

公園잔디空間의 『레크레이션』 收容能力에 관한 研究(Ⅰ)*

—잔디에 미치는 踏壓의 影響 및 收容能力의 踏壓回數 基準設定—

嚴鵬勳

曉星女子大學校 自然大學 造景學科

A Study on the Recreation Carrying Capacity of Lawn Areas in Parks(Ⅰ)*

—Estimation of treading times criteria based on the
tolerance of the turf to treading pressure—

Eom, Boong - Hoon

Dept. of Landscape Architecture, Hyosung Women's University

ABSTRACT

This study was carried out to estimate the recreation carrying capacity of lawn areas in parks. Recreation carrying capacity in this study is composed of two parts, ecological carrying capacity and psychological carrying capacity.

As the first part, this paper deals with the treading times criteria based on the tolerance of the turf to treading pressure. The plant material used for this study was *Zoysia japonica*, and the treading experiment was done in the experimental fields in Kyungju and Suwon, Korea.

The major results of the first part of the study are summarized as follow :

1. As shown in annual change of the growth of the turf, The growth of turf grass was represented by the number of leaf.
2. The tolerance to treading was not significantly different by the time of treading treatment. And the tolerance varies depending on growth rate of grasses, which showed significant relationship with precipitations.
3. From the result of different numbers of simulated treading treatment, the damage of the turf was increased by the increase of the frequency of treading. And the damage was very serious within short period (about 20 days) in high frequency (over 20 times/day) of treading treatment. But low frequency (1~3times/day) of treading shows good effects on the growth of the turf.

*이 논문은 1989년도 문교부 지원 학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.

*'90년 한국조경학회 정기총회 및 학술발표회에서 발표한 논문임.

4. The criteria of treading number per day for each carrying capacity level are estimated as 7 times/day for optimum carrying capacity, 13 times/day for standard carrying capacity, and 20 times/day for critical carrying capacity.

I. 緒 言

근래 우리나라는 생활수준의 향상 및 여가시간의 증가 등을 계기로 국민보건의식이 고조됨에 따라, 국민체육 및 운동 등의 動的 「레크레이션」 수요가 급증하고 있는 추세이다. 따라서 公園綠地の 構成概念 및 利用目的도, 종래의 觀賞·휴식 등의 靜的 「레크레이션」 공간 위주였던 것에서 탈피하여, 이제는 遊戯·運動 등의 動的 「레크레이션」 공간 개념까지 포함하는 확장적 변화가 이루어지고 있다.

따라서, 이러한 시점에서 중요한 문제로 대두되는 것은 公園의 잔디空間이 과연 어느 정도의 利用量을 수용할 수 있는가 하는 「레크레이션」 收容能力(recreation carrying capacity)의 문제이다. 잔디空間의 「레크레이션」 收容能力은 잔디의 생육에 있어서의 피해가 심각하지 않는 수준의 이용 즉 生態的 收容能力(ecological carrying capacity)과, 利用者들의 「레크레이션」의 質(quality of recreation experience)에 손상을 주지 않는 이용수준(Bury, 1976) 즉 心理的 收容能力(psychological carrying capacity)의 두 측면에서 설정될 수 있다. 이러한 收容能力은 持續的 利用狀態(Beardsley et al., 1974)하에서의 보다 효율적이고 합리적인 設計 및 管理指針(Tocher et al., 1965)을 제공하는 근거가 되기도 한다.

본 연구는 이러한 관점에서, 우리나라 公園잔디空間의 확장적 이용개념을 가장 먼저 도입하여 조성·관리하고 있는 公園綠地の 하나인 慶州 普門觀光團地의 잔디空間을 주대상으로 生態的·心理的 「레크레이션」 收容能力을 推定하고자 하였다. 本報는 그 첫번째 부분으로 踏壓實驗을 통한 잔디空間의 耐踏壓性 推定을 주요 내용으로 하고 있는데, 이러한 잔디공간의 耐踏壓性은 생태적 수용능력 추정의 준거가 된다.

II. 研究史

「레크레이션」 收容能力의 개념이 본격적으로 적용되고 연구되기 시작한 것은 1960년대 이후에 이르러서인데(Wagar, 1961), 처음에는 주로 踏壓(trampling) 등의 「레크레이션」 이용이 自然生態系에 미치는 影響(recreation impacts on natural ecosystem)에 대한 연구를 중심으로 이루어지다가, 근래에는 自然公園 내지 原生地域(wilderness area)을 대상으로 한 生態的 收容能力에 대한 연구로 발전되면서 활발해졌으며, 1970년대부터는 利用者의 混雜度 知覺(perception of crowding) 및 이에 따른 「레크레이션」 滿足度(recreation satisfaction)에 근거한 社會·心理的 收容能力에 대한 연구들도 활발히 이루어지고 있다.

잔디 내지 地被植物에 미치는 踏壓의 影響(trampling effects)에 관한 연구는 Bates (1935)와 Davis(1938)의 연구가 선구적이거나 이는 自然草地를 대상으로 하고 있고(Cole and Schreiner, 1981, p.3 및 p.6에서 재인용). 公園綠地와 같은 「레크레이션」 空間에 있어서의 踏壓에 대한 연구는 Wagar(1961) 이래 1970년대에 이르러 활발히 이루어지는데, 歐美에서는 都市公園綠地보다는 대개가 자연초지(Allcock, 1973; Burden and Randerson, 1972; Palmer, 1972, Weaver and Dale, 1978 등) 및 砂丘(sand dunes)地域(Boomsma and van der Ploeg, 1976; Boorman and Fuller, 1977; Liddle and Greig-Smith, 1975; Slatter, 1978; Trew, 1973) 등 自然生態系를 대상으로 주로 이루어졌고(Liddle, 1975), 「레크레이션」 지역으로는 LaPage(1967)이래 Jollif(1969), Beardsley et al.(1974), Fay(1975), Young(1978), Kuss and Graefe(1985) 등에 의해 주로 野營場(campsites)의 이용에 따른 地被植生의 영향과 施肥

및 補植 등의 用地管理(site management)의 기법에 관한 연구가 다수 진행되었으며, Lull (1959), Barton et al.(1966), Buckhouse et al.(1973) 등은 「레크레이션」利用에 따른 土壤固結(soil compaction)이 地被植生에 미치는 영향에 대해 보고한 바 있다.

이들 研究結果를 요약해 보면 먼저 草種別 耐踏壓性이 比較되었고(Davis, 1938: Cole and Schreiner, 1981, p.6에서 재인용), 混生草種으로 구성된 草地가 單一草種으로 구성된 草地에 비해 3배 정도 강한 耐踏壓性을 보였으며(Holmes and Dobson, 1976), 自然草地의 경우 低頻度의 踏壓(2回 踏壓/週)에 의해 地被植生의 감소가 현저하게 나타났으며(Bates, 1935: Cole and Schreiner, 1981, p.3에서 재인용; Young, 1978), 특히 습윤상태(Hartley, 1979 등)에서 土壤固結 및 生體量 감소가 매우 커지는 반면(Hartley, 1979 등) 회복도 그만큼 빨라짐(Holmes and Dobson, 1976 등)이 보고되고 있다. 또한 踏壓이 地被植生의 감소를 가져오는 한편, 侵入種의 출현으로 草種構成을 더욱 多樣化하며 경쟁하게 되는 效果가 있음도 보고되었다.(Liddle, 1975)

公園綠地의 잔디空間을 대상으로 한 踏壓의 영향에 대한 연구는 우리나라와 여러가지 조건에서 비슷한 環境을 가진 가까운 日本에서 비교적 활발히 이루어졌는데, 小澤(1953)가 金잔디(*Zoysia matrella* Merr.)에 미치는 鎮壓의 影響을 처음으로 보고한 이후, 東京 「올림픽」을 계기로 잔디空間의 이용개념이 西歐的 개념의 動的 「레크레이션」으로의 확장적 변화를 맞게 되면서, 우리의 서울 「올림픽」의 경우와 마찬가지로, 종래의 裝飾·觀賞의 잔디空間에서 이용본위의 잔디空間으로의 전환에 즈음한 잔디의 踏壓에 의한 影響에 관한 研究와, 洋잔디의 導入을 위한 研究(北村·小澤, 1959b, 1961)들이 다수 이루어진 바 있다. 北村·小澤(1959a), 北村(1965), 本多·山野邊(1959), 與水等(1979) 등은 *Zoysia*屬 잔디를 주 대상으로 踏壓에 의한 영향을 연구하여, 低頻度의 踏壓(3~5回/日)과 적당한 깎아주기(mowing)는 오히려 잔디의 生育을 좋게 한다는 결과 등을 보고하였다. 또한 本間等(1962a; 1962b;

1962c)은 土壤構成과 踏壓에 따른 잔디의 生育狀態를 研究한 바 있고, 小澤·秋原(1966)과 小澤·近藤(1974)는 踏壓에 따른 土壤硬度的 增加(土壤固結)가 잔디의 生育에 미치는 영향을 보고한 바 있다.

