

도시지역 식생구조의 경관생태학적 해석

— 식생경관해석을 위한 군집식물사회학적 연구방법 —

오노 케이이치

일본 요코하마국립대학 대학원 환경정보학부 연구원

Landscape-Ecological Analysis of the Vegetation Structure in Urban Areas

- Symphytosociological Approach for the Analysis of Vegetation Landscapes -

Keiichi OHNO

Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University,
Yokohama, Japan

서론

수림이나 초원으로 형성되는 녹지는 도시지역 식생경관의 주요한 구성요소의 하나이다. 또한, 녹지는 대기정화, 경사면 붕괴방지, 화재방지, 풍치보전, 야생생물의 서식공간(비오톱) 등 다양한 생태계서비스를 제공한다. 그러나 도시환경의 개선에 유효하게 작용하는 많은 녹지는 인위적 파괴에 의해 분단되어 고립상태가 되는 등 소멸위기에 노출되고 있다. 이러한 이유로 녹지의 생태적 기능은 저하되고 있다. 따라서 우리는 군집식물사회학(시그마식물사회학과 동의)에 근거한 식생경관의 조사방법을 이용하여 도시지역 녹지의 분석·평가를 위한 생태학적 연구를 수행하였다.

특정지역의 식생경관 구조 및 기능의 특성을 분석하는 생태학적 연구방법의 하나로 식물사회학에서 파생된 군집식물사회학적 방법이 있다. 이 연구에서는 식물사회학과 같이 경관요소의 조성구조에 기초하여 각종 식생경관단위를 분류하여 그 분포패턴을 명확히 하고, 여기에 경관요소의 자연성에 기초한 각 식생경관단위의 생태적 특질을 평가하여 그 보전·관리에 대하여 검토한다.

식생경관의 기본단위

군집식물사회학에 의해 해석된 식생경관의 기본단위로

서 총화군락(總和群落)과 지총화군락(地總和群落)이 있다. 총화군락은 잠재자연식생을 포함한 경관역에 분포하는 각종 현존식생의 집합이다. 또한, 총화군락은 같은 천이계열에 출현하는 모든 식물군락의 집합이기도 하다. 총화군락이 존재하는 공간영역은 에코톱과 동일한 의미의 「테세라」라고 불린다.

관련된 몇 개의 총화군락의 모자이크상 혹은 열상(띠모양)의 집합은 「지총화군락」이라고 불린다. 각종 총화군락이 지리적으로 질서 있게 존재하는 공간영역을 「카테나」라고 한다. 이 지총화군락은 총화군락의 집합이 카테나상으로 분포하는 공간영역이라고 정의할 수도 있다.

군집식물사회학적 연구방법의 개설: 카나가와현 요코스카시의 연구사례

1. 조사지의 기후 및 자연환경

도시지역 녹지의 경관생태학적 해석을 실시한 조사지인 요코스카시는 일본에서 가장 도시화가 진행된 요코하마시와 수도인 도쿄에 인접해 있다. 조사지의 기후환경은 본 지역의 잠재자연식생을 구성하는 주요한 상록활엽수인 구실잣밤나무와 후박나무가 우점 할 수 있는 습윤하고 온난한 난온대(군락분류체계에서는 동백나무군집역)지역에 속해

있다.

연구방법

1. 총화조사법의 개요

앞서 언급한 바와 같이 총화조사에 의해 테세라 영역에서는 총화군락, 카테나 영역에서는 지총화군집(총화군집구와 동의)이라는 식생경관의 기본단위를 식별할 수 있다. 2개 영역 각각에서의 기본단위 식별순서의 개요는 다음과 같이 설명할 수 있다.

총화군집을 식별하기 위한 총화조사는 다음과 같이 실시된다. 조사지는 잠재자연식생이 같은 테세라역으로 설정한다. 그 조사지에 출현하는 모든 식생경관요소(기존의 군집, 각종 군락, 가로수, 뜰에 재배된 수목과 관목, 생울타리, 녹화목 등)를 기재한다. 조사지의 식생경관요소의 피도와 군도의 측정은 전통적 식물사회학의 경우와 동일한 방법으로 한다.

지총화군락(=총화군락구)을 식별하기 위한 총화조사는 다음과 같이 이루어진다. 조사지는 공통의 생태학적 프로세스에 의해서 성립된 이질적인 테세라역이 인접해 집합하는 카테나역으로 설정한다. 카테나역으로 설정된 조사지에 출현하는 모든 식생경관요소는 총화 조사의 경우와 같은 방법으로 기재, 측정된다.

요코스카시에 있어서 테세라역의 예로서 저지 및 대지나 구릉지의 평탄지에 분포하는 주택지, 집합주택지, 상가, 학교, 공원, 공장, 밭과 논이 있다. 요코스카시의 카테나역의 예로서 대부분이 기복이 풍부한 구릉경사면으로 보이는 수림지나 초원으로부터 완성되는 녹지를 들 수 있다.

2. 식생경관단위의 분류체계

총화조사에서 기재된 모든 식생경관요소가 전통적인 식물사회학과 같은 표작성 순서에 의해 정리된다. 표 조작을 완료한 후, 식생경관요소는 각종 식생경관단위로 분류된다. 그리고 식물사회학의 방법에 따라 해당 식생경관의 특징 및 식별 요소가 판정된다. 명확하게 식별된 식생경관단위는 상재도표에 정리할 수 있다. 이 표에서는 식생경관단위의 기본단위 및 그 하위단위를 식별할 수 있다. 본 연구에서는 식생경관단위의 기본단위로서 총화군락구(지총화군락과

동의)를 그 하위단위에 총화군락아구와 총화군락소구를 설정하고 있다.

