

縄文時代の古環境, その2 -三内丸山遺跡周辺の環境変遷-

川幡 穂高^{1)・2)・3)}・山本 尚史³⁾

1. はじめに

縄文時代とは今から約13,000年前(放射性炭素年代)から2,400年前までの期間をさすことが多い。言葉の由来は、縄を用いて文様を施した「縄文土器」が使われていたことによる。この時代は、狩猟採集を中心とした社会であった。主に竪穴住居で生活を営むことで定住生活が可能となり、次第に規模の大きな集落を形成していった。旧石器時代と縄文時代との区分けは、縄の形のついた土器の出現、竪穴住居の普及、貝塚の存在などが挙げられる。土器の文様や生活文化の段階などを基に、草創期、早期、前期、中期、後期、晩期の6期に分類されている(Habu, 2004)。この縄文中期に出現したのが三内丸山遺跡である(川幡, 2009)。

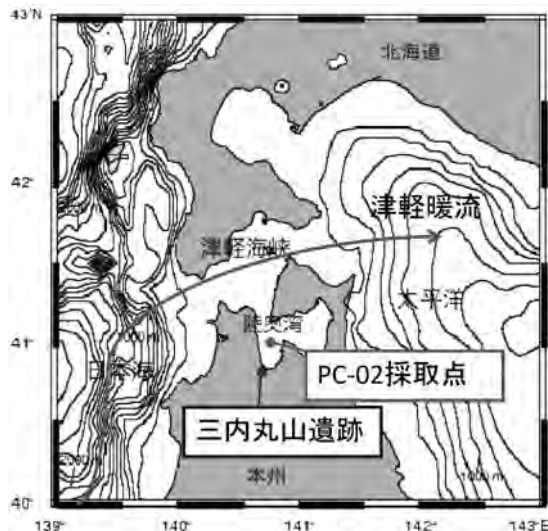
三内丸山遺跡については、大規模な発掘が行われてきて、40,000箱にのぼる人工遺物(土器・石器など)の他に1,600以上の土偶、多量の装飾具類、骨角器、木製品、漆器が発掘されるとともに、住居跡の発掘、あるいはゴミ捨て場などから当時の食生活などの復元などが行われてきた(青森県教育委員会, 2002)。しかしながら、温度などに代表されるように、定量的な環境記録の復元、そして、連続的な環境復元はこれまでなされてこなかった。本小論では、陸奥湾での古環境復元の結果をふまえて三内丸山遺跡の盛衰と環境変化について紹介する。(Kawahata et al., 2009)。

2. 三内丸山遺跡の特徴

三内丸山遺跡は青森市に位置する縄文時代の遺

跡であるが(第1図)、これが注目される理由は、①人口が最大で500人いたと言われるほど日本最大級の縄文集落跡であるということ(写真1, 2)、②長期間にわたって定住生活が営まれていたことである。特に、クリの巨木を用いた高層建築(写真3)、新潟から北海道まで達する広い交易範囲など高い文化を持っていたことが明らかになってきた。これらの事実により、狩猟採集を糧に移動生活をするという、従来の縄文人の生活観が大きく変わってきた(青森県, 2002)。

最近の研究によると、クリのDNA分析より、遺伝子が類似していることから、クリは単に山から採取してきたのではなく、栽培されていたのではないとも考えられている。また、栽培植物であるゴボウやマメなども出土している。



第1図. 三内丸山遺跡の位置とコア採取地点。

1) 東京大学 大学院 新領域創成科学研究科・海洋研究所海洋底科学部門
2) 産総研 地質情報研究部門
3) 東北大学 大学院 理学研究科(連携講座)

キーワード: 縄文時代, 縄文人, 完新世, 三内丸山遺跡, 水温, 気温, クリ



写真1 三内丸山遺跡で復元された集落。



写真2 三内丸山遺跡で復元された竪穴住居。

3. 三内丸山遺跡と他の縄文遺跡

三内丸山遺跡は発掘調査により約5,900年前(暦年)に集落が成立した。その後、集落の規模は拡大し、最終的に集落は崩壊したが、大型建造物のクリ柱の年代が4,170±40年前を示すので(青森県教育委員会, 2002), 人々が遺跡を放棄したのは、約4,200±100年前であると考えられる。

