津軽平野における縄文時代以降の 地形環境

小岩 直人1)•葛西 未央2)

●キーワード:十三湖(Jusanko Lake), 縄文海進(Jomon transgression), 亀ヶ岡遺跡(Kamegaoka site), 地形学(geomorphology)

1. はじめに

青森県北西部に位置する津軽平野には,亀ヶ岡遺跡, 田小屋野貝塚に代表されるような縄文時代以降の遺跡が 数多く分布している。津軽平野の中でも,五所川原市の 市街地から下流側の低地は,縄文海進以降に海域になっ た場所が,岩木川をはじめとする諸河川から供給された 土砂の堆積によって形成されたものである。平野の北端 には,その埋め残しである汽水湖の十三湖が存在する。 十三湖で生産される生物資源は,すでに縄文時代から人 間生活と密接に結びついていたと考えられる。このよう な地域において,平野が形成される過程で大きく変化し てきた十三湖の成立過程,および縄文時代以降の環境変 遷を復元することは,人間と自然との関わりを検討する 上でも重要な課題であると思われる。

これまで著者らは、津軽平野において深度約20~60 mの5本(図1:岩木川河口、鳥谷川河口、亀ヶ岡遺 跡付近、神田橋、十三集落)の学術ボーリングを実施し、 採取された堆積物の層相観察、⁴C年代測定、珪藻分析、 イオウ分析、粒度分析を行い、津軽平野の構成層をもと に縄文海進以降の十三湖の地形環境および塩分の変遷に ついて検討してきた。本稿では、これまでの著者らの研 究成果をもとに、津軽平野、および亀ヶ岡遺跡周辺にお ける縄文時代前期以降の地形・湖水環境変遷について述





JS:十三湖コア, TR:鳥谷川コア, IW コア:岩木川コア, KM: 亀ヶ岡コア, KD:神田コア, Ao:青森市, Go:五所川原市, Ki: 木造, Hi:弘前, Ta:田小屋野貝塚, Ka:亀ヶ岡遺跡, A-A': 地形地質断面図の位置

Fig.1 Map of study area

JS: Jusanko core site, TR: Toriyagawa core site, IW: Iwakigawa core site, KM: Kamegaoka core site, KD: Kanda core site, Ao: Aomori city, Go: Goshogawara city, Ki: Kizukuri city, Hi: Hirosaki city, Ta: Tagoyano shell midden, Ka: Kamegaoka site, A-A': Position of cross section

べる。

¹⁾ 弘前大学教育学部 〒036-8560 青森県弘前市文京町1

²⁾ 弘前大学大学院地域社会研究科 〒036-8560 青森県弘前市文京町 3

時代		遺跡数	段丘面							
			高位段丘面	山田野面	出来島面	計	砂丘	三角州	自然堤防	丘陵地
縄文	前期	39	3 (8%)	34 (87%)	0	37 (95%)	1 (2.5%)	1 (2.5%)	0	0
	中期	33	7 (21%)	23 (70%)	0	30 (91%)	2 (6%)	1 (3%)	0	0
	後期	57	7 (12%)	47 (82%)	1 (2%)	55 (96%)	2 (4%)	0	0	0
	晩期	37	3 (8%)	30 (81%)	1 (3%)	34 (92%)	2 (5%)	1 (3%)	0	0
弥生		6	0	4 (67%)	0	4 (67%)	2 (33%)	0	0	0
平安		113	29 (26%)	68 (60%)	0	97 (86%)	4 (4%)	3 (3%)	7 (6%)	1 (1%)

表1 津軽平野西部における遺跡分布と地形面 Table 1 Relationship between archeological sites and topography in western part of the Tsugaru plain

