

機関番号：32702

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008 年度 ～ 2010 年度

課題番号：20550113

研究課題名（和文） ヒドラジドの特性を利用した酸化分解性ポリマーの開発と応用

研究課題名（英文） Development and Application of Oxidatively Degradable Polymer Prepared by Utilizing the Properties of Hydrazide

研究代表者

木原 伸浩 (KIHARA NOBUHIRO)

神奈川大学・理学部・教授

研究者番号：30214852

研究成果の概要（和文）：ジヒドラジドから、ポリ（ジアシルヒドラジン）およびポリ（アシルセミカルバジド）を合成した。いずれのポリマーも、空気中では安定であるにも関わらず、次亜塩素酸ナトリウム水溶液によって速やかに分解する酸化分解性ポリマーであった。ジヒドラジドの酸化カップリングにより直接ポリ（ジアシルヒドラジン）を得た。さらに、ヒドラジドを側鎖に持つポリマーが、酸化反応だけで架橋-脱架橋できることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Poly(diacylhydrazine) and poly(acylsemicarbazide) were prepared from bishydrazide. These polymers were useful oxidatively degradable polymers: Although each polymer was stable in air even at higher temperature, it decomposed rapidly by the action of sodium hypochlorite solution. Poly(diacylhydrazine) was directly prepared by the oxidative coupling polymerization of bishydrazide. Polymers with hydrazide in the side chain reversibly crosslinked and decrosslinked by the selective oxidation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

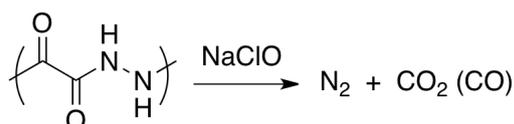
研究分野：高分子合成・高分子反応

科研費の分科・細目：複合化学・高分子化学

キーワード：酸化分解性高分子、ヒドラジド、ジアシルヒドラジン、アシルセミカルバジド

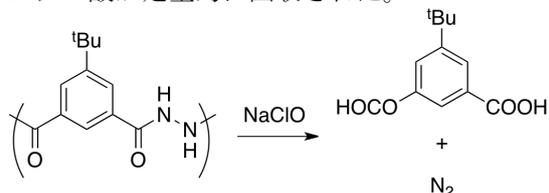
1. 研究開始当初の背景

申請者らは、ヒドラジンとシュウ酸の縮合重合体であるナイロン-0,2 が、空気中で安定であるにも関わらず、次亜塩素酸ナトリウム水溶液などの汎用の酸化剤によって速やかに（粉末であれば 10 秒以内に）酸化され、定量的に窒素と二酸化炭素を与えることを明らかにしてきた。すなわち、ナイロン-0,2 は、特定の酸化剤をスイッチとして直ちに分解する酸化分解性ポリマーである。



酸化分解性の発現において、ジアシルヒドラジン構造が重要であると考えられる。ナイロン-0,2 は極めて溶解性が悪いことから、溶解性の良いポリ（ジアシルヒドラジン）としてイソフタルヒドラジドから誘導したポリ（ジアシルヒドラジン）の酸化分解性について検

討したところ、やはり空气中で極めて安定であるにも関わらず、次亜塩素酸ナトリウム水溶液によって直ちに窒素を放出しながら分解し、この場合はカルボン酸部位であるイソフタル酸が定量的に回収された。



すなわち、ヒドラジンをジアミン成分とするポリアミドであるポリ（ジアシルヒドラジン）には一般に酸化分解性が期待される。ポリ（ジアシルヒドラジン）を分解性ポリマーとして見ると、従来の分解性ポリマーとは明らかに異なる際立った性質を有している。すなわち、

- (1) 酸化分解性を示すにも関わらず、酸素に対しては安定であること
- (2) 通常のポリアミドと同様に熱的に非常に安定であること
- (3) 酸化によりカルボン酸部位と窒素という明確な物質にまで酸化されること
- (4) 使用中は極めて安定でありながら、酸化剤によって直ちに完全に分解すること
- (5) 分解に用いることのできる酸化剤は安価で入手容易であること

