

# 風力発電稼働率向上に関する調査研究

## 報 告 書

2019 年年 3 月 31 日

一般社団法人 日本海事検定協会

(検査第一サービスセンター)

## 目次

1. はじめに	2
2. 調査研究の内容	2
3. 調査研究の方法(計測/分析方法)	3
3-1. 潤滑油性状及び汚染度測定	3
3-2. グリースやギヤオイルについての混合安定性試験	5
4. 調査対象機明細	5
5. 調査研究の結果と考察	7
5-1. 潤滑油性状及び汚染度測定	7
5-2. グリースやギヤオイルの混合安定性試験	15
6. 無線ドローンを用いた外観状態検査の研究	21
7. まとめ	21

## 1. はじめに

1994年12月に政府の地球温暖化防止行動計画を受けて取り纏められた『新エネルギー導入大綱』により、安全かつクリーンで再生可能な自然エネルギーの利用手段の一つとして風力発電にも注目が集まり、全国各地に風力発電サイトが建造されるキッカケとなりましたが、やがて設備の経年劣化に伴う故障や破損事故等による稼働率低下が問題化し始めると、太陽光発電に比べ、普及率や成長率に陰りが見える様になりました。その主な要因として、海外製資材調達の困難さや国内の風力発電設備に対する整備環境が、専門エンジニアの不足も含めて不十分であった事が挙げられ、ひとたびトラブルが発生すると、発電事業者は、復旧までの長期間、当該風車での操業を諦めなければならない状況でした。

こうした状況を憂慮した当会は、風力発電の普及発展には、事故や故障を未然に防止する体系化された定期点検システムの導入や早期復旧を可能とする整備環境作りが急務との考えに基づき、風車の心臓部となる主要駆動設備(プロペラシャフトや増速機、発電機など)の保守/整備における問題点の抽出や機器内部の運転状態をモニタリングする手法の調査研究を行い、得られた情報の一般公開等を行う公益事業を立ち上げ、運用して参りました。

しかしながら、その後の風力発電を取り巻く環境や問題等の改善に伴い、今や陸上だけでなく洋上にも事業展開される規模にまで成長してきた事、及び2017年4月1日から国の電気事業法に基づく『定期安全管理審査制度』が単機出力500kW以上の風力発電設備にも導入されるに至った事等を受け、当初目指した状態が整いつつあると確信した当会は、従来からの事業内容を大幅に見直し、本年度も継続実施致しました。以下に、その事業内容を報告致します。

## 2. 調査研究の内容

前述した通り、風力発電設備の整備環境が整いつつ在る事を受け、昨年度より実施している下記の項目について、2018年度も引き続き調査を実施した。

### ① 潤滑油性状分析及び含有金属測定

オイル劣化による潤滑性能低下が故障原因と成り得ることから、オイルの性状判定となる各種分析を行う。同時に、潤滑不良の進行具合や損傷部位の特定を目的として、オイル内に含有される微量金属成分の測定を行う。

### ② 潤滑油の汚染度測定

金属微粒子による潤滑油の汚れもオイルの劣化や潤滑不良の判断基準となることから、レーザー粒子カウンターを用いた汚染度測定を行う。

### ③ グリースやギヤオイルの混合安定性試験

銘柄・基材等が異なる物を混合させた場合の安定性について滴点や混和ちょう度について試験・調査を実施するとともに、安定性を左右する因子を特定するため、ガスクロマトグラフィおよびICP発光分光分析装置を用いた分析を行う。

### 3. 調査研究の方法(分析/測定方法)

#### 3-1. 潤滑油性状及び汚染度測定

増速機内から採取された潤滑油サンプルに対し、劣化度の指標となる酸化度、動粘度及び水分の分析/試験を行い、加えて潤滑するベアリング等の状態を判定する指標として、サンプル中に検出された金属元素及び含有量を測定した。

なお、昨年度の測定結果より、塩基価と劣化度の間に明確な相関性が認められなかった事ならびに実際の使用環境を考慮し、評価項目から塩基価及び100℃での動粘度を除外した。

オイルの汚染度については、レーザー粒子カウンターを用いた測定を行い、ISOコードに基づく評価を行った。

測定/分析項目と実施方法/機器及び結果に対する検証基準については下記表の通り。

#### 〈一般性状：オイルの劣化度〉

項目	実施方法/機器	IEC 61400-4:2012 による監視レベル		
		許容限度	注意レベル	危険レベル
酸価 [mgKOH/g]	電位差滴定	—	—	—
動粘度 40℃ [mm <sup>2</sup> /s]	動粘度装置	Nominal 値 ±5%	Nominal 値 ±8%	Nominal 値 ±10%以上
水分 [ppm]	カールフィッシャー 電量滴定	300 未満	300～600	600 以上

#### 〈金属分析：オイルに含まれる金属元素及び含有量〉

項目	実施方法/機器	IEC 61400-4:2012 による監視レベル		
		許容限度	注意レベル	危険レベル
鉄(Fe) [mg/kg]	ICP(誘導結合 プラズマ発光分 析装置)	50 未満	50～150	150 以上
クロム(Cr) [mg/kg]		TBD	TBD	TBD
銅(Cu) [mg/kg]		20 未満	20～50	50 以上
アルミニウム(Al) [mg/kg]		20 未満	20～50	50 以上

#### 〈汚染度：オイルの汚れや変質〉

項目	実施方法/機器	IEC 61400-4:2012 による監視レベル		
		許容限度	注意レベル	危険レベル
≥ 4μm	SpectroLNF Q200 レーザーネ ットファイン	—	—	—
≥ 6μm		16	17	18
≥ 14μm		13	14	15

ISO 4406:1999 の汚染度コード表

ISO コード 番号	微粒子の個数濃度(個/ml)	
	超え(<)	( $\leq$ )以下
24	80 000	160 000
23	40 000	80 000
22	20 000	40 000
21	10 000	20 000
20	5 000	10 000
19	2 500	5 000
18	1 300	2 500
17	640	1 300
16	320	640
15	160	320
14	80	160
13	40	80
12	20	40
11	10	20
10	5	10
9	2.5	5
8	1.3	2.5
7	0.64	1.3
6	0.32	0.64
5	0.16	0.32
4	0.08	0.16
3	0.04	0.08
2	0.02	0.04
1	0.01	0.02

備考) JIS B 9933:2000 の汚染度コードと同じ

《例示》 1ml中の微粒子数とコード表示の表示例

4  $\mu$  m 以上の微粒子数: 1,250 ⇒ コード番号 17

6  $\mu$  m 以上の微粒子数: 294.9 ⇒ コード番号 15

14  $\mu$  m 以上の微粒子数: 42.5 ⇒ コード番号 13

表示方法: ISO Code = 17 / 15 / 13

### **3-2. グリースやギヤオイルについての混合安定性試験**

本年度も、グリースの混合安定性試験は実施しなかった。

ギヤオイルについては、銘柄・基材等が異なる物を混合させた場合の安定性について、昨年度と同様にタービン油の混合安定性に関する規格：ASTM D7155 "Standard Practice for Evaluating Compatibility of Mixtures of Turbine Lubricating Oils"を参考に、高温および低温時の混合安定性について試験を実施した。

### **4. 調査対象機明細**

<識別符号 N TO 600\_1>

設置場所： 北海道  
メーカー： IHI-NORDEX  
定格出力： 600 kW  
稼動開始年月： 1998年12月  
総発電量： —  
総稼動時間： 1,572,767.0時間(起点不明)  
実施日： 2018年4月26日(増速機オフライン採取口より滑油採取)

