

みわ塾 講座内容

2003年9月17日(第6回)

毎月1回 原則第3水曜日

2時から4時まで

6時半から8時半まで

4月23日 宇宙には始まりがあった

5月21日 我々は超新星の星くず

6月18日 DNAが生物なのか?

7月23日 幸運な星・地球

9月5、6、7日 清里 緑陰講座

9月17日 生物大爆発

10月15日 生物大絶滅

11月19日

12月10日 第2水曜日予定

場所: 新宿区榎町地域センター

右の写真は「こんにゃくの花」
アモルフォファルス・ギガスです。
スマトラ島原産、日本では初の
開花。小石川植物園で9月13日に
咲きました。



講座責任者 三輪主彦 e-mail kazmiwa@aol.com

ホームページ <http://members.aol.com/kazmiwa/>

第6回 生物大爆発 地球の大きさ・地球の時間

1. 前回までの復習

- 第1回目 宇宙に始まりがあった。真空のエネルギーによってビッグバンが引き起こされた。
- 第2回目 はじめにあった元素は水素だけ。我々の体は超新星爆発でできた物質の残骸からできているのだ。
- 第3回目 生物体を操っているのはDNAだが、それは物質だ。生物はどこで意志あるいは知性を獲得したのだろうか？
- 第4回目 奇跡的な幸運に恵まれた星、地球。太陽からの距離、できてからの時間、大きさ、重さ、海、大陸、すべてが理想的だった。
- 第5回目 清里の自然の中で。火星の接近、飯盛山の植物、シルクロードの走り旅、岩魚のほう葉みそ焼き、私設天文台見学など



生物の大爆発！ 地球の時間、地球の大きさ



生物の大爆発

- 宇宙も広いが、地球だって、生物にとってはとてつもなく大きい。
- 地球の歴史は長い。生物は進化したというが、それはどんな時間なのか？
- カンブリア紀に生物の大爆発があった。

1. 地球は大きい！

だれが、どうやって大きさや形を想像したのか。

実際に確かめたのは誰か。

2. 地球の歴史は長い！

地球の始まりはいつか？ 年代測定はどのようにやるか？

数十億年は長い時間だ。 時間は相対的だ！

3. 生物は数十億年間何をしていたか？

ある時、突然、不可思議な動物たちが出現した。

どの生物が我らの祖先か！

■ おまけ この夏訪問したミャンマーのマングローブの村の話をしやります。

1. 地球は大きい！

■地球が丸いことは誰でも知っている。右の画像をみれば一目瞭然である。しかし昔の人は、こんな写真を見ることができなかった。それなのに地球が丸いことを知っていた。

どうやって知ったのだろう。

その前に一つ問題！

この地球はどこから撮ったのだろう？

スペースシャトルからだ。もしかすると毛利さんが撮ったんだよ。
という答えが出てくるかもしれない。

しかしスペースシャトルからの写真は下のもので、地球全体が見えるわけではない。なぜならスペースシャトルは高度200～300kmという低空を飛行しているからだ。低空って？ ヒコーキから見れば高空かもしれないが、地球の大きさ（6400km）から比べたら、ごくごく低空なのだ。実は毛利さんは丸い地球全体を見ていないはずだ。

正解はアポロ17号からとった画像で、地球から数万km離れていた。地球は大きいので、全体を見渡すためには少なくとも数万km離れる必要がある。スペースシャトル程度の高度では地球の縁がカーブしていることがわかる程度である。

地球が丸く見えるという「地球岬」（北海道室蘭）からの水平線であるが、少し丸みをおびているかなという程度だ。

100mの高度からは半径35kmの範囲の地球を見ているにすぎない。その先にいる船は全く見えない。



■ 丸い地球

地球岬から水平線を見ると少し丸く見える。しかしこれだけでは地球が丸いという証拠にするには早計だ。地球上のあらゆる場所で見ると水平線はいつも丸いという証明ができれば、地球が丸いという証拠になる。

