

寄稿

魚介類の蝸集に関する原理

—縄文期の集落分布からの暗示—

中尾 徹*

1. まえがき

陸棚縁辺、魚礁あるいは^{おぼれ}溺谷などに好漁場が形成されるように海底地形と漁場は密接な関連を有している(新野, 1956; 宇田, 1961, 84)。海底地形と漁場の係りに関するこれまでの知見は「好漁場は対象生物の発育段階によっても異なるが、一般に海底の隆起域や海底地形の複雑で変化に富んだ海域に形成される」と要約されるであろう(下村, 1967; 浜島, 1967; 花本, 1971, 78; 山口ほか, 1984)。また、このような空間性状に魚介類の蝸集のみられる理由は次のように考えられている(宇田, 1961; 佐藤, 1977; 中村, 1979)。

物理的要因: 流れの変化を好むこと

陰影を好むこと

生物的要因: 餌料が豊富で索餌場・産卵場として優れていること

避難場・逃避場として活用されること

ここで翻って人間社会における集落分布の変遷をみると、植物採集、狩猟あるいは漁撈を営んでいた縄文民の集落は丘陵地・台地の緩やかな斜面に形成され、次いで稲作の伝来した弥生時代には谷あいの平地に位置するようになった。しかし、一般に集落形態には治山治水事業の本格化する江戸時代の初期まで「山すその緩斜面に住宅が立地し、背後の斜面の森が住宅地を守り、そこからは湧水が湧き出し、住宅の周りには水田や畑が広がる山すそ型」として定着していたとされている(農村開発企画委員会, 1983)。

中国大陸の農耕文明の歴史のなかから生まれた風水説(風を蔵し水を得る)は天地自然と人間の係り方を指し示す思想で、日本では平城京や平安京などの城都建設に風水説がとりいられている(農村開発企画委員会, 1983; 松本, 1985)。都城の合理的な立地上の要件として、以下の3点があげられる。

- a 南面する緩斜面の北に座し、陽光を前面から北風を背後から受けること
- b 南方の前面に流水あるいは型の良い小山を配すること
- c 北方の背後に大きな山や丘を持ち、そこから東西に長く山・丘が延びてあたかも山並に抱かれるようであること

これらは松本(1985)の指摘のように生活維持と軍事的防備の条件を具備したものである。これらの条件は先に示した魚介類の蝸集の原理と基本的に類似していることから人間と魚介類に相同的な行動形態が認められるといえるかも知れない。

そこで、魚介類の蝸集に関する基礎的な知見を得るために縄文期における集落の分布特性を明らかにすることを試みた。

2. 遺跡の分布

「山すそ型」集落の典型は縄文期における遺跡の分布にみることができる。ただ、沖積世以降、海進の最も進んだ時期は縄文前期とされており(湊・井尻, 1966)、この時期の海面上昇が沿岸近くの集落の分布に影響をもたらしたとも考えられるため、遺跡と地形の関係を捉える上でここでは海を持たない内陸部に位置する岐阜県をとりあげ解析に供した。

中野(1979)の資料を基に作成した岐阜県における縄文期遺跡の地理的配置を地形図とともに図1に示す。なお、本資料は縄文期の遺跡に関して時期別に細分化されていないが、小山(1984)によると岐阜県の位置する中部地方において最も遺跡数が多く人口密度の高い時期は縄文中期であったとされている。図示しているように、遺跡は県内に一様に分布するパターンを呈するよりも河川に沿うような形で分布しており、いわゆる傾斜地の利用が顕著である。

* 千代田デイムス・アンド・ムーア(株)

