

第 3 章

地域環境史調査

第3章 地域環境史調査

1. 年縞がもたらす新たな価値観

自分たちの暮らす地域の自然風土のすばらしさを実感し、そこに生まれた伝統文化や芸能のすばらしさを未来の地域再生の切り札にするプロジェクトを秋田県男鹿市から白神山地一体を中心とする農山漁村地域で実施した。

この秋田県北西部の地域資源として特筆すべきものが年縞である。男鹿市の目潟(マール)の湖底からは世界でも珍しい年縞堆積物が発見された。年縞はバーコード状を示しガイア(大地)のDNAとでもいうべきものであり、過去の気候変動や人間の自然破壊の歴史などが1年単位でその中に記録されている。この年縞の分析を核として地域の風土が経てきた歴史、地球環境の神秘、今、自分が生きているこの大地の風土は数千年かけて自分たちの祖先と大自然とのかかわりの結晶であることを住民が感動をもってまず理解することが重要である。

世界遺産の白神の美しいブナ林は、なぜいつ頃どのようにして形成され、それをどのようにして地域の人々が守りぬいてきたのか。そしてそこで繰り広げられるナマハゲの神事は、地域住民の心の優しさや欲望をコントロールする力を与えている可能性がきわめて高い。

このような美しい風土の中で、なぜ人々はいつ頃からナマハゲの神事をおこなってきたのか、その21世紀の未来に持つ意味は何なのか。世界では年縞堆積物のあるところは限られている。その年縞堆積物のあるところは、いずれも美しい大地であり、そこには自然を崇拝し他者の命を尊敬する心優しいアニミズムの心をもった人々が暮らしている。年縞がこれまで発見されている大地は美しくかつそこに暮らす人々の心も穏やかである。あれほど広大な中国には、年縞堆積物はほとんどないのである。ここに、自然と人間のまだ解明されていない不可思議な謎が隠されている。ひょっとするとナマハゲの神事があったからこそ、アニミズムの心があったからこそ目潟には年縞堆積物が残存できたのかもしれない。こうした視点から地域の資源と人間を調査研究した事例はこれまで皆無である。年縞堆積物が残存する美しい大地で、高度なアニミズムの文明を発展させた一つに、中米のマヤ文明のあるグアテマラがあげられる。このマヤ文明もまた自然を崇拝し他者の命に畏敬の念を持つアニミズムの文明であった。



男鹿半島のナマハゲ

本調査研究では、秋田のローカルをグローバルに直結させるために、2006年11月に男鹿市で年縞に関する国際ワークショップを実施したほか、2007年3月には、国際的機関IGBP、AIMES、PAGES、IHOPEと日本学術会議、地球環境戦略研究機関、環境省と共催で国際シンポジウム「地球と人類の未来 - アジアから考える」を秋田県大潟村で開催した。この国際シンポジウムでは、目潟の年縞に関する分析結果を報告することによって、目潟が世界の目潟として認識された。なぜ年縞のある美しい大地で文明が発展しえたのかを、そしてこれからの地球と人類の未来はどうなるのかについて、年縞を核にした比較調査研究を実施することによって、秋田のローカルがグローバルに直結した。そのことがとりもなおさず美しい年縞のある秋田県北西部の人々の自信と誇りにつながり、美しい地域の風土への愛着をもたらし、秋田県の人類文明史における位置と未来を予測する上で大きく役立つはずである。

(国際日本文化研究センター教授 安田喜憲)

2. 年縞堆積物から得られる地域の環境史

(1) 年縞堆積物による古気候復元の分解能と精度

過去の気候変動を詳細に復元してそのメカニズムや周期性等を解明する研究は、将来の気候変動予測との関連で大変注目されている分野である。突発的かつ急激な気候変動に対して人間がどのように応答し、そして乗り越えてきたのかを知ることは、我々が地球温暖化に対するパラダイムを考える上でも非常に重要である。ここでは、年縞堆積物による古気候復元の分解能と精度について触れることとする。

過去の気候変動を記録しているものとして、日記等の歴史文書、樹木年輪、珊瑚年輪等が挙げられる。もっとも古い文書記録には、1400年代以降のものがあるが、これらは長くても数百年程度の記録にしか過ぎない。100年先の気候について有意な予測をするためには、連続した1,000年間あるいは10,000年間にわたる1年単位の気候復元記録が必要である。これほど長期間の変動を記録しているものとして、海洋、湖沼等の水域や陸上に分布する堆積物がある。

しかし、従来、考古学や歴史学の時間スケールに相当する季節～数年単位の気候変動を堆積物から検出することは不可能と考えられてきた。1年単位の縞模様は、スカンジナビア半島のスウェーデンやフィンランド等における湖の氷縞粘土により、地質学においては古くから知られていたが、中緯度や低緯度にある湖沼には、1年単位の縞模様の堆積物があるとは考えられていなかった。しかし、1991年のプロジェクト「文明と環境」において、福井県三方五湖の水月湖で発見された年縞(varve)に、季節～1年単位の地球環境変動が記録されていることが明らかになったことをきっかけに、日本列島の複数の湖沼で同様の年縞が確認されるようになった。



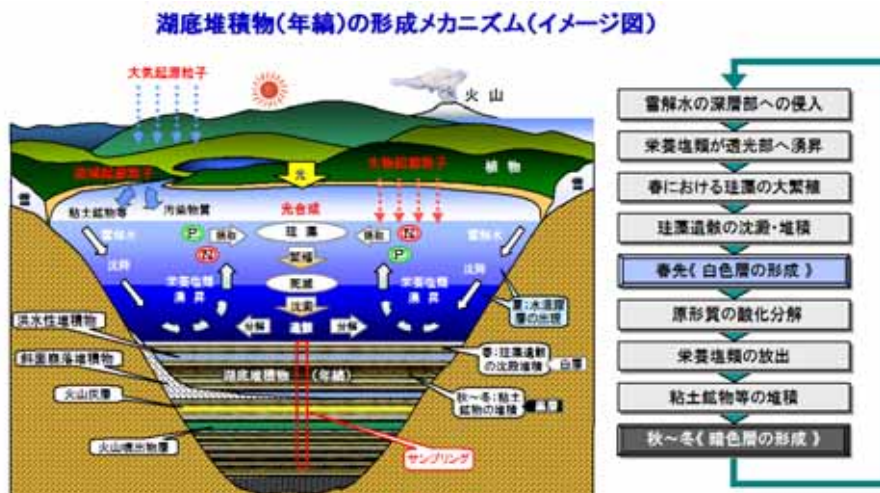
年縞が確認されている日本各地の湖沼

(2) 湖沼における年縞の形成メカニズム

次に、湖沼年縞の形成メカニズムについて説明する。

3月に雪解け水が深部へ浸透し、栄養塩類を含む深層の水の湧昇(アップウェリング)をもたらす。栄養塩類の透光部への湧昇により、珪藻が繁殖する。この珪藻遺骸は沈降して堆積し、白色層が形成される。また、その原形質は分解するときに溶存酸素を使い、栄養塩類を放出する。その後、粘土物質が堆積して、暗色層が作られる。1年の縞模様は、このような年1回のプロセスからつくられている。

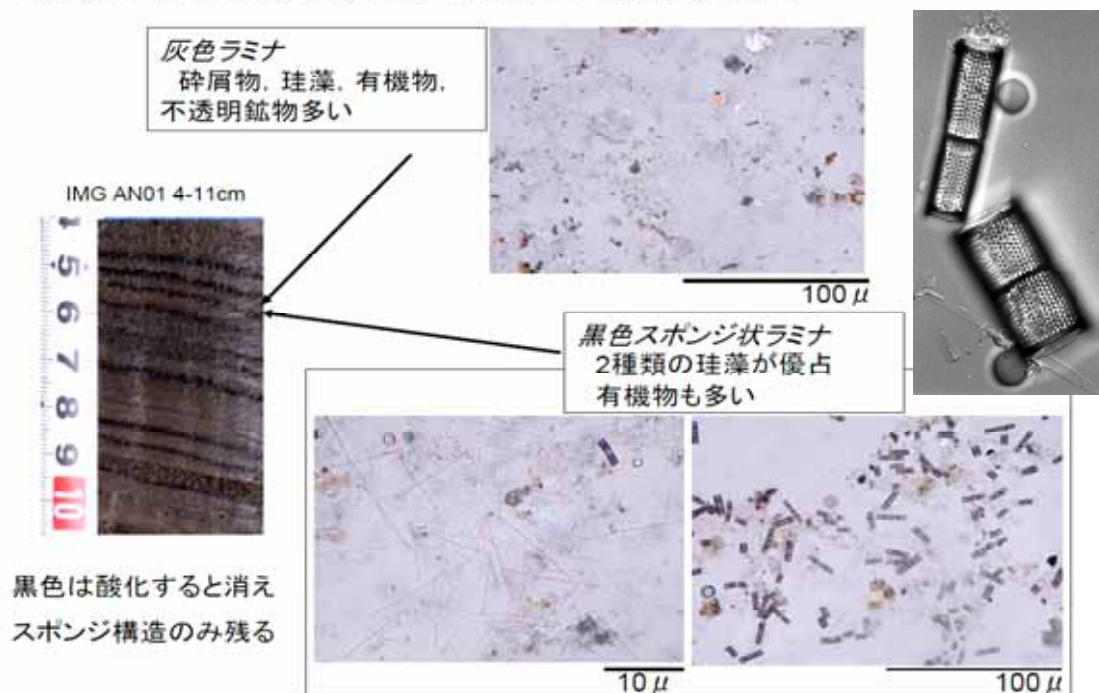
このような発見から、それまで不可能と考えられていた歴史学や考古学の時間スケールにおける堆積物を用いた気候変動の検出は、可能であることが証明されている。



年縞堆積物には、すじ状の層(ラミナ)が含まれており、走査型電子顕微鏡で観察すると、白い層(目潟では酸化する前は黒色、時間とともに明灰色)のラミナには、幾何学的な筒状のものが見られる。これは、珪藻という植物プランクトンであるが、この殻自体は岩石と同じシリカ(SiO_2)で出来ていることから、分解せずに堆積物の中に残存している。一方、黒い層(目潟では暗灰色)のラミナには、白層ラミナに含まれていた珪藻の他に、種類の異なる珪藻や非常に細かい粘土鉱物等の様々なものが含まれている。

この珪藻が一斉に繁殖するブルームは春先にしか起こらないことから、白い層(明灰色)が春で、黒い層(暗灰色)が夏以降の堆積物であり、1枚の縞模様が1年でできた堆積物であることがわかる。

スミアスライドの顕微鏡観察による一ノ目潟の年縞堆積物の特徴

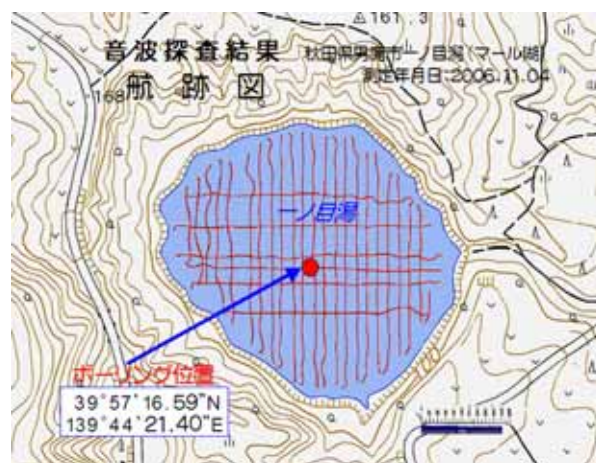


(3) 一ノ目潟の年縞の層相・堆積年代

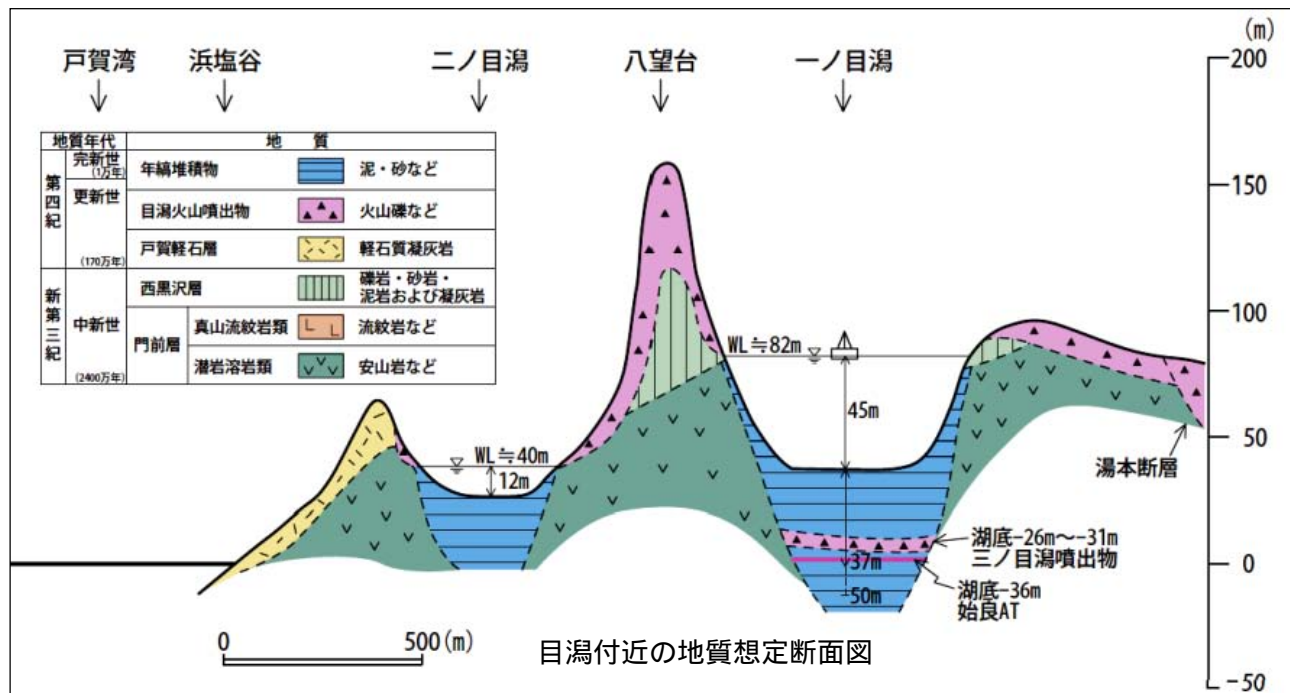
2006年11月からおよそ2ヶ月間に及んだ秋田県男鹿半島に位置する一ノ目潟でのボーリングでは、始良Tn(AT)テフラまで達する縞状堆積物が採取された。ここに採取されたボーリングコアの層序について報告する。