이러한 연구들을 토대로 1970년대 후반에는 近藤等(1977; 1979; 1980a; 1980b)을 중심으로 踏壓 및 土壤硬도에 근거한 公園잔디空間의 「레크레이션」收容能力의 推定에 관한 연구로 발전되게 되는데, 近藤·小澤(1977)는 踏壓에 따른 金잔디의 建生生育의 限界(適正收容力)를 7回 踏壓/日로 보고하고, 15回 踏壓/日의 경우 裸地化(限界收容力)되며, 土壤硬度 山中式 土壤硬度計로 23mm 이하일 때 生育이 양호하고, 27mm일 때는 裸地化가 된다고 보고하였다. 또한 與水等(1977, 1979)과 松本(1977)은 金잔디의 耐踏壓性이 적절한 施肥에 의해 크게 증대됨을 보고하였으며, 前中等(1981, 1984, 1985, 1986)의 최근 연구에서는 利用密度 및 잔디손상과 회복성장 등을 計量的으로 분석함으로써 數理的 「모델」로 제시하고 있다.

日本의 이러한 연구들은 잔디空間의 耐踏壓性 및 이에 근거한 收容能力의 推定이라는 方法論으로써 본 연구에 시사하는 바 많으나, 대부분의 경우 우리나라의 公園잔디空間에서는 잘 사용되지 않는 金잔디(*Zoysia matrella* Merr.)를 研究對象으로 하였기 때문에, 대부분의 公園 잔디空間이 들잔디(*Zoysia japonica* Steud.)로 이루어진 우리나라의 경우에 그대로 적용할 수 없고, 또한 氣候條件 및 土性 등의 環境條件과 잔디空間의 利用行態의 相異性으로 인해 차이를 보일 것으로 예상된다.

우리나라는 앞서도 언급한 바 있듯이 日本의 東京 「올림픽」 때와 같이 서울 「올림픽」을 계기로 動的 「레크레이션」 위주의 잔디空間으로의 확장적 전환의 시기에 있기 때문에, 잔디의 耐踏壓性 및 收容能力에 관한 연구의 필요성이 대두되고 있으나 아직은 미흡한 상태인데, 朱(1983)가 들잔디와 「켄터키·블루그래스」(*Poa pratensis* L.)의 草長調節(mowing)과 施肥의 영향을 조사한 바 있고, 李(1986)가 草長調節과 踏壓이 들잔디의 生育에 미치는 影響을 報告한 바 있으며,

沈(1989)은 土壤의 組成과 踏壓이 韓國잔디類(*Zoysia* spp.)의 生育에 미치는 影響을 연구하여, 土壤의 組成 및 草種에 따른 耐踏壓性을 비교검토한 바 있다.

Ⅲ. 材料 및 方法

본 연구의 草種構成은 우리나라 公園잔디空間의 대부분을 차지하고 있는 들잔디(*Zoysia japonica* Steud.)로 이루어진 잔디空間을 대상으로 하였다.

잔디에 미치는 踏壓의 影響은 時期와 頻度라는 두 가지 관점에서 測定·分析될 수 있는데, 본 연구에서는 踏壓이 어느 때에 가해지는 것인가 하는 踏壓의 時期에 따른 影響의 정도를 파악하고자 하는 實驗과, 또한 잔디空間이 어느 정도의 踏壓에 견딜 수 있는가 하는 踏壓強度(踏壓頻度)에 대한 잔디의 耐踏壓性 實驗으로 나누어 實施하였다.

(1) 踏壓時期別 影響

踏壓의 時期에 잔디에 미치는 影響을 파악하기 위하여 실시된 본 실험은 1989년 4월 4일부터 11월 25일까지 약 8個月에 걸쳐 慶州 普門觀光團地에 위치한 도투락월드 잔디廣場에 설치된 實驗圃場에서 이루어졌다.

實驗區는 各 處理別로 1m×1m 크기의 정방형으로 이루어졌으며, 전체적으로는 5m×5m의 크기로 1989년 4월 3일에 설치되었다. 踏壓處理는 每日 20회씩을 各 月別로 踏壓處理하였고, 各 處理別로 3반복씩 完全任意配置法으로 설정된 실험구에서 실시하였다. 또한 4월부터 6월까지 3個月間 및 9월부터 10월의 2個月間, 總5個月間의 踏壓處理를 處理水準으로 하고, 7, 8월은 배제되었다. 7월은 利用이 비교적 많으나 본 실험이 이루어진 1989년의 경우에는 장마기였고, 7, 8월의 왕성한 생육증가로 인해 잔디손상에 따른 문제가 발생하지 않는 기간이었기에 본 실험에서 배제되었으며, 8월은 夏季高溫期로서 잔디廣場의 利用이 거의 이루어지지 않기 때문에 또한 본 실험에서 배제되었다.

各 月別 踏壓處理 期間 및 踏壓日數는 다음과 같다.

- 4월 : 4월 4일 ~ 4월 30일(踏壓日數 : 25일)
- 5월 : 5월 6일 ~ 5월 31일(踏壓日數 : 25일)
- 6월 : 6월 7일 ~ 7월 6일(踏壓日數 : 25일)
- 9월 : 9월 6일 ~ 10월 9일(踏壓日數 : 25일)
- 10월 : 10월 4일 ~ 10월 31일(踏壓日數 : 25일)

踏壓處理 방법은 體重 약60kg인 1인의 常任 研究補助員이 바닥이 편편한 운동화를 신고 實驗區에 들어가 보리밭기식(麥踏)으로 踏壓을 행하되, 골고루 밟히도록 매 踏壓 回數마다 방향을 바뀌가며 실시하였다. 踏壓은 每日 행하되 雨天日 및 다음날(비그친 뒤 24時間 以內)은 踏壓을 행하지 않았다.

調査測定은 各 處理區別로 10cm×10cm 크기의 標本測定을 各 實驗區 內의 임의장소에 2개씩 설치하여 葉數, 直立莖數 등의 변화를 4~5일 간격으로 測定하였다. 또한 視覺的 評價(visual rating)를 위해서는 2인의 熟練된 研究補助員이 현장에서 實驗區別로 4~5일 간격으로 視覺的 評價를 행하고, 동시에 各 實驗區別로 寫眞을 촬영하여 인화한 것을 熟練된 3인의 관찰자(曉星女大 造景學科 學部生)들로 하여금 評價하게 하여 전체적인 平均値를 구하였다. 視覺的 評價의 尺度로는 0점에서 9점까지 10 「포인트 스케일」을 利用하였는데, 잔디가 죽어서 완전히 나지화가 된 상태를 0점, 잔디의 생육이 가장 양호한 상태를 9점으로 하는 방법으로 하였으며(沈, 1989), 寫眞評價時에는 各 점수에 해당하는 기준사진을 제시하여 이를 참고로 평가하게 하였다.

測定된 資料들은 各 踏壓時期別로 잔디損傷狀態 즉 踏壓處理 종료 후의 회복상태로 나누어 조사·比較하였다.

(2) 踏壓頻度別 影響

踏壓頻도가 잔디에 미치는 影響을 파악하기 위하여 수행된 본 실험은 1985년 6월 1일부터 1985년 8월 30일까지의 3個月間 서울大學校 農科大學 實驗圃場에서 이루어졌다.

實驗區는 各 處理別로 1m×1m 크기의 정방형으로 이루어졌으며, 전체적으로는 4m×6m의 크

기로 1985년 5월 31일에 설치되었다. 踏壓頻度 즉 處理水準은 每日 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 50회 踏壓 및 無處理區(對照區) 등의 9水準으로 이루어졌고, 各 處理別로 2반복씩 完全任意配置法으로 실시하였으며, 高頻度 踏壓區(20회 및 50회區)는 별도로 6월과 7월 2회에 걸쳐 각 30日間씩 踏壓處理하여 잔디의 손상 및 回復狀態를 調査하였다.

踏壓處理 방법은 平均體重 60kg인 3인의 研究補助員들이 앞의 時期別 踏壓實驗에서와 같은 방법으로 실시하였으며, 踏壓處理 期間은 잔디空間의 이용이 많으면서도, 봄과 가을에 있어서의 更新生長과 黃化現狀 등 잔디의 踏壓抵抗性解析에 있어 왜곡의 가능성이 없는 期間인 6월 1일부터 7월 31일까지 2個月間 踏壓處理하고, 8월 30일까지는 회복상태를 조사하였다.

