

北海道十勝郡浦幌町に分布する 根室層群川流布累層中の白亜紀/古第三紀境界

栗原 憲一
(三笠市立博物館)

1. はじめに

6,600万年前の白亜紀／古第三紀境界（K/Pg境界）は、白亜紀最大の生物の絶滅事件が起こった時期である。恐竜（鳥類を除く）やアンモナイト類が絶滅し、海洋プランクトンの浮遊性有孔虫、石灰質ナノプランクトンや浅海に住む動物の大多数の種が絶滅した。その規模は、属レベルで50%にも及ぶ（Russel, 1974）。そして、この絶滅は、直径約10kmの小天体が地球表層に衝突したことによって引き起こされたと考えられている（Schulte *et al.*, 2010）。

一方、北海道十勝郡浦幌町（白糠丘陵地域）には、白亜系～古第三系の海成層である根室層群が広く分布し、川流布累層^{かわるっぶ}上部泥岩部層中に、世界各地のK/Pg境界にある粘土層に類似した、黒灰色の粘土層が挟在することが、国内で唯一知られている（Kaiho and Saito, 1986）。

浦幌町立博物館では、白亜紀最大の絶滅事件が起こったK/Pg境界が町内に存在することを活用して、毎年、その地層を現地観察する体験講座を開催している。そこで本稿では、川流布累層中のK/Pg境界に関する研究の紹介と、K/Pg境界で起こった絶滅事件に関する簡単なレビューを行い、今後の講座資料を作成する際の一助としたい。

2. 白亜紀／古第三紀境界の絶滅事件

白亜紀／古第三紀（K/Pg）境界の生物の絶滅事件は、海生無脊椎動物の化石記録から見た5大絶滅の1つとして認識されている（図1）。K/Pg境界で破局的に大量絶滅した生物群については平野・海保（2004）がまとめている。彼らによると、絶滅は、①陸上では恐竜（鳥類を除く100%の種が絶滅）、②海洋表層水に生息する遊泳性のアンモナイト類（100%の種が絶滅）とベレムナイト類（100%の種が絶滅）、浮遊性生物の浮遊性有孔虫類（92%の種が絶滅）、石灰質ナノプランクトン類（88%の種が絶滅）、珪質鞭毛虫類（73%の種が絶滅）、③浅海底生生物の腕足類（77%の種が絶滅）、棘皮類、サンゴ類、二枚貝類、大型有孔虫類などである。一方、K/Pg境界を生き延びた生物

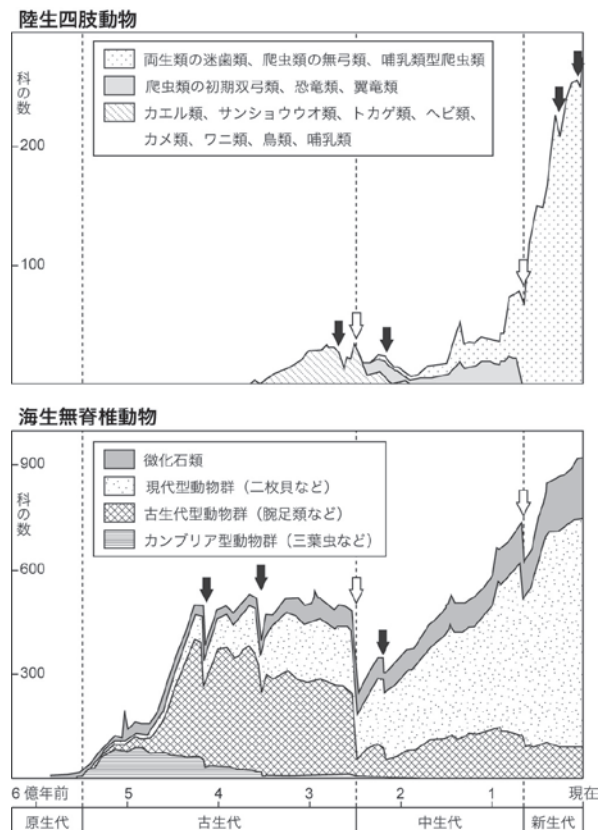


図1 過去6億年の陸生四肢動物と海生無脊椎動物の科の数の変化。Benton(1989)及びErwin(1993)を改変。
図中の矢印が大量絶滅事件を示す。白矢印は、陸上と海洋の生物の絶滅時期が一致するものを示す。K/Pg境界（中生代と新生代の境界）の絶滅事件は、陸上と海洋の両方の生物が同時期に絶滅した。

