

環境循環(生態系循環)のしくみと人類の活動の影響

2017年8月29日

長野県地球温暖化防止活動推進員・気象予報士)宮澤

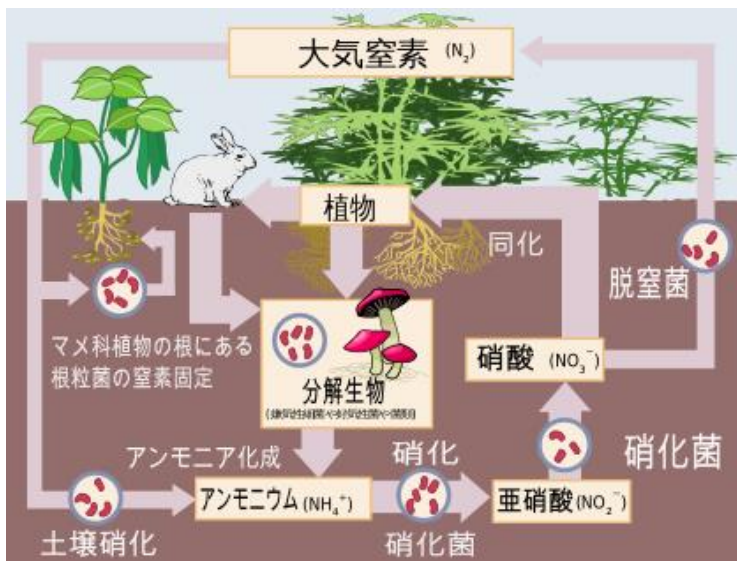
<生物地球化学的循環>

生態系や地球環境が循環することを、生物地球化学循環と呼びます。あらゆる物質が循環していますが、生物(生態系)や環境問題と関係が深い物質をピックアップします。また、人為的な微量化学物質も取り上げます。

<炭素循環> 大気への放出: 自然発生210、人為的発生7.1 (単位:10億トン)⇒地球温暖化問題

<水循環> 生物(生態系)の必須物質ですが、地球科学的なフローが圧倒的に大きい。

<窒素循環> 窒素は大気中にたくさんある。約78%。生物の必須元素 しかも 主要元素。アミノ酸⇒タン



パク質。ところが、ほとんどの生物は、大気中の窒素を直接利用できない。

<微生物による窒素酸化・窒素還元>

左図: 出典: ウィキペディア(利用は許可されている CC3.0)

<産業革命前:生態系へのN供給>

- ・微生物的窒素固定
- ・化学的風化
- ・空中放電(雷)

<工業的窒素固定の発明>

ハーバーボッシュ法:

1906年 ドイツで開発。画期的な発明である。(発明者 フリッツ・ハーバー、カール・ボッシュともにノーベル賞受賞)

化学式: $N_2 + 3H_2 \Rightarrow 2NH_3$

高温(500°C) 高圧(1000気圧) + Fe 触媒

$NH_3 \Rightarrow NH_4^+$ 窒素肥料⇒小麦増産⇒パン ※) 空気と水と石炭からパンをつくらんと歓迎されました。

日本の食糧供給に係る窒素フロー: (単位:千トン/年)

	1960年	1997年	増減
食糧輸入;	110	1212	+1102
輸入+国内生産:	881	1712	+831
リサイクル量	521	526	+5
リサイクル率:	59%	31%	
肥料⇒農地	693	494	-199
環境への流出量:	967	1675	+708

★松本市の地下水汚染: 環境基準: 硝酸性窒素および亜硝酸性窒素: 10ppm以下

2017年松本市環境白書)2015年の測定値より: **25か所中、5か所で基準超過。**

空港東:11ppm、稲倉:15ppm、板場:11ppm、笹賀:12ppm、神林:12ppm

ベスト3は: 島内:0.35ppm、深志:0.39ppm、梓川倭:0.47ppm

<リン循環>

生物の重要元素: 動物・微生物:1~3%:DNA、RNA、ATP、ADP、細胞膜(リン脂質)、骨・歯の成分

大気中にはほとんどなく、自然生態系の中では、陸上でも、海中でも、大部分が内部循環でリサイクル利用されています。(陸上:60百万トン、海中:1,000百万トン)

自然界から生態系への供給は、リン酸塩鉱物の自然風化であり、年間0.6百万トン程度と、非常にわずか。

<人間活動の影響> リン鉱石を採掘して利用。工業利用もあるが、大部分は、肥料としての利用。自然界からの供給に比べて莫大であり、生態系循環に大きな影響を与えています。(12百万トン/年、自然風化の20倍)

