

## 『稲はどこから来たか』補遺

「蝶の雑記帳 115」

6月に『稲はどこから来たか 気候地理学的な推論』という論考を、発表する場がないので自費出版した。生来の気質に加え老齢を意識するせいもあって、十分に寝かせてから発表することができなかつた。すでに素案のあった一つの論点はその書物に書きこむべきであったと後悔している。あと二つ加えるべき論点も出てきたので、合わせて三つの補遺を電子書籍の第2版に追加するつもりでいる。それをここで整頓しておこう。

文中の章と節や図の番号は元の論考のものである。

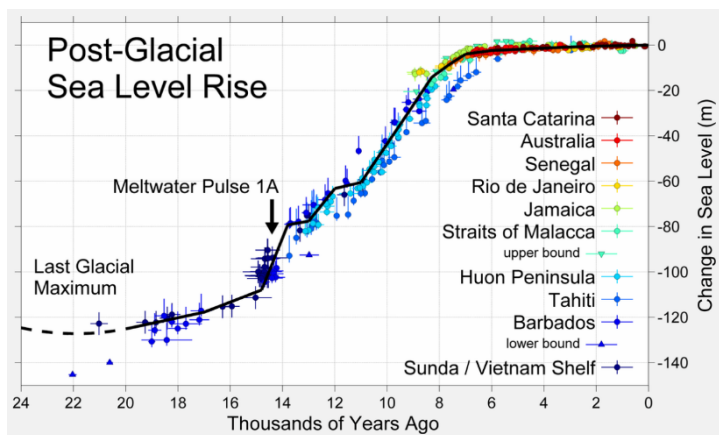
### 補遺1 77ページ 第7章V節のうしろに追加 +++++

この第7章冒頭(0節)で、本書が緯度の異なる南北二つの地域の古代の気候差を現代の気候データから推定することを言明したが、その方法は限界をもつ。古気候地理学的知見によれば、最終氷河期の最寒冷期、約2.1万年前ころの海水準は現代よりもおよそ120m低く、その氷期が終わり完新世が始まったとされるおよそ1.2万年前の海水準は現代よりも60mくらい低かったと推定されている。補遺図Aに、ウィキペディア「海水準変動」<sup>(33)</sup>のグラフを引用して考えてみよう。

この海面上昇は、図7に示された地球規模の平均気温の約+0.4°C前後への上昇によって、高緯度地域の氷河が融解してもたらされたものである。海面がほぼ現代の海水準に近づい

た約 7000 年前ころからの気候を現代のデータで推定するのはかなり有効であるが、それ以前の海面が-120m から上昇していた期間は、氷河域の広さや海岸線の変化が気候に影響したから、古い時代にさかのぼるほど、緯度の差から気温の差を推定する本書の方法は切れ味が悪くなる。

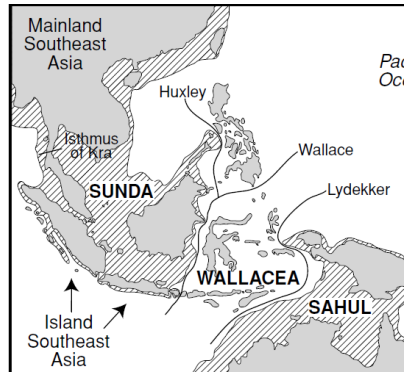
だから、この第7章のIV節とV節は、伝播の出発地でどういことが起きたか概観を得るための定性的議論だったと考えた方がよいだろう。この補遺で、古い時代の東南アジアの地形を具体的に考慮して、もう少し踏み込んでみよう。



