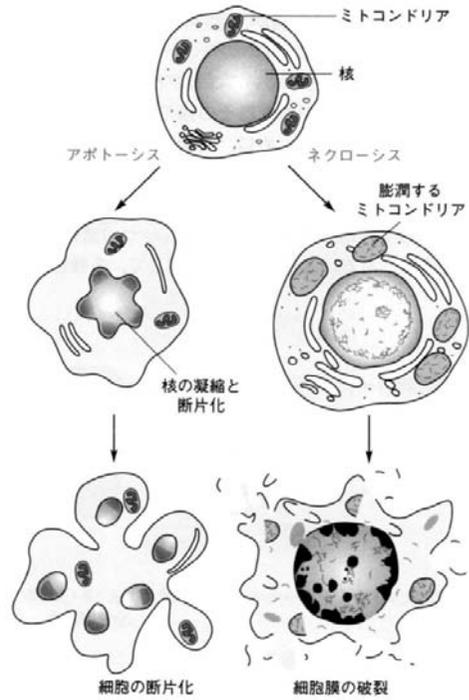
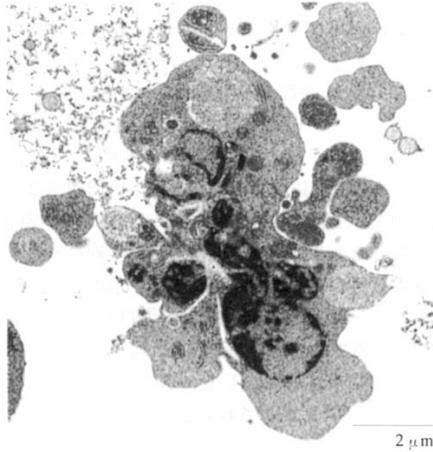


## 細胞の死 (SBO29: p.121-122)

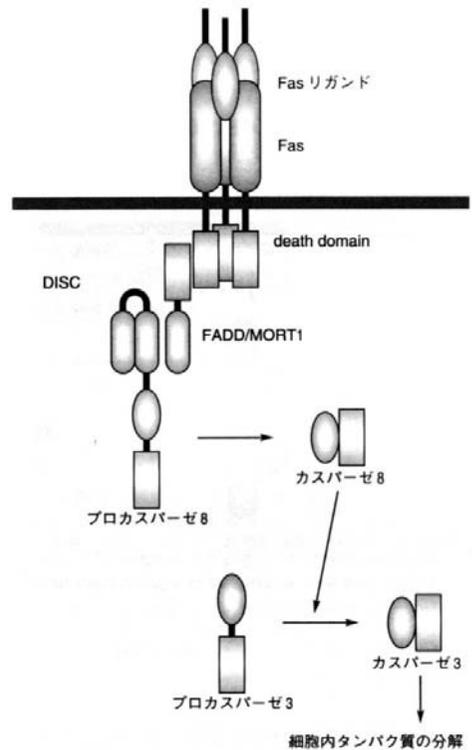
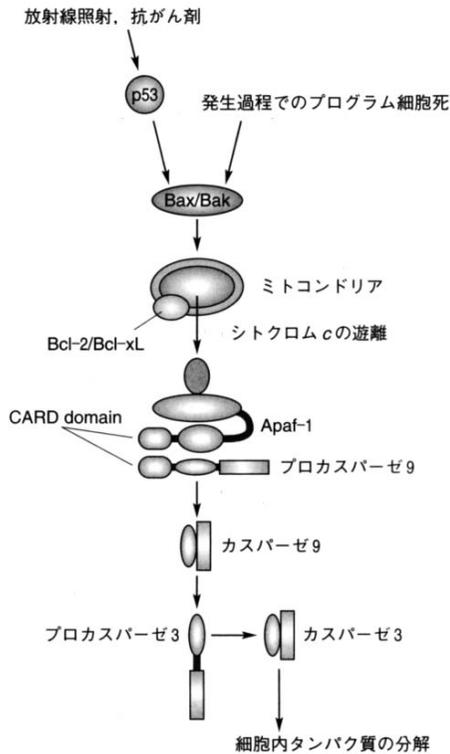
## 細胞の死に方 (アポトーシスとネクローシス)