には、①陸上では植物（コケ植物、シダ植物、裸子植物、被子植物など。地域別データで30～51%の種が絶滅）と25kg以下の小動物（ネズミやモグラに似た哺乳類やトカゲやヘビなどの小型の爬虫類）、②淡水性脊椎動物（ワニ、カメなど。10%の種が絶滅）、③海洋の中・深層水の海底に生息する底性有孔虫類（10%の種が絶滅）、浮遊性で海洋表層～中層に生息する珪質の殻をもつ放散虫類、休眠期細胞をもつ渦鞭毛藻類（35%の種が絶滅）である。つまり、陸上の大型動物と海洋表層（水深約100m以浅）に住む生物が絶滅し、陸上植物、陸上小動物と海洋中・深層水（水深約100m以深）および河川に住む動物が生き残ったという傾向が認められる（平野・海保、2004）。

一方、今から30年以上前、イタリアのK/Pg境界にある粘土層から、小惑星か彗星が地球に衝突したことを裏付ける、多量のイリジウムとその他の白金族元素が発見された（Alvarez *et al.*, 1980）。さらに、マイクロテクタイト、衝撃変成石英などの衝突を裏付ける証拠が世界各地で発見された（Montanari *et al.*, 1983；Bohor, 1990）。

1991年には、メキシコのユカタン半島北端の地下に、K/Pg境界の年代値をもつ直径180～200kmのクレーターとその埋積物が発見され、直径約10kmの小天体が当時浅海であったところに衝突したことが確実となった（Hildebrand *et al.*, 1991）。

モデルシミュレーションからは、この規模の小天体がユカタン半島の浅海域に衝突すると、まずマグニチュード11以上の地震が起こり、周辺海域の沿岸域に大きな津波を引き起こしたと考えられる（例えば、Toon *et al.*, 1997）。そして、大量の塵と水蒸気が成層圏に上がり太陽光が遮断され、光合成の中止、酸性雨、森林火災、気温変化を引き起こす。世界各地のK/Pg境界から見つかったススの化石や燃焼起源の有機物は、衝突時のエネルギーで世界的規模の森林火災が起きたことを示している（Arinobu *et al.*, 1999）。ススは黒いため、岩石の塵よりも効果的に太陽光を遮断するので、光合成の停止と気温低下の可能性を高めたと考えられる。その後（衝突後1000年以内）、今度は森林火災と衝突により放出された二酸化炭素によって温暖化が引き起こされたことが示唆されている（Kaiho *et al.*, 1999）。

では、この小天体の衝突と前述した分類群による絶滅規模の違いとは何か関係があるのだろうか。これについても、平野・海保（2004）が説明している。

まず、当時まだネズミ大のサイズだった哺乳類と小型の爬虫類は、穴に潜り、気温低下、酸性雨、森林火災、暗闇、光合成停止による食物の枯渇などの惨事から逃れられたが、恐竜などの大型動物と海洋表層に住む生物は逃れるすべがなく、それらの大部分は、地球上から姿を消した。陸上と海洋表層の動物は光合成をする1次生産者に直接あるいは間接的に依存しているので、少量の食物で足りる小動物を除き、小天体衝突による光合成の停止により絶滅した。一方、河川の生態系は、河川に1次生産者が少ないため、大部分陸生生物の有機物に依存している。このため、河川の生態系は壊れなかったため、ワニ、カメなどは生き長らえた。酸性雨は、海洋表層の150mくらいまでを酸性化させるが、そこに浮遊する石灰質の微小生物を溶かすことにより中和されてしまい、150m以深の中・深層水にはその影響は及ばなかった。大陸には石灰岩が広く分布していて、酸性雨は石灰岩と中和反応されたため、陸水の生物は生き残れた。光合成の中止は、石灰質ナノプランクトンなどの植物プランクトンと、それを餌にしているか、それと共生している浮遊性有孔虫などの表層水プランクトンに、壊滅的打撃を与えたが、海洋表層から海底に溜まった有機物を食べている底生有孔虫類は生き残れた。酸で溶けない珪質殻からなり、光合成停止と酸性雨の影響が少ない中層水に主に住む放散虫類も生き残れた。浅海に住む腕足類、棘皮類、サンゴ類、二枚貝類、大型有孔虫類などは光合成停止により栄養源を失い、また酸性雨の被害を被った可能性が考えら

れる。休眠期細胞をもつ渦鞭毛藻類は、休眠期細胞の状態で生き延びることができた。陸上植物は、光合成停止、急激な気温変化、森林火災、酸性雨のため絶滅した種もかなりあったが、多くの種は孢子や種子の状態で惨事を生き延びたと考えられる。

