

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6026537号
(P6026537)

(45) 発行日 平成28年11月16日 (2016.11.16)

(24) 登録日 平成28年10月21日 (2016.10.21)

(51) Int.Cl.	F I
FO4D 29/38 (2006.01)	FO4D 29/38 G
FO4D 29/54 (2006.01)	FO4D 29/54 E
FO1D 5/14 (2006.01)	FO1D 5/14
FO1D 9/02 (2006.01)	FO1D 9/02 I O I

請求項の数 11 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2014-528921 (P2014-528921)	(73) 特許権者	508008865
(86) (22) 出願日	平成24年8月14日 (2012.8.14)		シーメンス アクティエンゲゼルシャフト
(65) 公表番号	特表2014-526631 (P2014-526631A)		ドイツ国 80333 ミュンヘン ヴィ
(43) 公表日	平成26年10月6日 (2014.10.6)		ッテルスバッヘルプラッツ 2
(86) 国際出願番号	PCT/EP2012/065842	(74) 代理人	100108453
(87) 国際公開番号	W02013/034402		弁理士 村山 靖彦
(87) 国際公開日	平成25年3月14日 (2013.3.14)	(74) 代理人	100089037
審査請求日	平成26年4月16日 (2014.4.16)		弁理士 渡邊 隆
(31) 優先権主張番号	11180679.0	(74) 代理人	100110364
(32) 優先日	平成23年9月9日 (2011.9.9)		弁理士 実広 信哉
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)	(72) 発明者	クリスティアン・コルネリウス
			ドイツ・45549・シュブロックヘーフ
			エル・ジレンベルクシュトラーセ・56
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 軸流流体機械のための、古い翼の代替部品としての代替翼をプロファイルするための方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

軸流流体機械のための、古い翼（11）の代替部品としての代替翼（1）をプロファイルするための方法において、

- 前記古い翼（11）の流路のハブ輪郭線（5）及びハウジング輪郭線（6）と、ハブあるいはハウジングに片側で嵌合されている前記古い翼（11）の翼板の重心の軸方向位置および／あるいは前記古い翼（11）の最大限利用可能なエンベロープと、を検出するステップと、
- 前記代替翼（1）の翼板（2）の幾何学形状を設計するステップであって、前記代替翼（1）の前記翼板（2）の、嵌合側の断面（5，6）が、前記古い翼（11）の翼板の嵌合側の断面（5，6）とほぼ同じ場所にあり、前記代替翼（1）の前記翼板（2）が、段効率の最適化を目的として、前縁（7）で嵌合部に向かって上流に傾き、それによって前記翼板（2）が後方スweep（14）を有する、ステップと、
- 段効率に対する前記後方スweep（14）のポジティブな影響が少ないと評価されるように、前記代替翼（1）の前記翼板（2）の嵌合近傍領域を定義するステップと、
- 前記代替翼（1）の前記翼板（2）の重心の軸方向位置が、前記古い翼（11）の翼板の重心の軸方向位置とほぼ一致するまで、および／あるいは前記古い翼（11）の最大限利用可能なエンベロープを利用して、前記代替翼（1）の力学上の整合性が達成されるまで、前記領域の外側に設けられた、前記代替翼（1）の翼板部分を、上流に向かって軸方向に変位させるステップと、

を備え、

前記前縁（７）が、前記代替翼（１）の前記翼板（２）における嵌合側の前記断面（５）から前記代替翼（１）の変位後の翼板部分まで、前記領域の嵌合部に向けて下流に傾き、それによって、前記翼板（２）がこの領域において移行スイープ（１９）を有すること特徴とする方法。

【請求項２】

- 前記軸流流体機械の設計動作時点におけるハブ境界層の半径方向範囲を決定するステップと、
- 前記領域を、前記ハブ境界層の前記半径方向範囲として確定するステップと、
を有する、請求項１に記載の方法。

10

【請求項３】

- 前記軸流流体機械の設計動作時点におけるハブ側二次流の半径方向範囲を決定するステップと、
- 前記領域を、前記ハブ側二次流の前記半径方向範囲として確定するステップと、
を有する、請求項１に記載の方法。