アリストテレス (BC384 ~ BC322) は

- 1, 船で陸地に近づくと高い山から先に見えてくる。
- 2, 月食の時に月に映る地球の影はいつも丸い。
- 3, 北へ行くほど北極星の高度が高くなる。

ということを証拠とした。地球岬の話は証拠 1 と同じことになる。さらに証拠 1 は、高いところに登ると遠くが見えるというのと同じことである。

ところで再び問題。

地球岬 (100m ということにする) から何 km 先の水平線までが見通せるのか？

下の図を見てほしい。高さ r からは X km
で見える。 X Y の距離は三角形の

例えば $(R + r)^2 - R^2 = X^2$

$(6400 + 0.1)^2 - 6400^2 = X^2$

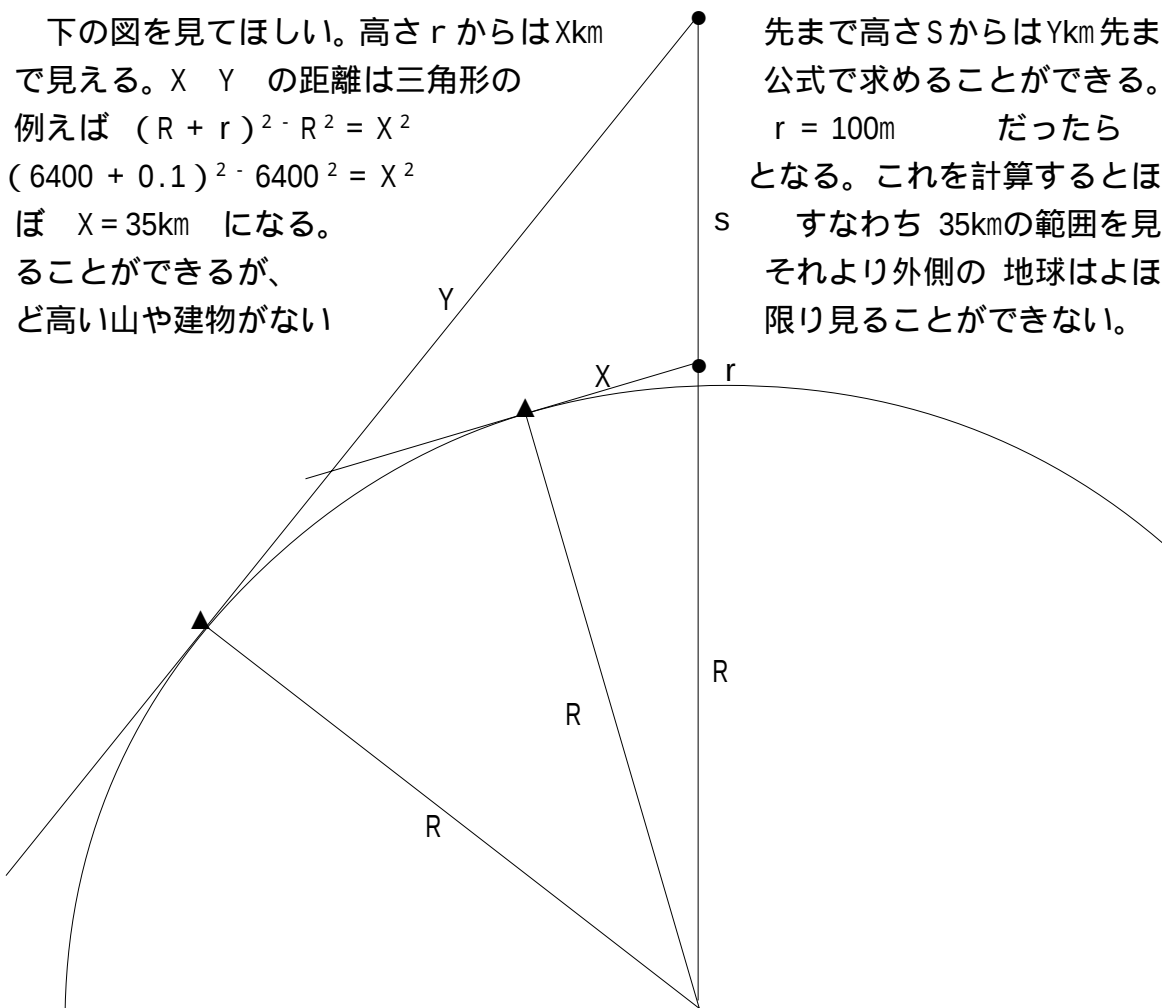
ば $X = 35$ km になる。

ることができるが、
ど高い山や建物が無い

先まで高さ S からは Y km 先ま
公式で求めることができる。

$r = 100$ m だったら

となる。これを計算するとほ
すなわち 35 km の範囲を見
それより外側の地球はよほ
限り見ることができない。



もしかして太平洋の真ん中で遭難したら、冷静になって北極星の高度を測ればその地点の緯度が求められる。自分の居場所がわかれば対処の方法も出てくるはずだ！（今どき太平洋に行く船なら GPS ぐらい持っているよ）