3. 白糠丘陵地域の根室層群

浦幌町北東部の白糠丘陵地域には、南北約60km、東西数km～10kmにわたり白亜系～古第三系の根室層群が分布している（図2）。本層群の西縁は、東傾斜の逆断層を挟んで古第三系音別層や新第三系川上層群と接する。また、東縁や南縁は古第三系浦幌層によって不整合に覆われる。全層厚は4,000m以上である。下位より、川上累層、川流布累層、富川累層に区分される（西嶋、1964）。その内、白亜紀／古第三紀（K/Pg）境界は、川流布累層中に存在することが知られている。

3.1. 川流布累層（日本地質学会編、2010）

本累層は全体として上方細粒化のシーケンスを示す。下部砂岩部層は砂岩泥岩互層を主体とし、礫質泥岩や凝灰岩を挟在する。互層中の砂岩は級化構造が顕著であり、しばしば底痕を伴い、タービダイト起源であると推定される。底痕からは北からの卓越した軸流と東からの副次的な側方流が測定される。上部泥岩部層は泥岩を主体とし、タービダイト砂岩や凝灰岩の薄層を伴う。本累層の年代は、白亜紀マーストリヒチアン～古第三紀暁新世セランディアン前期である。

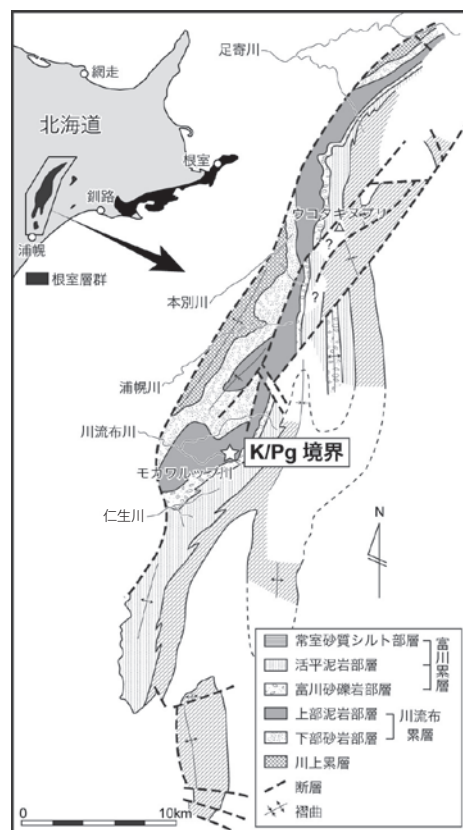


図2 白糠丘陵地域の根室層群. 西嶋 (1964) を改変.

3.2. 川流布累層中の白亜紀／古第三紀境界

Kaiho and Saito (1986) は、川流布川の支流・モカワルップ川沿いに分布する川流布累層の浮遊性有孔虫群集を検討した結果、上部泥岩部層中（彼らの論文では活平層上部）に白亜紀／古第三紀境界が存在することを明らかにし、同時に、厚さ数cmの世界各地のK/Pg境界にある粘土層に類似した、炭質物に富む黒灰色粘土層が挟在することを発見した（図3）。そして、この粘土層からは微量であるが、イリジウムも発見されている（田崎ほか、1992）。現在の所、国内で唯一知られるK/Pg境界である。

本地域のK/Pg境界付近では様々な研究が行われ、海外のK/Pgセクションと類似した現象を認めることができる（図4）。

海洋表層に住む浮遊性有孔虫群集は、白亜紀で産出した全ての種がK/Pg境界前で絶滅する一方、海底に棲む底生有孔虫群集はあまり影響を受けず、絶滅率は約23%である（図4）。これは、前述

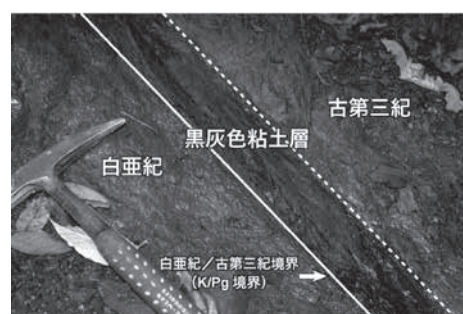


図3 モカワルップ川沿いにある白亜紀／古第三紀境界と黒灰色粘土層.