3. 식생경관단위의 평가

식생경관단위를 구성하는 모든 요소는 각각 고유한 생태학적 특성을 가진다. 그러므로 식생경관요소의 내용에 근거하여 각 식생경관단위의 생태학적 특성(자연성, 생물다양성 등)을 평가할 수 있다. 본연구에서는 환경성(1976)이 발표한 10랭크의 식생자연도를 5 랭크로 간략화하였다. 또한 상재도(常在度)클래스를 상재도수치로 변환($r = 3, + = 8, I = 15, II = 30, III = 50, IV = 70, V = 90$)하였다. 이와 같이, 각 식생경관단위의 생태학적 특성을 수량화함으로써 통계해석(독립성의 검정)에 의한 평가가 가능하게 된다.

4. 식생경관단위의 도면화와 식생경관종합단위의 식별

본 연구에서는 각 식생경관단위의 공간적 확대를 지도화하였다. 이 식생경관도를 이용하여, 종수-면적곡선과 같이 식생경관단위수-면적곡선에 나타나는 적정 사이즈의 그리드로 구획된 메쉬도를 작성하였다. 이 식생경관도의 메쉬도화에 의해서 이차원공간에 연속적으로 펼쳐진 각종 경관단위의 분포패턴을 유형화하여 나타낼 수 있으며, 이 메쉬도는 각 식생경관단위의 생태적 속성을 농담으로 표현하여 순위를 부여하기에 적합하다.

상술한 메쉬도화에 의해서 테세라 영역의 총화군락과 카테나 영역의 지총화군락(총화 군락구)을 하나로 통합한 식생경관단위가 식별된다. 통합된 식생경관단위의 분류 및 평가는 지총화군락의 경우와 같은 순서로 실시한다. 메쉬도의 각 그리드에서 총화조사를 실시함으로써 각종 지총화군락의 복합으로서의 초총화군락구(초지총화군락과 동의)로 불리는 식생경관의 통합단위를 얻을 수 있다. 이 초총화군락구는 보다 더 하위단위의 초총화군락아구와 초총화군락소구로 구분된다. 각 그리드를 구성하는 각 식생경관단위의 생태적 속성은 초지총화군락에 반영되므로 이것을 근거로 각 초지총화군락의 생태학적 특성이 평가된다. 또한, 이 메쉬도에는 각 초총화군락의 분포패턴이 나타난다.

결과 및 고찰

1. 각종 식생경관단위의 분류

총화조사결과 요코스카시의 식생경관은 녹지가 적은 시가지지역의 은이끼-개미자리군집 총화군락구(이하 BS gs총군구)와 구릉경사부 녹지지역의 장딸기- 두릅나무군집=두메다나무-졸참군집 총화군락구 (이하 RA=DQ gs총군구)로 분류되었다.

시가지지역에 있어서의 BS gs총화군락구는 저지대나 연안부 매립지의 느티나무-은행나무가로수 총화군락아구(이하 ZG sgs총군아구)와 연안저지, 구릉지의 골짜기 저지의 단풍나무-매화나무 식재총화군락아구(이하 AP sgs총군아구)로 구분되었다. AP sgs총군아구는 골짜기 저지대 상가의 전형총화군락소구, 구릉지 주택가의 나한송 식재총화군락소구(이하 P mgs총군소구), 사찰림을 가지고 있는 구시가지의 아즈마네자사(*Pleioblastus chino*)군락=자금우-구실잣밤나무군집 총화군락소구(이하 P=AC mgs총군소구)로 구분되었다.

구릉지 능선부 수림지의 RA=DQ gs총화군락구는 각종 선구성 삼림군락에 의해서 특징지워진 전형총화군락아구와 몇 개의 자연성 상록활엽수림에 의해 식별되는 붉가시나무군락= 자금우-구실잣밤나무군집 총화군락아구 (이하 Q=AC sgs총군아구)로 구분되었다. 또한, Q=AC sgs총군아구는 구릉지 능선부의 전형 총화군락소구와 구릉지 사면의 푸조나무-느티나무군락=나도히초미-후박나무 총화군락소구 (이하 AZ=PP mgs총군소구)로 구분되었다.

2. 식생경관단위의 구조특성

시가지지역과 수림지역에 있어서는 2가지 식생경관단위의 구조특성이 식생경관 요소를 기초로 검토되었다. 시가지지역의 BS gs총군구에 속하는 ZG sgs총군아구와 3개의 하위단위(전형총군소구, P mgs총군소구, P=AC mgs총군소구)를 수반하는 AP sgs총군소구를 구성하는 각 경관요소의 상대도수치를 근거로 독립성 검정 (χ^2 검정)을 실시하였다.

느티나무와 은행나무 가로수는 ZG sgs총군아구를 강하게 특징지우는 경관 요소였으며($p < 0.01$), 홍가시나무 울타리는 AP sgs총군아구에 속하는 전형총군소구를 강하게 특징지우는 경관 요소였다($p < 0.01$). 나한송, 팽팽나무, 감탕

나무의 식재는 P mgs총군소구에 강한 영향을 주는 경관 요소였다($p < 0.01$). 자금우-구실잣밤나무군집과 나도히초미-후박나무 군집은 AZ=PP mgs총군소구에 강한 영향을 주는 경관 요소였다($p < 0.01$).

수림지역의 RA=DQ gs총군구의 하위단위를 구성하는 각 경관 요소의 상대도수치를 기초로 한 독립성 검정에 의해 전형총군아구와 Q=AC sgs총군아구(Q=AC sgs총군아구는 전형총군소구와 AZ=PP mgs총군소구의 2개의 하위단위)의 구조 특성을 명확하게 밝혔다.

