中山間地における耕作放棄水田の植生遷移に 影響を及ぼす要因に関する研究

—岐阜県恵那市における事例—

Factors Affecting Plant Succession in Abandoned Paddy Fields
in Mountainous Regions : Case Study in Ena City, Gifu Prefecture, Central Japan

姜 賢 敬***・大黒 俊哉*・新國 聖子***・
粟生田 忠雄***・有田 博之***

Hyun-Kyung KANG, Toshiya OHKURO, Seiko NIKKUNI,
Tadao AODA and Hiroyuki ARITA

I はじめに

近年、全国各地で急速に進む水田の耕作放棄は、我が国の食糧生産ポテンシャルをさらに低下させるとともに、従来の二次的自然環境を大きく変容させ、水田が本来備えている各種の環境保全機能の低下を引き起こすことが懸念されている。とりわけ中山間地では、斜面崩壊などの自然災害の増加や、良好な棚田景観の消失が大きな問題となっている。そのため、自然環境の変化に関する詳細な調査に基づいた、放棄水田の適正な保全・管理方策の確立が、長期的食糧需給をふまえた農地資源の保全および、二次的自然環境の保全という両方の観点から緊急の課題となっている²⁾²¹⁾。

放棄水田の環境変化は、植生、土壌、地形等の土地自然要素の変動プロセスとしてとらえることができる。なかでも植生は、復田コストや生物相維持機能等の変動に直接関連するとともに²³⁾²⁴⁾、土壌特性や斜面安定性の変化等、他の自然要素の変動指標ともなることから²¹⁾²⁵⁾、環境保全機能の変動にかかわる総合的な指標として有効とされている。たとえば大黒ほか(2001)²³⁾は放棄年数の経過に伴う種組成・バイオマスの経時的変化を復

田や保全管理作業との関連で論じた。また有田ほか(2003)³⁾は、放棄年数と植生変化および復田コストの関係をモデル化し、効果的な維持管理の方法を提案している。

放棄水田の植生変化はこれまで、上記研究のように放棄年数という時間軸との関連で整理されることが多かった。しかし中山間地では、傾斜地水田が多いことはもちろん、一筆の面積が狭小なこと、灌排水設備が不十分であることなど、特有の立地特性をもつため¹³⁾、放棄後の植生遷移はさまざまな自然的要因による影響を受けると考えられる。一方、耕作停止後の圃場管理もまた、遷移の方向や速度に影響を及ぼす人為的要因として位置づけられる¹⁵⁾²³⁾。こうした要因の種類や影響の程度があらかじめ把握できれば、精度の高い植生遷移の予測が可能になり、放棄水田の保全管理に際して、より適切な植生指標を提示することができると考えられる。

そこで本研究では、中山間地の放棄水田を対象として、放棄水田植生の遷移系列を推定したうえで、植生遷移に影響を及ぼす自然的・人為的要因を抽出し、それらの影響を考慮した植生遷移の予測・評価手法のあり方について検討した。

* 農業環境技術研究所 National Institute for Agro-Environment Sciences

** 現・韓国祥明大学校 Sang Myung University, Korea

*** 新潟大学農学部 Faculty of Agriculture, Niigata University

Key Words : 1) 放棄水田, 2) 植生遷移, 3) 中山間地, 4) 農地保全, 5) 復田コスト

II 調査地と調査方法

1 調査地の概要

調査地として、岐阜県恵那市I地区を選定した。同地区は美濃高地南部、標高500～700mの小起伏山地～小起伏丘陵地に位置し、表層地質は主に古生層の砂岩からなる。土壌は、水田部では主に細粒灰色低地土壌、周辺樹林地では褐色森林土壌・乾性褐色森林土壌が分布する⁷⁾。アメダスデータ（恵那：標高315m）によれば、年平均気温は12.8℃、降水量は1,768mm、うち冬期（12～2月）の割合は10%程度（173.2mm）である¹⁰⁾。

同地域の植生は、植物社会学的にはヤブツバキクラス域に属するが、ほとんどは代償植生としてコナラ林、アカマツ林（モチツツジ・アカマツ群集、ヤマツツジ・アカマツ群集）が分布する¹⁶⁾。また地区内にはシデコブシ自生地もあることから、植物地理学的には東海丘陵要素の分布域に含まれると考えられる⁷⁾。

