

ウィキペディア

酸化チタン(IV)

出典: フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』

酸化チタン(IV)（さんかチタン よん、英: titanium(IV) oxide）は組成式 TiO₂、式量**79.9**の無機化合物。チタンの酸化物で、二酸化チタン(英: titanium dioxide)や、単に**酸化チタン**(英: titanium oxide)、および**チタニア**(英: titania)とも呼ばれる。

天然には金紅石（正方晶系）、銳錐石（正方晶系）、板チタン石（斜方晶系）の主成分として産出する無色の固体で光電効果を持つ金属酸化物。屈折率はダイヤモンドよりも高い。

目次

構造

化学的性質

用途

顔料・着色料
光触媒
化学物質や微生物などの分解
オフセット印刷
触媒担体
日焼け止め
色素増感太陽電池

製造

発がん性

出典

参照文献

関連項目

外部リンク

構造

結晶構造にはアナターゼ型（正方晶）、ルチル型（正方晶、図参照）、ブルッカイト型（斜方晶）がある。アナターゼ型の酸化チタン(IV)を900 °C以上に加熱すると、ルチル型に転移する。また、ブルッカイトを650 °C以上に加熱すると、やはりルチル型に転移する。ルチル型は最安定構造であるため、一度ルチルに転移すると低温に戻してもルチル型を維持する。

化学的性質

酸化チタン(IV)は、フッ化水素酸、熱濃硫酸および溶融アルカリ塩に溶解するが、それ以外の酸、アルカリ、水および有機溶剤には溶解しない。

酸化チタン(IV)	
 <div>酸化チタン(IV)の粉末</div>	
 <div>酸化チタン(IV)の結晶構造</div>	
IUPAC名	[表示]
別称	[表示]
識別情報	
CAS登録番号	13463-67-7
E番号	E171 (着色料)
KEGG	C13409 <div> (https://www.kegg.jp/entry/C13409)✓</div>
RTECS番号	XR2775000
特性	
化学式	TiO ₂
モル質量	79.87 g/mol
外観	白色固体
密度	構造により異なる
融点	1870 °C
沸点	2972 °C
熱化学	
標準生成熱 Δ _f H°	−944.7 kJ mol ^{−1} (rutile) ^[1]
標準モルエンタルピー Δ _f G°	50.33 J mol ^{−1} K ^{−1} (rutile)
標準定圧モル比熱, C _p °	55.02 J mol ^{−1} K ^{−1} (rutile)
危険性	
EU分類	分類無し
NFPA 704	<div><div><div><div><div>0</div></div></div><div><div><div>1</div></div><div><div>0</div></div></div></div></div>
発火点	不燃性

アナターゼ型のバンドギャップは**3.2 eV**であり、**387 nm**(紫外線)より短波長の光を吸収すると価電子帯の電子が伝導帯に励起され、自由電子と正孔を生成する。これはいわゆる光触媒である。通常、自由電子と正孔は直ちに再結合し、熱に変わる。しかし、この正孔の酸化力は非常に強いため、これら自由電子と正孔が例えば水と反応すると活性酸素種が生成される。活性酸素種の生成は二酸化チタンへの超音波照射によっても引き起こすことができる^[2]。

特記なき場合、データは常温 (25 °C)・常圧 (100 kPa) におけるものである。

600°C以上では水素ガスにより部分的に還元され、青色のチタン(III)の混ざった酸化物を生成する。ただし酸素に触れると速やかに酸化チタン(IV)に戻る。酸化チタン(IV)に担持した貴金属触媒を高温で水素還元すると、**SMSI (Strong Metal Support Interaction)** を発生しやすい。900°C以上の水素中で還元した場合は、濃青色で不定比組成の酸化チタンTiO_x (x=1.85~1.94) を生成する^[3]。この組成では常温常圧で酸素に触れても安定である。不定比組成の酸化チタンは斜方晶系の結晶構造をもち、熱電変換能を示す^{[4][5]}。

