

イオン半導体および関連技術の環境化学的応用（1）
-エネルギー・自動車関連分野における応用事例-

Environmental Chemistry Applications of the Ionic Semiconductor (1)
-Application Example for Energy and/or Automobile Related Field-

苅野 仁
有限会社 イオン化学 代表取締役
karino@ionkagaku.co.jp

○田村 健治*
公立大学法人首都大学東京 東京都立産業技術高等専門学校
ものづくり工学科 高専品川キャンパス 化学研究室
准教授 博士（工学）
ktamura@s.metro-cit.ac.jp

Hitoshi KARINO
Ion-Kagaku, Ltd.

Kenji TAMURA*
Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

1

従来法^{*1}による溶媒和電子の調製方法

1. 金属元素の利用
2. 電気化学的還元^{*2}
3. 無機塩類の利用
4. 水素原子及びフリーラジカルの利用
5. 不均等光電子発光
6. 光分解^{*3}
7. 放射線分解

上記従来法により発生される溶媒和電子は、非常に短寿命であり、応用利用等は不可能

*1 a) Hart, E. J. *Science*, **1964**, *146*, 19-25.

b) Hart, E. J. “*Solvated Electron*”, ACS, Washington, **1965**.

c) Hart, E. J.; Anbar, M. “*The Hydrated Electron*”, Wiley, New York, **1970**.

d) Swallow, A. J. “*Radiation Chemistry*”, Longman, London, **1973**.

*2 a) Walker, D. C. *Can. J. Chem.*, **1966**, *44*, 2226-2229.

b) Walker, D. C. *Can. J. Chem.*, **1967**, *45*, 807-811.

*3 Grossweiner, L. I.; Swenson, G. W.; Zwicker, E. F. *Science*, **1963**, *141*, 805-806.

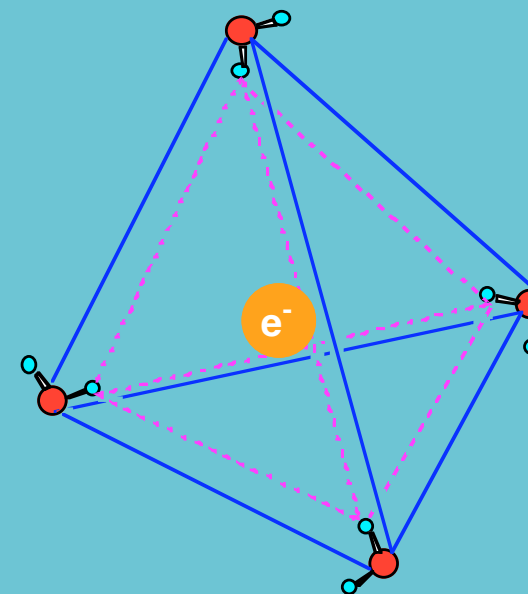
*4 a) Hart, E. J.; Boag, J. W. *J. Am. Chem. Soc.* **1962**, *84*, 4090-4095.

b) Natori, M.; Watanabe, T. *J. Phys. Soc. Jpn.* **1966**, *21*, 1573-1578.

c) Natori, M. *J. Phys. Soc. Jpn.* **1968**, *24*, 913-916.

d) Natori, M. *J. Phys. Soc. Jpn.* **1969**, *27*, 1309-1319.

e) Feng, D.-F.; Kevan, L. *Chem. Rev.* **1980**, *80*, 1-20.



従来法により調製される
水和電子の構造^{*4}

電子1に対して水分子4

2

イオン半導体により調製した水和電子型活性種の分析結果 (1)

項目 (25 °C)	試験方法*1	試験結果*1	文献値*2
密度	JIS K 2249 振動式密度計	0.9970 g/cm ³	0.997047 g/cm ³
動粘度	JIS K 2283 キャノン-フェンスケ 粘度計	0.7526 mm ² /s	0.8928 mm ² /s
粘度	JIS K 2283 粘度=密度×動粘度	0.7503 mPa·s	0.8902 mPa·s
屈折率	JIS K 0062 屈折率測定法	1.3325	1.33287
表面張力	ペンダントドロップ法 DropMaster500接触角計	72.9 mN/m	72.59 mN/m *3a 72.9 mN/m *3b
電気伝導率	JIS K 0101 12 電気伝導率	26 mS/m	0.006 mS/m *4
酸化還元電位	酸化還元電極法 ORP計	+ 360 mV	+ 800 mV *4, 5

*1 (株) 住化分析センターによる試験方法及び結果 (試験温度 25 °C)

*2 日本化学会編, 化学便覧 基礎編 改訂4版, 丸善, 東京, 1993. (純水25 °C)

*3 a) Wihelmy法による文献値 (接触気相: 自己蒸気) b) ペンダントドロップ法 (純水25 °C)

*4 高橋裕 他, 水の百科事典, 丸善, 東京, 1997.

