

第4章 1節

里山里海を変化させる要因：外部依存と人工技術依存

北澤 哲弥^a・中村 俊彦^b

a 千葉県生物多様性センター b 千葉県生物多様性センター 併任 千葉県立中央博物館

1. はじめに

東京首都圏の一翼を担う千葉県では、戦後の急激な都市化が、県内の里山里海に大きな変化をもたらした。東京湾岸や北総域では人口が増加している一方で、県南部では過疎化や高齢化が進んでいる地域がある。里山里海が開発によって都市域になった所をはじめ、都市化進行地域および過疎高齢化地域の里山里海いずれの地域においても生物多様性と生態系の損失・劣化が進みつつあり、地域の人々の暮らしとその将来に対する懸念が広がっている。

こうした背景の下、第2章では本県の里山里海の生態系が人々にもたらす資源の供給や環境の調整、さらに人の精神から文化にいたる生態系サービスについて、その現状把握や要因分析をおこない、その結果、本県の里山里海の生物多様性が失われ、生態系サービスが低下している状況が明らかになってきた。またそれらの変化のパターンは、都市域から里山里海域の都市化進行地域、過疎高齢化地域という都市との空間的なかわりの軸に沿って異なっていることも明らかになった。

本節では、中村ほか（2010）に基づき、本報告書の柳ほか（2011）、北澤（2011）、北澤・西野（2011）、北澤ほか（2011）、吉田ほか（2011）、小倉ほか（2011）、中村（2011）、中村・青木（2011）、熊谷・遠藤（2011）、森ほか（2011）で個別に分析してきた情報を一つにまとめ、本県の里山里海における生物多様性と生態系サービスの変遷について、都市とのかわり及び人間の福利との関係から考察をおこなうとともに、その変化を引き起こしてきた要因について整理をおこなう。

2. 地域別にみた生態系サービスの変遷

都市が中心となって生み出される社会の変化は、生態系サービスの利用を変化させる間接的な要因となり、里山里海の社会にも大きな影響を与えてきた。都市域は現在もなお拡大膨張を続け、都市に隣接する地域では地形改変や市街地化によって都市化進行型の里山里海が成立するようになった。一方、都市から離れた地域では特に若者人口の都市への流出が進み、過疎高齢化型の里山里海となる。このように、それぞれの地域が持つ都市との関係性によって、里山里海域におよぶ社会的要因が変化し、それに応じて生物多様性や生態系サービスにも変化が生じている。ここでは、社会的地域区分ごとに、社会情勢、生物多様性、および生態系サービスの変遷について、その概要を以下にまとめた。

1) 都市域

戦後の都市の復興・開発は、すでに市街地がつくられていた東葛地域や主に商工業地としての湾岸地区からはじまり、住宅地またベッドタウンとして周辺の内陸地域に拡大していった。1960年代以降、急激な人口増加に伴って農地や森林が造成され、その自然環境は急速に人工構造物によって置き換えられていった。都市域では大気汚染や水質汚濁等の環境汚染が顕著に見られ、ヒートアイランドなど都市に特異的な環境問題も生じている。その結果、多くの在来動植物は都市域から姿を消した。都市域の里海であった東京湾の干潟では埋立てが進み、ほとんどの海岸は人工護岸となった。海域の地形改変の結果、貧酸素水塊が発生し、生き残った海洋生物にさらなる悪影響を及ぼしている。都市

が拡大し、人や物資の交流が盛んになった結果、外来生物の増加が著しい。

都市域では、開発が優先され、保護地域に指定された場所は非常に限られているのが現状である。開発のため農地や干潟・浅海域が大きく失われてしまった都市域では、農林水産物の供給サービスが著しく低下するとともに、大気や水質の安定・浄化にかかわる調整サービスも顕著に低下した。さらにグローバル化や科学技術の発達なども遠因となって、地域の伝統的な行事や文化・芸術、土地に根ざした知恵や信仰といった文化サービスが失われてきた。

2) 里山里海：都市化進行地域

都市化進行地域は、都市域の縁辺部および隣接域等に位置する。都市の拡大に伴って徐々に人口が増加し、宅地や工場用地、道路などの交通網の拡大による自然環境の破壊が続いている。増え続ける人口によって増大する水や農地、治水へのニーズに応え、河川や湖沼では治水・利水工事が進められた。このような状況の下、多くの在来の動植物が生息・生育環境を失ない、新たに進入してきた外来生物の影響を受けるようになった。

本地域では現在も農業生産が盛んに行われている。1960年代までは土地生産性の増加により供給サービスも増加したが、近年では耕作放棄など農地の利用低下が進んでいる。さらに、農業の近代化のための化学化や基盤整備などが進むにつれて、農地の生物多様性は大きく失われた。都市化にともなう森林や農地の減少は、それらが担ってきた洪水防止や水質浄化といった調整サービスを低下させたが、治水利水にかかわる人工技術によって補完されてきた。このような都市化進行地域では、伝承技術・民間信仰・慣習・年中行事などが比較的によく残されてきた所も多いが、全体的には減少してきている。最近では地域に根ざした文化を見直す機運も生まれてきているが、都市化進行地域における文化サービスの減少は続いている。

3) 里山里海：過疎高齢化地域

過疎高齢化地域は、都市域から距離のはなれた地域、とりわけ半島南部の丘陵や海岸に位置し、人口流出と少子化等により過疎化、高齢化が著しい地域が多い。開発圧は弱く、都市域や都市化進行地域のような土地利用の顕著な変化は見られないが、近年は耕作放棄等によって農地面積が減少している。過疎高齢化地域では、今もなお多くの在来動植物が生息・生育し、絶滅危惧種もまだ多くみられるが、キョンなどの外来生物も定着している。

この地域では農林漁業が主要な産業となってきたが、貿易自由化や食の欧米化などに伴って農林水産物という里山里海の供給サービスを利用する量が減り、その結果、農林漁業の担い手不足や高齢化等、様々な課題が生じている。特に耕作放棄地の増大とともに、人工林の手入れの遅れや高齢化が進み、竹林の拡大に伴う森林荒廃など、里山の奥山化とも呼べるような変化が生じている。さらに耕作放棄地の増加や農地における人気の少なさが、シカやイノシシ等の野生鳥獣による農林業被害を惹起し、さらなる離農の原因ともなっている。荒れた農地や林地では水源涵養機能が低下し、地形崩壊もおきやすくなるなど、調整サービスも低下している。過疎高齢化地域では、他地域に比べ伝承技術や民間信仰、慣習・年中行事などは良く残されてきた。しかし、近年、都市的な生活文化の影響のほか、過疎化による担い手不足もあり、伝承技術が継承されなくなったり、年中行事などの実施が少なくなるなど、文化サービスも減少傾向といえる。

4) 生態系サービスの変遷にかかる総括

最後に県内全域をまとめ、戦後の生態系サービスの変遷を整理した(図1)。農林水産物や木材、水等の資源の供給サービスは、一次産業の技術革新や基盤整備に伴って、高度経済成長期の前期は上昇傾向であった。しかし、1970年頃に生産のピークを迎え、それ以降は自然環境の悪化や経済状況の変化等によって、供給サービスは低下傾向にある。調整サービスにつ