用途

顔料・着色料

白色の塗料、絵具、塗薬、化合織用途などの顔料として使われる。塗料の顔料には触媒としての活性の低く熱安定性等に優れるルチル型が用いられ、チタン白、チタニウムホワイト(英: titanium white)と呼ばれ、高い隠蔽力を持つ。絵具として他の色と混ぜて使った場合、日光に長期間さらされると光触媒の作用によって脱色したり、絵具が割れてしまったりする可能性があるが、この問題を防ぐため無機材料によるコーティングも顔料に施される^{[6][7][8][9][10]}。また、人体への影響が小さいと考えられているため、食品や医薬品、化粧品の色料（食品添加物）として利用されている。

光触媒

アナターゼ型とルチル型が用いられるが、アナターゼ型の方がバンドギャップが大きく一般的に光触媒としての活性が高い。

化学物質や微生物などの分解

387 nmより短波長の光を受けると、水と反応して活性酸素種を生成する性質がある。活性酸素種は非常に強い酸化力を持ち、化学薬品や細菌などに対して分解作用を示す。酸化チタン(IV)を含む壁や床のコーティングは、ブラックライト(紫外線ランプ)の照射により殺菌処理できる^[11]。酸化チタンの分解剤としての特徴として以下があげられる^[12]。

1. 照射する光強度を制御することで、分解活性を調節することができる。
2. 光強度が一定のとき、反応速度、すなわち基質に対する作用の強さも一定となる。
3. 光のON/OFF操作で、その効果を瞬時に変更できる。活性酸素種の寿命は非常に短く、OFF後には直ちに消失して反応系内に残留しない。

酸化チタンナノ粒子は、高分子電解質のポリアクリル酸(PAA)で化学修飾して、中性pH溶液中に懸濁させることができる^[13]。酵素や抗体タンパク質と結合したPAAと、酸化チタンナノ粒子を組み合わせる研究が、がん治療や水処理への応用を目標として行われている^{[14][15][16][17]}。

オフセット印刷

光を照射すると導電化する性質を利用し、オフセット印刷の感光体として用いられている。感光波長が紫外域のため、明室処理が可能である。酸化亜鉛を利用した従来のものよりも耐久性が高く、解像度も高い。

触媒担体

固体触媒の担体として用いられる場合がある。

日焼け止め

400 nmよりも短波長の光を強く吸収する一方で、可視光吸収は無いため日焼け止め（サンスクリーン剤）にも使われる^[18]。

色素増感太陽電池

色素増感太陽電池の開発において、増感色素を担持させて可視光線～赤外線を取り込む電極材料として注目されている。

製造

工業的生産では原料にルチル鉱石またはイルメナイト鉱石 (FeTiO₃) が用いられている。主な製造法には塩素法英: chlorine method (気相法英: gas phase method) と硫酸法英: sulfuric acid method (液相法英: liquid-phase method) の二種類があり、欧米では塩素法、日本では硫酸法が主流である。

塩素法

原料(ルチル鉱石)をコークス・塩素と反応させ、一度ガス状の四塩化チタンにする。ガス状の四塩化チタンを冷却して液状にした後、高温で酸素と反応させ、塩素ガスを分離することによって酸化チタンを得る。

硫酸法

原料(イルメナイト鉱石)を濃硫酸に溶解させ、不純物である鉄分を硫酸鉄(FeSO₄)として分離し、一度オキシ硫酸チタン(4)にする。これを加水分解するとオキシ水酸化チタン(TiO(OH)₂)となり沈殿する。この沈殿物を洗浄・乾燥し、焼成することによって酸化チタンを得る^[19]。



イルメナイト鉱石 (FeTiO₃)