<識別符号 N TO 600\_2>

設置場所： 北海道  
メーカー： IHI-NORDEX  
定格出力： 600 kW  
稼動開始年月： 1999年11月  
総発電量： —  
総稼動時間： 93,344.8時間(平成18年9月20日15:31:53起点)  
実施日： 2018年4月25日(増速機オフライン採取口より滑油採取)

<識別符号 B TO 1000\_0>

設置場所： 北海道  
メーカー： BONUS  
定格出力： 1,000 kW  
稼動開始年月： 2000年12月  
総発電量： —  
総稼動時間： 154,957.8時間(平成13年1月17日13:52:29起点)  
実施日： 2018年5月24日(増速機オフライン採取口より滑油採取)

<識別符号 M HI 600 1>

設置場所: 静岡県  
メーカー: 三菱重工業  
定格出力: 600 kW  
稼動開始年月: 2003 年 12 月  
総発電量: —  
総稼動時間: —  
実施日: 2018 年 5 月 (ギアボックスより滑油採取)

尚、下記 3 基の風車に関しては、潤滑油サンプルの提供が無く、本年度の調査は見送られた。  
過去の参照データは 2017 年度 (平成 29 年度) 報告書を参照願う。

<識別符号 V IT 225 0>

設置場所: 新潟県  
メーカー: VESTAS  
定格出力: 225 kW  
稼動開始年月: 1999 年 10 月

<識別符号 M HI 600 2>

設置場所: 静岡県  
メーカー: 三菱重工業  
定格出力: 600 kW  
稼動開始年月: 2003 年 12 月

<識別符号 M HI 600 3>

設置場所: 静岡県  
メーカー: 三菱重工業  
定格出力: 600 kW  
稼動開始年月: 2003 年 12 月

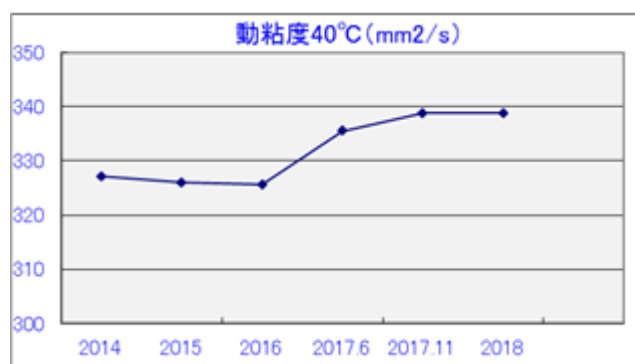
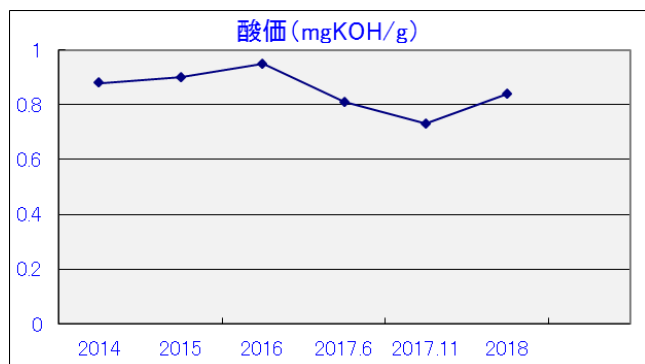
## 5. 調査研究の結果と考察

過去6年分(又は、6件分)データを含めた時系列データ及びグラフ表記は以下の通り。

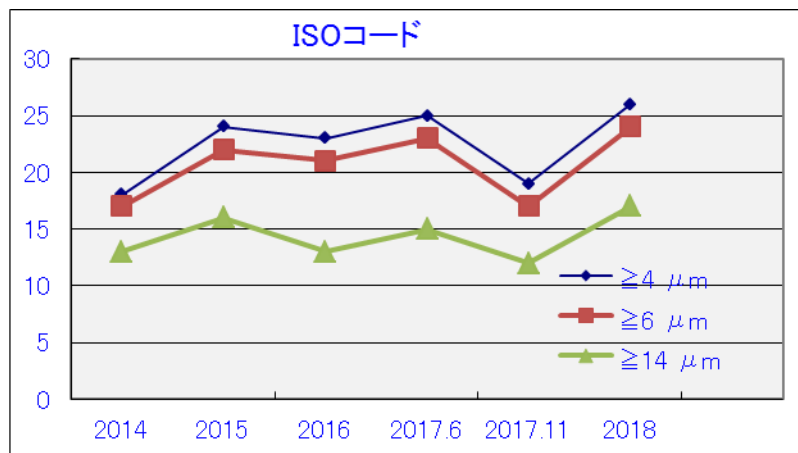
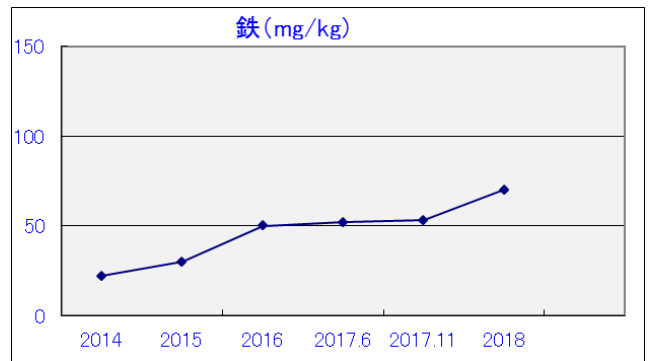
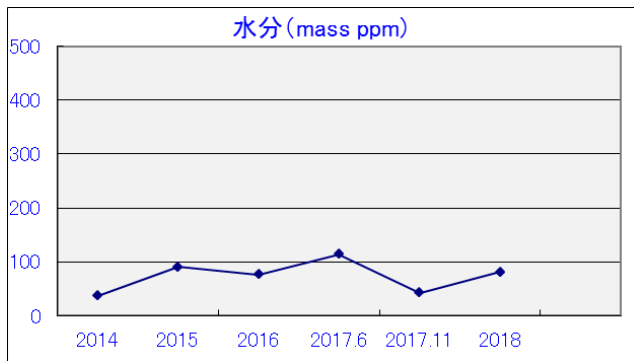
### 5-1. 潤滑油性状及び汚染度測定

<識別符号 N\_TO\_600\_1>

サンプル採取日	2014.4	2015.10	2016.10	2017.6	2017.11	2018.4
銘柄	Mobilgear SHC XMP 320					
採取場所	増速器オフライン採取口					
運転時間 (h)			41,658.2	1,565,677.4	1,568,910.8	1,572,767.0
酸価 (mgKOH/g)	0.88	0.90	0.95	0.81	0.73	0.84
動粘度 40°C (mm <sup>2</sup> /s)	327.1	326.0	325.6	335.5	338.8	338.8
水分 (ppm)	37	91	76	114	43	81
鉄 (mg/kg)	22	30	50	52	53	70
クロム (mg/kg)	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1	1
銅 (mg/kg)	1	1	1	1 未満	1	1
アルミニウム (mg/kg)	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
≧4 μm	18	24	23	25	19	26
≧6 μm	17	22	21	23	17	24
≧14 μm	13	16	13	15	12	17
備考			採取後全量 交換		オフラインフ ィルター故障 中	オフラインフ ィルター故障 中, 補油 5L





