津波による海浜公園池における生態系構造の変化

村上 和仁¹・吾妻 咲季²・中村 明彦³

¹正会員 千葉工業大学 工学部生命環境科学科 (〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1)

E-mail: kaz_murakami@sky.it-chiba.ac.jp

²学生会員 千葉工業大学大学院 工学研究科生命環境科学専攻 (〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1)

E-mail: s0923003HK@it-chiba.ac.jp

³千葉県山武土木事務所 (〒283-0006 千葉県東金市東新宿 17-6)

E-mail: hutunushi.05@hotmail.co.jp

富栄養化が極めて進行した状態であった蓮沼海浜公園ボート池(千葉県山武市)を対象として、東日本大震災に伴う津波が生態系構造に及ぼした影響について検討した。蓮沼海浜公園ボート池は、リン過多の富栄養状態にあり、藍藻類によるアオコが毎年のように発生していた。住民からの不安や苦情もあり、2004年、2009年、2010年にボート池の底泥の天日干しによる好気化処理が施されたが、アオコの抑制効果は一時的なものに過ぎず、2009年のシオグサの大繁茂や2010年には再びアオコが発生するようになった。2011年3月の津波による海水の流入により、ボート池の水質は大幅に変化し、同時に絶滅危惧種であるカワツルモの大繁茂など生態系構造も大きく変化し、水質も富栄養化状態から改善され、生物多様性も豊かになった。

Key Words: Tsunami, seaside park pond, ecosystem structure, eutrophication, Aoko, water plant

1. はじめに

蓮沼海浜公園(千葉県山武市)は、九十九里浜に位置し、九十九里蓮沼リゾートとして千葉県が積極的にPRしている県立都市公園である。かつては貸しボートの営業も行われていたが、2000年頃からアオコ(主に *Anabaena spiroides*, *Microcystis aeruginosa*)の発生が顕著になり、近隣の住民から苦情の声が上がったことから、対策として2004年、2009年、2010年に底泥の天日干し(好気化)による水質改善が行われた¹⁾²⁾。しかし、これをきっかけにシオグサ(*Cladophora* sp.)が大量繁茂するようになり、さらに、2011年3月の東日本大震災に伴う津波による冠水により、大量の海水(塩水)が流入し、塩分濃度が急上昇するとともに底泥を含めて生態系構造が大きく攪乱された。

水位が平常時レベルに回復すると、津波以前にはみられなかったカワツルモ(*Ruppia maritima*)の埋土胞子が底泥中から発芽して繁茂すると同時に、透明度が高くなり、CODは低下するなどの富栄養化状態からの改善がみられるようになった。2012年にはボート池全域で *Ruppia maritima* が繁茂する状態となり、同時にアオコの発生はみられなくなった。このように、蓮沼海浜公園ボート池は人工的・自然的な攪乱により、特に食物連鎖の起点となる一次生産者である藻類が短期間に次々と入れ替わるという非常に不安定な状態にある。

本研究では、1999年から2012年までの蓮沼海浜公園ボート池における生態系構造の遷移に及ぼす東日本大震災に伴う津波による影響について基礎的知見を得ることを目的として検討を行った。

2. 蓮沼海浜公園池の概要

蓮沼海浜公園(蓮沼ウォーターガーデン)は、千葉県九十九里浜より350mほど内陸に位置した海浜/砂質地帯に位置しており(図-1)、九十九里浜沿いに南北4km、広さ40万m²に亘る非常に大規模な県立都市公園である。ボート池は蓮沼ウォーターガーデンの一部として造成された、塩分混じりの地下水を水源とする親水施設であり、池表面積約10,380m²、池水容積約7,000m³、平均水深0.65mのリン過多(T-P濃度:1.0~1.5mg/L)の汽水湖(Cl⁻濃度:400mg/L程度)で、生物相が少種多量のいわゆる富栄養状態にある(図-2)³⁾。この蓮沼ウォーターガーデン内にはテニスコートなどのスポーツ施設や小規模遊園地、レストラン、プールなどさまざまなレジャー施設があり、特に夏季には非常に大きな集客力を誇る千葉県の観光名所のひとつとなっている。しかし、この公園内にあるボート池では毎年夏季になると池全体を覆うほどの水の華(アオコ)が発生し、レクリエーション機能の損失や景観の悪化、悪臭などの問題が深刻化している。かつては公園施設の一部として貸しボートの営業を行っていたが、ここ数年は水の華の発生が原因で利用客が激減し、貸しボートは休業せざるを得ない状況となっている。従来の研究より、蓮沼ウォーターガーデンのボート池はリン過多の汽水湖であることがわかっている³⁾⁴⁾が、N/P比や塩分濃度をはじめとして一般的な水の華(アオコ)発生条件⁵⁾とは異なる面も多い。また、冬季には多くの渡り鳥が飛来し、バードウォッチャーの目を楽しませている。

