

京畿CC 잔디生育環境 改善計劃

朴鍾和* · 梁銳在* · 金基善**

<目 次>

I. 序論

III. 잔디生育環境 現況調查

II. F/W 잔디의 生育環境

IV. 生育環境 改善

I. 序論

골프장의 표토층은 잔디 생육에 필요한 수분 및 영양분의 공급원으로서 대단히 중요하다. 온도상승에 따라서 증발산량이 급격하게 증가하는 경우에도 충분한 수분을 함유할 수 있는 표토를 확보한 곳에서는 잔디의 건조피해 가능성이 적다. 토양수분의 양은 토양의 함수량과 토심에 의해서 결정된다. 골프장의 잔디는 일반적으로 배수가 불량하면 잡초와의 경쟁에 약하고, 병해충 피해도 증가하기 때문에 배수가 양호한 토양, 즉 함수량이 크지 않은 토양을 선호한다.

잔디는 자연상태에서 주로 20~30cm 이내의 표토층에서 수분을 흡수하지만 건조기에는 소요 수분의 3/4 이상을 좀 더 깊은 표토층에서 흡수한다. 지표면 45cm 이내에서 흡수하는 수분의 양은 강우후 시간이 경과함에 따라서 감소하게 된다. 즉 강우후 1주일에는 전체 수분 흡수량의 67%를 토양층 45cm 범위에서 흡수하고, 2주가 지난 후에는 46%, 4주 후에는 19%로 감소한다. 강우후 4주가 경과되면 수분의 80% 이상을 표토층 60cm 이하에서 흡수한다 (Miller 1990).

우리나라 신설 골프장의 대부분은 급경사지에 입지하여 30m 이상의 절성토 작업을 하는 수가 많다. 이러한 경우에는 통상적으로 풍화암층은 물론 경암층을 발파하며, 표토보존작업을 시행하더라도 충분한 표토를 확보하기 곤란한 경우가 많다.

경기CC에서도 절취된 경암 및 풍화암을 웨어웨이(Fairway, F/W) 성토재료로 활용하였으며, 표토보존작업으로 확보된 표토가 하계 집중호우시에 유실되어 외부에서 20,000m³의 토양을 구입하여 표토층을 조성하였다. 이와 같이 절토 혹은 성토 암반층이 지표면에 근접한 F/W에서 생육하는 잔디는 건조피해의 가능성이 특히 크기 때문에 표토층의 최소토심을 확보하는

*서울대 환경대학원 교수

**서울대 농생대 교수

것이 필수적이다. 또한 토심이 얇고 정기적으로 관개를 하는 곳의 잔디뿌리는 지표면 가까운 곳에만 발달하기 때문에 관개용수 부족 혹은 파업으로 인하여 관개작업이 중단되면 심각한 건조피해를 받게 된다(Balogh 1992).

표토층의 토심이 얇아서 保水力과 保肥力이 적은 F/W는 다음의 세가지 관리상의 문제를 유발한다. 첫째, 관개 및 시비 작업회수를 증가시켜야 하기 때문에 골프장의 관리비용이 증가되고, 窒酸鹽 및 磷酸鹽의 유출량도 증가하여 하류의 부영양화를 초래할 가능성이 증대된다(山田國廣 1990). 둘째, 극심한 한발 기간중에는 골프장 하류의 마을 주민이 골프장 관개용수의 방류를 강력히 요청하기 때문에 골프장도 관개용수가 부족하여 잔디의 건조피해가 급증한다. 셋째, 골프장 관리요원의 파업 혹은 관개시설의 고장으로 관개작업이 중단되면 잔디의 극심한 건조피해 가능성이 증가된다. 즉 F/W 잔디의 극심한 건조피해는 골프장의 名聲 및 營業收益에 지대한 영향을 미치게 된다.

경기도 광주군 실촌면 오향리에 위치한 경기CC는 홀 조성공사가 완료된 1992년에 잔디식재 공사를 시행하고, 1993년에 회원권 분양자를 대상으로 하는 시험개장 기간 중에 플레이어들이 지표면에 근접한 돌을 쳐서 클럽이 손상되거나 어깨에 부상을 입는 사고가 자주 발생하였다. 또한 1993년 여름은 예년에 비해서 강수량이 많고, 일조시간이 적었음에도 불구하고 스프링클러를 계속 작동시켰지만 F/W 도처에서 잔디의 건조피해가 발생되었다. 피해지역을 자체 조사한 결과 암반층이 지표면에 근접하여 표토층의 토심이 시방서에서 지정한 30cm에 미달되는 부실공사 구역에서 잔디의 건조피해가 집중적으로 발생하는 것을 알게 되었다. 따라서 F/W 토심의 체계적 조사 및 F/W 잔디의 생육환경 개선방안을 연구할 필요성이 제기되었다.

본 研究의 目的은 경기CC의 잔디생육환경을 조사 분석하여 최선의 생육환경을 조성하기 위한 개선방안을 제시하는 것이다. 잔디의 生育環境調查는 F/W 표토층의 토심조사, 표토의 물리적 특성 및 영양염류 함유량을 분석하고, 잔디의 지상부 및 지하부의 무기물질 함유량을 분석하여 수분부족이 잔디생육에 미치는 부작용을 조사한다. 表土層의 土深調查는 18홀을 대상으로 실시하며, 일반적인 F/W 잔디의 토심기준으로 인정되는 30cm에 미달되는 F/W의 면적과 부족한 표토량을 계산한다. 토양 및 잔디의 營養物質 含有量 分析은 토심조사지점을 대상으로 표본조사를 실시하며, 식물체의 영양물질 함유량과 토심 및 토양비옥도와의 상관관계를 규명한다. F/W 잔디 生育環境 改善設計는 표토의 보안을 위한 표토의 구입, 반입, 공사중 잔디의 일시적 제거 및 복구, 지표면 조형공사, 배수 및 관개시설 조정 등의 작업을 포함하게 된다.

II. F/W 잔디의 生育環境

1. 골프장 F/W의 土壤環境 基準

(1) 表土層의 깊이

골프장의 F/W 잔디가 경기진행에 적합한 상태를 유지하기 위해서는 토심, 토양의 물리적 특성 및 토양함수량의 측면에서 적합한 표토층을 조성하는 것이 필수적이다. 일반적으로 잔디가 생육하기 위한 최소토심은 30cm로 알려져 있고, 우리나라에서 발간된 골프장조성 관련서적(김귀곤 1992, 이재충 1991, 한국잔디연구소 1992)은 모두 이 기준을 수용하고 있다.