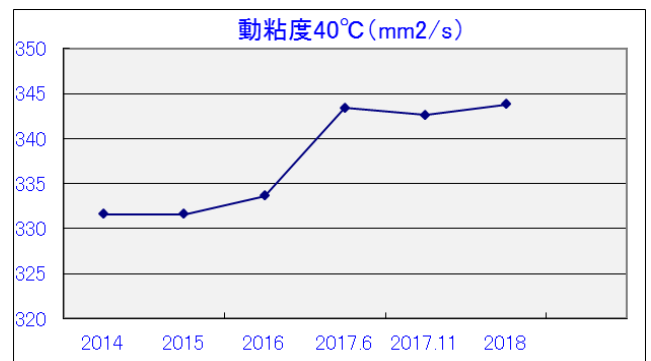
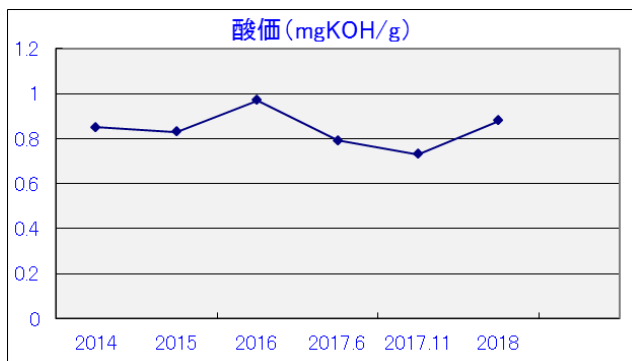


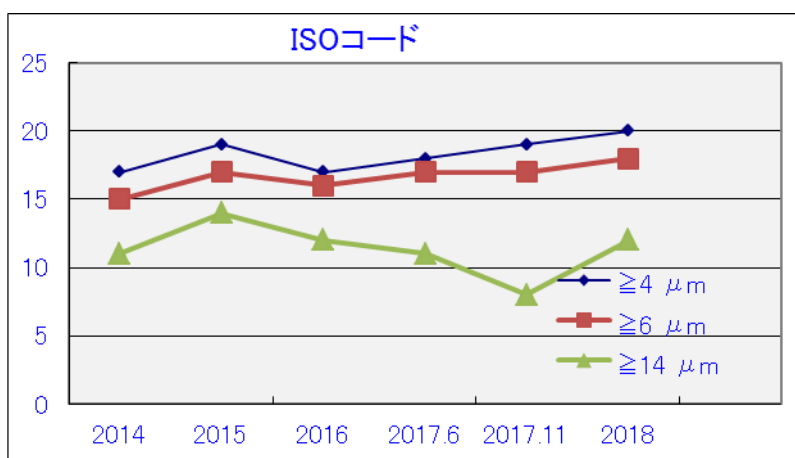
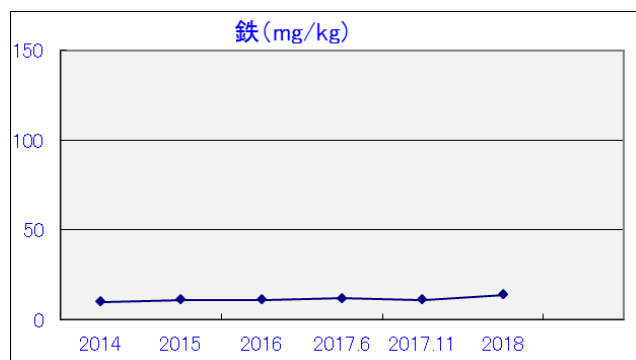
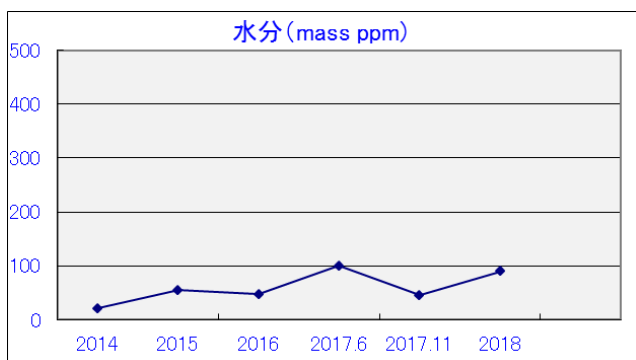
**【考察】**

昨年、故障したオフラインのフィルターを未修理の状態にて採取された潤滑油は、昨年 11 月の測定結果と比べ、鉄粉の含有量ならびに  $6\mu\text{m}$  以下、 $14\mu\text{m}$  以下の微粒子の汚染度が上昇し、危険レベルにまで達していた。オフラインのフィルターの故障は潤滑油だけでなく、増速機の寿命をも縮める可能性があるため、早急な修理が望まれる。

<識別符号 N\_TO\_600\_2>

サンプル採取日	2014.4	2015.10	2016.10	2017.6	2017.11	2018.4
銘柄			Mobilgear SHC XMP 320			
採取場所			増速器オフライン採取口			
運転時間 (h)			81,276.4	86,821.9	89,683.9	93,344.8
酸価 (mgKOH/g)	0.85	0.83	0.97	0.79	0.73	0.88
動粘度 40°C (mm <sup>2</sup> /s)	331.6	331.6	333.6	343.4	342.6	343.8
水分 (ppm)	21	55	47	100	45	90
鉄 (mg/kg)	10	11	11	12	11	14
クロム (mg/kg)	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1
銅 (mg/kg)	1	1 未満	1 未満	1 未満	3	1
アルミニウム (mg/kg)	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
≥4 μm	17	19	17	18	19	20
≥6 μm	15	17	16	17	17	18
≥14 μm	11	14	12	11	8	12
備考			採取後全量交換			



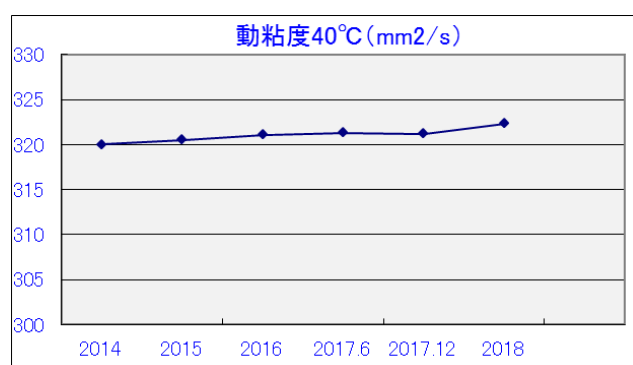
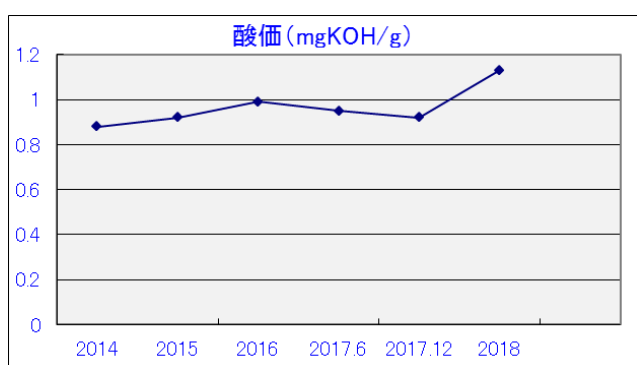


