



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	熱帯地域と亜寒帯地域の泥炭地における地下水質の比較研究
Author(s)	堀内, 晃; 橘, 治国; 高橋, 英紀
Description	第6回衛生工学シンポジウム (平成10年11月5日 (木) -6日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 7 調査事例 . 7-8
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 6, 275-279
Issue Date	1998-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7363
Type	departmental bulletin paper
File Information	6-7-8_p275-279.pdf



7-8 熱帯地域と亜寒帯地域の泥炭地における地下水質の比較研究

堀内 晃、橋 治国(北海道大学)、高橋英紀(北海道大学地球環境科学科)

1. 目的

現在世界的に湿地の価値が見直されてきている中で、東南アジアの熱帯泥炭湿地林は現在大規模な開発にさらされている。森林の伐採、焼畑、排水による乾燥化などが行われており、この研究のフィールドである中部カリマンタンも例外ではない。筆者はこれまで北海道で泥炭地の地下水質や泥炭の性質について研究してきた。泥炭地においては水が環境を支配する重要な因子である。その中でも栄養塩の存在形態や無機イオンは生態系の基礎である植物の成長や生産性に大きく関わるものである。また、泥炭地の変化によって地下水や流出水の水質も変化する。そこで、筆者は異なる気候のもとで生成された泥炭地の地下水・河川水の水質を調査することにより、それぞれの泥炭地の特性の比較を試みた。

2. 調査地点とその概要

2-1 熱帯地域

インドネシアのカリマンタン島中部のパランカラヤを流れている R.Sebangau 流域およびパラカラヤより 100km 西の R.Mentaya 流域、そしてパラカラヤの 40km 西の R.Mangkutup 流域の泥炭地を調査の対象とした。

R.Sebangau 流域の Setia alam では河川に挟まれた地域に泥炭が発達している。河川から森林の内部にかけてプロファイルをとった。SA1.2 が R.Sebangau で SE2~5 および P-0、P1B-POOL、P1B が泥炭地(図 2)。

R.Mentaya 流域の Kayu mas では森林がそのまま残っているところ(P0-FOREST)と伐採されて裸地になっているところ(P0-OPEN)で比較を行った。

R.Mangkutup 流域の Lahei は珪酸塩土壌の上にある泥炭地である。河川の隣接した谷に発達した部分的な泥炭地である。MA は R.Mangkutup で P2-100A、P2-50B が泥炭地(図 3)

熱帯泥炭上の植生は木本が大部分を占めている。水位変動の激しい部分では木本は成長できずスゲのようなものやミズゴケが生育している。

熱帯地域の泥炭地はその上の植生が森林であることが多い。森林内は林冠によって光が遮られ気温は森林の外よりも 5~7℃低い。地下水位は場所によってさまざまであるが 0~60cm ぐらいである。



図1. インドネシアカリマンタン島

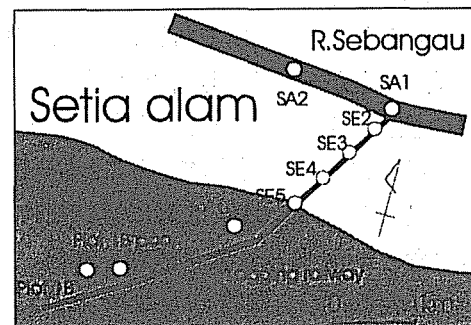


図2. Setia alam地区

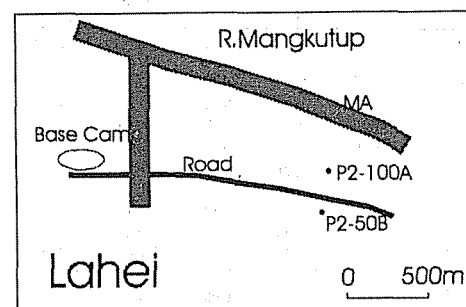


図3. Lahei地区

2-2 亜寒帯地域

北海道北部のサロベツ川流域のサロベツ湿原(図 4.5)。E 地点はミズゴケが生育する高層湿原域、WW 地点はササの生育する地域。湿地溝は自然にできた湿原内の溝であり、ササが旺盛に生育している。

3. 調査期間

インドネシアでの調査は 97 年 8 月 7 日~14 日に行った。この時期は乾季に当たり、河川、地下水とも水位は低い状態であった。サロベツ湿原については年間を通して水質の大きな変動が無いので 93 年~95 年にかけての継続調査のデータの平均値を用いた。

