

Managing Soils for a Negative Feedback to Global Carbon Cycle and a Positive Impact on Food and Nutritional Security

Rattan Lal

Carbon Management and Sequestration Center, The Ohio State University, Columbus, Ohio 43202, USA

Abstract

The atmospheric carbon (C) stock was 360 Pg during the pre-agricultural era, 560 Pg during the pre-industrial era, 820 Pg at present. Two principal sources leading to increase in atmospheric C stock are land use and land use change (LULUC), and fossil fuel combustion. Cumulative anthropogenic emissions during the pre-historic era until 1750 through LULUC related to agricultural activities are estimated at 320 Pg C. Anthropogenic emission from 1750 to 2017 are estimated at 235 ± 95 Pg from LULUC and 430 ± 20 Pg from fossil fuel combustion. The loss of soil organic C (SOC) stock from agricultural lands may be as much as 135 Pg since the dawn of settled agriculture. Therefore, the so called “Anthropocene” may have commenced 10 to 12 millennia ago when the human began to transform the Earth by altering the vegetation, landscape, water resources, and thus, the atmospheric chemistry. Such a strong increase in atmospheric C stock has led to increase in global average increase in temperature by 0.85°C since 1880, with two-thirds of the warming since 1975 at an average rate of increase of $0.15\text{-}0.20^{\circ}\text{C}$ per decade. With the business as usual, the increase in global temperature may rise by 3.7 to 4.8°C by the end of the 21st century. The projected increase in global temperature with the progressive increase in atmospheric concentration of CO_2 is $1.5\text{-}1.7^{\circ}\text{C}$ for 430-480 ppm, $2.3\text{-}2.9^{\circ}\text{C}$ for 580-720 ppm, $3.1\text{-}3.7^{\circ}\text{C}$ for 720-1000 ppm, and $4.1\text{-}4.8^{\circ}\text{C}$ for >1000 ppm. To achieve the target of limiting global warming to 1.5°C above the pre-industrial level by 2100, gaseous emissions will have to be drastically reduced. Therefore, a high priority must be given to the conversion into a restorative land use, adoption of recommended management practices on all managed ecosystems (i.e., agricultural and forestry land uses), restoration of degraded and desertified lands, and protection of C stocks in natural ecosystems (tropical rainforests, wetlands, permafrost). The rate of C sequestration in terrestrial ecosystems may be $1.2\text{-}3.1$ PgC/yr in soil and $1.4\text{-}1.9$ PgC/yr in forests. The cumulative sink capacity of C from atmosphere into the terrestrial ecosystems between 2020 and 2100 may be 178 Pg in soil and 155 Pg in the biomass, leading to a total drawdown of 157 ppm of CO_2 . In addition to adaptation and mitigation of climate change, the strategy of C sequestration in terrestrial ecosystems can also advance the Sustainable Development Goals (SDGs) of the U.N., especially those relating to ending hunger (#2), climate action (#13) and life on land (#15). This option is also pertinent to de-coupling possible nexus of climate change, land use and conflicts; and minimizing the risks of thawing of the permafrost. This is a truly win-win strategy and a bridge to the future. It buys humanity some time until the no-C, low-C or C-neutral fuel sources take effect.

Some Useful References

Froese, R. and J. Schilling. 2019. The nexus of climate change, land use, and conflicts. *Current Climate Change Reports*, 5: 24-35.

- Lal, R. 2018. Digging Deeper: A Holistic Perspective of Factors Affecting SOC Sequestration. *Global Change Biology*, 24(8) doi: 10.1111/gcb.14054.
- Lal, R., P. Smith, H.F. Jungkunst, W. Mitsch et al. 2018. The carbon sequestration potential of terrestrial ecosystems. *J. Soil Water Conservation*, 73: 145A-152A.
- Lal, R., R. Horn, T. Kosaki (Eds). 2018. Soil and the Sustainable Development Goals. Catena-Schweizerbart, Stuttgart, 196 pp.
- Le Quéré, C., R.M. Andrew, P. Friedlingstein, S. Sitch, J. Hauck et al. 2018. Global carbon budget 2018. *Earth System Sci. Data*, 10: 2141-2195.
- Overeem, I., E. Jafarov, K. Wang, K. Schaefer, S. Stewart, G. Clow, M. Piper and Y. Elshorbany. 2019. Modeling the melting permafrost. *EOS, Earth and Space Science News*, March 2019: 30-34.
- Ruddiman, W.F. 2003. The anthropogenic greenhouse era began thousands of years ago. *Climate Change*, 61(3), 261-293.
- Webster, R. 2014. Degrees of change: the IPCC's projections for future temperature rise. *Carbonbrief.org*. Zimov, S.A., E.A. Schuur and S. Chapin III. 2006. Permafrost and the global carbon budget. *Science*, 312: 1612-1613.

