

平成 21 年 6 月 5 日現在

1. 研究種目：基盤研究 (C)
2. 研究期間：2007～2008
3. 課題番号：19550144
4. 研究課題名 (和文) フッ素系常温熔融塩中のカチオン種の種類および対称性と電極反応機構の相関  
研究課題名 (英文) Correlation of electrochemical fluorination mechanism with kind and symmetry of cation in fluoride type of room temperature molten salts
5. 研究代表者  
田坂 明政 (TASAKA AKIMASA)  
同志社大学・理工学部・教授  
研究者番号：90066275

6. 研究成果の概要：(CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>NF·*m*HF (*m* = 3.5～5.0) と (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N·*m*HF (*m* = 3.5～5.0) および (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>NF·*m*HF (*m* = 3.5～4.5) と (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>N·*m*HF (*m* = 3.5～5.0) の電気伝導度および粘度を 25～100℃で測定した。いずれの系においても、温度の上昇および *m* 値の増加に伴い、電気伝導度は増加したが、粘度は減少する傾向が得られた。R<sub>4</sub>NF·*m*HF と R<sub>3</sub>N·*m*HF の電気伝導度やその活性化エネルギーの比較から、カチオンは、R<sub>4</sub><sup>+</sup>や R<sub>3</sub>NH<sup>+</sup>であることが確認された。また、(CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>NF·*m*HF と (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>N·*m*HF の電気伝導度および (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N·*m*HF と (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>N·*m*HF の電気伝導度を比較すると、いずれも後者の方が低い値となっている。前者のカチオン (CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>N<sup>+</sup> や (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>NH<sup>+</sup> と後者のカチオン (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>N<sup>+</sup> や (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>NH<sup>+</sup> とを比較すると、後者の方が大きなイオン半径を有しているため、熔融塩中でのカチオンの移動が妨げられたと考えられる。さらに、電気伝導度と粘度の積、いわゆるワルデン積は一定にはならず、*m* の値の増加につれて減少した。(CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>NF·*m*HF (*m* = 3.5～5.0) と (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N·*m*HF (*m* = 3.5～5.0) の結晶構造に基づき、常温熔融塩中に存在するイオン種と HF との水素結合の強さの違いにより、各挙動について考察した。

①ニッケル電極を用いて (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N·*m*HF (*m* = 3.0～5.0) + CsF·2.3HF の混合液を、②LiNiO<sub>2</sub> 被覆ニッケル電極を用いて (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N·*m*HF (*m* = 3.0) 電解液を、③BDD 電極を用いて (CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>NF·*m*HF (*m* = 3.0～5.0) 電解液を電解した。いずれの場合も陽極生成ガスの成分は同じであったが、③の場合に (CF<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N の生成割合が最大であった。それは、電極表面上に電気伝導性とフッ素化能のある CsNi<sub>2</sub>F<sub>6</sub> 被膜が生成し、それが電極からの発熱を低下させて C-N 結合の裂断を起り難くするばかりでなく、電極近傍の解液中にある部分フッ素化物をさらにフッ素化して (CF<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N を生成するためと考えられる。

## 7. 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2008 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

## 8. 研究分野：化学

科研費の分科・細目：複合化学・機能物質化学

キーワード：(1) フッ素系常温熔融塩、(2) カチオン種の種類、(3) カチオン種の対称性、(4) 電気伝導度、(5) 粘度、(6) フッ素化反応機構、(7) ペルフロオロトリメチルアミン。

## 9. 研究開始当初の背景

HF系常温溶融塩に関しては、これまで、萩原らにより、HF-EMIF系の溶液構造や物性ばかりでなく、電池、キャパシタ、燃料電池等の電解液への応用が試みられていた。また、著者らにより、 $(\text{CH}_3)_4\text{NF} \cdot m\text{HF}$  についてラマン分光法および赤外吸収分光法に加えて、高エネルギーX線回折実験の結果から、カチオンとしては対称性構造の $(\text{CH}_3)_4\text{N}^+$ 、アニオンとしては $(\text{FH})_x\text{F}^-$ の他、分子状のHFの存在が明らかとなり、フッ素化反応機構も考察された。