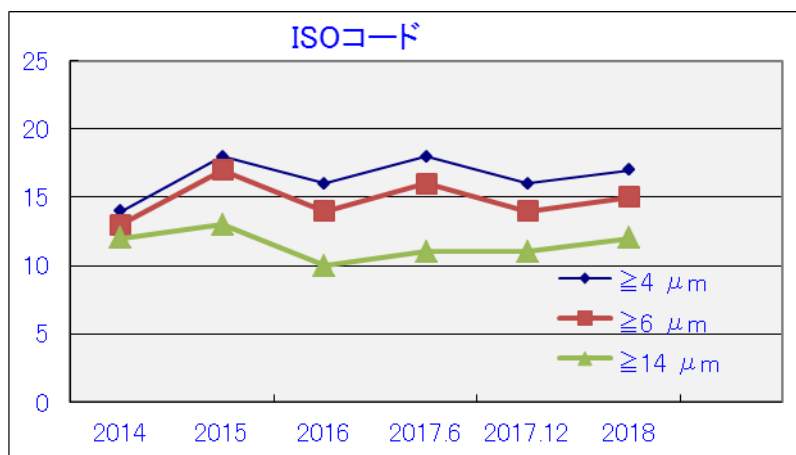
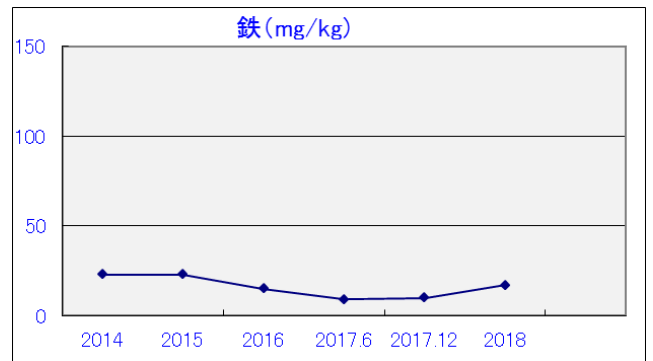
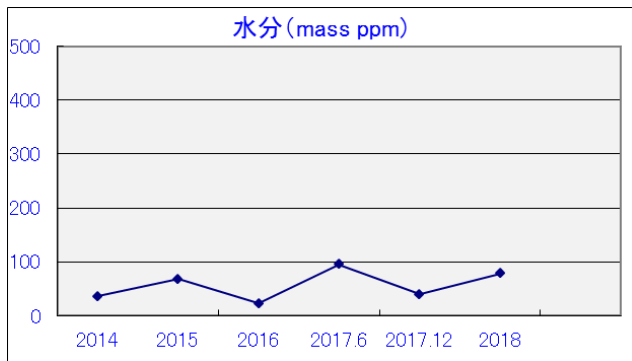
**【考察】**

6 μ m 以下の微粒子の汚染度が上昇し、危険レベルまで達しており、14 μ m 以下の微粒子も増加傾向にあることから、今後、更なる汚染度の進行が予想される。

<識別符号 B\_TO\_1000\_0>

サンプル採取日	2014.4	2015.10	2016.10	2017.6	2017.12	2018.4
銘柄			ダフニーアルファウィンフォース 320F			
採取場所			増速器オフライン採取口			
運転時間 (h)			138,384.0	146,511.8	150,954.6	154,957.8
酸価 (mgKOH/g)	0.88	0.92	0.99	0.95	0.92	1.13
動粘度 40°C (mm <sup>2</sup> /s)	320.0	320.5	321.1	321.3	321.2	322.3
水分 (ppm)	36	68	23	95	40	78
鉄 (mg/kg)	23	23	15	9	10	17
クロム (mg/kg)	1	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
銅 (mg/kg)	1	2	5	3	1 未満	4
アルミニウム (mg/kg)	1	1	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
≥4 μm	14	18	16	18	16	17
≥6 μm	13	17	14	16	14	15
≥14 μm	12	13	10	11	11	12
備考			採取後全量交換		補油 20L, フィルター交換	



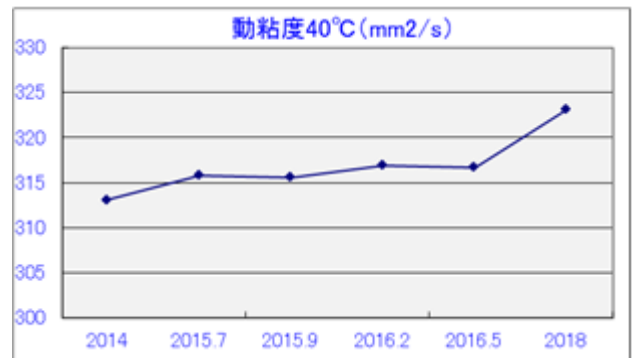
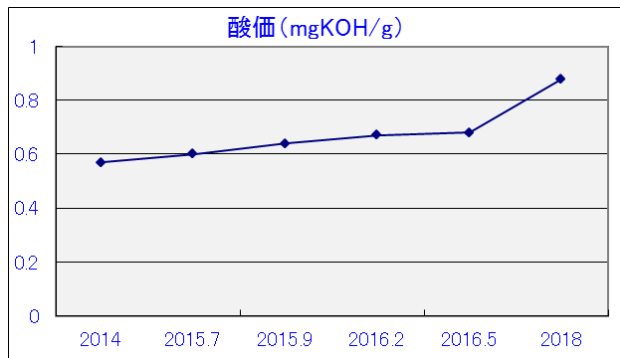


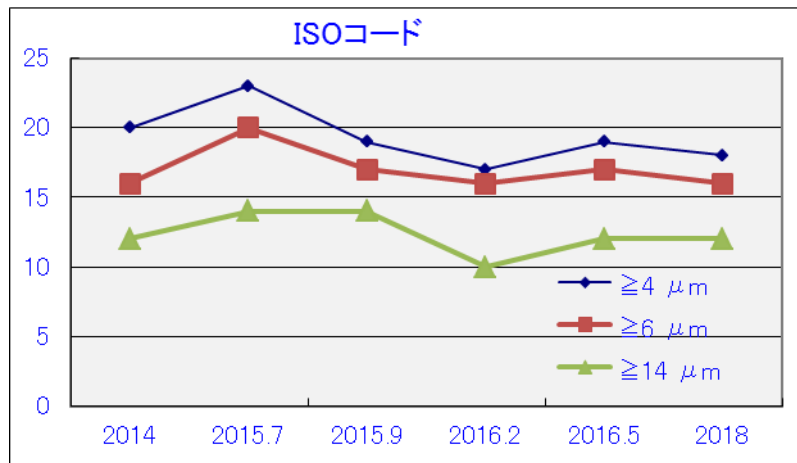
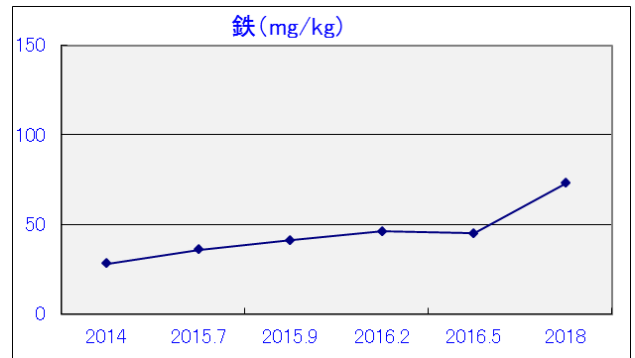
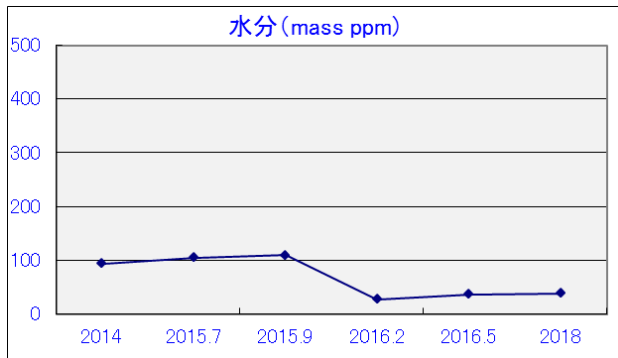
**【考察】**

