「最終氷期以降の海水準変動とそれをめぐる諸問題」

— 総 合 討 論 —

藤 井 昭 二²⁾・成 瀬 洋³⁾

“Sea Level Changes since the Late Pleistocene in the Japanese Islands and the Related Problems”

— Discussion of the Symposium —¹⁾

Shoji Fujii²⁾ and Yō NARUSE³⁾

討論 司会：藤井昭二・成瀬洋

藤井 主題の最終氷期の海水準変動とそれをめぐる諸問題の討論に入ります。二つにわけまして、前半を海水準変動、後半を日本海を中心とした古環境の変遷問題に整理いたしました。

成瀬 本日はたくさんの研究発表やコメントがあり、また大変広範囲にわたって、質問が出され、まさに第四紀学会にふさわしく、こちらで集約するのに困難なほどです。私が傍聴した印象では非常に年代資料が増えてきたこと、あるいはいろんなパラメータの時間連続的な変化が明らかになってきたことなどです。ここで海水準変動の問題としまして約2万年前後という期間を区切り、とくに問題となる、あるいはなってきた、2、3の点について御質問、御意見あるいは補足をお願いいたします。まず20,000年前から18,000年前当りの最低海水準の時代については問題点が二つあると思います。一つは低海水準の位置で海水準の低下量について意見が二つあると感じました。すなわち佐藤さんと大嶋さんの間の違いです。また大嶋さんの御講演の中には従来のいろんな方の研究に対するご批判があったと思います。もう一点は陸上の「沖積層」の下に埋没している谷の末端の深さとその年代です。これに関し御意見、御討論いただきたいと思ひます。

井関 まず大嶋さんが挙げられた私の旧海水準の推定事例について誤解があるようなので訂正させていただきます。沖積世初期の新潟市あたりの旧海水準を-75~-80mと言ったことはなく、当時の海岸線位置（ほぼ現海

面下100mに考えていた）から考えて、沖積層基底面すなわちG1層面の深さは75~80mにあったはずであると書いたので、海水準ではありません。沖積世初期の海水準を約-100mに想定したのは、1956年頃、非常に少ないデータからですが、島根半島の付け根に流下していた古斐伊川は、当時、そのまま西の日本海に出ており、その縦断面勾配を延長しますと、大体-100~-110mの海底平坦面につながり、新潟の場合とよく一致することから、その深さに想定したのです。なお、先のような逆算から-75~-80mにあったはずの新潟市付近の沖積層の基底面は、今日-170mほどの深さになっていますが、それは沖積世を通じての沈降運動によるものです。

それからもう一つ、谷津先生がお作りになりました木曾川下流の縦断面ですが、それによりますと扇状地部分の指数曲線と、三角州平野部分のそれとの二つからなっています。これは河床堆積物の粒径と密接な関係があるからですが、ただその後、日本の扇状地の大部分は、最終氷期最盛時ないしはそれに近い向寒期に、恐らく凍結風化によって生産された多量の岩屑→礫によってその斜面が形成されたばかりでなく、扇状地地形は今日の沖積平野のほぼ全域に広がっていたことがわかってきました。その礫層は濃尾平野ですと鳥居松礫層、また北陸で申しますと糸野先生がおやりになりました手取川の扇状地構成礫層も、そのまま河北潟あたりの沖積層の下底へ続いており、現在の扇状地は河川の沿岸部だけにとどまっています。

1) 1982年2月5日受付。

2) 富山大学教養部地学教室。Department of Geology, Toyama University.

3) 大阪経済大学教養部。Osaka University of Economics.

このことからわかりますように、扇状地の扇端部における河川縦断面勾配の急変（屈折）部は、更新統の扇状地礫層面と、それを埋めるように堆積した完新統の三角州平野堆積層面との接点にあたるのです。そこで、最終氷期の最盛時の堆積面に近い扇状地面（広義の沖積層基底礫層面）を海方に延長し、当時の浸食基準面を推定してみました。その場合、日本としては比較的規模の大きな 1,000 km² 以上の流域をもつ河川の扇状地面の延長が -100 m と -140 m の二つの浸食基準面を仮定して、いずれに妥当な関係をもつかを埋没扇状地面の深さの共通性から求めてみました。-100 m と -140 m の深さを仮定したのは、フリントの二つの見解を試してみたかったからです。彼は 1953 年の著書の中で、最終氷期最盛時の低位海面を -102 m としていましたが、1969 年の INQUA パリ大会の公開講演で、時代はわからないが -135 m であったと修正したので両者のいずれが妥当であるかを求めるため、旧海水準を -100 m と -140 m とに仮定して作業を行なったのですが、結果は -140 m がより妥当なことがわかりました。

