

学位論文審査の結果の要旨

氏名	SEBHAT MESENBET YIBELTAL
審査委員	<p>主査 恒川 篤史 (印)</p> <p>副査 Nigussie Haregeweyn Ayehu (印)</p> <p>副査 増永 二之 (印)</p> <p>副査 荊木 康臣 (印)</p> <p>副査 坪 充 (印)</p>
題目	Analyzing gully erosion dynamics in the Upper Blue Nile basin, Ethiopia
<p>審査結果の要旨 (2,000字以内)</p> <p>ガリー侵食は、世界の多くの地域でその土地劣化の主要な要因のひとつとなっており、小流域スケールでの土壌損失の多くを占めている。青ナイル川上流域は降雨による土壌侵食（水食）の影響を強く受けており、流域からの土壌損失は 473 Mt yr^{-1}、その 10~15%はガリー侵食によるものと推定されている。しかし同地域でのガリー侵食に関する知見は非常に限られている。</p> <p>そこで本研究では、青ナイル川上流域における三つの対照的な農業生態系（高地：Guder、中間地：Aba Gerima、低地：Dibatie）を対象として、ガリー侵食の時空間分布を解析し、ガリー侵食の特性、原因、およびその要因を解析することを目的とした。具体的には、①ガリーの長さや密度の動態に関する時空間的解析と定量化、②ガリーの形態的特徴の分析およびガリー頭部（gully headcut）の後退速度の定量化、③ガリー頭部後退における地下水の影響の分析という三つの課題に取り組んだ。本論文の主たる成果は以下の通りである。</p> <p>第一に、航空写真と衛星画像を使用して、過去 60 年にわたるエチオピアの青ナイル川上流域の三つの農業生態系におけるガリー侵食の時空間動態を解析した。1957 年から 2016 年ないし 2017 年の期間にわたるガリー長の増加速度は、Guder で 36.9 m yr^{-1}、Aba Gerima で 33.6 m yr^{-1} であり、これは Dibatie (17.8 m yr^{-1}) のほぼ 2 倍の速度であった。この期間、ガリー密度は、Guder、Aba Gerima、Dibatie で、それぞれ 5.9、5.4、3.7 m ha^{-1} 増加した。ガリー侵食の進行速度（長さおよび密度）は中間地（Aba Gerima）および低地（Dibatie）の農業生態系よりも高地（Guder）で高かった。ガリー密度は、土地利用的には耕作地において、また地形的には緩やかな勾配傾斜地でより高かった。</p>	

第二に、青ナイル川上流域の三つの農業生態系においてガリーの形態的特徴と地形的閾値を解析し、ガリー頭部の後退速度を求めた。地形的閾値として傾斜とガリー上部の集水面積との関係を求めた。三つの研究対象流域において、それぞれのガリーを対象にフィールドでの地形測量を行い、ガリーの形態を測定した。超高解像度衛星画像の解析からガリー頭部の後退速度に関する平均年伸長速度 (R_1) および体積増加速度 (V_e) を求めた。ガリー体積 (V) と長さ (L) の間の関係は、 $V = 8.097 L^{1.032}$ ($R^2 = 0.902$, $n = 94$) であった。年平均速度 R_1 および V_e は、Guder で 0.86 m yr^{-1} および $6.77 \text{ m}^3 \text{ yr}^{-1}$ 、Aba Gerima で 2.09 m yr^{-1} および $19.58 \text{ m}^3 \text{ yr}^{-1}$ 、Dibatie で 3.42 m yr^{-1} および $42.16 \text{ m}^3 \text{ yr}^{-1}$ であった。ガリー上部の傾斜 (S) と集水面積 (A) の関係式 $S = aA^b$ の係数は、Guder で $a = 0.219$ および $b = -0.139$ 、Aba Gerima で $a = 0.133$ および $b = -0.234$ 、Dibatie で $a = 0.113$ および $b = -0.216$ であった。

第三に、高地 (Guder) の 16 のガリーを対象にガリー頭部の後退と地下水位の変化をフィールドにおいて計測し、ガリー頭部後退に対する地下水の影響を解析した。ガリー頭部は、2017 年から 2018 年の雨季の期間、 $0.25 \sim 1.93 \text{ m}$ 後退し、平均値は $1.07 \pm 0.55 \text{ m}$ だった。ガリーの断面積は $3.77 \sim 14.72 \text{ m}^2$ で、平均値は $8.50 \pm 4.41 \text{ m}^2$ だった。ガリー頭部の後退体積 (V_e) は $2.67 \sim 30.18 \text{ m}^3$ で、平均値は $8.58 \pm 7.06 \text{ m}^3$ だった。調査対象とした 16 のガリーにおける土壌損失は $3.45 \sim 38.94 \text{ t yr}^{-1}$ で、平均値は $11.06 \pm 9.11 \text{ t yr}^{-1}$ だった。雨季には地下水位が上昇し、土壌の侵食に対する耐性が低下すると、ガリーバンクの崩壊が引き起こされていた。

以上を要するに、本研究は、青ナイル川上流域の三つの農業生態系におけるガリー侵食の形態と動態を航空写真・衛星画像を用いた解析ならびにフィールドにおける地形測量および地下水位観測によって実証的に明らかにした。ガリー侵食の形態および進行速度は農業生態系によって異なっており、ガリーの進行は土地利用および土地利用変化、地形、ならびに地下水位と深く関わっていた。これらの研究は、深刻なガリー侵食が進行する当該地域において、適切なガリー管理戦略を検討するうえで高い学術的知見を有するものであり、本審査会は、本論文を学位論文として十分価値があるものと判定した。