

化学物質による環境汚染と安全な地域づくり

— サワガニにおけるインターセックスを指標に —

綾木 歳一・西村 千尋

I. はじめに

現在までに国際的に登録されている化学物質は600万種を超えと言われており、更に毎年数百の化学物質が新たに合成されている。これらの内、数万種は農薬、食品添加物、医薬品や合成樹脂の原料などに利用され、商業ベースで直接私たちの生活と密接に関連して現代の「豊かな社会」を支える柱の一つとなっている。しかし、化学物質の生産と消費が拡大すると、環境中への不注意な放出の危険性も増大する。また、農作物の安定的生産に重要な役割を果たしている農薬の使用では地域の土壌や水の汚染が避けられない。更に、不法投棄された廃棄物からの化学物質の漏出やジーゼルエンジンからの排気ガスに含まれる粒子状物質に含まれる様々な化学物質による大気や水質汚染も重大な問題となっている。化学物質は臓器の機能障害、突然変異原性や発ガン性など、それぞれの化学物質に特有の様々な有害性（毒性）を示すことから、化学物質による環境汚染を防止することは安全な社会の形成のためには極めて重要な課題である。

わが国で深刻な「公害」が多発した1960年代には、「水俣病」や「いたいいたい病」などに見られる特定の排出源（加害企業）からの高濃度汚染による健康障害が大きな問題となった。その対策と

して、国や自治体においては健康で安全な社会造りのための法律や条例の整備が行われ、それに対応して、化学物質を取り扱う事業所でも安全管理の強化を図ってきている。従って、化学物質による環境汚染と健康の問題を考える場合、現在では従来の安全対策に加えて、事業所や市民の正常な生産活動や消費活動の中で排出される化学物質による低濃度での長期間にわたる汚染や複数の化学物質による複合汚染による健康障害を防止するための対策が重要となっている。

この様な事例として化学物質による「内分泌攪乱（環境ホルモン）作用」を挙げる事ができる。近年、環境を汚染した化学物質の内分泌攪乱作用（環境ホルモン作用）に起因すると考えられる二次的な生殖器の形態異常や生殖能力に関する異常がヒトを含む多くの野生生物で報告されている¹⁾。この様な異常の内、特に海産の巻貝や二枚貝ではこれらの生物にのみ特徴的に観察される異常としてインターセックス、即ちその個体の性に付随した正常な生殖器に加えて別の性のそれを持つ個体が観察されている¹⁾。

日本の河川（但し、北海道と沖縄県を除く）に広く生息する甲殻類であるサワガニ（*Geothelphusa dehaani*）でも、この種の異常が山口県、福岡県、熊本県、宮崎県および鹿児島県の76河川から採集された個体で認められている²⁾。特に福岡

県の谷山川ではこの異常が雄雌いずれの性においても高頻度に、しかも、同一生息地で出現していることが報告されている^{3,4)}。これらの報告から内分泌攪乱作用を持つ化学物質による環境汚染が拡大、且つ深刻化している様相が窺われる。化学物質の内分泌作用による性的異常は後世代の個体数の減少をもたらし、延いては種の多様性の減少に影響する危険性を内包するため極めて重大である。化学物質の毒性には生物の種による特異性や感受性の違いが認められており、野生生物への影響を直接的に人への健康障害に結びつけることは適当であるとは思われない。しかし、野生生物における化学物質の影響の現状を明らかにすることは、化学物質による環境汚染を視野に入れた、安全な地域づくりのための基礎資料として極めて重要である。

既に、私たちは佐世保市内の河川に生息するサワガニの調査を実施し、河川の化学汚染によると考えられる内分泌攪乱現象が雄で高頻度に認めら

れることを報告している⁵⁾。本論文は既報の佐世保市における調査結果に今回新たに実施した長崎県北部4町での調査結果を加えて、長崎県北部地域の内分泌攪乱物質汚染による生物影響の現状を明らかにすると共に、安全な地域づくりの在り方を化学汚染の側面から考察しようとするものである。

II. 材料と方法

1. サワガニ：サワガニは汚染の少ない河川の溪流部に生息し、本邦では唯一生涯を淡水で過ごすカニである。大きく成長した個体のサイズは甲幅25mm前後が多い。成熟個体の雌では左右の鋏足がほぼ同じ大きさであるが、雄では鋏足の大きさに明瞭な左右差が認められ、外部から観察される腹部の形態は雌では幅広で先端が丸いのに対して、雄は幅が狭く先端が尖っている特長から容易に識別できる(図1参照)。正常個体では胸部腹甲に雌

