共役エンインを用いる新規 芳香環構築反応

斎藤 慎一*
山本 嘉則**

New Benzannulation Reactions of Conjugated Enynes

Shinichi Saito* and Yoshinori Yamamoto**

Conjugated enynes undergo [4+2] cycloadditions in the presence of palladium(0) catalysts. They cyclodimerize (homo benzannulation) or react with conjugated diynes (cross benzannulation) to yield polysubstituted benzenes. These reactions proceeded in highly regioselective manners, and a number of polysubstituted benzenes were prepared in good to high yields. The synthetic usefulness of these reactions was demonstrated by the synthesis of cyclophanes, styrenes, enynylbenzenes, anilines and phenols, which was summarized in this review.

Key words: enynes, diynes, palladium catalyst, benzannulation, polysubstituted benzenes, [4+2] cycloadditions

はじめに

有機合成化学において多置換ベンゼンは数多くの化合物の合成に汎用されている重要な中間体である。多置換ベンゼンの合成方法としてはフリーデルクラフツ反応に代表される芳香族求電子置換反応を用いる方法¹⁾,あるいはベンゼン環をメタレーションする方法が良く知られているが²⁾,前者の方法は反応の位置選択性の制御が課題となり,後者の方法はその適用範囲が比較的限られている。また,置換基導入時の反応条件が過酷な場合も多く,なおかつ置換基は1つずつ導入するので,どうしても合成ルートが長くなってしまふ。

近年における有機金属化学の発展に伴い,ベンゼン環を3分子のアルキンから直接構築するという手法により多置換ベンゼンを合成することが可能となった³⁾。この反応は脱離基の導入による活性化を行う必要がなく,また反応の際に副生成物(無機塩など)が一切生じないので,他の芳香環構築反応と比べて非常にクリーンな反応であるといえる。この反応を分子内反応,あるいは部分的な分子内反応として用いることにより,位置選択的に多置換ベンゼンを構築することができる。しかしなが

ら,従来分子間反応における位置選択性の制御は困難であった³⁾。

最近当研究室では,パラジウム触媒存在下における共役エンインを用いた芳香環構築反応を見いだした。本論文ではこの反応に関する最近の研究成果について,主に有機合成化学的な観点から論ずる⁴⁾。

1. 共役エンインを用いた芳香環構築反応の反応様式,およびその特徴

共役エンインを用いた芳香環構築反応の反応様式は大きく分けて2つに分類できる。1つはパラジウム触媒の存在下における共役エンインの二量化反応である(式1,ホモベンズアニユレーション)⁵⁾。もう1つの反応様式は共役エンインがパラジウム触媒の存在下で共役ジインと反応し,ベンゼン環を生成するというものである(式2,クロスベンズアニユレーション)^{6,7)}。これらの反応は水素原子の転位を伴う炭素-炭素結合形成反応であり,極めてユニークなものである。また,分子間反応でありながら,極めて高い位置選択性で進行することもこれらの反応の特徴の1つである。例えば,式1の反応においては1,4-2置換ベンゼンである化合物2のみが生成し,異性体である3は全く生成しない。また式2の反応においても化合物5のような多置換ベンゼンのみを得られ,6のような異性体は単離されない。また,触媒としてはパラジウム(0)触媒が有効であり,とりわけテトラキストリフェニルフォスフィンパラジウム(0) ($\text{Pd}(\text{PPh}_3)_4$)⁵⁾ やパラジウムジベンジリデンアセトン・クロロホルム錯体-トリオルトトリルフォスフィン触媒(Pd_2

* 東北大学反応化学研究所

()

* Institute for Chemical Reaction Science, Tohoku University

()

** 東北大学大学院理学研究科

()

**Department of Chemistry, Graduate School of Science, Tohoku University ()

(dba)₃·CHCl₃-(*o*-tolyl)₃P)^{6,8,9} が高活性を示す。パラジウム触媒以外での遷移金属触媒の存在下では、本反応はほとんど進行しない⁵。

本反応における共役エニンの反応性は立体的な要因により大きく変化する(図1)。例えば、共役エニンの

Fig. 1 Comparison of the reactivity of enynes.