日本の場合は、食糧輸入、肥料輸入により、最終的に、環境に蓄積されていくため、汚染が深刻です。

<輸入にともない日本に持ち込まれたリン(P)の行き先>

持ち込み: 肥料 35 万トン、農畜産物 31 万トン、工業原料 4 万トン 合計 70 万トン P/Year

排出: 土壌蓄積 53 万トン、水域流出 9 万トン、廃棄物 5 万トン、輸出 1 万トン

<硫黄循環> 環境循環量: (単位: 100 万トン/年)

	産業革命前	現在	増減	
陸⇒大気	42	135	+103	※)産業排出等(化石燃料燃焼等)
陸⇒海	104	213	+109	※)産業排水、肥料
海⇒大気	197	197	0	
大気⇒陸	32	84	+52	※)酸性雨
大気⇒海	207	258	+51	※)酸性雨

自然循環に対して、化石燃料の燃焼等による影響が非常に大きいことが分かります。⇒酸性雨の発生等

<大気の微量成分の影響> (大気中の濃度: 産業革命前 ⇒現在)

二酸化炭素(CO₂): 280ppm ⇒400ppm、メタン(CH₄): 722ppb ⇒1845ppb

一酸化二窒素(N₂O): 270ppb ⇒328ppb

<メタン> 温室効果係数=25 (※CO₂の25倍ということ)

自然発生: 215百万トン/年

人為的発生: 430百万トン/年(化石燃料由来:117、廃棄物:68、家畜のゲップ:116)

自然消失: 対流圏でOHラジカルにより分解する。

人為的発生が、自然発生よりはるかに大きい。自然消失が間に合わず、大気中の濃度が急増しています。

<一酸化二窒素(N₂O)> 温室効果係数=298 オゾン層破壊物質(無指定だが)

自然発生: 9.6百万トン/年

人為的発生: 7.5百万トン/年(窒素肥料の分解等による)

自然消失: 安定なため、対流圏では分解しにくい。成層圏で紫外線分解。その過程で、オゾン層を破壊する。

成層圏での反応: $N_2O + O \Rightarrow 2NO$ $NO + O_3(オゾン) \Rightarrow NO_2 + O_2$

$NO_2 + O \Rightarrow NO + O_2$ 連鎖反応となっており、N₂Oが新たに供給されなくても、オゾンを破壊し続ける。

<フロンガスとオゾン層破壊>

フロン類: 人工化学物質。炭化水素(メタン、ブタン等)の水素をフッ素、塩素等に置き換えたもの。安定で無害な物質として、冷媒や洗浄溶剤に大量使用されました。

メタン CH₄ ⇒CFCl₃(CFC-11、フロン11)、CF₂Cl₂(CFC-12、フロン12)

オゾン層破壊のプロセス:

大気中(対流圏)では安定なフロンが、成層圏に達すると、紫外線によって、分解し、遊離塩素が発生する。

フロン11 CFCl₃⇒CL(遊離塩素)+CFCl₂

CL+O₃(オゾン)⇒CLO+O₂

2CLO⇒CL₂O₂⇒2CL+O₂ この塩素が、また同じ反応を起こす。塩素が1個あるだけで、同じ反応が、無限に繰り返される。(連鎖反応という。) このようにして、たった1個の塩素で、1万~10万のオゾン分子を破壊します。

<酸性雨><酸性雨の定義>

大気中の二酸化炭素CO₂も少量、融け込んで、弱酸としてふるまうため、pH=7が基準ではありません。

CO₂=360ppmでpHを計算すると、pH=5.62となります。CO₂の影響を除外するため、酸性雨の定義は、

pH<5.6 としています。

SOX(硫酸化物)の問題: 化石燃料の燃焼で発生します。日本では、脱硫装置等の公害対策で、ほとんど問題にならないレベルですが、それでも、自然由来の10倍くらいの汚染があり、濃度としては、5ppbくらいとなっています。大きなものは、越境汚染で、中国起源が約半分を占めます。

SO₂の溶解平衡定数:K₁=2.0 (CO₂の50倍)

H₂SO₃(亜硫酸)の電離平衡定数: K₂=2.0×10⁻² (CO₂の5万倍)

これによりpHを計算してみると、pH=4.85となります。微量でも酸性雨になるということです。

<酸性雨の影響(被害)>

- ・植物の枯死・樹木の立ち枯れ等:
- ・土壌の酸性化: 植物に必要なカルシウムやマグネシウムが、イオン化して流出する。植物に有害なアルミニウムや重金属が、イオン化して溶け出す。⇒水系の生物にも被害が及ぶ。
- ・建造物・文化財の被害: 銅像、歴史的建造物への被害。ビルや橋梁の鉄筋。鉄骨の腐食。大理石の彫刻、歴史的建造物も溶け出す。(※大理石は炭酸カルシウム。海の生物の殻等が起源)