중요한 원소로 작용하며 또한 분해정도를 가름하는 중요한 지표로 사용 된다. 이들의 함량 비를 탄질소비, C/N비로 나타내게 된다. 탄소는 흔히 발열량 즉 에너지의 양을 예측하는 기본 자료로서 사용되며 미생물세포의 약 50 %를 탄소로 되어 있다. 질소는 단백질 핵산 세포성장과 기능조절을 위한 필요한 아미노산의 구성성분으로서 효소와 Coenzyme의 주요한 구성요소이다. 퇴비화에 있어서 분해를 촉진시키기 위해서는 생체에 가장 많은 양을 차지하고 있고 대사를 위하여 가장 많이 필요한 두 원소의 최적의 양을 공급하지 않으면 안 된다. 이를 위해서는 사용하는 원료 내에 탄소와 질소비를 측정하고 최적의 비율

로 조정해줄 필요가 있다. 원료성상에 따라 최적의 값이 달라질 수 있으나 일반적으로 퇴비화에서 있어서 가장 이상적인 탄소와 질소의 무게비율은 50 이하로서 25~30:1이다 만약에 비율이 25~30이하일 경우에는 질소성분의 유실이 커지며 암모니아 등의 악취가 심하게 발생하게 된다. 비율이 25~30 이상으로 되는 분위기에서는 미생물의 성장에 필요한 질소원이 적어 미생물의 성장에 장애를 줌으로서 퇴비화의 반응속도가 느리게 진행되게 된다.

1) C/N비가 높은 경우

- 질소원의 부족으로 분해하는데 긴 시간이 요구
- 분해 속도가 늦어짐
- 부분혐기성 유지 시에 저급지방산을 생산하여 pH 저하

2) C/N비가 낮은 경우

- 암모니아(NH<sub>3</sub>)의 발생이 과다하게 되어 반응속도 제한

3) C/N비와 퇴비화 일수 : 20(12일) 20~50(14일) 128(21일)

도시폐기물에 오니를 첨가하여 C/N비를 적절하게 조절하면 반응속도를 제어할 수 있다. 일반적으로 녹색을 띠면서 수분을 포함하여 습기가 있는 원료는 질소가 높은 경향을 보여주고 있으며 갈색이면서 건조한 것은 탄소가 높다. 퇴비화를 하기 위해서 적절한 C/N비를 맞추어 주기 위해서는 높은 C/N비의 것과 낮은 C/N비의 것을 적절하게 혼합하여 사용해야 한다. 일반적으로 우리나라에서는 축분 및 음식물쓰레기의 퇴비화를 위하여 톱밥 혹은 왕겨를 사용하고 있다.

■ 미생물과 퇴비

- 1) 유기물 분해는 미생물에 의하여 좌우되므로 존재 여부 관찰 필요
- 2) 미생물의 우점화를 위하여 프로세스 제어가 필요
- 3) 반송퇴비 수분 통기량 탄소/질소비 온도 등의 조건에 따른 미생물의 대사 활동에 영향을 받음

## 2.4 퇴비화의 문제점

퇴비화하여 퇴비를 생산할 경우 품질관리 및 유통체계를 고려해야 하며 다음과 같은 문제점이 있다.

### ■ 품질관리

중금속 : 유해물질이 존재하는 경우 슬러지의 생체에 농축되어 슬러지 퇴비화 시에도 잔류할 가능성이 있다. 제품 퇴비를 작물에 사용할 경우 농림수산부에서 정한 부산물 비료에 관한 규제치를 만족시키는 제품이어야 한다.

\* 항목함유농도 : 비소 50 mg/1이하, 수은 2 mg/1이하, 납 50 mg/1이하

### ■ 위생처리

하수슬러지 중에는 병원균 기생충 바이러스 및 잡초씨 등이 들어 있을 가능성이 있으므로 이에 대한 위생처리가 필요하다. 위생생물에 대하여는 발효온도 60~70℃ 이상의 상태가 1~2일 이상 지속되면 일반적으로 위생처리 되었다고 볼 수 있으나 제품화하여 공급할 퇴비에 대해서는 반드시 정기적인 확인 검사가 필요하다.

### ■ 유통체제

연중 발생하는 퇴비에 대하여 농가에서는 농작물의 생장 기간 이외에 겨울철 및 장마철 등 연중 3~4개월간은 퇴비에 관한 수요가 적으므로 슬러지 퇴비의 저장 보관의 문제가 발생 된다. 슬러지 퇴비의 함수율이 35 %이내 이므로 함수율이 높아지지 않도록 보관에 주의를 기울여야 하고 넓은 보관 장소가 필요하다. 장기간 보관 시에 발생할 수 있는 악취 등에 관한 환경 오염방지 설비도 필요하다.

### 3. 예지물의 특성과 퇴비 공정규격

#### 3.1 잔디 예지물 특성 및 문제점

Table 6은 잔디 초종별로 발생한 협잡물의 입자크기 및 함유성분 등을 나타낸 예지물 특성과 협잡물 혼합의 문제점을 나타냈다.

