

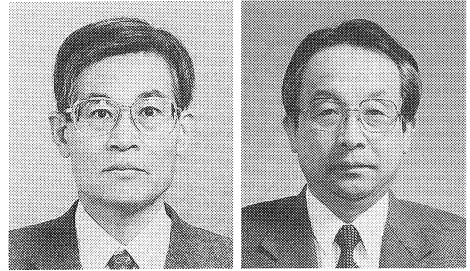
■ 展望・解説 ■

# インドネシアのトロピカルPEAT： そのエネルギー利用の現状

Tropical Peat Resources of Indonesia : Energy Use

西崎 泰\*・山口 達明\*\*

Yasushi Nishizaki Tatsuaki Yamaguchi



(原稿受付日1999年2月12日, 受理日1999年8月11日)

## 1. はじめに

植物遺体が嫌気性条件下で不完全に分解され地表に堆積したものを腐植というが、特に植生豊かな湿地地帯では泥炭(PEAT)層と呼ばれる有機質に富む堆積層を形成する。PEATというカナダあるいはシベリアのような寒冷湿潤地帯に産生するPEATモス(ミズゴケ泥炭)に代表されるが、熱帯・亜熱帯の湿地帯にもいわゆるトロピカルPEATが多量に埋蔵されているのが判明し、熱帯雨林の保護の観点からも注目を集めてきた。

トロピカルPEATは、埋蔵地によって大きく2種類に分類される。一つは山岳地帯の谷間や湖の近辺に堆積しているPEATであり周辺から流れ込む水によって運び込まれるミネラルに富む富栄養型(地水涵養型, topogeneous)で、多くはこのタイプである。一方、インドネシアやマレーシアの海岸あるいは河口のような低地帯に多く見られるもので、旺盛な植生によって樹木を母植物とする腐植質が堆積しつづけ、ついにはドーム状に盛り上がり地下水位より高くなると地水が届かなくなり、逆に雨水によってミネラルが洗脱された貧栄養型(雨水涵養型, ombrogenous)PEATである。しかし、シベリア・カナダなどの寒冷地では、貧栄養型の段階になるとミズゴケぐらしか生育せず、分解度が低く繊維質が多いPEATモスを産生するのである。

トロピカルPEATを資源として開発しようとする場合、対象となるのは当然低地帯のものである。木材を切り出した後に残る貧栄養型の泥炭(PEAT)地に植林して再生するのは容易なことではない。ジャワ島

の人口増になやむインドネシア政府は、1980年頃からカリマンタン島のこのような泥炭地を農地に転用し、人口移住させることを計画してきた<sup>1)</sup>。

しかし、有機質過多・貧栄養の泥炭地をそのまま農地に転用するのは難しく、現地住民の間では焼畑によってミネラル分の補給が行われている。焼畑農業には問題が多いので、これを転換するために火山灰の施用も試みられているが<sup>2)</sup>、コスト的な面から必ずしも成功を収めているとはいえない。

海岸近くの泥炭地を農地へ転用する計画を促進するためには、トロピカルPEATそのものの活用を図り、地域開発によって資金的余裕をもたらすことが肝要である。近年、トロピカルPEATの有用性が各方面で明らかにされているが<sup>3~7)</sup>、本稿は、インドネシアのPEAT資源に関して、埋蔵量と分布、特性およびそのエネルギー利用の現状について調査した結果をまとめたものである。

