

# 六ヶ所再処理工場 竣工で危惧される 健康被害

2025年7月21日（月） 青森県政を考える会総会  
六ヶ所村の新しい風共同代表 遠藤順子

# 本日の内容

- 1.六ヶ所再処理工場のトラブルの歴史
- 2.世界の再処理工場周辺などの健康被害の報告
- 3.六ヶ所再処理工場のアクティブ試験後に生じたこと
- 4.有機結合型トリチウム
- 5.遺伝子構造とがん
- 6.トリチウムが漏洩して飲用水に混入した地域
- 7.おわりに

# 六ヶ所再処理工場のトラブルの歴史

# 六ヶ所再処理工場の主要なトラブル①

## プールの漏水

- 2001.12 使用済燃料プールでの7月からの漏水発覚
- 2002.11 使用済燃料プールの漏水の原因が  
溶接不良と発覚
- 2003.8 使用済燃料プールの漏水原因について  
291箇所の溶接不良報告
- 2005.6 使用済み燃料プールで再び水漏れ

# 六ヶ所再処理工場の主要なトラブル②

## ガラス固化

2006.3 アクティブ試験開始（2009.3まで）

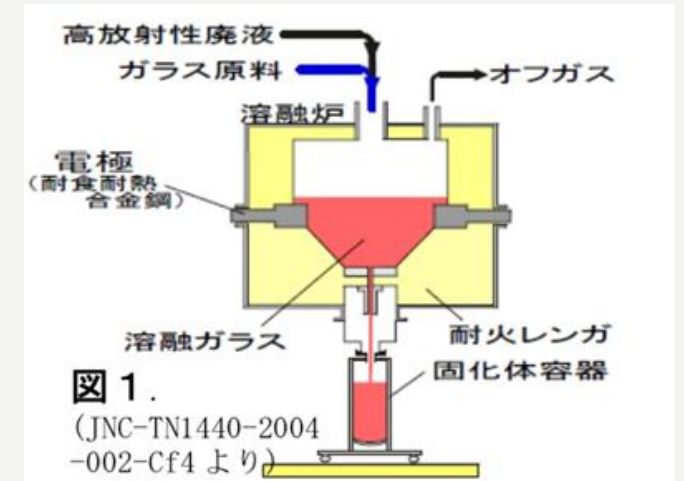
2007.11 ガラス固化体製造開始

2007.12 **溶融炉のトラブルでガラス固化中断**  
**（白金族元素が堆積し、ガラス流下停止）**

2008.7 ガラス固化試験を再開

2008.12.11 **日本原燃の記者会見**「10月30日から炉の底部に堆積した白金族元素をかき混ぜる攪拌棒を挿入したが、**11月23日以来、攪拌棒を抜き出せない事故が発生**。調査したところ、攪拌棒の先端部分がおおよそ90度曲がっていることが判明」

2008.12.22 **曲がった攪拌棒は取り出されたが、溶融炉上部（天井部分）の耐火レンガの一部おおよそ6kgが割れて脱落し、炉の底部に落下**



# 六ヶ所再処理工場の主要なトラブル③

## 高レベル放射性濃縮廃液

2009.1 高レベル廃液漏れ：発覚は発生から12日後

2022.7.2 **高レベル放射性濃縮廃液の冷却喪失事故（約8時間止）**

放射性濃縮廃液5立方メートルが入る貯槽（供給液槽）

24℃→32℃に上昇

（冷却期間15年の使用済燃料の高レベル濃縮廃液）



|       |                 | 冷却期間4年（標準燃料条件） | 冷却期間15年 |
|-------|-----------------|----------------|---------|
| 崩壊熱密度 | 高レベル濃縮廃液 時間余裕*1 | 約6時間           | 約23時間   |
| 崩壊熱密度 | 不溶解残渣廃液 時間余裕*2  | 約2時間           | 約6100時間 |

\*1 高レベル廃液混合槽Aにおける沸騰に至るまでの時間

\*2 第一不溶解残渣廃液貯槽において気相部の水素濃度が8%に至るまでの時間（水素爆発）

# **世界の再処理工場周辺などにおける 健康被害の報告**

# 英 セラフィールド再処理工場

**トリチウム水の海洋放出量 約2000兆Bq/年**

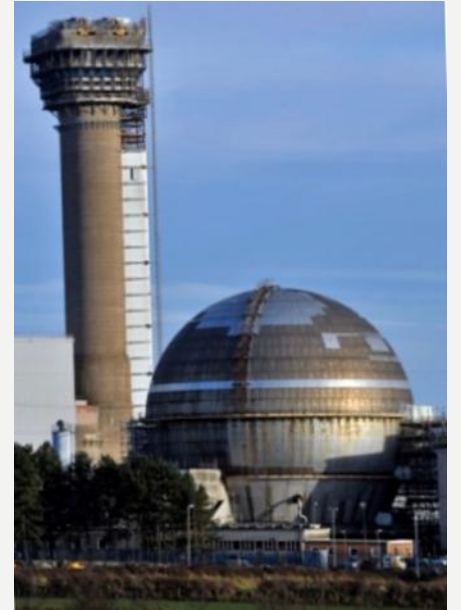
(H28年度発電用原子炉等利用環境調査(トリチウム水の処分技術に関する調査研究) 報告書2017/3 三菱総合研究所)

**白血病及び悪性リンパ腫の発症率**

カンブリア地方に比して

①再処理工場労働者のうちシースケール村外  
に居住する労働者の子どもたち  
発症リスク **2倍**

②シースケール村で1950～91年の間に産まれ  
た7歳以下の子どもたち  
発症リスク **15倍**



カンブリア地方  
シースケール村

H.O.Dickinson,L.Parker :  
Leukemia and non-Hodgkin's  
lymphoma in children of male  
Sellafield radiation workers,  
International Journal of  
Canser,vol.99,2002:437-444

# 英 英国原子力公社UKAEAの従業員

**UKAEA:**もともとは原子力の研究開発。**1960**年から核融合研究・開発の研究機関

**1946~1979の間に雇用された全労働者約4万人の調査(1985)**

**前立腺がんによる死亡率**は、高い線量を被曝した労働者で統計学上有意に高く、特にトリチウムによる体内汚染の恐れについて検査を受けた者で特別に高かった

(RR.ジョーンズ/R.サウスウッド編 市川定夫ほか訳「放射線の人体への影響 低レベル放射線の危険性をめぐる論争」第8章 原子力産業労働者に関する疫学調査より)

| 被曝のタイプ               | SMR(死亡数)         |      |
|----------------------|------------------|------|
| 体外集積全身被曝線量：          |                  |      |
| 50mSv以下              | 70               | (10) |
| 50mSv以上              | 385 <sup>a</sup> | (9)  |
| 体内汚染のおそれについて検査を受けた者： |                  |      |
| トリチウムについての検査         | 889 <sup>a</sup> | (6)  |
| プルトニウムについての検査        | 153              | (2)  |
| 他の不特定の核種についての検査      | 254 <sup>a</sup> | (9)  |

SMR：標準化死亡率

$$= \frac{\text{実際の死亡数}}{\text{期待死亡数}} \times 100$$

<sup>a</sup> p<0.01

# 仏 ラアーグ再処理工場

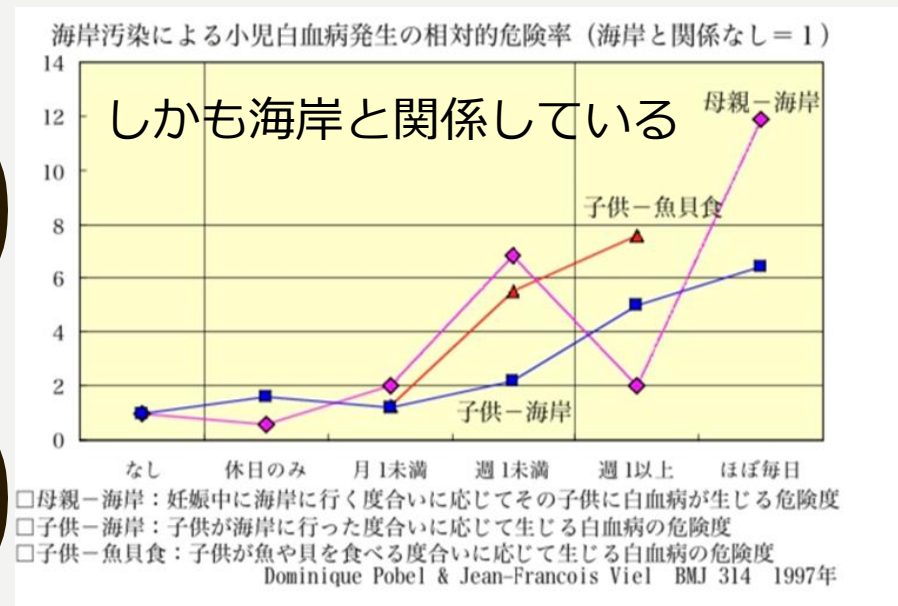
|    |       | 2004年実測値 | Bq/年 |
|----|-------|----------|------|
| 気体 | トリチウム | 71.3     | 兆    |
| 液体 | トリチウム | 13500    | 兆    |

(小出裕章「放棄すべき  
六ヶ所再処理工場」2006)



ラアーグ10km圏内：小児白血病発症率がフランス平均の2.8倍

(Dominique Pobel & Jean-Francois Viel."Case-control study of leukemia among young people near La Hague nuclear reprocessing plant:the environmental hypothesis revisited",BMJ 314 1997)



母親-海岸：妊娠中に海岸に行く度合いに応じ小児白血病の危険度が上がる

子供-魚介食：子供が魚や貝を食べるに応じて生じる白血病危険度が上がっている

# 加 ピカリング原発 & ブルース原発 [重水炉]

カナダのブルース原発とピッカリング原発からの  
トリチウム水蒸気及び液体トリチウム排出量 (TBq) 2001-2005

| 水蒸気      | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 計    |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| ブルース原発   | 650  | 580  | 560  | 864  | 731  | 3385 |
| ピッカリング原発 | 580  | 510  | 480  | 620  | 500  | 2690 |

| トリチウム水   | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 計    |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| ブルース原発   | 163  | 414  | 860  | 585  | 426  | 2448 |
| ピッカリング原発 | 280  | 427  | 258  | 290  | 260  | 1515 |

Tritium Hazard Report : Pollution and Radiation Risk from Canadian Nuclear Facilities” June2007 p9より抜粋

小児白血病 **1.4倍**

(Clarke et al.1989 及び 1991)