【請求項４】

前記領域は、前記代替翼（１）の半径方向の長さの５％から１５％である、請求項１から３のいずれか１項に記載の方法。

【請求項５】

前記代替翼（１）の翼根（３）の弦長は、前記古い翼（１１）の翼根の弦長にほぼ相当する、請求項１から４のいずれか１項に記載の方法。

20

【請求項６】

前記代替翼（１）の前記翼板（２）の幾何学形状を設計するステップを有し、
前記翼板（２）は、段効率の最適化を目的として、前縁（７）で、嵌合部に半径方向で背向する側に向かって上流に傾き、それによって前記翼板（２）が前記後方スイープ（１４）の半径方向外側に前方スイープ（１５）を有する、請求項１から５のいずれか１項に記載の方法。

【請求項７】

前記代替翼（１）の前記前縁（７）の前記後方スイープ（１４）が、半径方向で嵌合側の流路の半分だけに延伸する、請求項１から６のいずれか１項に記載の方法。

30

【請求項８】

前記代替翼（１）が、ロータ翼である、請求項１から７のいずれか１項に記載の方法。

【請求項９】

前記代替翼（１）が、ステータ翼である、請求項１から７のいずれか１項に記載の方法。

【請求項１０】

前記代替翼（１）が、ガスタービン用のロータ翼またはステータ翼である、請求項１から７のいずれか１項に記載の方法。

【請求項１１】

40

前縁（７）を備える翼板（２）を有する圧縮機翼であって、
前記翼板（２）は、段効率の最適化を目的として、前記前縁（７）で前記翼板（２）の嵌合部に向かって上流に傾いており、それによって前記翼板（２）が後方スイープ（１４）を有し、

前記翼板（２）の嵌合近傍領域が定義されており、前記嵌合近傍領域が、前記翼板（２）の半径方向の長さの５％から１５％であり、前記翼板（２）の前記領域において、前記前縁（７）が嵌合部に向かって下流に傾いており、それによって、前記翼板（２）がこの領域において移行スイープ（１９）を有する圧縮機翼。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、軸流流体機械のための、古い翼の代替部品としての代替翼をプロファイルするための方法に関し、代替翼は、ガスタービン用のロータ翼あるいはステータ翼である。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

ガスタービン、特に非定置式ガスタービンは、従来、駆動期間がおよそ30年である。この期間の間、これまでに、特にガスタービンの熱効率を改善するための技術革新が、市場に出されるまでになった。望ましいのは、すでに設置されているガスタービンに、少なくとも部分的にこれらの技術革新が装備され、それによって、当該ガスタービンで対応する効率向上を達成することである。すでに設置されているガスタービンに技術革新を組み入れるために、従来は、修正された部材を準備しており、この部材は、技術革新されており、ガスタービン内のその対応する古い部材と交換される。アップグレードの出費とそのため

10

【 0 0 0 3 】

発電所で使用するための定置式ガスタービンは従来、軸流式の構造で設計されている。ガスタービンの圧縮機は通常、貫流方向で軸方向に連続して設けられた複数の段を備え、各段は、ロータに配設され動翼リングを形成する動翼と、静翼リングを形成する静翼と、を含む。動翼は、ロータとともに、固定の静翼に対して回転し、特に動翼と静翼の流体力学上の効率は、段の流体力学上の効率を決定する。翼のプロファイル時に数値流れ解法を使用することによって、ここ数年は、段効率の相当の改善が達成され得た。それによって望ましいのは、特にガスタービンの圧縮機のために、現行の翼列が取り外され、現代的な観点に従って設計された翼列と交換されることである。ロータは、ガスタービンに残され、それによって、翼固定装置の翼列とロータとの間の機械的インターフェースは、変更されないままになる。

20

【 0 0 0 4 】

しかしながら、新しい翼列のプロファイルによって、翼板の重心の変化がもたらされると、翼固定装置の機械的負担が変化する。通常は、これによって、翼固定装置に不都合な負荷がかかることになり、それによって新しい翼列のプロファイルは、翼固定装置の最大許容負荷値に合わせられるべきである。通常は、これによって、新しい翼列のプロファイル時に制限がもたらされ、それによって、原則的に到達可能な効率向上が、実行不可能になる。