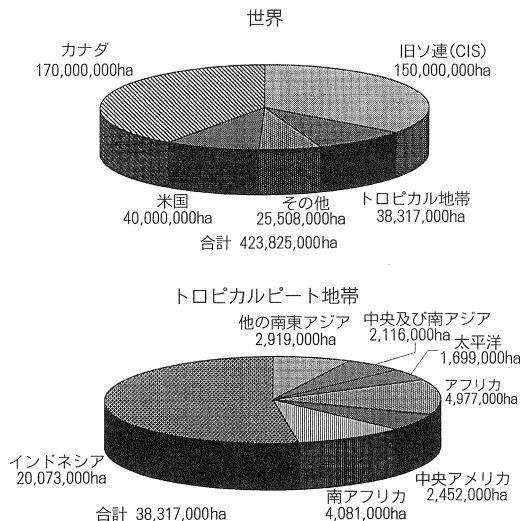


図1 泥炭地の広さと分布

\* 千葉工業大学工業経営学科助手

\*\* " 工業化学科教授

〒275-0016 千葉県習志野市津田沼2-17-1

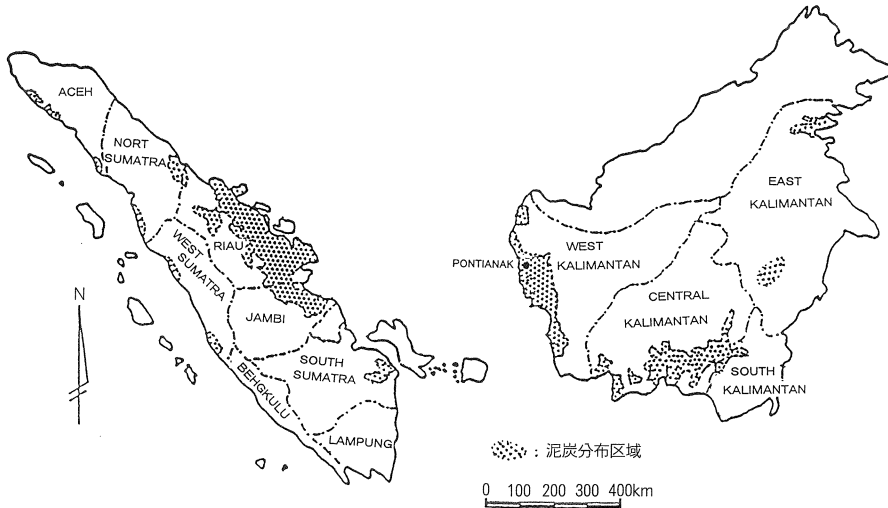


図2 スマトラ島およびカリマンタン島の泥炭分布図

表1 インドネシアにおける泥炭地分布

島	泥炭地の面積(ha)	合計(%)
Sumatra	8,252,450	41.1
Kalimantan	6,787,550	33.8
Irian Jaya	4,624,150	23.0
Sulawesi	311,450	1.6
Halmashera and Seram	97,225	0.5

出典：RePPProT<sup>19)</sup>

表2 インドネシア各州における泥炭層深度毎の分布

州	泥炭層深さによる分布(%)			泥炭地土壌の総面(ha)
	浅い 0~150cm	中間 100~200cm	深い 200cm以上	
Riau	8.6	10.7	80.7	486.339
Jambi	33.4	9.3	57.3	168.163
South Sumatra	63.0	11.5	25.5	317.784
West Kalimantan	39.5	34.6	25.9	100.754
Central & South Kalimantan	62.6	19.6	17.8	190.145
Total Sumatra & Kalimantan	36.2	14.0	49.8	1263.185

出典：Radjaguguk<sup>10)</sup>

## 2. 埋蔵量と分布

全世界の泥炭地(深さ30cm以上)の面積は、424×10<sup>6</sup>ha、埋蔵量は石炭に匹敵する5千億トンに及ぶとされている<sup>8)</sup>が、そのうち約9%がトロピカルピートである。さらに、その52.4%、約20×10<sup>6</sup>haがインドネシアに賦存し(全土の8分の1)、同国はカナダ、CIS、USAについて世界第4位の泥炭地を保有していることになる(図1)。

同国内の泥炭地の分布は、1980年代から調査が進められており、表1に示すように、スマトラ、カリマンタン、イリアン・ジャヤの島々に集中している<sup>9)</sup>。

そのうち、スマトラとカリマンタンの主だった州(図2)については堆積深度の調査も行われており<sup>10)</sup>、スマトラ島の各州には深い泥炭層が多く分布していることが知られている(表2)。深さ2m以下の浅い泥炭地は農地に転用が可能であるが、それ以上深いものがピートを採掘してその利用を図る対象となる。その

面積は8.8×10<sup>6</sup>haで、埋蔵量は3億トンにもなると推計されている。

## 3. 特性

### 3.1 物性値

トロピカルピートのかさ比重は低く、0.1-0.3g/cm<sup>3</sup>であり、空隙率は非常に高く83-94%である。また、最大容水量は乾物基準で200-400%である。pHは極端に低く3-4である。灰分も0.8-4.9%と非常に低い。

