

(19) 日本国特許庁 ( J P )

(12) 公開特許公報 ( A )

(11) 特許出願公開番号

特開2002-22660

( P2002-22660A )

(43) 公開日 平成14年1月23日 (2002.1.23)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード\* (参考)

G 0 1 N 21/64

G 0 1 N 21/64

F 2 G 0 2 0

G 0 1 J 3/443

G 0 1 J 3/443

2 G 0 4 3

審査請求 有 請求項の数 6 書面 (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-243403 (P2000-243403)

(71) 出願人 501204525

独立行政法人 海上技術安全研究所

東京都三鷹市新川 6 丁目 38 番 1 号

(22) 出願日 平成12年7月7日 (2000.7.7)

(72) 発明者 樋富 和夫

保谷市柳沢 3-4-1-903

(72) 発明者 山岸 進

川崎市麻生区黒川 628-7

(72) 発明者 山之内 博

三鷹市新川 6-38-2-205

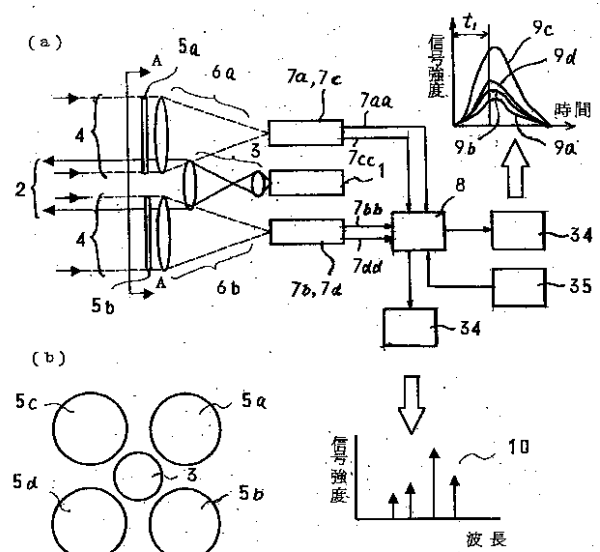
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多波長蛍光計測装置

(57) 【要約】

【課題】リアルタイムで波長ごとの蛍光信号を信号レベルの低減なしに同時に取得し、真の分光波長特性を取得することができる多波長蛍光計測装置を提供する。

【解決手段】短パルス出力 2 を出射光学系 3 を経由して海洋表面を照射するレーザ発振器 1 と、海洋表面の浮遊物から発した蛍光 4 を受光する複数のフィルタ 5 a ~ 5 d、複数の受光光学系 6 a ~ 6 d、複数の光電子増倍管 7 a ~ 7 d から成る受光手段を設ける。前記各光電子増倍管 7 a ~ 7 d の出力 7 a a ~ 7 d d をデータコントローラ 3 5 によって制御される信号処理装置 8 により処理し、その出力信号をデータ出力装置 3 4 に表示させる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】レーザ光源と出射光学系からなるレーザ光照射手段と、それぞれが異なる透過波長域をもつ複数個のフィルター、複数個の受光光学系、複数個の光検出器とからなる受光手段と、複数個の前記光検出器からの複数個の受信信号から蛍光分光特性を形成させる信号処理装置とからなることを特徴とする多波長蛍光計測装置。

【請求項 2】スキャン装置によりレーザ光源をスキャンし、前記複数個の受信信号およびスキャン状態信号を前記信号処理装置に供給することによりディスプレイ装置に分光された蛍光画像を表示させることを特徴とする請求項 1 記載の多波長蛍光計測装置。

【請求項 3】レーザ光源と出射光学系からなるレーザ光照射手段と、それぞれが異なる透過波長域をもつ複数個のフィルター、複数個の受光光学系、数個のイメージインテンシファイアと複数個の CCD カメラとからなる受光手段と、前記複数個の CCD カメラからの受信信号を信号処理装置に供給することにより複数個または単一のディスプレイ装置に分光された蛍光画像を表示させることが可能または / および蛍光分光特性とを形成させることが可能な多波長蛍光計測装置。

