



Title	ポリシランへのドーピングと電子・光物性
Author(s)	上野, 秀樹; 児嶋, 啓之; 柿本, 正也 他
Citation	電気材料技術雑誌. 1994, 3, p. 19-26
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/81549">https://hdl.handle.net/11094/81549</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

# ポリシランへのドーピングと電子・光物性

上野 秀樹、児嶋 啓之、柿本 正也、山口 洋一、西村 昭

住友電気工業株式会社 大阪研究所

〒554 大阪市此花区島屋 1-1-3

Electrical and optical properties of polysilanes and their doping effect

H. UENO, H. KOJIMA, M. KAKIMOTO, Y. YAMAGUCHI AND A. NISHIMURA

Osaka R&D Laboratories, Sumitomo Electric Industries, Ltd.,

1-1-3 Shimaya, Konohana-ku, Osaka 554, JAPAN

## ABSTRACT

The doping effects on optical and electrical properties of polysilanes have been investigated by in-situ measurement. An optical absorption associated with  $s-s^*$  transition was observed near 330 nm for polymethylphenylsilane. By iodine doping, a new absorption was observed at the longer wavelength around 420 nm, which should originate from the charge transfer between dopant and  $s$ -conjugated system. Similar spectral changes have also been observed for most of investigated linear polysilanes.

Furthermore, we have found drastic spectral change upon iodine doping into polysilane with  $p$ -N, N-dimethylaminophenyl substituent. It has very strong absorption up to 700 nm. It might originate from a strong interaction between the substituent and iodine. At the same time,  $s$ -conjugation might also play a significant role on doping into this system.

キーワード：シリコンポリマー、ポリシラン、ドーピング、電気的性質、光学的性質

## 1. はじめに

ポリシランは、ポリエチレンの炭素をケイ素で置き換えた構造を持ちながら、 $\sigma$  電子の非局在性 ( $\sigma$  共役) のために、ポリアセチレンに代表される  $\pi$  共役系ポリマーと類似した一次元半導体物性を示す。このことから、ポリシランは、その電子・光物性が注目され、光伝導体や非線形光学材料などへの応用が期待されている。

ところで、 $\pi$  共役系ポリマーの特性や機能をモデルファイする方法としてドーピングがよく知られているが<sup>2)</sup>、ポリシランへのドーピングについては、West 等による光架橋ポリシランへの  $AsF_5$  ドーピングによる電導度の上昇の報告<sup>3)</sup>、Qui 等によるドーブ状態での電導度や光吸収の変化に関する報告<sup>4)</sup> などわずかしかない。そこで我々は、一次元半導

体であるポリシランの電子・光物性とそのドーピングによる変化について研究を行った。

本論文では、ポリシランをはじめ主鎖骨格内に Si-Si 結合を有する高分子へドーピングを行い、それに伴う光学的、電気的性質の変化を調べた結果について報告する。特に、 $p$ -N, N-ジアルキルアミノフェニル置換ポリシランにヨウ素をドーブすることによる大幅な吸収スペクトルの変化とその発現メカニズムについて報告する。

## 2. 実験方法

側鎖構造とドーピング効果の検討に用いた各種側鎖のポリシランは、モノマーとしてジクロロシランを用い、以下に述べる Wurtz 法によって合成した<sup>5)</sup>。すなわち、窒素雰囲気下、トルエン 30ml 中に金属ナトリウム 0.05mol を加え、還流条件

(110°C)で激しく攪拌しナトリウム微粒子を分散させた。これにジクロロシラン0.025molをトルエン10mlに溶かした溶液を滴下後、3時間反応させた。エタノールを加え反応を停止させた後、トルエン層を蒸留水で洗浄し、トルエンを留去した後、THF/エタノール系で再沈澱を行いポリシランを得た。また、2種類のジクロロシランをモノマーとして使い、同様の方法で共重合比がほぼ1:1の共重合ポリシランも得た。

また、主鎖構造とドーピング効果の検討においては、ポリメチルフェニルシランのほか、ポリ[p-(ジメチルジフェニルジシラニレン)フェニレン]、ポリ[p-(メチルフェニルシラニレン)フェニレン]の主鎖構造が異なるポリマーを用いた。ポリ[p-(ジメチルジフェニルジシラニレン)フェニレン]は、石川らの方法によるもので<sup>6)</sup>、その分子量は4万程度である。またポリ[p-(メチルフェニルシラニレン)フェニレン]は、p-ジプロモベンゼンをジグリニャー化した後、メチルフェニルジクロロシランと反応させて得られたものを用い、その分子量は1000~1500程度である。

