

木材の収穫と燃焼が もたらす気候への影響

ティモシー・D・サーチンジャー
プリンストン大学上級研究員
世界資源研究所(WRI)食糧プログラム
テクニカルディレクター

The Climate Consequences of Harvesting & Burning Wood

Timothy D. Searchinger
Senior Research Scholar
Princeton University

Technical Director, Food Program
World Resources Institute



～800名の科学者からの手紙2018

～800 Scientist Letter 2018

LETTER FROM SCIENTISTS TO THE EU PARLIAMENT REGARDING
FOREST BIOMASS
January 9, 2018

To Members of the European Parliament,

As the European Parliament commendably moves to expand the renewable energy directive, we strongly urge members of Parliament to amend the present directive to avoid expansive harm to the world's forests and the acceleration of climate change. The flaw in the directive lies in provisions that would let countries, power plants and factories claim credit toward renewable energy targets for deliberately cutting down trees to burn them for energy. The solution should be to restrict the forest biomass eligible under the directive to residues and wastes.

Initial signatories:

John Beddington, Professor, Oxford Martin School, former Chief Scientist to the government of the United Kingdom

Steven Berry, Professor, Yale University, former Chairman, Department of Economics, fellow American Academy of Arts and Sciences, winner of the Frisch Medal of the Econometric Society.

Kees Caldeira, Professor, Stanford University and Carnegie Institution for Science, Coordinating lead author or lead author of multiple IPCC reports.

Wolfgang Cramer, Research Director, CNRS, Mediterranean Institute of marine and terrestrial Biodiversity and Ecology, Aix-en-Provence, member Académie d'Agriculture de France, Coordinating lead author and lead author of multiple IPCC reports.

Felix Creutzig, Chair Sustainability Economics of Human Settlement at Technische Universität Berlin, leader Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change, Lead author of IPCC V Assessment Report and coordinator of appendix on bioenergy.

Phil Duffy, President, Woods Hole Research Center, former Senior Advisor White Office of Science and Technology Policy, Contributing author of multiple IPCC reports.

Don Kates, Professor University of California at Berkeley, Director Renewable and Appropriate Energy Laboratory, Coordinating lead author or lead author of multiple IPCC reports.

Eric Lambin, Professor Université catholique de Louvain and Stanford University, member European and U.S. Academies of Science, 2014 Laureate of Volvo Environment Prize.

Steven Levin, Professor Princeton University, Recipient, U.S. National Medal of Science, member U.S. National Academy of Sciences.

Wolfgang Lucht, Professor Humboldt University and Co-Chair of Potsdam Institute for Climate Research, lead author of multiple IPCC reports.

Georgina Mace FRS, Professor, University College London, Lead author IPCC report and Winner International Cosmos Prize.

William Moerman, Emeritus Professor, Tufts University, Lead author of multiple IPCC reports.

Peter Raven, Director Smetana Missouri Botanical Society, Recipient U.S. National Medal of Science and former President of American Association for Advancement of Science.

Tim Searchinger, Research Scholar, Princeton University and Senior Fellow, World Resources Institute.

Nils Chr. Sternath, Professor, University of Oslo, Past president of The Norwegian Academy of Science and Letters, member U.S. National Academy of Science, French Academy of Sciences, and Academia Europaea.

Jean Pascal van Ypersele, Professor, Université catholique de Louvain, former IPCC Vice-President (2008–2012), member of the Royal Academy of Belgium, lead author or review editor of multiple IPCC reports.

欧州環境機関科学委員会 2011年9月15日

European Environment Agency

Scientific Committee

15 September 2011

バイオエネルギーに関連する温室効果ガスの会計処理

**Opinion of the EEA Scientific Committee on
Greenhouse Gas Accounting in Relation to Bioenergy**

～500名の科学者からの手紙2021

～500 Scientist Letter 2021

Letter Regarding Use of Forests for Bioenergy
(February 11, 2021)

To President Biden, President von der Leyen, President Michel, Prime Minister Suga, and President Moon,

European Academies



Science Advisory Council

森林バイオマスのカーボンニュートラルに関する
欧州アカデミー科学助言組織のコメント

**Commentary by the European Academies' Science Advisory Council (EASAC) on
Forest Bioenergy and Carbon Neutrality**

+少なくとも15の異なる筆者による査読付き論文

+ at least 15 peer reviewed papers by different authors

木を燃やすのが良いのなら、なぜ紙のリサイクルをするのか？
If it is good to burn wood, we should not recycle paper.



木質ペレットは主に丸太で作られている
Wood pellets mainly come from large logs.



General Biofuels



© Copyright 2010 General Biofuels, Inc. All Rights Reserved.

