調査報告

トンレサップ湖の環境と水資源に関する調査報告

調査員 松井三郎*・川口英之**・土井 敦***・松田知成****
 調査期間 1992年9月4日～13日
 調査組織 (財)国際湖沼環境委員会・日本国際民間協力機関

要 旨

カンボジアのトンレサップ湖は、メコン河の支流で雨期には遊水池の役割をはたしている。国の中心に位置して農業、漁業、舟運等の産業の基本を構成する場であるが、長期の戦争で湖周辺の森林、農業等が無秩序に破壊され、湖の沈泥化、富栄養化等の環境悪化が進行して、漁業にも影響している。今回の調査は(1)水質、(2)魚類、(3)森林植生を対象にして、環境と水資源について解析を行ったものである。

(1) 水 質

メコン河とトンレサップ湖の14箇所の水質とシエムリエップ市内井戸水、プノンペン市内水道水各1箇所を調査した。トンレサップ湖は雨期メコン河の流入が、湖の濁質部分の大半を占めている。乾期になれば沈澱により湖の沈泥化の原因となっている。他に直接湖に流入する川からの流入濁質も沈泥化にとって無視できない。どの調査地点でも水質のリンとアンモニア及び硝酸性窒素濃度が高く、条件により容易に植物プランクトン及び水生植物の増殖が可能な富栄養化の状況にある。トンレサップ湖入口部分の浚渫計画については、慎重な配慮が必要である。乾期舟運を行うための水路を浚渫すると、湖心の乾期水深(0.5-0.8m程度)が現在より急速に低下し、魚類の流出と大量死にもつながる。またメコン河とトンレサップ川の合流点に発達した砂州の浚渫計画については、乾期における舟運と魚の回遊を容易にする為とされているが、これも慎重な実施が必要である。発達した砂州はメコン河からト

ンレサップ川に雨期に流入する泥水を避けて、濁度の低い表層水を越流させる壁となっている。その他シエムリエップ市内を流れる川の水質、井戸の水質、プノンペン市内水道の水質結果からは、悪化した水質が飲料水として不適切であり市民の健康に関わると判断され、環境衛生上の問題解決が重要であると指摘される。

(2) 魚 類

今回収集された魚類は、19科69種で、過去のフランス統治時代に調査され発表された文献では47科215種が記載されている。この内記載されていないもの6種が今回見つかった。この様に調査研究の遅れが指摘される。またカンボジアで経済的に有用種9種の減少が指摘されている、その内 *Probarbus jullieni*, *Pangasianodon gigas*, はワシントン条約で国際取引の規制されているもので、確かに減少していると思われる。しかし *Morulius chrysophekadion* は、タイ・ラオス域メコン河では顕著な減少が観察されていない。このようにトンレサップ湖を含むカンボジアの淡水魚について、調査が少ないことに漁業保護対策を考える弱点となっている。メコン河の湿地林と同様に、トンレサップ湖周辺の湿地林は、雨期に仔稚魚の育成場になっていることが、今回採集した仔稚魚から裏付けられた。トンレサップ湖は魚類生産量が大きいことで知られているが、メコン河からの移動によるところが多いと指摘されている。また今回の調査からも湖は産卵場と仔稚魚の育成場としてメコン水系全体においても重要である。トンレサップ湖入口と、メコン河とトンレサップ川の合流点砂州の浚渫計画が上がっているが、実施に当たっては慎重な調査と方法の研究が必要で、魚類の回遊に大きな影響があると考えられる。

(3) 森林植生

今回、次の2点を目的として植生状況について調査

* 京都大学工学部(環境工学)教授 Saburo MATSUI
 ** " 農学部(森林生態学)助手 Hideyuki KAWAGUCHI
 *** 東京水産大学大学院生(熱帯淡水魚分類) Atsushi DOI
 **** 京都大学大学院生(衛生工学) Tomonari MATSUDA

を行った。1) 雨期の魚の生息の場としての湿地植生の状態を把握し、今後の維持管理のための方法を検討する。2) トンレサップ湖周辺の森林あるいは田畑からの土砂の流入・堆積による生態系と水運への影響が指摘されていることから、集水域内の植生の状況と湖への土砂の流入状況を検討する。湿地に生育する湿地林の機能のうち、魚の生息する場の提供と流速の軽減は現在の小規模な湿地林でも十分に役割を果たしていると考えられた。ただ、大径木が林立していた本来の状態に較べれば、現存のものは小さな枝葉が混み合いすぎている状態にあるといえる。魚の生育にとってどのような状態が最も好適であるかは生態学的な方向からさらに検討を必要とする。水温の上昇に関しては、大径木が少ない現在の状態のほうが水面上における葉群の量が少なく、太陽光が水面に達し易いと考えられる。今後の湿地林の維持管理については次の結論が得られた。シエムリエブで実施されている再生林計画で、この中に本来の優占種である高木性常緑樹種が多く混っていた。今後これらの樹種を選択的に残して管理して行けば、自然再生が十分に期待できる。シエムリエブではこれらの常緑樹の種子の散布や苗木の植林が積極的に行われていた。メコン河からの濁水の逆流がトンレサップ湖への泥の供給源として大きな役割を果たしていることは明らかであるが、周辺部（遠方の山岳地

帯を含む）からの土砂の流入量も大きな寄与をしていることは、トンレサップ湖をとりまく湿地植生の幅が背後に控える集水域の大きさにほぼ比例していることから判断できる。湖の西部、中央部の北側、それに湖出口付近の北側で特に湿地植生帯が広いことから明らかである。また、飛行機からの観察で湖のくびれ部分の南部と北部や、湖の出口部分で河川からの新しい土砂の押しだしの様子をはっきりと見てとることができる。周辺の森林植生の変化状況は、大規模な焼き畑による森林の草地化が進行している隣国のタイほどではないという印象を受けたが、湖への土砂の流入量が増加していることは確実であると考ええる。

(4) 結 論

カンボジア復興計画において、メコン河およびトンレサップ湖の水資源利用は最も基本となる。とりわけ農業と漁業が最重要であるが、それらの開発は水質と環境、流域の土地利用と密接に関係している。これらの関係を無視して、個別に復興開発計画をすすめることは「持続的発展」を不可能にする。現在のカンボジアではこれらの関係を無視した無秩序な開発計画が進行しているようで、その問題点を指摘した。とりわけ浚渫計画、漁港計画は環境を配慮しなければ重要な結果を導くことになる。