日本では石原産業、堺化学工業、テイカ、チタン工業、富士チタン工業などが製造している。

アナターゼ型酸化チタンの2007年の日本国内生産量は39,071トンである。ルチル型酸化チタンの2007年の日本国内生産量は206,905トンである^[20]。

発がん性

世界保健機関は「発がん性の可能性がある」と指摘している。特に粉塵に関しては、疎水性の微粒子が肺に与える影響が懸念されている。IARC は、発がん性に関してグループ3（ヒトに対する発癌性が分類できない）に分類していたが、2006年にグループ2B（人に対して発がん性がある可能性があるもの）に変更している^[21]。妊娠中のマウスに皮下注射された酸化チタン(IV)ナノ粒子が、胎児の未発達な血液脳関門や精巣関門を通過して脳や精巣に到達し、機能低下を引き起こしたという報告もある^[22]。

出典

- [↑] D.D. Wagman, W.H. Evans, V.B. Parker, R.H. Schumm, I. Halow, S.M. Bailey, K.L. Churney, R.I. Nuttal, K.L.

- Churney and R.I. Nuttal, The NBS tables of chemical thermodynamics properties, *J. Phys. Chem. Ref. Data* 11 Suppl. 2 (1982).
2. ^ Nobuaki Shimizu; Chiaki Ogino; Mahmoud Farshbaf Dadjour; Kazuaki Ninomiya; Atsushi Fujihira; Kazumichi Sakiyama (2008). "Sonocatalytic facilitation of hydroxyl radical generation in the presence of TiO₂" (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350417708000758>). *Ultrasonics Sonochemistry* 15 (6): 988–994.
 3. ^ I. Tsuyumoto, H. Uchikawa (2000). "New Orthorhombic Titanium Oxide, TiO_{1.94}". *Journal of Materials Science Letters* 19 (23): 2075. doi:10.1023/A:1026733617500 (<https://doi.org/10.1023%2FA%3A1026733617500>).
 4. ^ I. Tsuyumoto, T. Hosono, M. Murata (2006). "Thermoelectric power in nonstoichiometric orthorhombic titanium oxides". *Journal of the American Ceramic Society* 89 (7): 2301. doi:10.1111/j.1551-2916.2006.00979.x (<https://doi.org/10.1111%2Fj.1551-2916.2006.00979.x>).
 5. ^ "新しい不定比酸化チタンを利用した熱電変換素子の開発 (http://www.nissan-zaidan.or.jp/membership/2001/05_seika/0045.pdf)". 日産科学振興財団研究報告書. 2009年2月1日閲覧。
 6. ^ http://nanonet.mext.go.jp/modules/news/article.php?a_id=690
 7. ^ 光触媒酸化チタンを用いたコーティング材 (https://web.archive.org/web/*/http://www.nipponpaint.co.jp/r&d/tc14/k1.pdf) – ウェイバックマシン
 8. ^ http://www.kanagawa-iri.go.jp/kitri/kouhou/kenkyu_houkoku/H19/12houkoku.pdf
 9. ^ 光触媒による水質浄化技術 (https://web.archive.org/web/*/http://www.photocatalysis.com/sekuninsya/sekuninsha_koushuu/3-5.suishitu-jouka-gijutu_.pdf) – ウェイバックマシン
 10. ^ Frank N. Jones. 油絵具とアクリル絵具の寿命に関する考察 (<http://www.turner.co.jp/art/golden/technicaldata/justpaint/jp12/longevity.html>) (原文 (<http://www.justpaint.org/aspects-of-longevity-of-oil-and-acrylic-artist-paints/>)). *Just Paint*, Issue 12, November 2004. Golden Artist Colors.
 11. ^ 荻野千秋 (2014). 日本農芸化学会. ed. "二酸化チタン粒子の生物学的応用 無機ナノ粒子への外部刺激による活性酸素生成の生物学的利用". *化学と生物 KAGAKU TO SEIBUTSU* 53 (1): 9–11.
 12. ^ 田谷正仁 (2010). "固体表面設計に基づく細胞制御" (https://www.sbj.or.jp/wp-content/uploads/file/sbj/8801_seibutsukoseki.pdf). *生物工学会誌* 88 (1): 11–17.
 13. ^ Chiaki Ogino; Koki Kanehira; Ryosuke Sasai; Shuji Sonezaki; Nobuaki Shimizu (2007). "Recognition and effective degradation of 17β-estradiol by anti-estradiol-antibody-immobilized TiO₂ nanoparticles" (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S138917230770169X>). *Journal of Bioscience and Bioengineering* 104 (4): 339–342.