反応性は置換基の位置によって変化する。2 位に置換基を有する共役エニンが最も高い反応性を示す。反応点により近い1 位、あるいは4 位に置換基を導入すると共役エニンの反応性は低下する。また、1 置換の共役エニンの方が多置換共役エニンよりも反応性が高いことも判明している。さらに、1 位に置換基を導入した場合、アルキンに対してシス位に置換基が導入されたエニンの方が、トランス位に置換基が導入されたエニンよりも反応性が高い^{6,8,10,11}。この理由の1つとしては、1 位にある水素原子が転位する際にトランス位の水素原子の方が転位しやすいことがあげられる(後述)。

また、共役エニンの反応性は置換基の電子的な性質によっても変化する。例えば、共役エニンに電子吸引基を導入した場合にはその反応性が大きく向上する^{6,8,10,11}。ホモベンズアニュレーションにおいては、共役エニンはC₄ユニットとしても、C₂ユニットとしても反応する可能性があるが、電子吸引基を導入することにより共役エニンがC₂ユニットとして反応する際の活性がより向上しているようである¹²。

残念ながら、現時点においては本反応の反応機構に関する知見は多くない。現時点ではスキーム1-2のような反応機構が提案されているが、その詳細については不明な点が多い。

反応機構の解明を目指し、アルキン末端を重水素でラベルした共役エンイン7のホモベンズアニユレーションを行ったところ、この水素原子の転位は観測されなかった(式3)⁵⁾。また、クロスベンズアニユレーションにおいても同様の結果が得られた(式4)⁶⁾。これらのラベル実験の結果から、アルキンのC-H末端にパラジウムが酸化的付加するような反応機構は考えにくい。また、共役エンインのオレフィン部の水素をラベルした実験の結果から、クロスベンズアニユレーションにおいてはアルキンに対してトランス位にある重水素が選択的に転位反応を起こすことがわかっている(式5)⁶⁾。

さらに、パラジウムと同族の元素である白金を含む錯体14を共役エンイン13と反応させたところ、エンイン-白金π錯体15が得られた(式6)。この錯体は過剰量の共役エンイン13と反応し、低収率ながらも benzannulation が進行する(式7)¹³⁾。この結果から、パラジウム触媒を用いた benzannulation の初期段階においても共役エンインのアルキンのπ結合とPd錯体が相互作用し、エンインを活性化しているものと推測している。次に、本反応の適用例について以下に述べる。

2. 芳香環構築反応を利用した多置換ベンゼンの合成

2.1 2置換ベンゼンの合成

2位に置換基を有する共役エンイン17はパラジウム触媒存在下で二量化し、1,4-2置換ベンゼン18を与える(表1)⁵⁾。この反応はヒドロキシル基やカルボニル基といった官能基の存在下においても進行し、良い収率にて2置換ベンゼン18が得られる。また、1位に置換基を導入することにより、20のような1,3-2置換ベンゼンを合成することも可能である。このときには電子吸引基を導入することにより、高収率にてベンゼン誘導体が得られる(表2)^{10,11)}。さらに、2位に酸素原子を有するエンイン21も二量化し、23のようなパラ置換フェノール誘導体を合成できる(式8)¹⁴⁾。

Table 1

R	yield (%)
n-Hex	77
Me	70
(CH ₃) ₂ C(OH)CH ₂ CH ₂	81
CH ₃ COCH ₂ CH ₂	82

これらの反応はさらに分子内反応へと応用され、位置選択的にパラシクロファン誘導体が合成された。例えば、25のようなエキソメチレンパラシクロファンはビスエンイン24から簡単に合成できる(表3)^{5,15)}。興味深

Table 2

R ¹	R ²	yield (%)
COOEt	H	88
H	COOEt	43
CONMe ₂	H	62

いことに、炭素鎖の短いビスエンインを原料として用いた場合でも、収率は低下するものの本反応における位置選択性は厳密に制御されており、より熱力学的に安定なメタシクロファンは生成しない。さらに、化合物 25 ($n = 14$)は無置換の[15]パラシクロファン 27へと容易に変換することができる(スキーム 3)¹⁵⁾。ポリエーテル

Table 3

n	conc. (mM)	yield (%)
7	2.5	1.7
8	2.5	18
9	2.5	36
14	5	71

Table 4

n	conc. (mM)	yield (%)
2	20	34
3	15	100
4	7	>95
5	5	50

1) O₃, -78 °C
2) H₂, 10% Pd-C, r. t.