ダウン症 **85%増加**

(イアン・フェアリー「トリチウム ハザード レポート」2007)

# 六ヶ所再処理工場の アクティブ試験後に生じたこと

# 六ヶ所核燃サイクル施設の地図



# 六ヶ所再処理工場からのトリチウム 放出実績と今後の管理目標

## アクティブ試験

| 年度            | 液体トリチウム (Bq)   | 気体トリチウム (Bq) |
|---------------|----------------|--------------|
| 2006.4～2007.3 | 490兆 (tera)    | 6兆 (tera)    |
| 2007.4～2008.3 | 1300兆* (tera)  | 9.8兆(tera)   |
| 2008.4～2009.3 | 360兆 (tera)    | 3.7兆(tera)   |
| 本格稼働時の管理目標(年) | 1京8000兆 (tera) | 1900 兆(tera) |

3年間の放出量

液体トリチウム

2150兆Bq

気体トリチウム

約20兆Bq

2018/7改定の管理目標  
(原子力規制委員会)

9700兆

1000兆

\* **2007.10**は**1**カ月で**520**兆(T)Bq/月

1兆(tera)=10の12乗    1京=10の16乗

# アクティブ試験により表層海水中のトリチウム濃度は爆上がり

## 日本沿岸域の表層海水中的 $^3\text{H}$ 濃度

- (凡例)
- 原子力発電所等周辺海域
  - 原子力発電所  
(特定原子力施設を含む)
  - 核燃料サイクル施設  
(原子燃料サイクル施設)

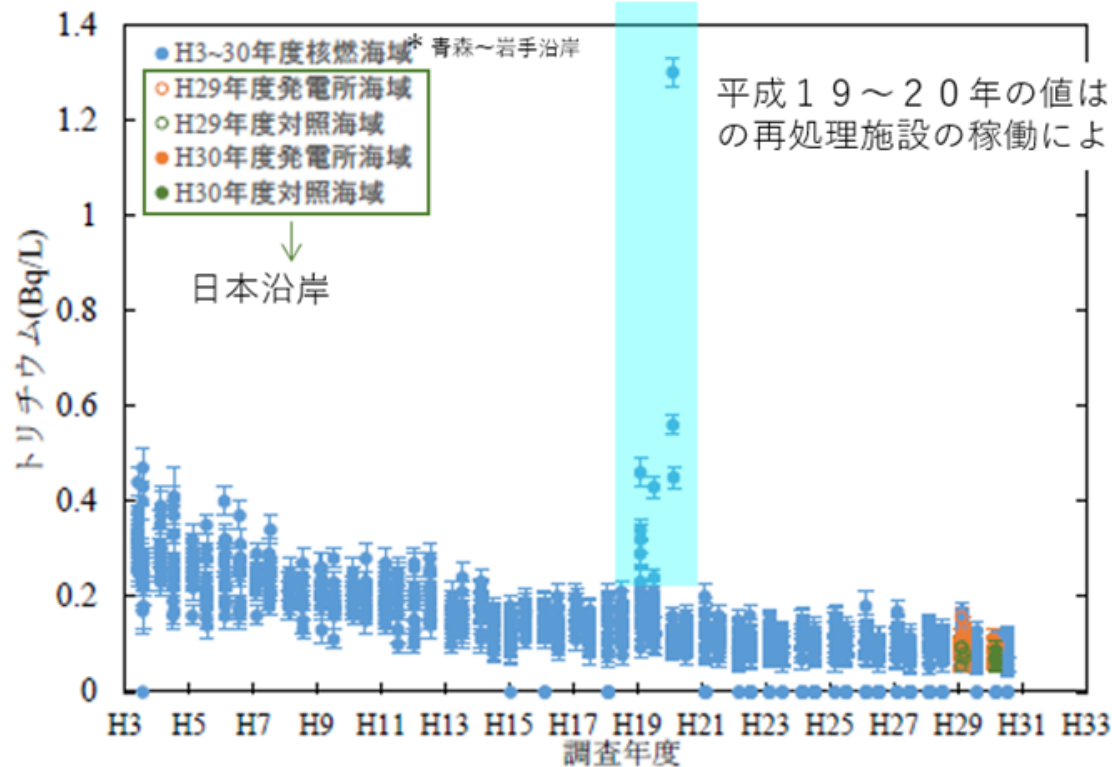
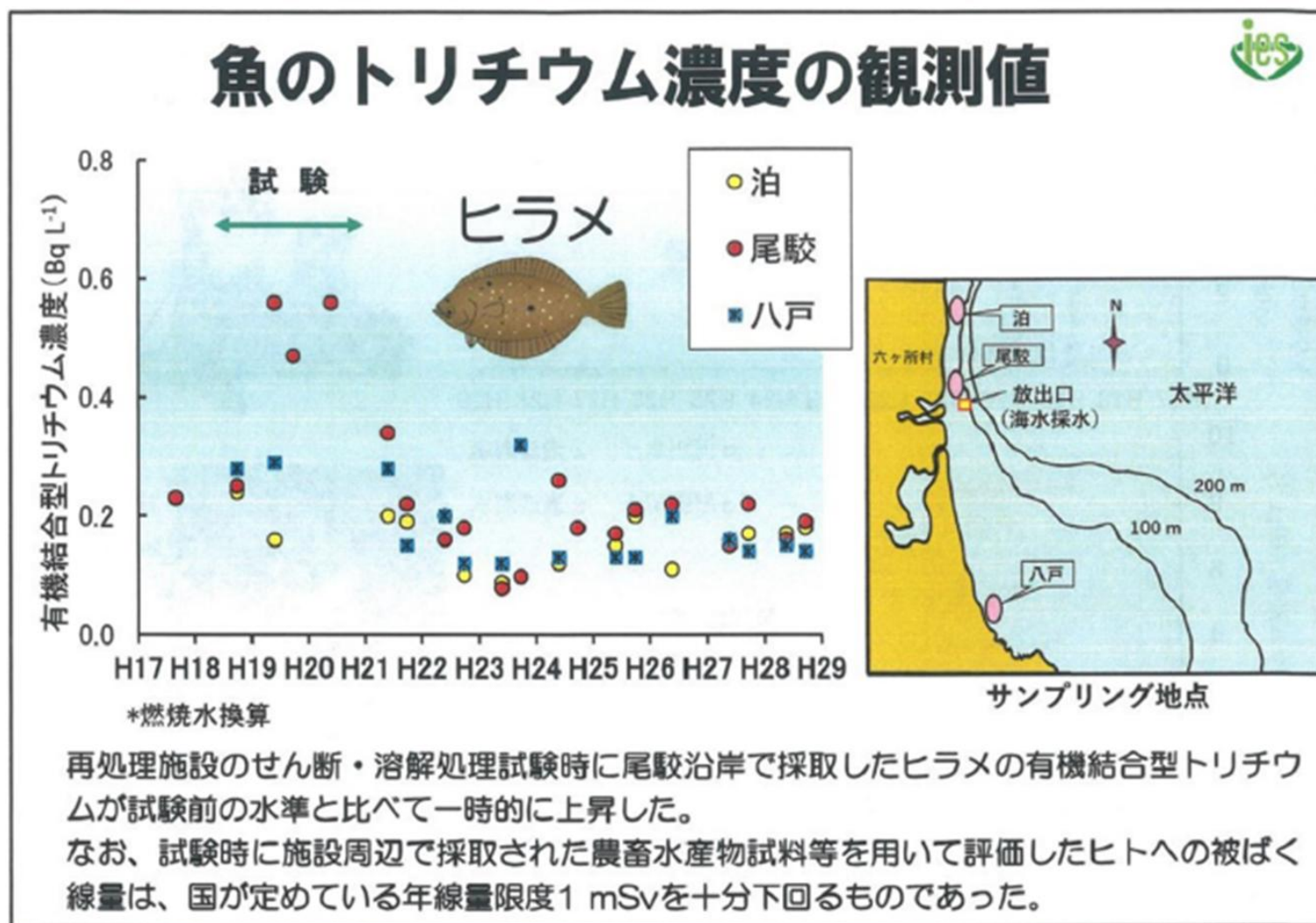


図 I -2-2-4-2 核燃海域の表層水に含まれるトリチウムの放射能濃度  
(平成3年度~平成29年度調査実施分)と本調査結果  
(平成30年度調査分)  
(\*横軸上のプロットはすべて検出下限値以下を示す。)

<http://www.kaiseiken.or.jp/publish/itaku/rep2019.pdf>

公益財団法人：海洋生物環境研究所

# 六ヶ所村近海のヒラメの 有機結合型トリチウム濃度



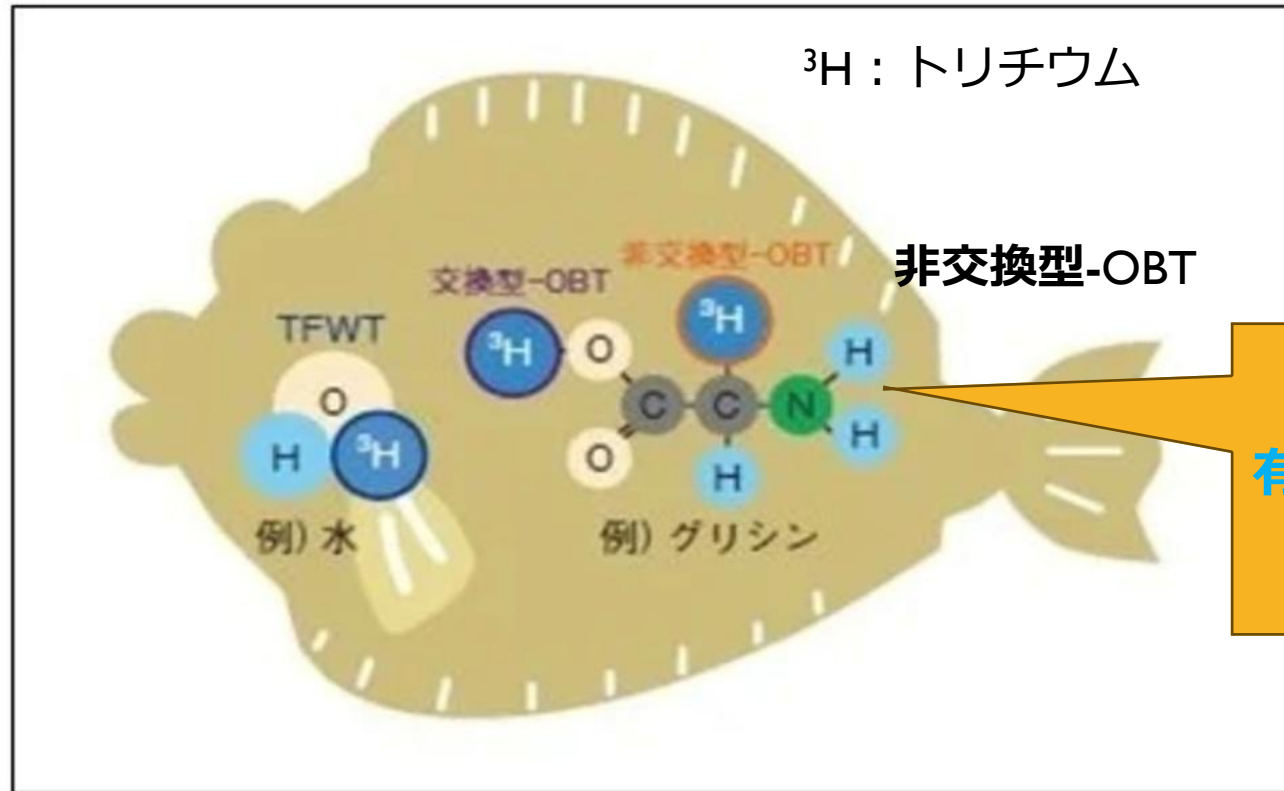
アクティブ試験  
2006/4～2009/3  
H18 = 2006

(環境科学技術研究所資料より)