2. 調査地域の概観

津軽平野の地形は、台地と低地に大別される。津軽平 野南部, すなわち上流部では, 扇状地が段丘化した台地 が認められ、弘前市や黒石市のおもな市街地は、この台 地上に位置している。藤崎〜五所川原においては、氾濫 原が広がり、現河道や旧河道沿いには自然堤防の発達が 良好となっており、それらは市街地や果樹園として利用 されている。津軽平野の北部では、縄文海進以降に水域 となった場所が岩木川、鳥谷川、山田川などにより埋積 された臨海沖積平野となっている。この平野の最下流部 には十三湖が位置している。これらの沖積平野を取りま くように海成段丘からなる台地が分布しており、その多 くが海洋酸素同位体ステージ(MIS 5e:約12万年前) に形成されたものと考えられている。本地域における MIS 5e に形成された海成段丘面は山田野面と呼ばれて いる。海成段丘面のうち日本海に面している地域では、 砂丘が被覆しており、海岸線と直交方向に伸びる縦列砂 丘が多くみられる。また、縦列砂丘間の凹地には、砂丘 地帯であるにもかかわらず数多くの湖沼が存在している。 これは、海成段丘を被覆する「ローム層」やその上部に 発達する黒ボク土が不透水層となっていることによる。

3. 遺跡の分布と地形面との関係

津軽平野およびその周辺地域には多くの縄文時代遺跡 が立地している。大塚(2005),大塚・小岩(2005)は, 青森県遺跡地図(青森県教育委員会:1998),および青 森県土地分類基本調査の5万分の1地形分類図を重ね合 わせ、津軽平野における縄文時代前期~平安時代の遺跡 分布(全168遺跡)と地形面との対応関係を検討した。 その結果、津軽平野における縄文時代遺跡の約9割が段 丘面上に位置し, そのなかでも遺跡全体の約8割が山田 野面上に分布していることが指摘された(表1)。遺跡 は山田野面に分布が多いものの、時代別には若干の変化 がみられ、縄文時代中期の遺跡は遺跡全体の約20%、 縄文時代後期には約14%が高位段丘面に分布しており, 山田野面の比率が若干低下している(それぞれ 67%・ 78%)。弥生時代以降においても山田野面上の立地が最 も多く約60%となっているが、遺跡数が激減する弥生 時代(遺跡数6)には,砂丘地にも分布がみられる。平 安時代には、数は多くないものの三角州、自然堤防など の低地にも遺跡が進出していることが示された。このよ うな遺跡の分布から考えて、縄文時代の津軽平野では段 丘面を利用して人間が活動していたことは明らかであり, その前面に広がっていた水域における環境変化は、人間 生活に大きな影響を与えていたことが容易に推定できる。

4. 津軽平野における地形発達と古環境

津軽平野において実施されたボーリングのコアの諸分 析から、本調査地域の沖積層は下位より砂礫層からなる 沖積層基底礫層(BG),粗粒砂〜細砂と腐植物や木片を 挟むシルト層の互層である下部砂層(LS),貝殻片を混 入するシルトからなる中部泥層(MM),さらに上位の 海浜〜浅海底堆積物の上部砂層(US),最上部のシルト



図2 岩木川沿いの地形地質縦断面図

Fig. 2 Geographical and geological cross section of Tsugaru alluvial plain along the Iwakigawa River position is shown by A-A' line in Fig. 1.

層の最上部泥層(TM)に大別される(図2:小岩ら: 2014)。このほか,最下流部に位置するJSコアで確認 することができる砂州堆積物(SBD)がみられる。BG は氷期の低海面期における陸成の堆積物であり,LSは 海面上昇期に堆積した氾濫原堆積物であると考えられて いる。これらの上位の MM は縄文海進以降の海底,ま たは湖底堆積物であり,それを被覆するUSはデルタ前 置層に相当する。さらに上位の TM はデルタ上の氾濫 原堆積物であると考えられている。津軽平野の MM は 岩木川河口部付近で層厚約20m となっているが,上流 側へ層厚を減じ,五所川原のやや北部で分布が認められ なくなる楔状の構造を呈している。

これまで発表者は、津軽平野において実施した3本の ボーリングのコアの諸分析から、次のことを明らかにし た(図3)。

現在の岩木川の河口部付近は,約9,200 cal BP 頃に縄 文海進が及び,それまで陸域だった地域が海域へと変化 する。海進直後は汽水環境であったと推定されるが, 7,900~7,200 cal BP には塩分の高い内湾となった後,再 び汽水の湖となる。さらに,約5,000~2,000 cal BP ま で十三湖は比較的水深がある,淡水の影響が極めて大き い湖であったと推定され,その原因は,縄文海進におい て形成された内湾が砂州の形成により閉塞的な環境となっ たこと,当時の十三湖が現在よりも容積が大きく,湖内 で塩分躍層が発達し、海水の流入があっても湖底付近に 貯留され、湖水の表層は淡水が優占していたことによる と考えられている(小岩ら:2014)。その後、水深が小 さくなった十三湖は、少なくとも約 900 cal BP には汽 水環境が成立していたことが示されている。