식생자연도가 4에 랭킹된 두메다나무-졸참나무군집은 RA=DQ gs총군구의 전형총군소구를 강하게 특징 지우는 경관 요소였다($p < 0.01$). Q=AC sgs총군아구의 전형소구는 유의수준($p < 0.01$)내에 강하게 영향을 미치는 경관요소를 가지지 않았다. 식생자연도가 5에 랭킹된 나도히초미-후박나무군집은 유의수준($p < 0.01$)내에서 AZ=PP mgs총군소구를 강하게 특징지우는 경관요소 이었다.

3. 식생경관의 총합단위와 공간분석

시가지지역 BS gs 총군구의 4개의 식생경관단위(ZG sgs총군아구, AP sgs총군아구의 전형총군소구, P mgs총군소구, P=AC mgs총군소구)와 수림지역 RA=DQ gs총군구의 3개의 식생경관단위 (RA=DQ gs총군구의 전형총군아구, Q=AC sgs총군아구의 전형총군소구와 AZ=PP mgs총군소구)에서 만들어진 7개의 범례를 이용하여 조사지의 식생경관도가 작성되었다.

이 식생경관도를 200m×200m의 그리드로 구획하여 메쉬도화 하였다. 이 그리드의 크기는 식생경관도에 있어서 겹침 테두리법과 식생경관단위수-면적곡선에 의해 도출되었다. 다음으로 메쉬도의 각 그리드에 나타나는 범례를 대상으로 총화조사를 실시하였다. 표조사 결과, 총화조사자료는 2개의 총화군락구 (BS gs총군구와 RA=DQ gs총군구)를 통합한 식생경관단위인 은이끼-개미자리군집 = 두메다나무-졸참나무군집 초총화군락구(이하 BS=DQ hgs초총군구)로 분류되었다. 이 BS=DQ hgs초총군구는 은행나무 가로수=매화 식재 초총화군락아구 (이하 Gi=Pr hsgs초총군아구), 매화식재= 두메다나무-졸참나무군집 군집초총군아구 (이하 Pr=DQ hsgs초총군아구), 매화식재= 자금우-구실잣밤나무군집초총군아구 (이하 Pr=AC hsgs초총군아구)의 3개의 하위단위로 구분된다.

이들 3개의 초총화군락아구는 메쉬도상에 나타난 것으로 각각의 분포 패턴이 밝혀졌다. 또한, 이들의 구조특성은 독립성의 검정에 의해 분명하게 되었다. 이 통계해석으로부터 ZG sgs총군아구는 $Gi=Pr$ hsgs초총군아구에 강한 영향을 미치는 경관요소인 것을 인정하였다($p < 0.01$). RA=DQ gs총군구의 하위단위인 전형총군아구는 $Pr=DQ$ hsgs초총군아구를 강하게 특징지우는 경관요소인 것을 알 수 있었다($p < 0.01$). Q=AC sgs총군아구의 하위단위인 전형총군소구와 AZ=PP mgs총군소구는 유의수준($p < 0.01$)내에서 $Pr=AC$ hsgs초총군아구를 강하게 특징지우는 경관요소라는 것을 알 수 있었다.

결론

1. 요코스카시의 식생경관의 구조 및 분포특성

본 연구에서는 ZG sgs총군아구에 의해서 특징지워진 $Gi=Pr$ hsgs초총군아구는 녹지가 거의 존재하지 않는 요코스카시의 시가지에 있어서 주요한 식생경관단위이며, 도시생태계의 기반이 되고 있는 것을 해명하였다. 한편, RA=DQ gs총군구의 하위단위인 전형총군소구에 의해 특징지워진 $Pr=DQ$ hsgs초총군아구와 Q=AC sgs총군아구에 의해서 특징지워진 $Pr=AC$ hsgs초총군아구는 각종 녹지가 포함된 소규모의 식생경관단위로, 바다에 떠 있는 섬처럼

$Gi=Pr$ hsgs초총군아구에 산재한다.

2. 도시환경의 개선을 위한 제언

도시화지역에 분포하는 Q=AC sgs총군아구와 같은 녹지는 끊임없이 다양한 인위적 간섭에 노출되어 결국은 분단, 고립화되고 있다. 이러한 상황은 녹지에 있어서 생물다양성이나 유전자자원을 빈화시킨다. 이와 같이 도시역의 녹지감소는 그 곳에 서식하는 생물의 근교약세에 의한 자율적 갱신능력의 저하를 불러 결과적으로 생물의 멸종리스크를 높게 된다.

이러한 도시생태계의 열섬화를 방지하기 위해서도 녹지를 보전·재생할 필요가 있다. 도시역에 있어서 녹지환경의 개선을 위한 제언을 다음에 정리하였다.

- 1) 자생수목 식재에 의한 빈화한 녹지에서의 자연성의 복원·재생(예를 들면, 이른바 생태학적 녹화).
- 2) 공원이나 학교주변 등 공공시설에 보다 자연성 높은 새로운 녹지 창출.
- 3) 가로수 등 녹의 회랑연결에 의한 기존녹지와 새롭게 창출된 녹지의 네트워크화 등.

상기의 제언을 구현하기 위해서는 해당 지역의 행정기관이 녹지의 보전·관리를 위해서 적절한 시책을 취할 필요가 있다. 그리고 양호한 녹지환경을 유지하기 위해서는 행정, 토지소유자, 지역주민의 3자의 협력이 필요하다.