電気的、光学的性質の測定には、トルエンに溶解せしめたポリシランをスピコート法により、石英ガラス基板上に成膜したものを用いた。また、ポリシランへのI<sub>2</sub>およびSbF<sub>5</sub>のドーピングはドーパントの蒸気に晒す方法によって行った。光学的測定には、サンプルを石英製光学セルが取り付けられた反応容器内に設置した後、排気ドーパント蒸気を導入すると同時に、吸収スペクトルを繰り返し測定した。電気的測定も、光学的測定とほぼ同様の方法で行った。また、電導度の測定は通常の直流四端子法によって行った。

### 3. 実験結果および検討

#### 3.1. ポリシラン側鎖とドーピング効果

##### 3.1.1. ジアルキルポリシランへのドーピング効果

ポリシランの側鎖とドーピング効果を検討するため、まず側鎖がアルキル基のみであるポリジアルキルシランを合成し、これらにI<sub>2</sub>をドーピングし、それに伴う光の吸収スペクトルの変化を調べた。

ポリメチルプロピルシラン(PMPrS)に対してI<sub>2</sub>ドーピングを行った場合の吸収スペクトルの変化を図1に示す。PMPrSは、未ドーピング状態ではσ-σ\*バンド間遷移による吸収を

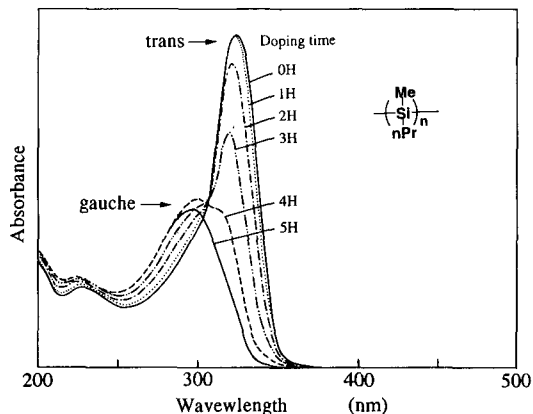


図1. I<sub>2</sub>ドーピングに伴うポリメチルプロピルシランの吸収スペクトル変化

Fig.1 Absorption spectra change in polymethylpropylsilane upon iodine doping.

325nm (3.4eV) に持つが、ドーピングを行っても長波長側に新たな吸収帯の出現は見い出せず、PMPrSとI<sub>2</sub>の間に電荷移動は生じていないものと言える。逆に、305nm (4.1eV)と短波長側に吸収ピークはシフトしており、これは、主鎖コンフォメーションに起因するサーモクロミズムのスペクトル変化とよく対応している<sup>7)</sup>。このことから、PMPrSでは、ドーピングにより電荷移動よりはむしろトランスからランダムへの主鎖コンフォメーションの変化が引き起こされたものと考えられる。

ポリジヘキシルシラン(PDHS)についても検討した。PDHSでは、ドーピングによりゴーシュによる315nm (3.9eV)の吸収は低下し、その一方でトランスによる370nm (3.4eV)の吸収が僅かに増大した。即ち、ポリジヘキシルシランではトランス/ゴーシュの混在から一部トランスに変化したとみられる。また、全トランスに変化すると仮定すると、370nmの吸収は大幅に増大するはずであるが、実際には、僅かにしか増大しておらず、このことからゴーシュ部分で主鎖のSi-Si結合の切断が生じていることも示唆された。

##### 3.1.2. π電子系側鎖とドーピング効果

側鎖がアルキル基のみの場合、ドーピングによる電荷移動と考えられる吸収スペクトルの変化は見い出せなかった。つぎに、側鎖にπ電子系を持つ最も代表的なポリシランであるポリメチルフェニルシラン(PMPS)にI<sub>2</sub>を

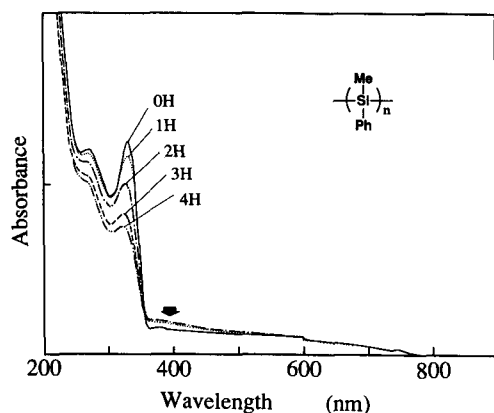


図2. I<sub>2</sub>ドーピングに伴うポリメチルフェニルシランの吸収スペクトル変化  
Fig.2 Absorption spectra change in polymethylphenylsilane upon iodine doping.

