停電コストを考慮した柔軟な 送電設備拡充計画決定法

正員 山城 迪 (北見工大)
 学生員 木下 尚 (北見工大)
 正員 仲村 宏一 (北見工大)
 正員 木村 貢 (北海道電力)
 正員 福島 知之 (北海道電力)

A Flexible Decision Method for Transmission System Expansion Planning Considering Power Interruption Cost

Susumu Yamashiro, Member, Hisashi Kinoshita, Student, Kouichi Nakamura, Member (Kitami Institute of Technology), Mitugu Kimura, Member, Tomoyuki Fukushima, Member (Hokkaido Electric Power Company)

Under the current deregulation of electric utility industry, power system planning has become more complex. System planners are required to study how to use the available resources to meet customer's demand economically with an acceptable reliability and quality. The integrated resource planning is emerged as one of the effective approach for this problem recently and the approach has been expanded to include the value of reliability, that is, power interruption cost.

This paper is aimed to develop a flexible decision method to select a favorable plan among various transmission system expansion alternatives, not only from power supplier's view point, but also from customer's perspective including cost of interruption.

Bellman-Zadeh's maximizing decision using fuzzy decision set is applied as an flexible decision method which is able to reflect the planner's intensions. Numerical examples are shown to ascertain the effectiveness of the proposed method.

キーワード：系統計画、停電コスト、供給信頼度、ファジィ理論、統合資源計画

1. はじめに

送電系統の設備拡充計画の決定は、需要家の供給信頼度の向上を可能な限り経済的に実現することに加えて、環境対策や停電発生に伴う社会的インパクトなどをも考慮に入れた、技術、経済、社会など、様々な観点からみた総合的な判断が要求される複雑な問題となっている。

このような計画決定問題は、その対象を電力供給側のシステムに限定せず、経済性、電力品質、環境問題など需要家サイドにみられる様々な属性を含めた、いわば社会システムとしてのコストを計画決定の目標に据えた、統合資源計画(Integrated Resource Planning)または、コスト最小化計画(Least Cost Planning)として電気事業における規制緩和とも関連して、近年その重要性が指摘されるようになってきている(1), (2), (3)。

統合資源計画において対象となる多様な資源の一つに、

デマンド・サイド・マネジメント(DSM)があり、例えば、わが国でも実施されている、需要家との協議に基づく負荷遮断はDSMの有力な手段となっているが、この負荷遮断に付随する電気料金の割引は、供給信頼度を経済的に評価するものと考えることができ、この概念を拡張して、電力供給の信頼性の価値を、例えば、停電コストとして定量的に把握し、これを統合資源計画に含めようとする考え方が文献(1)等において指摘されている。

本論文は、限られた設備投資額のもとで策定された複数の送電系統拡充計画代替案がある場合に、望ましい計画案の選択を可能にする計画決定手法の開発を目的とするが、上述の系統計画へのアプローチを採り入れ、従来の計画決定に用いられてきた、設備投資額と供給信頼度といった指標に加えて、計画実施によって期待される停電コストの低減効果を、需要家が受ける便益(Benefit)として積極的に評価できる計画法を提案する。

以下、設備拡充計画が需要家に及ぼす経済的影響を明らかにした後、計画代替案の中から最も望ましい計画案を選択する場合に、計画決定者の主観や需要家における評価を反映し、しかもそれらの変化にも容易に対応できる柔軟な政策決定法として、ファジィ理論の応用を試み、Bellman-Zadehの最大化決定を用いて、問題の定式化を行う。最後に、数値計算例により、提案手法の有用性を検証すると同時に、停電コストの最適計画案選択への影響について考察する。

2. 送電設備拡充計画の経済評価

送電設備拡充計画(以下、簡単に設備計画とする)の主たる目的は、電力供給サイドからみれば、ある一定の設備投資額の枠内で、できる限り供給信頼度の向上を図ることであり、本来トレード・オフ関係にある信頼性と経済性の協調をどう取るかが重要視される。一方、需要家サイドから、この計画案を考えた場合、供給信頼度の向上は具体的には停電の減少であり、これは停電によって被る損害の減少につながることから、仮に何等かの方法により停電の減少を経済的に評価することができれば、需要家としては電力供給者の設備計画を具体的に評価し得ることになる。

