

科学技術者交流計画に基づく米陸軍ネイティック 兵士研究開発技術センターでの研究交流

技術研究本部 先進技術推進センター

研究管理官(ヒューマンエンジニアリング技術担当)付 NBC防護技術推進室

防衛技官 榎本 薫

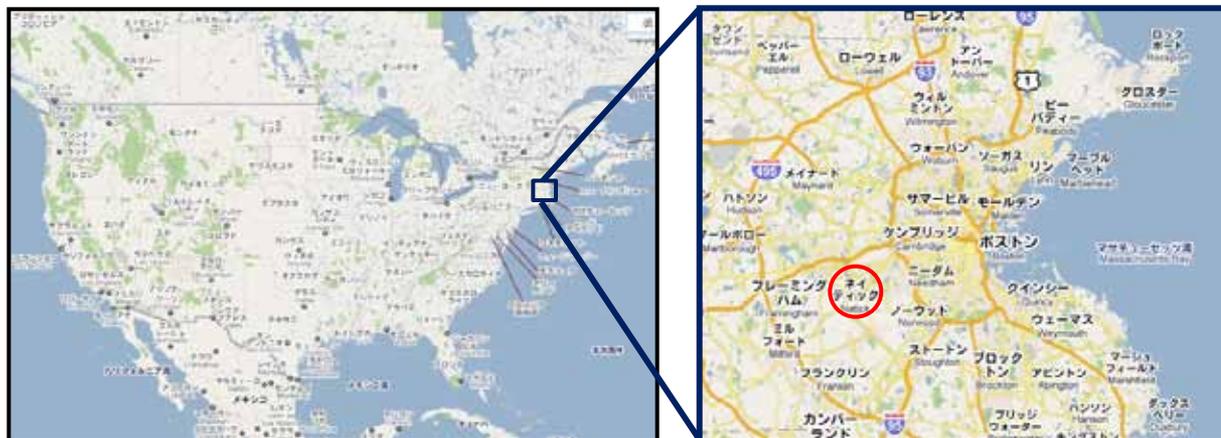
本発表の概要

日米科学技術者交流計画 (E S E P) に基づき、米陸軍ネイティック兵士研究開発技術センター (U S Army NSRDEC) に、平成22年1月から平成23年7月まで約18ヶ月間滞在した。

本発表では、その成果について発表する。

派遣先の概要

所在地：米国マサチューセッツ州ネイティック



グーグルマップより転載

- ・ネイティックはボストンから西南西に距離約30 km離れており、研究所は湖に突き出た半島上に所在する。
- ・個人用装備品の研究開発業務を主に実施している研究機関。



