

ENEW のエントリー物質の追加

Y. Satou, Y. Makimura, R. Takahashi

July 27, 2024

Abstract

ENEW のエントリー物質として、エポキシ、G10_FR4、及び、CFRP を新たに追加した。プラスチックシンチレータの電荷 (Z) と質量数 (A) を修正した。

1 はじめに

ENEW はエネルギー損失計算に必要な物質パラメータをプログラム内に保持している。新しい物質については新たに登録する必要があるが、今回、エポキシ (Epotek-301-1)、G10_FR4、及び、CFRP を新たにエントリーに加えた。また、既に登録されているプラスチックシンチレータ (Polyvinyltoluene) のパラメータ ($Z = 3.38$ 、 $A = 6.56$) が Sternheimer [1] の表 II の Z/A 値 ($Z/A = 0.54141$) に従わないことが分かったので値を修正した。

新エントリー物質の緒パラメータと、プラスチックシンチレータの更新値は先の報告 [2] の通りである。

2 エネルギー損失の計算結果

ENEW を含む各種エネルギー損失計算コード (INTENSITY、ELOS、ENEW、及び、LISE) を用いて計算される、厚さが 10 mm のプラスチックシンチレータ、 CH_2 、及び、水を通過する際の陽子のエネルギー損失 (MeV) の入射エネルギー (MeV/u) 依存性を図 1、図 2、及び、図 3 に示す。厚さが 2.4 mm の、炭素 (密度 1.8 g/cm^3)、エポキシ、G10_FR4、及び、CFRP を通過する際の陽子のエネルギー損失の入射エネルギー依存性を図 4、図 5、図 6、及び、図 7 に示す。各コードの計算結果の相互の一致は大変良いと言える。

3 飛程の計算結果

プラスチックシンチレータ (Polyvinyltoluene)、炭素 (密度 1.8 g/cm^3)、 CH_2 、水、エポキシ、G10_FR4、及び、CFRP における陽子の飛程 – エネルギー曲線を、それぞれ、図 8、図 9、図 10、図 11、図 12、図 13、及び図 14 に示す。計算に用いたコード (あるいは Web ページ) は、INTENSITY、NIST pstar [3]、ENEW、RANGELBL、及び、LISE である。複数の計算結果は相互に良く一致する。

図 15 と図 16 に、それぞれ、プラスチックシンチレータと炭素 (1.8 g/cm^3) の陽子に対する飛程 – エネルギー曲線の低エネルギー領域 (陽子エネルギーが 70 MeV/u 以下) における拡大図を示す。

