JPCERT CC®

Japan Computer Emergency Response Team Coordination Center

インシデント調査のための攻撃ツール等の実行痕跡調査に関する報告書 （第 2 版）

一般社団法人 JPCERT コーディネーションセンター

2017 年 11 月 9 日

目次

1. はじめに

近年のサイバー攻撃では、マルウエアに感染したマシンを侵入の起点として、他のマシンへの感染拡大や、内部サーバへの侵入など、組織内の至るところを侵害する事例が多く確認されている。こうした事案においては調査対象ポイントが多数になるので、それらを重大な事象を見落とすことなく迅速に調査して、できる限り正確に被害の全体像を掌握し、善後策の立案に必要な事実を収集するための手立てが求められている。

一方、攻撃対象であるネットワークの構成は組織によって様々だが、攻撃の手口にはよく見られる共通したパターンが存在する。ネットワーク内部に侵入した攻撃者は、まず侵入した端末の情報を、ipconfig や systeminfo などの Windows で標準的に準備されているツールを使用して収集し、次に、net 等のツールを利用してネットワークに接続されている他の端末の情報や、ドメイン情報、アカウント情報などを調査する。調査した情報を基に次に侵入する端末を選んだら、ユーザーのパスワード情報を盗み出すためにパスワードダンプツール mimikatz や PwDump 等のツールを使用し、パスワード情報を入手する。そして、net や at 等のツールを駆使して他の端末に侵入し、機密情報を収集するのである。

このような常套的な攻撃手口の中で使用されるツールも同じものが使用されることが多い。このような攻撃者によって使われることが多い代表的なツールがどのようなものか、さらに、それらが使用されると、どこにどのような痕跡が残るのかを把握していれば、多数の調査対象ポイントを体系的かつ迅速に調査できるようになると考えられる。

このような利用を想定した上で、JPCERT コーディネーションセンター (以下「JPCERT/CC」という。) では、近年確認されている組織内ネットワークでのインシデント調査を通じて、多くの攻撃者が使用するツールを抽出し、それらツールの実行でサーバやクライアントにどのようなログが残るのか、またどのような設定をすれば十分な情報を含むログを取得できるようになるのかを調査した。本報告書は、その調査結果をまとめたものである。

本書の構成は次のとおりである。まず、第 2 章では、本調査を行った環境や実際に調査したツールについて説明する。続いて第 3 章では、本調査の結果をもとに作成した「ツール分析結果シート」について説明する。第 4 章では、第 3 章で記載した調査結果を基にインシデント調査をする方法について説明する。

2. 調査方法

本章では、本調査の方法について記載する。

2.1. 調査実施内容

本調査の目的は、インシデント調査のためのログ分析において、多くの攻撃者が使用するツールの実行痕跡を読み解くことによって、攻撃の実像に迫ろうとする分析者のために参考となる、基礎的な情報を整理して提供することにある。すなわち、ログに記録された情報から、どのツールが実行されたのかを割り出し、また逆に、あるツールが実行された場合に、どのような情報がどのログに記録されるのかを提示することにより、効果的なログ調査をガイドできるような辞書づくりを目指した。

本調査では、多くの攻撃者によって使用されていると我々が考えたツールについて調査している。どのようなツールを多くの攻撃者が使用していると我々が考えたかに関しては次節で述べる。調査するログなどの対象は、インシデント調査の専門家ではない人でも比較的容易に調べることができるイベントログや実行履歴を含め、以下を対象とした。なお、下記項目の中で最もツールの実行痕跡が残るのはイベントログであることを確認している。そのため、本報告書ではイベントログの調査手法を中心に記載している。

- イベントログ
- 実行履歴
- Prefetch
- USN ジャーナル
- MFT
- UserAssist
- パケットキャプチャ

なお、Windows の標準設定では調査のために十分なイベントログを取得できない。本調査では、次の設定をした場合に記録されるログを調査した。

- 監査ポリシーの有効化
- Sysmon のインストール

監査ポリシーとは、Windows に標準で搭載されているログオン・ログオフやファイルアクセスなどの詳細なログを取得するための設定である。監査ポリシーは、ローカル グループ ポリシーから確認、設定変更することができる。

また、Sysmon はマイクロソフトが提供するツールで、プロセスの起動、ネットワーク通信、ファイルの変更などをイベントログに記録することができる。Sysmon をインストールすると以下のようにイベントビューアーから記録されたログを確認することができるようになる。

