

散文 恐竜の絶滅は、小惑星の衝突で決着か!?

明治コンサルタント(株) 片平 宏

1. はじめに

土と岩の第58号で、「恐竜やアンモナイトはどうして絶滅したのか」のタイトルで白亜紀末の生物の大量絶滅の学説を紹介しました。拙文で紹介したこの学説は隕石(小惑星)衝突説と海洋無酸素事変でしたが、その後、大量絶滅の原因が究明され、「小惑星衝突説」で決着したかに思われるのです。

隕石(小惑星)衝突説は、隕石の衝突により生物の大量絶滅が起こったとするもので、白亜紀末の粘土層中に多量のイリジウムが含まれていたことを根拠としています。イリジウムはもともと地球にはきわめて少ない金属です。それが白亜紀末の特定の地層から世界の各地でみられるのはイリジウムを含む地球外起源の物質(隕石)の衝突によって、世界中にばまかれる現象が起こったと考えられるからです。

海洋無酸素事変は、気温の上昇により海面が上昇し、いわゆる赤潮に起因した無酸素状態の発生と海水の循環の悪化が酸素の供給不足を引き起こし生物が絶滅したとする学説です。

地質時代区分は、生物の交代によって区分されています。この意味では「代」や「紀」の境界には生物の大絶滅があったということになります。アメリカ・ジョンズ・ホプキンス大学のスタンレーは、以前から提唱されていたジャブロンスキーの5大絶滅に6大絶滅を加えて11大絶滅としました(表-1)。

表-1に示した絶滅番号のうち、⑨がK/T境界(白亜紀と古第三紀の境界)に相当し、恐竜やアンモナイトが絶滅したとされています。また、③はP/T境界(古生代と中生代の境界)に相当し、珊瑚・フズリナ・海百合等が絶滅したとされています。

注) K/T境界は、白亜紀(Kreide:ドイツ語)と第三紀(Tertiary)の境界で、各々の頭文字をとった略号です。P/T境界は、古生代最後のペルム紀(Permian)と中生代の最初の三畳紀(Triassic)の頭文字からとった略号です。

2. 小惑星衝突説で決着

2010年3月3日のサイエンス誌に世界12カ国41人の研究者の連名のレビュー論文が掲載されました。それによると、「白亜紀末の生物の大量絶滅(非鳥型の恐竜を含む)の原因は小惑星衝突である」とされ、30年間の論争に一応の終止符が打たれました。

生物の大量絶滅が直径10kmの地球外天体衝突により引き起こされたとする学説は1980年に提唱されました。その後、1991年にメキシコ・ユカタン半島で直径180kmの白亜紀末の衝突クレーター(チチュルブ・クレーター、図-1)が発見されたことがこの説の信憑性を決定づける直接的

根拠となりました。チチュルブ衝突では、津波の影響推定やクレーターの内部掘削試料の分析により、表-2に示す規模が推定されています。

表-1 スタンレーの11大絶滅

代	紀	絶滅番号	地質時代(Ma:100万年)	主な絶滅動物	絶滅率(%)
新生代	第四紀				
	新第三紀	⑪	中新世中期(15)	軟体動物	25.0
	古第三紀	⑩	始新世後期(36.5)	軟体動物	45.8
中生代	白亜紀	⑨	白亜紀末(65)	アンモナイト・恐竜	66.3
		⑧	白亜紀後期(91)	アンモナイト・斧足類	18.9
		⑦	白亜紀前期(107)	二枚貝(斧足類)	12.0
	ジュラ紀	⑥	ジュラ紀末(135)	斧足類・アンモナイト・恐竜	19.5
		⑤	ジュラ紀前期(188)	二枚貝(斧足類)	15.2
古生代	三畳紀	④	三畳紀後期(205)	コバント・アンモナイト・腕足類・両生類	38.6
	ペルム紀	③	ペルム紀末(250)	サンゴ・フズリナ・腕足類・海百合	52.5
	石炭紀				
	デボン紀	②	デボン紀後期(360)	サンゴ・三葉虫・腕足類・爬虫類	21
	シルル紀				
	オルドビス紀	①	オルドビス紀末(438)	サンゴ・海綿・筆石・オウムガイ	22
先カンブリア代					