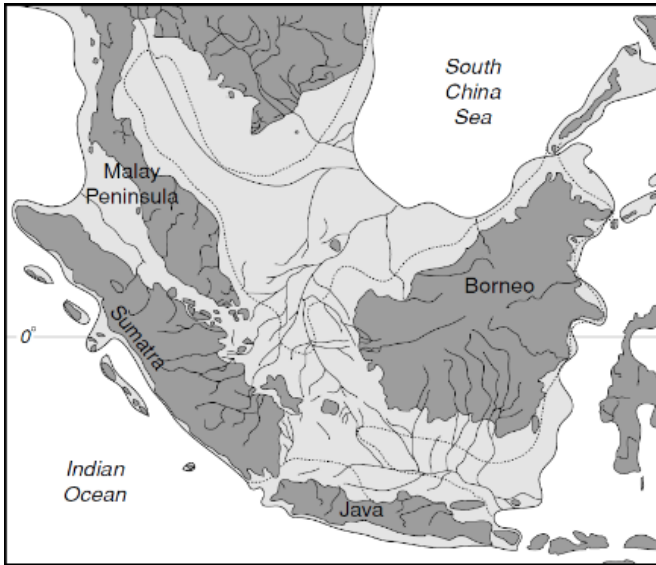
補遺図 A 最終氷河期から現代までの海水準変動 引用

海面の低下は東南アジアで海岸線を大きく変化させ、インドシナ半島をインドネシアのカリマンタン(ボルネオ)島まで陸続きにした。そこに現われた陸地スンダランドの地図を文

献(34)から引用して、補遺図 B1 と B2 に示そう。図 B1 は海水準が  $-120\text{m}$  のころ、図 B2 は海水準が  $-100\text{m}$  (実線) および  $-50\text{m}$  (点線) のころの海岸線を表わす。



補遺図 B1 約 2.1 万年前の海岸線 引用



補遺図 B2 約 1.2 万年以後の海岸線 引用

まず、今の南シナ海が大きな湾になっていて海流が現代とは異なり、イネの栽培が始まったころの地理と気候が現代とはかなりちがっていたと推測できる。もしイネの栽培が完新世よりも前に始まったのだとすると、IV節とV節の議論は修正されなければならないだろう。地理が補遺図 B1 や B2 のようであったとすれば、東南アジアでの野生イネ3種の分布も、Huang, 倉田 et al. 論文<sup>(17,18)</sup>に描かれた図 5c とは大なり小なり異なっていた可能性がある。そこまで考慮すると、完新世以前の野生イネの分化まで問題になるかもしれない。IV節とV節の議論はやはり、おおまかな概念的なものだったとせざるをえない。

けれども、イネの形質に影響を与えるほど人為的な栽培が、地球の温暖化によって赤道近くの気候が安定した 1.1 万年前ころ（図 7 参照）からだとすれば、海岸線は補遺図 B2 の点線で示されるくらい現代の海岸線に近づいていたことになる。その場合には、図 5c は考え方の指針として有効だろう。東南アジアで野生イネ Or-I・Or-II と Or-III は、南北つまり比較してより高温とそれよりも低い気温の地域にすみ分けていたと考えることができる。Huang, 倉田 et al. 論文に依拠すれば、人為的な栽培は、中春と中秋の気温が温和で野生種 Or-III の生息する地域で始まったのである。

もっとも、こう考えるときにも、栽培イネの起源地を示す円の半径をもっと大きく思い描くのがよいのかもしれない。

野生種 Or-I と Or-III の分布域を必ずしも具体的な地域に対応させずに、図 13 で想定した栽培イネの分化模式図をいっそう概念的なものにとらえるのである。そうすれば、Huang, 倉田 et al. の想定する原初ジャポニカと井澤毅<sup>(19)</sup>の想定する熱帯ジャポニカ祖先系統を統合的にとらえて、考察を進めることができるだろう。

いずれにせよ、門外漢には、イネの栽培が始まったころのことをこれ以上の確に考察することはできない。

栽培イネが中国南端部から北上を始めた時代に、東南アジアの海岸線が補遺図 B2 の点線で示されるほど現代の海岸線に近づいていたとすると、現代の中国・ヴェトナム国境付近の海岸線は、補遺図 B1 よりもいっそう現代の海岸線に近かったことになる。イネの人為的栽培が始まった初期、珠江と紅河のイネの栽培に適した広大で湿潤な流域で、栽培技術が相応に進歩した、と考えるのは妥当だろう。

そこから北上するとき、初めのころはとくに、海岸ルートで海は退いており、気候の南北差も現代とは異なっていた可能性がある。珠江流域から長江流域への北上を考察した III 節も、粗い議論だったと考えたほうがよいだろう。けれども、BC1500 年ころからあとの伝播を考察する次の VI 節と第 8 章では、本書の方法は有効なはずである。