Table 6. Characteristics and Problems of Grass Clippings

Grass Clippind	Characteristics and Problems
Bentgrass	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 협잡물의 입자크기 : 2 cm이하(대부분 1 cm이하)</li> <li>- 협잡물함유량 : 모래함유량 - 65 %(중량비)</li> <li>- 진한 녹색으로 질소함량 높으나 모래 등의 함량이 높아 상대적으로 낮음 (T-N : 2.0~2.5 %)</li> <li>- 유기물함량이 낮음(모래 등 협잡물 다량 함유가 원인)</li> <li>- 수분함량이 높음</li> </ul>
Kentucky bluegrass	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 협잡물의 입자크기:0.5~4 cm(대부분 1~3 cm이하)</li> <li>- 협잡물함유량: 낙엽 및 모래 소량 함유</li> <li>- 진한 녹색으로 질소함량 높음(T-N : 4.7~5.4 %)</li> <li>- 유기물함량이 높음(85~90 %)</li> <li>- 수분함량이 높음</li> </ul>
Zoysiagrass	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 협잡물의 입자크기 : 0.5~12 cm(3 cm정도로 조절 필요)</li> <li>- 협잡물함유량 : 낙엽 및 고초 일부 함유</li> <li>- 연한 녹색으로 질소함량 낮음(T-N : 2.0~2.5 %)</li> <li>- 유기물함량이 높음(노화된 잔디 -고초- 의 함유)</li> <li>- 유기물함량 90~93 %</li> <li>- 수분함량이 상대적으로 약간 적음</li> </ul>

### 3.2 퇴비의 품질 검사(공정 규격)

부산물비료 퇴비의 공정규격은 Table 7과 같다. Table 7에서 알 수 있는 바와 같이 잔디 예지물의 퇴비화에 의해 부산물 비료 퇴비로 활용하기 위해서는 특히, 유기물/질소 비를 50이하로 낮추어야 하기 때문에 탄소 함량이 높은 톱밥의 첨가량을 조절하여야 할 것이다.

Table 7. Process Specifications for By-product Compost

Category	Standard
Organic matter	More than 25 %
Organic matter/nitrogen	Less than 50
Moisture	Less than 50 %
As	Less than 50 mg/kg
Cd	Less than 5 mg/kg
Cr	Less than 300 mg/kg
Hg	Less than 2 mg/kg
Cu	Less than 300 mg/kg
Ni	Less than 50 mg/kg
Pb	Less than 150 mg/kg
Zn	Less than 900 mg/kg
Salt	Less than 1 %

### Ⅲ. 실험재료 및 방법

#### 1. 퇴비화 재료

본 실험 연구에서의 실험기간은 2009년3월28일부터 잔디 예지물 퇴비화에 따른 농약잔류분석 결과가 나온 6월18일까지이다. 퇴비화 처리에 사용된 잔디예지물은 케슬렉스 C.C의 Kentucky bluegrass, Zoysiagrass(중지), Creeping bentgrass를 Photo 1, 2, 3과 같이 현장 채취하여 이용하였으며, 이 예지물의 이화학적 물성은 Table 8과 같다.

Table 8. Physical and Chemical Properties of Grass Clippings

Item	Unit	Result	Remarks
Water content	%	64.5	
Ignition loss	%	86.7	
Apparent specific gravity		0.07	
pH	H <sub>2</sub> O	7.5	
EC	mS/cm	11.5	
C	%	33.1	Based on dried grass
N	%	3.3	Based on dried grass
P <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	%	2.0	Based on dried grass
K <sub>2</sub> O	%	5.8	Based on dried grass
CaO	%	7.2	Based on dried grass
MgO	%	2.0	Based on dried grass
Zn	ppm	193	Based on dried grass
Cu	ppm	42	Based on dried grass
Asch content	%	33.2	Based on dried grass

(Data: Research of biomass quantity in Jeju area and resource for CDM, 2009)

퇴비화 처리를 위한 부산물비료로는 제주도 음식물쓰레기 자원화센터에서 음식물쓰레기(70%)와 톱밥(30%)으로 생산된 것을 이용하였다. 이 부산물비료와 잔디 예지물을 동일 중량으로 혼합시켜 실험 전 약 1개월간의 퇴비화와 숙성단계를 거쳐 제조된 예지물 퇴비(가칭)를 최종 식중용 퇴비로 활용하였다. 그 외의 첨가 재료는 톱밥과 코코넛피트를 사용하였다.

페어웨이(Fairway)는 5월 초순부터 10월말까지 1주일에 평균 2번 예초를 한다.



Photo 1. Grass being clipped (Fairway)

그린(Green)은 3월과 11월은 3~4일에 한번 예초하고 4월부터 10월말까지 거의 매일 예초를 한다.



Photo 2. Grass being clipped (Green)

티(Teeing ground)는 5월중순부터 10월말까지 일주일에 평균 2번 정도 예초를 한다.