경기CC의 모기업인 태우관광(1990)이 작성한 工事示方書는 토공사의 마지막 단계로서 최종 표토층 15cm를 조성한 후에 조형공사단계에 다시 15cm를 추가하여 표토층의 토심은 30cm가 되어야 하며, 표토층에는 직경 5cm 이상의 자갈이 존재하지 않아야 한다고 규정하고 있다. 따라서 지표면 30cm 이내에 굵은 자갈 혹은 발파암 등으로 축조한 압박층이 존재하는 것은 부실공사로 판정할 수 있다.

(2) 土壤의 物理性

한국잔디연구소(1992)는 골프장 F/W의 土壤環境基準을 다음과 같이 제시하고 있다. 土性은 배수가 양호하고, 식물의 유효가능 유기물 함량이 비교적 충분한 사양토 또는 양토가 적합하다. 水分要求度는 잔디의 종류, 토성, 잔디의 생육시기, 잔디의 밀도, 근계심도, 刈高, 증발산량에 따라 다르다. 土壤水分의 垂直下向 移動力은 토양의 粒徑, 土深, 土性, 土壤構造 및 孔隙의 양과 크기 등 토양의 물리적 성질에 따라 영향을 받으며, 토양내 잔존 수분량을 결정한다. 토양의 透水係數는 20~50mm/hr의 범위가 적당하다.

土壤 硬度는 토양의 투수성, 잔디뿌리의 신장 및 각종 작업 기계의 지지력에 영향을 미치는 중요한 성질 중의 하나로서 15~20mm가 적합하다.

土壤反應은 토양 양분의 유효도와 미생물의 활성, 생물의 생육 등에 영향을 미치며, pH 6.0~7.0의 범위인 약산성 토양이 적합하다.

陽이온 置換容量은 직접 토양의 물질수급이나 식물의 무기질 공급과 관련을 가지며, 그 밖에도 토양의 구조, 수분과 공기의 수급, 생물의 활성 및 토양반응 등의 여러가지 중요한 토양의 성질에 영향을 미친다. 陽이온置換容量은 10~20me/100g이 적합한 것으로 판단되고 있다.

토양중에 잔디식물체가 유효가능한 有機物含量은 1.5~2.5%의 범위가 적합하며, 窒素는 0.05~0.15%가 적합하다.

置換性 칼슘은 토성에 따라서 상이하며, 사질토에서는 5~11me/100g, 양토에서는 6~13me/100g, 점질토에서는 7~15me/100g가 적합하다.

식물체 생육에 필수적으로 작용하는 微量元素들은 철이 50~150ppm, 망간은 20~70ppm,

구리는 0.5ppm 이상, 아연은 1.5ppm 이상, 붕소는 0.5ppm 이하, 몰리브덴은 0.03ppm 이하가 적합하다.

2. 잔디生育과 土壤營養鹽類

(1) 窒素

잔디에 흡수되는 질소는 토양중에 존재하는 질소의 약 1% 정도에 불과하며, 잔디의 종류에 따라 질소의 요구도는 각각 다르다. F/W에 생육하는 잔디는 다른 식물에 비해서 자주 깎아주기 때문에 질소요구도가 더 높다. 잔디가 질소결핍증상을 나타내는 葉中窒素濃度는 乾物重으로 통상 한지형 초본은 1.2~1.5% 정도이고, 난지형 초본은 0.8~1.2% 정도로서 한지형 초본의 질소요구도가 난지형 잔디보다 높다.

(2) 燐酸

골프코스에서 시비한 인산질 비료의 인산(P_2O_5)흡수율은 11~14% 정도로서 다른 비료성분에 비해서 이용률이 상당히 떨어지는 편이다. 잔디생육을 위한 토양중 인산함량 적정치는 토양 100g당 10~30mg 정도이다.

(3) 칼리

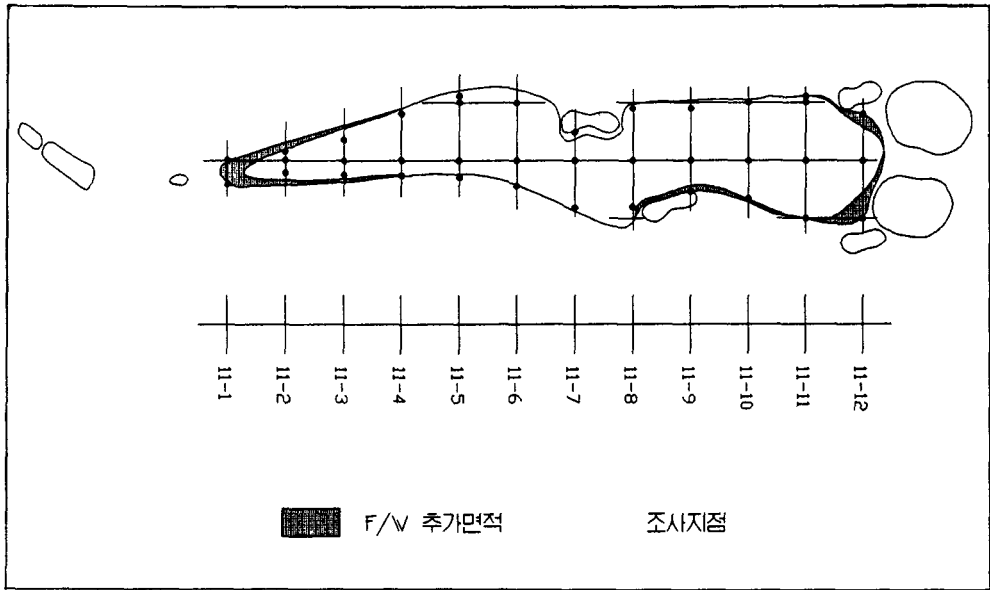
칼리가 결핍될 경우에는 잔디의 질소 대사와 탄수화물 대사의 균형이 깨어져 탄수화물의 합성이 억제되고, 세포막과 세포벽이 얇아져서 耐病性 및 耐踏壓性이 저하된다. 또한 근계의 발달이 불량하고, 심한 경우 성장점이 고사하며, 잔디각기에 대한 저항성과 재생능력의 저하를 초래한다. 또한 잔디 잎의 氣孔調節 反應이 나빠져 耐寒性이 저하되며, 어린 잎은 녹색으로 되고, 늙은 잎은 葉脈間부터 黃化現像이 발생한다.

