

チェンマイ大学での貢献 (87)

伊藤信孝

チェンマイ大学客員教授・工学部

コロナウイルス渦で外出禁止令が出され、長期にわたる遠距離移動が大幅に制限された状況が続く中、学術活動の為に国際学会やワークショップ (Workshop)、シンポジウム (Symposium)なども軒並みに延期から中止、もしくはオンライン(Online)での開催へと、その多くが様変わりしている。アブストラクト (Abstract)やフルペーパー(Full paper) の締め切りも大幅に延期され、イベント (Event) の開催さえも危ぶまれる場合も生じている。そうした中、生産工学(Industrial Engineering) 学会が開催されたが文字通り上記の状況を勘案して、オンラインでの参加・開催となった。

本報ではこの催しにオンラインで参加したこと、及び発表内容について紹介し、タイ北部で近年話題になり、深刻な問題の一つになっている煙害 (Haze) について情報提供を兼ねて紹介する。この話題については既にこれまでも取り上げたことがある事を記憶しているが、更なる情報提供につながれば幸と考え敢えて報告する。またここではタイでの煙害について話題とするが、必ずしもタイのみに限らず、近隣のカンボディア(Cambodia)、ラオス (Laos)、ミャンマー (Myanmar)、あるいは生みを隔てたインドネシア (Indonesia) などでも森林伐採にからみ、問題になっていることに変わりはない。それではまず歴史的な背景から始める。煙害が問題になり始めたのは筆者がチェンマイ大学に客員教授として招聘を受け、赴任した 2007 年頃から少しずつ話題になりかけていた。地元タイ以外の海外から訪れてチェンマイに滞在する外国人がグループ (Chiang Mai International Friends) を立ち上げ定期的に煙害について、どの様な対応をすれば良いかを話し合う機会もあった。いろいろ提案はあったが、あまり画期的なアイデアが出ていたとは記憶していない。しかしタイは観光立国であり、今ではGDPの約20%を観光業が担っている (2018)。言うならば産業の中でもドル箱的な位置を占める。それだけに煙害がひどいと言う事を大々的に行政側が外部社会に積極的に公表することはいささかギャンブル (Gamble) のようなもので、そのニュースが広まると、観光客の出足が鈍り、結局は大幅な観光客の低減につながるのではと言う懸念も働き、外国人グループ(Chiang Mai International Friends)が提出した提案には具体的な回答が成されぬままに、いたずらに時間だけが過ぎていった。行政側も表面的には具体的な対応は見せなかったが、大学や各種機関への予算計上で、その解決策を見いだして欲しいとの切ない思いはあったようである。しかしグループが専門家の集団でない事や、提案はあっても具体的にどの様に解決するかと言う具体案が明示できなかったことも「無対応」との印象を多くの人に強めた感が否定できない。ちなみにタイの観光業についてタイ観光局(Tourism of Thai Authority) の更なる情報を付け加えると、次のようになる。

