JAEA-Technology
2013-011

Fast Reactor Fuel Pin Behavior Analyses in a LOF Type Transient Event

Tomoyasu MIZUNO, Shin-ichi KOYAMA, Takeji KAITO
Tomoyuki UWABA and Kenya TANAKA

Fast Reactor Fuels and Materials Technology Development Unit
Advanced Nuclear System Research and Development Directorate

June 2013

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Technology

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ（http://www.jaea.go.jp）
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構　研究技術情報部　研究技術情報課
〒319-1195　茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,
Japan Atomic Energy Agency
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2013

JAEA-Technology 2013-011

Fast Reactor Fuel Pin Behavior Analyses in a LOF Type Transient Event

Tomoyasu MIZUNO, Shin-ichi KOYAMA, Takeji KAITO, Tomoyuki UWABA and Kenya TANAKA

Fast Reactor Fuels and Materials Technology Development Unit,
Advanced Nuclear System Research and Development Directorate,
Japan Atomic Energy Agency
Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken

(Received March 11, 2013)

In order to evaluate integrity limiting parameters of fuel pins during fast reactor core transient events, such as fuel center line temperature and cladding maximum temperature, fuel pin behavior calculations were made using the fast reactor fuel pin performance code CEDAR. The temperature histories of fuel pins during a loss of flow (LOF) type transient events was calculated based on Ross & Stoute type gap conductance model and constant gap conductance model, which is used in a core transient calculation code like HIPRAC.

The calculated maximum temperatures of cladding and adjacent coolant channel were lower in the case with Ross & Stoute type model than in the case of constant gap conductance model due to the dynamic change of gap conductance of former case. It is indicated that core transient calculations with constant gap conductance give conservative cladding and coolant temperatures than that with Ross & Stoute type gap conductance model which is thought to be realistic.

Keywords：Fast Reactor, Mixed Oxide Fuel, Transient, Gap Conductance, Ross and Stoute, CEDAR

JAEA-Technology 2013-011

LOF 型過渡事象における高速炉燃料ピン挙動解析

日本原子力研究開発機構　次世代原子力システム研究開発部門
燃料材料技術開発ユニット

水野　朋保、小山　真一、皆藤　威二、上羽　智之、田中　健哉

(2013 年 3 月 11 日　受理)

燃料中心温度や被覆管最高温度のように、過渡事象時の高速炉燃料ピンの健全性に影響する因子を評価するため、燃料解析コード"CEDAR"による照射挙動評価を実施した。冷却材流量低下型(LOF)の過渡事象時における燃料ピンの温度履歴を、２通りのギャップコンダクタンスモデル（Ross&Stoute 型のギャップコンダクスタンスモデルおよび一定のギャップコンダクタンスモデル）に基づき計算した。後者のギャップコンダクタンスモデルは、炉心過渡計算コード"HIPRAC"で用いられているモデルである。

被覆管最高温度と被覆管周辺の冷却材温度は、Ross&Stoute モデルではギャップコンダクタンスの時間変化を考慮することにより、一定のモデルを用いる場合よりも低く計算された。これより、一定のギャップコンダクタンスモデルによる炉心過渡計算では、現実的な Ross&Stoute モデルを用いる場合よりも、被覆管と冷却材温度の評価結果は保守的になることが示された。

大洗研究開発センター（駐在）：〒311-1393　茨城県東茨城郡大洗町成田町 4002

Contents

1. Introduction ····· 1
2. Evaluation method ····· 1
3. Results of calculation and discussions ····· 2
3.1 Calculation results of (U,Pu) Oxide fuel pins ····· 2
3.2 Contribution of minor actinides ····· 3
4. Conclusions ····· 3
References ····· 4

目　次

1. 序論 ····· 1
2. 評価方法 ····· 1
3. 計算結果および考察 ····· 2
3.1 U,Pu 酸化物燃料ピンの計算結果 ····· 2
3.2 マイナーアクチニドの寄与 ····· 3
4. 結論 ····· 3
参考文献 ····· 4

List of table

Table 1 Core and fuel specifications of the large scale JSFR ····· 5

List of figure

Fig.1 Histories of fuel pin power and coolant flow rate ····· 6
Fig.2 An example of fuel transient calculation (LOF type event) ····· 7
Fig.3(a) History of fuel centerline temperature ····· 8
Fig.3(b) History of gap conductance ····· 8
Fig.4(a) History of cladding midwall temperature ····· 9
Fig.4(b) History of coolant temperature ····· 9
Fig.5(a) Cladding midwall temperature as a function of the time into the transient (R&S gap conductance model) ····· 10
Fig.5(b) Coolant temperature as a function of the time into the transient (R&S gap conductance model) ····· 10

1. Introduction

In fast reactor core transient events, fuel centerline temperature and cladding maximum temperature are integrity limiting parameters of fuel pins. In reactor design studies, fuel and cladding temperatures during reactor core transients are evaluated using calculational tools, such as HIPRAC[1),2)] in which the core neutronics analysis is based on the point-kinetics and thermal hydraulic calculation is based on multi-channel model with simplified heat transfer equations to calculate fuel, cladding and coolant temperatures[2)]. On the other hand, fuel pin performance codes are available to calculate these temperatures with detailed thermo-mechanical models. The fast reactor fuel pin performance code CEDAR[3)] is a typical tool for analyses of fuel pin behavior including temperatures in a fuel pin with detailed models such as a Ross & Stoute type fuel-cladding gap conductance model[4)], thermal expansions of fuel and cladding, their mechanical deformations and compositions of gaseous phase in a fuel pin, whereas HIPRAC applies constant fuel - cladding gap conductance through a calculation of single channel without analyses of fuel pin mechanical behavior and gas composition in a fuel - cladding gap.

