



THE INTERNATIONAL ENERGY AGENCY TECHNOLOGY
COLLABORATION PROGRAMME ON HYDROPOWER

IEA Hydropower

Annex-15

「水力発電設備の保守業務と増強に関する意思決定」

～Annex-15の概要及び、アメリカ、カナダ、
ニュージーランドのアセットマネジメント実施状況～

2020年1月23日

電源開発(株) 土木建築部 水力開発室 室長補佐
岡本 二郎



目次

1. Annex-15の概要
2. 調査内容(アセットマネジメントの取組み事例)
3. アメリカのアセットマネジメント実施状況例
4. カナダのアセットマネジメント実施状況例
5. ニュージーランドのアセットマネジメント実施状況例
6. 調査結果と今後に向けて



1. Annex-15の概要

(1) 背景

➤ Annex11の活動

- 議題は、水力発電設備の更新と増強
- 期間は、2010.9～2016.3
- 経済価値や安全性を改善するための更新・増強に関する70の好事例を収集（10ヶ国）
- その中で、戦略的アセットマネジメントの重要性が認識
- 詳細に調査することが必要であると判断



➤ Annex15の活動

- 議題は、水力発電設備の保守と増強に関する意思決定

(Operating Agent :OA 執行責任者 日本)

- 2016年より活動開始
- 水力設備のアセットマネジメントの手法や技術、更新・増強の意思決定過程、資産価値向上の目標等に関する調査
- 2020年3月までに報告書を作成し終了する予定



(2) 作業工程

Items / Year	2016		2017		2018		2019		2020		2021	
Annex XV Expert Meeting	● Jul. US	● Oct. CH	● Mar. NO		● Jul. US	● Oct. POL	● Feb. JP		● Oct. POR	● Mar. US		
Workshop/ Seminar	● US	● CH		● ES	● US	● POL	● JP					
IEA Exco	● AU		● NO		● IS		● JP					
1 活動目標の提案	■											
2 活動内容の具体化	■											
事例収集 ・日本 3 ・アメリカ、カナダ、ニュージーランド他					■							
						■						
						■						
						● Aug. US, CA		● Oct. NZ				
4 資料分析							■					
5 最終報告と広報普及									■		■	

文献調査・アンケート調査
現地調査・文献調査

現在の状況

調査内容



(3) 活動目標と活動内容の具体化

➤ 活動目標

- 日本の電気事業者で実施されている保守の方法について、整理し紹介
- 参加国の電気事業者から設備の保守やアセットマネジメントに関する情報収集
- 先進的な取り組みをしていると思われる事例について、聞き取り調査により情報を入手

➤ 活動内容の具体化

■ 段階1- 資産管理や意思決定の手法と技術

各電気事業者が実施しているアセットマネジメントの事例を収集して、下記に示すような手法や技術を分類抽出

① 設備の性能、機能の向上に関する手法・技術

- ・ 設備保全方法、
- ・ 設備の点検、診断、寿命予測、補修、更新等に関する新技術
- ・ 出力や効率の向上のための技術、
- ・ 電力市場の変化に対応するための設備改善策

② 設備の価値の向上に関する手法・技術

リスクマネジメント、 補修、更新と比較の対象になった代替案

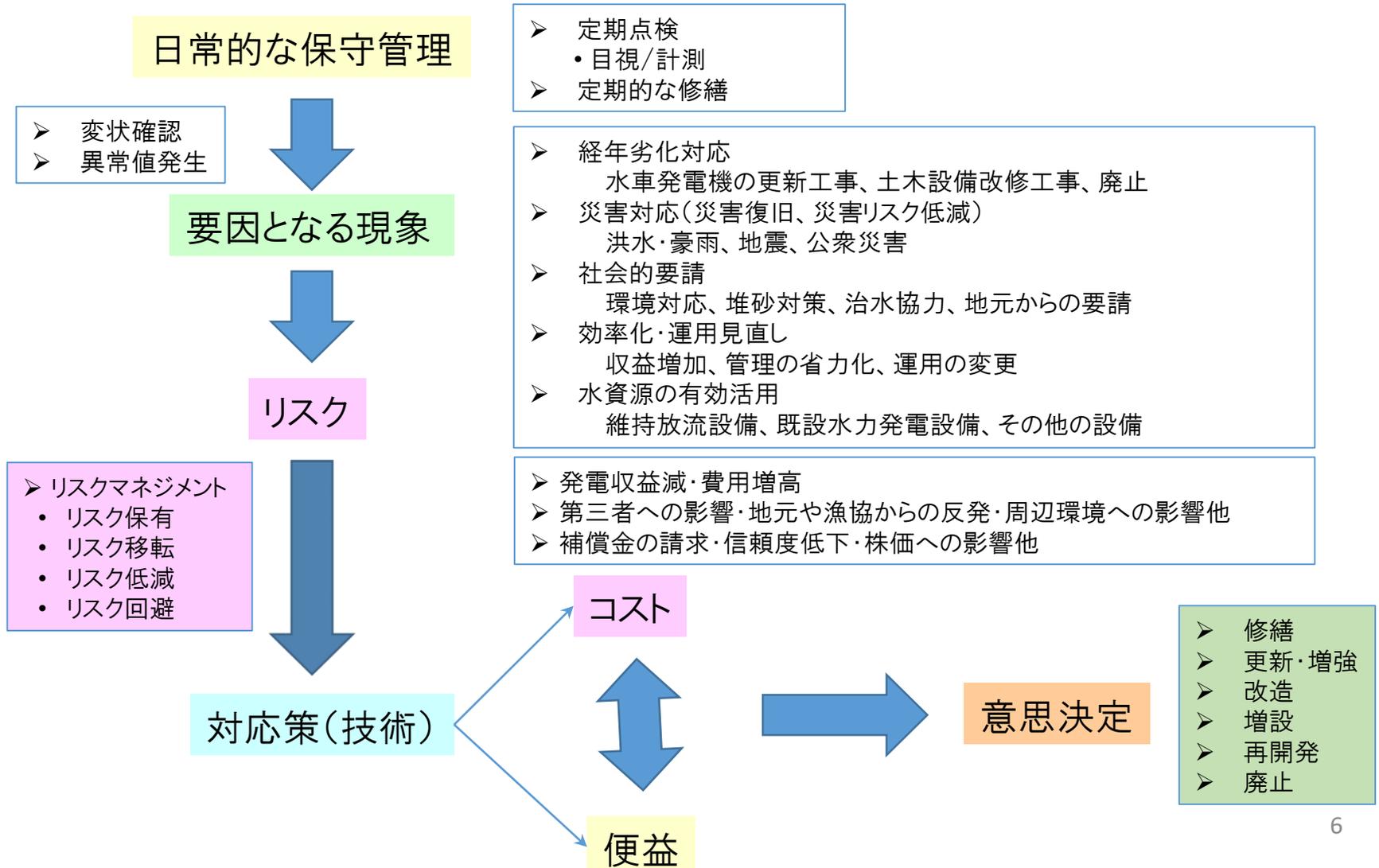
アセットマネジメントの計算ソフトウェア、 電力市場の変化に対応する運用方法改善策

■ 段階2 – 資産価値向上の目標

前段階で収集した事例を整理して、意思決定の特徴を分類すると共に、アセットマネジメントで資産価値を向上させるために重要な役割を果たしている目標を抽出。



(4) 日本におけるアセットマネジメントの考え方





2. 調査内容(アセットマネジメントの取組み事例)