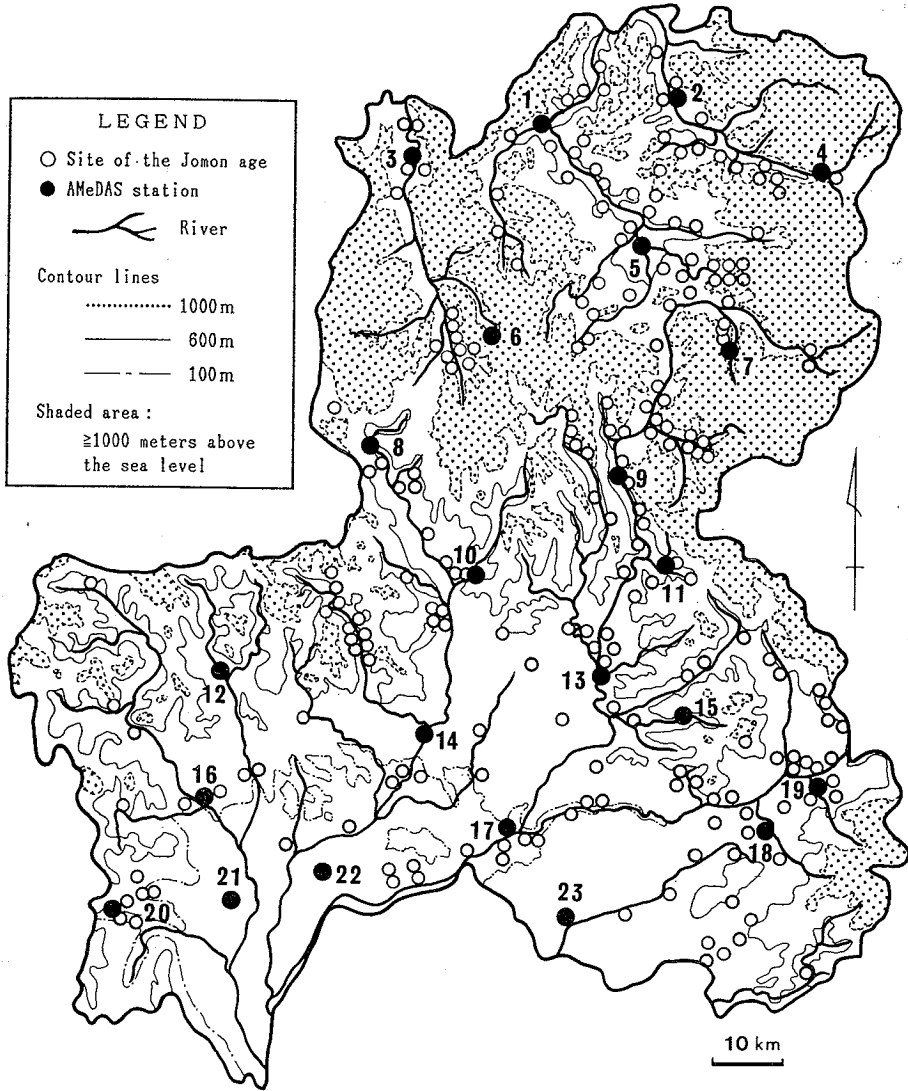


図1 岐阜県における縄文期の遺跡、地域気象観測所 (AMeDAS) および海拔高度の分布 (数値: 表2に示した AMeDAS の番号を表す)

ここで、MORISHITA (1959) の分布集中度指数 ($I\delta$) を用いて遺跡の分布様式を検討した。分布様式は $I\delta$ の値から以下のように分類される。

- $I\delta < 1$: 一様分布
- $I\delta = 1$: ランダム分布 (機会分布)
- $I\delta > 1$: 集中分布

$I\delta$ は次式で与えられ、また、 $I\delta$ の有意性は以下に示す F_0 を求め F 検定をすることにより判定される。

$$I\delta = q \frac{\sum_{i=1}^q n_i(n_i - 1)}{N(N-1)} = q \frac{\sum_{i=1}^q n_i^2 - N}{N(N-1)} \quad (1)$$

$$F_0 = \frac{I\delta(N-1) + q - N}{q-1} \quad (2)$$

ここに、 n_i は i 番目 ($i=1, 2, \dots, q$) の抽出単位内の遺跡数、 q は抽出単位数、 $N = \sum_{i=1}^q n_i$ である。岐阜県内を 10km メッシュで分割し集計した遺跡の頻度分布と $I\delta$ の計算手順を表1に示す。これから遺跡の分布に関する $I\delta$ の値は 1.68 となり、 F_0 値は 2.42 で F 検定を行うと、

