

沖縄で見られるティラピア *Tilapia mossambica* PETTER の凍死について

下地邦輝

Lethal Effect of Low Temperature on *Tilapia mossambica* PETTER in OKINAWA

Kuniki SHIMOJI

I はじめに

河川、池沼、湖、沿岸海域などは特に人間の生活に供する水域と言うことで公共用水域と呼ばれる。これらの水域においては、急激に魚類の大量へい死が発生することがある。人目につく顕著な事例であるため付近住民からの通報も多く、ほとんどの発生例について記録されており、その中で特に死因の判明した例については大山¹⁾、大城ら³⁾、池間⁴⁾など報告も多い。

自然の魚類の個体群が普通の状態では疾病や溶存酸素の不足、或いは餌不足などの原因により急激に大量死するとは考えにくく、その大部分は人為的な汚染物質による急性毒死によると推測されて来た。事実、下地ら⁶⁾の報告でも、これまでの発生例の約半数から有機リン系農薬が原因物質としてあげられている。

しかしながら、発生現場の水や死体魚から原因物質が検出されず、斃死因が不明とされる例も少なくない。これらの不明例の中で冬の寒波のあった直後に、死魚組成がティラピア *Tilapia mossambica* PETTER を主とした大量死が見られた。発生する水域や斃死状況が急性毒死例と似ている点などから、人為的な汚染物質による斃死例と同一視されて来た。

熱帯の東アフリカを原産とするティラピア *T. mossambica* は1954年、台湾から食用として移植されて⁷⁾以来、旺盛な繁殖力と人為的な拡散により沖縄県内各地に分布を広げ、現在では河口の汽水域から河川、池沼、ダムなどにかけて最も多く見られる代表的な淡水魚となっている。有機物汚染度の高い都市型河川の中流から下流、河口汽水域に

においては大量のティラピアが棲んでおり、川の浄化についての役割も大きいものがあると考えられる。沖縄におけるティラピアの自然個体群についての研究は少なく、今後、河川における生物による浄化作用を考える上で、まず第一に取りあげねばならない課題と言えよう。

今回は凍死現象をティラピア個体群を1側面として考え、凍死のよく発生する地点で冬の期間温度測定を行うと同時に、凍死発生時には死魚種組成、個体数、体長組成などを記録することにより、今後の沖縄におけるティラピア個体群解析の一歩としたい。

II 測定方法と調査地点

ほぼ毎冬、ティラピアの凍死が見られる二地点について、自記地中温度計（鉛でシールされたセンサーをもつ）を用いて気温と水温、底泥温を測定した。凍死発生時には死魚の分布、種組成、大きさ組成などを計測するとともに、死体魚や現場の水について、DOやPHなどの環境要因測定やCN⁻、有機リン系農薬類などの急性毒物質の有無をチェックした。

調査地点のひとつである竜潭（りゅうたん）池は、那覇市首里にある人工の史跡淡水池で、長い所で80m程度のひょうたん形をしている。水深が深い地点で約1.5m、浅い部分で0.5~1.0mで、軟泥質の底になっている。温度の測定は1978年1~3月と1979年1~3月の間に、池中の気温、水深70cmの池中で表層水温（水面下10cm）、底層水温（水面下60cm）、底泥温（泥中20cm下）の垂直4点それぞれについて連続測定を行った。

他の調査点は図6に示した瀬長島・那覇空港三角潟で、那覇空港の南端に位置し、滑走路と海中道路で三角形に囲まれ、具志川が注ぎ、汽水域になっている。この三角潟は浅く、深い所で満潮時に1m前後で、潮の干満により水門から水の出入りがあるものの、水門が小さいことと、水門のレベルが最干潮レベルより高いため干潮時にも完全な水が引くことがなく、いつも小潮と同じような水位条件をしている。ここでも地中温度計を用いて、1982年2～3月の間に気温と水温を測定した。

以上の温度測定に加えて、那覇に在る沖縄気象台の観測資料から過去10年間における冬の気温と那覇検潮所の水温などを取りあげ、過去の冬期における原因不明とされている斃死例と照会して見た。

III 結果と考察

沖縄において寒い時、魚介類が凍死する現象はティラピアに限らず、サンゴ礁や内湾域の浅瀬に棲む海産魚類でも普通に見られるが、凍死魚の種類組成がティラピア一種で占められ、帯状に大量の死体魚が分布する光景は他の凍死例にはほとんど見られない。