【請求項 4】前記複数個の受光光学系において折り返し鏡を配置することにより入射光を光路変換し単一のイメージインテンシファイアへ導いて CCD カメラにより撮像し、この受信信号を、信号処理装置に供給することにより単一のディスプレイ装置に分光された蛍光画像を表示させることが可能または / および蛍光分光特性とを形成させることが可能な請求項 3 記載の多波長蛍光計測装置。

【請求項 5】前記複数個の受光光学系が前記レーザ光照射手段の周辺に同心状に配置された請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の多波長蛍光計測装置。

【請求項 6】前記それぞれが異なる透過波長域をもつ複数個のフィルターにおいて、その 1 個の透過域を水のラマン散乱スペクトルに合致させた請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の多波長蛍光計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、蛍光発光状態の計測装置に関し、特にレーザ励起により発光する海洋表面の浮遊物からの蛍光計測装置に関する。

【0002】

【従来の技術】海洋表面の流出油の位置情報あるいは成分情報をいわゆる蛍光ライダーにより計測しようとする試みが 1970 年代から継続されてきた (R. M. Measures, Laser Remote Sensing Fundamentals and Applications, John Wileys and Sons, p424)。これは例えば航空機から海洋表面にレーザを照射し浮遊している流出油を励起し、当核流

10

20

30

40

50

出油固有の蛍光を発光させ、これを光電子増倍管で検出し発光分布を計測することにより流出油の漂流ルートやその速度などの位置情報を取得し、蛍光の波長を把握することにより油の成分情報を取得しようとするものである。

【0003】蛍光の波長特性の計測においては、蛍光を望遠鏡で受光し、光電子増倍管に導く光路に各種フィルターを順次挿入して検出電気信号の変化を計測する。挿入したフィルターの透過波長域に対する検出信号の変化が蛍光の波長特性を示すことになる。これにより浮遊物の回収作業を有効に実施したり、また回収作業の完成度評価を行ったり、流出油の時間的変質を探ろうとするものである。

【0004】同様に蛍光ライダーを使い、海洋表面および海中のプランクトンの蛍光計測からその濃度および種類の特定を行う試みも提案されている (特開平 4 - 69546 号公報)。地球上に放出された二酸化炭素を炭素同化作用により吸収する植物プランクトンは、地球の二酸化炭素の低減に大きな寄与をしているといわれ、その濃度分布の把握は地球温暖化対策として重要だからである。

【0005】しかしながら、これら蛍光ライダーはレーザ光を照射した海洋表面 1 点の蛍光を光電子増倍管で検出するわけだから当該 1 点の対象物の特性しか得られない。

【0006】したがって、海洋に広がった流出油の 2 次元分布を求めるには、レーザ光を 2 次元的にスキャンして計算機により 2 次元画像化することが必要である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上に掲げた用途、目的は、いずれも地球環境保護のため重要な課題であるが、いまだに実用の段階にいたらないのは、蛍光の波長特性を把握しようとする際、透過波長域の異なるフィルターの機械的交換作業を伴うことが一因となっている。

【0008】すなわち、蛍光を励起させるレーザはパルス幅数ナノ秒の短パルス高出力レーザで、この照射による流出油の蛍光持続時間は 100 ナノ秒未満であるから、この間にフィルターの機械的交換を行って蛍光の波長特性を求めることは不可能であるからである。

【0009】したがって、n 個フィルターを順次交換しながら受光路に挿入して蛍光波長特性を計測する場合、リアルタイムで波長ごとに分光された蛍光信号を検出することは不可能であり、少なくとももある対象点の計測時間として、フィルター交換時間の n 倍の時間がかかる。この間レーザ光の試料上の照射位置は固定されていることが要求される。同一場所の蛍光を分光しなければ試料上の特性に分布がある場合真の計測をしたことにならないからである。

【0010】一方、航空機に蛍光ライダー装置を搭載して海洋表面に照射する場合、航空機と洋上の試料との位

置関係を 1 個のフィルター交換時間の  $n$  倍できる計測時間にわたって一定に保つことはできない。このフィルターの交換の煩雑さを避けるため図 4 のように、受光しようとする入射蛍光 4 を受光光学系 6 で整形しビームスプリッタ 12 により複数個に分割し、分割後の各光路に透過波長域の異なるフィルター 5 a、5 b、5 c、5 d を挿入し光検出器 7 で所望の分光蛍光特性を計測することも行われている。