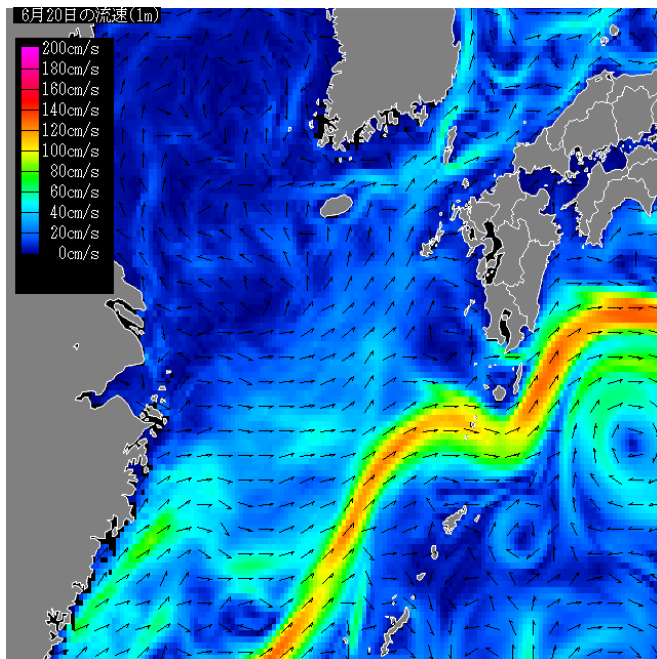


**補遺2 97ページ 第8章I節のうしろに追加 ++**

初版で、九州北岸に上陸したイネの出発地が杭州湾岸域である蓋然性が高いという理由の一部を以前の論考<sup>(6)</sup>に委ねたのは適切でなかった。考えてみると、東アジア大陸のなかでもとくに杭州湾岸域が有力な候補地である根拠として、イネ栽培の古くからの先進地であり気候条件も似ていることだけでなく、地理と海流や船と航海術など渡海を促す諸条件も省かず議論する必要がある。また、それがBC900年ころに起きた歴史的な条件も再考すべきであった。

まず、東シナ海周辺域の地理と海流を補遺図 C に示そう。この図は、気象庁の日別海流図を加工した国際気象海洋株式会社による東シナ海の流速図(2022年6月20日)である<sup>(35)</sup>。流速が濃い色彩で表現されていて見づらいが、そこに埋めこまれている黒い矢印が水流の方向を示す。

補遺図 C を見ると、黒潮が茶色で示されて流れの速い力強い海流であることが分かる。それに対してここで注目する対馬海流は、図で九州島の西側に薄い青色で示されたほぼ北上



補遺図 C 東シナ海周辺域の地理と海流 引用



する水流である。流速 0.2 ノット以上の流れを描く気象庁の  
日別流速図を見ると、季節によって変化するがおよそ定常  
流とすることができる。通常黒潮からの分流のような模式図  
で示されるが、必ずしも黒潮からの分流とは言えず、その中  
心流の流速は黒潮にくらべてだいぶ遅い。

補遺図 C には対馬海流よりも西側の海域の弱い水流も描  
かれているが、その向きは季節ごとまた天候に左右されるよ  
うだ。しかし、おおざっぱに言えば、夏季、気温と海水温が  
上昇するにつれて、上の図に示されたような流れが優位にな  
る（文献(36)の東シナ海の高表面流速のシミュレーション図  
参照）。だから、夏季の天候の安定した時期には、補遺図 C  
のような海表面の水流が支配的だと考えることができる。