興味深いことに、三内丸山遺跡の成立と衰退は、日本全体での縄文人の盛衰と深く関わった現象だったと思われる。すなわち、縄文時代の日本全体の人口は縄文時代が始まる12,000年前(2万人前後)から徐々に増加し続け、三内丸山遺跡が存在していた縄文時代中期(26万人前後)に最大に達し、その後寒冷化などによって、日本の人口は減少(8万人前後)していった(小山・杉藤, 1984; 小山, 1984)。

三内丸山遺跡の盛衰のトレンドは、全国のトレンドと一致するので、何らかの共通の環境的な要因が支



写真3 三内丸山遺跡で復元された高見櫓。

配していたのではないかとわれてきたが、定量的な環境記録の復元はほとんどなされていない。

4. 三内丸山遺跡の歴史

三内丸山遺跡の記録は江戸時代にさかのぼり、最も古いものとして、山崎立朴の「永禄日記(館野越本)」(元和9年, 1623)がある。学術的な発掘調査は慶応義塾大学などにより昭和28年(1953)に開始された。

現在の大規模な遺跡の発見は、県営野球場建設に先立つ発掘調査(1992)によるもので、膨大な量の土器や石器などの生活関連遺物や土偶などの祭祀遺物が出土した。1994年には直径約1mのクリの巨木を使った大型掘立柱建物跡の発見をきっかけに、遺跡の保存を求める声が沸き上がり、永久保存へと進展した。2000年に三内丸山遺跡は特別史跡に、2003年に三内丸山遺跡の出土遺物約2,000点が重要文化財に指定された。現在、世界遺産の登録に向けても準備が進んでいるとのことである。

現在は、公園のような敷地に竪穴住居などが復元され、「縄文時遊館」などもオープンし、青森県が積極的に三内丸山遺跡の普及活動を行っている。

第1表 河川、海および陸域からの食料生産を推定するための指標。有機炭素、炭酸カルシウム、そしてアルケノンという円石藻由来のバイオマーカーの含有量は陸奥湾からの海産物の指標として用いることができる。陸上の食料の指標としては、花粉群集解析。水温の推定では、アルケノンによる表層水温の推定が有効である。この化合物は特定の円石藻によって生産されるバイオマーカーで、生合成される炭素数37の2不飽和と3不飽和のアルケノンの比(不飽和度)は、その凝固点の差から生育温度に依存し、水温の指標として用いられている。水温のより高い環境中で生合成されるアルケノンは、融点の高い2不飽和の相対濃度が高く、より低温では3不飽和の相対濃度がより高くなる。

	海, 川からの食料	陸域からの食料
三内丸山遺跡の主要な食料源	陸奥湾からの海産物	栽培された(?)クワ
阻害要因	湾内の生物生産の低下	気候の寒冷化
分析データ	○有機炭素量(生物生産量) ○アルケノン量(円石藻生産量) ○炭酸カルシウム量(生物生産量)	○アルケノン不飽和度(表面水温) ○花粉植生(陸上気候)

5. 三内丸山遺跡周辺の環境復元の目的

三内丸山遺跡そして縄文文化の盛衰の原因となったであろう環境的要因を定量的に解析するため、青森市のすぐ北に広がる陸奥湾からピストンコアKT05-7 PC-02を採取し、以下の2点に焦点をあてて研究を行った(Kawahata *et al.*, 2009): ①陸奥湾周辺での海洋環境の高時間解像度での復元, ②復元された環境変動と三内丸山遺跡の盛衰との関係の解析。