■地球が丸いことを自分で確かめた人

フランスがメートル法にこだわり、英米がそれに逆らい、今でもフィート、インチという単位を使うのには歴史的な意味があるのだ。

地球が丸いことを信じて、航海に出た人がいる。1492年スペインのイザベラ女王の援助を受けたコロンブスは大西洋を渡ってバハマ諸島のサンサルバドル島に

着いた。彼は西回りで「インド」に到着したと考え、西インド諸島と名付けた。アメリカでは10月12日をコロンブスデーとし祝日になっている。彼は地球を一周したと考えたが、実はまだ道のりは遠かった。



マゼランは1519年、5隻の船で西回りの航海に出た。今の南アメリカ大陸を南下し、マゼラン海峡をまわって太平洋に出た。フィリピンのセブ島に着いたときに、この付近出身の船員の言葉が通じた。マゼランは西回りでもインドに到達できることを実感した。しかしマゼランは地元の人との戦いで命を落とした。出発して3年後、スペインの港に戻りついたのは1隻の船、18人の乗組員だけになっていた。しかし彼らは地球が丸いことを自らの身体で確かめたのだった。

一日も休まずつけていた航海日誌は到着の日、水曜日だったが、元の港では木曜日だった。当時日付変更線はまだ知られていなかったからだ。

西回り	曜日	金	土	日	月	火	水	木
日誌	金	土	日	月	火	水		

今はヒコークで簡単に世界一周ができるし、スペースシャトルは2時間で一周している。通信手段によって地球の反対側のことも同時中継で見ることができる。そんなことから「世界は狭くなった」といわれる。

しかし大きさというものは相対的なものである。何を基準にして論じているのか、考えて見る必要がある。

2. 地球の時間

■ゆく川の流れは絶えず

日本人の時間概念は「ゆく川の流れは絶えずして、しかももとの水にあらず。よどみに浮かぶ泡沫はかつ消え、かつ結びて、久しく留まりゆく試しなし……」に代表される。はじめがあって終わりに向かうという考えではなく、はじめも終わりもなしに、ただ流れているというのが日本人の思想であった。しかし創造主をもつ社会では、何ごとも、いつ始まり、いつ終わるかは重大な問題であった。

●英国大司教」．アッシャーは「地球は紀元前4004年10月26日午前9時に創造された」と告げた。それにははっきりした根拠があった。キリストの生まれる4000

年前に、神は地球を創造したと聖書に書いてあるからだ。キリストが紀元前4年に生まれたという科学的根拠をもとにしている。

●同じヨーロッパで生まれた近代科学、とくに地質学は教会の権威と対立するようになっていった。

博物学者ビュフォンは、太陽の近くを通った恒星の引力で太陽の一部がちぎれ、火の玉となって飛び出し、徐々に冷えて地球になったという説を出した。ここには神の存在はどこにもない。冷える年月を計算して74047年前に火の玉地球ができたと考えた。

ダーウィンの息子の天文学者ジョージは、月が地球から飛び出したと仮定し、高速自転の地球が現在の24時間自転になるまでの時間から、4000万年前に地球と月が分離したと考えた。

しかしいずれにしても推定の根拠はあやふやだった。科学的に地球の歴史を数値化できるようになったのは数十年前のことだ。

●放射年代の登場

物理学者の登場によって地球の年齢を科学的に探れるようになった。20世紀初頭、ドイツのレントゲンはのちにX線と呼ばれる放射線を発見した。放射線を出す放射性元素はある一定の時間が過ぎると、別の元素に変化する。例えば放射性炭素(C^{14})は5730年たつと正確にもとの量の半分になる。この時間のことを『半減期』とよぶ。半減期は元素の種類によって異なっている。ラジウムは1600年で半分になる。ラドンの半減期は4日間である。

1930年代にはいるとウラン238は放射線を出して鉛208に変化することが分かった。ウランや鉛は岩石の中に存在している。もともと天然にある鉛204とウランから変化した鉛208の量比を測れば、ウランがどれだけ鉛に変化したかが分かる。自然界では鉛204と鉛208の比は一定なので、自然界から切り離された時、すなわちドロドロに溶けた状態から固体になった瞬間からの時間を求めることができる。といっても、そう簡単ではない。ものすごく精密な質量分析計でその量比を測らなければならない。こりゃ大変なことなのだ。

