Indonesia's Forest Fires: Causes and Countermeasures as Climate Change Mitigation Measures

インドネシアにおける森林火災：原因と気候変動緩和策としての対策

PROF.DR.BAMBANG HERO SAHARJO

FACULTY OF FORESTRY AND ENVIRONMENTS

IPB UNIVERSITY

ボゴール農科大学 森林環境学部

バンバン・ヘロ・サハルジョ教授・博士

JUNE 2022　2022年6月

Introduction　はじめに

- Fires in humid tropical forests, both natural and anthropogenic in origin, have been a source of disturbance over millennia (e.g., Goldammer, 1990), but large, intense fires have been relatively infrequent prior to anthropogenic land use change.

  湿潤な熱帯林における火災は、自然発生か人為的なものかを問わず、数千年にわたってかく乱の原因となってきた（e.g., Goldammer, 1990）。しかし、人間が土地利用を変更する前は、大規模で激しい火災は比較的稀であった。

- Fires in Indonesia have consequences from the local to global scale, including burning forest that is home to endemic and endangered flora and fauna, emitting haze that compromises human health and impacts economies across the region, and converting peatlands from a major carbon sink to a major source of CO_2 (Cattaua et al., 2016).

  インドネシアにおける火災は、固有種や絶滅危惧種の動植物が生息する森林を焼き、地域全体の人間の健康を損ない、経済に影響を与える煙を放出し、泥炭地を重要な炭素吸収源から深刻なCO_2源に変えるなど、地域から地球全体まで影響を及ぼす（Cattaua et al., 2016）。

- Identifying the sources of fire ignitions and LULC classes associated with fire ignitions is a key factor for reducing fire on this landscape, as this will allow us to more pointedly target management and policy interventions (Cattaua et al., 2016).

  火災の発火源と火災の発火に関連する土地被覆・土地利用変化（LULC）クラスを特定することは、この地勢における火災を減らすための重要な要素である。これにより管理と政策介入の対象を、より絞ることができるからである（Cattaua et al., 2016）。

- The problem of forest fires cannot be observed merely from a single viewpoint. It must be seen expansively in various contexts. Forest land areas, which are supposedly designated as green zones by the state, are being misused by local actors (Purnomo et al, 2021).

  森林火災の問題は、単にひとつの視点から観察することはできない。様々な文脈から広い視野で見る必要がある。国によって緑地帯に指定されているはずの森林地帯が、地元のアクターによって悪用されている（Purnomo et al, 2021）。

- Thus, a key component to understand changing fire regimes in the tropics is to identify the sources of fire ignitions and the land use/land cover (LULC) classes associated with fire ignitions (Cattaua et al., 2016).

  したがって、熱帯地方の変わりゆく火災レジーム（型）を理解するために重要な要素は、火災の発火源と火災の発火に関連するLULCクラスを特定することである（Cattaua et al., 2016）。

- Fire is a significant source of gases and particulate to the atmosphere: environmentally important gases produce by fire includes carbon dioxide, carbon monoxide, methane, non-methane hydrocarbons and oxides of nitrogen.

  火災は、大気に放出されるガスや微粒子の重要な発生源である。火災によって発生する環境に重要なガスには、二酸化炭素、一酸化炭素、メタン、非メタン炭化水素、窒素酸化物などがある。

- Fire also produces large amounts of small, solid particles or “particulate matter”, which absorb and scatter incoming solar radiation, and hence the impact of our planet as well as provoking a variety of human health problems (Levine 1996).

  また、火災は、大量の「粒子状物質」（小さな固体粒子）を生成する。粒子状物質は、地球に入ってくる太陽放射を吸収して散乱させるため地球に影響を与え、また人間に様々な健康問題を誘発する（Levine 1996）。

- The problem of forest fires cannot be observed merely from a single viewpoint. It must be seen expansively in various contexts.

  森林火災の問題は、単にひとつの視点から観察することはできない。様々な文脈から広い視野で見る必要がある。

Network: 14 Sep 2019 15.58.20 WIB
Local: 14 Sep 2019 15.58.19 WIB
-3°12'44"S 104°39'40"E
Jalan Lingkar Citra
Kecamatan Indralaya Utara, Kabupaten Ogan Ilir 30862
Indonesia
Remark: IBNU. S _ SatGas BPBD OI
BADAN PENANGGULANGAN BENCANA DAERAH
BPBD
KAB. OI
KABUPATEN OGAN ILIR

Palembang, South Sumatra, 2014

Palembang, South Sumatra, 2014 morning

Palangkaraya 26 September 2015, 04.00 PM

Palangkaraya, 27 September 2015, 04.34 AM

young oil palm plantation (2 years old) planted at the peatland burned and difficult to suppress

泥炭地に植えられて2年目の若いアブラヤシ 農園が焼失し、消火は困難な状況

Provinces　州	2015	2016	2017	2018	2019
South Sumatra 南スマトラ	646,298.80	8,784.91	3,625.66	16,226.60	336,798
Central Kalimantan 中部カリマンタン	583,833.44	6,148.42	1,743.82	47,432.57	317,749
West Kalimantan 西カリマンタン	93,515.80	9,174.19	7,467.33	68,422.03	151,419
South Kalimantan 南カリマンタン	196,516.77	2,331.96	8,290.34	98,637.99	137,878
Riau　リアウ	183,808.59	85,219.51	6,866.09	37,236.27	90,550
Jambi　ジャンビ	115,634.34	8,281.25	109.17	1,577.75	56,593
Papua　パプア	350,005.30	185,571.60	28,767.38	88,626.84	108,110
7 Provinces Restoration target area 7州の回復対象地域	**2,169,613.04**	**305,511.84**	**56,869.79**	**358,160.05**	**1,199,097**
Total areal burnt (IND) 総焼失面積（IND）	**2,611.411.44**	**438,363.19**	**165,483.92**	**529,266.64**	**1,649,258**
%	**83.08**	**69.70**	**34.36**	**67.70**	**72.70**

Burnt peat area in the year 2018 and 2019
2018年および2019年に焼失した泥炭地域

Provinces 州	2018	2019	%
South Sumatra 南スマトラ	2,071	136,875	6609
Central Kalimantan 中部カリマンタン	27,516	183,836	668
West Kalimantan 西カリマンタン	39,573	60,487	153
South Kalimantan 南カリマンタン	9,902	11,950	121
Riau リアウ	33,867	63,282	187
Jambi ジャンビ	622	24,045	3866
Papua パプア	2,372	2,199	-7.3
Burnt peat restoration target area 回復対象の泥炭地域のうち燃えた面積	115,923	482,674	416
All burnt peat (Indonesia) 燃えた泥炭地域の総面積（インドネシア）	125,340	494,450	394