Photo 3. Grass being clipped (Tee)

## 2. 퇴비화 실험장치

본 실험연구에 이용된 정체식(box형) 퇴비화 장치는 아래 Fig. 5와 같이 자체 제작하였으며 실제 모습은 Photo. 4와 같다.

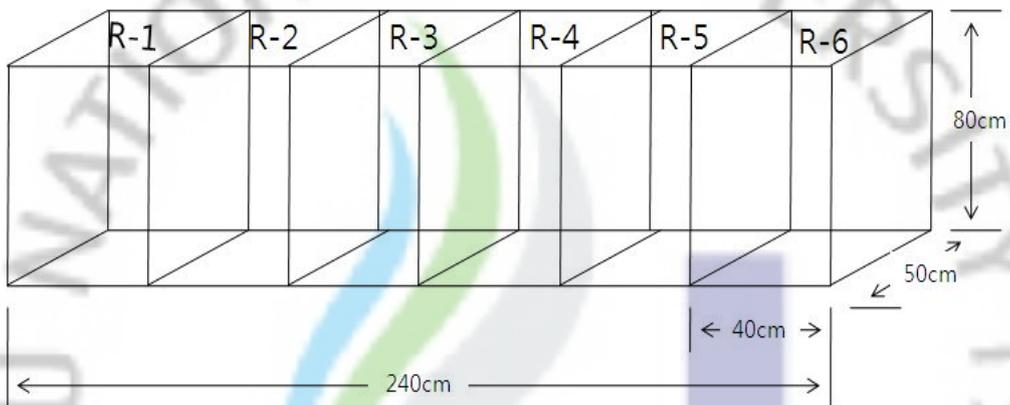


Fig. 5. Equipment for Compost Making.



Photo 4. Equipment for Compost Making

### 3. 퇴비화 실험조건

본 실험에서의 퇴비화를 위한 혼합비율은 Table 9와 같다. R-1에서 R-4까지는 톱밥(1)과 식종퇴비(0.5)의 일정한 무게비로 첨가하면서 예지물의 무게 비율을 다르게 하는 조건으로 실험을 하였다. R-5 와 R-6에서는 추가로 코코넛피트(0.5)를 동량비율로 첨가하면서 예지물의 무게비율을 달리하는 조건으로 실험해 보았다.

Table 9. Mixture Ratio of Compost Materials

(Unit: weight volume)

	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6
Grass Clipping	1	2	3	4	2	4
Sawdust	1	1	1	1	1	1
Seeding	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Coconut peat	0	0	0	0	0.5	0.5

### 4. 퇴비화 실험방법

Table 9에서와 같은 혼합비율로 제조된 실험재료의 총무게는 17.5 kg~42kg이었으며, 이를 사전 계량한 후에 24일간의 실험기간 동안 매일 일정시간에 Box를 개방하여 뒤집기를 하였으며, 일정시간이 경과 후 온도계(HY-550)로 퇴비더미 내의 온도를 측정하였다.



Photo 5. Compost Overturn During Compost Making



Photo 6. Temperature Change During Compost Making

퇴비화 실험 후의 이화학적 물성변화를 폐기물 공정 시험법과 토양 화학 분석법에 따라서 Table 10과 같은 방법으로 조사 분석하였다.

Table 10. Physical and Chemical Analysis Methods for Compost

Item	Analysis Method	Source
pH	1:5법	토양화학분석법
Moisture	중량법	공정시험법
Organic matter	중량법	공정시험법
T-C	dry-ash법	토양화학분석법
T-N	흡광광도법	공정시험법
CEC	1N-NH <sub>4</sub> OAc법	토양화학분석법

#### 5. 잔디 예지물 퇴비의 잔류농약 분석 방법

##### ■ 추출

채취된 시료 25g을 메탄올 50 ml과 증류수 100 ml를 첨가한 후 1시간 동안 격렬하게 진탕한다. 이후 시료를 cilite 545를 첨가하여 여과한 후 rotary vacuum evaporator로 농축하여 water layer만을 회수하였다.

##### ■ liquid-liquid partition

Separatory funnel에 water layer와 n-hexane 100 ml을 넣고 격렬하게 진탕한 후 유기층을 취한 후 수층에 다시 n-hexane 500 ml를 첨가한 후 다시 진탕하여 유기층을 앞의 유기층과 합친 후 rotary vacuum evaporator로 농축하여 n-hexane 10 ml로 정용하여 분석의 시료로 사용하였다.

■ 기기의 분석 조건

- Instrument : Donam 6200 GC
- Detector :  $^{63}\text{Ni}$  - Electron Captuer Detector(ECD)
- Column : DB-5 fused silica capillary column(0.32mm i.d.×30m, 0.5 $\mu\text{m}$  film thickness)
- Temperature : Column oven 230 $^{\circ}\text{C}$   
Detector block 310 $^{\circ}\text{C}$   
Injection port 250 $^{\circ}\text{C}$
- Gas flow rate : Carrier N<sub>2</sub> 2.5 mL/min
- Make-upflow(with career) 40 mL/min
- Sample size : 1 $\mu\text{l}$



#### IV. 결과 및 고찰

##### 1. 예지물 발생현황

2008년도 제주지역 내 골프장에서의 예지물 발생 현황은 Table 11과 같다.