2018年2月末から2019年3月末までにタイを訪れた観光客の総人数は約37.5百万人で2019年には40.0百万人(4千万人)となっている。約10%の増加予想である。金額的には3.4兆円になる。日本円では11.3兆円である。その一方で、煙害による人間の健康への影響は保健衛生省の副所長によると、北部タイの8県で2017年には62,635人が被害を受けている。病気、疾患の割合は次のようである。循環器疾患(54.6%)、呼吸器疾患(38.7%)、皮膚炎(6.23%)、炎症性眼疾患(6.02%)。煙害による対策として、発展途上国で最も大切なことは具体的にどうするかと言う"How"がきわめて重要であることは言うまでもない。高度な理論も必要であるが、ではどうするかと言うところからはっきりしないのでは無意味である。当時その様な状況でいくら議論の回数を重ねても結論がまとまらない事態の中で、筆者が提案したことをここで披露する。いまでは10年も前の話でそれほど目新しさはないが、参考のために披露する。問題解決の決め手は「如何にして焼却を防止するか」、と言う点にあった。またその防止の方法についてでもあった。当時の大方の人の理解は大学人も含めて「煙害の原因は山林(森林)の下草焼き(Bush burning)」と言うのが定説であった。またその目的は森林を所有する農家が更なる「所得増加」のために付加価値の高い換金作物の一つであるキノコ栽培を行うために、面倒なので焼却しキノコを植える準備をするのだと言う理解が体勢を占めていた。キノコ栽培農家が何故焼却をするかと言う点については、次のような理由もあった。すなわち人手で下草や灌木を刈るとなると時間がかかる上に、きれいにキノコ栽培の準備ができない。労働力を雇うとなると出費がかさむ。さらに焼却により不要な害虫などを駆除できるというメリット(Merit)もあると言う。したがってその焼却により発生する煙が人体の呼吸系器官にも悪い害を与え、また煙で観光バスの運行がしばしば阻害されると言われていた。しかし毎年乾期(Dry season,の11月から翌年5月中旬くらいまで)になると煙害が話題になり、今年もその季節がやってきたと言った感じで恒例の風物詩(?)が如き取り扱いもされるようになった。残念ながら煙害の本当の原因が何かを知らずして、一方的に原因を森林の下草焼きと言う前提で話を進める形になった。当時はエネルギー危機と地球温暖化環境問題(Global warming)の問題からバイオマスに関心が集まり、石油の成る作物として海藻類やホルト草などがノーベル化学賞を受賞(1961年)したメルビン・カルビン博士(Dr. Melvin Ellis Calvin)によっても推奨された。(余談ではあるが、筆者は博士が幸にも名古屋での農芸化学会に来られた時にお会いする事が出来た。書かれた書籍にサインをお願いした筆者の上司のペンが余り良くなかった性か、ボールペンのインクが円滑に出てこなかった。その時博士はThis pen is too good.と言われ自分のペンを取り出してサインして頂いたのを鮮明に記憶している。在職時代、しかも助手の時であるから、随分と昔の話である)。

米国では当時、一部の企業がこれまで捨てていた稲わらをトンあたり20ドルで買い取り、バイオ・エタノールを作るという話もあった。日本のH社と米国のD社がセルロース系資源からバイオ・ブタノールを作る技術を開発したと言うニュースも伝わった。筆者はそうした背景を説くとともに、図1に示す自身の概念を披露した。すなわち煙害の原因が資