従来このような停電に伴う需要家サイドへの経済的影響の評価手段として、停電コスト(停電によって需要家が被る損害)が知られており、社会経済の指標であるGNPやGDPを用いるマクロ的アプローチや、アンケート調査に基づくミクロ的アプローチなどによって、その定量化の試みがなされてきている^{(4),(5)}。停電コストは、その性質から確定的な定量化は困難なものの、これまでのところ、電力供給の信頼性を経済的に評価する唯一の手段であり、本論文でも需要家サイドの経済的評価にこれを用いるものとする。

一方、電力システムの信頼性を評価するにあたっては、電力不足確率(LOLP)、電力不足回数の期待値(LOLE)など、様々な指標が用いられるが⁽⁶⁾、ここでは、電力不足確率を用いて信頼性の評価を行うものとする。

<2・1> 需要家サイドからみた設備計画の経済評価

いま、系統をいくつかの電力供給地域に分けて考えるものとし、地域 l ($l=1,2,\dots,n$)を対象に、その地域の供給支障電力量の低減を目的とした、設備計画案について考える。地域 l で発生する種々の線路事故を事象番号 i で表し、事故 i によって発生する地域 l の供給支障電力量を $w_{l,i}^j$ とすれば、

$$W_{l,0} = \sum_i w_{l,i}^j \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、添字0は設備計画実施前の状態を示し、簡単のため線路以外の系統要素の事故発生と線路2箇所以上の同時事故発生は考えないものとする。

一方、事故 i によって生ずる停電コストを $c_{l,0}^i$ とし、地域 l における停電コスト単価 α_l (円/kWh)を既知とすると、全ての事故を考慮した供給支障電力量 $W_{l,0}$ に対する停電コストは、

$$C_{l,0} = \sum_i c_{l,0}^i = \sum_i \alpha_l \cdot w_{l,0}^i = \alpha_l \cdot W_{l,0} \quad \dots\dots\dots (2)$$

次に、地域 l の設備計画案が複数個存在する場合、第 n 番目の計画を実施するものとすれば、供給支障電力量は $W_{l,0}$ から $W_{l,n}$ に $\Delta W_{l,n}$ だけ減少する。

$$\Delta W_{l,n} = W_{l,0} - W_{l,n} \quad \dots\dots\dots (3)$$

従って、需要家サイドから計画 n を評価すると、 $\Delta W_{l,n}$ 相当分だけ供給信頼度は向上し、同時に、停電コストも $\alpha_l \cdot \Delta W_{l,n}$ だけ少なくなるが、一方で、 $\Delta W_{l,n}$ 相当の電力料金を支払うことになる。また、計画 n に必要な投資額を $S_{l,n}$ とすると、 $S_{l,n}$ により電力単価は上昇し、 $\beta_0 \rightarrow \beta_n$ となる。以上の考察から、計画 n に伴って、地域 l の需要家が余分に支払わなければならない電気料金は次のようになる。

$$\Delta B_{l,n} = \beta_n \cdot \Delta W_{l,n} + \Delta \beta_n \cdot P_l \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここで、 P_l : 計画実施前の地域 l の総電力需要、
 $\Delta \beta_n$: 電力単価の増分。

また、ここでは簡単のため、新しい電力単価 β_n と、増分 $\Delta \beta_n$ は、次式で定義されるものとする。

$$\beta_n = \beta_0 + \Delta \beta_n \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\Delta \beta_n = \frac{X + Y + Z - \text{損失電力単価} \cdot E}{\text{全系発生電力量}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここで

X : A /設備耐用年数、 Y : $B \times$ 年経費率

Z : $A \times$ 金利

E : 設備計画による年間電力損失量の変化分

A : 立地環境費を含む設備投資額(表2の設備投資額)

B : 立地環境費を除く設備投資額

一方、設備計画 n 実施後の停電コストは、次式で表され

$$C_{l,n} = \alpha_l \cdot W_{l,n} \quad \dots\dots\dots (7)$$

(2)式から設備計画 n による停電コストの減少は

$$\Delta C_{l,n} = C_{l,0} - C_{l,n} \quad \dots\dots\dots (8)$$

以上の考察から、設備計画 n が実施された場合、需要家における経済的影響(便益)は(4)式および(8)式から(9)式のようになり、設備計画で対象となる需要家は、電気料金の支払増と停電コストの減少分によって、設備計画を経済的に評価することになる。

$$m_{l,n} = \Delta C_{l,n} - \Delta B_{l,n} \quad \dots\dots\dots (9)$$

<2・2> 供給支障電力量および電力損失量の算定 需要家サイドから設備計画の経済評価を行う際には、設備計画への投資額の他に供給支障電力量と送電線路における電力損失量の算定が必要となる。