### 3.2 有機成分

トロピカルピートの有機物含有量は、乾物基準で70-85%であり、有機成分としては、腐植質、ヘミセルロース、セルロース、リグニンが大部分を占め、少量の蛋白質、ワックス、タンニン、レジンが含まれる。

腐植質のうちの大部分は、アルカリ可溶のフミン酸であって、その含量は50-77%である<sup>11)</sup>。

表3 各種燃料の特性比較

燃料の特性	重油	瀝青炭	亜炭	泥炭	木材
炭素(%)	83~86	76~87	65~75	50~60	48~50
水素(%)	11.5~12.5	3.5~5.0	4.5~5.5	5.0~6.5	6.0~6.5
酸素(%)	1.5~2.5	2.8~11.3	20~30	30~40	38~42
窒素(%)	0.2~2.8	0.8~1.2	1~2	1.0~2.5	0.5~2.3
硫黄(%)	2.0~2.8	1~3	1~3	0.1~0.2	—
灰分含有量(%)	0.3	4~10	6~10	2~10	0.4~0.6
灰分の熔融温度(°C)	—	1,100~1,300	1,100~1,300	1,100~1,200	1,350~1,050
揮発成分(%)	—	10~50	50~60	60~70	75~85
かさ比重(g/cm <sup>3</sup> )	0.92~0.97	0.72~0.88	0.65~0.78	0.3~0.4	0.32~0.42
乾物熱量(MJ/kg)	40.59~41.00	27.80~32.29	19.68~23.78	19.27~20.91	18.04~18.86
水分(%)	0.1	3~8	40~60	40~60	30~55

出典: Immirzi<sup>13)</sup>

#### 4. エネルギー利用

トロピカルピートは灰分が少ない上にイオウ分も極めて低いため代替燃料として好適であると考えられている。ピートのエネルギー含量は17~27MJ/kgである。この数字をインドネシアにおける2m以上の深さのピート総量に当てはめて計算すると65BBOE(億バレル原油相当)となり、同国の原油推定埋蔵量10BBをはるかに上回る結果となる<sup>3)</sup>。これを踏まえて、国内の燃料需要増加をなるべくピートでまかない、石油・天然ガスは輸出に振り向けて外貨を獲得しようとするのが同国のエネルギー政策である<sup>12)</sup>。

燃料利用の可能性はトロピカルピートの物性・性能に大きく左右されるのは当然である。他の燃料との比較データを表3に示すが、ピートの有効熱量は石炭の半分以下であるので、一般的にはよほど条件がそろわないと利用の可能性は低いと判断される<sup>13)</sup>。

表4 泥炭の生産コストの概算  
(1984年のマーケット価格)

	投資額 (1,000 USドル)	コスト	
		1,000 USドル/年	USドル/ トン
土地整備費	350	44.7	0.7
労務費	206	26.2	0.4
設備費	1,236	300.5	4.6
運転資本	1,125	33.4	0.5
小合計	2,917	404.8	6.2
労働者(500人)		438.3	6.7
燃料		56.1	0.9
輸送費		182.2	2.8
雑費		186.9	2.9
小合計		863.5	13.3
総合計	2,917	1,268.3	19.5

1) 年平均生産額: 65,000トン

2) 運転資本の中には生産のための財務費として863,500USドルを含んでいる。

出典: Jansen<sup>15)</sup>

エネルギー利用の最大の問題点は輸送コストである。泥炭地のあるスマトラ島やカリマンタン島から、人口密度が高いジャワ島へ嵩比重が大きく低エネルギーのピートを輸送することは、現在のところ可能性が低い。そこで、カリマンタンあるいはスマトラ島への移住民たちの家事用薪木に代わる現地調達燃料として活用することが、当面最も可能性のある選択である<sup>14)</sup>。

このような現地でのピートをエネルギー利用する場合のメリットとして、次の事柄が指摘されている<sup>15)</sup>。

- ①小スケールでも安価である。
- ②価格変動が少ない。
- ③安定供給が可能である。
- ④石油・天然ガスを輸出にまわせる。
- ⑤廃材・廃油などと一緒に燃やすのが容易。
- ⑥環境への影響が少ない。
- ⑦採掘・輸送のための職を現地住民に与えられる。
- ⑧不毛の土地を生産性の高いものに変えられる。

