

炭酸ナトリウム sodium carbonate

化学式 Na_2CO_3 俗に炭酸ソーダまたはソーダsoda と呼ばれる。無水和物はソーダ灰, 10水和物 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ は結晶ソーダまたは洗濯ソーダとも呼ばれる。化学工業上最も重要な製品のの一つである。天然には, 1水和物 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ がサーモナトライト thermonatrite(thermo- は熱の意。高温での晶出に由来する名)として産出。

〔性質〕

無水和物は無色の粉末。融点 852°C 。比重2.533。屈折率1.535。

1000°C における解離圧19torr(mmHg)。吸湿性がある。

水100gへの溶解度7.1g(0°C), 48.5g(104°C)。

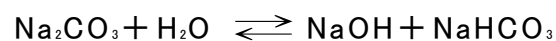
エチルアルコール, エーテルに不溶。10水和物(単斜晶系。比重1.45。

屈折率1.425), 7水和物(斜方晶系。比重1.51), 1水和物(斜方晶系柱状または板状晶。比重1.56)があり, いずれも特有のアルカリ刺激性辛味を有する無色の結晶。水溶液からは 32°C 以下で10水和物, $32\sim 35^\circ\text{C}$ で7水和物, 35°C 以上で1水和物が析出する。10水和物は空气中で風解して1水和物となりやすく, 32°C で結晶水に溶ける。1水和物は潮解性があり, 100°C 以上で結晶水を失う。

水100gへの溶解度は, 10水和物21.5g(0°C), 45.5g(30°C), 1水和物48.9g(40°C)。

10水和物はエチルアルコールに不溶。1水和物は 25°C でグリセリン100gに14g溶け, エチルアルコール, エーテルに不溶。

水溶液は加水分解して強いアルカリ性を示し, 二酸化炭素を吸収して炭酸水素ナトリウムを生成する(CO_2 の吸収率は 50°C で最大)。



〔工業的製造法〕

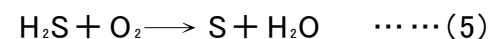
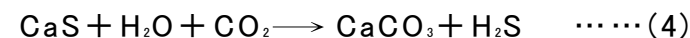
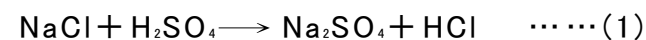
工業塩 NaCl の分解により製造する方法, 苛性ソーダ(水酸化ナトリウム)の炭酸化, 天然ソーダの精製, の3方式がある。日本ではおもに工業塩から製造する方法によるが, 必要に応じ苛性ソーダの炭酸化も行われている。

工業塩からの製造

乾式分解法と湿式分解法とがある。前者にルブラン・ソーダ法, 後者にアンモニアソーダ法および塩安ソーダ法がある。アンモニアソーダ法はソルベー・ソーダ法(ソルベー法)とも呼ぶ。塩安ソーダ法はアンモニアソーダ法の合理的改良法である。

〔ルブラン・ソーダ法(ルブラン法)〕Leblanc sodaprocess

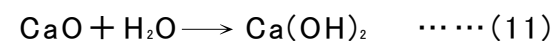
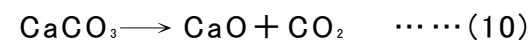
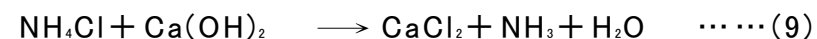
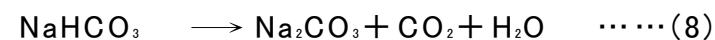
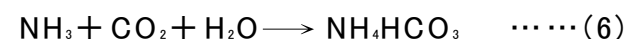
1778年フランスの N. ルブランの発明が, 1823年にイギリスで工業化され, ソルベー法の興隆までの約100年間は本法の全盛時代であったが, 現在は工業的には消滅した。次の反応群で構成されるプロセスである。



(1)(2)が費用のかかる高温乾式処理であり, 製品 Na_2CO_3 の純度もアンモニアソーダ法より劣った(40~45%)ので, 後発の新法に対抗できなかった。(1)の応用により KCl から K_2SO_4 を製造する方式は現在も行われている。(5)の S から H_2SO_4 をつくれれば, 循環工程になる。