注) 絶滅率は、海生動物の(絶滅科数)÷(全科数)を100万年当たりで表示した値です。

表-2 チチュルブ衝突の規模

項目	規模
衝突した小惑星の大きさ	直径 10 ~ 15km
衝突速度	約 20km/s
放出エネルギー	広島型原爆の約 10 億倍
衝突地点周辺の地震のマグニチュード	11 以上
津波の遡上高さ	300m
衝突による気温への影響	平均気温を最大 10° 低下させた可能性がある

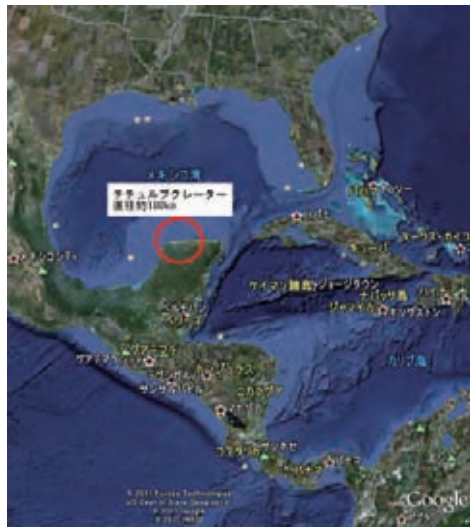


図-1 チチュルブ・クレーターの位置

3. K/T境界における大量絶滅の研究の経緯

K/T境界の大量絶滅に関する研究の経緯は以下のようになります。

〈1980年〉

約6500万年前のK/T(現在ではK/Pg)境界に堆積した粘土層中に地球表層には微量しか存在しない白金族元素が異常濃集していることが発見される。

注) K/PgのPgは、第三紀のうちの「古第三紀(Paleogene period)」の略号です。

〈1981年～1984年〉

世界各地のK/T境界層からイリジウムの異常濃集や天体衝突によってのみ生成される衝突起源物質が報告される。

注) 衝突起源物質は、衝突により熔融した岩石が冷え固まってできた衝突メルトや、衝撃変成石英のように地球外天体衝突時の高温・高圧下でしかできないと考えられる鉱物などです。

〈1991年〉

現在のメキシコ・ユカタン半島北部で直径約180kmの埋没したクレーター(チチュルブ・クレーター)が発見される。

〈1991年〉

チチュルブ・クレーターの直径から推定される衝突天体のサイズは直径10km程度であると考えられた。

→1980年でイリジウムの濃集量から推定した天体サイズと良く一致する。

〈1992・1999年〉

ハイチで報告されたK/T境界層中の衝突ガラス片の微量元素組成および形成年代は、チチュルブ・クレーター内の衝突メルト片の組成および形成年代($65.01 \pm 0.08\text{Ma}$)と一致することが報告される。

→チチュルブ衝突起源の物質が、2000km以上離れたハイチまで飛来して堆積したことを示す直接的証拠である。

〈1991・1996・2003・2004年〉

チチュルブ・クレーター内部は、大量の衝突起源物質で埋積されており、同クレーターが衝突起源であることの有力な証拠とした。

〈2002・2006・2008年〉

世界中のK/T境界層から報告されている衝撃変成石英のサイズや含有量はチチュルブ・クレーターを中心に系統的に減少することが報告される(図-2)。

→世界中のK/T境界層中で見つかる衝撃変成石英がチチュルブ・クレーターから放出されたことを強く示唆する。

〈2002・2010年〉

K/T境界において地球外起源の物質であると考えられるイリジウムの異常濃集や衝突起源物質が世界各地から報告され、2010年時点で約350箇所にも達することが明らかとなった。

〈2010年〉

チチュルブ衝突は世界中に衝突起源物質を堆積させるほどの大規模衝突だったことを多くの研究者が認めた。チチュルブ・クレーターはK/T境界の衝突クレーターで大量絶滅と衝突との同時性はもはや疑う余地がなく広く認知される。

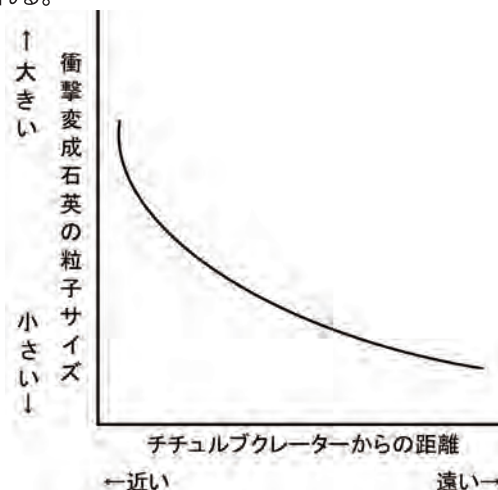


図-2 衝撃変成石英のサイズと距離の関係
(イメージ図)

