

65 水害と水利の指標化に基づく 段丘面の土地利用評価

九州大学農学部 田村 周・丸谷知己・竹下敬司

1. はじめに

人間の生活空間は、その空間に備わった自然条件に規制されている。特に河川流域では、頻発する洪水に規制されて、人間の生活空間とその自然条件の間に地域ごとの関係（ローカルシステム）が成立しており、これが土地利用として展開しているのである。本研究では河川流域の段丘面において成立しているローカルシステムの構成要素の定量化と要素間の関係から、土地利用が維持される仕組みを明らかにすることを目的とした。

2. 土地評価の手法

ひとつの流域で河川周辺の地形面に展開する土地利用の重要な構成要素は「水」、特に流域に由来する河川水である。河川水のひとつの働きは、洪水という自然現象、それに伴って発生する水害という社会現象を1/10～1/100年の頻度でもたらすことである。この現象によって生活空間にはマイナスの効果をもたらされる。河川水のいまひとつの働きは、生活用水や農業用水として社会に対してプラスの効果をもたらすことである。これらの働きは、土地利用の次のステージを決定づける。そこで流域の地形と土地利用とをつなぐ要素として河川水を取り上げ、水が生活空間に対してもたらすプラス効果をとマイナス効果をとをそれぞれ「水のプラス指標」と「水のマイナス指標」として定量化した。次に土地利用の変化をプラス効果とマイナス効果とのバランスによって解釈を試みた。

2.1 土地利用に対する水のプラス指標

河川水は農業生産や工業生産の基盤、舟運を通じての移動手段、発電の動力源などの役割を通して社会に対してプラスの効果をもたらしてきた。特に日本では水田耕作が非常に盛んであり、そのための用水取得は主として取水堰からの河川水の導流と考えられるので、取水堰からの距離 L_0 が大きいほど、水を利用しにくいと考えられる。そこで「水のプラス指標」を $1/L_0$ と仮定した。しかし、利用される水は河川水のみならず、現実には地下水、湖水、雨水、場合によっては海水も含まれる。調査地域が小流域である場合、降雨が均等に分布していると仮定すれば、地下水や湖水を河川地形と土地利用の間に見られるシステムの2次的な構成要素として使うことが出来る。そこで本研究では地下水を2次的な構成要素として用い、地下水面から地上までの比高 D が大きいほど水を利用しにくいと仮定して、 $1/D$ を「水のプラス補助指標」とした。さらに $1/L_0$ 、 $1/D$ の各々について、調査地域内における最大値を1としてそれぞれの地点での値を相対値化した。土地利用の種類によって河川水依存タイプと地下水依存タイプとに区分されるので、資料⁽¹⁾により河川水利用、地下水利用の多い地域に各々2点、少ない地域に各々1点を指標値に掛けてデータに重み付けをした。河川水によるプラス指標を P 、地下水によるプラス指標を P' とすると、

$$P = (a_n / L_{pn}) / (a_{(n=L_{pmax})} / L_{pmax}) \cdots (I) \quad n: \text{調査地点番号}$$

$$P' = (b_n / D_n) / (b_{(n=D_{max})} / D_{max}) \cdots (II) \quad a, b: \text{係数}(1 \text{ or } 2)$$

2.2 土地利用に対する水のマイナス指標

一方で河川水は河川流域に対して洪水の際にマイナスの効果をもたらす。それは洪水が同時に水害という形で人間の生産活動の成果を破壊するからである。洪水時には地表面からの水の浸透を考慮にいれなくてよいと考え、洪水の規模を表わす指標として流量 $Q=V \cdot A$ （平均流速 \times 流下断面積）を取り上げ、 V はシェージー式により $V=c \sqrt{RI}$ （ c :定数 R :径深 I :河床勾配）で与えた。調査区間が短く R, I が一定で V が一定になると仮定すると、流量 Q は流下断面積 A のみに依存する。そこで、河川流域における土地の洪水の受け易さを流下断面積 A により指標化する。指標化を容易にするために、ある地点における水面からの比高 H 、水際線からの横断方向の水平距離 L_m の積の逆数をマイナス指標とした。つまり、 $H \cdot L_m$ が大きいかほど洪水による被害を受けにくいことになる。

$$m=1/(H \cdot L_m) \dots \dots \dots (III)$$

2.3 土地利用指標

土地利用に対しては単位面積当りの水需要量が水田:集落:畑 = 26:3:1 という結果が報告されており、森林は降雨のみに依存すると考えると次の5つに区分することが出来た。