昨年 11 月の測定結果と比べ、酸価に上昇が見られたものの、他の性状については変化が見受けられず、オイル劣化の兆しは無いと考える。

<識別符号 M\_HI\_600\_1>

サンプル採取日	2014.11	2015.7	2015.9	2016.2	2016.5	2018.5
銘柄					Mobile Gear 600XMP 320	
採取場所					ギアボックス 下部ドレン	
運転時間 (h)						
酸価 (mgKOH/g)	0.57	0.60	0.64	0.67	0.68	0.88
動粘度 40°C (mm <sup>2</sup> /s)	313.1	315.8	315.6	316.9	316.7	323.1
水分 (ppm)	94	105	109	27	37	38
鉄 (mg/kg)	28	36	41	46	45	73
クロム (mg/kg)	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
銅 (mg/kg)	1 未満	1	1	2	2	3
アルミニウム (mg/kg)	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満
≥4 μm	20	23	19	17	19	18
≥6 μm	16	20	17	16	17	16
≥14 μm	12	14	14	10	12	12
備考						





**【考察】**

酸価及び鉄粉の含有量に上昇が見られるものの、オイル劣化の兆しは無いと考える。

## 5-2. グリースやギヤオイルの混合安定性試験

上述の通り、本年度もグリースの混合安定性試験は実施せず、昨年度から継続中のギヤオイルについて試験を実施した。昨年度の試験結果より、PAGである“Shell Omala S4 WE 320”は、他のギヤオイルと混合した際に、分層が確認されたため、本年度は、PAGを除いた5種類のギヤオイルと新たに追加した5種類の合計10種類のギヤオイルについて、混合安定性試験を実施した。

更に、混合安定性を左右する因子及び原因の特定のため、同試験に使用したギヤオイルについて、ガスクロマトグラフィによるオイル組成の確認およびICP発光分光分析装置による金属分析も実施した。

<ギヤオイルの基材性状>

番号	名称	基材	動粘度@40℃ [mm <sup>2</sup> /s]
1	MobilGear SHC XMP 320	合成油	345.4
2	Shell Omala S4 WE 320	合成油 (PAG)	324.4
3	MobilGear 632 XP	鉱油	306.2
4	GearMaster Syn 320	合成油	331.2
5	Chevron Meropa Synthetic WM320	鉱油	317.4
6	Titan Ventol-320SH	合成油	304.1
7	ボンノック AX 320	合成油	317.0
8	コスモギヤーSE 320	鉱油	336.1
9	ダフニー スーパーギヤーオイル 320	鉱油	316.5
10	TRUSCO 工業用ギヤオイル 320	鉱油	305.0
11	アリビオフルード	合成油	326.6

上記表の Shell Omala S4 WE 320(PAG)を除く、潤滑油 10 種すべての組み合わせについて、所定の容量割合となるよう混合し、60℃で7日間保管後、状態を確認したのち0℃で1日間保管した。保管後の混合状態を確認し、均一に混合しているものについて40℃の動粘度を測定し、混合前の基材オイルの動粘度と比較した。

混合安定性試験の判定基準として、以下を混合安定性不良とした。

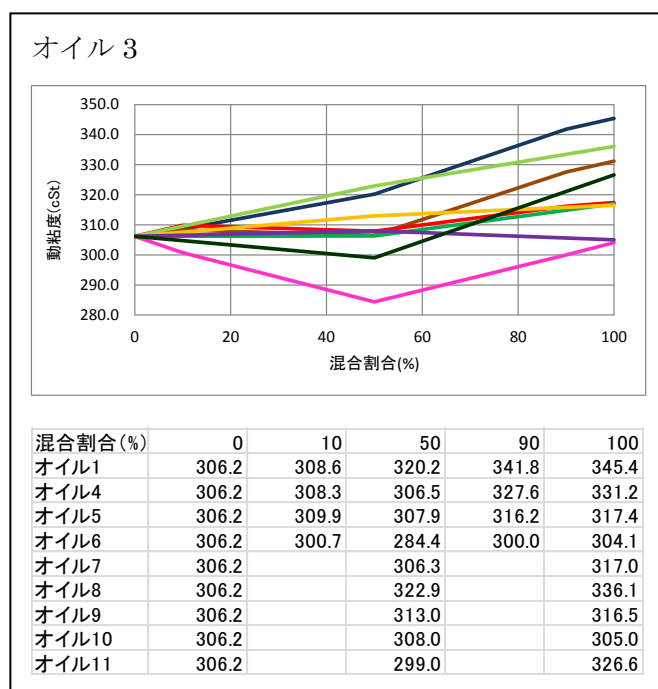
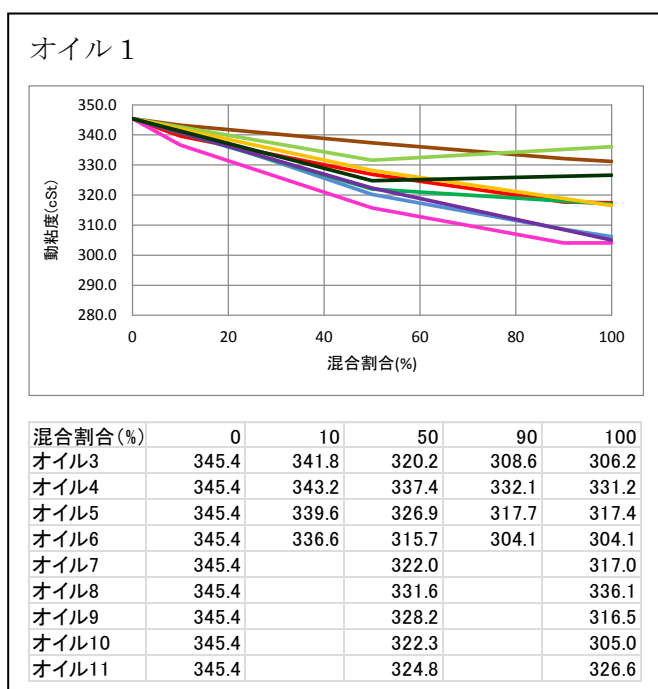
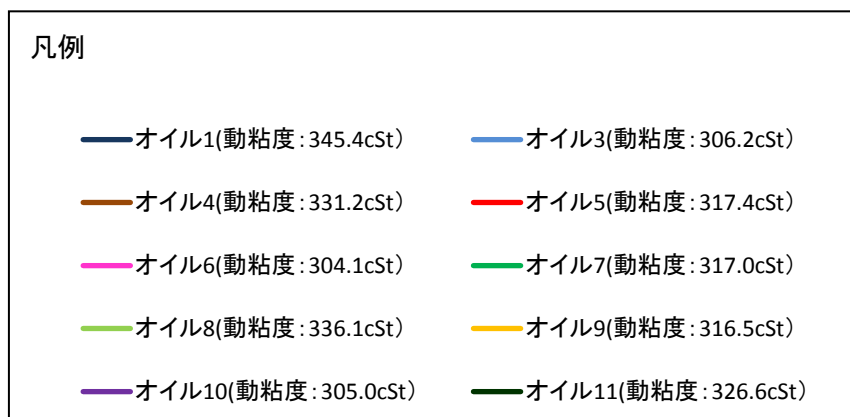


