

環境ホルモンと環境問題

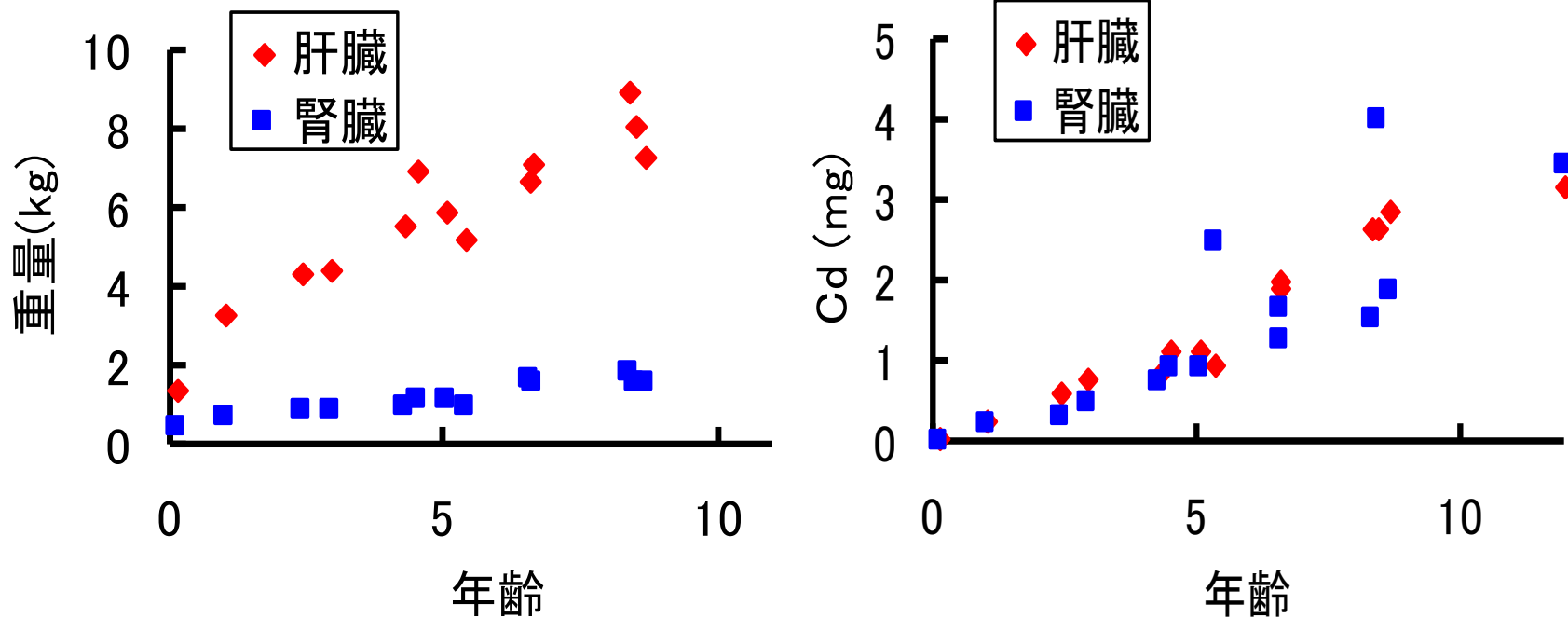
畜産と環境問題の歴史

- 水俣病(有機水銀)、イタイイタイ病(カドミウム)などによる公害の発生—環境教育の原点
- 農薬(有機水銀剤など)による汚染
- チェルノブイリ原発事故による放射能汚染
- ダイオキシンなどの環境ホルモンによる汚染



畜産物の汚染など、家畜生産にとってはデメリットだけが注目されるため、環境教育では限りなくゼロにすることが求められる

図、乳牛の肝臓と腎臓の重量と カドミウムの蓄積



- ・腎機能への影響
- ・食品の安全性

泌乳牛の重金属排泄量 (体重当たりmg/日)

	亜鉛	銅	セレン
摂取量	1.18	0.30	0.0087
糞	1.00	0.30	0.0061
尿	0.02	0.002	0.0007
牛乳	0.20	0.004	0.0026
吸収量	0.18	-0.003	0.0026
蓄積量	-0.03	-0.010	0.0004

Cd投与牛の組織中Cd含量(乾物当りppm)