ドーピングした場合の吸収スペクトルの変化を図2に示す。未ドーピング状態では、 $\sigma$ - $\sigma^*$ バンド間遷移による強い吸収が330nm (3.7eV) 付近に観測された。一方、I<sub>2</sub>をドーピングするに伴いバンド間吸収より長波長側の400nm (3.1eV) 付近に新たな弱い吸収の出現が観測された。このことから、PMPS への I<sub>2</sub>ドーピングによって電荷移動等の相互作用が生じ、バンド間に新

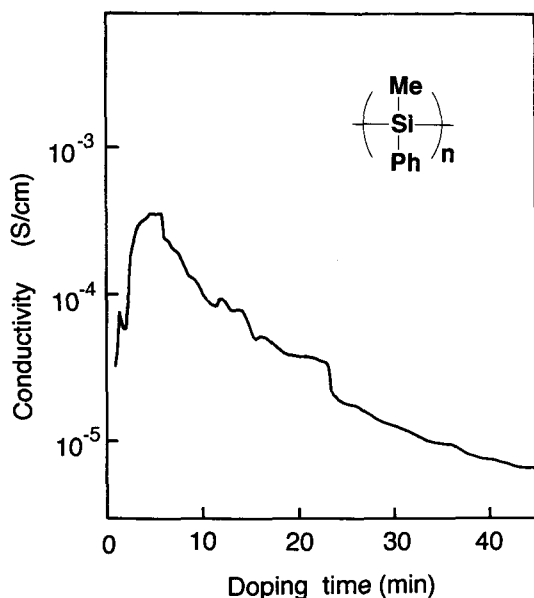


図3. SbF<sub>5</sub>ドーピングに伴うポリメチルフェニルシランの電導度変化  
Fig.3 Electrical conductivity change in polymethylphenylsilane upon iodine doping.

たな準位が形成されたことが明らかとなった。しかしながら、400nm (3.1eV) に新たな吸収帯の出現がみられる一方で、バンド間遷移による吸収の強度は低下する。

また、ドーパントを I<sub>2</sub> から SbF<sub>5</sub> に代えても同様のスペクトル変化が観測された。さらに、SbF<sub>5</sub>ドーピングに伴う電導度の変化を図3に示す。電導度は未ドーピング時の 10<sup>-5</sup>S/cm 程度から 10<sup>-3</sup>S/cm 程度にまで上昇するが、その後、徐々に低下する。吸収スペクトルと電導度の変化は対応しており、その挙動は以下のように解釈できる。すなわち、ドーピングの初期段階では電荷移動により新規準位の形成と電導度の上昇が生じるが、その後、ポリシラン骨格の破壊等によりバンド間吸収および電導度の低下が生じる。

以上のように、側鎖に  $\pi$  電子系を有する PMPS へのドーピングによって、電荷移動が生じることが明らかになった。さらに、 $\pi$  電子系側鎖がドーピングに及ぼす効果を調べるために、メチルフェニルシラン、ジフェニルシラン、ジアルキルシランの重合体へドーピングを行い、それに伴う吸収スペクトルの変化を調べた。その結果を表1にまとめた。ポリメチルフェニルシランにおいてバンド間吸収より長波長側の400nm (3.1eV) に新たな吸収が発生したのと同様に、メチルフェニルシランやジフェニルシランとの共重合体においてもドーピングにより400nm (3.1eV) 付近に吸収帯の発生が見い出され、電荷移動が生じているものと考えられる。これらの結果から、ドーピングとそれによる電荷移動には、ポリシランの  $\pi$  電子系側鎖部分が重要な役割を果たしているものと考えられる。

(R1R2Si)m(R3R4Si)n				Absorption band (eV)		Doping effect
R1	R2	R3	R4	Before	After	
Me	nPr	—	—	3.8	4.1	Conformational change (trans to gauche)
nHex	nHex	—	—	3.4 (strong)	3.4	Conformational change (mixture to trans)
Me	Ph	—	—	3.7	3.1	Charge transfer
Me	Me	Me	Ph	3.9	3.1	Charge transfer
Ph	Ph	Me	Ph	3.6	3.1	Charge transfer
Ph	Ph	nHex	nHex	3.5	3.1?	Charge transfer?
Ph	Ph	Me	ndodecyl	3.5	3.1?	Charge transfer?