- ① 高温および低温保管時に分離するものや沈殿を生じるもの
  - ② 混合オイルの動粘度が二つの基材オイルの動粘度の範囲内にあり、且つ混合オイルと各基材オイルとの動粘度の差が、基材オイルの室内併行許容差を超えていないこと。
- なお、室内併行許容差については、ASTM D445 を適用し算出した。

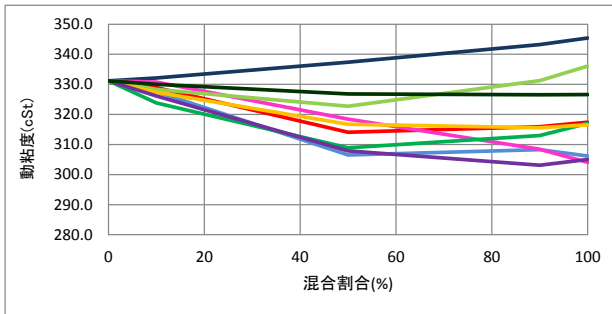
ギヤオイル 4、5、6 について、ギヤオイル 7～11 と 10:90、50:50、90:10 の混合割合で試験する過程において、混合割合 50:50 での動粘度が、特異な挙動を示すことが確認されたため、ギヤオイル 4、5、6 以外のオイルについては、混合割合 50:50 ので試験のみ実施した。

- ① 高温および低温保管実験結果
- 目視で確認可能な分層、沈殿物等の異常は見られなかった。

各オイルについて、混合オイルの割合を変えた際の動粘度の推移を下記のグラフにまとめた。

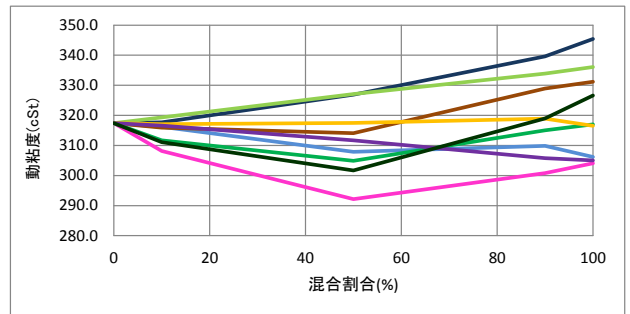


### オイル 4



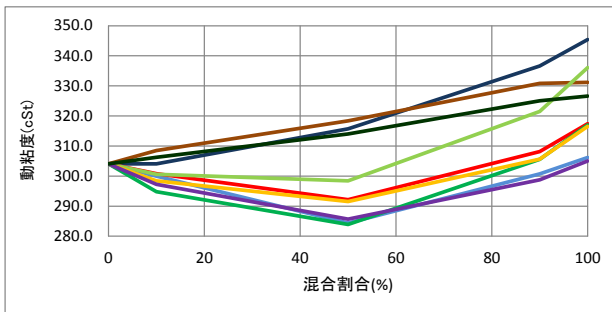
混合割合 (%)	0	10	50	90	100
オイル1	331.2	332.1	337.4	343.2	345.4
オイル3	331.2	327.6	306.5	308.3	306.2
オイル5	331.2	328.9	314.1	315.9	317.4
オイル6	331.2	330.8	318.4	308.5	304.1
オイル7	331.2	323.8	308.9	313.0	317.0
オイル8	331.2	328.3	322.7	331.3	336.1
オイル9	331.2	327.4	316.7	315.6	316.5
オイル10	331.2	326.1	307.9	303.1	305.0
オイル11	331.2	330.0	326.8	326.6	326.6

### オイル 5



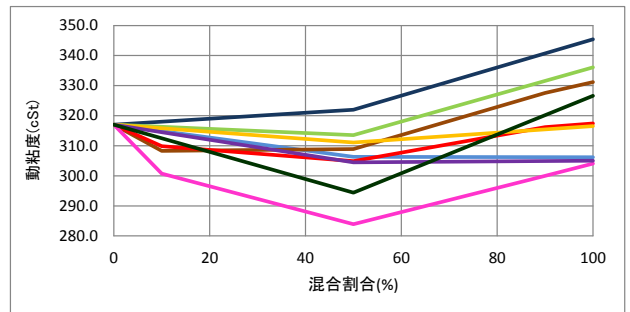
混合割合 (%)	0	10	50	90	100
オイル1	317.4	317.7	326.9	339.6	345.4
オイル3	317.4	316.2	307.9	309.9	306.2
オイル4	317.4	315.9	314.1	328.9	331.2
オイル6	317.4	308.2	292.1	300.8	304.1
オイル7	317.4	311.7	304.9	315.0	317.0
オイル8	317.4	319.3	327.1	333.9	336.1
オイル9	317.4	317.1	317.5	318.9	316.5
オイル10	317.4	316.6	311.7	305.8	305.0
オイル11	317.4	311.1	301.7	319.0	326.6

### オイル 6



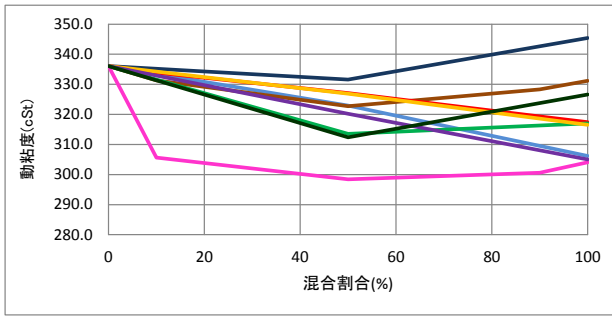
混合割合 (%)	0	10	50	90	100
オイル1	304.1	304.1	315.7	336.6	345.4
オイル3	304.1	300.0	284.4	300.7	306.2
オイル4	304.1	308.5	318.4	330.8	331.2
オイル5	304.1	300.8	292.1	308.2	317.4
オイル7	304.1	294.8	283.9	305.6	317.0
オイル8	304.1	300.6	298.4	321.5	336.1
オイル9	304.1	298.4	291.5	305.6	316.5
オイル10	304.1	297.3	285.7	298.7	305.0
オイル11	304.1	306.2	314.0	325.0	326.6

### オイル 7



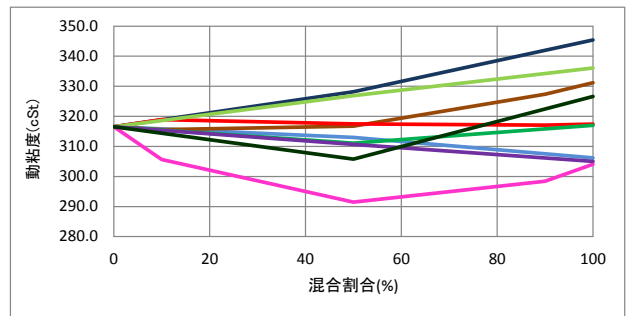
混合割合 (%)	0	10	50	90	100
オイル1	317.0		322.0		345.4
オイル3	317.0		306.3		306.2
オイル4	317.0	308.3	308.9	327.6	331.2
オイル5	317.0	309.9	304.9	316.2	317.4
オイル6	317.0	300.7	283.9	300.0	304.1
オイル8	317.0		313.5		336.1
オイル9	317.0		311.1		316.5
オイル10	317.0		304.5		305.0
オイル11	317.0		294.4		326.6