It is worth to evaluate fuel pin performance during the fast reactor core transient event using a fuel in performance code applying power histories obtained by a reactor core transient calculation code such as HIPRAC and to look into the deference of temperatures between simplified and detailed calculations. The result will show the margin of temperatures calculated by simplified model in a reactor core transient code.

2. Evaluation method

The JSFR 1500MWe core[5),6)] with oxide fuel is selected for the transient calculation. Initiator of the core transient in the present study is a flow rate decrease of the primary circuit as a typical loss-of-flow type transient. Major characteristics of the core and a reactor system modeling are found elsewhere.[1),5)] Transient fuel pin behavior calculations were made using CEDAR code. The fuel pin specifications of JSFR core is indicated in Table 1 [5)] and the histories of fuel pin power and coolant flow rate were taken from HIPRAC calculation results[1)] as indicated in Fig.1. CEDAR code calculated the temperatures of fuel, cladding and coolant. For (U,Pu) oxide fuel pins, two kinds of calculation are made using CEDAR code changing the fuel-cladding gap conductance model. One is with Ross & Stoute type gap conductance model, and the other is with constant gap conductance which is identical with HIPRAC calculation of simplified model. These two results are compared to understand the difference between detailed modeling and simplified modeling. For Ross & Stoute type gap conductance model, fuel and cladding thermal expansions are predominant factors to determine the fuel to cladding gap width during transient. In the present study, thermal expansion correlation of austenitic steel is applied to the cladding tube on the assumption that the modified type 316 stainless steel (PNC316) is used for cladding material.

To investigate the contribution of minor actinide, identical calculation was made with Ross & Stoute type gap conductance model. Minor actinide(MA) content was set to 5% in heavy metal (HM) as a

sensitivity study and the MA content was considered in the fuel thermal conductivity. The result was compared with that of (U,Pu) oxide fuel.

3. Results of calculation and discussions

3.1 Calculation results of (U,Pu) Oxide fuel pins

At first, a benchmark calculation was made to compare the results of CEDAR code and a core safety analysis code using a model case of LOF type transient in which the power and flow rate histories are different from those in Fig.1. Figure 2 shows the average fuel temperature history for the case of constant gap conductance. A solid line indicated the average fuel temperature by CEDAR code.

At the time = 0 (sec), flow rate reduction starts and fuel temperature becomes gradually high since heat removal reduces due to coolant flow rate reduction outside of the fuel pin.

At about two second, reactor scram occurred by low flow rate signal of reactor protection system. Then, fuel temperature goes down with time due to the rapid reduction of reactor power and fuel pin power after the reactor scram.

The result of CEDAR code agrees well with that of core safety analysis code indicated by closed circles in the figure.

This benchmark calculation was followed by analytical calculation using the power and flow rate histories in Fig.1. Figure 3 shows calculated fuel centerline temperatures and fuel - cladding gap conductances. The broken line shows the temperature with constant gap conductance and the solid line shows one with Ross & Stoute type fuel-cladding gap conductance model. The values of gap conductance are equal to each other at the beginning of the transient, time=0, and Ross & Stoute type gap conductance decreases during the transient. This is due to the change of thermal expansions of fuel and cladding, which results in the change of fuel cladding gap width or fuel-cladding contact pressure. Before the scram, the gap conductance decreases mainly due to the increase of cladding thermal expansion. After the scram, it decreases mainly due to the decrease of fuel thermal expansion because of fuel pin power and fuel temperature decrease. As a result, fuel temperature of the Ross & Stoute type gap conductance case is higher than that of constant gap conductance case after the reactor scram, since heat transport from fuel to cladding is less in the former case than in the later case. This mechanism also affects the cladding and coolant temperatures.

Figure 4 shows the calculated cladding and coolant temperatures, Ross & Stoute type gap conductance case of a solid and constant gap conductance case of a broken line. Before 20 seconds, cladding and coolant temperatures of the Ross & Stoute type gap conductance case are lower than those of constant gap conductance case, whereas they reverse each other after 20 seconds. This behavior is explained as follows;

When transient starts, low gap conductance in Ross & Stoute type gap conductance case gives less heat

transfer from fuel to cladding and coolant than that of constant gap conductance case. This results in lower cladding and coolant temperatures in Ross & Stoute type gap conductance case in comparison with constant gap conductance case. After certain time, more residual heat remains in the fuel of Ross & Stoute type gap conductance case due to the low heat transfer from fuel to cladding. Then heat transfer from fuel to cladding becomes larger in case of Ross & Stoute type gap conductance than in case of constant gap conductance case.

As a result, cladding and coolant temperature changes in Ross & Stoute type gap conductance case are benign. As simplified constant gap conductance is applied to core safety calculations, such simple model includes some margin to cladding and coolant temperature in the evaluation results. This also means that, if Ross & Stoute type gap conductance model is applied to core safety calculations, that gives wide design window due to benign temperature change.

3.2 Contribution of minor actinides

The calculation result of 5%(in HM) MA bearing fuel pin is shown in Fig.5. Obtained temperature history was similar to that of the (U,Pu) oxide fuel pin. The temperatures of MA bearing fuel pin were slightly higher than that of (U,Pu) fuel pin. But in terms of a comparison between Ross & Stoute type gap conductance model and constant gap conductance model, simplified constant gap conductance includes some margin to cladding and coolant temperature in the evaluation results, even in a case of MA bearing fuel.