30

【 0 0 0 5 】

特に圧縮機ロータ翼にとって明らかとなったのは、プロファイル時に、流路の下半分における後方スweepの導入が、圧縮機ロータ翼の空気力学上の性能を高めるということである。しかし、それに伴って、翼重心と翼後縁とは、下流にある静翼列の方向へ対応して移動する。この重心移動に引き起こされて、翼溝内部における翼固定装置の負荷に対する直近の有効である対称性が悪化するので、圧縮機ロータ翼のプロファイル時には、後方スweepの程度が大きく限定されている。それでも、圧縮機ロータ翼に後方スweepを備えるために、新しい翼列の軸断面の通し線の偏向は、古い翼列の軸断面の通し線と比較されて、なお許容の領域内に制限された。それによって到達されたのは、ガスタービン駆動時の翼元と周溝との負荷が、許容できなくもない大きさになるということであった。しかし、それによって、根本的なポテンシャルと効率改善が利用されないままである。

40

【 0 0 0 6 】

新しい翼列の翼根の弦長を短くすることで、対策をとれるかもしれない。しかし、この処置は、新しい翼列の空気力学上の負荷能力と強度と構造力学上の整合性とはに関して不利になるであろう。

【 0 0 0 7 】

特許文献1には、静翼を追加装備するための方法であって、現存する静翼を新しい静翼に交換する方法が記述されている。

50

特許文献 2 には、正弦曲線状のスィープを有する圧縮機翼が開示されている。スィープが正弦曲線状であることによって、移行スィープがもたらされる。それによって、効率向上と防音とに関する要求を満たすことになる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献 1】米国特許出願公開第 2003/012645 号明細書

【特許文献 2】国際公開第 2009/103528 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0009】

本発明の課題は、軸流流体機械のための、古い翼の代替部品としての代替翼をプロファイルするための方法と、ガスタービン用のロータ翼及びステータ翼と、当該ロータ翼および/あるいは当該ステータ翼を有するガスタービンと、を提供することであり、当該ガスタービンは、熱力学効率が低い。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本課題は、請求項 1 及び請求項 8 から請求項 11 の特徴によって解決される。そのための好ましい形態は、さらなる請求項に記載されている。

【0011】

20

軸流流体機械のための、古い翼の代替部品としての代替翼をプロファイルするための本発明に係る方法は、

ハブあるいはハウジングに片側で嵌合されている古い翼の流路のハブ輪郭幾何学形状及びハウジング輪郭幾何学形状と、古い翼の翼板の重心の軸方向位置および/あるいは最大限利用可能な軸方向構造空間と、を検出するステップと、

代替翼の翼板の幾何学形状を設計するステップであって、代替翼の翼板の、嵌合側の断面が、古い翼の翼板の、嵌合側の断面とほぼ同じ場所にあり、代替翼の翼板が、段効率の最適化を目的として、前縁で嵌合部に向かって上流に傾き、それによって翼板が後方スィープを有するステップと、

代替翼の翼板の嵌合近傍領域を定義するステップであって、この嵌合近傍領域では、段効率に対する後方スィープのポジティブな影響が少ないと評価される、ステップと、

30

代替翼の翼板の重心の軸方向位置が、古い翼の翼板の重心の軸方向位置とほぼ一致するまで、および/あるいは古い翼の最大限利用可能な軸方向構造空間を利用して、代替翼の力学上の整合性が達成されるまで、領域の外側に設けられた、代替翼の翼板部分を、上流に向かって軸方向に移動させるステップと、を備え、

前縁が、代替翼の翼板における嵌合側の断面から代替翼の移動された翼板部分まで、領域の嵌合部に向かって下流に傾き、それによって、翼板がこの領域において移行スィープを有する。

【0012】

好ましくは、軸流流体機械は、ガスタービンの圧縮機および/あるいはタービンである。ガスタービン用の本発明に係るロータ翼は、本発明に係る方法で設計されている代替翼である。さらに、本発明に係るステータ翼は、本発明に係る方法で設計されている代替翼である。本発明に係るガスタービンは、当該ロータ翼および/あるいは当該ステータ翼を備える。