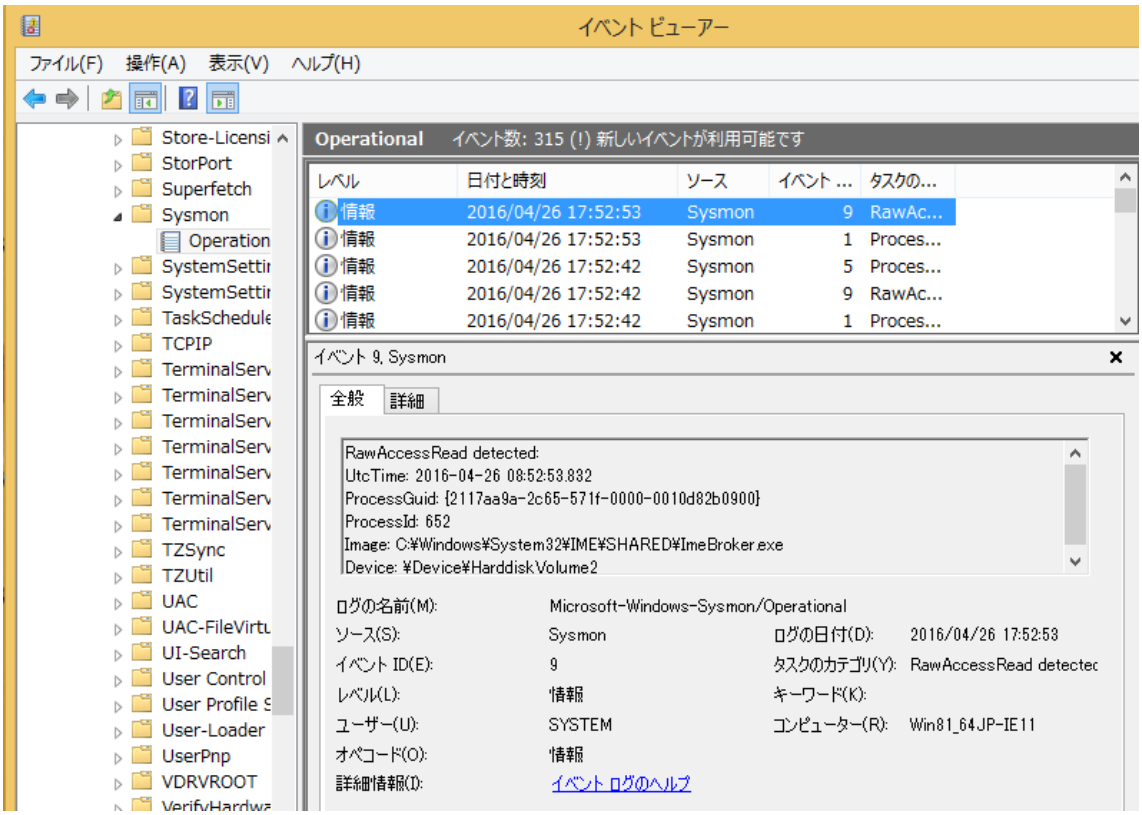


図 2-1: イベント ビューアーから Sysmon のログを確認

本調査では、2.2 節で記載したツールを Windows のドメインコントローラおよびクライアントからなる仮想環境ネットワーク上で実際に実行し、実行の前後でのシステムの変化を調べることで、OS 上に記録されているログを調査した。調査に利用したネットワーク環境の詳細は 2.3 節で述べる。

2.2. 調査したツール

JPCERT/CC が対応したインシデント調査で、複数の事案で攻撃者による使用が確認されたものの中から、コマンド実行やパスワードハッシュの入手、リモートログインなどの攻撃動作に直接つながるものを中心に 49 種類を、インシデント調査において鍵となる、多くの攻撃者が使用するツールとして選定した。それらをツールの攻撃者による使用目的ごとに分類して表 2-1 に示す。