FOREST AND LAND FIRES AT 2020 AND 2021 (DGCC, 2021)
2020年および2021年の森林・土地火災（DGCC, 2021）

No.	Provinsi	Luas Karhutla 2020 (Ha)			Luas Karhutla 2021 (Ha)		
		Mineral	Gambut	Jumlah	Mineral	Gambut	Jumlah
1	2	6	7	8	9	10	11
1	ACEH	885	193	1,078	836	430	1,267
2	BENGKULU	221		221	93		93
3	KEPULAUAN BANGKA BELITUNG	350	226	576	317	44	361
4	KEPULAUAN RIAU	8,798	7	8,805	1,527	61	1,588
5	JAMBI	994	7	1,002	427	32	459
6	LAMPUNG	1,358		1,358	3,995	5	3,999
7	RIAU	3,855	11,587	15,442	776	8,015	8,791
8	SUMATERA BARAT	1,101	473	1,573	1,166	663	1,829
9	SUMATERA SELATAN	433	517	950	4,873	295	5,167
10	SUMATERA UTARA	2,847	897	3,744	3,673	387	4,061
11	BALI	29		29	3		3
12	BANTEN	2		2			
13	JAWA BARAT	2,344		2,344	1,299		1,299
14	JAWA TENGAH	7,516		7,516	599		599
15	JAWA TIMUR	19,148		19,148	15,256		15,256
16	DI YOGYAKARTA	181		181			
17	NUSA TENGGARA BARAT	29,157		29,157	100,908		100,908
18	NUSA TENGGARA TIMUR	114,719		114,719	137,297		137,297
19	KALIMANTAN BARAT	6,234	1,413	7,646	6,889	13,367	20,256
20	KALIMANTAN SELATAN	3,978	39	4,017	7,728	687	8,414
21	KALIMANTAN TENGAH	6,135	1,546	7,681	2,870	692	3,563
22	KALIMANTAN TIMUR	5,084	137	5,221	2,931		2,931
23	KALIMANTAN UTARA	1,721		1,721	1,671		1,671
24	GORONTALO	80		80	163		163
25	SULAWESI BARAT	569		569	841		841
26	SULAWESI SELATAN	1,902		1,902	916		916
27	SULAWESI TENGAH	2,555		2,555	3,055		3,055
28	SULAWESI TENGGARA	3,206		3,206	2,124		2,124
29	SULAWESI UTARA	177		177	579		579
30	MALUKU	20,270		20,270	11,645		11,645
31	MALUKU UTARA	59		59	108		108
32	PAPUA	27,853	424	28,277	14,676	613	15,289
33	PAPUA BARAT	3,182	2,534	5,716	50		50
Total		276,944	19,998	296,942	329,290	25,292	354,582

1. The 2021 fires bigger than 2020 about 61.357 ha (17,33%);
   2021年の火災面積は、2020年よりも大きく、約61.357ha（17,33%）であった。
2. The biggest fire located in NTT (East Nusa Tenggara and NTB (West Nusa Tenggara);
   最大の火災は、東ヌサ・トゥンガラ州（NTT）と東ヌサ・トゥンガラ州（NTB）で発生。
3. Fires in NTT (East Nusa Tenggara) and NTB (West Nusa Tenggara); dominated by savanna/grassland, shrub and dry farming;
   NTTとNTBの火災。サバンナ・草原、低木、乾燥農業が主流。

** 2021 burned area, January - November*
※2021年1月～11月に焼けた面積

COMPARE TO THE FOREST AND LAND FIRES IN OTHER COUNTRIES
他国の森林・土地火災との比較

Indonesia = 229.978 ha (Jan-Oct. 2021)
インドネシア＝229.978ha（2021年1月～10月）

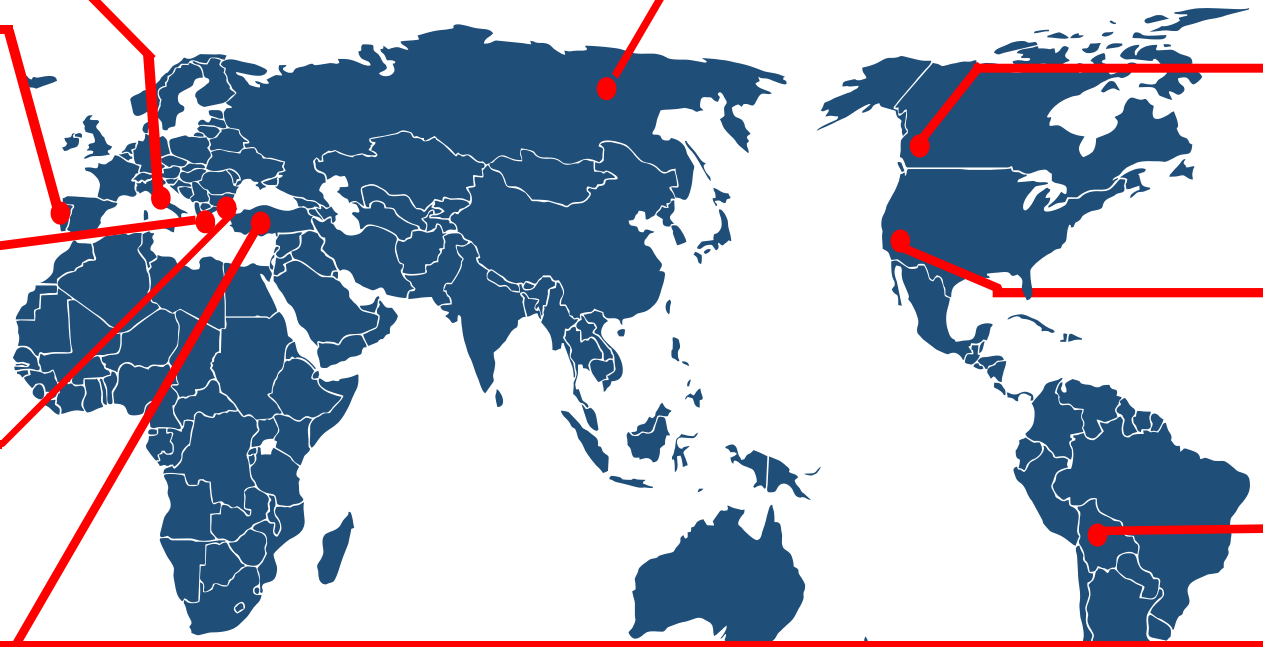
ITALY　イタリア
20.000 ha

SPAIN　スペイン
5.000 ha

GREECE　ギリシャ
56.655 ha

CYPRUS　キプロス
5.000 ha

TURKEY　トルコ
95.000 ha



RUSSIA　ロシア
1.500.000 ha

CANADA　カナダ
580.000 ha

USA　米国
3.500.000 ha

BOLIVIA　ボリビア
150.000 ha

REFLECTION and ANTICIPATION: The forest and land fires disaster triggered by heat waves which occur in European and American countries throughout 2021. Indonesia has learned since 2015 (six years ago) continues to improve the management of forest and land fires management with prevention is priority among the government central, regional, military, police, local community and private sector.