研究対象



Personal Protective Ensemble

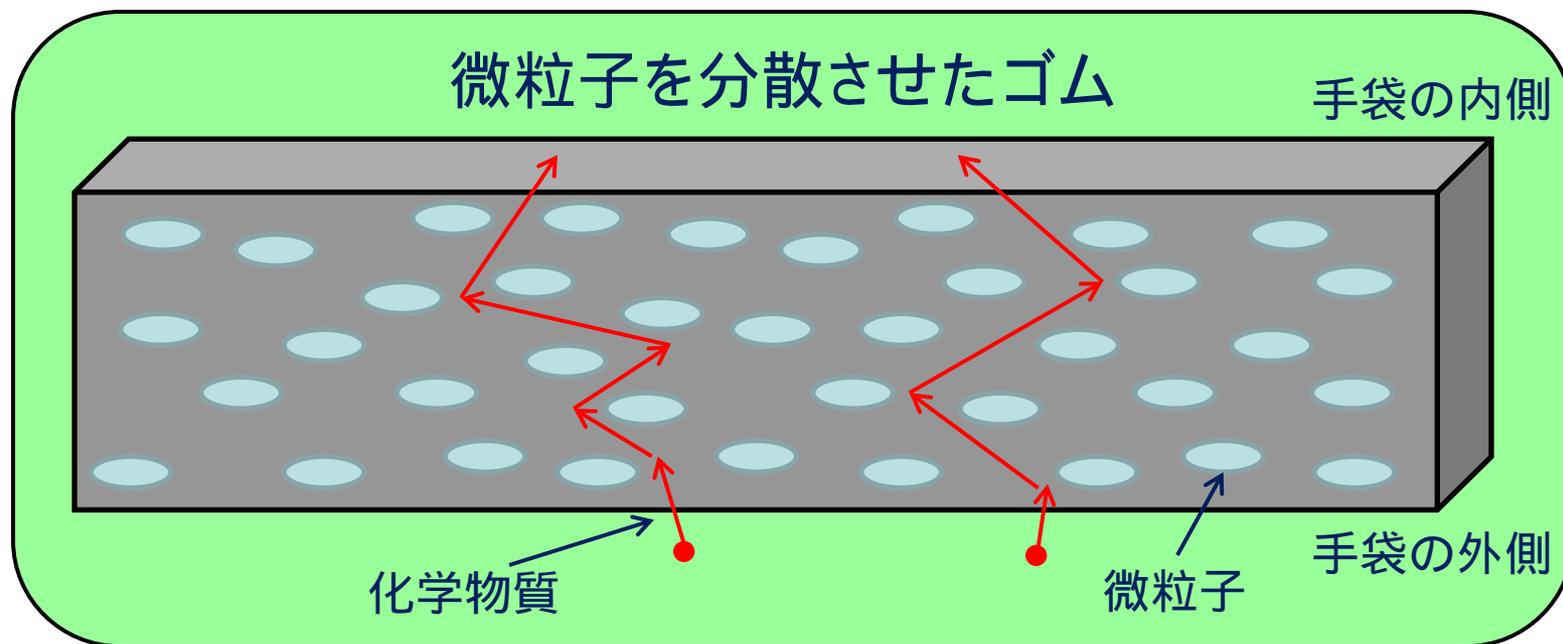


ブチルゴム手袋

- ・外部に接触した化学薬品等の危険物質が内部へと浸透して肌に触れないよう、厚手の構造となっている。
- ・薄型化できれば、着用した状態における機器等の操作性が向上する。

研究目的

高分子材料(ゴム材料)に微粒子を分散させることで、より耐浸透性能(防護性能)の高いゴム素材の開発に資する。



ナノ粒子等を分散させると、内部を移動する化学物質の経路が複雑になるため、浸透に要する時間が増大し、耐浸透性能を向上させることができる。

研究の進め方

1

- ゴム素材及び微粒子の選定

ポリイソブチレン、シリカ、テフロン、カーボンナノチューブ

2

- 試験片の作製

射出成形機で混合し、プレス機で薄型のフィルム状に加工

3

- 浸透特性(防護性能)試験

内部に浸透させた化学物質の重量変化から拡散係数を算出

研究に用いた素材

種類	物質名(省略形)	化学式	備考
高分子(ゴム)	ポリイソブチレン (PIB)	$\text{[-CH}_2\text{C(CH}_3)_2\text{]}_n$	分子量500,000
微粒子	シリカ(SiO_2)	SiO_2	球状 (直径12nm)
	ポリテトラフルオロ エチレン(テフロン)	$\text{[-CF}_2\text{CF}_2\text{]}_n$	球状 (直径1mm)
	カーボンナノチューブ (CNT)	C	チューブ状 (直径2nm、長さ15mm)

ブチルゴムの主成分であるポリイソブチレンを高分子(ゴム)素材として選んだ。ゴム素材に分散させる微粒子は、市販されている、かつ、比較的普及しているものの中から3種類選び、それぞれ単独で用いた。