1. トンレサップ湖とメコン河の水質環境に関する調査

松 井 三 郎・松 田 知 成

1. メコン河とトンレサップ川の水質調査

全体の水質調査地点を示す図-1とプノンベン周辺図-2を示す。地点ごとの、水深、水温、pH、伝導度、濁度（NTU）、濁度（カオリン）、溶存酸素濃度の水質調査結果を表1に示す（ホリバ製による携帯測定器）、表層水については更に磷酸態リン、アンモニア、亜硝酸、硝酸の項目（セントラル科学携帯型富栄養計HC1000による測定）またアルミニウム、2価鉄、珪酸、過マンガン酸COD（バックテストによる簡易測定）を行いまと

めて表2に示す。表1の結果を図-3に示してある。

メコン-トンレサップ水系は雨季と乾季でその様相をがらりと変える。乾季の真最中には、メコン河及びトンレサップ川の水位は約2mで、水流はトンレサップ湖からメコン河に向かって流れているが、雨季には水位が8m以上にもなり、とうとうたる濁流がメコン河からトンレサップ川に逆流する。

地点14メコン河中心点と地点15トンレサップ川中心点の水質調査結果を表1、表2、図-3から考察すると、興味深い結論が引き出せる。雨季の最中にあるメ

図-1 Sampling Stations in Lake Tonle Sap and the Mekong River

図-2 Sampling Stations around Phnomphen

表1 Water Quality of Tonle Sap and its Surrounding Areas (6-11 Sept.1992)

1 ; Tonle Sap River Compon Chhnang, FINE, 14 : 45, 6 Sept. 1992

DEPTH(m)	0.0	0.92	1.84	3.0
TEMP(°C)	29.3	29.3	29.0	
pH	7.12	6.90	7.09	
COND(mS/cm)	0.069	0.07	0.07	
TURB(NTU)	134	136	139	
TURB(KAOLIN)	82	84	86	
DO(mg/ℓ)	5.43	5.36	5.29	

2 ; Tonle Sap River Compon Chhnang, FINE, 15 : 35, 6 Sept. 1992

DEPTH(m)	0.0	0.92	1.84	3.0
TEMP(°C)	28.9	28.9	28.9	
pH	7.15	7.10	7.11	
COND(mS/cm)	0.069	0.069	0.069	
TURB(NTU)	143	144	152	
TURB(KAOLIN)	88	89	94	
DO(mg/ℓ)	5.33	5.49	4.94	

3 ; Sap River mouth to the Great Lake, FINE, 10 : 50, 7 Sept. 1992

DEPTH(m)	0.0	3.0	5.0	6.5
TEMP(°C)	28.8	28.8	28.7	28.7
pH	7.04	6.99	6.92	6.86
COND(mS/cm)	0.07	0.07	0.07	0.07
TURB(NTU)	100	100	101	105
TURB(KAOLIN)	62	62	62	65
DO(mg/ℓ)	4.69	4.78	4.67	4.50

4 ; Compon Luang near the floating station oof fishery, FINE, 12 : 55, 7 Sept. 1992

DEPTH(m)	0.0	2.0	2.5	3.0	3.5
TEMP(°C)	30.4	30.6		29.6	29.5
pH	7.33	7.30		6.74	6.68
COND(mS/cm)	0.087	0.088		0.091	0.089
TURB(NTU)	54	35		33	46
TURB(KAOLIN)	33	22		20	28
DO(mg/ℓ)	6.00	5.19	2.80	0.52	1.87

5 ; Off shore, Compon Luang, FINE after SQUALL, 16 : 15, 7 Sept. 1992

DEPTH(m)	0.0	1.5	3.0	5.0	Bottom>5 m
TEMP(°C)	29.3	29.3	29.3	29.3	
pH	7.21	7.16	7.05	6.82	
COND(mS/cm)	0.081	0.081	0.081	0.081	
TURB(NTU)	70	70	68	68	
TURB(KAOLIN)	43	43	42	42	
DO(mg/ℓ)	5.15	5.20	5.27	5.22	

7 ; Stung Sangke River, Prektoal, FINE, 9 : 20, 10 Sept. 1992

DEPTH(m)	0.0	1.0	1.5	2.0	2.5	2.7	Bottom=3 m
TEMP(°C)	28.9	28.9	28.8	28.8	28.8	28.8	

pH	8.11	8.00	7.80	7.60	7.60	7.56
COND(mS/cm)	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121
TURB(NTU)	40	39	44	41	46	45
TURB(KAOLIN)	25	24	27	25	28	28
DO(mg/ℓ)	6.01	6.02	5.83	5.76	5.33	5.43

8 ; Stung Kambot River 3 Km upstream from the mouth
(flow exists in rain season only), FINE, 10 : 30, 10 Sept. 1992

DEPTH(m)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	4.5	5.0
TEMP(°C)	29.8	29.4	29.1	29.1	29.0	29.0	29.0
pH	8.70	8.40	7.90	7.90	7.80	7.90	8.02
COND(mS/cm)	0.125	0.127	0.126	0.126	0.125	0.125	0.125
TURB(NTU)	57	23	30	28	35	40	40
TURB(KAOLIN)	35	14	18	17	22	25	25
DO(mg/ℓ)	7.65	5.33	6.10	5.96	6.74	6.32	6.57

9 ; West to the mouth of Siem River, FINE, 12 : 00, 10 Sept. 1992

DEPTH(m)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	5.5
TEMP(°C)	30.4	29.9	29.5	29.3	29.2	29.1	29.1
pH	8.60	8.23	8.14	7.95	7.92	7.83	7.60
COND(mS/cm)	0.123	0.123	0.123	0.122	0.121	0.120	0.142
TURB(NTU)	60	58	63	73	80	90	100
TURB(KAOLIN)	37	36	39	45	49	55	62
DO(mg/ℓ)	8.82	8.62	7.72	7.34	7.16	7.14	7.11

10 ; The mouth of Siem Reap River, FINE, 13 : 50, 10 Sept. 1992

DEPTH(m)	0.0	1.0	1.5	2.0	2.5
TEMP(°C)	31.4	29.9	29.6	29.4	29.2
pH	6.70	6.40	6.14	6.17	6.09
COND(mS/cm)	0.098	0.097	0.098	0.099	0.101
TURB(NTU)	42	20	18	19	21
TURB(KAOLIN)	26	12	11	12	13
DO(mg/ℓ)	3.98	0.99	0.43	0.31	0.16