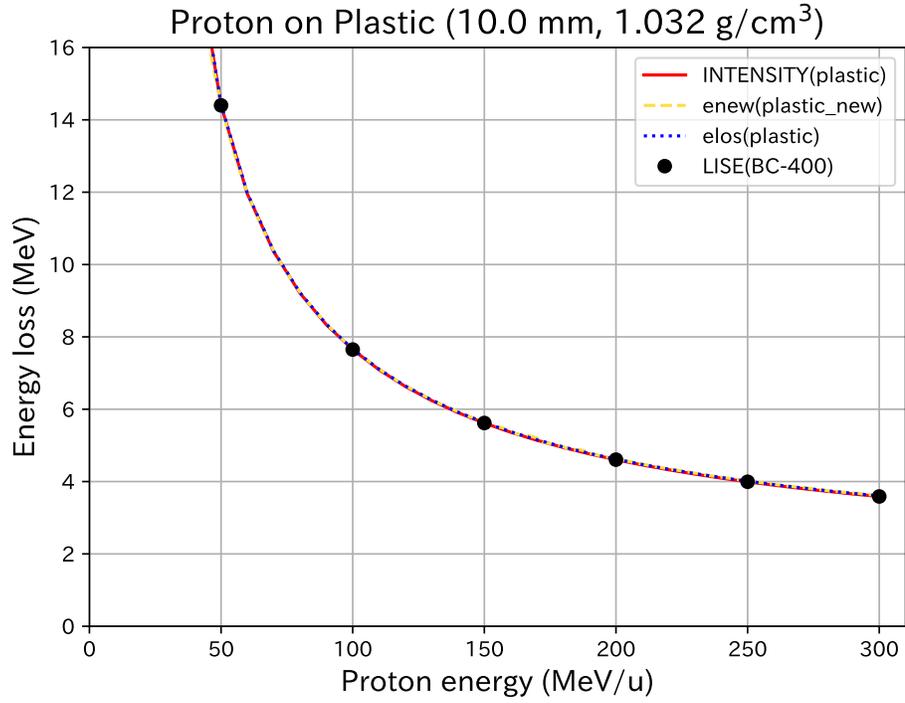


Figure 1: 厚さ 10 mm のプラスチックシンチレータ中での陽子のエネルギー損失の入射エネルギー依存性。

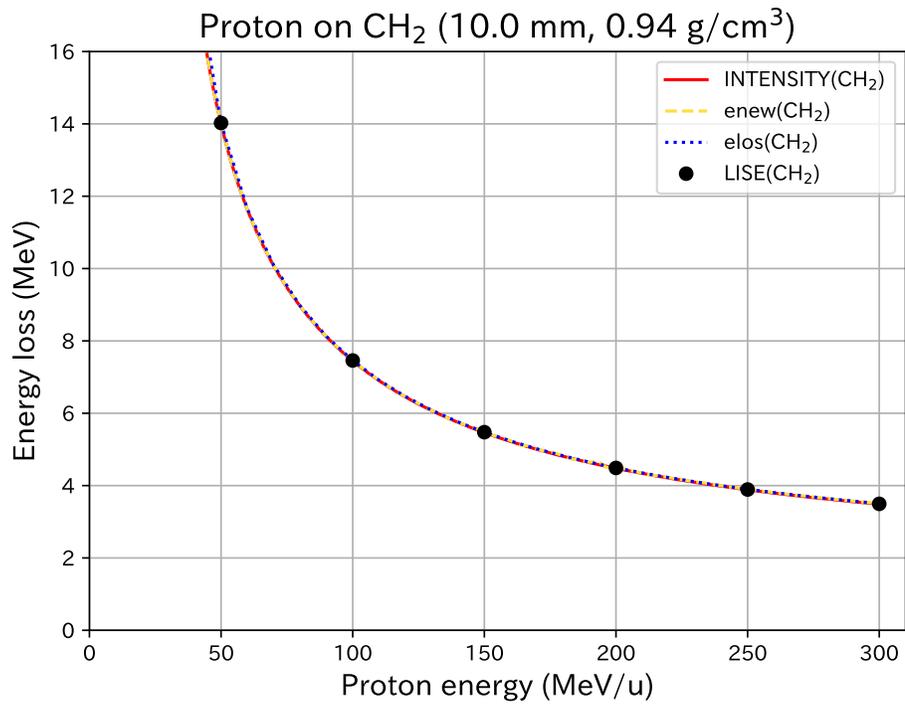


Figure 2: 厚さ 10 mm の CH₂ 中での陽子のエネルギー損失の入射エネルギー依存性。

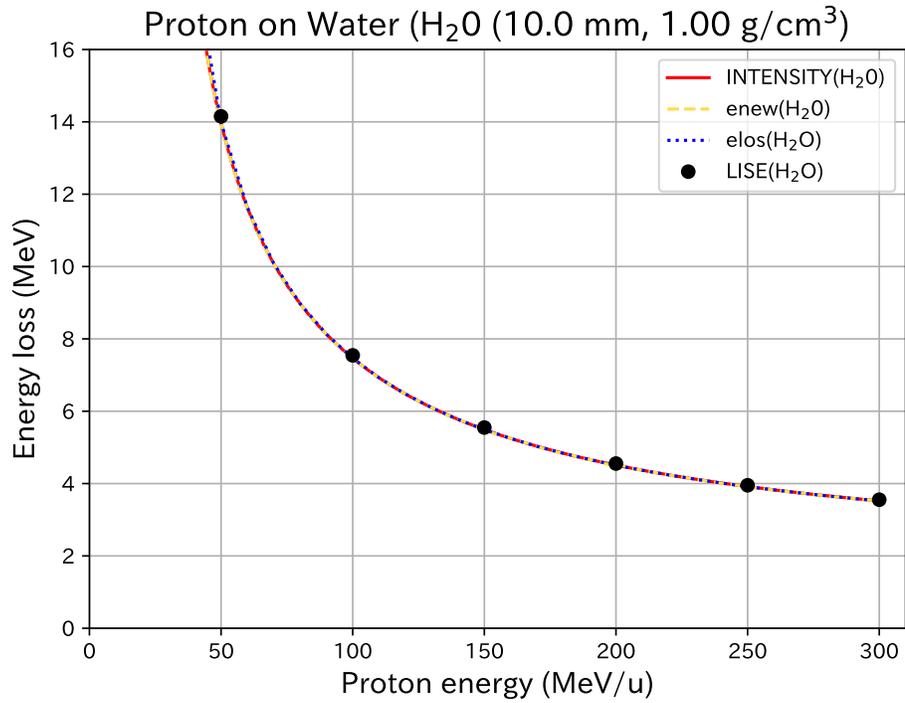