4. Conclusions

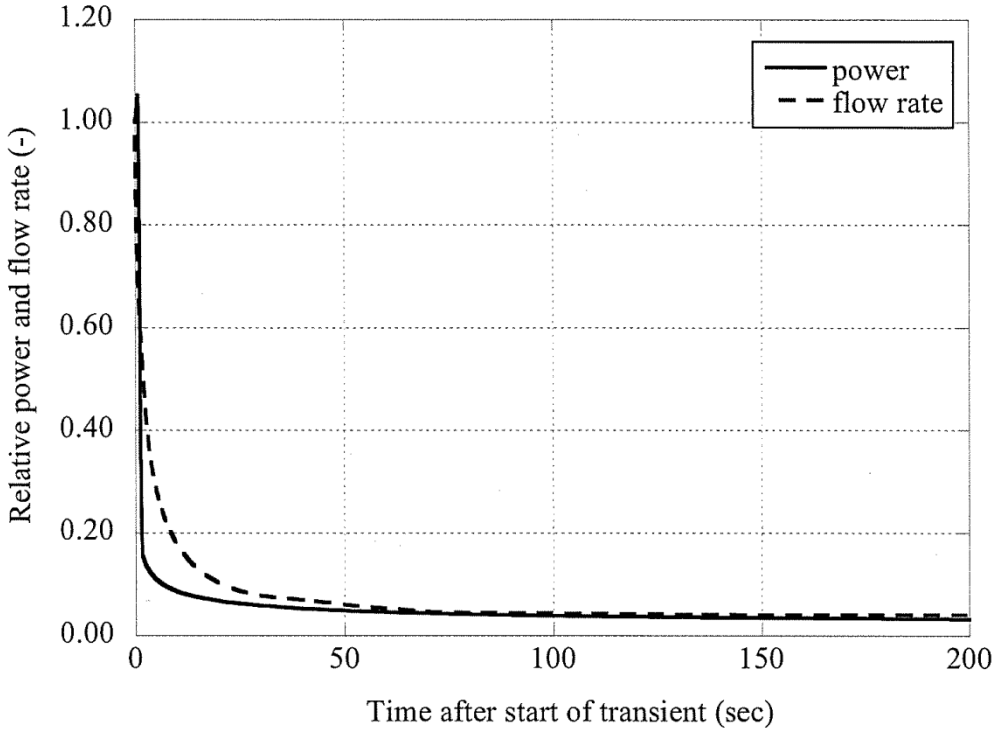
Temperature histories of a fast reactor oxide fuel pin during a LOF type transient event were calculated using a fuel pin performance code CEDAR. Ross & Stoute type gap conductance model and constant gap conductance model used in a core transient calculation code like HIPRAC were applied. The calculated maximum temperatures of cladding and adjacent coolant channel were lower in the case with Ross & Stoute type gap conductance model than in the case of constant gap conductance model due to the dynamic change of gap conductance of former case. It is indicated that core transient calculations with constant gap conductance give conservative cladding and coolant temperatures than that with Ross & Stoute type gap conductance model which is thought to be realistic. This is concluded to MA bearing oxide fuel pins as well as (U,Pu) oxide fuel pins.

References

1) H. Hayashi, et al., "Design study on a large FBR plant enhancing passive safety," J. Atomic Energy Society of Japan, vol.39, 11, pp.975-985 (1997) (in Japanese).
2) K.Kawashima, et.al., "Power Distribution Skewing Effects on Fuel Temperature during TOP in a Large Commercial-Base Fast Reactor", GLOBAL2011, Makuhari, Japan (2011).
3) T. Mizuno, et al., "Fuel Pin Performance and reliability Analysis Code in PNC", Int. Conf. on Reliable Fuels for Liquid Metal reactors, pp.5-28－5-39, Tucson, AZ (1986).
4) A.M.Ross and R.L.Stoute, "Heat Transfer Coefficient Between UO2 and Zircaloy-2", Report CRFD-1075, Atomic Energy of Canada (1962).
5) T.Mizuno, T.Ogawa, M.Naganuma, T.Aida, "Advanced oxide fuel core design study for SFR in the "Feasibility Study" in Japan", GLOBAL 2005, No.434, Tsukuba, Japan (2005).
6) S. Kotake, et al., "Feasibility Study on Commercialized Fast Reactor Cycle Systems / Current Status of the FR System Design", GLOBAL 2005, No.435, Tsukuba, Japan (2005).

Table 1 Core and fuel specifications of the large scale JSFR

Items	Breeding Core	Break Even Core
Nominal full power (MWe/MWt)	1, 500/3, 570	←
Coolant temperature [outlet/inlet] (℃)	550/395	←
Primary coolant flow (kg/s)	18, 200	←
Core height (cm)	100	←
Axial blanket thickness [upper/lower] (cm)	20/20	15/20
Number of fuel assembly [core/radial blanket]	562/96	562/ —
Envelope diameter of radial shielding (m)	6. 8	←
Fuel cladding outer diameter (mm)	10. 4	←
Fuel cladding thickness (mm)	0. 71	←
Number of fuel pin per assembly	255	←
Wrapper tube outer flat-flat width (mm)	201. 6	←
Wrapper tube thickness (mm)	5. 0	←



