

쓰레기 매립지를 이용한 골프장 건설에 관한 연구

류창현*, 김유일¹

골프코스디자인그룹 뷰, ¹성균관대학교 조경학과

서 론

연구의 목적과 필요성

세계 각국은 현재 지구환경의 심각한 위기 상황을 크게 인식하고, 환경보존과 지속 가능한 개발에 대한 끊임없는 연구와 노력을 계속하고 있다. 이러한 중에도 골프장의 개발은 주변의 많은 질타와 부정적인 인식으로 말미암아 개발에 많은 어려움을 겪고 있다. 이러한 시기에 우리는 환경과 관련한 골프장 개발의 부정적인 인식을 종식시키고, 골프장 개발의 환경친화적 개념을 도입하여야 할 필요성을 절실히 느끼고 있다. 우리가 가지고 있는 여러 가지 환경 문제 중에서도 쓰레기 매립지가 차지하고 있는 비중은 크다고 할 수 있다.

그러므로 쓰레기 매립지의 이용은 국토이용의 효율적 측면에서 대단히 중요하며 골프장 개발에서 있어서 쓰레기 매립지의 활용에 대한 적극적인 연구개발은 반드시 필요하다.

골프장을 개발함에 있어서 부지의 선정과 토지의 매입비용은 전체개발 비용의 40%이상을 차지하고 있다. 정부의 개발 규제와 높은 비용은 골프장 개발의 걸림돌이 되고 있지만 쓰레기 매립지의 골프장 개발은 이러한 문제점들을 해결할 수 있다. 쓰레기 매립지 같은

곳에 많은 녹지면적을 제공하는 골프장을 건설 함으로서 환경적으로 건전하고 지속 가능한 환경을 건설하는데 많은 도움이 될 것으로 생각된다. 쓰레기 매립지 골프장 개발의 궁극적인 목적은 많은 사회, 경제, 환경적 이익을 추구하고 있으며, 본 연구에서는 쓰레기 매립지의 문제점들을 파악하여 매립지 골프장 개발에 대한 기초적인 기술적 대안을 제시 함으로서 이상적이고 활용 가능한 매립지 골프장의 설계 모델을 제시하고자 한다.

연구 방법 및 범위의 설정

본 논문의 연구 방법은 먼저 쓰레기 매립지의 골프장 개발에 대한 문제점을 국·내외 여러 문헌과 연구 논문을 통하여 파악 분석하고, 이러한 문제점을 해결하기 위해 미국의 쓰레기 매립지 골프장 건설 사례를 참고하여 우리나라 골프장의 도입 가능성과 적절한 적용 방안을 설정한다.

본 연구의 범위는 문제점 분석범위로서 지반침하, 배수불량, 침출수 배출, 메탄가스의 발생의 현황을 파악 분석하며, 기술적 범위로서 문제점에 따른 골프장 개발시의 이상적인 활용방안을 기술적인 연구 범위로 한다.

*Corresponding author. Tel : 031-276-9952
E-mail : golfman@lycos.co.kr

본 론

국내 사용 종료 매립지 이용현황(1995년 기준)

1995년 환경정책 심포지움에서 발표된 바 있는 국내 쓰레기 매립지 현황을 살펴보면, 국내에 알려진 사용종료 매립지는 855개소이다. 이 중 골프장으로서 이용가치가 있는 50,000m²이상의 광면적을 가지고 있는 매립지는 불과 5.1%밖에 되지 않는다. 반면에 지층의 안정이 어느 정도 진행된 매립지의 비율은 많은 것으로 나타나고 있다. 매립 종료 후 경과 년수는 1~5년 경과된 것이 49.2%, 10년 경과된 것이 29.0%, 10년 이상도 12.6%나 되며, 1년 이하는 9.3%에 해당하여 매립 완료 후 상당한 시일이 경과하였음을 알 수 있다.

매립지의 토지이용 현황을 살펴보면 농경지로 이용하는 곳이 41.2%나 되고, 임야로 이용하는 곳이 12.6%, 택지로 이용하는 곳이 12.0%, 공장지 7.8%, 공원 및 위락시설 2.9%로 나타나 직접적으로 개발 이용하고 있는 곳이 60%로 상당량이 재활용되고 있음을 알 수 있다. 많은 지역이 재이용 되고 있지만 상대적으로 공원 및 위락시설의 활용도가 2.9%로 가장 낮게 나타남으로써 골프장과 관련한 국민 체육시설의 설치가 미흡한 것으로 나타났다. 또한 매립지의 이용은 토지의 소유주가 누구인가가 중요하다. 그 분포도를 살펴보면 사유지가 58.9%로 가장 많고 국유 및 공유지가 31.0%, 공동소유가 7.7%, 기타가 2.4%이었다.

