

閉鎖生態系実験からの新知見

森山 茂(教養・基礎科学系)

1. はじめに

「生命-環境一体系」に対する有力な実験研究の一つと位置付けられるのが閉鎖生態系実験(ミニ地球)である。ここで<閉鎖系>というのは、生命が棲む地球表層空間のように、エネルギー的には開放系だが物質的には限られた系をいう。すなわち、一つの巨大な閉鎖系の中で生命やその環境は、四十億年以上も生成展開を繰り返してきたことになる。このとき、この生命-環境系の動態はいかなるものである(あった)のか？

こうした研究目的のために、我々は、「ミクロコズム」型と呼ばれる自律的閉鎖生態系実験装置(ミニ地球)を作り、その動態研究を行ってきた。ここでは温度環境を 25℃に設定した以外、全くの自律的な生成展開に委ねて、ミニ地球内部の生態系やその環境の動態を精査する実験が行われている。

本報告書では、当学部設置されている閉鎖生態系実験から新たに得られた、興味深い二つの知見に限って報告する。これらは、地球環境問題や地球環境生成論に関わるとても重要な結果であると考えられる。

2. 地球環境の“身体的相貌”には深い意味がある

なぜ地球環境中の酸素濃度は 21 %へ進化し、何億年もそこに落ち着いているのだろうか？この酸素問題に関しては、地球における生命存在との関わりで、諸説が交錯しているが、良くは分かっていない。有力なのは、生命-環境系でのシステムの調整が生命存在に適うように確立されているかも知れないというものである。21%酸素濃度は、地球生命にとって活動を保障するに適した数値であるが、自然発火など環境危険度ではかなり限界に近い値である。ともかく、何億年もこの限界値近傍で生命-環境系の調整がなされてきているものと考えられる。本実験でも、閉鎖生態系は、この限界値を強固に再現することが確認されている。

例えば、長期の停電に晒すと光合成活動が停止するから、ミニ地球の水圏の溶存酸素濃度はゼロ%近くに落下する。にもかかわらず、興味深いことに、太陽灯の再照射で大気も水圏も現実大気の 21 %近傍へやがて回帰していく。この酸素濃度回帰実験に関しては、多くで報告しているので詳細は、例えば、以前の報告書を参照して貰いたい。

だが、驚くことに、この回帰現象は大気メタン濃度でもそうなる、というのがここで強調したい新知見である。ミニ地球を暗黒世界にするという「停電」により、光合成細菌世界からメタン菌のような嫌気菌優勢世界に変わるから、ミニ地球の大気メタン濃度は 10 倍近く増加する。しかし、再照射で再び元の、しかも自然界に近い値(約 2ppm)に回帰していく。これは、何回やってもそうなる。(図 1)

また、ひょっとして漏れの可能性によってそうなるのではないかという疑念があったが、これに関して、我々は「漏れに関するモデル方程式」を作り、吟味してみた(紙幅の関係上、詳細を略す)。その結果、停電時及び、照射時の実験装置が示すメタン濃度の動態などから吟味するに、例え万一漏れがあったとしても当実験の示す数値動態は実験事実の信頼性を否定することには決してなり得ないことが判明した。つまり、自然界に近い値(約 2ppm)に回帰していくという上記実験事実は、十分に有意である。

考えればこれらの実験事実は非常に奇妙なことである。光合成細菌や嫌気菌のような、ミニ地球を構成している生物個体やそれらの関係は質・量とも刻々変化しているし、長期停電によって光合成ワールドそのものは完全破壊されているはずであり、再照射後それらが全く元と同じであるはずはない。そのうえ、酸素濃度 21 %やメタン濃度 2ppm に復す必然性などどこにも無いのに、生命ネットワークは結局、現実地球環境と同様の酸素やメタン濃度へ復元していく。

つまり、生命ネットワークにおいては、た

とえ大隕石落下や超大陸生成に伴う地質学的大擾乱があっても、光合成菌や嫌気菌、硝酸菌（老廃物処理の窒素循環システムに関わる）等々環境生成に関与している総ての存在がやがて協働してつくり出す世界は、ミニ地球も現実世界も同質同値の世界を産出するらしい、ということである。地球上の生命達は何億年も掛けて、同じミニ地球や自然界の“身体的相貌”を現出させる、強固なネットワーク形成を獲得しているのかも知れない。

3. 環境ストレスは猛毒物を創り出す

もう一つの新しい知見は、次のような事実である。

驚くことに、ミニ地球を、半日周期の明暗条件下で長らく安定していた“平常”状態から、例えば、何週間も停電という<環境ストレス>を経験させると、猛毒物を産出することが分かってきた。