源の焼却にあるのであれば、何が何でもやめさせることが先決である。どのようにして森林焼却をやめさせるかについて、図1を参考に説明する。

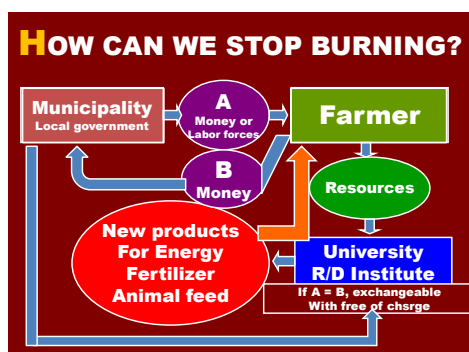


図1 森林の下草焼きを農家にやめさせる方法

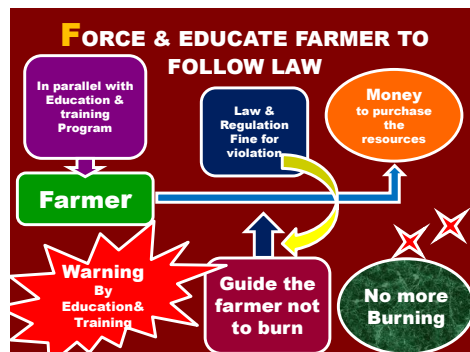


図2 焼却を使用とする農家に対し焼却が違法で許可なくすれば罰金を含む各種罰則があることや焼却が如何に良くないことかを理解させる教育を同時併行して実施する

森林の下草焼却（一般に野焼きという表現で理解されている）を考えている農家を洗い出し、焼却をしないよう行政が係官を派遣して交渉する。どうしても交渉がまとまらない場合は、やむなく行政側が労働者を派遣し、用意したお金で下草を刈り取り、買い取る（Aの行為）。刈り取り、買い取った資源（下草）は研究機関や大学に運び込み、それをを用いた新製品の開発を研究する。ここで言う新製品とはそれら資源からペレット(Pellet)状の家畜の餌(Animal feed)、肥料(Fertilizer)、堆肥(Compost)、バイオチャー(Bio-char)燃料、工芸品などを作り販売する。農家のみならず一般の消費者にも販売する。この販売で得た利益が買い取り時の支払い額より多ければ元が取れる(Pay back)し、利益が多くなれば新しいビジネスを立ち上げることもできる。如何に付加価値の高い新製品を開発できるかがキー・ポイント(Key point)である。将来的にはバイオ・プラスチック(Bio-plastics)、また、その先にはセルロース・ナノ・ファイバー(Cellulose Nano Fiber)なども射程距離内に入るのかも知れない。一方、焼却を未然に防止するには、上記の施策に加えて、農家関係者に「何故森林焼却をすることがいけないのか？」という事を理解させる必要がある。それを示すのが図2である。法律や規則を作るのも良いが理解させる努力も必要である。しかし言葉の説明だけでは十分な理解は難しく、某かのわかりやすい数値または例を挙げて、それをポスターにして「なるほど森林を焼却すると、こんなにエネルギーや資源が無駄になり、その上不必要な炭酸ガスがこんなにも排出されるのか」ということが分かるような教育と広報活動が必要となる。

さて煙害の原因の一つが森林や廃棄農産物の焼却にあることは頷けるが、本当の原因が何処にあるかを確認してからでないと、うかつに行動を起こすことは無意味でもある。

その指標としてホット・スポット (Hot spot) がカウント (Count) されます。タイにおけるホット・スポットの多い地域で煙害が生じていることになるからである。この数が多い地方が煙害もひどいという関係となる。タイ全土では大きく分けて煙害がひどい地域は3つあり、バンコック (Bangkok)、コンケン (Khon Kaen)、北部タイ (Northern Thailand)、チェンマイ (Chiang Mai)、チェンライ (Chiang Rai)、メホンソン (Mae Hong Son) となる。その原因と思われるものは車やバイクの排気ガス、工業生産活動に伴う工場からの排気ガス、および森林、廃棄農産物の焼却を含む野焼き、の3つである。

さて長年に渡り煙害の真の原因は何かを探し続けて来た筆者の前に、2014年から2016年までの3年間にわたる北部メチャム (Mae Jaem) 地区の7小地区におけるホット・スポットの数を産業分野別に示した、最も欲しかった数値データが学生の手によって入手できた。筆者は基本的にデータについては、聞き取りも必要、かつ重要であるが余り信用できない、公的機関が出す数値データをより信用すべきと戒めている。案の定、キノコ栽培農家の山焼き程度のものではなく、驚くべき事に約全体の70%以上が国有林から出ているのである。しかも毎年400ライ (ライはタイの土地面積を表す単位で6ライが1ヘクタール(ha)) で、3年間で約200 (ha) の森林が焼失しているのである。筆者はこの瞬間「やっと見つけたぞ、真の煙害の原因を」と鬼の首を取った思いで感激したものである。そのデータを図3に示す。農業分野での農産物残渣 (Agricultural waste / residue) の焼却などは極めて少なく、おおかたは国有林の焼却という事になる。不特定多数の者が不法に国有林に立ち入り樹木を焼却したことになる。