表1. 各種側鎖のポリシランにおける I<sub>2</sub>ドーピング効果  
Table.1 Iodine doping effect on polysilanes with different side chain.

また、PMPS の場合と同様に、主バンド間吸収の強度の単調な低下もこれらのポリシランにおいても確認された。これは、電荷移動等の相互作用によって形成された準位への遷移が支配的になったと考えるよりはむしろ、主鎖の Si-Si 結合がドーピングにより切断された結果と予想される。この考え方は、表 2 に示すオリゴシラン (ドデカシラン) のドーピング状態での Si-Si 結合距離の計算結果からも支持される。すなわち、ドーピングにより Si-Si 結合の距離が急激に伸び、結合の切断が引き起こされる。これに関しては、次節で詳細に議論する。

States	Doping level n	Bond length (Å) [SiH <sub>3</sub> (SiH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> SiH <sub>3</sub> ] <sup>n</sup> r(Si6-Si7) r(Si11-Si12)	
Neutral	0	2.152	2.152
Acceptor-doped	+1	2.151	2.441
	+2	2.16	2.626
	+3	2.215	12.884

SiH<sub>3</sub>-SiH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-SiH<sub>3</sub>  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

表 2. ポリシランオリゴマーへのアクセプタードーピングによる Si-Si 結合距離の変化  
Table.2 Change in Si-Si bond length for acceptor doped polysilane oligomer.

以上、ポリシランの側鎖とドーピング効果に関する検討をまとめると、ドーピングとそれによる電荷移動には、 $\pi$  電子系側鎖部分が重要な役割を果たすこと、また、電荷移動によって主鎖内の Si-Si 結合の切断が生じることがわかった。また、ポリジアルキルシランでは電荷移動よりむしろ主鎖コンフォメーションの変化が引き起こされることも明らかとなった。

### 3.1.3. 極性基置換ポリシランへのドーピングとその効果

極性基を導入した  $\pi$  電子系を側鎖に持つポリシランにドーピングを行い、その効果についても調べた。図 4 にポリメチル-p-メトキシフェニルシランにヨウ素をドーピングした時のスペクトル変化を示した。I<sub>2</sub>ドーピングにおける変化は、概ねポリメチルフェニルシランと同じである。ところが、図 5 に示す様にポリメチル-p-N,N-ジエチルアミノフェニルシランに I<sub>2</sub> をドーピングしたところ急激に吸収強度

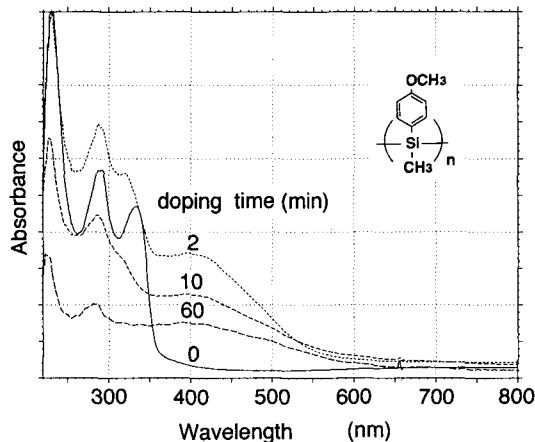


図 4. I<sub>2</sub>ドーピングに伴うポリメチル-p-メトキシフェニルシランの吸収スペクトル変化  
Fig.4 Absorption spectra change in polymethyl-p-methoxyphenylsilane upon iodine doping.

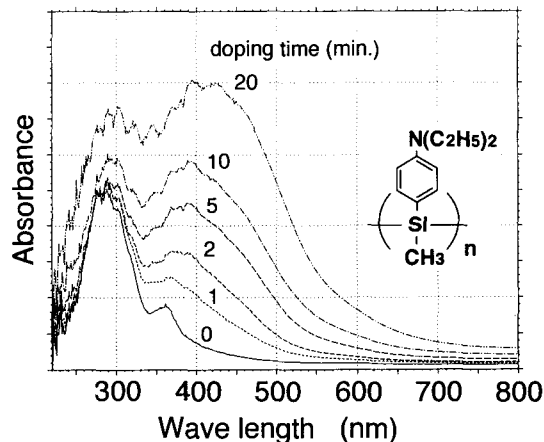


図 5. I<sub>2</sub>ドーピングに伴うポリメチル-p-N,N-ジエチルアミノフェニルシランの吸収スペクトル変化  
Fig.5 Absorption spectra change in polymethyl-p-N,N-diethylaminophenylsilane upon iodine doping.