	投与牛	対照牛
腎臓	53.7	3.6
肝臓	14.7	0.7
筋肉	0.06	0.03
牛乳	検出せず	検出せず
投与牛	: Cd摂取 (飼料中100ppm)	
対照牛	: Cd摂取 (飼料中0.1-0.2ppm)	

Cu投与牛の組織中Cu含量(乾物当りppm)

	投与牛	対照牛
腎臓	20	20
肝臓	320	76
筋肉	2.5	2.0
牛乳	0.53	0.33
投与牛	: Cu摂取 (飼料中75ppm)	
対照牛	: Cu摂取 (飼料中5-10ppm)	

重金属類の低減

1. 亜鉛、銅などの重金属類の大部分は糞中に排泄される
2. 体内への蓄積は重金属によって異なるが、肝臓、腎臓などに蓄積されやすい



必須微量元素は適正給与、有害重金属は可能な限り給与しない

牛乳の放射能汚染

- 食品の安全性評価と風評被害防止

- 核実験(中国): 1964年10月に核実験開始

日本の牛乳中の ^{137}Cs は1965年にピークになり、その後数年間に急減し、1970年以降は漸減した

- チェルノブイリの原発事故

1986年4月26日(日本から8000km)

放射性物質の測定:

^{131}I : 半減期8日、 ^{137}Cs : 半減期30年

乳牛の 飼養管理 (熊本)



ヨウ素 (I: 必須微量ミネラル)

- ヨウ素: 主な生理的役割は、甲状腺ホルモンの合成である。ヨウ素欠乏症になると体内の甲状腺ホルモンが不足し、甲状腺腫の発生、成長低下、繁殖機能低下、乳量減少などが生じる。
- 世界では土壌中にヨウ素が欠乏している地域が多く、牛のヨウ素欠乏症は重大な問題である

ヨウ素中毒と放射性ヨウ素

- ヨウ素の中毒発生限界は、飼料乾物当たり50ppmである。ヨウ素中毒が発生すると食欲減退や成長不良などが起き、泌乳牛では牛乳中に過剰のヨウ素が排泄される。
- 放射性ヨウ素： ^{131}I (半減期8日)、 ^{132}I (半減期2.3時間)などがあり、体内に入ると甲状腺に集積し、甲状腺ガンなどの原因となる恐れがある。
- ヨウ素は原子炉の中で高温になると気体になり、原発事故後は空気中に拡散する(雨天後に地上に降ることが多い)。

牧草と牛乳中の¹³¹Iの測定

- 測定機器：ゲルマニウム半導体検出器
測定時間：10,000秒（2時間47分）
- 測定サンプル（九州農業試験場：熊本）
 - 牛乳：朝と夕方の牛乳をバルククーラーから採取し、3.5Lを測定
 - 牧草：イタリアンライグラスを圃場から採取（10cm以上）し、2-3cmに切断後測定Boxに入れて測定

牧草(◆)と牛乳(◆)中の¹³¹I

原発事故(4/26)

測定:熊本(5/3開始)

・検出日

牧草(5/6)、牛乳(5/8)