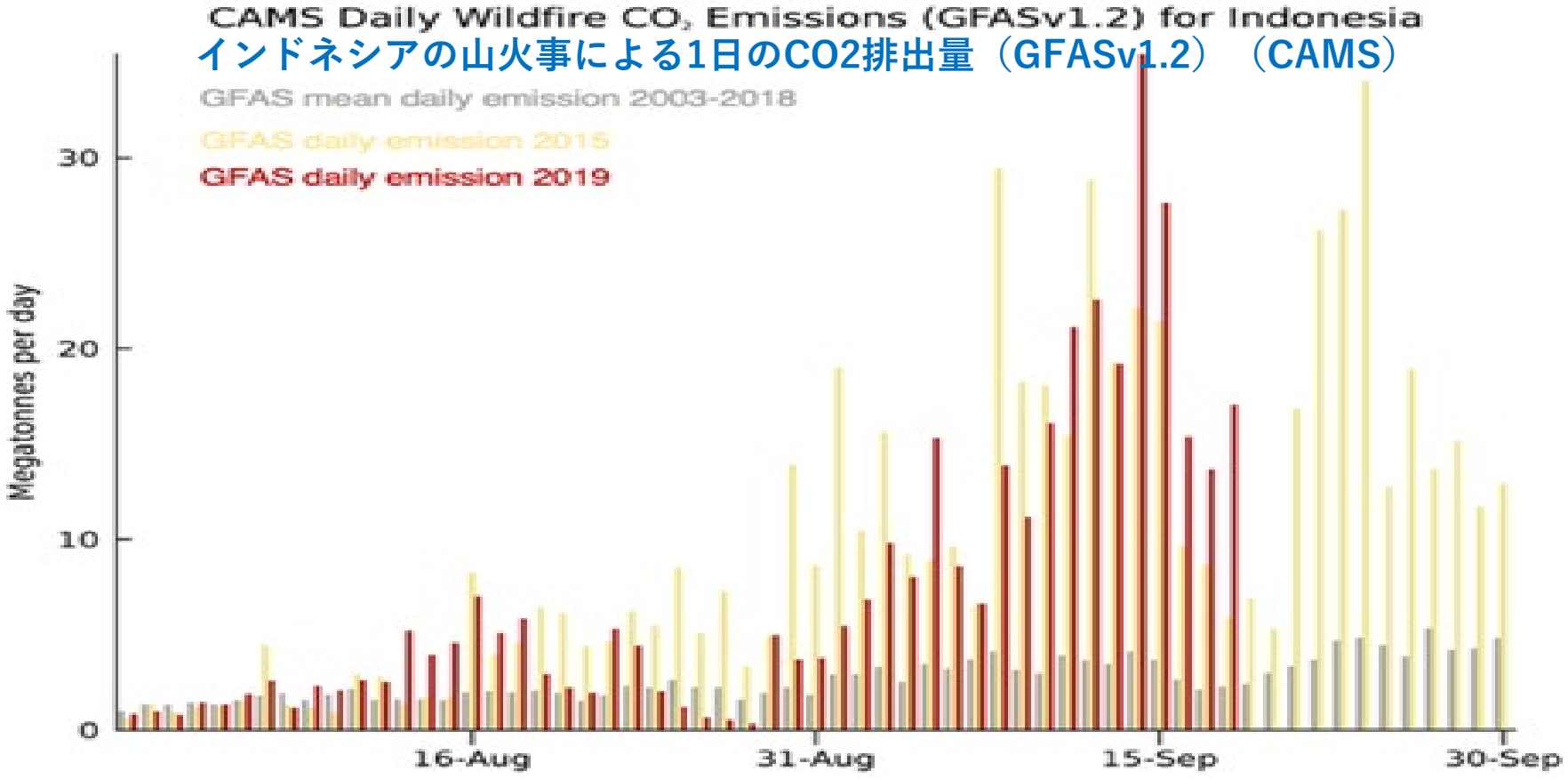
振り返りと期待：2021年を通じて欧米諸国で発生した、熱波を起因とする森林や土地の火災災害。2015年（6年前）以来、インドネシアは学び、中央・地方政府、軍、警察、地域社会、民間セクターの間で、火災予防を優先事項として森林・土地火災の管理を改善し続けている。

Data based on satelite wich is launching by Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) Uni Eropa.