11 ; The mouth of Siem Reap River, FINE, 14 : 10, 10 Sept. 1992

DEPTH(m)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
TEMP(°C)	30.9	30.0	29.6	29.5	29.3	29.1	29.0
pH	6.88	6.87	6.80	6.40	6.26	6.31	6.31
COND(mS/cm)	0.119	0.116	0.114	0.113	0.115	0.118	0.118
TURB(NTU)	20	13	15	18	11	11	14
TURB(KAOLIN)	12	8	9	11	7	7	9
DO(mg/ℓ)	4.39	2.52	1.49	0.63	0.54	0.55	0.47

12 ; 8 Km off shore from the mouth of Siem Reap River, FINE, 15 : 00, 10 Sept. 1992

DEPTH(m)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
TEMP(°C)	30.7	30.5	30.3	29.4	29.2	29.1	29.1
pH	7.70	7.62	7.50	7.41	7.40	7.37	7.38
COND(mS/cm)	0.096	0.095	0.095	0.094	0.094	0.094	0.095
TURB(NTU)	126	120	130	120	125	135	133
TURB(KAOLIN)	78	74	80	74	77	83	82
DO(mg/ℓ)	7.54	7.06	7.01	7.01	6.96	6.94	7.01

13 ; Siem Riap River, The stone Briage by Damna Temple, FINE, 16 : 48, 10 Sept. 1992

DEPTH(m)	0.0	1.0
TEMP(°C)	29.6	29.6
pH	5.40	5.01
COND(mS/cm)	0.02	0.019
TURB(NTU)	36	37
TURB(KAOLIN)	22	23
DO(mg/ℓ)	5.99	6.07

14 ; Mekong River, upstream Cambodiana Hotell, FINE, 11 : 20, 11 Sept. 1992 Bottom > 8 m

DEPTH(m)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
TEMP(°C)	29.4	29.4	29.3	29.3	29.3	29.3	29.3	29.3	29.3
pH	7.50	6.94	6.91	6.93	6.97	6.99	6.96	6.93	6.90
COND(mS/cm)	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.084
TURB(NTU)	155	170	200	200	200	200	205	220	210
TURB(KAOLIN)	95	105	123	123	123	123	126	135	129
DO(mg/ℓ)	6.05	6.27	6.19	6.20	6.17	6.21	6.23	6.52	6.44

15 ; Tonle Sap River, Japan Bridge, FINE, 11 : 47, 11 Sept. 1992 Bottom > 8 m

DEPTH(m)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
TEMP(°C)	29.4	29.4	29.3	29.3	29.2	29.2	29.2	29.2	29.2
pH	7.47	7.36	7.25	6.96	6.96	6.89	6.91	6.92	6.92
COND(mS/cm)	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084
TURB(NTU)	140	138	140	146	147	146	160	149	148
TURB(KAOLIN)	86	85	86	90	90	90	98	92	91
DO(mg/ℓ)	6.44	6.39	6.37	6.30	6.43	6.39	6.42	6.46	6.35

表2 Water Quality of Tonle Sap and its Surrounding areas (6~11 Sept. 1992)

POINT	DATE	TIME	WEATHER	TEMP.	pH	COND.	TURB.	TURB.	DO	PO ₄ ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Al	Fe ³⁺	SiO ₂	COD
	Sept.			(°C)		(mS/cm)	(NTU)	(KAOLIN)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)
1	6	14:45	FINE	29.3	7.12	0.069	134	82	5.43	0.03	0.06	0.009	0.13	0.5	<0.2	3	7
2	6	15:35	FINE	28.9	7.15	0.069	143	88	5.33	0.03	0.09	0.008	0.16	0.4	<0.2	2	7
3	7	10:50	FINE	28.8	7.04	0.070	100	62	4.69	0.08	0.05	0.009	0.11	0.4	<0.2	3	20
4	7	12:55	FINE	30.4	7.33	0.087	54	33	6.00	0.30	0.05	0.009	0.07	0.35	<0.2	4	6
5	7	16:15	AFTER SQUALL	29.3	7.21	0.081	70	43	5.14	0.04	0.08	0.011	0.11	0.4	<0.2	3	3
6	9	11:30	FINE	30.9	7.62	0.020	63	39	6.81	3.15	0.42	0.008	0.02	0.4	<0.2	<2	18
7	10	9:20	FINE	28.9	8.11	0.121	40	25	6.04	1.20	0.04	0.005	0.03	0.4	<0.2	<2	7
8	10	10:30	FINE	29.8	8.70	0.125	57	35	7.65	0.04	0.03	0.005	0.02	0.4	<0.2	<2	6
9	10	12:00	FINE	30.4	8.60	0.123	60	37	8.82	0.05	0.04	0.011	0.05	0.4	<0.2	<2	10
10	10	13:50	FINE	31.4	6.70	0.098	42	26	3.98	0.03	0.09	0.006	0.04	0.4	<0.2	7	20
11	10	14:10	FINE	30.9	6.88	0.119	20	12	4.39								
12	10	15:00	FINE	30.7	7.70	0.096	126	78	7.54	0.10	0.16	0.007	0.22	0.4	<0.2	3	20
13	10	16:48	FINE	29.6	5.40	0.020	36	22	5.98	0.64	0.23	0.008	0.04	0.2	<0.2	12	30
14	11	11:20	FINE	29.4	7.50	0.083	155	95	6.05	0.77	0.01	0.009	0.18	0.4	<0.2	5	13
15	11	11:47	FINE	29.4	7.47	0.084	140	86	6.44	1.08	0.13	0.010	0.16	0.4	<0.2	5	15
16	11	6:30	FINE	28.2	6.45	0.712	3.5	2	2.38	0.28	0.01	0.028	5.95	0.4	<0.2	10	3
17	11	16:00	FINE	27.9	7.54	0.137	17	10	7.50	3.30	0.08	0.011	0.20	0.4	<0.2	10	2

図-3 Water Quality of Tonle Sap and its Surrounding areas (6-11 Sept. 1992)

コン河からトンレサップ川に逆流する状態が見られるが、合流点に砂州が発達して乾季水深が低下したとき、砂州が壁となって舟運と魚の回遊の妨げとなるので、浚渫の要望が出されている。今回の水深方向の濁度測定から、メコン河は水深が2 m以上深くなると高い濃度の濁度流が存在し、表層の部分が合流点で砂州の上を越流してサップ川となっている。即ちサップ川の全水深濁度とメコン河の表層濁度が一致している。このことは、砂州の浚渫方法を工夫すれば、サップ川に逆流する濁度を低下することができ、ひいては、トンレサップ湖に流入する濁度を軽減できる可能性がある。