・最高値

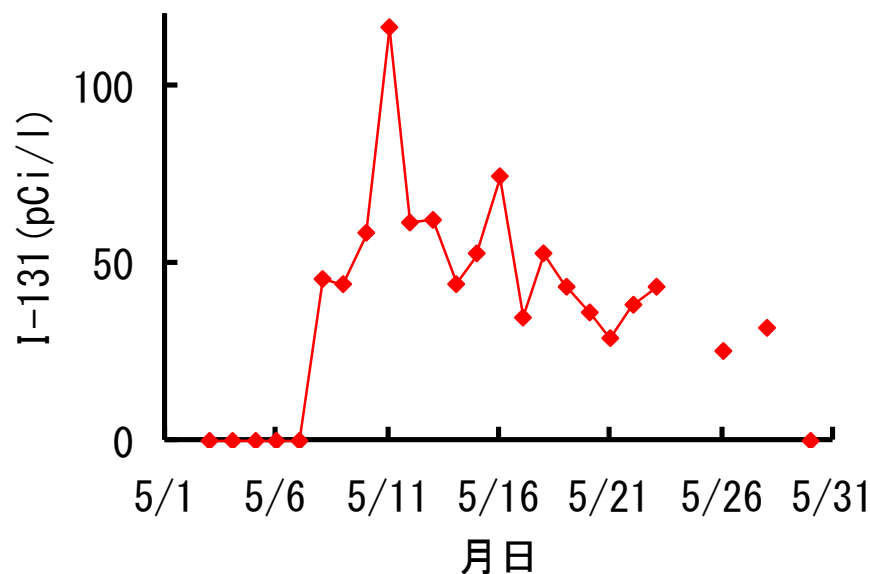
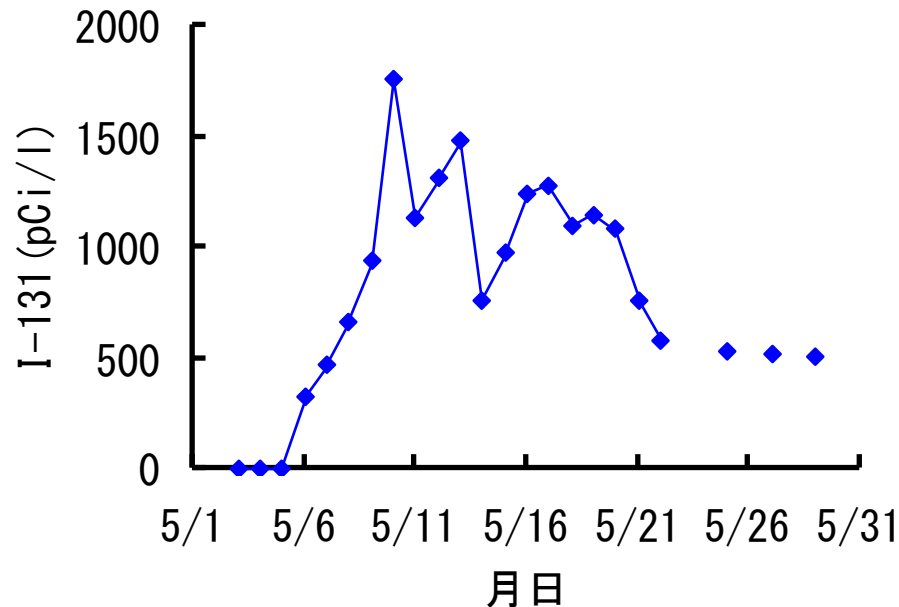
・牧草(5/10)

1764pCi/kg(65.3ベクレル)

・牛乳(5/11)

116.5pCi/l(4.3ベクレル)

・1キュリー=370億ベクレル



牛乳中の ^{131}I の汚染

- 汚染経路: 土、飼料からの汚染
空気中の塵からの汚染
(雨の後で ^{131}I の濃度が上昇)
- 各地の最高値
 - 熊本(5/11): 116.5pCi/l(4.3ベクレル)
 - つくば(5/11): 118.7pCi/l(4.4ベクレル)
 - 北海道: 285pCi/l(10.5ベクレル)
 - 島根: 675pCi/l(25.0ベクレル)

牛の甲状腺中の ^{131}I (三橋、1987)

▪ $^{131}\text{I} = \text{pCi} / \text{甲状腺重量}$

▪ 乳牛(つくば、5/19殺処分) 甲状腺重量

No.1 1,116pCi (43ベクレル) 36.3g

No.2 12,121pCi (448ベクレル) 30.6g

▪ 乳牛(つくば、6/9殺処分)

No.3 205pCi (7.6ベクレル) 13.5g

No.4 172pCi (6.4ベクレル) 15.6g

No.5 251pCi (9.3ベクレル) 14.6g

平成23年の牛乳の放射能汚染

- ・牛乳中の ^{131}I 暫定規制値：300ベクレル/kg
牛乳中の放射性Cs基準値：50ベクレル/kg
乳児用食品のCs基準値：50ベクレル/kg
- ・福島県(3/19)の牛乳：最高値
 ^{131}I (5200ベクレル/kg;17倍)
 ^{137}Cs (420ベクレル/kg;約2倍)
- ・栃木県(4/3)の牛乳(日畜会報、2012)
 ^{131}I (1179ベクレル/kg)、 $^{137+134}\text{Cs}$ (1155ベクレル/kg)
- ・イナワラの放射能汚染