4. 調査方法

地下水のサンプリングはインドネシアでは泥炭表層に穴を掘り、そこに溜まった水をポンプで採水した。サロベツでは塩ビパイプを埋設し、そこに溜まった水を同じくポンプで採水した。河川ではバケツで採水した。試料は実験室に速やかに持ちかえった後、24 時間以内にろ過処理を行い、分析まで冷暗所で保存した。湿原の地下水は泥炭の粒子がランダムに混じるため、試料はすべてろ過した。ろ過には 0.45 μm メンブランフィルターを用いた。

5. 結果と考察

5-1. 熱帯地域と亜寒帯地域の泥炭地地下水の比較概要(表 1)

DOC 濃度はほぼ同じくらいであるが、熱帯地域では地区ごとに変動が見られる。pH は熱帯地域ではほとんど 3.6~4.0 であるが亜寒帯地域では 4.0~5.0 であり、熱帯地域の泥炭地は酸性の度合いが強いことが分かる。熱帯では木質由来の泥炭であり、亜寒帯では草由来の泥炭であるため、有機酸の性質の違いによるものと考えられる。また、泥炭地の生成過程すなわちパランカラヤでは深層部にパイライトが形成されていることも一因といえる。

しかし、サロベツ湿原は海に近いので Na⁺、Cl⁻濃度が高いが、無機イオン濃度は熱帯地域で非常に低いなど矛盾する現象が観察された。熱帯では泥炭層が厚く、土壌中のミネラルが少なくなっていると考えられる。SO₄²⁻濃度はサロベツの高層湿原域とほぼ同じくらいある。

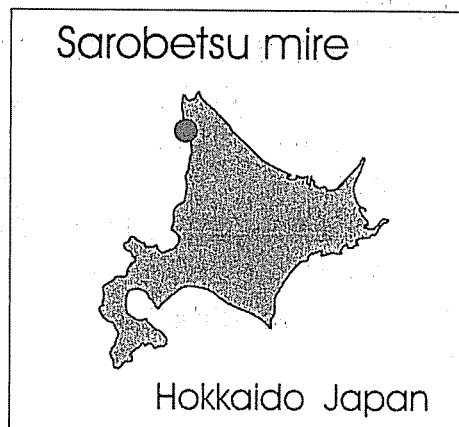


図4. サロベツ湿原

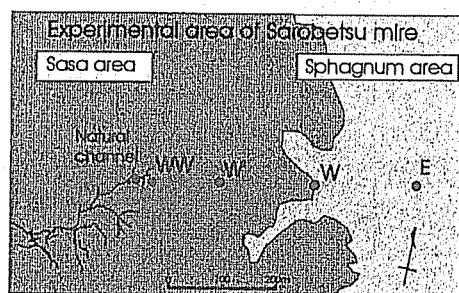


図5. サロベツ湿原
原生花園環境庁実験区

表 1. 泥炭地地下水質の比較

場所	Lahei		Kayu masa		Setia alam					サロベツ					
	P2-100A	P2-50B	PO OPEN	PO FOREST	SA2	SA3	SA4	SA5	P-O	P1B-POOL	P1B	E	WW	湿地溝	
pH	-	3.72	5.5	3.84	3.58	4.12	3.75	3.77	3.82	3.59	3.96	3.74	4.3	4.2	4.7
E.C.	μ S/cm	80.45	27.9	73.65	111	36.75	72.8	71.8	65.9	84.75	50.95	65.25	87.9	98.6	124.9
4.3Bx	meq/l	-	0.139	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.010	0.010	0.338
DN	mg/l	1.74	3.32	1.86	1.27	0.47	1.33	1.37	1.05	1.53	1.61	1.21	0.79	1.11	1.52
NO ₃ ⁻ N	mg/l	0.08	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.002	0.013	0.005
NO ₂ ⁻ N	mg/l	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.004	0.005	0.001
NH ₄ ⁺ N	mg/l	0.38	1.53	0.63	0.17	0.02	0.04	0.12	0.10	0.48	0.62	0.39	0.096	0.187	0.352
DIN	mg/l	0.46	1.61	0.73	0.22	0.07	0.10	0.17	0.14	0.53	0.67	0.44	0.10	0.20	0.36
DON	mg/l	1.28	1.70	1.13	1.05	0.40	1.23	1.21	0.91	1.00	0.94	0.77	0.69	0.90	1.16
DP	mg/l	0.617	0.271	0.256	0.128	0.005	0.005	0.010	0.080	0.010	0.124	0.081	0.008	0.014	0.049
DRP	mg/l	0.483	0.189	0.214	0.102	0.000	0.002	0.007	0.065	0.010	0.103	0.066	0.003	0.006	0.038
DOP	mg/l	0.135	0.082	0.042	0.025	0.005	0.003	0.003	0.015	0.000	0.021	0.015	0.006	0.008	0.012
Na ⁺	mg/l	0.83	0.93	1.76	2.87	0.30	0.27	0.52	1.05	0.73	0.43	0.50	8.8	9.5	11.0
K ⁺	mg/l	1.43	1.04	1.70	0.61	0.31	0.40	0.51	0.97	0.67	0.64	0.46	1.3	0.6	2.5
Ca ²⁺	mg/l	0.94	0.30	0.57	0.58	0.33	0.44	0.40	0.59	0.41	0.63	0.33	1.6	0.9	2.4
Mg ²⁺	mg/l	0.48	0.11	0.41	0.61	0.10	0.08	0.12	0.25	0.14	0.22	0.13	1.4	1.3	2.7
Cl ⁻	mg/l	2.59	2.46	3.38	5.82	2.28	1.23	1.44	2.12	3.15	1.27	1.90	18.5	19.5	20.1
SO ₄ ²⁻	mg/l	1.45	1.44	0.51	0.72	0.67	0.57	0.49	0.63	0.61	0.59	0.60	0.6	3.6	1.6
SiO ₂	mg/l	5.86	4.54	3.32	2.96	2.68	1.75	2.82	2.18	2.18	3.25	2.18	4.1	2.0	6.6
DOC	mg/l	17.19	13.07	58.04	23.15	15.21	36.58	27.72	32.92	32.81	36.70	28.40	30.8	20.8	23.5