これらの特徴から、ポリ（ジアシルヒドラジン）には新しいタイプの分解性材料として従来の分解性ポリマーとは全く異なる応用が広く期待できる。

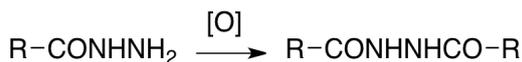
これまで多くのポリ（ジアシルヒドラジン）が合成されてきたが、その酸化分解性についての検討は、申請者らの報告を除き全くなされていない。また、分解性ポリマーとしての観点からも、ポリ（ジアシルヒドラジン）のような明確な酸化分解性を示すポリマーは全くない。したがって、内外に関連する研究は全くない。ここで、酸化分解性の持つ特徴と、その特徴に基づく応用の可能性を考えると、ヒドラジドおよびその関連構造を持つポリマーの合成と酸化分解性を広く検討することで、新しい材料としてだけでなく、資源のリサイクルへの新しいアプローチが生まれるものと期待できる。

2. 研究の目的

以上の背景のもとに、ポリ（ジアシルヒドラジン）の新しい効率的な合成法を検討すると共に、ポリ（ジアシルヒドラジン）を中心として酸化分解性ポリマーの概念を確立し、その応用に向けた基礎的な知見を得ることを検討する。そのために、本研究では大きく次の4つの主題で研究を行なう。

- (1) ヒドラジドの酸化カップリング反応を利用し、ジヒドラジドをモノマーとするポリ

（ジアシルヒドラジン）の直接合成法を開発する。



高分子量のポリ（ジアシルヒドラジン）を得る重合条件を確立し、さらに、この重合条件を用いてさまざまなポリ（ジアシルヒドラジン）を合成し、特に、粘着性を有するポリ（ジアシルヒドラジン）を開発する。

(2) ポリ（ジアシルヒドラジン）の酸化分解に与える酸化剤の影響を検討する。金属イオンが酸化分解に与える影響、気体酸化剤による乾式分解、共存する水の影響、を検討し、ポリ（ジアシルヒドラジン）を酸化分解性材料へと応用する上での基礎的な知見を得る。

(3) 様々なポリマーをヒドラジンで変性することで酸化分解性を付与する。ジアシルヒドラジンで架橋されたポリマーの酸化分解による脱架橋、酸化分解性を付与された汎用ポリマーの酸化分解によるオリゴマー化、など、任意のタイミングでポリマーが分解できるという酸化分解の特性を活用した応用を検討する。

(4) ヒドラジン誘導体となる官能基を持つポリマーや、ヒドロキシルアミンなどのヒドラジン類縁化合物を利用したポリマーなど、ポリ（ジアシルヒドラジン）以外の酸化分解性を有するポリマーを広く探索する。

本研究は、酸化分解性という新しいタイプの分解性ポリマーを開発するという点で他に類を見ないものである。我々の身の回りは酸化的雰囲気であるから、一見すると、酸化反応により分解するポリマーは空气中で不安定であるように考えられる。しかし、ジアシルヒドラジンを利用することで、空气中での安定性と、酸化剤による速やかな分解という二律背反を実現していることに本研究の特徴がある。本研究により、ポリ（ジアシルヒドラジン）の酸化分解性が確立され、分解性ポリマーに新しい応用の可能性が切り開かれていくものと期待できる。

これまで分解性ポリマーとしては、生分解性ポリマーや光分解性ポリマーが研究されてきた。これらはいずれも天然の刺激によって分解するポリマーである。したがって、使用中に性能の劣化は避けられない。それに対して酸化分解性ポリマーは自然環境で安定であるため、回収再利用が容易だけでなく、性能が劣化した場合には酸化分解によって原料のジカルボン酸に戻し、再びポリマー原料として利用できる。この時、分解生成物が明確であるため環境汚染や毒性の心配がないことも重要である。このように、酸化分解性ポリマーは従来の分解性ポリマーに期待されている枠を大きく越え、全く新しい高分子材料となるものと期待される。すなわち、