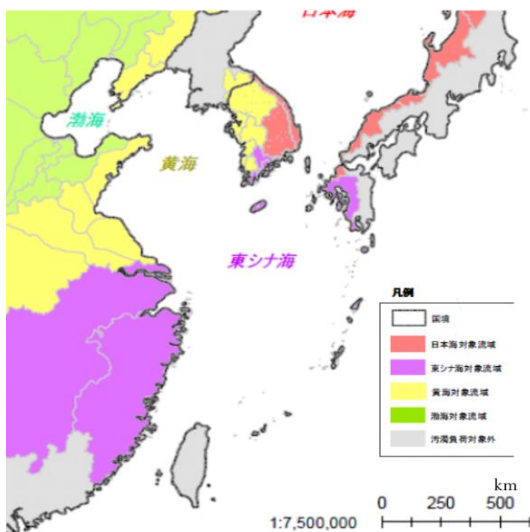
中国大陸からの渡海を考える場合には、出発地の住民が航  
海に慣れていたかが重要である。それは、その土地の地理が  
海に親しむ条件を具えているかに左右されるだろう。中国大  
陸東岸の地形を地図で調べると（補遺図 C, D を見ても）、長江  
河口よりも南側には島々や入り江があつて、船を利用する条  
件に恵まれていることが分る。それに対して長江河口よりも  
北側の海岸は、山東半島までおよそ長江・淮河の堆積平野  
とすることができ、港に適したところは少なく船を活用する  
条件をあまり具えていなかったと知られる。淮河河口域から  
長江河口域よりずっと南方までの長い海岸線で、海に親しん  
で生活する条件に恵まれていたのは、杭州湾以南の海岸だつ

た、と言える。先に珠江流域からのイネの北上を考えたとき、三つのルートのうち一つは海岸沿いと想定したが、そのルートで杭州湾岸の河姆渡遺跡までイネを運んだ人々は、海に親しみ、なんらかの形体の船を利用していたはずである。

残念なことに、中国古代の船のことはよく知られていない。地中海ほど船が発達していなかったようだ。海から離れた黄河文明圏の「中原」では船が活躍する条件はなく、船は長江流域で発展した。それでも、春秋戦国時代の構造船が出土している。鉄器が使用されるようになった春秋時代から造船技術が進んだのだろう。しかし、青銅器時代の殷代には、その文明度と建築技術からして、すでに構造船を作るようになっていた、と考えるとよいだろう。

九州北岸にイネが到来する BC900 年代にはまだ鉄器ではなく青銅器だったが、紀元前二千年紀の終わりころには華北の先進文明が波及して、長江流域・杭州湾岸域にも青銅器がもたらされて、構造船がつくられるようになっていたと想定することは許されるだろう。杭州湾岸域で生活していた人々は、大きくなった船でそれまでよりも沖へ出ることが可能になっただろう。先に指摘したように杭州湾の東には南北に島々が並び、船で海に出る生活に慣れていたと考えることができる。杭州湾岸域と言っているが、南東の沿海部まで拡大してもよいかもしれない（よい入り江があり、浙江省南部の温州の月別最高最低気温と降雨量は寧波のそれとほぼ同じである）。

文献(36)は日中韓に囲まれた海域での汚濁物の漂流を研究調査する目的のものだが、そこに、その海域をおおまかに区分する図が示されていて、ここでの議論に役立つので、補遺図Dに引用しよう。その沿岸域の区分は、汚濁物の漂流を問題にしているから、その海域での海表面の水流に関係している。それを見ると、長江河口域より北側と朝鮮半島の西岸域で、おおよそ黄海の水流が漂流物の動きを支配している、と見なされていることが分る。その黄海と同じように、長江河口域より南側と九州島西側で、おおざっぱに東シナ海の水流が漂流物の動きを支配していて、そこが一つの海域と見なされているのである。



補遺図D 東シナ海と黄海の水流区分図 引用

補遺図 D は、イネの渡海と直接には関係しないが、長江河口から山東半島までの人々にとって黄海が一つの海域だったこと、杭州湾岸域の人々が海の向こうに陸地を思い浮かべるとしたら、朝鮮半島とその南にあるという九州島だったことを示唆する。春秋時代に強国になる楚は、『史記』「楚世家」によれば周が殷(商)を倒した紀元前 11 世紀には建国されていたとされるから、BC900 年代には、楚の領土拡大が華北の先進文明を長江流域へ波及させたと考えることができる。だから、遅くともそのころには、杭州湾岸域でも朝鮮半島の南に陸地があると知られていた、と考えてよいだろう。