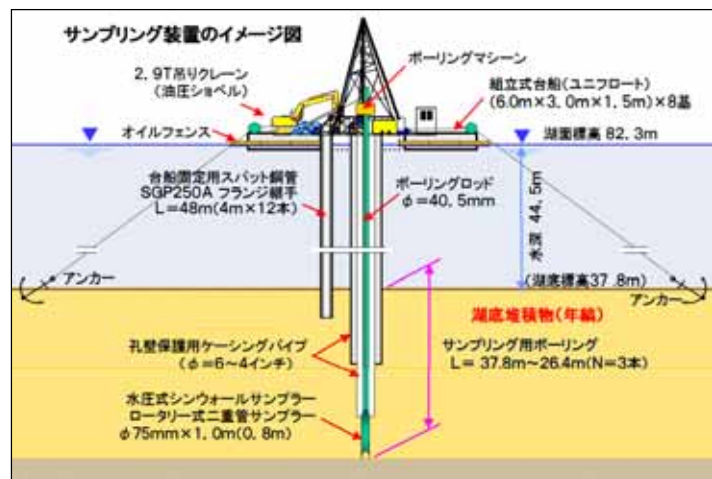
目潟周辺の俯瞰写真



ボーリング調査地点



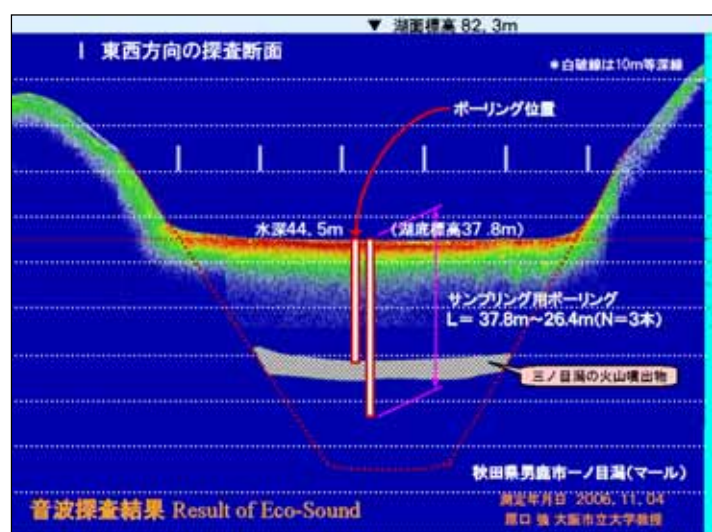
組立式台船上に設置された
ボーリングマシン

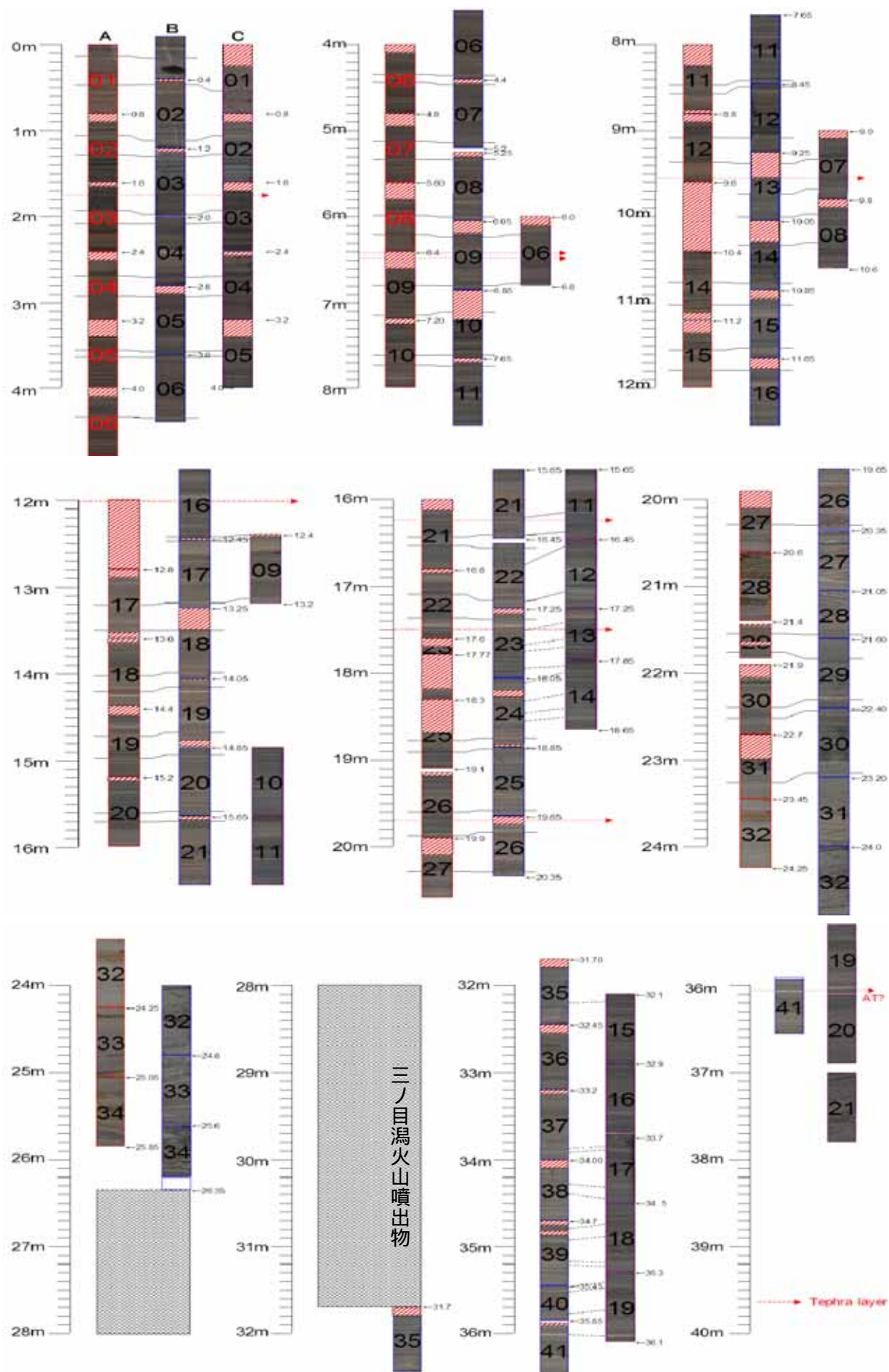


今回のボーリングでは、コアを連続的に採取するために、一ノ目潟中央部、各数m程度離れた3箇所の掘削孔からそれぞれコアの採取を行った。各地点から採取されたコアは、テフラやタービダイト等の目立ちやすいマーカーにより対比して共通深度を求めている。

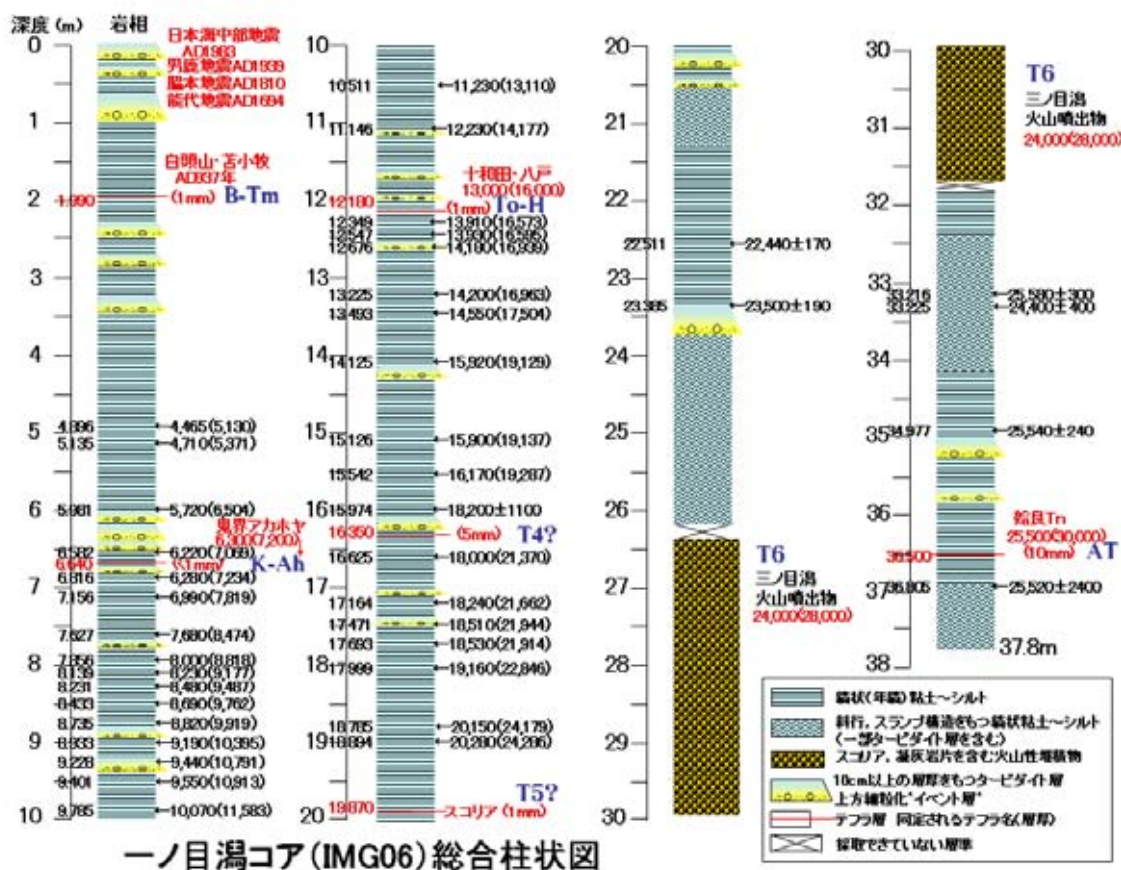
一ノ目潟コア(IMG06)のサンプリング層準図と総合柱状図を以下に示す。堆積物の層相については、深度0~26.2mまではいくつか茶褐色の上方細粒化の堆積構造を持つ「タービダイト」層が挟在するものの、全層準でミリ~サブミリオーダースケールのリズミカルな葉理が発達している。

深度26.5~31.7mには、スコリア質で粗粒な火山性噴出物が厚く堆積している。それよりも下位の深度37.0mでも、同様に葉理が発達しているが、コア採取時の乱れによってラミナが斜行・褶曲している構造が顕著に見受けられる。





三ノ目湯で採取されたコア(IMG06)のサンプリング層準図



また、IMG06コアには、三ノ目湯起源の火山噴出物(T6)以外にも5枚のガラス質テフラ層と1枚のスコリア層が認められる。挟在深度と層厚および現在時点に対比・同定される可能性がある火山灰については、以下のとおりである。

IMG06コアの火山灰分析層序

- T1: 深度 1.99m (層厚 1 mm) 白頭山苦小牧(B-Tm)テフラ AD937
- T2: 深度 6.64m (層厚 1 mm) 鬼界アカホヤ(K-Ah)テフラ 14C:6.3ka(7.2ka)
- T3: 深度 12.18m (層厚 1 mm) 十和田八戸(To-H)テフラ 14C:13ka (16ka)
- T4: 深度 16.35m (層厚 5 mm) 不明なテフラ? 14C:18ka (21ka)
- T5: 深度 19.87m (層厚 1 mm) 不明なスコリア層? 14C:21ka (25ka)
- T6: 深度 26.50m (層厚 5.2mm) 三ノ目湯起源スコリア層 14C:24ka (28ka)
- T7: 深度 36.5 m (層厚 10 mm) 始良 Tn(AT)テフラ 14C:25.5ka(30ka)

なお、本コアには残念ながらことに10世紀の十和田火山起源のTo-aテフラが認められなかった。この原因については、偏西風や地上風の風向のほか湖底での堆積物重力流による削剥などが考えられるが、現在のところ不明である。

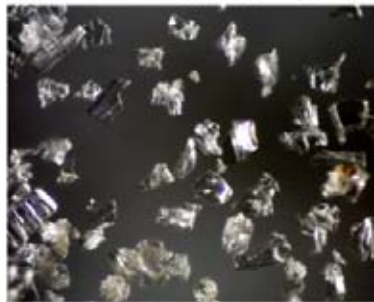


◀ 始良Tn(AT)テフラ

三ノ目湯起源
の火山噴出物▶



T1: B-Tm 白頭山・苦小牧



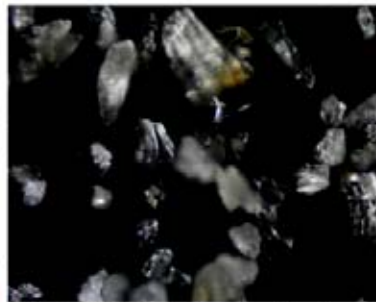
Tephra-1 (T1): 1.99 m in composite depth
Fibrous glass, thickness = 1 mm
(Baitoushan-Tomakoma) (AD637)

T2: K-Ah 鬼界カルデラ



Tephra-2 (T2): 6.64 m in composite depth
Bubble wall and fibrous glass, thickness = 1 mm
Age: ca. 7,200 cal BP (7400-6,300) (Kikai-Akahoya)

T3: To-H 十和田カルデラ



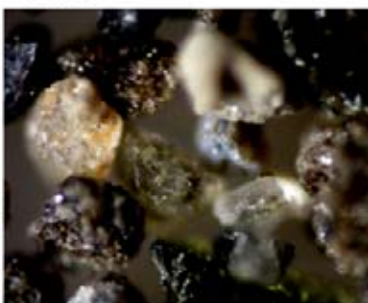
Tephra-3 (T3): 12.18 m in composite depth
Fibrous glass, Plagioclase, Opx, Cpx
thickness = 1 mm, age: ca. 16,000 cal BP
(1400-13,000) (Towada-Hachinohe)

T4: ?