はじめに

樹林や草地から成る緑地は都市域の植生景観の主要な構成要素の一つである。また緑地は、大気の浄化、斜面崩壊の防止、火事の制御、風致保全、野生生物の生息空間（ビオトープ）など様々な生態系サービスを提供する。しかし、都市環境の改善に有効に作用する多くの緑地は、人為的破壊によって分断され、孤立状態になるなど消滅の危機に晒されている。そのため、これら緑地の生態的機能は低下している。そこで我々は、群植物社会学（シグマ植物社会学と同義）に基づく植生景観の調査手法を用いて都市域の緑地の分析・評価のための生態学的研究を行った。

ある地域における植生景観の構造および機能特性を解析する生態学的研究方法の一つとして、植物社会学から派生した群植物社会学的手法がある。この研究では、植物社会学と同様に、景観要素の組成構造に基づいて各種植生景観単位を分類し、その分布パターンを明らかにする。さらに、景観要素の自然性に基づいて、各植生景観単位の生態的特質を評価し、その保全・管理について検討する。

植生景観の基本単位

群植物社会学により解析された植生景観の基本単位として総和群落と地総和群落がある。総和群落は潜在自然植生を同じくする景観域に分布する各種現存植生の集合である。また、総和群落は同じ遷移系列に出現する全ての植物群落の集合でもある。総和群落が存在する空間領域は、エコトープと同義の「テセラ」と呼ばれる。

関連する幾つかの総和群落のモザイク状あるいは帯

状の集合は「地総和群落」とよばれる。各種総和群落が地理的に秩序づけられて存在する空間領域を「カタナ」と言う。この地総和群落は、総和群落の集合がカタナ状に分布する空間領域と定義づけることもできる。

群植物社会学的研究手法の概説:

神奈川県横須賀市における研究事例

1. 調査地の気候および自然環境

都市域の緑地の景観生態学的解析を行った調査地の横須賀市は、日本で最も都市化の進んだ横浜市や首都東京に隣接している。調査地の気候環境は、本地域の潜在自然植生を構成する主要な常緑樹であるスダジイやタブノキの優占する常緑広葉樹林が分布する湿潤で温暖な夏季をともなった暖温帯（群落分類体系ではヤブツバキクラス域）に属している。

2. 研究方法

2-1. 総和調査法の概要

すでに述べたように、総和調査によって、テセラ領域では総和群落、カタナ領域では地総和群落（総和群落区と同義）という植生景観の基本単位を識別することができる。2つの領域それぞれの基本単位の識別手順の概要を以下に示す。

総和群落を識別するための総和調査は、次のように実施される。調査地は、潜在自然植生が同じテセラ域に設定する。その調査地に出現する全ての植生景観要素（既知の群集、各種群落、街路樹、庭に植栽された樹木や低木、生垣、緑化木など）を記載する。調査地の植生景観要素の被度と群

度の測定は、伝統的植物社会学の場合とまったく同じである。

地総和群落 (=総和群落区) を識別するための総和調査は、次のように実施される。調査地は、共通の生態学的プロセスによって成立した異質なテセラ域が隣接して集合するカテナ域に設定する。カテナ域に設定された調査地に出現する全ての植生景観要素は、総和調査の場合と同様に記載、測定される。

横須賀市におけるテセラ域の例として、低地および台地や丘陵地の平坦地に分布する住宅地、集合住宅地、商店街、学校、公園、工場、畑地や水田がある。横須賀市におけるカテナ域の例として、多くが起伏に富んだ丘陵斜面に見られる樹林地や草地から成る緑地があげられる。

2-2. 植生景観単位の分類体系

総和調査で記載された全ての植生景観要素が伝統的な植物社会学と同様の表作成手順により取りまとめられる。表操作を完了した後、植生景観要素は各種植生景観単位の分類される。そして植物社会学の方法に従って当該植生景観の標徴および識別要素が判定される。明確に識別された植生景観単位は常在度表に取りまとめられる。この表において、植生景観単位の基本単位およびその下位単位を識別することができる。なお本研究では、植生景観単位の基本単位として総和群落区 (地総和群落と同義) を、その下位単位に総和群落亜区と総和群落小区を設けている。

2-3. 植生景観単位の評価

植生景観単位を構成する全ての要素はそれぞれ固有の生態学的特性をもつ。それゆえ、植生景観要素の内容に基づいて、各植生景観単位の生態学的特性 (自然性、生物多様性など) を評価することができる。本研究では、環境省 (1976) が公表した

10 ランクの植生自然度を 5 ランクに簡略化している。さらに、常在度クラスを常在度値に変換 ($r = 3, + = 8, I = 15, II = 30, III = 50, IV = 70, V = 90$) する。このように、各植生景観単位の生態学的特性を数量化することで、統計解析 (独立性の検定) による評価が可能になる。

2-4. 植生景観単位の図化と植生景観統合単位の識別

本研究では各植生景観単位の空間的広がりを地図化した。この植生景観図を用いて、種数一面積曲線と同じように、植生景観単位数一面積曲線により発見できる適正サイズのグリッドで区画されたメッシュ図を作成した。この植生景観図のメッシュ図化によって、二次元空間に連続的に広がる各種景観単位の分布パターンを類型化して示すことができる。また、このメッシュ図は、各植生景観単位の生態的属性の濃淡をランク付けして表現するのに適している。

上記のメッシュ図化によって、テセラ領域の総和群落とカテナ領域の地総和群落 (総和群落区) を一つに統合した植生景観単位が識別される。統合した植生景観単位の分類および評価は、地総和群落の場合と同様の手順で行う。メッシュ図の各グリッドにおいて総和調査を実施することで、各種地総和群落の複合としての超総和群落区 (超地総和群落と同義) と呼ばれる植生景観の統合単位を得ることができる。この超総和群落区はさらに下位単位を超総和群落亜区と超総和群落小区に区分される。各グリッドを構成する各植生景観単位の生態的属性は超地総和群落に反映されるので、それに基づいて各超地総和群落の生態学的特性が評価される。また、このメッシュ図において各超総和群落の分布パターンが示される。