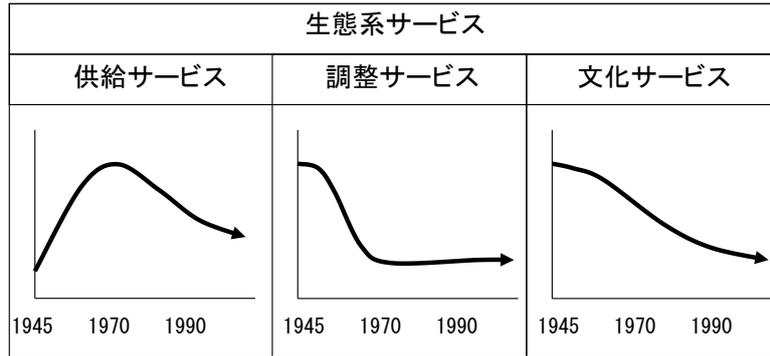


図1 生態系サービスの全体的傾向

いては、1970年代まで自然環境の破壊にともなって大きく低下し、郊外などの問題が生じたが、その後は規制などによりさらなる悪化は免れたものの、埋立や開発によって失われた生態系の復元は進まず、回復までは至っていない。文化サービスについては、1960年代以降、生活様式が大きく変わり始め、近年の情報化とグローバル化の急速な拡大とあいまって、大きく減少しつつある。最近では、地域本来の文化や伝統を見直す気運も生まれつつある。

以上、現在ではいずれの生態系サービスも減少傾向にあり、この状況は少なからず人間の福利にも影響してきていると考えられる。また、この状況が改善されなければ、里山里海の生活者のみならず、都市生活者にもその福利面において大きな影響が生じると推察される。

3. 人間の福利の変遷

生態系サービスは、暮らしを支える物資として、あるいは安全や健康などの面から人々の豊かで幸せな生活を支えている。このように生態系サービスに支えられる人間の福利は、自然環境および社会環境からの影響とともに、各個人の資質や人間性ともかかわる多種多様な要因の総体としてもたらされる。その中でこれまでに見てきた3つの生態系サービスともかかわりが深い福利の指標として、ここでは3つの要素を考える。すなわち、供給サービスとかかわる「物の充足度」、調整サービスとかかわる「環境の

快適度」、文化サービスとかかわる「精神の健康度」の3つを人間の福利をあらわす要素とし、その変化を概括した。

1) 物の充足度

供給サービスは、生態系からの物質的な恵みとして人間が享受するものであり、福利の指標としては物の充足度と強いつながりがある。人間が生存における最重要要素の一つである食糧の合計量である国内消費仕向量（食糧消費量の指標として用いられ、自給率の計算などに使用される）を人口で除した一人当たり年間消費仕向量は1970年代頃から増加が頭打ちとなり、1990年以降は漸減している（図2）。この値の推移が増加から停滞・減少傾向へと変化したことは、食料が十分に満たされた生活を送れる社会になったことを示している。

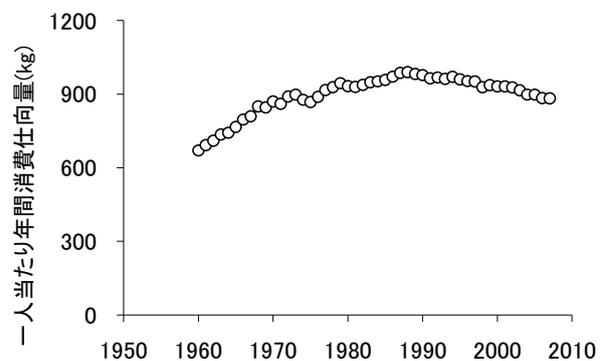


図2 国民一人当たり消費仕向量合計 (資料：農林水産省食料需給表)

2) 環境の快適度

調整サービスは人間にとって好適な環境を作り出す生態系プロセスであり、人間の福利の中でも環境の快適度と強いつながりがある。ここでは、人間にとって快適な環境の中でも、人間の健康や生存にかかわる公害に対する苦情件数を福利の指標とした。苦情件数が少ないほど、人間にとっての環境の快適度が高いといえるため、苦情件数は実際の人間の福利とは逆数の関係にある。ここでは、七大公害の中でも苦情件数が多く、また生態系の調整サービスともかわりの深い水質汚濁と大気汚染を取り上げた。1966年以降、水質汚濁に対する苦情件数は約2200件から急激に増加し、1970年代前半に約16,000件でピークを迎える。その後、1980年代前半までの間に8,000件前後まで減少した後、現在までほぼ横ばい状態が続いている(図3)。一方、大気汚染に対する苦情は、水質汚濁と同様、1966年から急激に増加して1970年代前半にピークを迎える。その後減少に転じ、1980年代後半からほぼ横ばい状態となった。しかし、1990年代末に発生したダイオキシン騒動を契機に、件数が著しく増加し、現在はやや減少傾向が見られる。このように、水質汚濁と大気汚染では、近年のパターンで違いが見られるものの、1960年代からの変遷はかなり類似している。すなわち、環境の快適度という人間の福利は、1960年代後半から急激に悪化して1970年代前半に最も悪い時期を迎

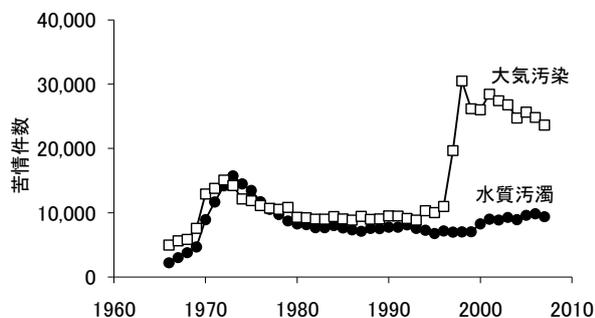


図3 公害苦情件数の推移(資料:公害等調整委員会年次報告書2000,2007)

えた。しかし、その後は、汚染物質への規制や浄化施設などのインフラ整備によって1980年代前半までの間に一定レベルまで回復したといえる。

3) 精神の健康度

文化サービスは、人々が生態系から受ける非物質的な恵みであり、人間の福利の中でも精神面と強く結びついているといえる。戦後、日本はより豊かな生活を求め、経済大国とまで言われるようになったが、都市化に伴い自然とのかかわりの機会が減少することにより、健康や安全に影響が生じている(本田, 2010)。現在、物質的な豊かさよりも、心の豊かさを求める人々が増えてきている。内閣府の世論調査(2009年6月「国民生活に関する世論調査」)では、今後の生活において、「これからは心の豊かさ」と答えた割合が60.5%、「まだ物の豊かさ」と答えた割合が30.2%となっている。1972年では「まだ物の豊かさ」が上回っていたが、1980年代以降は「これからは心の豊かさ」が逆転し、年々差が拡大している(図4)。心の豊かさを求める割合が増加している背景には、物の豊かさがある程度満たされていることが前提にあるが、近年、自殺や精神疾患などの心の健康が問題視され、これまでの物の豊かさ

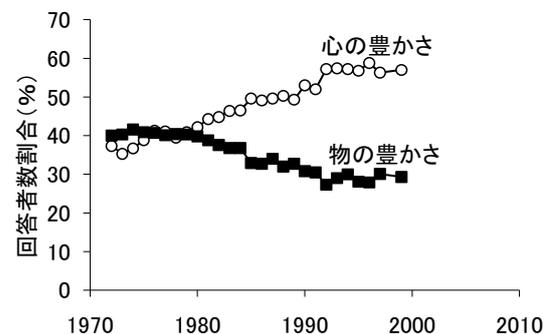


図4 求める豊かさの変遷(1972-1999年)

(出典:内閣府世論調査結果)

*心の豊かさ:物質的にある程度豊かになったので、これからは心の豊かさやゆとりのある生活することに重きを置きたい

*物の豊かさ:まだまだ物質的な面で生活を豊かにすることに重きを置きたい

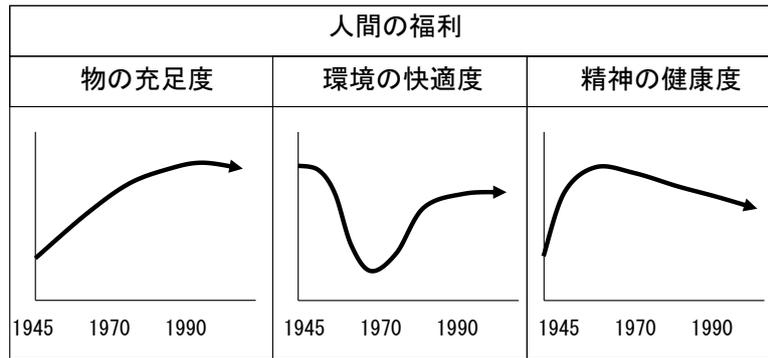


図5 人間の福利の全体的傾向

を最優先にしてきた社会のあり方に疑問が投げかけられている状況がある。自殺については、戦後の混乱や貧困、価値観の変化などにより、1955年前後の自殺率は高く、その後は安定した。しかし、近年では、自殺による死亡率が上昇し、特に男性の自殺が急増している。このような状況をふまえ、戦後の復興等により、一度高まった精神の健康度も1990年代以降は一貫して低下傾向にある。