注) 衝撃変成石英は、隕石の衝突孔付近にみられる石英で、衝突地点の岩石に含まれていた物質が高温・高圧により溶解・飛散することで生成され、特徴的な縞状構造を示す。

4. 大量絶滅のメカニズム



豊橋市自然史博物館で撮影

〈仮説〉

1980年及び1982年に、チチュルブ衝突による大量絶滅は、「太陽光の遮断により光合成の停止が起きた」とする仮説がたてられました。これは、衝突により放出された塵が大気中に数年程度滞留して太陽光を遮断し、光合成生物を絶滅に追いやったとするシナリオです。

〈反論〉

これに対して、2002年には「塵の大気中での滞留期間は当初考えられたよりもずっと短い(数ヶ月程度)」と考えられ、太陽光の遮断だけでは大量絶滅を遮断できない」とした。



〈仮説〉

1994年には、「塵ではなく硫酸エアロゾルによって地表に達する日射量を減らす日傘効果が生じた」とした。

注) 大気中に存在する粒子は空気粒子と数ミクロン程度のエロゾル粒子に分けられます。硫酸エアロゾルは硫酸と水蒸気からなり粒子半径は約0.1 ミクロンとされます。

〈反論〉

これに対して2002年には、「衝突実験によると長期間における日傘効果は得られなかった可能性がある」とした。



太陽光の遮断によって大量絶滅が説明できるか不明である

上記の経緯を経て、現在では以下のような大量絶滅のメカニズムが考えられています。

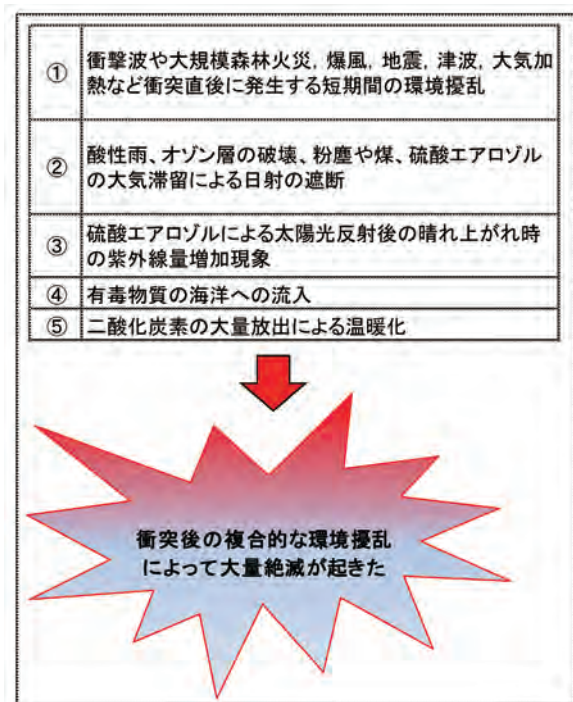


図-3 チチュルブ衝突による大量絶滅のメカニズム

以上のメカニズムにより恐竜やアンモナイトが絶滅したとされていますが問題点も残されています。それは、これまでの数多くの研究でも、その規模や継続期間、大量絶滅の関係など未だに定量的に明らかにされていないことが多いからです。

また、チチュルブ・クレーターの正確な大きさ、衝突条件、生じたメルトの量などが十分に解明されていないため、今

後の研究としては、クレーター内部の試料を採取し、コア試料から得られるデータと地震波や重力異常データを組み合わせて衝突の規模や条件を正確に推定できるようにする必要がありますと提言されています。

恐竜絶滅に関する疑問点や隕石衝突説に対する反論の一例を以下に紹介します。

巨大隕石の衝突という大事変があれば、恐竜などの生物が数日のうち(そこまで短時日なくとも)地球規模の大火災によって植物が燃えつき食物が欠乏する。また、それに伴う大きな環境変化によって1~2年で恐竜が絶滅しても不思議ではないと思えるが、化石のデータが示すところには、恐竜の絶滅は少なくとも200万年以上の時間をかけて徐々に起こっていたことがわかっている。

ワールドウォッチ研究所によると、生物の種の絶滅のスピードは恐竜時代で1~3種/年だったものが、現代では少なく見積もっても1000種/年にもなっていて、現代の方がずっと急速に生物種が絶滅していることが報告されている(「生態系と地球環境のしくみ」、大石正道著)。