6. 堆積物試料が陸域環境復元になぜ有用か。

本研究では青森県・陸奥湾の堆積物を研究対象としたが、三内丸山遺跡の盛衰を考察するために、なぜ陸奥湾という海底堆積物を選択したかについて、まず説明する必要がある。

三内丸山遺跡は現在標高20mに存在している(第1図)。陸は削はくの場合なので連続的な記録が堆積物に残されないことが多い。陸域の堆積の場として、例外的に、湖沼の堆積物などがあるが、一般的に年縞やテフラを除くと湖沼の堆積物の年代決定は困難となっている。

一方で、遺跡から3kmと非常に近くに広がる陸奥湾は堆積の場で、連続的に堆積した堆積物が存在している。海洋堆積物には通常炭酸塩化石が含まれており、その炭酸塩に含まれる放射性炭素を分析することにより正確な年代決定が可能となる。また、環境指標の中で重要な温度についても、海洋の試料中には生物起源炭酸塩やアルケノンが含まれる。炭酸塩中の酸素同位体比は水温復元にしばしば用いられて

きた。近年では、アルケノンというハプト藻の一部が作る有機物が定量的な表層水温の復元に有用で、日本近海でもしばしば用いられている(Prahl *et al.*, 1998; Harada *et al.*, 2003)。

今回のようにコア採取地点が陸域の目的とする地点に20km程度と近い場合には、海洋環境は陸上環境と高い関連性を持っている。例えば、現在の陸奥湾の表層水温と青森市の気温が良く対応していることなどがよく知られている。

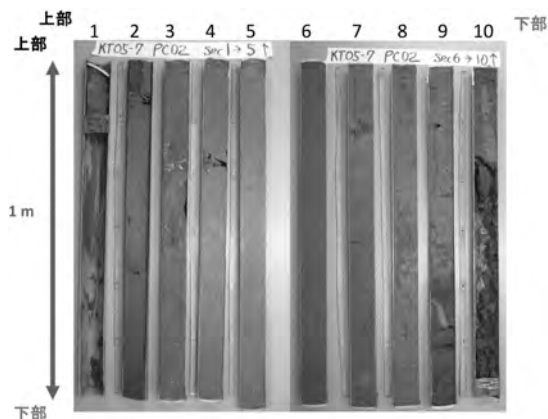
7. 陸奥湾の海洋環境

陸奥湾は津軽海峡に接している。津軽海峡は日本海と太平洋の間に位置し、対馬海峡から流入する対馬暖流の主要な太平洋への流出口となっている。津軽海峡や対馬海峡の海底水深は130mである。氷期には北米大陸やスカンジナビア地方に厚さ2-3kmの氷床が存在していたので、世界的に海水量が減少し、氷期の最盛期には海水準は130mも低下した。その当時は、津軽海峡もほぼ陸化に近い状態になり、日本海はほぼ孤立した海盆となり、極東アジアの地球環境にも大きな影響があった。

8. 遺跡解析と分析項目

三内丸山遺跡の盛衰は温度(気温、水温)、食料源などに大いに依存していたと考えられる。そこで、これらの因子の変遷を復元することに力点を置いた(第1表)(Kawahata *et al.*, 2009)。

三内丸山遺跡の発掘調査に基づくと、縄文人にと



第2図 コアの写真。左から右にコア下方となる。コア深度7.5m以浅は、一枚の薄い砂層を挟む以外、均質なシルト質粘土から、7.5m以下の粗粒な部分は密度が高くなっていた。また、年代を深度とともにプロットした。

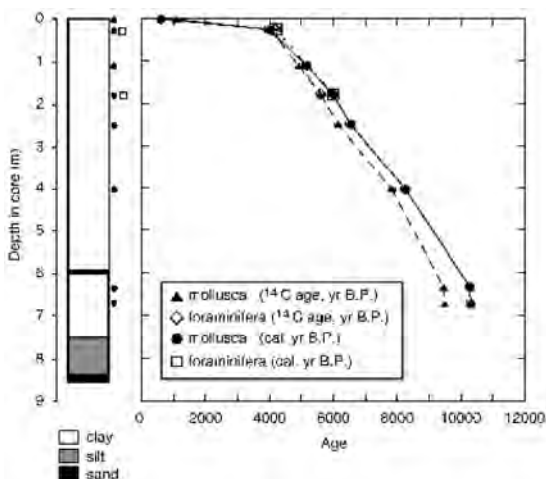
ってドングリやクリなど森林の食料、魚や貝など海洋や河川の食料はともに主要な食料であったと考えられている。特に、クリは栽培されていた可能性も指摘されている。クリの収穫量の指標としては堆積物中の花粉の含有量が有用である。