	アポトーシス (apoptosis)	ネクローシス (necrosis)
	生理的 (プログラムされた細胞死) ／病理的な細胞死	病理的な細胞死
細胞 にお こる 変化	<2 ページの上段の図を参照> 核 (クロマチン) の凝縮 核の断片化 DNA の断片化 (DNA ラダーの形成) 細胞膜ホスファチジルセリンの露出 細胞の凝縮と断片化 アポトーシス小体の形成 シトクロム C のミトコンドリアから細胞質 への漏出	<2 ページの上段の図を参照> 細胞内小器官の膨潤 DNA のランダムな断片化 細胞自体の膨潤と破裂
経過	短時間に進行する	長期間にわたって漸次進行
結果	アポトーシス細胞、アポトーシス小体は、マ クロファージによって処理される 細胞内容物が露出せず炎症反応が起きない	破裂した死細胞から細胞内容物が放出さ れ、周辺組織に炎症反応が引き起こされ る
誘引	サイトカイン (TNF $\alpha$ 、Fas リガンド) 細胞障害性 T 細胞による攻撃 薬物、放射線、熱刺激	外傷、火傷 補体による細胞破壊 薬物、放射線
細胞 死を 起こ す生 理的 反応	発生過程の組織構築 指の形成 (指間の細胞の消失)、 神経ネットワークの形成、 昆虫や両生類の変態 正常組織の再生 白血球の死滅、皮膚、消化管上皮の脱落 免疫系 自己反応性 T 細胞の除去	

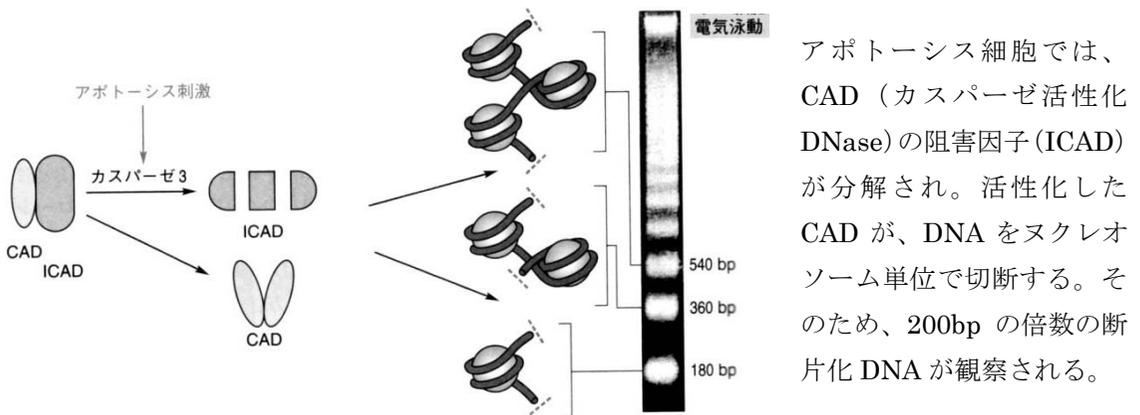
**アポトーシスとネクローシス** アポトーシス (左) とネクローシス (右) における細胞の形態変化。アポトーシスでは核の凝縮、断片化が起こり、ついで細胞自身が断片化する。その間、ミトコンドリアなどの細胞小器官はほぼ正常の形態に保たれる。ネクローシスでは細胞小器官が膨潤、細胞自身も膨潤し、細胞膜が破裂、内容物が飛散する。