Ⅲ. 잔디生育環境 現況調查

1. 現況調查方法

(1) 調查地點의 選定

F/W 잔디의 生育環境 現況調查地點은 <도- 1>과 같이 티잉 그라운드(Teering Ground, T/G)와 그린(Green)의 중앙을 연결하는 基線을 설치하고, 이 기선을 중심으로 20 × 20m 간격을 원칙으로 평판, 알리다드, 줄자, 폴대 등을 이용하여 조사지점을 설치한다. 선정된 조사지점에서 F/W 경계선까지의 거리가 5m를 초과할 경우에는 조사선과 F/W 경계선의 교점에 조사점을 추가로 배치한다. 이때 F/W와 라프의 경계는 홀 배치계획도를 기준으로 하되, 도면과 상이한 경우에는 현장조건을 우선한다. 즉 규칙적으로 잔디 각기를 시행하는 구역, 홀 횡단선의 경사변환점, 혹은 타구선에 평행하여 설치된 측구, 카트용 레일 혹은 보경로가 계획 도상 경계보다 넓은 경우에는 이들을 F/W의 경계로 간주한다.



〈도- 1〉 現況 調査 地點 配置圖

각 측정점은 『홀 번호- T/G로부터의 지선번호- F/W 우측 경계선으로부터의 측정번호』의 방식으로 명명하고, 그 위치는 홀 배치계획도상에 표시하였다. 즉 측정점 『11-3-2』는 11홀의 T/G에서 세번째 지선상의 우측에서 2번째에 위치하는 측정점이다. 모든 조사지점에는 붉은색의 비닐끈을 묶은 못을 박아서 표시하였다.

(2) 土深 및 土壤硬度 測定

조사원 2인이 직경 60mm의 나선형 오거(spiral auger)를 회전시켜 각 측정점의 30cm 이내 지점의 토심을 측정된 결과 2회 모두 30cm를 초과하는 측정점은 토심을 야장에 기록하고, 다음 측정점으로 이동한다. 지하의 자갈 혹은 암반으로 인하여 30cm 깊이까지 오거를 회전할 수 없는 지점은 삽으로 40 × 40cm의 멧장을 절취하고, 자갈 혹은 암석이 출현하는 깊이까지 굴토한다. 토양층이 단단한 곳은 곡괭이로 파고, 철근 및 빗자루로써 바닥면을 정리하고, 토심을 정확하게 측정하고 이 장면을 사진촬영하였다. 공사중에 조성된 표토의 두께는 토심 실측치에서 멧장의 두께 및 배토에 의한 토심증가량을 제하여 계산하였다. 토양경도는 山中式 土壤硬度計를 이용하여 굴토된 표토층의 바닥면의 경도를 측정하였다.

(3) 土壤 및 잔디 標本의 分析

토심측정 과정에서 육안으로 확인된 5가지의 토양종류(풍화토, 마사토, 황색토, 갈색토, 황갈색토) 별로 토심 30cm 미달 및 초과측점 각 1개소를 선정하였다. 이 표본은 토양의 물리적

특성, 토양영양염류 분석, 잔디의 지상 및 지하부의 구성물질 분석에도 이용하였다. 토양표본은 40 × 40cm 규격의 뗏장을 제거한 후에 채취하였으며, 식물체 분석용 표본은 직경 10cm의 홀 컷터(hole cutter)를 이용하여 굴착가능한 최대 깊이인 20~30cm 두께의 토양시료를 채취하였다. 분석용 토양 및 잔디 채취 지역은 즉시 원상을 복구하여 플레이에 지장을 주지 않도록 하였다.

土壤分析은 物理的 特性과 土壤營養鹽類 分析을 실시하였다. 物理的 特性은 토심, 토색, pH, 보수력 및 토성을 서울대학교 농생대 원예학과 실험실에서 분석하였다. 土壤의 營養鹽類는 유기탄소, 전질소, 가용성 인산, 양이온치환용량, 치환성 Ca, Mg, K, Na를 대상으로 하였다. 植物體의 無機物質 含有量은 지상부와 지하부를 구분하여 질소, 인산, 칼리, 칼슘, 마그네슘 및 나트륨을 분석하였다.

(4) 土深不足地域의 面積 및 表土不足量 算出

전술한 현황조사지점 선정방식에 의해서 선정된 표본조사 지점의 표토층의 토심조사에 입각하여 공사시방서에서 규정한 토심 30cm에 미달되는 F/W의 면적과 부족토량을 계산하였다. 각 홀별 부족토량 계산은 點高法을 이용하였으며, 토심부족지역의 면적은 等深圖法에 의하여 계산하였다(Untermann 1978). 즉 각 홀별 부족토량은 인접하는 측점이 만드는 사각형 혹은 삼각형의 단면적과 각 격자블럭의 부족토심의 평균치를 곱하여 계산한다. 조사지점의 토심이 30cm를 초과하는 경우에는 부족토심을 0으로 계산하였다.

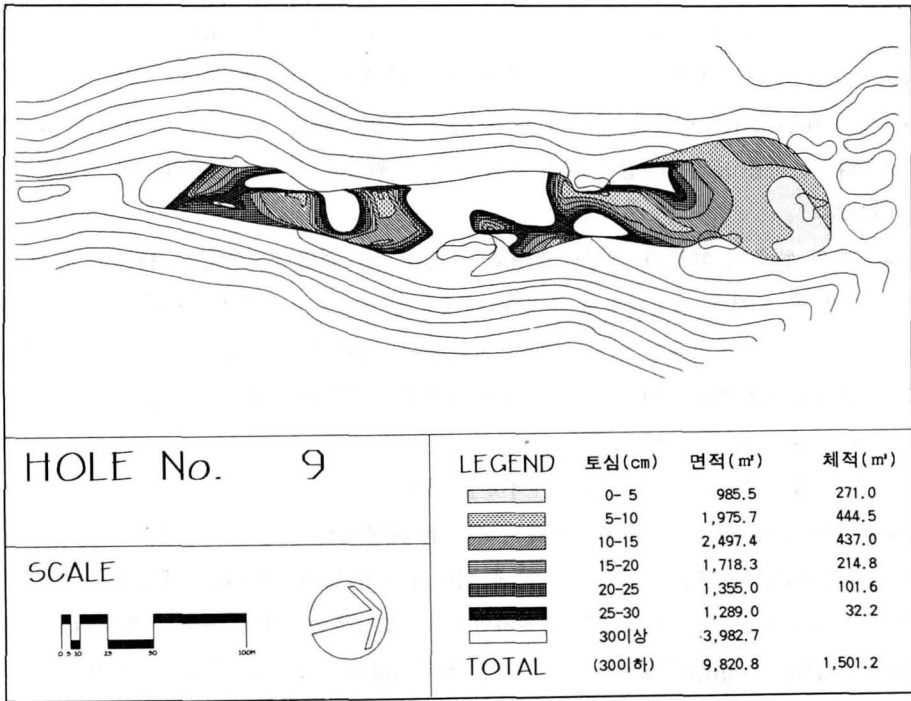
토심이 30cm에 미달되어 표토층 보완작업을 시행하여야 하는 구간의 공간적 분포 및 작업구역의 면적계산은 IBM PC/486호환기종으로 AutoCAD 및 LANDCADD 패키지를 이용한 等深圖法을 이용하였다. 즉 토심이 30cm에 미달되는 측점의 공간적 분포 및 부족량을 기준으로 LANDCADD의 QUAD 명령어로서 토심 5cm간격의 等深圖를 작성하였다. 부족토심이 5cm 미만, 5~10cm, 10~15cm, 15~20cm, 20~25cm, 25~30cm인 등심선이 만드는 다각형의 면적은 AutoCAD의 AREA명령어를 이용하여 계산하고, 각 홀별 부족토량은 Borland사의 Quatro Pro 패키지를 이용하여 각 계급의 중앙값과 면적을 곱하여 계산하였다.