が増加し、その吸収は700nm (1.8eV) にまで達している。更に注目すべき挙動は、従来では電荷移動による400nm (3.1eV) 付近の吸収が出現する一方、主鎖切断によりバンド間吸収の強度が大きく低下するのに対し、この系においては、ドーピングが進行しても、バンド間吸収の強度低下は見られない。このようなスペクトル変化から、ドーパントとポリシランの間に強く、かつ安定な相互作用が生じていることがわかった。これには p-N,N-ジエチルアミノ基が深く関与していると考えられる。

さらに、ポリメチル-p-N,N-ジエチルアミノフェニルシランに I<sub>2</sub> をドーピングした場合と同様のスペクトル変化は今回合成、ドーピングを行ったすべての p-N,N-ジアルキルアミノフェニル置換ポリシラン、およびその共重合ポリシランにおいても見いだされた。

一方、I<sub>2</sub> 以外のドーパントとして、SbF<sub>5</sub> をドーピングした場合には 400nm 付近に弱い吸収帯の発生しか見られなかった。

この I<sub>2</sub> ドーピングによる安定な可視吸収の発現メカニズムを明らかにするため、p-N,N-ジアルキルアミノフェニル置換ポリシランの繰り返しユニットに相当するモノシラン、およびジシラン化合物を合成し、これらの化合物への I<sub>2</sub> ドーピングを行った。p-N,N-ジメチルアミノフェニル基を持つモノシラン化合物 (p-N,N-ジメチルアミノフェニルトリメチルシラン) に I<sub>2</sub> をドーピングした結果を図 6 に示す。しかし、ジメチルアミノフェニル基を持つモノシラン化合物に I<sub>2</sub> をドーピングしても、I<sub>2</sub> による 520 nm の吸収以外には新たな吸収帯はみられなかった。一方、p-N,N-ジメチルアミノフェニル基を持つジシラン化合物である p-N,N-ジメチルアミノフェニルペンタメチルジシランに I<sub>2</sub> をドーピングした場合、300~400nm 付近に新たな吸収の発生が見られた。さらに、図 7 に示すように 1,2-ビス(p-N,N-ジメチルアミノフェニル)テトラメチルジシランに I<sub>2</sub> をドーピング

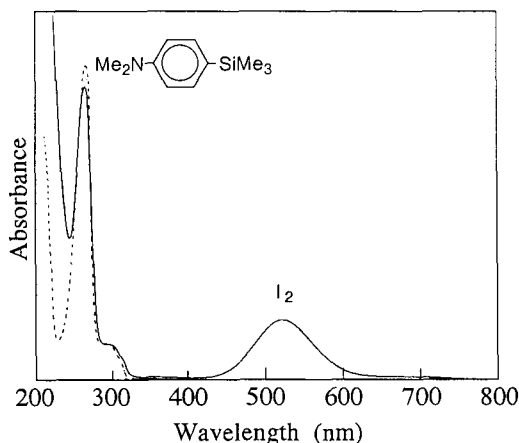


図 6. p-N,N-ジメチルアミノフェニルトリメチルシランにおける I<sub>2</sub> ドーピングによる吸収スペクトル変化

Fig.6 Absorption spectra change in p-N,N-dimethylamino-phenyltrimethylsilane upon iodine doping.

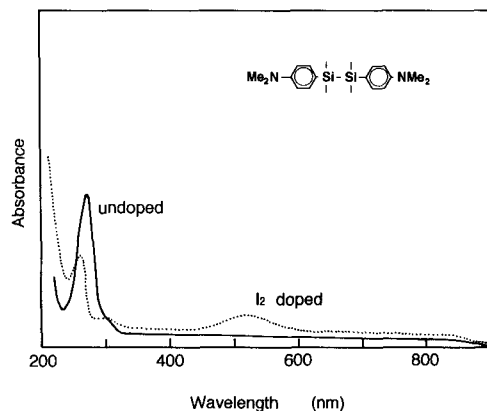


図 7. 1,2-ビス(p-N,N-ジメチルアミノフェニル)テトラメチルジシランにおける I<sub>2</sub> ドーピングによる吸収スペクトル変化

Fig.7 Absorption spectra change in 1,2-bis(p-N,N-dimethylaminophenyl)tetramethylsilane upon iodine doping.