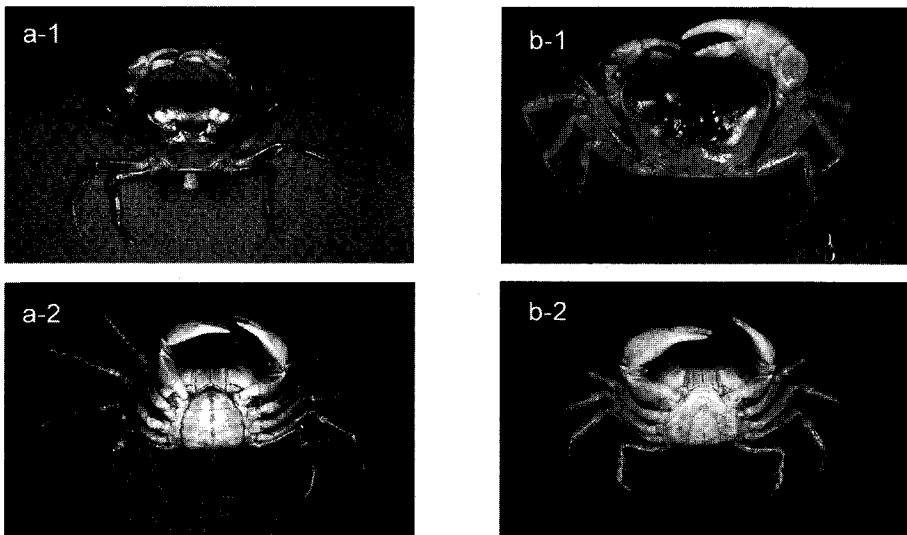


図1. サワガニの外部形態

a-1：雌の背側 a-2：メスの腹側 b-1：雄の背側 b-2：雄の腹側

化学物質による環境汚染と安全な地域づくり

では1対の雌性生殖口と腹部の内側に4対の幅広い腹肢が、雄では腹部の内側に交尾器(第1腹肢)と交尾補助器(第2腹肢)が認められる。

2. 調査対象地域：

(1) 佐世保市；佐世保市内主要河川である相浦川、佐世保川、小森川および宮村川の本流又は支流に加えて針尾島を流れる江下川の溪流部の計12地点で、2000年8月から2001年8月にかけて採集した。図2-1に採集地点をA~Kの符号で示した。なお、調査地点の選定に当っては、佐世保市の全域をカバーするものであること、および、佐世保市の上水道の水源が下流にあることなどを考慮して決定した。調査地点の概要は以下の通りである。

「相浦川水系」

地点A：小河内川（相浦川支流）の菰田貯水池
流入口付近（佐世保市菰田町）

地点B：相浦川の最上流部で川谷貯水池の約2
km上流（佐世保市里美町）

地点C：相浦川の川谷貯水池流入口付近（佐世
保市川谷町）

地点D：相浦川の柚木橋付近（佐世保市柚木町）

地点E：久保仁田川（相浦川支流）の転石貯水
池上流部（佐世保市柚木町）

地点F：高尾川（相浦川支流）の相浦川との合
流地点から上流部（佐世保市柚木元町）

「佐世保川水系」

地点G：田代川（佐世保川支流）の山田貯水池
流入口付近（佐世保市赤木町）

地点H：赤木川（佐世保川支流）の山田貯水池
流入口付近（佐世保市桜木町）

「小森川水系」

地点I：小森川上流部（佐世保市横手町）

地点J：日出川（小森川支流）の中流部（佐世
保市口の尾町）

「宮村川水系」

地点K：掘戸川（宮村川支流）の最上流部（佐
世保市奥山町）

「江下川」

地点L：江下川上流部（佐世保市針尾中町）

これら12地点の内、3地点（地点D、FおよびJ）は採集地のの上流には山間部地の農地が点在するが、比較的市街地に近いため、採集地付近に民家が比較的多く、自動車の整備工場などの小規模事業所なども認められる。特に、地点DおよびFでは河川水の汚染が顕著で廃油の油膜や、ヘドロ状の堆積物も認められた。

他の8地点は佐世保市の山間農村地域で少数の民家が点在し、採集地の周囲や上流部には山林の間に稲作を中心とした耕地が認められる。地点KおよびLの上流には蜜柑園が広がっている。また、地点A、IおよびJの上流域にはゴルフ場が開設されている。特記事項として、2001年に地点Eの上流に開設されている産業廃棄物最終処分場からダイオキシンなどの化学物質が漏出し、久保仁田川を汚染していたことが挙げられる。