〔アンモニアソーダ法〕 ammonia soda process

1860年代に E. ソルベーが発明, 工業化した。関連反応は次の(6)~(11)で, (7)の溶液中の複分解反応が主体である。



まず工業塩を水に溶かし濃厚かん(鹹)水とし, アンモニアガスを吹き込みアンモニアかん水(安かん水)をつくる。次に炭酸化塔で二酸化炭素を吸収させる。(6)で生成する炭酸水素アンモニウムにより液中で NaCl が分解される。(7)で生成した炭酸水素ナトリウム(重曹)の溶解度が系中最小なので水冷することにより沈殿となる。これをろ(濾)別し, 焙焼すると(8)の炭酸ナトリウムとなる。具体的には粗製重曹を焙焼して軽質ソーダ灰を得, これを加水すると $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ となるので, さらに乾燥脱水させて重質ソーダ灰とする。(7)の母液に $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (石灰乳)を加え加熱蒸留し, NH_3 を回収循環させる。(8)と(10)との双方で CO_2 が生じるので, これを(6)に循環させる。全反応を総合すると,



の複分解がこの方法の主旨であることがわかるが, 直接には進行しえないため(6)~(11)に分割して目的を達する。

(7)は化学平衡になるため、工業的 NaCl の利用率は70～73%が限界値である。すなわち未反応の NaCl は廃液中に残る。この点を改良する目的で、NaHCO₃分離母液中から NH₄Cl を副製品として析出分離させるというプロセスが、すでに1880年代にまず提案された。シュライブ法(ないし新シュライブ法)または深冷法(冷却法)と呼ぶ一連の方式がそれである。NaHCO₃母液に精製塩 NaCl を飽和させ、液を0～5℃程度に冷却して NH₄Cl を析出させる方法で、深冷法の名称はこれに由来する。この方式ではNH₄Cl に NaHCO₃が共沈する欠点があった。これを改め技術的完成度を高めたものが塩安ソーダ法で、日本独自の開発になり、1950年ころから工業化された。原料塩のほとんど全部を輸入に頼る日本では NaCl の完全利用を必須とする。原料系として NaCl, NH₃, CO₂, NH₃が順次添加され、生成系として NaHCO₃, NH₄Cl が交互に析出する。その結果 Na の利用率は理論上100%になる。シュライブ法との差異は、NaHCO₃分離後一度 NH₃を吸収させてから NaCl を加えるよう改めた点にある。本来のア法での石灰焼成炉、アンモニア蒸留塔が不要になるが、一方アンモニア合成設備を必要とする。CO₂は NH₃合成時の副生物として得られるので、それを利用する。本法は無機化学工業における完全循環工程の実施例として意義が大きい。

アンモニアソーダ法の他の方法

シュライブ法もむろんその一つであり、ほかにも次ような方法がある。

ツァーン法(中間塩法)は易溶性の他種ナトリウム塩 NaX(X=SO₄, NO₃など)を共存させた溶液に固体 NH₄HCO₃を添加し、NaHCO₃を析出させる。

液体アンモニア法(液安法)はNaCl が液体 NH₃に対し高溶解性をもつことを利用し、カルバミン酸ナトリウムをつくり、これを水蒸気分解して NaHCO₃を得る。

[苛性ソーダの炭酸化]

工業塩電解で苛性ソーダと塩素とを同時生産する際、需要バランスの関係で、苛性ソーダが供給過剰になった場合に、その一部を炭酸化して炭酸ナトリウムに転換する。すなわち苛性ソーダ溶液(48%)に炭酸ガスを反応させて炭酸ナトリウムを液中につくらせる。次に濃縮して Na₂CO₃・H₂O または Na₂CO₃を析出分離させる。1水和物の場合焙焼して Na₂CO₃とする。



[天然ソーダの精製]

大量のソーダ資源を利用して工業的に実施しているのは、アメリカ、ケニアである。アメリカではトロナ鉱石を採掘し(ワイオミング州南西部に多い)、焙焼、水溶解、再結晶などの各工程を経て炭酸ナトリウムを得る。



[用途] 板ガラスをはじめ各種ガラス製品の主原料の一つ、鉄鋼の脱硫用、乾式リン肥製造副原料、苛性ソーダ・重曹・水ガラス・縮合リン酸ソーダなどの工業薬品系各種ナトリウム塩の原料、調味料(アミノ酸など)の原料、セッケンの製造ならびに粉セッケンその他の洗剤の配合用、染料・香料・医薬・農薬等のアルカリ源として用いられ、また分析および合成用試薬ともされる。

ソーダ soda

炭酸ナトリウム Na₂CO₃の俗称。曹達と書くこともある。

頭痛(の薬)を意味するアラビア語 *ʿud'* に由来。

広義には炭酸ナトリウム Na₂CO₃またはその水和物(俗称、炭酸ソーダ)、水酸化ナトリウム NaOH(苛性ソーダ)、炭酸水素ナトリウム NaHCO₃(重炭酸ソーダ、略称重曹)の総称。狭義には結晶ソーダ(Na₂CO₃・10H₂O、洗濯ソーダとも呼ぶ)をさす。