した場合、320nm 付近に新たな吸収が発生するとともに、化合物の 270nm 付近の吸収強度の低下とその吸収ピークのブルーシフト (約 15nm) が観測された。

この結果、I<sub>2</sub> ドーピングによる安定な可視吸収の発生には、ヨウ素と Si-Si 結合による σ 共役電子間の相互作用が重要な役割を果たしていることが示唆された。

さらに、この p-N,N-ジアルキルアミノフェニル置換ポリシランにアクセプタードーピングを行った場合の電子状態を、分子軌道法による計算によっても調べた。今回、側鎖に電子供与性置換基として p-N,N-ジメチルアミノフェニルを持つポリシランや電子吸引性基を持つポリシラン等にアクセプタードーピングを施したときの変化を分子軌道法により計算した。計算はオリゴマーモデルについて中性状態とカチオン (+1) 状態について行った。その結果を表 3 に示す。アクセプタードーピングにより生じた正孔は主にケイ素主鎖上にあるが、電子供与性置換基 (PhNMe<sub>2</sub>) ほど、より多くの正孔がフェニル環上に存在することがわかった。一般にケイ素系高分子の最高被占軌道は主鎖の結合性 σ 共役電子で形成されており、アクセプタードーピングを施し電子を引き抜くと Si-Si 結合が弱くなる、つまり Si-Si 結合距離が長くなることが予想される。表 3 の高分子はいずれもドーピングにより Si-Si 結合

X	Me	PhNO <sub>2</sub>	Ph	PhNH <sub>2</sub>
Δq charge difference				
main chain	+1.008	+0.779	+0.758	+0.636
side chain	-0.008	+0.221	+0.242	+0.364 (+0.082) <sup>a</sup>
Δl bond length difference				
Si-Si	+0.024	+0.022	+0.018	+0.013
Si-C (Ph)	-0.013 <sup>b</sup>	-0.016	-0.020	-0.021 (-0.011) <sup>c</sup>

a The value in parenthesis represents nitrogen atoms.  
b This value represents Si-C (Me).  
c The value in parenthesis represents C (Ph)-N.

表3. アクセプトドーピングによる電荷分布および結合距離の変化

Table.3 Charge difference and bond length difference between cationic and neutral states of (SiMeX)<sub>6</sub>.

距離が長くなっているが、電子供与性置換基ではその変化が小さいことから、ドーピングによる Si-Si 結合力の低下は、これらの電子供与性基を導入した高分子では、小さいものと考えられる。また主鎖上の正孔を打ち消そうと側鎖から主鎖へ負電荷が移動する傾向があ

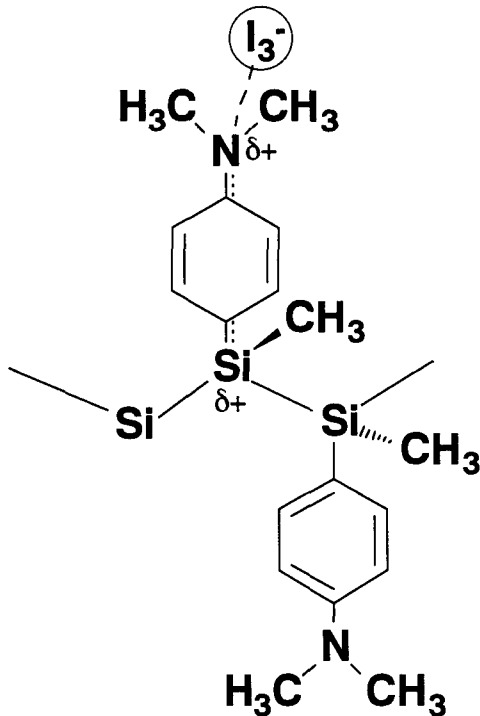


図8. p-N,N-ジメチルアミノフェニル置換ポリシランへのヨウ素ドーピングにおける電荷移動メカニズムの模式図

Fig.8 Schematic diagram of charge transfer mechanism on iodine-doped p-N,N-dialkylaminophenyl substituted polysilane.