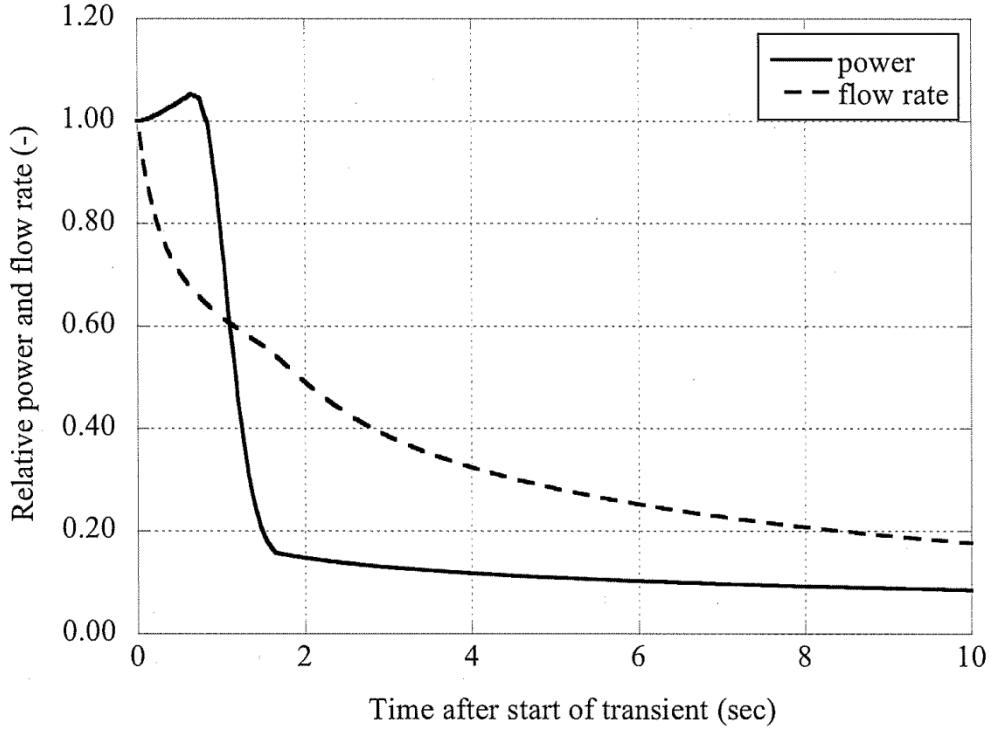


Fig.1 Histories of fuel pin power and coolant flow rate

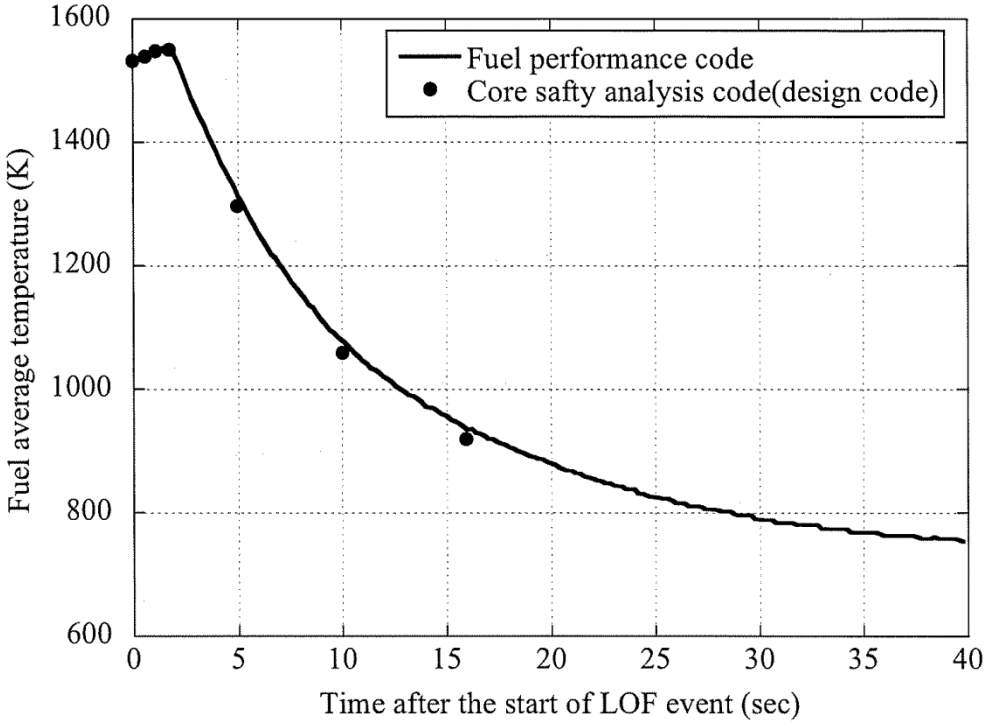


Fig.2 An example of fuel transient calculation (LOF type event)