また、海水の混ざる河口の汽水域と池沼などの淡水域におけるティラピアの凍死には多少の相違点があり、これらの点について以下に紹介する。

1. ティラピア *T. mossambica* について

1953年、食用として台湾から移殖されたティラピアは、現在沖縄県内のほぼ全域における淡水、汽水域で見られるようになった。下地ら⁸⁾の行った内湾、河口域に棲む魚類サンプリングの結果でも、沖縄本島北部の2～3河川を除いたほとんどの河川で採取され、或いは分布が確認できた。底が砂泥質の水域を好んで分布し、特に有機汚染度が高く還元層（ヘドロ）の発達した都市河川においては数量ともに目立って多い。また、市内を流れる汚染の著しい河川で見られるように、川底に還元層が発達し、溶存酸素がゼロに近い状態の水中で平然と泳いでいる姿はティラピアが「公害、汚染に強い」と言われる所似でもある。ところが、このような河川の下流、河口域は陸上における人間生活の影響を最も受け易い地点でもあり、人為的な汚染物質による魚介類の急性毒死が最も多く発

生する水域となる。従って、毒性の強い汚染物質に対しては急性毒死が見られ、斃死魚の主要種として過去の記録例中で海産魚のボラとともに8割以上を占めている。

ところで、沖縄県内におけるティラピア自然個体群についての数少ない研究の中で、築瀬⁹⁾によると、沖縄本島中部に位置する天願川のティラピア個体群においては、Gonad index から繁殖が7～10月の間に行なわれ、標準体長100mm以上の個体が繁殖に参加している。また、各月の体長組成の解析から、性成熟とされる標準体長100mmの個体は、前年の7～10月の間に生まれた10年魚の個体であることが知られている。

水温20℃以上であれば周年繁殖するとされる旺盛な繁殖力と、棲む水域に応じて植物プランクトンから植物片、人畜の排泄物、残飯、底泥中の有機物や小動物に至るまで食べる広範な食性に加え、人為的な拡散により県内各地の汽水域や陸水域で分布を拡げてきたものと考えられる。

なお、ティラピア *T. mossambica* はFAOの食糧増産の推奨魚であるが、この種については本県において、現在ほとんど食用とされていない。近年、同属のティラピア *T. nilotica* や *T. zilli* の2種が、新たに食用の養殖魚として輸入され、一部の水域では従来の *T. mossambica* との間に雑種も出現していると言われている。

2. 竜潭池や金武ダムなどの淡水域で見られるティラピアの凍死

ティラピアは、冬期の淡水域において、水温の低下とともに水生菌の感染を受け、少数ずつ、慢性的な斃死が長い間続く。その間で、特に水温の下った日には大量の死魚が浮き上がる。

竜潭池の冬期における温度の動きを図1に示した。'78年については1月の中頃から表層水温が14℃を下っている。その後、ほぼ2週間周期で、日平均気温が10℃前後まで下っており、3月の始め頃までこの状態が続いている。気温が日々に変化する中で、表層水温、底層水温、底泥温の順に変化も小さく、特に、底泥温は変化中も小さく、15℃を下ることがない。このことは後に述べる低温に対するティラピアの回避行動と関係すると考えられる。'79年については、水温が14℃を下ったのは2月2日前後と3月1日前後の2回だけである。