# トリチウム水やトリチウムを含むエサを食べると、トリチウムが体内で組織に結合する

有機結合型トリチウム  
OBT

トリチウム自由水  
TFWT



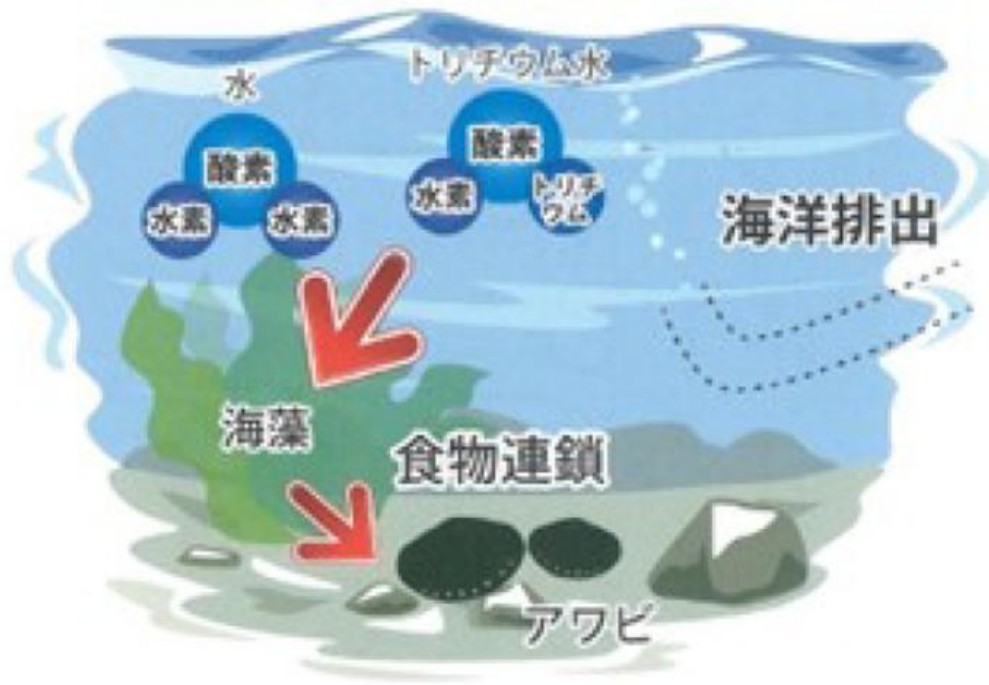
魚の体内に  
有機結合型トリチウム  
ができる

図12 (国立研究開発法人日本原子力研究開発機構より引

**有機結合型トリチウムは  
蓄積するのか？**

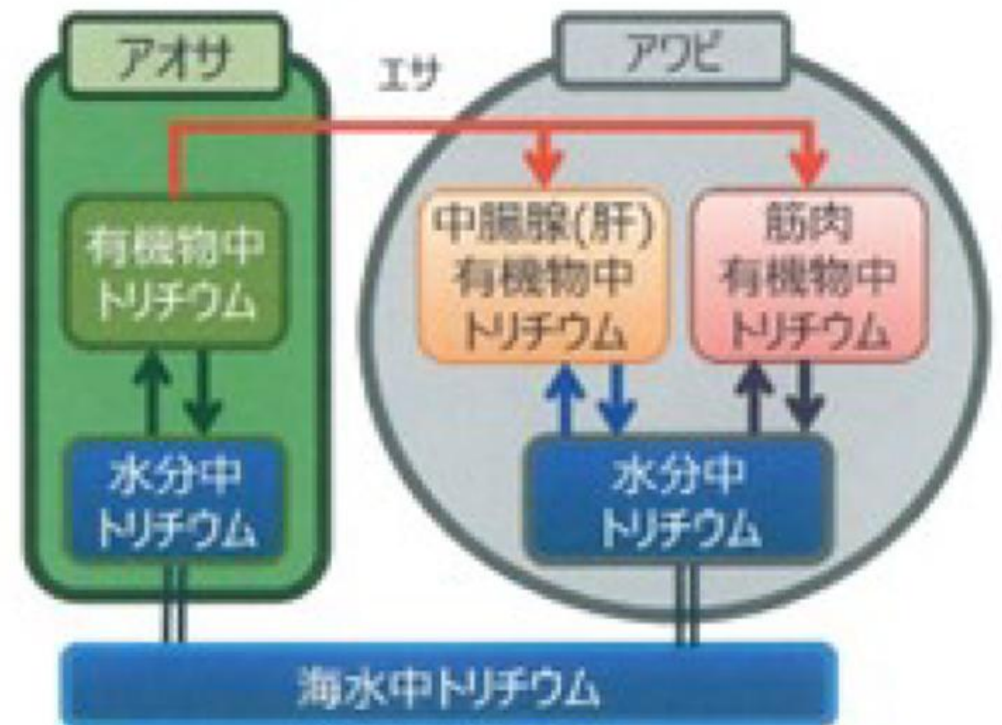
# 海中での食物連鎖とトリチウム移行の実験

図1 海に排出されたトリチウム水の一部は、海産生物に取り込まれます。



(環境科学技術研究所資料)