일반 쓰레기의 매립은 대부분 지방자치단체에 의하여 이루어졌으므로 소유자와 이용자가 다를 경우가 상당히 많으며, 이들의 사후관리나 토지이용에 상당한 문제가 발생할 것으로 생각된다. 하지만 앞으로는 골프의 대중화를 위한 매립지의 토지 이용이 활발히 이루어져야 한다. 매립지는 위생적이든 비위생적이든 다소 차이는 있지만 상당한 기일이 지나면 분

해성 쓰레기는 분해가 완결하여 발생가스의 량도 감소하고 침출수의 수질도 정상 지하수와 유사한 상태에 이르러 안정화가 완결된다. 이 안정화가 완결되기 전에도 일정기간 동안(20년) 공원, 수목의 식재, 초지의 조성 및 체육시설의 설치에 한정하여 토지를 이용할 수 있고, 이때 토지 소유주는 이용하고자 하는 토지의 도면, 매립폐기물의 종류 및 량,복토의 상태를 기재한 서류 및 지적도를 첨부한 토지이용계획서를 환경부 장관에게 제출할 수가 있다.

골프장 건설 시 필요로 하는 토지의 면적은 최소 60,000m²(3홀 기준)이상이 되어야 하며, 매립 종료 후 지층 안정이 어느 정도 진행된 10년 이상의 매립지가 골프장 건설에 이용되어야 한다(표1).

표 1. 골프장 건설시 면적기준

규 모	면 적 기 준
6홀 미만	60,000m ² (3홀)+13,000m ² (1홀 추가시)
6홀~9홀 미만	340,000m ² (6홀)+15,000m ² (1홀 추가시)
6홀~18홀 미만	500,000m ² (9홀)+20,000m ² (1홀 추가시)
18홀 미만	1,080,000m ² (18홀)+468,000m ² (9홀 추가시)

사용종료 매립지의 용도 및 이용상 요구도

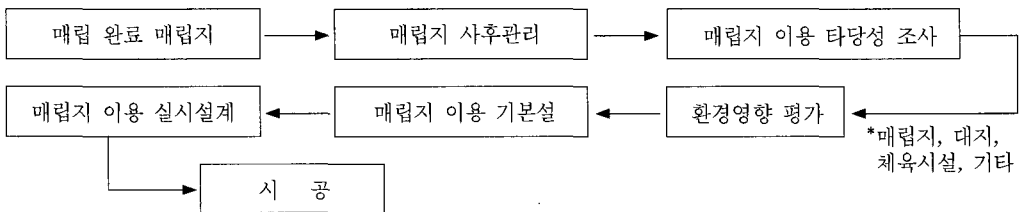
매립지 지반의 지지력과 침하 정도에 따라 이용 가능한 용도를 분류해보면, 먼저 침하에 문제가 크게 없는 것은 공원, 녹지광장, 골프장 등이 있으며, 침하가 비교적 적은 것이 요구되는 곳으로는 도로, 수로, 주차장, 운동장 등이며, 침하를 거의 허용하지 않는 곳으로는 저층택지, 목조가옥, 공식트랙 경기장 등이며, 특수처리가 요구되는 것들에는 고층택지, 상업용지, 공업용지, 탱크 기지 등이 있다. 매립지 이용상의 문제점과 이에 따른 요구도는 표2>와 같다.

표 2. 사용종료 매립지 이용상의 요구도

지반특성	이용예	공원녹지 골프장등	도 로 수 로	단층주택 골프장등	운동장	고급주택 고층빌딩	상업용지 공업용지
침 하		○	△	×	×	×	×
지지력		○	△	△	×	×	×
가스발생		△	△	×	×	×	×
침출오수발생(지하수위)		×	×	×	×	×	×
금속, 콘크리트 부식		○	○	△	○	×	×
식생가능성		×	○	×	△	×	△
쓰레기 크기		○	○	○	○	×	×
쓰레기 물성(투수성)		△	△	×	×	△	△
매립쓰레기의 처리		△	×	×	×	×	×

○ : 고려할 필요 없음 △ : 어느 정도 고려 × : 요구가 엄격

표 3. 매립지 토지의 이용을 위한 행정절차



매립지 토지의 이용 절차

매립이 완료된 매립지는 토지이용을 위하여는 여러 가지 절차가 필요하다. 이를 도표로 나타내면 표3>과 같은데 이들 각 과정에서 필요한 조사대상 항목과 조사방법을 요약하여 나타내면 다음과 같다.

