

USGA 공법으로 조성된 그린의 토양물리성과 Bentgrass의 생육

권동영^{1*} · 이정호² · 이동익² · 주영규²

¹Orange Engineering Co., ²연세대학교 응용과학부 생물자원공학전공

Turfgrass Establishment of USGA Putting Greens Related with Soil Physical Properties

Dong-Young Kweon^{1*}, Jeong-Ho Lee², Dong-Ik Lee² and Young-Kyoo Joo²

¹Orange Engineering Co., ²Dept. of Biological Resources and Technology Yonsei University

ABSTRACT

USGA green specification is currently accepted in construction method of Korea. This study was carried out to find the factors influencing growth of turfgrass associated with soil physical properties of soil root-zone on golf green constructed with USGA method. Three putting greens in poor turfgrass and one in good turfgrass condition were selected for investigation on one golf course site at mid-South Korean peninsula. Soil hardness, moisture content, root length, and turf density were measured on-site greens, and soil physical properties and soil chemical properties also analyzed in laboratory.

As a result of on-site surveys and soil physical tests in laboratory, soil physical properties were most important factors which influenced on turfgrass growth at tested greens. The results of soil particle analysis on green No. 2, in good turf condition, matched USGA sand particle recommendations. But those greens such as Nos. 1, 11 and 16, in poor putting greens, showed high soil compaction and improper soil particle distribution. Those factors created low leaf density, poor root depth, and higher moisture content compared with lower part of topsoil. Such phenomena caused inadequate turfgrass growth with soil hardening associated with poor drainage. Therefore, declines of soil physical properties associated with improper particle distribution caused a major factor influencing on turfgrass growth in golf green. Adequate test of soil particle analysis by USGA specification and proper construction method followed by adequate turf maintenance should be performed to obtain optimal turf quality on putting green.

Key words : turfgrass, bentgrass, putting green, USGA specification, topsoil, root-zone, soil compaction, particle analysis, soil physical property

*Corresponding author. Tel : 031-711-8114
E-mail : dhsc0@chol.com

서 론

현재 우리나라에서 조성되고 있는 골프장 그린(Green)의 시공은 대부분 USGA공법에 의해서 이루어지고 있다. USGA공법은 USGA(United States Golf Association)의 산하 기관인 Green Section에서 40여 년 간 연구와 실험을 거듭해 왔으며 그 결과를 실제로 적용하고 다시 연구에 반영하여 발전되어 온 공법이다(미국골프협회, 2004). 특히 잔디 생육에 필요한 기후 인자를 비롯해 투수율을 포함한 여러 가지 제반조건을 폭넓게 수용하여 한국뿐만 아니라 세계 각국에서 골프장, 축구장, 야구장 등 잔디를 필요로 하는 각종 경기장의 조성에 사용되고 있다. 일반적으로 골프코스의 질은 그린 스피드와 잔디 생육으로 평가되고 있는데, 조성 후 지속적인 유지관리를 통하여 골프경기에 최상의 상태가 유지되도록 관리되어야 한다(이상재, 1994, 이상재 외, 1999).

그러나 오랜 연구와 경험에서 발전된 USGA공법으로 조성되었다 하더라도 그린 잔디면의 상태가 양호한 곳과 불량한 곳의 차이가 현저하게 나타나는 골프장이 많이 있다. 이는 경관적인 문제 외에 경기력에도 큰 영향을 미쳐 골프장의 수준을 떨어뜨리는 중요한 요인 중 하나로 인식되고 있다. 그렇다면 현재 우리나라의 골프장 그린 시공에 여과 없이 일률적으로 사용되고 있는 USGA공법으로 조성된 동일 골프장 그린의 잔디생육상태가 현저한 차이를 보이는 것에 대해 주목하고 시공상의 결함이 있는지, 없다면 다른 어떤 원인이 잔디생육에 영향을 주는지에 대한 연구의 필요성이 대두 되었다.

본 연구에서는 USGA공법으로 조성된 동일 골프장내의 잔디생육상태가 양호한 그린과 불

량한 그린을 각각 대상으로 하여 조성방법, 시공 후 관리와 기후 조건(미기후 제외) 등의 동일 조건을 갖춘 상태에서 나타날 수 있는 기타 잔디 생육에 영향을 주는 인자를 조사한 후, 이를 토대로 한국에서의 설계, 시공, 관리 등 양호한 골프장 그린의 조성에 대한 방안을 수립하는데 자료를 얻기 위하여 실시되었다.