【0011】しかし、この場合、信号光の分割すること、分割に用いるビームスプリッタでの損失による信号レベルの低下は致命的となる場合があり好ましい方法とは言えない。

【0012】したがって、本発明が解決しようとする課題は、リアルタイムで波長ごとの蛍光信号を信号レベルの低減なしに同時に取得し、真の分光波長特性を取得することのできる多波長蛍光計測装置を提供することである。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は上記の課題を解決するためになされたもので、レーザ光源とこれを海洋表面へ導く出射光学系とからなる 1 組のレーザ光照射手段と、海洋上の流出油などの浮遊物からの蛍光を受光するフィルターを含む受光光学系と光電子増倍管、CCD カメラなどの光検出器とからなる受光系を複数個配置するように構成したものである。

【0014】すなわち、複数個の受光系においてはそれぞれ透過波長領域の異なるフィルターが挿入されているので、各受光系はある波長域の蛍光出力を計測しこれを総合することにより蛍光の波長特性をリアルタイムで把握することができる。

【0015】

【発明の実施の形態】図 1 は本発明の第 1 の実施例を示すもので、例えば Nd : YAG レーザの第 3 高調波 (波長 355 nm) のようなレーザ発振器 1 から短パルス出力 2 を出射光学系 3 を経由して海洋表面を照射する。この照射により海洋表面の流出油などの浮遊物から発した蛍光 4 の一部はフィルター 5 a の透過波長域を透過するものだけが、受光光学系 6 a を経由して集光され光電子増倍管 7 a に到達し、その電気出力 7 a a は信号処理装置 8 により処理されて、例えばオシロスコープのようなデータ出力装置 3 4 の画面上に当該波長域の蛍光パルス時間波形 9 a を計測できる。

【0016】図 1 には 4 個の受光系が示してあるが、同様にして光電子増倍管 7 b の電気出力 7 b b からフィルター 5 b の透過波長域に関わる蛍光パルス時間波形 9 b、フィルター 5 c の透過波長域に関わる蛍光パルス時間波形 9 c、フィルター 5 d の透過波長域に関わる蛍光パルス時間波形 9 d が得られる。そして、信号処理装置 8 の動作を制御するコントローラ 3 5 から指示を与えれば、これら 4 個の蛍光パルス時間波形を同時に描くこ

とができる。

【0017】また、信号処理装置 8 に対してコントローラ 3 5 から指示することにより、各蛍光パルスの時間軸を与えれば、ある時間  $t_1$  における蛍光の波長特性 10 をオシロスコープやプリンタ等の出力装置 3 4 に描かせることもできる。

【0018】このように本発明によれば、フィルターの交換を行うことなく、リアルタイムで蛍光の波長特性を取得することができる。

10 【0019】上述の計測ではレーザ光を照射した海洋上の 1 点の蛍光情報が得られたただだから、2 次的に広がる洋上浮遊物の動向を把握するにはレーザ光を海洋表面に対して、スキャンを行う必要がある。位置情報 11 と各蛍光パルス時間波形 9 を信号処理装置 8 で対応させると、それぞれの波長域に関する 2 次元蛍光画像を創出することができる。

20 【0020】以上説明したように、本発明によれば、このようにして 1 点の蛍光情報をリアルタイムで取得し、レーザのスキャンにより 2 次元蛍光画像を創出できたわけである。

【0021】しかし、レーザ出力が大きく海洋面においてある程度レーザビームを拡大させても蛍光信号が得られるならば、光検出器として光電子増倍管ではなく、たとえばイメージンテンシファイアを付加して画像を増強した CCD カメラのような撮像装置を用いれば、いきなり 2 次元蛍光分光画像を得ることができる。

30 【0022】図 2 はその実施例を示すもので、レーザ発振器 1 からの短パルス出力は出射光学系 2 3 を経由して海洋表面のある領域を照射する。この照射により海洋表面の浮遊物から発した広がりをもつ入射蛍光 2 4 の一部はフィルター 2 5 a の透過波長域を透過するものだけを、受光光学系 2 6 a を経由してイメージンテンシファイア 2 8 の光電面 2 9 に結像させ、画像増強させてその蛍光面 3 0 に映像化し CCD カメラ 3 1 に到達するようにしてある。これによりフィルター 2 5 a の透過波長域に関わる 2 次元の広がりをもつ蛍光画像を CCD カメラ 3 1 a において計測できる。