매립지의 토지 활용을 위한 판단기준

매립지 활용을 위하여 전제되어야 할 사항은 당초 매립지 계획시부터 차수설비, 침출수 및 우수배제설비, 가스배출시설 등 환경 악영향 방지를 위한 제반시설이 설치되어야 하며, 이들 매립장 구성시스템의 안정 및 매립층의 공학적 특성 그리고 부지활용시에 매립층에서의 건설자재 부식 등에 관한 충분한 이론적 바탕하에서 매립지 활용이 이루어질 수 있어야 한다. 매립지의 토지활용을 위한 판단기준은 표5> 및 표5>와 같다.

쓰레기 매립지 골프장 건설 시 시공 구조

적극적인 매립지 골프장 건설방법으로서 골프코스와 쓰레기 매립지를 하나로 만드는 가장 좋은 방법은, 쓰레기 매립지를 선정할 때 골프 코스를 미리 고려하는 것이 합당하다. 그러한 조인트 플래닝(Joint Planning)은 골프 코스를 매립지에 맞추어 설계하는 것보다 훨씬 좋은 효과를 거둘 수 있다. 매립층의 교체와 매립지 덮개의 형태는, 의도하는 골프 코스의 형태에 맞게 설계할 수가 있기 때문이다. 이러한 경우가 아니더라도 매립지의 골프장 건설에서는 특히 복토가 중요하게 여겨진다. 지반의 안정이 어느 정도 이루어진 곳이라야 골프장 시공이 가능하다. 골프장 건설 시 가장 중요하게 여겨지는 것이 매립지 위의 복토이다. 골프장을 건설하고자 할 경우에는 절대 매립지 위를 자르거나 파내는 것은 금지되어야 한다. 그러므로 골프 코스는 매립지 외부로부

표 4. 매립지의 토지이용을 위한 판단기준

이용구분	판단항목	판단기준	비고	
표층이용 (위락시설 공원 및 골프장 녹지등)	침출수	BOD	농업용수 기준	8mg/L이하
	발생가스	CH ₄	토양공기	
	침하		극단적 부등침하 방지	
중간층이용 (중저층 건물 체육관등)	침출수	BOD	우물로 사용가능한 농도	8mg/L이하
	발생가스	CH ₄	구조물 밑에 가스가 체류하여 폭발한계에 도달하지 않는 농도	1%이하
		H ₂ S	악취방지법	관능법2도 이하
	기초형식		지내력	직접기초 5 - 20T/m
저층이용 (고층건물)	침출수	BOD	택지의 우물로 사용할 수 있는 농도	8 mg/L이하
		pH		6.5이상
	침출수	CO ₂		15 mg/L이하
		NH ₄ Mg	콘크리트와 스틸 부식에 대한 판정기준	15 mg/L이하 100 mg/L이하
		SO ₄		100 mg/L이하
		CH ₄		1%이하
	발생가스	H ₂ S	악취방지법	관능법 2도이하
		침하	최대상태	건축기초 설계기준
	폐기물	산도	콘크리트, 강판부식에 대한	20도 이상
		SO ₄	판정기준	2,000mg/L이하
기초형식	횡방향, K값	지내력	말뚝기초	

출처 : 사용종료 매립지 정비지침(환경부, 2001)