このことから、現在では私は最終氷期最盛時の海水準が -140 m 内外にあったと考えていますが、それを裏付けるような年代の貝化石が新野さんやエミリーらにより対馬海峡から東支那海にかけてその前後の深さから採取されています。大嶋さんはそのような貝化石を簡単に漂砂に伴うものとして退けていますが、賛成しかねます。それらが旧海水準の証拠として信頼性がないならば、それを裏付ける否定の根拠が必要になります。それが示されない以上、それらを旧海水準の証拠として考えないわけにはいかないのです。

貝塚 成瀬さん、松田さんと私とで古東京川下流の最終氷期の海面の高さについて書きました（Quater. Res. 1977）。この論文は大嶋さんには批判されなかったけれど無視されたという感じです（笑）。そこで古東京川を下流まで追跡しましたら、当時の海面の高さが -90 m 位に想定されました。しかし、その付近は完新世の 6,000 年間に 15 m ほどの隆起をしているので 18,000 年前まで等速でもどしてみると当時の海面の高さは -135 m になりました。もちろん地殻変動の等速性を想定するところにひとつの問題がありますが私はかなり信用できる材料と思っています。次に東シナ海における材料に関して紹介します。1980 年に東シナ海に関するたくさんの材料を集めた論文が中国の地理学報に王さんと汪さんによって書かれました。東シナ海の海底に見られる貝殻堤やボーリングコアの年代測定値など多くの材料を使っ

て、6,000 年前、10,000 年前、12,000 年前、15,000 年前、25,000 年前などという海岸線を復元しております。今の問題に関連があるところだけ申しますと -155 m の海浜貝殻堤の年代が 14,780 ± 700 年前と知られています。著者等はこの地域はこの時期以後に年 1 mm 位の速さで沈降してきたと考えて、当時の海面の高さは約 -140 m であったと書いております。この材料は当時対馬海峡は陸橋になっていたことを表わします。日本でも日本近海の実地調査をしている人達はこの種の正確な材料を出していただきたいものです。

岡本 p. 135（第四紀学会講演要旨集 No. 11）を開き下さい。第 1 回の St. 17, 18 では波部・小菅（1970）さんの 16,000 年位前の貝が取れています。新野（1934）先生の採取地点は水深 160 m となっていますが、*Patinopecten (Mizuhopecten) yessoensis* の成貝から幼貝までが取れたという報告があります。6 頁のところでは非常に少ないサンプルでしたが、12 BT ではバケツに 2 はい位の寒冷で浅海域を示す貝を採取できました。これらの貝の年代が問題で 10,000 年から 16,000 年前にわたっております。このような点を今後ふやしていけたらと考えます。以上のことから当時の海面は -120 ~ -130 m 位に下っていたのではないかと思います。

成瀬 大嶋さんの方から以上のことに関して一言お願いします。

大嶋 簡単に言いますと対馬海峡というのは 110 m 以下に海水準が下りますと朝鮮、対馬海峡とも陸化してしまいます。140 m の水深があっても、140 m 下がらなくても陸橋は形成されます。水理機構との関係です。それは第四紀研究に投稿していますので、これを見ていただけると水路長と水路幅とそれを通る水量の関係からとじてしまうわけです。また 140 m 下がってしまいますと波部先生が貝をとられた所海釜が池になってしまう。池の中から、海棲の貝がらを取るということはちょっとむずかしいということもございまして、海水準を考えられる場合には取られたまわりの環境はどうであったか、海釜地形は何 m の海水準低下の時に形成されたか、海底地形学的問題を第一に解決するべきではないかと考えます。それからドレッジとかビームトロールで私も以前は採取しまして試料の年代測定をおねがいしますと、全部若くできます。死んだ貝が海底に長く露出していますとその上にいろんなものが着棲しまして、¹⁴C としては若く出てしまうみたいです。なるべくピストンコアとかグラビテーターコアのサンプルで海底下 1 m 下位のものを採取されて年代決定されたほうが間違がなく、混乱がな

いと考えています。その典型的な例ですが大隅海峡の-100mの所から採取した *Ostrea gigas*, 豊後水道の-100m 近くの所からのものはいずれも 3,000 年前と年代決定されました。したがって採取状態とか分布状態をきちんとチェックされてから、議論をしなければ無理だと思います。それからもう一つ斐伊川の下流域のことで、島根の学会で三位先生の成果を引用いたしました。あそこの沖積層といわれている地層の、かなりの部分は、洪積層の差海層に相当すると考えています。予稿集の中に書いておりますのでこの点について検討していただければありがたいと思います。