재료 및 방법

실험구 설정

본 연구에서 대상지 선정을 위하여 골프장의 50%가 넘게 위치하고 있는 중부지역의 골프장 중 중부내륙형의 지역 중에서 최근 USGA green 시공법을 기초로 하여 같은 시기에 건설되고 관리되어 잔디의 활착이 끝난 골프장을 선정하였다. 선정된 대상 골프 코스의 그린 중 잔디의 생육상태가 가장 좋은 그린 1개소와 상태가 좋지 않은 세 개의 그린(Fig. 1)에 대해서 green 잔디의 밀도 및 뿌리깊이를 측정하였고, 상토층 토양의 물리·화학적성을 분석하였다.

Green 잔디의 생육상태 측정

잔디의 생육상태는 현장에서 2004년 5월 18~19일 이틀에 걸쳐 실시하였고, 잔디의 뿌리깊이와 밀도를 측정함으로써 평가하였다. 잔디의 뿌리깊이는 홀 커터를 이용하여 잔디를 들어낸 후 그 뿌리의 깊이를 측정하였으며, 잔디 잎의 밀도는 T바를 이용하여 1cm²(1cm X 1cm)내의 잎의 수를 측정함으로써 각각의 그린에 대한 상태를 평가하였다.

Green 상토지반의 물리성 측정

Green 상토층의 토양 경도는 각각의 그린에서 임의의 세 지역을 선정하여 Cone

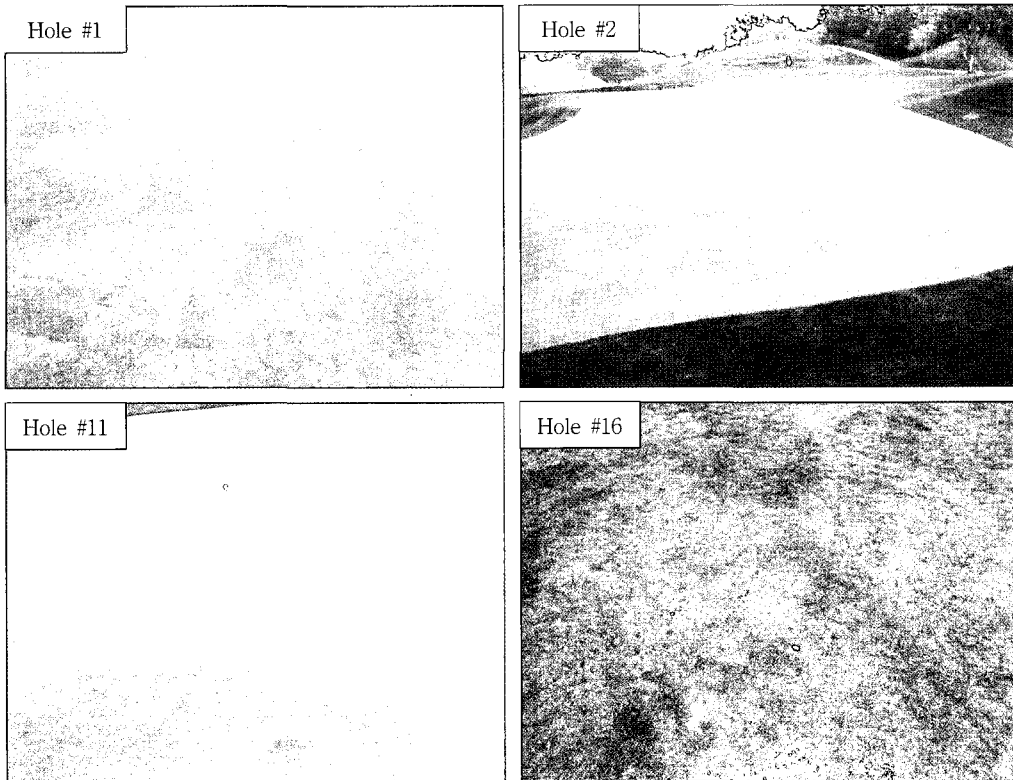


Figure 1. Tested greens

Penetrometer(CP20 Penetrometer, Agridry Rimik pty., Ltd.)를 사용하여 상토의 각 2cm 깊이별로 20cm 깊이까지 정밀 측정하였다. 측정된 Data는 CP-20 소프트웨어를 이용하여 컴퓨터에서 분석하였다. 토양 내 수분 함량 측정은 토양 수분 측정기(Hydrosence™, Campbell scientific Australia pty., Ltd)를 이용하여 표토층으로부터 20cm 깊이까지 수분함량을 측정하였다.