(2) 佐世保市を除く県北地域；長崎県北部の佐々町、吉井町、鹿町町および江迎町の北松浦郡4町の河川に生息するサワガニを対象に、2002年8月から9月にかけて調査を実施した。調査地域を図2-2に示した。また、それらの地域の概要は以下の通りである。

地点M：市瀬川（佐々川支流）の中流域（佐々
町鴨川免）

地点N：福井川（佐々川支流）の中流域（吉井

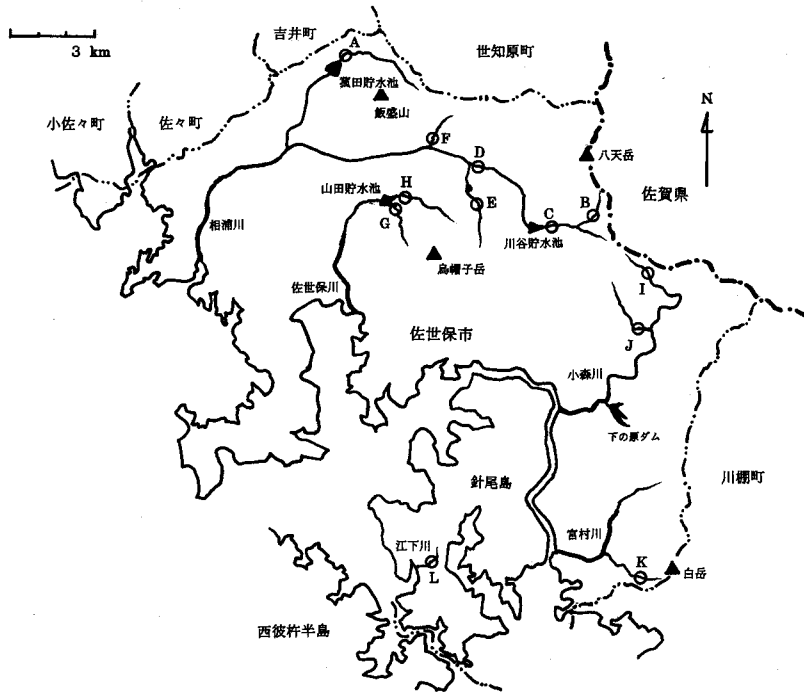


図 2-1. 佐世保市内の調査対象河川およびサワガニ採集地点
○：サワガニ採集地点（詳細については本文参照）

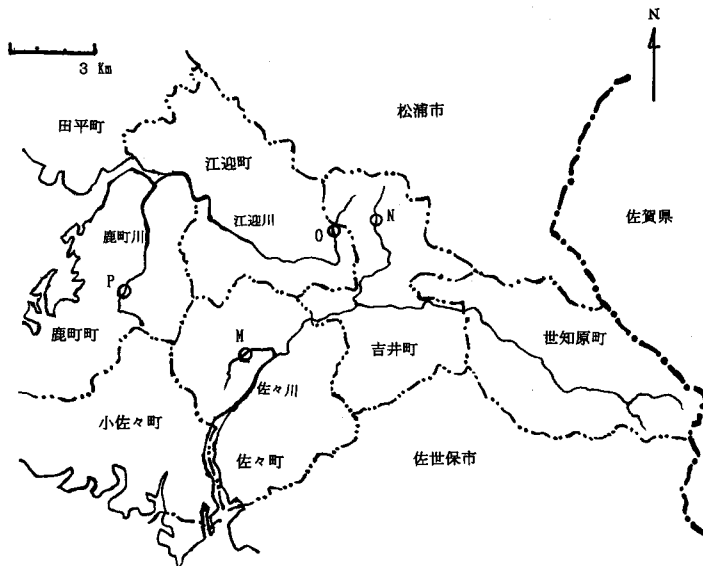


図 2-2. 北松浦郡 4 町の調査対象河川およびサワガニ採集地点
○：サワガニ採集地点（詳細については本文参照）

町福井免)

地点O：鹿町川の上流域（鹿町町中野免）

地点P：江迎川上流域（江迎町猪調免）

調査した4地点およびその上流は周囲を山林に囲まれて少数の民家が点在する山間地であり、山林以外には稲作を中心とした農業が営まれている。更に、採集地から数百メートル以内に国道や県道などの公道が通っている。