表 2-1: 調査したツール一覧

攻撃者がツールを使用する目的	ツール
コマンド実行	PsExec
	wmic
	schtasks

	wmiexec.vbs
	BeginX
	WinRM
	WinRS
	BITS
パスワード、ハッシュの入手	PWDump7
	PWDumpX
	Quarks PwDump
	Mimikatz (パスワードハッシュ入手 lsadump::sam)
	Mimikatz (パスワードハッシュ入手 sekurlsa::logonpasswords)
	Mimikatz (チケット入手 sekurlsa::tickets)
	WCE
	gsecdump
	lslsass
	AceHash
	Find-GPOPasswords.ps1
	Get-GPPPassword (PowerSploit)
	Invoke-Mimikatz (PowerSploit)
	Out-Minidump (PowerSploit)
	PowerMemory (RWMC Tool)
	WebBrowserPassView
通信の不正中継 （パケットトンネリング）	Htran
	Fake wpad
リモートログイン	RDP
Pass-the-hash Pass-the-ticket	WCE (リモートログイン)
	Mimikatz (リモートログイン)
権限昇格	MS14-058 Exploit
	MS15-078 Exploit
	SDB UAC Bypass
ドメイン管理者権限 アカウントの奪取	MS14-068 Exploit
	Golden Ticket (Mimikatz)
	Silver Ticket (Mimikatz)
ローカルユーザー・グループの 追加・削除	net user

ファイル共有	net use
痕跡の削除	sdelete
	timestomp
	klist purge
	wevtutil
情報収集	ntdsutil
	vssadmin
	csvde
	ldifde
	dsquery
	dcdiag
	nltest
	nmap

2.3. 調査の実施環境

本調査では、攻撃の対象となるシステムを単純化したクライアントとサーバからなるシステムを仮想環境ネットワーク上に構築し、この上でツールを実行して、実行に伴うファイルやレジストリ等の変化を観測した。クライアントとサーバには、それぞれの次のバージョンの Windows OS を搭載したシステムについて調査した。また、サーバ上には Active Directory を稼働させてクライアントを管理する構成をとった。

- クライアントの搭載 OS
  - Windows 7 Professional Service Pack 1
  - Windows 10
- サーバの搭載 OS
  - Windows Server 2012 R2

3. 調査結果

本調査では、2.2 節で記載したツールを仮想環境ネットワーク上で実際に実行し、実行の前後でのシステムの変化を調べる方法により、実行履歴とイベントログ、レジストリエントリ、ファイルシステムの記録を調査した。また、特徴的な通信を行うツールに関してはパケットキャプチャも調査した。調査結果は「ツール分析結果シート」として以下で公開している。

ツール分析結果シート: https://jpcertcc.github.io/ToolAnalysisResultSheet_jp/

上記サイトでは、本調査で検証したツールの機能等の基本情報と、当該ツールを実行した時に記録されるログ情報をまとめている。また、調査結果では、2.1 節で記載した設定を行った上で取得可能なログの詳細について記載している。（なお、監査ポリシーの設定および Sysmon のインストール方法については、7 章に記載している。）

3.1. ツール分析結果シートの構成

「ツール分析結果シート」では、49 種類のツールについて分析した結果を掲載している。各ツールの分析結果は表形式で解説しており、各項目で記載している内容について以下の通りである。

① ツール概要

- Ø ツールについての説明およびツールの攻撃時における想定利用例について記載

② ツール動作概要

- Ø ツールを使用する際の権限、通信方式、関連するサービスについて記載

③ ログから得られる情報

- Ø デフォルト設定（標準設定）および監査ポリシーの設定および Sysmon がインストールされた状態（追加設定）でツール実行時に得られるログの概要を記載

④ 実行成功時に確認できる痕跡

- Ø ツールの実行が、成功したことを確認する方法を記載

⑤ 実行時に記録される主要な情報

- Ø 対象のイベントログやレジストリ、USN ジャーナル、MFT などで記録される調査に活用できる重要な情報を記載（すべての記録される情報を記載しているわけではない）

⑥ 詳細

- Ø ⑤には含まれていない記録されるすべてのログについて記載

⑦　備考

Ø　その他に記録される可能性があるログや検証時に確認した事項について記載

4. 追加ログ取得について

本章では、調査結果から分かったデフォルト設定では取得できない詳細ログ取得の重要性および、追加ログ取得を行うことで考慮すべき事項について説明する。

4.1. 追加ログ取得の重要性

今回の調査で、Windows で標準的に搭載されているツールについては、実行された痕跡がイベントログに残るが、Windows に搭載されていないツールのほとんどについては、実行された痕跡がどこにも残らないことが今回の調査で分かった。例えば、リモートログインのためのツール RDP（Remote Desktop Protocol）の場合にはイベントログ「Microsoft¥Windows¥TerminalServices-LocalSessionManager¥Operational」に、タスク登録用のツール at の場合にはイベントログ「Microsoft¥Windows¥TaskScheduler¥Operational」に、それぞれ実行されたことを示す痕跡が残る。