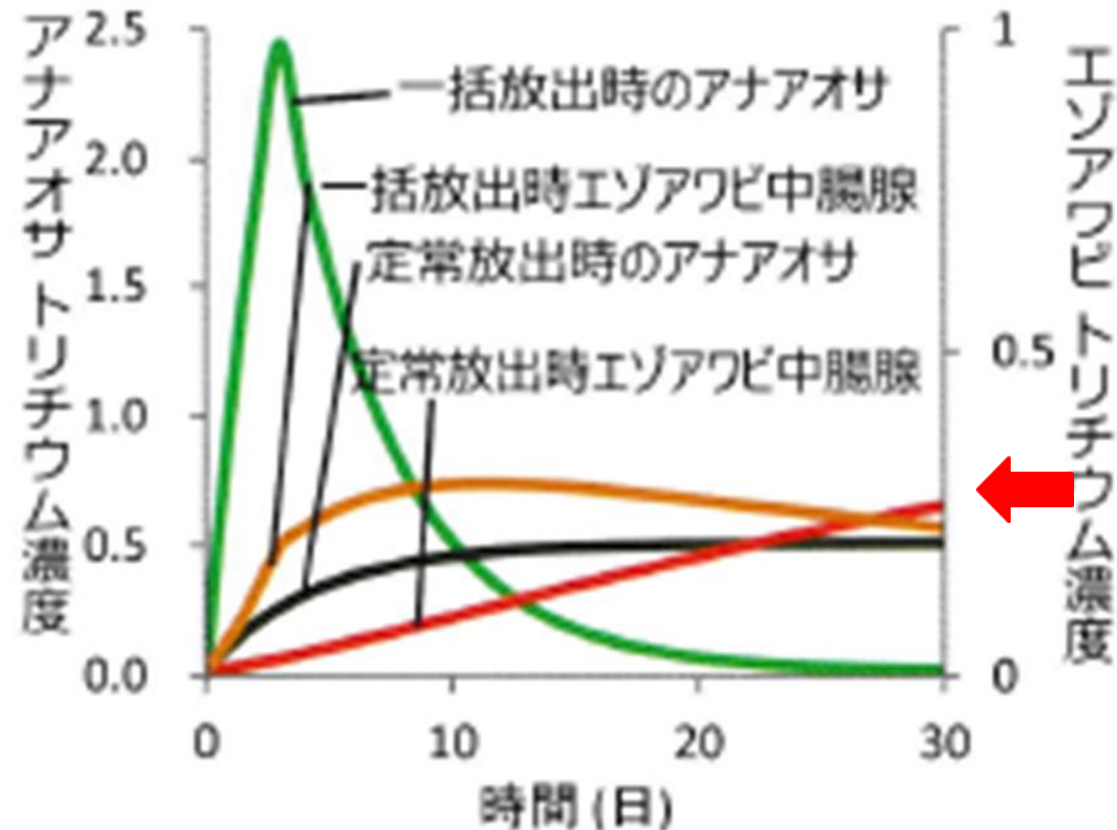
海水から海藻およびアワビへのトリチウム移行の模式図



# アワビの中腸腺及び筋肉中のトリチウム濃度

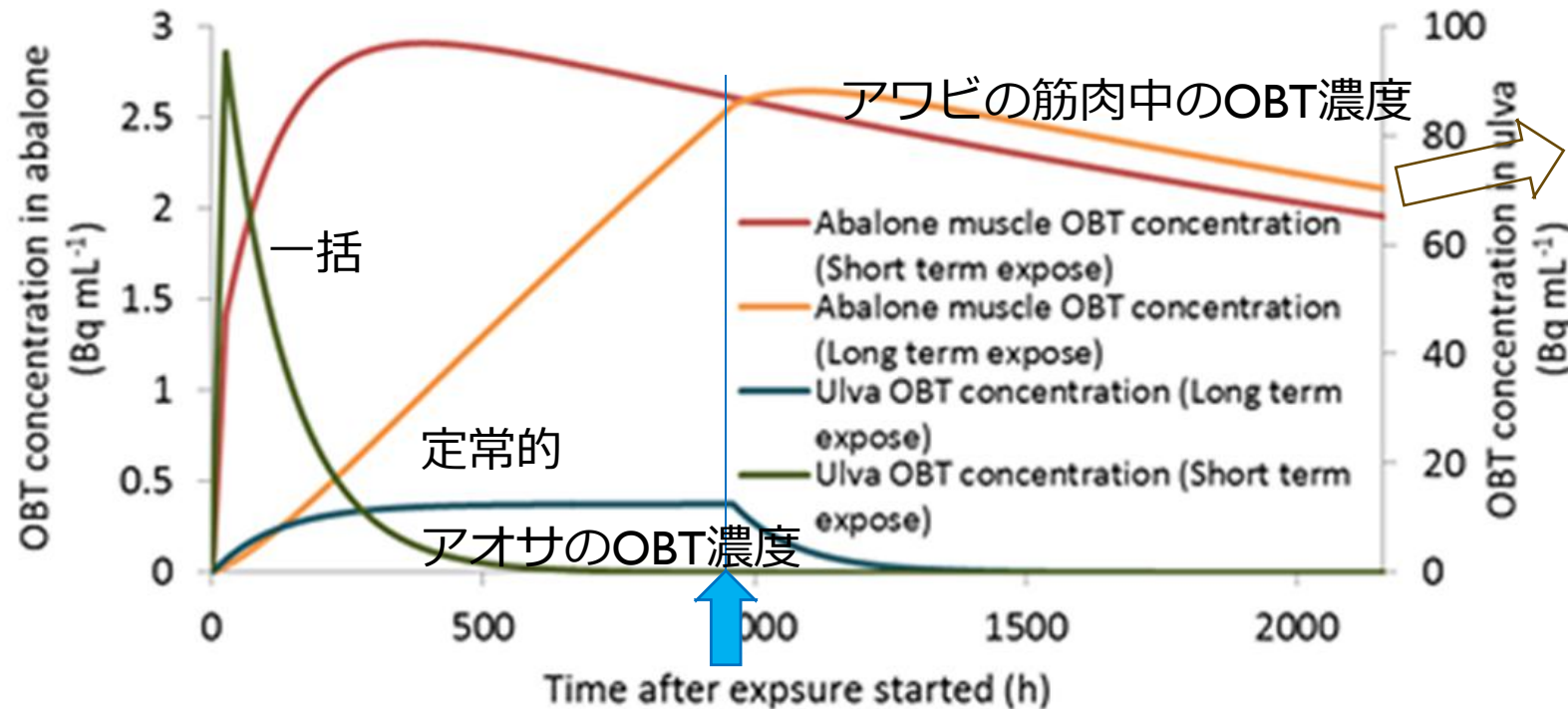
【環境科学技術研究所資料】

図6 アナアオサとエゾアワビ体内の有機物に含まれるトリチウム濃度が時間とともにどう変化するかを計算しました



最終的には植物より動物に蓄積する

# トリチウム水の一括放出と定常的放出による植物と動物への蓄積の違い



トリチウム水を止めても、有機結合型トリチウムがアワビに蓄積している

石川義朗ほか「海洋排出トリチウムの移行パラメータに関する調査研究」環境科学技術研究所より)

[https://www.ies.or.jp/research\\_i/date/2013/3200\\_H25.pdf](https://www.ies.or.jp/research_i/date/2013/3200_H25.pdf)

Fig. 3 アオサとアワビに蓄積した有機結合型トリチウムの見積もり濃度  
Estimated OBT concentration in seaweed (*Ulva. pertusa*) and abalone (*Haliotis discus hannai* Ino). Tritium concentration in seawater was set to 1 kBq mL<sup>-1</sup> for 24 h (short term expose) or 2.5 Bq mL<sup>-1</sup> for 40 d (long term expose).

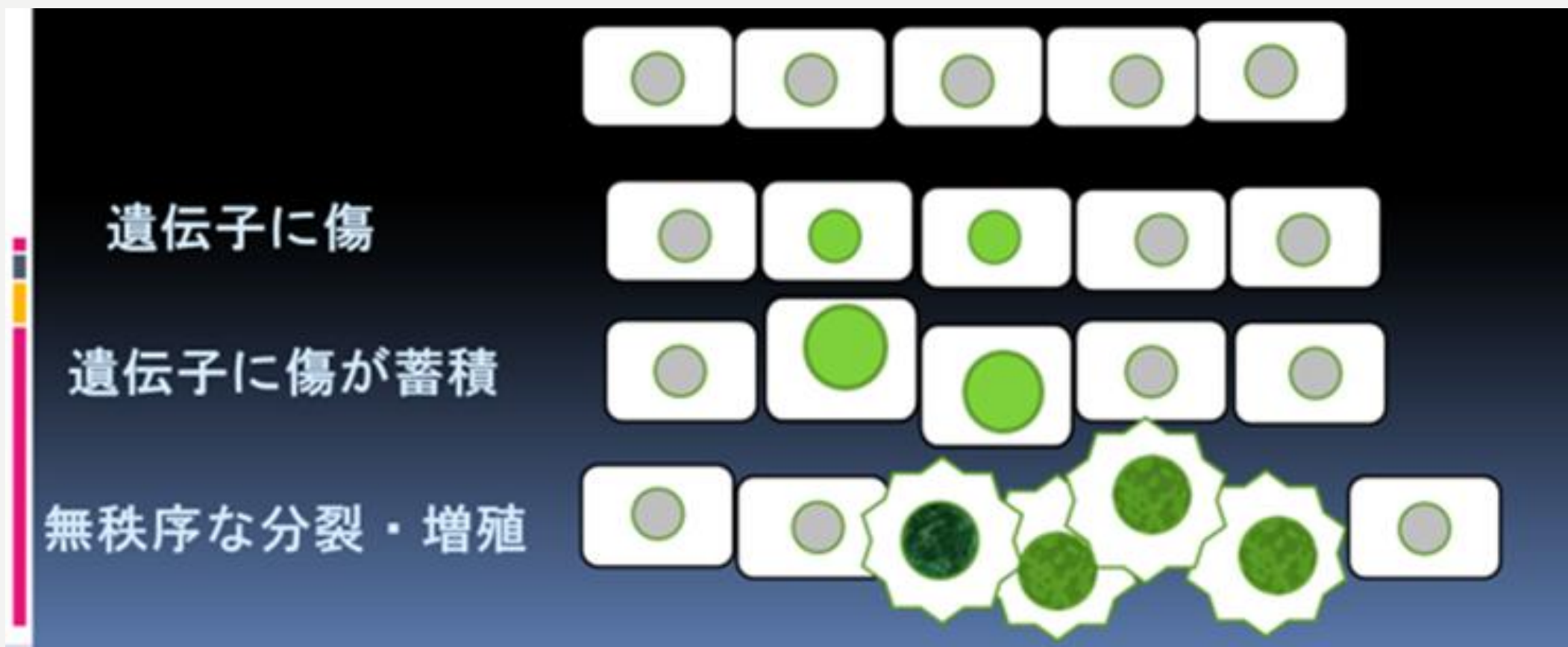
↑ 放出を止めた時点

1 k Bq/mlのトリチウムを24時間流した時と2.5Bq/mlを40日（960時間）流した時の比較  
1000Bq/L（100万Bq/L/1日） 2500Bq/L（10万Bq/L/40日）