湾内のプランクトンなどの生物生産量の増減は、魚の増減に密接に関係していたはずである。すなわち、植物プランクトンが多い時期には、動物プランクトンが多くなり、それを食べる小魚も多くなる。堆積物に含まれる有機炭素、炭酸カルシウム、そしてアルケノンという円石藻由来のバイオマーカー(Biomarker)の含有量も海産物に関係した生物生産量の指標として有用である。

三内丸山遺跡の寒暖を判断するには2項目を分析した。一つはアルケノンによる表層水温、もう一つは気温の指標となる花粉群集である。水温は現在の青森市の気温と少なくとも春夏秋は陸奥湾の表層水温と非常に良く対応している。以上の項目をまとめて、湾内の海洋環境、陸上の環境を復元し、遺跡周辺の環境を推定した。

9. コアの年代

試料は2005年の4月に淡青丸の航海で、北緯41度、東経140度46分、水深61mより採取された(第1



第3図 コアの深さと年代 (Kawahata et al., 2009)。

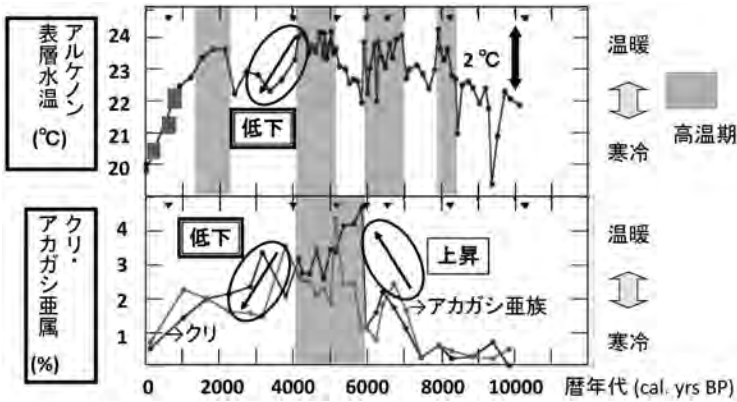
図)。コア長は約8.5mで、大部分は貝化石を含む均質なシルト質粘土から、約7.5mより下部は相対的に粗粒のシルトやサンドから構成された(第2図)。

堆積物の年代決定はすべての解析の土台である。本研究では、堆積物に含まれる底生有孔虫と貝の放射性炭素を測定した。第3図の縦軸がコア深度で横軸が年代である。黒丸は貝化石、四角は底生有孔虫の分析層準を表す。破線で示したのが¹⁴C年代で、実線は暦年代を表す。同じ層準について両者の年代差がほとんどなかったため、試料は現地性のものであった。

堆積物は完新世の大部分に当たる過去1万年間で、平均堆積速度は1,000年間あたり65cmであった。世界的な海水準が10,000年前に現在よりマイナス40m、12,000年前でマイナス70mであることを考慮すると、コア下部で砂やシルト質からなる粗粒な堆積物は、世界的な海水準が低く、水深が浅かった当時の堆積物であったと考えられる(Lambeck and Chappell, 2001)。

10. 温度の変化

アルケノン水温は現在の9月から10月頃の水温を記録していると考えられる。アルケノン水温は過去10,000年間に約22℃から24℃の間で、高温期(8,400-7,900年前, 7,000-5,900年前, 5,100-4,100年前, 2,300-1,400年前)、低温期(8,400年以前, 7,900-



第4図
コアから得られたアルケノン水温そして花粉(コナラ族アカガシ亜属, クリ)含有量の変化 (Kawahata et al., 2009).