3. 外部形態におけるインターセックス：本調査では、デジタルノギス(ミットヨ製, CD-20CP)で甲幅を計測し、性的に成熟していると考えられる甲幅10.9mm以上の大きさの個体を対象にした。サワガニ個体の腹部内側を生きのまま双眼実体顕微鏡(ニコン社製, SMZ-1B)を用いて検鏡し、外部生殖器におけるインターセックスを観察した。本報告では、(1)外性を除く外骨格が雌であり、雌性生殖口を有し(又は、雌性生殖口を欠き)、不完全な雄の交尾器を有するもの、(2)外性を除く外骨格が雄であり、完全な交尾器および交尾補助器を有し、雌性生殖口を有するものをインター

セックス個体とした⁴⁾(図3-b参照)。なお、観察を終えた個体は、調査による自然集団への影響を避けるため、元の生息地へ放流した。

4. 統計処理

得られたデータは統計処理ソフト SPSS11.5J for Windows を用いて処理した。調査地点とモザイク個体の頻度でクロス集計を行い、独立性の検定には χ^2 検定を用いた。なお、有意水準は5%未満とした。

III. 調査結果

佐世保市内10河川および長崎県北部4町の4河川を対象に、計16箇所て採集した甲幅10.9mm以上の雌2,608個体、雄2,308個体を対象に、インターセックス(雄性交尾器を持つ雌または雌性生殖孔を持つ雄)について観察した。雌ではインターセックス個体は全く検出されず、雄にのみ雌性生殖孔を余分に持つ異常個体が認められた。異常雄個体の外部形態は雌性生殖孔が付加されていることを

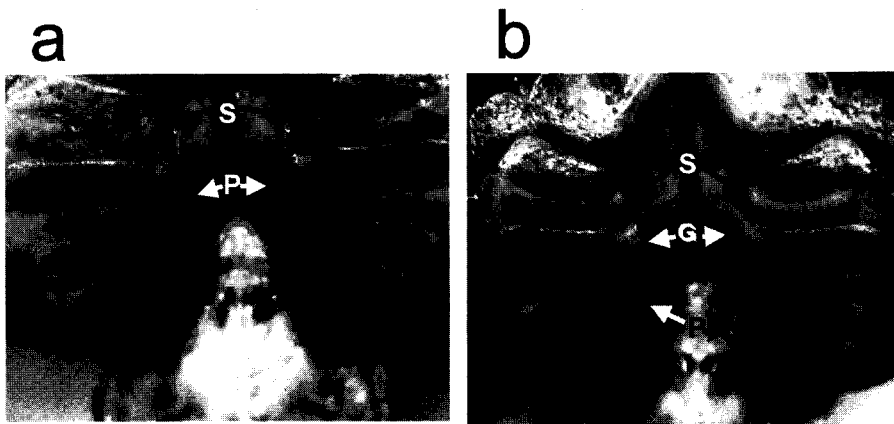


図3. 雄正常個体(a)および雄モザイク個体(b)の外部生殖器

S: sternal knob P: penis G: gonopore-like opening

表1-1. 佐世保市の河川に生息するサワガニの雄におけるインターセックス

		個体数 (%)					
		相浦川水系					
		相浦川		久保仁田川		高尾川	小河内川
		地点B	地点C	地点D	地点E	地点F	地点A
N	118 (80.82%)	83 (90.22%)	68 (81.93%)	62 (87.32%)	45 (72.58%)	104 (75.36%)	
G	28 (19.18%)	9 (9.78%)	15 (18.07%)	9 (12.68%)	17 (27.42%)	34 (24.64%)	
		佐世保川水系		小森川水系		宮村川水系	
		田代川	赤木川	小森川	日出川	堀戸川	江下川
		地点G	地点H	地点I	地点J	地点K	地点L
N	148 (78.72%)	71 (73.96%)	93 (77.50%)	115 (77.18%)	87 (67.97%)	233 (92.7%)	
G	40 (21.28%)	25 (26.04%)	27 (22.50%)	34 (22.82%)	41 (32.03%)	21 (8.27%)	

N：正常個体 G：生殖孔様異常を持つ個体

表1-2. 長崎県北部4町の河川に生息するサワガニの雄におけるインターセックス

		個体数 (%)			
		佐々川水系			
		市瀬川 (地点M)	福井川 (地点N)	江迎川 (地点O)	鹿町川 (地点P)
N	114 (72.61%)	172 (74.46%)	126 (78.26%)	179 (76.07%)	
G	43 (27.39%)	59 (25.54%)	35 (21.74%)	53 (22.84%)	

