

Vegetation-environment interaction at small scale watershed

A study in Wondo Genet watershed vegetation, Ethiopia

March 2006 Institute of Environmental studies, Course of Natural Environmental studies
46734 Shawel Betru
Supervisor: Mikio KAJI, Professor

Keywords: Watershed, Multivariate analysis, species diversity, Wondo Genet

1. Introduction

Watershed plant communities are attributed to their distinctive role in fostering, maintaining and harboring diverse plant and animal communities (Sagers and Lyon 1997). In addition to maintaining and restoring ground and surface water qualities, services they render to human society is beyond monetary valuation of any kind. However, lack of knowledge on the dynamics of these ecosystems and the diversity of life they support impeded formulation and implementation of sound management initiatives because a thorough understanding of the ecosystems is a prerequisite to keep them healthy and productive (Gauch 1982a, Gurevitch 2002).

Ethiopia is located in East Africa between 3° 36' and 14° 52' N and 32° 58' and 47° 06'E; it occupies a land area of 1,127,127 sq km. Ethiopia experiences tropical monsoon climate modified by topography. The geographic and climatic diversity of the country has made it one of the centers of species diversity in the world. However, the vegetation that covered most part of the highland of Ethiopia in the past has been declining at a frightening rate (Breitenbach 1963).

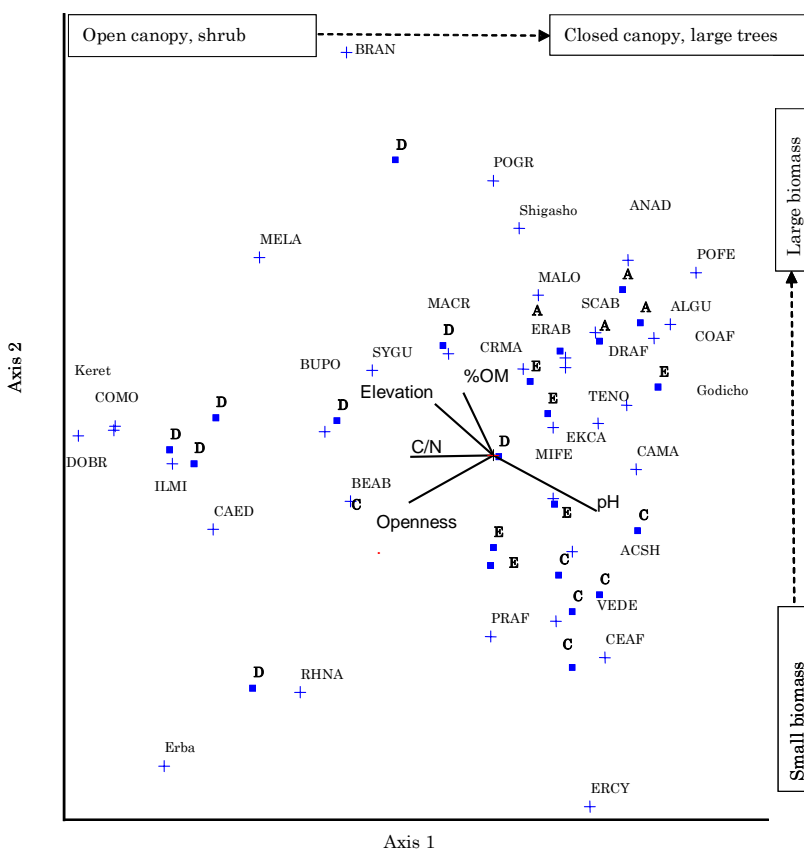
Wondo Genet watershed (WGW) forest is a small but indispensable island of forest which awaits an impending destruction from unstoppable pressures in many directions. However, invaluable economic, social and academic incentives necessitate the need to preserve. Research problems addressed in this study were: (1) is there any vegetation grouping or should we consider the forest at WGW as a community? (2) are there patterns of vegetation distribution that can be attributed to change in underlying environmental variables? and (3) is regeneration of important species threatened? The result of this study could help to provide information on management decision-making and scientific progress in watershed.

2. Materials and Method

The study was conducted in Wondo Genet watershed, 275 km southwest of Ethiopian capital, Addis Ababa, at 7° 06' N to 7° 11' N, 38° 05'E to 38° 07' E, and altitude of 1,800-2,100 m. The annual rainfall is 1,100-1,200 mm and the mean annual temperature is between 17-19 °C. The data collection was done in ca. 1,000 ha disturbed natural forest that traditionally belongs to Wondo Genet College of forestry (WGCF). A total of twenty-five, 20×20 m, sample plots were taken with four 2×2 m sub-samples to collect data on small seedlings, juveniles of trees and shrubs. Diameter of trees (DBH greater than or equal to 5cm) and height of saplings (DBH less than or equal to 5cm) were measured. Seedlings of individuals (of height less than 30cm) were counted. Soil samples were collected at 5 points from the top 15 cm soil inside the main sample plots. Crown openness was estimated from hemispherical pictures taken using fish-eye lense mounted camera and analyzed using Winphot software. Shannon-Wiener Index and Simpson's index were used to compare community species diversity. Important Value (IV) was used as input data for vegetation analysis. The soil samples were thoroughly mixed, air dried, and passed through 2 mm sieve for chemical analysis. PH was determined in a 1:1 suspension of soil in water using digital pH meter. Soil organic matter (OM) content was determined using weight loss method through ignition. C/N value was analyzed using CN analyzer. Cluster analysis (CA), Detrended correspondence analysis (DCA) and Canonical correspondence analysis (CCA) were used to classify and find out vegetation-environment correlation using PC-ORD Ver.4 software and finally, Arcview GIS was used to depict sample plots on topographic map.

