

# カーボンナノチューブの REACH 規制案に関する NBCI の見解と提案

## —科学的エビデンスに基づく議論の精緻化を求めて—

ナノテクノロジービジネス推進協議会

2026 年 1 月

### 1. 本稿の結論

ナノテクノロジービジネス推進協議会（NBCI）は、ドイツ連邦労働安全衛生研究所（BAuA）が主導する「Substances in fiber form の RMOA（REACH 規制の制限案）」において提案されている WHO ファイバーによる一律グルーピング」について、科学的エビデンスに基づく精緻な議論を継続的に行うことを強く提案します。

カーボンナノチューブ（CNT）を形状・サイズのみに基づいて一律に使用制限することは、科学的エビデンスに欠けるだけでなく、欧州市民および世界全体にとって極めて大きな利益を阻害することになります。

### 2. 要旨

本ポジションペーパーは、以下の 2 つの観点から CNT の一律規制に対する懸念を示します。

#### 2.1 安全性の観点

- 1.CNT は物理化学的に極めて多様な材料であり、形状・サイズのみによる一律規制は科学的エビデンスを欠く。
2. CNT は分解可能であり、環境中への長期残留リスクが低い。
3. 適切な管理措置により、他の化学物質と同様に暴露リスクを限定可能。

#### 2.2 産業上の重要性

- 1.世界で年間 5,000 トン以上使用され、数年内に 10,000 トン超と予測。
- 2.CNT の使用制限は欧州だけでなく世界の競争力低下とカーボンニュートラル達成を阻害。リチウムイオン電池、半導体、自動車、航空宇宙、再生可能エネルギーなど広範な産業で CNT は不可欠。
3. ISO 規格の TR から TS への格上げが進行中（産業上の重要性の国際的認識）

### 3. NBCI のポジション

NBCI は、「BAuA の Substances in fiber form の RMOA（REACH 規制の制限案）」の WHO ファイバーのグルーピング」に対して、バリエーションの豊富な CNT においては WHO ファイバーとして一律のグルーピングが妥当か詳細な議論が行われていないので、疑問であり、今後も、科学的エビデンスに基づいた精緻な議論をすることを提案します。

以下、安全性と産業上の重要性の観点から説明します。

#### 4. 安全性に関する科学的エビデンス

CNT の安全性評価には、形状・サイズ以外の要素を考慮した多面的アプローチが必要です。

4.1 CNT は物理化学的に極めてバリエーションのある材料であり、形状やサイズによる一律規制は科学的エビデンスを欠くこと

今回、提案されている「クリティカルファイバー」の定義は、主に形状（繊維状）とサイズ（直径・長さ）に基づいています。しかし、CNT の生体影響は、形状・サイズだけでなく、製造方法、表面処理、凝集状態、化学的純度によって大きく異なります。また科学的な根拠としては、国際的な安全性評価の多くは、特定の多層 CNT ( MWNT-7 ) を対象としています。WHO-IARC による評価でも、CNT 全体ではなく特定のタイプが、グループ 2B ( ヒトに対して発がん性の可能性がある ) に分類されています ( 参考資料 1 )

形状・サイズによる一律規制ではなく、個々の CNT の物理化学的特性と毒性データに基づく評価を行うべきです。

#### 4.2 CNT は分解可能であり、環境中への長期残留リスクが低い

複数の研究で、CNT は適切な条件下で分解可能と示されています ( 参考資料 1 )。

- ・ 化学的分解：次亜塩素酸ナトリウム溶液による分解（濃度・温度依存）
- ・ 生物学的分解：マクロファージによる活性酸素種 (ROS) を介した分解
- ・ 土壌細菌による長期連続的な分解
- ・ 光化学的分解：光フェントン反応による分解
- ・ In vivo での確認：動物実験において肺からのクリアランスを確認

また、ISO/TC 229 ( ナノテクノロジー技術委員会 ) では、次亜塩素酸を用いた CNT 分解手法の国際標準化 ( ISO AWI TS 21497 ) が進行中です ( 参考資料 1 )。

この標準化により、産業廃水や実験室廃水からの CNT 除去が実施できる可能性があります。

CNT は「環境中に長期間滞留し処分が困難な材料」には該当せず、適切な処理技術により環境リスク管理の可能性があります

#### 4.3 適切な管理措置により、他の化学物質と同様に暴露リスクを限定可能

CNT は、他の化学物質と同様に、適切な管理措置により暴露リスクを限定できます。

例えば日本における厚生労働省ガイドラインや環境省ガイドラインなどの国内の指針や

ISO の標準類があります ((参考資料 1))。

これらの指針には、以下の内容が含まれます;

- ・ 労働現場での健康と安全に関する知見
- ・ 作業者の健康安全リスク低減のための管理原則と手引き
- ・ 取扱い作業場から外部への汚染防止措置

これらを遵守することで、他の化学物質と同様に実使用環境の管理によって暴露リスクを限定できます。

## 5. 産業上の重要性

CNT は既に世界的に広く使用されており、その制限は欧州および世界経済に、重大な影響を及ぼします。

### 5.1 世界的な使用実績

CNT はリチウムイオン電池の充放電性能を維持向上させる添加剤として不可欠な材料であり、既に世界で年間 5,000 トン以上使用されています。市場予測では、数年内に 10,000 トンを超えると見込まれています (参考資料 2)。

