

論文

縄文時代の人口密度分布と土壤の肥沃度

若月利之・三輪睿太郎

縄文時代の人口密度分布は弥生時代とかなり異なり、関東、中部、東北で高く、近畿、中国、四国地方で低かったという小山修三の結果を、土壤の肥沃度の大小で説明することを試みた。全国各県から収集した3000点以上の水田及び畑土壤の肥沃度分析の結果を各県別、地域別に図示して、小山の人口密度分布図と比較した。この結果、土壤の塩基交換容量、交換性カルシウム等の肥沃度指標の大小が縄文時代の人口密度の高低差とよく一致することを見いだした。人間生存の地理的分布を決める要因として水が制限条件にならないわが国では、食糧生産を規定する土壤の肥沃

度が重要であること、この土壤肥沃度が火山活動等の地質学的施肥作用によって維持されていることを考察した。

弥生時代以降は逆に西日本で人口が急増したのは、水田農業がこの地域で最初に始まり、又、初期の水田農業に適した地形と土壤を有していたためと推定した。一方、縄文人の生活を支えた火山灰土壤は水田農業にはあまり適してはいなかった。

世界的に見ても、人口密度の地理的分布は地球の営みとしての地質学的施肥作用、その結果としての肥沃な土壤の分布と一致することも示した。

1. 世界の人口密度分布

人間はどのような環境のところに住んでいるのであろうか。マクロに見た場合人口分布を決める要因はなんであろうか。都市への人口集中は社会経済的要因が大きいことは理解できるが、都市成立の基盤となる周辺地域の人口分布に見られる極端な高低差の原因は何であろうか。

図1に世界の人口密度分布と年間降雨量分布を示した（若月1985, p412）。黒点の集中している地域が人口密集地である。図から分かるように人口密度分布は降雨量（あるいは河川による水供給）による制限を受けていることは明瞭である。ナイルデルタのエジプト等を別にすれば、蒸発散の少ない温帯地域では年間降雨量が500-1000m以上の地域、蒸発散の多い熱帯地域では1000-2000m以上の地域にのみ高人口密度分布域が存在する。

しかし、赤道をはさむ熱帯を東南アジア、アフリカ、南米と見ていくと高い人口密度は斑紋状に分布していることが分かる。降雨量が十分あるにも関わらず、ザイール盆地のように人口密度の空白地帯も広い。東南アジアのインドネシアでは、ジャワ島の人口密度が1000人/kmに近いのに、スマトラ、カリマンタンは各60, 14人/kmと大きな差がある。南米ではアマゾンの熱帯雨林の人口密度は極端に小さい。一方、中米の火山地帯の人口密度は高い。

これらの人口密集地帯では、単位面積当たりに使用可能な水が十分有ることに加えて、この地域の土壤の自然肥沃度が高くなっている。全地球レベルにおける定量的な評価は今後の課題

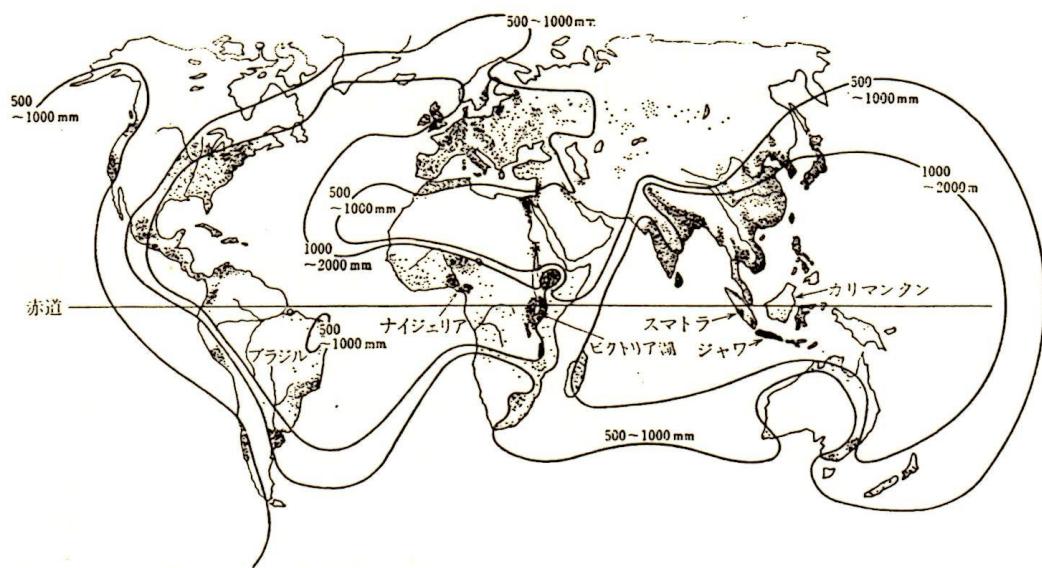


図1 世界の人口密度分布と年間降雨量分布（若月1985, p412）
黒点の集中している地域が人口密集地である

であるが、土壤の自然肥沃度を高くしているのが地球の営みとしての、川（水）による沖積作用、風による塵（レス＝黄砂）の運搬作用、火山活動による火山灰や溶岩の供給等の、地質学的施肥作用である。

縄文時代の人口密度分布という主題から離れるが、以下に自然環境要因が比較的大きいと考えられるアフリカ大陸を例としてやや詳しく考察して見よう。

2. アフリカ大陸の人口密度分布と土壤の地質学的施肥量

図2は1979年の国連推計に基づくアフリカの人口分布図（Murray 1981, 日野舜也監訳, 1985, p22）に、図1と同じく500と1000mmの年平均降雨量線を書き入れたものである。1から16までの数字は土壤の肥沃度を調査した地点を示し、肥沃度分析の結果を表1に示す。