4) 人間の福利の変遷にかかる総括

日本における戦後の人間の福利の変化については、図5のように整理することができる。物の充足度は、戦後の復興から高度経済成長に伴って大きく増加したが、1990年代からは頭打ちとなっている。環境の快適度は、公害の発生等により1970年頃までに大きく低下したものの、その後の規制などの対応によってやや回復したが、以前のレベルには戻らないまま現在に至っている。精神の健康度については、戦後直後は低い状態であったが、復興による物の充足等に連動して急速に回復した。しかし、その後の経済のグローバル化や地域文化の衰退等の影響により、精神の健康度は再び低下しているといえる。

4. 人間の福利と生態系サービス

戦後、里山里海の生物多様性は大きく劣化し、その生態系サービスは利用されなくなってきて

いる。しかし、生態系サービスの低下に伴って、人間の福利も同じように減少してきたわけではない(図6)。里山里海から得られる生態系サービス以外のものを利用して、人々の暮らしを豊かに、快適にしてきたと推察される。

人間の福利の指標である物の充足度が増加するなか、域内の里山里海から得られる供給サービスは、1970年頃を境に減少した。その結果、物質的に満ち足りた生活を支える資源の大半を、域外、特に海外の生態系から得られたサービスに頼る「外部依存」の構造となった。

環境の快適度は、1970年前後に最低となり、その後、回復している。しかし、自然性の高い生態系の面積は都市を中心に減少を続けており、域内の生態系サービスは低下したままである。この調整サービスの低下を補うように、下水道や浄水施設等の人工施設が整備され、環境負荷を人為的に処理する状況であり、「生態系サービスの人工的代替」が進んでいる。

精神の健康度については、戦後は低く、その後上昇したが、再び低下するようになり、1990年代以降その傾向は著しくなった。域内の文化的サービスは、戦後から低下し続けており、精神の健康度の上昇は、域内の文化的サービスがもたらしたのではなく、物の充足との関連や、海外や都市などの域外からもたらされた文化や情報に伴うライフスタイル・価値観の変化によるものといえる。一方で、様々な文化や情報が氾濫したことで、心の拠り所を見失い、また、インターネットなどを通じた仮想的な体

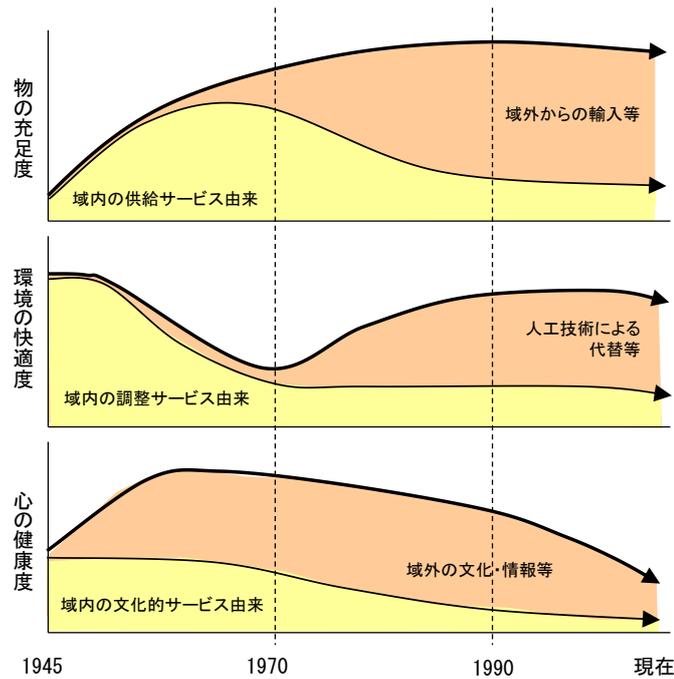


図6 人間の福利と生態系サービスの変遷

験が多くなり、自然観・生命観の欠如や現実とのギャップが拡大され精神の健康度を損なう状況も生じている。

5. 外部・人工技術依存を進めた要因

外部依存は、社会経済的な「グローバル化」の結果であり、貿易の自由化や人・物資・情報などの移動に関わる様々な要因と関連する。一方、人工技術依存は、システムの「人工化」を進めることであり、エネルギー、環境浄化、農林漁業の技術発展などと関連する。このグローバル化と人工化という大きな流れの中で、里山里海を取り巻く社会要因が変化し、生物多様性と生態系サービスに影響が及ぶという図式を描くことができる(図7)。

ここでは、ミレニアム生態系評価(MA)に従って、変化の要因を「間接要因」と「直接要因」の二つに分け、これまでの章の中で示されてきた変化の要因を整理するとともに、社会的地域区分との関連性について考察を加えた。

1) 間接要因

間接要因は、一つあるいは複数の直接要因の

状態を改変させることで、生態系サービスと人間の福利に間接的に影響を及ぼす。Millenium Ecosystem Assessment(2005)では、間接要因を人口、経済活動、社会政治、文化、および技術の5つのカテゴリーに区別している。間接要因には、里山里海を直接的に変化させてきた要因の背景にあたる社会要因が含まれ、それゆえここに含まれる事項は社会の広範囲にわたることとなる。

(1) 人口にかかわる要因

千葉県は1960年頃から著しく増加した。1990年代以降、増加速度は抑えられたが、現在も微増が続く。2010年9月現在の県人口は6,201,046人に達している。しかし、人口増加はどの地域でも同じように起きたわけではない。産業経済の都市への集中が進んだ結果、職を求めて都市へ移入する人が増えて都市人口が増大した一方、働き手の供給源となって人口が減少した地域もある。特に過疎高齢化地域では、若者が農村を離れて都市へ向かい、地域人口は大きく減少した。農村では担い手の中心となるべき若い男手が流出し、「じいちゃん、婆ちゃん、母ちゃん」によって農業が支えられる

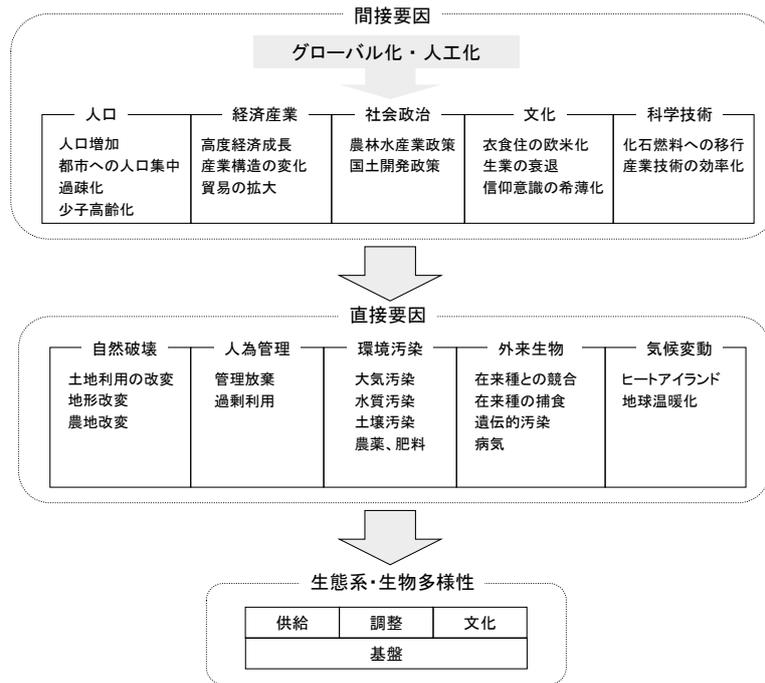


図7 生態系サービスと変化の要因の関連性

状況を指す「さんちゃん農業」という言葉も生まれた。このように、産業構造が一次産業から二次産業、三次産業へと急激にシフトしていく中で、都市への人口集中と過疎化が同時に進んできた。里山里海域の中でも、都市から遠く離れた過疎高齢化地域において人口流出が顕著に見られる一方、都市に近接する都市化進行地域では人口が徐々に増加している。このように、都市との空間的な関係が、里山里海域に生じる変化を大きく左右している。