2 調査方法

まず、1972年以降に撮影された空中写真の判読により、各撮影年における水田の管理状況を把握し、それらの休耕・放棄年数を推定したうえで、2002年9月下旬に現地踏査を行い、52圃場を調査圃場として選定した。つぎに、圃場ごとの詳細な植生調査を2002年10月中旬に行った。調査方法・項目は以下の通りである。現地踏査の結果、同一圃場内でも地形的な位置により植生の状態にばらつきがみられる圃場が確認された。そこで、調査圃場ごとに、圃場中央部を通るラインを傾斜方向に設定した上で、山側縁辺部（畦畔からおおむね2mの範囲）、中央部（ライン上の中央点付近）、谷側縁辺部（畦畔からおおむね2mの範囲）の3カ所に1m×1mの調査区を設定し（一部の圃場は中央部のみ）、周囲から張り出した種を含む全出現種の自然高（cm, h ）および被度（%, c ）を測定した。同時に、調査区内のリター厚さ（cm）・被度（%）の測定および、土壌水分状態（乾燥、湿潤、湛水の定性的な3段階評価）⁴⁾¹³⁾の記載を

行った。

植生調査によって得られたデータについては、被度の値を用いてTWINSPAN⁶⁾により群落タイプの分類を行った。TWINSPAN分割は第6分割まで行ったが、各調査区群のサンプル数が5未満となる前の段階で分割を停止した。また、調査区ごとに、遷移度¹⁸⁾、多様性指数（Shanon function, H' ）⁹⁾、均衡性指数（Pielou's index of equitability, J' ）⁹⁾を計算した。さらに、植物量を示す指標として、調査区ごとに $\Sigma(h \times c)$ を計算した。上記の計算にはPC-ORD¹²⁾等を用いた。

また、調査圃場を国土基本図（1:5,000）にプロットしたうえで、各圃場の地形条件を地図上で計測した。測定項目は、圃場幅（傾斜方向に対する垂直方向の最大幅を測定）、傾斜（連続する圃場をブロックとしたうえで、各ブロックの傾斜方向の水平距離と比高から計算）、隣接斜面の傾斜（傾斜方向に対して垂直方向に隣接する斜面について、幅15mでの比高から計算）である。なお、隣接斜面の傾斜は、両側の平均値を代表値とした。

さらに、各圃場の所有者に対し、過去の作付け、水田耕作停止の時期、水田耕作停止後の管理等に関するアンケート調査を行った。

図1 TWINSPANによる分割過程と分割に使用された種
種名右側の数字は、被度階級（本文参照）を示す
下位の分割段階において、より大きな被度階級で区分される
種については、 Δ を付した

Ⅲ 調査結果

1 群落タイプの分類

植生調査の結果、151調査区において、186種の出現が確認された。まず、調査圃場における群落タイプの特性を把握するため、出現2回以上の133種を対象に、全調査区の被度データを用いてTWINSPANによる分類を行った。解析に際しては、被度を0%, 10%, 25%, 50%, 75%で区切り、1～5の階級値に変換した。

TWINSPANによる分割過程の結果を図1に示す。調査区の植生は、第1分割でミゾソバ・アカバナ・セリの出現で区分される調査区群と、ヘクソカズラ・ススキの出現で区分される調査区群に区分された。土壌水分との関連をみると、前者は乾燥状態と、後者は湿潤・湛水状態とそれぞれ結びつきが強い (χ^2 検定, $p < 0.001$) ことから、前者は湿性の調査区群 (以下湿性グループ)、後者は乾性の調査区群 (以下乾性グループ) と判断