その他、ピートの燃焼によって生ずる灰分を先に述べたように現地泥炭土壌の改良に利用できることも見逃すわけには行かない。

#### 5. トロピカルピートによる発電

国家的プロジェクトとして西カリマンタンの州都ボンチアナックにトロピカルピート研究センター(PURIGATRO)が設置され、ピートの生産・利用あるいは跡地利用の研究が遂行されている。ここが地域開発モデル地区に選ばれたのは、泥炭層の下部が海水面より上にあり排水溝を掘ることにより脱水が容易にできることと、広大な面積がすでに樹木の伐採がされ尽くしているため開発による新たな環境破壊が少ないと考えられたからである。

西カリマンタンにおける1haあたりのピートの年間生産高は、800t(1950m<sup>3</sup>)、すなわち3250MWhと

表5 泥炭発電とディーゼル発電による発電コストの比較

	泥炭	ディーゼル
各種要因		
発電機の容量	kW	7000
操業電力	kW	650
効率	%	18
燃料の熱量	MJ/kg	14.3
燃料消費量	kg/kWh	45.4
投資コスト	US\$/kW	1.4
	US\$/kW	1480
	1000US\$	700
耐久年限	年	11322
燃料価格	\$/トン	25
運転・保守経費	投資の%	20
		19.5
		244
		2.7
コスト(10 <sup>-3</sup> ドル/kWh)		
設備経費		34
運転・保守		16
燃料		7
		6
		27
		51
合計		68
		73

出典：Jansen<sup>19)</sup>

見積られている。この値は、フィンランドの150t/haに比べてかなり高く、インドネシアでの生産コストはフィンランドの30%程度と見積もられている<sup>16)</sup>。熱帯だけに乾燥速度も速く、掘り起こされたトロピカルピートは天日乾燥を3週間行うことによって水分を86%から25%に減少させることができる<sup>17)</sup>。

実際に、7 MWの発電所を操業するとして年間65,000トンのピートを生産するときのコスト計算結果を表4に示す。1984年における試算であるが、ピート1トンあたりのコストは19.5USドルである。水分25%のピートのエネルギーはトン当たり14.3GJであるので1GJ当りのエネルギーコストは1.4ドルとなり、石炭のエネルギーコスト1.9ドルに比べて4分の1ほどピートのほうが安価である。次に、7 MW規模でピートによる発電をした場合、ディーゼル発電とのコスト比較試算の結果を表5に示す。アイルランドにおける事例からピートのエネルギー効率をディーゼルの約半分の18%と仮定すると、ピートの方が約7倍量必要になる。また、設備投資額がディーゼルでは総コストの5分の1なのに対しピートの場合は約半分である。燃料代の占める割合は、ディーゼルでは70%であるのに対しピートでは40%となる。結果として、電力単価はピート発電のほうが約7%だけ安価である<sup>18)</sup>。

これらの試算がなされてから約10年、現在ポンティアナックの周辺に25MWのピート火力発電所が2基稼働をはじめている。

## 6. おわりに

インドネシアは、石油・天然ガスをはじめ資源豊か

な国であり、わが国との係わり合いも非常に多い。同国が、トロピカルピートおよび泥炭地の開発利用に力を注いでいるのは、本文中にも述べたように、(1)ピートで国内のエネルギー需要をまかない、石油・天然ガスをできるだけ輸出に振り向けるため、(2)泥炭地を水田として開発することによって人口の分散を図るための施策による。

わが国としても、石油資源確保の観点から、特に前者の計画が順調に進むか否かは無関心ではいられないはずである。

謝辞 本稿資料を収集するにあたって種々ご協力をいただいたGadjah Mada大学のB. Radjagukguk教授、BPPTechnologyのB. Setiadi博士に感謝いたします。