5. 縄文時代における十三湖の湖底地形の 復元

津軽平野最下流部に位置する現在の十三湖は,面積約 18 km²,最大水深 2 m の浅い汽水湖である。ここで, 縄文時代の十三湖がどの程度の大きさを有していたのか について検討を行ってみたい。

前述のように津軽平野の地下に分布する MM は縄文 海進以降の海底,または湖底の堆積物であると考えられ ている。そこで、本研究では MM の基底の分布を基に 過去の十三湖の形について復元を試みた(図4)。具体 的には、縄文海進ピーク頃の十三湖について村山ほか (1984) および小岩ら(2014)における MM の基底分布 の資料を用いて GIS(地理情報システム)を援用し湖の 容積を算出した。GIS は ESRI 社製の ArcView10 を使 用し3次元構造を復元、容積の算出を行い、エクステン ションソフトである 3D Analyst により湖底地形を3次 元で表示した(図4)。現在の十三湖の容積は、青森河 川国道事務所によって実施された深浅測量のデータを用

約 20,000 cal BP(海面最低下期)



図3 岩木川下流部の最終氷期以降の地形発達模式図 Fig.3 Schematic sketch of landform development in the lower part of the Iwakigawa River since the last glacial age



図 4 縄文時代および現在における十三湖の湖底地形の復元 Fig. 4 Reconstruction of bottom topography of the Lake Jusanko since Jomon period to the present time

いてクリギング処理により補完を行った。

この結果,十三湖は現在と縄文海進ピーク頃では,水 深,面積,湖底の形態も大きく異なっていたと推定され た。臨海沖積平野の南部では湖は南北方向に伸びている が,北部では東西方向に向きを変え,屈曲した形態をし ている。水深もおそらく最深部では20mを超していた ものと推定される。十三湖の容積は,1999年では約 0.01 km³,約7,500 cal BP で1.71 km³と求められ,縄文 海進ピーク頃の十三湖は現在の100倍以上の容積を有し ていることになる(図4)。

7,500 cal BP と現在における十三湖の容積差は,その 期間での埋積量を示すと考えられる。平均の土砂堆積速 度は,227,000 m³/year と算出され,これを用いると表 層の淡水環境が強まった約5,000 cal BP には1.20 km³ の容積を有していたと考えられる。小岩ら(2014)は珪 藻分析およびイオウ分析の結果から,縄文時代の十三湖 が成層状態にあったことを推定しているが,このような 容積の大きな湖沼であり,砂州によって閉塞的な環境に 近い状態の縄文時代の十三湖は,海水が流入しても湖底 に滞留しやすい地形環境であったと推定される。

6. 亀ヶ岡遺跡周辺のボーリングコアから 推定する古環境

6.1. コアの層相および年代測定結果

本稿では、亀ヶ岡遺跡、および田小屋野貝塚周辺にお

ける縄文時代前期以降の環境変化に関する検討を行うた め、津軽平野北西部の亀ヶ岡遺跡から約 700 m 東に位 置する地点でボーリング調査を実施した(KM コア:北 緯 40°53′1″東経 140°20′50″, 標高 3.2 m, 掘削 深度 23.00 m)。

KM コアにおける地質柱状図および珪藻ダイアグラム を図5に示す。KM コアでは, 層厚23mの堆積物を確 認することができ,基底には砂層およびシルト層の互層 からなる LS,深度約21mよりも上位において層厚15 mのシルト層を主体とする MM,さらに上位には層厚3 mの砂層である US,層厚2mのシルト層からなる TM がみられる。

堆積物の堆積環境を考察するため粒度分析を実施した。 粒度分析は, 各ボーリングコアから 10~100 cm の間隔 で 0.5 g 前後の試料を採取し, レーザー回折式粒度分布 測定装置(シスメックス社製 MASTERSIZER2000 HYDRO 2000:測定粒子径範囲は最大 2000 μm)を用 いて行った。