 14. ^ 田谷正仁、二酸化チタン複合材料の調製と殺菌システムへの適用 (<https://doi.org/10.6013/jbrewsocjapan.105.507>) 『日本醸造協会誌』 Vol.105 (2010) No.8 p.507–511, doi:10.6013/jbrewsocjapan.105.507 (<https://doi.org/10.6013%2Fjbrewsocjapan.105.507>)
 15. ^ Kazusa Matsui; Miki Karasaki; Maiko Segawa; Sang Youn Hwang; Tsutomu Tanaka; Chiaki Ogino; Akihiko Kondo (2010). "Biofunctional TiO₂ nanoparticle-mediated photokilling of cancer cells using UV irradiation" (<http://pubs.rsc.org/en/Content/ArticleLanding/2010/MD/c0md00027b#divAbstract>). *MedChemComm* 1 (3): 209–211.
 16. ^ Kazuaki Ninomiya; Chiaki Ogino; Shuhei Oshima; Shiro Sonoke; Shun-ichi Kuroda; Nobuaki Shimizu (2012). "Targeted sonodynamic therapy using protein-modified TiO₂ nanoparticles" (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350417711002033>). *Ultrasonics Sonochemistry* 19 (3): 607–614.
 17. ^ Chiaki Ogino; Naonori Shibata; Ryosuke Sasai; Keiko Takaki; Yusuke Miyachi; Shun-ichi Kuroda; Kazuaki Ninomiya; Nobuaki Shimizu (2010). "Construction of protein-modified TiO₂ nanoparticles for use with ultrasound irradiation in a novel cell injuring method" (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960894X1000911X>). *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters* 20 (17): 5320–5325.
 18. ^ "日焼け止め成分(サンスクリーン剤)の有効成分一覧 (<http://www.yakujien.com/Pages/hukuyou/hiyake.html#Anchor-31775>)". 薬辞苑、オフィスマックス(大阪). 2009年2月1日閲覧。
 19. ^ チタン鉱 (<http://www.nirs.go.jp/db/anzendb/NORMDB/PDF/41.pdf>)
 20. ^ "経済産業省生産動態統計調査 (http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/ichiran/resourceData/02_kagaku/nenpo/h2dbb2007k.xls) (Microsoft Excelファイル)". 経済産業省. 2009年2月1日閲覧。
 21. ^ "TITANIUM DIOXIDE (<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/PDFs/93-titaniumdioxide.pdf>) (PDF)" (英語). 国際がん研究機関(IARC) (2006年2月27日). 2014年8月6日閲覧。
 22. ^ Ken Takeda et al. (2011). "ナノマテリアルの次世代健康影響—妊娠期曝露の子に及ぼす影響" (<https://doi.org/10.1248/yakushi.131.229>). *YAKUGAKU ZASSHI*(日本薬学会) 131 (2): 229–236.

参照文献

- 日本国 経済産業省・化学工業統計 (http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/ichiran/02_kagaku.html)

関連項目

- 光触媒
- [塩化チタン\(IV\)](#)

外部リンク

- 村澤貞夫、酸化チタン光触媒とその応用 (<https://doi.org/10.4011/shikizai1937.69.444>) 『色材協会誌』 Vol.69 (1996) No.7 p.444-454, doi:10.4011/shikizai1937.69.444 (<https://doi.org/10.4011%2Fshikizai1937.69.444>)

「[https://ja.wikipedia.org/w/index.php?title=酸化チタン\(IV\)&oldid=74060609](https://ja.wikipedia.org/w/index.php?title=酸化チタン(IV)&oldid=74060609)」から取得

最終更新 2019年8月31日 (土) 14:06 (日時は個人設定で未設定ならばUTC)。

テキストはクリエイティブ・コモンズ 表示-継承ライセンスの下で利用可能です。追加の条件が適用される場合があります。詳細は[利用規約](#)を参照してください。