調査測定은 各 處理區別로 10cm×10cm 크기의 標本測定區를 각 실험구 內의 임의장소에 3個씩 설치하여, 葉數, 直立莖數 등의 變化를 4~5일 간격으로 測定하였고, 잔디狀態의 視覺的 評價를 위해서는 10일 간격으로 「슬라이드」寫眞촬영을 행하여 3인의 훈련된 觀察者(暁星女大 造景學科 學部生)들로 하여금 이를 評價하게 하여 平均値를 구하였는데, 그 방법과 尺度는 앞의 踏壓時期別 실험에서와 같다. 또한 土壤硬度의 變化는 踏壓處理 終了 다음날인 8월 1일에 山中式 土壤硬度計로 各 實驗區別로 10회씩 測定하여 平均値를 구하였다.

IV. 結果 및 考察

1. 踏壓時期別 影響

(1) 葉數 및 直立莖數의 減少變化

本報에서는 잔디생육의 年中變化 「패턴」부분 및 本 踏壓時期別 影響에 대한 부분의 자세한 결과를 지면관계상 모두 수록할 수 없어 부득이 생략하고, 그 개략적인 결과 요약만을 고찰을 중심으로 소개하고자 한다. 이 부분의 자세한 결과자료는 별도로 간행된 필자의 박사학위 논문을 참조바란다.

먼저 葉數의 감소변화를 보면, 4월과 5월 處理區가 비교적 적은 處理前 葉數를 보이고 있어, 이 時期는 아직 충분한 葉數에 이르는 生育狀態에 이르지 못한 때임을 알 수 있으나, 잔디의 更新生長에 의한 生育能力이 왕성한 時期여서 耐踏壓性도 상대적으로 강하게 나타났음을 알 수 있다. 6월에는 葉數가 어느 정도 수준에 이르게 성장하였으나 4, 5월에 비해서는 耐踏壓性이 낮게 나타났다. 또한 가을의 경우, 10월 處理區의 耐踏壓性이 9월 處理區에 비해 현저히 낮게 나타났는데, 이는 10월 處理區의 잔디가 生理的으로 黃化되기 시작하는 시기여서 이러한 결과를 더욱 가속화시키고 있는 것으로 보인다.

直立莖數에 있어서는 잔디가 봄에 다시 돌아가기 시작하는 4월에 直立莖이 먼저 왕성하게 생겨남을 알 수 있는데, 5월과 6월에는 直立莖數가 건조 등의 環境的 要因에 의해 다시 줄어들어 있는 상태였다. 이러한 결과만을 볼때, 直立莖數의 減少變化에 있어서는 4월이 가장 약한 耐踏壓性을 보이는 것으로 나타났는데, 즉 4월에 잔디가 새로 나기 시작하는 時期에는 耐踏壓性이 매우 약한 것으로 알려진 바, 이는 주로 直立莖의 生育이 심각한 손상을 받기 때문인 것으로 推察된다.

전체적으로 直立莖數의 變化에 의한 踏壓時期別 耐踏壓性은 4월 處理區와 10월 處理區가 약한 것으로 나타났고, 5, 6, 9월 處理區에서는 비슷하게 좋게 나타났다. 4월은 특히 봄에 更新生長을 시작하면서 약하고 어린 直立莖들이 쉽게 손상을 입을 수 있게 주었고, 10월 處理區에서는 葉數의 減少變化에서와 같이 잔디의 生理的 黃化現狀에 따른 直立莖數의 減少變化도 가속화되었음을 알 수 있다.

(2) 視覺的 評價의 減少變化

視覺的 評價의 減少變化는, 各 處理區別로 비슷한 감소추세를 보였으며, 4월과 5월 處理區에서는 봄의 왕성한 生育力에 의한 評價의 감소 둔화현상을 보여, 葉數의 변화와 비슷한 경향을 보였다.

또한 9월과 10월 處理區에서도 葉數의 변화추세와 같이 9월보다 10월의 평가치 감소가 현저하

었다. 전체적으로는 10월이 가장 낮은 耐踏壓性을 보였는데, 이는 앞에서 밝힌 바 있듯이 가을에 있어 잔디의 生理的 黃化現狀에 따른 평가치의 감소추세가 가속화되었기 때문으로 思料된다.

(3) 葉數 및 直立莖數의 回復變化

먼저 葉數의 回復變化를 보면, 각 處理區 공히 비슷한 回復能力을 보였으나, 4월 處理區가 直線型的 回歸方程式으로 가장 강한 회복능력을 보였음을 알 수 있었다. 한편 9월과 10월 處理區에서는 回復生長이 거의 이루어지지 않았다.

이러한 결과를 볼 때, 葉數의 回復變化에 있어 봄철에는 각 踏壓時期別 回復能力이 비슷하게 좋은 것으로 나타났으나, 가을에는 일단 踏壓에 의해 葉數가 감소되면 다시 回復生長하지 못하는, 즉 가을의 黃化現狀이 踏壓에 의해 그 시기가 빨라지는 결과를 초래하였음을 알 수 있다.

直立莖數 回復變化를 보면, 봄철은 각 處理區 공히 3次式的 曲線의 回歸方程式, 즉 처음에는 상당히 빠른 회복을 보이다가 어느 수준에 이르면 回復를 멈추고 유지되는 경향을 보여 전반적으로 비슷한 回復能力을 보였는데, 특히 4월 處理區가 상대적으로 가장 양호한 回復能力을 보였다. 이는 4월 處理區가 直立莖의 감소변화에 있어 가장 약한 耐踏壓性을 보였지만, 踏壓終了後의 回復能力은 매우 좋아 적절한 시기에 踏壓을 멈추고 회복시키면 그만큼 빠르게 回復될 수 있음을 말해 주는 결과이다.

한편 가을에는, 葉數의 回復變化에서와 같이, 9월과 10월 處理區 모두 直立莖數의 回復生長이 이루어지지 않았는데, 10월 處理區가 이러한 현상이 더욱 뚜렷하였다. 이는 直立莖數도 葉數와 같이 가을의 黃化現狀에 의해 일단 감소되면 회복되지 못하는 결과를 초래하였음을 알 수 있다.

(4) 視覺的 評價의 回復變化

各 踏壓時期別 視覺的 評價值의 回復變化는 葉數의 回復變化와 비슷한 경향을 보였는데, 봄철의 경우 각 시기별 모두 2차식의 曲線의 回歸方程式으로 비슷한 수준의 양호한 回復能力을 보여주었고, 가을에는 역시 葉數, 直立莖數의 변화에서와 같이 回復生長을 보여주지 못하는 것으로

나타났다. 봄에는 踏壓에 의한 손상에 대한 잔디의 回復能力이 매우 좋은 반면, 가을에는 회복생장이 전혀 이루어지지 못하고 손상된 상태를 그대로 유지하다가 결국 黃化되는 것으로 나타나 회복능력이 없음을 알 수 있었다.

(5) 考察

이상의 결과들을 종합적으로 考察해보면, 먼저 잔디의 耐踏壓性은 葉數와 直立莖數의 年中變化에서 보여준 生育能力과 밀접한 연관을 갖는 것을 알 수 있다. 일반적으로 踏壓에 의한 葉數, 直立莖數 및 視覺的 評價值에 있어서의 감소변화는 4,5,6월 등의 봄철과 9,10월 등의 가을의 경우, 즉 全踏壓實驗期間別로 부분적인 차이는 있으나 대체로 비슷하게 나타났다. 한편, 回復生長에 있어 봄철은 잔디의 왕성한 生育能力에 의해 매우 양호하였으나, 가을의 경우에는 生育能力의 감소로 인해 回復生長을 보여 주지 못하였다. 또한 전반적으로 葉數의 증가가 왕성해지는 5월과 (1989년도 實驗調查에서는 가뭄으로 인해 나타나지 못했음) 7, 8월을 回復期間으로 할 때, 葉數 및 視覺的 評價 등의 回復能力이 가장 좋게 나타났다.

踏壓에 따른 損傷 즉 葉數, 直立莖數 및 視覺的 評價值의 減少變化만을 비교할 때에도 역시 10월이 가장 낮은 耐踏壓性을 보였다. 특히 4월에 있어서는 直立莖의 손상이 심각하였지만, 이 경우 또한 가장 강한 回復能力을 보여주어, 이 시기의 踏壓은 收容能力 범위 안의 적절한 시기에 회복기간을 주면 문제가 되지 않을 것으로 판단되었다.

