

生態系の原理を適用する持続的な地域環境システムに関する研究

Sustainable Regional-Environmental System Applying

Principles from Ecology

仁連孝昭

Takaaki Niren

滋賀県立大学環境科学部教授

Professor, School of Environmental Science, The University of Shiga Prefecture

To seeking for a sustainable human system has become a vital problem. However, there was no definite thinking about it, so we started our research by learning from ecology. Eco-system has a characteristics of closed material cycle. If we apply closed system to human system, we have to apply it within regional circumstance. We investigated the watershed area of Lake Biwa and a part of it, the area of the Echi River Basin, as regional-environmental systems applying principles from ecology. Water cycle and material cycle of those areas were investigated by using geographical information system(GIS) with historical perspectives. Through those investigation, we observed that water cycle and material cycle of those areas changed less sustainable than before because of less cyclical regional water cycle and less closed regional material cycle. Restoration of healthy water cycle and material cycle at regional levels is a key for sustainable regional-environmental system.

1. 研究目的

人間活動による生産、消費、廃棄の規模を拡大することによって経済成長を達成しようとする従来の原理に替わって、持続的な開発の原理を経済社会の基本原理として定着させることが現在の国際社会の課題となっている。しかしながら、持続的な開発原理についてはまだ理念的なレベルで扱われているに過ぎず、現実的に操作可能なものとなっていないのが現状である。

持続的な開発概念を操作可能な原理にするためには次のような研究が必要である。1) 人間活動によって駆動される地域の物質循環の姿を具体的に明らかにすること、2) またその際に、化石燃料利用への依存が少ない時代の物質循環と比較することによって、現在の地域物質循環の問題点がよりいっそう浮き彫りにされる。なぜなら、化石燃料の利用は地域の物質循環の歪みを是正することに有効な諸手段を私たちに与えてくれるが、固定された炭素を開放することによって地球規模でのあらたな問題を引き起こしているか

らである。そして最後に、3) 地域物質循環の不均衡が是正できる実際的な方策を検討することである。

本研究では、琵琶湖集水域およびその部分システムである愛知川集水域と排水域（愛知川地域）を対象として、水循環と物質循環の姿を明らかにし、それを通じて生態系の持続性の原理を適用する地域環境システムを展望することである。

2. 研究経過

2.1 生態系の物質循環システムの原理の抽出

生態系の物質循環システムについては、生態学からの問題提起と学際的な討論を通じて、研究グループの共通認識にしていく努力をした。生態系の原理を地域環境システムにどのように適用するかについては、研究グループのなかで必ずしもまとまっているとはいえないが、地域的な物質循環の均衡を回復するが共通の課題として確認された。

2.2 地域環境システムのフレーム構築

本研究そのものが学際的な研究であり、また研究対象とする人間活動および物質循環によって利用できるデータの地域区分も異なってくるので、地域環境システムとして2つの範囲の異なる地域を設定した。物質循環システムとして地域環境システムを捉えようとするとき、自然的物質循環の単位となる集水域を対象とすることがのぞましい。琵琶湖集水域はそのような単位として捉えることができる。またこの地域はほぼ滋賀県域と一致しているため、社会経済データの利用も容易であり、滋賀県域を琵琶湖集水域としてひとつの研究対象地域にした。県域全体をとりあげることによって、利用可能なデータが増えるが、逆にそうすることによって、県内地域によってデータの精度がまちまちなため扱えないデータも出てくる。そこで、もう一つの対象地域としては愛知川集水域および愛知川左岸の愛知川からの配水域（愛知川上流のダムから農業用水の供給を受け、排水を愛知川以外の河川および排水路に流している地域およびその下流域）をとりあげた。配水域として左岸だけを取り上げたのは、行政区画との整合性をはかるためである。その結果、この地域（愛知川地域）は上流から、永源寺町、八日市市、五個荘町、安土町、近江八幡市、能登川町の2市4町の区域となる。