3. 調査方法

(1) 調査期間

採水・分析は1999年から2013年の15年間に亘って行った。採水は月1〜2回の頻度で行い、湖心部の水面下約5cmの表層水を採水し、必要に応じて底泥直上水も採水した。

(2) 分析項目および方法

観測項目として天候、気温、水温、pH、DO、水深の6項目、分析項目として、T-N、NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N、T-P、PO₄-P、COD、Chl.a、Cl⁻の9項目を測定した。採水後、DO、pH、水温については現地にて、その他の項目は直ちに研究室に持ち帰り、可及的速やかに分析した。なお、栄養塩類は吸光光度法（HACH DR4000）にて、CODおよびCl⁻は工場排水試験法 JIS-K0102⁶⁾にて、Chl.aは海洋観測指針⁷⁾にて、pHおよびDOは電極法にて分析・測定した。植物プランクトンは、生物顕微鏡（NIKON Eclipse E800）にて分類・同定・計数を行った。また必要に応じてエックマン・パーズ採泥器により底泥を採取し、実体顕微鏡にて底生生物の観察を行った。

(3) 解析方法

各月ごとの分析データの比較解析から、生態系の遷移と東日本大震災に伴う津波による生態系構造の変化について検討した。また、調査時にはデジタルカメラによる定点観測を行い、ポート池および周辺環境の変遷も捉えることとした。

4. 結果および考察

本研究にて1999年度より継続的に観測・分析している項目は、2004年、2009年、2010年の3回の天日干し工事および2011年の津波により大きな影響を受けている。本報では、特に2011年3月の東日本大震災に伴う津波の前後での変化に着目して検討することとする。

(1) 水質

気温、水温、pH、DOの観測項目は、夏季に上昇、冬季に減少傾向がみられているが、観測開始から経年的な増加傾向はみられていない。pHおよびDOは2008年度に例年より高濃度を長期間維持したChl.aの影響によって高い値となり、夏季および冬季に水質の若干のアルカリ化と過飽和が観察された。

COD、Chl.a、T-Nは夏季に上昇、冬季に減少がみられている。夏季におけるCODは2001年度に高濃度となったが翌年は減少、それ以降では経年的に上昇傾向となり2008年度は有機汚濁の進行がみられた。夏季におけるChl.aは2000年度から2008年度には経年的な上昇傾向とともに、夏季の高濃度期間の長期化、冬季での低濃度期間の短縮がみられ、2007年度には冬季に赤潮の発生が確認された。夏季におけるT-Nは1999年度から2003年度は経年的に上昇傾向にあったが、2004

図-2 蓮沼海浜公園ポート池（2012年8月）

年度に実施された底泥の天日干しによる脱窒により2005年度は減少したが、その後再び上昇傾向となった。また、2008年度のCODとT-Nでは夏季の濃度上昇の時期が例年よりも遅れた。

NO₃-Nは夏季・秋季に高濃度となることが多い。経年的な上昇傾向はみられていないが、植物プランクトンによる吸収のためか、例年よりChl.a濃度の高い2008年度では夏季・秋季に濃度低下がみられた。NO₂-NおよびPO₄-Pは春季と晩夏に高濃度となることが多い。リン蓄積によって2000年度から2008年度に上昇の傾向がみられ、2008年度にはCl⁻と関連のある毎月の濃度上昇が生じた。Cl⁻は地下水による影響が強いと考えられるため、地下水の湧出により、底泥に蓄積されたT-Pが溶出して供給されたと考えられる。PO₄-Pは安定しており、経年的な増減傾向はみられていない。