本研究は学術的にはもちろんのこと、社会的にも大いにインパクトのある研究であると言えよう。

3. 研究の方法

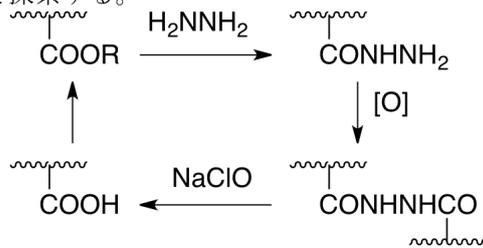
ジヒドラジドをモノマーとするポリ（ジアシルヒドラジン）の直接合成

これまでポリ（ジアシルヒドラジン）はヒドラジンあるいはジヒドラジドとカルボン酸誘導体との重縮合で合成されてきた。しかし、ヒドラジンの取り扱いが難しいだけでなく、重合にはカルボン酸の活性エステルが必要であった。そのため、ポリ（ジアシルヒドラジン）の簡便な合成法が求められてきた。一方、ヒドラジドは穏やかな酸化剤で酸化され、ジアシルヒドラジンを定量的に与える（P. P. Kukarni *et al.* *J. Chem. Res. (S)*, **2000**, 184. O. Prakash *et al.* *Synth. Commun.*, **1997**, 27, 3371.）。この反応を重縮合へと展開し、取り扱いやすいジヒドラジドをモノマーとして直接高分子量のポリ（ジアシルヒドラジン）を得ることを検討する。

ポリ（ジアシルヒドラジン）の酸化分解挙動
ポリ（ジアシルヒドラジン）の酸化分解性を検討するのに、これまで次亜塩素酸ナトリウム水溶液を用いてきたが、塩素の発生や腐食性などの問題がある。そのため、ポリ（ジアシルヒドラジン）を分解できる他の酸化剤の必要性が指摘されてきた。そこで、ハロゲンを含まない過酸化水素などの過酸化物によるポリ（ジアシルヒドラジン）の酸化分解を検討する。酸化電位を指標にしながら、濃度、金属塩の添加、系の pH などのパラメータを検討していき、次亜塩素酸ナトリウム水溶液に代わるポリ（ジアシルヒドラジン）の酸化分解スイッチを見出す。

酸化的に脱架橋可能な架橋高分子の開発

酸化分解によって脱架橋する架橋高分子の開発を行なう。側鎖にエステル基を有するポリマーは、ヒドラジンで変性した後に穏やかに酸化すると、ジアシルヒドラジン構造で架橋した架橋高分子を与えると期待できる。この架橋体は酸化分解することで脱架橋し、エステル化することで元のポリマーを再生すると期待できる。このプロセスがきちんと進行するために必要なポリマー構造、反応条件を探索する。



ポリヒドラゾンの合成と酸化分解

ヒドラジドはカルボニル化合物と定量的に反応してヒドラゾンを与える。この反応は古

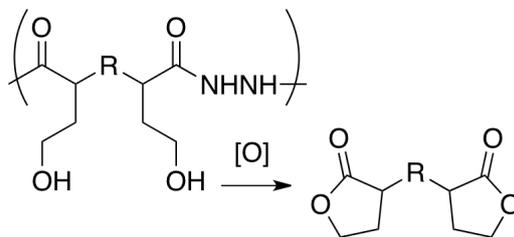
くからカルボニル化合物の定量などに使われてきたが、ポリヒドラゾンの性質についてはほとんど検討されていない。ジヒドラジドとジアルデヒドの重縮合でポリヒドラゾンを得、その酸化分解性を検討する。ポリ（ジアシルヒドラジン）とは異なる酸化分解性を示すと考えられるので、酸化剤、反応生成物について詳細に検討する。

第2年度以降は前年度までの成果をさらに発展させるとともに、以下の研究へと展開する。粘着性を有するポリ（ジアシルヒドラジン）の開発と酸化分解性接着剤への展開

前年度までに開発したポリ（ジアシルヒドラジン）の合成法が様々なポリ（ジアシルヒドラジン）の合成に適用できることを検証する。その際、特に、 T_g が低く粘着性・接着性を有するポリ（ジアシルヒドラジン）を目指して検討する。粘着性・接着性を有するポリマーが得られれば、不要になったら容易に分解して取り除ける酸化分解性接着剤として広く応用可能であると期待できる。ポリ（ジアシルヒドラジン）はその水素結合能のために T_g が高くなる傾向があるが、PEO 鎖を導入するなどして T_g を下げることを検討する。さらに、金属への接着性を上げるために含硫黄官能基を導入したヒドラジドの合成を検討する。得られたポリマーの、様々な素材に対する接着性・粘着性を評価し、酸化分解性接着剤・粘着剤として利用可能なポリ（ジアシルヒドラジン）を見出していく。