また、11番元素ナトリウム Na を含むことを示す意味で、硫化ソーダ、酢酸ソーダ、ソーダ鉄ミョウバンのように、化合物名としてのナトリウムをソーダでおきかえて使うこともある。(例： 酢酸ナトリウム→酢酸ソーダ)

窯業、岩石学・鉱物学、化学工業では酸化ナトリウム Na₂O 成分のことをソーダと呼び、それぞれソーダ石灰ガラス・ソーダ灰、ソーダ雲母・ソーダ長石(ソウ長石)、ソーダ石灰・ソーダセッケン・ソーダ電池のように用いる。

二酸化炭素を圧入した清涼炭酸飲料水のことを俗にソーダ水ないしソーダなどと呼んでいるのは、Na₂CO₃+酸→CO₂↑からの連想にもとづく誤用である。

天然ソーダ natural soda

天然に存在する炭酸ナトリウム(ソーダ)質の資源をいう。

北アメリカ、アフリカ、旧ソ連南部、インド、中国などに産出する。

降雨の少ない乾燥地帯で、ソーダ分を高濃度に含む鹹(かん)湖が蒸発して層状に生成している例が多い。日本には存在しない。

ケニア、アメリカの天然ソーダのみは工業的に利用されている。

鉱床はトロナ trona と称し、成分は Na₂CO₃・NaHCO₃・2H₂O(セスキ炭酸ナトリウム)である。採掘、焙焼、水溶解、再結晶などの精製工程を施して、炭酸ナトリウムを製造する。ケニアのマガディ湖はソーダ湖として有名で、1904年に発見され、トロナ埋蔵量2億tといわれた。古くから小規模の炭酸ナトリウム生産が行われている。

製品の純度は合成品より低い。アメリカの天然ソーダはカリフォルニア州のオーエンズ湖とシアレス湖、ワイオミング州のグリーン・リバーに産する。

とくにグリーン・リバー付近の埋蔵量は無尽蔵といわれ、かつ高純度で、有利なソーダ資源とされている。アメリカでは、炭酸ナトリウムの製造は、合成法から天然ソーダ法へとしだいに変換しつつある。

洗濯ソーダ washing soda

洗濯をする場合、炭酸ナトリウム Na2CO3などの弱アルカリ性物質を用いると、それ自体は界面活性を示さないが、汚れの油脂類などの遊離脂肪酸をケン化して可溶化し、またセッケンとなり、デンプン質など含水炭素系汚れを膨潤させて、水中に除去させるなどの効果が生じる。このように洗濯に際して洗淨用助剤として用いられるアルカリを洗濯ソーダという。炭酸ナトリウムを俗に洗濯ソーダともいうが、一般に用いられているものは炭酸ナトリウムを主体とし、これに若干アルカリ性を調整するために炭酸水素ナトリウムを加える場合もある。炭酸ナトリウムは結晶水の量により、無水和物(ソーダ灰)、1水和物、7水和物、10水和物(ザルソウ salsoda)がある。1水和物は安定であるが、10水和物は32℃以上で結晶水が分離し、かつそれに Na2CO3が溶解し、湿度の高い夏季には湿気を吸うといった潮解性を示す。家庭用洗濯ソーダには、速やかに水に溶けるという点で10水和物が多く用いられている。セスキ炭酸ナトリウム sodium sesquicarbonate Na2CO3・NaHCO3・2H2O はアルカリ性が弱く、繊維を傷めない、風化や潮解しないなどの理由から、羊毛、木綿の洗濯用に好んで用いられる。工業用などでアルカリ性を強くした洗濯用には炭酸ナトリウムと苛性ソーダを混合使用する場合もある(苛性化灰caustized ash)。セスキ炭酸ナトリウムおよび苛性化灰は変成ソーダ modified soda とも呼ばれる。洗濯ソーダは絹、人絹、羊毛のようにアルカリ性に弱い繊維には向かず、また洗淨力もセッケンに劣るが、重金属イオンを隠ぺいし硬水を軟化する等の効果があるためセッケンの消費を防ぐので、セッケンと併用する場合が多い。

炭酸水素ナトリウム sodium hydrogencarbonate

この名称に相当する塩には一水素塩 NaHCO3と二炭酸一水素塩 Na2CO3・NaHCO3・2H2O とが知られており、単に炭酸水素ナトリウムというときは前者をさす。後者はその組成 Na3(CO3)(HCO3)・2H2O(Na と CO3のモル比3:2)からセスキ炭酸ナトリウム sodium sesquicarbonate(sesqui- は1嚶を表す接頭語)と俗称されることもある。