5-2. 熱帯地域と亜寒帯地域の泥炭地河川水の比較概要(表2)

表 2. 泥炭地河川水質の比較

場所	インドネシア					サロベツ				
	KA1	KA3	SE1	SE2	MA	丹山橋	間運橋	佐呂別橋	おい橋	
pH	-	6.94	7.08	4.4	4.34	4.72	6.6	7.2	6.7	7.1
E.C.	$\mu S/cm$	37.05	48	26.15	25.4	8.21	157.5	185.3	152.3	293.5
4.3Bx	meq/l	0.342	0.459	0.022	0.009	0.035	0.289	0.695	0.384	1.004
TN	mg/l	0.41	-	0.82	0.67	0.26	1.95	1.58	1.71	3.55
DN	mg/l	0.29	0.47	0.85	0.94	0.27	1.43	1.61	1.13	2.39
NO ₃ ⁻ N	mg/l	0.16	0.17	0.08	0.05	0.06	0.607	0.719	0.444	0.720
NO ₂ ⁻ N	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.009	0.014	0.010	0.017
NH ₄ ⁺ N	mg/l	0.05	0.03	0.28	0.18	0.01	0.296	0.210	0.265	0.664
DON	mg/l	0.07	0.27	0.61	0.71	0.19	0.52	0.67	0.41	0.99
TP	mg/l	0.063	-	0.029	0.013	0.007	0.172	0.211	0.168	0.841
DP	mg/l	0.004	0.004	0.025	0.004	0.002	0.060	0.076	0.059	0.422
DRP	mg/l	0.002	0.003	0.005	0.004	0.002	0.043	0.049	0.025	0.357
PRP	mg/l	0.013	-	0.007	0.000	0.000	0.047	0.099	0.061	0.282
DOP	mg/l	0.002	0.001	0.020	0.000	0.000	0.017	0.026	0.034	0.070
POP	mg/l	0.047	-	0.000	0.000	0.005	0.066	0.028	0.048	0.137
Na ⁺	mg/l	1.86	2.25	0.76	1.66	0.17	15.1	19.0	13.0	23.2
K ⁺	mg/l	0.63	0.71	0.75	0.73	0.29	4.0	3.8	4.4	10.4
Ca ²⁺	mg/l	2.89	3.83	0.90	0.54	0.35	4.9	6.9	5.8	10.7
Mg ²⁺	mg/l	1.19	1.52	0.30	0.15	0.12	3.8	4.5	3.8	9.1
Cl ⁻	mg/l	1.32	1.31	1.62	1.46	1.26	21.8	25.0	20.6	26.5
SO ₄ ²⁻	mg/l	1.21	1.51	0.89	0.51	0.68	9.6	9.7	8.3	18.6
SiO ₂	mg/l	11.98	14.11	5.54	5.48	3.75	23.5	17.8	19.5	18.8
TOC	mg/l	18.88	-	20.37	22.05	7.78	10.1	11.7	11.2	26.5
DOC	mg/l	5.13	2.88	20.00	14.98	5.28	6.8	9.9	5.8	18.5