40 【0023】図 2 には 4 個の受光系が示してあるが、同様にしてフィルター 2 5 b、2 5 c、2 5 d の透過波長域に関わる蛍光画像を CCD カメラ 3 1 b、3 1 c、3 1 d において計測することができる。

50 【0024】したがって、図 2 の実施例の場合、各 CCD カメラで捕らえた 4 つの映像 3 2 a、3 2 b、3 2 c、3 2 d は、4 個の画像表示装置 3 3 a、3 3 b、3 3 c、3 3 d の上に表示されるわけであるが、浮遊物の放出する蛍光を 4 つの異なる波長域にリアルタイムで分光したものである。この場合、受光系はナノ秒レベルの高速応答性は無いから光電子増倍管によるような蛍光パルス波形は得られないが、パルス波形の積分値に比例した電気信号として CCD カメラの画像が形成されてい

る。

【0025】CCDカメラの信号からは蛍光画像32 a、32 b、32 c、32 dを取り出すことができるほか、データコントローラ35から指示を与え信号処理装置8において処理することにより、ある時刻の蛍光画像のある指定したポイントの波長別信号レベルから蛍光の波長特性10を取り出し、データ出力装置34に表示することもできる。一般に油の種類に固有の蛍光特性が知られており、これを参照することにより流出油の成分を推定できる。

【0026】さて、図2においては画像化のためのデバイスとして、イメージンテンシファイアならびにCCDカメラをそれぞれ4個用いていた実施例を示した。装置のローコスト化および各チャンネルの素子のレベル調整を簡略化するためにはイメージンテンシファイアならびにCCDカメラをそれぞれ1個だけ用いることが可能である。

【0027】図3はその実施例を示すもので、レーザ発振器1からの短パルス出力22は出射光学系23を経由して海洋表面のある領域を照射する。この照射により海洋表面の浮遊物から発した広がりをもつ入射蛍光24の一部は、フィルター26 aの透過波長域を透過するものだけが、受光光学系26 aを経由して折り返しミラー27により位置を変えてイメージンテンシファイア28の光電面29の1部に結像させ画像増強させ、その蛍光面30に映像化しCCDカメラ31の有効領域の1部に到達するようにしてある。これによりフィルター25 aの透過波長域に関わる2次元の広がりをもつ蛍光画像をCCDカメラ31の有効領域の1部で計測できる。

【0028】図3には4個の受光系が示してあるが、同様にしてフィルター25 b、25 c、25 dに関わる蛍光画像をCCDカメラの残りの有効部分に計測することができる。

【0029】したがって、図3の実施例の場合、1個のCCDカメラで捕らえられた1画面上の4つの映像は、浄遊物の放出する蛍光を4つの異なる波長域にリアルタイムで分光したものである。この場合も図2の第2の実施例と同様に各波長域の蛍光量に比例したパルス波形の積分値を電気信号として画像が形成されている。

【0030】このようにして、CCDカメラの信号からは1個の表示装置33の上に4個の蛍光画像32 a、32 b、32 c、32 dを表示することが出来る。また、図2の実施例と同様に信号処理装置8において処理にあたり、データコントローラ35を介して指定することにより、ある時刻の蛍光画像のある指定したポイントの波長別信号レベルから蛍光の波長特性10をデータ出力装置34に出力することもでき、流出油の成分推定に有効である。

【0031】フィルターの透過波長を選択する場合、対象の蛍光特性を把握して計測系の規格化、校正に便利な

透過波長域を選んでおくことも有効である。すなわち、蛍光発光のため励起光としてNd:YAGレーザの第3高調波の波長356 nmが用いられた場合、水のラマン散乱光として407 nmのスペクトルが受光されることがある。このスペクトルの受信信号のレベルを本装置において海水の諸条件と励起光のレベルによって検定しておけば、装置のレベル調整、チャンネル間のレベル調整、ゲートのタイミング調整などに有効である。

【0032】CCDカメラを用いた図2および図3の構成においては、背景としての海面、海岸、岩礁、建造物などに浮かび上がる蛍光分光画像が得られるので、画像を解析、分析する上で即時性があり、緊急を要する流出油回収の指針として非常に有効である。