こうして、BC900 年ころには、杭州湾岸域の人が海に乗り出す条件が整っていた、と考えることができる。中国文明圏で、時代は新石器時代から抜け出していた。稲作に必要な道具類や家畜・家禽さえ運べる船があったと想定してよいだろう。もう一度補遺図 C を見よう。杭州湾岸域一帯から船で東に乗り出せば、南から流れてくる海流に乗って東へさらに北方へ運ばれて九州北岸へ導かれることが分かる。この海域では夏季の季節風は南から吹く。問題はその当時華南の人々が帆を使っていたかどうかだが、帆と呼べるようなもので風を利用した可能性は高い。そうでなくても、櫂で漕いで風に流されれば、海流よりも早く、高い確率で九州北岸に到達できたと推定することができる。参考までに、人類は BC1000 年ころにはメラネシアの諸島に達していた。

## 第8章 イネの日本列島への伝来とさらなる伝播

+++++

### **補遺3 107 ページ 第8章末尾に追加**

この第8章では、イネの九州～関東北陸→東北→北海道へ

の伝播が、三地域の気温差のせいで長い年月を隔てて起きた出来事だったことを見た。ところが、光周性という概念、つまり昼間の時間（日長時間）の長短が植物の生育に影響するしくみを知らなくて、冷温耐性や冷害ということばだけで説明してきた。日長時間についての指摘を受けて、その概念を調べることになった。さらに、初版を贈呈した井澤毅さんから送っていただいた最新の論文<sup>(37)</sup>によって理解が進んだ。冷害を遺伝子のレベルで議論することができるのである。その視点は、ここで補足が必要なほど重要だと思う。

論文(37,38)によれば、九州～関東北陸・東北・北海道の三地域で栽培されているイネを調べると、光周性花芽形成に関係する遺伝子が異なるという。イネは、日長時間の変化から花芽形成の時期を調節することができるが、遺伝子はそのしくみを担っているのである。日長時間が短くなっていることを知って花芽を形成するとき、時期が遅れすぎると冷温のため結実しないことになる。関東北陸以西に適応した光周性花芽形成関連遺伝子をもつイネを東北地方にもちこむと、東北地方のより冷温な秋が関東北陸以西よりも早く来るので、関東北陸以西で慣らされていたタイミングで花芽をつけるのでは遅すぎて結実できないのである。これが、イネが北進するときの冷害の要因の一つとなる。イネがさらに北の北海道に渡ったときも同じ問題に直面したということである。

北半球では、日長時間は初め増加して夏至で最大になると今度は減少していく。この曲線のピークは緯度が高くなるほど高くなる。

植物の光周性はこの物理現象に対する反応である。生育に影響する気温は、地表に供給される熱量の収支によるが、基本的に単位面積当たりの日射量が多い低緯度ほど高くなる。しかし、供給される熱量によって地表が温まるのに時間がかかるから、おおざっぱに言えば、月別平均気温のグラフは、高緯度になるほど全体として低下するが、ほぼ1月半遅れて月別日長時間のグラフを追いかける。イネの遺伝子は、比喩的に言えば、日長時間を観測して気温の変化を予測しようとしているのである。

植物であるイネは、生息地の気候に適応するために遺伝子変異を活用することができる。列島の三地域で異なる花芽形成関連遺伝子は、人に強制された冷温な栽培地でイネが生き残るために獲得した遺伝特性なのだ。上で見てきた歴史は、その淘汰が長い年月をかけて進んだことを教えている。

この推移を冷温耐性や冷害ということばで説明することには意味がある。実際、稲作農業では、花芽の時期が重要であることも昔から知られていて、それは、さまざまな冷害対策のなかで対応が研究されてきた<sup>(39)</sup>。稲作での冷害には遅延型と障害型とがある。遅延型では、播種後より出穂までの各時期の冷温によって出穂が遅れ、障害型では、幼穂形成期より開花期までの冷温によって発育不全となり不稔を多発し、たとえ穂が出ても登熟期の秋冷は実を熟させない。