人口密度の高いケニアのNyaga (No.1)、タンザニアのArusha (No.2)、ザイールのGoma (No.3)、ナイジェリアのBende (No.6)、Ibadan (No.7)、Zaria (No.9)、スーダンのKhartum (No.16) 地域には交換性カルシウムやCEC（塩基交換容量）の大きな、肥沃な土壤が分布する。一方人口密度の小さい、ザイールのKindu (No.4)、Kikwit (No.5)、ナイジェリアのBida (No.8)、シエラレオーネのMakeni (No.10)、リベリアのGbarnga (No.11)、ブルキナファソのBanfora (No.14) 地域の土壤肥沃度は極めて小さい。

このような土壤肥沃度の差をもたらしているのは、各地域の受けける地質学的施肥量のあるように思える。地質学的施肥とは不可逆的過程である岩石の風化や土壤の生成反応に出発物質を供給し、土壤に適度の若返りを行う地球の営みであると定義する（若月1985, p413）。そのため、土壤の肥沃度（交換性カルシウムや塩基交換容量等）が高く保たれる。

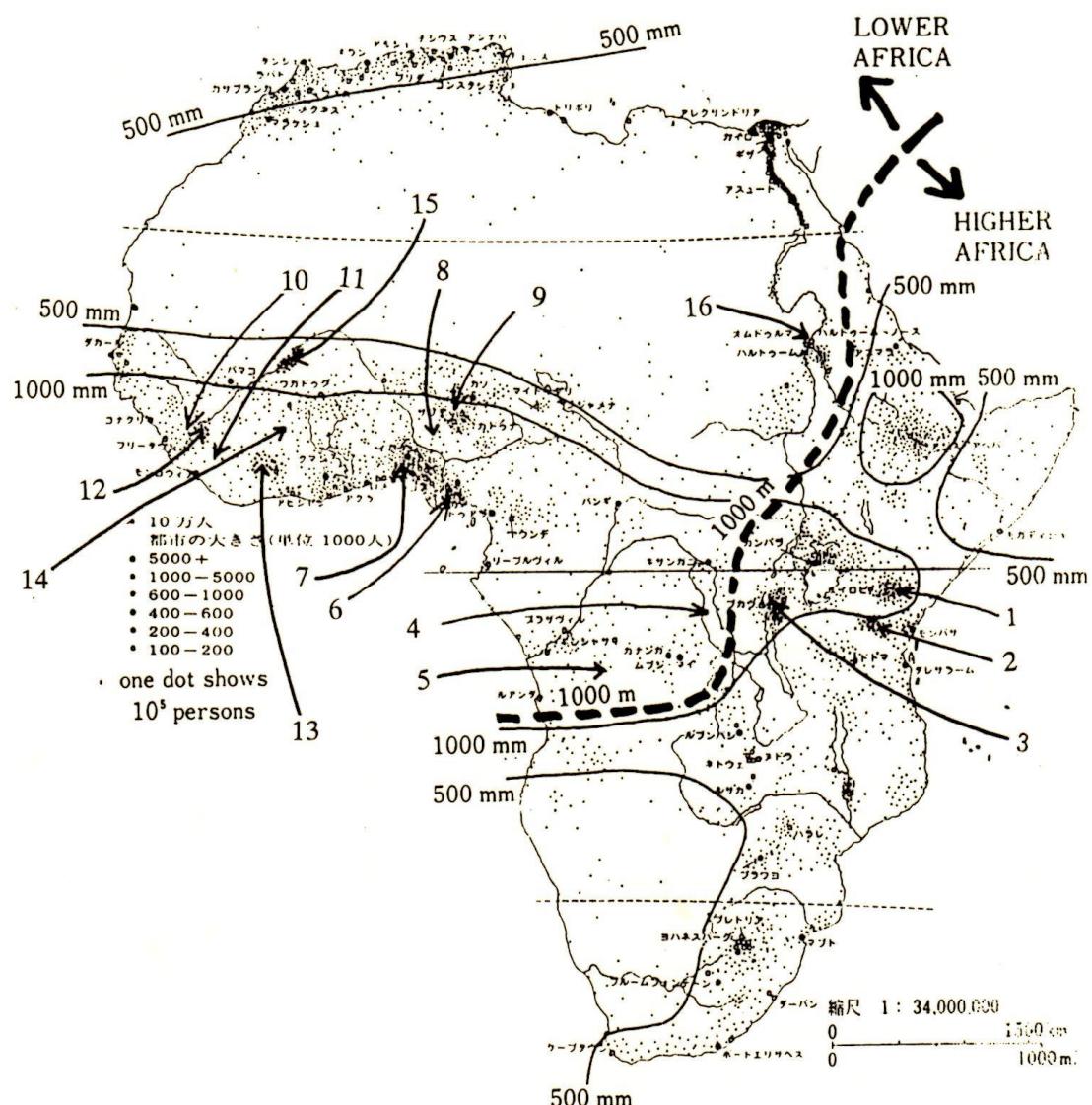


図2 アフリカ大陸の人口密度と年間降雨量分布（日野1985, p22）

図中の番号は土壌の肥沃度を調査した地点を示し、結果は表1に示した。

地質学的施肥を行う地球の営みには、大別してつぎの3つがあると思われる。

1) 河川水の沖積作用：毎年あるいは数十年毎に繰り返される洪水は上流の集水域で生成する肥沃な土壌をもたらす。エジプトがナイルの賜であることはよく知られている。4大文明発祥の地はいずれも沖積平野であった。その他、日本を含めアジアの沖積平野は人口密集地帯である。図2の番号を挙げた例ではNo. 6のBende, No.16のKhartum地域の土壌が肥沃な理由となっている。

2) 火山活動：エチオピア高地、ビクトリア湖周辺のケニヤ、ウガンダ、ルワンダ、ブルンジ、極東ザイール地域の土壌肥沃度は、数百年あるいは数千年毎に繰り返される火山活動により供給される火山灰や塩基性の溶岩等が、土壌への地質学的施肥となっている。日本を含め、環太