➤ 訪問先

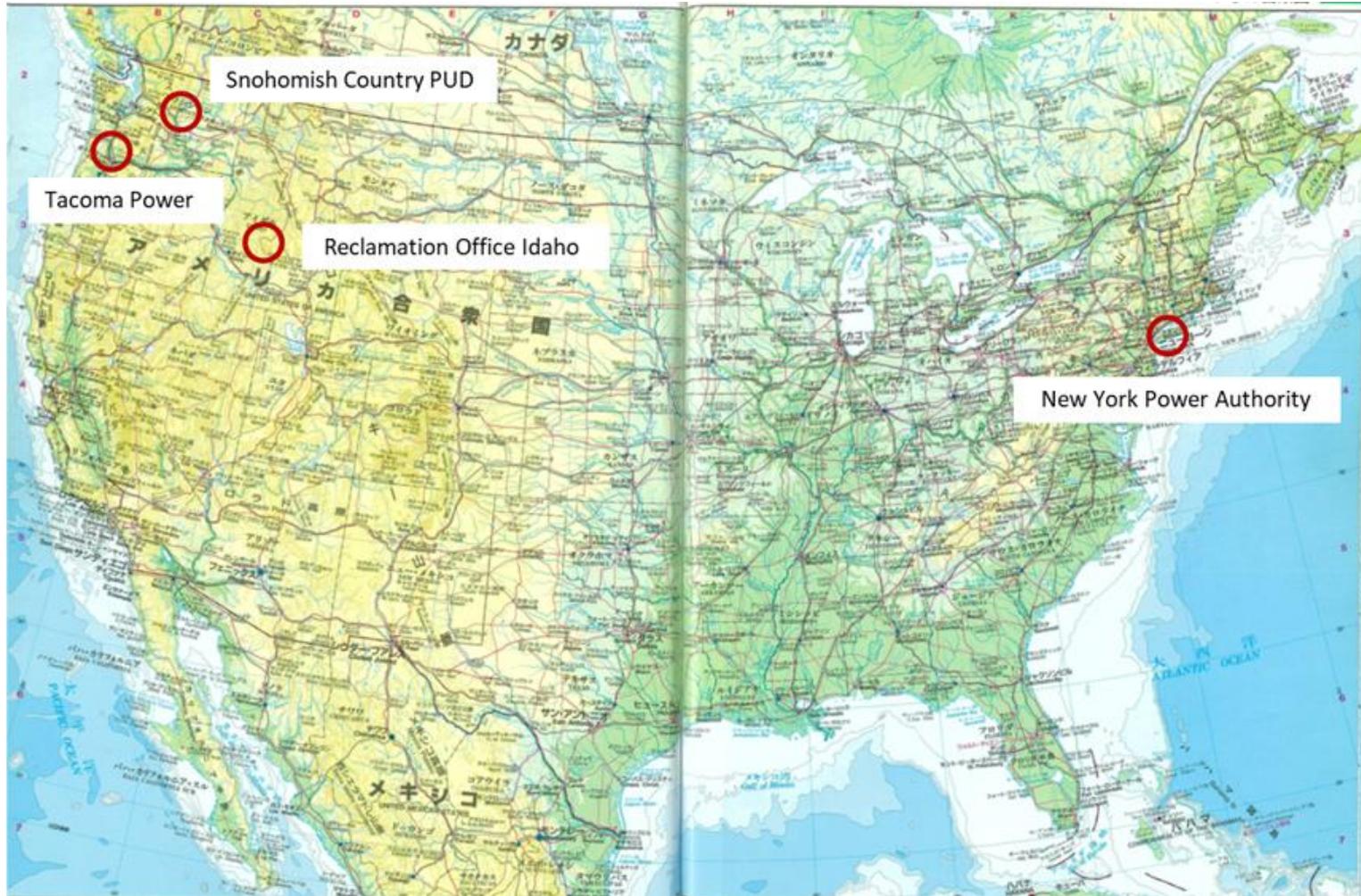
- IEA水力実施協定事務局より、水力アセットを多く保有するUtilityを紹介を受ける。
- アメリカ（4社）、カナダ（2社）、ニュージーランド（2社）

➤ ヒアリング内容

1. アセットマネジメント導入時期
2. メンテナンスマニュアルの有無
3. 各構造物、電気機器のデータ計測状況
4. 問題の発見
5. 会社が意思決定を行う現象
6. 問題・事象の解析
7. リスクアセスメント
8. 意思決定の方法