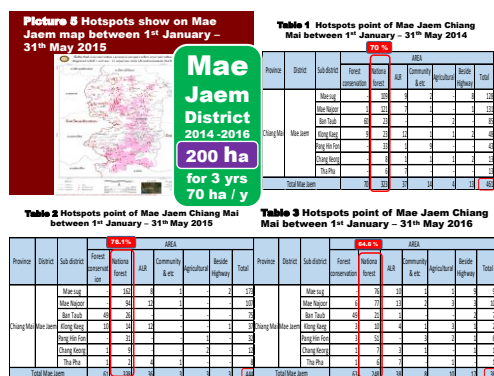


図3 チェンライ県メチャム地区の7つ角小地区におけるホットスポットの産業セクター別の数

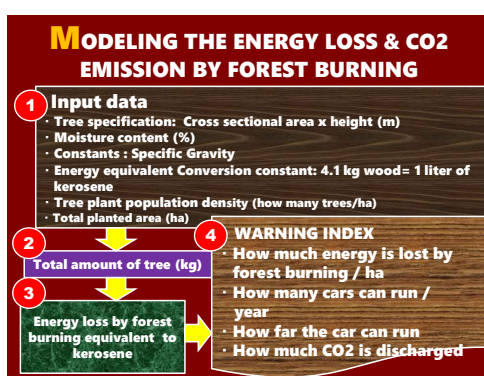


図4 樹木焼却により消費されたエネルギー総量と炭酸ガス発生量の算定プロセス

言うまでもなく、無断に森林に立ち入り、焼却した者が悪いが、行政側の管理不行き届きでもある。しかし焼却したものは元に戻らず、「仕方が無い」と言う事で、これを教訓に新しいプロジェクトを立てて、同じ事を繰り返さぬ対応が必要となる。しかし、森林焼却が如何に馬鹿げた事であり、資源やエネルギーを消失し、不要な炭酸ガスを排出することかを関係者に理解させる必要がある。それには教育が必要で広報活動と組み合わせた教育研

修 (Education & Training program) を頻繁に実施する必要がある。それにはどの様にするかと言う "How" が求められる。その過程 (Process) を示したのが図 4 である。どのような種類の樹木が対象の面積に総数何本生育しているとき、それらを焼却すればどれだけのエネルギーが失われ、どれだけ余分に炭酸ガスが産出されるかを算定する。それには樹木の諸元 (Specification)、すなわち平均的な樹木の大きさ (直径、高さ、水分、重量) を知り、樹木の単位面積当たりの生育密度を考慮して消失エネルギーを算定する。しかしこの数値だけを示しても一般の人には理解しにくい。そこで化石エネルギーである石油やガソリンなどを単位量 (一般に 1 リットル) 燃やしたときの熱量と比較し、樹木はどの程度かという換算を行う。この換算には既に換算表が用意されており、単位当たりの燃料からどの程度の炭酸ガスが得られるかが既に用意、示されている。しかしこのレベルでも一般の人にはその量がどの程度かを素早く予測し、頭に浮かべることは難しい。そこで一般に普及している「車のマイルエイジ (Mileage) を用いて、もし得られた主室エネルギーが算定できたら、そのエネルギーで、その車はどの程度の距離を走ることができるか、と言う表示の仕方をするとわかりやすい。

したがって石油 1 リットルから得られる熱量は 33 MJ であり、樹木 1 kg から得られるそれは 8 MJ であるから約 4 倍弱の量に等しいかを換算表示し、たとえば森林の単位量の面積を対象としてある種の樹木を焼却した場合、それは車で何キロメートルを走行したことに相当するか、と言った表示で「森林焼却が如何に無駄で、馬鹿げたことか」を訴え、警告することで森林焼却をやめさせると言うものである。現段階では樹木の幹の部分のみを対象に考えているが。樹木には枝と葉が付いているからそれらを個別に計算して合計した総熱量を用いて車との対比し、換算値で示す必要がある。また 1 台の車のみでその走行距離を表示するのか、車の年間走行距離を設定しておいて、それと同種の車が年間何台ほどそのエネルギーで走行距離を走行できるかという表示でも良い。この表示方法についてはさらに検討、考察するが必要である。