表1 热帯アフリカにおける表層土壤の肥沃度と人口密度との関係

地点 番号	国名(地名)	交換性Ca	酸度	塩基交換容量(CEC) ---(me/100g)---	人口密度
1	ケニヤ(Nyaga)	7.9	0.1	12.7	高
2	タンザニア(Arusha)	17.2	0.1	22.2	高
3	ザイール(Goma)	26.0	0.1	32.9	高
4	ザイール(Kindu)	0.2	2.0	2.7	低
5	ザイール(Kikwit)	0.3	1.0	1.8	低
6	ナイジェリア(Bende)*	23.1	0.4	28.6	高
7	ナイジェリア(Ibadan)**	7.0	0.2	9.9	高
8	ナイジェリア(Bida)	1.0	0.7	2.1	低
9	ナイジェリア(Zaria)***	7.0	0.2	9.5	高
—	ハルマッタンダスト***	23.8	0.0	35.3	—
10	シエラレオーネ(Makeni)	0.9	1.3	2.7	低
11	リベリア(Gbarnga)	0.7	1.9	3.5	低
12	ギニア(Kissidougou)	3.2	1.5	6.1	中
13	コートジボワール(Bouake)	2.8	1.0	5.6	中
14	ブルキナファソ(Banfora)	1.5	0.5	3.4	低
15	マリ(Mopti)	5.4	1.9	12.4	中
16	スーダン(Khartum)****	43.9	0.0	70.0	中
	日本水田平均*****	9.3	0.4	13.3	高
	熱帯アジア水田平均*****	10.9	0.1	17.9	高

*Kosaki(1982, p120)

**Fagbami(1990, p188-189)

***Morberg et al(1991, p76)

****Adam and Fadul(1985, p194)

*****Kawaguchi and Kyuma(1977, p85)

平洋火山帯の台湾、フィリピン、ジャワ、チリ、ペルー、コロンビア、メキシコ、カリブオルニア等は火山の恩恵を受けている。マヤ文明やインカ文明は肥沃な火山灰土壤による高い農業生産力をベースにして成立した。図2の例ではNo. 1のNyaga、No. 2のArusha、No. 3のGoma地域が肥沃な理由となっている。エジプトはナイルの賜であることはまちがいないが、同時にナイル川の集水域を肥沃な土壤にしているグレートリフトバレイ（大地溝帯）の火山活動の賜でもあることにも注意せねばならない。マリの内陸デルタの土壤肥沃度がナイルデルタ等より低いのは、ニジェール川の源流部には肥沃な土壤を生成させる火山活動がないからである。ザイール川もリフトバレイの火山活動の恩恵を受けていない。

3) 風によるレス（風成塵=黄砂）の堆積作用：ナイジェリア北部では毎年乾期の12-1月にはサハラ砂漠から吹くハルマッタン風が大量のレスを沈積させる。ギニヤ湾岸の都市ラゴスでも

ハルマッタンドストが日射を遮り、一時的に気温が低下して大変しのぎやすくなることさえある。表1の中程にこのハルマッタンドストの肥沃度分析の結果を示したが、極めて肥沃度が高いことが分かる。図2のNo. 9のZaria地域ではこのようなレスによる肥沃な土壤の生成が見られる。サハラ砂漠からのレスは遠くヨーロッパ大陸にも到達している。中国東部や日本も黄土高原からの黄砂の恩恵を受けている。この意味で沙漠といえども地球や人間の生存にとって全く不用のものではない。コンゴ低地は十分な水に恵まれながら火山活動もサハラの恩恵も受けていないため、極貧栄養の砂質土壤が広がり低人口密度地帯となっている。

最近の研究によると (Zhuang et al 1992, p537, Martin et al 1990, p156), 地球温暖化にともなう砂漠の拡大は風成塵の量を増加させ、これが極地の海洋プランクトンへの地質学的施肥作用となり、プランクトンの大増殖をもたらし、大気中の炭酸ガスを固定後、深海底に堆積させる、という地球環境維持のフィードバック機構の存在が推定されるようになっている。

3. 人と土：人間生存の制限因子となる土の中のカルシウム

表2に地殻、土壤、河川水、陸上植物、人体の平均組成を示した (Kyuma & Kawaguchi 1977, p102, Bowen 1979, p36-62, 松島・高島1984, p111, 若月1985, p409, Wakatsuki & Rasyidin 1992, p254)。地殻を構成する火成岩が地表下で風化作用を受けて土壤が生成する。この風化土壤生成作用は、太陽放射をエネルギー源として、水と炭酸ガスの作用を受けて、岩石が物理的に粉碎され、化学的かつ生物学的に無機養分を放出し、生物にとって吸収可能にする、一種の「岩石の消化作用」であると言える。炭酸水（最近では酸性雨によって硝酸や硫酸水であったりする）によって消化抽出されたうちの溶解成分は河川水となり、最終的には海水となる。この消化抽出過程で各種の化学変化を受けてできたものが土壤である。かくして、水（河川）と土はワンセットとして生成する。この意味で、水が土を作り、土が水を作るのだと言える。肥沃な土壤地帯を流下する河川水中の無機養分は豊富である。

一方、岩石から土壤ができる過程を考えてみると、土壤中に残留しやすい元素の河川水中の濃度は低い。アルミニウム、鉄が代表である。比較的溶解性の高い元素でも、例えばカリウムとナトリウムを比較しても同じことが言える。両者とも地殻中の平均濃度は同じ程度であるが、カリウムは土壤生成の過程でできる粘土鉱物に固定されやすいため、土壤中濃度は比較的高くなっている。逆に河川水中の濃度は低い。土に根をはる植物がカリウムを特に要求し、海を起源とする動物がナトリウムも要求するのは風化過程におけるナトリウムとカリウムの挙動の差異を反映している。カルシウムもナトリウムと同様、土壤には残りにくく河川に放出されやすい元素である。マグネシウムはカリウムに似ている。ケイ素の一部はカルシウム、マグネシウム、ナトリウム、カリ等の溶解の際に同時に放出されるため、河川水中の濃度が比較的濃度が高くなる。日本の火山地帯を流れる川のケイ素濃度はカルシウムと同様高い（小林1971, p36-41）。