オイル 8



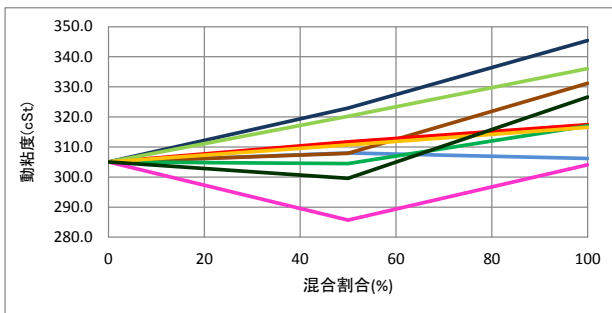
混合割合 (%)	0	10	50	90	100
オイル1	336.1		331.6		345.4
オイル3	336.1		322.9		306.2
オイル4	336.1	331.3	322.7	328.3	331.2
オイル5	336.1	333.9	327.1	319.3	317.4
オイル6	336.1	305.6	298.4	300.6	304.1
オイル7	336.1		313.5		317.0
オイル9	336.1		326.9		316.5
オイル10	336.1		320.2		305
オイル11	336.1		312.4		326.6

オイル 9



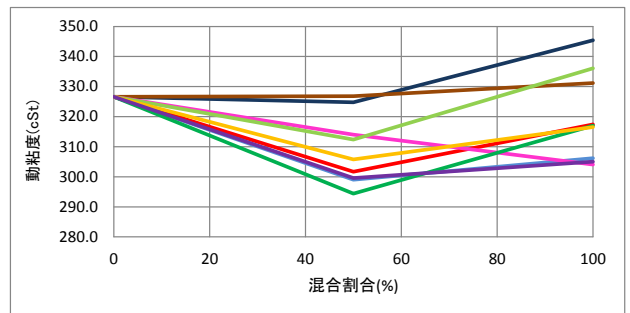
混合割合 (%)	0	10	50	90	100
オイル1	316.5		328.2		345.4
オイル3	316.5		313.0		306.2
オイル4	316.5	315.6	316.7	327.4	331.2
オイル5	316.5	318.9	317.5	317.1	317.4
オイル6	316.5	305.6	291.5	298.4	304.1
オイル7	316.5		311.1		317.0
オイル8	316.5		326.9		336.1
オイル10	316.5		310.7		305.0
オイル11	316.5		305.8		326.6

オイル 10



混合割合 (%)	0	10	50	90	100
オイル1	305.0		322.9		345.4
オイル3	305.0		308.0		306.2
オイル4	305.0		307.9		331.2
オイル5	305.0		311.7		317.4
オイル6	305.0		285.7		304.1
オイル7	305.0		304.5		317.0
オイル8	305.0		320.2		336.1
オイル9	305.0		310.7		316.5
オイル11	305.0		299.6		326.6

オイル 11



混合割合 (%)	0	10	50	90	100
オイル1	326.6		324.8		345.4
オイル3	326.6		299.0		306.2
オイル4	326.6		326.8		331.2
オイル5	326.6		301.7		317.4
オイル6	326.6		314.0		304.1
オイル7	326.6		294.4		317.0
オイル8	326.6		312.4		336.1
オイル9	326.6		305.8		316.5
オイル10	326.6		299.6		305.0

② 混合安定性試験結果

混合割合 50:50 における混合安定性の試験結果をもとに、下記の系統図を作成した。

異なる基材のオイルを混合した場合、ほとんどの組み合わせで、基材オイルの動粘度の範囲を外れることが確認されたが、オイル 1 およびオイル 4 は特定の鉱油と混合した際、その安定性は良好であった。特に、オイル 1 は 5 油種中 4 油種で動粘度が許容範囲内となり、高い安定性を示した。

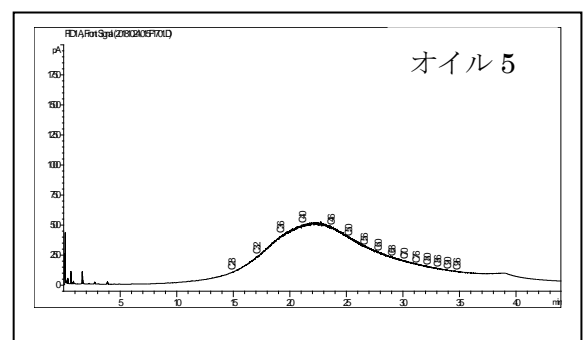
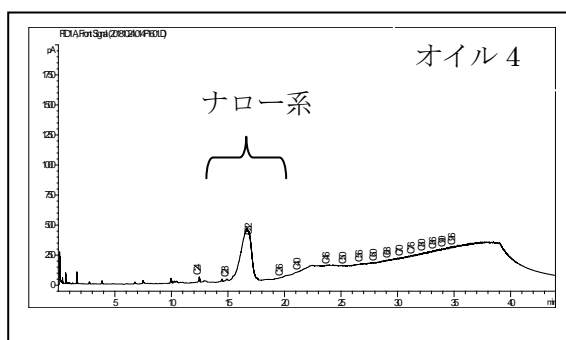
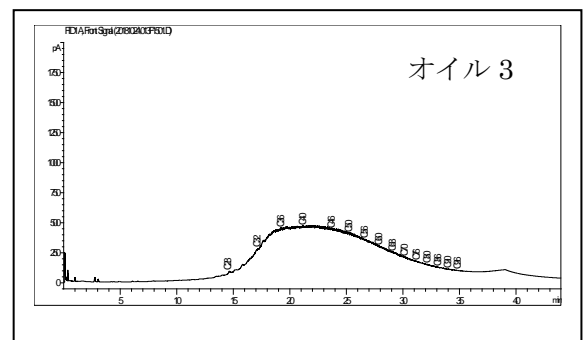
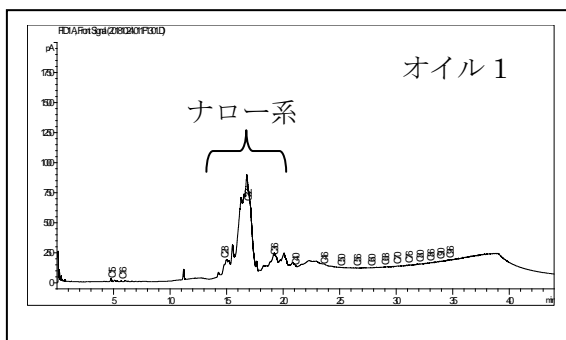
また、同系の基材を混合した場合、半数の組み合わせで良好な混合安定性が確認された。