Picture on Georgia
Biomass' Own Website





Photo courtesy Dogwood Alliance

<http://www.bloomberg.com/news/videos/2015-05-20/how-green-is-biomass-power-from-forest-to-furnace>



<http://www.bloomberg.com/news/videos/2015-05-20/how-green-is-biomass-power-from-forest-to-furnace>



Enviva Wood Pellet Mill
(Sampson County, North Carolina, February 2017)

エンビバ社の木質ペレット工場（ノースカロライナ）

Photo courtesy Dogwood Alliance

残材とはこのようなもの
(大きな幹ではない)

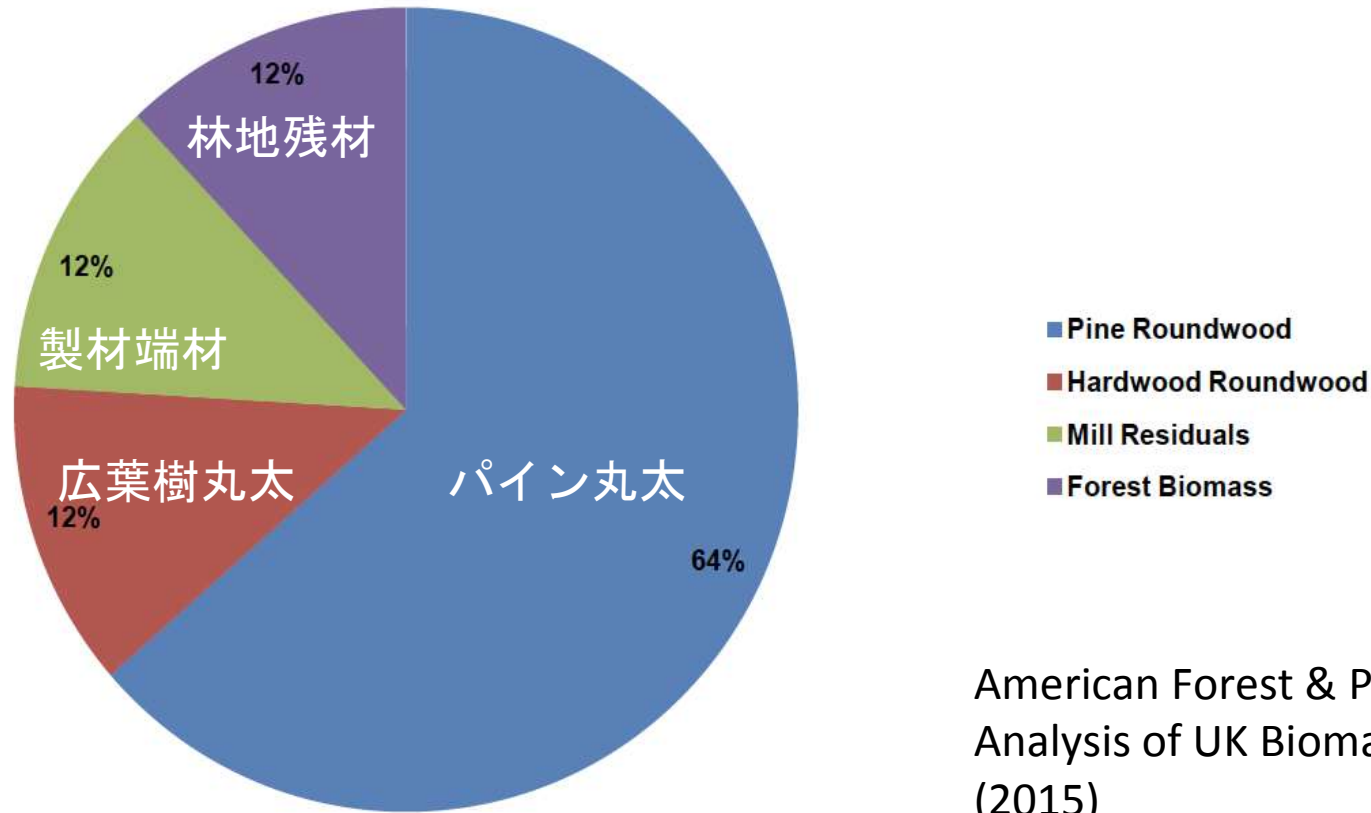
This is what residues look like
(not big stems)



林地残材から作られる木質ペレットは12%のみ

Only 12% of wood pellets come from wood harvest residues.

Figure 7
US South Wood Pellet Fiber Furnish
Percent of the Total, 2015



米国南部のペレット原料供給
2015年の割合

American Forest & Paper Association, An
Analysis of UK Biomass Power Policy . . .
(2015)

製紙原料品質の木材（パルプ材）は残材ではない Paper-making quality trees (pulpwood) are not residues.