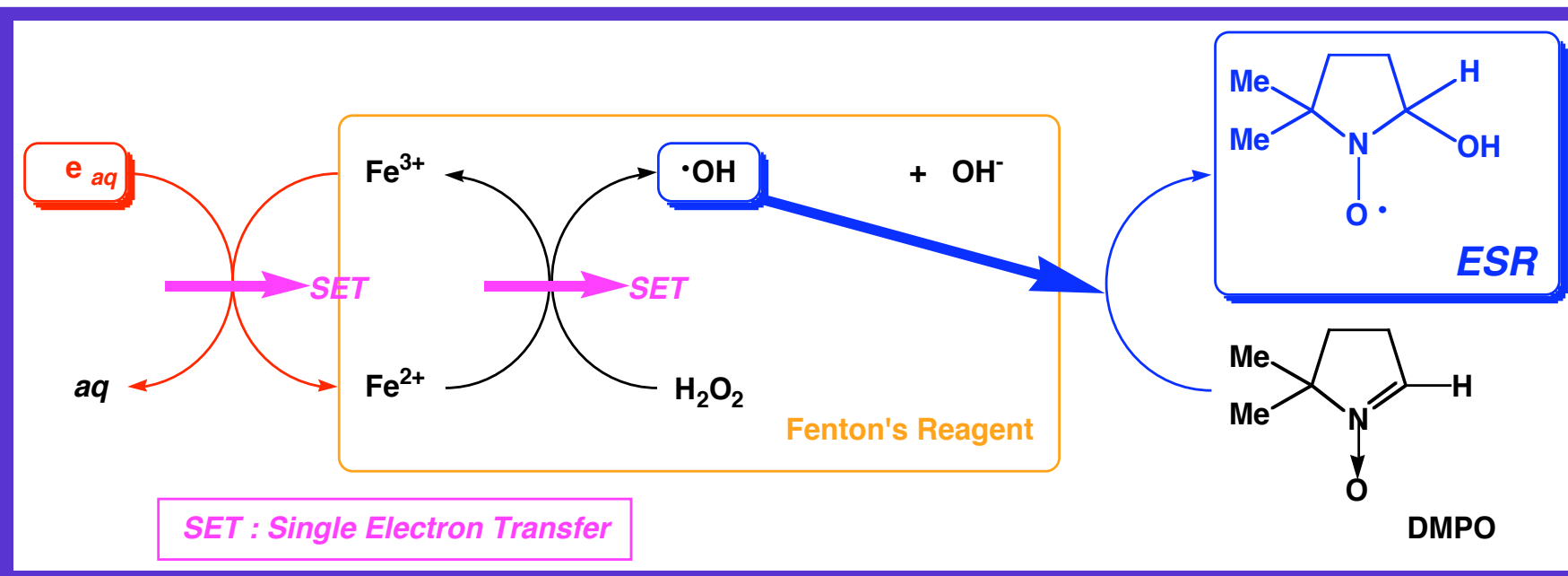
*5 都市部の水道水の文献値 (天然湧水で + 200 mV程度)

3

イオン半導体により調製した水和電子型活性種の分析結果 (2)