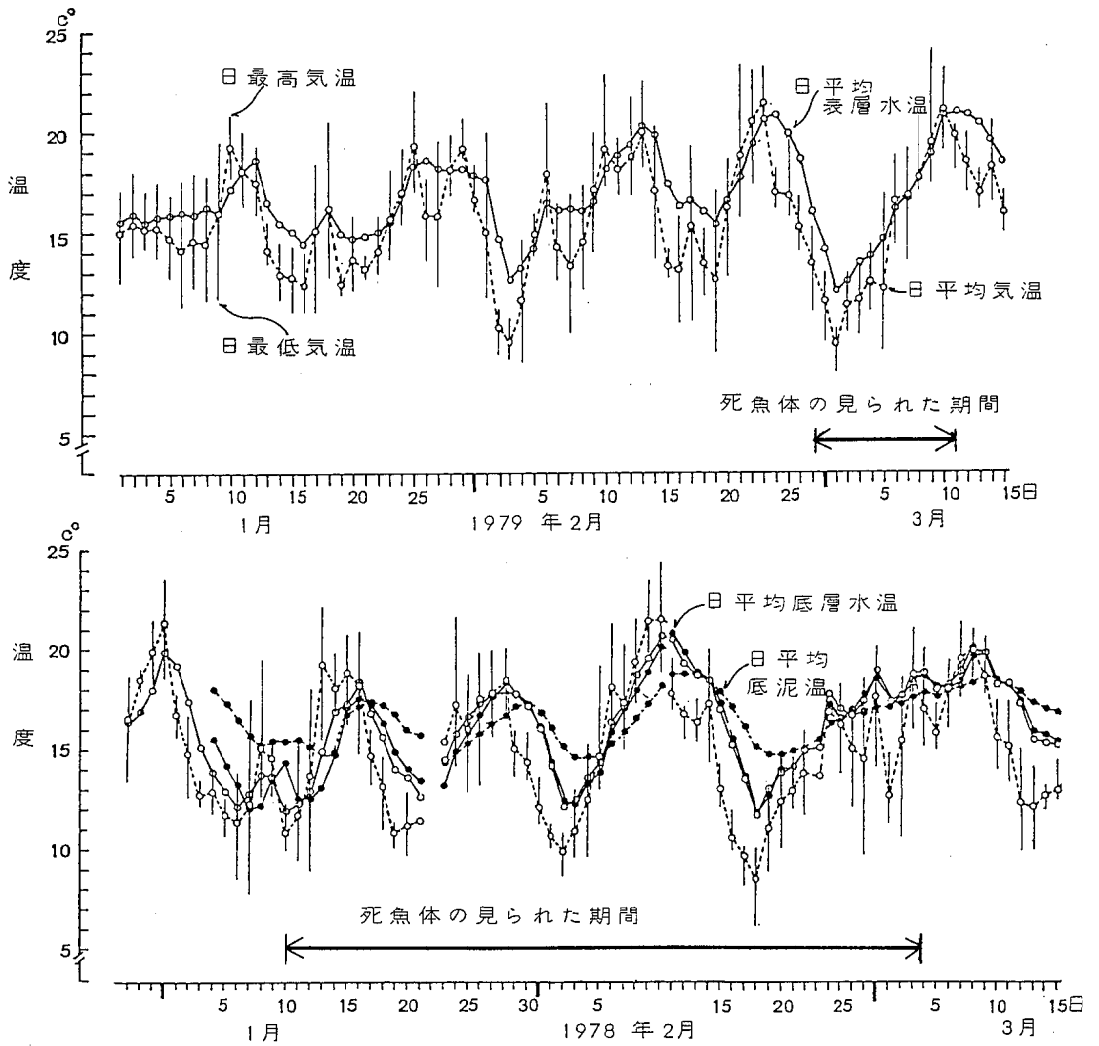


図1 竜潭池における冬期の気温、表層水温、底層水温、底泥温

※日平均温度は各測定点における日毎の24回時値の平均を示し、垂線は1日の気温の変動巾を示す。

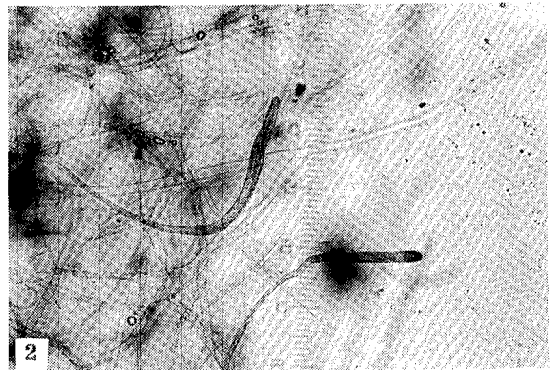
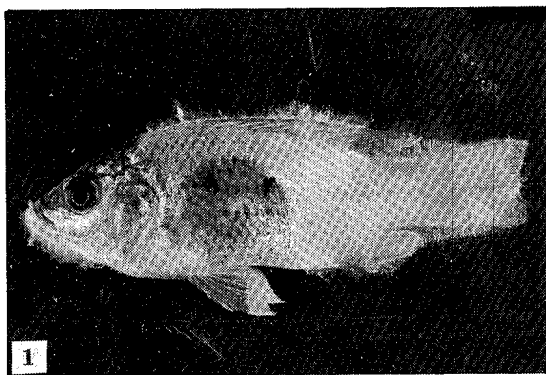


図2 竜潭池の *Saprolegnia* sp. に感染したティラピアとその菌糸

1. 低水温による体力低下の後に生きた状態で「わたかぶり」の症状を呈する。
2. サブロー培地下の *Saprolegnia* sp. の菌糸と遊走子のう。100倍の検鏡図。1の個体で実体顕微鏡下では個々の菌糸の先端部が太く丸い形状をした遊走子のうが観える。

ティラピア死魚体の見られた期間は、'78年には1月の中旬頃から始まり、後に暖かくなった日でも少数の死魚が浮く状態が慢性的に続く。ティラピア *T. mossambica* は低温に弱く、14°C以下で衰弱し、10°Cで死ぬと言われている。この池においては、1月の始め頃から水温が14°C以下に達し、ティラピアにとっては低温となるため、体力の低下が生じ、藻菌類の *Saprolegnia sp.* の感染を受ける。体表に白色の綿をかぶったような症状をした動きの鈍い個体が目立つようになる(図2)。