Table 11. Grass Clipping Production Overview in Golf Courses

Area	A golf Course Name	Production(m <sup>3</sup> )
Total		3,392.0
제주시동지역	오라CC	4.2
	제주CC	25.4
	제주라헨느	68.1
	한라산	36.3
제주시읍면지역	크라운CC	61.0
	라운CC	186.3
	블랙스톤CC	64.8
	제피로스CC	98.8
	엘리시안CC	1,010.0
	에버리스CC	306.9
	로드랜드CC	259.1
서귀포동지역	중문CC	91.1
	레이크힐스 제주CC	77.5
	스카이힐 제주CC	674.2
서귀포읍면지역	케슬렉스CC	19.1
	핑크스CC	168.8
	해비치CC	187.6
	나인브릿지CC	39.4
	샤인빌CC	12.6

Table 11에서와 같이 연간 3,392톤의 예지물이 발생된 것으로 파악 되었으나, 상기 자료에서와 같이 각 골프장별로 그 발생량이 크게 차이가 있다는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 큰 차이의 원인으로 잔디 종류의 차이와 각 골프장별 예지물 관리 요령이 일정하지 않다는 점, 골프장 입지의 차이에 따른 온도의 영향으로 잔디 성장 속도에 다소의 차이가 있다는 점 등의 이유들을 유추해 볼 수는 있으나, 그 정확한 원인을 확인할 수는 없었다.

## 2. 예지물 처리현황

제주도 골프장 잔디 예지물 2007년도 발생량은 3,392.0톤/년으로 이 중 소각이 3,232.1톤/년(95.3 %), 자체활용 46.9톤/년(1.4 %), 농가보급 63.6톤/년(1.9 %), 기타 (보관) 49.4톤/년(1.5 %)로 조사 되었으며, 대부분의 골프장 잔디 예지물은 소각 처리하는 것으로 나타났다. 여기서 알 수 있는 바와 같이 일부 골프장에서만 퇴비화와 소멸화 방법에 의한 자체 활용이 있을 뿐이며, 이들 또한 현장 확인에 의하면 체계적이며, 효율적인 퇴비화 관리는 이루어지지 못하고 있다는 점을 알 수 있었다.

Table 12. Grass Clipping Treatment Overview in Golf Courses

시 군 별	골프장명	처 리 현 황						비고 보관 (톤)
		계 (톤)	소각 (톤)	자 체 활 용			농가 보급 (톤)	
				소계 (톤)	퇴비 화 (톤)	소멸 퇴비 화기 기 (톤)		
	합계	3,342.6	3,232.1 (95.3%)	46.9 (1.4%)	43.6	3.3	63.6 (1.9%)	49.4 (1.5%)
제주 시동 지역	오라CC	4.2		4.2	4.2			
	제주CC	25.4	25.4					
	제주라헨느	22.2	22.2					45.9
	한라산	36.3	36.3					
제주 시읍 면 지역	크라운CC	61.0	61.0					
	라운CC	186.3	179.2	0.1		0.1	7.0	
	블랙스톤CC	64.8	14.2				50.6	
	제피로스CC	98.8	95.6	3.2		3.2		
	엘리시안CC	1,010.0	1,010.0					
	에버리스CC	306.9	306.9					
서귀 포동 지역	로드랜드CC	259.1	253.1					
	중문CC	91.9	91.9					
	레이크힐스 제주CC	77.5	77.5					
서귀 포읍 면지 역	스카이힐 CC	674.2	674.2					
	케슬렉스CC	19.1	19.1					
	핑크스CC	168.8	168.8					
	해비치CC	184.1	184.1					3.5
	나인브릿지CC	39.4		39.4	39.4			
	샤인빌CC	12.6	12.6					

Table 13. Grass Clipping Incineration Overview in Golf Courses (2007)

Month	North		South		Total (ton)
	Incineration amount (ton/month)	Ratio(%)	Incineration amount (ton/month)	Ratio(%)	
1	-	-	24.06	100.0	24.06
2	1.14	5.06	21.39	94.94	22.53
3	5.70	8.24	63.49	91.76	69.19
4	41.78	22.80	141.45	77.20	183.23
5	75.17	23.72	241.67	76.28	316.84
6	129.46	26.62	356.88	73.38	486.34
7	89.91	20.89	340.59	79.11	430.50
8	43.44	15.32	240.03	84.68	283.47
9	28.61	18.26	128.11	81.74	156.72
10	17.98	30.61	40.76	69.39	58.74
11	10.22	7.50	126.06	92.50	136.28
12	0.16	1.01	15.71	98.99	15.87
Total (ton/year)	443.57	20.31	1,740.20	79.69	2,183.77

Table 13에서와 같이 제주도내에서 운영 중인 북부와 남부소각장에 반입되어 소각 처리되는 것으로 파악되는 2183.77톤과 신고된 3232.1톤 사이에 상당 차이가 있다는 점을 알 수 있었다. 그리고 전체 연간 소각량 중에서 예지물의 발생량 가장 클 수밖에 없는 여름철(5~8월)에 전체 발생량의 약 70%가 발생하는 계절적 편중현상도 확인할 수 있었다.