3. アメリカのアセットマネジメント実施状況例



(1) アメリカの電力事情

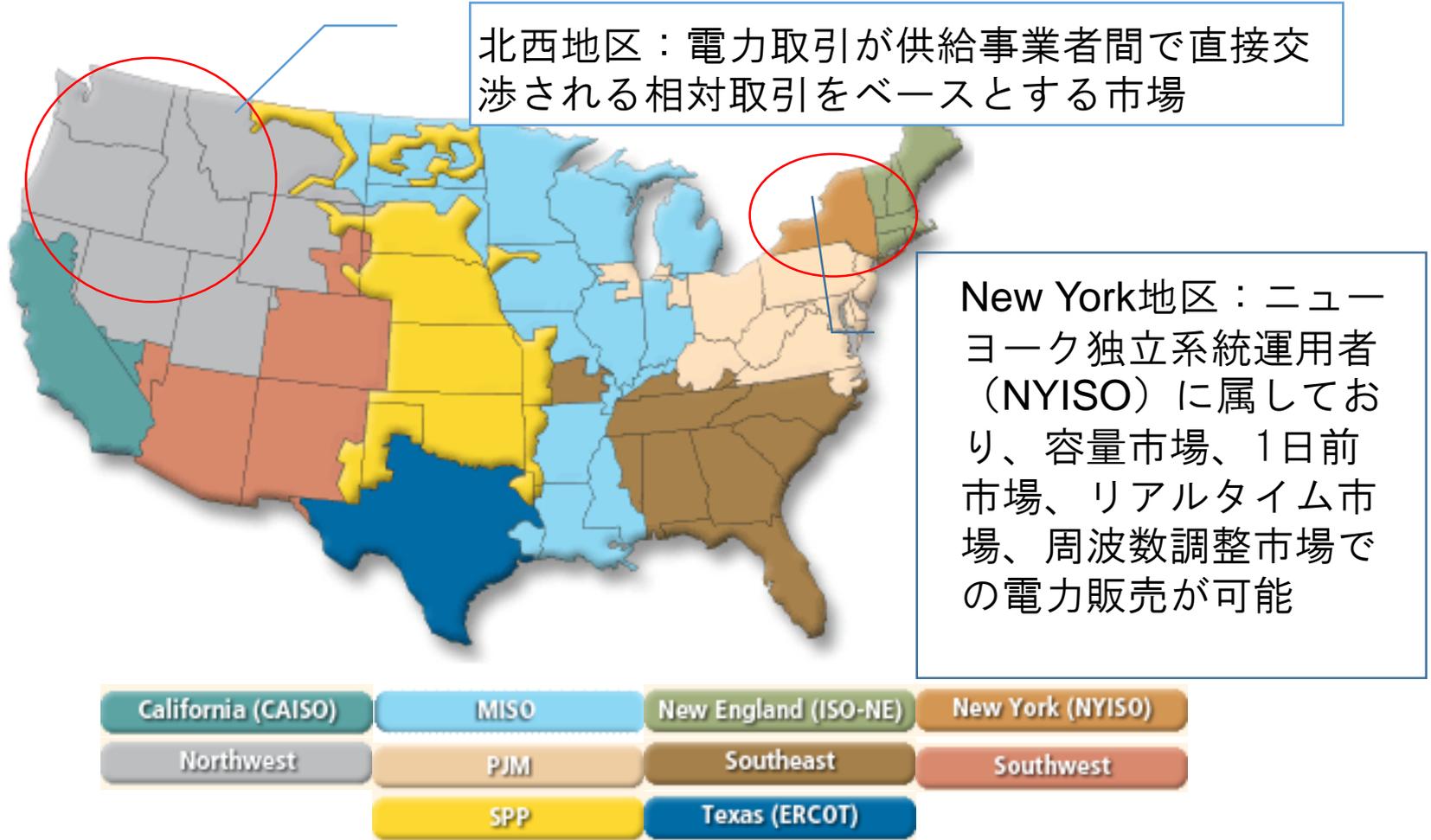


図 - 米国の卸電力市場分布



(2) 訪問先の概要

項目	Tacoma Power	Snohomish Country PUD	US Bureau of Reclamation Idaho	New York Power Authority
卸売り電力市場	相対取引をベースとする市場 Bonneville Power Administration (BPA)を通じて、売電			容量市場、1日前市場、金銭的送電端、リアルタイム市場、周波数調整市場
会社分類	地方公営電気事業者	地方公営電気事業者	連邦営電気事業者	州営電気事業者
沿革	1893年Tacoma市が電灯水道会社を買収	1936年11月、市民投票により誕生。 1946年1月、水供給開始。 1949年9月、電力運用開始。	1902年、合衆国議会で西部での設立決定	1931年4月にルーズベルト大統領がthe Power Authority Actに署名して、設立された。
供給区域	ワシントン州のTacoma, Fircrest, University Place, Fife, Steilacoomの一部、Lakewood, Lewis-McChord共同基地、および未開発のPierce郡	Washington州のうち、Snohomish, Camano Island		州と連邦の規制により、NYPAの顧客が定められている。NYPAは私営電気事業者に顧客への（利益はない）卸売りという形で売電し、同様に隣接する州にも連邦の要請に応じて売電する。
所有設備 (水力)	MOSSYROCK DAM 300MW MAYFIELD DAM 162MW ALDER DAM 50MW LAGRANDE DAM 64MW WYNOOCHEE RIVER PROJECT 10.8MW Total 586.8 MW	Jackson 48MW Calligan Creek 6MW Hancock Creek 6MW Woods Creek 0.65MW Youngs Creek 7.5MW Packwood 2MW Total 70MW (7% of electricity supply)	Pacific North West 10 Stations Total 7,463 MW Including Grand Coulee P/S 6,735 MW Columbia River 31 Stations	Niagara 2,441 MW ST. Lawrence 800MW Belenheim PSP 1,160 MW Small Hydro 10MW Total 4,411 MW
所有設備 (水力以外)				LNG 1,096 MW



1) Tacoma Power

項目	回答
(1) AM導入時期	<ul style="list-style-type: none">➢ 2016年末<ul style="list-style-type: none">❖ 発電構成は水力40%、ガス60%(BPA(Bonneville Power Administration)契約)であるが、2015年にガスの燃料費上昇に伴い、売電価格を値上げせざるを得なくなった。❖ 価格を下げるためには内部経費を削減する必要があり、そのためにアセットマネジメントを導入することとした。➢ ISO55001スタイル→将来的には認証取得予定<ul style="list-style-type: none">❖ 同認証を取得したPG&E (Pacific Gas and Electric)にやり方を教えてもらっている。❖ チェックリスト方式主体
(2) メンテナンスマニュアルの有無	<ul style="list-style-type: none">➢ アセット取扱者マニュアルを作成(各発電所毎)<ul style="list-style-type: none">❖ 電気機器の巡視❖ 土木構造物はFERCの規制に基づく
(3) 各構造物、電気機器のデータ計測状況	<p>【構造物】</p> <ul style="list-style-type: none">❖ 7つのダムを保有しているが、古いものは1920年代に造られたもので、多くは1940から1950年代といずれも古い。❖ Federal Energy Regulatory Commission 米国連邦エネルギー規制委員会 (FERC)の規制に基づく。 <p>【電気機器】</p> <ul style="list-style-type: none">❖ チェックリストがあり、それに基づくチェック
(4) 問題の発見	<ul style="list-style-type: none">➢ 保守運用担当者が現場で問題を発見し、エンジニアリング担当者と相談するスタイルが基本➢ 解決ニーズの高い問題については、詳細な検討を実施し、他の同様な問題と比較しながら、実施時期を決める。(資金ベース)
(5) 会社が意思決定を行う現象	<ul style="list-style-type: none">➢ 魚の遡上対応を重視。FERCは魚の遡上率95%以上を求めている
(6) 問題・事象の解析	<ul style="list-style-type: none">➢ 電気機器にSAP(ドイツ製のソフトウェア)を採用。チェックリスト方式
(7) リスクアセスメント	<ul style="list-style-type: none">➢ 将来的にCopperleafのシステムを導入する予定。→Risk Based Maintenance
(8) 意思決定の方法	<ul style="list-style-type: none">➢ 事後保全が基本。➢ BPA契約に基づき将来のニーズを把握し、リソースプラン(どの機器がどれだけ働か)を策定。各機器の稼働状況を5段階で評価し、停止、増強等の判断を行う



2) Snohomish Country PUD

項目	回答
(1) AM導入時期	<ul style="list-style-type: none">➢ 1984年、Jackson水力が運開した際に、電気機器について富士電機よりOMマニュアルを受領した。それを元に Maintenance Planを作成した。➢ Mapconなるソフトウェアを使用。これは、チェックリストを作成し、これにチェックを入れるのが基本で、コストや時間(時期)に関する情報は含まれていない。➢ 2013年よりSAPを導入し、ファイナンスと人材の管理も進めることとした。➢ 機械については、リアルタイムで温度や振動を管理し、メンテナンスを最適化してみたいと考える。➢ マニュアルでは、Inspection結果にevidenceを添付し、2~3年に1回、監査をする。➢ 保守計画に基づいて、やるべきことをリストアップし、現場ではi-Padでリストをチェックし、記録に残すというやり方をしている。(プラント・メンテナンス)➢ 将来は、これを予防保全につなげて、過去の記録により将来の方針を策定することとしたい。
(2) メンテナンスマニュアルの有無	<ul style="list-style-type: none">➢ ある、(富士電機より受領したもの)
(3) 各構造物、電気機器のデータ計測状況	<p>【構造物】</p> <ul style="list-style-type: none">➢ ダムの変位 <p>【電気機器】</p> <ul style="list-style-type: none">➢ 定期点検➢ 振動、温度→操作盤で見ることができる。
(4) 問題の発見	<ul style="list-style-type: none">➢ 保守作業員の経験、勘に負う。(人の感覚が最良のセンサー)➢ 技術継承が課題
(5) 会社が意思決定を行う現象	<ul style="list-style-type: none">➢ 毎日、巡視を実施。➢ 故障を発見した場合、その原因を究明し、修理のコストと期間はどれくらいかを把握し、いつ修理実施時期を決定する。
(6) 問題・事象の解析	<ul style="list-style-type: none">➢ Mapconによるチェックリスト管理➢ SAPによるファイナンスと人材管理
(7) リスクアセスメント	<ul style="list-style-type: none">➢ 事象がビジネスにどう影響するか？
(8) 意思決定の方法	<ul style="list-style-type: none">➢ 遅れの是正➢ 予算収支に基づくスペア部品の在庫管理