●最古の岩石を求めて

さて、岩石の年齢が測れることになったら地質学者は、地球上でもっとも古い岩石を探すことに熱中し始めた。グリーンランド、カナダ、オーストラリアなどで発見された片麻岩は約38億年前のものだということが分かった。

しかし懸命の探索にも関わらず、それ以上に古い岩石は見つかっていない。片麻岩はなにかの岩が変化した変成岩なのだから、もとの岩石がなければいけない

はずだ。しかし地質学者の見解は、「これ以上古い岩石は見つからないだろう。それ以前の地球は表面がマグマの海、マグマオーシャンに覆われていたのだから、固体の岩石はなかったはずだ」という。

●地球年齢は46億歳

地球上のもっとも古い岩石は40億年前のものである。それなのに地球の年齢は46億歳といわれるのはなぜだろうか。

その理由は、ほとんどの隕石の年齢が45.5億年であることから推定された。隕石と地球は同時にできたという仮説があるからだ。隕石と地球は姻戚関係にあるなどとシャレを言っている場合ではない。もし隕石と地球が同時にできたのであれば、この数字には何の意味もない。

しかしアポロの月着陸によって月の岩石が大量に採取され、これらの岩石の年齢も45.5億年を示したことから、月、隕石、地球の同時誕生説は信頼性を増している。

とりあえず、地球の年齢と称されているものは、隕石と月の年齢から割り出したものだということは覚えておいて欲しい。

『その仮説は間違っている』と思う人は、世界の果てまで、歩き回って地球誕生の証拠になる岩石を見つけてください。

■地球の年齢は46億歳だということがわかった。地球や宇宙の大きさをとてつもない大きさだといって、思考を停止する人がいる。それと同様に、46億年というとてつもない年代をみて、考えが及ばないとしてはいけない。

時間も、相対的なもので、ゾウの時間ネズミの時間のように別物なのだ。例えば、石油や石炭などの化石燃料ができるまでの時間と我々人間がそれを使う時間というのは対等ではない。できるまでの時間と使う時間とはまったく単位が違うのだ。恐竜は6500万年前に滅びてしまった。大きくなりすぎて自然界に適応できなくなったと考える人もいるが、中生代という時代、2億年近い時間を生きていたのだ。それは人類の歴史400万年に比べても圧倒的に長い時間である。彼らは十分すぎるほど自然界に適応して生きていたのだ。

自然環境問題を考える場合、複数の時間があるということを考えないと、全く意味をなさない場合があるので注意が必要だ。

3. 地球誕生後、生物は何をしていたか

■ 生命らしいものが誕生したのは約40億年前だと考えられている。そのころの生物がどんなものだったかは、化石がないので推定するしかない。20億年前のチャートという岩石のなかに含まれている化石の大きさが1mmのさらに1000分の1程度である。これ以前はさらに小さいものに違いない。最初の生物は薄い膜が細胞を包んでいるだけで遺伝子も細胞内に浮かんでいるだけの原核生物(モネラ)だった。約40億年前から30億年前までの間はバクテリア(細菌)やシアノバクテリア(ラン藻)など原核生物は生存競争もないままどんどん増え続けていた。

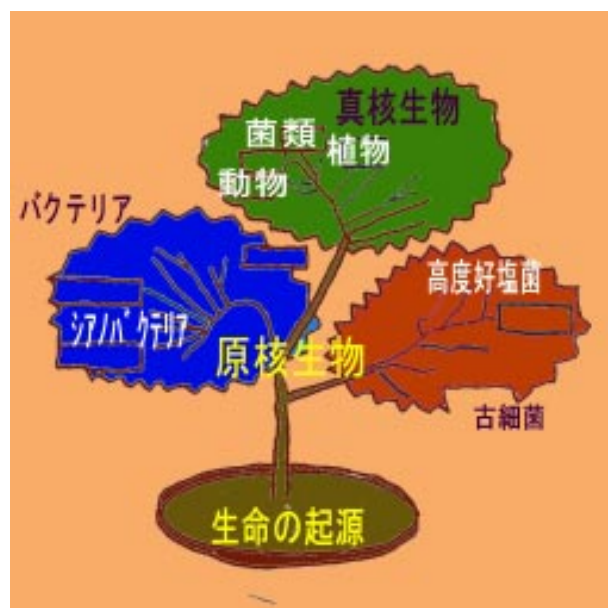
● 30億年前の地層からは細胞分裂をするシアノバクテリアの化石も見つかっている。シアノバクテリアは海中の泥の粒子や石灰分を吸着してストロマトライトという岩石をつくる。それが世界中の各地から発見されている。この数億年の間に、細胞内にクロロフィルをもち光合成をするシアノバクテリアが出てきた。