- (1) 上記のフッ素系常温溶融塩中に含まれるものと同種のアニオンが存在すると考えられる、他のフッ素系常温溶融塩について、カチオンを非対称性にしたたり、大きさを変えたりした際の液体構造の変化について、また、それが電気伝導度や粘度にどのような影響を与えるかに関心が持たれていた。また、
- (2) カチオンの対称性や大きさが異なった場合、そのフッ素化反応機構への関与が興味深い。

## 10. 研究の目的

非対称性のカチオンあるいは大きさの異なるカチオンである $(\text{CH}_3)_3\text{N} \cdot m\text{HF}$ 、 $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{NF} \cdot m\text{HF}$  および $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N} \cdot m\text{HF}$  のようなフッ素系常温溶融塩の液体構造を明らかにし、

- (1) 液体構造と電気伝導度あるいは粘度との関係、および
- (2) 種々の電極を用いて $(\text{CF}_3)_3\text{N}$ の電解合成を行って、陽極生成ガス成分、特に、 $(\text{CF}_3)_3\text{F}$ の生成割合から、カチオンの対称性や大きさの違いとフッ素化反応機構の相関を明らかにすることを目的とした。

## 11. 研究の方法

- (1) 電気伝導度の測定にはACインピーダンス法を、また、粘度の測定にはPFA製のオスワルド粘度計および回転式粘度計を用いた。
- (2) 電気化学的測定において、電流密度—電位曲線を求める際には、サイクリックボルタンメトリー(CV)を用いた。電解は、定電流電解を行った。生成した陽極ガス分析には、GC-MS法およびガスクロマトグラフィーを用い、電解前後の電極の表面分析には、XPS法およびXRD法を、また、表面観察にはSEMを使用した。

## 12. 研究成果

### (1) 電気伝導度および粘度

$(\text{CH}_3)_4\text{NF} \cdot m\text{HF}$  ( $m = 3.5 \sim 5.0$ ) と $(\text{CH}_3)_3\text{N} \cdot m\text{HF}$  ( $m = 3.5 \sim 5.0$ ) および $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{NF} \cdot m\text{HF}$  ( $m = 3.5$

$\sim 4.5$ ) と $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N} \cdot m\text{HF}$  ( $m = 3.5 \sim 5.0$ ) の電気伝導度および粘度を $25 \sim 100^\circ\text{C}$ で測定した。表1から表8に示されるように、いずれの系においても、温度の上昇および $m$ 値の増加に伴い、電気伝導度は増加したが、粘度は減少する傾向が得られた。 $\text{R}_4\text{NF} \cdot m\text{HF}$  と $\text{R}_3\text{N} \cdot m\text{HF}$  の電気伝導度やその活性化エネルギーの比較から、カチオンは、 $\text{R}_4^+$  や $\text{R}_3\text{NH}^+$  であることが確認された。

また、 $(\text{CH}_3)_4\text{NF} \cdot m\text{HF}$  と $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N} \cdot m\text{HF}$  の電気伝導度、 $(\text{CH}_3)_3\text{N} \cdot m\text{HF}$  と $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N} \cdot m\text{HF}$  の電気伝導度を、それぞれ、比較すると、いずれも後者の方が低い値となっている。それは、前者のカチオン $(\text{CH}_3)_4\text{N}^+$  や $(\text{CH}_3)_3\text{NH}^+$  と後者のカチオン $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{N}^+$  や $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{NH}^+$  とを比較すると、後者の方が大きなイオン半径を有しているため、溶融塩中でのカチオンの移動が妨げられたためと考えられる。