火山ガスと大気起源である炭素、窒素、イオウ、塩素は特異である。塩素を除けば土壤中に

表2 人間生存の地理的分布を決める要因となりやすい無機元素はなにか

平均組成(乾燥重量当たり、ただし、河川水と海水を除く)						
	地殻	土壤	河川水(海水)	陸上植物	玄米*	人間
Ca	4.1%	1.3%	15(410)ppm	1.8%	0.1%	4.0%
P	0.1%	0.07%	0.02(0.06)ppm	0.2%	0.2%	2.0%
Cu	55ppm	20ppm	0.006(0.005)ppm	14ppm	10ppm	7ppm
Al	8.2%	9.3%	0.3(0.002)ppm	500ppm	60ppm	1ppm
Fe	4.1%	4.5%	0.5(0.002)ppm	140ppm	40ppm	150ppm
Si	27.7%	33.0%	7.0(12)ppm	1000ppm	500ppm	80ppm
Zn	70ppm	50ppm	0.016(0.005)ppm	100ppm	30ppm	100ppm
K	2.1%	1.6%	2.2(400)ppm	1.4%	0.3%	0.7%
Mg	2.3%	1.2%	4.0(1300)ppm	0.3%	0.15%	0.1%
Mn	950ppm	850ppm	0.008(0.002)ppm	630ppm	50ppm	2ppm
C	200ppm	2%	---	45%	45%	47%
N	20ppm	0.1%	---	3%	3%	10%
S	260ppm	700ppm	3.8(910)ppm	0.3%	0.15%	1.1%
Cl	130ppm	100ppm	7.2(19000)ppm	2000ppm	100ppm	4000ppm
Na	2.3%	0.5%	6.0(11000)ppm	0.1%	0.01%	0.6%
Mo	1.5ppm	1.2ppm	0.0005(0.01)ppm	0.9ppm	----	0.2ppm
B	10ppm	20ppm	0.015(4.4)ppm	50ppm	----	0.2ppm

*縄文時代の食糧資源として重要な堅果類の組成は以下である(科学技術庁資源調査会、1984,69-72)。

シイの実: Ca 0.10%, P 0.13%, Fe 140ppm, K 0.63%

クルミ: Ca 0.09%, P 0.29%, Fe 270ppm, K 0.57%

クリの実: Ca 0.06%, P 0.16%, Fe 200ppm, K 1.26%

顕著に富化している。これらは主として土の腐植物質中に含まれる。一方、塩素は土壤中に固定される傾向がないため、河川水中に放出され最終的にはナトリウムとともに海水の主成分となる。

一次食糧資源である陸上植物と人間の平均元素組成を比較すると興味深いことが分かる。人体の組成が植物に比べ顕著に高くなっている元素はカルシウム、リン、窒素、イオウ、塩素、ナトリウムの6つある。その他はあまり変化がないか、植物中の濃度が高くなっている、植物→人間への過程で不足することは普通あまりないことがわかる。

人間生存の制限因子となりやすい元素のうち、タンパク質の成分である窒素とイオウの要求性は高い。しかし両者とも大気起源であり、人間生存の地理的分布を決定する要因にはならないと思われる。ただし、火山ガス起源のイオウの可給性は火山地帯で高いという傾向はあるかも知れない。ナトリウムと塩素は塩となる。古来、塩は重要な交易品であった。さいわい、人間の必要量はカルシウムやリンと比べて5分の1から7分の1程度にすぎないため、塩の入手

の有無が人間生存の地理的分布を決定する要因とはならないと思われる。

結局残るのはカルシウムとリンである。両者は人体の骨格成分であるだけでなく、人間生存と繁殖のカギとなる元素であることが明かになりつつある。リンは生命活動のエネルギー源として、カルシウムは体内での諸反応に広範な調節機能を有するばかりでなく、受精のような基本的生命活動に不可欠であることも最近明かにされている（日高1990, p1-16）。重要なことは骨が人体の物理的基盤を強固にするという機能だけでなく、カルシウムとリンのプールとなっていることであろう。

カルシウムとリンは岩石起源であり、岩石→土壤+河川水→植物→動物（人間）への養分移行の過程で、人間生存の地理的制限要因となる可能性が高い元素であることがわかる。今のところどちらがより重要だと言ふことを判断する材料はあまりない。しかし、表2に示したように玄米、あるいは縄文時代の食糧資源として重要なシイ、クルミ、クリ等の組成を見ると、リンはカルシウムより多く含まれ、カルシウムの制限条件がより厳しいことが示唆される。又、一部特殊なアルカリ土壤を除けば、一般に交換性カルシウムが豊富な中性土壤は植物に対するリンの可給性も高くなる（Brady 1990, p208）。土壤微生物の行う大気窒素の固定反応もカルシウムが十分にある土壤のほうが活発である。従って、筆者はリンよりもカルシウムのほうがより重要であると考えている。図2と表1に示したように、アフリカ大陸の人口密度分布が土壤中の可給性カルシウム（交換性カルシウム）やCEC（塩基交換容量）の高い地域と一致するのはこのためであると考えられる。

