

インドネシアの石炭火の実態と具体的な消火方法

楨 原 寛

I. はじめに

石炭火といっても日本人には馴染みのない言葉である。インドネシア東カリマンタン州クタイ県の海岸丘陵地帯の約 50km 幅には、石炭が豊富に埋蔵されている。特に地表近くにある薄い石炭層（厚さ 2~3m 以内）は非常に広範囲に分布している。熱帯降雨林で乾燥が進み、森林火災が起これと、川底などに露出していた石炭層に着火することがある。着火した石炭層が地下で徐々に燃焼していく。これを石炭火と呼ぶ。

1982~1983 年に起こった大規模な森林火災のときにできた石炭火は 1998 年の森林火災時にも燃焼しているものが認められた。私が JICA の熱帯降雨林研究計画に参加して、昆虫相調査の試験地としていたインドネシア東カリマンタン州ブキツスハルト（図 1）にあるムラワルマン大学の演習林内にも 1998 年火災が起こる前の 2 月上旬にも約 10 カ所確認されていた。石炭層に火が入ると、地面の下の石炭の燃焼は酸素欠乏状態でも徐々に進んでいく。この石炭火は乾燥が進み地面にひび割れができると、その裂け目から酸素が供給されるため、一気に火力が増し、地面から火を噴く（図 2）。このとき周りに草木があれば火災が起こる。

東カリマンタンでは 1998 年 2~4 月に大規模な森林火災が起こり、その時に多数の石炭火が出現した。ブキツスハルト演習でも 100 程度の石炭火が出来たと記憶している。そして、私はブキツスハ

ルト滞在中に、1998 年 6 月から 9 月の 3 ヶ月間に 51 個の石炭火を消火した。東カリマンタンの石炭火は水では消せないというのが通説になっていた¹⁾。そのため、皆これを信じて消火活動はやろうとしなかった。私は石炭火が自然と消えていく状況を観察し、どうすれば、消火できるかを考え、その考えの元に消火を行った。この消火の具体例は同年 12 月 7~8 日にジャカルタで行われた International Cross Sectional Forum on Forest Fire Management in South East Asia で報告をした²⁾。しかし、この内容は参加者にだけしか伝わっていない。そのため、かなり時間は経過しているが、その時に報告した内容をここに紹介したい。また、石炭火がどのような条件の時に発生するかについて、詳しく記述した例はないようである。そこで、石炭火の発生条件についても、私の経験に基づきここに報告する。

なお、調査活動を通して、お世話になった JICA の関係者の方々、消火を手伝っていただいたムラワルマン大学ブキツスハルト演習林の職員の方々にお礼を申し上げますと共に、特にお世話になった故ソフィアン、故ジャマルデイン両氏に哀悼の意を表する。

II. 石炭火の発生条件

ブキツスハルト演習林が火災にあったのは 1998 年 2 月 27 日から 3 月 3 日までの 8 日間である（楨原，2013）。この前後の 1997 年 12 月 30 日から 1998 年 4 月 17 日まで降雨量はゼロであった。この

Makihara, Hiroshi. Effective Suppression and Control Methods for Coal Seam Fire in Indonesia

元（独）森林総合研究所



図 1 東カリマンタン州ブキットスハルトの位置図



図 2 地面の裂け目から火を噴く石炭火

乾燥はエルニーニョ現象によるもので、同様な事象は1982年から1983年にも起こっており、この時の森林火災でかなりの森林が消滅したが、それでも樹高50mをこえるフタバガキ科の森林はかなり残っていた。そのため、火災があっても、林内の火は地上の落葉、草本類や小径木を燃やしていく地上火で、大径木の根際は焦げても燃えなかった。一応燃える物は燃え、一旦、火は小休止した。しかし、大きな倒木や木の根はくすぶっており、火種は残っていた。そのため、3月下旬から4月上旬に再び火災が起こった。これは火災で燃えはしなかったが、木の樹勢が衰え、落葉が急激に増えたため、燃焼可能な物が地上部に増えたことによる。

この二度目の火災の時は乾いた川底に落葉や枯れ枝が大量に溜まり、これが導火線となり川沿いから火が入ったのである。さらに乾燥のため土砂が崩れ落ち、窪地ができた。石炭層の露出部は大半が川底に、一部は土砂が剥ぎ取られた窪地にある。そのため、二度目の火災時に川底や窪地の露出した石炭に着火した。そして、川底や窪地の石炭層は斜めに上