以上2つの研究対象地域において、物質循環また物質循環を媒介する水循環についてのフレームとなるデータベースを構築した。琵琶湖集水域については、明治末から現在までのほぼ90年にわたる物質循環に関するデータを整備した。とくに後者の愛知川地域については、GISを利用して土地利用、水利用、人口、農業生産に関するデータベースを構築し、水循環と農業にかかわる物質循環を分析できるようにした。

2.3 農業システムにおける物質循環の分析

農業システムにおいては、琵琶湖集水域で支配的な稲作農業における副産物である籾殻についてその発生量、処分の実態、物質循環を配慮した籾殻の処分のあり方について検討した。稲作によって副産物・廃物として籾わらと籾殻が発生するが、このうち籾わらは水田に鋤き込まれることが多く、水田の中で循環しているが、籾殻については農業生産にともなう廃物として扱われその処

分に困っているのが実状であり、この問題に資源循環の視点から分析を試みた。

さらに、畜産からのスループットである家畜ふん尿について、畜産の盛んな愛知川地域における発生量の推計とその適切な循環的利用の方策について検討した。

2.4 都市システムにおける物質循環の分析

都市システムに起因する物質循環のうち取り上げることができたのは、土木工事にともなう必要となる建設資材としての土砂および建設廃土、コンクリート塊。アスファルト・コンクリート塊のフローの分析である。

3. 研究成果

3.1 有機物の循環

琵琶湖集水域の物質循環の実態を時間的、空間的に解明することが本研究の課題である。まずの農業・漁業生産および肥料消費のデータをもとに大正時代（1917年）の琵琶湖集水域における窒素の循環を投入産出表の形に表したものが表1である。ここから、1）農業、畜産あるいは人間の代謝により琵琶湖に流れ込むNを陸域に引き上げているものに、泥藻の採取と肥料として農地への還元が大きな役割を果たしていたことがわかる（769tのNを還元）。また、漁業の役割も見のがせない。ここでは利用できた統計には漁獲の一部しか反映されていないので、Nの還元量は小さく表れているが、実際はもう少し大きくなってははずである。2）滋賀県は生産した米の約40%程度を域外に移出する米の産地であったが、米の移出によるNの持ち出しはそれほど大きくないことがわかる。わらや籾殻の形で残るNが大きいことがわかる。案外、当時盛んに栽培されていた、といっても水田より作付け面積は圧倒的に少ないが、菜種を原料とした菜種粕の生産と域外への販売によるNの持ち出しが大きい。3）また、窒素換算で消費肥料の15%を自給有機肥料でまかなっていること、人ふん尿で4%をまかなっていることは現在のN収支と比較すると際立った特徴である。4）この時点ですでに農地に投入されるN肥料のうち78%を購入肥料である大豆粕や硫酸などの化学肥料に依存している。生産される農産物の窒素換算量からしても、かなりの多投

入農業になっていたと推察できる。

ス、永源寺ダム、愛知川沿岸土地改良区の観測データを利用した。

表1 琵琶湖集水域の窒素収支マトリックス

(1917年) 単位:トン/年

産出	投入	琵琶湖	琵琶湖集水域					集水域外
			森林	農地	家畜	人間	種油製造業	
琵琶湖			-	769	(?)	48	-	(?)
集水域	森林	(?)		169	(?)	(?)	-	(?)
	農地	(?)	(?)	4,706<	(?)	251<	(?)	227<
	家畜	(?)	-	674		1<<	-	(?)
	人間	(?)	-	1,305	-		-	-
	種油製造業	(?)	-	95	-	(?)	-	330<
集水域外			-	25,448	(?)	(?)	-	

(出所) 滋賀県(1918)、橋本(1992)、科学技術庁(1997)などより作成。

表2 物流から見た一次産品のフロー(1994年) (単位:1000トン/年)

