

環境システムにおける自然生態系研究 Ecosystem researches in Environmental Systems Research

関根 雅彦
Masahiko Sekine

ABSTRACT: Papers that treat living organisms in JSCE publications, *Environmental Systems Research*, Proc. of *Environmental and Sanitary Engineering Research*, Proc. of *River Engineering*, Proc. of *Annual Conference of JSCE*, are picked up, and the characteristics of each publication are examined in four points of view, study field, objective living organisms, purpose of the research, and view point for the living organisms. The result shows that each publications contains ecosystem research papers with almost the same amount, but each publications has their own characteristics in the purpose of the researches and the view point for the living organisms. In this point of view, each publication possesses its own standing point in ecosystem researches. However, the unified opportunity to publish the ecosystem researches would also be desired to promote the communications among ecosystem researchers in JSCE.

KEYWORD; Review, Ecosystem researches, Environmental Systems Research, JSCE

1 はじめに

環境システム委員会が発足して 12 年が経過し、その間環境システムに関連する広範な研究が行われるとともに、『環境システム研究』に総計 816 編の論文が掲載されてきた。また、環境問題への社会的な関心の方向や関与の程度も大きく変化してきている。本論文は、『環境システム研究』において展開されてきた自然生態系研究の変遷を追うことを目的としている。

実際のところ、なぜ『環境システム研究』で「自然生態系」の研究が取り上げられるのかわからない、という意見がある。「自然生態系 = エコシステム」と「環境システム」という名前の類似性だけで、間違えて投稿されているのではないか、というのである。実は、筆者自身がそう感じてきた一人でもある。

ここでは、『環境システム研究』で取り扱われてきた自然生態系研究の、土木学会が取り扱っている自然生態系研究全体の中でのテーマの独自性を明らかにすることで、環境システム研究の中で自然生態系研究を取り扱うことの意義・意味を明らかにしたい。

2 「自然生態系研究」とは？

この報告をまとめるにあたって、まず「自然生態系研究」に該当する論文をピックアップして傾向を調べようと考えた。ところが、これがなかなか難しいのである。たとえば、「市街地における生態ネットワーク特性の評価システムに関する調査研究」はどうだろう。これなら多くの人が自然生態系研究に分類するだろう。それでは、「エゾシカの交通事故対策に関する実験的研究」は？これは生態系の研究か？それとも交通の研究か？「加賀藩政期の森林保護 -七木の制について-」はどうだろうか？

表 1 に、『環境システム研究』シンポジウムで「自然生態系研究」に少しでも関連すると思われる論文がわりあてられてきたセッション名の変遷を示す。見事に毎年変化していることがわかるだろう。97 年からははっきり生態系を意識したセッション名も見られるようになったが、99 年には若干トーン

ダウンしている。98年のセッション名の1つである「自然生態系・生き物」などは、プログラム編集委員の苦勞がしのばれるネーミングである。一口に「自然生態系研究」といっても、セッションのタ

イトルとして簡単な言葉でくくれない、型にはめるのが難しい分野であることを示しているのではないだろうか。

そこで本報告では、「自然生態系研究」にこだわらず、少しでも「生き物」と関係のある研究をピックアップし、その内容の経年変化を土木学会の他の出版物と比較することで「自然生態系研究」関連分野における『環境システム研究』の土木学会内での位置づけを考えてみたい。

取り上げた出版物は、『土木学会年次学術講演会講演概要集Ⅱ、Ⅶ、CS部門』（以下、『年講』）、『環境工学論文集（環境フォーラム講演概要集を含む）』（以下、『環工』）、および『環境システム研究』（以下『環シ』）である。『年講』は土木学会全体の傾向を知るため、『環工』は比較的『環シ』との関連の強い分野での傾向の違いを知るために選定した。『年講』と『環工』については、88年、93年、99年の3年分について、『環シ』については88年から99年の12年分について、少しでも「生き物」に関係ある論文タイトルをリストアップした。また『年講』については、CR-ROMからデータが入手できる93年から99年については、「生物処理」関連の研究などを除いた「生き物」関連の論文のみについてのタイトルもあわせてリストアップした。さらに参考として、95年より発行されている土木学会水理委員会の『河川技術に関する論文集』（以下、『河川』）Vol. 5 (1999)の「生き