※欧州連合のコペルニクス大気監視サービス（CAMS）が打ち上げた衛星に基づくデータ。

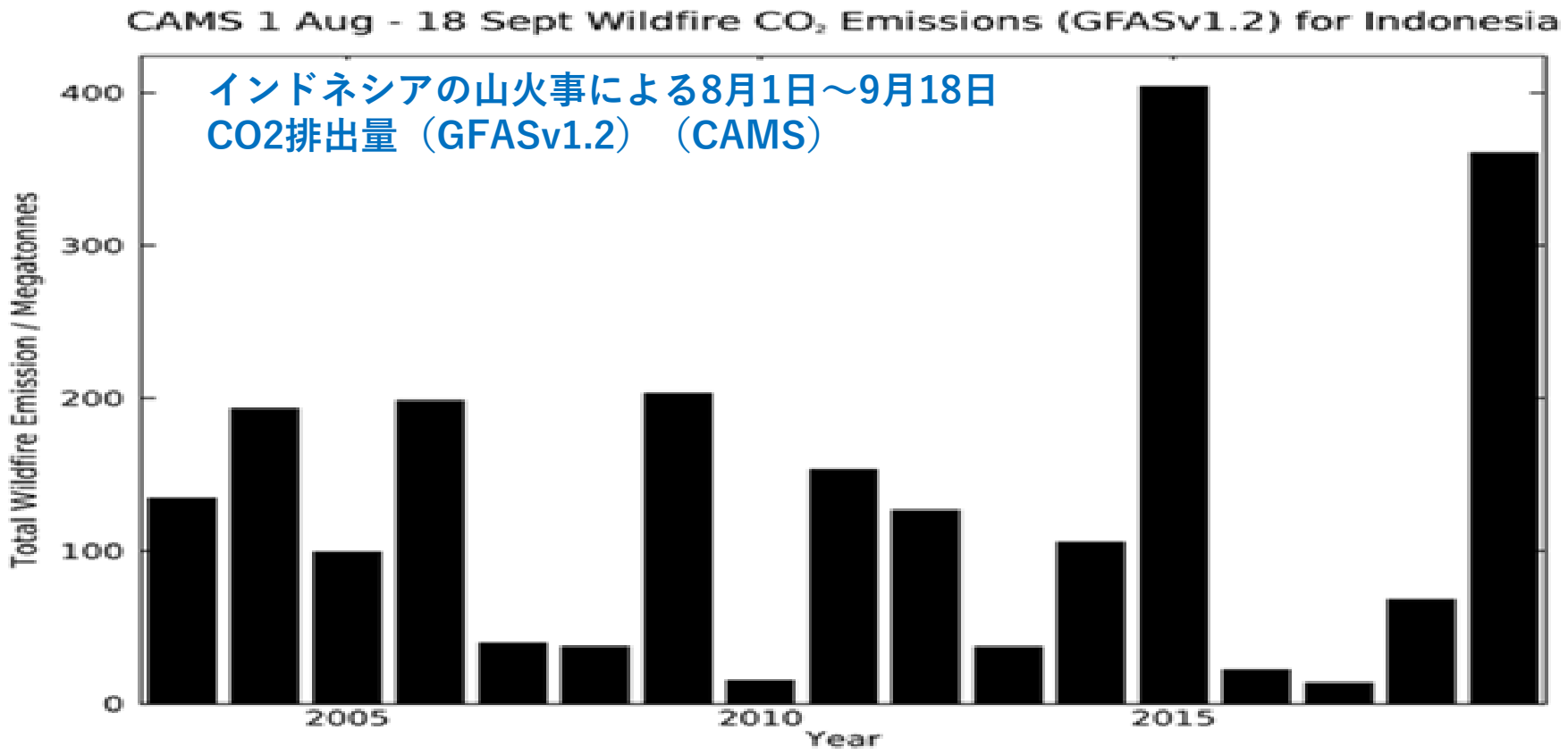
Daily total estimated CO_2 equivalent emissions, comparing 2019 (in red) with 2015 (in yellow) and the 2003-2018 mean (in grey), showing the comparability of recent emissions to the same days in 2015. Credit: CAMS/ECMWF

1日のCO2換算排出量の推定値の合計。2019年（赤）、2015年（黄）および2003年～2018年平均（グレー）を比較し、最近の排出量が2015年の同じ日と比較可能であることを示す。著作者：CAMS/ECMWF



Total estimated CO_2 equivalent emissions calculated for Indonesia between 1 August and 18 September for all years between 2003 and 2019. Credit: CAMS/ECMWF

2003年から2019年までのすべての年における、8月1日から9月18日の間のインドネシアの推定CO2換算排出量合計。著作者：CAMS/ECMWF



Some of 90 gases detected during peat fires in Central Kalimantan (Stockwell et al, 2016)

中央カリマンタン州の泥炭火災で検出された90種類のガスの一部（Stockwell et al, 2016）

Compound (formula)	Study avg (stdev) (g/kg)
Carbon Dioxide (CO_2)	1564(77)
Carbon Monoxide (CO)	291(49)
Methane (CH_4)	9.51(4.74)
Dihydrogen (H_2)	1.22(1.01)
Acetylene (C_2H_2)	0.121(0.066)
Ethylene (C_2H_4)	0.961(0.528)
Propylene (C_3H_6)	1.07(0.53)
Formaldehyde (HCHO)	0.867(0.479)
Methanol (CH_3OH)	2.14(1.22)
Formic Acid (HCOOH)	0.180(0.085)
Acetic Acid (CH_3COOH)	3.89(1.65)
Glycolaldehyde ($C_2H_4O_2$)	0.108(0.089)
Furan (C_4H_4O)	0.736(0.392)
Hydroxyacetone ($C_3H_6O_2$)	0.860(0.433)
Phenol (C_6H_5OH)	0.419(0.226)
1,3-Butadiene (C_4H_6)	0.189(0.157)
Isoprene (C_5H_8)	5.28E-2(4.33E-2)
Ammonia (NH_3)	2.86(1.00)
Hydrogen Cyanide (HCN)	5.75(1.60)

Rabu, 04 September 2019 16:36:31
0°26'36"N 101°21'26"E
Riau
Altitude:27.3m
Speed:0.0km/h

Rabu, 04 September 2019 16:27:55
0°26'39"N 101°21'26"E
Riau
Altitude:26.5m
Speed:0.0km/h

more than 20,000 ha Acacia planted at the peatland burnt in only about 3 months
2万ha以上の泥炭地に作られたアカシア植林地は3か月で焼失した