3. 결과と考察

3-1. 各種植生景觀単位の分類

総和調査の結果、横須賀市の植生景觀は、緑地の少ない市街地域のギンゴケ・ツメクサ群集総和群落区(以下 BS gs 総群区)と丘陵斜面部の緑地域のクサイチゴ・タラノキ群集=オニシバリ・コナラ群集総和群落区(以下 RA=DQ gs 総群区)に分類された。

市街地における BS gs 総和群落区は、低地や沿岸部の埋立地のケヤキ・イチヨウ並木総和群落区(以下 ZG sgs 総群区)と、沿岸低地、丘陵地の谷底低地のイロハモミジ・ウメ植栽総和群落区(以下 AP sgs 総群区)に区分された。AP sgs 総群区は、さらに、谷底低地の商店街の典型総和群落小区、丘陵地の住宅地のイヌマキ植栽総和群落小区(以下 P mgs 総群小区)、社寺林をともなった旧市街地のアズマネザサ群落=ヤブコウジ・スダジイ群集総和群落小区(以下 P=AC mgs 総群小区)に区分された。

丘陵地尾根部の樹林地の RA=DQ gs 総和群落区は、各種先駆性森林群落によって特徴づけられた典型総和群落区と、いくつかの自然性の常緑広葉樹林により識別されるアカガシ群落=ヤブコウジ・スダジイ群集総和群落区(以下 Q=AC sgs 総群区)に区分された。後にあげた Q=AC sgs 総群区は、さらに丘陵地尾根部の典型総和群落小区と、丘陵地の崖錐地のムクノキ・ケヤキ群落=イノデ・タブノキ群集総和群落小区(以下 AZ=PP mgs 総群小区)に区分された。

3-2. 植生景觀単位の構造特性

市街地と樹林地における 2 つの植生景觀単位の構造特性が植生景觀要素に基づいて検討された。市街地の BS gs 総群区に属する ZG sgs 総群区と、3 つの下位単位(典型総群小区、P mgs 総群小

区、P=AC mgs 総群小区)を伴う AP sgs 総群小区を構成する各景觀要素の常在度値に基づいて独立性の検定(カイ二乗検定)を行った。

街路樹のケヤキとイチヨウは、ZG sgs 総群区を有意($p < 0.01$)に強く特徴づける景觀要素であった。カナメモチ生垣は、AP sgs 総群区に所属する典型総群小区を有意($p < 0.01$)に強く特徴づける景觀要素であった。イヌマキ、イヌツゲ、モチノキの植栽は、P mgs 総群小区を有意($p < 0.01$)に強く特徴づける景觀要素であった。ヤブコウジ・スダジイ群集とイノデ・タブノキ群集は、AZ=PP mgs 総群小区を有意($p < 0.01$)に強く特徴づける景觀要素であった。

樹林地の RA=DQ gs 総群区の下位単位を構成する各景觀要素の常在度値に基づく独立性の検定により、典型総群区と、典型総群小区と AZ=PP mgs 総群小区の 2 つの下位単位を持つ Q=AC sgs 総群区の構造特性を明らかにした。

植生自然度が 4 にランクづけられるオニシバリ・コナラ群集は RA=DQ gs 総群区の典型総群小区を有意($p < 0.01$)に強く特徴づける景觀要素であった。Q=AC sgs 総群区の典型小区は、有意($p < 0.01$)に強く特徴づける景觀要素を持たなかった。植生自然度が 5 にランクづけられるイノデ・タブノキ群集は AZ=PP mgs 総群小区を有意($p < 0.01$)に強く特徴づける景觀要素であった。

3-3. 植生景觀の統合単位とその空間分布

市街地の BS gs 総群区の 4 つの植生景觀単位(ZG sgs 総群区、AP sgs 総群区の典型総群小区、P mgs 総群小区、P=AC mgs 総群小区)と、樹林地の RA=DQ gs 総群区の 3 つの植生景觀単位(RA=DQ gs 総群区の典型総群区、Q=AC sgs 総群区の典型総群小区と AZ=PP mgs 総群小区)から成る 7 つの凡例を用いて調査地の植生景觀図が作成された。

さらに、この植生景観図を 200m×200m のグリッドで区画し、メッシュ図化した。このグリッドサイズは植生景観図における重ね枠法と植生景観単位数-面積曲線により求めた。次に、メッシュ図の各グリッドに出現する凡例を対象に総和調査を実施した。表操作の結果、総和調査資料は、2 つの総和群落区 (BS gs 総群区と RA=DQ gs 総群区) を統合した植生景観単位であるギンゴケ-ツメクサ群集=オニシバリ-コナラ群集超総和群落区 (以下 BS=DQ hgs 超総群区) に分類された。この BS=DQ hgs 超総群区は、イチヨウ並木=ウメ植栽超総和群落区 (以下 $Gi=Pr$ hsgs 超総群区)、ウメ植栽=オニシバリ-コナラ群集超総群区 (以下 $Pr=DQ$ hsgs 超総群区)、ウメ植栽=ヤブコウジ-スダジイ群集超総群区 (以下 $Pr=AC$ hsgs 超総群区) の 3 つの下位単位に区分される。

