

目 次

第1章 メンテナンスストラテジー

本章の Key Word と ISO 要求項目	1
1 . メンテナンスとは	1
1.1 メンテナンスの定義	1
1.2 メンテナンスの意義と目的	3
1.3 機械システム階層化という考え方	6
1.4 メンテナンスを支える技術領域	7
2 . メンテナンスの経済規模と経済効果	8
3 . なぜ機械は故障するか	10
4 . 潤滑管理を中心としたメンテナンスストラテジーの実際	13
4.1 メンテナンス実行までの流れ	13
4.1.1 メンテナンスストラテジー(保全戦略)の策定	13
4.1.2 保全計画	14
4.2 メンテナンスのスケジューリングと実施	15
4.3 メンテナンスおよび潤滑管理の業務フロー	16
4.3.1 メンテナンスにおける潤滑の関わり	16
4.3.2 潤滑管理業務フロー	17
第1章練習問題	18
第1章引用・参考文献	20

第2章 トライボロジーの基礎：潤滑理論 / 基礎事項

本章の Key Word と ISO 要求項目	21
1 . トライボロジーの基礎	22
1.1 トライボロジーの語源	22
1.2 経済的効果	22
1.3 固体二面の接触	23
1.3.1 真実接触点と真実接触面積の概念	23

1.3.2	接触点における変形挙動	24
1.4	摩擦	24
1.4.1	摩擦の法則	24
1.4.2	摩擦のメカニズム	25
(1)	固体表面凹凸のかみ合いによる摩擦の発生	25
(2)	凝着による摩擦の発生	25
(3)	掘り起こしによる摩擦の発生	26
1.5	摩耗のメカニズム	26
1.5.1	凝着摩耗	26
1.5.2	アブレシブ摩耗	27
1.5.3	腐食摩耗	28
1.5.4	疲労摩耗	28
1.6	しゅう動面のトライボ特性指標	28
1.6.1	摩擦係数, 摩耗係数の概略値	28
1.6.2	摩耗の時間的变化とマイルド摩耗・シビヤ摩耗	29
1.6.3	PV 値	29
1.6.4	比摩耗量	30
2	潤滑剤の機能	31
2.1	摩擦低減作用	31
2.2	摩耗防止作用	31
2.3	冷却作用	32
2.4	その他の作用	32
3	潤滑形態	32
3.1	流体潤滑	32
3.2	弾性流体潤滑	33
3.3	境界潤滑	33
4	潤滑剤	34
4.1	潤滑剤の成り立ち	34
4.2	基油(ベースオイル)	35
4.2.1	基油の機能	35
4.2.2	基油の物性	35
4.2.3	基油の種類	36
(1)	鉱油系基油	36
(2)	合成系基油	37

5 . 添加剤	38
5.1 基油に対する添加剤の効果	38
5.2 添加剤の機能	38
5.3 代表的な添加剤の機能	39
5.3.1 酸化防止剤	39
5.3.2 粘度指数向上剤	40
5.3.3 清浄分散剤	40
5.3.4 防錆剤(さび止め剤)	41
5.3.5 消泡剤	41
5.3.6 その他の添加剤	41
6 . 潤滑剤の物理・化学的特性	41
7 . グリース	42
7.1 グリースの製造法	42
7.2 増ちょう剤の適合性	43
7.3 グリースの物理・化学特性	44
8 . 固体潤滑	45
8.1 固体潤滑剤の種類	46
8.2 固体潤滑剤の潤滑メカニズム	46
8.3 固体潤滑剤の用途	47
8.4 固体潤滑膜のPV特性	47
9 . 気体潤滑	48
9.1 気体潤滑の特徴	48
9.1.1 気体潤滑の特徴	48
9.1.2 気体潤滑の留意点	48
9.2 気体潤滑軸受	49
10 . 潤滑剤分類体系	50
10.1 潤滑剤の分類	50
10.2 ISO 粘度分類	51
10.3 ギヤ油の分類・規格	51
10.4 エンジン油の分類・規格	53
10.5 作動油の分類・規格	56
10.6 タービン油の分類・規格	57
10.7 その他の油剤の分類・規格	57
第2章練習問題	59