Saprolegnia はもともと魚表皮組織が、何らかの原因で壊死したような時に着生する死物寄生を主としていると言われ、ティラピア以外の淡水魚のコイ、ウナギ等でも発生する。「わたかぶり病」と呼ばれ、他県においては春先の水温変化の激しい時期に見られる魚病のひとつとされる。

竜潭池にはティラピアの他にコイ、タツプミノーなどが棲んでいるが、低温に弱いとされるティラピア一種だけが死体として *Saprolegnia sp.* の付着した状態で浮き上がる。一次的には低水温によって体表組織に異常をきたし、二次的に水生菌 *Saprolegnia sp.* の感染を受けて斃死していくものと推定される。一度、水生菌の感染を受けると水温が下がっても回復せず、ほとんどの個体が死に至る。

二次的な水生菌の感染によって慢性的な死が続く中で、水温が10°C近く下った日の後に目立って大量の死魚が浮く。このような寒波の後に見られる大量死の個体についても水カビが着生している(図3)。これらの個体が水カビの感染を受けなが

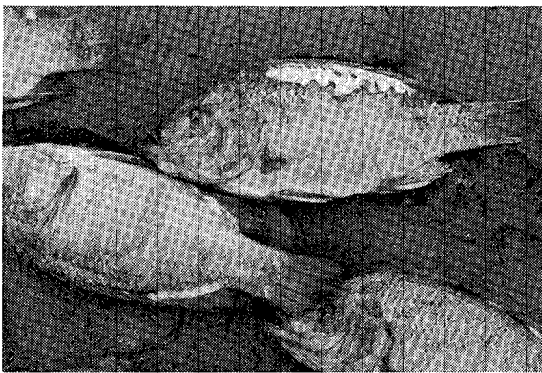


図3 金武ダムの凍死ティラピア
岸に寄せられた死魚体にも *Saprolegnia sp.* の付着が観られる。

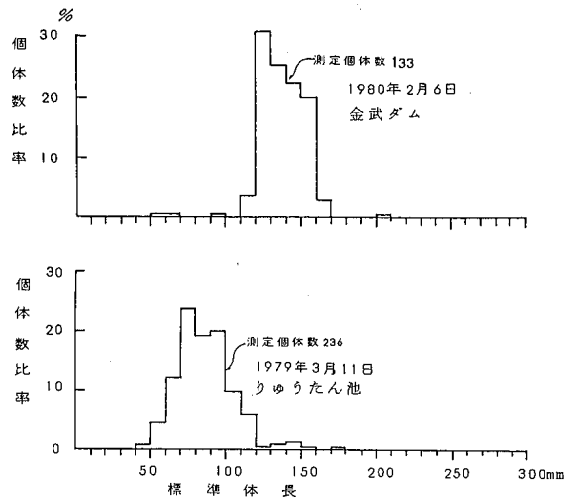


図4 竜潭池と金武ダムにおける凍死ティラピアの体長組成

ら斃死したのか、直接凍死した後に水カビの付着を受けたのかは明らかではないが、前述の慢性的な斃死も含めて、いずれも低水温が直接の原因であり、ティラピアの死は凍死と言える。

なお、凍死魚の発生時には池水の DO や PH 条件に異常はなく、急性毒死を起こす CN⁻ や有機リン系薬類も池水や死魚体から検出されていない。

凍死ティラピアの大きさ組成を図4に示した。この時期におけるティラピアは標準体長40~270mmの個体が見られるが、竜潭池ではサイズの小さい、主に70~90mmの個体が凍死しており、200mmを越す個体の死は見られなかった。

金武ダムでは、120~150mm間の個体が凍死魚のほとんどを占めており、ここでもサイズの大きい個体の死は見られない。竜潭池と異なる点は、100mm以下の小さい死魚体が見られない点である。先の寒さで小さい個体が死に失せたためなのか、或いは生存していたにもかかわらず、特定のサイズクラスの個体だけが集中して凍死したのか、ここでの連続観察がないため明らかでない。

ところで、史跡地や飲料水源ダムでのティラピアの凍死は、死魚体が大量に浮き、腐敗が進むにつれて景観を損ね悪臭を放つ。殊にダムは衛生上も好ましくなく、いずれの地点でも浮いた死魚は、そのつど回収処分しなければならない。このことから、本県の閉鎖的な池沼やダムなどには、ティラピア *T. mossambica* は、あまり適さない魚種と

言える。

3. 汽水域である瀬長島・那覇空港三角潟におけるティラピアの凍死

気温が10°Cを下る寒波が来た時、海水の混ざる汽水域においても、閉鎖的で浅い水域であった場合、ティラピアの大量凍死が発生する(図5)。ここでは淡水域で見られたような、水生菌の生魚への感染や、死魚体への着生は起らない。