3. Results and Discussion

A total of 58 tree and shrub species belonging to 40 families were found in the study plots with an average Shannon's diversity of 1.01 (± 0.59 SD) per plot and average Shannon's evenness of 0.59 (± 0.30 SD) per plot. *Celtis africana* and *Aningeria adolfi-friedrici*, *Acacia abyssinica*, *Syzygium guineese* and *Teclea nobilis* were found to be the dominant species. CA has resulted in 5 groups with about 50% information and 11.5 percent chaining. The five groups were named after their respective dominant species: *Aningeria* group (A), *Acacia* group (B), *Celtis* group (C), *Syzygium-Buddleja* group (D) and *Draceana-Millitia-Celtis* (E) (Fig. 1). DCA has resulted patterns that conform with the CA result. The vegetation variability (inertia) was 7.76 and the first two axes had 6.89 SD and 4.79 SD of abundance gradient. This indicated that there was sufficient pattern that necessitate CCA. The measured environmental variables in CCA explained 27% of the variation in the Importance value (IV) data. Out of the measured variables; pH, openness, C/N ratio and elevation were the variables with higher influence on the first axis, whereas, OM%, pH, and elevation dominated the second axis. There was significant correlation between species and environmental variables in the first CCA axis ($r = 0.976$, $p = 0.02$). Both CCA axes displayed a gradient from open canopy shrub to closed canopy, climax community (Fig. 1).



The regeneration of important species showed different characteristics. *Aningeria adolfi-freiderici* offsprings were consistently found under or near mother trees whereas *Celtis africana* seedlings were cosmopolitan throughout the forest. *Syzygium guineese* and *Podocarpus gracilior* had little recruitment presumably due to susceptibility of their seeds to disturbance factors, while *Acacia abyssinica* had only mature trees in the upper canopy because of high human interferences. Generally, (1) vegetation grouping was detected from the multivariate analyses which was (2) attributed partly to the measured environmental variables; and (3) except for *Celtis africana*, most species had little regeneration that couldn't sustain the forest community.

Fig. 1 Pattern of species distribution along environmental variable in CCA
Bold letters represent CA groups; whereas the other abbreviations are species names (see Appendix 1 for abbreviations in the main thesis).

小スケールの集水域における植生と環境の関係 エチオピアウォンド・ゲネット集水域の植生に基づく研究

2006年3月 環境学専攻自然環境学コース 46734 Shawel Betru
指導教員 教授 梶 幹男

キーワード：集水域，多変量解析，種多様性，ウォンド・ゲネット

1. はじめに

集水域の植物群集は、その集水域に多様な植物や動物群集を育み、それらに生育の場を提供する上で特有の役割を担っている。しかし、この植物群集の生態系の動態とそれによって支えられている生物多様性に関する知識がなければ、集水域の植物群集にたいして適切な管理方法を立案してそれを実施することは難しい。

エチオピアは東アフリカに位置し、大局的には熱帯モンスーン気候下にあるが、地形による差異がみられ、地理および気候的に多様な環境が展開している。そのため、世界的な種多様性の中心地のひとつとなっている。しかし、かつてエチオピアの高地の大部分を覆っていた植生は、驚くばかりの速度で縮小してきた。エチオピアのウォンド・ゲネット集水域の森林は、今日小規模な島状に断片化しているが、必要不可欠な森林である。この森林は止めどなく強い破壊圧にさらされている。しかし、その経済的、社会的および学術的な価値ははかりしれないことから、保存の必要性は十分高い。そこで、本研究では（1）複数のまとまりをもった植生が存在するのか、あるいはウォンド・ゲネット集水域の森林をひとつのまとまりをもった群集とみなしうるか。（2）潜在的な環境変数の変化に応じた植生の分布パターンがみられるか？そして、（3）重要樹種の更新に危惧はないか、について明らかにする。本研究の成果は、集水域における管理について科学的根拠にもとづいて意思決定を行う上で、基礎的知見の一助となると考えられる。