それに対して、追加ログ取得のために監査ポリシーの有効化および Sysmon のインストールをした環境では、大多数のツールの実行痕跡を取得することが可能であった。例えば、監査ポリシーの設定をすることによって、一時的なファイルが作成されたことをイベントログに記録することができる。そうすると、csvde を利用して、アカウント情報を収集しようとした際に作成された一時ファイル「C:¥Users¥[ユーザー名]¥AppData¥Local¥Temp¥csv[ランダム数字].tmp」がイベントログに記録される。ツールが実行されたことを調査する場合は、詳細なログを取得するために、こうした設定を事前に行っておく必要がある。

なお、詳細なログの取得は、監査ポリシーの有効化および Sysmon のインストールによらずとも、監査ソフトウエア（資産管理ソフトなど）でも可能な場合がある。それらのソフトウエアで、次の Windows OS の動作を監視している場合は、監査ポリシーの有効化や Sysmon のインストールをした環境と同様の記録が残る可能性がある。

- プロセスの実行
- ファイルの書込み

4.2. 追加ログ取得設定の影響

追加ログ取得を行う際に事前に考慮しておく必要がある項目として、ログ量の増加が挙げられる。監査ポリシーを有効化するとログの量が増加するため、ログのローテーションが早くなり古いログが残りにくくなる。そのため、監査ポリシーを有効化する場合は、イベントログの最大サイズの変更もあわせて検討していただきたい。イベントログの最大サイズの変更は、イベントビューアーまたは wevtutil コマンドで変更可能である。

なお、イベントログの最大サイズを変更することで、記憶領域を圧迫する恐れがある。イベントログの最大サイズを変更する場合は、検証した上で実施することを推奨する。

5. インシデント調査におけるツール分析結果シートの活用方法

本章では、インシデント調査の事例をもとにツール分析結果シートの利用イメージについて述べる。

5.1. 本報告書を使用したインシデント調査

ツール分析結果シートは、インシデント調査時にどのようなツールが実行された可能性があるのかを調査する際に活用されることを想定して作成した。インシデント調査時に確認された特徴的なイベントログのイベント ID やファイル名、レジストリエントリなどをキーに検索することで、実行された可能性があるツールを探し出すことができる。

インシデント調査時にはイベントログ「セキュリティ」に何か不審なログがないか確認することが多い。その確認で、例えば「イベント ID: 4663（オブジェクトへのアクセスが試行されました）」が見つかり、「192.168.100.100-PWHashes.txt」というファイルが一時的に作成された痕跡があったとする（監査ポリシーを有効化している場合、記録される）。この特徴的な「PWHashes.txt」という文字列で「ツール分析結果シート」を検索すると、PWDumpX を実行した際に作成されるファイルであることが分かる。

さらに、「ツール分析結果シート」を参照しつつ調査を進めることにより、PWDumpX は攻撃者がパスワードハッシュを入手するために実行するコマンドであり、また、「[宛先アドレス]-PWHashes.txt」という名前の一時ファイルが作成されていたことから、IP アドレス 192.168.100.100 のサーバ上のパスワードハッシュを入手すると言う目的を攻撃者が完遂したと推測されることが分かる。

IP アドレス 192.168.100.100 のサーバを、調査すると「C:¥Windows¥System32¥DumpSvc.exe」というファイルが作成および実行されており、さらにサービス「PWDumpX Service」がインストールされていることが「イベント ID: 7045（サービスがシステムにインストールされました）」として記録されていることを確認することができる。このことから、IP アドレス 192.168.100.100 のパスワードハッシュが攻撃者に入手されていると断定することができる。

6. おわりに

近年、標的型攻撃によって多くの組織が被害にあっていたことが明るみになる中、その被害の詳細を調べるインシデント調査は重要度を増しつつある。本報告書およびツール分析結果シートでは、そのようなインシデント調査において鍵となる、ツールが実行されたことを示す痕跡情報とツールとの対応関係を整理して示した。