瀬長島・那覇空港三角潟(図6)においても'78

年、'79年の冬の間、自記地中温度計を用いて気温と水温の測定を試みたが、海水によるセンサーの腐食が速く、水温の測定はされていない。そのため'77、'78、'79年の例については、近くに在る沖縄気象台の観測資料を参考としている。後に、'82年2~3月にかけて、鉛でシールされたセンサーを用いて気温と水温を測定した。

小規模な死魚例は最低気温がほぼ11°Cを下ったような日に、毎年1月末から3月初めにかけて数回発

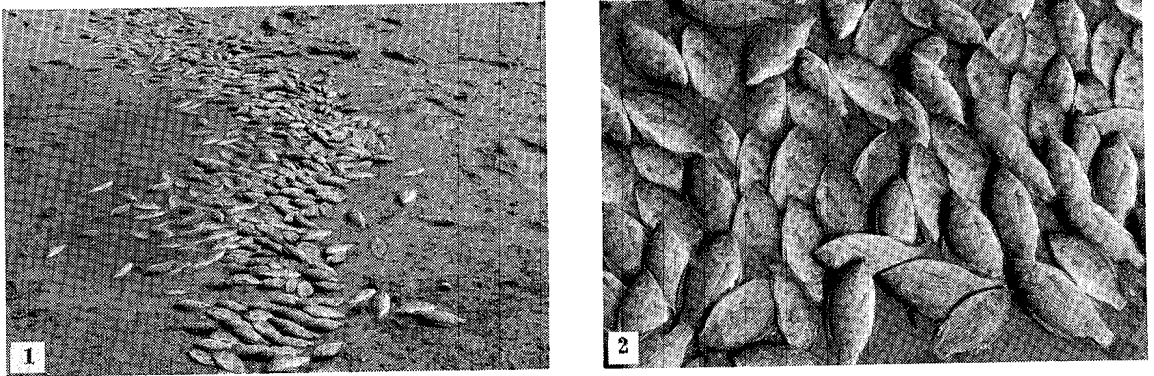


図5 瀬長島・那覇空港三角潟における凍死ティラピア

1. 1978年2月18日の状況。
2. 凍死ティラピアは標準体長100mm前後のサイズ個体で占められていた。

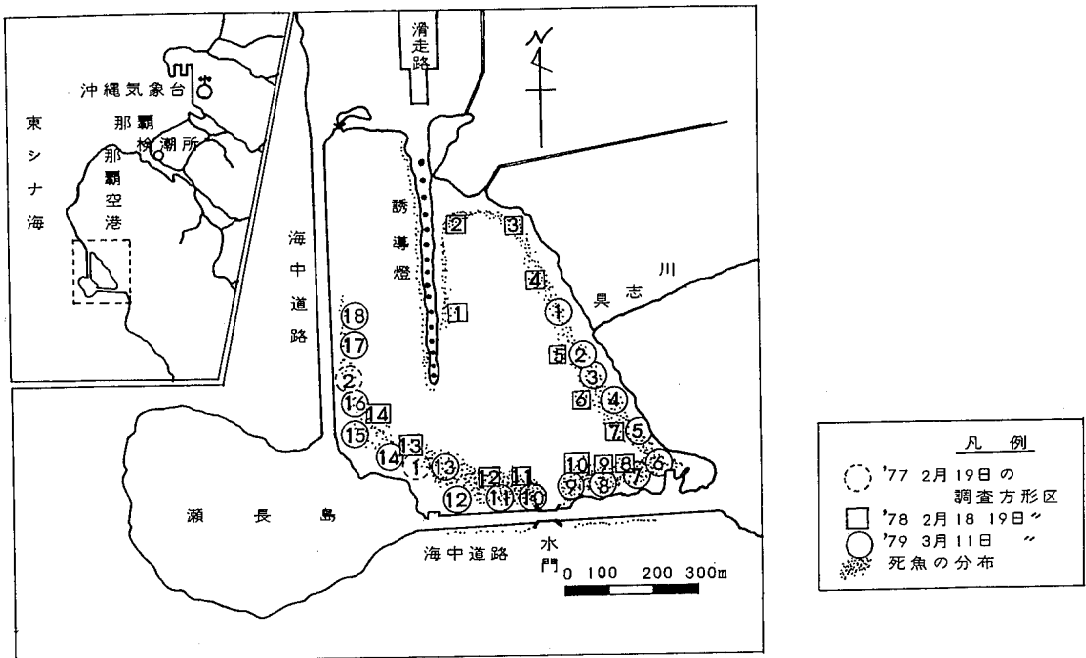


図6 瀬長島・那覇空港三角潟地図と死魚体の分布

表1 瀬長島・那覇空航三角潟で見られた凍死魚の総個体数と種類組成

死 魚 名	1977年2月19日		1978年2月18,19日		1979年3月11日	
	平均個体数	比率	平均個体数	比率	平均個体数	比率
ティラピア	109.0	66.9%	161.1	99.3%	11.3	85.6%
ドロクイ	44.5	27.3	0.9	0.6	0.5	1.5
セイタカヒイラギ	5.0	3.1	—	—	1.1	8.3
ミナミクロダイ	1.5	0.9	—	—	—	—
マルコバン	1.5	0.9	—	—	0.1	0.8
ゴマアイゴ	0.5	0.3	—	—	0.1	0.8
ボラ的一种	0.5	0.3	—	—	0.1	0.8
カライワシ	0.5	0.3	0.1	0.1	—	—
ゴンズイ	—	—	—	—	0.1	0.8
ミズン	—	—	—	—	0.1	0.8
サバヒー	—	—	—	—	0.1	0.8
死魚総個体数	35.000		45.000		5.000	

※平均個体数は方形区(10m×10m)内の死魚個体数の平均。

生する。特に、日平均気温が10°C近く、或いはそれ以下に達した日には、温度の低さと、低温の続く時間にほぼ比例した数量の死魚体が浮く。'77年には2月16、17日で日平均気温がそれぞれ9.3°C、9.1°C、最低気温も9.0°Cまで下り、その後、19日の測定では推定、約35,000個体が岸沿いに浮き寄せられた。'78年は2月17、18、19日に日平均気温が10.9°C、10.2°C、12.8°Cで、最低気温も8.9°C、7.0°C、9.8°Cまで下り、18、19日の測定では約45,000個体が死んでいる。'79年には3月1日に平均気温11.8°C、最低気温9.5°Cまで下り、3月11日の測定によると、推定約5,000個体の死魚が見られた。