Figure 3: 厚さ 10 mm の水中での陽子のエネルギー損失の入射エネルギー依存性。

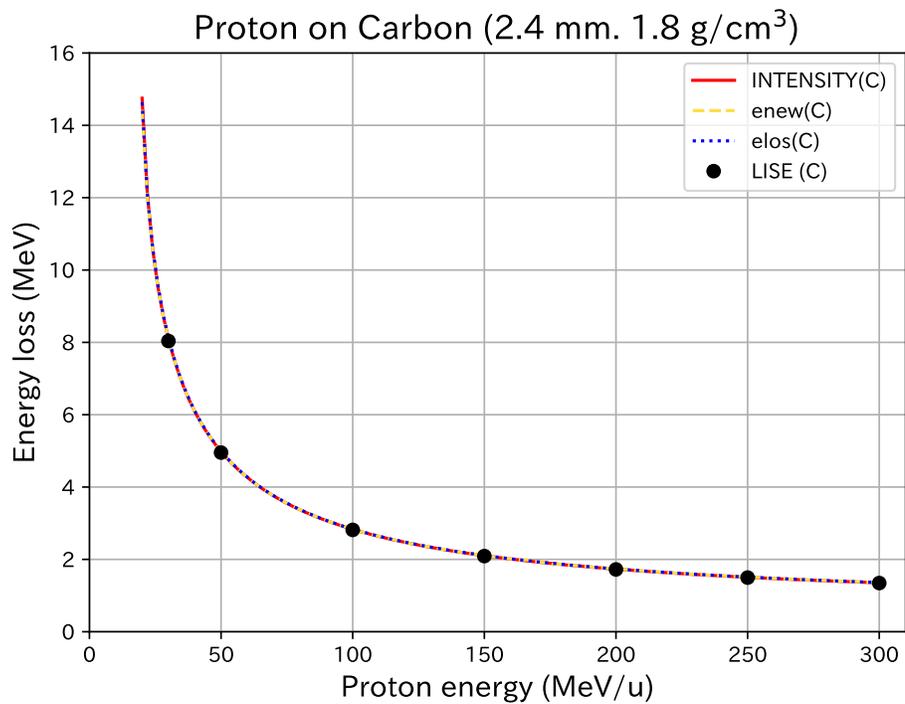


Figure 4: 厚さ 2.4 mm の炭素 (密度 1.8 g/cm³) 中での陽子のエネルギー損失の入射エネルギー依存性。

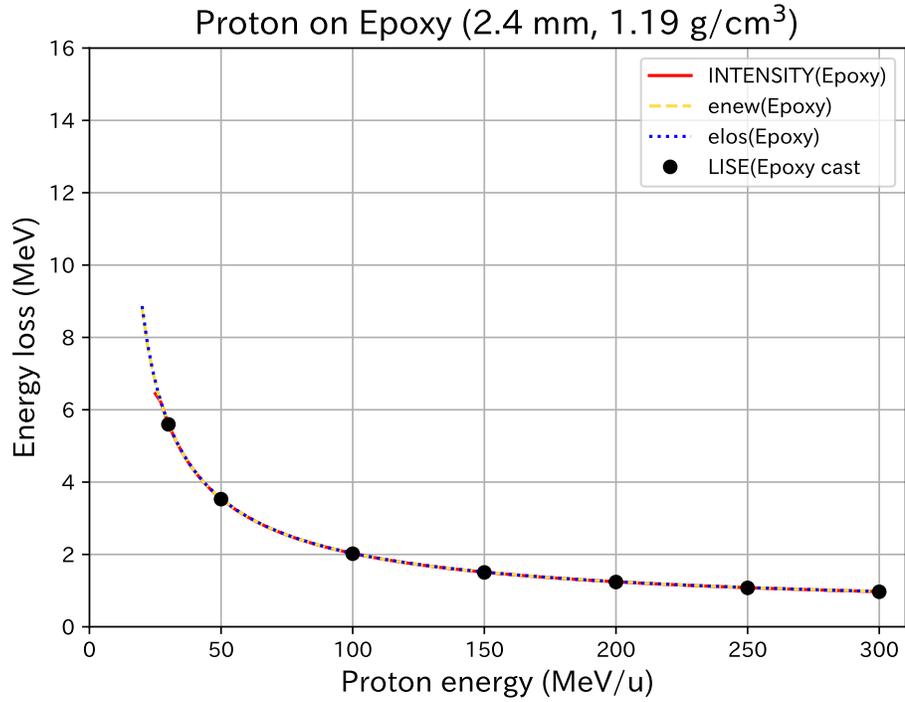


Figure 5: 厚さ 2.4 mm のエポキシ中での陽子のエネルギー損失の入射エネルギー依存性。