4. 縄文時代の人口密度分布と土壤肥沃度

かなりの遠回りをしたが、ようやく本題に入りたいと思う。図3と4は土壤の肥沃度の指標として、塩基交換容量（CEC）と交換性カルシウムの分析値の平均を県別に、又、水田と畑土壤を別にして示したものである。交換性カルシウムは植物養分の可給性の指標であり、塩基交換容量は土壤の養分保持供給能の一般的指標である。土壤肥沃度のかなりの部分を説明し得る指標である。図3と4を比較すればわかるように交換性カルシウムと強い相関がある。又、県別平均に加え小山修三氏（佐々木高明1991, p213で引用）の縄文弥生期の推定人口密度分布（図5）の地域区分ごとの平均も示した。さらに交換性カルシウムのデータをまとめた図4にはカルシウム飽和度（%）も示した。これは塩基交換容量に対する交換性カルシウムのパーセントであるが、土壤の酸性度の目安になる。土壤酸性を中和する塩基としては、カルシウム以外にも交換性マグネシウム、カリ、ナトリウム等もあるので、カルシウム飽和度が40%以下の土壤は酸性度が強いと考えてよい。図3と4を作るためのもととなったデータは、昭和34年から53年にかけて全国の都道府県で実施された地力保全基本調査結果である。調査土壤断面は約3300で、表層土と次層の分析値の平均値を用いた。各県ごとの土壤断面数は水田が12-89点、畑が6-57点であるが、表層と次層も別に分析したので、総分析点数はおのおのこの2倍になる。これらはデータベースとして保存利用が計られている（織田他1987, p112-131, 土壤保

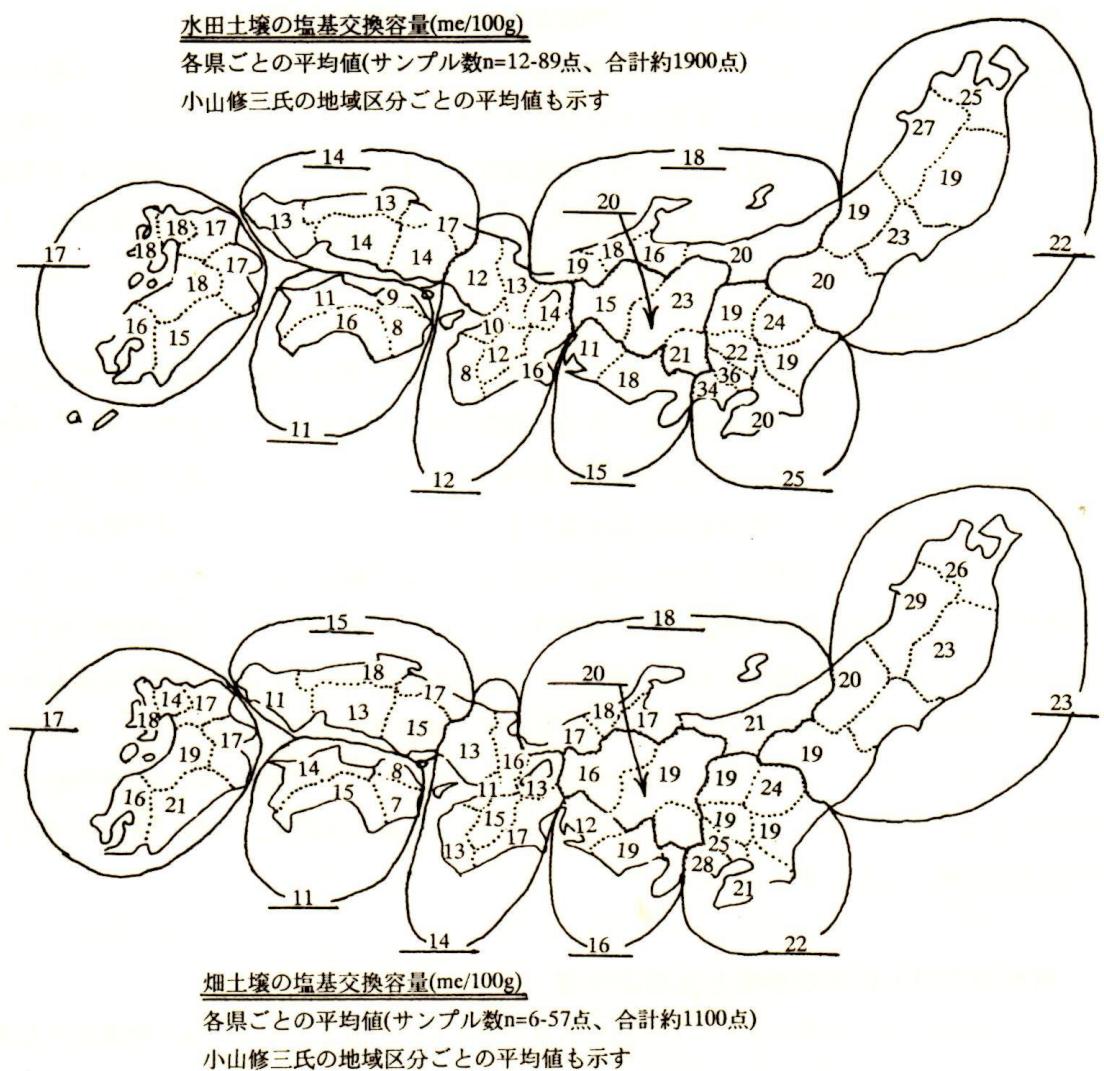


図3 日本の畑土壤と水田土壤の塩基交換容量

全調査事業全国協議会1991)。

図5の推定が正しいとすると、縄文時代の人口分布は東日本の落葉広葉樹林帯で高く、西日本の照葉樹林帯では低かった理由として、佐々木(1991, p214-215)は前者は後者に比べ大型の堅果類が多く、サケやマスの遡上もより多いこと、生活空間がよりオープンであったことが、縄文人の生活にとってより好適であったためと、説明した。一方、西田(1985, p138-139)は遺跡発見密度から人口密度を推定した小山のデータの限界性を踏まえながらも、東日本と西日本の環境要因で人口密度分布に影響を与える種々の要因を解析した結果、唯一第4紀の火山灰や火山性噴出物の分布と縄文中期の人口密度がよく一致していることを見いだした。

図3の塩基交換容量も図4の交換性カルシウムの分布いずれもが縄文時代の人口分布とよく一致している。特に交換性カルシウムは関東と中部地方が高く、西日本はかなり低い。畑土壤