エンビバ社の木質ペレット工場に入るトラック
ノースカロライナ
Truck entering Enviva Wood Pellet Plant, North
Carolina

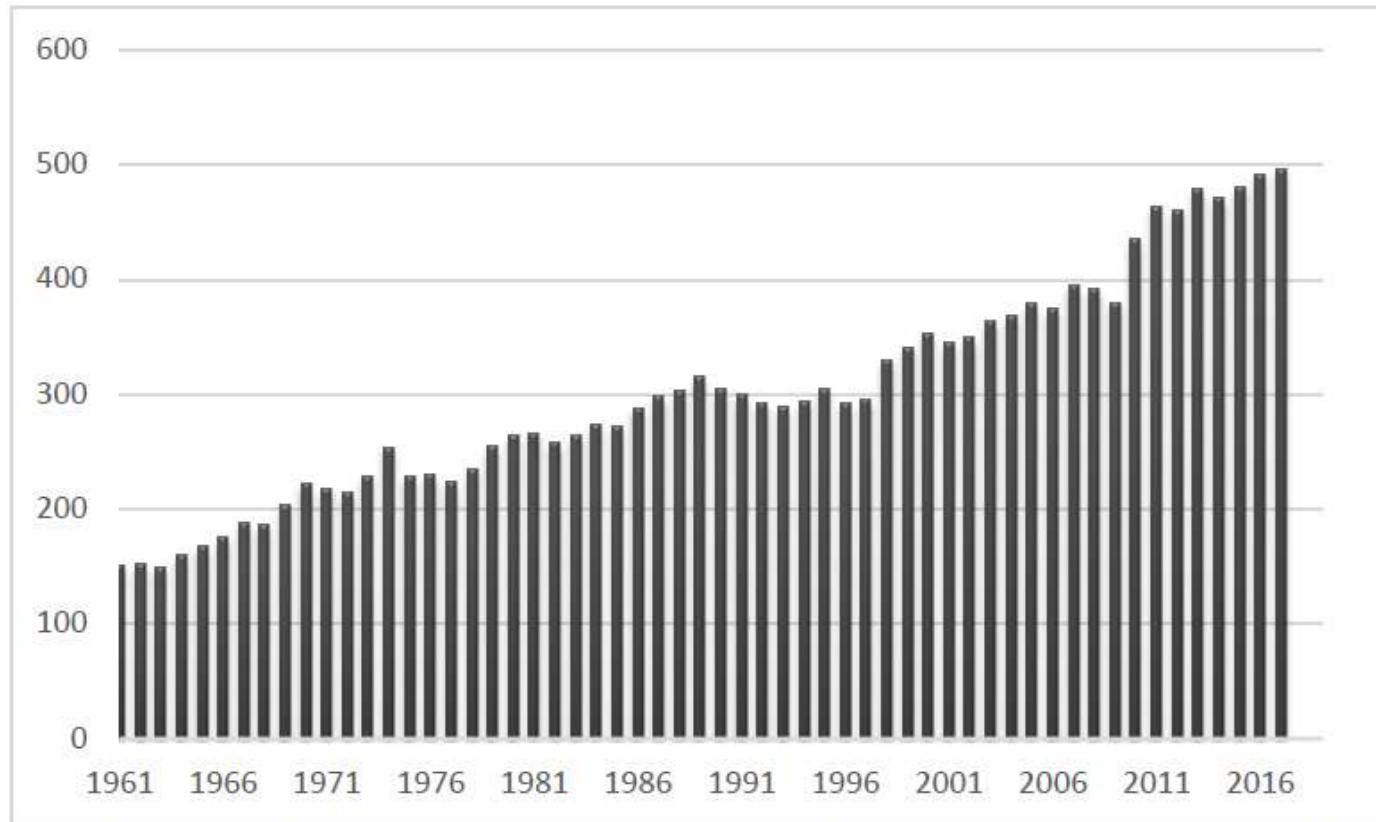


近所の製紙工場に入るトラック
Truck entering nearby pulp mill.

包装材や紙製品に使用されるパルプ材の需要は、世界的に急増。
もしパルプ材が木質ペレットに転用されるなら、紙の需要を満たすために
さらに多くの樹木を伐採しなくてはならない。

Pulpwood is used for packaging and paper products. Global demand is rising rapidly. If
pulpwood is diverted to wood pellets, more trees must be cut to supply the paper.

Figure 7: Global Pulpwood Consumption (million metric tons)



Source: FAOSTAT 2019. The unit is converted from m³ to metric tonnes using a 0.7 t/m³ factor.

多くの研究が、樹木を伐採し燃やすことで数十年～数世紀にわたり温暖化を悪化させると報告している。

Multiple studies have found harvesting and burning wood will increase global warming for decades to centuries.