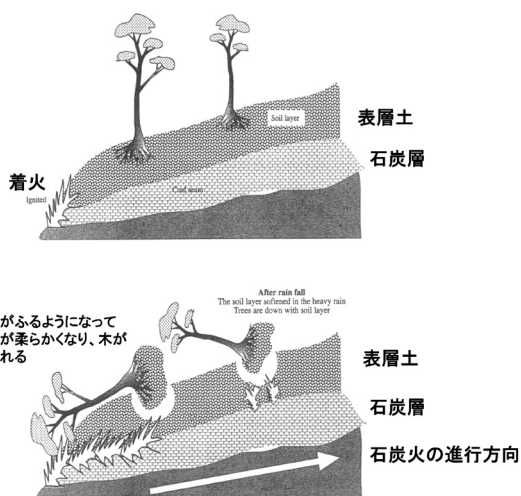


図 3 石炭火進行の模式図

に上がっているため、上部にある木が倒れたりすると、そこから酸素の供給があり、素早く上方に進んで石炭火の誕生となる(図3)。一旦火が入ると地面の下なので、進行は遅いが、なかなか消えない。

このような具体的な現象を毎日目にする、石炭火が発生するには、次のような条件が必要なが分かる。

- 1) 森林の浅い地下に石炭層がある。
- 2) 強い乾燥状態が長く続く。
- 3) 大規模な森林火災が起きる。
- 4) 地上火が林内を駆け巡り樹木を衰弱させる。
- 5) 落葉が大量に出る。
- 6) 川が干上がり、石炭層が露出する。
- 7) 乾燥で斜面の土砂が崩れ落ち、窪地となり石炭層が露出する。
- 8) 燃え残り(木の根や大きな倒木)があり、その周りに溜まった落葉に火がつき2度目の森林火災が起きる。
- 9) 川底や窪地に溜まった大量の落葉に着火する。
- 10) 石炭の露出部に着火する。

Ⅲ. 自然に消える火と消えない火の違い

雨が降り出すと燃え続ける石炭火と自然と消えていく石炭火があることに気付いた。

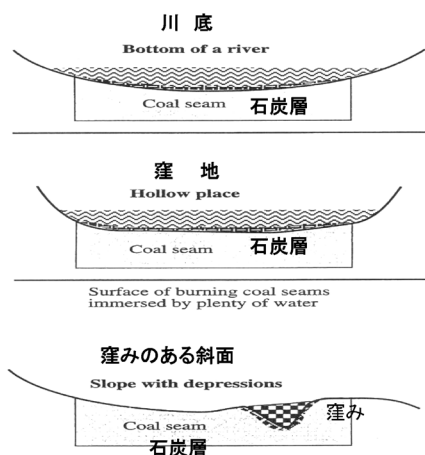


図4 石炭火の自然消火の模式図

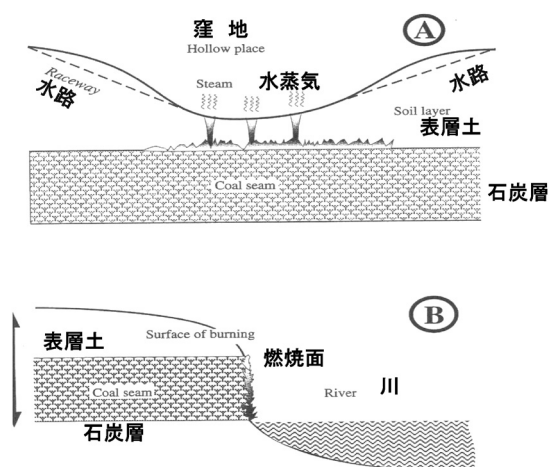


図5 小規模な石炭火の消火方法の2つの例

1. 自然と消火される石炭火

- 1) 川底の石炭層だけが燃えている場合（図4上）：雨が降り、水が常に流れるようになると、石炭火は消えた。
- 2) 窪地の底にある石炭層が燃えている場合（図4中）：雨が降り、水が溜まるようになると、石炭火は消えた。
- 3) 窪みのある斜面の石炭層が燃えている場合（図4下）：雨が降り、斜面を流れた水が窪みに溜まり、自然と石炭火は消えた。