メコン河の水質が基本となってサップ川、トンレサップ湖の水質を構成しているが、メコン河の水質からして既に富栄養化の傾向がみられる。地点14におけるアンモニア性、亜硝酸性、硝酸性窒素の濃度は、それぞれ琵琶湖南湖の年平均値の約0.2倍、3倍、1.5倍と高く、磷酸イオン濃度に至っては琵琶湖南湖の約128倍である。CODは琵琶湖南湖の約3倍、霞ヶ浦の約1.3倍である。サップ川に入って地点15の水質をみると、地点14の水質とほぼ同じであるが、アンモニア性窒素濃度と磷酸イオン濃度がそれぞれ上昇している。これはプノンペン市内の排水の影響と考えられる。北に上がってコンボンチュナム近辺になると（地点1，2），磷酸イオン濃度，アンモニア性窒素濃度ともに減少していたが、それでも磷酸イオンは琵琶湖南湖の5倍，アンモニア性窒素は1～1.8倍であった。さらに北の河口部（地点3）でもほぼ同様の水質が得られ

た。このことから、雨季のトンレサップ湖にはメコン河由来の濁質（粘土質）及び栄養塩類が大量に流入していることがわかる。

2. トンレサップ湖の水質

トンレサップ湖南部のコンボンルアン周辺（地点4, 5）、及び北部のシエムリエップ市沖（地点9, 12）で調査した結果、南部と北部の水質にはそれほど大きな差は見られず、ともに富栄養の状態にあることがわかった。琵琶湖南湖と比較すると、無機態窒素濃度はほぼ同等で、磷酸イオン濃度はトンレサップ湖の方がひとけた高かった。

トンレサップ湖に入ると、流入河川がもたらす大量の土砂が一部沈澱し、若干水に透明感が出て来る。そのため水中への太陽光の透過が容易になり、植物プランクトンの光合成が活発になり、湖水は緑色を帯びている。さらに光合成のため、水中の二酸化炭素が消費され、酸素が放出されるので、pH及び溶存酸素濃度が上昇する。豊富な栄養塩、熱帯の高い気温と強烈な太陽光など、トンレサップ湖には植物プランクトンや水生植物の生育に必要な条件がすべて整っている。仮にトンレサップ湖から濁質成分を大幅に除去したとすると、この湖はたちまちのうちに植物プランクトンで埋めつくされてしまうだろう。現に乾季では、雨季とは逆に湖から大量の濁質が流出するため濁度が下がり、植物プランクトンの大発生が観察されているという。これらのことから非常に重要な結論が得られる。すなわち雨季に河川からトンレサップ湖に流入する大量の濁質は、湖の沈泥化という問題を引き起こす一方で、植物プランクトンの大増殖を防ぎ、湖の生態系を維持するという役割を果たしているのである。乾季舟運を行うためにトンレサップ湖入口部分の浚渫の要望が出されているが、これには慎重な配慮が必要である。舟運のこのことを考えて水路を深く掘り過ぎると、湖の乾季水深（0.5～0.8m程度）が現在より急速に低下し、周辺の重要産業資源である魚類の流出や場合によっては水深低下にともなう魚の大量死にもつながるからである。

3. Stung Sangke川及びStung Kambot川の水質

Stung Sangke川及びStung Kambot川は、トンレサップ湖に流入する支流の1つである。Stung Sangke川とStung Kambot川は、雨季には上流で合流しているが、乾季にはStung Kambot川の方はほとんど

干上がってしまうということである。これらの川の上流でボルボト派が資金源として宝石を大規模に採掘していることから、採掘による土砂流入の湖に与える影響が懸念されていたため、Stung Sangke川河口より3km上流（地点7）及びStung Kambot川河口より3km上流（地点8）の水質を調査した。

その結果、濁度、無機態窒素濃度、アルミニウム、2価鉄、シリカ、CODなどの調査項目ではこの調査期間トンレサップ湖の水質と変わる所はなく、採掘の湖水質に与える影響を指摘することはできなかった。ただし、地点7で高い磷酸イオン濃度が観測されており、採掘によって岩石中の無機態リンが流出している可能性があるということを指摘するにとどめておく。地点7、地点8の観測時刻が真昼の日射のきつい時刻であったため、植物プランクトンが活発な光合成を行っていた。pH、溶存酸素のデータがその事を示している。水の色は濃い緑色であった。

4. シエムリエップ地域の水質

シエムリエップ川はシエムリエップ市内を流れてトンレサップ湖に注ぐ。市内のほとんどの人はこの川で水浴びや洗濯をする。河口付近ではさらにトイレ、調理、飲料用など、ほとんどあらゆる用途に使用されている。この川の水質を、河口付近（地点10, 11）と市内ダムナ寺院の石橋付近（地点13）でそれぞれ調査した。河口付近の水質はかなり悪く、CODが高く、水は黒色を呈しており、水深2mでの溶存酸素濃度はほとんど0であった。これは、周囲の住民の排泄物や食べかすなどの有機物が、湖底で腐敗しているためであると考えられる。シエムリエップ市内の地点13では、COD、アンモニア性窒素、珪酸などの調査項目で高い値を示した。またpH 5という顕著な酸性を示した。なぜこの様な低いpHが得られたのか断定することはできないが、白石芳一氏による1965年の調査でもほぼ同様の値が得られており、人為的原因よりも地質学的原因と考えられる。硝酸イオンの濃度が低いことから、おそらくはこの地方の岩石中に含まれる硫酸イオンが原因ではないかと考えられる。

シエムリエップ市を北に行くと有名なアンコールワットがあるが、その西方のバライという所に、クメール王朝（11～12世紀）が建造した巨大な人工貯水池がある。この貯水池は南北2km、東西8kmの広さを持ち、水量は4～5千万トンと推定されている。貯水池の水は南方の水田に利用されており、この地方だけは2期

作が可能であると言う。この貯水池の表層水の水質を調べたところ（地点6）、磷酸イオンとアンモニア性窒素濃度が異常に高いのが検出された。この貯水池の水を使ってシエムリエップに淡水漁業試験場を建設する計画があるが、実施に当たってアンモニアの魚類に与える影響を十分考慮する必要があるだろう。

我々が宿泊したシエムリエップ市内の漁業省のゲストハウスの庭に井戸があり、近所の人々が水をくみにきていた（地点16）。井戸水の水質を調べたところ硝酸イオン濃度が異常に高いことが観察された。浅井戸であることから地表の農業肥料や住民のし尿由来の窒素と推定されるが、この原因の解明にはさらなる調査が必要である。硝酸態窒素の濃度が高いので、乳児に対する危険性があり、またこの地域の人々は、非常に多くの魚を食べるので、魚のタンパク質由来のアミノ酸が、硝酸と反応すると、強力な変異原物質ニトロソアミン類が生成される。従って、この地域の発がんリスクは他の地域に比べて高いことが懸念される。