7,000年前, 5,900-5,100年前, 4,100-2,300年前), 1,000-2,000年間の周期で変動してきた(第4図) (Kawahata et al., 2009).

陸上の気温については花粉が当時の環境を物語っている。ブナ属は現在の青森県内では比較的温暖で多雨な気候を好む場所に生えている。反対に, 草本の花粉の多産は乾燥気候を反映する。

約8,500年前以前は, 海水準も低く, ブナ属の割合が少なく, 草本花粉の割合が多かった。このことは, 気候が比較的寒冷であったか, 乾燥していたことを示唆している。この時期, 針葉樹であるトウヒ属の花粉の割合が高いことも寒冷な気候を示している。

コナラ族アカガシ亜属は常緑広葉樹林を構成する重要な亜属で, その現在の分布は主に新潟や福島以南である。7,000年前以前はその割合は低く, 前述したブナや草本花粉の結果と一致し, 寒冷であったことを示している。

縄文中期(5,900-4,100年前)には, コナラ族アカガシ亜属の花粉の寄与度は高く, 青森県が温暖であったことを物語っている(第4図)。クリ花粉もアカガシ亜属花粉も含有量において似た変動を示した。

気温と水温は概して一致しているが, 唯一の問題は5,900-5,000年前の期間は花粉は陸上が温暖であったことを示しているのに, 海洋でのアルケノン水温は寒かった記録を示しているというように, 食い違っている。この原因として, 津軽暖流の流れの違いにより, 陸奥湾内の海水の入れ替わりも違っていたと考えられる (Kuroyanagi et al., 2006)。ちなみに5,000年前以降は現在と同じ海洋環境になっていた。

11. 海の生物生産の変化

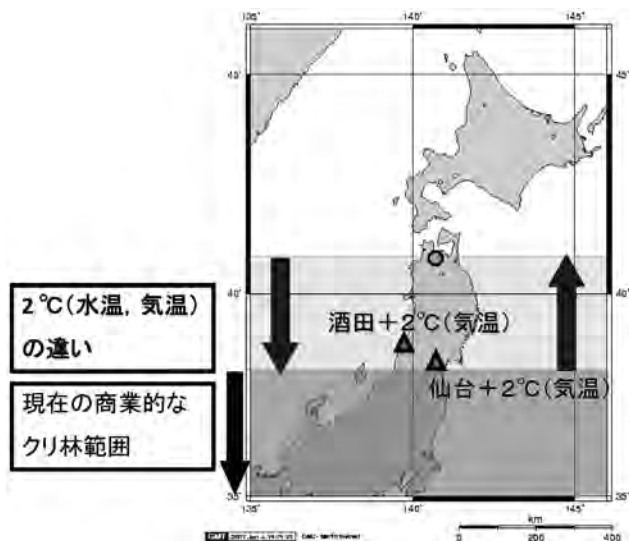
三内丸山遺跡の人々にとって漁撈は重要であった。堆積物に含まれる有機物中の有機炭素/全窒素(Corg/N)のモル比は, 有機物が陸上の生物由来のものか, 海洋の生物由来のものかを表す指標である。海洋生物の場合の値は6-7, 陸上の生物の値は20-200となる。本研究のCorg/N比は10-12であったこのことは, 陸奥湾では陸に近いにもかかわらず, 海洋生物由来の有機物が中心であった。

有機炭素含有量, 円石藻由来のアルケノンの含有量, 炭酸カルシウム含有量は陸奥湾内の生物生産量を表している。これらをまとめると, 海の生物生産は, 7,000年前以前は低く, その後増加し, 5,900年前~4,000年前にはさらに顕著な増加となった。