したように、衝突による光合成停止によって、石灰質ナノプランクトンなどの植物プランクトンと、それを餌にしているか、それと共生している浮遊性有孔虫などの表層水プランクトンに、壊滅的打撃を与えたが、海底に溜まった有機物を食べている底生有孔虫類は生き残れたと考えられる。さらに、衝突によって死滅したプランクトンなどの生物を分解するために大量の酸素を消費した結果、衝突後約7万年間の海洋は貧酸素環境になったことが硫黄の同位体比から示唆されている（Kajiwara and Kaiho, 1992）。このような環境も生物の生息環境に大きく影響を与えただろう。

花粉群集の絶滅率は約52%であり、花粉・孢子類の割合からは、K/Pg境界直後にシダ植物の孢子の割合が増加し、その後、裸子植物類の割合が増加していることが認められる（図4）。これも、海外のK/Pgセクションで見られる現象と類似している（McElwain and Punyasena, 2007）。

北アメリカやニュージーランドのK/Pg境界では、菌類の孢子化石における産出量のピークとイリジウムの異常値が認められる層準とが一致し、その直後、シダ類のピークが認められる（Vajda and McLoughlin, 2004；Tschudy *et al.*, 1984）。これは、衝突のエネルギーによって世界中で大規模な森林火災が起こり、植物相が一掃された後、まず菌類によって植物は分解され、その後、シダ類が最初に根を生やした結果であると考えられている。したがって、本地域でも大規模な森林火災が起こり、植物相が一度一掃されたことが示唆される。これは、粘土層の分析からも支持される（Mita and Shimoyama, 1999）。

このように、本地域のK/Pg境界層は、小天体が衝突したユカタン半島付近から約1万km離れた地域であるのにもかかわらず、直径10kmに及ぶ小天体の衝突が生物に多大な影響を与えた事を知る貴重な場所であると言える。

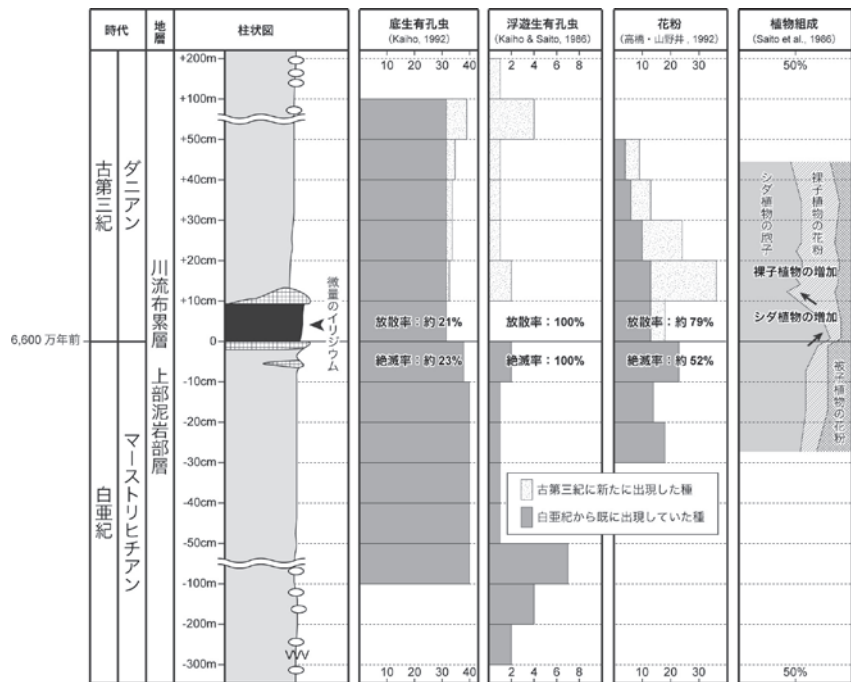


図4 川流布累層の白亜紀／古第三紀境界前後の柱状図と底生有孔虫（Kaiho, 1992），浮遊性有孔虫（Kaiho and Saito, 1986），花粉（高橋・山野井, 1992）の種数変動及び植物の組成変動（Saito *et al.*, 1986）。種数は、化石の産出記録から生存期間を出し、K/Pg境界前後40cmは10cmごとにカウント、それ以外は100mごとにカウントした。

3. 終わりに

2012年8月、浦幌町立博物館で開催されたモカワルップ川沿いにある白亜紀／古第三紀（K/Pg）境界を観察する講座で、K/Pg境界直下からアンモナイト化石が発見された（十勝毎日新聞2012年8月10日付）。現状、絶滅する直前の日本で最後のアンモナイトである可能性が高い。これは、日本などの太平洋地域において、絶滅直前にどのような種類のアンモナイトが生息していたのかを知る貴重な資料である。このように、今も本地域のK/Pg境界からは新しい発見がされており、今後の進展に期待したい。