された。

湿性グループはさらに、以下の4調査区群に区分された。W2, W3はいずれもミゾソバ (被度階級2以上)、セリの出現によって区分されたが、W3ではヒメクグ、ウシクグ、アカバナ等の水田雑草が多く出現するのに対し、W2ではミゾソバが高被度 (被度階級5) で優占するのが特徴的であった。一方W4は、ヒメシダ、サワヒヨドリの出現によって区分され、ガマ、カササゲ等の多年生草本を主体とする調査区群であった。またW4の一部には、ミズトンボ、サワギキョウ、イトイヌノヒゲ等、自然性の高い湿地にみられるような種の分布も確認された。なおW1は、畦畔から張り出した木本の庇陰により林床にアオミズ、チヂミザサ、ヒカゲイノコズチ等の陰地性の種群が出現する圃場であった。

乾性グループでも、主として構成種の生活型組成により、以下の6調査区群に区分された。D5は、コゴメガヤツリの出現により区分され、メヒシバ、エノコログサ等の一年生畑雑草が優占する調査区群であった。これに対し多年生草本が優占

表1 TWINSPANで区分された調査区群ごとの群落構造および環境条件
平均および標準偏差 (カッコ内) を示す

群落タイプ	湿性グループ				乾性グループ						P ^{*1}
	W1	W2	W3	W4	D1	D2	D3	D4	D5	D6	
群落高 (cm)	134.0 (42.2)	104.8 (42.6)	73.0 (43.1)	149.5 (53.8)	201.2 (77.6)	242.4 (52.9)	180.6 (79.3)	251.1 (72.7)	80.0 (7.1)	535.0 (232.2)	<0.001
群落被度 (%)	73.0 (11.0)	90.2 (10.1)	72.8 (25.4)	84.5 (17.8)	85.9 (19.7)	87.4 (7.4)	91.8 (5.3)	79.4 (29.1)	74.0 (4.2)	91.5 (7.1)	<0.05
$\Sigma h \times c$ (m ³)	6.9 (3.5)	0.8 (0.3)	0.5 (0.3)	0.9 (0.3)	2.5 (1.2)	2.1 (0.6)	1.5 (0.6)	2.3 (0.8)	0.6 (0.1)	4.9 (2.1)	<0.001
1年生草本優占率 ^{*2} (%)	1.4 (1.8)	85.8 (15.5)	56.5 (25.2)	12.9 (17.6)	5.4 (9.1)	3.6 (14.7)	19 (27.8)	2.9 (3.7)	98.9 (2.1)	0.1 (0.4)	<0.001
多年生草本優占率 ^{*2} (%)	13.7 (11.7)	13.3 (15.5)	43.4 (25.2)	77.9 (20.1)	36.4 (34.7)	78 (35.4)	77.1 (27.8)	96.3 (3.8)	1.1 (2.1)	2.7 (8.4)	<0.001
木本優占率 ^{*2} (%)	84.9 (11.7)	0.9 (2.2)	0.1 (0.2)	9.2 (11.4)	58.1 (34.7)	18.3 (33.7)	3.9 (5.0)	0.9 (2.5)	0.0 (0.0)	97.2 (8.8)	<0.001
出現種数	12.0 (2.5)	5.8 (2.7)	12.5 (2.7)	13.7 (4.0)	10.0 (3.3)	9.5 (3.2)	10.9 (2.5)	7.7 (1.8)	11.4 (2.2)	7.4 (3.9)	<0.001
多様性指数 (H')	1.61 (0.26)	0.88 (0.47)	1.77 (0.29)	1.72 (0.49)	1.36 (0.46)	0.98 (0.41)	1.56 (0.34)	0.92 (0.34)	0.99 (0.27)	0.88 (0.50)	<0.001
均衡性指数 (J')	0.66 (0.08)	0.49 (0.19)	0.71 (0.10)	0.66 (0.16)	0.59 (0.14)	0.44 (0.15)	0.66 (0.12)	0.45 (0.15)	0.40 (0.08)	0.45 (0.24)	<0.001
遷移度	676.5 (81.7)	262.8 (337.3)	132.0 (77.4)	515.2 (360.5)	1095.2 (647.6)	447.7 (339.9)	429.4 (240.7)	269.9 (231.5)	26.1 (15.8)	2491.8 (1492.9)	<0.001
リター厚 (cm)	1.8 (1.5)	0.4 (1.2)	0.0 (0.0)	1.5 (1.7)	2.9 (1.5)	5.9 (3.7)	2.8 (2.2)	4.9 (3.3)	0.0 (0.0)	2.1 (1.1)	<0.001
リター被度 (%)	46.0 (34.4)	13.3 (28.7)	0.0 (0.0)	38.3 (43.9)	63.5 (34.6)	80.2 (20.6)	56.5 (32.0)	45.0 (31.6)	0.0 (0.0)	81.5 (31.0)	<0.001