停電後、再度、太陽灯を当てると光合成藻類が待ちかねたように活動を開始する。このとき、他者への優位を懸けてある種の藻類（マイクロキスティス等）が、青酸カリの 100 倍という猛毒物「マイクロキスチン」を生産する。我がミニ地球でも、環境基準の 10 分の 1 ものマイクロキスチンが検出された。しかし面白いことに、やがてこのマイクロキスチンは、ミニ地球の自浄作用の中で消えていく。それを分解する原生生物や細菌類の、微生物たちによると思われる自律的な作動が開始されて、ミニ地球を自力で清浄な世界へ戻していくと考えられるのである。

表 1 はマイクロキスチン検出実験のデータを示した表である。これを見ると、停電前や“平常”時でのマイクロキスチン値ゼロ状態から、停電回復状態直後に、環境基準の 10 分の 1 ものマイクロキスチンが検出されている。しかし、やがてそれも自律的な浄化作動の中で消尽するのが再現的に示される。1 号機・2 号機とも同様の動態を示す点から見ると、<環境ストレス>を経験させると、光合成が機能し始めるときに猛毒物を産出するということが、及び、やがて系はその自浄的ネットワークによってマイクロキスチンを解毒してゆく作用があることはかなり確かなことではないか、というところまで実験が進展してきた。

当実験の示すように、光合成が機能し始めるときにマイクロキスチンを合成し始めることは面白い現象である。また、なぜマイクロキスチンが消失するのかは、より不思議なところである。これについては、更なる追試が必要であり、追試験の結果をもとにさらに確度の高い判断とし得るであろう。

近年、汚濁の進む湖沼などでアオコ発生とともに生成されるマイクロキスチンは、人畜を殺す被害に至ったことで世界的に急速に要注意物質にのし上がってきている。

同様にミニ地球でも環境ストレスは猛毒物の産出に至るが、しかしまた、“まともな”生態系ならそれらを自律的に消去させうる自浄ネットワーク（“免疫”）が生じることをミニ地球実験は示している。

4. まとめ

ここで指摘した二つの実験的知見は、今日の地球環境問題の背景を考察する上で非常に重要である。酸素濃度のみならず、メタン濃度での強靱な回帰現象は、地球生命圏と環境のシステム生成やネットワーク生成を考えると、有力な考察のための条件を与えるであろう。

また、猛毒物「マイクロキスチン」生産に関する問題は、ヒトによる凄まじい環境破壊や環境負荷の進行を考えると、その発現メカニズムと浄化機能のこれまでにない研究的発展への実験材料を与えている点で注目される。更なる追試で、発現及び浄化動態を確定させる予定である。

また、加えるに、ミニ地球=生き物として見た場合、このような実験結果は臨床論や身体論などに示唆的であり、当研究の他分野への応用や広がりが期待しうる。

最後に、大気メタンの有力な研究者である京都大学の岩嶋樹也教授、および、手賀沼浄化で種々の成果をあげている日本大学の松島晔教授に、測定及び議論で一方ならぬお世話になった。ここに、感謝の意を表したい。

参考文献

- 1) K. Misono, H. Matsushima, K. Tanaka, S. Moriyama, K. Murakami, K. Taki⁴, N. Hayashi and T. Mutoh : Detoxification of microcystin using the

filter-feeding function of *Corbicula leana* in fresh water, IAGLR's Conference on Great Lakes Research, being held at the University of Michigan on May 23-27, 2005.

2) 森山茂:「ミニ地球実験」から見えてくること、『現代のエスプリー臨床の語用論 1,

ナラティブと拘束』, 至文堂, 2005.

3) 渡辺真利代, 原田健一, 藤木博太編: アオコその出現と毒素, 東京大学出版会, pp.257, 1994.

4) J.E.ラブロック: ガイア 生命惑星・地球, NTT 出版, pp.205, 1993.