縄文時代の人口密度分布と土壤の肥沃度

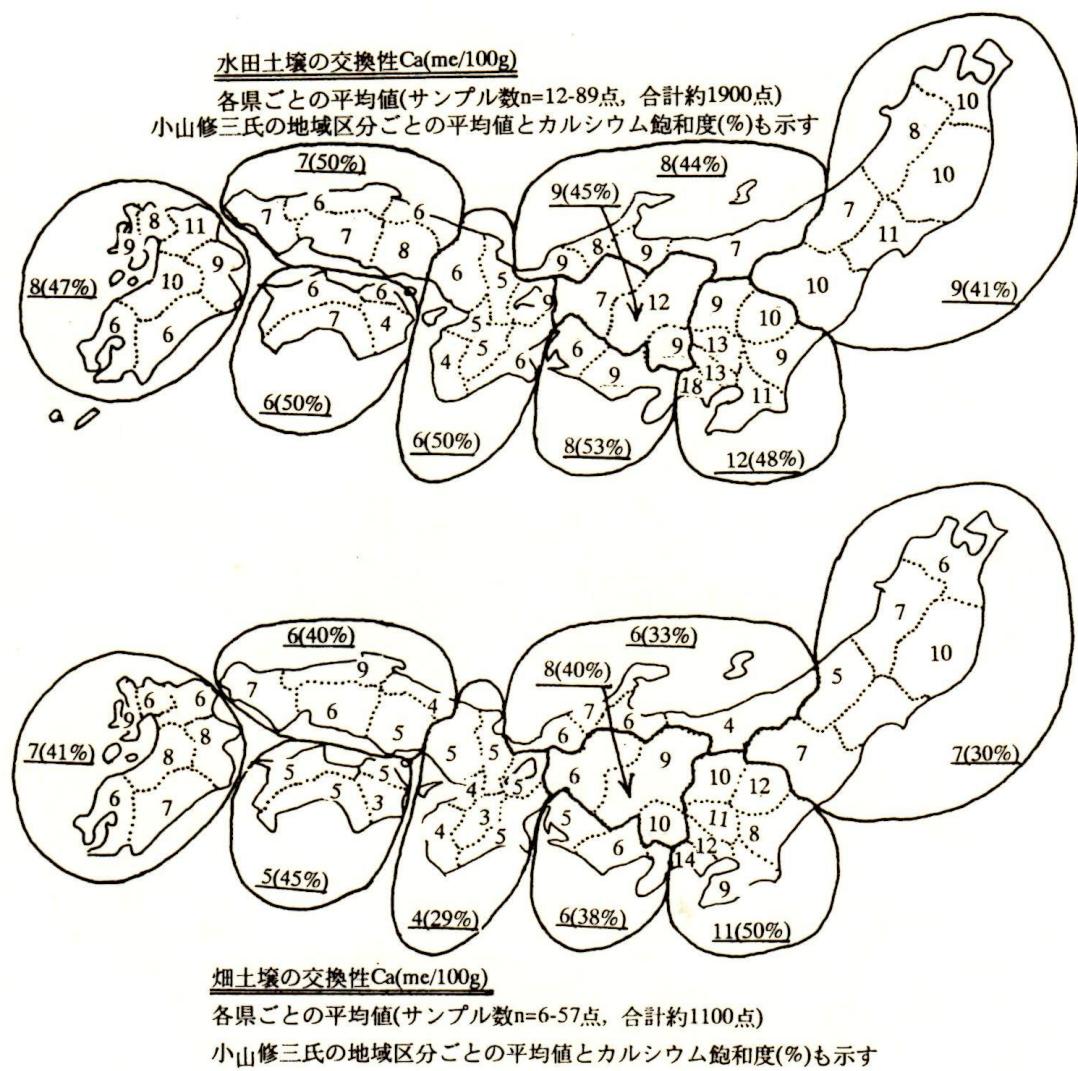
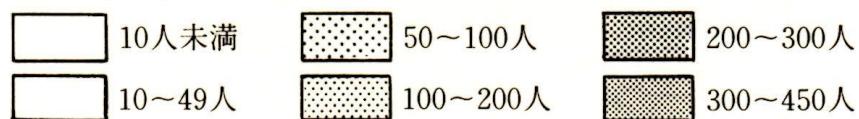


図4 日本の畑土壤と水田土壤の交換性カルシウム含量

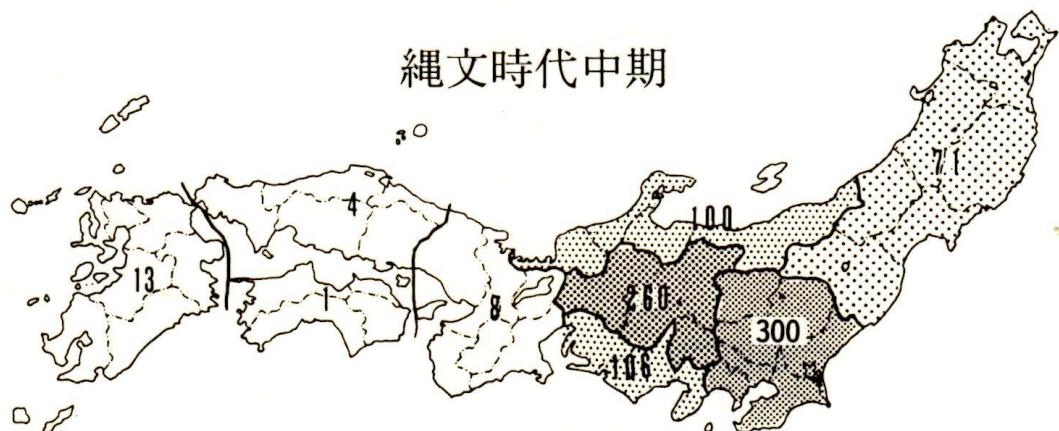
では土壤肥沃度の差はさらに顕著で、最高5倍近い差がある。水田土壤では差が緩和されるがそれでも、関東、東北、中部地域が近畿、中国、四国地域の土壤に比べかなり肥沃であることは明瞭に示されている。