成瀬 まだいろいろ御意見もあろうかと思いますが時間が切迫しておりますので先へ進みます。完新世中期の高海水準の問題が今朝から出ていましたが、その時期、海面の高さの問題等については、地殻変動との絡みが密接であります。それらにつきまして何か御意見がありませんでしょうか。IGCP の国内委員会でもまとめられた図では現海面以上の高海水準があったという場所が多いのですが、それに対する批判としては、それはテクトニックなものではないかというわけです。しかしそれに対して藤井さんから、そうではないというお話もありました。過去の海面の高さを論ずる場合、どうしてもテクトニックな要素を差し引かないといけなく、その辺にむずかしい方法的な問題があるかと思いますが何か御意見を——。

町田 太田さんの書かれた4頁目の図4を御覧下さい。今のお話の5~6千年前の海水準の高さがいろいろな地点について書いてあります。こういうデータは次第に増えてきました。私はこれから必要なデータは点の材料よりも面的な材料だと思います。と言いますのは隆起して離水している海岸線については、資料がたくさん得られますが、ほとんど現海面と同じ位、あるいは、それよりも低い過去の海岸線のデータはわずかしかな得られないからです。たとえば大磯の海岸、房総の海岸、南九州鹿児島湾奥の隆起を示すデータなどは、それぞれどの範囲まで適用できるのか、このくらいの小縮尺の地図ですとおそらく点的な範囲に過ぎないと思うのです。そこで面的材料、たとえば最高海水準の年代6千年に限って等変動線図を書くことが垂直方向の変動の様子やユースタティックな海水準を判定する上に重要なこれからの課題ではないでしょうか。それができると、日本全体から見ると、いままで得られた5m以上の高い離水海水準がローカルなものか否かを判断できるでしょう。

成瀬 要旨集4頁の図を見ますと、6,000年前あたりで

は先ほど申しましたように本州を中心にした地域では少なくとも現海面以上に最高海水準があります。これはテクトニックな要素を差しひいてもそうなのか、あるいはテクトニックな要素を補正した場合、太平洋側と日本海側とで高さがどうなのか、あるいはそうした場合の琉球弧と本州弧のちがいが、こういった問題もあるのではないかと。たとえば琉球では小西さんのコメントによりますと、現海面以上には上っていないということですが。

小西 本来なら海水準変動を調べるのですが逆にこのような仕事は島弧の間のちがいが、島弧内の運動のちがいの問題を解析していくことに使えるのではないかと考えております。一見循環論法のようにですが、むしろ町田さんが言われたことと同じになると思うんです。ちょうどこの頃いわれている比較サブダクトロジに結びついていくと思います。確かに面的にマッピングをしていくことが一番大切ではないかと思います。琉球では同じ島弧の中で明瞭に地域的な違いがでていますし、喜界島の中でも、その差はあります。

成瀬 時間がなくなってしまいました。まだ藤井さんの方の問題もありますので、海水準低下の時期とその位置、気候との関連の問題など、すべて省略させていただきます。結局、海水準問題につきましては、現在、相対的な海面変化の資料がまとめられてますが、先ほどからの話のようにそれからテクトニックな要素を差しひいて、相対的なカーブからユースタティックなカーブを日本付近で作り上げていく作業が必要ではないかと思えます。ユースタティックな海面変化とは何かとなるとこれは非常にむずかしい問題で、氷河の融解量の問題、海底の沈下の問題、海岸付近の傾動の問題など最近いろいろ論じられております。そして世界各地でちがったカーブがでてあたりまえ、つまり Shepard カーブとか Fairbridge カーブとかは、それはそれでかまわないという傾向になっております。その辺はこれからの問題で、むしろ地球物理の方々がモデルで計算された結果に対し第四紀学の研究でその海水準をチェックして答を出していく必要があるのではと考えております。

藤井 問題を変えまして日本海に陸橋があったかということに関係いたしまして、湿度の変化のことが議論されましたがまず小野さんと安田さんに何か御質問ありませんか。

大場 日本海の古海水の ^{18}O 濃度は ^{14}C の 10,000 年と 19,600 年の間でその前後より 0.6~0.7‰ 薄くなっております。現在の日本海の海水の ^{18}O 濃度はほぼ 0 ‰ で、そこに約 -8‰ の ^{18}O 濃度をもつ雨が一割混