### 3. 퇴비화 실험 결과

#### 3.1 온도 변화

Table 14. Results of Grass Clipping Temperature Measurement

Date	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6
April 28	24	25.1	29.7	28.1	23.4	25.3
April 29	55	59	60.1	60.4	58.1	58.5
April 30	47.4	56.6	61.5	57.9	59.2	49.4
May 1	41	48.9	60.6	58.6	59.5	49.6
May 2	38	49.3	60.2	58.1	57.6	54.6
May 3	34.1	40.7	55.5	58.7	55.6	51
May 4	27.6	37	46.1	54.9	48.1	52.3
May 5	23.4	30.1	38	52.5	48.1	42
May 6	23.1	27.1	39.6	47.7	41.6	39.3
May 7	23.5	25.2	38.8	48.7	38.2	36.6
May 8	20.1	24.4	38.3	47.8	33.2	35.3
May 9	21.1	25.6	36.3	44.9	31.4	32.6
May 10	20.8	23.5	29	42.6	29.2	28.2
May 11	20.3	24.2	25.4	35.2	27.2	28.9
May 12	21.5	26.6	26.1	31.6	26.5	27.9
May 13	19.6	26.2	23.4	25.8	24.3	26.7
May 14	20.3	22.5	21.5	23.7	22.6	24.1
May 15	19.4	22.2	20.6	22.6	22.5	24.8
May 16	20.7	22.9	21.8	24.1	23.7	26.8
May 17	18.2	21.1	23.3	23.8	22.6	26
May 18	16.7	17.9	18.3	18.4	20.1	23.4
May 19	15.8	15.9	15.9	16	17.2	18.8
May 20	17.4	17.4	17.4	17.1	18.1	20
May 21	18.5	18.3	18.5	18.1	19.1	20.4

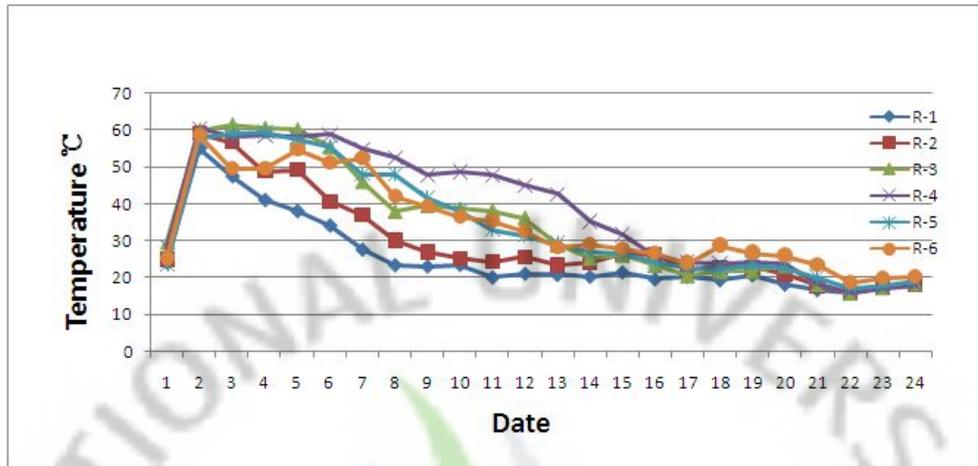


Fig. 6. Temperature Change During Compost Making Tests.

본 실험 연구 기간은 일간 온도 변화가 거의 없이 안정화된 것으로 판단되는 24일간을 퇴비화 실험 기간으로 하였다. 실험 기간 동안의 온도 변화를 살펴보면 중온성 퇴비화 미생물의 성장 보존을 위해서 한계 온도를 약 60°C로 사전에 설정하여 뒤집기를 하였기 때문에 최고 온도는 60°C를 크게 초과되지 않았다. 퇴비화 실험 재료의 조제 과정에서 R-1로부터 R-4까지 예지물의 함유분율을 증가시켰기 때문에 이들 예지물의 분율이 증가될수록 온도의 하강 속도가 더디게 나타남을 알 수 있었다. 그리고 코코넛피트를 일부 첨가재로 투입한 실험구 R-5, R-6 에서 보다 온도가 빨리 떨어져 안정화 되었다는 것을 확인할 수 있었다.