## 引用文献

- 1) B. Radjagukguk : Transmigration settlements on peatland : problems and prospects, Socio-economic Impacts of the Utilization of Peatlands in Industry & Forestry, IPS (International Peat Society), (1986), 191.
- 2) N. Staelens and K. Lambert : The agricultural and horticultural value of the peatland near Pontianak, National Peat Seminar II, Indonesian Peat Association, (1993), 1.
- 3) B. Radjagukguk ; Prospects of peat utilization in Indonesia, Tropical Peat Resources-Prospects and Potential, IPS, (1985), 99-112.
- 4) J. P. Andriess : Constraints and opportunities use options of tropical peatland, Proceedings of the International Symposium on Tropical Peatland, (1991), 1-6.
- 5) 山口達明 : インドネシアにおけるトロピカルピートの現状, 草炭研究会報, 6 (1992), 5-7.
- 6) K. Lambert and N. Staelens : The agricultural and horticultural value of tropical peatland : a case study, Int. Peat J., No.5 (1993), 41-57.
- 7) B. Radjagukguk, Y. Nishizaki, Y. Yazawa and T. Yamaguchi : Characteristics of tropical peat and its possibilities as soil ameliorant, Int. Peat J., 8, 107-112 (1998).
- 8) A. Kalmari : Energy use of peat in the world and possibilities in the developing countries, Seminar on Peat for Energy Use, Bandung, 1983 (1982), 29-30.
- 9) J. O. Rieley, S. E. Page and B. Setiadi : (E. Lappalainen ed.) Global Peat Resources, IPS, (1996), 169-329.
- 10) B. Radjagukguk : Utilization and management of peatlands in Indonesia for agriculture and forestry, Proceedings of the International Symposium on Tropical Peatland, Kuching, (1991), 21-27.

- 11) 山口達明, 矢沢勇樹, 矢崎文彦, 尾上薫: 風化炭およびトロピカルPEATから抽出したフミン酸の性状, 日本エネルギー学会誌, 76-6 (1997), 491-499.
- 12) M. Pandjaitan and M. Hutapea : The utilization of tropical peat for energy need, IPS Symposium, Tropical Peat and Peatlands for Development, Yogyakarta, (1987), V. b. 4, 1-14.
- 13) C. P. Immirzi, E. Maltby and R. S. Clymo : The global status of peatlands and their role in carbon cycling, A Report for Friends of the Earth, (1992), 62-84.
- 14) W. S. Utaminarsih and M. Sjaffriadi : Peat resources as a primary fuel at the transmigration area, IPS Symposium on Tropical Peat and Peatlands for Development, Yogyakarta, (1987), V. b. 3, 11-23
- 15) P. Hemmi : Peat power-alternative energy option in south-east Asia, Preceedings of International Symposium on Tropical Peatland, Kuching, (1991), 333-334.
- 16) K. Mutanen : Results of peat-production experiments in the tropics, Proceedings of Symposium of Peat and Peatlands : Diversification and Innovation, Vol. 2 (1989), 245-250.
- 17) W. H. Diemont : Aspects of fuel peat mining in the lowland of Indonesia, IPS Symposium on Tropical Peat and Peatlands for Development, Yogyakarta, (1987), V. b. 3, 1-10.
- 18) J. C. Jansen and N. J. Koenders : Power from peat in West Kalimantan, Indonesia, IPS Symposium on Tropical Peat and Peatlands for Development Yogyakarta, (1987), VI. b. 1, 1-24.
- 19) RePPProT : A review of phase I results for Sumatra from the regional physical planning programme for transmigration, UK Overseas Development Administration and Directorate Bina Programme, Ministry of Transmigration, (1988).

## 募 集

## 公益信託「エスベック地球環境研究・技術基金」

### 1. 目的

この公益信託は、地球環境保全に関する科学的、技術的な知見を高める各種活動のための費用の一部または全部を助成することにより、地球環境問題の克服に寄与することを目的としています。

### 2. 応募資格

以下の要件満たすことが必要となります。

- ・実施しようとするテーマは、地球環境問題の解決に資する調査研究、観測監視、または技術開発に関するものであること。
- ・助成対象は大学、大学院またはそれらに付属する研究機関の構成員またはそのグループであること。
- ・同一テーマで他の基金などから、二重に助成を受けているまたは受ける予定のないこと。

### 3. 助成の金額と期間

(1) 2000年度の助成総額は250万円程度で、2～

5件の助成となります。

(2) 助成期間は、原則として助成金給付日より1年間とします。

### 4. 応募方法

所定の申請書(様式第1号)に必要事項を記入の上、必要書類を添えて安田信託銀行(株)(下記)宛お送り下さい。

### 5. 応募期間

2000年4月1日～2000年5月31日(必着)

### 6. 助成金交付

2000年7月以降

### 7. 申請書送付先/取寄先

〒541-6501 大阪市中央区北浜3-7-12

安田信託銀行(株) 大阪支店事業法人営業部内

公益信託エスベック地球環境研究・技術基金 宛

TEL06-6202-1239 FAX06-6202-4443