ざりますと海水の ^{18}O 濃度は -0.8‰ になります。そうしますと、 34‰ の塩分は 31‰ 位になります。そこで、高塩分のところで 32‰ 位という低い値がこの ^{14}C 年代値 (10,800 年~19,600 年) の間にだけに見られます。また今日来られておりませんが小泉格さん、谷村さんは日本海の珪藻による過去の塩分の解釈をされております。特に谷村さんによりますと東シナ海の低塩分域に多い (*Melosira sulcata*) が 10,000 年から 20,000 年位にかけて多くなっているという結果を出されてます。これらの事実が安田さんの花粉の結果とどのように対応するのかお聞きしたいと存じます。

安田 最終氷期の極相期、20,000 年から 18,000 年前はこれまで常識的に乾燥していたと考えておりました。乾燥していたと考えていたのですけれど、三方湖の花粉分析を見ますと極めて短期間ですけれど湿潤なピークがあります。それが厳密に 22,000 年から 18,000 年前とかは言えないんですがミズバショウとかハンノキのようなものが、かなり急増するピークがありまして今まで私も 18,000 年から 20,000 年位は乾燥していただろうというふうに考えていたんですけれども一時的に降水量が増大した時代があったのではないかと、多雨のような状態があったかもしれないと考えております。

藤井 ありがとうございます。その他ございませんか。もしないのでしたら私から小疇さんにお尋ねしたいのですが、1980 年の予稿集ですけれど日本の最寒冷期には海面がさほど低下しておらず、日本海には暖流がはいり水温も高かった。水蒸気の供給が十分であり現在同様多量の降雪がこの地域にあったと書かれたと私は理解していますが、それでよろしいでしょうか。というのは今日の講演で、だいたい 10,000 年位から湿度の変化がかなり顕著であったと理解したものですから。

小疇 周氷河現象から見た限りでは、どうしても一番寒い時期が 30,000 年よりも前にあるようにみえます。小泉さんが、北海道のかなりの部分が永久凍土の条件であったのではなかろうかとのべられましたけど、永久凍土があったという確実な証拠は化石氷楔の存在です。十勝平野で化石氷楔が見られる。層準が 30,000 年よりも前なものですから、そのところが一番寒かったと考えざるえない。それから北アルプスの氷河の進出が 30,000 年よりも前であることはモレーンの中に巻きこんだ木片の ^{14}C のデータからも知られてます。白馬岳の赤倉沢モレーン中の木片の年代が約 2 万 5 千年前とでていますが、氷河が最も拡大した岩岳期はそれよりも前です。北海道で寒くても雪が降ってくれないことには、氷河が発達しませ

んから、そのころは日本海に暖流が入っていて、雪がどんどんふってくれないと工合が悪いと考えるわけです。先ほど小野さんの話にもありましたが、いわゆるウルムの最盛期 (20,000 年 B. P. ごろ) のころの氷河はそれよりも後退しています。寒くなったのに後退するのはなぜか？それは降雪量が少なくなったという条件を考えなければならぬと思います。つまりその頃は海面が低下し暖流の流入がなくなって水蒸気の供給が減少したとみるわけです。今日のお話はもう少し新しいところですので、その辺の細かいことについて、まだ検討しております。

藤井 ありがとうございます。今の御意見について小野さんから何かございませんか。

小野 最寒冷期についての解釈を除けば只今の小疇さんのコメントと私もほぼ同じ意見でございます。本日の発表で古気候の復元に使いましたモレーンの形成期というものを、最初は 30,000 年前よりも古い時期ではないかと考えておりましたが、今年の夏に詳しい野外調査をしました結果、明瞭なモレーンが残されている地域のさらに下流側に氷成堆積物 (ティール) が広く分布していることが明らかになりまして、先ほど小泉さんのコメントにありましたような氷帽状の氷河があつた地域にあつたということが、ほぼ推定されるようになりました。私はこれが、たとえば立山では室堂氷期、白馬では岩茸氷期とよばれてきた氷河の最大拡大期に対応するものであらうと思っています。そしてその時期はおそらく 40,000 年前、4~5 万年前のころであらうと考えております。したがって先ほど私が古気候の復元に使いました顕著なラテラル・モレーンをつくった氷河の前進期は 30,000 年よりもあと、しかしいわゆるヴェルムの極相期といわれている時期よりも以前、小疇さん達の編年ですとはぼ赤倉沢期に対比されるような時期のまだ海水準があまり下っていないくて、降雪量が現在の約 50~70% より少なかった時期にできたのではないかと申し上げたのであります。