物」関連論文を加えた。これらについて、「場の区分」、「対象生物」、「研究目的」、「生物の見方」の4つの視点で分類を行った。（表2参照）

「対象生物」の項目設定は、分類学的な正確さではなく、論文との関連のわかりやすさで定めた。「17. 生態系：漠然と」は、はっきりした生物を意識せず、「生態系にやさしい」などの文脈のなかで生物を意識した論文がこれに該当するのに対し、「18. 生態系：複数の要素を意識」は、生態系モデルなど、複数の要素を個別に意識した論文が該当する。

「場の区分」の項目設定は、「自然生態系研究」を意識したため自然環境に偏ったものになっている。生物処理の研究などはほとんどが「1. その他」に分類される。

表 1 環境システム研究論文発表会のセッション名にみる自然生態系研究の変遷

年度	セッション名
1989	水質の予測・評価・制御 環境評価・アセスメント
1990	環境評価・アセスメント 水質の予測・評価・制御
1991	水環境の生態と代謝構造 水路と河川の環境管理
1992	河川環境 水域環境
1993	都市の熱環境および緑・植物 水質管理および汚染防止
1994	環境評価 水環境 環境復元・文明と環境
1995	景観・防災・緑地 水環境 アメニティと環境づくり
1996	水環境 環境負荷の評価
1997	自然生態系 ビオトープ 都市生態系 水環境
1998	自然生態系・緑地 自然生態系・生き物 自然生態系・水辺・河川 自然生態系・ビオトープ 自然生態系・植生
1999	生態環境 環境モデル 環境評価

表 2 論文分類のための4つの視点とその項目

場の区分	生物の見方
1. その他 2. 河川 3. 河川水際・高水敷 4. 海 5. 海岸 6. 都市 7. 山林 8. 農地 9. 工業地帯 10. 湖沼	1. その他 2. 水処理装置の構成物として 3. 水処理装置の処理対象物として 4. バイオマニピュレーションの道具として 5. バイオマニピュレーションの対象として 6. バイオアッセイの道具として(測定の道具) 7. バイオアッセイの指標として(測定対象物) 8. 環境変化の原因としての扱い 9. 環境変化の被害者/受益者としての扱い 10. 生物そのものが興味の対象
対象生物	研究目的
1. その他 2. ウイルス 3. 微生物 4. ベントス:甲殻類 5. ベントス:貝類 6. ベントス:その他 7. 植物プランクトン 8. 動物プランクトン 9. 付着藻類 10. 水生植物 11. その他の植物 12. 昆虫 13. 魚類 14. 鳥類 15. は虫類・両生類 16. 哺乳類 17. 生態系:漠然と 18. 生態系:複数の要素を意識	1. その他 2. 生物実態調査 3. 物理実態調査 4. 化学実態調査 5. 生物的機構解明 6. 物理的機構解明 7. 化学的機構解明 8. 生物環境復元・保全・管理手法の開発 9. 物理環境復元・保全・管理手法の開発 10. 化学環境復元・保全・管理手法の開発 11. 生物環境評価(生態環境評価) 12. 物理環境評価(水理etc.) 13. 化学環境評価(水質etc.) 14. 環境教育

「研究目的」については、「1. その他」と「14. 環境教育」を除いて、{生物、物理、化学} × {実態調査、機構解明、復元・保全・管理手法の開発、環境評価}の組み合わせになっている。「物理」は水理学的な研究を意識したもの、「化学」は水質研究を意識したものである。

「生物の見方」とは、その研究で対象生物を扱うスタンスを示すものであり、活性汚泥の研究などは「2. 水処理装置の構成物として」、アイガモ農法の研究においてアイガモが主体なら「4. バイオマニピュレーションの道具として」、雑草が主体なら「5. バイオマニピュレーションの対象として」、Rec アッセイの枯草菌研究などは「6. バイオアッセイの道具として」、水生昆虫による水質評価などは「7. バイオアッセイの指標として」に分類される。以上の2～7が生物を積極的に利用した研究であるのに対して、「8. 環境変化の原因としての扱い」「9. 環境変化の被害者／受益者としての扱い」は、環境中での生物を意識したものであると言える。