試験片の作製



射出成形機

<http://www.daca.com/productsdaca/mcpage.html>



プレス機

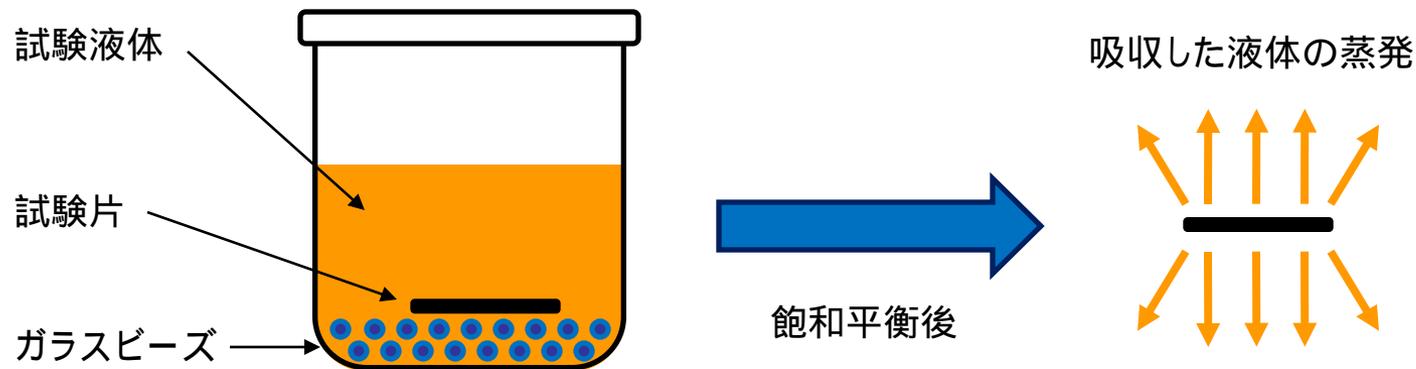
<http://www.internationalcrystal.net/icl77a.htm#>

1. ゴム素材と微粒子を射出成形機により混合して材料を得た。
2. 1の材料をプレス機によりシート状に加工して試験片(直径約45mm、厚さ約15mm、重量約0.26g)を得た。

浸透特性試験 (1 / 3)

重量測定法による試験手順

1. 試験片を試験液体に浸漬する。
2. 試験片に液体を吸収させて、飽和平衡に達するまで放置する。
3. 試験片を液体から取り出し、試験片表面に残った液体を拭き取ってから、電子天秤で重量の減少を時間の関数として測定する。

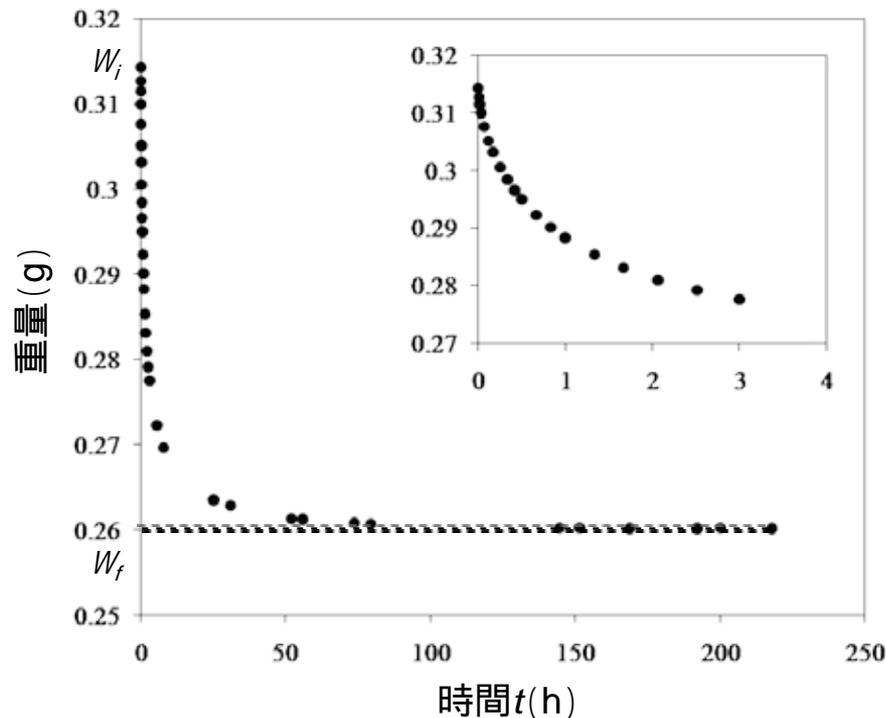


液体として酢酸エチル、*N,N*-ジメチルホルムアミド、1,2-ジクロロエタンの3種類を用いた。

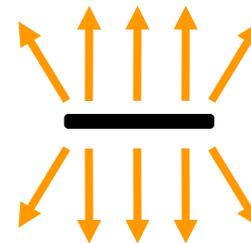
(ASTM1001-99a Standard Guide for Selection of Chemicals to Evaluate Protective Clothing Materials 参照)