*1: 中央値検定による有意確率。 *2: $\Sigma h \times c$ に占める割合。

する調査区群としては、D 2, D 3, D 4 が抽出されたが、このうち D 2 はスキガ、D 4 はセイタカアワダチソウがそれぞれ高被度で優占した。一方、木本植物が優占する調査区群としては D 6 が区分されたが、これらにはノリウツギ、ネコヤナギ等が優占する圃場のほか、マダケが侵入・優占する圃場も含まれた。また D 1 は、ケネザサやイタドリが高被度で優占する調査区群であった。

つぎに、TWINSPAN で区分された調査区群ごとに、群落構造を比較した (表 1)。一年生草本の優占割合が高い調査区群は、湿性グループ (W 2, W 3)、乾性グループ (D 5) とともに、植物量、遷移度が低い、リターの堆積がほとんどない等の特徴が共通して認められた。これに対し多年生草本の優占割合が高い調査区群 (W 4, D 2, D 3, D 4) は、群落高、植物量および遷移度が高く、リターの堆積も進んでおり、とくにスキガやセイタカアワダチソウの優占する調査区群 (D 2, D 4) でその傾向が顕著であった。木本植物の優占割合が高い調査区群 (W 1, D 1, D 6) では、群落高および遷移度がさらに高まる傾向を示した。種多様度 (出現種数, 多様性指数, 均衡性指数) をみると、優占種の明瞭な調査区群 (W 2, D 2, D 4, D 6) で低くなる一方で、

W 3, W 4, D 3 などでは高い値を示した。

2 群落タイプと地形条件

国土基本図で計測した地形特性 (圃場幅、傾斜、隣接斜面の傾斜) と上記調査区群の分布との関連性を分析した。その結果、調査圃場の傾斜はほぼ $5 \sim 10^\circ$ の範囲にあり、調査区群間で有意な差は認められなかった (中央値検定: $p > 0.05$)。一方、隣接斜面の傾斜および圃場幅は、調査区群間で有意な差が認められ (同: それぞれ $p < 0.001$)、乾性グループは同傾斜の緩やかな等育型～凹型斜面上に、また湿性グループはおおむね隣接斜面の傾斜が急な凹型斜面上に分布する傾向が認められた。とくに W 2 は、圃場幅が狭く、急傾斜の斜面に囲まれた圃場に多く分布する傾向を示した (図 2)。

つぎに、圃場内の地形的位置 (山側縁辺部、中央部、谷側縁辺部) と上記調査区群の分布との関連性についてクロス集計を行った (表 2)。その結果、全体的に湿性グループは山側縁辺部～中央部と、乾性グループは中央部～谷側縁辺部との結びつきが強いという傾向が認められた。とくに結びつきが強かったのは、W 2 と山側縁辺部の関係であった (四分点相関係数 $\phi = 0.21$)。

図 2 TWINSpan によるグループごとにみた圃場幅と隣接斜面の傾斜との関係
圃場内位置ごとにプロットした

表 2 TWINSpan で区分された調査区群と圃場内位置との関係

群落タイプ	湿性グループ				乾性グループ					
	W1	W2	W3	W4	D1	D2	D3	D4	D5	D6
山側縁辺部	++	+3	+2	+	-1	-1	-2	-	-1	+
中央部	+	+	-2	+	+	+	+2	-1	+	-
谷側縁辺部	-1	-2	-2	-	+1	+1	+	+1	+	-

*四分点相関係数 ϕ について、 $\pm 3: |\phi| \geq 0.2$, $\pm 2: 0.2 > |\phi| \geq 0.1$, $\pm 1: 0.1 > |\phi| \geq 0.05$, $\pm: |\phi| < 0.05$ とした。