2. 材料と方法

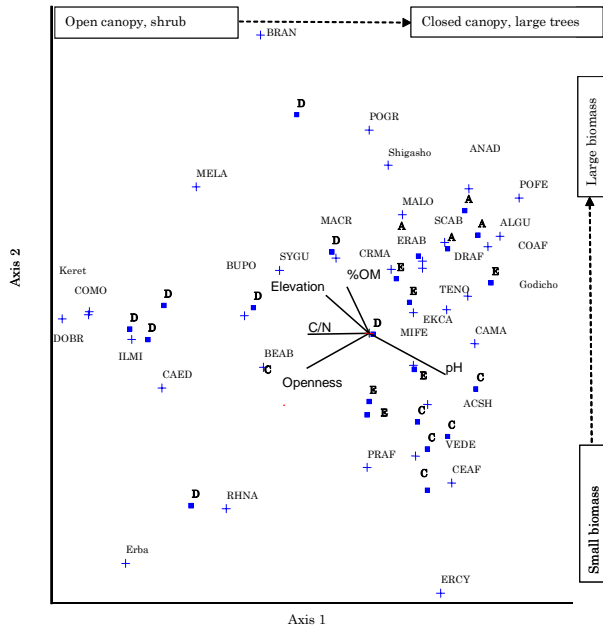
本研究の調査対象地は、エチオピアの首都アジスアベバから南西に275km離れたウォンド・ゲネット集水域（北緯7°06'から7°11'、東経38°05'から北緯32°07'、標高1,800-2,100 m）である。年降水量は1,100-1,200 mmで、年平均気温は17-19°Cである。データ収集は、ウォンド・ゲネット林業大学の演習林内の人為的攪乱を受けた天然林およそ1,000 ha内に設置した、25個の20×20 mのプロットで行った。サイズの小さな実生および高木や低木の若木のデータを取るため、2×2 mのサブプロットを各プロットの中に4つ設置した。胸高直径（以下、DBHと呼ぶ）が5 cm以上の樹木について、そのDBHを測定した。DBHが5 cm未満のものは若木として扱い、その高さを測定した。樹高が30 cm未満のものについては実生として扱い、その個体数を数えた。土壌試料は、1プロットあたり5箇所から表層15 cmの土壌を採取した。林冠の開空度は、魚眼レンズを用いて撮影した全天写真を解析することで求めた。各群集の種多様性の比較には、Shannon-Wiener 指数 (H') および Simpson 指数 (L) を用いた。種の定量的指標として Important Value (IV) を用いた。土壌試料は、化学分析のために精製した後、土壌 pH、有機物量および C/N 比を測定した。植生の分類および植生と環境の関係を捉えるために、3つの解析（CA: Cluster analysis、DCA: Detrended correspondence analysis および CCA: Canonical correspondence analysis）を行った。さらに、Arcview GIS を用いて、地形図上に調査プロットの場所を位置づけた。

3. 結果と考察

本研究の調査プロット全体では、40科58種の樹種が出現した。プロットごとの各指数の平均値（±標準偏差 SD）は、Shannon の多様性指数は 1.01（±0.59）、Shannon の均衡性指数は 0.59（±0.30）であった。各プロットの優占樹種として *Celtis Africana*、*Aningeria adolfi-friedrici*、*Acacia abyssinica*、*Syzygium guineense* および *Teclea nobilis* がみられた。CA 解析の結果、類似度 50% レベルで 5 つのグループ、すなわち、*Aningeria* 群 (A)、*Acacia* 群

(B)、*Celtis* 群 (C)、*Syzygiu-Buddleja* 群 (D) および *Draceana-Millitia-Celtis* 群 (E) に区分できた。DCA 解析から得られたグループの分類パターンは、CA 解析の結果を裏付けるものであった。DCA 解析における植生の変異量 (inertia) は 7.76 であり、第一および第二軸における種の量的傾度の標準偏差は、それぞれ 6.89 および 4.79 であった。このことから、種の量的データに CCA 解析を行う上で十分な変異量が存在することが示唆された。そこで、次に CCA 解析を行った。その結果、本研究で調べた環境変数によって、種の量的データの変異量のうち 27% を説明することができた。この環境変数の中で、pH、開空度、C/N 比および標高は、第 1 軸に寄与する主要な変数であり、一方、有機物量 (%)、pH および標高は、第 2 軸に優先的に寄与する変数であった。CCA の第一軸では、種の量的データと環境変数との間に有意な相関がみられた ($r=0.976, p=0.02$)。CCA の両軸とも、林冠の開けた低木群集から林冠の鬱閉した極相群集への環境傾度を表していた (図-1)。

重要樹種の更新は、それぞれの樹種で異なった特徴を示した。*Aningeria adolfi-friedrici* の更新木は、一貫して母樹の下かその近くにみられた。それに対して、*Celtis africana* の実生は、*C. africana* の優占する林分はもとよりそれ以外の林分にも広くみられた。*Syzygium guineese* と *Podocarpus gracilier* は、おそらく種子が攪乱因子の影響を受けやすいため、更新木はほとんどなかった。一方で、*Acacia abysinica* は、人間の高い干渉圧によって、林冠上部に達する成木が見られたのみであった。



以上から、(1) ウォンド・ゲネット集水域の植物群集は、複数のまとまりをもった群集からなること (2) 植生の分布パターンは部分的に環境因子によって規定されていること (3) *C. africana* を除いて、大部分の種ではほとんど更新は見られず、その森林群集が持続していくためには、生態的に不十分な更新状況であることがわかった。

図-1 CCA 解析の結果から得られた環境変数に沿った種の分布パターン (太字は CA 解析の結果から得られたグループを表す。そのほかの略号は種名を表す。詳細は本論の Appendix を参照)