Cl⁻は2003年度から高濃度を維持していたが、導水の中止以降、濃度の低下がみられ、2006年度以降安定化した。しかし、2008年度夏季から秋季にかけて濃度上昇がみられ、高濃度となった。濃度の変動には周期性がみられ、春季、秋季は降雨の影響によるものと考えられる濃度減少が生じた。2011年3月の東日本大震災に伴う津波による海水の流入により、Cl⁻濃度は急激に上昇したが、2012年4月には津波が流入する以前のレベルに戻った。

以上のように、水質は、COD 20mg/L、T-N 4.21mg/L、

T-P 2.76mg/L, Chl.a 150 μ g/L 程度という富栄養化がきわめて進行したレベルで推移していたが, 東日本大震災に伴う津波の影響により, COD 12.0mg/L, T-N 1.46mg/L, T-P 1.92mg/L, Chl.a 50 μ g/L 程度の中～富栄養レベルとなった(図-3～6)。

(2) プランクトン相

2009 年度および 2010 年度は *Chlorella* sp. や *Anabaena spiroides* が大量増殖し不安定になりがちなプランクトン相だったが, 2011 年度は東日本大震災による津波の影響で大幅に CI⁻が増加し(図-7), 前年度のような過度なプランクトンの増殖によるアオコの発生はみられず, 種数, 個体数ともに大幅に減少した。全体的な現存量は減少したが, 海水由来と考えられるプランクトンが多くみられるようになった。しかし, 個体数では淡水性の *Chlorella* sp. が優占種であった。海水由来のプランクトンとしては主に塩分耐性の高い動物プランクトン *Mesodinium* sp. が観察された。2011 年 11 月以降は海洋性プランクトンもみられなくなり, 従来の淡水性プランクトンが占める割合が多くなった。

植物プランクトンの減少と同時に *Ruppia maritima* (カワツルモ) の繁茂が観察されるようになり, 2012 年度はボート池全域を *Ruppia maritima* が占拠するようになった。この大繁茂は 2012 年 11 月まで続いたが, 12 月には気温の低下に加えて飛来したカモ *Anas platyrhynchos* やオオバン *Fulica atra* の捕食作用の影響もあり, ほとんどみられなくなった。同じ一次生産者として競合相手である沈水植物カワツルモ *Ruppia maritima* の影響を強く受け, *Ruppia maritima* の繁茂がみられる夏季, 秋季において植物プランクトンの細胞数は激減した。そして, 冬季の *Ruppia maritima* の減少に伴い植物プランクトンの増加傾向がみられた。このことから, カワツルモの繁茂状況が植物プランクトンの細胞数の増減に強く関わっていることが明らかになった(図-8)。また, *Ruppia maritima* の繁茂と並行して, *Lepadella* sp. や *Ceriodaphnia reticulata* をはじめとする大型の動物プランクトンが多数観察されるようになり, 沈水植物の繁茂による生態系構造の複雑化がプランクトン相の多様性を増大させたものと考えられた。

動物プランクトンに着目してみると, 2012 年度の夏季の動物プランクトン相は甲殻綱 1 属 1 種, 輪虫綱 1 属 4 種, 原生動物 1 属 1 種であり, 輪虫綱の *Lepadella* sp. が優占種であった。24 時間を通して日周性は皆無であった。 *Daphnia* 等の大型動物プランクトンは少なく, 輪虫綱を中心とした小型動物プランクトンが多く観察された。小型動物プランクトンの中でも体長 200 μ m 以下のプランクトンはプランクトンネットで濾過されてしまったため, 池内にはさらに多くの小型動物プランクトンが生息していることが推測される。摂食力の低い小型動物プランクトンが優占している池内では, 植物プランクトンの細胞数は増殖する傾向にあるが, 夏季の計測において植物プランクトンは減少傾向を示した。このことから夏季は, 動物プランクトンよりもカワツルモ *Ruppia maritima* の繁茂が植物プランクトンへの強い影響力を示していることが示唆された。