いずれの場合も、1998年に着火した石炭火で、その燃焼部に大量の水が入り込んだことによる。

2. 消えずに地下で燃えている石炭火（地下から水蒸気を出しているの分かる）

- 1) 川の近くの斜面の途中（1998年着火）。
- 2) 川の近くの丘の上（1998年着火）。
- 3) 崩れ落ちた窪地（1998年着火）。
- 4) 草木の生えていない丘の上（1982～1983年着火）。
- 5) 川から数十メートル離れた林内の斜面や丘（1982～1983年着火）。

1998年着火の石炭火は水の溜まらない場所まで進んでいるが規模が小さい。1982～1983年着火の古い石炭火は規模が大きく、水の溜まらない地形の場所にある。

IV. 石炭火消火の具体例

石炭火の消火には燃焼部の最先端部から、大量の水を注入すれば、良いのである。

1. 小規模な石炭火消火の例（1998年着火）

- 1) 川の近くの窪地から水蒸気が立ち上がっていた。このような場合、間違いなく石炭火なので、石炭火よりも高い位置にある川からの水路を、地面を削って作り、そこに水を流し、窪地に水が大量に溜まるようにして消火した（図5A）。

- 2) 川の土手の下が燃えていた。この場合はバケツで直接、燃焼部に水をかけ、火を消し、水蒸気が上がるようになってから、クワで表面を少し削り、そこから水を流して消火した（図5B）。

2. 中規模の石炭火の消火例（1998年着火）

- 1) 川の近くの斜面から水蒸気が噴き出していた。さらにアカシアマンギウムが1本倒れ、そこからも水蒸気が噴き出していた。川の水量が少ないので、ウリンの枯木を使いせきとめ、小さな池を作った。そこからポンプで水をあげ、石炭火に水が染み込むようにした。さらに木が倒れた場所にポンプのノズルを突っ込み、土を水圧で切り取るようにして、燃焼部の先端を露出させるために溝を掘った。そこから、水を大量にいれるのである。このようにして消火した（例1：図6, 7）。