ポリ（ジアシルヒドラジン）の乾式酸化分解

ポリ（ジアシルヒドラジン）を気体状の酸化剤で直接酸化分解することを検討する。酸化剤としては、一重項酸素、オゾン、酸化窒素、塩素、酸化塩素を検討する。酸化分解に必要な水は酸化反応で供給されるはずであるが、無水条件下でも容易に酸化分解するためには、分子内にヒドロキシ基を有すると効果的であると考えられる。そこで、このようなポリ（ジアシルヒドラジン）を合成し、その乾式酸化分解についても検討する。ヒドロキシ基の導入位置と酸化分解性との関連について検討する。



汎用ポリマーへの酸化分解性の付与

ポリエステル、ポリカーボネート、ナイロンなどの汎用の縮合系ポリマーにおいて、ジヒドラジドを求核性のコモノマーとして共重

合させることで、これらの汎用ポリマーに酸化分解性を付与することを検討する。ヒドロジドの共重合は物性に大きな影響を与えると考えられるので、共重合組成による物性の変化について検討するとともに、ジヒドロジドの分子構造が物性にどのような影響を与えるのか、様々なジヒドロジドを用いて検討する。

4. 研究成果

ジヒドロジドをモノマーとするポリ（ジアシルヒドロジン）の直接合成

直鎖の脂肪族ジカルボン酸から誘導されたポリ（ジアシルヒドロジン）は溶媒不溶であった。これは、ポリマー鎖間に強い水素結合相互作用が働いているからであると考えられる。そこで、ポリマー主鎖を屈曲させるためにイソフタル酸をジカルボン酸として用いてポリ（ジアシルヒドロジン）を合成した。得られたポリマーは溶解性があったが、高分子量ものは溶媒不溶であった。そこで、イソフタル酸の5位にtert-ブチル基を導入したところ、溶媒可溶で高分子量のポリ（ジアシルヒドロジン）が得られた。モノマーとして活性エステルとジヒドロジドを用いて非プロトン性極性溶媒中で重合を行なったところ、高分子量のポリマーが得られた。得られたポリ（ジアシルヒドロジン）は次亜塩素酸ナトリウム水溶液で対応するジカルボン酸まで酸化分解され、一般にポリ（ジアシルヒドロジン）が酸化分解性ポリマーであることが明らかとなった。一方、得られたポリマーは空気中では分解点である300℃まで全く変化しないことから、ポリ（ジアシルヒドロジン）は酸化分解性であるにも関わらず、空気中では非常に安定であることが明らかとなった。これは、ポリ（ジアシルヒドロジン）が優れた酸化分解性ポリマーとして様々な応用可能であることを示唆している。さらに、酸化分解の生成物はポリマー原料のジカルボン酸であることから、リサイクルも容易な分解性ポリマーとしても位置づけられる。ヒドロジドは穏やかな酸化剤で酸化すると二量化してジアシルヒドロジンを与えることが知られている。そこで、ジヒドロジドをoxoneで処理したところ、酸化カップリング重合によってポリ（ジアシルヒドロジン）が得られた。すなわち、本系では空気中で取り扱いやすい酸化反応だけを用いて、重合と酸化分解の両方を行なうことができることが明らかとなった。oxoneによる酸化カップリング重合は溶媒の効果を大きく受け、非プロトン性極性溶媒-水-アセトニトリルあるいはDMAcという三元系溶媒を用いた時に最も収率よく高分子量のポリマーを与えた。oxone以外の酸化剤ではポリ（ジアシルヒドロジン）が得られなかったが、溶媒効果が著