Laganière, J., Paré, D., Thiffault, E. & Bernier, P. Y. Range and uncertainties in estimating delays in greenhouse gas mitigation potential of forest bioenergy sourced from Canadian forests. *GCB Bioenergy* 9, 358–369 (2017).

Mitchell, S. R., Harmon, M. E. & O'Connell, K. E. B. Carbon debt and carbon sequestration parity in forest bioenergy production. *GCB Bioenergy* 4, 818–827 (2012).

Stephenson, A. L. & MacKay, D. J. C. Life cycle impacts of biomass electricity in 2020 (Department of Energy & Climate Change, London, 2014).

Bernier, P. & Paré, D. Using ecosystem CO₂ measurements to estimate the timing and magnitude of greenhouse gas mitigation potential of forest bioenergy. *GCB Bioenergy* 5, 67–72 (2013).

Holtsmark, B. Harvesting in boreal forests and the biofuel carbon debt. *Clim. Change* 112, 415–428 (2012).

Hudiburg, T. W., Law, B. E., Wirth, C. & Luyssaert, S. Regional carbon dioxide implications of forest bioenergy production. *Nat. Clim. Change* 1, 419–423 (2011).

McKechnie, J., Colombo, S., Chen, J., Mabey, W. & MacLean, H. L. Forest bioenergy or forest carbon? Assessing trade-offs in greenhouse gas mitigation with wood-based fuels. *Environ. Sci. Technol.* 45, 789–795 (2011).

Manomet Center for Conservation Sciences. Massachusetts Biomass Sustainability and Carbon Policy Study: Report to the Commonwealth of Massachusetts Department of Energy Resources (2010).

Zanchi, G., Pena, N. & Bird, N. Is woody bioenergy carbon neutral? A comparative assessment of emissions from consumption of woody bioenergy and fossil fuel. *GCB Bioenergy* 4, 761–772 (2012).

Holtsmark, B. The outcome is in the assumptions: analyzing the effects on atmospheric CO₂ levels of increased use of bioenergy from forest biomass. *GCB Bioenergy* 5, 467–473 (2013).

Booth, M. S. Not carbon neutral: assessing the net emissions impact of residues burned for bioenergy. *Environ. Res. Lett.* 13, 035001 (2018).

Sterman, J.D., L. Siegel, J. N. Rooney-Varga, Does replacing coal with wood lower CO₂ emissions? Dynamic lifecycle analysis of wood bioenergy, *Environ. Res. Lett.* 13 (2018) 015007

Ter-Mikaelian, M. et al. T. (2015). Carbon debt repayment or carbon sequestration parity? Lessons from a forest bioenergy case study in Ontario, Canada. *Global Change Biology Bioenergy*, 7, 704–716.

Malcolm, J., B. Holtsmark, P. Piascik, Forest harvesting and the carbon debt in boreal east-central Canada, *Climatic Change* 112:415-418 (2020)

Colne et al., Biomass supply and carbon accounting for Southeastern Forests (Biomass Energy Resources Center, Forest Guild, Spatial Informatic Group 2012)

木材の伐採と燃焼による生物起源の排出は、

より大きな「炭素負債」—より多い大気中の炭素量—を生む

Biogenic emissions from harvesting and burning wood creates a larger “carbon debt”
— more carbon in the air.

大気中のCO₂ CO₂ in atmosphere

収穫残材の分解
(根、その他) 30%+
Harvest Decay (roots,
some residues) 30%+



Forest 森林

乾燥、樹皮剥ぎ、ペレット化、
輸送での損失 15-35%
Drying, debarking
Pelletizing Transport losses
15-35%



Chip/Pellet Production
チップ・ペレット製造

発電所での燃焼
化石燃料の1.5-3倍
Burning in power plant
1.5x-3x fossil fuels



Power Plant 発電所

伐採され再生した木々は、炭素を再吸収するが最初はゆっくり。
もし伐採されなければ、木々は成長を続ける。
数年の間、成長の遅さのために炭素負債が増加する。
Regrowing trees reabsorb carbon but at first slowly. If not
harvested, trees would still grow. For some years, the slower
growth increases the “carbon debt.”



最終的に木々の再生が炭素負債の返済には十分でも、そのために十分な木々が育つには、数十年から数世紀もの時間が必要。

Eventually trees regrow enough to pay back carbon debt, but it takes decades.