# 遺伝子構造とがん

# ガンがおこる機序

がんは、1個の細胞がガン化しそれが次々と増殖していくことによって発症。その最初のがん細胞は、DNA内での変異の蓄積によってがん化



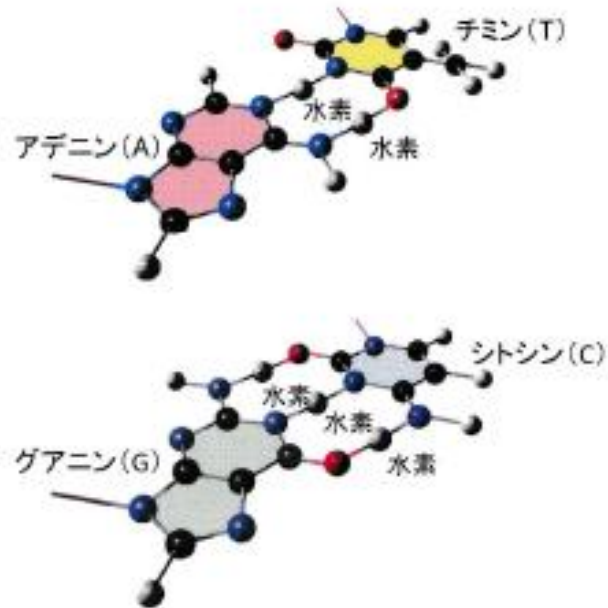
# DNAの構造

DNAの二重らせん構造は、  
塩基の水素結合で構築されている

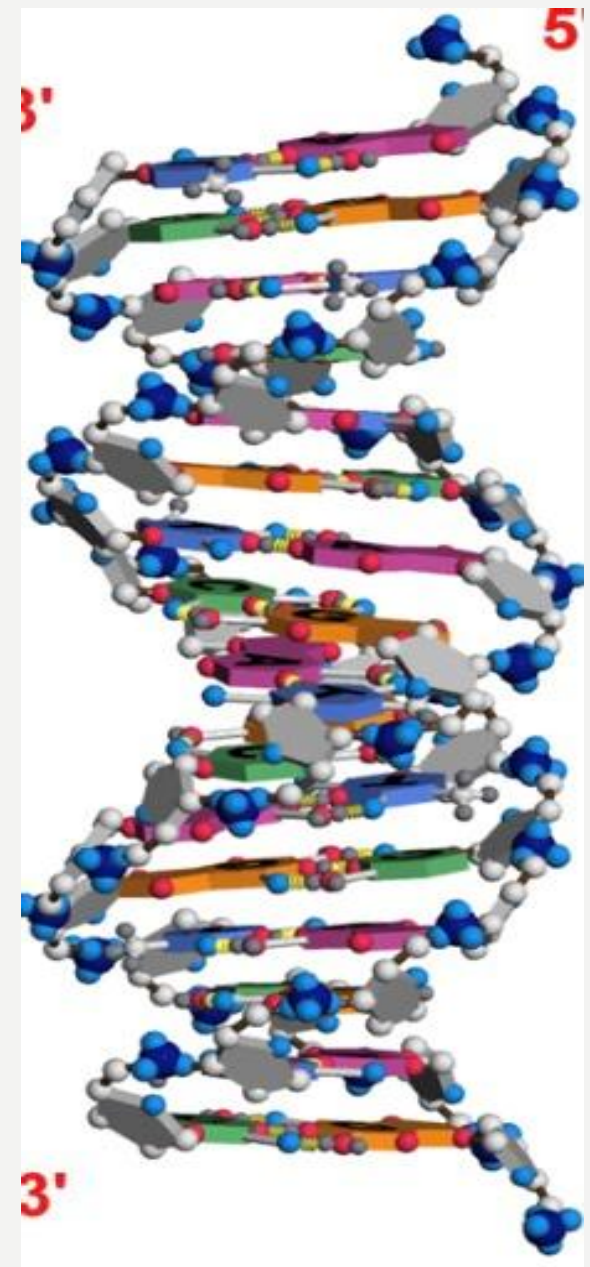
T—A  
G—C

T:チミン  
A:アデニン  
G:グアニン  
C:シトシン

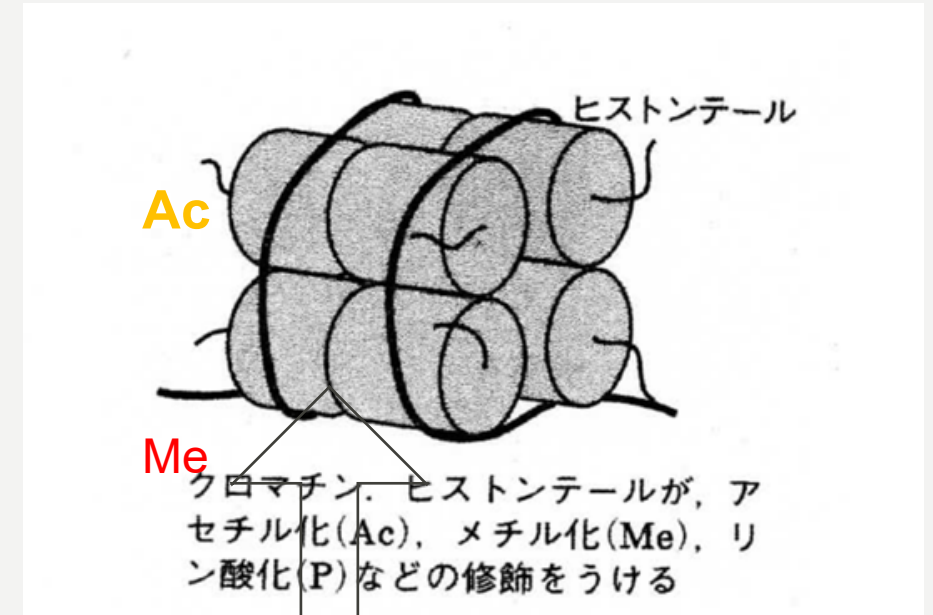
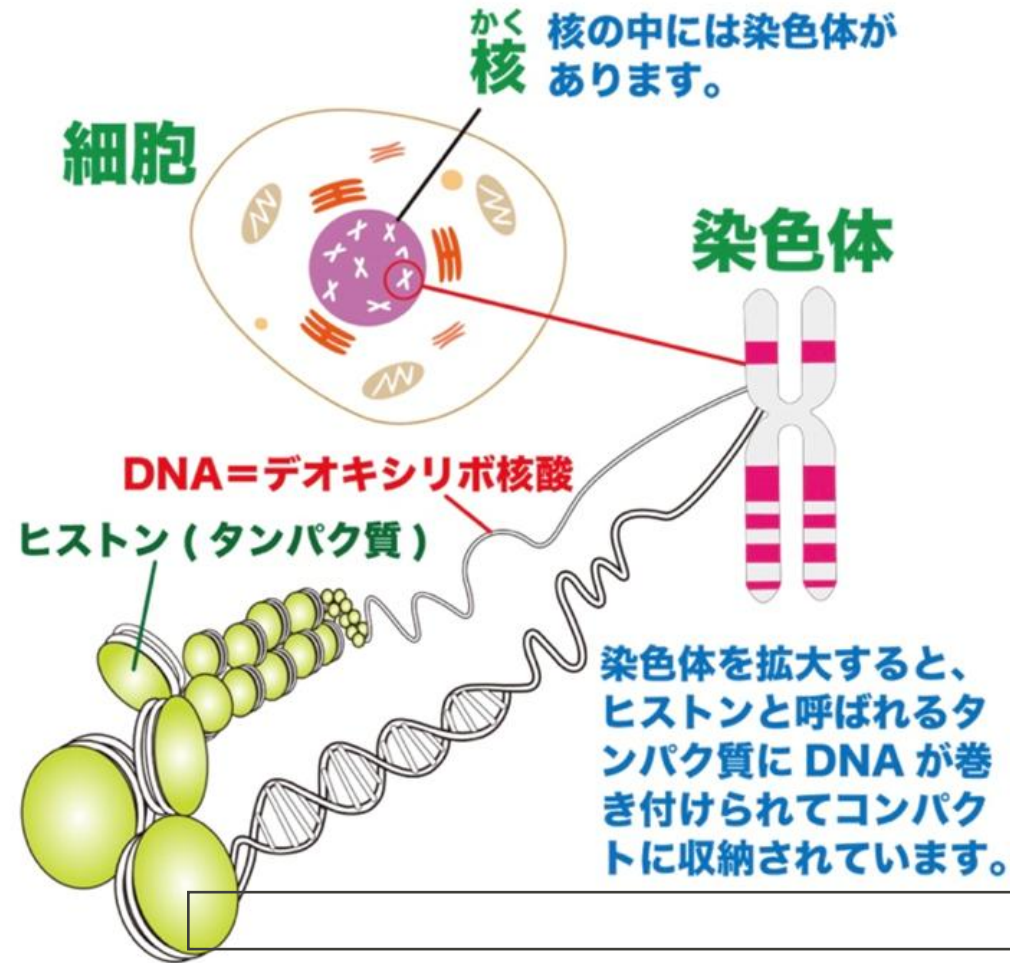
図7 塩基は、アデニンとチミンが2つの水素結合で、シトシンとグアニンが3つの水素結合で、結合します。



つまり、DNAは水素結合で できている



# DNAは ヒストンに巻きつき 畳まれて染色体を形成



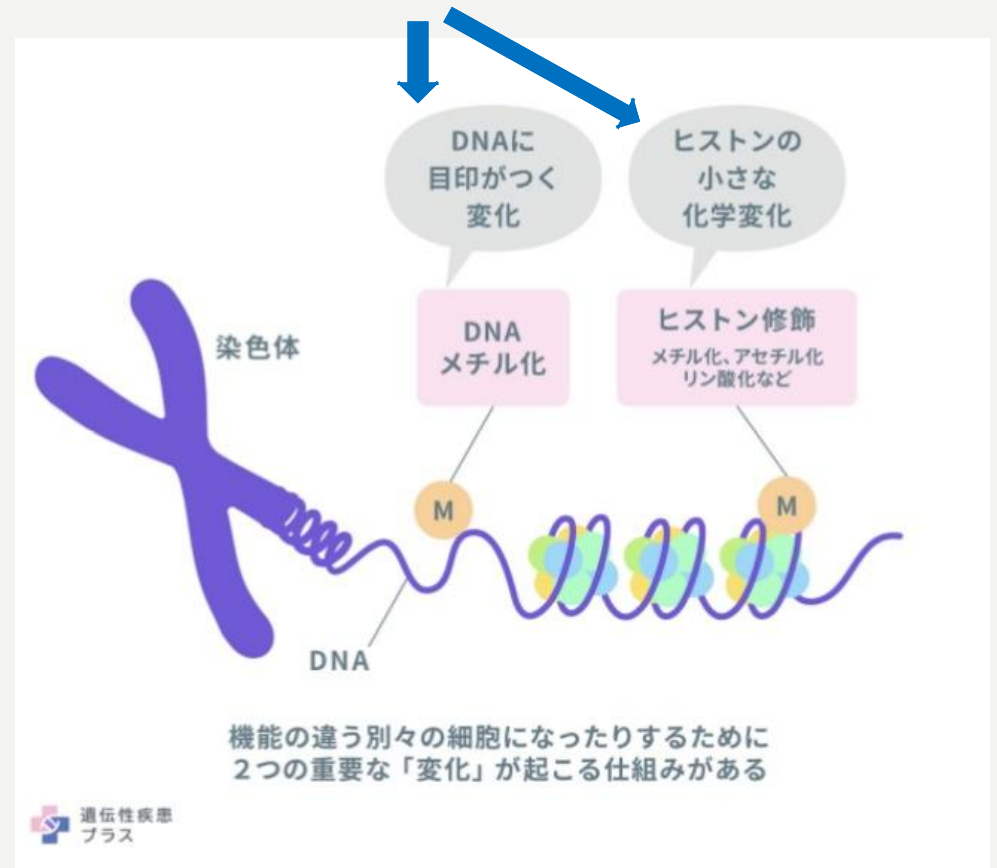
# エピジェネティック修飾

エピジェネティック修飾とは、遺伝子のオン、オフを制御するためにDNAに起こる化学的な修飾。DNAを構成している塩基配列は変えない。

エピジェネティックな修飾の代表的なものが、「DNAメチル化」であり、メチル基が遺伝子上に存在すると、その遺伝子はオフになる。

ヒストン修飾もエピジェネティック修飾の一つで、ヒストンにメチル基やアセチル基などが付加または除去されることにより、遺伝子のオン、オフに影響を与えている。

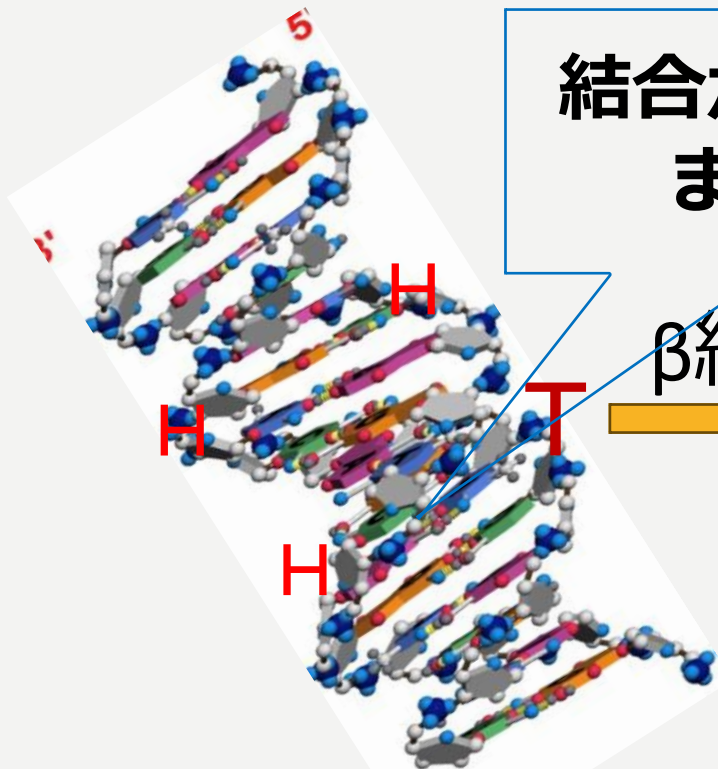
## 遺伝子発現をコントロール



M：メチル基 $\text{CH}_3$ -

# 遺伝子の変異とは ①

トリチウムはベータ( $\beta$ )線を放出して、ヘリウム3に変わる。  
もしも、DNAの水素の代わりにトリチウムが結合したら、  
DNA内で $\beta$ 線が放出され、結合が切れ、DNAの分子構造が変わり、  
遺伝情報も変わる可能性がある。