3) US Bureau of Reclamation Idaho

項目	回答
(1) AM導入時期	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 2014年、Grand Couleeプログラムを開始 <ul style="list-style-type: none"> ❖ 留意点: O&Mの挑戦・インフラの状況・人材と保持・運用と信頼性・一貫性・品質・制御・訓練 ❖ 集中する領域: インフラ-アセット、設備、道具・プロセス-実践、手続き、マニュアル・知識-訓練と経験・交流-交流計画・安全
(2) メンテナンスマニュアルの有無	<ul style="list-style-type: none"> ➢ あり。Facilities Instructions, Standards and Techniques (FIST) Manuals <ul style="list-style-type: none"> ❖ 全6巻 (運用、機械のメンテナンス、電気機器のメンテナンス、一般的なメンテナンス、安全、施設管理)
(3) 各構造物、電気機器のデータ計測状況	<ul style="list-style-type: none"> ➢ ダムの安全は別の扱い→United State Army Corps of Engineers 米国陸軍工兵隊(USACE) ➢ IBM MAXIMOで計測データ収集
(4) 問題の発見	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Facilities, Instructions, Standards, Techniques (FIST) Manuals ➢ Power Review of Operations & Maintenance Program(PRO&M)プログラム(FIST 6-4)は各電力施設とその関連施設の定期的なアクセスを提供し、電力のO&Mの応用と効果を評価する <ul style="list-style-type: none"> ❖ Reclamationの各電力施設における電力O&Mの総括的なアセスメントを意図する ❖ 初期段階では、SMEのチームによるプロセスに基づいた処理を見直す ➢ Grand Coulee プログラムによる人材育成
(5) 会社が意思決定を行う現象	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 意思決定の機会は多くない。日常的な保守活動を重視。特に現場の安全。 ➢ OM予算
(6) 問題・事象の解析	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 特に意識していない。 ➢ C55(アセットマネジメントと投資に関するソフトウェア) ➢ HydroAMP <ul style="list-style-type: none"> ❖ HydroAMPのフレームワークはThe Center for Energy Advancement through Technological Innovation (CEATI)のHydraulic Plant Life Interest Groupの60を超える会員Utilityにより支持されている。 ❖ 水車やクリティカルな金銭価値を算定できない部品の状態を診断し、年間ベースでプラント設備のバランスとして知られる他の部品を隔年で診断する。
(7) リスクアセスメント	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 事後保全(何かあったら対応するというスタンス) ➢ 予算執行管理
(8) 意思決定の方法	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 連邦コロンビア水系系統(FCRP) <ul style="list-style-type: none"> ❖ FCRPはUS陸軍工兵隊(USACE)、Reclamation Office、Bonneville Power Association (BPA)間のPacific Northwest Regionの連邦パートナーシップである ➢ FCRP Asset Investment Excellence Initiative (AIEI) <ul style="list-style-type: none"> ❖ FCRPS System Asset Planの策定、実行、継続に責任がある



4) New York Power Authority

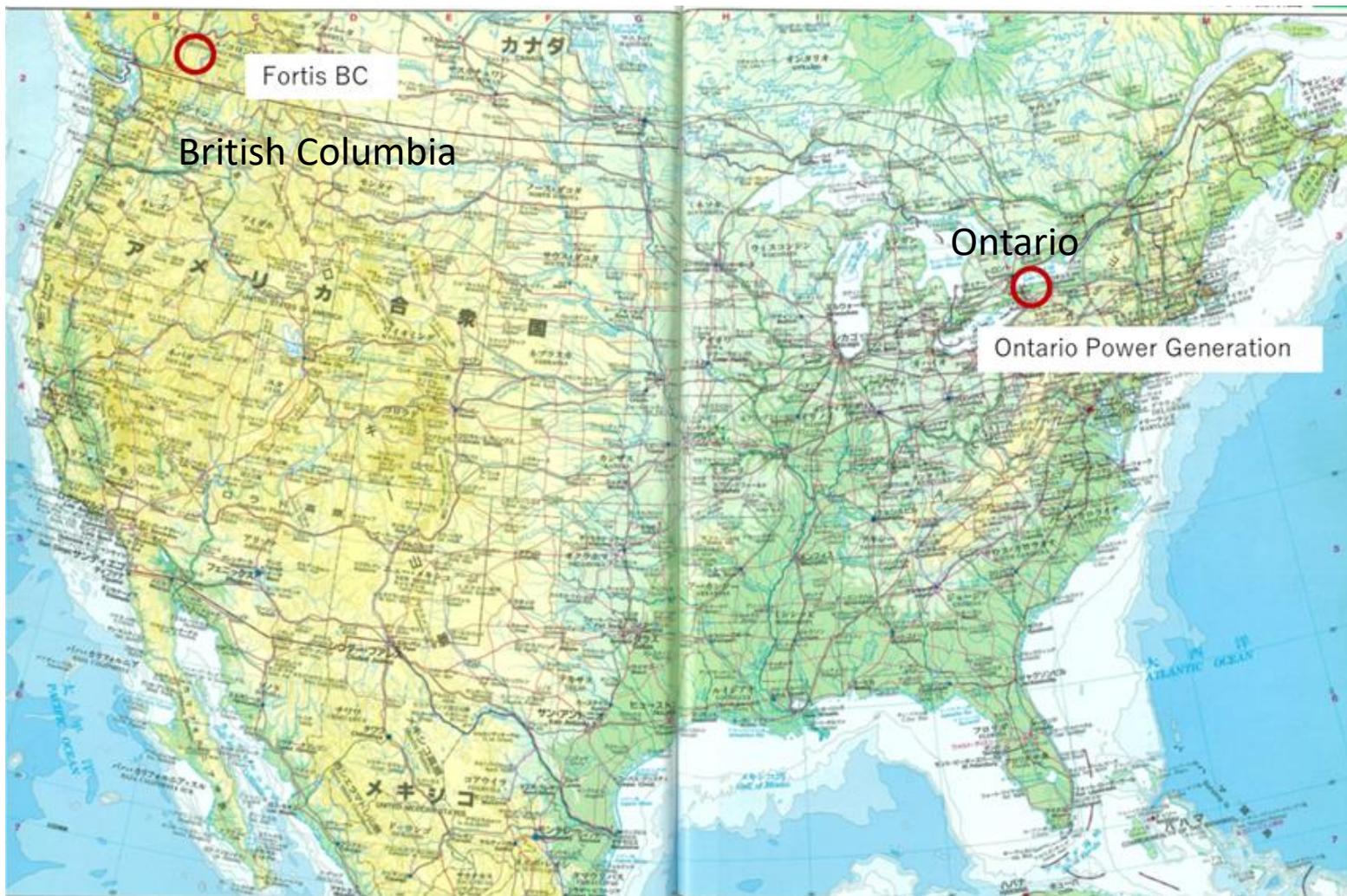
項目	回答
(1) AM導入時期	<ul style="list-style-type: none">➤ 2004年～<ul style="list-style-type: none">❖ エンジニアからの声とCEOの方針(経費節減)➤ EXCELによるRisk Registration
(2) メンテナンスマニュアルの有無	<ul style="list-style-type: none">➤ 有。<ul style="list-style-type: none">❖ 1930年に合衆国からNY州に設備が移管された後、従前の規制当局の規則に基づいている。(TVAと同じ経緯)
(3) 各構造物、電気機器のデータ計測状況	<p>【構造物】</p> <ul style="list-style-type: none">➤ 計測は未着手。将来は、揚水発電所とナイアガラの発電所で計測を実施したい。 <p>【電気機器】</p> <ul style="list-style-type: none">➤ センサーによる常時監視→ Integrated Smart Operation Center (ISOC)はアセットマネジメント戦略ビジネスプランに基づいて設立された<ul style="list-style-type: none">❖ IOCIはさらにAsset Health Monitoring and Diagnostic Center (M&D Center)が提供する技術とデータを利用する。❖ NYPAのデジタルデータを繋げる
(4) 問題の発見	<ul style="list-style-type: none">➤ データの異常値に基づく<ul style="list-style-type: none">❖ ISOCに24,000ケのデータがOSIソフト PIシステムの中で継続的に入ってくる❖ 運用→火力と水力の異常の検出
(5) 会社が意思決定を行う現象	<ul style="list-style-type: none">➤ NA
(6) 問題・事象の解析	<ul style="list-style-type: none">➤ モニタリングはGEのソフト➤ ソリューションはIBMのソフト➤ クラウドコンピューティングによる。
(7) リスクアセスメント	<ul style="list-style-type: none">➤ Risk Rate Management<ul style="list-style-type: none">❖ Common risk registration (Excelによる。ポートフォリオとは別。2004年より実施)❖ 数値化(リスクツリー、ポートフォリオ)➤ Project Cycle Portfolio<ul style="list-style-type: none">❖ CEATIの支援により作成❖ リスクに基づいたプロジェクトポートフォリオで、保証資金を充てる
(8) 意思決定の方法	<ul style="list-style-type: none">➤ 計測値が規制当局の設定したcriteriaを満たしているか？<ul style="list-style-type: none">❖ 満たしていない場合、ISOCより現場へ通達❖ データを見て原因分析➤ 将来はISO55001に基づく管理を目指す