$$F(122, \infty, 0.01) = 1.33 < F_0$$

と有意水準 1% で有意となる。このことから遺跡が県内にランダムあるいは一様に分布しているのではなく、多

くの陸上動物の空間分布様式と同様、不均質な分布(集中分布型)を呈していることが示唆された。これは、前述のように好適な住環境条件に則して集落の築造がなされたためと思われるが、同じ河川周辺の傾斜地形でも遺跡の分布は岐阜県の中中部と北部に比較的多く集まっているようである(図1)。

3. 遺跡分布と気象要因

ウルム氷期以降の縄文早期から現在に至るまでの時代は沖積世と呼ばれているが、塚田(1967)は花粉分析からこの時期の気候を5つに分割している。それによれば、縄文中期は温暖期から減暖期に移行する時期と考えられ、その時期には現在と類似した温度条件(気候条件)が含まれていたと推察される。これは安田(1980)の示した照葉樹林と落葉樹林の変遷図からもうかがえ、中部地方における縄文中期の植生は現在と著しい相違はないものと思われる。そこで、岐阜県内の各地で取得されている気象データを用いて遺跡の分布と気象要因の関係を検討した。

(1) 岐阜県内の気象特性

岐阜県内の気象特性の概要を表2に示した23地点の気

温、降水量、日照時間および風速のデータを用いて捉えた。データは1981年および1982年の2年間の日別値を集計し、年平均値(気温、風速)と年平均の日間値(降水量、日照時間)を求め解析に用いた。なお、降水量はデータに欠

表1 岐阜県における縄文期遺跡数の頻度分布と $I\delta$ の計算手順

遺跡数 (n)	存在した 区画数(f)	fn	n^2	fn^2
0	42	0	0	0
1	22	22	1	22
2	19	38	4	76
3	8	24	9	72
4	11	44	16	176
5	8	40	25	200
6	6	36	36	216
7	4	28	49	196
8	3	24	64	192
≥ 9	0	0		0
計	123(= q)	256(= N)		1150(= Σn^2)

$$N(N-1) = 65280$$

$$\Sigma n(n-1) = \Sigma n^2 - N = 894$$

$$\delta = \Sigma n(n-1) / N(N-1) = 0.01369$$

$$I\delta = q\delta = 123 \times 0.01369 = 1.68387$$

表2 岐阜県における地域気象観測所(AMEDAS)の一覧

番号	観測所名	緯度	経度	海拔高度 (m)	地上高 (m)
1	河合	36°18.2'N	137°06.2'E	471	9.4
2	神岡	36°19.2'	137°18.8'	455	8.0
3	白川	36°16.3'	136°54.0'	478	9.4
4	栃尾	36°14.8'	137°30.6'	765	8.0
5	高山	39°09.2'	137°15.4'	560	15.2
6	六ヶ所	36°03.5'	137°02.2'	1015	8.0
7	宮前	36°00.8'	137°23.5'	930	9.4
8	長滝	35°55.3'	136°50.1'	430	6.5
9	萩原	35°53.1'	137°12.5'	425	6.5
10	八幡	35°45.3'	136°59.0'	250	6.5
11	宮地	35°45.8'	137°17.4'	420	9.4
12	樽見	35°38.1'	136°36.8'	190	8.0
13	金山	35°39.6'	137°09.8'	233	6.5
14	美濃	35°33.3'	136°54.8'	80	6.5
15	黒川	35°35.6'	137°19.2'	460	6.5
16	揖斐川	35°29.0'	136°34.3'	45	6.5
17	美濃加茂	35°26.6'	137°00.6'	74	6.5
18	恵那	35°26.6'	137°24.4'	315	6.5
19	中津川	35°29.1'	137°30.2'	320	6.5
20	関ヶ原	35°21.5'	136°28.3'	120	6.5
21	大垣	35°21.4'	136°36.9'	6	8.0
22	岐阜	35°23.8'	136°45.9'	13	22.8
23	多治見	35°20.7'	137°06.2'	120	6.5