これら 3 つの超総和群落区はメッシュ図上に展開することでそれぞれの分布パターンが明らかにされた。また、それらの構造特性は独立性の検定によって明らかにした。この統計解析から、 ZG sgs 総群区は、 $Gi=Pr$ hsgs 超総群区を有意 ($p < 0.01$) に強く特徴づける景観要素であることを認めた。RA=DQ gs 総群区の下位単位である典型総群区は、 $Pr=DQ$ hsgs 超総群区を有意 ($p < 0.01$) に強く特徴づける景観要素であることがわかった。 $Q=AC$ sgs 総群区の下位単位である典型総群小区と $AZ=PP$ mgs 総群小区は、 $Pr=AC$ hsgs 超総群区を有意 ($p < 0.01$) に強く特徴づける景観要素であることがわかった。

4. 結論

4-1. 横須賀市の植生景観の構造および分布特性

本研究では、 ZG sgs 総群区によって特徴づけら

れた $Gi=Pr$ hsgs 超総群区は、緑地がほとんど存在しない横須賀市の市街地における主要な植生景観単位であり、都市生態系の基盤になっていることを解明した。一方、RA=DQ gs 総群区の下位単位である典型総群小区により特徴づけられた $Pr=DQ$ hsgs 超総群区と $Q=AC$ sgs 総群区によって特徴づけられた $Pr=AC$ hsgs 超総群区は、各種緑地をともなった小規模な植生景観単位であり、島々のように $Gi=Pr$ hsgs 超総群区の海に散在する。

都市環境の改善のための提言

都市地に分布する $Q=AC$ sgs 総群区のような緑地は、絶えず様々な人為的干渉に晒され、その上、分断、孤立化されている。こうした状況は、緑地における生物多様性や遺伝子資源を貧化させる。このように都市域の緑地の減少は、そこに生息する生物の近交弱勢による自律的更新能力の低下を招き、結果として、生物の絶滅リスクを高めることになる。

このような都市生態系の劣化を防止するためにも、緑地を保全・再生する必要がある。都市域における緑環境の改善のための提言を以下に示す。1) 自生樹木の植栽による貧化した緑地における自然性の復元・再生。例えば、いわゆる生態学的緑化。2) 公園や学校の周囲など公共施設におけるより自然性の高い新たな緑地の創出。3) 街路樹など緑の回廊の連結による、既存緑地と新たに創出した緑地のネットワーク化、など。

上記の提言を具現化するためには、当該地域の行政機関が緑地の保全・管理のために適切な施策をとる必要がある。また、良好な緑地環境を維持するためには、行政、地権者、地域住民の 3 者の協力が必要である。

Introduction

A green patch consists of woods and grasslands in urbanized areas is a major component for vegetation landscapes. This green patch also provides various ecosystem services such as atmospheric purification, prevention of landslide disasters, fire containment, scenery conservation and biotopes for wildlife. Most of the green patches with such useful roles to urban environments, however, are going to fragment or isolate caused by artificial distractions, and are exposed to the risk of disappearance. Therefore, ecological functions of the green patches have declined. So, we have done an ecological study for analyzing and evaluating the green patches in urbanized areas using the survey methods of vegetation landscapes based on a symphytosociology (synonym of sigma plant sociology).

There is the symphytosociological approach that originates in the plant sociology as one of the methods of an ecological study to analyze the structural and functional characteristics of vegetation landscapes in a region. In this study, various vegetation landscape units are classified based on the composition of landscape elements as well as the plant sociology, and also clarified its distribution patterns. Furthermore, we will evaluate the ecological characteristics of the each vegetation landscape unit based on the naturalness degrees of landscape elements, and also consider the conservation and management of several landscape units.

Basic units of vegetation landscapes

There is a sigma syntaxon and a geo-sigma syntaxon as a basic unit of a vegetation landscape analyzed by the symphytosociology. The sigma syntaxon is an aggregate of various actual vegetations which occur in a landscape area characterized by the same potential natural vegetation. The sigma association is also an aggregate of all the plant communities which occur in the same succession sere. The spatial domain where a sigma syntaxon exists is called

"tessella " which is a synonym of ecotope.

An aggregate of some sigma syntaxa which are related to each other in a mosaic pattern or in a zonal pattern is called a "geo-sigma association." The spatial domain where various sigma syntaxa exist in accordance with a geographic order is called "catena." In other words, the geo-sigma syntaxon can be defined as a spatial domain where an aggregate of sigma syntaxa are distributed in a catena pattern.

Outlines of the symphytosociological approach : a case study in Yokosuka, Kanagawa Prefecture

1. Climatic and natural environment of survey sites

The survey sites where we have done the landscape-ecological analysis of the green patches in urbanized areas are located in Yokosuka near Yokohama and metropolitan Tokyo as the most urbanized area in Japan. The climatic environment of the survey site belongs to the warm temperate zone (or the region of the class *Camellietea japonicae* in the syntaxonomic system) with wet warmer summer in which evergreen broad-leaved forests dominated by *Castanopsis sieboldii* and *Persea thunbergii* which are major evergreen trees species consist of the potential natural vegetation in the regions occur.

2. Methods

2-1. Outlines of the survey methods on sigma relevés

As previously stated, we can distinguish the basic units of vegetation landscapes such as the sigma syntaxon in the tessella regions and the geo-sigma syntaxon in the catena regions through sigma relevés (or survey). The outlines of the distinguishing procedures of the basic unit in each region are shown as follows.

A sigma relevé for distinguishing a stigma syntaxon is

conducted in the following way. Sample plots are set in a tessella region, where is on the region characterized by the same potential natural vegetation. All the vegetation landscape elements (known associations, various plant communities, roadside trees, garden trees or shrubs, hedge shrubs, greening trees and so on) which occur in the sample plots are listed. The coverage and the sociability of the vegetation landscape elements are measured in the same way as in a relevé of the traditional plant sociology.