Fenton系のESRスペクトルより得られる知見

イオン半導体により調製された水溶液のFenton試薬に対する添加は、**OHラジカルを増加**



強力な還元力を有する水溶液である。

その他のスペクトルデータより得られた知見

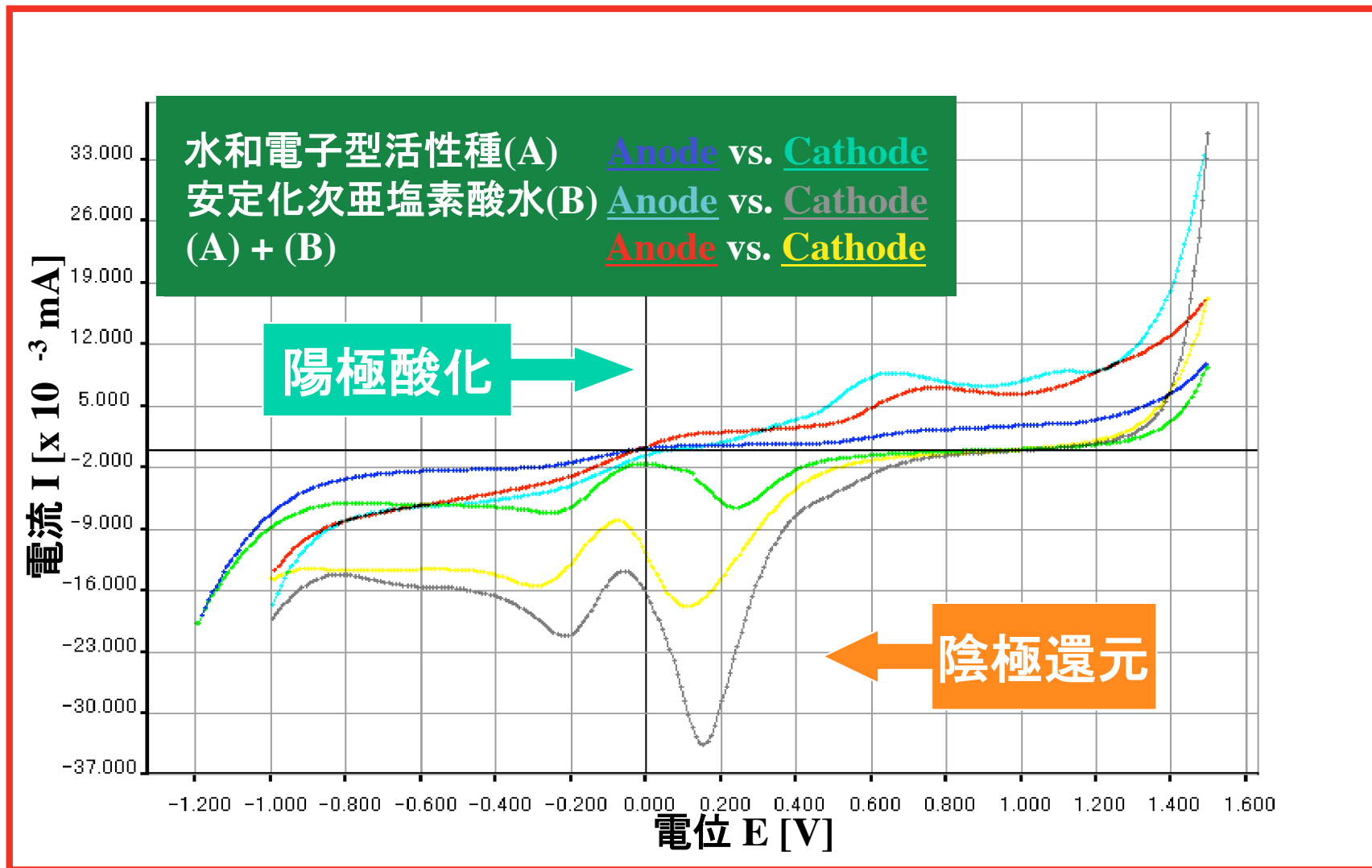
Ramanスペクトル*1 及びUVスペクトル*2 (日本分光(株)による試験結果)では有意な差異は認められなかった。これらの結果より、イオン半導体により調製される活性種は、**従来法による水和電子とは異なる構造であることが明らかである。**

*1 Tauber, M. J.; Mathies, R. A. *J. Am. Chem. Soc.*, **2003**, 125, 1394-1402.

*2 Hart, E. J.; Boag, J. W. *J. Am. Chem. Soc.*, **1962**, 84, 4090-4095.

4

イオン半導体により調製した水和電子型活性種の分析結果 (3)



北斗電工株式会社による測定 (電極: glassy carbon)