40

【0013】

本発明に係る圧縮機翼は、前縁を有する翼板を備えており、翼板は、段効率の最適化を目的として、前縁で翼板の嵌合部に向かって上流に傾けられ、それによって、翼板が後方スィープを有し、翼板の嵌合近傍領域が定義されており、この嵌合近傍領域では、段効率に対する後方スィープのポジティブな影響が少ないと評価されており、翼板の領域において、前縁が嵌合部に向かって下流に傾けられ、それによって、翼板がこの領域において移

50

行スweepを有する。

【0014】

代替翼の翼板のうち嵌合近傍領域であって、段効率に対する後方スweepのポジティブな影響が少ないと評価される嵌合近傍領域は、好ましくは、ハブ境界層の半径方向範囲あるいは嵌合側の二次流の半径方向範囲に相当する。好ましくは、当該領域は、代替翼の翼高さの5%から15%である。

【0015】

代替翼の翼根の弦長は、好適には、古い翼の翼根の弦長にほぼ相当する。さらに、本方法は、好ましくは、代替翼の翼板の幾何学形状を設計するステップであって、翼板は、段効率の最適化を目的として、前縁で、嵌合部に半径方向で背向する側に向かって上流に傾き、それによって翼板が後方スweepの外側に前方スweepを有する、ステップを備える。その上、好ましいのは、代替翼の前縁の後方スweepが、半径方向で嵌合側の流路の半分だけに延伸するということである。

【0016】

移行スweepは、本発明に従えば、前方スweepとして形成されている。このスweepによって、代替翼の翼板の重心は、流れ方向で前方に移動し、それによって、代替翼の翼板の重心は、古い翼の翼板の重心の位置を占め、および/あるいは古い翼の最大限利用可能な軸方向構造空間を利用して、代替翼の力学上の整合性が達成されている。ガスタービン内では、古い翼は、代替翼と交換されている。その際、古い翼は、たとえばガスタービンのロータから取り外され、代替翼は、古い翼の箇所に取り付けられる。従来は、古い翼もしくは代替翼は、形状接続的にガスタービンのロータに嵌合されている。代替翼の重心が古い翼の重心とほぼ同じ軸方向位置にあることによって、および/あるいは古い翼の最大限利用可能な軸方向構造空間を利用して代替翼の力学上の整合性が達成されていることによって、代替翼の形状接続的固定の負担は、古い翼の形状接続的固定の負荷とほぼ同じである。これは、特に、高い段効率を達成するための代替翼のプロファイル時に後方スweepがあることによって、代替翼を有するガスタービンの駆動時の翼固定装置の機械的負荷が古い翼での駆動と比べてほぼ同じくらい大きいので、有利である。

【0017】

移行スweepは、嵌合近くにありかつ段効率に対する後方スweepのポジティブな影響をわずかにしか阻害しない領域に、局所的に限定されている。それによって、移行スweepの空気力学上の影響が小さくなり、他方、標準的に後方スweepを備える翼の構造力学上の欠点が減少する。移行スweepは、好ましくは、代替翼の翼高さの5%から15%の領域に限定されている。それによって、代替翼の翼高さの5%から15%の外側の流速のより大きい領域において、後方スweepの利点を利用できる。その上、本発明に係るロータ翼では、ロータ翼が従来通りに後方スweepを備えているが移行スweepを備えていない場合よりも、下流にある従来のステータ翼との距離が大きくなる。それによって、本発明に係るロータ翼の回転によって引き起こされる空気力学上の力による励振は、わずかである。

【0018】

以下において、ガスタービンのための、古い翼の代替翼としての、本発明に係る方法でプロファイルされたロータ翼の好ましい実施形態が、添付の概略図に基づいて説明される。図に示されるのは以下である。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】ロータ翼の周方向の上面図である。

【図2】図1のロータ翼の斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

図1及び図2から明らかなように、ロータ翼である代替翼1は、翼板2と、翼元(図示されず)でガスタービンのロータと形状接続的に嵌合可能な翼根3と、を備える。このた

10

20

30

40

50

めに、翼根 3 には、翼元プロファイルを備える翼元が形成されている。これと対になるものとして、対応するプロファイルを有する溝は、ロータに形成されており、翼元は、溝に挿入可能である。