チェルノブイリ事故後の牛乳中 ^{137}Cs

- ^{137}Cs の半減期は30年なので、事故年の牧草等の飼料は ^{137}Cs に汚染された
- 高汚染乾草中の ^{137}Cs (1986年5月調製)
421pCi/kg (15.6ベクレル/kg)
- 低汚染サイレージ中の ^{137}Cs (1987年4月調製)
48.8pCi/kg (1.8ベクレル/kg)
- 飼料中の ^{137}Cs
配合飼料(16.2pCi/kg)
ビートパルプ (11.8pCi/kg)

牛乳中の ^{137}Cs (pCi/l)

	I 期	II 期	III 期
A 群	1.8	9.7	2.1
B 群	10.9	1.8	9.9

A 群 ; 低—高一低、 B 群 ; 高一低—高

^{137}Cs 摂取量 : 高 (3410pCi/日) 126ベクレル

低 (672pCi/日) 25ベクレル

牛乳中の最高値 : 10.9pCi/l(0.4ベクレル)

牛乳中の ^{137}Cs の汚染経路

- ・汚染経路: 事故の翌年以降は、飼料(土も)からの汚染

- ・牛乳中への ^{137}Cs の移行係数(日/l)

$$= \frac{\text{牛乳中}^{137}\text{Cs} \text{ (ベクレル/l)}}{\text{摂取飼料の}^{137}\text{Cs} \text{ (ベクレル/日)}}$$

摂取飼料の ^{137}Cs (ベクレル/日)

本研究の移行係数(3.1~3.8/1000): ^{137}Cs を1000ベクレル(1日当たり)摂取すると牛乳1L中に3.1~3.8ベクレル移行する

- ・三橋による移行係数(4.3/1000)

環境ホルモンとは

環境ホルモン: 外因性内分泌攪乱物質(環境庁、1998年)「環境中において本来のホルモンの働きを攪乱する物質」で、極微量で生物学的作用を示す



- ・ダイオキシン、ポリ塩化ビフェニール類など、約70種類が疑われている(2000年11月:わが国で使用禁止の殺虫剤や農薬も多い)
- ・ホルモン用作用(アゴニスト)とホルモン拮抗作用(アンタゴニスト)があり、動物の生殖系を乱す

環境ホルモンの種類

- ダイオキシン類
- ポリ塩化ビフェニール類 (PCB) : 1972年
生産中止
- 除草剤 : アトラジン、シマジンなど
- 殺虫剤 : DDT、エチルパラチオンなど
- 塗料 : トリブチルスズ、トリフェニルスズ
- 重金属 : カドミウム、鉛、水銀
- プラスチック関連物質と洗剤添加物 : ビス
フェノールAなど

環境ホルモンの特徴

- 化学構造では、ベンゼン環のあることが多い：性ホルモンに類似している
- 分子量が小さく(300以下)、構造が単純
- ベンゼン環があるため、水に溶けにくく、脂溶性のものが多い
- 生分解性(酵素による分解)が低いため、生体内で分解されにくく、形態が維持される

環境ホルモンの作用

- 食物と一緒に摂取されると消化管の粘膜を通過し、血管に入る
- 空気中から肺に入ると、肺の毛細血管に入る
- 肝臓で化学処理されなければ、タンパク質と結合して血流にのって循環し、生体内に入る
- 細胞内の受容体に結合し、ホルモン作用を示す

環境ホルモンによる内分泌 機能への影響

■ ホルモン: 特定の臓器で作られ、血行によって遠くへ運ばれて特定の標的器官に作用し、少量で特異的効果を示す物質



核内受容体への影響

栄養素の機能と安全性

一次機能(栄養機能): 家畜の生産性を高めるために必要な栄養素の機能(養分
要求量)

二次機能(感覚機能): 家畜の飼料摂取量
を増加させる機能(嗜好性)

三次機能(生体調節機能): 家畜の恒常性
維持に必要な栄養素の機能(生体防御)



畜産物の安全性を高めることが必要

安全性の評価

食べ物の価値の変化

・旨い・美しい・安い → 安全・健康

安全性の評価 (食品に関わる物質): 有害成分 (発ガン物質)、必須成分、不活性成分 (環境ホルモン: 人類の将来に影響)