第2章引用・参考文献	60
------------	----

第3章 潤滑剤の選定

本章のKey WordとISO要求項目	61
1. 潤滑油選定の考え方	62
2. 粘度選定	62
3. 基油の種類と選定	63
3.1 基油の種類と特性	63
3.2 基油選定の考え方	63
4. 添加剤の選定	64
4.1 基油に対する添加剤の効果	64
4.2 主な添加剤の機能	64
4.3 添加剤の選定	64
5. グリースの選定	65
5.1 金属石けん系増ちょう剤	65
5.2 非石けん系増ちょう剤	65
5.3 その他の増ちょう剤	66
6. 固体潤滑剤の選定	66
7. 気体潤滑の選定	67
8. 機械に特有な潤滑剤の要求特性	67
8.1 油圧システムの潤滑要件	67
8.2 すべり軸受の潤滑要件	71
8.2.1 すべり軸受の定義	71
8.2.2 すべり軸受の基礎	71
(1)すべり軸受と転がり軸受の違い	71
(2)油膜圧力について	72
(3)すべり軸受における潤滑の区分	73
8.2.3 すべり軸受の分類	75
8.3 転がり軸受の潤滑要件	75
8.3.1 転がり軸受	75
(1)転がり軸受の種類	75
(2)転がり軸受の呼び番号	78
(3)転がり軸受の寿命	79

(4)dn 値と軸受寿命	81
8.3.2 転がり軸受の潤滑	82
8.3.3 油潤滑転がり軸受	83
8.3.4 グリース潤滑転がり軸受	83
8.3.5 転がり軸受用潤滑油に求められる要件	83
8.4 内燃機関の潤滑要件	84
8.4.1 レシプロエンジン	84
(1)レシプロエンジンの仕組	84
(2)レシプロエンジンの種類	85
(3)レシプロ蒸気機関の構造と原理	85
8.4.2 エンジン油に求められる要件	85
(1)2 サイクルガソリンエンジン油(陸上用)	86
(2)4 サイクルガソリンエンジン油(四輪自動車用)	86
(3)4 サイクルガソリンエンジン油(二輪自動車用)	87
(4)4 サイクルディーゼルエンジン油(自動車用エンジン)	87
(5)4 サイクルディーゼルエンジン油(高速ディーゼルエンジン 主に船用)	87
(6)4 サイクルディーゼルエンジン油(中速ディーゼルエンジン トランクピストンタイプ)	87
(7)2 サイクルディーゼルエンジン用シリンダ油(クロスヘッドタイプ)	88
(8)2 サイクルディーゼルシステム油	88
(9)ガスエンジン油	88
8.5 歯車の潤滑要件	88
8.5.1 歯車の種類	88
8.5.2 歯車の摩擦	90
8.5.3 ギヤ油に必要な性状	91
8.5.4 ギヤ油の規格	91
8.5.5 ギヤ油の選定	91
8.6 ロープの潤滑要件	92
8.6.1 ロープ用グリース	92
8.6.2 ギヤコンパウンド	92
8.7 チェーンの潤滑要件	92
8.8 蒸気タービンとガスタービンの潤滑要件	93
8.9 圧縮機の潤滑要件	93
9 適用と環境対応	95
9.1 生分解性作動油	96

9.2 エンジン油の省燃費・ロングライフ化	96
9.2.1 省燃費エンジン油	97
9.2.2 エンジン油のロングライフ化	97
9.3 省エネルギー型作動油	97
9.3.1 油圧機器の省エネルギーの考え方	97
9.3.2 省エネルギー型作動油の効果	98
第3章 練習問題	99
第3章 引用・参考文献	102

第4章 給油・給脂法

本章のKey Word とISO要求項目	103
1 最適潤滑設計	104
2 潤滑システムに必要な機能	104
3 潤滑の3要素	104
3.1 潤滑箇所	105
3.2 潤滑剤	105
3.3 潤滑法	105
3.4 給油頻度	106
3.5 メンテナンス	106
4 潤滑油給油装置	106
4.1 全損式給油法	106
4.1.1 手差し給油	106
4.1.2 滴下給油	107
4.1.3 機力給油	107
4.1.4 集中給油	107
4.1.5 噴霧給油	107
4.1.6 オイルエア給油	108
4.2 反復式給油法	109
4.2.1 油浴給油	109
4.2.2 パッド給油	109
4.2.3 循環給油装置	110
4.2.4 ジェット給油	110
4.3 噴霧潤滑法(オイルミスト給油法),オイルエア,間欠噴霧潤滑	114