표 5. 사용종료 매립지의 토지활용 시 고려사항

구분	고려사항	대책	비고
구조물	* 현저한 지반침하 * 두꺼운 연약지반층 * 강관의부식 * 공사중 가스, 악취문제	* 큰 구조물은 말뚝기초 사용 * 작은 구조물은 직접기초사용 * 허용 침하량을 넘는 경우에는 모르타르를 주입 * 공사중 가스, 악취문제	* 부 마찰력 고려필요
도로	* CBR값 * 지반의 불균일성 * 주행에 따른 쓰레기 지반의이동 * 공사중 가스, 악취문제	* 쓰레기층을 2m정도 굴착후 모래층을 깔아 지지층을 만든다. * 경사면은 roam에 의해서 보호한다.	* 식생용
매설물	* 부등침하 * 기초형식	* 공동구 형식을 취함 * 전단, 균열방지를 위해 말뚝기초로 지지된 구조 물에 강선등으로 부착시킴 * 절단하기 쉬운 이음부는 flexible rib등을 이용 해 연결시킴	* 수도관, 가스관, 전선, 하수도, 상수도 등
가스	* 폭발 화재 * 악취 * 통기방법	* 건물 밑부분에 가스흡입관 매설 주위에 쇄석살포, 차수시트 포설 * 가스검지기 설치, 강제 흡입장치 설치	
침출수	* 지반으로 강우 침투 * 지반내의 침출수 이동 * 침출 도수관 침하 균열	* 복토층 다짐 * 지표에 아스팔트 살포 * 증발량이 큰 초목류 식재	* 표면유출을 크게함
식생	* 객토층 두께 * 식물종류	* 표면 복토층 1m위에 30cm의 객토후 식재 * 불량토에 강한 수종선정	

터 들여온 흙으로 조형이 되어야 한다. 잔디가 입혀지는 구역은 반드시 가스를 차단할 수 있는 시설들을 하여야 하며, 식재지나 구조물이 들어서는 지역은 특히 가스가 체류하여 폭발 한계에 도달하지 않는 농도, 즉 메탄(CH₄) 농도를 1%이하로 유지시켜야 하며, 관능법에 의한 악취농도가 2도 이하가 될 수 있도록 하여야 한다. 매립지의 상부가 손상되지 않게 관계를 위한 스프링 클러 라인과 배수관을 설치해야 한다. 배수관은 신축성이 뛰어나고 약한 침하에도 견딜 수 있는 고밀도 폴리에틸렌 관(HDPE)이 좋다.

클럽하우스나 티하우스의 경우 건물에 적용할 수 있는 공법으로는 말뚝기초공법 또는 슬라브 구조를 추천하며, 건물 바닥을 높여 건축하거나 지하실은 설치하지 않는 등 건물바닥의 가스 배기를 고려하며, 지반 침하에 대비한 신축이음을 철저히 하여야 한다. 매립층과 수목은 철저히 차단되어야 하며, 복토층 조성 시 사면경사는 15-30%로 하여 토양의 통기성과 수분이 함수가 자연스럽고 뿌리의 호흡이 용이 하도록 하여야 한다. 식재지나 잔디로 덮여질 부분의 토양은 산지의 A1층에 해당하는 표토층을 두께 30cm 이상을 확보하여 통기성과 투수성이 양호하고 양분과 수분이 적당하도록 조성해야 한다.

수목 선정 시는 지역주변과 매립지의 환경조건을 최대한 고려하여 공해에 강한 천근성 수종을 위주로 하여 식재하여야 한다. 수목의 배치 밀도는 유목을 위주로 치밀하게 식재하고 1-2년 사이에 인위적으로 허약한 개체를 조기에 배제하여 우량한 수종으로 적정한 밀도가 되도록 식재하여야 한다.

매립지 골프장의 건설에는 반드시 침하, 가스, 침출수에 대한 전문 기술자가 필요하며, 구조적, 기술적 사항들이 고려되어 설계되어야 한다. 매립지의 기술평가는 의도하는 골프장의

설계, 공사, 운영의 한계를 정하는데 필수적인 요소가 되어야 한다.

쓰레기 매립지 골프장 건설사례(미국)

미국의 경우에는 30년 이상의 안정화 기간을 거친후 공원, 골프장 등으로 재활용하고 있다. 부지 재활용의 차원과 새로운 부가가치의 창출을 위해 건설된 골프장을 살펴 보기로 한다.

산타 클라라 골프클럽

1982년 산타 클라라시에 의해 계획되고 착수된 매립지 골프장은 1970년대초에 폐쇄된 쓰레기 매립지였다. 표면 배수도 되지 않았고, 식물도 전혀 없는 그대로의 황무지였다. 매립지의 동쪽은 정방형의 부지였으며, 1980년대 초에 복토가 이루어졌다. 서쪽지역의 기초 조사에 보면 쓰레기를 덮은 복토는 6피트(1.8m) 정도를 하였다. 그러나 골프 코스 건설 당시 3피트(약1m) 정도의 흙을 더 덮어 시공하였다.