[炭酸水素ナトリウム] 化学式 NaHCO3。酸性炭酸ナトリウムともいう。Na1mol当りの発生 CO2の量が正塩 Na2CO3の2倍であることから、重炭酸ナトリウム、重炭酸ソーダ sodiumbicarbonate(重曹(じゅうそう)と略称)などの俗称もある。天然にはナーコ石 nahcolite(成分元素からの NaHCO-lite に由来)として産出する。独特の弱い辛味を有する無色単斜晶系の微細結晶。 結晶中には水素結合による(HCO3⁻)∞の鎖が存在し、鎖中の O－H…O の結合の長さは2.595 Å。比重2.20。屈折率1.526。

水100gへの溶解度6.9g(0℃), 8.8g(15℃), 16.4g(60℃)。エチルアルコールに不溶。熱すると二酸化炭素と水を放って分解し、270℃以上で無水炭酸ナトリウムになる。

2NaHCO3 → Na2CO3+ CO2+ H2O

水溶液は加水分解して微アルカリ性を示す。 NaHCO3+H2O ⇌ H2CO3+NaOH

水溶液を加熱すると65℃以上で二酸化炭素を放って分解する。

工業的には炭酸ナトリウムの含水塩に二酸化炭素を通じてつくる。

純粋な製品を得るには、純粋な炭酸ナトリウムの飽和水溶液に二酸化炭素を通じて結晶を析出させ、ろ(濾)別後、二酸化炭素気流中で乾燥する。また、アンモニアソーダ法による炭酸ナトリウム製造の中間生成物として大量につくられるが、不純物として塩化ナトリウム、塩化アンモニウムを伴うので、65℃以下で水溶液から再結晶精製する(〈炭酸ナトリウム〉の項参照)。ナトリウム塩の製造、高純度二酸化炭素の発生剤、ベーキングパウダー、絹や羊毛の洗淨剤となる。医薬品としては内服用、主として制酸剤とされる。また種々の薬物の使用のさいに、胃障害を防ぐ目的などで併用される。

[二炭酸一水素三ナトリウム sodiummonohydrogendicarbonate] 化学式Na2CO3・NaHCO3・2H2O。天然にはトロナ trona としてアフリカおよびアメリカのソーダ泉、ソーダ湖中に堆積して大量に産出する。重要な天然ソーダで、古代エジプト人がガラスやセッケンの製造に用いたといわれる。天然のものは無色、灰色ないし黄色の単斜晶系柱状晶、合成したものは無色針状の結晶性粉末。比重2.112。屈折率1.5073。水100gへの溶解度13g(0℃), 42g(100℃)。NaHCO3と Na2CO3を等mol含む水溶液から35℃以上で結晶として得られる。炭酸ナトリウムより風解しにくく、アルカリ性が弱いため、羊毛、毛織物の洗濯に使用される。

炭酸水素ナトリウム『ウィキペディア（Wikipedia）』

Sodium Hydrogen Carbonate、Sodium Bicarbonate、重炭酸ナトリウム、重炭酸ソーダ、重曹)はナトリウムの炭酸水素塩。常温で白色の粉末状。

pH はアルカリ性を示すものの、フェノールフタレインを加えても変色しない程度の弱い塩基性である。水には少し溶解し、メタノールにも僅かに溶解するものの、エタノールには不溶。具体的には、水(0℃)100gにつき 6.9g、水(20℃)100gにつき 9.6g、メタノール(25℃)100gにつき 0.8g、溶解する。

合成……塩化ナトリウム溶液の電気分解で得られた水酸化ナトリウム溶液に二酸化炭素を反応させて製造する。また、天然の鉱物を精製しても得られる。日本では旭硝子や東ソーなどが生産している。

反応……水への溶解度が低いため、ソルバー法の過程で沈殿し、炭酸ナトリウムの原料となる。水溶液での pKa は 6.3 で弱い塩基性を示す。

HCO3⁻ + H2O → H2CO3 + OH⁻

酸と反応して炭酸と塩を与え、炭酸は二酸化炭素と水に分解する。

NaHCO3 + HCl → NaCl + H2CO3

H2CO3 → H2O+ CO2 (気体)

酢酸と反応すると酢酸ナトリウムを与える。

$\text{NaHCO}_3 + \text{CH}_3\text{COOH} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ （気体）