熱帯地域では泥炭地の範囲が広く、河川の集水域のほとんどが泥炭地である場合河川水質は泥炭地地下水質に類似する。サロベツでは泥炭地以外から水が入っているため泥炭地よりも有機物濃度は低く、逆に無機イオン、栄養塩は濃度が高くなっている。

5-3. Setia alam 地区(図6~10)

Setia alam では河川から泥炭地内部に向かって約 200m おきに地下水を採水した(SE1~SA8)。SA2~SA4 は R.Sebangau の氾濫原で背の高い木はなくスゲのような草本が生育している。SA5 が森林と氾濫原の境界で SA6~SA8 は熱帯林の内部である。

窒素は有機態窒素が大部分を占め、アンモニア態窒素濃度が泥炭地内部(SE6~SE8)で大きくなる。リンは SA2~SA4 ではほとんど無く、SA5 から濃度が高くなる。森林内のほうが氾濫原よりも地下水は栄養が豊富であるといえる。また、河川水が泥炭地地下水よりも栄養塩濃度が小さく特徴的である。サロベツでは河川のほうが栄養塩濃度が高い。(図6.7)

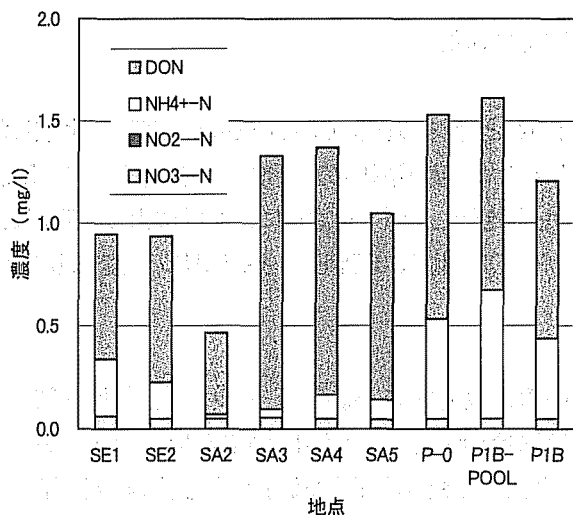


図6. 形態別窒素濃度 Setia alam

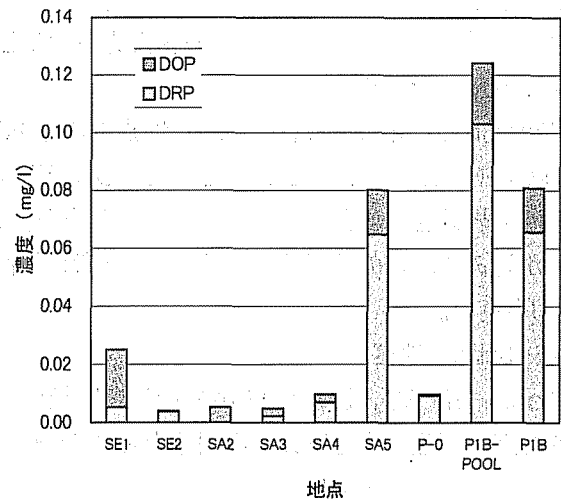


図7. 形態別リン濃度 Setia alam

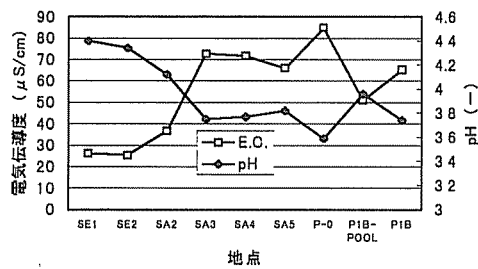


図8 電気伝導度・pH Setia alam

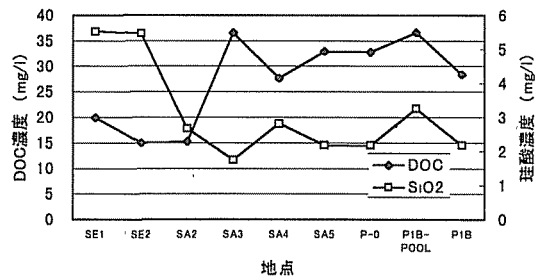


図9. DOC・珪酸 Setia alam

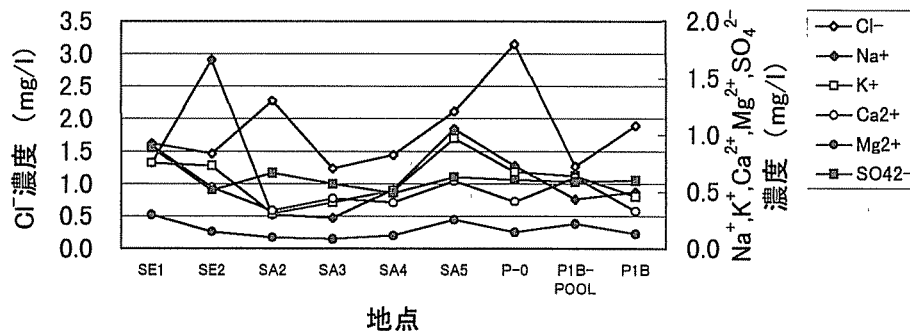


図10. 無機イオン Setia alam

無機イオンは地下水全般的に濃度が低く、河川もほぼ同等である。しかし、河川のDOC濃度は低く、珪酸濃度が高い。このことからSebangau川は泥炭地流出水のみでないと考えられる。

また、電気伝導度とpHが逆の相関を持つことが確認された

5-4. Kayu mas 地区

Kayu mas では森林を伐採した地点である P0-OPEN と森林のままである P0-FOREST を比較した。P0-OPEN では P0-FOREST に比べてDOC、窒素、リン、K⁺濃度が高いのが特徴である。森林を伐採すると日光が直接当たり、気温・地温が高くなる。このため乾燥しやすい。さらに、乾燥によって泥炭の分解が進みこれらの成分が溶出してくると考えられる。P0-OPEN、P0-FOREST とともにリン濃度はサロベツよりも高い。

5-5. Lahei 地区

Lahei ではSO₄²⁻濃度がほかの地域と比較して高いのが特徴である。窒素、リン濃度がサロベツに比べて高い。泥炭地地下水、河川水ともにDOC濃度は低く泥炭からの溶出が少ないことが分かる。また、S.Mangkutup ではインドネシアのほかの河川と比較しても無機イオン濃度、栄養塩濃度が低い。