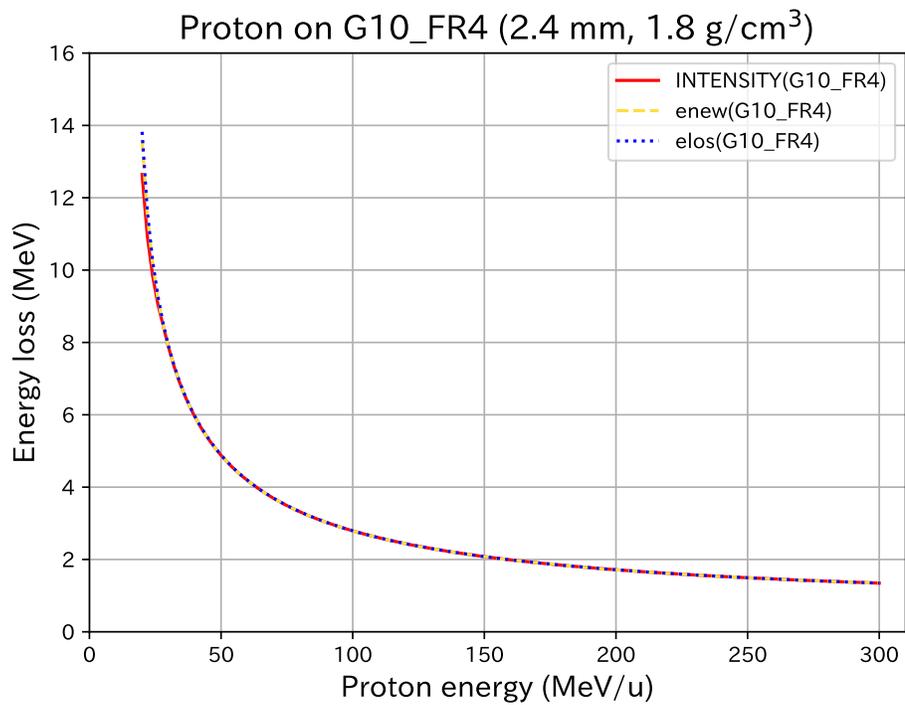


Figure 6: 厚さ 2.4 mm の G10_FR4 中での陽子のエネルギー損失の入射エネルギー依存性。

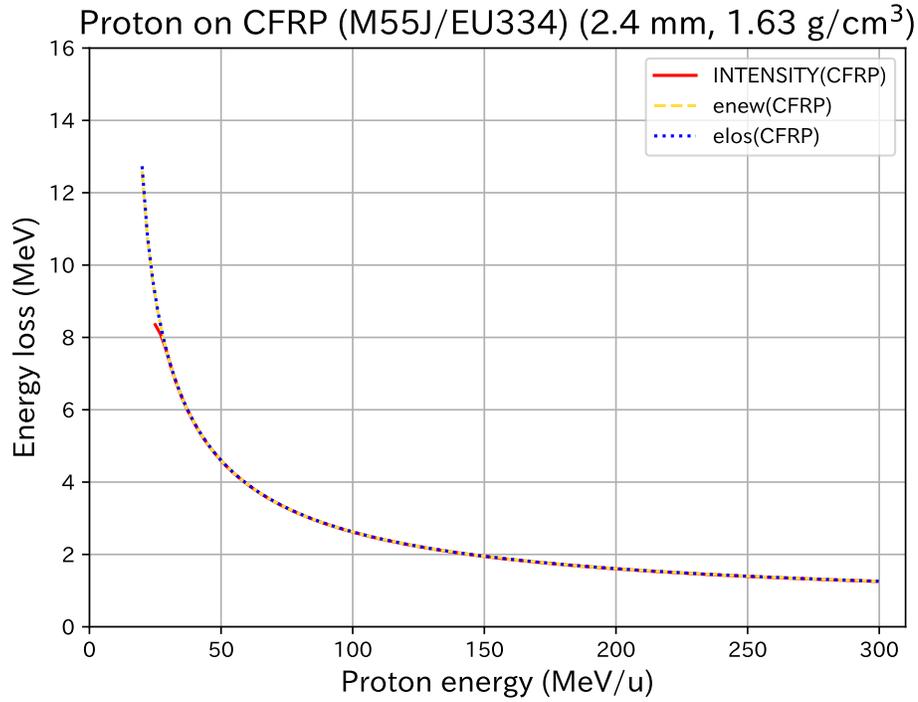


Figure 7: 厚さ 2.4 mm の CFRP 中での陽子のエネルギー損失の入射エネルギー依存性。

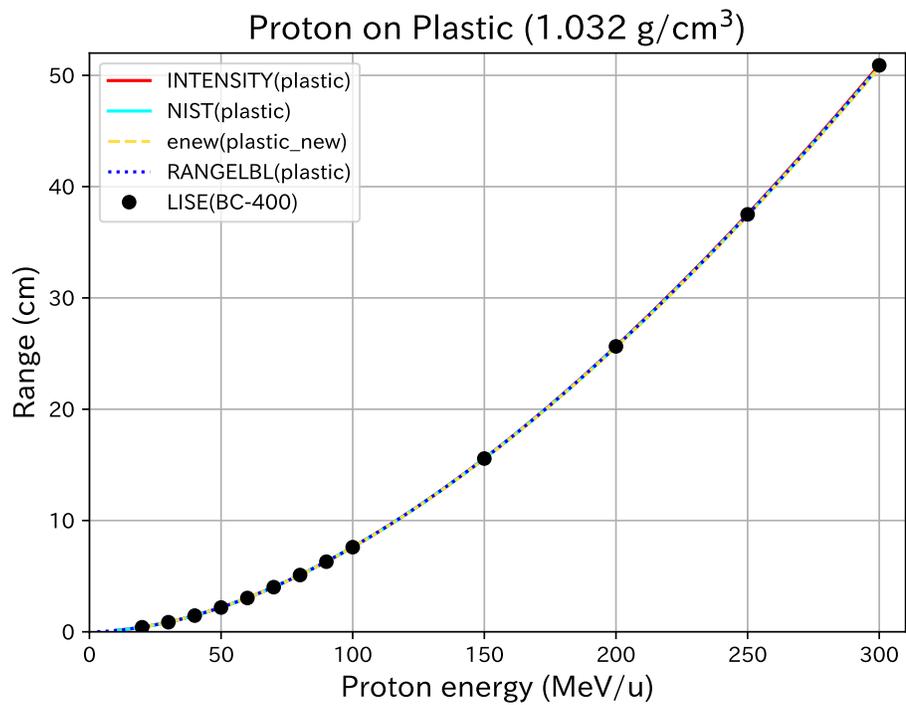