N：正常個体 G：生殖孔様異常を持つ個体

除いて、全て雄の特徴を表現していた。雄における採集地点ごとの観察個体数、異常個体数及びその頻度を表1-1 (佐世保市) および表1-2 (県北4町) に示した。

調査したすべての河川および採集地点で雌化した雄個体が8~32%の頻度で観察された。また、異常雄個体の頻度には採集地点間で統計的に有意な差異が存在することが認められた ($\chi^2 = 58.594, p < 0.05$)。特に、純農村地域である県北4町においても22~27%の高頻度頻度で異常雄が観察されたことは注目される。

サワガニの生息環境を比較的狭い地域内に限定した場合は、温度などの環境要因は比較的均質であると考えられ、サワガニの成長に有意な地域差は無いと推測される。そこで、佐世保市内の河川で採集されたサワガニ雄について、すべての採集地の雄個体をプールして甲幅クラス別のインター

セックス (異常) 個体頻度について検討した。結果は表2に示した。甲幅サイズとインターセックス個体頻度の間には統計的に有意な関連性が認められ ($\chi^2 = 33.450, p < 0.05$)、サワガニの加齢に伴い明らかに異常個体の頻度が増大していた。

表2. 佐世保市内の河川における異常雄のサイズクラス別分布

甲幅(mm)	観察個体数	正常個体数	異常個体数	異常個体頻度(%)
10.9-15.5	372	332	40	10.75
15.5-20.5	529	425	104	19.66
20.5-25.5	519	379	124	23.89
25.5<	107	75	32	29.91

IV. 考 察

1. サワガニの性的モザイクの原因としての化学物質による環境汚染：佐世保市を含む長崎県北部地域を流れる14河川の16地点で採集したサワガ

化学物質による環境汚染と安全な地域づくり

ニの雌では全て正常であったが、雄では全河川全採集地点で8～32%の高頻度でインターセックス(雄の雌化)が観察された(表1-1および表1-2)。屋久島の白谷川(世界遺産登録地域の周辺部)で採集されたサワガニではこの型の異常個体がまったく認められていないこと⁴⁾から今回観察された性的異常はサワガニが元々持っている性質とは考えられず、何らかの外的因子によるものと推測される。

甲殻類では、ヤドリムシ類(*Epicaridae*)やフクロムシ類(*Rhizocephala*)に属する寄生虫の寄生によってもインターセックスが誘発されることが知られている⁶⁾。しかし、今回佐世保市内で採集した雌化雄個体300個体の内10個体を解剖して観察したところ、これらの寄生虫の存在は認められなかったことから、今回の調査で採集されたサワガニに観察された性的異常の誘発要因として、河川を汚染した化学物質が強く示唆される。

サワガニは本来汚染の少ないと思われる河川の溪流部を主要な生息地とする種である。本調査における採集対象地域も佐世保市内では市街地に近接して小規模事業所や一般住宅が比較的多数存在する地域が含まれている(特に、地点D、FおよびJ)ものの、これらを除く佐世保市内および県北4町の調査地はいずれも主要な産業は山間地農業が営まれているにすぎない。この様な地域で高頻度の異常が観測されたことは、私たちが想像する以上に内分泌攪乱作用を有する化学物質による環境汚染が広範囲且つ深刻化している事を示している。

福岡県、熊本県および宮崎県の幾つかの河川では雄の雌化と雌の雄化の両方が検出されている^{2,3,4)}。一方、我々が調査した佐世保市および県北

4町(佐々町、吉井町、鹿町町、江迎町)の河川では、雌の雄化は全く認められず、雄の雌化のみ高頻度(8%～32%)に観察された。これらのことは、サワガニの生殖器に二次的形態異常を付加する原因物質が必ずしも単一ではないことを強く示唆している。