表3 TWINSPLANで区分された調査区群ごとの
放棄年数および圃場管理の状況

	放棄した圃場		管理を継続している圃場		
	区数	年数 ^{*1}	区数	年数 ^{*1}	管理種類 ^{*2}
W1	5	14	0	—	—
W2	20	4~14(12)	7	5~13(13)	草刈り(1~3)
W3	11	9~24(14)	9	9~13(13)	草刈り(1~3), 除草剤
W4	12	12~24(15)	8	5	草刈り(1~2)
D1	17	14~24(17)	0	—	—
D2	15	4~14(9)	6	2~12(2)	草刈り(1~2)
D3	6	3~4(3)	11	5~13(13)	草刈り(1~3)
D4	6	14~18(18)	0	—	—
D5	0	—	5	12	草刈り(2), 耕起
D6	10	13~20(20)	0	—	—

*1: 範囲および中央値(カッコ内)を示す。

*2: カッコ内は草刈り頻度(回/年)を示す。

3 群落タイプと放棄年数・管理状況

アンケート調査の結果、調査圃場には、完全に放棄した圃場と、耕作停止後に何らかの管理が継続されている圃場が含まれていることが分かった。まず、完全放棄した圃場のみを対象として、放棄年数を上記調査区群間で比較したところ、湿性グループでは、一年生草本の優占する調査区群(W2, W3)は他に比べて放棄年数の短い圃場も含んでいたものの、中央値をみると調査区群間で大きな差異は認められなかった。一方、乾性グループでは、D5のサンプルで完全放棄の圃場はなかったが、おおむねD3<D2, D4<D1, D6の順に放棄年数が長くなる傾向を示した(表3)。

管理状況と調査区群との関係を見ると、草刈り管理の年数・頻度等との明瞭な関係は認められなかったが、一年生草本の優占する調査区群(W3, D5)の分布圃場の一部で、除草剤施用や耕起といった管理がなされているのが特徴的であった。また、木本植物の優占する調査区群(W1, D6)やケネザサ・イタダリの優占する調査区群(D1)等では、管理されている圃場は含まれなかった(表3)。

IV 考 察

1 放棄水田植生の遷移系列の推定

本調査地の放棄水田植生は、種組成の特徴および土壌水分状態から、大きく乾性のグループと湿

性のグループに区分された(図1)。耕作放棄後の水田は一般に、乾燥化あるいは湿潤化の方向に進むことが知られており¹⁾⁴⁾²¹⁾、本調査地域においても、放棄水田の植生遷移は土壌水分状態によって乾性と湿性の遷移系列に分かれると考えられる。また、生活型組成からみた放棄水田植生の遷移系列は、①一年生・二年生草本→②多年生広葉草本→③多年生イネ科草本→④木本という、二次遷移にみられる一般的な推移⁵⁾を示すことが多い²⁰⁾²³⁾。一方、平野部を中心に多くみられるセイタカアワダチソウの優占ステージは、本来②のステージに含まれるが⁵⁾、放棄水田への侵入・優占時期や優占期間¹⁾⁴⁾²⁰⁾²⁴⁾、復田や管理の難易度¹⁾²⁰⁾²³⁾からみると、放棄水田の遷移系列においてはむしろ、ススキやヨシが長期間優占する③のステージに位置づけるのが適当と考えられる。したがって、本調査地では、組成的特徴から、W2, W3, D5が①のステージに、D3, W4が②に、W4, D2, D4が③に、W1, D6が④にそれぞれ対応すると考えられる。以上から、湿性の遷移系列としては、一年生水田雑草タイプ(W2, W3)→多年生草本タイプ(W4)→木本タイプ(W1)、乾性系列としては、一年生畑雑草タイプ(D5)→多年生広葉草本タイプ(D3)→ススキ・セイタカアワダチソウ優占タイプ(D2, D4)→木本タイプ(D6)という推移パターンが推定された。このうち、乾性グループの③でススキとセイタカアワダチソウの分布域の差異に関する要因が明瞭でなかった点や、湿性グループの③でヨシが優占しなかった点などについては、さらに詳細な検討が必要である。またW1では、畦畔植生の張り出しが圃場内植生に及ぼす影響²¹⁾も考慮する必要がある。しかし、群落高、 $\Sigma(h \times c)$ 等の植物量を示す指標や、リター量についても、①から④の順に増加する傾向を示しており(表1)、上記の系列はおおむね妥当と考えられる。