Figure 8: プラスチックシンチレータ (Polyvinyltoluene) 中での陽子の飛程の入射エネルギー依存性。

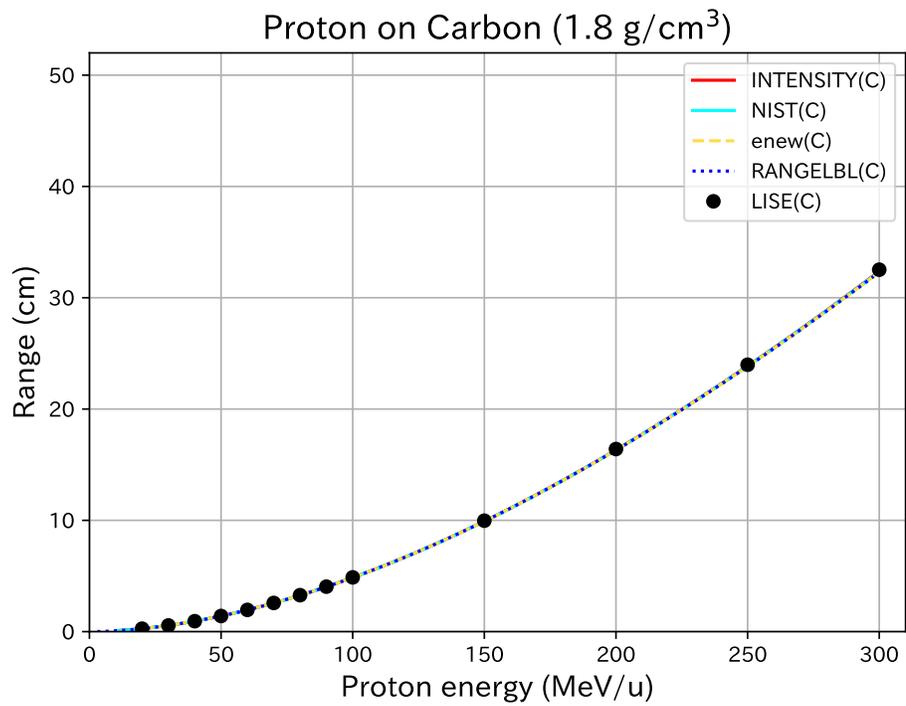


Figure 9: 炭素 (密度 1.8 g/cm³) における陽子の飛程 – エネルギー曲線。

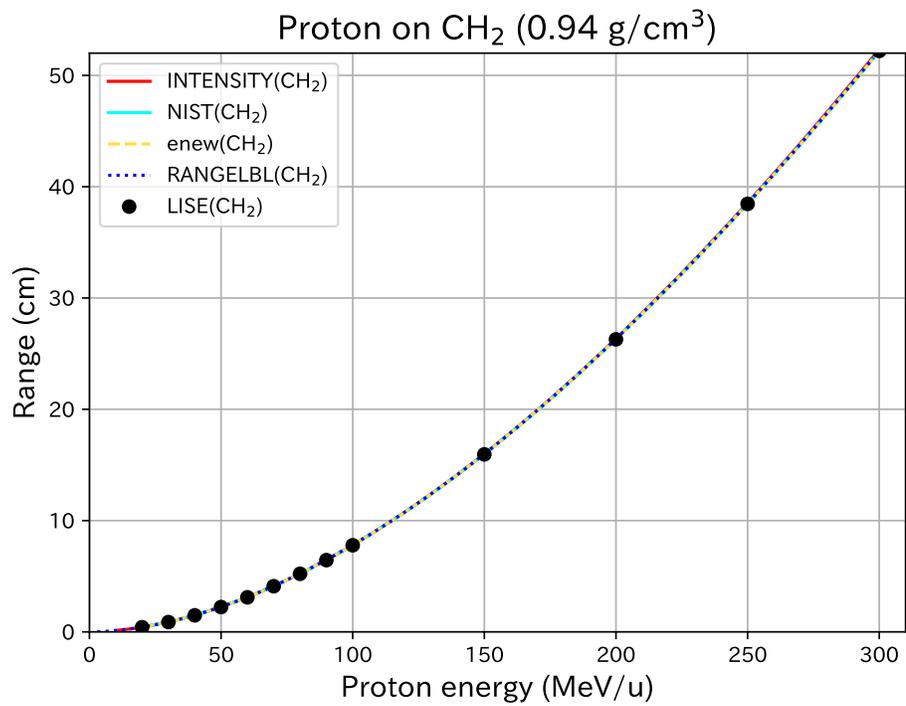


Figure 10: CH₂ 中における陽子の飛程 – エネルギー曲線。

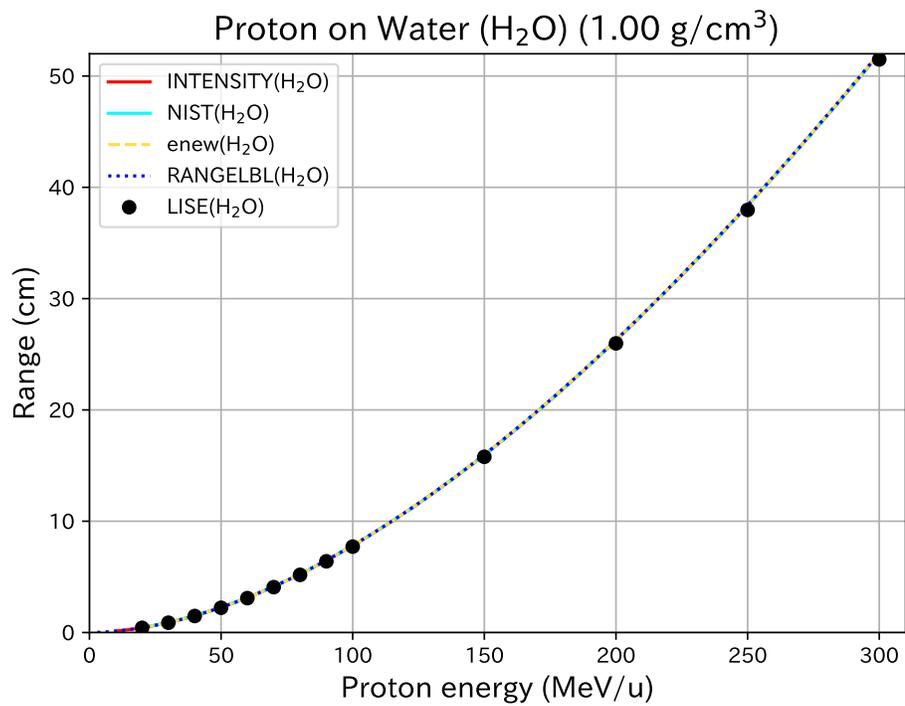