각 그린에서 토양경도를 측정한 세 지역의 지반 토양을 채취(soil core analysis)한 후 실험실에서 각 토양의 물리·화학적 분석하였다(Roger and Carter, 1987). 토양의 입도분석은 토양 내에 남아있는 잔디 뿌리의 잔재들을 제거하고, 105℃ dry oven에서 24시간이

상 건조시킨 후 USGA에서 제시하는 ASTM F 1632-95방법에 의해 분석되었다(USGA Green section staff, 2004). 채취해온 토양의 용적비중과 진비중, 공극률 및 투수율 등은 ASTM F 1815-97의 방법으로 물리성 simulation 실험을 통해 측정하였다. 화학성 분석은 ASTM D 4972-89의 방법으로 pH, 전기전도도(EC), 양이온치환용량(CEC), 유기물 함량(OM), 유효인산(P_2O_5), 치환성 칼륨(K_2O), 치환성 칼슘(Ca), 치환성 마그네슘(Mg)등을 측정하였다. 모든 실험은 각 처리별 3반복으로 실시되었으며, 각각의 그린 표면의 상태에 대한 data는 SAS 프로그램으로 통계 처리하였다.

실험 결과 및 고찰

잔디 생육정도 측정

총 18홀 그린 중 #2홀 green이 최상등급의 그린으로 평가 선정되었으며, green의 잔디생육에 이상 증상이 있는 그린으로 #1홀, #11홀, 그리고 #16홀을 선정하여 실험을 실시하였다. #1홀 그린에서는 건조증상으로 인해 green 일부 지역의 잔디가 생육이 불량하여 상토층 토양이 그대로 드러났으며, #11홀과 #16홀에서는 조류발생 지역이 많았다. 선정된 4개 홀에 대하여 잔디의 뿌리 길이를 측정 한 결과, 그린 상태가 좋은 #2홀의 잔디 뿌리 길

이는 대체적으로 15~25cm의 왕성한 뿌리 발육을 보였으나 다른 green에서는 대략 4~12cm의 부진한 뿌리 발육을 보였다. 잔디 앞의 밀도 또한 #2홀에서는 평균적으로 75~90개/cm²였으며, #1홀에서는 건조지역 주변의 잔디 밀도가 25~30개/cm², #11홀과 #16홀은 조류가 있는 지역의 잔디 밀도가 0~50개/cm²로 측정되었다(Table 1).

토양 경도 및 수분함량 측정

표토로부터 20cm 깊이까지 매 2cm마다 토양 경도를 측정하였다. #2홀 green의 상토층 토양경도는 처음 2cm 지점까지 922kPa이

Table 1. Root length and leaf density of bentgrass on tested greens

Measure data	#1 green	#2 green	#11 green	#16 green
Root length(cm)	6~12	15~25	4~7	4~8
Leaf density/cm ²	25~30	75~90	0~15	35~40

Table 2. Water contents of root-zone to 20cm of soil depth

	#1 green	#2 green	#11 green	#16 green	USGA standard
Water ontent(%)	12	16	20	22	18