結合が切れてしまいかも

$\beta$ 線

$^3\text{He}$

遺伝情報が変わってしまうかも？

水素結合

H—H

↓

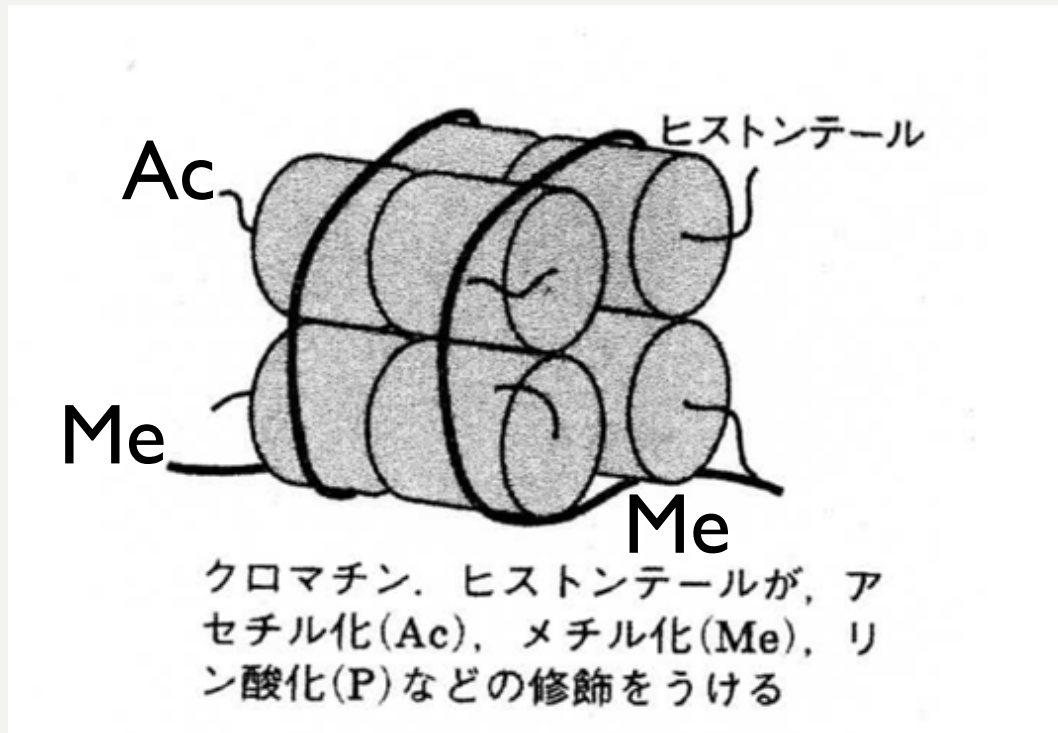
H—T

He

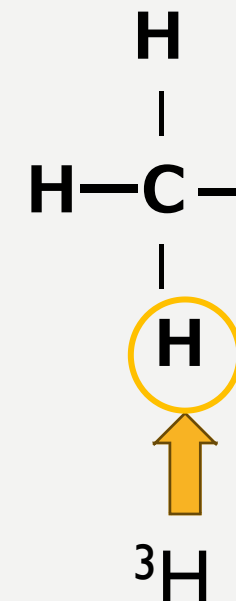
ヘリウム3

# 遺伝子の変異とは ②

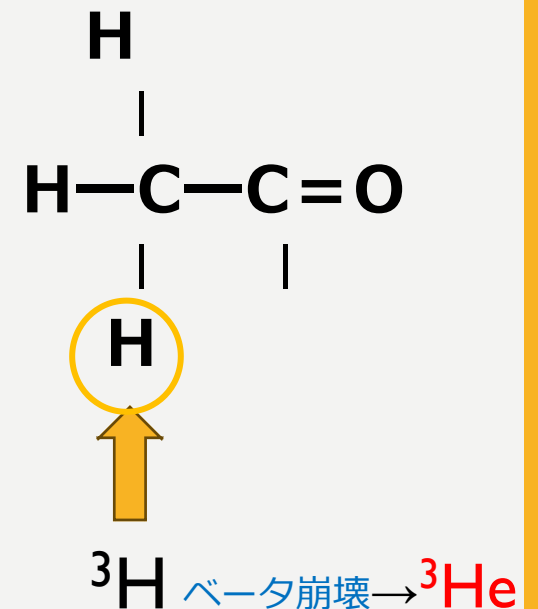
DNAメチル化やヒストンへのメチル基やアセチル基の水素にトリチウムが結合したら



メチル基



アセチル基



水素がトリチウムに置き換わったなら、そこでβ崩壊してヘリウム3に変わること、遺伝子発現に影響を及ぼす。

→これも遺伝子変異の一つ

# 急性骨髄性白血病(AML)のおこる機序

## \* 白血病の特徴

他の癌腫に比較して極めて少数の遺伝子変異の蓄積で発症する

→ 1 症例あたりの遺伝子変異数は5~6個程度

## \* 主な遺伝子変異

①細胞増殖促進に関与する遺伝子変異

②細胞の分化障害に関与する遺伝子変異

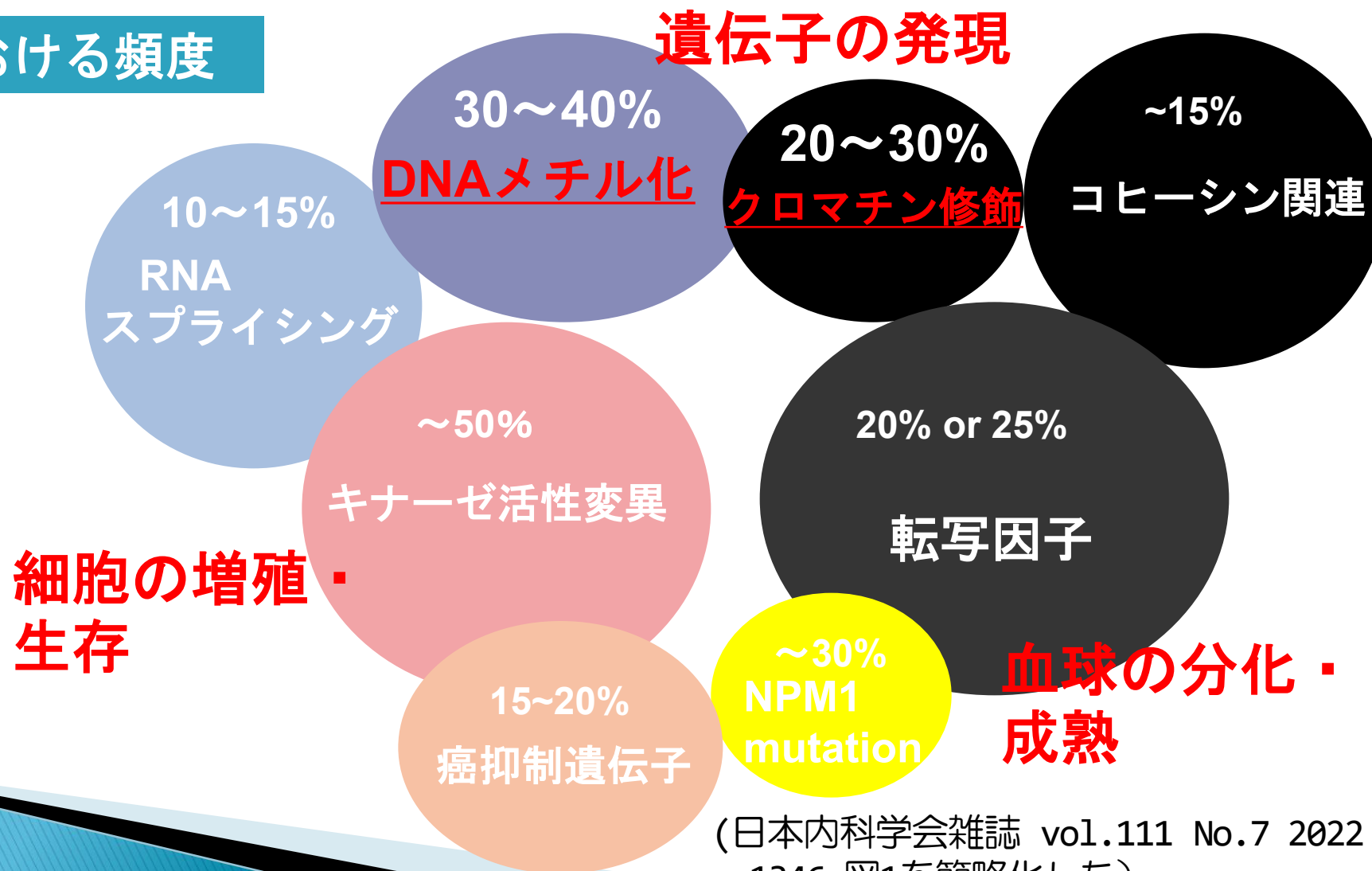
③エピジェネティック制御に関与する遺伝子変異

→ これら3つの遺伝子変異が高率に重複

エピジェネティックな制御は、DNAメチル化やヒストン修飾（メチル化やアセチル化）による遺伝子発現のコントロール

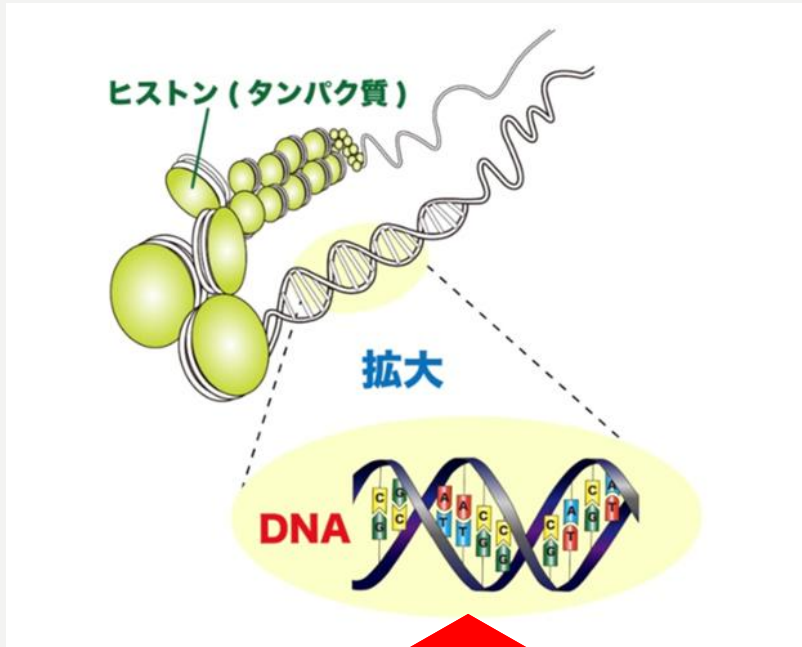
# 急性白血病で認められる染色体融合遺伝子・遺伝子異常

％:AMLにおける頻度

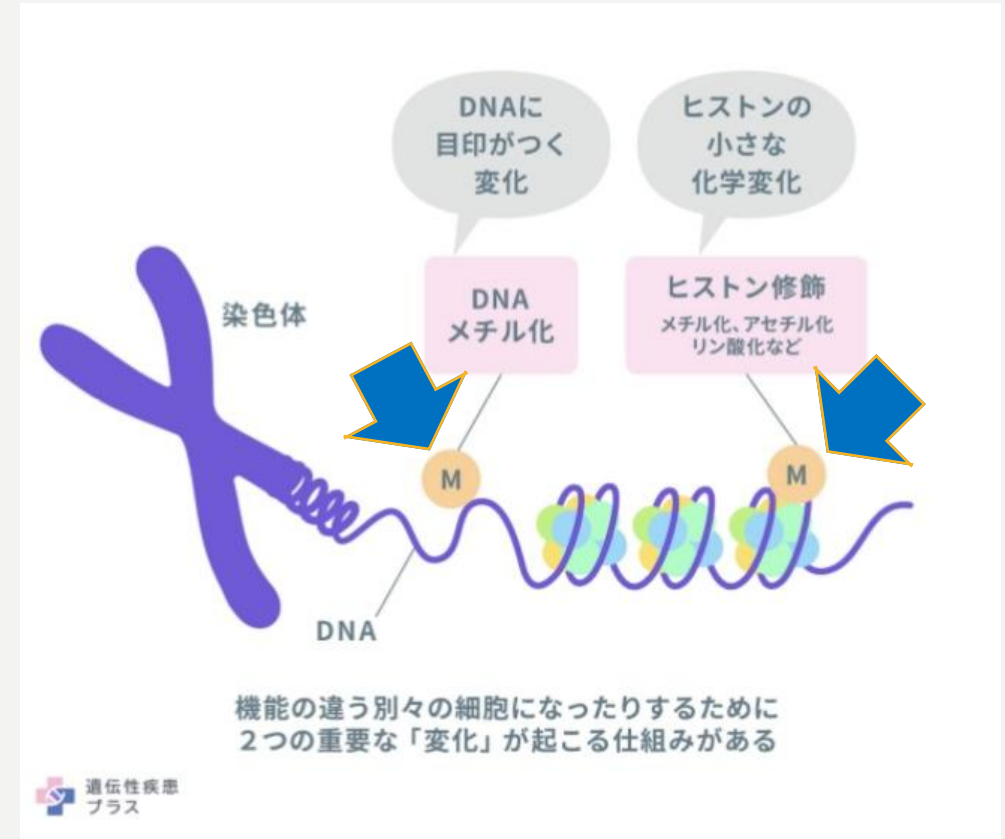