### 5.2 広範な産業分野での必須性

CNT の使用制限は、以下の産業分野に深刻な影響を与えます (参考資料 2) :

主要産業分野 :

- ・ 自動車産業 : 高強度・高耐性複合部材、高性能電池
  - ・ 航空宇宙産業 : 高強度・高耐性複合部材、航空機用電池
  - ・ 半導体産業 : EUV 露光用ペリクルなど半導体製造プロセス
  - ・ 再生可能エネルギー産業 : 太陽電池、風力発電および蓄電設備
  - ・ スポーツ産業 : 自転車、テニスラケットのフレーム
  - ・ 医療分野 : ドラッグ・デリバリー・システム (DDS)、バイオセンサー、再生医療
- 特に、スマートフォンやノートパソコン等の電子機器、自動車や航空機の電池、再生可能エネルギーの蓄電設備に多く使用されています。

また CNT の使用は、以下を通じてカーボンニュートラル達成に貢献します :

- ・ 自動車や航空機の軽量化による燃費改善
- ・ リチウムイオン電池の性能向上による電動化促進
- ・ 再生可能エネルギーの蓄電効率向上

CNT の使用を制限することは、化石燃料消費削減と CO<sub>2</sub> 排出抑制の取り組みを阻害することになります。

さらに CNT の使用制限により、以下の懸念が生じます :

- ・ 欧州企業が開発・採用してきた CNT 応用製品および産業の優位性喪失
- ・ グリーン技術・デジタル技術における欧州の国際的リーダーシップと欧州産業の競争力低下

以上のように、世界中の産業やカーボンニュートラル等、社会の持続的発展を阻害する可能性があります。

### 5.3 國際標準化の動向

世界中で CNT が多様な用途で利用されてきたことを受け、ISO は多層 CNT (MWCNT) について従来の TR (Technical Report : 技術報告書) から TS (Technical Specification : 技術仕様書) へ規格を格上げする動きがあります。

これは、ISO が「CNT は産業に不可欠な材料であり、適切な標準に基づく管理が必要」との判断を示していることを意味します。

## 6. NBCI からの具体的提案

NBCI は、BAuA および欧州委員会に対し、以下を求めます。

NBCI は、「BAuA の Substances in fiber form の RMOA (REACH 規制の制限案) の WHO ファイバーのグルーピング」に対して、CNT を WHO ファイバーとして形状・サイズのみに基づき一律にグルーピング・制限対象とするのではなく、CNT の多様な物理化学的特性を考慮した科学的エビデンスに基づくリスクベースの個別評価を求めます。

CNT は極めてバリエーションの豊富な材料であり、WHO ファイバーとしての一律グルーピングが妥当かどうかについては、充分な詳細議論が行われていません。NBCI は、今後も継続的にエビデンスに基づいた精緻な議論を、一緒に行うことを提案します。

そのために NBCI は、有用性を考慮しより科学的で合理的な規制枠組みの構築に向けて、以下の協力を提供できます：

- ・ 追加の安全性データ・使用実態データの提供
- ・ 共同研究プロジェクトの提案および協議
- ・ 國際標準化活動への積極的な貢献
- ・ 欧州産業界との対話促進

## 7. 結論

NBCI は、CNT が欧州を含む世界の主要産業の発展に不可欠な革新材料であることを改めて強調します。

現時点では、CNT の一律規制について十分な科学的議論が尽くされたとは言えません。

形状・サイズのみに基づく一律の使用制限は、科学的根拠に欠けるだけでなく、欧州および世界の産業における技術革新を阻害し、産業と社会の持続的発展を困難にします。

NBCI は、単に規制に反対するのではなく、より合理的で科学的な規制の枠組みを、関

係者と共に構築することを目指します。科学的エビデンスに基づく対話を通じて、安全性の確保と持続可能な経済成長・イノベーションを両立させる解決策を見出せると確信しています。

NBCIは、業界団体として、CNTの安全な利用と適切な管理技術の推進を通じて、持続可能な社会の実現に貢献していきます。

## 8. 参考文献

### 【参考資料1】CNTの分解可能性に関する科学的根拠、ISO関係

#### 1.WHO-IARC: CNTの発がん性評価

(特定タイプのCNTをグループ2Bに分類、全CNTではない)

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjh/71/3/71\\_252/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjh/71/3/71_252/_pdf)

#### 2.IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans

<https://publications.iarc.who.int/552>

#### 3. 次亜塩素酸ナトリウムによるCNT分解の温度・濃度依存性を解明

Yang, M., Okazaki, T., Zhang, M. (2021). "Removal of Carbon Nanotubes from Aqueous Solutions by Sodium Hypochlorite: Effects of Treatment Conditions." *Toxics*, 9: 223.

#### 4. 産業廃水・実験室廃水からのCNT簡便除去手法

Zhang, M., Deng, Y., Yang, M., Nakajima, H., Yudasaka, M., Iijima, S., Okazaki, T. (2019). "A Simple Method for Removal of Carbon Nanotubes from Wastewater Using Hypochlorite." *Scientific Reports*, 9: 1284.