日本の国人口は2004年の1億2778.7万人をピークにすでに減少に転じているが（総務省統計研修所，2010），千葉県人口は2010年をピークとしてゆるやかに減少すると推定されている。

（2）経済産業にかかわる要因

1950年代～1970年代前半にかけて国民総生産額や一人当たり総生産額が増加し、日本経済は急成長した。その後、成長率はやや低下したものの1990年代までは安定的な成長が続いた。しかし、1990年前後を境に国民総生産額の増加は頭打ちとなっている。その傾向は本県や関東地方（日本の里山・里海評価－関東中部

クラスター，2010）というスケールで見てもほぼ同様である。1990年代までの経済成長の結果、産業構造の変化や貿易の自由化促進などで日本経済は大きく変化し、所得の増加や、消費活動の活発化し、「大量生産・大量消費」の社会がもたらされた。

1960年に閣議決定された国民所得倍增計画の中で産業の高次化が位置づけられ、農村労働力を非農業部門へ移動させる政策がとられてきた。その結果、産業人口は1960年頃までは一次産業が最大だったが、それ以降、二次・三次へと移行し、特に三次産業が著しく増加した。

都市への産業と人口の集中が進むにつれて、都市の土地価格は著しく上昇した。宅地価格と並行して農地価格が上昇し土地資産としての農地の価値が高まったことは、宅地等への農地転用を促進する誘因となった。

世界的には、保護貿易主義の見直しを背景に、木材や農林水産物の自由化が促進された。その結果、安価な農林水産物が海外から輸入されるようになり、価格競争を通して国内の農林水産物のシェアが低下する一因となった。

近年ではIT革命が進み、情報ネットワークを基盤とした情報産業が拡大した。

(3) 社会政治にかかわる要因

社会の意思決定、とくに政治による施策は、人口や経済、後述する生活や科学と連動する形で社会の流れを促進したり異なる方向へ誘導したりする役割を果たす。戦後、特に農林漁業や国土計画に関連して行われた政策は、里山里海の姿に大きく影響を与えてきた。近年では、社会の意思決定に、市民やNPO等が関わる機会が増えつつある。

選択的拡大や労働生産性の向上等を目指した農業基本法は、労働生産性の向上には成功したものの、農業の担い手不足や耕作放棄地の増加、食料自給率の低下といった課題も生み出すこととなった。また食生活の欧米化にともなう米需要の低下などを背景に、コメの生産調整が開始された。食糧管理制度のコメの小売価格の自由化、農林畜産物の輸入自由化が進められたことで農業経営が圧迫されている。

戦後復興から高度経済成長前期にかけて、過剰な伐採によって資源量の減少していた県内の森林では、再植林や拡大造林が進められたものの需要増加を賄いきれず、1960年代に木材の輸入が自由化された。その後、外材がシェアを拡大し、国産材の価格が低迷したため、管理が放棄される植林地が増大した。

1962年に日本列島全域を対象とした総合的開発を目的に全国総合開発計画が策定され、工業地帯の整備や鉄道・高速道路など大規模な開発が全国的に行われた。河川や港湾では、洪水対策や電源開発、水供給を目的としたダムや堰、護岸などの整備事業が実施された。

市街地等の拡大は里山里海を破壊する要因の一つであるが、むやみな都市開発を制限することを目的に都市計画法が1968年に制定された。この法律では計画区域を市街化区域と市街化調整区域に線引きし、市街地にする区域と市街化しない場所を明確に区分した。その結果、市街化を進める場所として位置づけられた市街化区域内では農地や樹林地が大きく減少した。その減少を食い止めるために1974年に生産緑地法が作られるなどの対応が見られたが、相続税や固定資産税等の負担もあり、市街化区域で

は農地の減少がいまだに続いている。

1960年代に、公害が大きな社会問題となり、環境に対する国民の意識は高まった。1971年に環境庁が発足、千葉県では1974年に環境部が発足する。国は1993年に環境基本法を制定、1995年には第一次生物多様性国家戦略を策定し、2007年には第三次の戦略とした。千葉県は2008年3月に都道府県レベルでは初の生物多様性ちば県戦略を策定した。そして2008年6月には、国の生物多様性基本法が制定される。最近では生物多様性保全活動促進法など、市民・NPOなどさまざまな主体による具体的取り組みを支援する政策も多くなっている。

(4) 文化にかかわる要因

戦後の経済発展に伴って、人々の生活は大きく変化し、衣・食・住のあらゆる面で欧米化が進んだ。その一方、長い伝統により育まれてきたそれまでの日本人の生活の知恵や様式の多くが、姿を消すこととなった。

日本人1人あたりの消費カロリーは、1950年代から2000年代に至るまでほぼ変わらないものの、脂質摂取が増加する一方、炭水化物の摂取量が減少するなど、その内訳は大きく変化している。肉や脂肪の多い食事に代表される食の欧米化は、ムギや肉といった海外産物の輸入の増大とともに、米消費量の減少、さらには日本の伝統的な食文化の衰退にもつながった。

外食チェーンなどによる食の外部化や、コンビニエンスストアなどによる中食産業の勃興、さらには農産物の海外依存等に関連した「食」と「農」の距離の拡大、といった現象が食生活をとりまく環境を大きく変化させている。

長く続けられた日本人の自給自足や地産地消の生活・生業は、産業構造の変化に伴い衰退した。そもそも、生業とは、生きるために食べる、食べるための活動を意味すると考えられている。現在では「生業」という言葉はあまり用いられず、「仕事」「職業」という言葉が一般的になっており、「お金を稼ぐための活動」といった意味合いが強くなっている。

かつての里山では、コメ作りのための田植え

や水路の整備といったさまざまな作業を、結や講といった周囲の人々との助け合いの仕組みで支えていた（本田,2010）が、これらの慣習も農業の近代化により廃れていった。

日本では、自然に対する畏敬の念を抱き、自然に対する信仰意識もかつては強かった。このような意識は自然資源の管理利用にも関係し、自然を守り大切にす文化を育んできた。しかし科学・技術の進歩や近代的な産業の発展により、畏敬の念や信仰意識は急速に薄れ、その意識の低下は、資源の乱獲や自然環境の破壊や汚染にもつながっている。

（5）科学技術にかかわる要因

近代の科学技術の発展に伴い、社会は化石燃料をはじめ資源・エネルギーの大量消費と外部依存の構造となり、環境汚染や地球温暖化を引き起こしてきた。

家庭で使用されるエネルギー量は、戦後一貫して増加してきたが、その内訳は薪炭から電気やガス、灯油などに移行した。主要エネルギーの化石燃料への移行は、薪や炭の生産の場であった雑木林や農用林などの経済的価値を激減させ、林地の管理放棄を引き起こした。