4.3.1	噴霧潤滑法（オイルミスト給油法）	114
	(1)噴霧潤滑法の歴史および特徴	114
	(2)噴霧潤滑装置の原理	115
	(3)噴霧給油装置の分類	117
	(4)使用上の注意点	117
	(5)油量の計算	118
4.3.2	間欠噴霧給油法	119
	(1)原理および特長	119
	(2)使用上の注意点	120
4.3.3	オイルエア給油法	120
	(1)原理	120
	(2)使用上の注意点	121
4.4	油タンク	121
4.5	給油法の選定	122
5	グリース給脂装置	123
5.1	グリース給脂法の種類	123
	5.1.1 非補給式	124
	5.1.2 補給式(全損式)	124
5.2	グリースポンプの種類と使用上のポイント	125
	5.2.1 グリースの取扱い作業	125
	5.2.2 ポンプの種類	126
5.3	手動によるグリースの給脂	128
	5.3.1 手動によるグリースの給脂のメリットとデメリット	128
	5.3.2 手動による電動モータへのグリースの給脂手順	128
	5.3.3 その他留意点	129
5.4	集中潤滑(給脂)装置	130
	5.4.1 集中給油・給脂装置導入の利点	130
	5.4.2 集中潤滑装置導入時の注意点	130
	5.4.3 手動式による集中給脂	131
5.5	自動給脂装置	132
	5.5.1 手差し給脂と自動給脂の違い	132
	5.5.2 自動給脂装置の分類	132
	(1)並列作動方式	133
	(2)直列作動方式	133

(3)並列作動方式および直列作動方式の選定	134
5.5.3 主な給脂装置の配管構成例と分配弁の作動原理	136
(1)並列作動複管式の配管構成事例	136
(2)並列作動複管式の分配弁の構造と作動原理	136
(3)グリ - スポンブ	137
(4)配管の圧力損失	138
(5)ポンプの運転時間	138
(6)電気制御装置	138
(7)並列作動単管方式エンド形の配管構成事例	139
(8)直列作動単管方式エンド形の配管構成事例	140
5.5.4 自動給脂装置の種類と原理	141
(1)自動給脂装置の種類	141
(2)「直列作動方式」の原理	141
(3)「並列作動方式」の原理	144
5.6 集中給脂装置用グリ - ス	147
5.7 保守点検	148
5.7.1 グリースカートリッジの交換	148
5.7.2 グリ - スの補給(充填タイプ)	148
5.7.3 エア - 抜き作業	148
5.7.4 トラブルシューティング	149
6 . 必要給油量計算方法	149
6.1 オイルの必要給油量について	149
6.2 グリースの充填量	150
6.3 グリ - スの補給間隔	151
6.4 転がり軸受の再給脂間隔	151
6.5 dN 値による再給脂間隔の判定	152
第4章練習問題	154
第4章参考・引用文献	157

第5章 潤滑剤の保管と管理

本章の Key Word とISO要求事項	158
1 . 潤滑剤の受入れ手順(手続き)	158

1.1	受入れ方式	159
1.1.1	定期受入れ	159
1.1.2	不定期受入れ	159
1.1.3	補給計画による受入れ	159
1.2	タンクの上限・下限・危険油面	159
1.2.1	タンク上限	159
1.2.2	タンク下限	159
1.2.3	危険油面	159
1.3	受入れ連絡ルート	160
1.4	受入れ時の検査	160
1.4.1	油種,数量検査	160
1.4.2	品質検査	160
1.4.3	異常時の処置	160
2	適切な保管と在庫管理	161
2.1	適切な保管	161
2.1.1	保管場所と保管方法	162
2.1.2	配置	163
2.1.3	保管容器について	163
2.2	適正な在庫と払い出し	164
2.2.1	在庫	164
2.2.2	払い出し	164
3	グリースガンやその他の給油脂器具の適切な保管	164
4	自動給脂装置の保守	165
5	健全性と安全性の確保	166
5.1	PRTR法(Pollutant Release and Transfer Register)	166
5.1.1	目的	166
5.1.2	管理対象	166
5.1.3	指定有害物質	166
5.1.4	有害性情報	167
5.2	化学物質審査規制法(化審法)	167
5.2.1	目的	167
5.2.2	対象化学物質	167
5.2.3	届出項目	168