4. 謝 辞

本稿の投稿機会を与えてくださった、浦幌町立博物館館長の佐藤芳雄氏に感謝致します。

参考文献

- Alvarez, L. W., Alvarez, W., Asaro, F. and Michel, H. V., 1980. Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science* 208 : 1095-1108.
- Arinobu, T., Ishiwatari, R., Kaiho, K., Lamolda, A. M., 1999. Spike of pyrosynthetic polycyclic aromatic hydrocarbons associated with an abrupt decrease in $\delta^{13}\text{C}$ of a terrestrial biomarker at the Cretaceous-Tertiary boundary at Caravaca, Spain. *Geology* 27 : 723-726.
- Benton, M. J., 1989. End-Triassic. In Briggs, D. E. G. and Crowther, P. R. (eds.), *Paleobiology – Synthesis*, 194-198, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Bohor, B., 1990. Shock-induced microdeformations in quartz and other mineralogical indications of an impact event at the Cretaceous-Tertiary boundary. *Tectonophysics* 171 : 359-372.
- Erwin, D. H., 1990. End-Permian. In Briggs, D. E. G. and Crowther, P. R. (eds.), *Paleobiology – Synthesis*, 187-194, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Hildebrand, A. R., Penfield, G. T., Kring, D. A. et al., 1991. Chicxulub Crater : A possible Cretaceous/Tertiary boundary impact crater on the Yucatán Peninsula, Mexico. *Geology* 19 : 867-871.
- 平野弘道・海保邦夫、2004。4 地球史における生物事変。鎮西清隆・上村和彦編、古生物の科学 5 地球環境と生命史、196-222、朝倉書店、東京。
- Kaiho, K., 1992. A low extinction rate of intermediate-water benthic foraminifera at the Cretaceous/Tertiary boundary. *Marine Micropaleontology* 18 : 229-259.
- Kaiho, K., Kajiwara, Y., Tazaki, K. et al., 1999. Oceanic primary productivity and dissolved oxygen levels at the Cretaceous/Tertiary boundary : Their decrease, subsequent warming, and recovery. *Paleoceanography* 14 : 511-524.
- Kaiho, K. and Saito, T., 1986. Terminal Cretaceous Sedimentary Sequence recognized in the Northernmost Japan based on Planktonic Foraminiferal Evidence. *Proceedings of the Japan Academy* 62 : 145-148.
- Kajiwara, Y. and Kaiho, K., 1992. Oceanic anoxia at the Cretaceous/Tertiary boundary supported by the sulfur isotopic record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 99 : 151-162.
- McElwain, J. C. and Punyasena, S. W., 2007. Mass Extinction events and the plant fossil record. *TRENDS in Ecology and Evolution* 22 : 548-557.
- Mita, H. and Shimoyama, A., 1999. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in the K/T boundary sediments at Kwaruppu, Hokkaido, Japan. *Geochemical Journal* 33 : 305-315.
- Montanari, A., Hay, R.L., Alvarez, W. et al., 1983. Spheroids at the Cretaceous-Tertiary boundary are altered impact droplets of basaltic composition. *Geology* 11 : 668-671.
- 日本地質学会編、2010。日本地方地質誌1「北海道地方」。朝倉書店、東京、631 p。
- Russell, D. A., 1974. Reptilian Diversity at the Cretaceous-Tertiary Transition in North America. *Geological Association of Canada, Special Paper* 13 : 119-136.
- Saito, T., Yamanoi, T. and Kaiho, K., 1986. End-Cretaceous devastation of terrestrial flora in the

- boreal Far East. *Nature* 323 : 253–255.
- Schulte, P., Alegret, L., Arenillas, I. *et al.*, 2010. The Chicxulub Asteroid Impact and Mass Extinction at the Cretaceous-Paleogene Boundary. *Science* 327 : 1214–1218.
- 高橋清・山野井徹、1992。北海道東部川流布K/T境界試料の花粉学的検討。長崎大学教養部紀要 自然科学篇32 : 187–220.
- Tschudy, R. H., Pillmore, C. L., Orth, C. J. *et al.*, 1984. Disruption of the terrestrial plant ecosystem at the Cretaceous-Tertiary boundary, Western Interior. *Science* 225 : 1030–1032
- 田崎和江・新谷美智・矢野倉実・海保邦夫・野田修司、1992。K-T境界における粘土鉱物の特異性とイリジウム。粘土科学 32 : 86–96.
- Toon, O. B., Zahnle, K., Morrison, D. *et al.*, 1997. Environmental perturbations caused by the impacts of asteroids and comets. *Reviews of Geophysics* 35 : 41–78
- Vajda, V. and McLoughlin, S., 2004. Fungal proliferation at the Cretaceous-Tertiary boundary. *Science* 303 : 1489.