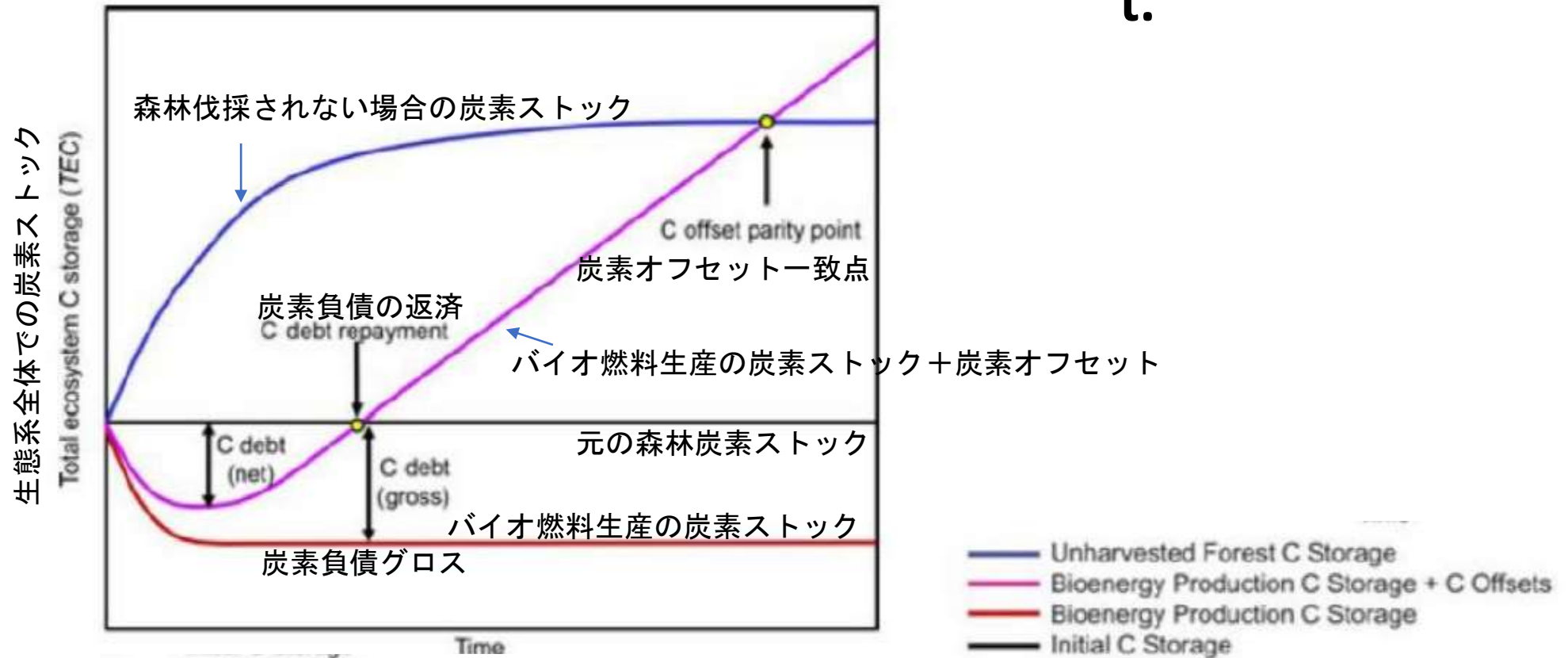
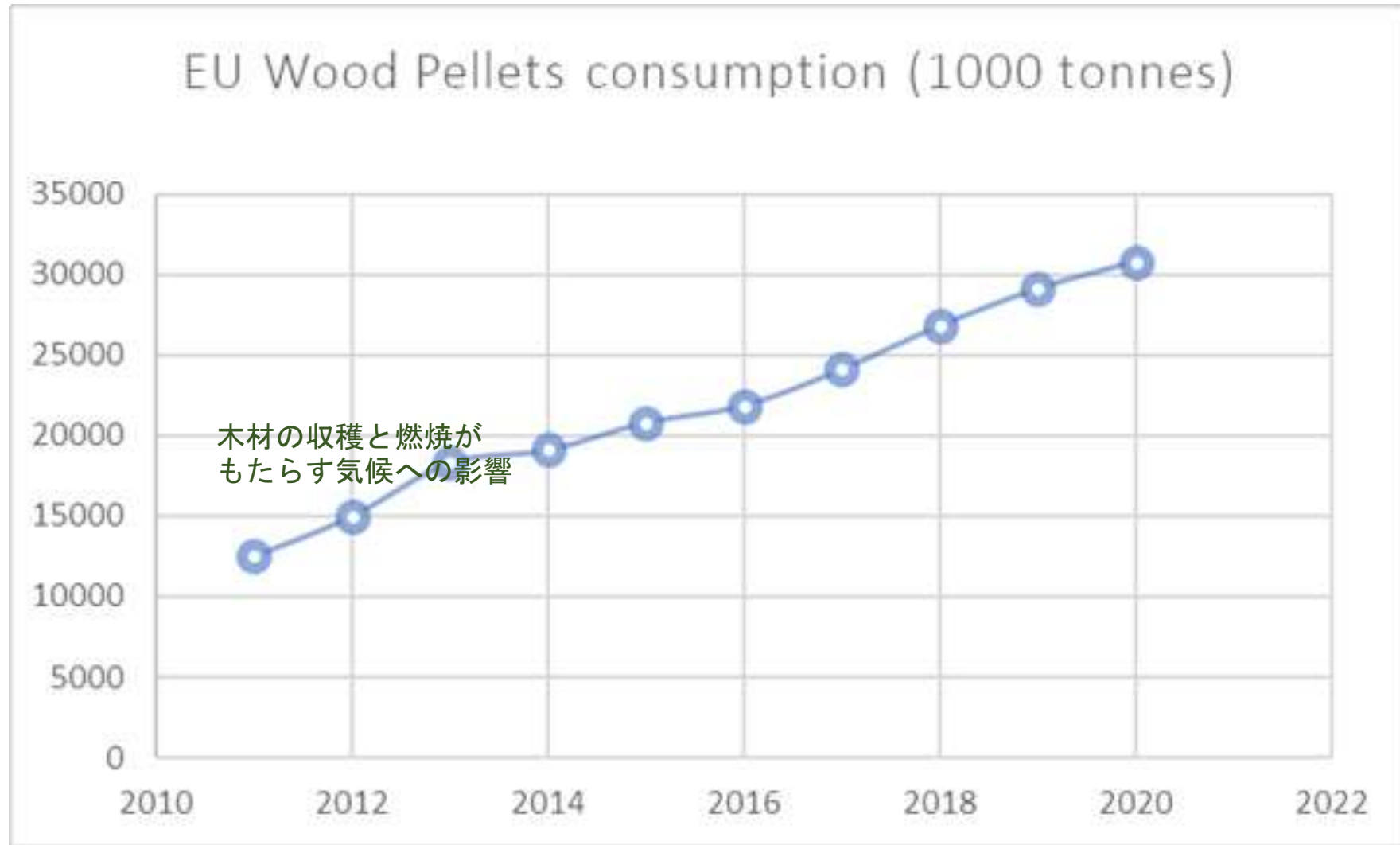


