

ガソリン燃焼チーム クラスター大学22 (燃料・ノック班)

大阪工業大学工学部機械工学科 桑原 一成

ガソリンサロゲート燃料のノッキング発生機構解明とノッキング抑制手法提案に関する化学反応論的解析

目的

- ★高圧縮比＋スーパーリーンバーンによる熱効率50%達成のためにはノック抑制が不可欠
 - 反応論的知識にもとづくOD高精度ノック予測モデルの確立
 - 反応論的知識にもとづくノック抑制手法の考案

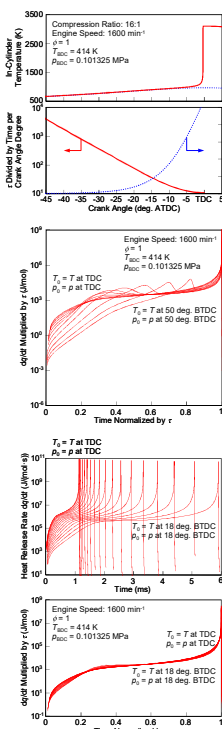
研究内容

- ★高精度ノック予測モデルへのふたつのアプローチ：高精度小規模反応機構 or 高精度Livengood-Wu積分
- ★小規模反応機構の構築：SIP五成分ガソリンサロゲート燃料の詳細反応機構が記述する着火反応経路を解読することにより得られた知識にもとづき、着火遅れ時間の温度・圧力・当量比依存性および熱発生プロファイルを高精度に再現可能。詳細反応機構に対して化学種数1759→55, 反応数5799→92の小規模化。小規模と高精度の両立という点で世界最高レベル
- ★Livengood-Wu積分の原理の解明：積分値が有意な値を示す期間では正規化時間に対して熱発生プロファイルが相似であることを前提として、時間分率の積分値が1に到達すると熱発生プロファイルが完成することを意味。世界初の合理的説明
- ★着火遅れ時間総括式の構築：ガソリンサロゲート燃料の詳細反応機構が記述する着火遅れ時間の温度・圧力・当量比依存性を高精度に再現可能。簡素さと高精度の両立という点で世界最高レベル
- ★二段階Livengood-Wu積分の考案：冷炎反応の有無に関わらず着火過程をH₂O₂ループ反応誘導期間とH₂O₂ループ反応支配期間に分割する考え方を導入。H₂O₂ループ反応誘導期間のLivengood-Wu積分の後にH₂O₂ループ反応誘導期間の終了時点からH₂O₂ループ反応支配期間のLivengood-Wu積分を開始。通常のLivengood-Wu積分よりも高精度に着火予測可能。世界初の方法
- ★Livengood-Wu積分の誤差要因の解明：正確な着火予測のためのLivengood-Wu積分への要求値を求める方法を考案し、要求値と上記総括式による積分値を比較することにより誤差要因を検討。誤差は積分値が有意な値を示す期間の前半に蓄積。冷炎反応後に誤差が生じるという従来の見識と相反する新規的知見
- ★着火遅れ時間補正式の構築：Livengood-Wu積分への要求値から誤差解消のための補正式を導出
- ★以上の成果を統合した改良型Livengood-Wu積分による高精度ノック予測モデルの確立

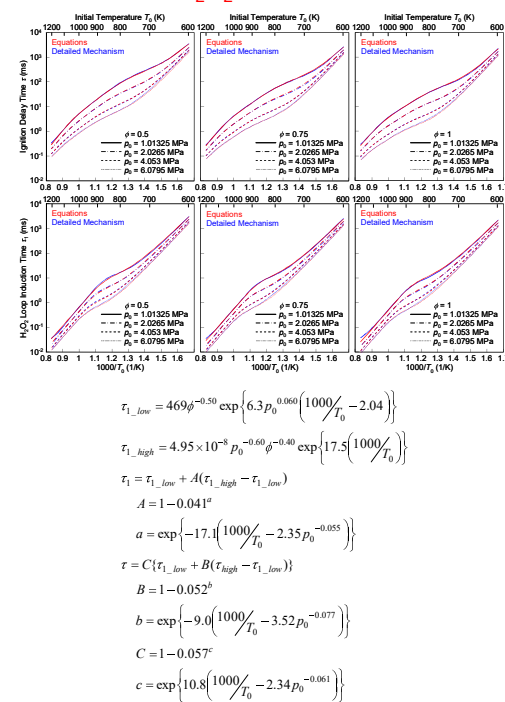
2014	2015	2016	2017	2018
リファレンス燃料 着火遅れ時間総括式	サロゲート燃料 パラメータ依存性	サロゲート燃料 着火遅れ時間総括式	サロゲート燃料 着火遅れ時間総括式	サロゲート燃料 着火遅れ時間総括式
Livengood-Wu積分 検討	Livengood-Wu積分 検討	Livengood-Wu積分 検討	Livengood-Wu積分 検討	Livengood-Wu積分 検討
				ノック抑制手法 提案/検証