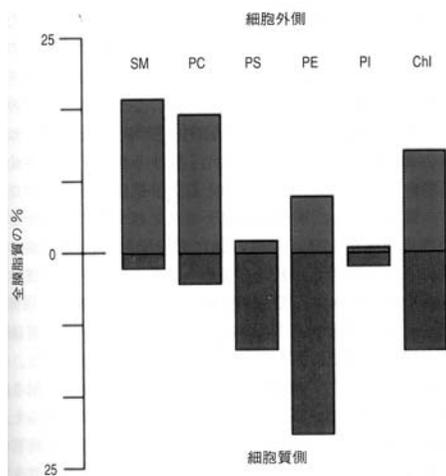
**アポトーシスの誘導**



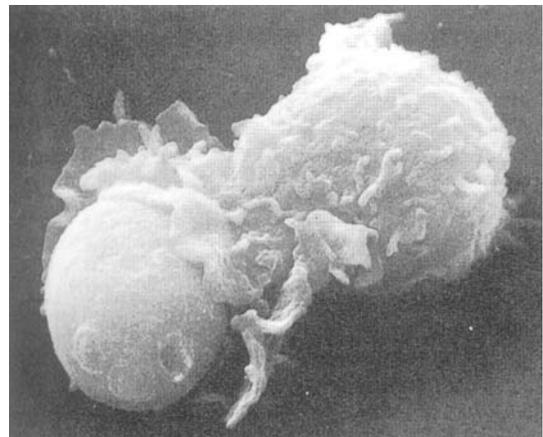
## DNA の断片化



## ホスファチジルセリンの露出



細胞膜リン脂質の分布



マクロファージの貪食作用

細胞膜の脂質二重層のリン脂質は、細胞質側と細胞外側とで、リン脂質の種類 (組成) が異なっている。ホスファチジルセリン (PS)、ホスファチジルエタノールアミン (PE) は、アミノリン脂質トランスロカーゼによって、ATP のエネルギーを使って細胞外側の PS、PE 分子を細胞質側に移動させている。これによって、細胞膜リン脂質の非対称性が維持されている。アポトーシスの進行に伴ない、この反応が停止すると、PS が細胞表面に露出する。細胞表面の PS は、マクロファージによって認識され、貪食される。従って、アポトーシス細胞は細胞の内容物を周囲に分散することなく処理される。

練習問題 次の文中の（ ）内に当てはまる語を答えなさい。（ ）のない文についてはその正誤を判定し、適宜訂正しなさい。

1. 細胞は、アポトーシスにより破裂し、ネクローシスでは凝縮して死に至る。
2. アポトーシス細胞は、核や細胞がちぎれてアポトーシス小体を形成する。
3. アポトーシスは、その人が重篤な病気になったときに起こる現象である。
4. アポトーシスで死んだ細胞は、（ ）によって処理される。
5. 腫瘍壊死因子（TNF $\alpha$ ）はアポトーシスを誘導する作用がある。
6. アポトーシス細胞では、DNA鎖が（ ）する。
7. アポトーシス細胞では、細胞膜リン脂質の（ ）が露出する。
8. アポトーシス細胞では、ミトコンドリアの（ ）が細胞質内に漏出する。
9. アポトーシスが起こる過程で、（ ）と呼ばれる一群のタンパク質分解酵素が、連鎖反応を引き起こす。
10. カスパーゼ3は、ICADとCADを分解する。
11. CADは、核膜を分解する酵素である。
12. アポトーシス細胞で生成するDNAの断片は、その長さが約180bpの倍数である。
13. マクロファージは、ホスファチジルイノシトールを認識してアポトーシス細胞を貪食する。
14. 抗がん剤などの薬剤は、アポトーシスを誘導することがある。

- 
- 正解： 1. × 2. ○ 3. × 4. マクロファージ 5. ○ 6. 断片化  
7. ホスファチジルセリン (PS) 8. シトクロムC 9. カスパーゼ  
10. × (ICADを分解することで、CADを活性型にする)  
11. × (CADは、カスパーゼ活性化DNaseの意味で、DNAを分解する酵素)  
12. ○ (ヌクレオソーム単位で切断されやすいため)  
13. × (ホスファチジルセリン (PS)) 14. ○