(3) 各社におけるアセットマネジメントの取組み総括

項目	ポイント
(1) AM導入時期（きっかけ）	<ul style="list-style-type: none">➤ 内部経費の削減➤ 発電所保守の高度化
(2) メンテナンスマニュアルの有無	<ul style="list-style-type: none">➤ 各発電所毎に準備（従前の規制当局の規則に準拠）➤ 連邦営電気事業者は自主製作（全6巻：発電所の運用、機械・電気機器・一般のメンテナンス、安全、施設管理）➤ 外注による作成支援
(3) 各構造物、電気機器のデータ計測状況	<p>【構造物】</p> <ul style="list-style-type: none">➤ FERCの規制に準拠（North West地区）➤ 未実施（NY地区） <p>【電気機器】</p> <ul style="list-style-type: none">➤ 振動、温度管理（操作盤、チェックリスト、常時監視）
(4) 問題の発見	<ul style="list-style-type: none">➤ 計測値異常➤ 定期点検
(5) 会社が意思決定を行う現象	<ul style="list-style-type: none">➤ 魚類への対応（FERC規制）➤ 故障発見時
(6) 問題・事象の解析	<ul style="list-style-type: none">➤ チェックリスト➤ ソフトウェアの活用（SAP, C55, Hydro AMP他）
(7) リスクアセスメント	<ul style="list-style-type: none">➤ Risk Based Maintenance➤ 事後保全➤ Risk Rate Management➤ Project Cycle Portfolio
(8) 意思決定の方法	<ul style="list-style-type: none">➤ 事後保全➤ 意思決定機関（FCRP Asset Investment Excellence Initiative (AIEI)）に諮る➤ 計測値が規制当局の設定した基準値内か？➤ 異常値の原因分析

3. カナダのアセットマネジメント実施状況例





(1) カナダの電力事情

- 電気事業者
 - 州営電気事業者、私営電気事業者、地方自治体営電気事業者、産業自家発
- 電気事業の規制
 - 国家エネルギー委員会（NEB : National Energy Board）、カナダ原子力安全委員会（CNSC : Canadian Nuclear Safety Commission）
- 電気事業に関する規制権限
 - 州政府（各州政府あるいは州政府から独立した立場で公益事業委員会）
 - 各州で採用されている規制緩和と競争の程度、その市場設計、規制権限は多種多様である。
- 卸電力市場の自由化（送電線の開放）
 - 10州のうちニューファンドランド州およびプリンスエドワード・アイランド州を除く8州（ブリティッシュ・コロンビア州、オンタリオ州含む）で実施。（2017年末現在）
- 小売市場の全面自由化
 - アルバータ州およびオンタリオ州の2州（2017年末現在）
- 部分自由化（大口産業需要家対象）
 - ニューブランズウィック州、ブリティッシュ・コロンビア州、ケベック州の3州



(2)訪問先の概要

項目	Fortis BC	Ontario Power Generation																				
卸売り電力市場	部分自由化 (大口産業需要家対象)	小売市場の全面自由化																				
会社分類	私営電気事業者	州営電気事業者																				
沿革	1897年 前身West Kootenay Power設立 1916年～1987年 Teck Resources Ltd. 所有 その後、Aquila Networksが買収 2002年 Aquila Networks Canada 2003年9月 Fortis が買収	1999年4月 設立 電力自由化に際し、Ontario Hydro社のアセットが5社に分割された際、OPGはOntario Hydroの発電設備の全てを所有し、運用する会社として設立された。																				
供給区域	British Columbia州中南部	Ontario 州																				
所有設備 (水力)	<table border="0"> <tr> <td>The Kootenay Riv. (4 Stations)</td> <td>223MW</td> </tr> <tr> <td>Walden North</td> <td>16MW</td> </tr> <tr> <td>Others</td> <td>599MW</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>838 MW</td> </tr> </table>	The Kootenay Riv. (4 Stations)	223MW	Walden North	16MW	Others	599MW	Total	838 MW	<table border="0"> <tr> <td>Sir Adam Beck</td> <td>1,997MW</td> </tr> <tr> <td>Des Joachims Generating Station</td> <td>429MW</td> </tr> <tr> <td>Sir Adam Beck Pump GS</td> <td>174MW</td> </tr> <tr> <td>Otto Holden Generating Station</td> <td>243MW</td> </tr> <tr> <td>Others</td> <td>65MW</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>7,438MW</td> </tr> </table>	Sir Adam Beck	1,997MW	Des Joachims Generating Station	429MW	Sir Adam Beck Pump GS	174MW	Otto Holden Generating Station	243MW	Others	65MW	Total	7,438MW
The Kootenay Riv. (4 Stations)	223MW																					
Walden North	16MW																					
Others	599MW																					
Total	838 MW																					
Sir Adam Beck	1,997MW																					
Des Joachims Generating Station	429MW																					
Sir Adam Beck Pump GS	174MW																					
Otto Holden Generating Station	243MW																					
Others	65MW																					
Total	7,438MW																					
所有設備 (水力以外)		<table border="0"> <tr> <td>Nuclear</td> <td>6,606MW</td> </tr> <tr> <td>Thermal</td> <td>2,458MW</td> </tr> <tr> <td>Biomass</td> <td>205MW</td> </tr> <tr> <td>Wind</td> <td>7MW</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>9,826 MW</td> </tr> </table>	Nuclear	6,606MW	Thermal	2,458MW	Biomass	205MW	Wind	7MW	Total	9,826 MW										
Nuclear	6,606MW																					
Thermal	2,458MW																					
Biomass	205MW																					
Wind	7MW																					
Total	9,826 MW																					