KM コアの粒度分析の結果,深度 21~8 m までは平 均粒径が 20 µm 以下の粒度を示すことが明らかになっ た。一般に 20~30 µm よりも細粒な物質は浮流によっ て運搬されることが知られていることから(たとえば, 山口ら: 2005), KM コア付近において水域に堆積した MM は浮遊物質であると判断され,河川から運搬され た土砂のうち細粒なものが浮流し堆積したものであり,



図5 亀ヶ岡コアにおける地質柱状図と珪藻ダイアグラム Fig.5 Geological column and diagram of diatom assembly at Kamegaoka core site

デルタフロントの前面に位置するプロデルタの堆積物で あると推定される。MM上部に相当する深度8m前後 から上方にむかって、粒度は徐々に大きくなり、USに 相当する深度約5mでは平均粒径290μmと最も粗粒と なる。その上位のTMは20~70μmの平均粒径を示し ている。

MM 上部~US の上方粗粒化が以下のように説明する ことができるであろう。湖沼に河川が流れ込む場所では, 河口付近においては河川の流速が大きく粗粒なものが堆 積する。一方,河口から離れた場所では次第に河川の流 れの影響は小さくなり,細流なものが堆積するようにな る。海退時で,湖沼の中心部にデルタが前進する際には, 初期の段階では細粒な泥質の堆積物がみられるが,河口 が近づきデルタフロント堆積物が到達するようになると 粗粒なものが累重するため,上方粗粒化が顕著となる。 KM コアにおいてもプロデルタ堆積物の上位に上方粗粒 化する構造が顕著であることから判断して,シルト層が 堆積するような環境から徐々に河口が近づきデルタフロ ント堆積物が堆積するような環境へ変化したことが推定 できる。

これらの地形変化が生じた時期を推定するためには, 堆積物に挟在する試料の年代測定が不可欠である。本コ アには,木片や貝殻が多数挟まっており,これらを用い て¹⁴C年代測定を行った。年代測定は,株式会社加速器 分析研究所に依頼し,加速器質量分析(AMS)法で実 施した。得られた年代値はCALIB 6.1.1(Stuiver et al. : 2012)を用いて暦年補正を行った。データセットは, 陸域起源の試料にはIntCal 09 を,貝化石試料について は Marine 09(Reimer et al.2009)を使用した。海洋リ ザーバ効果は400年を用いて,ΔR は0年として貝殻の 年代値を求めた。その結果, MM の基底付近(深度約 20 m)では,約 9,000 cal BP, MM 中部に相当する深 度約 13 m で 7,900 cal BP, 深度 12 m で 6,600 cal BP, MM 最上部(深度約 7 m)で約 2,300 cal BP, US の最 下部(深度約 6 m)で約 2,000 cal BP, TM の下部で約 1800 cal BP の暦年代が得られている(小岩ら: 2014)。

5.2. 珪藻分析から推定する古環境

縄文海進以降の古環境変遷を復元する目的で、おもに 完新世中期以降の年代値を示す MM について珪藻分析 を行った。珪藻は、珪酸質の被殻を有する単細胞植物で あり、珪藻の各分類群は、塩分濃度をはじめとする各種 の環境要因に応じて、それぞれ特定の生息場所を持って おり、堆積物中の珪藻化石群集の組成は、当時の堆積環 境を反映しており、水域を主とする古環境復元の指標と して利用されている(鹿島:1986)。以下に分析方法を 記載する。試料を乾燥させ、15%の過酸化水素水処理を 行い、遠心分離機で2~3回洗浄をした。その試料をカ バーガラスに滴下し、乾燥した後にマウントメディアを 用いて封入した。検鏡は1000倍で行い、1プレパラー トにつき殻片数の下限を100個とした。種の同定および 生息環境は、鹿島(1986、1992)、小杉(1988)、安藤 (1990)、渡辺(2005)、小林(2006)を参考にした。