5.3	MSDS(MSDS : Material Safety Data Sheet).....	169
5.3.1	目的.....	169
5.3.2	MSDS記載事項.....	169
5.3.3	有害性情報の開示.....	169
5.3.4	事業者の責任.....	170
5.4	RoHS指令 (ROHS : Restriction of the use of Certain Hazardous Substances in Electronic Equipment).....	170
5.4.1	目的.....	170
5.4.2	規制対象物質.....	170
5.5	GHS対応 (GHS : Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals).....	170
5.6	労働安全衛生法.....	171
5.6.1	主な実施項目.....	171
5.6.2	管理者の設置.....	171
5.7	その他の規制.....	171
5.7.1	水質汚濁防止法(排水への油類混入: BOD , COD).....	171
5.7.2	循環型社会形成推進基本法.....	173
第5章	練習問題.....	173
第5章	引用・参考文献.....	174

第6章 コンタミネーションコントロール

本章の	Key Word とISO要求事項.....	175
1 .	コンタミナントとは.....	176
2 .	設備機械のトラブルとコンタミナント.....	176
2.1	油中の固形異物と油圧装置のトラブル.....	176
2.2	油中の固形異物と工作機械のトラブル.....	176
2.3	油中の水分とトラブル.....	177
2.4	油中の空気とトラブル.....	177
3 .	コンタミナントの発生源とコンタミナントの種類.....	178
4 .	固体コンタミナントによる異常な摩耗.....	178
4.1	コンタミナントの油中濃度と摩耗.....	179
4.2	コンタミナントの粒子径と摩耗.....	179

4.3	固体コンタミネントの硬さおよび形状と摩耗	181
5	潤滑油の清浄度の等級表示	182
5.1	コードの基準	182
5.2	スケール番号	183
5.3	コードの決定	184
6	浄油と分離の技術	185
6.1	浄油機の種類	185
6.2	フィルタ	185
6.3	遠心分離機	187
6.3.1	遠心分離機の構造	187
6.3.2	遠心分離機の性能	188
6.4	アモルファスマグネット・フィルタ	190
6.5	静電浄油機	191
6.5.1	静電浄油の原理	191
6.5.2	静電浄油機の性能	192
6.6	浄油の効果	194
6.6.1	高性能フィルタによる製紙機械の寿命延長と稼働率向上	195
6.6.2	アモルファス浄油機による製鉄所油圧作動油の浄化	196
6.6.3	静電浄油機による自動車アッセンブリ工場におけるプレス金型設備の油圧作動油の浄化	197
6.7	各種浄油法の選定指針と浄油基準値の設定法	198
6.7.1	各種浄油管理法の選定指針	198
6.7.2	浄油管理目標値の設定法	198
7	フィルタの級別	200
7.1	ろ過精度	200
7.1.1	メッシュ	200
7.1.2	公称ろ過精度	201
7.1.3	絶対ろ過精度	203
7.1.4	値	204
7.2	流量特性	205
8	浄油装置の設計とフィルタの選択	206
8.1	フィルタのろ材と構造	206
8.1.1	ろ過タイプ	206
8.1.2	フィルタ形状	207

8.2 フィルタ設置位置	208
(1)圧力ラインフィルタ	208
(2)戻りラインフィルタ	209
(3)ラストチャンスフィルタ (LCF)	209
(4)オフラインフィルタ	209
(5)ブリードオフフィルタ	209
(6)エアブリーザーフィルタ	209
(7)作動油充填用フィルタ	210
(8)サクシヨンストレナー	210
(9)浄油機	210
8.3 セパレータ	210
第6章練習問題	211
第6章引用・参考文献	215

第7章 オイルサンプリング

本章の Key Word と I S O 要求事項	216
1 . オイルサンプリングの目的・重要性	216
2 . 設備の特性に合わせたサンプリング	217
2.1 循環給油式の装置(減速機など)	217
2.2 油浴(オイルバス)給油式の装置	218
2.3 グリースのサンプリング	219
3 . 実際のサンプリング方法	219
3.1 非加圧系(オイルバス・戻り管)からのサンプリング	220
3.2 加圧系からのサンプリング	221
3.3 複数のサンプリング口を活用して潤滑管理する場合	222
4 . サンプリング時における外乱の防止	223
4.1 サンプリング容器の清浄度	223
4.1.1 固体粒子の油中濃度と ISO 粒子汚染コードの関係	223
4.1.2 容器の清浄度	224
4.1.3 実際のサンプリング作業での留意点	226
(1)サンプリング容器の取り扱い	226
(2)サンプリング口トサンプリング時のフラッシングについて	226