測がみられるため、2年間の積算降水量を欠測日を除外データ取得日数で除した値(年平均日降水量と仮称)を求め解析に供している。また、風速データは表2に示しているように観測地点により地上からの測定高度が異なるため、べき法則を適用して次式から地上高 6.5m の風

速に換算した。

$$V_z = V_h(z/h)^{1/n} \quad (3)$$

ここに、 V_z は地上高 Z_m (ここでは 6.5 m) の風速、 V_h は地上高 h_m (風速測定高度) の風速、 z は地上高 z_m (6.5 m)、 h は地上高 h_m (風速測定高度)、 n は地表の粗

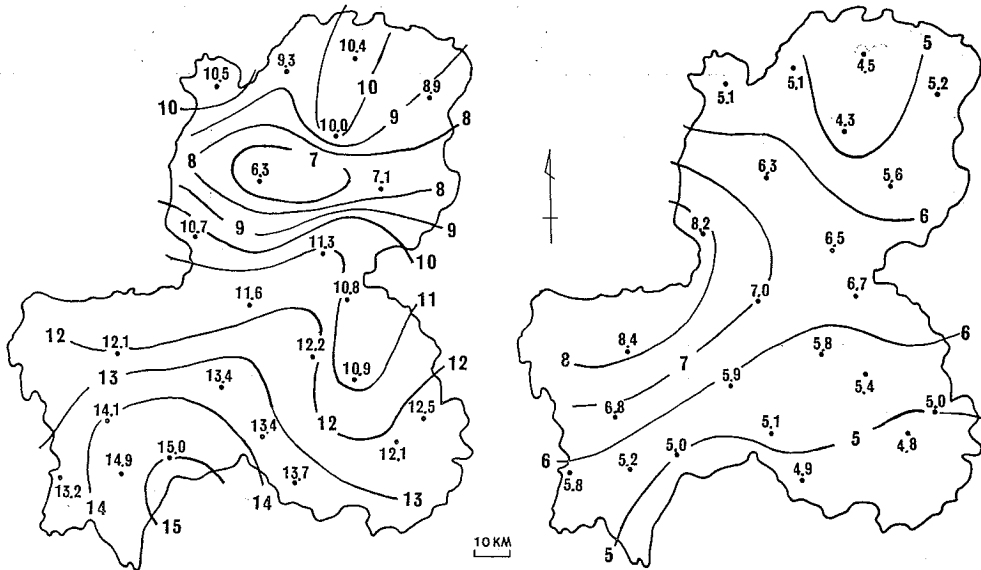


図 2a 岐阜県における年平均気温(左図: °C)と年平均日降水量(右図: mm/day)の分布

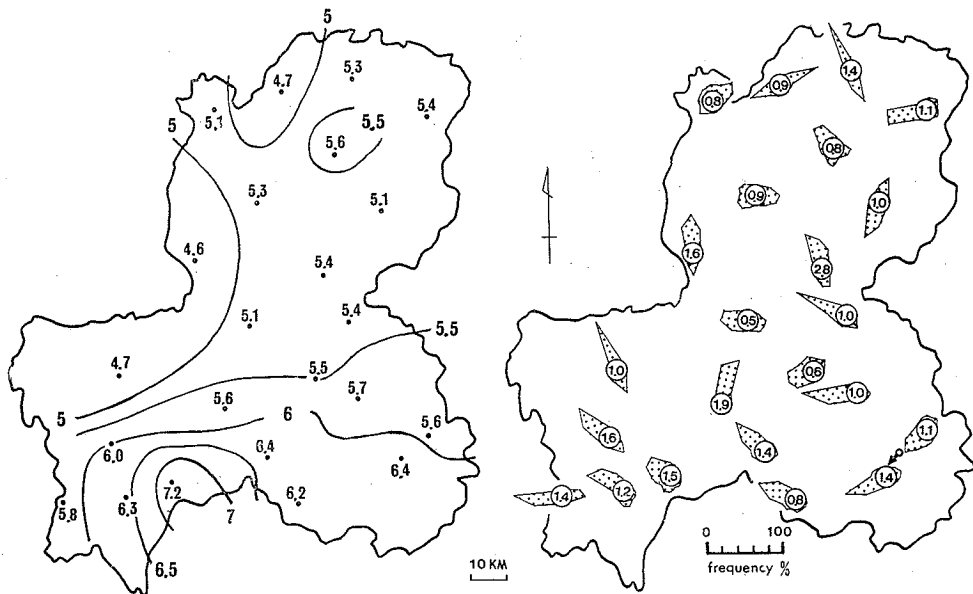


図 2b 岐阜県における年平均日日照時間(左図: hr/day)および日別最多風向のデータに基づく風配図と年平均風速(右図: m/sec)

表3 主成分分析結果

項目	主成分	Z ₁		Z ₂	
		固有ベクトル	因子負荷量	固有ベクトル	因子負荷量
気温 (°C)		0.585	0.805	0.279	0.309
降水量 (mm/day)		-0.358	-0.492	0.681	0.755
日照時間 (hr/day)		0.680	0.935	-0.141	-0.156
風速 (m/sec)		0.261	0.358	0.663	0.735
固有値		1.892		1.229	
寄与率 (%)		47.30		30.71	

度状態や大気安定度によって変動する指数 ($n=3$ と設定) である。