5

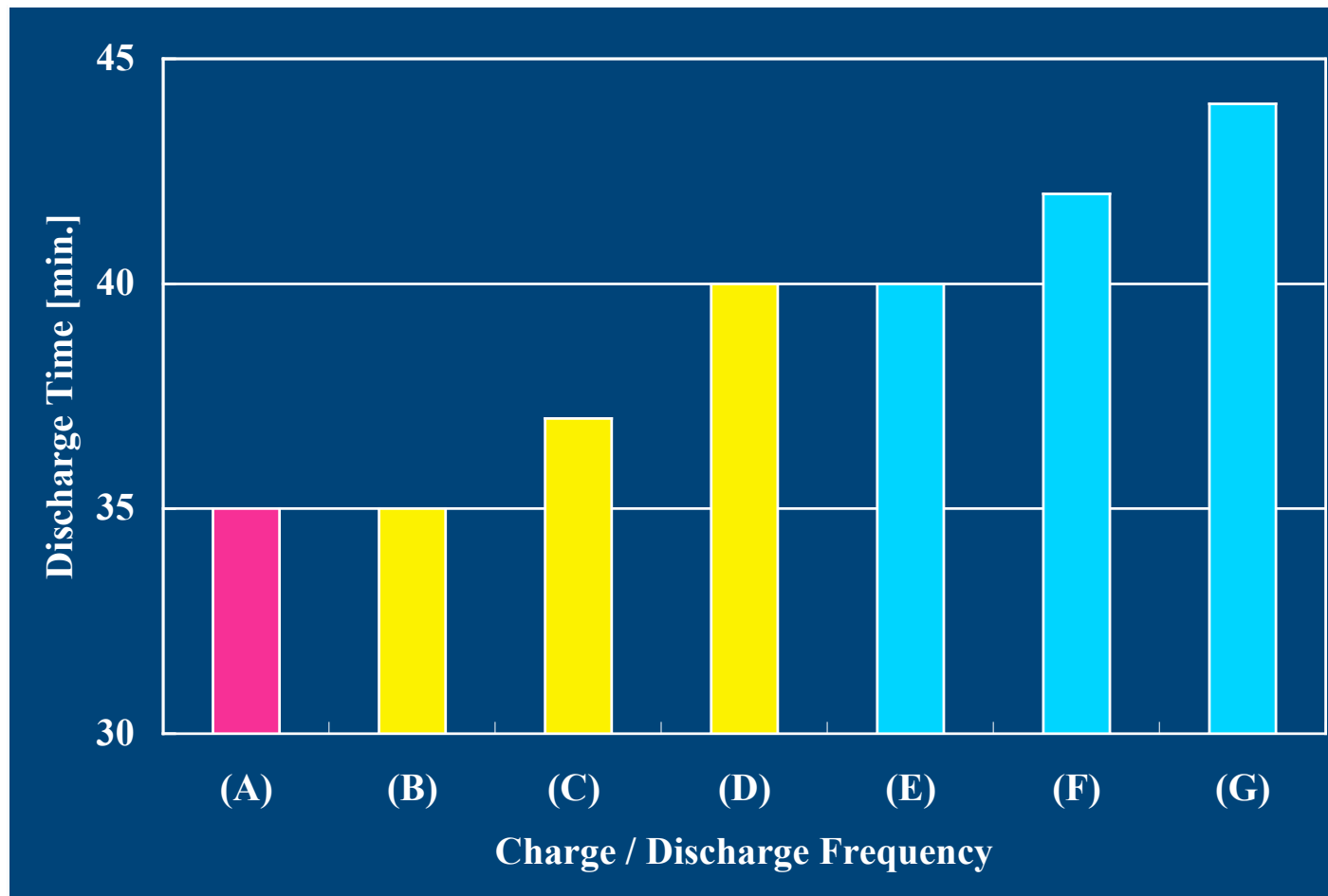
イオン半導体由来各種二次電池用バッテリー活性強化剤の概要

1. **安全性** 人畜無害で環境負荷が小さい（環境適応型）
2. **取扱・作業性** 簡便かつ安全（作業従事者の負担は極小）
3. **効果** 速攻性が有り持続的に効果を発揮（公称電圧値を越える能力）
4. **コストパフォーマンス** 中古蓄電池の性能向上・廃棄蓄電池の再利用
5. **サルフェーション** 極板表面の PbSO_4 分解及び生成阻止（鉛蓄電池用）



6

自動車用廃棄バッテリー(鉛蓄電池)に対するイオン半導体由来の バッテリー活性強化剤の放電時間に対する添加効果



i) Charge Conditions: Charging Current 3 A; Charge Hours 7 h. ii) Discharge Conditions: Discharge Rate 10.4 A; Final Discharge Voltage 11.4 A. (A) Blank. (B) 1st. After Addition of This Agent 4 mL/cell. (C) 2nd. (D) 3rd. (E) 4th. After Twice Addition of This Agent 5 mL/cell (Total 9 mL/cell). (F) 5th. (G) 6th.

It was measured by Japan Quality Assurance Organization.

7

イオン半導体由来のバッテリー活性強化剤の添加の有無による鉛蓄電池電解液中の鉛濃度の定量

鉛蓄電池劣化度	活性強化剤添加量	充放電回数	電解液最終比重	鉛濃度 ppm
新品	添加無し	4回	1.28	3
新品	8 cc/cell	添加後 4回	1.28	5
廃棄	添加無し	4回	1.19~ 1.20*1	3
廃棄	20 cc/cell	添加後 4回	1.24~ 1.25*2	14