るため、表3で Si-C の結合距離はむしろ短くなっている。この結果からも、PMPS 等にドーピングした場合よりも、p-N,N-ジアルキルアミノフェニル置換ポリシランにドーピングを行った場合の方が、主鎖の Si-Si 結合は切れにくく安定であることが示唆された。

以上のことから、ジアルキルアミノフェニル置換ポリシランにおける強く安定な新規可視吸収の発生は、図8に示すように、I<sub>2</sub>とアミノ基との相互作用と、I<sub>2</sub>とポリシラン主鎖の Si-Siσ 共役電子の両方の相互作用が関与したポリシランとヨウ素間の電荷移動によるものと考えられる。

### 3.2. 主鎖構造とドーピング効果

これまで、主鎖がすべて Si-Si 結合でできたポリシランに焦点を絞って述べてきたが、ここでは、ポリカルボシランを含め、ケイ素系ポリマーの主鎖構造とドーピング効果について検討した結果について紹介する。

ポリメチルフェニルシラン、ポリ [p- (ジメチルジフェニルジシラニレン) フェニレン]、ポリ [p- (メチルフェニルシラニレン) フェニレン] の3種の主鎖構造が異なるケイ素系高分子を合成し、ヨウ素ドーピングによるスペクトル変化を比較検討した。これらのケイ素系高分子にヨウ素をドーピングした時の吸収スペクトルの変化を図9に示した。

I<sub>2</sub>ドーピングにより、いずれのポリマーにおいても、バンド間吸収より長波長側に吸収帯が出現し、電荷移動が発生したと考えられる。特にポリ [p- (メチルフェニルシラニレン) フェニレン] における変化は他の2種と異なっている。これは Si が孤立した構造であり、主鎖内の π 電子系によるドーピング効果と考えられる。

一方、主鎖に Si-Si 結合を含む構造では、新たに発生した吸収帯の強度は弱く、またバンド間吸収の強度は低下する。このことは、Si-Siσ 電子系と電荷移動が生じ、それにより Si-Si 結合の切断が進んでいるものと理解される。

## 4. まとめ

本論文では、ポリシランをはじめ主鎖骨格内に Si-Si 結合を有する高分子へドーピングを行い、それに伴う光学的、電気的性質の変化を調べた結果を報告した。得られた結果を以下にまとめる。

(1) ポリジアルキルシランでは電荷移動よりむ

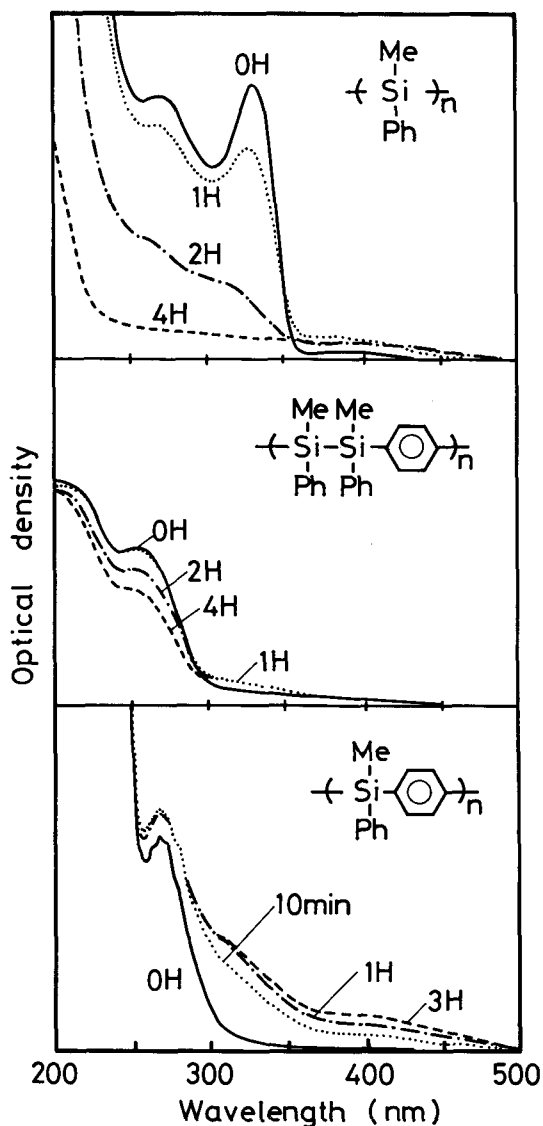


図9. 各種骨格のケイ素ポリマーへのI<sub>2</sub>ドーピングとそれによる吸収スペクトル変化

Fig.9 Absorption spectra change in silicon-based polymers with different skeleton upon iodine doping.