5. プノンペン水道水質

プノンペン市内の我々が宿泊した MITTAPHEAP ホテルの水道水の水質を調査した（地点17）。日本の水道水質基準と比較すると、亜硝酸、硝酸性窒素、COD、pHなどの項目ではまったく問題はなかった。ただし濁度が日本の基準値である2を超えていたことと、水質基準にはないが、磷酸イオン濃度が異常に高いことが観測され、調査できなかった細菌等の安全性については、処理水準からみて市民の健康に対する影響が懸念される。

6. 結 論

(1) トンレサップ湖の沈泥化を防止することは大変困難であると考えられる。湖全体の浚渫は実行不可能で、部分的浚渫計画としてトンレサップ湖入水路が考えられている。これも実行次第で乾季に湖からの水の流出を促進することになり、結果として魚類資源を失うことにもなる。計画を行うには魚類の専門家を含む綿密な事前調査が必要である。

(2) メコン河およびトンレサップ湖の窒素、リンの濃度が高く、条件により植物プランクトンの増殖（赤潮、アオコ発生）が急速に進むことが判断される。

(3) カンボジア国民にとって安全な飲料水確保が、人間的な生活を営む基本である。トンレサップ湖の乾季水質は、周辺住民や、水上生活者にとって極めて重要であるが、この問題解決に調査研究が必要であり、対策に資金も必要である。

(4) 山岳部の森林保護とトンレサップ湖周辺の植生保護を行い、土砂や粘土質の流入を防ぐことが沈泥化を防止する基本である。これは流域管理の基本である。その意味で、カンボジア復興計画は、メコン河およびトンレサップ湖の水質源、漁業資源、農業利用の長期計画を持つ必要がある。復興計画の調整がされないまま、水質源利用の個別計画を進めることは、後で環境全体を破壊することになる。農業、漁業部門が調整なしに復興計画をすすめることは特に危険である。

最後に、今回の調査は、日本国際民間協力機関と（財）国際湖沼環境委員会が協力して行った事を記しておく。

参 考 文 献

白石芳一「カンボジアの水産事情」報告書、1965年

2.Tonle Sap 水域の魚類相

土 井 敦

は じ め に

（財）国際湖沼環境委員会、日本国際民間協力機関共同プロジェクト：カンボジア トンレサップ湖環境調査

の一環として、トンレサップ川とトンレサップ湖及び雨期に生じる氾濫原の魚類相の調査を行い、この水域の魚類生産性、将来についての若干の考察を行った。

1. 調査時期及び調査地点

1992年

- 9月6日 Kampong Chunang の南東約 5 km の
Tonle Sap 川の氾濫原 : St. A
Kampong Chunang の Tonle Sap 川
の氾濫原 : St. B
- 9月7日 Kampong Chunang の北西約 8 km の
Tonle Sap 川の氾濫原 : St. C
Tonle Sap 湖, Kampong Luang : St. D
- 9月8日 Tonle Sap 湖, Chhhuk Tru : St. E
Phnum Penh の北西約10km の Tonle
Sap 川 : St. F
- 9月9日 Barai 貯水池に接続する用水路, Siem
Reap : St. G
- 9月10日 Siem Reap の Tonle Sap 湖の氾濫原 :
St. H
Siem Reap の市場 : St. I

2. 調査の方法

魚類採集に当たっては、河及び湖で漁（刺し網、抄い籠）を行っている漁場、市場での購入と、氾濫原でのスクープネットでの採集により行った。

採集した魚類は10%希釈ホルマリンで固定し、日本に持ち帰ったのち、同定を行った。

3. 調査の結果

本調査の期間中に採集された魚類は19科69種であった（表1）。標本の同定は Fowler (1937), Smith (1945), Kottelat (1985 a, 1985 b, 1989, 1990), Roberts (1986, 1989, 1992), Rainboth and Kottelat (1987), Vittayanon and Kottelat (1990) に従って行った。

表1 採集魚種目録

科	種名	採集地
ENGRAULIDIDAE (カタクチイワシ科)		
	<i>Coilia lindmani</i>	D, H
	<i>Setipinna melanochir</i>	E, H
CYPRINIDAE (コイ科)		
	<i>Alublichthys albuloides</i>	E, F
	<i>Amblypharyngodon chulabhornae</i>	G
	<i>Cirrhinus jullieni</i>	E, H
	<i>Cirrhinus microlepis</i>	F
	<i>Cosmochilus harmandi</i>	D
	<i>Crossocheilus reticulatus</i>	F
	<i>Cyclocheilichthys apogon</i>	D, E, H
	<i>Cyclocheilichthys enoplos</i>	H
	<i>Cyclocheilichthys heteronema</i>	H