塩基と反応して炭酸ナトリウムを与える。

$\text{NaHCO}_3 + \text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

熱分解……加熱によって炭酸ナトリウム、二酸化炭素、水の3つの物質に分解する。

粉末は270℃で分解。水溶液は放置しておいても徐々に分解してゆくが65℃以上で急速に分解する。なお常温・常圧であっても空気中には水分が含まれるため、放置しておくとしこずつ分解してゆく。

用途……消火剤：粉末化し、流動性付与剤として無水ケイ酸やホワイトカーボンを加え、防湿剤として金属石鹼やシリコンオイルをコーティングしたものが消火剤として用いられる。消防法施行規則第21条の規定による第一種粉末消火薬剤であり、**B**火災（油火災）と**C**火災（電気火災）に適応していることから、**BC**粉末消火剤とも呼ばれる。粉末の消火薬剤は消火原理は熱分解によって生成されたナトリウム金属イオンが燃焼反応で生じる遊離基（**OH**・、**H**・）と結合することで燃焼の継続を抑制する。安価な事から、化学消防車や消防艇の粉末消火装置に用いられる。

また、酸と反応し二酸化炭素を発生するので、泡消火器、酸アルカリ消火器にも用いられる。鉛蓄電池の電解液（希硫酸）の中和剤としても用いられる。

調理……食品添加物として用いられる。加熱によって分解し二酸化炭素を発生する性質から、ベーキングパウダーなどとして調理に使われる。口中で炭酸ガスを発生させるソーダ飴などには粉末で封入される。ワラビなどの山菜のアク抜き、松の実などの臭み取り、豆を早く煮るため、肉を柔らかくする下ごしらえ、グレープフルーツや夏みかんの強烈な酸味を中和させるために直接かけたり、冷凍エビの食感改善などにも使うことができる。さらには、マクビティに代表されるダイジェスティブビスケット類には、重曹が多く使われている。このように食用ともされることから安全性が高いと見られている。しかし大量に摂取するとアルカローシスなどの問題を引き起こす恐れがあるとされているので、特に幼児が誤食しないように注意する必要がある。合わせて、体重1kg当り約1.26gで呼吸器に異常をきたすとのデータもある（ただし、通常の場合これほどの量を摂取することは考え難い）。

炭酸水……炭酸水素ナトリウムとクエン酸を混ぜると炭酸ガスが発生し炭酸水となるので飲料としても用いられ、レモンを加えレモンソーダにしたり、砂糖を混ぜサイダーを作るということも可能である。

洗浄・脱臭……研磨効果、鹼化（乳化）効果から、洗剤や洗剤の補助として、衣類の洗濯や、ティーカップなどの茶渋落とし、換気扇などの固着した油汚れ・焦げ落としに使用されたりする。重曹は、水質汚染で問題とされる**BOD**・**COD**値がなく、環境ホルモンも含まれていないため環境にやさしいとされる。また食品添加物としても使用できるくらい人体に対して安全であることも売りとなっている。ただし石けんなどの界面活性剤と比べると軽い汚れしか落ちないという意見もある。酸性の臭いに対する脱臭効果があり、肉・魚臭さを消したり、靴箱の脱臭剤などにも使用できる。最近では歯磨きやうがいなどにも使用されることがある。

入浴 ……天然の温泉に含まれる場合はとなり、これを模した入浴剤もある。炭酸水素ナトリウムは多くの入浴剤に配合されている。

医薬品……医薬品としては、胃酸過多に対して制酸剤として使われる。ただし胃液には塩酸が含まれているために、炭酸水素ナトリウムは急速に分解し二酸化炭素の気泡が発生する。この気泡が胃を刺激し、さらなる胃液の分泌を促進することが知られている。また点滴剤はアシドーシスの対症療法に用いられる。ただし近位尿細管性アシドーシスに対しては、点滴ではなく経口的に投与し続けることでアシドーシスの補正を行う。なお投与がナトリウムの過剰摂取につながり高ナトリウム血症になることが稀にある。

農業・園芸……酸性の土壌の中和に用いれば、アルカリ性の土壌を好む植物の生育がよくなる。農作物や人畜及び水産動植物に害を及ぼす恐れがないことが明らかなものとして、安全性の認められた特定農薬（特定防除資材）の1つであり、有機栽培でもウドンコ病等を防除するために使用される。農薬としてハーモメイトが登録され、一般に販売されている。

学習目的の実験……中学理科の「化合物の分解」でよく用いられ、生成する二酸化炭素を石灰水の白濁から、水を塩化コバルト紙の赤変から確認する。この実験を行う際、水が加熱部に逆流して試験管が割れるのを防ぐために、加熱する試験管の口をやや下向きにしておく必要がある。

$2\text{NaHCO}_3 \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ （熱分解）