A sigma relevé for distinguishing a unit of geosigma syntaxon is conducted in the following way. Sample plots are set in a catena region, where is on the region occurring an aggregate of neighboring heterogeneous tessella regions that are formed by the common ecological process. All the vegetation landscape elements which occur in the sample plots in catena regions are listed and measured in the same way as in a sigma relevé.

There are various areas of residences, housing complexes, shopping centers, schools, parks, factories, fields and paddy fields as an example of the tessella regions that generally occur on low lands and flat lands of plateaus and hills in Yokosuka. There are also some green patches consist of wooded and grassy areas as an example of the catena regions that are mostly found on hillsides rich in undulations in Yokosuka.

2-2. Classification system of vegetation landscape units

All the elements of vegetation landscapes listed in sigma relevés are compiled by means of the table making procedure in the same way of the traditional plant sociology. After completion of the table work, the elements of vegetation landscapes are classified into various units of vegetation landscapes, and according to the phytosociological methods characteristic and differential elements of vegetation landscapes concerned are determined. A total of well-defined units of vegetation landscapes are also compiled in a constancy table. In this table, it is possible to distinguish a basic unit of vegetation landscape and its

lower units as a unit of vegetation landscape. In this study, we established a geosigma syntaxon as a basic unit of vegetation landscape and a sub-geosigma syntaxon and a micro-geosigma syntaxon as the lower units.

2-3. Evaluation of vegetation landscape units

Every element that composes a unit of vegetation landscape has their own ecological characteristics. Therefore, we can evaluate the ecological characteristics (naturalness, biodiversity, etc) of each unit of vegetation landscape based on its substance of vegetation landscape elements. In this study, the naturalness degree of vegetation of ten ranks that the Environment Agency (1976) has published simplifies in five ranks. Moreover, the ecological characteristics of each unit of vegetation landscape are evaluated in the quantitative criteria that are calculated by means of converting from constancy degrees to constancy values ($r = 3$, $+ = 8$, $I = 15$, $II = 30$, $III = 50$, $IV = 70$, $V = 90$). Thus, the evaluation by a statistic analysis (test of independence) becomes possible through the quantification of ecological characteristics of each vegetation landscape.

2-4. Mapping of vegetation landscape units and distinguishing of integrated units of vegetation landscapes

A spatial distribution of each vegetation landscape unit was mapped in this study. Using the map of vegetation landscape, we make a mesh map which is divided by a grid with an appropriate size which is able to find by a vegetation landscape units-area curve in the same way as a species-area curve. It is possible to show the distribution pattern of each various vegetation landscapes that continuously extend to two-dimensional space by the mesh mapping of this vegetation landscape map. This mesh map moreover is suitable for ranking and showing the gradation of an ecological attribute of each vegetation landscape.

By the mesh mapping, an integrated unit of vegetation

landscapes unifying the sigma syntaxon in tessella areas and the geosigma syntaxon in catena areas is distinguished.

The classification and the evaluation of the integrated unit of vegetation landscapes are done according to the procedure similar to the case of the geosigma syntaxon. We can obtain a integrated unit of vegetation landscape, the so-called hyper geosigma syntaxon as a complex of various geosigma syntaxa, by means of the sigma relevé in each grid of the mesh map as a sample plot. This hyper geosigma syntaxon is further divided into the lower units such a hyper sub-geosigma syntaxon and a hyper micro-geosigma syntaxon. The ecological characteristics of hyper geosigma syntaxa are able to evaluate because the ecological attributes of vegetation landscape units occurring in each grid is reflected to them. The distribution pattern of each hyper geosigma syntaxon is shown in this mesh map.

3. Results and discussion

3-1. Classification of various units of vegetation landscapes

After completion of the table work, the sigma relevés were classified into two major units of vegetation landscapes such as the Bryo-Sagino geosigma syntaxon (BS gs) in urbanized areas where are scarcely any green patches and the Rubo-Aralio= Daphno-Querco geosigma syntaxon (RA=DQ gs) in wooded and grassy areas on the hillsides in Yokosuka.

The geosigma syntaxon BS gs in urbanized areas was divided into two sub-units such as the *Zelkova-Gingo* colonnades sub-geosigma syntaxon (ZG sgs) in lowlands and reclaimed lands along the coast and the *Acer-Prunus* shrubberies sub-geosigma syntaxon (AP sgs) on coastal lowlands, valley bottoms and hilly terrains. The sub-geosigma syntaxon AP sgs was further divided into tree lower units such as the typical micro-geosigma syntaxon in shopping areas on valley bottoms, the *Podocarpus* shrubbery micro-geosigma syntaxon (P mgs) in housing

lands on hilly terrains and the *Pleioblastus*= Ardisio-Castanopsio micro-geosigma syntaxon (P=AC mgs) in old residential areas with Shinto shrines.

The geosigma syntaxon RA=DQ gs in wooded areas on ridges of hillsides was divided into two sub-units such as the typical sub-geosigma syntaxon characterized by various pioneer forest communities and the *Quercus*= Ardisio-Castanopsio sub-geosigma syntaxon (Q=AC sgs) distinguished by some near natural evergreen broad-leaved forest communities. The latter sub-geosigma syntaxon Q=AC sgs was further divided into two lower units such as the typical micro-geosigma syntaxon on ridges in hillsides and the *Aphananthe-Zelkova*= Polysticho-Perseo micro-geosigma syntaxon (AZ=PP mgs) on taluses of hillsides.