#### 5. マクロファージによる活性酸素種を介したCNT分解

Yang, M., Zhang, M., Nakajima, H., Yudasaka, M., Iijima, S., Okazaki, T. (2019). "Time-dependent degradation of carbon nanotubes correlates with decreased reactive oxygen species generation in macrophages." *International Journal of Nanomedicine*, 14: 2797-2807.

#### 6. 土壌細菌由来の鉄と過酸化水素によるフェントン反応でCNTが分解

Takanashi, S., Taguchi, F., Hori, K. (2023). "Contribution of the Fenton reaction to the degradation of carbon nanotubes by enzymes." *Frontiers in Environmental Science*, 11: 1184257.

7. 土壤細菌駆動の長期連続フェントン反応による CNT 分解

Takanashi, S., Hori, K. (2023). "Long-term continuous degradation of carbon nanotubes by a bacteria-driven Fenton reaction." *Frontiers in Microbiology*, 14: 1298323.

8. In vivo 試験で CNT の肺からのクリアランスを確認

Zhang, M., Xu, Y., Yang, M., Yudasaka, M., Okazaki, T. (2021). "Comparative assessments of the biodistribution and toxicity of oxidized single-walled carbon nanotubes dispersed with two different reagents after intravenous injection." *Nanotoxicology*, 15: 798-811.

9. ISO/TC 229 Nanotechnologies : ISO AWI TS 21497 "Method for the removal of carbon nanomaterials from wastewater using hypochlorite"

(次亜塩素酸を用いた CNT 分解手法の国際標準化が進行中)

10. 厚生労働省ガイドライン

基発第 0331013 号（平成 21 年 3 月 31 日）「ナノマテリアルに対するばく露防止等のための予防的対応について」

11. 環境省

「工業用ナノ材料に関する環境影響防止ガイドライン」（平成 21 年 3 月）

12. ISO/TR12885 Nanotechnologies-Health and safety practices in occupational settings relevant to nanotechnologies (2018 年 12 月)

13. ISO/TS12901-1 Nanotechnologies- Occupational risk management applied to engineered nanomaterials-Part1:Principles and approaches. (2012 年 11 月)

14. ISO/TS12901-2 Nanotechnologies - Occupational risk management applied to engineered nanomaterials-Part2:The use of the Control Banding approach in occupational risk management. (2014 年 1 月)

**【参考資料 2】CNT の産業応用事例**

1. 矢野経済研究所、2023 年版 カーボンナノチューブ市場の現状と将来展望、CNT 世界市場、車載 LiB 向けなどで 2028 年に 5 万トン超へ

[https://www.yano.co.jp/press-release/show/press\\_id/3446](https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/3446)

2. レゾナック（旧 昭和電工）：欧州自動車メーカー向けを中心に LIB 用導電助剤の増産決定

<https://www.resonac.com/jp/news/2022/12/21/2266.html>

3. トヨーカラー株式会社：LiB 用 CNT 分散体がプライムアース EV エナジーに採用、トヨタ製ハイブリッド車に搭載

<https://www.artiencegroup.com/ja/news/2024/24020601.html>

4. アーティエンス：LIB 用 CNT 分散液で高い市場シェア

<https://www.artiencegroup.com/ja/news/2023/pdf/document20230821.pdf>

5. 中国車載電池大手 CATL、トヨーカラーが開発した新材料を採用

<https://36kr.jp/223140/>

6. 竹中製作所 ナノテクト®を耐圧容器や防錆塗装に利用

<https://www.takenaka-mfg.co.jp/bolt/nanotect/>

7. ニッタ株式会社：CNT 複合化技術 Namd™が航空宇宙品質マネジメント AS9100 認証取得

<https://prtmes.jp/main/html/rd/p/000000008.000167096.html>

8. ヨネックス株式会社：カーボンフレームバイクに CNT を使用

<https://www.yonex.co.jp/company/pr/pdf/231214.pdf>

[https://www.yonex.co.jp/roadbike/frame\\_set/carbonex/](https://www.yonex.co.jp/roadbike/frame_set/carbonex/)

9. 三井化学：次世代 EUV 露光用 CNT ペリクルの生産設備の工場設置

[https://jp.mitsuichemicals.com/jp/release/2024/2024\\_0528\\_1/index.htm](https://jp.mitsuichemicals.com/jp/release/2024/2024_0528_1/index.htm)

10. 三井化学：ASML と EUV ペリクル事業のライセンス契約の締結

<https://jp.mitsuichemicals.com/content/dam/mitsuichemicals/sites/mci/documents/sites/default/files/media/document/2019/190531.pdf>

11. Imec : CNT ペリクル説明資料

<https://euvlitho.com/2023/P15.pdf>

12. Canatu CNT ペリクル

<https://canatu.com/products/semiconductor/euv-pellicles/>

13.がん治療のための DDS 等への応用に関する総説

"Biomedical applications of carbon nanotubes: A systematic review of data and clinical trials"

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1773224724006014>

以上