品目	穀物	野菜・ 果物	その他 農産品	畜産品	水産品	木材	一次 生計	紙・パ ルプ	食料工 業品	動植物 肥料
発生物流	1,230	254	0	61	243	1,401	3,189	668	4,212	1,478
到着物流	1,263	413	106	190	143	1,959	4,075	771	3,648	1,650
県内物流	1,217	237	0	39	105	922	2,520	106	2,239	1,478
移入	47	176	106	152	38	1,036	1,555	665	1,410	171
移出	14	17	0	22	138	478	669	562	1,973	0
県内残存	1,250	397	106	168	5	1,480	2,224	209	1,675	1,650
受入超過	33	159	106	129	-100	558	886	104	-564	171
受入超過	3%	39%	100%	68%	-70%	29%	22%	13%	-16%	10%

(出所) 運輸省(1995)より作成。

さらに、琵琶湖集水域の現在の物質収支を物流統計から見ると(表2)、一次産品は水産品を除いて受入超過になっていることわかる。ここで取り上げている一次産品は有機質のものであり、有機物が琵琶湖の集水域で毎年蓄積されてくる様子がわかる。

このように、集水域のNの収支、有機物の収支を検討することによって、集水域をひかえた水域の富栄養化の状態を知ることができる。また、水域の富栄養化に有効な対策は、マクロな収支をマイナスにできるものでなければならない。

3.2 集水域の水循環

マクロな物質収支は集水域における汚濁をもたらす物質の総量を把握するために重要であったが、集水域における水循環の様子は集水域で水の流れにしたがって移動する物質の動きを知るうえで重要である。琵琶湖集水域の水循環の様子を明らかにするために、琵琶湖集水域を代表する地域である愛知川地域をとりあげ、みずがどうなっているのかを、琵琶湖の東岸部、愛知川地域について明らかにした。

愛知川地域の水循環を分析するために、1996年に撮影された空中写真により、土地被覆の状態を分類し、蒸発散量の推定をし、降水量はアメダ

まとめると、1)ダムかんがい地域(ダム下流部の永源寺町、八日市市、五個荘町)の農地面積に大きな変化はないが、かんがい水源が地下水からダムの水に転換した。2)水源構成の変化は感概水の地下浸透、地下水の揚水という循環利用の度合いを小さくした。3)圃場整備の進展も、循環利用効率を落とした、その結果減水深も大幅に増えた。4)最下流部(安土町、能登川町、近江八幡市)では、湿田の乾田化、内湖の干拓により地域内に流入する水の滞留時間が短くなった。

以上のような水循環の変化は、水が土壌や微生物、植物と接触する時間を短くし、生物的・物理的に自然浄化される度合いを減らすという結果に導いている。

3.3 農業廃棄物(籾殻)の循環利用

籾殻はやっかいな農業廃棄物と見られてきたが、ケイ酸資材を購入し水田に投入するのではなく、籾殻をケイ酸資源としてとらえ、それを再び農地に還元することの有効性を検討した。また、畜産廃棄物(ふん尿)の利用を促進する方策についても検討した。

4. 今後の課題と展望

琵琶湖の富栄養化問題に象徴される環境問題

は、誰もがその問題の解決を望み、できる限りの努力をしてきたのであるが、解決していない問題のひとつである。ということは、富栄養化という事態を正しく捉えていないことにその原因があると言うべきであろう。本助成研究では、生態系の中に存在しているマテリアル・バランスという視点でこの問題を捉え直そうとしたのであるが、まだ十分にデータを使いこなせていない。分析のフレームは出来上がり、GISの上で物質循環と水循環に関するデータベースの整備を進めることができたが、まだ両者を繋ぎあわせるところにまで作業が進んでいないので、これが今後の主要な課題になる。

もうひとつは、マテリアル・バランスを実現するための経済社会システムの研究である。これについては、まだ研究が端緒についたばかりである。スウェーデンのナチュラル・ステップは生態系の原理を社会に、とりわけ企業や地方自治体に取り入れる運動を進めている。

ローカル・マネーによる地域資源を活用しようとする試みがヨーロッパ、北米、オーストラリアで最近積極的に行われるようになった。これらについては、現在はまだ情報を集める段階にとどまっているが、マテリアルとマネーの両方のバランスを追求する社会システムの研究に向かって進めていく予定である。

参考文献

- 運輸省：旅客・物流統計,1995.
 滋賀県：滋賀県統計全書,各年.
 橋本一郎：滋賀県稲作史,1992.