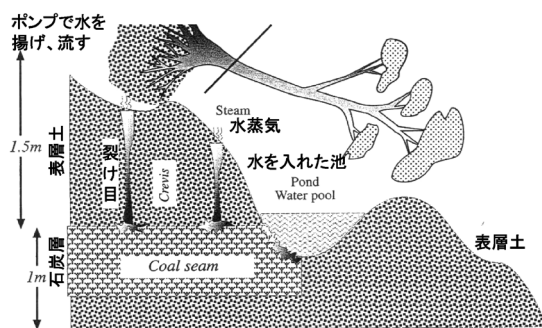


図 6 比較的小規模な石炭火の消火方法の例 1

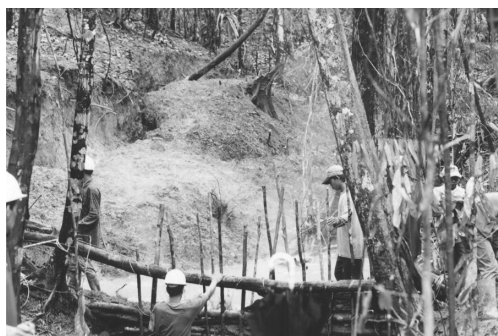


図 7 図 6 の現場

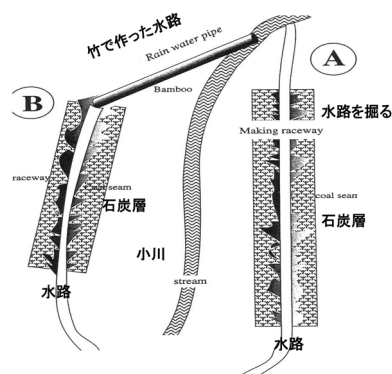


図 8 比較的小さな石炭火の消火方法の例 2

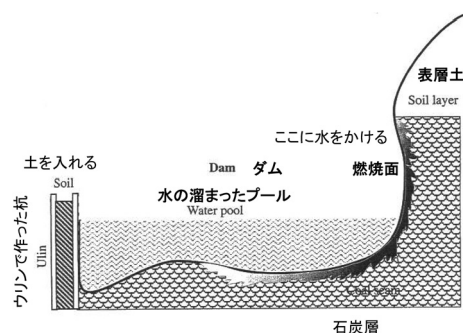


図 9 比較的小さな石炭火の消火方法の例 3

- 2) 川の両側から水蒸気が出ていた。右側はやや低く、左側は少し高くなっていた。そこで右側は川の上流から、土を掘り、水路を作って石炭火の燃焼部に流すようにした。左側は水路を掘るには難しい地形だったので、竹で樋を作り、そこに水を流し、水路につなげた。水路は石炭層の上部の表層土を削り、作った。このようにして消火した(例 2: 図 8)。
- 3) 窪んだ高さ 3m くらいの斜面が燃えていた。水は溜まらないので、ウリン (ボルネオ鉄木) の枯れ木を集め、それを杭として使い、小さなダムを作った。燃焼部から水蒸気が出なくなるまで、近くの川からポンプを使い、燃焼部に放水した。そしてダムに水がたまり、消火ができた (例 3: 図 9)。
- 4) 川から 17m 離れた斜面でアカシアマンギウムが倒れ、そこから水蒸気が出ていた。その下側の枯れたアカシアマンギウムは焦げていた。川から上

までは約 10m の高低差である。斜面上に土を削り取り小さな池を 3 つ作った。そこにポンプで水を上げ、石炭火の燃焼部から水が流れ込むようにした。このようにして水を流していくと、川の水が暖かくなってきた。水が冷えてくると消火できたことが分かる (例 4: 図 10, 11)。

3. 大規模な石炭火の消火例 (1982~1983 年に着火)

- 1) 1982~1983 年の森林火災時に川床の石炭層に着火して、地下 5m の深さを 15 年かけて 60m 石炭火が進行し、1998 年の乾燥、森林火災でさらに拡がり、長さ 80m に亘り地下の石炭層が燃焼していた。演習林の主要林道の下まで燃焼し、林道が崩れる可能性が出てきた。

規模が大きいため、林道補修用のバックホーを用いて、石炭層の燃焼部の表面まで掘り下げ、大きな穴を開けた。この作業では横に生えていた広

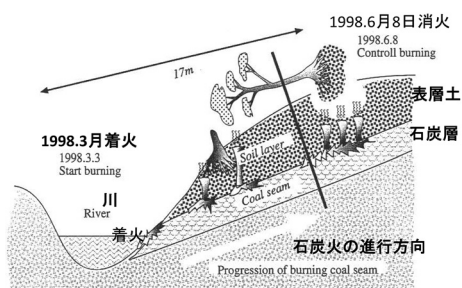


図 10 比較的小さな石炭火の消火方法の例 4



図 11 図 10 の現場写真

葉樹の低木を数本切り倒し、作業をしやすくした。近くの川から林道沿いに溝を掘り、水路とし、さらに雨水も流れるように水路を掘った。このようにして石炭火の最も高い部分の大きな穴に水を入れることに成功し、消火ができた(例1: 図 12, 13)。

2) 林道から約 200m 離れた丘から水蒸気が上がっていた。長さは 120m くらいであった。1982-83 年に着火したものである。規模が大きく、表層土の深さも分からない。そこで、丘の最も高い部分を少し、手作業で穴を掘る作業をした。ここは林道からバックホーが入ることが出来なかったのである。そして、石炭火が燃え下がり行っている部分を塞ぎ、ダムを作ることにした。谷状の地形

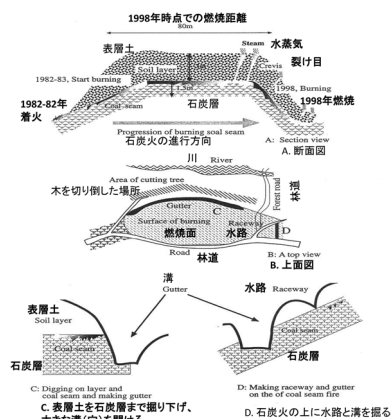


図 12 大規模な石炭火の消火方法の例 1

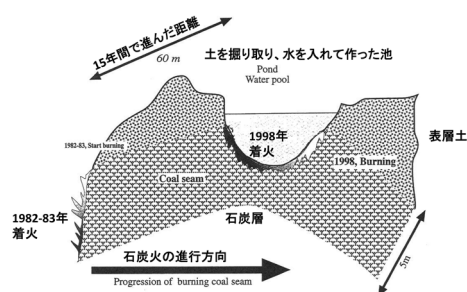


図 13 大規模な石炭火の消火方法例 1 の断面図

を利用して、近くにあったフタバガキ科の倒木を横に渡し、そこにウリンの枯木で杭を打ち、土を詰めた。上から流れて来る雨水を溜めようと思ったのである。しかし、少ししか溜まらない。底から水が抜けていた。そこで、工事用のブルーシートを何枚も重ね、敷き詰めて水を溜め、ポンプを使い、最上部から水を流した。しかし、規模が大きいため、なかなか消火できなかった。しかし、自然の力は凄いもので、ポンプでの消火は諦めたが、雨が降り続き上からの水と下の溜まり水の影響で、さしもの巨大な石炭火も消火できたのである(例2: 図 14, 15)。