土壤の肥沃度は第4紀の火山活動の分布に一致することも又、明瞭である。土壤の肥沃度を維持する地質学的施肥作用の重要性を示している。これまで日本の土壤肥料学では、火山灰土壤の酸度とリン酸固定の大きさの故に、火山灰土壤=低肥沃度土壤としてきた。しかし、これがあくまでもすでに1000年以上世界的にみても最高水準の人口扶養力を維持してきた水田や、都市近郊の商業的農業の基盤として高度の肥沃度管理を行ってきた既存の畑と比較した場合の相対的なものにすぎない。稻作導入前の作物生産の場として見れば、日本の火山灰土壤の肥沃度はむしろ高いものであったと思われる。図3や4の肥沃度分析の結果にどの程度施肥の影響が加わっているかについては論証の必要があろう。この点に関し、小林（1971, p36-41）は

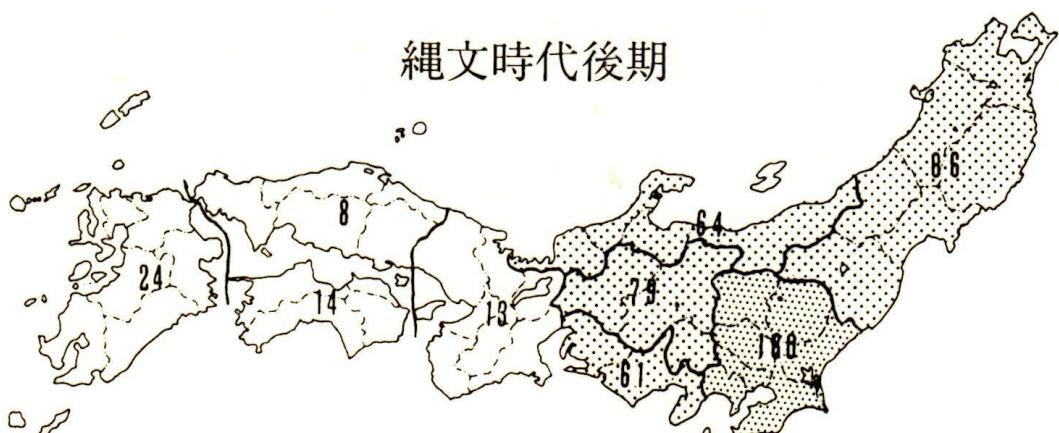
100km²あたりの人口



縄文時代中期



縄文時代後期



弥生時代

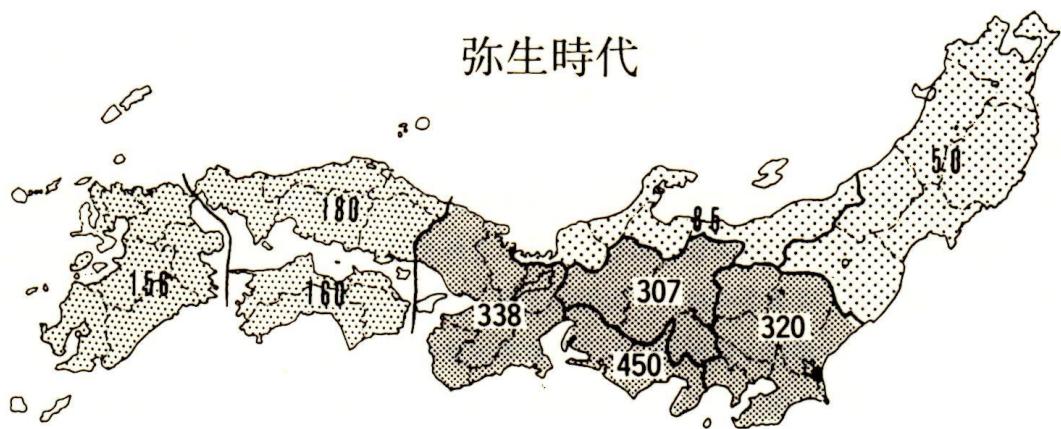


図5 日本の縄文時代と弥生時代の人口密度分布（小山修三氏の原図を佐々木(1991, p213)が引用したものをさらに引用した）

全国225河川中のカルシウム濃度を測定し、河川水中のカルシウムの濃度は4.9ppm以下から15ppm以上まで分布することを明らかにした。小林によるカルシウムの高濃度河川の分布は、図4に示した土壤の交換性カルシウムの分布とよく一致する。このようにカルシウムの地理的分布は人為的な要因よりも、むしろマクロな自然環境に支配される。さらに、本質的に土壤母材の性質に依存し、人為的な影響を受けにくい塩基交換容量（CEC）の分布が交換性カルシウムと同じ傾向を示すことから、第4紀火山活動＝肥沃な土壤の生成＝高い人口扶養力（人口密度）の関係が実証される。

又、現在見られる黒ボク土壤の起源は火山灰の堆積によって生成した草原植生であると考えられている。このように火山灰の堆積は植生にも影響を与えた。落葉広葉樹林がオープンであった以上に、火山性噴出物は森林植生をよりサバンナ的な植生に変えたと思われる。火山活動は短期的には人間にとて大災害を与えるが、長期的には縄文人に、より好適な草原的な環境を用意したのではなかろうか。そうはいっても火山活動は短期的には人間にとては破壊的でありうる。縄文晩期の異常な人口減少（西田1985, p124-125）は大規模な火山活動と関係あるのかもしれない。

5. おわりに：弥生時代の人口急増と分布の平準化に果たした水田農業の役割

縄文時代には低かった西日本の人口密度はなぜ急激に増加できたのであろうか。弥生時代はよく知られているように水田の時代である。水田農業技術は韓国あるいは中国からまず西日本に入ってきたと考えられる。ところで、関東平野を見れば分かるように、火山灰土壤は漏水しやすいという問題と、地形的に水が得にくいという問題によって、簡単には水田は造成できない。一方、西日本の近畿、中国地方には高い山ではなく中山間地帯である。奈良盆地のように丘陵地帯に小川がながれている小低地が多い。このような小低地では比較的簡単な土木技術で水田造成が可能であったと思われる。縄文人の生活を支えた火山灰土壤地帯は弥生時代の水田農業の適地ではなく、逆に西日本には水田農業の適地が多かったことが、縄文と弥生時代のコントラストをさらに強調しているように思える。