以下,形成分析結果について概略を述べる。なお,本 コアの詳細な珪藻分析結果については,別稿で報告する 予定である(葛西・小岩:2014)。

MM下部の深度 20.5~19.5 mでは、淡水浮遊生種群 の Aulacoseira granulata が出現し、海水生種もわずか に産出していることから、淡水環境に海水が影響する環 境下におかれていたと推定される。深度 18.0~14.0 mで は、汽水生種の出現が増加しており、全体の 40~70% を占めている。その中でも汽-淡水生種の Melosira varians が優占している。そのほか海水生種も多産し、 内湾指標種群の Thalassiosira spp.、同じく内湾指標種 群の Skeletonama costatum が確認されることから、深 度 20.5~19.5mよりも海水の流入量が増加したことが示 され、汽水環境へ変化したと考えられる。深度 13.5~ 11.5 mでは海水生種の Skeletonama costatum が優占し ており、本コアの中でも海水の影響を最も受けていた時 期ことが示唆される。その上位の深度 10.5~6.5 mの層 準では、一転して淡水浮遊生種群の Aulacoseira granulata が優占する環境になる。しかし、徐々にその 産出量は減少し、深度 6.5mでは海水生がわずかに増加 するようになるため、淡水環境から海水の影響を受けや すい環境へ徐々に変化した推定される。

これらの年代測定結果と珪藻分析結果をもとに、KM コア周辺の環境変化の復元を試みる。亀ヶ岡遺跡周辺は 約 9,000 cal BP 以降に海進が及び水域へと変化し、約 7,000 cal BP 頃に海水生種の珪藻が増加する。その後, 淡水生種の珪藻の著しい増加がみられ、それは3,000 cal BP を若干遡る時期から減少し海水生種の珪藻も混入す るようになる。KM コア地点では、縄文海進以降継続し ていたプロデルタの堆積物が MM の上部の深度約8m から粗粒化が開始され、深度6mでは砂層へと変化す る。このような上方粗粒化は、縄文海進により水域となっ た場所にデルタが到達したことを示すものと判断され, デルタフロント堆積物が到達した時期は約 2,000 cal BP であると推定される。すなわち, 亀ヶ岡で人間生活が営 まれていた縄文時代晩期は、デルタが形成される直前の 時代で上方粗粒化がみられる MM が堆積した時期に相 当すると思われる。このような状況から、亀ヶ岡遺跡周 辺の台地の下には、河口部に近い地形環境が存在してい たと推定される。ただし、 亀ヶ岡遺跡周辺の開析谷では、 縄文時代晩期の泥炭層がみられることから、 遺跡直下の 谷底まで水域であったとは考えにくい。また、この時代 は、縄文時代中~後期において十三湖の表層が淡水の影 響を強く受けていた時代から汽水環境へ移行する時期に 相当する。

亀ヶ岡遺跡の北側約200mには、縄文時代前期~中 期の遺跡である田小屋野貝塚が立地している。田小屋野 貝塚では2012年につがる市教育委員会における発掘調 査が行われ、縄文時代前期の成人女性の人骨が出土して いる。今回、人骨を覆う貝層最下部のヤマトシジミの貝 殻について AMS による年代測定を実施したところ、 5,480~5,380 cal BP(IAAA-121735)の年代値が得られ た(図6)。この年代は、KM コアの珪藻分析において 塩分が高かった時期から淡水環境への移行期に相当する と推定される。



図6 図6 田小屋野貝塚における "C 年代測定試料と"C 年代値 Fig.6 "C-dating sample and its "C age at Tagoyano shell midden

6. おわりに

本稿では、津軽平野において、これまで著者らが行っ てきた地形学・地質学的な調査によって得られた知見を 整理するとともに、亀ヶ岡遺跡、田小星野遺跡周辺にお いて掘削したボーリングコアの諸分析結果から縄文時代 以降の古環境について予察的に報告した。今後、津軽平 野において縄文海進が及んだ低地全体の形成過程を詳細 に明らかにするため、これまで採取したボーリングコア を用いて、時間の精度を高めた分析に基づき検討、報告 する予定である。

引用文献

安藤一男 1990「淡水産珪藻による環境指標種群の設定と古環境復元への応用」東北地理 42 pp.73-88 葛西未央・小岩直人 2014「岩木川下流低地のボーリングコア解析による完新世の環境変化」第四紀研究 53(4) pp.213-228