● 25億年～19億年前 シアノバクテリアが光合成を行った結果、廃棄物の酸素が大量に海中にたまった。それはこの時代に造られた鉄鉱床を観察すればわかる。赤鉄鉱は海中の鉄分が酸素によって酸化されたもの、すなわち鉄サビのようなもので、当時の海に相当の酸素が蓄積されていたことの証拠になる。

海の中を酸素であふれる状態にするには、どれほどのシアノバクテリアがいたか、想像を絶する。彼らが作ったストロマトライトは古い大陸の地殻を造っている。

我々から見れば原核生物は、のんびりと進化を続けていた。しかし生物にとって猛毒である酸素の出現(といっても自分たちが廃棄したのに)は生存環境が危ういものになる大事件だった。<<何か今の時代を暗示しているようだ>>

● 14億年前 当時生きていた生物は猛毒の酸素から身を守るために、様々な方法を試した。その方法がうまくいかなかった生物は、滅びさるしかなかった。あるものは堅い殻で



身を守った。殻を持たない生物はDNAを守るために堅牢な核を作りだし、その中に酸素に弱いDNAを格納した。これが真核生物である。さらに細胞同士が共生し、細胞相互の機能が分化されるようになった。

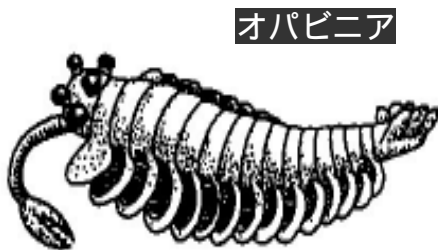
そして多細胞生物が出現した。多細胞になることによって、目に見えるような大きな生物が海中に現れてきた。10億年前後には多細胞の生物、植物の化石が見られるようになった。

私たちが考える生物の進化、あるいは変化と違って、生物の歴史のほとんど大部分は原核生物が分裂して増え続ける時代だった。「進歩がないなあ」と思うかもしれないが、生物がある大きさを持つには、これぐらいの時間が必要だったのだ。逆にいえば DNA のごくわずかな変化が数十億年積み重ねられると、ミクロンの単位からセンチの単位まで、大きさの変化が出てくるのだ。

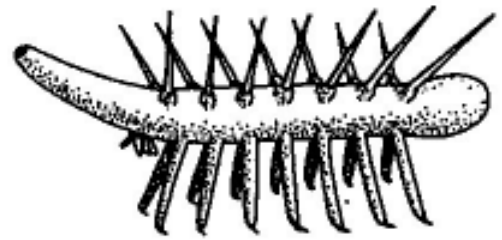
■ バージェス動物群

カナダの有名な保養地であるバンフ国立公園の近くにロッキー山脈を横切るキッキングホースという峠がある。カナダ大陸横断鉄道工事の最大の難所だった。現在は展望車で大山脈を内部を見ることができる。実は私もこの峠にたって雄大な景色を眺めたことがあるのだ。(自慢) この景色をスゴイと感心するだけでなく、どんな岩石でできているのかに関心をもった人もいた。彼は峠からワプタ山にのぼり、ここの岩石の中から大量の化石が出てくることを発見した。現在でも世界でもっとも有名な化石産地である。この岩石から出てくる化石動物は「バージェス動物群」とよばれる。私も峠近くで、三葉虫の化石を拾った。

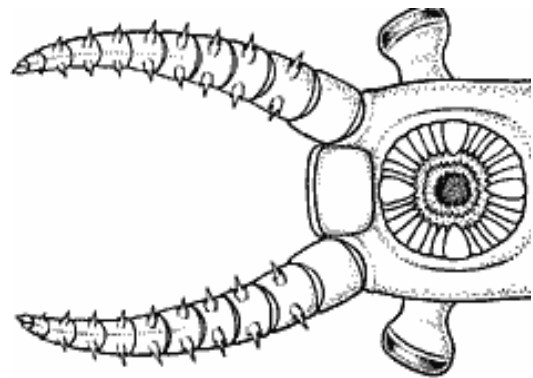
三葉虫の化石から、この地層の時代はカンブリア紀、今からほぼ6億年前のものということは分かったが、三葉虫の化石以外に奇妙な化石がたくさん出てくる。多くの学者が調べようとしたが、今のどの生物につながるかまったく分からなかつ