図 2a, b に各気象要素の水平分布を示す。図中の風配図は 2 年間の日別最多風向を 16 方位別に集計し出現割合で示している。年平均気温の分布は概ね南高北低の傾向を呈し、各測点の海拔高度と密接な係りを有している (表 2, 参照)。年平均日降水量は県中部の西側で多く、南北では少ない傾向を示す。年平均の日間日照時間は北部および県中部西側で短く、県南部で長い傾向がみられる。また、年平均風速は県北部と県中部に弱風域がみられる。更に風配図から風向は谷あいに沿ったパターンが顕著であるなど地形の影響を強く受けた明瞭な局地風系の存在がうかがえる (図 1, 参照)。なお、図示していないが、風向の月別変化は県南部の一部の地域で夏季を中心に偏南風の出現が若干みられるのを除き著しくないことから、当該域の風系は比較的安定しているといえる。

次に、上述のデータを基に主成分分析を行った。主成分分析による総合特性値 (これを第 1, 第 2 …… 第 m 主成分という) は以下のように定義されている (奥野ほか, 1975)。

$$z_m = l_{m1}x_1 + l_{m2}x_2 + \dots + l_{mp}x_p \quad (4)$$

ここに、 z_m は第 m 主成分、 l_{mi} は固有ベクトル、 x_i は変数 (気象要素) である。因子負荷量は主成分 z_k と変数 x_i との相関係数 (r) で $r(z_k, x_i) = \sqrt{\lambda_k} \cdot l_{ki}$ で与えられ、 λ_k と l_{ki} は固有値と固有ベクトルをそれぞれ示す。さらに、寄与率は固有値 (λ_k) と変数の数 (p) を用いて λ_k/p で表され、 m 個の主成分の累積寄与率は $\sum_{k=1}^m \lambda_k/p$ で与えられる。

第 1・第 2 主成分の分析結果を表 3 に示す。これより主成分のもつ内容の解釈を行うとともに気象特性に基づく岐阜県内の類型区分を検討した。 z_1 主成分の寄与率は約 50% で気象特性に関する全体の情報の約半数を記述できる。固有ベクトルの大きな値を示す変数として正の係数をもつ日照時間や気温があげられ、その因子負荷量