2 放棄水田の植生遷移に影響を及ぼす要因

以上のような植生遷移は通常、時間軸に沿った変化のパターンとしてとらえることができる。本調査においても、乾性グループでは上記群落タイプの推移と放棄年数の対応関係がある程度認めら

れた。一方、湿性グループでは、遷移初期ステージに位置づけられるW2, W3が、放棄後10~20年以上経過した圃場でも維持されているなど、放棄年数との対応が明瞭ではなかった(表3)。湿性の立地環境においては、遷移進行の速度や遷移系列の変動が大きくなる例がしばしば報告されており、その要因としては、貧栄養な湧水の影響⁸⁾や、湛水・流水の影響^{13) 23)}等、地形条件に起因する水文環境の影響が指摘されている。本調査地の場合、湿性グループの調査区群は、主として集水域面積の大きい凹型緩斜面¹⁹⁾に立地していたが、とくにミゾソバの優占するW2は、圃場幅の狭小な谷筋で特徴的にみられることが明らかになった(図2)。また個々の圃場についてみると、浸透水の浸出が集中しやすい山側縁辺部でW2, W3が維持されやすいことが分かった(表2)。松村ほか(1988)¹³⁾も、岐阜県山間部の休耕田において、用水溝に近い過湿な場所ではミゾソバの純群落が形成されることを報告している。本調査地においても、地表水・浸透水等の水分環境が、一年生草本を主体とする遷移初期群落の維持に何らかの影響を及ぼしていると推察される。しかしその詳細なメカニズムについては、さらなる検討が必要である。湿性の立地環境ではまた、遷移進行抑制の要因として、イノシシのヌタ場としての利用による攪乱の影響も無視できないと考えられる。現地の観察では、イノシシによる攪乱の痕跡が確認された調査区は17区あり、そのうち14区が湿性グループであった。なかでもW3では、15区中5区でイノシシによる攪乱が認められた。今後は前述の立地環境とともに、こうした野生動物の行動特性も併せた検討が必要であろう。

本調査ではまた、マダケやケネザサの優占により偏向遷移が生じ、遷移の進行が妨げられている群落(D1, D6の一部)が確認された。現地の観察では、これらのタケ・ササ類は、隣接する林地から地下茎によって侵入しているケースが多くみられた。山間部の水田は一筆の面積が狭小で、周囲を樹林地で囲まれている圃場が多いため^{13) 21)}、放棄後の植生遷移についても、こうした周辺植生の影響を考慮する必要があると考えられる。

一方、耕作停止後に行われる各種の圃場管理は、

遷移の進行に影響を及ぼす人為的要因として位置づけられる。調査地での主要な管理形態である草刈りについて、前述の①~③のステージ間で比較すると、草刈り頻度や継続年数と群落タイプとの関係は認められなかったが、④のステージ(W1, D6)に対応する圃場では、草刈り管理は全く行われていなかった(表3)。このことは、既往の報告^{13) 15)}でも指摘されてきたように、年1回以上の草刈りによって木本ステージへの移行が抑制されることを示唆している。また、草刈りに加え、除草剤施用や耕起といった強度の管理を併用することにより、遷移初期ステージに維持することが可能と考えられた。

3 植生動態の予測に関する検討

以上の考察により、山間部放棄水田の植生遷移に影響を及ぼす放棄年数以外の要因として、水分環境にかかわる地形条件、偏向遷移にかかわる周辺植生の状況、圃場管理(方法、頻度、年数等)が抽出された。そこで最後に、これらの影響を予測するための方法について検討したい。

山間部における放棄水田植生と地形条件の関係についてはこれまでも、地形区分に基づく遷移予測の可能性が指摘されている^{21) 22)}。本調査の結果からも、斜面形態を適切に区分することにより、土壌水分環境の差異に応じた群落タイプの分布や遷移の推定が可能と考えられた。しかし、本調査で用いた地形図判読の方法は、精度の面では優れているものの、多大な労力を要する、汎用性が低い等の問題がある。したがって、他地域への適用や広域スケールでの評価を行うためには、大久保ほか(1999)¹⁹⁾や松浦ほか(2001)¹⁴⁾が提示したような、数値地形モデルの利用が有効と考えられる。