8 には富栄養化問題におけるアオコや赤潮など、あるいは植生が河川の流れに与える影響の研究における水生植物などが相当する。9 は、魚道研究における魚や貧酸素に曝されたアサリなどの研究などが該当する。

なお、分類作業は複数の学生と手分けして行ったため、分類結果には若干のゆらぎが含まれている点をご理解いただきたい。

表3は、全データを生物の見方と研究目的でクロス集計したものである。同様に、生物の見方と場の区分で集計したものを表4、生物の見方と生物の種類で集計したものを表5に示す。表3より、水処理に注目した研究はもっぱら機構解明を目的とした部分に集中しており、環境変化を意識した研究は種々の研究目的に分散していることがわかる。生き物を扱う研究はおおよそこの水処理を意識した研究と環境変化を意識した研究の2分野に大分類されたと考えても大きな間違いではなかろう。また表4より、環境変化を意識した研究の場は河川が圧倒的に多いこと、表5より、そこで取り扱われている生物としては、植物と魚類が多く、生態系としての視点がそれらに続いていることがわかる。

表 3 生物の見方－研究目的（全データ）

研究目的		実態調査			機構解明			復元・保全・管理			環境評価			教育	総計
		生物	物理	化学	生物	物理	化学	生物	物理	化学	生物	物理	化学		
生物の見方	構成物	3	1	2	145	9	59	5	1	16			3		244
	処理対象				8	1		1							10
バイオマニピュレーション	道具として	1	1	1	9	2	3	6		10			1		34
	対象として				2			1		1	2				6
バイオアッセイ	道具として	4	3		6				3	1	6	1	5		29
	指標として				4			4			11	1	2		25
環境変化	原因として	11	5	7	43	33	15	16	9	1	22	2	5	1	170
	被害者／受益者	43	12	5	34	20	3	94	5	5	31	1	8	3	264
	生物そのものに興味	7			16	1	1	3			4				32
総計		72	22	15	267	66	81	130	18	34	76	5	24	4	814

表 4 生物の見方－場の区分（全データ）

		その他	河川	河川水際・高水敷	海	海岸	都市	山林	農地	湖沼	総計
水処理	構成物	226	7	1	3		3	1		3	244
	処理対象	10									10
バイオマニピュレーション	道具として	7	6	1	10	1	1			8	34
	対象として	2	1							3	6
バイオアッセイ	道具として	11	9	1	1		3		1	3	29
	指標として	5	11		5	2				2	25
環境変化	原因として	16	56	33	14	6	3	13	5	24	170
	被害者／受益者	22	109	29	22	14	22	18	2	26	264
	生物そのものに興味	9	10	5	2	2	2	1	1	1	32
総計		308	209	70	57	25	34	32	9	70	814

表 5 生物の見方－生物の種類

		ウイルス	微生物	ベントス甲殻類	ベントス貝類	ベントスその他	植物プランクトン	動物プランクトン	付着藻類	水生植物	その他の植物	昆虫	魚類	鳥類	ほ乳類	生態系・環境と	生きた有機体	総計
水処理	構成物	1	233		1	2		2	1	2						2		244
	処理対象	2	7			1												10
バイオマニピュレーション	道具として		8		1	4	1	3	11	5			1					34
	対象として		1				1	2										6
バイオアッセイ	道具として		15			1	1	1	1	1	1	3				1	4	29
	指標として	1	5	3		5	1	2	1	1			4	1		1		25
環境変化	原因として		33		1	1	10	1	6	22	63	2	11			10	10	170
	被害者／受益者		8	1	6	12	4		6	26	58	10	53	7	6	23	44	264
生物そのものに興味			3	2	2	1	6	1	1	3	3	2	6	1		1		32
総計		4	313	6	11	24	26	3	23	65	133	15	80	9	6	38	58	814

3 土木学会内での生態系関連論文の位置づけとその経年変化

前節の表3の解釈で、生き物を扱う研究は水処理を意識した研究と環境変化を意識した研究の2分野に大分類されると述べた。ここでは、非常に乱暴ではあるが、生物の見方が「2. 水処理装置の構成物として」「3. 水処理装置の対象として」に分類されるものとそれ以外に分類されるものの2つにまとめ、前者を「水処理」研究、後者を「生態系」研究として大まかな傾向を分析する。