<i>Epalzeorhynchus erythrurus</i>	D
<i>Esomus goddardi</i>	G
<i>Labiobarbus cuvieri</i>	E
<i>Labiobarbus lineatus</i>	D, H
<i>Letobarbus hoeveni</i>	B
<i>Lobocheilos sp.</i>	C
<i>Luciosoma bleekeri</i>	F
<i>Macrochirichthys macrochirus</i>	F
<i>Morulus chrysophekadion</i>	F
<i>Osteochilus hasselti</i>	D, E
<i>Osteochilus melamopleura</i>	F
<i>Osteochilus microcephalus</i>	H
<i>Parachela oxygastroides</i>	C
<i>Parachela siamensis</i>	G
<i>Paralabuca typus</i>	B, D, H
<i>Puntius proctozysron</i>	E
<i>Puntius brevis</i>	E
<i>Puntius gonionothus</i>	F, G, H
<i>Puntius partipentazona</i>	G
<i>Rasbora borapetensis</i>	B
<i>Rasbora retorodorsalis</i>	A
<i>Rasbora sp. 1</i>	B
<i>Rasbora sp. 2</i>	B
<i>Rasbora sp. 3</i>	E
<i>Sikukia stejnegeri</i>	H
BALITORIDAE	
<i>Botia beauforti</i>	F
<i>Botia modesta</i>	F
<i>Tuberoschistura baenzigeri</i>	G
COBITIDAE (ドジョウ科)	
<i>Acantopsis dialuzona</i>	I
BAGRIDAE (ギギ科)	
<i>Leiocassis siamensis</i>	I
<i>Mystus multiradiatus</i>	H
<i>Mystus mysticetus</i>	D
<i>Mystus rhegma</i>	E, H
<i>Mystus numrus</i>	D
<i>Mystus sp.</i>	G
SILURIDAE (ナマズ科)	
<i>Belodontichthys dinema</i>	F
<i>Ompok hypophthalmus</i>	D
PANGASIIDAE	
<i>Pangasias sutchi</i>	D
CLARIIDAE (ヒレナマズ科)	
<i>Clarias macrocephalus</i>	E
HEMIRHAMPHIDAE (サヨリ科)	
<i>Dermogenys pusillus</i>	C
BELONIDAE (ダツ科)	
<i>Xenentodon cancila</i>	F, G
<i>Xenentodon sp.</i>	C
AMBASSIDAE (タカサゴイシモチ科)	
<i>Chanda siamensis</i>	E
<i>Chanda wolffi</i>	H
<i>Chanda sp.</i>	G
TOXOTIDAE (テッポウオ科)	
<i>Toxotes microlepis</i>	I
PRISTOEPIDAE	
<i>Pristolepis fasciata</i>	E, G
ELEOTRIDIDAE (カワアナゴ科)	
<i>Oxyeleotris marmoratus</i>	G
ANABANTIDAE	
<i>Anabas testudineus</i>	E, F, G
BELONTIIDAE (トウギョ科)	
<i>Trichogaster pectoralis</i>	A
<i>Trichogaster microlepis</i>	C, E
<i>Trichogaster trichopterus</i>	A, C
<i>Trichopsis pumila</i>	B
<i>Trichopsis vittata</i>	G
CHANNIDAE (タイワンドジョウ科)	
<i>Channa striata</i>	A, F, G
MASTACEMBELIDAE	
<i>Macrornathus siamensis</i>	G
<i>Mastacembelus armatus</i>	A
TETRAODONTIDAE (フグ科)	
<i>Tetraodon sp.</i>	C, I

4. 考 察

A. 魚類相

カンボジアの淡水魚相については、フランス統治時代インドシナ海洋研究所の魚類学者によって行われた一連の研究 (Chabanaund, 1926; Chevey, 1932 a, b, 1936; Durand, 1940; Chevey and Le Poulain, 1949 など) と既往の採集標本 (1960-1964年に F.d' Aubenton により採集されたもの) と文献に基づく Kottelat (1985 b) のチェックリストがあるのみで、組織だった現地調査は太平洋戦争後は行われていない。

上記の Kottelat (1985 b) によれば、カンボジアからはこれまでに47科215種の淡水魚が報告されている。しかし、今回のごく短時間の調査においてすら、これまでに報告がなかった6種 (*Cyclo-cheilichthys heteronema*, *Esomus goddari*, *Rasbora retorodors-alis*, *Tuberoschistura baenzigeri*, *Mystus rhegma*) が採集されており、この水域の魚類相研究の貧弱性を物語っている。

トンレサップ湖周辺では、近年有用魚種が減少しているといわれている (表2, Chrang Cham 水産試験場長 Khath Sohkorn 氏による)。

これら魚種のうち, *Probarbus jullieni*, *Pangasianodon gigas*, *Datonioides microlepis* は隣国タイのメコン水域でも個体群の減少が認められており、前2種はワシントン条約で、また後1種はタイ国内法で国際取引が厳密に規制されていることから、トンレサップ水域でも確かに減少しているものと思われる。しかし、他種、例えば *Morulius chrysophekadion* などは、タイ・ラオス域メコンでは顕著な減少は観察されていない。いずれにせよ、減少を裏付ける具体的なデータはない。この様に、トンレサップ水域を含む

カンボジアの淡水魚類については調査研究が大幅に立ち後れている。今後この水域の淡水魚類資源の保護、利用方策を考究するための基礎資料を得るため、魚類相とその生態についての調査研究することが急務と考えられる。

B. トンレサップ水域の魚類生産性

東南アジアの陸水の特徴は、河川に沿って氾濫原と呼ばれる広大な後背地が存在することである。氾濫原とは、乾季には乾出しているが雨季の増水期には浸水する範囲をさす。浸水時の氾濫原では、底土からの栄養塩類を受けて水体の第1次生産力が増大し、そこに河川から仔稚魚が大量に移動して、浸水林の土壌の栄養分によって繁殖したプランクトンを餌として生育する。つまり、氾濫原は仔稚魚の重要な育成場であり、河川の高魚類生産性を維持しているわけである。(Taki, 1978)。

トンレサップ湖では、乾季に乾出し雨季に浸水する湖周の湿地林地帯 (浸水林, forests inondees) が上述の氾濫原と同じ働きをしている。浸地林がメコン河産の魚類の重要な産卵場所となり仔稚魚の育成場となっており、この水域の魚類生産を支えていることは、すでに Chevey (1936) が力説している通りである。今回の採集でも、稚魚は湿地林中の地点 (St. A, B, C) のみで採集されており (表3)、このことを裏付けている。

従来、トンレサップ湖は単位面積あたりの魚類生産量が大きいことでも知られてきた。この高生産性は、メコンから湖内に移動する河川魚群によってもたされるものであり、他方、付近のメコン水系の魚類資源量は、産卵場・育成場としてのトンレサップ湖によって維持されるわけである。

C. トンレサップ湖の将来

近年、メコン・トンレサップ両河の合流点およびトンレサップ川への土砂の堆積によって、メコン河からトンレサップ湖へ進入すべき稚魚がメコン・バサック

表2 Tonle Sap 水域で減少した魚種

科	種名
CLUPEIDAE	<i>Tenualosa thibuaudeaudi</i>
CYPRINIDAE	<i>Leptobarbus howeni</i> <i>Mekonginia reythropsila</i> <i>Morulius chrysophekadion</i> <i>Probarbus jullieni</i> <i>Puntioplites bulu</i>
PANGASHIDAE	<i>Pangasianodon gigas</i>
SISORIDAE	<i>Bagarius sp.</i>
LOBOTIDAE	<i>Datonioides microlepis</i>

表3 採集稚魚目録

科	種名	採集地
Cyprinidae (コイ科)		
	<i>Letobarbus hoeberi</i>	B
	<i>Lobocheilos sp.</i>	C
BELONIDAE (ダツ科)		
	<i>Xenentodon sp.</i>	C
CHANNIDAE (タイワンドジョウ科)		
	<i>Channa striata</i>	A
TETRAODONTIDAE (フグ科)		
	<i>Tetraodon sp.</i>	C