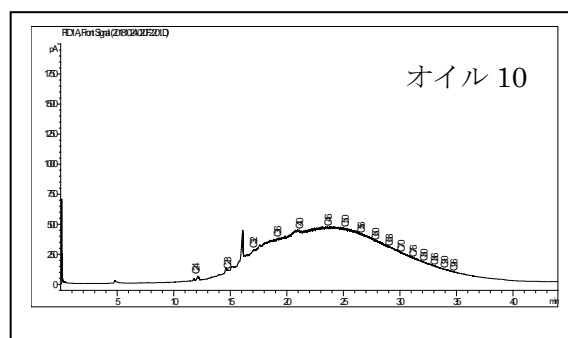
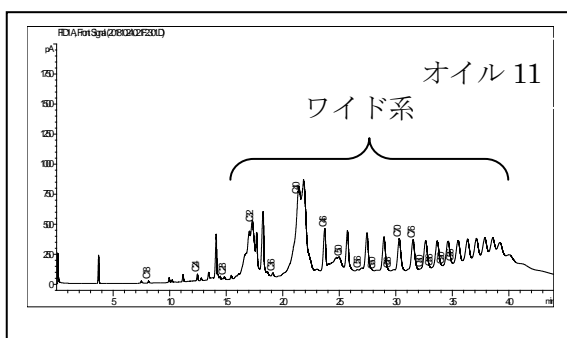
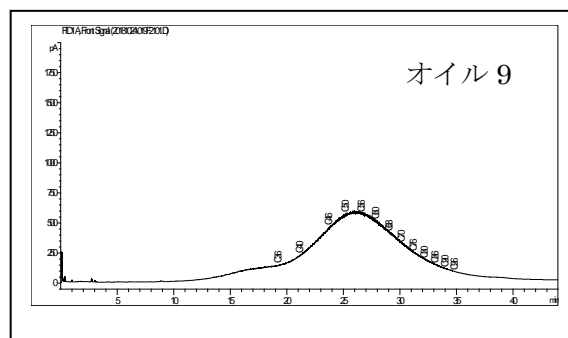
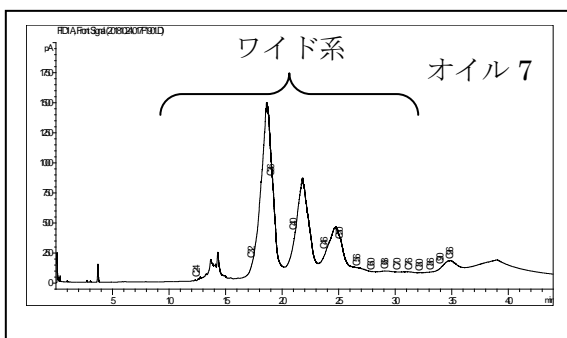
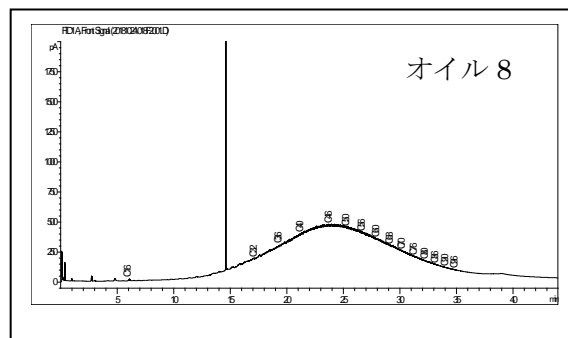
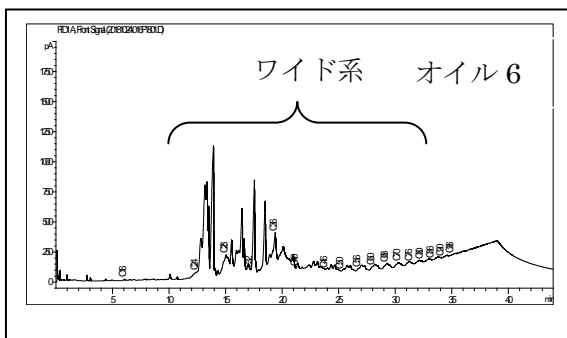
	合成油					鉱油				
	オイル 1	オイル 4	オイル 6	オイル 7	オイル 11	オイル 3	オイル 5	オイル 8	オイル 9	オイル 10
オイル 1 (合成油)	-	○	○	○	×	○	○	×	○	○
オイル 4 (合成油)	○	-	○	×	×	×	×	×	×	○
オイル 6 (合成油)	○	○	-	×	○	×	×	×	×	×
オイル 7 (合成油)	○	×	×	-	×	×	×	×	×	×
オイル 11 (合成油)	×	×	○	×	-	×	×	×	×	×
オイル 3 (鉱油)	○	×	×	×	×	-	×	○	○	×
オイル 5 (鉱油)	○	×	×	×	×	×	-	○	×	○
オイル 8 (鉱油)	×	×	×	×	×	○	○	-	○	○
オイル 9 (鉱油)	○	×	×	×	×	○	×	○	-	○
オイル 10 (鉱油)	○	○	×	×	×	×	○	○	○	-

○：混合安定性良好    ×：混合安定性不良

### ③ ガスクロマトグラフィーによる分析結果

合成油にはピークの分布範囲が狭いナロー系オイル(オイル 1 及び 4)とそれ以外の分布範囲の広いワイド系オイルに分類され、ワイド系オイルはナロー系に比べ、より多くの有機物が添加されていることが確認された。この分析結果と混合安定性試験におけるワイド系オイルの低い安定性から動粘度の低下は、混合時に生じる何らかの化学反応が原因の一つと考えられた。





④ ICP による分析結果

オイル内に添加されている金属成分を測定したものの、その添加量に混合安定性不良の原因となり成り得る傾向を見出すことはできなかった。

	Si	B	P	Ca	Mo
ギヤオイル 1	24	3	462	1 未満	1 未満
ギヤオイル 3	1 未満	27	321	1 未満	1 未満
ギヤオイル 4	1 未満	11	228	13	1 未満
ギヤオイル 5	1 未満	18	223	20	1 未満
ギヤオイル 6	3	36	561	1	1 未満
ギヤオイル 7	6	1 未満	216	1 未満	1 未満
ギヤオイル 8	1 未満	7	88	1 未満	1 未満
ギヤオイル 9	4	17	151	1 未満	106
ギヤオイル 10	8	54	166	1 未満	242
ギヤオイル 11	13	2	523	1 未満	1 未満

単位: mg/kg

## 【考察】

安定性不良に伴うリスクの軽減の観点から、混合安定性試験から得られる結果は、重要な知見と考えられる。今回の結果から、基材が異なる場合は混合安定性に問題が生じやすいことが示されるとともに、同じ合成油と分類されるナロー系オイルとワイド系オイルでは、他のオイルとの混合安定性に大きな違いが生じることもあわせて確認された。

混合安定性に問題が生じる可能性が高い組合せとしては、ワイド系オイル/鉱油、ワイド系オイル/ワイド系オイルが挙げられ、ワイド系オイルの成分と他のオイルの成分との間に生じる化学反応が原因の一つと推測された。

## 6. 無線ドローンを用いた外観状態検査の研究

昨年度より、小規模事業者を対象とした『無線ドローンを用いた風車ブレードその他の外観状態検査(仮)』の準備を開始し、現在、13名のドローンパイロット候補者を育成中である。

しかしながら、実際にドローンを飛行させて、痛感させられた事実として、特殊な装備や対策が為されたドローン以外、容易に対象物を近接検査する事は不可能に近く、特に強風下の環境に置かれる風車では、より顕著である事は想像に難しくない。

例えば、全体をネット状のガードで覆われ、且つ強風下での安定性が高められた専用のドローンの開発が望まれる。

## 7. まとめ

2011年度に「風力発電促進の条件整備に関する本調査研究を実施し、環境問題への対応及びエネルギーの安定供給の確保に寄与すること」をテーマに事業を立ち上げ、継続して参りました。

この間、当会が当初目指した風力発電の条件整備に関しましては、今では、政府当局や各業界団体主導による制度化や法整備等が進んだ事で明確な指針が示されつつあります。

こうした状況変化を鑑み、ここ数年、トライボロジーの観点より各種潤滑油やグリースの混合安定性試験を主体とした事業内容にして運営してまいりましたが、これらも本年度の事業にて一定の成果が得られました事を受け、本事業報告を以って当公益事業を終了させていただきます。

## 謝辞

本公益事業に多大なる御支援を賜りました関係各位には、この場を借りて厚く御礼申し上げます。