図-3 COD の経年変化

図-4 T-N の経年変化

図-5 T-P の経年変化

図-6 Chl.a の経年変化

秋季の動物プランクトン相は甲殻綱 7 属 7 種, 輪虫綱 3 属 3 種であり, 甲殻綱の *Ceriodaphnia reticulata* が優占種であった。優占種である *Ceriodaphnia reticulata* が上, 中層を主な住み場としていることがわかったが日周性はみられなかった。また, 夏季に観察されなかったミジンコ亜綱 5 種, カイアシ亜綱 1 種, カイミジンコ亜綱 1 種と多様な動物プランクトンがみられた。*Simocephalus vetulus*, *Scapholeberis kingi*, *Rhynchotalona rostrata* の 3 種は水草帯を主な住み場としていることや, *Rhynchotalona rostrata* を摂食するカイアシ亜綱の *Diacyclops* sp. の出現から, 沈水植物の *Ruppia maritima* は動物プランクトンの住み場となり, プランクトン個体数の増加および種の多様化を促進させ食物連鎖網の形成につながっているものと考えられた (図-9)。

冬季の動物プランクトン相は甲殻綱 6 属 6 種, 輪虫綱 3 属 3 種であり, 甲殻綱の *Diacyclops* sp. が優占種であった。秋季と比べて種数に大きな変化はみられなかったが, ミジンコ亜綱の大型動物プランクトンの個体数の減少が観察された。これは大型動物プランクトンの住み場である *Ruppia maritima* の減少による影響が推察される。

カワツルモ *Ruppia maritima* (図-10) は, 世界中に広く分布する多年草であり, 淡水と海水の混ざる汽水域の塩性湿地などに生育する。分布域が広いのは, 種子が海流に流され, あるいは渡り鳥によって広く散布されるためであると推察されている。植物体は細く, 密生して群落を形成する。葉は糸状で長さ 5~10cm, 葉の基部は鞘となって茎を抱いている。花は 6 月から 8 月にかけて咲き, 長さ 2~4cm の茎の上に 2 つ, 目立たない淡緑色の花をつける。花後, 花茎は水中に没し, 果実は長さ 2.5mm 程度である。よく似た種にリュウノヒゲモ *Potamogeton pectinatus* があるが, 花が咲かないと区別は困難である。環境省 RDB (Red Data Book) では, 絶滅危惧 IB 類に指定されており, 各県においても指定されている場合が多いが, これは汽水域はもともと環境として少ないことに加え, 海岸地帯の改変が進んでいるためである^{9),10)}。

埋土種子の発芽については, ミズアオイ *Monochoria korsakowii* が知られており, かつては水田や沼地, 池, 河川の下流域などに広く生育していたが, 現在は除草剤や基盤整備, 河川の性質の変化などによって激減しており, 全国 39 の都道府県の RDB では絶滅危惧 II 類に, 特に岡山県 RDB では絶滅危惧種に指定されている。東日本大震災の津波の後, 宮城県から岩手県まで 14 カ所で確認された。他にはオモダカ *Sagittaria trifolia*, フトイ *Scirpus tabernaemontani* などの例があるが, これらの水草は東日本大震災後の津波跡の強固な埋立てにより数年で姿をみせなくなると言われている¹¹⁾。

(3) 生態系構造の変化

蓮沼海浜公園ポート池における食物連鎖の起点となる一次生産者は, 調査開始時の 1999 年当時は植物プランクトンの珪藻類 *Melosira varians*, *Aulacoseira italica* が主であり, 2000 年以降, 夏季には藍藻類 *Anabaena spiroides*, *Microcystis aeruginosa* による二段階アオコが

図-7 Cl⁻の経年変化

図-8 プランクトン個体数の推移 (2010~2012 年度)

図-9 動物プランクトンの四季変遷 (2012 年度)

図-10 繁茂したカワツルモ *Ruppia maritima* (2012 年)

図-11 アオコの異常増殖 (2006 年)

図-12 繁茂したシオグサ *Cladophora* sp. (2009 年)

発生するようになり、2004 年の底泥の天日干しにより 2005 年度はアオコの発生は抑制されたが、2006 年度には夏季の二段階アオコに加えて冬季には鞭毛藻類 *Cryptomonas* sp.による赤潮が発生するという揺り戻し現象が観察された(図-11)。その後、2009 年、2010 年の底泥の天日干しにもかかわらず浮遊植物であるシオグサ *Cladophora* sp.が繁茂し(図-12)、2011 年の津波後はレッドリスト掲載種である沈水植物カワツルモ *Ruppia maritima* が優占化した。このように、連沼海浜公園ボート池の生態系構造は植物プランクトンを基盤とする単純な系から、沈水植物を基盤として *Lepadella* sp.や *Ceriodaphnia reticulata* をはじめとする大型動物プランクトンが出現する複雑な系へと変遷し、また、水生植物を採餌するカモ *Anas platyrhynchos* やオオバン *Fulica atra* などの鳥類の飛来数が増加するなど、出現する生物種が多様になり、生物多様性が豊かになった。