V. 注意点

石炭火消火にあたって、細かい点に注意しなければ完全に消火できない。次のような点である。

1. 燃えている石炭の先端部を見つける：そこを

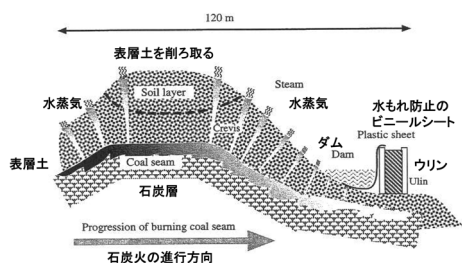


図 14 大規模な石炭火の消火方法の例 2



図 15 大規模な石炭火消火の例 2 の現場写真（水を貯めるダムを作っている）

覆っている表層土（粘着性のある赤土）を取り除き、水を注入することである。少しでも赤土が石炭の上にあると水は浸透していかない。また、燃烧部分の途中にかけると、水蒸気爆発を起こす。

2. 消火の確認：消火したと思われる石炭火は必ず翌日に見に行く。この時に少しでも水蒸気が上がっていれば、地中でまだ石炭が燃えている。その時は改めて、表層土を取り除き、水を入れ消火する。
3. ポンプを使って川での作業は流れ出た土が川に入ると、泥水をポンプが吸い上げるため、すぐに詰まってポンプが動かなくなる。そのため、必ず、上から流れ出てきた泥をポンプで水を吸い上げている場所より下流に流す必要がある。この作業に最も人員を割くことになる。
4. ポンプのホースが届かない斜面上部まで、水を上げるには、ホースの届く範囲の場所に穴を掘り、そこに工事用ブルーシートを敷いて、水を溜

めて池を作る。そこに別のポンプを持っていき、石炭火の燃烧部の先端部に水をかける。

5. ゴム長靴を履く。地面が熱くなるので、これは必須である。安全靴を履くと鉄が熱くなり、やけどをする。

VI. おわりに

これまで石炭火消火の具体的な方法を述べてきた。私がインドネシアで行った、最も地域に貢献したことは石炭火消火が比較的簡単な作業であることを示したことかもしれない。それは作業に当たって、現地の住民を使ったことで、彼らが消火作業の手順を覚えたことである。それから、消防車があって、道路さえ整備していれば、ホースから出る水の圧力で表面の土を剥ぎ取り、多きな石炭火でも簡単に消火できると感じた。

話は変わるが、原子力発電が縮小されていくようになり、火力発電用の石炭の需要が伸びてきた。そのため、インドネシアも以前にも増して、石炭を大量に掘るようになり、この東カリマンタンの石炭層も例外では無くなっている。私の調査地で、苦労して石炭火を消したブキツスハルト演習林も石炭掘りに狙われている。この地域の自然は多様性に優れ、大規模な森林火災があっても、1000 ha の試験地に生息するカミキリムシ、クワガタムシの種類数は日本全土に匹敵するか、それ以上なのである³⁾。現在、自然保護と開発の狭間にブキツスハルトの森林は岐路に立たされている。

〔参考文献〕 1) Mackinnon, K., G. Hatta, H. Halim and A. Mangalic (1996) The ecology of Kalimantan. Periplus Editions, Singapore. 2) Makihara, H. and D.J. Ghazali (1998) Effective suppression and control methods for coal seam fire. In Tropical forest fire —Prevention, control, rehabilitation and trans boundary— issues. Proceeding of International Cross Sectional Forum on Forest Fire Management in South East Asia, 7-8 December 1998, Jakarta, Indonesia, pp. 429-447. 3) 横原 寛 (2013) 熱帯降雨林のカミキリムシ。「カミキリ学のすすめ」(新里達也・編著 横原 寛ほか著, 海游舎, pp.125-190.