12. 三内丸山遺跡の盛衰

これらをまとめて, 三内丸山遺跡の盛衰を引き起した環境的な要因をまとめる。

食料については, 陸奥湾内の海洋の生物生産は約7,000年前以降増加し, 特に約5,900年前以降急速に増加が顕著であった。陸上においても, 気候の温暖化によりクリなどの生産が拡大した。従って, 海陸ともに温暖となり, 特に陸の食料が顕著な増大を示したことが, 三内丸山遺跡成立の重要な一つの要因であったと考えられる。温暖な気候により生活は楽になったと考えられる。冬期に降る雪も春期の早い時期に融解してしまうと, 植物の生育も促進され, 実りの種類も量も改善されたと考えられる。



第5図 平均気温が青森市と気温および水温が2℃違う東北地方の代表都市。

逆に、4,200年前には海洋と陸上の指標とも三内丸山遺跡が急に寒冷化を示した。寒冷化の程度は表層水温で約2℃であった。陸上のクリなどの生産は気候の寒冷化に伴い激減し、陸上動物も同様に減ったと思われる(Kawahata et al., 2009)。

13. 商業的なクリの生産

では果たしてこの寒冷化は1,600年間定住生活が営まれた三内丸山遺跡から人々がなくなるほどの影響力を持ったものであったのだろうか？

現在の日本海の気温・水温の等温線に基づくと、2℃の差は季節にあまり関係なく緯度方向の距離にして約230kmに相当する(第5図)。現在、陸奥湾より気温・水温が2℃高い場所は、日本海だと酒田、太平洋側だと仙台となる。縄文中期の青森県の温度は、現在の宮城県南部と同等ということになる。

クリの生産に関しては、商業目的のクリ林は現在主に宮城県南部以南に位置している。もちろん、クリ林はそれ以北にもあるが、美味しいクリの実や商業的にも十分利益のでるような安定的な生産は、寒冷な気候の下では難しい。縄文中期の温暖化では青森県で立派なクリが生産可能であったことを意味しており、実際三内丸山遺跡でも多量のクリが当時のゴミ捨て場より発見されている。

もっとも、現在でも東北は冷害を数年に一度経験している。そこで、三内丸山遺跡においても、クリの安定的な収穫という観点では十分余裕を持って温暖であったというわけではなく、凍害が木を枯らすこともあるので、三内丸山遺跡の人々にとって当時から寒冷な気候はおそらく脅威であった。

4,200年前の三内丸山遺跡の衰退期の寒冷化は、クリの安定的な収穫を阻害し、人口が増大しつつあった遺跡の人々の食糧確保に深刻な影響を与え、遺跡の衰退を十分に招きえるものであったと結論づけられる。なお、この気候の寒冷化は日本全国で起こり、縄文人の人口減少の重要な原因であった可能性が高い(鬼頭, 2000)。

14. 世界の文明盛衰とのリンク

三内丸山遺跡の人々は4,200年前に遺跡を放棄した。世界の文明においても、ほぼ同じ時期(4,000-4,300年前)に衰退が報告されている。例えば、ユーラシアでは、4,200-4,000年前に気候がひどく乾燥化あるいは寒冷化した(Yasuda et al., 2004)。長江周辺に定住した人々の人口は約4,500年前に突然増加し、大都市を形成するようになったが、約4,000年前には衰退してしまった(Yasuda et al., 2004)。Dongge洞窟の鍾乳石の酸素同位体比からは、アジアモンスーンの強度が4,400-4,000年前に非常に小さくなったことが示唆されている(Wang et al., 2005)。アジアモンスーンでも、夏期モンスーンは水循環と強くリンクしている。そこで、モンスーン強度が弱くなったということが、突然の水循環変化を引き起こし、中国中部の新石器時代の文化を約4,000年前に崩壊させたとの説がある(Wu and Liu, 2004)。

中国西部で記録されるインドモンスーンにおける乾燥化の強化は(Hong et al., 2003)、西アジアのメソポタミアでの乾燥事変と同期している(約4,100年前)(deMenocal, 2001)。さらに、この突然の乾燥化は北大西洋での表層海水温の降下と関係しているかもしれないと言われている(deMenocal, 2001)。このようにアジアの中緯度域でほぼ同時に文明が衰退していく原因は、アジアモンスーンの寒冷化あるいは乾燥化などのさまざまな影響と言えるかもしれない。