まず、供給支障電力量については、過去の運転経験から、線路の事故状態確率を求め、対象とする地域の負荷特性を用いて次のように算定する。即ち、送電線の事故発生頻度を f (回/年)、事故持続時間を t_f (h/回)とすると、線路の事故状態確率は、

$$p = f \cdot t_f / 8760 \quad \dots\dots\dots (10)$$

一方、地域負荷の日間特性はピーク帯とオフピーク帯の2レベル表示による簡単化を行い、各々、 $\bar{P}$ と $\underline{P}$ で表すものとすると、日間の供給支障電力量の期待値は

$$W = p \cdot \bar{P} \cdot (a + b \cdot \underline{P} / \bar{P}) \quad \dots\dots\dots (11)$$

ここで、 a はピーク帯時間、 b はオフピーク帯時間で、 $a + b = 24$ (h)である。

上式から、年間の日負荷データを用いて、一年間の供給支障電力量を推定することができる。

次に、送電線における電力損失量の算定については、潮流計算による方法と、次の近似計算⁽⁷⁾の二通りの方法が考えられるが、

年間損失電力量＝最大負荷時の損失×8760×損失係数

$$\text{損失係数} = 0.3 \times (\text{年負荷率}) + 0.7 \times (\text{年負荷率})^2 \quad \dots\dots\dots (12)$$

上式より、十分な精度が得られるケースについてはこれによって、年間の電力損失量を算定するものとする。

3. ファジィ決定による最適設備計画の選択

いま、系統内の複数の地域を対象に、いくつかの設備計画案が考えられ、それらの中から望ましい計画案を選択する場合を考える。このとき、電力供給サイドにおける一定の投資額内での供給信頼性の追求に加え、前章で定義した需要家サイドにおける経済性の評価も計画決定の指標として採り入れるものとする。

これらの経済性や信頼性の指標を用いて、望ましい計画案を選択する意志決定問題においては、例えば、投入可能な設備投資額に一定の制約があり、ある計画案がこの制約を僅かに上回ったとしてもこの計画案が無視されることはないであろうし、また、制約を下回る場合についても、その満足度は意志決定者により異なり、そこにはある種のあいまいさが存在する。また、供給信頼度の目標達成に関する意志決定者の満足度にも同様なあいまいさがある。

一方、需要家サイドの経済性の評価についても、(9)式の便益が大きいたことが望ましいが、その満足度は需要家によって異なるであろうし、停電コストの推定そのものについてもあいまいさが含まれている。

本論文が対象とする計画問題は、このような種々のあいまいさを伴ったファジィ環境における意志決定問題と捉えることができ、本問題へのアプローチとして、ここでは、Bellman-Zadehの最大化決定を用いることとする⁽⁸⁾。

〈3・1〉 設備計画におけるファジィ目標・制約 いま、供給信頼度(LOLP)の目標達成に関するファジィネスの特性を、複数の設備計画案からなる集合X上のファジィ目標Rとして、次のメンバシップ関数により定めるものとする(図1参照)。

$$\mu_R(x) = 1 - \exp(a \cdot \Delta r(x)) \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$\Delta r(x) = (r(x) - r_0) / (r(x) - r_{\min})$$

ここで、 $r(x)$ ：設備計画xによって期待されるLOLP、 r_0 ：設備計画前のLOLP、 $r_{\min}$ ：設備計画実施後のLOLPの最小値、 a ：意志決定者によって定められるパラメータで、 $a > 0$ 。

上式から、LOLPの値が小さいほど、意志決定者の満足度は高くなり、 $r(x) = r_{\min}$ のとき $\mu_R = 1$ となり満足度は最大、 $r(x) = r_0$ で最小となる。

図1 供給信頼度に関するメンバシップ関数
Fig.1. Membership function for reliability

次に、設備計画への投資額については、投入可能な資金の上限を $s_{\max}$ とし、設備拡充はこの枠内で行われるものと考え、複数の計画案のうち最小の投資計画に対して最大満足度を与えるものとする、供給者サイドの経済性に関するファジィ制約Cのメンバシップ関数は、図2を参照して、

$$\mu_C(x) = \exp(b \cdot \Delta s(x)) \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$\Delta s(x) = (s_{\min} - s(x)) / (s_{\max} - s(x))$$