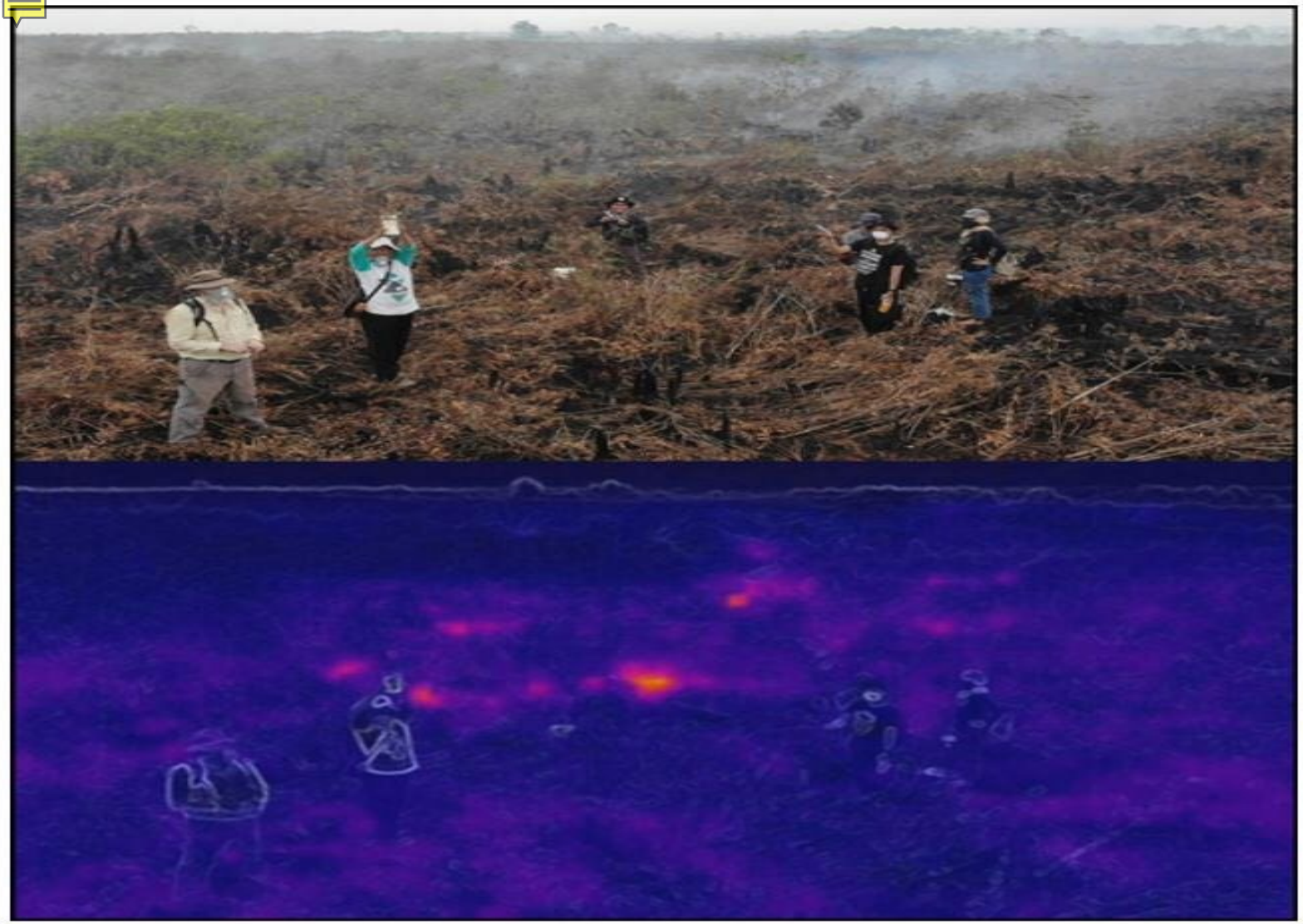
Planting oil palm at the peatland should be well managed especially water hidrology

泥炭地にアブラヤシを植えた場合、特に水利の管理をしっかり行う必要がある。

oil palm planted at the peatland after the fires

泥炭地に植えられたアブラヤシの火災後の状況

Burned peat without canal blocking
水路をふさいでいなかった泥炭地の焼失



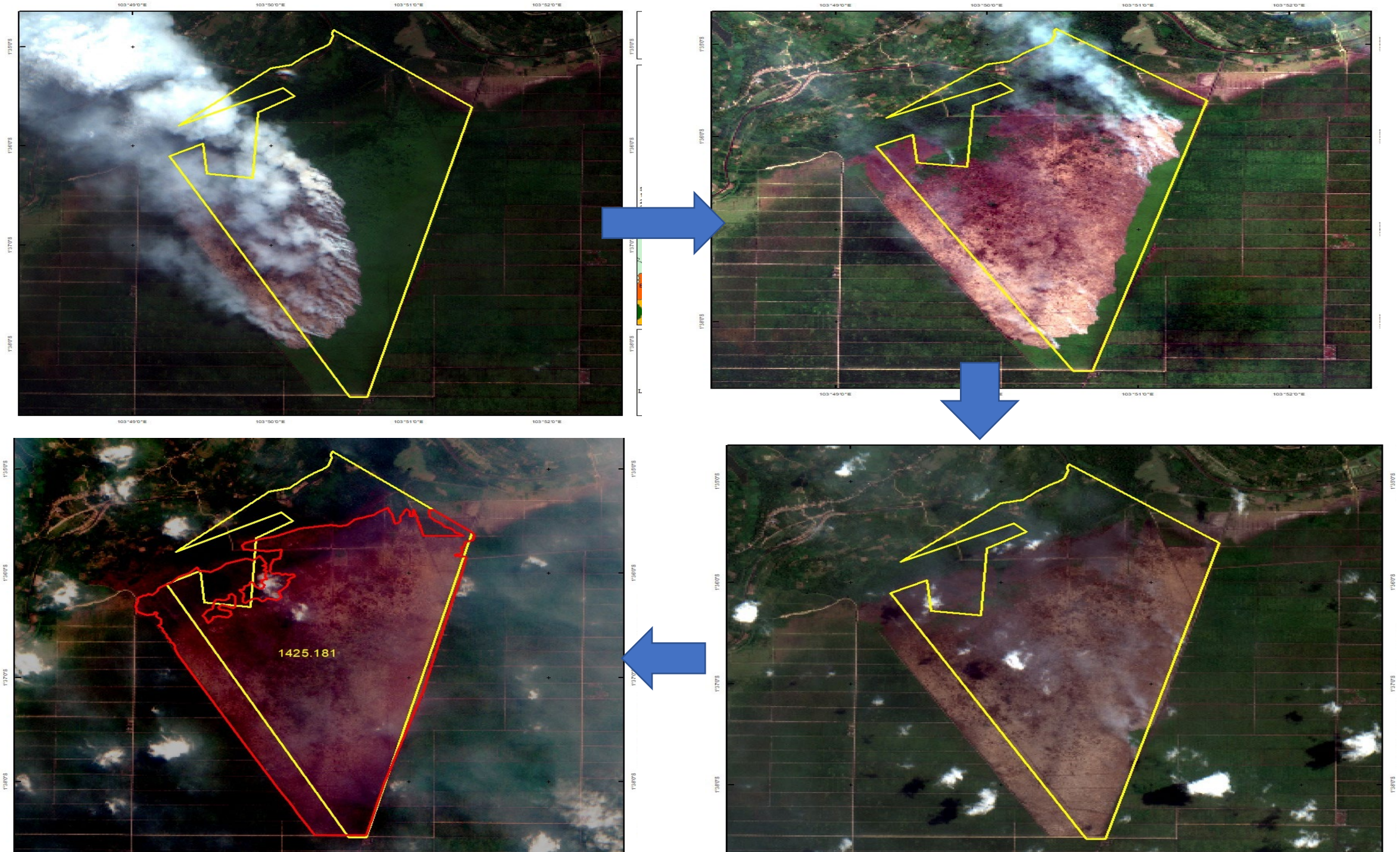
Mark Cochrane's NASA-funded research team sampled burning peat in Jambi, Sumatra, in 2019. The bottom photo, taken in infrared, reveals locations of smoldering peat fires. Credit: Prof. Yulianto Sulisto Nugroho