Ruppia maritima の大量繁茂がプランクトン相およびボート池内の生態系に与えた影響は大きく、*Ruppia maritima* が繁茂する以前はボート池内の生産者は常に植物プランクトンが優占し、富栄養化により夏季には *Anabaena spiroides* や *Microcystis aeruginosa* が異常増殖しアオコが発生していた(図-13)。しかし、津波後のボート池内ではアオコは発生せず、植物プランクトン細胞数は最低値を示し、ボート池内の水質は透視度の高い澄んだ環境へ変化した(図-14)。これは *Ruppia maritima* が根を張ることで底泥の巻上げを防ぐこと、

あるいはアレロパシー作用や栄養塩を巡る競争によって、池内で同じ生産者というニッチを占める植物プランクトンの増殖を直接的に抑制したことによるものと考えられる。また、*Ruppia maritima* のような沈水植物によって形成されたボート池内の三次元構造は動物プランクトンや付着藻類に住み場を提供することとなり、秋季の計測において水草帯に住み場とする動物プランクトンや付着藻類が大量に確認された。このことから、今後さらに多種多様の動物プランクトンや付着藻類が増殖することが予測され、浮遊型の植物プランクトン、すなわちアオコ形成プランクトンのさらなる細胞数の減少が期待される。

植物プランクトン相の多様度 H' ¹²⁾を算出したところ、2012 年度の春季 1.34 (1.6~2.0)、夏季 0.79 (0.5~1.2)、秋季 1.53 (0.8~2.2)、冬季 2.25 (1.6~2.6) となり、*Ruppia maritima* の繁茂が植物プランクトン相に影響を与えていることが裏付けられた。また、汚濁指数 S ¹³⁾を算出したところ、春季 2.4~3.0、夏季 2.5~3.1 の範囲で推移し α -中腐水性、秋季 1.9~3.0、冬季 1.7~2.4 の範囲で推移し β -中腐水性となり、水質の改善傾向がみられた。しかし、一年を通して汚濁指数値が高い結果となり、この要因は冬季を除き連沼の優占種が *Chlorella* sp. (腐水指数 $Si=3.1$) であったためと考えられる。

以上のことから、カワツルモ *Ruppia maritima* の大量繁茂は植物プランクトン個体数の抑制・減少に作用し、

図-13 震災による津波前の生態系構造

ボート池内の生産者は植物プランクトンが優占していた。また、摂食能力の低い小型の動物プランクトンが優占していたため大型の植物プランクトン(アオコ)の増殖が起きやすい。

図-14 震災による津波後の生態系構造

ボート池内の生産者のカワツルモが池内に優占することで競合相手である植物プランクトンが減少、住み場の提供により動物プランクトンや付着藻類の増殖および種の多様化が起きている。

ボート池内の水環境を透視度の高い水質に変化させた。また、動物プランクトンや付着藻類の住み場となり、個体数の増加および種の多様化を促進させることで、より複雑な食物連鎖網の形成につながっており、*Ruppia maritima* が繁茂している限りこの水質環境は維持されていくものと推察される。しかしながら、冬季には水生植物を餌とするカモ *Anas platyrhynchos* やオオバン *Fulica atra* などの渡り鳥の飛来数が増加して採餌したことにより、*Ruppia maritima* はほとんどみられなくなってしまう。今後も継続的に調査を実施し、生態系の変遷に関する基礎的データを蓄積していくことが重要である。

5. まとめ

本研究は、富栄養化が極めて進行した状態であった海浜公園ボート池が、東日本大震災に伴う津波により、いかなる影響を受けたかについて検討したものである。蓮沼海浜公園ボート池は、リン過多の富栄養状態にあり、藍藻類 *Anabaena spiroides* を優占種とするアオコが毎年のように発生していた。住民からの不安や苦情もあり、2004年、2009年、2010年にボート池の水抜きによる底泥の天日干しによる好気化処理が施されたが、アオコの抑制効果は一時的なものに過ぎず、2009年のシオグサ *Cladophora* sp. の大繁茂や2010年には再びアオコが発生するようになった。2011年3月の東日本大震災に伴う津波による海水の流入により、ボート池の水質は大幅に変化し、同時にカワツルモ *Ruppia maritima* の大繁茂など生態系構造も大きく変化し、生物多様性も豊かになった。