冷害を考えれば、栽培イネが獲得した冷温耐性は、光周性花芽形成関連遺伝子だけではなく、ミクロに見てさまざまな

遺伝子がかかわっていると推測される。まだそれらの遺伝子はそれほど明確になっていないようだけれども、冷温耐性を考えるときには、そのことも考慮すべきであろう。

光周性花芽形成の問題は興味深いので、もう少し考えてみよう。熱帯では、バンコクの気温図で見たとおり、月別平均最高最低気温のグラフは高原型となり、冬のわずかな冷温を除けば、高温に恵まれている。日長時間もそれほど変化しない。だから、野生イネにも栽培の始まったイネにも、光周性花芽形成の問題はおそらく重大ではなかっただろう。

ハノイの気温グラフは、バンコクのそれと比較して、高原型から山形へ変移する状況を表現している。イネが光周性花芽形成に関係する遺伝子変異を獲得したのは、おそらく亜熱帯域から温帯域へ北進を開始してからのことと考えることができる。珠江流域から長江流域へ北上する途上で、光周性花芽形成に関係する遺伝子が発現した可能性が高い。長江中下流域に到達したイネは、すでに光周性花芽形成関連遺伝子をもっていたと考えてよいだろう。

そこで、伝播の問題に戻ってみよう。日本列島で三地域のイネの光周性花芽形成関連遺伝子のちがいが伝播の履歴を体現しているように、中国大陸で長江流域から北進したイネも同様な痕跡を遺伝子に記録している可能性が高い。中国で栽培されている稲の花芽形成関連遺伝子などの遺伝子変異



を地図上に表わせば、伝播の履歴が見えてくるかもしれない。山東半島や遼東半島へ北上したイネについても同様である。ただ、品種について意識的になってからの出来事が古代の痕跡を見えにくくしている可能性があるけれども。

この生物学的な研究は、日本列島のイネがどこから渡海して来たかという問題を解明する手がかりを提供する可能性が高い。論文(38)によれば、日本の在来種を台湾にもちこんだとき生育が悪くて開花しなかったことが知られている。冷温な気候に適応した光周性関連遺伝子などの遺伝子変異をもつ品種は、より高温な地域へ南進するのを妨げられるのである。朝鮮半島南岸の釜山の気温はイネの生育期間九州北岸の福岡よりも $2^{\circ}\text{C}$ 程度低い。朝鮮半島で栽培されたイネは、その冷温に適応した光周性関連遺伝子などの遺伝子変異をもっていたはずだが、もし九州北岸で栽培され始めたイネが朝鮮半島から来たのなら、光周性関連遺伝子などの働きによって生育が阻害されたはずである。それに対して、杭州湾岸域の夏季の気温グラフは福岡のそれに近い。本書が推定したように九州北岸に到来したイネが杭州湾岸域から来たとするれば、そのイネがもっていた遺伝子特性で九州北岸の気候になんとか適応できた可能性が高い。このことは、遺伝子を比較して調べることができるのではないだろうか。

同様のアプローチは、長江流域から珠江流域へと伝播のプロセスをさかのぼる場合にも適用することが可能だろう。



## 参考文献

- (1) Robbeets M., Bouckaert, R., Conte, M. *et al.* Triangulation supports agricultural spread of the Transeurasian languages, *Nature* 599 (2021), pp.616–621.
- (32) E. トッド 『世界の多様性』，藤原書店，2008年.
- (33) Wikipedia 「海水準変動」，<https://ja.wikipedia.org/wiki/海水準変動>
- (34) T. Harrison *et al.* Primate Biogeography and Ecology on the Sunda Shelf Island, *Primate Biogeography* (Springer) Chap 12, pp 331–372, 2006年.
- (35) <https://www.google.com/search?q=国際気象海洋株式会社ホームページ>，
- (36) 国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告 No39, 2012年.
- (37) T. Izawa Reloading DNA History in Rice Domestication, *Plant and Cell Physiology*, p<sub>ca</sub>c073, 03 June, 2022年.
- (38) 井澤毅 「イネが光周性花芽形成のモデルって本当ですか？」，*時間生物学* Vol. 25, No. 1, 2019年.
- (39) 佐竹徹夫 「イネ冷害の機構と栽培的対策」，*農業気象* 35(4), pp251–261, 1980年.

2022年8月処暑

海蝶 谷川修