2. 現況調查 結果

(1) 表土層 土深不足 地域의 面積

표토층의 토심이 30cm에 미달되어 표토층 보완작업이 필요한 지역의 면적은 전술한 바와 같이 조사지점별 토심자료를 LANDCADD패키지를 이용하여 5cm 간격의 等深圖를 <도- 2>와 같이 작성하였다. 이 등심도 우측의 그린 주변에 위치하는 0~5cm 등심선이 점유하는 면적은 985.5m²이며, 토심을 30cm로 보완하기 위해서는 271.0m³의 토량이 필요하다. 이 홀에서 토심이 30cm를 초과하여 표토를 보완할 필요가 없는 지역의 면적은 3982.7m²이다.

각 등심선이 점유하는 면적을 AutoCAD를 이용하여 각 토심구간별로 산출한 결과는 <표-



〈도- 2〉 土深 現況 調査圖(9홀)

1)과 같다. 즉 경기CC의 18개홀의 총 F/W면적은 153,411㎡중 잔디생육을 위한 적정 토심 기준인 30cm를 초과하는 F/W의 면적은 54,208㎡로서 F/W면적의 35.3%에 불과하며, 총 F/W 면적의 64.7%에 달하는 99,203㎡가 토심 30cm에 미달된다.

土深이 5cm 이하인 F/W의 면적은 전체의 2.8%, 10cm 이하 15.2%, 15cm 이하 33.6%, 20cm 이하 45.4%, 25cm 이하 55.6%, 30cm 이하 64.7%에 달한다. 토심부족면적의 점유비율이 가장 높은 곳은 4홀(92.4%), 3홀(90.8%), 12홀(85.8%) 및 6홀(85.3%)의 순이다. 이들 홀의 F/W는 지속적인 관개작업에도 불구하고 상당한 건조피해를 받고 있다.

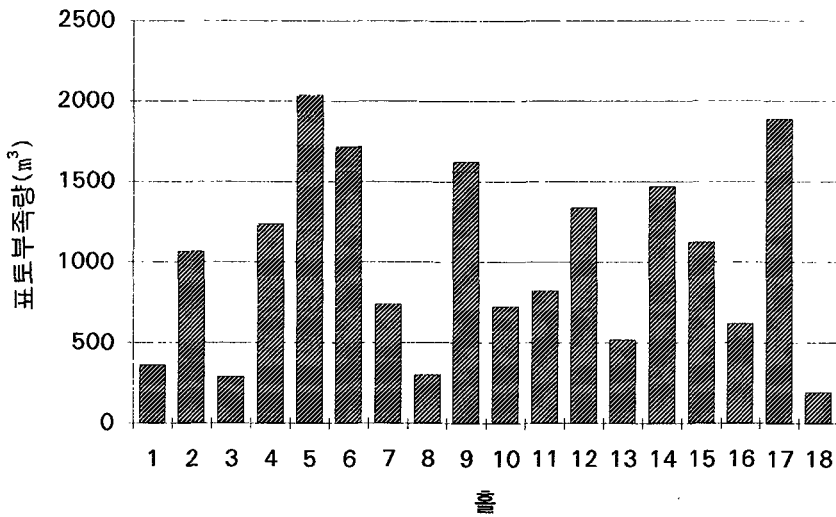
(2) F/W 表土 不足量

표토부족량은 조사지점의 格子블럭 柱狀體의 높이와 斷面積을 이용하여 계산하는 점고법에 의해서 계산하였다. 경기CC 각 홀별 표토부족량은 〈도- 3〉과 같이 표토부족량이 가장 큰 홀은 5홀(2,037㎡³), 17홀(1,890㎡³), 6홀(1,717㎡³), 9홀(1,624㎡³) 및 14홀(1,467㎡³)의 순이다. 반면에 18홀(194㎡³), 3홀(292㎡³) 및 8홀(299㎡³)은 타 홀에 비해서 표토 부족량이 현저히 적은 편이다. 본 연구대상지 F/W중 표토층의 토심이 30cm에 미달되는 구역을 기준토심에 합당하게 보완하기 위해서는 총 18,077㎡³의 토량이 필요하다.

〈표- 1〉 홀별 F/W 土深 現況

(단위: m²)

홀	F/W면적	토심부족							토심정상 30이상
		소계	0~5	5~10	10~15	15~20	20~25	25~30	
1	6,845	2,118	21	332	379	340	427	619	4,727
2	7,978	6,360	213	1,167	1,801	1,363	951	865	1,618
3	1,393	1,264	0	0	684	161	158	261	129
4	7,079	6,540	46	1,443	2,132	1,407	887	625	539
5	16,503	9,257	0	739	2,583	1,617	2,626	1,692	7,246
6	11,144	9,505	743	2,658	2,683	1,237	1,098	1,086	1,639
7	5,710	3,098	236	535	840	512	479	496	2,612
8	10,562	2,231	1	57	695	343	432	703	8,331
9	13,804	9,821	986	1,976	2,497	1,718	1,355	1,289	3,983
10	6,987	3,228	44	279	521	760	764	860	3,759
11	6,207	4,485	67	540	933	1,069	848	1,028	1,722
12	9,468	8,127	105	1,935	3,749	966	745	627	1,341
13	3,208	2,630	74	872	753	362	313	256	578
14	12,385	9,710	87	1,935	2,781	2,165	1,586	1,156	2,675
15	9,853	7,935	154	882	2,037	2,594	1,482	786	1,918
16	2,090	1,655	101	212	281	317	426	318	435
17	12,923	9,987	1,371	3,435	2,753	1,012	761	655	2,936
18	9,272	1,252	0	23	66	146	243	774	8,020
총계	153,411	99,203	4,249	19,020	28,168	18,089	15,581	14,096	54,208