環境庁(現環境省)は1998年、農薬、界面活性剤やプラスチックの可塑剤として使用されているものを含む67種の化学物質を内分泌攪乱作用が疑われる物質としてあげている。これらの化学物質以外にも、現在商業ベースで使用されている数万に上る化学物質の中には内分泌攪乱作用を有する物質が存在するであろう⁷⁾。また、最近の知見では、ジーゼルエンジンから排出される粒子状物質(粒子状物質に吸着している化学物質)が内分泌攪乱作用を持つことが明らかとなっている。今回の調査は長崎県北部地域の化学物質汚染に起因する生物影響の現状を明らかにすることを主目的として実施された。その為、水質検査を実施しておらず、サワガニのインターセックス誘引に直接関与する原因物質を特定することはできない。しかし、調査対象地域には田畑、一部では果樹園〔みかん〕、ゴルフ場や産業廃棄物処分場が認められ、交通量の多い国道、県道に近接しているなどの調査地域の環境を考慮すると、今回の調査結果には河川に流入する農薬や自動車、特にジーゼルエンジン搭載車から排出される排気ガス中の粒子状物質に含まれる化学物質が中心に関り、採集地域によっては家庭排水や廃棄物焼却に伴う焼却灰に含まれる化学物質などが関与していると推測される。

今回の佐世保市内河川の調査で、雄個体の成長と共にインターセックス個体の頻度が有意に増加する結果が得られた(表2)。サワガニの性的異常

はその原因となる単一もしくは複数の汚染化学物質が雄個体の成長につれて体内に蓄積し一定の体内濃度（閾値）を越えると異常に結果すると推測される。Nucella 属巻貝では、この様な現象は不可逆的であり、いったん形成された異常は解消されることは無いことが知られている^{8,9)}。今回観察された性的モザイクが個体の生存能力にどのような影響を与えるかは不明である。しかし、一般的には異常個体の生存能力が正常個体よりも優れているとは考え難い。また、サワガニの主要な生息地である山間地域の化学物質による汚染が改善されつつあるという明確な証拠は無い。これらの事を考慮すると、異常雄個体頻度に見られた明らかなサイズ依存性は、Nucella 属貝類におけると同様に、サワガニにおいても新たに付加された性的形態異常は不可逆的で、その後も持続的に維持されていることに因ると推測される。

2. 化学物質による環境汚染と安全な地域社会のあり方：佐世保市内および長崎県北部4町の調査した全ての河川がサワガニの雄に雌の生殖孔を誘導する作用を持つ化学物質によって汚染されていることが明らかとなった。化学物質に対する感受性には生物の種による差異が認められるため、今回の結果を地域住民の健康に対する影響の問題に直ちに結びつけることは必ずしも適当とは言えないであろう。しかしながら、化学物質によっては生態系における生物濃縮が起こる事や多種類の化学物質による複合汚染の可能性を考慮すると、人に対しても影響があり得ることを前提にした安全対策が必要である。佐世保市内の河川を対象に佐世保市が実施している水質検査では現在の水質基準を超えている化学物質は認められていない¹⁰⁾。

しかし、海産巻貝であるイボニシ(*Thais clavigera*)やレイシガイ(*Thais bronni*)におけるインターセックス(雄性交尾器を有する雌)が体重1g当たり10–20ngという極めて低濃度の有機スズ剤で発生していること¹¹⁾から見ても、水質の維持・改善のためには従来の安全基準とは異なる視点に立った対策が必要である。

化学物質の環境基準値は薬物量–反応曲線、閾値、生体内蓄積性や環境における残留性などに関する科学的知見に基づき、体内薬物量が人に対して健康障害を生じさせない範囲内に収まるように化学物質毎に個別に定められている。しかし、毒性の科学的証明を待って対策を講ずるだけでは社会の安全を達成することは出来ない。何故ならば、農薬、合成洗剤や食品添加物を含め無数の化学物質が商業ベースで使用され、更に新たな化学物質が開発され続けている現代社会においては、あらゆる化学物質について全ての毒性を科学的に明らかにすることは不可能に近いからである。

安全な地域環境を確保するためには、既に毒性が科学的に証明されている化学物質と構造的類似性を持つ物質に対しては、健康障害が科学的に明らかにされていない段階であっても、類似の毒性が存在することを前提にリスク削減のための暫定的対策を実施する、いわゆる「予防原則」の考え方^{12,13)}を化学物質に対する環境政策の中心に据えた制度整備をはかる必要がある。また、自然環境が人間の文化・社会・経済的活動を支えていることを考慮すると、この「予防原則」を人への健康障害に限定することなく、本稿で取り上げた化学物質の内分泌攪乱作用のような重大な毒性については、野生生物を対象にした「生態毒性」に対しても適用することが重要となるであろう。