ここで、 $s(x)$ ：設備計画xの投資額、 $s_{\min}$ ：設備計画中の最小投資額、 b ：パラメータで、 $b > 0$ 。

図2 設備投資に関するメンバシップ関数
Fig.2. Membership function for investment

設備計画は需要家にとっても経済的なメリットが大きいほど好ましいので、次のメンバシップ関数により、ファジィ集合Mを定義し、これにより計画案を評価するものとする(図3参照)。

$$\mu_M(x) = 1 - \exp(c \cdot \Delta m(x)) \quad \dots\dots\dots (15)$$

$$\Delta m(x) = -m(x) / (m_{\max} - m(x))$$

ここで、 $m(x)$ ：設備計画xによる需要家の便益、 $m_{\max}$ ：設備計画案中の需要家における便益の最大値、 c ：パラメータで、 $c > 0$ 。

図3 需要家の便益に関するメンバシップ関数
Fig.3. Membership function for customer's benefit

〈3・2〉 ファジィ決定による最適設備計画 設備計画案の集合X上に定義される、(13), (14), (15)式のメンバシップ関数を持つファジィ集合のうち、R、Mはファジィ目標であり、Cはファジィ制約と考えられるが、ファジィ環境下では目標と制約の間には本質的な違いはなく⁽⁸⁾、R、MおよびCの共通集合として、意志決定のためのファジィ決定Dを定義することができる。即ち、

$$D = R \cap M \cap C \quad \dots\dots\dots (16)$$

ファジィ集合Dのメンバシップ関数の構成には種々の方法が提案されているが⁽⁹⁾、ここでは、次式のmin操作により求めるものとする。

$$\mu_D(x) = \min(\mu_R, \mu_M, \mu_C) \quad \dots\dots\dots (17)$$

望ましい設備計画 x^* は、(18)式から、Dへの帰属度が最大となる x を求めることにより選択することができる。

$$\mu_D(x^*) = \max_{x \in X} \mu_D = \max \{ \min(\mu_R, \mu_M, \mu_C) \} \quad \dots\dots (18)$$

4. 試算例

前章までに述べてきた設備計画決定手法の適用例として、系統内の一地域に対して複数の計画案がある場合と、多地域についていくつかの計画案がある場合についての最適計画の選択例を以下に示す。

〈4・1〉 一地域を対象とする設備計画の場合

いま、図4に示す系統内の一地域において、線路1-4が故障すると母線6, 7に接続する発電機からのみでは、母線4と5の負荷に供給支障が生じ、また、線路2-3故障時には負荷2は全停となる恐れがあり、これらの負荷への供給信頼度向上を目的として検討された、図4の点線で示す表1のような設備計画案がある場合を考える。

表2にはファジィ決定に必要なLOLP、設備投資額、需要家の便益および供給支障電力量を示している。なお、これら諸量の算定に用いたデータの詳細については紙面の都合で示していないが、例えば、(6)式では、年経費率1.76%、金利7.5%/年、耐用年数12年、全系発生電力量200億kWh/年、損失電力単価5.5円/kWhに設定している。ここで、単純に需要家側から設備計画を比較検討すると、仮に(9)式の便益のみに注目するならば、図5にも示すように設備計画2(x_2 で表す)が最適計画になる。ただし、停電コスト α は、商用電力単価を23(円/kWh)とし、これの20倍と仮定している。

図4 モデル系統
Fig.4. Model system

表1 設備計画案の概要

Table 1. Transmission system expansion plans

設備計画	計画案の内容
x_1	線路1-4、2-3の各2回線化
x_2	線路2-5の新設
x_3	線路2-3の2回線化、7-8の新設
x_4	線路2-3の2回線化、4-9の新設

表2 ファジィ決定のための算出データ

Table 2. Calculated data for fuzzy decision

設備計画	LOLP ($\times 10^{-4}$)	設備投資額 (10^6 円)	便益 (10^4 円/年) $m_n = \Delta C_n - \Delta B_n$		供給支障電力量 (MWh/年)
			ΔC_n	ΔB_n	
x_0	3.295	0	0.0	0.0	12.463
x_1	0.735	80,100	442.3	62.7	2.848
x_2	0.0	47,300	573.3	42.9	0.0
x_3	0.031	31,400	570.3	49.6	0.066
x_4	0.058	59,100	560.5	77.8	0.279