浸透特性試験 (2 / 3)

典型的な試験片重量の時間変化 (酢酸エチルの場合)



吸収した酢酸エチルの蒸発



http://japan.mt.com/jp/ja/home/products/Laboratory_Weighing_Solutions/MX-UMX/XP26.html

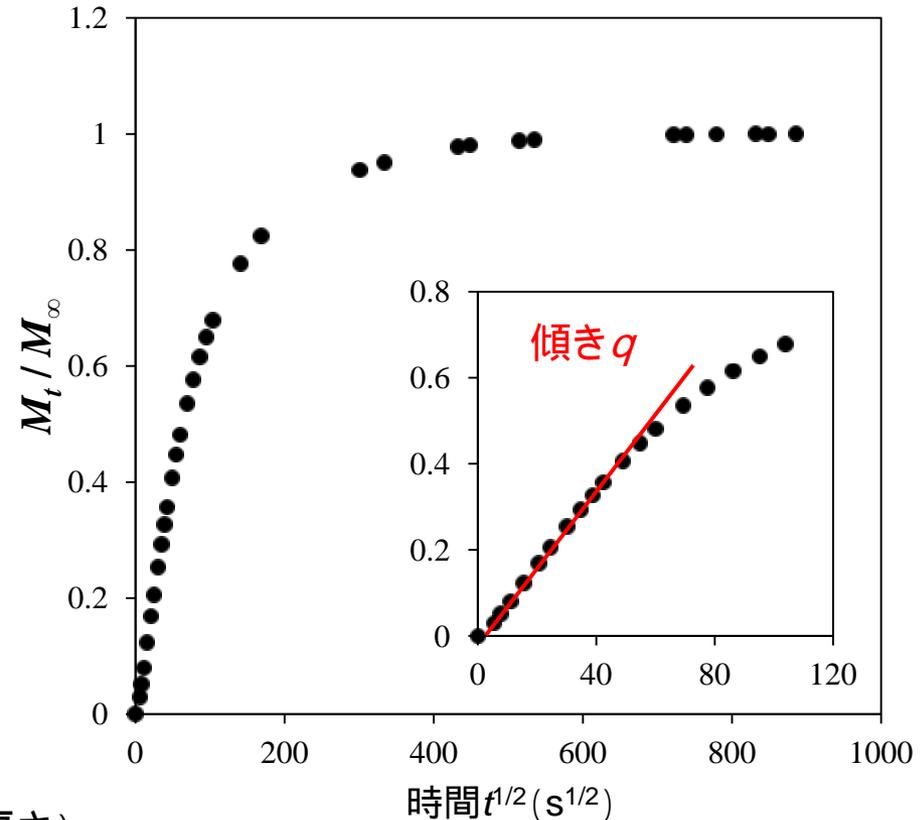
試験片重量(W_t)は、初期値(W_i)から時間経過とともに減少し、終了値(W_f)で一定となった。

浸透特性試験 (3 / 3)

拡散係数の算出 (データ解析)

1. 蒸発した試験液体の割合 (M_t/M_∞) を時間 ($t^{1/2}$) に対してプロットする。
ここで、 $M_t = W_i - W_t$ 、 $M = W_i - W_f$ である。
2. 試験開始から直線的に増加している部分の傾き q を求める。
3. 得られた傾きから以下の式により、拡散係数 (D) を計算する。