이렇게 함으로서 건설 시 필요한 기본 표면 배수 패턴을 가능하게 하였고, 쓰레기 더미에 표면수가 침투하는 것을 막아야 했다. 반드시 전 골프코스에 3피트 이상의 새로운 흙은 덮어야 했다. 다른 공사현장에서 들여온 양질의 흙들은 페어웨이 사이와 주위의 나무를 심기 위한 성토재료로 이용되었다.

이러한 흙들은 골프코스의 특징이 되었을 뿐 아니라 나무를 심는데 적절한 토양조건을 제공했다. 그리고, 이 골프코스에서 사용된 배수관 재료는 고밀도 폴리에틸렌 관(HDPE)이 사용되었으며, 메탄을 포집하기 위하여 총100개의 메탄용 맨홀을 설치하였다. 골프코스 설계가는 메탄 맨홀을 설치하는데 매립지 가스 기술자와 함께 일하였다. 메탄가스 배출용 맨홀은 주로 러프지역과 아웃오브 바운드(out-of-bound)지역에 설치 되었다. 그리고

methane recovery system을 설치하였다. 이 골프장은 현장 조건 때문에 이 계획의 식재 계획은 약간의 한계가 있었다. 1,200그루 이상의 나무가 코스에 심어졌는데 대부분이 이 카림투스(Eucalyptus)였다. 이 카림투스는 마른 토양조건, 메탄가스, 그리고 매일 샌프란시스코에서 불어오는 염해에 강한 내염성 수종이었기 때문이다.

티와 그린은 펜크로스 벤트그라스를 심었고, 페어웨이와 초기 러프에는 캔터키 블루그라스와 라이그라스를 혼파했다. 골프장은 1986년에 개장했는데 그 이후 해변에 거주하는 사람들에게 인기가 있었고 성공적으로 운영하게 되었다.

매년 90,000-100,000라운드가 이루어졌으며, 이 골프코스는 인접한 컨벤션 센터와 호텔을 보완할 뿐 아니라 공공 오락 시설물로도 성공적인 역할을 하면서, 쓰레기 매립지의 성공적인 건설사례로 남게 되었다.

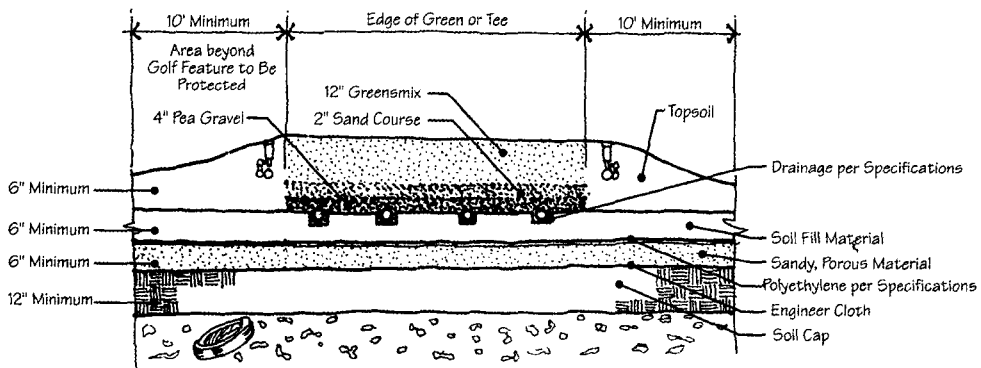
Industry Hills course & Cave Creek Golf Course

인더스트리 힐스 코스에서는 자원 재활용의 대표적인 사례로 남아있다. 이들은 골프장에

메탄가스를 모으는 시스템을 설치하여 240개의 호텔 객실과 올림픽 규모의 수영장에 충분한 메탄을 공급하는데, 연료비에서 한 달에 16,000달러를 절약하고 있다. 케이브 크릭 골프코스에서는 매립지에 골프장을 건설함으로써 환경문제를 해결하고, 지역사회의 수입을 만드는데 큰 공헌을 하였다. 이 코스는 20년 전에 폐쇄된 매립지를 포함하여 1984년 개장하였는데 5개 도시에서 운영되는 골프코스 중 가장 인기 있는 골프 클럽으로 발전하여, 연 평균 97,000라운드가 있다. 케이브 크릭은 빠르게 성장하는 지역의 골프 시설이 없는 도시에 있었기 때문에 성공적인 건설이었다. 주민들의 골프에 대한 요구가 있었고, 매립지에 골프코스를 만든 것은 토지이용과 환경개발에 많은 이익을 안겨주었다. [그림1 참조]

결론

환경의 중요성을 인식하고, 환경적으로 건전하고 지속 가능한 개발의 필요성에 의해 쓰레기 매립지의 골프장 건설은 반드시 이루어져야 한다. 쓰레기 매립지위에 골프장을 건설함으로써 얻어지는 이익은 ①국토 이용율의 상



A green constructed over a landfill.
Source: Michael J. Hurdzan, Ph.D.