Windows のデフォルト設定のままでは、多くのツールについて実行の痕跡が残らず、インシデント調査も迷宮入りしかねない。攻撃者が何をしたのかをより詳細に分析するためには、デフォルト設定で取得できる以上のログを収集できる環境を事前に整備しておくことが必要である。

ネットワーク内部への侵入を阻止するのが難しい現状においては、インシデント発生後の被害状況調査のためにログの取得方法について日頃から検討し、改善しておくことは、被害拡散防止や事後のセキュリティ対策を検討する上でも重要である。本書で示した Windows の標準機能を利用した追加ログ取得方法に限らず、監査アプリケーションを使用する方法など組織に合わせた対応を検討して備えを固めるとともに、インシデントの発生が疑われる場合には、攻撃者によるツール等の実行痕跡を洗い出すために本報告書を活用していただきたい。深刻化する標的型攻撃を早期に発見し的確に対処するために本報告書が一助となれば幸いである。

7. 付録 A

本章では、Sysmon のインストール方法および監査ポリシーの有効化方法について記載する。なお、監査ポリシーの設定および Sysmon のインストールを行うことで、イベントログの量が増大することを確認している。実際に行う場合は、事前に検証することを推奨する。

7.1. Sysmon のインストール方法

1. 以下のサイトから Sysmon をダウンロードする。

   https://technet.microsoft.com/ja-jp/sysinternals/dn798348

2. 管理者権限でコマンド プロンプトを実行し、以下のコマンドを実行する。

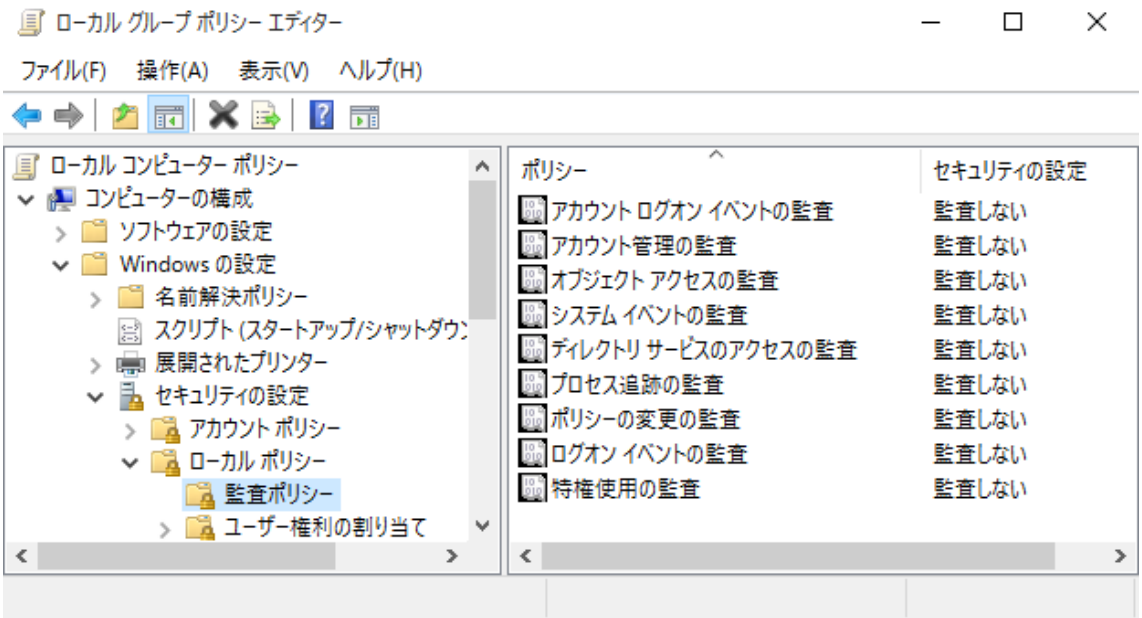