전체적으로 踏壓時期別 耐踏壓性은 10월 踏壓區 및 9월 踏壓區 등이 回復生長 능력의 부족으로 인하여 가장 낮게 나타났다. 그러나 이러한 시기는 잔디가 가을이 되어 黃化되는 시기이므로 잔디의 損傷에 의한 피해가 심각한 문제를 일으키지 않는 때이고, 다만 잔디의 損傷이 잔디의 生理的 黃化現狀의 시기를 앞당기는 결과로 나타나는 정도였다. 따라서 이러한 時期에 있어서도 잔디의 利用이 裸地化에 이르지 않을 정도로 量的·期間的으로 조절된다면 봄철과 다름없이 利用에 따른 踏壓을 收容할 수 있는 것으로 思料

된다.

2. 踏壓頻度別 影響

(1) 葉數 및 直立莖數

2個月間의 踏壓處理 後 處理終了 다음날인 8월 1일자의 踏壓頻度別 葉數 및 直立莖數의 變化는 表 1-1과 같다.

踏壓頻度の 증가에 따라 현저한 葉數 및 直立莖數의 감소가 나타났으나, 低頻度 踏壓(1~3回/日)의 경우에는 감소가 뚜렷하지 않았으며, 3回 踏壓/日의 경우에는 오히려 증가하는 경향을 보였다. 이는 本多(1959), 北村 等(1959, 1965)의 기존연구와 유사한 결과로써, 低頻度の 적절한 踏壓은 오히려 잔디의 生育에 유익함을 말해 준 것이다.

또한 葉數는 5回 踏壓/日, 直立莖數는 10回 踏壓/日에서 약 50%의 감소를 보였고, 15回 踏

Table 1-1. Changes in leaf number and shoot number of *Zoysia japonica*^x as affected by the different number of treading on 1 Aug. (2 months of treatment)

No. of trampling	Leaf number	Percent change(%)	Shoot number	Percent change(%)
0	299.00a	0.00	111.00a ^y	0.00
1	260.33b	-12.93	95.67b	-13.81
3	280.50ab	- 6.19	116.67a	+ 4.95
5	145.83c	-51.23	68.67c	-38.14
7	139.00c	-53.51	65.50c	-40.99
10	107.00d	-64.21	57.00cd	-48.65
15	79.33d	-73.47	43.50d	-60.81
20	7.50s	-97.49	7.67e	-93.09
50	0.33e	-99.89	0.50e	-99.55

^x: Leaf and shoot number of *Zoysia japonica* was measured from the growth on 100cm turf area.

^y: Values with the same letter in a column are not significantly different at p=0.05 level in Duncan's multiple range test.

壓/日에서는 葉數가 약 70%, 直立莖數가 약 60%의 減少를, 20回 踏壓/日의 경우에는 葉數가 약 97%, 直立莖數가 약 93%의 減少를 나타내어 90%를 상회하는 減少率을 보였다.

(2) 視覺的 評價

踏壓頻度別 踏壓處理 後 20일 간격으로 실시한 「슬라이드」 寫眞撮影에 의한 視覺的 評價의 結果가 그림1-1 이다.

먼저 踏壓處理 20일 經過時까지는 踏壓頻度の 증가에 따른 視覺的 評價値의 감소가 현저하지 않았으나, 處理期間의 경과에 따라 踏壓頻度の 증가에 따른 視覺的 評價値의 감소가 뚜렷해졌다. 이는 高頻度踏壓에 의한 잔디損傷이 비교적 단기간(20일 이내)에는 그다지 심각하지 않으나, 어떤 時期에 이르러서는 (45일 정도) 급격히 심각해짐을 말해 주는 것이다. 이러한 결과는 잔디空間이 부득이한 사유로 인하여 高頻度の 踏壓에 노출되었을 경우라 하더라도 적절한 期間의 조절을 통해 심각한 잔디손상을 막을 수 있음을 말해 주는 것이라 하겠다.

踏壓處理 終了시점인 8월 1일의 경우, 전반적으로 7回 踏壓/日까지는 비교적 양호한 상태를 보였으며, 20回 踏壓/日 및 50回 踏壓/日 등의 高頻度踏壓에서는 매우 심각한 손상을 나타내었고, 15回 踏壓/日에서는 중간정도인 5.0정도로 나타났다.

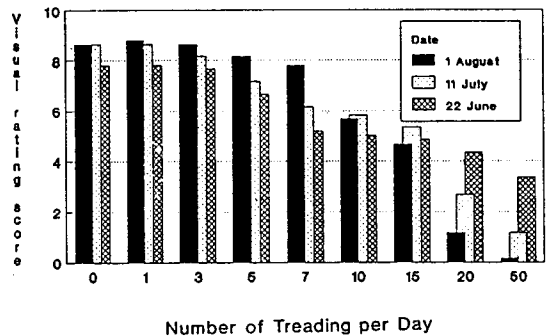


Fig.1-1 Visual ratings of *Zoysia japonica* on 22 June, on 11 July and on 1 August.

(3) 土壤硬度

2 個月間的 踏壓處理 종료 다음날인 8월 1일자의 土壤硬도를 山中式 土壤硬度計로 測定한 결과는 表1-2와 같다.

踏壓頻度の 증가에 따라 土壤硬度 또한 뚜렷하게 증가하였으나, 近藤 等(1974, 1977)의 既存研究의 결과보다는 증가경향이 비교적 완만하면서도 전체적으로 높게 나타났다. 이는 잔디實驗圃場의 造成에 있어 近藤 等은 처음 조성한 實驗圃場이었고, 본 연구의 實驗圃場은 既造成되어 상당기간 저빈도의 이용에 의해 토양이 다소 다져진 상태였기 때문이다. 또한 近藤 等の 연구는 踏壓處理期間이 본 연구(2개월)보다 훨씬 긴 4.5 개월 정도였기 때문이기도 하다.

土壤硬度에 근거한 收容能力에 있어 近藤·小擇(1977)은 山中式 土壤硬度計로 23mm를 適正收容力, 28mm를 限界收容力으로 제시하고 있는

Table 1-2. Soil hardness by Yamanaka's tester at the end of treading treatment on 1 Aug(2 monts of treatment)

Number of treading(/Day)	Soil hardness(mm) ^z
0	19.27 f ^y
1	20.80 e
3	21.63 de
5	21.90 d
7	21.75 de
10	23.25 c
15	23.18 c
20	24.70 b
50	26.48 a

^z: Soil hardness(mm)〈X〉 can be converted to absolute soil hardness(kg/cm²)〈Y〉 from the formula :

$$Y = 37.72 \times \frac{0.1 x}{(4-0.1 x)^3}$$

^y: Values with the same letter are not significantly different at p=0.05 level in Duncan's multiple range test.

데, 이러한 기준은 위의 사유에서와 같이 實驗圃場 조성 및 踏壓期間의 差異에 따라 그대로 적용하는 데는 문제가 있다. 따라서 본 연구의 實驗結果에서는 위의 土壤硬度증가추세의 차이를 고려하며 近藤·小擇(1977)의 研究結果와 비교·검토한 결과, 適正收容力은 23mm로써 같게 나타난 반면(10~15回踏壓/日을 基準), 限界收容力(20回 踏壓/日을 基準)은 25mm이상을 基準으로 설정하는 것이 타당한 것으로 나타났다.

(4) 高頻度 踏壓區의 葉數 및 直立莖數의 減少 및 回復 變化

高頻度 踏壓(20, 50回/日)에 의한 잔디의 損傷狀態 및 踏壓終了後 回復狀態를 조사함으로써 각 收容能力 水準別 基準設定의 참고자료를 얻고자 수행된 본 실험의 결과는 그림1-2(葉數의 減少), 그림1-3(直立莖數의 減少) 및 그림1-4(葉數 및 直立莖數의 回復)과 같다.

먼저 그림1-2의 葉數의 減少의 變化를 살펴보면, 20回 踏壓區보다 50回踏壓區의 葉數 減少가 더욱 현저하였는데, 50%의 葉數 減少를 보이기 까지 50回區가 13일(6월 踏壓處理) 및 12일(7월 踏壓處理)씩 걸리는 데 비해 20回區에서는 21일(6월 踏壓處理) 및 19일(7월 踏壓處理)씩 걸려, 약 1주일의 차이가 있었다.

또한 50回區에서는 1개월 정도의 踏壓處理에 의해 95% 이상의 葉數 減少를 보인 반면, 20回區에서는 같은 期間의 경우 70% 정도의 葉數 減少에 머무르고 있었다. 이를 앞의 표1-1의 결과에서 2개월간의 踏壓處理에 의해 20회 踏壓區가 95%의 葉數 減少를 보인 것과 결부시켜 보면, 收容能力에 있어 20回區는 50回區에 비해 2배 정도 긴 期間의 차이를 보이는 것으로 推察되었다.