(日本内科学会雑誌 vol.111 No.7 2022  
p.1346 図1を簡略化した)

# 急性骨髄性白血病 (AML) に生じる 遺伝子異常



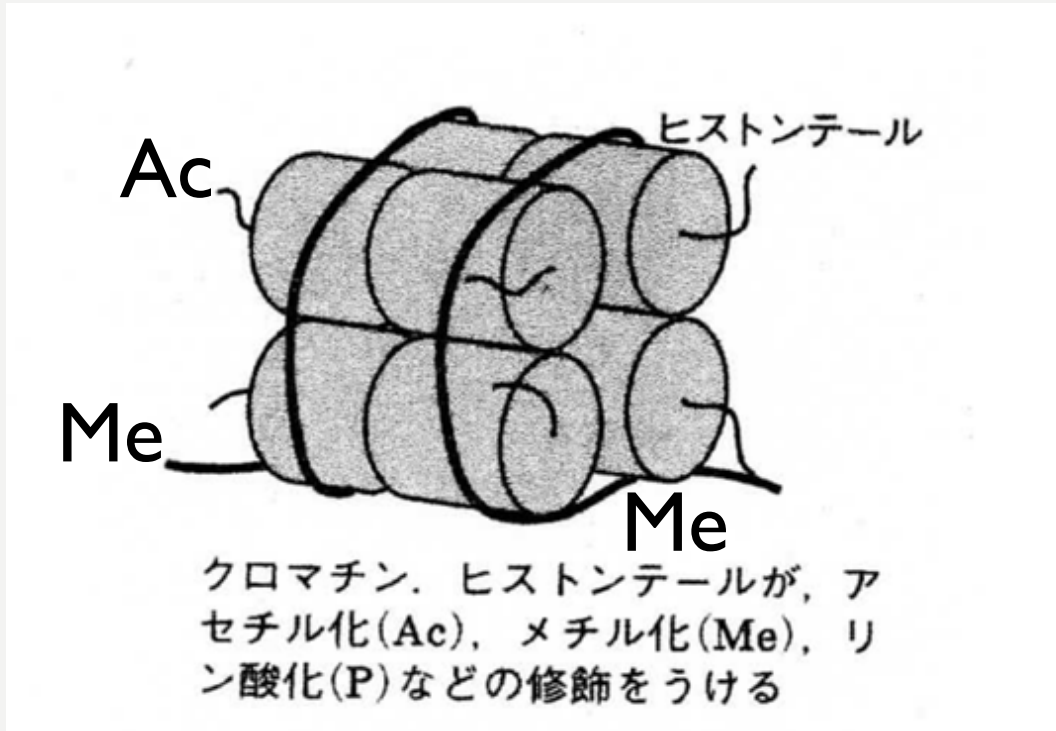
【白血病に関与する遺伝子変異】  
細胞増殖促進に関与する遺伝子変異  
細胞の分化障害に関与する遺伝子変異、



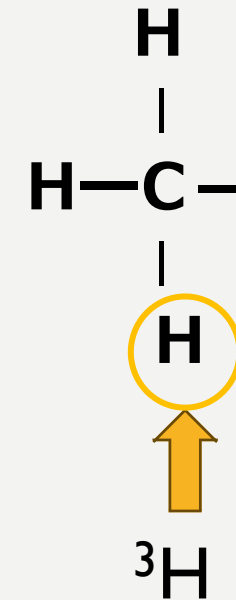
エピジェネティック制御に関与する遺伝子変異

# 遺伝子の変異とは ②

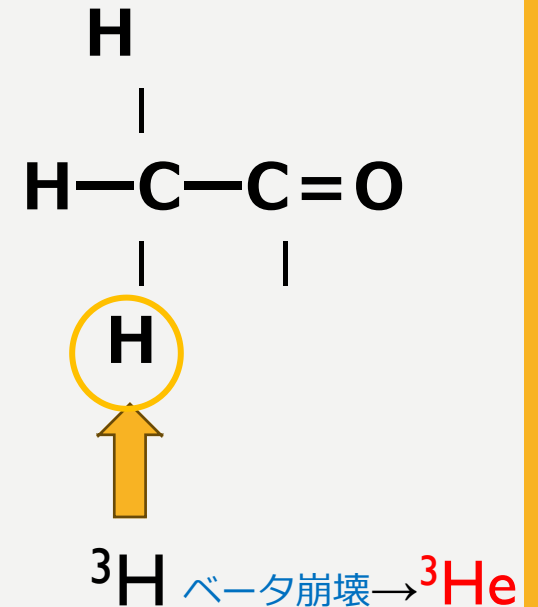
DNAメチル化やヒストンへのメチル基やアセチル基の結合などにエピジェネティックな変化が生じる。



メチル基



アセチル基



水素がトリチウムに置き換わったなら、そこでβ崩壊してヘリウム3に変わることで、遺伝子発現に影響を及ぼす。

これも遺伝子変異の一つ

すなわち、  
トリチウムによる内部被曝は  
白血病発症のきっかけとなり得る

**しかし、トリチウムによって傷害を  
受けるのは DNAだけではない**

# 生物の組織は水素だらけ

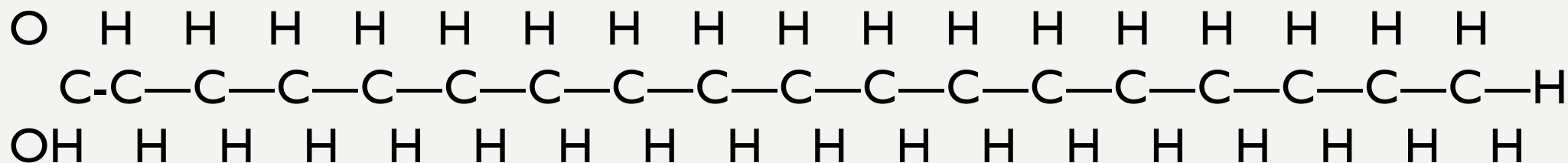
# 生物の組織

## 例

炭水化物(糖類、でんぷん、など) フドウ糖  $C_6H_{12}O_6$

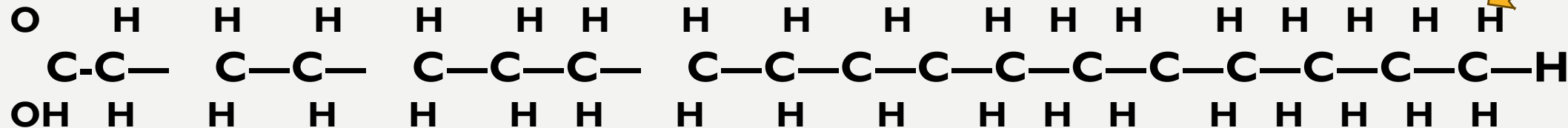
タンパク質(アミノ酸など)      アミノ酸の1種      グリシン       $\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{COOH}$