指標値4:水田 指標値3:集落 指標値2:畑、果樹園
指標値1:広葉樹林、針葉樹林、竹林 指標値0:その他

この土地利用区分は国土地理院発行の1/25000 地形図で使用されている土地利用区分に準拠した。

3. 手法の適用

本研究では図-1に示す熊本県白川中流域の9段丘面についてケーススタディを行なった。現在の土地利用については現地調査及び昭和（以下、S）63発行の1/25000 地形図の読図により9本の横断測線から横断面図を作成し、面上の土地利用区分を行なった。それ以前の横断面図、土地利用区分については大正（以下、T）15, S23, S46, S52, S58 発行の地形図の読図によった。

(I)の指標化のために利水現況図⁽²⁾を用い、取水堰から横断面上の各点までの距離とその点での灌漑の有無を計測した。(II)の指標化のために地下水流動図⁽³⁾から調査地域には標高が35m程度の地下水面をもつ地下水プールが形成されており、また地下水面の傾斜が非常に緩いことが明らかになったので、地下水面の標高を35mで一定であると仮定して計測した。(III)の指標化のために横断面図において標高差5mきざみで水際線からの横断面上の各点までの水平距離を計測した。(I)、(II)に関しては現在、各々S51,平成（以下、H）3のデータしか得られない。(III)に関しては、T15～S63までの6年代における横断面図が得られたので、これを基に土地の指標化を行なった。その際、グラフを読みやすくするためにデータを補正して $M=\log(10^6/(H \cdot L_m))$ とした。X軸を水際線からの横断方向の水平距離、Y軸をマイナス効果指標としたが、その時間変化が顕著でなかったため、変化率を見るために微分係数 dM/dL_m をY座標にとったグラフを作成した。2.3で述べた土地利用指標は、土地利用区分図を基に指標化を行なった。なお、全てのグラフのX座標は水際線からの横断方向の水平距離とした。2.3のグラフと(I)～(III)のグラフの関係を見る時、白川水系改修基本計画がS28.6の洪水時の流量をベースにしていることから、この洪水が流域社会に対して大きなインパクトを与えていると考えたので、その前後のT15とS63の2つの年代について解析、検討を行なった。(図-2)

4. 考察

プラス指標と土地利用指標、マイナス指標と土地利用指標の関係を、横断方向の変化、縦断方向の変化、時間変化で見ると次のようになった。

*1時間断面で横断方向に移動すると、 dM/dL_m 値の変動が大きい土地では水田や集落が見られ、微分値が0になるに連れて畑や森林に変化した。P値は水田の分布と相関が見られた。2次的な構成要素として用いたP'値は段丘上の集落や畑の分布と関係を持つことが推定された。これは一つに白川の河水水が水質上の問題から農業用水としてのみ利用されていることに起因すると思われる。

*1時間断面で縦断方向に移動すると、P値については右岸では上流から下流にかけて減少する傾向が見られ、左岸でもP値の現われるNO.5~NO.1にかけて減少する傾向が見られた。これに対応して水田卓越から畑卓越へと土地利用が変化した。 dM/dL_m 値については上流から下流にかけてグラフの振れ幅が0に収束するまでの水際線からの横断方向の水平距離が大きくなる傾向が見られる。このことは下流側で2段の段丘面が成立しているのに対し、上流側で段丘崖の比高が小さくなって段丘がほぼ1段になる事実と一致している。これに対応して下流側で土地の水条件の制約を強く受けた畑中心の土地利用、上流側で水田中心の土地利用が営まれている、と説明できる。