따라서 葉數의 減少에 의한 收容能力의 기준을 설정하여 보면, 먼저 잔디의 건전한 생육에 지장이 없는 정도의 이용수준인 適正收容力은, 20回 踏壓/日의 高頻度 踏壓을 기준으로 20일 정도 이내에서는 손상이 문제가 되지 않았으므로(그림 1-1 참조), 이를 기준으로 葉數 50% 감소 이내 일 때로 설정하였고, 標準收容力은 20回 踏壓/

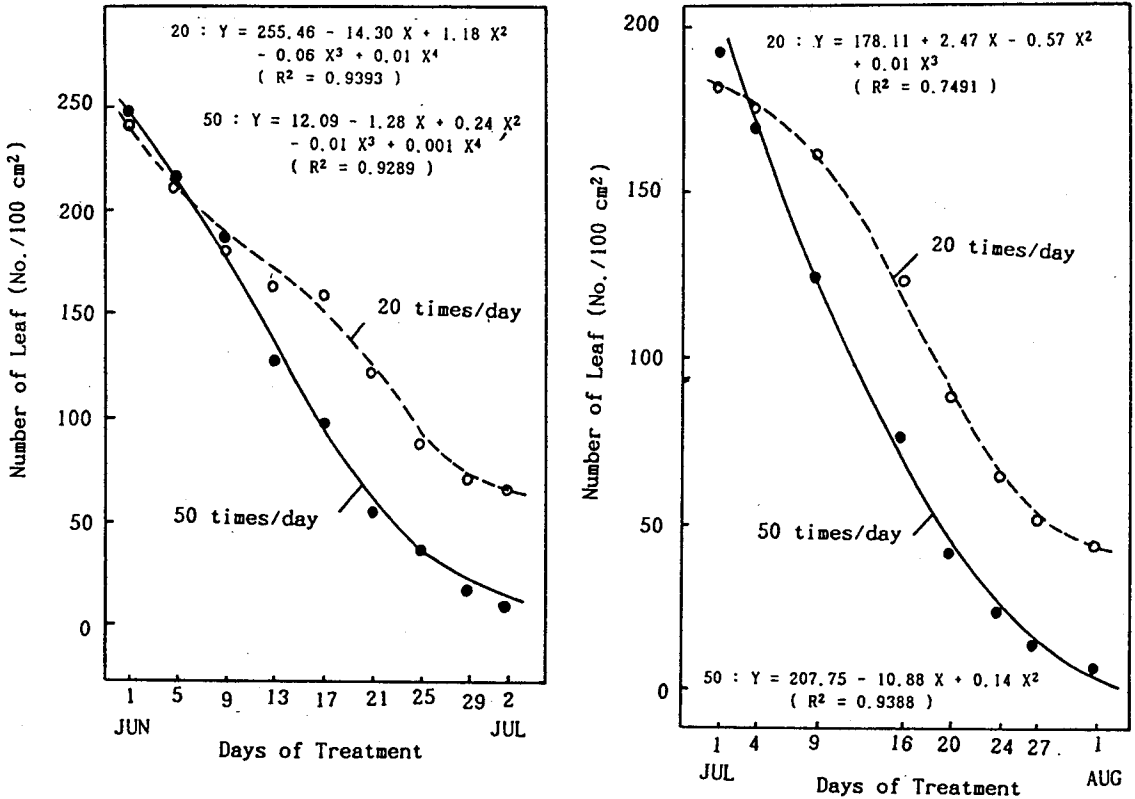


Fig.1-2 Changes of leaf number in *Zoysia japonica* as affected by high frequency of treading treatment in June and July.

日의 高頻度 踏壓에 30일 정도 노출되는 것을 기준으로 葉數 減少率 70%로 하였다. 또한 잔디 생육의 한계인 限界收容力은 표1-1의 결과에서, 20回 踏壓/日의 踏壓에 2개월 정도 노출되거나 50回 踏壓/日의 高頻度 踏壓에 1개월 이상 노출 되면 잔디가 다시 回復될 수 없을 정도에 이르므로 이를 기준으로 葉數 減少率 95%로 하였다.

그리고 그림1-3의 直立莖數의 減少變化에 있어서도 葉數에서와 같이 50回區에서는 20回區보다 현저한 減少를 나타내었고, 1개월의 踏壓處理 후 20回 踏壓區에서는, 6, 7月 踏壓區 공히 60%의 直立莖數 減少를 보인 한편, 50回區의 경우 6, 7月 踏壓區 공히 95% 이상의 減少率을 보였다. 이러한 결과를 역시 표1-1의 결과와 관련지워 보면, 2개월간의 踏壓 결과와 같은 90% 이상의 直立莖數 減少率을 보여, 直立莖數의 減少 변화 역시 20回區가 50回區에 비해 2배 정도 길게

期間의 차이를 보이고 있음을 알 수 있다.

이와 같은 결과를 통해 앞의 葉數 감소율에서와 같은 기준으로 각 收容能力 수준별 直立莖數 減少의 기준을 설정하면, 먼저 適正收容力은 20回 踏壓에 20일정도 노출되는 것을 기준으로 40%의 直立莖數 減少로 설정되었으며, 標準收容力은 20回 踏壓/日의 高頻度 踏壓에 30일 정도 노출되는 것을 기준으로 直立莖數 減少率 60%로 하였다. 또한 잔디 생육의 한계인 限界收容力은 표1-1의 결과에서, 20回 踏壓/日에 2개월 정도 노출되거나 50回 踏壓/日의 高頻度 踏壓에 1개월 정도 노출되는 것을 기준으로 直立莖數 減少率 90%로 설정하였다.

한편 그림1-4의 葉數 및 直立莖數의 回復變化를 살펴보면 20回區와 50回區의 回復率은 비슷했으나, 20回區가 50回區에 비해 전반적으로 1週 내지 2週 정도 빠르게 나타났다. 踏壓處理 전의

葉數와 直立莖數에 이르기까지의 회복에 소요된 기간은 葉數에 있어 20回區가 31일, 50回區가 41일이었고, 直立莖數에 있어서는 20回區가 30일, 50回區가 43일로서 10일(葉數)내지 13일(直立莖數) 정도씩의 期間的 차이를 보였다.

이러한 결과는 與水 等(1979), 本間 等(1962), 前中(1984) 및 增田(1984) 등의 既存研究에서 金잔디(*Zoysia matrella* Merr.)를 대상으로 이루어진 耐踏壓性의 결과와 별다른 차이가 없는 것이었는데, 沈(1989)은 들잔디가 金잔디에 비해 다소 열등한 耐踏壓性을 갖는다고 報告하고 있으나, 이러한 결과는 각기 다른 토양조건 등, 생육조건이 다른 데서 기인한 差異로 생각된다. 본 연구에서 들잔디(*Zoysia Japonica* Steud.)를 대상으로 한 耐踏壓性 실험의 결과로는 일본에서

이루어진 金잔디의 耐踏壓性 결과와 비슷한 水準의 耐踏壓性 및 회복능력을 갖는 것으로 확인되었다.

4. 踏壓回數를 基準으로 한 收容能力 推定

앞의 결과들을 종합적으로 고찰하여 각 收容能力 水準別 葉數, 直立莖數 등의 감소율의 기준을 적용하고, 이러한 기준에 해당하는 一日 單純踏壓回數 基準을 설정하기 위하여, 본 연구에서는 앞의 實驗結果들을 踏壓回數에 따른 葉數, 直立莖數의 減少率 등으로 回歸分析하였다. 그림1-5부터 그림1-8까지 일련의 回歸分析 결과들은 이러한 減少率 기준에 따른 收容能力 각 水準別 踏