그림 1. 매립지 골프장의 그린 단면도의 예

승, ②부지매입 가격 절감, ③녹지공간의 확보, ④환경친화적 골프장으로서의 이미지 개선, ⑤에너지 이용의 효율성, ⑥기술 경쟁력 확보, ⑦국민체육진흥, ⑧지역 경제 활동에 기여 등이 있다. 쓰레기 매립지의 골프장 이용 가능 요구도는 매우 높으며, 적용 가능성도 좋은 것으로 나타났으며, 상업용지 공업용지와 같이 까다롭고 특별한 조치는 필요하지 않으며, 일정기간(20년) 안정이 진행되고, 60,000m² 이상의 면적을 보유한 매립지에서는 개발이 가능한 것으로 나타났다. 골프장 건설 시 적용되어야 하는 시공구조로 매립이 완료된 매립지에는 반드시 새로운 흙으로 복토해야 하며, 절대로 절취, 절토를 해서는 안 된다. 클럽하우스 건설시는 반드시 말뚝기초공법을 사용하여야 한다. 새로이 조성되는 표토층은 토양 통기성과 투수성이 양호하며, 양분과 수분이 적당히 포함된 흙을 사용해야 한다. 수목은 내공해성이 뛰어난 수종을 선정하여야 하며, 설계할 때 반드시 쓰레기 매립지 전문가를 필요로 한다. 메탄은 폭발하지 않는 1%이하의 농도를 유지시켜야 하며, 악취농도는 2도 이하가 될 수 있도록 해야 한다. 우리나라에는 아직 쓰레기 매립지에 건설된 골프장은 존재하지 않으며, 외국의 시공사례를 본보기로 하여 더욱더 다각적인 연구와 개발이 필요한 것이다.

요 약

환경친화적 개발 가능성에 있어서 쓰레기 매립지 골프장 건설은 골프장 이미지 개선, 부지 매입가격 절감, 메탄 에너지 재활용, 국토 이용률 상승, 녹지공간의 확보, 기술 경쟁력 확보 등의 매우 많은 이점을 가지고 있다. 이러한 이점을 개발하기 위해 본 연구에서는, 국내의 쓰레기 매립지 골프장 개발 가능요인과

쓰레기 매립지 현황을 조사하였다. 조사 결과 이용가능성이 있는 매립지는 5% 내외이며, 골프장과 같이 녹지를 제공하는 시설의 설치가 미흡한 것으로 나타났다. 이와 함께 이미 개발된 미국의 쓰레기 매립지 골프장 시공 사례를 알아보고, 쓰레기 매립지 골프장 개발의 적극적인 도입을 위해 매립지 토지이용절차와 이용시 판단기준, 토지활용시 고려사항 등을 연구하였다. 이러한 기초자료를 바탕으로 미래의 쓰레기 매립지 활용에 있어 골프장 부지로 사용하고, 건설할 수 있는 타당성과 구체적인 대안을 제시하였다.

참고문헌

1. 토지개발기술 제10권 3호-폐기물 매립지 및 사용후 매립지의 처리방안(이재영) (p102-135)
 2. 환경정책 심포지움(매립지 정화 및 토지 재이용)-아태 환경 NGO한국 본부발행(1995년12월20일) -안기의 외 8인
 3. Golf course Development & Real Estate (p106-107)-The urban land institute 4. Golf course management(March 1996) (p116-122)
 5. Mastering NEPA(미국의 환경영향평가)-아태환경연구원(성현찬,한상욱 공역)
 6. NGF Infopac-Developong Golf Courses on landfills,Strip(p4-5)
 7. NGF Infopac-Developong Golf Courses on landfills,Strip(p105-108)
 8. NGF Infopac-Developong Golf Courses on landfills,Strip(p111-116)
- *인터넷 웹 사이트 <http://plazal.snu.ac.kr/~blueeyes/meg4.htm>
- *인터넷 웹 사이트 <http://www1.golfweb.com/library>