Scheme 3

鎖を有するパラシクロファン 29 も同様にして合成できる(表 4)¹⁶⁾。また、化合物 31 のようなメタシクロファン誘導体も電子吸引を有するビスエンイン 30 の分子内反応により合成することができた(表 5)¹⁷⁾。

Table 5

R	yield (%)
(CH ₂) ₅	92
(CH ₂) ₈	70
(CH ₂) ₄	85
(CH ₂) ₂ O(CH ₂) ₂	65
(CH ₂) ₂ O(CH ₂) ₂ O(CH ₂) ₂	68

2.2 3 置換ベンゼンの合成

共役エンインのホモベンズアニュレーションにより様々な置換パターンを有する 3 置換ベンゼンを合成することが可能である。例えば、1, 2, 3-三置換ベンゼン 33 は 4 位に置換基を有する共役エンイン 32 の二量化反応により合成できる(表 6)¹⁸⁾。アミン、エーテルをはじめ

Table 6

R	yield (%)	R	yield (%)
<i>n</i> -Hex	86	MeOCH ₂	100
<i>n</i> -decyl	92	Et ₂ NCH ₂	100
HO(CH ₂) ₃	81	Ph	71
Cl(CH ₂) ₃	30	2-furanyl	69
MeCO(CH ₂) ₃	51	2-thiophenyl	81
		<i>tert</i> -BuO	61

とする種々の官能基を導入したエンインの反応もスムーズに進行する。このような立体的に混みあった1, 2, 3-3置換ベンゼンの生成反応においても、他の異性体は全く単離されない。また、1, 2, 4-3置換ベンゼン 35 は1, 2-2置換エンイン 34 のホモベンズアニユレーションによって合成された(表 7)^{10,11)}。これらの反応においては電子吸引基の存在が必須である。化合物 36 のような環状の共役エンインもホモベンズアニユレーションを起こし、三環性の化合物 37 を与える(式 9)¹¹⁾。

Table 7

R ¹	R ²	R ³	yield (%)
COOEt	H	<i>n</i> -C ₆ H ₁₃	73
CN	H	<i>n</i> -C ₅ H ₁₁	84
H	COOEt	<i>n</i> -C ₆ H ₁₃	38
H	CN	<i>n</i> -C ₅ H ₁₁	53

また、1, 2, 4-3置換ベンゼン 40 は2位に置換基を導入した共役エンイン 38 と共役ジイン 39 との反応(表 8)、1, 2, 3-三置換ベンゼン 41 は4位に置換基を導入した共役エンイン 32 とジイン 39 のクロスベンズアニユレーションによっても合成できる(表 9)⁶⁾。非対称ジイン 42 をクロスベンズアニユレーションに用いることにより、さらに多くの1, 2, 4-3置換ベンゼンを合成可能である。興味深いことに、2-ヒドロキシイソプロピル基やトリメチルシリル基といった立体的にかさ高い置換基を導入した場合には、そのかさ高い置換基に隣接するアルキンがベンゼン環に組み込まれる傾向がある(表 10)⁶⁾。

Table 8

R ¹	R ²	yield (%)
Me	<i>n</i> -Bu	89
Me	Ph	>99
Me	SiMe ₃	92
<i>n</i> -Hex	<i>n</i> -Bu	60
Bn	<i>n</i> -Bu	89
Bn	Ph	86
Bn	SiMe ₃	80
<i>n</i> -Hex	CH ₂ OMOM	74
<i>n</i> -Hex	CH ₂ NEt ₂	88
<i>n</i> -Hex	CH(OEt) ₂	88

Table 9

R ¹	R ²	yield (%)
<i>n</i> -Hex	<i>n</i> -Bu	66
Ph	<i>n</i> -Bu	40
CH ₃ CO(CH ₂) ₃	<i>n</i> -Bu	50
Cl(CH ₂) ₃	<i>n</i> -Bu	36
HO(CH ₂) ₃	<i>n</i> -Bu	50
<i>n</i> -Hex	Ph	61
Ph	Ph	58
CH ₃ CO(CH ₂) ₃	Ph	62
HO(CH ₂) ₃	Ph	52

同様の傾向はトリイン 45 と共役エンイン 38 の反応においても観測された(表 11)⁶⁾。より立体障害の小さい置換基を有するトリインの反応においては47のような異性体の生成がみられるが、かさ高い置換基を有するトリインを原料として用いると、この反応の選択性は向上して、46のような3置換ベンゼンが選択的に得られる。

さらに、ジイン、あるいはエンインに酸素原子を導入することにより、3置換のフェノール誘導体 50 も合成できる(表 12)^{14,19)}。tert-Butoxy 基を導入した共役ジイ