これら死魚数量の多い3例の死魚組成は、表1で示すように8~9割をティラピアが占め、他には海産魚のドロクイやセイタカヒイラギなどが見られる。とりわけ、'78年の例はほぼティラピア一種から構成されている。

このように、死魚の浮いた日が寒波の後で、しかも死魚種組成が低温に弱いとされるティラピアに大部分を占められる点に加え、現場水域のDOやPHに異常がなく、水や死魚体から急性毒物質が検出されないことなどから、ここでの斃死例も完全な凍死現象と見られる。

凍死ティラピアの組成を図7に示した。いずれのヒストグラムも、その年の冬で最も寒い日の後に見られた。死魚体の数量の多い例である。'77年は体長210mm以下の全サイズにまたがっているのに

対し、'78年が100mm内外の同年齢魚、'79年は100mm以上の150mmを中心としたサイズ個体で構成されており、その年それぞれに特徴的な大きさ組成を示している。いずれの年も、淡水域での例と同様に、サイズの大きい200mm以上の死魚体が非常に少ない点が共通している。サイズの大きい個体は低温で動きが鈍くなることはあっても、温度の回復を待って凍死を免れることができ、'78年2月18、19日の

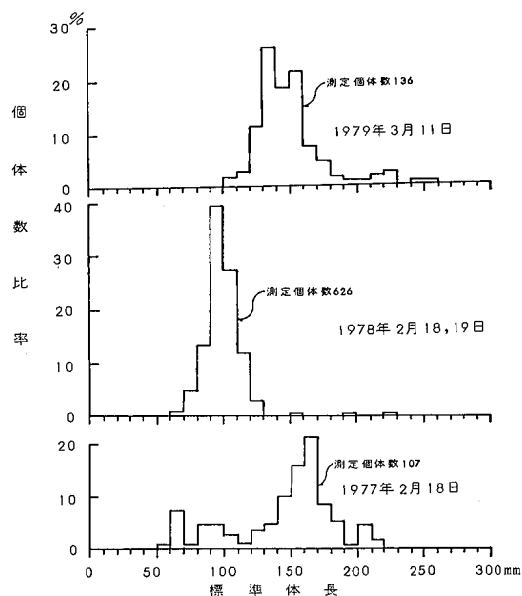


図7 瀬長島・那覇空航三角潟で見られた凍死ティラピアの体長組成

例では、このような個体が多く見られた。

4. ティラピア個体群の Mortality Factor としての低水温と海岸、河口地形のもたらす水温状況について

ひとつひとつの池、ダム、河川などにおけるティラピア個体群は、他の個体群から移出入のない独立した個体群を形成していると思われる。竜潭池や瀬長島・那覇空港三角潟で見られるような大量の凍死が発生しても、水域それぞれの個体群は、入植以来絶えることなく維持され、経代して来ている。つまり、本県に分布するティラピア個体群にとって、凍死は最大の Mortality factor であるものの、それぞれの水域の個体群を絶滅せしめるほどのものではないことが解る。