農業や漁業などの一次産業では、機械化や化学化により労働生産性が向上した。農業では、圃場整備や用水路整備、農薬・化学肥料の投入、機械化・温室設備設置などが推進された。農業の機械化は労働生産性を大きく向上させたが、一方では機械の導入のために圃場整備等の農地改変を伴い、肥料や農薬の使用量も増加させ、生物多様性及び生態系への影響は著しく増大した。また、労働生産性を飛躍的に向上させた水稲栽培は兼業を可能にし、農地集約を制限する一つの要因にもなった。林業でも高性能林業機械による効率化が図られた。漁業では、潜水技術の発展や漁具の改良、船のディーゼル化・大型化が進められたが、その一方、乱獲や混獲が原因と思われる資源の減少が生じ、持続的な資源管理が課題となっている。

人々の生活に欠かせない水については、浄水設備や上下水道が社会インフラとして整備され

てきた。化学薬品を用いた急速濾過法の発展によって大量の水処理が短時間でられるようになったものの、主に生物による浄化機能を活用する方法は廃れていった（日本の里山・里海評価—関東中部クラスター,2010）。

船や飛行機が大型化・高速化するとともに、船舶数や航空機数の増大に伴い、物資の輸送力が格段に向上した。さらに、冷蔵・冷凍などの保存技術も向上し、生鮮食品等の大量輸送も可能になった。

1990年代に入って、インターネットが急速に普及し、高度情報化社会が出現した。地球規模で情報が結ばれるIT革命は、人間社会の価値観や生命観、また人の心の有り様にも大きな変化をもたらしてきている。

2) 直接要因

直接要因とは、生態系および生物多様性に直接的に影響を及ぼし、これらの変化を通して生態系サービスを変化させ、その結果として人間の福利にも影響する要因をさす。MAでは、生息地の改変、過度の資源利用、汚染、外来侵入種、気候変動という5つのカテゴリーで直接要因を整理している。しかし、里山里海では、人間社会が意図的に生態系サービスを利用しなくなり、その結果、生物多様性および生態系が変化している。ここでは、こうした里山里海に特徴的な管理低下というプロセスも含め、直接要因を5つのカテゴリーに分けて整理した。

（1）自然破壊にかかわる要因

森林や農地といった自然・半自然の土地を人工的に改変することは、その場所の生態系を全く異なるものに変化させ、生物多様性や生態系を大きく劣化させる。特に地表面が人工物で被覆される市街地等への改変は、生態系を極端に貧弱な都市生態系へと変化させ、生態系サービスの著しい劣化につながる。

農地や森林の面積はここ数十年間で大きく減少し、里山里海の消失や分断化が進んだ。この傾向は特に都市域で著しい。また、生態系が分断され断片化することによって、林内環境を好

む種などにとっての生息・生育環境が悪化するなど、残った生態系にも質的な低下が生じている。これらの複合的影響は、地域の生物多様性を衰退させ（北澤,2003）、生態系サービスを減少させる大きな要因となっている。

戦後復興期には、台風による洪水などの自然災害の多発を受け、各地で河川改修が進められた。都市化が進み流域人口が増大すると、流域の保水機能が低下して、都市域で洪水が頻発する状況が生まれた。こうした災害を防ぐために河道整備を主体とした治水工事が進められた。これらのような河川整備は、治水能力を向上させて人間の福利を高めてきた反面、水辺の生態系を破壊してきた。また、河川・湖沼に作られるダムや堰は、水の流れや土砂の堆積を変化させ、水系の分断は生態系に大きな影響を及ぼす。このような状況をふまえ1990年以降、環境に配慮した多自然型川作り等も進められるようになった（千葉県県土整備部河川計画課,2007）。

東京湾では、急速な経済発展に伴って、1960～80年代に埋め立てが著しく進むとともに、航路の確保や砂利採取のために海域では浚渫が行われた（三番瀬再生計画検討会議事務局,2004）。浚渫によって周辺の海底よりも深く抉られた窪地には、有機物の分解に伴って硫化水素を含む貧酸素水塊が溜まり、これが風や潮の影響で海面に上がり青潮となって魚介類に被害を及ぼしている。こうした海岸域の変化によって、陸域から海域にかけての生物の生育・生息空間の連続性が断ち切れ、塩性湿地や干潟、アマモ場といった海岸域特有の生態系を破壊し、生物多様性を劣化させてきた。これら海岸域の干潟や藻場は、豊かな漁業資源の供給源となっており、その破壊・消失はアサリの漁獲量などの海産資源による供給サービスを大きく低下させた。また、干潟の底生生物による水質浄化能力は非常に大きいものであるが、埋め立て等による干潟の減少はこのような調整サービスを低下させる要因となった。さらに、埋立地は工場立地として利用されている場所も多く、一般の人が海と触れ合う機会が制限されるようになった。

戦後、農業の労働生産性と土地生産性の向上を目指した、圃場整備やかんがい排水などの整備が進められた。こうした整備は湿田を乾田することによって、それまで生息・生育していた水田の動植物に大きな影響を及ぼした。また、乾田化や水路のコンクリート化は、魚類や両生類など水辺環境に依存する動植物の生息・生育場所を狭める要因となった。

（2）人為管理にかかわる要因

戦後、農地管理の方法は大きく変化した。農法の改善や化学肥料の普及により、1960年代まで農産物の生産は向上した。しかし、農業人口の減少や単作化が進むにつれて、農産物の供給サービスは低下した。さらに、労働生産性を高めるための機械が進むことによって、投入エネルギー量に対する収穫エネルギー比は大きく低下し、農業のエネルギー効率は大きく低下した（宇田川,1976）。その後、農業人口の減少や高齢化が進み、都市化進行地域および過疎高齢化地域の里山において耕作放棄が顕著となり、農地における人為管理の低下が農地の生物多様性や生態系サービスを劣化させる原因となっている。

かつて、炭や薪、堆肥利用のために、コナラなどの落葉広葉樹林やマツ林、灌木林などが維持され、定期的な伐採、下刈り、落ち葉かきなどの管理が行われていた。しかし、化石燃料の普及に伴って、管理されなくなるとともに、他の土地利用への転換が進んだ。管理が放棄された林地では遷移が進行し、常緑のシイ・カシ類といった極相構成種やタケ・ササ類が侵入・繁茂することで、林床植物の多様性が低下した（中静・飯田,1996）。このような変化は、屋根葺き用の茅や肥料、牧草の採集を目的に維持されてきた茅場などでも見られる。スギやヒノキの木材生産は、戦後復興期から高度経済成長前期にかけて盛んであり、資源量が減少した。拡大造林によって、県の森林のおよそ4割をスギ・ヒノキの人工林が占めるようになったが、その後の国産材需要の低迷によって、管理が遅れたり、放棄された森林も多い。そのような森林で

は、木材としての価値が低下するだけでなく、水源かん養等の調整サービスも低下していると思われる。

漁業技術や輸送技術の発展は、漁獲量を増大させる要因となった。漁獲量の増大は、過剰な漁業資源採取につながり、漁獲量を減少させることがある。例えば、千葉県夷隅郡の器械根では、アワビ資源の変遷が詳細に調べられ、50t前後の安定収穫期が続いた後に1960年代後半から70年代後半にかけて100tを大きく超える漁獲量を揚げた。しかしその結果、資源量が減少して漁獲量も大きく減少し、禁漁処置にまで至った(田中・橋本,2006)。ラン科植物など観賞価値の高い植物は、選択的に盗掘圧にさらされており、生育地の減少などとあいまって絶滅危惧種に指定されているものが多い。

(3) 環境汚染にかかわる要因

大気汚染物質は、硫黄酸化物や光化学スモッグによる農作物や健康への被害など、人間生活に様々な影響を及ぼす。硫黄酸化物や粒子状物質など工場や自動車などから排出されるの大気汚染物質の濃度は、1970年代前半をピークに減少した。一方、窒素酸化物や光化学スモッグなど漸増しているものもある。神奈川県丹沢山系では、モミやブナ林の衰退に硫黄酸化物や窒素酸化物を含む酸性霧の発生や、高濃度のオゾンが関係するとしている(中根ほか,2000)。