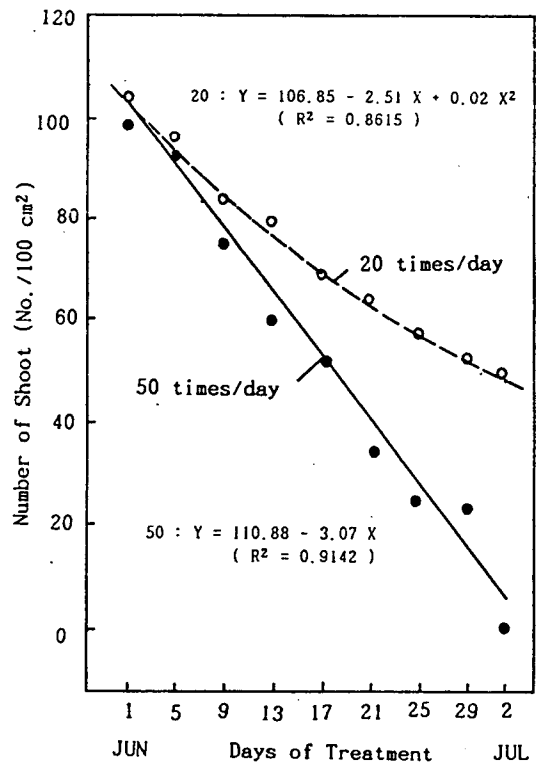
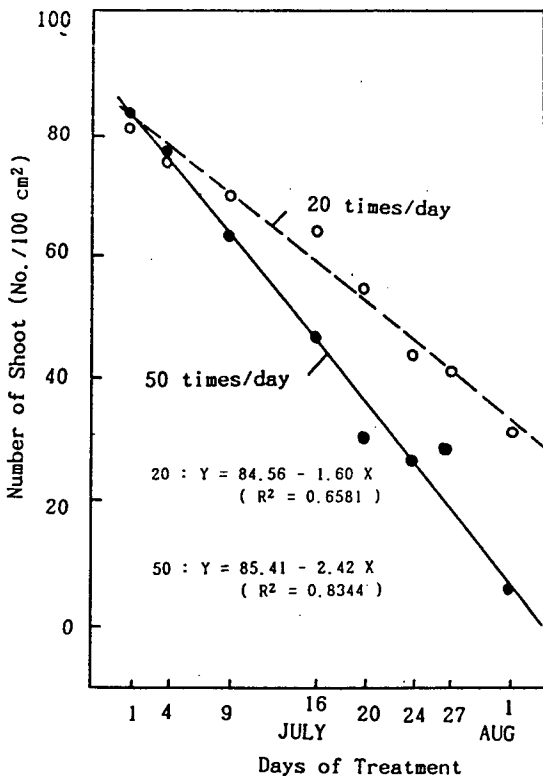


Fig.1-3 Changes of shoot number in *Zoysia japonica* as affected by high frequency of treading treatment in June and July.

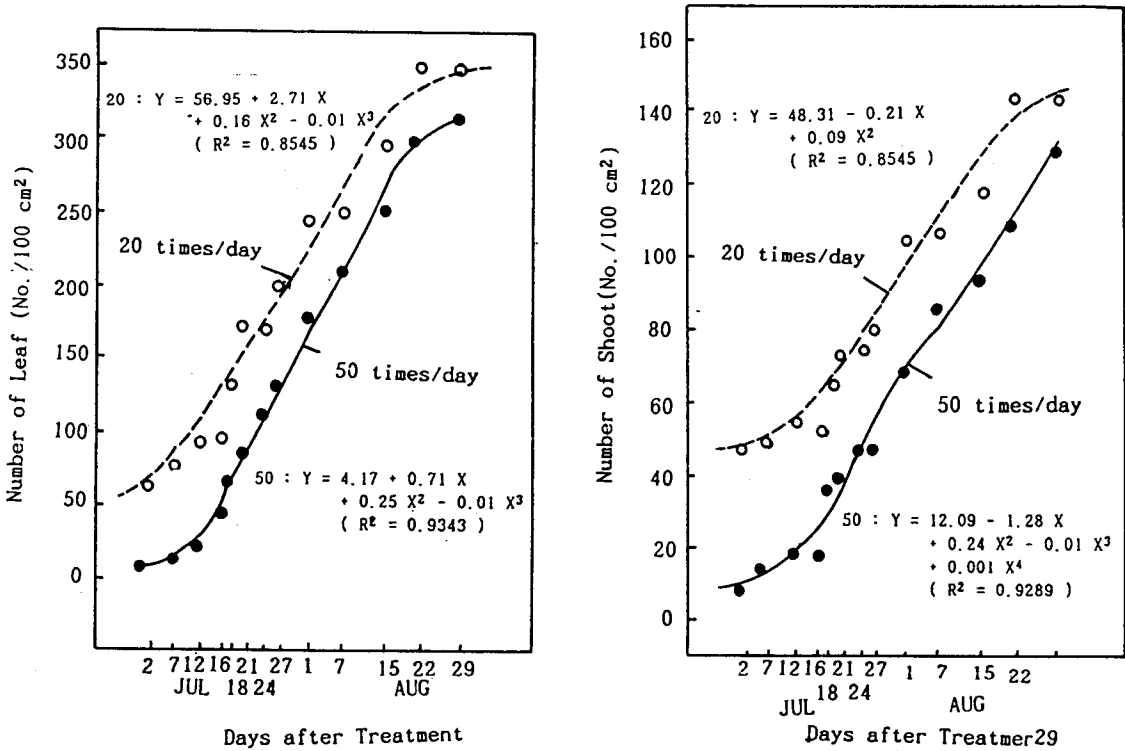


Fig.1-4 Recuperative changes of leaf number and shoot number in *Zoysia japonica* as affected by high frequency of treading treatment in June and July.

壓回數 基準를 설정하고자 수행된 것들이다.

그림1-5는 踏壓回數에 따른 葉數의 減少率을 回歸分析한 것인데, 이 回歸「모델」에 앞에서 설정한 바 있는 각 收容能力 水準別 葉數 減少率 기준을 적용하면, 適正收容力은 7回 踏壓/日, 標準收容力은 12.3回 踏壓/日 및 限界收容力은 20回 踏壓/日로 나타났다. 또한 그림1-6의 踏壓回數에 따른 直立莖數 減少率의 回歸分析 결과, 回歸「모델」에 역시 앞에서 설정한 바 있는 각 收容能力 水準別 直立莖數 減少率 기준을 적용하면 適正收容力은 8.5回 踏壓/日, 標準收容力 13.3回 踏壓/日 및 限界收容力 20回 踏壓/日로 推定되었다.

그림1-7은 踏壓回數에 따른 視覺的 評價值의 回歸分析 결과이다. 여기서 먼저 각 收容能力 水準別 視覺的 評價值의 減少 기준을 설정하였는데, 앞에서의 葉數, 直立莖數와 같은 방법과 기준으로 그림1-1의 視覺的 評價值의 결과에 적용

하여, 適正收容力이 7.0이상, 標準收容力은 5.0 및 限界收容力의 경우 2.0이하로 설정된다. 이러한 기준을 回歸「모델」에 적용하면 適正收容力은 7.2回 踏壓/日, 標準收容力 12.3回 踏壓/日 및 限界收容力 19回 踏壓/日로 推定되었다. 또한 그림1-8의 踏壓回數에 따른 土壤硬度的 증가를 역시 回歸分析한 결과에서는, 適正收容力의 基準인 23mm를 기준으로 代入하여 산출한 결과, 適正收容力은 14.2回 踏壓/日로 나타났다.

이상의 결과를 종합할 때, 收容能力 각 水準別 踏壓回數 기준은 다음의 표1-3과 같이 정리될 수 있다. 즉 잔디의 건전한 生育을 유지할 수 있는 수준인 適正收容力은 7回 踏壓/日, 이용을 전제한 公園잔디空間과 같은 잔디空間의 통상적인 管理로 잔디狀態를 유지할 수 있는 水準인 標準收容力은 13回 踏壓/日이며, 또한 일정한 기간(약2個月)이상 踏壓이 계속되면 잔디가 회복되

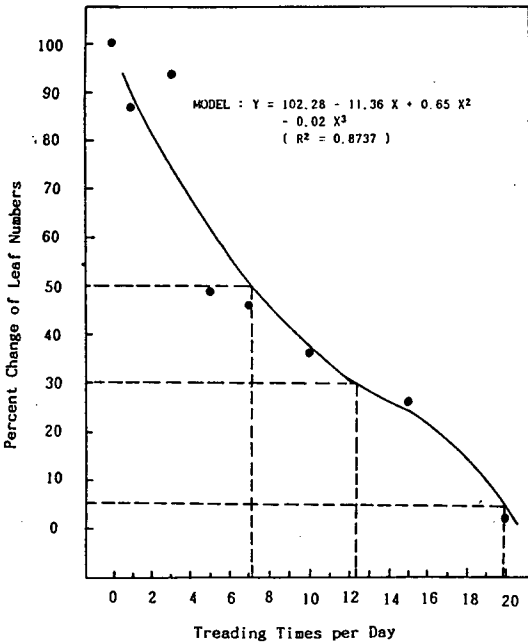


Fig.1-5 Regression model between treading times per day and percent change of leaf numbers.

지 못하고 裸地化되는 기준인 限界收容力은 20回 踏壓/日로 推定되었다.

또한 이러한 각 收容能力 水準別 踏壓回數 설정에 적용된 기준들을 살펴보면, 먼저 適正收容力은 葉數 減少率 50% 및 直立莖數 減少率 40%, 視覺的 評價値는 7.0이상, 土壤硬度는 22mm 이하였고, 標準收容力의 경우에는 葉數 減少率 70%, 直立莖數 減少率 60% 및 視覺的 評價値는 5.0, 土壤硬度는 23mm였으며, 限界收容力은 葉數 減少率 95%, 直立莖數 減少率 90% 및 視覺的 評價値는 2.0이하, 土壤硬度는 25mm 이상으로 설정되었다.