Table 10

R ¹	R ²	R ³	yield of 43 (%)	yield of 44 (%)
Me	<i>n</i> -Hex	H	50	28
Me	<i>t</i> -Bu	H	52	trace
Me	Me ₃ Si	H	23	18
Me	MOMOC(CH ₃) ₂	H	80	0
Me	Ph	<i>n</i> -Bu	46	54
Me	Me ₃ Si	Ph	78	0
<i>n</i> -Hex	HOCH ₂	<i>n</i> -Bu	38	42
<i>n</i> -Hex	HOCH ₂	Ph	36	44
<i>n</i> -Hex	HOC(CH ₃) ₂	<i>n</i> -Bu	54	trace
<i>n</i> -Hex	<i>i</i> -Pr ₃ SiOCH ₂	<i>n</i> -Bu	26	50

Table 11

major product

R ¹	R ²	yield of 46 (%)
Me	MOMOC(CH ₃) ₂	86
<i>n</i> -Hex	MOMOC(CH ₃) ₂	84
<i>n</i> -Hex	HOC(CH ₃) ₂	80
<i>n</i> -Hex	(<i>i</i> -Pr) ₃ SiOC(CH ₃) ₂	78
PhCH ₂	Me ₃ Si	86

ンはベンズアニユレーションにおける活性が非常に高い。この反応により得られたフェノール誘導体 51 は脱

Table 12

R ¹	R ²	R ³	R ⁴	yield (%)
PhO	H	<i>n</i> -Bu	<i>n</i> -Bu	56
PhO	H	Ph	Ph	65
Me	H	<i>t</i> -BuO	<i>t</i> -BuO	91
MeO	H	<i>t</i> -BuO	<i>t</i> -BuO	78
H	<i>t</i> -BuO	<i>t</i> -BuO	<i>t</i> -BuO	66
Me	H	<i>t</i> -BuO	<i>n</i> -Bu	72
H	<i>t</i> -BuO	<i>t</i> -BuO	<i>n</i> -Bu	52
MeO	H	Ph	Ph	75
MeO	H	Me ₃ Si	Me ₃ Si	41

保護により 52 や 53 のような化合物へと変換できる(式 10)。脱メチル化反応もスムーズに進行する(式 11)。さらに 56 のような誘導体はクマラノン誘導体 57 へと変換された(式 12)¹⁹⁾。

化合物 58 のようなアミノエンインはホモベンズアニュレーションを起こさないが、ジインとは反応してアニリン誘導体 59 を与える(表 13)²⁰⁾。さらに, *tert*-butoxycarbonyl 基の脱保護によりエチニルアニリン 61 へと変換可能である(式 13)²⁰⁾。

Table 13

R ¹	R ²	yield (%)
H	<i>n</i> -Bu	53
H	Ph	37
H	Me	60
Me	<i>n</i> -Bu	40

2.3 4 置換, および 5 置換ベンゼンの合成

ベンゼンに対して 4 つの置換基を導入するためには通常, 4 ステップ以上の反応が必要である。しかしながら, 多置換共役エンインと内部ジインを用いることにより高い位置選択性で, しかも短工程にて 4 置換ベンゼン, 5 置換ベンゼンを合成することが可能となった。

1, 2, 3, 5-4 置換ベンゼン 62 は二置換エンイン 48 とジイン 39 とのクロスベンズアニュレーションによって合成可能である(表 14)⁶⁾。置換基としてカルボラニル基を導入することにより, カルボラニルベンゼンも合成可能である^{4b)}。1, 2, 3, 4-4 置換ベンゼン 64 は 1, 4-2 置換ベンゼン 63 とジイン 9 とのクロスベンズアニュレーションにより合成された(式 14)⁶⁾。また, 1, 2, 3, 5-4 置換ベンゼン 66 は 2, 4-二置換エンイン 65 のホモベンズアニュレーションによっても合成できる(式 15)²¹⁾。67 のようなジエンインもジイン 39 と反応させることにより,