*1 : 最終電圧 = 6.22 V

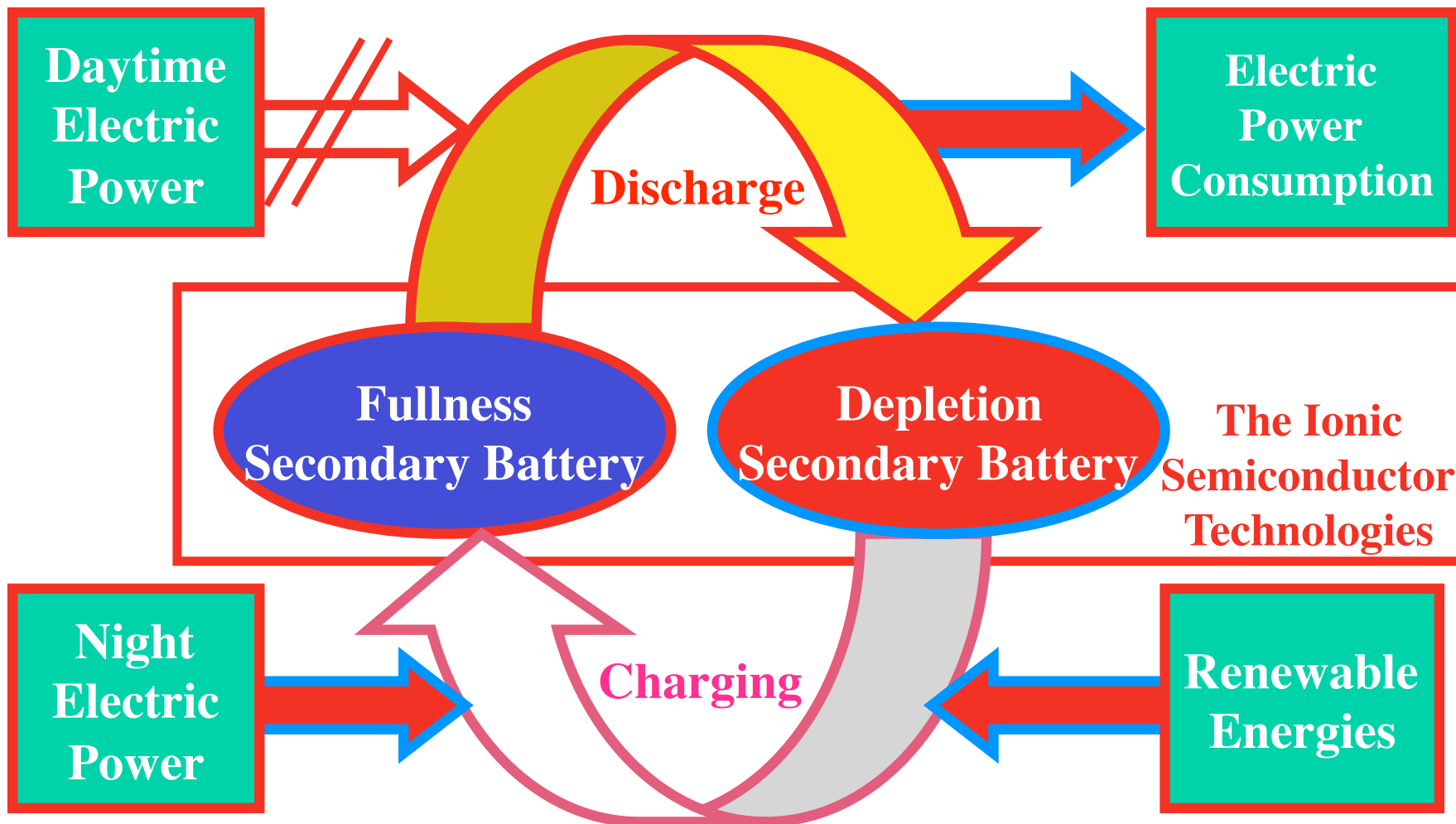
*2 : 最終電圧 = 6.35 V

試験方法 : 検体水溶液を蒸発乾固後、アルカリ及び酸処理し、定容した供試液をICP-AESにて測定した。

(株) 住化分析センターによる試験結果

8

再生二次電池による電力貯蔵システムによる夜間電力の有効活用



夜間電力は安価で環境負荷の小さいエネルギーである

9

イオン半導体を基盤とする電池関連技術の要約

1. イオン半導体は、環境負荷の小さい環境適合型の装置である
→ 人畜無害 消費電力が極めて小さい
2. イオン半導体は各種溶媒・雰囲気に対して抗酸化作用を付与
→ 安全・簡便な操作 強力な抗酸化作用の発現
3. イオン半導体および関連技術の電池関連分野への応用例
 - ① 各種二次電池用バッテリー活性強化剤
→ 充放電特性の向上 中古・廃棄バッテリーの再生
 - ② 再生二次電池を活用した電力貯蔵システム
→ 夜間電力・再生可能エネルギーの貯蔵