【0033】なお、説明に用いた図1、図2、図3各の実施例において、受光系を4個としたが、必要に応じてこれを増減できることは言うまでも無い。ある2つの波長域の蛍光強度を把握しておけばいい場合は、CCDカメラにより2つの映像を捕らえればよく、装置のローコスト化ができる。逆に波長分解能を高めたい場合はより多くの受光系を配置することになる。

【0034】また、図2、図3の実施例においてイメージンテンシファイアを用い受光対象となる蛍光のレベルを増強して電気信号に変換しているが、これは航空機に搭載し流出油からの微弱な蛍光を計測する場合を想定したためである。計測装置を船舶に搭載し流出油からの蛍光レベルが確保できる場合はイメージンテンシファイアを省略でき、CCDカメラだけで計測可能である。特に電子冷却された「冷却CCDカメラ」と呼ばれるものをいれば、低雑音で大きなダイナミックレンジを有する画像を得ることができる。本発明の思想を実現する際、光検出器についてはほかにもいくつかのデバイスがあげられる。

【0035】すなわち、図1の光電子増倍管にあたる点に関する固体光検出器としてフォトダイオードあるいはアバランシェダイオードなどがあり、図2、図3のCCDカメラに相当する2次元フォトダイオードアレイもある。また図2、図3で単にCCDカメラとして表現しているが、上述の冷却を施したCCDカメラの他にも背面照射型CCDカメラなどがあり対象とする蛍光の波長域、蛍光出力レベルを勘案して選択することとなる。

【0036】

【発明の効果】本発明により、従来フィルターの交換という作業により計測能率が悪く、正確さに乏しかった蛍光分光画像計測を、正確かつリアルタイムで実行できるようになる。これにより流出油の環境汚染対策を迅速に、効率よく、戦略的に実施できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例を示すもので、(a)は要部構成を示すブロック図、(b)はA-A視図。

【図2】本発明の第2の実施例を示すもので、(a)は

要部構成を示すブロック図、(b)はB-B視図。

【図3】本発明の第3の実施例を示すもので、(a)は要部構成を示すブロック図、(b)はC-C視図。

【図4】従来の実施例のブロック図。

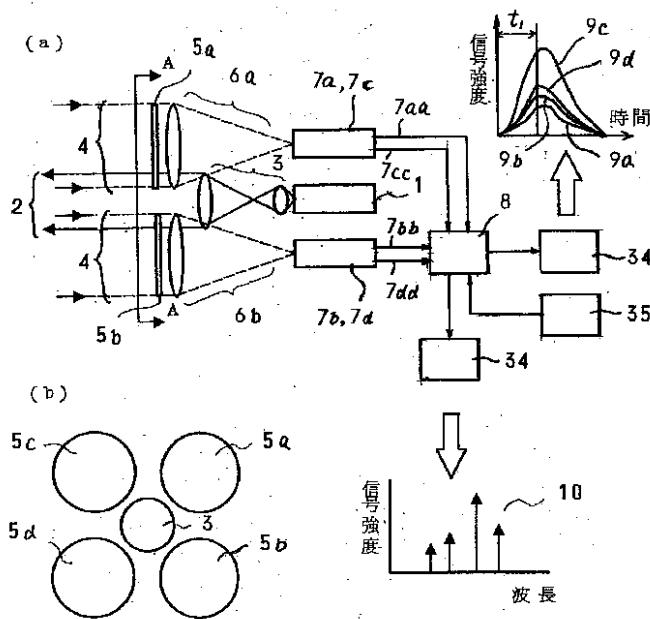
【符号の説明】

- 1 レーザ発振器
- 2 短パルス出力
- 3 出射光学系
- 4 浮遊物からの蛍光
- 5 a, 5 b, 5 c, 5 d フィルター
- 6 a, 6 b, 6 c, 6 d 受光光学系
- 7 a, 7 b, 7 c, 7 d 光電子増倍管
- 8 信号処理装置
- 9 a, 9 b, 9 c, 9 d 蛍光パルス時間波形
- 10 蛍光の波長特性
- 11 スキャン位置情報