化学物質による環境汚染と安全な地域づくり

しかし、日本で生産・販売が認められている化学物質が極めて多種類でその性質も多様であることに加えて、たとえ日本で生産・販売が禁止されている化学物質であっても消費者がインターネットを通じて直接海外から購入して使用できる現状では国・自治体が全ての化学物質について生産・流通・使用の段階を一括管理することは不可能である。行政、市民および化学物質の生産から使用の段階に関係する全ての事業者および個人が化学物質の毒性、環境の化学物質による汚染やヒトを含む生物への影響の現状に関する情報を共有し、安全な社会の形成に向けた化学物質による環境負荷を軽減する為の取組みを一体となっていくことが必要となっている。今回の調査に見られたサワガニのインターセックスが私たち市民の日常的な社会生活に起因する環境の化学汚染によると考えられる事から、「化学物質には何らかの毒性がある」を前提に現代社会を支える化学物質と「安全に付き合うか」が重要になる。私たち自身の日常生活の問い直しが求められ、地域を挙げた環境教育の重要性が指摘される場所である。その為には、基礎的情報として広範囲かつ詳細な影響調査によって野生生物の現状を明らかにすることに加えて、汚染化学物質の種類、濃度に関する情報が不可欠である。化学物質の毒性が完全に解明されているわけでは無い現状では、要検査化学物質に指定されたものだけを対象に一律の検査体制で対処することで地域の安全性を保つことはできない。また、化学物質の検査はそれぞれの化学物質に対して個別に実施する必要があるため、全ての化学物質を検査対象にすることは実際的には不可能であることに配慮すると、地域でどのような化学物質がどのように使用されているか（残留性を考慮

して、過去使用されていたか）という情報にもとづいた、地域の特性に合わせた対応が必要である。

これらのことを考慮すると、化学物質による環境汚染の側面から見た安全な地域社会の形成のためには以下のような視点が重要となろう。

- (1) 地域特性を考慮した検査対象化学物質の選定と検査の実施
- (2) 家庭排水対策としての下水道整備
- (3) 農業従事者と消費者の連携による健康に配慮した農業の展開
- (4) 情報公開による情報の共有とそれに基づく環境教育による安全な地域づくりのための取組み

最後に、サワガニに認められた内分泌攪乱現象に大きく関わっていると推測される農業と自動車の排気ガスに対する地域の取組みについて考察する。農業使用量の減量は農業従事者の健康、消費者のみならず野生生物にとっても重要な課題である。従来、食の安全の観点から有機農業、減農薬栽培や使用農薬に関する履歴開示などの取組みがなされている。これらの取組みは一定の成果を上げているものの、食の安全から見て、不十分な状態に留まっている。この要因には消費者の安全志向が消費行動に必ずしも反映していない、従って、手間と高コストに比して農家の利益に結びつかない事が挙げられる。この事は生産者と消費者の連携をいかに強化し、両者のネットワークを拡大するかがいかに大切であることを示している。その為には、環境 NPO の結成と拡大や情報機器を用いたネットワーク作りなど地域住民自身による取組みが重要となる。その為に必要な関連情報の収集と提供や人材育成に果たすべき地域の教育・研究機関、特に大学の役割は大きい。また、行政に於い

でも、これまで往々にして見られた行政主導型から地域住民と協力し、住民の積極的・自発的活動を支援していく方向への転換が従前以上に求められている。

輸送機関、特にジーゼルエンジンから排出される粒子状物質に対しては、平成15年10月から「NOx・PM法」の施行により規制の強化が図られた。しかし、この規制は高濃度汚染に曝されている東京都、愛知県などの大都市圏の一部地域に留まり、しかも、基準未達成の中古ジーゼル車が規制対象外の地域に転売されて、それらの汚染をより深刻化させるおそれも出ている。加えて、この規制は「従来型」の人の健康障害を軽減することを目指しているものであり、粒子状物質の環境ホルモン作用の観点から考えると十分とは言えない。対象地域の拡大や排出基準の強化、それに対応したより安全なジーゼルエンジン開発が必須であるが、地域の取組みとしては雨水が除染されないまま河川に流入している現状の改善を図る必要がある。一例としてあげれば、汚染化学物質を吸着する森林の育成の取組みや上水道用貯水池の上流の道路には側溝をつけて集水して除染後に河川に放水する、少なくとも集水して貯水池の下流に導くなどの対策が考えられる。現在、地球温暖化対策の視点から輸送機関起源の窒素酸化物や二酸化炭素排出量の削減対策として農産物の現地生産・現地消費が挙げられているが、これはジーゼルエンジンからの粒子状物質による環境の化学汚染対策としても有効であろう。

