

低温環境にある燃料電池電解質膜周囲の氷の成長観察

506164 山本晴香 (土壌圏循環学教育研究分野)

はじめに 温暖化ガスの主な発生源に、自動車の排気ガスが挙げられる。そこで、近年燃料電池 (FC) 車の開発が進められているが、実用化には多くの課題が残されている。低温対策もその一つである。FC の電解質膜/電極複合体 (MEA) には発電の際、水が生成される。この水の凍結は発電効率の低下や MEA の剥離を引き起こす。しかし、FC 内で氷が成長する位置や速度は未だよく分かっていない。そこで様々な温度、圧力、水分条件下において MEA 上に氷を成長させ、その成長型と成長速度を調べた。

試料と方法 MEA を蒸留水に半日以上浸し、水分条件を調整 ($0.90 \sim 1.1 \text{ g}_{\text{water}}/\text{g}_{\text{MEA}}$) した。種結晶 ($0.3 \sim 1.2 \text{ g}$ /接面圧 $26 \sim 93 \text{ Pa}$ 相当) を載せた MEA を蒸留水に浮かべた。蒸留水と MEA 上面の温度を制御し、MEA を上面より冷却した。実験は 4°C の低温室で行った。氷の成長過程の様子を実体顕微鏡で観察し、CCD カメラを介してコンピュータに取り込んだ。観察画像を解析し、氷の成長型と成長速度を算出した。

結果と考察 氷の成長観察の結果、成長型は接面圧により異なることが明らかになった。すなわち、MEA 表面上の水のみが凍結する「表面型」(50 Pa 以上) と、MEA の下から水を吸い上げつつ氷が成長する「凍上型」(50 Pa 未満) である。「凍上型」は酸素供給を阻害するだけでなく、MEA の膜構造を破壊するため、FC 使用上特に問題となる。また、水分量が 1.0 g/g 以下の場合には MEA 上に氷が成長しないことが示された。これは MEA 中の水の多くが間隙構造や表面力により凍らないため、温度が低下すると MEA 下の水が先に凍結することによる。次に、氷の成長速度を成長面積と種結晶外周より算出した。成長速度は接面圧が約 50 Pa 以上で 5 mm/s 、 20 Pa 以下で 0.06 mm/s であり、 $20 \sim 50 \text{ Pa}$ では $1 \sim 3 \text{ mm/s}$ とばらついた。

ここで、「凍上型」について種結晶が MEA の下より吸い上げた水の量を氷の成長速度から求めた (図 1)。MEA を通過した水分量は成長面の過冷却度 (融点との温度差) に比例して増加した。こうした傾向は結晶の融液成長理論と一致した。また、この際の比例係数は MEA の初期水分が高いほど大きくなった。MEA の水分状態によって、MEA の撥水性や MEA と不凍水膜を介した氷の成長面への通水抵抗が変化したものと考えられる。

おわりに 氷の成長観察により MEA 周辺の氷の成長型と速度が明らかになった。今後は、FC 内の 3 次元的な氷の成長機構や水の流れを解明する必要がある。

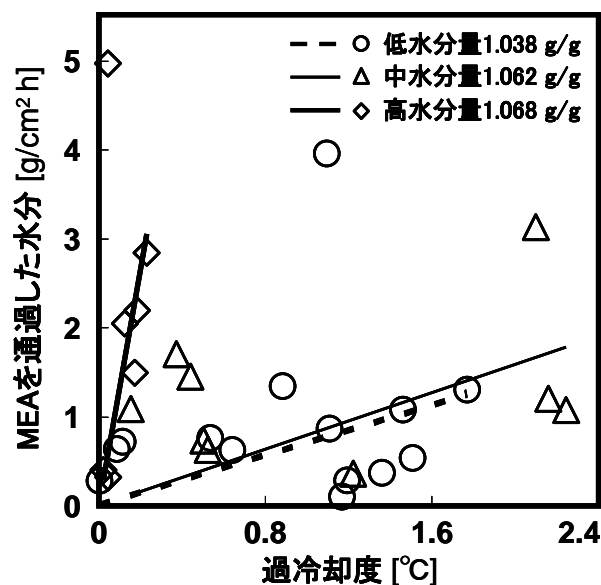


図1. 水分移動量と過冷却度