一年の内で寒い日の多い2月中旬の一日について、気温と水温の動きを図8に示した。瀬長島・那覇空港三角潟において、気温に対して水温は1時間程度の遅れがあるものの、大体、等温で敏感に連動している。

一方、竜潭池の場合、図1の傾向と同様に、1

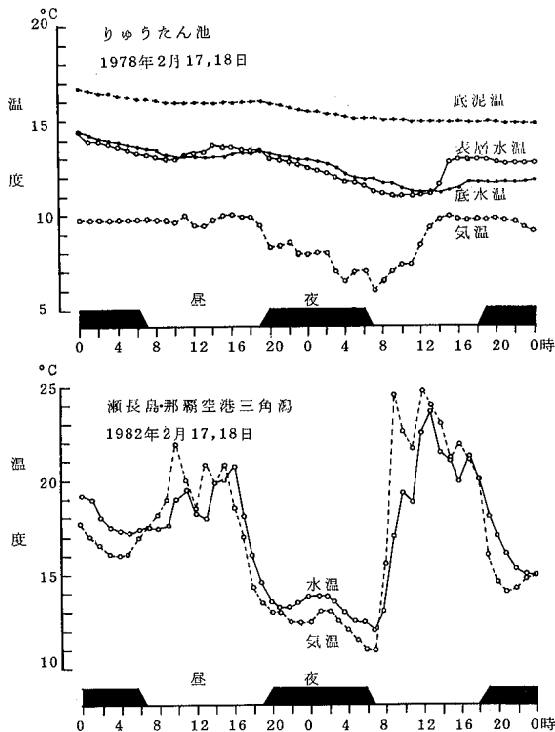


図8 竜潭池と瀬長島・那覇空港三角潟における温度の経時変化

日の各点の温度の変動巻、底泥温、底水温、表層水温の順に温く、気温から最も影響を受ける表層水温でも、気温に対し5°Cの差で、約8時間の遅れをもって連動している。同じ気温状況でも水域の地形により、水温の変動が異なって来る。