戦後の急激な工業化は、重金属などの有害物質の河川や内湾への排出量を増大させた。東京湾に堆積する底泥を調べた結果、鉛やヒ素、カドミウム、水銀といった重金属やPCBなどは1970年前後にピークを持つ(松本,1983; Yamashita et al.,2000)。これらの汚染物質は、黒い水事件のような大規模な漁業被害や公害を引き起こす要因となった。1959年に水質保全部と工場排水規制法、1970年に水質汚濁防止法が制定されて法的整備が進み、有害物質の製造や使用が禁止されるなど対策が進んだ結果、有害物質の多くはその濃度を低下させている。

しかし、1969年に散布が完全に禁止された農薬の有機水銀が、未だ土壤中に残留し、降雨

時などに東京湾への流出があり(Sakata et al.,2006)、東京湾の海底堆積物を調べると1972年に使用禁止になったPCB群は、確かに年代測定では1970年あたりをピークに減少しているが、最高値の30%レベルで今も検出され、これは河川-河口-内湾系で再移動している(真田ほか,1999)。また、湾奥工業地帯の港湾にはダイオキシンがスポット的に大量堆積している事例があり(吉澤ほか,2006)、これらの複合的な生態系サービスへの影響についても評価の必要性が出てきている。

東京湾への栄養塩の流入負荷量は、一時期増加したものの、1970年以降、下水道が徐々に普及するに伴って減少してきた。しかし、依然として多量であることに加え、干潟・浅海域面積が減少したことによって、栄養塩を消費・利用する付着珪藻や植物プランクトンを摂餌するアサリなどの底生生物が減少し、水質浄化機能も低下している。干潟や浅海域の再生が進まない限り、機能の向上は望めない。

青潮は、溶存酸素不足と硫化物の毒性により、浅海域や干潟の生物を死滅させ、漁業にも悪影響を及ぼす。東京湾における青潮は、1980年代前半に年10回前後発生していたが、2000年代には年平均4回程度と減少傾向にある(環境省総合環境政策局,2005)。青潮は、富栄養化により増加したプランクトンの死骸などの有機物が分解され、周囲の酸素が消費され、貧酸素水塊が発生し、さらに硫酸還元菌が海水中の硫酸イオン(SO_4^{2-})を利用して硫化水素(H_2S)をも発生させる状態である。東京湾では、航路確保や埋め立て用に海底の浚渫が行われ、海底に窪地が存在しており、これらの窪地が貧酸素水塊を発生させやすい要因となっている。

ケイ素(シリカ)欠損は、家庭雑排水などによって窒素・リンが水中で濃度を高める一方、天然鉱物に由来するケイ素の量は変化しないため、河川下流域に流下する水に含まれる窒素・リンに対するケイ素の相対的な比率が低下することである。その結果、ケイ素を必要とする珪藻が減少する一方、ケイ素を必要としない鞭毛藻が卓越する(Tilman,1977)。珪藻は魚

介類にとって重要な餌プランクトンであるが、鞭毛藻の増加は有害赤潮を発生にもつながる。東京湾でもケイ素濃度が低下しており（野村, 1995）、その原因として、河川におけるダム等の構造物があげられる。構造物によって滞留水域が作られ、そこに窒素とリンが十分量存在すると、淡水珪藻が発生してケイ素が消費され、下流へのケイ素供給量が減少する（Humborg et al., 1997；井上・赤木, 2006）。

また、国内における農薬生産量は、1950年代後半から著しく増加した後、90年代以降減少に転じている（農林水産省消費・安全局農産安全管理課・植物防疫課, 2006）。農薬は、単位面積当たりの収穫量の増加や除草作業の短縮に大きな効果をもたらしたが、農地に生息・生育する動植物を減少させ、またかつての農薬起源の化学物質については蓄積された農地等からの流出による汚染の広がりも懸念されている。

（4）外来生物にかかわる要因

競争能力の高い外来生物の侵入は、資源獲得競争を通じて在来種の生残に大きな影響を及ぼす。例えば、オオブタクサやシナダレスズメガヤ、ハリエンジュなど、外来植物の増加に伴い、在来種の種数やバイオマスの減少が報告されている（宮脇・鷺谷, 1996；村中・鷺谷, 2001；前河・中越, 1997）。

肉食の外来生物は、在来生物を捕食することで、餌となる在来種個体群に大きな影響を及ぼす。オオクチバスやブルーギルは全国的に広く分布しており、在来の甲殻類や魚類種の減少要因となっている（細谷, 2007）。茨城県牛久沼の事例では、オオクチバスは、テナガエビやアメリカザリガニといった在来の甲殻類、モツゴやヨシノボリなどの在来魚類を餌としていた（新谷・渡邊, 1990）。千葉県印旛沼では、1994年以降、これら外来2種の捕獲数が減少したのに代わり、モツゴなどの在来の小魚やテナガエビの漁獲量が増加した（白鳥, 2006）。東京湾盤洲干潟では、二枚貝を捕食するサキグロタマツメタが見つかっており、アサリ漁業などへの影響が懸念されている。

在来種に近縁の外来種が侵入すると、互いが交雑する可能性がある。交雑個体が不稔でない場合、在来種個体群の遺伝子に外来種個体の遺伝子が組み込まれ、遺伝的汚染が生じる。千葉県房総半島南部ではニホンザルと同属のアカゲザルが野生化している。すでに両種の交雑個体を含む群れが確認されており（川本ほか, 2004）、房総半島のニホンザル個体群に固有の遺伝的特徴が失われることが懸念される。

外来生物の侵入は、時に甚大な病気被害を在来種にもたらす。外来生物あるいはそれが保有する病原菌・寄生虫が引き起こす病気は、在来生物がこれまでに経験したことのないものである。そのため、ほとんどの在来生物は、病原菌や寄生虫に対する抵抗性を持っていない。関東や日本各地で生じた事例として、マツノザイセンチュウが挙げられる。この線虫の被害によってマツの生産量が減少した他、マツを優占種とした森林生態系は優占種を失って大きく変化し、落葉広葉樹林に遷移し、あるいは市街地やスギ・ヒノキの植林に置き換えられた。

（5）気候変動にかかわる要因

日本の年平均気温は、長期的には100年あたり約1.13℃の割合で上昇している。特に1990年代以降になって、平年値よりも高温となる年が頻出している（気象庁 <http://www.clata.kishou.go.jp/obs-env/portal/chishiki-ondanka/p08.html> 2010年3月19日確認）。2007年IPCC（気候変動に関する政府間パネル）は、「地球温暖化は疑う余地がない、またこれは人為起源の温室効果ガスの増加によってもたらされた可能性が非常に高い」と発表し、その影響予測を発表した。CO₂等の温室効果ガスによる地球規模の気温上昇とともに廃熱やヒートアイランド現象などによって、今世紀末の日本では気温1.3～4.7℃の上昇が見込まれている。また、真夏日（最高気温30℃以上）や熱帯夜（最低気温25℃以上）の増加、冬日（最高気温0℃以下）の減少、降雪の減少、降水量の-2.4～+16.4%の変化、豪雨の増加、蒸発散量の変化、海水温及び海水面の上昇、海水

の酸性化等も予測されている。

温暖化が生物分布や生物季節に影響することは間違いないと思われるが、現実の個体の分布や状態が温暖化と因果関係があるかどうかは証明が困難である。しかし、ヒメコマツの枯死（藤平，2005）やハチジョウシュスランの初記載（千葉県レッドデータブック改訂委員会，2009）などに、温暖化が関係すると推察している報告もある。このような生物相の変化は、開発等の人為的攪乱とあいまって、生態系に悪影響を及ぼし、外来生物の侵入や拡大につながる可能性もある。さらに、農林水産業や人の生活・健康等さまざまな影響が予想される（千葉県，2008；岩槻・堂本，2008）。