河に流下していることが推測され、河川の浚渫が要望されている。(農林副大臣 Mok Mateth 氏による)。もしこれが事実とすれば、適切な浚渫によってトンレサップ・メコン両水域の魚類生産性を増大させることができる。

ただし、浚渫計画の立案に当たっては、魚類生態についての綿密な調査を必要とする。メコン・トンレサップ間の魚類の移動は、季節によって逆転するトンレサップ川の流向と密接に関係しており、産卵期・仔稚魚出現期と流向の関係が解明されなければ、浚渫が逆効果をもたらす恐れがあるからである。

これまで述べてきたように、カンボジアの魚類調査はきわめて立ち後れている。短兵急な工事着工をすることなく、まずは必要な基礎的魚類生態調査を行うことが、真の国際協力の道であると確信する。

謝 辞

まとめるにあたって、種々の助言を賜った東京水産大学 多紀保彦教授に感謝する。

引 用 文 献

- Chabanaud, P., 1926. Inventaire de la faune ichthyologique de l'Indochine. Première liste. Notes Serv. ocean. Pêches Indoch., Nhatrang 1 : 26 pp.
- Chevey, P., 1932a. Poissons des campagnes du 'De Lanessan' (1925-1929). Mem. Inst. oceanogr. Indochine 4 : 155 pp.
- Chevey, P., 1932 b. Inventaire de la faune ichthyologique de l'Indochine. Notes Serv. oceanogr. Indochine 19 : 31 pp.
- Chevey, P., 1936. Le Grand Lac du Cambodge. Les causes profondes de sa richesse ichthyologique. Notes Inst. oceanogr. Indochine 29 : 39-49
- Chevey, P. and F. le Poulain, 1940. La pêche dans les eaux douces du Cambodge. Trav. Inst. Oceanogr. Indochine, em. : 193 pp.
- Durand, J., 1940. Notes sur quelques poissons d'espèces nouvelles ou peu connues des eaux douces cambodgiennes. Notes Inst. oceanogr. Indochine 36 : 40 pp.
- Fowler, H.W., 1937. Zoological results of the Thrd de Schauensee Siamese Expedition. Part VI. Fishes obtained in 1934. Proc. Acad. nat. Sci. Philad. 89 : 125-264.
- Kottelat, M., 1985 a. Notulae ichthyologiae orientalis. V. A synopsis of the oriental cyprinid genus *Sikukia*. VI. Status of the Kampuchea cyprinid *Albulichthys krempfi*. Rev. Suisse Zool., 91 (1984 [1985]) : 953-958.
- Kottelat, M., 1985 b. Fresh-water fishes of Kampuchea. A provisory annotated check-list. Hydrobiologia, 121 : 249-279.
- Kottelat, M., 1989. Zoogeography of the fishes from Indo-chinese inland waters with an annotated check-list. Bull. Zool. Mus., 12(1) : 1-54.
- Kottelat, M., 1990. Indochinese nemacheilines : a revision of nemachiline loaches (pisces : cypriniformes) of Thailand, Burma, Laos, Cambodia and southern Viet Nam. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, Munchen, 262 pp.
- Rainboth, W. J. and M. Kottelat, 1987. *Rasbora spilocerca*, a new cyprinid from the Mekong River. Copeia, 1987 : 417-423.
- Roberts, T. R., 1986. Systematic review of the Mastacembelidae or spiny eels of Burma and Thailand, with description of two new species of *Macrogynathus*. Jap. J. Ichthyol., 33 : 95-109.
- Roberts, T. R., 1989. The freshwater fishes of western Borneo (Kalimantan Barat, Indonesia). Mem. Cal. Acad. Sci., 14 : xii-210.
- Roberts, T. R., 1992. Revision of the striped catfishes of Thailand misidentified as *Mystus vittatus*, with description of two new species (Pisces : Bagridae). Ichthyol. Explor. Freshwaters, 3(1) : 77-88.
- Smith, H. M., 1945. The Freshwater Fishes of Siam. or Thailand. Bull. U. S. natn. Mus. 188 : xii + 622 pp.
- Taki, Y., 1978. An analytical study of the fish fauna of the Mekong Basin as a biological production system in nature. Res. Inst. Evol. Biol. Spec. Publ., No. 1 : i + 77.
- Vittayanon, C. and M. Kottelat, 1990. *Amblypharyngodon chulabhornae* sp. nov., a new cyprinid fish from Thailand and Kampuchea, Nat. Hist. Bull. Siam Soc. 38 : 45-57.

3. トンレサップ湖周辺の植生状況

川 口 英 之

カンボジアを西から東に横切るトンレサップ川は、北部と西部タイ国境および南部山地を分水嶺とし、メコン河以西のカンボジアの海岸部を除くほとんどの部

分の降水を集めてメコン河に注ぐ。その中央部に位置するトンレサップ湖は、雨季にはメコン河の遊水池となり、増水したメコン河の濁流がプノンペン東方の合

流部分からトンレサップ川を逆流し、湖面面積は乾季の5倍にも増加する。このため、湖をとりまく周辺には、1年のうち雨季の一定の期間水没あるいは滞水する特異な植生が見られる。この湿地植生は、湖に住む魚にとって生息や産卵のための場として重要な役割を果たしているが、近年、水田化の失敗や燃料採取などによる荒廃が指摘されている。また、周辺の丘陵や山地の森林における伐採は、土壌の浸食を促進し湖への土砂の流入量を増大させている。今回、次の2点を目的としてトンレサップ湖をとりまく植生状況について調査を行った。1) カンボジア国民にとって重要なタンパク源である魚の生息の場としての湿地植生の状態を把握し、今後の維持管理のための方法を検討する。

2) トンレサップ湖周辺の森林あるいは田畑からの土砂の流入・堆積による生態系と水運への影響が指摘されていることから、集水域内の植生の状況と湖への土砂の流入状況を検討する。調査は、コンボンチュナムからコンボンルアン周辺とシエムリエブ周辺での小舟による湿地植生の観察、チェノクトルーからコンボンチュナムまでの国道5号線ぞいとシエムリエブ周辺での車による植生と土地利用の観察、およびバンコク、プノンペン、シエムリエブ間の飛行機による空からの観察によった。また、現地の研究者からの情報および土地利用図等の文献による検討も行った。