注) $r_0 = 3.295 \times 10^{-4}$, $s_{\max} = 80.1 \times 10^9$, $m_{\max} = 530.4 \times 10^4$ とする。

図5 設備費と需要家の便益との関係
Fig.5. Relationship between investment and benefit

次に、停電コストの大きさが、ファジィ決定を用いた最適設備計画選択に及ぼす影響について、便益を重視したメンバシップ関数の構成により検討した一例が、図6である。図中、数字は計画番号 n の値を示しており、横軸は r_0 , $s_{\max}$, $m_{\max}$ をおのおの100%としている。○印は(17)式のmin操作に

よって得られるファジィ決定集合Dのメンバシップ値を、また、☆印は(18)式の最大化決定により得られる最適計画を示している。なお、図の $\alpha=460$ 円/kWhでは計画 $n=2$ を選択しているが、この場合の停電コストを $\alpha=800$ 円/kWhとすると、図の③が②を上回り計画3を選択することが確かめられている。

図6 ファジィ決定と最適設備計画の決定
($\alpha=0.03, b=0.2, c=0.04$ の場合)

Fig. 6. Fuzzy decision and optimal transmission planning

＜4・2＞ 多地域を対象とする場合 図7に示すような地域間の電力融通を考えない、独立した3地域モデルに対し、点線で示す6種類の設備計画案について考察する(表3参照)。なお、日負荷パターンについては、ピーク帯、オフピーク帯に加えて両者の中間帯の3レベルで表されるものとし、線路損失については、(11)式に中間レベル負荷の項を追加して算定可能であるが、ここでは年負荷率を0.679とし、(12)式を用いて算定するものとする。

地域1

地域2

地域3

図7 多地域のモデル系統

Fig. 7. Model systems for multi-area

表4はファジィ決定に用いたLOLP、設備投資額、便益および供給支障電力量を示している。なお、停電コストは、3つの地域とも、460円/kWhとしている。既に述べたように、設備計画者や需要家の意志は、メンバシップ関数を構成する係数(a, b, c)の設定により計画決定に反映できるが、一例として、図6の μ_M を持ち、停電コストの大小が計画決定に敏感に反映されるような需要家の便益を重要視した場合の

ファジィ最大化決定の様子を図8に示す。

同図は、地域2の停電コストを $\alpha_2=460$ 円/kWhに固定し、地域1と3の停電コスト単価を変化させた場合の計画選択領域を示している。即ち、3つの地域の停電コストが等しい場合は、地域3の計画案 $x_{3,2}$ が選択されるが、地域3の停電コストが相対的に小さくなると地域1の計画 $x_{1,2}$ を選んでおり、設備計画の選択が停電コストの地域特性に依存する様子が、また、一方で便益を重視したこのケースでは、便益の小さい地域2の計画案は選択されていないことが確かめられる。

表3 設備計画案の概要(多地域)

Table 3. Transmission system expansion plans

設備計画	設備計画案の内容
地域1 $x_{1,1}$	線路1-2-3-4-5の2回線化
$x_{1,2}$	線路1-2-3の2回線化、5-6の新設
地域2 $x_{2,1}$	線路1-2, 3-4-5の各2回線化
$x_{2,2}$	線路2-3の新設
地域3 $x_{3,1}$	線路1-2, 3-4の各2回線化
$x_{3,2}$	線路2-3の新設

表4 ファジィ決定のための算出データ(多地域)

Table 4. Calculated data for fuzzy decision

設備計画	LOLP ($\times 10^{-4}$)	設備 投資額 (10^6 円)	便益 (10^4 円/年)	供給支障 電力量 (MWh/年)
地域1 $x_{1,0}$	2.273	0	0.0	3.055
$x_{1,1}$	0.386	3,102	114.72	0.429
$x_{1,2}$	0.0	2,277	133.48	0.0
地域2 $x_{2,0}$	0.158	0	0.0	0.385
$x_{2,1}$	0.039	1,415	13.05	0.086
$x_{2,2}$	0.0	1,506	16.81	0.0
地域3 $x_{3,0}$	2.845	0	0.0	3.960
$x_{3,1}$	0.728	1,908	127.56	1.041
$x_{3,2}$	0.0	2,749	173.06	0.0

図8 最適設備計画の選択領域 ($\alpha_2=460$ 円/kWh, $a=0.03, b=0.2, c=0.04$ の場合)