これらの水温の動きの違いにより、凍死のパターンも、瀬長島・那覇空港三角潟が急激で断続的で

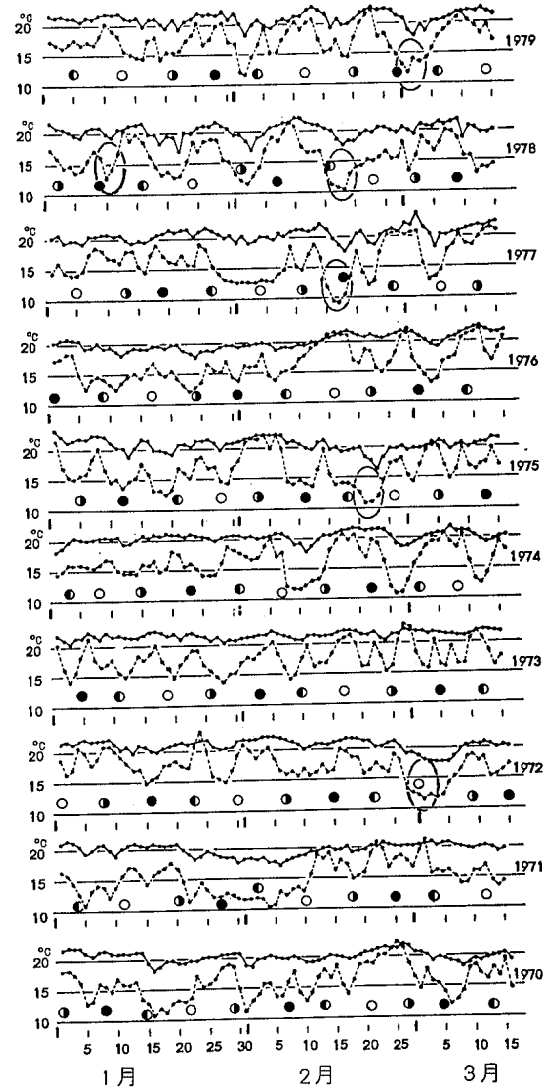


図9 冬期の沖縄気象台における気温と那覇検潮所の海水温

- ・破線は日平均気温、実線は海水温。
- ・検潮所の海水温は毎日9時測定。
- ・○●は月齢を示す。
- ・楕円で囲まれた部分は、過去に斃死の記録がある。

表2 凍死と推定できる斃死魚事例

発生年月日	発生場所	死魚主要種	死因(物質)
'72.3.	那覇市首里竜潭池	ティラピア	不明
'75.2.22.	瀬長島・那覇空港三角潟	ボラ・ティラピア	〃
'77.2.19.	〃	ティラピア	凍死
'78.1.15~3.20.	那覇市首里竜潭池	ティラピア	水生菌・凍死
'78.2.18~2.19.	瀬長島・那覇空港三角潟	ティラピア	〃
'79.3.11.	〃	ティラピア	凍死
'80.2.2~2.6.	金武町金武ダム	ティラピア	〃
'81.1.17~2.28.	那覇市首里竜潭池	ティラピア	〃
'82.1.25.	石川市美徳川	ティラピア	不明

以上の例以外にも、県内随所で小規模な淡水魚や海産魚の凍死例があったが記録されていない。

あるのに対し、ダムとか竜潭池などのような閉鎖的淡水域においては、水生菌の作用も加わって、慢性的に小規模の凍死が続く中で、断続的な大量凍死が起こる。

ところで、図9に示した那覇検潮所の海水温は、寒い時期でも18°Cを下る日は少ない。従って、河口域のティラピアは河川の低水温を避けて、温い汽水域へ、潮の干満とともに上下移動するものと推測できる。那覇市内を流れる安謝川、安里川、国場川などにおいては、河口が温い海水域に開いているため、大量のティラピアが分布しているにもかかわらず、凍死例は発生していない。

沖縄においては、サンゴ礁内やマングローブ林内の浅瀬、内湾域の奥部などに棲む海産魚についても、寒波が来た時、その日が特に、『小潮で干潮時が最も温度が下がる夜明け前に当たった場合』大量の凍死が発生する。瀬長島・那覇空港三角潟は水門が小さく、レベルが高いことから、いつでも小潮と同じ水位条件になり、逃げ場を失った魚類が、ティラピアを中心にボラ、サバヒー、ドロクイ等の海産魚も含めた凍死が、ほぼ毎年発生している。

以上のことから、図9に示した沖縄気象台における冬期の気温と、過去の原因不明とされた斃死魚類の一部も含めて、表2に示した例については凍死と推定している。

IV まとめ

1. 沖液縄の汽水域、淡水域に分布するティラピア

Tilapia mossambica PETER は、淡水域においては、ほぼ14°C以下の水温状態で低温による体力低下と、水生菌 *Saprolegnia sp.* の感染を受け、慢性的で小規模の斃死が続き、気温が10°C以下では、両水域ともに大量の凍死が発生する。

2. 気温に対する水温の動きは、それぞれの水域の地形に影響を受け、閉鎖的な浅い水域では気温と同様に、時間のずれも少なく敏感に変化する。河口が温い海域に開いて、魚の上下移動の可能な河川においては、凍死は見られない。

3. 沖縄におけるティラピア個体群にとって、凍死は最大の Mortality factor であるものの、個体群を絶滅せしめるほどのものではない。

V 引用文献

- 1) 大山峰吉. “魚肉から有機塩素剤(農薬)の検出成功例について”. 琉球衛生研究所報, 5号, p.29-32 (1970).
- 2) 大山峰吉. “漫湖における魚の死因調査について”. 沖縄県公害衛生研究所報, 6号, p.92-95 (1972).
- 3) 大城清昌, 他. “南光化木株式会社の貯木場における死魚事例の調査について”. 沖縄県公害衛生研究所報, 6号, p.70-72 (1972).
- 4) 池間修宏. “へい死魚の死因判定について”. 沖縄県公害衛生研究所報, 8号, p.33-34 (1974).
- 5) 池間修宏. “有機リン系殺虫剤の魚体内における蓄積及び腐敗による減衰について”. 沖縄県

- 公害衛生研究所報. 11号, p.41-42 (1977).
- 6) 下地邦輝, 他. “沖縄県の公共用水域内で見られる魚介類の斃死事例”. 沖縄県衛生監視員研究発表会 (記録集), p.74-77 (1979).
 - 7) 藤森三郎, 他. “水産増殖面から見た琉球沿岸漁業振興方策”. 琉球政府経済局. (1967).
 - 8) 下地邦輝, 他. “沿岸生物の分析による化学汚染の指標化への試み (そのIII, 内湾, 河口域の魚類のサンプリングとサンプル調製)”. 沖縄県公害衛生研究所報. 16号, p.31-45 (1982).
 - 9) 築瀬誠. “ティラピア自然個体群についての研究”. 琉球大学理学部生物学科卒業論文. 未発表. (1980).