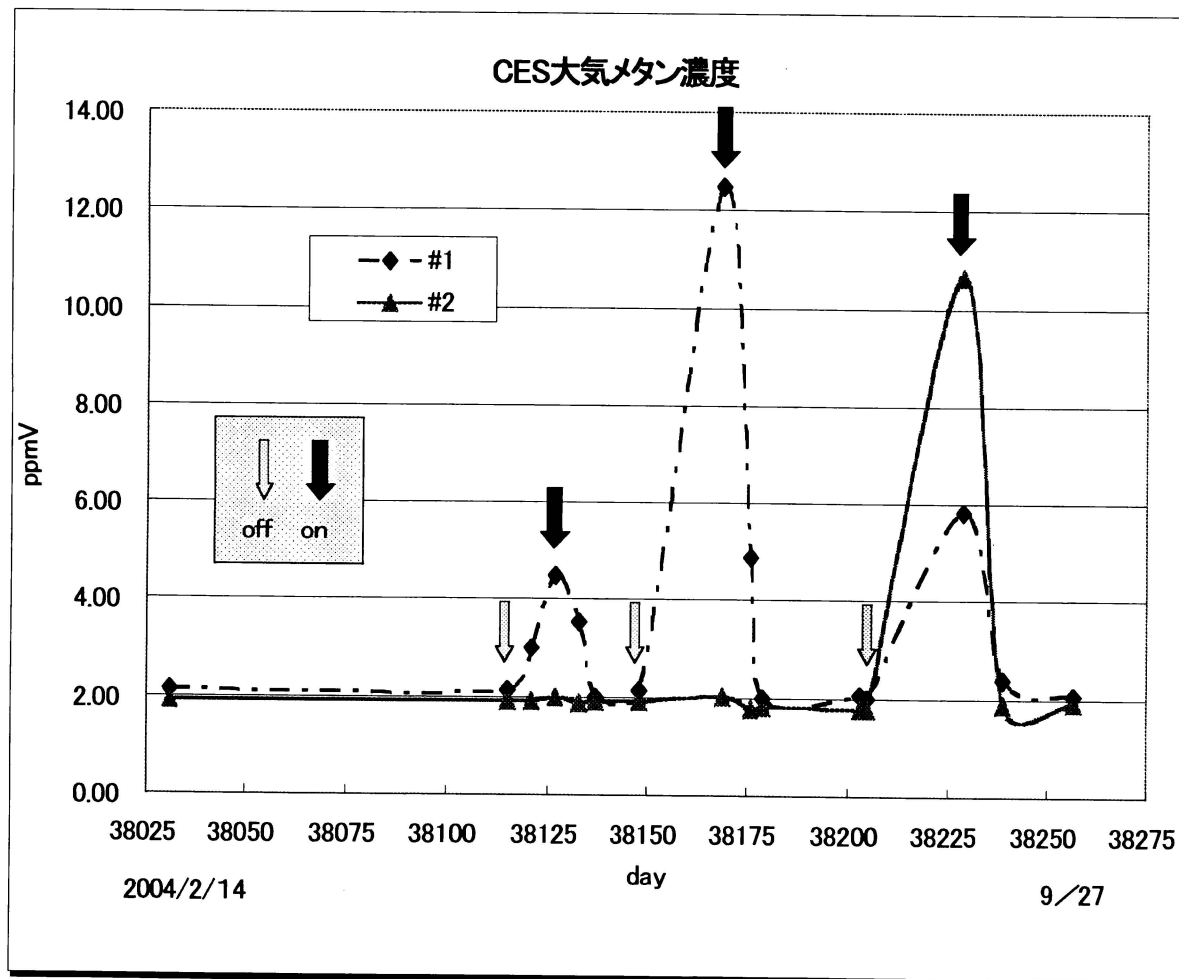


図 1. on/off 実験における閉鎖生態系の大気メタン濃度変化(1 号機と 2 号機)。on と off はそれぞれ太陽灯照射時 (12 時間周期) と「停電」を示す。

サンプル名	濃度 (pg/ml)	濃度 (μ g/L)	サンプル名	濃度 (pg/ml)	濃度 (μ g/L)	notes
10/14①	118.945	0.12	10/14②	54.686	0.055	off 10/3
10/25①	62.752	0.063	10/25②	検量線外	(検量線外の)痕跡	on 10/24
10/28①	検量線外	(検量線外の)痕跡	10/28②	69.653	0.07	on 10/24
11/29①	検量線外	(検量線外の)痕跡	11/29②	検量線外	(検量線外の)痕跡	on 10/24
11/30①	検量線外	(検量線外の)痕跡	11/30②	検量線外	(検量線外の)痕跡	on 10/24
12/17①	57.4	0.057	12/17②	検量線外	(検量線外の)痕跡	on 10/24
12月28日	検量線外	(検量線外の)痕跡	12月28日	検量線外	(検量線外の)痕跡	off 12/28
1月12日	検量線外	(検量線外の)痕跡	1月12日	検量線外	(検量線外の)痕跡	off 12/28
1月18日	検量線外	(検量線外の)痕跡	1月18日	検量線外	(検量線外の)痕跡	on1/18
1月19日	66	0.066	1月19日	63.7	0.064	on1/18
1月20日	70.2	0.07	1月20日	61.7	0.062	on1/18
1月21日	検量線外	(検量線外の)痕跡	1月21日	検量線外	(検量線外の)痕跡	on1/18
1月25日	58.4	0.058	1月25日	検量線外	(検量線外の)痕跡	on1/18
1月28日	56.9	0.057	1月28日	検量線外	(検量線外の)痕跡	on1/18
1月31日	検量線外	(検量線外の)痕跡	1月31日	検量線外	(検量線外の)痕跡	on1/18
2月4日	検量線外	(検量線外の)痕跡	2月4日	検量線外	(検量線外の)痕跡	on1/18
2月7日	検量線外	(検量線外の)痕跡	2月7日	検量線外	(検量線外の)痕跡	on1/18

表 1. on/off 実験における 1 号機と 2 号機でのミクロキスチン濃度変化。on と off の説明は図 1 に同じ。