### 3.2 무게 변화

Table 15. A Change in Compost Weight Before and After Maturing

Category	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6
Grass Clipping	1(7kg)	2(14kg)	3(21kg)	4(28kg)	2(14kg)	4(28kg)
Sawdust	1(7kg)	1(7kg)	1(7kg)	1(7kg)	1(7kg)	1(7kg)
Seeding	0.5 (3.5kg)	0.5 (3.5kg)	0.5 (3.5kg)	0.5 (3.5kg)	0.5 (3.5kg)	0.5 (3.5kg)
Coconut Peat	0	0	0	0	0.5 (3.5kg)	0.5 (3.5kg)
Total weight before maturing	17.5kg	24.5kg	31.5kg	38.5kg	28kg	42kg
Total weight after maturing	14.5kg	20.5kg	22.5kg	25.5kg	22.5kg	33.5kg
Weight difference after maturing	-3kg	-4kg	-9kg	-13kg	-5.5kg	-8.5kg
Weight loss ratio after maturing	-17.15%	-16.34%	-28.6%	-33.79%	-19.65%	-20.24%

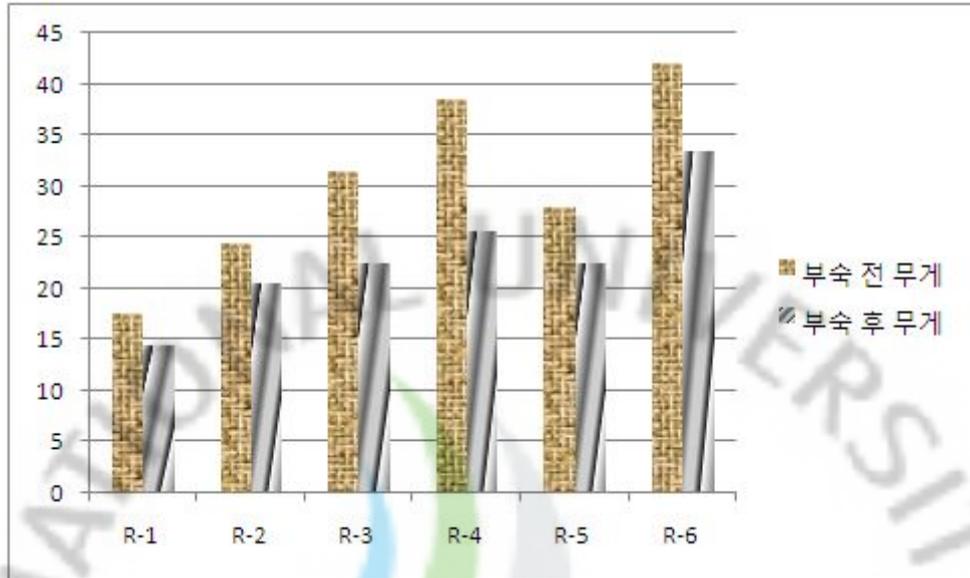


Fig. 7. A Change in Compost Weight Before and After Maturing.

Table 15, Fig. 7에서와 같이 퇴비화 실험기간 전·후의 전체 Sample의 무게 변화를 살펴보았을 때 예지물 함유분율의 증가에 따라 감량 비율 또한 증가한다는 것을 확인할 수 있었다. 첨가재로 코코넛피트가 첨가된 실험구에서는 첨가하지 않은 실험구에 비해서 감량 비율이 보다 낮은 것을 알 수 있었다. 여기서 보다 정확한 무게 감량비를 확인하려면 건조 후의 건량 기준으로 비교되어야 할 것이지만 부숙 전·후의 온도가 약 20 °C전후로 거의 동일한 범위에 있었기 때문에 수분의 증발산량에 온도의 영향이 크지 않을 것으로 판단하여 습량 기준으로 단순 비교할 수 있었다.

### 3.3 예지물 퇴비의 이화학적 물성변화

Table 16. A Change in Chemical and Physical Properties of Grass Clippings

Category	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6
pH	8.449	8.123	8.407	7.429	8.146	8.217
Water(%)	39.16	39.38	28.26	55.60	40.93	31.64
Organic matter(%)	60.45	61.91	63.66	28.58	24.39	9.93
T-C(%)	75.94	76.91	73.93	68.29	55.34	38.43
T-N(%)	2.7	3.3	3.7	3.8	2.4	2.1
C/N rate	28	23	20	18	23	18

퇴비화 과정에서 활발한 미생물의 영양적 필요와 관련해서 C/N비에 가장 주의를 기울여야 한다. 퇴비화를 위한 최적 C/N비는 통상적으로 20~30이 가장 적합한 것으로 연구 발표되고 있다. 이 최적 값보다 높아지게 되면 분해, 곧 퇴비화가 지연되며, 낮을 경우에는 질소가 암모니아 질소로 소실될 가능성이 높다. 이와 같은 소실의 이유는 퇴비화 미생물이 필요로 하는 양 이상의 질소가 미생물에 의해 암모니아로 전환되고, 이때 높은 pH와 온도 조건에서는 암모니아 가스로서의 휘발이 유도된다.