이러한 결과를 近藤 等(1977, 1980a)이 금잔디 空間을 대상으로 推定한 適正收容力 7回 踏壓/日, 標準收容力 10回 踏壓/日 및 限界收容力 15回 踏壓/日 등의 결과와 비교해 보면, 適正收容力은 같은 水準이나 標準 및 限界收容力은 다소 증가한 것이다. 이는 踏壓處理期間이 近藤·小擇(1977)의 경우, 4.5個月로 본 연구의 2개월보다

훨씬 길었고, 草種과 土壤構成 등의 차이에 따른 것으로 思料되지만, 研究 結果値의 단순비교를 통해서는 들잔디를 대상으로 한 본 연구의 결과가 금잔디를 대상으로 한 近藤 等の 결과보다 다소 앞서거나 동등한 耐踏壓性을 갖는 것으로 나타났다.

V. 摘要

본 연구는 종래 公園綠地의 空間概念이 觀光·휴식 등의 靜的「레크레이션」空間 위주였던 것에서 탈피하여, 이제는 유희·운동 등의 動的「레크레이션」空間 개념까지 포함하는 확장적 변화를 맞게 됨에 따라, 이러한 公園잔디空間이 과연 어느 정도의 利用量을 收容할 수 있는가 하는 「레크레이션」收容能力을 推定하고자 수행되었다.

本報에서는 그 첫번째 단계로 生態的 收容能力 추정의 準거가 되는 잔디空間의 耐踏壓性 추정을 다루고 있다. 研究대상 잔디空間의 草種構成은

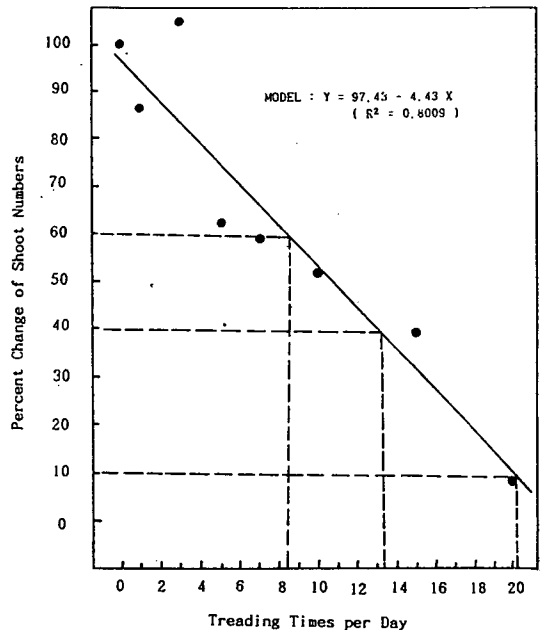


Fig.1-6 Regression model between treading times per day and percent change of numbers.

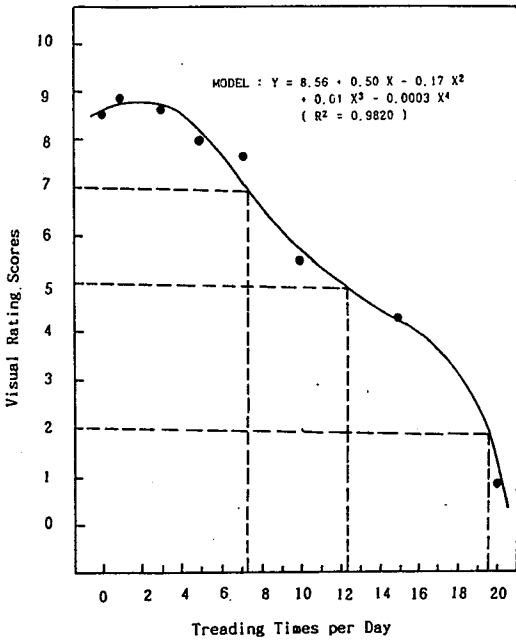


Fig.1-7 Regression model between treading times per day and visual rating scores.

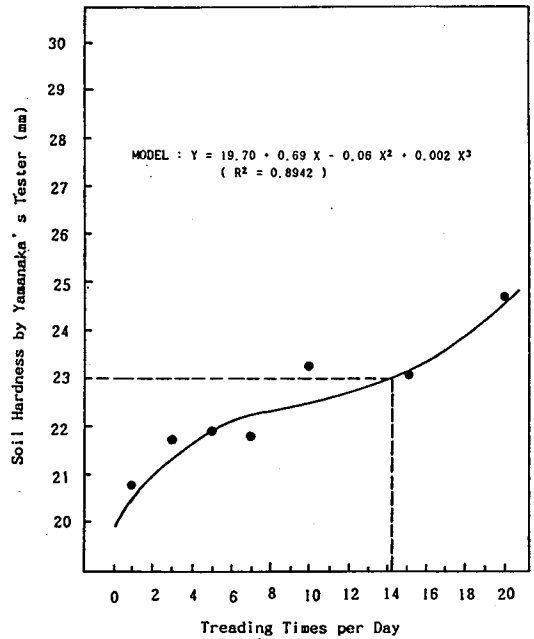


Fig.1-8 Regression model between treading times per day and soil hardness by Yamanaka's tester.

Table 1-3. Treading times per day for each carrying capacity level and criteria.

Carrying Capacity Level	Treading Times per Day (times /day)	Decrease Rate of Leaf No. (%)	Decrease Rate of Shoot No. (%)	Visual Rating Score (0~9)	Soil Hardness by Yamanaka's Tester(mm)
Optimum					
Carrying Capacity Standard	7	50	40	over 7.0	under 22.0
Carrying Capacity Critical	13	70	60	5.0	23.0
Carrying Capacity	20	95	90	under 2.0	over 25.0

z : The criteria were derived from the results of different numbers of treading treatment in Table 1-1, Table 1-2, Fig 1-2, Fig 1-3, and Fig 1-4.

들잔디(*Zoysia japonica* Steud.)로 이루어진 공간으로 하였다. 주요 결과는 다음과 같다.

1. 잔디생육의 年中變化 觀察調査 결과, 水分供給 등의 環境條件에 따른 잔디의 年中 生育能

力の 변화는 葉數의 변화에 의해 가장 잘 나타났다.

2. 踏壓時期別 耐踏壓性은 踏壓에 따른 葉數, 직립경수 및 視覺的 評價值등의 감소변화에 있어 全體 踏壓時期別로 비슷하게 나타났다. 그러나 回復生長에 있어서는 가을철의 踏壓이 회복성장 능력의 부족으로 인하여 가장 낮게 나타났다. 또한 잔디가 새로 돋기 시작하는 4월의 踏壓의 경우에는 직립경의 손상이 심하였으나, 봄철의 왕성한 생육능력에 의해 회복능력 또한 좋았다.

3. 踏壓頻度別 耐踏壓性 실험의 결과, 저빈도의 踏壓(1~3回/日)은 잔디의 生育에 오히려 유리한 것으로 나타났고, 踏壓頻度の 增加에 따라 잔디生育의 손상이 심해졌는데, 특히 고빈도의 踏壓에서는 단기간의(20日 程度) 踏壓에서도 그 손상이 심각하였다.

4. 葉數, 直립경수의 減少와 視覺的 評價值의 減少 및 土壤硬度 등을 基準으로 踏壓回數/日을 指標로 한 收容能力의 基準을 추정한 結果, 適正 收容力은 7回 踏壓/日, 標準收容力은 13回 踏壓/日, 限界收容力은 20回 踏壓/日로 추정되었다.