1) Fortis BC

項目	回答
(1) AM導入時期	<ul style="list-style-type: none">➤ 2015年、OMコスト削減のために導入。2016年にAMエンジニア配置。➤ 電気料金がPublic Utilityよりも15%高いため、政府からの料金下げ圧力が強かった。料金を下げるためにBackup Informationが必要と考えた。➤ 導入にあたり、Forest BC（実践状況）、CEATI、OEM（マニュアル）を参考にした。
(2) メンテナンスマニュアルの有無	<ul style="list-style-type: none">➤ 所有しているアセットが1900年、1915年完成と古く、機器のマニュアルしかなかった。➤ Forest BC（実践状況）、CEATI（基準）、OEM（マニュアル）の事例を参考に「施設マニュアル」と「操作マニュアル」を作成した。
(3) 各構造物、電気機器のデータ計測状況	<p>【構造物】</p> <ul style="list-style-type: none">➤ 揚圧力、傾斜（斜面）、地震発生後の目視点検、クラックの有無、ダム安定、USACE手法に準拠 <p>【電気機器】</p> <ul style="list-style-type: none">➤ 年次点検➤ 振動、温度→操作盤で見ることができる。モニタリングにより、小規模修理、大規模修理を決定。水車：8000 hrで点検
(4) 問題の発見	<ul style="list-style-type: none">➤ 設備管理システム（CMMS）の考え方による。（データの増減→それはなぜか？）
(5) 会社が意思決定を行う現象	<ul style="list-style-type: none">➤ ダムの安全が重要。特に規制の変更が大きな要因となる。➤ ブリティッシュ・コロンビア州のダム規制変更<ul style="list-style-type: none">❖ それまで、ダムの安全についてガイドラインがなかったため、新たにガイドラインが設けられた。（CDAガイドライン）❖ モニタリングや各種書類、データの提出義務（怠ると重罪に処せられる。）→遵法❖ 規制：ダム安全、環境（魚）、建物、防火、水周りのコーティング
(6) 問題・事象の解析	<ul style="list-style-type: none">➤ Data base management を活用➤ 状況診断(Condition Assessment by USACE)➤ 改造への投資による価値の増に期待<ul style="list-style-type: none">❖ ULE : Upgrade Life Extension❖ LE : Life Extension
(7) リスクアセスメント	<ul style="list-style-type: none">➤ リスクの数値化により意思決定を実施➤ 評価基準が設定されている。
(8) 意思決定の方法	<ul style="list-style-type: none">➤ 資金ベース→NPVで評価➤ 破壊の可能性➤ Nature of the Condition



2) Ontario Power Generation

項目	回答
(1) AM導入時期	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ガス部門は20年前から総括的に管理していたが（同社はオンタリオ州の政府系機関でガス部門も併設）、発電部門にアセットマネジメントが導入されたのは5～10年前である。尚、各発電所においては個別に管理が行われてきたのでデータは蓄積されている。
(2) メンテナンスマニュアルの有無	<p>【構造物】</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 規制マニュアル（計測含む） <p>【電気機器】</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 社内のメンテナンス手続き ➤ 各発電所の水車機器のメーカーが作成した操作マニュアル ➤ 公共手続き関連
(3) 各構造物、電気機器のデータ計測状況	<p>【構造物】</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ソフトウェアによるデータ集積(SAP) <p>【電気機器】</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 振動や温度のデータがセンサーでオンラインでモニタリングセンターに送られている。 ➤ モニタリングセンターでCondition Assess レポートを作成
(4) 問題の発見	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 経過時間に基づいて基準値を設定している。（ベンチマーキング） ➤ 3年毎にメンテ計画策定 ➤ アセット毎に基準値を設けている。（機能重視） ➤ 発電所毎の管理（ステーション・マネージメントの対極。） ➤ エンジニアリングセンターはたくさんのデータを保有しているので、データへのアクセス時間の短縮化を図っている。
(5) 会社が意思決定を行う現象	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ビジネスプランやベンチマーキングに基づいてエンジニアリングセンターが意思決定をする。 ➤ 意思決定は蓄積されたデータの時間的な経過と各経過時間で設定された基準値との比較に基づく。 ➤ 最終意思決定のプロセスは、問題の分類→カテゴリーにおける必要安全水準→優先順位付けによる。 <ul style="list-style-type: none"> ❖ 短期的なデータアクセスと長期的なデータアクセス ❖ ビジネスケース（トンネル、水利用、財務、サプライヤーによるエンジニアリングアクセス） ❖ テクニカルスペック ❖ 年間のコスト（OM予算）は定額
(6) 問題・事象の解析	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ExcelによるPlant Condition assesment
(7) リスクアセスメント	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 安全確保の必要性に基づくカテゴリー（法規制からの要求、安全、環境、発電への影響等）により優先順位を決め、予算を配分している。
(8) 意思決定の方法	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 事後保全が基本。 ➤ 発電所をカテゴリー毎に分けて基準を設けている。→Small Hydro P/Sについて、ローカライズド、センタライズド ➤ Upgrading 正しいところにリソースを配分 ➤ ソフトウェアによる管理：ETS：ガイドライン・内部手続き（Top to Bottom Assessment）・タブレットによる情報収集→メモの蓄積→PCAアクセス（イージーアクセス）・SATN：アセスツリー（Copper Leaf社）



(3) 各社におけるアセットマネジメントの取組み総括

項目	ポイント
(1) AM導入時期（きっかけ）	<ul style="list-style-type: none">➢ OMコスト削減➢ 発電所の統一管理
(2) メンテナンスマニュアルの有無	<ul style="list-style-type: none">➢ 「施設マニュアル」、「操作マニュアル」（Forest BC, CEATI, OEMを参考）➢ 構造物：規制マニュアル（計測含む）、電気機器：社内のメンテナンス手続き、各発電所の水車機器のメーカーによる操作マニュアル、公共手続き関連の4セット
(3) 各構造物、電気機器のデータ計測状況	<p>【構造物】</p> <ul style="list-style-type: none">➢ 揚圧力、傾斜（斜面）、地震発生後の目視点検、クラックの有無、ダム安定、（USACE手法に準拠）➢ ソフトウェアによるデータ集積(SAP) <p>【電気機器】</p> <ul style="list-style-type: none">➢ 年次点検、モニタリングにより、小規模修理、大規模修理を決定。水車：8000 hrで点検➢ 振動や温度のデータをモニタリングセンターに送られている。センターでCondition Assess レポートを作成
(4) 問題の発見	<ul style="list-style-type: none">➢ 計測値の増減→それはなぜか？➢ 経過時間に基づいて基準値を設定（ベンチマーキング）し、計測データを管理。3年毎にメンテ計画策定
(5) 会社が意思決定を行う現象	<ul style="list-style-type: none">➢ ダムの安全が重要。特に規制の変更が大きな要因となる。➢ BC州のダム規制変更対応（ダムの安全について）→コンプライアンス<ul style="list-style-type: none">・ モニタリングや各種書類、データの提出・ 規制：ダム安全、環境（魚）、建物、防火、水周りのコーティング➢ 蓄積されたデータの時間的な経過と各経過時間で設定された基準値との比較
(6) 問題・事象の解析	<ul style="list-style-type: none">➢ Fortis BC.<ul style="list-style-type: none">・ Data base management (CMMS)を活用・ 状況診断(Condition Assessment by USAE)・ 改造への投資による価値の増に期待➢ Ontario Power Generation<ul style="list-style-type: none">・ ExcelによるPlant Condition assessment・ ソフトウェアによる管理：アセスツリー（Copper Leaf社のソフトを活用）
(7) リスクアセスメント	<ul style="list-style-type: none">➢ リスクの数値化による意思決定（評価基準が設定済）➢ 安全確保の必要性に基づくカテゴリーにより優先順位を決め、予算を配分
(8) 意思決定の方法	<ul style="list-style-type: none">➢ NPVで評価➢ ビジネスプランやベンチマーキングに基づいてエンジニアリングセンターが意思決定をする。