NASAが支援したマーク・コクレーン氏の研究チームは、2019年にスマトラ島のジャンビ州で燃えている泥炭をサンプリングした。

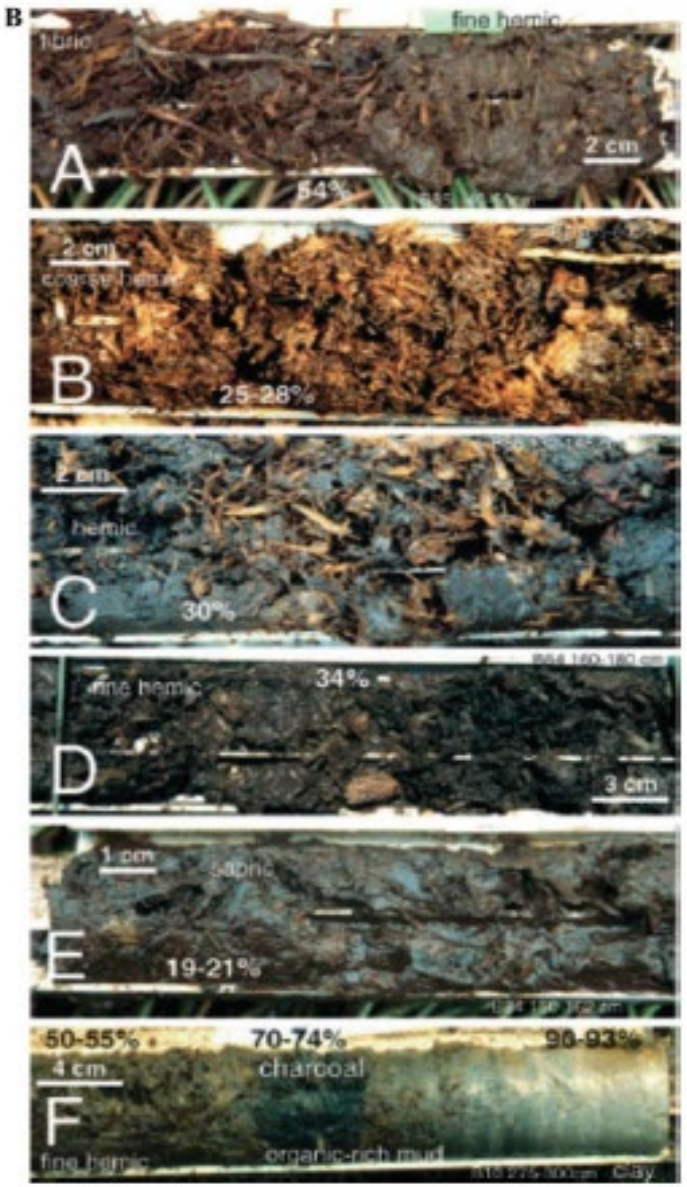
下の写真は赤外線で撮影したもので、泥炭のなかでくすぶっている火の位置がわかる。

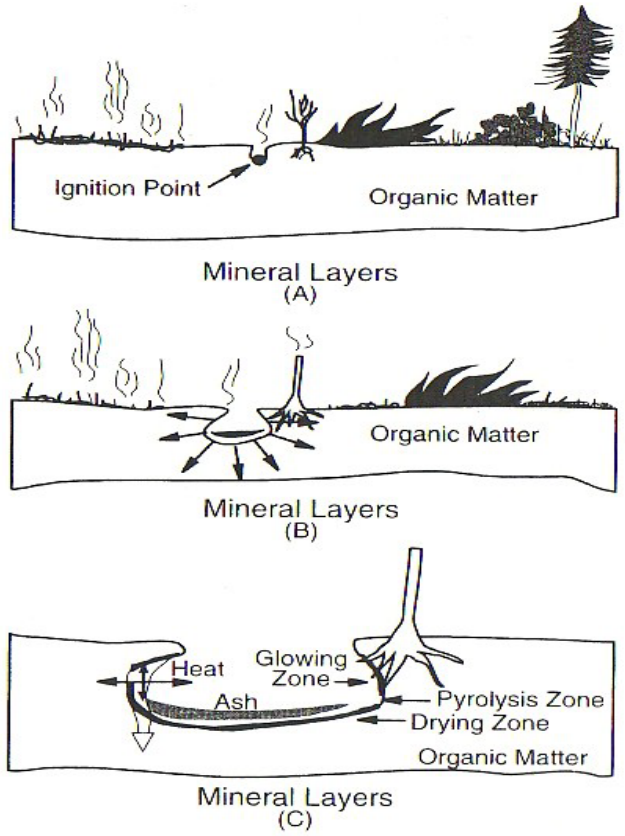
peat fires, even though at the surface there is no fire but below the ground the fires is still exist