表6は、88年度から99年度までの『環シ』、『年講』、『環工』の総論文数および水処理関係、生態系関係の論文数をまとめたものである。『年講』の総論文数は、II部門、VII部門の全論文数に、CS部門の水処理・生態系関連論文数を加えたものである。また、『環シ』、『環工』にはいわゆる自由投稿部門の論文数も含まれている。これで見ると、『年講』の総論文数の変化に比べ、『環シ』や『環工』の論文数の伸びが非常に大きいようだが、これは自由投稿部門が途中で加わったことも影響している。3誌とも生態系関連論文数は99年度は88年度のほぼ4倍になっていること、『環シ』では95年から生態系関連論文数が急増していること、『年講』では水処理関連論文が減少傾向にあるのに対し、『環工』では増加傾向を保っていること、『環シ』では水処理関連論文がほとんどないことなどが読みとれる。

図1は各誌の総論文数に対して水処理・生態系関連論文がしめる割合の経年変化を示したものである。上述と同様に、生態系関連論文の増加傾向が見られるほか、ベースとなる『年講』と比較して、水処理関連論文は『環工』に集中していること、生態系関連論文は『環シ』の方にやや多いものの、『環工』にもそれなりの比率で投稿されていることがわかる。また、図には記載していないが、『河川』は40論文中14論文(35%)が生態系関連論文であり、生態系関連論文は土木学会内でも複数の刊行物に分散されて投稿されているようだ。

あるのに対し、『環工』では増加傾向を保っていること、『環シ』では水処理関連論文がほとんどないことなどが読みとれる。

図1は各誌の総論文数に対して水処理・生態系関連論文がしめる割合の経年変化を示したものである。上述と同様に、生態系関連論文の増加傾向が見られるほか、ベースとなる『年講』と比較して、水処理関連論文は『環工』に集中していること、生態系関連論文は『環シ』の方にやや多いものの、『環工』にもそれなりの比率で投稿されていることがわかる。また、図には記載していないが、『河川』は40論文中14論文(35%)が生態系関連論文であり、生態系関連論文は土木学会内でも複数の刊行物に分散されて投稿されているようだ。

表6 各誌の総論文数と水処理・生態系関連論文数

年度	環シ			年講						環工		
	総論文数	水処理	生態系	Ⅱ部門総数	Ⅶ部門総数	C S部門*	総論文数	水処理	生態系	総論文数	水処理	生態系
88	30	0	5	549	—	—	549	71	22	28	9	3
89	31	0	2	555	—	—	555	・	・	64	・	・
90	32	0	3	568	—	—	568	・	・	・	・	・
91	33	0	3	586	—	—	586	・	・	・	・	・
92	58	0	7	626	—	0	626	・	・	80	・	・
93	61	0	8	687	—	0	687	61	64	88	22	14
94	63	0	6	664	—	0	664	・	・	85	・	・
95	104	2	19	685	—	4	689	・	・	83	・	・
96	98	1	20	441	306	0	747	・	・	97	・	・
97	97	3	19	405	296	0	701	・	・	・	・	・
98	95	1	22	416	283	20	719	・	・	113	・	・
99	102	0	17	368	296	19	683	48	95	90	31	13