6. 直接要因の時間的変遷

ここでは、これまでに記載した生態系サービスと変化の要因の変遷を明確にする。これまでの生態系サービスに関する解析から、1970年および1990年前後にその変換点があったため、ここでは1945～1970年、1970～1990年、1990年～現在、の3つの時代区分を設定した。さらに、都市域と里山里地域の都市化進行地域及び過疎高齢化地域という空間的な視点を加えて、生態系サービスと変化の要因との関係を整理した（図7）。この図では、時代区分・地域区分を分け、さらに5つの直接要因ごとに、各要因に関連する生態系サービスの変化の度合いを四段階で示した。なおここでは、課題を明確にするために主要な項目のみを扱うこととし、副次的な情報は割愛している。

1) 1945-1970年（～高度経済成長前期）

この時代は都市域における変化が著しい。都市域での自然改変と環境汚染による生態系サービスの劣化が大きく進行した一方、里山里海では人為管理によって食料供給サービスが向上したことが特徴的である。

都市域では農地や森林の多くが市街地等へ置き換わり、自然改変が大きく進んだ。都市的土地利用への変化は、生態系サービスを生み出す

生態系の破壊と生物多様性の劣化をもたらし、全ての生態系サービスが低下した。自然改変は海域でも生じており、浅海域の埋め立てによって干潟や藻場が縮小し、貝類の生産量の減少や水質浄化機能の低下など、海域の生態系サービスが低下した。また、都市では有害物質や栄養塩類などの環境汚染が増大し生態系サービスが低下した。都市における人口や工場等の増加に伴って廃棄物の排出量が増大し、地域の生態系が持つ浄化能力を超えると、浄化しきれなかった有害物質等による人への健康被害などがもたらされ、公害問題が深刻化した。

里山里海域では、都市域と比較して自然改変は進まなかったが、人為管理に関わる農林水産業の技術発展により生産性は向上した。ただ、生産性を増大させた農薬や化学肥料等の使用は環境汚染につながり、農地の生物多様性を減少させ生態系基盤の劣化が進んだ。

2) 1970-1990年（高度経済成長後期）

この時代、都市化進行地域の里山里海において自然改変が顕著になるとともに、環境汚染が進み、また過疎高齢化地域を含めて農林地の管理放棄がはじまった。里山里地域の都市化進行地域では、ニュータウン開発に見られるような大規模な自然改変が進み、生態系サービスが劣化した。人為管理では農地整備や機械化・大規模化が進められた。その結果、労働生産性は向上したものの、乾田化や水路や護岸のコンクリート化などによって水辺生態系が悪化し、生物多様性や生態系サービスが劣化した。また、人口増加や農地での化学肥料の使用増に伴って富栄養化が進み、飲料水源の水質悪化など環境汚染による生態系サービスの低下が生じた。人為管理に関わる要因では、1960年代に進んだエネルギー革命に伴って雑木や薪炭の経済的価値が下落し、森林資源の利用低下と、雑木林や薪炭林の管理放棄が始まった。

管理放棄された森林では植生遷移が進み、それによって生物多様性は劣化した。また、1980年代後半から耕作放棄地が増加しはじめ、人為管理の低下による生態系サービスの劣

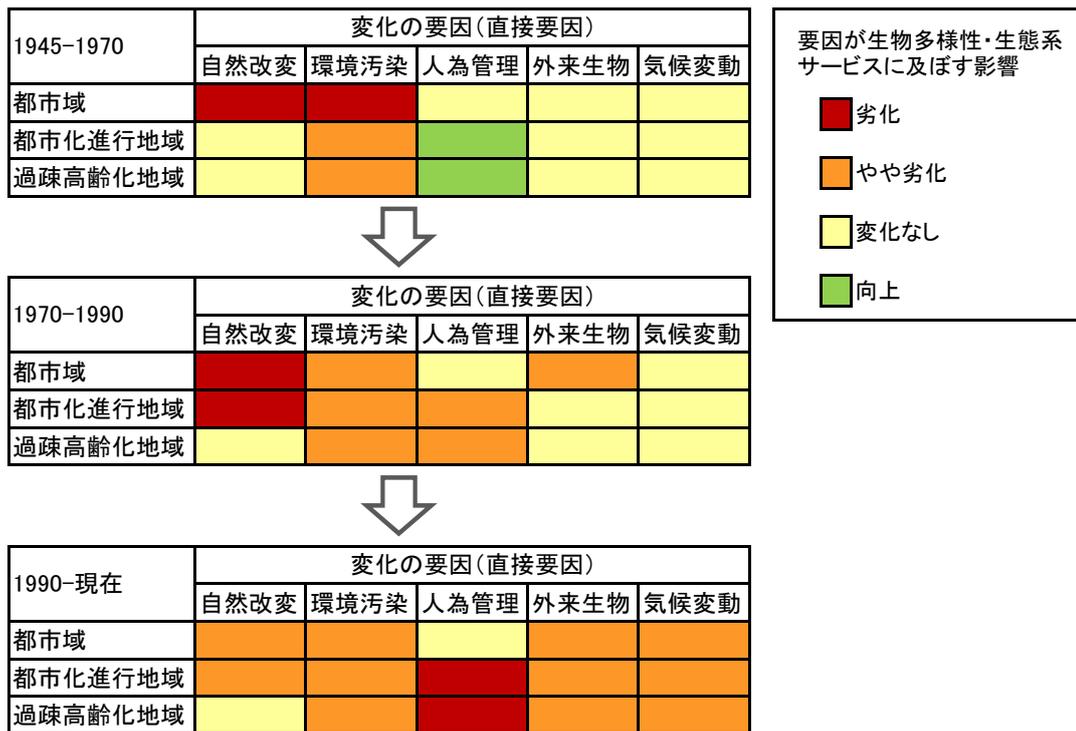


図8 地域別にみた生物多様性・生態系へのインパクトの変遷

化が始まった。

都市域では都市的土地利用への自然改変が著しく、生態系サービスの劣化が進んだ。東京湾岸の環境汚染については、有害物質の排出量は減少したものの、富栄養化はあまり改善されていない。また、都市域を中心に外来生物の侵入が高まったのもこの時期であり、陸域海域ともに生物多様性の劣化が進んだ。

過疎高齢化地域の里山里海では、目立った自然改変や環境汚染は見られないものの、雑木林や農地の人為管理の低下により、生物多様性の劣化や生態系サービスの利用低下が進んだ。

3) 1990年 - 現在 (低経済成長期)

この時代は、過疎高齢化地域および都市化進行地域の里山里海において、人為管理の低下による生態系サービスの劣化が顕著になった。また、全ての地域において外来生物や温暖化の影響も顕在化した。

過疎高齢化地域では、農林水産業の担い手の高齢化と後継者不足により耕作地や人工林の放棄が進み、生物多様性の劣化が進んでいる。そ

れに伴い、農林産物の利用低下、放棄された人工林等における森林の多面的機能の低下など生態系サービスの劣化が進んでいる。

都市域では自然改変の程度が弱まり、劣化を進める要因は減りつつあるが、森林や農地といった生態系は依然として減少を続けている。また、外来生物の定着が顕著であり、気候変動が原因と思われる生物相の変化も生じている。

都市化進行地域の里山里海では、大規模な自然改変は少なくなったものの、過疎高齢化地域と同じように、人為管理の低下による生態系サービスの劣化が進んでいる。

7. 謝辞

本稿をまとめるにあたり、日本の里山・里海評価の関東中部クラスター執筆者各位、およびちばの里山里海サブグローバル評価のメンバー各位に適切なお助言・ご意見を頂いた。ここに深謝する。