3-2. Structural characteristics of vegetation landscape units

Structural characteristics of both the vegetation landscape units in urbanized and wooded areas were considered based on the vegetation landscape elements. The test of independence (χ^2 statistic test) to the constancy values of each element of which consists the lower units of the ZG sgs and the AP sgs, both of which belong to the BS gs in urbanized areas, with tree lower units of vegetation landscapes (typical mgs, P mgs and P=AC mgs) was conducted.

The colonnades of *Zelkova serrata* and *Gingo biloba* were proved statistically significant ($p < 0.01$) landscape elements in the ZG sgs. The hedge of *Photinia glabra* was statistically a significant ($p < 0.01$) landscape element in the typical mgs of the AP sgs. The shrubberies of *Podocarpus macrophyllus*, *Ilex crenata* and *I. integra* were proved statistically significant ($p < 0.01$) landscape elements in the P mgs. The associations of the Ardisio-Castanopsietum and the Polysticho-Persetum were proved statistically significant ($p < 0.01$) landscape elements in the AZ=PP mgs.

Through the test of independence to the constancy values of each landscape element of which consists the lower units of the geosigma syntaxon RA=DQ gs in wooded areas, structural characteristics of the typical sgs and the $Q=AC$ sgs with two lower units (typical mgs and $AZ=PP$ mgs) were clarified.

The association Daphno-Quercetum serratae that is ranked at the fourth of naturalness degree of vegetation was proved statistically significant landscape element in the typical sgs of the geosigma syntaxon RA=DQ gs. The typical mgs of the $Q=AC$ sgs had any significant ($p < 0.01$) landscape elements. The association Polysticho-Perisetum that is ranked at the fifth degree of the vegetation naturalness was proved statistically significant landscape element in the $AZ=PP$ mgs.

3-3. Synthetic units of vegetation landscapes and their spatial distributions

The map of vegetation landscape of survey site was made using seven legends consist of four vegetation landscape units (ZG sgs, typical mgs of the AP sgs, P mgs and $P=AC$ mgs) of the geosigma syntaxon BS gs in urbanized areas and three vegetation landscape units (typical sgs of the geosigma syntaxon RA=DQ gs, typical mgs and $AZ=PP$ mgs of the $Q=AC$ sgs) of the geosigma syntaxon RA=DQ gs in wooded areas.

Furthermore, a mesh map was made by dividing of the vegetation landscape map with one grid of 200 m"~200 m. The size of this one grid was found by means of the nested quadrat and the number of vegetation landscape units-area curve on the vegetation landscape map. We have done sigma relevés for the legends occurring in each grid of the mesh map. After completion of the table work, the sigma relevés were classified into three major units of vegetation landscapes

such as the Bryo-Sagino=Daphno-Querco hyper geosigma syntaxon (BS=DQ hgs) that is a synthetic unit of two geosigma syntaxa (BS gs and RA=DQ gs). This BS=DQ hgs is divided into three lower units such the *Gingo* colonnades=*Prunus* shrubberies hyper sub-geosigma syntaxon ($Gi=Pr$ hsgs), the *Prunus* shrubberies=Daphno-Querco hyper sub-geosigma syntaxon ($Pr=DQ$ hsgs) and the *Prunus* shrubberies= Ardisio-Castanopsis hyper sub-geosigma syntaxon ($Pr=AC$ hsgs).

These three hyper sub-geosigma syntaxa were developed on the mesh map, and clarified their distribution patterns. Their structural characteristics were also clarified by means of the test of independence. After procedure of the statistic test, the ZG sgs was proved to be statistically significant ($p < 0.01$) landscape elements in the $Gi=Pr$ hsgs. The typical sgs as a lower unit of the RA=DQ gs was proved to be statistically significant ($p < 0.01$) landscape elements in the $Pr=DQ$ hsgs. The typical mgs and the $AZ=PP$ mgs as the lower units of the $Q=AC$ sgs were proved to be statistically significant ($p < 0.01$) landscape elements in the $Pr=AC$ hsgs.

4. Conclusions

4-1. Structural and distribution characteristics of vegetation landscapes in Yokosuka

In this study, the $Gi=Pr$ hsgs characterized by the ZG sgs was determined to be the major vegetation landscape unit in the urbanized areas without any green patches, and it makes a matrix of the urban ecosystem in Yokosuka. In the meanwhile, the $Pr=DQ$ hsgs characterized by the typical sgs as a lower unit of the RA=DQ gs and the $Pr=AC$ hsgs specified by the $Q=AC$ sgs are minor vegetation landscape units with various green patches, both of

which are scattered in the sea of the $G_i=Pr$ hsgs like islands.

Proposals for improvements of urban environments

The green patches such as the $Q=AC$ sgs occurring in urbanized areas are continually exposed to the various human impacts, and they are moreover divided into small sections and isolated. Such situations cause to the degradation of the biodiversity and the genetic resources in these green patches. Thus, the decrease of the green patches in urbanized areas will court the decrease of autonomous regeneration ability concerning with the inbreeding depression of the living things which live in there, and consequently increase the risks of their disappearances.

It is necessary to preserve and also to restore the green patches to prevent from such the degradation of

urban ecosystem. Some proposals for improving of green environments in urbanized areas are shown as follows: 1) Restoration and rehabilitation of naturalness in green patches becoming worse by means of planting of native tree species; so-called an ecological greening, for example. 2) Creation of new green patches with higher naturalness in the areas of communal facilities such the parks and the circumferences of schools. 3) Networking between the present and newly created green patches through connecting with green corridors such street trees etc.

For incarnation of the above-mentioned proposals, concerned civil services should hold appropriate policies for preservation and management of green patches. Moreover, the cooperation of three of the administration, land owners and residents are necessary to maintain the green patches of good conditions.