Tephra-4 (T4): 16.35 m in composite depth
Sponge type glass, Pl, Hornblende, Biotite, Opx
thickness = 5 mm, age: ca. 21,000 cal BP
(1900-18,000)

T5: ?



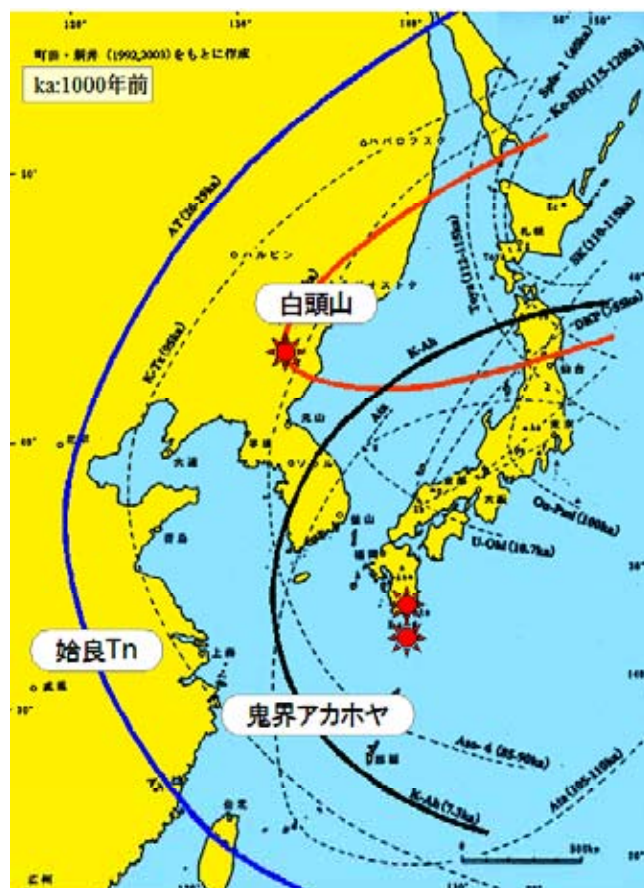
Tephra-5 (T5): 19.87 m in composite depth
Olivine, well sorted sand
thickness = 2 mm, age: ca. 25,000 cal BP
(2400-21,000)

T7: AT 始良カルデラ



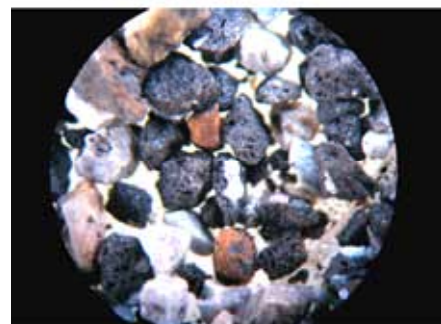
Tephra-7 (T7): 36.5 m in composite depth
Bubble wall glass, thickness = 10 mm
Age: ca. 30,000 cal BP (2800-25,500) (Aira Tn)

一ノ目湯の年縞コアに狭んでいる火山灰の顕微鏡写真



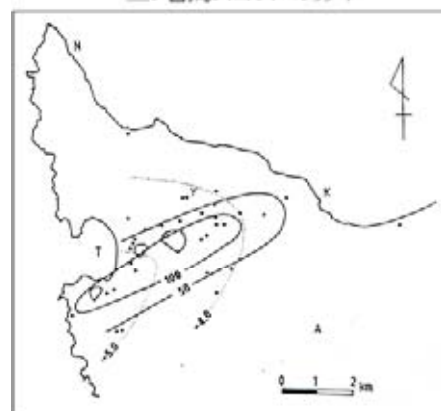
主な広域テフラの分布図

T6: 三ノ目湯スコリア



Tephra-6 (T6): 26.5 - 31.7 m in composite depth
Age = ca. 28,000 cal BP (^{14}C = 24,000)

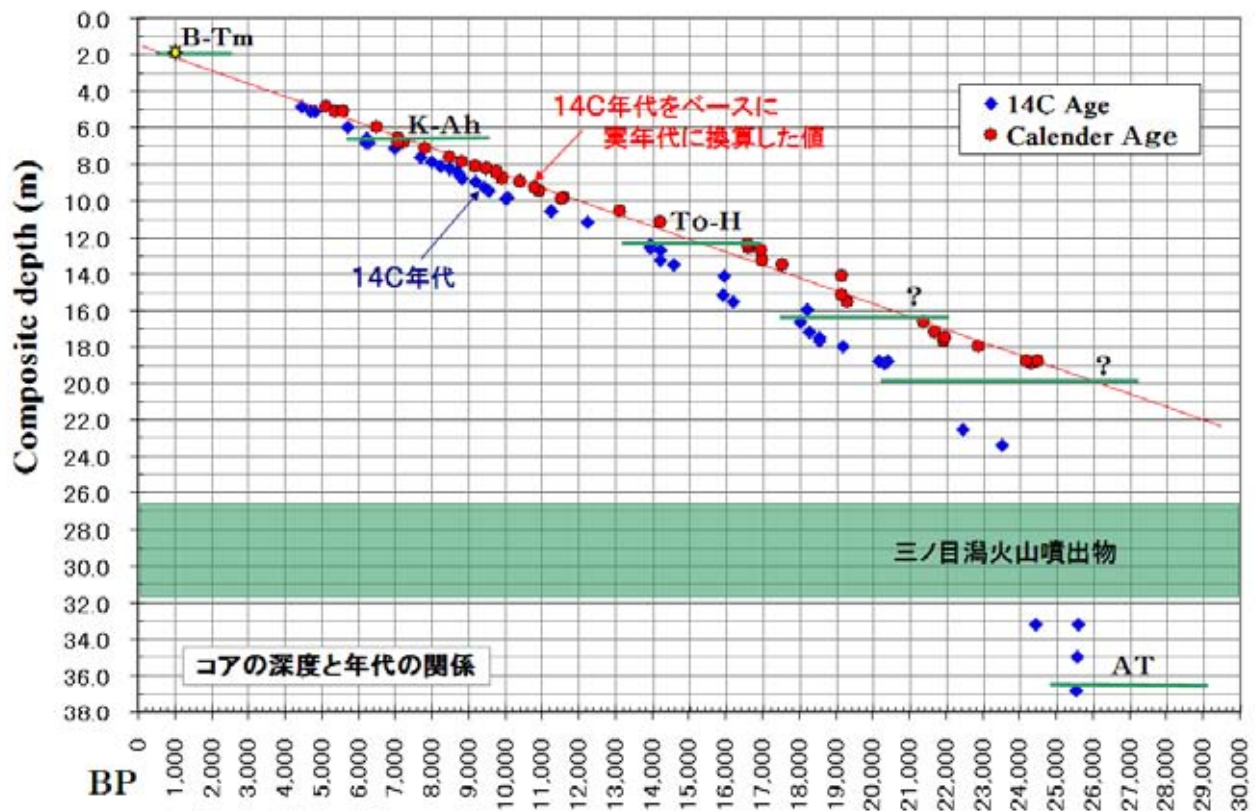
三ノ目湯スコリアの分布



Dispersal map of Sanomegata Scoria
(Kitamura, 1990)

(4) 放射性炭素年代測定結果

今回の一ノ目潟の年縞調査では、50層準から炭化物を採取し放射性炭素同位体(^{14}C)年代測定を実施している。以下の図に年縞コアの深度と年代の関係を示すが、これによると、深度5m以深(暦年代で5,000年前から25,000年前まで)については、ほぼ堆積速度が一定であることが明らかである。また、深度2m地点で確認された白頭山・苦小牧火山灰(B-Tm)もその延長線上にのっており、一ノ目潟の年縞は極めて安定した堆積環境であったことが推定される。

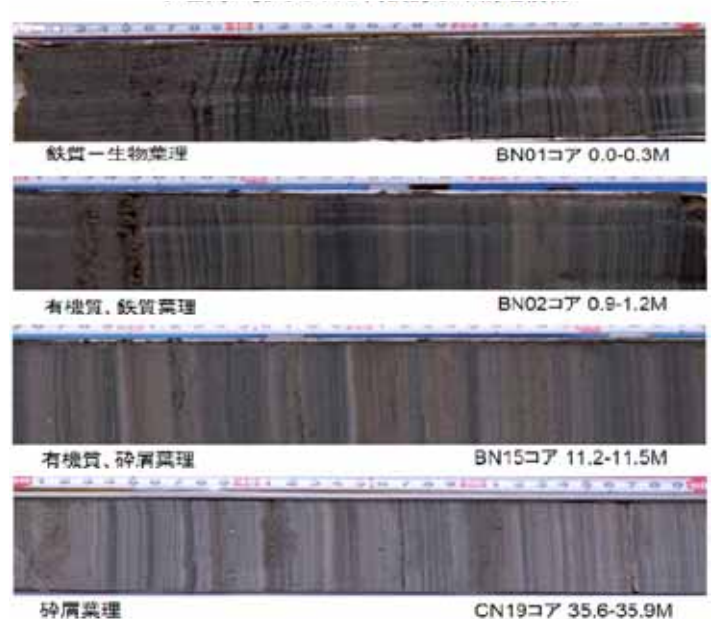


一ノ目潟年縞コアの放射性炭素同位体(^{14}C)年代測定結果と深度の関係

(5) 一ノ目潟の年縞の葉理構造の特徴

一ノ目潟の年縞堆積物は、肉眼あるいは顕微鏡下で認められる非常に細かい葉理をもつ堆積物である。コア上部の葉理は、開封直後には黒色を呈し、その後酸化とともに明灰色に変化するスポンジ状の薄層と、暗灰色を呈する薄層の互層から構成される。

一方、コア下部の葉理は、粒度が異なる2種類の薄層の互層から構成される。そのうち上部の葉理についてスミアスライドによる顕微鏡観察および、葉理そのものの電子顕微鏡観察を行った。その結果、スポンジ状薄層には、大きさの揃った *Asterionella* sp.と *Aulacoseira* の2種類の珪藻遺骸が大部分を占めていた。それに対して、暗灰色薄層は、碎屑粒子が多い特徴があり、有機物や珪藻遺骸も認められる。