*『年講』のCS部門については、水処理・生態系関連論文数のみ計数・は未調査

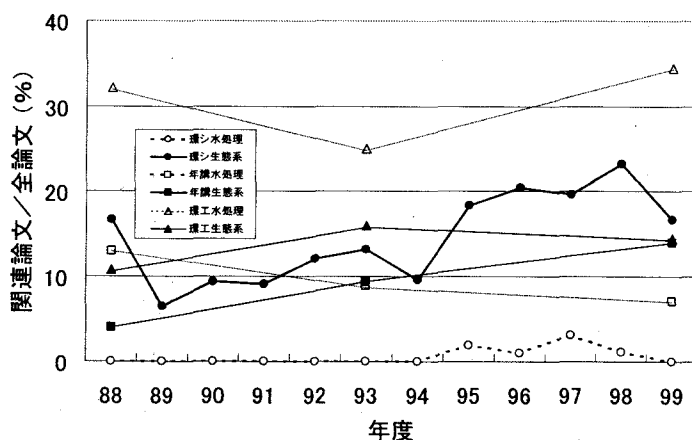


図1 各誌の水処理・生態系関連論文の比率

4 『環境システム研究』と他誌の生態系関連論文に違いはあるか？

それでは、『環シ』、『環工』、『河川』に投稿される生態系関連論文に違いはあるのだろうか。99年

度の各誌に掲載された生態系関連論文の対象生物、場の区分、生物の見方、研究目的の内訳を図2に示す。

対象生物では、『河川』は比較的对象が絞られているが、『環シ』は多彩であり、『環工』は「微生物」のウェイトが大きいのが特徴となっている。

場の区分では、『河川』はそのまま「河川」、「河川水際」がすべてであるが、『環シ』では「河川」が約半数、『環工』は多彩で、特に「その他」が多い。次でも述べるように、バイオアッセイの手法の研究など実験室的テーマも含まれているからである。