また、電気伝導度と粘度の積、いわゆるワルデン積を図1および図2に示した。ワルデン積は、 $m$ の値の増大につれて、減少し、一定にはならなかった。

以上の結果について、固体の構造解析結果を参考に考察する。 $m$ が3までは、ほとんど全てのHFはフッ化物イオンに配位しているが、 $m$ が3から4の間では、一部のHFが $(\text{FH})_x\text{F}^-$ イオン中の1個のFと水素結合で結合しはじめ、4を超えると、 $(\text{FH})_x\text{F}^-$ イオン中の2個目のFと水素結合で結合するようになる。したがって、測定した系では、全てのHFは配位結合か水素結合で結合しており、その結果として、実際には、固体は勿論、液体であってもHFの蒸気圧はほとんどない。また、 $(\text{CH}_3)_3\text{NH}^+$ カチオン中のN-H結合のHと $(\text{FH})_x\text{F}^-$ イオン中のFとの間でも水素結合が生成するが、 $m$ の値が増大するにつれて、水素結合距離が増大している。すなわち、カチオンとアニオン間の距離が広がる。したがって、 $m$ の値の増大につれて電気伝導度が増加したり、粘度が減少したりするのは、水素結合の強さが $m$ の値につれて弱くなり、両イオン間の平均距離が増大してイオン間の相互作用が弱くなるためである。特に、 $m$ が3以下では、フッ化物イオンにのみ配位していたHFが、3を越えると過剰となって一部のHFが水素結合し始め、フッ化物イオンと配位結合ばかりで結合していた状態から水素結合も含むようになるため、大きく粘度が変化したものと考えられる。同様の現象は、

(CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>NF·*m*HF 中でも起こっている。それが、ワルデン積にも大きく影響を与え、ワルデン積が一定にならなかったであろう。また、水素結合の強さは、(CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>NF·*m*HF や (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N·*m*HF の結晶構造の方が、KF·*m*HF や

NH<sub>4</sub>F·*m*HF の結晶構造よりも大きいことが報告されている。一般的には、液体構造は固体構造と類似していることから、分子状の HF は (CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>NF·*m*HF や (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N·*m*HF のカチオン中のメチル基付近には安定に存在しにくく、水溶液中でよく見られる疎水性水和に類似した現象が起こり、(FH)<sub>*x*</sub>F<sup>-</sup> イオンと分子状 HF 間および分子状 HF 同士の間の水素結合を強くしているものと考えられる。

(CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>NF·*m*HF と (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N·*m*HF の物性を比較すると、電気伝導度は (CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>NF·*m*HF の方が大きくなるのに対して、粘度は小さくなった。それは、(CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>N<sup>+</sup> カチオンと (FH)<sub>*x*</sub>F<sup>-</sup> アニオンとの相互作用よりも (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>NH<sup>+</sup> カチオンと (FH)<sub>*x*</sub>F<sup>-</sup> アニオンとの相互作用の方が大きいと考えられ、それは、水素結合の F と F の距離の差からも裏付けられる。

以上、フッ素系常温溶融塩の液体構造とそれが電気伝導度や粘度に及ぼす効果は、フッ化物イオンに配位している 1~3 個の HF ばかりでなく、常温溶融塩中に存在する過剰の分子状 HF による水素結合が大いに関与していることが明らかとなった。得られた結果は、他の HF を含む溶融塩の構造研究の解明に大いに貢献するものと考えられる。

表 1 (CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>NF·*m*HF の電気伝導度

<i>m</i> value	Electrolytic conductivity / S cm <sup>-1</sup>				
	298	353	363	373	383
<i>m</i> = 3.5	0.149	0.370	0.392	0.405	0.416
<i>m</i> = 4.0	0.192	0.440	0.463	0.476	0.479
<i>m</i> = 4.5	0.219	0.487	0.506	0.513	0.520
<i>m</i> = 5.0	0.271				

表 2 (CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>NF·*m*HF の粘度

<i>m</i> value	Viscosity / mPa s				
	298	353	363	368	373
<i>m</i> = 3.5	3.49	1.97	1.81		1.70
<i>m</i> = 4.0	2.35	1.40	1.30	1.25	1.20
<i>m</i> = 4.5	1.82	1.17	1.07	1.06	1.07
<i>m</i> = 5.0	1.65	0.95	0.95		0.95

表 3 (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N·*m*HF の電気伝導度

<i>m</i> value	Electrolytic conductivity / S cm <sup>-1</sup>					
	298	353	358	363	368	373
<i>m</i> = 3.5	0.138	0.294	0.302	0.310	0.316	0.323
<i>m</i> = 4.0	0.170	0.328	0.335	0.341	0.343	0.344
<i>m</i> = 4.5	0.194	0.360	0.367	0.373	0.375	0.376
<i>m</i> = 5.0	0.216					