〈도- 3〉 홀별 F/W 表土 不足量

(3) 土壤의 物理的 特性

① 概要

본 골프장은 표토가 부족하여 외부에서 토사를 매입하여 F/W 표토층을 조성하였지만 상기한 바와 같이 조성된 토심은 시방서의 규정에 미달되는 것은 물론 토양의 물리적 특성 및 비옥도도 잔디생육에 적합하지 않은 것으로 판명되었다. 즉 자갈 및 호박돌은 물론 도자기 제조용 점토 등의 불순물이 지표면 부근에 축적되어 잔디 뿌리의 생육을 방해하고 있고, 점토를 다량 함유한 토양은 토공작업중의 과도한 중장비 통행으로 인하여 토양경도가 30~50mm로 단단해져서 토양의 투수성 및 뿌리의 신장이 불가능한 경우가 많았다. 본 골프장은 급경사로 인하여 골프장내 작업도로망을 별도로 개설하지 않고, 지금도 F/W 상에 작업차량이 출입하는 구간이 많아서 토양이 고결화가 진행되고 있다. 전술한 토양표본 채취방법으로 토양의 물리적 특성을 분석한 결과는 다음의 <표- 2>와 같다.

② 土性

국제토양학회법의 기준에 의하여 조사지점별 토성을 분류한 결과 일반적으로 배수가 양호하여 F/W의 이상적인 토양으로 인정되는 양토 및 사양토는 총 10개 표본지점의 반에 불과하였다. 즉 3홀 및 15홀 조사지점은 양토이고, 1, 16, 17홀은 사양토이다. 그러나 4, 5, 17홀 조사지점은 식양토로서 유기물함량이 높지만 배수가 불량한 토양이며, 6홀 및 15홀 조사지점은 사질 식양토로 구성되어 있다. 이와 같이 점토의 비율이 높은 토양은 배수가 불량하여 잔디의 생육에 적합하지 않기 때문에 배수시설을 보완하고, 지속적으로 토성을 개선하고, 병충해 발생 여부 및 잡초의 침입을 초기에 차단할 수 있도록 관리에 만전을 기해야 한다.

<표- 2> 土壤의 物理的 特性

조사지점	토심 (cm)	토색	pH	보수력 0.1bar	토성(%)			
					모래	미사	점토	토성
15-11-1	60	풍화토	5.9	26.2	60.6	27.4	12.0	양토
1-11-2	38	마사토	5.7	19.2	75.2	13.8	11.0	사양토
5-3-2	47	황색	5.6	30.2	52.8	31.2	16.0	식양토
3-1-2	47	황갈색	5.1	30.0	60.4	24.6	15.0	양토
16-4-3	18	갈색	5.6	23.6	65.4	23.6	11.0	사양토
17-9-1	24	풍화토	5.4	33.8	51.4	32.6	16.0	식양토
7-4-2	38	마사토	6.0	19.9	70.2	19.8	10.0	사양토
4-8-3	24	황색	5.1	43.4	48.6	35.4	16.0	식양토
6-12-4	23	황갈색	5.8	22.7	65.6	18.4	16.0	사질식양토
15-4-2	17	갈색	5.3	25.1	63.2	19.8	17.0	사질식양토
평균			5.6	27.4	61.3	24.7	14.0	

③ 土壤硬度

본 대상지에서 총 294개 지점의 토양경도를 조사한 결과 잔디생육에 적합한 15~20mm의 경도를 갖는 지점은 2%인 6개소에 불과하고, 조사지점의 50%인 147개소가 잔디생육이 극도로 불량해지는 정도인 25mm 이상인 것으로 측정되었다. 특히 토심조사 과정에서 지표면 가까운 곳에서도 토양경도가 너무 높아 잔디의 뿌리가 전혀 분포하지 않는 측점이 많이 발견되었다.

④ 土壤酸度

본 골프장은 산지에 조성되었고, 우리나라의 산림토양은 전반적으로 산성화되어 있기 때문에 대상지의 토양산도의 범위는 pH5.1~6.0이며, 평균 pH 5.6으로서 약산성이었다. 골프장 F/W의 이상적인 토양산도는 pH6.0~7.0으로 간주되기 때문에 향후 지속적으로 토양산도를 개선시키기 위한 작업을 지속적으로 실시하여야 할 것이다.

⑤ 土壤水分

토양의 보수력은 모래·미사·점토의 구성비와 토양유기물 함량에 의해서 결정된다. 본 조사결과에 의하면 보수력의 범위는 19.2~43.4%이며, 평균 27.4%이다. 특히 보수력이 낮은 곳은 1홀(19.2%), 7홀(19.9%), 6홀(22.7%), 16홀(23.6%) 등이다. 이런 곳은 토양중 모래의 함유비율이 높고, 토심이 얇은 경우에 잔디의 건조피해를 받을 가능성이 크다. 반면에 보수력이 가장 높아서 배수불량의 가능성이 높은 곳은 4홀(43.4%), 17홀(33.8%), 5홀(30.2%)의 순이며, 이들은 모두 식양토 분포지역이다.

⑥ 土壤營養鹽類

연구대상지역 토양의 영양염류 분석 결과는 다음의 <표- 3>과 같다. 표토층의 有機炭素

<표- 3> 土壤의 營養鹽類 含量

조사지점	Org. C %	Exch. Cations(me/100g)				CEC	Ava' t P ppm (Bray 1)	T-N %
		Ca	Mg	K	Na			
15-11-1	0.32	5.53	2.42	0.21	0.20	8.9	11.6	0.035
1-11-2	0.14	2.63	0.92	0.27	0.14	5.3	9.0	0.022
5-3-2	0.52	8.15	3.54	0.25	0.27	14.0	11.1	0.044
3-1-2	0.44	2.52	1.03	0.14	0.04	5.4	11.3	0.049
16-4-3	0.84	3.22	0.91	0.75	0.14	6.8	55.0	0.082
17-9-1	0.76	5.68	2.02	0.61	0.12	11.2	45.8	0.060
7-4-2	0.34	4.37	1.40	0.31	0.36	5.8	11.5	0.022
4-8-3	0.46	3.59	3.00	0.15	0.07	14.1	2.7	0.023
6-12-4	0.25	5.45	2.50	0.11	0.16	7.9	9.5	0.020
15-4-2	0.71	4.24	1.84	0.47	0.20	10.2	34.6	0.058
평균	0.48	4.54	1.96	0.33	0.17	9.0	20.2	0.042

(Organic Carbon)는 잔디생육에 적절한 범위로 간주되는 기준치인 1.5~2.5% 보다 현저히 적은 0.20~1.18%의 범위에 있다. 이와 같이 유기물 함량이 기준치보다 낮은 이유는 표토가 아닌 하층토를 외부에서 반입하였기 때문이다. 유기물 함량이 낮은 토양은 보수력과 보비력도 낮기 때문에 잔디의 생육상태를 양호하게 유지하기 위해서는 매년 지속적으로 배토작업을 시행하고, 철저한 시비 및 관수를 필요로 한다.