主な成果

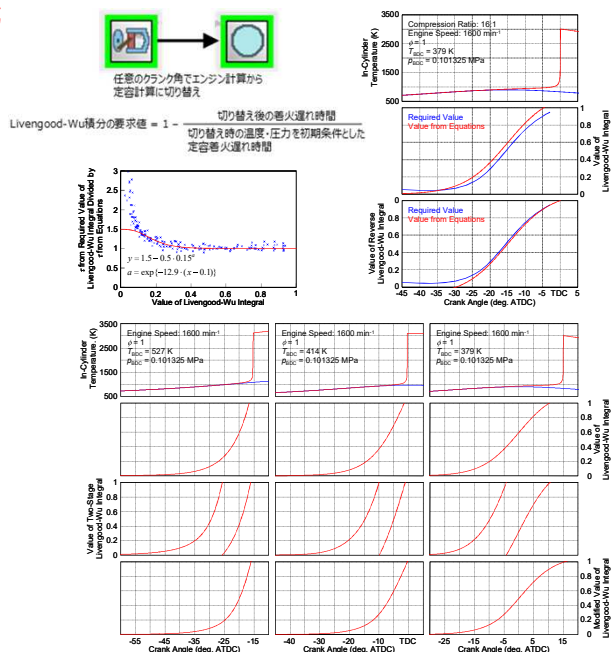
Livengood-Wu積分の原理



プレミアムガソリンサロゲート燃料の着火遅れ時間・H₂O₂ループ反応誘導期間総括式



着火遅れ時間補正式による誤差解消



積分値が有意な値を示す期間では各クランク角の温度と圧力を初期条件とした定常着火過程の熱発生速度は着火遅れ時間により正規化した時間に対して相似な挙動を示す。着火遅れ時間の逆数の積分は着火遅れ時間に対する離散化時間の分率を足し合わせていくことでもある。熱発生プロファイルが正規化時間に対して相似であれば、積分値が1に到達することは熱発生プロファイルが完成することを意味する

左記の知見を踏まえると、Livengood-Wu積分の高精度化のためには積分値が有意な値を示す期間の雰囲気などのような熱発生プロファイルを与える条件にあることが必要である。このためには着火遅れ時間およびH₂O₂ループ反応誘導期間の温度・圧力・当量比依存性を正確に記述することが必要である。式により、SIP五成分プレミアムガソリンサロゲート燃料の着火遅れ時間およびH₂O₂ループ反応誘導期間を詳細反応機構の結果に対して+/-10%以内の精度で再現可能である。両者の差としてH₂O₂ループ反応支配期間を求めることが可能である

着火が圧縮行程から上死点付近にかけて起こる場合には二段階Livengood-Wu積分は着火予測の高精度化に効果的であるが、着火が膨張行程で起こる場合には通常のLivengood-Wu積分、二段階Livengood-Wu積分の両方で大きな誤差が生じる。正確な着火予測のためのLivengood-Wu積分への要求値を求め、左記の総括式による積分値と比較することにより誤差要因を検討した。要求値と逆り型積分値が積分値が有意な値を示す期間の後半で一致することより、誤差が積分値が有意な値を示す期間の前半で蓄積されたと考えられる。左上グラフの補正式により誤差を解消し、高精度な着火予測が実現することが可能である。