表 4 (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N·*m*HF の粘度

<i>m</i> value	Viscosity / mPa s					
	298	353	358	363	368	373
<i>m</i> = 3.5	3.35	2.70	2.60	2.55	2.45	2.35
<i>m</i> = 4.0	2.37	1.35	1.25	1.20	1.15	1.15
<i>m</i> = 4.5	1.86	1.20	1.20	1.15	1.10	1.05
<i>m</i> = 5.0	1.47					

表 5 (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>NF·*m*HF の電気伝導度

<i>m</i> value	Electrolytic conductivity / S cm <sup>-1</sup>				
	353 K	358 K	363 K	368 K	373 K
<i>m</i> = 3.5	0.141	0.143	0.146	0.149	0.151
<i>m</i> = 4.0	0.156	0.159	0.160	0.164	0.167
<i>m</i> = 4.5	0.175	0.178	0.182	0.183	0.185

表 6 (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>NF·*m*HF の粘度

<i>m</i> value	Viscosity / mPa s				
	353 K	358 K	363 K	368 K	373 K
<i>m</i> = 3.5	2.41	2.26	2.14	2.03	1.94
<i>m</i> = 4.0	1.86	1.70	1.65	1.60	1.55
<i>m</i> = 4.5	1.36	1.31	1.24	1.22	1.20

表 7 (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>N·*m*HF の電気伝導度

<i>m</i> value	Electrolytic conductivity / S cm <sup>-1</sup>				
	353	358	363	368	373
<i>m</i> = 3.0	0.068	0.072	0.076	0.078	0.081
<i>m</i> = 3.5	0.101	0.106	0.109	0.111	0.114
<i>m</i> = 4.0	0.129	0.133	0.137	0.140	0.144
<i>m</i> = 4.5	0.165	0.169	0.172	0.174	0.175
<i>m</i> = 5.0	0.180	0.181	0.183	0.184	0.186

表 8 (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>N·*m*HF の粘度

<i>m</i> value	Viscosity / mPa s				
	353	358	363	368	373
<i>m</i> = 3.0	3.30	3.00	2.80	2.50	2.40
<i>m</i> = 3.5	2.40	2.25	2.10	1.95	1.80
<i>m</i> = 4.0	1.75	1.70	1.60	1.45	1.45
<i>m</i> = 4.5	1.40	1.35	1.25	1.20	1.15
<i>m</i> = 5.0	1.10	1.05	1.05	1.00	1.00

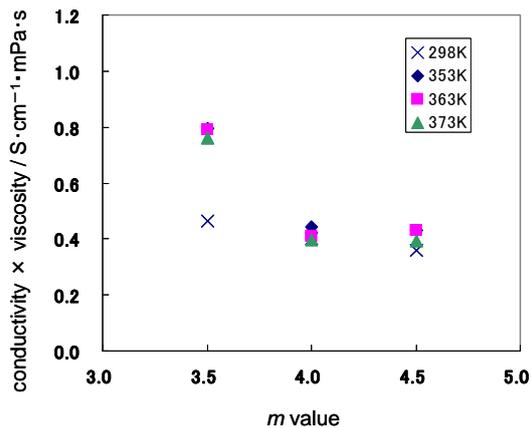


図 1 電気伝導度と粘度の積と  $m$  値との関係 [(CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>NF· $m$ HF]

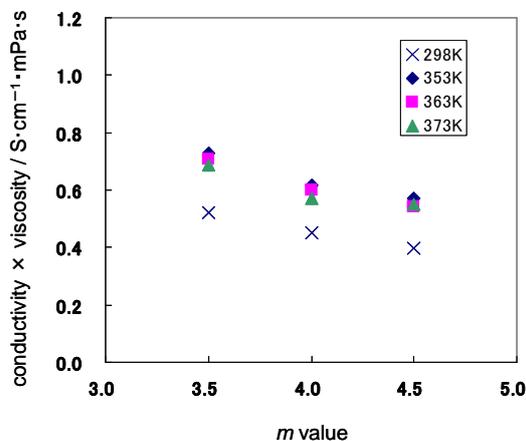


図 2 電気伝導度と粘度の積と  $m$  値との関係 [(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N· $m$ HF]