しる主鎖コンフォメーションの変化が引き起こされることも明らかとなった。

- (2)  $\sigma$  電子系側鎖を持つポリシランにドーピングを行うことにより、電荷移動によると考えられるバンド間吸収より長波長側の400nm付近に新たな吸収が見いだされた。
- (3) ポリシランの側鎖とドーピング効果を検討した結果、ドーピングとそれによる電荷移動

には、 $\pi$  電子系側鎖部分が重要な役割を果たすことがわかった。

- (4) p-N,N-ジアルキルアミノフェニル置換ポリシランシランにI<sub>2</sub>をドーピングすることにより700nmまで及ぶ強い可視吸収が発生することを見出した。
- (5) ジアルキルアミノフェニル置換ポリシランにおける強く安定な新規可視吸収の発生は、I<sub>2</sub>とアミノ基との相互作用と、I<sub>2</sub>とポリシラン主鎖のSi-Si $\sigma$ 共役電子との相互作用の両方が関与したポリシランとヨウ素間の電荷移動によるものと考えられる。
- (6) 各種骨格のケイ素系高分子にドーピングを行った場合、電荷移動等により、その電子状態が変化することを見出した。しかし、同時に主鎖のSi-Si結合が切れやすいことも明らかとなった。

以上の結果から、今後、結合の切断が生じないドーピング条件、ドーパント、ドーピング手法の探索や安定な分子構造の設計と合成が必要であることがわかった。

#### 謝 辞

本研究は通産省産業科学技術研究開発制度「ケイ素系高分子材料の研究開発」の一環として(財)高分子素材センターを通じ、住友電気工業株式会社が新エネルギー・産業技術総合開発機構より委託を受けて、実施したものである。

また、日頃より、ケイ素系高分子の合成、評価に関し御指導、御助言をいただいている広島大学工学部石川満夫教授に、電子・光物性に関し御指導いただいている大阪大学工学部横山正明教授に感謝いたします。

#### 参考文献

1. R.D.Miller and J.Michl, Chem. Rev. 89, 1359(1989).
2. T.J.Skothein (ed.), Handbook of Conducting Polymers, Marcel Dekker, New York, 1986.
3. R.West et al, J. Am. Chem.Soc. 103,7352(1981).
4. H.Qui et al., J.Polym.Sci.; Polym. Lett. 27, 469(1989).
5. R.D.Miller et al., ACS Symposium Series 360, 43(1988).
6. M.Ishikawa et al, Organometallics, 6, 1673(1987).
7. K.Yokoyama et al., Solid State Commun. 70, 241(1989).

(1994年8月5日受理)



**上野 秀樹**

昭和35年10月2日生。  
昭和58年 3月信州大学工学部電気工学科卒業  
昭和60年 3月同大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了

昭和63年 3月大阪大学大学院電気工学専攻博士後期課程修了

同年 4月住友電気工業株式会社入社。現在に至る。

主に、炭素材料、高分子材料の電子・光物性と応用に関する研究に従事。工学博士。電気学会、日本物理学会、応用物理学会、炭素材料会各会員。



**児嶋 啓之**

昭和42年3月3日生。  
平成元年3月京都大学工学部石油化学科卒業  
平成3年3月同大学大学院工学研究科分子工学専攻修士課程修了

同年 4月住友電気工業株式会社入社。現在に至る。

高分子系光学材料、電子材料の研究に従事。



**柿本 正也**

昭和38年5月20日生。  
昭和62年3月京都大学工学部石油化学科卒業  
平成元年3月同大学大学院工学研究科修士課程修了

同年 4月住友電気工業株式会社入社。現在に至る。  
ケイ素系分子材料の合成に関する研究に従事。



**山口 洋一**

昭和33年3月23日生。  
昭和55年3月東北大学工学部応用化学科卒業  
昭和60年3月同大学大学院工学研究科材料化学専攻修士課程修了

同年 4月住友電気工業株式会社入社。現在に至る。

この間、昭和63年～平成3年(財)基礎化学研究所研究員。主に計算化学に関する研究に従事。



**西村 昭**

昭和24年9月生。  
昭和47年3月京都大学工学部化学工学科卒業  
昭和49年3月同大学大学院工学研究科修士課程修了

同年 4月住友電気工業株式会社入社。

大阪研究所にて、高分子応用研究開発に従事。主任研究員。