地球の炭素循環に負のフィードバックを与え 食料保障・栄養保障に正のインパクトを与える土壌管理を

ラタン・ラル (オハイオ州立大学)

大気中の炭素 (C) 量は、農業の開始前は 360 Pg (10^{15} g)、産業革命前は 560 Pg であったが、現在は 820 Pg である。大気中の炭素量を増加させる 2 つの主な給源は「土地利用と土地利用変化 (LULUC)」と「化石燃料の燃焼」である。先史時代から 1750 年までの農業活動に関わる「土地利用と土地利用変化」による人為的な炭素放出の積算量は 320 Pg C と推定されており、一方で 1750 年から 2017 年までの「土地利用と土地利用変化」と「化石燃料の燃焼」による人為的な炭素放出の積算量はそれぞれ 235 ± 95 Pg C、 430 ± 20 Pg C と推定されている。農耕地からの土壌有機態炭素の損失は、定住型の農業が始まってから 135 Pg にも達するだろう。そのため、いわゆる「人新世 (Anthropocene)」は、人類が植生や景観や水資源ひいては大気の化学組成をも変化させて地球を改変させ始めた 1 万年から 1 万 2 千年前にその端緒があったのかもしれない。大気中の炭素量のそのような急激な増加は、世界の平均気温を 1880 年と比べ 0.85°C 上昇させており、その 2/3 は 1975 年以降に生じている (10 年に $0.15 \sim 0.20^{\circ}\text{C}$ の上昇速度)。このまま進めば、地球の平均気温は 21 世紀末までに $3.7 \sim 4.8^{\circ}\text{C}$ 上昇するかもしれない。大気中の CO_2 濃度の漸進的な増加に伴う地球の平均気温の上昇は、430~480 ppm であれば $1.5 \sim 1.7^{\circ}\text{C}$ 、580~720 ppm であれば $2.3 \sim 2.9^{\circ}\text{C}$ 、720~1000 ppm であれば $3.1 \sim 3.7^{\circ}\text{C}$ 、1000 ppm を上回れば $4.1 \sim 4.8^{\circ}\text{C}$ と予想されている。

2010 年までの気温上昇を産業革命以前のレベルと比べ 1.5°C 以下にするという地球温暖化に関する目標を達成するためには、地球温暖化ガスの放出を劇的に減らさなければならない。従って、保全的な土地利用への転換、全ての管理された生態系 (すなわち農地や森林) への推奨的管理手法の導入、荒廃あるいは砂漠化した土地の回復、自然生態系 (熱帯雨林、湿地、永久凍土) における炭素ストックの保護などに、高い優先順位が置かれるべきである。陸域生態系における炭素貯留速度は、土壌では $1.2 \sim 3.1$ Pg C/年であり、森林では $1.4 \sim 1.9$ Pg C/年である。そこで、2020 年から 2100 年の間に大気から陸域生態系へ炭素貯留しうる積算量は、土壌で 178 Pg、バイオマスで 155 Pg となり、これらをあわせると大気中 CO_2 濃度を 157 ppm 低下させることになる。陸域生態系における炭素貯留の戦略は、気候変動への適応と緩和に加えて、国連の「持続的開発目標 (SDGs)」—特に、飢餓の終結 (#2)、気候変動の緩和 (#13)、陸域生態系や生物多様性の保全 (#15) に関わるもの—を進展させる。この戦略はさらに、気候変動、土地利用と紛争との連鎖を断ち切ったり、永久凍土の融解の危機を最小化したりすることにも関わっている。これは正にウィンウィンの戦略であり未来への架け橋である。それは、炭素フリー、または低炭素の、あるいは炭素ニュートラルな燃料資源が利用できるようになるまでに幾許かの時間を人類に与えるだろう。(訳: 矢内純太)