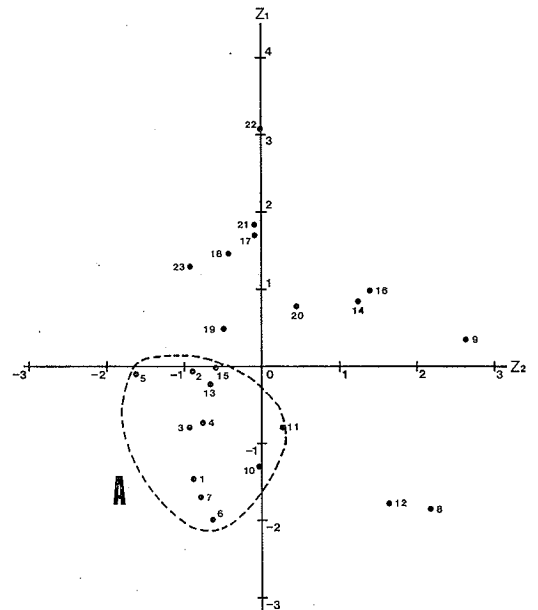


図 3 主成分 (Z_1, Z_2) スコアの散布図
 数値: 表 2 に示した AMeDAS の番号を表す
 A: 縄文期に遺跡が集中していたと考えられる地域

はそれぞれ 0.94 と 0.81 である。一方、負の固有ベクトル値をもつ変数は降水量であるが、因子負荷量の値は -0.49 と低い。これらのことから第 1 主成分 z_1 は気候の温暖なことを表す指標と考えられ、 z_1 の値が大きいほど日照時間が長く気温の高いことを示す。

z_2 主成分の寄与率は約 30% で、累積寄与率は約 80% となる。 z_1 と同様に固有ベクトルの大きな値を示す変数を抽出すれば、正の係数をもつ変数として降水量と風速があげられその因子負荷量はそれぞれ 0.76 と 0.74 である。負の係数をもつ変数は日照時間であるが、その因子負荷量は -0.16 程度である。これらのことを考え合わせ、第 2 主成分 z_2 は風雨の強度を表す指数と思われる、

表 4 判別分析の基本統計パラメータと判別関数

項 目	気 温 (X_1 : °C)	降 水 量 (X_2 : mm/day)	日 照 時 間 (X_3 : hr/day)	風 速 (X_4 : m/sec)
M_1	9.818	5.545	5.291	0.909
M_2	13.033	5.967	5.850	1.475
SD	1.580	1.091	0.568	0.407
$ M_1 - M_2 / SD$	2.035	0.387	0.984	1.392
D^2	4.143	0.150	0.968	1.937

判 別 関 数 の 係 数				定 数	D^2	F_0
ステップ 1	-0.0614			0.7010	4.1425	23.77
ステップ 2	-0.0810			-0.2566	1.2314	8.5186
ステップ 3	-0.0901	-0.0476		-0.2621	1.6160	9.6193
ステップ 4	-0.0786	-0.0742	-0.0874	-0.2597	2.1211	10.0725

M_1 : グループ 1 の平均値, M_2 : グループ 2 の平均値,
 SD : 2 つのグループの群内標準偏差, D^2 : 2 つのグループの平方距離 (マハラノビスの距離)

z_2 の値が大きいほど風雨の激しいことを示す。

第 1 および第 2 主成分のスコアをプロットして図 3 に示す。図示しているように、岐阜県内はその気象特性からおおよそ 3 つのグループに分割されるが、図中の A グループに属する地域は前に述べたように遺跡の比較的多く分布する中・北部に該当する。この A グループは概ね第 3 象限に位置しているが、上述のように第 1 主成分 (z_1) は気候の温暖なことで、第 2 主成分 (z_2) は風雨の強度を表す指標であることを勘案すれば、これらの地域の気象特性は他の地域と比較して相対的に日照時間が短く寒冷で風が弱く且つ降水量の僅少なことで特徴づけられる。