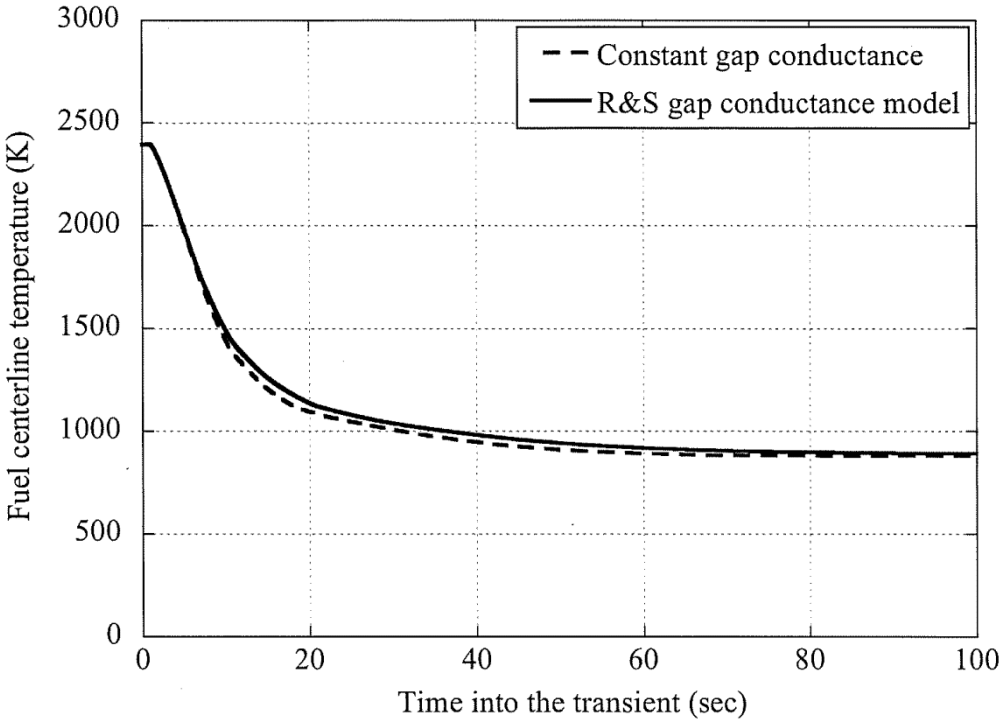


Fig.3(a) History of fuel centerline temperature

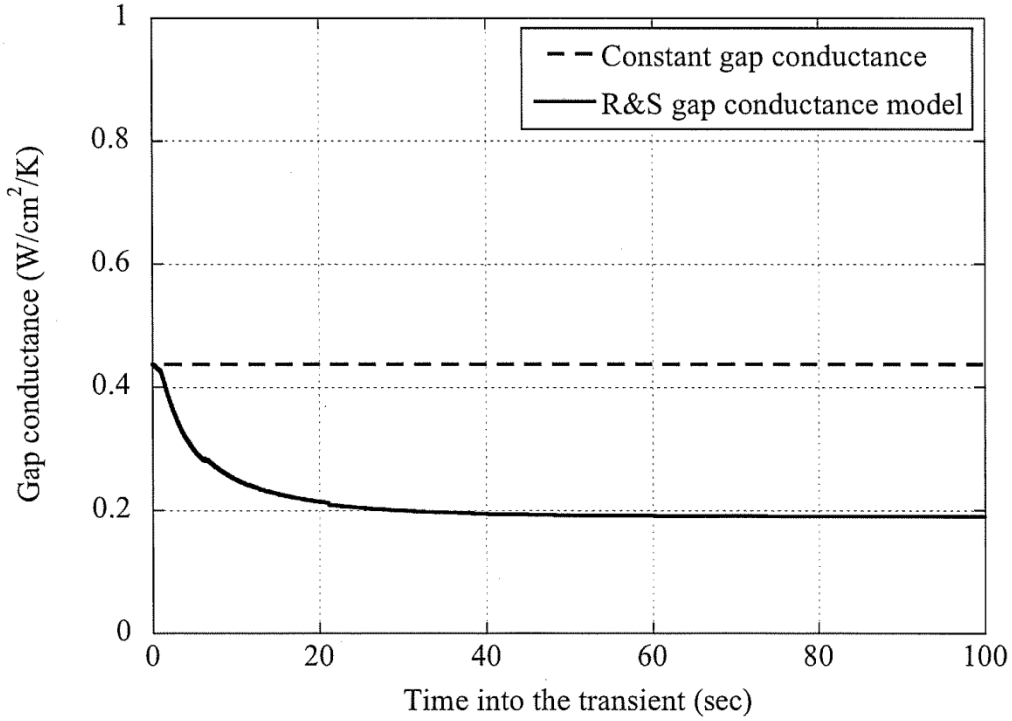


Fig.3(b) History of gap conductance

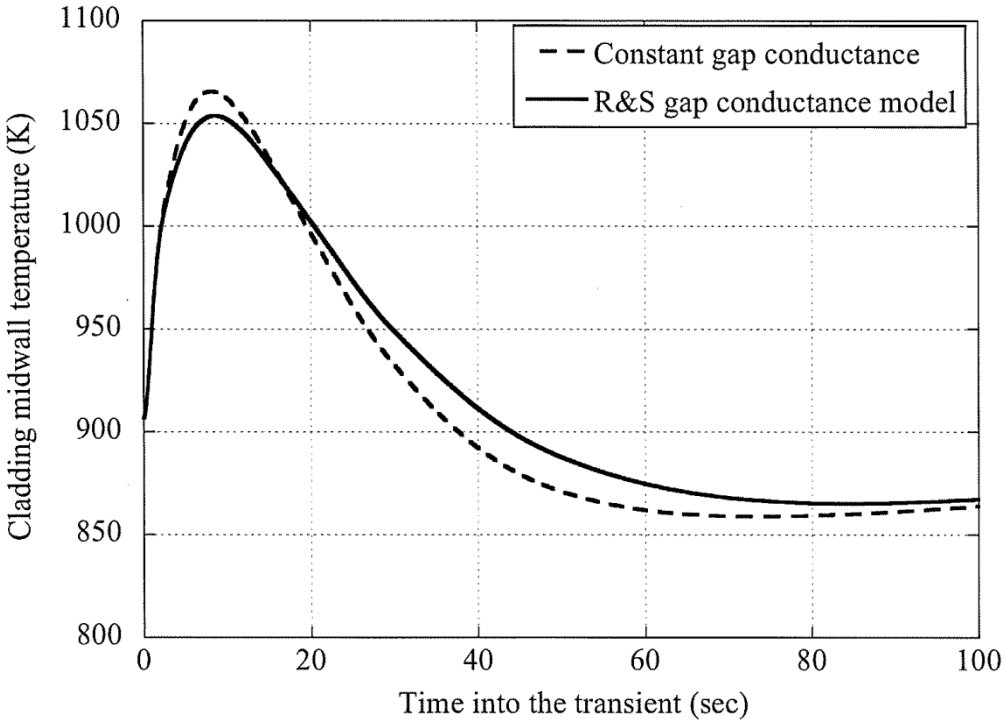


Fig.4(a) History of cladding midwall temperature