今後も継続的に調査を実施し、生態系の変遷に関する基礎的データを蓄積していくことが重要である。

謝辞：本研究の遂行に際し、千葉県山武地域整備センター関係各位に多大なるご協力を賜りました。また、採水・分析に際し、高橋彩加氏、島田圭裕氏および鎌田純平氏をはじめとする当研究室の卒論生諸氏の熱意ある協力を得ました。ここに記して感謝の意を表します。

追記：本研究の一部は、日本学術振興会平成24～26年度科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）（挑戦的萌芽

研究）（課題番号24651029）「移入種生物がもたらす生態系影響評価のためのモデルエコシステムの汎用化に関する研究（代表：村上和仁）」として実施されたものである。

参考文献

- 1) K.Murakami, T.Ishii, K.Taki, H.Matsushima: Seasonal Changes of Phytoplankton in Seaside Park Pond on Kujiyukurihama Coastal Line, Japan, *Conference Papers on 7th International Conference on the Mediterranean Coastal Environment (MEDCOAST05)*, Vol.1, pp.581-590, 2005.
- 2) 青木昌也, 村上和仁, 石井俊夫, 瀧 和夫: 海浜公園池（汽水湖）の水質浄化(1)水質（底質）改善工事によるボート池の水質変動と生態系の遷移, 第37回土木学会関東支部技術研究発表会講演要旨集 CD-ROM（第Ⅶ部門）, 2010.
- 3) 村上和仁, 石井俊夫, 瀧 和夫, 松島 眸: 海浜公園池における水の華発生機構と環境要因, 土木学会海洋開発論文誌, 23巻, pp.627-632, 2007.
- 4) 村上和仁, 石井俊夫, 瀧 和夫: 海浜公園池（汽水湖）における水の華と栄養塩負荷特性, 土木学会海洋開発論文誌, 24巻, pp.633-638, 2008.
- 5) 渡辺真利代, 原田健一, 藤木博太: アオコ その出現と毒素, 東京大学出版会, 1994.
- 6) 日本工業標準調査会: 工場排水試験法 JIS K0102-2008, 2008.
- 7) 日本気象協会: 海洋観測指針（気象庁編）, 1990.
- 8) 吾妻咲季, 村上和仁, 天野佳正: 地域未利用資源（貝殻）による汽水池の底質改善の検証, 第49回環境工学研究フォーラム講演集, 2012.
- 9) 大滝末男, 石戸 忠: 日本水生植物図鑑, 北隆館, 318pp., 2007.
- 10) 角野康郎: 日本水草図鑑, 文一総合出版, 179pp., 1994.
- 11) 永幡嘉之: 巨大津波は生態系をどう変えたか—生きものたちの東日本大震災, 講談社ブルーバックス, 2012.
- 12) 須藤隆一: 環境微生物実験法, 講談社サイエンティフィク, 282pp., 1988.
- 13) 津田松苗: 水質汚濁の生態学, 公害対策技術同友会, 240pp., 1972.

ECOSYSTEM STRUCTURE SUCCESSION IN SEASIDE PARK POND ASSOCIATED WITH TSUNAMI

Kazuhito MURAKAMI, Saki AGATSUMA and Akihiko NAKAMURA

This study was investigated to obtain some basic information for the influence of Tsunami associated with the Great East Japan Earthquake on the structural succession of the Hasunuma seaside park pond ecosystem located in Kujiyukurihama coastal line in Chiba prefecture. This pond was under the eutrophicated state of hyper P loading, and Aoko of *Anabaena spiroides* was occurred in every summer season. For insecurity and complaint from citizen, sun exposure of sediment of this eutrophicated pond was conducted in 2004, 2009 and 2010. In spite of this attempt, Aoko was occurred again in summer and red tide of *Cryptomonas* spp. was observed in winter, and eutrophication of this pond was in progressed more. Furthermore, Tsunami with the Great East Japan Earthquake in 2011 made a drastic change of ecosystem structure of this pond, that is, the water quality was improved and *Ruppia maritima* which is endangered species water plant has become observed. The biodiversity became rich with increase of zooplankton and the food web became complexified.