10

イオン半導体由来水和電子型活性種の熱交換機への応用戦略

イオン半導体の作用により、溶液バルク内の溶液構造が変化する

溶媒分子のクラスター構造の変化

有効分子量の減少

表面張力・粘度の低下



冷媒などの熱交換効率向上の可能性有り

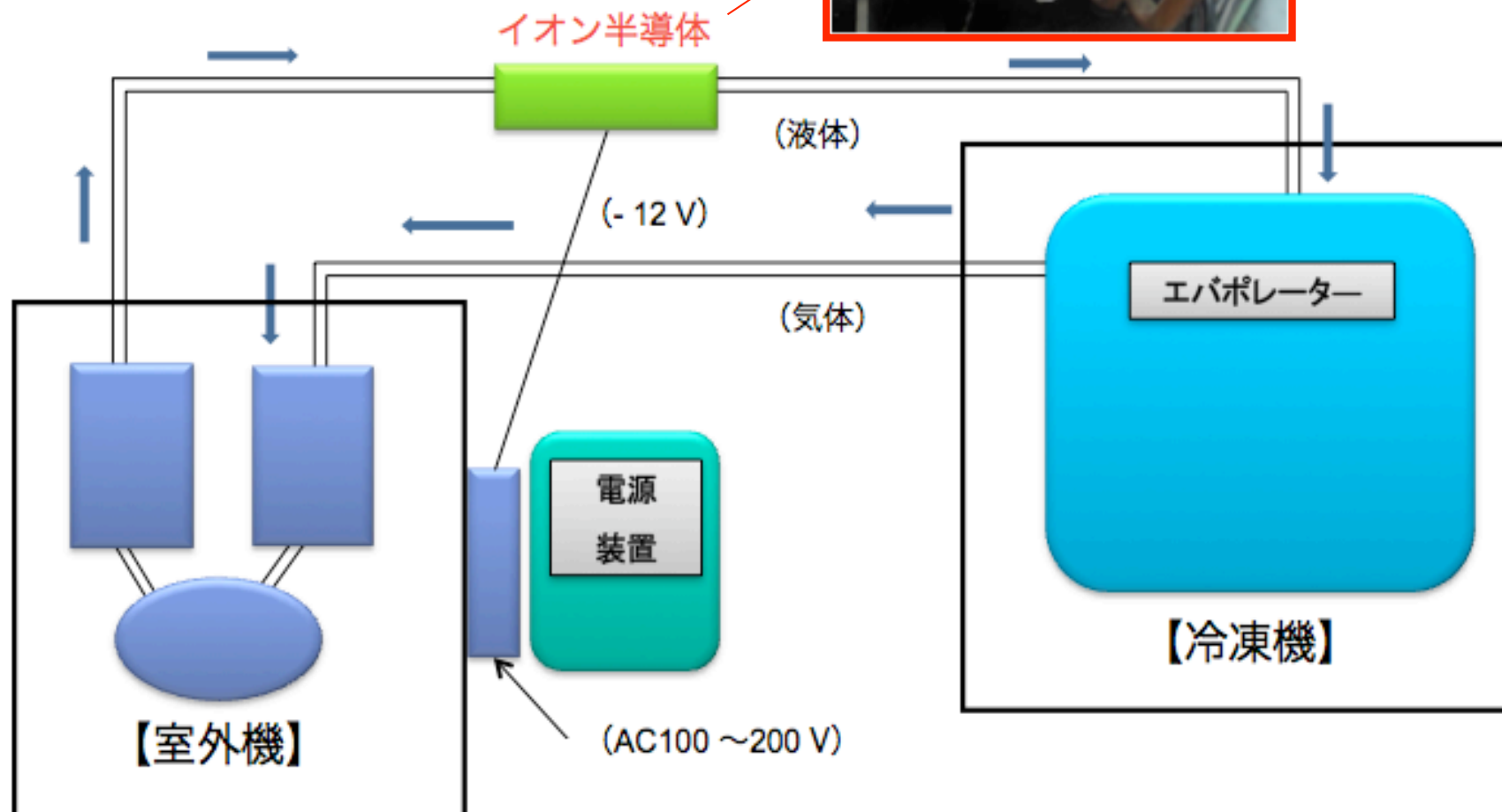


熱交換機への適用を検討

11

熱交換機（冷凍機）に対する本システムの設置事例

既存設備などに対して後付けが可能

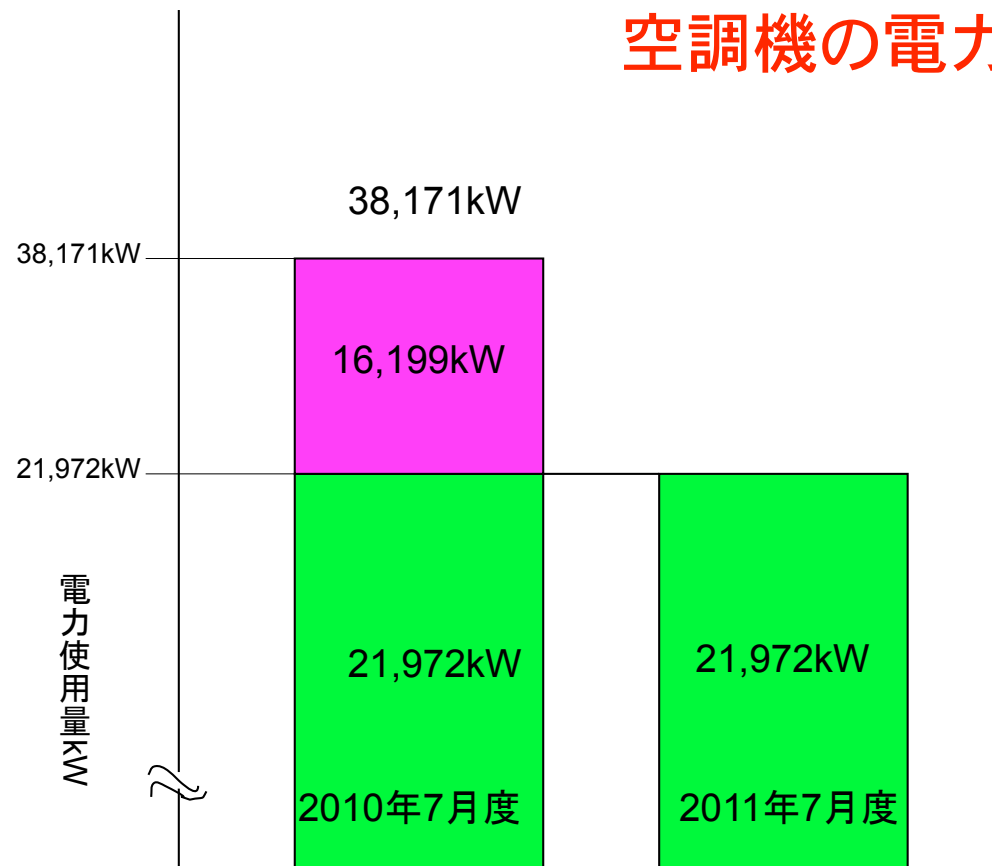


12

本システム導入による電力削減効果の発現（1）

ホテル：結婚式場（福島市）

空調機の電力使用量



空調機5台、合計201kWに設置
設置日 2011年6月13日

費用対効果

装置本体価格 201万円
(1万円/キロワット)