【0021】

翼根 3 の半径方向に背向する端部において、代替翼 1 は、翼端 4 を備える。翼端 4 は、代替翼 1 が取り付けられた状態で、ハウジングの内側に直接隣り合って設けられており、それによって、ハウジングの内側と翼端 4 との間には、半径方向の間隙が形成されている。設計状態（設計動作時点）において、翼端 4 は、駆動条件によって、ガスタービン内に代替翼 1 を取り付けかつ駆動するために予め設定されているハウジング輪郭線 6 と一致する。これと同様に、ハブ輪郭線 5 があらかじめ設定されており、当該ハブ輪郭線 5 によって、設計状態において翼板 2 は、ハブと画定されている。代替翼 1 は、ハブに嵌合されている。翼板 2 は、前縁 7 と後縁 8 とを備える。図 1 において翼板 2 は、複数の軸方向断面 9 によって表わされている。各軸方向断面 9 は重心を有しており、軸方向断面の重心は、重心線 10 で数珠繋ぎになっている。

10

【0022】

代替翼 1 は、古い翼 11 のために設けられている。古い翼 11 は、前縁 12 と後縁 13 とを備える。古い翼 11 は、従来通りプロファイルされており、古い翼 11 の前縁 12 と後縁 13 とは、直線で形成されている。古い翼 11 のプロファイルと違って、代替翼 1 は、現代的な観点に従ってプロファイルされている。これに沿って、代替翼 1 の前縁 7 は、下部流路領域に後方スweep 14 を備えている。加えて代替翼 1 の前縁 7 は、上部流路領域に前方スweep が装備されている。

20

【0023】

代替翼 1 の翼板 2 のプロファイル時に、以下の手順を採用する。まず、古い翼 11 のハブ輪郭線 5 とハウジング輪郭線 6 との幾何学形状が検出されなくてはならない。さらに、古い翼 11 の翼板の重心の軸方向位置および / あるいは古い翼 11 の最大限可能なエンベロープが検出されなくてはならない。次に、代替翼 1 の翼板 2 の幾何学形状が設計されなくてはならず、代替翼 1 の翼板 2 のハブ断面は、古い翼 11 の翼板のハブ断面とほぼ同じ場所に設けられなくてはならず、および / あるいは古い翼 11 の最大限可能なエンベロープを利用して、代替翼 1 の力学上の整合性が達成されている。これは、代替翼 1 がガスタービン内で古い翼 11 の箇所に取り付けられなくてはならず、古い翼 11 用と同じ翼固定装置が、代替翼 1 に用いられなくてはならないので、必要なことである。さらに、代替翼 1 の翼板 2 は、段効率の最適化を考慮して、前縁 7 でハブに向かって上流に傾いていなくてはならず、それによって、代替翼 1 の翼板 2 は、後方スweep 14 を手に入れる。そして、代替翼 1 の翼板 2 の重心の軸方向位置は、検出されなくてはならない。

30

【0024】

さらに、代替翼 1 の翼板 2 の嵌合近傍領域は、当該領域 21 において、段効率に対する後方スweep 14 のポジティブな影響が少ないと評価されるという条件で定義されなくてはならない。このために、好ましくは、代替翼 1 の嵌合側のハブ境界層の半径方向範囲は、見積もられなくてはならず、この半径方向範囲は、領域 21 に相当する。この代わりに、好ましくは、代替翼 1 のハブ側の二次流の半径方向範囲は、採用され得る。さらに、この代わりに、領域 21 は、代替翼 1 の翼高さの 5 % から 15 % と定義され得る。

40

【0025】

代替翼 1 の翼板 2 の幾何学形状の設計の結果として、代替翼 1 の翼板 2 のための前縁線 15 と後縁線 16 とがもたらされる。前縁線 15 は、ハブ側に後方スweep 14 を備える。次のステップとして、領域 21 の外側に設けられた、代替翼 1 の翼板部分は、上流に向かって軸方向に移動されなくてはならず、その結果、それによって新たに手に入った代替翼 1 の翼板 2 の重心の軸方向位置は、古い翼 11 の翼板の重心の軸方向位置とほぼ一致するに至る。代替翼 1 の翼板 2 のハブ断面は、元々固定されていた位置に残され、古い翼のハブ断面と一致するので、特に、代替翼 1 の翼板 2 の前縁 7 に前縁変位 17 がもたらされ、代替翼 1 の翼板 2 の後縁 8 に後縁変位 18 がもたらされる。代替翼 1 の翼板 2 のハブ断