しいことを受けてDMAc-アセトニトリルの混合溶媒を用いた時にはジアセトキシオードベンゼンを酸化剤として、低収率ながらポリ（ジアシルヒドロジン）が得られた。

oxoneを用いた酸化カップリング重合系を用いて、様々なポリ（ジアシルヒドロジン）を合成した。いずれのポリマーも空気中では300℃程度まで安定なポリマーであったが、次亜塩素酸ナトリウム水溶液によって容易に分解する酸化分解性ポリマーであった。ポリ（ジアシルヒドロジン）の T_g は一般に非常に高く T_d 以上にあるものと考えられたが、ビフェニル構造を持たせることで初めて T_g を持つポリ（ジアシルヒドロジン）を得ることができた。

ポリ（ジアシルヒドロジン）の酸化分解挙動
ポリ（ジアシルヒドロジン）は次亜塩素酸ナトリウム水溶液で酸化分解するが、酸化分解性ポリマーを電気回路に使う時にはハロゲンの存在は電気回路にダメージを与える。そこで、過酸化水素あるいは酸素による酸化分解を検討した。

ポリ（ジアシルヒドロジン）を過酸化水素で処理しても酸化分解は起こらなかった。一般に遷移金属イオンは酸化反応のよい触媒となるが、バナジウム、クロム、マンガン、鉄、コバルト、ニッケル、銅、のイオンの存在下でもポリ（ジアシルヒドロジン）は過酸化水素による酸化を受けなかった。

酸化カップリング重合でアセトニトリルが特殊な溶媒効果を示したことから、アセトニトリル存在下、塩基性でポリ（ジアシルヒドロジン）を過酸化水素で処理したところ、酸化分解が進行し、対応するカルボン酸が得られた。ただし、酸化分解の進行は遅かった。酸素はポリ（ジアシルヒドロジン）を酸化しないが、適切な触媒の存在下で酸化が起こるようであれば、酸化剤ではなく、触媒との接触によって分解の始まる酸化分解性を実現することができる。しかし、ポリ（ジアシルヒドロジン）は、バナジウム、クロム、マンガン、鉄、コバルト、ニッケル、銅、のイオンの存在下でも酸素酸化を受けなかった。酸素酸化のよい触媒となることが知られているパラジウム錯体や金ナノ粒子によっても酸素酸化は起こらなかった。これらのことから、ポリ（ジアシルヒドロジン）は酸素に対しては極めて安定であることが明らかになった。これは、酸化分解性ポリマーとしては非常に重要な性質である。

酸化的に脱架橋可能な架橋高分子の開環
側鎖に安息香酸エステル部位を持つスチレン共重合体を過剰のヒドロジンで処理したところ、定量的にヒドロジド化された。これをNMP-水-DMAc混合溶媒中でoxoneと、あるいは、DMAc中でジアセトキシオードベンゼンと処理したところ、架橋して溶媒不溶のポリ

マーが得られた。架橋体は、DMAc で膨潤させた状態で次亜塩素酸ナトリウム水溶液で処理したところ、酸化分解によって脱架橋され、溶媒可溶のポリマーとなった。これは、TMS ジアゾメタンで処理することにより元のメチルエステルを側鎖に有するポリマーに戻すことができた。同様の反応を、スチレン-アクリル酸メチル共重合体で行なうことができたがヒドロジド化はより困難であった。一連の反応で回収されたスチレン-アクリル酸メチル共重合体は、再び酸化的架橋-脱架橋系に供することができた。以上のことから、酸化剤を使い分けることで、酸化反応だけで架橋と脱架橋が可能な系を見出した。

ポリヒドロゾンの合成と酸化分解

ジヒドロジドとジアルデヒドの重縮合によってポリヒドロゾンを合成した。ポリヒドロゾンを次亜塩素酸ナトリウム水溶液で処理したところ、酸化分解が進行し、ジアルデヒドに相当するジカルボン酸が得られた。ただし、反応は単純ではなく、ジカルボン酸の収率も低いものであった。このことから、ポリヒドロゾンはポリ（ジアシルヒドラジン）と同様の酸化分解性ポリマーではあるものの、ポリ（ジアシルヒドラジン）の持つ優れた性質のうちいくつかを欠くことが明らかとなった。

粘着性を有するポリ（ジアシルヒドラジン）の開発と酸化分解性接着剤への展開

酸化カップリング重合法は様々な構造のポリ（ジアシルヒドラジン）を合成する優れた方法である。そこで、様々な構造のポリ（ジアシルヒドラジン）の合成を検討したが、 T_g が室温以下であるような粘着性のあるポリ（ジアシルヒドラジン）を得ることはできなかった。