Figure 11: 水中における陽子の飛程 – エネルギー曲線。

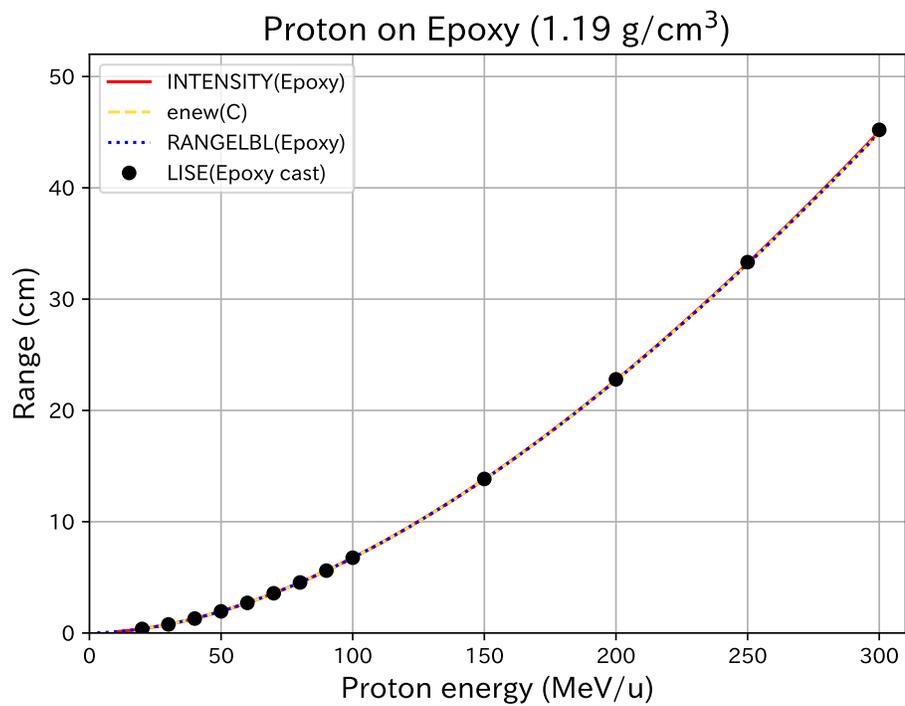


Figure 12: エポキシにおける陽子の飛程 – エネルギー曲線。

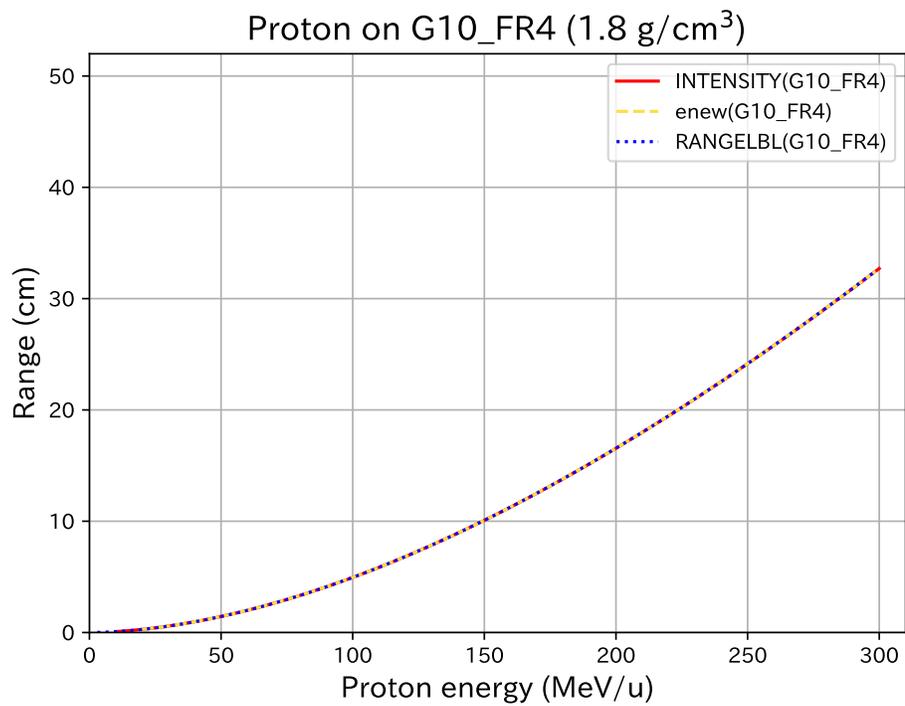


Figure 13: G10_FR4 における陽子の飛程 – エネルギー曲線。

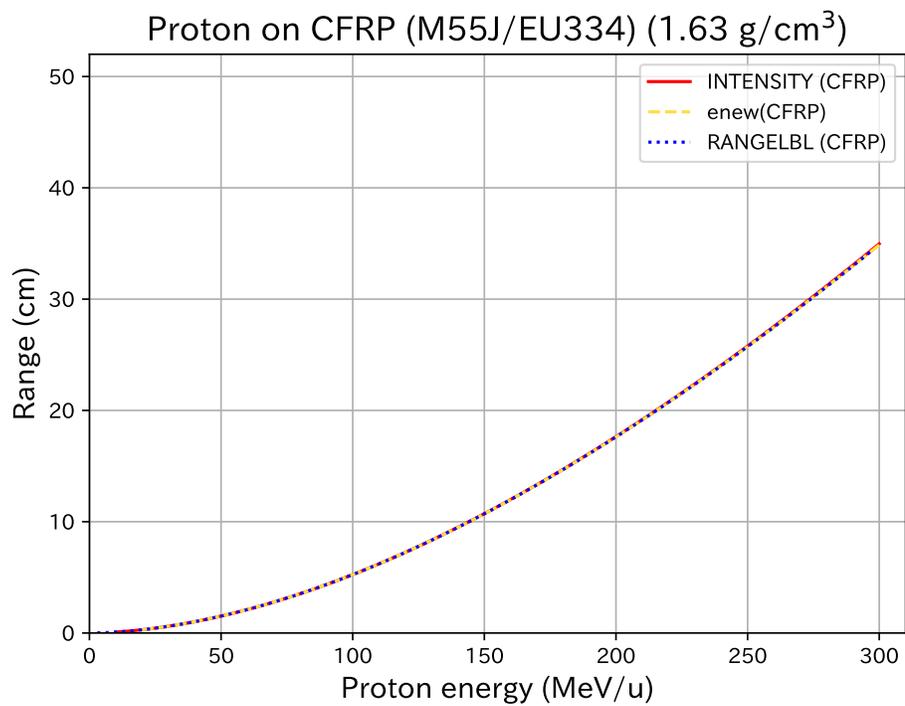