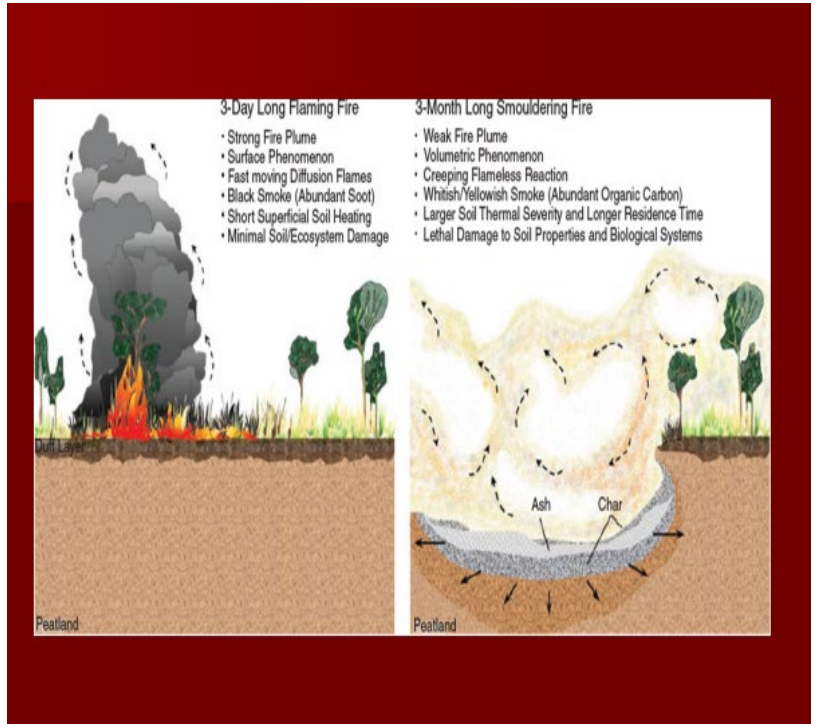
泥炭火災では、地表面の火が消えていても、地下にまだ火が残っていることがある。


1425.181

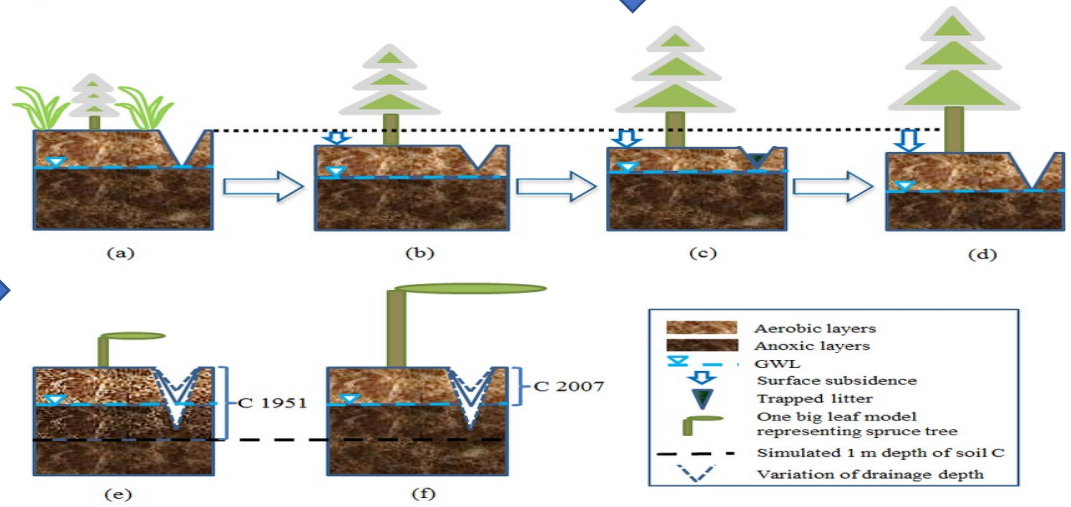
Peatland 泥炭地

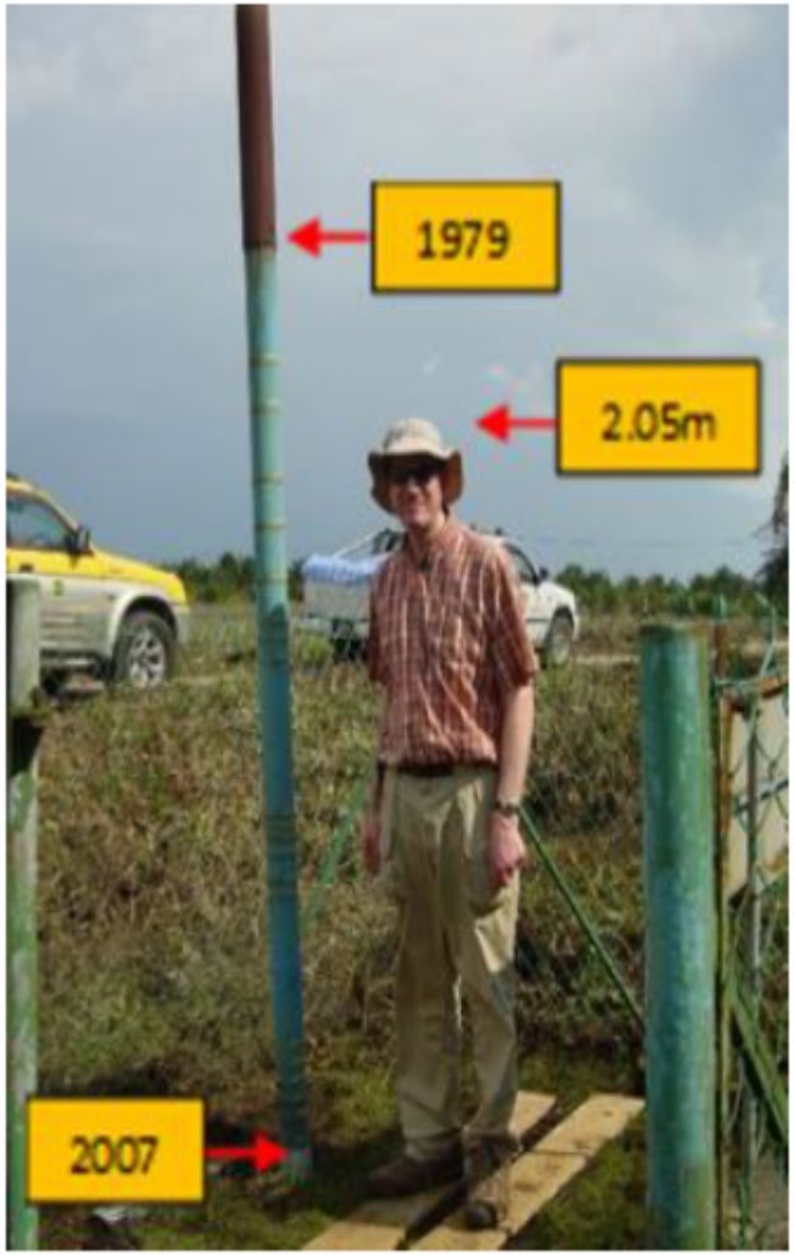






PP 4 THN 2001
PERMENLH 10 THN 2010
PP 71 THN.2014
PP 57 THN.2016
PERMENLHK 15 THN 2017




1979
2.05m
2007

- **Rewetting of drained organic soils may reduce GHG emissions and waterborne C losses.** Given the development of global climate policy and the high emissions associated with drained organic soils, it has been argued that rewetting and restoration of these soils should be included in mitigation strategies (Joosten et al. 2021, IPCC 2014a).

  排水された有機質土壌の再湿潤化は，GHG排出量と水系Cの損失を削減する可能性がある。世界的な気候政策の発展と排水された有機質土壌に関連する大量の排出量を考えれば、これらの土壌の再湿潤化と回復は緩和戦略に含まれるべきであると言われている（Joosten et al. 2021, IPCC 2014a）。

- **Rewetting is the deliberate action of raising the water table in soils** that have previously been drained for forestry, agriculture (crop production and grazing), water supply, peat extraction and other human-related activities, in order to re-establish and maintain water saturated conditions, e.g. by blocking drainage ditches, construction of bunds or disabling drainage pump facilities.

  再湿潤化とは、林業、農業（作物生産と放牧）、給水、泥炭採取、その他の人間関連活動のために以前に排水した**土壌の水位を意図的に上げること**であり、例えば、排水溝を塞ぐ、堤防を築く、排水ポンプ施設を停止するなどして、水の飽和状態を再び確立し維持するために行われる。

- **Rewetting can have several objectives** such as nature conservation, GHG emission reductions and the promotion of leisure activities or paludiculture on saturated organic soils (Wilson et al. 2016).