そこで、接着剤として優れた性質を示すエポキシ樹脂に着目し、エポキシ樹脂の硬化剤にジアシルヒドラジン構造を導入することで、酸化分解性を持つエポキシ樹脂硬化体を得ることを検討した。ヒドロジド部位を有する様々なフェノールの酸化カップリング反応により、ジアシルヒドラジン構造を有するビスフェノールを合成した。得られたビスフェノールは、いずれも次亜塩素酸ナトリウム水溶液で容易に酸化分解した。このビスフェノールを硬化剤として用い、ビスフェノール A 型のエポキシ樹脂の硬化を検討した。しかし、ほとんどのビスフェノールはエポキシ樹脂と混和しなかった。しかし、ジヒドロクマリンから得られたフェノール性硬化剤は、エポキシ樹脂と混合し、80°C 程度まで加熱すると均一な混合物を与えた。そこで、ここに触媒としてイミダゾールを添加したところ、混合物は硬化し、熱可塑性の硬化体を与えた。硬化体はガラスや金属を接着することができ、次亜塩素酸ナトリウム水溶液で処理すると

分解する、酸化分解性接着剤として利用可能であった。酸化分解は DMAc で膨潤させた状態では特に速やかであった。

ポリ（ジアシルヒドラジン）の乾式酸化分解
ヒドロキシ基を有し乾式酸化分解が可能であると期待されるポリ（ジアシルヒドラジン）のモノマーとして二官能性 γ -ブチロラク톤を合成した。モデル反応として α -アルコキシ- γ -ブチロラク톤とヒドラジンとの反応を行ったところ、定量的にヒドロジドが得られたが、ジアシルヒドラジンは得られなかった。そこで、得られたヒドロジドをアシル化して、一方のアシル基側にヒドロキシ基を持つジアシルヒドラジンを得た。これは次亜塩素酸ナトリウム水溶液で酸化分解したが、生成物は γ -ブチロラク톤ではなくヒドロキシカルボン酸であった。

汎用ポリマーへの酸化分解性の付与

ウレタンはイソシアナートとアルコールから合成される。そこで、ポリウレタンの合成系で、ジオールの代わりにジヒドロジドを用いることを検討することにした。イソシアナートとヒドロジドは容易に反応してアシルセミカルバジドを与えた。これを次亜塩素酸ナトリウム水溶液で処理したところ、直ちに酸化分解してカルボン酸を定量的に与えたが、アミン側は反応条件下でさらに酸化を受けた。そこで、ジヒドロジドとジイソシアナートとの重縮合を行ないポリ（アシルセミカルバジド）を合成した。ジヒドロジドの溶解性が高い場合に高分子量のポリマーが得られた。そこで、様々なジヒドロジドを合成して溶解性を検討した。その結果、5-tert-ブチルイソフタル酸から合成したヒドロジドに最も高い溶解性が見られた。ポリ（アシルセミカルバジド）の溶液から、キャスト法により強度の高い自立性のフィルムが得られた。このフィルムは次亜塩素酸ナトリウム水溶液で容易に酸化分解した。酸化分解生成物として 5-tert-ブチルイソフタル酸が得られた。

この反応を利用すれば、ポリウレタンに酸化分解性を付与できると期待できる。MDI とジオールとの重付加によるポリウレタン合成系で、ジオールの 10% をこのジヒドロジドに置き換えて重付加反応を行なった。その結果、アシルセミカルバジドを導入したポリウレタンが得られた。この変性ポリウレタンを次亜塩素酸ナトリウム水溶液で処理したところ、アシルセミカルバジド部位の割合の低下は見られたものの、完全な分解には至らなかった。アルコールとヒドロジドの反応性の違いから期待したような共重合体は得られなかったものと考え、DBTDL をウレタン合成触媒として加えて重合を行なったところ、酸化分解性の高い共重合ポリウレタンが得られた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計13件)