5. 発表論文リスト

- 仁連孝昭：スウェーデンの環境政策、水資源・環境研究,10(1998)
 仁連孝昭：経済のグローバリゼーションと社会のローカライゼーション,第13回国際公共経済学会報告要旨集(1998).
 仁連孝昭：琵琶湖集水域の水循環：どのように変化してきたか?,第14回水資源・環境学会講演概要集(1999).

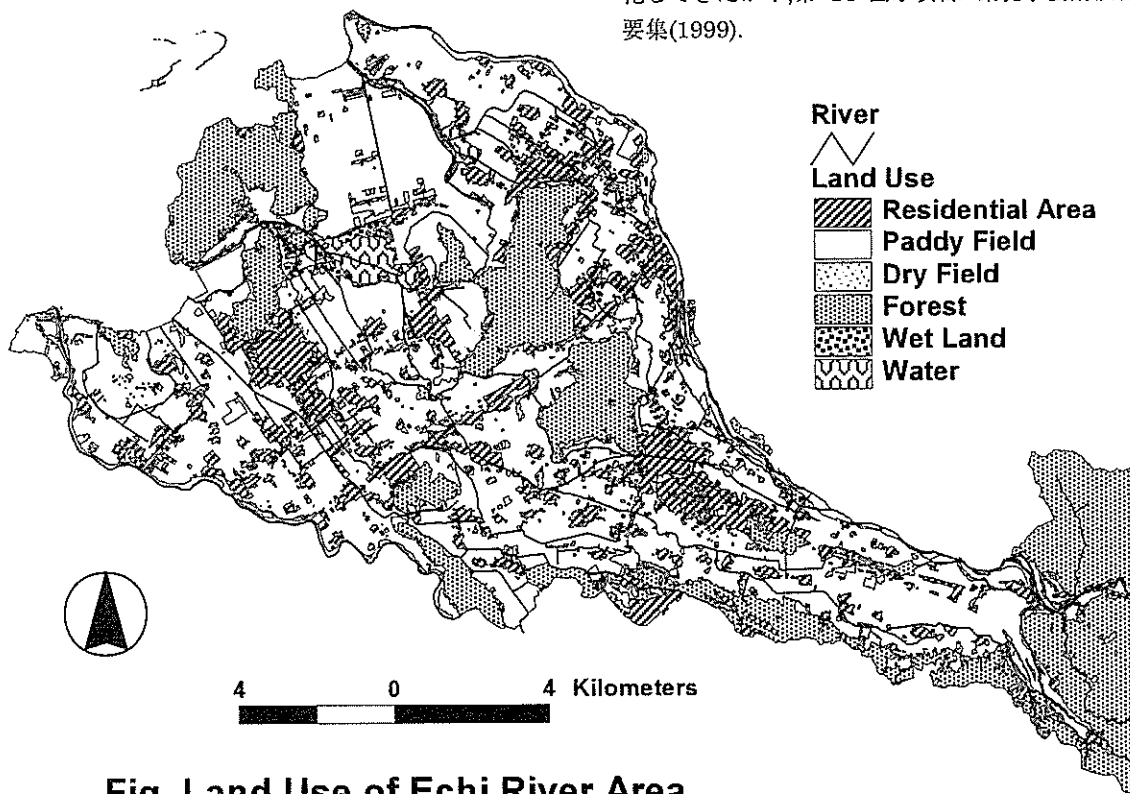


Fig. Land Use of Echi River Area