全窒素(Total Nitrogen)의 양도 잔디생육 적정함유량인 0.15~0.15% 보다 현저히 낮다. 즉 10개 조사지점중 기준의 상한치인 0.15%를 초과하는 곳은 하나도 없으며, 기준의 하한치인 0.05%를 초과하는 곳은 15, 16, 17홀의 세곳에 불과하다.

可溶性 磷酸(Available Potassium)의 함량은 기준치가 50~200ppm이다. 그러나 본 조사에서는 16, 17, 15홀 조사지점을 제외한 모든 조사지점의 인산함량이 대단히 낮다. 陽이온置換容量(CEC)은 기준치가 10~20me/100g인데 반하여 본 조사토양은 5.3~14.1의 분포를 가지며, 과반수 이상이 10 이하의 용량 갖고 있다. 그리고 치환성 Ca, Mg, K, Na도 Mg를 제외하고는 전체적으로 다소 부족한 경향을 보이고 있다.

⑦ 植物體의 無機物質 含有量

F/W에서 잔디를 채취하여 식물체의 지상부 및 지하부의 질소(N), 인(P), 칼륨(K), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 나트륨(Na) 등의 무기물질함량을 분석한 결과는 <표- 4> 및 <표- 5>와 같다. 잔디식물체내 適定窒素含有量의 범위는 2.50~4.50%로 간주된다. 그러나 모든 표본이 이 기준에 크게 미달되며, 단지 3홀(1.36%), 4홀(1.26%), 16홀(1.15%) 및 1홀(1.15%)의 窒素含量은 1%를 초과하고 있다.

燐도 잔디생육 적정 유량인 0.40~0.55% 보다 훨씬 낮은 수치를 나타내고 있다. 즉 10개 조사지점중 기준의 하한치인 0.30%를 초과하는 것은 한 지점도 없으며, 4홀(0.20%), 15홀

<표- 4> 잔디 地上部の 無機物質 含有量

조사지점	N	P	K	Ca	Mg	Na
15-11-1	0.95	0.13	0.91	0.24	0.06	0.05
1-11-2	1.15	0.16	0.85	0.22	0.04	0.03
5-3-2	0.78	0.17	0.90	0.21	0.05	0.03
3-1-2	1.36	0.14	1.23	0.17	0.04	0.03
16-4-3	1.15	0.15	1.08	0.18	0.05	0.03
17-9-1	0.77	0.16	0.85	0.20	0.05	0.02
7-4-2	0.85	0.14	0.95	0.21	0.05	0.04
4-8-3	1.26	0.20	1.34	0.18	0.05	0.04
6-12-4	0.91	0.16	0.86	0.22	0.05	0.03
15-4-2	1.07	0.19	1.25	0.19	0.05	0.05
평균	1.03	0.16	1.02	0.20	0.05	0.04

〈표- 5〉 잔디 地下部の 無機物質 含有量

조사지점	N	P	K	Ca	Mg	Na
15-11-1	0.67	0.17	0.44	0.13	0.03	0.03
1-11-2	0.98	0.18	0.59	0.13	0.02	0.03
5-3-2	0.62	0.19	0.52	0.10	0.03	0.04
3-1-2	1.17	0.20	0.48	0.12	0.02	0.04
16-4-3	0.99	0.18	0.67	0.10	0.03	0.03
17-9-1	0.58	0.15	0.59	0.12	0.03	0.03
7-4-2	0.69	0.18	0.49	0.16	0.03	0.03
4-8-3	0.68	0.14	0.68	0.07	0.02	0.04
6-12-4	0.83	0.13	0.52	0.16	0.04	0.03
15-4-2	0.82	0.13	0.57	0.11	0.02	0.03
평균	0.80	0.17	0.56	0.12	0.03	0.03

(0.19%), 5홀(0.17%) 등이 상대적으로 높은 편이다.

칼륨의 함량은 기준치가 1.00~1.25ppm으로 되어 있으나, 본 조사에서는 4홀(1.34%), 15홀(1.25%), 3홀(1.23%), 16홀(1.08%) 등이 기준치를 충족시키고 있다. 기타 칼슘, 마그네슘, 나트륨 등의 함량도 기준치에 미달되고 있다.

이와 같이 주요 영양염류의 함유비율이 기준치에 크게 미치지 못하는 가장 큰 이유는 잔디의 생육기간중 토양으로부터의 영양분 흡수상태가 지극히 불량했기 때문이다. 이것은 앞에서 살펴본 토양의 물리적인 불량요인과 아울러 낮은 토양염류 함유량 등 토양환경요인에 문제가 있으며, 토심이 너무 얇고, 뿌리의 발달이 미약하여 양분흡수가 제대로 이루어지지 못했기 때문인 것으로 보인다.

식물체내 무기물 함량과 토심 및 토양비옥도 간의 상관관계를 분석한 결과 유의성이 없는 것으로 판명되었다. 본 연구대상지내 잔디 식물체내의 무기물질함량은 비록 정상치에 비해서 현저히 낮은 수치를 갖지만 표토층의 수분 및 영양물질 공급능력을 보완하는 관개 및 시비작업으로 인하여 최소한의 생장을 하고 있는 것으로 판단된다. 그러나 우리나라에는 현재까지 골프장 잔디의 지상부 및 지하부의 무기물질함량을 분석한 사례가 없기 때문에 당장 비교할 수는 없지만 향후에 자료가 축적되면 유익한 결론을 유도할 수 있을 것으로 기대된다.

IV. 生育環境 改善

1. 土深 補完 工法

본 연구대상지의 표토층 토양환경 개선사업은 잔디생육을 위한 최소토심기준에 도달하도록 표토층의 토심을 추가하되 잔디생육에 적합한 표토의 이화학적 특성을 개선하기 위한 혼합토

를 조성하여야 한다. 이 공사를 위해서는 토심이 30cm에 미달되는 F/W 잔디를 제거하고 표토층을 추가하되, 기존 홀의 조형공사, 배수시설 및 관수시설 등의 훼손을 최대한 억제하면서 공사난이도, 공사비용 등의 관점에서 최선의 방법을 선정하여야 한다.