50

面から、領域 21 の外側に設けられた、代替翼 1 の翼板部分へ移行するために、領域 21 において、前縁は、ハブに向かって下流に傾いていなくてはならず、これは、前縁 7 が代替翼 1 の翼板 2 における嵌合側の断面 5 から代替翼 1 の変位後の翼板部分までこの領域 21 の嵌合部に向かって下流に傾くことを意味し、それによって、代替翼 1 の前縁 7 の領域 21 には、移行スイープ 19 が生じる。移行スイープ 19 は、前方スイープであり、移行スイープ 19 は領域 21 内にあるので、段効率をわずかな程度にしか阻害しない。

【0026】

前縁変位 17、後縁変位 18 もしくは移行スイープ 19 の存在によって引き起こされて、代替翼 1 の翼板 2 のハブ断面に下流への重心移動 20 が起こるので、代替翼 1 の翼板 2 の重心は、古い翼 11 の翼板の重心とほぼ一致する。翼板の幾何学形状を設計する際に、さらに、ほぼ古い翼 11 の翼根の弦長の、代替翼 1 の翼根 3 の弦長が選ばれている。

10

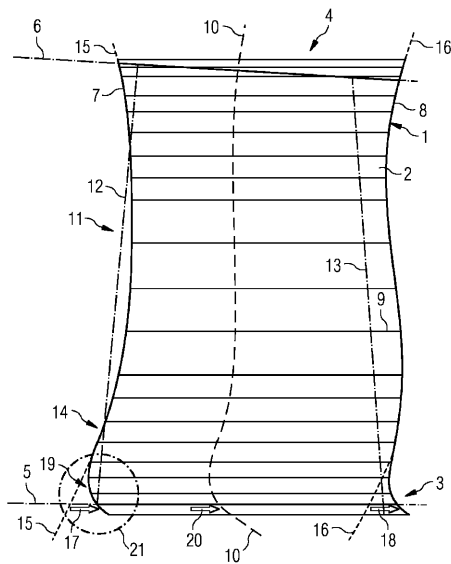
【符号の説明】

【0027】

1 代替翼、2 翼板、3 翼根、4 翼端、5 ハブ輪郭線、6ハウジング輪郭線、7 前縁、8 後縁、9 軸方向断面、10 重心線、11 古い翼、12 古い翼の前縁、13 古い翼の後縁、14 後方スイープ、15 前縁線、16 後縁線、17 前縁変位、18 後縁変位、19 移行スイープ、20 重心移動、21 領域（嵌合近傍領域のうち前縁側の部分）

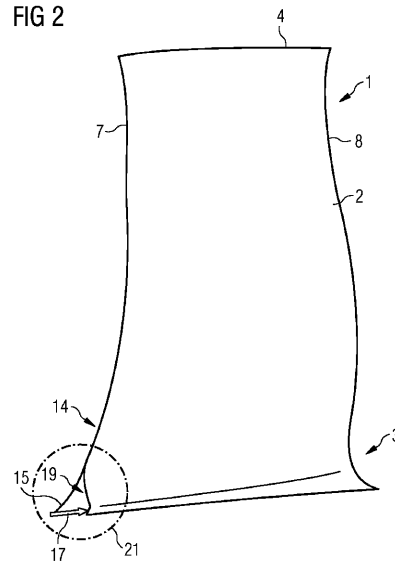
【図 1】

FIG 1



【図 2】

FIG 2



フロントページの続き

(72)発明者 トルステン・マティアス

ドイツ・45481・ミュルハイム・アン・デア・ルール・ザントドルンヴェーク・12

審査官 松浦 久夫

(56)参考文献 米国特許出願公開第2003/0012645(US,A1)

特開2010-180881(JP,A)

特開昭60-178902(JP,A)

国際公開第2009/103528(WO,A2)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

F04D 29/38

F04D 29/54

F01D 5/14

F01D 9/02