VI. 引用文獻

- Allcock, P. J. 1973. Treading of chalk grassland. *J.Sports Turf Res. Inst.* 49: 21-28.
- Barton, H., W. G. McCully, H. M. Taylor, and J.E.Box,Jr. 1966. Influence of soil compaction on emergence and first year growth of seeded grasses. *J. Range Manage.* 19: 118-121.
- Beardsley, W. G., R. B. Herrington, and J. A. Wager. 1974. Recreation site management: how to rehabilitate a heavily used campground without stopping visitor use. *J.For.* 72: 279-281.
- Boomsma, J. J., and S. W. F. van der Ploeg. 1976. Effects of three-year experimental trampling on a dune valley. Part I: effects of trampling during one season. Working Pap. 68, Inst. Environ. Stud., Free Univ., Amsterdam, Neth., 34p.
- Boorman, L. A., and R. M. Fuller. 1977. Studies on the impact of Paths on the dune vegetation at Winterton, Norfolk, England. *Biol. Conserv.* 12: 203-216.
- Buckhouse, J. C., G. B. Coltharp, and P. A. Barker. 1973. Impact of simulated recreation on soil compaction as modified by site and management techniques. *Utah Acad. Sci. Proc.* 50: 17-24.
- Burden, R. F., and P. F. Randerson. 1972. Quantitative studies of the effects of human trampling on vegetation as an aid to the management of seminatural areas. *J. Appl. Ecol.* 9: 439-457.
- Bury, R. L. 1976. Recreation Carrying Capacity: hypothesis or reality. *Parks and Recreation* 11(1): 22-25, 56-58.
- Chappell, H. G., J. F. Ainsworth., R. A. D. Cameron., and M. Redfern. 1971. The effect of trampling on a chalk grassland ecosystem. *J. Appl. Ecol.* 8: 869-882.
- Cole, D. N. and E. Schreiner. 1981. Impacts of backcountry Recreation: Site Management and Rehabilitation-An annotated bibliography, USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-121, 58p. Intermt. For. and Range Exp. Stn., Ogden, Utah.
- Crawford, A. K., and M. J. Liddle. 1977. The effect of trampling on neutral grassland. *Biol.Conserv.* 12: 135-142.
- 嚴鵬勳, 廉道義. 1984. 公園잔디空間의 利用 活性化를 위한 基礎研究. 韓國造景學會誌 12(2): 31-41.
- Fay, S. 1975. Ground-cover vegetation management at backcountry recreation sites. USDA For. Serv. Res. Note NE201, 5p. Northeast. For. and Ran.

- Exp. Stn., Broomal, Pa.
14. Hartley, E. A. 1976. Man's effects on the stability of alpine and subalpine vegetation in Glacier National Park, Montana., Ph. D. diss. Duke Univ., Durham, N. C. 258p.
 15. Hartley, E. A. 1979. Visitor impact on subalpine meadow vegetation in Glacier National Park, Montana. In Proc. Conf. on Sci. Res. in the Natl. Parks pp. 1279-1286. R. M. Linn, ed. USDI, Natl. Park Serv. Trans. Proc. Ser. 5. Gov. Print Off., Washington, D. C.
 16. Holmes, D. O., and H. E. M. Dobson. 1976. Ecological carrying capacity research: Yosemite National Park. The effects of human trampling and urine on subalpine vegetation, a survey of past and present backcountry use, and the ecological carrying capacity of wilderness. U. S. Dep. Commerce, Natl. Tech. Inf. Cent. PB. 270-955, 247p.
 17. 本多 亓, 山野邊 寔. 1959. 日本芝の生育の影響-踏壓頻度と生育との關係-. 造園雜誌 22(4):16-21.
 18. 本間 啓, 本多 亓外. 1962a. オリンピック東京大會競技施設用芝生による研究報告書 96p. 東京.
 19. 本間 啓, 小擇知雄, 北村文雄. 1962b. 荒木田混合度および張芝法の差異による植付時期別の日本芝のと生育ならびに踏壓による損傷度に関する研究. 造園雜誌 25(3):20-27.
 20. 本間 啓, 小擇知雄. 1962c. 土壤構成と日本芝の生育ならびに踏壓による影響に関する實驗的研究. 造園雜誌 26(1):27-31.
 21. Jollif, G. D. 1969. Campground site-vegetation relationships. Ph. D. diss. Colo. State Univ., Fort Collins. 139p.
 22. Joo, Y. K. 1983. Seasonal Changes of growth and major nutrients, and effects of mowing on *Zoysia japonica* Steud. and *Poa pratensis* L., M. S. Thesis Seoul National Univ. 60p.
 23. 北村文雄, 小擇知雄. 1959a. 公園における日本芝の生態. 造園雜誌 22(3):6-9.
 24. 北村文雄, 小擇知雄. 1959b. 西洋芝栽培の基礎的研究(第1報)-種々の發芽及び生育に及ばず鎮壓効果について. 造園雜誌 23(2):11-15.
 25. 北村文雄, 小擇知雄. 1961. 西洋芝栽培の基礎的研究(第3報)-生育に及ばず踏壓効果及び刈込効果について. 造園雜誌 24(3):56-60.
 26. 北村文雄. 1965. 日本芝園藝品種栽培の基礎的研究(第1報)-生育にあよげず踏壓並びに刈込の影響について-. 造園雜誌 28(3, 4):12-17.
 27. 近藤三雄, 小擇知雄. 1977. 芝生地の收容力に関する基礎的研究 (I)-踏壓-土壤 硬度に對する芝生地の植群の低抗性からみた收容力にすいて-. 造園雜誌 40(3):11-23.
 28. 近藤三雄. 1980. 芝生地の收容力に関する基礎的研究 (V) -土壤の物理性の状態からみた收容力について-. 昭和55年日本造園學會秋季大會研究發表要旨 p.35.
 29. 與水 肇, 藤崎健一郎, 染野邦夫. 1977. 公園綠地にあける芝生地の管理について(I) 過踏壓か芝生地の荒廢に與える影響. 日本造園學會秋季大會研究發表要旨集 pp.40-41.
 30. 與水 肇, 飯家克身, 藤崎健一郎. 1979. 踏壓がヒメユウライシバ芝生の生育に與える影響について. 芝草研究 8(1):41-47.
 31. Kuss, F. R., and A. R. Graefe. 1985. Effects of recreation trampling on natural area vegetation. J. Leisure Research 17(3):165-183.
 32. LaPage, W. F. 1967. Some observations on campground trampling and ground cover response. USDA For. Serv. Res. Pap. NE-68, 11p. Northeast. Stn., Broomal, Pa.
 33. 李喜喆. 1986. 韓國들잔디의 草長調節과 踏壓이 生育에 미치는 影響에 관한 研究. 慶熙大大学院 碩士學位論文 48p.
 34. Liddle, M. J. 1975. A selective review

- of the ecological effects of human trampling on natural ecosystems. *Biol. Conserv.* 7:17-36.
35. Liddle, M. J., and P. Greig-Smith. 1975. A survey of tracks and paths in sand dune ecosystem. I. Soils. II. Vegetation. *J. Appl. Ecol.* 12:893-930.
 36. Lull, H. W. 1959. Soil compaction on forest and range lands. USDA For. Serv. Misc. Publ. 768, 33p. Washington, D. C.
 37. 前中久行. 1984. 踏みつけによる芝生の損耗とその回復生長の數式モデル. *造園雜誌* 47(5):129-134.
 38. 増田括朗. 1984. 芝生地における踏壓. *芝草研究* 13(1):41-46.
 39. 松本昌久. 1977. 芝生の收容力に關する基礎的研究—特に施肥と耐踏壓性との關係について—. *東京農業大學 造園學論集 優秀卒業論文要旨(76-81)*:pp.34-44.
 40. 小澤知雄. 1953. 芝の鎮壓. *造園雜誌* 17(1):16-17.
 41. 小澤知雄, 秋原信弘. 1966. 土壤硬度が芝の生育に及ぼす影響. *造園雜誌* 29(2):12-17.
 42. 小澤知雄, 近藤三雄. 1974. 植生タイプの異なる數種芝生に關する生態學的研究 (2)—公園芝生の植生と土壤硬度との關係について—. *昭和49年日本造園學會秋季大會研究發表要旨集* pp.17-19.
 43. Palmer, R. 1972. Human foot impact: a preliminary report of effects of human traffic on two alpine meadows in the Sierra Nevada. *In Wilderness impact study report*, pp. 15-25, H. T. Harvey, R. J. Hartesveldt and J. T. Stanley (eds.) Sierra Club Outing Comm., San Francisco, Calif.
 44. 沈相烈. 1989. 土壤의 組成 및 踏壓이 韓國 잔디類(*Zoysia* spp.)의 生育에 미치는 影響. *서울大學校 大學院 博士學位論文* 70p.
 45. Slatter, R. J. 1978. Ecological effects of trampling on sand dune vegetation. *J. Biol. Educ.* 12(1):89-96.
 46. Trew, M. J. 1973. The effects and management of trampling on coastal sand dunes. *J. Environ. Plan. Pollut. Control* 1(4):38-49.
 47. Verburg, K. 1974. The carrying capacity of recreational lands: A review. 70p. Planning, Prairie Region. Office, Parks, Canada.
 48. Wagar, H. A. 1961. How to predict which vegetated areas will stand up best under active recreation. *Am. Recreat. J.* 1(7):20-21.
 49. Weaver, T., and D. Dale. 1978. Trampling effects of hikers, motorcycles and horses in meadows and forests. *J. Appl. Ecol.* 15:451-457.
 50. Young, R. A. 1978. Camping intensity effects on vegetative groundcover in Illinois campgrounds. *J. Soil and Water Conserv.* 33:36-39.