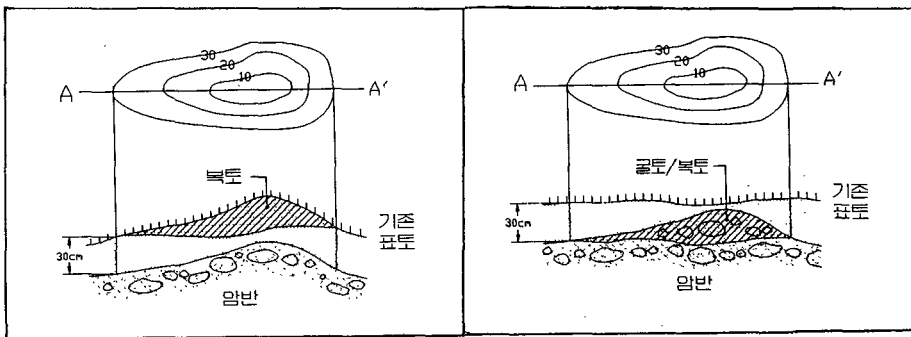
표토층의 토심을 최소 30cm가 되도록 보완하는 공사는 지반고의 변화여부에 따라서 <도-4>와 같이 두가지로 구분된다. 첫째는 토심부족지역의 잔디를 제거하고, 기존의 최종지표면 위에 외부에서 소요되는 표토를 반입하여 복토하는 방법이다. 이 방법은 기존 지반고가 변화되기 때문에 부분적으로 그린, 벙커 및 F/W의 조형, 배수 및 관수시설을 조정할 필요가 있다. 둘째는 기존의 지반고를 변경시키지 않고 최소표토기준을 충족시키기 위해서 토심부족지역에서 암반층 및 굵은 자갈을 제거하고, 외부에서 반입한 표토를 보충하여 기존지형을 복원하는 방법이다. 이 방법은 기존의 배수체계는 유지하지만 전자에 비해서 토공사의 규모가 증대되어 기존시설물의 훼손범위가 커지고, 작업공정이 길어지는 단점이 있다. 두가지 공법을 비교한 결과 공법1과 2의 공사비는 각각 1,795,645,000원과 1,943,315,000원으로서 2안이 工事費 및 工期의 면에서 불리하여 1안을 선택하였다(태우관광 1994).

2. 잔디生育環境改善 作業工程

① 表土의 購入 및 檢査: F/W의 부족한 표토층을 보완하기 위해서 반입하는 표토는 배수가 양호하며, 식물생장에 필요한 유기물 함량이 많은 양토 내지 사양토이어야 한다. 도입전에 토양의 물리적, 이화학적 특성을 검사하여 골프장 F/W의 土壤環境基準를 충족시키는 토양을 반입하여야 한다.

② 現場整理 및 表土運搬: 공사에 필요한 작업공간의 확보와 공사장비의 이동로, 공사자재 및 재료의 보관장소 등의 공사현장을 준비하고, 도입한 표토를 보관한다.

③ 잔디 떼뜨기 및 保管: 표토층 토심보완 공사 시행구간의 잔디 떼뜨기 작업을 시행하고, 떼장을 공사중에 임시보관한다. 떼장의 보관시간은 가능한 최소로 하여야 하며, 보관중에 자체 중량에 의한 피해를 받지 않도록 유의하여야 한다.



<도- 4> 土深 補完 工法 代案(좌: 1안, 우: 2안)

④ 耕耘: 기존 표토층의 고결화, 통기성 및 투수성의 저하 등의 문제점을 개선하고, 시비와 제석작업으로 토양을 개량한다. 경운작업시 지하에 매설된 급수관로와 배수시설의 훼손에 주의한다.

⑤ 混合表土 造成: 도입된 토양의 이화학적 특성을 조사하여 잔디생육에 적합하도록 비료 및 모래를 혼합한다.

⑥ 排水施設 補完: 복토에 따른 지표면 형상의 변화를 반영하도록 지하배수시설 및 표면배수로를 확충 정비하고, 표면배수구를 복토최종고에 맞추어 조정한다.

⑦ 給水施設 調整: 복토에 의하여 매몰되는 스프링클러 헤드와 제어박스를 최종 지면고에 맞추는 작업을 시행한다.

⑧ 覆土: 부족토심을 보완하는 부분은 주변의 기존 지형과 조화되어 플레이에 지장을 주지 않아야 한다.

⑨ 造形: 복토조성된 지표면의 급격한 요철을 제거하고, 기존지형과 만나는 부분에 급격한 단이 생기지 않도록 조정하고, 인근의 배수체계를 감안하여 표면배수로를 정비한다.

⑩ 잔디植栽 및 管理: 잔디식재전에 토양 불순물을 제거하고 다지기 작업을 시행하고 잔디식재작업을 시행한다. 식재시에는 충분한 배토에 의하여 지표면과 뗏장 사이에 공극이 생기지 않도록 한다. 식재된 잔디가 조속히 활착되어 훌륭한 골프장의 명성을 얻기 위해서는 정상적인 관개 및 시비작업 이외에도 잡초제거, 지표면의 불필요한 굴곡부 제거, 스프링클러 헤드 및 배수시설 조정 등의 작업을 지속적으로 시행하여야 한다.

3. 工事費 算出

(1) 工事量 算出

F/W 토심 현황조사 결과 토심기준에 미달되는 공사대상 구간의 면적은 99,203m²이며, 부족토량은 14,159m³으로 산출되었다. 공사량의 산출은 다음의 다섯가지로 구분하였다. 첫째, 복토공사용으로 준비하는 혼합상토의 체적은 토량환산계수(1.4), 토공사시 재료할증율(6%) 및 마감조형작업시 토양소요 추가비(10%)을 감안하면 22,113m³가 된다. 둘째, 기존토양 개량작업(경운/제석/시비)량은 토심부족지역 면적(99,203m²), 경운깊이(30cm), 공사중 추가훼손 예상비율(10%)을 감안하면 32,737m³이 된다. 셋째, 잔디식재지역의 면적은 토심부족면적(99,203m²) 및 공사중 추가훼손 예상비율(10%)을 감안하면 109,122m²이 된다. 넷째, 관수 및 배수시설 조정공사구역의 면적은 토심부족면적(99,203m²)과 공사중 추가 훼손 예상비율(5%)을 감안하면 4,960m²가 된다. 다섯째, 토심보완공사 중의 장비이동용 작업도로(폭 3m) 개설, 스프링클러 헤드 및 제어 박스, 지표수 집수용 맨홀 등의 높이 조정이 필요한 물량은 <표- 6>과 같다.