(2) 遺跡の分布支配要因

遺跡の分布に関連する主要な気象要素を抽出するために判別分析を行った。本手法は、同一の n 変量を持つ母集団 G_1 から G_n の各グループに属する標本が誤って別のグループに帰属する確率を最小にするような判別関数値を求めるものである(奥野ほか, 1975)。ここではデータ数の関係から前項で示した A グループ (1 群) と他のグループ (2 群) の 2 つの群に区分して解析を行った。また、2 つの群の判別の程度はマハラノビスの距離を尺度として評価することとした。いま、1 群と 2 群の全サンプルに関する分散・共分散行列の推定値を V 、2 群間の各変数の平均値の差を D とおくと 2 つの群のマハラノビスの距離 (D^2) は次式で定義される。

$$D^2 = D' \cdot V^{-1} \cdot D \quad (5)$$

なお、(5) 式の ' は行ベクトル、 -1 は逆行列を表す。

表 4 に示すように、2 群の平均の規格化距離 ($|M_1 - M_2| / SD$) の最も大きな変数は気温である。このときの

D^2 は 4.143 であり、その誤判別の期待確率は正規分布表から

$$Pr(u > D/2) = Pr(u > 1.0177) = 0.154$$

となる。また、 F_0 値は 23.77 であり、 $F(1, 21; 0.01) = 8.02$ と比較して有意である。つまり、気温は 2 つの群の判別に有用な要因であることが判った。

気温の次に取り入れられる変数として風速を追加したときに D^2 が最大を示し 8.519 となり、風速が加わることによる D^2 の増加分は 4.376 である。本ケースの誤判別の期待確率は

$$Pr(u > 2.9187/2) = 0.072$$

となり、気温だけの場合よりも誤判別確率は著しく減少している。風速を追加することによる統計的有意性は F 検定から $F(2, 20; 0.01) = 5.85 < 23.28$ と求められ、有意水準 1% で有意となる。同様に、第 3、第 4 ステップに取り入れられる変数はそれぞれ降水量と日照時間であるが、それらの変数を追加したことによる誤判別確率は概ね 6% と幾分減少するもののその確率は気温と風速の 2 変数を取り入れた場合と比較して大差は認められない。

したがって、A グループと他のグループの判別に寄与する気象要素として特に気温と風速があげられ、遺跡の多数立地する地域 (A グループ) の気象特性は他の地域と比較して相対的に寒冷で風の弱い場であることが示唆された。このような気象の特徴は、当該地域が主として谷あいの傾斜地で地形の複雑なことによるためと考えられる。

4. むすびにかえて

縄文期の集落(遺跡)は河川近傍の傾斜地に多く認めら

れ、これら遺跡の多数立地する地域の気象特性として比較的寒冷で風の弱いことがあげられた。このような気象条件はコナラ・クリなど落葉広葉樹林の生育に適しここではその生産物である堅果類など自然食糧資源が豊かな場であったであろうし(安田, 1980; 小山, 1984), なかでも風の弱いことは、人間が快適な生活を送る上で基本的な条件のひとつであったかも知れない。以上のことを踏まえ縄文期の集落の場の特徴をとりまとめると次のように要約されよう。

生活維持

水・食糧の豊かな場

風の弱い場

軍事的防備

傾斜地(害敵から身を守ることの可能な地形構造)

一方、魚介類の蝸集のみられる場の条件として「まえがき」で述べたように、例えば好漁場域の海底地形の特徴は海底の隆起域や海底地形の複雑で変化に富んだこととまとめられる。そして、そのような場に魚介類の集まる理由は、餌料が豊富で索餌場・産卵場として優れていることや避難場・逃避場として活用されやすいことなどがあげられている。

ここで人間と魚介類との間の連続性だけを強調する訳ではないが、前述のように遺跡の多数立地する地域の気象特性のひとつに風の弱いことが抽出されたことから魚介類の蝸集原理のひとつに流れの弱いことを加えることができるかも知れない。事実、動物プランクトンの成群(スクール, スーム)は主として魚礁背後の流れの緩やかな後流域に形成されることが認められている(柿元ほか, 1983; 木元, 1987)。ただ、礁における魚群の分布は潮上側に位置するケースが多いようであるが(柿元, 1982), 礁背後の後流域にアジの集群がみられた事例もあり(安永ほか, 1986), 魚介類の分布に及ぼす流れの影響を明らかにすることはこれからの重要な研究課題といえる。