いったん水田農業が可能にさえなれば、持続的で生産力の高い水田農業技術は縄文時代には人口支持に不十分であった西南日本地域の土壤の生産力を高くしたと思われる。水の集まる低地にある水田では、低地面積の10倍程度はある集水域の山地で形成されて、低地に流れ落ちてくる肥沃な表土を蓄積できる。同時に養分を溶かしこんだ河川水も水稻生育に使えるからである。言わば山地という巨大なストックの生み出す利子（土と培養水）を有効に利用できるのである。水田農業は河川水が行う沖積土壤の生成という地質学的施肥作用を、人工的に補強できる農業システムであると言える。

縄文時代の丘陵地を主とする土地利用に比べ、水田の持続的生産力はどの程度高いのであろうか。単純に10倍の面積の山地で生成する土と、その際に河川に解放される無機養分の有効利用を考慮すれば、縄文時代の丘陵地の最大20倍の生産性は推定できる。現在の熱帯アフリカの

例（若月1991, p312）ではアップランドにおける焼畑移動耕作の陸稻収量は約1t/ha（穀ベース）である。低地の水稻作では無肥料でも2.5t/haは可能である。しかも移動耕作では肥沃な土壤でも、持続的な生産を行うには10年で1-2作程度しか作付できない。一方低地の水稻は連続して作付できる。単純に $2.5 \times (5-10)$ で計算しても、12.5-25倍の生産力になる。水田農業がいかに革命的な農業技術であったかが分かる。

文献

- 土壤保全調査事業全国協議会編 1991 日本の耕地土壤の実態と対策, 博友社, 東京
日高弘義 1990 カルシウム受容タンパク質, 講談社サイエンティフィック, 東京
日野舜野監訳 1985 「図説世界文化地理大百科, アフリカ」朝倉書店《Murray, J., Cultural Atlas of AFRI-CA. Oxford: Elsevier Oxford Ltd.》
科学技術庁資源調査会 1983 四訂 食品成分表, 女子栄養大学出版部, 東京
小林 純 1971 水の健康診断, 岩波書店, 東京
松島美一, 高島良正 1984 生命の無機化学, 広川書店, 東京
西田正規 1985 「第4章 繩文時代の環境」岩波講座, 日本考古学2, 人間と環境
織田健次郎, 三輪睿太郎, 岩元明久 1987 地力保全基本調査代表断面データのコンパクトデータベース, 日本土壤肥料科学雑誌, 58:113-131
佐々木高明 1991 日本の歴史(1) 日本史誕生, 集英社, 東京
若月利之 1985 土と海と人と一つの土壤生成論の試み, 化学と生物, 23:408-414
若月利之 1991 サブサハラの熱帯アフリカの再生と水田農業の可能性, 热帯農業, 35:306-314。
ADAM, A. I. and FADUL, H. M. 1985 World Soil Resource Reports No. 56, FAO, Rome
BRADY, N. C. 1990 The nature and properties of soils, Macmillan Pub., New York
BOWEN, H. J. M. 1979 Environmental Chemistry of the Elements, Academic Press, London
FAGBAMI, A. and AJAYI, F. O. 1990 Valley bottom soils of the sub-humid tropical south-western Nigeria on basement complex: Characteristics and classification, Soil Sci. Plant Nutri., 36:179-194
KAWAGUCHI, K. and KYUMA, K. 1977 Paddy soils in tropical Asia, Their materials, nature and fertility, The University of Hawaii Press.
KOSAKI, T. 1982 IITA Annual Report 1982, IITA, Ibadan
MARTIN, J. H., GORDON R. M. and FITZWATER S. E. 1990 Iron in Antarctic waters, Nature, 345:56-158
MOBERG, J. P., ESU, I. E. and MALGWY, W. B. 1991 Characteristics and constituent composition of Harmattan dust falling in Northern Nigeria, Geoderma, 48:73-81
WAKATSUKI, T. and RASYIDIN, A. 1992 Rates of weathering and soil formation, Geoderma, 52:251-263
ZHUANG, G., YI, Z., DUCE, R. A. and BROWN P. R. 1992 Link between iron and sulphur cycles suggested by detection of Fe (II) in remote marine aerosols, Nature, 355:537-539
(島根大学農学部・農林省農林水産技術会議事務局)

The population distribution and soil fertility in Jomon Period

WAKATSUKI, Toshiyuki and MIWA, Eitaro

KOYAMA, S. showed that the population distribution of Jomon Period, 9000-2500 BC, in Japan was peculiar: very high at KANTOU and CHYUBU, high in TOHOKU, and very low in KINKI, CHYUGOKU and SIKOKU regions. The pattern was quite different from that of following the Yayoi period. Fertility of more than 3000 soil samples, both rice and upland, were analyzed. Cation exchange capacity (CEC) and exchangeable calcium (ExCa) of soils are good indicator of soil fertility. Mean value of both CEC and ExCa were the highest at KANTOU and CHYUBU, high in TOHOKU and very low in KINKI, CHYUGOKU and SIKOKU. This pattern explains the population distribution at the Jomon period very well. This pattern coincides with that of the distribution of recent volcanic activities and thus the distribution of Andisols, KUROBOKU soils, in Japan. The volcanic activities are one of the important process to create fertile soils, which processes were called as "geological fertilization".

The YAYOI age sustained far more population in KINKI, CHYUGOKU, and SIKOKU because of introduction of "Sawah", or SUIDEN farming. The western part of Japan has more favourable hydrological, physiological and pedological conditions for starting sawah farming than that of the Andisol regions of Japan.