〈표- 6〉 각 홀별 施設物 整備 工事量

홀	작업로 (m)	S헤드	S제어 박스	집수 맨홀	홀	작업로 (m)	S헤드	S제어 박스	집수 맨홀
1	370	16	6	4	10	372	20	5	4
2	350	15	4	6	11	353	17	5	4
3	101	3	-	1	12	442	21	8	4
4	277	19	4	4	13	145	8	4	2
5	563	35	10	6	14	-	22	7	4
6	492	22	6	6	15	405	24	6	6
7	288	13	4	4	16	175	5	2	1
8	365	20	6	5	17	550	37	12	6
9	550	30	9	8	18	354	20	6	6
합계						6,152	347	104	81

〈표- 7〉 表土 土壤環境改善 工事費

단위: 1,000원

공종	수량	단위	총계	노무비	재료비	경비
가설창고 설치	300	m ²	16,732	8,428	8,304	-
공사용도로	18,456	m	638,338	262,758	373,383	2,196
세륜세차시설	1	개소	7,962	3,249	4,713	-
이형관접합	1	개소	657	618	39	-
이형관자재	1	개소	28,714	-	28,714	-
토양 구입	23,113	m ³	115,912	1,294	112,144	2,473
토양시료 분석	10	개소	365	65	-	300
토양 고르기	23,113	m ³	30,740	28,244	1,109	1,387
모래 비료 배토	23,133	m ³	109,717	66,589	42,320	809
혼합상토 운반	23,113	m ³	62,752	32,612	3,213	26,927
토양개량	32,737	m ³	34,570	1,735	31,035	1,801
S헤드 조정	347	개소	9,317	8,259	1,058	-
제어박스 조정	104	개소	11,332	3,220	8,112	-
훼손관수시설	4,960	m	27,945	13,625	13,754	565
명암거설치	4,960	m	43,792	9,360	34,432	-
맨홀 보수	81	개소	9,379	5,621	3,195	563
표토 포설	23,113	m ³	3,906	1,086	647	2,173
표토 다짐	23,113	m ³	5,848	1,618	971	3,259
마감조형	23,113	m ³	399,023	394,262	1,780	2,982
잔디 펴뜨기	109,122	m ²	265,166	259,710	5,456	-
잔디 펴붙임	109,122	m ²	475,335	416,191	59,144	-
잡초제거/시비	109,122	m ²	103,011	72,348	30,554	109
계			2,400,513	1,590,892	764,078	45,543

(2) 工事費 算出

본 연구 대상지의 F/W 잔디생육환경을 적정기준으로 개선하기 위해서는 <표- 7>과 같이 약 24억원의 공사비가 소요된다. 공사비가 가장 많이 소요되는 공종은 공사용 작업도로 개설비용(638,338,000원)이며, 이어서 조형공(399,023,000원), 잔디떼붙임(475,335,000원) 및 잔디 떼뜨기(265,166,000원)의 순이다. 여기서 특이한 것은 표토용 토양의 구입, 검사, 운반, 혼합 토 조제, 포설 및 다짐 등 직접표토를 보완하는 공종에 소요되는 공사비는 363,810,000원으로 전체 공사비의 15%에 불과하다. 이것은 홀조성공사 중에 잔디생육 최소기준토심인 30cm를 확보하기 위해서 약 4억원을 추가부담하면 가능하였지만, 관개 및 배수시설이 완비된 현재에 표토층 보완공사를 시행하면 그 금액이 5배 이상 증가함을 의미한다. 본 골프장을 건설하기 위하여 500억원 이상을 투자하고서도 F/W 표토층이 불량하여 골프장이 황폐화되는 것을 방지하기 위해서는 가까운 시일내에 이와 같은 표토환경개선공사를 시행하여야 할 것이다.

參考文獻

- 김귀곤 외(1992), 『한국의 골프장 계획 이론과 실무』, 도서출판 조경.
- 김인섭 외(1988), “한국잔디와 Zoysia-82의 sprigging에 대한 관수의 영향”, 『한국잔디학회지』 2(1), pp.31-40.
- 이재충(1991), 『골프장 설계와 시공』, 도서출판 대성.
- 임선욱(1990), 『토양학통론』, 문운당.
- 태우관광개발주식회사(1990), 『경기컨트리클럽 건설공사 시방서』.
- 태우관광개발주식회사(1994), 『경기CC 잔디생육환경개선 기본계획』.
- 한국잔디연구소(1991), 『골프장 관리의 기본과 실제』.
- 川瀬篤美, 三浦正敏(1985), 『ゴルフ場 開發事業計劃資料集』, 東京: 綜合コムコム.
- 加藤俊輔(1988), 『ゴルフ 코스 디자인・プレニング 實務資料』, 東京: 綜合コムコム.
- 小川茂男(1979), 『土の 造園デザイン』, 東京: 成文堂新光社.
- 山田國廣 編(1990), 『新版 ゴルフ場亡國論』, 東京: 藤原書店.
- Alexander, M(1977), *Introduction to Soil Microbiology*, New York: John Wiley.
- Balogh, James C. and W.J. Walker eds(1992), *Golf Course Management & Construction: Environmental Issues*, Boca Raton: Lewis Pub.
- Beard, J.B.(1982), *Turf Management for Golf Courses*, Burgess Pub.
- Biran, I. et al(1981), “Water consumption and growth rate of 11 turfgrasses as affected by mowing height, irrigation frequency, and soil moisture”, *Agron. J.* 73, pp.85-90.

- Boul, S.W., F.D. Hole and McCracken(1973), *Soil Genesis and Classification*, Iowa State U. Press.
- Carrow, R.N. and G. Wiecko(1989), "Soil compaction and wear stresses on turfgrasses: Future research directions" in I.H. Takatoh ed. *Proc. 6th Int. Turfgrass Res. Conf.* Tokyo, July 31-Aug. 5, 1989, Japanese Soc. of Turfgrass.
- Harris, Richard W.(1992), *Arboriculture: Integrated Management of Landscape Trees, Shrubs, and Vines*, Englewood: Simon & Schuster.
- Miller, Raymond W. and R.L. Donahue(1990), *Soils: An Introduction to Soils and Plant Growth, 6th ed*, Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Mooney, Harold A., W.E. Winner and E.J. Pell, eds.(1991), *Response of Plants to Multiple Stresses*, San Diego: Academic Press.
- Turgeon, A.J.(1985), *Turfgrass Management*, Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Untermann, Richard K.(1978), *Principles and Practices of Grading, Drainage and Road Alignment: An Ecological Approach*, Reston: Reston Pub.