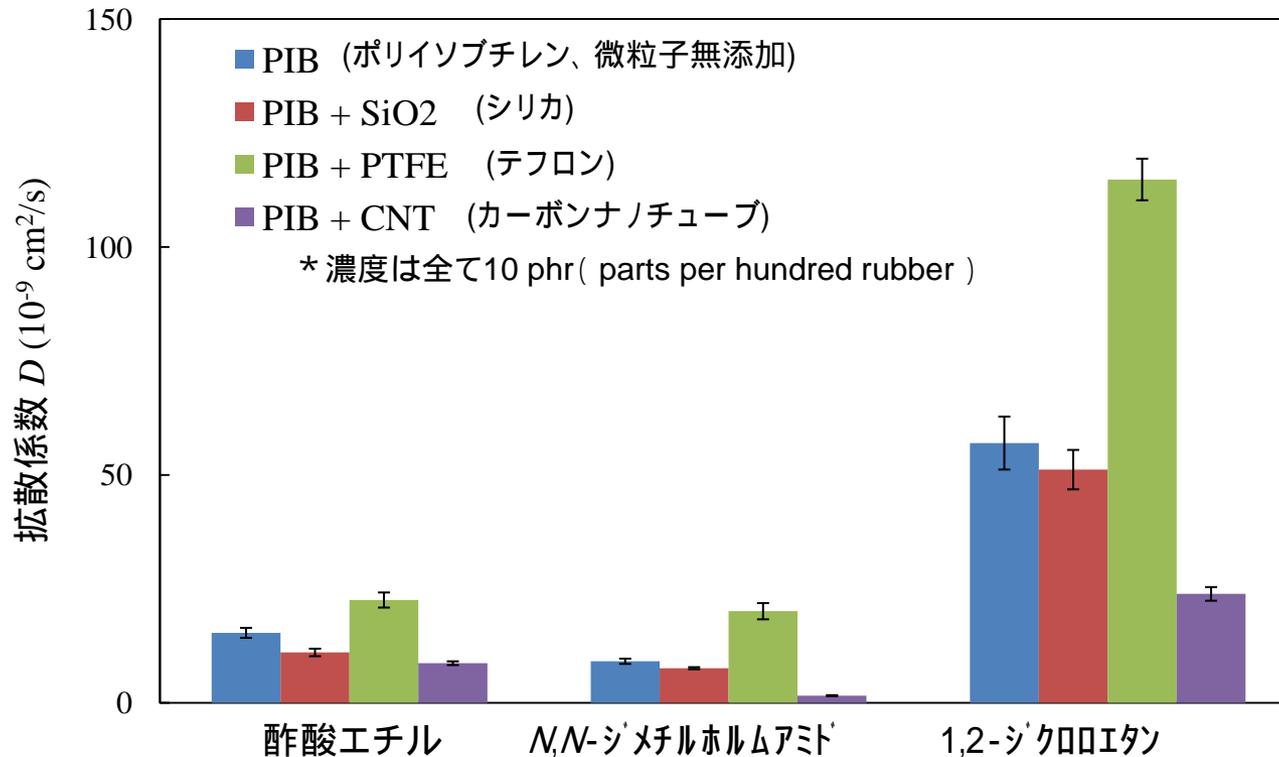
$$D = \frac{\pi q^2 h^2}{16} \quad (\text{ここで、} h \text{ は試験片の厚さ})$$



試験片重量の試験結果をデータ解析することで、試験片内部を浸透する液体の拡散係数を見積もることができる。

試験結果

試験液体ごとの拡散係数



結果

拡散係数の値がいずれの化学物質でも小さい値を持つカーボンナノチューブを添加したゴム材料の耐浸透性能が最も優れているものと考えられる。

まとめ

1. 平成22年1月より平成23年7月までの18ヶ月間、米陸軍NSRDECに滞在し、微粒子を添加したゴム材料について浸透特性(防護性能)試験を実施し、内部を浸透する化学物質の拡散係数を見積った。
2. 得られた拡散係数から、カーボンナノチューブを添加したゴム材料が、無添加のゴム素材や他の微粒子を加えたゴム材料よりも耐浸透性能(防護性能)に優れていることが分かった。