

セントリン (centrin)

本村泰三

セントリンは Salisbury 等によって単細胞緑藻 *Tetraselmis* の鞭毛装置 (収縮性繊維構造物, リゾプラスト) から初めて単離同定された (Salisbury *et al.* 1984)。分子量約 2 万のカルシウム結合タンパク質でカルモジュリンと同様にカルシウム結合領域である EF-hand motif を 4ヶ所持しているとともに, リン酸化部位も有している (図1)。カルトラクチン (caltractin) とも呼ばれており, また酵母においては SPB (spindle pole body) に局在している Cdc31p と極めてホモロジーが高い。その後, 分子遺伝学的手法を用いて様々な生物群からセントリン遺伝子がクローニングされ, 現在では真核細胞における鞭毛基部装置, 中心体 (セントロソーム) に普遍的に存在する極めて保存性の高いタンパク質であることが明らかになった (図2)。言い換えれば, 中心子 (セントリオール) 附随タンパク質のうちで分子遺伝学的に明確にされた数少ないタンパク質の一つである。

種々の生物においてセントリンのアミノ酸配列を比較すると, 大きく2つのグループに分けられることがわかる。つまり細胞内にセントリオールを有するグループ (ヒト, マウス, クラミドモナスなど) と細胞内にセントリオールを持たないグループ (タバコ, シロイヌナズナなど) では N 末端側でのアミノ酸配列のホモロジーが大きく異なる。このことは, 陸上植物への細胞進化の過程でセントリオールという細胞小器官が失われ, それに伴い附随していたセントリンタンパク質の構造が変化してきたものと考えられる。最近の研究では興味深いことに陸上植物ではセントリンは紡錘体の両方の極には存在しておらず, 細胞質分裂時の隔壁部位に局在していることが明らかになっている (Stoppin-Mellet *et al.* 1999)。

セントリンの機能としては, セントリン分子の多くが鞭毛基部の核 — 基底小体結合繊維

(nucleus-basal body-connectors, NBBCs) や鞭毛遷移部分 (flagellar transitional region) に局在していること, カルシウム結合により収縮することからも, 藻類の遊泳細胞においては物理的刺激あるいは光刺激による鞭毛運動の制御に働くとともに, 鞭毛基底小体の形成や複製にも関与していると考えられている (Salisbury, J. L. 1995, Schiebel and Bornens 1995)。また単細胞性緑藻 *Dunaliella* では, 核分裂期においてセントリンが鞭毛基底小体から離れた紡錘体 (acentriolar spindle) の極と細胞膜の間に存在するようになり, 分裂核の位置決定や染色体の分離に機能していると考えられている (Grunow and Lechtreck 2001)。しかしこのような鞭毛藻類におけるセントリンの機能に対して, 例えば動物細胞の中心体に存在している場合のセントリンの機能に関してはほとんど明らかになっていないのが現状である。先に述べたようにセントリン分子がカルシウム結合部位とリン酸化部位を有していることから, 細胞周期の制御や中心体における微小管重合活性の制御に関わっている可能性も示唆される。最近, クラミドモナスを含むいくつかの細胞において GFP (green fluorescent protein) を結合させたセントリン遺伝子の導入が可能となり, 生細胞を用いての機能解析がさらに進んでいくものと考えられる (Piel *et al.* 2000, White *et al.* 2000, Ruiz-Binder *et al.* 2002)。

中心体の項 (長里・堀) でも述べられている

```
MSYKAKTVVS ARRDQKKGRV GLTEEQKQEI
REAFDLFDTD GSGTIDAKEL KVAMRALGFE
PKKEEIKKMI SEIDKDGSGT IDFEFLTMM
TAKMGERDSR EEILKAFRLF DDDNSGTITI
KDLRRVAKEL GENLTEEELQ EMIAEADRND
DNEIDEDEFI RIMKKTSLF
```