再湿潤化には、自然保護、GHG排出削減、レジャー活動の促進、飽和有機土壌でのパルディカルチャーなど、**いくつかの目的がある**（Wilson et al.2016）。

- **GHG fluxes in rewetted organic soils are controlled by a wide range of external and internal factors,** which include the prevailing climate, nutrient status, water table position, previous land use history, time since rewetting, absence or presence of vegetation and vegetation composition (Wilson et al. 2016).

再湿潤化された有機土壌におけるGHGの変動は、幅広い外部および内部の要因に左右される。要因には，優勢となっている気候、養分の状態，水位の位置，過去の土地利用履歴，再湿潤化からの経過時間，植生の有無，植生組成などがある（Wilson et al.）

- **Drained organic soils are significant sources of greenhouse gas (GHG) emissions to the atmosphere** accounting for around 10 % of all GHG emissions from the agriculture, forestry and other land use (AFOLU) sectors (Smith et al. 2014).

  排水された有機土壌は、温室効果ガス（GHG）の深刻な排出源であり、農業、林業、その他の土地利用（AFOLU）セクターからの全GHG排出のおよそ10％を占める（Smith et al.2014）。

- **The decrease in water table levels following drainage leads to increased emissions** of carbon dioxide (CO_2) (Jauhiainen et al. 2012,), methane (CH4) 'hotspots' in drainage ditches (Evans et al. 2015), reduced CH4 emissions from drained land surfaces (Wilson et al. 2009) and high nitrous oxide (N2O) emissions, particularly in association with nutrient rich organic soils (Ernfors et al. 2008).

  排水に伴う水位低下は、二酸化炭素（CO2）の**排出増加につながり**（Jauhiainen et al. 2012）、排水溝におけるメタン（CH4）の「ホットスポット」（Evans et al.2015）、排水した土地の表面からのCH4排出の減少（Wilson et al.2009 ）、特に養分が豊富な有機土壌と関連して大量の亜酸化窒素（N2O）排出を招く（Ernfors et al.2008）。

- **In addition, drainage increases the vulnerability of organic soils to fire** (Kettridge et al. 2015,) which can lead to considerable additional GHG emissions, particularly from tropical organic soils (Page et al. 2002).

  また、排水は有機土壌の火災に対する脆弱性を高め（Kettridge et al.2015）、特に熱帯の有機土壌からの大量な追加的GHG排出につながる可能性がある（Page et al.2002）。

- Furthermore, waterborne C losses may be accentuated following drainage (Evans et al. 2015).

  さらに、排水によって水系Cの損失が増大する可能性がある（Evans et al.2015）。

Canal Blocking in the pulp and paper

紙パルプ産業における水路ブロッキング

West Kalimantan-Land Preparation Without Fire by Communities

地域社会による火を利用しない整地（西カリマンタン）

Land Preparation Without Fire by Communities in Siak District, Riau Prov.

地域社会による火を利用しない整地（リアウ州シアク県）

Clean and clear program Indonesia クリーンでクリアなプログラム インドネシア

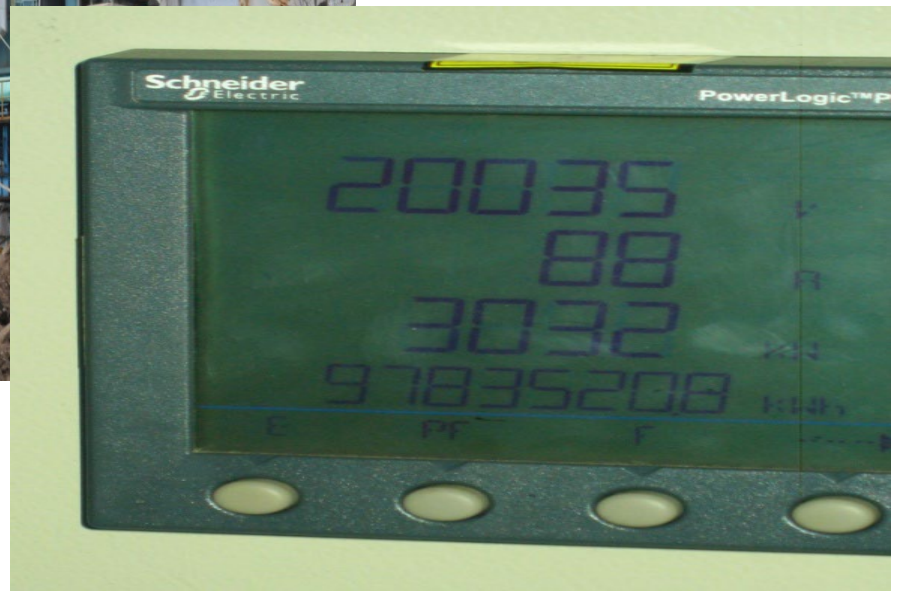
Mulch, No-Till in Raised Beds

Benefit – Higher Yield

Pak Engkus
- **Mulch No-Till Rice**
- **6.2 ton** per hectare

Pak Kardini - Neighbour
- **Conventional Rice**
- **4.6 ton** per hectare

11 03 2013


Schneider
Electric
PowerLogic™
20035
88
3032
97835208

fire investigation to the companies behind of the fires occurs

火災が発生した企業への調査

Conclusion　結論

- Most of the fires occurred in the tropical rain forest done by human being that comes from arsons or carelessness

  熱帯林で発生した火災の大部分は人為的なものであり、放火や不注意による。

- The problem of forest and land fires that lead to an increase in greenhouse gas emissions is sometimes uncontrollable which sources from various problems that occur in it.

  GHG排出増加につながる森林・土地火災の問題は、そこに発生するさまざまな問題を源として、時として制御不能になる。

- It is impossible to only control in one way, but must be integrated with various aspects, including the political will of the government itself and also not just directly translated from other countries experiences without any adjustments

  ひとつの方法のみでコントロールすることは不可能であり、政府の政治的意思などの様々な側面と統合する必要がある。また、他国の経験を調整せずにそのまま応用してはいけない。

Conclusion　結論

- GHG emission reduction only could be reached if and if every sectors and human individual working together with clear target and the way to run without any exception as policy only is not enough.

  GHG排出量削減は、各セクターや個人が明確な目標と実行方法をもって、例外を作らずに協力し合うことで、初めて達成される。政策だけでは不十分である。

- As peatland is originality wet then it should be return back to its originality and do not let it dry

  泥炭地は元々湿っているのだから、元の状態に戻すべきであり、乾燥させてはならない。