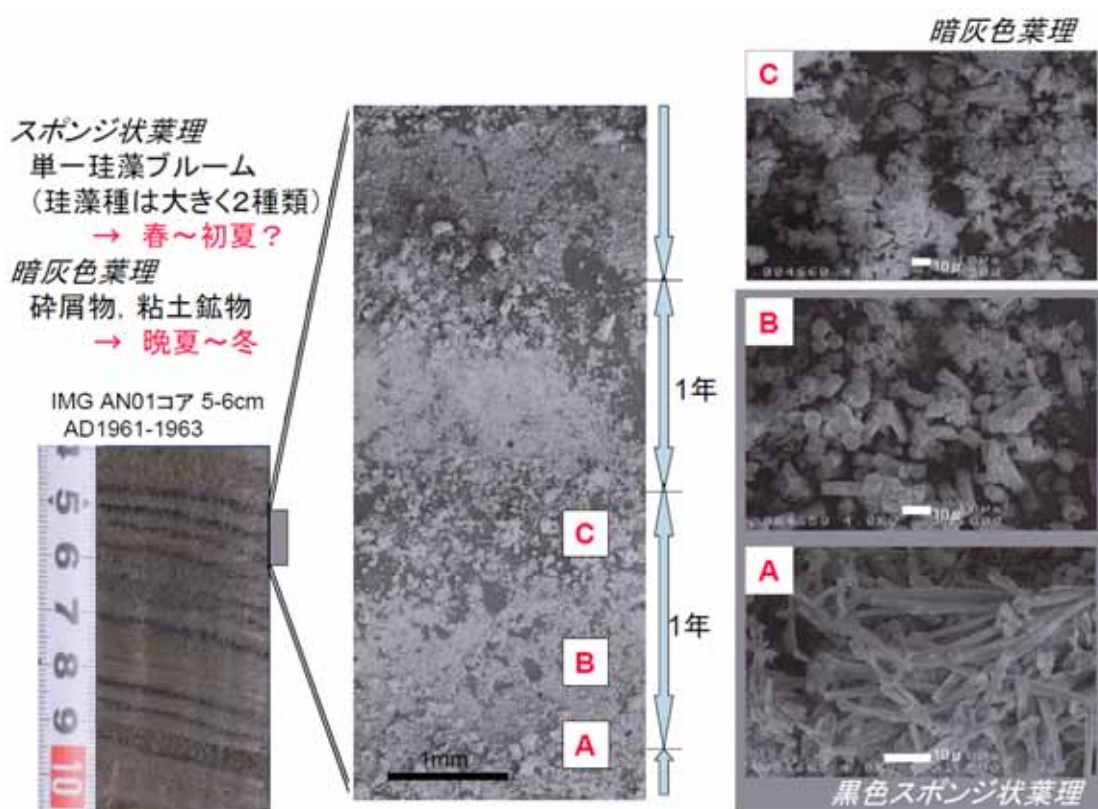
一ノ目潟に認められる代表的な年縞堆積物

放射性炭素年代測定結果

14C Sample Number	Core Number	Depth from core top (cm)	Composite depth (cm)	Age	CalBP	Material
IMG_14C_001	BN07	19.1	489.6	4465 ± 35 BP	5289-4971(95.4%)	種子
IMG_14C_002	BN07	43.0	513.5	4710 ± 40	5582(28%)5506, 5488(21%) 5438, 5420(46.4%)5321	枝
IMG_14C_004	BN08	39.0	598.1	5720 ± 90	6719(1.4%)6701, 6695(94.0%)6312	種子のさや
IMG_14C_005	BN09	18.3	658.2	6220 ± 40	7252(42.8%)7140, 7132(52.6%)7006	葉
IMG_14C_006	BN09	75.7	715.6	6990 ± 50	7934(95.4%)7704	葉
IMG_14C_007	BN10	37.3	762.7	7680 ± 50	8578(0.9%) 8571, 8558(94.5%)8390	葉
IMG_14C_008	BN11	8.0	813.9	8230 ± 60	9403(9.0%)9343, 9328(86.4%)9026	葉
IMG_14C_009	BN11	17.2	823.1	8480 ± 50	9542(95.4%)9431	葉
IMG_14C_010	BN11	67.6	873.5	8820 ± 60	10167(95.4%)9670	葉
IMG_14C_011	BN12	51.3	940.1	9550 ± 60	11134 (95.4%) 10691	葉
IMG_14C_012	BN16	46.3	1,254.7	13930 ± 80	16995 (95.4%) 16195	炭化木片
IMG_14C_013	BN20	22.1	1,554.2	16170 ± 120	19524 (95.4%) 19049	葉
IMG_14C_014	AN13	50.0	1,051.1	11230 ± 120	13310 (95.4%) 12910	葉
IMG_14C_015	AN13	43.7	1,043.9	-	-	木片
IMG_14C_016	BS38	48.6	3,497.7	25540 ± 240	Out of range	コーンの破片
IMG_14C_017	BS41	34.7	3,680.5	25520 ± 240	Out of range	木片
IMG_14C_018	BS22	25.4	1,716.4	18240 ± 110	22105 (95.4%) 21218	枝
IMG_14C_019	BS24	37.2	1,889.4	20280 ± 140	24675 (95.4%) 23897	木片
IMG_14C_020	BS30	49.5	2,338.5	23500 ± 190	Out of range	枝
IMG_14C_021	BS29	43.8	2,251.1	22440 ± 170	Out of range	木片
IMG_14C_022	BS14	66.2	1,114.6	12230 ± 80	14503 (95.4%) 13850	葉
IMG_14C_023	BS13	9.4	978.5	10070 ± 60	11963(6.8%)11872, 11831(88.6%)11335	葉
IMG_14C_024	BS12	4.5	893.3	9190 ± 80	10562 (95.4%) 10227	葉
IMG_14C_025	BS11	37.4	843.3	8690 ± 220	10279(94.9%)9244, 9174(0.5%)9143	葉
IMG_14C_026	BS10	60.2	785.6	8000 ± 60	9078(1.3%)9056, 9032(94.1%)8604	葉
IMG_14C_027	BS09	41.7	681.6	6280 ± 50	7315(83.8%)7152, 7120(11.6%) 7022	葉
IMG_14C_028	BS09	46.5	686.4	6200 ± 40	7245(10.0%)7189, 7181(85.4%)6995	葉
IMG_14C_029	CS09	35.4	1,322.5	14200 ± 100	17444 (95.4%) 16481	木片
IMG_14C_030	BS18	44.5	1,412.5	15920 ± 110	19352BP (95.4%) 18906BP	木片
IMG_14C_031	CS08	25.1	1,051.3	11250 ± 80	13275BP (95.4%) 12968BP	葉
IMG_14C_032	CS07	35.0	982.4	10020 ± 80	11955(1.6%)11922, 11902(0.5%)11891, 11825(93.4%)11249	葉
IMG_14C_033	BS19	61.1	1,512.8	-	-	葉
IMG_14C_034	BS19	60.9	1,512.6	15900 ± 280	19767BP (1.4%) 19697BP 19575BP (94.0%) 18698BP	葉
IMG_14C_035	BS20	65.3	1,597.4	18200 ± 1100	Out of range in the older end	葉
IMG_14C_036	CS15	64.4	3,322.5	24400 ± 400	Out of range	葉
IMG_14C_038	CS15	63.5	3,321.6	25580 ± 300	Out of range	木片
IMG_14C_039	BS07	39.0	509.5	4810 ± 90	5724BP (77.5%) 5435BP 5423BP (17.9%) 5320BP	葉
IMG_14C_040	BS17	60.9	1,349.3	14550 ± 90	17962BP (95.4%) 17046BP	木片
IMG_14C_041	BS16	26.5	1,234.9	13910 ± 90	16984BP (95.4%) 16161BP	木片
IMG_14C_042	CS11	42.0	1,662.5	18000 ± 130	21905BP (95.4%) 20835BP	木片
IMG_14C_043	CS12	61.2	1,769.3	18530 ± 220	22505BP (95.4%) 21323BP	木片
IMG_14C_044	CS12	39.5	1,747.1	18510 ± 130	22375BP (95.4%) 21513BP	木片
IMG_14C_045	CS13	15.9	1,799.9	19160 ± 140	23316BP (95.4%) 22376BP	木片
IMG_14C_046	CS14	34.1	1,879.1	20400 ± 210	25321BP (4.6%) 25115BP 25025BP (90.8%) 23910BP	葉
IMG_14C_047	CS14	33.5	1,878.5	20150 ± 300	25320BP (2.2%) 25118BP 25025BP (93.2%) 23332BP	葉
IMG_14C_048	CS14	13.8	1,859.4	-	-	木片
IMG_14C_049	AS16	39.3	1,282.9	-	-	葉
IMG_14C_050	AS16	23.1	1,267.6	14180 ± 110	17437BP (95.4%) 16441BP	種子
IMG_14C_053	BS12	34.0	922.8	9440 ± 90	11095BP (94.0%) 10486BP 10460BP (1.4%) 10433BP	葉

同層準の電子顕微鏡観察結果では、スポンジ状薄層と暗灰色薄層の周期的な積み重なりが認められた。特に、下位から *Asterionella* sp. 密集層、*Aulacoseira* sp. 密集層、碎屑粒子や粘土鉱物の層の繰り返しになっている。この薄層 1 セットが一年間の堆積物で「年縞」と呼ばれるものである。

さらに、この1年分の年縞を拡大してみると、河川からの碎屑粒子や中国からの黄砂等の大気起源粒子、水の中でできた珩藻、プランクトン等の生物化学起源粒子が含まれている。これらの構成物質から、例えば、碎屑粒子の変化から降水量を推定するように、湖沼中の環境や大気的环境、気候変動が復元できる。

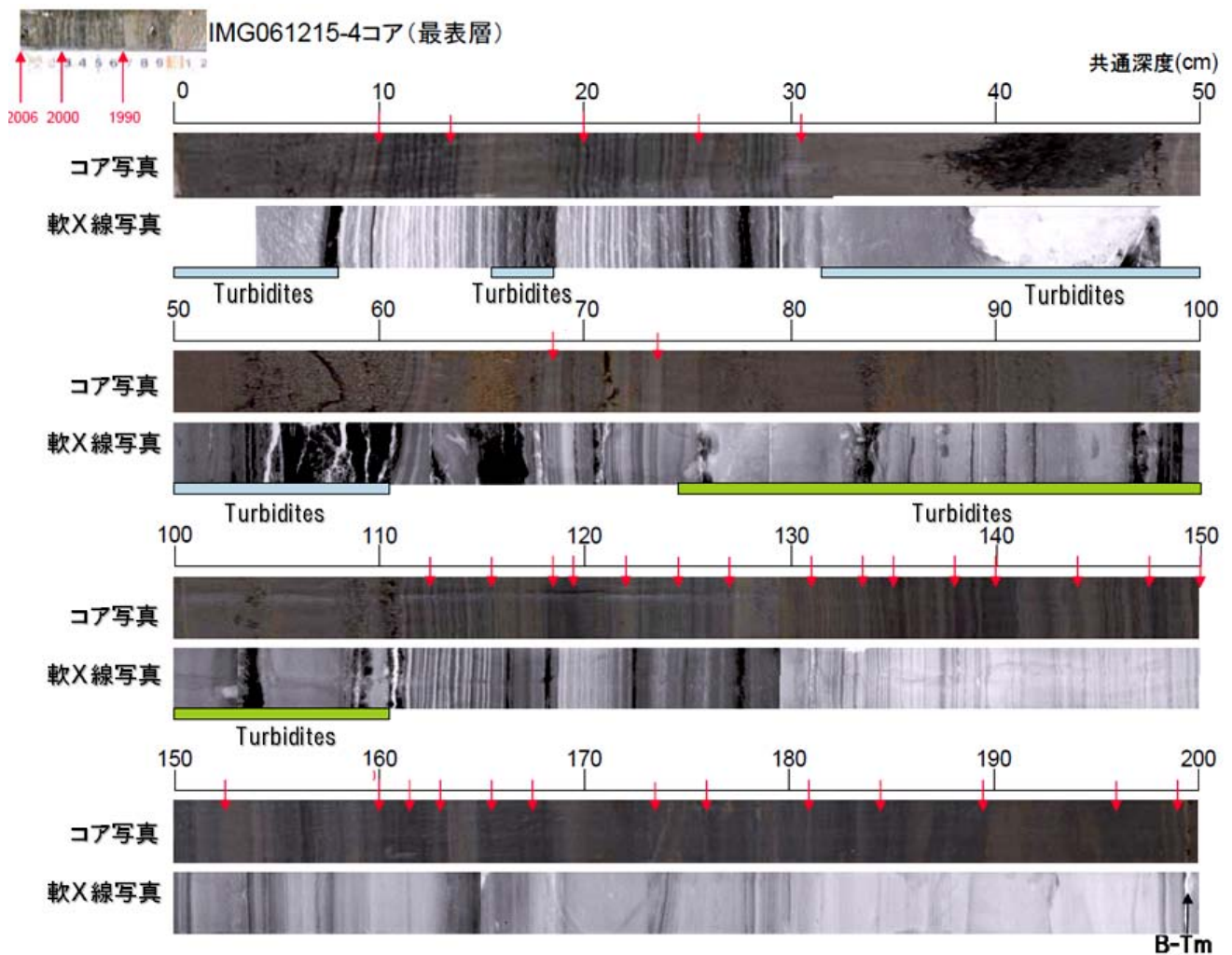


一ノ目潟IMG 06コアの葉理構造の特徴

一ノ目潟の場合には、同じような堆積物が約3万年前まで連続していることが確認されており、これらを解析することにより、万年スケールでの気候変動を解明することができる。

加えて、深度2mまでの「縞」の枚数計測を行った結果、最下部に挟在するテフラ層までの縞のセット数は345枚であった。今回のような機械ボーリングでは、しばしば堆積物の最表層が含水を多く含むために採取時に消失される可能性がある。そのため、重力式コアサンプラーを用いて、堆積物の最表層部をボーリング地点付近で採取した。その結果、IMG 06コアトップからさらに上部に10cmの堆積物が存在することがわかり、その中には23枚の縞セットがあった。堆積物の表層を2006年とし、これらの縞セットをすべて年縞とすれば、深度1.99mのテフラは縞の枚数計測から西暦1638年になる。

しかし、このテフラは、火山灰の同定から白頭山・苦小牧火山灰(B-Tm)であることが判明しており、その年代は青森県の小川原湖の年縞調査から西暦937年夏～938年春であるとされている。これに対して、二ノ目潟での調査を先行している首都大学東京の福澤教授によると、コアの軟X線写真解析等からタービダイトのように見えるものの中にも年縞のような葉理が認められると指摘している。「タービダイト」と認められるものの多くは、湖面低下に伴う湖岸水の懸濁による粘土粒子の流入によるもので、ドイツのホルツマーの年縞でも数多く認められているということである。今後の詳細な調査が待たれる。



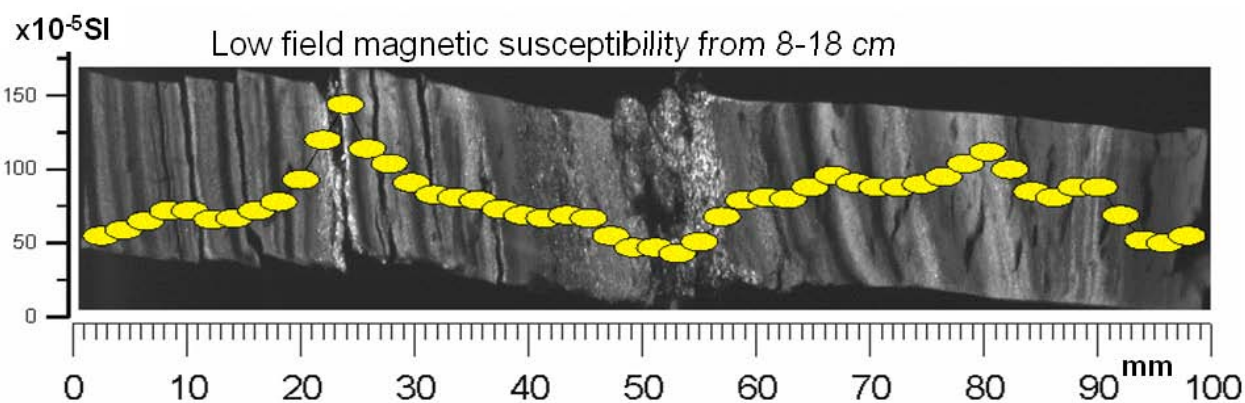
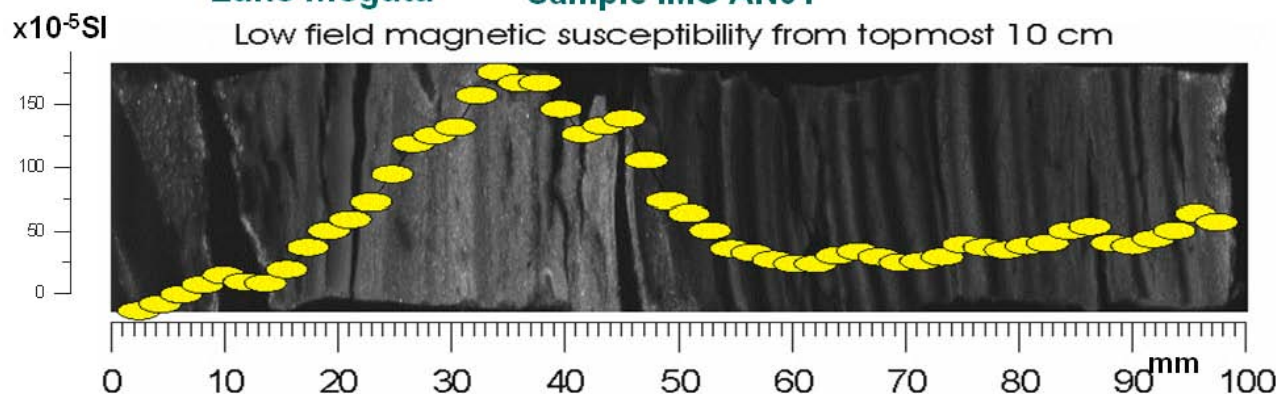
一ノ目潟IMG06コアのコア写真と軟X線写真の対比