た。長年の研究で、イギリスの古生物学者が復元したのは、下右図のように目が五つあり、ゾウの鼻のような触手がのびるオパビニアと名付けられた動物だった。他にもアノマロカリスとよばれる巨大な肉食動物、どちらが上か、どちらが頭かわからないハルキゲニアなど、現在につながらない生物がウジャウジャと出てきた。



ハルキゲニア



アノマロカリスの口

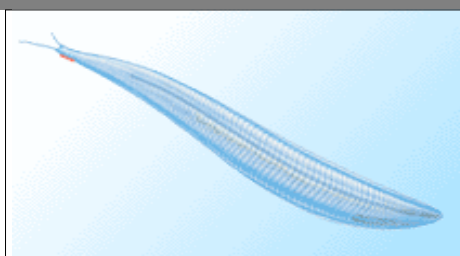
2．現在につながらない生物

昔の生物は、徐々に進化して現在の生物になったと思いがちである。しかし昔の生物が全部現在の生物につながったわけではない。アノマロカリスの口はカメラのシャッターのような形をしている。こんな口をしている生物は今はいない。目を五つもっている生物も今はいない。ハルキゲニアは今の生物となんの共通性もない。

化石として残るためには様々な条件は必要だ。その条件の中に世界中にたくさん分布していることは最も重要だ。ということはハルキゲニアなどというワケの分からない動物がカンブリア紀の海には大量にいたのだ。殻の固い三葉虫などは化石になりやすいが、クラゲみたいなものでも化石になることもある。カンブリア紀の海にはものすごい量の生物が住んでいたことが分かっている。その前の時代には、生物の痕跡はほとんどない。

カンブリア紀の生物の大発生を「カンブリア爆発」とよんでいる。この時代に突然 DNA に変化があったわけではない。その変化はカンブリア爆発の6億年前にすでに起こっていたらしい。この間に、多様化していた DNA は新しい生物の設計図を描いていた。そして一斉に新しいデザインを発表したのだ。これを DNA による「進化の大実験」とよぶ人もいる。それまでセンチ単位の生物は何もいなかった世界なので天敵はおらず、どんなデザインの生物でも生きていくことがで

きた。カンブリア爆発は、地球史上最初の生物大進化だった。実験の中で、われわれ人間の遠い祖先になったと思われるのは、弱々しいピカイアという生物である。これがなぜ我々の祖先なのかといえば、将来背骨へと変化していく脊索をもつ生物だったからだ。もしピカイアがどう猛なアノマロカリスに食われてしまったら、人間どころかほ乳類も、恐竜もいなかったかもしれないのだ。



ピカイア(我々の祖先)

頂点を極めたアノマロカリスは、なぜだか滅び、弱々しいピカイアが生き残った。もう一度 DNA の大実験をやったとしたら、ピカイアが生きのこるとは限らない。アノマロカリスの天下が続いていたかもしれない。

生物の歴史は、偶然の積み重ねで、二度と同じことは起こらない。今自分がいることは、奇跡の 10 乗ぐらい珍しいことなのだ。

次回は、生物大爆発の反対で大絶滅の話題です。大絶滅は恐竜だけではない。生物の歴史は大爆発と大絶滅の繰り返しなのです。

みわ塾の成果

みわ塾を始めた理由の一つは、大人の人たちの科学的認識の向上でした。対象は「江本さんレベル以下」としておきました。その江本さんがなんと夜空を見上げて「火星が……」とインターネットに書いているのです。いままで星の名前など、何の関心もなかった人がです！ 塾生が、新しい世界に目を広げたことを知り、塾長冥利につきと感動しています。

江本さんの文を無断転載いたしました。(事後承諾お願い！)

びっくりした。

火星が、月の、ほんの真下にある！

しかも、月のひかりにも負けず、すごくきれいに輝いて。

昨夜、珍しく早い時間(普段は深夜が多い)に、ふたりのわんわんと小さな茂みでひと休みして気づいた。

月と火星の大接近の瞬間。得した気分、よかったね、と3人で話し合った。

うおおおん。