Table 14

R ¹	R ²	R ³	yield (%)
Me	<i>n</i> -Hex	<i>n</i> -Bu	69
Me	1-cyclohexenyl	<i>n</i> -Bu	71
Me	Ph	<i>n</i> -Bu	90
Me	<i>n</i> -Hex	Ph	63
Me	1-cyclohexenyl	Ph	41
Me	Ph	Ph	87
Ph	Ph	<i>n</i> -Bu	98
4-MePh	4-MePh	<i>n</i> -Bu	82
4-MeOPh	4-MeOPh	<i>n</i> -Bu	83
Ph	Ph	Ph	55
4-MeOPh	4-MeOPh	Ph	83

4 置換ベンゼン 68 が得られる(表 15)²²⁾。この化合物はさらにヨウ化水素存在下で環化反応を起こし, ヨードインデン誘導体 70 へと変換可能である(式 16)²²⁾。3 置換ベンゼンの合成と同様に, フェノール誘導体やアニリン誘導体も合成可能である(表 16, 式 17)^{14, 19, 20)}。また, 環状のエンイン, およびジインを基質として用いることにより, メタシクロファンやオルトシクロファンも合成可能である(式 18)^{4b)}。

5 置換ベンゼンは 1, 2, 4-3 置換共役エンイン 78 とジイン 9 とのクロスベンズアニュレーションにより合成できる(表 17)⁶⁾。1, 2, 4-3 置換共役エンインはエンイン同

Table 15

R	yield (%)
<i>n</i> -Bu	61
Me	56
Ph	46
1-cyclohexenyl	53
(CH ₂) ₂ OH	38

Table 16

R ¹	R ²	yield (%)
<i>n</i> -Hex	<i>n</i> -Bu	83
<i>n</i> -Hex	Ph	70
Ph	<i>n</i> -Bu	79
Ph	Ph	61

士で反応(ホモベンズアニユレーション)しないが、共役ジインとは反応して位置選択的に5置換ベンゼンが生成する。

おわりに

共役エンインを用いることにより、多置換ベンゼンを

Table 17

R ¹	R ²	R ³	yield (%)
Me	H	Me	47
COOMe	H	Me	72
H	COOMe	Me	55
CN	H	Me	81
H	CN	Me	65
Me	H	OSiMe ₂ t-Bu	66

位置選択的に、多段階の反応を行うことなく合成することがいまや可能となった。以上述べてきたように、本反応を利用することにより極めて多くの置換パターンを有する多置換ベンゼンが合成できる。本反応は副生成物を発生しない、クリーンな反応であることも考えると、こうした反応を用いて今後多置換ベンゼンを合成することは非常に意義があると考えている。

謝 辞 本論文で述べたクロスベンズアニユレーション反応は Vladimir Gevorgyan 博士(現シカゴ大)、武田玲博士(現名古屋大)らが中心となって行った研究である。本研究の一部は弘前大学教育学部・長南幸安助教授、野

上努, 富士智子との共同研究の成果である。また, 本研究は研究室に在籍した Matthew Salter 博士(現キングスカレッジ), Douglas Weibel 博士(現コーネル大), Ukkirapandian Rhadakrishnan 博士(現アリゾナ大), 全龍国博士(現アラバマ州立大), 貞頼直樹博士(現日東電工), 劉建秀博士(現オクラホマ州立大), 坪谷典枝, 丹藤和志(現帝人化成), 本間美也子(現シーエーシー), 内山直行(現東レ), 大森修, 山田泰之らの献身的な努力により行われたものである。ここに述べた方々に深く感謝する。

(2000 年 11 月 8 日受理)