- ①. 木原 伸浩:酸化分解性ポリマー, マテリアルステージ, **2010**, *10* (3), 1-3. 査読なし
- ②. 木原 伸浩:酸化分解性ポリマー, ファインケミカル, **2010**, *39* (7), 47-55. 査読なし
- ③. 木原 伸浩:分子認識場、選択的反応場および酸化分解性高分子, *Sci. J. Kanagawa Univ.*, **2009**, *20* (2), 219-222. 査読なし
- ④. 木原 伸浩:酸化分解性ポリマー材料, *工業材料*, **2010**, *58* (1), 34-35. 査読なし
- ⑤. Nobuhiro Kihara Yusuke Iino, Tatsuya Misawa: Oxidative Degradation of Poly(isophthaloylhydrazine-1,2-diyl)s, *J. Polym. Sci., Part A: Polym. Chem.*, **2008**, *46* (18), 6255-6262. 査読あり
- ⑥. 木原 伸浩:酸化分解性ポリマー材料, *コンバーテック*, **2009**, (2), 58-62. 査読なし

他7件

〔学会発表〕(計49件)

- ①. Kentaro Nagashima and Nobuhiro Kihara Synthesis of oxidatively degradable polymers by oxidative coupling polymerization and their application, 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (12/17, 2010, Waikiki, Hawaii)
- ②. Midori Katayama and Nobuhiro Kihara, Synthesis and oxidative degradation of poly(acyls emicarbazide), 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (12/17, 2010, Waikiki, Hawaii)
- ③. 長島 健太郎・木原 伸浩, 酸化カップリング重合による酸化分解性ポリマーの合成と酸化分解挙動, 第56回高分子研究発表会(2010年7月16日、兵庫県民会館)
- ④. 長島 健太郎・木原 伸浩, 側鎖にヒドロラジド基を有するポリマーの酸化反応のみによる架橋-脱架橋, 日本化学会第91春季年会(2010年3月26-29日、神奈川県横浜キャンパス)
- ⑤. 方山 みどり・木原 伸浩, ポリ(アシルセミカルバジド)の合成と酸化分解性, 日本化学会第91春季年会(2010年3月26-29日、神奈川県横浜キャンパス)
- ⑥. Kentaro Nagashima and Nobuhiro Kihara Synthesis of Oxidatively Degradable

Polymers by Oxidative Coupling Polymerization, Joint International Conference on the Kanagawa University - National Taiwan University Exchange Program (5th) and the High-Tech Research Center (1/23, 2010, Hiratsuka, Japan)

- ⑦. 木原 伸浩・飯野 裕介・長島 健太郎, ポリ(ジアシルヒドラジン)の合成と酸化分解 -モノマー回収と酸化的重合- 解重合 -, 第58回高分子討論会(2009年9月16-18日、熊本大学黒髪キャンパス)
- ⑧. 長島 健太郎・木原 伸浩, 酸化カップリング重合による酸化分解性ポリマーの合成, 日本化学会第90春季年会(2010年3月26-29日、近畿大学本部キャンパス)

他41件

〔図書〕(計2件)

- ①. 高田 十志和、木原 伸浩:有機金属化学、無機化学(役に立つ化学シリーズ)、村橋俊一、戸嶋直樹、安保重一編集、第5章第2節、pp.172-178、朝倉書店、東京(2009)
- ②. 木原 伸浩:魂はどこにある?、化学の魅力II 大学で何を学ぶか(神奈川大学入門テキストシリーズ)、第1章、pp.5-20、御茶ノ水書房、東京(2010)

〔産業財産権〕

○出願状況(計2件)

名称:ポリ(ジアシルヒドラジン)の製造方法、及びポリ(ジアシルヒドラジン)

発明者:木原 伸浩

権利者:学校法人神奈川大学

種類:特許権

番号:特許出願 2009-200826、特許公開 2011-52075

出願年月日:2009年8月31日

国内外の別:国内

他1件

〔その他〕

新聞報道:化学工業日報 2009年9月28日朝刊「酸化分解性ポリマー開発 次亜ソーなどに応答 瞬時にモノマーに 神奈川大」

6. 研究組織

(1)研究代表者

木原 伸浩 (KIHARA NOBUHIRO)

神奈川大学・理学部・教授

研究者番号:30214852

(2)研究分担者

なし