```
> Sysmon.exe -i
```

※ オプション「-n」を追加することで、通信のログを取得できるようになるが、通信に関しては監査ポリシーで対応する。

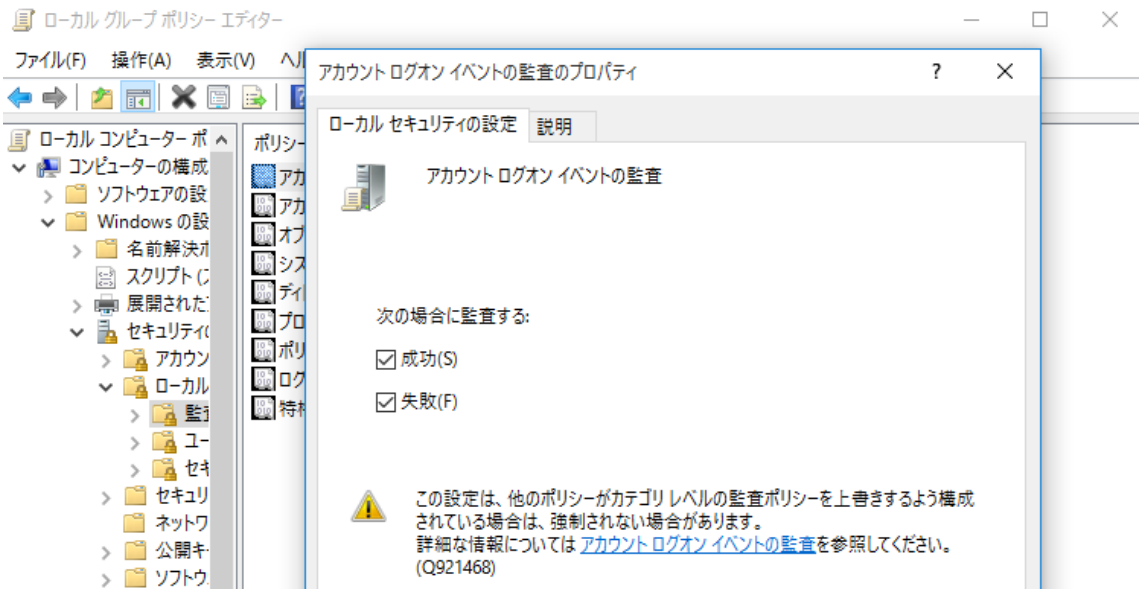
7.2. 監査ポリシーの有効化方法

以下では、ローカル コンピュータに対して監査ポリシーを有効にする方法を説明する。なお、以降の設定方法は Windows 10 で設定を行った場合を示す。

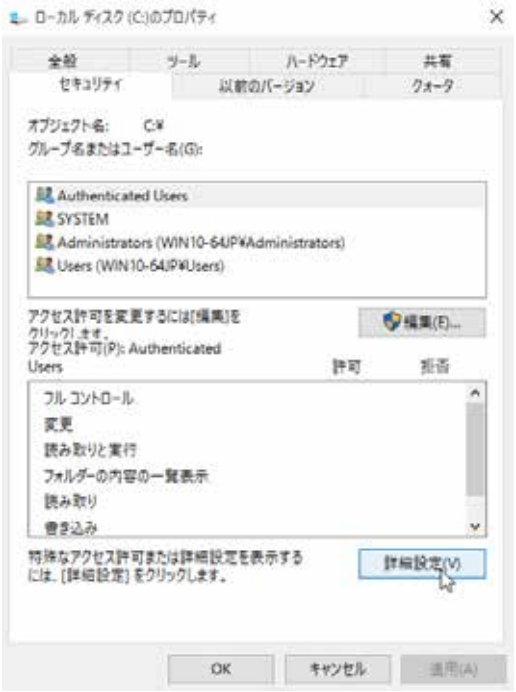
1. ローカル グループ ポリシー エディター を開く。([検索] ボックスに「gpedit.msc」と入力し、実行する。)



2. [コンピューターの構成]→[Windows の設定]→[セキュリティの設定] →[ローカル ポリシー]→[監査ポリシー]を選択し、各ポリシーの「成功」「失敗」を有効にする。



3. [ローカル ディスク(C:)]→[プロパティ]→[セキュリティ]タブ→[詳細設定]を選択する。



4. [監査]タブから監査対象のオブジェクトを追加する。

5. 以下のように監査対象のユーザーおよび、監査するアクセス方法を選択する。

今回設定した「アクセス許可」は以下の通り。（ファイルの読み取りも記録することで、より詳細な調査が可能になるが、ログの量が増大するため、対象外にしている。）

- ファイルの作成/データ書き込み
- フォルダーの作成/データの追加
- 属性の書き込み
- 拡張属性の書き込み
- サブフォルダーとファイルの削除
- 削除
- アクセス許可の変更
- 所有権の取得

上記設定を行うことで、以下のエラーが多数表示されるが、「続行」する。