**脂肪(脂肪酸・グリセリン)**      ステアリン酸(脂肪酸)       $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$



生物組織の水素の代わりにトリチウムが結合すれば  
**有機結合型トリチウム**

ステアリン酸（脂肪酸）の中の水素が1個  
トリチウムに置き換わったら、**有機結合型トリチウム**となる



タンパク質の中の水素が1個、トリチウムに置き換わったら、  
**有機結合型トリチウム**

## アミノ酸の1種：グリシン $\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{COOH}$

T

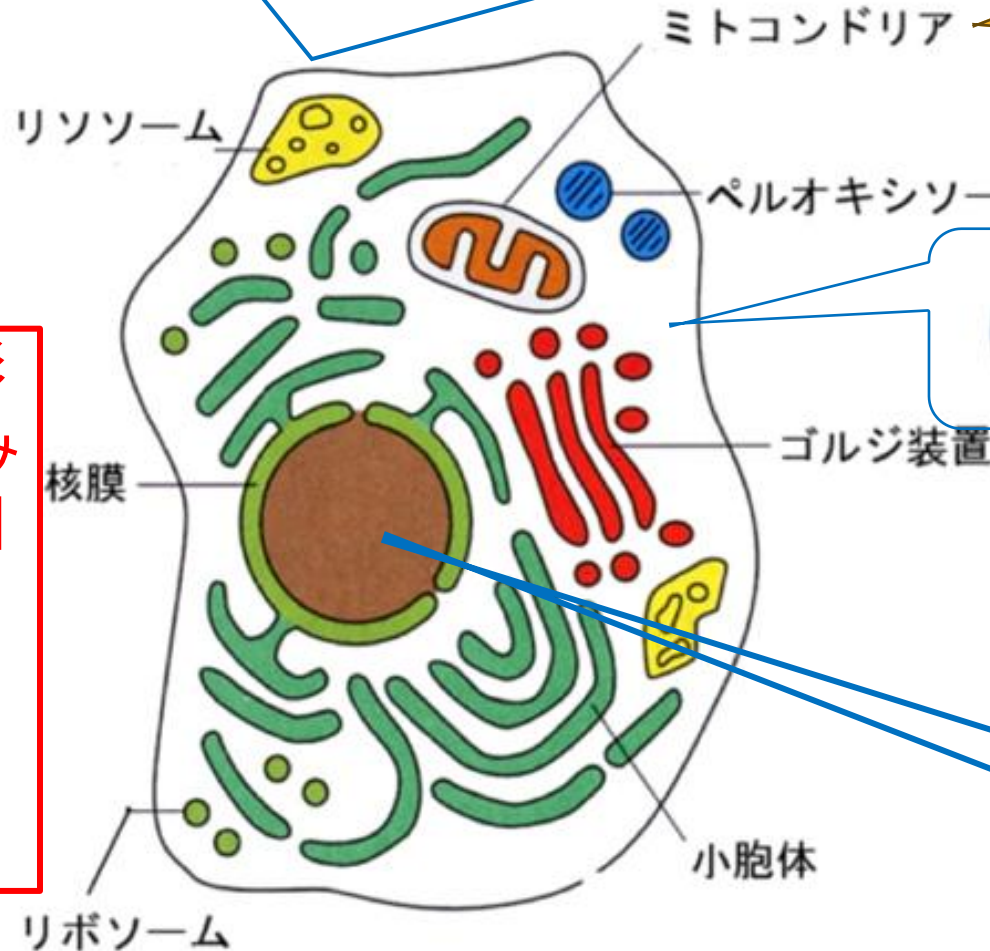
# 細胞内小器官と細胞質、細胞膜

細胞膜などはリン脂質などでできている

ミトコンドリアは外膜、  
内膜があり、独自の  
DNAをもつ

細胞質内は、水で満たされ  
様々な酵素やRNAが存在

トリチウムによる影  
響は、核のDNAのみ  
でなく、細胞膜も細  
胞質もミトコンドリ  
アも小胞体もミトコ  
ンドリアDNAも...  
全てに及ぶ



DNAは水素結合

トリチウムによる健康被害は未解明。  
がんや白血病だけではなく、  
神経変性疾患や心臓病なども含めた、  
ほぼあらゆる疾患に関係する可能性  
がある。

**トリチウムが漏洩して  
飲用水に混入した地域のこと**

# アメリカ イリノイ州シカゴ郊外の町

脳腫瘍を患った子どもを持つ小児科医Joseph・Sauer

州政府から「過去20年間の住民1200万増加人の罹患率のデータなどを取り寄せて解析

ドレスデン原発、ブレイドウッド原発周辺において

**1997～2006年の10年間は、その前の10年間（1987～1996）に比較して**

**白血病と脳腫瘍が1.3倍 小児ガンが1.4倍**

「これらの原発が**2006年までの10年以上**にわたり、**600万ガロン**（米ガロンはおよそ3.75 L）**以上のトリチウムを漏洩**してきた」という文書が当局により公開

ブレイドウッド原発近くの

**敷地外の飲用井戸から1L当たり1500ピコキュリーのトリチウムが検出**

ドレスデン原発では、

**トリチウムが1Lあたり最大900万ピコキュリーで地中に漏洩**  
**敷地外の飲用井戸水も汚染。**

トリチウムの漏洩後、**周辺の小児ガン罹患数は55%増加**

# アメリカ ニューヨーク州 サフォーク郡ロングアイランド

ロングアイランドのブルックヘブンという町に**ブルックヘブン国立研究所（BNL：1947年設立）**があり、研究用の古い原子炉3基がある

ブルックヘブンに**隣接するシャーリーという町**の住民に**1980年代以降、癌が多発**

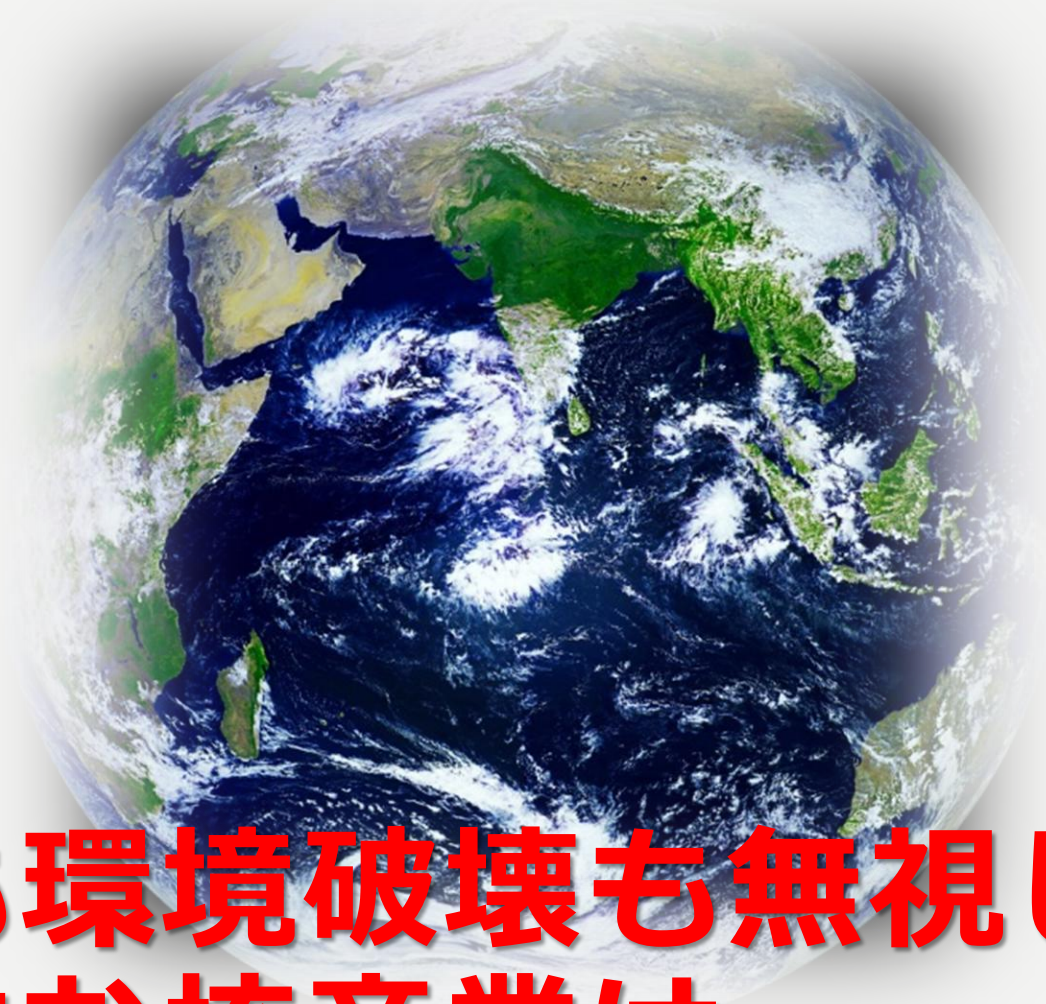
- ・ **女性の9人に1人が乳癌**を発症
- ・ 400万人に1人とされる**子どもの横紋筋肉腫**というガンが、  
**同じ通りで2人発症**、周辺**地域全体の患者数は20人**

1994年3月、「**BNLの原子炉が作り出した高いレベルのトリチウムが、6年以上にわたり漏出し**、BNL周辺の家々で検出されてきた」と書かれた文書が発覚

少なくとも**1982年以降、研究所の原子炉から繰り返しトリチウムが漏洩し、BNLの地下を流れている住民130万人の水源の水道水に基準値を上回るトリチウムが検出**されていたが、BNLは放置してきた

# 結論

- 六ヶ所再処理工場は 様々なトラブルを起こしており、稼働しなくても危険
- 再処理工場が稼働すれば、大量のトリチウムを環境中に放出する
- トリチウムを多く放出する核施設周辺やトリチウム漏洩地域で小児白血病やガンなどが増加している
- トリチウムによって白血病が増加する可能性を理論的に説明し得る
- トリチウムによる健康被害の詳細は未解明。健康被害は、がんや白血病のみにとどまらない可能性大



**人権も環境破壊も無視して金儲けに  
突き進む核産業は、  
地球上のあらゆる生物の敵である**