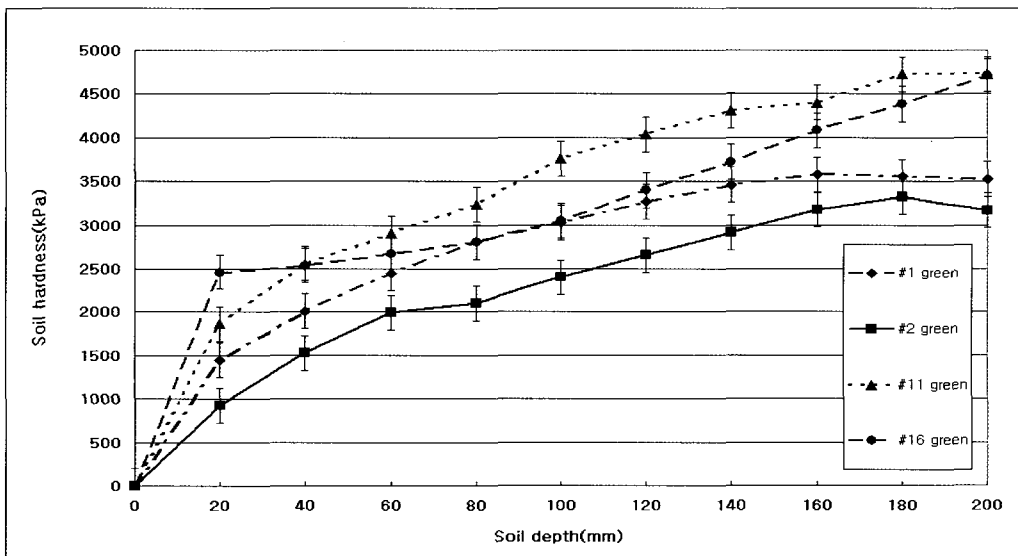


Figure 2. Soil hardness of green depth

며 20cm 깊이까지 들어갈수록 그 값이 점차 증가하여 최대 3325kPa까지 측정되었다. 다른 세 개의 green의 토양경도는 처음 2cm 지점까지 1500kPa이 넘게 측정되었으며, 최대 4700kPa까지 측정되어 상토층이 상당히 경화된 것으로 분석되었다. 토양 경화가 가장 심하게 된 그린은 #16번 홀이며, #11홀 green에서 처음 2cm 깊이까지 토양경도가 2461kPa로 표토의 토양 경화가 가장 많이 이뤄진 것으로 분석되었다(Fig 2).

각 그린의 수분함량은 #1홀 green이 12%로 가장 건조한 것으로 나타났다(Table 2). 조류가 가장 많이 관찰된 #16홀 green의 수분함량은 22%로 가장 높았으며, 표토의 토양 경도와 비교하여볼 때 플레이어에 의한 답압과 잔디 관리 장비에 의한 다짐현상으로 인한 높은 토양 경화로 배수불량 현상이 나타난 것으로 추정되었다.

상토 토양의 물리·화학적 분석

입도분석

각 green에서 채취한 토양에 대하여 실험실

에서 ASTM F 1632-95 방식에 따라 골재 입도분석을 실시하였다(Table 3). #2홀 green의 상토 토양의 입도 함량비가 USGA 기준(Table 3의 USGA recommendations)에 가장 적합한 것으로 분석되었으며, 특히 0.25~1.0mm 사이의 입자가 85.1%로 입경분포율이 상당히 균일하였다(Table 3).

#2홀을 제외한 다른 green의 상토층에 사용된 모래의 입도가 USGA 추천기준(USGA, 2004)에 부적합한 것으로 분석되었다. #2홀 green을 제외한 다른 세 green의 상토 모래에서 1.0mm이상의 모래가 10%이상으로 다소 굵은 골재를 사용한 것으로 분석되었고, 특히 #1홀 green의 상토 토양은 1.0mm 이상의 골재가 30%이상으로 분석되었으며 전체적으로 입도가 균일하지 못하기 때문에 답압에 의한 토양 경화가 쉽게 이뤄질 것으로 판단되었다.

토양 물리성 분석

ASTM F 1815-97방법을 이용하여 채취한 토양의 물리성 simulation 결과를 분석하였다(Table 4). #1홀 green 상토 토양의 물리성

Table 3. Particle analysis of green sand(ASTM F 1632-95)

Particle size(mm)	Particle analysis(%)				USGA Recommendations
	#1 hole	#2 hole	#11 hole	#16 hole	
Less than 0.05 (Silt)	2.86	0.72	0.41	0.50	Not more than 5%
0.05~0.15 (Very Fine Sand)	2.76	1.17	0.74	0.84	Not more than 5%
0.15~0.25 (Fine Sand)	15.00	9.95	7.46	7.73	Not more than 20% of the particles may fall within this range
0.25~0.5 (Medium Sand)	25.40	41.20	34.40	33.25	Minimum of 60% of the particles must fall in this range
0.5~1.0 (Coarse Sand)	21.33	43.91	46.14	37.55	
1.0~2.0 (Very Coarse Sand)	17.35	2.52	5.91	8.74	Not more than 10% of the total particles in this range, including a maximum of 3% fine gravel (preferably none)
2.0~3.4 (Fine Gravel)	15.30	0.54	4.95	11.39	
Total	100	100	100	100	