また、コアの深度2mまでは、縞状堆積物に挟在するタービダイト層が多く認められ、それらが全て1983年日本海中部地震、1964年男鹿北西沖地震、1939年男鹿地震、1810年男鹿地震、1694年の能代地震に時代的に対応していると考えられる。

上記以外にも深度75cmから110cmに、層厚10～20cm程度の円磨された砂を多く含む砂層が認められている。当初は、1915年頃に一ノ目潟に導水するためのトンネル工事が行われていたことから、その影響で多量の砂が流入したと考えていたが、年代的に対応していない可能性がでてきたことから、今後の検討が待たれる。人為的な影響でないとすれば、その理由は何か非常に興味深い区間である。

正確な「年縞」の認定および計数には、全層準にわたる堆積物薄片による顕微鏡観察が必要不可欠であることから、現在フィンランド・トルク大学のザーリネン教授とドイツ・ポツダム地球学研究所(GFZ)のマルクス研究員が鋭意解析を進めている。以下に、両氏が現在進めている調査研究の予察的報告を示す。

Lake Megata Sample IMG AN01

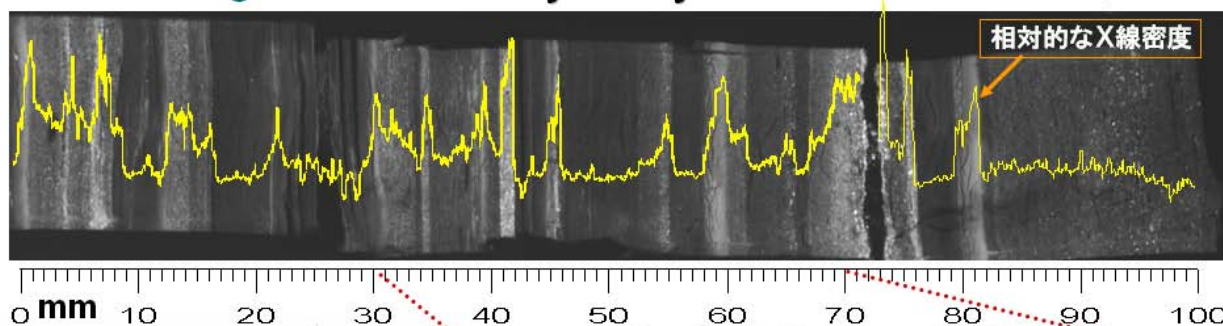


ティモ・ザーリネン(フィンランド・トルク大学教授)

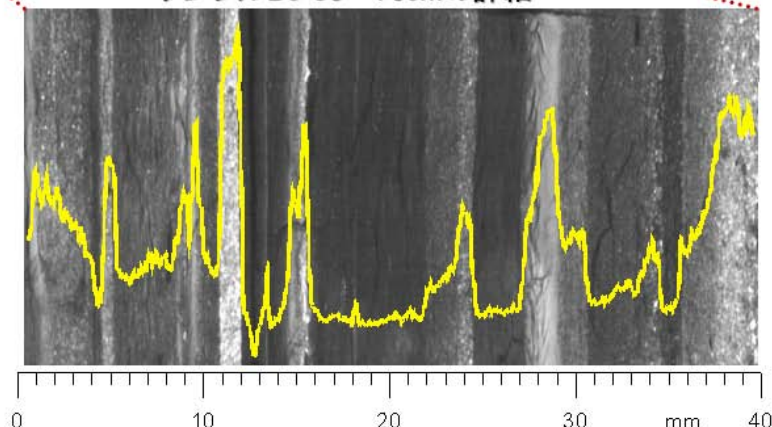
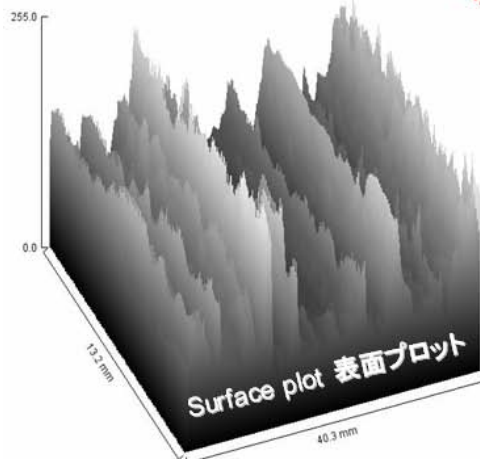
軟X線による透過画像の観察と初期磁

Lake Megata Relative X-ray density

分解能1000dpi



サンプルB9 30~70cmの詳細



ティモ・ザーリネン(フィンランド・トルク大学教授)

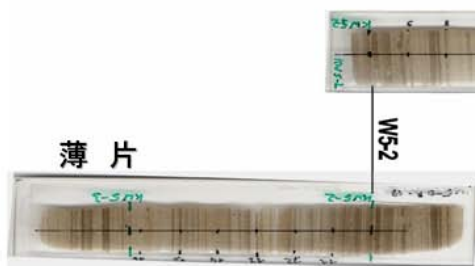
年縞の厚さ及び相対的なX線密度



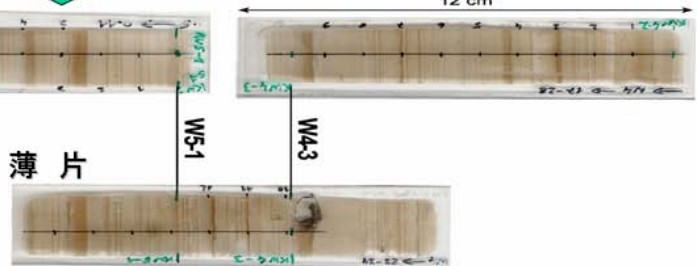
サンプルの薄片作成



サンプル研磨



Thin-sections 薄片



Micro facies analyses マイクロ層相解析

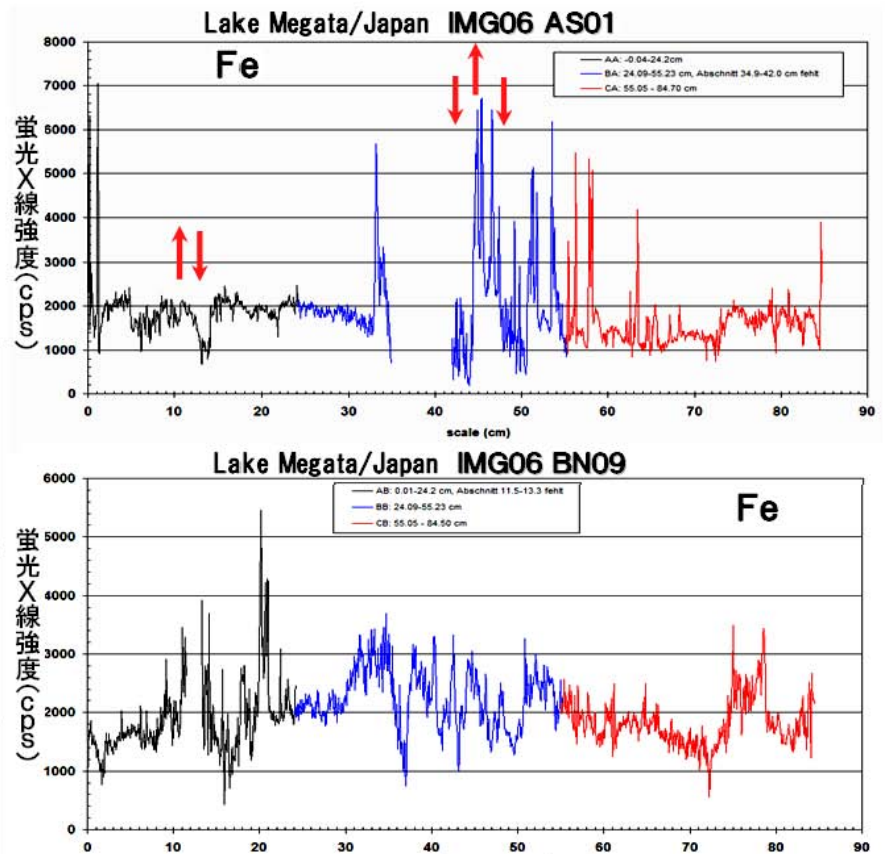
マルクス・シュワブ (ドイツ ポツダム地球学研究所研究員)

薄片マイクロ層相解析

蛍光X線装置(μ -XRF)



- 蛍光X線分析によって得られる主要元素組成の変化はコアの層相変化と対応しているため、年層のカウントに有効
- 一ノ目潟の表層85cmのコア(IMG06 AS01)は、およそ最近100年の堆積物
- 深度6.00~6.85mの約85cmコア(IMG06 BN09)は、約1000年間の堆積物



マルクス・シュワブ(ドイツ ポツダム地球学研究所研究員)

蛍光X線装置と解析結果

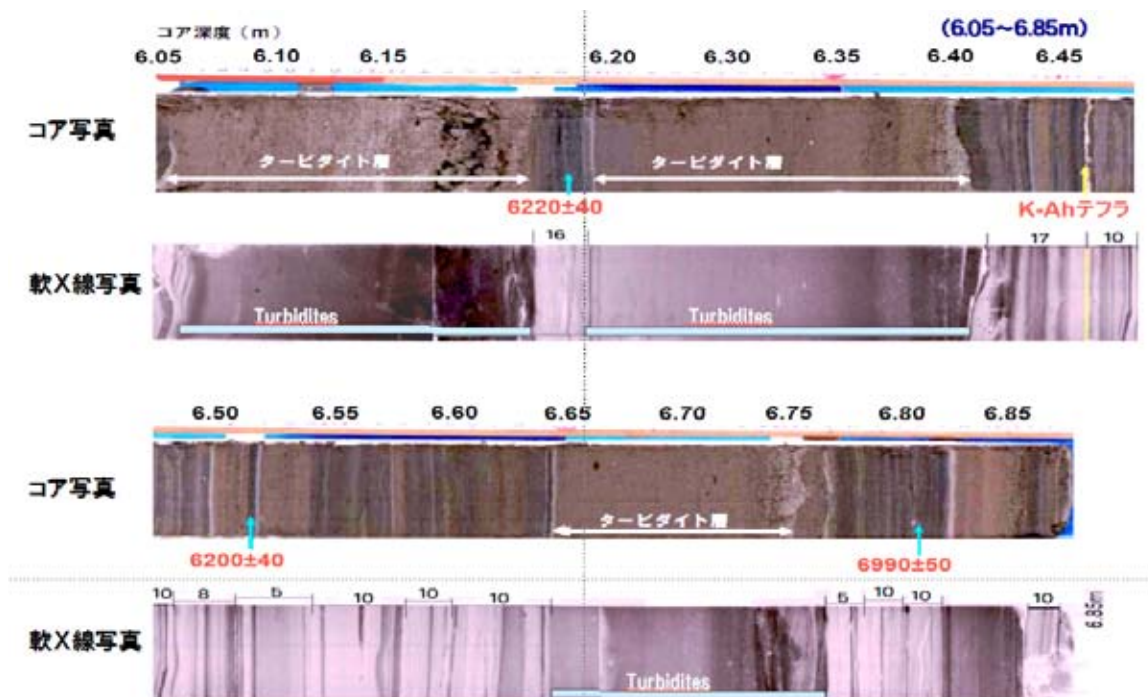
(6) 一ノ目潟の年縞(深度5.00~7.00m付近)の層序と解析結果

1) コア深度6.05~6.85mの層序

微化石分析を行った一ノ目潟IMG06B09コア(深度6.05~6.85m)のコア縦断面写真および軟X線写真をそれぞれ下図にまとめた。図中の深度はコア深度であり共通深度に直していない。

深度6.47mにガラス質のテフラ層が挟在しており、このテフラはK-Ahテフラに対比される可能性が指摘されている。テフラの認定は、放射性炭素年代測定結果とも調和的である。

また、このコアには、厚いタービダイト層が3層ほど堆積している。それ以外の層準では、非常に細かい葉理が認められる。この葉理が「年縞」であれば、121年間分の堆積物ということになる。