今後、魚介類の蝸集の原理を的確に捉えるために、いわゆる高等動物と魚介類との間の不連続性にも注目しつつ進化の段階の進んだ動物の「群れ」や「行動」に関する知見を検討しその適用可能性をさぐることも有効な研究の手段にならないであろうか。将来、蝸集に関する知見が深まり効果的な漁場の造成がなされることを期待したいものである。

最後に、本小論に対して参考図書を紹介の他、貴重な御意見を賜った未知なるレビュアー氏に心から謝意を表するものです。

文 献

- 浜島謙太郎 (1967) 観測例に基づく魚群形成の一要因。水産海洋研究会報, **11**, 94-98.
- 花本栄二 (1971) オーストラリア東沖とニュージーランド周辺のミナミマグロ漁場と海底地形の関係。水産海洋研究会報, **19**, 117-122.
- 花本栄二 (1978) マカジキに関する水産海洋学的研究一Ⅲ, サンゴ海におけるマカジキ漁場と海底地形との関係。水産海洋研究会報, **32**, 19-26.
- 柿本 皓 (1982) 魚礁の規模と配置について。水産土木, **18**(2), 43-52.
- 柿本 皓・大久保直直・板野英彬・新井健次 (1983) 魚礁における動物プランクトンの分布様式について。水産土木, **19**(2), 21-28.
- 木元克則 (1987) 沿岸浅海域における動物プランクトンの群の形成と海底地形の関わり。水産土木, **24**(1), 31-36.
- 小山修三 (1984) 縄文時代—コンピュータ考古学による復元。中公新書, 733, 206 pp.
- 松本清張 (1985) 長岡京廃都の謎。岩波書店, 図書, **1**, 26-31.
- 湊 正雄・井尻正二 (1966) 日本列島。第二版, 岩波新書, 589, 221 pp.
- MORISHITA, M. (1959) Measuring of the dispersion of individual and analysis of the distributional patterns. Mem. Fac. Sci, Kyushu Univ. Ser. E (Biol), **2**, 215-235.
- 中村 充 (1979) 流れ環境から見る人工礁漁場。水産土木, **15**(2), 5-12.
- 中野効四郎 (1979) 岐阜県の歴史。県史シリーズ 21, 山川出版社, 262 pp.
- 新野 弘 (1966) 海底地形と漁場。現代地理学講座 5, 河出書房, 94-117.
- 農村開発企画委員会編 (1983) 集落空間の計画学—農村集落のかたち—。農村工学研究, 農林統計協会, 128 pp.
- 奥野 忠・久米 均・芳賀敏郎・吉澤 正 (1975) 多変量解析法。日科技連, 430 pp.
- 佐藤 修 (1977) 人工礁に関する諸問題。沿岸海洋研究ノート, **14**(1, 2), 88-100.
- 下村敏正 (1967) 日本海, 西日本海域の海底地形関連漁場と海況。水産海洋研究会報, **11**, 54-58.
- 塚田松雄 (1967) 過去一万二千年間: 日本の植生変遷史 I。植物学雑誌, **80**, 323-336.
- 山口裕一郎・陣野哲朗・石倉 勇・内田 誠・川股俊二 (1984) 熊野灘沿岸域における海底地形と魚付について。三重大水産研報, **11**, 11-21.
- 安田喜憲 (1980) 環境考古学事始。NHK ブックス, 365, 270 pp.
- 安永義勝・武内智行・日向野純也・乃万俊文 (1986) 魚礁漁場における物理化学環境と魚類の蝸集機構に関する研究—Ⅲ。一並型, 大型人工魚礁における流動環境と蝸集魚の生態に関する調査事例—。水工研技報, 水産土木, **7**, 53-87.
- 宇田道隆 (1961) 海洋漁場学。恒星社厚生閣, 347 pp.
- 宇田道隆 (1984) 海と漁の伝承。玉川大学出版部, 342 pp.