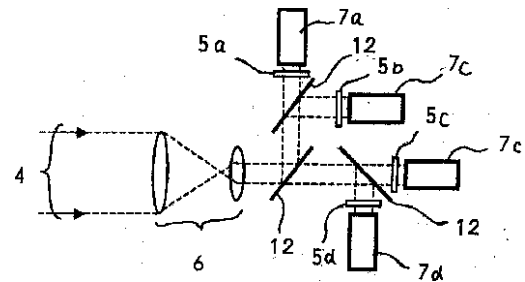
- \* 12 ビームスプリッタ
- 22 短パルス出力
- 23 出射光学系
- 24 浮遊物からの蛍光
- 26 a, 26 b, 26 c, 26 d フィルター
- 26 受光光学系
- 27 折り返しミラー
- 28 イメージンシファイア
- 29 イメージンシファイアの光電面
- 10 30 イメージンシファイアの蛍光面
- 31 CCDカメラ
- 32 蛍光画像
- 33 画像表示装置
- 34 データ出力装置
- 35 データコントローラ

\*

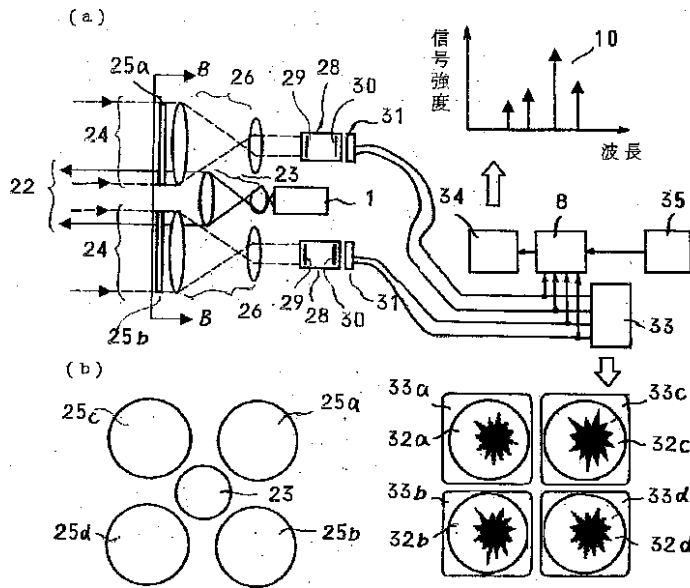
【図1】



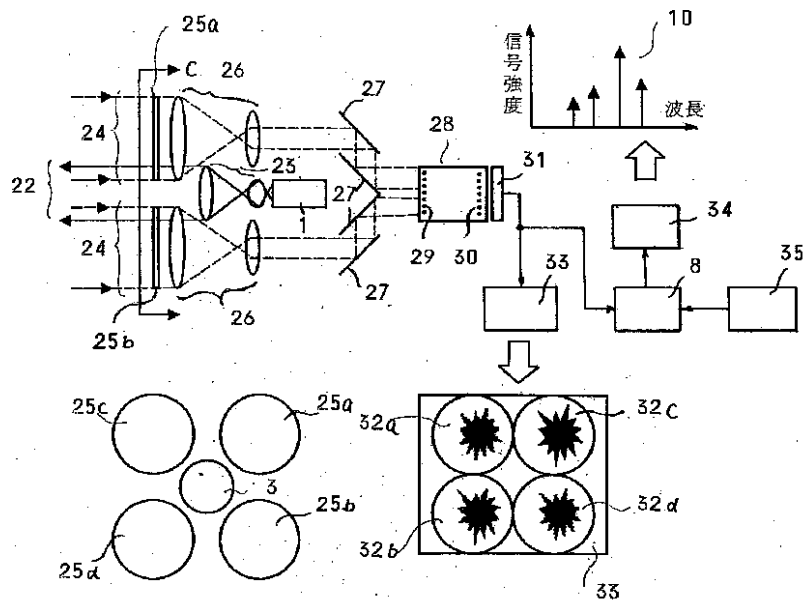
【図4】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

- Fターム(参考) 2G020 AA04 CB23 CB43 CC26 CC47  
 CD23 CD24 CD52  
 2G043 AA03 AA04 BA14 BA15 CA03  
 EA01 EA03 FA01 FA05 FA06  
 GA02 GA04 GA21 GB01 GB21  
 HA01 HA02 JA03 KA02 KA05  
 KA08 KA09 LA02 LA03 NA06