8. 引用文献

- 千葉県. 2008. 生物多様性ちば県戦略. 175pp.
- 千葉県県土整備部河川計画課. 2007. 千葉県土木史 河川・海岸・砂防編, 97pp.
- 千葉県レッドデータブック改訂委員会. 2009. 千葉県の保護上重要な野生生物—千葉県レッドデータブック— 植物・菌類編 2009年改訂版.
- 本田裕子. 2010. 里山里海の文化と生態系サービスの変遷. 千葉県生物多様性センター研究報告 2 : 39-53.
- 細谷和海. 2007. 外来魚が在来魚に与える影響. In 細谷和海 (監). ブラックバスを科学する～駆除のための基礎資料～. p. 2-12. 財団法人リバーフロント整備センター.
- Humborg C.; V. Ittekkot; A. Cociasu and B.V. Bodungen. 1997. Effect of Danube River dam on Black Sea biogeochemistry and ecosystem structure, *Nature*. 386: 385-388.
- 井上直也・赤木右. 2006. 多摩川におけるケイ素収支にあたるダムおよび下水処理場の影響. *地球化学* 40 : 137-145.
- 岩槻邦男・堂本暁子 (編). 2008. 温暖化と生物多様性. 272pp. 築地書館. 東京.
- 環境省総合環境政策局. 2005. 平成 17 年版環境統計集.
- 川本芳・萩原光・相澤敬吾. 2004. 房総半島におけるニホンザルとアカゲザルの交雑. *霊長類研究* 20. 89-95.
- 北澤哲弥. 2003. 都市一里地地域における生態系のパターンと成立に関する研究. 東京大学大学院博士論文.
- 北澤哲弥. 2011. 里山における農地利用と生態系サービス. 千葉県生物多様性センター研究報告 4 : 70-88.
- 北澤哲弥・浅田正彦・東出満. 2011. 里山における野生鳥獣保護管理と生態系サービス. 千葉県生物多様性センター研究報告 4 : 105-123.
- 北澤哲弥・西野文智. 2011. 里山における森林利用と生態系サービス. 千葉県生物多様性センター研究報告 4 : 89-104.
- 熊谷宏尚・遠藤和彦. 2011. 自然保護制度と里山里海の保全. 千葉県生物多様性センター研究報告 4 : 191-206.
- 前河正昭・中越信和. 1997. 海岸砂地においてニセアカシア林の分布拡大がもたらす成帯構造と種多様性への影響. *日本生態学会誌* 47 : 131-143.
- 松本英二. 1983. 東京湾の底質環境. *地球化学* 17 : 27-32.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. World Resources Institute. Island Press. Washington DC.
- 宮脇成生・鷺谷いづみ. 1996. 土壌シードバンクを考慮した個体群動態モデルと侵入植物オオバタクサの駆除効果の予測. *保全生態学研究* 1 : 25-47.
- 森雅邦・北澤哲弥・熊谷宏尚. 2011. 里山里海の保全再生における経済的取組. 千葉県生物多様性センター研究報告 4 : 207-214.
- 村中孝司・鷺谷いづみ. 2001. 鬼怒川砂礫質河原における外来牧草シナダレスズメガヤの侵入と河原固有植物の急激な減少. *保全生態学研究* 6 : 111-121.
- 中村俊彦. 2011. 里山里海と生態系の文化サービス. 千葉県生物多様性センター研究報告 4 : 178-182.
- 中村俊彦・青木慎哉. 2011. 里山里海の子どもの自然体験と学校ビオトープ. 千葉県生物多様性センター研究報告 4 : 183-190.
- 中村俊彦・北澤哲弥・本田裕子. 2010. 千葉県の里山里海の生態系サービスの現状と将来シナリオ. 千葉県生物多様性センター研究報告 2 : 157-179.
- 中根周歩・佐久川弘・井川学. 2000. マツ・モミ林衰退地域での大気環境と樹木被害の実態. *日本生態学会誌* 50 : 319-324.
- 中静透・飯田滋生. 1996. 雑木林の種多様性. In 亀山章 (編) 雑木林の植生管理, pp17-24. ソフトサイエンス社. 東京.
- 野村英明. 1995. 東京湾における水域環境構

- 成要素の経年変化. *La mer*33: 107-118.
- 農林水産省消費・安全局農産安全管理課・植物防疫課. 2006. 農薬概説. 日本植物防疫協会. 東京.
- 日本の里山・里海評価—関東中部クラスター. 2010. 里山・里海：日本の社会生態学的生産ランドスケープ—関東中部の経験と教訓一. 国際連合大学. 東京.
- 小倉久子・宮嶋義行・北澤哲弥. 2011. 里海の利用と生態系サービス. 千葉県生物多様性センター研究報告 4: 152-177.
- Sakata, M.; K. Marumoto; M. Narukawa and K. Asakura. 2006. Mass Balance and Sources of Mercury in Tokyo Bay. *Journal of Oceanography*, 62, 767-775.
- 真田幸尚・佐藤太・熊田英峰・高田秀重・山本愛・加藤義久・上野隆. 1999. 放射性核種および molecular marker による東京湾の堆積過程の解明. *地球化学* 33: 123-138.
- 三番瀬再生計画検討会議事務局. 2004. 三番瀬の変遷. 118pp.
- 白鳥孝治. 2006. 生きている印旛沼—民族と自然—. 161pp, 嵩書房出版, 千葉.
- 新谷一大・渡邊精一. 1990. 茨城県牛久沼におけるオオクチバスの食性. *水産増殖* 38: 245-252.
- 総務省統計研修所. 2010. 日本の統計 2010 年版.
- 田中種雄・橋本加奈子. 2006. 器械根アワビ資源の変遷. 千葉県水産総合研究センター研究報告 1: 119-132.
- Tilman, D. 1977. Resource competition between planktonic algae: an experimental and theoretical approach. *Ecology*. 58: 338-348.
- 藤平量郎. 2005. 房総半島, 高宕山南部の氷期遺存種個体群の急激な衰退の現状 3 ヒメコマツ II. *千葉県生物誌* 55(1): 17-23.
- 宇田川武俊. 1976. 水稻栽培における投入エネルギーの推定. *環境情報科学* 5(2): 73-79.
- Yamashita N.; K. Kannan; T. Imagawa; D. L. Villeneuve; S. Hashimoto; A. Miyazaki; and J. P. Giesy . 2000. Vertical Profile of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins, Dibenzofurans, Naphthalenes, Biphenyls, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, and Alkylphenols in a Sediment Core from Tokyo Bay, Japan., *Environmental Science & Technology* 34 (17): 3560-3567.
- 柳研介・浅田正彦・北澤哲弥. 2011. 千葉県における野生生物の現状. 千葉県生物多様性センター研究報告 4: 53-69.
- 吉田正彦・山口和子・石崎晶子・小倉久子・中村俊彦. 2011. 里沼における人の営みの変遷と生態系サービス. 千葉県生物多様性センター研究報告 4: 124-151.
- 吉澤正・石渡康尊・半野勝正・仁平雅子・小倉久子・鯉淵幸生・依田彦太郎・原雄. 2006. 東京湾底質中のダイオキシン類分布と起源. *水環境学会誌* 29: 463-468.

著者：北澤哲弥 〒260-8682 千葉市中央区青葉町 955-2 千葉県立中央博物館内 千葉県環境生活部自然保護課生物多様性戦略推進室生物多様性センター t.ktzw2@pref.chiba.lg.jp； 中村俊彦 〒260-8682 千葉市中央区青葉町 955-2 千葉県立中央博物館 nakamura@chiba-muse.or.jp

“Drivers causing ecosystem changes in Satoyama-Satoumi: Globalization and artificialization.” Tetsuya Kitazawa, Chiba Biodiversity Center, 955-2 Aoba-cho, Chuo-ku, Chiba 260-8682, Japan. E-mail: t.ktzw2@pref.chiba.lg.jp; Toshihiko Nakamura, Natural History Museum and Institute, Chiba, 955-2 Aoba-cho, Chuo-ku, Chiba 260-8682, Japan. E-mail: nakamura@chiba-muse.or.jp