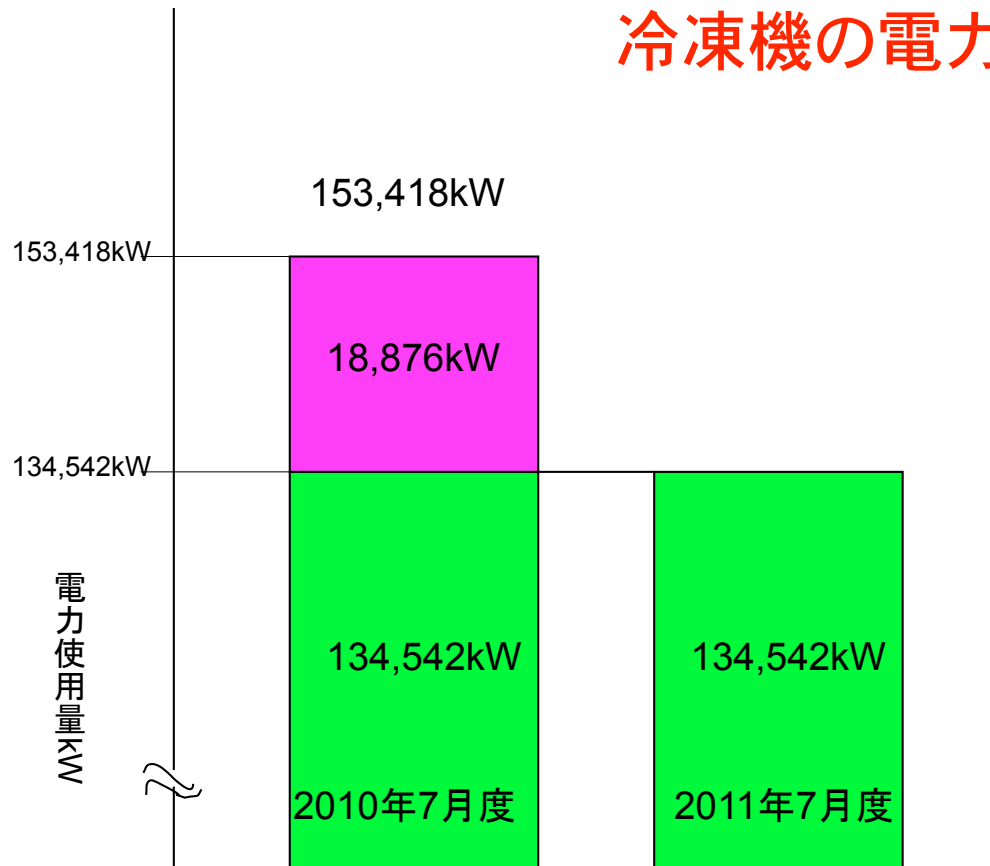
単月の削減額
¥257,564-

13

本システム導入による電力削減効果の発現（2）

スーパーマーケット（秋田県）

冷凍機の電力使用量



冷凍、冷蔵（ショーケース含）
10台、合計146kWに設置
設置日 2011年6月25日

費用対効果

装置本体価格 146万円
(1万円/キロワット)

単月の削減額
¥ 300,128-

14

本システム導入による電力削減効果の実績例（抜粋）

調査サイト	業種	対象室外機	調査年月	設置前 電気量 kW	設置後 電気量 kW	設置に伴う 削減電気量 kW
食肉 センター (茨城県)	食品工場	空調・冷凍機 総電気量 109 kW	2008/7 - 2009/6	837,162		
			2009/7 - 2010/6		790,230	46,931
結婚式場 (福島県)	ホテル	空調 201 kW	2010/7	27,373 DC 10,798		- 257,564 円/月
			2011/7 -		19,337 DC 2,635	8,036 DC 8,163
スーパー マーケット (秋田県)	中型店舗	冷凍機 146 kW	2010/7	150,168 DC 3,250		- 300,128 円/月
			2011/7 -		131,897 DC 2,645	18,271 DC 605
印刷工場 (埼玉県)	印刷業	空調 12 kW	2011/12/14 - 12/16	183.8		
			2011/12/16 -		142.4	41.4
スーパー マーケット (埼玉県)	総菜工場	冷凍機 18.5 kW	2012/1/4 -1/6	726		
			2012/1/6 -		501.0	225.0

15

イオン半導体の熱交換機への応用に関する要約

熱交換機（冷凍・冷蔵機、温蔵機、空調など）における冷媒などにイオン半導体を作用させることにより冷媒流体の粘度が低下されるため、伝熱効率（熱交換効率）が大きく向上し、熱交換機による消費力を著しく削減されるシステムを構築した。