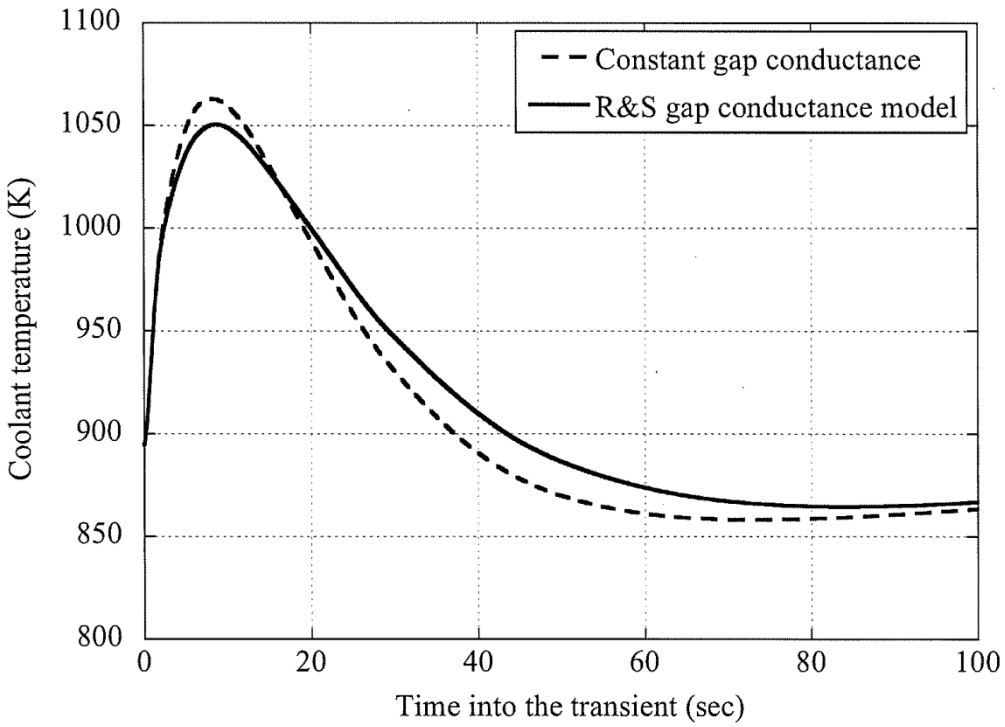


Fig.4(b) History of coolant temperature

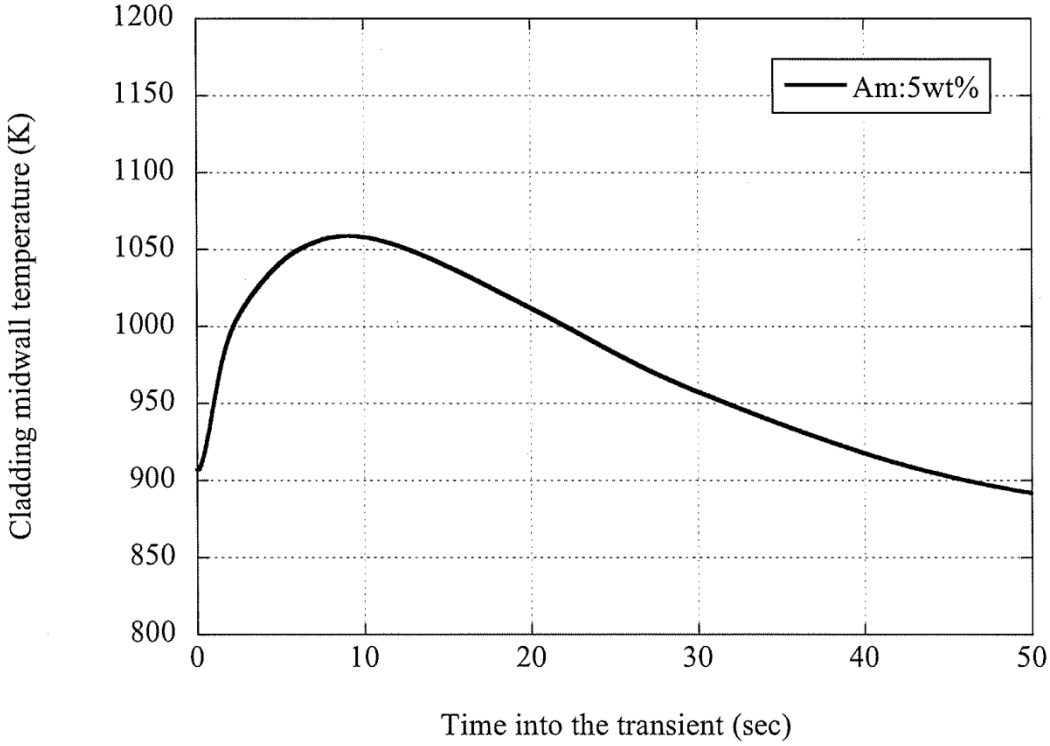


Fig.5(a) Cladding midwall temperature as a function of the time into the transient (R&S gap conductance model)