분석 결과 가장 낮은 투수율을 보였다. 토양 입도 분석 결과 토양 입도 분포율이 가장 균일하지 못하고 미사의 함량이 많아 입자간의 토양 고결화(hardness)가 심하여 공극율(porosity)이 낮으며 그러한 요인들이 투수율을 저하시키는 것으로 판단할 수 있었다. 반면에, #2홀 green의 상토 모래는 0.25~1.0mm 사이의 입자가 대부분으로 입경분포율이 상당히 균일하여(Table 3) 답압에 의한 다짐 현상이 크게 일어나지 않아 투수율도 높게 나타났다. 다른 두 green 상토의 물리성 결과 또한 #1홀 green과 마찬가지로 기준에 미달하는 매우 낮은 투수율을 나타냄으로써 USGA 기준(USGA, 2004)에 부적합하였다.

토양 화학성 분석

채취한 그린 상토 토양의 화학성을 ASTM D 4972-89 분석방법을 이용하여 측정하였다(Table 5). 골프장 그린 토양의 이상적인 이화

학적(한국잔디연구소, 1992)을 적용하였을 때 토양 pH로서는 #2홀 green의 상토 모래가 가장 기준에 근접한 것으로 분석되었으며 다른 항목들에 대해서도 약간의 차이는 있지만 큰 차이는 없는 것으로 나타났다.

일반적으로 골프코스 잔디밭 토양은 잔디가 조성되어 관리되어지는 정도에 따라 달라지겠지만 빈번한 인공 살수 및 산성강우, 화학비료의 사용 등으로 인해 일반적으로 산성화되어지는 것으로 알려져 왔다(한국잔디연구소, 1992). 하지만 본 연구에서 채취된 그린 상토 토양은 거의 중성에 가까운 산도를 나타냈다. 이것은 본 연구가 이루어진 골프장이 조성된 지 오래되지 않은 것으로 추정할 수 있다.

골프장 토양의 화학성은 골프코스가 조성될 때 사용된 골재의 순수화학적성보다 관리되어지는 정도 즉, 화학비료의 사용과 관수 시 사용되는 물의 화학성, 자연강우와 같은 기후에 의해 크게 의존적이라 할 수 있다. 하지만 위의

Table 4. Soil physical properties of green sand by simulation test(ASTM F 1815-97)

item	bulk density (g/cm ³)	particle density (g/cm ³)	infiltration rate(Ksat) (mm/h)	total porosity (%)	air-filled porosity (%)	capillary porosity (%)
green						
USGA standard	-	-	150 - 300 300 - 600*	35 - 55	15 - 30	15 - 25
#1 hole	1.69	2.66	95.2	36.34	28.23	8.11
#2 hole	1.50	2.53	476.2	40.55	31.46	9.09
#11 hole	1.56	2.55	121.4	38.71	30.53	8.18
#16 hole	1.59	2.55	101.4	37.56	28.97	8.59

* Applied by infiltration rate of accelerated range(USGA green specification)

Table 5. Soil chemical properties of green sand(ASTM D 4972-89)

Chemical properties	pH	OM (%)	EC (mS/cm)	CEC (cmol/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	K ₂ O (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)
#1 hole	7.4	0.18	0.14	28.36	76.97	0.17	0.60	0.32
#2 hole	6.5	0.18	0.17	12.19	35.70	0.17	0.34	0.32
#11 hole	7.7	0.22	0.07	36.14	39.73	0.15	5.02	0.32
#16 hole	7.6	0.23	0.20	27.30	88.93	0.20	2.36	0.32
Recommendation ange	5.5~6.5	0.5~1.5	under 0.2	5~10	100~300	0.2~0.5	3~6	0.5~1

항목들에 대해서는 모든 조건이 동일하다는 가정 하에서 실험이 이루어졌기 때문에 화학성 분석 결과가 약간씩 다른 차이를 나타낸 것은 앞의 토양물리성 분석결과와 마찬가지로 조성 시 각 green에 사용된 골재가 상이하였기 때문이라 추정되었다.