- ・不特定多数が曝露
- ・広範に分布
- ・循環・生物濃縮

ダイオキシンと畜産物

- ・ダイオキシン濃度：牛乳1.98pg/g、牛肉0.90pg/g (Stevensら、1988)
- ・ダイオキシンの糞中(58%)と牛乳中(20%)への移行 (McLachlanら、1990)
- ・焼却場から排泄されたダイオキシンによる牛乳(最大値：脂肪換算6.3pg-TEQ/g)の汚染 (中野ら、1998)
- ・ダイオキシン類は魚介類にもっとも多いが、畜産物にも比較的多く含まれる(発ガン性、催奇形性などもある)

飼料作物に利用される農薬 (環境ホルモンの疑いがあるもの)

- **アトラジン、シマジン**: トリアジン系除草剤であり、飼料作物の栽培に利用されている。アトラジンは抗アンドロゲン活性があり、エストロゲン刺激活性を抑制する(子宮内発育遅延などの疑い)
- **アラクロール**: アセトアニリド系の除草剤で土壌処理剤として利用(腫瘍形成作用の疑い)
- **2,4-ジクロロフェノキシ酢酸、ベノミル**など

ビスフェノールA

ビスフェノールAなどの環境ホルモンにはエストロゲン作用がある



- ・核内受容体を介して、繁殖機能、免疫機能などにさまざまな悪影響を及ぼす危険性がある
- ・標的となる受容体は50以上と考えられているが、作用機序は未解明

ビスフェノールA

- ・2004年に魚類では環境ホルモンと認めたが、ヒトなど哺乳類への影響は明らかでなかった

- ・動物の胎児などに神経異常などをもたらす懸念があるとして、2008年に内閣府の食品安全委員会にヒトへの健康影響評価を諮問したが、FAOなどは下記の数値を提示している

- ・ **無毒性量 (NOAEL) : 5mg/kg/BW/ day**
- ・ **耐容一日摂取量 (TDI) : 50 μ g/kg/BW/day**

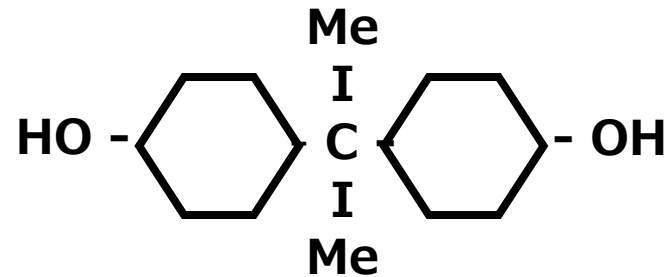
Bisphenol A (BPA)とは

原料: ポリカーボネート樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、可塑性ポリエステル樹脂、
ポリサルホン樹脂、ポリアリレート樹脂

安定・酸化防止剤: 塩化ビニル樹脂

ポリカーボネート製品からの溶出

- ・幼児用食器: 4.6 ppb (95 C, 30 min)
- ・哺乳びん: 0.3~2.5 ppb (同上)
- ・給食用食器: 0.31~20.4 ppb(同上)