## (2) 電解による (CF<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N の合成

ついで、①ニッケル電極を用いて (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N· $m$ HF ( $m = 3.0 \sim 5.0$ ) + CsF·2.3HF の混合液を、② LiNiO<sub>2</sub> 被覆ニッケル電極を用いて (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N· $m$ HF ( $m = 3.0$ ) 電解液を、③BDD 電極を用いて (CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>NF· $m$ HF ( $m = 3.0 \sim 5.0$ ) 電解液を電解した。いずれの場合も陽極生成ガスの成分は同じであった。

陽極生成ガスの各成分の生成割合を、表 9 から表 11 に示した。(CF<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N の生成割合は①の場合が最大であった。それは、電極表面上に電気伝導性とフッ素化能を有する CsNi<sub>2</sub>F<sub>6</sub> 被膜が生成し、それが電極からの発熱を低下させて C-N 結合の断裂を起し難くするばかりでなく、電極近傍の溶液中にある部分フッ素化物をさらにフッ素化して (CF<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N を生成するためと考えられる。

また、③の場合、炭素や黒鉛を基板にした BDD 電極は、電解を始めてまもなく、崩壊した。そこで、基板をグラッシーカーボンに変

えて BDD 電極を作製したところ、LiNiO<sub>2</sub> 被覆ニッケル電極と同様に電解を長時間継続できた。しかしながら、完全フッ素化された (CF<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N 生成の電流効率も然程高くはならず、部分的にフッ素化された化合物の電流効率が大きくなった。

これらの結果は、常温熔融塩中でのフッ素化反応機構の確立に有効であり、電極触媒の探索や電極の性能向上に大いに役立つものと考えられる。

表 9 ニッケル電極を用いた (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N· $m$ HF + 50wt.% CsF·2.3HF 混合液の電解での陽極ガス組成

$m$ HF	Anode potential (V vs. H <sub>2</sub> )	Compositions of anode gas (%)				
		CF <sub>4</sub>	NF <sub>3</sub>	CHF <sub>3</sub>	P	(CF <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N
$m=3.0$	6.28	9.28	6.71	5.47	22.38	50.69
$m=4.0$	7.91	15.88	9.74	6.18	8.88	52.14
$m=5.0$	9.31	45.96	11.09	0.49	2.98	23.87

※P = (CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CHF<sub>2</sub>N, CF<sub>3</sub>(CHF<sub>2</sub>)<sub>2</sub>N, (CHF<sub>2</sub>)<sub>3</sub>N

表 10 LiNiO<sub>2</sub> 被覆 Ni 電極を用いた (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N· $m$ HF 液の電解での陽極ガス組成

$m$ HF	Anode potential (V vs. H <sub>2</sub> )	Compositions of anode gas (%)				
		CF <sub>4</sub>	NF <sub>3</sub>	CHF <sub>3</sub>	P	(CF <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N
$m=3.0$	10.42	55.18	14.80	2.89	8.53	17.62

※P = (CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CHF<sub>2</sub>N, CF<sub>3</sub>(CHF<sub>2</sub>)<sub>2</sub>N, (CHF<sub>2</sub>)<sub>3</sub>N

表 11 BDD 電極を用いた (CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>NF· $m$ HF 液の電解での陽極ガス組成

$m$ HF	Compositions of anode gas (%)				
	CF <sub>4</sub>	NF <sub>3</sub>	CHF <sub>3</sub>	P	(CF <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N
$m=3.0$	1.03	7.26	17.99	54.68	2.22
$m=3.5$	0.24	7.01	15.65	56.22	2.48
$m=4.0$	1.86	5.32	26.12	35.80	0.77
$m=5.0$	0.33	0.20	2.71	80.71	0

※P = (CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CHF<sub>2</sub>N, CF<sub>3</sub>(CHF<sub>2</sub>)<sub>2</sub>N, (CHF<sub>2</sub>)<sub>3</sub>N

## 13. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

1) M. Shizuno, K. Nakanishi, M. Inaba, Masaharu Uno, Yoshinori Nishiki, Tsuneto Furuta, A. Tasaka, "ELECTROLYSIS OF (CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>NF·5HF MELT WITH BORON-DOPED DIAMOND ANODE", *ECS Transactions*, **16(39)**, 1-6 (2009).