完新世の気候は、地球的規模で温暖で安定していたと言われている(8,200年前を除く)(Dansgaard *et al.*, 1993)。今回の結果は、本州最北端の地で、4,200年前に水温や気温が約2℃変化したために縄文人の人々の生活が崩壊したことを示している。現代の地球温暖化では、今世紀中に世界の平均気温が約2℃上昇すると推定されている。現代社会にとって2℃程度の上昇はささいなものと考えられる人もいるかもしれないが、農作物の生育、ふだきにも気候の変化が大きな影響を及ぼすことが知られている。年平均気温での2℃という気温変化、しかも速いスピードでの変化は、一次産業などが主体の共同体では大きな衝撃をもたらすものと危惧される(Kawahata *et al.*, 2009)。

15. 青森県の縄文遺跡

三内丸山遺跡の他にも青森県には縄文遺跡が数多く存在している。代表的な遺跡について、環境との関連より紹介する。

15.1 縄文時代草創期(大平山元遺跡)

青森県の津軽半島(外ヶ浜町字蟹田大平山元)には、大平山元遺跡という縄文時代草創期の遺跡がある。ここは、現在、海岸線から数km川を遡った、標高約25mの蟹田川左岸の河岸段丘上に位置している。遺跡より産出した無文土器の年代は約16,500年前なので、当時の海水準は現在よりも場合によっては100m以上低かった。そこで、遺跡は丘陵地の上部で、海にでるにはかなり大変な場所に存在していたことになる。しかも、16,500年前は、まだ最終氷期の最中なので、気候も寒冷で、積雪もかなりあったと推定される。

15.2 縄文時代前期(田小野貝塚)

遺跡は、日本海に面する七里長浜の東側4km、標高約20mの段丘上に位置している。貝塚は太平洋側には多いものの、日本海側には少ないので、貴重である。ここの特徴としては、ベンケイガイの数cmの貝輪(プレスレット)作りが行われ、北海道との交易があったとされる点が挙げられる。ベンケイガイは、七里長浜に沢山生息している。

この貝塚のできた頃は、縄文時代前期と中期の境界位なので、三内丸山遺跡のちょうど真ん中あたっ

ており、温暖な時期であったと推定される。海水準も現在より1-2m高かったので、汽水湖十三湖に繋がる河川が存在する貝塚東側の低地にも海水が入り込んできていたかもしれない。

15.3 縄文時代後期(小牧野遺跡)

八甲田山系から青森平野に向かって延びる荒川と入内川に挟まれた舌状台地の標高145mに存在する遺跡である。大規模な土地造成と特異な配石によって構築された環状列石を中心とする遺跡で、環状列石は2,900個、30tの石が使用され、両方の川の上流より運搬されたと推定されている。この場所は、荒川よりアクセスするには、急な崖を登る必要があり、日常生活の場というより祭時などの非日常の場として用いられたらしい。ちなみにこの地点は、現在の海岸線より10kmほど内陸に入っており、荒川と入内川の標高も20m以上なので、陸奥湾での漁猟には適さない土地であったと考えられる。

15.4 縄文時代晩期(大森勝山遺跡)

岩木山の北東麓、平野からはかなり離れた標高約140mの舌状台地上に存在する遺跡である。大型竪穴住居や環状列石などが存在している。現在でも、舗装された道路からかなり中に入り、畑を除くと人家も存在しない。縄文人が山奥のこの地になぜ居住したかよくわからない遺跡である。

15.5 縄文時代晩期(是川遺跡)

八戸市の南東部、新井田川左岸に位置している。縄文時代晩期中心の中居遺跡、前期・中期の一王寺遺跡、中期の堀田遺跡の総称として是川遺跡と呼ばれている。基本的に新井田川沿いに分布しており、海から遡って交易などもしていたのではないかと思われる。