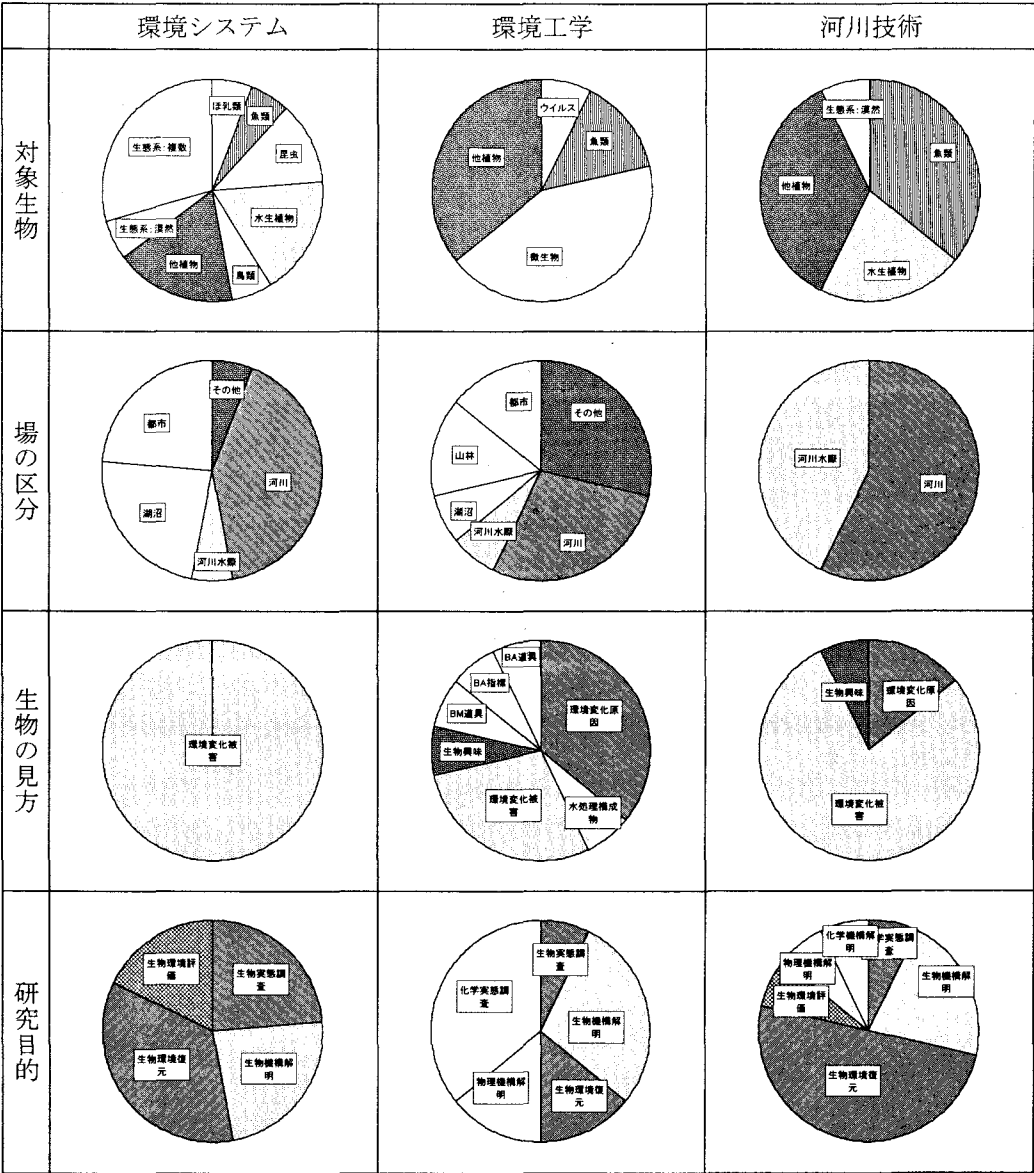


図 2 各誌の対象生物、場の区分、生物の見方、研究目的の内訳

生物の見方については、『環シ』、『河川』では「環境変化の被害者／受益者」としての扱いが主となっている。『環工』ではバイオアッセイ、バイオマニピュレーションなど多彩な見方がなされている。研究目的については、『環シ』では生物についての実態調査、機構説明、復元・保全・管理手法、環境評価がほぼバランスをとって含まれているのに対し、『河川』は復元・保全・管理手法が主である。『環工』では生物については機構説明への興味が強く、水質その他の生物以外のものを主目的にした研究も多く見られる。

以上のように、一口に生態系関連論文といっても、3誌それぞれにオーバーラップはしながらも特徴のある論文が投稿されているようである。

5 『環境システム研究』における生態系研究の変遷

次に、『環境システム研究』における、対象生物、場の区分、生物の見方、研究目的からみた論文数の変化を、それぞれ表7～表10に示す。表7、表8より、対象生物と場の区分は年をへるに従って多様さを増しているように思われる。一方、表9、表10より、生物の見方や研究目的は、95年以降いったん拡大傾向を示したものの、最近になって、前節で述べたように『環工』とは異なった方向へと収れんに向かう傾向を示しているのではないだろうか。

表 7 環境システムの対象生物の変遷

	ほ乳類	鳥類	魚類	昆虫	その他の植物	水生植物	付着藻類	ベントス・その他	動物プランクトン	植物プランクトン	微生物	生態系・漠然と	生態系・複数の生物	総計
年度														
88			2		1						2			5
89					1						1			2
90					1						2			3
91						1					2			3
92			3		1	1		1			1			7
93					3	3	1						1	8
94						4		1			1			6
95					6	5	3			1	3	1		19
96			2		6	1	2	3		1	1	2	2	20
97		1	2	1	9				1		3	2		19
98		2	3	2	5	5					1	4		22
99	1	1	1	2	3	3					1	5		17
総計	1	4	13	5	36	23	6	5	1	1	12	9	15	131

表 8 環境システムの場の区分の変遷

	その他	河川	河川水際・高水敷	海	海岸	湖沼	山林	都市	農地	総計
年度										
88	1	1	1	1				1		5
89	1						1			2
90				1		1		1		3
91	1		1	1						3
92		3		1		2		1		7
93	1			2		3	1	1		8
94	1	2		1		2				6
95	1	4		1	1	7		2	3	19
96	3	7	2			4		1	3	20
97	2	6	2			2	2	5		19
98	3	7	3		1	3		5		22
99	1	7	1			4		4		17
総計	15	37	10	8	2	28	4	21	6	131

表 9 環境システムの生物の見方の変遷

	指標	バイオアッセイの	道具	バイオアッセイの	バイオモニタリング	環境変化の原因	／受益者	環境変化の被害者	味の対象	生物そのものが興	総計
年度											
88								5			5
89								2			2
90					1			2			3
91			1		1			1			3
92	1							5			7
93					4			4			8
94			1		4			1			6
95			1	3		1		14			19
96	1					8	10		1		20
97						3	12		4		19
98			2		1	2	16		1		22
99								17			17
総計	2	5	15	14		89		6			131