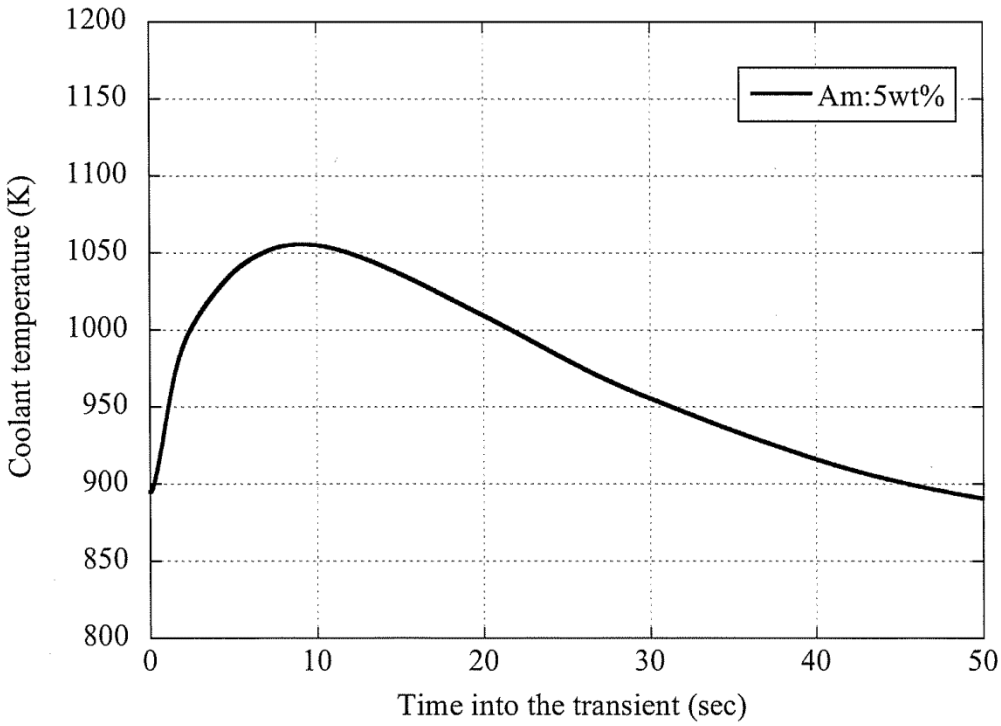


Fig.5(b) Coolant temperature as a function of the time into the transient (R&S gap conductance model)

国際単位系（SI）

表１．SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表２．基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m^2
体積	立法メートル	m^3
速さ，速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s^2
波数	毎メートル	m^{-1}
密度，質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m^3
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m^2
比体積	立方メートル毎キログラム	m^3/kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m^2
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度[a]，濃度	モル毎立方メートル	mol/m^3
質量濃度	キログラム毎立法メートル	kg/m^3
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m^2
屈折率[b]	（数字の） 1	1
比透磁率[b]	（数字の） 1	1

(a) 量濃度（amount concentration）は臨床化学の分野では物質濃度（substance concentration）ともよばれる。
(b) これらは無次元量あるいは次元１をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の１は通常は表記しない。

表３．固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン[b]	rad	1 [b]	m/m
立体角	ステラジアン[b]	sr[c]	1 [b]	m^2/m^2
周波数	ヘルツ[d]	Hz		s^{-1}
力	ニュートン	N		$m\ kg\ s^{-2}$
圧力，応力	パスカル	Pa	N/m^2	$m^{-1}\ kg\ s^{-2}$
エネルギー，仕事，熱量	ジュール	J	N m	$m^2\ kg\ s^{-2}$
仕事率，工率，放射束	ワット	W	J/s	$m^2\ kg\ s^{-3}$
電荷，電気量	クーロン	C		s A
電位差（電圧），起電力	ボルト	V	W/A	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-1}$
静電容量	ファラド	F	C/V	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^4\ A^2$
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-2}$
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^3\ A^2$
磁束	ウエーバ	Wb	Vs	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
磁束密度	テスラ	T	Wb/m^2	$kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-2}$
セルシウス温度	セルシウス度[e]	℃		K
光束	ルーメン	lm	cd sr[c]	cd
照度	ルクス	lx	lm/m^2	$m^{-2}\ cd$
放射性核種の放射能[f]	ベクレル[d]	Bq		s^{-1}
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト[g]	Sv	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
酸素活性	カタール	kat		$s^{-1}\ mol$

(a)SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。
(b)ラジアンとステラジアンは数字の１に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の１は明示されない。
(c)測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
(d)ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
(e)セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。
(f)放射性核種の放射能（activity referred to a radionuclide）は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。
(g)単位シーベルト（PV,2002,70,205）についてはCIPM勧告2（CI-2002）を参照。