図 1-5 森林から切り出した木質系バイオマスのカーボンペイバックタイム

出典：Joint Research Centre 「Carbon accounting of forest bioenergy -Conclusions and recommendations from a critical literature review」 (2014 年)

令和3年度 再生可能エネルギー等の温室効果ガス削減効果に関するLCAガイドライン第IV部②輸入バイオマス利活用編,環境省より

EUの木質ペレット消費（千トン）



Source: USDA, FAS EU Biofuels Annual Report (2020)

Meeting EU Wood Pellet Demand on
Sustained Basis Requires Equivalent of
Harvesting All Forests in Virginia & North
Carolina –
Meets ~.5-.7% of EU final energy demand

EUの木質ペレット需要を持続的に満たす
には、バージニア州およびノースカロラ
イナ州の全森林の伐採に相当する量の木
材が必要となる

EUの最終エネルギー需要の約0.5～0.7%を
満たす



**予測される日本の木質ペレット需要（900万t/年）
は、バージニア州の森林の全てを要する**

**Proposed Japan demand for wood pellets (9 million
tons per year) would require use of all of the forests in
Virginia**

世界の一次エネルギーの2%を木材から供給するには、世界の商業用木材の収穫量を2倍にする必要がある。

To provide additional 2% of global primary energy from wood requires doubling global commercial wood harvest.

欧州の再生可能エネルギー指令は世界の森林に悪影響を及ぼす可能性がある

Europe's renewable energy directive
poised to harm global forests



重要！

Important!

持続可能な森林管理を行っても、木材を燃やすと数十年から数百年にわたり大気中の炭素が増加する。

持続可能な森林管理は、炭素負債の返済を最終的に可能にするだけ。

Even with sustainable management of forest, burning wood still increases carbon in the air for decades to centuries.

Sustainable management only allows payback of carbon debt eventually

日本の企業の多くが利益を上げていても、赤字の企業までも利益を上げていることにはできません。

ある国の森林が成長しているからといって、木を伐採・燃焼することを「カーボンニュートラル」にはできません。

The fact that most Japanese companies are profitable does not make a money-losing company profitable. The fact that a country's forests are growing does not make cutting down/burning trees "carbon neutral."



Why? なぜ?

- なぜなら、一つの会社が損をしなければ、日本の会社全体はもっと儲かるからです。
- 森林の一部で炭素を失わなければ、森林全体はより多くの炭素を保持することになります。
- Because if one company did not lose money, Japanese companies would make more money.
- If one part of forest did not lose carbon, the forests would hold more carbon.