表 10 環境システムの研究目的の変遷

	生物				物理				化学				環境教育	総計
	環境評価	復元・保全・管理手法	実態調査	機構説明	環境評価	復元・保全・管理手法	実態調査	機構説明	環境評価	復元・保全・管理手法	実態調査	機構説明		
年度														
88		2		3										5
89		1		1										2
90		2		1										3
91			1	2										3
92		3	2	1						1				7
93		1	1	1						5				8
94			1							5				6
95		9	3	1					3	2			1	19
96	4	5	2	3	1	1		1	1			1	1	20
97	1	6	4	3		1		2			1		1	19
98	4	2	8	2			1	1	1		1	1	1	22
99	3	6	4	4										17
総計	12	37	26	22	1	2	1	4	5	13	2	2	4	131

6 おわりに

本解析を通じて明らかにしたことを以下にまとめる。

- 「自然生態系研究」と一口にくることは難しい。
- あえて「自然生態系研究」とくった場合、土木学会内では『環境システム研究』、『環境工学論文集』、『河川技術に関する論文集』の少なくとも3誌がほぼ同じウェイトでこのテーマを扱っている。
- 『環境システム研究』は生物についての実態調査、機構解明、復元・保全・管理手法、環境評価手法を種々の生物や場に対してバランスよく扱っているのに対して、『河川技術に関する論文集』は河川に特化した復元・保全・管理手法が強く、『環境工学論文集』は生物そのものへの興味より水質制御など応用面が強い。
- 各誌の守備範囲は、一時は混沌とした様相を示していたが、最近になって上述のように取れんしてきたと思われる。

以上のように、『環境システム研究』は「自然生態系研究」において独自の地位を確立しつつあるといえよう。この意味では、『環境システム研究』で「自然生態系研究」を発表することに対して胸を張ってもよい。ただし、このことがそのまま、「なぜ『環境システム研究』で自然生態系研究が上げられるのか」という当初の疑問に答えていることにはならない。『環境システム研究』にふさわしい「自然生態系研究」とは何か、について、いまだし考えを巡らす必要がある。いやそれ以上に、「自然生態系研究」が複数の論文誌に分散して掲載されている現状を改めなければならないと感じるのは筆者だけだろうか。ここ数年間、年次学術講演会のCS部門では「土木技術と水域生態系」というセッションが持たれている。水理だけ、環境だけではおさまらないものを研究者自身が感じているからだろう。「自然生態系研究」には、従来の枠を越えた取り組みが必要なのである。

補足： どうも釈然としない・・・

ここまで解析してきて、現状認識については一応の結論めいたものも出た。論文提出までの時間もなく、これで筆を置くつもりだったが、どうも釈然としない。『環境システム研究』にふさわしい「自然生態系研究」って、どんなものだろう。そこで、(遅きに失するが、)教科書(「環境システム」共立出版、1998)をひもといてみた。

その1. 4節「環境システムとは何か」で2つのキーワードを見つけた。「環境問題解決へのシステム手法の適用」と「問題を『人間・環境複合系』としてとらえるアプローチ」だ。

つまり、問題解決の方法論、あるいは、問題そのもののとらえかたにこそ、環境システム研究の独自性がある、との解釈である。そこで、この2つのキーワードや、前述の教科書にあらわれるその他のキーワード(システム分析、システムモデル、経済分析、社会システム、ファジー理論、エキスパートシステム、定性モデリング、合意形成手法、コミュニケーション手法、情報公開・交流技法、フィードバック手法、リスク管理、ピオトープ、都市熱環境、地球温暖化、etc.)を念頭に、『環境システム研究』の生態系論文をシステム系かそうでないかに再度分類してみたものが図3である。すべての研究が人間によってなされるものである以上、どの論文もいくぶんかはかならず人間との関連の視点を持っており、分類は主観的なものとならざるを得なかったが、およその傾向はつかめたと思う。他誌の論文もざっと検討したが、システム系に分類されるものは少なかった。

図3によれば、『環境システム研究』の生態系論文の半数あまりは『環境システム研究』で発表される必然性はない、という解釈もなりたつ。この図をどう見るか、それは発表会会場で議論したい。

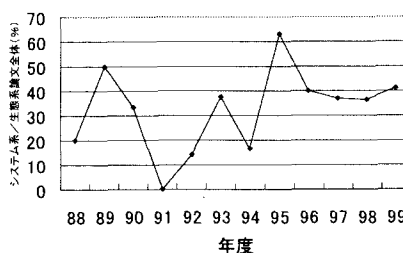


図3 環境システム研究の生態系論文におけるシステム系論文の比率