4. ニュージーランドのアセットマネジメント実施状況例





(1) ニュージーランドの電力事情

➤ 電力設備

- 水力発電の総発電量に占める割合は5割以上
- 水力発電所の約3分の2が南島に所在
- 電力需要は北島に集中
- 北島と南島は約610kmの高圧直流電線で接続。（クック海峡に海底送電線約40km）
- 老朽設備の更新・増強が喫緊の課題

➤ 電力システムの沿革

- 元々、発送電はエネルギー省電力部、配電は地方自治体の事業部（配電局）が実施。
- 1984年にニュージーランド電力公社（通称：ECNZ 発送電事業者）設立。以後、段階的に再編。
- 1994年にECNZの送電子会社Trans powerが国有会社として分離独立
- 1996年にプール型卸売市場創設
- ECNZの分割や配電事業の企業化を経て送電・配電部門は発電・小売部門から完全分離

➤ 電力取引

- 10MW以上の発電設備を保有する発電事業者は卸電力市場を通じた電力取引。
- 実運用時の36時間前からシステムを通じて30分単位で発電電力量と価格を入札を行う。
- 入札情報を基に系統運用者であるTranspower社は電力系統運用時の技術的制約を考慮し、卸供給コストが最小となる30分単位の翌日給電計画と地点別の卸電力価格を算定。
- プール型電力卸売市場では予定外の発電所の停止や電力需要の急増により需給が逼迫すると卸電力価格が高騰する可能性が高い。



(2)訪問先の概要

項目	Mercury	Trustpower
会社分類	準国営電気事業者	私営電気事業者
沿革	1994年 the Auckland Energy Consumer Trust により設立。(Mighty River Power) 地方政府の発電事業を所有・運用。 2015年 the Mighty River Power 銘柄の政府保有株式17%を獲得。(政府持株51%) 2017年ニュージーランドの電力シェアの19%を占有。	1923年 Tauranga Electric Power Board 設立。 1992年 社名変更(Trustpower) 持株の50%は消費者信託、49%を顧客、1% は従業員が保有。 1994年 NZ株式市場上場。投資会社Infrati が顧客分の株式を継承。 1997年～2018年 アセットの売買を経て、国内事業に集中 ニュージーランドで5番目に大きな発電会社(設備出力、年間発生電力量、売上)
供給区域	北島: Far North, Waipa他7区域 南島: Marlborough, North Counterberry	北島: North Land, Bay of Plenty, 他5区域 南島: Nelson, Marlborough他5区域
所有設備 (水力)	Waikato川水系 9カ所 計 1,078MW	上記North Land以外 29カ所 計 431.5 MW
所有設備 (水力以外)	風力: Turitea 120MW 地熱: Hudson Ranch 50MW (USA)	ディーゼル: Bream Bay 9MW (North Land)

1) Mercury

項目	回答
(1) AM導入時期	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 2019年3月に社内のデジタルシステムが完成し、これを受けて全社大でアセットマネジメントをやることになった。 ➢ 需要がフラット、売電価格が低い、景気低迷といった状況下で新規水力開発案件は少ないなか、既設設備の有効活用ニーズが高い。その対応策がアセットマネジメントである。 ➢ ISO55001の認証は受けていないが、アセットマネジメントの体系はISO55001を模倣している。
(2) メンテナンスマニュアルの有無	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Asset Group Guide Lineを策定している。
(3) 各構造物、電気機器のデータ計測状況	<p>【構造物】</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ ゲートについて、圧力計により摩擦を測定 ➢ ダム（7つ保有）について、水位、変位、漏水量他、15件の計測を実施 <p>【電気機器】</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 周波数維持のために水力発電機器で計測を実施。 ➢ オペレーティング・ガイドラインに記載の全ての項目を測定。特に温度、振動等を重視している。
(4) 問題の発見	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Asset の状況、経年状況、予想されるリスク、改善に要する期間等の情報に基づいてAsset Intervention Mapを作成する
(5) 会社が意思決定を行う現象	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Reservoir Management <ul style="list-style-type: none"> • 環境面でステークホルダー、洪水関係でエスニックグループとの調整が必要 • 貯水池使用に関してのライセンス。特に漁業、レクリエーション関係。 • 貴重種保護（ウナギ） ➢ Asset Intervention Mapに基づくLife Cycle Planの策定 <ul style="list-style-type: none"> • リスクマネジメントに基づく • ライフ・サイクル・マネジメントにおいては、プロジェクトによるリスクを重視
(6) 問題・事象の解析	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Life Cycle Cost Analysisによる。Copper Leaf社のソフトウェアを使用。 ➢ Assetを良好な状態に保つために定常業務と非定常業務を保守計画により策定するが、保守計画の執行状況はソフトウェアMaximoにより管理する。
(7) リスクアセスメント	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Financial RiskとPublic Riskを重視
(8) 意思決定の方法	<ul style="list-style-type: none"> ➢ ソフトウェアによる解析結果により判断。



MATURE PLANNING PROCESS USED

What it does – Sets out processes for a common and systematic approach to Asset Management across Mercury

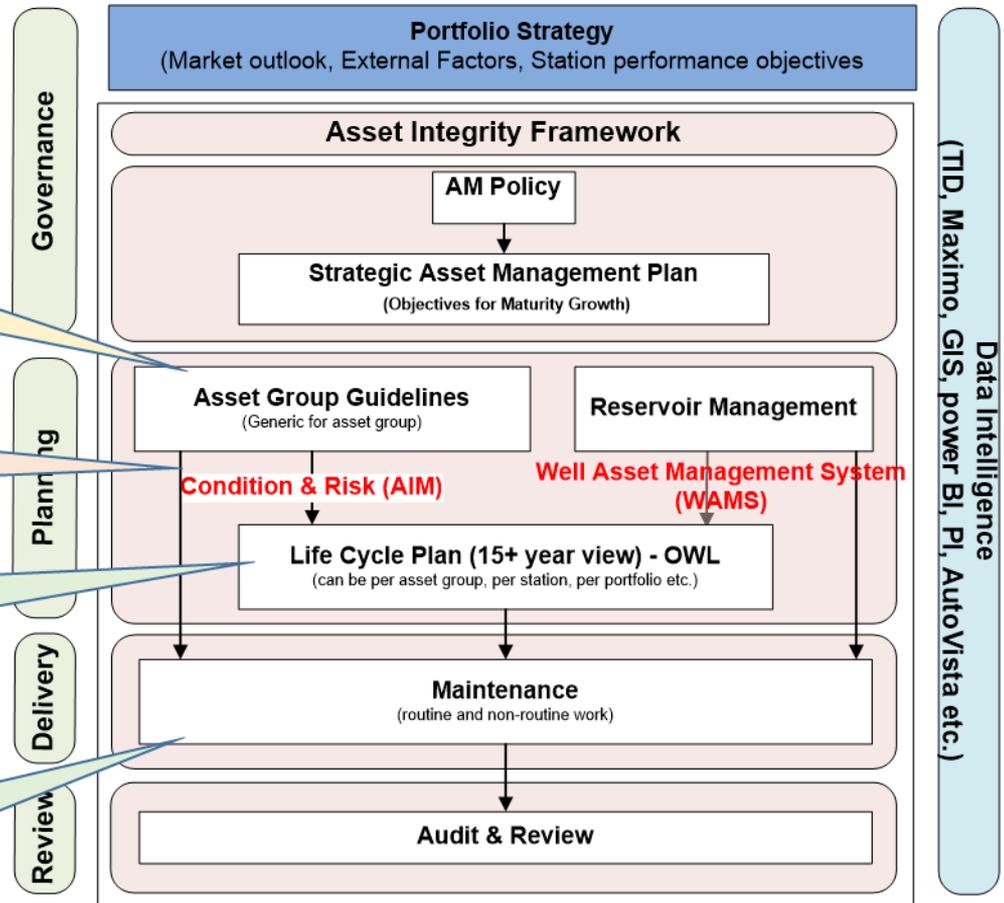
AGG's - How to care, support and assess condition of major asset groups, directs Lifecycle planning and spares procurement

AIM collects asset condition/age/risk and expected intervention period, informs Lifecycle planning

Life Cycle plan (**OWL**) planning tool for future reinvestment projects. Next FY) budget and longer term planning, informed by AIM. Provides confidence in portfolio delivery

Maintenance plan provides information about routine, non-routine jobs which are required to keep assets in a good working order and generally managed through **Maximo**.