4.2	サンプリング容器の材質と特徴	227
4.3	サンプリング容器への油充填と攪拌効果	227
4.4	サンプリングに適した機械の状態	228
5	オイルマネジメントとサンプリングプロセスの管理	228
5.1	オイルサンプリングの頻度	229
5.2	オイルサンプリングの手順と管理	231
5.2.1	設備の登録	231
5.2.2	分析・診断項目・サンプリング頻度の指定	231
5.2.3	サンプリングの実行	231
5.2.4	分析の実施と報告	235
5.3	オイルサンプルの処理	235
	第7章練習問題	236
	第7章引用・参考文献	238

第8章 潤滑剤の健全性（性状）監視

潤滑剤損耗のメカニズムと対策 -

	本章の Key Word と I S O 要求項目	239
1	潤滑油の劣化メカニズム	239
2	潤滑油の酸化劣化	241
2.1	潤滑油の酸化劣化反応	241
2.2	酸化の条件	241
2.2.1	酸素または空気	241
2.2.2	温度	242
2.2.3	時間	242
2.2.4	金属触媒	242
2.3	潤滑油の酸化に基づく弊害	243
2.3.1	粘度増加	243
2.3.2	不溶性スラッジ, ワニス, ラッカーの生成	243
2.3.3	金属を腐食する酸性物質の生成	244
3	潤滑剤の熱劣化	244
4	添加剤の消耗 / 劣化	245
4.1	酸化劣化	246

4.1.1	酸化防止剤	246
(1)	フェノール系, アミン系酸化防止剤	246
(2)	ジアルキルジチオリン酸亜鉛(ZDTP)	246
4.1.2	その他の添加剤	246
4.2	せん断	246
4.3	加水分解	247
4.3.1	リン酸エステル	247
4.3.2	ジアルキルジチオリン酸亜鉛(ZDTP)	247
4.3.3	その他の添加剤	248
4.4	吸着	248
4.5	沈降	248
4.6	蒸発	248
5	潤滑油の性状監視と診断	249
5.1	潤滑油の代表的な性状と監視診断技術としての試験法	249
5.2	絶対粘度, 動粘度, 見かけ粘度, 粘度指数	250
5.2.1	絶対粘度 [試験法なし 単位:Pa・s]	250
5.2.2	動粘度 [JIS K 2283 単位:mm ² /s]	251
5.2.3	見かけ粘度	252
5.2.4	粘度指数 VI [JIS K 2283 単位:無し]	252
5.3	密度	253
5.4	中和価: 酸価・塩基価	254
5.5	色: ASTM色	255
5.6	白濁	256
5.7	におい	257
5.8	金属系元素の分析	257
5.8.1	ICP 発光分光分析 [JPI-5S-38, JPI-5S-44 単位: 質量%, 質量 ppm]	257
5.8.2	蛍光X線分析	259
第8章	練習問題	262
第8章	引用・参考文献	264

第9章 摩耗粉分析と状態監視

本章の Key Word と I S O 要求項目	265
1. 各種機械に共通する摩耗メカニズム	265
1.1 摩耗の形態	265
1.2 摩耗の要因	266
2. 摩耗の事例	267
3. 摩耗粒子の種類, 発生源, 推定原因	268
3.1 摩耗粒子分析の重要性	268
3.2 摩耗形態と摩耗粒子	268
4. 摩耗粒子分析の技術	269
4.1 潤滑油中摩耗粉分析技術	269
4.2 フェログラフィー	270
4.2.1 分析フェログラフィー	270
4.2.2 定量フェログラフィー(DR フェログラフィー)	271
4.2.3. フェログラフィー分析事例	272
4.3 SOAP 法(SOAP : Spectrometric Oil Analysis Program)	273
4.4 摩耗粉分析法の適用範囲と限界	274
第9章練習問題	275
第9章引用・参考文献	276
索引	277