ところで現在のメチャム地区の状況はどうなっているかという、ロイヤル・プロジェクトの基で新しいプロジェクト (Project) が進行中である。新しく農業をやりたいと言う若い世代が 25 家族新規に入殖を希望し許可されている。最も重要なインフラ設備 (Infrastructure) は用水 (Irrigation water) で有るが幸にもかなり高い山間地であるにも関わらず、それ以上に高い所に水源 (Water resources) があると言う事で、要所要所に水源としての共同用水池 (Irrigation pond / Reservoir) が敷設されつつある。主たる作物はトウモロコシであるが他にも野菜などを考えているようである。図 5 広大な面積にわたり森林焼却されたメチャム地域の状況を示す。2014 年から 1016 年の 3 年間で約 200 ヘクタールの森林が焼かれていること考えると、1 年間ではその約 3 倍と考えると 600 ヘクタールが焼却されたことになる。ただし、ここでは 3 年間のデータしかないので推定値ではあるが。図 5 は森林焼却された山岳地帯を示すが広大な面積が焼却されたことを容易に確認出来る。



図5 広い面積に亘る森林焼却で丸裸になったメチャム地区の森林山岳地帯風景



図6 森林焼却が如何に資源エネルギーを無駄にするかを訴えるポスターの一例 (製作試行錯誤中)

2度と同じ事(森林焼却)を繰り返さない為にも、厳しい国有財産の管理と監視、法的罰則制度と森林焼却が何も生み出さず、いたずらに資源とエネルギーを無駄に消費し、余計な炭酸ガスを排出すると言う愚かな行為であることを広く、また強く警告する事が重要であることを再認識すべきである。

さてこのようにして準備した論文内容を15分という短い限られた時間内に英語で、しかもオンラインで発表したが、発表の途中で一時的にPCがハング・アップ(Hang up)し、修復、再設定に無駄時間を費やした。セッション(Session)の終わりに司会者(Chair person)は「貴方の研究は大変おもしろい」と言ってくれたが・・・筆者は今いちPCのハング・アップの躓きが心残りであった。親子ほども異なる若い世代がコロナ・ウイルス禍でオンライン授業を強いられている今日、自分自身が彼らと同様に新しい技術の産物を用いて講演発表を為なければ成らない時代になった事をあらためて実感した。しかし新しい事を学び、修得し、利用する事ができると言う喜びは益々自身を勇気づける。嬉しい限りである。貴重な機会を与えて頂いた共著者の教員(Dr. Sermkiat Jomjunyong)に素直に心より深謝したい。以下は煙害に関するこれまでの発表論文である。

<参考文献>

- 1) Nobutaka Ito (2010) Fire Prevention in Chiang Mai, Thailand, International Workshop at Agricultural Machinery Center, Ministry of Agriculture, Paro, Bhutan, March 24, 2010, (IFPat, NPO)
- 2) Nobutaka Ito, Sermkiat Jomjunyong Wasan Jompakdie (2016) FOREST BURNING, PREVENTION FOR ASIA SUSTAINABILITY in case of Thailand, Proceedings of Kagawa University - Chiang Mai University Joint Symposium, August 28, 2016
- 3) Sermkiat, Nobutaka Ito (2018) Forest farm for Haze Free, Proceedings of The 11th

TSAE International Conference, 26~27 April, Chulaborn International Convention Center (Wora Wara Hua Hin Hotel & Convention) Hua Hin, Prachuap Khin Khon, Thailand

- 4) Sermkiat Jomjunyong, Nobutaka Ito (2018) Modeling for estimating Energy loss and CO₂ emission from forest burning, Programme & Book of abstracts, F-07, P. 92, SEE 2018 Proceedings of The 7th of International Conference on Sustainable Energy and Environment: Technology and Innovation for Global Energy Revolution
- 5) Sermkiat Jomjunyong, Nobutaka Ito (2020) Haze Free Forest Farm in Thailand, IE NETWORK 2020, The 38th Conference of Industrial Engineering Network, Pullman Pattaya Hotel G Chonburi, Thailand (Presented by Zoom online), KMUTT