空調（暖房使用時）
の本システムの適用効果

25 – 35%
削減を達成

空調（冷房使用時）
の本システムの適用効果

35 – 45%
削減を達成

冷凍・冷蔵機
（室外機）
の本システムの適用効果

25 – 35%
削減を達成

16

イオン半導体処理した鉱物油（灯油）の物性値に関する試験結果

測定項目*1	未処理灯油	添加剤として対象となる鉱物油（半導体処理済）					
		灯油用	レギュラーガソリン用	ハイオクガソリン用	軽油用	A重油用	C重油用
比重*2	0.786	0.787	0.786	0.787	0.787	0.787	0.787
粘度*3 mPa·s	1.68	1.68	1.64	1.68	1.69	1.67	1.63
総発熱量*4 kJ/kg	45700	45920	45900	45850	45670	45940	46060
引火点*5 °C	43.5	43.0	44.5	44.0	43.5	44.0	43.0

*1 日鉄住金環境株式会社による試験分析結果（測定温度25 °C）

*2 JIS K 2249 振動式密度計法 *3 JIS K 2283 *4 JIS K 2279

*5 JIS K 2265-1 タグ密閉法

17

ガソリンエンジン自動車の燃費・排気ガス試験結果
レギュラーガソリン用添加剤の添加効果（1）



試験実施車両諸元

車名 日産バネットトラック
 1.8GLロング
 形式 ABF-SKP2TN
 駆動装置 2WD 4E-AT
 排気量 1798 cc
 馬力 102 PS
 使用燃料 無鉛ガソリン

試験項目	添加前*1	添加後*3	
燃費消費率 km/L	10.2*2	11.0*4	
排出ガス	CO g/km	2.55	0.078
	HC g/km	0.05	0.002
	NO _x g/km	0.07	0.001
	CO ₂ g/km	228 *2	216.8 *4

*1 日産社環境仕様書データ

*2 JC08モード

*3 試験機関：公益財団法人日本自動車輸送技術協会
 添加剤添加率：対燃料 0.05% 対エンジンオイル 5%

*4 10・15モード

18

ガソリンエンジン自動車の燃費・排気ガス試験結果 レギュラーガソリン用添加剤の添加効果（2）

対象物質	低排出ガス車 認定基準値 *1 g/km		メーカーカタログ *2 g/km		10・15モード試験排出ガス量試験結果 g/km				
	平成17基準 (乗用車)		試験車両 *3 (未添加)	平成25年式 プリウス	試験車両 *3,5 (添加後)	初代 プリウス *6	コロナ プレミオG *6	ギャラン VR-G *6	アコード 1.8VTS *6
	U-LEV	SU-LEV	ガソリン 中量 貨物車*4	SU-LEV		SU-LEV 程度			
CO	1.15	1.15	2.55 以下	1.15 以下	0.078	0.01	0.68	0.9	0.38
NMHC	0.025	0.013	0.05 以下	0.013 以下	0.002	0.01	0.06	0.3	0.05
NOx	0.025	0.013	0.07 以下	0.013 以下	0.001	0.05	0.23	0.17	0.04

*1: (一社)日本自動車工業会HP *2: 日産自動車HPおよびトヨタ自動車HP
 *3: 日産パネットトラック1.8GLロング(ABF-SKP2TN) *4: 平成17年度排出ガス規制適合車
 *5: 試験機関: (公財)日本自動車輸送技術協会 *6: (独)国民生活センター刊「環境性能
 (低燃費)をうたった乗用車の商品テスト結果」

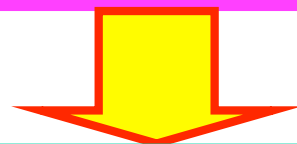
19

イオン半導体由来の燃油用添加剤に関する添加効果の要約

燃油（鉱物油等）に対するイオン半導体処理



粘度低下（物性値の変化）による燃焼効率向上



自動車への適用

- ① 燃費の向上（燃焼効率向上）
→ 燃料・エンジンオイル併用が効果的
- ② 排気ガス中の有害成分減少
→ ハイブリッド車並みのクリーン排気

20

イオン半導体および関連技術の応用事例の概要

各種二次電池の 充放電特性改善

1st Asian Conf. Electrochem. Power Sour.,
P17, Kyoto, 2006. 他

廃棄二次電池の再生と 電力貯蔵システムの構築

化学工学会74年会, O205,
横浜, 2009. 他

溶媒和電子型 新規活性種

2nd Int. Symp. Org. Elect. Trans. Chem.,
PP-22, Yokohama, 2007.
Int. Symp. Elect. Spin Sci.,
P-03, Shizuoka, 2007. 他

食用油劣化防止 システムの開発と応用

World Cong. Oleo Sci. P-123, Sasebo, 2012.
平成24年度旗影会研究助成金受賞他

鮮度保持・熟成促進 冷凍・解凍システム

日本食品科学工学会第54回大会,
3La8, 福岡, 2007.
ニッスイ研究ファンド2006
研究助成金 受賞 他