表４．単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘度	パスカル秒	Pa s	$m^{-1}\ kg\ s^{-1}$
力のモーメント	ニュートンメートル	N m	$m^2\ kg\ s^{-2}$
表面張力	ニュートン毎メートル	N/m	$kg\ s^{-2}$
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	$m\ m^{-1}\ s^{-1}=s^{-1}$
角加速度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s^2	$m\ m^{-1}\ s^{-2}=s^{-2}$
熱流密度，放射照度	ワット毎平方メートル	W/m^2	$kg\ s^{-3}$
熱容量，エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	$m^2\ kg\ s^{-2}\ K^{-1}$
比熱容量，比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	$m^2\ s^{-2}\ K^{-1}$
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	$m\ kg\ s^{-3}\ K^{-1}$
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m^3	$m^{-1}\ kg\ s^{-2}$
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	$m\ kg\ s^{-3}\ A^{-1}$
電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m^3	$m^{-3}\ sA$
表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m^2	$m^{-2}\ sA$
電束密度，電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m^2	$m^{-2}\ sA$
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	$m^{-3}\ kg^{-1}\ s^4\ A^2$
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	$m\ kg\ s^{-2}\ A^{-2}$
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	$m^2\ kg\ s^{-2}\ mol^{-1}$
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	$m^2\ kg\ s^{-2}\ K^{-1}\ mol^{-1}$
照射線量（X線及びγ線）	クーロン毎キログラム	C/kg	$kg^{-1}\ sA$
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	$m^2\ s^{-3}$
放射強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	$m^4\ m^{-2}\ kg\ s^{-3}=m^2\ kg\ s^{-3}$
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	$W/(m^2\ sr)$	$m^2\ m^{-2}\ kg\ s^{-3}=kg\ s^{-3}$
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m^3	$m^{-3}\ s^{-1}\ mol$

表５．SI 接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10^{24}	ヨタ	Y	10^{-1}	デシ	d
10^{21}	ゼタ	Z	10^{-2}	センチ	c
10^{18}	エクサ	E	10^{-3}	ミリ	m
10^{15}	ペタ	P	10^{-6}	マイクロ	μ
10^{12}	テラ	T	10^{-9}	ナノ	n
10^{9}	ギガ	G	10^{-12}	ピコ	p
10^{6}	メガ	M	10^{-15}	フェムト	f
10^{3}	キロ	k	10^{-18}	アト	a
10^{2}	ヘクト	h	10^{-21}	ゼプト	z
10^{1}	デカ	da	10^{-24}	ヨクト	y

表６．SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1h =60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	’	1’=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	”	1”=(1/60)’=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	$1ha=1hm^2=10^4m^2$
リットル	L, l	$1L=1l=1dm^3=10^3cm^3=10^{-3}m^3$
トン	t	$1t=10^3$ kg

表７．SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位で表される数値
電子ボルト	eV	$1eV=1.602\ 176\ 53(14)\times10^{-19}J$
ダルトン	Da	$1Da=1.660\ 538\ 86(28)\times10^{-27}kg$
統一原子質量単位	u	1u=1 Da
天文単位	ua	$1ua=1.495\ 978\ 706\ 91(6)\times10^{11}m$

表８．SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
バール	bar	$1\ bar=0.1MPa=100kPa=10^5Pa$
水銀柱ミリメートル	mmHg	1mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	$1\ Å=0.1nm=100pm=10^{-10}m$
海里	M	1 M=1852m
バーン	b	$1\ b=100fm^2=(10^{-12}cm)2=10^{-28}m^2$
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的な関係は、対数量の定義に依存。
ベル	B	
デジベル	dB	

表９．固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
エルグ	erg	$1\ erg=10^{-7}\ J$
ダイン	dyn	$1\ dyn=10^{-5}N$
ポアズ	P	$1\ P=1\ dyn\ s\ cm^{-2}=0.1Pa\ s$
ストークス	St	$1\ St\ =1cm^2\ s^{-1}=10^{-4}m^2\ s^{-1}$
スチルブ	sb	$1\ sb\ =1cd\ cm^{-2}=10^4cd\ m^{-2}$
フォト	ph	$1\ ph=1cd\ sr\ cm^{-2}\ 10^4lx$
ガル	Gal	$1\ Gal\ =1cm\ s^{-2}=10^{-2}ms^{-2}$
マクスウェル	Mx	$1\ Mx = 1G\ cm^2=10^{-8}Wb$
ガウス	G	$1\ G\ =1Mx\ cm^{-2}\ =10^{-4}T$
エルステッド[c]	Oe	$1\ Oe \triangleq (10^3/4\pi)A\ m^{-1}$

(c) ３元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「 ≙ 」は対応関係を示すものである。

表10．SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位で表される数値
キュリー	Ci	$1\ Ci=3.7\times10^{10}Bq$
レントゲン	R	$1\ R = 2.58\times10^{-4}C/kg$
ラド	rad	$1\ rad=1cGy=10^{-2}Gy$
レム	rem	$1\ rem=1\ cSv=10^{-2}Sv$
ガンマ	γ	1 γ =1 nT=10-9T
フェルミ		1フェルミ=1 fm=10-15m
メートル系カラット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10-4kg
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリー	cal	1cal=4.1858J（「15℃」カロリー），4.1868J（「IT」カロリー）4.184J（「熱化学」カロリー）
ミクロン	μ	1 μ =1μm=10^{-6}m

（第8版，2006年改訂）

この印刷物は再生紙を使用しています