V. おわりに

環境汚染化学物質の内分泌攪乱作用による野生

生物への影響の現状を明らかにするため、佐世保市を含む長崎県北部5市町村14河川の16地点で採集した性的に成熟したサワガニ(雌2,608個体、雄2,308個体)を対象に外部形態の異常を指標にインターセックスについて調査を実施し、以下の結果を得た。

- (1) 全ての調査地点で高頻度(8~32%)の雌化した雄個体が観察されたが、雌の雄化は全く認められなかった。
- (2) 雌化雄個体の頻度は個体の加齢と共に統計的に有意に増加していた。

これらの結果から、長崎県北部地域が内分泌攪乱作用を有する化学物質によって市部から農村部まで広く汚染されている事が明らかである。更に、低濃度の汚染化学物質がサワガニの体内に蓄積し、閾値を越えたときインターセックスを誘導し、一度異常が形成された異常は生涯持続される事が示唆される。また、調査対象地域の自然環境を化学汚染の視点から考察すると、複数の化学物質の関与、特に、農薬やジーゼルエンジンから排出される粒子状物質に含まれる化学物質の関与が窺われる。これらを踏まえて、本論分では化学物質の利便性を生かしながら安全な地域づくりを目指す上での地域のあり方について考察した。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、川内野善治氏(佐世保保健所)、有菌幸司氏(熊本県立大学環境共生学部)ならびに高橋徹氏(熊本保健科学大学保健科学部)から有益な示唆を頂きました。また、故綾木政光氏には休日を返上してサワガニ採集にご協力を頂きました。この場をお借りして、深く感謝申し上げます。

化学物質による環境汚染と安全な地域づくり

なお、本研究は「平成15年度長崎県立大学学長裁量分研究費〔課題：QOL (Quality of Life) からみた地域づくりに関する基礎的研究 (研究代表者：吉居秀樹)〕の支援を得て行われたものである。

Japan” J. Mar. Boil. Ass. U.K. 76: 651-669.

- 12) 宇井純 2003 “歴史に学ぶ予防原則” 環境ホルモン〔文明・社会・生命〕3巻：19-29頁 藤原書店 東京。
- 13) 永瀬ライマー桂子 2003 “電磁界基準値の設定をめぐる科学・思想・政治-ドイツの動きを中心に-” 環境ホルモン〔文明・社会・生命〕3巻：79-101頁 藤原書店 東京。

参考文献

- 1) De Fur P.L., Crane M., Ingersoll C. and L. Tattersfield 1999 “Endocrine Distortion in Invertebrates: Endocrinology, Testing, and Assessment” SETAC Press, Pensacola.
- 2) 高橋徹 2002 “野外調査におけるサワガニのインターセックス出現状況” 平成13年度内分泌攪乱化学物質に関する日英共同研究報告書 28-29頁 みなまた環境テクノセンター
- 3) 荒木晶・松浦修平 1995 “サワガニにみられた雌雄モザイク” 九大農学芸誌 49：133-137.
- 4) Takahashi T., Araki A., Nomura Y., Koga M. and K. Arizono 2000 “The occurrence of dual-gender imposex in Japanese freshwater crab” J. Health Science 46: 376-379.
- 5) 綾木歳一・川内野善治・西村千尋・高橋徹・有蘭幸司 2003 “佐世保市内の河川に生息するサワガニに観察された性的モザイク” 長崎県立大学論集 37：95-106.
- 6) Reinhard E.D. 1956 “Parasitic castration of Crustacea” Parasitology V: 79-107.
- 7) Keith L.H. 1997 “Environmental Endocrine Disruptors: A Handbook of Property Data” Jhon Willy & Sons, Inc. New York.
- 8) Bryan G.W., Gobbs, P.E., Hummerstone, L.G. and G.R. Burt 1986 “The decline of the gastropods *Nucella lapillus* around south-west England: evidence for the effect of tributyltin from anti-fouling paints” J. Mar. Biol. Ass. U. K., 66: 611-640
- 9) Gibbs, P.E., Bryan, G.W., Pascoe, P.L. and G. R. Burt 1987 “The use of dog-whelk, *Nucella lapillus*, as an indicator of tributyltin (TBT) contamination” J. Mar. Biol. Ass. U.K., 67: 507-523
- 10) 佐世保市環境部 2001 “平成13年度事業概要” 佐世保市環境部総務課。
- 11) Horiguchi T., Shiraishi H., Shimizu M. and M. Morita 1994 “Imposex and organotin compounds in *Thais clavigera* and *T. bronni* in