また、タケ・ササ類の侵入・優占による偏向遷移の影響については、放棄水田を直接対象とした例はないが、竹林の分布拡大が近年西日本を中心に問題となっていることから、その実態に関しては多くの調査がなされている。それらの報告によれば、竹林の分布拡大速度は2~3m/年であり、とくにオープンな場所に隣接する場合、その拡大速度は大きくなるとされている^{26) 27)}。そのため、水田周辺にタケ・ササ類が分布する場合、放棄さ

れれば短期間でそれらが侵入・優占することが懸念される。こうした影響を予測・評価するためには、上記先行研究で用いられている空中写真判読等の方法により、圃場周辺でのタケ・ササ類の分布範囲をあらかじめ把握しておくことが必要と思われる。

以上のように、放棄水田の遷移に影響を及ぼす自然的要因の把握に際しては、地形図、空中写真、数値地図情報等の地理情報の活用が有効であり、これらの情報を基礎とすることにより、遷移系列や復田コスト、生物相変動等の予測・評価への展開が可能と考えられる。

一例として、耕作放棄後の復田コストを予測・評価する場合を考えてみる。ミゾソバ等の一年生水田雑草が優占する場合には、浅根性の群落となるため¹³⁾、復田作業としてはプラウによる反転やロータリーによるすき込み程度の耕起作業が中心となり、復田コストも低い。一方、タケ・ササ類が侵入すると、チェーンソーによる伐採やバックホウによる除根、場合によっては農地基盤の均平作業も必要となり、復田コストは急激に高まる³⁾¹⁷⁾²³⁾。そこで、こうした復田コストを群落タイプごとに把握したうえで、地理情報システムを利用してそれぞれの群落タイプへの移行が予測される圃場を抽出することにより、放棄された場合の管理の難易度や復田コストをあらかじめ評価することが可能となるであろう。

一方、人為的要因としては、今回のアンケート調査により、管理形態が植生遷移に及ぼす影響がある程度明らかになった。とくに、遷移初期ステージの調査区群は、耕起や除草剤施用によって維持されていたことなど、管理による遷移抑制の程度は、管理形態（種類・頻度等）によって異なることが示唆された。しかし今回の調査では、こうした管理形態と遷移抑制の関係を定量的に示すまでには至らなかった。また、人為的要因と前述の自然的要因の影響の程度をどのように峻別するかについても、今後の検討課題として残された。こうした点を明らかにするためには、サンプル数を増やす、アンケートの信頼度を高める等、アンケート調査精度の改善とともに、実験的に管理の影響を評価する等のアプローチが必要である。

以上の結果を図3に整理した。放棄水田の環境変化を予測・評価し、適切な保全管理方策を検討する際には、現地での植生調査に加え、これらの調査をセットで行うことで、より精度の高い植生変化の把握および植生指標の提示が可能になると考えられる。

謝辞

本研究は、韓国科学財団・海外ポスドク研究支援による研究成果の一部である。また本研究の実施にあたり、平成14年度科学研究費補助金基礎研究（B）を使用した。現地調査の際には、新潟大学農学部の子生諸