*時間をT15からS63まで移動して横断面、縦断面を見ると、 dM/dL_m 値の振れ幅が下流側のNO.1~NO.5で減少する傾向が見られ、水田の分布が広がっている。上流側のNO.6~NO.9では dM/dL_m 値に大きな経年変化が見られず土地利用の経年変化も顕著ではない。一方で、 $dM/dL_m=0$ の土地では経年変化が殆ど見られないにも関わらず土地利用の変化が激しく、地形要因以外の要因に土地利用が規定されていることが分かる。この要因はP値であると推定される。

5. 段丘面の土地利用評価に基づく流域システム

以上の考察により次のようなフローチャートが考えられた。

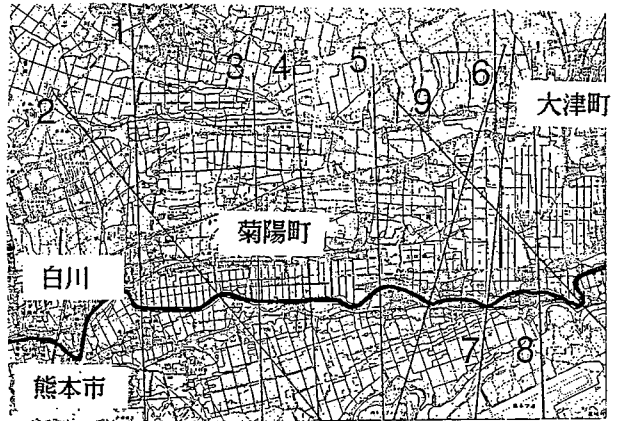
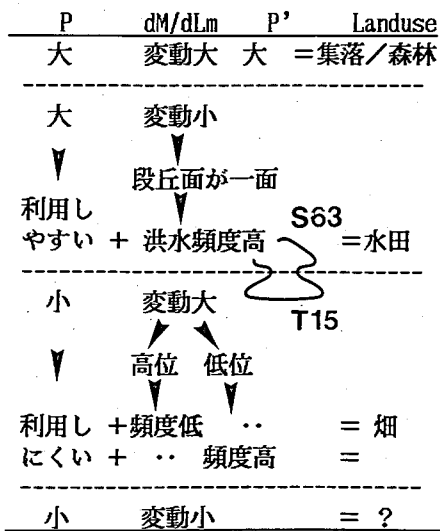
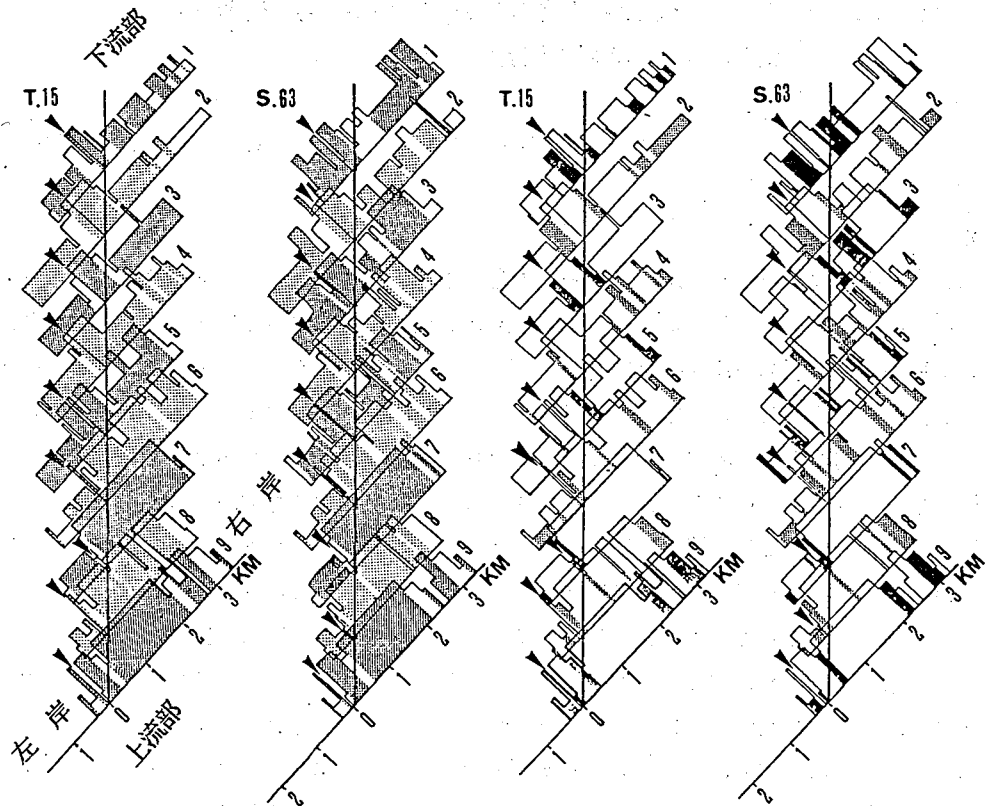