Fig. 8. Optimum planning area in a interruption cost plane

5. 結言

電力供給サイドからみた経済性や信頼性の評価だけでなく、計画実施によって需要家サイドにおいて期待される便益をも考慮した、送電設備拡充計画案の決定法を提案した。

本論文で採り入れた、供給者および需要家の両サイドの観点から計画決定を行うというアプローチは、既存電源、DSM、あるいは新エネルギー源や非公益事業者の電源など、多様な資源を対象とする系統の統合資源計画のアプローチとも連なるもので、今後ますます重要性を増すものと考えられる。

その際、需要家サイドの便益算定における停電コストが計画決定に大きな影響を与えることになるが、停電コストの推定に関しては、これまで各国で様々な調査研究がなされてきている。筆者等も文献(10)等においてアンケート調査により停電コストの推定を行っているが、コストの地域特性、時間特性など様々な観点からみた、より詳細な推定が必要であると考えられる。

本手法は、意志決定者の主観を反映できる計画決定になるよう、ファジィ最大化決定を用いているが、メンバーシップ関数の決定においては、経験に基づいた適切なパラメータの設定が必要であり、この点に関しては、停電コストの推定と合わせて今後の研究課題となっている。

最後に、本研究の遂行にあたり御協力頂いた本学の大学院生亀谷充男氏(現在、ホクト電子工業(株)勤務)に感謝申し上げます。

(平成7年1月25日受付、同年5月24日再受付)

文献

- (1) M.P.Bhavaraju, D.James JR, W.Wood: "Emerging issues in power system planning", Proceedings of the IEEE, 891~898, (Vol. 77, No. 6, 1989)
- (2) F.C.Schwepe, H.M.Merrill, W.J.Burke: "Least-cost planning: Issues and methods", Proceedings of the IEEE, 899~907, (Vol. 77, No. 6, 1989)
- (3) 浅野: 「デマンド・サイド・マネジメントの展望と課題」 エネルギー資源, 512~516, (Vol. 14, No. 6, 1993)
- (4) 西野・植木・牧野: 「わが国における停電コストの評価」 電力中央研究所報告, 研究報告582007, (昭57)
- (5) G.Wacker, R.Billinton: "Customer cost of interruption of electric service", Proceedings of the IEEE, 919~930, (Vol. 77, No. 6, 1989)
- (6) 七原・栗原: 「諸外国における電源・系統計画の信頼度基準の現状」 電学論B, 960~963 (Vol. 114-B, No. 10, 1994)
- (7) 電気学会: 「電気工学ハンドブック」, 1118, (1988)
- (8) R.E.Bellman, L.A.Zadeh: "Decision making in a fuzzy environment", The institute of management science, B-141~B-164, (Vol. 7, No. 4, 1970)
- (9) H.J.Zimmermann: "Fuzzy set theory and its applications", Kluwer Academic Publishers, (1991)

- (10) 仲村・山城: 「停電コストの推定と評価に関する研究」 電気学会電力技術研究会資料, 113~122, (PE-94-83, 1994)

山城 迪 (正員) 1940年11月22日生。1963年3月北海道大学工学部電気工学科卒業。1967年3月同大学大学院工学研究科修士課程修了。1971年4月北見工業大学助教授。1976年6月同教授、現在に至る。1989年同情報処理センター長。工学博士。電力系統工学の研究に従事。IEEE, 情報処理学会, 日本太陽エネルギー学会, 火力原子力発電技術協会会員。

木下 尚 (学生員) 1968年10月22日生。1993年3月北見工業大学電気工学科卒業。1995年3月同大学大学院工学研究科修士課程修了。電力系統工学の研究に従事。現在、㈱テクセル勤務。

仲村 宏一 (正員) 1956年7月1日生。1980年3月北見工業大学電気工学科卒業。同年4月北見工業大学電気工学科技官(教務職員), 1994年6月同助手、現在に至る。電力系統の運用, 太陽光発電に関する研究に従事。日本太陽エネルギー学会会員。

木村 貢 (正員) 1954年4月3日生。1979年3月北海道大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年4月北海道電力㈱入社。主として電力系統の計画業務に従事。現在、同社室蘭支店電力部発電電課長。

福島 知之 (正員) 1963年5月28日生。1988年3月北海道大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年4月北海道電力㈱入社。現在、同社工務部工務企画グループ勤務。主として電力系統の計画業務に従事。