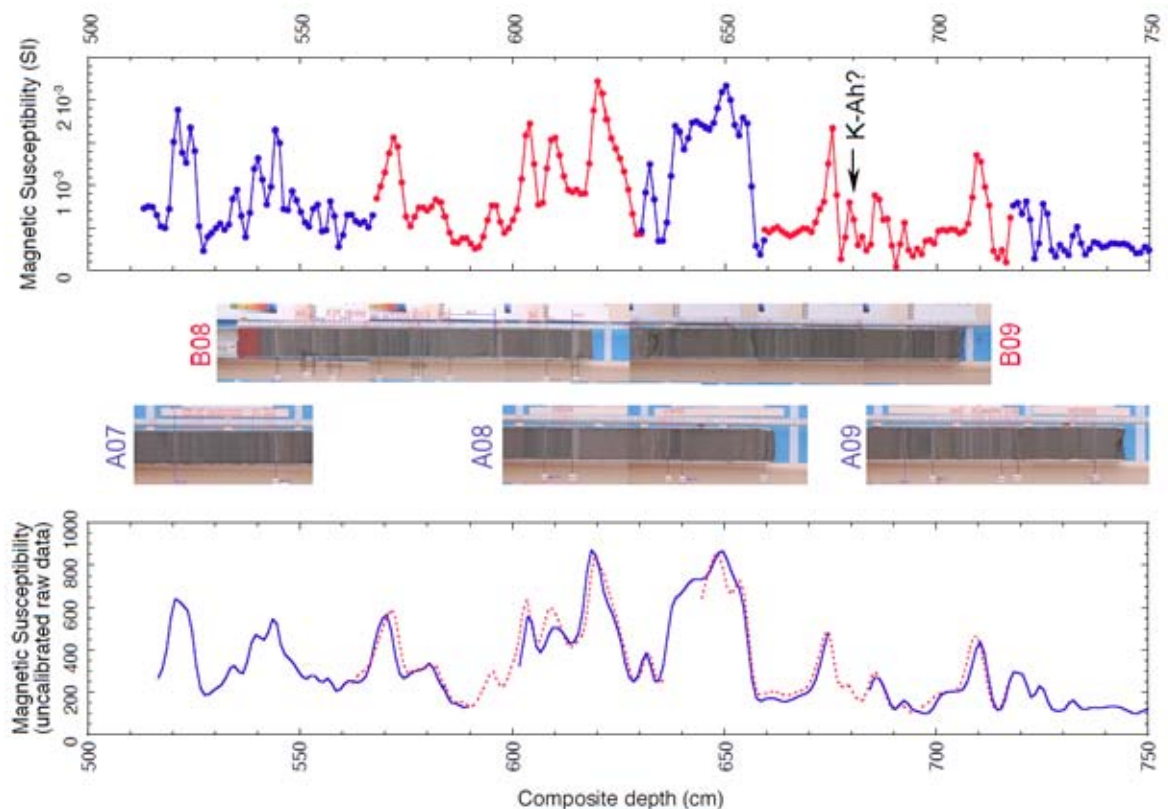
年縞堆積物(IMG06B09)のコア写真

2) コア深度5.00~7.50mの初期磁化率の特性

地球上のほとんどの岩石や堆積物には少量ながら磁性鉱物が普遍的に含まれ、これらの磁性鉱物が示す古地磁気の情報、堆積物の年代推定や対比に有効な手がかりとなる。また、堆積物に含まれる磁性鉱物自体の性質、すなわちその種類や含有量、粒子サイズなどの情報は、岩相層序区分の手がかりとなり、たとえば堆積物の運搬機構や供給源の変化、さらにその背景に存在する気候や環境システムの変動の研究に利用されている。

ここでは、一ノ目潟から採取されたコア堆積物のうち、深度5.00~7.50m付近から採取されたコア(A07, A08, A09, およびB08, B09)の初期磁化率測定の結果を以下に示す。このグラフは、A孔とB孔の共通深度に対してプロットした各Uチャンネルのバススルー測定の結果(生データ)である。このグラフに示されるように、A孔とB孔の共通の深度で採取された2本のコアについて、よく一致した初期磁化率の変動が認められる。この中にあって、砂質タービダイト層は、1,000 μ SIを超える初期磁化率の値を示している。その理由としては、これらの層が火山岩起源の碎屑物から構成されているため比較的多量の磁性鉱物を含んでいるからと考えられる。

一方、平行葉理が発達する細粒堆積物の初期磁化率は、1,000 μ SIよりも小さい範囲で変動している。このような変動は、縞状堆積物中の碎屑粒子の含有量の変化を反映すると考えられる。たとえば、深度6.80m付近に認められるピークは、アカホヤ火山灰に対応する可能性がある。その原因を推定するためには初期磁化率以外の磁気パラメータを求める必要がある。



コア深度 5.00 ~ 7.50m の初期磁化率の特性

3) コア深度 5.48 ~ 7.52 m の花粉分析から見た環境変動

一ノ目潟で掘削されたボーリング・コアについて、コア深度 5.487 ~ 7.517 m までの堆積物の計 87 試料を花粉分析に使用した。なお、深度 6.814 m には鬼界アカホヤ火山灰 (K-Ah) が挟在し、その降下年代は、約 7,330 年前とされている (福沢, 1995)。また、深度 5.978 m、深度 6.579 m、深度 7.153 cm の補正 14 C 年代値は、それぞれ $6,510 \pm 195$ Cal yr BP、 $7,130 \pm 130$ Cal yr BP、 $7,820 \pm 120$ Cal yr BP が得られている。

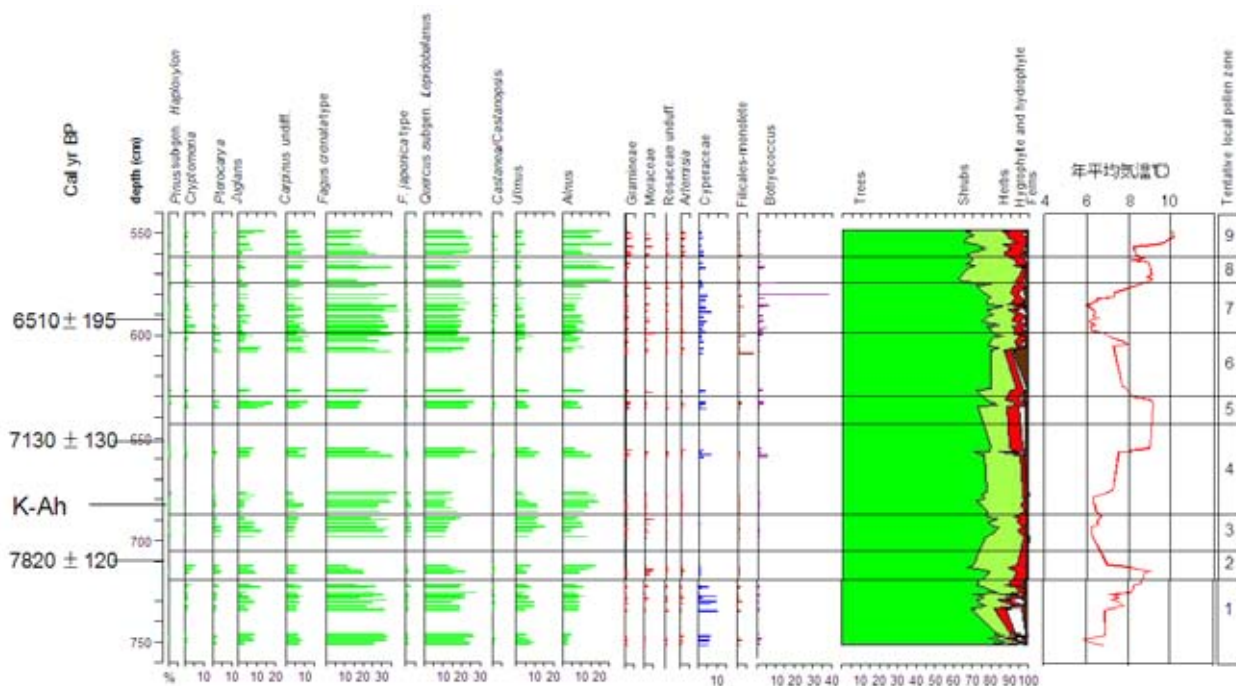
試料は、KOH 処理によって腐植酸を除去し、ZnCl₂ 溶液により鉱物質と花粉・胞子を比重分離した後、アセトリシス処理を施して、プレパラートを作成した。検鏡は、主として 250 倍 ~ 1250 倍で行い、必要に応じて位相差装置を用いたりして、高木花粉 (Tree Pollen) が 1,000 個以上に達するまで行うことを目標とし、その間に出現する全ての花粉・胞子を記録した。出現率の計算は、水生や湿生を除いた植物花粉の総数を基本数として種類ごとに百分率で求めた。

また、Nakagawa et al. (2002) によるベストモダンアナログ法 (Best Modern Analogues Technique) により、過去の気温の定量化を試みた。表層花粉のデータは Gotanda et al. (2002) を、現代の気候のデータセットは、Nakagawa et al. (2002) を使用した。

検出された花粉・胞子化石は、高木花粉 29 種類、低木花粉 40 種類、草本花粉 55 種類、シダ胞子 10 種類、その他のパリーノモルフ 7 種類である。その他、明らかに二次堆積とわかる花粉も 2 種類検出された。以下に、主要な花粉・胞子の出現率の変化を花粉ダイアグラムとして示す。

また、ベストモダンアナログ法による気温の復元を上記花粉ダイアグラムの右に示すが、これによると年平均気温が大きく変動していることがわかる。1 帯の約 6 から 9 帯の約 10 に至るまで、その差は約 4 にも

なる。途中2帯と5帯に比較的温度の高い時期を挟んで変動している。14C年代測定値および挟在するK-Ahテフラから、本分析結果の最下部は約8,500年前、最上部は約6,000年前と見積られる。



花粉ダイアグラムと気候復元(年平均気温)

出現した分類群およびその出現率からこの分析層準を通じて、一ノ目潟ではブナ (*Fagus crenata*) やミズナラ (*Quercus mongolica* var. *crispula*) を主とした冷温帯落葉広葉樹林に覆われていたとみられる。また、溪畔林要素である *Juglans* や *Ulmus* や湿地林などを形成する *Alnus subgen. Alnus* などの出現率も高いことから、クルミ (*Juglans ailanthifolia*)、ハルニレ (*Ulmus davidiana* var. *japonica*)、ケヤマハンノキ (*Alnus hirsuta*) などの溪畔林や氾濫原にはハンノキ (*Alnus japonica*) の林が成立していたであろう。これらの林は、秋田県の山地下部～山地帯ではつい最近までよく見かけた林である。

ベストモダンアナログ法による復元では、年平均気温は1帯の約6 から9帯の約10 に至まで、途中2帯と5帯に比較的温度の高い時期を挟んで変動し、その差は約4 に及び、植生帯をひとつ変えるほどの温度差を示している。最終氷期最盛期と現在の温度差が年平均気温で7～8 とされることから、今回の結果をそのまま受け入れるには抵抗がある。

モダンアナログ法やバイオマイゼーション法など表層の花粉データセットを基に数量的に古植生や古気候を復元する手法では、植生境界付近、当該植生の規模が周囲より極端に小さい場合などのように遠距離飛来する花粉が多い場合には、復元精度が低下することが知られている。

一ノ目潟は、三方を海に囲まれた半島の先端部に位置することから遠距離飛来する花粉が多い環境が容易に推定され、このことがこのような結果につながったとしても不思議はない。一方、この期間の古気候にあまり変化のないことを他の手法で明らかにできたならば、これにモダンアナログ法を加味することにより当時の風の影響の大小を復元できるかもしれない。

なお、秋田県内で本時代に対比できる花粉分析結果としては国指定天然記念物「芝谷地湿原植物群落」の報告がある(川村、1977; 日比野、1991)。これらの分析結果は分析間隔が粗く、直接、今回の分析結果と比較はできないが、ミズナラを主体としブナを伴う冷温帯落葉広葉樹林が成立していたことが示されている。降水量の違いによりブナとミズナラの分布に違いが見られることから、内陸部の気候的特徴を反映した結果とみることができる。

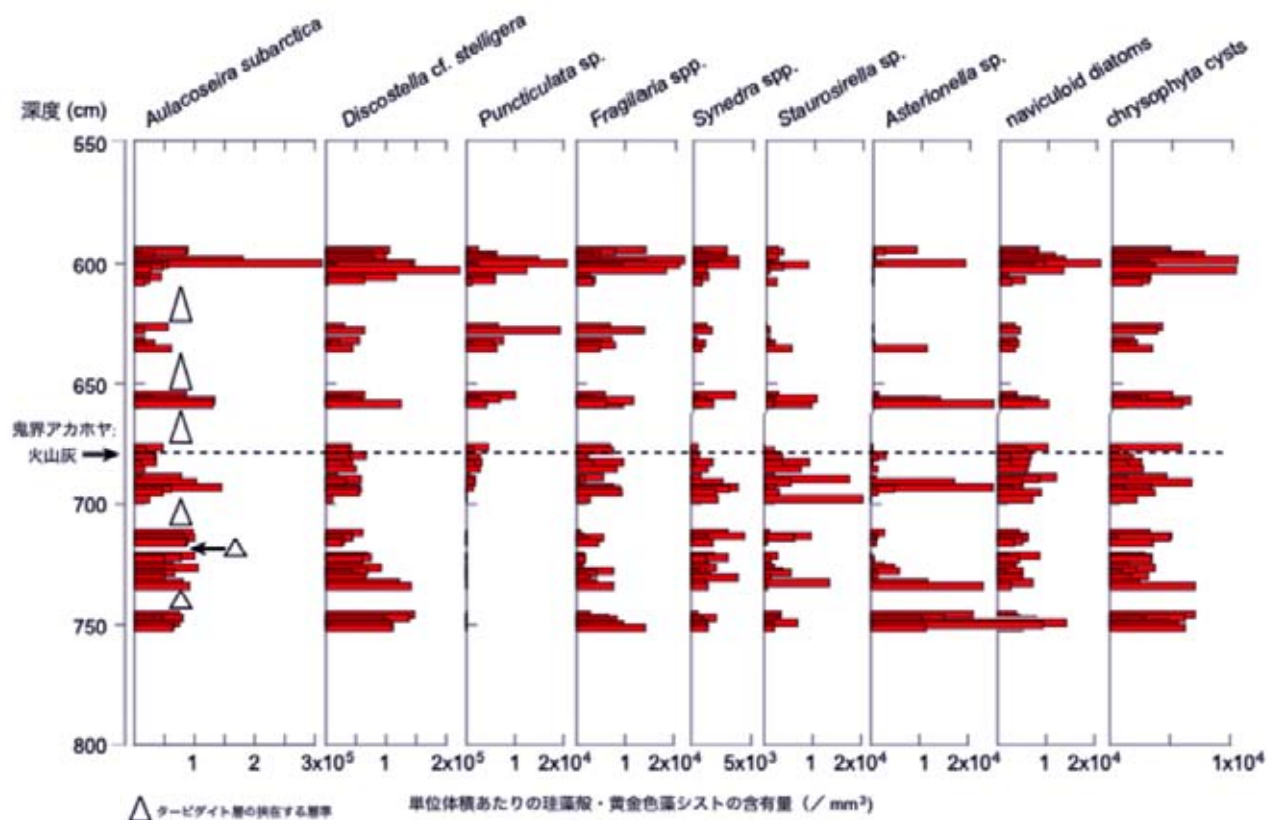
4) コア深度 5.94 ~ 7.52 m の珪藻分析結果

深度 5.939 m ~ 7.517 m までのすべての層準において、単位体積あたりの珪藻殻の含有量は $10^4 \sim 10^6 / \text{mm}^3$ ($10^7 \sim 10^9 / \text{cm}^3$) で、層序学的な変化はほとんど認められない。強いて言えば、深度 7.00 ~ 6.30 m ではその上下の層準に比べて珪藻殻含有量が少ない傾向がある。今後、年縞の層厚を考慮して年間堆積殻数を算出して、生産量の増減を検討すべきである。