결론 및 고찰

현재 우리나라에 조성되고 있는 골프장 그린의 대부분은 USGA green 공법을 적용하고 있는데, Texas A&M University와 USGA의 Green Section에 의해서 지속적인 연구를 통하여 보완·수정되고 있다(Bloodworth et al., 1993; USGA, 2004).

본 연구에서는 그린 지반 토양의 물리·화학적 측정으로 통하여 잔디 생육에 미치는 여러 가지 요인들을 다각적으로 분석하였다. 조사 및 실험 결과 대상지의 잔디 생육에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 골재의 입도 분포도였다. 골재의 입도가 USGA에서 권장하는 사항에 가장 근접한 2번 홀의 잔디 상태가 가장 양호하였으며, 골재 입도의 차이는 현장 조사에서 실시한 상토층의 깊이별 경도, 수분함량, 탄성력, 뿌리길이 및 잔디 밀도에서 큰 차이를 보였다. 즉, 사용된 골재의 비율이 USGA 추천 기준에 부적합한 골재를 사용한 1번, 11번, 16번 홀에서는 위 실험 항목들의 결과로 볼 때 토양이 경화된 지역이 대부분이었다. 토양 경화는 배수불량을 야기하고, 배수불량으로 조류가 발생하는 등 잔디 생육상태가 불량한 것으로 나타났다. 이러한 토양 경화는 물리적으로 잔디의 뿌리 발육 저하를 야기시킬 뿐만 아니라 토양 수분의 배수불량을 야기하여 상부 표토층의 수분함량이 높아지므로 잔디 뿌리가 생육에 필요한 수분을 얻기 위해

상토층 하부로 내려가지 않기 때문에 뿌리가 밑으로 뻗지 않게 된다. 이러한 생리적 장애를 유발하는 요인들로 인하여 뿌리 길이가 감소되고, 잔디 생육이 불량하게 되어 밀도가 감소하고 밀도가 감소된 지역에서는 조류가 발생하게 되는 결과를 초래하였다(태현숙 외, 2000).

결론적으로 답압으로 인한 토양의 물리·화학적 특성 변화가 잔디의 질적 상태에 직접적 영향을 미치기 때문에 그린의 조성 시에는 아래의 입도 분석과 USGA 시방서에 따른 정확한 시공이 수반되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 이상재. 1994. 골프장 잔디관리 실무. (주)서원양행.
2. 이상재, 허근영. 1999. 한국의 골프 코스 그린의 설계 및 시공 특성에 관한 연구. 한국 잔디학회지. 13(4):181-190.
3. 태현숙, 김용선, 고석구. 2000. 골프장 답압지역의 토양개량. 한국조경학회지. 27:107-113.
4. 한국골프총람. 1973. 한국문화사.
5. 한국잔디연구소. 1992. 개정 GOLF장 관리의 기본과 실제. 한국잔디연구소.
6. 한국프로골프협회. 2002. KPGA 골프관리 매뉴얼. 두산동아.
7. ASTM D 4972-89. Standard Test Method for pH of Soils. Annual book of ASTM standards. vol. 04.08.
8. ASTM F 1632-95. Standard Test Method for Particle Size Analysis and Sand Shape Grading of Golf Course Putting Green and Sports Field Rootzone Mixes. Annual book of

- ASTM standards. vol. 15.07.
9. ASTM F 1815-97. Standard test methods for saturated hydraulic conductivity, water retention, porosity, particle density, and bulk density of putting green and sports turf root zones. Annual book of ASTM standards. vol. 15.07.
 10. Bloodworth, M. E., K. W. Brown, J. B. Beard, and S. I. Sifers. 1993. A new look at the Texas-USGA specifications for root-zone modification. *Grounds-Maint.* 28(1):13- 21.
 11. Roger, J. S., and C. E. Carter. 1987. Soil core sampling for hydraulic conductivity and bulk density. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51:1393-1394.
 12. USGA Green section staff, 2004, Specification for a method of putting green construction, USGA, Far Hills, NJ.
 13. <http://www.usga.org>, 미국골프협회 (USGA)
 14. <http://society.tisti.re.kr/~tsk>, 한국 잔디 학회