図1 クラミドモナスのセントリンのアミノ酸配列 (Huang *et al.* 1988)。下線部位はEF-hand motifを示す。

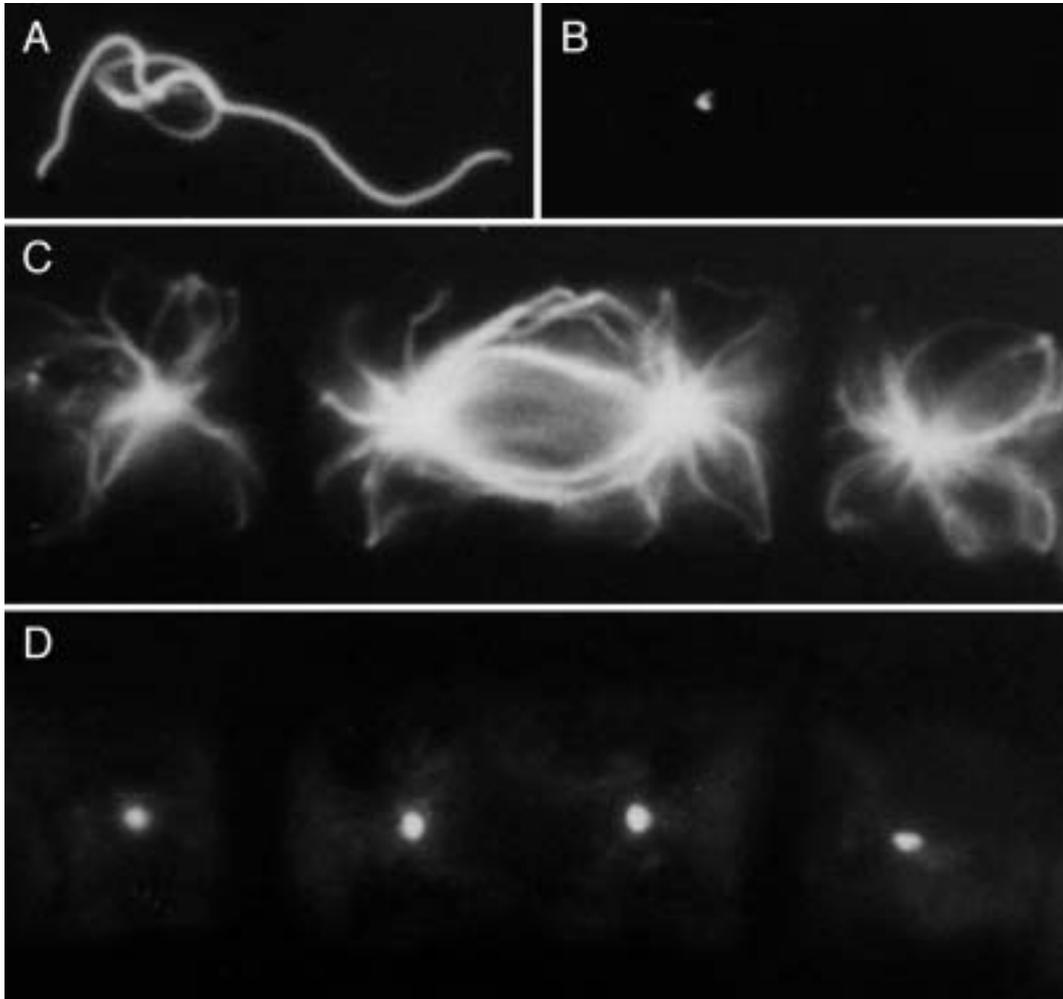


図2 セントリンは鞭毛基部あるいは中心体に局在する。
 A, B 褐藻エゾイシゲの精子 (A: 微小管, B: セントリン)。
 C, D 褐藻ムチモの栄養細胞 (C: 微小管, D: セントリン)。

が、セントリンは中心体に局在しているタンパク質の中で遺伝子レベルにおいて明らかになっている数少ないマーカートンパク質である。ガンマチューブリンとともに、主に動物を材料とする細胞生物学の分野において、受精・発生過程や細胞周期における中心体の動態・機能についての研究が1990年以降飛躍的に進展する主役となっている。中心体は基本的には1つの細胞内に1つだけ存在するものであり、膜に囲まれていない極めて小さな細胞内器官である。中心体を大

量に単離し構成タンパク質を生化学的に調べることは、動物細胞を材料とする場合には困難な作業である。そのため、中心体に局在しているタンパク質についての研究は他生物群からの研究結果から展開している場合が多く見られる。例えば、微小管形成中心としての主役であるガンマチューブリンはカビの突然変異体から明らかになったものである。

動物細胞でも陸上植物細胞でも、ましてやモデル生物をあつかっていたのではなく、藻類学

を専門とする研究グループが主体となって *Tetraselmis* という比較的マイナーな単細胞藻類から単離同定されたセントリン分子が真核細胞全般における細胞生物学の進展に大きなインパクトを残しているという歴史を忘れてはいけない。また、この発見のバックには膨大な量の系統分類学的視点による緑藻類の鞭毛基部構造の電子顕微鏡的解析があったはずである。今後、セントリオール・中心体の研究においては、藻類細胞がブレイクスルーとなる可能性は高く、さらに真核細胞における鞭毛・セントリオールの起源という舞台でも藻類細胞が主役を演じると考えられる。

文献

Grunow, A. and Lechtreck, K.-F. (2001) *J. Phycol.* 37:1030.

Huang, B., Mengersen, A. and Lee, V. D. *J. Cell Biol.* 107:133-140.

Piel, M., Meyer, P., Khodjakov, A., Rieder, C. L. and Bornens, M. (2000) *J. Cell Biol.* 149:317-329.

Ruiz-Binder, N. E., Geimer, S. and Melkonian, M. (2002) *Cell Motil. Cytoskel.* 52:43-55(2002).

Salisbury, J. L. (1995) *Cur. Biol.* 7:39-45.

Salisbury, J. L., Baron, A. T., Surek, B. and Melkonian, M. (1984) *J. Cell Biol.* 99:962-70.

Schiebel, E. and Bornens, M. (1995) *Trends Cell Biol.* 5:197-201.

Stoppin-Mellet, V., Canaday, J. and Lambert, A. M. (1999) *Eur. J. Cell Biol.* 78: 842-8.

White, R. A., Pan, Z. and Salisbury, J. L. (2000) *Microsc. Res. Tech.* 49:451-457.

(北海道大学北方生物圏フィールド科学センター)