群集組成にも著しい層序学的な変化は認められなかった。群集構成種のほとんどは浮遊性種で、*Aulacoseira subarctica*, *Discostella* cf. *stelligera* がそれぞれ 30% を超えて産出し、両者でもって 70 ~ 80% を占めることが多い。唯一、層序学的な変化として注目すべきなのは、深度 6.936 m より上位では、*Puncticulata* sp. が産出することである。

この種の出現は、鬼界アカホヤ火山灰の降灰層準より 12 cm ほど下位から認められる。タービダイト層の直上から初めて産出するのではなく、タービダイト層の上の年縞堆積物において初産出が認められる。従って、本種は、タービダイト層の堆積後数十年ほどたってから、湖内に出現したか、その生産量が著しく増大したと考えられる。年縞の計数をもって、タービダイト層の堆積から本種の出現までの年数を決定する必要がある。

このように *Puncticulata* sp. があらたに出現したことが示されたが、これにともなって産出しなくなったりその産出数が激減したりする珪藻種は認められていない。*Puncticulata* sp. の産出殻数は、最優占種 2 種と比べて 1/10 程度であるため、珪藻含有量全体を変化させるほどのこともない。今のところ、本種の出現を根拠に、生態学的にどのような変化があったかを推定することはできていない。環境変化との関わりを検討するために、この変化が短期的なイベントであるのか、より長期的な変化であるのか、今後、上下の層準の分析を進める必要がある。そして、花粉分析の結果にもとづいて復元された周辺の植生、気候などと照らし合わせていくべきである。



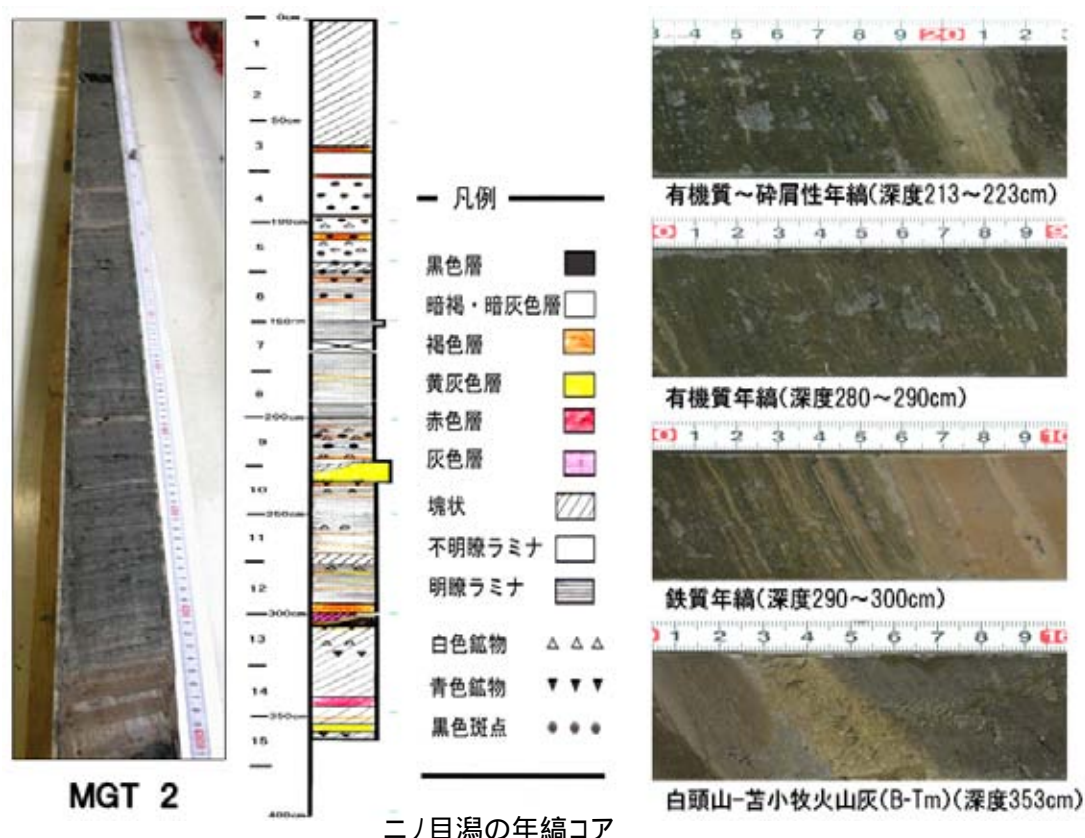
一ノ目淵の年縞堆積物(コア深度 5.94 ~ 7.52 m)の珪藻群集組成

3. 地域の歴史と環境史のかかわり

一ノ目潟の年縞調査については、まだ十分な解析が進んでいないことから、ここでは、同調査に先立って首都大学東京・都市環境学部の福澤仁之教授グループが実施した二ノ目潟の年縞コアの解析結果を紹介するとともに、今回の調査検討委員会で同教授(環境史・環境教育分科会座長)が報告した「地域の歴史と環境史の関係」を併せて紹介する。

(1) 二ノ目潟の年縞とその特徴

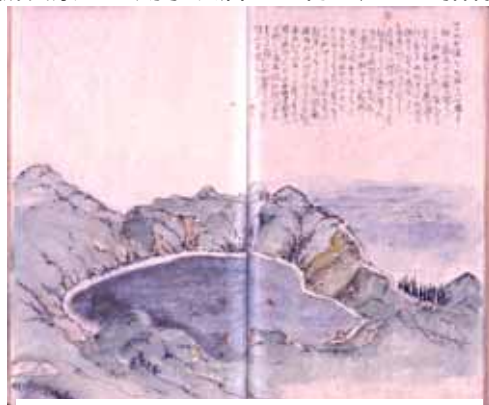
二ノ目潟では、全長3.5mのコア試料(直径6.5cm)を2本採取した。いずれにも、黒色有機物層を挟んだ明暗の葉理(ラミナ)が連続あるいは不連続に認められた。そして、このうち全長353cmのコアMGT2について機器分析を行った。なお、堆積物コア基底部に白頭山-苦小牧火山灰(B-Tm)が挟在し、深度135cm付近に西暦1640年降灰した駒ヶ岳Kod火山灰が認められた。白頭山火山灰の降灰時期は、小川原湖年縞コアの検討によって、西暦937年~938年と考えられており、年縞枚数計測の結果や地震等のイベント層の関係とまったく矛盾しない。



明暗ラミナについて検討したところ、暗色層に比べて明色層は珪藻遺骸と藍鉄鉱(vivianite)が濃集しており、一般的な年縞の明色層に比べてかなり暗い色調を示す。この明色層はプランクトンが繁殖する季節における堆積作用を示している。これに対して、暗色層は上下2層に分けられる場合が多く、黄鉄鉱(pyrrite)粒子が濃集する下部層の上に、植物遺体を含む上部層から構成される。

藍鉄鉱はリン酸鉄鉱物であり、酸化還元過程でリンが過剰な場合に、無機的に沈殿晶出するものである。この鉱物の存在は過剰に生産された生物遺体の分解が生じたことを示しており、珪藻遺骸の濃集層と一致することに矛盾は認められない。また、日本列島に認められる藍鉄鉱には若干のマンガンが含まれているが、目潟のものにも含まれるため、化学式は $(Fe, Mn)_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ であると考えられる。この藍鉄鉱量

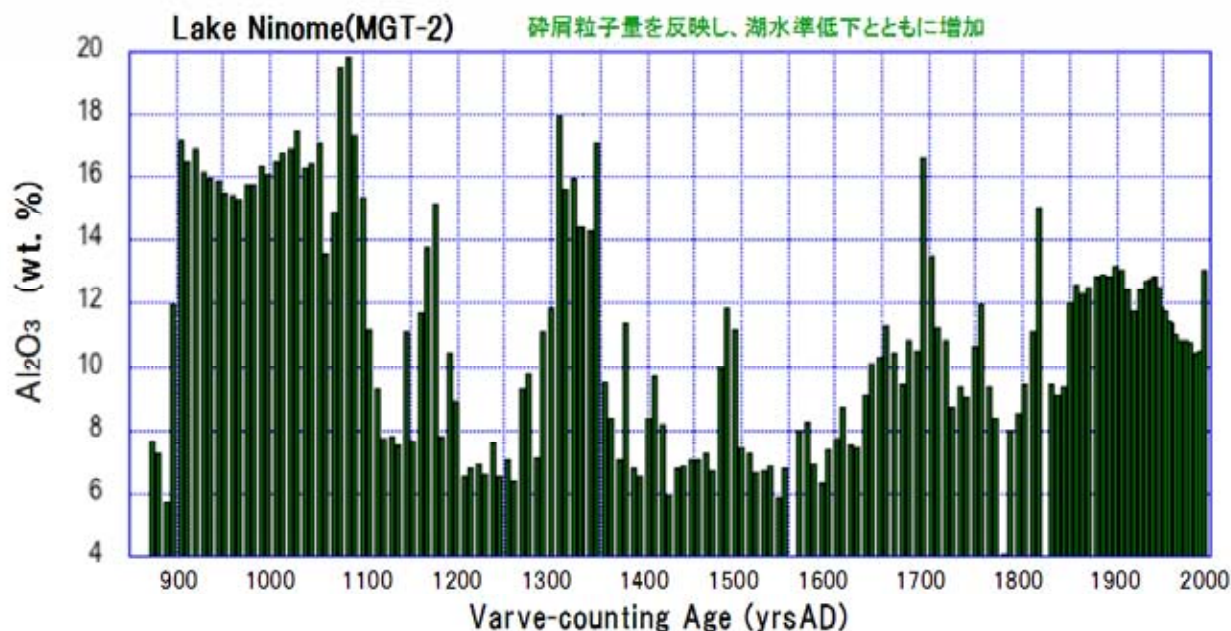
は、生物生産の変動を表す指標と考えられる。一般的には、有機炭素量が湖水表層の生物生産量の指標となるが、目潟は森林で囲まれており、湖水内でのプランクトン生産に加え、落葉などの森林からの有機物流入も多い。このため、プランクトンの酸化分解の際に溶出しやすいリンを指標とした方が正確な値を求めることができる。菅江真澄の日記の挿絵から判断するに、降水量変動による湖水面積の増減が認められる。堆積物コアはいずれも目潟の中心で採取したものであり、湖水位が変動すると湖岸からの遠近が生じて、流れ込む陸源碎屑粒子量(=アルミニウム量に相当)によって藍鉄鉱量が希釈される。このため、目潟における藍鉄鉱量変化は湖水位の変化によって引き起こされ、ひいては降水量の変動を反映している。



菅江真澄が描いた一ノ目潟文化7年
(1810年)水位が低下している

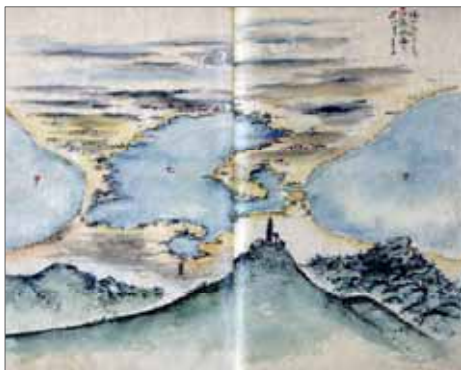
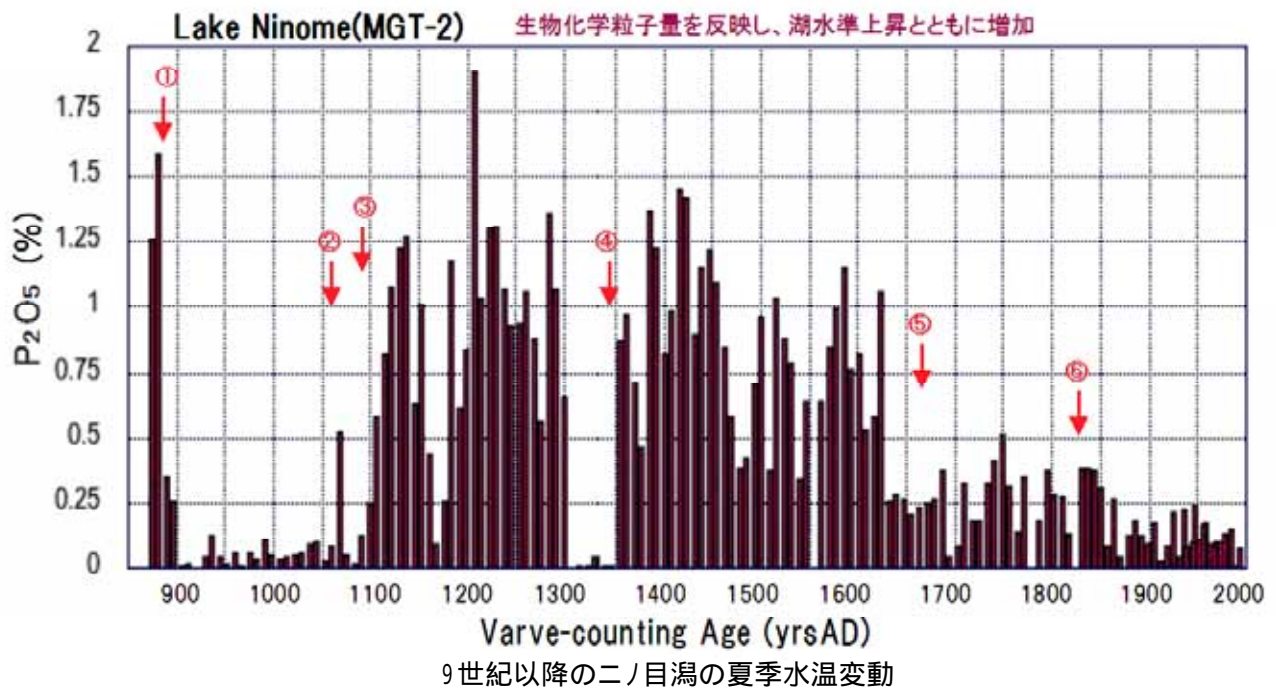
黄鉄鉱は有機物が酸化分解する過程で生じる鉄鉱物(化学式 FeS_2)で、湖水表層からの酸素の供給が少ない場合に湖底表層堆積物中に沈殿晶出する。二ノ目潟のような水深12m程度の湖沼では風雨による波浪現象で湖水が攪拌され、酸素が湖底まで供給されてしまい、黄鉄鉱は形成し得ない。しかし、夏季のように表層水温が日射によって暖められると、密度が小さくなり、日射の影響を受けない湖底水塊との密度差が大きくなる。こうすると、波浪によっても逆転現象(overtorn)が生じなくなり、黄鉄鉱が自生しやすくなる。このため、黄鉄鉱量の多少は、水温上昇あるいは下降を反映しているものと考えられる。

