

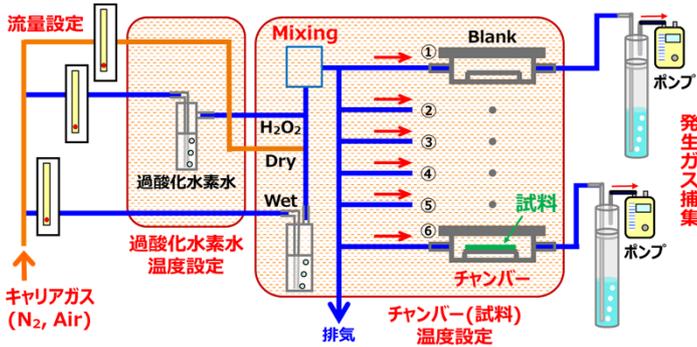
電解質膜のドライフェントン試験 — 湿度の調節による膜の加速劣化 —

ドライフェントン試験¹⁾(過酸化水素蒸気曝露試験)は燃料電池の運転状態を模擬した加速劣化試験であり、温度・湿度、過酸化水素蒸気発生量など各パラメーターを変化させて試料を劣化させることができる。特に湿度は電解質膜の劣化速度への寄与が大きく、湿度の調節により劣化の加速倍率を変化させることができる。

¹⁾ 本村了, 川原健吾, 下平哲司, *Polymer Preprints, Japan*, **54**, 2 (2005).

ドライフェントン試験

◆ ドライフェントン試験 模式図



◆ 試験条件の設定範囲

項目	試験条件
キャリアガス種類	N ₂ , Air
過酸化水素水温度	室温~100℃
チャンバー(試料)温度	80~100℃
チャンバー(試料)湿度	10~80%RH 程度
試料サイズ	1~8 cm角 程度

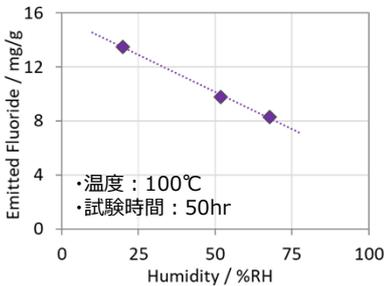
- 過酸化水素蒸気の発生温度
- 試料温度, 各経路の流量 ... などの設定により湿度を調節したドライフェントン試験が可能

電解質膜の劣化における湿度の影響

● 試料: フッ素系電解質膜 Nafion®NRE-212

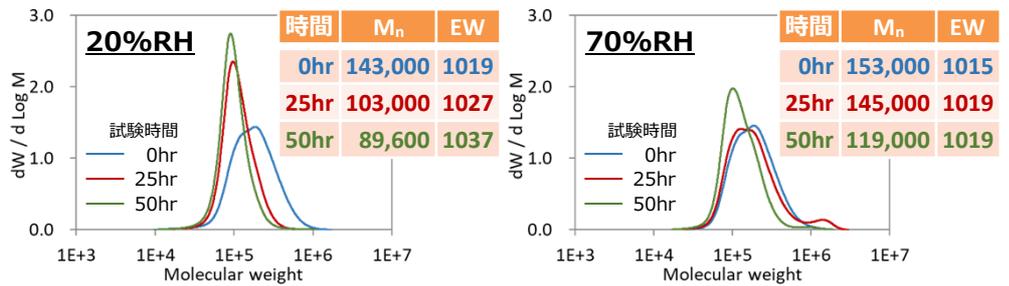
● 劣化の指標: 化学構造、物性変化のパラメーター → フッ化物イオン発生量 (IC)、分子量分布・数平均分子量 M_n (GPC)、EW* (固体F-NMR)

フッ化物イオン発生量の湿度依存性



電解質膜の分解に伴うF⁻発生量は低湿度ほど多い → 低湿度ほど速く劣化

構造変化の評価 - 分子量とEW -



分子量低下、EW増加 → 膜の主鎖・側鎖ともに分解が進行

分子量低下、EW変化は僅か → 膜の主鎖切断が主に進行

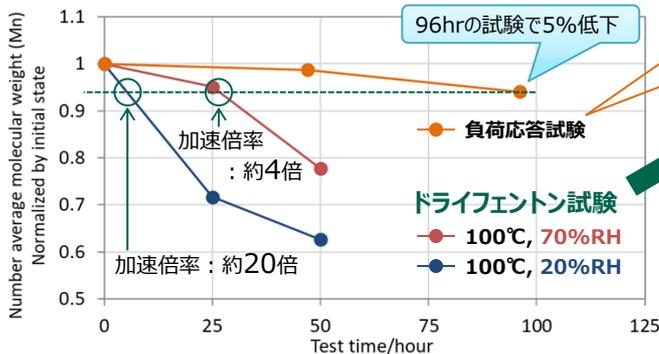
「F⁻発生量」と湿度は概ね直線関係 → 加速倍率の異なる劣化試験が可能

試験後の電解質膜の「分子量」や「EW変化」を指標として劣化状態を評価可能

* EW (equivalent weight)
: 1モルのプロトンを交換するのに必要なポリマー質量

ドライフェントン試験の加速倍率評価(負荷応答試験との比較)

電解質膜の数平均分子量(M_n)低下度の比較



負荷応答試験 電圧を印加し、セルでのサイクル試験により膜を劣化
 ・セル温度: 80℃、湿度: 100%RH
 ・負荷: 0.6 V (30 sec) → 1.0 V (3 sec) → 0.6 V (3 sec)
 ・サイクル数: 28,000 (47hr), 56,000 (96hr)

負荷応答試験よりも短時間で電解質膜を劣化させることが可能
 ・高湿度 (70%RH): 約4倍の加速倍率
 緩やかな劣化 → 「運転初期」の電解質膜を模擬
 ・低湿度 (20%RH): 約20倍の加速倍率
 高加速な劣化 → 「長期運転」の電解質膜を模擬

湿度調節により膜の初期~長期劣化を模擬した試験が可能

ドライフェントン試験前後の電解質膜の化学構造変化を分析することで、劣化挙動を解析することが可能