文 献

- 1) J. March, "Advanced Organic Chemistry, fourth edition", Wiley, Inc., New York, 1992, p 501
- 2) V. Snieckus, *Chem. Rev.*, **90**, 879 (1990)
- 3) (a) D. B. Grothahn, "Comprehensive Organometallic Chemistry II" Vol. 12, eds. by E. W. Abel, F. G. A. Stone, G. Wilkinson, vol. ed. by L. S. Hegeudus, Pergamon Press, Inc., Oxford, 1995, p 741; (b) M. Lautens, W. Klute, W. Tam, *Chem. Rev.*, **96**, 49 (1996); (c) N. E. Schore, *ibid.*, **88**, 1081 (1988); (d) K. P. C. Vollhardt, *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, **23**(8), 539 (1984); (e) P. M. Maitlis, *J. Organomet. Chem.*, **200**, 161 (1980); (f) P. M. Maitlis, *Acc. Chem. Res.*, **9**, 93, (1976)
- 4) 以下の総説も参照されたい: (a) S. Saito, Y. Yamamoto, *Chem. Rev.*, **100**, 2901 (2000); (b) V. Gevorgyan, Y. Yamamoto, *J. Organomet. Chem.*, **576**, 232 (1999)。また, ルイス酸触媒存在下,あるいは加熱条件下におけるエンインの分子内ベンズアニュレーションに関しては以下の論文を参照されたい: (c) R. L. Danheiser, A. E. Gould, R. F. de la Pradilla, A. L. Helgason, *J. Org. Chem.*, **59**, 5514 (1994)
- 5) S. Saito, M. M. Salter, V. Gevorgyan, N. Tsuboya, K. Tando, Y. Yamamoto, *J. Am. Chem. Soc.*, **118**, 3970 (1996)
- 6) V. Gevorgyan, A. Takeda, M. Homma, N. Sadayori, U. Radhakrishnan, Y. Yamamoto, *J. Am. Chem. Soc.*, **121**, 6391 (1999)
- 7) V. Gevorgyan, A. Takeda, Y. Yamamoto, *J. Am. Chem. Soc.*, **119**, 11313 (1997)
- 8) V. Gevorgyan, N. Sadayori, Y. Yamamoto, *Tetrahedron Lett.*, **38**, 8603 (1997)
- 9) この場合には反応系内でリガンド交換反応が起こり, パラジウム-トリオルトリルフォスフィン錯体($\text{Pd}[(o\text{-tolyl})_3\text{P}]_n$)が生成しているものと考えられる。
- 10) S. Saito, N. Tsuboya, Y. Chounan, T. Nogami, Y. Yamamoto, *Tetrahedron Lett.*, **40**, 7529 (1999)
- 11) S. Saito, Y. Chounan, T. Nogami, T. Fukushi, N. Tsuboya, Y. Yamada, H. Kitahara, Y. Yamamoto, *J. Org. Chem.*, **65**, 5350 (2000)
- 12) S. Saito, O. Ohmori, Y. Yamamoto, *Org. Lett.*, **2**, 3853 (2000)
- 13) S. Saito, K. Tando, C. Kabuto, Y. Yamamoto, *Organometallics*, **19**, 3740 (2000)
- 14) V. Gevorgyan, L-G. Quan, Y. Yamamoto, *J. Org. Chem.*, **63**, 1244 (1998)
- 15) S. Saito, N. Tsuboya, Y. Yamamoto, *J. Org. Chem.*, **62**, 5042 (1997)
- 16) D. Weibel, V. Gevorgyan, Y. Yamamoto, *J. Org. Chem.*, **63**, 1217 (1998)
- 17) J. X. Liu, S. Saito, Y. Yamamoto, *Tetrahedron Lett.*, **41**, 4201 (2000)
- 18) V. Gevorgyan, K. Tando, N. Uchiyama, Y. Yamamoto, *J. Org. Chem.*, **63**, 7022 (1998)
- 19) V. Gevorgyan, L-G. Quan, Y. Yamamoto, *J. Org. Chem.*, **65**, 568 (2000)
- 20) S. Saito, N. Uchiyama, V. Gevorgyan, Y. Yamamoto, *J. Org. Chem.*, **65**, 4338 (2000)
- 21) S. Saito, T. Tanaka, T. Koizumi, N. Tsuboya, H. Itagaki, T. Kawasaki, S. Endo, Y. Yamamoto, *J. Am. Chem. Soc.*, **122**, 1810 (2000)
- 22) S. Saito, M. Homma, V. Gevorgyan, Y. Yamamoto, *Chem. Lett.*, **2000**, 722

PROFILE

斎藤 慎一 東北大学反応化学研究所 有機金属化学研究部 助手

〔経歴〕1990 年東京大学薬学部卒, 1994 年長井記念薬学国際交流財団奨学生(米国ユタ大学), 1995 年東京大学薬学系研究科薬学専攻博士課程修了, 同年日本学術振興会特別研究員(東北大学), 1996 年富山医科薬科大学薬学部助手, 1998 年より現職。〔専門〕有機化学, 有機金属化学

山本 嘉則 東北大学大学院理学研究科 教授

〔経歴〕1970 年大阪大学大学院基礎工学研究科博士課程修了。工学博士。同基礎工学部助手。1970 ~ 72 年米国バドュー大学博士研究員, 1977 年京都大学理学部助教授を経て, 1986 年より東北大学理学部教授。1996 年日本化学会賞受賞。〔専門〕有機合成化学, 有機金属化学