トンレサップ川集水域の植生帯を大別すると、湖の増水の及ぶ範囲の湿地林やヨシ原などの湿地性の植生帯、そのまわりの水田帯、さらにそのまわりを取り囲む丘陵・山地に発達する森林帯に分けることができる(図-1)。湿地性の植生帯は本来、Rang (*Barringtonia* sp.), Phtol (*Memecylon* sp.), Trosなどの常緑樹種を主体とした樹高8 m程度の常緑樹林が発達し、その前部や乾期にも水のある低い部分にヨシ原が入り込んだ状態であったと考えられる。しかし現在では、広い面積に常緑樹の大径木が残っているところは少なく、まばらにあるいは列状に大径木が残存している程度のところがほとんどである。これらの大径木のあいだを、背の低い再生林がうめている。図-2にシエムリエブとコンボンルアンにおける植生の断面図を示す。シエムリエブでは湖の中央に最も近い部分でRangの大径木が残されていたが、コンボンルアンでは大径木はほとんど残っていなかった。また、コンボンルアンではヨシ原の発達が顕著であったがシエムリエブではあまり見られなかった。どちらの地域でも、増水の影響がかるうじて及ぶところから水田地帯にか

図-1 トンレサップ川集水域の植生の概略。横線、縦線、点を施した部分はそれぞれ、増水の影響を受ける湿地林と湿原、水田、森林を表す。メコン委員会作成の土地利用図(1991)をもとに描く。

図-2 コンボンルアンとシエムリエブにおける植生の断面図。

けての部分は植生の状態が貧弱で、わい性のとげ落葉樹とイネ科の草本がわずかに存在する程度であった。

湿地林の機能として、1) 魚のすみ場所・かくれ場所・産卵場所を提供する、2) 太陽光をさえぎり水温の上昇を防止する、3) 流速を軽減し魚の休息の場を提供すると共に土砂の沈降を促進することなどがあげられる。湿地林の持つこれらの機能のうち、魚の生息する場の提供と流速の軽減は現在の小規模な湿地林でも十分に役割を果たしていると考えられた。ただ、大径木が林立していた本来の状態に較べれば、小さな枝葉が混み合いすぎている状態にあるといえる。魚の生育にとってどのような状態が最も好適であるかは生態学的な方向からさらに検討を必要とする。水温の上昇に関しては、大径木が少ない現在の状態のほうが水面上における葉群の量が少なく、太陽光が水面に達し易いと考えられる。

今後の湿地林の維持管理について検討する。シエム

リエプでは、再生林のなかに本来の優占種である高木性常緑樹種が多く混じていた。今後これらの樹種を選択的に残して管理してゆけば、自然再生が十分に期待できる。シエムリエプではこれらの常緑樹の種子の散布や苗木の植林が積極的に行われていた。しかし、コンボンルアン周辺では、残存している常緑樹の大径木が少なく、更新している樹種も落葉樹のほうが多かった。このような高木性常緑種の母樹が少なくそのままでは稚樹の更新が望めないところでは、種子の散布や稚樹の植林により積極的に更新を進める努力が必要である。また、水田地帯までの間にみられる荒廃地は、年間を通じて最も水分条件の厳しく、再森林化が最もむずかしい部分と考えられるが、安易に急生長樹種による造林を行ったりせず、在来種を徐々に再生してゆくことが望まれる。

トンレサップ湖をとりまく丘陵部や山地部の森林植生は、常緑季節林と落葉季節林がモザイク状に入り交じった状態であったと考えられる。アンコールトムとアンコールワット周辺には大きなもので直径1 m 樹高30 mを越えるフタバガキ科の常緑樹やサルスベリなどの落葉樹からなる樹林が保護されている。しかし、周辺の森林植生が近年、伐採等により荒廃していることは、誰もが指摘するところである。周辺部の森林では伐採による蓄積量の減少と常緑樹の優占していた森林タイプから落葉樹の優占する森林タイプへの移行が進行していると考えられる。メコン委員会が作成した最近の土地利用図は森林の多くの部分が蓄積量の少ない落葉樹林により占められていることを示している。森

林の落葉樹林化は雨季の始まりにおける土壌表面の浸食を促進し、湖への土砂の流入量を増加させる。また、森林の蓄積量の減少も森林の階層構造の単純化と葉量の減少を招き土壌の浸食量を増加させる。

メコン河からの濁水の逆流もトンレサップ湖への泥の供給源として大きな役割を果たしていることは明らかであるが、周辺部の森林からの土砂の流入量がさらに大きな寄与をしていることは、トンレサップ湖をとりまく湿地植生の幅が背後に控える集水域の大きさにほぼ比例して、湖の西部、中央部の北側、出口付近の北側で特に広いことから明らかである。また、飛行機からの観察で湖のくびれ部分の南部と北部や、湖の出口部分で河川からの新しい土砂の押しだしの様子をはっきりと見てとることができた。周辺の森林植生の状況は、大規模の焼き畑による森林の草地化が進行している隣国のタイほどではないという印象を受けたが、湖への土砂の流入量が増加していることは確実であると考えられる。

今後、カンボジアの復興に伴って木材需要の増加が予想されるが、土壌の浸食によるトンレサップ湖への土砂の流入の影響を考えた場合、伐採には注意深い配慮が必要である。土壌の浸食を最低限におさえ、森林資源を恒続的に利用できる伐採・更新方法の確立、および保安林の整備と管理体制の確立を早急に行うことが望まれる。さらに、森林地帯からの土砂をその場あるいは水田地帯の部分で沈降させて湿地林や湖への流入を物理的におさえる方策を構じる必要もあるだろう。

海外環境情報

微生物による地下水の鉄分除去システム

Bugs eat up iron fragments

H26081078

英国の Three Valleys Water 社は、Roydon 浄水場の300万ポンド設備更新計画の一環として、フランスで開発された微生物による除鉄システムを導入した。同浄水場の水源である白亜帯水層の地下水は褐色を呈し、鉄分が多い。またこの地下水中には鉄さび反応を引き起こすバクテリアが数種類が含まれている。

このバクテリアをフィルターで捕集し、酸素で活性

(日本科学技術情報センター許可第文0421号)

化すると、特殊酸素が発生する。この酵素によって水中の鉄粒子は酸素分子と結合し、酸化される。この酸化鉄粒子をフィルターで除去するシステムである。従来の塩素法による除鉄システムは、塩素を触媒とするカスケードバッチ方式によって鉄を酸化するプロセスであるが、設備が老朽化しており、高濃度の鉄の処理問題に悩まされていた。これに代わって今回導入した微生物による除鉄システムの1日当たり処理水量は1,400 m³である。同社は他の4浄水場にもこのシステムを導入する計画である。

B0477A Engineer (Lond) 275 [7109] 35 (Jul. 23, 1992)