実際には世界には大きな森林の「炭素吸収源」がある。年間80億トンもの二酸化炭素を吸収している可能性がある。PNAS 116:4382 (2018)

人間が空気中に加えるCO₂の25%は、高いCO₂濃度のために成長が速くなった樹木により再吸収される。

もし森林のレベルを今のままにして、「森林の炭素を燃やし尽くす」レベルまで木を伐採したら気候変動はさらにずっと悪化するだろう。

In fact, world has large forest “carbon sink.” Maybe as big as 8 billion tons of carbon dioxide per year. PNAS 116:4382 (2018)

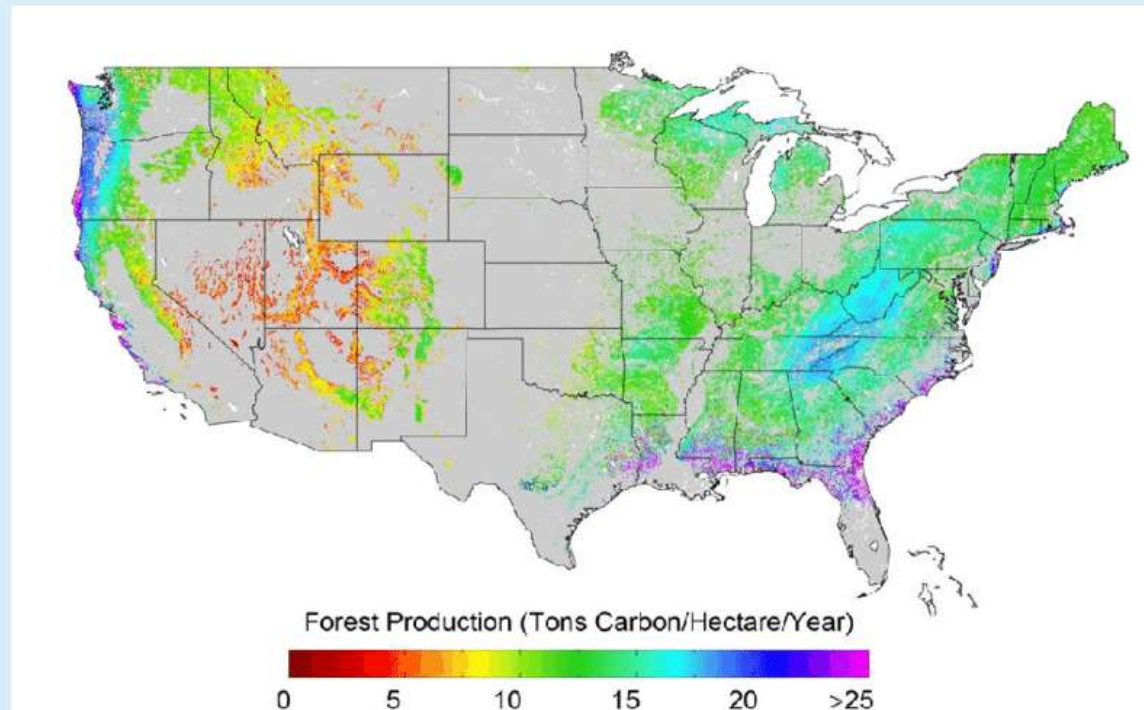
25% of all CO₂ people add to the air is reabsorbed by trees that grow faster because of that higher CO₂

If we just keep forest levels as they are now, if we harvest trees to the level that we “burn up the forest carbon ,” climate change will be much, much worse.

アメリカでは、農地の減少により森林が再生している。理由のひとつは、バイオエネルギー利用が多くないことである。馬の飼育が減少したことで、4,000万ヘクタール以上の土地が森林となった。

In the U.S., forests are also regrowing because we have reduced our agricultural land. One reason – less bioenergy. Giving up horses made more than 40 million hectares available for forests.

Forest Growth Provides an Important Carbon Sink



2014 U.S. National
Climate Assessment

木材を燃やすことで放出される炭素を無視しても、排出量を「減らす」ことができるだけです。

IPCCはそれを認めていません。

Burning wood only “reduces” emissions if you ignore the carbon released by burning wood.

The IPCC does not allow that.



多くの著名な科学者が2009年の会計ミスを説明している。
Many distinguished scientists explain the accounting error in 2009.