본 실험에서의 주원료인 잔디 예지물의 C/N비는 Table 8에서와 같이 약 10정도이고 첨가재로 사용된 톱밥과 코코넛피트, 식종 퇴비의 C/N비는 기존 연구 발표 자료에서 의 50, 20, 20의 값들을 적용하였을 때 R-1, 2, 3, 4에서의 C/N비는 28, 23, 20, 18정도인 것으로 계산되었으므로 최적 C/N비의 운전 조건에 크게 벗어나지 않는 범위에서 실험되었다. 그리고 R-5, R-6의 C/N비도 23, 18의 범위이었다. 따라서 본 실험 결과로부터 잔디 예지물의 호기성 퇴비화를 위한 최적 배합비는 예지물:톱밥:식종퇴비를 각각 무게비로 3~4 : 1 : 0.5로 조합함이 적합하다는 것을 알 수 있었으며, 향후 톱밥의 수급이 곤란하던지 또는 코코넛피트의 수입 단가가 낮아질 때는 코코넛피트를 첨가할 수 있음을 확인할 수 있었다.

### 3.4 예지물 퇴비의 잔류농약 분석결과

Table 17. Results of Analysis of Residual Agricultural Chemicals in Grass Clippings

component	Concentration
hexaconazole (mg/kg)	0.181
azoxystrobin (mg/kg)	0.049
tebuconazole (mg/kg)	N.D
iprodion (mg/kg)	N.D
etridiazole (mg/kg)	N.D
thiophanate-methyl (mg/kg)	N.D
chlorpyrifos-methyl (mg/kg)	N.D
detamethrin (mg/kg)	N.D
bifenthrin (mg/kg)	N.D
imidacloprid (mg/kg)	N.D

Table 17에서 잔디 예지물 퇴비중의 농약 성분의 잔류 특성을 알아보기 위한 분석 결과에서 고온 다습한 부숙화 과정을 통해 약제의 분해가 촉진되었기 때문에 hexaconazole과 azoxystrobin이 각각 0.181mg/kg, 0.049mg/kg으로 미량이 검출되었을 뿐 그 밖에 사용된 농약 성분이 검출되지 않음을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과로부터 잔디 예지물 퇴비를 각종 작물 재배용 퇴비로 활용한다고 할 때 잔류 농약 성분에 의한 위해는 고려하지 않아도 될 것이다.

## V. 결 론

본 연구에서는 국가적 화두로 떠오르고 있는 ‘저탄소 녹색 성장’이라는 국가 정책과 폐기물의 자원순환 관리의 차원에서 보다 안정된 양질의 유기 자원을 개발하고 그 활용을 극대화하고자 제주지역 골프장 잔디 예지물을 퇴비화 하는 방안을 연구하였다

제주지역 잔디 예지물의 퇴비화 처리를 위한 부산물비료로는 제주시 음식물쓰레기 자원센터에서 음식물쓰레기 70 % 와 톱밥 30 % 로 생산된 것을 이용하였으며, 이 부산물비료와 잔디 예지물을 동일 중량으로 혼합시켜 실험 전 약 1개월간의 퇴비화와 숙성단계를 거쳐 제조된 예지물 퇴비(가칭)를 최종 식종용 퇴비로 활용하였다. 그 외의 첨가 재료는 톱밥과 코코넛피트를 사용하였다.

R-1에서 R-6까지 6개의 실험구에 예지물의 무게를 구분하여 혼합비율로 제조된 실험재료의 총무게는 17.5 kg ~ 42 kg 이다, 이를 사전 계량한 후에 24일간의 실험기간 동안 매일 일정 시간에 Box를 개방하여 뒤집기를 하였으며, 이때 온도계(HY-550)로 퇴비더미 내의 온도를 측정하였다.

퇴비화 실험 재료의 조제 과정에서 R-1로부터 R-4까지 예지물의 함유분율을 증가시켰기 때문에 이들 예지물의 분율이 증가될수록 온도의 하강 속도가 더디게 나타남을 알 수 있었다. 그리고 코코넛피트를 일부 첨가재로 투입한 실험구(R-5, R-6)에서 보다 온도가 빨리 떨어져 안정화 되었다는 것을 확인할 수 있었다.

본 실험에서의 주원료인 잔디 예지물의 C/N비는 퇴비화 재료의 이화학적 물성에서와 같이 약 10정도이고 첨가재로 사용된 톱밥과 코코넛피트, 식종 퇴비의 C/N비는 기존 연구 발표 자료에서의 50, 20, 20의 값들을 적용하였을 때 R-1, 2, 3, 4에서의 C/N비는 28, 23, 20, 18 정도인 것으로 계산되었

으므로 최적 C/N비의 운전 조건에 크게 벗어나지 않는 범위에서 실험되었다. 그리고 R-5, R-6의 C/N비도 23, 18의 범위이었다. 따라서 본 실험 결과로부터 잔디 예지물의 호기성 퇴비화를 위한 최적 배합비는 예지물:톱밥:식종퇴비를 각각 무게비로 3~4 : 1 : 0.5로 조합함이 적합하다는 것을 알 수 있었으며, 향후 톱밥의 수급이 곤란하거나 또는 코코넛피트의 수입 단가가 낮아질 때는 코코넛피트를 첨가할 수 있음을 확인할 수 있었다.