町田 今のことに多少意見をのべます。45,000 年ないし 50,000 年前の氷河前進期の話ですが、先ほど安田さんは外挿法で 45,000 年位にピークがあるとのべましたが、私どもがテフラでつかまえている限りでは 45,000 年という数字はちょっと工合の悪いのです。と言いますのは大山倉吉パミスという大山から噴出し北陸から北関東あたりまでおおっているテフラはやや暖かい時期のものでして、それよりも前に立山の室堂氷期があるからです。テフラでいいますとこの氷河前進期は EPm と大山

倉吉の間で、おおよそ 50,000 年から 55,000 年位です。その時期に南関東でもやはり寒いという花粉の資料があります。次に先の大場さんの意見にありましたように、日本海の堆積物のコア中の有孔虫から対馬暖流がそのころから 20,000 年前位にかけて入ったか否かという問題ですが、暖流はぜんぜん入っていなかったようです。したがって先ほどの小嶌さんの議論はまた別の方向を探さなければならないだろうと思います。日本海に暖流が入るようになったのはテフラで申しますと赤ホヤの直前です。

小野 只今の町田さんのコメントに若干補足させていたきたいと存じます。最初に 40,000 年～50,000 年前ごろのいわゆる氷河の一番拡大したと思われる時期の問題ですが、今夏、木曾駒ヶ岳の黒川の U 字谷で、ラテラル・モレーンを作っている堆積物の最上部にちょうど氷の上にテフラが降ったという状態でたまっている Pm-V を発見いたしました。Pm-IV, V と DKP との層序関係はまだはっきりしていないようですけれども Pm-V のすぐ下にある Pm-IV が、DKP より多少若いあるいはほぼ同じ層準というように町田さん達によって言われておりますので、私は時期的には 40,000 年前ごろまで氷河がのびていたのではないかと考えております。それから 40,000 年～50,000 年前ごろに 対馬暖流が日本海に全然入っていなかったかという問題ですが、当時は水温が下っていただけであって、対馬暖流は今ほど暖かくなかったにしても流入はあったのではないかと、したがって水温が下っていたために、パキデルマの巻き方が変わっただけであって、流入が全然なかったというのはちょっと違うのではないかと考えております。なぜならこの時期に海水準がかなり下がったとすると、ロレンタイド氷床とスカンジナビア氷床の消長がユースタティックな海水準変動と平行するはずですからそのデータとかみ合わないとおかしい。ロレンタイド氷床では 70,000 年 B. P. 前後にかなり拡大したというデータも

発表されてますけれども、ウィスコンシンの極相期ほどに拡大したと言うことはないようです。スカンジナビア氷床についても同様だと思いますので、氷床がその時期にそんなに拡大して海水準がヴェルムの極相期と同様まで下ったとはまだ考えたくありません。対馬暖流がそのころ日本海に流入しなかったという大場さん達の御意見の根拠をもう一度うかがわせていただきたいのですが――

大場 有孔虫を研究されました氏家さんは、まず 11,000 年前まで日本海には暖流が入っていなかったと述べておられます。また、珪藻を調べられました小泉格さん（講演要旨 41 頁）は暖流の流入が時折あったとされています。私共は 60,000 年から 11,500 年まで暖流の流入がなかったと考えましたが、その根拠はパキデルマの左巻がずっと産出し、8,000 年以後になって初めて右巻が卓越すること、同時に黒潮域の浮遊性有孔虫が 7～8 種混入してくること、また表層付近の古水温が 7～8°C から 17～18°C と一挙に上ることの 3 つから推定しました。ただ、22,000 年以前の年代の推定がまだ十分でありませんで小泉さんの外挿して出されたものです。珪藻のようにごく表層に生息するものが一時的に流入したのか、それよりも深い所に生息する浮遊性有孔虫を伴うような暖流の流入があったのか、今後、対馬海峡に近いコアについて調べる必要があると思います。

安田 実は年代そのものは堆積速度から外挿したものです。コアの中には火山灰と思われる堆積物が何枚もはさまれておりまして、実はその解析するのに、まだ先生にお願いする時間がなかったものですから、是非鑑定をお願いしたい。

藤井 朝から晩までずっと熱心に討論していただきましたが、問題が発散するだけでなかなかまとまらなくて、20,000 年以後の湿度についてだけは、どうにか、かなり収斂することができたと思います。ありがとうございました。