サイエンス 2009.10.23

気候変動会計の重大な誤りを修正する

Timothy D. Searchinger ほか

京都議定書や各国のキャップ・アンド・トレード法の適用ルールには、
バイオエネルギーへのアクセスに関する炭素会計上の重大な欠陥がある
が、これは修正可能である。

CLIMATE CHANGE

Fixing a Critical Climate Accounting Error

Timothy D. Searchinger,^{1*} Steven P. Hamburg,^{2*} Jerry Melillo,³ William Chameides,⁴
Petr Havlik,⁵ Daniel M. Kammen,⁶ Gene E. Likens,⁷ Ruben N. Lubowski,² Michael Obersteiner,⁵
Michael Oppenheimer,¹ G. Philip Robertson,⁸ William H. Schlesinger,⁷ G. David Tilman⁹

Rules for applying the Kyoto Protocol and national cap-and-trade laws contain a major, but fixable, carbon accounting flaw in assessing bioenergy.

IPCC国別報告ガイドライン

IPCC national reporting guidelines

木を伐採した場合、炭素が後から排出されても（例：製紙工場、埋立地）、「土地利用の変化」による排出量としてカウントする。

なぜか？この方がカウントしやすいから。

国の報告書では、木材の伐採は土地利用による排出として報告されているため、排出された炭素をエネルギーによる排出としてはカウントしない。

それは同じ炭素を2回カウントしないためである。

When you harvest a tree, count the carbon as an emission from “land use change” even though the carbon is emitted later (e.g., paper mills, landfills).

Why?

Easier to count this way.

Because harvesting wood is reported as a land use emissions in national reporting, national reports do not also count the carbon emitted as an energy emission.

That would be counting the same carbon twice.

バイオエネルギーはカーボンニュートラルなのか？

Does that make bioenergy carbon neutral?

No.なぜか？ 各国政府は土地利用とエネルギーの両方の排出量を報告するから。

日本が石炭の代わりに木を伐採して燃やした場合、エネルギーによる排出量は減りますが土地利用の変化による排出量は増える。

日本の総排出量が増えるのは、石炭を減らして節約できる炭素量よりも、森林から失われる炭素量の方が多いからです。

これは、日本の森林が「持続可能」であっても同じ。なぜなら、木を伐採しなければ、森林がより多くの炭素を蓄えるからです。

No!Why not? Because national governments report both land use and energy emissions.

If Japan harvests a tree and burns it instead of coal, Japan will report lower emissions from energy but higher emissions from land use change.

Total Japanese emissions will increase because Japan will lose more carbon from forests than it saves from reducing coal.

That is true even if Japan's forests are "sustainable" because harvesting the the forests would store more carbon if the tree was not harvested.

IPCCの会計処理はバイオエネルギーを カーボンニュートラルとして扱うことを意図していない

The IPCC accounting is not intended to treat bioenergy as carbon neutral

「バイオエネルギーの排出量をエネルギー部門全体に含めないというIPCCのアプローチは、バイオエネルギーの持続可能性やカーボンニュートラルに関する結論として解釈されるべきではありません」と述べています。

“The IPCC approach of not including bioenergy emissions in the Energy Sector total **should not be interpreted** as a conclusion about the sustainability or **carbon neutrality** of bioenergy.”

(<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/faq/faq.html>)

このルールは、カーボンを一度だけ数えることを意味しています。そして、すべての目的のために一度だけ数えてください

The rule means count the carbon once!

And count it once for every purpose!

国の報告書のために、炭素を一度だけカウントする。

木材燃焼のライフサイクル分析では、炭素を1回だけカウントする。つまり、森林における炭素の損失は、木材の燃焼による排出の一部として数えなければならないのです。

日本が発電所からの排出量を制限する場合、このルールは、森林での炭素の損失を発電所からの排出量としてカウントしなければならないことを意味します。

For national reporting, count the carbon once.

For a lifecycle analysis of wood burning, count the carbon once. So you must count the loss of carbon in a forest as part of the emissions from burning wood.

If Japan imposes a limit on emissions from power plants, this rule means it should count the loss of carbon in the forest as an emission from the power plant.

再生可能性とカーボンフリーは同じではない

再生可能であることとカーボンフリーであることはイコールではありません。
もしそうであれば、給料を寄付しても、後でまた給料がもらえるので、問題はありません。

Renewable does not equal carbon free. If it did, giving away your paycheck would cost you nothing because you will be paid again later.

| | | | | | | |
|-----------|--|--------|--------|------------------------|----------|----------|
| Gross Pay | | 450.00 | 900.00 | ITCA - Social Security | 25.02 | 55.84 |
| | | | | Other Deductions | | |
| | | | | Health Insurance | 00.00 | 00.00 |
| | | | | 401k | 00.00 | 00.00 |
| | | | | Parking | 00.00 | 00.00 |
| | | | | NET PAY | \$418.00 | \$836.00 |
| | | | | | | |

Your Employer
1234 Some Street
Milwaukee, WI ZIPCODE

Check Number: XXXXX
Pay Date: 06/15/08

PAY ***Four hundred eighteen dollars and 00 cents*****\$418.00

to the order of
John M. Doe

30