謝辞: 本稿を準備するにあたって、科学研究費補助金基盤研究(B)19340146および東京大学交付金を使用した。

引用文献

- 青森県教育委員会(2002):特別史跡 三内丸山遺跡 年報-5-, pp.50.
青森県(2002):青森県史別編,三内丸山遺跡,501pp.
Dansgaard, W., Johnsen, S.J., Clausen, H.B., Dhal-Jensen, D., Gund-

- strup, N.S., Hammer, C.U., Hvidberg, C.S., Steffensen, J.P., Sveinbjornsdottir, A.E., Jouzel, J. and Bond, G. (1993) : Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice core record. *Nature* 364, 218-220.
- deMenocal, P.B. (2001) : Cultural responses to climate change during the late Holocene. *Science* 292, 667-673.
- Habu, J. (2004) : Ancient Jomon of Japan. Cambridge University Press, UK, pp.332.
- Harada, N., Shin, K.H., Murata, A., Uchida, M. and Nakatani, T. (2003) : Characteristics of alkenone synthesized by a bloom of *Emiliania huxleyi* in the Bering Sea. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 67, 1507-1519.
- Hong, Y.T., Hong, B., Lin, Q.H., Zhu, Y.X., Shibata, Y., Hirota, M., Uchida, M., Leng, X.T., Jiang, H.B., Xu, H., Wang, H. and Yi, L. (2003) : Correlation between Indian Ocean summer monsoon and North Atlantic climate during the Holocene. *Earth Planetary Science Letter* 211, 371-380.
- 川幡穂高 (2009) : 縄文時代の環境, その1 - 縄文人の生活と気候変動 -. 地質ニュース, 659, 11-20.
- Kawahata, H., Yamamoto, H., Ohkuchi, K., Yokoyama, Y., Kimoto, K., Ohshima, H. and Matsuzaki, H. (2009) : Changes of environments and human activity at the Sannai-Maruyama ruins in Japan during the mid-Holocene Hypsithermal climatic interval. *Quaternary Science Reviews.*, 28, 964-974.
- 鬼頭 宏 (2000) : 人口でみる日本史, PHP研究所, 東京, 229pp.
- 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, 206p.
- 小山修三・杉藤重信 (1984) : 縄文人人口シミュレーション. 国立民族学博物館研究報告, 9, 1-39.
- Kuroyanagi, A., Kawahata, H., Narita, H., Ohkushi, K. and Aramaki, T. (2006) : Reconstruction of paleoenvironmental changes based on the planktonic foraminiferal assemblages off Shimokita in the northwestern North Pacific. *Global and Planetary Change* 53, 92-107.
- Lambeck, K. and Chappell, J. (2001) : Sea level change through the last glacial cycle. *Science*, 292, 679-686.
- Prahl, F.G., Muehlhausen, L.A. and Zahnle, D.L. (1988) : Further evaluation of long-chain alkenones as indicators of paleoceanographic conditions. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 52, 2302-2310.
- Wang, Y., Cheng, H., Edwards, R.L., He, Y., Kong, X., An, Z., Wu, J., Kelly, M.J., Dykoski, C.A. and Li, X. (2005) : The Holocene Asian monsoon: Links to solar changes and North Atlantic climate. *Science* 308, 854-857.
- Wu, W.X. and Liu, T.S. (2004) : Possible role of the "Holocene Event 3" on the collapse of neolithic cultures around the Central Plain of China. *Quaternary International* 117, 153-166.
- Yasuda, Y., Fujiki, T., Nasu, H., Kato, M., Morita, Y., Mori, Y., Kanehara, M., Toyama, S., Yano, A., Okuno, M., Jiejun, H., Ishihara, S., Kitagawa, H., Fukusawa, H. and Naruse, T. (2004) : Environmental archaeology at the Chengtoushan site, Hunan Province, China, and implications for environmental change and the rise and fall of the Yangtze River civilization. *Quaternary International* 123-125, 149-158.

KAWAHATA Hodaka and YAMAMOTO Hisashi (2010) : Environments in Jomon era II: Environmental change around Sannai-maruyama site.

<受付: 2009年10月8日>