- 鹿島 薫 1986「沖積層中の珪藻遺骸群集の推移と完新世の古環境変」地理学評論 59 pp.383-403
- 鹿島 薫 1992「沖積層から得られた珪藻化石カタログ-1-北海道常呂平野」九州大学教養部地学研究報告 29 pp.1-36
- 小林 弘・出井雅彦・真山茂樹・南雲 保・長田敬五 2006『小林弘珪藻図鑑』内田老鶴圃 531p
- 小岩直人・葛西未央・伊藤晶文 2014「青森県十三湖における完新世の湖水成層化と地形環境」第四紀研 究 53 pp.21-34
- 小杉正人 1988「珪藻の環境指標群の設定と古環境復元への応用」第四紀研究 27 pp.1-20
- 村山 磐・松本秀明・宮城豊彦 1984「津軽平野の沖積層およびその周辺の地形」東北学院大学東北文化 研究所紀要 16 pp.1-7
- 小貫義男・三位秀夫・島田昱郎・竹内貞子・石田琢二・斉藤常正 1963「青森県津軽十三湖地域の沖積層」 東北大学地質古生物邦文報告 58 pp.1-36.

大塚由香里 2005「津軽平野における縄文時代以降の遺跡立地と地形環境」 弘大地理 39 pp.15-21

- 大塚由香里・小岩直人 2005「津軽平野における縄文時代以降の遺跡立地と自然環境」季刊地理学 57 pp. 195-196
- 海津正倫 1976「津軽平野の沖積世における地形発達史」地理学評論 49 pp.714-735
- 渡辺仁治 2005『淡水珪藻生態図鑑』内田老鶴圃 666p
- 山口正秋・須貝俊彦・藤原 治・大森博雄・鎌滝孝信・杉山雄一 2005「ボーリングコアの粒度組成と堆 積速度からみた木曽川デルタの微地形と堆積過程」第四紀研究 44 pp.37-44
- Reimer P.J., Baillie, M.G.L., Bard, E, Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Bronk Ramsey, C., Buck,
 C.E., Burr, G.S., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson T.P., Hajdas, I., Heaton,
 T.J., Hogg, A. G., Hughen K.A., Kaiser, K.F., Kromer B., McCormac, F. G., Manning, S.W., Reimer,
 R.W., Richards, D.A., Southon J. R., Talamo, S., Turney, C.S.M., van der Plicht J., and

Weyhenmeyer C.E. 2009 "IntCal 09 and Marine 09 radiocarbon age calibration curves, 0 - 50,000 years cal BP" Radiocarbon 51 pp.1111-1150

Stuiver, M., Reimer, P.J. and Reimer, R. 2012 "CALIB Radiocarbon Calibration" http://calic.qub.ac. uk/calib/

(2014年6月5日受付, 2014年7月14日受理)

Changes in the Geomorphic Environment of the Tsugaru Plain since the Jōmon Period

Naoto KOIWA $^{\scriptscriptstyle 1)}$ and Mio KASAI $^{\scriptscriptstyle 2)}$

¹⁾ Faculty of Education, Hirosaki University, 1 Bunkyo-cho, Hirosaki-shi, Aomori Prefecture 036-8560, Japan ²⁾ Graduate student of Division of Regional Studies, Hirosaki University, 3 Bunkyo-cho, Hirosaki-shi, Aomori

²⁾ Graduate student of Division of Regional Studies, Hirosaki University, 3 Bunkyo-cho, Hirosaki-shi, Aomori Prefecture 036-8560, Japan

Many famous Jomon archaeological sites such as the Kamegaoka site and the Tagoyano shell midden are located in the Tsugaru alluvial plain. Most such archaeological sites are located on marine or fluvial terraces surrounding the Iwakigawa lowlands, which were formed by sediments and debris from multiple rivers since the Jomon transgression in the Holocene. Assessing the relationship between human activity and paleo-environmental change requires clarification of the change of lake conditions and lowland development. This study aimed to reconstruct changes in the geomorphic environment and salinity around the Kamegaoka site by analyzing lithofacies, diatoms, sulfur content, and grain size, and by performing accelerator mass spectrometry (AMS) ¹⁴C dating on plant remains and shell fragments from cored sediments. The results of this study show that the area was submerged by a postglacial transgression in the early Holocene. After the transgression, the study area was under high-salinity conditions around 7,000 cal BP, but later developed into a freshwater lake (Lake Jusanko) during 5,000-2,000 cal BP. However, salinity increased slightly beginning in 3,000 cal BP. Additionally, the lake has been buried with delta deposits transported by several rivers. During the Final Jomon period, the Kamegaoka site was located near the river mouth, which accounts for its transition period from a freshwater to a brackish water lake.