図3 植生遷移に影響を及ぼす自然的・人為的要因を考慮した、放棄水田植生動態の要因把握と予測のための調査項目

氏に多大なご協力をいただいた。記して謝意を表する。

引用文献

- 1) 安西徹郎・松本直治 (1988): 水田の休耕にともなう雑草の発生状況と土壌の変化. 千葉県農試研報, 29, 93-104
- 2) 有田博之・友正達美・河原秀聡 (2000): 粗放管理による農地資源保全. 農業土木学会論文集, 209, 109-117.
- 3) 有田博之・山本真由美・友正達美・大黒俊哉 (2003): 耕作放棄水田の復田コストからみた農地保全対策—新潟県東頸城郡大島村を事例として—. 農業土木学会論文集225, 95-102.
- 4) 箱山晋・田中日吉・縣和一・武田友四郎 (1977): 休耕田の植生遷移に関する研究 第1報 福岡県北西部地域における休耕田の植生. 日本作物学会記事, 46, 219-227.
- 5) 林一六 (1990): 『植生地理学』. 大明堂, 東京.
- 6) Hill, M. O. (1979): TWINSPLAN, A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes: Cornell University Press, Ithaca, New York.
- 7) 広木詔三 (2002): 『里山の生態学—その成り立ちと保全のあり方』. 名古屋大学出版会, 名古屋.
- 8) 角野康郎 (1998): 中池見湿地の植物相の多様性と保全の意義. 日本生態学会誌, 48, 163-166.
- 9) 木元新作・武田博清 (1989): 『群集生態学入門』. 共立出版, 東京.
- 10) 気象庁 (2001): 平年値・CD-ROM版 (統計期間 1971-2000年), 気象業務支援センター.
- 11) 国土庁 (1975): 土地分類図21 (岐阜県). 国土庁.
- 12) McCune, B. and M. J. Mefford (1999): PC-ORD, Multivariate analysis for ecological data, version 4. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA.
- 13) 松村正幸・西村伸郎・西條好迪 (1988): 飛騨地域の山間休耕田における植生遷移. 日本生態学会誌, 38, 121-133.
- 14) 松浦俊也・横張真 (2001): 数値標高モデルを用いた谷津の地形解析. 環境情報科学論文集, 15, 25-30.
- 15) 嶺田拓也・石田憲治・飯嶋孝史・松森賢治 (2003): 中山間地における休耕田の保全管理形態と水田機能維持のための植生指標. 2003年度農村計画学会学術研究発表会要旨集, 27-28.
- 16) 宮脇昭編著 (1985): 『日本植生誌・中部』. 至文堂, 東京.
- 17) 農業土木総合研究所 (2000): 平成12年度農地の維持保全手法検討調査報告書 (平成12年度農村振興局委託業務). 農業土木総合研究所, 東京.
- 18) 沼田眞 (1987): 『植物生態学論考』. 東海大学出版会, 東京.
- 19) 大久保悟・加藤好武・山本勝利 (1999): 数値地図情報を用いた傾斜地水田の類型化. 農村計画論文集, 1, 289-294.
- 20) 大黒俊哉 (2001): 休耕田・放棄水田を活用した生物多様性の保全 (宇田川武俊編, 『農山漁村と生物多様性』), 家の光協会, 東京, pp. 172-188.
- 21) 大黒俊哉・松尾和人・根本正之 (1996): 山間地における放棄水田と畦畔の面の植生動態. 日本生態学会誌, 46, 245-256.
- 22) 大黒俊哉・松尾和人・根本正之 (1997): 生物多様性保全の視点からみた中山間地の耕作放棄水田植生—新潟県大島村を事例として—. 1997年度農村計画学会学術研究発表会講演要旨, 145-148.
- 23) 大黒俊哉・有田博之・山本真由美・友正達美 (2001): 中山間地域における耕作放棄水田の植生変化が復田作業に及ぼす影響. 農村計画論文集, 3, 211-216.
- 24) 大黒俊哉・白戸康人・伊藤一幸 (2003): 絶滅危惧植物タコノアシ個体群の維持にかかわる放棄水田の環境特性. ランドスケープ研究, 66(5), 599-602.
- 25) 太田健・谷山一郎・草場敬・森昭憲・荒谷博 (1996): 耕作放棄棚田における土壌特性の経年変化. 土壌の物理性, 73, 3-10.
- 26) 鳥居厚志 (1998): 空中写真を用いた竹林の分布拡大速度の推定—滋賀県八幡山および京都府男山における事例—. 日本生態学会誌, 48, 37-47.
- 27) 鳥居厚志 (2002): 空中写真を用いた竹林の分布拡大速度の推定Ⅱ—奈良県天香山における事例—. 環境情報科学論文集, 16, 375-380.

Key Words : 1) abandoned paddy field, 2) succession, 3) mountainous regions, 4) maintenance of agricultural land, 5) restoration cost

(2003年6月30日 受理)

(2003年11月10日 再受理)