2) A. Tasaka, K. Nakanishi, N. Masuda, T.

Nakai, Kunitaka Momota, M. Inaba, “Effect of CsF-concentration on Electrolytic Conductivity, Viscosity and Anodic Reaction of Nickel Electrode in (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N-CsF-HF System at Room Temperature”, *ECS Transactions*, **39**, in press (2009).

3) A. Tasaka, T. Nakai, K. Nakanishi, Tomohiro Isogai, M. Inaba, “Electrolytic conductivities of some molten Fluorides”, *Proceedings of 2008 Joint Symposium on Molten Salts*, pp. 77–84 (2008).

4) M. Shizuno, K. Nakanishi, M. Inaba, Masaharu Uno, Yoshinori Nishiki, Tsuneto Furuta, A. Tasaka, “Electrolytic Synthesis of Perfluorotrimethylamine with Boron-doped Diamond Anode”, *Proceedings of 2008 Joint Symposium on Molten Salts*, pp. 763–767 (2008).

[学会発表] (計 8件)

1) 榊田憲明、平川 賢、百田邦堯、稲葉 稔、田坂明政、「LiNiO<sub>2</sub>被覆Ni電極を用いた(CF<sub>3</sub>)<sub>3</sub>Nの電解合成」、電気化学会第76回大会 [2009年3月29日].

2) 中井貴章、磯貝智弘、百田邦堯、稲葉 稔、田坂明政、「HFを含む溶融フッ化物の電気伝導度および粘度」、電気化学会第76回大会 [2009年3月29日].

3) 榊田憲明、中西健太、稲葉 稔、百田邦堯、田坂明政、「(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N・mHF電解液からの(CF<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N生成に及ぼす電解条件の影響」、第32回電解技術討論会—ソーダ工業技術討論会— [2008年10月31].

4) M. Shizuno, K. Nakanishi, M. Inaba, Masaharu Uno, Yoshinori Nishiki, Tsuneto Furuta, A. Tasaka, “Electrolytic Synthesis of Perfluorotrimethylamine with Boron-doped Diamond Anode”, 2008 Joint Symposium on Molten Salts (MS8), Kobe, Japan [2008年10月21日].

5) A. Tasaka, T. Nakai, K. Nakanishi, Tomohiro Isogai, M. Inaba, “Electrolytic conductivities of some molten fluorides”, 2008 Joint Symposium on Molten Salts (MS8), Kobe, Japan [2008年10月21日].

6) A. Tasaka, K. Nakanishi, N. Masuda, T. Nakai, Kunitaka Momota, M. Inaba, “Effect of CsF-concentration on Electrolytic Conductivity, Viscosity and Anodic Reaction of Nickel Electrode in (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N-CsF-HF System at Room Temperature”, PRiM 2008 on Electro-chemical and Solid-State Science, Honolulu, USA [2008年10月17日].

7) M. Shizuno, K. Nakanishi, M. Inaba, Masaharu Uno, Yoshinori Nishiki, Tsuneto Furuta, A. Tasaka, “ELECTROLYSIS OF (CF<sub>3</sub>)<sub>3</sub>NF·5HF MELT WITH BORON-DOPED

DIAMOND ANODE”, PRiM 2008 on Electro-chemical and Solid-State Science, Honolulu, USA [2008年10月17日].

8) A. Tasaka, K. Nakanishi, M. Shizuno, M. Inaba, “Electrolytic synthesis of (CF<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N in mixed melt of (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N·mHF + x wt.% CsF·2.3HF”, 59<sup>th</sup> Annual meeting of international symposium of Electro-chemistry (ISE), Sevilla, Spain [2008年9月8日].

[図書] (計 0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0件)

○取得状況 (計 0件)

[その他]

#### 14. 研究組織

##### (1) 研究代表者

田坂 明政 [TASAKA AKIMASA]  
同志社大学・理工学部・教授  
研究者番号：90066275

##### (2) 研究分担者

稲葉 稔 [INABA MINORU]  
同志社大学・理工学部・教授  
研究者番号：80243046

##### (3) 連携研究者

小原 真司 [KOHARA SHINJI]  
財) 高輝度光科学センター・その他の部局  
等・副主幹研究員  
研究者番号：90360833