二ノ目潟の年縞からは、過去1100年間の環境変動が明らかになっている。以下、降水量変動の指標となるアルミニウム量とリン量(=藍鉄鉱量)と、夏季の表層水温の指標となる硫黄量(=黄鉄鉱量)の変動を図を用いて説明する。



二ノ目潟年縞コア中の碎屑物量(Al)の変動

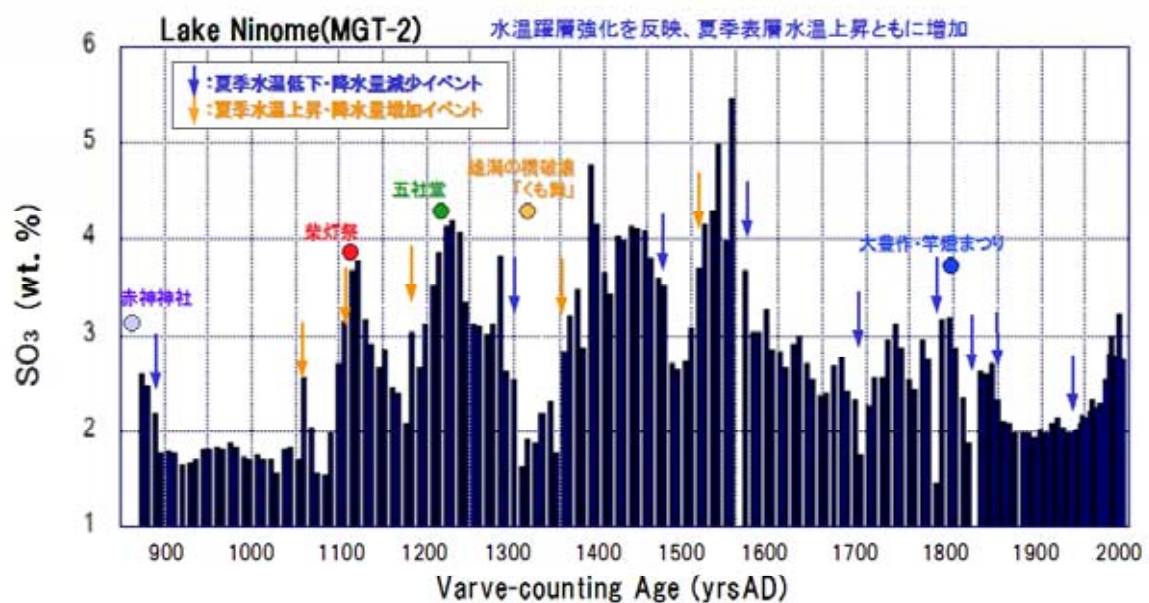
夏季水温変動を表す硫黄量の時系列変化から、いくつかの夏季水温の上昇・下降が読み取られた。降水量変動を表現するアルミニウム量とリン量の時系列変化から、降水量変動に伴う湖水位の変化が読み取れる。菅江真澄の紀行文挿絵が描かれた文化7年(1810年)には、一ノ目潟や三ノ目潟の水位が下降して、湖岸が湖沼中心に向かって前進している。この時期にはアルミニウム量が急増し、リン量が急減しており、挿絵の状況と何ら矛盾はない。

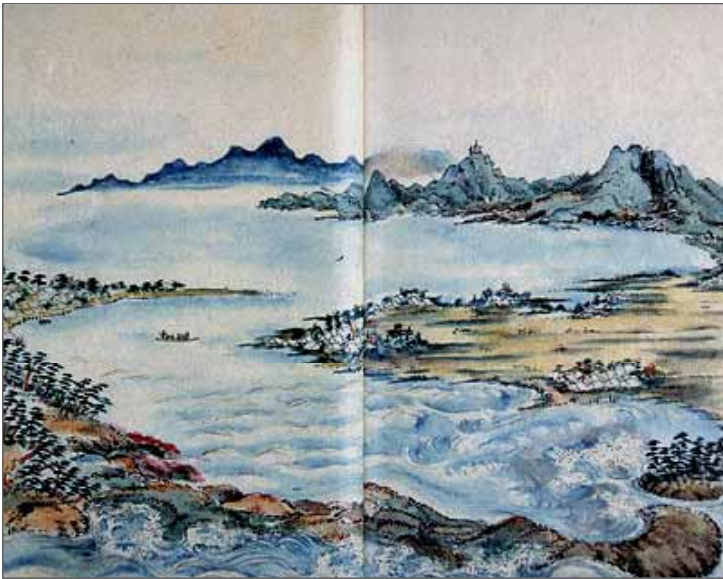


寒風山と八郎潟 文化元年(1804 年)

● 降水量減少時期のイベント

- 878年: 元慶の乱(藤原保則? 出羽俘囚)
- 9世紀後半: 「空海、入道崎で井戸を掘る」
- 1051年から1062年: 前九年の役
- 1083年~1087年: 後三年の役
- 1346年: 時宗、踊り念仏男鹿へ
- 1668年: 円空、男鹿で仏像を彫る
- 1826年: 渡部斧松、滝ノ頭の水を引き開墾





八郎潟と船越海岸 文化元年(1804 年)

● 地域の歴史

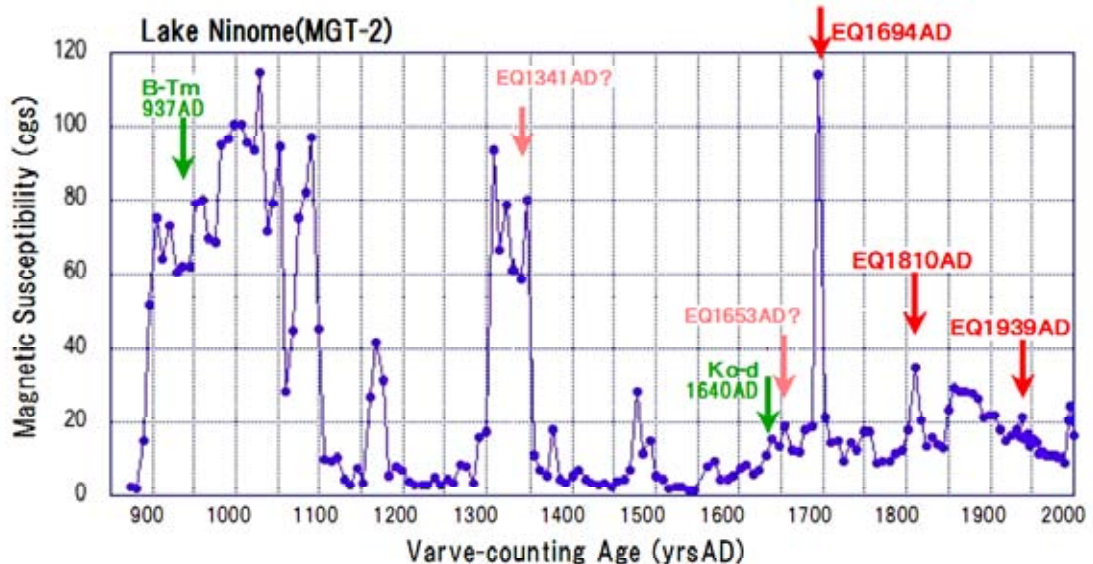
860年: 赤神山日積寺永禅坊の建立
 1104年～1106年: 真山神社柴灯祭開始
 1216年: 五社堂の配祀・建立
 1300年前後: 八郎潟へ潮入
 「雄潟の橋」破壊、「くも舞」
 1791年: 大豊作、佐竹義和公お国入り
 秋田竿燈まつりの開始

● 夏季水温低下・降水量減少

890年前後
 1300年前後
 1470年前後
 1560年前後
 1690年前後(元禄飢饉)
 1780年前後(天明飢饉)
 1810年～1830年前後(天保飢饉?)
 1850年前後

● 夏季水温上昇・降水量増加

1060年前後
 1100年～1120年前後
 1180年前後
 1350年前後
 1510年前後



ニノ目潟年縞コアの初期磁化率

(2) 地域の歴史との関連

男鹿半島周辺の歴史記録から、男鹿における組織的な山岳信仰の開始を意味する赤神山日積寺永禅坊の建立時期(西暦860年)、ナマハゲ行事との関連が深いと考えられる真山神社柴灯祭の開始時期(西暦1104年～1106年)、五社堂の配祀・建立時期(西暦1216年)、大豊作と佐竹義和公のお国入りの連動した秋田竿灯祭りの開始時期(西暦1791年)、渡部斧松による鳥居長根の新田開発と新村建設の時期(西暦1821年～1827年)をあげて、自然環境の変動との関係を検討することとした。また、戦乱や宗教に関する伝承の背後にも環境変化が原因にあると考えて、元慶の乱(西暦878年)、入道岬近くで井戸を掘った空海の伝説(9世紀後半)、前九年の役(西暦1051年～1062年)、後三年の役(西暦1083年～1087年)、雄潟の橋が津波で破壊される伝説(西暦1300年前後)、時宗の踊り念仏が男鹿へきた西暦1346年等の時代を比較検討することとした。その結果、次のような結果が得られた。重要かつ顕著なものについてのみ記す。

- 1) 時期が記録として残っている神社等の建立などの人文現象イベントは、いずれの場合にも夏季水温が高く降水量も安定していた時期に生じていることが明らかになった。これは、気候の安定化に伴う収穫等の安定化によって新規事業や祭りなどの行事を行える余裕が生まれたからではないかと推測される。「ナマハゲ」関連行事である真山神社柴灯祭が夏季気温や降水量が安定した時期に開始されたことは、それ以前の日照不足に伴う夏季水温の低下、収穫量の減少や人口制限といったことを受けて、将来を託す子供にその伝承を身をもって体験させることを目的とした可能性がある。
江戸期に八郎潟西岸の新田開発をした渡部斧松も自ら筆を取って、共存共栄、相互扶助の精神を柱に、戸数の制限(150戸)、風紀、救荒備蓄、公休日(年間60日余り)等に及び、22カ条からなる「村法」を作っている。八郎潟への海水侵入によって、孤立した水不足の「島」と、そうでない「半島」の歴史を繰り返した男鹿の民俗学的伝統と考えられる。
- 2) 西暦1690年の元禄飢饉、西暦1780年の天明飢饉、西暦1810年頃の大保飢饉に当たる時期は、歴史記録による「日照不足による気温低下と、それによる稲収穫の激減」を裏付けるように、硫黄量の激減スパイクが認められ、前後の時期に比べて夏季水温が極めて低かったことが明らかになった。
- 3) 西暦1300年以降50年間は、夏季水温低下と降水量の減少が続いていることが二ノ目潟コア試料から読み取れる。これだけの降水量の減少は、八郎潟への雄物川や米代川の集水域河川による淡水供給も減少したと考えられ、「淡水」の八郎潟の危機があったものと推測できる。また、十三湊における津波記録「興国元年(西暦1340年)8月、大津波起こり、糠部津軽の地漂没して死亡十万人、この時十三城も破壊す」などの記述から、海水のイベント的な侵入があったものと判断できる。また、このことは菅江真澄の紀行文における約400年前の「雄潟の橋の津波による破壊」の記述と一致する。日本海中部地震における津波のように、河口から駆け上がる水流は水の使い手＝「龍」をイメージさせる。これが八郎潟における八郎太郎伝説のきっかけとなった可能性があるとともに、男鹿半島船越における八郎太郎に通じる「くも舞」がそれを現在に伝えている可能性もある。
- 4) 秋田藩の農政に大きな足跡を残した渡部斧松は西暦1821年から鳥居長根の新田開発のために寒風山麓の「滝ノ頭」からの導水路建設をはじめようとしている。この時期は、アルミニウム量の急増イベントがあり降水量の減少時期である。八郎潟への淡水供給が少なくなり、西暦1300年代につながった水路から多量の海水が流入していたと考えられるので、この時期の八郎潟は汽水湖化して大きな河川を持たない男鹿半島側における水田の維持は困難であったものと推測される。石高帳などの歴史記録もこれを支持している。渡部斧松の「滝ノ頭」からの導水事業もその背後には気候変動がきっかけとなっていた可能性が大きい。

(3) 今後の取組

自分たちの暮らす地域の自然風土のすばらしさを実感し、そこに生まれた伝統文化や芸能のすばらしさを今後の地域づくりにつなげていくためには、年縞を通して得られる過去の気候変動や災害、植生等の環境史と地域の歴史や伝説等の関係を更に深め、地域資源に壮大な時間的スケールとストーリー性を持たせることが重要である。その一例としては、次のようなテーマが考えられる。

菅江真澄が残した江戸後期の秋田の自然描写や歴史記録との関係
十和田火山(915年)と火山泥流等を伝承している「八郎太郎伝説」との関係
大湯環状列石(ストーンサークル)を中心とする縄文時代の遺跡群との関係
世界自然遺産である白神山地や周辺地域の植生の変遷
「御救山」等に見られる江戸時代の飢饉と森林資源管理の関係