ということは、隕石衝突より現代の人類による環境変化(破壊)の方が生物の絶滅(生存)に対するインパクトが大きいことを示していて、隕石衝突=恐竜絶滅説とあいまいでない。つまり、現代よりはるかに小さい環境変化であっても200万年もの時間があれば絶滅してもおかしくはないと考えられる。

5. K/T境界以外の絶滅境界での天体衝突の可能性

K/T境界以外の、例えばP/T境界でも天体衝突により生物の大量絶滅が起きたのでしょうか。その可能性の議論がなされています。

5.1 P/T境界

P/T(ペルム紀/三畳紀)境界では、海生無脊椎動物種の80~90%が絶滅したとされています。この境界での生物の大絶滅に関する議論は以下のようです。

2001年に兵庫県篠山地域含む数地点のP/T境界層からフラーレン分子を報告し、そこに含まれるヘリウム3が地球外起源だとする仮説を提唱しました。

2004年に、オーストラリアでのクレーターが天体衝突クレーターであり、その形成年代がP/T境界での大量絶滅と一致することからP/T境界での大量絶滅を引き起こした衝突クレーターである、という論文が発表されました。

注) フラーレン分子は、炭素原子がサッカーボール状に60個つながった分子で炭素数の異なる類似球状分子や筒状分子も見られ、その利用法等についても多くの研究が進められています。





現在での考え方(2001・2002・2004年)

上記の一連の論文に対して数多くの反論がだされ、一般には受け入れられていません。その理由は、フラーレン・衝撃変成石英・衝突メルト片・衝突クレーターなどが、第三者による追試をどれ一つとしてパスできないことであるとされています。さらに、そもそも測定された試料を採取した層準がP/T境界層ではないという根本的な問題も指摘されています。

5.2 T/J境界

T/J(三畳紀/ジュラ紀)境界では全生物種の76%が絶滅したとされています。

2003年～2008年に、T/J境界でイリジウムの異常濃集が報告されました。P/T境界の場合とは異なりT/J境界では複数の研究グループによってイリジウムの異常濃集が検証されています。



現在での考え方(2005・2011年)

問題は、イリジウムの濃度がいずれもK/T境界の10分の1程度にすぎないことであり、この時代には大規模な洪水玄武岩の噴出が起きているため、T/J境界のイリジウム濃度は大規模火成活動に伴う岩石(洪水玄武岩)の値のばらつき範囲内に収まり、洪水玄武岩が起源だと考えても説明がつくとされています。

注) 洪水玄武岩は台地玄武岩とも呼ばれていて、膨大な量の玄武岩質溶岩が流れ出し、その粘性がきわめて低いことにより山谷地形を埋めて平坦な地形を作り、現在では台地を形成している。約65Ma前のインドのデカン溶岩台地は、52万平方キロメートルの面積がある。



K/T境界以外の絶滅境界での 天体衝突の可能性のまとめ

その他の絶滅境界(例えば、デボン紀後期など)においても全球に影響を及ぼすような大規模天体衝突を示唆する証拠は報告されていないこと、第三者によって確認されていないこと、イリジウムや衝撃変成石英などの各種検証が揃っていないこと、イリジウムの濃度が低く他の要因でも説明がつくことなど多くの問題が指摘されている。

→K/T境界以外の大量絶滅は地球外天体衝突によることに対して否定的

6. おわりに

チチュルブ衝突のエネルギーを地震マグニチュードであらわすと11以上となり、そのエネルギーの大きさは東日本大震災のマグニチュード9に対し、1000倍以上となります。衝突規模の大きさに驚愕します。

中生代末の生物の大量絶滅に関して今回の散文を含めて2回にわたり「土と岩」に掲載しました。

散文の趣旨にそぐわない内容になったかもしれませんが、前回の散文ではおもしろいといったアンケートでの意見を頂きました。感謝いたします。

アンモナイトの化石の写真を以下に掲載しておわりとします。



(岐阜県可児市花フェスタ記念公園で撮影)



Eupachydiscus sp. (天草上島産出)



Polyptychoceras sp. (天草上島産出)

参考文献

後藤和久・田近英一：地球外天体衝突による大量絶滅—なぜ白亜紀／古第三紀境界だけで起きたのか—, 地質学雑誌, Vol.117 No.4, 日本地質学会, pp193-203, 2011.