エポキシ樹脂からの溶出

- ・野菜水煮缶: 0.1~22.9 ppb
- ・魚肉缶詰: 0.1~319 ppb
- ・缶コーヒー: 3.3~213 ppb

核内受容体の遺伝子発現調節

- 遺伝子発現調節はDNAの特定のヌクレオチド配列に特異的に結合する転写因子と呼ばれるタンパク質が反応して、遺伝子の転写が促進されることによる



核内受容体を介する遅い反応

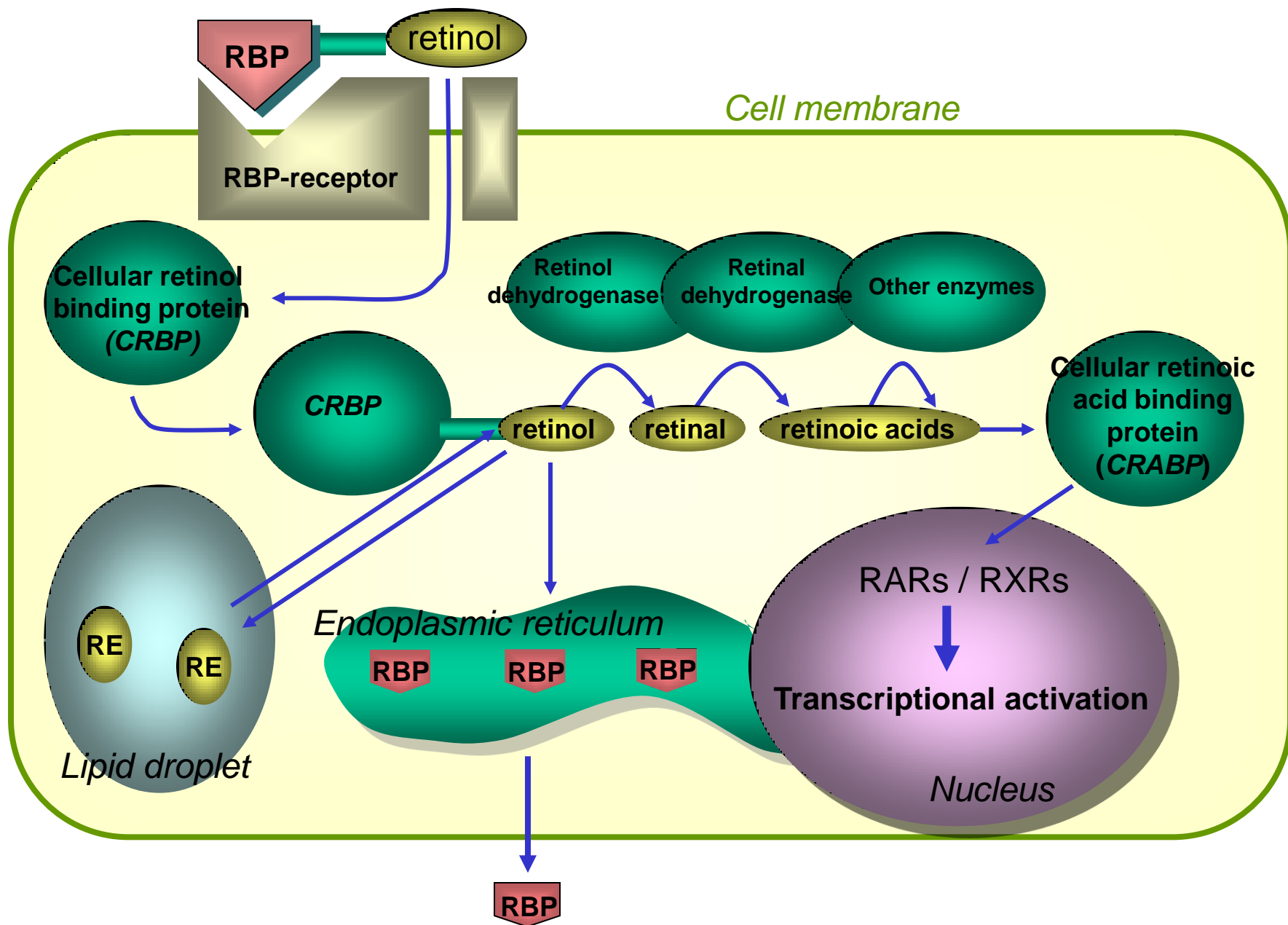
ジエチルstilベストール(DES)の悪影響

- エストロゲン活性を有する非ステロイド性の合成化合物(合成エストロゲン)。
 - 流産抑止・胎児生育亢進・乳汁分泌亢進薬
 - 流産、死産の頻発
 - 性成熟後の子に子宮頸癌・睾丸癌・受精不能など多発(胎盤通過性の発癌性物質)
 - 1971年に使用禁止



胎児体内にエストロゲン物質が侵入すると非常に危険と認識された(環境ホルモンの原点)

レチノイン酸シグナル伝達経路



レチノイン酸の役割

- RXR (レチノイドX受容体) α は、リガンド存在下でさまざまなオーファンレセプターのヘテロダイマーのパートナーとなり、さまざまな遺伝子の転写活性を制御する
- レチノイン酸は、胎仔の発生において神経系の発生、骨形成、肢芽形成などに必須
- レチノイン酸は、母体が動物性や植物性の食物から摂取したレチノールが胎盤を介し胎仔組織に到達し、胎仔組織内で合成