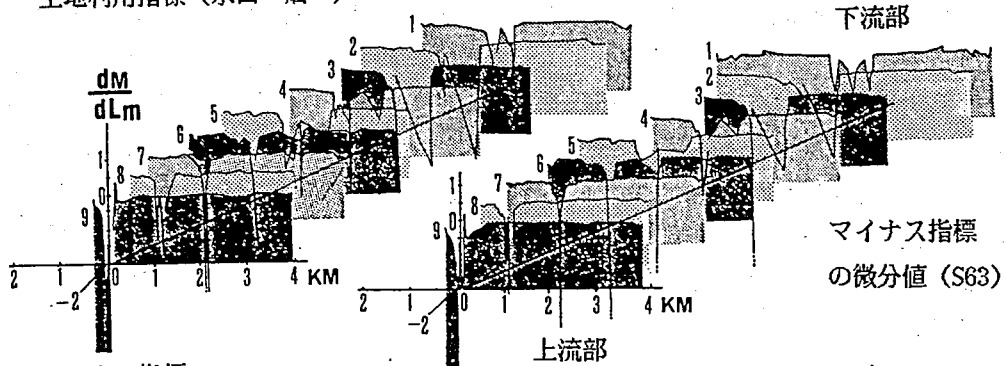
図-1 調査地域 (1/25000地形図「肥後大津」より転写)

資料 (1)林野庁 (1981) 白川流域管理計画調査報告書
 (2)国土庁土地局 (1976) 熊本・八代利水現況図
 (3)熊本県企画開発部 (1991) 熊本の水資源



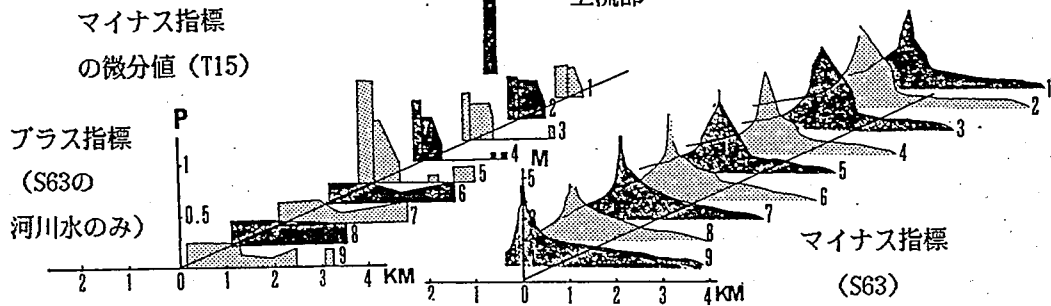
土地利用指標 (水田・畑)

土地利用指標 (集落・森林)



マイナス指標
の微分値 (T15)

マイナス指標
の微分値 (S63)



プラス指標
(S63の
河川水のみ)

マイナス指標
(S63)

図-2 土地利用指標とプラス指標、マイナス指標