잔디 예지물 퇴비중의 농약 성분의 잔류 특성을 알아보기 위한 분석 결과에서 hexaconazole과 azoxystrobin이 각각 0.181 mg/kg, 0.049 mg/kg으로 미량이 검출되었을 뿐 그 밖에 사용된 농약 성분은 검출되지 않음을 확인할 수 있었다.

이와 같은 결과로부터 잔디 예지물 퇴비를 각종 작물 재배용 퇴비로 활용한다고 할 때 잔류 농약 성분에 의한 위해는 고려하지 않아도 될 것이다.

## 참 고 문 헌

1. 김성태 외, “골프장 관리의 기본과 실제”, 한국잔디연구소, 유천문화사, pp.82~105,(1992)
2. 김이태 외, “퇴비화의 이론 및 응용”, 한국유기성폐자원학회, 동화기술, pp.20~26(1999)
3. 양철신, 김길성, 김수미, “제주지역골프장 농약비료사용가이드라인 설정에 관한 연구보고서” 제주특별자치도 환경자원연구원 환경산업경영연구부, p.20,(2008)
4. 이국도, “골프장내 폐잔디 예지물 및 퇴비화방안에 관한 연구”, 경북대학교 석사학위 논문, pp.6-13(2008)
5. 장기운, “잔디예지물의 퇴비화 개발 및 작물재배연구”,한국잔디연구소, p.53,(2006)
- 6 한국유기성폐자원학회, “도시폐기물의 퇴비화”, 동화기술,(1998)
7. 한국잔디연구소, 한지형잔디 특성화 교육교재, pp.4~5,(2006)
8. 허목, “코코넛피트를 이용한 유기성 폐기물의 퇴비화기술개발”, 산·학·연 제주 지역 컨소시엄 보고서,(1997)
9. 허목, “CDM(청정개발체계)을 위한 제주지역 biomass 발생량조사 및 biomass의 자원화 방안”, 제주지역환경기술개발센터,(2009)
10. 제주특별자치도 도시계획과, “제주지역 골프장현황,”(2009)
11. 환경부, “지난해 골프장 농약 사용량증가, '06년 대비 단위면적당(ha) 6.4 %증가” 환경부 보도자료,(2008)
12. 제주특별자치도 생활환경과, “예지물 발생 및 처리 현황”,(2008)

## 감사의 글

논문을 시작하면서부터 순탄하지 않았던 나에게 논문이 완성되어 이 글을 쓸 수 있는 기회가 주어짐에 감사드립니다.

먼저 소중한 결실을 맺을 수 있도록 인내와 사랑으로 이끌어 주신 환경공학과 교수님들께 진심으로 감사를 드립니다. 특히 부족한 사람을 제자로 받아 주시고, 논문의 방향을 잡아 주시고, 논문이 완성되기까지 이끌어 주신 허목 교수님께 감사드립니다. 논문의 마지막까지 미진한 부분들을 예리하게 지적해 주시고 꼼꼼하게 심사해 주신 허철규 교수님, 감상규 교수님, 이기호 교수님, 조은일 교수님, 이용두 교수님께 감사를 드립니다.

교수님들의 채찍과 지적이 있었기에 노트북 앞에서 자료를 정리하며 지새웠던 밤들이 더욱 값지고 소중한 결실을 맺을 수 있었습니다. 감사합니다. 그리고 논문을 위해 도움을 주신 폐수폐기물공학실험실의 김상영, 김대우 선생님과 이수미 조교님께 고마운 마음을 전합니다.

사랑하는 가족들 !

이 시간이 있기까지 잘하라고 격려해 주신 아버지, 10년 전 세상을 떠난 어머니와 작년에 세상을 떠난 장모님께 제일 먼저 이 소식을 전하고 싶습니다. 이 논문이 마무리될 때까지 뒷바라지를 해 준 아내, 내가 밤을 새는 날이면 옆에서 자지도 않고, 함께 밤을 새 준 나의 아내에게 미안하고 고마운 마음을, 사랑하는 마음을 이 지면을 빌어 전하고 싶습니다. 사랑하는 아들 지훈이도 논문을 준비하는 동안 힘이 되고 격려가 되었습니다. 여동생 명숙, 명희, 큰누나, 그리고 아르헨티나에서 10년 동안 지내다가 이달에 귀국한 둘째 누나에게도 사랑하는 마음을 전합니다. 그리고 계명대에 있는 막내 처제에게도 고마운 마음을 전합니다.

심은 대로 거둔다는 말처럼 늘 성실하게 최선을 다해서 살겠습니다.