Figure 14: CFRP における陽子の飛程 – エネルギー曲線。

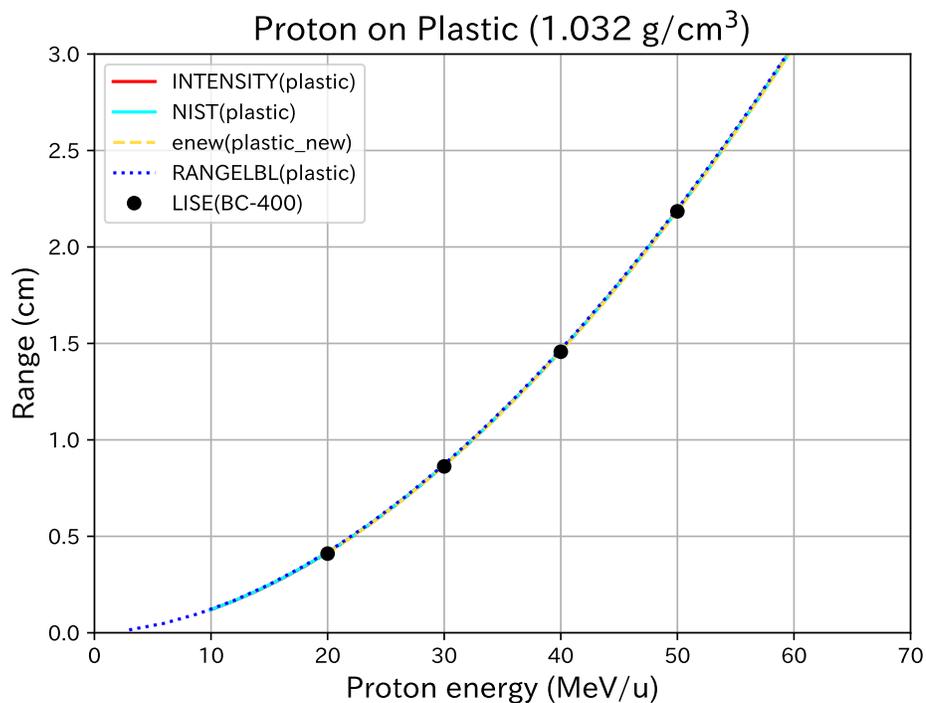


Figure 15: プラスチックにおける陽子の飛程 – エネルギー曲線。低エネルギー領域の拡大図。

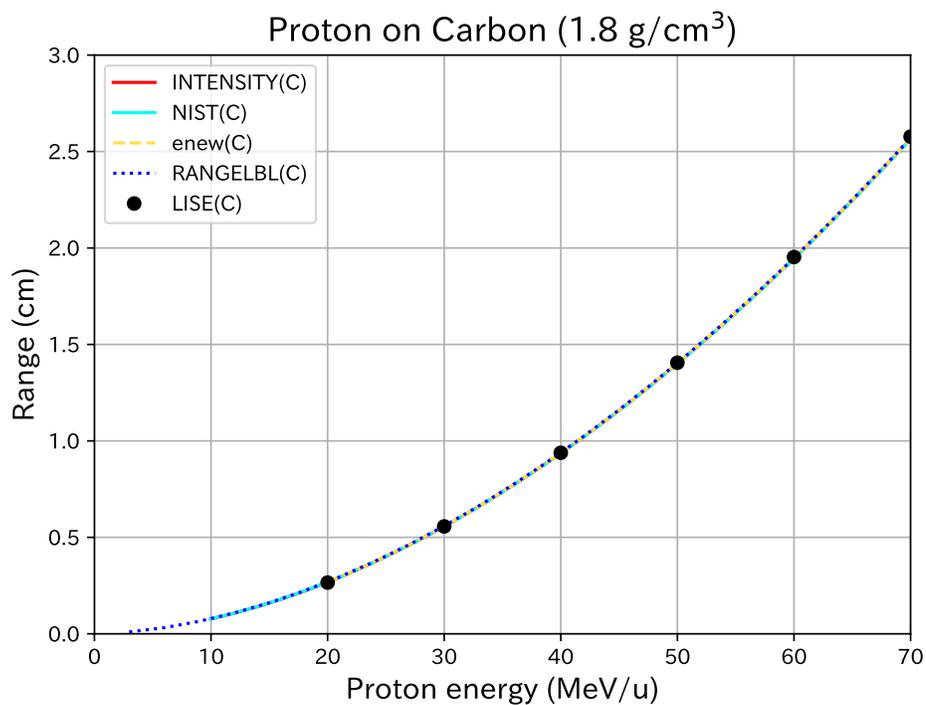


Figure 16: 炭素 (1.8 g/cm³) における陽子の飛程 – エネルギー曲線。低エネルギー領域の拡大図。

References

- [1] R.M. Sternheimer, M.J. Berger, and S.M. Seltzer, Atomic Data and Nuclear Data Tables, 30 (1984) 262.
- [2] [Interaction of protons with G10_FR4, CFRP and other substances.](#)
- [3] [Stopping-power and range tables for protons, NIST.](#)