6. 結論

熱帯地域と亜寒帯地域の泥炭地はそれぞれ生成過程が異なり、気候も違いその泥炭の質も地下水質も異なる。泥炭上の植生も大きく違う。熱帯地域では背の高い広葉樹が高い密度で生育しており、森林の景観を示すが、亜寒帯ではミズゴケ、ヨシなどが生育する草原のような景観を示す。一見すると

熱帯地域の泥炭地は栄養が豊富で生産性が高く。樹木は伐採しても次から次へ生育するかのよう感じられるが、地下水中の栄養塩、無機イオン濃度は低く栄養が豊富であるとはいえない。降水量も多くすぐに流出してしまうのであろう。また、熱帯地域では亜寒帯地域と異なり、分解の速度が速いため、物質循環の速度も速いと考えられる。このため土壌中には栄養塩、無機イオンがとどまらずすぐに植物に吸収されてしまうということも考えられる。

一度破壊された熱帯雨林はその土壌の貧弱さから、回復することが容易でないことが推測できる。森林は樹木が倒れ、分解され、再び植物が栄養塩を吸収するというサイクルで維持されている。熱帯では栄養塩は土壌表面と生物体に集中しているため、一度森林が無くなると再生は困難である。

我々は生物の宝庫である貴重な熱帯林を残していかなければならない。

参考文献

・水に浮かぶ森（1997）鈴木邦雄 信山社

・ K.Yonebayashi ,M.Okazaki ,N.Kaneko & S.Funakawa（1997） Tropical Peatland Soil Ecosystems In Southeast Asia:Their Characterisation and Sustainable Utilisation *Biodiversity and Sustainability of TROPICAL PEATLAND* pp.103-111.

・ K.Yonebayashi ,M.Okazaki ,J.Pechayapisit ,P.Vijarnsorn ,A.B.Zahari & K.Kyuma（1994） Distribution of Heavy Metals among Different Bonding Forms In Tropical Peat Soils *Soil Science and Plant Nutrition* 40 : 425-434.

・ K.Yonebayashi ,J.Pechayapisit ,P.Vijarnsorn ,A.B.Zahari & K.Kyuma（1994） Chemical alteration of tropical peat soils determined by Waksman's proximate analysis and properties of humic acids *Soil Science and Plant Nutrition* 40 : 435-444.