Mercury Asset Management Framework





2) Trust Power

項目	回答
(1) AM導入時期	<ul style="list-style-type: none">➤ 2013年以降➤ 2010年までは各発電所で個別に保守管理を実施していた。（アセットの売買を通じて資産価値の重要性を認識）➤ 2010年以降、全社大で包括的な管理を実施することとなり、2014年にデータベース構築し、2019年にアセットマネジメント・チームが編成された➤ データベースでは、ダム安全に関する情報の他、全ての計測データを記録している
(2) メンテナンスマニュアルの有無	<ul style="list-style-type: none">➤ OMマニュアルはない。（政府（国）による統一的な規定はない。）➤ 但し、ダム、洪水吐ゲート、通路等、一部の重要構造物については伝統的なOMメニューがあった。➤ ダムについては、緊急時対応マニュアルが整備されている。➤ IISO55001を特に参考にしていない。
(3) 各構造物、電気機器のデータ計測状況	<p>【構造物】</p> <ul style="list-style-type: none">➤ ダムについては、流量（流入・放流）、漏水、変位等を計測している。政府による計測項目等の規定はない。 <p>【電気機器】</p> <ul style="list-style-type: none">➤ 水力発電機器では、振動、温度の計測を重視している。
(4) 問題の発見	<ul style="list-style-type: none">➤ データ・ストレージ・センターがある。➤ ライブラリー・エンジニアチームが計測値をチェックしている。➤ 現場で問題が発生した場合は、デリゲイテッド・エンジニアチームを社内で編成し、問題に対応する。
(5) 会社が意思決定を行う現象	<ul style="list-style-type: none">➤ 各Utilityで独自に地元対応に関する規定を設けている。➤ 環境放流については地元政府に対して年次報告義務がある。（規定による）
(6) 問題・事象の解析	<ul style="list-style-type: none">➤ データ管理ソフトとして、MAXIMO、SAPを使用
(7) リスクアセスメント	NA
(8) 意思決定の方法	<ul style="list-style-type: none">➤ 大口株主であるInfratil（株式50%を所有する投資会社）の判断による。



(3) 各社におけるアセットマネジメントの取組み総括

項目	ポイント
(1) AM導入時期（きっかけ）	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 社内のデジタルシステムが完成 ➢ 既設設備の有効活用ニーズ（新規水力開発が期待できない状況） ➢ 全社大での包括的な管理の重要性（アセット売買を通じた経験）
(2) メンテナンスマニュアルの有無	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Asset Group Guide Line策定 ➢ OMマニュアルはない。 <ul style="list-style-type: none"> • ダム、洪水吐ゲート、通路等、一部の重要構造物については伝統的なOMメニュー • 緊急時対応マニュアル（ダム）
(3) 各構造物、電気機器のデータ計測状況	<p>【構造物】</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ ゲートの摩擦（圧力計による計測） ➢ ダム（7つ保有）について、水位、変位、漏水量他、15件の計測を実施 ➢ 流量（流入・放流）、漏水、変位等 <p>【電気機器】</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ オペレーティング・ガイドラインに記載の全ての項目 ➢ 温度、振動等を重視
(4) 問題の発見	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Asset Intervention Map ➢ データ・ストレージ・センターがあり、ライブラリー・エンジニアチームが計測値をチェック
(5) 会社が意思決定を行う現象	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Reservoir Management <ul style="list-style-type: none"> • 環境面でステークホルダー、洪水関係でエスニックグループとの調整が必要 • 貯水池使用に関してのライセンス。（特に漁業、レクリエーション） • 貴重種保護（ウナギ） ➢ Asset Intervention Mapに基づくLife Cycle Planの策定 <ul style="list-style-type: none"> • リスクマネジメントに基づく • プロジェクトによるリスクを重視 ➢ 地元対応に関する規定（環境放流については地元政府に対して年次報告義務）
(6) 問題・事象の解析	<ul style="list-style-type: none"> ➢ ISO55001準拠（Life Cycle Cost Analysis, 保守計画の策定と執行：Maximo） ➢ ソフトウェアの活用（MAXIMO, SAP）
(7) リスクアセスメント	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Financial RiskとPublic Riskを重視
(8) 意思決定の方法	<ul style="list-style-type: none"> ➢ ソフトウェアによる解析結果により判断。 ➢ オーナーの判断



5. 調査結果と今後について

アメリカ、カナダ及びニュージーランド

- 規制緩和が進んだ地域では、官製マニュアルもない状況にあるが、やはりかつての規制が資産管理のベースになっている。
- アセットマネジメント (AM)導入のきっかけは、内部コスト削減の他、アセットの資産価値の維持向上。自由化の進展に伴い、アセットの売買も活発する傾向。
- 社内のデジタル化もAM導入要因。一元管理するデータストレージセンターが必要。
- マニュアル、チェックリストおよびデータ測定は、AM上不可欠
- 電気機器の状況（特に温度、振動）を重視。構造物の計測管理は規制緩和が進むと軽視されがち傾向も有。
- 汎用ソフトウェアを積極的に活用
- ISO55001をアセットマネジメントの方法論のベースとしているUtility有。(将来的に認証も目指すUtilityも。)
- ISO55001の導入はカナダが進んでいる。ISO認証サポート機関のCEATIもカナダが本拠地

日本（参考）

- 規制要求/コンプライアンスの順守や安全性の確保、社会的環境的課題への取組みに対する意識が高い。
- AMプロセスは、部分的あるいは完全に実施されている。
- いくつかの資産管理計画が整備されている。
(例): 中長期保守計画(5-15年)、年間保守計画(1年) 利益計画(1年)他
- 法令・規制順守が、品質管理の基本である。
- AMプロセスには、課題、リスク、課題・リスク評価、優先順位、処理、承認および実行まで、全ての構成要素が考慮されている。
- CBM (Condition Based Maintenance), RBM (Risk Based Maintenance), TBM (Time Based Maintenance)が導入されている。
- 技術支援, 技術支援, プロジェクトマネジメント, 実施支援は、基本的には、社内あるいは関連会社から提供される。
- 社内のソフトウェアやシステムが使用されている。



5. 調査結果内容と今後について

国内水力事業者へのフィードバックに向け今後最終報告書をとりとまとめ

- **日本の事例、海外の事例について事例に基づく意思決定フローの整理**
- **各国の水力事業者のアセットマネジメントの取組みを整理**



THE INTERNATIONAL ENERGY AGENCY TECHNOLOGY
COLLABORATION PROGRAMME ON HYDROPOWER

IEA Hydropower

ご清聴ありがとうございました。